

基于模糊控制的多电梯智能调度算法研究^{*}

李雪燕¹ 李大明²

(1. 武汉科技大学城市学院 武汉 430083)(2. 武汉软件工程职业学院 武汉 430205)

摘 要 交通状态是多电梯调度系统研究的重要背景,交通流的产生是由乘客流动形成的,而乘客又是电梯运送的对象,即交通系统和输送对象相关。因此通过分析交通状态预测交通流的动态趋势,确定相应交通模式,才可以对多电梯系统调度进行优化,从而达到减少乘客待梯与乘梯时间,提高电梯运送效率,减少系统中电梯的起停次数,降低能耗。论文研究多电梯调度算法,运用模糊控制理论对其进行优化。模糊控制是人工智能的重要内容,结合专家控制理论、模糊集合控制理论和神经网络控制理论,以模糊变量及模糊推理为基础的一种智能计算机控制。

关键词 模糊控制; 人工智能; 控制理论; 神经网络; 模糊变量

中图分类号 TP273⁺.4 **DOI**:10.3969/j.issn1672-9722.2014.10.020

Multi Elevator Intelligent Scheduling Algorithm Based on Fuzzy Control

LI Xueyan¹ LI Daming²

(1. Wuhan University of Science and Technology City College, Wuhan 430083)

(2. Wuhan Vocational College of Software and Engineering, Wuhan 430205)

Abstract Traffic state is important background multi-elevator dispatching system research, generate traffic flow is formed by the flow of passengers, and the passenger elevator is transported object, namely transport system and transport related objects. Therefore, by analyzing the dynamic trend of forecasting traffic flow, the appropriate mode of transport can be determined, thus multi-elevator system can be optimized scheduling, so as to reduce passenger riding time, improve delivery efficiency elevator, reduce the number of start-stop system, elevators, reduce energy consumption. In this paper, multi-elevator scheduling algorithm is optimized by using fuzzy control theory to optimize. Fuzzy control is an important part of artificial intelligence, an intelligent computer control combined with expert control theory, control theory, fuzzy set theory and neural network control, fuzzy variables and fuzzy reasoning.

Key Words fuzzy control, artificial intelligence, control theory, neural network, fuzzy variables

Class Number TP273⁺.4

1 引言

多电梯调度是电梯群控功能实现的重要内容^[2],其关键内容是调度算法的实现,好的调度算法既需要满足乘客的乘梯要求,又要发挥电梯的最佳运送能力、减少电梯损耗。

交通状态是多电梯调度系统研究的重要背景,交通流的产生是由乘客流动形成的,而乘客又是电梯运送的对象,即交通系统和输送对象相关。因此通过分析交通状态预测交通流的动态趋势,确定相

应交通模式,才可以对多电梯系统调度进行优化,从而达到减少乘客待梯与乘梯时间,提高电梯运送效率,减少系统中电梯的起停次数,降低能耗。每部电梯都有独立的控制器模块,与群控控制器联合完成多电梯控制调度。每层都均有外召控制面板,乘客通过外召面板上的按钮进行定向;轿厢内有内召信号登记面板、目标楼层显示;轿厢底部装有压力传感器,检测轿厢所载负重。综合以上信息可以得到电梯的实时交通状态。外召楼层登记信号会发送给轿厢控制器,轿厢控制器在通讯的条件下,

^{*} 收稿日期:2014 年 4 月 2 日,修回日期:2014 年 5 月 25 日

基金项目:省职教学会 2013 年度科学研究课题“基于组态仿真实验教学方式的探讨与研究”(编号:ZJGA201302)资助。

作者简介:李雪燕,女,硕士,讲师,研究方向:数据库。李大明,男,硕士,工程师,研究方向:自动控制。

会将此外召信号传递给群控控制器,群控控制器则会根据调度算法选择派出合适电梯来响应此外召信号。系统中每个电梯的控制器都与群控控制器保持通讯。电梯群控控制器从功能上主要包括交通流状态采集单元、交通流预测单元、交通模式识别单元、群控调度逻辑判断单元和通讯网络单元。

本文研究多电梯调度算法,运用模糊控制理论对其进行优化^[6]。模糊控制是人工智能的重要内容,结合专家控制理论、模糊集合控制理论和神经网络控制理论,以模糊变量及模糊推理为基础的一种智能计算机控制。在此研究中,不需建立被控电梯的数学模型,只需通过被控过程的领域专家获取知识。模糊控制是达到智能运行的有效的手段,它也是一种非线性控制。

2 多电梯系统调度的算法分析与设计

2.1 多电梯控制算法整体分析

为了既达到乘客待梯及乘梯的心理需求,又充分发挥电梯的运送能力,降低运行能耗,群控系统设计中的多目标问题包括:

1) 变量决策。某设定时间内交通流人数比例、系统中某电梯的工作状态(移动方向、移动目标楼层、外召信号发生的楼层及运行方向等)。

2) 目标函数。在某选定的交通模式下,通过平均待梯时间、平均乘梯时间、电梯运行损耗的隶属度构成相应的评价函数。

3) 交通模式。交通模式指由顾客人数、顾客产生周期及顾客人员分布所构成的参量,交通模式实时反映系统当前交通状态。

多电梯调度流程结构如图 1 所示。

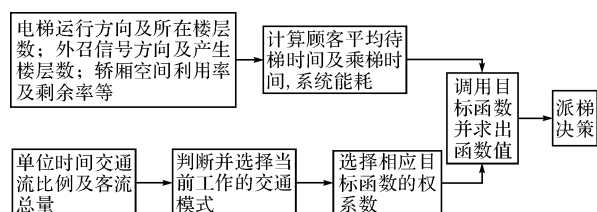


图 1 多电梯调度结构流程

2.2 电梯群交通流参数分析

关于多电梯系统交通流的参数模型很多,可以通过下列五个参数来构建交通状态:客流总量 $\lambda_{in} + \lambda_{out} + \lambda_{floor}$;通常为某个时间段内离开或进入群控区域的人数,可以设定为一天或者一个小时内;进入到达率 λ_{in} :某设定时间内(通常以五分钟为标准)进入群控区域人数占客流总量的比例。离开到达率 λ_{out} :某设定时间内(五分钟)离开群控区域人

数占客流总量的比例。层间到达率 λ_{floor} :某设定时间内(五分钟)层间人数占客流总量的比例。交通强度:某时间段内,进入、离开以及层间的总到达率与总到达率的比值,通过该参数确定空闲模式,并根据该参数控制运行电梯的台数,达到降低能耗的目的。

分析上述交通流参数,将交通流分为四种:上行高峰模式、下行高峰模式、层间模式和空闲模式。上行高峰模式下,客流方向主要上行。下行高峰模式下,客流方向主要下行。层间交通模式下,客流主要从当前楼层去往其它楼层中(一楼除外)。空闲模式是指电梯乘坐人数较少的情形。以大型写字楼为例,早上上班前,主要是上行高峰模式;早上上班至下午下班之间,为层间模式;下午下班时,为下行高峰模式;从下午下班至早上上班间,为空闲模式。

为更好地辨别交通模式,构建交通流五个参数的状态函数来反映交通状态,并引入交通强度。具体如下:

进入百分比 m_1 :在 5min 内,进入群控区域人数占总人数的比例

$$m_1 = 100 \times \lambda_{in} / (\lambda_{in} + \lambda_{out} + \lambda_{floor})$$

离开百分比 m_2 :在 5min 内,离开群控区域人数占总人数的比例

$$m_2 = 100 \times \lambda_{out} / (\lambda_{in} + \lambda_{out} + \lambda_{floor})$$

层间百分比 m_3 :在 5min 内,层间人数占总人数的比例

$$m_3 = 100 \times \lambda_{floor} / (\lambda_{in} + \lambda_{out} + \lambda_{floor})$$

相对交通强度 m_4 :客流强度与最高峰客流强度的比值。 HC 为多电梯系统的载客率。

$$m_4 = 100 \times (\lambda_{in} + \lambda_{out} + \lambda_{floor}) / HC$$

2.3 建立评价函数

1) 构造评价函数模型

多电梯控制系统中判断标准众多,但相互矛盾,不可能同时满足所有标准。在不同交通模式下,多电梯控制系统评价标准也不相同,需要结合平均待梯时间(AWT)、平均乘梯时间(ART)和能耗(RPC)三个主要指标,以相应加权平均函数作为最优评价函数,再依据各自交通模式下不同的权系数来实现多电梯系统的不同派梯需求。

多电梯调度算法本质上是确立一个最优判断函数,结合上述判断标准,可设定判断函数如下:

$$S_i = W_1 S_{AWT_i} + W_2 S_{ART_i} + W_3 S_{RPC_i}$$

其中, W_i 是既定交通模式下的权系数, $W_1 + W_2 + W_3 = 1$; S_i 为判断函数的函数值, S_{AWT_i} 、 S_{ART_i} 、 S_{RPC_i}

分别为相应平均待梯时间最小、承梯时间最小、能耗最小的隶属度,值越大则出现概率越大。

2) 权系数的确定

借助专家系统知识,对不同梯群交通模式下 AWT、ART、RPC 的权系数进行反复实验并总结,确定最佳的 W_1 、 W_2 、 W_3 。在此,根据经验,直接给出权系数的数值,如表 1 所示。

