

# 基于 ZigBee 和 PLC 技术的智能家居系统的研究

周旭坤, 杨冠鲁

(华侨大学, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 考虑到智能家居的特点和需求, 采用无线 ZigBee 传感器网络和电力线载波通信相结合的技术, 既可以实现 ZigBee 低功耗、低成本和灵活的组网能力, 通过电力载波技术又可以使现有的家庭电力线成为通信信道。通过这两种技术的结合, 实现了两种技术的优势互补, 为建设高效节能的家居系统提供了一种现实可行的好方案。

**关键词:** 智能家居; ZigBee; 电力载波通信; 节能

中图分类号: TU855

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)09-0038-04

## Research of smart home system based on ZigBee and PLC technology

Zhou Xukun, Yang Guanlu

(Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** According to the characteristics and requirements of smart home, the combination of wireless ZigBee sensor network and Power Line Communication (PLC) technology are presented in this paper. Owing to this combination, not only can realize characteristics such as low power consumption, low cost and flexible network ability of ZigBee, but also can make the existing family power line become available as communication channel through the Power Line Carrier technology. Being using the combination of this two technologies which can complement their advantages, and provides a really good scheme to construct a high efficiency and energy-efficient smart home system.

**Key words:** smart home; ZigBee; PLC; energy-efficient

随着 GPRS 远程通信技术、Ad hoc 网络和无线网络技术的不断发展以及人们对居身环境的要求不断提高, 舒适、方便快捷和安全的家居环境开始被人们所追求, 家居智能化已经成为必然的趋势。目前国内外都对智能家居进行了广泛深入的研究及其建设<sup>[1-7]</sup>。其中参考文献[1]提出一种基于 ZigBee 的智能自我调整传感器, 为的是解决智能家居中设备的性能和功耗的权衡问题, 实验结果表明该系统节能效果不错。ZigBee 通信技术具有低功耗、低速率、低成本的双向通信等特点, 主要用于距离短、功耗低且传输速率不高的各种电子设备之间数据传输的应用<sup>[3]</sup>。电力线载波通信 PLC (Power Line Communication) 是电力系统特有的通信方式, 它是利用现有电力线, 通过载波方式将模拟或数字信号进行高速传输的技术。电力载波技术有其自身的一些局限性, 如配电变压器对电力载波信号有阻隔作用, 不同的信号耦合方式对电力载波信号损失不同, 电力线上的固有的脉

冲干扰对信号的高度衰减<sup>[7]</sup>。但是电力载波技术有更好的扩展性、更高的可靠性、较好的抗干扰能力等 ZigBee 技术不能取代的特点, 同时由于电力线布于墙内, 硬件相对更安全, 不易损坏<sup>[8]</sup>。基于 ZigBee 技术和电力载波通信技术的不同特点, 并考虑到智能家居节能的需求, 本文把这两种技术同时应用在智能家居系统中, 实现两种技术的优势互补, 从而为建设高效节能的家居系统提供了一种现实可行的良好方案。

### 1 整体系统方案设计

#### 1.1 智能家居系统的组成

该智能家居系统主要由触摸屏控制、网关、ZigBee 无线网络和电力线载波通信 4 部分组成。其中, 触摸屏控制是主控部分, 是整个系统的核心, 用于控制信息的发送并且显示家居系统中的信息。网关用于在触摸屏控制和无线网络之间传递信息。ZigBee 无线网络和电力载波负责发送设备信息和传递控制信息到各个设备, 信息

## 网络与通信 Network and Communication

的发送通过与触摸屏控制模块相连的 ZigBee 节点和电力线来完成。触摸屏控制模块采用 ARM 嵌入式系统,分为硬件平台和软件平台两部分,其中硬件平台采用 ARM Cortex-M0+ 处理器及外围设备组成,负责各种数据运算和 GUI 的处理,软件平台由嵌入式 Linux 操作系统和应用软件组成。智能家居整体结构图如图 1 所示。该系统可以方便地控制照明灯、窗帘、家用电器等设备以及烟雾、红外检测、摄像监控等<sup>[9]</sup>。

