

# 电梯群控系统客流分析与仿真

郑延军 张惠侨 叶庆泰 朱昌明

(上海交通大学机械工程学院,上海 200030)

E-mail:yjzhe@online.sh.cn

**摘要** 该文基于电梯群控系统中随机的乘客到达过程是一个 Poisson 过程的假设,导出乘客到达的时间公式,给出一种运用 Monte-Carlo 抽样法确定每个乘客运行的起始楼层和目标楼层的电梯客流分析模型,并对它们进行了仿真研究。该文提出的电梯客流分析模型对于电梯系统的交通分析、配置设计、电梯群控系统及其仿真的研究都具有重要意义。

**关键词** 电梯群控系统 客流分析 Monte-Carlo 抽样法

文章编号 1002-8331-(2001)22-0139-03 文献标识码 A 中图分类号 TM921

## Passenger Flow Analysis and Simulation of Elevator Group Control System

Zheng Yanjun Zhang Huiqiao Ye Qingtai Zhu Changming

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030)

**Abstract:** The paper deduces the formula of passenger arrival time base on the assumption that stochastic passenger arrival process in elevator group control system is a poisson process, defines a passenger traffic analysis model which gives the origin floors and the destination floors of every passenger's movement with Monte-Carlo sample method. The passenger flow analysis model is important for traffic analyzing, configuring of elevator system and researching in elevator group control system and its simulation.

**Keywords:** Elevator Group Control System, Passenger traffic Analysis, Monte-Carlo Sample Method

### 1 引言

电梯客流分析的目标是确定每个乘客的到达时间、出发楼层和目标楼层。这些信息是进行电梯系统交通分析,研究电梯群控调度及进行电梯群控系统仿真所必需的。由于不便获得实际样本数据,一般在研究时都用在计算机上模拟产生的方法获得。电梯乘客的到达过程是一个复杂的随机过程,统计分析表明它是一个 Poisson 过程<sup>[1]</sup>。基于以上假设,该文导出了乘客到达时间的公式,并提出一种用 Monte-Carlo 抽样法确定乘客出发楼层和目标楼层的客流分析模型。

### 2 乘客到达时间模型

乘客乘电梯是一个随机问题。统计分析表明随机过程,如乘客到达电梯系统要求服务的过程,满足如下的 Poisson 分布:

$$\varphi = \frac{(\lambda T)^n e^{-\lambda T}}{n!} \quad (n=0,1,2,\dots) \quad (1)$$

式中  $\varphi$  是在给定的时间周期  $T$  内  $n$  个乘客到达要求电梯服务的概率  $\lambda$ , 是到达率,即每秒到达系统的平均乘客数。根据公式(1),第 1,2,...个乘客一个接一个到达电梯系统要求服务的时间可导出如下:

$$t_0 = A$$
$$t_i = t_{i-1} - \frac{\ln r}{\lambda} \quad (i=1,2,\dots) \quad (2)$$

式中  $A$  是观测或讨论问题的起始时间,  $t_i$  是第  $i$  个乘客的到达时间,  $r$  是  $[0,1]$  区间均匀分布的随机数。

### 3 乘客的起始密度向量和起始-目标矩阵

如果存在一个乘客的到达时间模型,就能知道何时要求电梯响应一个已召唤的乘客,但是该模型不能说明每个乘客要到达大楼的哪一层。这也是一个随机问题,为了解决这个问题,首先介绍两个物理概念,一个是起始密度向量,另一个是起始-目标矩阵。

下面的例子用来描述这些变量的构造方法。

假定办公大楼共有  $N$  层,各层分布的人数分别为:  $POP(i), i=1,2,\dots,N$ , 设到达和离开一个楼层的客流与该楼层的人数成正比。乘客的运动可分为如下三种类型:

- (a) 上行交通,起始楼层为基站;
- (b) 下行交通,目标楼层为基站;
- (c) 层间交通,起始楼层和目标楼层都不是基站。

假定  $X, Y, Z$  分别表示(a)、(b)、(c)三种客流的百分比。这时可定义起始密度向量如下:

$$origin(1) = X$$
$$origin(i) = (Y+Z)\zeta_i \quad (i=2,3,\dots) \quad (3)$$

式中,

$$\zeta_i = \frac{POP(i)}{\sum_{i=2}^N POP(i)} \quad (4)$$

$i$  表示楼层号,基站为第 1 层,其它楼层分别为 2,3,...,  $N$ ;  $N$  是电梯服务的顶层,  $origin(i)$  表示从第  $i$  层出发的相对客流

