

基于人工智能算力的通信基础设施节能技术创新与应用

韦国师

浙江中通文博服务有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 本文探讨了人工智能算力在通信基础设施节能中的技术创新与应用实践。通过分析人工智能与通信基础设施的深度融合趋势,总结了节能技术的创新方向,并结合实际案例阐述其应用成效。针对技术挑战,提出了相应的解决方案,并展望了未来发展趋势。

关键词: 人工智能算力; 通信基础设施; 节能技术; 技术创新; 应用实践

引言

随着数字经济的蓬勃发展,通信基础设施作为支撑经济社会数字化转型的关键底座,其能耗问题日益凸显。人工智能(AI)算力的崛起为通信基础设施的节能提供了新路径。通过AI算法的动态优化、预测性维护以及智能调度,通信基础设施的能效水平得到显著提升。本文将从技术创新、应用实践、挑战与解决方案以及未来趋势四个方面,系统阐述基于人工智能算力的通信基础设施节能技术。

1 人工智能与通信基础设施的深度融合

1.1 算力赋能网络智能化

随着科技的飞速发展,人工智能算力已成为通信基础设施不可或缺的核心驱动力。特别是基于GPU、FPGA等加速芯片的智能算力,正深刻改变着通信网络的面貌。在5G时代,网络架构经历了从传统烟囱式向云化、软件定义化和虚拟化的重大演进。AI技术凭借其强大的跨领域特征挖掘、海量数据分析和动态策略生成能力,为网络智能化提供了全新可能。以中国联通为例,其自主研发的智能节能机器人就是算力赋能网络智能化的典型应用。该机器人通过AI算法对4/5G基站设备能耗进行智能调节,不仅保障了网络性能,还全年节电超2亿度,减少碳排放超11万吨,实现了绿色通信与高效运能的完美结合。

1.2 动态资源调度与能效优化

AI算法在通信基础设施中的另一大应用是动态资源调度与能效优化。中国移动基于人工智能的多网协作节能管理技术,通过精准预测24小时业务走势,分时关闭超闲容量层,在业务闲置时段实现主设备智能硬关断,节能量高达17170万千瓦时/年。同样,中国电信广东分公司也采用了基于AI的移动通信基站节能管理技术。该技术通过大数据分析和人工智能算法,输出精细化节能控制策略,完成集中部署后,节能量达到了惊人的1亿千瓦时/年,为通信行业的绿色发展树立了新标杆。

2 基于人工智能算力的通信基础设施节能技术创新方向

2.1 硬件节能技术

硬件作为通信基础设施的基础,其能效直接影响整个系统的能耗水平。因此,硬件节能技术是通信基础设施节能的重要方向之一。

2.1.1 高制程芯片与氮化镓功放

随着半导体技术的不断进步,高制程芯片和氮化镓(GaN)功放等新型器件逐渐应用于通信设备中,显著提升了设备的整体能效。高制程芯片通过减小晶体管尺寸、提高集成度和优化电路设计等方式,降低了芯片的功耗和发热量。而氮化镓功放则具有更高的功率密度和效率,能够在相同输出功率下消耗更少的电能^[1]。以华为为例,其在5G基站中采用了绿色超大规模天线阵列产品,该产品结合了高制程芯片和氮化镓功放等先进技术,较传统设备节电118万千瓦时/年。这一创新不仅降低了基站的能耗,还提高了网络的覆盖范围和传输速率,为5G网络的广泛应用提供了有力支持。

2.1.2 新型散热技术

通信设备在运行过程中会产生大量热量,如果散热不良,不仅会影响设备的性能和寿命,还会增加能耗。因此,新型散热技术的应用对于提高通信设备的能效具有重要意义。液体冷却和自然冷源等新型散热技术有效降低了设备的能耗。以联想的温水水冷服务器为例,该服务器通过直接温水冷却和热能回收技术,将数据中心的电源使用效率(PUE)值降至1.1以下,实现了能耗与成本的双重优化。温水水冷技术不仅提高了服务器的散热效率,还利用了废热进行回收再利用,进一步降低了能耗和碳排放。

