

基于 Agent 的智能建筑办公能源消耗研究

余 雷¹, Tao Zhang², 许宏科¹, 胡 欣¹

(1. 长安大学 电子与控制工程学院, 陕西 西安 710064;
2. 诺丁汉大学 计算机学院, 诺丁汉 NG8 1BB)

摘 要:在现代主要工业化国家,办公室作为建筑物的基本单元,节能已成为现代建筑必不可少的要素。针对目前智能建筑技术在实际应用中的不足,文中在基于多 Agent 技术的开发平台上,通过对多智能 Agent 之间的交互和相互协作研究办公环境的电力消耗。通过建立基于 Agent 的办公大楼电力消耗模型,定义了办公大楼能源消耗的四个基本要素,描述了基于 Agent 仿真的方法和基本理论。在此基础上,使用 Anylogic 建立仿真模型,并以英国诺丁汉大学 Jubilee 校区计算机学院为仿真目标,建立大楼电力消耗仿真模型,通过研究员工 Agent 的行为来确定大楼能源消耗,为管理人员该采用何种方式进行管理提供了决策依据,并主要研究了实际的能源发展。结果证明,基于 Agent 的模型仿真作为一种新的方法参与办公建筑能源消耗,是一个非常有用的工具。

关键词: Agent; 智能建筑; 能源消耗; 计算机仿真

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)12-0177-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.12.040

Research on Office Energy Consumption in Intelligent Building Based on Agent

YU Lei¹, Tao Zhang², XU Hong-ke¹, HU Xin¹

(1. School of Electronic and Control Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China;
2. School of Computer Science, University of Nottingham, Nottingham NG8 1BB, UK)

Abstract: In modern major industrialized countries, office buildings as the basic unit, energy conservation has become an essential element of modern architecture. Aiming at the deficiency in the practical application of intelligent building technology at present, in this paper, studied the power consumption of office environment through the interaction and cooperation of intelligent Agent based on the multi Agent technology development platform. Defined four basic elements of building energy consumption, described a method and basic theory based on Agent simulation, through the establishment of the office building power consumption model based on Agent. Used Anylogic to build the simulation model. On the basis of College of Computer Science, Jubilee Campus, the University of Nottingham, studied the behavior of the staff Agent to determine the building energy consumption, provided decision-making for manager, and established building power consumption simulation model, and researched on energy development practice. Results show that the simulation model based on Agent as a new method in office building energy consumption, is a very useful tool.

Key words: Agent; intelligent building; energy consumption; computer simulation

0 引言

工业耗能、建筑耗能和交通耗能已成为能源消耗的三大主要来源。在现代主要工业化国家,办公室作为建筑物的基本单元,主要集中在分布在大中城市。随着气候变化成为全球的主要议题,节能成为现代建筑

必不可少的要素。

随着计算机技术和网络化技术的发展,以及人们对生活、工作环境舒适度要求的不断提升,集成了信息设施系统、信息化应用系统、建筑设备管理系统、公共安全系统的智能建筑应运而生。虽然智能建筑技术的

收稿日期:2015-03-19

修回日期:2015-06-24

网络出版时间:2015-11-19

基金项目: 中央高校基本科研项目(2013jnm8017); 归国留学人员科研启动项目(2013C0320118); 陕西省社会发展科技攻关项目(2013B0320181); 陕西省自然科学基金项目(2014G1321039)

作者简介: 余 雷(1975-),男,博士,讲师,研究方向为物联网、控制科学与工程; 许宏科,教授,博士生导师,研究方向为交通控制、控制科学与工程; 胡 欣,博士,副教授,研究方向为智能建筑、视频图像处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20151119.1111.044.html>

发展为人们提供了安全、舒适、方便、节能的学习和工作环境,并且能够完成一些人们需要的复杂任务,但是它仍然存在很多的问题。首先是智能楼宇自控系统中各子系统之间相互独立,集成度并不是很高,缺乏系统之间的协作与联动;其次是智能楼宇系统对终端采集的信息处理能力较低,建筑设备管理系统只是简单地将建筑内的各个子系统进行了集成,并没有达到理想的能源优化效果;最后就是智能建筑技术并没有考虑人员因素对建筑设备节能的影响。

