

面向机床的可重构监测诊断系统开发与应用

景敏卿, 李 猛, 刘 恒

(西安交通大学机械工程学院, 西安 710049)

[摘要] 提出了一种基于“系统引擎+功能组件”的监测诊断系统平台架构,并针对机床4大功能部件模块,设计了3类(振动、功率和声发射)嵌入式监测单元,以强化底层监测信息获取的实时性和灵活性。笔者还开发了一系列机床常规监测诊断组件,并针对具有特殊监测诊断需求的数控机床功能部件,开发了相应的特殊功能组件,通过对功能组件的封装和加载实现具有特定需求的机床监测诊断系统,并在秦川磨床厂和大连机床厂进行实际应用。

[关键词] 机床监测诊断系统;可重构;系统引擎;功能组件

[中图分类号] TH165.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)01-0034-05

1 前言

机床功能部件的创新和模块化促进了高档数控机床的发展,通过功能部件和加工单元(如数控系统、主轴系统、伺服驱动系统、刀具单元等)可以对制造系统进行快速重组和配置,以适应不同产品的生产需要。为此,监测环节必须具备可配置性和重构性,监测的重心也要随之下移,建立在功能部件上,以方便数控机床监测诊断系统的重构和组织。如在数控系统上, Siemens、FANUC、Okuma 等公司的数控系统都具有远程诊断接口^[1]。其中 Siemens 公司的 EPS 系统能够让远在德国的技术支持人员方便地观察其全球各地的数控机床的运行状态与历史资料,以提供维修技术支持^[1,2]。华中科技大学构架的基于 Internet 的数控机床远程故障诊断系统,通过数控系统的报警信息可编程逻辑控制器(PLC)信息来进行数控系统本身以及部分伺服系统和控制部分的故障分离^[3]。

然而在其他功能部件上,现有的监测系统在本质上依然属于静态系统(系统功能是预先设计好的,投入使用后固定不变),不具备根据不同的监测对象调整和动态重构的能力,不能很好地适应动态制造环境需求^[4]。如美国斯坦福大学和麻省理工学

院研究了“基于 Internet 的下一代远程诊断示范系统”,并建立了一个面向半导体制造设备的诊断原型^[5]。澳大利亚联邦科技与工业研究组织(CSIRO)将远程诊断与维护等服务作为“智能制造系统计划——面向 21 世纪的全球制造”项目的重要研究内容之一,直接面向数控机床(CNC)平板切割机床应用^[5,6]。同时,目前被大量应用的集中等权的实时监测策略,需要传送大量传感数据,导致无效信息传输量大,加剧了通讯负担,也成为实施信息化产品实时与远程监测诊断服务的瓶颈之一^[7,8]。

针对以上问题,本文构建了基于功能部件模块的可重构机床监测诊断系统和以功能部件监测模块为基础单元的智能体,组建数控机床产品状态信息传感网络,实时处理信息并实现有效信息过滤,通过功能部件监测模块的自主工作与通讯,进行智能组网和监测诊断,以强化底层捕捉设备故障的实时能力,减少上网的信息量,提高了有效数据的传输效率,最大程度的满足数控机床的实时监测、故障诊断、综合性能评估、远程维修服务的各种需求。

2 可重构监测诊断系统设计与开发

2.1 设计目标

本文的总体目标是针对国产高档数控机床的

[收稿日期] 2012-10-10

[基金项目] 国家机床重大专项(2010ZX04012-014)

[作者简介] 景敏卿(1956—),男,陕西西安市人,教授,主要研究方向为机械状态监测与信息集成、电磁轴承数字控制、机电工程测试机的研究和开发;E-mail:mjijing@mail.xjtu.edu.cn

需求,开展监测诊断系统与数控系统的信息集成和模块化可重构嵌入式监测技术的研究,建立易于扩展、易于维护、稳定可靠的数控机床监测诊断系统平台,实现数控机床的状态监测、故障诊断和远程维护。为此,提出如图1所示的数控机床监测诊断系统方案,它主要由数控系统、监测诊断平台和远程维护中心3部分组成。

