北京航空航天大学计算机学院

本科生毕业设计（论文）开题报告

论文题目：工业产线数据云采集系统设计与实现

学生姓名： 叶 静 波

学生学号： 17373176

专 业： 计算机科学与技术

指导教师： 沃 天 宇

学院(系)： 计 算 机 学 院

北京航空航天大学计算机学院

**2021年3 月1日**

**本科生毕业设计(论文)开题报告**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 学生姓名 | 叶静波 | 学号 | 17373176 | 专业班级 | 170614 |
| 指导教师 | 沃天宇 | 职称 | 副教授 | 单 位 | 北京航空航天大学计算机学院 |
| 题目类型 | □理论研究 ☑应用研究 □综述 □其它  如选“其它”，请自定义题目类型 | | | | |
| 题目来源 | ☑校内 □校外 | | | | |
| 毕业设计（论文）题目 | 工业产线数据云采集系统设计与实现 | | | | |
| **开题报告（阐述课题的目的、意义、研究现状、研究内容、研究方案、进度安排、预期结果、参考文献等）**   1. **研究目的和意义**   工业机器人被称为“制造业皇冠顶端的明珠”，成为衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。近年来，以物联网、云计算、大数据和人工智能为代表的新一代信息技术与传统工业机器人技术交叉融合，推动工业机器人云平台技术的产生，并使其呈现出泛在互联、云边端协同、智能服务的新趋势。  本课题的来源项目为“工业机器人云平台”，项目的最终目标是面向工业机器人智能运维需求，利用机器人生命周期中产生的数据进行可视化分析，突破多源时序数据的序列耦合、关联匹配和模式识别等关键技术，实现工业机器人的远程监控，并建立故障诊断和预测性维护模型，开发工业机器人智能运维云服务。要想实现分析预测的准确和及时，就必须有庞大的数据集作为模型建立的基础，因此设计和实现一个可靠、高性能、实时的云数据采集系统是该项目的关键。  工业产线设备协议的多样性以及本地监控系统的低维护性给工业数据采集、数据安全和统一监控带来了难题。当今的工业产线领域中，OPC（OLE for Process Control）协议已经成为了一种标准。但是基于DCOM（Distributed Component Object Model）的OPC DA技术并不支持数据在Internet上的传输，使得在某些应用中无法满足要求。OPC UA（OPC Unified Architecture）协议由OPC发展而来，是对OPC的继承与升级，解决了传统OPC对Windows平台的依赖以及对分布式系统信息交换不适用等主要问题[1]。该规范规定了不同软件产品间进行数据交换的标准通信接口，将OPC UA运用到数据采集系统[2]，解决了系统因为工业设备通讯协议多样带来软件开发复杂多样的困难。OPC UA协议具有安全性高，效率高的特点。现代工业产线的数据采集和传输已经不再是单一、孤立的信息交换了，而是形成一种工业网络，网络中的任何设备之间都可以进行信息传输和共享，工业网络通过Internet网络进行连接,同时TCP/IP等开放性协议在工业网络中也广泛使用，使得工业网络安全性问题日益凸显。与传统的OPC相比，OPC UA还有一大优点就是官方加入了安全规范，OPC UA 规范支持数据在Internet 上远程传输[3]。  工业产线设备采集的数据具有时序数据[4]的鲜明特征，如数据和时间密切相关且绝大多数请求为写入请求，同时工业设备采集的数据大量性，造成数据访问低效率、延迟、低可靠性的问题，为此采用Kafka集群中间件、Mysql数据库和Redis缓存作为云端存储系统构建的基础，同时采用时序数据库InfluxDB作为离线有序数据分析的数据库。  本研究面向基于云平台的工业机器人远程监控需求。拟设计与实现面向工业机器人的数据云采集系统，实现多协议集成的数据交换接口，优化数据库性能，最后配合前端技术进行测试验证，满足工业机器人监控的实时性、云采集系统的可靠性和高性能要求。   1. **研究现状** 2. **OPC UA协议在工业产线中的应用现状** 3. 目前，在工业产线领域，制造业信息化走在前列的制造商大部分的设备仍然使用的是传统的基于COM/DCOM的OPC技术，由于OPC UA架构完全不同于OPC，企业需要花费大量的人力财力物力去进行协议替换，不利于OPC UA的推广。因此OPC基金会提供了OPC外包程序，将传统的OPC接口转化为OPC UA接口[5]，但因为其本质仍然是OPC协议，所以这样做无法实现OPC UA的新特性。