

多主体撮合交易系统的设计与实现^{*})唐亮贵^{1,2} 钟增胜³ 程代杰¹(重庆大学 计算机学院 重庆 400044)¹ (重庆工商大学计算机学院 重庆 400067)²(重庆工商大学招生就业 重庆 400067)³

摘要 研究了电子商务交易模型的实现机制,设计了基于 Multi-Agent 的电子商务交易市场的组织结构,在基于 Multi-Agent 的撮合交易系统中,把整个交易过程看成一个动态的交互过程,体现了 Multi-Agent 系统的动态特性,同时引入强化学习算法对竞标策略进行动态修正,使多主体撮合交易系统具有一定的自均衡和自学习能力。试验表明,基于多主体的撮合交易模型和动态竞标机制具有较好的交易性能。

关键词 Multi-Agent 系统,撮合,动态竞标

The Design and Implement of Multi-Agent MatchMaking Tradeoff Systems

TANG Liang-Gui^{1,2} ZHONG Zeng-Sheng³ CHENG Dai-Jie¹(Department of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400044)¹(Department of Computer Science, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067)²(Enrollment Office, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067)³

Abstract This paper studies the implement mechanism of the electronic business tradeoff model, designs the organizing structure of the E-business trade market based on Multi-Agent system. In this system, the whole process of tradeoff is regard as a dynamic bargain process, at the same time, the Q-learning arithmetic is imported so as to dynamic correct the bid policy. The Multi-Agent matchmaking tradeoff system therefore is able to self-equilibrium and self-learning. Experimentation indicates that the Multi-Agent matchmaking tradeoff model and the dynamic bidding mechanism have preferable trading performance.

Keywords Multi-Agent systems, Matchmaking, Dynamic bidding

交易模型是在一定限制策略下的一种交易方式,在某种程度上满足了交易各方的利益需求,同时也通过某些规则规范了参与交易的各方的交易行为,从而保证了交易效率和交易的有效性、公平性。现实生活中这种典型例子如:期货市场、股票交易及拍卖等,每一种交易模型都为人们提供了一种有效的商务服务模式和商务服务产品,为人们的生活和生产带来了极大的方便。

1 多主体撮合交易模型

多主体撮合交易模型^[4,5]是建立在多主体协同工作的基础上的,通过撮合主体将无序竞争的交易各方,按照撮合策略构造成一个有序的“交易对”集合,同时按照各方收益均衡的原则,生成各交易对可能的交易方案。基本的撮合交易规则定义为:撮合分时间段进行,不同时间段的竞标,按时间先后优先处理;相同时段的竞标则按价格优先→数量优先的原则进行撮合交易;如果价格和数量都相同,则按进入撮合系统的时间即(竞标时间)先后排列进行撮合。因此交易撮合过程主要涉及市场清算、撮合匹配、交易量确定、交易价格确定、收益的计算等步骤^[5]。设在市场清算后的卖方集中 \bar{P}_s 和 \underline{P}_s 是最高要价和最低要价, \bar{P}_b 和 \underline{P}_b 是清算后买方集中最高出价和最低出价。令:

$$\begin{cases} P_s^* = P_s - (\bar{P}_s - \underline{P}_s)/2; \\ P_b^* = P_b + (\bar{P}_b - \underline{P}_b)/2. \end{cases} \quad (1)$$

则撮合交易价格 P 为: $P = (P_b^* + P_s^*)/2$ 即

$$P = P_s^* + (P_b^* - P_s^*)/2. \quad (2)$$

交易主体在交易过程中,一方面遵循撮合主体的方案,一方面还不断优化自身的竞价策略,从而使多主体撮合交易系统在一定程度上实现了既相互竞争又协同工作的自由交易市场。其动态价格确定模型为:

$$P_{j(t+1)} = P_{jt} + \alpha |P_{jt} - P_{j(t-1)}| \quad (3)$$

其中,学习因子 α 的取值为:

$$\alpha = \begin{cases} +m_{jt} & \text{买方主体} \\ -m_{jt} & \text{卖方主体} \end{cases}$$

设 m_{jt} 为调整函数 $m_{jt} = r_{jt} / \bar{r}_{jt} - 1$, 其中 r_{jt} 为第 t 次成功的撮合交易中交易主体 j 的利润, \bar{r}_{jt} 为交易主体 j 在前 t 次竞标中的平均利润。则有 $m_{jt} \in [-1, t-1]$, $t \geq 1$, 且

$$m_{jt} = \begin{cases} < 0, r_{jt} < \bar{r}_{jt} \\ = 0, r_{jt} = \bar{r}_{jt} \\ > 0, r_{jt} > \bar{r}_{jt} \end{cases} \quad (4)$$

