

# 物联网智能家居系统演示平台的设计与实现

沈彤<sup>1</sup>, 朱昊<sup>2</sup>, 胡静<sup>2</sup>, 宋铁成<sup>2</sup>

(1. 南京创维信息技术研究院, 江苏 南京 210037)  
(2. 东南大学信息科学与工程学院, 江苏 南京 210096)

[摘要] 随着物联网技术的发展, 智能家居这一新兴领域逐渐进入人们的视野. 在此背景下, 设计并实现了一套物联网智能家居系统演示平台. 内容包括基于 ZigBee 技术的无线数据采集节点与无线数据网关节点, 以及基于嵌入式 linux 系统的监控平台界面的设计与实现. 其中, ZigBee 无线数据节点基于 CC2530 模块进行设计, 嵌入式 linux 系统监控平台基于 ARM11 处理器进行设计. 监控平台采用 Qtopia 图形用户界面, 对无线数据采集节点进行监测与控制. 演示平台的测试结果表明, 此方案能够通过图形用户界面每个物联网无线数据节点进行有效地监测与控制, 适合基于物联网的智能家居系统的应用.

[关键词] 物联网, 智能家居, ZigBee, ARM11, Qtopia  
[中图分类号] TP274 [文献标志码] A [文章编号] 1672-1292(2013)01-0020-05

## The Design and Realization of a Smart Home Demo Platform Based on Internet of Things

Shen Tong<sup>1</sup>, Zhu Hao<sup>2</sup>, Hu Jing<sup>2</sup>, Song Tiecheng<sup>2</sup>

(1. Nanjing Skyworth R and D Academy of Information Technology, Nanjing 210037, China)  
(2. School of Information Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** With the development of internet of things, smart home has become an emerging field and entered people's vision gradually. In view of this situation, this paper designs and realizes a smart home demo platform based on internet of things. The contents include the design of RF data collection node and RF data gateway node which are based on ZigBee technologies. It also realizes the design of monitoring platform interface based on embedded linux system. ZigBee RF nodes are designed on CC2530 modules where the embedded linux system monitoring platform interface is designed on ARM11 microprocessor. The monitoring platform uses Qtopia graphical user interface which is able to monitor and control the RF data collection nodes. The test result indicates that this scheme is able to monitor and control the RF data collection nodes effectively through graphical user interface, and that it is suitable for smart home system applications based on internet of things.

**Key words:** internet of things, smart home, ZigBee, ARM11, Qtopia

智能家居(Smart Home),采用物联网技术将家中的音视频设备、照明系统、窗帘控制、空调控制、安防系统、数字影院系统、网络家电等连接到一起,集数据采集与自动控制于一体,为人们提供舒适安全、高品质的家庭生活空间<sup>[1]</sup>.在智能家居系统中,通常只需要进行小数据量的信息传输.同时,系统工作周期较短,通信设备在大部分时间内都处于休眠待机状态<sup>[2]</sup>.综合物联网智能家居系统的以上特点,本设计采用 ZigBee 技术作为物联网智能家居系统的无线传输技术.

本文将介绍一个物联网智能家居系统演示平台的设计与实现.内容包括系统的总体设计、系统软硬件平台的搭建以及系统软件的设计与实现.

收稿日期:2012-12-21.  
基金项目:国家科技重大专项课题资助项目(2010ZX03006-002-01).  
通讯联系人:沈彤,高级工程师,研究方向:无线通信技术、嵌入式软件. E-mail:st67@sina.com

## 1 系统整体设计

系统结构如图 1 所示,系统包括数据监控平台与无线数据节点两个组成部分,其中无线数据节点又分为数据采集节点和网关节点两种.在每一个无线数据采集节点上都装有各类传感器,用于家电设备的信息采集,本系统用温度、湿度、光强 3 种传感器<sup>[3,4]</sup>来进行数据采集.网关节点将各数据采集节点上传的数据汇总组包后,通过串口发送到监控平台上.监控平台上装有触摸屏,采用图形用户界面(GUI)来实现对各个数据采集节点的监测与控制.

本设计采用了基于 ZigBee 技术的 CC2530 Router 模块(简称为从节点)作为无线数据采集节点,来代表智能家居系统中的各类无线传感器.以 CC2530 Coordinator 模块(简称为主节点)作为 ZigBee 网络的网关.采用嵌入式 ARM 平台作为智能家居系统中的监控平台.