表 1 权系数的选择

	W_1	W_2	W_3
上行高峰模式	0.2	0.7	0.1
下行高峰模式	0.6	0.2	0.2
层间模式	0.4	0.4	0.2
空闲模式	0.2	0.2	0.6

3) 各参数的隶属度函数

模糊集确立某元素多大幅度属于某集合,将该元素属于该集合的程度通过一个介于 0 和 1 之间的数来表征,即隶属度。将某个元素映射到合适的集,通过隶属度函数来完成。隶属度函数形状的选择应基于方便、快速、有效的标准。通常通过梯形函数与三角形函数来给出各个参量的隶属度,各参量隶属度函数如下所示:

(1) 厅层召唤候梯时间 WT 模糊化

乘客候梯时间越长越感到烦躁,通常在 30s 以内时,心理状态较好;30s~60s 也可接受;60s~90s 的待梯时间就会让乘客变得不耐烦。厅呼外召信号候梯时间的模糊化如图 2 所示。

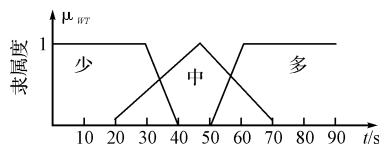


图 2 乘客等待时间模糊化

(2) 电梯剩余容量 CV 模糊化

一般,轿厢载客人数不应超过额定容量的 0.8;当实际载客为额定容量的 0.3 以内时,乘客会有较好的舒适度;当载客量为额定载客量的 0.3~0.6 之间时,厢内乘客也可接受;当载客量大于额定载客量 0.6 以上时,乘客舒适度就会很差。其模糊化如图 3 所示。

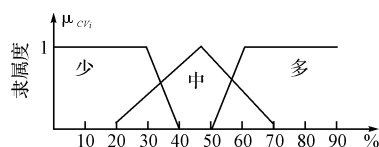


图 3 电梯剩余容量模糊化

(3) 乘梯时间 RT 模糊化

它是指乘客在电梯里到达他的目的楼层所需的总时间,乘梯时间模糊化如图 4 所示。

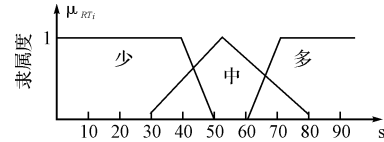


图 4 乘梯时间模糊化

(4) 停站数量 SN 模糊化

它是指电梯从当前位置到达目的楼层过程中所需停站的次数,停站数量模糊化如图 5 所示。

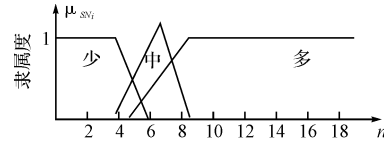


图 5 停站数量模糊化

(5) 集中度 GD 模糊化

其值若小于 0.3,电梯能耗很少;若在 0.4~0.6 之间也较理想;若其值大于 0.7,则电梯耗能过大。其模糊化如图 6 所示。

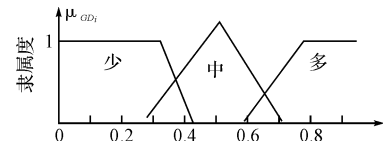


图 6 集中度 GD 的模糊化

(6) 轿厢利用率 UR 模糊化

一般,其值若小于 0.2,则轿厢利用率太低;若其值大于 0.6 时,则轿厢利用率较高;其模糊化如图 7 所示。

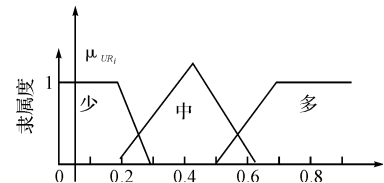


图 7 轿厢利用率模糊化

(7) 模糊推理

模糊推理用输入变量 WT、CV、SN 和 UR 来获得 AWT 的适应性;由 CV、RT、SN 和 UR 可获得 ART 的适应性;由 WT、GD、SN 和 UR 获得 RPC 的适应性。AWT、ART 和 RPC 的隶属函数如图 8 所示。

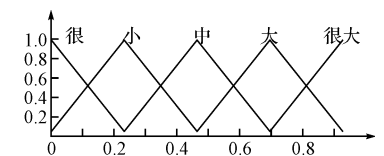


图 8 AWT、ART、RPC 的隶属函数

3 系统清晰化

采用最大隶属度法进行清晰化,即将模糊输出

向量中的最大值进行清晰化。又由于本系统清晰化后的数据为评价函数中的各个目标的隶属度,所以模糊输出向量中的最大值即为清晰化后的数据。

本文设计了一种利用多控制条件加权的多电梯调度算法,并进行理论验证。通过仿真验证可知,此电梯群控系统是在综合考虑最小等待时间、乘梯时间、乘客数量、停站次数及相对距离等目标参数的情况下,得出的系统的最优择梯方案,具有很好的使用价值,并能提高电梯的利用率。

