

# 다중속성, 비선형 협상전략 환경에서 중개 에이전트에 의한 제안생성 알고리즘

이상용, 양성봉  
연세대학교 컴퓨터과학  
e-mail : {sniper, yang}@cs.yonsei.ac.kr

## Generating Proposals by Agent-mediated in the Multi Attribute and Non-linear Negotiation Environment

Sang-Yong Lee\* and Sung-Bong Yang\*  
\*Dept. of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

에이전트를 이용하여 의견을 교환하여 타협안을 찾거나, 혹은 양자간 협상시 양쪽의 에이전트는 각자의 이익을 최대한 하려고 한다. 하지만 한쪽이 많은 이득을 많이 취할 경우 상대방의 이익은 줄어들게 되고 손해를 본 사용자는 에이전트의 신뢰를 잃게 된다. 본 연구에서는 다중 속성, 다중 속성, 비선형 협상 전략 환경에서 유틸리티 함수와 유전자 알고리즘을 이용하여 양쪽에게 균등한 이익이 돌아감과 동시에 최대의 이익이 되는 제안을 생성하는 중개 에이전트의 핵심 알고리즘을 구현하는 것이 논문의 목적이다.

### 1. 서 론

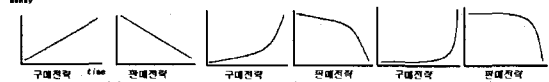
에이전트 사이에서 타협안을 찾을 때 협상전략 등은 함수로 표현된다. 각 함수는 다중 속성을 가지고 있고 각 속성에 가중치도 부여된다.[1] 함수가 간단한 조건이라면 타협안을 찾는 것은 그리 어렵지 않다. 하지만 에이전트는 그것을 사용하는 사람의 성향, 관심에 따라 매우 복잡하다. 이것을 표현하는 함수는 비선형일 수도 있고, 다중속성을 포함 할 수도 있고, 각 속성에 대한 가중치도 모두 다를 수 있다. 이러한 조건에서 적당한 타협안을 찾기란 쉬운 일이 아니다.

요즘, 높은 필요성에도 불구하고 협상시스템을 도입한 곳은 거의 전무하다. 그 이유 중 하나는 신뢰도의 문제이다. 온라인 상에서 중개 에이전트에 의해 가격과 같이 민감한 속성에 대하여 제안 받았을 때 서로가 그 가격이 어떻게 이루어지는지에 대한 충분한 이해가 없으면 속성 값이 조금만 한쪽으로 치우쳐도 사용자의 신뢰도는 떨어질 것 이다. 그 원리를 컴퓨터 과학에 대한 지식이 없는 사용자라도 쉽게 이해하고 신뢰할 수 있는 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 MAUT (Multi-Attribute Utility Theoretic negotiation for electronic commerce)의 유틸리티 함수[1]와 유전자 알고리즘을 이용하여 서로 이해하기 쉽고, 이익

이 한쪽으로 치우치지 않고 공평한 이익이 분배되는, 하지만 개인의 만족도를 최대한 높여주는 제안을 찾는 중개 에이전트의 핵심 알고리즘을 제시한다.

### 2. 협상 전략

협상시 각 속성에 대한 전략은 다양한 함수로 표현 된다[2]. 간단한 예를 들어보자.



[그림 1] 구매,판매에이전트의 가격 협상 전략 예  
[그림 1]은 구매, 판매 에이전트의 시간에 따른 가격 협상 전략이다. 그림(a)는 anxious, (b)는 cool-headed, (c)는 greedy 협상 방식을 취하고 있다.[3] 양자 협상에서는 한쪽이 큰 이득을 차지하면 상대방은 손해를 본다. 따라서 서로가 만족할 만한 협상을 위해서는 이득이 어느쪽에도 치우치지 않는 최적의 타협안(Pareto solution)[4]을 얻어야 한다

