



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102710746 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 27

(21) 申请号 201210130826. 0

第 [0007] 段 .

(22) 申请日 2012. 04. 30

US 6968323 B1, 2005. 11. 22, 全文 .

CN 101827371 A, 2010. 09. 08, 全文 .

(73) 专利权人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)西  
源大道 2006 号

审查员 金志蕾

(72) 发明人 曾凯 余堃

(74) 专利代理机构 电子科技大学专利中心  
51203

代理人 周永宏

(51) Int. Cl.

H04L 29/08(2006. 01)

G06F 9/455(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102186177 A, 2011. 04. 22, 说明书第 2 页  
第 [0007], [0010], [0065], [0085], [0091] 段 .

CN 101938416 A, 2011. 01. 05, 说明书第 2 页

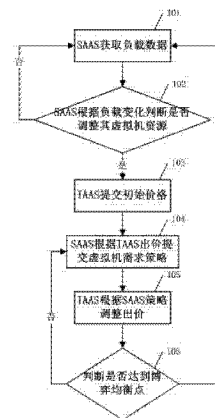
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法。其中基础设施服务提供商作为虚拟机资源出售方, 软件应用服务提供商作为虚拟机资源需求方。资源出售方和需求方按照顺序依次给出资源价格和策略, 并通过重复迭代, 双方不断修正其博弈出价和策略, 以博弈竞价方式最终达到虚拟机资源分配的纳什均衡, 并按照此最终结果进行虚拟机资源交易。本发明方法内部由博弈控制器、虚拟机竞价代理和负载监控探头组成。通过本方法的实施可以最大化提高虚拟机资源出售方经济效益, 同时使虚拟机需求方合理购买资源, 避免了资源的浪费。



1. 一种基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法,其中博弈竞价分配由博弈控制器、虚拟机竞价分配代理和负载监控探头组成,博弈控制器负责计算每次博弈的出价策略;虚拟机竞价分配代理负责接收和转发博弈控制器提交的出价策略消息,并最终裁定是否达到博弈终止条件;监控探头负责监控获取软件应用服务提供商内部的负载信息;其特征在于,竞价分配方法包括如下步骤:

步骤 101:每一个软件应用服务提供商统计其内部负载,获取当前到达的任务量,计算任务平均到达速度;

步骤 102:软件应用服务提供商判断是否需要申请新的虚拟机资源,判断依据是:如果当前时间段平均任务到达速度超过上一个时间段平均任务到达速度的 20%,则向虚拟机竞价分配代理提交申请请求,系统开始进行资源竞价分配序贯博弈,进入步骤 103,如果不需要,则返回步骤 101,继续监控内部负载;

步骤 103:基础设施服务提供商首先给出虚拟机资源基础价格,基础设施服务提供商的出价策略为  $p^k = [p_s^k, p_d^k]$ ,其中  $p_s^k$  代表第 k 次出价中静态资源价格,  $p_d^k$  代表第 k 次出价中动态资源价格, k 取值范围从 0 到 t, t 为博弈结束时的迭代次数;

步骤 104:软件应用服务提供商根据基础设施服务提供商的出价及其虚拟机资源需求决策公式计算、并向虚拟机竞价分配代理提交其需求策略,序贯博弈开始,软件应用服务提供商的需求策略如下:设第 i 个软件应用服务提供商第 k 次资源需求策略为  $R_i^k = [r_s^i, r_d^i]$ ,其中,  $r_s^i$  和  $r_d^i$  分别代表该软件应用服务提供商此次博弈需求的静态虚拟机和动态虚拟机的台数;首先将博弈计数器增加 1,则  $r_s^i = \frac{M}{\ln p_s^{k-1}}$ ,  $r_d^i = \frac{M}{\ln(p_d^{k-1})^2}$ ,其中:M 为相邻两个时间段内平均任务到达速度之差;

步骤 105:基础设施服务提供商根据所有软件应用服务提供商的虚拟机需求策略以及基础设施服务提供商自己的虚拟机定价公式重新出价,重新出价的出价策略为:

$p^k = [p_s^k, p_d^k]$ ,  $p_s^k = \frac{\sum_{i=1}^N r_s^i * e^N}{A_s}$ ,  $p_d^k = \frac{\sum_{i=1}^N r_d^i * e^N}{A_d}$ ,其中,参数  $A_s$  为基础设施服务提供商此次博弈所能分配的静态虚拟机台数的总和,  $A_d$  为所能分配的动态虚拟机总和,  $p_s^k$  代表第 k 次出价中静态虚拟机价格,  $p_d^k$  代表第 k 次出价中动态虚拟机价格, N 为此次博弈所有虚拟机需求方人数总和;

步骤 106:虚拟机竞价分配代理判断是否达到虚拟机竞价博弈的纳什均衡,判断条件如下:设  $\xi_s = \frac{|p_s^k - p_s^{k-1}|}{p_s^k}$ ,  $\xi_d = \frac{|p_d^k - p_d^{k-1}|}{p_d^k}$ ,如果  $\xi_s < 5\%$  且  $\xi_d < 5\%$ ,则表示第 K 次博弈达到虚拟机资源竞价博弈纳什均衡状态,停止序贯博弈,并按照最终博弈结果进行虚拟机资源分配交易;反之则返回步骤 104,软件应用服务提供商和基础设施服务提供商双方继续资源博弈。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法,其特征在于:所述的监控探头每隔 600 秒,提交当前时间段内的任务平均到达速度,计算单位为百万条指令/秒。

## 一种基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及在云环境下,基础设施服务提供商 (IAAS provider) 同时为多个软件应用服务提供商 (SAAS provider) 提供虚拟机服务时,一种基于序贯博弈的虚拟机资源分配方法。

### 背景技术

[0002] 随着互联网、虚拟化、分布式计算等技术的发展不断发展,逐渐产生了一种新型的计算模式——云计算。用户可以像使用水、电等传统资源一样使用“计算”这种资源。云计算可以按照用户对资源和计算能力的需求动态分配虚拟资源,而不受物理资源的限制。

[0003] 博弈论 (Game Theory), 属应用数学的一个分支,是经济学分析方法之一。目前在经济学、计算机科学等其他很多学科都有广泛的应用。博弈论是解决具有竞争性质现象的数学理论和方法。博弈论主要研究经济行为中的个体的行为策略及不同个体策略之间的相互影响关系,进而可以达到博弈个体策略的同时最大优化。

[0004] 在云计算中,基础设施服务提供商 (IAAS provider) 通过虚拟化技术提供虚拟硬件基础设施 (例如虚拟机等),并希望最大化其经济收益;软件应用服务提供商 (SAAS provider) 为了向上层用户提供软件服务,通常需要向基础设施服务提供商 (IAAS provider) 购买虚拟机资源来部署自己的软件服务系统,其希望可以购买合理数量的虚拟机资源,最小化资源的浪费。本发明提出的基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法解决了云计算中如何使资源合理出价和科学购买的问题。

### 发明内容

[0005] 本发明提供了一种基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法。其中基础设施服务提供商 (IAAS provider) 作为虚拟机资源出售方,软件应用服务提供商 (SAAS provider) 作为虚拟机资源需求方。资源出售方和需求方按照顺序依次给出资源价格和需求策略,并通过重复迭代,双方不断修正其博弈出价和策略,以博弈竞价方式最终达到虚拟机资源分配的纳什均衡,并按照此最终结果进行虚拟机资源交易。本发明方法内部由博弈控制器、虚拟机竞价代理和负载监控探头组成。其中博弈控制器负责计算每次博弈的出价和策略;虚拟机竞价代理负责接收和转发博弈控制器提交的出价、策略消息,并最终裁定是否达到博弈终止条件;监控探头负责监控获取软件应用服务提供商内部的负载信息。通过本方法的实施可以最大化提高虚拟机资源出售方经济效益,同时使虚拟机需求方合理购买资源,避免了资源的浪费。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法,其中竞价分配系统由博弈控制器、虚拟机竞价分配代理和负载监控探头组成,博弈控制器负责计算每次博弈的出价策略;虚拟机竞价分配代理负责接收和转发博弈控制器发送的策略消息;监控探头负责监控获取软件应用服务提供商内部的负载信息;竞价分配方法包括如下步骤:

