

基于附加时间效用的休假排队顾客决策分析

王 晓¹ 李继红²

(晋中学院 榆次 030600)¹ (山西大学经济管理学院 太原 030006)²

摘 要 在休假排队服务系统中引入了附加时间效应,从顾客决策角度得到了个体均衡和社会最优两种情形下的顾客均衡进入概率,并对比了两种概率的关系,结果说明服务系统中只关注个人利益往往会造成机构更大的拥塞,影响整体社会效益。为使个人利益和社会最优平衡,从事前(服务前)收费的角度获得了顾客的固定进入费用,并基于事后(服务后)收费的原则提出了 3 种可变进入费用,以保证机构以不同的方式合理定价收费。

关键词 休假排队,附加时间,进入概率,社会最优,事后费用

中图法分类号 O226 文献标识码 A

Decision Analysis of Customers in Vacation Queueing Systems Based on Additive Time Effects

WANG Xiao¹ LI Ji-hong²

(Jinzhong University, Yuci 030600, China)¹

(College of Economic and Management, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)²

Abstract In this paper, the additive time effect was introduced into the vacation queueing system. From the view of customers' decision, two entry probabilities in the equilibrium and social optimality are obtained to present the relationship between two probabilities which shows that more concerns to personal benefit will induce to a heavier system load and affect the social benefits. To parallel personal and social benefits, the fixed entry fee is given based on the ex-ante externalities and three variable entry fees are presented from the view of ex-post externalities to enable the different companies to apply different fee mechanisms.

Keywords Vacation queue, Additive time, Entry probabilities, Social optimality, Ex-post fee

1 引言

一般的市场中存在两个主要主体:企业和顾客。企业通过服务顾客获取效益,顾客通过服务获取自身收益。等待是当今服务系统中无法避免的,而顾客有权利在不同的服务机构间进行选择,可以根据企业提供的服务水平选择是否进入企业并接受服务,此为顾客决策问题。一般决策都是基于顾客在系统时间中的时间,探讨顾客采取怎样的策略可使个体利益最优(均衡)或社会的收益最大(社会最优),而顾客在考虑自身利益时,往往会忽视其它即将到来顾客的等待,从而加重服务系统的负载,使个人利益和社会最优出现矛盾。此时,企业可以对选择进入的顾客另外收取一笔费用,降低顾客服务收益。顾客的离去选择会造成收益为零,对企业的影响是很直接且显著的(无收益),而选择进入就增加了企业的运作时间,在它的等待和服务时间内新的顾客会不断地到达,从而给企业带来新的费用和效益,因此顾客的收费成为了企业需要探寻和解决的问题。

从理论上解决这种问题的方法之一是排队顾客的决策行为研究,即把这种服务系统抽象成排队模型,并给出相应的性能指标,如稳态系统时间,进而寻找顾客均衡策略和(或)社会最优策略,前者是从顾客个人利益角度考虑,后者是从顾客整体利益角度考虑。此方面研究工作可以追溯到 Naor^[1]描述了具有简单线性收益-成本结构 M/M/1 排队,其考虑了顾客

进入还是离开系统的博弈问题,得到了均衡策略和社会最优策略。Economou 和 Kanta^[2], Economou 和 Kanta^[3], Haviv^[4]在不同排队模型中引入了顾客策略,从顾客的角度出发,利用排队原理去寻找顾客均衡、社会最优和服务台利润最大化策略。Hassin 和 Haviv^[5]综述了这一领域的基本研究成果,为后续的研究工作提供了方便。国内排队工作者也开展了相关研究, Sun, Wang 与 Tian^[6]研究了带启动/关闭顾客机制的 M/M/1 排队模型, Wang 与 Zhang^[7]分别考虑了基于重试和可修机制的 M/M/1 排队,给出了顾客进入的门限和概率。

以上文献考虑了不同系统的顾客均衡和社会最优,却忽视了顾客决策对服务系统所造成的影响,这种影响可以看作除去顾客本人的系统时间而形成的附加时间,即在等待和服务时间内到达并选择进入的顾客的总系统时间。在个体均衡和社会最优下,附加时间效用会有怎样的不同?考虑附加时间效应后,顾客的进入费用会有怎样的变化?这些都是需要解决的问题。基于此,本文将在休假排队下考虑附加时间效益,同时从顾客均衡和社会最优角度分析顾客进入行为和费用机制。