针对目前智能建筑技术在实际应用中的不足,文中在基于多 Agent 技术的开发平台上,通过对多智能 Agent 之间的交互和相互协作进行办公环境的电力消耗研究。

1 Agent 技术及在智能建筑上的应用

1.1 Agent 仿真

智能体 (Agent) 是分布式人工智能 (DAI) 领域的一个基本术语,它是由美国学者明斯基于 20 世纪 80 年代提出的^[1]。Agent 是一个物理或抽象的、能在一定环境下运行的实体。它能作用于自身和环境,并对环境做出反应^[2]。智能体具有知识、目标和能力;知识主要包括领域知识、通讯知识、控制知识等;目标可以根据变化情况分为静态目标和动态目标,目标可以通过算法编入或显示给定,或通过通讯获得;能力是指智能体具有推理、决策、规划和控制等的能力。其能力的获得可以显示给定、学习或通过通讯获得。智能体具有如下特性:自治性、社会性和反应性。多智能体仿真的基本思想是:用程序展示行为,而这些行为则完全通过其内部机制来描述。通过把一个个体链接到一个程序上,就有可能模拟一个充满相互作用的过程的人工世界。因此就有可能用人工对应物来置换真实系统里的成员总体。总体里的每个成员都由一个 Agent 来代表。多智能体仿真具有优于传统数值模拟技术的地方。传统的数值模拟基于数学或随机模型,通常是静态数学模型。多智能体仿真提供了形象的可视化显示,使用户 (模拟设计者) 能够在模拟过程中直观地评估 Agent 的行为,因此多智能体系统具有在空间上呈分布式、并行,较强的系统容错能力等特点。

1.2 Agent 技术在智能建筑上的应用

目前将多智能 Agent 系统应用于智能建筑领域的研究主要集中在两方面:一是通过对多智能 Agent 进行不同层次的分类,提出智能建筑环境中各种参数的优化控制策略;二是研究多智能 Agent 之间的交互和协作机制为人们解决复杂问题提供一种新的途径。最早将多智能 Agent 系统应用于智能建筑中的是 MIT 人工智能实验室 Brooks 教授^[3],他在 1997 年提出了采用

多智能 Agent 系统的控制体系结构。Brooks 教授在实验中通过摄像头和语音-识别技术对人员活动进行跟踪和判别,为智能建筑中的人员提供所需要的信息。后来为了实现建筑物节能,Davidsson 和 Boman 提出了用于建筑环境控制的多智能 Agent 系统^[4]。将多智能 Agent 分为了四类,分别是人员 Agent、标记 Agent、房间 Agent 和环境 Agent。其中标记 Agent 是人员身份识别卡片,人员 Agent 通过和标记 Agent 之间的交互可以获知人员信息。房间 Agent 主要是对房间内的环境参数进行检测并对房间的控制模式进行设定,最后由环境 Agent 来执行这些控制策略。英国艾塞克斯大学的 Victor Callaghan 等进一步提出了面向智能建筑的 Agent 体系结构,在系统中用到分布式人工智能技术和模糊理论,利用嵌入式技术对 Agent 进行设计^[5-6]。

在国内,Agent 技术的研究大多停留在理论和方案验证阶段,尤其是在建筑领域的研究和应用更是不多见。王圣杰等多智能 Agent 智能建筑模型进行了研究,以智能建筑中的安保系统和照明系统为主要研究对象,在 JALite 开发平台对多 Agent 之间的任务分配和交互进行了描述^[7]。蒋鹏等以 JADE 作为开发平台,建立了一个建筑智能化系统集成的多智能 Agent 模型^[8]。

综上所述,可以看出多智能 Agent 在智能建筑中的应用目前仍停留在规划阶段^[9-13]。

2 系统建模

2.1 智能建筑能源消耗概述

智能建筑能源消耗主要包括四个要素:

- (1) 所在管理部门能源管理规定及相关政策;
- (2) 安装在楼宇的能源管理设施 (例如能源计量、监控和自动化开关机设施技术);
- (3) 各种电气设备 (如照明电器、电脑、热水器等);
- (4) 用户的用电行为。

