

# 基于 ZigBee 技术的实验室环境监测系统

黄 莺

(柳州铁道职业技术学院 电子工程系, 广西 柳州 545007)

**摘要:**研究了基于 ZigBee 技术的实验室环境监测系统,应用于实验室的管理,以便能够在实验室出现异常情况时以最快和最佳的方式发出警报和提供有用的信息。对传感器节点和控制器、ZigBee 主控器、PC 管理监测系统进行了设计和说明,以 CC2530 作为核心处理器,以 ZigBee 无线技术为数据传输手段,利用 C# 软件编写管理系统,将整个系统组成一个无线传感器网络,实现对实验室环境监测。经过测试,该系统实现了监测功能并能正常运行。本系统稍加修改和扩展,可以应用到其他需要监控的地方,具有一定的研究价值和实用价值。

**关键词:**ZigBee; 监测系统; 无线通信; 实验室环境

**中图分类号:**TD993.2    **文献标识码:**A    **文章编号:**1000-8829(2014)10-0109-03

## Laboratory Environmental Monitoring System Based on ZigBee Technology

HUANG Ying

(Department of Electronic Engineering, Liuzhou Railway Vocational Technical College, Liuzhou 545007, China)

**Abstract:** In order to take the fastest and best way to alarm in laboratory abnormality and provide useful information, a lab environment monitoring system based on ZigBee technology is presented, which is used in the laboratory management. The sensor node and controller, ZigBee controller, PC machine management monitoring system are designed and illustrated. The system takes CC2530 as core processor, by means of ZigBee wireless technology for data transfer, and uses C# software for management system. The system is composed of various subsystems to monitor laboratory environment. The system testing result shows that all monitoring functions are realized and work well. The system can be applied to other areas that need to be monitored after being modified and extended, so it has a certain research value and practical value.

**Key words:** ZigBee; monitoring system; wireless communication; lab environment

高校办学规模日益扩大势必需要扩建更多的实验室,但是实验室管理人员却相对紧缺,因此增加了实验室管理人员的工作<sup>[1]</sup>。传统的实验室管理和监控方案中监测点采用的以有线设备居多,成本比较高,布线比较复杂、过程繁琐、维护成本较高,造成系统的可扩展性和移动性能较差<sup>[2-3]</sup>。实验室的环境会影响或损坏到实验设备的工作性能,尤其对贵重设备影响最大,干扰正常的教学秩序,并给学校带来直接经济损失。实验室的防盗和安全更是实验室安全工作的重中之重<sup>[4]</sup>。因此,实验室环境监测技术和系统对实验室的建设有重大的意义。随着计算机技术、控制技术和网

络通信技术的发展,监控管理技术也在不断发展<sup>[2]</sup>。ZigBee 技术是一种距离短、复杂度低、成本低、功耗低的用于组建无线传感器网络的新生技术,主要应用于自动控制和远程控制领域<sup>[5]</sup>。为了能实时地监测到实验室各种环境状况,及时发现实验室出现的异常情况,笔者从无线传感器网络概念出发,应用近距离的无线通信技术,研究了基于 ZigBee 技术的实验室环境监测系统,应用于实验室的管理,以便能够在实验室出现异常情况时以最快和最佳的方式发出警报和提供有用的信息,从而能够更加有效地协助安全人员处理危机,并最大限度地降低误报和漏报现象,实现实验室长期持续性监测和实时监控<sup>[6]</sup>。

## 1 系统的硬件设计分析

按照设计的要求,整个系统由多个传感器、控制器、ZigBee 主控器、个人 PC 机和配套的软件系统等组

收稿日期:2013-09-30

基金项目:2013 年度广西高校科学研究项目(22013LX233)

