

一种基于 Linux 和 ZigBee 的通用性智能家居系统^{*}

赵 亮 朱明明 刘起明 瞿少成

(华中师范大学物理科学与技术学院 武汉 430079)

摘 要: 针对目前智能家居系统功能单一、远程监控实时性与客户端兼容性问题,设计并实现了一种基于 Linux 和 ZigBee 的通用性智能家居监控系统。以 ARM Cortex-A8 处理器与 Linux 为智能家居的硬、软件平台,通过采用低功耗 CC2530 组建 ZigBee 网络,实现了对家居通用环境信息的采集与控制。此外,采用 Qt 编写的远程客户端能兼容各种操作系统(Windows、MacOS、Android、iOS),实现了基于 TCP Socket 的远程实时监测与控制。实验结果表明,该系统监控准确,时延较短,运行稳定,且客户端功能丰富,具有良好的推广价值。

关键词: 智能家居; Linux; ZigBee; Qt; TCP Socket; 远程监控

中图分类号: TN915 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5015

Universal smart home monitoring system based on Linux and ZigBee

Zhao Liang Zhu Mingming Liu Qiming Qu Shaocheng

(College of Physical Science and Technology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: By considering the problems of single function, a universal smart home monitoring system with multi-client, was designed and implemented based on Linux and ZigBee technology. An ARM Cortex-A8 microprocessor and Linux were applied as the hardware and software platform, respectively. And a ZigBee network was built by using low-power CC2530 to collect various information of general home environment and to control them. In addition, several common remote clients compiled by Qt were designed to remotely monitor and control various appliances through TCP Socket, which can be compatible with some popular operating systems (such as Windows, MacOS, Android and iOS). The experimental results showed that the proposed system can accurately monitor and control various home appliances with short time delay.

Keywords: smart home; Linux; ZigBee; Qt; TCP Socket; remote monitoring

0 引 言

近年来,随着互联网的飞速发展,“互联网+”已被广泛的关注^[1]。国务院于 2015 年 7 月颁布了《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》,鼓励传统家居企业与互联网企业开展集成创新,提升家居产品的智能化水平并推动经济发展,目前智能家居已经成为研究热点^[2]。文献[3]基于 Arduino 实现了家居内温湿度和空气质量的测量,采集的参数类型较为单一,且 CPU 采用的传统 ATmega2560 芯片,当数据量增大时,ATmega2560 的处理能力将会下降。文献[4]提出了一种基于 BOA 和 nRF24L01 的智能家居系统,由于该系统的远程通信采用的是 GPRS 技术,其传输速率最大只能达到 114Kbps。文献[5]基于 STM32 设计了一种无线智能家居舒适度测控系统。文献[6]设计了一种基

于 Android 的智能家居无线监控系统,但远程客户端兼容性不足。针对这些问题,通过 ZigBee 无线传感网络监测丰富的家居环境参数,利用 ARM Cortex-A8 内核的 AM3359 为 CPU,以 Linux 为操作系统,本文提出了一种基于 Linux 和 ZigBee 的通用性智能家居监控系统。为更好地实现数据处理、存储和转发,采用 TCP/IP 替代 GPRS,增强远程监控的实时性,并使用 Qt 编写了多种可选的 GUI。该系统具有较好的实用性和稳定性且开发和维护成本较低,具有良好的应用前景。

1 系统需求分析与总体设计

在智能家居系统建设中,一般都需要采集温湿度、火焰值等环境参数并且控制风扇、窗帘、门禁等家电设备,而且当用户离家以后,往往还希望通过手机等移动设备对家居

收稿日期:2017-05

^{*} 基金项目:国家自然科学基金(61673190/F030101)、中国乌克兰国际合作基金(CU01-11)、中央高校探索创新基金(CCNU15A02060)项目资助

环境进行远程监控,为了满足这些需求,设计了智能家居监控系统框架如图 1 所示。

系统主要由无线传感网监控装置、ARM 主控平台、智能家居服务器和客户端三大部分组成。无线传感网监控装置以低功耗 CC2530 组建 ZigBee 网络,实现了对家居各环

