

面向云制造的异构数控机床信息感知集成系统开发与实现

刘全¹, 徐博能², 唐敦兵²

(1. 江苏毅合捷汽车科技股份有限公司, 江苏 无锡 214174; 2. 南京航空航天大学 机电学院, 江苏 南京 210016)

摘 要:针对云制造环境下企业内部车间多源异构信息难以集成化感知、企业间信息难以及时共享的问题,设计一种基于 C/S 架构模式的异构信息感知集成系统,详细阐释其软件架构和硬件结构,并以 FANUC 和宝元 LNC 机床为例,阐述其信息集成感知开发过程与传输方式。实际应用表明:该系统能够实时集成化感知车间异构数据并及时共享,提高企业的信息化水平。

关键词:云制造;异构数控机床;数据感知;信息共享

中图分类号:TP274 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2023)04-0148-04

Development and Implementation of Cloud Manufacturing Oriented Heterogeneous CNC Machine Perception Integration System

LIU Quan¹, XU Boneng², TANG Dunbing²

(1. Jiangsu Yihejie Auto Technology Co., Ltd., Wuxi 214174, China; 2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: To overcome the difficulty in perceiving the multi-source heterogeneous data from distributed workshops in an integrated manner and fulfilling the information sharing among enterprises in time under cloud manufacturing environment, an integrated perception system for heterogeneous data is designed based on C/S architecture. The software architecture of the system and the networking scheme between devices are elaborated, and the development process and data transmission mode of the perception system are described with FANUC and LNC machine tools as the examples. The practical application shows that the system can integrate and perceive heterogeneous data in real time and effectively share data among enterprises, which improves the informatization level of enterprises under the cloud manufacturing environment.

Keywords: cloud manufacturing; heterogeneous CNC machine tool; data perception; information sharing

0 引言

随着传统制造与先进信息技术的持续创新融合,云制造环境下的上下游企业间联系日益密切^[1],对资源信息的实时共享有着迫切需求。然而,当前底层车间普遍面临着设备种类繁多、品牌不一、档次不同、通信协议异构等问题^[2],使得底层数据没有形成一个有机的信息体,无法有效地集成化管理,进而导致上下游企业间信息传输不畅通,难以持续性高效运作。

目前,数控机床作为制造车间最关键的设备,有不少信息感知研究围绕其展开。江强^[3]以华中数控为研究对象,基于 NC-Link 协议描述了机床信息,实现了机床实体的信息化映射。吴双玉等^[4]基于数据库技术,利用工具集软件实现了制造车间多种设备数据的远程监控。唐霞等^[5]基于标准化协议设计了机床数据采集适配器,实现了采用 FANUC 系统的数控机床的数据采集与存储。EDRINGTON B 等^[6]以德玛吉数控机床为研究对象,以其耗能信息对设备加工效率进行了优化。尽管上述研究实现了设备数据的获取及应用,但是存在着感知对象单一、数据共享程度低、感知系统集成化水平不高且可扩展性不强等不足。为此,本文设计并开发了一种面向云制造的异

构数控机床感知集成系统。

1 系统框架设计

本系统根据云制造过程中生产数据纷繁复杂、实时性要求高等特点,采用客户端/服务器(client/server,C/S)的软件结构模式。该模式下,客户端具备良好的本地数据处理能力,能分担远程服务器的运算负载,并快速响应低时延业务。基于 C/S 模式,本文设计了如图 1 所示的软件整体架构,该架构主要包括如下几部分。

1) 现场设备组:作为生产数据的重要来源,也是企业管理的重要调控对象。本文中所述数控机床均具备网络通信能力。

2) 适配模块:负责不同设备的异构通信协议自适应配置,并以统一化的交互调用接口,实现不同机床数据的感知。

3) 集成模块:负责适配模块完成自适应配置后,对所有不同设备的单例程序进行统一化多线程运行管理;同时将不同设备原生信息归一化处理后集成封装并发布。

4) 数据库模块:负责存储适配模块在自适应异构协议过程中相应设备的基本信息,包括设备网络地址、端口号、通信协议等。

5)消息中间件模块:负责集成系统与各类应用服务间的数据转发,具有“一对多”的传输特性,实现信息资源多方共享。

6)应用服务:包括各类数据终端应用服务。比如数字孪生系统、Web端设备数据实时监测等。

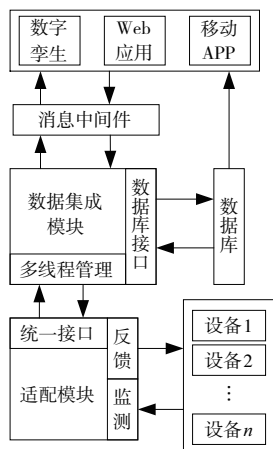


图1 系统软件架构

本文设计的网络通信结构如图2所示,包含设备层、车间层、企业层和云平台层。设备层包含车间内部数控机床、交换机和路由器等,所有机床采用星型拓扑方式连接至车间级交换机。同一区域企业通常包含多个生产车间,各车间级交换机间以环型拓扑方式构成企业内部局域网,实现内部信息互联互通。在云制造环境下,上下游各企业间具有跨地域特点,企业通过公有核心网络实现与云制造平台的信息传输与共享。