智能建筑能源消耗四要素,即能源管理政策/法规、能源管理技术、电气设备和用户行为。建筑内所有电气设备运行必须符合能源管理规定,能源管理设备计量控制电气设备运行,办公楼内电力消耗主要由不同类型电气设备组成,而这又由用户行为控制。用户之间交互及相互影响也会影响使用电气设备的行为。

Firth 等在研究中根据使用模式将家用电器分成四种类型:

- (1) 连续型家电:时钟、报警设备、上网 modem 等需要持续供电的设备。
- (2) 可待机设备:电视、游戏机等,这类设备具有三种工作模式:运行、关机和待机。

(3)制冷设备:空调、冰箱等,这类设备会持续耗电但耗电量并不是平稳的,而是变化的。

(4)活跃设备:照明设备、电水壶等,这类设备只有两个状态:运行和关闭。

基于以上四类设备,将电力消耗分为两部分:一部分为基础消耗,包括连续型家电和制冷设备的电力消耗;第二部分为可变消耗,指活跃设备和可待机设备的电力消耗。用公式表达为:

$$C_{total} = C_{base} + C_{flexible}$$

因为将电力用户分成各个 Agent,所以可变消耗 $C_{flexible}$ 可表示为:

$$C_{flexible} = \beta_1 * C_{f1} + \beta_2 * C_{f2} + \cdots + \beta_n * C_{fn}$$

其中, C_{fn} 为每个 Agent 设备的最大电力消耗; β_n 为影响系数,取值范围为(0,1)。

因此总体电力消耗可表示为:

$$C_{total} = C_{base} + \beta_1 * C_{f1} + \beta_2 * C_{f2} + \cdots + \beta_n * C_{fn}$$

2.2 实际电力消耗模型

基于以上模型,开发了一个基于 Agent 的智能建筑电力消耗模型。具体仿真对象为英国诺丁汉大学 Jubilee 校区计算机学院。Jubilee 校区建立于 1999 年,是一个典型的可再生绿色智能建筑群。该建筑具有以下特征:

屋顶由植物覆盖用于保温,具有超高效通风系统,照明传感器用于照明自动控制,屋顶中庭集成光伏电池提供太阳能电力。

基于房屋的照明自动控制,目前照明管理采用自动控制策略。当人员进入房间,照明开关自动打开,当人员离开房间 20 min 以后照明自动关闭。Estate Office 具体负责学校所有建筑电力管理的规定。目前涉及两个问题:一是自动控制是否一定比手动控制更省电;二是照明、计算机用电占总用电的比例是多少。基于此,建立以下模型。

2.3 基于 Agent 的智能建筑电力消耗模型

在案例研究中,选择了计算机学院一楼,主要为学院老师、研究生,主要电气设备和电器包括:房间 47 间,灯 239 个,计算机 180 台,打印机 24 台,信息指示标牌 2 个,用户最大数量 213 位。

使用软件 AnyLogic 6.5.2 来模拟办公楼的能源消耗模型。在模型中不考虑固定设备的基本能源消耗,只考虑能源变化设备,包括灯、计算机和电力设备等。因此在模型中建立了三种不同的 Agent:照明 Agent、计算机 Agent、员工 Agent。

2.3.1 员工 Agent 的行为

为了了解员工 Agent 的消费行为,在学院进行了问卷调查,通过电子邮件向 200 名老师及学生征询意见,在收到的 145 名有效问卷中,集中调查电力员工使

用各种电力设备的习惯(见表 1)。

表 1 员工习惯调查表

行为	类型	所占比例/%
到校时间	5:00-9:00	8
	9:00-10:00	53
	10:00-13:00	39
离开房间是否关闭电脑	一定	1
	经常	8
	偶尔	31
	从不	60
是否讨论节能话题	频繁	8
	经常	31
	偶尔	45
	从不	15
是否使用厨房	几乎每天	36
	经常	14
	偶尔	27
	从不	23

每一个员工 Agent 具有四个行为状态:离校 (OutOfSchool)、在走廊 (InCorridor)、在办公室 (InOwnOffice)、在其他房间 (InOtherRoom) (见图 1)。在 OutOfSchool 状态,该 Agent 不工作,所以不会触发任何电力消耗。在 InCorridor 状态,会触发走廊的灯打开。在 InOwnOffice 状态下,员工 Agent 在自己的办公室会触发办公室的灯光,其行为在办公室电脑上使用计算机三种模式:开机、待机和关机。

