

文章编号: 1672-2892(2011)06-0795-04

基于 XBee-pro 的布袋除尘检漏无线控制系统

郭航宇, 周凤星, 兰建武

(武汉科技大学 冶金自动化及检测技术教育部工程研究中心, 湖北 武汉 430081)

摘要: 无线检漏布袋除尘系统是以 XBee-pro 无线通信模块为基础进行数据传输, 利用单片机和 PLC 来达到控制的目的。由于工作环境中的粉尘进入滤室会吸附在悬浮装置上, 导致液位高度上升。本系统主要通过高精度的液位传感器采集装置中液位的高度信息, 然后通过高精度的 A/D 将液位高度信息转化成数字信号传递给单片机, 封装成帧结构转发给协调器, 协调器接收到发送帧, 然后转交给 PC 机解析、计算出环境中粉尘比例, 实现对环境中粉尘比例的检测。在控制过程中, 通过给终端 XBee-pro 发送控制帧信息, 传递给单片机解析出控制命令信息, 移交给 PLC 以实现对各个阀的控制。

关键词: XBee-pro 模块; 单片机; 可编程逻辑控制器(PLC); 协调器

中图分类号: TN925⁺.1

文献标识码: A

Wireless control system of bag filter and leak detection based on XBee-pro

GUO Hang-yu, ZHOU Feng-xing, LAN Jian-wu

(Engineering Research Center for Metallurgical Automation and Detecting Technology, Ministry of Education, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei 430081, China)

Abstract: The wireless dust bag leak detection and filter system is based on wireless radio communication module — XBee-pro for data transmission. The dust in the work environment will be adsorbed into the filter chamber in a suspension, resulting in the rise of liquid level. In this system, high-precision liquid level sensor acquires the height information of liquid level in the device, and then high-precision A/D converts the liquid level information into a digital signal, and transfers it to the microcontroller package structure where it is packed into frame structure and forwarded to the coordinator. Coordinator receives the frame and sends it to the PC, and then the PC calculates the proportion of dust in the environment through analysis. During the control process, control frame information is sent to the terminal XBee-pro, and passed to the MCU to analyze the control command information which is transferred to the PLC to realize the control on each valve.

Key words: XBee-pro; MCU; Programmable Logic Controller(PLC); coordinator

由于袋式除尘器具有除尘效率高(对微细粉尘的去除率可达 99%以上)、适应性强、使用灵活、结构简单、工作稳定、便于回收粉尘、维护简单等优点, 其在冶金、化学、陶瓷、水泥、食品等不同工业部门中得到广泛应用, 它是各种高效除尘器中最有竞争力的一种。但是, 组成这种除尘器的主要部分——滤袋, 往往由于碰伤、磨损、拉断、扎破、老化等原因而穿孔, 使滤袋功能降低和失效。因此, 检测滤袋的破损泄漏, 是维持袋式除尘器正常运转的重要条件。以往常用的检漏方法主要是人工检漏, 由于工作比较繁琐, 目前已不再采用。采用自动检漏的方法具有检漏无误报, 探头无污染, 维护工作量少, 能耗低等优点, 因此自动检漏系统在工业中得到广泛应用。

1 布袋除尘检漏无线控制系统基本构架

通过 XBee-Pro 无线通信模块构建的布袋除尘检漏无线控制系统的结构如图 1 所示。由于工作环境中的粉尘进入滤室会吸附在悬浮装置上, 导致液位高度上升。在信号的接收链路中, 主要是通过精密电压传感器转换液位

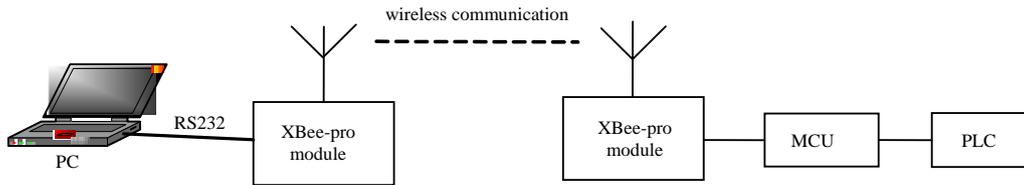


Fig.1 Schematic diagram of wireless control system for dust bag leak detection

图1 系统框架图

高度为电压信号,然后通过高精度 A/D 转换器将电压信号为数字信号转交给单片机,单片机结合所采集的 20 路状态信号将 A/D 采样的数字信号共同封装成帧结构,最后传送给终端的 XBee-pro 发送。接收协调器——XBee-pro 模块接收到数据帧之后,通过串口 RS-232 将接收的数据交给 PC 机处理,解析出相应的数据,得到每个阀门的工作状态和液位高度。在信号的控制链路中是以相反的操作过程达到对终端的控制。在 PC 机中必须要对所接收的数据进行解析,利用 VB 可以很方便地解决可视化问题。同理,以相反的过程对现场的设备进行控制,可以在 VB 中设置相应的按钮,触发完成相应的控制。这些操作不论是接收数据还是发送控制命令,都是依靠 XBee-pro 通信模块进行数据传递的。整个工作流程中解决了传输与控制的两个问题,克服了有线传输中成本高的缺点,并解决了工作环境复杂带来的问题^[1]。