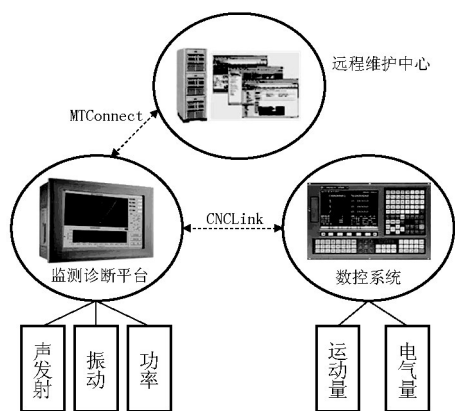


图1 数控机床监测诊断系统解决方案

Fig.1 NC machine tool monitoring and diagnostic system solution

在物理部署上,监测诊断平台通过数控机床联网管理(CNCLink)通讯协议与数控系统通讯获取机床信息,并通过现场总线与嵌入式监测单元获得数控系统目前无法提供的加工过程中的振动、功率、声发射等信号。远程数据维护中心则通过加工设备互联网协议(MTConnect)从监测诊断平台取得机床的总体信息进行后续处理。

2.2 系统总体结构设计

针对监测诊断平台标准化、模块化、可重构的应用需求,提出一种基于“系统引擎+功能组件”的监测诊断平台架构(见图2),它由功能组件、配置文件和系统引擎3个要素组成。

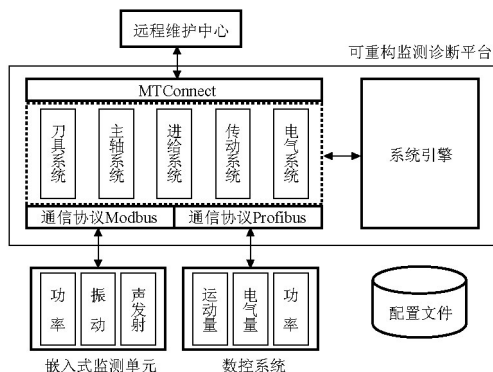


图2 可重构监测诊断系统方案

Fig.2 Reconfigurable monitoring and diagnostic system solution

系统引擎负责在运行过程中功能组件的调度、生命周期管理等,它是实现系统可重构特性的关键。系统引擎首先读入配置文件,然后按照配置文件的描述,动态创建所需使用的功能组件;系统引擎拥有一条公共的数据通道并通过通信控制器来响应各个功能组件对数据读写的要求,实现功能组件之间的数据交换。

功能组件完成特定的数据处理功能,是遵循标准的接口规范编写的软件实体,为应用系统的开发提供功能模块。应用组件设计技术,将应用系统中的各种功能模块(如刀具磨损监测、切削颤振监测、主轴不平衡监测等)抽象建模,并编译成组件,每个功能组件均封装了各自的属性和方法,并对外提供特定的接口,通过这些特定的接口,组件之间可进行信息交互。

配置文件是一个基于XML格式描述应用系统特性和行为以及功能组件连接方式的文档。因此,每一个配置文件就对应于一个特定的监测诊断平台,也就是说,在实际应用过程中,创建一个配置文件就意味着创建了一个特定的监测诊断应用系统。

这种基于“系统引擎+功能组件”的监测诊断系统体系结构,可大大简化应用软件的开发过程,缩短开发周期、降低开发成本,并且基于组件技术有效地保证了系统的稳定性和可靠性。

2.3 可重构硬件系统设计与开发

采用模块化结构设计思想,将监测诊断单元分为3个模块,分别是振动模块、声发射模块和功率模块。3个模块相对独立,每个模块均可单独使用。其中,基于振动法的监测模块可以监测车铣复合加工中心的颤振,不仅可以监测重型机床主轴,还可以监测高速机床主轴运动精度及动平衡状况;基于声发射法的监测模块可以实时监测数控磨床的磨削过程;基于功率法的监测模块可以监测刀具的破损程度,实现磨床砂轮消空程、防碰撞。上述3种方法基本上可以实现数控机床加工过程中的各种参数的监测。同时上述3个模块之间又互有联系,可利用模块可重构的监测诊断平台,针对不同的数控系统和工况,将3个模块有机地进行组合,这样,本监测诊断单元既考虑到不同类型机床功能部件监测诊断的要求,又考虑到某一数控系统不同功能部件监测诊断的要求,不但实现了对不同机床功能部件的监测,而且适应了数控机床功能部件复杂多样的应用需求。监测单元的总体规划框图如图3所示。

