

# 利用 ZigBee 技术构建电器智能管理系统

罗廷金,张 军,徐 伟

(国防科学技术大学 信息系统与管理学院,湖南 长沙 410073)

**摘要:** 针对大场所电器管理自动化应用需求,设计实现了基于 ZigBee 电器智能管理系统,使用户能够通过简单的短信指令,方便快捷地实现电器远程控制;并以实验室为平台对系统功能进行调试分析,提出了一种基于 CC2430 和 MSP430 的双 CPU 架构拓展模式和中继通信传输模式方案。对系统的可靠性和稳定性设计进行了改进和完善,使系统具有更好的应用前景。

**关键词:** ZigBee; 红外遥控; 远程控制; 信号处理; 物联网

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)06-0050-04

## ZigBee-based intelligent management system for electrical appliances

Luo Tingjin, Zhang Jun, Xu Wei

(Information System and Management College, National Defense University of Science and Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** The intelligent management system for electrical appliances based on ZigBee wireless technology is designed for the wide-ranging management like some public places in this paper. The system is able to make the user remote control the electronic devices' working statues by a simple SMS message. And then we constructed the prototype system based on the laboratory platform to test and analyse its functions and proposed a plan which is expansion method by Dual-CPU architecture based on CC2430 & MSP430 and communication mode using relay nodes to transport data, to develop system's reliability and scalability and be convenient for the system maintenance in the future. What's more, the system has better application prospect.

**Key words:** ZigBee; infrared remote control; remote control; signal processing; IoT

在提倡节约型社会、注重节能环保的今天,人们不断追求家庭生活和公共场所资源管理的合理化和智能化,希望能用尽可能少的人力物力对办公楼用水用电进行有效管理,享受智能节能的办公生活,于是智能家电管理系统<sup>[1]</sup>应运而生。

对于现有的家用电器节电管理系统,最常用的方法是雇佣专人定时巡查。对于办公楼和居民区等大型场所的管理将会耗费大量的人力物力,而且管理人员必须到现场才能准确及时地发现用电问题。为了准确控制用电设备,设计了基于电路检测的电气控制系统。该方法能够让了解耗电情况并可加以控制,但这种技术工艺复杂,而且针对现有建筑,需要重新布线,加大了改造成本。考虑到有线监控的局限性,基于红外技术或蓝牙技术<sup>[1]</sup>的遥控开关解决了这一问题。但蓝牙通信距离仅为 10 m,很难满足大范围统一控制和管理需求;红外则只能沿直线近距离传播,对环境的适应性不好,而且扩展性较差,限制了系统大范围的应用推广;基于 WiFi 的管

理系统成本又太高,电器管理控制指令数据量较小,造成带宽的极大浪费,因此不适合实际应用需求。

ZigBee 技术<sup>[1-2]</sup>是一种具有技术标准的短距离无线通信技术,其 PHY 层和 MAC 层协议基于 IEEE802.15.4 协议标准,适合于自动控制和远程控制传感器数据传输。同时 ZigBee 网络节点采用分层管理机制,可组成具有 65 536 个节点的大型网络;每个 ZigBee 节点还可与多达 31 个的传感器直接连接,进行数据采集与监控或数据自动转发,拓展了系统管理范围。功耗低、成本低、时延短、网络容量大、传输可靠、应用简单和安全的特点使得 ZigBee 无线通信技术<sup>[3]</sup>成为电器管理系统的首要选择。

南忠良等人<sup>[1]</sup>设计实现的基于 ZigBee 通信技术的智能家居系统主要针对小区用户的环境安防和门禁系统等应用,缺乏对现有电器设备控制优势的有效利用,例如空调控制应该与红外相结合;陈智杰等<sup>[3]</sup>将 MCF52235 高性能微控制器与 ZigBee 相结合设计实现的家庭智能控制器,主要实现了家用水表和电表的控制和监测,子

## 网络与通信 Network and Communication

节点间不进行组网通信,仅局限于单一用户的电器智能管理。本文在考虑家用电器现状的基础上,有效利用 ZigBee 组网优势,设计实现了大范围的电器自动化管理与控制,同时结合了 GSM 网络,为用户的管理和控制提供方便。

本文在分析 ZigBee 无线传感器网络的特点和关键技术的基础上,针对现有的雇佣专人定时巡查、基于 WiFi、红外及蓝牙技术等家用电器管理系统的缺点和不足,提出一种低功耗的可靠的无线解决方案。该方案通过基于 ZigBee 传感器网络节点组网通信,及时反馈电器设备的状态和环境参数等信息,并根据预先定义的规则进行电器设备管理,实现节能省电、安全用电以及智能化管理目标。

