

智能办公环境温度控制方法

王海珍^{1*}, 廉佐政², 滕艳平¹

(1. 齐齐哈尔大学 计算机与控制工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2. 齐齐哈尔大学 计算中心, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

(* 通信作者电子邮箱 wanghaizhen1976@163.com)

摘要:针对变频空调技术参数固定不能适应智能办公环境变化的问题,为提高环境温度的舒适度,提出一种新的变频空调温度控制方法。该方法引入多智能体(Agent)技术设计温度模糊控制结构,确定输入输出变量及其模糊集,然后引入动作回报值改进模糊Q学习算法,由推理Agent执行算法学习手动调节空调的动作、修改模糊规则。将得到的优化模糊规则用于环境温度的控制。实验结果表明,与常规模糊温度控制方法相比,该控制方法缩短了空调的响应时间,减少了超调量。

关键词:智能办公环境;环境温度;模糊控制;模糊Q学习算法;响应时间

中图分类号:TP181 **文献标志码:**A

Temperature control approach in intelligent office environment

WANG Hai-zhen^{1*}, LIAN Zuo-zheng², TENG Yan-ping¹

(1. School of Computer and Control Engineering, Qiqihar University, Qiqihar Heilongjiang 161006, China;

2. Computer Center, Qiqihar University, Qiqihar Heilongjiang 161006, China)

Abstract: The parameters of inverter air-conditioner are fixed, which cannot adapt to changed intelligent office environment. This paper proposed a new air-conditioner control approach in order to improve the comfort of the ambient temperature. Multi-Agent technology was introduced, and input and output variables and their fuzzy sets were given, and then the fuzzy Q-learning algorithm introduced rewards was proposed, which was executed by reasoning Agent to learn manually adjusting the air-conditioner action, and modify the fuzzy rules, so the fuzzy rules were optimized. Finally the optimization fuzzy rules were applied to control ambient temperature. The experimental result shows that the response time and overshoot of the air-conditioner are less than the conventional fuzzy temperature control approach.

Key words: intelligent office environment; ambient temperature; fuzzy control; fuzzy Q-learning algorithm; response time

0 引言

随着全球信息化的不断发展,智能建筑已经成为各国综合实力的重要标志,发展智能建筑已经成为当今世界的热点研究课题^[1-3]。我国研究者也致力于智能建筑相关的研究,如欧阳东等^[4]发明了智能建筑办公环境的无线联网节能控制系统及其控制方法,可以将无线控制系统组成较大测控网络;杨柱勇等^[5]设计了智能办公大楼环境管理系统。但在这些研究中,往往只注重智能化管理、低能耗等,忽视了对建筑环境的考虑。而目前室内环境因素构成的生活、工作空间逐渐引起人们的关注^[6-8],人们希望有更加舒适的智能工作环境。近年来,变频空调通过改变压缩机的转速来连续调节压缩机的负荷,能够适应动态变化的空调房间负荷需要,但是常规模糊变频空调其技术参数的确定,通常是按标准环境设定的,忽略了空调所在室内环境的差异、季节的变化、个体舒适度等因素^[9]。这就要求变频空调在使用过程中进行自学习,即空调的运行参数能根据相关因素进行调节,在节能的同时,给人们带来更舒适的温度。

由于智能办公环境中学习数据较少,环境不稳定,用户的

操作动作动态变化,如何根据环境的信息建立模糊规则库,根据较少的学习数据在线修改模糊规则,保证室内温度的舒适、节约能耗是关键问题。本文建立了系统的多Agent模型,模型中引入了改进模糊Q学习算法,通过学习用户操作变频空调的动作,在线修改模糊规则,对环境的温度进行模糊控制。实验结果表明,与常规模糊控制相比,本文提出的控制方法可以提供较舒适的温度。

1 温度控制方法设计

1.1 多Agent模型

文献[10-12]将无线网络中的每个节点定义为一个Agent,本文采用ZigBee无线网络构建智能办公环境控制系统,建立了多Agent模型,参考文献[10-12],同时考虑到管理的方便性,该模型由3类Agent构成,即检测Agent、功能Agent和管理Agent。网络中的每个节点都归属一类Agent,下面以温度控制功能为例来说明各Agent的功能。

检测Agent通过ZigBee终端设备实时获得办公环境的温度信息,并通过网络传输到相应的功能Agent,还可以接收功能Agent发来的控制信息。功能Agent包括注册Agent、用户

