

一对多协商模型研究

孙天昊 朱庆生 李双庆
(重庆大学计算机学院 重庆 400030)

摘要: 自动协商是基于 Agent 系统中的一个关键交互方式。该文研究一对多协商模型及其相应的协调策略。首先本文提出一个更加灵活的一对多协商模型。支持连续协商, 满足开放和动态的协商环境要求。然后提出基于相对效用的协调策略。实验表明该模型能够在协商解效用、协商时间和成本等方面进行优化, 证明模型的有效性和更好的实用性。

关键词: 电子商务; 一对多协商; 相对效用; 效用评估; 协调策略

中图分类号: TP393.08

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2009)05-1031-04

Research on One-to-Many Negotiation Model

Sun Tian-hao Zhu Qing-sheng Li Shuang-qing
(College of Computer, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Automated negotiation is a key form of interaction in agent-based systems. Firstly, a flexible one-to-many negotiation model is proposed. This model supports continuous, open and dynamic negotiation. Then the coordination strategy based on relative utility is discussed. Finally the experiment shows that the agreement, negotiation time and cost are optimized base on the system proposed in this paper. The model is proves to be effective and practical.

Key words: Electronoc commerce; One-to-many negotiation; Relative utility; Offer evaluation; Coordination strategy

1 引言

协商是一个动态的过程, 在这个过程中, 两个或多个具有不同标准、约束和偏好的参与者针对一个交易的相关条目共同达成一个可以相互接受的协定^[1]。自动协商是 Agent 系统中的一个重要阶段, 具体发生在如电子商务^[2,3]和 Web 服务^[4,5]等多种情况下。根据协商活动中参与者的数量, 基于 Agent 的自动协商分为 3 类^[6]: 一对一协商(双边协商), 一对多协商和多对多协商。文献[7,8]是关于一对一协商的研究, 一对多协商被看作是多个并发的一对一(双边)协商^[9-11], 多对多协商可以通过一对多协商来扩展得到^[9]。

在现有的一般的一对多协商系统中, 都以一个买家 Agent 和多个卖家 Agent 为例, 买家 Agent 创建和卖家 Agent 数量相同的协商线程与多个卖家 Agent 进行并发协商。买家 Agent 和卖家 Agent 的协商活动按照轮回方式进行, 即协商活动是以离散的时间点进行的。文献[9]提出了一个一对多协商模型和 3 个协调策略(孤注一掷策略, 耐心策略和优化的耐心策略)来管理与控制多个并发的一对一协商。文献[10]对文献[9]中的模型进行了扩展, 提出了一个被称为 eCN 的启发式协商模型来协调并发协商。文献[11]提出了两个策略: 基

于固定等待时间策略和基于固定等待率策略, 来改善协商线程相互等待的问题。

在这些一般的协商模型中存在的一个问题就是在协商过程中, 不管需要等待多长时间, 也不管已经接收了多少提议, 买家 Agent 直到从它的所有对手中完全接收到了提议才能发出下一个提议。但在实际协商环境中, 由于 Agent 具有不同的协商策略, 推理机制, 通信时间, 约束和偏好等, 通常情况是 Agent 在每一轮回中以相同的时间发送提议给它的对手们, 但会在不同的时间点接收到它的对手们发送过来的提议, 即不同的对手具有不同的反应时间。因此, 这些一般的一对多协商模型不能适应协商 Agent 具有不同的反应时间的情形。一个灵活的协商过程应该支持连续协商, 而不是相互等待浪费时间。

这些一般的协商模型的第 2 个问题是卖家 Agent 的数量固定不变, 也就是说在协商过程中参与者不能有变化。但在实际的协商过程中, 买家 Agent 可能会发现另外一个新的卖家 Agent, 或者一个新的卖家 Agent 希望加入当前的协商当中。所以一个合理的协商过程应该支持动态协商, 新加入的协商者利用已取得协商结果进行协商, 另外也应该允许协商线程或者卖家 Agent 随时退出协商, 并且不会中断当前的整个协商过程。

