

다중 속성 협상과 상호 이익을 위한 중개 에이전트 시스템

(Mediator Agent System for Reciprocity and Negotiation using Multi-attributes)

박 상 현 [†] 양 성 봉 ^{**}
(Sanghyun Park) (Sung Bong Yang)

요 약 본 논문에서는 일반적인 상거래에서와는 다른 전자상거래 환경의 특성을 바탕으로 구매자와 판매자의 상거래에서 양자간 최대이익을 제공해 줄 수 있는 중개 에이전트 시스템을 제안하였다. 판매자와 구매자의 상거래를 통하여 얻을 수 있는 최적의 타협안은 어느 한쪽으로 이익이 치우치지 않고 양자간 이익의 합이 최대가 되는 제안으로 정의하였다.

중개 에이전트는 상품의 다중 속성을 고려하여 협상을 수행하며, 구매자와 판매자의 이익은 Multi Attribute Utility Theory(MAUT)를 이용하여 표현하였다. 중개 에이전트를 이용한 협상 과정은 협상에 참여한 구매자와 판매자의 협상 정보를 이용하여 정수계획법으로 모형화하였다.

중개 에이전트 시스템과의 비교를 위하여 상호이익의 보장이라는 동일한 조건하에서, 구매자와 판매자 에이전트 사이의 상호작용을 이용한 협상 알고리즘의 하나인 trade-off mechanism을 적용하여 협상 시스템을 구현하였다. Trade-off mechanism에 의한 타협안의 경우 최적값을 보장하지 못하는 반면 중개 에이전트 시스템에 의한 타협안은 상대적으로 빠른 시간 내에 양자간 최대 이익을 제공하는 최적의 타협안을 보장해 주었다.

키워드 : 전자 상거래, 중개 에이전트, Multi Attribute Utility Theory, 선형 계획법, trade-off mechanism

Abstract This paper proposed mediator agent system that guarantees reciprocity to attendances in bilateral negotiations for electronic commerce that is different from regular commercial transactions. The optimal agreement was supposed to provide the total maximum profits and the minimum difference in profits of both attendances in negotiations.

In the mediator agent system, mediator agent conducted the negotiations considering multi attributes of product and Multi Attribute Utility Theory(MAUT) was applied to evaluate the profits of buyer and seller. The negotiation model in mediator agent system was transformed into linear programming according to the information of bargain for attendances in negotiations.

In order to compare with mediator agent system under the same conditions of reciprocity, another negotiation agent system was implemented using trade-off mechanism that is an algorithm for agent interactions in negotiation. The negotiation agent system using trade-off mechanism did not guarantee the optimal agreement, whereas mediator agent system provided attendances in negotiations with optimal agreement rapidly in comparison with trade-off mechanism.

Key words : Electronic commerce, Mediator agent, Multi Attribute Utility Theory, Linear programming, Trade-off mechanism

1. 서 론

[†] 비 회 원 : 연세대학교 컴퓨터과학과
psh@cs.yonsei.ac.kr

^{**} 비 회 원 : 연세대학교 컴퓨터산업공학부 교수
yang@cs.yonsei.ac.kr

논문접수 : 2002년 7월 24일

심사완료 : 2003년 11월 21일

전자상거래에 있어서 소프트웨어 에이전트는 상품검색에서부터 구매자의 취향에 맞는 상품의 추천 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 특히 구매자 및 판매자를 대신하여 협상을 수행하는 협상 에이전트는 그 중요성에도 불구하고 현실 생활에 적용될 수 있는 수준의 연구 결과는 미비한 실정이다. 이것은 협상과정에서 소비

자의 구매행위에 영향을 미치는 요소들을 명확히 정의하고 적용하기가 힘들며, 협상의 성공 여부가 구매 이후 소비자 및 판매자의 만족도와 같이 추상적인 요인에 따라 결정되는 경우가 많기 때문이다. 따라서 실제 협상에 사용되는 이러한 다양한 속성(attribute)들을 포괄할 수 있는 협상 알고리즘의 개발 및 적용은 매우 어려운 일이다.

협상 에이전트와 관련된 연구로써 제시된 Persuader[1] 시스템의 경우, 다중 속성을 고려하여 에이전트 간 상호 작용을 수행 할 수 있는 방안을 제시하였다. 그러나 협상에 참여한 에이전트들의 행동은 상대 에이전트의 설득에 초점이 맞추어져 있어, 타협안을 찾기 위해서는 자기 자신 또는 상대방이 가지고 있는 신념(beliefs)에 대한 변화가 불가피하다. 이것은 협상이 타결되더라도 협상 참여자들이 가지고 있는 고유한 생각, 즉 특정 속성에 대한 선호도와 같은 신념은 변화되지 않을 수 있다는 사실을 고려하지 않고 있다.

Kasbah[2] 시스템의 경우, 협상 진행 과정에서 협상에 참여한 각 에이전트의 특성을 보장하고, 여러 전략 중 하나를 선택하여 협상을 진행할 수 있는 다중 전략을 고려하고 있다. 그러나, 협상과정에서 가격이라는 단일 속성만을 고려하고 있으며, 협상 전략의 선택에 있어서도 완전한 자율성을 보장하지 못한다는 단점이 있다.