[0007] 步骤 101 :每一个软件应用服务提供商统计其内部负载,获取当前到达的任务量,计算任务平均到达速度;

[0008] 步骤 102 :软件应用服务提供商判断是否需要申请新的虚拟机资源,如果不需要,则返回步骤 101,继续监控内部负载;如果则进入步骤 103;

[0009] 步骤 103 :基础设施服务提供商首先给出虚拟机资源基础价格;

[0010] 步骤 104 :软件应用服务提供商根据基础设施服务提供商的出价及其虚拟机资源需求决策公式计算、并向虚拟机竞价分配代理提交其需求策略,序贯博弈开始;

[0011] 步骤 105 :基础设施服务提供商根据所有软件应用服务提供商的虚拟机需求策略以及基础设施服务提供商自己的虚拟机定价公式重新出价;

[0012] 步骤 106 :虚拟机竞价分配代理判断是否达到虚拟机竞价博弈的纳什均衡,如果已达到则停止序贯博弈,并按照此最终结果进行资源交易,反之则返回步骤 104,软件应用服务提供商和基础设施服务提供商双方继续资源博弈。

[0013] 与现有技术相比,本发明的积极效果是:本方法在满足双方之间云服务水平协议(SLA)的基础上,保证了虚拟机资源分配的公平性,并通过资源的合理分配提高了云服务提供商(IAAS、SAAS)的经济收益。本发明方法的基本技术原理是,博弈双方(IAAS、SAAS)按照顺序依次给出资源价格和需求策略,并通过重复迭代,双方不断修正其博弈策略,以竞价方式最终达到虚拟机资源分配的纳什均衡。其中纳什均衡是指经过多次出价博弈,最终达到一种状态,即参加博弈的任何一方都无法在其他博弈人不修改出价策略的情况下单方面修改自己的博弈策略而提高自己的收益(或资源)。

[0014] 本方法和传统的资源分配方法相比,具有以下优点:

[0015] 1、提出了基于云任务到达速度变化的虚拟机需求策略,通过资源的弹性分配,使虚拟机资源得到了充分利用。

[0016] 2、分配资源的同时充分考虑经济因素的影响,使资源需求方(SAAS provider)合理购买的同时最大化资源出售方(IAAS provider)的经济收益。

[0017] 3、提出了资源买卖双方序贯出价的博弈模型,通过根据对方出价(策略)不断调整自己出价(策略),解决了静态博弈模型出价参考条件不足的问题。

## 附图说明

[0018] 本发明将通过例子并参照附图的方式说明,其中:

[0019] 图 1 为本发明中云环境下基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法的流程图;

[0020] 图 2 为本发明中云环境下基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法实施模型图。

## 具体实施方式

[0021] 一种基于序贯博弈的虚拟机竞价分配方法,如图 1 所示,包括如下步骤:

[0022] 步骤 101 :每一个软件应用服务提供商(SAAS provider)统计其内部负载,获取当前到达的任务量,计算任务平均到达速度。其中:

[0023] 负载监控探头每隔 600 秒,提交当前时间段内的任务平均到达速度,计算单位为 MIPS,即“百万条指令/秒”。

[0024] 步骤 102 :软件应用服务提供商(SAAS provider)判断是否需要申请新的虚拟机

资源,如果需要则提出申请,否则继续监控内部负载。其中:

[0025] 申请资源的判断依据是:如果当前时间段平均任务到达速度超过上一个时间段平均任务到达速度的 20%,则向虚拟机竞价分配代理提交申请请求,系统开始进行序贯博弈资源分配。

[0026] 步骤 103:基础设施服务提供商 (IAAS provider) 首先给出虚拟机资源基础价格。其中:

[0027] 基础设施服务提供商 (IAAS provider) 的初始价格可以随机给出,但本方法采用与上次博弈结果最终出价相同的办法。本方法中提出的虚拟机资源分为静态资源 (购买使用时间在 1 年以上) 和动态资源 (购买使用时间在 3 个月以下)。基础设施服务提供商 (IAAS provider) 的出价策略用  $P^k = [p_s^k, p_d^k]$ 。其中  $p_s^k$  代表第 k 次出价中静态资源价格,  $p_d^k$  代表第 k 次出价中动态资源价格。k 取值范围从 0 到 t, t 为博弈结束时的迭代次数。

