

시간제약 환경에서 다중속성을 이용한 확장된 협상 모델

김현식⁰ 양성봉
(roknkim⁰, yang)⁰@cs.yonsei.ac.kr

An extended negotiation model using multi-issues under time constraint environment

Hyun-Shik Kim⁰ Sung-Bong Yang
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

인터넷은 이미 생활의 한 부분이 되었으며 그 중에서 인터넷을 통한 전자상거래가 활발히 진행되고 있다. 그러나 현재의 전자상거래는 판매자가 일방적으로 제시하는 조건(가격)에 구매자는 단순히 거래를 하거나, 제시된 조건을 비교하여 보다 더 좋은 조건을 찾는 수준에 머물러 있으나 향후 전자상거래는 어느 한쪽의 일방적 제시가 아닌 서로의 이익을 최대화 할 수 있는 협상(negotiation)이 필수적이다. 본 논문은 시간제약 환경에서 다중속성을 이용한 협상 모델을 제안하며, 협상에서 고려되는 다중 속성들에 대해 각 에이전트들의 속성 값 변경과 서로의 제안 값 선택 전략을 제시하게 되고, 동일한 형태의 협상 메커니즘별로 두 에이전트간의 협상을 통해 제안한 협상 모델을 평가 한다.

1. 서 론

인터넷은 이미 우리 생활의 한 부분이 되었으며 그 중에서 인터넷을 통한 전자상거래가 활발히 진행되고 있다. 그러나 현재의 전자상거래는 판매자가 일방적으로 제시하는 조건(가격)에 구매자는 단순히 거래를 하거나, 제시된 조건을 비교하여 보다 더 좋은 조건을 찾는 수준에 머물러 있으나 향후 전자상거래는 어느 한쪽의 일방적인 제시가 아닌 서로의 이익을 최대화 할 수 있는 협상(negotiation)이 필수적이다. 에이전트를 사용한 대표적인 협상 시스템의 예가 MIT Media Lab 의 Kasbah 이다[1]. Kasbah 는 웹을 기반으로 한 멀티-에이전트(multi-agent) 시스템으로, 사용된 협상 전략은 시간에 따른 가격 협상전략(linear, quadratic, exponential)을 사용하지만, 실제 제품을 사고 팔 때 소비자는 제품의 가격만을 고려하지 않기 때문에 현실성이 부족하다. 본 논문은 다중속성을 이용한 협상을 통해 두 에이전트 사이의 균형 있는 이익과 높은 협상 성사율을 이룰 수 있는 방법을 찾기 위해 시간제약 환경에서 다중속성을 이용한 협상 모델을 제안하며, 협상에서 고려되는 다중 속성들에 대해 각 에이전트들의 속성 값 변경과 서로의 제안 값 선택 전략을 제시하게 되고, 동일한 형태의 협상 메커니즘별로 두 에이전트간의 협상을 통해 제안한 협상 모델을 평가한다.

이 논문의 구성은, 제 2 장에서 관련연구로 하나의 속성만을 고려한 협상 모델에 대해서 살펴보고, 3 장에서 다중속성을 이용한 협상 모델을 제시하고, 4 장에서 제안한 협상 모델을 통한 실험 및 결과를, 그리고 마지막으로 결론 순으로 구성되어 있다.

2. 관련연구

먼저 쌍방간 협상에서 유틸리티 함수를 먼저 살펴보면, 두 에이전트 $i \in \{b, s\}$ 에서 b 를 구매자, s 를 판매자로, 협상에

사용될 속성을 벡터 $X = X_1, X_2, \dots, X_n$ 로 나타내고, 각 속성은 $X_j \in [min_j, max_j | 1 \leq j \leq n]$ 의 값과 중요도를 나타내는 가중치를 가진다. 에이전트 i 의 각 속성에 대한 가중치를 $\sum_{1 \leq j \leq n} w_j^i = 1$ 로 정규화 할 때, 에이전트들의 유틸리티 함수는 다음과 같다[2].

