

# 基于物联网的智能家居设计与实现

申 斌<sup>1,2</sup>,张桂青<sup>3</sup>,汪 明<sup>3</sup>,李成栋<sup>3</sup>

(1.天津大学 计算机科学与技术学院,天津 300072;2.山东建筑大学 计算机科学与技术学院,济南 250101;

3.山东建筑大学 信息与电气工程学院,济南 250101)

**摘要:**针对传统的以嵌入式家庭网关为中心的智能家居系统的不足,提出一种基于物联网的智能家居系统。利用Zigbee无线传感器网络来采集家居内的环境、设备及人员信息,再由物联网网关将这些信息转发至互联网中的服务器,用户通过浏览器或客户端软件登录服务器便可以监控智能家居各个子系统的运行状况。通过应用实例验证了这种由家居设备、物联网网关、服务器和客户机组成的系统是稳定可靠的。与其它系统相比,该系统不但可以实现海量数据的存储、更美观的界面和更方便的操作,而且还可以与互联网上的其它计算机系统实现信息共享。

**关键词:**物联网;智能家居;Zigbee网络;Web服务器

**中图分类号:**TP274 **文献标志码:**A

## Design and Implementation of Smart Home Based on Internet of Things

SHEN Bin<sup>1,2</sup>,ZHANG Gui-qing<sup>3</sup>,WANG Ming<sup>3</sup>,LI Cheng-dong<sup>3</sup>

(1.School of Computer Science and Technology,Tianjin University,Tianjin 300072,China;2.School of Computer Science and Technology,Shandong Jianzhu University,Jinan 250101,China;3.School of Information and Electrical Engineering,Shandong Jianzhu University,Jinan 250101,China)

**Abstract:**A smart home system based on the Internet of Things was discussed to overcome the shortcomings of those traditional smart home systems in which embedded home gateways act as the center. The Zigbee wireless sensor network was used to collect the information of indoor environment,equipment and personnel location,and the gateways for Internet of Things were responsible for transmitting these information to the computer servers on the Internet,thus the users can log on the servers through Browsers or client software to monitor all subsystems of the smart home. It was illustrated that such a system composed of household devices,gateways for Internet of Things,servers and client computers was stable and reliable. Compared with other systems,this system can not only achieve massive data storage,more beautiful interface and more convenient operation,but also can share information with other computer systems on the Internet.

**Key words:**Internet of things;smart home;Zigbee Network;Web server

智能家居是以住宅为平台,利用综合布线技术、通信技术及自动控制技术等有关技术实现家居

设施的互联,构建智能的住宅设施管理系统,从而实现安全舒适且环保节能的居住环境<sup>[1]</sup>。从家居网络

收稿日期:2012-08-17;修订日期:2012-10-08

基金项目:国家自然科学基金项目(61074149,61105077);山东省高等学校科技计划项目(J11LG15,J11LG16);住房和城乡建设部科学技术项目计划(2011-K1-18);山东省住房和城乡建设厅科技发展计划资助项目(2011YK041)

作者简介:申斌(1975—),男,硕士,讲师,研究方向为计算机应用技术。

与外部的通信方式来分析,大多数方案采用高性能的嵌入式家庭网关来将家居系统接入 Internet<sup>[2-4]</sup>,由于家庭网关还兼具嵌入式 Web 服务器的功能,因此可以通过浏览器远程监控家居设备的状态,只是网页界面较简单,网关的软硬件成本也较高,且网关不能和互联网上的其它计算机系统实现信息共享。从家居内部网络的类型来分析,早期研究多采用诸如 RS485 或电力线载波等技术组成有线网络<sup>[5-6]</sup>。虽然 RS485 网络较容易实现,但却带来了额外的布线困难,而采用电力线载波则会面临国内电力线中过多的干扰信号。随着无线网络技术的发展,采用无线网络作为家居内部网络的系统逐渐成为主流。例如文献[1]和文献[4]均通过 Zigbee 无线网络实现了对家居设备的信息采集和控制<sup>[11,4]</sup>,文献[3]则研制了一种基于 Zigbee 网络协议的智能供热计量表,文献[7]则基于 Zigbee 无线网络实现了对家居能耗信息的管理与控制。