作者简介:黄莺(1980—),男,广西武宣人,壮族,硕士,副教授,主要研究领域为智能检测与控制技、物联网技术。

成。传感器节点由传感器、处理芯片及通信模块组成,主要有人体传感器、温湿度传感器、光照传感器、火焰传感器和可燃气体传感器等。控制器主要是由主芯片、继电器电路、接收通信模块组成,主要用于控制空调、电动窗帘、风扇和报警器等设备。ZigBee 主控器负责网络的建立维护和数据的中转,主要任务是为各个传感器分配地址,建立和维护网络;完成和各个传感器节点间的信息的交换和通信;通过串口通信完成与个人 PC 机之间的通信。个人 PC 机是整个系统的管理中枢,安装有监测管理软件,可以实时监测各个数据并显示。同时,管理软件可以设置数据的范围,当采集数据超过设置范围数值时,发生报警并通过各个控制器打开相应的设备。当工作人员不在现场时,管理员可通过 Internet 实现远程监测<sup>[7]</sup>。系统的整体结构如图 1 所示。

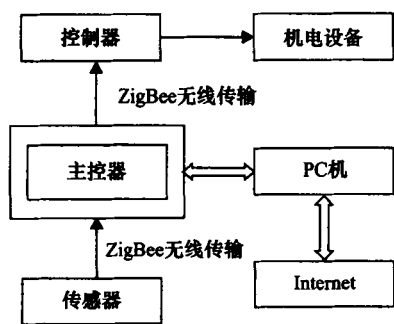


图 1 系统整体框图

## 2 系统的软件设计分析

软件的设计主要由传感器节点软件、控制器节点软件、ZigBee 主控器软件 and 上位机管理软件组成,其中传感器节点软件、控制器节点软件、ZigBee 主控器软件采用 C 语言编程实现,上位机管理软件采用 C# 软件完成,各个软件的实现采用标准的模块化,方便维护、扩展和升级管理等。

### 2.1 传感器和控制器的实现

传感器节点和控制器都是采用 CC2530 作为处理器。在编程过程中,设置了 ZigBee 的频道(RF\_CHANNEL)、网络 id(PAN\_ID)、主控器地址(COORD\_ADDR)、传感器地址(SENSOR\_ADDR)、继电器地址(RELAY\_ADDR)以及传感器的类型(SENSOR\_TYPE),其中 SENSOR\_TYPE 中取值 0~6,分别表示 0(光电传感器)、1(温湿度传感器)、3(火焰传感器)、4(CO 传感器)、5(可燃传感器)、6(人体传感器)。传感器发送数据格式如表 1 所示。

编写好相应的程序后,把传感器程序烧录进对应的传感器模块,把继电器程序烧写文件烧录进继电器模块中。

表 1 传感器发送数据格式表

数据符号	数据格式说明
0xFF 0xFD	固定数据头 (2B)
Type	发送数据类型 (1B)
len	发送数据长度 (1B), 数据长度不包含固定头、数据类型、校验位
DATA0-DATAn	发送的数据 (nB)
Checksum	送数据校验和 (1B), 校验和为所有数据相加的低 8 位

### 2.2 ZigBee 主控器的实现

ZigBee 主控器进行点对点通信地址设置,主要包括 ZigBee 的频道(RF\_CHANNEL)、网络 ID(PAN\_ID)、主控器地址(COORD\_ADDR)、传感器地址(SENSOR\_ADDR)、继电器地址(RELAY\_ADDR),数值分别为:频道 11~26, 0x1234, 0x5677, 0x1348, 0x6090。初始化结束后,ZigBee 主控器进入接收或发送信息的流程。ZigBee 主控器作为一个重要信息中转站,发送数据格式与传感器节点和控制器发送数据格式相同,具体如表 1 所示。