境信息的采集与控制。ARM 主控平台以 AM3359 开发板和 Linux 系统为硬、软件平台,并且利用 7 in 触摸屏进行人机交互,实现了数据的处理、存储和转发。智能家居服务器和客户端使用 Qt 编写了多种可选的 GUI,并利用 TCP/IP 技术进行数据交换,实现了远程实时监控。

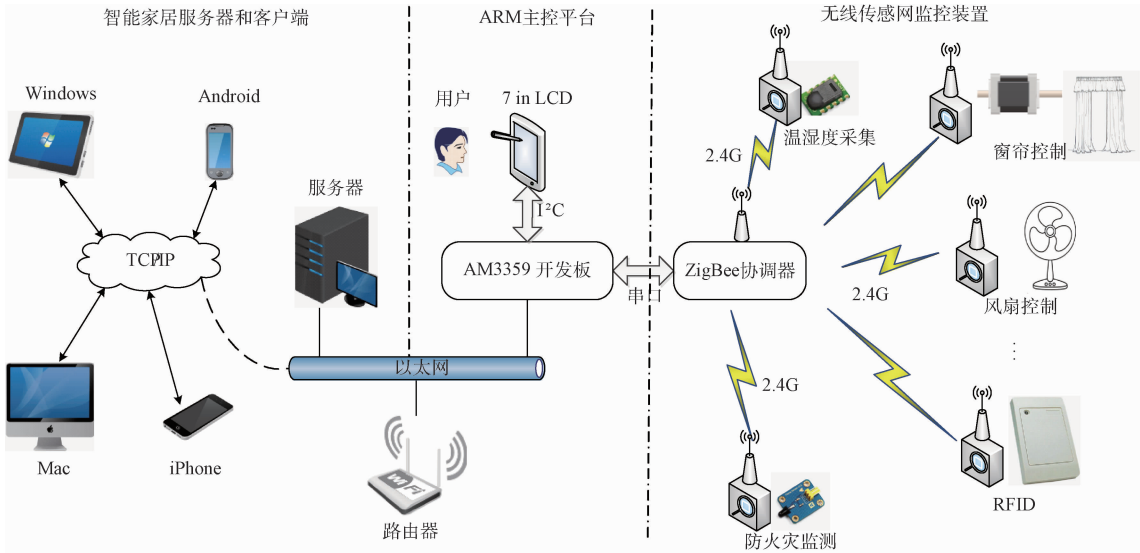


图 1 智能家居监控系统框架

2 系统硬件设计

2.1 无线传感网硬件设计

无线传感网的感知、通信、计算能力等特点使之非常适合于智能家居领域^[7]。ZigBee 由于其低成本低功耗等特点^[8],取缔了研究人员对于 WiFi 和 Bluetooth 的热衷^[9-10]。

ZigBee 模块采用 CC2530 芯片来缩短不同运行模式间的切换时间并降低能耗^[11]。温湿度监测采用 SHT11 传感器,具有低功耗和稳定性等优点;易燃气体监测采用 MQ-3 酒精传感器,测量精度高;防盗监测采用 HC-SR501 人体红外模块,监测范围为 5~7 m;身份识别采用 RFID 模块读取 ID 卡号;开关窗帘采用步进电机模块带动齿轮正/反转。

2.2 主控平台硬件设计

ARM 硬件平台采用英蓓特公司的 SBC8600 开发板,其核心板采用 Cortex-A8 架构的 AM3359 处理器,支持 Linux、Android、WinCE 等高级操作系统;其底板板载丰富的外设接口,利用串口和以太网接口实现了数据的透传。