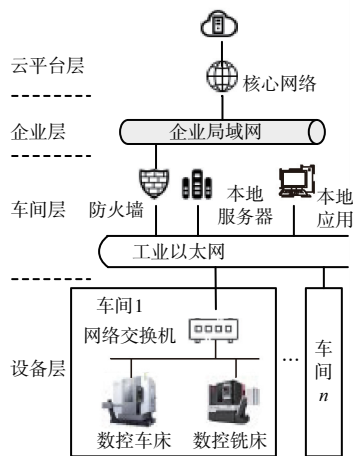


图2 系统网络结构

2 关键技术

基于软件架构逻辑,本系统的关键技术主要包含数控机床的信息感知、数控机床的集成化接入管理和原生数据的处理与传输。

2.1 数控机床信息感知方法

数控机床虽然品牌众多、档次不齐、通信协议不同,但

是在其数据感知方法和实现逻辑上差别不大,几乎均以品牌厂商提供的二次开发文件为基础,结合实际应用需求与数控机床进行交互。本文以FANUC和宝元LNC机床为例对其数据感知方法进行说明,实现过程如图3所示。

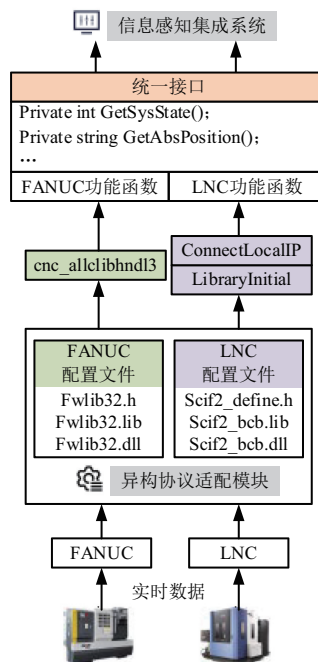


图3 机床信息感知过程

感知系统与数控系统之间的通信方式一般采用Socket进行,为此,在利用官方库文件开发前必须确保机床网络地址、通信端口等参数设置正确。适配模块根据从数据库获取的机床基本信息,自动调用与之匹配的官方配置文件,并与其建立通信连接,再通过统一接口调用相应品牌的功能函数,实现机床数据的远程感知与获取。例如,FANUC与宝元LNC的差异在于前者可以利用cnc_allclibhnd3接口连接机床,后者则先需要利用LibraryInitial接口对配置文件进行初始化设置,然后再使用函数接口ConnectLocalIP连接机床。

2.2 数控机床集成化接入管理

车间众多设备接入系统时会创建许多线程与其保持通信连接。为维护系统稳定运作、避免系统卡顿崩溃,本文采用基于线程池的流水线技术,实现对大量设备数据的并行处理。在该技术模式下,将多组指令视为一个粒度处理单元,无论指令缓存中的指令数量为多少,系统每次均处理一个粒度单位的指令,此后再让出核心计算资源为其他任务服务。

本文对数控机床的集成化接入管理方式如图4所示。每个计算核心对应线程池中的一个线程,每个线程又对应一个客户端。当设备需要接入系统时,从线程池中分配空闲线程作为该设备的客户端线程。客户端完成设备数据感知业务后,回归至功能处理线程池。在处理过程中,将K组指令视为一个粒度进行流水作业,先对M组指令中K组指令进行处理,剩余指令则等待下一次处理。该流水线作业与线程池技术有效提升系统吞吐能力和CPU资源利

用率。

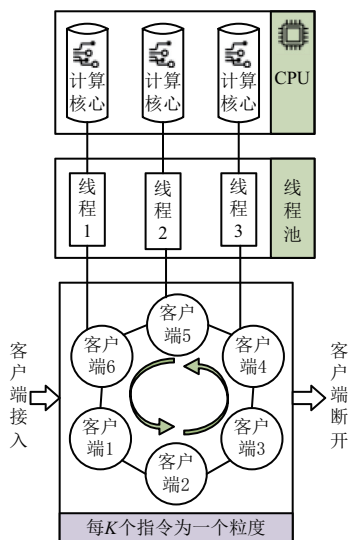


图4 集成化接入管理

2.3 数据处理与传输

1) 原生数据

虽然通过厂商官方库文件能够获取到数控机床数据,但是由于各品牌通信协议异构,数控系统返回的原生数据存在格式不同、类型不一、单位不同等问题,无法被直接利用。为此,本文设计了如图5所示的数据处理与传输方案。

