

供应链中供求关系的形成策略的研究

The Strategy about Supply and Demand Relation on Supply Chain

张虹 邱玉辉

(西南师范大学计算机与信息管理学院 重庆400715)

Abstract With the rapid development of E-commerce, it is more and more difficult to find a better way in supply-chain. In this paper, we discuss the strategy that can be used to form the supply and demand relation. In the simultaneous ascending strategy, many different factory agent can use the bidding policy which allow agent propriety advance price, at same time there is auction mechanism which can guarantee the whole agent system benefit and single agent benefit.

Keywords Supply chain, Competitive equilibrium, Auction mechanism, Bidding policies, Simultaneous ascending strategy

1 引言

随着全球化市场竞争加剧,企业需要加强与合作伙伴之间的联系,实施动态联盟战略,提高竞争力,供应链管理是现代企业实施动态联盟的一种先进的管理模式。目前已有许多基于 Multi-Agent 系统构建的供应链管理系统。而在供应链关系中最难的就是对某些稀少资源的争夺,除非是在某种程度上依赖于合同的约定,否则将会在相互之间出现资源抢夺,这种时候资源的有效利用不能得以保证,但各个消费者和生产者之间仍然希望它们的共同效益达到最大,或产品的技术上有可能会出现极大的互补性,也就是说,在多个厂商之间获取各种资源和产品的输出是互相依赖的。

在此我们基于 Agent 的特征提出了一种形成供求关系的策略,先给出相应的问题描述,然后说明相关的概念和定义描述,接着说明同步上升策略,并给出相应的证明。

2 问题描述

定义1 资源独立网络:资源独立网络是一个有向的、非循环图,定义成 $G=(V,E)$, $V=G \cup A$

其中: G 表示物品的集合(这里的“物品”概念和资源是同一个意思); $A=C \cup \Pi$, C 表示消费 Agent, Π 表示生产 Agent; (如果一个 Agent 指提供物品,称为原材料提供 Agent,记为 S ,属于 Π 的一种形式。)

E 表示图中的边,用于连接 Agent 和物品之间关系,表示使用物品或者提供物品。如果边为 $\langle g,a \rangle$, 其中 $g \in G, a \in A$, 表示 a 可以使用物品 g ; 如果边为 $\langle a,g \rangle$, 其中 $g \in G, a \in A$, 表示 a 可以提供物品 g 。下图给出了一个例子:

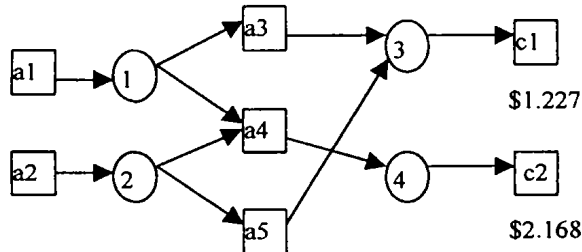


图1 资源独立的网络关系

图1中圆圈表示物品,长方形表示消费或者生产 Agent,带箭头的线表示物品和 Agent 之间是消费关系或者生产关系。这个资源独立网络可以看作是供应链形成的基础,最优的供应链正是在这个图中产生的,所以也可称作供应关系图,用以体现各个企业之间的关系。

定义2 一个物品分配:一个物品分配定义为一个子图 $(V',E'), (V',E') \subseteq (V,E)$, 对于任意 $g \in G$, 边 $\langle g,a \rangle \in E'$, 表示 a 需要物品 g ; 如果存在边 $\langle a,g \rangle \in E'$, 表示 a 可以提供物品 g 。如果一个 Agent 在物品分配图中,需求或者提供物品,则属于这个物品分配;同样如果一个物品被购买或者是出售,也属于物品分配。

定义3 物品分配状态:先定义 Agent 的状态为两种:活动的和可行的。活动的指可以提供物品,而可行的指不能提供,而是需求物品的情况。

生产 Agent Π : (活动,可行), 当 P 可以提供输出(物品)时,它的状态为活动;而当 P 不能提供输出,而需要输入时,它的状态为可行;

消费 Agent C : 始终处于可行状态;

原材料提供 Agent S : 始终处于活动状态。

如果一个物品分配中除 S 的所有 Agent 都是可行的,并且所有的物品都是物质平衡的(物品节点的入度要等于出度,图1显而易见是不平衡的。),称这是物品分配状态为可行。

