

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.02.029

# 基于 Simio 的排队系统仿真分析

张凯, 伍瑞昌, 陶学强

(军事医学科学院 卫生装备研究所, 天津 300161)

**摘要:** 针对传统数值方法难以求解复杂排队系统模型的问题, 采用新一代面向对象的 Simio 仿真软件进行建模和仿真分析。采用 Simio 软件构建排队系统的仿真模型, 对模型进行统计分析, 并对原系统的 2 种改进方案进行建模仿真和比较验证。分析结果表明, 利用 Simio 软件可方便地对各领域的排队模型及其相关问题进行建模仿真, 具有较大的应用潜力。

**关键词:** 排队系统; 仿真; Simio

**中图分类号:** O226; N945.1 **文献标志码:** A

## Simulation Analysis of Queue System Based on Simio

Zhang Kai, Wu Ruichang, Tao Xueqiang

(Institute of Medical Equipment, Academy of Military Medical Sciences, Tianjin 300161, China)

**Abstract:** The new generation object-oriented simulation software Simio is used to model, simulate and analyze the complex queue system, since it is difficult to solve these related problems with traditional numerical methods. A simulation model of queue system is built, and then statistics and analysis of this mode are carried out. In addition, two improved solutions to the original system are modeled, simulated and vivificated. The result shows, it is convenient to model a queue system and its related problems in various fields, based on Simio.

**Keywords:** queue system; simulation; Simio

### 0 引言

排队系统是典型的离散事件动态系统, 含有许多不确定性和随机性的因素, 采用传统数学方法建模求解往往非常困难。目前, 有学者利用 C、Pascal、Java、GPSS、SIMAN 等通用编程或仿真语言建立了一些排队系统模型<sup>[1]</sup>, 但这些语言普及程度有限, 使用门槛较高, 增加了研究的局限性。可视化仿真软件包的出现降低了建模难度, 尤其是新一代面向对象的 Simio 仿真软件, 在这种复杂的离散事件动态系统建模中具有巨大的优势。故采用 Simio 仿真软件对某服务系统的排队模型进行了建模和仿真分析, 为各领域排队模型的建模仿真提供参考。

### 1 排队系统和 Simio 仿真软件简介

排队系统是由若干服务台按一定结构组成的系统。从决定排队系统进程的主要因素看, 它主要由输入过程、排队规则和服务机构组成。

1) 输入过程有 3 个特征: ① 顾客总体数: 有限还是无限; ② 到达类型: 单个还是成批; ③ 相继顾客到达的时间分布。

2) 排队规则可分为: ① 损失制; ② 等待制: 先进先出 (FIFO), 后进先出 (LIFO), 随机服务

(SIRO), 最短处理时间优先 (SPI), 按优先级别服务 (PR); ③ 混合制。

3) 服务台有 2 个特征: ① 服务台数目; ② 服务时间分布<sup>[2]</sup>。

排队系统中, 客户到达时间是随机的, 服务时间也是随机的。顾客的到达与离开事件改变系统的状态, 这使排队系统具有典型的离散事件动态系统的特性。

描述排队系统在长时间运行时的主要数量指标: ① 平均队长 ( $L$ ) 和平均排队长 ( $Lq$ ); ② 顾客平均逗留时间 ( $W$ ) 和顾客平均等待时间 ( $Wq$ ); ③ 服务台利用率 ( $\rho$ )<sup>[3]</sup>。

Simio 仿真软件是美国 LLC Simio 公司开发的通用仿真平台, 既可用于离散事件仿真, 也可用于连续事件仿真, 已经成功应用于制造、供应链、分拨中心、医疗服务、国防、农业、灾害管理等领域。作为仿真工具的革命性进展, Simio 是真正面向对象的设计, 其基于过程 (而非基于代码) 的对象允许用户通过完全图形化的附加过程对模型进行个性化定制, 同时, 软件也为希望使用编程来扩充系统功能的高级用户提供了一个开放的基于 .NET 的开发框架, 这使 Simio 具有强大的扩展功能。Simio

收稿日期: 2010-09-21; 修回日期: 2010-11-19

作者简介: 张凯 (1984—), 男, 山东人, 博士, 从事卫生资源优化配置研究。

的 2D 模型与 3D 模型也是一体的, 用户在建立 2D 模型的同时也建立了 3D 模型。另外, Simio 对象本身也是智能主体, 可以与其他对象交互, 进行自主决策<sup>[4]</sup>。

## 2 排队系统建模仿真和数量指标求解

应用 Simio 仿真软件可方便、直观地对排队系统进行建模, 软件本身可对排队系统的各种性能指标进行自动统计。下面将对一个简单的服务系统的排队模型进行建模仿真, 并求解数量指标。

