

一种基于 Metropolis 准则遗传算法的多边多议题协商

李 剑¹, 景 博², 杨义先¹

(1. 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; 2. 北京应用气象研究所计算机室, 北京 100029)

摘 要: 为了使得基于智能体电子商务中协商智能体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, 提出将基于 Metropolis 准则的遗传算法应用于基于智能体电子商务的多边多议题同时出价的协商当中. 经过 1000 次的实验数据表明, 简单遗传算法平均需要 155 次才能达到协商的最优解, 而基于 Metropolis 准则的遗传算法平均需要 76 次就达到协商的最优解. 这个结果表明, 基于 Metropolis 准则的遗传算法可以使得多边多议题协商中的智能体高效达到协商的最优解.

关键词: 电子商务; 多边多议题协商; 遗传算法; Metropolis 准则

中图分类号: TN301 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2009) 05-1037-04

A Genetic Algorithm Based on Metropolis Rule and Its Application in Multi-Lateral Multi-Issue Negotiation

LI Jian¹, JING Bo², YANG Yi-xian¹

(1. Information Security Center, State Key Laboratory of Networking and Switching Technology, Beijing 100876, China;

2. Department of Computer Technology, Beijing Institute of Applied Meteorology, Beijing 100029, China)

Abstract: To make the negotiation agents gain satisfying result and negotiate more efficiently in multi-agent based e-commerce, a genetic algorithm based on metropolis rule is presented and the algorithm is applied in multi-lateral multi-issue simultaneous bidding negotiation. After 1000 times of experiments, simple genetic algorithm averagely needs 155 runs to gain the satisfying result, while the genetic algorithm based on metropolis rule averagely needs 76 runs to gain the satisfying result. The experimental result show the genetic algorithm based on metropolis rule can gain the optimal negotiate result more efficiently in multi-lateral multi-issue negotiation.

Key words: e-commerce; multi-lateral multi-issue negotiation; genetic algorithm; metropolis rule

1 引言

在基于智能体的电子商务当中^[1], 智能体协商的研究一直是一个热门话题^[2,3]. 这其中一个是关键的问题是如何使得协商智能体都最大限度地达到协商的满意解甚至最优解^[4], 并且提高协商的效率^[5].

本文将研究多边多议题^[6,7]合作类型的协商, 在这种协商方式下, 智能体所追求的是系统整体利益的最大化, 而不是个人利益的最大化^[8]. 在研究过程中, 将基于 Metropolis 准则的遗传算法^[9]应用于基于智能体电子商务中的多边多议题协商协议当中, 来提高多个智能体合作协商的效率^[10].

2 相关工作

如图 1 所示, 以两个智能体的协商为例子, 在缺少

完全信息的条件下, 协商双方只能达到目前的协商点 S_0 , 而达不到协商的 Pareto 最优点 $POP^{[11,12]}$.

在参考文献^[13]当中, 提出基于遗传算法的多边多议题自动协商模型, 但是这个模型只是一个概念系统, 所采用的方法也只停留在简单遗传算法 (SGA, Simple Genetic Algorithm) 上.

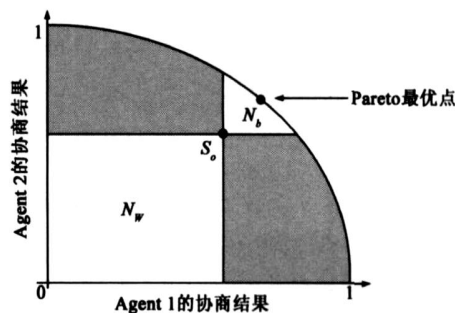


图1 智能体协商效果图

收稿日期: 2008-05-06; 修回日期: 2008-06-18

基金项目: 国家 973 项目 (No. 2007CB310704); 国家自然科学基金 (No. 90718001)

本文将采用改进的遗传算法,即基于 Metropolis 准则遗传算法(MGA, Genetic Algorithm based on Metropolis rule)来求解多边多议题协商问题^[14].

3 本文的解决方案

3.1 基于 Metropolis 准则遗传算法

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^[15,16]. 为克服遗传算法易于过早收敛的不足,本文在求解多边多议题协商问题^[17,18]遗传算法的第七步中借鉴了模拟退火算法的 Metropolis 准则. 以一定的概率接受恶化解,从而使该改进的遗传算法具有更强的逃脱局部极值和避免过早收敛的全局优化能力. 接受准则为 Metropolis 准则:

$$Y = \begin{cases} 1, & df > 0; \\ \exp(df/t), & df \leq 0. \end{cases}$$

其中 df 为新生成的染色体适应度与父个体染色体适应度之差. $df = \text{fitness}(\text{new}) - \text{fitness}(\text{old})$. t 为退火过程的控制参数.

