

地源热泵智能家居控制系统设计与实现

王 浩, 柏余杰, 蔡红霞

(上海大学 机电工程与自动化学院 上海市智能制造及机器人重点实验室, 上海 200072)

摘 要:针对目前家居生活“舒适, 节能”的需求, 文中将嵌入式控制技术引入地源热泵家居系统中, 建立了地源热泵公寓楼的整体智能控制方案, 并重点介绍了生活热水系统底层控制实现以及 CBS (Customary-Based Servicing) 算法。在 CBS 算法方面, 它是利用时间分区, 其次计算出设备运行的平均时间, 再判断时间相似度的有效性, 证明某开启时间点为有价值的点。通过构造习惯体并不断融合新的有价值点, 最终得到习惯模型。从而准确地了解用户的生活规律, 主动为用户提供人性化服务, 实现家居生活的真正智能化。文中最后还列举了算法在热水系统中的应用, 充分说明了该算法的可行性。

关键词:智能家居; 地源热泵; 热水系统; CBS 算法

中图分类号: TP302.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)02-0165-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.02.038

Design and Implementation of Smart Home Control System of Ground Source Heat Pump

WANG Hao, BAI Yu-jie, CAI Hong-xia

(Key Laboratory of Manufacturing Intelligent and Robotics of Shanghai, School of Mechatronic Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: Aiming at the requirements of the household life "comfortable, energy saving", introduce the embedded control technology into the GSHP (Ground Source Heat Pump) home system, and establish the integrated intelligent control scheme of GSHP apartment buildings, moreover, also introduce the implementation of hot water system and CBS (Customary-Based Servicing) algorithm. In the CBS algorithm, calculate the average time of the equipment operation by the means of partition time. After judging the validity of the similarity of time, one time point is proved as a valuable point. The new valuable point is constantly merged, and the accustomed model will be obtained at last, thus accurately understanding the user's life rule, actively providing users with personalized service, realizing the real intelligent household life. By listing the application in the hot water system shows that the algorithm is feasible.

Key words: smart home; GSHP; hot-water system; CBS algorithm

0 引 言

近年来, 地源热泵技术作为一种有益环境、节约能源和经济可行的建筑物供暖及制冷新技术越来越受到关注。且作为一种清洁能源, 地热已经成为越来越多国家的选择, 中国已经成为全球利用热能量最大的国家^[1]。目前, 我国将该技术多用在居民住宅或商业建筑上, 并且随着生活水平不断提高, 人们对息息相关的家居功能的要求也在不断提高^[2]。

人们想要更方便细致地享受生活, 因此就产生了对家居智能化的需求, 与此同时, 在科学技术方面, 计算机技术与电子通讯技术的发展也促成了智能家居的

出现^[3]。

文中将嵌入式智能控制技术引入到地源热泵的公寓楼建筑中, 建立以用户为中心智能家居系统。并改进目前地源热泵热水系统的不足, 做出了比较完善的热水器控制器。

此外, 在目前的智能家居控制系统中, 用户常常通过终端控制发送指令来控制智能家居系统, 而真正的智能化, 却是要使智能家居系统能猜透用户的心思, 主动为用户开启服务^[4]。当一个智能家居系统安装成功后, 就应该立即具备学习主人习惯的能力, 并且系统会随着用户使用次数的增加而越来越智能, 为了实现这个目的文中提到了 CBS (基于习惯服务) 算法。它

收稿日期: 2014-02-28

修回日期: 2014-05-29

网络出版时间: 2014-12-27

基金项目: 上海市科委科技创新项目 (12dz1124300, 13521103600)

作者简介: 王 浩 (1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向为制造业信息化; 蔡红霞, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为制造业信息化。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141227.1341.015.html>

是通过时间分区,计算出设备运行的平均时间,再判断时间相似度的有效性,证明某开启时间点为有价值的点。通过构造习惯体并不断融合新的有价值点,最终得到习惯模型^[5],从而把握用户的生活习惯,主动为用户提供个性化服务。文中最后将用户开启热水器的时间作为实例,充分说明了该算法的可行性。

