

基于无线通信的环境检测系统^{*}

赵建华 张春晓

(西安工业大学电子信息工程学院 西安 710032)

摘 要 针对我国环境检测手段落后、自动化程度低、能耗高、多数采用有线的传输方式等问题,提出了一种基于 Zigbee 无线通信的环境检测系统,该检测系统以 CC2530 为主控制器,综合利用了 Zigbee 技术、传感器技术、嵌入式技术、多传感器数据融合技术等,设计了检测环境中有害气体和灰尘的硬件设计的总体方案和软件设计流程图,并对无线通信能耗进行了简单的探讨。实验结果表明:该系统能耗低、性能稳定、数据传输准确,具有实用价值。

关键词 环境检测; Zigbee; CC2530; 通信能耗

中图分类号 TN92 **DOI**:10.3969/j.issn.1672-9722.2016.10.021

An Environment Detection System Based on Wireless Communication

ZHAO Jianhuan ZHANG Chunxiao

(School of Electronic and Information Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032)

Abstract According to our country environment detection means backward, low degree of automation, high energy consumption, most of using cable transmission way, this paper puts forward a kind of environment detection system which is based on Zigbee wireless communication, this detection system takes CC2530 as the primary controller, comprehensively utilizes of the Zigbee technology, sensor technology, embedded technology, multi-sensor data fusion technology so on. this paper designs the overall scheme of the hardware design and software design flow chart which are about detection of poisonous gas and dust in the environment, and discusses simply the energy consumption of wireless communication, the test shows that the system is low power consumption, stable performance, accurate data transmission and has practical value.

Key Words environment, , CC2530, energy consumption of communication

Class Number TN92

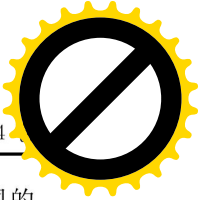
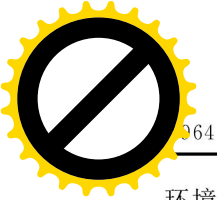
1 引言

环境是人类赖以生存的基础,但是近年来我国环境污染却越来越严重,特别是大气污染,大气中的污染物主要有二氧化硫、氮氧化物及颗粒物等^[1]。从雾霾天数的增加,人们外出需要戴上口罩来防止有毒气体的吸入,可以看出我国的环境治理问题已经迫在眉睫了。环境检测是解决环境问题的有效手段,但是我国的环境检测水平比较落后,自动化程度比较低,而且数据传送大多采用有线的方式,这极大地降低了监测系统的效率和数据的可

靠性,针对传统环境检测系统中存在的问题,设计了一种基于无线通信的环境检测系统。Zigbee 作为一种新兴的短距离、低功耗、低成本的无线通信技术,能广泛应用于工业控制、消费电子、家庭自动化、医疗监控各种领域^[2]。文中设计的就是基于 Zigbee 技术的无线环境检测系统,系统主要由数据采集模块、数据传输模块、数据处理模块组成,采集模块采集到的信息经过无线的方式传到协调器节点,协调器通过串口与上位机相连实现通信,实现了对环境中的一氧化碳、甲醛、二氧化硫等有毒气体和灰尘的检测。该环境检测系统既适合室外的

^{*} 收稿日期:2016 年 4 月 8 日,修回日期:2016 年 5 月 19 日

作者简介:赵建华,男,硕士,副教授,研究方向:电子技术信息控制。张春晓,女,硕士研究生,研究方向:电子信息与无线通信。



环境检测也适合室内的环境监测,例如对空气质量要求比较严格的公共场所:例如医院、图书馆、大型会议室等室内场所,并且能够根据需要增加传感器的种类来适应不同的场合。

2 几种无线通信技术的比较

GPRS 技术:GPRS 是常用的移动数据的通信业务,即无线分组交换技术。任何用户都以同时占用多个无线信道,同一个无线信道也能够被多个用户所共享,资源可以被有效的利用^[3]。GPRS 覆盖范围比较广,信号比较稳定,具有永远在线的优点,但是它的传输速率比较慢且没有休眠机制,不能实现低功耗。

蓝牙技术:蓝牙技术工作在 2.4GHZ 频段,应用范围广泛,但传输距离比较短,一般在 10m 内且传输速率比较低,网络容量小,最多只能拥有八个节点,而且成本也比较高,因此不适合用在需要多节点的环境检测系统中。

