

基于物联网技术的 MR/CT 设备远程监控 与故障诊断研究

戴新宇

设维施医疗科技(广州)有限公司, 广东广州 510000

DOI:10.61369/ERA.2025100018

摘要: 阐述物联网在医疗设备监控应用, 包括核心技术架构。以 MR/CT 设备为例, 探讨其监控需求及数据采集传输优化, 介绍相关协同架构、特征提取方法等。还涉及故障诊断、自适应诊断系统、维保周期预测等内容, 最后说明系统临床验证情况及局限与未来方向。

关键词: 物联网; 医疗设备监控; MR/CT

Research on Remote Monitoring and Fault Diagnosis of MR/CT Equipment Based on IoT Technology

Dai Xinyu

Service Healthcare Technology (Guangzhou) Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract: This paper elaborates on the application of the Internet of Things (IoT) in medical equipment monitoring, including its core technical architecture. Taking MR/CT equipment as an example, it discusses their monitoring requirements and optimizations for data collection and transmission, introducing related collaborative architectures and feature extraction methods. It also covers fault diagnosis, adaptive diagnostic systems, maintenance cycle prediction, and other aspects. Finally, it explains the system's clinical validation status, limitations, and future directions.

Keywords: Internet of Things (IoT); medical equipment monitoring; MR/CT

引言

随着科技的发展, 物联网在医疗设备监控领域的应用日益重要。2020年发布的《关于推动医疗服务高质量发展的意见》强调了利用先进技术提升医疗服务质量和效率的重要性。物联网的核心技术架构, 包括传感器网络、云计算和边缘计算等, 为医疗设备监控提供了适配性原理。医学影像设备如 MR/CT 的远程监控需求具有多维度特性, 涉及设备参数、环境适应性和临床服务连续性等方面。针对这些需求, 研究涵盖了数据采集与传输优化、边缘计算与云平台协同架构、关键参数特征提取、多模态数据融合、自适应诊断系统构建、维保周期预测、预防性维护策略优化、应急响应机制设计以及跨平台协同维修支持等多个关键环节, 旨在实现高效、准确的医疗设备监控和故障诊断, 提升医疗服务质量。

一、物联网技术在医疗设备监控中的理论基础

(一) 物联网核心技术架构解析

物联网在医疗设备监控中的应用基于其核心技术架构。传感器网络是关键, 它能实时采集医疗设备的各种数据, 如温度、压力等, 通过无线通信方式将数据传输, 为后续分析提供基础^[1]。云计算技术提供强大的计算能力和存储资源, 能够处理大量的医疗设备数据, 实现数据的高效管理和分析。边缘计算则在靠近设备端进行数据处理, 减少数据传输延迟, 提高实时性, 对于医疗设备监控中对及时性要求较高的场景尤为重要。这些技术相互配合, 共同构成了物联网在医疗设备监控中的适配性原理, 为实现

高效、准确的医疗设备监控提供了理论支撑。

(二) 医学影像设备监控需求分析

医学影像设备如 MR/CT 在医疗诊断中至关重要, 其远程监控需求具有多维度特性。从设备参数特征来看, MR/CT 设备涉及复杂的电磁、机械等多种参数, 这些参数的实时准确监控是确保设备正常运行的基础, 任何微小偏差都可能影响成像质量^[2]。环境适应性方面, 设备对温度、湿度、磁场等环境因素敏感, 需要实时监测环境参数以保障设备性能稳定。临床服务连续性角度, MR/CT 设备的故障可能导致临床诊断中断, 因此远程监控需能及时发现潜在故障, 确保临床服务的连续性, 减少对患者诊断治疗的影响。

二、MR/CT 设备监控系统的关键技术优化

（一）多源异构数据采集与传输优化

针对 MR/CT 设备的多源异构数据采集与传输优化至关重要。对于数据采集，需研究 DICOM 数据流与设备状态参数的同步采集方法。DICOM 数据包含了丰富的医学图像信息，而设备状态参数对于设备的运行状况监测不可或缺。通过合理的同步采集机制，确保两者在时间和逻辑上的一致性，为后续的分析 and 诊断提供准确的数据基础^[3]。在传输方面，设计支持医疗专网的安全传输协议栈。医疗专网对数据的安全性和稳定性要求极高，专用的协议栈能够保障数据在传输过程中的完整性和保密性，防止数据泄露和被篡改，满足医疗环境下对数据传输的严格要求。