3 系统软件设计

3.1 ZigBee 程序设计

ZigBee 程序使用了 TI 公司提供的 Z-Stack 协议栈,它将 ZigBee 协议的 PHY 层、MAC 层、NWK 层、APP 层等

定义都集合到了一起,以函数的形式封装并提供 API,方便了用户的调用。

根据各种传感器的数据手册,将其驱动程序移植到协议栈的 APP 层,实现了对家居各环境信息的采集与控制。以 RFID 模块的软件设计为例,软件流程如图 2 所示。

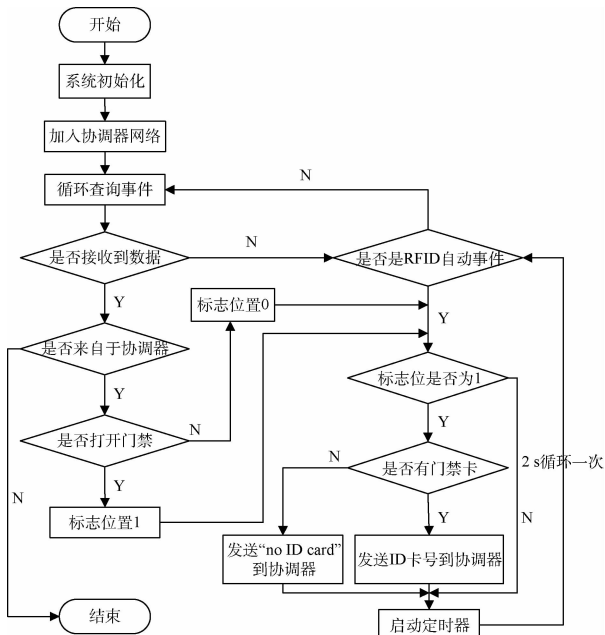


图 2 RFID 模块软件流程

3.2 操作系统设计

Linux 系统移植主要包括 Bootloader 的移植、内核移植、根文件系统的移植等三大部分^[12]。

在 Ubuntu15.04 下,首先搭建了交叉编译环境并配置了环境变量,然后在 Linux 3.2.0 源码包目录下运行 make menuconfig、make uImage 生成了内核镜像 uImage,之后,将库文件(tslib、Qwt 6.1.2、fonts 等)移植到根文件系统并编译出镜像 ubi. img。最后,用 Bootloader 将 uImage 和 ubi. img 烧写到 Nand Flash 中。

Qt 能够给用户提供强大的 GUI 功能^[13]。传统的 Linux 进程间通讯不是面向对象的,可拓展性不强^[14]。因此,本文采用 Signal-Slot(信号和槽)机制,实现了 Qt 应用进程之间的通信。智能家居监控系统的软件设计流程图如图 3 所示。

3.3 服务器和客户端程序设计

基于 Qt 强大的跨平台特性,使用它提供的 QTcpSocket 和 QTcpServer 类编写了服务器和各种客户端应用程序,增加了远程客户端的兼容性^[15]。服务器与客户端之间的通信流程如图 4 所示。

