

基于嵌入式B/S模式的机电产品远程监控系统

刘军德¹, 盛礼俊², 毛亚郎¹, 孙毅^{1*}

- (1. 浙江工业大学 特种装备制造与先进加工技术教育部/浙江省重点实验室, 浙江 杭州 310032;
2. 杭州恒达环保实业有限公司, 浙江 杭州 310032)

摘要: 针对机电产品远程监控中基于图像与视频的信息控制能力不足的问题,在以PLC为控制器的控制系统基础上增加了ARM核心控制器,设计并实现了一种低成本的嵌入式B/S模式的机电产品远程实时监控系统方案。该系统利用Video4linux控制USB摄像头获取机电产品工作时图像数据,并采用PNG算法实现图像压缩,通过RS232接口完成ARM与PLC间的通信,以获取机电产品实时工作参数和实现控制指令的传递。该系统通过嵌入式Boa服务器,采用B/S模式实现,并通过CGI技术实现图像和数据的远程实时动态传输。研究表明:“ARM+PLC+Web”交互这一组合的嵌入式系统方案,可为当前机电产品远程监控存在无法满足图像与视频中信息控制能力不足的问题提供了一个很好的解决平台。

关键词: 图像采集;嵌入式系统;RS232通信;B/S模式;远程监控

中图分类号: TP277;TH39 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2012)06-0674-04

Remote monitoring system of electromechanical products based on embedded B/S mode

LIU Jun-de¹, SHENG Li-jun², MAO Ya-lang¹, SUN Yi¹

- (1. Key Laboratory of E & M, Ministry of Education & Zhejiang Province, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China;
2. Hangzhou Hengda Environmental Protection Industrial Company Limited, Hangzhou 310032, China)

Abstract: Aiming at improving information intelligent control from the image and video of the remote monitoring system in electromechanical products, the ARM core controller based on PLC was added as the controller's control system, a low cost embedded B/S mode of remote real time monitoring system scheme of electromechanical products was designed and implemented. The system utilized Video4linux to obtain electromechanical products' real time working image data by control USB camera, and realized image compression by PNG algorithm, completed the communication between ARM and PLC through the RS232 interface, from which can obtain the electromechanical products' real-time working parameters and transmit the control orders. The system was realized through the embedded Boa server and using B/S mode, CGI technology was used to realize the image and data remote real-time transmission with dynamic. The results indicate that the "ARM+PLC+Web" interaction of this combination of embedded system, to solve the problem that current mechanical and electrical products remote monitoring can not meet the image and video information intelligent processing needs, provides a good platform.

Key words: image acquisition; embedded system; RS232 communication; B/S model; remote monitoring

0 引言

远程监控目前在很多场所都得到了大量应用,特别是在一些工作环境恶劣的工业厂房,一般采用如下方案^[1]:使用具有较高质量的CCD传感器摄像头,通过

S-VIDEO端子实时将图像数据送至控制室的电视墙上显示,同时利用上位机上的组态软件通过工业现场总线对现场PLC进行实时控制,该方案实时性好,技术成熟,但成本昂贵且能耗大,由于传输中信号的衰减,传输距离受到限制。且对于现场工作状况的突然

收稿日期:2012-02-03

作者简介:刘军德(1987-),男,湖北黄冈人,主要从事机电产品控制方面的研究。E-mail:lj.d.005@163.com

通信联系人:孙毅,男,博士,教授,硕士生导师。E-mail:sunyi@zjut.edu.cn

变化或可疑人员入侵的处理,上述方案都是采用人工识别的方法来完成的,监控平台难以满足图像与视频中信息智能处理的需要。

基于物联网工业化应用的思想^[2-3],本研究设计并实现了一种以“ARM+PLC+Web”交互这一组合的嵌入式方案,将ARM作为核心控制器,对其扩展图像和数据采集功能以及完成与PLC的通信功能,使其不仅能满足远程监控需要,同时又能作为图像与视频信息智能处理的平台。