### 3 유틸리티 함수

이러한 과정을 거치기 위해서는 각 에이전트가 협상의 결과를 정량적 양으로 표시를 해야 한다. 이것이

MAUT 에서의 유틸리티 함수[1] 혹은 만족도 함수 이다. 본 연구에서는 다중속성 환경에서 변형된 유틸리티 함수는 다음과 같이 정의한다.

$$f(G,W) = G_1W_1 + G_2W_2 + \dots + G_nW_n = \sum_{i=1}^n G_iW_i$$

여기서

$G_1, G_2, \dots, G_n$ : N 개의 속성에서 협상 후 만족도

$$W_1, W_2, \dots, W_n$$
: 속성에 대한 가중치  $\sum_{i=1}^n W_i = 1$

#### 4 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘은 자연 생태계의 진화와 적자생존의 원리를 이용한 탐색, 선택 과정이다. 해의 후보를 나타내는 염색체와 염색체의 적합성(fitness)을 나타내는 함수, 진화 시키기 위한 교배(crossover) 연산자와 돌연변이(mutation)연산자 등으로 이루어져 있다.

#### 5 가정

본 연구는 다중속성, 비선형 협상 전략 환경에서 네 가지 상태를 가정한다. 첫째, 협상자들은 에이전트를 통하여 협상 전략, 최대로 양보할 수 있는 속성 값의 범위, 속성들의 가중치를 부여하여 중개 에이전트에게 넘겨 협상전략함수를 구성한다. 둘째, 일정기간 게시된 정보를 보고 비슷한 분야의 관심사를 확인 후 협상단을 모집한다. 셋째, 협상자 간에 유틸리티 함수 값의 차이가  $\delta$  보다 작거나 같을 경우 공정한 거래로 간주한다. 이  $\delta$ 를 협상 성사 구간으로 정의한다. 넷째, 협상자간에는 중복되는 협상 구간이 존재한다.

#### 6 제안생성 알고리즘

제시하는 핵심 알고리즘의 개요를 설명한다. [Step1] 한쪽 에이전트의 협상 전략 함수의 이득(Gain) 값을 지정한다. [Step2]선택된 에이전트의 이득 값을 자신의 협상 전략 함수에 대입하여 속성 값을 추출한다. [Step3]추출된 값을 상대 에이전트의 함수에 대입하여 판매자의 이득 값을 얻어낸다. [Step4]동시에 다른 속성에 대하여 같은 계산을 실시하여 협상자간의 이득 값들을 구한다. [Step5]각 속성에 대해서 협상구간이 달라 대응되는 속성 값이 존재하지 않을 경우, 다중협상 일 경우 현재 에이전트는 건너뛰고 다른 에이전트에게 제안을 하고 1:1 협상일 경우에는 다시 [Step1]로 돌아간다. [Step6]계산된 이득 값에, 부여된 가중치를 곱하여 협상자간의 전체 유틸리티 함수 값을 구한다. [Step7] 에이전트간의 유틸리티 함수의 차이를 구한다. [Step8]협상 후 협상자간의 이익이 공평하게 하기위해 유전자 알고리즘을 적용하여 유틸리티값의 차이가 최소로 되는 값(제안)들을 선별한다. [Step9]협상 결과가 지나치게 낮은 만족도에서 이루어지는 것 [5][6]을 막기위해 유틸리티의 차이가 최소가 되는 제

안부터 올림 차순으로 정리하고 이 리스트 중 유틸리티 함수의 합이 최대가 되는 제안을 선택한다. [Step10]만족도의 차이가 0 이 되는 제안부터 만족도의 합이 최대가 되는 제안들의 사이는 협상 성사 구간  $\delta$ 로 정의하고 협상자들에게 제시된다. 협상 성사 구간  $\delta$ 의 의미는 협상자간의 유틸리티 함수 값의 차이를 의미한다. 위 과정들을 도식화 하면