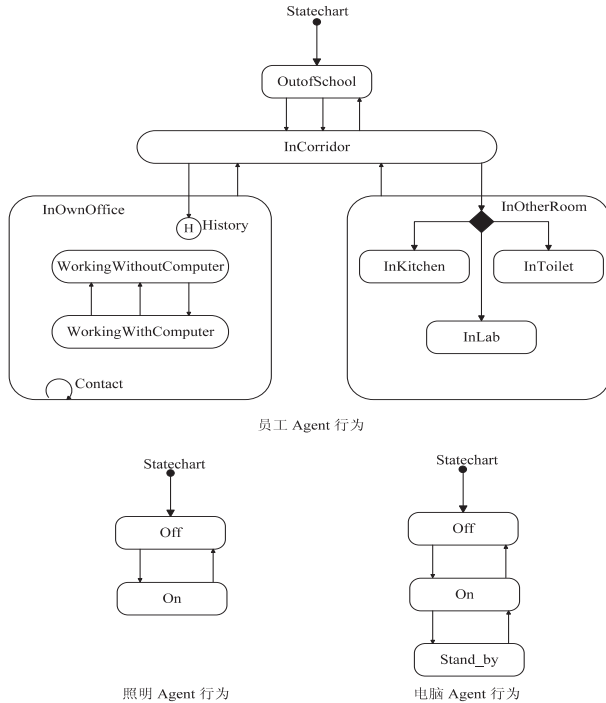


图 1 各 Agent 行为

在 OutOfSchool 和 InCorridor 状态进行转换取决于工作时间表。基于实证调查人员分为三类不同的人员。在从 InCorridor 状态向 InOwnOffice 状态转换时设置了转换时间=2,表示员工需要两分钟从走廊走到办公室。在 InOwnOffice 状态员工 Agent 的存在会触发所在办公室的灯开关。员工 Agent 可以在没有电脑状态下工作或者在有电脑状态下工作。对每个员工 Agent 均设置节能意识参数 energySavingAwareness,值从 0 到 100,以表示其对节约能源的意识。如果员工 Agent 的 energySavingAwareness 的值大于一个阈值,它有更大的概率不使用计算机。基于问卷调查,对员工的节能意识,创建四种不同类型的员工(见表 2)。

表 2 员工节能意识表

Agent 类型	比例/%	energySaving Awareness	关闭不使用电器的几率	给其他人发送环保 email 可能性
环保主义者	1	95-100	0.95	0.9
经常考虑节能	8	70-94	0.7	0.6
偶尔考虑节能	31	30-69	0.4	0.2
从不考虑节能	60	0-29	0.2	0.05

2.3.2 照明 Agent 行为

照明 Agent(见图 1)行为只有两种状态:开(On)和关(Off)。状态转换取决于员工 Agent 的行为。

2.3.3 电脑 Agent 行为

电脑 Agent(见图 1)有三种状态:开(On)、关(Off)和待机(Standby)。行为与照明 Agent 行为类似,状态转换取决于员工 Agent。电脑处于待机状态时能耗为 25 W,处于开机状态能耗为 400 W。

3 模型仿真

在模型中,进行了三组实验。为测试该模型的有效性,将使用这些实验以 Estate Office 得到用电管理策略帮助深入了解学校里的电力消耗。

3.1 实验 1:模拟目前学校的电力管理策略

目前,计算机学院办公楼配备有光传感器的自动照明系统,当传感器检测到工作人员离开房间 20 min,照明系统将关掉灯光,以节省电源。基于这样的光传感器技术,学校 Estate Office 已在计算机学院办公楼采用了自动化电力管理策略。从这种意义上说,工作人员不能控制照明开关的控制,所有照明开关由电脑控制。在第一组实验中,重点就在模拟现有电力管理策略。在模型设定的“自动化”情况下,运行并绘制电力消耗图(见图 2)。

