

文章编号: 1001-0920(2002)03-0339-04

基于电梯交通流概率仿真模型 的空闲交通模式电梯调度方法

宗 群, 蔡 昱

(天津大学 电气自动化与能源工程学院, 天津 300072)

摘 要: 首先建立电梯交通流概率仿真模型, 然后利用该模型进行空闲交通模式下的电梯调度。该电梯调度方法有效地避免了电梯“空驶现象”, 并大大降低了方法的复杂性。在仿真实验中, 通过与其它空闲交通模式电梯调度方法的比较, 可验证本方法的可行性和有效性。

关键词: 电梯交通; 概率仿真模型; 空闲交通模式; 电梯调度

中图分类号: TP 183 **文献标识码:** A

Elevator dispatching method in idle traffic mode based on elevator traffic probability simulation model

ZON G Qun, CA I Yu

(School of Electric Automation and Power Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The elevator traffic probability simulation model is presented, and then the model is used to dispatch the elevators in the idle traffic mode. The elevator dispatching method avoids the phenomenon of “elevator running without passengers” effectively, and reduces its complexity as well. Simulation tests show the feasibility and validity of the proposed model compared with other elevator dispatching methods in idle traffic mode.

Key words: elevator traffic; probability simulation model; idle traffic mode; elevator dispatching

1 引 言

电梯调度方法是指在特定的交通状况下, 电梯系统应遵循的一组确定控制策略的规则^[1]。调度方法的制定和选择对于满足乘客的服务要求至关重要。在调度方法的研究中, 人们认识到仅用一种固定不变的调度方法显然不能适应一天中建筑物内所有交通模式^[2], 尤其是空闲交通模式的乘客数量较高峰模式少, 因此, 在满足用户服务要求的前提下, 减

少能量损耗和设备折旧, 提高性能-价格比便成为一个重要的性能指标。

目前, 空闲交通模式调度方法主要有两种: 空闲电梯停靠策略^[3]和最小平均等待时间调度方法^[4]。但是这两种方法均无法根据交通流量的强度来增减所需开启的电梯部数, 并且各部电梯启停次数不均, 造成极大的能量损耗和设备折旧。为此, 本文提出一种基于电梯交通流概率仿真模型的空闲交通模式电梯调度方法, 力求在一定程度上解决上述问题。

收稿日期: 2001-03-01; 修回日期: 2001-06-06

基金项目: 天津市自然科学基金重点基金项目(993801211)

作者简介: 宗群(1961—), 男, 天津人, 副教授, 硕士生, 从事智能控制及应用等研究; 蔡昱(1976—), 男, 天津人, 硕士生, 从事电梯交通分析及建模等研究。

2 基于电梯交通流概率仿真模型的空闲交通模式电梯调度

针对目前在设计空闲交通模式调度方法中仍存在的问题, 本文引入Markov Chains原理和Monte Carlo方法。首先利用Monte Carlo方法处理实际交通流数据, 然后建立两个一维Markov Chains分别描述电梯交通流量和流向, 并建立相应的电梯交通流概率仿真模型, 最后建立基于该模型的空闲交通模式电梯调度方法。

2.1 用Monte Carlo方法处理实际交通流数据

Monte Carlo方法是通过数字计算机上的统计试验、随机模拟、研究随机数的产生与检验, 并用随机数解决各种实际问题近似数值解的一类概率统计计算方法。本文从某大楼采集实际交通流数据并导入dBase数据库, 然后利用抽样方法统计各楼层上行厅层召唤数、厅层召唤总数和轿厢召唤数3种类型的信息。

2.2 建立电梯交通流概率仿真模型

Markov Chains的基本要素是初始概率分布和状态转移概率矩阵。本文主要确定了电梯交通流量和交通流向的Markov Chains的初始概率分布和状态转移概率矩阵, 将定量描述转化为定性描述。

