

物联网技术与 PLC 集成的远程运维系统研究

关越¹, 陈玲²

1. 马鞍山职业技术学院, 安徽 马鞍山 243000

2. 皖江工学院, 安徽 马鞍山 243000

DOI:10.61369/EPTSM.2026010001

摘要： 物联网与 PLC 的融合是构建现代工业远程运维系统的核心途径。本文围绕其理论框架、核心技术及优化方法展开分析，阐述了系统运行的理论基础，继而深入分析了数据采集通信、边缘智能控制、平台构建可视化三大关键技术如何协同工作。针对现有系统的不足，从系统结构、运维算法与安全性可靠度三个方面提出了优化方案，通过微服务化、智能算法集成及纵深防御策略，旨在构建一个更高效、智能的远程运维系统，助力实现我国工业数字化发展。

关键词： 物联网；PLC；通信技术；远程运维系统

Research on Remote Operation and Maintenance System Integrated with Internet of Things Technology and PLC

Guan Yue¹, Chen Ling²

1. Ma'anshan Vocational and Technical College, Ma'anshan, Anhui 243000

2. Wanjiang University of Technology, Ma'anshan, Anhui 243000

Abstract： The integration of the Internet of Things (IoT) and Programmable Logic Controllers (PLCs) serves as a core approach to constructing modern industrial remote operation and maintenance systems. This paper provides an analysis centered on its theoretical framework, core technologies, and optimization methods, elucidating the theoretical foundation of system operation. Subsequently, it delves into how three key technologies—data acquisition communication, edge intelligent control, and platform-based visualization—work in synergy. Addressing the shortcomings of existing systems, optimization strategies are proposed from three perspectives: system architecture, operation and maintenance algorithms, and security and reliability. Through microservices, integration of intelligent algorithms, and a defense-in-depth strategy, the aim is to construct a more efficient and intelligent remote operation and maintenance system, thereby facilitating China's industrial digitalization development.

Keywords： internet of things (IoT); programmable logic controller (PLC); communication technology; remote operation and maintenance system

引言

随着工业4.0的发展，主要依赖人工的本地设备运维模式因其响应滞后、成本高昂且难以预测突发故障，已无法满足现代工业的需求，而物联网技术的发展也正在逐步解决工业领域的互联及大数据驱动方面的问题。为实现工业设备数据的云端采集传输与远程控制，研究如何将物联网技术与 PLC 控制系统深度集成，使运维人员能对设备进行实时监测与调控，已成为当前的研究重点。因此，本文对物联网与 PLC 集成远程运维系统进行了深入研究，并提出了一套系统的优化方法。

一、物联网与 PLC 集成远程运维系统的理论基础

物联网技术和可编程逻辑控制器 (PLC) 的结合是当今构建现代工业远程运维系统的最为主要的技术模式，理论基础是基于工

业自动化和信息化相互融合产生的新型理念，由物联网的感知层传感器网络实时采集设备运行时的相关参数 (如电压、温度、振动)，网络层采用工业以太网、4G/5G 或 NB-IOT 等通信协议将数据传输到云平台。作为工业控制系统的核心执行节点，PLC 将原

2024 年安徽省省级质量工程项目：自动化专业卓越工程师教育培养计划 (2024zybj057)