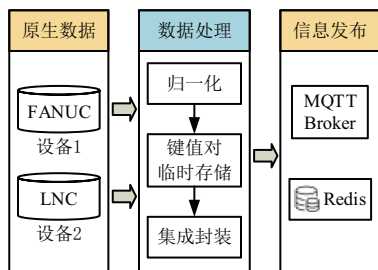


图5 数据处理与传输方案

2) 数据处理

为使原生数据转化为统一化的可利用数据,数据处理过程分为3个步骤。首先,为便于后续数据临时存储,将所有浮点型、数组型等数据格式全部运算分解后转为字符串型,并且对相同数据项单位进行统一。其次,将轮询获取的不同数据项以“key-value”形式进行临时存储。例如:机床状态为<“MachineState”:“Busy”>。最后,遍历所有获取的数据项,与消息标识符等信息以字符串叠加方式封装成JSON格式。

3) 信息发布

为实现信息资源的多方实时共享,本系统采用基于订阅/发布的分布式消息传输模式,以工业应用最广泛的轻量级通信协议 MQTT 作为数据传输媒介^[7]。该模式下,消息发布者与消息订阅者通过消息代理以特定消息主题进行数据交互。系统完成设备信息集成封装后作为消息发布方将数据发布至 MQTT Broker,各应用服务作为消息

订阅方即可同时接收系统上传的数据,进而实现消息的“一对多”传输。当消息发布与订阅出现通信故障时,还可通过非结构化数据库作为临时消息中转站,实现无缝衔接。

3 运行实例

本文中感知集成系统使用的开发工具为 Qt5.12.0,其编程语言为 C++,具有极强的移植性。目前,感知集成系统已成功应用于某公司的实际生产车间,实现了 50 多台不同类型机床的运行状态实时监测,生产现场如图6所示。



图6 实际生产现场

系统运行过程中首先查询数据库中设备基本属性信息,比如 IP、端口号、通信协议等,然后生成设备资源列表,依次与机床自动建立连接。机床连接状态如图7所示,包括未连接、已连接、连接中和网路不通4种情况,分别代表设备无法连接、请求连接成功、网络通信正常且正在请求连接、网路通信故障。

设备ID	设备名称	设备IP	设备端口	设备类型	产品ID	连接状态
7_2	设备1	192.168.1.64	4080	mqtt_client	2	未连接
8_8	设备2	192.168.1.68	8084	mqtt_client	1	已连接
10_4	设备3	192.168.1.223	8080	mqtt_client	2	已连接
10_5	设备4	192.168.1.76	8080	mqtt_client	1	已连接
11_4	设备5	192.168.1.78	8080	mqtt_client	2	已连接
12_7	设备6	192.168.1.66	8080	mqtt_client	1	网络不通
13_8	设备7	192.168.1.73	8080	mqtt_client	2	正在连接
14_9	设备8	192.168.1.80	8080	mqtt_client	3	未连接

图7 资源列表

设备连接成功后,右键单击资源列表中指定设备所在行,出现断开、连接、查看数据三选项。点击“查看数据”弹出如图8所示的设备实时信息窗口,包括当前设备工作模式、坐标位置、加工时长和主轴转速等信息。云端的信息界面如图9所示,包括设备状态(运行、空闲、报警、关系)实时监测、效率统计等。

设备名称	IP	状态	加工件数	运行时间	加工模式	进给速度	主轴转速	当前时间	程序号	主轴位置	主轴速度	主轴位置	主轴速度
设备名称: Lnc-线程01	192.168.1.222	STOP	47	13196940	加工模式: 1	进给速度: 0	主轴转速: 6916	2021-10-15 10:54:35	6332	0	0	0	0

图8 实时信息窗口

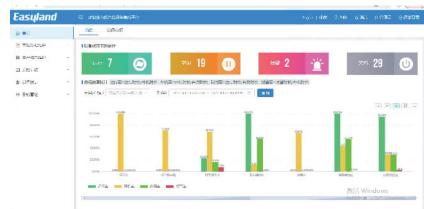


图9 云端监测信息

本套信息感知集成系统在实际车间环境运行状况良好,可以满足实际生产中对实时集成化感知车间异构数据并及时共享的要求。

4 结语

本文针对云制造环境下企业生产车间数控机床品牌不一、类型多样、协议异构等因素而导致底层信息集成化感知困难、企业间信息难以及时共享的问题,设计并开发了一种应用于异构数控机床的集成化感知系统,实现了实时生产数据的自动化采集和多方共享,有利于提高底层设

