

# 基于 Stackelberg 领导模式下的云资源定价研究

冯 韵<sup>1,2</sup> 李 浩<sup>2</sup>

(遵义师范学院计算机与信息科学学院 遵义 563002)<sup>1</sup> (云南省云计算工程研究中心 昆明 650091)<sup>2</sup>

**摘 要** 资源管理是云计算中重要的一部分。介绍了基于现有云银行模型的云银行生命周期,并提出了合适的定价策略。它根据不同时期云银行的特点得出不同的定价策略。本文的目的是提供一个自动更新机制来定价云资源,从而最大化所有参与者的利益。

**关键词** 云计算,云银行,生命周期,Stackelberg 领导模式,定价策略

## Research of Cloud Computing Resource Pricing Based on Stackelberg Leadership Model

FENG Yun<sup>1,2</sup> LI Hao<sup>2</sup>

(School of Computer and Information Science, Zunyi Normal College, Zunyi 563002, China)<sup>1</sup>

(The Research Center of Cloud Computing Engineering of Yunnan Province, Kunming 650091, China)<sup>2</sup>

**Abstract** The resource management is the bottleneck of the cloud computing management. This paper delivered a new idea based on the lifecycle of the Cloud Bank, at the same time, this paper also provided a suitable pricing strategy. According to the different period of the resource characteristics, this paper mechanized corresponding pricing mechanisms. This paper tried to set up an automatic update pricing cloud resources mechanism to maximize the interests of all participants.

**Keywords** Cloud computing, Cloud bank, Lifecycle, Stackelberg leadership model, Pricing mechanism

## 1 引言

云计算是一种全新的商业计算模式,是从分布式计算、并行处理与网格计算发展而来的,云计算整合各种类型的分布式资源来提供计算能力。作为一个商业模式,云计算被广泛用于工业开发。

云计算继承了分布式计算的特点,并通过网络把软件和硬件集成为动态资源。云计算的资源以服务来提供,因此,资源管理成为了云计算的最高优先级。云计算的资源供应和需求都是动态的,为了管理这些动态资源,引入经济理论到云计算中,并建立了使用价格反映资源供需波动的云银行模型。

本文根据现有的云资源管理模型,运用市场机制讨论了云资源定价策略。

## 2 基于经济模式的云资源管理系统

资源管理系统负责接受用户任务应用,并设法找到所有匹配的资源,因此,这种系统的关键问题是合理地分配和调度资源。云资源管理系统提供4种服务:资源发现、资源匹配、资源存储和资源调度<sup>[2]</sup>。

因为云计算的最终目的是资源共享,所以云计算与社会经济之间有一定的共性:

(1)云计算的目的是集中资源,提供有效的计算能力,社会经济的目的是优化资源配置,为社会创造更多财富。

(2)云计算需要解决异构资源共享的问题,而社会经济需要交换不同种类的商品。

(3)云资源的动态变化会在任何时候发生,所以,看起来像商品市场。

(4)资源分配在云计算中需要解决负载均衡的问题,经济活动需要保持供需平衡。

(5)云计算资源的自治性需要解决局部管理政策和全局管理政策之间的矛盾。在经济活动中的主体要达到个人利益最大化,它还需要协调个人利益与社会利益两者之间的平衡。

这些归属于云计算的困难经常发生在现实社会经济活动中,但也有许多有效的方法和机制来解决这些经济活动中的问题,例如市场机制与拍卖机制。因此,将经济理论引入到云计算具有实际意义。

## 3 资源管理基础上的云银行模式

本文介绍了云银行模型在用户的任务和资源的模拟匹配过程,该模型类似于企业在商业银行的存款和贷款。用户请求的资源应用包含他们必须执行的任务描述和价格,然后云银行通过在云银行注册的资源情况来选择适合的资源匹配用户的任务。

在从网络银行<sup>[4]</sup>发展来的云银行里,我们把资源提供者作为生产者,资源申请者作为消费者。该模型包括:用户、云消费者机构(CCA)、云银行(CB)、云资源机构(CRA)和生产

本文受2012年贵州省高等学校教学内容与课程体系改革培育项目(黔教高发[2012]426号),2012年云南省高新技术产业发展项目(云发改高技[2012]1957号),国家自然科学基金项目(61063044),云南省软件工程重点实验室开放基金项目(2010KSO2)资助。

冯 韵(1979-),女,硕士,讲师,主要研究方向为计算机系统分析与集成、先进网络计算与信息安全, E-mail: fyun3ok@163.com.

