

双模式电梯群控调度算法的实现*

许林荣¹, 赵建勇²

(1. 浙江屹立电梯有限公司, 浙江 湖州 313009;

2. 杭州电子科技大学 智能与软件技术研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要: 针对电梯智能群控调度算法计算复杂, 以及对硬件要求高的问题, 提出了计算复杂度低、容易实现的双模式群控调度算法, 以满足低性能控制器的需求。根据控制模式决策周期内的客流量不同, 将电梯群控制模式分为能耗优先控制模式和最小等待时间控制模式; 能耗优先模式调度算法以节能为目标, 同时考虑电梯运行频率的平衡及乘客乘梯的拥挤程度; 在最小等待时间控制模式下以等待时间最小为目标, 利用等效时间法计算了每台电梯响应外召信号的等待时间, 得出了最佳的呼梯分派策略, 以贪婪调度机制对电梯群进行了调度; 在上行高峰/空闲/随机层间/下行高峰交通流模式下对算法进行了仿真。仿真结果表明, 该算法能满足不同客流状态下对电梯群控的需求, 为中低端电梯群控应用场所提供了一种解决方法。

关键词: 双模式电梯; 群控调度算法; 等效时间法

中图分类号: TU857; TP391; TH218

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)12-1453-04

Realization of group control scheduling algorithm for dual-mode elevator

XV Lin-rong¹, ZHAO Jian-yong²

(1. Zhejang ELLY Elevator Co., Ltd., Huzhou 313009, China;

2. Institute of Intelligent and Software Technology, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the computational complexity, hardware high requirements of elevator intelligent group control scheduling algorithm, for meeting the needs of low-performance controller, the low computational complexity, easy to implement dual-mode group control scheduling algorithm was proposed. Depending on the traffic control mode decision cycle, the control mode was divided into energy consumption priority and minimum wait time control mode. Energy consumption priority mode scheduling algorithm was the target of energy saving, taking into account the elevator operating frequency balance and passengers by ladder congestion level. Minimum waiting time control mode was in order to minimize latency target, which using the equivalent time method to calculate the best call distribution elevator. The algorithm was evaluated in uplink peak, idle, random layer and down link peak traffic flow pattern. The result indicates that the algorithm can meet the demand for elevator group control and provide a solution for the low-end of elevator group control places.

Key words: dual-mode elevator; group control scheduling algorithm; equivalent time method

0 引言

目前, 电梯群控已越来越多地在公共场所出现, 它能够有效缩短乘客候梯时间, 降低电梯能耗, 实现电梯运行的优化。对电梯群来说, 调度是核心, 直接影响电梯的服务水平。目前群控电梯调度算法主要有分区算法

[1]、基于搜索的算法[2]和基于规则的算法[3-6]等等。随着智能技术的发展, 越来越多的研究成果采用模糊控制、专家系统、遗传算法、人工神经网络等技术研究自适应的学习算法[7-9]。智能算法的应用使得电梯群控的性能得到了很大的提升, 但是这些算法在使用过程中普遍需要高复杂度和高速的运算, 对于中低档场所

收稿日期: 2012-08-07

基金项目: 浙江省科技厅公益技术应用研究资助项目(2010C31G2040104)

作者简介: 许林荣(1963-), 男, 浙江南浔人, 主要从事电梯控制技术方面的研究。E-mail: xulinrong@sina.com

电梯,控制器成本要求比较高,芯片性能相对较差,很难满足智能算法的运算需要。

本研究提出一种双模式电梯群控调度算法,该算法实现简单,同时可满足中低档电梯群控应用场所的电梯群控调度。

1 双模式定义及调度策略

双模式指电梯群控调度过程中将控制模式分为能耗优先控制模式和最小等待时间控制模式。根据电梯群控制经验,系统以5 min为模式决策周期,假设系统正常工作时在决策周期内的客流量最大值为 $MaxP$,任一决策周期内客流量为 $CurP$,设双模式切换阈值为 λ_p ($0 < \lambda_p < 1$),则当 $CurP/MaxP < \lambda_p$ 时,客流量较小,系统进入能耗优先模式运行;当 $CurP/MaxP \geq \lambda_p$ 时,客流量较大,系统进入最小等待时间控制模式。

1.1 能耗优先控制模式调度策略

在能耗优先控制模式,客流量较小,系统尽可能让更多的电梯处于待机状态,只留少部分电梯用于客流的输送,在电梯调度时考虑电梯运行频率的平衡及乘客乘梯的拥挤程度。电梯运行频率指电梯启动次数,在调度过程中尽可能使得所有电梯的启动次数趋于一致。乘客的拥挤程度以进入轿厢所有乘客的重量作为评价标准,假设轿厢最大承重为 $MaxW$,进入轿厢的乘客重量为 $CinW$,拥挤度阈值为 λ_w ,当 $CinW/MaxW > \lambda_w$ 时,认为轿厢拥挤,当 $CinW/MaxW \leq \lambda_w$ 时,认为轿厢不拥挤。只有当轿厢拥挤时,调度策略才会启动另外一台电梯以响应乘客的呼梯请求,否则不启动其他电梯,由当前运行电梯响应呼梯请求。

