

文章编号: 1001-0920(2004)08-0939-04

电梯群控系统智能优化调度方法的研究

宗群, 童玲, 薛丽华

(天津大学 电气与自动化工程学院, 天津 300072)

摘要: 提出一种能够适应各种交通流模式的电梯群控智能优化调度方法。运用模糊神经网络对电梯的状态变量进行数据融合, 融合出影响调度决策的电梯特征参数。通过小生境遗传算法对特征参数进行多目标优化分析, 完成最优调度。仿真实验表明, 该方法能够在各种交通流模式下进行相应的合理调度。

关键词: 电梯群控系统; 调度方法; 数据融合; 小生境遗传算法

中图分类号: TP27 文献标识码: A

Research on intelligent optimal dispatching method in elevator group control systems

ZONG Qun, TONG Ling, XUE Li-hua

(School of Electric and Automation Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China Correspondent: ZONG Qun, E-mail: littleutu@eyou.com)

Abstract: A new intelligent optimal dispatching method for elevator group control systems is proposed. Fuzzy neural network is adopted to fuse elevator state variables in data disposal unit. After data fusion, elevator characteristic parameters as inputs of optimal dispatching unit are gained and further optimized by multiobject optimal analysis to achieve final optimal assignment. The niche-based genetic algorithm is used to globally optimize elevator characteristic parameters. The simulation results show that this method realizes corresponding reasonable elevator dispatching according to various traffic flow modes.

Key words: elevator group control system; dispatching method; data fusion; niche-based genetic algorithm

1 引言

传统的电梯群控调度方法一般只能适应某一种交通流模式, 如上高峰调度方法就是针对上高峰交通模式而设计的。这种单一的调度方法在交通流模式发生变化时不能继续保证电梯服务性能指标达到最优。此时电梯群控系统必须切换到另一种适应当前交通流模式的调度方式, 所以传统的调度方法不具备良好的适应性。

针对以上问题, 本文提出一种新的智能优化调度方法, 采用基于模糊神经网络(FNN)的数据融合

和基于小生境遗传算法的优化调度决策共同完成电梯多目标优化调度^[1,2]。该方法能够适应各种交通模式的变化, 并且在不同交通流下均能达到电梯各项服务指标综合最优。

2 电梯群控系统结构

电梯群控系统的结构如图 1 所示, 主要由两部分组成: FNN 信息处理单元和基于小生境遗传算法的电梯优化调度单元。信息处理单元负责交通流数据的统计以及电梯状况和影响电梯调度结果的状态变量的采集等, 并通过 FNN 进行数据融合, 融合出

收稿日期: 2003-09-18; 修回日期: 2004-01-05

基金项目: 天津市自然科学基金重点资助项目(993801211)。

作者简介: 宗群(1961—), 男, 天津人, 教授, 博士生导师, 从事随机离散事件建模与仿真及智能控制技术等研究;
童玲(1979—), 女, 天津人, 硕士生, 从事预测控制的研究。

影响电梯调度的特征参数 电梯优化调度单元接收由信息处理单元传来的每台电梯影响电梯调度的特征参数, 选取合适的目标函数, 采用小生境遗传算法对所有电梯进行多目标优化调度计算, 将优化调度的结果传送给虚拟仿真环境进行调度仿真

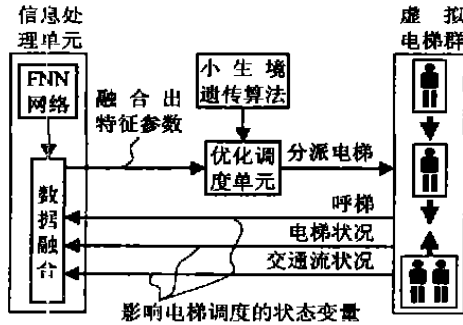


图1 电梯群控系统结构

2.1 电梯群控系统的数据融合

数据融合是将多个冗余或互补信息依据某种准则进行组合, 以获得被测对象的一致性解释或描述, 使该信息系统的性能比其各组成部分的子集所构成的系统的性能更优 电梯群控系统是一个非线性、随机离散动态系统, 存在大量不确定性, 所以在此引入模糊神经网络模型进行数据融合^[3,4], 保证了信息融合的灵活性、可靠性和严密性

