

## 多属性互适应匹配机制研究与实现

张登辉<sup>1,2</sup>, 高 济<sup>1</sup>

(1. 浙江大学 计算机学院, 浙江 杭州 310027;

2. 浙江树人大学 信息科技学院, 浙江 杭州 310015)

(zzddhh@263.net)

**摘 要:**匹配是不完全信息市场中供、需双方之间的撮合过程,复杂多变的市场信息使精确的匹配规格确定越来越困难。利用反馈原理设计了匹配规格优化机制,给出了基于效用的相似度比较方法,对优化过程中固定值方法和动态值方法的性能作了比较,最后利用实验对该机制的有效性进行了验证。

**关键词:**多属性;互适应;匹配;相似度

**中图分类号:** TP311.52 **文献标识码:** A

## Research and implimentation of multi-attribute co-adaptive matchmaking mechanism

ZHANG Deng-hui<sup>1,2</sup>, GAO Ji<sup>1</sup>

(1. College of Computer Science, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310027, China;

2. College of Information Science, Zhejiang Shuren University, Hangzhou Zhejiang 310015, China)

**Abstract:** Matchmaking is used to make a match between supply and demand in inadequacy information market. The complex and changeful market information make it more difficult to confirm precise specification. A specification optimal mechanism was designed by feedback. A utility-based similarity compare method was given. The performance of fixed value and dynamic value in optimal process was analysed. Finally, the mechanism's validity was verified by a experiment.

**Key words:** multi-attribute; co-adaptive; matchmaking; similarity

### 0 引言

电子化市场的应用范围已经从商品扩展到所有能够被电子化描述的目标,比如网上超市、电子拍卖、电子化人力资源市场 eHRM (Electronic Human Resource Market) 等。eHRM 的主要任务是提供一种机制以使空闲职位和需求者之间能够实现匹配。职位的需求描述和需求者的能力、需求描述通常都是多方位、多属性的,职位与需求者之间的匹配就是一种典型的多属性匹配。多属性匹配一般先对各因子分别进行匹配计算,然后进行综合以得到一个全面的相似度评估值。

但在实际应用中,由于供需双方具备的市场信息是不对称、不完整的,而且缺乏适当的沟通途径,因此双方的匹配需求往往得不到满足。GRAPPA<sup>[1]</sup>项目中设计的匹配机制采用了预定义匹配模式和基于 Cosine 相似度计算的距离函数,能够方便地计算双方多个属性的相似性,但计算直接针对属性值,而没有考虑属性值的效用,并且双方的匹配规格之间仍然缺乏一个协调机制。文献[2]中提出了多议题整合效用评估机制,从协商的角度提出了一种双方妥协的出价方法,并利用曼哈顿距离作为评价双方议题的依据,该方法为互适应机制提供了有价值的参考,但是妥协的出价方法是以降低自身意图为代价的,而且考虑的是 1:1 的互妥协问题。

本文以文献[1,2]工作为基础,设计了基于效用的  $n:n$  互适应匹配机制,将双方的匹配目标细分为匹配意图和匹配规

格,在保持意图不变的情况下,不断对匹配规格进行优化,使搜索者在信息不全情况下,利用不精确的初始需求仍然能够从目标集合中逐步搜索到满意的候选者。

### 1 匹配框架

以 eHRM 为代表的电子化市场中的提供者和需求者都是包含多个体的集合,这种  $n:n$  关系是  $n$  个  $1:n$  关系的复合。本文主要分析  $1:n$  多属性匹配问题,在实验分析中将用  $n$  个  $1:n$  关系来模拟  $n:n$  关系。

匹配框架由多属性匹配、相似性评估和互适应优化机制三部分构成。多属性匹配定义了参与匹配的属性集合。相似性评估实现匹配双方属性相似程度的评价,包括属性效用计算和多属性相似度计算。互适应优化机制根据给出的判定条件和设定的行为对属性值进行调整,使匹配双方的出价趋向一致。

#### 1.1 多属性匹配

多属性匹配中参与匹配的内容由多个指定的属性构成。下面给出多属性匹配相关定义。

多属性可以用一个  $m$  维向量  $Ac = \langle Ac_1, Ac_2, \dots, Ac_m \rangle$  来表达,向量中的每一个因子  $Ac_i$  表示匹配双方要考虑的 1 个属性,其中  $m \in N$ 。

$m$  维向量  $Ac$  的多属性值是  $Ac$  上的一个取值向量,表示为  $\langle ac_1, ac_2, \dots, ac_m \rangle$ ,为了进行匹配计算,多属性取值向量中

