

工业物联网环境下的实时数据采集与传输优化技术研究

谢添 王清璇

(焦作大学 河南 焦作 454000)

摘要 文中研究了工业物联网环境下的实时数据采集与传输技术。通过自适应采样、事件驱动采样、MQTT 和 CoAP 协议优化、数据压缩与加密等策略,显著提升了系统的性能。实验结果显示,这些优化策略有效降低了数据采集频率和传输延迟,减少了带宽占用,降低了数据丢包率,提升了数据处理效率。其中,数据压缩与加密技术在提升传输性能的同时保持了数据的安全性,为工业物联网中的数据传输提供了实用的优化方案,具有一定的应用价值。

关键词: 工业物联网;实时数据采集;数据传输优化;自适应采样

中图分类号 TP399

Research on Real-time Data Acquisition and Transmission Optimization Technologies in Industrial IoT Environments

XIE Tian and WANG Qingxuan

(Jiaozuo University, Jiaozuo, Henan 454000, China)

Abstract In this paper, real-time data collection and transmission technologies in the industrial Internet of Things environment are studied. Through strategies such as adaptive sampling, event-driven sampling, MQTT and CoAP protocol optimization, data compression and encryption, the system performance is significantly improved. Experimental results show that these optimization strategies effectively reduce data collection frequency and transmission delay, reduce bandwidth occupation, reduce data packet loss rate, and improve data processing efficiency. Among them, data compression and encryption technologies improve transmission performance while maintaining data security, providing practical optimization solutions for data transmission in industrial Internet of Things, and have certain application value.

Key words Industrial IoT, Real-time data acquisition, Data transmission optimization, Adaptive sampling

0 引言

随着信息技术和通信技术的快速发展,工业物联网(IIoT)逐渐成为现代工业实现智能化和自动化转型的重要推动力。IIoT通过联网各类传感器和设备,实现实时的数据采集与传输,显著提升了生产效率和系统灵活性。然而,设备数量的增加和数据流量的激增也带来了实时性和可靠性方面的挑战,影响了工业系统的性能和数据准确性^[1]。本文旨在优化IIoT环境下的实时数据采集与传输技术,以提高数据采集的效率与准确性,保证数据传输的速度与稳定性,确保系统在复杂环境中的实时性与可靠性,为工业智能化应用提供技术支持。

1 工业物联网中的数据采集与传输技术

1.1 数据采集技术

在工业物联网中,数据采集是信息流动的基础,其质量直接影响着系统性能。部分传感器能实时监测设备状态和

环境参数,如温度、压力、流量和振动传感器^[2]。现代传感器技术在精度、体积、功耗和成本方面具有显著的优势。例如,MEMS传感器因其小型化和高灵敏度得到了广泛应用;数据采集器可以用于获取和初步处理传感器数据;智能数据采集器具有多功能性,支持多种传感器接口并具备数据分析功能。为提高数据的可靠性,还可以使用数据融合技术,如加权平均、卡尔曼滤波等^[3]。

1.2 数据传输技术

在工业物联网中,数据传输技术得到了广泛应用,无线传输技术如Wi-Fi、蓝牙、ZigBee和LoRa则提供了灵活的连接方案。其中,ZigBee适用于低功耗短距离应用,LoRa适用于远距离低带宽场景。无线传输布线简便,但也面临着信号干扰和覆盖范围有限的问题^[4]。以太网和串行通信(如RS-232和RS-485)等有线传输方法也具有广泛的应用。以太网适用于高速大数据传输,串行通信则适用于长距离传输任务。边缘计算技术可以在数据采集点附近处理数据,以降低对延迟和带宽的需求,提高系统响应速度。常见的数据传输协议包括MQTT、HTTP/HTTPS和CoAP(约束应

作者简介: 谢添(1991—),硕士,助教,研究方向为物联网技术。

用协议),它们可以在不同场景中提供标准化的数据传输方式^[5]。

1.3 面临的挑战

(1)实时性。工业物联网对数据采集和传输的延迟要求极高,以支持实时监控和控制。随着设备数量和数据流量的增加,网络延迟、数据处理延迟和带宽限制可能会影响系统的实时性。

