

银行排队系统服务效率问题研究

潘向东^{1 2}

(1. 华北水利水电学院管理与经济学院, 河南 郑州 450011;
2. 华南理工大学工商管理学院, 广东 广州 510640)

摘要: 银行排长队现象是困扰银行和客户的难题, 其实质是排队系统的效率问题。叫号机变多队-多服务台系统为单队-多服务台系统, 改变了排队系统模型。本文运用蒙特卡罗仿真方法对两种排队系统模型进行比较, 发现叫号机确实可以有效提升银行服务系统的效率。

关键词: 蒙特卡罗仿真; 排队论; 银行排队问题

中图分类号: F224.34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-292X(2009)04-0073-03

一、引言

入世后国内金融市场逐步开放, 金融企业竞争日益加剧, 为了更好地服务客户, 各商业银行纷纷变革传统经营模式, 积极借助信息技术重塑业务模块。在这种背景下, 一些低附加值、结构化、程序化的业务模块, 开始更多的由自助银行机来完成, 员工则将精力更多地投向高附加值、非结构化和非程序化的业务模块。这些变革虽然在一定程度上提高了银行的工作效率, 但是实践中各大银行的服务还是远远满足不了顾客的需求, 其最为集中的体现就是银行排长队问题。

银行排长队现象近年来愈加突出。排队会增加客户的等待时间, 诱发客户的抱怨和不满, 而客户的负面情绪传递给银行的服务人员, 又会降低他们的服务效率, 甚至引发客户与银行的冲突, 严重的还会导致客户选择“用脚投票”, 造成客户流失, 因此各家银行对此都十分重视。目前一种常用的改进排队效率的方法就是引入“叫号机”。从排队系统模型的角度看, 叫号机的引入实质上是排队方式的一种改进。本文将运用蒙特卡罗仿真方法构建排队系统模型, 分析引入叫号机对银行服务效率的影响。

二、银行服务系统的排队模型

银行的窗口服务系统是典型的排队系统。通常排队系统包括两类实体: 一类实体通过系统得到服务, 即顾客; 另一类实体在系统中为顾客提供服务, 即服务机构或称服务台。在银行排队服务系统中, 顾客就是前面提到的客户, 而服务机构或服务台就是银行窗口的工作人员。由于顾客到达时间和服务时间具有很大的随机性, 因此排队过程通常是一个随机过程, 正是在这种意义上, 有关排队系统的研究又被称为“随机服务系统理论”。一个排队系统通常由顾客、服务机构、排队规则和服务规则等要素构成。当顾客到达系统, 其按照特定的排队规则

进行排队并形成相应的排队结构。接下来, 服务机构根据服务规则向顾客提供服务, 接受服务后的顾客依次离开系统, 从而形成了一个完整的排队过程(图1)。

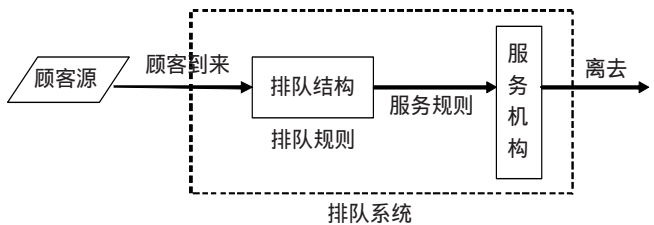


图1 排队过程模型

从上述排队过程看, 一个排队系统有三个基本组成部分: ①输入过程, 即顾客到达排队系统的过程。可能有不同的情形, 比如: 顾客源的组成是有限的或是无限的; 顾客相继到达的时间间隔是确定的或是随机的; 顾客的到达是独立的或是关联的; 输入过程是平稳的或是非平稳的。②排队规则。按照顾客到达后的选择可以分为损失制和等待制, 对于等待制, 为顾客进行服务的次序可以采用先到先服务、后到先服务、随机服务或者有优先权的服务; 按照队列的数目可以分为单队列和多队列。③服务机构。按照服务台的数目可以分为单服务台和多服务台, 其中多服务台又可以根据服务台的排列方式分为并联、串联和混合排列。

