

室内有害气体在线监控系统的设计与实现

李 胜¹ 陆海波² 张辉宜² 张千峰³ 张 铁⁴ 齐开彪⁵

(1. 马鞍山职业技术学院 计算机系 安徽 马鞍山 243031)

(2. 安徽工业大学 计算机学院 安徽 马鞍山 243002)

(3. 安徽工业大学 分子工程与应用化学研究中心 安徽 马鞍山 243002)

(4. 深圳联祥瑞智能设备有限公司 广东 深圳 518057)

(5. 深圳市深圳通有限公司 广东 深圳 518057)

[摘要] 针对目前室内有害气体在线监控系统的研究现状,结合无线传感网络自身的特点,给出一种基于 ZigBee 的室内有害气体在线监控方案。该方案将无线传感网络与传统网络管理相结合,采用基于 802.15.4/ZigBee 的无线传感网络技术及嵌入式技术,设计并实现基于 ZigBee 的室内有害气体在线监控。提出了一种气体传感器前置放大电路设计方案,具有抗干扰能力强、共模抑制比高、设计简单、成本低廉等特性。实验结果表明,系统可有效地对局部无线网络中的数据进行实时采集和处理,实现对室内环境中有害气体的监控。

[关键词] 无线传感器网络 ZigBee 在线监控 有害气体检测 SNMP

[中图分类号] TP393 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1672-1292(2012)02-0074-06

Design and Implementation of Indoor Harmful Gas Online Monitoring System

Li Sheng¹ Lu Haibo² Zhang Huiyi² Zhang Qianfeng³ Zhang Tie⁴ Qi Kaibiao⁵

(1. Department of Computer, Maanshan Technical College, Maanshan 243031, China)

(2. School of Computer, Anhui University of Technology, Maanshan 243002, China)

(3. Institute of Molecular Engineering and Applied Chemistry, Anhui University of Technology, Maanshan 243002, China)

(4. Shenzhen Lianxiangrui Smart Devices Limited Company, Shenzhen 518067, China)

(5. Shenzhen Shenzhentong Limited Company, Shenzhen 518067, China)

Abstract: Aiming at the current research status of on-line monitoring system for indoor harmful gas, combined with the characteristics of wireless sensor network itself, this paper gives a method of indoor harmful gas line monitoring based on ZigBee. The programme will be combined with traditional network management in wireless sensor networks, adapting to technology of wireless sensor network bases on the protocol 802.15.4/ZigBee and the Embedded System. Design and realization of indoor harmful gas line monitoring based on ZigBee. A pre-amplifier circuit design for a gas sensor is made with strong anti-interference ability, common-mode rejection ratio, simple design, low cost and other features. Experimental results indicate that the system can be effective in the local wireless network of real-time data acquisition and processing, realization on the monitoring of harmful gas in the indoor environment.

Key words: wireless sensor networks ZigBee online monitoring harmful gas test SNMP

近年来,随着人们环保意识的日益提高,室内空气质量越来越引起人们的关注。全国每年由室内空气污染引起的死亡人数已达 11.1 万人^[1],如何更有效地对室内有害气体进行检测及处理,是当前亟待解决的一个问题。

目前主要的有害气体检测设备分为便携式和固定式有害气体检测仪,分别在移动性和连续性检测方面有一定的优势^[2],但在有害气体监控领域,对于人们需求日益见增的联网监控、实时数据检测和处理等方面并没有一个相对完善的解决方案。本文的研究基于一种无线传感网络^[3-4](Wireless Sensor Network, WSN)的室内有害气体在线监控方案,该方案将无线传感网络与传统网络管理(Simple Network Manage-

收稿日期: 2012-01-08.