者。其逻辑结构如图 1 所示。

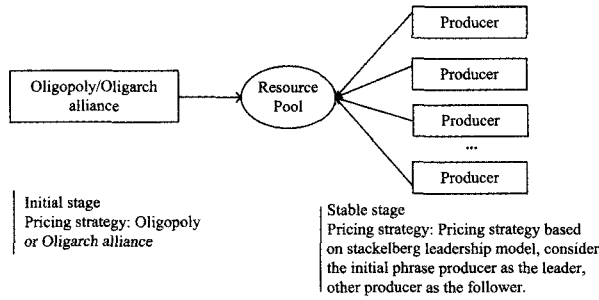


图 1 基于经济学的云资源体系结构

云银行提供领土资源管理和交易服务,包括:

(1)全局分配器(Global Allocator):全局分配器负责根据消费者的需求寻找资源,动态监视资源和服务,并分别把资源和服务的信息发送到云信息服务器和云市场的 UDDI 上。

(2)云信息服务器(Cloud Information Server(CIS)):CIS 负责记录基础设施资源,通过定价策略给出这些资源的初始价格。

(3)云市场通用描述、发现与集成服务(Universal Description Discovery and Integration of Cloud Market(UDDI)):云市场的 UDDI 负责记录虚拟资源,让消费者的任务与资源配对。

(4)定价策略服务(Pricing Strategy Service):它运行于基础设施资源定价的过程里,负责制定定价策略和模型、记录资源的使用、向消费者收取费用<sup>[6]</sup>。

底层资源在经过量化和定价后通过代理机构注册到云银行,注册信息有两部分:第一部分是资源价格<sup>[6]</sup>,另一部分是参数,如资源执行的效率和资源调度的等待时间。消费者向云银行提出包含最小完成时间、价格、效率和其他参数的请求。在代理机构,云的消费者机构(CCA)负责受理消费者的应用并把他们提交到云银行,与制作人而不是用户建立服务等级协议(SLA)。这个服务等级协议包括任务完成时间、服务质量和其他参数。而对于消费者需求的资源,云银行将发送申请到 CCA,然后分析参数后再把它寄给 global-allocator。之后,该应用程序将到达搜索在 UDDI 中被规范地描述出来的虚拟资源所处的 UDDI。最后,UDDI 根据任务描述参数和资源注册参数把将要马上分配给消费者的资源进行匹配,UDDI 负责回收虚拟资源并从消费者那里收取使用成本。