对于银行服务系统而言, 排队规则往往事先确定。通常的, 顾客到达以后开始排队等候(等待制), 其接受服务的次序一般遵照先到先服务的原则(出于简化目的, 这里没有考虑VIP顾客拥有优先权的情况)。但是输入过程和服务机构的组合则根据具体情况会有不同情形, 这里我们将其分为三大类(图2):

收稿日期: 2009-06-22

作者简介: 潘向东(1976-), 男, 河南温县人, 讲师, 博士研究生, 主要从事复杂系统与金融工程理论研究。

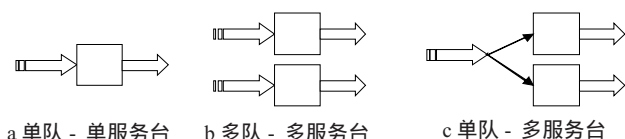


图 2 排队系统常见模型

叫号机的引入，其实质是将“多队-多服务台”排队系统(b)转变为“单队-多服务台”系统(c)。

三、排队系统分析的方法选择

排队系统的研究起源于20世纪初期，丹麦数学家爱尔朗用概率论方法研究电话问题，并在论文“概率与电话理论”中建立了排队理论的许多基本规则。30年代中期，费勒引进了生灭过程，使排队论成为理论。50年代初，堪道尔对排队论作了系统的研究，他用嵌入马尔柯夫链方法研究排队论，使排队论得到了进一步的发展。同时，他用3个字母组成的符号“X/Y/Z”表示排队系统。其中X表示顾客到达时间分布，Y表示服务时间的分布，Z表示服务机构中的服务台的个数。1971年，在一次关于排队论符号标准化会议上，Kendall符号被扩充为“X/Y/Z/A/B/C”。A表示系统容量限制(默认为 ∞)，B表示顾客源数目(默认为 ∞)，C表示服务规则(默认为先到先服务FCFS)。

目前，排队论问题作为运筹学的一个分支，发展已经比较成熟。学者们用解析方法对一些相对简单和具有一定特殊性的排队模型进行了研究，如放松了服务时间负指数分布假设之后的定长服务时间模型(MD/1)等。但对于更加复杂、更具一般性的排队系统模型需要借助计算机仿真方法加以研究，这通常被称为蒙特卡罗仿真。蒙特卡罗方法，又称随机抽样或统计试验方法。它解决问题的基本思想是：首先建立与描述该问题相似的概率模型，然后对模型进行随机模拟，或通过某种“试验”的方法，得到相应的概率。再利用随机模拟结果求出模型的统计估计值作为原问题的近似解，并对解的精度做出某些估计。黄琪以Excel办公软件为仿真平台，按照单队-单服务台模型，研究了银行ATM的服务状况；颜薇娜在Excel上实现了单队-多服务台模型的仿真分析。这些研究表明，蒙特卡罗仿真是研究银行排队服务系统的一种有效方法。

本文是以现实中真实存在的银行为研究对象，其顾客到达时间和服务时间具有很大的随机性，事先也无法确知它们会服从何种分布。传统的解析方法对这样的情况显得无能为力，故而本文将采用仿真方法对其进行研究。

运用蒙特卡罗仿真方法对银行排队系统进行分析，首先要按照一定的方法产生符合特定分布的随机数，作为仿真模型的参数输入。再运用实体流图法构造系统模型，理清事件、状态变化及实体间相互作用的逻辑关系，并采用事件调度法构造仿真模型。然后在计算机上运行仿真程序，得到仿真结果并对结果进行统计分析和处理。最后，根据仿真模型输出数据分析结果，对银行服务系统做出相应的评价。

四、仿真及结果分析

1. 仿真模型构建

本文研究的重点是比较采用“叫号机”前后银行排队系统的服务效率，即比较图2中的b、c两种系统模型的差异。为简单起见又不失一般性，这里考虑一个两服务台的银行排队服务系统。

在不采用叫号机的情况(b)下，银行有两个窗口，顾客到达服务大厅后，首先判断窗口服务人员的工作状态，如果服务人员都处于“忙”状态，则顾客判断两个队列的长度，并选择队列较短的窗口排队等待；如果有服务人员处于“闲”状态，则顾客直接选择该窗口接受服务。服务人员完成对一个顾客的服务后，如果队列处于“非零”状态，则立即开始服务活动；否则进入“闲”状态。