对于交通流量的马尔可夫链来说, $X = \{x_n; n \in N^+\}$, 对于所有的 $j \in E = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ (E 为电梯交通流量状态的定性描述) 及所有的 $n \in N^+$, 均有

$$P\{x_{n+1} = j | x_0, x_1, \dots, x_n\} = P\{x_{n+1} = j | x_n\}$$

其中, 若设从早晨7:00开始到晚上19:00任一5分钟时间段 m 的交通流量状态为 i , 则到下一个5分钟时间段 $m+1$ 的一步转移概率满足 $P_{ij}(m) = P\{x_{m+1} = j | x_m = i\}$, $\forall i, j \in E$ 都有 $0 \leq P_{ij}(m) \leq 1$, $\sum_{j \in E} P_{ij}(m) = 1$ 。

通过以下3个步骤建立电梯交通流概率仿真模型:

- 1) 计算各时间段的各楼层要求服务乘客分布;
- 2) 确定各时间段的电梯交通流量和交通流向, 即交通流量和交通流向的状态转移概率矩阵;
- 3) 建立如图1和图2所示的电梯交通流概率仿真模型。

该模型是电梯交通的统一模型, 适用于任何大楼交通流情况, 实际使用时只需根据不同的大楼交通流情况调整相应的状态转移概率矩阵即可。

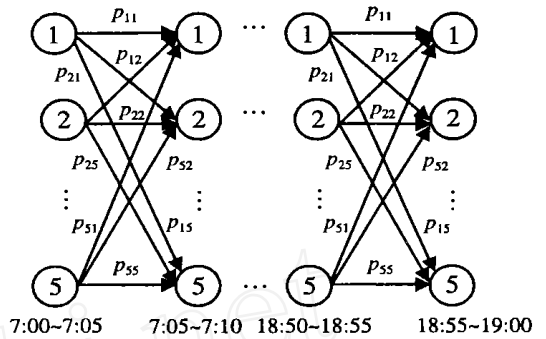


图1 交通流量Markov Chains 概率

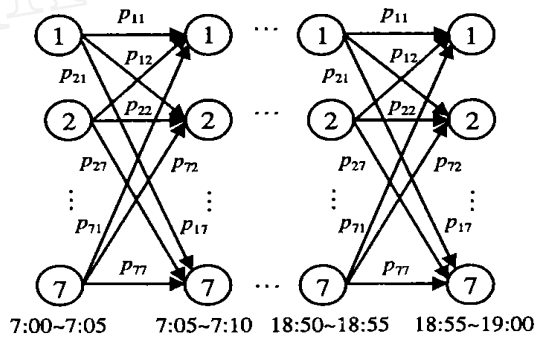


图2 交通流向Markov Chains 概率

2.3 基于电梯交通流概率仿真模型空闲交通模式电梯调度方法的实现

基于电梯交通流概率仿真模型的空闲交通模式电梯调度的基本原理是当某一呼梯信号产生时, 根据电梯交通流概率仿真模型估计下一呼梯信号可能产生的楼层, 计算给定电梯群中各部电梯到达该呼梯信号产生楼层和下一呼梯信号可能产生楼层的总体等待时间。选取总体等候时间最小的方案作为此次呼梯信号的调度方案。由于我们在制订派梯方案时: 1) 只是考虑下一呼梯的情况而并不实际派梯, 这样可避免电梯“空驶现象”, 减少能量损耗和设备折旧; 2) 只对两个呼梯信号(当前和下一呼梯)进行考虑, 因此大大减小了调度方法的复杂性, 同时提高了电梯系统的实时性。

基于电梯交通流概率仿真模型的空闲交通模式电梯调度的实现方法如下:

- 1) 确定乘客平均候梯时间期望值、乘客到达率期望值和当前交通流所对应的电梯交通流概率仿真模型。
- 2) 进行电梯重配置(即确定实际需要开启的电梯部数)。

根据乘客平均候梯时间期望值和乘客到达率期望值, 计算往返一次运行时间 $RTT^{[1]}$

$$RTT = \frac{\sqrt{(220N)^2 + \frac{400AWT \cdot 1.74\lambda V^2}{24CC}} - 22N}{\frac{1.74\lambda}{1.2CC}} \quad (1)$$

其中, N 表示电梯群中电梯总数(部), CC 表示电梯承载能力(人/部), RTT 表示往返一次运行时间(s); AWT 表示乘客平均候梯时间期望值(s), λ 表示乘客到达率期望值(人/5 min)。

根据电梯交通流概率仿真模型, 重新计算空闲交通模式乘客到达率 $\lambda^{[1]}$

$$\lambda = 300 \times \frac{\text{PassengerNum}}{\text{PeriodTime}} \quad (2)$$

其中, PassengerNum 表示给定时间段内要求服务乘客数(人), PeriodTime 表示给定时间段长度(s)。

根据 AWT , λ 和 RTT 计算需要开启的电梯部数 $CN^{[1]}$

$$CN = \frac{22RTT + \sqrt{(22RTT)^2 + 400AWT \frac{1.74\lambda}{2.4CC} RTT^2}}{200AWT} \quad (3)$$

3) 基于电梯交通流概率仿真模型的电梯调度^[4] 如图 3 所示。

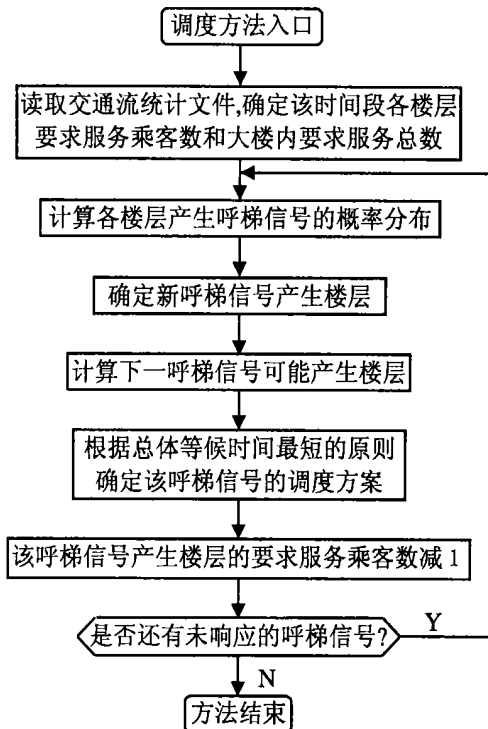


图 3 空闲交通模式调度方法流程图

3 仿真研究

为了验证本文所给的电梯调度方法的有效性, 我们利用电梯群控虚拟仿真环境^[5] 进行仿真。仿真实验中, 设定电梯群控系统各项参数: 大楼 41 层, 电梯 4 部, 速度 2 m/s, 加速度 2 m/s², 加加速度 2 m/s³, 额定容量 12 人/部, 交通流 22 min, 乘客 32 位。

3.1 本文方法与最小等待时间调度方法的比较

如表 1 所示, 首先, 基于电梯交通流概率仿真模型的空闲交通模式调度方法(方法 I) 与最小平均等待时间调度方法(方法 II) 相比, 在稍微延长乘客平均候梯时间的基础上少开启一部电梯, 且所调度各部电梯的启停次数相近, 即各部电梯的利用率相近; 同时总启停次数为 19 + 16 + 19 = 54 次, 比方法 II 的 13 + 6 + 15 + 24 = 58 次要少, 在空闲交通模式下大大减少了电梯运行造成的能量损耗和设备折旧, 可满足空闲交通模式所要求的服务性能指标。

表 1 本文方法与最小平均等待时间调度方法的比较

性能指标	方法 I	方法 II	
平均候梯时间/s	23.45	18.88	
最长候梯时间/s	64.70	67.70	
平均乘梯时间/s	29.60	29.28	
最长乘梯时间/s	73.40	73.40	
启停次数/次	0# 电梯	19	13
	1# 电梯	16	6
	2# 电梯	19	15
	3# 电梯	0	24

