

一种基于机制理论的云市场多类型资源分配定价机制

沈张果^{1,2} 楼俊钢² 马小龙³ 麻旺勇²

(浙江工业大学计算机科学与技术学院 杭州 310023)¹ (湖州师范学院信息与工程学院 湖州 313000)²
(上海财经大学信息管理与工程学院 上海 200433)³

摘要 为避免在云服务资源分配中因参与人的自私性而造成的个人效用与社会收益的冲突,在所有参与人都是理性的这一共同知识假定下,针对云市场多类型资源分配问题,首先给出其形式化描述,设计了基于机制理论的分配定价机制,该机制能在复杂用户任务请求下进行资源有效分配,保证个人效用与社会收益最大化。最后证明该机制满足个体理性、预算均衡和激励兼容性质,并给出该机制下寻求任务请求成本最小和效用最大的算法。

关键词 云服务,机制理论,资源分配,定价机制

中图法分类号 TP391 **文献标识码** A

Resource Allocation and Pricing Mechanism for Multi-type Resources of Cloud Market Based on Mechanism Theory

SHEN Zhang-guo^{1,2} LOU Jun-gang² MA Xiao-long³ MA Wang-yong²

(College of Computer Science & Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)¹

(School of Information and Engineering, Huzhou Teachers College, Huzhou 313000, China)²

(School of Information Management and Engineering, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)³

Abstract In order to solve the conflict of individual utility and social welfare on account of participants' selfishness in the cloud resource allocation, a cloud market model for task request was proposed under the assumption that all participants are rational. Then, a resource allocation based on mechanism theory for multi-type resources of cloud market pricing mechanism which meets effective allocation and reasonable pricing in complex task of users was presented. The mechanism can maximize the individual utility and social welfare. Finally, the mechanism was proved to satisfy individual rationality, budget balance and incentive compatibility, and the algorithm of implementation mechanism was also given with cost minimization and utility maximization.

Keywords Cloud service, Mechanism theory, Resource allocation, Pricing mechanism

随着互联网的迅猛发展,计算模式经历了从传统的集群计算到后来的P2P计算、网格计算,再到最近的利用互联网实现随时随地、按需访问共享资源池的云计算^[1]。在云计算模式下,计算机资源以服务的形式提供给用户,用户可以根据自己的业务需求向云服务提供商购买云计算服务。关于云服务市场,Buyya等提出了云服务市场模型,包括用户、中间商、服务提供商等^[2]。在云市场中如何有效地为云服务定价,从而最大限度地实现云服务的价值正成为日益重要的问题。现在云服务定价机制一般有两类:固定定价机制和动态定价机制。在固定定价机制方面,Yousseff等提出3种云服务固定定价模式:分级定价、每单位定价和基于认购的定价^[3]。Weinhardt等指出当前服务供应商最为广泛使用的定价模式是按使用量支付^[4]。Yeo等认为这种机制不能使收入最大化,也不会根据不同的用户需求来区分定价^[5]。针对固定定价机制的不足,相关学者提出了云服务动态定价机制:Jinsong等给

出了基于效用计算的动态定价机制,以解决价格在时间间隔上的供需关系曲线和管理分布的资源需求^[6]。Yeo等分析了时间、需求以及资源对定价的影响,用实例对比了动态定价与固定定价的利弊,提出了自动化的定价机制^[7]。Marian Mihalescu等分析了多种资源以及市场状况对定价的影响,在联邦云基础上提出了动态定价机制,并运用模拟仿真的方法对其性能进行了评估^[8],从而提升了用户的使用率,同时也提高了买方成功需求的比例以及买方分配资源的比例。曾栩鸿等制定了公平、灵活、动态的定价机制,以保证云服务提供商的收益并满足服务等级协议^[9]。

综上所述,云服务定价机制的研究重点集中于在成本、时间、市场状况及服务水平等影响因素下解决用户的需求、服务的要求以及多资源的分配问题。但现有的定价机制一般都从云服务提供商的利益而非用户利益为云服务定价,并不能客观、公平、公正地反映云服务的真实价值。如果云服务提供商

到稿日期:2013-07-23 返修日期:2013-10-26 本文受国家自然科学基金项目(61103051),浙江省新苗人才项目(2013R425023)资助。