系统原型以构造“智能交易市场”为目的,在经典的英式和荷式拍卖系统的基础上,进一步构造了撮合主体、卖方主体和买方主体,同时在以上三种主体中引入了撮合交易模型和

^{*} 基金项目:重庆市重点科技攻关资助项目(7220-B-12),重庆市自然科学基金资助项目(CSTC,2004BB2167)。唐亮贵 讲师,博士研究生,主要研究领域为:智能多主体系统与分布式计算,智能电子商务理论与技术,网络计算与应用。程代杰 教授,博士生导师,主要研究领域为:分布式人工智能,智能电子商务理论与技术,计算机网络。

动态竞价模型。

2 多主体撮合交易系统集成框架

多主体撮合交易系统集成环境由撮合交易市场、撮合主体集群、交易主体集群、商品类库及用户群等构成,如图1所示。

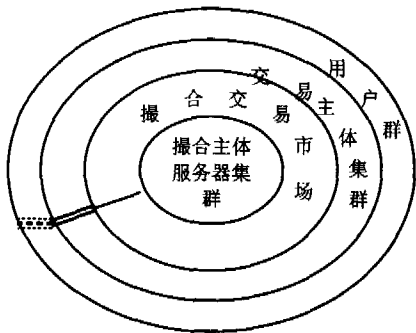


图1 多主体撮合交易系统层次示意图

撮合交易市场——环境、管理:为参与撮合交易的各主体提供撮合交易环境,管理撮合主体集群和交易主体集群,对交易主体提交的买卖信息按商品类分派到相应的撮合主体。

撮合主体集群:按专业市场分类构建不同的撮合主体,各撮合主体主要实现对所属专业市场的商品类进行管理,实现对相应交易主体所提交的商品买卖信息进行管理和处理(匹配等)。

交易主体集群:交易主体按商品类分别构建,同时按买卖需求构造对不同商品类的买方主体和卖方主体,交易主体接受用户信息,按用户需求动态生成交易信息(挂单),提交给相应的撮合主体。同时接收来自撮合主体的消息(建议性交易方案等)。

商品类库:按不同专业市场构造商品类库,同一商品类库按商品属性构造商品类库的索引目录结构,实现对索引目录树的动态调整和查询,在协商性强的商品属性集(如价格等,即冲突点集),提供自动撮合和有限协商两种机制。

用户界面:为用户提供任务输入和方案接收的简易窗口。

撮合交易市场是以撮合主体为中心,以公共主体请求代理为纽带,买卖双方主体自由参与交易的分布式形式组织的。买卖双方挂单是由交易主体向撮合主体提交的竞标标书;撮合方案是撮合主体在某一时间段内,根据市场挂单信息,按照撮合策略匹配的潜在“交易对”并为之生成的建议性交易方案;被撮合的交易双方在协商其他商务交易细节后,形成交易合同。因此撮合交易市场的组织结构如图2所示。

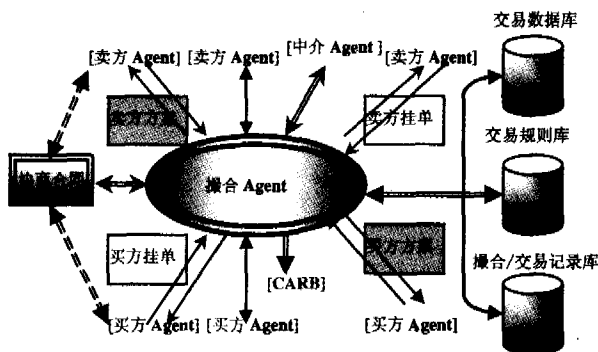


图2 “撮合交易模型”组织结构

3 多主体撮合交易基本算法实现

多主体撮合交易中主要涉及到撮合主体服务器集群对相关商品类的买卖信息的处理,为实现智能和自动交易奠定基础,其次是交易主体对用户提交的任务根据撮合交易市场的动态情况进行修正,以保证用户收益的最大化。因此该系统中的核心算法主要有交易撮合算法、动态竞标算法等。

3.1 交易撮合算法描述

基于多主体的撮合交易模型,是在交易过程中不通过交易主体自主搜索交易对方,而由撮合主体根据市场信息,按最大化交易区间和优化多方收益的策略进行交易对匹配,从而促成交易的模型。撮合交易模型中最重要的撮合因素有:竞标时间、交易价格、交易数量。基本的撮合交易规则定义为:撮合分时间段进行,不同时间段的竞标,按时间先后优先处理;相同时段的竞标则按价格优先→数量优先的原则进行撮合交易;如果价格和数量都相同,则按进入撮合系统的时间即(竞标时间)先后排列进行撮合。