2 硬件电路设计部分

2.1 XBee-Pro

系统中的无线发送与接收是基于 XBee-Pro 射频模块来实现的。理想状况下可以传输高达 1.6 km 的距离,输出功率 63 mW,发射速率高达 250 000 bps。所有模块都可以根据需要写入相应的配置,一般来说不是将模块写成 API 方式,就是写成 AT 方式。这两种方式各有优缺点,AT 方式易于查询,可以在配套的软件中方便地查询到所有接点,方便管理;而 API 方式有返回码,有利于数据的可靠性传输。不论是 AT 方式,还是 API 方式,都可以在所构建的同一个网络中进行通信。API 方式下的 MESH 网络应用最为灵活和广泛。具有 API 方式的设备可以配置命令发送到远程模块来设置或读取任何在网络中的设备。所以在布袋除尘检漏无线控制系统中采取的是 API 方式^[2]。

2.2 由 XBee-pro 组建的 ZigBee 网络

ZigBee 是一种新兴的无线网络技术,主要用于近距离无线连接和组网。它依据 IEEE 802.15.4 标准,可以实现数千个微小传感器间相互协调通信^[3]。ZigBee 可使用的频段有 3 个,分别是 2.4 GHz 的 ISM 频段、欧洲的 868 MHz 频段,以及美国的 915 MHz 频段,不同频段可供使用的信道分别为 16,1,10 个。ZigBee 技术主要应用领域包括工业控制、消费性电子设备、汽车自动化、家庭和楼宇自动化、医用设备控制等。由 XBee-pro 组建的 ZigBee 网络示意图,如图 2 所示^[4-5]。

图 2 中每个模块都有唯一的 64 位的 MAC 地址,或者给模块自己设置 1 个 ASCII 码字符标识。模块的 64 位地址可以通过 SH 和 SL 命令读取^[6-7]。ASCII 字符标识可以通过 NI 命令配置。只要根据数据帧的结构形式将要发送的地址封装在数据包里,通过发送模块将数据发送出去,就可以完成任何 2 个模块之间的通信^[8-9]。

2.3 控制现场模块电路设计部分

控制现场电路部分是通过 AD976A 模数转换芯片将压电传感器的电压值转换成数值传给单片机,封装好后无线传输给 PC 机,单片机通过收到的控制信号判断到底步进电机应该正转还是反转,该转多大角度,以及控制继电器是否吸合,以达到控制 220 V 供电的鼓风机是否启动。各个阀门都是 220 V 供电,一般的弱电电路无法驱动阀门的正常工作,必须控制 220 V 的继电器的开关来实现对各阀门开关的控制,在这部分电路中采用了单片机和 PLC 的通信以达到对各阀门的控制^[10]。控制电路部分如图 3 所示。