沈张果(1982—),男,博士生,讲师,主要研究领域为云计算、机制设计等;楼俊钢(1982—),博士,讲师,CCF会员,主要研究领域为软件测试、软件可靠性评估、性能评估等;马小龙(1976—),男,博士生,讲师,主要研究领域为云计算、机制设计等;麻旺勇(1992—),男,主要研究领域为云计算。

要追求长期的利益,就必须使用户的效益最大化。本文要解决的主要问题是将用户和云服务提供商作为机制参与者,设计符合参与人个体理性、激励兼容和预算均衡的云服务定价机制,使在云市场环境下,用户多类型资源的服务请求得到有效分配和完成,同时保证机制中所有参与人的社会收益最优。

本文第1节简述机制理论及其性质;第2节提出云市场多类型资源分配定价模型和机制设计;第3节对该机制性质进行相关分析和证明;第4节给出机制实现算法;最后是本文的结论。

1 机制理论相关概念

本文用机制理论构建一种激励兼容的分配资源定价机制。机制理论提供了一种激励理性参与人共同行动达到理想的社会效用的工具^[10]。本节介绍机制理论的相关概念^[11]。

假定机制中有 n 个参与人,每个参与人具有只有他自己知道的私有信息 θ_i ,称为他的类型。 Θ_i 表示第 i 个参与人的类型集合, $\theta_i \in \Theta_i$ 。 $\Theta = \Theta_1 \times \cdots \times \Theta_n$ 表示 n 个参与人所有类型组合的集合, $\theta \in \Theta$ 表示 n 个参与人的一种类型组合, $\theta = \theta_1 \times \cdots \times \theta_n$ 也可以表示成 $\theta = (\theta_i, \theta_{-i})$, θ_{-i} 表示除参与人 i 外的其他所有参与人的一种类型组合 $\theta_{-i} = \theta_1 \times \cdots \times \theta_{i-1} \times \theta_{i+1} \times \cdots \times \theta_n$; Θ_{-i} 表示除参与人 i 外的其他参与人的所有类型组合 $\Theta_{-i} = \Theta_1 \times \cdots \times \Theta_{i-1} \times \Theta_{i+1} \times \cdots \times \Theta_n$ 。社会选择函数 f 是每一个类型组合 $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$ 到结果集的一个映射,定义为 $f: \Theta_1 \times \cdots \times \Theta_n \rightarrow X$, 其中 X 是所有可能的结果集合,也可以表示成 $f(\theta_i, \theta_{-i}) = x$ (其中 $x \in X$, 是结果集合的一个元素)。

一个机制 M 可以用元组 $(f, p_1, \dots, p_n)$ 来表示,其中 $p_i = p_i(\theta)$ 是参与人 i 的支付,其值与所有参与人的类型组合 θ 相关。每个参与人 i 的偏好由其价值函数 $v_i(x, \theta_i)$ 给出, $\theta_i \in \Theta_i$, 参与人 i 的效用函数 $u_i(x, \theta_i) = v_i(x, \theta_i) + p_i$ 。

机制的目标是选择一个理想的结果 x 和每一个参与人合理的支付 p_i , 并用机制理论里的一些性质来作为选择理想结果的标准。下面介绍机制理论中的4个重要性质。

定义1(个体理性(IR)^[11]) 一个机制是个体理性的,当且仅当参与人从机制获得的效用要大于不参与机制获得的效用。

设 $u_i(\theta_i)$ 表示当参与人 i 的类型为 θ_i 时不参与机制的效用,个体理性等价于对 $\forall (\theta_i, \theta_{-i}) \in \Theta$, $u_i(f(\theta_i, \theta_{-i}), \theta_i) \geq u_i(\theta_i)$ 。因此,个体理性的机制通过保证参与人获得收益来激励参与机制。

定义2(经济效率(PO)^[11]) 经济效率是指在机制中,资源的有效配置已达到帕累托最优状态;即任何一种资源的重新配置,都不可能使任何参与人的收益增加而不使另一个参与人的收益减少。帕累托最优状态的资源分配最大化所有参与人的效用。