（二）边缘计算与云平台协同架构

为实现高效的 MR/CT 设备监控，构建了边缘计算与云平台协同架构。在该架构中，基于智能网关的实时预处理机制至关重要。智能网关可在设备端对采集的数据进行初步处理，过滤掉无用信息，减少数据传输量^[4]。同时，建立分级存储与并行计算相结合的高效数据处理模型。分级存储可根据数据的重要性和使用频率进行合理安排，提高存储效率。并行计算则能加速数据处理过程，提升系统的实时性。通过这种协同架构，边缘计算在本地进行快速处理，云平台进行更复杂和全面的分析，两者优势互补，共同优化 MR/CT 设备监控系统的性能。

三、基于深度学习的故障诊断算法研究

（一）多维特征融合诊断模型

1. 设备运行参数特征提取

对于磁共振超导线圈温度、CT 球管电流等关键参数，设计有效的时序特征提取方法至关重要。首先分析这些参数的时间序列特性，了解其随时间变化的规律和模式^[5]。通过合适的数学工具和算法，如采用小波变换对原始数据进行分解，提取不同尺度下的特征信息，这些特征能够反映设备运行状态在不同频率段的表现。同时，利用滑动窗口技术截取一定时间长度的序列数据进行局部特征提取，以捕捉参数在短时间内的动态变化。对于提取到的多种特征，进一步进行筛选和优化，去除冗余信息，保留对故障诊断有重要价值的特征，为后续的深度学习方法提供高质量的输入数据。

2. 多模态数据融合算法

针对 MR/CT 设备故障诊断中的多模态数据融合问题，提出一种基于注意力机制的机械振动信号与电气参数联合分析模型。该模型首先对机械振动信号和电气参数进行特征提取，然后利用注意力机制对不同模态数据的特征进行加权融合，突出重要特征，抑制噪声和无关特征的干扰。通过这种方式，能够更有效地整合多模态数据中的信息，提高故障诊断的准确性和可靠性。实验结果表明，该模型在 MR/CT 设备故障诊断中具有良好的性能表现^[6]。

（二）自适应诊断系统构建

1. 增量式学习框架设计

构建自适应诊断系统的增量式学习框架是提升故障诊断能力

的关键。弹性神经网络架构为此提供了可能。该架构能够适应新的故障类型，实现快速集成。通过不断学习新的数据特征，它可以动态调整网络结构和参数，增强对不同故障模式的识别能力。这种增量式学习机制避免了传统学习方法在面对新故障时需要重新训练整个模型的弊端，提高了学习效率和诊断准确性。同时，它能够利用已有的知识和经验，更好地处理复杂的故障情况，为基于物联网技术的 MR/CT 设备远程监控与故障诊断提供了有力支持^[7]。

2. 诊断结果可视化表达

在自适应诊断系统构建方面，需综合考虑多种因素以确保系统的准确性和高效性。利用深度学习算法，对大量的故障数据进行学习和分析，使系统能够自适应地调整诊断策略^[8]。对于诊断结果的可视化表达，通过直观的图表、图形等方式呈现故障信息。例如，利用折线图展示故障发生的频率随时间的变化，用柱状图对比不同部件的故障概率，用流程图清晰地呈现故障诊断的过程和路径。这样的可视化表达不仅有助于维修人员快速理解诊断结果，还能为后续的设备维护和管理提供有力的决策支持。

四、医疗设备智能运维管理体系

（一）预防性维护策略优化

1. 基于健康度评估的维保周期预测

基于健康度评估的维保周期预测对于医疗设备的预防性维护至关重要。通过对设备运行数据的实时监测和分析，构建健康度评估指标体系，以准确反映设备的运行状态^[9]。利用先进的数据分析算法，如机器学习和深度学习方法，对历史数据和实时数据进行挖掘，识别设备健康度的变化趋势。基于健康度的评估结果，结合设备的使用频率、工作环境等因素，建立维保周期预测模型。该模型能够动态调整维保周期，避免过度维护或维护不足的情况发生，提高设备的可用性和可靠性，同时降低维护成本。

2. 备件库存智能调度算法

随着医疗设备的复杂性不断增加，预防性维护策略优化和备件库存智能调度算法成为关键。对于预防性维护，应基于设备运行数据和故障历史，运用数据分析技术建立精准的维护模型，确定合理的维护周期和项目^[10]。同时，考虑不同院区设备的使用频率、环境等差异，制定个性化的维护计划。在备件库存智能调度算法方面，需综合考虑设备故障率、备件消耗速度、采购周期等因素。构建智能算法模型，实时监控备件库存水平，当库存低于阈值时自动触发采购或调配指令，确保在设备故障能及时获取所需备件，提高设备的可用性和运维效率。