从中可以看到,模型仿真结果与实际电力消耗非常相似。因此可以证明该仿真模型能模拟现实电力管理策略。

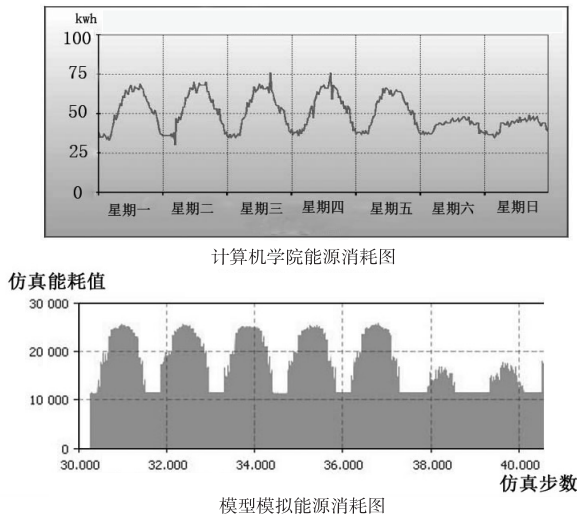


图 2 自动模式下电力消耗图

3.2 实验 2:自动化策略与人员控制策略

在办公大楼自动和手动照明管理各有优势。一些研究表明,在手动开关照明管理中,当打开开关后即使有足够的日光用户也很少关闭照明。在学校根据调查,这方面也存在争论,Estate Office 认为采用自动控制方式,当最后一个人离开房间 20 min 后关灯比较节能。但根据书面调查,大家认为如果能手动控制肯定能更节能,因为无需等待 20 min。基于此辩论,在本实验中设定两组数据:一组采用自动控制方式,当最后一个人离开房间 20 min 后关灯;另一组采用手动控制方式,人员是否选择立即关灯取决于该 Agent 的节能意识 EnergyAwareness。EnergyAwareness 越高的人越倾向于立即关灯。仿真结果见图 3。

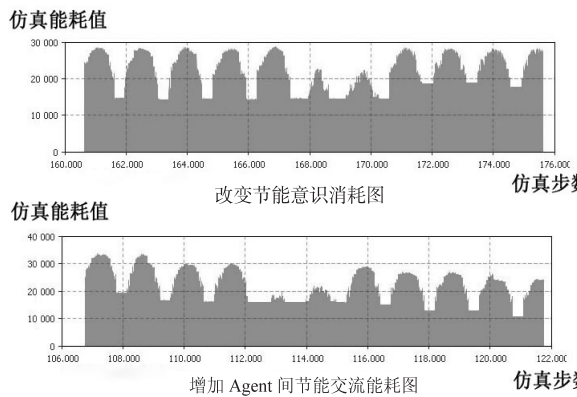


图 3 人员控制策略能耗图

从图中可以看出,即使在能源消耗的高峰时期,手动控制开关方式能源消耗总比自动控制方式高。

另外通过增加 EnergyAwareness 的值或者增加人们之间的接触率 contact rate,也就是增强人们的节能意识,当增加到一定程度后手动方式能源消耗逐渐低于自动控制方式。由此可以看出人们节能意识的重要性。

3.3 灯光及计算机所消耗能源比重

尽管在学院安装有电表,但是电表不能测出各种物品所消耗能源比重。通过此仿真模型可以很清楚地反映各部分所消耗能源比重(见图 4),因此可以为学校相关部门提供相应的技术支持。

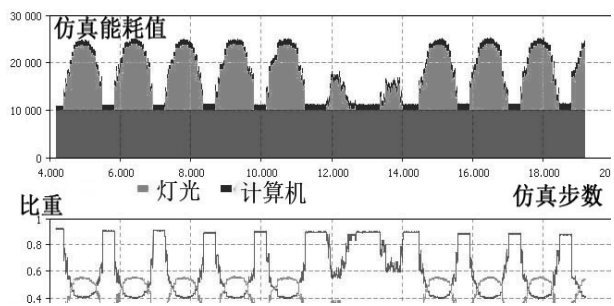


图 4 灯光及计算机等消耗能源比重

4 结束语

文中建立了基于 Agent 的办公大楼电力消耗模型。在研究中,首先定义了办公大楼能源消耗的四个基本要素,然后描述了基于 Agent 仿真的方法和基本理论。在此基础上以英国诺丁汉大学 Jubilee 校区计算机学院为仿真目标,建立大楼电力消耗仿真模型,在此模型基础上主要研究两个问题:首先将四大要素整合到办公建筑能源消耗仿真模型中;其次建立多 Agent 模型框架以便研究实际的能源发展。虽然还不能完美复制真实情况,但基于 Agent 的模型仿真作为一种新的方法参与办公建筑能源消耗,是一个非常有用的工具。

参考文献:

[1] Franklin S, Graesser A. Is it an agent, or just a program?: a taxonomy for autonomous agents[C]//Proceedings of the third

international workshop on agent theories, architectures and languages. Berlin:[s. n.],1996.