的每个因子必须经过数值化处理。

对于  $Ac$  的两个取值向量  $\langle ac_1^1, ac_2^1, \dots, ac_m^1 \rangle$  和  $\langle ac_1^2, ac_2^2, \dots, ac_m^2 \rangle$ , 多属性匹配就是以向量各属性对应值相似度比较为基础的向量综合相似度计算。

## 1.2 相似度评估

相似度评估是多属性匹配的主要环节,在已有的研究中文献[1,3]直接利用 Cosine 函数计算双方的相似度,但在一些情况下两个不同取值的目标,其相似度却可以达到很高,这主要是没有考虑属性取值的效用。多属性效用目前是多议题协商、电子拍卖、动态定价等领域研究的热点,综合效用距离通常被用于评价两个多属性目标是否相同。本文综合效用函数和 Cosine 函数的优势,利用属性效用值对 Cosine 函数进行了修改。下面给出相似度评估相关定义。

属性向量  $Ac$  中属性  $Ac_i$  的效用定义为一个实数域的映射  $f_i: (Ac_i) \rightarrow R$ , 实数值  $f_i(Ac_i)$  是属性  $Ac_i$  在相似度中的贡献值。为便于表达,这里用  $f_i$  表示属性向量  $Ac$  第  $j$  个取值向量中第  $i$  个属性值的效用值。

在多属性匹配中,每个属性在相似性评价中所占的重要性不同,因此需要为各属性设定不同的权重值。

对于多属性向量  $Ac$  的两个取值  $a$  和  $b$ ,二者之间的多属性相似度可以表示为<sup>[1]</sup>:

$$Sim(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^m (f_i^a \cdot f_i^b \cdot \omega_i^2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (f_i^a \cdot \omega_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^m (f_i^b \cdot \omega_i)^2}} \quad (1)$$

(1) 式的  $\omega_i$  表示向量第  $i$  个属性的权重值,且  $\sum_{i=1}^m \omega_i = 1$ 。

## 1.3 互适应优化

匹配的目的在于目标群体中搜索与指定特征值相似的目标。为了达到高相似度的匹配,一般要求对目标群体有较明确的了解。但是在信息不完全情况下,匹配双方都无法掌握对方详细的信息,利用一般的匹配机制可能始终达不到较高的相似度要求。

管理学研究<sup>[4]</sup>表明买卖双方共享对方的买卖意图可以促进交易的实现。因此为了使匹配双方能够有较高的相似度,可以让匹配双方互相学习对方的需求,逐步改进各自的需求规格,并达到满意的匹配相似度。这种相互学习对方需求的方法就是互适应优化方法。

为了便于描述互适应优化过程,这里用买者  $B_i (i = 1, 2, \dots, n)$  和卖者  $S_i (i = 1, 2, \dots, m)$  来表示参与  $n:m$  匹配的主体。下面给出匹配意图和匹配规格的定义。

匹配意图是匹配参与者对目标的理想化取值,匹配意图在匹配过程中不会发生变化。这里用  $B_{int,i}$  表示买者  $i$  的匹配意图,  $S_{int,i}$  表示卖者  $i$  的匹配意图。

匹配规格是匹配参与者在匹配过程中给出的匹配目标的暂时需求参照,匹配规格会随着匹配过程不断变化。这里用  $B_{spe,i}$  表示买者  $i$  给出的匹配规格,  $S_{spe,i}$  表示卖者  $i$  给出的匹配规格。

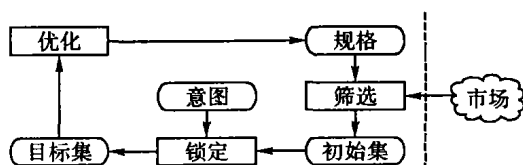


图1 互适应匹配机制

在信息不完全情况下,买者提供的初始匹配规格可能与本身的匹配意图有较大差距,互适应优化过程利用反馈方法

不断地取回满足买者规格的卖者规格说明,并利用得到的有价值信息对买者自身的匹配规格作调整。要注意的是这一反馈过程可以在买卖双方同时进行。互适应匹配机制如图1所示。

互适应优化过程分为三个步骤:筛选初始目标、锁定目标集合和优化匹配规格。

### 1.3.1 筛选初始目标

筛选初始目标的任务就是根据买者的匹配规格查找相似度满足要求的卖者规格。即对于给定的买者  $B_i$  的匹配规格  $B_{spe,i}$ , 卖者匹配规格集合  $S_{spe}$  中所有满足  $Sim(B_{spe,i}, S_{spe,i}) > \varepsilon$  的  $S_{spe,i}$  构成一个筛选结果集  $R$ ,  $\varepsilon$  是设定的筛选阈值。