采用叫号机会导致排队模型的变化(c)，银行有两个窗口向客户提供服务，但是队列只有一列。顾客到达服务大厅后，只需判断队列情况，如果队列为“空”，则顾客选择某个窗口接受服务；否则排队等待。当某窗口服务人员完成服务后，如果队列处于“非零”状态，则立即开始服务活动；否则进入“闲”状态。

在对排队模型进行流程分析之后，可以按照事件调度法构建仿真模型。采用事件调度法构建仿真模型时，事件例程是基本单元，系统将按照事件发生的先后顺序不断执行相应的事件例程。这里的事件例程有两项，即到达事件和离去事件。为了能够正确调用事件例程，模型需要一个时间控制部件和一个逻辑控制部件。时间控制部件负责系统时钟的推进，逻辑控制部件负责事件扫描。通常，人们还会建立一个所谓的“事件表”，事件表按照时间先后顺序记录了将要发生的事件。当系统时钟到达某个时点的时候，控制部件对事件表进行扫描，并确定该时点将要发生的事件，从而调用相应的事件例程子程序。按照这种方式，事件的选择与执行顺序进行，直至满足系统的终止条件为止(图3)。

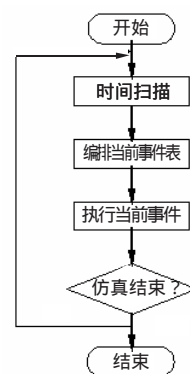


图 3 仿真程序流程

2. 仿真结果分析

针对上述两个不同的排队模型，我们首先假设顾客到达时间间隔和接受服务的时间长度都服从(0,1]均匀分布，然后分别建立仿真模型。求解排队问题的目的，是研究排队服务系统运行的效率，而反映系统运行优劣的指标主要有两个，即“队长”和“等待时间”。这里我们考查了系统的平均队长(L)和顾客的平均等待时间(W)，此外，考虑到过长的等待时间会诱发顾客抱怨甚至流失，因此这里也考查了系统中等待时间超过平均服务时间的顾客数量(m)。

表1列出了四次仿真运行的结果，其中传统情形是指没有采用叫号机的情形。从数据中可以直观地看出，叫号机的使用使得平均队长和平均等待时间都相应缩短，过长等待的顾客数量也明显减少。这里需要说明的是，本文关注的是叫号机的使用给银行服务系统带来的影响，即两种排队模型的效率对比，因此为了消除随机数输入差异带来的干扰，仿真设计采用了公用随机数法以缩减方差。

表 1 标准均匀分布时间假设条件下的仿真结果

平均队长(l)			平均等待时长(w)			过长等待的顾客数(m)		
传统情形	叫号机情形	差异	传统情形	叫号机情形	差异	传统情形	叫号机情形	差异
1.1557	1.123	0.0327	0.0279	0.0178	0.0101	3	0	3
1.3058	1.2857	0.0201	0.0384	0.0282	0.0102	6	2	4
1.2288	1.2134	0.0154	0.0343	0.0246	0.0097	3	2	1
1.2481	1.2377	0.0104	0.0348	0.0258	0.009	3	0	3

表1中的“差异”等于传统情形与叫号机情形相应数值之差，从仿真结果看，这些数值存在一定的波动，因此其可能与现实系统的真实情况存在偏差。为了更科学地对两个排队模型进行比较分析，本文采用了相关的仿真输出数据分析方法。考虑到仿真运行的初始条件和参数相同，因此可以假设仿真结果服从正态分布。根据经典统计理论，对于服从正态分布的参数X进行区间估计，需要区分参数总体方差 σ^2 已知和未知两种情形，前者利用标准正态分布，后者利用t分布。显然，这里待估计的总体参数方差未知，所以我们需要利用t分布，将样本方差作为总体方差的近似值，对参数进行区间估计。具体公式如下：

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j \pm t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{S^2(n)/n} \tag{1}$$

