

文章编号: 1001-0920(2001)05-0513-05

电梯群控智能系统与智能控制技术

李东¹, 王伟², 邵诚²

(1. 东北大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2. 大连理工大学 信息与控制研究中心, 辽宁 大连 116024)

摘要: 对国内外电梯群控技术, 尤其是近年来的电梯群控技术的发展状况进行综述, 讨论了智能控制技术在现代电梯群控系统中的应用, 并指出需要进一步研究的几个问题。

关键词: 电梯群控系统; 模糊控制; 神经网络; 专家系统; 遗传算法

中图分类号: TP 18

文献标识码: A

Elevator Group Supervisory Control Systems and Intelligent Control Techniques

L I D ong¹, W A N G W ei², S H A O Cheng²

(1. School of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China; 2. Research Center of Information and Control, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Elevator group supervisory control techniques are reviewed. The applications of intelligent control techniques in modern elevator group control system are discussed, and the future research topics are also pointed out.

Key words: elevator group supervisory control system; fuzzy control; neural networks; expert system; genetic algorithms

1 引言

电梯是一种安装在建筑物内的交通工具, 是为了满足人们对垂直运输的需要。作为公共交通工具的电梯系统, 最重要的是安全运行, 只有安全运行乘客对乘坐电梯才能产生一种信任感。乘客的要求可以分为两种——生理上的和心理上的, 即身体的承受能力和心理的承受能力。自电梯问世以来, 从单梯运行到双梯并联运行, 再到电梯群控系统运行, 已逐渐形成了电梯交通配置理论。随着高层建筑和智能化建筑的不断出现, 人们对电梯系统的性能也提出

了越来越高的要求。从研究电梯交通系统的统计特性到研究电梯交通系统的动态特性, 人们在电梯控制系统中利用了各种人工智能控制技术来提高系统的运行效率。

2 早期的电梯群控技术

随着高层建筑的出现和建筑面积的扩大, 需要并排设置几台电梯, 以完成大楼内的垂直运输任务, 这样便存在着电梯相互联接的问题。安装在一起的多台电梯, 要求单梯的控制系统相互联接, 且装有监控系统。在这样的系统中, 厅层召唤按钮对所有并联

收稿日期: 2000-02-22; 修回日期: 2000-07-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(69874026)

作者简介: 李东(1970—), 男, 辽宁沈阳人, 讲师, 博士生, 从事智能控制等研究; 王伟(1955—)男, 辽宁鞍山人, 教授, 博士生导师, 从事预测控制、计算机控制等研究。

电梯来说是共有的,监控系统确定梯群中哪一台电梯去应答厅层召唤信号。这样就形成了电梯群控系统,统一分配呼梯信号,统一调度电梯。

最早的电梯群控系统使用继电器接触控制^[1],称为“自动方式选择系统”,它通过在上行、下行高峰以及平峰、双向时选择运行命令来工作。这是群控的最简单形式,称为方向预选控制,它适用于两台或三台电梯组成的梯群,每台电梯靠方向预选控制来操作。这种系统需要单一的厅层召唤系统,每个厅层设有一个上行和一个下行按钮。控制系统有效地把建筑物内的电梯分开,以提供均匀服务并在指定的停梯层停靠一台或多台电梯。使用继电器接触控制可以实现电梯的无司机运行,但其控制的主要目标是实现系统的顺序运行,运行效率较低,维护也较复杂。

简单的两台电梯组成的梯群,粗略的分区是两台电梯分别服务于交替的楼层。可用静态和动态两种方法将厅层召唤进行分区。静态分区时,一定数目的厅层组合在一起构成一个区域;也可将相邻的上行厅层召唤安排到若干向上需求区域,相邻的下行厅层召唤安排到若干独立的向下需求区域,由此定义方向区域。动态分区时,区域的数目和每个区域的位置和范围,取决于各个轿厢运行的瞬间状态、位置和方向。动态区域是在正常的电梯运行期间定义的,按事先定义好的规则产生新的分区,并且是不断连续变化的。分区控制缩短了电梯的单台运行周期,运行效率有所提高。动态分区的算法比较复杂,因此主要以静态分区法为主。近年来,动态分区法的研究受到了重视^[2,3]。