Faratin[3]의 연구에서는 오프라인에서와 같은 실제적인 협상 환경하에서 협상에 참여한 두 에이전트 간 상호 작용을 위한 메커니즘을 제시하고, 이러한 에이전트 간 상호작용을 수행 할 수 있는 아키텍처의 구현에 초점을 두고 있다. 즉, 에이전트 간 상호 작용을 위한 프로토콜을 설정하고, 설정된 프로토콜에 따라 협상에 참여한 두 에이전트는 상호 작용을 통하여 타협안에 접근하게 된다. 이와 같은 에이전트 시스템에서는 다중 속성에 대한 고려와 함께 오프라인에서의 실제 협상 환경에 대한 반영도가 높다는 장점이 있으나, 협상 전략에 있어서 근사해법에 의한 방법(approximation method)을 사용함으로써, 타협된 제안이 구매자 및 판매자 입장에서 최대 이익을 제공한다는 보장을 할 수 없다. 또한 타협안을 찾는데 있어, 수행 시간을 고려하지 않는다는 사실은 전자상거래에서 중요한 특성 중 하나인 실시간 협상의 관점에서 볼 때 활용성이 떨어진다고 할 수 있다.

본 논문에서는 오프라인에서 수행되는 협상 환경의 구현에 초점을 두기 보다는 온라인 상에서 제공되는 협상 환경을 바탕으로 중개 에이전트 시스템(mediator agent system)에 대한 개념을 제시하고, 기존의 trade-off mechanism[4]을 이용한 협상 시스템과 비교하고자 한다. 중개 에이전트(mediator agent)는 상품의 다중 속성에 대한 구매자 및 판매자의 정보를 바탕으로 협상을

진행하는 에이전트로서, 구매자 및 판매자 상호간 최대 이익을 제공하는 역할을 수행한다. 따라서, 중개 에이전트는 상품에 대한 다중 속성을 고려하며 협상에 참여한 두 에이전트의 상호이익을 최대화할 수 있는 최적의 타협안을 찾는데 그 목적이 있다.

논문의 구성은 2장과 3장에서 중개 에이전트 시스템을 이용한 협상 모델과 협상 절차에 대하여 설명하고, 4장에서 중개 에이전트 시스템의 구현과 관련된 알고리즘을 제시하였다. 5장에서는 중개 에이전트 시스템과 trade-off mechanism을 이용한 협상 시스템에 대하여 수행한 실험 결과를 제시하고, 타협안에 대한 결과를 비교하였다. 그리고 6장에서는 결론 및 향후 중개 에이전트 시스템의 활용에 대한 토의를 제시하였다.

2. 협상 모델

본 논문에서는 구매자와 판매자 한 쌍이 참여하는 양자간 협상에 대하여 고려하였다. 구매자와 판매자가 참여하는 양자간 협상에서의 협상 결과와 수행 능력은 다수의 구매자 및 판매자가 동시에 참여하는 다자간 협상으로의 확장에 있어서 기본적인 요인이므로, 본 연구에서는 빠른 수행 시간내에 양자간 최적의 타협안을 찾는 것에 초점을 두고자 한다. 여기서 구매자와 판매자 사이에 존재하는 최적의 타협안이란, 양자간 이익이 어느 한 쪽으로 치우치지 않으면서 서로에게 최대의 이익을 보장하는 제안으로 정의하였다.

중개 에이전트 시스템은 다양한 품목의 전자상거래에 적용이 가능하며, 본 논문에서 가정된 협상 모델은 중고 자동차를 다량 보유하고 있는 도매업자들과 소비자들간 전자상거래로 설정하였다. 중고차는 소비자의 다양한 성향을 반영할 수 있고, 신차와는 달리 단종된 모델에 대한 거래도 가능하므로 모델의 종류가 다양하다. 또한 동일 모델의 자동차라 하더라도 제품의 속성에 따라 선택의 폭이 넓어 유동적인 협상조건을 반영할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

협상에 대한 속성으로는 가격, 연식, 주행거리, 보증조건의 네가지 항목을 고려하였다. 협상 모델에서 판매자는 동일한 모델에 대하여 가격, 연식, 주행거리, 보증조건이 서로 다른 자동차들을 다수 보유하고 있고, 구매자는 판매자가 제시하는 특정 모델의 자동차를 구매하고자 하는 최종 소비자로 가정하였다. 판매자와 구매자는 모두 각 속성에 대한 가중치를 가지고 있다. 여기서 가중치란 판매자 또는 구매자가 다른 속성에 비해 특정 속성에 대하여 가지고 있는 상대적인 선호도를 나타내는 값이다. 구매자 및 판매자는 각 속성에 대하여 희망하는 제안값과 협상시 상대방에게 최대한 허용할 수 있는 경계값을 가지게 되며, 이것을 각각 희망값과 협상

허용값으로 설정하였다.

구매자 및 판매자 에이전트는 이러한 구매자와 판매자의 상품 속성에 대한 각종 정보를 제공받아 중개 에이전트를 통하여 협상을 진행한다. 여기서 협상에 참여하는 두 에이전트들은 서로 상대방의 협상 정보들을 알지 못하는 상태로 가정하였다. 표 1과 표 2에서는 구매자 및 판매자 에이전트가 갖는 속성 테이블의 일례를 보여 준다.

표 1에서 구매자는 가격을 협상에서 가장 중요한 요소로 생각하고 있으며, 판매자가 판매하고자 하는 모델의 자동차를 200만원에 사고자 한다. 또한 가격에 대한 협상 허용값에서는 구매자가 다른 속성, 즉 연식이나 주행거리, 보증조건에서 양보하는 대신 550만원까지 지불할 용의가 있음을 나타낸다.

