

文章编号:1003-207(2013)02-0098-09

# 基于 SaaS 模式的服务供应链协调研究

李新明, 廖貅武, 刘 洋

(西安交通大学管理学院过程控制与效率工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710049)

**摘要:** 免费试用是 SaaS(软件即服务)模式市场推广的主要方式, 本文研究了服务需求由服务的免费试用决定的 SaaS 服务供应链中 AIP(应用基础设施提供商)与 ASP(应用服务提供商)间的协调问题。在信息对称下, 以成本共担契约激励 ASP 提高免费试用的努力水平; 在信息不对称的情况下, AIP 采用服务能力预定策略避免低技术能力 ASP 的机会主义行为, 通过成本与风险共担的组合契约激励 ASP 提高免费试用的努力水平和提高服务能力订购量。研究表明: 提出的协调契约能够使免费试用的效果达到整体最优, 实现 SaaS 服务供应链的最优绩效并使各参与方利润帕累托改进; 提高 ASP 的技术能力可使免费试用取得更好的效果。通过数值模拟验证了模型的有效性并得出了其管理学意义。

**关键词:** SaaS 模式; 免费试用; 服务供应链; 协调

**中图分类号:** F272      **文献标识码:** A

## 1 引言

随着服务经济在全球范围内的迅速发展和近几年云计算的兴起, 一种新的 IT 服务应用模式—软件即服务(Software as a Service, SaaS)引起了广泛关注。SaaS 是一种通过互联网提供软件服务的应用模式, 通过 SaaS 模式, 企业不需要先期投资就可以享受到先进的 IT 应用服务, 是一种非常适合中小企业信息化建设的新途径。这正好弥补了我国中小型企业目前信息化水平低、资金少、人才缺的不足, 并较好的迎合了中小企业的发展需求, 同时对于服务提供商来说, 通过专业化和规模经济降低了开发运行成本。现阶段我国的 SaaS 模式还处于市场推广阶段, 为了让客户接受这种 IT 服务新模式, 应用服务提供商(ASP)向潜在的客户提供了应用服务的免费试用。计世资讯认为“先试后买”是 SaaS 区别于传统软件的一大优势, 在这种模式下, 用户可以在正式购买 SaaS 应用之前先免费试用 1-3 个月, 通过免费试用了解应用服务。在金万维与 50 家合作伙伴共同对中国中小企业信息化市场成交率进行调研发现, 在最终成交的客户中, 有 98.6% 经过

产品试用或演示, 免费试用对客户最终是否购买产品和服务起着决定性的作用。因此, 以 SaaS 模式中的免费试用为切入点, 研究免费试用下 SaaS 模式中各参与方应如何协调合作使免费试用的效果达到最优, 这对于赢得客户、扩大 SaaS 市场份额具有现实意义, 是 SaaS 模式发展过程中亟待解决的问题, 这也是本文研究的关注所在。

理论上, SaaS 作为一种商业模式, 国内外学者已经进行了一系列研究, 包括 ASP 的形成与发展、发展的驱动因素和阻碍因素, IT 外包模式的演化及 ASP 的发展趋势等<sup>[1-2]</sup>; 从客户角度来研究 ASP 的采用、风险管理、对 ASP 的评估、ASP 的价值以及对采用实例的研究等<sup>[3-6]</sup>; 还有从提供商角度研究其市场定位、客户满意、交付方式与质量改进等<sup>[7-10]</sup>。Fan 等<sup>[11]</sup>研究了传统软件提供商和 SaaS 模式下软件提供商的短期价格竞争与长期的质量竞争问题。Susarla 等<sup>[12]</sup>用实证的研究方法从交易成本理论的视角研究了 SaaS 模式中合同设计的问题, 得出了不同合同类型在 SaaS 模式中的适用性。在 SaaS 模式协调方面, Demirkan 等<sup>[13]</sup>首次从服务供应链<sup>[14]</sup>的视角研究了 AIP(应用服务基础设施提供商)与 ASP 之间的信息共享、风险分担与协调问题, 通过四种不同的协调方式比较得出一种竞争合作的协调策略能取得服务供应链的协调。服务供应链强调从服务系统整体的角度对 SaaS 模式进行研究, 这为研究 SaaS 模式中各参与方的合作与协调提供了

收稿日期: 2011-06-13; 修订日期: 2012-07-29

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(70890081)

作者简介: 李新明(1984-), 男(汉族), 陕西西安人, 西安交通大学管理学院, 博士研究生, 研究方向: 服务外包与服务供应链。

合适的研究视角。在 SaaS 服务供应链的基础之, Demirkan 等<sup>[15]</sup>考虑了用户等待服务的时间成本, 进一步研究了 SaaS 模式中 AIP 与 ASP 之间不同的协调策略对供应链整体绩效的影响。但斌<sup>[16]</sup>针对应用服务供应链中需求不确定和服务竞争引发的市场风险问题, 研究了服务供应链中由不同成员来承担风险的风险分担机制, 处于供应链下游的 ASP 作为盟主的风险分担机制较上游的 ISV 作为盟主的风险分担机制对应用服务供应链的协调效果好。这些研究为从服务供应链视角展开对 SaaS 模式的研究提供了很好的借鉴。然而, 已有的研究还没有关注到 SaaS 模式中应用服务的免费试用这一特点, 免费试用是否有效关系着 SaaS 模式市场推广的成败。因此, 本文针对现有研究的不足, 从 SaaS 模式的特点出发, 以服务供应链的视角研究免费试用下 SaaS 服务供应链能力合作中的协调以使免费试用的效果达到整体最优, 以期对 SaaS 模式的运营实践提供一些理论参考。本文研究的特色之处在于: (1) 以 SaaS 模式中应用服务的免费试用为研究切入点建立 SaaS 服务供应链的协调模型, 体现了应用服务不同于产品的特点, 服务需求是通过免费试用来实现的, 不同于 Demirkan 等<sup>[13, 15]</sup>中需求是价格依赖或随机的。(2) SaaS 服务供应链与产品供应链不同之处主要在于, 一是 SaaS 服务供应链的市场需求是通过应用服务的免费试用来实现的, 二是 SaaS 服务供应链上下游成员不仅仅是产品或服务的供应关系, 还存在能力合作。(3) 在研究免费试用下各参与方的合作与协调的同时, 还针对现实中存在的信息不对称问题, 探讨了免费试用下能力合作中的机会主义, 并提出了有效的规避策略。