为了方便演示,用蜂鸣器、LED 灯和风扇来代表从节点上可控制的设备.当湿度高于阈值时,蜂鸣器将自动报警;当温度高于阈值时,风扇将开启;当光强低于阈值时,LED 灯将打开.监控平台也可以主动下达指令来控制设备的运行,从而模拟出智能家居系统的常见应用场景.

## 2 系统开发平台的建立

如图 1 所示,系统由无线数据节点与数据监控平台组成.本章将分别介绍它们的硬件开发平台的搭建以及软件开发环境的建立.

### 2.1 硬件开发平台的建立

#### 2.1.1 无线数据节点硬件平台

无线数据采集节点采用 CC2530 从节点开发板进行搭建,并与扩展的传感器板相连,传感器板包括了温度、湿度以及光强 3 种传感器.无线数据网关采用 CC2530 主节点开发板进行搭建. CC2530 是一个用于 IEEE 802.15.4、ZigBee 和 RF4CE 应用的片上系统(SoC)解决方案.它具有不同的运行模式,运行模式之间的转换时间短,进一步降低了能源消耗,尤其适用于超低功耗要求的系统. CC2530 结合了德州仪器的黄金单元 ZigBee 协议栈(Z-Stack™),提供了一个强大和完整的 ZigBee 解决方案.

#### 2.1.2 数据监控硬件平台

数据监控平台采用基于 ARM11 的 Semit6410 开发板进行搭建.其 CPU 采用 Samsung 公司的 S3C6410A(ARM1176JZF-S),运行频率 533 MHz,128M DDR RAM, Nand Flash 高达 1GB,支持 Mpeg4, H.264, H.263, VC1 硬件编解码,支持 3D 硬件加速处理,附带 7 寸触摸屏.

### 2.2 软件开发平台的建立

本设计中用到的软件开发平台有两个:

①CC2530 模块的开发平台:采用业界常用的 IAR for 8051 软件平台进行开发,其 ZigBee 协议栈采用 TI 公司的 Z-Stack2.4.0.

②ARM 监控平台的软件开发环境:采用嵌入式 Linux 内核 2.6.38 作为操作系统,其图形用户界面系统采用 Qtopia2.2.0.

#### 2.2.1 CC2530 软件开发环境的建立

本次设计采用 IAR for 8051 V7.6,可以从 IAR 官方网站(<http://www.iar.com/>)进行试用版的下载. Z-Stack 是 TI 公司为 CC2430/CC2530 等 ZigBee 无线数据模块的开发提供的 ZigBee 协议栈,只需要在应用层开发程序代码或调用一些 API 函数,无需涉及到网络层和 MAC 层.此外, TI 公司还提出了一个 8051 单片机的片上多任务管理系统架构,该架构的核心是操作系统抽象层(OSAL). OSAL 可以从实际应用中将

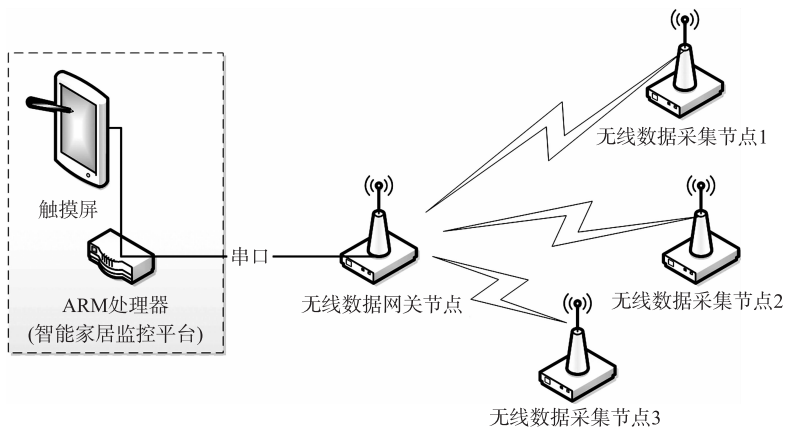


图 1 系统整体结构图

Fig. 1 Structure of the whole system

TI 协议栈的软件部分屏蔽,并提供了如下的一些功能模块<sup>[5]</sup>:任务注册、初始化、启动,任务间的消息传递,任务同步,中断处理,定时器,内存分配等.

2.2.2 ARM 监控平台软件开发环境的建立

监控平台软件开发环境的建立包括建立交叉编译环境、linux 内核的编译与移植以及文件系统的编译与移植.