通讯联系人: 李 胜,副教授,研究方向: 计算机应用. E-mail: jsj818@yahoo.cn

— 74 —

ment Protocol, SNMP) 相结合,采用基于 802.15.4/ZigBee^[5-6] 的无线传感网络技术及嵌入式技术,设计并实现基于 ZigBee 的室内有害气体在线监控系统。

1 基于 ZigBee 的室内有害气体在线监控方案

1.1 ZigBee 无线网络管理方案

ZigBee 无线传感网络是基于 IEEE 802.15.4 技术标准和 ZigBee 网络协议而设计的无线数据传输网络。该网络是中短距离、低速率无线传感器网络,具有射频传输成本低、各节点只需很少的能量、功耗低、适于电池长期供电、快速组网自动配置、自动恢复和高级电源管理等优点^[7],非常适合用于组建局部无线网络。本方案采用 ZigBee 搭建局部数据采集的无线传感网络,将无线传感网络与传统网络管理^[8](SNMP)相结合^[9],用传统的方式来对整个 ZigBee 网络进行管理,从而进一步对局部无线网络的数据进行采集和监控。

如图 1 所示,基于 SNMP 的 ZigBee 无线传感网络管理方案,将无线传感网络抽象为一个虚拟设备作为 SNMP 被管理节点,在基于 ARM 内核的嵌入式开发板部署 SNMP 代理,作为无线传感网络的管理入口,对 ZigBee 无线传感网络进行管理。无线网络终端加电启动后,将自动加入网络协调器所组织的无线网络,实现与无线网络协调器之间的通信。无线网络协调器在收到无线网络终端的相关信息后,通过串口将信息传入与之相连的 ARM 处理机中,ARM 处理机通过以太网口进一步将信息

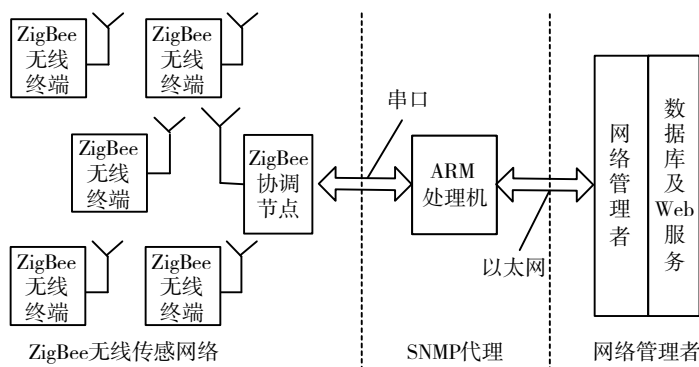


图 1 基于 SNMP 的 ZigBee 无线传感网络管理方案

Fig.1 ZigBee wireless sensor network management plan based on SNMP

发送到网络管理者,网络管理者再访问数据库相关记录,并完成对无线网络终端的管理操作。

1.2 基于 ZigBee 的室内有害气体在线监控系统构成及工作原理

室内有害气体在线监控系统实际上要实现这样一个检测过程:根据有害气体分子与电化学敏感材料的元件所发生的化学反应,通过电流、电量、电位和电阻等电化学参数的变化对气体进行检测,由气体传感器元件、放大电路、A/D 转换电路以及 ZigBee 收发芯片构成检测装置,对室内有害气体含量进行检测、数据分析、数据压缩、打包,经 ZigBee 收发模块,单次或连续发送到中心监测计算机进行分析,对有害气体浓度以曲线和数据方式显示,并超限报警,对相关数据进行存储管理或打印,对系统进行故障诊断。

图 2 所示为室内有害气体在线监控系统的结构图。整个系统包括 3 层结构,由 ZigBee 无线检测网络、嵌入式中继平台和 Web 监控平台组成。其中 ZigBee 无线检测网络包括 ZigBee 无线传感检测终端和 ZigBee 无线协调节点,每一个协调节点和若干个检测终端构成一个星型网络,对本局部环境中的传感器数据进行处理并通过串口将数据发送给嵌入式中继平台。Web 监控平台和嵌入式中继平台之间采用 SNMP 通信,实现对室内有害气体浓度的实时检测、分析预警和远程监控功能。

2 基于 ZigBee 的室内有害气体在线监控系统的设计与实现

2.1 气体传感器前置放大电路的设计

在室内有害气体检测领域中,电化学气体传感器的输出信号非常微弱,需经放大电路对其放大之后再进一步的处理。图 3 给出了气体传感器前置放大电路的框图。气体传感器的输出信号一般在 mV 级别,因此放大过程中存在着噪声等问题,通常的放大电路抗干扰能力较差,共模抑制比较低,而能克服这些问题的放大电路,往往设计复杂、成本昂贵。