## 2 模型及假设

本文的研究基于一个由 AIP、ASP 和客户组成的 SaaS 服务供应链<sup>[15]</sup>, 如图 1 所示。供应链上游的 AIP 向 ASP 提供服务能力, ASP 应用此服务能力向客户提供增值的应用服务。与产品供应链不同的是, 应用服务的实际市场需求是依靠免费试用来实现。具体而言, 在免费试用期内, ASP 与 AIP 进行能力合作, 共同向潜在客户提供免费的应用服务, 客户通过试用来了解应用服务, 并决定将来是否租用此应用服务。

假设 1: ASP 向潜在的  $N$  个客户提供应用服务的免费试用, 潜在客户通过免费试用来了解应用服务, 并决定是否租用此应用服务。



图 1 SaaS 服务供应链模型

假设 2: 潜在客户通过试用, 将来愿意接受应用服务的概率为  $\theta = 1 - a^e$ , ( $0 < a < 1$ )。免费试用中有两种因素影响潜在用户对服务的感受, 一是 ASP 的技术能力  $a$ , 是指 ASP 所拥有的专业技术、知识和经验等短期内非人为可控的因素; 二是 ASP 的免费试用期的努力水平  $e$ , 是 ASP 在免费试用期内投入的量化, 是免费试用期的决策变量。不同技术能力 ASP 的努力水平与服务接受率  $\theta$  的关系如图 2 所示, 可见, 这一概率关系体现了如下事实: ASP 付出的努力越多, 客户接受服务的概率就越大, 但努力的边际作用递减; 在相同的努力水平下, 技术能力高 ( $a$  越小) 的 ASP 赢得客户的可能性更大。

假设 3: 在 AIP 与 ASP 进行能力合作的免费试用期内, AIP 付出的成本为  $c_1 N$ ,  $c_1$  为单位服务能力的成本, 服务能力以能够服务的客户数量来衡量; ASP 付出努力的成本  $c(e) = be$ ,  $b$  是成本系数。这里要说明的是, ASP 的努力成本是努力水平的线性函数, 并非常见的二次函数, 这是因为努力水平的效果  $\theta = 1 - a^e$  已经体现为努力水平  $e$  的非线性函数, 并且边际作用递减, 因此用努力成本为努力水平的线性函数足以刻画现实中成本投入的边际作用递减的情形。

假设 4: 通过免费试用, 若潜在客户接受服务, 则与 ASP 签订一个合同期的服务合同, 客户付给 ASP 的服务租金为  $p$

假设 5: 在一个合同期内, AIP 的单位服务能力的成本为  $c$ , 它向 ASP 出售的价格为  $w$ 。

假设 6: 合同期的期望客户数为  $N(1 - a^e)$ , 由于市场具有一定的不确定性, 可视合同期的客户数为区间  $[\mu - m, \mu + m]$  上的均匀分布<sup>[13]</sup>, 其中  $\mu = N(1 - a^e)$ ,  $f(x)$ ,  $F(x)$  分别为其概率密度与分布函数。

因此, AIP, ASP 以及 SaaS 服务供应链整体的期望利润函数分别为:

$$\pi_{AIP} = (w - c)N(1 - a^e) - c_1 N \quad (1)$$

$$\pi_{ASP} = (p - w)N(1 - a^e) - be \quad (2)$$

$$\pi_{SC} = (p - c)N(1 - a^e) - c_1 N - be \quad (3)$$

免费试用期的努力水平是免费试用下 SaaS 服

务供应链的决策变量,免费试用的关键是 ASP 要在免费试用期的投入成本与吸引到的客户之间进行权衡,找到最优的平衡点。在免费试用中,ASP 的技术能力非常关键,它决定着免费试用的效果,也决定着供应链的整体绩效。但由于现实中信息并非都是对称的,若 ASP 的技术能力信息为非对称的,AIP 不能观测到 ASP 的技术能力,则低技术能力的 ASP 有机会主义的动机,AIP 需采取相应的措施避免这种机会主义行为。

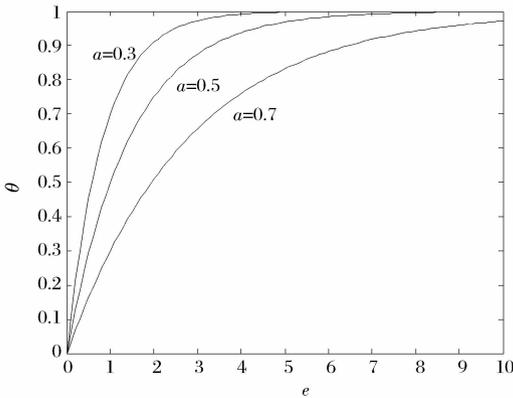


图 2 ASP 的努力水平与服务接受率  $\theta$  的关系

### 3 信息对称下的协调分析

在信息对称下,ASP 的技术能力水平  $a$  为合作双方的共有知识,即 AIP 可以观察到 ASP 的技术能力水平如何。在这种情况下,虽然可以避免低技术能力的 ASP 的机会主义行为,但由于免费试用期的努力水平由 ASP 独自决策,仍会存在相应的道德风险问题,下面将对此问题进行分析。