3. 협상 절차

특정 모델의 중고 자동차를 구매 또는 판매하고자 하는 구매자 에이전트 및 판매자 에이전트들은 각 속성의 선호도와 속성에 대한 희망값 및 협상 허용값에 대한 정보를 가지고 있다. 하나의 중개 에이전트는 특정 모델의 자동차를 구매 또는 판매하고자 하는 한 쌍의 구매자 및 판매자 에이전트로부터 상품 속성에 대한 선호도와 희망값 및 협상 허용값 등의 협상 정보를 제공받는다. 중개 에이전트는 이 정보를 바탕으로 양자간 이익이 최대가 되는 타협안을 찾는 역할을 수행한다. 중개 에이전트가 최적의 타협안을 구매자 및 판매자 에이전트에

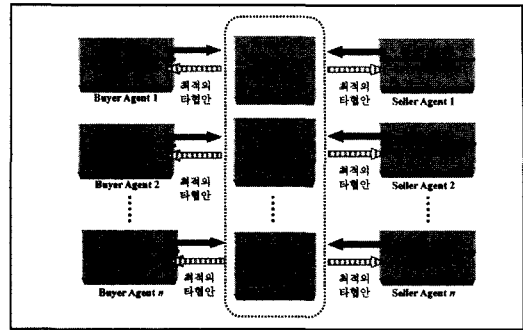


그림 2 중개 에이전트 시스템에서의 협상

게 제시하여 구매자 및 판매자 에이전트가 모두 동의한다면 협상은 타결되고, 만약 어느 한쪽이라도 받아들이지 않는다면 타결되지 않는다. 그림 1은 중개 에이전트의 협상 수행 단계를 나타내고 있으며, 그림 2는 중개 에이전트 시스템에서의 협상 절차를 보여주고 있다.

4. 중개 에이전트 시스템(Mediator Agent System)

4.1 Multi Attribute Utility Theory (MAUT)

본 논문에서 구매자 및 판매자의 이익은 Multi Attribute Utility Theory(MAUT)[5]를 이용하여 표현하였다. MAUT는 협상 대상에 대하여 단일 속성(single attribute)만을 고려하는 것이 아니라 다중 속성(multi-attribute)을 고려하여 이익을 평가하며, 따라서 각 속성들은 다른 속성들에 대한 상대적 가중치(weight)를 가진다.

MAUT에서는 각 속성에 대한 가중치(w_i)와 제안값의 평가 함수($v_i(x|j_i)$)를 이용하여 다음과 같은 유틸리티 함수($V(X)$)를 표현한다. 제안 집합은 n 개의 속성들에 대한 제안값을 원소로 갖는 집합으로써, 협상에서의 "제안"을 의미한다. 따라서 유틸리티 함수를 통해 계산된 결과값은, 임의의 제안(X)을 구매자 또는 판매자의 입장에서 평가한 이익으로 생각할 수 있다.

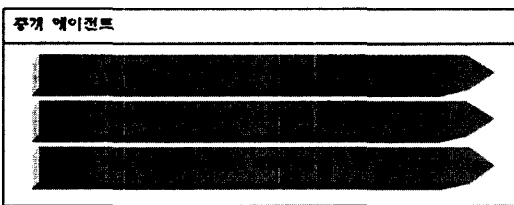


그림 1 중개 에이전트의 협상 수행 단계

표 1 구매자의 속성 테이블

속성	가격(만원)	연식(년월)	주행거리(100km)	보증조건(개월)
희망값	200	199703	50	24
협상 허용값	550	199509	1000	12
가중치	0.5	0.3	0.1	0.1

표 2 판매자의 속성 테이블

속성	가격(만원)	연식(년월)	주행거리(100km)	보증조건(개월)
희망값	600	199508	1500	12
협상 허용값	300	199708	200	36
가중치	0.3	0.3	0.2	0.2

$$V^k(X) = \sum_{j \in J} w^k_{j_i} v^k_{j_i}(x[j_i]) \quad (1)$$

여기서 $k =$ 구매자 에이전트 (b) 또는 판매자 에이전트(s)

$J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$: 속성 j_i 의 집합

$X = (x[j_1], x[j_2], \dots, x[j_n])$: 속성 j_i 에 대한 제안 집합

$x[j_i] =$ 속성 j_i 에 대한 제안값

$w^k_{j_i}$: 속성 j_i 에 대한 에이전트 k 의 가중치(weight)

$$\left(\sum_{1 \leq i \leq n} w^k_{j_i} = 1 \right)$$

$v^k_{j_i}(x[j_i])$: 속성 j_i 의 제안값($x[j_i]$)에 대한 에이전트

k 의 평가함수 ($0 \leq V^k_{j_i} \leq 1$)

$V^k(X)$: 제안 집합에 대한 에이전트 k 의 유틸리티

4.2 평가 함수(Evaluation Function)

유틸리티 함수는 앞에서 언급한 바와 같이 각 속성에 대한 가중치와 제안값에 대한 평가함수를 이용하여 표현하였다. 본 논문에서는 각 속성에 대한 제안값의 만족도를 0과 1 사이의 값으로 표준화하기 위하여 다음과 같이 협상 희망값(request)과 협상 허용값(allowable value)을 경계로 하는 평가 함수를 제시하였다. 즉, 평가함수에서는 해당 속성에 대한 제안값으로써 협상 희망값이 제시되었을 때, 만족도가 가장 높은 1의 값을 가지며, 반대로 제안값으로 협상 허용값이 제시되었을 경우 만족도가 가장 낮은 0의 값을 가지게 된다[3,4].

