

基于 ZigBee 技术的井下瓦斯监测系统

孙迎春^{1,2}, 范剑英^{1,2}, 徐建东³, 朱文祥^{1,2}, 么宏伟⁴

(1. 哈尔滨理工大学 测控技术与通信工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080;

2. 哈尔滨理工大学 测控技术与仪器黑龙江省高校重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150080;

3. 佳木斯大学 信息电子技术学院, 黑龙江 佳木斯 154007; 4. 中国人民解放军 65045 部队, 黑龙江 齐齐哈尔 161000)

摘 要: 瓦斯浓度过高是引起煤矿事故的主要原因, 为了确保井下人员安全问题, 本文设计了基于 ZigBee 技术的井下瓦斯监测系统. 该系统主要采用以 CC2430 为核心的 ZigBee 模块和传感器模块来构成监控子系统, 地面可通过计算机和无线网络获得井下各模块的工作状态和数据, 测试结果表明, 该系统具有实时性好、准确度高、易操作等优点.

关键词: ZigBee; 瓦斯; 监测

中图分类号: TD712⁺.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2012)01-0082-04

System of Mining Gas Detection Based on ZigBee Technology

SUN Ying-chun^{1,2}, FAN Jian-ying^{1,2}, XU Jian-dong³, ZHU Wen-xiang^{1,2}, YAO Hong-wei⁴

(1. School of Measure-control Technology and Communication Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China;

2. Higher Educational Key Laboratory for Measuring & Control Technology and Instrument of Heilongjiang Province, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China; 3. Information and Electronic Technology Institute, Jiamusi University, Jiamusi 154007, China;

4. People's Liberation Army No. 65045 Troops, Qiqihar 161000, China)

Abstract: In order to resolve the detection problem of coal mine gas content detection, and ensure the personal safety under the ground, we design the gas content detection system based on the technology of ZigBee. The system includes two functional models, which are ZigBee and gas sensor. We can control the system functional model by computer net, which can realize the radio transmit by means of ZigBee technology. It can work real-time, and the precise high, transmit far away. The system hardware is simple and easy to operate and cheap, which can be used in coal mine and safety detection.

Key words: ZigBee; gas; detection

0 引言

ZigBee 是一种近几年新兴的短距离、低功率、低速率无线网络通信技术^[1-2]. ZigBee 技术广泛应用于工业、农业、军事、环境、医疗等领域^[3-4]. 实现瓦斯浓度的监测并不是 ZigBee 联盟的目标. 但是, 在许多领域(如煤矿生产)中, 如果没有瓦斯浓度的监

测, 会存在严重的安全隐患. 本文正是基于这一点, 并考虑到 ZigBee 技术具有无线通信的特点^[5-6], 将其应用到煤矿监测系统中, 实时采集井下的瓦斯浓度, 通过无线网络将瓦斯浓度信息传送到地面的监控中心, 克服了有线传输的缺点, 具有成本低、可靠性高、维护便捷等优点. 因此, 采用 ZigBee 技术是解决煤矿瓦斯浓度实时、全方位监测的一种较好方法.

收稿日期: 2010-08-15

作者简介: 孙迎春(1978—), 女, 硕士研究生, E-mail: sunyingchunxjd@hotmail.com;

范剑英(1963—), 男, 教授.

1 系统总体构架

基于 ZigBee 技术的井下瓦斯监测系统总体构架如图 1 所示.

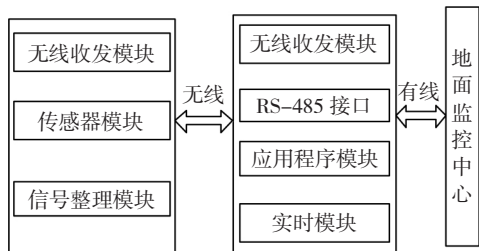


图 1 ZigBee 井下瓦斯监测系统总体构架

各部分系统中的功能如下:

1) 地面监控中心: 它是整个系统的控制者, 控制整个系统的工作. 它通过无线网络指定协调器与节点之间的通信, 同时也可以控制信息采集的状态. 而且还可通过互联网把信息传给地方安监局.

2) 无线收发模块: 以 ZigBee 协议为基础, 利用射频技术实现数据的无线传输.

3) RS-485 接口模块: 此模块应用在主协调器中, 作为上位机与下位机的通信接口.

4) 应用程序模块: 该模块主要实现传感器信号的数据采集、获取、整理、以及单元电路的驱动.