#### 3.1 集中式与分散式供应链下的决策

在集中式供应链系统下,AIP 与 ASP 是一个利益共同体,相当于 AIP 与 ASP 进行了垂直一体化。对整个供应链系统而言,最大化供应链整体利润的最优决策,即免费试用的最优的努力水平可由供应链的整体期望利润函数(3)式对  $e$  的一阶条件得:

$$e^* = \log_a \frac{b}{(c-p)N \ln a} \tag{4}$$

由于  $\frac{d^2 \pi_{SC}}{de^2} = -(p-c)Na^e (\ln a)^2 < 0$ , 因此  $e^*$

是 SaaS 服务供应链的唯一最优努力水平。在此免费试用努力水平下,SaaS 服务供应链系统达到了协调,实现了供应链整体的最大利润。

现实情况下,SaaS 服务供应链上的 AIP 与 ASP 都是独立的利益体,往往只考虑自身的利益而

不顾对方利益和供应链整体利益进行独立决策,这称为分散式供应链。在这种情况下,ASP 根据最大化自身利润的原则独立决策,ASP 的最优免费试用努力水平可由其期望利润函数(2)式对  $e$  的一阶条件得:

$$e_{ASP} = \log_a \frac{b}{(\tau-w-p)N \ln a} \tag{5}$$

对比(4)、(5)两式可知,ASP 的独立决策与供应链系统最优决策是不一致的。

**命题 1:** 分散式供应链下,ASP 独立决策的免费试用最优努力水平低于供应链系统的最优努力水平,此时,免费试用下的 SaaS 服务供应链不能达到协调。

由于  $\tau > c$ , 此命题易得。命题 1 说明在分散式供应链下,与产品供应链类似,免费试用下的 SaaS 服务供应链也会产生双边际化效应。从供应链系统的角度来看,在 AIP 与 ASP 共同合作的免费试用中存在着 ASP“偷懒”的道德风险,SaaS 服务供应链因此不能实现整体利润最大化。供应链的各方都只顾各自利益,而导致了供应链整体的不协调。若没有协调措施,供应链将无法实现利润最大化,同时 AIP 与 ASP 也不能最大化各自的收益。

#### 3.2 信息对称下的协调契约

由上述分析可见,在 ASP 技术能力水平既定的情况下,当 ASP 增加努力水平时,通过免费试用赢得的客户数会增加,能力合作的双方都会因此而受益,但 ASP 承担全部的努力成本,AIP 只受益却不承担任何成本,这正是 ASP 独立决策时免费试用最优努力水平存在扭曲的原因所在。契约作为供应链协调的一种有效方法,近年来得到了广泛应用<sup>[17]</sup>,本文拟采用成本共担契约,由 AIP 与 ASP 来共同承担免费试用期的努力成本。若 ASP 承担的成本的比例为  $\alpha$ ,则 AIP 所承担的成本比例为  $1-\alpha$ 。在成本共担契约下 AIP 与 ASP 的期望利润函数分别为:

$$\pi_{AIP,\alpha} = (\tau-c)N(1-a^e) - c_1N - (1-\alpha)be \tag{6}$$

$$\pi_{ASP,\alpha} = (p-\tau)N(1-a^e) - \alpha be \tag{7}$$

在成本共担契约下,ASP 免费试用的最优努力水平决策由其利润函数对  $e$  的一阶条件可得:

$$e_{ASP,\alpha} = \log_a \frac{\alpha b}{(\tau-w-p)N \ln a} \tag{8}$$

SaaS 服务供应链要达到协调则需  $e_{ASP,\alpha} = e^*$  由此可得成本共担契约参数为:

$$\alpha = \frac{p-w}{p-c} \quad (9)$$

**结论 1:** 使 SaaS 服务供应链达到协调的成本分担比例为  $\alpha:(1-\alpha) = (p-w):(w-c)$ , 双方分担成本的比例等于双方分割供应链边际利润的比例, 这也反映了, 供应链的协调要求成本与收益相一致。

结论 1 说明, 当单位服务能力价格  $w$  固定时, 免费试用下 SaaS 服务供应链达到协调时, AIP 与 ASP 分担努力成本的比例是唯一且固定的, 若  $w$  可变时, 有命题 2。

**命题 2:** 在成本共担契约下, 若  $w$  可变且满足  $w^* = \alpha c + (1-\alpha)p$  时, 成本共担契约能够使免费试用下 SaaS 服务供应链达到协调, 免费试用效果达到最优, 即供应链系统利润达到最大, 并且 AIP 与 ASP 可通过改变  $\alpha$  来调节分享供应链系统的最大利润的比例。

证明: 此时  $w^*$  为  $\alpha$  的函数, 将  $w^* = \alpha c + (1-\alpha)p$  代入(8)式, 可知  $e_{ASP, \alpha} = e^*$ , 满足供应链达到协调的条件, 并将  $w^* = \alpha c + (1-\alpha)p$  分别代入 AIP 与 ASP 的期望利润函数可知:  $\pi_{AIP, \alpha} = (1-\alpha)\pi_{SC} - \alpha c_1 N$ ,  $\pi_{ASP, \alpha} = \alpha\pi_{SC} + \alpha c_1 N$ , AIP 与 ASP 的期望利润都与  $\alpha$  为线性关系。

命题 2 表明, 在成本共担契约中, 若  $w$  作为决策变量, 则可扩大成本共担契约的适用范围。在 SaaS 服务供应链达到协调的情况下, 成本分担比例可任意选取, 相应地, 能力合作双方也可以以任意比例分享 SaaS 服务供应链达到协调时取得的最大利润。

## 4 信息不对称下的协调分析

### 4.1 信息不对称下的应对策略

在信息不对称情况下, ASP 的技术能力水平  $a$  为 ASP 的私有信息。由于 AIP 不能观察到 ASP 的技术能力, 在机会主义的动机下, 技术能力不高的 ASP 也希望与 AIP 进行能力合。若 AIP 与技术能力低的 ASP 合作, 则免费试用可能吸引不到足够多的潜在客户, 甚至不能抵消 AIP 在免费试用期的成本投入, 因此与技术能力低的 ASP 合作是存在风险的。为了规避这种机会主义的风险, 在能力合作之前, AIP 应采取相应的措施对 ASP 的技术能力有所区分。根据前文分析, 技术能力高的 ASP 不但赢得客户的概率更大, 也会付出更多的努力(从(5)式可看出), 最终其通过免费试用会赢得更多的客户, 合同期需要的服务能力也越大。可见, 所需服务能力