[2] van Veen H A, Distler H C, Braun S J, et al. Navigating through a virtual city:using virtual reality technology to study human action and perception[J]. Future Generation Computer Systems,1998,14(2):231-242.

[3] Brooks R A. The intelligent room project[C]//Proceedings of the second international cognitive technology conference. Aizu, Japan:[s. n.],1997.

[4] Davidsson P, Boman M. Distributed monitoring and control of office buildings by embedded agents[J]. Information Sciences,2005,171(4):293-307.

[5] Rutishauser U, Joller J, Douglas R. Control and learning of ambience by an intelligent building[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A:Systems and Humans, 2005,35(1):121-132.

[6] Callaghan V, Clarke G, Colley M, et al. A soft-computing DAI architecture for intelligent buildings[J]. Journal of Studies in Fuzziness and Soft Computing on Soft Computing Agents, 2001,75:221-221.

[7] 王圣杰,陈 硕. 基于多 Agent 和 CORBA 技术的智能建筑多层结构[J]. 低压电器,2005(8):18-22.

[8] 蒋 鹏,王 波. 多 Agent 系统技术在智能建筑中的应用[J]. 建筑电气,2005,24(5):41-44.

[9] 彭亦功,俞金寿. 基于多 Agent 的能源供需模型[J]. 华东理工大学学报:自然科学版,2009,35(6):911-917.

[10] 孙喁喁,刘萍萍. 基于黑板的多 Agent 智能决策支持系统的 Agent 实现[J]. 电子设计工程,2009,17(2):22-24.

[11] 方 义,熊 璋,王剑昆. 智能控制中的多 Agent 系统[J]. 控制理论与应用,2006,23(5):810-814.

[12] 史 乐,李 辉,原江波. 基于消息通信的多智能体系统的应用[J]. 计算机应用,2008,28(2):531-534.

[13] 傅一峰,曹 健,李明禄. 面向复杂任务结构的 Agent 联盟算法[J]. 小型微型计算机系统,2011,32(3):402-406.

(上接第 176 页)

系统设计[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2011,24(4):34-35.

[12] Lin Shizhuang, Liu Jingyu, Fang Yanjun. ZigBee based wireless sensor networks and its applications in industrial[C]//Proceedings of the IEEE international conference on automation and logistics. Jinan:IEEE,2007:1979-1983.

[13] Huang Y R, Lin Y B. A software architecture for GPRS session management[J]. Wireless Communication & Mobile Compu-

ting,2002,2(2):151-167.

[14] Jejuna U A. On-line measurement data of wastewater systems via WAP mobile phones review[J]. Water Science & Technology,2003,47(2):205-211.

[15] Meyer M L, Huey G M. Telemetric system for hydrology and water quality monitoring in watersheds of northern New Mexico, Usa[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006,116(1-3):9-19.

基于Agent的智能建筑办公能源消耗研究

作者：[余雷](#)，[TaoZhang](#)，[许宏科](#)，[胡欣](#)，[YU Lei](#)，[Tao Zhang](#)，[XU Hong-ke](#)，[HU Xin](#)

作者单位：[余雷, 许宏科, 胡欣, YU Lei, XU Hong-ke, HU Xin\(长安大学 电子与控制工程学院, 陕西 西安 , 710064\)](#)，[TaoZhang, Tao Zhang\(诺丁汉大学 计算机学院, 诺丁汉 NG8 1BB\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015, 25(12)

引用本文格式：[余雷](#).[TaoZhang](#).[许宏科](#).[胡欣](#).[YU Lei](#).[Tao Zhang](#).[XU Hong-ke](#).[HU Xin](#) [基于Agent的智能建筑办公能源消耗研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(12)