作者简介：

关越 (1984-)，男，辽宁义县人，本科，讲师，研究方向：自动化系统优化控制等；

陈玲 (1982-)，女，安徽安庆人，硕士，教授，研究方向：电力电子功率变换、优化算法控制等。

先仅具有本地逻辑控制功能的角色转换为带有边缘计算能力的智能节点，实现对数据的本地处理、故障的初步诊断和快速应答等功能，显著提升了系统实时性的同时也降低了云端的负担。该集成架构实现了设备状态数据的连续获取，为后续的大数据分析与智能决策提供了数据基础。对于像高压配电室、智能变电站这样一些重要的供电场所，能够对其运行状态进行精准化地感知以及远距离地可视化监测，这样就可以极大地提高运维管理人员的工作积极性以及工作的安全性。此外，在诸如起重机械、自来水厂等流程工业方面，由于 PLC 与云平台的结合能够很好地将设备的数据汇集起来并进行充分地运用，以此来进行设备的预测性维护方案的制定工作，使得运维人员可以更好地分配运维资源以及有效防止发生设备非计划性停运的情况^[4]。当前的技术体系需要不断地发展完善，要想让其后续的发展更加顺利地进行，那么我们应该继续完善其标准数据接入问题、通信安全及可靠性问题和边缘算力协同的问题^[2]。

二、物联网与 PLC 集成远程运维系统的关键技术

（一）数据采集与通信技术

数据采集与通信技术构成了物联网与 PLC 集成远程运维系统的基础支撑层，其核心任务是实现工业现场设备运行状态数据的全面、精准、可靠获取与传输。该技术体系始于感知层多种传感器的部署，用于采集设备参数；进而通过 Modbus TCP 等工业协议，读取 PLC 内部数据（如 I/O 状态、寄存器值）以完成数据抽取，并在高压配电室等复杂场景中实现多源异构数据的综合性采集^[1]。根据数据应用对实时性、可靠性和成本的需求，采用相应技术和标准，在布线便利的固定场所优先采用工业以太网等有线方式；对于移动端或者偏远的地点采用 4G/5G/NB-IOT 等无线通讯的方式。考虑到 NB-IOT 功耗低、穿透力强的特点，比较适合应用于数据较少的采集站。为保证数据能够完整的传输到指定位置，应做好相关链路的数据校验、重传和冗余设计。采集到的原始数据需要经过边缘侧滤波、压缩和格式标准化等必要的预处理才能上传到云端或本地监控中心，在此过程中可以确保数据的有效性，并减小网络带宽的压力。与此同时，在采集与通信系统处理过的数据传送到云端或本地监控中心后可以提供给后续的数据分析、智能运维使用。并且该连续性、不间断的数据流水线，也正是远程可视化监控及智能化管理的前提条件。

（二）控制功能与边缘计算技术

控制功能与边缘计算技术的深度融合，是物联网与 PLC 集成远程运维系统实现智能化的核心环节；而此时的 PLC 也将由传统的逻辑执行单元，变成具有局部智能的边缘节点。在现代系统里，PLC 可以不局限于顺序控制、运动控制及过程调节的基本自动化任务，而是可以兼顾边沿端数据处理及决策。PLC 的边缘计算能力主要体现在对其自身产生的数据及关联传感器数据进行就地处理，比如对运行的数据进行清理、滤波、特征提取等以及判定是否存在设备状态（比如是否出现振动超标、电流异常等情况），并及时触发报警、检测事件。通过对计算能力下移到网络

边缘的手段减少对云端的持续连通性需求，在出现断网情况下，依然能够保证关键设备的自主、安全运行，极大的提高了系统的可靠性和实时性；由于 PLC 具有的边缘计算能力可进行更为复杂些的本地控制策略，如针对不同生产工况，分析得出的结果直接触发报警或简单连锁保护的動作，这在对实时性要求极高的起重机械安全运维及自来水厂工艺控制中至关重要^[5]。同时由于对云端上送的数据更加精准，不需要很大规模的数据传输到云端来实现指令和数据的上行下达，因此可直接给云端提供有效数据，大幅度节约网络带宽、降低云端计算负荷。基于分工协同的架构：边缘侧完成实时性高、快节奏的瞬时响应和控制任务；云端实现海量历史数据的大容量存储和大计算能力下的深度学习、模型优化。强化 PLC 的边缘计算能力，是实现控制逻辑本地闭环与智能分析云端开环有机结合的关键，并保证控制系统的实时性和确定性基础以及为上层运维的应用提供高质量的数据支撑和较大的智能化空间。

