

基于物联网的瓦斯监控系统

张国军¹, 郑丽媛¹, 张 俊²

(1. 辽宁工程技术大学 电气与控制工程学院, 辽宁 葫芦岛 125105;

2 东南大学 机械工程学院, 江苏 南京 211189)

摘 要: 针对目前瓦斯事故仍经常发生而监控系统存在不足的情况,从硬件、软件两方面设计了基于物联网的瓦斯监控系统。井下采用 Zig Bee 无线传输网络替代传统有线网络,进行瓦斯数据的传输。井下终端板卡使用 S3C2440 微处理器,采用嵌入式 Windows CE 作为操作系统,将井下数据由网络发送到服务器。设计了基于 C/S 的客户端应用软件访问方式和基于 B/S 的 WEB 网页访问方式。实验表明:系统稳定、可靠、界面友好,可方便地对瓦斯数据进行监控。

关键词: 物联网; 瓦斯监控系统; Zig Bee; 嵌入式; C/S, B/S 结构

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-9787(2013)01-0125-03

Gas monitoring system based on Internet of things

ZHANG Guo-jun¹, ZHENG Li-yuan¹, ZHANG Jun²

(1. School of Electrical and Control Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China;

2. School of Mechanical Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)

Abstract: Aiming at situation current that gas accidents still often happen and inadequacy of monitoring system, a gas monitoring system based on Internet of things is designed from both hardware and software. Use Zig Bee wireless transmission network underground instead of traditional cable network to transmit gas data. The microprocessor S3C2440 is used as terminal underground, the system takes embedded Windows CE as operating system and sends data underground to the server. Designs the client application software access method based on C/S and WEB page access method based on B/S. The experimental results show that this system is stable, reliable and interface friendly, and it is convenient for monitoring data of gas.

Key words: Internet of things(IoTs); gas monitoring system; Zig Bee; embedded; C/S, B/S structure

0 引 言

煤炭业是我国经济的支柱产业之一,又是事故发生率极高的行业,据数据统计,我国煤矿发生的重大事故中,70%以上都与瓦斯有关。因此,提高瓦斯监测的质量尤为重要。随着互联网的发展,煤矿监测系统已逐渐由常规仪表监测、地面微机控制,向基于网络的远程监控发展。但目前各煤矿仍存在网络化程度较低,缺少统一的技术标准,通信协议不兼容等问题^[1,2]。随着物联网的发展,全力构建煤矿安全生产物联网对提高煤矿信息化水平,促进煤矿安全具有重要意义^[3]。

物联网是互联网的发展,能够实现“物”上网,它是通过传感器采集所需信息,并与互联网结合,同时具有智能处理能力的巨大网络。本文提出了一种基于物联网的瓦斯监控系统。该系统通过井下 Zig Bee 进行无线组网,通过 ARM9 处理器 S3C2440 核心处理器接入 Internet,采用了 C/

S 和 B/S 相结合的方式,实现了既能在本地监控中心实时监控,又能通过任意一台可以上网的终端,如手机, PAD, PDA 等浏览 WEB 页面进行监控。

1 系统硬件实现

本监控系统主要由井下无线传感器、井下终端控制板卡、矿服务器、矿监控终端和远程浏览器终端组成,组成框图如图 1 所示。

瓦斯传感器获得瓦斯数据,通过 Zig Bee 自组网方式将数据传输到井下控制终端板卡,控制板卡将数据通过局域网发送至矿服务器,服务器对数据进行接收、处理和储存,同时提供用户端与物联网设备之间的数据交换。

