

# 计算机模拟仿真及其应用

赵岑 苏州大学 计算机科学与技术学院 215006

摘要：模拟仿真是科学发现和结论分析的重要方法之一。本文在讨论了计算机模拟仿真基本概念和重要性基础上，重点对离散事件模拟方法进行了深入探讨分析。以一个排队服务系统为例，详细阐述了基于通用语言和下一事件模拟方法对系统进行模拟仿真的详细分析过程。

关键词：模拟；仿真；离散事件

## 1、概述

模型和模拟是科学发现和研究的两个重要途径。模型又称为解析模型，是指借助有关的概念、变量、规则、数学表达式、逻辑关系、图形等给出目标系统的精确的一般性描述；而模拟模型是为了深入理解目标系统，建立目标系统的模型，并在宿主系统上加以体现和实验的过程。

解析模型和模拟模型在某些情况下都是有有效的，他们能够从不同侧面反映目标系统的特性。但是在有些情况下，由于受到目标系统的复杂性、危险性、破坏性、造价昂贵以及其它特性的制约，人们只能采取模拟仿真的方法对系统进行分析和测试。到目前为止，计算机模拟仿真已经成为了一个独立的学科，在科学发现、结论分析、模型验证、系统可靠性等领域发挥着越来越重要的作用。

## 2、离散事件模拟方法

计算机模拟仿真方法根据不同的标准可以划分为不同的类别，实际应用最多的是离散事件模拟方法。离散事件模拟方法具有离散性、动态性和随机性的特点。

离散性的特点使得可以采用事件表示法，即只对发生事件的时间点处理模拟。事件是在离散前提下才引出的概念，在特定的时间点事件才会发生，指可能改变系统状态的一种瞬时发生的事变。事件具有瞬时和可能两个特点，瞬时指事件处理过程没有时间的流逝，可能指凡改变系统状态的时间点上必定有事件发生，但发生事件的时刻并非都改变系统状态。

动态性是指整个系统是随时间的改变而变化的。因此需要为时间推进机构专设一段程序。时间推进机构的作用报考推进时间和给出模拟当前时间值两个方面。常用的时间推进方法有两种：定步长法和下一事件流方法。

随机性表现在到达时间、服务时间为随机变量。

有多种方法可以实现离散事件模拟，我们可以通过专门的模拟语言环境如 GPSS、Simulink 等，可以使用通用语言的模拟函数库如 ANSI C 支持的 SIMLIB，还可以一切采用通用语言从零开始。一般说来，专用模拟语言环境或者函数库为用户提供了便捷的接口和函数，普通用户以方便实现模拟功能而不必了解系统细节，具有简单、易掌握等特点。但是，由于这些方法使得目标系统的模拟受限于系统提供的函数和功能，灵活性得到了限制。因此，对于复杂的和具有特殊需求的系统，高级用户往往需要直接采用通用语言进行模拟。这一方面提高了灵活性，另一方面有利于用户更好地了解目标系统各因素之间的相互关系。

## 3、基于通用语言的模拟应用

下面以一个排队服务系统为例，阐明采用通用语言和下一事件方法进行计算机模拟的方

法和步骤。

### 3.1 问题描述

某排队系统具有两个服务员，分别用 A、B 表示，有两类顾客，分别表示为 1、2。顾客类别在其刚到达系统时决定，类别为 1 的概率为 0.6。新顾客到达系统后，是否真正进入系统与 A 服务队列中等待的顾客数  $m$  有关，新顾客真正进入系统的概率为  $1/(m+1)$ ，该概率与顾客类型以及 B 服务队列长度无关。两类顾客都要首先被 A 服务，服务完毕后，类型为 1 的顾客直接离开系统，类型为 2 的顾客还需被 B 服务。服务队列采用 FIFO 策略。顾客到达的时间间隔和服务时间的分布情况如下：顾客到达时间间隔服从均值为 1 分钟的指数分布；A 服务所需时间服从均值为 0.8 分钟的指数分布；B 服务所需时间服从均值为 1.2 分钟的指数分布；

要求建模仿真，求出：每类顾客在系统中逗留时间的平均值；到达但没有真正进入系统的顾客数；每个服务队列按时间加权平均的队列长度；每个服务队列的最大长度；每个服务员的利用率