$$V^i(X) = \sum_{1 \leq j \leq n} w_j^i V_j^i(X_j)$$

하나의 속성을 사용하는 협상 모델의 프로토콜은 교차적(alternative) 제안 프로토콜[3]을 사용한다. 시간제약 환경에서 t_{max}^i 를 각 에이전트들의 협상 한계 시간, $x_{b,s}^i[j]$ 를 시간 t 에서 에이전트 b 가 s 에게 제시한 속성 $[j]$ 에 대한 값이라고 한다면, 시간 t' 에서 에이전트 s 가 취할 수 있는 액션을 [2]에서 3 가지로 정의하고 있다. 또한 [2]에서 에이전트의 t_{max}^i 에 따라 속성의 값을 바꾸는 방법을 제시하고 있으며, 다음 협상 시점에서 사용하게 될 제안 값을 결정하는 중요한 요인으로 시간(t)을 사용하고 있다. 에이전트 b 가 제시 할 제안 값은 각 속성이 가진 최대값에서 최소값을 뺀 값($max_b^j - min_b^j$)에 α_j^b 를 곱하여 정의한다. 모델의 정의를 보면, 시간 $t(0 \leq t \leq t_{max}^b)$ 에서 속성 $[j]$ 에 대하여 에이전트 b 가 에이전트 s 에게 제시할 값과 시간에 따른 함수 α_j^b 를 [2]에서 제시하고 있으며, β 값에 따라 세 가지 양보 형태(Boulware, Conceder, Linear)로 분류하고 있다[2][4][5].

3. 다중속성(Multi-issues)을 사용하는 협상 모델

2 장에서 사용된 협상모델은 하나의 속성(가격)만을 고려한 협상 방법에 대하여 제시하였다. 그러나 협상에서 단순히 하나의 속성만을 고려하여 협상을 진행하는 방법은 현실성이 낮다. 이장에서는 상품에 대하여 하나 이상의 속성을 고려한 협상 모델을 제시한다.

3.1 다중속성 협상 모델 정의

다중속성에 대한 협상 모델 역시 2 장에서 사용된 협상 프로토콜을 사용하며, 에이전트 $i \in \{b, s\}$ 에서 b 를 구매자, s 를 판매자라 하고, J 개의 속성은 곱집합(Cartesian product)으로 정의한다[6].

$$X = X_1, X_2, \dots, X_J, \quad X_j = \{X_j | X_j \in [\min_j^l, \max_j^u], 1 \leq j \leq J\}$$

이 논문에서는 두개의 속성(X_1 =가격, X_2 =보증)을 고려하여 협상을 진행하며, $X_{b \rightarrow s}^t[X_1, X_2]$ 를 시간 t 에서 에이전트 b 가 s 에게 제시한 속성 $[X_1]$ 과 $[X_2]$ 에 대한 값으로 정의한다.

3.2 다중속성에서의 Offer 생성

다중속성에서의 제안 값의 생성은 2 장에서 두 에이전트 b, s 가 각각의 속성에 대한 값($x_{b \rightarrow s}^t[j]$)을 바꾸는 방법을 동시에 사용하게 된다. 속성 $X_1 = Price$, $X_2 = Warranty$ 라 하면, 구매자는 가능한 한 낮은 가격과 오랜 기간의 보증을 원할 것이다. 이처럼 구매자와 판매자는 속성에 대하여 서로 반대의 관심을 보이기 때문에 협상 시간 (t)이 진행됨에 따라 에이전트 b 의 X_1 의 값은 증가되고, X_2 의 값은 감소된다. 시간 t 에서 에이전트 b 가 s 에게 제시할 속성들의 값 X_1 과 X_2 는

$$X_{b \rightarrow s}^t[X_1, X_2] = \left\{ \begin{array}{l} X_1 = \min_{x_1}^b + \alpha_{x_1}^b(t)(\max_{x_1}^b - \min_{x_1}^b) \quad (\text{for price}) \\ X_2 = \min_{x_2}^b + (1 - \alpha_{x_2}^b(t))(\max_{x_2}^b - \min_{x_2}^b) \quad (\text{for warranty}) \end{array} \right\}$$

