

# 基于 Android 平台和 Zigbee 技术新型智能家居系统<sup>①</sup>

刘 敏, 谭守标, 陈军宁

(安徽大学 电子信息工程学院, 合肥 230601)

**摘 要:** 随着个人计算机和互联网的普及以及电器产业的迅猛发展, 越来越多的消费者表达了对智能家居的渴望. 然而由于缺乏统一的标准和市场规模, 智能家居产业步履维艰. 着重研究了以模块化的思想构建 Zigbee 网络, 采用移动智能终端 Linux 嵌入式系统设计, Android 系统手机界面, 实现信息采集和对家庭电器设备的无线控制. 该系统既能提升智能家居的便利性和舒适性, 同时具备良好的通用性和扩展性. 目前, 已应用于无锡美湖社区智能家居展示馆, 实现了灯光、空调、彩电等的智能控制和远程控制.

**关键词:** 模块化; Zigbee; Android; 智能家居

## New Smart Home System Based on Android Platform and Zigbee Technology

LIU Min, TAN Shou-Biao, CHEN Jun-Ning

(Institute of Electronic Information Engineering, Anhui University, Hefei 230601, China)

**Abstract:** Along with the personal computer and Internet's rapid popularization, as well as the electrical appliances industry's rapid development, more and more consumers are eager for Smart Home now. This paper puts emphasis on the constructing of Zigbee network with modular thought. Linux embedded system for mobile intelligent terminal is adopted for design, together with the mobile phone interface of Android system, the information collection and the wireless control of household electrical equipments are finally achieved to. The system not only can improve the convenience and comfort of the smart home, but also with good versatility and extensibility. At present, it has been applied to the intelligent household exhibition in Meihu Community of Wuxi, Jiangsu and realizes the intelligent control and remote control of the lamplight, air-conditioning, TV and many other electrical appliances.

**Key words:** modularization; Zigbee; Android; smart home

Android 是 Google 公司推出的开源手机操作系统, 目前发展势头十分迅猛, 平台市场占有率稳步上升, 相信在未来几年内, Android 将成为主流的嵌入式操作系统. 将 Android 作为智能家居系统中家庭网关的系统, 有利于为该产业提供一个统一的规范. 此外, Android 系统的应用程序可以轻松嵌入网络, 易于实现对智能家居的远程网络监控. Zigbee 是一种新兴的低功耗、低成本、低速率、近距离、短时延、高容量的无线网络技术. 同时, “Zigbee 联盟”与 “RF4CE

(Radio Frequency for Consumer Electronics) 联盟”合作共同开发了基于 Zigbee/IEEE 802.15.4 并用于家电遥控的射频新标准, 从而大大提高了传输距离和抗干扰性<sup>[1,2]</sup>. 利用 Zigbee 组网技术构建家庭局域网, 取代传统的布线技术, 不仅安装简单、使用方便, 而且覆盖面积广, 支持移动设备. Zigbee 技术的特点决定了它是最适合智能家居系统的组网技术<sup>[3,4]</sup>. 本文旨在设计基于 Android 平台和 Zigbee 无线网络的新型智能家居系统, 具有良好的市场价值.

<sup>①</sup> 收稿时间:2012-04-25;收到修改稿时间:2012-06-01

### 1 系统架构

智能家居系统的网络结构如图 1 所示. 在家庭局域网中, 家庭网关是核心, 采用 Android 操作系统, 提供人机交互界面. 将 Zigbee 模块在家庭网关上进行一键注册, 然后将 Zigbee 模块嵌入到目的设备(家电, 传感器, 摄像头等)中. 这样, 就通过 Zigbee 模块建立起了无线网络, 利用遥控器或者家庭网关自身即可以实现信息采集和自动化控制数据传输. 最后, 将局域网内设备信息上传至服务器中, 个人计算机和便携多媒体设备可以通过互联网和 3G、GPRS、Wi-Fi 等网络通信手段访问服务器, 获得家庭局域网中设备的运行情况, 进行实时监控<sup>[5-7]</sup>.