开发工作一般分为以下几步<sup>[6]</sup>:①建立交叉编译环境.②在主机上编译 BootLoader,烧写到目标板上.③在主机上编译嵌入式 linux 内核,通过 BootLoader 烧写到目标板上.④在主机上编译文件系统以及应用程序,通过 BootLoader 烧写到目标板上.由于 Semt6410 开发板已经自带了 BootLoader,本设计将完成①③④的工作.

(1)建立交叉编译环境

由于嵌入式系统没有足够的资源在本机(即片上系统)运行开发工具和调试工具,所以要采用一种交叉编译调试的方式.交叉编译调试环境建立在宿主机(即一台 PC 机)上,对应的开发板叫做目标板,如图 2 所示.

本设计中,宿主机(PC)的操作系统采用 Fedora9,并在其中安装交叉编译工具,这里采用 arm-linux-gcc-4.5.1,它默认采用 armv6 指令集,支持硬浮点运算.

为了开发图形用户界面,采用了 qtopia2.2.0. Qtopia 它是 Trolltech 公司(现已被诺基亚收购)为采用嵌入式 Linux 操作系统的消费电子设备而开发的综合应用平台, Qtopia 包含完整的应用层、灵活的用户界面、窗口操作系统、应用程序启动程序以及开发框架.其安装过程这里不再赘述.

(2)linux 内核的编译与移植

本设计中的 linux 内核采用 2.6.38 版本,可以从官网上获得它的源码.解压后将创建生成 linux-2.6.38 目录,里面包含了完整的内核源代码.在. config 文件(注:这是一个隐藏文件)中修改相应的配置,来删除 Linux 系统中与目标系统无关的设备驱动程序和一些不必要的操作系统功能,并添加一些系统未支持的外部设备驱动或功能配置.完成后保存退出,执行 make 指令即可编译生成自己定制的内核映像文件.最后用 tftp 或者 SD 卡等方式将内核映像文件烧写到目标板上.

(3)嵌入式文件系统的移植

本设计中采用开发板自带的根文件系统,该文件系统包含了 qtopia-2.2.0、busybox 以及常用的命令行工具等.要把目标文件系统全部写入开发板中,一般还需要先把目标文件系统目录制作成单个的映像文件以便烧写或者复制. Linux 内核启动时,一般会根据命令行参数挂载不同格式的系统,比如 yaffs2、ubifs、ext2、nfs 等. mktools 就是一种映像文件生成的系列工具.用下面的指令来进行 yaffs 映像文件的生成.

```
# mkyaaffs2image-128M rootfs_qtopia rootfs_qtopia.img
```

通过 tftp 或者 SD 卡等方式将文件系统烧写到目标板上,就可以进入 qtopia 系统了.

3 系统软件的设计与实现

3.1 无线数据节点的软件设计

无线数据采集节点(从节点)与无线数据网关节点(主节点)都在 Z-Stack 的基础上进行设计.在 Zigbee 中定义了物理层、MAC 层、安全服务层和应用层、网络层<sup>[7]</sup>.在 Z-Stack 下,开发工作主要集中在应用层.将先介绍 Z-stack 的主要工作流程,包括主、从节点的初始化与组网过程,再分别介绍主、从节点的应用层软件设计.

3.1.1 Z-stack 的主要工作流程

整个 Z-stack 的主要工作流程,大致分为初始化和进入任务轮循两个阶段.初始化流程见图 3.在开总中断后,系统进入 OSAL 主循环.系统主循环流程如图 4.

