

基于物联网的电气设备远程监控系统设计与实现

王静文

西安汽车职业大学 陕西 西安 710600

摘要：本文设计并实现了基于物联网的电气设备远程监控系统，采用分层架构，包括感知层数据采集、传输层实时通讯、处理层云计算与大数据分析及应用层监控报警等功能。关键技术涵盖边缘计算节点部署、数据处理存储、故障诊断与能效管理。同时，系统构建了安全防护体系，并提出标准化建议，确保稳定运行与数据安全。该系统能实时监测设备状态，预防故障，提高能效，为电气设备管理提供智能化、高效化的解决方案。

关键词：物联网；电气设备；远程监控系统；实现

引言：随着物联网技术的不断发展，其在电气设备远程监控领域的应用日益广泛。电气设备的安全稳定运行对于工业生产、居民生活具有重要意义。因此，提出一种基于物联网的电气设备远程监控系统设计与实现方案，旨在通过物联网技术实现对电气设备的实时、高效监控，提高设备管理的智能化水平，降低运维成本，提升能源利用效率。

1 物联网及电气设备远程监控相关技术基础

1.1 物联网技术概述

物联网（Internet of Things, IoT）作为信息科技产业的第三次革命，它通过信息传感设备，按照约定的协议，将任何物体与网络相连接，使得这些物体能够通过信息传播媒介进行信息交换和通信，从而实现智能化识别、定位、跟踪、监控等功能。物联网的架构通常包括感知层、网络层、平台层和应用层。感知层主要通过各类传感器、RFID标签等设备采集物理世界的的数据；网络层负责数据的传输，包括无线通信技术如Wi-Fi、LoRa、NB-IoT以及有线通信技术；平台层提供数据处理、存储和分析的能力；应用层则是面向用户的各类物联网应用和服务。随着物联网技术的不断发展，它在智能家居、工业自动化、智慧城市等领域发挥着越来越重要的作用。

1.2 远程监控系统数据传输与处理技术

远程监控系统数据传输与处理是实现电气设备远程监控的关键环节。在数据传输方面，系统通常采用无线通信技术和有线通信技术相结合的方式，确保数据的实时、准确传输。无线通信技术如Wi-Fi、4G/5G、LoRa等具有传输速度快、覆盖范围广、部署灵活等优点，适用于数据传输量较大或需要移动监控的场景。有线通信技术如以太网、光纤等则具有传输稳定、抗干扰能力强等优点，适用于数据传输量大、对安全性要求高的场景。在数据处理方面，系统采用云计算、大数据等先进技

术，对采集到的数据进行实时处理、分析和存储^[1]。通过数据挖掘、机器学习等方法，系统能够从海量数据中提取有价值的信息，为设备的运行维护和管理提供决策支持。同时，系统还具备数据安全性保障功能，确保数据的传输和存储过程中不被泄露或篡改。

2 基于物联网的电气设备远程监控系统总体设计

2.1 系统设计目标与需求分析

基于物联网的电气设备远程监控系统的设计目标是构建一个高效、智能、可靠的远程监控平台，实现对电气设备运行状态的实时监测、预警、分析和管理。系统设计需满足以下核心需求：首先，系统应具备实时数据采集和传输能力，确保数据的准确性和时效性；其次，系统应提供丰富的监控功能，如状态监测、故障诊断、报警通知等，以满足不同场景下的监控需求；再者，系统应具备良好的用户界面和交互体验，方便用户进行设备管理和数据查看；最后，系统应保障数据的安全性和隐私性，防止数据泄露或被非法访问。此外，考虑到系统的可扩展性和兼容性，设计时应预留接口和扩展空间，以适应未来新设备和新功能的接入。

2.2 系统架构设计

本系统采用分层架构设计，包括感知层、传输层、处理层和应用层。感知层主要负责通过各类传感器采集电气设备的运行数据；传输层负责数据的实时、可靠传输，采用无线通信技术（如LoRa、NB-IoT）和有线通信技术（如以太网）相结合的方式，确保数据在不同环境下的稳定传输；处理层负责对接收到的数据进行处理、分析和存储，采用云计算平台和大数据分析技术，提高数据处理的效率和准确性；应用层则面向用户，提供设备监控、数据分析、报警通知等功能模块，实现用户与系统的交互。各层之间通过标准的接口和协议进行通信，确保系统的整体性能和稳定性^[2]。