初始条件：初始状态系统为空；

结束条件：模拟 1000 个顾客服务后离开系统

### 3.2 系统事件

经过分析，系统包括三类事件：新顾客到达事件，ARRIVE，事件类型为 1；A 服务结束事件，DEPART1，事件类型为 2；B 服务结束事件，DEPART2，事件类型为 3；模拟结束事件，REPORT，不显示定义事件类型，通过判断结束条件是否满足来调用该事件，调用后模拟结束。

### 3.3 数据结构

简单系统的事件表用一个 FIFO 线性表，以程序算法为中心；现实世界大多数的模拟，需要大量的记录表格，通常用表格驱动法，控制也用表格；而复杂系统的模拟必以数据结构为中心来考虑问题。如果采用的数据结构不合理，就大大增加模拟时间和存储容量。

对于本目标系统，采用链表结构，定义数据结构如下：

两个代表服务队列的列表， $Q[i]$ ， $i=1,2$  为列表首节点指针，分别表示 A、B 服务队列；两个服务员也用两个列表表示， $Server[i]$   $i=1,2$  为列表首指针，分别表示 A、B 服务员；一个事件列表存放未来事件，QE 为事件列表头指针； $Q[i]$  和  $Server[i]$  中的节点为 Tcustom 记录类型，代表一个顾客，包括三个域：ArriveT：顾客到达系统时间，TypeC：顾客类型，Next：指向下一节点的指针；QE 中的节点为 Tevent 记录类型，代表一个事件，包括三个域：OccureT：事件发生时间，TypeE：事件类型，Next：指向下一事件的指针； $Q[i]$  的首节点不表示一个顾客，有特殊

含义，其 ArriveT 表示该服务队列最近一次长度变化发生的时间；TypeC 表示当前队列长度。之所以这样约定是为了统计变量的方便。Server[i] 的首节点不表示一个顾客，有其特殊含义。其 ArriveT 记录该服务员开始忙的时间，-1 表示服务员空闲；TypeC 表示该服务员已经服务完毕的顾客数。除了首节点外，每个 Server[i] 最多包含一个节点。

### 3.4 系统程序组成

(1) 主程序：MAIN

(2) 系统子程序：INIT (初始化) TIMING (时钟推进程序) ARRIVE (到达) DEPART1 (A 服务结束) DEPART2 (B 服务结束) REPORT (模拟结束报告) FreeSpace (模拟结束后释放空间)；

(3) 其它子程序：

为了代码重用和编程方便设置下列子程序：GetData：得到模拟参数，例如 TotalNum、MservT[i] 等；START(i:integer)；启动服务员 Server[i]， $i=1,2$ ；AddCustom(i:integer; t:double; tpc:integer)；往指定的服务队列中添加一个顾客，i 为 1 表示队列 A，2 队列 B；t 为顾客到达时间；tpc 为顾客类型；RemoveCustom(i:integer)；取出指定服务队列的首顾客，存到 TransferCustom 全局指针指示的位置，i=1 表示队列 A，2 队列 B；InsertEvent (t:double; tpe:integer)；往事件表 QE 中按时间递增顺序插入事件，参数 t 表示发生时间，i 表示事件类型；myRandom：自己编写的 IBM370 机器上用混和同余法生成 0~1 上均匀分布随机数的函数；myExpon (Mean:double)：生成均值为 Mean 的指数分布变量。

### 3.5 系统常量变量

(1) 系统全局变量：

Server[i]，Q[i]，QE(i=1,2)：服务员、服务队列、事件列表，含义如上所述；CusNum：服务完毕的顾客总数；TimeSimu：模拟时钟；NextType：下一事件类型；MarriveT：顾客平均到达时间；MservT[i]  $i=1,2$ ：A、B 平均服务时间；TotalNum：总共模拟顾客数（结束条件）；Ptype1：新到达顾客为类型 1 的概率；TransferCustom：全局临时指针变量，指向暂时的顾客记录；Zi：生成随机数的函数中，记录上次产生的 Zi 并用之生成 Zi+1，进而生成下一个随机数。