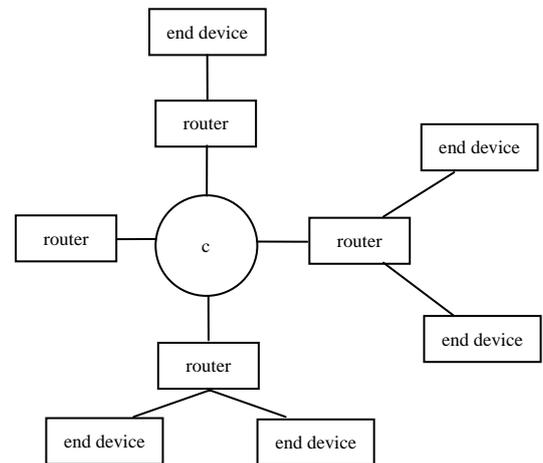


Fig.2 Architecture of ZigBee network

图2 ZigBee 网络结构

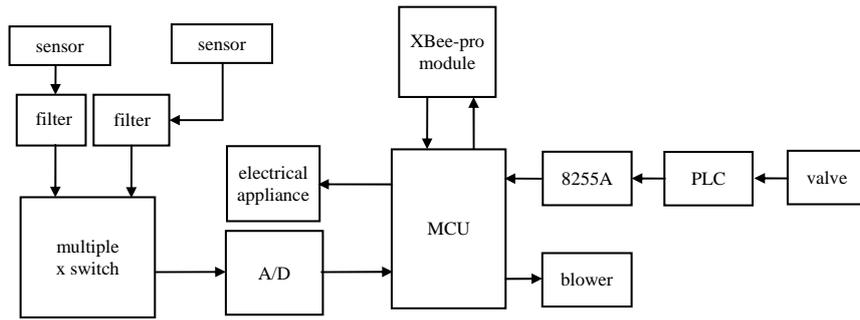


Fig.3 Control circuit
图 3 控制电路

其中,前向采样通道由涡流传感器、流量传感器、低通滤波电路和 A/D 转换电路构成,涡流传感器采集电压信号,流量传感器采集电流信号,在滤波电路中加入 1 个精确电阻就能将采集的电流信号变换成在 A/D 转换器量程范围内的电压信号。由于使用了 2 个传感器,所以需要加入模拟多路开关来达到动态选择的目的。前向采样通道完成模拟量的采集,通过模数转换芯片转换成数字量送到单片机。系统的采样精度完全取决于前向采样通道^[11]。

因为要监测袋式除尘系统 20 个电磁阀的状态,并且按照一定时间定时监测,所以用 PLC 控制能更好地实现定时功能。由于单片机的 IO 口有限,所以需要使用 8255A 作 IO 口的扩展^[12]。

在实际的电子系统中,输入信号往往包含一些不需要的信号成份,必须设法将它衰减到足够小的程度,或者把有用信号挑选出来,为此,可采用滤波器。滤波器是一种能使有用频率信号通过,同时抑制或衰减无用频率信号的器件。以前的模拟滤波器主要采用无源 R、L 和 C 组成。随着电子技术的迅速发展,由 RC 组成的有源滤波电路,具有体积小、质量小等优点。此外,由于集成运放的开环电压增益和输入阻抗都很高,输出阻抗又较低,构成有源滤波器后还具有一定的电压放大和缓冲作用^[13]。

如果在一阶 RC 低通滤波电路的输出端加 1 个电压跟随器,使之与负载很好地分离开,这样就构成了 1 个简单的一阶有源 RC 低通滤波电路,如图 4 所示,由于电压跟随器的输入阻抗很高,输出阻抗很低,因此,其带负载的能力就比较强。若要使电路既有滤波功能又有放大作用,则只需将电路中的电压跟随器改为同相比例放大电路即可。根据项目整体考虑,选择了低功耗、高精度的通用仪表放大器 INA128 作电压跟随器^[14]。

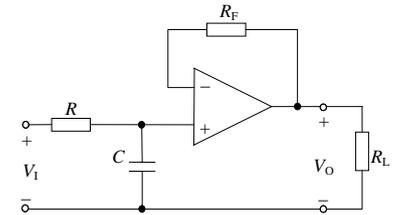


Fig.4 First-order active low pass filter
图 4 一阶有源低通滤波器

3 软件设计与数据分析

在编写软件部分时要考虑两方面的因素,一是必须与已设计好的硬件电路密切配合,另外要满足产品的设计要求。软件部分通过 C 语言编写,主要包括数据采集模块程序、步进电机控制程序、端口扩展程序,以及其他控制部分程序,程序流程和运行效果,如图 5 和图 6 所示。

采用 API 方式让终端设备不停发送数据帧 7E 00 0F 10 01 00 13 A2 00 40 2D AF A8 68 61 00 00 32 7A 给协调器 100 000 次。

协调器接收帧为 7E 00 0D 90 00 13 A2 00 40 4B A4 6B 00 00 01 32 ED,凡是接收有 32 码出现的计数器自动计数加 1。最后计数器计数结果为 99 743。

$$\begin{aligned} \text{数据帧丢失率} &= 1 - \frac{\text{正确收到数据帧次数}}{\text{总发送数据帧次数}} \\ &= 1 - \frac{99\,743}{100\,000} = 0.257\% \end{aligned}$$

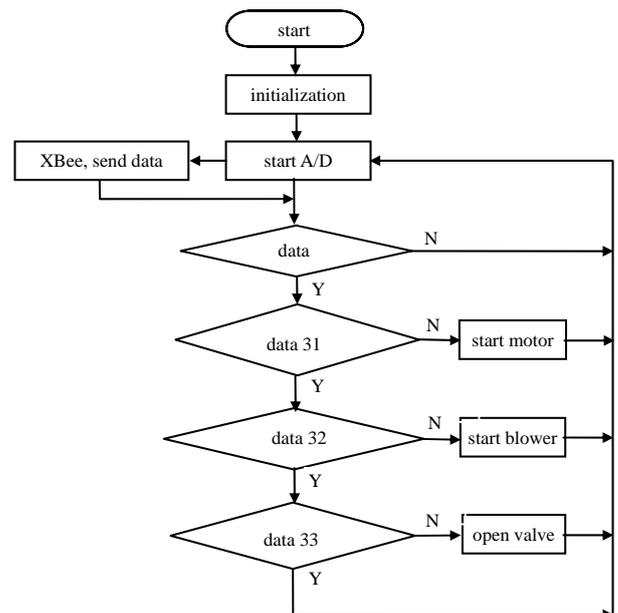


Fig.5 Flow chart of the main program
图 5 主程序流程图

图6中, 阀1~阀18代表每个电磁阀的工作状态, 蓝色代表工作正常, 红色代表异常, 电压变化曲线代表位移传感器采集电压变化幅度, 流量传感器代表流量变化幅度。阀19~阀20代表进气阀和出气阀的工作状态。图中4个按钮分别控制系统的开关、风机的开关和步进电机的液位调整。