在电梯群控系统中, 影响电梯调度的因素是多方面的, 每部电梯都有自己相对于当前交通流和电梯调度的特征参数 因此, 对每部电梯采用一个FNN 对其输入的状态变量进行融合, 得到自己的相关特征参数, 从而由各部电梯融合结果的特征参数组成电梯调度单元的输入

图2 为一个FNN 网络组示意图 该FNN 网络组采用两层融合结构: 原始数据层融合和特征层融合 原始数据层指影响特征参数的影响变量, 包括交通状态、电梯状态和呼梯状态等状态变量

第1层是原始数据层融合(DF1- i), i= 1, 2, 3, 4, 5 融合算法采用模糊“或”运算, 即

$$\mu_i(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}) = \min(1, (x_{i1}^p + x_{i2}^p + \dots + x_{in}^p)^{1/p}) \quad (1)$$

式中: x_{ij} 为参加第 i 个原始数据层融合运算(DF1- i) 的第 j 个状态变量, p 为融合率 经原始层融合运算得到等待时间 x_1 , 运行时间 x_2 , 拥挤度 x_3 , 能耗 x_4 , 交通特征 x_5 等信息, 并将其作为特征层融合的输入数据

第2层是特征层融合(DF2). 融合算法采用模糊“广义均值”运算, 即

$$g(x_1, x_2, \dots, x_n; p; w_1, w_2, \dots, w_n) = \left(\sum_{i=1}^n w_i x_i^p \right)^{1/p} / \sum_{i=1}^n w_i \quad (2)$$

式中: x_i 为第 i 个特征层向量, 即原始数据层融合结果; p 为融合互补率; w_i 为权值 经两层融合后, 大量的电梯状态变量精简为对电梯调度决策有决定性作用的电梯特征参数, 并将其作为优化调度单元的输入

2.2 电梯群控系统的智能优化调度方法

在优化调度单元采用基于小生境遗传算法的全局优化方法确定电梯最终优化调度结果^[5]. 梯群的优化调度问题实际上是一个多目标优化问题^[6]. 用一般的遗传算法求解多目标函数的最优化问题时, 算法未限制相同解或类似解的数量, 这样只能找到个别的几个局部最优解 因此, 在遗传算法中引入小生境技术, 限制了解集内个别解的数量, 维护了解的多样性, 能产生出种类较多的不同的最优解

该算法应用在电梯调度中的步骤描述如下:

- 1) 编码: 按外呼梯方向和呼梯楼层顺序进行排列、编码, 以矩阵 $[A]_{(m+2) \times c}$ 形式给出, m 为电梯数量, c 为外呼梯个数 例如:

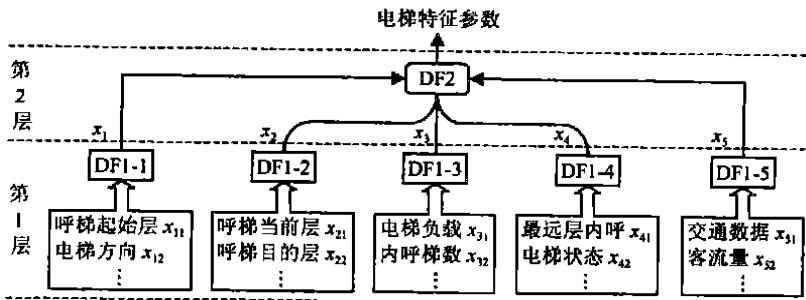


图2 电梯群控 FNN 网络组示意图

$[A]_{(3+2) \times 6} =$	1	5	8	12	5	2	楼层
	1	1	1				呼梯方向
	1	1	1				电梯 1
				1			电梯 2
					1	1	电梯 3

以上编码表示有 3 部电梯, 当前有 6 个外呼信号, 呼梯方向中的 1 表示上呼。调度方案为: 1 号电梯响应 1 层、5 层、8 层的上呼, 2 号响应 12 层的下呼, 3 号响应 5 层和 2 层的下呼。

2) 求初始解集: 首先随机列举出 M 个可行的调度方法, 构成一个群控调度方法的初始解集 $P(t)$, 并设置进化代数计数器 $t = 1$; 再按求解多目标的方法求出解集 $P(t)$ 中各解的适应度 $f_i(X)$, $i = 1, 2, \dots, M$ 。 $f_i(X)$ 为一组综合衡量电梯服务质量和效率的性能指标

$$f_i(X) = K / X_e, \quad (3)$$

$$X_e = \sum_{i=1}^m x_i \quad (4)$$

其中: K 为常数, $X_e > 0$ 为当前调度方案的评价函数, x_i 为方案分派给电梯 i 的呼梯的评价值

$$x_i = \sum_{j=1}^h k_{wt}^{(j)} \cdot f_{wt}(w_{tij}, \Delta w_{tij}) + \sum_{j=1}^h k_{rt}^{(j)} \cdot f_{rt}(rt_{ij}, \Delta rt_{ij}). \quad (5)$$