第 3 个问题是这些一般的一对多协商模型的协调策略只

考虑有一个最大效用提议的情况,并以具有最大效用的提议为最终协商结果。但实际协商过程中,可能存在同时有两个以上的提议具有最大效用。我们使用基于相对效用的协调策略来解决同时有两个以上具有最大效用提议的选取问题。

为了克服一般的一对多协商模型中的以上所述缺陷,旨在开发一个更加灵活的模型,该模型支持连续协商,支持在开放的环境中协商 Agent 动态的加入和撤离,并使用一种基于相对效用的协调策略来协调和管理多个并发的一对一协商。

2 相对效用理论

定义 1(提议): Agent i 的提议记为 $\mathbf{x}^i=(x_1^i,x_2^i,\dots,x_N^i)$,其中 N 是提议中协商议题的数量; $x_j^i \in [\text{low}_j^i,\dots,\text{high}_j^i]$ ($j \in [1,\dots,N]$) 表示 Agent i 的第 j 个议题的取值, $[\text{low}_j^i,\dots,\text{high}_j^i]$ 是 x_j^i 的取值约束范围。具体的协商议题可能包括价格,数量和交货时间等。

定义 2(效用): 提议 \mathbf{x}^i 的效用记为 $U(\mathbf{x}^i)=\sum_{j=1}^N w_j^i v_j^i(x_j^i)$,其中权重 w_j^i 表示议题 j 对 Agent i 的重要程度,并且 $\sum_{j=1}^N w_j^i=1$; 议题 j 的评分函数为 $v_j^i: [\text{low}_j^i,\dots,\text{high}_j^i] \rightarrow [0,\dots,1]$; v_j^i 单调递增或单调递减。(1) $v_j^i = \frac{\text{high}_j^i - x_j^i}{\text{high}_j^i - \text{low}_j^i}$,若 v_j^i 单调递减;(2) $v_j^i = \frac{x_j^i - \text{low}_j^i}{\text{high}_j^i - \text{low}_j^i}$,若 v_j^i 单调递增。

定义 3(成本向量): 提议 \mathbf{x}^i 的成本向量记为 $\mathbf{y}^i=(y_1^i,y_2^i,\dots,y_M^i)$,其中 M 是成本向量中参数的数量; $y_k^i(k \in [1,\dots,M])$ 为 Agent i 的第 k 个参数的取值。成本参数由协商 Agent 根据自己所关心的成本因素设置,可能包括完成交易所需要花费的金钱或时间等。

定义 4(成本): 提议 \mathbf{x}^i 和成本向量 \mathbf{y}^i 的成本为 $C(\mathbf{x}^i,\mathbf{y}^i)=\sum_{k=1}^M f_k^i y_k^i$,其中权重 f_k^i 表示成本参数 k 对 Agent i 的重要程度,并且 $\sum_{k=1}^M f_k^i=1$ 。

定义 5(相对效用): 提议 \mathbf{x}^i 的相对效用记为 $RU(\mathbf{x}^i,\mathbf{y}^i)=U(\mathbf{x}^i)/C(\mathbf{x}^i,\mathbf{y}^i)$ 。

相对效用不仅考虑提议的效用,而且还利用成本向量考虑了 Agent 完成交易所需的成本^[12]。协商中的 Agent 首先利用效用追求目标利益最大化,在最大效用提议不唯一时,进一步利用相对效用选择成本低的提议,从而保证 Agent 在低成本下获取高效用。

3 一对多协商模型

3.1 模型框架

一对多协商被处理为多个并发的一对一(双边)协商,因此需要一个协调者使用协调策略来管理这些并发的协商。协

调策略确保多个并发的一对一协商能够有效,有序和健壮的进行。

图1以一个买家Agent和多个卖家Agent为例显示了一对多协商模型框架。买家Agent包括两个主要的组成部分:一个协调者和多个协商线程。首先,协调者根据当前卖家Agent的数量创建相同数量的协商线程。这些协商线程分别和不同的卖家Agent进行一对一协商,并负责生成反提议和接受提议。每个线程继承买家Agent的偏好信息,包括每个协商议题的取值约束范围,协商期限和当前最新的保留值等。