1) 협상 희망값(request)이 협상 허용값(allowable value) 보다 큰 속성의 경우 :

$$v^k_{j_i}(x[j_i]) = \frac{x[j_i] - \text{allowable value}}{\text{request} - \text{allowable value}} \quad (0 \leq V^k_{j_i} \leq 1) \quad (2)$$

2) 협상 희망값(request)이 협상 허용값(allowable value) 보다 작은 속성의 경우 :

$$v^k_{j_i}(x[j_i]) = \frac{\text{allowable value} - x[j_i]}{\text{allowable value} - \text{request}} \quad (0 \leq V^k_{j_i} \leq 1) \quad (3)$$

여기서, $v^k_{j_i}(x[j_i])$: 에이전트 k 의 입장에서 속성 j_i 에 대한 제안 $x[j_i]$ 의 평가함수

4.3 정수계획법(Integer programming)

구매자 및 판매자의 이익을 나타내는 유틸리티 함수는 각 속성에 대한 가중치와 평가 함수를 사용하여 식 (4)와 같이 표현할 수 있다. 식 (4)에서 구매자 또는 판매자의 이익은 0과 1사이의 임의의 값을 가지게 되며, 각각 최소이익과 최대이익을 의미한다.

$$\text{Buyer Utility} = \sum_{j \in J} w^b_{j_i} v^b_{j_i}(x[j_i]) \quad (0 \leq \text{Buyer Utility} \leq 1)$$

$$\text{Seller Utility} = \sum_{j \in J} w^s_{j_i} v^s_{j_i}(x[j_i]) \quad (0 \leq \text{Seller Utility} \leq 1)$$

$$\text{여기서 } v^k_{j_i}(x[j_i]) = \begin{cases} \frac{\text{request} - x[j_i]}{\text{request} - \text{allowable value}} & \text{if request} \geq \text{allowable value} \\ \frac{x[j_i] - \text{request}}{\text{request} - \text{allowable value}} & \text{if request} < \text{allowable value} \end{cases} \quad (k = b, s) \quad (4)$$

식 (4)로부터 구매자 및 판매자의 이익을 최대도로 하는 함수를 목적함수(object function)로 설정하고, 양자간 이익의 차가 일정 오차내에 있다는 조건을 제약식(constraint)으로 설정하여 다음과 같은 선형계획법의 모형으로 변환할 수 있다.

Object function :

$$\text{Maximize } Z = \text{Buyer Utility} + \text{Seller Utility}$$

$$\text{Constraint : } | \text{Buyer Utility} - \text{Seller Utility} |$$

$$\leq \text{threshold (threshold} = 0.01)$$

$$\text{Boundary : } \min.\text{of common range} \leq x[j_i]$$

$$\leq \max.\text{of common range} \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

위 선형계획법의 모형에서 변수값은 각 속성에 대한 제안값을 의미하며, 따라서 변수의 경계값은 구매자 및 판매자 에이전트의 희망값과 협상 허용값 사이에 생성되는 공통 범위의 최대값(max. of common range) 및 최소값(min. of common range)으로 설정하였다. 또한 양자간 이익이 어느 한쪽으로 치우치지 않도록 하기 위한 제약식으로써 구매자와 판매자의 이익의 차가 임계값(threshold)을 넘지 않도록 하였다.

협상 모델에서 각 속성에 대한 제안값은 정수형으로 나타나며, 양자간 최적의 타협안 역시 정수형으로 나타난다. 따라서 선형 계획법을 통해 얻어진 실수형 최적값을 이용하여 탐색 트리(search tree)를 구성하고, 탐색 트리로부터 정수형 최적값을 구하였다.

4.4 Trade-off mechanism을 이용한 기존의 협상 에트 시스템

오프라인에서와 같은 협상 환경하에서 협상에 참여한 두 에이전트간 상호작용을 위한 메커니즘으로써 제시된 trade-off mechanism[4]은 오프라인에서의 협상 환경에 대한 반영도가 높고, 에이전트간 상호작용에 대한 메커니즘을 구현한다는 장점이 있으나, 타협안에 도달하는데 있어 근사해법을 사용함으로써 최적의 타협안에 대한 보장을 할 수 없다는 점과 수행 시간에 대한 개념을 고려하지 않는다는 점은 온라인의 실시간 특성이나, 향후 다자간 협상으로의 확장에 있어 문제가 된다.

본 논문에서는 중개 에이전트 시스템과의 비교를 위하여 상호 이익의 보장이라는 동일 조건하에서 trade-off mechanism 을 이용한 협상 시스템을 구현하고, 구현된 시스템을 이용하여 중개 에이전트 시스템에서의 실험에서와 동일한 값을 갖는 다수의 데이터 집합들에 대한 실험을 수행하였다.

4.4.1 Trade-off mechanism

Trade-off mechanism 은 제안 집합 (J) 내에서, 한 속성에 대한 이익을 낮추고 그 만큼의 손실된 이익을 다른 속성들로부터 보상받는 방법이다. 이렇게 함으로써 자신이 이전에 제시했던 제안과 동일한 이익을 유지하

면서 상대방의 입장에서 좀 더 유리할 수 있는 수정된 제안을 제시할 수 있다. 즉, 한 에이전트가 상대 에이전트로부터 받은 제안 y 에 대하여, 자신이 이전에 제안한 제안 x 와 동일한 이익을 가지면서 상대 에이전트의 제안 y 와 가장 유사도가 높은 수정제안 z 를 상대방에게 제시하게 되며, 이것을 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다[4].

$$tradeoff_k(x,y)=z \tag{5}$$

여기서 첨자 k 는 판매자 또는 구매자 에이전트를 의미하며 x 와 y 는 각각 에이전트 k 가 상대방에게 제시했던 제안과 상대방 에이전트가 에이전트 k 에게 제시했던 제안을 의미한다. 그리고 z 는 $V^k(z)=V^k(x)$ 를 만족하면서 y 와 유사도(similarity)가 높은 임의의 제안 집합으로써, 에이전트 k 가 상대방에게 제안할 수정 제안을 의미한다.