物联网概念的出现为智能家居的发展提供了新的方向。通过安装各种传感器来采集住宅内的环境、设备及人员信息,利用 Zigbee 无线网络将上述各种信息接入物联网网关,再由网关将这些信息转发至互联网中的服务器,用户通过手机或计算机上的浏览器或客户端软件登录服务器便可以实时查看各个子系统的信息,控制家居设备的运行,从而构建了一个基于物联网的智能家居系统。相对于以嵌入式家庭网关为中心的其它系统,借助于服务器强大的资源可以实现海量数据的存储、更美观的界面和更方便的操作。每个智能家居系统还可以通过这些服务器方便地获取小区物业服务、市政服务、天气预报等信息。而采用 Zigbee 作为家居内部网络可以很方便地将各种原先不具有通信接口的设备连接至物联网网关,不需要复杂的布线或者购买昂贵的带通信接口的家电。此外,家居内的设备随时可能增加或减少,采用具有自组织特性的 Zigbee 网络可以很好的适应这种动态变化,方便用户使用及系统的维护。

## 1 基于物联网的智能家居系统架构

根据国际电信联盟的建议,物联网自下向上一般可以分为五个层次:感知控制层、接入层、互联网层、服务管理层和应用层<sup>[8]</sup>。与此对应,基于物联网的智能家居物理结构如图 1 所示。

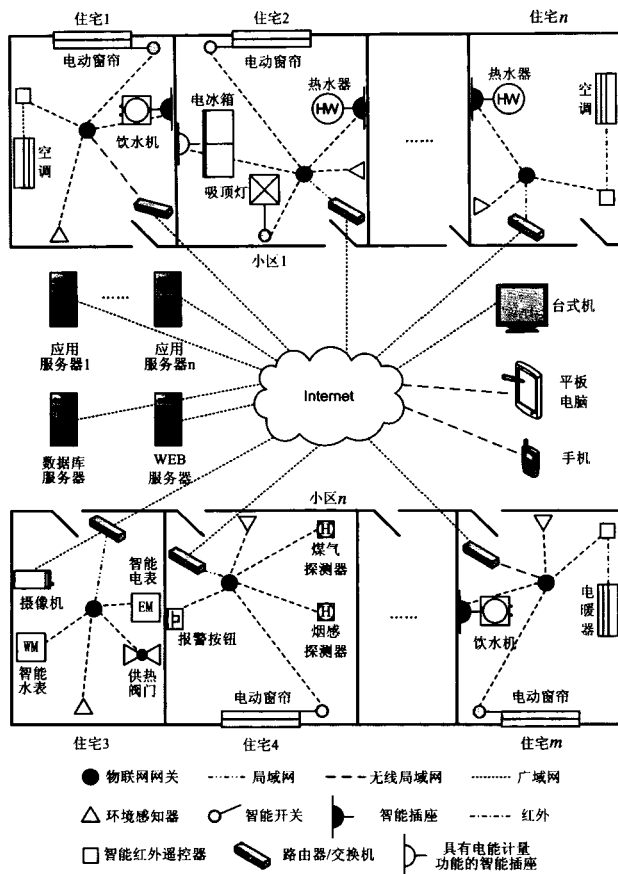


图 1 基于物联网的智能家居物理结构图

Fig.1 Physical architecture of smart home based on Internet of things

### 1.1 感知控制层

该层的主要作用是“感知”环境参数及电气设备的工作参数,并根据需要改变电气设备的工作状态。主要设备包括环境感知器、智能开关、智能插座、具有电能计量功能的智能插座和智能红外遥控器,也包括智能水表、智能电表和智能热表,以及可以进行开度控制或者简单通断控制的供热阀门,还包括煤气探测器、烟感探测器以及紧急报警按钮等安全报警装置。这些设备均具有 Zigbee 无线接口与位于接入层的物联网网关通信。除此之外,感知控制层还包括一些自身即带有通信接口的电器,如用于视频监控的带网络接口的数字摄像机,它可以直接与互联网层的家庭路由器通信,以及某些自身即带有诸如串口、GPRS 或者 3G 等通信接口的电器。由于篇幅所限,图 1 中的房间有些侧重于突出电气设备的控制,有的则只描绘了视频监控、安全报警和远程抄表等方面的设备,而一个完整的智能家居感知控制层应该包括上述所有装置,当然实际应用中也可以