系统模型描绘如下: 顾客到达时间服从指数分布, 均值为 1 (时间单位均为 min); 顾客首先排成两队, 先进先出 (FIFO), 在 2 个服务台 S1 和 S2 中的任意一处接受服务, 服务时间均服从相同的指数分布, 均值为 1.8; 然后, 顾客经过服务台 S3 或 S4 的服务, 先进先出 (FIFO), 服务时间均服从相同的指数分布, 均值为 2, 服务台 S4 具有工作条件限制: 仅当服务台 S3 后的等待队列 3 长度 (以下简称  $S3Lq$ )  $\geq 5$  人时工作。排队模型, 如图 1。

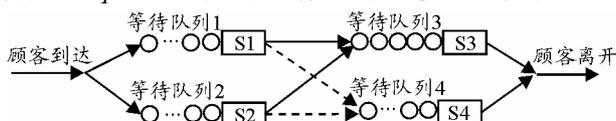


图 1 系统排队模型

表 1 系统模型主要数量指标

服务台	平均排队长	平均队长	顾客平均等待时间/min	顾客平均逗留时间/min	服务台利用率/%
S1	7.75±0.33	8.65±0.34	15.53±0.66	17.33±0.66	89.79±0.35
S2	8.25±0.49	9.15±0.49	16.49±0.95	18.29±0.95	90.03±0.31
S3	2.01±0.01	2.83±0.01	2.20±0.01	3.10±0.02	82.25±0.14
S4	0.04±0.00	0.11±0.00	0.43±0.01	1.34±0.01	7.62±0.11

## 3 排队系统优化设计和控制仿真

针对排队系统优化设计和控制问题, 分别对原系统模型的 2 个改进方案进行仿真建模和比较验证。

1) 改进模型 1: 考虑原系统模型服务台 S1 和

表 2 改进模型 1 主要数量指标

服务台	平均排队长	平均队长	顾客平均等待时间/min	顾客平均逗留时间/min	服务台利用率/%
S1	4.35 ±0.13	5.30 ±0.13	8.27±0.25	10.07±0.25	94.55 ±0.13
S2	3.89 ±0.13	4.75 ±0.13	8.18±0.26	9.98±0.26	85.58 ±0.32
S3	2.02 ±0.01	2.85 ±0.01	2.21±0.01	3.11±0.01	82.38 ±0.17
S4	0.04 ±0.00	0.11 ±0.00	0.43±0.01	1.33±0.01	7.62 ±0.09

该模型对原模型的主要改进体现在对服务台 S1 和 S2 的影响, 大大减少了顾客排队时间和队长, 也使客流更为平稳。事实上, 利用 Simio 强大的自动统计功能, 可以得到 25 次独立运行系统性能指标的平均数, 此处取服务台 S1 处顾客平均逗留时间

对上述排队模型进行仿真建模, 在 Simio 的 Facility 视图中, 从窗口左侧的标准库中拖拽相关对象到工作区形成对象实例, 利用 Connector 对象将各对象实例连接, 在窗口右侧的对象属性编辑器中设置好相关属性, 如图 2。

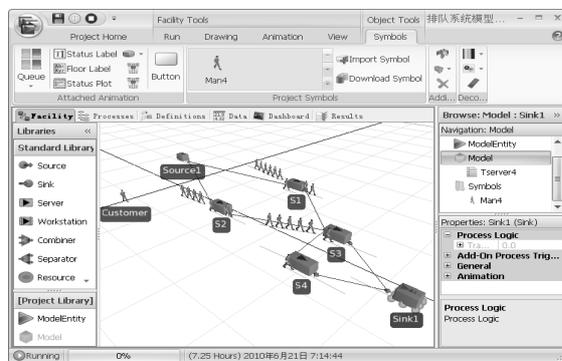


图 2 系统 Simio 仿真模型

请教领域专家, 用数值方法进行初步求解, 并利用 Simio 的追踪视图和断点设置等功能, 观察顾客及相关变量在系统中的变化情况, 模型运行正常, 与实际排队系统行为相吻合, 所建模型通过了校验和验证<sup>[5]</sup>。

在 Simio 的 Experiment 面板中设置情景, 设模型运行时间为 1 000 h, 模型运行次数为 25 次, 置信度为 95%, 得到系统模型主要数量指标见表 1。

S2 处队长和等待时间过长, 调整系统模型, 令顾客到达后, 选择服务台 S1 和 S2 中的最短队列排队 (队列长度一致时, 进入 S1 的队列排队), 其余情况与模型 1 一致。

类似, 对改进模型 1 进行建模和实验, 主要数量指标见表 2。

W, 如图 3。

2) 改进模型 2: 考虑提高服务台 S4 的利用率至 30% 以上, 放宽服务台 S4 的运行条件限制, 即分别考虑以下 4 种情景:  $S3Lq \geq 4$  时, S4 运行;  $S3Lq \geq 3$  时, S4 运行;  $S3Lq \geq 2$  时, S4 运行;  $S3Lq \geq 1$