2.2 软件与算法优化

除了硬件节能技术外,软件与算法优化也是提高通信基础设施能效的重要手段。通过智能化的软件管理和

算法优化,可以更有效地利用系统资源,降低能耗。

2.2.1 智能关断与资源调配

智能关断和资源调配是提高移动通信系统资源利用率的有效方法。智能关断技术可以根据网络流量和业务需求,动态地关闭或开启基站设备,从而避免不必要的能耗。载波功率动态共享技术则可以根据不同载波的业务负载情况,动态地调整载波功率,提高功率利用率。无线软资源动态调配技术则可以根据网络状况和业务需求,动态地分配无线资源,优化网络性能^[2]。中国铁塔股份有限公司重庆分公司的5G基站智能关断控制系统就是一个典型的例子。该系统通过智能化运算数据,实现基站主设备的休眠和唤醒,根据网络流量和业务需求动态地调整基站设备的运行状态,节能量达952万千瓦时/年。这一创新不仅降低了基站的能耗,还提高了网络的灵活性和可靠性。

2.2.2 多网协作与能效管理

多网协作和能效管理是提高通信网络整体能效的重要手段。通过引入人工智能算法,可以实现多网之间的智能协作和能效管理,优化网络资源配置,降低网络运行能耗和运营成本。基于无线网的综合网络能效提升管理系统就是一个成功的案例。该系统通过收集和分析网络运行数据,利用人工智能算法对网络资源进行优化配置,如调整基站发射功率、优化网络拓扑结构等,从而降低网络运行能耗和运营成本。同时,该系统还可以实时监测网络性能和能耗情况,为网络运维提供有力支持。

2.3 系统集成创新

系统集成创新是通信基础设施节能技术的重要发展方向之一。通过整合不同技术和系统,可以实现更高效的能源利用和更低的环境影响。相控阵可重构智能表面技术是一种新兴的系统集成创新技术。该技术通过电磁波智能调控,可以实现基站耗电的降低和传输效率的提高。相控阵可重构智能表面由大量可编程的反射单元组成,可以根据网络状况和业务需求动态地调整反射单元的相位和幅度,从而实现对电磁波的智能调控^[3]。中国电信云南分公司在输电线路补盲项目中应用了相控阵可重构智能表面技术。该技术通过智能调控电磁波的传播路径和强度,实现了对输电线路的远距离覆盖和监测,覆盖距离达100千米,节能量达19万千瓦时/年。这一创新不仅提高了输电线路的监测效率和可靠性,还降低了基站的能耗和运营成本。

3 应用实践与成效

3.1 案例一:中国联通基于AI的5G基站节能技术

面对5G基站能耗高的问题,中国联通自主研发了

智能节能机器人,利用人工智能技术对4/5G基站设备能耗进行智能调节。这一创新应用旨在保障网络性能的同时,实现无线网络能效的显著提升。中国联通的智能节能机器人通过机器学习算法,对基站的业务量、用户分布、网络状况等多维度数据进行实时分析。基于这些分析结果,机器人能够预测基站未来的能耗需求,并自动为基站制定差异化的节能策略,如载波关断、符号关断、通道关断等。这些节能策略能够根据基站实际运行状况进行实时动态调整,确保网络性能不受影响。在实际应用中,中国联通的智能节能机器人已在超300个地市规模部署。通过这一创新应用,全年节电超2亿度,减少碳排放超11万吨。在黑龙江高铁沿线,中国联通结合高铁运行班次和5G基站流量变化规律,利用智能节能机器人全天候精准智能施行深度休眠及远程唤醒策略。经测试,这一策略使得高铁沿线20个基站的平均节电率达到20%,有效降低了基站的运营成本。

3.2 案例二:联想温水水冷服务器节能技术结合AI算力优化

联想温水水冷技术通过温水循环带走服务器功耗部件的热量,大幅降低数据中心制冷能耗。在此基础上,联想结合人工智能技术,进一步优化服务器的节能效果。这一创新应用旨在提升数据中心的整体能效水平,推动绿色数据中心的建设。联想的温水水冷技术采用铜制冷却板覆盖在CPU、内存、硬盘等主要功耗部件上,通过45°C到50°C的温水循环进行散热。相较于传统风冷技术,温水水冷技术能够将数据中心PUE(电能使用效率值)降至1.1以下,显著降低能耗。在此基础上,联想利用人工智能技术,对服务器的运行状态、能耗数据进行实时监控和分析。通过AI算法,联想能够预测服务器可能出现的故障和能耗峰值,提前进行维护或调整。同时,联想还根据业务负载动态调整服务器的计算资源和散热策略,确保在保障业务连续性的前提下,实现能耗的最小化。联想温水水冷技术已在全球部署超过7万套,广泛应用于高校、科研机构、政企等领域。以上海交通大学计算中心为例,该中心采用联想温水水冷技术打造的“思源一号”高性能计算集群,计算密度是通用数据中心的5倍,而机房面积却不足通用机房的1/10。通过温水水冷技术的应用,“思源一号”数据中心的PUE降低至1.1左右,实现42%的节能减排效果。同时,联想还利用余热回收技术,将计算机运算过程中产生的余热用于供暖、热水加热等场景,实现每年950吨的额外碳补偿。

