

基于嵌入式 Linux 的塔机群防碰撞控制系统*

陈 帮, 张洪涛*

(浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘要:为提高施工效率,在同一建筑施工现场经常需要同时布置多台近距离交叉作业的塔机,这些塔机之间存在碰撞可能,因此塔机群防碰撞系统的研究具有重要意义。讨论了基于嵌入式 Linux 塔机群防碰撞控制系统的实现方案,设计了基于 AT91RM9200 嵌入式微控制器的监控仪表主机,完成了塔机工作状态的实时检测,如重力、力矩、幅度、高度、回转角度及风速等,利用无线通信技术实现了相关塔机状态信息的交互,依靠防碰撞算法,控制塔机输出,达到预防塔机碰撞的作用。研究表明,该方案具有处理能力强、实时性强、人机交互友善等优点。

关键词:塔机防碰撞;嵌入式 Linux;无线通信

中图分类号:TH213.1;TP216.1

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)03-0346-04

Anti-collision system for group of tower cranes based on embedded Linux

CHEN Bang, ZHANG Hong-tao

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: In order to improve efficiency, it always needs to set up several cross cranes in small quarters, and this causes collision possibility between these cranes, so the study of tower crane anti-collision system is very important. Based on the embedded Linux, the program of tower crane anti-collision system was discussed. Then, based on AT91RM9200, an embedded microprocessor, a monitoring instrumentation host was designed, and real-time detection of every crane's working status was realized, such as gravity, torque, range, height, rotation angle and wind speed, etc. Then, the interaction of correlated cranes' operating status information using wireless transmission was realized. Depending on the algorithm of anti-collision, the system controlled the output of cranes to achieve the goal of preventing the collision of cranes. The results indicate that this program has the advantages of strong processing ability, strong real-time ability, and friendly user interface, etc.

Key words: anti-collision of tower cranes; embedded Linux; wireless transmission

0 引 言

随着城市基础建设规模的不断扩大,大型工程和群体工程越来越多,单台塔机已经无法满足施工需要,多台塔机群体交叉工作已经司空见惯。为了保证施工中对作业工程的全部覆盖,必然会出现塔机作业平面相互重叠现象,运行中就可能存在作业碰撞。因此,多塔机防碰撞技术已成为当今建筑施工的必备条件和人

们关注的焦点。与国外相比,国内有关建筑安全装置的研究仍有较大差距,工程机械单机智能化技术虽然比较成熟,但机群智能化技术则尚处于初步阶段^[1-3]。

基于此,本研究提出了基于嵌入式 Linux^[4]的塔机群防碰撞控制系统,利用无线通信技术^[5]实现相关塔机间运行状态信息的传递,利用防碰撞算法完成塔机群的协调工作和智能监控。该方案具有处理能力强、适应多测控任务、人机交互性好等优点。

收稿日期:2010-08-18

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(Y1080627, Y106332);浙江工业大学校基金资助项目(0901102005408);浙江省机械电子工程重中之重学科开放基金,浙江工业大学特种装备制造与先进加工技术教育部重点实验室开放基金资助项目(2009EP030)

作者简介:陈 帮(1986-),男,浙江新昌人,主要从事嵌入式系统方面的研究. E-mail: mloves0729@yahoo.cn

通信联系人:张洪涛,男,副教授. E-mail: hongtaozhang@zjut.edu.cn

1 系统总体设计方案

本研究所述基于嵌入式 Linux 的塔机群防碰撞控制系统采用了分布式控制模式,如图 1 所示。在整个系统中,各塔机上的监控仪表无主次之分,处于平等地位,所有的仪表组成一个通讯网络。监控仪表首先通过传感器实现单台塔机运行状态信息的采集,如重力、力矩、幅度、高度、回转角度及风速等参数,借助通讯获取相关塔机运行状态信息,然后依据这些信息进行防碰撞计算,作出本机的控制决策,控制塔机输出,达到预防碰撞发生的作用。在这种分布式结构中,整个系统的防碰撞任务被分散到各个监控仪表中,各个仪表选择有利于自己局部利益的控制策略和决策目标,自主地做出决策,决策的制定和任务的执行表现出并行的特点,这种并行处理机制大大提高了问题求解效率。