2 模型假设

在 M/M/1 排队中,顾客的到达遵循参数为 λ 的泊松过程,服务率为 μ ,当系统中无顾客时,将开始参数为 θ 的指数休假。当顾客不掌握系统的任何信息时,其在系统中的期望

王 晓(1980-),男,硕士,讲师,主要研究方向为数据库, E-mail: 357027615@qq.com。

时间^[8]为

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta} \quad (1)$$

在此顾客的系统时间 W 内, 新到达的平均顾客数为 λW , 每个顾客的系统时间为 W , 则由于此次到达引起的附加系统时间为

$$\lambda W^2 = \lambda \left(\frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta} \right)^2 \quad (2)$$

此次到达所引起的总系统时间为 $\lambda W^2 + W$ 。

引入顾客接受服务后获得的一次性收益 R 和单位时间花费 C , 同时假定 $R > C(1/\mu + 1/\theta)$, 保证顾客等待休假和服务后的收益为正。引入 $C\lambda W^2$ 为附加时间费用函数, 则附加时间效用为 $\lambda W(R - CW)$, 则由此此次到达引起的总时间费用函数为 $C(\lambda W + 1)W$, 总时间效用为 $f_a = (\lambda W + 1)(R - CW)$ 。

图 1 和图 2 显示了任一顾客的附加时间(效用)与总时间(效用)的变化曲线。随着系统负载的增大, 比较顾客的系统时间与个人收益, 其引起的附加时间更长, 附加效用更大, 对整个排队系统的影响更显著。

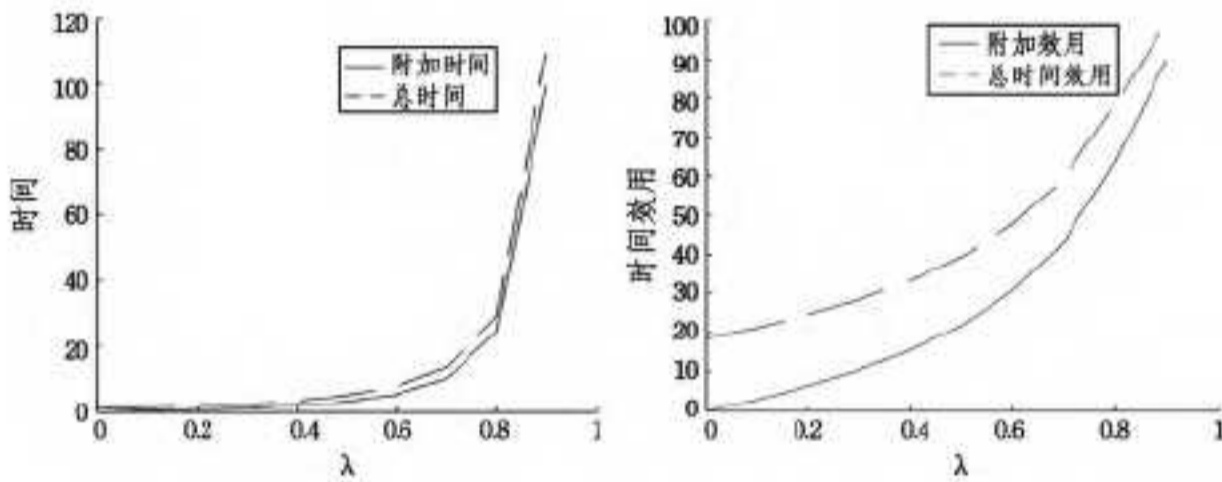


图 1 附加时间与总时间的变化 图 2 附加效用与总效用的变化

3 决策分析

当系统中顾客较且并存在服务员休假或离开的情形时, 顾客到达时会选择进入接受服务或者离开。引入顾客选择进入的概率 $p(0 < p \leq 1)$, 系统时间为 p 的函数, 记为 $W(p)$ 。对于任意顾客而言, 收益函数为 $R - CW(p)$, 当 $R - CW(p) > 0$ 时, 顾客必然选择进入; $R - CW(p) < 0$ 时, 选择离开; 当 $R - CW(p) = 0$ 时, 进入和离开是无差别的。通过求方程 $R - C(\frac{1}{\mu - p\lambda} + \frac{1}{\theta}) = 0$, 可得进入概率为

