

## 一种竞争环境下基于自适应遗传算法的多边多议题协商

李剑<sup>①</sup> 景博<sup>②</sup> 杨义先<sup>①</sup>

<sup>①</sup>(北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室信息安全中心 北京 100876)

<sup>②</sup>(北京应用气象研究所计算机室 北京 100029)

**摘要:** 为了提高竞争环境下基于智能体电子商务多边多议题协商当中 agent 协商的效率, 该文提出了一种竞争环境下 agent 的协商模型, 并且将自适应遗传算法 AGA 应用于该模型当中, 来提高模型中 agent 协商的效率。在实验中, 分别对于两种遗传算法即: 标准遗传算法 SGA 和自适应遗传算法 AGA 各进行了 1000 次的实验。结果表明同样达到协商满意解的时候, SGA 平均需要 183 次协商, 而 AGA 平均需要 152 次协商。这个结果说明, 在求解竞争环境下多边多议题协商问题的时候, 自适应遗传算法 AGA 可以使得协商当中的 agent 高效达到协商的满意解。

**关键词:** 电子商务; 智能体; 多边多议题协商; 自适应遗传算法

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2008)11-2613-04

## An Adaptive Genetic Algorithm and Its Application to Multi-lateral Multi-issue Competitive E-commerce

Li Jian<sup>①</sup> Jing Bo<sup>②</sup> Yang Yi-xian<sup>①</sup>

<sup>①</sup>(Information Security Center, State Key Lab of Network and Switching Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

<sup>②</sup>(Dept. of Computer Technology, Beijing Institute of Applied Meteorology, Beijing 100029, China)

**Abstract:** To make the agents negotiate more efficiently in multi-lateral multi-issue negotiation in multi-agent based competitive e-commerce, an agent negotiation model in competitive environment is presented, and the Adaptive Genetic Algorithm(AGA) is applied to the model to enhance the negotiation efficiency. In the experiments, two kinds of genetic algorithms are used to compare with, they are Standard Genetic Algorithm(SGA) and AGA. After 1000 times of experiments for the two kinds of agents to gain the satisfying result, SGA averagely needs negotiation of 183 runs, while the AGA averagely needs only 152 runs. The experiment results show that the AGA can gain the satisfying negotiation result more efficiently than SGA in competitive multi-lateral multi-issue negotiation.

**Key words:** E-commerce; Agent; Multi-lateral multi-issue negotiation; Adaptive genetic algorithm

### 1 引言

在基于多智能体的电子商务系统中<sup>[1]</sup>, 通常需要自治的 agent 之间进行自动协商<sup>[2]</sup>。但是由于智能体自身的不完全、不对称信息的存在, 协商时往往要做出无数次的让步或要提出无数的建议与反建议也不能达到满意的协商效果, 从而使得协商的效率非常低下<sup>[3]</sup>。因此怎样提高电子商务中智能体自动协商效率是一个关键的问题<sup>[4,5]</sup>。

针对于这一问题, 本文将自适应遗传算法 AGA (Adaptive Genetic Algorithm)应用于竞争环境下电子商务的多边多议题协商当中<sup>[6,7]</sup>, 来提高 agent 协商的效率。实验证明, 自遗传算法在求解竞争环境下多边多议题协商的时候效率更高一些。

### 2 问题的提出与相关工作

在竞争环境下基于智能体的电子商务环境当中<sup>[8]</sup>, 智能体在自动协商<sup>[9]</sup>的时候都是追求自身利益的最大化。但是智能体之间的利益往往是相互冲突的<sup>[10]</sup>, 这就带来一个问题, 如何在协商过程中, 或者说在协商解的空间当中找出一个协商各方整体利益最大化同时又尽量满足智能体各自利益最大化是电子商务中一个关键的问题<sup>[11]</sup>。

下面以基于智能体电子商务当中多边多议题协商为例说明这一问题。在多边多议题协商当中, 个体智能体的效用函数如式(1)所示。

$$U_i = \sum_{j=1}^N w_j^i v_j^i(x_j^i) \quad (1)$$

在式(1)中  $i$  表示智能体,  $j$  表示议题。

为了求得协商各方的最优解, 许多应用当中都采用求式(2)的最大值作为衡量条件。

2008-07-09 收到, 2008-09-10 改回

国家“973”计划项目(2007CB310704)和国家自然科学基金重点项目(90718001)资助课题

$$f(U_1, U_2, \dots, U_M) = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_M = \prod_{i=1}^M \left( \sum_{j=1}^N w_j^M v_j^M(x_j^M) \right) \quad (2)$$