随着集成电路的发展和应用,1970年以后,厅层呼叫分配系统开始发展起来。当一个新的厅层呼叫产生时,选择一部合适的电梯来响应呼叫,该呼叫就分配给电梯了。这就把群控系统和单台电梯控制器简单地联系在一起,提高了整个系统的可靠性和服务质量。这种系统使用了集成电路,可以进行一些更加复杂的逻辑运算,但对候梯时间预测的计算却无法精确进行。它在后来的十几年里非常流行,目前国内的部分群控电梯使用这种系统。

3 现代电梯群控技术

20世纪70年代中期,群控系统开始使用计算机技术。计算机的应用使人们可以利用各种人工智能技术研究电梯交通系统的动态特性,提高高层建筑内交通系统的垂直运输效率,充分发挥智能化

大楼的综合功能。高层建筑更加依赖于电梯系统的高质量和高容量的服务。高质量的服务是指候梯时间短和乘梯时间短,高容量的服务是指运载容量大。

1970年,日立公司使用计算机开发出一种能学习的电梯系统^[4]。1973年,日立公司在统计特性分析的基础上推出了预测控制系统^[5],以解决下行高峰时乘客等待时间问题。同时推出的CIP/IC系统可提供文字信号,应答在电梯厅层候梯的乘客的呼梯信号。计算机群控系统使用等待时间预报控制,电梯到达各个楼层的时间预报准确性进一步提高,但其使用的等周期运行方式不能令人满意,长时间候梯仍是需要解决的问题。

1976年,三菱公司推出了OS 75系统^[6],使用呼叫分配方法解决等周期运行中遇到的问题,缩短了平均候梯时间。1979年,东芝公司推出了C-800系统^[7],可以随着住户的人数变化而改变控制策略。同期,日立公司也推出了CIP-系列,利用实时候梯时间的直接预报进行厅层呼叫分配。带有计算机的群控系统提供了良好的功能,能更准确地预报电梯的运行状态,降低长时间等待的几率。

20世纪80年代初,全面评价系统加入到呼叫分配系统,如等待时间、长等待几率和预报误差几率等被作为评价指标。与以前的系统相比,这一代群控系统极大地降低了平均等待时间和长时间等待的几率。1984年,日立公司推出了CIP-52000系统^[8],使用人工智能控制技术,可根据建筑中不同时刻的客流变化而产生最优的控制参数。由于该系统可随不同季节、一周中的不同日子以及建筑的差异和使用要求的变化而改变,系统的平均候梯时间减少了10%,同时也满足了节能的需要。随着人工智能控制技术的发展,电梯群控系统开始应用专家系统、模糊控制、人工神经网络等更先进的控制技术。1988年,三菱公司推出了AF-2100系统^[9],把模糊控制理论和专家系统应用于电梯群控系统。国外各大公司也相继推出了带有人工智能控制技术的群控电梯。以日立电梯公司为例^[10],不同的发展阶段都有不同产品(见表1),以适应用户的更高要求。

3.1 模糊控制技术在电梯群控系统中的应用

80年代末,三菱电机公司在其推出的A12100电梯系列中应用了模糊推理^[11,12]。电梯交通系统中存在着大量的不确定性,当系统的复杂程度很高而系统的状态又不易精确预测时,制定控制系统的精确模型就很困难,因此许多系统都应用了基于模糊

表 1 日立电梯公司的电梯产品

型 号	C IP/IC	C IP-3800	C IP-52000	FI-320	FI-340G
目 标	即时预定	等待时间	节 能	个性化	单个楼层控制
技 术	等周期控制	预测控制	自学习控制	专家系统	遗传算法

理论的近似方法。厅层招呼分配给适合服务的电梯过程是一个多目标决策过程。由于决策的目标多,描述比较复杂,同时解的可行域大(备选方案较多),用规则方法求严格的最优解目前尚难实现。因此实际上经常根据群控分配原则召唤。群控原则大多是一些模糊概念,例如乘客候梯时间的长短,厅层客流量大小,轿厢内乘客人数的多少,电梯响应召唤的快慢等。这些模糊概念难以用明确的数量界限定义,也难以用普通的逻辑规则综合考虑。可以利用模糊模型代表模糊知识,用模糊推理方法进行求解。模糊知识一般以模糊规则的形式给出。