若一个机制是经济效率的,那么可以用下式表示之:

$$f_{PO}(x, \theta) = \max \sum u_i$$

定义3(激励兼容(IC)^[11]) 一个机制是激励兼容的,对 $\forall i \in N, \forall \theta_i \in \Theta_i, \forall \theta_{-i} \in \Theta_{-i}, \forall \hat{\theta}_i \in \Theta_i$ ($\hat{\theta}_i$ 表示参与人宣称的虚假类型),参与人的效用函数满足:

$$u_i(f(\theta_i, \theta_{-i}), \theta_i) \geq u_i(f(\hat{\theta}_i, \theta_{-i}), \theta_i)$$

在激励兼容的机制下每一个参与人没有动机说假话,即不论其他用户如何,讲真话都是最有利的。对于每一个参与人,说真话都是他们的占优策略,那么该机制也称为占优策略激励兼容。

定义4(预算均衡(BB)^[11]) 一个机制是预算均衡的,对 $\forall \theta \in \Theta$, 所有参与人的支付 p_i 满足:

$$\sum_i p_i = 0$$

预算均衡保证了在一个机制中收入和支出平衡。

作为一个机制,其理想结果是希望能满足个体理性、经济效率、激励兼容和预算均衡。但是 Myerson-Satterthwaite 证明了一个十分重要的结论:没有一个机制能够同时满足这4个性质^[12]。

2 云市场多类型资源分配定价机制

2.1 云市场多类型资源模型

对于云服务市场,主要表现集中在服务资源的分配,本文构建了一个云服务多类型资源分配模型,包含资源分配、定价、资源管理等部分。在这个云服务资源市场中有多用户(或代理)和资源提供商,云市场中的交易都是由用户任务请求发起的,资源提供商竞争该任务所需资源,并做了如下3个假定:

1. 用户任务可能需要多类型资源,允许多个资源提供商一起提供多类型资源完成该任务;
2. 云市场的资源类型和数量满足了用户的任务所需,保证任务能够完成;
3. 用户和资源提供商都是理性、自治和智慧的,拥有自己的私有信息。

云市场中的所有资源类型用集合 R 来表示,其中集合元素 $r \in R$ 表示具体 r 类型资源。一次用户任务所需的资源类型集合用 R_b 表示, Q_r 表示 r 类型资源所需的数量, (r, Q_r) 表示 r 类型资源的任务所需, $m = \{(r, Q_r) | r \in R_b\}$ 表示用户任务所需要的资源信息集合。一个用户任务可以发布成一种或者多种类型资源信息,用户任务请求描述成以下形式:

$$Req(buyerId, m, price, T)$$

其中, $buyerId$ 用来标识用户, $price$ 表示该任务愿意支付的价格, T 为任务所需时间,用户私人信息类型 $\theta_b = Req(buyerId, m, price, T)$ 。

云市场中有 n 个资源提供商,用集合 S 来表示所有的资源提供商, $i \in S$ 表示第 i 个资源提供商,一个资源提供商可以发布多种类型的资源信息,每一种资源信息描述成以下形式:

$$Res[sellerId, r, q', c']$$

其中, $sellerId$ 为资源提供商标识, r 表示资源类型, q' 表示 r 类型资源的数量, c' 表示 r 类型资源单位数量在单位时间的价格。资源提供商 i 发布的 r 类型资源记为 $\theta_i(sellerId, r, q', c')$ 。资源提供商 i 发布的多种类型资源集合作为其私有信息类型,记为 θ_i , 那么 $\theta_i \in \Theta_i$, Θ_i 表示资源提供商 i 的所有私有信息类型集合。此外 $\Theta = \Theta_1 \times \cdots \times \Theta_n$ 表示 n 个资源提供商的所有类型组合的集合, θ 表示其中一组类型组合, $\theta_i \in$

2.2 机制设计

本文设计的云市场机制可以如下描述:用户任务请求信息 Req 和资源提供商资源信息 Res 作为机制的输入。首先根据“先来先服务”的原则选择用户任务请求 Req ;然后通过机制中的分配函数确定任务请求所需的资源提供商及其类型资源,分配函数的原则是使得任务所需的资源成本最小;最后机制中的支付函数给出用户和资源提供商各自的支付价格。云市场资源分配定价机制模型如图1所示。