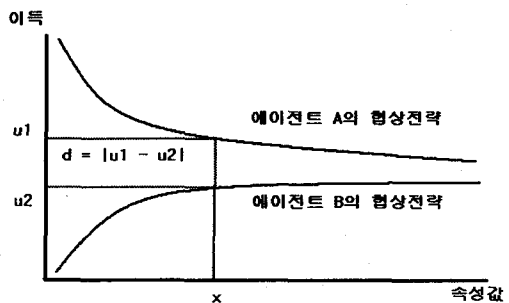
- 한쪽 에이전트의 이득( $G_1$ )을 랜덤번호로 생성[Step1]
- 1001 1010  
↓  
십진수로 전환
- ↓  
 $X_2 = F_1(G_1)$ : 에이전트 A의 전략함수
- ↓  
속성 값 추출(과정 2) [Step2]
- ↓  
 $G_2 = F_2(X_2)$  에이전트 B의 전략함수
- 추출된 가격으로 상대 에이전트의 이득 추출( $G_2$ ) [Step3]
  - 다른 속성에 대해서도 적용 [Step4]
  - [Step2-3]에서 대응되는 속성값이 존재하지 않을 경우 [Step1]로 돌아간다.[Step5]
  - 가중치를 곱하여 유틸리티 함수 값 추출[Step6]

$$U_A = G_{A1}W_{A1} + G_{A2}W_{A2} + \dots + G_{An}W_{An} = \sum_{i=1}^n G_{Ai}W_{Ai}$$

$$U_B = G_{B1}W_{B1} + G_{B2}W_{B2} + \dots + G_{Bn}W_{Bn} = \sum_{i=1}^n G_{Bi}W_{Bi}$$

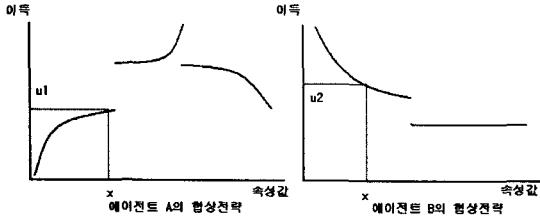
- 유틸리티 함수의 차이 계산[Step7]  
Difference =  $|U_A - U_B|$
  - Fitness 함수는 [step7의] Difference 가 임의 범위 안에 들어오는 염색체만 선별한다[Step8]
  - 염색체의 조작으로 [step7]의 Difference 가 작은 것부터 올림차순으로 리스트 작성하여 협상자간 유틸리티 값의 차이가 최소가 되면서 합이 최대가 되는 제안 선택[Step9]
  - 협상자들에게 협상 성사 구간  $\delta$  제시
- 이 알고리즘은 몇 가지 특징이 있다

1. 협상 전략 함수에 대해 이득의 차이를 줄인다면 이것은 두 함수의 교차점을 찾는 것으로 간주할 수 있다. 하지만 교차점 찾기 방식에서는 협상 전략 함수의 교차점이 존재하지 않는 경우 문제가 발생하였지만 본 연구에서 제시하는 알고리즘에서는 하나의 속성 값에 이득 값만을 비교하므로 문제가 되지 않는다.



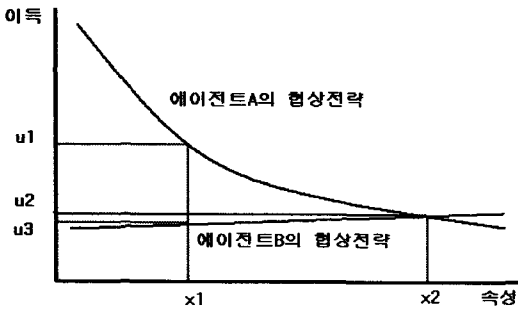
[그림 2] 협상 전략에서 교차점이 존재하지 않는 경우

2. 속성값에 대하여 협상자간의 이득 값만 비교하면 되기 때문에 비선형 함수에서도 쉽게 사용 가능하다.



[그림 3] 협상 전략이 비선형인 경우

3. 협상자간 만족도가 작은 제안들의 리스트를 형성함으로써 최종 거래가 만족도가 낮은 곳에서 형성되는 것[5][6]을 막을 수 있고, 보상이 이루어진다. 이것이 유전자 알고리즘을 사용하는 이유이다.