如 1988 年富士通公司推出的带有模糊控制的人工智能电梯群控系统 FLEX-8800 系列^[1],为了得到电梯最优配置,根据电梯交通状态和运行情况,利用 30 多种不同的评价指标完成了多级决策。呼梯分配系统中增加一个全面评价系统,采用包括候梯时间、长时间候梯几率及预测误差几率在内的若干因素为评价指标。与以前的系统相比,大大减少了平均候梯时间和长时间候梯的几率。对每一个决策步骤,知识库应含有预先编制的模糊规则文件。带有模糊逻辑的电梯群控系统 FLEX 引入了最新呼梯分配方法。这种系统与常规系统相比,平均候梯时间减少了 15%~25%,超过 1min 的长候梯率减少了 48%~80%,轿厢到达的预报准确率提高 60%~80%。

模糊控制在电梯群控技术中的应用,一直为人们所关注^[13-18],人们把电梯控制中的很多因素都考虑进去,以便提高系统的性能。例如文献[17]把乘梯时间作为控制目标。但是,模糊控制规则一般都由控制专家来制定,而且系统运行时规则是无法修正的。模糊技术与神经网络技术相融合,使得模糊规则的自动提取和模糊隶属函数的自动生成有可能得以解决,使模糊系统成为一种自适应模糊系统。

3.2 神经网络在电梯群控系统中的应用

从 1994 年起,神经网络技术被引入电梯群控系统,用于描述电梯群控系统的动态特性^[19,20]。要使群控系统提高运行效率,主要问题在于乘客到达的随机性和不可预测性。文献[18,21,22]充分利用人工神经网络的自学习能力,进行交通模式识别,提高系统的运行效率,并把模糊技术与神经网络技术紧密结合起来。神经网络具有如下优点:

1) 能识别交通流量。交通流量是表征电梯状态的一个概念,它可由乘客数、乘客出现的周期以及起点和终点的排队情况来描述。对于不同的交通流量,在使用神经网络并适于群控的工作中,新的群控系统的发展趋势是能识别交通流量变化。

2) 有自学习能力。当事先设想的建筑物与实际建筑物的条件不同时,多数情况下需要对原先制定的规则加以修改。带有神经网络的电梯群控系统便具有这种自学习能力。

3) 利用非线性和学习方法能建立合适的模型,进行高速推理,对电梯交通模式进行短期、长期预测。

4) 带有神经网络的群控系统克服了模糊群控的缺点,能灵活应付建筑物中变化的交通流,校正任何误差。

人工神经网络在应用时,要求先训练神经网络。神经网络的自学习包括两部分:

1) 初始化学学习:建立初始的网络,输出评价指标(如等待时间等),通过对等待时间的预测来学习电梯系统的知识,修正整个网络的连接权。

2) 在线自适应学习:根据建筑物内的交通状况自动调整网络的优化分配,修正隐层和输出层的连接权。人工神经网络同模糊控制系统相比^[21],性能可以提高 5%~10%。

3.3 专家系统在电梯群控系统中的应用

专家系统在群控系统中应用较早^[9],三菱的 A12100 系列,富士通的 FLEX 系列,日立的 CIP52000 系列,都使用了专家系统。在电梯控制中,电梯群控系统的特性不能完全用数学进行精确描述,控制经验就显得十分重要,因此专家知识对电梯群控系统的性能具有很大作用。专家系统就是研究这类知识的表述、使用和获取的方法。它是一种知识信息的加工处理系统,其工作过程是一个求解和探索的过程。

电梯群控系统专家系统包括群控管理、通信接口、用户程序设计以及各台控制装置、监视系统等,实现厅层呼叫分配、预报等群控功能。首先,根据过去的交通数据预设交通流,以候梯时间最小的最优运行作为大规模组合问题;其次,使用 SA 法求解此大规模组合问题;最后,将求出的最优运行与原来

系统的运行进行仿真比较,并将成为最优运行的分配方法归纳为一般性的规则。现在,专家系统也使用模糊控制的原理和方法,成为模糊专家系统。只有把专家的知识 and 经验更好地应用于实际的电梯系统,才有可能处理好复杂群控系统调度问题。目前,专家系统和其它控制技术融合在一起,使电梯群控技术有了进一步的提高^[17]。