基金项目:国家自然科学基金(编号:69975013)资助

作者简介:郑延军,上海交通大学工学博士,主要从事机电系统智能控制、动态分析研究。

计算机工程与应用 2001.22 139

量。

起始-目标矩阵可定义如下：

$$\begin{matrix} & \text{到 } j \text{ 层楼去} \\ & \begin{matrix} 1 & 2 & \dots & N \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{从 } i \\ \text{层楼} \\ \text{来} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & od(1,1) & od(1,2) & \dots & od(1,N) \\ 2 & od(2,1) & od(2,2) & \dots & od(2,N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ N & od(N,1) & od(N,2) & \dots & od(N,N) \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

它的元素  $od(i,j)$  ( $i,j=1,2,\dots,N$ ) 表示从第  $i$  层到第  $j$  层的相对客流量,可由下列式子给定:

$$od(1,j)=\begin{cases} 0 & j=1 \\ \zeta_j & j=2,3,\dots,N \end{cases} \quad (6)$$

从1楼到j楼,按照每层人数的多少决定目标楼层j?  
可使用正态分布f(j),且乘以(1-ε),表示越少人的楼层,越趋向于不搭电梯

$$od(i,1)=\begin{cases} 0 & i=1 \\ \frac{Y}{Y+Z} & i=2,3,\dots,N \end{cases} \quad (7)$$

从i楼到1楼,按照下行百分比决定?楼层数越低,越趋向于不搭电梯  
改变为 乘以Y/(X+Y+Z),表示越多人的楼层,离开的人越多

$$od(i,j)=\begin{cases} 0 & i=j \\ \frac{Z\eta_{ij}}{Y+Z} & i \neq j \end{cases} \quad (8)$$

j楼层人数越多,成为目的楼层的概率越高?  
改变为使用均匀分布,乘以Z/(X+Y+Z)

式中,

$$\eta_{ij} = \frac{POP(j)}{\sum_{k=2}^N POP(k)} \quad (9)$$

#### 4 乘客的起始楼层和目标楼层

##### 4.1 确定乘客的起始楼层

如果已知乘客的起始密度向量,可用如下的 Monte Carlo 抽样法来确定乘客的起始楼层:构造一个轮盘,上面沿圆周分布了  $N$  个区间,依次对应着  $N$  个楼层,每个区间的宽度与以该楼层为出发层的起始密度成正比。对于每个乘客,随机转动一次轮盘,停止时指针指向区间所对应的楼层即可作为该乘客的起始楼层。具体可按如下的步骤操作:

(1)计算所有  $N$  个楼层的起始密度之和:  $F=\sum_{i=1}^N origin(i)$ ;

(2)计算各楼层的选择概率:  $p_i=origin(i)/F$ ; ( $i=1,2,\dots,N$ )

(3)计算各楼层的累积概率:

$$q_i = \sum_{k=1}^i p_k \quad (i=1,2,\dots,N)$$

(4)对于每个乘客,在  $[0,1]$  区间内产生一个均匀分布的随机数  $r$ ,如果  $r < q_1$ ,则选第 1 个楼层作为该乘客的起始楼层;否则,选择第  $i$  楼层 ( $i$  满足  $q_i \geq r > q_{i-1}$ ) 作为该乘客的起始楼层。

##### 4.2 确定乘客的目标楼层

根据起始-目标矩阵,可以确定乘客的目标楼层,所用的方法与确定起始楼层的方法类似,对于每个乘客,具体可按如下的步骤操作来确定其目标楼层:

(1)用 3.1 的方法确定其起始楼层  $i$ ;

(2)计算起始-目标矩阵中第  $i$  行所有目标层不为  $i$  的元素之和:

$$F(i) = \sum_{j=1, j \neq i}^N od(i,j)$$

(3)计算第  $j$  层作为该乘客目标层的选择概率:

$$p_j = od(i,j)/F(i) \quad (j=1,2,\dots,N, j \neq i)$$

(4)计算各楼层的累积概率:

$$q_j = \sum_{k=1}^j p_k \quad (j=1,2,\dots,N, j \neq i)$$

(5)在  $[0,1]$  区间内产生一个均匀分布的随机数  $r$ ,如果  $r < q_{i1}$  且  $i \neq 1$ ,则选第 1 个楼层作为该乘客的起始楼层;否则,选择第  $j$  楼层 ( $j$  满足  $q_{ij} \geq r > q_{i,j-1}$ ,且  $j \neq i$ ) 作为该乘客的起始楼层。

#### 5 客流仿真

上述模型可在计算机上进行仿真,程序流程如图 1 所示:

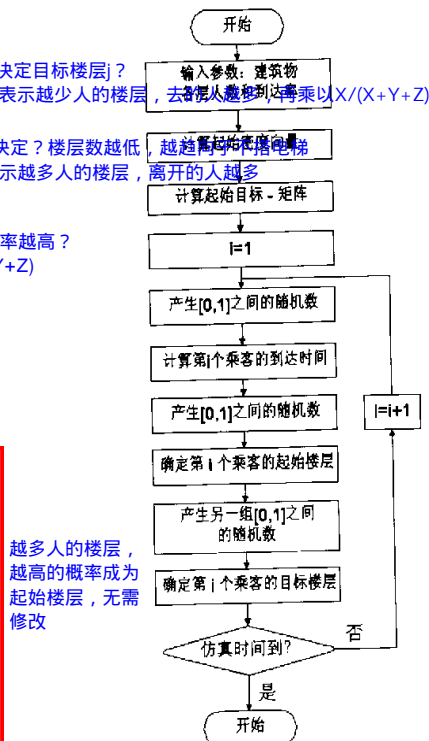


图 1 电梯客流分析仿真流程

#### 6 电梯各种交通模式的客流分析实例

一个大楼,在不同的时期客流情况可能完全不同,即其具有不同的交通模式。以一个典型办公大楼的客流情况为例:在早上上班前的几分钟,职员到达办公大楼乘梯的时间很集中,5分钟内到达的乘客量一般占建筑物总人数的 11%~25%,他们到达后从基站乘梯上行到达各楼层上班,这时的乘客到达率很高,对应上行高峰交通模式;上班后到达率下降,其它的交通模式随之开始,直到中午午餐时间到来前,大楼存在少量的层间随机流动的客流,这时的乘客到达率较低,对应层间均衡交通模式;在中午午餐时间内,大楼内人员先从各楼层到餐厅,就餐后再返回各楼层,这时存在不均匀的层间流动客流,对应非均匀层间交通模式;下班时间到达前同样是少量的层间客流,对应均衡层间交通模式;下班时间来到后的几分钟内,大多数乘客从各层下行到基站后离开大楼,这时对应下行高峰交通模式,表 2 给出了几种典型的交通模式对应的  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  参数值。

设一个办公大楼,共有 20 层,总人数为 1175,各层的分布的人数如表 1 所示:

表1 办公大楼中各楼层的人数分布

楼层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
人数	15	70	150	100	75	60	90	85	70	50
楼层	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
人数	70	60	60	50	40	30	30	25	25	20

设上行高峰交通、下行高峰交通、层间均衡交通三种典型交通模式的仿真开始时间分别为7:50:00、18:00:00、10:00:00。上行、下行、层间流动的客流百分比 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 如表2所示。

表2 典型交通模式的各种客流百分比

交通模式	上行高峰	下行高峰	层间均衡交通
上行客流百分比( $X$ )	0.90	0.05	0.45
下行客流百分比( $Y$ )	0.05	0.90	0.45
层间流动客流百分比( $Z$ )	0.05	0.05	0.10

设三种典型交通模式下,电梯系统5分钟内的客流输送能力 $HC$ 分别为:16%、20%、3%,则可算出这三种模式下乘客的平均到达率分别为:0.627、0.783、0.118。

根据以上条件,分别对三种典型交通模式的客流进行仿真,程序产生的客流数据如下:

## 7 结束语

由于客流全天都在变化,因此电梯乘客交通是非常复杂的。不同的建筑物如旅馆、办公楼、医院等等有不同的交通类型,乘客的客流模型将是多样的。它可能是以上几种典型交通模式的混合。在实际的电梯控制系统中,交通模式通常依据系统检测到的层站召唤信号、轿厢内选信号和称重信号等进行识别。处理其它各种客流问题的方法与该文的方法类似。(收稿日期:2000年7月)

(上接110页)

## 4.3 应用程序的开发

应用程序主要功能如图2。下面介绍一些程序开发所共有的问题。

PowerBuilder属于第四代语言,第四代语言的特点之一就是面向对象编程。所以在应用程序的开发中尽可能地利用继承的方法,这样不仅能使程序界面保持一致,可维护性增强,而且代码效率也会得到提高。控件、变量等的名字尽量使用默认的命名方法。

### 4.3.1 组件式编程

组件式(COM)编程可以借助第三方的产品使应用程序实现强大的功能。PowerBuilder处理图形的功能不强,所以应用程序采用了Mapinfo公司的控件Mapx4。Mapx4是面向GIS应用开发的控件,它对电子地图处理的功能非常强大,能够在MapInfo下开发的地理信息系统很方便地和开发环境结合起来:通过调用控件的方法,设置属性等可以实现图层的显示,放大、缩小、漫游,经纬度和屏幕坐标的转换等操作。因为管理的信息是对地域敏感的,所以电子地图是主要的查询界面,从数据库查询出来的数据可以直观地显示到地图上。地理信息和数据信息是通过经纬度联系在一起的。

