

文章编号:1671-251X(2017)05-0068-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017.05.017

徐瑞华,王凯敏.面向矿井瓦斯监测的 ZigBee 无线传感网系统设计[J].工矿自动化,2017,43(5):68-71.

面向矿井瓦斯监测的 ZigBee 无线传感网系统设计

徐瑞华¹, 王凯敏²

(1. 浙江邮电职业技术学院 通信工程学院, 浙江 绍兴 312000;

2. 中煤科工集团常州研究院有限公司, 江苏 常州 213015)

摘要:针对传统有线传感网在井下进行瓦斯监测存在使用成本高、移动性差及覆盖范围有限等问题,设计了一种面向矿井瓦斯监测的 ZigBee 无线传感网系统。该系统利用采集节点实时采集井下瓦斯浓度,采用 ZigBee 协议将瓦斯浓度数据实时传输至汇聚节点,由汇聚节点汇总并传输至嵌入式网关,数据经嵌入式网关解析处理后转发至矿井监控中心,从而实现井下瓦斯监测数据的实时显示。实验结果表明,该系统具有较高的可靠性和较好的实时性,覆盖范围广。

关键词:矿井瓦斯监测;无线传感器网络;瓦斯传感器;嵌入式网关

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:2017-04-25 18:20

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20170425.1820.017.html>

Design of ZigBee wireless sensor network system for mine gas monitoring

XU Ruihua¹, WANG Kaimin²

(1. Department of Telecommunication Engineering, Zhejiang Post and Telecommunication College, Shaoxing 312000, China; 2. CCTEG Changzhou Research Institute, Changzhou 213015, China)

Abstract: In view of problems of high cost, poor mobility and limited coverage of mine gas monitoring adopted by wired sensor network, a ZigBee wireless sensor network system for mine gas monitoring was designed. Sampling nodes are used to collect underground gas concentration real-timely, the collected data is transmitted to sink nodes with ZigBee protocol. After the data is gathered by the sink nodes, it is transmitted to embedded gateway. At last, the data processed by the embedded gateway is transmitted to mine monitoring center, so as to realize real-time display of mine gas concentration. The experimental results show that the system has high reliability, good real-time performance and wide coverage area.

Key words: mine gas monitoring; wireless sensor network; gas sensor; embedded gateway

0 引言

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)^[1-3]是一种全新的信息获取平台,能够实时监测和采集网络分布区域内各种监测对象的信息,并将这些信息发送至网关,具有快速展开、抗毁性强等特点。WSN 的出现和发展,将带动传统的煤矿向感知煤矿方向发展,使得煤矿的生产更加智能化、安全化和高效化^[4-7]。

当前我国煤矿井下使用着各种各样的传感器,用于监测煤矿生产的运行状态。瓦斯传感器是保证煤矿安全生产的重要传感器之一,但现有大部分的瓦斯传感器采用有线方式布设,存在使用成本高、移动性差^[8]及覆盖范围有限等缺点。鉴此,笔者设计了一种面向矿井瓦斯监测的 ZigBee 无线传感网系统。该系统将矿井中常用的瓦斯传感器和 WSN 相结合,利用 WSN 移动性强、实时性好、组网方便等优点,实现对矿井瓦斯监测数据的无线传输,可以作

收稿日期:2016-11-18;修回日期:2017-03-21;责任编辑:张强。

基金项目:浙江省教育规划项目(2016SCG375)。

作者简介:徐瑞华(1982—),男,浙江诸暨人,讲师,硕士,主要研究方向为信号系统与处理,E-mail: xrhsx11@126.com。

为有线传输方式的补充方案。

1 系统硬件组成与设计

1.1 系统硬件组成

面向矿井瓦斯监测的 ZigBee 无线传感网系统分为 2 个部分:一部分是采集节点,另一部分是汇聚节点和嵌入式网关^[9-10]。采集节点负责传感器数据采集,其包括 CC2530 处理器、瓦斯传感器和电源模块。汇聚节点负责转发采集节点的数据,其包括 CC2530 处理器和电源模块。嵌入式网关负责将汇聚节点的数据信息进行解析处理、存储并转发至监控中心,其包括 Cortex-A8 ARM 处理器、基于 Linux 内核 3.0 的 Android 4.0 操作系统和相关外接设备。节点之间采用 ZigBee 协议进行无线传输。汇聚节点和 ARM 嵌入式网关之间采用串口进行通信,嵌入式网关与监控中心之间采用 RS485 总线方式进行数据通信。面向矿井瓦斯监测的 ZigBee 无线传感网系统组成如图 1 所示。