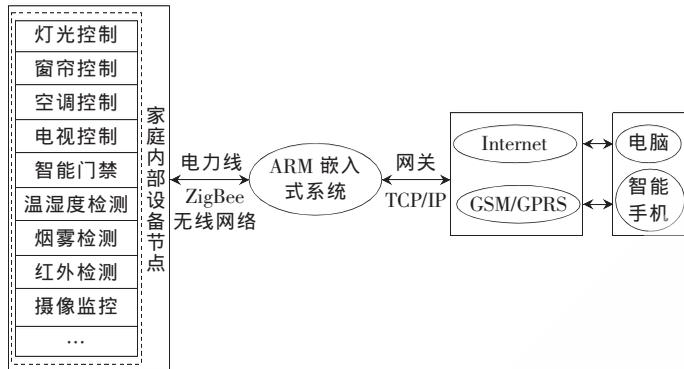


图 1 智能家居整体结构图

### 1.2 系统控制模块

智能家居控制器是整个系统的核心,其作用是管理、控制和与外部网络通信。通过用户发出的触摸屏操作指令执行相应的家电管理控制功能,在必要时可启动报警系统并通过 GSM/GPRS 向用户和保安室发送警情消息,并且连接用户所需要的各种通信接口,以达到智能家居方便快捷的通信目的。系统控制方案如图 2 所示。

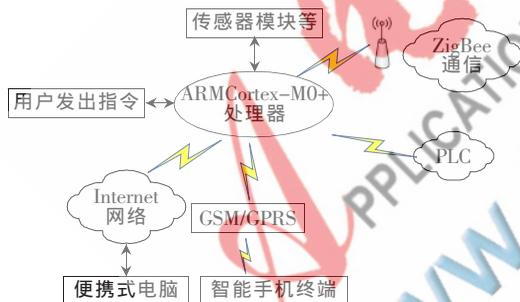


图 2 系统整体控制方案

该控制器采用 ARM Cortex-M0+ 作为处理器,ARM Cortex-M0+ 是现有的最节能的 ARM 处理器。它构建在非常成功的 ARM Cortex-M0 处理器的基础上,保持其完整的指令集和工具的兼容性,进一步降低能耗和提高性能,拥有一个优化的两阶段核心管道架构,使 Cortex-M0+ 处理器实现能耗仅 11.2  $\mu\text{W}/\text{MHz}$  (90 LP 进程,最小的配置),而性能提高至 1.77 CoreMark/MHz,因而特别适用于智能家居系统。

### 1.3 网关

网关用于触摸屏控制部分和 ZigBee 无线网络、PLC 部分之间传递信息。由于主控芯片 ARM Cortex-M0+ 处理器并没有实现 ZigBee 协议的功能,为了能与 ZigBee 设备

进行通信,还需要在系统中实现网关功能。考虑到串口具有操作方便、协议简单的特点,因此在网关接口使用串口进行连接。

## 2 ZigBee 无线网络技术

### 2.1 硬件选择

本系统采用 TI 公司的 CC2530 芯片,该芯片是用于 2.4 GHz、ZigBee 和 RF4CE 应用的一个真正的片上系统解决方案,能够以非常低的成本建立强大的网络节点。CC2530 结合了领先的 RF 收发器,增强型 8051 CPU,系统内可编程闪存,8 KB RAM 和许多其他功能。外围包括通用 I/O 口、A/D 转换接口、SPI 口以及串口等资源丰富的接口,还配置了一个高性能射频收发器。ZigBee 无线网络主要由协调器、路由器、智能终端以及遥控器 etc 构成,ZigBee 无线网络系统如图 3 所示。

