

基于 Android 的智能家居无线监控系统设计*

王 宁 殷贤华 刘明缘

(桂林电子科技大学 电子工程与自动化学院 桂林 541004)

摘要: 针对智能家居的安全性、人性化和智能化等特点,提出基于 Android 的智能家居无线监控系统。系统以 ARM Cortex-A8 内核处理器作为硬件平台,采用 Android4.0.3 操作系统、SQLite 数据库和 Socket 作为软件平台,利用 ZigBee 技术组建智能家居无线监控系统。其中,监控装置可以实时监测家庭环境参数,服务器可以实时存储家庭环境参数,Android 客户端可以无线访问服务器数据和控制家电。实验表明,服务器能够快速稳定地存储数据,本地客户端和移动客户端都可以实现智能家居监控,客户端的功能丰富,操作便捷友好,能够较好地满足用户的需求,具有一定实用价值。

关键词: 智能家居; Android; SQLite; 服务器; ZigBee

中图分类号: TP311; TP393 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8060

Design of smart home wireless monitoring system based on Android

Wang Ning Yin Xianhua Liu Mingyuan

(School of Electrical Engineering and Automation, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: In accordance with the characteristics of smart home on security, humanity and intelligence, a wireless monitoring system for smart home based on Android was proposed. The ARM microprocessor Cortex-A8 was designed as the hardware platform. Android4.0.3 operating system, SQLite database and Socket were adopted as the software platform. A smart home wireless monitoring system was constructed based on ZigBee technology. The monitoring device realized real-time monitoring of home environment parameters, and the server could store the parameters. Android client could access the server data and control home appliances by wireless way. The test results show that the server can store data quickly and stably, both of the local client and mobile client can achieve intelligent home monitoring. The system has a better practical value, which is more functional, more convenient and user-friendly, and adequate to meet user's demands.

Keywords: smart home; Android; SQLite; server; ZigBee

1 引言

智能家居系统^[1]是将家庭中各种与信息相关的通讯设备、家用电器和家庭安装置,通过无线网络连接到一个家庭智能化系统上进行集中的监视、控制。随着电子信息的日益提升、物联网技术的兴起以及智能手机的快速普及,人们对生活质量的要求越来越高,智能家居产品得到了广泛的关注^[2],成为当前国内外研究的一个热门课题。

目前市场大部分智能家居系统都以 PC 为核心^[3],为了进一步节省经济和提高便捷性,本文提出基于 Android 的智能家居无线监控系统,以 ARM Cortex-A8 内核的 S5PV210 嵌入式硬件平台来搭建数据存储服务器,以 Android 为操作系统开发家居控制、环境监测客户端,以

CC2530 芯片为核心组建无线通信监控装置,Android 智能设备可以实现对家居环境参数的无线实时监控和对家庭设备的控制。该系统具有更好的便携性、移动性和实用性,开发与维护成本更低,具有广阔的应用前景。

2 系统结构

系统主要由智能家居服务器、智能家居客户端和无线传感网监控装置三大部分组成。智能家居服务器是以 ARM 嵌入式硬件平台为核心,利用轻量级、跨平台关系型数据库 SQLite 实现数据存储,通过 TCP Socket 协议跟客户端交换数据;智能家居客户端是以 Android 操作系统为支撑,以 Android Studio 为开发平台,利用 Android 自带的各种组件、API 函数接口来实现;无线传感网监控装置是以

收稿日期:2016-02

* 基金项目:国家级大学生创新创业训练计划(201410595027)、桂林电子科技大学研究生教育创新计划(GDYCSZ201426)资助项目

CC2530 芯片为核心,利用芯片自带的增强型 8051CPU 对各种传感器进行驱动和控制,实现无线监控装置。

手机客户端通过 TCP Socket 协议与路由器进行数据交互,服务器通过 WiFi 模块与路由器交换数据,实现了手机客户端与服务器间的数据交换。监控终端采集数据通过无线网络发送到协调器,协调器通过串口通信与服务器互相传输数据,手机客户端可以实时查看服务器的数据。智能家居系统如图 1 所示。