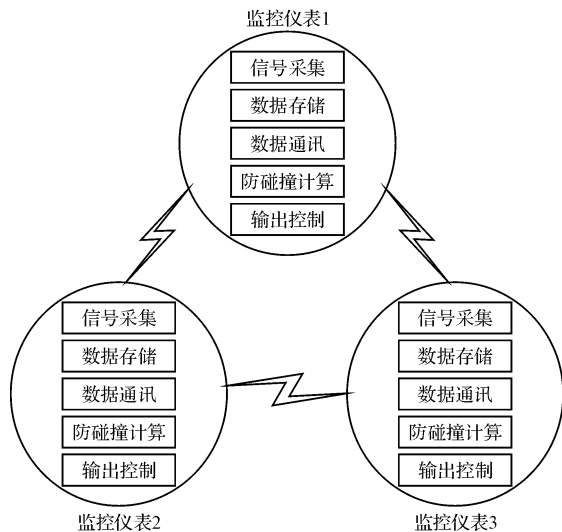


图1 系统整体设计

由于建筑工地条件限制,用无线传输方式实现相关塔机之间状态信息的传递,相对于传统的有线方式具有造价低廉、施工快捷、运行可靠、维护简单等优点。考虑到建筑工地的恶劣环境和存在的电磁干扰,要求塔机群无线通信系统必须有很好的抗干扰能力和稳定传输的能力,并结合系统实时性及塔机节点距离的要求,本方案选用基于 IEEE 802.11g 标准^[6]的无线传输技术,其性能稳定可靠,维护简便,能够充分发挥其高带宽的优势。

2 硬件电路设计

整个仪表主机主要由 CPU 核心模块、信号采集模块、输出控制模块、数据存储模块、数据通讯模块、人机交互模块组成,系统框图如 2 所示。

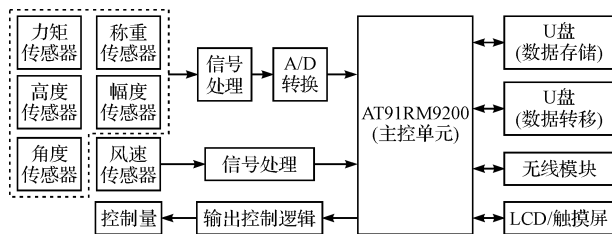


图2 系统硬件设计

2.1 CPU 模块

作为塔机群防碰撞系统首先需要注重的是系统的实时性能,同时,建筑工地中塔机工作环境比较恶劣,考虑到以上对于处理实时性和稳定性的要求,本研究选用了 ATMEL 公司的 ARM9 系列微控制器 AT91RM9200^[7-8]。这是一款工业级的产品,基于 ARM920T 处理器,是 ATMEL 公司针对系统控制和通讯领域推出的 32 位 RISC 微控制器。在时钟频率为 180 MHz 时,其运算速度可以达到 200 MIPS。AT91RM9200 内部集成了丰富的外设资源,包括 USB 2.0 主机/设备接口、4 个 UART、1 个主/从 SPI/JTAG/ICE 接口等,这种高度集成成为设计小体积、低功耗、高性能的控制系统提供了方便。

