

一种边缘计算的装备数据采集系统与方法

张波, 屈辉现, 程宏, 解滔, 廖文洁

中轻长泰(长沙)智能科技股份有限公司 人工智能研究部, 湖南 长沙 410000

DOI: 10.61369/TACS.2025100036

摘 要 : 针对工业系统中边缘网关部署工作量大、数据采集设置复杂、错误率高、采集频率单一、系统关键数据采集速度慢、网络波动适应性差、网关故障更换困难以及数据压缩率低导致数据采集效率低等问题, 开发了一种边缘计算智能装备数据采集系统。系统通过设备模型集中管理、动态下发采集任务、实时监测网关状态, 显著提升了多种类、大数量设备的智能装备数据采集效率和准确性, 降低了传输流量, 增强了网络连接的稳定性, 有效支持了工业互联网中海量异构终端的实时互联和网络的自动部署与运维, 保证了联接的安全、可靠和互操作性。

关 键 词 : 边缘网关; 采集效率; 异频采集; 动态下发; 自动部署

A System and Method for Equipment Data Acquisition Based on Edge Computing

Zhang Bo, Qu Huixian, Cheng Hong, Xie Tao, Liao Wenjie

Artificial Intelligence Research Department, Zhongqing Changtai (Changsha) Intelligent Technology Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000

Abstract : In the industrial domain, a novel edge computing-enabled data acquisition system for intelligent equipment has been developed to tackle challenges such as complex gateway deployment, intricate data setup, high error rates, uniform collection frequency, slow critical data capture, limited network fluctuation adaptability, difficult gateway replacement, and inefficient data compression. This system centralizes device model management, dynamically assigns collection tasks, monitors gateway status in real time, supports variable frequency data collection, and employs dynamic data compression and caching. It enhances the efficiency and accuracy of data acquisition for a diverse and extensive array of equipment, reduces transmission traffic, stabilizes network connections, simplifies gateway maintenance and replacement, and ensures secure, reliable, and interoperable network operations.

Keywords : edge gateway data; acquisition efficiency; heterogeneous frequency collection; dynamic issuance; automatic deployment

一、研究背景

随着新一代信息技术与企业生产、运营等领域的融合程度不断加深, 企业对智能装备改装、智能系统的应用, 信息化、数字化已经逐步成为激发企业观念创新、业务创新和管理创新的重要推动力^[1], 而物联网、大数据、云服务和人工智能技术的高速发展, 推动装备管理、运维由传统的人工运维向智能运维转变, 传统的运维方式在监控、故障发现、告警和故障处理以及优化等各个环节均存在明显不足, 需要大量依赖专家经验、工作效率低下, 并且在数据采集、异常诊断分析、告警事件、故障处理的效率以及历史数据应用分析等方面都有待提高^[2]。

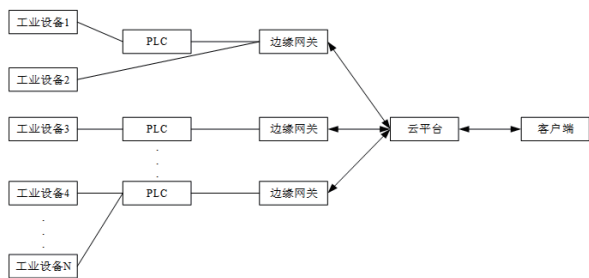
传统的边缘侧数据采集方法针对批量单一产品开发, 针对大型工业系统中大量装备高度集中的场景, 数据采集设置繁琐^[3], 采集设置工作量非常大。而由于现场网络环境的不确定性, 现场采集网络容易出现偶发故障, 且设备采集网络连接容易出现延时波动等情况^[4], 无法实现高效稳定对工业系统进行采集上传, 无法满足客户的使用需求。

二、技术方案

(一) 方案概述

为了解决存在现有工业系统大量设备以及产线中边缘网关无法快速部署, 数据采集设置工作量大, 容易出错, 降低系统采集效率, 以及设备采集频率单一, 无法实现设备故障时关键数据的高速采集, 现场网络连接波动情况下无法进行有效适配^[5], 在网关出现网络问题或者故障后更换困难, 且未对采集数据进行压缩, 传输效率低等问题而开发的一种边缘计算的装备数据采集系统, 降低边缘网关传输流量, 采集数据动态缓存, 数据传输效率高等优点。