3.4 遗传算法在电梯群控系统中的应用

遗传算法应用于电梯系统始于 F1340G,于 1993 年推出新产品^[10]。遗传算法^[23~25]是电梯群控系统中一种新的控制方法。电梯系统要求根据各个楼层的使用情况来改变系统的控制参数设定,使用遗传算法可以根据交通量的变化而变化,实现在线调整几十个控制参数,既保证了系统的稳定性,又可提高系统在使用情况发生变化时的跟随能力。

4 电梯群控智能系统

电梯群控系统所接受的厅层呼叫信号,是乘客在候梯厅的控制面板上给出的,何时产生,到哪一目的层,既不确定,又是随机事件。此外,整个系统中存在着许多非线性因素,比如轿厢停靠时人们上下电梯的时间就是一个非线性因素。而作为乘客的人,又是一个离散的数字量。系统的不确定性、随机性、非线性等因素,使得无法完全精确地建立其数学模型,但电梯的运行状态则可随时获得。如何更好地响应厅层呼叫和处理轿厢内选信号,提高系统的运行效率和效益,这是我们面临的一个重要课题。

首先,群控系统本身非常复杂,比如一个群控系统管理 N 部电梯,把 P 个厅层呼叫分配给这些电梯,就需要考虑 N^P 的情况;其次,群控系统应考虑到紧接着可能产生的厅层呼叫;再次,群控系统必须考虑许多不确定因素,如在厅层呼叫的楼层乘客人数和轿厢内选信号选定的楼层乘客人数;另外,群控系统应允许系统管理人员更改控制策略;等等。

电梯群控智能系统(EGSCS)最早是由东芝公司提出的^[7]。EGSCS 把多部(三部或三部以上的)电梯作为一组,应用人工智能技术进行控制。它的基本功能是选择最合适的电梯作为厅层呼叫应答的轿厢。一个高效的电梯系统应以最小的电梯数目配置应付最大的交通客流量,而且具有良好的用户管理功能。电梯系统的主要任务是将乘客安全、快捷、舒适地送往目的层。其主要控制目标如下:

1) 乘客的平均候梯时间要尽量短,办公楼一般

要求在 30 s 左右;

2) 尽量减少乘客的长候梯率,即尽量避免产生长时间的候梯过程;

3) 轿厢到达的预报准确率要高,减少乘客等待时的心理压力;

4) 电梯运行时满足人体的生理适应性,使乘客感觉舒适,加速和减速要平稳,一般应使加速度不大于 2 m/s^2 ;

5) 电梯运送乘客的时间要尽量短,并合理分配电梯应答,防止聚堆和忙闲不均;

6) 选择能源消耗最省的方式,尽量降低能耗。

为了实现以上目标,控制系统中必须采取先进的控制技术,以保证系统具有最佳的性能。

电梯群控智能系统由以下几部分组成:厅层呼叫分配单元:分配厅层呼叫;交通控制单元:给定分配原则;交通模式选择单元:选定交通模式;交通数据收集单元:采集建筑中使用电梯系统的人员数据;交通流辨识单元:根据交通数据辨识交通流量;训练数据产生单元:使用交通数据产生神经网络训练数据;神经网络学习单元:定期或不定期地进行神经网络自学习;通信单元:负责各个部分的数据通信。

电梯群控智能系统以平均候梯时间 AWT、长候梯几率 LWP、平均乘梯时间 ART 和能耗 PC 作为优化指标,在考虑单梯运行舒适、安全的前提下,运用先进的控制方法和策略,如模糊控制、神经网络、专家系统、遗传算法等人工智能控制方法,缩短乘客的候梯时间和乘梯时间,提高系统的运行效率。

5 存在的问题和发展趋势

近年来,电梯控制技术得到了快速发展,大量先进的控制技术应用于电梯群控系统,使电梯群控系统的控制特性得到很大的改善,但仍有不少问题需要进一步研究。

1) 国内使用的先进的电梯群控系统基本上都是国外电梯公司制造的,或由国外电梯公司提供其控制系统部分,而国内自主知识产权的控制方法和技术在实际中的应用还未见报道。

2) 从控制技术研究的角度看,国外已有的先进控制技术,很多都掌握在各个大电梯公司手中,其核心技术是不公开的,而国内在这些方面的研究还有相当大的差距。尽快学习和掌握这些先进的控制技术,对国内电梯工业以及其它行业的发展会有极大的促进作用。