2.3 系统功能模块设计

系统主要包括数据采集模块、数据传输模块、数据处理模块、监控界面模块和报警模块。数据采集模块负责通过传感器采集电气设备的运行数据，并将其转换为数字信号；数据传输模块负责将采集到的数据实时传输到处理层；数据处理模块负责对接收到的数据进行清洗、存储和分析，提取有价值的信息；监控界面模块负责提供用户友好的界面，展示设备的运行状态和数据信息，方便用户进行设备管理和数据查看；报警模块则负责在设备发生故障或异常时，及时触发报警机制，通知相关人员进行处理。各功能模块之间紧密协作，共同实现电气设备远程监控的目标。

3 基于物联网的电气设备远程监控系统的关键技术与实现

3.1 边缘计算节点部署

在物联网架构下，边缘计算节点的合理布局对电气设备远程监控系统至关重要。边缘计算将部分数据处理下沉至靠近数据源处，能大幅降低数据传输延迟，提升系统响应及时性与本地处理自主性。电气设备集中区域，如工厂配电室、数据中心电力机房，是部署边缘计算节点的理想场所。以工厂车间配电箱为例，在其附近设置节点，通过有线或无线连接电流、电压传感器，可实时采集电气参数。这种本地化采集与处理，有效规避大量原始数据长距离传输到云端造成的网络拥堵和延迟。硬件选型上，常采用基于ARM架构的工业级单板计算机，其具备一定计算性能，且体积小、功耗低、稳定性强，契合工业环境长期运行需求。软件方面，配置RT-Linux等实时操作系统，保障数据处理任务按时完成。同时开发专门应用程序，负责接收传感器数据，完成清洗、预处理工作，依据预设规则实时分析数据，判断设备运行参数是否正常。一旦发现异常，即刻触发本地报警并快速上传关键数据，正常历史数据则本地存储，定期上传至云端，减轻网络与云端存储压力。

3.2 数据处理与存储

数据处理与存储是远程监控系统的核心功能，直接影响对电气设备运行状况的分析及决策支持。数据处理时，先对海量电气设备数据清洗。工业现场复杂，传感器数据易含噪声、异常值与重复数据。利用卡尔曼滤波算法去除噪声，通过 3σ 原则识别、修正或删除异常值，保障数据质量。清洗后的数据运用多种分析技术挖掘信息，如时间序列分析预测设备未来运行状态，聚类分析对相似运行模式设备归类管理，结合支持向量机（SVM）等机器学习算法构建设备运行状态分类模型，自动判断设备状态。存储方

面，鉴于电气设备数据多样且海量，采用混合存储架构。实时性强的运行数据，如当前电压、电流值，用内存数据库存储，满足快速读写需求。历史数据量大、访问频率低，采用分布式文件系统（如HDFS）存储原始数据、日志文件等非结构化数据，关系型数据库（如MySQL）存储经整理、分析的数据及设备基本信息等结构化数据，便于复杂查询与统计分析。为保障数据安全，定期进行异地与本地备份，并对敏感数据加密处理。

3.3 故障诊断模型

精准的故障诊断模型是保障电气设备稳定运行的关键，能及时发现潜在故障，减少停机时间与维护成本。本系统构建基于多源数据融合与深度学习的故障诊断模型。融合电流、电压、温度、振动等不同类型传感器数据，借助D-S证据理论等数据融合算法整合信息，提升诊断准确性与可靠性；模型采用卷积神经网络（CNN）与循环神经网络（RNN）结合的结构。CNN擅长提取电气设备时频域信号的局部特征，如将电流、电压信号转换为时频图后输入CNN提取频率、幅值等特征。RNN则能分析设备运行参数的时间序列变化规律，捕捉长期依赖关系。将CNN提取的特征输入RNN进一步学习设备运行状态动态变化。用大量正常与故障状态数据训练模型，调整参数，通过交叉验证防止过拟合，提升泛化能力。系统实时采集数据输入模型分析，若检测到故障，立即输出诊断结果，通知运维人员。并定期依据新数据更新优化模型，保持诊断准确性^[3]。

