

文章编号:1005-0523(2012)03-0051-05

我国电梯群控系统研究文献综述与思考

郑晓芳

(华东交通大学电气与工程学院,江西 南昌 330013)

摘要:通过研究国内外文献,对电梯群控系统系统中的系统建模、交通模式识别、群控调度方法、群控仿真等热点问题进行分析。提出未来研究重点应关注电梯配置理论,群控仿真平台,电梯节能等问题。

关键词:电梯群控系统;调度方法;智能控制;仿真

中图分类号:TU857

文献标志码:A

电梯群控系统(elevator group control system, EGCS)是指,根据建筑物内的交通流状况,合理配置多部电梯组成梯群,由微机控制系统统一管理梯群的召唤信号,对当前的交通状况进行智能识别,并根据交通模式的识别结果结合不同的优化目标产生系统的控制策略,针对不同的控制策略应用相应的优化派梯算法,从而得出最优派梯决策^[1]。由于电梯群控系统具有多目标性、非线性性和不确定性等动态特性,难以用精确的数学模型加以描述,仅通过传统的控制方法很难提高电梯控制系统的性能。

随着智能控制技术在电梯群控系统的大量应用,如何有效的解决高层建筑垂直交通,寻求最优控制策略,优化调度多部电梯以提高电梯的运行效率和服务质量,成为国内外许多学者研究的重要课题之一^[2-3]。

1 电梯群控技术的发展过程

电梯的群控技术主要经历了4个发展阶段。第1阶段:1971年以前,电梯群控技术的初级阶段,采用的是继电器顺序控制、轿厢区间指派方式。第2阶段:1971—1975年,采用集成电路可以进行较为复杂的逻辑计算,控制方式采用候梯时间预测控制。第3阶段:1975—1988年,计算机开始应用于电梯群控系统,在此阶段着重研究电梯群控系统的动态特性,控制方式主要是最小候梯时间控制和综合评价函数控制。第4阶段:从1988年至今,是电梯群控技术的快速发展阶段,标志是基于计算机及其网络的人工智能技术的应用,即:专家系统技术、模糊逻辑技术、神经网络技术、模糊神经网络技术、进化算法(如遗传算法、免疫算法)等技术的应用。

随着群控技术的发展,国外各大公司相继推出带有智能控制技术的群控电梯。1970年日立公司使用计算机开发出一种能学习的电梯系统;1976年三菱公司推出了OS'75系统,使用呼叫分配方法,缩短了平均候梯时间;1988年三菱公司推出了AAI-2100系统,把模糊控制理论和专家系统应用于电梯群控系统。1993年,日立公司推出FI-340G系统,将遗传算法用于电梯系统。

如今著名的电梯公司都拥有不同特色的群控技术和群控产品,但这些技术大多是由国外的电梯公司开发的并且拥有专利产权,别人很难得到这些电梯群控系统的核心技术。我国对电梯系统特征研究与国外相比还处于较落后的状态,直到1986年,国内才开始对电梯配置理论和电梯系统特性进行研究,我国群控技术文献最早见于1990年。目前电梯群控技术与配套装置主要依赖于进口,国内大部分还停留在理论研究阶段^[4-7]。

收稿日期:2012-04-08

基金项目:江西省教育厅科技研究项目(GJJ11447)

