

离散事件系统仿真 技术与实例

LISAN SHIJIAN XITONG FANGZHEN JISHU YU SHILI

马 峻 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

离散事件系统仿真技术与实例

马 峻 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

离散事件系统仿真技术与实例/马峻编著. —北京:

中国铁道出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-113-21040-3

I. ①离… II. ①马… III. ①离散事件系统—系统仿真

IV. ①TP271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 242374 号

书 名: 离散事件系统仿真技术与实例

作 者: 马 峻 编著

策 划: 张文静

读者热线: 010-63550836

责任编辑: 邢斯思

封面设计: 刘 颖

责任校对: 胡明锋

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 虎彩印艺股份有限公司

版 次: 2015年11月第1版 2015年11月第1次印刷

开 本: 880 mm×1 230 mm 1/32 印张: 2 字数: 33 千

书 号: ISBN 978-7-113-21040-3

定 价: 10.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社教材图书营销部联系调换。电话: (010) 63550836

打击盗版举报电话: (010) 51873659



Foreword

前言

离散事件系统仿真是工商与管理类专业开展实践教学的一个重要内容。本书为了满足工商与管理类专业学生更好地完成离散事件系统仿真实实践教学,系统地掌握离散事件系统仿真的原理和方法,作者根据多年从事离散事件系统仿真教学工作的相关资料,编写了《离散事件系统仿真技术与实例》一书。

全书由两章组成,第1章是离散事件系统仿真概论。离散事件系统仿真是离散事件驱动的仿真,在离散系统仿真的动态过程中需要利用仿真钟不断地记录各类离散事件发生的时刻,并进行时间统计,随仿真进程而不断更新时间,从而实现推进。离散事件系统仿真中的推进可分为变步长推进方式和固定步长推进方式,本书详细图解了变步长推进方式,并对两种推进方式进行比较,以单通道排队系统为例说明了仿真表的设计过程,应用具体实例展现了离散事件系统仿真中事件驱动的实现过程,同时阐述了离散事件系统仿真的基本步骤等。第2章是离散事件系统仿真实验。本章首先简要介绍了仿真实验平台AnyLogic的基本情况,AnyLogic是一个多方法建模的软件平台,具有离散事件系统建模、系统动力学建模、多智能体建模以

及混合建模的功能,本书主要利用其离散事件系统建模的功能,分别以简单排队仿真展示了离散仿真的基本过程,以排队、洗衣机组装流水线和地铁入口大厅乘客流动三个仿真实验为例,详细论述了在AnyLogic平台上进行离散事件系统仿真的具体步骤,图文并茂地说明了离散事件系统建模的仿真模型的构建过程。

本书重点讲解离散事件系统仿真的基本原理与实现方法,并以主流的仿真软件为平台,展示了典型的离散事件系统仿真实例,适合作为普通高校工商与管理类专业实验教学指导书,也可以作为开展实验教学的参考书。

编 者

2015年9月



Contents

目 录

第 1 章 离散事件系统仿真概论 / 1

1.1 离散事件系统仿真基本概念 / 3

1.2 离散事件系统仿真基本原理 / 8

1.2.1 离散事件驱动的仿真 / 8

1.2.2 仿真钟 / 10

1.2.3 变步长推进方式 / 10

1.2.4 固定步长推进方式 / 20

1.2.5 仿真表格 / 22

1.2.6 离散事件系统仿真的一般步骤 / 31

第 2 章 离散事件系统仿真实验 / 33

2.1 AnyLogic 介绍 / 35

2.2 实验 / 38

参考文献 / 55

第 1 章

离散事件系统 仿真概论

1.1 | 离散事件系统仿真基本概念

系统的状态通常可用一个或多个状态变量来表示。在离散系统中,状态变量仅在随机的时间点上发生瞬间的跃变,而在两个相邻的时间点之间,系统的状态保持不变。系统状态发生跃变的现象,是由于各种流动实体进入系统后,在各个环节上触发产生的随机离散事件所引起的,并且在离散事件发生的时刻上,可以启动或终止某一具体的活动,从而实现模仿真实系统行为的仿真运行。因此,流动实体、随机离散事件和活动都是离散系统仿真处理的对象,而其中最能反映系统本质属性的对象是随机离散事件。所以,离散系统仿真又称离散事件系统仿真。

1. 实体

实体,是描述系统的要素之一,是系统中可单独辨识和刻画的构成要素。例如:工厂中的机器、商店中的服务员、生产线上的工件、道路上的车辆等。从仿真角度看,实际系统就是由相互间存在一定关系的实体集合组成的,实体间的相互联系和作用产生系统