1 地源热泵公寓楼的智能家居系统总体构架

文中的研究对象为公寓楼的地源热泵智能家居,在公寓楼现有的控制系统之上搭建了智能控制平台,实现了用户通过手机或电脑远程实时控制家庭的中央空调或热水器等设备。

图 1 为智能家居系统总体构架。图中右侧部分为已有的控制系统,左侧为智能控制系统,采用 MODBUS TCP/IP 协议。它包含了对 PC 服务器软件开发,ARM 控制板(ARM11 为核心板的 Linux 嵌入式系统的 mini6410)及其辅助单片机控制板的硬件设计与软件编程,从而实现对地源热泵主机,及其所有空调,地暖的控制。

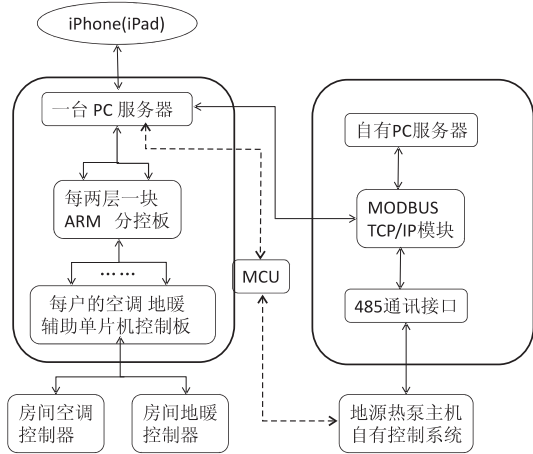


图 1 智能家居系统总体构架

图 2 为该地源热泵公寓楼的总体控制系统方案的具体实现。每栋公寓配一台 PC 服务器,该 PC 服务器采用 Linux 系统,且 PC 服务器包括了 SQLite 数据库、apache 服务器。数据库包括用户名与楼名(号)、公寓门牌号的对应数据表,房间布局数据库(表),房间与 ARM 板及 MCU 板的映射关系数据表,各房间状态数据表。这样 ARM 板上不再包含数据库,使得 ARM 板的处理速度加快。ARM 板分控器会每两层放一块,通过路由器与 PC 机通信。每层的 ARM 板通过 485 通信线与终端控制器 MCU 板相连。且 485 接口支持点对点多通信,理论上最大支持 32 个节点,应用起来很方便。但随着负载的增多与传输距离的增加,通信可能会不稳定,通常添加 485 中继器、485 集线器来维持

信号的稳定^[6]。

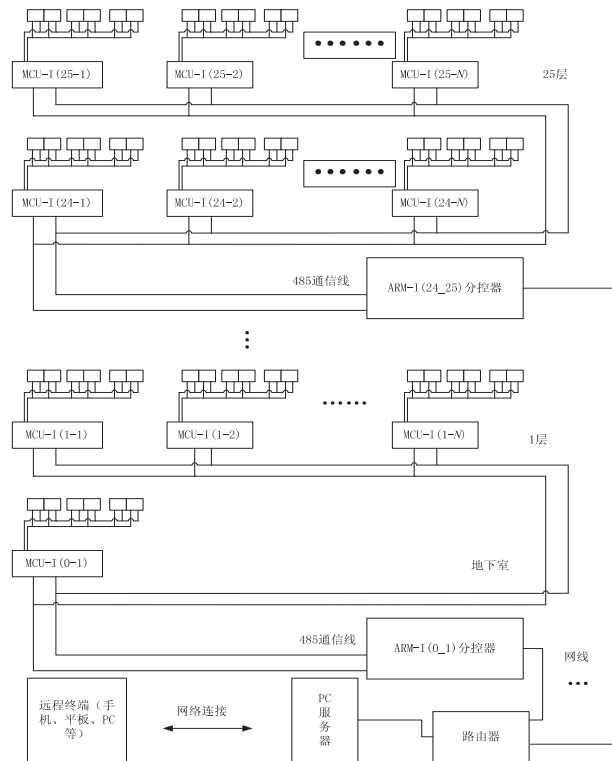


图 2 地源热泵公寓楼的总体控制系统方案的具体实现

2 智能家居系统中热水器控制方案

随着地源热泵技术的发展,如今的地源热泵可细化为三个子系统:热水系统、地暖系统、空调系统^[7]。目前,国内对地源热泵热水系统的控制还不完善,所以对其进行智能控制的难度也比较大,基于现状开发出自己的热水器控制器,以实现对热水系统的智能控制。