这个判断条件追求的是各方智能体整体利益的最大化, 适合于电子商务当中协商各方关系是合作的情况, 比如一个公司的多个子公司进行协商的时候可以用式(2)找出最优解。

但是在竞争的电子商务环境下, 对于单个智能体而言, 他们追求的是个体利益的最大化, 而不是整体利益的最大化。这时如果仅仅使用式(2)来确定协商各方效用的话, 往往不能达到公平的目的。例如, 有两个竞争类型的智能体, 分别对于一个商品的价格(用  $x$  表示)和付款日期(用  $y$  表示)进行协商。价格区间为 10 元到 110 元(最小让步价格是 10 元), 付款时间从 1 天到 11 天(最小让步是 1 天)。买方智能体  $a$  两个议题的权重分别为 0.6 和 0.4; 卖方智能体  $b$  两个议题的权重分别为 0.9 和 0.1; 卖方智能体  $b$  的初始出价是(110 元, 11 天); 买方智能体  $a$  的初始出价是(10 元, 1 天)。

这时如果按照文献[12]中的方法, 采用式(2)的最大值查找协商的最优结果的话, 可以得出( $x=9, y=1$ )时  $f(U_a, U_b)$  具有最大值 0.3744。此时卖方智能体的效用为 0.72 而买方智能体的效用为 0.52。这显然对于买方智能体是不能接受的, 因为它比卖方智能体的效用少了 20 个百分点(0.20)。也就是说这样的协商结果对于买方智能体来说“不太公平”, 违反了电子商务公平交易的原则。

### 3 本文的求解模型

#### 3.1 本文的求解机制

针对上一节所提出的问题, 本文的解决方案如下:

在寻找多个智能体协商的最优解的时候, 应该同时满足两个约束条件。

(1)任意两个智能体的满意度(或效用)相等或相近, 这样才算公平。

$$|U_a - U_b| \leq k \quad (3)$$

(2)各方整体利益最大化, 这样才能尽最大努力保证智能体各自利益最大化。这一点和文献[12]一样, 可以用式(2)来表示。

以上文给出的例子为例, 采用本文的解决方案( $k=0.05$ ), 可以得出( $x=7, y=3$ )时  $f(U_a, U_b)$  的值为 0.33。此时卖方智能体的效用为 0.55 而买方智能体的效用为 0.60。这样的协商结果, 虽然双方整体效用有所降低, 但是双方的满意度差只有 5 个百分点(0.05)。这样的协商结果协商双方应该是可以接受的, 体现了“公平”原则。

#### 3.2 本文的求解方法

本文采用自适应遗传算法 AGA 来求解竞争环境下多议题协商的最优解。遗传算法是一类借鉴生物界自然选择和自然遗传机制的随机搜索算法, 具有良好的全局搜索能力<sup>[13]</sup>。但是标准的遗传算法 SGA(Standard Genetic Algorithm)在求解问题的时候容易造成早熟和局部收敛现

象<sup>[14]</sup>。针对于这一问题, 本文在求解竞争环境下多议题协商问题遗传算法的时候, 采用了自适应遗传算法来对问题进行求解<sup>[15]</sup>。

在标准遗传算法中, 采用固定的交叉和变异概率, 容易造成早熟和局部收敛。为了避免陷于局部最优, 种群中的个体在整个遗传过程中, 要保持解的多样性。这里对  $P_c$  和  $P_m$  采用自适应的选择的策略。

交叉概率  $P_c$  和变异概率  $P_m$  选择不当会造成早熟,  $P_c$  和  $P_m$  越大, 则算法的搜索能力越强, 个体适应度波动越大; 反之,  $P_c$  和  $P_m$  越小, 个体适应度比较平稳。SGA 采用固定的  $P_c$  和  $P_m$ , 易造成早熟和局部收敛。而 AGA 对  $P_c$  和  $P_m$  采用自适应选择的策略, 具体描述如下。

