

# Design and Implementation of Smart Home Based on Wireless Sensor Networks

Ren Gao

Hubei University of Economics, Wuhan  
Email: gaoren\_928@yahoo.com.cn

Received: Oct. 30<sup>th</sup>, 2012; revised: Nov. 15<sup>th</sup>, 2012; accepted: Nov. 20<sup>th</sup>, 2012

**Abstract:** With the development of science and technology, the home environments are required to increasingly high requirements. As the popular applications of electronic technology and computer technology today, the family system deployed these tools and the concept of smart home is created. In this paper, we discuss the smart home system based on wireless sensor network. Firstly, we introduce in details from the overall needs of the system, and then hardware design and software design are presented.

**Keywords:** Wireless Sensor Networks; Smart Home; Android; Internet of Things

## 基于无线传感器网络的智能家居系统的设计与实现

高 刃

湖北经济学院, 武汉  
Email: gaoren\_928@yahoo.com.cn

收稿日期: 2012 年 10 月 30 日; 修回日期: 2012 年 11 月 15 日; 录用日期: 2012 年 11 月 20 日

**摘 要:** 随着科技和时代的进步, 人们对家庭的居住环境要求也越来越高。在电子技术和计算机技术日益普及的今天, 将这些信息化的工具引入到家庭系统中, 提出了智能家居的概念。本文以无线传感器网络为基础, 将无线传感器网络引入到智能家居系统中, 从系统的总体需求, 硬件设计, 软件设计等方面详细地介绍了基于无线传感器网络的智能家居系统的设计和实现方法。

**关键词:** 无线传感器网络; 智能家居; Android; 物联网

### 1. 引言

随着电子技术, 计算机技术和通信技术的飞速发展, 人们的生活水平的不断提高, 对智能化家居生活的需求也逐渐增大。将这些信息技术引入到家庭生活中, 就出现了智能住宅和智能小区, 智能家居系统也得到了越来越多的关注。

智能家居以住宅为平台, 利用有线和无线网络平台通信技术、包括综合布线系统, 安全防范系统, 背景音乐/广播系统, 灯光窗帘控制系统, 空调 VRV 控制系统, 以及家庭影院控制系统等; 将家居生活有关的

设施集成, 构建高效的住宅设施与家庭日程事务的管理系统, 提升家居安全性、便利性和舒适性, 并实现环保节能的居住环境。

智能家居系统的集成是利用综合布线技术、网络通信技术、安全防范技术、自动控制技术、音视频技术将家居生活有关的设备集成。使得家庭的设备能够相互通信, 并且可以远程地控制家庭设备。因此网络通信技术就成为智能家居集成中关键的技术之一。本文将重点研究基于无线传感器网络的智能家居系统的设计和实现。

无线传感器网络是由静止或移动的传感器以自组织和多跳的方式构成的无线网络，其目的是协作地感知、采集、处理和传输网络覆盖地理区域内感知对象的监测信息，并报告给用户。在智能家居系统的设计中，所使用的传感节点包括用于照明控制的关照传感器；用于智能窗帘和火灾预警的温度传感器；用于家庭背景音乐和影院的声音传感器等等。使用 Zigbee 无线通信技术作为传感网络的通信协议，使得家庭中的系统和人直接可以相互通信。

本文结构安排如下：第二节介绍智能家居系统中的无线传感器网络，第三节介绍基于无线传感器网络的智能家居系统的总体设计，第四节介绍硬件设计，第五节介绍应用软件设计，最后是总结与展望。

## 2. 无线传感器网络及相关技术

### 2.1. 无线传感器网络

无线传感器网络在智能家居系统中用于在家居设备和设备之间，设备和用户之间的通信。如图 1 所示，在家庭环境中，布置若干类型的传感器节点，这些节点之间可以进行多跳通信，最后将所有的信息传输到汇聚网关节点。汇聚节点通常具有较强的计算处理能力、存储能力和通信能力，它既可以是一个具有足够能量供给和更多内存资源的计算机或者基于 ARM 体系结构的传感器节点<sup>[1,2,3]</sup>，该汇聚节点通常连接有线或无线通信设备。汇聚节点连接家居环境的无线传感器网络与外部卫星网络或 Internet，以便于终端用户可以通过移动网络或 Internet 随时控制和掌握家居环境和设备。