3.2 基于 Metropolis 准则遗传算法在多边多议题协商中的应用

(1) 编码

根据基于智能体电子商务系统^[19]的实际应用,采用二进制编码来表示协商中的各个议题. 采用 0-1 编码,可以精确表示整数,也可以表示枚举型的协商议题. 对于连续变量,也采用二进制编码,但需要考虑精度. 对于给定的区间 $[a, b]$, 设采用二进制编码长度为 n , 则任何一个变量可以表示为:

$$x = a + a_1 \times (b - a)/2 + a_2 \times (b - a)/2^2 + \dots + a_n \times (b - a)/2^n \quad (1)$$

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

(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. 从试验结果可知,种群规模一般在 $L - 2L$ 之间(L 为编码长度).

(3) 计算适应度

M 个智能体对 N 个议题进行协商,则适应度函数为:

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

以两个议题为例,适应度反映在图 1 中就是当前协商点 S_0 的 x, y 轴(x 轴表示 U_a , y 轴表示 U_b) 所形成的

面积. 由图 1 中可以看出 x 轴和 y 轴所形成的最大面积的点即为协商的最优点.

(4) 复制

通过复制将优良的个体插入到下一代新群体中,体现“优胜劣汰”的原则. 选择的原则是个体适应度大小. 适应度大的个体接受复制,使之繁殖,适应度小的个体则给予删除.

(5) 交配

遗传算法仿照生物学中杂交的办法,对染色体(字符串)的某些部分进行交叉换位,从而产生新的个体. 被交换的母体都选自经过复制产生的新一代个体(优胜者). 交换概率 P_c 通常的取值范围为 0.5 ~ 1.0.

(6) 变异

按照一定的概率随机的改变染色体的基因值,即由 1 变为 0 或由 0 变为 1. 在遗传算法中个体是否要进行突变,以及哪一个字符要进行突变者是由事先给定的概率决定的. 它是扩大染色体范围的一个手段. 一般来说,变异概率 P_m 可以在 0 ~ 0.05 之间取值. 发生变异的字符位置也是随机确定的.

(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最差的两个个体. 为避免过早收敛,该遗传算法借鉴模拟退火算法的 Metropolis 准则,有限度地接受恶化解,使得算法有可能从局部最优中跳出,找到全局最优解.

(8) 终止

重复以上 3-7 步,当发现算法在 K (通常取 $K \geq 50$) 次进化中再也无法改进性能,也就是适应值没有变化时,则停止计算.

其约束条件为 $U_a \geq \delta_a$; $U_b \geq \delta_b$. δ_a, δ_b 分别表示智能体 a 和智能体 b 各自对于协商结果的满意程度. 通常它们为智能体在各个议题上的保留价,即 $U_a \geq \delta_a$; $U_b \geq \delta_b$.

4 实验

4.1 实验数据

设置多边多议题协商中的 agent 的个数为 3 个,议题数量为 4 个. 三个 agent 分别为:供货公司 agent1,库存公司 agent2,销售公司 agent3. 为每一个议题定义它的意义和取值范围. (1) 议题一:商品价格 1000 ~ 1150 (元). (2) 议题二:商品数量 100 ~ 200 (件). (3) 议题三:交付期 5 ~ 12 (天). (4) 议题四:保修期 1 ~ 16 (月). 三个 agent 议题的权重分别为: Agent1: $w_1^1 = 0.18, w_2^1 = 0.26, w_3^1 = 0.21, w_4^1 = 0.35$; Agent2: $w_1^2 = 0.48, w_2^2 = 0.14, w_3^2 = 0.28, w_4^2 = 0.10$; Agent3: $w_1^3 = 0.16, w_2^3 = 0.09, w_3^3 = 0.34, w_4^3 = 0.41$.

4.2 实验结果

在实验中,分别采用 SGA 和 MGA 两种方法分别进行 1000 次实验,结果表明 SGA 平均需要 155 次才能达到协商的最优解,而 MGA 平均需要 76 次才能达到协商的最优解.其中的一次典型实验如表 1、表 2 和图 2 所示.其中 U 、 $U(1)$ 、 $U(2)$ 、 $U(3)$ 分别表示智能体的整体效用、智能体 1 的效用、智能体 2 的效用、智能体 3 的效用.

在实验中,采用了两种实验方法进行比较,第一种是简单遗传算法(SGA).第二种是本文的基于 Metropolis 准则的遗传算法(MGA).SGA 的实验数据如表 1 所示,MGA 的实验数据如表 2 所示,SGA 与 MGA 协商结果对比如图 2 所示.从实验数据可以看出,SGA 用了 155 次迭代才能达到协商的最优解,而 MGA 只需要 76 次就达到了协商的最优解.这说明了本文所采用方法的优越性.

