

# 无线传感器网络在环境监测中的应用

杨树森, 周小佳, 阎 斌

(电子科技大学 自动化工程学院, 四川 成都 610054)

**摘 要:**介绍了无线传感器网络在环境监测领域的应用背景和国内外研究现状,展望了无线传感器网络在其它相关领域的应用前景。对  $\text{SO}_2$  区域监测使用的无线传感器网络节点硬件结构和前端传感器放大电路进行了设计,详细说明了各部分电路的芯片选型和要点。给出节点调试的方法和结果。提出了基于无线传感器网络的  $\text{SO}_2$  区域监测系统的网络构建方案,并对系统上位机软件中的监控和数据库软件进行了分析和设计。最后叙述了系统良好的可扩展性和兼容性。

**关键词:**无线传感器网络;节点;放大电路; $\text{SO}_2$  区域监测

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2008)09-0170-03

## An Environment Monitor System Based on Wireless Sensor Network

YANG Shu-sen, ZHOU Xiao-jia, YAN Bin

(Coll. of Automation Eng., Univ. of Electronic Sci. and Techn. of China, Chengdu 610054, China)

**Abstract:** The application background and research actuality of wireless sensor network in atmosphere environment monitor are introduced briefly. The node's hardware structure of wireless network in atmosphere environment monitor is designed. The architecture of  $\text{SO}_2$  area environment monitor system is given, and the system's software is analyzed and designed. At last the expensive application prospect of wireless sensor network in other related fields is provided.

**Key words:** wireless sensor network; node; amplifier circuit;  $\text{SO}_2$  area environment monitor

### 0 引 言

无线传感器网络就是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成,通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统,其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息,并发送给观察者<sup>[1]</sup>。本课题以改变当前滞后的环境监测技术,解决环境监测中遇到的困难为目标。由于采用无线传感器网络技术,数据采集点可以广泛的分布在不同地区,灵活改变监测布局,从而实时获取精确的监测数据。它不需要任何固定网络的支持,研究成果具有广阔的应用前景,将带来巨大的社会效益和经济效益<sup>[2]</sup>。

基于无线传感器网络的大气环境监测系统主要由硬件部分和软件部分组成。硬件部分包括监测气体和温度的传感器节点,相应的放大电路,一个 Sink 节点,

应用服务器和数据服务器组成。软件部分由串口通信、数据转换和修正标定、数据统计、绘图和存储等功能模块组成。具有结构紧凑、易于布置、易于维护、价格便宜、测量精度高等优点<sup>[3,4]</sup>。

### 1 系统体系结构

基于无线传感器网络的大气环境监系统的体系架构,如图 1 所示,主要由 4 部分组成:通信节点; Sink 节点; 应用服务器; 数据服务器。通信节点具有数据采集、信号处理和无线通信功能,它既是信息帧的发起者,也是信息帧的转发者,通过网络自组织和多跳路由,将数据向 Sink 节点发送, Sink 节点通过 RS232 串口线和计算机相连。

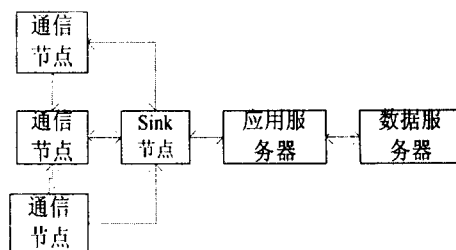


图 1 系统的体系结构

为了节约通信节点的电能,通信节点与 Sink 节点

收稿日期:2007-11-11

基金项目:四川省科技攻关计划资助项目(05G007-011-02);华为高校科技基金资助项目(YJCB2005011WL)

作者简介:杨树森(1978-),男,辽宁人,硕士研究生,研究方向为传感器网络、模式识别与图像处理;周小佳,副教授,博士,研究方向为模式识别与智能系统、计算机软件。

之间的通信采用多跳通信方式,为了保证系统内的每一个通信节点都能够与 Sink 节点建立无线链路,因此,对于系统内的任意一个通信节点在其有效通信范围内必须有相邻节点存在,该相邻节点可以是另外的一个通信节点,也可以是 Sink 节点。