其中: $1 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq h; m$ 为电梯数量; h 为楼层数; $k_{wt}^{(j)}, k_{rt}^{(j)}$ 分别为楼层 j 等待时间和乘梯时间系数; f_{wt}, f_{rt} 为等待和乘梯时间的估算函数

3) 排序: 根据各解的适应度大小对解集进行降序排列, 记忆前 N 个解 ($N < M$)。

4) 选择: 对 $P(t)$ 进行比例选择运算, 得到 $P'(t)$ 。

5) 交叉: 对 $P'(t)$ 进行两点交换运算, 得到 $P''(t)$ 。

6) 变异: 对 $P''(t)$ 进行均匀突变运算, 得到 $P'''(t)$ 。

7) 小生境淘汰运算: 将第 6) 步得到的 M 个解和第 3) 步中所记忆的 N 个解合并在一起, 得到一个含有 $M + N$ 个解的新解集; 然后求出新解集中每两个解 X_i 与 X_j 之间的近似程度, 即海明距离

$$S(d(X_i, X_j)) = \sqrt{\sum_{k=1}^M (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (6)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, M + N - 1; j = i + 1, \dots, M + N$ 。若这个距离在预先指定的范围 L 内, 即 $X_i -$

$X_j < L$ 时, 再比较二者之间的适应度大小, 对其中适应度低的解处以罚函数

$$f_i(X) = f_i(X) - p(X). \quad (7)$$

式中: $p(X)$ 为罚函数, $f_i(X)$ 为考虑了罚函数后的新适应度。在电梯群控系统中评价一种调度方法的好坏主要取决于等待时间 w_{tj} 和乘梯时间 rt_{ij} 。当两种不同的调度方法有相近的 $w_{tj} + rt_{ij}$, 则说明二者服务质量相当, 即近似程度很高, 距离 L 很小, 所以

$$L = g(\Delta w_{tj} + \Delta rt_{ij}). \quad (8)$$

这样, 对于在预先指定的 L 范围内的任意两个解, 其中较差的解处以罚函数后, 其适应度变得更小, 在择优进化中被淘汰的概率更大

8) 重新排序: 依据 $f_i(X)$ 对新解集再次进行降序排列, 记忆前 N 个解

9) 终止条件的判断: 若未达到性能指标最优, 即不满足终止条件, 则更新进化代数计数器 $t = t + 1$, 并转到第 4) 步, 直至满足终止条件。最终解作为电梯调度单元的输出

该方法使得在某一相似距离 L 内只存在一个最优解, 实现了在降低调度方法近似程度的基础上达到各性能指标最优, 既维护了调度方法的多样性, 又能保证各方法在整个解空间分散

3 智能优化调度方法的仿真

在电梯虚拟仿真环境下对各调度方法进行仿真比较。选取 3 组交通流, 用各调度方法对每种交通流分别进行多次仿真

交通流 A: 上高峰 - 空闲 - 随机层间 - 空闲 - 下高峰;

交通流 B: 上高峰 - 随机层间 - 空闲 - 下高峰;

交通流 C: 上高峰 - 空闲 - 随机层间 - 下高峰

选择以下几种调度方法:

方法 I: 基于分区的高峰期电梯群控方法, 适合于高峰交通模式;

方法 II: 基于遗传算法的电梯群控方法, 适合于随机层间交通模式;

方法 III: 基于交通流概率仿真模型的电梯群控方法, 适合于空闲模式;

方法 IV: 基于小生境遗传算法的电梯群控智能优化调度方法, 适合于各种交通模式

表 1 为用方法 I 和方法 IV 对上述 3 组交通流的高峰期进行调度的仿真均值统计结果。方法 IV 与方法 I 在电梯启停次数和运载能力方面比较相近, 基本实现了高峰期对能耗限制以及处理能力的要求; 方法 IV 的平均往返运行时间比方法 I 大, 因为