WIFI 技术:WIFI 是属于在办公室内、家庭中使用的无线技术,在日常生活中 WIFI 技术已经得到广泛,它的覆盖范围比较大而且传输速率也比较快,使用灵活方便,因此得到广大人民的喜爱,但是 WIFI 技术的数据传输的安全性能比较低,而且耗能比较大,不符合本设计低功耗要求。

UWB:UWB 是一种无载波通信技术,利用纳秒至微纳秒级的非正弦波窄脉冲传输数据。它被称为无线电领域的一次革命性进展,认为它将成为未来短距离无线通信的主流技术^[4]。UWB 技术能够实现高速率、低功耗的数据传输,系统容量大,并且结构简单,抗干扰能力强,但是传输距离只有十米的距离,尽管如此 UWB 技术仍极具研究价值,前景广阔。

Zigbee 技术:Zigbee 作为一种新兴的短距离、低功耗、低成本的无线通信技术,能广泛应用于工业控制、消费电子、家庭自动化、医疗监控各个领域^[5]。Zigbee 最大的特点之一就是特别节约能源,可以组建很多网络节点,本文设计的环境监测系统需要大量节点,因此 ZIGBEE 技术是最佳选择。

3 Zigbee 网络拓扑结构及协议栈的介绍

Zigbee 有三种网络拓扑结构^[6]:星型网(Star)、网状网(Mesh)、树形网(tree)。星型网网络拓扑结构比较简单,它不包含路由节点,只由一个协调器节点和多个终端设备组成,它的节点数量

比较少,不适合用在需要多节点的场合。网状网的可靠性很高,节点与节点之间可以进行相互通信,它可以提供多个数据通信路径,如果其中一条路径发生故障,网状网会自动寻找其它适合数据传输的路径,但这同时也增加了空间开销。树形网是网状网的子集,它增加了路由功能的概念,终端设备与自己的子节点或父节点通信,其它必需通过树形路由来完成数据的传输。在本设计中采用了树形的网络拓扑结构,能够根据需要增加路由器的数量实现多跳通信,进而增大传输距离。



图 1 Zigbee 网络拓扑结构

Zigbee 协议栈底层是由基于 IEEE 802.15.4 协议的物理层(PHY)、媒体访问控制层(MAC)构成,上层包括应用层(APL)网络层(NWK),上层基于 Zigbee 协议^[7]。

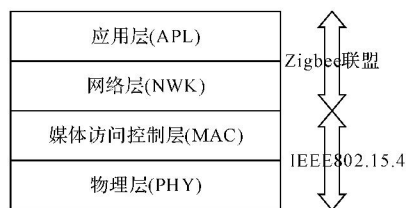


图 2 Zigbee 协议框架

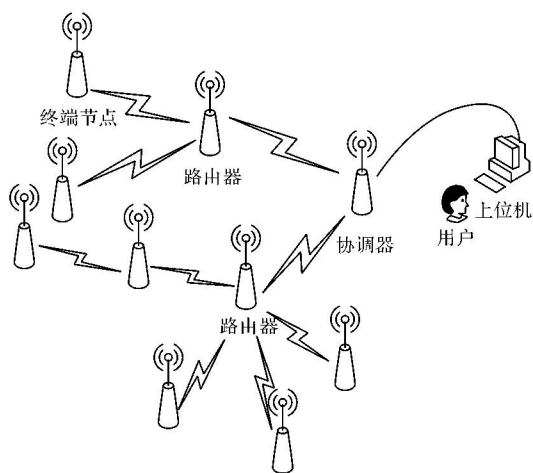
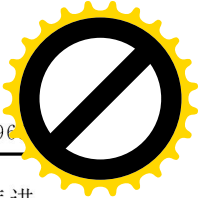
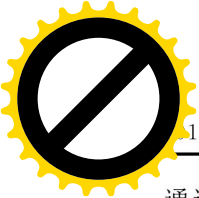


图 3 系统整体结构图

4 系统整体设计

在本系统中将一氧化碳、二氧化硫、甲醛等有毒气体和灰尘作为环境检测的主要参数,系统采用 Zigbee 树形网络拓扑结构,系统由一个中心控制节点和多个子节点组成,子节点采集到的数据