#### 4 云银行模型的生命周期和相应的定价策略

为了描述云银行模型的特点,基于以往的研究给出这一模型的生命周期,这个模型有 2 个阶段,如图 2 所示。

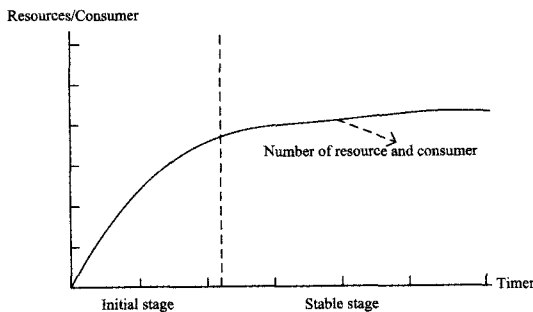


图 2 云银行生命周期

在初始阶段,有极少的资源和消费者加入云银行,消费者的数量随着时间的增加而增加。当这个曲线达到一定的点,银行进入一个平衡状态,这也是另一阶段的开始。

第二阶段是稳定的阶段,在这个阶段,随着消费者的不断增多,随机生产商开始把资源注入到资源库里。最后,它将会达到一个稳定的状态。

基于上述分析,把资源定价策略分为 2 个阶段(见图 3)。

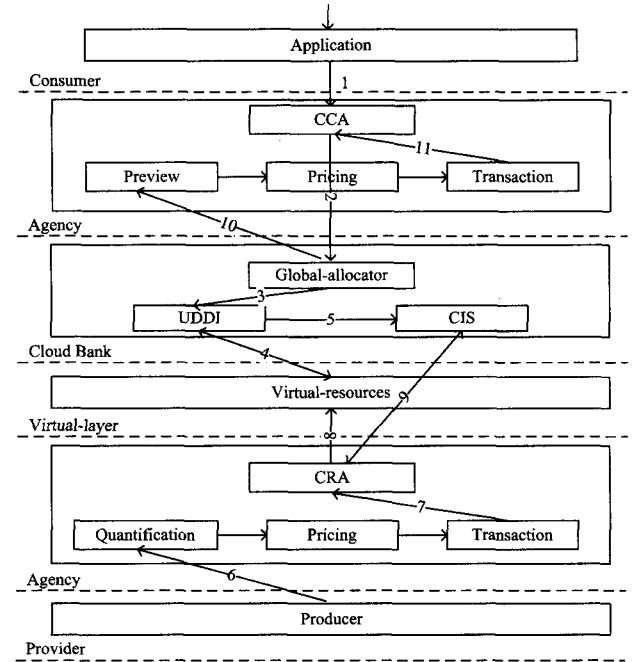


图 3 资源定价策略

在第一阶段,资源库的资源来自云银行或者一些资源寡头,因此定价策略是寡头垄断或诸如文献<sup>[6]</sup>给出的基于古诺均衡的一些其它定价策略。

当交易状态成为稳定的阶段时,资源价格将随着随机生产者加入和退出而变化,所以我们使用 Stackelberg 领导模式指导定价策略。

定价策略在第一阶段是寡头垄断和定基于古诺均衡<sup>[6]</sup>给出的,本文将只侧重于稳定阶段的情况。

#### 5 基于 Stackelberg 领导模式的定价策略

首先用价格来衡量资源,然后根据定价策略给出每个资源的基本价格,因为在资源生产者之间有竞争关系。本文引入 Stackelberg 领导模式来确保价格均衡和每个生产者利益最大化。

##### 5.1 单一的资源定价

在云计算中,我们可以根据不同的情况<sup>[4]</sup>引入各类资源的管理模型和经济模型,如市场模型、议价模型、竞价模型、拍卖模型和双寡头模型。

在文献<sup>[4]</sup>中,在比较市场策略与议价策略的不同后,他们得出了网络资源控制的效果,最后发现市场模型更适合控制资源交易和分发结论。他们基于资源的相对价值决定于供给和需求的前提给出了处理器和磁盘存储的价格计算方法,忽视网络的影响。

考虑到用户不会单独使用处理器或磁盘存储,我们需要给出资源的一个基本价格。

在衡量中央处理器的价值时考虑以下因素:生产者提供的一些接口(槽)、相对成本(RC)和每单位时间周期(unit\_time)。

RC代表处理器、硬盘和其他单一的资源设备而不是市场上同一类型的其他资源设备的成本。而新的生产商加入时,CRA首先对其进行评价,在评估完后给出一个分数S,相似类型如CPU和硬盘的价格是MP(市场价格),最后得到相对成本。 $RC = \frac{MP * S\%}{L}$ ,L是均衡价格的参数。生产者想提供一些处理器的稳定的接口到云端,接口数量取决于处理器的处理速度,这个速度是由CPU制造商提供的。

计算公式如下:

$$cpu\_price = \frac{RC/unit\_time}{slots} \quad (1)$$

cpu\_price代表CPU产生的每个接口单位时间内的相对成本,例如:CPU的相对成本(RC)是\$10.00,单位时间是1小时,可用的槽是2。因此,该cpu\_price表明了每个接口的价格是每小时5\$。

我们参考测量CPU值的过程来衡量磁盘的存储值,但参数容量由生产者提供的磁盘存储大小决定。磁盘的每块存储空间单位时间内的成本是存储价格(storage\_price)。

计算公式如下:

$$storage\_price = \frac{RC/unit\_time}{capacity} \quad (2)$$

例如:磁盘的相对成本(RC)是\$100.00,单位时间是1小时,存储空间是10G。然后根据storage\_price计算公式,每千兆空间的价格是每小时\$10。