通信节点与 Sink 节点之间的通信可以根据通信距离的远近选择不同发射功率的天线,例如,当监测区域较大时,可以选择大发射功率的天线,这样势必会增加节点的能量消耗,在电源供应方便地时候益于选用,这样可以减少通信节点的布置密度,降低系统成本。Sink 节点与应用服务器之间的通信,也可以通过为二者同时加装 GSM 短信模块或 GPRS 模块来进行,这样, Sink 节点和应用服务器之间的通信就不再受 RS232 所允许的最大长度的限制。另外,应用服务器和数据服务器也可以与监控部门的局域网或 Internet 网相连接,这样可以很方便地扩大系统的使用用户,也有利于及时向外界发布监测信息。

## 2 硬件组成

### 2.1 节点结构

在所需监测大气环境质量的区域分布有大量大气环境监测所需传感器、电流/电压转换器、中央处理器、无线收发器和高效电池组成的微型模块,这些微型模块按照一定的协议组成无线网络。每个微型模块代表网络中的一个通信节点,且每一个节点具有唯一的地址标识(ID)。其硬件框图如图2所示。

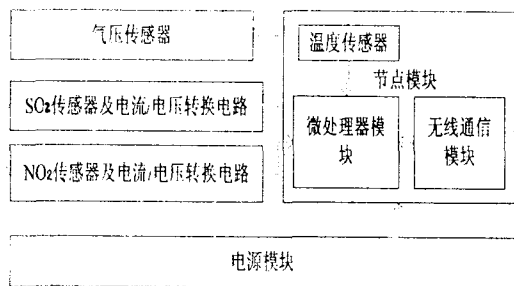


图2 节点的结构

#### 2.1.1 节点硬件组成

微处理器模块主要由 A/D 转换电路和微处理器组成,其中 A/D 转换电路具有 6 路外部输入通道,四个传感器传回的 0~3.3V 的电压信号由 A/D 转换电路进行量化、编码,生成 10 位的数字信号,并将该信号传给微处理器。微处理器采用 MPS430 高性能、超低功耗单片机,该单片机具有速度快、抗干扰能力强、具有 128k 在线可重复编程 Flash、4k 字节 EEPROM 和 4k 内部 SRAM,具有 JTAG,可通过 JTAG 接口对 Flash、EEPROM 熔丝位和加密位进行编程;内含两个

8 位定时/计数器、两个扩充的带有预分频器、比较和模式捕获模式的 16 位定时/计数器、8 通道 10 位 A/D 转换器。微处理器将接收到的 4 个传感器的信号进行处理,为每个数据帧的帧头和帧尾,根据各个传感器输入接口的不同,在每帧数据中对应的起始位和结束位加载该传感器的数据,并在每帧数据中加上该通信节点的 ID 编码;根据接收到的监控中心的指令唤醒通信节点或使通信节点进入睡眠状态,以减少电能消耗。

无线收发器采用 Ember 公司的 2420EM 射频芯片。IEEE802.15.4 规范要求的直接序列扩频方式,工作频带范围为 2400~2483.5MHz;采用 O-QPSK 调制方式,数据速率达 253kbps;超低功耗(RX:19.7mA, TX:17.4mA)高接收灵敏度(-94dB),抗相邻频道干扰能力强(39dB);采用低压供电(2.1~3.6V);IEEE802.15.4MAC 层硬件支持,可支持自动帧格式生成、同步插入和监测、外围电路简单。

#### 2.1.2 节点调试

当系统工作在 5V 标准电压、16M 工作频率下几种工作模式时,正常工作模式下,系统最低工作电流为 35mA;MPS430 芯片提供多种休眠模式,空闲模式下,此时电流为 13mA;掉电模式下电流小于 1mA;省电模式下工作电流 13 $\mu$ A。EM2420 在标准 3V 电压下,发送电流为 17.7mA,接收状态下的接收电流为 19.4mA,休眠状态下的静态电流为 20 $\mu$ A。SO<sub>2</sub> 传感器其工作电压为标准 5V,最大工作电流为 500 $\mu$ A。从以上分析可以看出,整个系统在正常工作模式下能耗约为 105mW,在休眠模式下,能耗大大降低,系统可以满足低功耗的要求。