### 4.3.2 数据窗口的应用

应用程序提供按时间、卫星、经纬度和地名的查询方式,所以查询的Where子句是动态的,对于这样的情况,在建立DataWindow的时候不指明查询条件和排序是一种很好的办法。不同卫星对应不同的表,所以DataWindow也是动态设定的。

在应用程序开发过程中遇到一些PowerBuilder不善长完

表3 典型交通模式的客流仿真数据

上行高峰交通模式					下行高峰交通模式					层间均衡交通模式				
乘客	起始层	目标层	召唤时间		乘客	起始层	目标层	召唤时间		乘客	起始层	目标层	召唤时间	
1	1	7	7:50:01		1	8	1	18:00:02		1	10	5	10:00:04	
2	1	2	7:50:02		2	15	4	18:00:05		2	1	4	10:00:23	
3	1	4	7:50:02		3	3	1	18:00:05		3	1	4	10:00:36	
4	1	6	7:50:02		4	9	1	18:00:06		4	1	10	10:00:39	
5	1	11	7:50:04		5	14	1	18:00:07		5	1	7	10:00:46	
6	1	4	7:50:05		6	9	1	18:00:09		6	14	1	10:01:03	
7	3	14	7:50:05		7	10	1	18:00:10		7	3	7	10:01:10	
8	1	8	7:50:05		8	7	1	18:00:11		8	13	17	10:01:27	
9	1	9	7:50:09		9	2	1	18:00:12		9	11	1	10:01:29	
10	1	8	7:50:09		10	16	1	18:00:13		10	14	11	10:01:31	
11	3	18	7:50:10		11	20	1	18:00:14		11	4	1	10:01:32	
12	11	4	7:50:11		12	10	1	18:00:16		12	3	1	10:01:35	
13	1	3	7:50:11		13	14	1	18:00:17		13	4	1	10:01:36	
14	1	19	7:50:13		14	11	1	18:00:18		14	9	1	10:01:37	
15	1	20	7:50:13		15	9	1	18:00:18		15	9	1	10:01:49	
16	4	1	7:50:14		16	3	1	18:00:19		16	16	1	10:01:51	
17	1	8	7:50:14		17	2	1	18:00:20		17	3	19	10:02:03	
18	1	3	7:50:14		18	1	4	18:00:20		18	1	11	10:02:16	
19	1	13	7:50:15		19	1	13	18:00:20		19	8	1	10:02:18	
20	1	3	7:50:16		20	6	1	18:00:21		20	1	8	10:02:32	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

## 参考文献

1. Barney, G. C. 著. 彭克荣, 张惠桥等译. 电梯交通分析、设计与控制[M]. 中国建筑科学研究院建筑机械化研究所, 1993
2. 徐书确. 现代群控电梯客流控制[J]. 福州大学学报, 1998; (8)
3. 林都, 曾建平等. 电梯群控系统的活动扫描法仿真[J]. 系统仿真学报, 1995; (12)

成的功能,是用如下方法解决的:通过调用Windows的API(Application Programming Interface);用声明外部函数的方法调用VC编制的动态连接库。

## 4.4 数据库服务器端的程序开发

数据库服务器端的程序主要用C语言开发,功能是完成数据库服务器和地面站其他系统的文件交换,然后实现记录的集中入库,并传达处理指令到相应系统。

## 4.5 数据库的维护和安全

利用Oracle提供的Export工具,每周进行一次增量备份,每两个月进行一次完全备份。

创建角色和数据库用户,实现两级授权,分析数据库及操作系统的日志,及时发现安全隐患,必要时可对可疑用户进行审计。

## 5 结束语

地面站数据管理系统采用典型的C/S结构,很好地解决了数据的归档和管理问题,随着数据的积累和系统的完善,可以通过Web Server,编写CGI程序把信息发布到Internet上,为更多的用户服务。(收稿日期:2000年8月)

## 参考文献

1. 王珊著. 数据库系统基础[M]. 中国铁道出版社, 1998.2
2. 康博创作宰译. PowerBuilder 6.0 程序设计大全[M]. 机械工业出版社, 1998.8
3. 张剑平等编著. 地理信息系统与MapInfo应用[M]. 科学出版社, 1999.7
4. 俞鑫祥编著. ORACLE 数据库系统基础[M]. 清华大学出版, 1995.11