每次选择调度方法时,方法 IV 都要花费大量的时间来评价和比较各调度方法的性能,以实现择优调度,

表1 高峰期交通流仿真结果

交通流	指标	方法 I	方法 IV
A	平均启停次数	102	94
	平均往返次数	32	15
	平均往返时间/s	176.5	350.4
	平均载重/人	20.4	44.3
	运载能力/(人/5m in)	150.6	152.0
B	平均启停次数	99	106
	平均往返次数	26	19
	平均往返时间/s	198.0	326.2
	平均载重/人	36.0	48.5
	运载能力/(人/5m in)	230.1	183.4
C	平均启停次数	440	430
	平均往返次数	112	54
	平均往返时间/s	206.0	434.6
	平均载重/人	22.7	45.2
	运载能力/(人/5m in)	128.5	130.3

表2 层间交通服务性能

性能指标	交通流 A		交通流 B		交通流 C	
	II	IV	II	IV	II	IV
平均WT/s	9.2	9.4	8.7	8.8	7.7	7.9
平均RT/s	12.8	11.5	12.3	11.7	13.3	12.2

表3 空闲期交通服务性能

		III			IV		
		aw/s	ar/s	DE	aw/s	ar/s	DE
A	1	15.5	13.4	1	15.5	15.1	0
	2	11.8	13.7	0	13.9	15.4	0
	3	15.5	9.7	0	16.9	11.2	0
	4	15.3	12.2	0	17.1	14.3	0
B	1	15.5	10.9	0	15.5	12.9	1
	2	9.3	8.4	1	12.3	8.4	1
	3	6.8	18.4	2	6.8	18.4	2
	4	4.2	10.9	1	4.2	10.9	1
C	1	18.8	15.9	0	18	15.9	1
	2	21.8	19.4	1	21.8	19.7	2
	3	7	6.1	1	9.1	6.1	1
	4	4.2	13.4	1	5.3	13.4	1
	5	4.1	18.4	0	4.2	18.4	1
	6	4.2	12.2	1	5.2	13	1
	7	0.8	7.4	2	0.9	7.4	1
	8	10.3	10.9	0	7.8	10.9	2
	9	6.5	18.7	1	6.8	18.7	0
启停	E 0	E 1	E 2	E 0	E 1	E 2	
	6	10	1	2	11	4	

使得搜索率降低,但方法 IV 的往返次数远小于方法 I,弥补了搜索率低的不足.总体看,方法 IV 的适应能力达到了预期效果.

表2和表3分别为随机层间部分和空闲期的仿真结果,aw为平均候梯时间,ar为平均乘梯时间,DE为派梯,E为分派电梯号,WT为候梯时间,RE为乘梯时间.方法IV与方法III一样仅需开动1~3部电梯便能满足服务要求,达到空闲时节省电梯的目的.

由表1~表3可知,该方法虽然在时间性能上微劣于其他传统方法,但仍在许可范围内;然而,在电梯往返次数上却远小于其他方法,不但提高了服务效率,而且减少了电梯损耗.因此,该方法适合于各种交通流模式,能满足相应的服务要求.

4 结论

电梯群控系统由信息处理单元和优化调度单元组成.采用基于遗传算法的模糊神经网络对信息处理单元中的大量数据进行数据融合,简化了输入.在优化调度单元采用基于小生境遗传算法进行全局优化调度,使其更能适应智能多模式的交通流变化.仿真结果表明,该方法能在不同交通模式下进行合理调度.

参考文献(References):

- [1] Yoneda Kenji, Tobita Toshimitsu, Onuki Akira, et al. Multiobjective elevator supervisory-control system with individual floor-situation control [J]. *Elevator World*, 1999, 47(5): 90, 92-95.
- [2] 刘增良. 模糊技术与神经网络技术选编(5) [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999.
- [3] 罗雪山, 王震雷. 模糊神经网络在数据融合中的应用 [J]. *模糊系统与数学*, 1998, 12(4): 11-19. (Luo X S, Wang Z L. Applications of fuzzy neural network to data fusion [J]. *Fuzzy Systems and Mathematics*, 1998, 12(4): 11-19.)
- [4] Chang Bum Kim, Kyong A Seong. A fuzzy approach to elevator group control system [J]. *IEEE Trans on System, Man, and Cybernetics*, 1995, 25(6): 985-990.
- [5] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
- [6] Ogoishi Yasuhiro, Kimura Haruhiko, Hirose Sadaki, et al. Elevator group control system using multiagent system [J]. *Systems and Computers in Japan*, 2003, 34(1): 45-58.