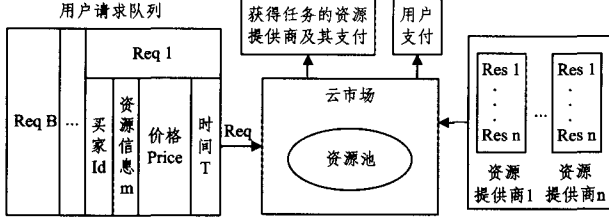


图1 云市场资源分配定价机制模型

市场中参与人都是理性、自治和智慧的,追逐各自最大效用。用户必须考虑各资源提供商资源报价的真实性,因此希望在所有资源提供商提供的真实成本报价前提下寻找满足任务所需资源的成本最小。基于此目标,本机制必须设计相关的支付函数和分配函数,使参与该机制的用户和资源提供商都愿意报出真实的信息类型。下面给出支付函数和分配函数。

分配函数

给定一次用户任务请求 Req ,市场中所有满足任务请求 Req 可能的结果集合为 K ,用 $k(\theta) = \{k_1(\theta), \dots, k_n(\theta)\}$ 表示分配向量, $k(\theta) \in K$,其中 $k_i(\theta)$ 表示资源提供商 i 的分配向量,那么设计的分配函数可以表示成:

$$k_i^j = \begin{cases} q_{[i]}^j, & [i] < [\bar{i}] \\ Q_j - \sum_{i=1}^{[\bar{i}]-1} q_{[i]}^j, & [i] = [\bar{i}] \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

k_i^j 表示资源提供商 i 的 j 类型资源的分配函数。其中 Q_j 表示任务请求 Req 中需要 j 类型资源的数量, q_i^j 表示资源提供商 i 提供 j 类型资源的数量。 $[i]$ 表示所报的资源成本升序排列处于第 i 位的资源提供商, $[\bar{i}]$ 被定义为符合以下条件的资源提供商: $\sum_{i=1}^{[\bar{i}]-1} q_{[i]}^j < Q_j$ 且 $\sum_{i=1}^{[\bar{i}]} q_{[i]}^j \geq Q_j$ 。资源提供商 i 的分配向量 $k_i^*(\theta) = \{k_i^j | j \in R_b, i \in S\}$, 机制中的分配函数结果 $k^*(\theta) = \{k_1^*(\theta), \dots, k_n^*(\theta)\}$ 。

云市场中用户任务请求 Req 已经给出了价格 $price$, 因此资源提供商追求的是以最小的成本来获取最大利益, 所以资源提供商的价值函数与其成本相关, 那么资源提供商 i 的价值函数表示成: $v_i(k(\theta), \theta_i) = \sum_{j \in R_b} (-k_i^j \times c_i^j) \times T$ 。

支付函数

资源提供商的支付函数:

$$p_i = p_i(\theta) = \begin{cases} \sum_{j \in S} v_j(k^*(\theta), \theta_j) - \sum_{j \in S} v_j(k_{-i}^*(\theta_{-i}), \theta_j) \\ 0, & \text{资源提供商 } i \text{ 没有提供相应的资源} \end{cases} \quad (2)$$

其中, $k_{-i}^*(\theta_{-i}) \in K_{-i}$ 表示资源商不参与情形下, 本机制分配函数分配的结果。

用户的支付函数:

$$p_b = -\sum_{i \in S} p_i \quad (3)$$

2.3 机制分配函数有效性

定义 5(分配有效性(AE)^[11]) 一个机制的分配函数满足分配有效性当且仅当对 $\forall \theta \in \Theta$, 满足 $k^*(\theta) \in \arg \max_{k \in K} \sum_i v_i(k(\theta), \theta_i)$, 即此分配结果最大化参与人的价值函数之和。

定理 1 本机制的分配函数满足分配有效性。

证明: 1) 资源提供商的价值函数: 因为一次用户任务所报的价格是固定的, 那么对于资源提供商来说, 所追求价值函数之和 $v_i(k(\theta), \theta_i)$ 最大, 就是追求其总成本最低。

由分配函数可知, 资源分配是由任务所需多类型资源独立地按照资源提供商所报的价格, 由低到高顺次分配该资源的数量, 直至满足任务所需。对于其中 r 类型资源, 可以得到所有资源提供商对任务所需 r 类型资源的价值函数为 $\sum_{i=1}^n -k_i^r \times c_i^r \times T$, 根据方案的贪心性质可得 $\sum_{i=1}^n -k_i^r \times c_i^r \times T$ 最小, 则该用户任务请求 Req 中所有资源提供商的总价值函数之和

