

基于 ZigBee 无线网络技术的矿井监测系统设计

黄迎辉,李 新,王月英

(蚌埠学院 机械与电子工程系,蚌埠 233000)

摘要:在研究 ZigBee 的 IEEE802.15.4 标准通信协议的基础上,提出了基于 ZigBee 无线传感器网络的矿井监测系统架构,主要介绍了对煤矿井下温度、湿度和瓦斯气体浓度监测的全新的无线传感器网络的体系设计及无线网络监测系统数据采集与传输的软硬件,实现了监测信号的获取和无线传输。这一设计方案解决了大量监测点的无线组网,在矿井监测系统中得到成功应用。

关键词:ZigBee;无线传感器网络;矿井监测

中图分类号:TP393 **文献标志码:**B

Design of Mine Monitoring System Based on ZigBee Wireless Network Technology

HUANG Ying-hui, LI Xin, WANG Yue-ying

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Bengbu College, Bengbu 233000, China)

Abstract: The paper, a mine monitoring system framework based on ZigBee wireless sensor networks of studying IEEE802.15.4 standard communication protocol is proposed. This paper mainly introduces the design of wireless sensor network node of temperature, humidity and gas concentration monitoring in the coal mine, software and hardware of data acquisition and transmission are designed in mine wireless network monitoring system. The monitoring signal acquisition and wireless transmission are realized. This design solves a lot of monitoring of wireless networking, the mine monitoring system has been successfully applied.

Key words: ZigBee; wireless sensor Networks; mine monitoring

瓦斯爆炸是目前国内煤矿引发矿难的主要原因之一,因此只有对矿井中的瓦斯浓度以及温度和湿度等环境信息进行及时掌握,才能保证矿井工作环境的安全。目前多数瓦斯传感器设备采用有线方式进行信号的传输,这种方式布线比较麻烦,而且对于线路的依赖性比较强,安装和维护设备的成本比较高,并且当矿难发生以后,设备和电缆往往会受到损害不能为矿难发生后的搜求工作提供有效信息。

ZigBee 技术则是一种近距离、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术,可以嵌入到各种设备中,同时支持地理定位功能。它充分利用了

IEEE802.15.4 标准,用于建立可靠、高性价比、低功耗的实时监测和控制无线网络。本文设计一种基于 ZigBee 无线传感器网络的矿井环境安全监测系统,实现对矿井下温、湿度及瓦斯数据的采集与监测,弥补了有线监测方式存在的缺陷,无线系统对于线路依赖性强,受布线局限并且当某一结点发生故障,会使局部区域失去监测能力,因此无线矿井监测系统具有实际的研究价值。

1 系统总体方案

802.15.4 协议的网络拓扑结构有 3 种类型:星

收稿日期:2010-03-15;修订日期:2010-04-07

基金项目:安徽省高校省级自然科学基金资助(KJ2009B211Z)

作者简介:黄迎辉(1971-),男,硕士,高级工程师,研究方向为测控技术及机电一体化系统。

型结构、网格状结构和簇状结构^[1-2]。本文采用了星型网络,主要考虑到星型网络所需的协调器数量少,而协调器的功耗是普通设备功耗的几十倍甚至上百倍,采用星型网络可大大降低监测网络群体的总体功耗。另外,点对点网络各网段设备间数据的传输要经过其他协调器,协调器内部的路由列表复杂,不易维护和实时管理。系统体系结构如图1所示,主要由 ZigBee 无线传感器节点、中心协调器和远程控制中心组成。其中温度、湿度、瓦斯、压力传感器节点为 RFD 设备,中心协调器为 FFD 设备,温度、湿度、瓦斯、压力传感器节点向中心协调器发送数据,中心协调器收集各个传感器节点数据后传输到远程控制中心^[3]。