（二）应急响应机制设计

1. 多级报警响应体系构建

医疗设备智能运维管理体系中的应急响应机制设计至关重要，其中多级报警响应体系构建是关键部分。需制定基于故障严重程度分级响应流程与处置规范。对于不同级别的故障报警，应设定相应的响应时间和处理措施。轻微故障可触发一级报警，通知相关技术人员在一定时间内进行检查和处理；较严重故障触

发二级报警，要求技术人员立即响应并采取初步措施，同时准备进一步的维修方案；严重故障则触发三级报警，需迅速组织专家团队进行会诊和抢修，以确保医疗设备能尽快恢复正常运行，保障医疗工作的顺利开展。

2. 跨平台协同维修支持

为实现跨平台协同维修支持，开发 AR 远程协作系统与设备原厂技术支持对接机制至关重要。AR 远程协作系统可利用增强现实技术，使现场维修人员与远程专家实时共享设备故障信息及维修环境。通过设备上的传感器及物联网连接，将设备运行数据和故障代码等传输给远程专家，专家借助 AR 系统直观了解设备状况，给予精准维修指导。同时，建立与原厂技术支持的对接机制，确保在复杂故障或需要特殊技术支持时，能迅速获取原厂的技术资源和专业知识。这不仅提高了维修效率，降低了维修成本，还保障了医疗设备的正常运行，减少对医疗服务的影响。

(三) 全生命周期管理平台

1. 设备状态大数据分析模块

在医疗设备智能运维管理体系的全生命周期管理平台中，设备状态大数据分析模块至关重要。通过收集医疗设备运行过程中的大量数据，包括设备的各项参数、运行时间、故障记录等。利用先进的数据分析算法，可以对设备的状态进行实时监测和评估。例如，分析设备的性能变化趋势，预测可能出现的故障，提前进行维护。同时，还能结合能耗数据，对设备的能耗成本进行分析，为医院优化设备使用策略提供依据。通过对全院设备运行效率和能耗成本的多维度评估，帮助医院合理配置资源，提高

设备的整体使用效益，降低运营成本，保障医疗服务的高质量提供。

2. 管理决策支持系统

管理决策支持系统在医疗设备智能运维管理体系的全生命周期管理平台中至关重要。它基于大量设备运行数据，通过数据分析和挖掘技术，为管理者提供决策依据。例如，系统可分析设备的故障率、维修频率和使用时长等数据，预测设备可能出现的故障，提前安排维护计划，降低设备停机时间。同时，该系统还能评估不同维修方案的成本和效益，辅助管理者选择最优方案。此外，它可以根据设备的性能变化趋势，为设备的更新改造提供决策支持，如确定合理的更新时间 and 改造方向，确保医疗设备始终处于良好的运行状态，提高医疗服务的质量和效率。

五、总结

本研究构建的物联网监控系统在三甲医院临床验证中取得了一定成果，设备故障识别准确率达92.7%，平均响应时间大幅缩短。然而，该系统也存在一些问题，如医疗数据隐私保护机制需强化，异构设备接入标准未统一。针对这些局限，未来研究方向明确。一方面，探索联邦学习框架在分布式场景的应用，有望提升系统性能与数据处理能力；另一方面，积极参与制定医疗物联网国际标准，促进系统的规范化与兼容性，推动基于物联网技术的 MR/CT 设备远程监控与故障诊断系统不断完善和发展。

参考文献

- [1] 朱可龙. 基于物联网的轧机远程故障诊断方法的研究 [D]. 华北理工大学, 2022.
- [2] 王宁宁. 基于物联网的鲍鱼菇大棚远程环境监控与预测系统 [D]. 华中师范大学, 2023.
- [3] 冯相旭. 基于物联网的矿井通风机监控与故障诊断系统研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2021.
- [4] 刘梦. 基于物联网的电动汽车电池管理系统的远程监控 [D]. 华北理工大学, 2021.
- [5] 金达凤. 基于物联网的钨矿破碎设备润滑监控系统 [D]. 江西理工大学, 2021.
- [6] 周章谦. 基于物联网的机电设备远程监控与故障诊断研究 [J]. 模型世界, 2023.
- [7] 孟范鹏, 李浩, 李晨, 乔绪龙, 王坤田. 基于物联网的设备远程监控系统研究 [J]. 智慧轨道交通, 2022, 59(1):39-41.
- [8] 伍宏鹏, 张顺琦, 应申舜, 等. 基于物联网拉床设备远程监控系统设计 [J]. 工业控制计算机, 2021, 034(002):116-117,120.
- [9] 周永光, 熊理想. 基于物联网的临时电源设备远程监控系统设计 [J]. 电工技术, 2023(9):188-190.
- [10] 谢维军, 张家铭, 张鞍豪. 基于物联网的场站设备智能监控技术研究 [J]. 工程与建设, 2021(005):035.