3) 现有的电梯控制技术仍存在缺点和不足。如何把更先进的技术应用于电梯群控之中, 以提高现有电梯系统的运行效率, 满足乘客的需求, 仍需要进一步探索和研究。

参考文献:

- [1] Hitoshi Aoki Group supervisory control system assisted by artificial intelligence[J]. Elevator World, 1990, 2: 70-80
- [2] G C 巴尼, SM 多斯桑托斯 I AEE 电梯技术译丛之二: 电梯交通分析、设计与控制[M]. 1985. 3-15
- [3] A T P So, W L Chan Comprehensive dynamic zoning algorithms[J]. Elevator World, 1997, 9: 99-103
- [4] Hiraswa K. Application of learning machine to full automatic group supervisory control of elevators[J]. Systems-Computers-Controls, 1970, 1(4): 79-87.
- [5] Inuzuka I Development of automatic group supervisory elevator control and its future [J]. Hitachi Review, 1973, 22(11): 457-462
- [6] Takeuchi T. OS system 75 for elevator-group supervision[J]. Mitsubishi Electric Engineer, 1976, 49: 13-17.
- [7] Mizuguchi H. Elevator group-supervisory-control system [J]. Toshiba Review, 1979, 121: 26-29.
- [8] Sakai Y, Kurosawa K. Development of elevator supervisory group control system with artificial intelligence [J]. Hitachi Review, 1984, 33(1): 25-30
- [9] Ujihara H. Tsuji S. The revolutionary A F-2100 elevator-group control system and the new intelligent option series[J]. Mitsubishi Electric Advance, 1988, 12(45): 5-8
- [10] Kenji Yoneda Multiobjective elevator supervisory-control system with individual floor-situation control [J]. Elevator World, 1999, 47(5): 90-95
- [11] Dr Albert T P So, Mr S K Liu. An overall review of advanced elevator technologies[J]. Elevator World, 1996, 44(6): 96-101.
- [12] T Tobita An elevator characterized group supervisory control system [A]. 1991 Proc of the IECON [C]. Kobe, 1991. 1972-1976
- [13] Chang bum Kim. A fuzzy approach to elevator group control system [J]. IEEE Trans on System, Man and Cybernetics, 1995, 25(6): 985-990
- [14] Chang bum Kim. Design and implementation of a fuzzy elevator group control system [J]. IEEE Trans on System, Man and Cybernetics, 1998, 28(3): 277-286
- [15] Bruce A Powell, David J Sing Jr. A new way of thinking about the complexities of dispatching elevators[J]. Elevator World, 1993, 9: 78-84
- [16] Yasukazu Umeda Fuzzy theory and intelligent options [J]. Elevator World, 1989, 7: 86-91.
- [17] Yasuyuki Sogawa Supervisory control for elevator group by using fuzzy expert system which addresses the riding time [A]. IEEE IECON [C]. Taiwan, 1996. 419-424
- [18] S Kubo. Elevator group control system with a fuzzy neural network model[A]. Elevator Technology, 1995 Proc of ElevCON [C]. London, 1995. 11-20
- [19] Markon S, Kita H, Nishikawa Y. Adaptive optimal elevator group control by use of neural networks[J]. Trans of the Institute of Systems, Control & Information Engineers, 1994, 7(12): 487-497.
- [20] Yamazaki M, Onishi K. The latest group-control system for double-deck elevators[J]. Mitsubishi Electric Advance, 1994, 67(6): 21-22
- [21] Kenji Sasaki Elevator group supervisory control system using neural networks[J]. Elevator World, 1996, 44(2): 81-86
- [22] Albert T P. Elevator traffic pattern recognition by artificial neural network [A]. Elevator Technology, 1995 Proc of ElevCON [C]. London, 1995. 122-131.
- [23] Toshimitsu Tobita A parameter tuning method using genetic algorithms for an elevator group control system [A]. 1996 Proc of the IEEE IECON [C]. Taiwan, 1996. 823-828
- [24] Toshimitsu Tobita A parameter tuning method for an elevator group control system using a genetic algorithm [J]. Electrical Engineering in Japan, 1998, 124(1): 55-64
- [25] Fujino A, Tobita T, Segawa K *et al*. An elevator group control system with floor-attribute control method and system optimization using genetic algorithms [J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 1997, 44(4): 546-552