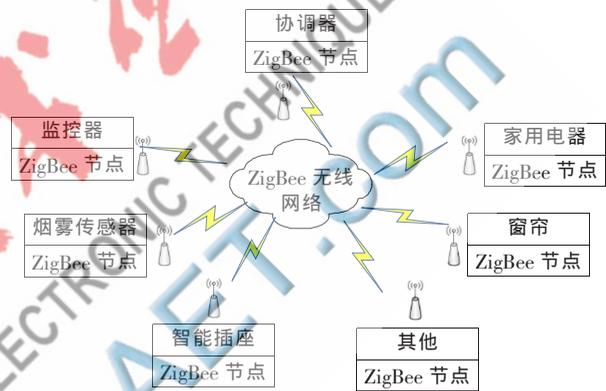


图 3 ZigBee 无线网络系统

### 2.2 ZigBee 组网设计

采用树簇型网的方式进行组网<sup>[9]</sup>。因为这种组网可以让设备节约功耗,当网络处于空闲的时候,处理器便进入休眠模式,这样电池的寿命将会得到延长<sup>[9]</sup>。协调器是整个网络的中心,主控制器就属于此类节点。路由器主要用于数据的接收、转发。终端指的是家庭中照明灯、门窗以及各种智能家电设备。ZigBee 无线网络用于发送设备信息和传递控制信息到各个设备,所有信息的发送都是通过触摸屏控制模块相连的 ZigBee 节点来完成。ZigBee 无线网络技术主程序流程图如图 4 所示。

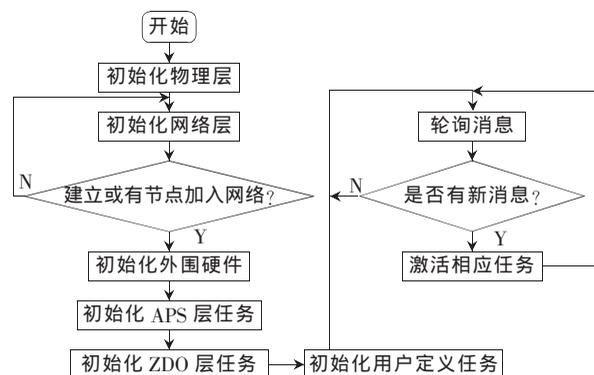


图 4 ZigBee 无线网络技术主程序流程图

## 网络与通信 Network and Communication

### 3 PLC 技术

PLC 技术的最大特点是不需要重新架设网络,只要有电线就能进行数据传递,所以用于智能家居通信非常便利。将照明灯、电话、电视、空调等一系列家用电器利用电力线连接起来通过 PLC 实现智能设备之间的通信与控制,结合 ZigBee 无线网络中的传感器、探测器、智能手机终端及一些不便于连入电力线的设备,实现了家居的智能化。

#### 3.1 电力线载波通信模块设计

选用 MAX2991 电力载波芯片,它是一款性能优异的集成芯片,可以有效降低整体系统成本。MAX2991 是专为利用电力线传输的 OFPM 调制信号而设计的电力线通信模拟前端 (AFE)。MAX2991 收发器提供两个主要通道:发送 (TX) 通路和接收 (RX) 通路。发送通路将 OFDM 调制信号注入交流或直流线路,接收通道用于信号增强、滤波和接收信号数字化。配合 MAX2990PLC 基带调制解调器,提供当前市场上性价比最高的电力线网络数据通信方案。PLC 系统模块的硬件框图如图 5 所示。

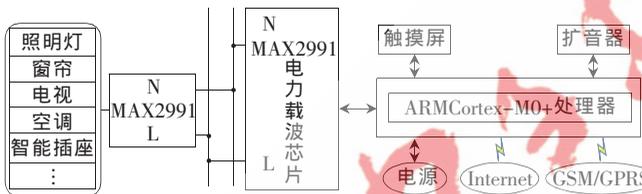


图 5 PLC 系统模块的硬件框图

#### 3.2 信号传输

本文采用微控制技术和扩频技术采集信号,先从电力线路上采集智能电表监测到的电能等各种数据信息,然后用信号转换器把信号检测出来并转换为可以在电力线路上传输的信号。最后客户端可以通过 ARM 主控制器发出相应的指令,方便快捷地控制家庭里的智能终端设备。PLC 程序流程图如图 6 所示。