的量可反应 ASP 技术能力高低和努力程度的大小。因此, 结合实际的可行性提出服务能力预订策略, 即通过 ASP 在能力合作的免费试用期之前预先向 AIP 订购合同期的服务能力来揭示隐藏的技术能力信息。AIP 可根据 ASP 订购的服务能力判断 ASP 的技术能力的高低, 权衡自己在免费试用期的成本投入, 并判断是否达到自己的预期收益, 从而确定自己是否参与与 ASP 的能力合作。

此博弈过程如下, 首先, ASP 根据自身情况订购合同期的服务能力  $n$  (可向  $n$  个客户提供应用服务); 然后, AIP 根据此订购量判断自己的盈利, 决策是否要与 ASP 能力合作进行免费试用; 若进行能力合作, 在免费试用期, ASP 付出努力赢得合同期的客户, 实现市场需求。若 AIP 不与 ASP 能力合作进行免费试用, 则 ASP 面对的市场需求为在区间  $[0, N]$  上的随机分布, ASP 的服务能力订购类似于报童模型。

在能力预订策略下 AIP 的期望利润函数为:

$$\pi_{AIP}^a = (\tau - c)n - c_1 N \quad (10)$$

能力预订的策略对 ASP 来说, 因要在合同期之前订购合同期所需的服务能力, 所以会面临服务能力订购过量或不足的风险。令  $n$  为 ASP 的服务能力订购量,  $S(n, e)$  为 ASP 订购服务能力为  $n$  且免费试用期努力水平为  $e$  时的期望客户数。则:

$$\begin{aligned} S(n, e) &= E[\min(n, x)] = \int_{N(1-a^e)-m}^{N(1-a^e)+m} \min(n, x) f(x/e) dx \\ &= \int_{N(1-a^e)-m}^n x f(x/e) dx + \int_n^{N(1-a^e)+m} n f(x/e) dx \\ &= \frac{n^2 - [N(1-a^e) - m]^2 + 2n[N(1-a^e) + m - n]}{4m} \end{aligned}$$

此时, ASP 的期望利润函数为:

$$\pi_{ASP}^a = (p-w)S(n, e) - (w-r)[n - S(n, e)] - g[\mu - S(n, e)] - be \quad (11)$$

其中  $r$  为过量服务能力的单位残值,  $g$  为由于服务能力不足, 客户需求不能得到满足而造成的单位机会成本。

SaaS 服务供应链整体的期望利润函数为:

$$\pi_{SC}^a = \pi_{AIP}^a + \pi_{ASP}^a = (p-c)S(n, e) - (c-r)[n - S(n, e)] - g[\mu - S(n, e)] - c_1 N - be \quad (12)$$

### 4.2 信息不对称下的最优决策

类似于信息对称下的分析, 以下分别从集中式、分散式供应链下分析免费试用下 SaaS 服务供应链的决策问题。但不同于信息对称下的是, 在信息不

对称下 ASP 不仅要决策努力水平,而且还要决策服务能力的订购量。

在集中式供应链下,由 SaaS 服务供应链整体的期望利润函数(12)式分别对  $e, n$  的一阶条件:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{sc}^a}{\partial e} &= (p-r+g) \frac{\partial S(n,e)}{\partial e} - g \frac{\partial \mu}{\partial e} - b \\ &= \frac{(p-r+g)Na^e \ln a [N(1-a^e) - m - n]}{2m} \\ &+ gNa^e \ln a - b = 0 \end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{sc}^a}{\partial n} &= (p-r+g) \frac{\partial S(n,e)}{\partial n} - c + r \\ &= \frac{(p-r+g)[N(1-a^e) + m - n]}{2m} - c + r \\ &= 0 \end{aligned} \tag{14}$$

由(13)、(14)两式解得供应链系统的最优决策为:

$$e_{sc}^a = \log_a \frac{b}{(c-p)N \ln a} \tag{15}$$

$$n_{sc}^a = N - \frac{b}{(c-p) \ln a} + \frac{m(p+r+g-2c)}{p-r+g} \tag{16}$$

同时有:

$$\frac{\partial^2 \pi_{sc}^a}{\partial e^2} = Na^e (\ln a)^2 [c-p - \frac{(p-r+g)Na^e}{2m}] < 0$$

$$\frac{\partial^2 \pi_{sc}^a}{\partial n^2} = \frac{r-p-g}{2m} < 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \pi_{sc}^a}{\partial e^2} \cdot \frac{\partial^2 \pi_{sc}^a}{\partial n^2} - \frac{\partial^2 \pi_{sc}^a}{\partial e \partial n} \cdot \frac{\partial^2 \pi_{sc}^a}{\partial n \partial e} \\ = \frac{(p-r+g)(p-c)Na^e (\ln a)^2}{2m} > 0 \end{aligned}$$

因此,供应链系统的期望利润函数关于  $(e, n)$  是凹的,即以上求得的  $(e_{sc}^a, n_{sc}^a)$  是使得供应链整体取得最大利润的唯一组合。

同样根据 ASP 的利润函数  $\pi_{ASP}^a$  求得 ASP 的唯一最优努力水平和服务能力订购量组合为:

$$e_{ASP}^a = \log_a \frac{b}{(\omega-p)N \ln a} \tag{17}$$

$$n_{ASP}^a = N - \frac{b}{(\omega-p) \ln a} + \frac{m(p+r+g-2\omega)}{p-r+g} \tag{18}$$

