

# 基于 ZigBee 技术的环境检测报警系统设计

Design of Environmental Detection and Alarm System Based on ZigBee Technology

(装甲兵工程学院控制工程系) 吕 强 刘玉华 刘志军 王国胜  
LV Qiang LIU Yu-hua LIU Zhi-jun WANG Guo-sheng

**摘要:** 设计了一种可以检测环境温湿度、烟雾浓度和外界入侵的无线检测报警系统。传感器终端将检测到的数据通过 ZigBee 无线通信协议传输给协调器,协调器通过 RS232 串口将数据传输给 PC 机,最终环境数据显示在 PC 机的串口调试助手中。利用此系统对环境的多种参量进行了无线实时多点检测,试验结果表明,环境检测数据清晰全面。由此可见,本系统具有应用价值。  
**关键词:** 环境检测报警;无线传感器网络; ZigBee; CC2430  
**中图分类号:** TP274.5 **文献标识码:** A

**Abstract:** A kind of system which is used to detect temperature and humidity, smog concentration and person invasion is presented. The data detected by wireless sensor terminal is transmitted to coordination through ZigBee wireless communication protocol, and then coordination transmits data to PC through serial port RS232. Finally, environmental data is shown in the screen of PC. By using this system, several parameters of environment are real-time, wireless, multi-point tested, and the result is clear. So this system is useful.  
**Key words:** environmental detection and alarm; wireless sensor network; ZigBee; CC2430

**引言**

在现代工农业生产和家庭生活中,常常需要对环境多种参量进行检测。传统的环境检测方法都是采用有线方式,普遍存在以下缺点:布线麻烦,增减设备需要重新布线,而且影响美观;系统安装和维护成本高,移动性能差,升级和维护都不方便。

本文设计了一种基于无线射频芯片 CC2430 的环境检测报警系统,它以 RF (射频) 芯片 CC2430 为核心,在温湿度传感器、烟雾浓度传感器和红外探测器的配合下,能够高效地实现对环境参量的无线检测。采用无线检测方式后,增减设备只需增加无线节点,并且移动性能好,升级和维护十分方便,有很好的研究和应用价值。

**1 射频芯片 CC2430 概述**

CC2430 芯片是 Chipcon 公司生产的首款符合 ZigBee 技术的 2.4GHz 射频系统单芯片,在 CC2420RF 收发器的基础上绑定了 ZigBee 协议栈,并集成了增强工业标准的 MCU 8051、128 KB 闪存和 8 KB SRAM 等高性能模块。ZigBee 是一种新兴的短距离、低速率无线网络技术,其 MAC 层和 PHY 层协议符合 802.15.4 规范。工作于免授权的 2.4GHz 频段。基于 ZigBee 技术的无线传感器网络系统成本低、功耗小,适用于电池长期供电,具有硬件加密安全可靠、组网灵活和抗毁性强等特点,为无线传感网络的应用提供了理想的解决方案,符合本系统中无线通信的要求。

CC2430 集成的 8051 MCU 核心使用标准 8051 指令集。8051 不仅负责控制芯片内部的射频电路以完成无线数据传输,而且负责控制各种传感器,完成数据的采集。CC2430 有 21 个可编程的 I/O 口引脚,P0、P1 口是完全的 8 位口,P2 口只有 5

个可使用的位。通过软件设定一组 SFR 寄存器的位和字节,可使这些引脚作为通常的 I/O 口或作为连接 ADC、定时器或 USART 部件的外围设备 I/O 口使用。本系统中用到了普通 I/O 口,ADC 和 USART 部件,因此 CC2430 集成的 8051 MCU 本身就可以满足系统中数据采集的需要,而无需增加外部 MCU 控制传感器完成数据采集,从而方便了系统设计。