1.2 最小等待时间控制模式调度策略

最小等待时间控制模式追求电梯的高效率运行,其目标是在尽可能短的等候时间内让乘客进入轿厢,降低长时间候梯引起的焦躁情绪。为提高系统可行性,该系统采用贪婪调度机制,在呼梯指令产生时,立即进行调度分派。调度分派时笔者采用等效时间法估算每一台电梯响应该呼梯请求所需的等待时间,根据计算结果将呼梯请求分派给等待时间最小的电梯。等效时间定义及构成如下:

(1) 运行时间。运行时间指电梯以额定速度由当前楼层直接运行到召唤信号楼层所需的时间,根据不同的楼层高度运行时间不同,设每一楼层运行时间为 T_i ($i = 1..n$), T_i 在电梯调试时预置或者通过井道自学习获得的脉冲值转换得到。运行时间记为 T_r ,则:

$$T_r = \sum_{i=j}^k T_i \quad (1)$$

式中: j —电梯当前楼层值, k —召唤信号楼层。

(2) 指令或召唤响应时间。电梯在响应每一个已经登记的内选指令或召唤信号时都会引起电梯的加速、减速、开门、关门动作,需花去不少时间,因此在计算每一个召唤信号对每台电梯的响应等效时间时,对于该电梯在当前楼层与呼梯信号之间的每一个已登记的指令或已分配到的同向召唤,本研究都给一个响应时间值,记为 T_z ,则:

$$T_z = T_r \times n \quad (2)$$

式中: T_r —每一个指令或召唤信号的响应时间,由电梯调试时预置, n —电梯当前楼层与召唤楼层间待响应的信号个数。

(3) 反向时间。考虑电梯运行中的顺向优先原则,本研究在计算等效时间过程中,增加一个反向时间。主要分以下两种情况考虑:

① 如果电梯正在朝某个方向运行(向上或向下),后方没有指令登记或召唤分配,则后方新产生召唤信号时,电梯需要一次反向才能响应该信号,故给与后方的召唤信号记一个反向时间 $T_f = T_{sf}$; T_{sf} 通过电梯调试时预置。

② 如果电梯正在朝某个方向运行(向上或向下),后方有指令登记或召唤分配,对于新产生的召唤信号,如果召唤信号方向与电梯方向相反,电梯需一次反向,记 $T_f = T_{sf}$,如果方向相同,则电梯需要两次反向,记反向时间 $T_f = 2 \times T_{sf}$ 。

(4) 超越时间。为了提高电梯的运行效率,减少电梯相互之间的超越现象,同时也考虑正常的超越运行,本研究在计算每一个按钮对每台电梯的等效时间时加上超越时间,意即如果某台电梯在前方有一台同向运行的电梯时,更前方的召唤信号对后面一台电梯的等效时间加上 T_c , T_c 根据经验取值。

每一台电梯针对每一个召唤信息,笔者根据以上原则计算一个总的等效时间。每一个召唤信号对应每台电梯都有一个时间值,系统通过相互比较每台电梯等效时间值的大小,把该召唤的资格分配给具有最小时间值的电梯。

2 实现方法

在电梯群控系统中,研究者一般将电梯群控系统的交通流分为上行高峰交通模式、下行高峰交通模式、随机层间交通模式和空闲交通模式。通常交通流模式有两种确定方法:一种是通过时间段设置方式规定不同时间不同的交通模式,引导群控调度算法执行;另一种是通过程序自动识别方法,本研究采用自动识别方法实现。在第1部分描述的双模式识别中,为涵盖上述几种交通流模式,研究者只需在5 min的

控制模式识别中增加进入楼层的客流统计功能即可。客流量统计通过检测轿厢重量变化实现,当进入某一楼层客流量超过一定的阈值 λ_w 时,可认为是上行高峰或下行高峰模式。随机层间交通流模式和空闲模式只需要通过总的流量监测即可判断。