比较 ASP 与供应链系统的最优决策,有命题 3。

**命题 3:**  $e_{ASP}^a < e_{sc}^a$ ;  $n_{ASP}^a < n_{sc}^a$ 。

由于  $\omega > c$ ,此命题易得。命题 3 说明通过服务能力预订策略,AIP 虽能够选择与高技术能力的 ASP 合作,但在分散式供应链的独立决策下,由于 ASP 的自利性,其免费试用的最优努力水平与服务

能力的订购量都不能达到供应链系统的最优水平。这显然不是 AIP 所希望的,对 AIP 来说,既然付出了免费试用期的成本,就希望通过免费试用赢得更多的客户,ASP 的能力订购量越高越好,这样 AIP 才能获得更大的收益。此时 SaaS 服务供应链不能实现整体协调,免费试用的效果不能达到最优,这不管是对 AIP、ASP 还是供应链整体都不能实现利润的最大化。若没有协调相应的协调措施,供应链的整体绩效将会受损,有悖于供应链的集成化思想。下面就针对此问题,研究如何协调 ASP 的努力水平和服务能力订购量。

### 4.3 信息不对称下的协调契约

从以上分析可知,信息对称下,成本共担契约可使 SaaS 服务供应链达到协调,将其应用于信息不对称的情况下可知,成本共担契约只能协调努力水平,并不能协调服务能力的订购量,总体上不能实现信息不对称下 SaaS 服务供应链的协调,由于篇幅所限,此分析过程略,后面的数值试验分析部分有所说明。

由以往的研究可知,当风险完全由供应链的一方独自承担时,供应链就会产生双边际化效应,使供应链整体绩效降低。Lin<sup>[18]</sup>等的研究表明风险共担可以解决由于风险造成的双边际化效应问题,使供应链达到协调。因此本文根据风险共担的思想提出将成本共担与风险共担相结合的成本与风险共担契约。契约参数为  $\{\alpha, \beta\}$ ,其中  $\alpha$  为 ASP 承担的努力成本比例,则 AIP 承担的努力成本比例为  $1 - \alpha$ ,  $\beta$  为 ASP 承担的风险比例,则 AIP 承担的风险比例为  $1 - \beta$ ;在此契约下,AIP,ASP 和 SaaS 服务供应链整体的期望利润函数分别为:

$$\begin{aligned} \pi_{AIP, \alpha, \beta}^a &= (\omega - c)n - c_1 N - (1 - \alpha)be \\ &- (1 - \beta)[(\omega - r)(n - S(n, e)) + g(\mu - S(n, e))] \end{aligned} \tag{19}$$

$$\begin{aligned} \pi_{ASP, \alpha, \beta}^a &= (p - \omega)S(n, e) - abe \\ &- \beta[(\omega - r)(n - S(n, e)) + g(\mu - S(n, e))] \end{aligned} \tag{20}$$

$$\begin{aligned} \pi_{sc, \alpha, \beta}^a &= \pi_{AIP, \alpha, \beta}^a + \pi_{ASP, \alpha, \beta}^a = (p - c)S(n, e) \\ &- (c - r)[n - S(n, e)] - g[\mu - S(n, e)] - c_1 N - be \end{aligned} \tag{21}$$

由该契约下的期望利润函数可知,契约并没有改变供应链整体利润函数,只是调整了 AIP 与 ASP 的期望利润函数结构,从而使得双方的利益更加均衡一致。

ASP 的最优决策由其期望利润函数分别对  $e, n$  的一阶条件:

$$\frac{\partial \pi_{ASP, \alpha, \beta}^a}{\partial e} = [p - w + \beta(\omega - r + g)]$$

$$\frac{Na^e \ln a [N(1 - a^e) - m - n]}{2m} + \beta g Na^e \ln a - ab = 0$$
(22)

$$\frac{\partial \pi_{ASP, \alpha, \beta}^a}{\partial n} = [p - w + \beta(\omega - r + g)]$$

$$\frac{N(1 - a^e) + m - n}{2m} - \beta(\omega - r) = 0$$
(23)

联立(22)、(23)两式解得:

$$e_{ASP, \alpha, \beta}^a = \log_a \frac{ab}{(\omega - p)N \ln a}$$
(24)

$$n_{ASP, \alpha, \beta}^a = N - \frac{ab}{(\omega - p) \ln a}$$

$$+ \frac{m[p - \omega - \beta(\omega - r - g)]}{p - \omega + \beta(\omega - r + g)}$$
(25)

SaaS 服务供应链要达到协调,须满足:  $e_{ASP, \alpha, \beta}^a = e_{SC}^a$ ;  $n_{ASP, \alpha, \beta}^a = n_{SC}^a$ , 代入以上各式,计算可得:

$$\alpha = \frac{p - \omega}{p - c}$$
(26)

$$\beta = \frac{(c - r)(p - \omega)}{(\omega - r)(p - c + g) + g(r - c)}$$
(27)

**结论 2:** 成本与风险共担契约中,契约参数由系统参数唯一确定,而与 ASP 的技术能力、免费试用努力水平和服务能力预订决策以及市场不确定性都无关;成本分担比例  $\alpha$  与信息对称下的成本共担契约参数相同;风险分担比例  $\beta$  与成本分担比例  $\alpha$  正相关,即:

$$\beta = \frac{\alpha(c - r)(p - c)}{[\alpha c + (1 - \alpha)p](p - c + g) - rp + cr - gc}。$$

由结论 2 可以看出,成本与风险共担契约的参数是由市场各种价格参数客观决定的,与主观的决策无关,这表明该协调契约对免费试用下 SaaS 服务

供应链的协调作用不会受到主观因素的影响,具有较强的适应性。

若将  $\omega$  作为可变的决策变量有命题 4。

**命题 4:** 在成本与风险共担契约下,若  $\omega$  可变且满足  $\omega^* = \alpha c + (1 - \alpha)p$  时,其中成本分担比例  $\alpha$  可任意选取,且风险分担比例:

$$\beta = \frac{\alpha(c - r)(p - c)}{[\alpha c + (1 - \alpha)p](p - c + g) - rp + cr - gc}$$