### 2.2. ZigBee

在基于无线传感器网络的智能家居系统中，可以使用的无线通信方式有 RFID, Wi-Fi, ZigBee 等技术，

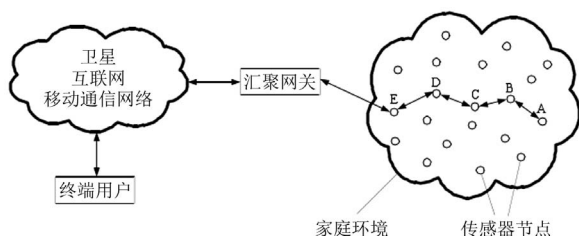


Figure 1. The architecture of wireless sensor networks in smart home system  
图 1. 智能家居系统中的无线传感器网络体系结构

这些技术有各自的优缺点。其中，ZigBee 是一种低速短距离传输的无线网络协定，底层是采用 IEEE 802.15.4 标准规范的媒体存取层与实体层。主要特点低耗电、低成本、支援大量网络节点、支援多种网络拓扑、低复杂度、快速、可靠、安全。根据智能家居系统的需求，ZigBee 技术的这些特点非常适合家居系统。故本文将采用 ZigBee 技术作为无线传感器网络的通信协议<sup>[4,5]</sup>。

## 3. 智能家居系统的总体设计

设计和使用智能家居系统的主要目的是提供安全方便的家居环境，使用户能随时随地方便地控制家庭中的所有设备，主要遵循实用性，可靠性，方便性和高性价比等原则。图 2 是智能家居系统的总体设计图，其主要控制模块包括：

- 1) 智能温度监控模块：系统能实时采集室内温度数据，并能远程终端的设置调整空调的温度或自动打关闭窗帘。
- 2) 智能家电控制模块：通过终端实现对电冰箱，洗衣机，微波炉等家用电器的控制。
- 3) 智能安防门禁控制模块：根据实时监控，及时反馈室内防盗、防火、防燃气泄漏以及紧急报警等功能。
- 4) 记录表控制模块：对常用的电表，水表，燃气表的数据进行读取并分析的功能。
- 5) 智能照明模块：终端用户根据需要控制任意的灯光，包括灯光的开关和灯光的调亮调节等。
- 6) 实时视频监控模块：在远端能监控到实时的视频信息，并能对摄像头进行调焦、转动等控制。

这些模块通过 ZigBee 无线网络相互通信，并将数据信息传送到网关节点<sup>[6,7]</sup>。

基于 ZigBee 的无线传感器网络将所有信息发送到网关节点，该网关节点使用是以 ARM 为核心的网关的系统，采用三星基于 ARM9 的 S3C2410 处理器，能提供网络高效、快捷接入 Internet 网络或 GSM 网络的能力。

用户可以通过终端的 PC 机连接 Internet 或智能手机连接 GSM 网络而控制所有的家居设备。对于 PC 机，系统提供基于 B/S 管理控制系统；对于手机终端，系统提供基于 Android 的控制系统。

