

基于无线传感器网络的分布式监测系统

韩春光^{1,2}, 郭隐彪¹

(1. 厦门大学 机电工程系, 厦门 361005; 2. 宁波大红鹰学院 机电学院, 宁波 315175)

摘要:在超精密加工过程中, 一个有效的监测系统能够保持加工刀具处于最佳的加工条件, 延长刀具寿命, 提高零件加工质量。该文提出一种基于无线传感器网络的分布式监测系统, 实现了多机床的实时监测。实验结果显示了该系统的有效性。

关键词:超精密加工环境; 无线传感器网络; 分布式; 监测系统

中图分类号: TP274 **文献标志码:** B

Distributed Monitoring System Based on Wireless Sensor Network

HAN Chun-guang^{1,2}, GUO Yin-biao¹

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Ningbo Dahongying University, Ningbo 315175, China)

Abstract: In ultra-precision machining processes, an effective monitoring system can keep machine tools in the best condition and delay the occurrence of tool wear and improve the quality of workpieces. In this paper, a distributed system is developed for monitoring of multi-machine based on wireless sensor network. The experimental results have shown the effectiveness of the proposed distributed system.

Key words: ultra-precision machining environment; wireless sensor network; distributed; monitoring system

随着科学技术的发展, 超精密加工技术成为一项内涵极其广泛的系统工程。零件加工精度和表面质量是由所使用的超精密机床设备、刀具、加工工艺、计量和误差补偿技术、加工的环境条件等多种因素影响的综合结果。因此实现超精密加工, 不仅需要超精密的机床设备和刀具, 也需要超稳定的环境条件, 更需要运用计算机技术实时监测、反馈控制和补偿。这方面的研究^[1-4]大多是针对于单个机床的情况, 这就对规模化生产情况下, 多机床持续监视提出了新的挑战。因此, 在大量精密机床同时生产的车间

里, 有必要考虑采用新的系统用于机床工作状态和环境监测^[5-6]。当检测到环境条件的明显变化时, 在高精密加工领域一个重要的故障预防方法是持续监视相应的过程和发出报警。考虑到环境监测问题的复杂性, 本文采用无线传感器网络监测环境信息的变化, 提出基于无线传感器网络的分布式多机床监测系统, 由传感器完成信息采集和信号处理; 无线传感器网络用于数据的发送或从控制中心接收命令; 控制中心计算机负责监视整个系统, 在环境条件发生变化时发出报警信号或发出相应的控制命令。

收稿日期: 2009-07-30; 修订日期: 2009-08-11

基金项目: 福建省科技重大专项/专题资助项目(2006HZ0002-4); 福建省科技计划重点项目(2008H0012); 863 计划重点项目(2008AA042501)

作者简介: 韩春光(1966-), 男, 博士研究生, 副教授, 研究方向为精密加工与检测技术、无线传感器技术、电子信息技术等; 郭隐彪(1962-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为精密加工与检测技术、MEMS 技术等。

1 系统总体构成

无线传感器网络(WSN)通常由许多资源有限的节点和一个或几个协调器节点构成,主要用于各种恶劣环境如矿井监控、环境监测、制造业领域等^[7-9]。基于无线传感器网络的多机床分布式监测系统的结构包括三个部分:机床传感器节点、协调器节点、控制中心计算机,如图1所示。

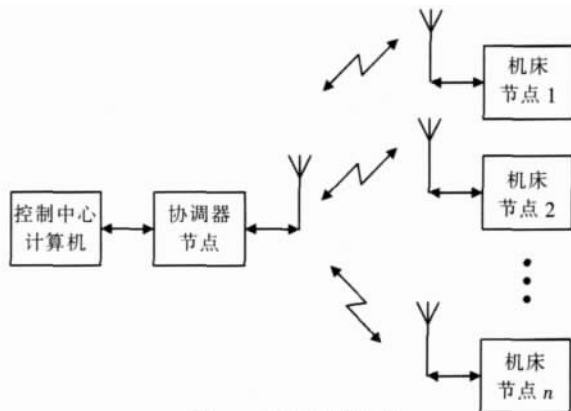


图1 系统总体构成

Fig.1 General architecture for system

车间里的每个机床节点由一组传感器、单片机和无线通信模块组成,负责机床状态信息的采集和信号的无线发送,以及控制命令的接收和执行。WSN网络中的协调器节点主要由单片机、无线通信模块和通用串行接口(UART)模块组成,负责无线网络的协调管理、与机床节点的数据传输以及与控制中心计算机的通信。控制中心计算机的任务是数据的分析处理、产生报警和发送控制命令给相应的机床节点,并负责人机交互。