[0028] 步骤 104:软件应用服务提供商 (SAAS provider) 根据基础设施服务提供商 (IAAS provider) 的出价及其虚拟机资源需求决策公式计算、并向虚拟机竞价分配代理提交其需求策略,序贯博弈开始。其中:

[0029] 第 i 个软件应用服务提供商 (SAAS provider) 第 k 次资源需求策略为  $R_i^k = [r_s^i, r_d^i]$ ,  $r_s^i$  和  $r_d^i$  分别代表该 SAAS 此次博弈需求的静态资源 (虚拟机) 和动态资源 (虚拟机) 的台数。首先将博弈计数器增加 1, 即  $k = k+1$ , 其需求策略为:  $r_s^i = \frac{M}{\ln p_s^{k-1}}$ ,  $r_d^i = \frac{M}{\ln(p_d^{k-1})^2}$ 。M 为相邻 2 个时间段内平均任务到达速度之差。

[0030] 步骤 105:基础设施服务提供商 (IAAS provider) 根据所有软件应用服务提供商 (SAAS provider) 的虚拟机需求策略以及其虚拟机定价公式重新出价。其中:

[0031] 基础设施服务提供商 (IAAS provider) 根据所有软件应用服务提供商 (SAAS provider) 的虚拟机需求策略以及其虚拟机定价公式重新出价, 出价策略用  $P^k = [p_s^k, p_d^k]$ ,  $p_s^k = \frac{\sum_{i=1}^N r_s^i * e^N}{A_s}$ ,  $p_d^k = \frac{\sum_{i=1}^N r_d^i * e^N}{A_d}$ 。其中参数  $A_s$  为基础设施服务提供商 (IAAS provider) 此次博弈所能分配的静态虚拟机台数的总和,  $A_d$  为所能分配的动态虚拟机总和,  $p_s^k$  代表第 k 次出价中静态资源价格,  $p_d^k$  代表第 k 次出价中动态资源价格, N 为此次博弈所有虚拟机需求方人数总和。

[0032] 步骤 106:虚拟机竞价分配代理判断是否达到虚拟机竞价博弈的纳什均衡, 如果已达到则停止序贯博弈, 反之则返回步骤 104, 双方继续资源博弈。其中:

[0033] 判断博弈达到纳什均衡的条件为, 设  $\xi_s = \frac{|p_s^k - p_s^{k-1}|}{p_s^k}$ ,  $\xi_d = \frac{|p_d^k - p_d^{k-1}|}{p_d^k}$ , 如果  $\xi_s < 5\%$  且  $\xi_d < 5\%$ , 则表示第 K 次博弈达到虚拟机资源竞价博弈纳什均衡状态, 停止博弈; 反之, 继续虚拟机竞价博弈。

[0034] 为了进一步阐述本发明方法, 下面具体说明本方法的实施过程。根据图 2 所示, 系统内部由博弈控制器、虚拟机竞价分配代理和负载监控探头组成。其中博弈控制器负责计算每次博弈的出价策略; 虚拟机竞价分配代理负责接收和转发博弈控制器发送的策略消息; 监控探头负责监控获取软件应用服务提供商 (SAAS provider) 内部的负载信息。

[0035] 首先负载监控探头开始计时,计算该时间段的 SAAS 内部平均任务到达速度。以第  $i$ 、 $j$  个 (其用户 ID 分别为  $i$ 、 $j$ ) 软件应用服务提供商 (SAAS provider) 为例,负载监控探头检测并计算该 600 秒内,第  $i$  个和第  $j$  个 SAAS 的任务到达速度为 300MIPS 和 200MIPS,并将其提交给其各自内部的博弈控制器处理,并开始监测并计算下一轮平均任务到达速度。假设第  $j$  个 SAAS 接收到该时间段内平均任务到达速度为 200MIPS,假设其上一时间段平均为 190MIPS,而  $(200-190)/190 < 20\%$ ,所以该 SAAS 判决不参加该轮虚拟机竞价博弈;第  $i$  个 SAAS 接收到该时间段内平均任务到达速度为 300MIPS,假设其上一时间段平均任务到达速度为 150MIPS,而  $(300-150)/150 > 20\%$ ,则该 SAAS 需要向虚拟机竞价分配代理提交虚拟机竞价博弈请求。其中,请求以 XML 报文方式发送给虚拟机竞价分配代理。