$\sum_{i=1}^n v_i(k(\theta), \theta_i) = \sum_{j \in R_b} \sum_{i=1}^n -k_i^j \times c_i^j \times T$ 最小, 对资源提供商来说为最大。

2) 用户的价值函数: 每一次任务请求 Req 中用户的价值函数为 $v_b(x, \theta_b)$, 其中 $\theta_b = Req(buyerId, m, price)$, $x \in X$ (用户的结果集合 $X = \{\text{成功}, \text{不成功}\}$)。为了符合现实情况, 设定用户交易不成功时价值函数为 0, 成功时价值为 V_b ($V_b \geq price$)。用户的价值函数如表 1 所列。

表 1 用户价值函数表

用户类型	$x \in X$	价值函数 $v_b(x, \theta_b)$ 当 $x = \text{成功}$	价值函数 $v_b(x, \theta_b)$ 当 $x = \text{不成功}$
θ_b	成功	V_b	0

对于所有的用户来说参与到市场中就是期待完成任务。因此, 对于每一次用户任务请求, 分配函数的结果使参与人的价值函数之和为 $V_b + \sum_{i=1}^n v_i(k(\theta), \theta_i)$, 达到最大。

综上所述, $k^*(\theta) \in \arg \max_{k \in K} \sum_{i=1}^n v_i(k(\theta), \theta_i)$, 该机制分配函数满足分配有效性。在整个云市场中, 任务请求都是用最小成本的资源来完成, 体现了本机制社会收益最大化。

3 机制的性质分析

定理 2 本机制满足个体理性(IR)。

证明: 1) 资源提供商: 假设不参与该机制的效用为 $u_{-i}(\theta_i)$, 对 $\forall i \in S, \forall \theta_i \in \Theta_i$,

$$\begin{aligned} u_i(f(\theta), \theta_i) &= v_i(k^*(\theta), \theta_i) + p_i(\theta) \\ &= v_i(k^*(\theta), \theta_i) + \sum_{j \neq i} v_j(k^*(\theta), \theta_j) - \sum_{j \neq i} v_j(k_{-i}^*(\theta_{-i}), \theta_j) \\ &= \sum_{j \neq i} v_j(k^*(\theta), \theta_j) - \sum_{j \neq i} v_j(k_{-i}^*(\theta_{-i}), \theta_j) \geq 0 = \frac{1}{u_i(\theta_i)} \end{aligned}$$

如果资源提供商在该机制下竞争到了任务, 则完成用户任务的总成本降低, 因此在 i 参与的情况下它的效用 $u_i(f(\theta), \theta_i) > 0$; 如果资源提供商 i 没有竞到任务或者自动退出该

机制,那么 $p_i(\theta)=0, v_i(k(\theta), \theta_i)=0$, 即 $\bar{u}_i(\theta_i)=0$ 。由以上分析可知资源提供商参与该机制的效用总是大于等于不参与该机制的效用。

2) 用户: 支付是 $p_b = -\sum_{i \in S} p_i$, 参与机制用户的效用 u_b 为:

$$u_b = v_b(x, \theta_b) - \sum_{i \in S} p_i = V_b - \sum_{i \in S} p_i$$

不参与机制用户的效用为: $u_b=0$ 。

从式(2)和式(3)中可以看出, 用户的支付 p_b 仅仅比该任务在云市场中完成的最低资源成本稍高。从市场出发, 用户参与云市场的一个前提就是任务完成的价值远大于其在市场的成本投入, 这就有 $u_b \geq 0$, 因此 $u_b \geq \bar{u}_b$ 。另外在第4节给出的机制实现算法中, 从用户的角度来保证 $u_b \geq 0$ 才能完成任务请求。

综上所述, 用户和资源提供商都满足个体理性, 定理2得证。

定理3 本机制满足预算均衡(BB)。

证明: 根据式(3), 该机制通过设置用户的支付函数来达到预算均衡。所有参与人的支付和为0。

$$\sum_{i \in S} p_i + p_b = \sum_{i \in S} p_i - \sum_{i \in S} p_i = 0, \text{得证。}$$