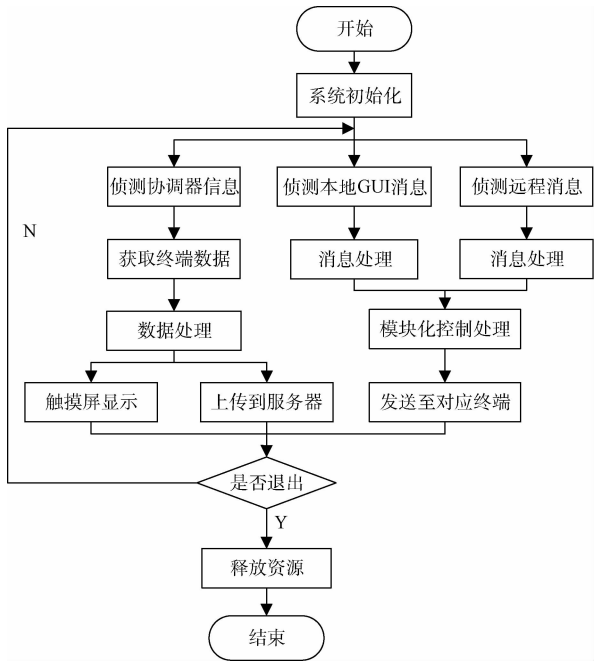


图 3 智能家居监控系统软件设计流程

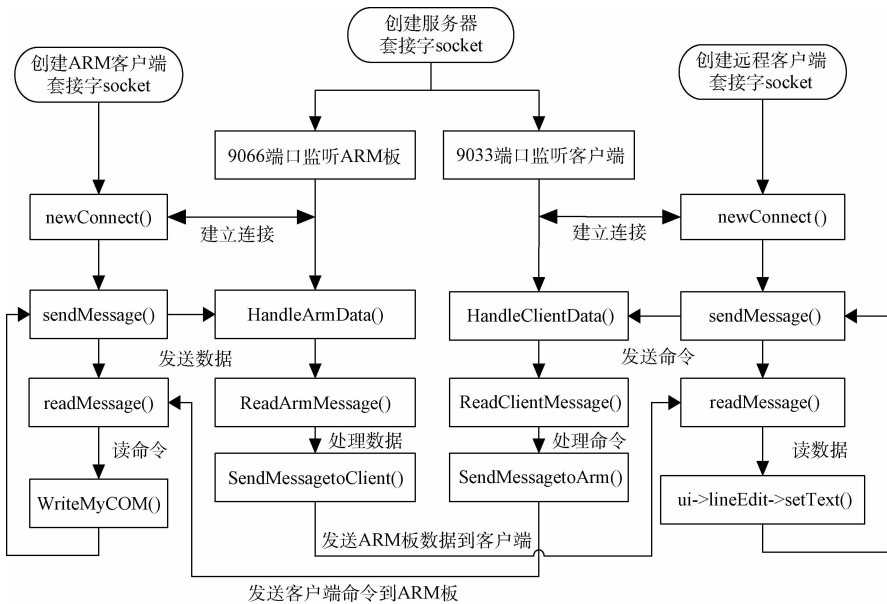


图 4 服务器与客户端通信流程

服务器创建 socket 之后一直处于监听状态,一旦发现客户端连接请求,就会发出 newConnection()信号,并触发 HandleArmData/HandleClientData。而在客户端,一旦有数据到来就会发出 readyRead()并触发 readMessage 处理数据。

4 系统测试与分析

整机系统的测试包括近端 ARM 平台监控测试和远端

电子设备监控测试、功能性与指标性测试。

在近端 ARM 测试中,首先组装好整个系统并上电,然后在 ARM 板上成功登录,最后在家居监控界面监测各种家居环境参数并通过点击开关按钮控制多类家电设备。值得一提的是,该系统使用了 Dial 和 Thermo 控件更直观地显示了当前的温湿度,使用了 Knob 控件更便捷地控制了风扇的转速。家居监控界面如图 5 所示,近端测试结果如表 1 所示。

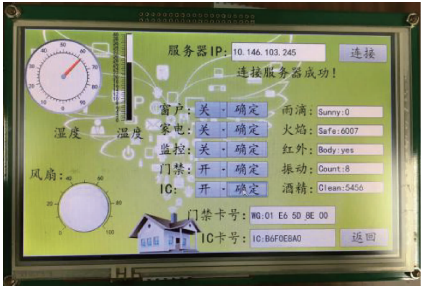


图 5 家居监控界面

表 1 近端测试结果

测试项目	测试方法	测试结果
温湿度	调节空调	显示温湿度
雨滴	往传感器滴水	显示雨滴值
火焰	火靠近传感器	显示火焰值
红外	人经过传感器	蓝色指示灯亮
振动	传感器旁敲击	显示振动值
酒精	喷洒乙醇气雾	显示酒精值
窗户	打开/关闭	电机正转/反转
家电	打开/关闭	继电器导通/断开
门禁	打开/关闭	读 ID 卡号/不工作
风扇	风速调节	风扇转速变化

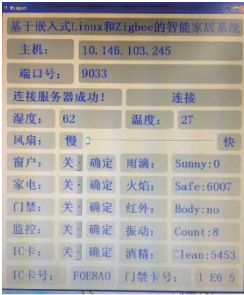
表 1 的测试结果表明,该系统实现了各种家居环境信息的采集和多类家电设备的控制。

远端设备测试是在近端测试的基础上进行的,首先运行服务器和客户端软件,然后重复上述近端测试的基本操作,看远程客户端能否实时、准确地对家居环境进行远程监控。远程客户端的监控界面如图 6 所示,远端测试结果如表 2 所示。