2.2 信号采集模块

信号采集模块是整个仪表的数据采集端,完成模拟信号的拾取、放大、转换等操作,主要由传感检测系统、信号处理单元、A/D 单元组成^[9]。

为了进行防碰撞计算,系统首先需要选定合适的传感器对塔机工作时 6 个主要参数进行实时检测,包括变幅幅度、回转角度、起升高、起重力矩、起重量及风速等参数。

从传感器输出的模拟信号有 3 种(电压 0 ~ 20 mV、电阻 0 ~ 5 kΩ 及频率 0 ~ 1 kHz),在送入 A/D 单元之前,必须先经过信号处理单元的预处理,其主要作用是将来自传感器的信号进行放大、滤波、线性化、同步采样保持、消噪等处理。重力、力矩传感器以应变电桥的方式输出应变电压,范围为 0 ~ 20 mV,本方案选用 AD620 仪表放大器进行信号处理,此芯片放大倍数调整容易,而且失调和偏置电流都很小,具有补偿端,所以很适合桥式电路的检测。幅度、高度、角度传感器是采用电位器(0 ~ 5 kΩ)实现的,所以当两端供 5 V 电压时,其输出端就是在 0 ~ 5 V 的变化范围。为了与 A/D 端口耦合,需要对信号进行适当的缩小处理,这里采用精确分压器加运放放大电路处理方式。为了不失真地提取信号,分压器采用高阻分压器,而放大电路采用 LF412 芯片。风速传感器输出为 0 ~ 1 000 Hz 的频率

脉冲,该方案首先采用 RC 低通滤去高频噪声及施密特反相器对信号进行整形处理,然后利用主控芯片的输入捕捉功能,可以方便地实现频率计数,进而确定当前频率。

A/D 单元采用美国 CRYSTAL 公司生产的 20 位串行模数转换器 CS5513。它是一种低成本、易于使用、可用于直流测量的模数转换器,其内部包括一个 $\Delta-\Sigma$ 调制器和一个滤波器。CS5513 片上自带振荡器,无需外加时钟源。由于是串行接口,与主控 CPU 的连接非常简单,其采集速度可达到 107 Hz。本系统有 5 路传感器信号需要检测,由于 CS5513 用于多路数据采集时,在通道切换后至少需要 4 个转换周期才能得到有效的转换值,使用了 5 片 CS5513 分别采集这 5 路信号。这样在上电后,CS5513 将自动循环采集传感器信号,而且软件随时可以读取实时的 5 路信号的转换字,因而实时性好且编程简单。

2.3 存储模块设计

该系统采用 U 盘存储的方案,之所以选择 U 盘而不选择传统的 FLASH,是因考虑到该系统存储的数据量大而且数据需要保存的时间比较长,系统运行一两年以后,存储器上的数据可能会溢出,此时需要更换存储器,如果用 FLASH 更换起来比较难,相比之下 U 盘更换起来比较容易,而且 U 盘具有体积小、速度快、抗振动、通用性强、可重复擦写达 100 万次、防潮且耐高温(低)温的特点^[10]。

该系统设置两个 U 盘:一个 U 盘用于系统的“永久”的存储介质,用来存储采集来的数据;另一个 U 盘可以随时插入系统从“永久”的 U 盘取走数据,也就是说把数据从一个 U 盘导入另一个 U 盘,取走的数据以便与外界进行数据交换。

3 应用程序设计

本研究应用程序的编写基于嵌入式 Linux 操作系统^[11],为了进一步提高软件运行的性能,在编程过程中采用了多线程技术。在系统中进行多线程编程首先要做好各个功能模块的划分以及优先级别的确立,将系统软件功能划分为几个部分(线程)来实现:数据采集模块、数据显示模块、数据实时处理模块、通讯模块、人机交互模块。每个模块之间的关系图如图 3 所示。

系统在上电后,首先进行硬件初始化,接着启动嵌入式 Linux 操作系统,读取并设置主机仪表的初始化状态,建立并启动数据采集、实时通讯、实时数据显示、故障处理、远程监控以及数据实时处理等线程,依靠防