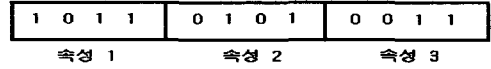
[그림 3] 협상이 낮은 만족도에서 이루어지는 경우(x2)

[그림 3]은 임의의 속성에 대해서 협상자간의 협상 전략이다. 에이전트 B의 경우 속성 값의 변동에 대해 별다른 이득의 변화가 없다. 반면에 에이전트 A의 경우 작은 속성 값에 대해서는 높은 이득을 보이다가 속성 값이 증가함에 따라 급격한 이득 감소를 보이고 있다. 이득 값의 차이가 작은 x2로 제안 할 경우, 에이전트 B는 공평한 거래를 하지만 에이전트 A의 경우 너무 낮은 만족도 상태(u2)에서 거래가 이루어진다. 이처럼 어느 한쪽이 속성 값에 따라 이득의 변화가 거의 없는 경우에는 양자간 이득 값의 차이가 다소 벌어지더라도 다른 대안(x1)을 제시하는 것이 좋다. x1을 제안하였을 경우 에이전트 B의 이득 값 감소 |u2-u3|는 매우 미미하기 때문이다. 이 경우 전체 이득 값의 차이 |u1-u3|의 값은 증가하게 되어 불공평한 거래로 간주되기 쉽다. 하지만 유전자 알고리즘을 사용하여 다중속성에 대하여 제안들의 리스트를 생성하면, [그림 3]의 속성에 대하여 에이전트 B가 손해 본 이득 값(|u1-u3|)을 다른 속성에서 보상(Trade-off)을 받는 제안을 생성 할 수 있다.

7 실험 및 결과

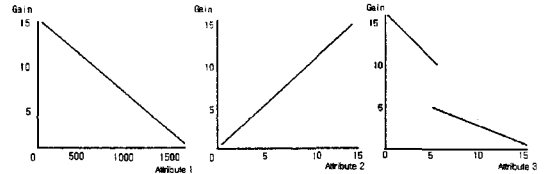
실험은 1:N 협상에 대하여 실시하였다. 하나의 에이전트 A가 5개의 에이전트 BN과 협상을 시행한다. 중개 에이전트는 하나의 제안을 생성하여 에이전트 A

에게 제시하고 순차적으로 5개의 에이전트 BN에게 제시하여 유틸리티 함수 값을 비교한다. 3개의 속성에 대하여 실험을 하였고 염색체는 12자리 이진 스트링을 만들어 하나의 속성에 4자리를 사용하였다.



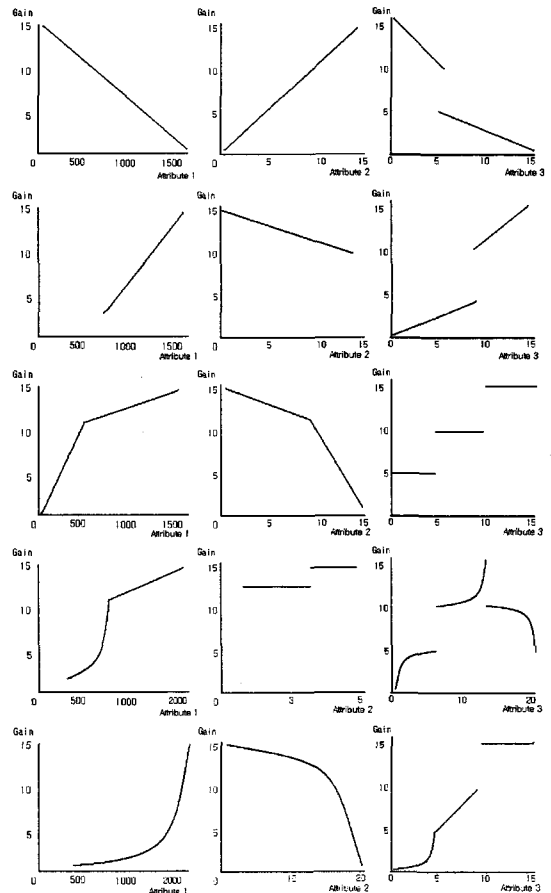
[그림 4] 염색체의 구현

특정 속성값이 범위가 큰 경우 이진 스트링의 길이를 조절 할 수 있다. 두 번째 비트에서 단순 교배 방법(Single-point Crossover)과 0과 1을 바꾸는 돌연변이(Mutation)를 사용하였다. 협상자간에 속성 중복구간은 존재한다. 에이전트 A의 협상 전략은 다음과 같다.