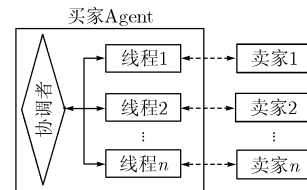


图1 一对多协商模型框架

每个线程独立运行,协调者给每个线程分配协商策略^[10],在每个协商线程的每一轮协商之后,线程都向协调者报告它的状态。线程之间不需要相互等待,即不需等待接收到了所有卖家Agent的提议就可以继续以买家Agent当前最新的信念进行协商。

若一个线程和它的卖家Agent达成了协定,则该协商线程的协商活动成功结束。协调者使用协调策略(见3.2节)来协调当前接受到的结果,并可能更新买家Agent的信念。其他协商线程就是以不断更新的买家Agent信念为基础进行连续协商。

在协商活动进行期间,如果买家Agent发现了一个新的卖家Agent,或者一个新的卖家Agent愿意加入到当前协商中,则一个新的协商线程被协调者创建并以当前已取得的协商结果进行协商。当然一个协商线程或者一个卖家Agent可以随时撤离协商活动。

3.2 基于相对效用的协调策略

为了管理和控制多个并发的协商线程,提出了一个基于相对效用的协调策略算法。算法的原理是通过多个并发协商线程的连续协商,利用效用评估和相对效用为买家Agent选取具有最大效用或者多个相同最大效用中相对效用最大的提议作为当前最佳提议,不断更新买家Agent信念,直至所有线程协商结束或者到达协商时间期限。算法描述为

(1)协调者根据卖家数量创建相同数目的协商线程,并分别为它们分配初始的协商策略。协商线程创建初始提议并发送给自己的对手。

(2)在协商时间期限,对每一个活动的协商线程:

(a)如果收到的提议的协商议题不满足取值范围约束,或者收到失败结束信息,则该协商线程协商失败。

(b)如果收到的提议的协商议题满足取值范围约束,但不

满足效用评估,则协调者判断收到的提议是不是当前最佳提议,若是,则更新买家Agent信念。然后根据协商策略和买家Agent当前最新信念生成反提议并发送给对手,继续协商。

(c)如果收到的提议满足效用评估,或者收到成功结束信息,则协调者判断收到的提议是不是当前最佳的提议,若是,则更新买家Agent信念。该协商线程协商成功。

(d)如果一个新的卖家Agent加入协商,协调者创建一个新的协商线程,并为该线程分配协商策略,以买家Agent当前最新信念生成提议并发送给对手。

(3)如果所有线程协商结束或者到达协商时间期限,则进一步判断是否有线程协商成功,若有,则最终协商结果为买家Agent当前最新信念。若没有,则整个协商活动失败。

整个协商过程主要包括效用评估,协调和反提议3个阶段。在协商过程中,每个协商线程不需相互等待,以自己独立的时间节奏进行连续协商,而一般的一对多模型中的所有协商线程以相同的协商轮回时间进行协商。协商线程使用效用来评估接收到的提议,并把评估的结果报告给协调者。协调者使用效用和相对效用为买家Agent选择最佳提议。反提议是每个协商线程根据协商策略^[7]和买家Agent当前最新信念生成,具体的协商策略包括基于时间和基于对手行为的协商策略等,并且每个线程的协商策略可以不同和动态改变的。此外,新的协商线程可能被创建和新的卖家Agent进行协商。而针对Agent动态撤离,文献[13]使用承诺管理机制进行管理。

4 实验

由于商务活动有无穷多个可能的情形,所以选择一个有限的子集来评价模型的性能是必要的^[10]。为了进行比较,实验参数(见表1)和文献[10]的保持一致。其中假设所有的协商议题具有相同的取值区间, $x_{j\min}^b$ 在区间[0, 20]中随机取值, $x_{j\max}^b$ 在区间[30, 50]中随机取值;所有议题的权重 w_j^b 是相同的;买家Agent的协商期限 t_{\max}^b 从范围150s到600s中随机选择。