碰撞算法,判断是否输出控制信号,在结束前保存系统中的当前塔机状态信息,以备系统下次启动时读取使用。系统整体流程图如图 4 所示。

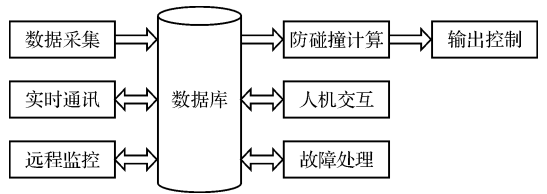


图 3 系统软件各功能模块

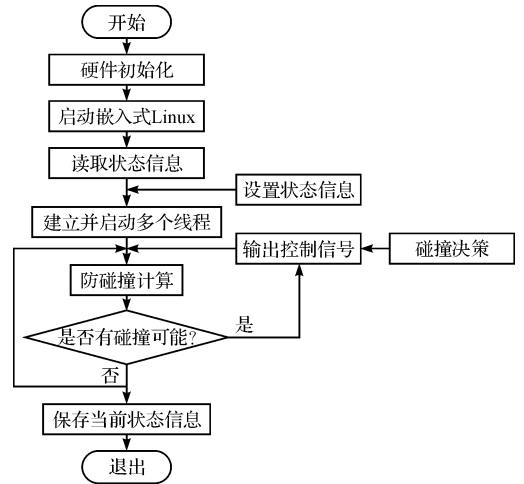


图 4 系统整体流程

4 防碰撞算法的设计

现代建筑施工环境非常复杂,由此导致了处在这种复杂作业环境下的塔机群防碰撞问题也更复杂多样。下面以最典型的高塔机吊绳与低塔机前臂碰撞为例,介绍防碰撞算法。首先对塔机的各部分尺寸作出规定(如图 5 所示)。

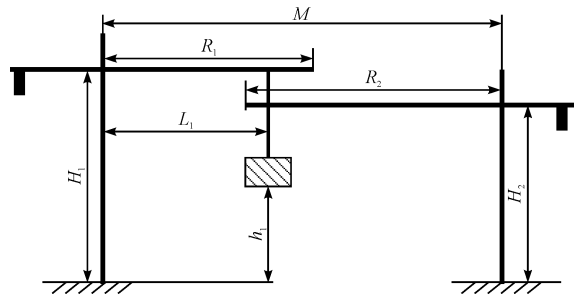


图 5 高塔机吊绳与低塔机前臂的碰撞

H —塔臂高度; R —塔机旋转半径; L —小车变幅幅度; h —吊物高度; M —两塔机基础之间距离

假设高位塔机吊绳与低位塔机前臂的安全距离为 Ω ,即当距离小于或等于 Ω 时认为有发生碰撞的可能。防碰撞计算流程图如图 6 所示。

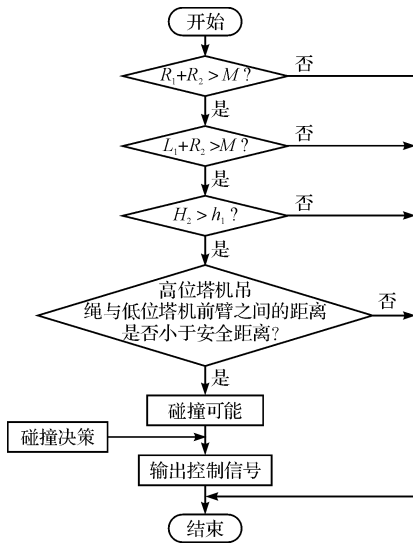


图6 防碰撞计算流程图

5 结束语

本研究针对塔机群交叉作业过程中存在的安全问题,提出了基于嵌入式 Linux 塔机群防碰撞技术的解决方案,并将无线通信技术引入到系统中,构建了分布式塔机群控制系统。通过对塔机间典型碰撞问题的分析,得出了一套完整可靠的防碰撞算法,可以有效地实现塔机间的安全作业。