$$p_1 = \frac{1}{\lambda} \left(\mu - \frac{C\theta}{R\theta - C} \right) \quad (3)$$

从个人角度, 因为要考虑别的顾客的选择和进入, 要寻找一个 $p(0 < p \leq 1)$ 的值使进入行为更有益, 即寻找一个均衡策略, 使整个系统的顾客都采取这个策略。引入单位时间内顾客的总收益 f , 则 $f = \lambda p(R - CW)$ 。

定理 1 (i) 若 $p_1 \geq 1$, 即 $\lambda \leq \mu - \frac{C\theta}{R\theta - C}$, 均衡进入概率为 $p_e = 1$, 进入率 $\lambda_e = \lambda$, 系统时间 $W_e = \frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta}$, 系统队长为 $L_e = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} + \frac{\lambda}{\theta}$, 单位顾客总收益为 $f_e = \lambda [R - C(\frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta})]$, 总时间效用为 $f_{ae} = [\lambda(\frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta}) + 1][R - C(\frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta})]$ 。

(ii) 若 $p_1 < 1$, 即 $\lambda > \mu - \frac{C\theta}{R\theta - C}$, 均衡进入概率为 $p_e = p_1 = \frac{1}{\lambda} \left(\mu - \frac{C\theta}{R\theta - C} \right)$, 进入率 $\lambda_e = \lambda p_1 = \mu - \frac{C\theta}{R\theta - C}$, 系统时间为 $W_e =$

$\frac{1}{\mu - p_1\lambda} + \frac{1}{\theta} = \frac{R\theta - C}{C\theta} + \frac{1}{\theta}$, 系统队长为 $L_e = \lambda_e W_e = \mu - \frac{R\theta - C}{C\theta} - \frac{R\theta}{R\theta - C} + \frac{\mu}{\theta}$, 单位顾客总收益为 $f_e = 0$, 总时间效用为 $f_{ae} = 0$ 。

显然, 负载较大时, 只考虑个体利益将导致单位时间总效益变为 0, 总时间效用也为 0。

进而, 以单位时间的社会收益 f 为目标, 引入收益函数 $\text{Max } f(p) = p\lambda [R - CW(p)] = p\lambda [R - C(\frac{1}{\mu - p\lambda} + \frac{1}{\theta})]$, 目的是使收益最大化。因此通过求解 $f'(p) = 0$, 可得

$$p_2 = \frac{1}{\lambda} \left(\mu - \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}} \right) \quad (4)$$

从整体最优的角度, 顾客联盟或者规范制定者要寻求一个 $p(0 < p \leq 1)$, 使整体或社会收益达到最大。

定理 2 (i) 若 $p_2 \geq 1$, 即 $\lambda \leq \mu - \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}}$, 最优进入概率为 $p_s = 1$, 进入率 $\lambda_s = \lambda$, 系统时间 $W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta}$, 系统队长为 $L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} + \frac{\lambda}{\theta}$, 单位顾客总收益为 $f_s = \lambda [R - C(\frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta})]$, 总时间效用为 $f_{as} = [\lambda(\frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta}) + 1][R - C(\frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\theta})]$ 。

