

文章编号:1672-058X(2013)07-0067-06

基于 ZigBee 无线传感网络的楼宇空气检测系统研究*

葛 鑫¹, 吕 虹^{1,2}

(1.安徽工程大学 电气工程学院,安徽 芜湖 241000;2.安徽建筑工业学院 电子与信息工程学院,合肥 230022)

摘 要:针对楼宇空气品质对人类的危害和影响,设计了一种基于 ZigBee 无线传感网络的楼宇空气检测系统,系统包括各模块软件和硬件设计;该系统能够检测甲醛、苯、二氧化硫、二氧化碳、氨气以及氮氧化物等正在严重危害我们身体的有毒有害气体,并实现数据的采集、处理、传输、显示以及超限报警,为家庭用户提供安全信息,避免事故发生。

关键词:空气检测;ZigBee;无线传感网络

中图分类号:TP302

文献标志码:A

甲醛、苯、二氧化硫、二氧化碳、氨气以及氮氧化物等已经成为室内空气污染危害人类健康的“隐形杀手”。据统计,全球近一半的人处于室内空气污染中,室内环境污染已经引起 35.7%的呼吸道疾病,22%的慢性肺病和 15%的气管炎、支气管炎和肺癌^[1]。因此,气体检测成为关键。近年来国内对楼宇空气检测采用的是传统的以电缆和电线为传输介质组成的检测系统,但是传统的方式存在线路部署复杂、接线繁琐以及线路的维护费用昂贵等问题^[2]。在此采用 ZigBee 技术组建了一套数据传输灵活、网络结构可靠性高、成本及功耗较低的无线传感网络,用来解决现在的楼宇空气检测,实现系统的网络化和自动化。

1 楼宇空气检测系统的总体设计

1.1 ZigBee 结构特点

ZigBee 技术是一种实用的低成本、低功耗、低速率、短距离的无线网络技术,它具有三种网络拓扑结构,分别是星型网络、树形网络和网状网络^[3],如图 1 所示。星型网络由一个协调器和多个终端节点组成,适用于小范围的环境当中;树形网络是由一个协调器和若干个星型网络组成,适用于数据量小规模较大的场合;网状网络中各设备之间是对等通信的,每个节点都可以和在无线通信范围内的其他节点通信。通过比较可以看出,网状网络是一种可靠性高的网络,各节点的数据传输可以有多个路径选择,当某个路径出现问题的时候,可以通过其他路径传输,能够很好地避免数据的遗漏或丢失^[4]。由于本设计所检测的是楼宇空气,涉及的节点较多,规模较大,并且室内空气的检测具有长期性,所以采用一种可靠性高的结构较为合适,因此本设计采用网状网络进行设计。

1.2 系统设计整体结构图

楼宇空气检测系统有监控主机和 ZigBee 无线传感网络组成,ZigBee 无线传感网络由传感器终端节点、

收稿日期:2013-02-01;修回日期:2013-03-08.

* 基金项目:国家自然科学基金(2012-JKAQ-01).

作者简介:葛鑫(1988-),男,安徽省马鞍山市人,硕士研究生,从事先进传感与检测技术研究.

