

doi: 10.7690/bgzd.2013.11.026

面向物联网的智能家居原型系统

程洋¹, 王伟², 谢广明², 罗文广¹

(1. 广西科技大学电气与信息工程学院, 广西 柳州 545006; 2. 北京大学工学院, 北京 100871)

摘要: 基于物联网的三层技术架构和“云”概念, 摒弃家庭用户使用一个智能控制终端的传统理念, 提出一种新型自主式的智能家居系统模型。介绍了智能家居系统模型的架构、实现技术及方法, 着重分析基于.NET 框架和数据库 SQL Server 2008 的系统服务器的实现方案。测试结果表明: 该智能家居原型系统能够依据用户喜好, 自主、安全和稳定地工作, 具有满足多用户同时使用, 易于维护和升级, 节约资源, 低成本, 安全快捷等优点。

关键词: 物联网; 智能家居; ASP.NET; ADO.NET; SQL Server 2008

中图分类号: TP2773⁺.5 **文献标志码:** A

Smart Home Prototype System for The Internet of Things

Cheng Yang¹, Wang Wei², Xie Guangming², Luo Wenguang¹

(1. College of Electrical & Information Engineering, Guangxi University of Science & Technology, Liuzhou 545006, China;

2. College of Engineering, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: This paper is based on the three-tier technical architecture of internet of things and the concept of “Cloud”, and substitute the traditional concept that each home user uses one intelligent control terminal with a new autonomous intelligent home system model. This paper introduces the model of the smart home system architecture, implementation techniques and methods, and analyses the implementation of the system server based on the .NET framework and database SQL Server 2008. It is proved that the smart home prototype system can satisfy users’ preferences and can work automatically, safely and steadily. It can serve many users at the same moment. Besides, the system is easy to be maintained, upgraded. It is also a low-cost and resources saving method.

Key words: internet of things; smart home; ASP.NET; ADO.NET; SQL Server 2008

0 引言

“物联网”概念最早由比尔盖茨于 1995 年在《未来之路》中提出, 受制于当时的技术条件和认识, 并未得到人们的重视。1999 年, MIT Auto-ID Center 首次提出以无线传感器网络和射频识别技术为支撑的“物联网”概念。2005 年, 国际电信联盟 (ITU) 发布了《ITU 互联网报告 2005: 物联网》, 正式提出“物联网”概念。2009 年 1 月 28 日, 美国工商业领袖举行了一次圆桌会议, 将基于物联网技术的“智慧的地球”上升为美国国家战略。至此, 物联网成为备受推崇的概念, 世界各国纷纷推出自己的物联网发展战略^[1]。2012 年 2 月, 工信部发布《物联网“十二五”发展规划》, 预示着“十二五”期间物联网将在我国得到快速的发展。

虽然物联网的定义目前没有统一的说法, 但物联网的技术体系结构基本得到统一认识, 典型的物联网技术体系结构可分为感控层、网络层、应用层三大层次^[2]。物联网的应用范围广泛, 可应用于智能工业、智能农业、智能物流、智能交通、智能电网、智能环保、智能安防、智能医疗和智能家居等领域。其中, 智能家居因其应用前景广阔、潜在市

场需求巨大且发展迅猛而受到厂商的广泛关注。

智能家居是以住宅为平台, 利用综合布线技术、网络通信技术、安全防范技术、自动控制技术和音视频技术等, 实现家居设备的集成, 构建高效的住宅设施与家庭日常事务的管理系统, 提升家居安全性、便利性、舒适性、艺术性, 并实现环保节能的居住环境^[3]。随着社会的快速发展, 计算机技术、通信技术、网络技术、控制技术都得到了迅猛的发展与提高; 同时, 人们对居住环境的要求也越来越高, 智能家居的出现迎合了人们的这种需求, 并在技术实现和应用上也比较可靠、现实和快速。基于此, 笔者依据物联网技术体系架构, 结合目前流行的无线通信、网站开发、数据管理、网络控制等技术, 提出了一种新型智能家居系统模型, 比传统智能家居模型更加高效、便捷、实用, 在系统维护、升级和管理等方面有较大优势。

1 系统总体方案设计

笔者依据物联网的技术体系架构, 提出了一种新型智能家居原型系统设计方案, 如图 1 所示。整个系统结构分为 3 层, 分别负责信息采集和执行、信息传递、信息管理和系统应用等功能。