通过无线的方式传送到中心节点,最后进行数据处理后发送到监控中心,整个系统的核心控制由中心控制节点完成,在完成环境监测的同时,在上位机进行显示。

5 硬件设计

5.1 传感器的选型

MQ 系列传感器是一种半导体气体传感器,它价格低廉,测量范围广,反应灵敏,抗干扰能力强,能够对多种气体浓度进行测量^[8~9],例如:一氧化碳、二氧化硫、甲醛、苯等有毒气体,该传感器适应环境能力比较强,能够在恶劣的环境条件下进行工作。根据设计需要我们采用 MQ138 和 MQ4 传感器。针对监测环境中的灰尘颗粒,系统采用了 SY-HITECH 公司生产的 DSM501 粉尘传感器。这款传感器采用粒子计数原理,PWM 脉宽调制输出,可灵敏检测直径 $1\mu\text{m}$ 以上的粒。

5.2 传感器节点硬件设计

传感器节点是整个监测系统的前端部分,它主要负责对空气中二氧化硫、一氧化碳、二氧化氮甲

醛等有毒污染气体的浓度以及粉尘颗粒物浓度进行采集,并通过 CC2530 对数据进行处理和发送。传感器的种类有很多,可以根据需要来选择不同类型的传感器。传感器节点主要由四部分组成:数据采集模块、数据处理模块、无线通信和电源模块。图 4 为传感器节点的结构图。

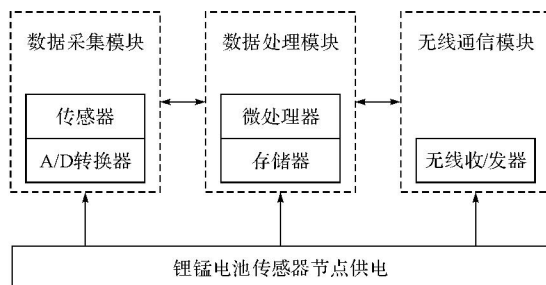
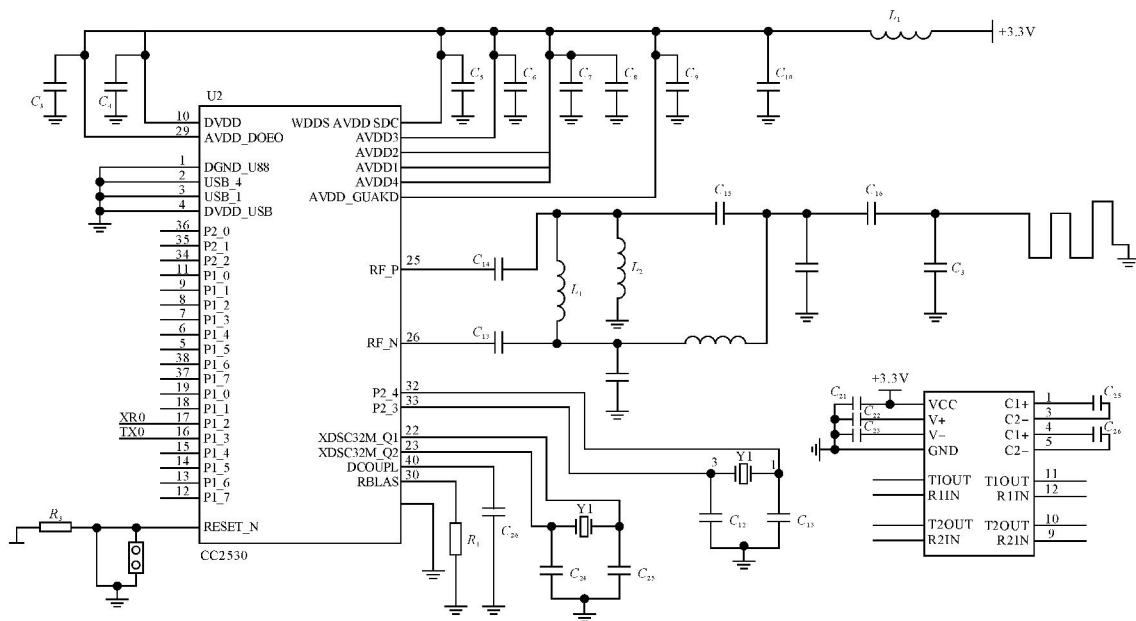
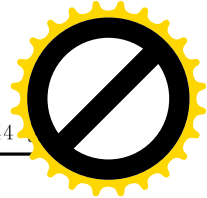
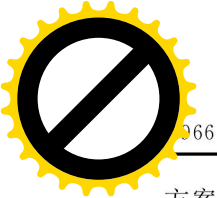