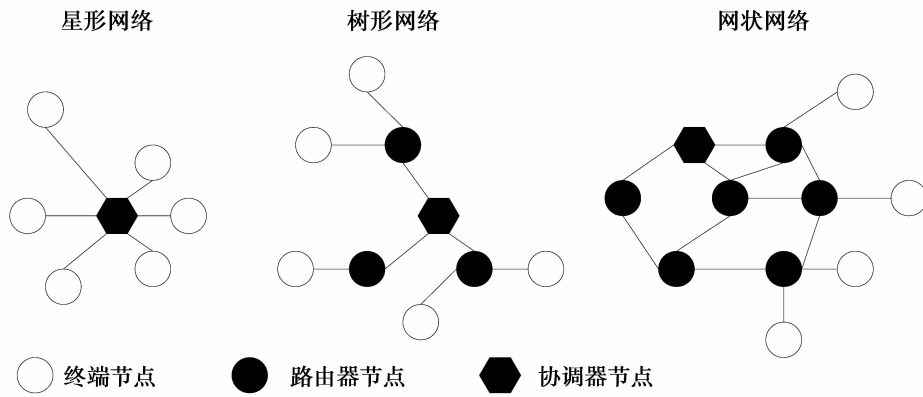


图 1 拓扑结构图

路由器节点和协调器节点组成,系统结构框图如图 2。系统中由传感器终端节点采集各气体数据,将检测的数据传送给路由器,经过路由器的处理及汇聚,再将数据上传至协调器,监控主机接受协调器传来的数据,如果监测的数据超过国家规定危害人体安全时会发出报警信号。监控主机能够管理数据,为用户提供访问界面,可以用于数据保存和查询等功能。

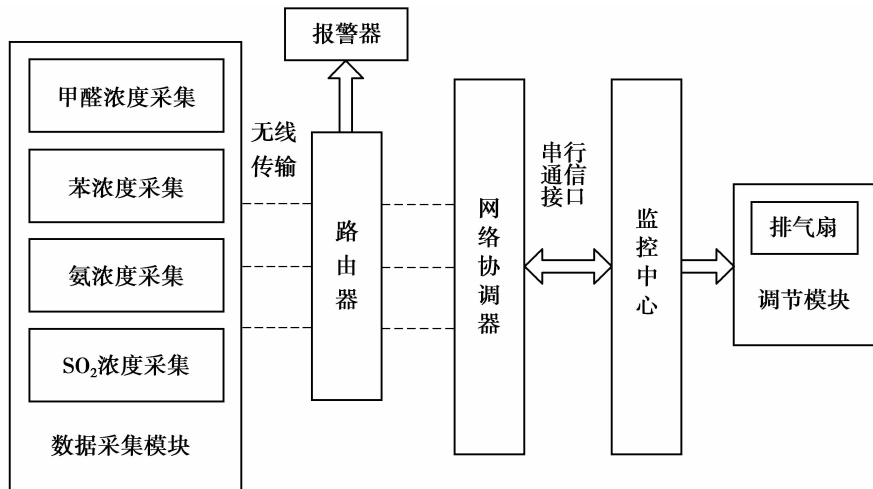


图 2 系统结构框图

2 系统硬件设计

2.1 气体传感器终端节点硬件设计

气体传感器终端节点是网络系统中执行数据采集和运行控制,它负责采集室内气体数据和执行协调器的命令。主要包括传感器单元、调试下载接口、复位按键单元、微处理器、ZigBee 无线收发模块以及供电模块。在设计的 ZigBee 网络系统中,由传感器执行气体数据采集,终端节点使用无线核心模块与协调器节点或路由器节点进行数据传输,利用 LED 显示其本身工作状态和网络状态。终端节点硬件结构框图如图 3 所示。

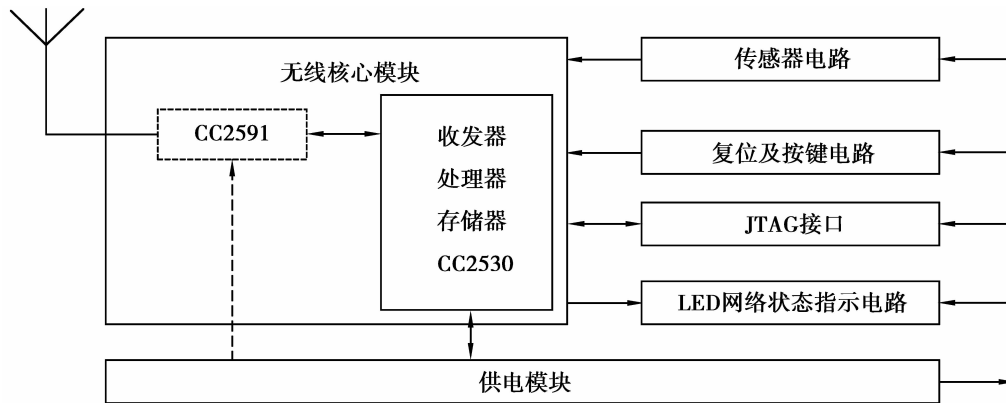


图3 终端节点硬件结构图

其中传感器电路的数据采集模块由传感器和前端处理放大电路组成,传感器有体积小、功耗低和稳定性好等特点^[5]。楼宇空气中存在着较多对人体危害很大的气体,本文对其中主要的气体进行检测,具体传感器及其参数如下:

HCHO/C-10 甲醛电化学传感器:测量范围:0~10 ppm;响应时间:小于 50 s;湿度范围:在非凝结状态下,15%~90%RH;最大负荷:50 ppm;工作寿命:空气中 3 a;输出信号:(1 200±300) nA/ppm;分辨率:0.05 ppm;温度范围:-20~45 ℃;压力范围:大气压±10%;线性度输出:线性。

ME4-C6H6 电化学苯传感器:量程 0~100 ppm;最大测量限:500 ppm;寿命:2 年;灵敏度(0.3±0.1) nA/ppm;分辨率:10 ppm;温度范围:-20~50℃;压力范围:标准大气压±10%;湿度范围:15%~90%RH;输出线性度:线性。

HCl/M-20 定电位电解二氧化硫传感器:测量范围:0~20 ppm;最大负荷:5 000 ppm;温度范围:-20~45 ℃;湿度范围:15%~90%RH(非凝结);线性度输出:线性;工作寿命:空气中 2 a。

NH₃/CR-200 氨气传感器:测量范围:0~100 ppm;最大负荷:200 ppm;工作寿命:空气中 2a;输出信号:(90±180)nA/ppm;分辨率:1 ppm;温度范围:-10~40℃;湿度范围:15%~90%RH^[6]。

本文中选用集成微控制器和 ZigBee 射频芯片于一体的 CC2530 来进行数据的采集和无线传输。CC2530 是用于 2.4 GHz IEEE 802.15.4、ZigBee 和 RF4CE 应用的一个真正的片上系统解决方案。它能够以非常低的材料成本建立强大的网络节点。CC2530 结合了领先的 RF 收发器优良性能,业界标准的增强型 8051 CPU,系统内可编程闪存和 8KBRAM,还包含模拟数字转换器、几个定时器、AES-128 协同处理器、看门狗定时器、上电复位电路、掉电检测电路,以及 21 个可编程 I/O 引脚等^[7]。CC2530 只需少量外围元器件就能实现信号的收发功能。CC2530 具有不同的运行模式,使得它尤其适应超低功耗要求的系统。运行模式之间的转换时间短进一步确保了低能源消耗。使用 CC2530 作为微处理器,相比其他微处理器增大了功率、减小了体积和功耗。

系统设计的无线核心模块中还带有带功放的 CC2591 远距离无线模块,CC2591 是一款高性能低成本的前端,适用于 ZigBee 网络、传感器、以及音频设备等所有 2.4 GHz 无线系统。CC2591 集成了可将输出功率提高 22 dBm 的功率放大器以及可将接收灵敏度提高 6 dB 的低噪声放大器,从而能够显著增加无线系统的覆盖范围^[8]。CC2530 与 CC2591 连接的远距离无线模块电路原理图如图 4 所示。

2.2 协调器节点硬件设计

协调器节点是整个 ZigBee 网络的核心,担负着建立和管理网络、与上位机通信、收集和处理传感器采集的数据、向其他节点发送控制指令以及显示网络状态和监测数据的任务。其结构主要包括调试下载接口、复位按键单元、显示模块、ZigBee 无线收发模块、串行通信接口模块以及供电模块。本系统中协调器通过 RS-232 接口与上位机进行通信,由无线核心模块负责数据的无线传输与处理,利用 LED 指示灯和 LCD 显示屏实时地显示网络状态和监测数据。协调器节点的硬件结构框图如图 5 所示。