要快速推动OPC UA协议标准的实施，还需要制造商对底层设备进行OPC UA规范化地开发，集成OPC UA服务器。 4. 国外对于OPC UA协议规范的研究主要集中在西门子、ABB等公司。国内现有的研究主要集中在中国科学院和几个大型自动化厂商，比如中国科学院沈阳自动化研究所和北京亚控，且所研究的OPC UA大多集中在基础的功能模块。刘薇采用将OPC UA应用于MES（Manufacturing Execution System）底层的方式，将其作为数据传输的接口，然后,利用Node-Red可视化编程，通过拖拽和连接相关节点，完成了 OPC UA客户端的搭建，实现了服务器和客户端的通信及读、写、订阅等服务[6]；张弛等人基于OPC UA技术设计开发了数控机床群远程监控系统[7]；徐兵兵研究了OPC UA规范中地址空间模型、节点模型、信息模型和服务等关键技术，然后把这些技术运用到SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition）系统中[8]。显而易见，OPC UA协议规范顺应了工业产线领域的发展趋势。 5. 由于工业设备协议具有多样性，目前Toru Mizuya等人使用了OPC UA和MQTT（Message Queuing Telemetry Transport）从SCARA（Selective Compliance Assembly Robot Arm）机器人设备上获取数据进行研究[9]。 6. **OPC UA协议安全性的研究现状**   传统的OPC协议对网络安全没有做出特别的规范要求，仅仅依赖于COM/DCOM的安全性作为保障。而OPC UA协议对网络安全具有完整的规范要求，对于自身的安全体系，从传输层到应用层均有相应的安全策略[5]。研究了基于深度学习的网络入侵检测算法，增加OPC UA外部的安全性[5]，本文主要研究OPC UA内部的安全性。   1. **工业产线数据采集系统的研究现状**   目前工业数据采集系统较多的研究主要是基于本地服务器和web客户端实现的，但所使用的后端和前端技术比较落后，例如后端只采用了Mysql+Redis作为本地存储系统构建的基础，由于数据没有上传到云存储系统，所以无法进行远程监控；谢青松对采集系统使用了Kafka分布式消息系统，数据采集节点将采集到的数据封装成消息发布到Kafka集群[10]；而文献[11]中禹鑫燚等人虽然云端采用了Mysql+Redis进行数据存储，但前端监控服务器采用的是较落后的微软.Net框架和C#语言。  **三、研究内容**  本研究面向基于云平台的工业机器人远程监控需求，拟设计和实现支持多协议的数据采集服务器，研究OPC UA协议安全策略并运用到服务器中，拟设计和实现面向工业机器人的存储系统，并将数据上传到阿里云，满足工业机器人远程监控的实时性，云采集系统的可靠性、安全性、易维护性以及高性能要求。具体如下：   1. **拟设计和实现OPC UA服务器及多协议集成的服务器**   研究OPC UA协议，拟设计并实现基于OPC UA协议的服务器，同时集成webSocket、MQTT和OPC UA协议，如图1，使得数据云采集系统能够支持多协议的数据交互接口。    图 1 多协议集成的数据交互接口   1. **OPC UA协议的安全性研究**   分析OPC UA协议下工业网络设备数据交互面临的安全问题，研究OPC UA协议安全策略，并部署到数据采集系统中，提升数据云采集系统的安全性。   1. **数据存储及上云**   本文拟设计并实现一种高效存储、支持远程实时访问的数据存储系统。将协议解析得到的数据上传到云服务器上，采用Kafka消息队列(可集群)接受多协议服务器解析得到的数据，使用Mysql数据库+Redis缓存技术作为存储存储关系数据，采用influxDB时序数据库（可集群）存储时序数据，实时数据可用于本地和远程监控、历史数据用于工业设备离线时（未工作状态下）远程web客户端进行数据训练和可视化分析。   1. **基于数据云采集系统的实验测试**   拟将本文实现的后端技术结合已经实现的前端技术，集成工业产线数据云采集可视化系统，实现云端（远程）数据采集、可视化分析、设备监控等功能，对实验室“工业螺旋桨安装产线”进行测试。  **四、研究方案和技术路线**  **1. OPC UA服务器及多协议集成**  (1) 搭建OPC UA服务器  OPC UA是基于TCP/IP网络结构中的传输层，即通过socket通讯，其架构如图2。  OPC UA服务器的搭建目前主要有两种方式，其一是根据OPC UA协议规范中的13种规范直接开发，其二是使用成熟的SDK间接开发。