该系统包括连接并控制工业设备的 PLC, 连接工业设备或 PLC 的边缘网关, 连接边缘网关的云平台以及与云平台交互的客户端。本申请提供的基于边缘计算的数据采集系统中, 云平台集中管理边缘网关, 实现了数据采集任务的动态下发, 降低了对设备进行数据采集设置的工作量, 提高了设备数据的采集效率, 如图一所示。

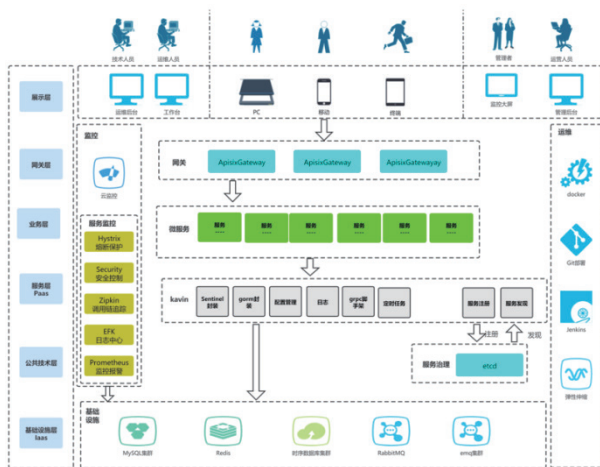


图一：设备数据采集示意图

边缘网关通过连接设备或现场采集数据模块获取采集装备数据^[6]，进行预处理合并后将采集数据转发给装备数据云平台。

（二）系统架构

装备数据云平台采用分布式互联网架构设计，模块化构建，降低运维成本，生态兼容，通用性架构兼容多种设备、协议与下层接口，配置简单，快速实施，使用多种服务中间件，微服务开发框架和平台，支撑整个业务服务应用的开发和运营可持续进化能力，产品形态可进化、服务能力可进化、支撑场景可进化，如图二所示。



图二：系统架构示意图

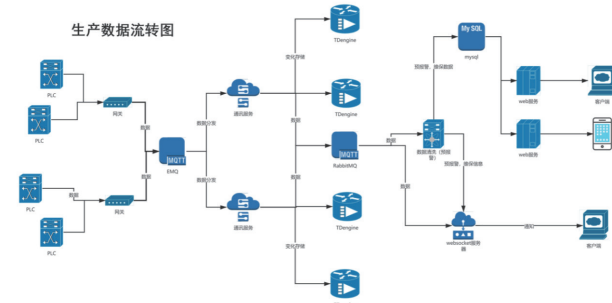
展示层包括给各类用户提供的PC端系统以及APP，微信小程序端显示系统等，用户可以通过各个移动端进行数据访问和数据分析^[7]。

应用层是系统的业务功能实现以及具体落地应用，提供丰富的基于平台的应用，是平台系统发展的根本目标。在平台应用领域，实现产品营销，运维管理，设备管理，设备监控，项目管理，数据分析，系统管理等业务应用；

服务层是主要的业务逻辑基础服务层，基于微服务进行系统架构设计^[8]，支持可重用的数据和应用作为服务或功能进行集成，并可以在需要时通过网络访问这些服务或功能，同时网关服务依托于云边一体化架构^[9]，将云端的数据采集，AI算法等能力拓展到边缘端，满足行业在实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面的基本需求。

数据层包括数据采集、数据传输、鉴权验证、流式处理、队列缓冲、数据存储计算、数据应用服务等。数据采集是通过项目现场的传感器、智能设备、智能网关等实现源头感知，采集数据

源数据，数据源包括现场PLC^[10]、交换机、业务系统等所有事务型数据和操作性数据。结构化实时数据和离线数据采用不同的方式存储和计算，HDFS分布式文件系统包括ODS、CDM、ADS层，采用HBase和Redis实时数据存储^[11]。经过智能终端的现场计算和处理，通过数据传输服务进行安全加密传输，确保数据安全，如图三所示^[12]。



