

基于均衡模型的计算机资源分配

杨祥茂¹ 丁晓明² 谭 曦¹ 周启海¹

(西南财经大学信息工程学院 成都610074)¹ (西南师范大学计算机与信息科学学院 重庆400715)²

摘要 采用微观经济学方法,研究计算机资源调度管理,是可行的。根据微观经济学均衡模型的效用理论,对计算机资源管理构建其均衡模型,并分别根据通常“生产者-消费者”的三种简化模型,讨论其调度策略;进而,给出其调度分配算法。

关键词 微观经济学,计算机资源,调度,均衡,分配

Computer Resources Allocation Based on Equilibrium Model

YANG Xiang-Mao¹ DING Xiao-Ming² TAN Xi¹ ZHOU Qi-Hai¹

(School of Economic Information Engineering, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 610074)¹

(Faculty of Computer & Information Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715)²

Abstract It is feasible to schedule computer resources with the methods of micro-economics. According to the equilibrium theory, which is based on utility functions in micro-economics, an equilibrium model is constructed for the management of a computer's resource, and its scheduling tactics is advanced based on the general three kinds of "simple producers VS customers model", and the three models' algorithms for scheduling & allocating a computer's resource are given further.

Keywords Micro economics, Computer resources, Scheduling, Equilibrium, Allocation

1 引言

网络环境下的主要问题是分布式计算和资源管理,计算机资源(包括:计算、数据、信息、软件、存储、通信、知识等各种资源)的管理核心是如何采用有效方法实现资源管理虚拟化,使得计算机资源发挥更大效率,是有现实意义的重要问题。微观经济学的均衡配置理论阐明,可把资源配置到效用最高的具有独立主体的消费者中,以实现资源配置的效用最大化(例如:在操作系统中,建立在一对多模型基础上的、产生了一个进程由一个虚拟进程空间和一个或多个控制线程组成的资源管理方式)。本文利用微观经济学的研究方法研究计算机资源的调度管理,其简化的生产者-需求者许配模型有:一对一、一对多、多对多模型。

2 均衡模型

建立效用函数的假设前提:①有两个可能预期 A, B , 则 $A=B$ 或者 $A \neq B$ 。②预期 A, B, C , 若 $A > B, B > C$, 则 $A > C$ 。③任意 A 和 B 的概率组合与 A 和 B 无关。④若 A, B, C 满足②, 则存在 A 和 C 的概率组合使得与 C 无差异。⑤若 $0 \leq p \leq 1$, 并且 $A=B$, 则 $pA+(1-p)C = pB+(1-p)C$ 。

定义1(效用函数 u) u 为预期的实值函数,对任意个体有效用函数 $u, u = u(x_1, x_2, \dots, x_n, r)$, 其中 x_1, x_2, \dots, x_n 为资源类型产品, r 为资源配置的主要要素。设 $A \in R, B \in R$ 。

性质1(等价) A 优于 B 等价于 $u(A) > u(B)$ 。

性质2(线性关系) 若 $0 \leq p \leq 1$, 则 $u[pA+(1-p)B] = pu(A) + (1-p)u(B)$ 。

定理1(边际效用, $\partial u / \partial x$) 当 x 增加 Δx , 其它产品占有

量不变, Δx 所产生的满意度 ΔU , 即自变量最后一个单位的变化所带来的因变量的变化。

定义2(效用凹函数) 令 u 是一个定义在 R^n 中的凸集 X 上的实值函数, 函数 U 称为凹函数, 如果对所有 $x, y \in X$ 和 $0 \leq \theta \leq 1$, 有 $u[\theta x + (1-\theta)y] \geq \theta u(x) + (1-\theta)u(y)$ 。

定理2 个体效用 $u_1 < u_2, \dots, < u_n$ 。

定理3(均衡模型) $M = \{O, G, T, R, S\}$ 。其中:

O : 为模型的对象集 $\{P, C\}$, P 为资源提供者集合, C 为资源需求者集合。

G : 系统均衡状态。向量 $X = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)^T$ 是不同的资源产品, $P = (p_{x_1}, \dots, p_{x_n})$ 是获得不同资源产品的预期实值。当 $p_{x_1}x_1 + p_{x_2}x_2 + \dots + p_{x_n}x_n = M$ (最大约束条件实值),