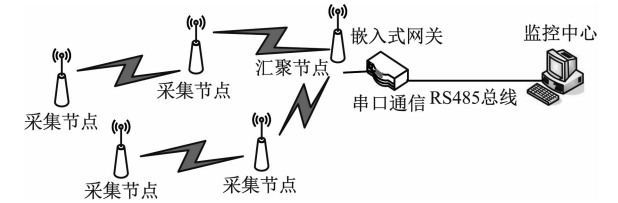


图 1 面向矿井瓦斯监测的 ZigBee 无线传感网系统组成

1.2 采集节点硬件设计

采集节点采用 CC2530 芯片。CC2530 是基于 2.4 GHz IEEE802.15.4 和 ZigBee 协议的芯片,其特点是以极低的材料成本建立较为强大的网络节点。CC2530 结合了 RF 收发器、增强型 8051 CPU、系统内可编程闪存、8 kB RAM 和许多其他模块的强大功能,具有多种运行模式,能满足超低功耗系统的要求。同时 CC2530 运行模式之间的转换时间很短,使其进一步降低了能源消耗。

采集节点的传感器使用 MQ-6 瓦斯传感器,该传感器采用 10~60 kΩ 气体敏感电阻,工作温度为 (20±2) °C,相对湿度为 65%±5%。MQ-6 瓦斯传感器硬件连接电路如图 2 所示,当检测到气体时,MQ-6 瓦斯传感器的电导率会发生变化,通过调节滑动电阻器(R₁₈)的阻值来改变输出电压,以便 CC2530 能检测到输出信号,从而做出相应的判断。MQ-6 瓦斯传感器的引脚 6 为输出引脚,C₂₇为滤波电容。

无线传感器节点具有移动性强的特点,因此,需要进一步考虑节点的供电问题^[11]。考虑到井下工

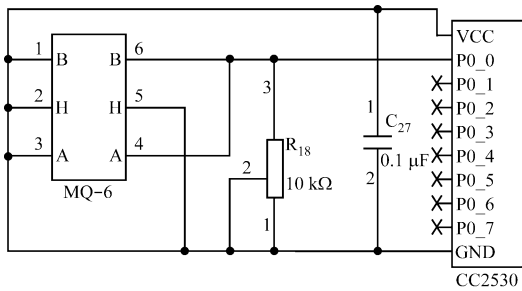


图 2 MQ-6 瓦斯传感器硬件连接电路

作的连续性,本文采用可充电的大容量锰酸锂电池为传感器节点供电,锂电池工作电压为 3.2~4.2 V。CC2530 本身功耗较小,工作电压为 3.3 V,供电电压为 2~3.6 V,采用稳压芯片 LM1117L3 即可输出 3.3 V 供电电压。节点主要功耗来自 MQ-6 瓦斯传感器,传感器工作电压需要 5 V 左右,而锂电池的输出电压无法达到 5 V,因此,需要升压稳压芯片 SX130 进行升压输出。节点供电电源硬件框图如图 3 所示。

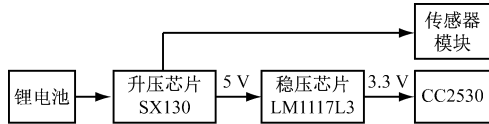


图 3 节点供电电源硬件框图

1.3 嵌入式网关和汇聚节点硬件设计

嵌入式网关设备硬件采用 Tiny 220 开发板,该开发板 CPU 处理器采用 S5PV210,基于 Cortex-A8,运行主频为 1 GHz,内置 PowerVR SGX540 高性能图形引擎。其存储空间包括 512 MB 的 RAM 和 512 MB NAND Flash,外部接口支持 2 个串口: JTAG 接口和 USB 接口。2 个串口分别用于 CPU 和汇聚节点、CPU 和监控中心通信。LCD 支持触屏操作,用于 Andorid 程序显示和输入。汇聚节点负责对采集节点的数据进行转发,其采用 CC2530,通过 RS232 串口通信方式与 ARM 处理器进行数据交互。嵌入式网关硬件组成如图 4 所示。

