

智能家居安防系统设计

文 枰

(四川文理学院 智能制造学院, 四川 达州 635000)

摘要: 家居智能化已经成为当前家居发展的趋势, 智能家居安防系统是智能家居系统的重要组成部分; 随着社会的发展, 人们对智能家居的安全性、便捷性等方面提出了更高的要求; 设计了一种基于 ZigBee 无线网络传输技术的智能家居安防系统, 有效避免了布线麻烦、维护维修不方便等问题; 该系统通过各种传感器对家庭环境信息进行采集; 由 ZigBee 无线传输网络中的终端节点和路由器节点将采集到的信息传输到协调器节点; 协调器节点将对采集到的数据进行分析处理; 当采集到的数据不符合标准时, 协调器节点将报警信息通过串口传输给 GSM 网络模块, 然后由 GSM 网络模块将报警信息发送到用户手机端; 实验结果表明, 该系统丢包率不超过 0.1%, 性能稳定, 满足设计要求, 具有一定的实用价值。

关键词: 智能家居; ZigBee 技术; 无线传输网络; GSM

System Design of Intelligent Security Household

Wen Ping

(School of Intelligent Manufacturing, Sichuan University of Arts and Science, Dazhou 635000, China;)

Abstract: Smart home has become the current trend of home development, and the smart home security system is an important part of the smart home system. With the development of society, people have put forward higher requirements for the safety and convenience of smart homes. A security and defense system based on ZigBee is described in this paper, effectively avoiding the wiring trouble, inconvenient maintenance and maintenance and other issues. The system are collecting the family environment information through sensors. The data collected by terminal and routing nodes are transmitted to the network coordination. The data collected are processed and analyzed by coordinator node. Network coordinator reported alarm information to the GSM through serial port protocol, and then sent the alarm information to the user's phone by GSM. The result proves that the system packet loss rate is less than 0.1%, stable performance and realizes the design target and possesses practical value to some extent.

Keywords: intelligent household; ZigBee technology; wireless network; GSM

0 引言

近年来, 火灾、煤气中毒、入室抢劫盗窃等安全事件屡有发生, 使人们的生命财产遭受损失, 同时也造成了极大的负面社会影响。人们对生活空间的安全性的需求更加迫切。财产和人身安全已成为人们对智能家居的首要要求。因此家庭安防系统成为了智能家居中的必不可少的一部分^[1]。

智能家居系统中的网络体系结构在整个家居系统中起着十分重要的纽带作用。现有的家庭安防系统中的信息传输大多是采用有线网络传输的方式, 存在着布线困难、线路老化以及维护维修成本高等缺陷。

为提高智能家居安防系统的可靠性和灵活性, 本文设计开发了基于 ZigBee 和 GSM 网络的智能家居安防系统。GSM 网络负责实现外网的通信连接, ZigBee 网络节点负责组建内部网络。

1 总体设计

智能家居安防系统是为了能在突发状况发生时能够快速准确的识别并发出报警。该智能家居安防系统的功能主要包括以下几个方面: 防火灾功能、防可燃气体泄漏、智能门禁防盗功能。这就要求该安防系统必须能够实时监控家庭环境状况, 并根据传感器采集到的数据及时分析处理。

系统主要分为 3 个部分, 分别是传感器模块、ZigBee 无线传输网络模块、GSM 网络模块。传感器模块主要包括了煤气监测传感器 MQ-7、温度传感器、烟雾传感器及无线门磁传感器等。ZigBee 无线传输网络有 3 中网络拓扑结构, 分别是星型网络、树状型网络及网状网络。由于各个节点是安装在室内, 且有墙壁、家具等障碍物, 使得两个 ZigBee 节点之间的通信距离会大大减小。所以, 在设计时选择了可以以多跳形式增加传输距离的网状网络。网状网络包括了 3 中类型的节点, 分别是终端节点、路由器节点及协调器节点。路由器节点可以直接与协调器节点和终端节点进行通信, 但终端节点与终端节点之间不能直接通信。在设计时, 该网络系统的终端节点和路由器节点将采集到的数据以点播的方式传输给协调器节点。为了降低功耗, 终端节点在完成信息传输之后会进入休眠模式。协调器节