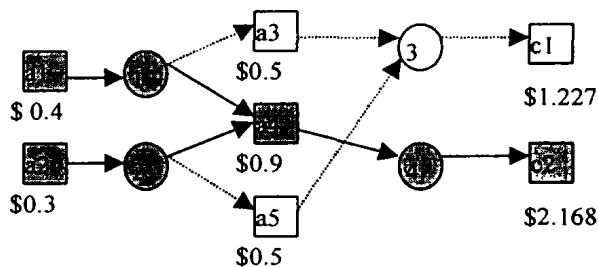


图2 对图1的一个有效的解决方案
(图中的阴影物品和 Agent, 以及实线为所选的解决方案)

定义4 一个解决方案:一个解决方案可以看作为一个可行的物品分配,并且这个分配使得一个或者多个消费者获得了想得到的物品。对于解决方案 (V',E') , 如果 $c \in C \cap V'$, 则

称 (V', E') 为消费者 c 的一个解决方案。图2给出了对于图1的一个解决方案。

定义5 物品的价值

$Value_c$ (简称为 V_c) 表示消费 Agent C 对物品的一个估价值;

$cost_{\pi}$ (简称为 C_{π}) 表示生产 Agent Π 则希望获得的收益;

对于一个物品分配 E' , 它的总体效益为 $cost(E')$

$$= \sum_{\pi \in \Pi} cost_{\pi}.$$

在此 $Value_c$ 和 $cost_{\pi}$ 都可以用“金钱”的概念来衡量(如图2)。

定义6 物品分配的效益: 定义一个物品分配的效益为:

$$value(V', E') = \sum_{c \in C} V_c(E') - \sum_{\pi \in \Pi} C_{\pi}(E').$$

定义7 有效的物品分配: 有效的物品分配应该是所有状态为可行的物品分配中的某一个, 因此将有效的物品分配定义为 (V^*, E^*) , 要求满足下述等式:

$$value(V^*, E^*) = \max_{(V', E') \in \mathcal{F}} \{value(V', E') \mid (V', E') \text{ 为可行的}\}$$

3 价格和竞争平衡定义

假设系统中的每一个 Agent 都有一个拟线性的效益函数, 用来对自己所持有的金钱和物品的估价进行衡量, 每个 Agent 都希望在一个物品分配中获得最大的盈余。

定义8 Agent 的盈余值: 盈余值: $\sigma(a, E', p)$ 表示在物品分配 E' 中, Agent a 在价格 p 时获得的盈余, 具体定义如下:

- $V_a(E') - \sum_{(g, a) \in E'} p(g)$, 如果 $a \in C$
- $\sum_{(a, g) \in E'} p(g) - \sum_{(g, a) \in E'} p(g)$, 如果 $a \in \Pi$
- $\sum_{(a, g) \in E'} p(g) - C_a(E')$, 如果 $a \in S$

用 $H_a(p)$ 表示 Agent a 在 (V', E') 中可以获得的最大盈余值, 则定义为:

$$H_a(p) = \max_{E' \subseteq E} \sigma(a, E', p)$$

定义9 物品分配的竞争平衡: 如果一个物品分配 (V', E') 在物品价格为 p 时, (V', E') 是可行的, 并且 Agent 的盈余值为优化的, 则认为 (V', E') 基于 p 竞争平衡。

定义10 λ - δ 竞争平衡: λ 和 δ 分别为 Agent 盈余值的参数值(具体意义在后面说明), 它们均为大于等于0的整数。

- $\delta \in \mathcal{R}^+ \cup 0$;
- $\lambda_{\pi} \in \mathcal{R}^+ \cup 0$, 对于所有的 $\pi \in \Pi$;
- N_{π} 表示 $\pi \in \Pi$ 中的 π 的数目。

如果一个 (V', E') 满足下列条件, 则称它为基于价格 p 的 λ - δ 竞争平衡:

1. 对于所有的 $a \in A$, $\sigma(a, E', p) \geq 0$;
2. 对于所有的 $c \in C$,
 $\sigma(c, E', p) \geq H_c(p) - \delta$;
3. 对于所有的 $\pi \in \Pi$,
 $\sigma(\pi, E', p) \geq H_{\pi}(p) - (N_{\pi} \lambda_{\pi} + \delta)$;
4. 对于所有的 $s \in S$, $\sigma(s, E', p) = H_s(p)$;
5. 所有的在价格 p 时, 都是物质平衡的(出度等于入度)。