图 3 为此次开发的热水器控制器的硬件构架,它包含了单片机主控系统(Atmega 128)、液晶显示模块(12864 液晶显示器)、数字温度传感器(DS18B20)及其按钮模块。

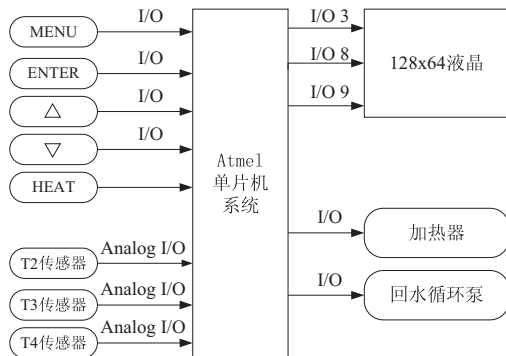


图 3 热水器控制器硬件构架图

图 4 为开发的热水器控制器的软件控制流程图,它主要实现温度调节和定时调节两个功能。首先热水器控制器开机后,系统默认为手动模式,它会自动将温

度传感器检测的数值与设定值进行对比,如果该数值低于设定范围则开启加热器对水箱进行加热,直到检测值达到设定温度的范围时系统停止加热。同时系统在运行时也会检测加热时间是否在设定时间内,如果在则系统自动加热,否则系统将停止工作。除此之外,该系统会将手动模式下设置的温度与定时数据收集起来,经过 CBS 算法处理后形成一套基本符合用户生活习惯的数据,用户可以通过按钮将系统切换到自动模式。在该模式中,系统会在约定的时间里自动将水温加热到设定温度,实现了热水系统的智能化,具体实现方式将在下一节中介绍。该软件系统通过 C 语言实现,并通过 SPI 接口烧写入单片机,从而进行工作。

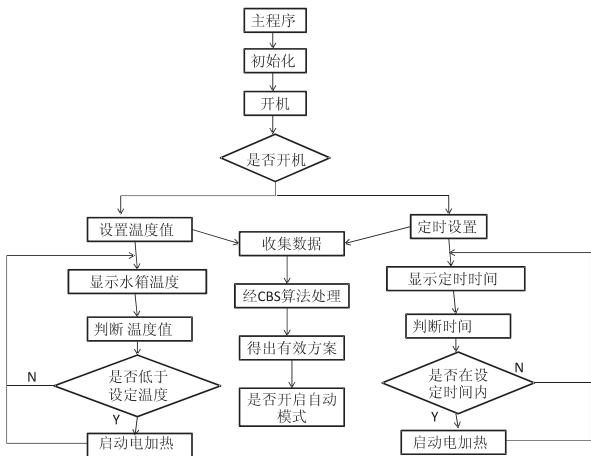


图4 热水器控制器的软件控制流程图

图5为开发的热水器控制器的显示界面,它包含了当前时间与热水器的工作状态(AUTO代表当前的工作模式是属于自动运行方式(如果是手动方式则显示HAND)),以及水箱中不同位置的温度。图中 $T_1 \sim T_4$ 分别对应着太阳能水温、水箱的水温、出口水温和回水温度。

