

电子信息智能化系统设计与优化

陶文文 郑有胜 章 坤 黄益昌
天信仪表集团有限公司 浙江 温州 325800

摘要：电子信息智能化系统以自主感知、数据驱动与智能决策为核心，通过传感器网络、边缘-云协同计算及AI算法实现复杂场景的动态优化。设计上采用分层架构与模块化设计，兼顾低功耗硬件选型、实时操作系统适配及低延迟通信协议；优化策略聚焦模型轻量化、多目标资源分配、动态能效调控及容错冗余机制，提升系统在工业控制、智能家居等领域的适应性、效率与可靠性。

关键词：电子信息；智能化系统；设计；优化

引言：在数字化与智能化加速演进的当下，电子信息智能化系统作为连接物理世界与数字空间的关键桥梁，正深度渗透至工业控制、智慧城市、医疗健康等领域。其通过多源数据融合、实时智能决策与自适应调控，实现了系统效能的质的飞跃。然而，复杂场景下的异构计算、能效优化及可靠性保障仍是核心挑战。本文聚焦系统设计范式与优化策略，探索高效、稳健的智能化解决方案。

1 电子信息智能化系统理论基础

1.1 智能化系统的核心特征

(1) 自主感知、决策与执行能力：系统借助各类感知设备实时捕捉环境、设备及用户数据，无需人工干预即可完成信息分析；通过内置决策逻辑与智能算法生成最优方案，联动执行模块精准落地操作，实现“感知-决策-执行”闭环，例如智能工业机器人自主完成物料抓取与组装。(2) 数据驱动与模型融合机制：以多源异构数据（如传感器数据、用户行为数据）为核心输入，通过数据清洗、融合技术整合信息；结合机器学习、专家系统等多类模型，发挥不同模型优势，提升系统对复杂场景的适应能力，如智能推荐系统融合协同过滤与深度学习模型优化推荐精度。

1.2 系统设计关键技术

(1) 传感器与数据采集技术：选用高精度、低功耗传感器（如温湿度传感器、图像传感器），构建多维度数据采集网络；采用边缘预处理技术减少冗余数据，保障数据实时性与准确性，为后续分析提供高质量数据源。(2) 边缘计算与云计算协同架构：边缘节点处理实时性要求高的本地化任务（如设备控制指令生成），降低数据传输延迟；云计算中心承担大规模数据存储、复杂模型训练任务，通过二者资源互补，平衡系统响应速度与算力需求。(3) 人工智能算法：深度学习用于图像

识别、自然语言处理等复杂特征提取场景；强化学习通过“试错”机制优化系统决策策略，如智能电网调度中用强化学习实现能源高效分配，支撑系统智能化运行^[1]。

1.3 系统优化理论

(1) 多目标优化模型：综合考虑系统性能（如响应速度）、可靠性、成本等目标，构建数学模型；采用非支配排序遗传算法等求解方法，获取帕累托最优解集，为系统设计提供多样化优化方案。(2) 动态资源分配策略：基于实时负载、任务优先级等动态调整计算、存储、网络资源；通过资源调度算法（如贪心算法）实现资源高效利用，避免资源闲置或过载，保障系统稳定运行。(3) 能效-延迟-成本权衡分析：建立三者量化关系模型，分析不同场景下的权衡策略；例如在物联网系统中，通过降低非关键任务算力需求平衡能效与延迟，同时控制硬件与运维成本，实现系统整体最优。

2 电子信息智能化系统设计方法

2.1 系统架构设计

(1) 分层架构：感知层作为系统“输入端”，集成各类传感器（如光学传感器、温湿度传感器）与智能终端，实现环境数据、设备状态数据的实时采集，同时具备数据预处理能力，过滤噪声数据以提升数据质量；网络层承担“传输中枢”职能，采用有线（以太网）与无线（5G、LoRa）结合的传输方式，构建高可靠、低延迟的数据传输通道，保障采集数据高效上传与控制指令精准下达；应用层是系统“价值输出端”，基于具体场景需求开发功能模块，如工业场景的设备故障预警模块、家居场景的智能安防模块，通过数据可视化与智能分析为用户提供决策支持与场景化服务^[2]。(2) 模块化与可扩展性设计原则：模块化设计将系统拆解为独立功能模块（如数据采集模块、算法处理模块、控制执行模块），各模块通过标准化接口实现数据交互，便于模

块单独调试、升级与维护，降低系统整体开发难度；可扩展性设计则预留硬件接口（如扩展插槽）与软件接口（如API接口），支持后续新增功能模块（如新增AI推理模块）或扩展终端数量，满足系统在业务规模扩大、场景需求变化时的升级需求，延长系统生命周期。