St $\max u(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$, 只有 $\frac{\partial u}{\partial p_{x_1}} = \frac{\partial u}{\partial p_{x_2}} = \dots = \frac{\partial u}{\partial p_{x_n}}$

时系统均衡。

T : 为系统所处的环境集和条件。个体追求最大假设条件: 设 u_1 和 u_2 为效用函数, $c(S)$ 为一个包含原点的凸集的解点, x 和 y 为 S 中的点, 满足 $u_1(y) > u_1(x), u_2(y) > u_2(x)$, 则 $x \neq c(S)$; 分配成本为0假设。

R : 为模型中生产者和消费者按要素建立的关系。

S : 为模型系统初态和结束态。

3 一对一资源模型的分配

在模型中, 对象集为 $\{S, C\}$, 一个生产者 S 提供向量 $X = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)^T$ 是不同的资源产品, $P = (p_{x_1}, \dots, p_{x_n})$ 是消费者 C 获得不同资源产品的预期实值。当 $p_{x_1}x_1 = M$, 或 $p_{x_2}x_2 = M, \dots$, 或 $p_{x_n}x_n = M$ (最大约束条件实值), 并且 $p_{x_1} =$

$p_{x_2} = \dots = p_{x_n}$, 即在模型中一个消费者占有了一个资源就不能同时占有其他的资源, 例如:

定义3 $\text{model} = F \xrightarrow{x} P$

即 model 为模型的状态, F 为文件, X 为所选择的资源产品, P 为文件 F 占有资源 X , 其相应的分配资源命令操作集合 operator 定义如下:

定义4 $\text{operator} = \text{Create} | \text{exit}$

Create: P

Exit: \emptyset

4 一对多的资源模型的分配

在一对多的模型中, 对象集为 $\{S, C_1, C_2, \dots, C_n\}$, 对象之间的关系是 $\{\langle S, C_1 \rangle, \langle S, C_2 \rangle, \dots, \langle S, C_n \rangle\}$. 生产者 P 提供 S 为可剥夺的资源类型或可共享的资源类型, 是一个抽象的资源类型; $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 为消费者的集合, 并且每个消费者是一个具有独立决策功能的代理者 Agent, 并且 $C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_n = \emptyset, \langle S, C_1 \rangle \cap \langle S, C_2 \rangle \cap \dots \cap \langle S, C_n \rangle = \emptyset$.

4.1 资源调度时机

按照均衡模型分配资源的理论, 当系统中 u_i 与曲线 $p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n = M$ 相切点为均衡点, 系统中的资源分配按均衡交易要素的实值进行. 若不相切, 则系统应该按资源的类型和消费者 C 获得不同资源产品的预期实值进行调度, 并且动态地改变要素获得产品的实值. 例如: 以价格形成作为权值获得资源的要素, 生产者提供不同产品的价格权值, 消费者提供价格权值的资源需求, 并按照消费者权值大小形成队列, 设在生产者端价格权值为 P , 则:

$$p = f(a, t) \quad a = V/L, V = D1 + D2$$

式中 a 为负载能力系数, V 为要处理数据量的大小, $D1$ 为当前正处理的数据量, $D2$ 为等待处理的数据量, L 为负载能力, t 为时间, 据此:

$a \ll 1$, 可调低价格灵敏度高的资源产品的价格, 吸引更多的数据进行处理.

$a \gg 1$, 这时调高造成数据量增大的资源类型的价格, 抑制其获得资源需求.

$a \approx 1$, 实际数据处理量大小接近总的负载能力, 此时系统内各参与者均感到满意, 其系统的总效用为最大.

4.2 调度算法

在一对多的模型中, 选择一个消费者消费生产者提供的资源, 符合遗传算法. 遗传算法有多种方法, 本文宜选“稳定状态遗传算法”. 据此, 可得其一一对多均衡匹配调度算法如下:

(1) 设 $k=0$, 按初始要素的实值产生初始消费者种群, 即

$$\vec{C}(0) = (C_1(0), C_2(0), \dots, C_n(0))$$

(2) 从当前种群 $\vec{C}(k)$ 中选择一个母体占有资源.