1 远程监控系统总体结构

系统总体结构如图1所示,该系统的控制核心是基于ARM处理器的嵌入式Linux系统。本研究通过编写与实际设备相对应的设备驱动程序就可以完成对图像和各类传感器的数据采集,同时利用RS232或485总线完成与工业常用控制器PLC的通信,以获取机电产品实时工作参数和实现控制指令的传递。本研究利用Linux强大的网络功能,建立起HTTP协议的Web服务接口,以方便远程网络终端调用,在远程终端通过编写适当的软件调用Web服务或通过Web浏览器来达到对机电产品的远程监控。

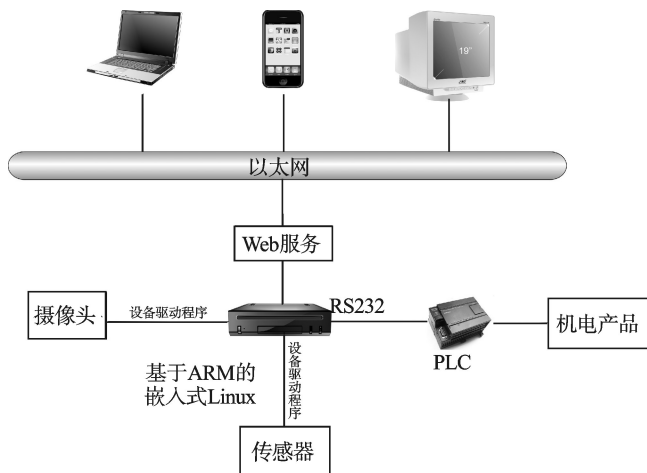


图1 系统总体结构

2 系统硬件结构

2.1 系统的基本组成

系统硬件由3大模块组成:ARM核心处理器控制模块、图像与数据采集模块、基于PLC的伺服电机调速模块。其中ARM核心处理器控制模块包括32位ARM核心控制器S3C2440及其相关的外围电路,主要包括:SDRAM接口电路、Flash存储器接口电路、以太网接口电路、USB接口电路、RS232与485接口电路及电源电路、晶振电路与复位电路。图像与数据采集模块包括高像素的USB摄像头与检测电机转速的编码

器。伺服电机调速模块包括三菱PLC与伺服电机及其驱动器。整个系统的实物连接图如图2所示。

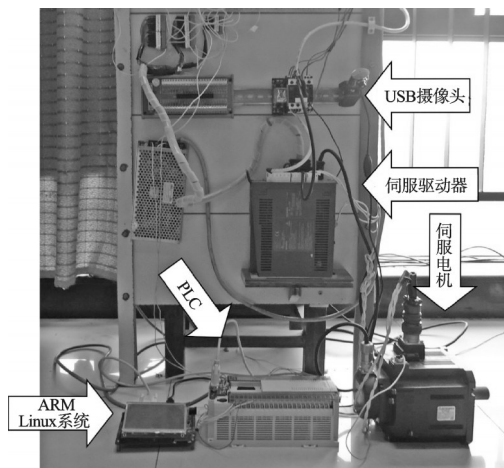


图2 系统的实物连接图

2.2 系统的工作原理

本研究以ARM微处理器为核心的控制电路,通过USB接口实时的采集当前机电产品的监控图像,通过I/O口接收编码器采集过来的电机转速,同时由RS232接口完成与PLC间的通信来向PLC发送控制命令或接收控制数据,PLC作为伺服电机的控制器完成对伺服电机的调速控制。在系统运行过程中,本研究通过ARM板中扩展的以太网接口完成图像与数据的远距离传输。

3 系统软件设计

3.1 图像采集模块软件设计

系统采用USB摄像头(OV9650+OV511芯片)进行图像采集,由于Linux2.6.30内核自带OV511芯片驱动且只支持YUV格式数据输出,为了得到便于后期处理的RGB数据,本研究对内核driver目录下的ov511.c驱动进行了修改,再将YUV数据转为RGB数据^[4]。图像采集程序用V4L接口编写,采集过程如图3所示。