2.2 硬件设计优化

(1) 低功耗芯片选型与电路设计：芯片选型优先考虑低功耗、高性能的嵌入式芯片（如ARM Cortex-M系列、ESP32系列），此类芯片在休眠模式下功耗可低至微安级，适配电池供电或低功耗场景（如无线传感器节点）；电路设计采用低功耗技术，如选用低功耗元器件（贴片电阻、电容）、优化电源管理电路（引入LDO低压差稳压器），同时通过动态电源控制策略，在系统空闲时自动降低电路供电电压与频率，减少不必要能耗。

(2) 异构计算单元协同：根据任务类型分配适配的计算单元，CPU负责系统整体控制、逻辑运算等通用任务，保障系统基础运行；GPU凭借并行计算优势，处理图像渲染、大规模数据并行计算（如传感器数据批量预处理）任务；NPU（神经网络处理单元）专注于AI推理任务（如实时图像识别、语音解析），通过硬件加速提升算法运行效率。三者通过协同调度机制（如任务优先级分配、计算资源动态分配），实现优势互补，平衡系统算力与能耗，满足复杂场景下的计算需求。

2.3 软件设计优化

(1) 实时操作系统（RTOS）的适配性改进：针对系统任务特性（如实时性要求、任务复杂度），对RTOS（如FreeRTOS、RTX）进行定制化改进，优化任务调度算法（如采用抢占式调度结合时间片轮转调度），确保高优先级任务（如设备紧急控制指令处理）优先执行，满足毫秒级甚至微秒级响应需求；同时精简RTOS内核，去除冗余功能模块（如无需文件系统时禁用相关组件），降低内存占用，适配硬件资源受限的嵌入式设备。(2) 分布式任务调度算法：基于系统多节点（如边缘节点、云端节点）的算力分布与任务负载，设计分布式调度算法（如基于负载均衡的调度算法、基于任务依赖的调度算法），实现任务的合理分配。例如，将实时性要求高的本地化任务（如传感器数据实时滤波）分配至边缘节点，将大规模数据存储与复杂模型训练任务分配至云端节点；同时引入任务迁移机制，当某节点负载过高时，将部分任务迁移至空闲节点，保障系统整体运行效率与稳定性^[3]。

2.4 通信协议优化

(1) 低延迟无线通信技术：依据场景需求匹配适配

技术，5G以毫秒级延迟、高带宽优势，适配工业控制、远程医疗等强实时性高带宽场景；LoRa凭借低功耗、远距离传输特点，适用于智能农业环境监测等物联网低速率广覆盖场景；Wi-Fi6通过正交频分多址（OFDMA）、波束成形技术，提升网络容量与速率，降低多设备并发延迟，适配智能家居、商业办公等多终端场景。同时调整通信参数（如5G子载波间隔、LoRa扩频因子），进一步缩减延迟。(2) 数据压缩与安全传输机制：采用LZ77、Huffman编码等高效压缩算法，对图像、视频等大容量传输数据压缩，减少数据量以降低带宽占用与延迟；安全传输层面，通过AES加密、RSA非对称加密实现数据端到端加密，防止传输中被窃取或篡改；同时引入基于令牌、数字证书的身份认证机制，验证通信节点合法性，避免非法接入，保障通信安全。

3 电子信息智能化系统优化策略

3.1 基于深度学习的性能优化

(1) 神经网络模型轻量化设计：针对深度学习模型参数冗余、算力需求高的问题，通过模型剪枝去除冗余卷积核与连接权重，保留核心特征提取路径，例如在图像识别模型中剪除贡献度低于阈值的神经元，可减少30%-50%参数规模；采用模型量化技术，将32位浮点权重转换为8位或16位整数，在牺牲少量精度（通常低于5%）的前提下，降低模型存储占用与计算复杂度，适配边缘设备（如嵌入式摄像头、智能传感器）的算力限制，同时提升模型推理速度，满足实时性需求（如工业质检场景下的毫秒级图像判定）。(2) 在线学习与自适应调整机制：构建动态学习框架，使模型能实时接收系统运行过程中的新数据（如用户行为数据、环境变化数据），通过增量训练更新参数，避免因数据分布变化导致的模型性能下降；例如智能推荐系统通过在线学习捕捉用户最新偏好，动态调整推荐策略；同时引入自适应学习率机制，根据模型训练误差变化实时调整学习率，平衡模型收敛速度与训练稳定性，保障系统在动态场景下的持续优化^[4]。