则免费试用下的 SaaS 服务供应链达到协调,免费试用的效果达到最优,即供应链系统利润达到最大,AIP 与 ASP 可通过改变契约参数  $\alpha, \beta$  来调节分享供应链系统最大利润的比例。

证明过程类似命题 2 易得,命题 4 表明,契约双方可通过调整  $\omega$  来改变双方利润分成,从而实现双方利润的帕累托改进。共享 SaaS 服务供应链协调时取得的最大利润。这使得该契约具有一定的柔性,在具体实施时,双方可根据各自在供应链中的博弈能力来确定分享利润的比例。

## 5 数值试验分析

为了进一步直观的分析模型,下面给出了模型的具体数值算例。首先分别计算了免费试用下 SaaS 服务供应链在信息对称和不对称下的决策变量的数值解以及 AIP、ASP 和 SaaS 服务供应链整体的期望利润;然后考察了 ASP 技术能力参数  $a$  和成本分担比例  $\alpha$  的变化对各方利润的影响。

假设模型中参数取值分别为  $N = 100, c = 12, \omega = 15, p = 20, r = 10, g = 2, a = 0.5, b = 100$  得出的免费试用下 SaaS 服务供应链在信息对称和不对称下的绩效如表 1 和表 2 所示。

表 1 信息对称下 SaaS 服务供应链的绩效

条件	$e$	$\mu$	$\alpha$	$\omega$	$\pi^{AIP}$	$\pi^{ASP}$	$\pi^{SC}$
集中式供应链	2.47	82.0	—	—	—	—	358.6
分散式供应链	1.79	71.1	—	15.0	163.4	176.4	339.8
成本共担( $\omega$ 固定)	2.47	82.0	0.63	15.0	103.2	255.4	358.6
成本共担( $\omega$ 可变)	2.47	82.0	0.45	16.4	174.7	183.9	358.6

表 2 信息不对称下 SaaS 服务供应链的绩效

条件	$e$	$n$	$\alpha$	$\beta$	$\omega$	$\pi^{AIP}$	$\pi^{ASP}$	$\pi^{SC}$
集中式供应链	2.47	88.6	—	—	—	—	—	341.9
分散式供应链	1.79	72.8	—	—	15.0	168.4	147.2	315.6
成本共担( $\omega$ 可变)	2.47	83.6	0.45	—	16.4	182.1	152.4	334.5
成本与风险共担( $\omega$ 固定)	2.47	88.6	0.63	0.22	15.0	95.6	246.3	341.9
成本与风险共担( $\omega$ 可变)	2.47	88.6	0.40	0.10	16.8	184.1	157.8	341.9

由表 1 可以看出,在信息对称下,分散式供应链系统下的最优免费试用努力水平和总期望利润均小于集中式供应链系统下的最优量;在成本共担契约下,若  $\omega$  固定,供应链在达到协调时,AIP 的期望利润小于分散式系统下的期望利润,系统不能达到帕累托最优,因此需调节  $\omega$  以改变双方的利润分成;当  $\alpha = 0.45$ ,  $\omega = 16.4$  时,即 ASP 承担努力成本的 45%,AIP 承担 55%,使得免费试用下 SaaS 服务供应链达到协调,实现了集中式供应链的绩效,并且 AIP、ASP 和 SaaS 服务供应链整体的利润都同时得到改进,实现了系统的帕累托最优。

由表 2 可以看出,与信息对称下一样,分散式供应链系统不能达到集中式供应链系统下的最优绩效;成本共担契约虽可协调免费试用的努力水平使其达到系统的最优状态,但不能协调 ASP 的服务能力预订量,这使得供应链系统整体收益虽然比分散式系统下有所改进,但仍没有达到供应链系统的最优绩效;成本与风险共担契约下,若  $\omega$  固定,供应链在达到协调时,AIP 的期望利润还小于分散式系统下的期望利润,系统不能达到帕累托最优,因此需调节  $\omega$  以改变双方的利润分成;当  $\alpha = 0.4, \beta = 0.1$  时,即 ASP 承担努力成本的 45%,承担风险的 10%,使得免费试用下的 SaaS 服务供应链达到协调,实现了集中式供应链的绩效,免费试用的效果达到最优,并且 AIP、ASP 和 SaaS 服务供应链整体的利润都同时得到改进,实现了系统的帕累托最优。

对比表 1 和表 2 可见,供应链系统的绩效在信息对称下要高于信息不对称下,这正是信息的不对称给供应链系统带来的低效率;在能力预订策略下,没有任何协调契约时,信息的不对称使得 ASP 的期望利润有所降低,但 AIP 的期望利润不但没有减少,反而有少许增加,这正是 AIP 为了避免机会主义的风险所采取的能力预订策略的结果,虽避免了低技术能力 ASP 的机会主义行为,但同时却给高技术能力的 ASP 带来损失,这是由于不能显示自身高技术能力所造成的。这正反映了现实中信息不对称的双向作用,给一部分人带来了机会主义动机,同时由于信息传递的障碍,也给另一部分人带来了损失。

当 ASP 的技术能力参数  $a$  变化时,通过期望需求和期望利润两个方面对免费试用的效果进行了分析。以不免费试用的情况(报童模型)为基准,比较了集中式决策和分散式决策下的免费试用的期望需求,如图 3 所示;免费试用对 AIP、ASP 以及供应链整体的期望利润的影响如图 4—图 6 所示。契约参