4 结论

本系统成功地应用了XBee-Pro模块的无线远程传输, XBee-Pro数据传输可靠, 数据包的丢失率约为0.26%。采用XBee-Pro结合单片机构建的功能模块对于在工业环境下实现无线数据传输是一个很好的解决方案。在实际应用中, 对于相同范围的网络, 使用XBee-Pro模块可以减少终端节点的使用数量, 特别是对于构建无线传感器网络有重要意义。

参考文献:

- [1] 崔跃华, 吴秋瑞, 常宇健. 脉冲反吹袋式除尘器自控系统研制[J]. 微计算机信息, 2007, 23(8-1): 68-69.
- [2] Digi International Inc. XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules[EB/OL]. [2011-01-06]. http://www.maxstream.net/products/XBee/product-manual_XBee_OEM_RF_Modules.pdf.
- [3] Jennic Ltd. JN-DS-JN513x-lv4:data sheet-JN513xIEEE802.15.4 and wireless microcontroller[EB/OL]. [2011-01-06]. <http://www.jennic.com>.
- [4] 顾瑞红, 张宏科. 基于ZigBee的无线网络技术与应用[J]. 电子技术应用, 2005, 31(6): 1-3.
- [5] 郁有文, 常健, 程继红. 传感器原理及工程应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003.
- [6] 刘青, 宋立军. ZigBee无线传感器网络组网研究[J]. 电脑开发与应用, 2008, 21(6): 44-45, 48.
- [7] 赵妍, 岳炳良, 高大伟. ZigBee无线自组网传感器网络[J]. 传感器技术学报, 2004(2): 331-348.
- [8] 裘实, 阳光, 晓文, 等. TCP/IP与网络互联技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- [9] 李文仲. ZigBee2006无线网络与定位实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [10] 王昌华. 固态继电器及其应用[J]. 西北电力技术, 2004(5): 49-52.
- [11] 李文仲. PIC单片机与ZigBee无线网络实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [12] 余永权. 单片机在工业控制中的应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [13] 胡伟, 季晓衡. 单片机C程序设计及应用实例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [14] 王立萍, 吴黎明. 单片机系统的抗干扰问题研究[J]. 石油矿场机械, 2006, 35(5): 35-38.

作者简介:



郭航宇(1984-), 男, 湖北荆州人, 在读硕士研究生, 研究方向为信号与信息处理. email: guohangyu321@163.com.

周凤星(1952-), 男, 辽宁海城人, 教授, 主要研究方向为信号与信息处理、控制理论及应用。

兰建武(1987-), 男, 湖北黄冈人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为信号与信息处理。

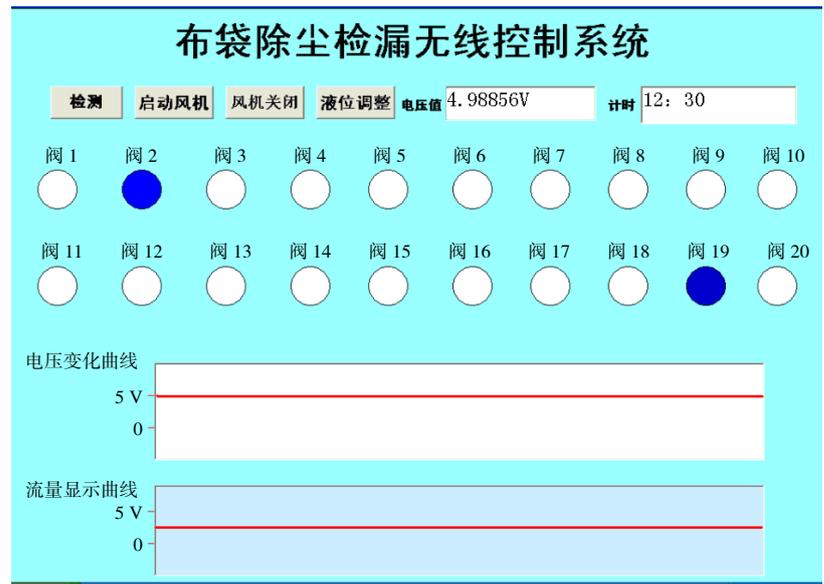


Fig.6 Running effect diagram
图6 运行效果图