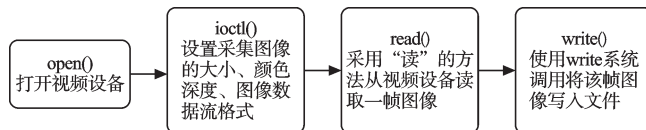


图3 V4L工作过程

本研究以分辨率为1 280×1 240为例,采集的图像Y:U:V为4:2:2,不加压缩时数据大小为2 621 440 Byte,这对于一个拥有32 M SDRAM的嵌入式系统而言,图像实时传送会耗费大量的传输时间和带宽,需对采集的图像数据进行压缩^[5]。

根据ARM芯片的特点,该系统采用了PNG无损压缩算法。PNG使用的Deflate算法的主要复杂度在

于查找和匹配数据,逻辑运算占据大部分时间,适合在 ARM 架构的 CPU 上运行,以最大程度地还原图像。经压缩后的图像数据冗余度将大大降低,所占用的存储空间也明显减少,其最高压缩比可达 8:1,适合远程传输。整个图像采集模块的程序流程图如图 4 所示。

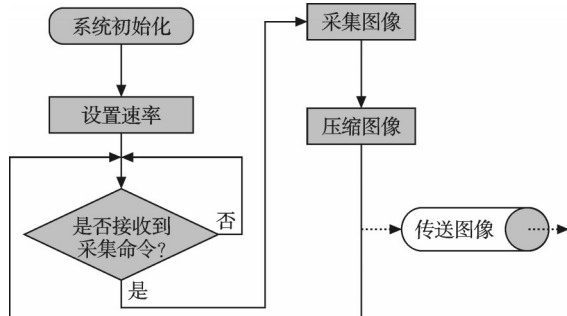


图4 图像采集模块工作流程图

3.2 ARM-PLC通信模块软件设计

该系统采用三菱公司生产的 FX 系列 PLC 作为伺服电机调速的控制器,通过 RS232C 协议的通信板 FX2N-232-BD 将 ARM 核心控制器与 PLC 连接完成通信,以便于 ARM 系统将从远程人机交互页面中获得的数据或控制命令处理成 PLC 可以接收识别的数据或命令,再把执行结果通过 ARM 系统返回至人机交互页面。

对 ARM 控制器而言,访问串口时只需打开 Linux 系统中/dev 目录下的串口文件 ttyS**即可, Linux 下的串口设置包括波特率、数据位、校验位、停止位、输入输出方式等,而这些设置主要是通过设置 struct termios 结构体的各个成员值。

FX 系列 PLC 的计算机链接通信协议用于 1 台 ARM 控制器与多台 PLC 通信,由 ARM 发出读写 PLC 中的数据命令报文,PLC 收到响应报文。PLC 采用 FX2N-232-BD 模块在 RS232C 之间发送和接收数据,其通信格式应与前面的 ARM 端串口设置一致,其通信格式可通过参数或特殊数据寄存器 D8120 来设定,在系统中赋值为 4891H,表示数据长度为 8 位、计算机链接协议、无效验和、传输速率为 19 200 bps、1 位停止位。

ARM 与 PLC 之间采用应答方式通信,ARM 首先检测是否有接收中断产生,“是”则接收由 PLC 发来的数据,“否”则发送传输报文请求“ENQ”;若 PLC 回送通信许可“ACK”,可建立发送连接,ARM 就可按以上通信格式与 PLC 通信。若 PLC 回送通信否认“NAK”,则不能建立发送连接,ARM 需等待直到接到“ACK”应答信号后,才开始发送传输报文。其通信程序流程图如图 5 所示。