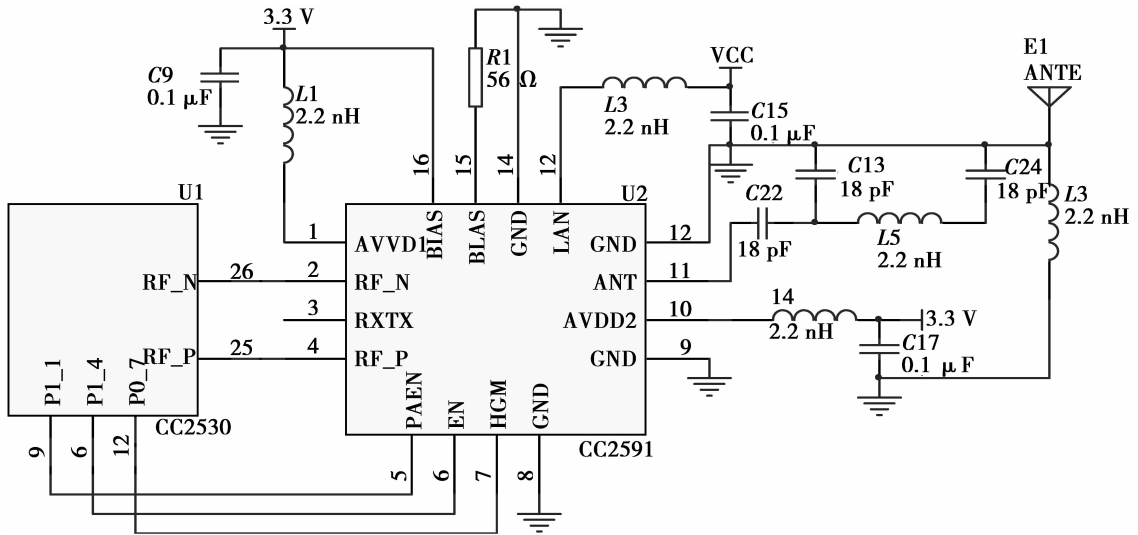


图 4 远距离无线模块电路原理图

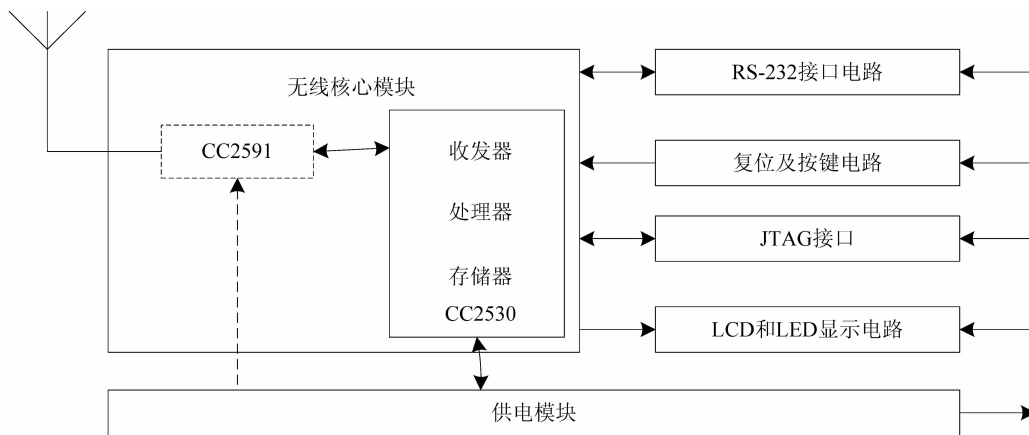


图 5 协调器节点的硬件结构框图

3 系统软件结构设计

3.1 气体浓度采集模块软件设计

气体浓度采集模块主要是采集室内气体数据,并将采集的数据以无线的方式通过路由器传送给协调器,同时执行协调器发来的命令。上电后先进行硬件的初始化和协议栈的初始化,然后开始信道扫描并且加入由协调器组建的无线网络,入网成功后等待数据采集,当数据采集到气体浓度后将其发送给协调器。气体浓度采集模块流程图如图 6 所示。