图三：生产数据流转图

（三）系统流程

本系统包含系统包括连接并控制工业设备的可编程逻辑控制器PLC，连接工业设备或PLC的边缘网关，连接边缘网关的云平台以及与所述云平台交互的客户端，云平台，用于生成数据采集任务，并将所述数据采集任务下发至所述边缘网关；所述边缘网关，用于根据所述数据采集任务，通过所述工业设备或所述PLC进行数据采集，对采集到的数据进行预处理后转发给所述云平台。

云端集中管理：云平台作为整个系统的大脑，负责集中管理所有边缘网关。通过先进的算法，云平台能够根据现场条件，如PLC通讯时延、网络稳定性以及边缘网关的采集点位限制，智能生成多个边缘网关采集任务表。这种动态任务生成机制，确保了数据采集的灵活性和适应性，同时减少了现场操作的复杂性。

数据采集执行：边缘网关接收到数据采集任务后，通过与连接的工业设备或PLC进行交互，执行数据采集工作。这一步骤是整个系统的数据来源，其效率和准确性直接影响到后续数据分析和决策的有效性。

设备物模型管理：在云平台的应用层，设备管理模块提供了设备物模型的配置功能。用户可以上传设备的三维模型，并基于模型定义数据采集的需求，包括采集变量、数据类型、采集频率等。这种基于模型的配置方法，提高了数据采集的针对性和效率。

高频数据采集：当设备运行状态满足异频采集规则的条件时，边缘网关会自动开启高频数据采集功能。这种自动侦测和调整机制，确保了在设备出现异常或故障时，能够采集到关键的数据波动，为后续的故障分析和处理提供了重要的数据支持。

报警信息响应：当边缘网关检测到满足报警生成条件的信号时，会自动生成报警信息并发送至云平台。这种实时响应机制，确保了设备异常能够被及时发现和处理。

PLC参数信息管理：系统提供了PLC参数信息的管理功能，包括PLC的名称、通讯协议、设备地址等关键参数。这些信息对于确保PLC与边缘网关之间的有效通讯至关重要。

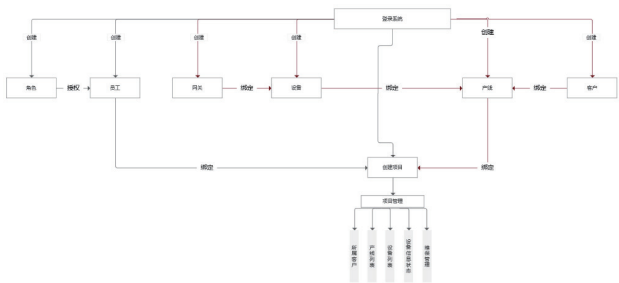
通过上述详细的系统流程说明,本系统不仅提高了工业设备数据采集的效率和准确性,还通过智能化的数据分析和响应机制,为工业自动化和智能化提供了强有力的技术支持。

三、系统应用

在实际使用中,用户登录装备数据云平台,装备数据云平台通过用户名、密码进行验证,同时系统管理员对用户进行角色、项目、产线、设备数据授权,仅有具有对应授权的用户能够访问授权数据,且不同机构之间设备数据均进行访问隔离。

新增设备物模型,通过平台设备管理模块中物模型管理模块,新增设备物模型,根据设备种类上传设备3D模型,同时基于设备分析需求配置对应的模型的采集表,采集表包括采集模式、变量名称、变量描述、变量K值、数据类型、采集频率、数据单位、变量权限等内容,设备物模型还可设置组态设计界面,根据设备采集数据表动态显示。

用户在设备管理模块进行设备新增,选择对应设备物模型并设置设备唯一编码,系统可支持设备多编号管理(设备编号,项目编号,设备唯一二维码),并可通过外部表格批量导入,如图4所示。



图四: 用户操作示意图

用户在产线管理模块中新增 PLC,在产线管理中设置 PLC 具体参数信息,PLC 名称,通讯协议,设备地址,端口号,最大连接数,超时时间,机架号,槽号,数据块,寄存器,起始地址