(2)可靠性。工业环境复杂且恶劣,振动、电磁干扰和温度变化等因素可能导致数据采集和传输的不可靠性,如数据丢失和误差,影响系统的正常运行。

(3)安全性。数据的安全性至关重要,面对恶意攻击、数据泄露和篡改的威胁,需通过加密、身份验证、访问控制等网络安全技术,确保数据的机密性、完整性和可用性。

2 实时数据采集与传输优化

2.1 数据采集优化策略

在工业物联网中,优化数据采集过程是提高系统性能的关键。常用的优化策略包括传感器数据融合技术、动态采样率调整以及传感器网络优化。

传感器数据融合技术可以集成来自不同传感器的数据,提高数据的准确性和可靠性。常用的融合方法如表1所列。

表1 数据融合方法

方法	描述	优点	缺点
加权平均法	根据各传感器的可靠性赋予不同权重,计算加权平均值	简单有效,易于实现	对传感器故障敏感,可能影响融合结果
卡尔曼滤波	利用动态系统的状态方程和测量方程,通过预测和更新步骤,结合历史数据和实时数据来估计系统的真实状态	适用于处理带有噪声的数据,能有效提高数据的准确性	对系统模型和噪声特性具有较高要求,计算复杂度较高
粒子滤波	使用粒子群来表示系统状态,通过迭代更新粒子权重进行状态估计	适用于非线性和非高斯噪声环境,能处理复杂的状态估计问题	计算复杂度较高,处理速度较慢

动态采样率调整技术可根据数据变化自动调整采样频率,以节省资源并提高数据处理效率。自适应采样会在设备运行稳定时降低采样频率,在设备异常或参数波动时提高采样频率,以捕捉更多的数据。事件驱动采样则仅在特定事件发生时进行数据采集,如设备故障或性能超标时,提高数据的相关性和处理效率。

传感器网络优化则可通过合理布局和配置传感器,扩大数据采集覆盖范围,提高数据的准确性。优化部署位置能减少数据传输过程中的冗余和干扰,提升系统的性能、响

应速度和可靠性。

2.2 数据传输优化策略

数据传输优化在工业物联网中至关重要,直接影响着系统的实时性和整体性能。协议优化较为关键,主要包括MQTT和CoAP的优化。MQTT通过发布/订阅机制和合理的QoS等级来降低传输开销,提高处理效率。CoAP则通过可靠传输和资源压缩技术,能在低带宽和高延迟环境中提高数据传输效率。

数据压缩与加密技术在数据传输中起着重要的作用。数据压缩可通过高效算法(如GZIP、LZ4)来减少传输量,降低网络负荷,节省带宽。数据加密(如AES、RSA)则可以保障数据的机密性,防止数据被窃取或篡改,在安全性与处理开销之间取得平衡。

优先级传输策略可以优先传输关键数据,如QoS调度和流量管理。QoS调度能根据数据优先级和实时性设置不同的服务等级,优先处理重要数据。流量管理则可以在网络拥堵时根据优先级调整流量,避免关键数据出现延迟或丢失现象,确保关键数据的及时传输和处理。

2.3 实时性与可靠性保障机制

为实时传输和处理工业物联网中的数据,需要提供有效的保障机制。调度算法,如Rate Monotonic Scheduling(RMS)或Earliest Deadline First(EDF),可通过优先级管理和任务调度,确保关键任务按时完成,满足实时性要求。优先级调度可以进一步细化任务优先级,提高系统的响应和处理效率,从而提升整体性能,及时传输和处理数据。

缓存管理和网络资源分配是提升系统实时性和可靠性的关键。缓存管理可通过LRU优化数据访问策略,在网络中断时临时存储数据,确保数据传输的完整性。网络资源分配可通过动态调整带宽来满足关键数据的传输需求,并使用流量控制机制(如TCP流量控制、拥塞控制)来管理数据流,防止网络拥塞和数据丢失。这些措施有效优化了网络资源使用,提高了数据传输效率和系统稳定性。

3 实验设计与数据分析

本次实验在综合工业物联网测试环境中进行,以准确评估数据采集与传输优化算法的性能。使用多种传感器采集环境参数,经采集器将数据传输至处理系统;通过高性能计算机执行数据处理和优化算法,确保数据的稳定传输。实验使用Linux操作系统,应用Python和C++开发算法,并使用Matplotlib和Pandas实现数据可视化。优化算法包括自适应采样、事件驱动采样、MQTT和CoAP协议优化、数据压缩与加密等,同时结合实时调度、缓存管理和网络资源分配策略,保证数据传输的实时性和可靠性。实验测试了不同优化策略下的数据采集频率、传输延迟、带宽使用、数据丢包率和处理效率,具体统计数据如表2所列。

(下转第267页)