### 1.3.2 锁定目标集合

进入初始筛选结果集  $R$  中的卖者规格只是与买者规格具有一定相似度,但是买者的意图和规格之间并不完全相同,因此对于得到的  $R$  必须再进一步筛选以找出与买者意图具有一定相似度的结果集  $R'$ 。  $R' = \{r | Sim(B_{int,i}, r) > \mu, r \in R\}$ , 其中  $\mu$  是锁定阈值。

$\mu$  值有两种确定方法,第一是取固定值,该方法可以保证  $R'$  中的目标相似度不低于该值。第二是采用能够适应环境的动态值,常用的动态值就是  $B_{int,i}$  与  $R$  中所有匹配规格相似度的平均值。

$$\mu = \frac{\sum_{r \in R} Sim(B_{int,i}, r)}{|R|} \quad (2)$$

(2) 式中  $|R|$  表示集合  $R$  中元素的个数。由(2)式确定的  $\mu$  值所得到的集合  $R'$  是  $R$  中与买者  $B_i$  意图最相似的卖者规格集合。

### 1.3.3 优化匹配规格

匹配规格的优化要依赖反馈来实现,即利用  $R'$  中的卖者规格来修正买者  $B_i$  的需求规格  $B_{spe,i}$ 。

$$B_{spe,i} = \alpha \cdot B_{spe,i} + \beta \frac{\sum_{r' \in R'} r'}{|R'|} \quad (3)$$

(3) 式中  $\alpha$  和  $\beta$  是两个  $0 \sim 1$  之间的实数,  $\alpha + \beta = 1$ , 具体取值可根据买者掌握的信息程度确定,如买者  $B_i$  比较坚持自己的规格,则设定  $\alpha > \beta$ , 反之设定  $\alpha < \beta$ 。

经过(3)式修正后,买者  $B_i$  的匹配规格更加接近于自身的匹配意图和卖方的匹配规格,这里要注意的是买方和卖方在市场中可能同时在进行匹配规格的优化,这意味着双方都在不断地修正自己的匹配规格,经过有限次修正后  $R'$  中将会包含能满足双方相似度要求的匹配目标。

## 2 验证系统

为了验证互适应匹配机制的有效性,本文设计了一个匹配案例。案例中包含有16个买者和8个卖者,买者和卖者被分别设计为两类软件 Agent。验证的目标是  $\mu$  在固定取值(0.5)和动态取值情况下  $R'$  中目标达到的平均相似度变化情况。

### 2.1 任务说明

假设买卖双方需要匹配的属性有5个,市场中16位买者和8位卖者相应属性的取值经过效用函数处理后都是  $0 \sim 1$  之间的效用值,具体效用函数的设计不在本文讨论范围。由于属性的权重和具体的应用环境有关,这里假定各属性的重要性都相同。因此本文以  $0 \sim 1$  之间随机数作为每位买者、卖者的匹配意图。实验中  $\varepsilon$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  值均设为 0.5。

### 2.2 实验分析

匹配过程采用两个实验方案,即  $\mu$  固定取值(0.5)方案和动态取值方案。买者和卖者最初的匹配规格随机产生。图2

是买卖双方 14 次互协调匹配过程中  $R'$  中的目标与自身匹配意图相似度的平均值变化过程。

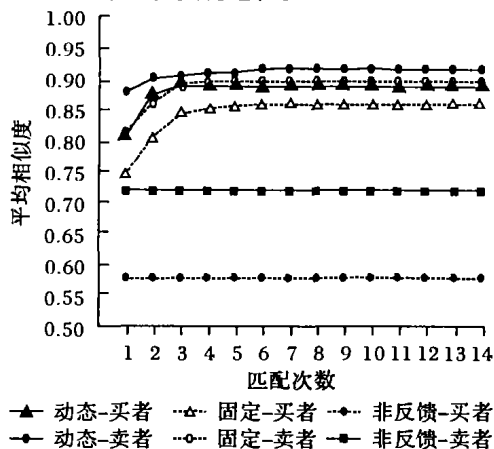


图 2 平均相似度变化曲线

表 1 第 3 号卖者匹配规格的变化情况

匹配次数	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	相似度
意图	0.691	0.320	0.612	0.133	0.561	--
初值	0.330	0.650	0.000	0.990	0.750	0.605
1	0.369	0.261	0.102	0.146	0.844	0.751
2	0.376	0.258	0.151	0.285	0.699	0.853
3	0.391	0.269	0.187	0.338	0.602	0.898
4	0.397	0.284	0.213	0.353	0.538	0.919
5	0.395	0.285	0.238	0.366	0.488	0.926
6	0.396	0.287	0.257	0.371	0.452	0.928
7	0.396	0.291	0.270	0.374	0.426	0.927
8	0.397	0.295	0.279	0.377	0.408	0.925
9	0.398	0.298	0.285	0.379	0.395	0.923
10	0.399	0.301	0.289	0.380	0.386	0.922
11	0.399	0.304	0.292	0.380	0.380	0.922
12	0.399	0.305	0.294	0.381	0.376	0.921
13	0.400	0.306	0.295	0.381	0.372	0.921
14	0.400	0.307	0.296	0.381	0.370	0.921