收稿日期:2018-04-03; 修回日期:2018-05-06。

基金项目:四川省教育厅科研项目(18ZB0510)。

作者简介:文 枰(1991-), 女, 四川乐至人, 硕士, 助教, 主要从事仪器仪表、物联网方向的研究。

点再通过串口与 GSM 网络模块相连，GSM 网络模块会将报警信息以短信的方式传送给用户，实现远程监控。图 1 为该系统的总体设计框图。

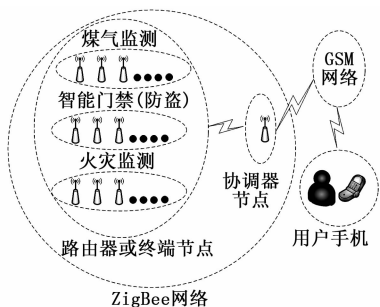


图 1 系统总体设计框图

2 硬件设计

系统硬件设计主要是针对 ZigBee 无线传输网络模块、传感器模块。由系统总体设计图可知，ZigBee 节点分为三组，分别用于火灾监控、煤气泄漏监控及智能门禁防盗。所以每一组 ZigBee 节点连接的传感器是不一样的。但 ZigBee 节点核心控制模块的硬件设计是相同的。协调器节点的主要功能是对采集到的数据信息进行分析处理，并通过串口将处理结果传输给 GSM 网络模块，该网络模块再将报警信息发送给用户。所以协调器节点无需连接传感器模块，但需要通过串口与 GSM 网络模块连接。图 2 为 ZigBee 节点设计框图。

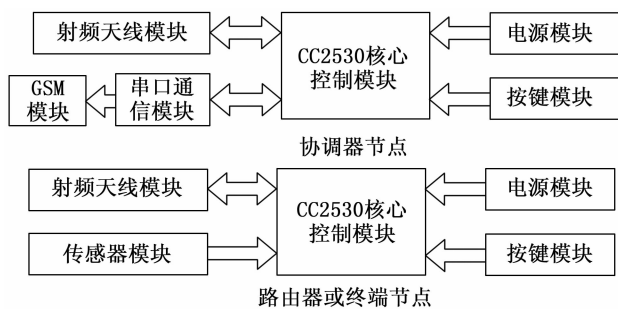


图 2 ZigBee 节点设计框图

2.1 ZigBee 网络模块

典型的无线传输网络技术有 ZigBee 技术、蓝牙技术、WiFi 技术、超宽频技术 (UWB) 等。WiFi 技术传输速率较快，但功耗较高，这对于需要大范围分布在家居内的节点来说并不适用。蓝牙技术使用的 ISM 频段是开放频段，会受到微波炉、电话等家用设备的干扰。超宽频技术 (UWB) 采用的是高速非正弦脉冲，工作时产生的瞬时功率较大，可能会影响到无线通信系统的工作。ZigBee 无线传输网络技术使用的频段为免费频段，还具有定时休眠、自动组网等功能。相对其他无线传输网络技术而言，ZigBee 技术具有节点容量大、功耗低、体积小、成本低、安全性高、响应速度快等优势^[2]。因此在设计时选择了 ZigBee 无线传输网络作为数据的传输网络。

ZigBee 节点的核心控制模块采用的是 TI 公司推出的

CC2530 芯片。该芯片功能强大，所需外围电路较少。它包含了整个 8051 内核，其中断控制器能够提供 18 个中断源，一些中断设备还可以从睡眠模式唤醒设备。它所具有的 8KB-SRAM 在数字部分掉电时能够保留自己的内容，是一个超低功耗的 SRAM。除此之外，它还具有 3 个 8 位的通用 I/O 端口，在使用时可根据需要使用寄存器 PxDIR 来设置每个端口引脚为输入或输出。该芯片是一款低功耗芯片，其电源工作模式一共有 3 中，分别是 PW1、PW2 和 PW3。其中 PW1 不仅功耗较高而且休眠时间较短。虽然 PW3 功耗最小，但是在该电源模式下需要 RESET 或外部中断唤醒，不符合系统设计的要求。PW2 可通过 RESET 或外部中断唤醒也可以通过定时休眠的方式唤醒^[3-4]。根据设计要求，综合比较之后，本文在设计终端节点时采用的是电源模式 2。