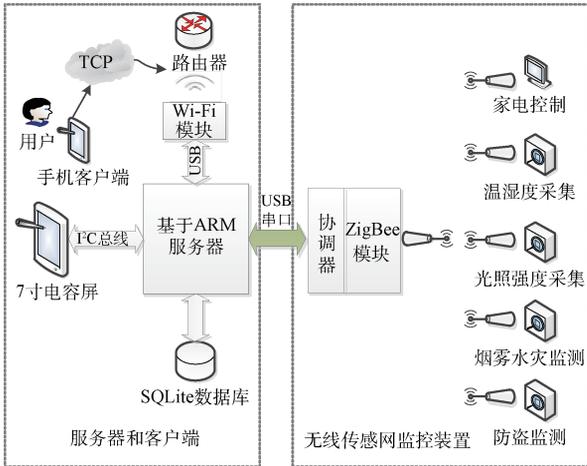


图 1 智能家居系统

3 智能家居服务器设计

智能家居服务器以嵌入式硬件平台^[4]为基础,Android SQLite 数据库为中心,以 Socket TCP 通信为服务器和移动客户端的桥梁。服务器的主要任务是作为传感器和应用程序之间的数据中转站,负责存储 ZigBee 传感器节点传回来的数据,供 Android 客户端访问显示和供用户查询。服务器的设计包括创建数据库和数据表、设计公共类程序、设计 Socket 服务器程序以及串口通信程序。

3.1 创建数据库和数据表

SQLite 数据库^[5]是使用 C 语言编写的开源嵌入式数据库,使用该数据库可以像使用 SQL Server 数据库那样来存储、管理和维护数据。在服务器中创建一个名为 smarthome.db 的数据库,使用 SQLiteOpenHelper 类的构造函数来实现,主要实现代码如下:

```
public class DBOpenHelper extends SQLiteOpenHelper {
    private static final int VERSION = 1; //定义数据版本号
    private static final String DBNAME = "smarthome.db"; //定义数据库的名字
    public DBOpenHelper(Context context) { //定义构造函数
        super(context, DBNAME, null, VERSION); //父类
```

SQLiteOpenHelper 的构造函数

该数据库用到了两个数据表,分别是 tb_controlstate 和 tb_monitorvalue。Tb_controlstate 用来存储门灯的状态值和温度、湿度、光照强度、烟雾的报警阈值。Tb_monitorvalue 数据表用来存储从 USB 串口发送回来的温度、湿度、光照强度、烟雾值、人体红外和水灾情况等参数。

3.2 公共类程序设计

公共类是代码重用的一种形式,它将各个功能模块经常调用的方法提取到公共的 Java 类中。

在 com.example.myapplication.app.model 包中存放着数据类型模型公共类,对应着数据库中不同的数据表。这些数据模型被访问数据库的 Dao 类和应用程序中的各个模块甚至各个组件所使用。数据模型对数据表的字段进行封装,主要用于存储数据,并且通过相对应的 getXXX() 和 setXXX() 方法实现不同属性的访问。

Dao 公共类也叫数据访问对象,包含了 DBOpenHelper,controlstate_dao,monitorvalue_dao 3 个数据访问类。其中 DBOpenHelper 用来创建数据库、数据表,controlstate_dao 用来对控制状态值进行管理,monitorvalue_dao 用来对各个环境参数值进行管理。

3.3 Socket 服务器程序设计

Socket^[6]即套接字的意思,它提供了程序内部与外界通信的网络端口,并为通信双方提供数据传输通道,同时具有数据丢失率低,使用简单且易于移植的优点。通过 Socket 可以实现服务器与手机客户端的通信。Socket 通信可以使用 TCP 协议或 UDP 协议,本设计使用 TCP 协议,TCP 协议通信方式如图 2 所示。

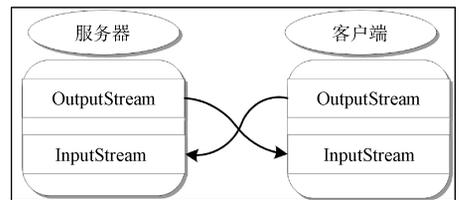


图 2 TCP 通信方式

基于 TCP 协议的 Socket 服务端的编程首先要声明一个 ServerSocket 对象并制定端口号,比如本设计声明一个端口号为 9999 的 ServerSocket 对象的实现代码为: myserversocket = new ServerSocket(9999)。然后调用 ServerSocket 对象的 accept() 方法接收来自客户端的请求。accept() 方法在没有数据请求到来时处于堵塞状态。调用方式为 Socket mysocket = serversocket.accept()。一旦有数据请求到来,可以通过 InputStream inputstram = mysocket.getInputStream() 来读取数据。