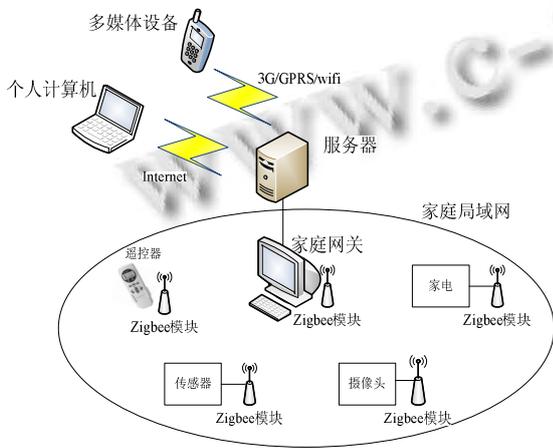


图 1 智能家居系统的网络拓扑结构

### 2 Zigbee模块的设计与实现

在 Zigbee 网络中存在三种逻辑设备类型: 协调器 (Coordinator), 路由器(Router)和终端设备(End- Device). Zigbee 网络就是由一个 Coordinator 节点、多个 Router 节点(也可以没有)和多个 End-Device 节点(也可以没有)组成<sup>[8,9]</sup>. 家庭网关作为协调器, 是 IEEE 802.15.4 定义的全功能设备(Full Function Device, FFD), 负责配置启动整个网络. 其他网络节点作为终端设备, 即精简功能设备 (Reduced Function Device, RFD), 可以睡眠或者唤醒, 接收协调器发出的指令信息, 作出相应反馈<sup>[10,11]</sup>.

Zigbee 模块采用美国德州仪器 TI 公司的新一代 SOC 芯片 CC2530, 该芯片是真正的片上系统解决方案, 集成了高性能的 RF 收发器和一个增强的 8051MCU 内核, 支持 IEEE802.15.4 标准/ZigBee/ZigBee RF4CE 和能源的应用,同时配备了专有的网络协议栈(RemoteTI、Z-Stack 或 SimpliciTI)简化开发. 其中, Z-Stack 是业界领先的 Zigbee 协议栈, 最新版本 ZStack-CC2530 符合 Zigbee 2007 规范, 配合操作系统抽象层(Operaion System Abstract Layer, OSAL)完成整个协议栈的运行,我们将采用该协议栈开发家庭局域网中的 Zigbee 模块<sup>[12,13]</sup>.

硬件上, 从灵活性和热插拔能力考虑, 以 USB 接口接入家庭网关, 以 USB 接口或者 RS232 串口接入家庭电器设备,设计 Zigbee 模块电路原理图如图 2 所示.

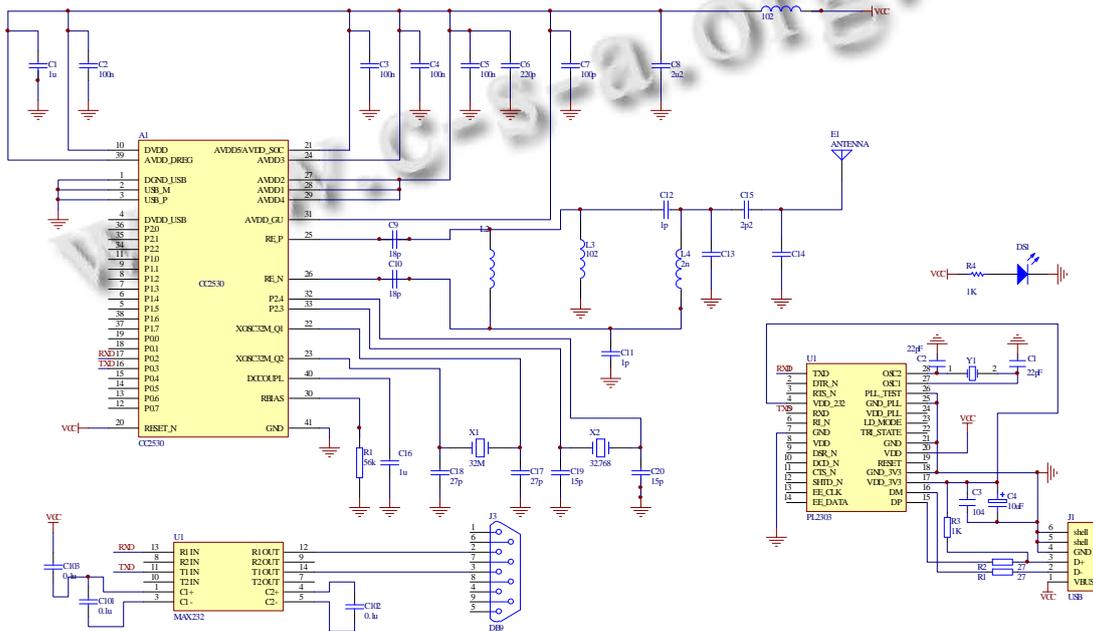


图 2 接入家庭网关的 Zigbee 模块原理图

软件上, Z-Stack 由 main()函数开始执行, 初始化系统, 然后开始执行轮转查询式操作系统. 协议栈中的每一层都设计了一个事件处理函数, 用来处理该层操作相关的各种事件. 将这些事件处理函数看成是与协议栈每一层相对应的任务, 由 Zigbee 协议栈中调度程序 OSAL 来进行管理, 如图 3 所示.

