

基于云服务器的工业机器人远程监测系统

吴泽枫,李成刚,宋勇,储亚东,陈飞翔,吴树景

(南京航空航天大学 机电学院,江苏 南京 210016)

摘要:利用机器人系统中的各类传感器采集机器人运动状态数据,经过以太网上传至云服务器中并基于数据库技术进行存储和管理。基于数据库访问技术,远程 PC 通过客户端与云服务器进行数据交互,实现对现场机器人运动状态数据的远程监测、历史查询与超值报警等,为后期机器人的远程控制、在线运动规划、健康评估等功能奠定基础。

关键词:工业机器人;远程监测;云服务器;数据交互

中图分类号:TP242.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2020)06-0153-03

Remote Monitoring System for Industrial Robot Based on Cloud Server

WU Zefeng, LI Chenggang, SONG Yong, CHU Yadong, CHEN Feixiang, WU Shujing

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing university of aeronautics and astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: The various sensors in the robot system are used to collect data of the robot motion state, then, the data is sent to the cloud server by Ethernet for storage and management based on database technology. Based on database access technology, the remote PC is used to exchange the data by the cloud server and the client, thus implementing the remote monitoring, historical query and value alarm of field robot motion state. It lays the foundation of its, post-remote control and online motion planning as well as health assessment.

Keywords: industrial robot; remote monitoring; cloud server; data interaction

0 引言

我国工业机器人发展起步于 20 世纪 70 年代初期,虽然发展较为迅速,但因为起步时间晚,核心技术基础力量与国际同行相比仍较为薄弱。在工业机器人长年累月的作业过程中,由于工作环境可能突发变化或长时间工作零部件发生磨损等异常情况,都将导致机器人无法正常运行或无法按时保质保量地完成工作。鉴于此,若在机器人发生异常问题时能够进行快速甄别并解决,将会极大地提高应用企业的经济效益。通过远程监测现场工业机器人的运动状态数据,利用合理的模型分析方法,监测系统可及时监测工厂内机器人的运行状态和任务完成情况,同时为后期对机器人的远程控制、在线运动规划、健康评估等功能奠定基础。

瑞士某公司开发了机器人远程服务系统^[1],如图 1 所示。该系统通过在机器人终端安装具有通信功能的服务箱,对机器人运动状态数据进行远程监控,并对数据进行处理分析,实现故障诊断和报警。工作人员可使用浏览器登录 Web 网页进行监测。但该系统的不足在于:1) 服务箱不与本地工控机连接,工作人员无法直接进行现场监测,也不利于应用企业生产数据的保护;2) 服务箱使用 GPRS 无线网络通信,不适合大数据量传输。日本某公司开发了机器人远程服务系统^[2],如图 2 所示。该系统应用现场路由器将机器人控制系统连入互联网,将机器人运动状态数据传输到数据中心服务器进行存储管理。工作人

员可通过网页对机器人进行远程监测,同时可通过 MTB 控制软件对机器人进行监控诊断。该系统的主要缺点是应用企业根据实际监控需求进行功能个性化定制能力较弱,且由于监测数据需共享到该公司的数据中心服务器中,使得应用企业的生产资料等数据受第三方监管,无法完全保密。

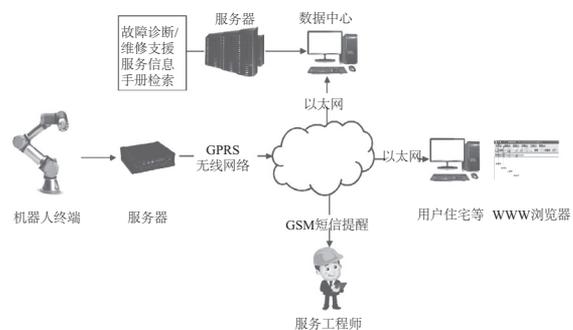


图 1 机器人远程监控系统(瑞士)

大连理工大学刘磊等人^[1-3]与沈阳某公司合作设计了一种工业机器人远程监控诊断服务系统,可对机器人进行远程监控和故障维修等。该系统本地监控软件基于 C/S 模式开发,而远程监控诊断服务软件基于 B/S 模式的 Web 数据开发。浙江大学骆晓娟等人^[4-5]提出了一种基于 AJAX 和 B/S 构架的实时监测系统,利用 ASP. Net 结合

基金项目:南京航空航天大学研究生创新基地(实验室)开放基金项目(kfj20180512)