由于用户不会想单独使用CPU或磁盘存储,因此本文结合CPU的价格式(1)和磁盘存储的价格式(2)得到单位时间内每个资源的价格( $P_i$ ):

$$P_i = m * cpu\_price + n * storage\_price \quad (3)$$

## 5.2 多资源环境下的定价

以下本文介绍在这种计价基础上的Stackelberg领导模式获取资源的初始价格。

Stackelberg领导模式在经济学中是一个策略博弈,领导者公司首先加入,追随者公司将跟随加入。在博弈论中,这个博弈的参与者是领导者和追随者,他们在数量上进行竞争。Stackelberg的领导者在博弈中一般是作为市场领导者,一些特性使得整个博弈维持在一个均衡水平上。领导必须事前了解追随者并观察他的行动。追随者必须是在没有承诺未来的非Stackelberg跟随行动,而作为领导者是必须首先知道这些跟进者的这一特性的。事实上,如果“跟随者”可以承诺一个Stackelberg领导行动且领导者知道,作为一个领导的最佳反应将是扮演一个Stackelberg跟随行动<sup>[5]</sup>。

利用Stackelberg领导模式,我们把云银行或寡头作为领导者( $E_1$ ),随机生产者作为追随者( $E_i$ )。

在本文中,作如下假设:

- 有很多随机资源生产者  $E_i (i=1, \dots, n, n \geq 2)$ , 他们可以为每一个生产者提供一些资源,并随着时间的推移有新的生产者和资源加入或退出。

- 生产者  $E_1$  首先提供资源,并且他不知道  $E_i (i=2, \dots, n)$  怎么选择输出量策略; $E_i (i=2, \dots, n)$  扮演追随者,根据  $E_1$  的生产决定资源输出;他们不知道  $E_i (i=2, \dots, n)$  之间的输出

量策略。利润是一个由所有生产者提供的资源函数;每个生产者需要制定一个输出策略决定以实现利润最大化。

- 资源是否来自不同的供应商并不重要,这意味着无论用户选择什么样的资源,它都会具有相同的效果。

$A_i$  代表第  $i$  个资源提供者提供的资源数量, $P_i$  代表第  $i$  个资源提供者提供的单个资源价格,资源的总价表示为  $C$ 。在多个参与者的情形下,多个资源价格表示为集合  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ ,  $C_i$  表示第  $i$  个资源的成本价。然后:

$$C_i = A_i * P_i \quad (4)$$

基于基本价格,我们需要计算资源  $P$  的初始价格。 $P$  是总资源函数的反需求, $A$  表示所有资源的数目,在供求基本平衡下  $A = \sum_1^n A_i$ 。假定  $P(A) = P(\sum_1^n A_i) = a - b \sum_1^n A_i (b > 0, 0 < c < a)$ 。 $A$  代表了当资源免费时单位时间内社会需求的数目, $b$  反映了市场需求对价格影响的敏感性, $E_i$  利润是  $\pi_i$ 。

在这个假设的案例中, $E_1$  首先提供资源, $E_i$  跟随  $E_1$ ,  $E_i$  的利润是:

$$\pi_1 = A_1 * P(A) - C_1 \quad (5)$$

$E_i$  的利润是:

$$\pi_i = A_i * P(A) - C_i, i \geq 2, i \geq 2 \quad (6)$$

把  $E_1$  看作领导者,他选择资源  $A_1 \geq 0$  的输出,其他生产者观察  $A_1$ ,然后通过  $A_1$  选择他们的输出  $A_i (i=2, \dots, n)$ 。因此, $E_1$  的策略是选择  $A_1$ ,其中  $E_i$  的策略是从  $Q_1$  到  $Q_f$  的一个函数: $S_f: Q_1 \rightarrow Q_f$ ,  $Q_1$  是  $E_1$  的输出, $Q_f$  是所有  $E_i$  输出的总和。