由图 2 可以看出,采用互适应方法后买卖双方的平均相

似度比不采用互适应方法有显著提高,并且在有限次交互后,平均相似度有收敛趋势。另外,采用动态方法确定锁定阈值能够得到更大的平均相似度,这是因为  $\mu$  的动态计算过程本身就是向着大相似度方向逼近的。

随着  $R'$  中平均相似度的提高,产生的匹配规格也将逐步得到改善。表 1 是 3 号卖者匹配规格的变化情况。可以看出匹配规格与匹配意图的相似度在逐步提高,在第 6 次匹配后达到最大相似度,随后略有下降,但逐步稳定在 0.921 左右。

### 2.3 实验结论

除了本文列出的实验结果数据外,实验中还使用不同的数据以及不同的  $\alpha, \beta$  值进行了多次实验,得到的实验结果所表现的特征基本相似。由此可以看出,该互适应匹配机制是可以提高匹配成功率的。

## 3 结语

论文提出了以反馈为基础的互适应匹配机制。利用该机制可以使模糊的匹配需求逐步得到优化,并接近于匹配意图,从而提高匹配相似度。作为一个可行的匹配方案,该机制目前已应用于 eHRM 项目电子中介模块的开发,后期工作主要是将该匹配模块标准化、通用化,以适应不同匹配需求。

### 参考文献:

- [1] VEIT D. Multidimensional Matchmaking for Electronic Markets[ A]. Autonomous Agents and Multi - Agent Systems ( AAMAS'04) [ C]. New York, 2004.
- [2] 郭庆. 基于整合效用的多议题协商优化[ J]. 软件学报, 2004, 15 (5): 706 - 711.
- [3] Prithviraj ( Raj) Dasgupta, Yoshitsugu. Hashimoto. Multi-attribute Dynamic Pricing for Online Markets using Intelligent Agents[ A]. Autonomous Agents and Multi-agent Systems( AAMAS'04) [ C]. New York, 2004.
- [4] VMaintaining Buyer-Supplier Partnership[ J]. International Journal of Purchasing and Materials Management, 1995, 31(3): 311.
- [5] SANDHOLM T. eMediator: A NEXT GENERATION ELECTRONIC COMMERCE SERVER[ J]. Computational Intelligence, 2002, 18 (4): 656 - 676.

(上接第 1866 页)

```
Private Sub Command1_Click()
...
n = PktControl1.GetPacket(65535, 1000, "d: \tt")
...
End Sub
```

### 2.3 在 Delphi6 中使用该控件

在 Delphi 中,首先通过 Component 下的“Import ActiveX Control”导入该控件,然后在应用程序中插入控件,调用控件的接口函数捕获数据包如下所示:

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
VAR
n: integer;
begin
...
n := PktControl1.GetPacket(65535, 1000, d: \tt);
...
end;
end.
```

### 2.4 在 PowerBuilder9 中使用该控件

首先在 PB 中创建一个窗口 w\_1,把 PktControl.ocx 嵌入

到 w\_1 中,命名为 ole\_1,执行下列语句捕获数据包如下所示:

```
...
Ole_1.object.getpacket(65535, 1000, "d: \tt")
...
```

从应用可以看出,检测控件可在任何支持 ActiveX 控件的开发环境中使用。应用程序的开发人员无须了解控件的功能如何实现,而只须创建控件对象与网络检测控件的接口建立连接。

## 3 结语

网络检测控件封装了底层网络编程的细节,利用 ActiveX 技术使控件可以用于所有拥有 Control Container 功能的应用程序,并且给应用程序开发人员提供友好接口,大大缩短网络应用程序的开发时间。

### 参考文献:

- [1] (美) KRUGLINSKI DJ. VISUAL C++ 6.0 技术内幕[ M]. 北京: 希望电子出版社, 2001.
- [2] 殷肖川, 刘志宏, 姬伟辉, 等. 网络编程与开发技术[ M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2003.
- [3] 卿斯汉, 蒋建春. 网络攻防技术原理与实战[ M]. 北京: 科学出版社, 2004.