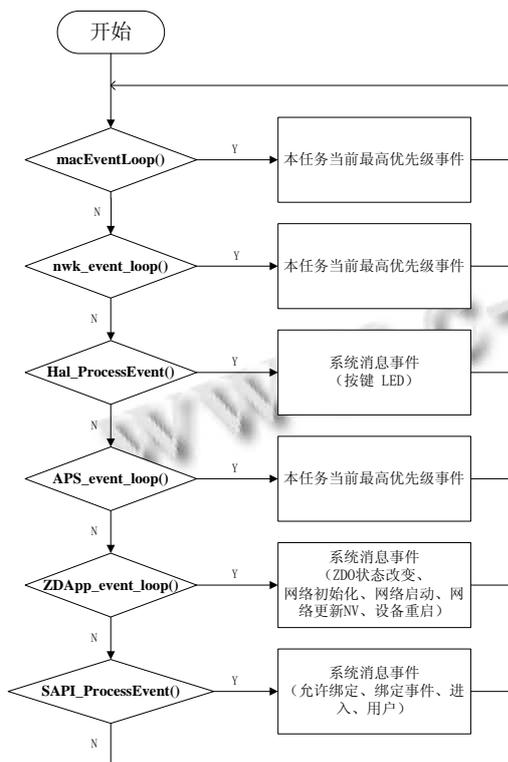


图 3 OSAL 任务调度管理

协调器通电后, 选择一个信道和一个网络 ID (Personal Area Network ID, PAN ID), 随后启动整个网络. 终端设备自动加入该网络, 匹配描述符进行绑定. 此时, 网络中的每个设备会分配唯一的 16 位网络短地址, 用来在网络中鉴别设备和发送数据<sup>[14]</sup>.

1) 设备加入网络之后, 函数 zb\_WriteConfiguration 将设备的网络 ID 和短地址分别写入非易失闪存 (Nonvolatile Flash, NV) 中: zb\_WriteConfiguration (ZCD\_NV\_PANID, sizeof(uint16), &panId);

zb\_WriteConfiguration(ZCD\_NV\_SHORT\_ADDR, sizeof(uint16), &selfShortAddr);

panId 和 selfShortAddr 分别存放网络 ID 和短地址.

2) 当 Zigbee 模块串口接收到数据时, 触发 OSAL 系统消息事件, 执行串口回调函数 uartRxCB. void uartRxCB( uint8 port, uint8 event ); port 是 uart 端口, event

是触发回调的 uart 事件. 通过数据传输函数 zb\_SendDataRequest 实现自定义的串口转 Zigbee 无线透明传输协议, 支持数据透明传输(协调器从串口收到数据后, 广播转发给网络中所有终端节点; 终端从串口收到数据后转发给网络中的协调器)和指令方式传输(用函数 zb\_ReadConfiguration 获得设备信息, 在任意两个节点之间通过串口指定地址的方式发送给对方). void zb\_SendDataRequest (uint16 destination, uint16 commandId, uint8 len, uint8 \*pData, uint8 handle, uint8 txOptions, uint8 radius ); 参数 destination 为发送数据目的地址, commandId 为发送信息命令 ID, len 为数据长度, pData 指向数据数组, handle、txOptions、radius 分别为发送数据请求标识、发送选项以及发送半径.

这样, 在自组网的同时, 只需要读取串口, 即可以实现数据的透明传输. 将协议栈嵌入到模块内部, 留出 USB 接口和串口, 实现模块化构建 Zigbee 网络.

### 3 Android家庭网关的设计与实现

Android 作为家庭网关的系统, 担负着内外网的数据交换和为用户提供操作平台. 采用基于 ARM 11 内核高性能、低功耗的 S3C6410 处理器, 完美支持 Android 操作系统.