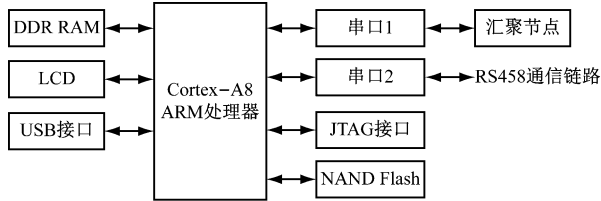


图 4 嵌入式网关硬件组成

2 系统软件设计

系统软件设计包括采集节点、汇聚节点和嵌入式网关的程序设计 3 个部分。采集节点程序用于数

据的采集和发送,汇聚节点程序用于转发采集的数据至嵌入式网关,嵌入式网关程序用于数据的存储、解析和转发。

2.1 采集节点程序设计

采集节点程序流程如图 5 所示。采集节点首先进行初始化,然后启动定时器,通过计时中断方式读取图 2 中 P0_0 端电平,如果 P0_0 端为高电平,则说明传感器有数据,CC2530 读入传感器数据。采集节点根据路由信息判断是否可以发送数据,如果可以发送数据,会从路由信息中获取目的地址等信息,然后调用 Z-STACK 协议栈的函数 SendData() 来完成数据的发送,发送成功后返回 1。

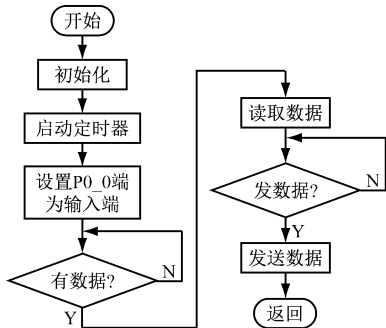


图 5 采集节点程序流程

采集节点传感器数据读取关键代码如下：

```

float Read_gas( )
{ float result;
float n;
uint16 U;
uint16 m;
P0DIR=0; //定义 P0 口为输入口
ADCIF=0; //中断转换标志位
ADCL=0x00;
ADCH=0x00;
ADCON3=0xA0; //参考电压选为 3.3 V 电源电压
while ( ! ADCIF ); //等待
U=ADCL;
m=ADCH;
U|=m<<8; //把存储结果转换为十进制数据
U>>=6;
result=(U * 3.3)/512; //计算实际电压值
if (result>2.0) result = 1.0;
else result=0.0;
return result; }
    
```

2.2 汇聚节点程序设计

汇聚节点程序流程如图 6 所示。汇聚节点采用 CC2530,以串口方式与嵌入式网关设备的串口 1 进行连接。汇聚节点首先进行初始化,扫描无线信道

内的数据通信帧,等采集节点加入网络后,建立相应的路由信息。汇聚节点向已加入网络的采集节点发送握手命令,如果汇聚节点收到采集节点的握手反馈消息,则握手成功,采集节点可以上传数据至汇聚节点。反之,汇聚节点继续定时发送握手命令,直到收到反馈消息为止。

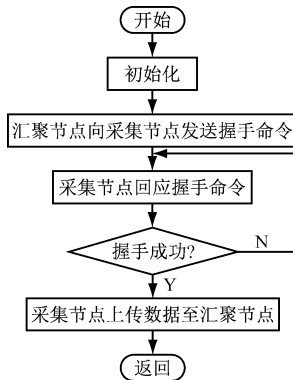


图 6 汇聚节点程序流程

2.3 嵌入式网关程序设计

嵌入式网关采用 Android 操作系统和 JAVA 开发语言设计,主要功能包括界面显示和数据接收、发送及解析处理,通过调用底层封装库函数进行双串口通信:RS232 和 RS485 通信,RS232 用于嵌入式网关与汇聚节点之间的短距离通信,RS485 用于嵌入式网关和监控中心之间的长距离可靠通信。