定理4 本机制满足激励兼容。

命题1 本机制对于资源提供商是激励兼容的。

证明:(反证法)如果一个机制是占优策略激励兼容的, 那么定有下式成立: $u_i(f(\theta_i, \theta_{-i}), \theta_i) \geq u_i(f(\hat{\theta}_i, \theta_{-i}), \theta_i), \forall i \in S, \forall \theta_i \in \Theta_i, \forall \theta_{-i} \in \Theta_{-i}, \forall \hat{\theta}_i \in \Theta_i$ 。如果本文设计的机制不是占优策略激励兼容的, 那么至少存在一个资源提供商 i 使得上式不成立, 即对于资源提供商 i 有:

$$u_i(f(\theta_i, \theta_{-i}), \theta_i) < u_i(f(\hat{\theta}_i, \theta_{-i}), \theta_i)$$

其中, $\theta_i \in \Theta_i, \theta_{-i} \in \Theta_{-i}, \hat{\theta}_i \in \Theta_i$ 。

已知资源提供商效用函数 $u_i = p_i(\theta) + v_i(k(\theta), \theta_i)$ 、支付函数 $p_i(\theta) = \sum_{j \neq i} v_j(k^*(\theta), \theta_j) - \sum_{j \neq i} v_j(k^*_{-i}(\theta_{-i}), \theta_j)$, 于是可以得到下式:

$$\sum_{j \neq i} v_j(k^*(\theta_i, \theta_{-i}), \theta_j) + v_i(k^*(\theta_i, \theta_{-i}), \theta_i) < \sum_{j \neq i} v_j(k^*(\hat{\theta}_i, \theta_{-i}), \theta_j) + v_i(k^*(\hat{\theta}_i, \theta_{-i}), \theta_i)$$

即 $\sum_{i=1}^n v_i(k^*(\theta_i, \theta_{-i}), \theta_i) < \sum_{i=1}^n v_i(k^*(\hat{\theta}_i, \theta_{-i}), \theta_i)$, 这与机制的分配有效性矛盾(本机制的分配有效性在定理1中已经得证), 命题1得证。

命题2 本机制对于用户是激励兼容的。

证明: 从式(3)可以得到用户的支付函数依赖于资源提供商的支付函数 p_i , 且独立于自身的价值函数 $v_b(x, \theta_b)$ 。资源提供商的支付函数依赖于除自己以外的其他资源提供商的类型组合 θ_{-i} , 以及自身的价值函数 $v_i(x, \theta_i)$, 因此有:

$$p_b(\theta_b, \hat{\theta}_b, \hat{\theta}_{-b}) = p_b(\theta_b, \theta_b) = p_b(\theta_b, \hat{\theta}_b, \hat{\theta}_{-b}) \quad (4)$$

在机制中用户任务请求采用“先来先服务”的调度方式, 因此用户的价值函数 $v_b(x, \theta_b)$ 与机制分配结果无关。

$$v_b(f(\theta_b, \hat{\theta}_{-b}), \theta_b) = v_b(f(\theta_b, \hat{\theta}_{-b}), \theta_b) = v_b(f(\theta_b, \theta_{-b}), \theta_b)$$

此外, 机制在计算用户的支付时保证

$$\begin{aligned} v_b(\theta_b, f(\hat{\theta}_b, \hat{\theta}_{-b})) &= v_b(\theta_b, f(\theta_b, \hat{\theta}_{-b})) = v_b(\theta_b, f(\theta_b, \theta_{-b})) \\ &= v_b(\theta_b, f(\theta_b, \theta_s, \theta_{-b})) \end{aligned} \quad (5)$$

θ_{-b} 表示其他用户的类型信息组合, θ_s 是所有资源提供商的一组类型组合, 根据式(4)和式(5), 可以得到:

$$\begin{aligned} v_b(\theta_b, f(\hat{\theta}_b, \hat{\theta}_{-b})) + p_b(\theta_b, f(\hat{\theta}_b, \hat{\theta}_{-b})) &= \\ v_b(\theta_b, f(\theta_b, \theta_s, \theta_{-b})) + p_b(\theta_b, f(\theta_b, \hat{\theta}_b, \hat{\theta}_{-b})) \end{aligned}$$

即 $u_b(\theta_b, \hat{\theta}_b, \hat{\theta}_s, \hat{\theta}_{-b}) = u_b(\theta_b, \theta_b, \hat{\theta}_s, \hat{\theta}_{-b})$ 。