本方案所设计的气体传感器前置放大电路^[10]原理图如图 4 所示,主要包括射极跟随器、电桥电路、放大电路、滤波电路,其中射极跟随器、电桥电路接收前级电路(气体传感器输出电路)输出的信号,经阻抗变换处理后输出至放大电路,放大电路对信号进行放大,输出至滤波电路,滤波电路对信号进行过滤,输出

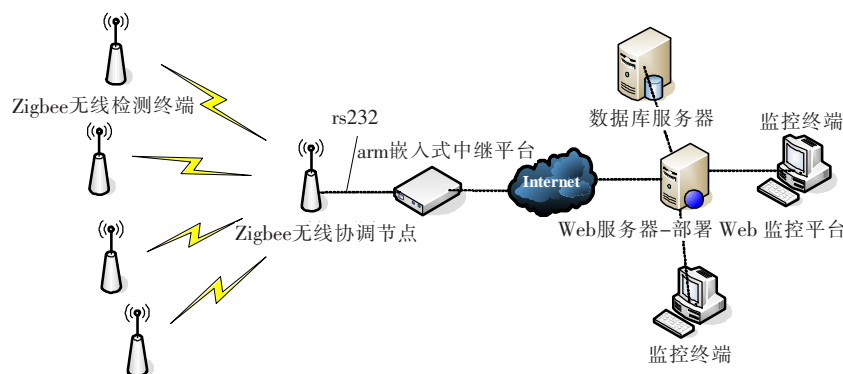


图 2 室内有害气体在线监控系统结构图

Fig.2 Online monitoring system for indoor harmful gas charts

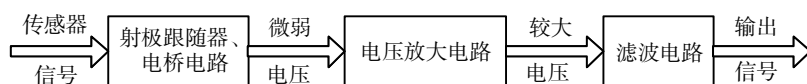


图 3 气体传感器前置放大电路的总体实现框图

Fig.3 Implementation block diagram of the gas sensor preamplifier circuit

至下一级电路,整个电路使用的元器件较少,且易购得,具有结构简单、性能优良、价格低廉的特点,适合于气体传感器以及其他传感器的信号处理。

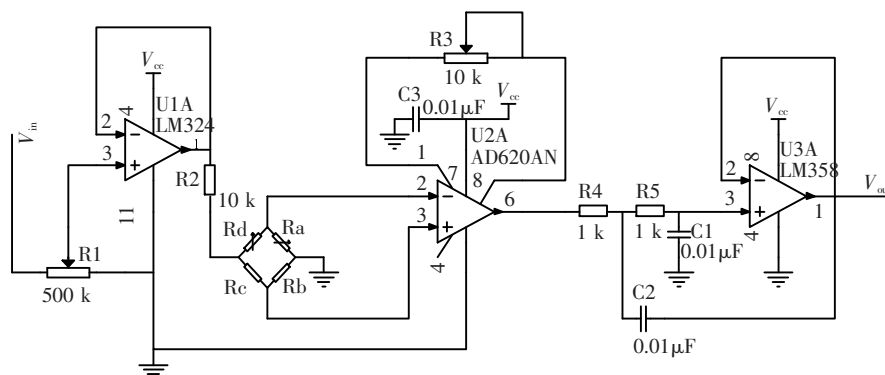


图 4 气体传感器前置放大电路的电路原理图

Fig.4 Schematic diagram of gas sensor preamplifier circuit

2.2 ZigBee 无线传感检测模块设计

ZigBee 无线传感检测模块的硬件由气体传感器模块、微信号处理模块、无线通信模块和能量供应模块 4 个部分组成^[11],如图 5 所示。气体传感器模块负责监测区域内有害气体浓度并将其转换为微弱的电压信号;微信号处理模块负责将气体传感器模块输送来的微弱电压信号经放大、滤波、降噪、A/D 转换之后,输送给无线通信模块;无线通信模块负责与其他传感器节点进行无线通信,交换控制消息和收发采集数据;电源供应模块为整个无线检测模块提供运行所需的所有电源。