设  $f_{\max}$  和  $\bar{f}$  分别为群体的最大适应度和平均适应度,  $f'$  为两个交叉个体适应度的较大值,  $f$  为变异个体的适应度。自适应遗传算法的遗传概率  $P_c$  (也称交叉概率)如下:

$$P_c = \begin{cases} p_{c1} - \frac{(p_{c1} - p_{c2})(f' - \bar{f})}{f_{\max} - \bar{f}}, & f' \geq \bar{f} \\ p_{c1}, & f' < \bar{f} \end{cases} \quad (4)$$

变异概率  $P_m$  如下:

$$P_m = \begin{cases} p_{m1} - \frac{(p_{m1} - p_{m2})(f_{\max} - f)}{f_{\max} - \bar{f}}, & f \geq \bar{f} \\ p_{m1}, & f < \bar{f} \end{cases} \quad (5)$$

其中  $p_{c1}, p_{c2}, p_{m1}, p_{m2}$  为小于 1, 大于零的参数。

在同一代中, 对于不同的个体赋予不同的  $P_c$  和  $P_m$ , 适应度高的个体应给予保护,  $P_c$  和  $P_m$  相应减少, 而适应度低的个体应该增大  $P_c$  和  $P_m$ 。这样在每一代群体以及群体中的每个个体都有不同的  $P_c$  和  $P_m$ , 实现了参数的自适应选取。这种遗传算法的改进称为自适应遗传算法。

## 4 实验

### 4.1 实验数据

在实验中设置 3 个竞争类型的智能体对 4 个议题进行协商。为每一个议题定义它的意义和取值范围。以商品买卖协商为例, 设置以下 4 个议题及取值范围。(1)商品价格: 1000-1150 (元)。(2)商品数量: 100-200 (件)。(3)交付期: 5-12 (天)。(4)保质期: 1-16(月)。

每个 agent 都初始化自己的权重, 使得所有权重之和为 1。并且 agent 彼此之间不知道对方议题的权重。3 个竞争类型的智能体卖方 agent1, 买方 agent2 和库存方 agent3 的权重如表 1 所示:

表 1 4 个智能体的权重信息

议题	agent1	agent2	agent3	agent4
1	0.26(大)	0.15(大)	0.21(小)	0.38(小)
2	0.18(小)	0.34(小)	0.29(大)	0.19(大)
3	0.16(小)	0.09(大)	0.34(小)	0.41(大)

表中(大)表示该议题越大对于该智能体越有利,表中(小)表示该议题值越小对于该智能体越有利。3个智能体的效用计算公式采用式(1)的计算方法。

#### 4.2 实验过程

**步骤 1 编码与解码** 针对于本文电子商务的实际情况,本文采用二进制编码的方法,对于实验中的4个议题具体编码和解码如下:

(1)第1个议题:商品价格:1000-1150(元)。对于该议题,采用二进制编码的方法来进行。但需要考虑精度。对于给定区间 $[a,b]$ ,设采用二进制编码长度为 $n$ ,则任何一个变量可以表示为

$$x = a + a_1 \times (b - a) / 2 + a_2 \times (b - a) / 2^2 + \dots + a_n \times (b - a) / 2^n \quad (6)$$

对应一个二进制编码 $a_1 a_2 \dots a_n$ 。二进制编码与实际变量的最大误差为 $(b - a) / 2^n$ 。

针对于本议题,我们将区间[1000,1150]进行32等分,因此可以采用5位二进制编码的形式,即:00000-11111来表示。这样表示的最大误差为

$$\omega = (1150 - 1000) / 2^5 = 4.6875 \text{ 元}$$

解码的过程是编码的逆过程。

(2)第2个议题:商品数量:100-200(件)。采用4位二进制编码,0000-1111。编码与解码方法与议题一是一样的,这里不再赘述,以下类同。

(3)第3个议题:交付期:5-12(天);采用3位二进制编码:000-111;

(4)第4个议题:保质期:1-16(月)。采用4位二进制编码:0000-1111;

以上4个议题加起来,总共需要用16位二进制来表示。在实验中,采用一个无符号整型变量(unsigned int)就足以表示了。因为一个整型变量占用4个字节,32位。例如,编码0001011111100000表示1010元;194件;11天;1月。