**2 系统硬件设计**

系统硬件设计的内容有,CC2430 外围电路设计和三种传感器数据采集的硬件电路设计。

2.1 CC2430 外围电路设计

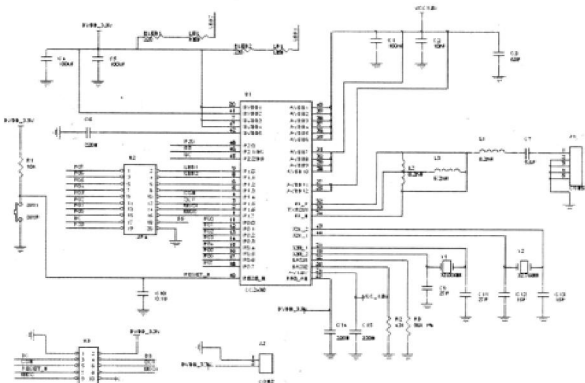


图 1 CC2430 的外围电路  
Figure 1 External Circuit of CC2430

外围电路如图 1 所示,电路使用一个非平衡天线,连接非平衡变压器可使天线性能更好。电路中的非平衡变压器由电容 C7 和电感 L1、L2、L3 以及一个 PCB (印制板)微波传输线组成,整个结构满足 RF 输入/输出匹配电阻(50Ω)的要求。R2 和 R3 为偏置电阻,R2 主要用来为 32MHz 的晶振提供一个合适的工作电流。用 1 个 32MHz 的石英谐振器 (XTAL1)和 2 个电容(C9

吕 强: 博士 教授 博士生导师

技术创新

和 C1 构成一个 32MHz 的晶振电路。用 1 个 32.768 kHz 的石晶振器 (XTAL2) 和 2 个电容 (C12 和 C13) 构成一个 32.768kHz 的晶振电路。电压调节器为所有要求 1.8 V 电压的引脚和内部电源供电,电容 C1 和 C2 是去耦电容,用来为电源滤波,以提高芯片工作的稳定性。8 位并口 P0 用来连接外部传感器电路。

## 2.2 传感器部分硬件设计

系统用到了三种传感器,分别为数字式温湿度传感器,烟雾传感器和被动式红外传感器。温湿度传感器采用瑞士 Sensirion 公司推出的 SHT11,该芯片需要数据输入/输出端 DATA 和时钟 SCK 的协调配合来实现温湿度的检测。系统中数据输入/输出端 DATA 接 P0.0 引脚,时钟 SCK 接 P0.1 引脚。红外探测器采用的是 PerkinElmer Optoelectronics 公司的 LH1954,该芯片对人体发射的 10 $\mu$ m 左右的红外线非常敏感,微弱信号经过放大电路和施密特触发器后,转变为标准的方波信号。这样更便于 8051 对其的检测。系统中用到的烟雾传感器是杭州科纳传感器有限公司生产的 MQ-2 气体传感器,MQ-2 有四个引脚,两个 H 端为加热端,当气体浓度不同时,A 端和 B 端的电阻值发生变化,导致 MQ-2 的分压发生变化。8051 通过 ADC 检测这个电压,从而测定烟雾的浓度。

## 3 系统软件设计

系统软件设计内容包括,无线网络拓扑结构的选择和数据的无线传输。它们直接影响整个系统运行的实时性和可靠性。

### 3.1 无线传感器网络的拓扑结构

ZigBee 协议支持三种网络拓扑结构:星形结构,网格状结构和簇状结构。其中网格状和簇状结构属于点对点结构。系统中使用相对简单,可靠性和实时性好的星形结构。在星形结构中,各个无线传感器终端都直接和协调器通信。

为避免各个终端间的数据传输冲突,采用了 CSMA/CA(载波监听多路访问/冲突防止)协议。每个终端在发送数据前,首先监听系统信道空闲期间是否大于某一帧的间隔,若是,立即发送,否则暂不发送,继续监听。CSMA/CA 通信方式将时间域的划分与帧格式紧密联系起来,保证某一时刻只有一个站点发送,实现了网络系统的集中控制。

### 3.2 数据接收和发送

协调器在完成网络的生成以及加入管理之后,就接收来自各个无线传感器节点的数据,并将数据通过串口显示到 PC 机上。程序流程图如图 2 所示。

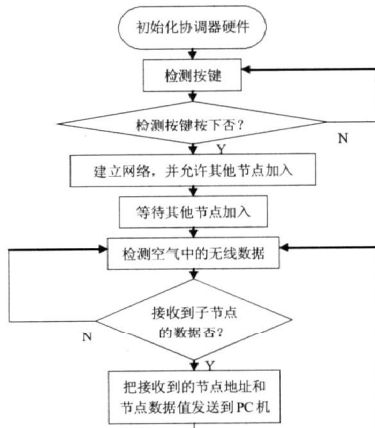


图 2 协调器流程图

Figure 2 Flow Chart for Coordinator

无线传感器终端在检测到存在的网络后,请求加入网络,加入网络成功后,检测传感器的数据,然后将检测到的数据通过 ZigBee 无线通信协议传输给协调器。程序流程图如图 3 所示。