### 2.3 PC 机管理监测系统的设计实现

#### 2.3.1 PC 机管理监测系统

管理监测系统使用 C Sharp 进行编程,界面简洁、形象直观。利用这个系统软件可以实时监测实验室环境各个参数数值,并可以根据实际情况设置环境参数的数值范围。同时,系统与后台计算机进行连接,可以记录历史报警的相关信息。另外,如果设置此台计算机为服务器,其他用户可以通过相应的用户名和密码通过 Internet 网络访问监测管理系统,进行相关信息的查询和操作。除此,该管理监测系统还可以通过串口通信把相关的报警信息发送到安装在实验室外面的 LED 点阵显示屏,以便能够在实验室出现异常情况时以最快和最佳的方式发出警报和提供有用的信息。

本系统中的 ZigBee 采用点对点的通信方式。系统上电后,主控器进行搜索并寻找合理的信道,完成系统初始化和建立网络的任务。各个传感器节点通电后,扫描信道,寻找主控器,并加入到主控器网络中。加入网络后,则开始采集环境数据,传输给主控器,主控器接收各个节点的数据,判定其格式正确后,将其传输给 PC 机。主控器的流程图如图 2 所示。

PC 机在接收到信息后,首先要对数据的格式进行分析,判定数据格式正确后,确定是哪个传感器的数据,然后进行数据处理,计算结果。把结果与设定的数值进行比较,如果不在设置数值范围内,就在软件界面上报警,并把报警信息通过串口发送到主控器,主控器再转发到控制器,驱动机电设备工作,同时在软件界面上显示数据结果。具体的流程图如图 3 所示。

#### 2.3.2 主控器数据发送格式

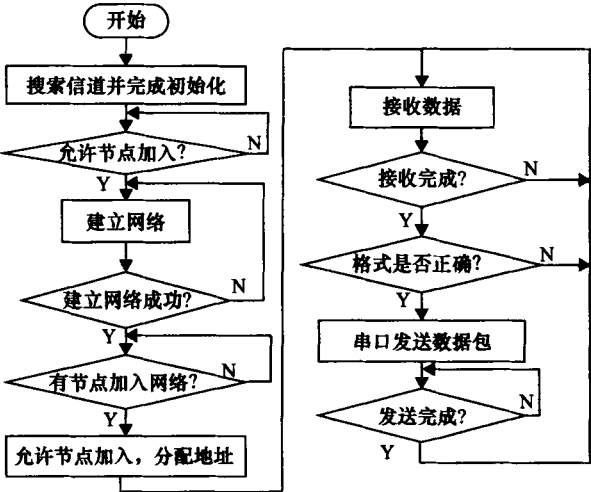


图2 主控器流程图

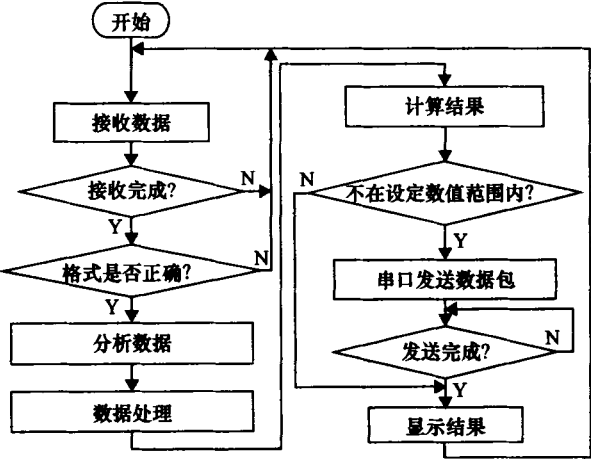


图3 PC 机数据处理流程图

PC 端设置好发送的数据后, 发送到 ZigBee 主控器, 接收到 PC 端口发送过来的数据, 转发到控制器节点, 实现控制设备的目的。

发送的格式如下:

FA FB 06 01 00 00 00 00 00 00(Byte1 ~ Byte11)