4 技术挑战与解决方案

4.1 高能耗问题

挑战方面,随着算力的持续提升,数据中心对电力的需求急剧增加,已成为能源消耗的大户,被形象地称为“电老虎”。这不仅加剧了全球能源紧张的局面,还对环境造成了不可忽视的影响。为了应对这一挑战,我们可以从两个方面入手。一方面,要提高可再生能源在算力基础设施能源供应中的占比。通过利用太阳能、风能等可再生能源,我们可以减少对传统化石能源的依赖,降低碳排放。同时,利用AI技术预测电网负载,优化能源配置,确保可再生能源能够高效、稳定地供应给数据中心。另一方面,构建智能调度系统也是降低能耗的有效途径。通过实时监测业务需求,智能调度系统可以动态调整算力资源分配,避免资源闲置和浪费,从而提高能源利用效率。

4.2 散热技术瓶颈

在散热技术方面,传统风冷技术已经难以满足高密度算力设备的散热需求。而液冷技术虽然具有高效散热的优点,但其成本较高,难以大规模应用。为了突破这一瓶颈,我们需要进行技术创新和推动规模化应用。通过材料学、流体力学等多学科交叉创新,我们可以研发出新型散热材料和技术,降低液冷技术的成本。同时,优化液冷系统的设计,提高其可靠性和稳定性,为液冷技术的广泛应用奠定基础。此外,推动液冷技术在数据中心的规模化应用也是降低成本的有效途径。通过规模化采购和标准化生产,我们可以实现液冷技术的成本效益逐步提升,使其更加普及和可行。

4.3 标准与政策缺失

目前,统一碳排放核算标准和行业规范的缺失给算力基础设施的绿色发展带来了困扰。没有统一的标准,就难以对算力基础设施的碳排放进行准确核算和有效监管。为了解决这个问题,政府应出台相关政策,鼓励行业统一标准的制定和实施。通过政策引导,我们可以推动行业各方共同参与标准的制定过程,确保标准的科学

性和可行性。同时,加强产学研合作也是加速标准制定和技术推广的重要途径。通过汇聚各方力量,我们可以共同推动算力基础设施的绿色、可持续发展,为构建绿色、低碳、环保的社会作出贡献。

5 未来发展趋势

一是算力普适化与智慧化:算力将向“3A”(Affordable, Available, Adaptable)与“3S”(Self-adapting, Self-learning, Self-evolving)方向发展。通过算力普惠服务和智能调度平台,实现算力资源的高效利用和成本优化。二是绿色低碳需求:随着全球碳中和目标推进,数据中心PUE值需持续降低至1.3以下。通过智能运维、能源管理以及可再生能源的广泛应用,实现低碳运营。三是产业协同与创新:算力租赁商、共享联盟等新模式涌现,需加强产业链合作,推动算力资源的高效利用与成本优化。同时,通过技术创新和模式创新,加速算力基础设施的绿色低碳转型。

结语

基于人工智能算力的通信基础设施节能技术创新与应用,已成为推动数字经济高质量发展的重要方向。通过硬件节能、软件算法优化以及系统集成创新,通信基础设施的能效水平得到显著提升。然而,仍面临高能耗、散热技术瓶颈以及标准与政策缺失等挑战。未来,随着算力普适化与智慧化、绿色低碳需求以及产业协同与创新的推进,基于人工智能算力的通信基础设施节能技术将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1]叶安源,郑荣锋,周超,等.通信基站节能场景智能识别技术应用研究[J].无线互联科技,2024,21(24):18-21+37.
- [2]梁荣锐.通信基站热交换节能分析与智能控制策略研究[J].电信工程技术与标准化,2024,37(04):1-4+12.
- [3]翟敏,宋耀宁.5G移动通信网络智能节能应用方案[J].长江信息通信,2023,36(05):221-224.