气体传感器模块由电化学传感器及相应的模组组成,具体根据室内环境情况,可以选用 CO、氨气、甲醛、氯气等专用的电化学传感器。无线通信模块核心使用博讯 JN5121 无线传感器模块,是基于 Jennic 的 JN5121 无线微处理器芯片开发的。设备集成了 32 位 RISC 核心以及完全兼容 2.4 GHz IEEE802.15.4 的收发器、集成 64 kb ROM 和 96 kb RAM; JN5121 使用硬件 MAC 和高度安全的 AES 加密加速器保证了低功耗和处理器的最小工作负荷。集成的休眠振荡器和节电功能可以保证系统的低功耗。

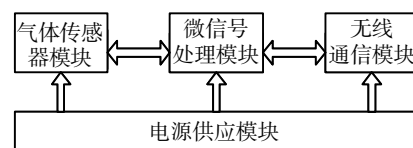


图 5 ZigBee 无线传感检测模块硬件结构

Fig.5 Hardware structure of ZigBee wireless sensor module

2.3 嵌入式 SNMP 代理设计及串口守候进程设计

进行嵌入式 SNMP 代理的设计,首先是建立嵌入式开发环境.本文采用杭州立宇泰电子 ARM-SYS2410-B 开发板作为嵌入式开发平台,嵌入式操作系统采用 Redhat linux 2.6.15 内核版本.宿主机环境采用普通 PC 机并安装 Redhat AS 5.4 操作系统,交叉编译环境采用开发板自带的 CROSS-2.95.3.在软硬件安装调试好后,还需进行交叉编译环境的安装、bootloader 的固化、嵌入式 linux 的移植^[12,13]等操作,可参照设备相关的技术文档进行.

SNMP 代理的功能是响应网络管理者的请求或向网络管理者报告异常,即当网络管理者向代理发送 Get/GetNext/Set/GetBulk 请求时,代理将根据请求的操作类型执行相应的操作并对管理者进行响应.

本文 SNMP 代理的开发采用了 Net-SNMP 源码包,要完成室内有害气体检测功能需在此源码的基础上进行扩展,功能扩展一般都要经过编写 MIB 库文件、生成 C 文件、编译连接生成可执行的 SNMP 代理程序等步骤^[14].由于 SNMP 代理是在 ARM 开发板上实现的,ARM 开发板与 ZigBee 无线传感网络之间通过串口连接,因此,在 SNMP 代理端还需一个串口守候程序来实现与 ZigBee 无线传感网络间的通信.

串口守候进程的任务是完成无线传感网络数据与代理服务程序之间的交互,实现代理服务程序对无线传感网络的管理以及信息的采集.串口守候进程驻守在 ARM 目标板中,定时读取用于控制无线网络终端的参数文件,并通过串口将网络管理者的指令发送到 ZigBee 无线传感网络协调节点,协调节点再将信息转发至目标节点,完成对无线网络终端的控制. ZigBee 终端节点将采集到的参数信息通过无线传感网络发送到协调节点,协调节点再将参数信息通过串口发送至 ARM 目标板,这时串口守候进程收到协调器节点发来的信息后将信息写入相应的参数文件,以供代理服务程序读取反馈给网络管理者.

2.4 Web 监控平台设计

本文的 Web 端监控平台部分在实现过程中采用 J2EE 技术进行开发,表示层采用 JSP 页面,业务逻辑层采用 Struts 架构,数据库访问采用 Hibernate,使系统业务逻辑层更加可靠. SNMP 通信模块使用了开源的 AdventNetSNMP API 类库. AdventNetSNMP API 是 AdventNet 公司提供的 SNMP 软件包,它遵守 Internet 的 RFC 规范,支持 SNMPv1、SNMPv2 和 SNMPv3.该平台支持 HTTP、RMI 和 CORBA 等标准,并提供了不同级别的开发库^[15].本文在实现过程中采用了较高层次的 API 而不需关心具体的 SNMP 通信细节,从而简化了程序的开发过程.