5) 实时模块: 负责管理和协调全功能设备中的所有任务, 包括井下站点的识别, 用户的应用等.

6) 传感器模块: 负责井下监测区域内瓦斯浓度数据的采集和转换.

7) 信号整理模块: 负责将传感器信号调到所需的范围, 并将整理后的信号输入到模数转换电路中.

2 硬件电路设计

硬件电路主要由两个功能模块组成, 第一是传感器模块, 负责对瓦斯浓度的实时采集; 第二是 ZigBee 无线收发模块, 负责整个网络的无线通信. 在实际应用时我们把这两个功能模块放在一个硬件电路上, 称为瓦斯监测子板, 这样有利于系统稳定性和准确性^[4]. 监测系统的路由器、协调器和终端节点都是这样的结构. 下面具体介绍一下这两个功能模块的硬件电路.

2.1 传感器模块

瓦斯传感器的功能是检测煤矿内瓦斯气体的浓度, 其工作原理是利用热催化元件在瓦斯的作用下

发生燃烧, 引起元器件温度升高, 导致阻值增大, 使电桥失衡, 桥路输出电压发生变化, 该电压与瓦斯浓度成正比, 从而通过测量电压就可以检测瓦斯浓度变化^[8].

本文选用 L XK-3 型催化元件, 它是一种广谱性的气敏元件, 适用于多种可燃气体的检测, 具有低功耗, 灵敏度高、稳定性好, 低成本等优点. L XK-3 型元件的工作原理如图 2 所示, R_1 和 R_2 为电阻, C 为补偿元件, D 检测元件, W 可调电阻, 这是惠斯通电桥, 当空气中无可燃气体时调整 W , 电桥输出是零. 当空气中有可燃气体时, D 元件上进行无焰燃烧, 释放的热量引起检测元件阻值的变化, 电桥输出电压, 此电压与可燃气体浓度成正比, 补偿元件起到补偿环境温度的作用.

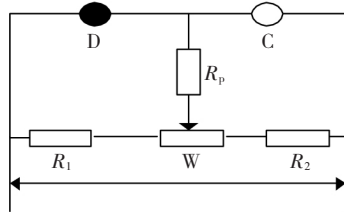


图 2 L XK-3 型元件的工作原理图

2.2 ZigBee 无线通信模块

ZigBee 无线通信模块采用的是 CC2430, 它是真正的系统芯片 (SoC) CMOS 解决方案. 这种解决方案能够提高性能并满足以 ZigBee 为基础的 2.4GHz ISM 波段应用对低成本、低功耗的要求. 它集成符合 IEEE802.15.4 标准的 2.4 GHz 射频收发器和一颗工业级小巧高性能的 8051 微控制器^[9-10].

图 3 给出 CC2430 设计电路, CC2430 是基于无

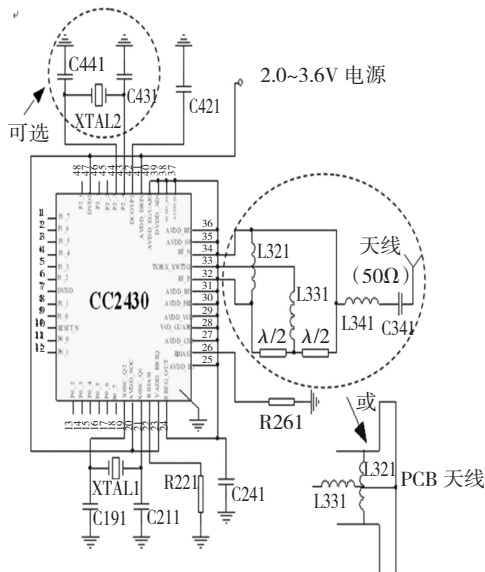


图 3 CC2430 设计电路

线 SOC 设计,内部集成大量的设计电路,该电路的外围电路很少,降低了设计的复杂度,可实现信号的无线收发功能.在实际应用中,该电路的无线传输距离与输出功率、信道环境有关,介于 10 ~ 100 m 之间,一般在 30 m 左右^[1],在瓦斯监测系统中,通过功率放大,传输距离可增加到 150 m 左右.

3 软件设计

在瓦斯检测系统中主要包括两方面软件设计,一是对瓦斯气体采集和处理的程序设计,另一是对 ZigBee 无线收发的程序设计.