（三）平台构建与可视化交互技术

平台构建与可视化交互技术为物联网 PLC 集成远程运维系统的顶层应用核心，负责把底层汇聚的数据转变为可供决策的直观信息，系统平台一般采用分层架构，即数据接入层，数据处理层，服务层及应用层。数据接入层对接不同的 PLC 和传感设备，以标准接口协议接入多源异构数据，并完成数据统一格式化处理。数据处理层以大数据为基础，运用分布式存储与流式计算框架，实时处理海量时序设备数据，并对存储管理的数据开展数据挖掘及机器学习，以此实现设备状态评估、趋势预测以及故障诊断等功能。平台服务层将共性化的分析能力封装成为可重用的微服务，例如设备管理、报警引擎、报表服务等，为上层应用提供可调用的服务。最后应用层使用可视化交互技术将数据的价值直观地呈现给用户。传统的数据看板、曲线图，再加上使用 WebGL 技术所实现的设备三维模型等，都属于这种交互技术范围之内；其可以把高压配电室中的高压柜、起重机中的卷扬机、电控屏甚至主控柜中的温湿度传感器等作为基准物，并真实还原它们的物理状况及位置信息。报警信息则可以根据需求采用不同层级的颜色和声音进行分类推送，也可以与其他工作流平台（例如工单系统）相互关联从而实现报警闭环管理^[3]。这种能实现集数据汇集、智能分析、交互友好的集成功能，在 PLC 产生大量的原始数据的基础上，为运维人员提供非常有参考价值的设备健康度的判断及运维行为的指导，大大地提高运维管理效率和智能化水平。

三、物联网与 PLC 集成远程运维系统的优化设计

（一）系统架构优化

系统架构优化是物联网与 PLC 集成远程运维系统提升效能和可扩展性的关键步骤之一。其目标是构建一个高内聚、低耦合、易于维护和扩展的现代化软件架构，以应对不断变化的需求，而传统单体架构因其固有局限性已难以胜任。针对传统单体架构组件耦合紧密、扩展性差、难以适应复杂工业应用的局限性，优化设计转向采用微服务架构，将系统划分为一组小而自治的功能模

块,例如设备接入服务、数据解析服务、告警引擎服务、可视化服务等等,每一个这样的模块,都是相对自治的服务,对外提供单个责任的服务接口。这使得系统能够根据不同的业务需求,灵活组合技术实现方式,在独立开发、独立部署、独立伸缩的基础上,再结合轻量级的通讯机制(如 RESTful API或 gRPC),整体提高了系统的灵活性以及技术选择空间。为提升部署与运维效率,采用 Docker等容器化技术将每个微服务及其依赖环境打包成标准化的镜像,随后借助 Kubernetes等容器编排技术,实现在控制台上一键式的自动化运维与部署,弹性伸缩与高可用管理等功能。与此同时,在通信方面,采用高效可靠的消息中间件(如 MQTT、Kafka)来实现大量设备数据的异步发布、订阅,保障数据流在复杂系统中高效可靠地进行流转。又如,在整个系统的架构设计中需要有一套统一的数据管理方案,并能够规范数据模型、数据访问接口等,以便将各种品牌 PLC所产生的异构数据进行汇总并采集,为上层应用提供一致的数据视图;将整体架构采用微服务化并使用容器化的解决方案之后,使整个系统拥有更高的弹性和更好的可维护性,并且能够很好地适应未来的技术升级。