特定的行为。实体可分为两大类:临时实体和永久实体。

临时实体——在系统中只存在一段时间的实体。一般是按一定规律由系统外部到达系统,在系统中接受永久实体的作用,按照一定的流程通过系统,最后离开系统。临时实体存在一段时间后即自行消失,消失有时是指实体从物理意义上退出了系统的边界或自身不存在了,有时仅是逻辑意义上的取消,意味着不必再予以考虑。例如:进入商店的顾客、路口的车辆、生产线上的工件、进入防空火力网的飞机、停车场的汽车等。

永久实体——永久驻留在系统中的实体,是系统产生功能的必要条件。系统要对临时实体产生作用,就必须有永久实体的活动,也就必须有永久实体。可以说临时实体与永久实体共同完成了某项活动,永久实体作为活动的资源而被占用,如理发店中的理发员、生产线上的加工装配机械、路口的信号灯等。

属性和行为相同或相近的实体可以用“类”来描述,这样可以简化系统的组成和关系。比如,理发店服务系统可以看成是由“服务员”和“顾客”两类实体组成的,两类实体之间存在服务与被服务的关系。

2. 属性

属性,是实体特征的描述,一般是系统所拥有的全部特征的一

个子集,用特征参数或变量表示。选用哪些参数作为实体的属性与建模目的有关,一般按以下原则:实体分类、实体行为的描述、排队规则的确定。

3. 活动

活动,是指实体在一段时间内持续进行的操作或过程。活动所占用的时间段称为忙期,忙期可以是定时的或随机的。

建模中,一般要给出忙期的计算公式或概率分布函数,保证一个实体一进入某一活动,其忙期就可以计算或从概率分布函数中抽取得到,如“服务员”对“顾客”的服务,其忙期就可以从指数分布函数抽样得到(服务时间)。很多情况下的活动是由几个实体协同完成的。

4. 状态

对实体活动的特征状况划分,其表征量称为状态变量。在理发中,顾客有等待服务、接受服务等状态,服务员有忙、闲等状态。

活动总是与一个或几个实体的状态相对应。状态可作为动态属性进行描述。

5. 事件

事件,是指导致系统状态产生变化的瞬间操作或行为。从某

种意义上说,系统是由事件来驱动的。

事件发生的时刻称为事件点。不关心事件所代表的操作和行为意义时,事件与事件点是同义语。

若事件发生是有前提的,则称为条件事件。

活动、状态和事件三者间关系:事件的发生导致状态的变化,实体的活动可以与一定的状态相对应,因此可以用事件来标识活动的开始和结束,如图 1-1 所示。

6. 进程

进程,是指一组按发生时间排列的事件/活动序列(见图 1-1)。

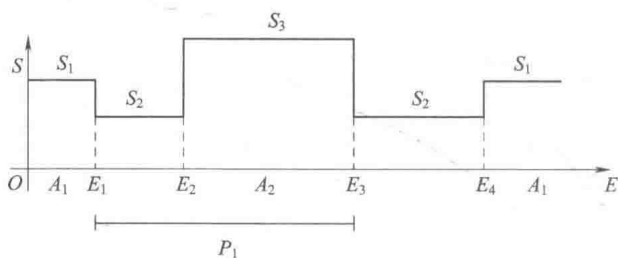


图 1-1 活动、状态、事件和进程

7. 队列

队列,是指处于等待状态的实体序列。一般按新到的实体排在队尾的次序组成。在建模中,队列可作为一种状态或特殊实体对待。

8. 仿真钟

仿真钟,是指用于表示仿真时间的变化,其推进方法与仿真策略有关。

9. 统计计数器

离散事件系统的有些变化是随机的,一次仿真运行得到的状态变化过程只不过是随机过程的一次取样。如果进行另一次独立的仿真运行所得到的状态变化过程可能完全是另一种情况。一般只在统计意义下才有参考价值。因此,在仿真中需要一个统计计数部件,以便统计系统中的有关变量。例如:服务系统中的平均队长、顾客的平均等待时间、服务员的利用率等。

1.2 | 离散事件系统仿真基本原理

1.2.1 离散事件驱动的仿真

离散系统仿真中,事件的发生是随机的,这些随机离散事件是一系列按时序、随机发生的具体事实,它们只在离散的可数时刻上发生,这些事实一旦出现,将使系统中一个或若干个状态变量发生瞬时跃变。由于这些事实的发生具有离散性和随机性,因此称为随机离散事件。