(ii) 若 $p_2 < 1$, 即 $\lambda > \mu - \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}}$, 最优进入概率为 $p_s = p_2 = \frac{1}{\lambda} \left(\mu - \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}} \right)$, 进入率 $\lambda_s = \lambda p_2 = \mu - \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}}$, 系统时间 $W_s = \frac{1}{\mu - p_2\lambda} + \frac{1}{\theta} = \sqrt{\frac{R\theta - C}{C\mu\theta}} + \frac{1}{\theta}$, 系统队长为 $L_s = \lambda_s W_s = \sqrt{\frac{\mu R\theta - C\mu}{C\theta}} - \frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}} + \frac{\mu}{\theta} - 1$, 单位顾客总收益为 $f_s = \lambda_s [R - C(\frac{1}{\mu - \lambda_s} + \frac{1}{\theta})] = [\sqrt{\mu(R - \frac{C}{\theta})} - \sqrt{C}]^2$, 总时间效用为 $f_{as} = (\lambda_s W_s + 1)(R - CW_s)$ 。

结论 1: $p_e \geq p_s$ 。

证明: 因为 $R > C(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{\theta})$, 所以 $\frac{C\theta}{R\theta - C} < \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}}$, 由 p_1, p_2 表达式可知 $p_1 > p_2$ 。当 $\lambda \leq \mu - \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}} \leq \mu - \frac{C\theta}{R\theta - C}$ 时, 显然 $p_s = p_e = 1$, 而 $\lambda > \mu - \frac{C\theta}{R\theta - C} > \mu - \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}}$ 时, 有 $p_e > p_s$; 当 $\mu - \sqrt{\frac{C\mu\theta}{R\theta - C}} < \lambda < \mu - \frac{C\theta}{R\theta - C}$ 时, $p_s = p_2, p_e = 1$, 仍有 $p_e > p_s$ 。

图 3 展示了进入概率随着系统强度增加的变化趋势, 其中假定 $\mu = 1, \theta = 0.1$ 。显然初始进入率 λ 低于特定值时, 无论是从个人收益均衡还是社会优化的角度, 进入概率均为 1, 说明系统负载相对较低时, 顾客的选择必定为进入, 而随着系统负载的增大, 从顾客个体角度看, 选择进入的概率更大, 但结合定理 1, 个体收益实际降为 0。反之, 从整体收益角度看, 个人还会有正收益, 说明服务系统中只关注个人利益往往造成机构更大的拥塞, 影响整体社会效益, 体现了个人利益和整体利益的矛盾。

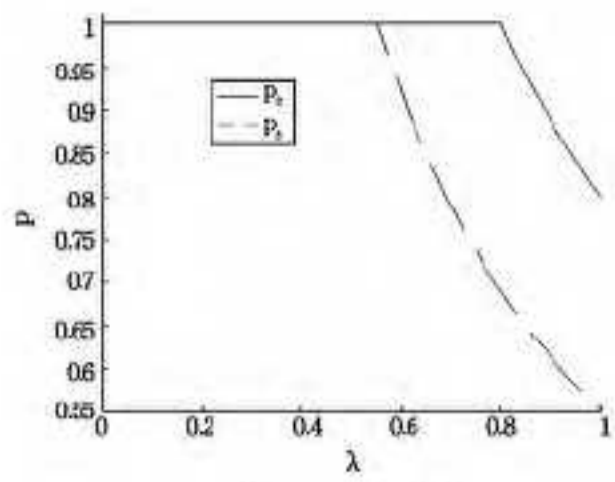


图3 进入概率对比图

4 费用分析

4.1 事前收费: 固定进入费用

正如第3节所分析,若 $p_s < p_e$, 说明个人的行为影响到整体行为, 一般可以通过减少收益值 R 或增加等待费用 C 使两者的值达到一致。在此, 减少收益值 R , 顾客到达如果选择进入接受服务, 需要支付一笔额外的费用, 而顾客如果选择离去, 不需要支付此费用。因为这是在顾客接受服务前确定的, 所以也称为事前费用, 定义此费用为 T^c 。

显然当 $p_s = p_e = 1$ 时, 则进入费用 $T^c = 0$, 否则要使 $p_s = p_e$, 则存在关系式 $R - T^c = \frac{C}{\mu - \lambda p_s} + \frac{C}{\theta}$, 将 p_s 的表达式代入, 可得进入费用为

$$T^c = R - \frac{C}{\mu - \lambda p_s} - \frac{C}{\theta} = R - \frac{C}{\theta} - \sqrt{\frac{C(R\theta - C)}{\mu\theta}} \quad (5)$$

