

多 Agent 自动协商策略和算法

张 宏,何华灿

(西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710072)

(zhanghong2007@yeah.net)

摘 要:针对传统协商过程周期长、代价高的问题,提出了三类形式化的曲线簇来描述 Agent 所采取的协商策略以及一种数学化和计算机程序化的多 Agent 自动协商算法。这三类策略分别为急躁型、节俭型和折中型。通过实验模拟发现采用所提出的协商策略和算法更符合人类思维的直观。该方法可应用于多种电子商务交易(如 B2B 和 B2C)等活动中。

关键词:自动协商;协商策略;协商算法;多 Agent

中图分类号: TP18; TP301.6 **文献标识码:** A

Strategy and algorithm for automated negotiations between multi-agent

ZHANG Hong, HE Hua-can

(School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shaanxi 710072, China)

Abstract: To solve the problems of long processes and high cost for traditional negotiations, three kinds of formalized curve clusters were presented to describe strategies which were adopted by Agents in negotiations. The strategies were named anxious, economical and eclectic. An automated negotiating algorithm was also proposed, which was an integration of the strategies both in mathematics and computer programming. And then two examples were used to test negotiating strategy and proposed algorithm. Experiments show that the proposed negotiating strategy and algorithm are more conformable to human's intuitive thinking than Pillatt's. The automated negotiating strategy and algorithm may find many applications in e-Business transactions, such as B2B and B2C.

Key words: automated negotiation; negotiating strategy; negotiating algorithm; multi-agent

0 引言

自动协商^[1-5]是各个 Agent 相互之间就共同关心的问题达成一致时所进行的活动总称。它既是在运行时管理多 Agent 之间依赖关系的最基本和最强大的机制,又是在自利的多 Agent 环境中实现协调、协作和冲突消解的主要机制之一。一个 Agent 要影响其他 Agent,其中一个有效的途径就是要以一种特殊的方式使其信服。取得这种目标的行为包括:提议、选择交易、让步、反建议和评价等,并希望取得相互之间可以接受的协议,而采取以上任意一种形式的行为都属于协商。

虽然协商在其他学科已经研究了很多年,但在多 Agent 环境下从事协商问题的研究还是相对新颖的课题^[2,3]。由于不存在中心控制机制和全局共享目标及知识的不充分或不完备等因素,因此通常情况下进行协商都是很消耗时间和代价(金钱、精力)的。

采用多 Agent 技术可以很好地解决以上问题。在计算机和人工智能领域,Agent 被看作一个实体,它能够通过传感器感知其环境,并借助于执行器作用于该环境的任何事物。对于软件 Agent,则通过编码位的字符串进行感知和作用。由于 Agent 特性的多样性,基于 Agent 的系统应是一个集灵活性、智能性、可扩展性、鲁棒性和组织性等诸多优点于一身的高级系统^[6]。

协商策略是自动协商所要研究的主要内容之一^[1,7],而协商算法是直接关系到提高协商效率、实现协商策略、取得最佳协商结果的关键。本文的研究目的是设计一个形式化的协

商策略模型,并结合软件 Agent,开发一种有效的协商算法,以缩短协商过程中所需要的时间,降低协商伙伴之间的通信费用,为用户提供一个协商决策支持依据。

1 多 Agent 协商策略和算法

1.1 多 Agent 协商策略

假定厂商(卖方)在出售某一产品时对自己产品的成本、质量等因素都做了详细的评估,并且与潜在的买方就该型号产品的交易问题上仅需考虑产品的价格和协商的时间;同样,在选购某一产品时,买方已经对该类产品进行了大致评估,并且决定是否要购买该产品也仅仅取决于该产品的价格和有限的时间内是否能获得该产品。因此在定义协商策略时,我们仅考虑两个参数——协商时间和产品的价格。