3.4 能效管理模块

能效管理模块是远程监控系统实现节能减排、提升能源利用效率的重要部分。

该模块实时监测分析电气设备运行数据，获取功率、电量等能耗信息，运用能源效率指标（EEI）等能效评估算法，量化评估设备在不同工况下的能效水平，对比行业标准或设计能效，判断是否存在能源浪费。对于能效低的设备，如电机，依据负载变化采用变频调速技术调整转速，使其运行在最佳效率区间。多设备协同工作时，运用智能调度算法，合理安排启停时间与运行顺序，降低系统整体能耗，像工厂车间依据生产工序电力需求优化设备开启时间，避免电力峰值，降低用电成本。另外，模块具备能耗数据统计与报表生成功能，按时间周期生成报表与趋势图，方便用户了解能耗变化，制定长期能源管理计划，评估节能措施效果，为企业能源决策提供数据支持，助力可持续能源管理。

4 基于物联网的电气设备远程监控系统安全与优化探讨

4.1 安全防护体系

在基于物联网的电气设备远程监控系统中,构建全面的安全防护体系是保障系统稳定运行与数据安全的基石。网络安全层面,设置防火墙阻挡外部非法网络访问,对进出网络的数据进行严格过滤,防止恶意软件、黑客攻击入侵系统。采用虚拟专用网络(VPN)技术,为数据传输建立加密通道,确保数据在公网传输过程中的保密性与完整性,防止数据被窃取或篡改。在设备安全方面,对边缘计算节点及各类传感器进行身份认证与访问控制,只有经过授权的设备才能接入系统,避免非法设备接入带来的安全隐患。定期更新设备固件,修复已知安全漏洞,提升设备自身的安全性。数据安全至关重要,运用数据加密算法,对存储在数据库及传输中的敏感数据,如设备运行参数、用户账号信息等进行加密处理。同时,建立完善的数据备份与恢复机制,定期将关键数据备份至异地存储设备,一旦发生数据丢失或损坏,可快速恢复数据,保障业务连续性^[4]。用户管理方面,实施严格的用户权限分级制度,根据不同用户角色,如管理员、运维人员、普通用户等,分配相应的操作权限,防止越权操作引发安全事故。

4.2 标准化建议

在设备接口标准方面,制定统一的电气设备与传感器接口规范,包括物理接口、通信协议等,确保不同厂商生产的设备能够无缝接入系统,降低系统集成难度,促进设备间的互联互通。数据格式标准同样关键,统一电气设备运行数据的采集、存储与传输格式,便于数据在系统各模块间的共享与交互,提高数据处理效率。例如,规定设备状态数据、能耗数据等的统一数据结构与编码方式。安全标准的制定不可或缺,明确系统在网络安全、设备安全、数据安全等方面应达到的安全级别与

防护措施要求,保障系统整体安全性。通过制定统一的安全标准,有助于提升系统的可信度,增强用户对系统的信心。在系统性能标准方面,设定系统响应时间、数据处理能力、数据传输可靠性等性能指标的量化标准,为系统设计、开发与测试提供明确依据,促进系统性能的提升与优化。另外,还应建立标准化的系统验收流程与测试规范,确保新开发或升级的远程监控系统符合各项标准要求,保障系统质量与稳定性。

结束语

本文通过对基于物联网的电气设备远程监控系统的设计与实现进行研究,探讨了系统架构、关键技术与安全防护体系。该系统能够实时监测电气设备的运行状态,及时发现潜在故障,并通过能效管理模块实现节能减排。未来,将继续完善系统功能,提升数据处理与分析能力,同时加强安全防护措施,确保系统稳定运行与数据安全。该系统将为电气设备管理提供有力支持,推动物联网技术在工业领域的广泛应用。

参考文献

- [1]徐泽立,李宗昊.基于物联网的电气设备远程监控系统设计与实现[C]//2024智慧施工与规划设计学术交流会议论文集.2024:1-3.
- [2]韩冬,王建华,于晶,等.基于物联通信的智能化电气设备火灾报警系统设计与实现[J].国际建筑学,2024,6(5). DOI:10.37155/2661-4669-0605-32.
- [3]许红伟.基于物联网的机电设备远程监控系统设计与实现[J].现代工业经济和信息化,2024,14(02):114-116.
- [4]张炜.基于物联网的铁路车辆探伤设备远程监控与管理系统设计及实现[J].科技创新与生产力,2022,(08):115-117.