본 논문에서 유사도는 x 와 동일한 이익을 주는 임의의 제안 집합 x'_n 과 제안 y 에 대하여 다음과 같이 가중치가 포함된 거리(dist) 계산 방식을 이용하여 결정하였다.

$$dist(n) = \sum_{i=1}^n ((x'_n[j_i] - y[j_i]) \times w_i^{Opponent}) \tag{6}$$

4.4.2 Trade-off mechanism을 이용한 협상 절차

본 논문에서 trade-off mechanism을 이용한 협상 시스템에서의 협상과정은 다음과 같은 절차를 따른다[4].

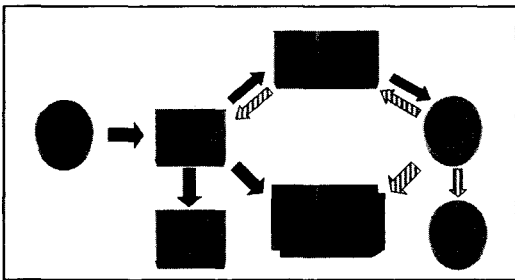


그림 3 Trade-off mechanism에서의 협상 절차

먼저 양자간 협상에 참여한 임의의 에이전트가 상대 에이전트에게 제안을 하고, 제안을 받은 상대 에이전트는 그 제안을 평가하여 받아들이거나(accept), 그렇지 않은 경우 수정된 제안(counteroffer)을 상대방에게 제시한다. 이때 trade-off mechanism에 따라 상대방에게 제안할 수정 제안을 결정한다.

제안에 대한 평가 알고리즘 및 구매자와 판매자의 이익(utility)은 중개 에이전트 시스템에서의 알고리즘과 동일하다. 협상이 진행되는 동안 제안한 수정 제안이 상대 에이전트로부터 이전 제안보다 좋은 평가를 받지 못할 때, 에이전트는 자신의 이익을 일부 낮추게 된다. 본 시스템에서는 전체 이익에 대하여 0.005만큼을 낮추고, 낮아진 이익에 해당되는 제안의 조합을 다시 상대 에이전트에게 제시하게 된다.

5. 실험 및 분석

5.1 중개 에이전트 시스템의 협상 과정

중개 에이전트 시스템은 양자간 협상에서 어느 한쪽으로 이익이 치우치지 않으면서 양자간 이익의 합이 최대임을 보장하는 타협안을 빠른 시간내에 찾는 것이 목적이므로, 본 논문에서는 특정 모델의 자동차를 구매 또는 판매하고자 하는 두 에이전트의 속성 테이블을 데이터 집합으로 구성하고, 다수의 데이터 집합에 대하여 실험을 수행하였다.

먼저, 중개 에이전트가 하나의 데이터 집합에 대하여 양자간 최적의 타협안을 제시하는 과정은 다음과 같다.

변수 x_1, x_2, x_3, x_4 를 각각 가격, 연식, 주행거리, 보증조건이라고 할 때, 각각 표 3과 표 4의 속성 테이블을 갖는 구매자 및 판매자의 이익은 다음과 같은 유틸리티 함수로 나타낼 수 있다.

$$Buyer\ Utility = \frac{800 - x_1}{800 - 350} \times 0.4 + \frac{x_2 - 23936}{23958 - 23936} \times 0.3 + \frac{1000 - x_3}{1000 - 400} \times 0.2 + \frac{x_4 - 14}{48 - 14} \times 0.1$$

$$Seller\ Utility = \frac{x_1 - 200}{900 - 200} \times 0.5 + \frac{23983 - x_2}{23983 - 23943} \times 0.3$$

표 3 구매자의 속성 테이블

속성	가격(만원)	연식(년월)	주행거리(100km)	보증조건(개월)
희망값	350	199606	400	48
허용값	800	199408	1000	14
가중치	0.4	0.3	0.2	0.1

표 4 판매자의 속성 테이블

속성	가격(만원)	연식(년월)	주행거리(100km)	보증조건(개월)
희망값	900	199503	1100	12
허용값	200	199807	300	60
가중치	0.5	0.3	0.1	0.1

$$+ \frac{x_3 - 300}{1100 - 300} \times 0.1 + \frac{60 - x_4}{60 - 12} \times 0.1 \quad (7)$$

여기서 두 번째 속성인 연식은 총 개월로 표시하였다. 예를 들어 1996년 6월은 $1996 \times 12 + 6 = 23958$ 개월로 표시하였다.

위 문제를 다음과 같은 선형계획법 형태로 변환할 수 있다.

Object function : maximize Z
 $(Z = \text{Buyer Utility} + \text{Seller Utility})$
 $Z = -0.0001746032 * x_1 + 0.0061363636 * x_2$
 $+ 0.0002083333 * x_3 + 0.0008578431 * x_4 \quad (8)$

Constraint : | Buyer Utility - Seller Utility |
 $\leq \text{threshold} (\text{threshold} = 0.01)$
 $-0.0016031746 * x_1 + 0.0211363636 * x_2$
 $+ 0.0004583333 * x_3 + 0.0050245098 * x_4$
 $\leq 505.223875 \quad (9)$

$-0.0016031746 * x_1 + 0.0211363636 * x_2$
 $+ 0.0004583333 * x_3 + 0.0050245098 * x_4$
 $\geq 505.203875 \quad (10)$

Boundary : min.of common range $\leq x[j,i]$
 $\leq \text{max.of common range} (i = 1,2,\dots,n)$
 $350 \leq x_1 \leq 800, 23943 \leq x_2 \leq 23958,$
 $400 \leq x_3 \leq 1000, 14 \leq x_4 \leq 48 \quad (11)$

선형계획법으로 모형화된 식 (8)~(11)를 이용하여 해를 구하면 다음과 같다.

$$x_1 = 760.346001, x_2 = 23958.000000, x_3 = 400.000000, x_4 = 48.000000 \quad (12)$$

이제 타협안의 정수형 해를 찾기 위하여 이진 탐색 트리(search tree)를 구성하고 분기 한정법을 통하여 정수형 최적값을 구한다.