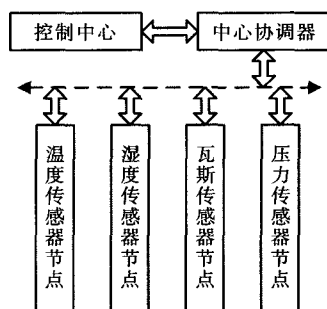


图1 矿井监测系统体系结构图

Fig.1 Mine monitoring system architecture diagram

2 系统硬件设计

硬件电路主要包括传感器模块、处理器模块、无线通信模块和电源模块四部分组成,如图2所示。

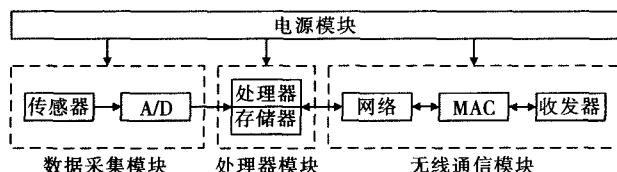


图2 硬件结构图

Fig.2 Hardware structure

2.1 数据采集模块

温湿度传感器采用瑞士 Sensirion 公司的智能型温湿度传感器 SHT11。SHT11 的内部结构主要包括了相对湿度传感器、温度传感器、放大器、14 位 A/D 转换器、校准存储器 (E2PROM)、随机存取存储器 (RAM)、状态寄存器、循环冗余校验码 (CRC) 寄存器、

二线串行接口、控制单元、加热器及低电压检测电路。

系统所选的瓦斯传感器是 L XK-3 型催化燃烧式气敏元件,具有功耗小、成本低、灵敏稳定、寿命长等优点。此外,放大器选用德州仪器公司的 TLV2780 放大器,是一种单电源运算放大器,具有满摆幅输入输出的能力,其带宽较宽,且噪声和失真率均较低,这些特点使得它能较好地运用在高速度和高分辨率的数据转换器中。

2.2 处理器及无线通信模块

处理器及无线通信模块选用符合 IEEE802.15.4 标准的飞思卡尔公司 MC13192 射频收发调制解调器和低功耗的 MCU 芯片 MC9S08GT60 控制器组成。A/D 转换器采用 MCU 芯片内部集成的 ADC,其中 MC9S08GT60 负责数据采集和协议解析,MC13192 主要完成物理层协议控制和数据收发。

2.3 电源模块

在设计电源部分时,要充分注意到芯片的电压要求及功耗要求。这里选用的是龙鼎微电子有限公司生产的 PAM2400 稳压芯片,其工作温度范围是 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$,具有超低功耗,且封装最小化,降落电压为 7mV,超低静态电流为 $17\mu\text{A}$,这些都能够使电源的使用寿命提高。该电源的转化效率可达到 85%。

3 软件设计

IEEE802.15.4 网络协议栈基于开放系统互连模型 (OSI),每一层都实现一部分通信功能,并向高层提供服务,其结构如图3所示。驱动层提供系统硬件驱动程序,为上层提供相应的接口函数,所有对硬件的控制都通过该层来实现。协议层包括了基于 802.15.4 协议的物理层、数据链路层和网络层。应用层调用协议层提供的服务,实现具体的任务操作,完成网络的管理和数据的传输^[4-5]。

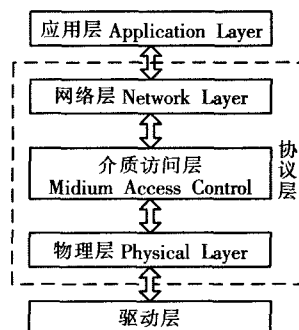


图3 系统软件总体结构

Fig.3 Overall structure of system software

3.1 应用层的设计

应用层软件包括数据采集端应用软件和网络协调器的应用软件设计。通过对整个系统的需求分析可知,各个数据采集端长时间处于非工作状态,当需要数据采集的时候,主控制中心发送数据请求信号来通知无线网络协调器进行工作,网络协调器通知各个数据采集端,数据采集端先解析请求命令中所要传输的数据量,然后采集并发送相应的数据,发送完毕后自动进入低功耗状态,等待下个命令的激活。数据采集端应用程序流程图如图4所示。