收稿日期:2012-04-09;修回日期:2012-06-10。 基金项目:齐齐哈尔大学青年教师科研启动支持计划项目(2011k-M05)。

作者简介:王海珍(1976-),女,山东临沂人,讲师,硕士,主要研究方向:嵌入式、网络设计; 廉佐政(1977-),男,黑龙江海伦人,讲师,硕士,CCF会员,主要研究方向:人工智能、数据挖掘; 滕艳平(1965-),女,黑龙江齐齐哈尔人,副教授,主要研究方向:计算机网络、操作系统。

信息 Agent、推理 Agent、温度控制 Agent。注册 Agent 负责网络通信的注册登记,在 ZigBee 网络建立时,建立自己的路由列表;用户信息 Agent 用户的记录的名称和操作状态;推理 Agent 与用户信息 Agent 配合,进行在线学习,实时修改模糊规则;温度控制 Agent 接收检测 Agent 发送的温度信息,与其他 Agent 配合,设置舒适的环境温度。管理 Agent 是系统的管理者,实现网络的组建、网络间的数据传输、用户任务分解及任务分配、监督其他 Agent 的运行情况、各 Agent 之间的协调通信。模型中的温度功能 Agent 采用模糊控制实现。

1.2 控制结构

模糊控制^[13]的关键是模糊规则,一般由手动控制而生成的控制规则是专家的经验,通常不可能进行舒适的温度控制。本文设计的温度模糊控制结构如图1所示,虚线框内是模糊控制器,与常规模糊控制不同,本文由推理 Agent 依据模糊规则完成推理,引入改进的模糊 Q 学习算法学习手动调节空调的动作,在线修改模糊规则,产生较优的模糊规则,从而有效控制办公环境的温度。优化的评价是指,与常规模糊控制对比,空调的温度响应的实验,响应时间越小越好。

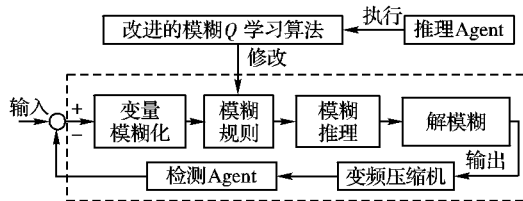


图1 温度模糊控制结构

通常,模糊控制器的维数越高,控制效果就越好,但实现起来会越来越困难^[14],本文采用二维模糊控制器,它达到较好的效果(如图2所示)。

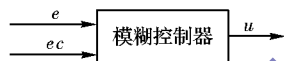


图2 二维模糊控制器

1.3 输入输出变量

模糊控制器以温度差 e 和温度差的变化率 ec 作为输入量, u 为输出工作频率变化。它们采用如下的模糊集: {负大, 负中, 负小, 零, 正小, 正中, 正大}, 用 {NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB} 表示。

1.4 模糊规则及模糊推理

根据输入输出变量的模糊集,办公环境温度控制的模糊规则形式如下:

$$R_j: \text{If } x_1 \text{ is } A_1^i \text{ and } x_2 \text{ is } A_2^i \text{ Then } u \text{ is } B^j \quad (1)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, 7$; R_j 表示第 j ($j = 1, 2, \dots, 49$) 条规则; x_1, x_2 分别表示 e, ec ; A_1^i, A_2^i, B^j 分别表示 x_1, x_2, u 的模糊集。

1.5 改进的模糊 Q 学习算法

在温度模糊控制结构中,推理 Agent 执行模糊 Q 学习算法修改模糊规则。系统的功能 Agent 采用模糊 Q 学习算法在线修改模糊规则。算法采用模糊推理系统解决了状态空间的泛化问题并从动作集中选择最优动作。为了提高学习速度,算法引入了动作的回报值。具体算法描述如下:

1) 状态空间的表示。依据推理 Agent 所在的环境信息,

确定它的状态输入向量:

$$X = (x_1, x_2, x_3)$$

其中: x_1, x_2, x_3 分别表示温度差、温度差的变化率、空调压缩机的输出工作频率变化的变量。

2) 初始规则库 $R_L = (R_1, R_2, \dots, R_{49})$, 其中 R_1 至 R_{49} 由式(1)表示,其初值为常规模糊规则,如表1所示。

表1 模糊规则表(u)

e	u						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PB	PM	PS	ZE	ZE
NM	PB	PB	PM	PM	NS	ZE	ZE
NS	PB	PB	PM	NS	ZE	NS	NM
ZE	PM	PM	PS	ZE	NS	NM	NM
PS	PM	PS	ZE	NS	NM	NM	NM
PM	ZE	ZE	NM	NM	NM	NM	NM
PB	ZE	ZE	NM	NB	NB	NB	NB