（二）运维算法优化

运维算法优化是提高物联网、PLC集成远程运维系统智能化的关键所在,其核心是基于先进的数据模型和数据分析手段,将采集的数据转变为可用于开展运维工作的智能化洞见。运维算法优化必须从底层做起,需要对 PLC、传感器提供的海量时序数据进行深层挖掘,并结合特征工程进行关键的指标抽取,然后构建设备健康度评价模型,最后通过预测类算法来实现对实际问题解决的预警,主要包括:使用自回归积分滑动平均(ARIMA)、长短期记忆网络(LSTM)等时序预测模型开展故障预警;以及采用聚类分析(K-means)、分类算法(SVM、随机森林)等知识挖掘技术学习历史的正常运行模式和故障实例,建立一套智能诊断的规则库来实时感知设备运行状态,判断是否出现异常情况。为提升报警准确性,需优化报警策略,设计基于多参数关联分析的多级报警机制。例如,通过区分短期瞬时波动与长期趋势劣化,并建立分级报警机制,可有效滤除偶然噪声干扰,大幅降低误报与漏报率。另外,还要保证云端一边端协同:一方面把轻量级诊断模型放到 PLC边上实现快速响应;另一方面把重计算、重判断的复杂预测模型运行到云端做深度运算。经过一系列算法的

集成使用和不断地迭代升级,实现了由原来的告警被动响应转变为现在的主动预测风险、准确地识别故障问题的新模式。

（三）安全与可靠性优化

安全、可靠性的优化是物联网—PLC集成远程运维系统得以落地的根本保证,涉及到整个业务链条包括从终端到云端的所有环节。在物理接入层需要对接入的 PLC控制器以及现场的传感器进行硬件认证和访问控制,避免非法的设备进入;为了保证 PLC与云平台之间数据传输的安全性,在端到端上建立数据加密通道,通过 TLS/SSL协议对接入的数据、控制指令和状态信息等内容进行加密保护,防止传输过程中被窃听或中间人攻击;在平台层面上,构建基于 RBAC的细粒度化权限访问控制模型,依据不同的运维人员所具有的岗位职责分配差异化数据访问权限和数据操作权限,实现平台权限分离和最小权限原则;对于网络连接不可靠的问题,建立通信链路的冗余和自愈,比如有线以太网和无线 4G/5G网络切换时可以做到自动切换,防止数据在单一路径出现断路时丢失;加强边缘端自我保护的能力,利用优化后的 PLC逻辑程序在没有网络的状态下仍然可以按照事先设定好的条件,让部分的关键设备进行独立本地运行、保障安全互锁运行,并且在网络恢复后可以将此状态的信息发回云端存储,从而达到这种特殊情况下保障系统生产的连续性的目的。将这个深度防御安全策略与层次化可靠性结合起来的优化方案使得整个系统具备了抵抗各种安全问题、物理链路故障的能力,从而保证了系统的远程运维的连续性和安全性。

四、结语

本文构建了物联网与 PLC集成的远程运维系统理论框架,并围绕整体的理论结构,从关键技术层面以及优化设计的方向展开了论述。将数据采集通信、边缘计算控制和平台可视化交互有机结合起来,实现了从设备层至应用层的垂直打通。提出在微服务架构、智能运维算法及全链路安全可靠性方面的优化方案,为系统在可扩展性、智能化与稳定性方面的提升提供了清晰的实现路径。未来,随着 5G-A、数字孪生等技术的成熟,该系统将进一步向自适应、自愈的智能化方向演进,但是也会面临越来越多的标准、安全等问题需要进行解决和完善。

参考文献

- [1]李冉,李永兴.基于物联网的高压配电室远程监控与运维管理研究[J].高科技与产业化,2024,30(10):30-31.
- [2]王亚峰.设备远程运维系统应用分析[J].新世纪水泥导报,2023,29(06):66-68.
- [3]黄亮.基于物联网技术的远程可视化智能变电站运维实施方案研究[J].电气技术与经济,2023,(08):171-173.
- [4]李德英,袁练,陈希祥,等.基于 PLC与组态监控的自来水厂移动运维系统构建[J].自动化技术与应用,2023,42(05):1-3.
- [5]许益峰,虎恩典,李柯强.PLC云平台在起重机运维系统的应用[J].延安职业技术学院学报,2022,36(03):106-108.