表 1 代理设备信息
Table 1 Proxy device information

代理所在单位	代理所在地	代理 IP 地址	代理描述
马鞍山职业技术学院	安徽马鞍山市	172.16.106.41	智能 robot 实验室代理
马鞍山职业技术学院	安徽马鞍山市	172.16.106.47	ARM 实验室代理
安徽工业大学	安徽马鞍山市	172.16.106.251	嵌入式系统实验室代理

SNMP 通信的好处在于当网络管理者(SNMP 协议中将通信角色分为网络管理者和被管理节点)在和 SNMP 代理通信时,并不需要知道 SNMP 数据包的装包和拆包过程,也不需要知道 SOCKET 通信过程,只需要知道代理的 IP 地址以及无线网络终端的 OID 号,其中 OID 号为对象标识,即 SNMP 管理中每一个被管理设备都需要有一个对象标识,即可惟一确定一个终端节点,进而获得该终端节点的数据信息.如表 1、表 2 所示,若需查询 ARM 实验室 SNMP 代理下 2 号终端的 CO 气体浓度信息,就可通过相应代理的 IP 地址以及终端的 OID 号向代理发送 Get 请求即可.

表 2 被管理对象信息
Table 2 Managed object information

代理 IP 地址	对象 OID	对象描述	对象类型
172.16.106.251	1.3.6.1.4.1.8072.2.1.1.0	1 号终端 CO 浓度	气体浓度
172.16.106.251	1.3.6.1.4.1.8072.2.1.2.0	1 号终端甲烷浓度	气体浓度
172.16.106.251	1.3.6.1.4.1.8072.2.1.3.0	2 号终端 CO 浓度	气体浓度
172.16.106.251	1.3.6.1.4.1.8072.2.1.4.0	2 号终端甲烷浓度	气体浓度

在整个室内有害气体在线监控系统中,Web 监控平台的优势在于,通过 B/S 架构,用户可在联接公共互联网的任何一台计算机上,使用通用浏览器调取信息处理中心服务器上所保存的数据,查询某指定代理

下的某终端上某气体传感器的实时数据. 用户在 Web 监控平台上还可进行代理信息、无线终端数据添加、删除以及修改操作、代理 IP 与终端 OID 号的绑定操作、有害气体浓度历史数据查询、以及报警条件的设置等一系列的操作, 从而实现远程在线监控.

3 实验测试

实验采用 3 个 ZigBee 无线传感检测模块组成一个局部无线传感检测网络, 其中 1 个模块作为 coordinator(协调节点), 其余 2 个模块作为 router(终端节点), 在 ARM 开发板上部署 SNMP 代理和串口守候进程, ARM 开发板与 ZigBee 协调节点之间通过串口连接, 如此建立一个代理. 在 Web 监控平台中添加该代理, 代理 IP 为 172.16.106.251, 并为代理的终端节点绑定相应的 OID 号, 保存到数据库之后, 即可对整个局部无线网络环境中的有害气体浓度进行实时监控. 图 6 所示为查询嵌入式系统实验室代理的终端状态以及 2 号终端 CO 气体浓度的实时状态曲线.



图 6 Web 监控平台运行效果图

Fig.6 Running effect chart of Web monitoring platform

实验结果表明, 系统数据处理效率理想, 系统稳定性较好. 本文方案可有效地对局部无线网络中的数据进行实时采集和监控, 初步实现对室内有害气体在线监控的目的.

4 结语

本文所研究的主要工作是基于 ZigBee 的室内有害气体在线监控系统的设计与实现, 提供了一种气体传感器前置放大电路设计方案, 并通过 ZigBee 无线传感网络的方式实现了对室内有害气体的实时监控, 在环境监控以及局部无线网络数据采集等应用方面具有一定的参考价值.