그림 4는 선형계획법으로 구한 실수형 최적값을 이용하여 이진 탐색 트리를 구성하고 탐색하는 과정을 나타내고 있다. 이진 탐색 트리에서 루트의 값은 각 변수에 대한 최적값과 목적값(object value)를 나타낸다. 여기서, 목적값은 구매자 및 판매자 이익의 합을 의미한다. 루트의 왼쪽 자식 마디는 최적값 중 실수형 값을 갖는 변수(x_1)의 값보다 크지 않은 최대 정수값(760)를, 오른쪽 자식 마디는 실수형 값을 갖는 변수(x_1)의 값보다 작지 않은 최소 정수값(761)을 각각 경계값으로 재설정하고 선형계획법의 최적값을 구한 결과를 나타낸다. 깊이 방향으로 탐색을 수행하는 과정에서, 정수형 해를 갖는 마디에서의 목적값을 경계값(bound)으로 설정하여, 경계값보다 작은 목적값을 갖는 마디에서는 더 이상 탐색을 진행하지 않는다.

그림 4의 탐색 트리에서 최적의 타협안은 루트의 오른쪽 마디에서 찾을 수 있으며 가격 761만원, 1996년 6

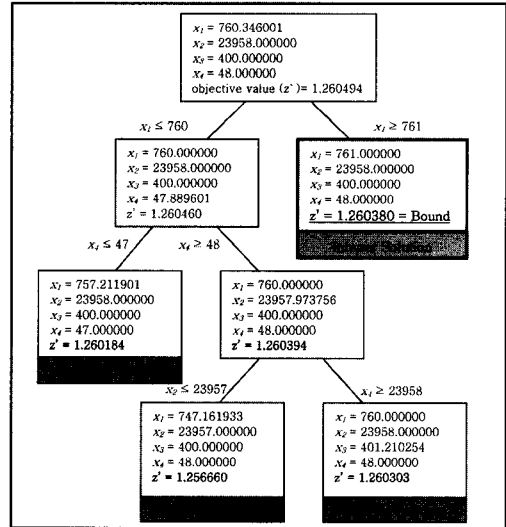


그림 4 이진 탐색 트리에서의 탐색 과정

월식(23958개월), 주행거리 40000 km, 보증조건은 48개월로써 구매자 및 판매자 이익의 합은 1.2604이다.

임의의 데이터 집합에 대하여 중개 에이전트 시스템에서 제시하는 타협안은 양자간 상호이익을 보장하는 최적값이다. 다음의 표 5와 표 6은 서로 다른 5개의 실험 데이터 집합과 중개 에이전트에 의한 협상의 결과값을 나타내고 있다.

5.2 중개에이전트 시스템과 trade-off mechanism 의 비교

표 7은 서로 다른 30개 데이터 집합에 대하여 중개 에이전트 및 trade-off mechanism으로 협상을 진행하여 얻은 타협안에 대한 구매자의 이익과 판매자의 이익을 나타내고 있다.

표 7에서 trade-off mechanism을 이용한 협상 시스템의 경우, 타협안은 각 데이터 집합마다 10회 반복 수행한 평균값을 이용하였다. 그리고 오차는 양자간 이익의 합에 대하여, 중개 에이전트 시스템의 결과값과 trade-off mechanism을 이용한 결과값과의 차이를 의미한다. 중개 에이전트 시스템에 의한 결과는 양자간 상호 이익을 보장하는 최적값과 모두 일치하며, trade-off mechanism을 이용한 협상 시스템의 경우 최적값을 보장해 주지 못하였다.

그림 5는 30개 데이터 집합에 대하여 각각 중개 에이전트 및 trade-off mechanism으로 수행하여 얻은 타협안을 구매자 및 판매자의 이익으로 계산하여 양자간 이익의 합을 그래프로 나타낸 것이다.

그림 6은 중개 에이전트 시스템과 trade-off mechanism을 이용한 협상 시스템에서의 수행 시간을 나타내고 있다. 중개 에이전트 시스템의 경우 30개 데이터 집

표 5 5개의 실험 데이터의 속성 테이블

Data set		가격(만원)		연식(년월)		주행거리(100km)		보증조건(개월)	
		희망값	허용값	희망값	허용값	희망값	허용값	희망값	허용값
1	Buyer	200	550	199703	199509	500	1000	24	12
		0.6		0.2		0.1		0.1	
1	Seller	600	300	199508	199708	1500	200	12	36
		0.5		0.3		0.1		0.1	
2	Buyer	300	1000	199703	199509	300	1200	48	12
		0.6		0.2		0.1		0.1	
2	Seller	1200	200	199508	199708	200	60	24	60
		0.5		0.3		0.1		0.1	
3	Buyer	250	850	199706	199407	300	900	36	12
		0.4		0.4		0.1		0.1	
3	Seller	900	300	199312	199705	1200	400	6	24
		0.5		0.3		0.1		0.1	
4	Buyer	359	800	199606	199408	400	1000	48	14
		0.4		0.3		0.2		0.1	
4	Seller	900	200	199503	199807	1100	200	12	60
		0.5		0.3		0.1		0.1	
5	Buyer	600	900	200110	199505	100	900	36	12
		0.5		0.3		0.1		0.1	
5	Seller	1200	700	199805	200206	1000	300	12	24
		0.6		0.2		0.1		0.1	