CC2530 芯片是一个功能比较完善的片上系统芯片。它除了集成了整个 8051 内核之外还自带射频功能。由于 ZigBee 节点是安装在户内，有墙壁和家具等障碍物，使得其通信距离大大减小。为保证其通信距离，在设计时增加了射频功放芯片 RFX2401C。该芯片使用的频段为 2.4 GHz，该频段为免费频段，由此可降低智能家居系统的成本。此款芯片的适用环境温度在负 50 摄氏度到正 125 摄氏度，其内部结构集成了 PA、LNA、传输和接收切换电路。图 3 为其外部电路原理图，如图 3 所示，RFX2401C 的端口 4 为射频单向传输端，它与控制芯片 CC2530 的 RFN/RFP 端进行连接，端口 13 置空，端口 10 连接天线，端口 5 为发送使能端，端口 4 是接收使能端，其余端口均接地。RFX2401C 拥有灵敏度好、效率高、噪音小、低成本、外形小等优点，对于所需带宽的扩展是一款完美的芯片。除此之外，RFX2401C 还拥有简单低压的 COMS 控制逻辑，所需外围电路也非常简单^[5-6]。

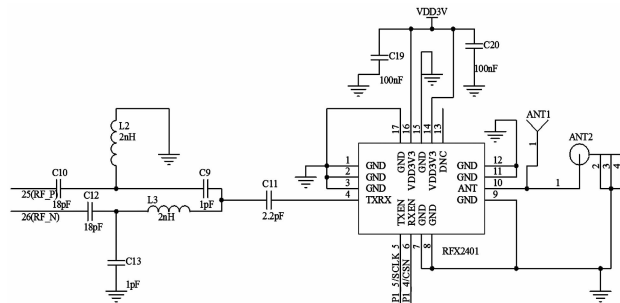


图 3 RFX2401C 外部电路原理图

GSM 网络模块采用的是西门子公司以 TC35I 为核心研发的一款体积小、集成度高的无线模块。该 GSM 无线传输模块具有成本低、性能稳定等特点，能够进行语音和数据的传输。传输速率最小为 300 B/s，最大为 115 kB/s。在使用时采用直流电源供电，其供电范围在 3.3~4.8 V 之间。虽然该模块是安装在户内，但是为避免停电的影响，在设计时没有采用家庭电源进行供电，而是外接电池进行供电。为节省功耗，在没有信息传输时，该模块都处于待机状态。

在进行信息的传输时是通过标准的 AT 命令控制 GSM 模块将报警信息远程传输到手机终端^[7]。

2.2 传感器模块

对于煤气监测在设计时采用煤气传感器对甲烷、丁烷、一氧化碳等可燃性气体进行检测。多晶结构的二氧化锡薄膜是其核心材料。在正常情况下, 该材料的电阻率较低。当空气中的可燃性气体增加时, 其电阻率将会增加, 使得输出电平发生变化, 从而得知空气中可燃性气体的浓度^[8]。通过比较, 在设计时采用的是 MQ-5 气敏传感器, 并采用的 CC2530 的 P1.0 来检测其输出的数据信息。而 CC2530 的 P0.1 口接蜂鸣器, 当检测到的数据超过阈值时, 则打开蜂鸣器发出声音报警信号。MQ-5 气敏传感器煤气浓度监测范围在 300-10000 ppm。由于煤气泄漏的危险性, 为保证家庭安全, 起到预防煤气泄漏的作用, 在设计时, 当检测到煤气浓度值超过 300ppm 就发出报警信号, 提醒住户进行煤气泄漏检查。图 4 为 MQ-5 的电路设计图。

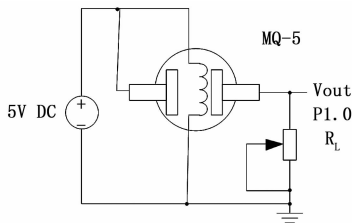


图 4 MQ-5 的电路设计图

智能门禁防盗功能主要是利用门磁传感器监测家中门窗是否在未经允许的情况下被打开。该门磁传感器的主要原理是: 当磁铁和触片的距离很近时, 该传感器处于工作状态。当门窗被打开, 磁铁和触片的距离会增大, 磁场对触片的作用力就会减小, 干簧管内的触片会闭合, 从而连通电路, 使得传感器输出电平信号发生变化。该传感器结构简单, 功耗低且易于扩展。在设计时使用 CC2530 的 P1.1 跟该传感器进行连接。图 5 为其电路设计图。

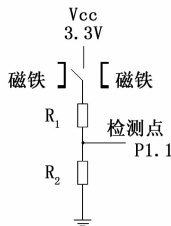


图 5 门磁传感器电路设计图

对于家庭火灾监控, 一般情况下会采用多个传感器对多项参数进行探测。本文在设计时采用了温度传感器和火焰传感器。在设计时温度传感器选择的是 DS18B20, 该传感器是一种数字式的温度传感器。测温范围在 $-55 \sim +125^{\circ}\text{C}$ 之间, 完全满足家庭温度的测量。该传感器一共有 3 个外接引脚, 且外部电路简单, 在使用时可以直接从两个字节的温度寄存器中读取数据^[9]。图 6 为其我为其外部电路

