

CBB 模式中基于动态博弈的智能协商

沈 慧¹, 潘 郁²

(1. 南京工业大学信息科学与工程学院, 南京 210009; 2. 南京工业大学管理科学与工程学院, 南京 210009)

摘 要: 在属于电子商务领域的消费者购买行为(CBB)模式中, 协商是一个重要阶段。该文应用经济学中的不完全信息动态博弈方法, 辅以人工智能(AI)领域的 Agent 技术, 解决了 CBB 模式中的智能协商问题, 设计了相应的算法, 并通过实验分析了该算法的可行性。

关键词: 动态博弈; 智能协商; CBB 模式

Intelligent Negotiation Based on Dynamic Game Theory in CBB Mode

SHEN Hui¹, PAN Yu²

(1. College of Information Science and Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009;
2. College of Management Science and Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009)

【Abstract】 Negotiation is an important phase in the customer's buying behavior(CBB) of e-commerce. The intelligent negotiation in CBB mode is solved with the dynamic gambling method of incomplete information and the agent technique of artificial intelligent. Algorithm based on the combined method is designed. And the feasibility is shown with an auction example.

【Key words】 Dynamic game theory; Intelligent negotiation; CBB mode

随着信息化的不断发展, 电子市场逐渐由卖方市场转化为买方市场, 消费者购买行为(CBB)成为电子商务的重要研究领域。协商是CBB模式的一个重要阶段。传统的商业协商模式需要每一个交易方参与到协商的全过程, 耗费了巨大的人力、物力和时间^[1,2]。这种交易方式显然已经不适应现代信息化社会的要求, 分布式人工智能领域的多Agent系统(MAS)为协商的智能化提供了可能。MAS中每个Agent通常被认为是具有目标、行为和知识并在一定环境下自主运行的实体。目前, MAS中协商问题的研究重点主要是模拟现实中商业谈判的过程。把MAS协商机制应用于CBB模式中, 能够有效地提高交易效率, 降低交易成本和缩短交易时间^[1]。

协商过程实际上是不完全信息条件下的博弈过程, 由于信息不对称现象的存在, 买方Agent往往缺乏足够的理性, 不能根据实际情况给出合适的协商策略, 因此导致协商效率不高。实现CBB模式中协商的自动化是困难的, 目前主要是一些基于不完全信息静态博弈的拍卖机制实现的自动协商系统, 如English Auction、AuctionBot和Kasbah等^[1,3,4], 这些系统不能够完全体现出电子商务协商过程的动态性。由于Agent具有自治、适应、灵活、动态等特点, 可以根据参与交易的主体的偏好信息进行自动协商^[3], 因此将Agent应用于CBB模式中的智能协商系统已成为电子商务领域的一个重要研究方向^[2]。本文以不完全信息动态博弈为理论基础, 结合Agent技术, 针对协商过程中的信息不对称现象, 研究了电子商务中的双边多项目协商问题, 实验表明该方法可以提高智能协商的效率。

1 双边多项目协商

协商对象的属性有多个, 协商内容往往是多维的。双边多项目协商是指买卖双方 Agent 对商品多个属性的各种可能方案进行协商, 直至达成一致或协商失败。目前双边多项目

协商广泛应用于电子商务领域的 B2B、B2C 模式中。

1.1 基本规定与假设

协商是建立在信息不对称基础上的, 卖方掌握的信息多, 是强势方, 在协商过程中占优势; 买方掌握信息少, 是弱势方, 在协商过程中处于劣势。为保证博弈协商过程顺利进行, 作出以下基本规定与假设:

- (1) 两个参与方, 卖方 Agent(用 S 表示)和买方 Agent(用 B 表示);
- (2) 协商不能够无限期地进行, 设定协商时限 T;
- (3) Agent 是自利的, 都追求自身效用的最大化;
- (4) 协商双方都是理性的, 即每一步所采取的策略都是最优策略。

均衡时, 买方对商品的价值水平预期接近商品的真实价值。

1.2 协商协议

协商协议是管理 Agent 之间交互规则的集合, 双方 Agent 必须在协商开始前就此规则达成一致。协议对参与协商的 Agent 给出约束条件、规定协商状态(如接受提议、拒绝提议、终止协商等)及指示协商行动(如何时发送何种消息)等。本文设计的协商过程中, 协商请求由买方 Agent 发起, 在协商过程中, 双方均可终止协商, 如果其中任一方终止协商, 则无论博弈协商成功与否, 都结束协商请求。