### 2.2 传感器放大电路

本系统中,仅做 SO<sub>2</sub> 和温度监测。因为大气中的 SO<sub>2</sub> 浓度值很低,而且平时的浓度值和突发环境污染事件时的浓度值相差巨大,这就要求所选取的 SO<sub>2</sub> 气体传感器具有高精度和大量程的特点。选用英国 ALPHOR 公司生产的电流式恒电位电解传感器,量程为 0~20ppm,最大负荷为 500ppm,工作寿命 2 年,输出信号 370nA/ppm,分辨率 0.1ppm,温度范围 -25℃~60℃,具有价格低廉实用的特点。由于节点需要的是 0~3.3V 的电压信号,所以必须将传感器输出的微弱电流信号放大转换成相应的电压信号。放大电路由恒电位电路、电源模块和信号放大部分组成。

#### 2.2.1 恒电位电路及放大电路

这部分是放大电路关键部分,只有稳定维持恒电位电压才能得到正确传感器输出信号。恒电位就是在工作电极和对向电极之间加足够高的电压,并保持稳定,被测量气体因电解作用产生电流,电流值理论上与

气体浓度呈线性关系,由此便可知道气体的浓度。运算放大器 OPA2336 作为一级放大器,OPA2336 是一款超低功耗、低噪声、低输入偏置电流(可达 10pA),高输入阻抗,适合做传感器前置放大器的集成运放。P-JEFT 是场效应管,用以保证电源切断时使工作电极和参考电极之间短路<sup>[5,6]</sup>。如图 3 所示。

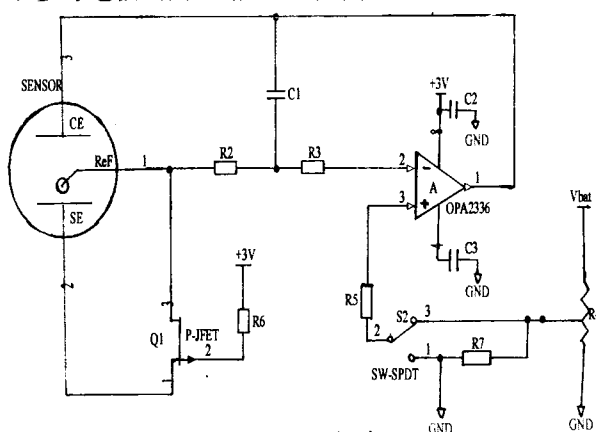


图 3 恒电位及放大电路

### 2.2.2 电源电路

采用 6V 普通干电池电源供电,这样减少了电源对放大电路的干扰。由于普通干电池电压不稳定,随着其使用时间的增长电压逐渐降低,不适合直接为传感器放大电路和节点供电。选用 TPS79501 作为电源控制模块。TPS79501 具有超低噪声、低静态功耗和输出可用电压范围广等特点,本应用输出为 5 V 电压,驱动能力为 500mA~7.5A。然后对 +5V 稳定电压进行处理,选择 MAX663 给运算放大器提供稳定的 +3V 电源电压。如图 4 所示。

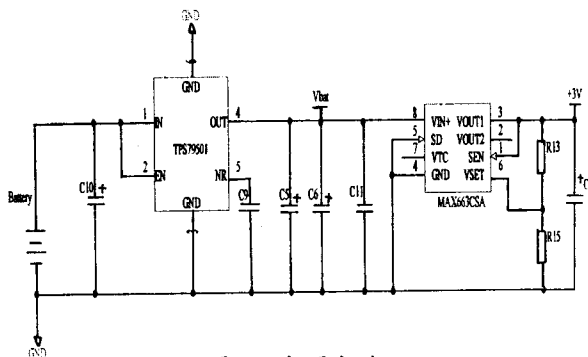


图 4 电源电路

## 3 软件系统设计

### 3.1 软件系统的功能

软件系统分三个模块,既串口通信模块、数据转换和修正标定模块、数据统计和存储模块。串口通信模块提取数据帧中的相关传感器采集信息和通信节点地址信息;数据转换和修正模块负责串口模块提取的二进制的传感器采集信息转换为十进制信息,并根据温