[0036] 虚拟机竞价分配代理接收并统计所有 SAAS 的虚拟机竞价请求,同时封装在 XML 报文内并提交给基础设施服务提供商 (IAAS provider) 的博弈控制器。假设此轮虚拟机竞价分配代理一共接收到 5 个 SAAS 的虚拟机竞价博弈请求,其用户 ID 分别为  $[S_1, S_2, S_3, S_4, S_5]$ 。

[0037] 基础设施服务提供商 (IAAS provider) 的博弈控制器接收到虚拟机竞价博弈请求,向虚拟机竞价分配代理提出资源基础价格,基础价格可参照上一次博弈的最终价格,也可以随机给出。假设静态资源为 150 元/台,动态资源为 200 元/台,则  $P^0 = [150, 200]$ , 博弈次数  $k = 0$ 。

[0038] 虚拟机竞价分配代理将资源基础价格报文以广播方式转发给提交竞价申请的 SAAS。

[0039] 至此,参与虚拟机竞价博弈的 SAAS 根据基础价格给出首次需求策略:

[0040] 假设参加当前虚拟机竞价博弈的用户集合为  $U = [S_1, S_2, S_3, S_4, S_5]$ ,这些用户连续 2 个时间段内的平均任务到达速度之差为  $\rho = [150, 230, 360, 100, 50]$ :

[0041] 以用户 ID 为  $S_2$  的 SAAS 为例:首先将博弈计数器由 0 置为 1,表示当前为第 1 次竞价博弈,根据需求策略为:  $r_s^i = \frac{M}{\ln p_s^{k-1}}$ ,  $r_d^i = \frac{M}{\ln(p_d^{k-1})^2}$ , 每一个 SAAS 计算机需求策略,

$R_{S_1}^1 = [30,15]$ ,  $R_{S_2}^1 = [46,23]$ ,  $R_{S_3}^1 = [72,36]$ ,  $R_{S_4}^1 = [20,10]$ ,  $R_{S_5}^1 = [10,5]$ 。这些 SAAS 分别将其需求策略以 XML 报文形式发送到虚拟机竞价分配代理。

[0042] 虚拟机竞价分配代理接收到全部 SAAS 的需求策略报文后,将其封装在一个 XML 报文中,转发给 IAAS。

[0043] 基础设施服务提供商 (IAAS provider) 接收到 SAAS 用户的需求策略后,根据其出价公式,调整上一次出价:

[0044] 其出价策略为  $p^k = [p_s^k, p_d^k]$ , 其中  $p_s^k = \frac{\sum_{i=1}^N r_s^i * e^N}{A_s}$ ,  $p_d^k = \frac{\sum_{i=1}^N r_d^i * e^N}{A_d}$ 。根据本轮博弈 SAAS

的需求策略  $R_{S_1}^0 = [30,15]$ ,  $R_{S_2}^0 = [46,23]$ ,  $R_{S_3}^0 = [72,36]$ ,  $R_{S_4}^0 = [20,10]$ ,  $R_{S_5}^0 = [10,5]$ ,假设此时其静态可用虚拟机台数为 200 台,动态虚拟机为 50 台,可计算其本轮博弈出价  $P^1 = [131, 263]$ ,同时将出价以 XML 报文发送给虚拟机竞价分配代理。

[0045] 虚拟机竞价分配代理判断是否达到博弈纳什均衡状态:

[0046] 连续 2 次博弈的结果  $P^0 = [100, 200]$ ,  $P^1 = [131, 263]$ 。根据虚拟机竞价分配纳

什均衡判决公式  $\xi_s = \frac{|p_s^k - p_s^{k-1}|}{p_s^k}$ ,  $\xi_d = \frac{|p_d^k - p_d^{k-1}|}{p_d^k}$ , 可计算得  $\xi_s = 31\%$ ,  $\xi_d = 31.5\%$ ,均大于 5%,所