具体说明如表 2 所示。

表 2 主控器数据发送格式

字节	数据格式说明
Byte1 ~ Byte2	主控端数据发送控制继电器命令的固定头固定数据头 (0xFF 0xFD)
Byte3	主控端数据发送对象 (1B) 06 为发送命令给继电器 1, 07 为发送命令给继电器 2 08 为发送命令给继电器 3, 09 为发送命令给继电器 4 0A 为发送命令给继电器 5, 0B 为发送命令给继电器 6
Byte4	发送给继电器的命令内容 01 为开启继电器输出 DC1 02 为关闭继电器输出 DC1
Byte5 ~ Byte11	全部保留 00

因此要控制继电器, 先要选中要发送的对象 (Byte3), 再发送命令内容 Byte5。

打开继电器数据格式如下:

open1 = { 0xfa, 0xfb, 0x06, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };

关闭继电器数据格式如下:

close1 = { 0xFA, 0xFB, 0x06, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };

2.3.3 主控器数据接收格式

传感器把数据发送到 ZigBee 主控器, ZigBee 主控器接收数据后再通过串口转发到 PC 机, 实现与 PC 机的信息通信。发送的格式如下:

FF FD 00 04 30 30 00 00 HH HH HH(Byte1 ~ Byte11)

具体说明如表 3 所示。

表 3 主控器数据接收格式

数据符号	数据格式说明
FF FD (Byte1 ~ Byte2)	传感器端数据发送的固定头
00 (Byte3)	数据类型的标识 00 为光电测测器的数据, 01 为温湿度测测器的数据 02 为湿度测测器的数据, 03 为火焰测测器的数据 04 为酒精测测器的数据, 05 为可燃测测器的数据
04 (Byte4)	数据长度 (统一为 04)
30 30 00 00 (Byte5 ~ Byte8)	传感器数据
HH HH (Byte9 ~ Byte10)	保留
HH(Byte11)	Byte1 ~ Byte8 校验值 (相加取低 8 位)

以温湿度采集为例, C#实现代码如下:

```
while (Port. ReadByte() == 0xff & Port. ReadByte() == 0xfd) //传感器端数据发送的固定头
{
    List<byte> list = new List<byte>(); //建立数据组
    int temp = Port. ReadByte();
    if (temp == 0x01) //01 为温湿度传感器
    {
        for (int i = 0; i < 8; i++)
        {
            list. Add((byte)Port. ReadByte()); //接收数据
        }
        temp1 = list. Skip(1). Take(4). ToArray(); //提取传感器数据
        wendu = (temp1[1] + temp1[0] * 10) / 10; //对温度进行转换
        humi = (temp1[3] + temp1[2] * 10) / 10; //对湿度进行转换
        SensorEvent( sender, new SensorData { Wendu = wendu, Humi = humi });
    }
}
```

3 系统的测试

根据设计的要求, 系统设计完成并搭建, 在实验室做了相应的实验和相关的测试, 系统测试结果说明, 系统实现相应功能, 成功读取相应的环境数据。当读取

(下转第 115 页)

况、是否有障碍物及转速信息;接收线程接收小车发送的图像及传感器状态数据;发送线程用于发送操作命令。当接收端可读数据长度等于 40 B 时为小车状态数据,发送信号通知主线程更新小车状态;大于 40 B 为图像数据,读取完整一帧图像数据,发送信号通知主线程开始绘图,客户端界面如图 3 所示。发送信号函数为 `emit state_update_signal()`。



图 3 客户端界面

## 4 测试结果

采用单线程方式从采集图像到处理完毕需要 200 ms,采用多线程方式提高了 CPU 的利用率,处理时间仅为 100 ms,效率提高了一倍。测速传感器利用中断方式较轮询方式大大降低了 CPU 利用率。小车控制线程周期为 100 ms,能够及时作出反应,处理器根据 PID 调节和快速设置 PWM 值,转弯时利用 PID 调节及设置车轮正反转,使行驶更加顺畅。通过读避障传感器引脚的值,可以判断是否有障碍物,及时做出反应。