同时, 易观察到

$$T^c = C\lambda_s \left(W_s - \frac{1}{\theta} \right)^2 \quad (6)$$

$C\lambda_s W_s^2$ 为顾客选择进入后引起的附加时间效用, 此部分费用一部分来源于顾客的选择(进入), 一部分由于系统的休假。休假造成的附加费用由服务机构承担, 而非完全强加于顾客, 这也是合理的, 所以顾客支付的额外费用应该抛掉休假因素, 休假所形成的费用可以通过机构休假期处理其它事物获得。

图4展示了固定进入费用 T^c 随休假率 θ 增大时的变化趋势, 显然随着休假率的增大即休假时间的减小, 顾客需要承担的进入费用不断增大, 且达到特定值后, 变化不显著, 因此图4(b)给出了 $\theta \in (0, 2)$ 范围内的变化趋势。

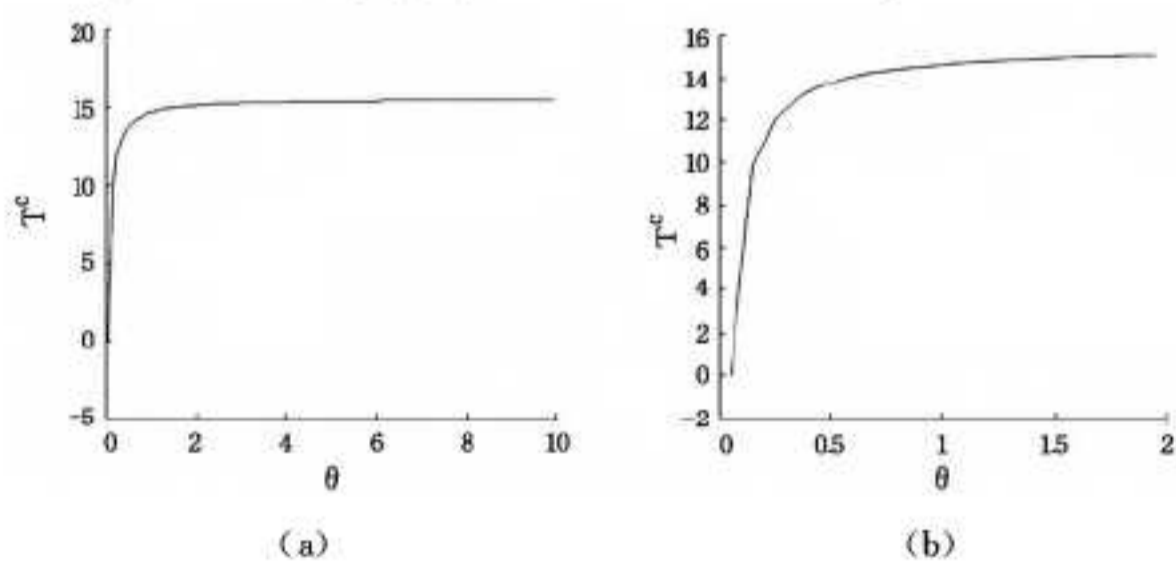


图4 固定进入费用

4.2 事后收费: 可变进入费用

在某些情况下, 服务机构可以通过事后收费即服务完成后收费的方式来减少顾客的收益, 即服务机构通过订立某些规则, 减少顾客只考虑个人利益时造成的 $p_s < p_e$, 使个体利益和社会利益达到平衡。引入3种基于附加时间效用的可变进入费用机制, 以保证机构以不同的方式合理定价收费。