(2) 统计变量：

MaxSizeQ[i]=Max(Q[i].typeC)，Q[i] 的最大队列长度；MeanSizeQ[i]：程序运行时记录 Q[i] 按时间加权的队列长度之和，模拟结束时除以总模拟时间得到 Q[i] 按时间加权的平均队列长度，即平均等待顾客数；MeanBusy[i]：程序运行时记录 Server[i] 按时间加权的队列长度之和，模拟结束时除以总模拟时间得到 Server[i] 按时间加权的平均队列长度，即服务员的利用

率; Delay[i]: 程序运行时记录到目前为止, 服务完的类型为 i 的所有顾客在系统逗留的时间之和, 模拟结束时除以服务完毕的该类顾客总数, 得到该类顾客在系统中逗留的平均时间; BalkNum: 到达但没有真正进入系统的顾客数;

### (3) 系统常量:

a=314159269;

c=453806245;

m=2147483648;

m 的值是  $2^{31}$  计算得到的。以上三个常量都用于根据 IBM370 机器上用混和同余法生成产生 0~1 上均匀分布随机数。

### 3.6 系统流程图

根据上述分析, 分别画出各个程序的流程图, 编程实现后既可完成系统的模拟。由于篇幅限制, 仅列出本系统关键的几个流程图如下所示:

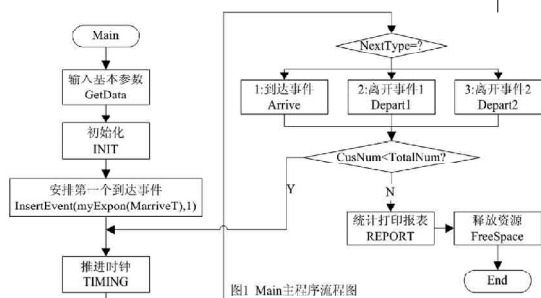


图1 Main主程序流程图

### 3.7 模拟结果

以下为初始 Zi=10 时的一次模拟仿真的结果。

离开系统的顾客数: 251

A 服务队列最大长度: 5

B 服务队列最大长度: 5

A 服务队列平均长度: 0.57695114279431

B 服务队列平均长度: 0.181213609966085

服务员 A 平均利用率: 0.666133804430047

服务员 B 平均利用率: 0.369804792530661

1 类顾客平均逗留时间: 88.6733186008549

2 类顾客平均逗留时间: 199.951531540618

1 类顾客服务总数: 595

2 类顾客服务总数: 405

模拟结束时 A 队列顾客数: 0

模拟结束时 B 队列顾客数: 0

调整不同的 Zi 值, 得到的结果略有差异。

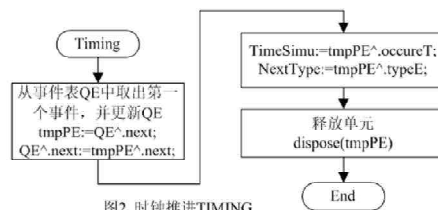


图2 时钟推进TIMING

这是因为模拟时间太短, 运行结果受随机数产生情况影响较大的原因。可采取多次模拟取平均值的方法, 用一个大循环控制模拟循环次数, 将多次得到的结果进行平均, 可以得到与实际系统更加接近的模拟结果。

### 4、结束语

计算机模拟仿真是应用日渐广泛的一种科学方法。基于通用语言和下一事件方法的模拟方法具有极强的灵活性和适应性, 对于复杂和具有特殊需求系统的模拟, 具有指导意义。

### 参考文献

- [1] 顾启泰. 离散事件系统建模与仿真. 清华大学出版社
- [2] P. A. 博比利尔 (瑞士) 等. 通用仿真系统 GPSS 和 GPSS. 科学出版社
- [3] Jim Ledin. 仿真工程. 机械工业出版社
- [4] <http://www.averill-law.com>

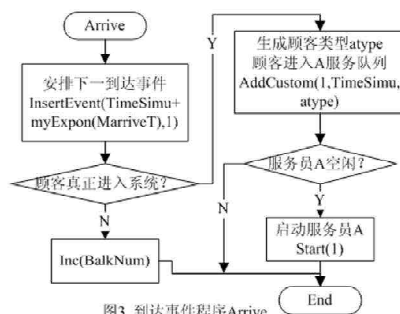


图3 到达事件程序Arrive

(上接第 51 页)