1.1 传感器选择

1.1.1 瓦斯传感器设计

设计选用 MJC4/3.0L 型催化燃烧元件,工作电压为 (3.0 ± 0.1) V,工作电流为 (120 ± 10) mA。基本电路如图 2

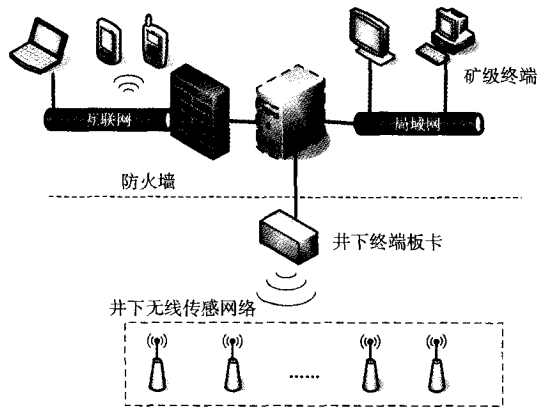


图1 系统组成框图

Fig 1 Block diagram of system configuration

所示,采用电桥测量的方法,MJC4/3.0L与2个匹配电阻构成电桥桥臂,当有瓦斯气体时,检测元件电阻升高,电桥输出电压升高,且电压变化与瓦斯体积分数变化呈正比。

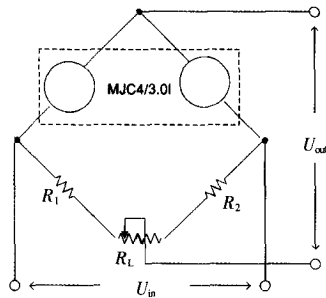


图2 瓦斯传感器电路图

Fig 2 Gas sensor circuit

1.1.2 无线传感器网络设计

Zig Bee 技术是一种近距离、低功耗、低成本的双向无线通信技术,非常适合工业控制领域。每个网络可存在254个节点,每个节点间距离可达100m,一个区域内可存在100多个网络。射频芯片选择 Zig Bee SoC CC2430,该芯片将所有功能部件集成在一起,不需要另外搭配 MCU,从而减小了成本和 PCB 面积及设计复杂性,提高了可靠性、抗干扰性。

CC2430 集成了 RF 收发器、8051MCU、128 kB flash、8 kB RAM、ADC、DMA 等,工作频段为 2.5 GHz,采用低电压(2.0~3.6 V)供电,硬件支持 CSMA/CA 和 RSSI/LQI 功能^[4]。

CC2430 的射频接口采用差分输出,设计了一个不平衡变压器以满足采用单端不平衡天线时 50 Ω 的特性阻抗要求,如图3所示。

1.2 井下终端控制板卡设计

该板卡选择三星公司的 ARM9 系列嵌入式芯片 S3C2440,Zig Bee 无线模块通过 UART 接口将传感器数据发送给板卡,板卡再将数据通过 TCP/IP 协议,经光缆发送

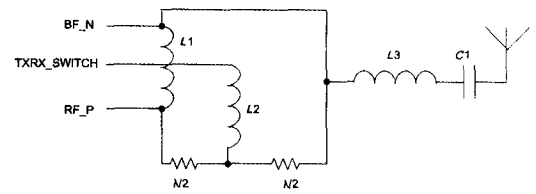


图3 不平衡变压器原理图

Fig 3 Principle diagram of unbalanced transformer

到地面矿服务器。由于 S3C2440 未集成 MAC 控制器,选择 DM9000CEP 以太网控制芯片。该芯片集成度高、成本低、全双工工作方式,支持 1/16/32 位数据总线,带有 MII 接口与外部 10/100MPHY 芯片相连接,DM9000CEP 通过 S16116G 以太网滤波器/变压器接入网络。井下终端板卡硬件结构图如图4所示。