我们用 V_{lmin} 和 V_{lmax} 分别表示买方在协商过程中所设定的最低和最高价格,用 V_{smin} 和 V_{smax} 分别表示卖方在协商过程中所设定的最低和最高价格,用 T_{lmax} 和 T_{smax} 分别表示买方和卖方所认为的协商最长时间,用 T_{max} 表示双方协商所花费的实际时间。 n 表示双方协商时间与其相应最大协商时间之比的指数,它根据 Agent 类型的不同而发生变化。我们对协商中所采用的策略定义如下。

定义 1 折中型 Agent 的策略:假设一对有着相同鉴赏能力的买方和卖方在协商过程中的理想情况下,其协商的价格会随着时间的流逝而分别会增加和减少,并在 $T_{max}/2$ 时间点上,以大约为 $(V_{smax} + V_{lmin})/2$ 的价格达成一致,则买卖双方的折中型策略可以表示为:

$$V_{bm} = V_{bmin} + (V_{bmax} - V_{bmin}) \times \left(\frac{T}{T_{bmax}}\right)^n \quad 0.5 < n < 2$$

$$V_{sm} = V_{smax} - (V_{smax} - V_{smin}) \times \left(\frac{T}{T_{smax}}\right)^n \quad 0.5 < n < 2$$

其中 V_{bm} 和 V_{sm} 分别表示持折中策略的买方和卖方在时刻 T 所提出的交易价。

定义2 节俭型 Agent 策略:在整个交易过程中,买方(或卖方)Agent 的出价在前期随时间的变化过于缓慢,而在后期又随时间的变化过于迅速,以便在预定的时间内与卖方(或买方)达成一致所采取的策略称为节俭型 Agent 的策略。用下面两个数学表达式来分别表示买卖双方的节俭型策略:

$$V_{be} = V_{bmin} + (V_{bmax} - V_{bmin}) \times \left(\frac{T}{T_{bmax}}\right)^n \quad n \geq 2$$

$$V_{se} = V_{smax} - (V_{smax} - V_{smin}) \times \left(\frac{T}{T_{smax}}\right)^n \quad n \geq 2$$

其中 V_{be} 和 V_{se} 分别表示持这种策略的买方 Agent 和卖方 Agent 在时刻 T 所提出的交易价。

定义3 急躁型 Agent 策略:在整个交易过程中,买方(或卖方)Agent 的出价在前期随时间的变化过于迅速,想在尽可能短的时间内与卖方(或买方)达成一致,而在后期(未达成一致的前提下)又随时间的变化趋于缓慢,所采取的策略称为急躁型 Agent 的策略。用下面两个数学表达式来分别表示买卖双方的折中型策略:

$$V_{ba} = V_{bmin} + (V_{bmax} - V_{bmin}) \times \left(\frac{T}{T_{bmax}}\right)^n \quad 0 < n \leq 0.5$$

$$V_{sa} = V_{smax} - (V_{smax} - V_{smin}) \times \left(\frac{T}{T_{smax}}\right)^n \quad 0 < n \leq 0.5$$

其中 V_{ba} 和 V_{sa} 分别表示持这种策略的买方 Agent 和卖方 Agent 在时刻 T 所提出的交易价。

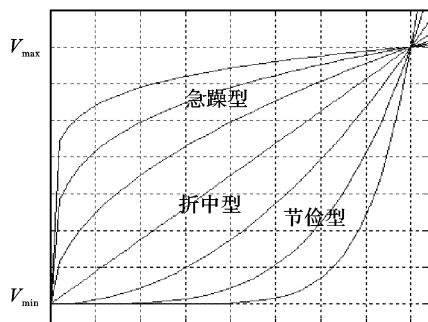


图1 买方 Agent 三种不同策略的曲线簇

虽然用数学公式刻画了 Agent 的协商策略,但在实际协商中很可能会存在许多其他约束。例如,卖方的协商时间容忍度一般大于买方,并且对买方不能做更多的选择(即卖方的协商策略一旦确定,就不能随意改变)。图1表示就某一种给定产品买方 Agent 三种策略的典型曲线簇。描述卖方 Agent 策略的曲线簇图与该图类似,只不过是最高价向最低价根据其策略变化,且急躁型处于折中型的下方,而节俭型在上方。从图1中可以看出,由于 n 值的不同,不同类型的 Agent 的出价随协商时间变化的斜率不同。 n 值(为大于0的实数)越小,表示 Agent 的性情越急躁;相反, n 值越大,表示 Agent 的性情越节俭。