根据用户需求只安装部分装置。

## 1.2 接入层

该层的主要设备是物联网网关,它主要负责将感知控制层的众多终端接入互联网。它一方面通过 Zigbee 或者其它接口与感知控制层的终端通信,将终端发送来的数据转发给服务器或者向终端转发服务器的远程控制命令,另一方面又具有以太网、Wi-Fi 或 GPRS 等各种通信接口可以接入小区局域网,从而与远程服务器通信。物联网网关之所以要具有如此多的通信接口,一方面是因为家庭上网的方式是多种多样的,另一方面需要通过物联网网关接入互联网的电气设备的通信接口也是多种多样的。如果用户家中没有可用的计算机网络,网关也可以通过 GPRS 或 CDMA 接口与远程服务器通信。

## 1.3 互联网层

该层的主要设备是那些负责将物联网网关接入小区内的局域网继而接入互联网或者直接接入网络运营商的计算机网络的通用网络设备。前者可以是用户家里的交换机以及小区内的交换机或者路由器等网络设备,后者则可以是 ADSL 调制解调器、Cable Modem、无线路由器、光纤路由器等设备,当然两者都包括运营商的众多局端设备。

## 1.4 服务管理层

该层主要包括应用服务器、Web 服务器和数据库服务器。应用服务器负责与各个物联网网关定时通信,通过网关获取感知控制层设备的数据,并将其及时保存至数据库服务器中,而 Web 服务器则负责将这些数据发布到互联网上,供用户通过浏览器远程查看相关信息。反之,用户需要远程控制某个设备时,则是通过 Web 服务器将控制命令写入数据库服务器,然后由应用服务器将其从数据库取出后发送给相应的物联网网关,最后由物联网网关负责将该命令转发给被控设备。

## 1.5 应用层

该层主要包括台式电脑、便携式电脑、平板电脑以及智能手机等各种计算设备。其主要功能是通过 Web 浏览器或客户端软件为用户提供一个可以与系统进行远程交互的人机接口。如果是通过浏览器监控住宅内的设备运行情况,由于 Web 服务器采用的是动态网页生成技术,各种计算设备上除了浏览器软件外不需要安装额外的应用软件,真正的后台程序在 Web 服务器上。如果是通过客户端软件监

控家居内的设备运行,则需要针对 Windows、Android 和 iOS 等不同计算平台安装不同版本的客户端软件,这些软件以类似于 Client/Server 的模式通过数据库接口访问数据库服务器。

## 2 系统实现

### 2.1 物联网网关

物联网网关在整个智能家居物联网中起着承上启下的重要作用,是连接各终端设备与服务器的桥梁。网关通过 Zigbee 接口或串口与终端设备通信来获得数据,并将数据通过以太网或 Wi-Fi 或 GPRS 接口转发至服务器。网关的设计采用模块化的思想,根据家庭常见的上网方式细分为以太网接口、Wi-Fi 接口、GPRS 接口等三种产品,用户可以针对自己的情况选用合适的产品。无论是哪种产品,均采用 Atmel 公司的 AT91SAM7X256 作为处理器,同时外接一片 AT86RF230 作为 Zigbee 无线通信芯片。图 2 给出了最常用的采用以太网接口的物联网网关的接口电路图。

因物联网网关需要完成的任务较多,为了更好地协调各个任务的运行,采用嵌入式操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  作为其软件平台。引入  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  之后,应用程序的设计就变得非常简单了。根据网关应完成的功能将应用程序划分为七个用户任务和一个系统任务,这八个任务的简要设计如表 1 所示。优先级是