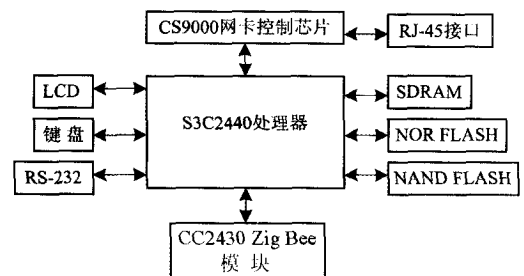


图4 井下终端板卡硬件结构图

Fig 4 Hardware structure diagram of underground terminal board

2 系统软件算法

2.1 Zig Bee 无线组网算法

井下瓦斯传感器信号通过 Zig Bee 无线传输,由于井下可能会有数量众多的传感器,必须要考虑避免数据发生冲突。设计采用免冲突载波检测多路接入(CSMA/CA)算法,算法中节点通过竞争方式使用信道,当节点需要发送数据而信道被占用时,就侦听信道,直到信道空闲数据发送或放弃发送,此方式数据发送时延小^[5]。当一个节点准备发送数据时,首先退避一段时间,退避时间为 N 个退避周期,退避周期为固定长度 T_{back} , N 为 0 到 $2^{BE}-1$ 之间的一个随机整数, BE 在初始化程序时赋值。由此可见,每个节点的退避时间长度是一个范围有限的随机数,可以较大概率地避免冲突的发生。当退避过程结束后,如果信道空闲,则节点发生数据;否则,开始下一轮的退避。为避免无休止地进行退避,设置 $BE \leq 15$,退避次数 M ,当退避次数大于 M 值时,放弃发送。最大退避时间为

$$t_{back} = M \times (2^{15} - 1) T_{back} \quad (1)$$

2.2 井下终端板卡软件设计

设计采用嵌入式 Windows CE6.0 系统,该系统可移植性强,采用多任务多线程的工作方式,具有良好的图形界面,操作简单方便。使用 Platform Builder 软件,导入厂商提供的 BSP 包,根据系统需要对 BSP 包和操作系统内核进行

适当裁剪和添加,然后完成操作系统的编译。将生成的 NK. bin 和 NK. nb0 下载到板卡中,即完成了终端板卡操作系统的定制^[6]。

终端板卡的一个重要功能是将数据发送到服务器,使用套接字(WinSock)可方便地进行网络化开发。使用 WinSock 进行网络通信,必须先进行初始化,包括定义变量、创建套接字和绑定通信地址:

```
SOCKET S_socket,
S_socket=socket( AF_INET,SOCK_DGRAM,0),
SOCKADDR_IN addrSock.

完成初始化后,通过 API 提供的线程函数 CreateThread
() 创建数据接收线程
HANDLE
hThread=CreateThread( NULL,0,RecvProc,( LPVOID)
pRecvParam,0,NULL);
```

由于系统采用的是面向无连接的协议,因此,数据发送不能通过 send 函数,而使用 sendto 函数来实现

```
SOCKADDR_IN addrTo,
sendto( S_socket, sendBuf, strSend. GetLength() +1,0,
(SOCKADDR *) &addrTo, sizeof( SOCKADDR)).
```

2.3 服务器端软件设计

井下终端板卡将数据发送到矿服务器后,服务器一方面通过数据库(SQL)对数据进行接收、处理和储存,另一方面要通过矿监控屏显示监控数据,并允许用户通过网络访问。

选用 Microsoft SQL Serve 数据库平台,该平台支持用户机/服务器体系结构,提供对 WEB 的支持,用户界面图形化,具有丰富的程序接口^[7]。

将数据库中存储的数据主要分为:煤矿基本信息、监控人员基本信息、实时监控信息、历史监控信息等。其中,实时监控数据表结构如表 1 所示。

表 1 实时监控数据结构表

Tab 1 Structure sheet of real-time monitoring datas

字 段	字段名	类 型
煤矿编码	COLLIERY	Int
煤矿名称	COLLNAME	Char
分站编码	STATION	Int
监测时间	TIME	Char
监测节点编码	PORT	Int
监测节点状态	ONLINE	Bit
监测节点数据	DATA	Float
通信状态	COMM	Bit
报警值	ALERT	int

数据库的访问主要使用 ADO. NET 技术,ADO 是一个 COM 动态库,在开发程序前先初始化 COM 环境,通常通过

CoInitialize(NULL) 函数来实现初始化;在程序的最后,一般通过代码 CoUninitialize() 将 COM 环境释放。在完成 COM 环境初始化之后,就可以使用 ADO 中 Connection 对象的 Open 方法来连接数据库。成功连接数据库之后,即可通过指针方便地对数据表进行操作。