第一作者简介:吴泽枫(1995—),男,广东普宁人,硕士研究生,研究方向为基于云平台的协作机器人路径规划与性能优化。

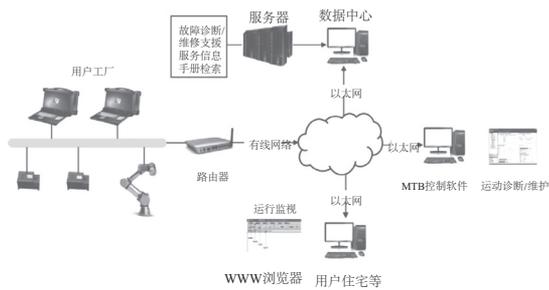


图2 机器人远程监控系统(日本)

C#语言进行开发设计,该系统直可接通过浏览器访问网络,实现对监测数据的 Web 远程监控。内蒙古科技大学常瑞丽等人^[6-7]研究和开发了一种智能移动机器人远程监控系统,在本地使用 WDS203 串口服务器通过“隧道”方式将串行打包到以太网上,远控计算机通过串口重定向软件将 WDS203 的串口映射成虚拟串口获取数据,实现对移动机器人工作状态的远程监控。但由于该系统需使用 WDS203 无线串口服务器,实施成本较高,同时,机器人在工厂这种复杂的环境中通过串口进行无线通信会出现工作不稳定、信号易受干扰的情况。南京航空航天大学赵庆涛等人^[8-10]设计了一种基于 ARM-Linux 操作系统的嵌入式 Web 远程监控系统,可对电机驱动的运行状态、电压、电流、电角度等重要参数进行实时监控和预警。

本文提出一种基于云服务器的工业机器人远程监测系统,具有如下优势:

1) 使用以太网通信,可极大地增加数据的传输量,提高响应速度;

2) 整个监测系统结构更为简单、稳定可靠且开发成本低,适用于中小企业的机器人监测。同时,能够确保企业的数不被第三方监管,整个生产过程和生产数据都是安全保密的;

3) 云服务器具有大容量和强计算等优势,通过在云服务器中安装 MySQL 数据库,可存储大量的机器人运动状态数据,有利于后期对数据进行分析处理与系统功能扩展。

1 监测系统构成与实现

工业机器人远程监测系统(图3)的运行过程如下:

1) 现场机器人系统中的 dSPACE 控制板主要功能是通过角位移传感器和力矩传感器采集机器人的运动状态数据

(各关节的角度 q 、角速度 \dot{q} 、角加速度 \ddot{q} 和力矩 τ 等参数);

2) 使用 SQL 语句将数据上传到现场工控机中的数据库进行存储管理;

3) 基于 TCP/IP 网络传输协议经工控机经过以太网将数据传输到云服务器中创建的 MySQL 数据库中,并完成存储、管理和分析;

4) 基于数据库访问技术(SQL 语句),监测处理系统经过以太网连接云服务器中的 MySQL 数据库获取现场机器人的运动状态数据,实现对数据的操作(增、删、改、查);

5) 工作人员通过在远程 PC 上使用客户端监测工厂内机器人的运动状态数据和工作完成情况,并可实现历史查询和超值报警等功能。

监测系统的技术路线如图4所示。该系统主要分为3大部分:现场机器人系统、云服务器和监测处理系统,整套系统可实现对工业机器人的远程监测功能。

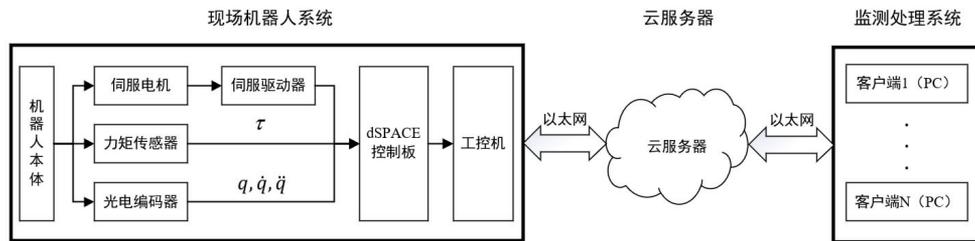


图3 工业机器人远程监测系统框架

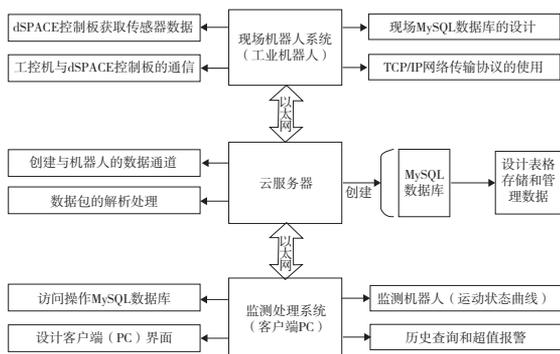


图4 监测系统技术路线

采集并上传数据到云服务器的功能。其硬件主要包括工业机器人本体、各种传感器(角位移传感器、力矩传感器等)、驱动系统(伺服电机和伺服驱动器)、dSPACE 控制板和工控机。