程监视, 保证运输车辆的安全。应用于公共交通系统, GPS 连续提供的车辆运行位置信息覆盖车辆运行的整个线路, 可用来辅助运行计划调整, 准确地进行车辆实时监控和调度指挥, 从而实现机车跟踪。提高车辆的使用效率, 缩短滞留时间。

### 参考文献:

- [1] 蔡柏根. 利用 GPS 和随性传感器的融合集成实现车辆定位北方交通大学学报, 2000 (5)
- [2] 张玉信. GPS 技术在交通管理中的应用前景. 《交通标准化》, 2004 年第 7 期
- [3] ZHANG Rui—iu, TAO Hua—xue. Study on Integration Between GIS and Spatial Data Mining[J]. Survey Science and Technology, 2003(2): 21—24.
- [4] LI De—ren, WANG Shu—liang, SHI Wen—zhong, WANG Xin—zhou. On Spatial Data Mining and Knowledge Discovery[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2001, 26(6): 491—499.
- [5] 陈健飞. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [6] 范明, 孟小峰. 数据挖掘概念与技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004

(上接第 54 页)

健康的挥发性有机溶剂的排放, 减轻在全球经济发展中由于使用传统溶剂带来的空气和水污染的负担, 缔造更加美好的生活环境。

### 参考文献

- [1] Andrews T. On the properties of matter in gaseous and liquid state under various conditions of temperature and pressure[J]. Phil. Trans. Roy. Soc. (London), 1969, 178: 45--48
- [2] Hanny JB, Hogarth J. On the solubility of solids in gases[J]. Proc. Roy. Soc. (London), 1979 29: 234—239
- [3] Jennings DW, Deatsch HM, Zalkow LH. J. Supercrit Fluids[J]. 1992, 5(1) 1.
- [4] Johnston KP, Clarke M J, et al. Water-in-Carbon Dioxide Microemulsions: An Environment for Hydrophiles Including Proteins[J]. Science, 1996, 271: 624.
- [5] 邓启焕, 高勇. 第二类超临界流体萃取银杏叶有效成分的实验研究[J]. 中草药, 1999, 30(6).
- [6] 李菁, 葛发欢, 黄晓芬, 等. 超临界 CO2 萃取当归挥发油的研究[J]. 中药材, 1996, 19(4).
- [7] 柴国梁. 二氧化碳的开发利用前景. 2003. 1
- [8] shaoy. 二氧化碳的应用. 2004. 8

作者简介: 龚舒哲 (1976—), 女, 汉族, 黑龙江大庆人, 大庆师范学院化学系助教, 从事无机化学理论及实验教学。

(上接第 63 页)

时传输多个波长的光信号的一种技术。其原理是: 在发送端将不同波长的光信号组合, 在接收端又将组合的光信号分开并送入不同的终端, 这就意味着, 原来只能采用一个波长作为载波的单一光信道, 变为数个不同波长的光信道同时在光纤中传输, 从而使光通信的容量成倍的提高。WDM 技术的实现, 主要由波分复用器来完成。波分复用器是一个无源光学器件, 器件结构简单, 体积小, 可靠性高, 易于和光纤耦合。WDM 系统有三种基本结构, 即光多路复用单向单纤传输, 光多路复用双向单纤传输和光分路插入传输。组网灵活, 对开发带宽新业务, 充分挖掘和利用光纤带宽的能力, 实现超高速通信具有十分重要的意义。IP Over WDM 通俗的说法就是让 IP 数据包直接在光路上跑, 减少网络层之间的冗余部分。由于省去了中间的 ATM 和 SDH 层, 其传输效率最高, 节省了网络运营商的成本。

### 参考文献

- [1] 吴德本. 李惠敏. 现代通信网络. 北京: 人民邮电出版社. 2003
- [2] 甘切初. 信息系统开发. 北京邮电大学出版社. 2001
- [3] 王慧玲. 有线电视实用新技术. 西安电子科技大学出版社. 1999
- [4] 苏凯雄. 光波分复用系统. 北京邮电大学出版社. 1999
- [5] 纪越峰. SDH 技术. 西安交通大学出版社. 2002