3.3 伺服电机调速模块软件设计

交流伺服电机控制精度高、矩频特性好、力矩输出稳定,是利用电脉冲信号进行控制的,并将脉冲信

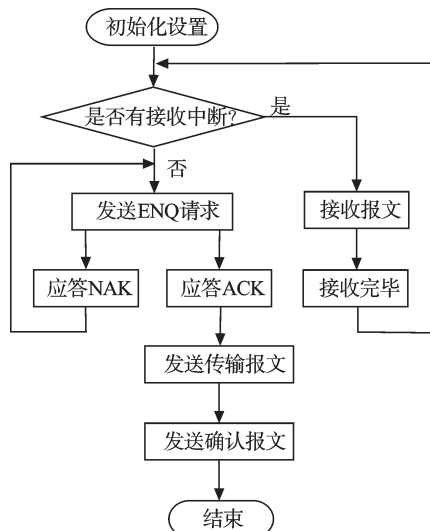


图5 ARM-PLC串行通信流程图

号转变成相应的角位移或直线位移和角速度的执行元件。该系统为验证对机电产品的远程监控,选用伺服电机作为控制对象,其伺服系统一般有 3 种基本控制方式,即位置控制、速度控制、力矩控制,这里研究位置控制实现方法。

位置模式下的三菱伺服系统主要包括 5 部分:脉冲串输入、信号准备完毕、电子齿轮比的切换、定位完毕及转矩限制。当输入脉冲发生器产生不同类型的脉冲串,并且在伺服无故障启动后,接通定位准备完毕信号,而电子齿轮主要是将输入的脉冲信号转换为一定的速率使机械运行,从而达到位置控制的目的。伺服控制模块的功能框图如图 6 所示。

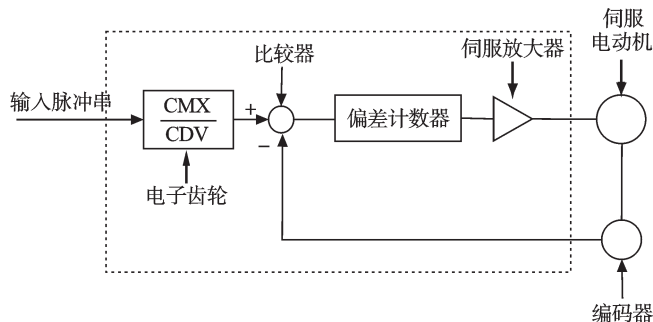


图6 伺服控制模块的功能框图

为验证整个系统运行的可行性,伺服电机应能实现正点、反点、原点回归和自动调节等动作。根据控制要求设计位置伺服运行的程序流程图如图 7 所示。

4 远程人机交互能力实现

该系统采用嵌入式 Boa 服务器、shell 解释语言及 sqlite3 嵌入式数据库为用户提供 Web 方式的人机交互界面,用户通过访问网页即可使用远程监控系统的所有功能。B/S 模式嵌入式远程监控系统工作原理图如图 8 所示,整个系统工作的基本流程可以归纳为

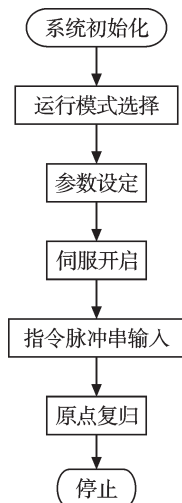


图7 位置伺服系统运行流程图

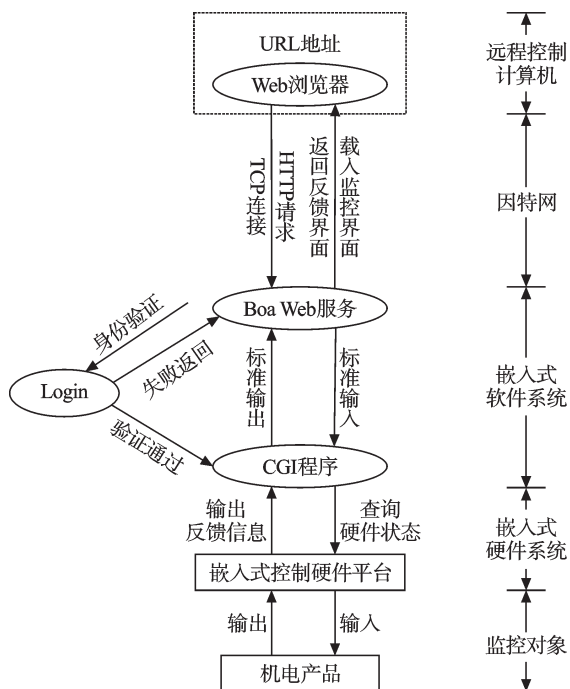


图8 远程监控系统人机交互工作原理图

如下4个步骤^[6-10]:

(1) 用户通过 Web 浏览器载入用户登录界面,然后在该界面中的相关表单内输入登录信息。

(2) 提交表单,提交之前 Javascript 脚本首先会在浏览器端对用户的输入设置进行有效性检测,如果合格才向服务器端发出 HTTP 请求,服务器响应用户的请求,通过 CGI 登录程序加载并校核 sqlite3 数据库中存储的用户信息,然后根据校核结果跳转至指定的页面中。

(3) 登录成功后进入监控页面中。通过页面中的 Java 插件可以实时查看现场机电产品的运转情况,并可以根据控制需要发送控制命令,CGI 程序解析模块对相应的命令进行解析并将结果送至 ARM 串口端,再通过 ARM-PLC 通信完成对机电产品的控制。

(4) CGI 程序信息反馈模块通过串口或数据总线

读取 PLC 的工作参数及各传感器的检测数据,并将数据以信息流的方式传回给服务器,服务器将信息流传递给浏览器作为用户所需的输出结果。

5 实验结果与分析

远程监控系统操作的主界面如图9所示,界面左侧实时显示当前机电产品的运行状态,右侧为控制界面,包括传感器采集数值的显示,电机运行参数的设定及运行状态的控制。

该系统经局域网试验,运行稳定,画面存在小范围延迟但无明显拖沓现象,能保持图像传输与实时控制的同步进行,从而方便操作人员在不亲临现场的情况下,及时了解电机的运行状况,便于对机电产品远程控制和管理。



图9 远程监控系统主界面

6 结束语

笔者深入研究了基于 ARM 的机电产品远程监控技术,通过对现在机电产品的控制系统进行改进,设计了一套采用“ARM+PLC+Web”交互这一组合的嵌入式系统方案,充分利用嵌入式技术强大的网络功能和易扩展这一优点,结合当前的机电产品在远程监控方面的不足,为嵌入式技术在机电产品监控领域的应用提出了一个可行且不同于当前技术路线的解决方案,对解决当前机电产品远程监控存在无法满足图像与视频中信息智能处理的需要提供了一个很好的实验平台。

参考文献(References):

- [1] 郑焯翰,田绪红. 无线图像采集系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计,2011,32(1):110-113,304.
- [2] ZUEHLKE D. Smart factory-towards a factory of things[J]. *Annual Reviews in Control*,2010,34(1):129-138.
- [3] KRANZ M, HOLLEIS P, SCHMIDT A. Embedded interaction interacting with the Internet of Things[J]. *IEEE Internet Computing*,2010,14(2):46-53.

(下转第681页)

波形,虚线为正弦供电波形。

电机启动后,在0.5 s时突加40 N·m负载转矩,非正弦供电及正弦供电条件下的电磁转矩波形如图5所示,其中实线表示非正弦供电情况,虚线表示正弦供电情况。分析图5可知,非正弦供电情况下电机产生的电磁转矩明显高于正弦供电情况。由图5可以看到加40 N·m负载后,稳定状态非正弦供电、正弦供电情况下电磁转矩差值为6 N·m,验证了注入高次谐波可以极大提高电磁转矩理论的正确性。与此同时,由于定子侧注入了高次谐波,暂态过程中的转矩振荡也大幅增加,其幅值约为120 N·m,经过0.2 s的时间达到新的稳定状态。