4 厅呼信号的最终分配

由于本系统的控制对象是多部电梯,所以当有一个新的厅呼信号时,群控系统就得到多个描述电梯的评价函数值。在这多个数值中找出最大的一个数值所对应的电梯,该电梯就是最终的派梯结果。本多电梯调度控制算法流程,可用图 9 表示。

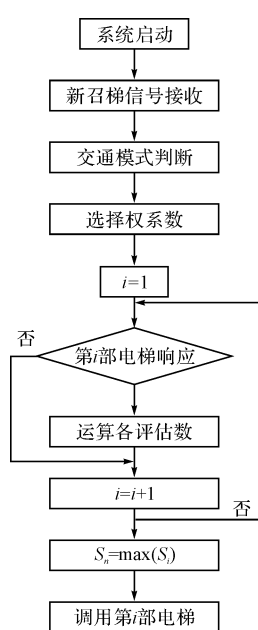


图 9 多电梯调度算法流程图

实现电梯的最优调度。

5 结语

本文通过对多电梯系统交通流进行分析,结合模糊控制理论优势,给出多电梯系统在某个既定交通状态下的模糊群控调度算法,并做相应验证。

参考文献

[1] 魏孔平,朱蓉. 电梯技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2006:52-54.
WEI Kongping, ZHU Rong. Elevator technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006:52-54.

[2] 赵硕,何鹏,唱江华. 基于模糊控制的电梯群控系统的研究与设计[J]. 微计算机信息, 2006, 22(13): 112-115.
ZHAO Shuo, HE Peng, CHANG Jianghua. Research and design of fuzzy control elevator group control system[J]. Micro-computer Information, 2006, 22(13): 112-115.

[3] 王国萍,朱明富,雷科. 多目标的电梯群控系统算法分析[J]. 自动化技术与应用, 2005, 24(3): 6-9.
WANG Guoping, ZHU Mingfu, LEI Ke. Elevator group control system algorithm for multi-objective analysis[J]. Techniques of Automation and Applications, 2005, 24(3): 6-9.

[4] 宗群,童玲,等. 电梯群控系统智能优化调度方法的研究[J]. 控制与决策, 2004, 19(8): 939-942.
ZONG Qun, TONG Ling, et al. elevator group control system intelligent optimization scheduling method[J]. Control and Decision, 2004, 19(8): 939-942.

[5] 张筠莉,杨祯山,钱伟懿. 一类电梯群控系统多目标优化调度策略[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2008, 27(2): 255-257.
ZHANG Yunli, YANG Zhenshan, QIAN Weiyl. EGCS a class multi-objective optimization scheduling [J]. Liaoning University of Engineering and Technology, 2008, 27(2): 255-257.

[6] 王松青,董绍兵. 基于模糊推理的电梯交通模式识别[J]. 楼宇自动化, 2007(8): 13-15.
WANG Songqing, DONG Shaobing. Based on fuzzy reasoning elevator traffic pattern recognition[J]. Building Automation, 2007(8): 13-15.

[7] 刘璐,林中达. 基于多目标模糊控制的电梯群控策略[J]. 工业仪表与自动化装置, 2008(6): 8-11.
LIU Lu, LIN Zhongda. Elevator group control strategy based on multi-objective fuzzy control[J]. Industrial Instrumentation & Automation, 2008(6): 8-11.

[8] 刘剑,牛志成,代任远,等. 基于模糊理论的电梯群优化调度方式[J]. 工业仪表与自动化装置, 2004(4): 7-9.
LIU Jian, NIU Zhicheng, DAI Renyuan, et al. Optimize scheduling based on fuzzy theory Elevator Group [J]. Industrial Instrumentation & Automation, 2004 (4): 7-9.

[9] 杨阳,杨涛,陈进. 电梯动态最佳群控方法与系统仿真[J]. 重庆大学学报, 2005(3): 11-15.
YANG Yang, YANG Tao, CHEN Jin. Elevator Group Control Dynamic best method and system simulation[J]. Chongqing University Journal, 2005(3): 11-15.

[10] 董秀峰. 楼内电梯群的智能控制[J]. 河北建筑工程学院学报, 2000(1): 28-30.
DONG Xiufeng. Intelligent building elevator group control[J]. Hebei Institute of Architectural Engineering Journal, 2000(1): 28-30.