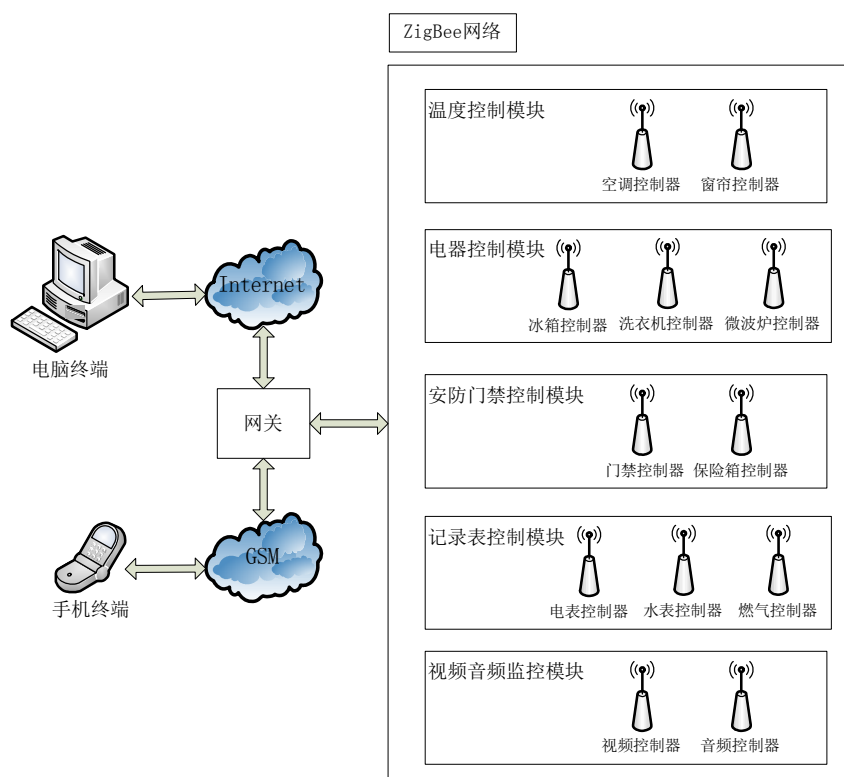


Figure 2. The overall design of the smart home system  
图 2. 家居系统总体设计

#### 4. 智能家居系统的硬件设计

智能家居系统的硬件设计主要包括各种家用设备的硬件节点设计，网关节点硬件设计。家用设备的硬件节点就是无线传感器的传感节点。传感节点由感知部件、处理器、存储器、通信部件、软件系统和电源这几部分构成。感知部件用于感知、采集外界的信息，并将其转换为数字信号，便于处理器处理。处理器负责协调节点各部分的工作，并对收集的数据进行加工和处理，通信部件主要功能是与其它传感节点或网关节点的通信。软件系统则为传感节点提供必要的软件支持，如嵌入式操作系统。

本智能家居系统采用 TI 的标准 ZigBee 协议实现 Z-STACK<sup>[8]</sup>，相应的硬件节点也采用 TI 的 CC2430。CC2430 无线芯片采用了 CC2420 收发模块的架构，在单个芯片上整合了 ZigBee 射频前端、内存和微控制器。它使用 1 个 8 位 MCU(8051)，具有 64KB/128KB 可编程闪存和 8KB 的 RAM，还包含模拟数字转换器 (8 个 ADC)、多个定时器(Timer)、看门狗定时器(Watchdog-timer)等。本系统采用 CC2430 主要是由于

CC2430 是 TI 公司的主流传感器网络解决方案。功耗小，有完善的软件支持和参考方案。内核是 8051，支持汇编和 C 语言编程，团队都比较熟悉，还有对应的开发工具。我们选择其作为传感器网络节点的平台。

CC2430 适用于各种 ZigBee 标准的无线网络节点，包括相关的协调器、路由器和终端设备等。如图 3 所示，传感网络节点的中央处理单元是 CC2430。处理器用于对收集到的数据进行加工处理；传感器包括温度传感器，光照传感器，可燃气体传感器，气压传感器，摄像头传感器，振动传感器和噪声传感器等。传感器将感知到的信息发送到 ADC，最后将信息汇聚于处理器，由处理器根据需求，再将信息通过 ZigBee 网络发送到网关。

智能家居系统中的网关节点采用三星的 S3C2410 芯片<sup>[9]</sup>。S3C2410 处理器是三星公司基于 ARM920T 处理器核，该处理器拥有：独立的 16KB 指令 Cache 和 16KB 数据 Cache，MMU，NAND 闪存控制器，3 路 UART，4 路 DMA，I/O 口，8 路 10 位 ADC，Touch Screen 接口，IIC-BUS 接口，IIS-BUS 接口，2 个 USB 主机，1 个 USB 设备等等。这些特点非常适合网关节点。

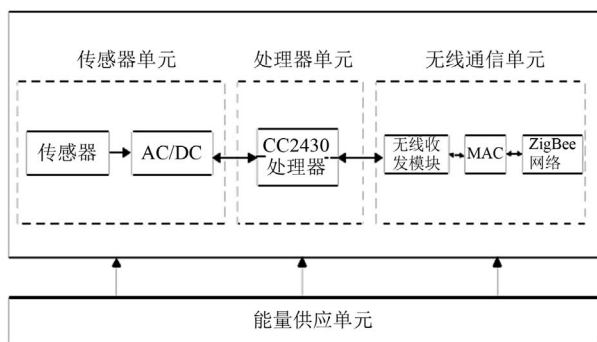


Figure 3. The sensor node based on CC2430  
图 3. 基于 CC2430 的传感器节点

图 4 是网关节点。采用博创公司的基于 S3C2410 的开发平台，该平台提供丰富的接口，如以太网接口，CF 卡接口，视频音频接口，RS32 接口，AD/DA 转换，主从 USB 接口等。

### 5. 智能家居系统的软件设计

在传感节点的软件设计上，可以采用 TinyOS 或 ZigBee 协议栈；TinyOS 是开放源代码操作系统，专为嵌入式无线传感网络节点设计；Z-Stack 是开发 IEEE802.15.4/ZigBee 技术相关产品的关键软件，Z-Stack 符合 ZigBee2006 规范的要求，并且在硬件上支持 CC2430。TI 协议栈一直在不断的完善中，无论从路由协议还是从地址分配模式都作了大量的改进。Z-Stack 相对与 TinyOS，由于是商业化的协议栈，功能完备，技术上有保证。如图 5 是 ZigBee 协议栈的体系结构。从图中可以看出，ZigBee 是建立在 IEEE802.15.4 标准之上的。