3.1 总体工作过程

总体工作过程包括单片机初始化; A/D 转换的初始化; 查询通讯设备和建立网络链路; 用移动式算术平均法采集瓦斯数据、传输数据、处理及保存数据; 蜂鸣报警控制和执行控制命令等功能应用控制程序. 总体程序流程如图 4 所示.

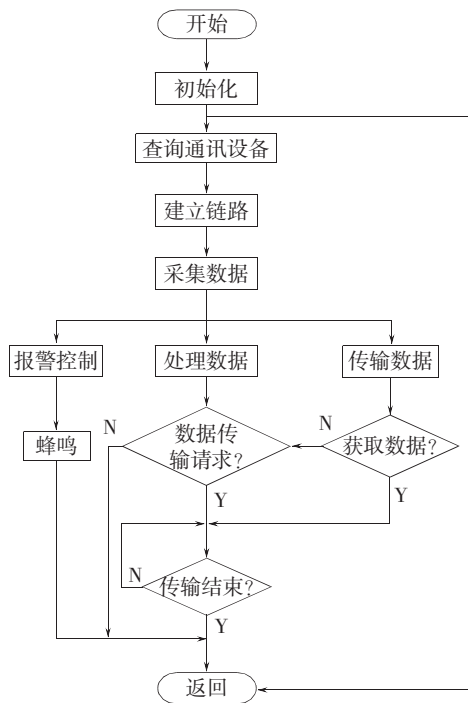


图 4 总体程序流程

3.2 传感器节点数据采集程序

实时、准确的采集瓦斯数据是煤矿的一个重要安全问题. 下面介绍利用传感器节点进行瓦斯数据采集的过程. 传感器节点选用 PIC18LF4620 单片机. 将传感器输出电压信号进行处理放大, 然后经过差分比例运算电路变成数字信号, 再与 PIC18LF4620 单片机相连, 最后经过 A/D 转换电路转换成需要的

参数, 等待系统无线传输. 通过监测传感器节点的电压, 达到监控传感器节点工作状态的目的, 以便及时了解传感器的性能和恢复情况. 数据采集流程如图 5.

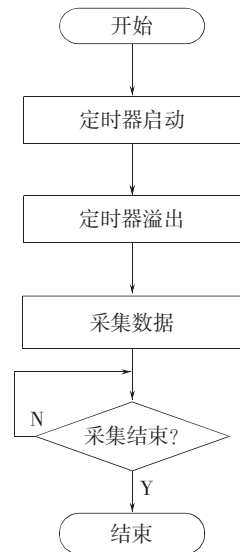


图 5 数据采集流程

3.3 CC2430 程序设计

CC2430 无线收发模块能够接收来自协调器节点、路由器节点和终端节点的命令或数据, 并能将接收到的数据发送出去^[4]. 其主要工作过程如下, 首先将 CC2430 寄存器参数进行初始化设置, 然后改变寄存器的各参数值, 使其进入待机模式, 最后进入工作方式的选择, 即发送模式或接收模式, 从而完成信号的无线收发功能. 无线收发的控制流程如图 6.

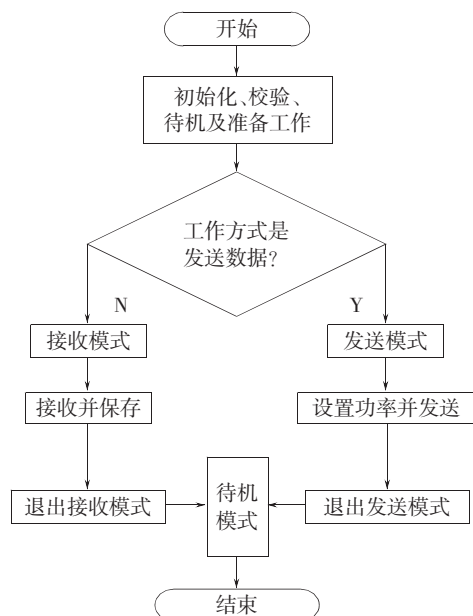


图 6 无线收发的控制流程

4 系统测试过程及结果

在本系统的测试工作中,以黑龙江省七台河市某煤矿为测试对象.测试中,将监测系统根据实际测试位置安装到位,地面的监控中心设置好,并将计算机串口与地面数据通信接口连接,把设置好的子板放在的监测瓦斯浓度的地方.由于地面的监控中心距离监测点比较远,每隔 100m 左右放 1 个路由器,在路由器的交叉处放 1 个协调器.本实验中首先测试两个位置点,其测试结果如表 1 所示,然后在不同的环境温度下对多个位置进行测试,如表 2 所示.