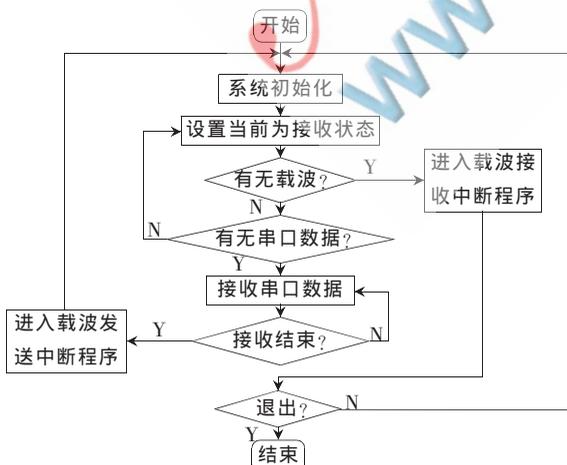


图 6 PLC 程序流程图

### 4 系统软件

本系统采用 Linux 操作系统,因为 Linux 内核是采用模块化设计的一种自由和开放源码的操作系统,并以灵活性和高效性著称,具有字符界面和图形界面,支持多用户、多任务、多线程,且保证各用户之间不受影响。在此删除了其中冗余的功能模块,减少代码数量,降低系统时延,写入了需要的底层驱动,而且 Linux 操作系统支持 Internet 协议及其他通信协议,这样就不需要增加额外的协议转换器。系统软件流程如图 7 所示。

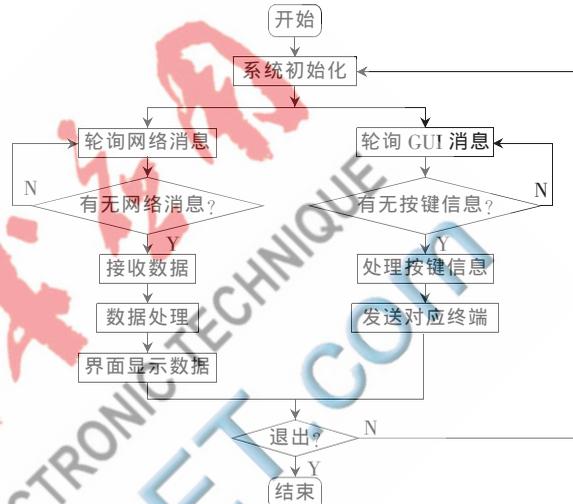


图 7 系统软件流程图

本文通过综合考虑 ZigBee 和 PLC 技术应用于智能家居中的优势和不足,把这两种技术同时应用在智能家居系统中,通过主控制器可以对智能家电进行实时有效的控制,该方案实现了两种技术的优势互补,既可以实现 ZigBee 的低功耗低成本和灵活的组网能力等特点,又避免了使用传统智能家居数据线与电力线分离的繁琐布线过程,同时也对老式住宅改造为智能家居提供了极大便利,充分体现了智能家居节能减排这一宗旨。因此,基于 ZigBee 和 PLC 技术的智能家居方案具有一定的现实意义和研究价值。

随着 IEC61850 标准在智能电网中的应用越来越成为研究热点,相信 IEC61850 标准必将应用于智能家居系统,最终实现整个智能电网的标准化、智能化、通信协议的一致性。

#### 参考文献

- [1] BYUN J, JEON B, NOH J, et al. An intelligent self-adjusting sensor for smart home services based on ZigBee communications [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2012,58(3):794-802.
- [2] HAN D M, LIM J H. Smart home energy management system using IEEE 802.15.4 and ZigBee[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010,56(3):1403-1410.
- [3] 罗正军,罗鹏辉,王晓娟,等.基于 Linux 系统和 ZigBee 的智能家居系统[J].现代电子技术,2012,35(1):37-39.

- [4] 王丽丽,齐赛,朱琳琳.基于嵌入式 Linux 智能家居监控系统的设计[J].电子设计工程,2012,20(3):92-93.
- [5] 严萍,张兴敢,柏兴超,等.基于物联网技术的智能家居系统[J].南京大学学报(自然科学版),2012,48(1).
- [6] 董素鸽,李华.基于 ZigBee 技术的智能家居系统设计[J].河南科技,2012(1):59-60.
- [7] 孙萍,马维华.基于电力载波通信的家电控制系统设计与实现[J].微型机与应用,2012,31:23-26.
- [8] 王力栋,张峰达,梅倍桢.基于 ARM 和电力载波的智能家居设计[J].电子产品世界,2012(1):38-39.
- [9] 王坚锋.基于 ZigBee 的智能家居系统研究[J].电子世界,2012(1):105-106.
- (收稿日期:2013-01-08)

作者简介:

周旭坤,男,1988 年生,硕士研究生,主要研究方向:智能信号处理。

杨冠鲁,男,1960 年生,硕士研究生,教授,主要研究方向:智能信息处理与控制技术。