3.2 无线协调器软件设计

无线协调器建立无线气体监控网络,当协调器上电后,进行系统初始化,然后建立无线传感网络,在有路由器节点或终端节点请求加入网络时,进行节点网络地址的分配,通过协调器向上位机转发数据。其无线协调器模块流程图如图 7 所示。

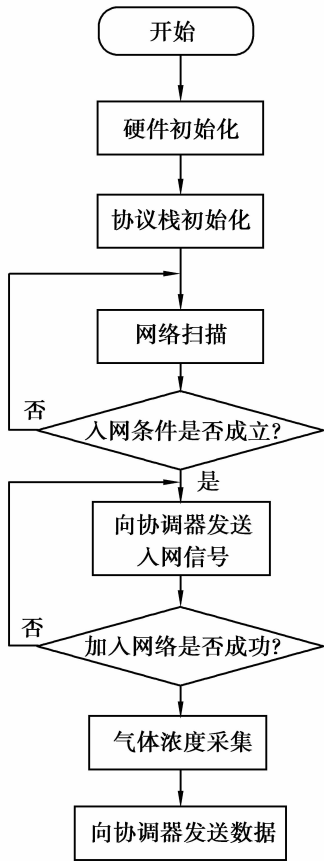


图 6 气体浓度采集模块流程图

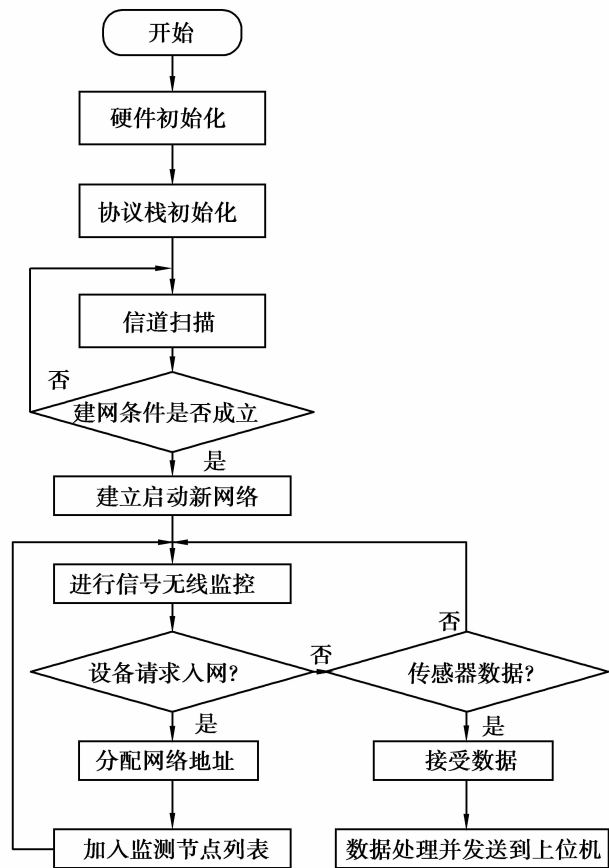


图 7 无线协调器模块流程图

4 实验结果与分析

为检测本系统的性能,对附近室内刚装修好的房屋进行数据采集。采用甲醛传感器通过系统设计进行检测,系统采集的数据通过协调器由串口发送到上位机检测界面。对室内客厅以及主卧室的甲醛浓度进行检测,检测数据如图 8 所示。