[그림 5] 에이전트 A의 협상 전략

다섯 개의 에이전트 BN의 전략은 각각 다음과 같다.



[그림 6] 다섯 개의 에이전트 BN의 협상 전략

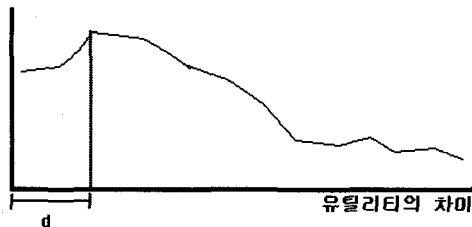
실험 결과로 생성된 제안들의 리스트는 다음과 같다.

[표 1] 생성된 제안들의 리스트

순위	유틸리티 차이	협상자 번호	에이전트 A	에이전트 B	유틸리티 합	속성 1	속성 2	속성 3
1	0	3	9.9	9.9	19.8	300	6	3
2	0.03	2	5.2	5.23	10.48	1000	5	4
3	0.13	3	10.8	10.67	21.47	700	15	0
4	0.19	5	7.3	7.1	14.4	700	4	1
5	0.2	3	9.9	9.7	19.6	300	8	12
6	0.32	5	7.1	7.42	14.52	800	6	2
7	0.43	5	7.2	6.77	13.97	1000	13	12
8	0.5	3	10.8	11.3	22.1	600	13	0
9	0.5	3	10.1	9.6	19.7	300	9	13
10	0.8	3	9.7	10.5	20.2	400	10	14
11	0.85	1	7.7	8.55	6.25	800	11	13
12	0.95	2	5.4	6.35	11.75	1100	6	1.5
13	1	1	7.3	6.3	13.6	700	4	1
14	1.2	3	9.1	10.3	19.4	300	2	1
15	1.46	3	10	11.46	21.46	700	13	1
16	1.48	2	5.4	3.92	9.32	900	4	4.5
17	1.5	3	11	9.5	20.5	300	10	3.5
18	1.5	3	11.4	9.9	21.3	500	14	1.5
19	1.69	5	7.7	6.01	13.72	800	11	13
20	1.7	1	7.8	9.5	17.3	900	14	15
21	1.96	5	7.9	5.94	13.84	400	0	1
22	2.5	3	9	11.5	20.5	200	9	2
23	3	3	11.6	8.6	20.2	200	9	2
24	3.1	3	8.3	11.3	19.7	400	1	0.5

[표 1]은 생성된 제안들 중 에이전트 A 와 5 개의 에이전트 BN 의 유틸리티 함수의 값의 차이가 적은 것부터 올림차순으로 정렬하여 상위 24 개를 선택한 제안들의 리스트이다. 이익의 차이가 어느쪽에도 치우치지 않는 제안은 속성값(300, 6, 3) 이라는 1 번 제안이라는 도달 하였다. 하지만 8 번 제안의 경우에 대해서 생각해 보자. 8 번 제안의 경우는 협상자간의 유틸리티 함수 값의 차이는 1 번 제안 보다 약간 큰 0.5 여서 불공정해 보이지만 개인의 만족도를 나타내는 각각의 유틸리티 함수 값은 양쪽 모두 1 번 제안 경우 보다 크다. 에이전트 A 는 1 번 속성에서 양보를 더 하고 2,3 번 속성에서 이익을 얻을 수 있었다. 에이전트 B 는 그 상반된 결과이다. 결국 비선형 다중속성 협상 환경에서 보상이 이루어 지면서 유틸리티 함수 값을 올릴 수 있었다. 에이전트는 만족도가 완벽히 공평한 1 번 제안과 만족도 차이가 있더라도 개인의 만족도가 높은 8 번 제안 중 어떤 타협안을 제시 할 것인가?