1) 用 Ubuntu10.10 作为宿主机系统, 编译 Android-boot、linux 内核和 Android 2.3 源代码, 建立起 Android 系统. 移植 USB 转串口驱动, 当 Zigbee 模块的 USB 接口插入系统时, 系统将其识别为一个虚拟串口 ttyUSBx(x 为自然数), 并在 Android 系统下的 uevent.rc 文件中添加如下代码, 为该设备描述符设置读写权限:

```
/dev/ttyUSB* 0777 system system
```

2) 分析 Android 架构, 用户界面处于应用层, 而硬件相关的驱动模型处于最底层 Linux 内核层, 应用层要实现对硬件的直接访问操作, 可以使用 Android NDK(Native Development Kit)方法参与开发, 底层将操作该虚拟串口的方法封装成 C 动态链接库, 上层通过 JNI(Java Native Interface, Java 本地调用)调用. 在 Java 中装载名为 jni 的链接库:

```
Static
{
    System.loadLibrary("jni");
}
```

3) 应用层使用 Android 的 Service 和 Activity 两种

基本组件, Service 做后台运行, Activity 做用户界面。同时, 将 Service 注册为开机自动运行, 设置一个定时器任务检测系统的设备下是否出现要求的虚拟串口, 如果此时 USB 接口插上 Zigbee 模块, 系统检测到之后会立刻弹出设计的配置界面, 如图 4 所示, 由用户根据需求进行注册初始化和启动网络控制等功能。



图4 家庭网关用户界面

4) 注册之后, 家庭网关里保存了该 Zigbee 模块的网络 ID、短地址和将要嵌入的设备等信息, 此时遥控器或者家庭网关即可以通过按键实现对相应嵌入 Zigbee 模块的设备的控制。在新增设备时, 只需要将对应 Zigbee 模块在家庭网关中进行注册即可。而家庭网关需要时刻维护已注册的设备列表。

#### 4 实验结果与分析

经测试, 该系统协调器在 1s 内可以建立网络, 终端设备在十米距离 0.5s 内(约 50ms)可以加入网络, 传输速率在无遮挡物环境下速率可以达到 250kbps, 且误码率低于 1%, 终端节点从睡眠到工作需要约 20ms, 整个网络健壮性良好。Android 操作系统运行正常, 既可以接收遥控器的控制命令, 解析后发送给目的设备, 自身也可以实现对设备的控制和信息至服务器的上传。从目前该系统在无锡美湖社区的展示效果来看, Zigbee 网络和 Android 平台完全胜任智能家居的信息采集和控制应用, 较之传统的控制技术, 无论是安装使用、成本功耗还是扩展升级, 优势都可见一斑。

#### 5 结语

本文提出了 Android 平台和 Zigbee 技术在智能家居中的联合, 在 Android 平台中使用 NDK 技术封装底层硬

件设备处理信息, 在 Zigbee 网络中提出模块化构建思想, 简化了系统的复杂度, 同时提高了系统的扩展性, 对智能家居的研究具有一定的参考价值和指导意义。

#### 参考文献

- 1 Gao MM; Shao LS, Hui XW, Sun QW. The System of Wireless Smart House Based on GSM and ZigBee. Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2010 International Conference. 2010, 3: 1017-1020.
- 2 Zhang G, Liu SG. Study on electrical switching device junction temperature monitoring system based on Zigbee technology. Computer Application and System Modeling (ICCSM), 2010 International Conference. 2010, 4: 692-695.
- 3 Vişan DA, Liţă I, Jurian M, Cioc IB. Wireless measurement system based on ZigBee transmission technology. Electronics Technology (ISSE), 2010, 33rd International Spring Seminar, 2010. 464-467.
- 4 Han DM, Lim JH. Smart home energy management system using IEEE 802.15.4 and zigbee. Consumer Electronics, IEEE Trans., 2010. 1403-1410.
- 5 Wang WY, Chuang CC, Lai YS. A context-Aware system for smart home applications. Lecture Notes in Computer Science, 2005, 38(23): 298-305.
- 6 Amitava DR. Networks for Home. IEEE Spectrum, 12, 1999, 36(12): 26-33.
- 7 Amah AK, Ortega-Sanchez C, Sharif A, Potdar V. User friendly smart home infrastructure: BeeHouse. Digital Ecosystems and Technologies Conference (DEST), 2011. Proc. of the 5th IEEE International Conference on. 2011. 257-262.
- 8 Han DM, Lim JH. Design and implementation of smart home energy management systems based on zigbee. Consumer Electronics, IEEE Trans. on. Volume 56, Issue 3. 2010. 1417-1425.
- 9 Yan DM, Dan ZG. ZigBee-based Smart Home system design. Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010 3rd International Conference, 2010, 2: 650-653.
- 10 Niu D, Yang M, Zhao YJ, Zhang Y. The Networking Technology within Smart Home System--ZigBee Techno-