这是一个具有完美信息行为的动态博弈模型,利用反解,计算子博弈完美的纳什均衡。

我们考虑本场博弈的第二个阶段,在给出输出  $A_1$ ,  $E_i$  如何选择它的最佳输出  $A_i (i=2, \dots, n)$  来得到利益最大化:

$$\text{Max } \pi_i = A_i * P(\sum_{j=1}^n A_j) - C_i, i=2, \dots, n \quad (7)$$

替代式(7)中的反需求函数和成本函数,计算第一级的最优性条件,忽略了矩阵算法的过程,得到最优决策  $E_i$ :

$$A_i^* = \frac{a - p_i - A_1}{2b(n-1)}, i=2, \dots, n. \quad (8)$$

现在我们考虑这个博弈的第一个阶段,因为  $E_1$  预测  $E_i$  将在式(8)基础上选择最优决策  $A_i^*$ ,为了获取利润最大化, $E_1$  的问题是:

$$\text{Max } \pi_1 = A_1 * P(\sum_2^n A_i^* + A_1) - C_1 \quad (9)$$

把式(8)代入式(9),同时考虑反需求函数和成本函数,计算方程(8)的第一级最优性条件,省略计算过程,得到  $E_1$  的最优决策:

$$A_1^* = \frac{a - p_1}{2b} \quad (10)$$

把式(10)代入式(9),得到  $E_i$  的最优决策:

$$A_i^* = \frac{a - p_i}{4b(n-1)}, i=2, \dots, n \quad (11)$$

因此:

$$P(A) = P(\sum_1^n A_i) = a - b \sum_1^n A_i = a - b(A_1^* + \sum_2^n A_i^*) \quad (12)$$

把  $A_1^*$  和  $A_i^*$  代入到式(9):

$$P(A) = \frac{\partial a}{4} + \frac{P_1}{2} - \frac{\sum_2^n P_i}{4(n-1)} \quad (13)$$

(下转第 402 页)

订货,提前预警将要过期食物;睡觉时空调会自动感知主人温度,设置最舒适温度。未来智能家居会给人们提供更加安全、更加舒适、更加人性化的服务,而智能家居的各项技术已趋于成熟,这样的美好生活预期很快便能实现。智能家居的“春天”已经来临!

## 参考文献

- [1] 杨宇. 智能家居的美好时代[J]. 家用电器, 2011(7):10
- [2] 张良. 智能家居控制系统的设计与开发[D]. 重庆:重庆大学, 2011
- [3] 鲍有铮. 家庭局域网与智能家居控制系统[J]. 广西科学院学报, 2001, 17(4):224-227
- [4] 王飏. 基于 HomePNA 技术的社区组网模式[J]. 现代电子技术, 2003(17):80-83
- [5] Dostert K. PowerLine Communications[N]. London. Prentice Hall PTR, 2001
- [6] 曹志刚, 钱亚生. 现代通信原理[M]. 北京:清华大学出版社, 1999
- [7] 刘海勇. 基于 CEBus 协议的智能家居系统设计[D]. 北京:北京化工大学, 2005
- [8] 宋倩. 基于电力线通信技术的智能家居系统的设计与开发[D]. 北京, 2005
- [9] 王振红, 张凯, 郝成祥. 基于公共电话网的智能家居系统[J]. 控制工程, 2002, 9(3):55-57
- [10] 冯辉. 嵌入式蓝牙网关[D]. 北京:北京工业大学, 2003
- [11] 吴巍, 吴明光. 国内三种智能家居网络协议综述[J]. 低压电器, 2007(2):24-27
- [12] 李秋花. SJ/T 11314-2005《家庭控制子网通讯协议规范》标准简介[J]. 信息技术与标准化, 2005(12):35-36
- [13] 三网融合掀宽带革命, 智能家居迎来掘金良机[OL]. [http://home.wx.house365.com/news/html/201009/26433\\_1.htm](http://home.wx.house365.com/news/html/201009/26433_1.htm), 2010-09-07
- [14] 邬贺铨. 中国三网融合的特点与挑战[J]. 中兴通讯技术, 2011, 17(1):01-02
- [15] 光纤到户给我们带来什么? [OL]. [http://www.cps.com.cn/secu/hyyj/scfx/2010/1019/xMMDAwMDIxOTYxMg\\_2.html](http://www.cps.com.cn/secu/hyyj/scfx/2010/1019/xMMDAwMDIxOTYxMg_2.html), 2010-10-19
- [16] 高骥远. 运营商 Hold 不住 WiFi[J]. IT 经理世界, 2011(17):42-45