3.2 电梯开启部数随交通流强度变化而变化

如表 2 所示, 在满足服务性能指标的条件下(一般候梯时间应小于 60 s), 随着交通流强度的大小变化, 需要开启的电梯部数随之增减。从平均候梯时间可以看出, 在空闲交通模式下, 只需开启部分电梯来服务乘客即可满足绝大部分乘客的服务要求, 并获得较好的服务性能指标, 其总启停次数并不比方法 II 增多; 同时, 电梯系统大部分时间处于空闲交通模式, 有效避免了“空驶现象”。因此大大减少电梯系统的能量损耗和设备折旧, 提高了性价比, 节省了大量的用户开支。

表2 电梯开启部数随交通流强度变化而变化

类别	交通流强度/(人/10min)		
	5	10	20
电梯开启部数(部)	1	2	3
0# 电梯	10	5	8
1# 电梯	0	12	12
2# 电梯	0	0	14
3# 电梯	0	0	0
平均候梯时间/s	18.92	23.71	25.83
最长候梯时间/s	45.7	58.2	78.1
平均乘梯时间/s	28.58	26.71	28.10
最长乘梯时间/s	37	63.6	71.70

4 结 论

仿真实验表明,本文提出的基于电梯交通流概率仿真模型的空闲交通模式电梯调度方法在保证乘客的服务数量和服务质量的基础上,可以通过关闭部分电梯和避免“电梯空驶现象”来节省电梯运行所造成的能量损耗和设备折旧,以使用户获取更大的

性能-价格比。

参考文献(References):

- [1] G C Barney, S M Dos. Elevator traffic analysis, design and control [M]. London: IEE, Peter Peregrinus, 1985.
- [2] 宗群,尚晓光,岳有军,等. 电梯群控系统的交通模式识别[J]. 控制与决策(Control and Decision), 2001, 16(2): 163-166.
- [3] Joris Schroder. Advanced dispatching——Destination hall calls+ instant car-to-call assignments: M10 [J]. ElevatorWorld, March 1990: 40-45.
- [4] Young Cheol Cho, Kwang Hyun Kim, Wook Hyun Kwon, et al. Optimal group control of elevator systems by statistic approximation of hall call waiting times [A]. 14th World Congress of IFAC [C]. 1999: 103-108.
- [5] 宗群,尚晓光,岳有军,等. 电梯群控系统虚拟仿真环境设计[J]. 制造业自动化, 1999, (5): 24-25.

(上接第338页)

4 结 论

利用神经网络方法进行摄像机标定,不需要预先建立成像系统的模型结构,也不必对系统本身的性质做过多的假设,而是通过直接学习系统的输入输出数据,归纳出成像系统的输入输出关系。这一方法已成功地用于机器人曲线跟踪。

神经网络标定方法具有以下优点: 1) 用神经网络表示二维信息与三维信息之间的复杂非线性关系,可以包容成像过程中的各种畸变及非线性因素,使测量结果更准确; 2) 神经网络方法克服噪声的能力较强。

参考文献(References):

- [1] Tsai R. Y. Versatile camera calibration technique for

high accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses [J]. IEEE J of Robotics and Automation, 1987, 3(4): 323-344.

- [2] Chen C H. Neural networks in pattern recognition and their applications [M]. Singapore: World Scientific, 1991.
- [3] Martins H A, Birk J R, Kelley R B. Camera models based on data from two calibration planes [J]. Computer Graphics Image Processing, 1981, 17(2): 173-180.
- [4] Malik M, Mudar S, Florent C. Automatic camera calibration based on robot calibration [A]. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference [C]. 1999, 2: 1278-1282.
- [5] 孙增圻. 智能控制理论与技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.