5 结束语

本研究首先运用多回路方法,分析了九相鼠笼型异步电动机的定子方程、转子方程。然后应用推广的Park变换到电机模型,得出变换后的分布于 d - q 平面的电机电压方程、磁链方程以及运动方程,再在Matlab Simulink环境中建立九相异步电机的仿真模型。最后,将电机转速和电磁转矩的仿真波形图与理论分析结果进行比较,二者的一致性成功验证了模型的正确性。该模型把相互耦合的电机矢量分解到各次谐波平面,消除了各次谐波之间的耦合,简化了九相异步电机电磁转矩的计算,非常适用于建模及仿真场合。

参考文献(References):

- [1] XU Huang-sheng, TOLYAT H A, PETERSEN L J . Rotor Field Oriented Control of Five-Phase Induction Motor with the Combined fundamental and Third Harmonic Currents [C]//IEEE Applied Power Electronics Conference, APEC Anaheim, CA, 2001:524-533.
- [2] TOLYAT H A, LIPO T A, COLEMAN J . Analysis of a concentrated winding induction machine for adjustable speed drive applications part II: motor design and performance [J]. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, 1991, 6(4):679-683.
- [3] LEVI E, BOJOI R, PROFUMO F . Multiphase induction motor drives - a technology status review [J]. **IET Electrical Power Application**, 2007, 1(4):489-516.
- [4] DUJIC D, LEVI E, JONES M . Dc bus utilization in multi-phase VSI supplied drives with a composite stator phase number [C]//Proceeding of IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Baden Dattwil, Switzerland, 2010:1495-1500.
- [5] 王 东, 吴新振, 马伟明, 等. 非正弦供电十五相感应电机气隙磁势分析[J]. 中国电机工程学报, 2009, 29(15): 88-94.
- [6] 薛 山, 温旭辉, 王又珑. 多相永磁同步电机多维控制技术[J]. 电工技术学报, 2008, 23(9):65-69.
- [7] AYMAN S, KHALIK A, GADOUE S M . Improved flux pattern by third harmonic injection for multiphase induction machines using neural network [J]. **Alexandria Engineering Journal**, 2011, 50(2):163-169.
- [8] 康 敏, 黄 进, 刘 东. 多相异步电机参数的计算与测量[J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(24):81-87.
- [9] 黄 进. p 对极 n 相对称系统的变换理论[J]. 电工技术学报, 1995, 10(1):53-57.
- [10] PEREIRA L. A, SCHARLAU C C, PEREIRA L F A . Model of a Five-Phase Induction Machine Allowing for Harmonics in the Air-Gap Field Part I: Parameter Determination and General Equations [C]//The 30th Annual conference of IEEE Industrial Electronics Society, Busan, Korea, 2004: 98-103.

[编辑:张 翔]

(上接第677页)

- [4] TAKEDA K, HATTORI T, IZUMI T, et al. Application of SPRT to an image data sequence for a remote monitoring system [J]. **Artificial Life and Robotics**, 2010, 15(4): 421-424.
- [5] 袁 芳. 基于S3C2410X的嵌入式图像采集压缩系统的设计[D]. 长沙:湖南大学电气与信息工程学院, 2010.
- [6] 曹 原, 方建安. 基于Web的嵌入式远程监控系统[J]. 机电工程, 2011, 28(7):859-862, 871.
- [7] 傅玲燕, 姜 伟, 周见行. 基于Web和GPRS技术的塔式起重远程监控系统[J]. 机电工程, 2011, 28(7):843-845, 854.
- [8] 罗淳榕, 秦现生, 马新刚. 基于CGI的嵌入式远程控制系统[J]. 测控技术, 2006, 25(8):50-52.
- [9] 郭建文, 王安庆, 林中达. 基于Web的火电厂远程监控及故障诊断系统开发[J]. 机电工程技术, 2010, 39(1):13-15.
- [10] 雷才嘉, 单 蒙. 嵌入式以太网在工业测控系统中的应用[J]. 机电工程技术, 2010, 39(11):30-31.

[编辑:张 翔]