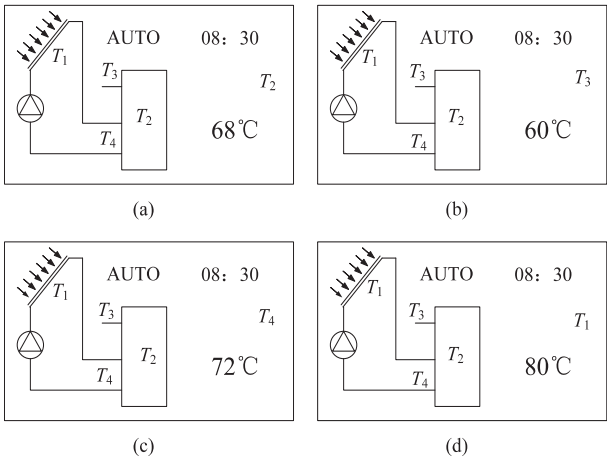


图5 热水器控制器各温度状态显示

3 智能家居系统的专家系统模块方案

由于人们日常生活的规律性,家电设备在使用的

时间上会存在规律性的重复^[8]。如果智能家居系统能够把握住这些规律,从而主动地为用户开启服务,并且随着时间的推移,系统能更加准确地了解用户的习惯^[9],那么人们的家居生活将实现真正意义上的智能化。

许多学者和专家对智能家居的专家模块也进行了很多研究,如基于多 Agent 的智能家庭网络 MAIHN 模块^[10]、Agent 应用于 Adaptive Building Automation^[11]、微软研究院的 EasyLiving 项目^[12]等。在参考了国际先进的智能控制理念后,为实现国内智能家居的专家系统模块,文中采用了 CBS 算法(Customary-Based Servicing)。

CBS 算法通过时间分区,计算出设备运行的平均时间,再判断时间相似度的有效性,证明某开启时间点为有价值的点。通过构造习惯体并不断融合新的有价值点,最终得到习惯模型,从而把握用户的生活习惯,主动为用户提供个性化服务。

下面以热水系统的使用时间为例,通过统计和分析用户一周内开启设备的具体时间,并按照合理的生活规律划分时间区间,通过计算得出热水器将自动开启的时间节点。

具体实现步骤如下:

(1)记录用户最近7天时间内开启热水系统的时间,如表1所示。

表1 用户最近7天时间内开启热水系统的时间

天	时间		
1	7:30	13:00	20:30
2	7:10	12:50	20:35
3	6:50	13:10	21:10
4	7:15	12:50	20:40
5	7:25	12:45	19:00
6	7:50	13:05	21:30
7	8:00	12:55	20:50

将表1中所有时间按照顺序前后排列,从而得到如下一行数列表:

{6:50,7:10,7:15,7:25:7:30,7:50,8:00,12:45,12:50,12:55,13:00,13:00,13:05,19:00,20:30,20:35,20:40,20:50,21:10,21:30}

(2)将时点相同,分点不同的数据放到一组,通过这种方式分类,得到用户使用热水器的初步分组。如下所示:

- 第一组:6:50
- 第二组:7:10,7:15,7:25:7:30,7:50
- 第三组:8:00
- 第四组:12:45,12:50,12:55
- 第五组:13:00,13:05,13:10

第六组:19:00

第七组:20:30,20:35,20:40,20:50

第八组:21:10,21:30

通过初步分组的结果可以看到,第一、二、三组之间的差距并不大,从用户的实际生活习惯出发,可以将这两组数据合并为一组,从而使得分组更具意义。具体实现将在下一步详细介绍。同样的道理适用于第四组与第五组数据,第七组与第八组数据。

(3)在完成初步分组以后,将上一组的最后一个时间与下一组的第一个时间进行对比,如果两者时间相差小于等于 λ (如取 $\lambda=30$)min,则将该两组数据划分为同一组,经过这种算法调整,得到更贴近用户生活习惯、更具意义的分组:

第一组:6:50,7:10,7:20,7:25,7:30,7:35,8:00

第二组:12:45,12:50,12:55,13:00,13:05,13:10

第三组:19:00

第四组:20:30,20:35,20:40,20:50,21:10,21:30

在该热水系统中引入 CBS 算法的目的是找到适合用户生活习惯的那个时间点,所以对于最终的时间分组来讲,需要带入平均值公式,求出每个时间分区的平均值: $\{7:23,13:07,19:00,21:05\}$ 。

(4)为了使得到的结果更加趋近用户真实的生活习惯,并且数据能够伴随用户的生活节奏实现动态变化,采用了下面一种修正机制。

为了评估节点开启时刻与统计平均时刻之间的偏离度,故提出了时间相似度的概念^[13]:

