

无线通信技术在 AI 方面的技术探讨和应用解析

刘美志

江西诚科工程咨询管理有限公司 江西 南昌 330025

摘要: 无线通信与AI的融合正推动通信技术向智能化方向跨越式发展。从5G到6G的演进中, AI逐步从辅助优化角色转变为内生核心架构, 通过空口智能化、网络架构重构与算力资源虚拟化等技术突破, 实现感知-通信-计算一体化。本文深入剖析物理层智能信道建模、网络层智能资源调度、终端层低功耗设计等核心技术体系, 结合工业互联网、智能交通、智慧城市等场景的应用实践, 揭示融合技术在提升频谱效率、优化资源分配、增强系统可靠性等方面的显著优势, 并针对数据隐私安全、模型泛化能力、算力能耗平衡等挑战提出发展方向。

关键词: 无线通信技术; 人工智能; 核心技术体系; 应用场景; 技术挑战

引言: 随着5G商用进程加速与6G研发启动, 无线通信技术正经历从“连接工具”向“智能中枢”的范式变革。传统通信技术受限于固定编解码模式与静态资源调度策略, 难以应对复杂场景下的动态需求。AI技术凭借强大的数据驱动能力与自适应优化特性, 成为突破通信性能瓶颈的关键抓手。通过将AI算法嵌入物理层、网络层与终端层, 无线通信系统得以实现信道建模的智能化重构、资源调度的动态协同以及终端设备的低功耗运行。这种深度融合不仅重塑了通信技术架构, 更催生出工业互联网、智能交通等新兴应用场景, 为全行业数字化转型提供核心支撑。

1 无线通信与AI融合的技术背景与演进趋势

1.1 从5G到6G的智能化演进路径

5G阶段, AI技术逐步渗透至无线通信核心场景, 通过信道状态信息反馈优化、波束预测等技术手段, 逐步构建起“智能维”核心概念, 推动无线网络突破单一通信功能局限, 向感知-通信-计算一体化方向转型, 为后续技术融合奠定坚实基础^[1]。这一阶段AI技术以辅助优化角色存在, 通过对信道特征的精准捕捉与传输参数的动态调整, 弥补传统通信技术在复杂场景下的性能短板, 推动网络从基础连接功能向多维度服务能力延伸。6G阶段, AI原生架构成为网络核心特征, 区别于5G时代AI作为外挂模块的应用模式, 6G将智能内生融入网络架构全流程, 通过物理层AI算法重构编解码流程, 摆脱传统固定编解码模式的束缚, 实现信道建模的数据驱动化发展, 达成网络资源调度的自主化运行, 最终形成感知-通信-计算三位一体的全新技术范式, 推动网络从“连接工具”向“智能中枢”跨越, 为全场景智能化通信提供核心支撑。

1.2 关键技术驱动因素

空口智能化作为两者融合的核心驱动因素, 将AI算

法直接嵌入无线物理层, 实现信号调制、编码、解码的实时动态优化, 打破传统香农信息论框架的传输瓶颈, 为通信效率提升提供新的理论支撑与技术路径。该技术通过AI算法对无线信号传输过程进行实时感知与动态调整, 适配复杂多变的信道环境, 大幅提升频谱利用效率与传输可靠性。网络架构重构依托分布式智能网络架构, 借助协同学习技术实现跨厂商模型共享, 数据留存于本地终端仅上传模型参数, 在保障数据隐私的基础上, 支持网络动态资源分配与协同优化, 破解异构设备协同学习的技术难题, 推动不同厂商设备与系统的高效协同。算力资源虚拟化通过AI算力资源虚拟化技术整合分散分布的算力资源, 构建统一共享算力池, 实现算力资源的灵活分配与高效共享, 有效解决算力供需错配问题, 为大规模AI模型的训练与推理提供稳定、充足的算力支撑, 破解算力供给不足对融合技术发展的制约。

2 无线通信中AI的核心技术体系

2.1 物理层AI技术

智能信道建模是物理层AI技术的核心组成部分, 依托深度神经网络构建信道特征学习框架, 精准捕捉信道非线性特征与时变特性, 有效适配毫米波频段传输场景的复杂信道环境, 实现多输入多输出预编码矩阵的实时动态优化, 提升信道利用效率与传输质量。该技术基于深度学习的特征提取能力, 突破传统信道建模对数学模型的依赖, 能够快速适配复杂多变的无线传输环境, 为高速率、低时延通信需求提供技术保障^[2]。自适应调制编码以环境感知为基础, 通过AI模型实时捕捉信道质量变化, 动态调整调制方式与编码速率, 在信道条件良好时提升频谱效率, 在信道条件恶劣时保障传输可靠性, 实现频谱资源的高效利用与传输性能的动态平衡。该技术融合信道感知与智能决策能力, 无需人工干预即可完成