表 1 物联网网关主要任务描述表

Tab.1 Description of main tasks of IOT Gateway

序号	任务名称	简称	优先级	堆栈容量/(字)	任务描述
1	以太网通信任务	EthComm	5	256	通过以太网与家庭路由器通信
2	WLAN通信任务	WifiComm	6	256	通过Wi-Fi与无线路由器通信
3	Zigbee通信任务	ZbComm	7	128	与具有Zigbee接口的各模块通信
4	串口通信任务	RSComm	8	128	与具有串口的电气设备通信
5	GPRS通信任务	GPRSCom	9	256	通过GPRS与应用服务器通信
5	智能控制任务	DevCtrl	16	128	按照一定的控制规则对电气设备进行自动控制
6	事件记录任务	EvtRecd	24	128	记录设备动作及用户操作事件
7	人机接口任务	HMI	32	128	查看设备状态及事件,配置控制规则,配置通信接口
8	空闲任务	Idle	40	128	刷新看门狗

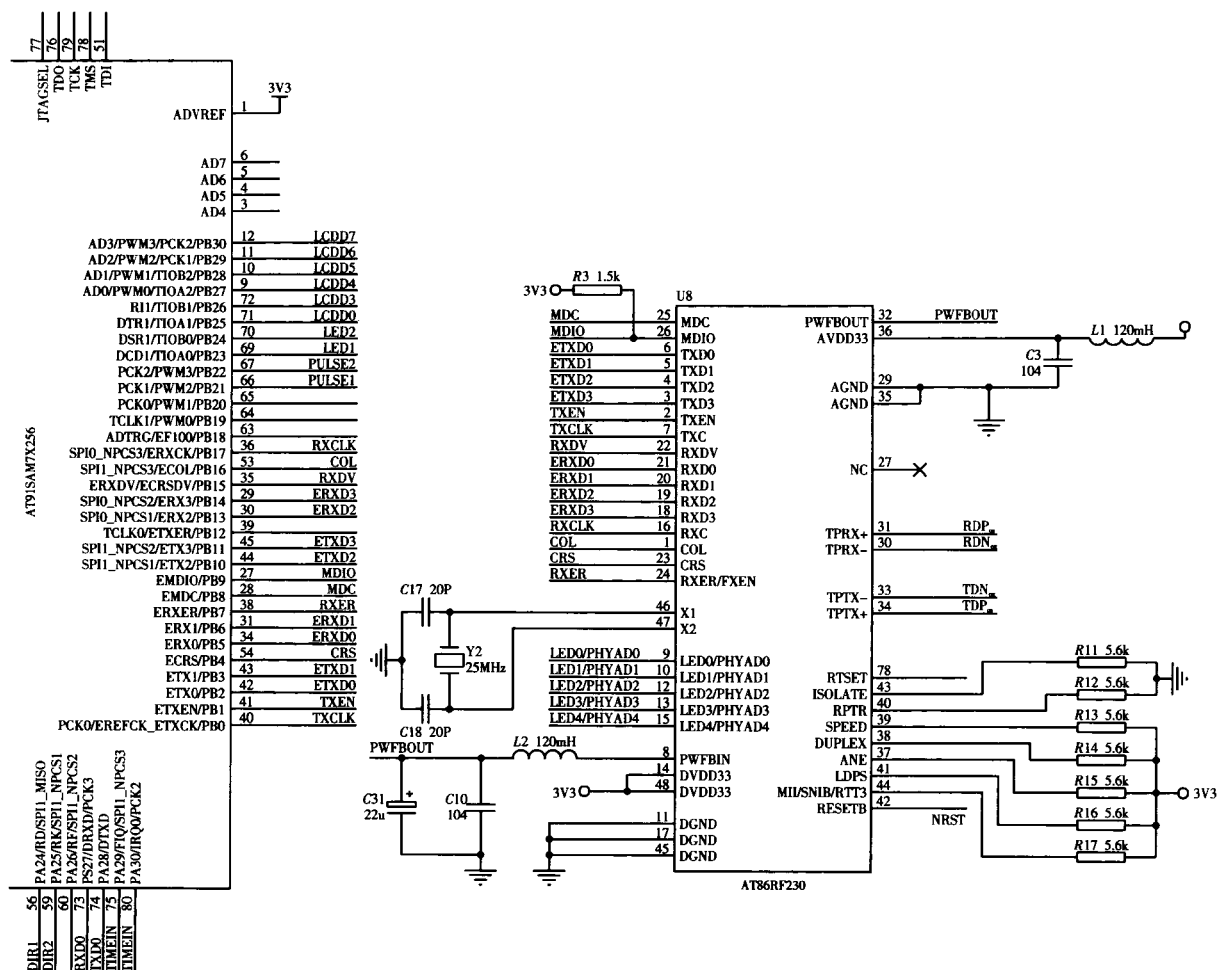


图2 AT91SAM7X256 的以太网接口电路原理图

Fig.2 Schematic of Ethernet interface of AT91SAM7X256

按照任务的重要性和是否具有硬实时性来分配的, 优先级数值越低, 任务的优先级越高。几个通信任务的主要功能是处理各自对应的接口芯片所接收或需要发送的数据, 对这些数据的处理是有严格时间限制的, 如果不及时处理就可能会被下一个数据包中的数据所覆盖, 因此给这些通信任务分配的优先级高于其它任务。而在这几个通信任务中, 由于以太网的通信速率最快, 数据包的长度也最长, 因此以太网通信任务的优先级最高。

## 2.2 Web 服务器

智能家居物联网的一个主要特点就是能够将住宅内的各种电气设备连接至互联网, 但仅仅是能够通过互联网与设备通信还远远不够, 还必须能够在互联网中实现用户和设备的互动。应用服务器已经将设备数据存储至数据库中, Web 服务器的任务就是将这些数据展现在互联网上, 以便用户可以随时随地通过 Web 浏览器查看房间内的环境信息和

设备状态, 也可以远程控制设备的运行状态。为此以 Windows 2003 Server 和 Internet Information Server (IIS) 为平台, 以 Visual Studio.Net 为开发工具, 基于 ASP.NET 动态网页技术开发了一个智能家居物联网网站。网站主要由远程监控、电量管理、智能控制规则管理、故障诊断、事项查看和系统配置等网页组成。