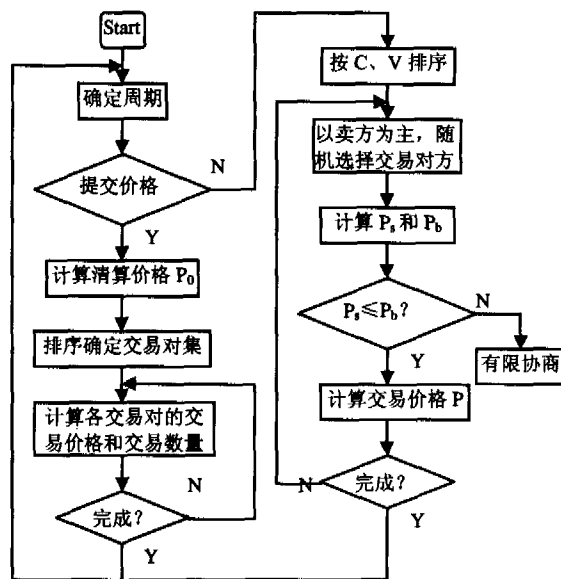


图3 交易撮合流程

多主体环境中撮合主体撮合交易模型(MTM)在一轮撮合交易中的基本算法可描述如下:

Step1 确定开市时间 t_0 和撮合周期 T 。

Step2 计算第 K 轮 $[t_0 + (k-1)T, t_0 + kT]$ 撮合交易的清算价格 P_0 ;

Step3 将第 K 轮竞标中卖方竞标集 S 中的竞标按要价从低到高排序,买方竞标集 B 中的竞标按出价从高到低排序。

Step4 对所有要价 $P_s > P_0$ 的卖方竞标和所有出价 $P_b < P_0$ 的买方竞标作上失败标记,清算出局,清算后的竞标集分别为 S_1 和 B_1 ; 设其中的竞标数分别为 K_{s1} 和 K_{b1} , \bar{P}_s 和 \bar{P}_b 是最高要价和最低要价, \overline{P}_b 和 \underline{P}_s 是清算后买方集中最高出价和最低出价。

Step5 构造交易对集 Tag ;

Step6 对 $(s_i, b_i) \in Tag, i=1, 2, \dots, \sum_{j=1}^N K_j$, 计算 $P_i = (P_{s_i} + P_{b_i})/2 + \delta$;

Step7 构造交易策略集 M ;

$M = \{(s_i, b_i), (p_i, q_i) \mid i=1, 2, \dots, \sum_{j=1}^N K_j\}$;

Step8 向交易主体反馈撮合结果,进入下一轮撮合交

易。

其流程如图 3 所示。

3.2 动态竞标策略构造算法

在撮合交易系统中,交易主体是构成虚拟市场交易的最重要的基础要素之一。从供需性质上看,交易主体主要分为买方主体和卖方主体两大类。他们分别用以实现购买策略和销售策略(竞标策略)的确定、标书生成、投标、撤标等功能。基本竞标标书模型可以用 BACXML^[6] 进行描述。

作为交易主体,对每一轮撮合的结果都应作出适当的反应,调整自己的策略,优化下一次竞标,促使其收益的最大化。如果仅仅根据刚刚结束的撮合交易结果来修正即将或下一次参与的竞标策略,则可以简单地给出如下竞标策略的修正策略:

对成功的撮合交易,买卖双方根据自己的收益可以适当提高要价(卖方)或降低出价(买方),从而增加各自在下次竞标中的可能收益。

由于在每一时刻都有新的竞标进入撮合交易市场,因此撮合失败的竞标方,无论是被清算出局的竞标,还是匹配失败的竞标,都可以选择继续保留竞标,进入下一轮清算撮合;也可以选择撤标,调整竞标策略后,重新参与竞标。策略调整,对买方则应适当提高自己的出价,而卖方则应适当降低自己的要价。

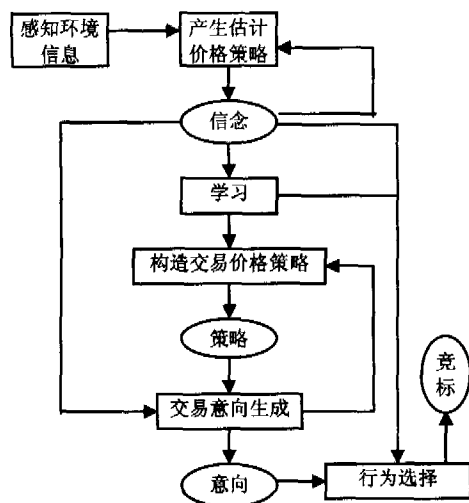


图 4 交易主体动态竞价策略

对部分成功或失败的竞标方,根据撮合交易的清算规则($P_s \leq P_0 \leq P_b$)知,失败的原因仅仅是数量上不满足交易条件,由于经过前 $K(\geq 0)$ 次拆分后,剩余的供需数量已较少,买卖方可以继续保留剩余的竞标。也可以撤标,根据实际需要和收益情况(获得的交易信息)在数量和价格上调整竞标策略,然后重新参与竞标。这里的价格策略调整可取已售出或买入商品的平均价格。