1.2 多 Agent 协商算法

根据上面所提出的协商策略,给出一种多 Agent 并发执行的买方协商算法如下。

1) 购买者(客户)告诉 Buyer Agent 自己所要购买的产品、愿意支付的价格边界值(最小值 V_{bmin} 和最大值 V_{bmax})、相关系数 $k^{[8]}$ 、协商策略 S_b 以及最长协商时间 T_{bmax} 。其中客户所

要购买的产品以及愿意支付的价格边界值是必须由购买者回答的,在默认状态下相关系数 k 的值为 0.5,协商策略 S_b 为经济型,最长协商时间 T_{bmax} 为 24 小时。

2) Buyer Agent 选择报价在 $[V_{bmin}, (1+k)V_{bmax}]$ 内的 Suppliers,向相应的 Supplier Agent 发出协商请求,并告诉它自己的报价 V_{bmin} ,置 $T = 1$ 。

3) Buyer Agent 接收 Supplier Agent 所发回的 respond 信息,如果是同意信息,则将达成一致的价格作为最终协商交易价,将其厂商、产品、协商次数、最初报价、让步过程和最终协商交易价等信息存入达成交易意向数据库(队列);如果是可以协商信息,则将其发回的最新信息存入待进一步协商数据库(队列);如果是拒绝信息,则将其信息存入不再协商数据库。

4) 给新进入待进一步协商队列中的每一个 Supplier Agent 分配一个线程(子 Buyer Agent),并准备与相应的 Supplier Agent 进行协商。

5) 如果达成交易意向队列不空,则坚持原来报价,并置 $T = T + 1$,置协商中的 Buyer Agent 为等待或休眠状态,转向 6);如果达成交易意向队列为空,则在待进一步协商队列中选择一个 Supplier Agent,唤醒相应的子 Buyer Agent,置 $T = T + 1$,根据协商策略进行让步,然后置该 Buyer Agent 为等待状态。

6) 如果 $T < T_{bmax}$,则转向 3);否则终止所有协商进程,检查达成交易意向数据库中的内容。如果为空,则报告客户:采用用户所提供的价格和协商策略等信息无法达成交易;如果不空,则显示或打印达成一致的所有方案和信息,供用户决策。

卖方 Agent 的协商算法与上述算法类似,主要不同之处有:除了 T_{bmax} 以外,将相应的买方参数和数值换成对应的卖方参数和数值;取消选择买方(客户)的步骤(即步骤 2))。

2 应用实例

为了便于讨论,用表1来刻画三种不同的 Agent 协商策略。其中的 T_{max} 为双方认可的最长协商时间(在一个以客户为中心的环境中, $T_{max} = T_{bmax}$)。

例1:本例数据取自于 Pillatt^[4],有四个商业伙伴参加协商(一个买家和三个卖家)。买家唤醒 Buyer Agent,并告诉其自己要购买某一商品的 $V_{bmin} = 500, V_{bmax} = 700, T_{bmax} = 40$,协商策略为节俭型。与此相对应,三个卖家分别告诉自己的 Supplier Agent 有关该商品的信息: $V_{s1min} = 600, V_{s1max} = 850$,协商策略为急躁型; $V_{s2min} = 600, V_{s2max} = 800$,协商策略为折中型; $V_{s3min} = 500, V_{s3max} = 700$,协商策略为节俭型。