[参考文献] (References)

- [1] 张国胜, 杜坚, 杨志明. 室内有害气体检测及处理方法研究[J]. 仪器仪表用户 2010(3): 1-2.
Zhang Guosheng, Du Jian, Yang Zhiming. The research of indoor harmful gas detection and treatment[J]. Electronic Instrumentation Customer 2010(3): 1-2. (in Chinese)
- [2] 李祖斌, 姜建伟, 文峰. 可燃易爆有害气体报警器自动检定装置的研制[J]. 中国测试技术 2008, 34(4): 84-87.
Li Zhubin, Jiang Jianwei, Wen Feng. Development of automatic verification instrument for flammable and explosive gas detection alarm[J]. China Measurement & Testing Technology 2008, 34(4): 84-87. (in Chinese)
- [3] 李建中, 高宏. 无线传感器网络的研究进展[J]. 计算机研究与发展 2008, 45(1): 1-15.
Li Jianzhong, Gao Hong. Survey on sensor network research[J]. Journal of Computer Research and Development 2008, 45(1): 1-15. (in Chinese)
- [4] Chong Chee-Yee, Kumar Srikanta P. Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges[J]. Proceedings of the IEEE, — 78 —

- 2003 ,91(8) : 1 247-1 256.
- [5] Shih E , Cho S , Ickes N , et al. Physical layer driven protocol and algorithm design for energy-efficient wireless sensor networks [C]// ACM Annual Int'l Conf on Mobile Computing and Networking(MOBI-COM) . Rome , 2001.
- [6] ZigBee Alliance. ZigBee Document 053474r06 , Version 1. 0. ZigBee Specification[S]. San Ramon: ZigBee Alliance , 2004.
- [7] 王东 张金荣 魏延 ,等. 利用 ZigBee 技术构建无线传感器网络[J]. 重庆大学学报:自然科学版 2006 29(8) : 95-97.
Wang Dong , Zhang Jinrong , Wei Yan , et al. Building wireless sensor networks(WSNs) by Zigbee technology [J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition , 2006 29(8) : 95-97. (in Chinese)
- [8] Case J D , Fedor M S , Schocstall M L , et al. Simple network management protocol(SNMP) [C]//RFC1157. California: Internet Engineering Task Force , 1990.
- [9] Ruiz L B , Nogueira J M , Loureiro A A F. MANNA: A management architecture for wireless sensor networks[J]. IEEE Communications Magazine 2003 41(2) : 116-125.
- [10] 张千峰 张辉宜 储向峰 ,等. 气体传感器的放大电路: 中国 , CN201976074U [P]. 2011-09-14.
Zhang Qianfeng , Zhang Huiyi , Chu Xiangfeng , et al. Gas sensor amplifier circuit: China , CN201976074U [P]. 2011-09-14. (in Chinese)
- [11] 邵楠 谢坚 卢选民. 无线传感器网络煤矿检测系统的设计与实现[J]. 计算机测量与控制 2011 19(3) : 546-548.
Shao Nan , Xie Jian , Lu Xuanmin. Design and implement of medium access control in coal mine monitoring system based on wireless sensor network [J]. Computer Measurement and Control 2011 19(3) : 546-548. (in Chinese)
- [12] 宋凯 严丽平 甘岚 ,等. ARM Linux 在 S3C2410 上的移植[J]. 计算机工程与设计 2008 29(16) : 4 138-4 140.
Song Kai , Yan Liping , Gan Lan , et al. Porting ARM Linux to S3C2410 [J]. Computer Engineering and Design , 2008 29 (16) : 4 138-4 140. (in Chinese)
- [13] 张辉宜 沈晖 陶永. 嵌入式数据融合系统的设计与实现[J]. 计算机工程与应用 2011 47(2) : 65-67.
Zhang Huiyi , Shen Hui , Tao Yong. Design and implementation of data fusion system based on embedded framework [J]. Computer Engineering and Applications 2011 47(2) : 65-67. (in Chinese)
- [14] 葛化敏 杨利清 郑静. 基于 NET-SNMP 的嵌入式网络管理代理的开发[J]. 通信技术 2009 42(11) : 138-140.
Ge Huamin , Yang Lingqing , Zheng Jing. Design of embedded network management agent based on NET-SNMP [J]. Communications Technology 2009 42(11) : 138-140. (in Chinese)
- [15] 毕保祥. 用 AdventNet SNMP API/RMI 实现基于 Web 的网关监视[J]. 计算机工程 2003 29(7) : 119-121.
Bi Baoxiang. Web-based gateway monitoring developed with AdventNet SNMP API/RMI [J]. Computer Engineering 2003 29 (7) : 119-121. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]