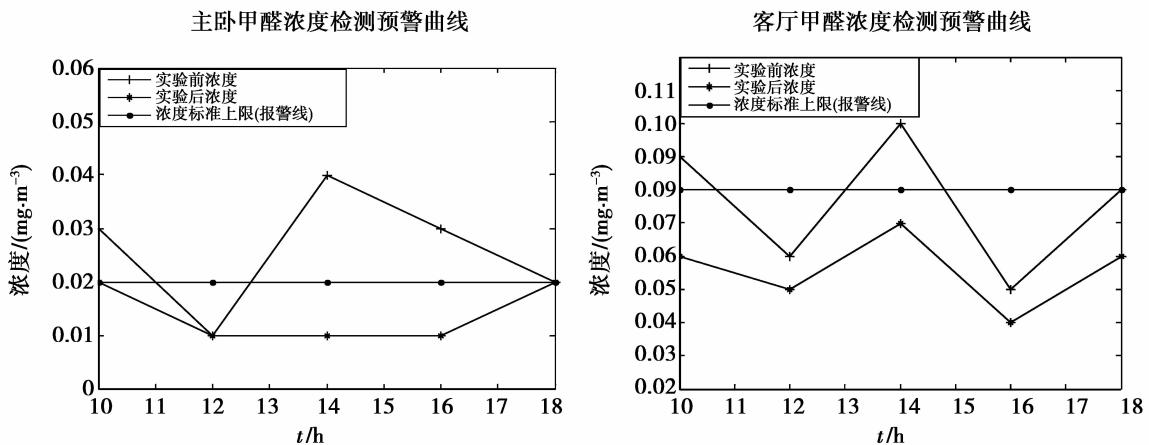


图 8 主卧室及客厅甲醛浓度检测数据

如图 8 所示,刚装修好时主卧的甲醛浓度维持在 $0.01 \sim 0.04 \text{ mg/m}^3$ 之间,虽然没有超过国家规定的标准 0.08 mg/m^3 ,但是同样会对人体产生危害,经过系统的调节模块可将甲醛浓度维持在 0.01 mg/m^3 左右。客厅中的甲醛浓度维持在 $0.05 \sim 0.10 \text{ mg/m}^3$ 之间,甲醛浓度很高甚至超过了国家规定的标准,对人体危害很大,通过系统调节模块后基本维持在 $0.04 \sim 0.07 \text{ mg/m}^3$ 之间,依然有很大的危害,对于客厅甲醛浓度较高的情况来说,需要继续通风一段时间才可以入住。

5 结 语

研究了在楼宇中采用 ZigBee 技术实现室内空气检测,系统中运用几种气体传感器对室内空气进行实时监测,使用高可靠性的网状网络实现数据的无线传输。此方案进一步完善了楼宇空气检测系统,具有硬件设计简单、可靠性高、稳定性好及价格较低等特点。然而,本设计同时可以扩展用于室内温度、湿度、甲烷和一氧化碳的室内可燃气体等参数的采集,具有一定运用价值。

参考文献:

- [1] 王丽,李春玲.室内空气质量检测与传感器应用[J].黑龙江科技信息,2012,33(8):75-75
- [2] 陈磊.基于 ZigBee 的 WSN 在化工生产过程中的有毒有害气体监测的研究与应用[D].长春:长春工业大学,2011
- [3] 李善仓,张克旺.无线传感网络原理与应用[M].北京:机械工业出版社,2008
- [4] 林子敬.基于 ZigBee 技术的无线传感网络研究与实现[D].合肥:中国科技大学,2009
- [5] 伍新华,陆丽萍.物联网工程技术[M].北京:清湖大学出版社,2011
- [6] 贾伯年,俞朴,宋爱国.传感器技术[M].南京:东南大学出版社,2011
- [7] TI Inc.CC2530 Data Sheet [EB/OL].<http://www.ti.com/cn/lit/gpn/cc2530>, 2010-07-10
- [8] 王朝霞.ZigBee 无线传感网络节点硬件与组网协议设计[D].内蒙古:内蒙古大学,2011

Research on Building Air Detecting System Based on ZigBee Wireless Sensor Network

GE Xin¹, LU Hong²

(1.School of Electric Engineering, Anhui Polytechnic University, Anhui Wuhu 241000, China;

2. School of Electronic and Information Engineering, Anhui Institute of Architecture
and Industry, Hefei 230022, China)

Abstract: According to the harm and influence of building air quality on human beings, a building air detecting system based on ZigBee wireless sensor network is designed, this system includes each module software and hardware design and can detect formaldehyde, benzene, sulfur dioxide, carbon dioxide, ammonia and nitrogen-oxygen compound and so on which are poisonous air harmful to human body, and data collection, processing, transmission, display and threshold warning are realized to provide safety information for households to avoid accidents.

Key words: air detection; ZigBee; wireless sensor network

责任编辑:代小红