Buyer Supplier 分别发出向这三个 Supplier Agent 的协商请求,Supplier Agent 接收请求,并根据卖家所规定的价格和协商策略进行回应。Buyer Agent 通常从 V_{bmin} 开始叫价,而 Supplier Agent 通常从 V_{smax} 开始叫价或回应,双方均不会告诉别人自己报价的边界值和协商策略。随着协商时间的推移,双方 Agent 都会根据所设定的协商策略进行等待或者让步。从图2可以看出:持节俭型策略边界条件为 $[500, 700]$ 的 Buyer Agent,在规定的协商时间(40 小时)内最先与持节俭型策略边界条件为 $[500, 700]$ 的 Supplier Agent 达成一致;其次与持急躁型策略边界条件为 $[600, 850]$ 的 Supplier Agent 达成一致;最后与持折中型策略边界条件为 $[600, 800]$ 的 Supplier Agent 达成一致。

从实验结果可以发现,虽然所定义的协商策略与 Pillatt 等人的定义不同,但是也得到了与他们完全一致的结果。从这个例子似乎还不能发现十分有价值的规律。在下面的例子中,将

取边界值相同(尤其是上界相同)但协商策略各异的 Supplier Agent 来证明我们所定义的协商策略和算法的优越性。

表1 三种典型的 Agent 协商策略

策略	Agent	
	Buyer	Supplier
节俭型	$V_{bmin} + (V_{bmax} - V_{bmin}) \times \left(\frac{T}{T_{max}}\right)^4$	$V_{smax} - (V_{smax} - V_{smin}) \times \left(\frac{T}{T_{max}}\right)^4$
折中型	$V_{bmin} + (V_{bmax} - V_{bmin}) \times \frac{T}{T_{max}}$	$V_{smax} - (V_{smax} - V_{smin}) \times \frac{T}{T_{max}}$
急躁型	$V_{bmin} + (V_{bmax} - V_{bmin}) \times \sqrt[4]{\frac{T}{T_{max}}}$	$V_{smax} - (V_{smax} - V_{smin}) \times \sqrt[4]{\frac{T}{T_{max}}}$

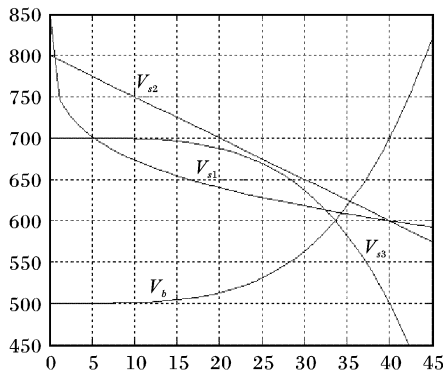


图2 Buyer Agent 与不同边界条件和策略的 Supplier Agent 的协商过程

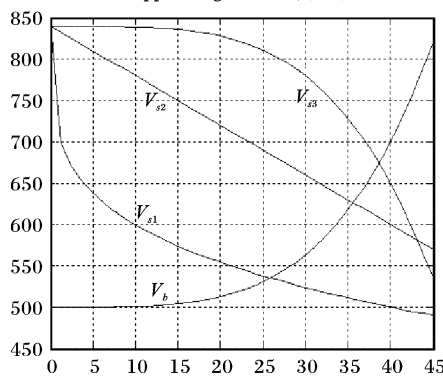


图3 Buyer Agent 与上界条件相同但策略不同的 Supplier Agent 的协商过程

例2:与例1类似,买家唤醒 Buyer Agent,并告诉其自己要购买某一商品的 $V_{bmin} = 500, V_{bmax} = 700, T_{bmax} = 40$,相关系数 $k = 0.2$,协商策略为节俭型。Buyer Agent 在报价为 $[500, 840]$ 的范围内选择 Supplier。假设所选择三个 Supplier 分别是: $V_{s1min} = 500, V_{s1max} = 840$,协商策略为急躁型; $V_{s2min} = 600, V_{s2max} = 840$,协商策略为折中型; $V_{s3min} = 650, V_{s3max} = 840$,协商策略为节俭型。

从图3可以看出:持节俭型策略边界条件为 $[500, 700]$ 的 Buyer Agent,在规定的协商时间(40小时)内最先与持急躁型策略边界条件为 $[500, 840]$ 的 Supplier Agent 达成一致;其次与持折中型策略边界条件为 $[600, 840]$ 的 Supplier Agent 达成一致;最后才与持节俭型策略边界条件为 $[650, 840]$ 的 Supplier Agent 达成一致。