유틸리티의 합



[그림 7] 유틸리티값의 차이에 따른 유틸리티 합의 변화  
[그림 7]은 협상자간 유틸리티 값의 차이에 따른 유틸리티 합의 합을 대략적으로 보여주는 그래프이다.

유틸리티의 차이  $d$  는 협상 성사 구간을 나타낸다. 차이가 0 에 해당하는 제안이 완벽하게 공평한 결과를 나타내는 제안이고 협상 성사 구간이  $d$  가 되는 제안은 양자간 차이는 어느 정도 발생하더라도 협상자간 만족도에서 최고 값을 보인 제안이다. 만족도의 차이가 0 이 되는 제안은 협상 전략 함수에서 단순히 교차점만을 의미한다. 다소 유틸리티 값의 차이를 감수하더라도 각각의 유틸리티 함수 값이 높은 것이 좋은 협상 결과이다. 그리고 유틸리티의 차이(0.5)가 바로 협상 성사구간  $\delta$  가 되는 것이다. 증개 에이전트는 리스트에서 8 번 제안과 협상 성사구간 0.5 를 협상자들에게 제시하게 된다.

8 결론

비선형, 다중환경 속성, 중복 협상 구간에서 협상자간에 어느 쪽으로도 이익이 치우치지 않음과 동시에 협상자간에 최대의 이익을 주는 제안을 찾아내었다. 하지만 완벽히 공평한 협상 보다는 약간의 이익의 차이가 발생하는 제안에서 최대의 이익을 얻을 수 있었고 이 이익의 차이를 협상 성사 구간  $\delta$  로 정의하였다. 따라서 어느 정도 이익의 차이가 발생 하였는지는  $\delta$  를 제시함으로써 협상자간의 이해를 구할 수 있고 에이전트의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

본 연구에서 가정된 것들 중 하나는 협상 전략 함수에 적어도 일부의 협상 구간이 존재한다는 것이다. 하지만 협상 구간이 매우 협소한 구간만 존재한다면 협상은 잘 되지 않을 것이다. 따라서 협상구간이 매우 협소한 구간에서 존재 할 때의 협상 알고리즘은 향후 해결해야 할 과제이다. 또 하나의 경우는 매우 특별한 경우로, 협상 성사구간  $\delta$  가 늘어감에 따라 유틸리티 함수의 값이 증가하는 경우, 적정한 선에서  $\delta$  의 범위를 구하고 제안을 제시하는 경우이다. 실험에서 속성 값은 실생활에 적용을 고려하여 이산 값을 사용하였지만 연속 값을 갖는 경우와 본 연구에서 제시하는 알고리즘을 적용하여 N:M 협상 알고리즘을 설계하는 것도 고려해 볼 사항이다

참고 문헌

[1]Mihai Barbuceanu, Wai-Kau Lo, "Multi-Attribute Utility Negotiation for Electronic Commerce," AMEC2000, pp.15-30, 2001  
 [2]Jim R. Oliver "On Artificial Agents for Negotiation in Electronic Commerce," 1996 IEEE  
 [3]A.Moukas,R.Guttman,P.Maes "Agent-mediated Electronic Commerce: An MIT Media Laboratory Perspective," ICEC98  
 [4]N.R.Jennings, P.Faratin, A.R.Lomuscio, S.Parsons, C.Sierra,M.Wooldridge "Automated Negotiation:Prospects, Methods, and Challenges," GDN2000 Keynote Paper  
 [5]D. Faratin, C.Sierra, N.R. Jennings, P. Buckle "Designing Responsive and Deliberative Automated Negotiators," Multi Agent Systems, 2000.  
 [6]P.Faratin, C.Sierra, N.R.Jennings " Using Similarity Criteria to Make Negotiation Trade-Offs" AAAI 1999