2.4 用户访问软件设计

C/S 和 B/S 是当今两大主流技术构架,C/S(Client/Server) 结构,即客户机/服务器结构,将任务分配到两端来实现,一般限于局域网,需要开发相应的客户端软件。本设计中,煤矿监控中心基于 PC 机监控软件采用此构架完成。但是该客户端软件只能在矿监控中心使用,监控人员不能随时随地查看数据。B/S(Browser/Server) 结构,即浏览器和服务器结构,这种结构中,用户通过任何一个可上网的终端就可浏览 WEB 界面随时查看数据,一般无需任何用户程序,其他事件都在服务器端实现,减少了客户端的任务,易于在手机、PDA 等移动设备上实现,其缺点是服务器负担较重^[8]。根据煤矿瓦斯监控的需求,仅采用任何一种结构都是存在缺项的,因此,本设计采用 C/S 和 B/S 回混合模式。

在客户端程序设计中,通过 ADO. NET,使用. NET Framework 提供的 4 个核心对象对数据库进行访问操作。其中,Connection 连接对象,对数据源访问;Command 命令对象,对数据源进行更新、插入和删除等;DataReader 数据库读取对象,从数据库中提取数据;DataAdapter 将 DataSet 更新至数据库^[9]。

在网页设计中,前端采用 ASP. NET 开发页面,后端采用 ADO. NET 操纵数据库。根据功能要求,网站主要分为登陆界面、密码修改界面、瓦斯气体检测界面、历史数据等界面。

3 系统测试

在井下终端控制板卡设置好 IP 地址并连入网络,将 PC 机作为服务器连接如网络,在打开客户端应用程序测试结果如表 2 所示。通过另外一台笔记本登入 WEB 页面,输入 IP 地址,输入用户名和密码后,可进入控制界面。

表 2 客户端应用程序测试

Tab 2 Test result of client end application program

节 点	瓦斯体积分数(%)	节点工作状态	报警信息
1	0.10	正常	无
2	0.49	正常	无
3	1.29	正常	无
4	—	离线	故障
5	0.33	正常	无
6	3.10	正常	危险
7	1.02	正常	无

4 结 论

本文设计了基于 B/S 和 C/S 的瓦斯监控系统,从硬件
(下转第 130 页)

50, 250 μm , 加热条设为 150 μm , 将信号电极的宽度和间距依次分别设定为 60, 15 μm ; 35, 35 μm ; 15, 60 μm , 得到相应温度场分布如图 5 所示, 从图 5 中可以看出: 信号

电极 Pt 条宽度为 15 μm 、间距为 60 μm 时, 传感器中心温度最高, 温度均匀分布的有效面积最大, 优于其余 2 种设计方式。

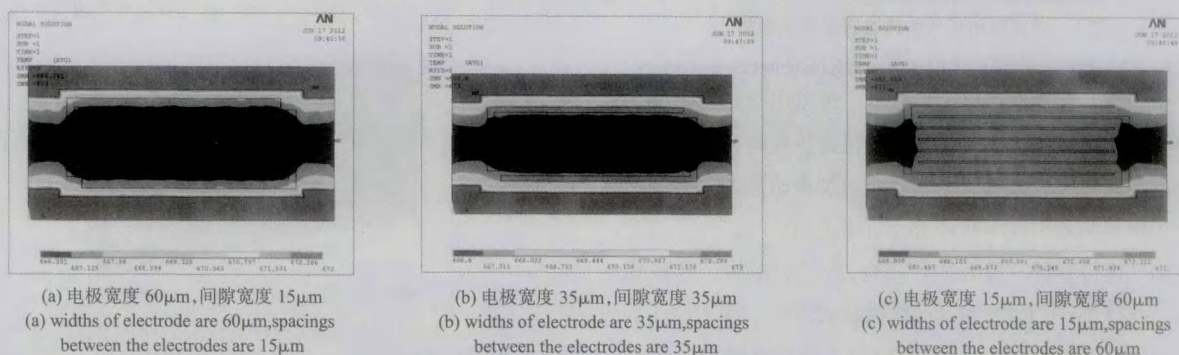


图 5 不同电极宽度和间距时的温度场分布

Fig 5 Temperature field distribution with different width and spacing of electrodes