备的数据透明性,进而使得云制造过程中上下游企业能够整体联动、高效运作。

参考文献:

- [1] 冯卫娇. 面向云制造服务的制造执行系统[D]. 重庆:重庆大学,2017.
- [2] 于乃功,方林,王新爱,等. 异构数控机床数据采集系统的设计与实现[J]. 现代制造工程,2016(7):56-60,119.
- [3] 江强. NC-Link 协议设备模型定义描述与规范检验研究[D]. 武汉:华中科技大学,2019.
- [4] 吴双玉,陆艺,郭斌. 制造车间设备远程监控系统开发[J]. 仪表技术与传感器,2021(6):72-76.
- [5] 唐霞,邢嘉路,刘欢连. 基于 MTConnect 协议的数控机床数据采集方法[J]. 机械制造与自动化,2018,47(6):143-146.
- [6] EDRINGTON B, ZHAO B Y, HANSEL A, et al. Machine monitoring system based on MTConnect technology[J]. Procedia CIRP,2014,22:92-97.
- [7] 贾凡,熊刚,朱风华,等. 基于 MQTT 的工业物联网通信系统研究与实现[J]. 智能科学与技术学报,2019,1(3):249-259.

收稿日期:2022-03-23

(上接第 147 页)

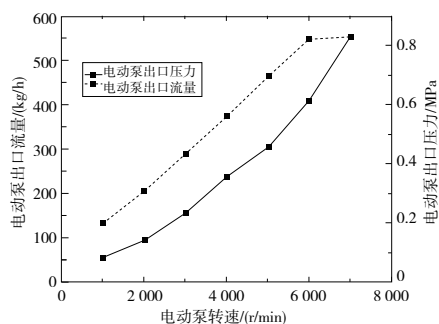


图11 压力、流量-转速特性曲线
(进口压力 0.2 MPa,调节阀 10 mm)

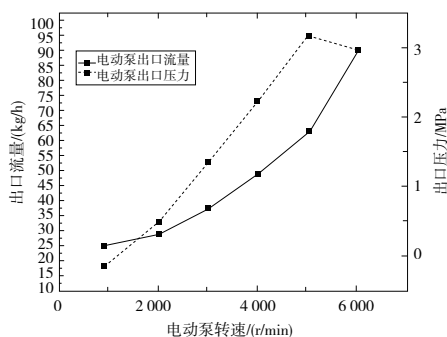


图12 压力、流量-转速特性曲线
(进口压力 0.2 MPa,调节阀 1 mm)

3 结语

本文基于遗传算法,以齿轮式燃油泵中的体积和流量脉动系数为目标函数,对齿形参数进行了寻优计算。根据计算结果对齿轮泵进行设计改进。

1)在考虑更多实际问题的基础上,加入了多个约束条件,利用遗传算法对齿轮泵结构参数进行了寻优,有利于齿轮泵整体结构的优化和性能的提升。

2)采用了非支配排序遗传算法进行了多目标寻优,寻优所得结果并无最优解,而是一组解集。在工程实际中可以根据侧重点不同,在所求的 Pareto 解集中寻找合适的解,更符合工程实际运用。

参考文献:

- [1] MOREIOK NORIKO, KAKIUCHI DAIKI, OZAWA KANJI, et al. Practical development of control technology for the more electric engine[J]. IHI Engineering Review,2012,45(1):22-30.
- [2] 张江红,王思霞,蒋晓琴,等. 基于遗传算法的多齿并联内啮合齿轮泵优化设计[J]. 现代制造工程,2018(4):115-118,152.
- [3] 孙淮清,王建中. 流量测量节流装置设计手册[M]. 2版. 北京:化学工业出版社,2005.
- [4] 濮良贵,陈国定,吴立言. 机械设计[M]. 9版. 北京:高等教育出版社,2013:186-236.
- [5] 宫柏秋. 齿轮泵参数化设计方法研究与系统实现[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2008.
- [6] 刘贵根. 多齿轮泵的基础理论与优化设计[D]. 淮南:安徽理工大学,2006.
- [7] 刘会灯,朱飞. MATLAB 编程基础与典型应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [8] 雷英杰,张善文. MATLAB 遗传算法工具箱及应用[M]. 2版. 西安:西安电子科技大学出版社,2014:157-159.
- [9] PAREJA - TOBES P, PELTA D, SANCHO - ROYO A, et al. Search spaces representation in optimization problems[J]. Expert Systems With Applications,2008,34(4):2891-2895.
- [10] 徐佩佩,叶志锋,王彬. 航空燃油柱塞泵滑靴油膜的多目标优化设计[J]. 航空动力学报,2014,29(8):1981-1986.

收稿日期:2022-04-06