收稿日期: 2013-05-16; 修回日期: 2013-06-21

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(10972003); 广西汽车零部件先进设计制造重点实验室开放基金重点项目(2012KFZD03)

作者简介: 程洋(1988—), 男, 河南人, 硕士, 从事智能控制与智能自动化研究。

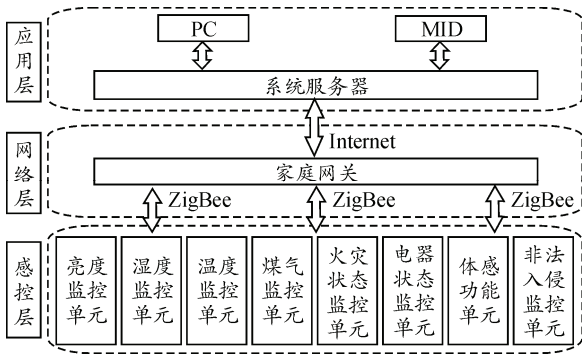


图 1 智能家居系统结构

1.1 感控层的设计与实现

智能家居系统的感控层分为数据采集与执行、短距离无线通信 2 个部分。数据采集主要是运用传感器、身份识别等信息采集技术，对家庭内部的温度、湿度、亮度、煤气浓度状态、火灾状态等环境状态和家电设备工作状态进行基础信息采集。执行层主要是负责接收上层服务器发送来的控制命令，根据控制命令来执行相应动作，例如根据上层命令控制空调、加湿器和灯具等的工作状态和设置状态参数，通过控制和协调家庭内部所有设备的工作状态，来调节家庭内部的环境状态和相应的设备运行状态，为用户提供一个舒适的环境，满足用户的使用需求。短距离无线通信用来完成小范围内的多个物品的信息集中与互通功能。当前常用的 3 种无线短距离的通信技术为：Bluetooth、ZigBee、Wi-Fi。其中 ZigBee 无线通信技术具有低功耗、低成本、低速率、近距离、短时延、高容量等优势^[4]。笔者选用 ZigBee 无线通信方式，使用多个 ZigBee 节点组成网状网，承载着感控层中各节点间的信息传递。

笔者采用搭载有 TI/Chipcon 公司用于 2.4 GHz IEEE 802.15.4/ZigBee 片上系统解决方案 CC2430 芯片的终端节点，负责感控层中所有信息的采集、传递和命令执行。CC2430 芯片整合了业界领先的 2.4 GHz IEEE 802.15.4/ZigBee RF 收发机 CC2420 以及工业标准的增强型 8051MCU 的卓越性能，并包含有 8 KB 的 SRAM、大容量闪存和许多强大的外围设备，能够实现系统感控层中的无线通信、数据采集和控制命令执行等功能。

1.2 网络层的设计与实现

网络层借助现有的互联网进行网络连接和信息传输，不仅负责将系统感控层中需要上传的信息快速、安全、可靠地传送到处于系统应用层中的系统服务器中，还负责将应用层中的系统服务器发送的控制命令快速、安全、可靠地传送到感控层。

系统中承担网络层通信功能的是一款智能网关，并使用 Socket 通信方式。智能网关能同时工作在服务端和客户端 2 种工作模式下：工作在服务端模式下时，主要是向感控层发送网关接收到的从系统服务器发送来的控制命令；工作在客户端模式下时，主要是主动连接应用层中的系统服务器，并将感控层上传的信息传送到系统服务器中，为数据在应用层和感控层之间准确地传递提供基本保障。此外，网关还要进行 TCP/IP 协议和 ZigBee 协议转换，保证信息在互联网和 ZigBee 网络间的正确传递。

1.3 应用层的设计与实现

应用层的主要功能是对感控层传来的数据汇总、协同、共享、互通、分析和决策，是系统的控制层、决策层。应用层包括 2 个部分：一个是系统服务器，负责系统中数据的接收、处理和存储，业务处理，控制决策，命令发送等；另一个是能够搭载 Web 浏览器的终端设备，例如个人电脑、智能手机等，保证用户可通过 Web 浏览器访问系统服务器发布的网站站点，实现对智能家居系统的正常使用。

2 系统服务器设计

系统服务器主要分为 3 部分：Web 站点服务器、数据库服务器、业务处理中心，分别负责整个系统的 Web 页面发布、数据管理、信息接收和业务处理 3 大任务，系统服务器的架构如图 2 所示。

