

智能化通信中的电子信息工程技术应用

杨思妮

362201*****1429

摘要: 随着信息技术的飞速发展,通信系统正经历着从传统模式向智能化模式的深刻变革。电子信息工程作为核心技术支撑,其理论与技术的创新应用是推动这场变革的关键动力。本文旨在系统探讨电子信息工程技术在智能化通信领域的应用现状、核心机理与发展趋势。首先,阐述了智能化通信的基本内涵与核心特征。随后,深入剖析了软件定义无线电(SDR)、认知无线电(CR)、大规模MIMO、智能天线、先进信道编码与调制、物联网(IoT)通信协议、人工智能与机器学习(AI/ML)算法嵌入等关键电子信息工程技术在提升通信系统感知能力、决策能力、自适应能力及资源利用效率等方面的具体应用与融合路径。最后,基于当前技术发展,对智能化通信未来面临的挑战与技术演进方向进行了展望。本文的分析表明,电子信息工程技术的深度赋能,正使通信系统向更智能、更高效、更可靠和更泛在的方向演进。

关键词: 智能化通信; 电子信息工程; 软件定义无线电; 认知无线电; 大规模MIMO; 人工智能; 物联网

DOI: 10.69979/3041-0673.26.05.014

引言

通信技术是人类社会发展的基石,从最初的电报、电话到如今的移动互联网、万物互联,其每一次跃迁都深刻改变了生产生活方式。当前,我们正迈入一个以智能化为主导的新时代,智能终端普及、数据洪流涌现、应用场景多元化对通信系统提出了前所未有的要求:不仅需要极高的传输速率、极低的时延和巨大的连接容量,更需具备环境感知、自主决策、动态优化和按需服务的能力。传统基于固定协议和静态配置的通信系统已难以应对复杂多变的环境和海量异构的需求,智能化成为通信技术发展的必然方向。

电子信息工程是一门综合运用电子技术、信息技术和通信技术进行电子设备、信息系统与工程应用的学科。它涵盖了从信号产生、信息传输、交换、处理到识别的完整链条,是构建现代通信系统的技术基础。在智能化通信的浪潮中,电子信息工程技术不再仅仅是实现信号可靠传输的工具,更演变为赋予通信系统“智慧”的核心使能技术。通过将先进的信号处理技术、可重构的硬件平台、智能化的算法与经典的通信理论深度融合,电子信息工程正在重塑通信系统的架构与能力边界。

因此,深入研究电子信息工程技术在智能化通信中的应用,厘清其技术脉络与应用逻辑,对于把握未来通信技术的发展趋势,推动相关产业创新升级具有重要的理论价值与现实意义。本文将围绕这一主题,系统展开论述。

1 智能化通信的内涵与对电子信息工程技术的核心需求

智能化通信,是指通信系统能够利用内置的感知、学习、推理与决策能力,自适应地调整其参数、协议乃至架构,以最优或接近最优的方式满足多样化业务需求、适应动态变化的无线环境、并高效利用有限频谱等资源的一种新型通信范式。其核心特征表现为:

环境感知性: 能够实时获取并理解无线信道特性、频谱占用状态、网络负载、业务需求等内外环境信息。

自主决策性: 基于感知信息,通过内置的智能算法自主做出传输参数选择、路由决策、资源分配等判断。

动态自适应性: 能够根据决策结果,实时、自动地调整发射功率、调制编码方式、波束指向、接入策略等。

协同优化性: 多个网络节点或系统之间能够进行智能协同,实现网络级、系统级的性能最优。

要实现上述特征,对支撑技术提出了极高要求,这正是电子信息工程技术大显身手的领域。它需要从硬件可重构、信号处理智能化、协议软件化和网络协同化等多个层面提供解决方案。

2 基于软件定义无线电(SDR)与认知无线电(CR)的柔性物理层技术

物理层是通信系统的基础,其灵活性是智能化的前提。传统的专用硬件无线电设备功能固化,难以适应标准演进和场景变化。SDR技术通过将尽可能多的通信功能(如调制解调、编解码、滤波等)由硬件转向软件实现,采用可编程器件(如FPGA、DSP)构建通用硬件

平台,从而实现了物理层功能的软件重定义。这为通信系统快速适配不同协议、频段和波形提供了硬件基础,是构建智能化通信前端的关键使能技术^[1]。

在 SDR 提供的柔性硬件平台之上,认知无线电(CR)技术进一步赋予了物理层“思考”的能力。CR 的核心思想是使无线通信设备具备发现“频谱空洞”并智能利用的机会式接入能力。其技术循环通常包括频谱感知、频谱分析、频谱决策和频谱迁移。在这一过程中,电子信息工程技术全方位介入:

频谱感知:依赖于先进的信号检测与识别技术,如基于匹配滤波、能量检测、循环平稳特征检测等算法,以及多天线协同感知技术,以高精度、低开销地感知环境频谱状态。

频谱分析与决策:涉及对感知数据的智能处理,如利用机器学习算法对主用户行为进行建模预测,或通过优化算法(如博弈论、强化学习)动态决策接入的频段、功率和调制方式,在避免对授权用户造成干扰的前提下最大化自身传输效率。

频谱迁移:则需要 SDR 平台快速、无缝地切换工作频率、调制制式等参数。

SDR 与 CR 的结合,构成了智能化通信物理层的核心,实现了从“固定配置”到“环境认知与自适应”的飞跃。

3 大规模 MIMO 与智能天线技术:空间维度的智能资源开拓

多天线技术是提升频谱效率和可靠性的重要手段,而智能化通信将其推向极致。大规模 MIMO 通过在基站侧部署数十甚至上百根天线,服务多个终端,利用空间自由度实现用户间干扰的消除和信号能量的聚焦,极大提升了系统容量和能效^[2]。

然而,大规模 MIMO 也带来了巨大的技术挑战,如信道状态信息(CSI)的获取、高维信号处理的计算复杂度、波束管理开销等。电子信息工程中的先进信号处理算法在此至关重要。例如,利用压缩感知理论减少 CSI 反馈开销,开发低复杂度的预编码与检测算法(如基于深度神经网络的检测器),以及利用信道的时-空相关性进行智能信道预测。

智能天线(或波束成形)技术通过调整天线阵列的加权系数,使天线波束指向目标用户,同时抑制干扰方向。在 5G/6G 中,波束管理成为关键。智能化通信要求波束能够自动搜索、跟踪用户,并在用户移动或环境变化时快速切换或调整波束形状。这需要融合实时信道估计、目标跟踪算法(如卡尔曼滤波)以及机器学习方法,

实现对波束的智能控制,特别是在高频段(毫米波、太赫兹)通信中,智能波束管理是克服路径损耗、实现可靠连接的核心。

4 先进信道编码与自适应调制编码(AMC)技术

可靠高效的信息传输始终是通信的核心目标。现代通信系统广泛采用接近香农极限的信道编码技术,如 Turbo 码、LDPC 码和极化码。这些编码方案的编解码器设计与实现是电子信息工程在算法和 VLSI 设计领域的重大成就。在智能化通信中,这些编码技术需要与系统其他部分智能协同^[3]。

自适应调制编码(AMC)是链路层自适应的典型代表。系统根据实时估计的信道质量(如信噪比),从预定义的调制(如 QPSK,16QAM,64QAM)和编码速率组合中选择最合适的一套,以在误码率要求下最大化传输效率。其智能化演进体现在:

更精细与快速的适应:从基于平均信道质量的慢适应,向基于瞬时信道状态和业务需求的快适应、细粒度适应发展。

与跨层信息的融合:不仅考虑物理层信道条件,还结合应用层业务类型(如时延敏感型、吞吐量敏感型)、网络层拥塞状态进行联合决策。

基于学习的 AMC:利用机器学习模型(如深度 Q 网络)来学习信道动态与最佳调制编码策略之间的复杂映射关系,尤其在模型不精确或环境非平稳时表现出优势。

5 物联网(IoT)场景下的智能连接技术

智能化通信的另一个广阔疆域是海量物联网设备间的互联。物联网通信具有连接数巨大、设备异构性强、业务多样(从高速视频到低速传感)、功耗约束严格等特点^[4]。为此,电子信息工程催生了多样化的 IoT 通信技术,如 NB-IoT、LoRa、Zigbee 等,并在其智能化方面持续创新。

随机接入优化:海量 IoT 设备同时发起接入会导致冲突。智能化的随机接入协议,如基于强化学习的接入资源选择、基于流量预测的动态接入控制,能显著提升接入成功率和效率。