引理1 物品分配 (V', E') 在价格 p 的效益可以表示成:

$$value(V', E') = \sum_{a \in A} \sigma(a, E', p) \quad (1)$$

证明: 将等式(1)展开为:

$$value(V', E') = (\sum_{c \in C} V_c(E') - \sum_{(g, c) \in E', c \in C \cap V'} p(g)) + (\sum_{\pi \in \Pi}$$

$$[\sum_{(\pi, g) \in E'} p(g) - \sum_{(g, \pi) \in E'} p(g)]) + (\sum_{(s, g) \in E', s \in S} p(g) - \sum_{s \in S} C_s(E'))$$

在上述等式中, 由于物品本身均满足物质平衡, 即物品的出度等于入度, 因此可以将价格有关的项全部去掉, 只留下 $\sum_{c \in C} V_c(E') - \sum_{\pi \in \Pi} C_{\pi}(E')$, 可以发现和定义6完全一致, 即得证。

定理1 如果物品分配 (V', E') 是一个基于价格 p 的 λ - δ 竞争平衡, 那么它和有效的物品分配不一致, 它们之间的差值为:

$$\sum_{\pi \in \Pi} [N_{\pi} \lambda_{\pi} + \delta] + |C| \delta$$

证明: 以前面定义的5个 λ - δ 竞争平衡条件为基础进行证明。由前面定义可知 (V^*, E^*) 为一个可行的物品分配, 条件(3)和(5)蕴含了 (V', E') 也为可行的物品分配, 因此它们的效益值可以表示成:

$$value(V', E') = \sum_{a \in A} \sigma(a, E', p) \quad (2)$$

$$value(V^*, E^*) = \sum_{a \in A} \sigma(a, E^*, p) \quad (3)$$

对于所有的 $c \in C$, 由条件2可以知道 $\sigma(c, E', p) \geq H_c(p) - \delta$, 而由定义6可知 $\sigma(c, E^*, p) \leq H_c(p)$, 因此可以得到:

$$\sigma(c, E^*, p) - \sigma(c, E', p) \leq \delta \quad (4)$$

对于所有的 $\pi \in \Pi$, 由条件3可以知道 $\sigma(\pi, E', p) \geq H_{\pi}(p) - (N_{\pi} \lambda_{\pi} + \delta)$, 而由定义6可知 $\sigma(\pi, E^*, p) \leq H_{\pi}(p)$, 因此可以得到:

$$\sigma(\pi, E^*, p) - \sigma(\pi, E', p) \leq N_{\pi} \lambda_{\pi} + \delta \quad (5)$$

对于所有的 $s \in S$, 由条件4可以知道 $\sigma(s, E', p) = H_s(p)$, 而由定义6可知 $\sigma(s, E^*, p) \leq H_s(p)$, 同理可以得到:

$$\sigma(s, E^*, p) - \sigma(s, E', p) \leq \delta \quad (6)$$

由(2)-(6)显而易见可以得到

$$value(V^*, E^*) - value(V', E') = \sum_{\pi \in \Pi} [N_{\pi} \lambda_{\pi} + \delta] + |C| \delta,$$

即得证。

4 同步上升策略

在此提出一个名为同步上升的策略, Agent 可以通过拍卖中介对物品进行协商交易, 对每一个物品都可以通过拍卖, 决定它的价格和分配。在讨论之前, 还假设 Agent 之间的通讯是可靠的、异步信息传送。

4.1 拍卖机制

任务分配取决于对每一个物品的拍卖的潜在价值, 一般而言拍卖分为同步和异步。Agent 将它们期望的买或卖的价格进行投标, 拍卖中介给出当前相应的报价, 而 Agent 本身再根据当前报价提出新的投标, 每一次新的投标都需要以 δ 为基数进行。

4.2 投标方案

p : 表示当前的最新报价;

$C_s(g)$: 表示对于 $(s, g) \in E$, 生产 Agent S 提出的投标, 它的最初值为0, 然后以 δ 为基数进行增加;