参数自适应调整, 适配不同场景下的通信需求。通感一体化依托现有通信基站的硬件资源, 将通信功能向感知领域延伸, 通过AI算法对基站接收的信号进行特征提取与分析, 实现无人机检测、车辆追踪等感知任务, 同步构建数字孪生网络, 实现物理网络与虚拟网络的精准映射, 为网络智能化管控提供数据支撑, 推动无线通信从单一通信功能向通信与感知融合方向发展。

2.2 网络层AI技术

智能资源调度以强化学习算法为核心, 构建计算与通信资源协同优化框架, 实时感知网络负载变化与资源供需状态, 动态调整频谱分配方案与负载分布, 实现网络资源的高效利用, 缓解网络拥塞问题, 提升网络整体运行效率。该技术通过持续学习网络运行状态, 不断优化资源分配策略, 适配多样化的网络业务需求, 打破传统资源调度的静态局限。网络故障预测依托时序数据分析模型, 对网络设备运行参数、传输状态等时序数据进行深度挖掘, 精准识别故障前兆特征, 提前预测设备故障发生概率与时间, 实现网络故障的预防性维护与自愈, 降低网络故障对通信服务的影响, 提升网络运行稳定性与可靠性。意图驱动网络引入自然语言处理技术, 精准解析用户提出的网络需求意图, 将自然语言意图转化为可执行的网络配置策略, 自动完成网络参数配置与优化, 减少人工运维干预, 大幅提升网络运维效率, 降低运维成本, 适配未来网络智能化、自动化运维需求。

2.3 终端层AI技术

低功耗设计聚焦终端设备续航与运维需求, 通过轻量化AI模型压缩技术, 在保证模型推理精度的前提下, 降低模型计算复杂度与算力消耗, 结合智能休眠唤醒机制, 根据终端设备运行状态与业务需求, 动态调整设备运行模式, 延长电池供电设备的续航时间, 减少终端设备运维频次与成本, 适配物联网终端大规模部署场景的需求。边缘智能将AI推理模型部署于终端侧, 实现数据本地化处理与分析, 无需将全部数据上传至核心网, 有效减少核心网传输压力, 降低数据传输时延, 提升数据处理的实时性, 同时保障数据隐私安全, 适配自动驾驶、工业物联网等对时延敏感的终端应用场景。语义通信基于深度学习技术, 对工业数据等各类传输数据进行语义特征提取与压缩, 保留数据核心语义信息, 减少数据传输量, 提升短数据包传输效率与可靠性, 解决短数据包传输过程中频谱利用率低、传输稳定性差等问题, 为工业互联网等场景的短数据包传输提供技术支撑。

3 AI在无线通信中的典型应用场景

3.1 工业互联网场景

超大规模多址接入是AI在工业互联网场景的核心应用方向, 依托AI优化的多址接入算法, 突破传统接入技术的容量限制, 支持海量工业传感器的高效接入与数据传输, 精准匹配工业网络对确定性时延的核心需求, 为工业生产全流程的数据采集与传输提供稳定支撑^[3]。该技术结合AI的动态调度能力, 可根据接入设备数量与数据传输需求, 灵活调整接入参数, 避免接入冲突, 保障工业生产过程中数据传输的连续性与及时性, 适配工业物联网大规模设备部署的应用需求。时延敏感网络依托AI算法实现时间同步与流量调度的精准优化, 通过对网络传输时延、抖动等参数的实时感知与分析, 动态调整传输策略, 精准保障工业控制、设备协同等关键业务的低时延传输, 破解工业场景中关键业务时延波动过大的技术难题, 提升工业生产的稳定性与可靠性。工业智能体通信以AI技术为核心构建工业网络架构, 整合工业设备、传感器、控制系统等各类资源, 实现设备间的自主协同与决策优化, 无需人工干预即可完成生产流程中的设备联动、参数调整与故障应对, 推动工业生产向智能化、自主化方向转型, 提升工业生产效率与管理水平。

3.2 智能交通场景

车联网协同控制依托AI驱动的波束管理技术, 优化车辆与车辆、车辆与路侧设备之间的通信链路, 实现高速率、低时延的无线通信, 为自动驾驶协同决策提供可靠的数据支撑。AI波束管理技术可实时跟踪车辆运动状态, 动态调整波束方向与传输参数, 克服车辆高速移动带来的信道衰减、干扰等问题, 保障车辆间关键数据的实时传输, 支撑自动驾驶中的路径规划、紧急避险等协同决策功能。无人机蜂群作战中, AI算法承担着通信链路优化的核心作用, 通过对无人机集群的通信资源进行动态分配与调度, 优化集群内各无人机之间的通信链路质量, 提升无人机集群的任务执行效率, 同时增强通信链路的抗干扰能力, 抵御外界电磁干扰对无人机集群通信的影响, 保障无人机集群协同完成各类复杂任务。智能交通管理借助AI技术对交通流量数据进行实时采集与深度分析, 精准识别交通流量变化规律与拥堵节点, 动态调整交通信号灯配时与路权分配方案, 引导车辆有序通行, 有效缓解城市交通拥堵问题, 提升城市交通运行效率, 改善交通出行体验。