作者简介:郑晓芳(1963—),女,教授,研究方向为建筑智能化。

2 电梯群控技术的主要研究内容

2.1 群控系统建模

要对电梯进行系统的研究,就必须给电梯群控系统建立一个便于分析、能反映系统实际状况的系统模型。首先要建立电梯群控系统逻辑层次的数学模型,用数学规则来描述系统的动态行为,其次还需要用计算机建立正确且有效的系统仿真平台。早期仅仅用概率论进行粗略的运算,20世纪90年代初开始运用随机服务系统理论,建立电梯服务系统的理论模型,应用排队论的 $E_m/M/n$ 模型描述电梯的群控行为^[8]。由于电梯群控系统是一种典型的离散事件的动态系统,而Petri网可方便的分析离散事件的各种特性,可以直观的描述离散事件系统的各种关系和行为,且Petri网作为一种图形化和数学化的建模工具,能提供一个集成的建模、分析和控制环境,因此,Petri网比较适合用于电梯群控系统建模。基于Petri网的电梯群控系统建模主要分为3个步骤,即充分研究电梯行为,建立系统Petri网模型和采用编程实现Petri网模型。但是,Petri网建模的状态空间庞大,易会出现组合爆炸问题,所付出的计算成本非常高^[8-12]。随着agent技术的发展,也出现了面向agent的模拟电梯模型^[12]。为使复杂的问题简单化,国内外学者都将电梯群控系统看着离散事件动态系统来分析,但从本质上来讲,电梯群控系统是包含离散事件动态系统和连续变量动态系统的混合动态系统。近年来,有不少研究,以细胞自动机理论为基础,建立电梯群控混合模型,再以OD矩阵法对客流进行建模分析,基于细胞自动机的建模思想使整个数学模型变得直观可控,很好地包容和统一电梯群控系统的运动和管理,为群控建模提供了一个较好的新方法^[4,13-14]。

2.2 群控系统交通模式识别

交通模式的识别问题是指,根据一定时间段(一般为5 min)内的交通流的具体信息,确定此段时间中的交通模式。在不同的交通模式下必须采用不同的派梯算法才能适应建筑物中所有的交通模式,所以交通模式识别的准确性将直接影响到整个系统的性能^[4,17]。

一般认为电梯交通系统的乘客到达可以近似的认为服从Poisson分布,在此基础上,通常将电梯的交通类型分为以下几个模式:

- 1) 上行高峰模式:所有乘客均由底层(基站)大厅进入轿厢,再由电梯送到各自楼层;
- 2) 下行高峰:所有的乘客都运送到基站;
- 3) 层际交流:层间的可能交通;
- 4) 空闲交通:楼层的客流少,不足以使用全部电梯。

早期的交通流模式识别都是在专家经验的基础上,通过建立模糊隶属函数、构建模糊规则和执行模糊推理来判断客流情况,但模糊推理缺乏学习能力^[18]。神经网络由于具有非线性、非局域性及动态性等特点和较强的学习能力,1996年开始被引入电梯群控系统,并成功的应用于识别交通流量的变化,但是神经网络方法制定样本困难,而且网络训练非常耗时^[19]。为此很多学者提出用模糊神经网络进行交通模式的识别,模糊神经网络是将神经网络与模糊逻辑二者有机的结合,采用模糊神经网络技术进行模糊信息处理,即可以克服神经网络结构难以确定以及模糊逻辑无自学功能的缺点,又可以有效发挥其各自优势,使模糊系统成为一种自适应系统^[20-24]。近年来,人工免疫算法也逐渐在交通模式的识别中得到应用^[34]。

2.3 群控调度方法

电梯群控的功能就是采用优化控制策略来管理梯群,以最合适的方式应答层站以及轿厢的呼梯信号,以提高电梯的运行效率和服务质量。建筑物及乘客的多样化导致派梯已经不再是仅仅以缩短乘客的候梯时间为目标的优化过程,而是逐渐演变为典型的多目标决策问题。

2.3.1 群控系统的特点^[5-6,25]

电梯群控系统有其较为特殊的性质,主要表现在以下几个方面:

- 1) 多目标性。评价电梯群控系统的性能指标主要有平均候梯时间、长时间候梯率、轿厢拥挤率、能源消耗率等,它是一个多目标控制系统,且指标之间互相矛盾,各指标之间的相互平衡成为控制的难点之一;

2) 系统的不确定性或系统信息的不完备性。系统存在大量的不确定性,如乘客数、停靠的层站数、停靠的具体层站等,由于系统的不确定性导致系统信息的不完备;