**步骤 2 形成初始群体** 采用随机的方法产生初始群体,即随机生成一组任意排列的字符串。群体中的个体数目是固定的,种群规模一般在 $L-2L$ 之间( $L$ 为编码长度)。因为本实验染色体的长为16,所以我们选择种群的数量为20。但是这里所选择的20个初始群体都必需满足后面的约束条件,以表现出竞争环境下的协商。

**步骤 3 计算适应度** 适应度函数依然采用式(2)作为适应度函数。

**步骤 4 父个体的选取** 采用轮盘赌的方法进行父个体的选取,个体被选中的概率与其在群体中相应适应函数值成正比,算法以此概率分布从群体中随机选取两个不同的染色体作为两个父个体。

**步骤 5 交叉** 交叉规则采用双亲双子法,交配位为随机取位。该方法在双亲个体确定后,以一个随机位进行位之后的所有基因对换,对换后形成两个孩子后代,交叉概率 $P_c$ 。

如式(4)所示。

**步骤 6 变异** 在算法中设置变异。变异位取反,由0变为1,或由1变为0,变异概率如式(5)所示。

**步骤 7 种群进化方法** 群体进化采用稳定进化策略,每次进化只替代掉适应值差的个体。

**步骤 8 终止** 重复以上3-7步,当发现算法在 $K=100$ 次算法迭代后再也无法改进性能,也就是适应值没有变化时,则停止计算,算法结束。这时认为算法达到了满意的结果。

#### 4.3 约束条件

在以上自适应遗传算法当中,所有选择的个体都必需满足以下约束条件。

(1)协商各方智能体的效用之差小于0.05。这一点表现出竞争环境下的协商需要协商各方效用相近或相等,也只有这样才能表现电子商务竞争环境下的“公平”。

(2)协商任何一方智能体的效用值需要大于0.5。这一点表现出智能体自身的利益。

#### 4.4 实验结果与分析

在实验中,分别对于标准遗传算法SGA和自适应遗传算法AGA各进行了1000次的实验,结果表明SGA平均需要183次才能达到协商的满意解,而AGA平均需要152次就可以达到协商的满意解。这说明本文算法的优越性。下面是其中的一次实验结果。

实验中,由于3个智能体处于竞争的环境当中,所以要求3个智能体的效用之差(或满意度之差)要小于0.05,也就是说 $\Delta U < 0.05$ 。图1是两种算法达到协商满意结果时效率的比较。图中的实验数据都是每迭代10次记录一次。

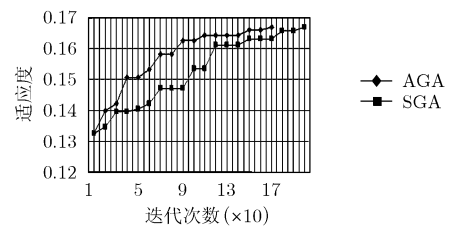


图1 两种遗传算法搜索最佳结果的对比

在这次实验中,当两种实验方法达到协商的满意解的时候所需要的迭代次数分别为:SGA 185次,AGA 150次。最终的协商解为:1028元;100件;5天;5个月。这时适应度为0.167035,  $U_1=0.538989$ ,  $U_2=0.535828$ ,  $U_3=0.578366$ 。从这个实验结果可以看出,AGA算法要比SGA算法在达到同样的协商结果时效率要高一些。

#### 5 结束语

在基于智能体的电子商务当中,智能体协商的研究一直是一个热门话题。其中一个关键问题是如何使得协议各方都最大限度地达到协商的满意解,甚至最优解,并且提高协商

的效率。针对这一问题,本文提出了一种竞争环境下的多边多议题协商模型,并且将自适应遗传算法 AGA 应用于这种模型当中,来提高模型中 agent 协商的效率。实验证明,这种方法可以快速、精确地为协商双方提供比较好的协商解。

该方法具有以下特点:

(1)利用该模型和方法可以更加直观、自然、简洁、清晰地描述和表达多个智能体多个议题竞争协商问题。

(2)算法具有全局搜索能力,因而可以克服局部最优解、早熟等问题。

(3)算法具有快速性、鲁棒性,并且易于扩展到任何数量级上的协商伙伴和议题竞争协商问题。

在更进一步的工作当中,将研究带约束条件的多边多议题协商求解问题。

### 参考文献

- [1] 文静华, 李祥等. 基于 ATL 的公平电子商务协议形式化分析[J]. 电子与信息学报, 2007, 29(4): 901-905.  
Wen Jing-hua and Li Xiang, *et al.* Formal analysis of fair E-commerce protocols based on ATL [J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2007, 29(4): 901-905.
- [2] 彭志平, 彭宏, 郑启伦. 一种双边多议题自治协商模型的研究[J]. 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 [J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2007, 29(3): 733-738.
- [3] Hyde E B and Michael J P. Getting to best: Efficiency versus optimality in negotiation[J]. *Cognitive Science*, 2000, 24(2): 169-204.
- [4] Kambil A, Kamis A, and Koufaris M. Electronic marketing [C]. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii, USA. 2003: 190.
- [5] Markus M L, Banerjee P, and Louis M. Electronic marketplaces in Hong Kong's trading industry [C]. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-2002). Hawaii, USA. 2002: 2352-2361.
- [6] 梁茹冰. 基于资源的多 agent 多议题协商模型研究与设计[J]. 华南金融电脑, 2006, (2): 56-58.  
Liang Ru-bing. Research and design of multi-agent multi-issue negotiation model based on resource [J]. *Financial Computer of Huanan*, 2006, (2): 56-58.
- [7] 王立春, 陈世福. 多 Agent 多问题协商模型[J]. 软件学报, 2004, 13(8): 1637-1643.  
Wang Li-chun, Chen Shi-fu. A multi-Agent multi-issue negotiation model [J]. *Journal of Software*, 2004, 13(8): 1637-1643.
- [8] Holland C P. Competition and strategy in electronic marketplaces [C]. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-2002), Hawaii, USA. 2002: 2947-2956.
- [9] Faratin P, Sierra C, and Jennings N R. Using similarity criteria to make issue tradeoffs in automated negotiations [J]. *Artificial Intelligence*, 2002, 142(2): 205-237.
- [10] Matthias R G. Fair-negotiation procedures [J]. *Mathematical Social Sciences*, 2000, 39(3): 303-322.
- [11] Soo Von-wun and Hung Chun-an. On-line incremental learning in bilateral multi-issue negotiation [C]. The first International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems. Bologna, Italy. 2002: 314-315.
- [12] 翁鸣, 梁俊斌, 苏德富. 基于遗传算法的多边多议题自动协商模型[J]. 计算机工程, 2005, 31(16): 154-156.  
Weng Ming, Liang Jun-bin, and Su De-fu. Many-to-many multi-issue automated negotiation model based on genetic algorithm [J]. *Computer Engineering*, 2005, 31(16): 154-156.
- [13] 寇华, 王宝树. 基于遗传算法的 RBF-PLS 方法在辐射源识别中的应用[J]. 电子与信息学报, 2007, 29(5): 1031-1034.  
Kou Hua and Wang Bao-shu. The RBF-PLS approach based on genetic algorithm and its application in radar model recognition [J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2007, 29(5): 1031-1034.
- [14] 邹谊, 魏文龙, 李斌, 等. 多目标量子编码遗传算法[J]. 电子与信息学报, 2007, 29(11): 2688-2692.  
Zou Yi, Wei Wen-long, and Li Bin, *et al.* A multi-objective Q-bit coding genetic algorithm [J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2007, 29(11): 2688-2692.
- [15] 房磊, 张焕春, 经亚枝. 一种基于 FPGA 的自适应遗传算法. 电子与信息学报, 2005, 27(11): 1829-1833.  
Fang Lei, Zhang Huan-chun, and Jiang Ya-zhi. An FPGA based adaptive genetic algorithm [J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2005, 27(11): 1829-1833.

李 剑: 男, 1976 年生, 博士, 讲师, 研究方向为电子商务、人工智能、信息安全、密码学。

景 博: 女, 1980 年生, 硕士生, 工程师, 研究方向为电子商务、人工智能、信息安全、软件测试。

杨义先: 男, 1961 年生, 教授, 博士生导师, 长江学者特聘教授, 研究方向为信息安全、密码学、电子商务、人工智能等。