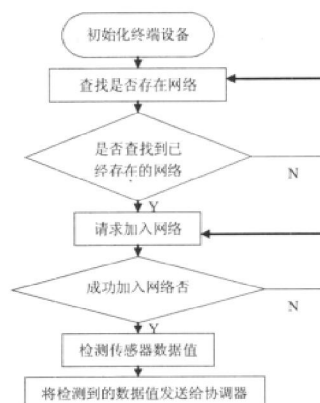


图 3 终端设备流程图

Figure 3 Flow Chart for Terminal Unit

## 4 实验和结果分析

实验中,用到了两个温湿度传感器终端,两个烟雾传感器终端和一个红外传感器终端。在建立网络过程中,协调器会为不同终端分配地址,在 PC 机串口调试工具上可以看到各个终端的不同地址,如图 4 所示。

对红外探测,采样值为开关量。由于红外探测器很敏感,所以节点在检测到任何入侵,将连续 6 次自行重复检查确认。若全部 6 次均发现入侵,则发出报警信号。对烟雾浓度,8051 通过 ADC 读取相应的电压值,并与程序中设定的阈值相较,因此烟雾浓度采样值只有相对意义。温湿度采样值为数字量。每个无线传感器节点每隔 12 秒左右,检测一次环境参量,并将检测到的值发送给协调器,协调器通过 RS232 口将数据传输给 PC 机,在 PC 机上显示。如图 4 所示,为检测到的各个环境参量的值。

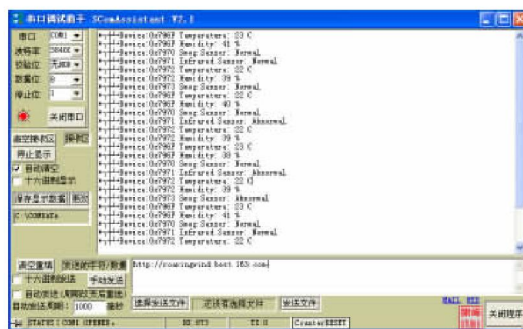


图 4 试验结果

Figure 4 The Result of Experimentation

从图 4 的试验结果中可以看出,五个无线传感器节点被分配了不同的地址,各个节点的检测结果都可以在屏幕上直观显示,非常便于观察。可以把相同类型的传感器节点放在不同的位置,由于不同节点分配的地址不同,当某个节点报警时,我们就可以准确知道哪个位置发生了危险。从结果分析来看,系统检测的环境数据清晰全面,非常方便实用,具有应用价值。

## 5 结论

SmartRF CC2430 是一款符合 ZigBee 技术的高集成度商业用射频收发器件,其 MAC 层和 PHY 层协议符合 802.15.4 规范。工作于免授权的 2.4GHz 频段,利用此芯片开发的无线传感器

(下转第 139 页)



## 6 结论

本文在电能质量分析这一领域提出一个新的组件模型,该组件模型通过资源接口得到组件对硬件的需求,很好的解决了硬件的异构性以及非功能需求,同时提高了软件的复用性。但还有一些问题尚未解决,如动态绑定和严格的实时需求。将来,还有很多的工作需要完成,因为基于组件技术的软件开发不仅仅是组件模型技术还包括组件库,开发框架和代码自动产生技术等。

本文的创新点:本文通过分析了一些现有的嵌入式组件模型,提出了一种适合于电能分析领域的组件模型。该模型提高了软件代码的复用性,并且通过增加一个资源接口,很好的解决了硬件的异构性和非功能的需求。

项目的经济预期目标:年增产量:160万,年增利率:80万  
参考文献

- [1]许宪成,杨存祥.组件技术以及在嵌入式系统设计中的应用[J].微计算机信息,2007,1-2:39-41.
- [2]I-Ling Yen, Jayabharath Goluguri, Farokh Bastani, Latifur Khan. A Component-based Approach for Embedded Software Development [C]. Proceedings of the Fifth International Symposium on Object-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC'02), 2002, Page(s):402-405.
- [3]Frank Lüders, Shoaib Ahmad, Faisal Khizer, and Gurjodh Singh-Dhillon. Using Software Component Models and Services in Embedded Real-Time Systems[C]. Proceedings of the 40th Annual Hawaii International Conference On System Science (HICSS'07), Jan.2007, Page(s):286c-286c..
- [4]Jeff Kramer, Jeff Magee. The Koala Component Model for consumer Electronics Software [J]. Computer , 2000, Issue 3: Page(s):75-78.
- [5]Mikael Akerholm, Joakim Froberg, Kristian Sandstrom, Ivica Cmkovic. A Model for Reuse and Optimization of Embedded Software Components[C]. Proceedings of the ITI 2007 29 Int. Conf. on Information Technology Interface, June 25-28,2007, Page(s):567-572.