设计图。

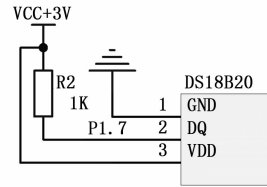


图 6 DS18B20 的电路设计图

火焰传感器选择的是远红外传感器 JNHB1004, 该传感器工作温度在 $-25 \sim +85^{\circ}\text{C}$, 能够检测到 760~1 100 nm 范围内波长的红外光。当火灾发生时, 该传感器可检测到火焰辐射出的红外线强度变化, 并将红外线强度变化转换成电流的变化, 使用时通过外接分压电阻转换成电压信号输出^[10]。在设计时通过 CC2530 芯片的 A/D 转换器将其转换成 0~2047 范围内的数字信号。图 7 为其外部电路设计图。

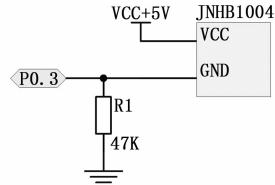


图 7 JNHB1004 电路设计图

3 软件设计

在设计时选择的 ZigBee 网络拓扑结构为网状网络。所以对该网络中 3 种不同类型的节点进行软件设计。其中协调器节点主要负责网络的组建, 它向其他节点发送信标帧, 对申请加入网络的节点进行密钥匹配, 并为其分配网络地址, 然后对各个节点发送过来的数据进行分析处理, 若出现异常, 则将报警信息通过 GSM 网络及时发送给用户。路由器节点主要具备两个作用: 一是通过传感器进行数据采集并将自身采集到数据以点播的形式发送给上一个父节点, 然后判断是否需要打开报警模块; 二是中转其他节点的数据。当其他节点离协调器节点较远, 不能直接将自身采集到的数据传输给协调器时, 就会自动选择最优网络路径通过路由器将自身的数据传送给协调器。由于路由器节点要随时待命中转其他节点的数据, 所以路由器节点是不能进入休眠模式的。但是路由器节点不能一直采集数据, 所以在设计时为避免数据的冗余, 要控制路由器节点数据采集和发送的次数。终端节点同样要完成数据采集的任务, 其最大的特点是可以进入休眠模式, 达到节省功耗的目的。本文设计的终端节点进入休眠模式 2, 通过定时器唤醒。设计时将终端节点设置为每隔 5 秒进行一次数据的采集和传输。Zigbee 网络传输速率最大为 250 kb/s, 最小为 20 kb/s, 完全满足家居系统的数据传输要求。终端节点采集到的数据每经过一次路由器进行中转, 就会延时 10 ms, 但对整个系统数据传输时间来说影响不大。图 8 为终端节点和路由器节点程序流程图。

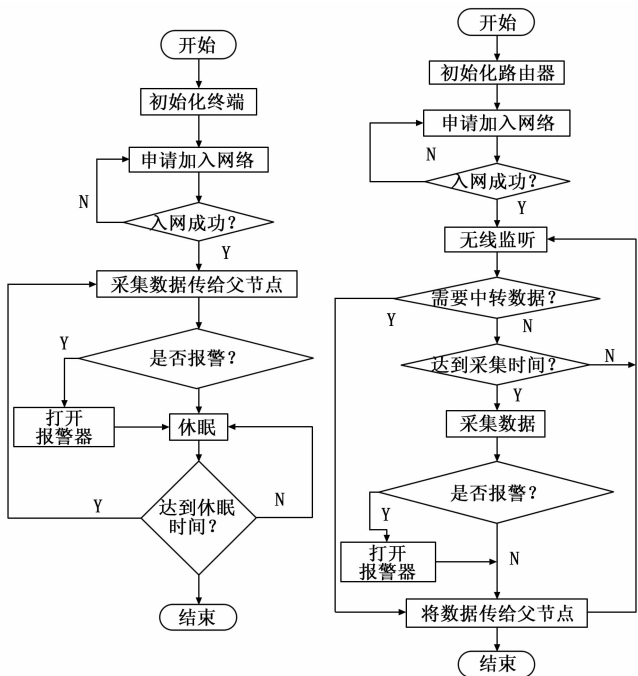


图 8 终端节点和路由器节点程序流程图

4 测试结果

在设计完成之后，对系统进行了测试。实验时采用 7 个 ZigBee 节点。这 7 个 ZigBee 节点组成一个 ZigBee 网络，该网络中只有一个协调器节点，剩下 6 个节点分为 3 组，分别用于火灾监测、煤气泄漏监测和智能门禁防盗 3 个功能。每一组都由一个路由器节点和终端节点组成。设定各节点每隔 5 秒进行一次数据的采集和传输。