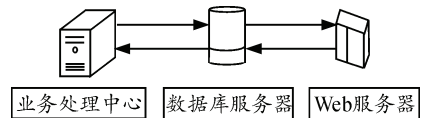


图 2 系统服务器架构

2.1 Web 站点服务器

随着电子技术和网络技术的快速发展，人们可以随时随地使用移动终端(如智能手机、iPad)通过移动通信网络(如 2G/3G、Wi-Fi)访问网页。与客户端/服务器(client/sever, C/S)结构相比，浏览器/服务器(browser/sever, B/S)结构无需安装客户端，系统的更新维护以及数据管理都在服务器上进行，容易对其进行功能扩充；因此，笔者采用 B/S 结构进行系统设计。

Microsoft 的 ASP.NET 是一个已编译的、基于.NET 的环境，把基于通用语言的程序在服务器上运行，以其独特的缓存技术，使得在处理用户相同的 Web 访问请求时无需重新加载页面^[5]。这种技术具有很高的页面处理速度和运行效率，节省系统资源，特别适合应用于用户信息和远程系统服务器之

间数据交互比较频繁的智能家居系统。笔者采用 internet information server(IIS)作为 Web 服务器,采用 ASP.NET 进行网站开发。执行 ASP.NET 页面的过程如图 3 所示。

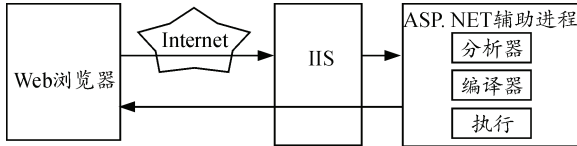


图 3 ASP.NET 页面的执行过程

基于 ADO.NET 的数据访问技术与 ASP.NET 技术同属于 Microsoft 的 .NET 应用框架。ADO.NET 能够对可扩展标记语言 (extensible markup language, XML) 提供全面支持,并且提供了全新的非连接数据缓冲模型,使得其在构建结构松散的、非链接的 Web 应用程序时有着得天独厚的优势。笔者采用基于 ADO.NET 的数据访问技术,以实现数据管理系统与 SQL Server 2008 数据库管理系统的交互^[6]。

2.2 数据库服务器

数据库服务器位于智能家居系统的应用层,汇聚了由感知层传来的各类数据信息。数据库管理系统是一个通过数据结构来管理和存储数据的计算机软件系统,具有数据安全性控制、数据完整性控制、并发控制以及故障发现和恢复等功能,能对存储在计算机内的数据集提供高效、灵活的访问方式。

系统采用 Microsoft SQL Server 2008 作为数据库服务器,分别设计了用户信息管理模块、设备状态管理模块、室内环境状态管理模块和用户设置管理模块 4 个模块,实现数据的有效管理,满足智能家居应用的具体需求。

列名	数据类型	允许 Null 值
ApplicationId	uniqueidentifier	<input type="checkbox"/>
UserId	uniqueidentifier	<input type="checkbox"/>
Password	nvarchar(128)	<input type="checkbox"/>
PasswordFormat	int	<input type="checkbox"/>
PasswordSalt	nvarchar(128)	<input type="checkbox"/>
MobilePIN	nvarchar(16)	<input type="checkbox"/>
Email	nvarchar(256)	<input checked="" type="checkbox"/>
LoweredEmail	nvarchar(256)	<input checked="" type="checkbox"/>
PasswordQuestion	nvarchar(256)	<input checked="" type="checkbox"/>
PasswordAnswer	nvarchar(128)	<input checked="" type="checkbox"/>
IsApproved	bit	<input type="checkbox"/>
IsLockedOut	bit	<input type="checkbox"/>
CreateDate	datetime	<input type="checkbox"/>
LastLoginDate	datetime	<input type="checkbox"/>
LastPasswordChange...	datetime	<input type="checkbox"/>
LastLockoutDate	datetime	<input type="checkbox"/>
FailedPasswordAttem...	int	<input type="checkbox"/>
FailedPasswordAttem...	datetime	<input type="checkbox"/>
FailedPasswordAnsw...	int	<input type="checkbox"/>
FailedPasswordAnsw...	datetime	<input type="checkbox"/>
Comment	ntext	<input checked="" type="checkbox"/>