표 6 5개 실험 데이터 집합에 대한 중개에이전트의 협상 결과값

		Dataset 1	Dataset 2	Dataset 3	Dataset 4	Dataset 5
최적 협상안	가격	379 만원	376 만원	821 만원	761 만원	842 만원
	연식	1995년 9월	1995년 9월	1997년 5월	1996년 6월	2001년 10월
	주행거리	20,000km	119,700 km	40,000 km	40,000 km	90,000 km
	보증조건	24 개월	24 개월	12 개월	48 개월	12 개월
Buyer utility		0.4774	0.5685	0.4912	0.6347	0.3967
Seller utility		0.4692	0.5585	0.5008	0.6257	0.3888
Total utility		0.9466	1.1270	0.9920	1.2604	0.7855
Elapsed time (ms)		0.5	0.6	0.4	0.8	0.5

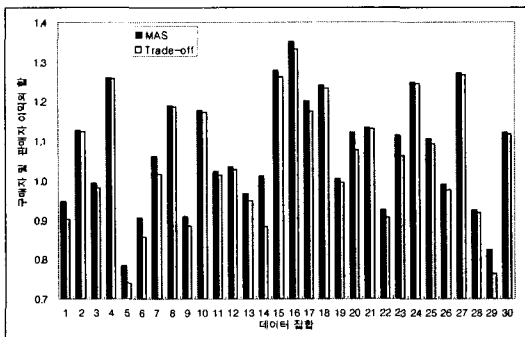


그림 5 타협안에 대한 구매자와 판매자 이익의 합

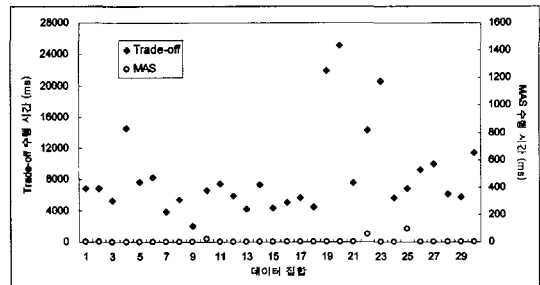


그림 6 중개 에이전트 시스템과 trade-off mechanism에서의 수행 시간

합에 대하여 평균 6ms, Trade-off mechanism의 경우에는 30개 데이터 집합에 대하여 평균 8500ms의 수행

시간을 보였다. Trade-off mechanism을 이용한 협상 시스템의 경우, 구매 에이전트와 판매 에이전트간 메시

표 7 중개 에이전트 및 trade-off mechanism을 통한 양자간 최대이익의 비교

	중개 에이전트 시스템		trade off mechanism		Error
	Buyer	Seller	Buyer	Seller	
Dataset 01	0.4774	0.4692	0.4503	0.4502	4.85%
Dataset 02	0.5685	0.5586	0.5653	0.5593	0.22%
Dataset 03	0.4912	0.5008	0.4887	0.4917	1.17%
Dataset 04	0.6347	0.6257	0.6304	0.6272	0.22%
Dataset 05	0.3967	0.3888	0.3702	0.3697	5.80%
Dataset 06	0.4582	0.4485	0.4305	0.4273	5.39%
Dataset 07	0.5350	0.5252	0.5116	0.5056	4.06%
Dataset 08	0.5992	0.5901	0.5947	0.5934	0.10%
Dataset 09	0.4593	0.4501	0.4405	0.4436	2.78%
Dataset 10	0.5942	0.5845	0.5898	0.5836	0.44%
Dataset 11	0.5160	0.5062	0.5073	0.5063	0.84%
Dataset 12	0.5224	0.5127	0.5177	0.5111	0.61%
Dataset 13	0.4787	0.4886	0.4751	0.4726	2.02%
Dataset 14	0.5011	0.5109	0.4403	0.4434	12.68%
Dataset 15	0.6432	0.6350	0.6323	0.6304	1.22%
Dataset 16	0.6800	0.6708	0.6672	0.6642	1.43%
Dataset 17	0.5970	0.6043	0.5859	0.5887	2.22%
Dataset 18	0.6160	0.6257	0.6160	0.6182	0.61%
Dataset 19	0.4974	0.5069	0.4946	0.4996	1.01%
Dataset 20	0.5652	0.5553	0.5414	0.5351	3.92%
Dataset 21	0.5694	0.5638	0.5678	0.5623	0.27%
Dataset 22	0.4665	0.4579	0.4534	0.4537	1.87%
Dataset 23	0.5523	0.5620	0.5318	0.5313	4.59%
Dataset 24	0.6292	0.6194	0.6230	0.6220	0.29%
Dataset 25	0.5571	0.5483	0.5496	0.5439	1.08%
Dataset 26	0.5003	0.4905	0.4873	0.4880	1.56%
Dataset 27	0.6402	0.6303	0.6366	0.6307	0.25%
Dataset 28	0.4672	0.4573	0.4606	0.4579	0.65%
Dataset 29	0.4173	0.4073	0.3817	0.3824	7.33%
Dataset 30	0.5663	0.5563	0.5600	0.5559	0.59%

지 교환을 통한 협상에 초점을 두고 있고, 유사도 (similarity)의 구현 방법에 따라 수행 시간에 일부 차이가 있을 수 있으므로 수행 시간 자체에 대한 절대적 비교는 큰 의미가 없으나, 선형계획법으로 모형화하여 타협안을 도출하는 중개 에이전트 시스템의 협상 방식이 trade-off mechanism을 이용한 협상 시스템에 비하여 상대적으로 빠른 수행 시간을 갖는다는 사실을 알 수 있었다. 양자간 협상에서의 빠른 수행 시간 및 최적값의 보장은 다수의 구매자 및 판매자가 동시에 협상에 참여하는 다자간 협상으로의 확장을 용이하게 할 수 있다.