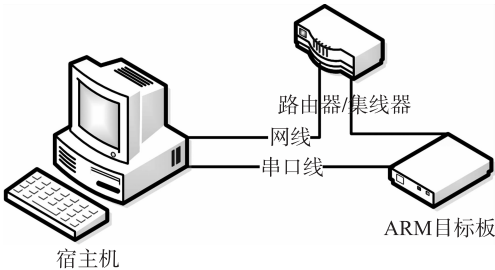


图 2 交叉编译环境  
Fig.2 Cross-compiler environment

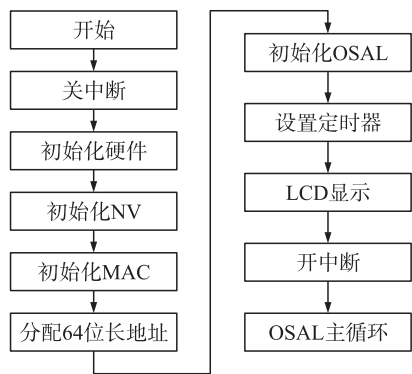


图 3 Z-stack 的主要工作流程  
Fig. 3 Main workflow of Z-stack

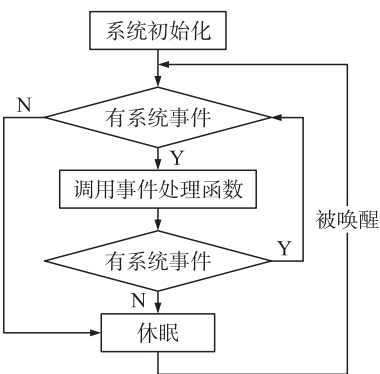


图 4 系统主循环流程  
Fig. 4 Workflow of the system main loop

下面将简要介绍本设计中 Zigbee 网络的建立过程。

无线数据网关节点(主节点)在网络中作为协调器. 初始化完成后,协调器将扫描默认列表中指定的通道,找到一个相对安静的通道并在上面建立网络. 本设计中采用预定义的 PAN ID. 每一个协调器设备都已经具有了一个唯一的固定的 64 位 IEEE MAC 地址,即扩展地址. 但是作为组网的标识协调器还必须分配给自己一个 16 位的网络地址,即短地址. 使用短地址进行通讯可以使网络通讯更加高效. 这一短地址是由开发人员预先定义的,PAN 协调器的短地址通常被定义为 0x0000.

协调器建立网络后,路由器可以发送加入申请,向协调器发送自己的 MAC 地址和父节点的 MAC 地址,协调器在收到新加入的路由的信息后会向上位机打印出路由器的地址,并发回确认信息,路由器在收到确认信息后,就开始准备周期性发送传感器采样到的数据,协调器在接收到数据后一方面向上位机打印,一方面再次发回确认信号,至此完成了一次点对点数据的收发.

3.1.2 无线数据采集节点的应用层软件设计

无线数据采集节点(从节点)的应用层软件流程如图 5 所示。

从节点在函数 ReadSensor 中分别调用 ReadLight()、ReadTemp()、ReadHumidity() 来读取光强、温度、湿度传感器的数据. 读取的数据存放在传感器节点数据结构体 sNodeSensor 中.

传感器数据读取完毕后,通过函数 SendData 函数中将采集到的 16 位的数据,放入寄存器中,并将信息发送到主节点. 无线发送函数调用 Z-Stack 中的 API 函数 AF\_DataRequest.

3.1.3 无线数据网关节点应用层软件设计

无线数据网关节点即主节点收到信息,进行解析,组包后将信息上传到上位机显示. 工作流程如图 6.

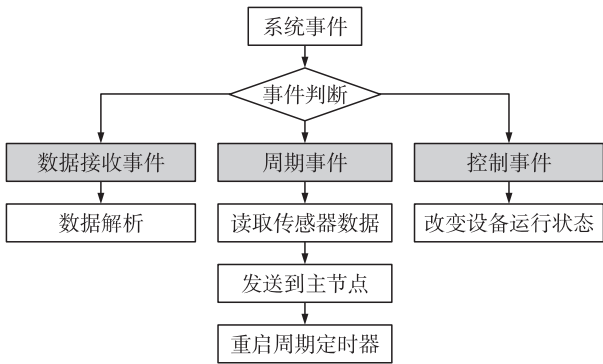


图 5 无线数据采集节点应用层程序流程  
Fig. 5 APL workflow of the RF data collection nodes

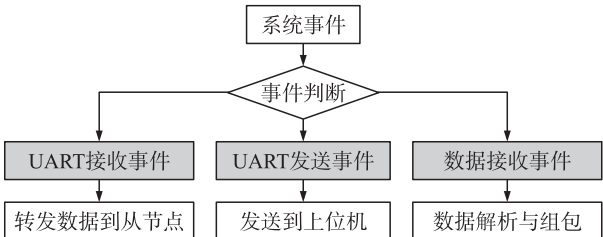


图 6 无线数据网关节点应用层程序流程  
Fig. 6 APL workflow of the RF gateway nodes

在主节点的 HandleIncomingData(afIncomingMSGPacket\_t \* pkt) 函数中,主节点将收到的数据根据协议进行组包,再通过函数 PrintNodeData() 将数据发送到上位机。

上位机将阈值通过串口发送到主节点,主节点将其转发到从节点,进而设置传感器. 这一过程在主节点函数 HandleUARTData 中实现。

3.2 监控平台的软件设计

本设计中,监控平台的上位机界面采用 qtopia 进行设计. QT 是通过信号和槽机制来实现一些动作<sup>[8]</sup>,界面上组件的动作将触发相应的函数.