前者可以根据实际需要选择性地实现相应功能，避免程序的冗余，但是需要深入理解OPC UA服务器底层实现原理，比较耗时，且不是本文的重点；后者是基于已有的SDK开发，SDK包含了OPC UA服务器所需要的全部方法，不需要开发人员对OPC UA有较深的理解，可以实现快速搭建。因此，本文采用后者基于OPC UA官方SDK搭建OPC UA服务器，搭建流程如图3。    图 2 OPC UA架构    图 3 OPC UA服务器搭建流程   1. 设计多协议服务器框架   考虑到工业设备协议的多样性问题，本文研究集成webSocket、MQTT和OPC UA多协议的服务器，以便能够较好的适用于工业设备驱动接口，其中OPC UA协议是未来工业物联网中更标准和规范的协议。集成后的多协议数据采集架构如图4。    图 4 支持多协议数据采集的架构   1. **OPC UA安全策略研究及部署** 2. OPC UA安全机制   OPC UA安全机制包括客户端和服务器端的认证、用户认证和授权、数据保密性等。如图5是OPC UA安全分层架构，传输层、通信层和应用层各司其职。应用层主要以会话的方式在客户端与服务器之间传递信息，会话同时进行认证和授权，这是最上层的安全机制。通信层的安全通道是应用层的基础，安全通道由通信层保证，安全通道利用数字签名技术和加密技术来保证机密性和完整性；此外，通信层还引入了应用程序认证和授权机制，以识别其他程序。传输层负责通过Socket连接收发数据，这里使用错误恢复机制来维持服务的可用性。    图 5 OPC UA安全架构     1. 将安全策略部署到系统中   OPC UA客户端与服务器的连接形式与TCP三次握手相似，如图6，首先客户端先向服务器发送请求，确认自己的证书后服务器端回复一个证书，若可信就建立安全通道，客户端用服务器提供的密钥加密数据将密文发送给服务器，服务器则根据密钥解密。    图 6 OPC UA客户端与服务器通信过程   1. **数据上云及管理**   整个存储系统的框架如图5。   1. Kafka持久化到数据库   由于工业设备采集的数据非常庞大，造成解析后的数据无法高效处理和存储，因此采用Kafka消息队列接受协议解析后的数据，还解决了数据读写速率差异的问题和降低调用方与被调用方的高耦合性。Kafka每秒可以处理几十万条消息，它的延迟最低只有几毫秒，此外Kafka支持集群扩展，对数据进行持久化操作存储到数据库中。   1. 实现存储系统和缓存机制   以Mysql数据库和Redis缓存技术构建存储系统，用于存储机器人静态关系数据，对Redis缓存中的数据按时间进行排序，同时设计高效的索引，提高缓存技术的性能，这部分数据用于远程(云端)web客户端实时展示及监控。   1. 数据上云   数据上传到阿里云服务器，在云端服务器增加influxDB时序数据库。由于单节点的InfluxDB无法满足大量工业机器人的采集数据同时写入的需求，因此，采用集群化的influxDB数据库存储数据，其历史时序数据用于工业设备离线时（未工作状态下）远程web客户端进行数据训练和可视化分析。    图 7 数据上云及存储系统框架   1. **数据云采集系统实验测试**   启动“工业螺旋桨安装产线”机器，开启后端服务器和web端服务器，放置螺旋桨到相应机位上运行机器进行安装和加工，流水线上安装有相应的传感器与摄像头，用于识别机器人状态信息以及螺旋桨信息。整个流水线的运行主要分为四个步骤：第一，1号仓托盘上位，1号机械臂抓取螺旋桨并放置在传送带上；第二，传送到2号仓时识别螺旋桨是否合格，合格则继续，不合格则2号机械臂抓取螺旋桨放置不合格托盘内，等时延到，1号仓继续重复工作；第三，传送到3号仓时，工人安装垫片和螺丝钉帽，安装完成放置在传送带继续运行；第四，传送到4号仓时，工人取下螺旋桨放置螺旋桨测试机上开启性能测试。  机器与驱动接口获取数据解析后，通过以太网传输到多协议服务器，根据协议解析数据存储在存储系统中，前端从相应数据库中获取数据并实时显示流水线的工作状态、机器信息以及螺旋桨信息，通过数据可视化和数据训练分析出结果。   1. **关键技术或难点** 2. **OPC UA协议地址空间的实现**   地址空间管理模块是OPC UA协议的核心模块，是OPC UA统一架构的基础，它构建了与实际工业设备和协议体系相对接的地址空间，实现对工业设备的实时数据的采集和保存，其结构如图7。依据OPC UA规范，地址空间管理模块类实现的是NodeManagement（节点管理）服务，其开发的核心就是节点的构建及管理。    图 7 地址空间的结构   1. **集群管理机制及高效索引的建立** 2. Kafka和InfluxDB集群化之后，需要设计和实现一个集群管理机制，使得对消息队列和InfluxDB数据库的读写能够保证无错性和一致性。同时，选择一种恰当的数据分片策略是提升数据库整体写入性能、缓解写入压力的关键。 