机制1 基于到达时刻队长定价收费

当新到达发生时, 假设系统中已有 L_a 个顾客, 因为系统

有休假和正常工作两种状态, 且状态概率为 $P_b = \rho_s, P_v = 1 - \rho_s$ 。当系统处于正常工作时, 顾客到达时有 L_a 个顾客, 则系统在变空前, 形成了 $L_a + 1$ 个忙期, 因此系统变空的时长为 $(L_a + 1) / (\mu - \lambda_s)$; 当到达发生在休假时, 在系统变空前, 形成了 $\lambda_s / \theta + L_a + 1$ 个忙期, 因此系统变空的时长为 $(\lambda_s / \theta + L_a + 1) / (\mu - \lambda_s)$ 。因此新到达发生时, 直到系统变空的总时长为

$$W = \frac{L_a + 1}{\mu - \lambda_s} + (1 - \rho_s) \frac{\lambda_s}{\theta} \frac{1}{\mu - \lambda_s}$$

同理, 新到达顾客的系统时间为

$$\frac{L_a + 1}{\mu} + (1 - \rho_s) \frac{1}{\theta}$$

因此, 由此次到达所引起的附加时间为

$$W_a = \frac{\lambda_s (L_a + 1)}{\mu(\mu - \lambda_s)} + (1 - \frac{\lambda_s}{\mu}) \frac{1}{\theta} (\frac{2\lambda_s - \mu}{\mu - \lambda_s})$$

附加费用函数为

$$\begin{aligned} T_a &= CW_a = C \frac{\lambda_s (L_a + 1)}{\mu(\mu - \lambda_s)} + C(1 - \frac{\lambda_s}{\mu}) \frac{1}{\theta} (\frac{2\lambda_s - \mu}{\mu - \lambda_s}) \\ &= \frac{C\lambda_s}{\mu(\mu - \lambda_s)} L_a + \frac{C\lambda_s}{\mu(\mu - \lambda_s)} + C(1 - \frac{\lambda_s}{\mu}) \frac{1}{\theta} (\frac{2\lambda_s - \mu}{\mu - \lambda_s}) \end{aligned}$$

机制2 基于离去时刻队长定价收费

以顾客离去时刻剩余队长作为收费基准, 即若离去时刻有 L_d 个顾客, 则此顾客对系统造成的显著队长为 L_d , 增加了 L_d 个顾客的到来效应, 每个顾客在系统中所形成的忙期为 $1 / (\mu - \lambda_s)$, 所以附加费用函数为

$$T_d = \frac{CL_d}{\mu - \lambda_s} = L_d \sqrt{\frac{C(R\theta - C)}{\mu\theta}}$$

机制3 基于系统时间定价收费

假设顾客在系统中的逗留时间为 W , 从此人到达到来离去的顾客数为 $\lambda_s W$, 每一个顾客形成 $1 / (\mu - \lambda_s)$ 的忙期, 因此附加费用函数为

$$T_w = C\lambda_s \frac{1}{\mu - \lambda_s} W = C \left(\sqrt{\frac{\mu(R\theta - C)}{C\theta}} - 1 \right) W$$

注: 由于队长和时间的不确定性, 此部分分析忽略了休假因素造成的费用, 实际上, 当机构收费随着顾客参数变化时, 单位休假费用固定也更符合实际。

图5给出了在3种不同的费用规则下, 附加时间费用随休假率 θ 增大的变化趋势。类似于图4, 随着休假时间的缩短, 顾客需要承担的进入费用不断增大, 且达到特定值后, 变化不显著。同时, 发现在大部分情况下, 机制3即基于系统时间定价收费时, 收费相对较低, 这也体现出一般假设基于系统时间进行费用分析相对合理, 但也还是存在另外两种机制费用较低的情形, 如图5(b)所示, 同时机制1和机制2存在忽高忽低的变化趋势, 说明不同的休假服务系统即不同的 θ 值可以采取不同的收费机制。