虽然本设计中 QT 界面上部件较多,但是系统软件流程并不复杂.在最初的界面初始化完成后,程序将对界面的操作(包括按键点击,列表项选中等)以及串口的数据接收进行检测,然后由它们产生的事件所触发的处理函数(Slot function)来进行处理.图 7 和图 8 分别为上位机监控主界面和监控的弹出子界面.

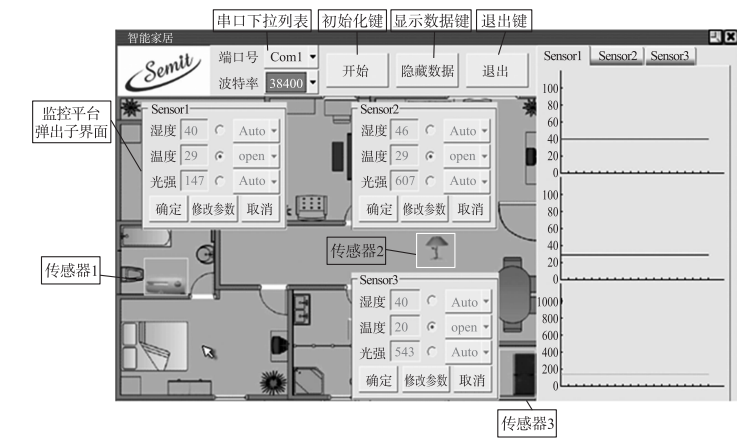


图 7 上位机监控的主界面

Fig. 7 Main form of the host computer monitoring interface

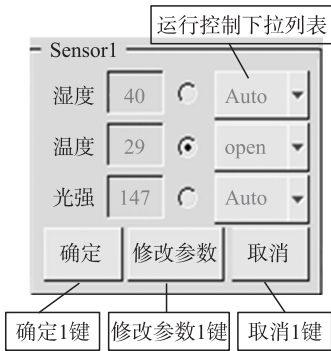


图 8 上位机监控的弹出子界面

Fig. 8 Sub-form of the host computer monitoring interface

4 结语

本文介绍了一个物联网智能家居系统演示平台的设计与实现.经测试,该演示平台能够有效模拟众多智能家居中的实用场景,包括智能家居中的环境参数监测、自动控制、人工控制等.

在此演示平台基础上,还可以加入远程控制等新的应用.此外,监控平台采用 QT 进行开发,可移植性较强,可以方便地移植到 PC,智能手机等其他平台上去,实现实际应用.

[参考文献](References)

[1] 赵起越. 浅谈智能家居系统[J]. 林区教学,2011(12):91-92.  
Zhao Qiyue. On the smart home system[J]. Teaching of Forestry Region,2011(12):91-92(in Chinese).

[2] 龙承志,马玉秋,沈树群. 基于低速率的短距离无线网络新技术—ZigBee[J]. 数据通信,2005,12(1):7-8.  
Long Chengzhi, Ma Yuqiu, Shen Shuqun. New technology based on low-rate short-range wireless communications network—ZigBee[J]. Data Communication,2005,12(1):7-8(in Chinese).

[3] Peter A, Lieberzeit Franz L, Dickert. Sensor technology and its application in environmental analysis[J]. Anal Bioanal Chem, 2007,387(1):237-247.

[4] 褚家美. 无线传感器网络的硬件设计[J]. 南京师范大学学报:工程技术版,2010,10(4):8-11.  
Zhu Jiamei. The hardware design of the wireless sensor network[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition,2010,10(4):8-11(in Chinese).

[5] 朱小军,张志斌,刘慧鹏. 基于 S3C2410 芯片的嵌入式 linux 系统开发环境的设计与实现[J]. 自动化与仪器仪表,2012(1):112-118.  
Zhu Xiaojun, Zhang Zhibin, Liu Huipeng. Design and implementation of embedded linux system development environment based on the S3C2410 chip[J]. Automation and Instrumentation,2012(1):112-118(in Chinese).

[6] 吴思俊. 浅谈 ZigBee 技术[J]. 信息与电脑,2011(5):163.  
Wu Sijun. On the ZigBee technology[J]. Information and Computer,2011(5):163(in Chinese).

[7] 苗忠良,宛斌. Qtopia 编程之道[M]. 北京:清华大学出版社,2009.  
Miao Zhongliang, Wan Bin. Qtopia Programing[M]. Beijing:Tsinghua University Press,2009(in Chinese).

[责任编辑:刘 健]