度值和气压值对  $\text{SO}_2$  的体积浓度值进行修正,并将它们转换为标况下的体积浓度值;数据统计和存储模块负责对两种气体的质量浓度值进行存储,并将存储值进行统计分析,计算出每小时、每天的平均值,将实时值和平均值在数据库服务器进行数据备份,生成每天平均值的报表,当监测气体质量浓度值超标时,给出报警。

### 3.2 软件系统的运行平台和开发工具

软件系统的运行平台采用 Windows XP,采用 Visual C++ 6.0 和 SQL Server 2000 开发软件程序和数据库的设计,整个软件系统的设计和开发采用面向对象的方法和技术,以友好的用户界面、易扩展、易维护和可重用为设计目标<sup>[7]</sup>。

### 3.3 上位机软件

上位机软件(信息管理软件)从功能上可分为两大部分:监控软件和数据库服务软件。监控软件从功能模块上可以划分为数据接收与提取、数据显示、超限报警和数据存储等模块,数据库服务软件也可以划分为数据统计、报表生成和动态曲线绘制等功能模块。

#### 3.3.1 监控软件

监控程序首先初始化一些重要的变量(如节点地址、监测点信息和一些标识变量等),打开连接传感器网络 Sink 节点的串口,并初始化它;接着开启监听线程并连接数据库,监听线程以无穷循环的方式监听是否有数据到来,直到接收到关闭它的消息为止;如果有数据到来,接收数据并判断数据格式是否正确,如果格式不正确,则丢弃收到的非法数据,如果数据格式正确,提取有效的数据,由于取出的数据是以十六进制表示的字符串,而提供给用户及数据统计的是十进制的实数形式,所以要把有效数据字符串转换成需要的数据,再把它显示在实时监控界面上。然后,还需要把转换后的数据存入数据库,以备随时查阅及制作报表,如果数值超过了规定的最大值,还要报警提醒用户<sup>[8]</sup>。

#### 3.3.2 数据库服务软件

数据库服务软件主要是给用户提供了数据查询功能,用户选择要查询的监测点,输入查询日期,根据需要有选择地查看小时表、日表、月表,通过绘制动态曲线了解环境变化情况。用户如果不了解如何使用,还可以通过帮助学会如何使用,在设计时就考虑了使用简单的原则,所以很快就会掌握它的使用。设计好的主界面如图 5 所示。

## 4 结束语

基于无线传感器网络的大气环境监测系统,具有

(下转第 176 页)

该显示屏可设计一组按键和多个指示灯。相应功能如下:“▼”:在报警状态下,为向下浏览事件信息,非报警状态下无效;“▲”:在报警状态下,为向上浏览事件信息,非报警状态下无效;“切换”:在报警状态下,为切换到“火警”、“故障”及“动作”事件画面循环切换、非报警状态下无效;“消音”:如当前蜂鸣器有声音,则为“消音”,如当前蜂鸣器无声音,则为“自检”;电源灯:当 24V 电源正常时点亮;火警灯:当接收到控制器向本火灾显示盘发送的火警事件时点亮;动作灯:当接收到控制器向本火灾显示盘发送的动作事件时点亮;故障灯:当接收到控制器向本火灾显示盘发送的故障事件时点亮;消音灯:当蜂鸣器有声音时按下消音键后,消音灯点亮。