### 1 ZigBee

ZigBee<sup>[2]</sup>是一种短距离、低功耗、低速率和低成本的无线网络技术,主要用于近距离无线通信。它依据 IEEE 802.15.4 标准<sup>[4-5]</sup>,实现了数千个微小传感器之间的相互协调通信。ZigBee 具备强大的设备联网功能,支持 3 种主要的自组织无线网络类型,具有很强的网络健壮性和系统可靠性,如图 1 所示。



图 1 自组织无线网络类型

如表 1 所示,与其他无线通信技术相比,ZigBee 的优势在于功耗低、价格便宜,适合应用于低速率短距离的传感器和控制网络中。本文所描述的大范围电器网络管理应用的正是 ZigBee。

表 1 ZigBee 与其他无线网络标准对比

市场名	WiFi™	Bluetooth™	ZigBee™
标准名	802.11b	802.15.1	802.15.4
应用	Web、图像	电缆的替代品	监测、控制
资源	1 MB+	250 KB+	4 KB~32 KB
电池寿命/天	0.5~5	1~7	100~1 000+
网络大小	32	7	255~65 000
传输距离/m	1~100	1~10	1~100+
特性	速度快、灵活	价格便宜	功低耗、成本低

### 2 基于 ZigBee 电器智能管理系统

#### 2.1 系统总体架构

基于 ZigBee 的电器智能管理系统主要由以下几部分组成:一个控制中心用于分析处理数据和组网控制;一个数据采集节点,用于采集室内温度、光强度和 CO<sub>2</sub> 浓度等信息以及电器工作状态信息;电器控制模块,包括红外开关节点、电源控制节点和总闸控制节点,用于实现相应的电气设备工作状态控制。系统总体框架设计如图 2 所示。

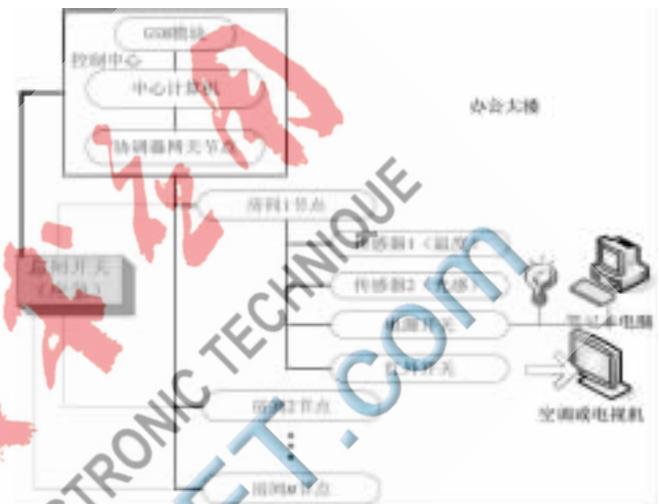


图 2 基于 ZigBee 的智能电器管理系统总体框架结构图

本系统中,传感器节点采集室内环境温度、光强度和各个电器设备工作状态等参数,并将数据传回控制中心,控制中心进行相应的数据处理,判断电器设备用电状态是否合理;当出现过度浪费现象时,系统会立即给用户发送提醒短信。用户根据短信提示发送相应操作控制命令,控制中心收到并解析用户命令,并将命令转发给控制节点,完成相应的控制操作;完成控制任务后,控制中心将当前电器设备工作状态及时反馈给用户。当发生火灾等紧急情况需要及时断电时,用户可以用手机远距离发送控制命令实现断电,保证了人身安全,同时防止意外事故影响扩大。

#### 2.2 控制中心

控制中心负责用户指令解析、数据处理和节点控制命令发送,由 1 台 PC 机、GSM 模块和协调器组成,如图 3 所示。PC 机主要负责数据的存储以及命令解析和管理软件运行;协调器由 1 个 CC2430/31 芯片和 USB-RJ232 串口线组成,主要负责 ZigBee 网络建立、与数据采集节点和控制节点绑

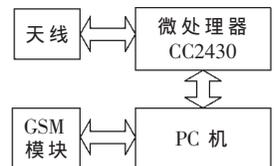


图 3 控制中心结构框图

定、完成对环境数据的采集和电器设备工作状态控制,经 USB-RJ232 串口送到控制中心的 PC 机进行处理和显示;GSM 模块主要负责接收用户短信,并将用户反馈信息上传给 PC 机。

## 网络与通信 Network and Communication

本文基于 MicroSoft Visual C++ 6.0 和 GSM AT 指令集开发了系统管理软件,在 PC 机上运行,对协调器和 GSM 模块传回数据进行分析 and 决策,并将决策转换为指令发送给协调器,实现对电器的智能化控制。同时利用中继接力传输模式,在无线传感网络<sup>[5]</sup>中加入中继节点进行数据接力传递,不仅可以提高数据传输的可靠性,同时拓宽了中心节点控制范围和无线传感网络节点覆盖范围,拓展了系统管理范围。