授权用户登录后只能各自查看各自住宅内的情况, 操作自己住宅内的电气设备。远程监控页面以房间的效果图或实景图为背景图片, 各个终端设备的工作参数以标签控件或下拉列表控件的形式显示在该设备的旁边。电量管理页面主要用于反映那些插在具有电能计量功能的插座上面的家用电器的耗电情况, 日报表可以统计各个被测电器每一天的用电量, 月报表则是统计它们每月的用电量数据。故障诊断页面允许用户选择特定的故障诊断算法来自动检测故障设备及故障类型, 并可以在用户查看房间监控页面时在故障设备的旁边给出醒目的标志。

### 3 系统应用与测试

系统研制成功后已在多所住宅内安装试用,每所住宅内至少安装一个物联网网关,根据户型安装适当的智能开关及智能插座,如果用户关心电器的耗电量则安装带电能计量功能的智能插座,具有红外遥控功能的电器则安装智能红外遥控器。应用服务器、数据库服务器和 Web 服务器均采用浪潮英信 NF5225 机架式服务器。图 3 为从浏览器上看到的某用户的客厅远程监控图,点击画面中的环境模块图标可以查看房间内的环境参数,点击黄色的开关量设备图标即可查看对应电器的工作参数,使用下拉列表也可以改变电器的工作参数,从而实现了在互联网上远程实时监控电气设备的运行。图 4 为从浏览器上看到的某住宅用电量日报表,从表中可以看出冰箱和饮水机的用电量相对于其功率而言比较大。经分析得知,该冰箱已使用 12 年,随着内部元器件的老化,耗电量必定会逐渐增大。饮水机的用电量较大则是与用户的使用习惯有关,用户一般在



图 3 从浏览器上看到的某住宅客厅监控图

Fig.3 Monitoring screenshot of a house parlor from Internet Browser



图 4 从浏览器上看到的某住宅用电量日报表

Fig.4 Daily sheet screenshot of a house power consumption from Browser

早晨上班时关闭饮水机,晚上下班时打开饮水机,夜晚睡觉时饮水机一直处于工作状态,造成电能的浪费。

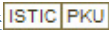
### 4 结语

本文设计了一种基于物联网的智能家居系统,详细介绍了系统的整体架构,给出了几种重要的硬件装置和服务器软件的实现方法,并用具体应用实例验证了系统的功能。与其它智能家居系统不同,本系统不仅可以实现家居内电气设备之间的互联互通,还可以将整个家居系统连接至互联网,实现家居与社区之间以及家居与互联网之间的信息共享,真正实现一个物物相连的家居物联网。相对于以嵌入式家庭网关为中心的其它系统,本系统可以实现海量数据的存储、更美观的界面和更方便的操作。