例 某超市有两个并行收银台,顾客按一定概率分布(如泊松分布)的间隔时间到达收银台。若两个收银台均处于闲态,则顾客任选一个收银台办理缴费手续;如果一个收银台已有顾客在缴费,则到另一个收银台缴费;如果两个收银台的收银员均处于忙态,则刚到的顾客排入队列等待。两名收银员由于工作速率不同,收银时间分别为不同概率分布的随机变量,这是一种典型的并行随机服务系统,如图 1-2 所示。

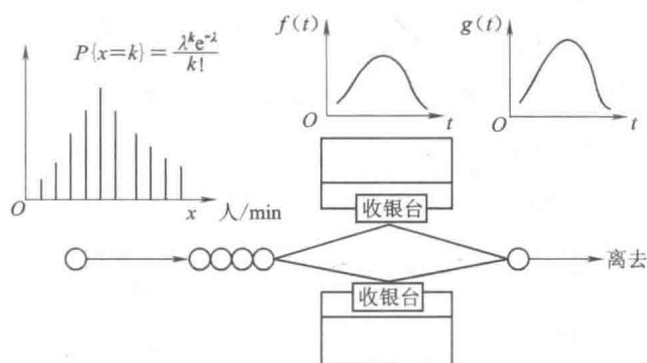


图 1-2 某超市的 2 个并行收银台服务模式

例题中能够引起系统状态变量发生跃变的随机离散事件有：顾客到达事件(E_A)、顾客在收银台 1 办完缴费离开事件(E_{W1})、顾客在收银台 2 办完缴费离开事件(E_{W2})。基于事件驱动的系统状态变化表如表 1-1 所示。

表 1-1 基于事件驱动的系统状态变化

事件发生 时刻	离散事件	系统状态		
		队长(QL)	收银台 1 状态(E_{W1})	收银台 2 状态(E_{W2})
0	—	0	0	0
t_1	E_{A1}	0	1	0
t_2	E_{A2}	0	1	1
t_3	E_{W11}	0	0	1
...	...	...	...	...

由表 1-1 可以看出随机发生的离散事件是使系统状态发生变化的原因,它们是离散系统仿真中最基本的要素。离散事件仿真就是通过对离散事件按发生时刻的先后进行排序,并根据不同事件发生时对系统状态变化的影响来模拟实际系统运行特性的。因此,随机离散事件在离散系统仿真中具有特别重要的地位。

1.2.2 仿真钟

离散系统仿真是动态仿真,需要不断地记录各类离散事件发生的时刻,并进行时间统计。仿真钟是离散系统仿真中的基本组成部分,它是随仿真的进程而不断更新的时间推进装置。通常,在仿真开始时将仿真钟置零,随后,仿真钟按一定的推进方式,不断给出仿真时间的当前值。仿真时间是仿真模型中的时间指示,它表示仿真运行的系统时间。例如:在排队购物系统中,其时间单位可能是分钟;而对于宏观经济模型来说,仿真钟的推进单位则可能以月或季度来表示。

在离散系统仿真中有两种推进方式,即变步长推进方式和固定步长推进方式。

1.2.3 变步长推进方式

在这种时钟推进方式下,仿真时钟按照下一离散事件将要发

生的时刻,以不同的时间间隔向前推进,即仿真时钟每次都跳跃性地推进到下一事件发生的时刻,为此,必须将各事件按发生时间的先后次序进行排列,仿真时钟则按事件顺序发生的时刻推进。每当某一事件发生时,系统开始处理相应的“活动”,并计算出由该事件触发产生的未来事件的发生时刻,经过一定活动处理时间后,仿真时钟将推进到下一事件发生的时刻上。这个过程不断地重复,直到仿真运行满足规定的终止条件时为止,如图 1-3 所示。

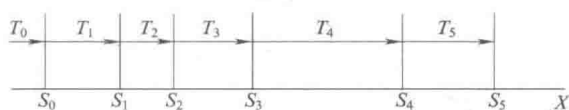


图 1-3 变步长推进

下面以单服务台排队系统为实例进行阐述。系统参数定义如下:

t_i ——第 i 个顾客到达事件发生的时间;

b_i ——第 i 个事件发生的时间;

q_i ——第 i 个事件发生时的队长;

Z_i ——第 i 个事件发生时服务员的状态,其中 $Z_i=1$ 表示忙,
 $Z_i=0$ 表示闲;

A_i ——第 $i-1$ 个顾客与第 i 个顾客到达之间的时间间隔,
 $A_i=t_i-t_{i-1}$;

S_i ——服务员为第 i 个顾客服务的时间长度;