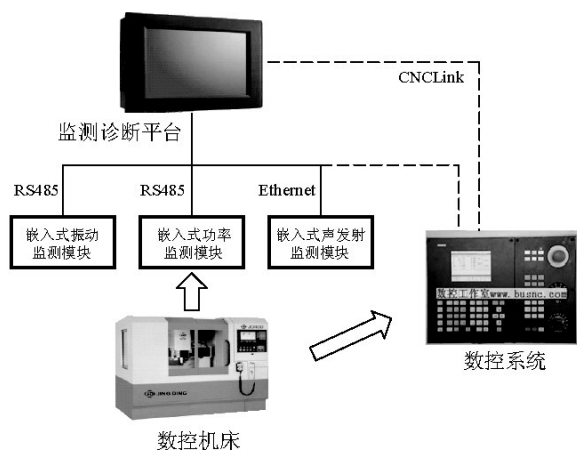


图3 可重构监测诊断系统硬件方案

Fig.3 Reconfigurable monitoring and diagnostic system hardware program

嵌入式监测单元是一个基于数字信号处理(DSP)的信息采集和处理的智能节点,完成数控系统实时工况信息的获取、传感器(电流、振动、声发射等)动态信号采集以及监测诊断平台的远程配置和管理,并进行并行实时计算和分析,对加工过程中的异常事件及功能部件状态进行在线识别,同时可通过现场总线嵌入式监测单元的事件/状态以及原始数据,为更深入的分析决策提供信息支持。图4为实际开发的3类(振动、声发射和功率)监测硬件模块的实物图。基于模块化设计思想,振动监测单元硬件包含采集模块、传感调理模块和电源模块3个部分,其中传感调理模块采用“板载传感器适配模块+通用信号调理电路”架构,主要针对加速度、速度和位移信号,可根据实际监测需要进行配置。声发射监测单元主要由声发射传感器、前置放大器、带通滤波器、主放大器、特征参数(信号有效值)提取模块、A/D转换器以及数字信号处理器等组成。功率模块主要通过霍尔电流传感器和电阻分压完成电机主轴三相电流、三相电压的获取和转换,通过DSP进行实时分析处理,并将结果发送到可重构监测平台。

2.4 可重构软件系统设计与开发

模块可重构监测诊断平台软件原型的设计与实现,参考软件设计的3层模型结构,其软件架构如图5所示。据此,可重构监测诊断系统主要包括位于业务层的系统引擎、位于逻辑层的功能组件集和位于应用层的配置文件。

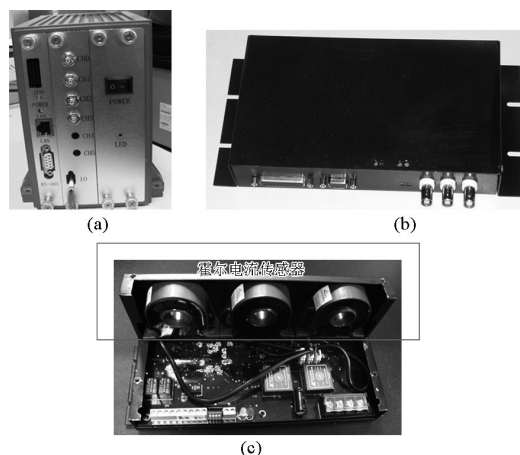


图4 嵌入式监测硬件单元

Fig.4 Embedded monitoring hardware units

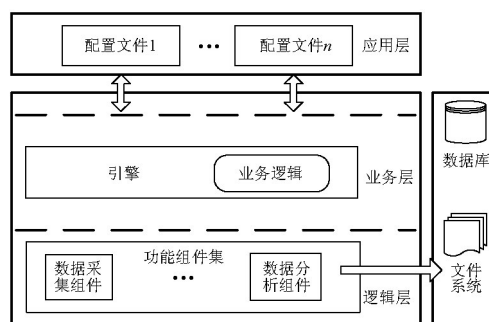


图5 可重构软件架构

Fig.5 Reconfigurable software frame

2.4.1 系统引擎开发

系统引擎作为可重构监测诊断系统的核心,是实现支持组件平台运动的核心功能集合的软件实体。它负责管理组件的加载、卸载、注册、反注册以及调度组件运行,为功能组件提供通信管道等。引擎运行支持系统示意图如图6所示。系统引擎能够分析用户的监测方案,动态地配置功能组件的使用流程,通过接口载入相应的功能组件,构建软数据总线,控制数据的流向,完成最终的测试流程。