(下转第 157 页)

置坐标,相应实体的连线需重新绘制,布线方法与上述相同。

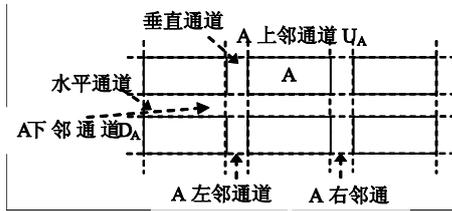


图 3 通道示意图

算法 2: ER 图自动布线算法

```
layout_line(object fromEntity,object toEntity){
```

```
judge(fromEntity,toEntity)//判断两个实体的位置
```

关系

```
getPath_vertical()&&getPath_level()//获取垂直和  
水平通道
```

```
calculateLocation(pointX,pointY)//计算拐点坐标
```

```
connect(fromEntity,toEntity)//连接两个实体,要保  
证拐点处为直角,可以加以美化
```

```
}
```

### 3 结语

本文提出了一种基于图文法制导的 ER 图自动绘制技术,与传统的可视化编辑环境相比,它具有以下特点:

(1) 按照人们阅读实体的过程绘制 ER 图,边阅读边绘制,用可视化的方式记录了实体阅读过程,避免了来回导航带来的困扰;

(2) 允许阅读 ER 图时,同时关联到超文本数据字典中;

(3) 可同时选择多个关联的实体加入到 ER 图,并自动连接实体之间的连接线;

(4) 用户得到需要的 ER 图后,可以直接对图形操作,导航到其它实体作为 ER 图的中心实体;

(5) ER 图的绘制过程是自动的,用户只需选择实体,不用考虑布局的问题就可以直接显示相应的 ER 图。

基于图文法制导的 ER 图自动绘制技术已经进行了实际应用.今后的工作主要考虑以下几个方面:一方面,要对现有的技术做更加深入的研究,包括对图形的描述方式,实体关系可视化的表达,以及对图形显示的美化;另一方面,如果初始图中实体数量繁多,当前判断中心实体的方式相对简单,需要做进一步的研究;本文 ER 图是在实体关系规则的基础上绘制的,实体的增加与更新都会对相应的实体关系规则进行修改,若要直接在 ER 图的基础上对实体进行操作,还要对 ER 图文法中的嵌入规则做更加详尽的描述;最后,要进一步考虑扩大该技术的应用范围,不仅仅局限于绘制模型图,还要达到通用的目标。

### 参考文献

- 姜可,张莉.一个可配置的可视化建模工具.计算机数字工程,2006,34(12):108-111.
- 韩秀清,曾晓勤,邹阳,等.图文法综述.计算机科学,2008,35(8):10-16.
- 许红霞,张莉.可视化语言文法形式化描述综述.计算机科学,2005,32(4):201-204.
- 邢阳,谢德平,马晓星,等.一种图文法制导的软件体系结构开发环境 Artemis-GADE.计算机研究与发展,2010,47(7):1165-1174.
- Le Metayer D. Describing Software Architecture Styles Using Graph Grammars. IEEE Transaction on Software Engineering, 1998,24(7):521-533.

(上接第 136 页)

logy. Computer Science-Technology and Applications, 2009. IFCSTA'09. International Forum. 2009,2: 29-33.

11 Xiang G, Li Z. Research and Design of Smart Home System Based on Zigbee Technology. Artificial Intelligence and Computational Intelligence (AICI), 2010 International Conference on. Volume: 2.290-293.

12 Kang MS, Ke YL, Li JS. Implementation of smart loading

monitoring and control system with ZigBee wireless network. Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2011 6th IEEE Conference. 2011. 907-912.

13 Gezer C, Buratti C. A ZigBee Smart Energy Implementation for Energy Efficient Buildings. Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2011 IEEE 73rd. 2011.1-5.

14 ZigBee Alliance. ZigBee Specification. version 1.1, 2006, 11.