表 2 MGA 实验结果

代数	议题值	适应度 U	$U(1)$	$U(2)$	$U(3)$
1	1117 元;193 件;7 天;9 月	0.323833	0.718495	0.773763	0.582492
10	1118 元;194 件;5 天;9 月	0.451719	0.778495	0.853763	0.679634
20	1141 元;188 件;5 天;14 月	0.469473	0.673527	0.888516	0.784495
30	1132 元;194 件;5 天;14 月	0.471543	0.679247	0.866882	0.800817
40	1136 元;194 件;5 天;13 月	0.483873	0.708387	0.889032	0.768323
50	1146 元;194 件;5 天;7 月	0.490406	0.860000	0.960000	0.594000
60	1146 元;194 件;5 天;8 月	0.495589	0.836667	0.953333	0.621333
70	1146 元;194 件;5 天;15 月	0.496124	0.673333	0.906667	0.812667
76	1146 元;194 件;5 天;12 月	0.503299	0.743333	0.926667	0.730667

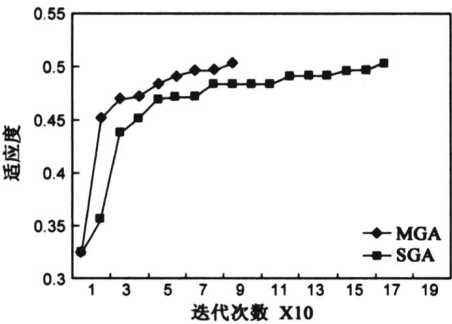


图2 SGA与MGA协商结果对比图

5 结论与进一步的工作

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.这其中一个是关键的问题是如何使得协议双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.针对于这一问题,提出了将基于 Metropolis 准则的遗传算法应用于基于智能体电子商务的多边多议题同时出价的协商当中,可以快速、精确为协商双方提供比较好的满意解.

在更进一步的工作当中,将研究带有条件约束的

表 1 SGA 实验结果

代数	议题值	适应度 U	$U(1)$	$U(2)$	$U(3)$
1	1117 元;193 件;7 天;9 月	0.323833	0.718495	0.773763	0.582492
10	1117 元;163 件;5 天;13 月	0.354501	0.598495	0.780430	0.758968
20	1132 元;182 件;5 天;10 月	0.438666	0.737914	0.874882	0.679484
30	1118 元;194 件;5 天;9 月	0.451719	0.778495	0.853763	0.679634
40	1141 元;188 件;5 天;14 月	0.469473	0.673527	0.888516	0.784495
50	1132 元;194 件;5 天;14 月	0.471543	0.679247	0.866882	0.800817
60	1132 元;194 件;5 天;14 月	0.471543	0.679247	0.866882	0.800817
70	1136 元;194 件;5 天;13 月	0.483873	0.708387	0.889032	0.768323
80	1136 元;194 件;5 天;13 月	0.483873	0.708387	0.889032	0.768323
90	1136 元;194 件;5 天;13 月	0.483873	0.708387	0.889032	0.768323
100	1136 元;194 件;5 天;13 月	0.483873	0.708387	0.889032	0.768323
110	1146 元;194 件;5 天;7 月	0.490406	0.860000	0.960000	0.594000
120	1146 元;194 件;5 天;7 月	0.490406	0.860000	0.960000	0.594000
130	1146 元;194 件;5 天;7 月	0.490406	0.860000	0.960000	0.594000
140	1146 元;194 件;5 天;8 月	0.495589	0.836667	0.953333	0.621333
150	1146 元;194 件;5 天;15 月	0.496124	0.673333	0.906667	0.812667
155	1146 元;194 件;5 天;12 月	0.503299	0.743333	0.926667	0.730667

多边多议题协商求解问题.

参考文献:

[1] 何坚,覃征,贾晓琳.基于本体论的电子商务知识描述语言[J].电子学报,2005,32(2):297-230.
He Jian, Qin Zheng, Jia Xiao-lin. An ontology-based E-commerce knowledge description language [J]. Acta Electronica Sinica, 2005, 32(2): 297 - 230. (in Chinese)

[2] A Kambil, A Kamis, M Koufaris. Electronic marketing [A]. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences [C]. Hawaii, USA :IEEE, 2003. 190 - 190.

[3] M L Markus, P Banerjee, M Louis. Electronic marketplaces in Hong Kong's trading industry [A]. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences [C]. Hawaii, USA :IEEE, 2002. 2352 - 2361.

[4] E B Hyde, J P Michael. Getting to best: Efficiency versus optimality in negotiation [J]. Cognitive Science, 2000, 24 (2) : 169 - 204.

[5] R G Matthias. Fair negotiation procedures [J]. Mathematical Social Sciences, 2000, 39(3) : 303 - 322.