1.3 属性及其约束

协商对象的属性分为 2 类: (1)可协商属性, 如价格、交货日期等, 这些属性只有协商过程中才能确定; (2)不可协商属性, 如商品的颜色、产地等, 这些属性在协商过程中不能改变。协商对象的约束条件有属性本身的约束条件和属性间

基金项目: 国家建设部科技基金资助项目(04-2-207); 南京工业大学人文与经管学科研究基金资助重点项目; 南京工业大学精品课程建设基金资助项目

作者简介: 沈 慧(1982-), 女, 硕士生, 主研方向: 电子商务和智能协商系统; 潘 郁, 博士、教授

收稿日期: 2006-03-28 E-mail: shenhui_82@163.com

的约束条件(定义了两个或多个属性间的关系); 权值表示用户对相应属性的偏好程度。协商开始后, 首先根据属性权值的大小以从高到低的顺序检测各个属性的约束条件, 如果符合约束, 则调用博弈分析法选择最优策略, 如果不符合约束而该属性可协商, 则调用松弛函数放宽约束, 否则拒绝提议并告知对方原因, 以期进一步协商。

2 协商的博弈分析

博弈论是研究决策主体的行为发生直接相互作用时的决策以及这种决策均衡问题的理论方法。从博弈的角度来讲, 协商过程是参与协商的主体选择行动的过程和不断调整信念以达成均衡的过程。在不完全信息动态博弈中, 至少有一个博弈方不完全了解其他某些博弈方的收益或收益函数, 博弈方的行动是有先后次序的, 后行动者可以观察到先行动者的行动并以此调整个人信念和行动策略, 取得自身利益的最大化。电子商务中买方 Agent 和卖方 Agent 之间的协商过程实质上就是不完全信息的动态博弈过程, 下面以买方 Agent 为例, 分析协商的博弈过程。

2.1 博弈过程

假定卖方的类型由其商品的质量决定, 分高H和低L两种, 即卖方Agent类型空间 $\theta = \{\theta_H, \theta_L\}$, $M = \{m_1, m_2, \dots, m_j\}$ 表示卖方S的行动空间, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ 表示买方B的行动空间, $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$ 表示B的协商项目的权重集, $D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ 表示协商项目的取值范围集, $D_n = [\min_n, \max_n]$ 表示第n个项目的取值范围, $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ 表示协商项目的收益函数集, u_S 和 u_B 分别表示S和B的总收益, 用来描述用户对协商结果的满意程度。博弈开始前, 引入一个虚拟的博弈方“自然”。

买方协商的信号博弈过程如下:

(1) “自然”选择S的类型概率分布为 $\{p(\theta_H), p(\theta_L)\}$, 并通知S;

(2) S根据自己的类型向B发出提议 m_j , 提议包括商品价格、发货日期、售后服务等;

(3) 如协商时间 $t < T$, 则B先检查提议是否符合自身的约束条件, 根据 m_j 使用贝叶斯法则对其先验概率进行修正, 得到后验概率 $p(\theta | m_j)$, 并以此调整策略, 选择最优行动 a_k ;

(4) 根据最优行动获得最优收益值 u_S 和 u_B 。

其中, “自然”为S选择的各类型概率均大于0, 且 $p(\theta_H) + p(\theta_L) = 1$; B不知道S的类型, 但是知道其概率分布 $\{p(\theta_H), p(\theta_L)\}$; B在观察的S的提议 m_j 后, 对S类型的后验概率判断 $p(\theta | m_j) \rightarrow [0, 1]$, $\sum p(\theta | m_j) = 1$ 。

B在观测到 m_j 后选择的行动 $a^*(m_j)$ 是最大化问题

$$\text{Max}(\sum_i p(\theta_i | m_j) u_B(\theta_i, m_j, a_k)), i \in \{H, L\} \quad (1)$$