现场机器人系统中的 dSPACE 控制板利用安装在机器人本体上的各类传感器(角位移传感器、力矩传感器等),采集工业机器人的运动状态数据;工控机与 dSPACE 控制板通过 PCIe 接口连接后获取数据;同时,在现场工控机上创建 MySQL 数据库对机器人的运动状态数据进行存储与管理,方便工作人员在现场直接对数据调度和监控;利用 C#面向对象编程技术在 Visual Studio 中开发,工控机基于 TCP/IP 网络传输协议经过以太网创建 Socket 通信接口作为客户端,通过寻址云服务器公网 IP 和端口号,向云服务器端发起连接请求 Connect(),经过 TCP 三次握手建立连接后,现场机器人系统将数据打包由 Send() 发送到云服务器,发送完成后,利用

1.1 现场机器人系统

现场机器人系统主要实现现场机器人运动状态数据

Close()关闭 Socket 接口结束通信。

1.2 云服务器

云服务器是数据的存储管理中心和中转站,主要负责接收现场机器人系统的数据,经解析后将数据存储到云服务器中的 MySQL 数据库中进行管理。

基于 C#语言与 TCP/IP 网络传输协议,在云服务器中经过以太网在 Visual Studio 中编程创建 Socket 通信接口,作为服务器端绑定自身 IP 和端口号 Bind(),开始监听现场机器人系统的连接请求 Listen(),由 TCP 三次握手建立

数据通信通道 Accept();同时,在云服务器中创建 MySQL 数据库,设计多个表格,用来存放现场机器人各个关节在不同的工作时刻所对应的角度 q 、角速度 \dot{q} 、角加速度 \ddot{q} 和力矩 τ 等数据(如图 5 所示,以机器人肩关节 J2 为例建立表格 tb_robot1_j2);由云服务器接收现场机器人系统发送过来的数据包 Receive(),经解析处理用 SQL 语句将数据插入到 MySQL 数据库中表格相应的位置进行归类管理;通信完成后,使用 Close()关闭 Socket 接口结束通信。

datetime	q	dq	ddq	torque	note
2019-08-19 09:00:00	-10.24956	0.0879645927971071	0.0502654815983073	-31.0736884690875	
2019-08-19 09:00:05	-10.2204	0.100530963202329	0.0439822964010259	-31.0697822190875	
2019-08-19 09:00:10	-10.19628	0.100530963202385	0.0376991112008873	-31.0707587815875	
2019-08-19 09:00:15	-10.17144	0.0942477780022182	0.0439822964010537	-31.0736884690875	
2019-08-19 09:00:20	-10.1448	0.10053096319667	0.0439822963985258	-31.0707587815875	

图 5 机器人肩关节 J2 对应的运动状态数据表 tb_robot1_j2

1.3 监测处理系统

监测处理系统(图 6)主要负责在客户端上远程显示和处理现场机器人的运动状态数据,实现对机器人的远程监测、历史查询和超值报警等。

利用 C#面向对象编程技术,在 Visual Studio 中利用 Windows Forms 窗体设计人机交互界面,监测处理系统通过数据库访问技术(SQL 语句)连接云服务器中的 MySQL 数据库,实现对数据的操作(增、删、改、查),实现应用企业通过远程 PC 完成客户端的登录,并获取机器人的运动状态数据;利用窗体绘图控件设计,对机器人运动状态数据进行

曲线绘制,可动态查看机器人的各项运动数据,具有良好的可视化效果;同时,根据日期选择可对机器人的历史数据进行查询,并按照现场实际情况设定机器人运动数据的阈值,监测机器人运行是否正常。若由于环境突变等因素导致机器人工作数据出现异常,监测系统报警窗口会及时亮红报警,提醒工作人员及时处理。工作人员可调用超值窗口查询所有的超值行记录,以便对异常数据进行分析 and 快速甄别。排除异常后,工作人员可在超值行中的情况记录列进行记录,对异常情况解释说明,所记录内容将在内存存储到云服务器中,为今后排查相似的问题提供思路。



图 6 监测处理系统人机交互界面

图6为圆弧轨迹的位置跟踪图。从图6可以看出,采用基于指数趋近率的自适应滑膜控制器,在有较大偏差的情况下,系统很快收敛于理想路径,并在快速收敛后,系统存在较小误差,稳定于理想路径。因此该控制器具有很好的实时性、精确性和鲁棒性。