3) 系统的非线性。对同一组厅堂的呼叫,在不同的时间段,轿厢的分配是不同的,即轿厢分配的变化是不连续的;

4) 系统的扰动性。系统不可避免的具有不确定性的随机干扰。如登记错误的厅呼唤、厢门不能正常关闭等。

2.3.2 群控系统的调度原则^[25]

随着电梯技术的发展,目前常见的电梯调度原则有:固定程序调动原则,例如上下行高峰程序运行;分区调度原则,即按固定分区调配或动态分区调配;心理待机时间评价调度以及综合成本调度原则。其中综合成本调度原则它综合反映了电梯的运行成本,对电梯运行的时间、效率、耗能及乘客心理等多种因素给予兼顾,是目前较为推崇的一种调度原则。

2.3.3 群控系统的调度方法^[25,27-29,37]

调度方法是群控系统的核心,目前已产生多种智能的电梯调度方法。

1) 基于模糊模型的电梯调度方法。该方法由于无法跟上建筑交通的变化,其性能极大的依赖于专家知识的好坏,规则库修改困难,因此影响了它的应用;

2) 基于专家系统的电梯调度方法。该方法增加了系统的灵活性,但整个控制过程过分依赖于知识源;

3) 基于模糊神经网络的电梯调度方法。模糊逻辑和神经网络的结合取长补短,但如何确定网络合理结构及网络处理单元间的复杂分布交叉作用,使该方法有一定的缺陷;

4) 基于遗传算法的电梯调度方法。由于遗传算法能有效的求解组合优化问题及非线性多模型、多目标的函数化问题,故是寻求满意解的最佳工具之一。但由于遗传算法生物基础鲜明,数学基础不够完善,目前还存在搜索效率极其时间性的问题,此调度方法也是目前研究的热点。

2.4 群控系统群控仿真系统

群控调度算法是电梯群控问题的关键技术,但各类群控算法由于成本太高而难以在真实的情景中测试,而仿真系统可以为用户提供一个研究群控算法的实验平台,通过仿真可以发现算法存在的缺陷并积累电梯群控的规则和策略^[30-32]。

电梯群控仿真系统由电梯群控仿真环境、交通流发生器及虚拟电梯组成。目前有采用VB编制仿真程序^[6,26],有采用em-plant开发平台开发仿真程序^[5],有利用离散事件系统仿真实论,采用MATLAB语音编写仿真程序^[7],有采用MVC设计模式并通过Visual C#实现对电梯系统运行仿真的^[32],由于各自开发的工具、语言及数学模型的不同,难以对各类仿真系统的性能进行比较。

3 目前研究应重点解决几个问题

虽然我国在电梯群控研究中已经取得了较大的成绩,但本人认为在研究当中还应重点关注或解决以下几个问题。

1) 电梯配置理论的研究。电梯是一个复杂的系统,若要求其实现最优的服务,其前提是必须有适当的电梯配置数量。电梯配置研究也是研究群控系统智能化调度的基础。但当前绝大多数研究者都热衷于电梯群控核心技术的研究,对电梯配置的研究极少^[33]。目前设计人员在设计当中大多以类比或评估的方法确定电梯的台数,缺乏科学的依据,并由此带来楼梯厅拥挤、乘梯环境恶劣等问题。在电梯群控系统虚拟环境下,通过软件开发实现电梯配置设计,不仅可以达到更加符合实际的配置效果,而且具有很大的实用价值和经济价值,也是目前研究人员应关注的问题之一。

2) 群控技术的实际应用研究。目前我国电梯生产单位近200家,中小企业近90%,合资企业均由外方控股,非合资企业对电梯群控系统的研究尚处摸索阶段,高层或超高层建筑使用的电梯均是国外公司的产品。也就是说,我国电梯的应用市场绝大部分是国外技术,国内的研究大多局限于理论研究或仅仅局限于