实验评价性能指标包括最终效用值,平均协商时间和成本值。最终效用值是最终达成的协商协定的效用值。平均协

表1 实验参数

变量	描述	取值
n	卖家Agent的数量	[1,30]
N	协商议题的数量	[1,8]
M	成本向量参数的数量	[1,8]
t_{\max}^b	买家Agent b 的协商期限(s)	[150,600]
$x_{j\min}^b$	买家Agent b 的第 j 个议题的最小值	[0, 20]
$x_{j\max}^b$	买家Agent b 的第 j 个议题的最大值	[30, 50]
w_j^b	买家Agent b 的第 j 个议题的权重	$1/N$

商时间是实际协商花费时间与协商期限比值的平均值。成本值是最终达成的协商协定的成本值。

将本模型和最佳模型^[10,11]与一般模型^[9-11]进行对比。在最佳模型中,Agent处在一个完全信息的环境下,知道彼此的偏好和策略,每个协商线程能够发现存在的帕累托最优协定。若一个线程的帕累托最优协定不存在,则该线程效用设为0。最佳协定就是能够最大化买家Agent效用的协定。一般模型中,协商以离散时间点进行,协商线程需要相互等待。为了在本模型中评估一般协商模型,只需把等待时间设为一个特定的常量(如20s)即可。

实验结果如下:

(1)本模型比一般模型达成的协定效用更高。图2的实验结果表明在相同的卖家数量情况下,本模型所得到的最终效用值比一般模型的高,比最佳模型的低。还能发现卖家越多,得到的协定就越好,即随着卖家数量的增加最终效用值不断提高。在本模型中,协商线程独立,自由和快速地进行协商,会达成更多的可接受的协定,即能够找到更好的协商解。当然,卖家越多,得到可接受的协定的可能就越大。

(2)本模型比一般模型协商更快。从图3中发现相同的卖家数量情况下,与一般模型相比,本模型花费的平均协商时间更少。还能发现随着卖家数量的增加,平均协商时间也在增加。在本模型中,协商线程不需要相互等待,以最新的买家Agent信念进行协商,花费更少的时间。此外,卖家越多,就需要越多的时间进行推理、通信和协调。

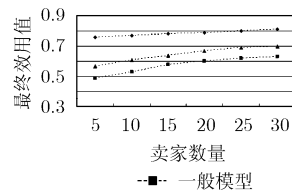


图2 不同的卖家数量下的最终效用值

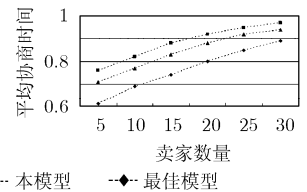


图3 不同的卖家数量下的平均协商时间

(3)本模型比一般模型达成的协定成本更低。图4 的实验结果显示在相同的卖家数量情况下,本模型达成协定的成本比一般模型的低。还能发现随着卖家数量的增加,达成协定的成本不断降低。基于相对效用的协调策略从多个具有不同效用的提议中选择最大效用的提议,或者从多个具有相同最大效用的提议中选择最大相对效用的提议。该协调策略帮助Agent得到具有高效用,低成本值的协定。

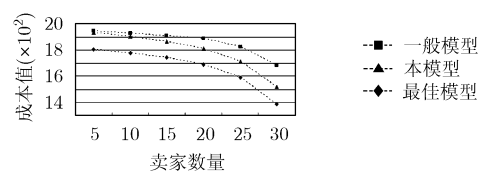


图4 不同的卖家数量下达成协定的成本

5 结束语

本文旨在开发一个更加灵活的一对多协商模型, 满足连续, 开放和动态的协商环境。与一般模型相比, 本文的一对多协商模型在 3 个方面得到的改进: (1)本模型支持连续协商, 节约协商时间, 提高协商效率。协商线程不需要一直等到接收完了所有卖家 Agent 的提议后才能够生成反提议, 即协商线程不需要相互等待, 连续协商。(2)本模型满足开放和动态的协商环境要求, 适应性更强。在协商过程中, 新的协商线程可以被创建, 现有协商线程可以撤离。(3)本模型使用基于相对效用的协调策略来选择最优的协定, 达成协定的效用更高, 成本更低。