3.3 智慧城市场景

泛在物联感知依托AI驱动的通感一体化技术, 整合城市范围内的各类感知设备与通信资源, 实现城市环境、公共设施状态的实时监测与预警。AI算法对通感一体化设备采集的环境数据、设施运行数据进行特征提取与分

析,精准识别异常状态,及时发出预警信息,为城市环境治理、设施维护提供数据支撑,推动城市管理向精细化、智能化方向发展。智能能源管理基于AI构建的能耗预测模型,对城市电网的能耗需求进行精准预测,优化电网负荷分配方案,合理调度各类能源资源,提升可再生能源的利用率,降低能源消耗与浪费,实现城市能源的高效、低碳利用,助力智慧城市绿色发展^[4]。公共安全监控利用AI算法对城市公共区域的视频数据进行实时分析,精准识别异常行为、可疑人员与突发事件,快速发出预警并推送相关信息,为公共安全处置提供及时支撑,提升城市公共安全管理水平,保障城市居民生命财产安全。

4 无线通信与AI融合的技术挑战与发展方向

4.1 核心挑战

数据隐私与安全是无线通信与AI融合过程中面临的首要挑战,跨厂商数据共享与模型传输过程中,数据与模型的隐私保护及安全传输问题亟待解决。不同厂商的设备与数据分属不同主体,数据共享与模型交互过程中易出现数据泄露、篡改等安全风险,如何在保障数据高效流转与模型协同的基础上,构建可靠的隐私保护与安全传输机制,成为制约两者深度融合的关键瓶颈。模型泛化能力不足限制融合技术的场景适配范围,复杂工业环境下,信道条件、业务需求呈现高度动态变化特征,AI模型难以快速适配多场景、多任务的差异化需求,易出现模型精度下降、决策失误等问题,难以满足复杂场景下的通信与智能协同需求。算力与能耗平衡问题突出,终端侧AI部署过程中,模型复杂度与算力需求、能耗消耗存在矛盾,需通过模型轻量化优化降低算力消耗,同时强化能耗控制,延长终端设备续航时间,适配物联网终端大规模、低功耗的部署需求,破解算力供给与能耗约束之间的矛盾。

4.2 未来发展方向

6G内生AI架构将成为两者深度融合的核心发展方向,推动AI能力与通信协议栈实现原子级融合,打破现有AI作为外挂模块的应用模式,将智能特性融入协议栈各层,

构建标准化技术体系,实现网络架构、协议设计与AI能力的深度协同,提升网络智能化水平与服务能力。跨域协同学习致力于建立跨运营商、跨行业的协同学习框架,打破数据孤岛与行业壁垒,实现不同主体间的模型协同训练与优化,在不泄露原始数据的前提下,整合多领域数据资源与模型优势,提升模型性能与泛化能力,支撑多行业、多场景的融合应用需求^[5]。智能反射面协同是提升无线通信性能的重要发展路径,探索AI驱动的智能反射面技术,通过AI算法动态调整反射面单元的相位与幅度,优化无线信号传播路径,提升无线信号覆盖范围与传输质量,缓解复杂环境下信号衰减、干扰等问题,为高速率、低时延通信提供技术支撑,推动无线通信与AI融合向更高效、更可靠方向发展。

结束语

无线通信技术与AI的融合已取得显著进展,在多个层面构建起核心技术体系,并在众多场景中展现出巨大应用潜力。然而,数据隐私与安全、模型泛化能力、算力与能耗平衡等问题,仍是融合发展道路上的阻碍。通过探索6G内生AI架构、跨域协同学习、智能反射面协同等发展方向,有望逐步攻克这些难题,进一步提升通信的智能化水平,拓展应用场景的边界,为各行各业的数字化转型与智能化升级提供坚实的技术保障,开启通信领域发展的新篇章。

参考文献

- [1]袁聚良.无线通信系统中AI/ML技术在物理层的运用[J].新一代信息技术,2022,5(5):95-97.
- [2]董润琳,王阳阳.人工智能与无线通信技术融合应用[J].通信与信息技术,2023(z1):90-94.
- [3]李俊.应用于4G/5G小基站的无线网络智能AI技术[J].长江信息通信,2023,36(3):215-217.
- [4]陈军.人工智能技术在无线电通信平台设计中的应用[J].现代传输,2025(1):40-43.
- [5]杨志杰.AI在5G无线网络通信速率系统中的应用[J].长江信息通信,2025,38(8):225-227.