数  $\alpha$  对各方利润的影响如图 7 所示。

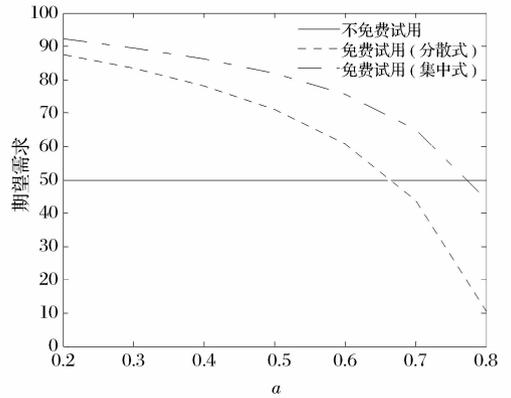


图 3 a 变化时的期望需求

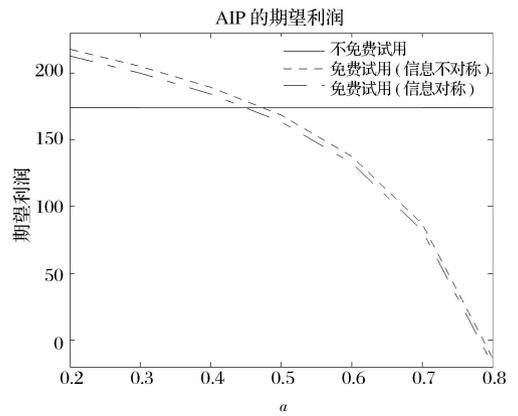


图 4 a 变化时 AIP 的期望利润

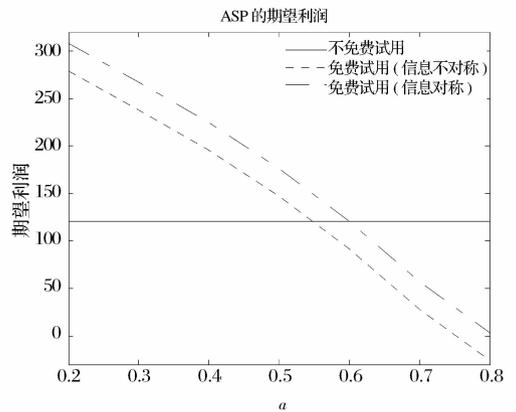


图 5 a 变化时 ASP 的期望利润

由图 3—图 6 可以看出,免费试用的直接效果是刺激了应用服务的需求,间接效果是提高了服务供应链各方的利润。免费试用的效果与 ASP 技术能力的高低正相关,ASP 的技术能力越高( $a$  越小),需求和期望利润越大。可见,ASP 的技术能力是免费试用的关键因素,要想使免费试用取得更好的效果,ASP 需不断提高自身的技术能力。不管是

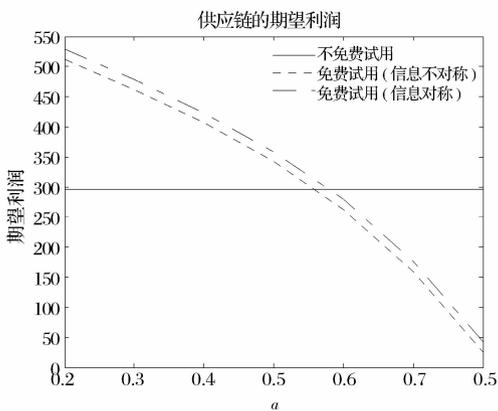


图 6  $\alpha$  变化时供应链的期望利润

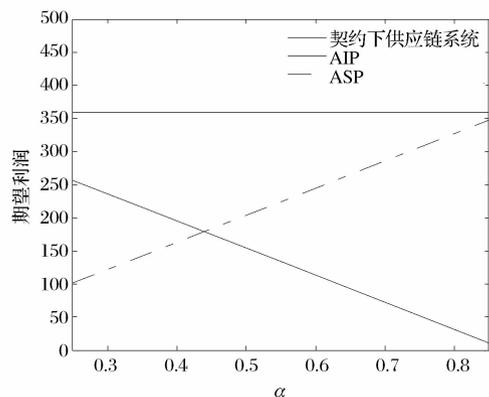


图 7  $\alpha$  变化时各方的利润分享

对需求的刺激还是利润的提高,集中式决策总是优于分散式决策,这说明了供应链协调的必要性。供应链各参与方通过契约进行协调可使得免费试用取得更好的效果。要保证免费试用对 AIP 与 ASP 利润的帕累托改进,AIP 对 ASP 技术能力的要求更高,这说明了 AIP 是有必要防止低技术能力 ASP 机会主义行为。

由图 3—图 7 可以总结出结论 3 至结论 5。

**结论 3:** 信息不对称会降低 SaaS 服务供应链的整体绩效。尽管服务能力预定策略可以保证 AIP 的收益不会因为信息的不对称而受损(图 4),但 ASP 和供应链系统的收益都因信息的不对称而有所降低(图 5、6)。

**结论 4:** 免费试用下 AIP、ASP 与供应链系统的期望利润对 ASP 技术能力参数  $\alpha$  的敏感性不同。对 AIP 来说,当 ASP 的技术能力较高时,AIP 的期望利润保持在较高水平且变化幅度较小,当 ASP 技术能力低于一定水平时,AIP 的期望利润大幅减小,说明与高技术能力的 ASP 合作进行免费试用是 AIP 稳定获益的保证;ASP 的期望利润则与自身的

技术能力变化几乎为线性,也应通过提高自身技术能力来提高收益;供应链系统整体的期望利润对  $\alpha$  的变化介于 AIP 与 ASP 之间。

**结论 5:** 契约参数  $\alpha$  可调整 AIP 与 ASP 对免费试用下 SaaS 服务供应链达到协调时取得最大利润的分成比例(图 7),AIP 的期望利润随  $\alpha$  的增大而减小,ASP 的期望利润随  $\alpha$  的增大而增大,双方可根据各自实际的博弈能力确定相应的  $\alpha$  来分享供应链系统的最大利润。