### 2.3 数据采集节点

#### 2.3.1 DS18B20

DS18B20 型单线智能温度传感器是 DALLAS 半导体公司生产的新一代适配微处理器的智能温度传感器,具有体积小、接口方便、传输距离远等特点。

DS18B20 内部结构主要由 4 部分组成:64 位光刻 ROM、温度传感器、非挥发的温度报警触发器 TH 和 TL、高速暂存器。DS18B20 高速暂存器共有 9 个存储单元,其中第 0 号和第 1 号存储单元分别为温度数据的低字节和高字节。DS18B20 采用单总线专用技术,既可通过串行口线,也可通过其他 I/O 口线与微机接口,无须经过其他变换电路,直接输出被测温度值;其测温范围为  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,测量分辨率为  $0.0625\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

温度传感器的温度数据高低字节存放格式如表 2 所示,计算方式如下:二进制中的前 5 位是符号位,如果实测温度为正,5 位符号位全为 0,实际温度值=(高字节 $\times 256$ +低字节) $\times 0.0625$ ;如果实测温度为负,5 位符号位全为 1,实际温度值=(高字节补码 $\times 256$ +低字节补码) $\times 0.0625$ 。

表 2 温度数据存放格式

高 8 位	S	S	S	S	S	$2^6$	$2^5$	$2^4$
低 8 位	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	$2^{-1}$	$2^{-2}$	$2^{-3}$	$2^{-4}$

#### 2.3.2 数据采集节点设计

数据采集节点<sup>[6]</sup>主要由温度采集节点和光感采集节点组成,主要负责采集环境参数,并通过网络将采集数据传送给控制中心,为电器管理和环境指数监测提供基础数据。

数据采集节点以 ZigBee 的精简功能设备(RFD)为核心,以 15 min 为周期对温度和光感等环境参数进行采集。数据采集节点主要由 CC2430 节点、DS18B20、LM393 及光敏电阻组成。为了实现光亮度监测,通过调节变阻器阻值,设定光亮度阈值,通过 LM393 比较器与阈值比较,判断环境光亮信息。

### 2.4 电源控制节点

#### 2.4.1 TLP521-1 光耦合器

TLP521-1 光电耦合元件 OC(Optical Coupler)是以光作为媒体来传输电信号的一组装置,其功能是平时维持电信号输入、输出间有良好的隔离作用,需要时可以使电信号通过隔离层的传送方式。通过光电耦合元件

将输入与输出隔离,将高压交流电降压到低压交流电输出。

#### 2.4.2 DB107S 整流

DB107S 整流器是一种将交流电转换成直流电的装置或元件。DB107S 整流器为将 AC 转换为 DC 的一组二极管的总称。整流一般分为全桥整流和半桥整流,对应输出为全波整流和半波整流。选择整流桥要考虑整流电路和工作电压以及电阻发热能量和散热。DB107S 整流器属于全桥整流,输出波形如图 4 所示。



图 4 整流波形

#### 2.4.3 固态继电器

固态继电器是一种全部由固态电子元件组成的新型无触点开关器件,它利用电子元件的开关特性,可以无触点无火花地接通和断开电路。固态继电器是四引脚器件,

引脚示意如图 5 所示,图中引脚 5 和引脚 6 为直流电输入端,引脚 3 和引脚 4 为交流电输出端。

图 5 固态继电器

中间采用隔离器件实现输入输出的电隔离,从而实现了弱信号对强电(输出端负载电压)的控制。

#### 2.4.4 电源控制节点设计

电源控制节点的功能是实现针对像空调等大功率用电器工作状态检测和远程控制。电源控制节点主要由 CC2430 芯片、DB107S 整流桥、TLP521-1GB 和固态继电器组成。

CC2430 的引脚只能接收数字信号<sup>[4]</sup>,而家用电器用电都是 220 V 交流电,所以需要交流电转换为低压直流数字信号。通常交流电转换为直流电的流程为:变压 $\rightarrow$ 整流 $\rightarrow$ 滤波 $\rightarrow$ 不稳定的直流 $\rightarrow$ 稳压 $\rightarrow$ 稳定的直流电。采用 DB107S 整流桥将 220 V 交流电变压为低压交流电,然后经过 TLP521-1GB 的光耦整流将低压交流电转换为直流电,再经过 RC 电路滤波和分压电路得到 CC2430 能够接受的 3 V 直流电输入数字信号,为 CC2430 提供电源的同时,实现电器工作状态检测。

CC2430 的引脚最大驱动电流只有 20 mA,为了实现控制像空调这样大电流设备,在 CC2430 与开关之间加入一个固态继电器元件,通过 CC2430 引脚控制固态继电器工作,从而控制大功率用电器电源的通断。