(3) 对所选择母体按权值变异规则进行杂交和变异, 得到一个新的个体.

(4) 删除 $\vec{C}(k)$ 中被选中的个体, 用新的个体代替它, 得到新的种群, 即,

$$\vec{C}(k+1) = (C_1(k+1), C_2(k+1), \dots, C_n(k+1))$$

(5) 检验停止规则, 若满足则停止. 否则 $k = k+1$, 返回(2)继续.

在此算法中, 关键是变异规则, 是按照“ $P = (p_{x_1}, \dots,$

$p_{x_n})$, 即消费者 C 获得不同资源产品的预期实值”进行的。

5 多对多资源模型的分配

在多对多的模型中, 对象集为 $\{S_1, S_2, \dots, S_n, C_1, C_2, \dots, C_n\}$; 对象之间的关系是二分图, 把对象集合划分为 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ 和 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, $V(G) = S \cup C, \forall s_i \in S, \forall c_j \in C, S_i, C_j \in E(G)$, 生产者 P 提供 S 为抽象的可剥夺的资源类型或可共享的资源类型集合, 每个资源是一个弱 agent, 具有拒绝、响应、同意等弱代理功能; $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 为消费者的集合, 且 C_i 是一个具有独立决策功能的代理者 Agent. 用匈牙利算法求相同子图的完备匹配, 就可以得到均衡时的有效算法.

定义5(相等子图, G_i) 映射 $l: V(G) \rightarrow R$, 满足 $\forall s_i \in S, \forall c_j \in C, l(S_i) + l(C_j) \geq w(S_i, C_j)$, 其中 $w(S_i, C_j)$ 为 C_j 占用 S_i 的效用, 称 $l(v)$ 是完全二分图的可行顶标; 令

$$E_i = \{S_i, C_j \in E(G), l(S_i) + l(C_j) = w(S_i, C_j)\}$$

称以 E_i 为边集的 G 的生成子图为相等子图, 记为 G_i .

据此, 可得其多对多的均衡匹配算法为:

(1) 选定初始的可行顶标 l , 确定 G_i , 在 G_i 中选一初始匹配 M .

(2) 在 C 中的顶都被 M 许配, 则停止, M 为均衡匹配; 否则, 取 G_i 中未被许配的顶 C_i , 令 $X = \{C_i\}, T = \emptyset$

(3) 设 $N(X)$ 为 X 的邻集, 若 $N_G(X) \supset T$, 转(4); 若 $N_G(X) = T$, 取

$$m_i = \min_{c_j \in C, S_j \in S} \{l(C_i) + l(S_j) - w(C_i, S_j)\}$$

$$l(v) = \begin{cases} l(v) - m_i, v \in X \\ l(v) + m_i, v \in T \\ l(v), \text{其他} \end{cases}$$

$$l \leftarrow l(v), G_i \leftarrow G_i$$

(4) 选 $N_G(X) - T$ 中一个顶 S_j , 若 S_j 已经被 M 许配, 并且 $S_j Z \in M$, 则 $X \leftarrow X \cup \{Z\}, T \leftarrow T \cup \{S_j\}$, 转(3); 否则, 取 G_i 中的一个 M 可增广轨 $P(C_i, S_j)$, 令 $M \leftarrow (M \cup E(P)) - (M \cap E(p))$, 转(2).

结束语 本文从均衡理论出发, 仅对简化了的三种许配模型进行了讨论, 但还有许多的问题需要讨论. 例如: 如何根据计算机资源的特性抽象数据元素使之有利于分布处理; 如何把模型转化为基于网络的计算机资源的处理; 如果出现了大量的非均衡情况如何处理; 如果不是简化的模型而是网型将如何处理等等, 这些都是以后应讨论的问题.

参考文献

- 1 杨祥茂, 谭曦. 基于网络资源消费者模型的调度策略. 计算机科学, 2003, 30(9): 105~106
- 2 王树禾. 离散数学引论. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001
- 3 约翰·纳什. 纳什博弈论论文集. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2003
- 4 Varian H R. 微观经济学(高级教程)(第三版). 北京: 经济科学出版社, 1997
- 5 陈晓梅, 等. 基于微观经济学方法的网络资源分配问题. 计算机研究与发展, 38(11): 1345~1353