2 系统的硬件实现

考虑到便于灵活安装,对节点要求低功耗、体积小等,本系统硬件的核心芯片选用了飞思卡尔公司的集单片机及无线通信模块于一身的芯片MC13213。该芯片主要包含低噪放大器、10mW的功率放大器、压控振荡器、片上电源管理调节单元、扩频编解码单元等,其主要特点有:采用O-QPSK的调制方式,最大传输速率为250kb/s;根据IEEE802.15.4标准协议设计,采用ZigBee技术,工作在2.4GHz工业免执照频段(ISM)等^[10]。

2.1 机床节点设计

机床节点结构框图如图2所示,主要由微控制

器芯片MC13213及其外围电路组成。数据采集电路主要完成温度、振动等信息的采集,输出控制部分主要在机床环境发生明显变化或发生故障时控制机床的补偿或关停处理。电源管理部分的任务是使节点在进行数据采集及控制时,处于工作状态,否则处于低功耗休眠模式,以便节电。温度检测采用DALLAS公司的数字化温度传感器DS18B20,它的测量范围从-55℃到+125℃,增量值为0.5℃,可在1s(典型值)内把温度转换成数字信号,此外DS18B20可以设置成两种供电方式,即数据总线供电方式和外部供电方式,采取数据总线供电方式可以节省一根导线,但完成温度测量的时间较长,采取外部供电方式则多用一根导线,但测量速度较快,本文采用外部供电方式以提高测量速度。振动传感器采用美国ADI公司的一款低成本、低功耗的2轴加速度传感器ADXL202来实现。ADXL202既能测量动态加速度(如振动加速度),又能测量静态加速度(如重力加速度),其测量范围为±2g,它的绝对误差在±0.005g,这里主要由其实现振动信号的采集。

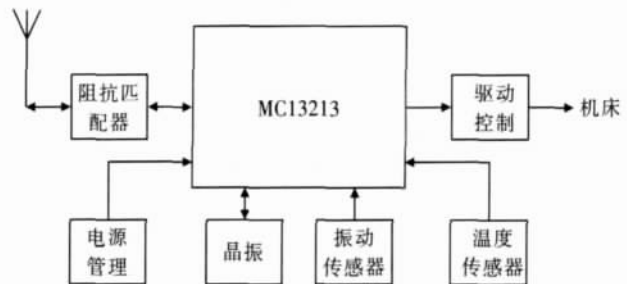


图2 机床节点结构框图

Fig.2 Block diagram of machine tool sensor node

2.2 协调器设计

协调器节点部分的构成如图3所示,它主要由微控制器MC13213外围电路、RS-232串口通信芯片SP3222以及电源和外围电路组成。协调器节点

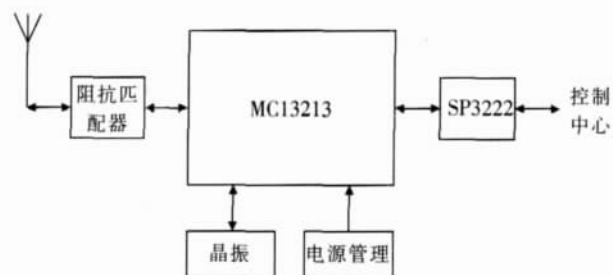


图3 协调器节点的构成

Fig.3 Block diagram of coordinator

中 MCI3213 的主要功能是接收机床节点发送过来的数据或向机床节点发送命令, 通过串口 RS-232 与控制中心计算机通信, 进行数据传输。SP3222 是标准的 RS-232 串口转换芯片, 休眠时维持电流可低至 $1\mu\text{A}$, 保证整个系统的低功耗要求。

3 软件设计

3.1 ZigBee 协议简介

ZigBee 技术是建立在 IEEE 802.15.4 标准之上, 并对网络层协议和应用程序编程进行了标准化和扩展, 其协议栈结构如图 4 所示。ZigBee 网络管理主要由“网络/安全”层负责, 其任务包括节点的唤醒, 路由建立、保持, 网络的形成等; 在网络安全方面, ZigBee 技术在数据包帧结构采用 CRC 误码检测和纠错, 并采用 CSMA-CA 策略避免网络传输冲突。有关 ZigBee 技术协议的详细内容参见文献[11]。其网络的拓扑可为星型和点对点网络结构, 考虑到网络节点数不多, 本文采用星型网结构, 可以避免多跳, 提高组网速度和信号的传输速度。