3 实验与分析

为了验证面向矿井瓦斯监测的 ZigBee 无线传感网系统的 ZigBee 网络传输的实时性和可靠性,本文对 ZigBee 网络传输性能进行了实验测试和分析,以不同节点数量和不同传输距离进行了网络传输时间和可靠性的测试。在实验中,以 200 帧/s 的速率传输数据帧,在汇聚节点对采集节点发送的每一个数据帧的传输时间进行测试统计。ZigBee 网络性能对比如图 7 所示。随着加入网络的节点增加,导致在汇聚节点接收数据的时间增加。另外传输距离的增加,也会导致传输时间的增加。从输出时间可以看出,本系统的传输时间保持在毫秒级,可以较好地满足实时性需求。从每一个数据帧都能可靠传输至汇聚节点可以看出,本系统也能满足可靠传输的需求。

4 结语

面向矿井瓦斯监测的 ZigBee 无线传感网系统利用 WSN 移动性强、实时性好、组网方便等优点,实现了对矿井瓦斯的实时监测,在环境恶劣、不易布

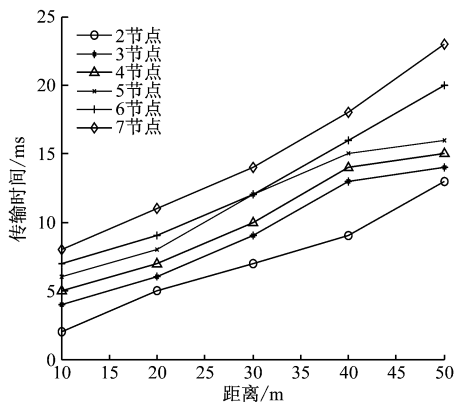


图 7 ZigBee 网络性能对比

线的井下,可以作为有线瓦斯传感器的补充,有效解决了有线瓦斯传感器移动性不佳和成本过高的问题。测试结果表明,该系统具有较高的可靠性和较好的实时性,覆盖范围广。

参考文献:

[1] 胡永利,孙艳丰,尹宝才. 物联网信息感知与交互技术[J]. 计算机学报,2012,35(6):1147-1163.

[2] CHIWewe T M, MBUYA C F, HANCKE G P. Using cognitive radio for interference-resistant industrial wireless sensor networks: an overview[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2015,

11(6):1466-1481.

[3] ELHOSENY M, YUAN X, YU Z, et al. Balancing energy consumption in heterogeneous wireless sensor networks using genetic algorithm [J]. IEEE Communications Letters, 2015,19(12):2194-2197.

[4] 孙继平,钱晓红. 2004—2015 年全国煤矿事故分析[J]. 工矿自动化,2016,42(11):1-5.

[5] 孙继平. 基于物联网的煤矿瓦斯爆炸事故防范措施及典型事故分析[J]. 煤炭学报, 2011, 36(7): 1172-1176.

[6] 张凯婷,朱婧,王芳,等. 感知矿山物联网智慧照明系统设计[J]. 工矿自动化,2014,40(1):9-12.

[7] 郭金宝. 基于物联网的矿山智能化辅助运输系统的应用研究[J]. 矿山机械,2016,44(4):30-33.

[8] 马恒,张帅,洪林. 基于 Wi-Fi 技术的矿用无线瓦斯传感器的研究与设计[J]. 安全与环境学报,2012,12(4):227-230.

[9] 张麦玲,赵敏. 井下无线传感网络最小跳数路由改进算法研究[J]. 工矿自动化,2015,41(7):78-83.

[10] 蒋畅江,石为人,唐贤伦,等. 能量均衡的无线传感器网络非均匀分簇路由协议[J]. 软件学报,2012,23(5):1222-1232.

[11] 朱前伟. 防爆锂离子电池电源电路设计[J]. 工矿自动化,2014,40(1):105-108.