消费 Agent C , 如果它的投标没有获得物品, 对于物品 g^* ($g^* = \operatorname{argmax}_{g \in G \mid (g, c) \in E} [V_c(g) - p(g)]$), 如果满足条件 $V_c(g^*) - p(g^*) \geq \delta$, 那么它的下一轮投标为 $p(g^*) + \delta$, 否则将停止投标。

生产 Agent π , 对它的输出 g_{π} 最初投标为0; 在输入改变

时,对 g_* 的投标将为 $\max(\sum_{(g, \pi) \in E} p(g) + k\lambda_*, \beta + \delta)$, 其中 k 是当前的输入投标, β 是 g_* 的上一次投标。

4.3 同步上升策略的平衡证明

引理2 当同步上升策略达到静态时,每一个消费 Agent 满足 λ - δ 竞争平衡的条件(条件1和2)。

证明:由于每一个消费 Agent,都是以 δ 为基数进行增加,而 δ 为一个非负数,所以显然满足定义10的条件(1)。

用 p 和 (V', E') 表示最后的价格和分配。假设定义10的条件(2)不能满足,那么可以得到:对于所有的 $c \in C$, $\sigma(c, E', p) < H_c(p) - \delta$; 用 g^* 表示消费 Agent 在价格 p 的最大盈余。

如果消费 Agent C 并没有购买任何物品,则可以得到 $\sigma(c, E', p) = 0$ 和 $p(g^*) + \delta > V_c(g^*)$, 又因为 $H_c(p) = V_c(g^*) - P(g^*)$, 上述三个式子通过变化可以得到 $\sigma(c, E', p) > H_c(p) - \delta$, 和前面的假设相矛盾,因此假设 Agent C 购买了物品 g' , 可以得到

$$V_c(g') - P(g') < V_c(g^*) - P(g^*) - \delta \quad (7)$$

用 $\hat{p}(g^*)$ 和 $\hat{p}(g')$ 表示 C 的最后的投标值,由于 C 会对 g' 给出投标值 $\hat{p}(g') + \delta$, 并且最后获得了投标,因此可以得到

$$\hat{p}(g') + \delta \geq p(g') \quad (8)$$

同时由于投标价格不会降低,可以得到

$$\hat{p}(g^*) \leq p(g^*) \quad (9)$$

将(8)和(9)代入(7),可以得到

$$V_c(g') - [\hat{p}(g') + \delta] < V_c(g^*) - [\hat{p}(g^*) + \delta]$$

显而易见, C 在此时愿意选择 g^* , 而不是 g' , 这与假设相矛盾,因此假设条件(2)不满足,不能成立。引理2得证。

引理3 当同步上升策略达到静态时,没有 inactive(非活动)状态的生产 Agent 进行价格为正的购买输入,每一个生产 Agent 满足 λ - δ 竞争平衡的条件(条件1和3)。

证明:根据投标方案,可以看出每一个生产 Agent 显而易见满足条件(1)。并且在静态的时候, π 是可行的。

用 p 和 (V', E') 表示最后的价格和分配。

如果 $H_*(p) > N_*\lambda_* + \delta$, 那么 $H_*(p) = p(g_*) - \sum_{(g, E) \in E} p(g) > N_*\lambda_* + \delta$, 可以得到 $p(g_*) = \sum_{(g, E) \in E} p(g) + N_*\lambda_* + \delta$ 。由于 π 的投标方案保证 π 的投标 g_* 不会超过 $\sum_{(g, E) \in E} p(g) + N_*\lambda_* + \delta$, 因此可以得到投标 g_* 满足 $\sigma(\pi, E', p) = H_*(p)$, 并且条件(3)成立。

如果 $H_*(p) \leq N_*\lambda_* + \delta$, 又由于 $\sigma(\pi, E', p) \geq 0$, 显然条件(3)也成立。这样引理3即得证。

定理2 通过同步上升策略协议,在静态时决定的价格和分配方案在有无产品提供(inactive)的生产 Agent 购买价格为正的输入的情况下,是 λ - δ 竞争平衡的。

证明:由引理可以知道 λ - δ 竞争平衡的条件对于 C 和 Π 是可以满足的。

对于 S , 根据投标方案和价格的选择, S 可以使它的盈余达到最大值,因此显然满足条件(1)和(4)。

同样由于价格的选择,条件(5)也是满足的。

而如果一个 Inactive 的生产 Agent 进行了一个正数价格的输入,则不可能达到 λ - δ 竞争平衡。定理2即得证。

结论和展望 本文针对供求关系的形成情况,在对问题进行描述,和对相关概念进行说明的基础上提出了一种策略,并进行了有效性证明。从理论上而言,这种策略是有效的,但从实际情况而言,它仍然存在许多的问题和不足,特别是在对非活动的 Agent 需要输入时,则可能出现较差的结果,我们将在后续的文章中继续进行讨论。