对图 5(c) 所示的器件正面中心点瞬时热响应温度变化记录, 结果如图 6 所示。从图中可以看出: 在加热电极的作用下, 中心点温度由室温 293 K 加热到最高温度 667.605 K 耗时 28 ms, 在 30 ms 之后基本上温度稳定, 说明加热速度非常快。

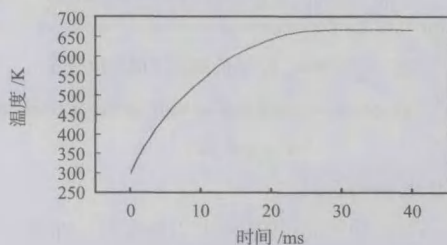


图 6 器件正面中心点瞬时热响应图

Fig 6 Transient thermal response diagram of sensor frontage center point

4 结论

本文设计了一种新型微结构气体传感器的电极结构, 这种共平面型电极结构消除了加热电极所产生的磁场对测量信号的干扰, 并用 ANSYS 软件对该微气体传感器基底的 SiO_2 和 Si 厚度、加热电极的宽度、信号电极的宽度及间距

进行了分析优化, 当 SiO_2 、Si 的厚度分别为 50, 250 μm , 加热电极的宽度、信号电极的宽度和间距分别为 150, 15, 60 μm 时, 传感器获得的中心温度较高, 并且中心温度分布比较均匀, 提高了微传感器的整体性能。

参考文献:

- [1] 刘 丽. 硅基微结构气体传感器的研制[D]. 长春: 吉林大学, 2008: 1-6.
- [2] 李春明. 微结构气体传感器设计、模拟、制作及温度测量[D]. 长春: 吉林大学, 2005: 6-16.
- [3] Wang Jing, Zhang Peng, Qi Jinqing. Silicon-based micro-gas sensors for detecting formaldehyde[J]. Sensors and Actuators B, 2009, 136: 399-404.
- [4] 刘 鑫. MEMS 微型 NO_2 气体传感器的研究[J]. 传感器与微系统, 2009, 28(2): 49-52.
- [5] Wang Jing, Zhang Peng, Qi Jinqing, et al. Silicon-based micro-gas sensors for detecting formaldehyde[J]. Sensors and Actuators B, 2009, 136: 399-404.

作者简介:

张晓波(1986-), 女, 吉林省四平人, 硕士研究生, 从事微结构气体传感器的设计与研究。

(上接第 127 页)

软件两方面详细介绍了实现过程, 测试结果表明: 系统可以分别通过客户端软件和 IE 浏览器对瓦斯浓度进行监控, 克服了单一采用 B/S 或 C/S 系统的缺点, 具有广阔的应用价值和推广前景。

参考文献:

- [1] 杨景辉. 基于 Zig Bee 无线传输网络的煤矿瓦斯监控系统研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2011.
- [2] 杨金壮. 基于 ARM 的煤矿安全系统设计[D]. 南京: 南京理工大学, 2009.
- [3] 孙继平. 煤矿物联网特点与关键技术研究[J]. 煤炭学报, 2011, 36(1): 167-171.
- [4] 安 璐, 丁恩杰, 李曙俏. 基于 Zig Bee 的采空区无线温度监

测系统[J]. 传感器与微系统, 2012, 31(4): 96-98.

- [5] 马 钢. 基于 Zig Bee 的井下人员跟踪定位系统设计与实现[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [6] 余 名, 范书瑞, 曾祥辉. ARM9 嵌入式系统设计与开发教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [7] 唐学忠, 李亦飞. SQL Server 2005 数据库教程[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [8] 邵彦斌. 基于 B/S 和 C/S 的煤矿数字化瓦斯检测远程联网系统的设计与实现[D]. 南昌: 南昌大学, 2009.
- [9] 张 俊. 基于物联网的有害气体监测系统的设计与研究[D]. 南京: 东南大学, 2012.

作者简介:

张国军(1960-), 男, 黑龙江大庆人, 教授, 研究方向为电力电子技术。