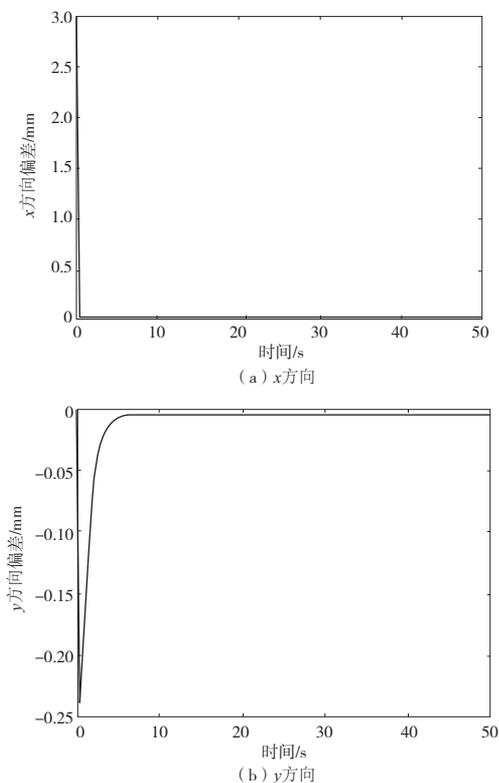


图5 圆弧轨迹跟踪距离偏差

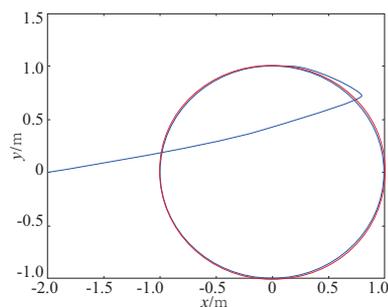


图6 圆弧轨迹的位置跟踪图

4 结语

本文提出了一种基于 Leader-Follower 编队策略的双车协同搬运方法,为解决搬运大型复杂零部件提供了一种思路。主车按照既定路线运行,从车实时跟踪主车保持理想编队队形。在实时调整轨迹跟踪误差时,本文所提出的基于指数趋近率的自适应滑膜控制器具有很好的实时性、精确性和鲁棒性。

参考文献:

- [1] 李翰博,刘林,田彦涛. 基于 Leader-Follower 的自主车辆跟随控制器设计[J]. 吉林大学学报(信息科学版),2016,34(2): 55-62.
- [2] 许艳梅. 基于引导角的轮式移动机器人轨迹跟踪控制[J]. 电子世界,2018(3):98.
- [3] 刘金琨,孙富春. 滑模变结构控制理论及其算法研究与进展[J]. 控制理论与应用,2007,24(3): 407-418.

收稿日期:2019-10-23

(上接第155页)

2 结语

工业机器人远程监测系统通过现场机器人系统采集机器人运动数据,进行现场存储并上传到云服务器中的数据库进行存储管理后,监测处理系统通过远程访问云服务器获取数据,实现应用企业在 PC 上登录客户端,方便对现场机器人进行远程监测,突破了距离的限制,能够随时对机器人的运动状态和工作完成情况进行监管。利用监测处理系统人机交互界面,应用企业可经过机器人运动状态数据变化曲线直观清晰地了解机器人当前的工作状态,并在历史窗口和超值窗口中查看历史数据、各项运动指标超值情况和异常数据的情况记录。整个系统结构简单且实施成本低,应用企业使用该系统远程监测机器人既不受第三方监管,也有利于提高企业的生产效益。

参考文献:

- [1] 刘磊. 工业机器人远程监控诊断服务系统的设计开发[D]. 大连:大连理工大学,2014.
- [2] 李烈. 我国工业机器人发展现状浅谈[J]. 科技致富向导,

2011(5): 56-57.

- [3] 邹春明,杨文月,程亮. 基于 ZigBee 的智能家居温湿度监测系统[J]. 东北电力大学学报,2012(4): 14-17.
- [4] 骆晓娟,许力. 基于 Ajax 和 B/S 构架的实时监测系统[J]. 工业控制计算机,2013,26(4): 64-65.
- [5] 吴灿培,胡顺豪,王海航,等. 基于 Ajax 和 SVG 的 Web 远程实时监控[J]. 计算机工程与设计,2011,32(9): 3004-3007.
- [6] 常瑞丽,韩军,崔国玮. 智能移动机器人远程监控系统研究与开发[J]. 机床与液压,2011,39(18): 100-102.
- [7] 赵全保. 移动机器人网络控制中的关键技术研究[D]. 天津:天津理工大学,2006.
- [8] 赵庆涛,周翟和,虞波,等. 基于嵌入式 Web 的移动机器人安全性故障监控系统设计[J]. 机械制造与自动化,2017,46(5): 174-176.
- [9] 周永龙,雷金奎. 基于 STM32 的数字舵机控制系统的设计[J]. 计算机测量与控制,2011,19(1): 66-68.
- [10] 黄智宇,张晓雷,郑太雄. 电动车用永磁同步电动机 FOC 控制系统实现[J]. 电气传动,2013,43(12): 7-11.

收稿日期:2019-09-02