参考文献

- 1 Wermelinger M. Connectors for Mobile Agents. IEEE Transaction on Software Engineering, 1998, 24(5): 331~341
- 2 Pham V A, Darmouch A. Mobile Software Agents: An Overview. IEEE Communications Magazine, 1998(July): 92~102
- 3 Lange D, Oshima M. Seven good reasons for mobile agents. Communication of the ACM, 1999, 42(3)
- 4 Parkes D C. iBundle: An efficient ascending price bundle auction. In: ACM Conf. on Electronic Commerce, 1999. 148~157
- 5 Andersson A, Tenhunen M, Ygge F. Integer programming for combinatorial auction winner determination. In: Fourth Intl. Conf. on Multi-Agent Systems, 2000. 39~46
- 6 Rassenti S J, Smith V L, Bulfin R L. A combinatorial auction mechanism for airport time slot allocation. Bell Journal of Economics, 1982, 13: 402~417
- 7 Rothkopf M H, Pekec A, Harstad R M. Computationally manageable combinatorial auctions Management Science, 1998, 44: 1131~1147
- 8 Walsh W E, Wellman M P. A market protocol for decentralized task allocation. In: Third Intl. Conf. on Multi-Agent Systems, 1998. 325~332
- 9 Walsh W E, Wellman M P. Efficiency and equilibrium in task allocation economies with hierarchical dependencies. In: Sixteenth Intl. Joint Conf. on Artificial Intelligence, 1999. 520~526
- 10 Paris, France, July. 1998. 3~8
- 7 Jensen K. Coloured Petri Nets. Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. Volume 1, Basic Concepts. Monographs in Theoretical Computer Science, Springer-Verlag (2nd) 1997
- 8 Jones C V, An Integrated Modeling Environment Based-on Attributed Graphs and Graph-grammars. Decision Support Systems. 1993, 10: 255~275
- 9 Kimbrough S O, Lee R M. Logic Modeling: a Tool for Management Science. Decision Support Systems, 1988, 4: 3~16
- 10 Lenard M L, An Object-Oriented Approach to Model Management. Decision Support Systems, 1993, 9: 67~73
- 11 Ma J. An Object-Oriented Framework for Model Management. Decision Support Systems, 1993, 13: 133~139
- 12 Muhanna W A. An Object-Oriented Framework for Model Management and DSS Development. Decision Support Systems, 1993, 9: 217~229
- 13 Müller H J, Principles N. In: Foundations of Distributed Artificial Intelligence (G. M. P. O'Hare and N. R. Jennings, eds.), JOHN WILEY & SONS, INC, 1996
- 14 Tian Qijia, Ma Jian, Shi Zhongzhi. Integrating Object-Oriented Analysis with Action Logic for Decision Model Building. IEEE SMC'2000, Nashville, TN, USA, Oct. 2000

(上接第109页)

数学层和算法层。在描述方面,我们采用了面向对象的方法和 Petri 网来集成决策模型的不同部分。

参考文献

- 1 Bingasioglu M, Process-Based Reconstructive Approach to Model Building. Decision Support Systems, 1994, 12: 97~113-113
- 2 Blanning R W, A Relational Theory of Model Management. In: Decision Support Systems: Theory and Applications (eds. C. W. Holsapple and A. B. Whinston), Springer, 1987
- 3 D'Souza D, Wills A. Objects, Components, and Frameworks with UML: The Catalysis Approach. Addison Wesley, 1999
- 4 Eom S B. Relationships between the decision support system sub-specialties and reference disciplines: An empirical investigation. European Journal of Operational Research, 1998, 104: 31~45
- 5 Geoffrion A M. An Introduction to Structured Modeling, Management Science, 1987, 33(5): 547~588
- 6 Guttman R H, Maes P. Cooperative vs. Competitive Multi-Agent Negotiations in Retail Electronic Commerce. In: Proc. of the Second Intl. Workshop on Cooperative Information Agents (CIA'98),