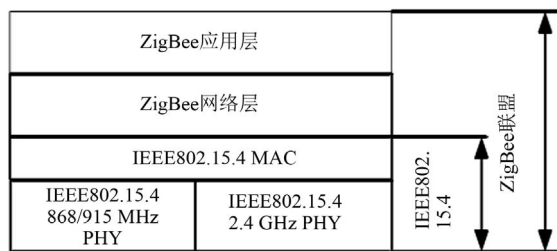


Figure 5. The architecture of ZigBee protocol stack  
图 5. ZigBee 协议栈体系结构

Z-Stack 协议栈的源码总体上由三部分构成：硬件抽象层、操作系统抽象层和 ZigBee 协议各层。根据 Z-Stack 协议栈，分别可以编写 ZigBee 网络中的协调器、路由器以及端节点设备的应用程序。在本系统的设计中，控制中心节点、传感器节点分别充当协调器和端节点的角色。

对网关节点的软件设计，采用嵌入式 Linux 操作系统，使用 U-boot 作为引导装载程序。在网关程序开发中，使用 Radhat Linux 9.0 + MiniCom + ARM-Linux 的交叉开发环境。

用户可以通过智能手机对家庭设备进行远程监控和管理。当前主要的智能手机操作系统有 Windows Phone, iOS 和 Android 等。基于开源和普及度等原因，对手机终端采用基于 Android 的操作系统，提供对家居系统的远程控制。如图 6 是智能家居控制系统的手机终端控制，能方便地通过手机对所有家用设备进行控制和管理。只需要将编写好的源代码编译生成 .apk 文件下载到手机上即可运行<sup>[10,11]</sup>。

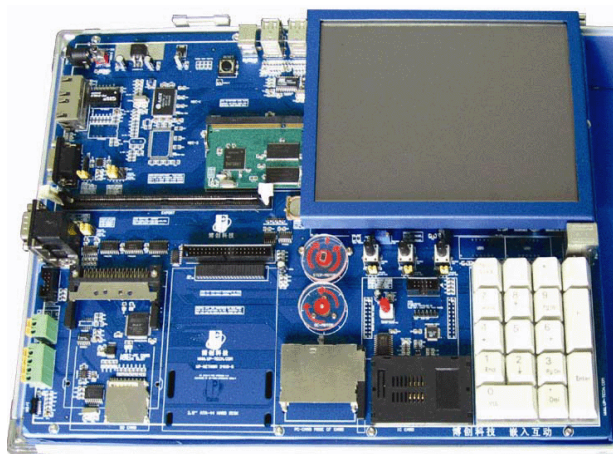


Figure 4. The gateway node based on S3C2410  
图 4. 基于 S3C2410 的网关节点



Figure 6. The terminal control system based on mobile phone  
图 6. 终端手机控制系统

## 6. 总结

本文以基于 ZigBee 的无线传感器网络为基础,设计了性能良好的智能家居系统。该智能家居系统具有一般家庭所需要的基本功能,包括温度控制,灯光控制,家用电气控制和音频视频控制等。这些控制节点采用 TI 的 CC2430 芯片;而网关节点采用三星的基于 ARM9 的 S3C2410 芯片;软件设计上,节点采用 TI 的标准 ZIGBEE 协议实现 Z-STACK,终端手机软件使用 Android 平台。

智能家居是一个新兴的应用领域,其功能可以随着用户的需求无限扩展。如何设计出高效和高可扩展的智能家居系统是下一步需要重点考虑的问题。

## 7. 致谢

本文受湖北省教育厅中青年人才项目(Q20102206)和湖北经济学院青年基金项目(XJ201116)资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.
- [2] 黄智伟, 邓月明, 王彦. ARM9 嵌入式系统设计基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [3] 李亚峰, 欧文盛. ARM 嵌入式 Linux 系统开发[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [4] 顾瑞红, 张宏科. 基于 ZigBee 的无线网络技术及其应用[J]. 电子技术应用, 2005, 31(6): 1-3.
- [5] 高守玮, 吴灿阳. ZigBee 技术实践教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版, 2009.
- [6] 秦书波, 徐中伟. 基于 ZigBee 技术的智能楼宇自动化系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2007, 15(12): 1729-1731.
- [7] 崔逊学, 赵湛, 王成. 无线传感器网络的领域应用与设计技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 18-22.
- [8] 张奇松, 尹航. Z-Stack 剖析及其在无线测温网络中的应用[J]. 计算机系统应用, 2009, 2: 103-105.
- [9] 北京博创科技有限公司. UP-NETARM2410S Linux 实验指导书[Z]. 北京: 北京博创科技有限公司.
- [10] 杨丰盛. Android 应用开发揭秘[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [11] 李宁. Android 开发完全讲义. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.