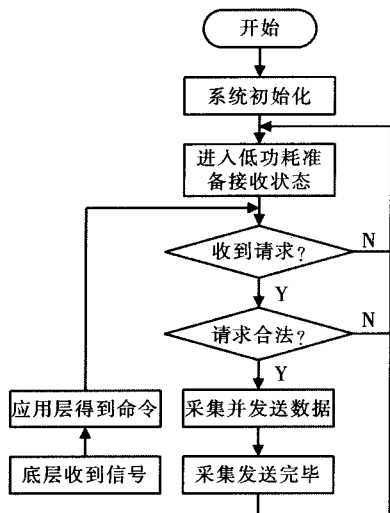


图4 数据采集端应用程序流程图

Fig.4 Flow chart of data collection terminal application program

针对系统定期检测的要求,数据采集端实际上长时间处于低功耗的状态,电池供电能够满足要求。网络协调器是整个无线网络的核心,应用层的功能是将控制中心主机端监控程序发送的数据请求信号发送出去,另外还要接收数据采集端的数据并上传给主机。具体实现过程如下:首先,网络协调器系统初始化后开中断,完成后系统进入睡眠模式,当主机端发出数据请求命令时,此时将会触发系统的串口中断激活系统,然后中断服务程序将系统置为发送命令状态,先解析命令信号,接着将命令信号打包发送出去,发送成功后将进入等待接收数据模式,此后,如果有数据发送过来,就直接将数据通过串口上传给主机,这样就完成了系统的一次数据传输。其程序流程如图5所示。

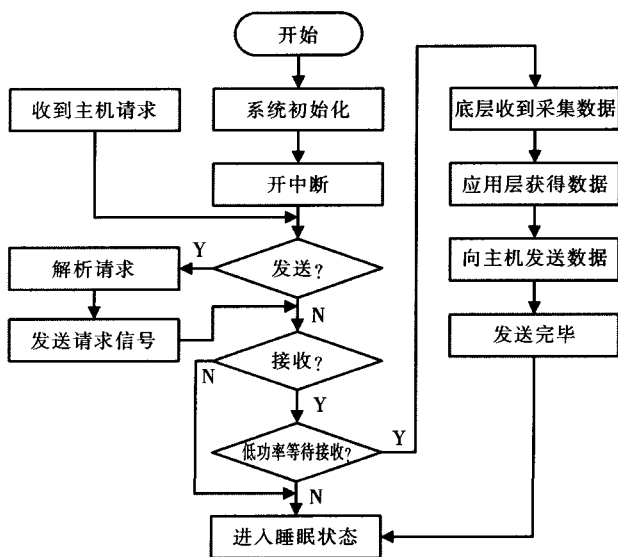


图5 网络协调器数据接受程序流程图

Fig.5 Network coordinator program flow chart of the data received

3.2 协议层的设计

协议层包括了物理层、数据链路层和网络层。物理层主要负责对 MC13192 的管理以及物理层数据的发送和接收,物理层向上层提供了一系列对 MC13192 芯片功能实现的函数,上层通过这些函数接口就可以直接实现所需要的功能,而不必关心这些功能具体是怎么实现的,这些功能包括:数据请求、状态切换、信道能量检测与选择、计数器设置以及芯片复位等操作。MAC 层提供两种服务:MAC 层数据服务(MCPS)和 MAC 层管理服务(MLME)。前者保证 MAC 协议数据单元在物理层数据服务中的正确收发;后者维护一个存储 MAC 子层协议状态相关信息的数据库。网络层主要完成网络的组建以及管理网络成员等功能。本方案中的网络拓扑是星型网络,因此不存在路由等比较复杂的问题。网络协调者的网络层协议具有新建网络的功能,在新建网络之前,网络协调者必须先对周围的无线环境进行检测,然后才进行具体的网络配置工作。

3.3 驱动层的设计

驱动层的设计主要是对 SPI 的驱动和对 MC13192 的驱动,通过对其寄存器的读写操作来实现。MCU 对 MC13192 的行为及数据传送的控制都是通过 MC13192 的 4 线 SPI 模块完成的,SPI 的数据交换被分成两个部分:一部分为头信息,头信息部分固定为 8 位;另一部分为 2 字节(下转第 31 页)

目标值时,由于三容液位系统模型具有大滞后和大惯性的特点, ec 对系统液位的稳定性影响大于 e 对系统的影响,所以,这时候侧重考虑 ec 的值,以避免出现长时间的震荡,降低系统的鲁棒性^[6]。