目前本系统还只能对没有通信接口的空调等电器进行单向的红外遥控控制,无法获得它们的工作参数。但随着内置闪联协议或 e 家佳标准协议的家电的增多,只需在物联网网关中增加一个闪联或 e 家佳通信任务就可以与具有同样接口的家电实现双向通信。此外,如果进一步增加小区门禁和车位管理等物业服务方面的系统,就可以构成一个较完整的智能社区。

### 参考文献:

- [1] 俞文俊,凌志浩.一种物联网智能家居系统的研究[J].自动化仪表,2011,32(8):56-59.
- [2] 张明杰,韩建亭,胡冰松,等.用家庭网关打造物联网家庭应用系统[J].电信科学,2010,17(4):44-47.
- [3] 阮越广.基于 SimpliTI 的无线智能热量表硬件设计[J].仪表技术与传感器,2012,49(1):34-36.
- [4] 张毅,马钧元,杨校权.基于 Cortex 和 ZigBee 的智能家居网关设计与实现[J].电视技术,2012,36(1):56-59.
- [5] 刘毅.基于 BACnet 的嵌入式家庭信息中心 HIC 及 X-10 的接入[D].武汉:华中科技大学,2005.
- [6] 兰勇,张博.基于 Internet 的物联网系统中设备互联和实时在线技术[J].计算机测量与控制,2011,19(6):1449-1451.
- [7] Dae-Man Han, Jae-Hyun Lim. Design and implementation of smart home energy management systems based on ZigBee[C]// IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010, 56 (3): 1417-1425.
- [8] ITU NGN2GSI Rapporteur Group, Requirements for support of USN applications and services in NGN environment[R]. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 2007.

作者: [申斌](#), [张桂青](#), [汪明](#), [李成栋](#), [SHEN Bin](#), [ZHANG Gui-qing](#), [WANG Ming](#), [LI Cheng-dong](#)  
作者单位: [申斌, SHEN Bin\(天津大学计算机科学与技术学院, 天津300072; 山东建筑大学计算机科学与技术学院, 济南250101\)](#), [张桂青, 汪明, 李成栋, ZHANG Gui-qing, WANG Ming, LI Cheng-dong\(山东建筑大学信息与电气工程学院, 济南, 250101\)](#)  
刊名: [自动化与仪表](#)   
英文刊名: [Automation & Instrumentation](#)  
年, 卷(期): 2013, 28(2)

## 参考文献(8条)

1. 俞文俊, 凌志浩 [一种物联网智能家居系统的研究](#)[期刊论文]-[自动化仪表](#) 2011(08)
2. 张明杰, 韩建亭, 胡冰松 [用家庭网关打造物联网家庭应用系统](#)[期刊论文]-[电信科学](#) 2010(04)
3. 阮越广 [基于SimpliciTI的无线智能热量表硬件设计](#)[期刊论文]-[仪表技术与传感器](#) 2012(01)
4. 张毅, 马钧元, 杨校权 [基于Cortex和ZigBee的智能家居网关设计与实现](#)[期刊论文]-[电视技术](#) 2012(01)
5. 刘毅 [基于BACnet的嵌入式家庭信息中心HIC及X-10的接入](#)[学位论文] 2005
6. 兰勇, 张博 [基于Internet的物联网系统中设备互联和实时在线技术](#)[期刊论文]-[计算机测量与控制](#) 2011(06)
7. Dae-Man Han, Jae-Hyun Lim [Design and implementation of smart home energy management systems based on ZigBee](#) 2010(03)
8. ITU NGN2GSI Rapporteur Group [Requirements for support of USN applications and services in NGN environment](#) 2007

## 引证文献(1条)

1. 赵芳 [电子商务环境下的物联网发展现状及前沿研究](#)[期刊论文]-[电子商务](#)  
2013(9)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zdhyyb201302002.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zdhyyb201302002.aspx)