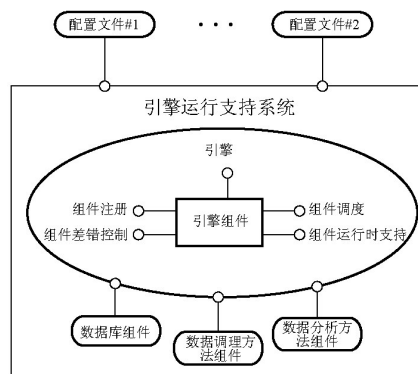


图6 引擎运行支持系统

Fig.6 The support system for engine operation

2.4.2 功能组件开发

功能组件是遵循标准接口规范编写的完成特定处理功能的软件实体,是系统完成实际功能的基础。引擎最重要的功能就是允许功能组件单独开发,单独编译,单独调试。在需要时,使它们可以按照一定的规则以“搭积木”的方式无缝连接,构成一个复杂应用系统。在引擎的设计中,组件被划分为内核级和应用级两个等级,以应对不同的需求。

针对数控机床的全面状态检测相应开发了一系列功能组件,包括机床状态统一显示组件、声发射组件、功率组件、轴心轨迹组件、振动采集显示组件、振动数据分析组件、CNCLink 组件、MTConnect 组件等。针对特殊数控机床的具体监测诊断需求,还开发了相应的特殊功能组件,包括颤振监测组件、磨床功率防碰组件、主轴失衡状态监测组件等。

2.4.3 配置文件

配置文件记录的是测试方案中使用的功能组件信息及相互之间的连接关系,通过可重构监测系统的可视化界面可以配置新的测试方案或载入已有测试方案直接运行。一个配置文件加载运行后,一个全新的测试系统就完成了,整个系统拥有了功能快速调整和动态重构的能力,图7显示了载入一个已有方案的示例。

3 现场应用及分析

3.1 陕西秦川格兰德磨床厂应用

在该厂主要针对基于功率法的磨床防碰撞系

统进行功能测试,因此,底层硬件选取功率监测模块,上层软件配置功率采集及防碰软件,如图8所示。

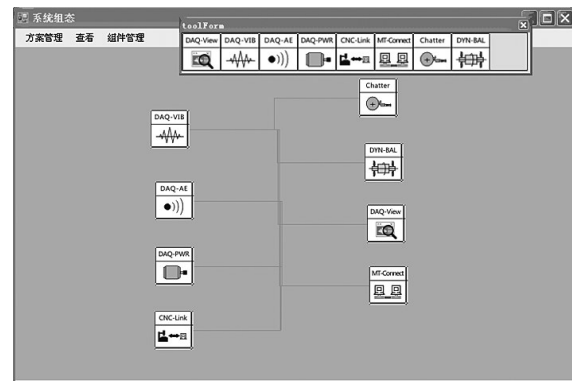


图7 系统配置

Fig.7 System configuration

试验结果表明,功率法可有效地识别砂轮和工件的碰撞信号,有效地监测磨削过程,从而实现防碰撞。但是,由于功率法的灵敏度较低、响应延迟较大(通常为几十至几百毫秒),因此,在对响应时间要求高的高精度数控磨床应用中,该系统有其局限性。

3.2 大连机床厂应用

在大连机床厂主要针对的是车铣复合加工中心在细长杆加工时的颤振问题。因此,下层监测硬件主要采用振动监测单元采集振动信号,而上层监测诊断系统软件加载振动采集组件和颤振分析组件(见图9)。