公式(1)中 μ 为参数区间估计的上下限，n为样本数据量(这里就是数据仿真次数)， S^2 是样本方差。根据该公式，可以计算出两种情形下三个变量l、w和m差异程度的90%置信区间如下：

$$0.0084 < l < 0.0309; 0.0091 < w < 0.0104; 1.2696 < m < 4.2304$$

显然，l和m两个变量的置信区间偏大。我们通过增加仿真次数并运用序贯程序法对其进行处理，结果如下：

$$0.0179 < l < 0.0218; 2 < m < 3$$

从上述的数据结果分析来看，采用叫号机可以使银行服务效率显著提升。尤其是平均等待时长(w)和过长等待的顾客数量(m)两个变量，其分别下降了25.4%和49.7%。平均队长主要由顾客到达时间间隔长度和接受服务时间长度决定，因此叫号机的使用对这个变量影响极小，仅减小了1.6%。

前面假设顾客到达时间间隔和接受服务时间长度均服从标准的均匀分布，显然，这样的假设不符合银行服务系统的实际情况。因此我们对郑州某商业银行网点进行了实地调研，然后用统计方法得到这两个随机变量服从的概率分布。其中，顾客到达时间间隔服从参数为4的指数分布，顾客接受服务的时间长度服从参数为(3.75, 1)的 Γ 分布。对这两个输入参数进行相应调整后进行仿真，结果如表2。表2反映了与表1相同的结论，

表 2 实际调研数据对应的仿真结果

平均队长(l)			平均等待时长(w)			过长等待的顾客数(m)		
传统情形	叫号机情形	差异	传统情形	叫号机情形	差异	传统情形	叫号机情形	差异
1.4417	1.4333	0.0084	0.5727	0.5199	0.0528	7	5	2
1.4329	1.4242	0.0087	0.539	0.4619	0.0771	6	3	3
1.3684	1.3493	0.0191	0.4698	0.3652	0.1046	2	1	1
1.4273	1.3818	0.0455	0.5238	0.3776	0.1462	7	4	3

使用叫号机的排队系统明显优于传统情形。同样地，我们计算两种情形下三个变量差异程度的90%置信区间如下：

$$0.0090 < l < 0.0500; 0.0802 < w < 0.1745; 1.2069 < m < 3.4597$$

这里三个变量的置信区间都显偏大，运用序贯程序法对其进行处理后结果如下：

$$0.0282 < l < 0.0341; 0.1164 < w < 0.1426; 2 < m < 3$$

显然，采用叫号机与否对于银行服务系统而言差异明显。平均等待时长缩短了24.6%，过长等待的顾客数量减少了39.9%。此结果与标准均匀分布假设条件下的仿真结果十分接近。

五、结论

关于银行排长队现象的讨论已经持续了一段时间。为解决这个问题，增加叫号机就是诸多银行通常采用的措施之一。这曾经引来一片喝彩，但是现在又开始备受争议。究竟叫号机的使用是否能够提升银行的服务效率，本文运用蒙特卡罗仿真方法构建排队系统模型，对此进行了研究。尽管只是针对个别银行网点的研究，但分析结果具有普遍性和可推广性。理论上，叫号机的使用确实提升了银行排队服务系统的效率。它可以有效地缩短顾客的排队等待时间和系统中过长等待的顾客数量，但是对平均排队长没有显著影响；事实上，银行排长队的问题有社会经济环境变化等更为复杂的影响因素，并非叫号机等新技术的采用所能解决。本研究结论对商业银行的重要启示是：叫号机对于银行客户服务系统而言是一种“保健因素”，它的使用可以有效降低客户抱怨率。但是要彻底解决排长队问题，则需要一种所谓的“激励因素”，银行必须在经营模式变革、业务流程重组及引导客户使用自助服务等诸多方面进行更为深入的实践。

【参考文献】

[1] 《运筹学》教材编写组. 运筹学[M]. 北京:清华大学出版社,1990.
[2] 黄琪. 银行ATM机服务状况动态模拟[J]. 技术经济与管理研究, 2005 (2) :29-30
[3] 颜薇娜. 基于蒙特卡洛模拟的商业银行排队问题研究[J]. 技术经济与管理研究, 2009(1) :20-23.

Research about Service Efficiency of Bank Queueing System

PAN Xiang-dong

Abstract : It is a matter that lines of waiting customers are always very long in most of banks. The essence of this phenomenon is the low efficiency of queueing system. Banks changes the model of queue system by using numbering machine and wants to improve the efficiency of their services. We research about above- mentioned two different queueing models based on Monte Carlo simulation and find that numbering machine is valuable to banks.

Key words : Monte Carlo Simulation ; Queueing Theory ; Long Lines in Bank