表 2 远端测试结果

测试选项	正确数/总次数	正确率/%	时延/s
温湿度	99/100	99%	0.5
雨滴	100/100	100%	0.4
火焰	99/100	99%	0.2
红外	97/100	97%	0.5
振动	100/100	100%	0.3
酒精	98/100	98%	0.4
窗户	99/100	99%	0.5
家电	100/100	100%	0.2
门禁	97/100	97%	0.4
风扇	100/100	100%	0.3

表 2 的测试结果表明,该系统远程监控的正确率不低于 97%且时延不超过 0.5 s,实现了较为准确、实时地远程监控,但是一些测试选项存在少量错误。分析可知,该错



(a)Windows客户端



(b)Android客户端



(c) Mac客户端



(d) iPhone客户端

图 6 远程客户端监控界面

误是由传输过程中数据包丢失和手机触摸屏灵敏度低等造成的。通过优化 ZigBee 自组与路由算法和采用触屏灵敏度高的手机可以使系统更加完善。

5 结 论

通过分析智能家居监控系统的现状和发展趋势,构建了一种感知家居环境参数 ZigBee 无线传感网络系统。通过在嵌入式平台移植 Linux 操作系统,并采用 Qt 编写了多类远程设备的 GUI,实现了基于 TCP Socket 的远程实时监控。实验测试表明,该系统功能强大,性能稳定,实时性好,具有良好的推广价值。在后续工作中,将强化 ZigBee 自组与路由算法,并通过 SQLite 数据库实现家居环境数据预警功能。

参考文献

[1] 王兴伟,李婕,谭振华,等. 面向“互联网+”的网络技术发展现状与未来趋势[J]. 计算机研究与发展, 2016, 53(4): 729-741.

[2] WANG Z, CHEN C, GUO B, et al. Internet plus in China[J]. IT Professional, 2016, 18(3): 5-8.

[3] 崔阳,张维华,白云峰. 一种基于 Arduino 的智能家居控制系统[J]. 电子技术应用, 2014, 40(4): 123-125.

[4] 窦慧晶,侯荣全,陈凤菊. 基于 BOA 和 nRF24L01 的智能家居系统[J]. 国外电子测量技术, 2015,

- 34(2):67-72.
- [5] 李宗卿, 刘忠富, 吴学富, 等. 无线智能家居舒适度测控系统[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(11): 103-107.
- [6] 王宁, 殷贤华, 刘明缘. 基于 Android 的智能家居无线监控系统设计[J]. 电子测量技术, 2016, 39(9): 118-122.
- [7] 李燕君, 胡绍利, 池凯凯, 等. 面向家庭健康监护的传感网中继节点部署方法[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(9):2153-2160.
- [8] 郭艳青, 刘征宇, 杨善春, 等. ZigBee 与航迹推算混合定位的电动轮椅导航控制系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(7):1076-1082.
- [9] LI M, LIN H J. Design and implementation of smart home control systems based on wireless sensor networks and power line communications[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2015, 62(7): 4430-4442.
- [10] KONINGS D, BUDEL A, ALAM F, et al. Entity tracking within a Zigbee based smart home [C]. International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, IEEE, 2016:1-6.
- [11] 王飞, 程建平, 瞿少成. 基于 ZigBee 路由算法的智能小区系统设计与实现[J]. 电子测量技术, 2017, 40(1):6-11.
- [12] 史巧硕, 范东月, 柴欣, 等. 嵌入式 Linux 根文件系统的构建与分析[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(2):656-659.
- [13] 刘治国, 陈新华. 基于 Linux 和 Qt 的智能家居系统的设计与实现[J]. 电子技术应用, 2012, 38(4): 23-26.
- [14] 贺翔, 孟小华. 嵌入式智能家居终端人机界面设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(10):2166-2168.
- [15] 杨晶, 黄俊, 吴福海. 基于 Qt 的智能家居管理软件设计与实现[J]. 电视技术, 2015, 39(4):101-104.

作者简介

赵亮, 1992 年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式与物联网技术。

瞿少成(通信作者), 1971 年出生, 工学博士、教授、博士生导师, 主要研究方向为智能信息处理与控制。

E-mail:qushaocheng@mail.ccnu.edu.cn