[6] 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. (in Chinese)

[7] 武妍,曾建潮,白尚旺.一种多 Agent 多议题的协商模型 [J]. 计算机工程与科学, 2007, 29(6) : 135 - 140.
Wu Yan, Zeng Jian-chao, Bai Shang-wang. A multi-agent multi-issue negotiation model [J]. Computer Engineering & Sci-

- ence, 2007, 29(6) :135 - 140. (in Chinese)
- [8] 张守一. 现代经济对策论[M]. 北京:高等教育出版社, 1998. 1 - 10.
Zhang Shou-yi. Modern Economic Countermeasure[M]. Beijing: Higher Education Press, 1998. 1 - 10. (in Chinese)
- [9] 王凌. 智能优化算法及其应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2001. 36 - 59.
Wang Ling. Intelligent Optimal Algorithm and its Application [M]. Beijing: Tsing Hua University Press, 2001. 36 - 59. (in Chinese)
- [10] R Guttman, A Moukas, P Maes. Agent-mediated electronic commerce: A Survey [J]. Knowledge Engineering Review, 1998, 13(2) :147 - 159.
- [11] 周展飞, 周典萃, 王贵林, 卿斯汉. 电子商务协议的公平性[J]. 电子学报, 2000, 28(9) :13 - 15.
Zhou Zhan-fei, Zhou Dian-cui, Wang Gui-lin, Qing Si-han. Fairness in electronic commerce protocols[J]. Acta Electronica Sinica, 2000, 28(9) :13 - 15. (in Chinese)
- [12] 彭志平, 陈珂. 一种消解协商僵局的多目标粒子群优化算法[J]. 电子学报, 2007, 35(8) :1452 - 1457.
Peng Zhi-ping, Chen Ke. A multi-objective particle swarm optimization algorithm for solving negotiation deadlock[J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(8) :1452 - 1457. (in Chinese)
- [13] 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, Su De-fu. Many-to-many multi-issue automated negotiation model based on genetic algorithm [J]. Computer Engineering, 2005, 31(16) :154 - 156. (in Chinese)
- [14] 郭庆, 陈纯. 基于整合效用的多议题协商优化[J]. 软件学报, 2004, 15(5) :707 - 711.
Guo Qing, Chen Chun. An integrated utility based optimization in multi-issues negotiation[J]. Journal of Software, 2004, 15(5) :707 - 711. (in Chinese)
- [15] 魏薇, 杨放春. 基于遗传算法进化业务冲突检测规则的研究[J]. 电子学报, 2007, 35(4) :634 - 639.
Wei Wei, Yang Fang-chun. Evolving the detection rule of feature interaction by genetic algorithm[J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(4) :634 - 639. (in Chinese)
- [16] 邢焕来, 潘炜, 邹喜华. 一种解决组合优化问题的改进型量子遗传算法[J]. 电子学报, 2007, 35(10) :1999 - 2002.
Xing Huan-lai, Pan Wei, Zou Xi-hua. A Novel Improved Quantum Genetic Algorithm for Combinatorial Optimization Problems [J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(10) :1999 - 2002. (in Chinese)
- [17] 白伟华, 李吉桂. 基于 SOA 的多边多议题协商模型的研究[J]. 计算机科学, 2008, 135(11) :171 - 175.
Bai Wei-hua, Li Ji-Gui. Research on the multi-issue and multi-lateral negotiation model based on SOA [J]. Computer Science, 2008, 135(11) :171 - 175. (in Chinese)
- [18] 梁茹冰. 基于资源的多 agent 多议题协商模型研究与设计[J]. 系统技术, 2006, 2(2) :56 - 58.
Liang Ru-bing. Research and design of multi-agent multi-issue negotiation model based on resource[J]. Financial Computer, 2006, 2(2) :56 - 58. (in Chinese)
- [19] 蒋伟进, 许宇胜, 吴泉源, 孙星明. 基于多智能体的分布式智能诊断方法研究[J]. 电子学报, 2004, 32(12A) :235 - 237.
Jiang Wei-jin, Xu Yu-sheng, Wu Quan-yuan, Sun Xing-ming. Study of MAS-based distribute intelligence malfunction diagnosis method and application [J]. Acta Electronica Sinica, 2004, 32(12A) :235 - 237. (in Chinese)

作者简介:



李 剑 男, 1976 年出生于陕西西安, 博士, 副教授. 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工作. 发表论文 50 多篇, 出版著作 10 余部, 申请 3 项国家专利, 参与国家 863 计划和国家自然科学基金等重大项目的研究. 主要研究领域包括信息安全、电子商务、人工智能等.
E-mail: lijian @bupt.edu.cn

景 博 女, 1980 年出生于四川省绵阳市, 北京应用气象研究所计算机室工程师. 研究方向为软件测评、信息安全及电子商务.

杨义先 男, 1961 年出生于四川省绵阳市, 北京邮电大学教授、博士生导师、长江学者奖励计划特聘教授, 研究方向为信息安全及电子商务.