图 4 用户登录凭证表

用户信息管理模块主要包括 2 张表单:一张是用户登录凭证表,用户 ID 是主键,为用户在其他表单中的信息存储和查询提供唯一标示,该表结构

如图 4;一张是用户信息表,也是以用户 ID 为主键,对应于唯一用户的个人信息,其中的用户 ID、网关 ID、网关 IP 和网关端口是整个系统中信息的快速、准确地传输和存储的基础,该表结构如图 5 所示。

列名	数据类型	允许 Null 值
UserID	uniqueidentifier	<input checked="" type="checkbox"/>
UserName	nvarchar(6)	<input checked="" type="checkbox"/>
BirthDay	nvarchar(15)	<input checked="" type="checkbox"/>
Sex	nvarchar(2)	<input checked="" type="checkbox"/>
Nation	nvarchar(4)	<input checked="" type="checkbox"/>
IDCardNo	char(18)	<input checked="" type="checkbox"/>
NativePlace	nvarchar(30)	<input checked="" type="checkbox"/>
UserAddress	nvarchar(30)	<input checked="" type="checkbox"/>
ContactWay	varchar(12)	<input checked="" type="checkbox"/>
LoginDate	datetime	<input checked="" type="checkbox"/>
LoginName	nvarchar(15)	<input checked="" type="checkbox"/>
GatewayID	int	<input checked="" type="checkbox"/>
GatewayIP	varchar(15)	<input checked="" type="checkbox"/>
GatewayPort	int	<input checked="" type="checkbox"/>
RegisterTime	datetime	<input checked="" type="checkbox"/>
Number	int	<input type="checkbox"/>

图 5 用户信息表

设备状态管理模块由节点信息注册表和和设备状态记录表组成。节点信息注册表主要用于存储用户注册的家电设备对应的 ZigBee 节点模块 ID、设备名称、用户 ID 等信息。设备状态记录表存储了用户相应家电设备的工作状态信息,以使用户通过网页查询设备工作状态,该表结构如图 6 所示。

列名	数据类型
RecordNumber	int
UserID	uniqueidentifier
EquipmentState	nvarchar(10)
EquipmentID	int
CollectTime	datetime

图 6 节点信息注册表

室内环境状态管理模块由温度记录表、湿度记录表、亮度记录表、火灾状况记录表、煤气状态记录表等表单组成。分别用于存储用户的温度、湿度、亮度、火灾状态值、煤气浓度状态值等信息。用户 ID 作为每个表单的外键,是区分每个用户相应记录的唯一标示,保证数据准确、快速地存储和查询。

用户设置管理模块主要由用户设置表单组成,主要存储用户设置的家庭各设备运行参数,表结构如图 7 所示,该表单存储的数据是整个系统能够正常运行的重要保证。

列名	数据类型	允许 Null 值
UserID	uniqueidentifier	<input checked="" type="checkbox"/>
StartTime	time(0)	<input checked="" type="checkbox"/>
EndTime	time(0)	<input checked="" type="checkbox"/>
TempSetValue	int	<input checked="" type="checkbox"/>
HumiditySetValue	int	<input checked="" type="checkbox"/>
LightSetValue	int	<input checked="" type="checkbox"/>
SetTime	datetime	<input checked="" type="checkbox"/>
SetForDate	int	<input checked="" type="checkbox"/>
Number	int	<input type="checkbox"/>

图 7 用户设置表

2.3 业务处理中心

业务处理中心工作于服务器端,向系统网络层

中的智能网关开放服务器端的 IP 和端口,时刻处于侦听模式,侦听是否有网络层的智能网关上传数据。业务处理中心接收网关上传来的数据后,根据接收到的数据进行数据解析和业务处理。