仿真。所以应尽快加强实际应用研究,研究开发出具有独立知识产权的商品化电梯群控技术。

3) 电梯群控仿真平台的建立。电梯群控系统是一个离散事件的动态系统,对电梯群控系统进行仿真是希望通过对动态系统仿真模型运行的观察和统计,获得电梯群控系统实际性能的评估或预测,从而对真实系统的设计进行修正或优化。但由于仿真是基于模型的活动,模型又是在理想化的假定条件下导出的,因此,由于真实情况与假定之间存在差异时,基于模型下的仿真结果与实际系统的真实输出之间也必然存在差异。再者,基于同一仿真模型的多次仿真结果并不一定相同,而在目前电梯群控系统理论的研究当中,研究者大多均以有限次的仿真结果为依据作出判断和决策,这种判断的可信度值得研究。目前通常的做法是,研究者自己开发相应的仿真的软件对自己研究的群控调度方法进行仿真,然后得出结论,缺乏一个业内比较公认的仿真平台。因此本人认为仿真软件急需进一步开发、完善和规范,要有一个业内比较公认的仿真平台,对各种群控调度方法进行仿真验证,从而推动电梯群控技术的应用研究。

4) 电梯节能问题的研究。在建筑物的能源中,电梯的用电量仅次于空调,远高于照明、供水等的用电量,但对电梯能耗的研究目前并没有引起研究者的足够重视,存在重服务效率轻节能的现象。如何进一步挖掘电梯调速系统节能的潜力,如何在群控系统中进一步平衡电梯候梯时间、电梯能耗关系应引起研究者的重视^[35-37]。

参考文献:

- [1] 杨广全. 电梯交通流分析及电梯群控策略研究[D]. 上海:上海交通大学,2008:1-12.
- [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(5):51-53.
- [3] 刘剑,温泉,王鑫,等. 粒子群优化的BP神经网络在电梯群控系统中的应用[J]. 沈阳建筑大学学报:自然科学版,2009,25(5):1003-1006.
- [4] 杨祯山,邵诚. 电梯群控技术的现状与发展方向[J]. 控制与决策,2005,20(12):1311-1329.
- [5] 鲍海. 基于模糊神经网络的电梯群控系统交通模式识别和多目标优化群控算法研究[D]. 上海:同济大学,2007:5-24.
- [6] 陈步荣. 基于改进遗传算法的电梯群控系统设计及其仿真系统开发[D]. 南京:南京航空航天大学,2007:1-12.
- [7] 刘意杨. 基于蚁群模糊神经网络的电梯群控智能调度方法的研究[D]. 长春:东北大学,2006:3-8.
- [8] 孙东,张惠侨,朱昌明. 电梯服务系统的理论建模与分析[J]. 上海交通大学学报,1996,30(3):113-119.
- [9] LIN C H, FU L C. Petri net based dynamic scheduling of an elevator system[C]//Proc of IEEE Int Conf on Robotics and Automation, Minneaoolis, 1996:192-199.
- [10] 马福军. 电梯群控系统研究[D]. 大连:大连理工大学,2003:20-30.
- [11] HUANG Y H, FU L C. Dynamic scheduling of elevator systems over hybrid petri net/rule modeling[C]//Proc of IEEE Int Conf on Robotics and Automation, Leuven, 1998:1805-1810.
- [12] 宗群,何彦召,魏利剑. 面向agent的电梯群控仿真系统建模研究[J]. 系统仿真学报,2006,18(5):1391-1393.
- [13] 徐国圣,朱昌明. 一种电梯客流交通分布的求法[J]. 应用基础与工程科学,2004,12(1):86-92.
- [14] 赵小翠,罗飞,许玉格. 混合电梯群控系统建模及新型优化调度策略[J]. 计算机应用研究,2010,27(7):3291-3293.
- [15] 陈森发,周振国,于栋华. 一种动态OD矩阵估计算法的理论及应用[J]. 东南大学学报:自然科学版,2003,33(1):106-110.
- [16] 范鸣玉,张莹. 最优化技术基础[M]. 北京:清华大学出版社,1982:16-31.
- [17] 周伟. 电梯群控系统的调度算法研究[D]. 武汉:华中科技大学,2004:15-20.
- [18] DASGUPTA D. Artificial immune systems and their application[M]. New York:Springer-Verlag, 1993:78-85.
- [19] 张乃尧,阎平凡. 模糊神经网络与模糊控制[M]. 北京:清华大学出版社,1998:28-37.
- [20] 宗群,尚晓光,严明,等. 基于模糊神经网络的电梯系统交通模式识别[J]. 系统工程学报,2001,16(6):418-422.
- [21] 谢康林,傅劲游. 神经模糊逻辑控制系统隶属函数和推理规则的确定[J]. 上海交通大学学报,1997,31(8):28-32.
- [22] 宗群,童玲,牙淑红,等. 基于遗传算法模糊神经网络的电梯群控调度[J]. 天津大学学报,2003,36(5):585-589.