作者简介:邵丹(1985-),女,江西九江人,上海大学计算机工程与科学学院,在读硕士,主要从事嵌入式系统开发、普适计算;童维勤(1964-),男,教授,博士。

**Biography:** SHAO Dan (1985-), Female, Han , master, major in Computer Application Technology ,research area: Embedded system and Ubiquitous computing.

(200072 上海大学计算机工程与科学学院) 邵丹 童维勤 曹林  
通讯地址:(200072 上海市延长路 149 号 M5124) 邵丹  
(收稿日期:2009.05.03)(修稿日期:2009.06.05)

(上接第 52 页)

低、可靠性高、传输无线化,有效的克服了传统传统检测方法的诸多缺点。具有很好的应用前景,可以应用在诸如家庭、温室、仓库和野外环境等场合。

本文作者创新点:采用集成了 8051F 和 ZigBee 协议的 CC2430 芯片,完成数据采集和无线通信,使得系统具有成本低、功耗小、组网灵活和抗毁性强等特点。

参考文献

- [1]刘胜德等. ZigBee 技术及应用[M],北京航空航天大学出版社,

2007.3.

- [2]刘雅举,蔡振江. 基于射频芯片的 ZigBee 无线传感器网络节点的设计[J].微计算机信息, 2007, 23(8-1): 167-168
- [3]李文仲,段朝玉等. ZigBee2006 无线网络与无线定位实战[M],北京航空航天大学出版社, 2008.1
- [4]Sensirion.SHT11Datasheet [S].http://www.sensirion.com/en/pdf/Datasheet-SHT1x-SHT7x.pdf
- [5]郭世富,马树元等. 一种家用无线网络的构建[J],北京理工大学学报, 2006, 26(10): 859-862.

作者简介:吕强(1962-),男,博士,装甲兵工程学院教授,博士生导师。研究领域:坦克火控系统研究,机器人控制研究和应用,无线传感器网络应用;刘玉华(1985-),男,硕士研究生;刘志军(1984-),男,硕士研究生。

**Biography:** LV Qiang (1962 -), M, Ph.D., Professor, Academy of Armored Force Engineering, doctoral tutor. Research areas: fire control system, robot control theory research and application, wireless sensor network application.

(100072 北京 装甲兵工程学院控制工程系) 吕强 刘玉华  
刘志军 王国胜

通讯地址:(100072 北京市长辛店杜家坎 21 号装甲兵工程学院控制工程系火控教研室) 吕强

(收稿日期:2009.05.03)(修稿日期:2009.06.05)

(上接第 85 页)

本文作者创新点:嵌入式 Linux 平台集成图像采集软硬件, RGB 流和 BMP 转换,远程终端处理零件图像,实现远程检测系统具有微型化,图形化,方便和经济等特点。

项目经济效益(10 万元)。

参考文献

- [1][美]雅默著.构建嵌入式 Linux 系统[M].中国电力出版社,2004
- [2]毛德操,胡希明.LINUX 内核源代码情景分析[M].浙江大学出版社, 2001
- [3]冈萨雷斯.数字图像处理(MATLAB 版).电子工业出版社, 2005

[4]高成.Matlab 图像处理与应用[M].国防工业出版社,2007

[5]徐金明.Matlab 实用教程[M].清华大学出版社,2005

[6]周显军,李众立,张俊然. 基于 S3C4510B 芯片 KVM 虚拟机的移植和测试[J].微计算机信息,2007, 10-2: P127-128

作者简介:蒲小英(1983-)女,汉族,四川巴中人,西南科技大学硕士研究生,研究方向:信号检测;周显军(1984-)男,汉族,四川资阳人,西南科技大学硕士研究生,研究方向:嵌入式系统,嵌入式 Java 虚拟机;李众立(1948-)男,汉族,四川武胜人,西南科技大学教授,硕士生导师,主要从事嵌入式系统等;梁竹君(1985-)女,汉族,四川达州人,西南科技大学硕士研究生,研究方向:信号检测

**Biography:** PU Xiao-ying (1983 -),female, Nationality :Han, born in Bazhong, Sichuan Province, Degree:Master graduate student, Reasearch Direction: signal detector

(621010 四川绵阳 西南科技大学) 蒲小英 周显军 李众立  
梁竹君

通讯地址:(621010 四川省绵阳市西南科技大学学生公寓东 8-B-403) 蒲小英

(收稿日期:2009.05.03)(修稿日期:2009.06.05)