为此引入强化学习算法,根据强化学习收敛的 Q 函数构造满足一定规划步的竞价策略, Q 函数中的主要参变量是竞标主体的状态和行动方案,其中状态由最近交易价格、平均利润、环境信息等构成,行动方案为最近一次的竞价方案以及下一次竞价策略组成。

设初始状态为 M_0 ,则交易主体竞标策略的动态构造过程如下:

① 首先通过信息获取功能,感知市场环境信息,并计算出预测要价或出价策略 P' ;

② 根据自身的历史信息进行学习,修正预测策略,产生交易意向;

③ 根据交易意向,通过行为选择函数产生竞标行为。策略构造流程如图 4 所示。

4 实验结果与分析

撮合交易市场中,参与交易的商品类用树型分类机制实现,设若干交易主体在商品类树某一叶结点处竞价(竞买或竞卖),在时间段 $[t_i, t_i+kT]$ 内形成卖方队列和买方队列即拍卖和拍买方。根据撮合交易规则,定义撮合匹配密度,通过实验,可以得到在不同撮合匹配密度下撮合交易效率。

定义 撮合密度 $Md_i = |M_i| / \text{Max}(N_1, N_2)$ 。

其中, $|M_i|$ 是按撮合算法确定的正式交易对集 M_i 中交易对的数目, N_1 和 N_2 分别买卖各方的竞标数量。由撮合算法的清算撮合规则及 P_0 的取值可知, Md 具有良好的经济有效性和收敛性。

设在给定撮合密度分别为 0.1 和 0.7 的情况下,对参与竞标的交易主体在单位商品交易中成功实现交易的数量和撮合交易时间进行模拟实验,实验中单位商品的竞价由一个随机函数生成。

实验结果如图 5 所示,其中实线、虚线 1 和虚线 2 分别表示在时间序列学习、平均利润学习和混合策略学习模型下的撮合交易情形。

从实验平台的运行情况和实验结果可以看出,对某单位商品的不同报价(用随机函数生成)所形成的买卖双方队列,按撮合交易规则和模型进行撮合交易,随着撮合密度的增大,在竞标成功数目相同的情况下,所需的撮合时间稍微增长,但仍能保证在交易用户容许的范围内实现交易。

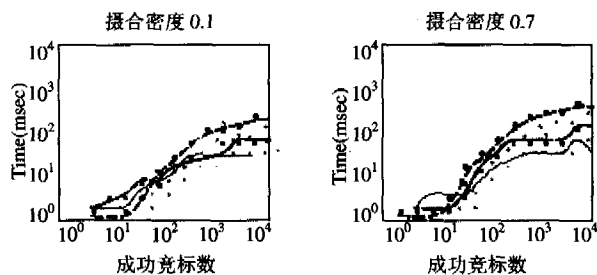


图 5 实验结果仿真

其次,对不同的撮合密度,随着竞标数量的增加,撮合交易系统在交易时间上逐渐收敛于某一稳定的状态。而对竞标主体不同的学习算法,其收敛的速度和系统性能有所区别,对混合策略学习模型,由于学习性能良好,成功竞标数的波动性不大,能较快趋于平稳。

总结 基于多智能主体的电子商务交易市场的设计与实现为撮合交易模式提供了良好的商务交易平台,撮合主体通过撮合交易模型对商务交易信息进行计算和处理,交易主体则不断根据用户需求和市场信息调整竞标策略,从而在收益均衡的基础上,最大化交易用户的收益,同时也最大化了市场的收益。系统实验验证了撮合交易算法和动态竞标策略的可行性和有效性。

参考文献

- 1 Guessoum Z. Adaptive Agents and Multiagent Systems, IEEE Distributed Systems, 2004, 5(7): 1023~1026
- 2 Basak S. A model of dynamic equilibrium asset pricing with heterogeneous beliefs and extraneous risk, Journal of Economic Dynamics & Control, 2000, 24: 63~95
- 3 van Raalte C, Webers H. Spatial competition with intermediated matching, Journal of Economic Behavior & Organization, 1998, 34: 477~488
- 4 李双庆,程代杰. B2B 电子商务协作模型研究. 计算机科学, 2002 (11)