研究表明,该研究为塔机群防碰撞控制系统的模型建立以及防碰撞算法的分析提供了一定的帮助,

在实际工程应用上具有一定的指导意义。

参考文献 (References):

- [1] 门长根. 塔机常见事故的分析和预防[J]. 建筑安全, 2002 (8): 18-19.
- [2] 马燕明, 朱冬梅, 杨清泉, 等. 塔机防碰撞及工作区域限制技术[J]. 建筑机械, 2004, 26(6): 16-20.
- [3] SIVAKUMAR P L, VARGHESE K, BABU N R. Automated path planning of cooperative crane lifts using heuristic search [J]. *Journal of Computing in Civil Engineering ASCE*, 2003, 17(3): 197-207.
- [4] YAGBMOUR K. Building Embedded Linux Systems [M]. O'Reilly Media, Inc., 2003.
- [5] [美] PRICE R. 无线网络原理与应用 [M]. 冉晓旻, 王彬, 王锋, 译. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [6] GAST M S. 802.11 Wireless Network: The Definitive Guide [M]. 2nd ed. O'Reilly Media, Inc., 2005.
- [7] 杜春蕾. ARM 体系结构与编程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [8] Atmel Corporation. AT91RM9200 Datasheet Version B [M]. Atmel Corporation, 2004.
- [9] 谢小光. 基于 GPRS 的塔机实时状态远程监控系统的研究 [D]. 杭州: 浙江工业大学机械工程学院, 2009.
- [10] [作者不详]. USB Specification Rev2.0 [EB/OL]. [2001-03-01]. <http://www.usb.org>.
- [11] 韦东山. 嵌入式 Linux 应用开发完全手册 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008. [编辑: 李辉]

(上接第 316 页)

4 结束语

本研究在热传导理论模型的基础上,通过模拟试验从瞬态分析方面计算了缺陷深度及其对表面温度场的影响,同时根据表面温差最大值出现的时间,通过理论公式反演计算得出缺陷的深度,并进行了误差分析。通过有限元软件 ANSYS 得到表面温度场分布,并离散出结点温度,再利用共轭梯度法进行迭代,得出内部缺陷大小。通过模拟计算分析表明,此方法能够较为准确的估算出试件内部缺陷面积的大小。

参考文献 (References):

- [1] 薛书文, 宗明成, 丁铁英, 等. 利用红外热成像技术检测金属内部近表缺陷 [J]. 红外与毫米波学报, 1998, 17(6): 424-428.
- [2] 陈珏, 郜光宁. 红外无损检测中的缺陷显示度 [J]. 红外与毫米波学报, 1991, 10(4): 278-282.
- [3] 范春利, 孙丰瑞, 杨立, 等. 基于红外测温的圆管内壁不

规则边界的识别算法研究 [J]. 热科学与技术, 2006, 5 (2): 111-117.

- [4] 范春利, 孙丰瑞, 杨立, 等. 电气设备零件内部三维缺陷的定量红外识别算法研 [J]. 中国电机工程学报, 2006, 26 (2): 158-164.
- [5] ZONG M C, ZHANG J X, ZHAO Y. Pulsed-heating infrared thermography non-destructive testing technique [J]. *SPIE*, 1996(2899): 654-649.
- [6] 赵元松, 李大鹏. 基于有限元法的钢板焊缝缺陷红外无损检测 [J]. 机电工程, 2005, 22(12): 39-42.
- [7] GUPTA R, TULI S. Electro-thermal modeling and analysis for estimation of defect parameters by stepped infrared thermography [J]. *NDT & E International*, 2005, 38(8): 11-19.
- [8] MALDAGUE X, GALMICHE F, ZIADI A. Advances in pulsed phase video thermography [J]. *Infrared Physics & Technology*, 2002(43): 175-181.
- [9] 张韵华. 数值计算方法和算法 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [10] 徐树方. 矩阵计算的理论与方法 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2002. [编辑: 柴福莉]