通过实验验证了本模型的有效性和可靠性; 实验结果表明本模型比一般模型更加的灵活, 达成的协定效用更高, 协商更快, 成本更低。但在模型中, 由于卖家相互竞争, 之间没有信息交换, 买家和卖家的交易地位不平等, 下一步的工作将研究使用卖家联盟与买家进行协商。

参 考 文 献

- [1] Jennings N R, Faratin P, Lomuscio A R, Parsons S, Sierra C, and Wooldridge M. Automated negotiation: prospects, methods and challenges. *International Journal of Group Decision and Negotiation*, 2001, 10(2): 199-215.
 - [2] Guttman R H, Moukas A G, and Maes P. Agent-mediated electronic commerce: A survey. *Knowledge Engineering Review*, 1998, 13(2): 147-159.
 - [3] He Minghua, Jennings N R, and Leung Ho-fung. On agent-mediated electronic commerce. *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, 2003, 15(4): 985-1003.
 - [4] Sun Tianhao, Li Shuangqing, and Zhu Qingsheng. An optimized strategy of service negotiation. Proceedings of the Second IEEE International Symposium on Service-Oriented System Engineering, Shanghai, China, 2006: 210-214.
 - [5] Paurobally S, Tamma V, and Wooldridge M. A framework for Web service negotiation. *ACM Trans. on Autonomous and Adaptive Systems*, 2007, 2(4): 1-23.
 - [6] Lomuscio A R, Wooldridge M, and Jennings N R. A classification scheme for negotiation in electronic commerce. *International Journal of Group Decision and Negotiation*, 2003, 12(1): 31-56.
 - [7] Faratin P, Sierra C, and Jennings N R. Negotiation decision functions for autonomous agents. *International Journal of Robotics and Autonomous Systems*, 1998, 24(3/4): 159-182.
 - [8] 彭志平, 彭宏, 郑启伦. 一种双边多议题自治协商模型的研究. *电子与信息学报*, 2007, 29(3): 733-738.
Peng Zhi-ping, Peng Hong, and Zheng Qi-lun. Study on bilateral and multi-issue autonomous negotiation model. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2007, 29(3): 733-738.
 - [9] Rahwan I, Kowalczyk R, and Pham H H. Intelligent agents for automated one-to-many e-commerce negotiation. Twenty-Fifth Australian Computer Science Conference, Melbourne, Victoria, Australia, 2002, 4: 197-204.
 - [10] Nguyen T D and Jennings N R. Coordinating multiple concurrent negotiations. Proceedings of the 3rd International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, New York, USA, 2004: 1064-1071.
 - [11] An Bo, Sim Kwang Mong, and Tang Liang Gui, *et al.* Continuous-time negotiation mechanism for software agents. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 2006, 36(6): 1261-1272.
 - [12] Ng Yew-Kwang and Wang Jianguo. Pursuit of relative utility in general competitive equilibrium. Australasian Econometrics Society Annual Meeting, Sydney University, NSW, Australia, 1993, 61(6): 1471-1476.
 - [13] Nguyen T D and Jennings N R. Managing commitments in multiple concurrent negotiations. *International Journal of Electronic Commerce Research and Applications*, 2005, 4(4): 362-376.
- 孙天昊: 男, 1979 年生, 博士生, 讲师, 研究方向为智能商务、多 Agent 技术。
朱庆生: 男, 1956 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为虚拟植物生长可视化、面向服务的软件技术、电子商务与现代物流。
李双庆: 男, 1969 年生, 副教授, 主要研究方向为面向服务计算、电子商务、嵌入式网络计算、网络通信与管理。