表 1 ZigBee 网络丢包测试结果

节点分组编号	发送数据包	接收数据包	丢包率/%
1-1	1000	1000	0
1-2	1000	1000	0
2-1	1000	1000	0
2-2	1000	1000	0
3-1	1000	1000	0
3-1	1000	999	0.1

首先对 ZigBee 节点进行了组网测试。ZigBee 节点程序编译下载好之后，首先打开协调器节点的电源，然后依次打开路由器节点和终端节点的电源。协调器节点先给自己分配网络地址为 0X0000，然后进行无线监听，是否有其他节点申请加入网络。若有则判断密码是否相同，若相同就为其为其分配网络地址。为测试其网络良好的自愈功能，适当调整终端节点与协调器节点的距离，使其无法将数据直接传输到协调器节点，然后在终端节点和协调器节点之间放置路由器节点，使得终端节点通过路由器节点将数据传输到协调器节点。通过串口调试助手可直接观察到终端节点的数据传输情况^[11]。然后关闭路由器节点，发现终端

节点无数据传来。打开路由器节点，路由器节点又自动加入网络，并为终端节点中转数据，测试结果表明，该网络具有良好的自愈功能。

接下来对 ZigBee 网络进行了丢包测试。设定每个节点以点播的方式传输 1000 个数据包到协调器节点，并利用串口调试助手观察数据传输结果。其测试结果如表 1 所示。实验结果表明该网络丢包率极低，稳定性良好，满足系统要求。

5 结束语

针对目前家居安防系统存在的不足，依托于 ZigBee 无线传输网络技术、传感器技术及 GSM 网络技术，设计了一套智能家居安防系统，并给出了传感器模块的硬件设计及 ZigBee 节点的硬件软件设计。由于数据的传输采用的是 ZigBee 无线传输网络技术，且 ZigBee 终端节点还可以通过休眠模式来节省功耗，所以该系统具有无需布线、性能稳定、功耗低等优点。测试结果表明，该系统能够实现对家庭火灾、煤气泄漏的监测及智能门禁的防盗功能，具有一定的应用价值。

参考文献：

- [1] 姚程, 黄帅, 马娜, 等. 基于物联网的智能家居安防系统设计与实现 [J]. 电子科技, 2017, 30 (03): 104-105, 110.
- [2] 马杰. 基于 ZigBee 无线传输的运动员动作捕捉系统设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2016 (10): 18-19.
- [3] 杨峰, 朱凯, 徐昕军, 等. 面向物联网的室内 ZigBee 监控系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (05): 1439-1441, 1445.
- [4] Jahnvi V S, Ahamed S F. Smart wireless sensor network for automated greenhouse [J]. Iete Journal of Research, 2015, 61 (2): 180-185.
- [5] 高相铭, 李研达, 杨世风, 等. 基于物联网的燃气管网泄漏检测系统研究 [J]. 仪表技术与传感器, 2016 (12): 110-114, 135.
- [6] Jiang Z C, Lee S D, Chen J Y, et al. Design and Implementation of USB Coordinator Based on Z-Stack [J]. Applied Mechanics & Materials, 2014, 596: 773-781.
- [7] 程雪婷. 基于 GSM 短信模块的家庭防盗报警系统设计 [J]. 电子技术与软件工程, 2016 (8): 259-259.
- [8] 魏继涛. 煤气传感器材料的研究进展 [J]. 传感器与微系统, 2015, 34 (03): 4-7.
- [9] Le X Y. Design of multi-point temperature acquisition system based on DS18B20 [J]. Electronics World, 2017.
- [10] 张青春. 基于 Zigbee 技术的火灾探测报警传感器网络设计 [J]. 中国测试, 2013, 39 (04): 73-75, 80.
- [11] 杨峰, 张志森, 文梓. 基于 ZigBee 技术的家居环境监测系统设计 [J]. 西昌学院学报 (自然科学版), 2016, 30 (04): 25-28.