上式表示了用户的激励兼容性质, 命题2得证。

综上所述, 定理4得证。

4 机制实现算法

本节给出云市场环境多类型资源有效分配定价机制的实现算法, 具体描述如下:

步骤1 用户发布任务请求 Req , 资源提供商发布多种资源 Res 到云资源市场中;

步骤2 市场机制根据请求 Req 时间的先后顺序让用户的任务请求 Req 进入用户请求队列;

步骤3 While 用户队列不为空

{ 根据先来先服务原则从用户任务请求队列中选择下一个请求 Req ;

For 用户请求 Req 中的每一个类型的资源 r

{ 对提供资源类型 r 的资源提供商所报的价格 c^r 进行升序排序;

根据式(1)从第[1]个资源提供商到第[$\bar{n}$]个资源提供商选择数量为 Q_r 的 r 类型资源, 并把相应的资源提供商以及该资源提供商的对于类型为 r 资源的价值 $-k^r \times c^r \times T$ 记录进 H 列表; }

求资源提供商列表 H 中的每一个资源提供商的价值 $v_i(k(\theta), \theta_i) = \sum_{j \in R_b} (-k^j \times c^j) \times T$;

根据式(2)求得 H 列表中的每个资源提供商的支付 p_i ;

求得用户的支付 $p_b = -\sum_i p_i$;

IF 用户任务请求的 $price + p_b > 0$

{ 任务成功完成, 并双方交易; }

}

结束语 考虑到云服务市场中用户的利益以及社会收益, 本文提出了基于机制理论的云市场多类型资源分配定价机制, 解决了因不从用户角度出发而造成的云市场资源分配不合理的问题, 给出了复杂用户任务请求下多类型资源的有效分配, 体现了用户效用、资源提供商效用和市场社会收益的统一。然后严格证明了该机制满足个体理性、预算均衡和激励兼容性质。最后给出了指导云市场机制实现的算法。

本文提出的分配机制是以任务请求所需资源独立分开进行分配, 而多资源联合进行分配的问题有待进一步研究和解决。此外, 如何设计具有较低计算复杂性的相关机制也是今后研究的方向之一。

参考文献

- [1] 陈康, 郑纬民. 云计算: 系统实例与研究现状[J]. 软件学报, 2009, 20(5): 1337-1348
- [2] Buyya R, Yeo C S, Venugopal S, et al. Cloud Computing and Emerging IT Platforms: Vision, Hype, and Reality for Delivering Computing as the 5th Utility[J]. Future Generation Computer Systems, Elsevier Science, 2009, 25(6): 599-616

(下转第78页)

下载流量为零,86.5%的节点从种子处下载流量占总下载量的比例小于14.3%,94.3%的节点从种子处下载流量占总下载量的比例小于39.4%。

综上可知,不同实验条件下,50%以上的下载节点未从种子处下载数据,即一半以上下载节点的数据下载不依赖种子;86%左右的下载节点从种子处下载流量占总下载量的比例小于14%,即大部分下载节点的数据下载对种子的依赖性不大,从而深刻地体现出P2P应用模式的优越性。

结束语 本文构建了一个BT网络节点间流量数据采集系统并将其部署在Planetlab上,得到了真实BT网络中节点间流量的交互情况,并验证了数据的正确性;然后对采集的数据进行了分析和研究,发现:(1)各下载节点刚入网时主要集中在与入网时间接近的节点交互流量,一段时间后会分散地与网络中所有节点交互流量,但仍然主要与入网时间接近的节点进行交互,说明Tracker服务器在随机返回邻居节点列表时会受到各节点入网时间的影响;(2)50%以上下载节点从种子处下载的数据为零,大部分下载节点的数据下载对种子的依赖性不大,深刻地体现出P2P应用模式的优越性。