图 4 ZigBee 协议栈
Fig.4 ZigBee protocol stack

3.2 监控系统

基于无线传感器网络的分布式监测系统软件包括 3 个部分: 控制中心计算机软件、协调器软件和机床节点软件, 其模块结构如图 5。控制中心计算机软件包括人机界面、系统数据库、数据处理、故障报警、串口通信管理等模块, 负责整个监控系统的运行、管理、人机交互等任务。协调器软件主要包括串口通信管理、无线网络管理、无线数据通信等模块, 负责无线网络的管理和数据信息的交换。机床节点软件包括无线数据通信、数据采集和处理、驱动控制等模块, 负责机床工作状态信息的采集和停车控制等工作。监控系统软件的工作流程如图 6 所示。控制中心计算机系统软件在 Windows 操作系统上, 采用基于模块化设计方法的 Visual C++ 编程语言开发。协调器和机床节点软件在无线传感器网络通信、设置及

传感器信号采集时, 均是使用开发板自带的开发套件(CodeWarrior Software Development Tools)开发, 该套件包括各种高性能的 ZigBee 软件工具, 如网络通信设置器、协议调试工具等。

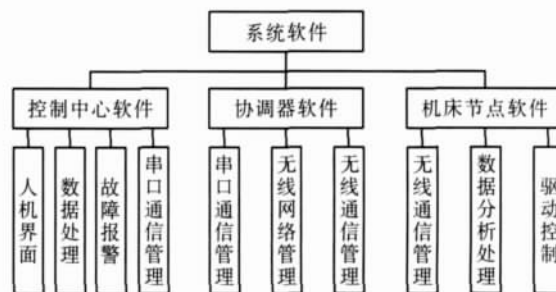


图 5 监控系统软件结构

Fig.5 Structure of the monitoring system software

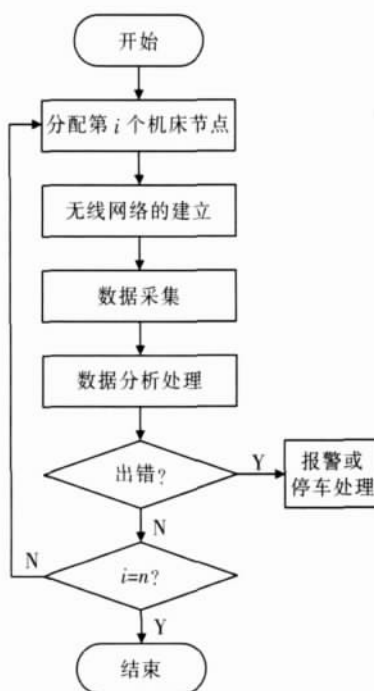


图 6 监控系统软件的工作流程

Fig.6 Flow chart of the monitoring system software

4 实验结果

为验证系统的有效性, 选用 AI-708PK1L2 型智能温控仪, 由温控仪加热热电偶, 并显示热电偶温度, 用本文所设计的温度传感器节点测量并采集该温度信息, 经无线网络和协调器节点传至监控中心 PC 机处理和显示, 实验结果的测量误差如图 7 所示, 由图可见其误差范围在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$, 满足系统的精度要求, 表明系统能够有效监控温度的实时变化。

(下转第 60 页)

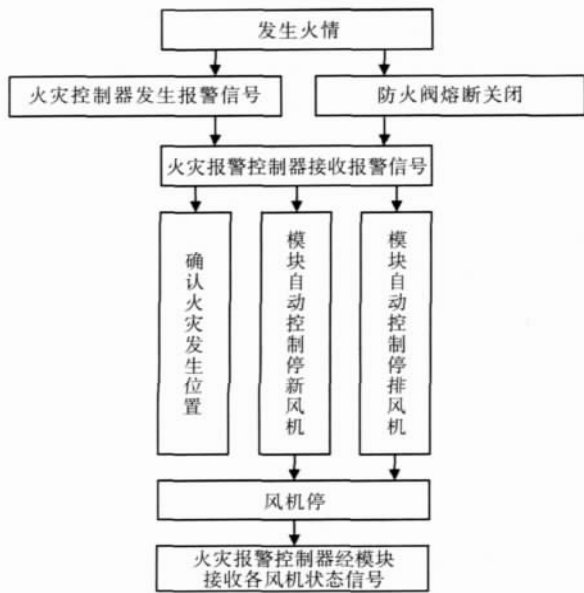


图5 空调通风控制流程图

Fig.5 Control flow chart of air conditioning and ventilation systems

(上接第 47 页)