表 1 井下瓦斯数据表

时间	3 片水仓瓦斯浓度/(%)	副井总回瓦斯浓度/(%)	时间	3 片水仓瓦斯浓度/(%)	副井总回瓦斯浓度/(%)
1 日	0.07	0.13	8 日	0.05	0.06
2 日	0.06	0.09	9 日	0.05	0.05
3 日	0.06	0.07	10 日	0.07	0.05
4 日	0.05	0.06	11 日	0.09	0.05
5 日	0.05	0.05	12 日	0.09	0.05
6 日	0.05	0.06	13 日	0.06	0.00
7 日	0.06	0.09	14 日	0.09	0.13

表 2 多个测试点在不同环境下的瓦斯浓度

瓦斯测试点	17.6°环境温度 瓦斯含量/(%)	13.1°环境温度 瓦斯含量/(%)
2 片 111#采煤上出口	0.12	0.07
2 片 111 采煤回风道	0.08	0.03
副井总回瓦斯	0.09	0.09
2 片后石门掘进回风	0.02	0.08
3 片 109 右回风	0.07	0.07
3 片 109 右工作面	0.07	0.07
3 片水仓瓦斯	0.06	0.06

5 结 语

通过现场的测试,系统具有以下特点:

- 1) 系统支持 ZigBee 网络协议,保证瓦斯数据无线传输具有可靠性、准确性.
- 2) 双向传输数据和控制命令,保证组网的灵活性,而且传感器放置方便,不需要电源和数据线.

3) 该系统硬件结构简单,容易实现,而且功耗较低,适合电池供电.

4) 该系统在不同的环境温度下测试,得到的检测浓度有所变化,但影响不大,均在误差允许范围内.

因此,该瓦斯监测系统具有较大的应用价值和推广前景,相信随着科学技术和网络技术的发展,该系统能在其他无线监测中具有较好的借鉴作用.

参 考 文 献:

- [1] BARONTI Paolo, PILLAI Prashant, VINCE W C. Chook, etc. Wireless Sensor Networks: A Survey on the State of the Art and the 802.15.4 and ZigBee Standards [J]. Computer Communications, 2007, 30(7): 1655 - 1695.
- [2] 吴呈瑜,孙运强. 基于 ZigBee 技术的短距离无线数据传输系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2008(5): 38 - 39, 51.
- [3] 李文仲,段朝玉,黄小林,等. ZigBee 2006 无线网络与无线定位实战 [M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2008.
- [4] 陈大力,陈洋. 对我国煤层瓦斯含量测定方法的评述 [J]. 煤矿安全, 2008, 39(12): 79 - 82.
- [5] 陈静. 一种基于行为的无线传感器网络覆盖优化方法 [J]. 计算机应用, 2008, 28(6): 1486 - 1489.
- [6] 吴光荣,章剑雄. 基于 CC2430 的无线传感器网络的实现 [J]. 现代电子技术, 2008, 31(12): 121 - 124.
- [7] SILVA P, BARTOLOMENU P, FONSECA, J, et al. Implementing the FTT-L Protocol with ZigBee [C] // Electronic, Circuits, and Systems, 2009, ICECS 2009 16th IEEE International Conference on, 2009: 820 - 823.
- [8] SHAH P, SHAIKH T, GHAN K, et al. Power Management Using ZigBee Wireless Sensor Network [C] // Emerging Trends in Engineering and Technology, 2008, ICETET' 08. First International Conference on 2008: 242 - 245.
- [9] MORAIS R, FEMANDES M A, MATOS S G, et al. A ZigBee Multi-powered Wireless Acquisition Device for Remote Sensing Applications in Precision Viticulture [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 62(2): 94 - 106.
- [10] RETZ G, SHANAN H, MULVANEY K, et al. Radio Transceivers for Wireless Personal Area Networks Using IEEE 802.15.4 [M]. IEEE Communications Magazine, 2009, 47(9): 150 - 158.
- [11] CAO Huasong, LIANG Xuedong, ILANGKO Balasingham, et al. Performance Analysis of ZigBee Technology for Wireless Body Area Sensor Networks [J]. Ad Hoc Networks, 2010(28): 747 - 761.

(编辑: 付长缨)