根据本研究的双模式调度策略,笔者在空闲模式下采用能耗优先控制模式,在其他模式下采用最小等待时间控制模式。算法流程如图1所示。

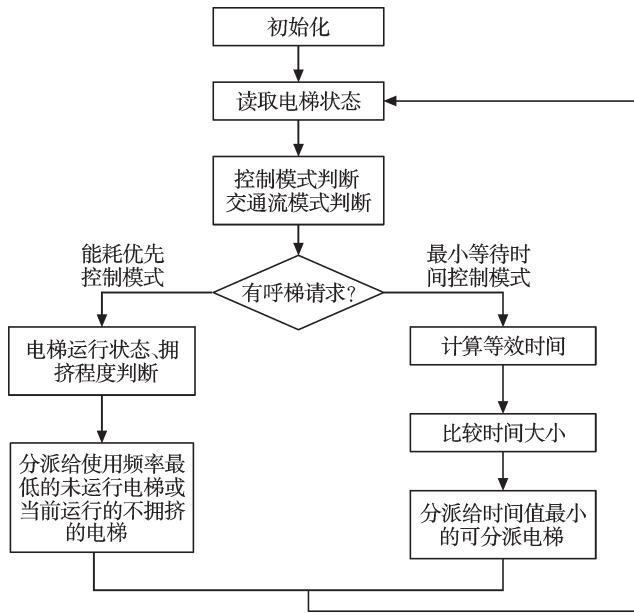


图1 双模式调度策略流程图

图1所示流程完全适合于随机层间模式。针对上行高峰交通模式和下行高峰模式,调度方法同随机层间模式,但是主要客流量是从基站或者顶楼出发的,其他层站的召唤信号相对而言比较少,在该交通流模式下,系统要尽可能快地使电梯返回基站或顶楼,因此电梯在响应完召唤后,人为产生基站或顶楼的内呼指令,使得电梯立即返回基站或顶楼,在返回的过程中,对中途不同方向召唤不响应。

在图1中,计算等效时间时步骤是流程的核心内容,本研究以8台电梯,每台最大支持32层为约束条件,设计实现过程如下:

(1) 运行时间 $T_r[n] = \sum_{i=j}^k T_i$, $n \in [0, 7]$, 表示第 n 台电梯; $j, k \in [0, 31]$, 表示1~32层; T_i 为每一层运行所需时间, 常数。

(2) 指令或召唤时间 $T_i[n] = T_r \times k$, $n \in [0, 7]$, 表示第 n 台电梯; k 为登记的除去楼层共同作用的召唤信号(如某层既有上召和又有内选, 只需停一次), $k \in [0, 64]$; T_r 为响应召唤所需的开关门及加减速时间总和, 常数。

(3) 反向时间 $T_f[n] = T_{sf}$, $n \in [0, 7]$, 电梯需一个

反向; T_{sf} 为电梯反向所耗时间, 常数; $T_f[n] = 2 \times T_{sf}$, $n \in [0, 7]$, 电梯需两个反向;

(4) 超越时间 $T_c[n]$: $T_c[n] = 0$, 没有离召唤距离更近的同向电梯; $T_c[n] = TC$, 有离召唤距离更近的同向电梯, 人为增加等效时间分量 TC , 防止超越。

根据上述流程, 计算每台电梯的等效时间为: $T_e[n] = T_r[n] + T_i[n] + T_f[n] + T_c[n]$, 系统将呼梯分派给时间最小的电梯。

程序实现流程如图2所示。

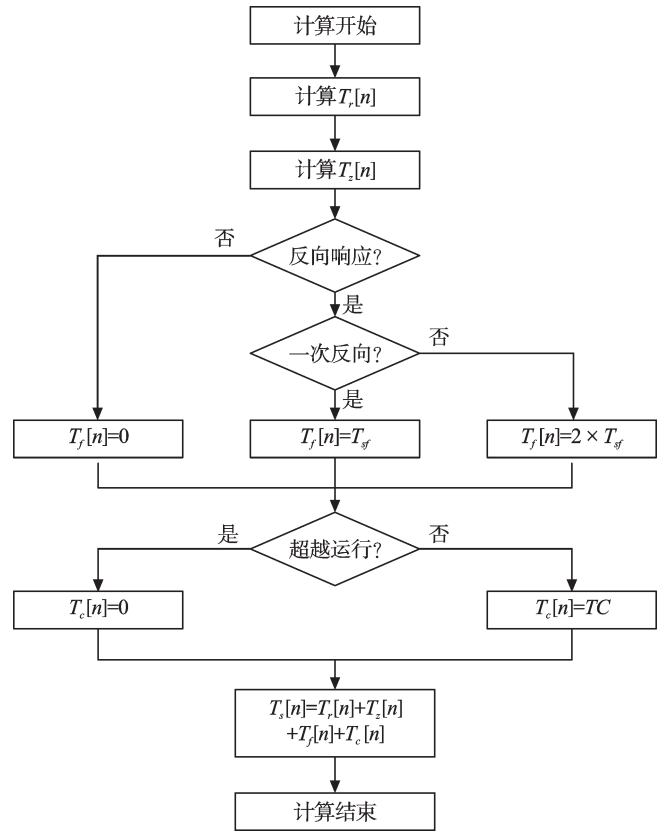


图2 等小时间计算流程图

3 数据仿真

仿真参数采用参考文献[10]的数据: 电梯共16层, 基站层高3 m, 其余层高2.5 m; 4台电梯组成电梯群, 梯速2 m/s, 容量为12人, 开门时间0.8 s, 关门时间0.8 s, 乘客转移时间0.8 s。交通流使用3种不同方式:

(1) 30 min 乘客数306人, 上行高峰/空闲/随机层间/空闲/下行高峰;

(2) 30 min 乘客数323人, 上行高峰/随机层间/空闲/下行高峰;

(3) 3 h 乘客数1 103人, 上行高峰/空闲/随机层间/下行高峰。

对比如下5种群控算法:

算法1—基于分区的高峰期调度算法, 适用于高峰客流模式;

算法2—基于遗传算法的电梯群控算法,适用于层间模式;

算法3—基于交通流概率仿真模型的电梯群控算法,适用于空闲模式;

算法4—基于遗传算法模糊神经网络的电梯群控调度,适用于所有模式;

算法5—本研究描述的双模式算法,适用于所有模式。

仿真结果如表1~3所示。从表1~3可以看出,本研究描述的双模式电梯群控调度算法实现了各种模

表1 高峰期交通流仿真结果

交通流	算法	启停 次数 /次	往返 次数 /次	平均往返 时间 /s	平均 载重 /人	运载 能力 /人
1	1	98	29	174.67	19.71	151.71
	4	88	13	348.92	43.25	154.08
	5	90	20	280.63	35.49	152.46
2	1	96	23	198.03	35.20	231.14
	4	103	16	327.25	49.50	182.74
	5	105	17	300.15	42.15	178.62
3	1	430	102	205.26	21.71	126.58
	4	421	45	435.66	46.20	129.82
	5	425	80	315.22	35.37	126.57

表2 层间交通服务性能仿真结果

交通流	算法	平均候梯时间/s	平均乘梯时间/s
1	2	9.258	12.75
	4	9.377	11.45
	5	9.286	12.42
2	2	8.706	12.32
	4	10.465	11.66
	5	9.850	12.43
3	2	7.722	13.28
	4	9.858	12.18
	5	8.973	12.69

表3 空闲交通服务性能仿真结果

交通流	算法	平均候梯时间/s	平均乘梯时间/s
1	3	15.5	13.4
	4	15.5	18.1
	5	16.2	18.5
2	3	15.5	10.9
	4	15.5	12.9
	5	14.9	13.6
3	3	18.8	15.9
	4	18.0	15.9
	5	18.4	16.3

式下的群控调度,对于低楼层的电梯群服务水平也与当前主流的调度算法相当。

4 结束语

双模式电梯群控调度算法根据决策周期确定电梯控制模式,兼顾了电梯群节能耗和降低乘客候梯时间的目标。笔者在不同模式下采用不同的调度策略实现了电梯的合理调度,达到了不同客流情况下的电梯群调度要求。

该算法简单,运算复杂度低,运行该算法的硬件平台容易满足算法要求,这为中低档电梯群控系统的应用提供了一套可行的方案。

参考文献(References):

- [1] 吴宗泽,武自芳. 基于PROFIBUS的多目标规划电梯群控算法[J]. 电气传动,2003,33(3):40-43.
- [2] 汪清明,罗中良. 基于蚁群算法的电梯群控调度优化策略研究[J]. 计算技术与自动化,2009,28(2):42-44,49.
- [3] 宗 群,岳有军. 一种电梯群控多目标调度方法[J]. 系统工程理论与实践,2001,21(11):129-133.
- [4] 许玉格,罗 飞,曹建忠. 目的层预约的模糊神经网络电梯群控策略[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2007,35(1):13-18.
- [5] KIM C B, SEONG K A, HYUNG L K, et al. A fuzzy approach to elevator group control system[J]. **IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics**, 1995, 25(6): 985-990.
- [6] CHO Y C, GAGOV Z, KWON W H. Timed Petri Net based Approach for Elevator Group Controls [C]//Proceedings of the 1999 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System. Kyongju:[s.n.], 1999:1265-1270.
- [7] VALDIVIELSO A, MIYAMOTO T. Multicar-elevator group control algorithm for interference prevention and optimal call allocation[J]. **IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part A-systems and Humans**, 2011, 41(2):311-322.
- [8] QIU J D, JIANG Z Y. The Research and Simulation on the Elevator Group Control System Scheduling Algorithm [C]//2011 International Conference on Electrical and Control Engineering. Yichang:[s.n.], 2011:1346-1349.
- [9] WANG Fang, ZONG Qun, ZHANG Jing-long. A Novel Method of Elevator Group Control Scheduling based on Affinely Adjustable Robust Optimization [C]//2011 30th Chinese Control Conference. Yantai:[s.n.], 2011:2124-2129.
- [10] 宗 群,童 玲. 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.

[编辑:李 辉]