模糊推理后得到模糊输出值 u , 将 u 反模糊化得到 $\Delta u(t)$, 然后根据式(10)便可计算出最终的输出电压值 $u(t)$:

$$u(t) = \Delta u(t) + u_n(t) \quad (10)$$

式中: $u_n(t)$ 为与目标液位对应的输入电压值。

3.2 软件流程

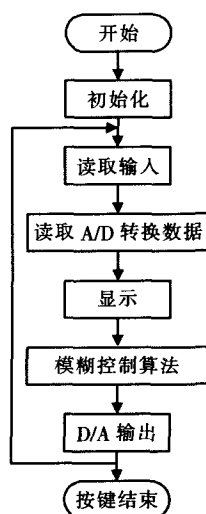


图 7 软件控制流程图

Fig.7 Flow chart of the software

4 实验结果

通过力控组态软件监测实验结果, 实验将液位从低液位升高到设定目标值, 液位控制曲线如图 8 所示, 可以看出, 系统的超调不超过 5%, 且稳定后偏差不得超过 2mm。由此可以得出, 模糊控制在三容液

位控制系统中, 具有良好的动态性能和控制精度。

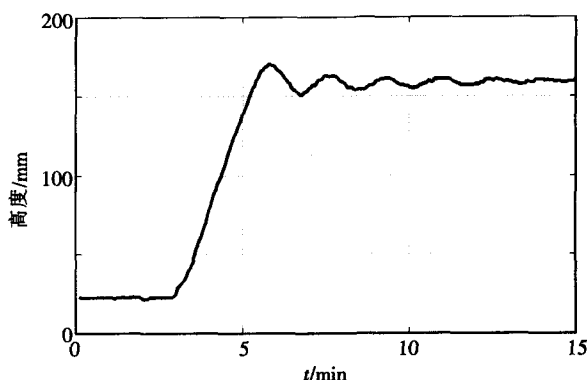


图 8 实验结果

Fig.8 Experimental result

5 结语

本文将模糊控制理论应用到三容液位实验装置建立的被控模型。设计出基于 S3C44B0X 的模糊控制器, 控制系统采用精度较高的 DA 和 AD 芯片设计检测和执行电路, 实现了三容液位实验装置的液位监控。

参考文献:

- [1] 李智. 基于模糊 PID 的三容水箱液位控制[D]. 内蒙古: 内蒙古大学, 2007.
- [2] 马晓春. 高性能 A/D 转换器 AD7874 及其应用[J]. 国外电子测量技术, 1999(6): 28-29, 35.
- [3] Analog Devices Inc.. AD7874 Datasheet[Z], 2004.
- [4] 蒋小庆, 宋春宁, 彭真. VxWorks 在糖厂 pH 值监控系统中的应用[J]. 装备制造技术, 2009(5): 87-89.
- [5] 刘雨楼, 宋春宁, 宋绍剑, 等. 基于 S3C44B0X 的城市路灯监控系统设计[J]. 工业控制计算, 2007, 20(9): 73-75.
- [6] 丁彦阁, 王伟. 基于 DSP 的模糊 PID 温度控制系统设计[J]. 现代科学仪器, 2009(5): 57-59.

(上接第 23 页) 的整数倍的有效数据域。对于简单的读写模式, 一次 SPI 数据交换有 24 位数据信息。

4 结语

本文在研究 ZigBee 无线网络技术的基础上, 构建了基于 ZigBee 协议的无线网络数据采集与传输方案, 设计了温湿度和瓦斯传感器采集终端, 极大地降低了数据采集端的功耗, 能够长时间稳定工作。这一设计方案解决了大量监测点的无线组网, 在矿井监测系统中得到了成功应用。

参考文献:

- [1] 吕治安. ZigBee 网络原理与开发应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [2] 宋文. 无线传感器网络技术与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [3] 王琳, 别红霞, 李锦涛, 等. 煤矿瓦斯报警无线传感器网络节点设计与实现[J]. 电子技术应用, 2006, 32(5): 71-73.
- [4] 802.15.4 MAC/PHY Software Reference Manual [Z]. Motorola, 2005.
- [5] 卡勒, 维里西. 无线传感器网络协议与体系结构[M]. 邱天爽, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2007.