- [23] NAOKI IMASAKI, SUSUMU KUBO, SHOJI NAKAI, et al. Elevator group control system tuned by a fuzzy neural network applied method [C]//IEEE International Conference on Fuzzy Systems, US: 1995: 1735-1740.
- [24] 刘增良. 模糊技术与神经网络技术选编[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2001: 47-58.
- [25] 李向莉. 基于模糊神经网络的电梯群控系统调度方法研究[D]. 苏州:苏州大学, 2006: 02-35.
- [26] 赵国军. 电梯群控技术的研究[D]. 杭州:浙江工业大学, 2000: 49-51.
- [27] 王晗. 基于人工智能的电梯群控算法研究[D]. 沈阳:东北大学, 2007: 13-15.
- [28] 李东, 王伟, 邵诚. 电梯群控智能系统与智能控制技术[J]. 控制与决策, 2001, 16(5): 513-517.
- [29] 刑关生. 基于强化学习算法的电梯动态调度策略的研究[D]. 天津:天津大学, 2005: 121-127.
- [30] 李增昌. 群控电梯智能控制策略研究[D]. 天津:天津大学, 2004: 10-17.
- [31] 郑延军, 张惠桥, 叶庆泰, 等. 电梯群控系统客流分析与仿真[J]. 计算机工程与应用, 2001(22): 139-141.
- [32] 杨离离. 电梯群虚拟仿真模型设计与分析[D]. 沈阳:沈阳建筑大学, 2005: 81-85.
- [33] 宗群, 蔡笠. 虚拟环境下的电梯配置[J]. 制造自动化, 2001, 23(1): 28-31.
- [34] 李中华, 朱燕飞, 李春华, 等. 基于人工免疫聚类算法的电梯交通流分析[J]. 华南理工大学学报:自然科学版, 2003, 31(12): 26-29.
- [35] 黄娟丽, 万杰, 李少纲. 电梯节能技术综述[J]. 能源与环境, 2010(1): 41-42.
- [36] 周振龙, 王亚珍, 张志信. 一种新型的电梯节能群控系统[J]. 装备制造技术, 2011(3): 28-30.
- [37] 王波, 段军, 卿晓霞, 等. 一种改进调度算法的电梯节能新技术[J]. 智能建筑电气技术, 2010, 4(6): 44-47.
- [38] 王更生, 俞云新, 蔡求元, 等. 基于DACS3的改进蚁群算法求解TSP问题[J]. 华东交通大学学报, 2010, 27(2): 57-60.

Literature Review and Consideration on the Elevator Group Control System in China

Zheng Xiaofang

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Through detailed examination of existing literature, this paper conducts a comprehensive analysis of several key issues regarding the elevator group control system, which includes system modeling, traffic mode recognition, group control dispatching method and group control simulation. The paper also offers suggestions for possible future research based on the theory of elevator configuration. Simulation software of the elevator group control system and elevator energy-saving of related studies in China.

Key words: elevator group control system; dispatching method; intelligent control; simulation