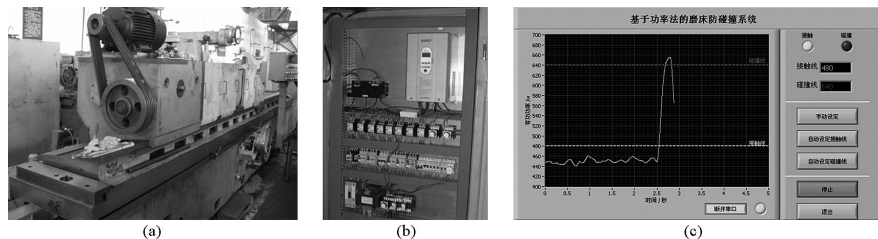


图8 秦川磨床厂现场应用
Fig.8 Qinchuan Grinding Machine Co. Ltd. field application

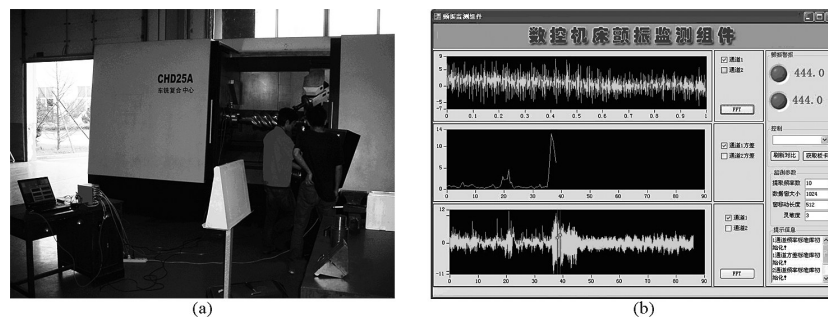


图9 大连机床厂现场应用
Fig.9 Dalian Machine Tool Group Co. field application

本次试验主要利用颤振监测组件进行测试,结合现场记录的每次走刀后的表面质量情况,正确判断出颤振6组、正常切削信号6组。同时,根据现场测试及数据分析结果,对厂家给出了以下主要建议:对于使用六齿端铣刀铣削时,虽缺失一个刀齿与各相同性时空载测得的刀柄振动量差别不大,但是一般情况下尽量不要使用5个刀片进行加工,如果缺失刀片,可只在铣刀架上周向均布安装3个刀片加工;在铣削螺旋槽工件时,选用这个范围内的切削参数:转速范围840~920 r/min,进给为360~540 mm/min,切深1~1.5 mm。从厂家反馈的信息来看,提高了加工质量与效率,得到了厂方的认可。

4 结语

提出了一种基于“系统引擎+功能组件”的监测诊断系统平台架构,并针对机床4大功能部件模块,设计了3类(振动、功率和声发射)嵌入式监测单元,构建了基于功能部件模块的可重构机床监测诊断系统和以功能部件监测模块为基础单元的智能体,组建数控机床产品状态信息传感网络,实时处理信息并实现有效信息过滤,通过对功能组件的封装和

加载实现具有特定需求的机床监测诊断系统,并在秦川磨床厂和大连机床厂进行实际应用。应用结果表明,这种可重构的机床监测诊断系统能够最大程度的满足数控机床的实时监测、故障诊断、综合性能评估、远程维修服务的各种需求。

参考文献

- [1] 方强,何岭松.软硬件可重构的远程测控系统研究[J].机床与液压,2005,1:92-93.
- [2] 段然.可重构计算技术及其发展趋势[J].计算机应用研究,2004,8:14-17.
- [3] 朱文艺,李斌.基于Internet的数控机床远程故障诊断系统研究[J].机床与液压,2005,9:176-178.
- [4] 张国辉.可重构远程诊断系统理论与技术研究[D].武汉:华中科技大学,2005.
- [5] John P T M, Christopher Menzel. An integrated process model driven knowledge based system for remote customer support computer in industry[J].1998,37(3):171-183.
- [6] 万宏强,姚敏茹.基于网络的数控机床设备远程故障诊断技术的框架研究[J].精密制造与自动化,2004,4:34-35.
- [7] 邓辉.嵌入式网络化机床监测诊断系统的研究与实现[J].机床与液压,2006,7:226-228.
- [8] 邓晓云.振动诊断技术在数控机床状态监测与故障诊断中的应用的研究[D].大连:大连交通大学,2009.

Development and application of reconfigurable monitoring and diagnostic system oriented to machine tool

Jing Minqing Li Meng Liu Heng

(School of Mechanical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

[Abstract] The “system engine + function component” architecture for the reconfigurable monitoring and diagnostic system is presented. And three types of embedded monitoring units (vibration, power and acoustic emission) are designed for four function parts of machine tool, which can greatly improve the real-time and flexibility of the bottom monitoring information acquisition. This paper has also developed a series of regular monitoring and diagnostic components for computer numerical control (CNC), and some special components for special requirements of these machines. Then the monitoring and diagnostic system for specific machine tools, which has been running in the Qinchuan Grinding Machine Co. Ltd. and Dalian Machine Tool Group Co., can be realized by conveniently packaging and loading of these function components.

[Key words] monitoring and diagnostic system for machine tool; reconfigurable; system engine; function component