3.4 串口通信程序设计

USB 串口通信模块是服务器与 ZigBee 节点进行数据

交换的桥梁,通过该串口模块服务器可以发送指令或者数据到 ZigBee 协调器上,协调器再通过组网的方式把这些数据和命令发送到各个终端节点。为了调试方便和验证 USB 传送回来数据的正确性,单独开发了一个串口调试界面。该界面可以显示出 USB 串口传送回来的数据,以及显示串口的状态和已接收的字节数。为了提高客户端的运行效率,单独开辟一个子线程用于 USB 串口数据的读写。在该线程中把读取到的数据存储到 SQLite 数据库的 tb_monitorvalue 数据表中,并且当 SQLite 数据库中的 tb_controlstate 数据表有变化时就把该表的状态数据发送到 ZigBee 协调器中,协调器再通过无线发送到各个终端节点执行相应动作。

4 智能家居客户端设计

客户端的设计包括运行在嵌入式硬件平台上的 Android 客户端设计和运行在手机平台上的移动客户端设计。它们都是基于 Android 操作系统的应用程序,采用 Java 语言编写。

4.1 Android 开发工具

Android^[7]是基于 Linux 内核的软件平台和操作系统,采用分层的架构,包含操作系统、中间件和核心应用等。通过在嵌入式平台上进行 Android 源码编译和内核移植^[8],就可以针对 Android 系统开发应用程序。开发 Android 应用的工具使用 Android Studio 软件,该软件具有集成工具多、支持实时渲染、编程性能好等优点。

4.2 客户端功能结构

客户端作为智能家居监控的重要功能部分,主要实现实时监测数据的查看、历史数据和曲线的查看、家居的控制等功能。Android 客户端的功能结构如图 3 所示。

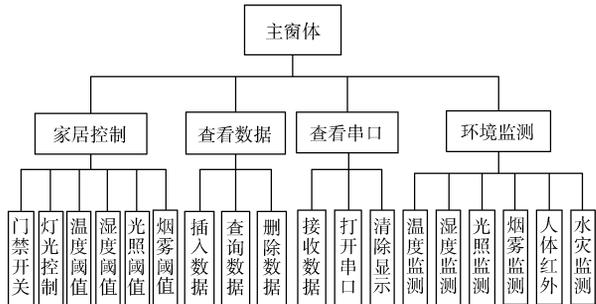


图 3 Android 客户端的功能结构

客户端从主窗体 MainActivity 开始,在主窗体中有家居控制、环境监测、查看数据库、查看串口 4 个 Button,这 4 个 Button 分别对应着 home_control、home_monitor、look_databases、Setup_Serial_Port 这 4 个 Activity。用户点击“家居控制”Button 后,界面跳转到智能家居的控制界面,在该界面中有 6 个选项,通过这些选项可以控制门和灯的打开或关闭,可以设置温度、湿度、光照强度、烟雾的报警

阈值。单击“环境监测”Button 后,客户端跳转到环境监测界面,在该界面中有 2 个 Button,分别对应光照烟雾监测和温度湿度监测。进入其中的任何一个界面,通过曲线图可以清楚地了解到当天的环境参数的变化情况,还可以实时显示温度、湿度、光照强度、烟雾、是否有人、是否有水灾等。点击进入“查询数据库”界面,可以对数据库进行操作。点击进入“查看串口”界面,可以实时查询 ZigBee 发送回来的数据,该界面主要用来验证 ZigBee 协调器传回来的数据的正确性,保证 USB 串口已经正常通信。

4.3 客户端软件界面设计

主窗口使用 XML 布局文件来控制 UI 界面,即在 MainActivity 中调用 setContentView(R.layout.home) 来显示 XML 文件中的布局内容。环境监测界面和控制界面使用的是 XML 和 Java 代码混合控制 UI 界面的方式,这样可以灵活地修改界面的内容。