定义:节点开启时刻 α 与统计平均时刻 β 之间差的绝对值,相对于时间常数 ε 的比值 δ 与1之差,称为节点的时间相似度 ζ 。即:

$$\zeta = 1 - |\alpha - \beta| / \varepsilon \quad (1)$$

式中, α 表示独立于统计之外的热水器的启动时刻; β 表示之前统计出来的该热水系统启动的平均时刻; ε 为时间常数,通常设为25min。

如果式(1)的计算结果 $\zeta < 0$,则表示在该智能节点上,该启动时刻 α 具有意义,系统会将 α 与 β 带入均值计算公式,计算出新的平均时刻 β 值;如果 $\zeta > 0$,则表示在该智能节点上该启动时刻没有意义,系统将舍弃该值,不作处理。

例如在上述实例中,系统检测到热水器在7:35分启动,由上述公式计算可以判断得出,该值会影响7:23这个时间点,但对于13:07,19:00,21:05来说无意义。那么通过用户的不断使用,系统会不断融合新的

有价值点,使构造出的习惯模型,更趋近于用户真实的生活习惯,为用户提供最贴心的服务。


4 结束语

文中在分析地源热泵智能家居系统的需求和现状之后,建立了一种适合地源热泵公寓楼的智能家居系统整体控制方案,并改进了现有的热水控制系统,为实现系统的关键功能打下基础。文中为实现以“用户为中心”,主动为用户提供服务的真正意义上的智能化,还引入了 CBS 算法,并结合热水实例阐述了该算法的可行性。

参考文献:

- [1] 庄迎春,王哲.地源热泵技术在建筑节能中的应用[J].建筑技术,2004,35(12):909-910.
- [2] 冯凯,童世华.智能家居的由来及其发展趋势[J].中国新技术新产品,2010(6):7-7.
- [3] 李磊,林晓杰.智能家居的标准与协议[J].数字社区 & 智能家居,2008(1):37-39.
- [4] 尚丽丽.基于 ZigBee 的智能家居系统设计[D].大连:大连理工大学,2010.
- [5] 袁秀瑞.基于物联网智能家居的 CBS 算法研究[D].长沙:湖南大学,2012.
- [6] European Commission. Internet of things in 2020-A roadmap for the future[R]. [s.l.]:European Commission,2008.
- [7] Wang W, Sesmero J V. Report on reference architecture IoT service creation and provision[R]. [s.l.]:[s.n.],2012.
- [8] 杨善林,倪志伟.机器学习与智能决策支持系统[M].北京:科学出版社,2004.
- [9] Mitchell T M. 机器学习[M].曾华军,张银奎,译.北京:机械工业出版社,2003.
- [10] Barnaghi P, Wang W, Henson C, et al. Semantics for the Internet of Things: early progress and back to the future[J]. International Journal on Semantic Web and Information Systems, 2012, 8(1): 1-21.
- [11] Vainio A M, Valtonen M, Vanhala J. Proactive fuzzy control and adaptation methods for smart homes[J]. IEEE Intelligent Systems, 2008, 23(2): 42-49.
- [12] Lin T. Based on interval type-2 fuzzy-neural network direct adaptive sliding mode control for SISO nonlinear systems [J]. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2010, 15(12): 4084-4099.
- [13] 章曙光,方瑾,钱权,等.基于范例推理中的一种范例匹配方法模型[J].模式识别与人工智能,2002,15(3):348-350.

地源热泵智能家居控制系统设计与实现

作者：[王浩](#)，[柏余杰](#)，[蔡红霞](#)，[WANG Hao](#)，[BAI Yu-jie](#)，[CAI Hong-xia](#)
作者单位：[上海大学 机电工程与自动化学院 上海市智能制造及机器人重点实验室, 上海, 200072](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2015(2)

引用本文格式：[王浩](#). [柏余杰](#). [蔡红霞](#). [WANG Hao](#). [BAI Yu-jie](#). [CAI Hong-xia](#) [地源热泵智能家居控制系统设计与实现](#)
[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(2)