### 2.3.2 联动控制盘

联动控制盘有 8 路输入、输出控制,其中 8 路输出触点用于外接消防泵、喷淋泵、风机等重要消防联动设备的自动控制。8 路输入触点,用于联动设备启停回答信号的输入。每路输出 3 根线:启/停线(OUT)、回答线(AS)、地线(G);输出控制信号可以是脉冲信号或电平信号。OUT 线与 G 线通过外接现场接口控制外部设备,AS 线和 G 线接外部设备的空接点回答信号(常开接点),回传反馈信号。

### 2.3.3 楼层显示盘

楼层显示盘可实时显示本楼层的各种触发事件信息,使本楼层的工作人员能够及时、准确地了解本楼层

的消防事件,从而迅速地采取相应措施。通过与控制器的实时通讯显示本楼层的火警、故障及动作事件。

显示盘由 1602 液晶模块、DALLAS 公司的新型时钟日历芯片 DS12C887、一组按键和指示灯组成友好的人机界面。

## 3 结束语

研究并设计开发了一套火灾报警与联动控制系统实验装置模型,提出了基于模拟量检测的智能型二线巡检机制,大大节约了系统能耗,又实现了超远距离信号的采集与传输。系统整体采用分布式结构设计思想。通过大量实验证明,本系统控制器对模拟量探测器具有准确的数据采集和判断异常、故障、火警的功能,并达到了理想的满意效果。

### 参考文献:

- [1] 陈南. 智能建筑火灾监控系统设计[M]. 北京:清华大学出版社,2001.
- [2] 白锐,张晓峰. 火灾报警控制器与 Internet 的互联[J]. 消防技术与产品信息,2003(12):11-12.
- [3] 袁昌立. 基于网络架构的智能火灾报警系统设计[J]. 微机计算机信息,2007(1):41-42.
- [4] 向前. 火灾报警控制系统的联网设计[J]. 制造业自动化,2005(2):71-72.
- [5] 周平方. 分布式智能消防报警控制系统的设计[D]. 长沙:中南大学,2004.

(上接第 172 页)

体积小易于布置、自动化程度高可供在线监测、价格便宜、易于维护等优点,与当今环境监测部门正在使用的昂贵进口在线大气环境监测系统相比具有巨大的优势。该系统还有易于移植到其它应用领域的优点,例如,更换不同的传感器,还可以很方便地应用于水环境的监测、森林火情及环境的监测、小区安防监控等。

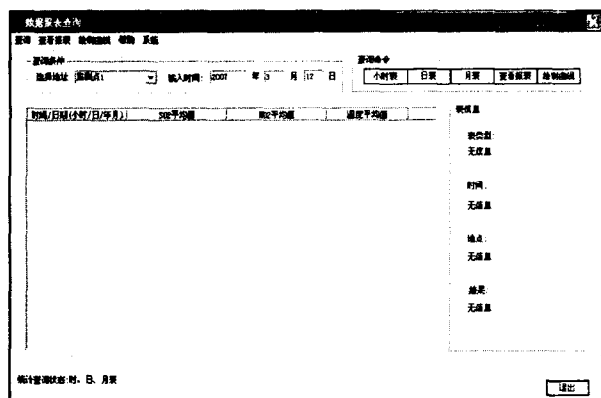


图 5 软件系统设计主界面

### 参考文献:

- [1] 孙利民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [2] 任丰原,黄海宁,林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报,2003,14(7):1287-1291.
- [3] 蒋鹏. 基于无线传感器网络的湿地水环境远程实时监测系统关键技术研究[J]. 传感器学报,2007,20(1):183-186.
- [4] 陈丹,郑增威,李际军. 无线传感器网络研究综述[J]. 计算机测量与控制,2004,12(8):701-704.
- [5] 童诗白,华成英. 模拟电子技术基础[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [6] 张福学. 传感器应用及其电路精选(上下册)[M]. 北京:电子工业出版社,1992.
- [7] 李涛. Visual C++ + SQL Server 数据库开发与实例[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [8] 龚建伟. Visual C++ + Turbo C 串口通信编程实践[M]. 北京:电子工业出版社,2004.