等,产线支持设置多个异构不同类型的采集 PLC。在设置 PLC 参数后在 PLC 信息中进行点表管理,用户只需在 PLC 参数中根据现场设备采集顺序依次添加现场设备或变更设备先后顺序,系统将自动生成该 PLC 对应的采集集合(变量名称,K 值,数据类型,单位,采集频率,采集权限,设备名称,物模型)。

设备报警规则设置,用户可在维保管理模块中设置设备报警规则,选择对应物模型后新增报警规则,后选择该物模型对应的采集信息配置对应的生成条件以及恢复条件,即可完成设备报警规则的设置,系统可支持单个物模型多个报警规则设置,在对应报警规则条件满足后,系统将会自动生成报警规则并根据报警规则转发设置转发给对应展示段以及特定用户组。

在完成 PLC 设置,网关设置后用户可在系统上设置自动下发或手动下发,边缘网关将自动检测现场网络环境,获取与产线内 PLC 延迟情况,并根据不同 PLC 与网关的连接延迟,PLC 内采集信号数量和频率,网关最大点位限制进行采集任务划分,系统将自动为各自边缘网关计算较优的采集任务并自动下发至边缘网关,边缘网关在收到任务后将进行装备数据采集。系统将实时检测网关的连接以及数据采集情况,在出现异常或者更换边缘网关时,仅需重新进行一遍采集任务分发即可。

四、结束语

针对传统的边缘侧数据采集方法中存在的设备采集设置工作量大以及设备采集频率单一,无法实现设备故障时关键数据的高速采集等技术问题,本申请提出了一种边缘计算的装备数据采集系统与方法。本系统目前已在中轻长泰智能装备云平台项目中得到应用,系统与方法已申请并获批发明专利,该系统的使用大大降低了设备的运维成本和提高了生产效率。通过智能化改造,中轻长泰智能装备云平台实现了设备的智能状态诊断、预防性维修以及全生命周期管理,帮助客户 24 小时监测设备,更快排除设备故障并提高设备的可用性,从而提高运维效率。

参考文献

- [1] 徐盼望,杜万和,杨敬辉,等.边缘计算在制造业数据采集与处理中的应用[J].上海第二工业大学学报,2021,38(3):223-230.
- [2] 关岳,刘文成.一种实现试验台数据采集的边缘计算网关架构[J].自动化博览,2020,37(11):90-93.
- [3] 马吉军,贾雪琴,寿颜波,等.基于边缘计算的工业数据采集[J].信息技术与网络安全,2018,37(4):91-93.
- [4] 孔令娜,郭会明,焦函.一种面向数据采集任务的云边协同计算框架[J].数字技术与应用,2021,39(2):165-167.
- [5] 张晓天,张健男,黄冶,等.边缘技术在能源设备数据采集调度中的算法研究[J].科学技术与工程,2022,22(34):15230-15236.
- [6] 夏戈明,虞朝栋,陈健.边缘计算中的信任问题:挑战与评论[J].计算机工程与科学,2023,45(8):1393-1404.
- [7] 张小梅,曹莹,姜平,等.基于边缘计算的数据无损压缩方法[J].计算机科学,2022,49(2):830-835.
- [8] 雷宇.基于边缘计算的工业大数据智能采集方法[J].信息记录材料,2023,24(8):195-197.
- [9] 郭雄,杨宏,李孟良.边缘计算与时间敏感网络融合技术研究及标准进展[J].中国新通信,2020,22(5):58-60.
- [10] 张娟娟,栾燕,陶伟,等.基于多 PLC 协同的边缘计算网关测试平台设计[J].测控技术,2022,41(5):38-44.
- [11] 邹萍,张华,马凯蒂,等.面向边缘计算的制造资源感知接入与智能网关技术研究[J].计算机集成制造系统,2020,26(1):40-48.
- [12] 王鹏.工业互联网中边缘计算服务平台的构建[J].企业技术开发(学术版),2019,38(1):110-112,119.