的解, $u_B(\theta_i, m_j, a_k)$ 是权重W与协商项目收益函数 V_n 的函数, $u_B(\theta_i, m_j, a_k) = \sum W_n V_n$ 。根据协商项目的不同, 收益函数 V_n 既可以是线性的, 也可以是非线性的。线性单调减函数为

$$V_n = \frac{\text{max}_n - a_n}{\text{max}_n - \text{min}_n} \quad (2)$$

线性单调增函数为

$$V_n = \frac{a_n - \text{min}_n}{\text{max}_n - \text{min}_n} \quad (3)$$

B可以预测到S的策略 $m^*(\theta_i)$, S的行动必然使得S的收益最大, 即 $m^*(\theta_i)$ 是最大化问题 $\text{Max}(u_S(\theta_i, m_j, a_k))$ 的解。

u_S 计算方式和 u_B 类似。

2.2 均衡分析

均衡分析用于求解 Agent 的最优行动策略, 信号博弈有3种类型的均衡, 即: 分离均衡, 混同均衡, 半分离均衡。半分离均衡指在卖方 Agent 的某些类型选择特定的行动, 而另一些类型以一定概率随机选择行动, 买方 Agent 虽然不能够根据卖方 Agent 的行动确定卖方类型, 但可以修正自己的信念。在电子商务自动协商过程中, 半分离均衡符合买方期望的均衡状态, 本文仅讨论半分离均衡的情况。根据半分离均衡的特点, 类型为 θ_L 的卖方随机选择行动, 买方 Agent 根据观测卖方 Agent 是否选择某项业务修正先验概率。当卖方类型为 θ_H 时, 必选择该业务 m_H , 当类型为 θ_L 时, 以概率选择 m_H 。买方观测到 m_H 后, 根据贝叶斯法则调整信念。

$$p(\theta_H | m_H) = \frac{p(\theta_H)}{p(\theta_H) + [1 - p(\theta_H)] * \pi} \quad (4)$$

将式(4)代入式(1), 求解得出最优行动策略。在协商的博弈过程中, 买方采取的每一步策略都符合完美贝叶斯均衡的条件, 在有限时间内进行有限次博弈, 必然可以达到一个贝叶斯均衡, 即得出协商解, 完成协商。

3 协商过程

协商是一个复杂的动态过程, 不同的 Agent 代表不同的利益主体, 在交易过程中会有利益的冲突^[4]。通过协商可以解决这些冲突, 维护参与协商主体的利益。Agent 的行动不仅仅是接受和拒绝提议, 还要对提议进行分析和评估, 对协商对象的多个属性进行重组和修正, 选择最佳的属性组合。

以买方 Agent 为例, 协商算法如下:

- (1) 买方 B 发起协商请求;
- (2) 收到卖方 S 的提议, 初始化协商有效时限 T, 启动协商过程;
- (3) 如果时间 $t > T$, 则转到(8); 如果 $t < T$, 则转到(4);
- (4) 买方 B 首先进行属性约束分析, 如果符合约束, 则转到(5); 如果不符合约束, 则调用相应的松弛函数放宽约束后转到(5); 否则, 转到(6)或者(8);
- (5) 调用博弈分析方法, 确定最优购买策略, 若同意交易, 转到(7), 否则转到(6)或者(8);
- (6) 拒绝提议并告知卖方 S 拒绝理由;
- (7) 协商成功, 算法结束;
- (8) 终止协商, 协商失败, 算法结束, 买方可以调整约束进行新一轮协商。

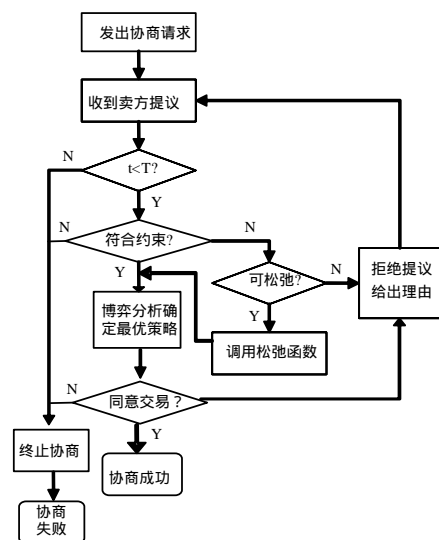


图1 买方动态博弈协商流程

(下转第190页)