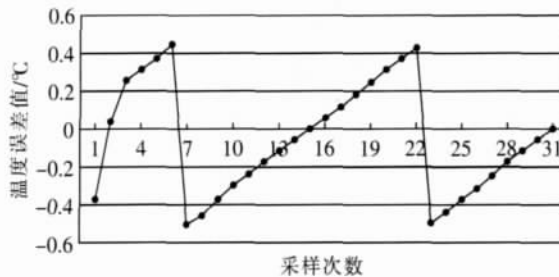


图7 实验温度误差

Fig.7 Experimental temperature error

5 结语

综上所述, 整个监测系统以集单片机和无线通信模块为一体的 MC13213 芯片为核心, 利用一线式数字温度传感器 DS18B20 及以 MEMS 工艺制造的振动传感器 ADXL202 作为检测元件, 实现了机床传感器节点的数据采集, 无线网络的建立和数据传输, 达到实时、准确地监测多个机床的温度和振动信息的目的, 初步的实验结果显示了所述分布式网络的有效性。同时, 无线传感网络组成的分布式监测系统最大程度地减少了连线, 减低了系统的搭建费用和难度, 提高了检测系统的运行速度和灵活性。

参考文献:

[1] Altintas Y. Prediction of cutting forces and tool breakage in milling from feed drive current measurements[J]. ASME J. Eng.

4 结语

本火灾自动报警系统顺利通过了公安消防监督机构的验收, 投入运行以来, 该系统稳定可靠, 运行良好, 受到一致好评。火灾自动报警系统在当前国民经济建设的各行各业, 特别是在工业与民用建筑的防火工作中, 发挥着越来越重要的作用。因此, 在系统的设计应用中, 要严格遵守现行各规范的要求, 使其成为现代消防不可缺少安全技术设施, 成为保障人身和财产安全的“消防哨兵”。

参考文献:

[1] 梁华. 建筑弱电工程设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
 [2] 朱林根. 21 世纪建筑电气设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
 [3] 中华人民共和国建设部. GB 50116-98 火灾自动报警系统设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 1999.

Industry, 1992(114):386-392.

[2] Li X, Djordjevic A, Venuinod P K. Current-sensor-based feed cutting force intelligent estimation and tool wear condition monitoring[J]. IEEE Trans. Industrial Electron, 2000 (47):697-702.
 [3] 郭隐彪, 杨继东, 梁锡昌, 等. 轴对称非球面模具加工中的补偿技术研究[J]. 中国机械工程, 2000, 11(4):415-417.
 [4] Luo RC, Kay MG. Multi-sensor integration and fusion in intelligent systems[J]. IEEE Trans. Systems Man Cybernet, 1989 (19):901-931.
 [5] 王宪平, 李圣怡. 超精密环境温度控制及温度测量技术研究[J]. 中国机械工程, 2000, 8(11):869-871.
 [6] Tan KK, Huang SN, Zhang Y, et al. Distributed fault detection in industrial system based on sensor wireless network[J]. Computer Standards and Interfaces, 2009(31):573-578.
 [7] Akyildiz IF, Su W, Sankarasubramanian Y, et al. A survey on sensor networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2002 (40): 102-114.
 [8] 刘丽萍, 王智, 孙优贤. 无线传感器网络部署及其覆盖问题研究[J]. 电子与信息学报 2006, 6(28):1752-1757.
 [9] 李栋, 秦宁宁, 徐保国. 基于无线传感器网络的嵌入式温室监控系统[J]. 仪表技术与传感器, 2009(5):40-52.
 [10] MC13211/212/213 ZigBee™-Compliant Platform -2.4GHz Low Power Transceiver for the IEEE802.15.4 Standard plus Microcontroller[EB/OL]. http://www.freescale.com/, 2009, 5.
 [11] Paolo Baronti, Prashant Pillai, Vince W.C. Chook, et al. Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards[J]. Computer Communications, 2007(30):1655-1695.