## 6 结语

在我国服务经济大发展和企业信息化的趋势下,SaaS 模式必将有着广阔的应用前景,特别是对广大中小企业来说是提高企业信息化的有效途径,也能发挥整个社会资源利用的规模效应,不管是在理论上还是实践上都值得关注。本文在这样的背景下,研究所得结论对于 SaaS 模式的实践意义有:(1) SaaS 模式中各参与方的合作与协调对免费试用的效果至关重要,SaaS 模式中的各个参与方应积极主动参与各方的协调,这对于提高参与方自身收益和 SaaS 模式发展阶段的市场推广都具有积极意义。(2) 免费试用下各参与方在采用成本共担契约或成本与风险共担契约进行协调时,应发挥价格  $w$  的调节作用,以保证整体的协调让各参与方都受益。(3) 提高 ASP 的技术能力是关键,它对免费试用的效果和整个 SaaS 服务供应链系统的绩效起着决定作用;(4) 在 SaaS 服务供应链中应尽量消除信息的不对称,能力预订策略虽能够有效防范免费试用下能力合作中的机会主义,但也会使供应链的绩效有所降低。(5) 在信息不对称下的免费试用中,高技术能力的 ASP 应积极主动地证实自己的高能力,以免因对方的鉴别措施而利润受损。然而,本文的不足和局限之处在于,为了便于理论分析,只考虑了 SaaS 模式运营方式中最基本的情况,如只考虑了最简单的客户收费方式;也没有考虑 SaaS 模式中其他成员对 SaaS 服务供应链的影响作用,在能说明问题的前提下,建立的模型较为简明,以后的研究可以考虑更为复杂的情况。另外,在信息不对称下,研究如何消除或减小信息的不对称给 SaaS 服务供应链绩效带来的影响是一个值得进一步研究的方向。

## 参考文献:

[1] Alexander L F. Analyzing application service providers [M]. Prentice Hall PTR, 2002.

- [2] Carr N G. The end of corporate computing [J]. MIT Sloan Management Review, 2005, 46(3): 67-73.
- [3] Bennett C, Timbrell G T. Application service providers: will they success [J]. Information systems Frontiers, 2000, 2(2): 195-211.
- [4] Kern T, Willcocks L P, Lacity M C. Application service providers: risk assessment and mitigation [J]. MIS Quarterly Executive, 2002, 1(2): 113-126.
- [5] Alexander B, Hess T, Buxmann P. Drivers of SaaS-A-doption-an empirical study of different application types [J]. Business & Information Systems Engineering, 2009, 5: 357-369.
- [6] Yao Yurong, Lee D M, Lee Y W. Cost and service capability considerations on the intention to adopt application service provision services [J]. Journal of Database Management, 2010, 21(3): 90-113.
- [7] Currie W L, Seltsikas P. Exploring the supply-side of IT outsourcing: evaluation the emerging role of application service providers [J]. European Journal of Information System, 2001, 10: 123-134.
- [8] Susarla A, Barua A, Whinston A B. Understanding the service component of application service provision: an empirical analysis of satisfaction with ASP services [J]. MIS Quarterly, 2003, 27(1): 91-123.
- [9] Zhang Jie, Seidmann A. Perpetual versus subscription licensing under quality uncertainty and network externality effects [J]. Journal of management information systems, 2010, 27(1): 39-68.
- [10] Choudhary V. Comparison of software quality under perpetual licensing and software as a service [J]. Journal of management information systems, 2007, 24(2): 141-165.
- [11] Fan Ming, Kumar S, Whinston A B. Short-term and long-term competition between providers of shrink-wrap software and software as a service [J]. European Journal of Operational Research, 2009, 196(2): 661-671.
- [12] Susarla A, Barua A, Whinston A B. A transaction cost perspective of the "Software as a Service" business model [J]. Journal of Management Information Systems, 2009, 26(2): 205-240.
- [13] Demirkan H, Cheng H K. The risk and information sharing of application service supply chain [J]. European Journal of Operation Research, 2008, 187: 756-784.
- [14] Ellram L M, Wendy L T, Corey B. Understanding and managing the service supply chain [J]. Journal of Supply Chain Management, 2004, (fall): 17-32.
- [15] Demirkan H, Cheng H K, Bandyopadhyay S. Coordination strategies in an SaaS supply chain [J]. Journal of Management information Systems, 2010, 26(4): 119-143.
- [16] 但斌, 唐国锋, 宋寒, 张旭梅. 需求不确定下两阶段应用服务供应链市场风险分担机制研究 [J]. 中国管理科学, 2010, 18(3): 45-52.
- [17] 杨德礼, 郭琼, 何勇, 等. 供应链契约研究进展 [J]. 管理学报, 2006, 3(1): 117-125.
- [18] Lin Zhibing, Cai Chen, Xu Baoguang. Supply chain coordination with insurance contract [J]. European Journal of Operation Research, 2010, 205: 339-345.

## Research on Service Supply Chain Coordination Based on SaaS Model

LI Xin-ming, LIAO Xiu-wu, LIU Yang

(The School of Management, Xi'an Jiaotong University, The Key Lab of Education for Process Control & Efficiency, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** The free trial is the primary method for marketing generalization in the SaaS model. The coordination problem between an AIP (application infrastructure provider) and an ASP (application service provider) in a SaaS supply chain is investigated, in which the service demand is determined by the application free trial. Under symmetric information, the cost sharing contract is adopted to incent ASP to increase the effort level of free trial. Under asymmetric information, service capacity preorder strategy is used by AIP to avoid the low technical ability ASP's opportunism behavior, and a combined contract of cost sharing and risk sharing is proposed to incent ASP to increase effort level of free trial and increase service capacity preorder quantity. The results show that the coordination contracts we proposed can realize the optimal free trial effect, optimal supply chain performance, and pareto improvement of supply chain members' profits. Improving the ASP's technical ability can make the free trial get a better effect. Through numerical exploration analysis, effectiveness of the model is demonstrated and some managerial insights are obtained.

**Key words:** SaaS model; free trial; service supply chain; coordination