3) 回报值 r 的确定。推理 Agent 每个周期都根据规则进行动作选择,执行动作后会从环境中得到回报值。回报值 r 按下面的方法确定:

① 如果调节空调的动作符合压缩机工作频率变化要求, $r_l = 2$ 。

② 如果调节空调的动作压缩机工作频率变化的方向符合, $r_a = 0.5$; 否则 $r_a = -0.5$ 。

因此,每个周期推理 Agent 获得的总的回报值 $r = r_l + r_a$ 。推理 Agent 观察当前的环境信息,按式(2)计算每条模糊规则的真值:

$$\mu_j(X) = \mu_j^1(x_1) \times \mu_j^2(x_2) \times \mu_j^3(x_3) \quad (2)$$

其中: $j = 1, 2, \dots, 49$; $\mu_j^i(x)$ 为状态输入变量的隶属度函数。本文采用效果较好的高斯函数,如式(3)所示:

$$\mu_j^i(x) = \exp\left[-\left(\frac{x - c_j}{2\delta_j}\right)^2\right] \quad (3)$$

4) 设 (f_1, f_2, \dots, f_7) 表示压缩机工作频率变化参数的特征点, $(w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{j7})$ 代表每个特征点上的权值。根据空调的调节经验, $(w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{j7})$ 的初值为区间 $[-2, 2]$ 内的随机数。则当状态输入向量为 $X = (x_1, x_2, x_3)$ 时,通过模糊推理,每一个特征点的总权值计算按式(4)计算:

$$W_k = \frac{\sum_{j=1}^{49} w_{jk} \cdot \mu_j(X)}{\sum_{j=1}^{49} \mu_j(X)} \quad (4)$$

其中: $k = 1, 2, \dots, 7$; $\mu_j(x)$ 由式(1)计算。

5) 设 $Q(X, a_i)$ 表示推理 Agent 在状态 x 下执行动作 a_i 的 Q 值,则它的计算公式如式(5)所示:

$$Q(X, a_i) = \frac{\sum_{j=1}^{49} \mu_{ij} Q_{ij}}{\sum_{j=1}^{49} \mu_{ij}} \quad (5)$$

其中 $\mu_{ij} = A_1^i \cdot A_2^i$ 。

6) 根据模糊推理系统的输出 u 进行动作选择,更新状态、给予一定的回报值。状态更新按式(6)计算:

$$Q_{ij}^t = Q_{ij}^{t-1} + \alpha \cdot \gamma^t + \gamma \max\{Q^{t-1}(y^t, a^t)\} -$$

$$Q^{t-1}(x^t, a^t) \cdot \mu_{ij}(x^t) / \sum_{j=1}^N \mu_{ij}(x^t) \quad (6)$$

其中: a^t 为智能体在 t 时刻选择的动作, 使状态由 x^t 变为 y^t ; α 为学习率(取值为 0.3); r 为回报值; γ 为折扣率(取值为 0.5)。

7) 根据这个动作所得的回报, 更新特征点权值, 权值更新按式(7)进行:

$$w_{jk} = (1 - \alpha_{jk}) \cdot w_{jk} + \alpha_{jk} \cdot (r + \gamma \cdot W_{\max}) \quad (7)$$

其中: W_{\max} 为 W_k 中的最大值; $k = 1, 2, \dots, m$ 。

8) 重复进行第5)步~第7)步, 直到权值收敛。

9) 经过模糊推理, 采用重心法解模糊按式(8)计算出 u :

$$u = \frac{\sum_{j=1}^7 f_i W_j}{\sum_{j=1}^7 W_j} \quad (8)$$

通过上述的算法学习出一个完整的模糊规则库, 如表2所示, 将其用于室内的温度控制。

表2 学习后的模糊规则表(u)

e	u						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	PS	ZE	ZE
NM	PB	PB	PM	PM	NS	ZE	ZE
NS	PB	PB	PM	PS	ZE	NS	NS
ZE	PB	PB	PS	ZE	NS	NM	NM
PS	PB	PM	ZE	NS	NM	NM	NM
PM	ZE	ZE	NM	NM	NM	NB	NM
PB	ZE	ZE	NM	NB	NM	NB	NB