参 考 文 献

- [1] Global Internet Phenomena Report: 2H 2013 [EB/OL]. <https://www.sandvine.com/downloads/general/global-internet-phenomena/2013/2h-2013-global-internet-phenomena-report.pdf>
- [2] 陈亮,龚俭.大规模网络中BitTorrent流行为分析[J].东南大学学报:自然科学版,2008,38(3):390-395
- [3] Liu Gang, Hu Ming-zeng, Fang Bin-xing, et al. Explaining BitTorrent traffic self-similarity [M]. Parallel and Distributed Computing: Applications and Technologies. Berlin Heidelberg: Springer, 2005: 839-843
- [4] 唐红,黄鼎.通用Bittorrent模拟器研究[J].计算机工程与应用,2011,47(15):130-133
- [5] Erman D, Llei D, Popescu A. Bittorrent session characteristics and models [J]. River Publishers Series in Information Science and Technology. Special Issue in Traffic Engineering, Performance Evaluation Studies and Tools for Heterogeneous Networks, 2009, 1: 61-84
- [6] Erman D, Llei D, Popescu A. BitTorrent traffic characteristics [C]//Computing in the Global Information Technology, ICCGI'06. International Multi-Conference on. IEEE, 2006: 42-42
- [7] Erman D. Bittorrent traffic measurements and models [M]. Blekinge Institute of Technology, 2005
- [8] 叶明江,吴建平,徐恪. Peer-to-Peer网络流量矩阵的计算模型[J].清华大学学报:自然科学版,2010,50(1):63-66
- [9] Xy Ke, Shen Meng, Ye Ming-jiang. A model approach to estimate Peer-to-Peer traffic matrices [C]//INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE. IEEE, 2011: 676-684
- [10] Tang Hong, Yan Yu, Xing Cong-cong. Traffic modeling and analysis on BitTorrent-like Peer-to-Peer networks [J]. Journal of Convergence Information Technology, 2013, 8(4): 173-181
- [11] Dale C, Liu Jiang-chuan. A measurement study of piece population in BitTorrent [C]//Global Telecommunications Conference, 2007. GLOBECOM'07. IEEE, 2007: 405-410
- [12] Cohen B. Incentives build robustness in BitTorrent [C]//Workshop on Economics of Peer-to-Peer systems, 2003, 6: 68-72
- [13] Legout A, Urvoy-Keller G, Michiardi P. Understanding BitTorrent: an experimental perspective (version 3) [M]. 2005
- [14] <http://www.planet-lab.org/>
- [15] <http://www.rahul.net/dholmes/ctorrent/>
- [16] 傅雷扬,王汝传,王海燕,等. R/S方法求解网络流量自相似参数的实现与应用[J].南京航空航天大学学报,2007,39(3):358-362
- [17] 石贵民,林宏基.基于旁路的网络流量监控模式[J].重庆理工大学学报:自然科学版,2011,25(9):63-69
- [18] pricing for a utility computing service [J]. Future Generation Computer Systems, 2010, 26: 1368-1380
- [19] Mihailescu M, Teo Y M. Strategy-Proof Dynamic Resource Pricing of Multiple Resource Types on Federated Clouds [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2010, 1: 337-350
- [20] 曾翎鸿,曾国荪.云计算中TSP问题求解服务的定价机制[J].计算机科学,2011,38(12):194-199
- [21] Dash R K, Jennings N R, Parkes D C. Computational Mechanism Design: A Call to Arms [J]. IEEE Intelligent Systems, 2003, 18(6): 40-47
- [22] Narahari Y, Garg D, Narayanam R, et al. Game Theoretic Problems in Network Economics and Mechanism Design Solutions [M]. London Limited: Springer-erlag, 2009
- [23] Myerson R, Satterthwaite M A. Efficient Mechanisms for Bilateral Trading [J]. Journal of Economic Theory, 1983, 29(2): 265-281

(上接第62页)

- [3] Youseff L, Butrico M, Da Silva D. Toward a Unified Ontology of Cloud Computing [C]//Proceedings of 2008 IEEE Grid Computing Environments Workshop, 2008: 1-10
- [4] Weinhardt C, Anandasivam A, Blau B, et al. Cloud Computing-A Classification, Business Models, and Research Directions [J]. Business Models & Information Systems Engineering, 2009, 1(5): 391-399
- [5] Yeo C S, Venugopal S, Chu X, et al. Automatic metered pricing for a utility computing service [J]. Future Generation Computer Systems, 2010, 26(8): 1368-1380
- [6] Ouyang Jin-song, Sahai A, Pruyne J. A Mechanism of Specifying and Determining Pricing in Utility Computing Environments [C]//BDIM'07. 2nd IEEE/IFIP International Workshop on Business-Driven IT Management, 2007: 39-44
- [7] Yeo C S, Venugopal S, Chu Xing-chen, et al. Autonomic metered