3. 建立高效的索引   为了达到实时监控的效果，需要高效的缓存机制，如何根据数据特点建立高效的索引，并建立恰当的数据结构，成为提升缓存模块读写性能的关键，也直接影响到实时监控的实时性。   1. **预期结果**   将本文实现的技术结合已开发的前端技术形成数据云采集与可视化系统，对实验室“工业螺旋桨安装产线”进行测试，预期效果主要针对于系统的实时性、可靠性、易维护性以及高性能方面。系统能够准确实时地采集工业产线的数据，并进行解析处理、高效存储和上云，以便将数据用于可视化分析和实时监控。   1. **进度安排**   2021年1月1日~2021年3月1：确定毕业设计具体内容及关键技术，阅读相关资料和文献，熟悉项目开发流程、后端架构及OPC UA协议，顺利操作运行工业机器人流水线，以及完成开题报告和答辩PPT。  2021年3月1日~2021年3月31日：设计并实现OPC UA服务器，部署数据库后端环境，研究OPC UA协议的安全策略并部署在服务器上。  2021年4月1日~2021年5月4日：集成多协议数据采集服务器，完成系统后端开发，并结合前端技术对实验室“工业螺旋桨安装产线”进行测试。  2021年5月5日~2021年5月31日：展示运行效果，完成毕设论文并准备最终答辩。  **八、参考文献**   1. ZHAO Y H, NIE Y J, WANG Y L, et al. Overview of OPC UA technology[J]．Naval Chemical Defense, 2010(2): 33-37. 2. LI J X. Research on equipment data acquisition and remote monitoring system for intelligent factories[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2018. 3. OPC UA Part 2 - Security Model 1.03 Specification[M]. OPC Foundation. 2015. 4. Wei W W S. Wei W W S . Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, 2nd edition[M]. New York: Pearson Education, 2006. 5. 许申声. 四轴机器人的OPC UA数据采集客户端开发及安全性研究[D]. 重庆: 重庆邮电大学, 2018. 6. LIU W. Research on MES data management system based on OPC UA [D]. Beijing:Beijing University of Posts and Telecommunications, 2019. 7. ZHANG C, WU M L, LU J Q, et al. Design of 828D CNC machine tool group remote monitoring system based on OPC UA [J]. Machinery Manufacturing & Automation, 2018, 47(6): 186-189． 8. XU B B. Design and implementation of key modules of data acquisition and monitoring system based on OPC UA [D]. Xi’an: Xi’an University of Science and Technology, 2017. 9. Mizuya T , Okuda M , Nagao T . A case study of data acquisition from field devices using OPC UA and MQTT[J]. 2017: 611-614. 10. 谢青松. 面向工业大数据的数据采集系统[D]. 湖北: 华中科技大学, 2016. 11. 禹鑫燚, 殷慧武, 施甜峰, 等. 基于OPC UA的工业设备数据采集系统[J]. 计算机科学, 47(11A): 609-614. | | | | | |
| **指导教师意见（课题难度是否适中、工作量是否饱满、进度安排是否合理、工作条件是否具备、是否同意开题等）：**  指导教师签名：  年 月 日 | | | | | |
| **学院（系）意见：**  审查结果： □ 同 意 □ 不 同 意  学院（系）负责人签名：  年 月 日 | | | | | |