#### 2.5 红外遥控节点

针对现在办公室和家庭红外遥控用电器愈来愈多的情形,设计实现了基于 CC2430 的无线红外遥控器。在不改变原有控制信号的情况下,通过红外遥控器自我学习,方便快捷地实现对空调、电视机的工作状态远程控制。

《微型机与应用》2013 年 第 32 卷 第 6 期

## 网络与通信 Network and Communication

如图 6 所示, 红外开关节点主要由 1838 一体化红外线接收器、LC7461 红外发射头和 CC2430 芯片组成。为方便用户使用, 设计了按键支持用户更改控制功能。有按键操作时, 1838 一体化红外线接收器对用户自定义控制进行红外信号采集和存储。当有键被按下或是接收到相应的控制命令时, 红外发射器将对应的指令进行编码调制, 并通过二极管发射出去, 从而完成空调等设备的控制。

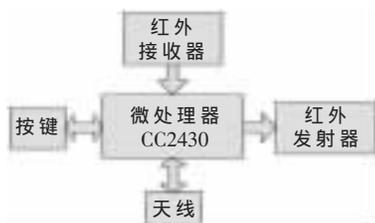


图 6 红外控制节点结构框架图

### 2.6 总闸控制节点

#### 2.6.1 MX+OF 分励脱扣器

MX+OF 分励脱扣器有 4 个接线端子, 在接线时应将端子 C1、C2 接工作电压, C1 通过外部控制触点接交流电源的 N 线 (或直流电源的负极), C2 接交流电源的相线 (或直流电源的正极); 有源触点 C2-12、C2 和 14 分别在断路器“断开”和“闭合”时接通。MX+OF 动作要消耗一定大小的能量, 要求输入 12 V 直流电, 断电动作才能进行。

#### 2.6.2 总闸控制节点设计

如图 7 所示, 总闸控制节点主要包含 MX+OF 分励脱扣器、交直流转换模块和 CC2430 芯片构成。总闸控制节点先通过交直流转换模块将 220 V 电压转换为 12 V 直流电, 为 MX+OF 分励脱扣器断电提供能量, 并经过简单分压电路后为 CC2430 处理器供电; 同时接收控制中心发送的控制命令。总闸控制节点主要负责当发生火灾等事故, 需要应急断电以避免事故扩大和保证人员安全时, 用户可以通过发送一条短信控制命令就可以完成应急断电任务, 避免工作人员接触造成不必要伤亡。

通过对电器智能管理系统的测试, 系统可以准确监测环境参数变化情况, 并准确判断电器工作状态, 在没有用户介入的情况下对电器进行自动控制, 并将紧急

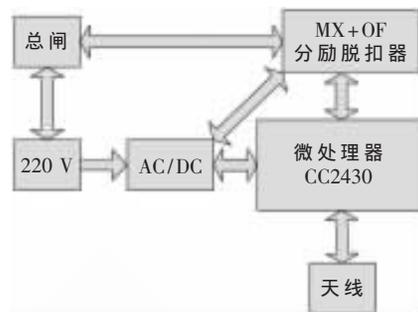


图 7 总闸控制节点结构框架图

状态及时发给用户, 根据用户返回指令完成相应控制或是自动断开总闸。此外, 针对大范围的电器智能化管理, 提出了一种基于 CC2430 和 MSP430 的双 CPU 架构拓展模式, 即由 CC2430 负责通信处理, 由 MSP430 负责接口管理, 无线通信和接口控制独立并行, 极大地提高了系统的可靠性和稳定性, 使系统具有更好的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 南忠良, 孙国新. 基于 ZigBee 技术的智能家居系统设计[J]. 电子设计工程, 2010, 18(7): 117-119.
- [2] IEEE Standard for Part 802.15.4: wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low rate wireless personal area networks (LR-WPANs) [S]. 2003.
- [3] 陈智杰, 余楚中, 王鹏飞, 等. ZigBee 技术在家居智能监控中的应用研究[J]. 微计算机信息, 2011, 27(1): 64-66.
- [4] HEINZELMAN W R, CHANDRAKASAN A, BALAKRISHNAN H. Energy efficient communication protocols for wireless microsensor networks[C]. Proc. of the Hawaii International Conference on Systems Sciences, 2000.
- [5] KINNEY P. ZigBee technology: wireless control that simply works[R]. 2003.
- [6] 毕卫红, 陈鑫. 基于 GSM 的智能温室检测系统[J]. 电子测量技术, 2009, 34(3): 114-116.

(收稿日期: 2012-11-20)

#### 作者简介:

罗廷金, 男, 1989 年生, 本科, 主要研究方向: 多媒体与虚拟现实。

张军, 女, 1975 年生, 博士, 主要研究方向: 计算摄影及多媒体与虚拟现实。

徐伟, 男, 1971 年生, 硕士, 主要研究方向: 嵌入式系统。