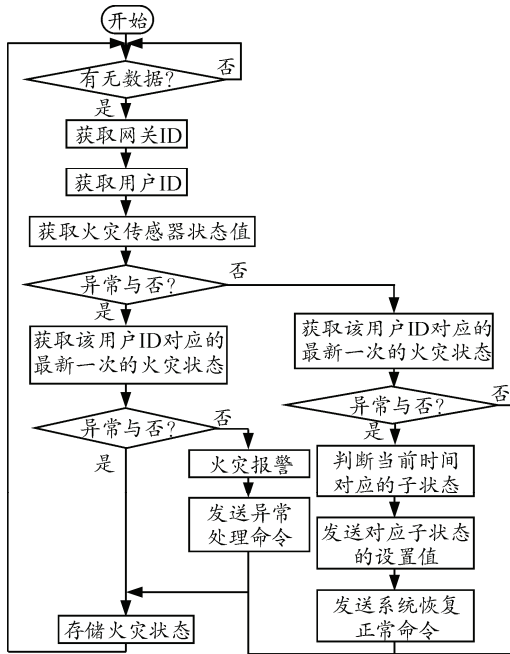


图 8 异常状态下工作流程

业务处理可分为 3 个部分:第 1 部分是异常状态,即火灾状态的监控,没有火灾发生的时候,会存储当前的火灾状态,供用户查询。如果发现火灾灾情,业务处理中心会马上发送报警信息,向感控层发送控制命令,控制用户家庭端电器设备的工作状态,对应用户的家居系统进入异常模式,如打开火警警报和灭火水阀,空调、电视、冰箱等电气设备断电,煤气阀门关闭。当火灾解除后,对应用户的家居系统恢复到当前时间点所在的子状态对应的工作状态中,其工作流程如图 8 所示。第 2 部分是正常状态下的监控,系统将感控层上传的环境值(如温湿度、亮度、煤气浓度等)、状态值(正异常状态标志)、终端设备 ID 等存储到相应的记录表单中。其工作流程如图 9 所示,业务处理中心接受到网关传来的数据后,根据通信协议将数据包进行解析,获取数据包中的网关 ID、传感器类型、传感器值、状态值,然后在数据库中查找出该网关 ID,确定该信息对应的用户 ID。由传感器类型来确定是哪种功能,系统最终将用户 ID、传感器值、状态值一起存储至该功能对应的表单中。用户系统正异常 2 种工作状态转换与否的标准是由火灾功能单元数据包中的火灾状态标志决定的,当状态标志位为异常的时候(火灾单元已确定火灾的发生),该用户系统会进

入异常状态,执行异常状况下的运行模式。火灾状态标志位为正常的时候,用户系统维持或恢复到正常状态。第 3 部分是系统定时服务,主要功能是定时查询用户设置管理模块中所有用户的设置信息,进行系统内所有用户设置信息的轮询,当用户被轮询到的时候,业务处理中心会判断当前系统时间是否到达用户设置的某个子状态的更改时间,如果到达了某个子状态的更改时间,会将从用户设置管理模块中获得的用户在该子状态中设置的温度、湿度和亮度等状态值发送到处于系统感控层中的家庭端,更改和控制家庭内部的环境状态。

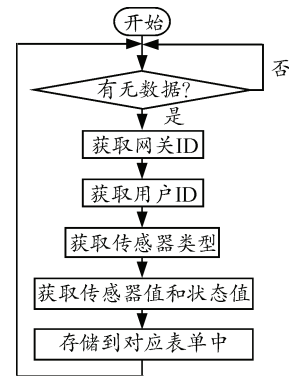


图 9 正常状态下工作流程

3 结束语

实际测试结果表明:该系统能够依据用户的喜好设置自主稳定的工作,智能程度更高。采用这种模型,不仅能够节约投资成本,还有利于系统的维护、升级和改造。系统的可移植性也比较强,可以将系统服务器移植到相应的云平台中,借助于“云”强大的计算和存储能力^[7],会在更大程度上提高系统的处理能力、存储能力和智能性,因此具有巨大的应用前景。

参考文献:

- [1] 胡向东. 物联网研究与发展综述[J]. 数字通信, 2010, 37(2): 17-21.
- [2] 张毅, 唐红. 物联网综述[J]. 数字通信, 2010 (4): 24-27.
- [3] 张永刚, 王斌. 物联网技术在智能家居中的应用[J]. 智能建筑与城市信息, 2012(2): 27-38.
- [4] 高守玮, 吴灿阳, 杨超, 等. ZigBee 技术实践教学[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011: 20-22.
- [5] Karli Watson, Christian Nagel, 等. C#入门经典[M]. 齐立波, 译. 北京: 清华大学出版社, 2011: 503-504.
- [6] 应毅, 毛宇光, 刘正涛, 等. 基于 ADO.NET 技术的 Web 访问数据库研究与实现[J]. 计算机与现代化, 2005(4): 64-67.
- [7] 陈全, 邓倩妮. 云计算及其关键技术[J]. 计算机应用, 2009, 29(9): 2562-2567.