- [17] 物联网 M2M[OL]. <http://wenku.baidu.com/view/ecbd4c2bcfc789eb172dc8ba.html>, 2011-03-23
- [18] Zigbee 无线智能家居的优势[OL]. [http://www.qiyan.biz/news/show\\_399169/](http://www.qiyan.biz/news/show_399169/), 2012-02-15
- [19] 利用 RFID 和 NFC 的技术打造的智能家电[OL]. <http://info.ehome.hc360.com/2012/09/241413248943.shtml>, 2012-9-24
- [20] 邬贺铨. 从互联网到物联网[J]. 办公自动化, 2011(07):7-8
- [21] Borodulkin L, Ruse H, Trankler H-R. 3D virtual "smart home" user interface[C]//IEEE International Symposium on Virtual and Intelligent Measurement Systems. Alaska, 2002:111-115
- [22] 田国会. 家庭服务机器人研究前景广阔[J]. 国际学术动态, 2007(1):28-29
- [23] Lee K-H, Seo C-J. Development of user-friendly intelligent home robot focused on safety and security[C]//International Conference on Control, Automation and Systems. Gyeonggi-do, 2010:389-392
- [24] Yoo Oh, Jae Yoon, Ji Park, et al. A name recognition based call-and-come service for home robots[J]. Consumer Electronics, 2008, 54(2):247-253
- [25] 钟伟浩, 肖南峰. 家庭服务机器人红外线遥控系统的设计与实现[J]. 低压电器, 2007(22):19-22
- [26] Ma Youngkak, Kim Seungwoo. A Study on Development of Home Mess-Cleanup Robot McBot[C]//Proceeding of the 2008 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Xi'an, China, 2008:114-119
- [27] Song Guang-ming, Wang Hui, Meng Tian-hua. Automatic Docking System for Recharging Home Surveillance Robots[J]. Consumer Electronics, 2011, 57(2):428-435
- [28] Ushio S, Okada K, Kido Y, et al. A Home Security Service Robot System using the Network Service Platform and its implementation[C]//Symposium of the 11th IEEE International on Applications and the Internet(SAINT). 2011:402-407
- [29] 我国智能家居 2009-2015 年产业规模预测[OL]. <http://www.im2m.com.cn/Item.aspx?id=29687>, 2011-8-26
- [30] 夏勤艳, 马立磊. 浅谈智能家居系统的功能及发展前景[J]. 民营科技, 2010(2):31
- [31] 智能家居的市场与发展方向[OL]. <http://www.pjtime.com/2012/9/27725335.shtml>, 2012-09-07
- [32] 用手机看电视, 用电视机上网, 用电脑打电话, 三网融合改变生活[J]. 信息化建设, 2010(9):56-57

(上接第 397 页)

最后我们获得资源的初始价格  $P(A)$ , 根据该公式, 我们可以发现, 最初的价格受资源的需求量和供给量的影响, 并随它们的变化而变化。

**结束语** 在现有的基础上扩大云银行模式, 本文介绍根据云银行在不同阶段的特点如何找到相应的定价策略。因为有各种不同的资源提供者, 如寡头垄断提供大规模资源、零售提供随机资源, 为了最大化每一个参与者的利润, 本文提出一种 Stackelberg 领导模式的定价策略用以动态地调整价格。

本文只是为供应商提供了存储价格, 对于借款人的资源定价并没有给出解决办法, 在将来的工作中我们将会讨论所有用户的定价策略。

## 参考文献

- [1] Armbrust M, Fox A, Griffith R. Above the clouds: A Berkeley

view of cloud computing[R]. UCB/EECS-2009-28. 2009-02-10

- [2] Li Ting, Li Xiao-long. Research on Cloud Computing Resource Management[C]//2010 International Conference on Computational and Information Sciences. 2010
- [3] Buyya R. Economic-based distributed resource management and scheduling for Grid computing[D]. Monash University, 2002
- [4] Wolski R, Plank J S, Bryan T, et al. G-commerce: Market Formulations Controlling Resource Allocation on the Computational Grid[C]//Proceedings of the 15th International Parallel & Distributed Processing Symposium. Washington, DC, USA IEEE Computer Society, 2001
- [5] Wikipedia. Stackelberg leadership model[OL]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Stackelberg\\_competition](http://en.wikipedia.org/wiki/Stackelberg_competition)
- [6] Wang Bo, Li Hao. The research on cloud resource pricing strategies based on Cournot equilibrium[C]//Recent Advances in Computer Science and Information Engineering. 2010