低功耗广域网(LPWAN)管理:通过智能休眠调度、路由协议优化(如基于蚁群算法的传感器网络路由),延长网络寿命。

边缘智能与通信计算融合:在 IoT 边缘节点部署轻量级 AI 模型,进行本地数据预处理和决策,仅将必要

信息上传,从而减少传输负载和时延。这涉及嵌入式AI芯片设计、模型压缩与蒸馏等电子信息技术与通信协议的协同设计。

6 人工智能/机器学习与通信系统的深度嵌入

AI/ML是驱动通信系统迈向更高层次智能化的引擎。其与通信系统的结合已从外挂式分析工具,转变为深度嵌入各层的使能技术。

物理层:ML用于信道估计与反馈(替代部分传统导频和插值算法)、信号检测与解码(如用神经网络实现接近最优的检测器)、波形设计(学习生成更优的调制波形)等。

媒体接入控制(MAC)与资源管理:利用深度学习或强化学习进行动态频谱接入、功率控制、用户调度和无线资源块分配,解决高维、非凸的优化问题,实现复杂环境下的近似最优决策。

网络层与更高层:应用于智能路由、网络切片资源管理、流量预测与负载均衡、网络故障自愈与安全威胁检测等。例如,基于数字孪生的网络智能化,通过构建虚拟映射,在数字空间中对网络配置和策略进行安全、高效的仿真与优化,再部署到物理网络。

AI/ML的嵌入,要求通信系统架构进行相应调整,如设计支持分布式学习的通信协议、研究面向通信高效性的联邦学习框架等,这构成了电子信息工程与计算机科学交叉的前沿课题。

7 智能网络架构与协同技术

智能化通信不仅是单个设备或链路的智能,更是整个网络的智能。信息与通信技术(ICT)的融合催生了软件定义网络(SDN)和网络功能虚拟化(NFV)。SDN通过控制面与数据面分离,实现了网络资源的集中式、可编程控制;NFV将网络功能从专用硬件解耦,以软件形式运行于通用服务器。两者结合,为通信网络提供了前所未有的灵活性和自动化管理能力^[5]。

在此基础上,智能化通信进一步引入大数据分析和AI决策,形成“感知-决策-执行”的闭环。网络能够实时采集全网数据(性能、故障、安全),通过AI引擎分析,自动调整SDN流表、编排VNF实例、实施网络切片策略,以实现服务质量的保障、能效的提升和运维成本的降低。这种跨层、跨域的智能协同,是电子信息工程技术在系统级和网络级综合应用的集中体现。

8 结语

智能化通信代表了通信技术发展的未来方向,其本质是通过技术的深度融合,赋予通信系统感知、学习、优化和演进的类生命体能力。本文系统梳理了电子信息工程技术在这一变革中的核心应用。从提供硬件可重构基础的SDR,到赋予环境认知能力的CR;从开拓空间自由度的大规模MIMO与智能天线,到保障高效可靠传输的先进编码与AMC;从应对海量连接挑战的IoT技术,到作为核心驱动力的AI/ML算法,再到实现全局优化的智能网络架构,电子信息工程技术的创新与应用贯穿于智能化通信的各个环节。

这些技术并非孤立存在,而是呈现出深度融合、协同演进的态势。例如,AI算法需要运行在SDR或通用计算平台上,并处理来自MIMO系统和IoT传感器的数据,进而驱动SDN/NFV架构的网络重构。这种融合正催生着全新的通信理论、协议标准和产业生态。

展望未来,智能化通信仍面临诸多挑战。包括:超高复杂度AI模型在资源受限的通信设备上的部署问题、智能算法的可解释性与安全性保障、异构网络智能体间的协同与博弈、以及面向6G的感算一体、通感一体等新范式中的电子信息工程技术突破等。可以预见,随着电子信息工程在芯片工艺、算法理论、系统集成等领域的持续进步,智能化通信将朝着更深度、更广泛、更自主的方向不断演进,最终为实现万物智联的宏伟愿景奠定坚实的技术基石。

参考文献

- [1]钟彩琪. 通信智能化建设中电子信息工程技术的应用研究[J]. 中国宽带,2026,22(02):180-182.
- [2]赵军. 通信智能化建设中电子信息工程技术的应用研究[J]. 现代工业经济和信息化,2025,15(10):141-142.
- [3]张瑞刚,李春玉. 通信智能化建设中电子信息工程技术的应用研究[J]. 电子元器件与信息技术,2025,9(07):172-175.
- [4]张建岳,王增刚. 智能化通信中的电子信息工程技术应用[J]. 信息与电脑,2025,37(12):96-98.
- [5]程开. 电子信息工程技术在通信智能化中的应用[J]. 中国新通信,2025,27(05):17-19.