3 相关工作

文献[1]将协商视为是从潜在协议空间中的分布式搜索并提出了一个用于分类和观测自动协商的通用框架,该框架用于分析和讨论自动协商所采用的三种主要方法——博弈论、启发式和基于辩论的方法。文献[2]讨论了多 Agent 环境中达成一致的多种关键技术,包括协商策略^[3,7]、拍卖、形成

联合、面向市场的编程和签订合同等。

文献[4]提出了使用软件 Agent 代表商业伙伴进行自动协商并实现了多 Agent 在协商中考虑单一参数(价格)的协商过程。然而他们使用了三组具体的数学表达式来刻画不同 Agent 的协商策略,而且对三种协商策略没有进行条理化的描述,尤其是对参考依据——折中型策略没有进行清晰的论述。他们还采用了 Agent 代表用户进行协商决策,一旦有一对 Agent 达成意向,协商过程就立即停止,这样会使用户决策的风险加大。

文献[5]主要讨论双边多项目问题并给出了相应的协商模型、协议和算法。该算法建立在所提出的模型基础上,与领域知识无关,具有一定的通用性。但该协商算法在开始协商时,不加筛选就随意向多个 Supplier Agent 发出协商请求,盲目性过大,会使协商效率降低。文献[9]以电子商务市场中买方 Agent 的结伴购买为背景,研究了自利 Agent 的动态结盟问题并给出了计算底线值的方法。

4 结语

本文提出了三种可连续变化的曲线簇来形式化描述 Agent 所采取的协商策略,这三种曲线簇能够根据实际环境的需要,在所定义的取值区间内既可以连续取值也可以离散取值。在此基础上提出了一个多 Agent 的协商算法,并结合具体实例验证了我们所提出的协商算法。

我们所提出的协商策略更符合直觉和常规。对协商结果的直观分析可以发现:一个节俭型的买家更能与一个与自己有着相同鉴赏能力的急躁型卖家达成一致;相反,一个节俭型的卖家更趋向于与一个与自己有着相近鉴赏能力的急躁型买家达成交易。建立在我们所提出的协商策略模型上的协商算法能够根据用户的需求对潜在的协商对象进行筛选,对每一个同意协商的对象分配一个线程(子 Agent)独立地进行协商,为用户提供一个最终决策的依据,而不是完全代替用户进行协商决策,因而在多种电子商务活动(如 B2B 和 B2C)中更具有实用性。

进一步研究包括基于协商历史对不同的协商参与者采用不同的策略进行协商;根据 Agent 的 BDI 设计通用的协商算法;根据泛逻辑原理^[8]对协商过程中相关性的研究等。

参考文献:

- [1] JENNINGS NR, FARATIN P, LOMUSCIO AR, et al. Automated negotiation: Prospects, methods and challenges[J]. International Journal of Group Decision and Negotiation, 2001, 10(2): 199-215.
- [2] KRAUS S. Automated Negotiation and decision making in Multi-agent Environments[A]. Lecture Notes in Artificial Intelligence 2086 [C]. Berlin: Springer-Verlag Press, 2001. 150-172.
- [3] KRAUS S. Strategic negotiation in multi-agent environments[M]. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2001.
- [4] PILLATT FR, DE VIT AR, DA SILVEIRA J Cet al. Automating the Process of Negotiation in B2B Transactions through Software Agents [EB/OL]. http://dinf.unicruz.edu.br/~pillatt/2004_iadis.pdf, 2005.
- [5] 李勇, 李石君. 多 Agent 的自动协商[J]. 计算机工程, 2003, 29(6): 59-63.
- [6] 史忠植. 智能主体及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [7] RUSSELL K. Negotiation Theory and Strategy[M]. New York: Aspen Law & Business, 2002.
- [8] 何华灿. 泛逻辑学原理[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [9] 韩伟, 王云, 王成道. 基于 Agent 的电子市场结伴购买算法[J]. 计算机应用, 2004, 24(8): 145-147.