控制界面的 XML 布局文件中定义有 ImageView、TextView、Button、和 EditText 四个组件,并采用现形布局,由于该界面是用 Java 代码来向各个组件注入内容,不能够分别对其中的六个按钮进行监听,所以设计了同时监听所有 Button 按钮,通过一个 int 类型变量来辨别是第几个按钮有事件发生。智能家居系统的控制界面的程序流程如图 4 所示,控制界面如图 5 所示。

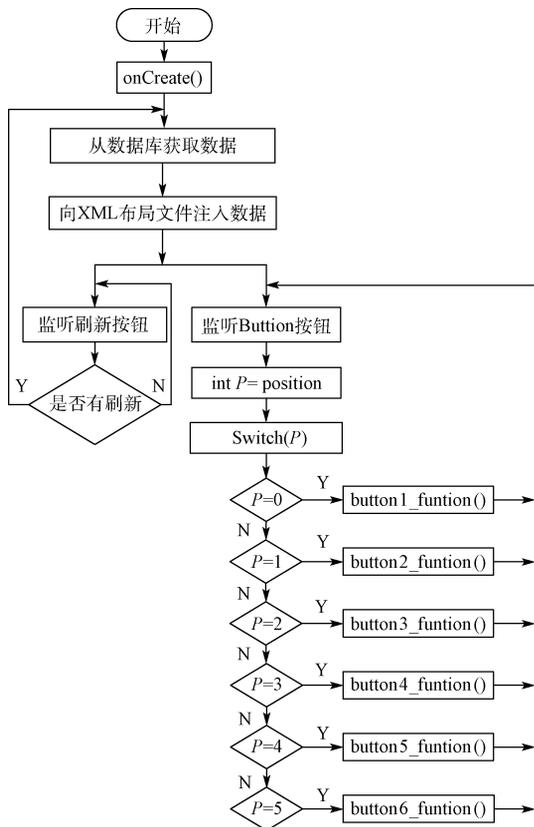


图 4 智能家居控制界面的程序流程



图 5 智能家居控制界面

5 无线传感网监控装置设计

无线传感网监控装置利用 ZigBee 技术组建无线传感网,由蜂鸣器和 LED 构成报警模块,当出现水灾、入室盗窃及环境参数超过报警阈值时,报警信号发送给服务器和蜂鸣器报警。家电控制主要实现对家庭设备功能的控制,系统以灯和门为例,当客户端执行开灯时,相应的灯就会呈现执行的状态。串口通信模块主要实现协调器与服务器通信。

5.1 监控装置硬件设计

ZigBee 模块采用符合 2.4 GHz、IEEE802.15.4 的射频芯片 CC2530^[9],芯片整合了 ZigBee RF 前端、自带增强型 8051CPU、系统内可编程内存等功能,具有不同的运行模式,适用于低功耗系统,并且 2.0~3.6 V 供电电压,可以使用常用电池给终端供电。

环境监测模块主要由温湿度、光照强度、烟雾、水灾和防盗传感器组成。温度监测采用数字型 DS18B20 传感器,测量精度高;湿度监测采用 DHT11 传感器,具有低功耗和稳定性等优点;光照强度监测采用 BH1750 光强度传感器,支持 I²C BUS 接口,光谱灵敏度特性高,受红外影响低,适合室内光强采集;防盗监测采用 HC-SR501 人体感应模块,检测范围在 5~7 m;烟雾监测采用 MQ-2 传感器,水灾监测采用液位传感器,这两个传感器都需要 CC2530 芯片内部 ADC 的转换,通过设定有效的阈值,达到自动报警的作用。

5.2 监控装置软件设计

监控装置软件设计使用了德州仪器提供的 ZigBee 协议栈。ZigBee 协议栈^[10]是在 IEEE802.15.4 标准上建立起来的,定义了协议的 PHY 层以及 MAC 层。ZigBee 网络的拓扑结构包括星状型、树状型和网状型 3 种,本次设计采用星状型拓扑结构。