图 4 传感器节点结构图

5.3 协调器节点硬件设计

协调器主要负责网络的建立、接受和上传传感器节点采集的数据,协调器通过 RS232 与 PC 机进行串口通信,协调器一般采用电池和 DC 供电。协调器硬件电路如图 5。





方案来减小通信模块的能耗:功率控制、数据融合技术及休眠节能体制。

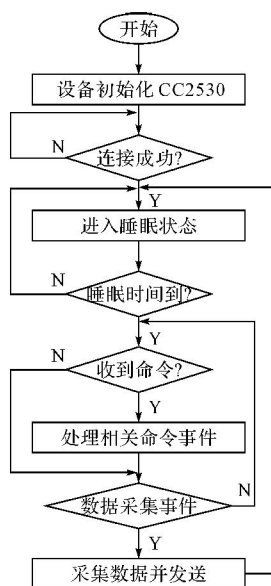


图 6 传感器节点工作流程图

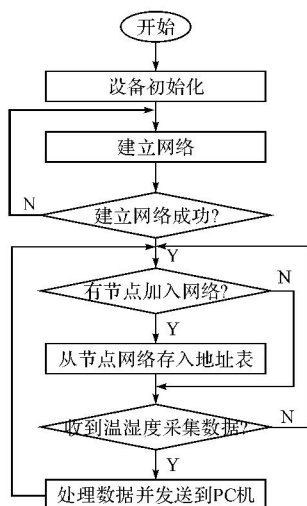


图 7 协调器工作流程图

1) 功率控制指节点通过设置或动态调整节点发射功率,在保证网络拓扑连通、双向连通或多连通的前提下,使得网络中节点的电能消耗最小。通过采用功率控制机制,能够减少传感器节点对共享无线信道的干扰,通过空分复用允许多个节点同时发送数据,降低了节点发射功率^[5]。功率控制问题主要通过以下几种算法来解决:(1)统一功率分配算法,(2)基于节点度的算法,(3)基于方向的算法,(4)基于邻近图的算法。

2) 数据融合技术能够剔除网络中的冗余信息、减少射频传输的数据量,是一种高效的节能手段,数据融合可以在网络协议栈的多个层次实现。目前研究的方法主要基于以下两种架构:(1)支持网内局部数据处理,(2)用描述性的语言来说明数

据的查询。

3) 休眠节能体制通过关闭空闲状态的射频来降低节点能耗,每个节点周期性的休眠,醒来后看是否有其它节点想和它通信。它主要有三个方面:休眠和唤醒机制、低占空比 MAC 协议和拓扑控制。

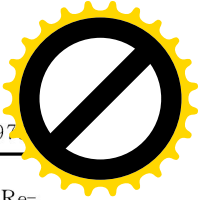
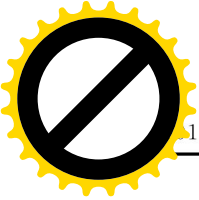
8 结语

本设计是一种基于无线通信的环境监测系统,主要是对环境中的有毒气体和粉尘进行监测,针对不同的对象可以选用不同的传感器模块。本文采用 MQ 系列气体传感器和 DSM501 粉尘传感器来监测室内和室外的气体和粉尘浓度,并将数据发送上传,数据通过串口在 PC 机上显示。实验证明,该环境监测系统性能稳定,检测效率高,采集节点功耗比较低,施工成本和管理成本较低,达到了设计的要求。

参考文献

- [1] 李瑞芳.我国制造业集聚与大气污染关系的实证分析[D].新乡:河南师范大学商学院,2006:8-9.
LI Ruifang. China's Manufacturing Industry Agglomeration and The Relationship of Air Pollution Empirical Analysis[D]. Xinxiang: Henan Normal University Business School,2006:8-9.
- [2] 瞿雷,刘盛德,胡成斌. Zigbee 技术及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007:33-34.
QU Lei, LIU Shengde, HU Chengbin. Zigbee Technology and Application[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press,2007:33-34.
- [3] 成罡. 浅谈数据通信及其应用前景[J]. 电子制作,2014(3):160-160.
CHENG Gang. Introduction to Data Communication and Its Application Prospect[J]. Electronic Production,2014(3):160-160.
- [4] 柴远波,陈万里. 无线通信网络超低功耗技术[M]. 北京:电子工业出版社,2014:357-357.
CHAI Yuanbo, CHEN Wanli. Ultra Low Power Wireless Communication Network Technology[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2014: 357-357.
- [5] 吕治安. Zigbee 网络原理与开发应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008:18-19.
LV Zhian. Principle and Application Development of Zigbee Network[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press,2008:18-19.
- [6] 雷纯,何小杨,苏生辉. 基于 Zigbee 的多点温度采集系统设计与实现[J]. 自动化技术与应用,2010,29(2):43.