3.2 多目标资源优化算法

(1) 遗传算法、粒子群优化在资源分配中的应用：针对系统中计算、存储、网络资源的多目标优化需求（如最小化延迟、最大化资源利用率），采用遗传算法模拟生物进化过程，通过选择、交叉、变异操作生成最优资源分配方案，例如在云计算中心调度中，优化虚拟机与物理机的映射关系，降低任务执行延迟；粒子群优化算法则通过模拟群体协作行为，快速搜索资源分配的最优解，适用于动态资源调度场景（如边缘节点负载波

动时的资源调整),二者均能有效处理多约束条件下的复杂资源分配问题,提升系统整体资源利用效率。(2)强化学习驱动的动态决策优化:将系统资源调度、任务分配等决策问题转化为强化学习的“智能体-环境”交互模型,智能体(如资源调度模块)通过与环境(系统负载、任务特性)的实时交互,根据奖励函数(如降低资源浪费、减少任务超时)调整决策策略;例如在智能电网系统中,强化学习智能体可动态优化能源分配方案,平衡供电需求与能耗成本;通过持续迭代训练,智能体可适应系统动态变化,实现长期最优决策,提升系统应对复杂场景的能力。

3.3 能效优化技术

(1)动态电压频率调整(DVFS):根据系统实时负载与任务需求,动态调整硬件设备(如CPU、GPU)的供电电压与运行频率,在高负载场景下提升电压与频率以保障性能,在低负载场景下降低电压与频率以减少能耗;例如嵌入式设备在处理简单数据采集任务时,将CPU频率从1GHz降至500MHz,能耗可降低40%以上;同时结合任务优先级管理,优先为高优先级任务分配高算力资源,低优先级任务采用低功耗运行模式,实现性能与能效的平衡^[5]。(2)休眠模式与唤醒策略:设计多级休眠机制,针对系统不同空闲状态(如短期空闲、长期空闲)触发不同休眠模式,短期空闲时进入轻休眠(仅关闭部分非核心模块,保留内存数据),唤醒时间短(毫秒级);长期空闲时进入深度休眠(关闭大部分硬件模块,仅保留唤醒触发电路),能耗极低(微安级);同时优化唤醒策略,通过预测任务到达时间(如基于历史任务规律的时序预测)提前唤醒系统,避免因唤醒延迟影响任务响应速度,例如智能水表在每小时数据上报间隔期间进入深度休眠,仅在上报前1秒唤醒,大幅降低待机能耗。

3.4 可靠性优化设计

(1)容错机制与冗余设计:在硬件层面采用组件冗余(如双CPU、多电源模块),当主组件故障时,备用组件自动切换,保障系统连续运行;在软件层面引入容

错算法(如错误检测与纠正码EDAC、任务重试机制),对数据传输、计算过程中的错误进行实时检测与修复,例如在传感器数据传输中采用CRC校验码,发现数据错误后触发重传;同时构建故障隔离机制,通过模块化设计限制故障扩散范围,避免单一模块故障导致系统整体崩溃,提升系统抗故障能力。(2)故障预测与健康管理(PHM):集成传感器与数据采集模块,实时监测系统硬件(如芯片温度、电路电压)与软件(如任务执行耗时、内存占用)的运行状态,构建健康指标体系(如设备老化程度、软件稳定性评分);采用机器学习算法(如LSTM、支持向量机)对监测数据进行分析,建立故障预测模型,提前识别潜在故障风险(如预测硬盘剩余寿命、芯片过热风险);同时制定动态维护策略,根据故障预测结果触发预防性维护(如提前更换老化组件),减少突发故障概率,降低系统停机损失,延长设备使用寿命。

结束语

电子信息智能化系统作为数字时代的核心基础设施,其设计与优化需持续平衡性能、能效与可靠性之间的矛盾。本文通过分层架构设计、多模态数据融合及动态资源调度策略,有效提升了系统在复杂场景下的自适应能力。未来研究可进一步探索量子计算与边缘智能的协同机制,以及面向开放环境的鲁棒性优化方法,为构建更高效、安全的智能化系统提供理论支撑与实践路径。

参考文献

- [1]张群兴,芮伟,王明远.电子信息装备质量检验智能化系统方案设计[J].兵工自动化,2021,40(04):16-19.
- [2]郑文凯.基于人工智能的电子信息系统结构设计[J].网络安全和信息化,2025,(06):107-109.
- [3]张军凯,李欣,韩俊先.基于深度学习的电子信息系统智能化优化策略[J].农机化研究,2024,46(04):58-60.
- [4]高文莉.电子信息系统复杂网络环境系统优化设计[J].电子技术与软件工程,2021,(23):250-251.
- [5]邹露.基于云计算的电子信息系统优化设计[J].电子技术,2021,50(07):126-127.