无线传感网装置设计的节点有^[11]:协调器节点、路由器节点和终端节点。协调器节点的主要功能是协调建立网络,接收路由器和终端节点的数据,并发送数据到监控节点,完成与服务器的信息通信。路由器节点把自身网络地址和父节点网络地址传送给协调器,同时路由器节点作为

控制端,实现家电器件的控制和报警功能,当接收到协调器发送的控制指令,同时执行相关控制操作。终端节点主要用来监测家居的温湿度、烟雾和光照强度参数,及时监测水灾和防盗情况,同时通过点播发送时刻监测的数据和网络地址给协调器,接收协调器发来的报警信号。以报警模块的软件设计为例,软件流程如图 6 所示。

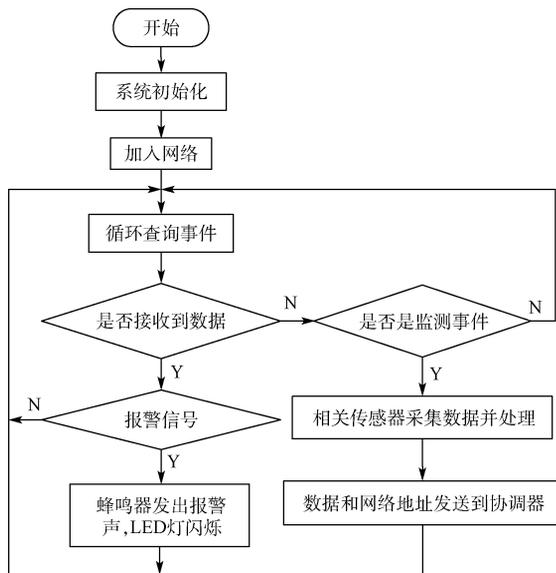


图 6 报警模块软件流程

6 系统测试

为确保系统的服务器和客户端的可行性和可靠性,需要对整个系统的软件和硬件进行完善的技术测试。测试的模块包括智能家居的控制模块、温湿度监视模块和光照、烟雾监视模块。

智能家居控制模块的测试流程是首先组装好整个系统,运行客户端软件,进入到家居控制界面,然后点击控制按钮,观察 ZigBee 终端节点的变化。控制界面有 6 个按钮,分别是门和灯的控制按钮以及温度、湿度、光照强度、烟雾的阈值设置按钮。“门禁开关”按钮对应 ZigBee 控制终端的继电器和 LED 灯,“灯光控制”按钮对应继电器控制的灯泡。当在“温度阈值”后面的编辑框输入低于当前温度的值后点击设置按钮,ZigBee 控制终端节点的蜂鸣器会报警,直到温度阈值高于当前温度值为止,其他阈值设置按钮的原理与“温度阈值”相同。对该模块的测试模块结果如表 1 所示。

从测试结果来看,家居控制模块实现了对灯光和门的控制、实现了对环境参数的阈值设置,但是操作跟响应之间存在延迟,说明操作的灵敏度相对比较低。分析可知其原因是因为操作之后的数据先要保存到数据库中,服务器检测到数据库数据有变化才把这些状态数据发送到终端节点。

表 1 控制模块测试结果

选项	操作	成功数/ 总次数	操作延 迟/s	响应
门禁开关	打开/关闭	10/10	0.5	LED 点亮/熄灭
灯光控制	打开/关闭	10/10	0.5	灯泡点亮/熄灭
温度阈值	10	10/10	0.5	超限报警
湿度阈值	20	10/10	0.5	超限报警
光照阈值	100	10/10	0.5	超限报警
烟雾阈值	5	10/10	0.5	超限报警

温湿度监测测试主要是验证其显示的正确性和实时性,测试环境是将温度传感器置于电脑的散热口旁,通过监测界面观察温湿度的变化情况和变化快慢。经过 10 min 的测试观察,温度值一直上升然后趋向于稳定,并能稳定地显示在监测界面上。温湿度监测界面如图 7(a)所示,测量值如表 2 所示。