(下转第 1979 页)



- tary Software Products[D]. Beijing: Master's Degree Thesis of Equipment Academy, 2009.
- [3] 余同辉,李家垒. 信息化武器装备与信息化战争[J]. 兵工自动化, 2007, 12: 99, 101.
YU Tonghui, LI Jialei. Information Weapons and Information War[J]. Ordnance Industry Automation, 2007, 12: 99, 101.
- [4] 吴迺. 软件工程发展综述[J]. 现代雷达, 2009, 31(4): 19-23.
WU Yi. Development Review of Software Engineering[J]. Modern Radar, 2009, 31(4): 19-23.
- [5] Koren O. A Study of the Linux Kernel Evolution[J]. Acm Sigops Operating Systems Review, 2006, 40(2): 110-112.
- [6] 顾昊,钱晓俊,梁洪亮. 开源平台下软件管理技术的研究[J]. 计算机应用研究, 2007(8): 112-115.
GU Hao, Qian Xiaojun, LIANG Hongliang. Analysis of Software Management in Open Source Platform[J]. Application Research of Computers, 2007(8): 112-115.
- [7] APT 工作原理[EB/OL]. <http://blog.csdn.net/buguyiqie/article/details/4948661-2009-12-05>.
The Working Principle of APT[EB/OL]. <http://blog.csdn.net/buguyiqie/article/details/4948661-2009-12-05>
- [8] R Nguyen, R Holt. Life and Death of Software Packages: An Evolutionary Study of Debian[C]//Conference of the Center for Advances Studies on Collaborative Research, 2013: 192-204.
- [9] 中国人民解放军总装备部. GJB 5716-2006 军用软件开发库、受控库和产品库通用要求[S]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2007-06.
The General Equipment Department of PLA. GJB 5716-2006 General Requirements for Military Software Development Libraries, Controlled Libraries, and Product Libraries[S]. Beijing: Department of General Equipment Department of Military Standard Publishing, 2007-06.
- [10] 曾庆凯, 许峰, 张有东. 信息安全体系结构[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 12.
ZENG Qingkai, XU Feng, ZHANG Youdong. The Architecture of Information Security[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2010: 12.
- [11] 龙涛. 开放网格服务架构下的安全策略研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
LONG Tao. Research on Security Policies for Open Grid Service[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2007.
- [12] 段继刚. Linux 软件管理平台的设计与实现[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
DUAN Jigang. The Development of Software Management Platform on Linux[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2013.

(上接第 1966 页)

- LEI Chun, HE Xiao, SU Shenghui. Design and Realization of Zigbee Based Multiple Temperature Gathering System[J]. Automation Technology and Applications, 2010, 29(2): 43.
- [7] 丁雪莲. ZigBee 协议栈浅析[J]. 电脑与信息技术, 2013(5): 18-21.
DING Xuelian. ZigBee Protocol Stack Simple Analysis[J]. Computer and Information Technology, 2013(5): 18-21.
- [8] 刘奎学, 陈丽华, 吕清华, 等. 无线有毒气体浓度采集系统[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(2): 284-286.
LIU Kuixue, CHEN Lihua, LV Qinghua, et al. Wireless Toxic Gas Collection Concentration System[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2006, 27(2): 284-286.
- [9] 黄小燕, 赵向阳, 方智勇. 电子鼻在气体检测中的应用研究[J]. 传感器与微系统, 2008, 27(6): 47-52.
HUANG Xiaoyan, ZHAO Xiangyang, FANG Zhiyong. The Application of Electronic Nose in Gas Detection[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2008, 27(6): 47-52.
- [10] Rajendran V, Obraczka K, Garcia LA. 节能无碰撞对无线传感网络的媒介控制[J]. 无线网络工程, 2006(12): 63-78.
Rajendran V, Obraczka K, Garcia LA. Energy-efficient Collision-free, Medium Control for Wireless Sensor Networks[J]. Wireless Networks, 2006(12): 63-78.