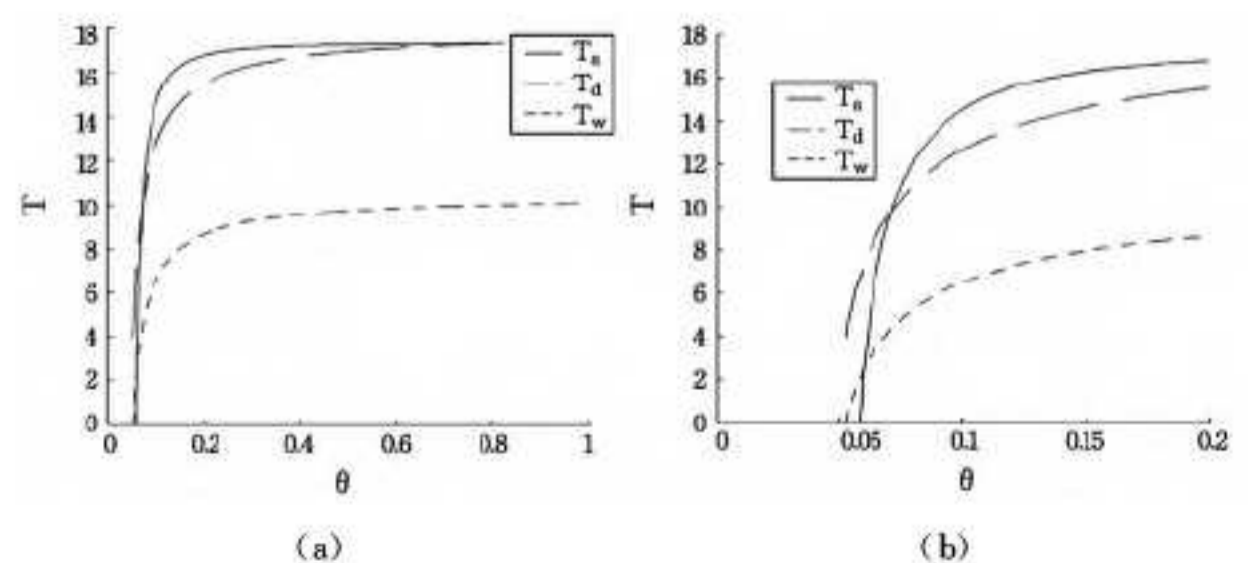


图5 3种附加费用变化图

(下转第576页)

(4)学校的虚拟化平台具有更广泛的适应性,可以保障各种教学云应用的快速部署和上线。

(5)VMware vSAN 的部署为学校存储虚拟化的深入和全面应用以及存储和计算资源的自动化管理奠定了基础。

(6)VMware vSAN 为今后分布式系统的上线提供了技术支撑。

(7)VMware vSAN 虚拟化存储特别适合用于大规模的信息化基础平台架构。

从 SLA 的角度来看,vSAN6 不同于传统存储,vSAN6 能够对不同的虚拟机采用不同的存储策略,不同的虚拟机具有不同的服务级别。对于容量管理而言,vSAN6 这种横向扩展存储架构对容量的规划更便利,如果需要增加空间,只需增加相应的磁盘组或者增加服务器即可,并且加入 vSAN 集群的磁盘组会自动对容量进行扩充。对于服务器品牌的兼容性要求而言,只需要满足 VMware 官方提供的兼容性列表即可。而对于传统存储而言,扩大存储容量时需要增加扩展柜,而加入的磁盘无法自动与现有的逻辑卷(LUN)进行自动的融合,必须要管理员进行人为操作。逻辑卷的扩容涉及到多个方面,Raid 磁盘组、Lun 的大小、文件系统大小等,这些操作都会产生安全隐患以及磁盘 IO 的开销。对于性能而言,vSAN 增加磁盘组后得到容量的同时还相应地提升了性能;传统存储添加扩展柜后,存储的控制器处理能力、缓存并没有得到提升,反而控制器需要给更多的磁盘空间进行读写缓存,压力反而增大了。因为传统存储的性能不仅涉及磁盘本身的性能,还涉及控制器的负载能力、控制器与计算节点之间的传输带宽,因此传统存储增加扩展容量后,性能反而会有所下降。

对于未来互联网私有云的平台,在磁盘所需容量无法进行非常准确预估的情况下,vSAN 的横向扩展的架构优势得到了体现,不必为未来可能会达到多少容量而过度地操心,不必为存储过保而操心,不必为是否需要为存储逻辑卷做物理镜像时带来的高资金投入而操心。vSAN 对容量、性能的线性提升,更有利于“一个难以预估、规划使用量的应用”的管理、规划、使用。