6. 결론 및 토의

본 논문에서는 기존에 제안된 협상 에이전트 시스템들이 오프라인에서 수행되는 협상 환경의 구현에 의미를 두고 구매자 및 판매자 에이전트간 메시지 교환을 통하여 양자간 타협안을 도출하는 방식에 초점을 두는

문제점에서 출발하여, 온라인 상에서 제공되는 협상 환경을 바탕으로 협상에 참여한 구매자 및 판매자의 상호 이익을 보장해 주는 중개 에이전트 시스템(mediator agent system)에 대한 개념을 제시하였다. 중개 에이전트 시스템은 협상에 참여한 양자간 협상 정보를 바탕으로 협상 문제를 선형계획법으로 모형화하여 양자간 최적의 타협안을 제시하였다. 여기서 양자간 상호 이익은 어느 한쪽으로 이익이 치우치지 않으면서 양자간 이익의 합이 최대가 되는 타협안으로 가정하였다.

중개 에이전트 시스템과의 비교를 위하여 상호이익의 보장이라는 동일한 조건하에서, 구매자와 판매자 에이전트 사이의 상호작용을 이용한 협상 알고리즘의 하나인 trade-off mechanism을 적용하여 협상 시스템을 구현하였다. Trade-off mechanism을 이용한 협상 시스템의 경우 최적값을 보장하지는 못하였으며, 중개 에이전트 시스템의 협상 수행 시간에 비해 상대적으로 느린 수행

시간을 보였다.

중개 에이전트 시스템은 양자간 협상에 소요되는 수행 시간을 단축하고 양자간 협상에 대한 최적값을 제공함으로써, 기존 시스템이 다자간 협상으로의 확장에서 발생할 수 있는 계산복잡도의 증가 문제와 결과값에 대한 신뢰 문제에 대한 해결책을 제공할 수 있으며, 에이전트간 상호 작용을 위한 기법을 구매자 에이전트와 판매자 에이전트 사이의 협상에 적용하기보다는 중개 에이전트간 통신에 이용함으로써, 향후 중개 에이전트 시스템간 상호 작용을 이용한 다자간 협상 프로토콜 개발에 적용하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] Sycara, K., "Multi-Agent Compromise via Negotiation," *Distributed Artificial Intelligence*, Vol. 2, pp. 119-139, September, 1989.
- [2] Chavez, A. and Maes, P., "Kasbah: An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods," *Proc. 1st international Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, 1996.
- [3] Faratin, P., Sierra, C., Jennings, N. R. and Buckle, P., "Designing Responsive and Deliberative Automated Negotiators," *Proc. AAI Workshop on Negotiation: Settling Conflicts and Identifying Opportunities*, Orlando, FL, pp. 12-18, 1999.
- [4] Faratin, P., Sierra, C. and Jennings, N. R., "Using similarity criteria to make negotiation trade-offs," *Proc. 4th Int. Conf. on Multi-Agent Systems (ICMAS-2000)*, Boston, USA, pp. 119-126, 2000.
- [5] Keeney, R. L. and Raiffa, H., *Decisions with Multiple Objectives*, Cambridge University Press, 1993.
- [6] Barbuceanu, M. and Lo, W., "A multi-attribute utility theoretic negotiation architecture for electronic commerce," *Proc. Fourth International Conference on Autonomous Agents*, 2000.
- [7] Ryu, Y. U. and Hong, S. C., "Negotiation Supports in a Commodity Trading Market," *Proc. 31st Hawaii International Conference on System Sciences*, 1998.
- [8] Krovi, R., Graesser, A. C. and Pracht, W. E., "Agent Behaviors in Virtual Negotiation Environments," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part C : Applications and Reviews*, Vol. 29, No. 1, pp. 15-25, 1999.
- [9] Ueyama, J. and Maderia, E. R. M., "An Automated Negotiation Model for Electronic Commerce," *Proc. 5th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems*, pp. 29-36, 2001.
- [10] Sim, K. M. and Wong, E., "Toward market-driven agents for electronic auction," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part A :*

Systems and Humans, Vol. 31, No. 6, pp. 474-484, 2001.

- [11] Ignizio, J. and Cavalier, T., *Linear Programming*, Prentice Hall, 1994.
- [12] 박순달, *선형계획법*, 4판, 민영사, 1999.



박 상 현

1996년 연세대학교 기계공학과 학사. 2001년 연세대학교 기계공학과 석사. 1995년~1999년 대한항공 항공우주사업본부 CAD/CAM Sec. 2001년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정. 관심분야는 전자상거래, 지능형 에이전트



양 성 봉

1981년 연세대학교 공학사. 1984년 Univ. of Oklahoma 컴퓨터과학 석사. 1992년 Univ. of Oklahoma 컴퓨터과학 박사. 1993년~1994년 전주대학교 전자계산학과 전임강사. 1994년~현재 연세대학교 컴퓨터산업공학부 부교수. 관심분야는 전자상거래, 그래픽스, 인터넷 컴퓨팅