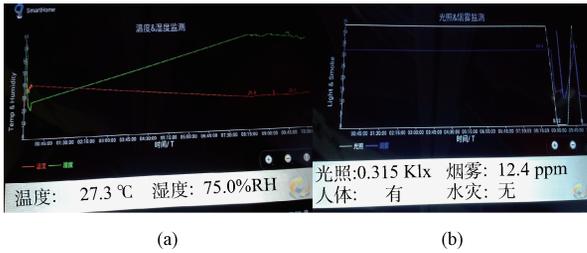


图 7 温湿度监测界面和光照烟雾监测界面

表 2 温湿度监测测试结果

次数	1	2	3	4	5	6	7
温度值/°C	25.8	25.6	25.4	24.6	24.3	24.1	26.3
湿度值/ (%RH)	76.0	76.0	77.0	79.0	85.0	65.0	66.0

光照、烟雾监测测试跟温湿度监测测试方法相似,主要验证光照、烟雾值的正确性和实时性。不同的是,测试对象还包括人体红外和是否有水灾。人体红外测试只要有人靠近人体红外传感器,在检测界面上“人体”选项就显示“有”,没人靠近时就显示“无”;水灾测试是通过把液体传感器放入水中并拿出水中观察监测界面的变化情况。光照烟雾监测界面如图 7(b)所示,测试结果如表 3 所示。

表 3 人体红外及水灾测试结果

测试项目	操作	显示	延迟/s
人体红外测试	人体接近传感器	有	0.5
	人体远离传感器	无	0.5
水灾测试	传感器接触水	有	0.5
	传感器远离水	无	0.5

6 结 论

智能家居监控系统采用 SQLite 数据库搭建服务器,通过在嵌入式平台移植 Android 系统开发本地和远程客户端应用,以 ZigBee 技术设计无线传感网监控装置,安装了客户端软件的安卓平板或手机都可以通过 TCP Socket 协议与服务器建立通信,并获取监控装置接收的参数信息,通过 WiFi 实现对家用电器的无线控制以及对环境参数的实时监测与存储。经过多次实验和测试,系统工作稳定,可靠性强,功耗低,相比传统的智能家居系统,可移植能力强,界面功能丰富且操作简单,有较好的拓展性,对智能家居研究有一定参考价值。

参 考 文 献

- [1] 张小贝,周凤星. 基于嵌入式控制器和 RS485 的智能家居系统[J]. 电子测量技术, 2012, 35(8): 62-65.
- [2] 潘朝,罗小巧,黄佳,等. 基于 GSM 短信的智能家居控制系统的设计[J]. 电子测量技术, 2013, 36(6): 121-124.
- [3] 赵勇. 基于 ARM 和 ZigBee 的智能家居远程监控系统设计[J]. 测控技术, 2012, 31(11): 52-54, 59.
- [4] 杨志兴. 基于 ARM 与 WinCE 的微波变频器嵌入式系统设计[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(增刊): 194-198.
- [5] 穆红显,杨林楠,武尔维. 基于 QT4 的 SQLite 可视化管理工具的研究与开发[J]. 计算机工程与设计, 2012, 33(5): 1795-1800.
- [6] 彭凤凌,虞先国,王洪辉,等. 基于安卓手机的高效数据库访问机制[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(12): 4109-4113.
- [7] 李向军,张小菲,王书阵. 一种基于 Android 平台的移动终端多媒体播放器的扩展设计[J]. 微电子学与计算机, 2014, 31(2): 118-121.
- [8] 路青起,席丹丹. 嵌入式 Linux 系统移植[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(12): 78-81.
- [9] 杜军,马俊,周亚强. 基于 ZigBee 和 GPRS 的班级考勤系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(9): 81-87.
- [10] 周岭松,余春暄. 基于 ZigBee 技术的温、湿度控制系统[J]. 电子测量技术, 2011, 34(6): 47-50.
- [11] 焦尚彬,宋丹,张青,等. 基于 ZigBee 无线传感器网络的煤矿检测系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(5): 436-442.

作者简介

王宁(通讯作者),1990 年出生,研究生,研究方向为自动测试系统、太赫兹检测技术。

E-mail: wangningngu@126.com

殷贤华,1974 年出生,副教授,测控技术与仪器系主任,研究方向为自动测试总线与系统、集成电路测试理论和测试技术。

刘明缘,1995 年出生,本科生,研究方向为测控技术。