2 实验及结果分析

2.1 引入模糊 Q 学习算法的比较

为了验证本文设计的温度控制方法的正确性, 在 Matlab 软件环境下, 采用常规模糊控制算法和本文的控制方法分别对变频空调系统的温度响应时间进行仿真控制。设环境温度模型可近似为一个纯滞后环节的大惯性一阶系统, 如式(9)所示:

$$G_R(X) = e^{-\tau s} \cdot \frac{K}{T s + 1} \quad (9)$$

其中: T 表示惯性时间常数, 取值 15 min, 即 900 s; τ 表示纯滞后时间常数, 取值 2 min, 即 120 s; K 表示增益系数, 取值 0.30 $^{\circ}\text{C}/\text{Hz}$ 。根据经验, 常规模糊规则如表1所示。本文方法利用改进模糊 Q 学习修改模糊规则, 使其不依赖经验值。本文方法和常规模糊控制算法^[9]响应如图3所示。

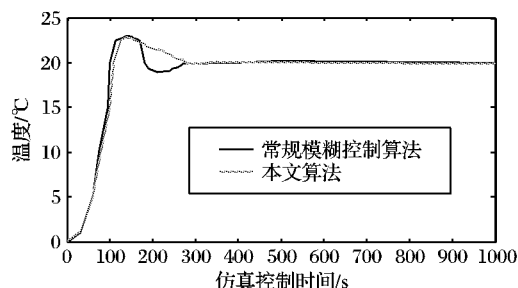


图3 两种方法控制的温度响应

2.2 结果分析

由图3可看出: 常规模糊控制算法系统响应速度慢, 超调量大; 利用本文提出的控制方法, 改善了系统响应速度和超调量。因此, 温度模糊控制中引入改进的模糊 Q 学习算法, 能够对不同的办公环境的温度模糊规则进行学习, 提高了常规模糊控制系统的适应能力, 加快了空调的响应时间, 因此, 该温度控制方法是有效的。

3 结语

本文的实验证明, 将模糊 Q 学习引入多 Agent 温度模糊控制模型, 进行变频空调的温度控制方法是可行的。由于本文将动作回报值引入改进的模糊 Q 学习算法, 算法对先验的模糊规则进行学习, 得到了适合办公环境温度控制的优化模糊规则, 并提高了学习速度。因此, 与常规的模糊控制方法相比, 本文提出的温度控制方法缩短了空调的温度响应时间, 减少了超调量, 可以提供较舒适的温度, 为温度模糊控制提供了一种新方法。

参考文献:

- [1] 王路. 智能建筑系统中嵌入式 Agent 的设计与实现[D]. 济南: 山东建筑大学, 2011.
- [2] 赵妮娜. 实验室环境温度智能控制方案设计[D]. 大连: 大连交通大学, 2008.
- [3] 李友胜. 智能建筑中变风量空调控制系统的控制与研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2011.
- [4] 欧阳东, 陈国荣, 王滨. 智能建筑办公环境的无线节能控制系统及其控制方法: 中国, CN101706663 A[P]. 2010-05-12.
- [5] 杨柱勇, 吴克寿, 罗维芳, 等. 智能办公大楼环境管理系统[EB/OL]. [2012-02-03]. <http://dbpub.cnki.net/Grid2008/Dbpub/detail.aspx?filename=SNAD000001362382&dbname=SNAD&uid=WEEvREcwSLJHSldSdnQ1Zkk1YkpFRWZkS2JFVE16aDhZMDI0N2NDeXpxQkt6R1BzeW9yMGRJdjZEQlNzMWtnPQ==>.
- [6] 龙凤, 程绪建, 陈桂明. 室内温度模糊神经控制策略研究[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(8): 226-229.
- [7] COOK D J, DAS S K. How smart are our environments? An updated look at the state of the art[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2007, 3(2): 53-73.
- [8] 王立刚, 牟海维, 孙树清, 等. 嵌入式室内智能温度控制器的研究与设计[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(6): 64-66.
- [9] 朱如春. 基于模糊神经网络算法智能变频空调控制系统的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2007.
- [10] 陈志, 王汝传, 孙力娟. 一种无线传感器网络的多 Agent 系统模型[J]. 电子学报, 2007, 35(2): 240-243.
- [11] LESSER V, CHARLES L O, MINLIND T. Distributed sensor networks: A multi-Agent perspective[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2003.
- [12] 付晓, 于振华, 刘宇. 一种无线传感器网络形式化模型及应用研究[J]. 传感技术学报, 2008, 21(9): 1623-1628.
- [13] ACAMPORA G, LOIA V. Fuzzy control interoperability and scalability for adaptive domotic framework[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2005, 1(2): 97-111.
- [14] 刘建辉. 单片机智能控制技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007: 5-15.