以博弈继续。虚拟机竞价分配代理通知 SAAS 重新给出需求策略,开始新一轮的虚拟机竞价博弈。

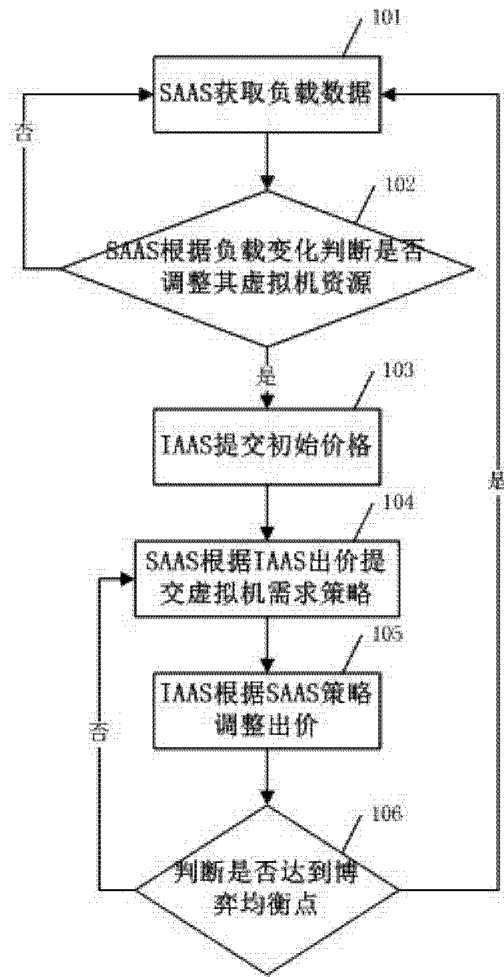


图 1



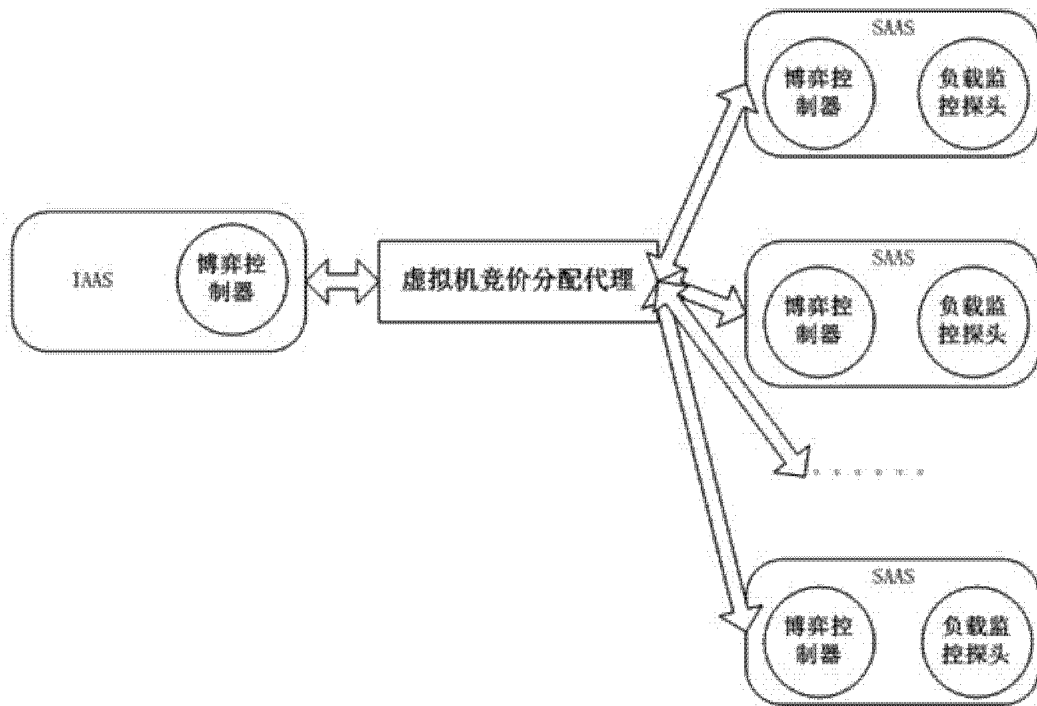


图 2