时, S4 运行。模型 3 的其余设置与模型 2 一致。

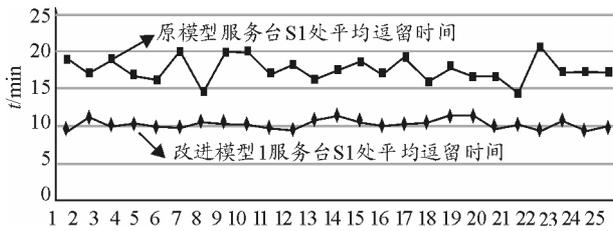


图 3 25 次独立运行原模型与改进模型 1 服务台 S1 顾客平均逗留时间

类似地, 对该模型建模, 在 Experiment 面板中设置上述情景, 其余设置与改进模型 1 一致。通过模型运行, 得到不同情景下服务台 S4 的利用率, 此处取利用率的最大值如图 4。

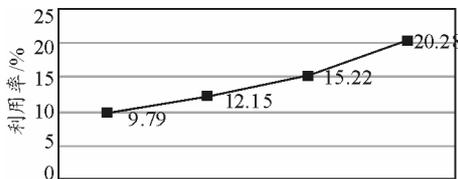


图 4 4 个情景下服务台 S4 利用率最大值

由图 4 可见, 随着服务台 S4 运行条件的放宽, 服务台 S4 的利用率呈现递增趋势, 但是此改进方案并不能使服务台 S4 的利用率达到 30%。此结果

表明, 仅放宽服务台 S4 工作限制条件, 不能实现设计要求, 必须考虑其他解决方案。

### 4 结论

利用 Simio 仿真软件建模, 具有迅速、直观的特点, 且模型校验和验证方便, 统计分析功能强大。作为新一代基于 .NET 托管代码、具有智能对象技术的软件, Simio 在排队系统仿真领域具有巨大的应用潜力。

### 参考文献:

- [1] 唐彦, 王志坚, 吴吟. 基于 Java 的排队系统仿真研究[J]. 计算机工程, 2006(13): 26-31.
- [2] 唐应辉, 唐小我. 排队论—基础与分析技术[M]. 北京: 科学技术出版社, 2006: 3-4.
- [3] Jerry Banks, John Carson, Barry L. Nelson, et al.. Discrete-event system simulation (5th edition)[M]. New Jersey: Prentice Hall, 2010: 234-235.
- [4] C. Dennis Pegden. Intelligent objects: the future of simulation [EB OL]. (2009-12-19) [2010-02-10] <http://www.simio.com/resources/white-papers/Intelligent-objects/Intelligent-Objects-The-Future-of-Simulation-Page-1.htm>.
- [5] 秦天保, 王岩峰. 面向应用的仿真建模与分析—使用 ExtendSim[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 120-125.

\*\*\*\*\*

(上接第 93 页)

表 2 数据帧统计模块测试构件的刻画描述

刻画	刻画描述
测试对象	数据帧统计功能模块
测试构件 ID	FrameAccount_ Func_TestUseCase_0001
版本号	V1.00
测试功能	测试接收到的各类数据信息帧统计是否正确
应用领域	指挥显示领域
系统类型	非嵌入式实时软件
构件库类型	测试用例库
软件编码	C#语言
测试阶段	系统测试
测试类型	功能测试
表述方法	文本描述
测试环境	WindowsXP,.netFrameWork3.5
附件	测试方法: 黑盒测试中的划分等价类方法

### 5 结束语

该模型可以很好地解决测试人员经验积累与技能提高问题, 提高测试工作的效率, 为高密度任务下海上测控软件质量保证提供了新思路。但还应该解决以下问题:

1) 由于被测海上测控系统之间的差异, 在一个系统的测试过程中所开发的软件测试构件, 并不一定适用于其它项目的测试工作; 软件测试构件要达到一定的数量, 才能支持有效的复用, 而大量测试

构件的获得需很高的投入和长期的积累。

2) 当测试构件达到较大的数量时, 使用者要从海上测控系统测试构件库中找到一个自己想要的测试构件, 并断定它确实是自己需要的, 也非易事。

3) 基于复用的软件测试方法和软件测试过程是一个新的研究实践领域, 需要大量新的理论、技术和支持环境, 目前, 这方面的研究成果和实践经验还很少。

### 参考文献:

- [1] 奥瑞根 著. 陈茵, 闪四清 译. 软件质量实用方法论 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 17-18.
- [2] 杨芙清, 梅宏, 李克勤. 软件复用与软件构件技术[J]. 电子学报, 1999, 27(2): 68-75.
- [3] 王敏. 复用技术在软件测试中的应用[D]. 北京: 中国地质大学, 2006.
- [4] 尹平. 软件测试用例复用研究[J]. 计算机应用, 2010, 30(5): 1309-1311.
- [5] 顿海强, 庄雷. 面向对象与软件复用技术研究[J]. 计算应用研究, 2002, 19(3): 42-44.
- [6] 徐仁佐, 陈斌, 陈波, 等. 构造面向对象软件可复用测试用例的模式研究[J]. 武汉大学理工学报, 2003, 49(5): 592-596.