QT 客户端采用多线程方式画面更加清晰流畅,很好的反映了小车运行状态,方便对小车进行控制。

## 5 结束语

本系统以 ARM11 处理器作为控制核心,采用 CMOS 图像传感器降低了成本,实现了图像导引。图像处理采用多线程处理方式缩短了处理时间,提高了小车反应速度。通过测速传感器、PID 调节、PWM 设置,很好地实现了小车的速度及方向控制。避障传感器保障小车运行安全。客户端能够实时监控小车运行情况。通过大量实验证明,小车自动导引效果良好,小车响应速度快,行驶灵活,可靠性高。

### 参考文献:

- [1] 卢冬华. 计算机控制自动导向小车 (AGV) 的设计与实现 [D]. 上海:上海交通大学,2006.
- [2] 吴文平. 基于视觉反馈的智能小车控制系统研究 [D]. 成都:电子科技大学,2012.
- [3] 郭健,孙青,黄霞. 基于嵌入式控制系统的视觉导引自动小车设计 [J]. 测控技术,2012,31(7):38-41.
- [4] 陈超,叶庆泰. 基于图像引导的自动导引小车系统设计 [J]. 机械设计与研究,2004,20(1):65-67.
- [5] 赵庆松,苏敏. 基于 ARM 的直流电机调速系统的设计与实现 [J]. 微计算机信息,2007,23(2):173-175.
- [6] 董宗祥,石红瑞,杨杰. 嵌入式智能小车测控系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制,2010,18(2):357-359.
- [7] 陈峰,郭爽,赵欣. 基于 QT 和嵌入式的视频监控系统 [J]. 通信技术,2011,44(10):109-111.

□

(上接第 111 页)

的温度、湿度、光照强度数值在设置的范围内,后面提示是正常的信息,而可燃气体、二氧化碳的数值不在设置的数据范围内,提示的是异常信息。当有火焰靠近火焰传感器、人体靠近人体红外传感器时,系统中的火焰感测、人体感应就会提示有火、有人信息,反之提示无火、无人信息。当出现异常情况时,安装在实验室外面的 LED 点阵大屏幕会显示相应的报警信息。

## 4 结束语

设计了一种基于 ZigBee 技术的实验室环境监测系统,介绍了整个系统的整体硬件架构和各个传感器节点、控制器、ZigBee 主控器以及管理监测系统等各个软件设计与实现。对所开发的系统进行了测试,基本上都完成了预期的功能,各个节点和管理监测系统都能可靠和稳定地运行,达到了系统的要求。设计的系统结构简单、操作快捷、功能稳定、实现成本较低,在此

系统基础上可以稍加修改和扩展,就可推广应用到其他需要监控的地方,具有一定的研究价值和实用价值。

### 参考文献:

- [1] 步春媛,徐大华. 智能实验室监控系统的设计 [J]. 实验技术与管理,2007,24(7):145-147.
- [2] 蒋耘晨. 基于校园网和 ZigBee 技术的实验室监控管理系统 [J]. 实验技术与管理,2010,27(7):104-106.
- [3] 杨顺,章毅,陶康. 基于 ZigBee 和以太网的无线网关设计 [J]. 计算机系统应用,2010,19(1):194-197.
- [4] 于宝堃,许国,胡瑜,等. 基于 GPRS 的实验室监测系统 [J]. 电子设计工程,2010,18(2):7-11.
- [5] 关学忠,姜南,王一群,等. 基于 ZigBee 技术的多点温度监测系统的设计 [J]. 自动化技术与应用,2011,30(10).
- [6] 盛希宁,顾济华. 基于 ZigBee 无线传感器网络的实验室监控系统设计 [J]. 电子工程师,2007,33(9):67-70.
- [7] 莫小锦,周严. 基于射频技术与无线网络的温湿度远程监测系统 [J]. 传感技术学报,2011,24(10):1501-1505.

□