结束语 随着云计算、大数据等新技术和应用不断涌现,

传统 SAN 存储在扩展性等方面暴露出不足之处。vSAN 通过软件的不断更新升级,能支持越来越多的功能,性能也得到不断提升其产品发展进程已经完全改变了原来以硬件为主的存储架构演进,随着数据镜像复制、虚拟机双机热备、容灾等高级功能的推出,完全突破了传统 IT 架构,大幅度提高了系统的性能和安全性,IT 管理、数据管理等都将面临变革。上海公安高等专科学校是国内首个成功部署并上线运行 VMware vSAN 虚拟化分布式存储的单位,它在 VMware vSAN 项目实施过程中遇到的问题以及应对之策对于其他用户的分布式存储实践和 VMware 公司的产品改进都具有积极的意义。

参考文献

- [1] 工业和信息化部电信研究院. 云计算白皮书[OL]: <http://wenku.baidu.com/view/27a6e43483c4bb4cf7ecd115.html>
- [2] Dean J. Experiences with MapReduce, an abstraction for large-scale computation[C]//International Conference on Parallel Architecture and Compilation Techniques, 2006:1
- [3] Greenberg A, Hamilton JR, Jain N. VL2: A scalable and flexible data center network[C]//Proc. of the SIGCOMM 2009, 2009: 51-62
- [4] Dally W J, Towles B P. Principles and Practices of Interconnection Networks[J]. Macromolecular Materials & Engineering, 2014, 299(6): 707-721
- [5] Abu-Libdeh H, Costa P, Rowstron A, et al. Symbiotic routing in future data centers[C]//Proc. of the SIGCOMM 2010, New Delhi: ACM Press, 2010: 51-62
- [6] Guo C X, Wu H T, Tan K, et al. DCell: A scalable and fault-tolerant network structure for data centers[C]//Proc. of the SIGCOMM 2008, Seattle: ACM Press, 2008: 75-86
- [7] 穆飞, 薛巍. 一种面向大规模存储系统的数据副本映射算法[J]. 计算机研究与发展, 2009, 46(3): 492-497
- [8] 熊润群, 罗军舟. 云计算环境下 QoS 偏好感知的副本选择策略[J]. 通信学报, 2011, 32(7): 93-102
- [9] 王永剑, 裴翔. Nova-BFT: 一种支持多种故障模型的副本状态机协议[J]. 计算机研究与发展, 2011, 48(7): 1134-1145
- [10] queue[J]. Naval Research Logistics, 2011, 58(2): 107-122
- [11] Haviv M. Regulating an M/G/1 queue when customers know their demand[J]. Performance Evaluation, 2014, 77: 57-71
- [12] Hassin R, Haviv M. To Queue or Not to Queue: Equilibrium Behavior in Queueing Systems[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003
- [13] Sun W, Wang Y, Tian N. Pricing and setup/closedown policies in unobservable queues with strategic customers[J]. 4or Quarterly Journal of the Belgian French & Italian Operations Research Societies, 2012, 10(10): 287-311
- [14] Zhang F, Wang J, Liu B. Strategic joining in M/M/1 retrial queue[J]. European Journal of Operational Research, 2013, 230(1): 76-87
- [15] Tian N, Zhang G Z. Vacation queueing models-theory and applications [M]. New York: Springer-Verlag, 2006

(上接第 570 页)

结束语 本文基于休假排队,研究顾客在个体均衡和社会最优两方面的进入选择概率,并从附加时间费用角度给出固定和可变进入费用制定原则。与之前顾客行为研究的不同点在于,文中分析了服务前收费(事前费用)和服务后收费(事后收费)两种费用方式,并引入了附加时间效用函数来体现顾客费用,为进一步研究其它排队行为提出了新的角度和思想。

参考文献

- [1] Naor P. The regulation of queue size by levying tolls[J]. Econometrica, 1969, 37(1): 15-24
- [2] Haviv M, Kerner Y. On balking from an empty queue [J]. Queueing System, 2007, 55(55): 239-249
- [3] Economou A, Kanta S. Equilibrium customer strategies and social-profit maximization in the single-server constant retrial