으로 나타낼 수 있다(에이전트 s 에 대해서는 위 식의 반대 값으로 표현). 이러한 속성들의 값을 결정하는 식을 통해 각 속성들의 값을 바꾸는 전략을 두 가지 형태로 제시한다. 첫번째 전략은 두 속성 중 하나의 속성 값만을 변경하는 교차적 속성-값-변경 전략(Alternative strategy)으로 구매자나 판매자는 자신에게 큰 이익을 주는 속성의 값은 가능한 바꾸려 하지 않을 것이며 결국 가중치가 낮은 속성의 값부터 변경하게 된다. $t=1$ 일 때 각 에이전트는 $V^t(max)$ 의 값을 갖는 제안을 하게 되고, $t=2$ 일 때 제안 전략과 협상 시간이 경과함에 따라 생성되는 제안 값의 수(M)는 다음과 같다(만약 X_1 의 가중치 $> X_2$ 의 가중치 이면).

$$X_{b \rightarrow s}^t[X_1, X_2] = \left\{ \begin{array}{l} X_1 = X_1^{t-1}, (n \geq 2) \\ X_2 = \min_{x_2}^b + (1 - \alpha_{x_2}^b(t))(\max_{x_2}^b - \min_{x_2}^b) \end{array} \right\}$$

$$N_{offer}^t = \begin{cases} n-k+1, (n=1,3,5,\dots,t_{max}^b \text{ 일 때}, k=1,2,3,\dots,n) \text{ only } n \text{ is odd} \\ n-1 \quad \text{Not change if } n \text{ is even} \end{cases}$$

다음은 동시에 두 속성의 값을 변경(Simultaneous strategy)하는 방법으로 협상 시간동안 항상 두 속성의 값을 바꾸게 되며 생성되는 제안 값의 수(M)는 다음과 같다.

$$N_{offer}^t = 2n - 1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots, t_{max}^b)$$

3.3 속성-값-변경 전략과 협상 프로토콜

교차적 속성-값-변경 전략(AS)은 위에서 설명한 것처럼 자신들의 이익을 가능한 유지하기 위하여 속성에 대한 값을

바꾸지 않으려 하고, 협상을 계속 진행하기 위해서는 양보를 하여야 한다. 이처럼 AS의 협상 프로토콜은 아래와 같이 크게 4 가지로 이루어진다.

$$AS \ X_{b \rightarrow s}^t = \left\{ \begin{array}{l} \text{quit, if } t > t_{max}^b \\ \text{reject, when offer not exist within acceptable domain or,} \\ \quad V^b[X_1, X_2]_{t-ns}^b < V^b[X_1, X_2]_{t-1}^{b,s} \\ \text{accept, when offer exist within acceptable domain and,} \\ \quad V^b[X_1, X_2]_{t-ns}^b \geq \text{all possible } (n-k+1) V^b[X_1, X_2]_{t-1}^{b,s} \\ X_{b \rightarrow s}^t[X_1, X_2], \text{ otherwise propose one of the lowest } b\text{'s offers} \end{array} \right.$$

동시 속성-값-변경 전략(SS)의 협상 프로토콜은 AS의 협상 프로토콜과 비슷하나 생성되어 제시 가능한 제안 값의 수만 다르다.

3.4 속성에 대한 값 변경 과정

각 속성에 대한 값 변경 전략은 β 값에 따른 세 가지 형태(Boulware, Conceder, Linear)와 각 속성에 대한 서로 다른 β 값을 적용하는 두 가지 방법을 제안한다. 먼저 β 값으로 각 속성에 대한 가중치를 사용하는 방법으로 중요한 속성일수록 큰 값을 가지고 있으며 두 에이전트는 자신에게 유리한 전략을 취하기 때문에 가중치가 큰 속성의 값은 바꾸지 않으려 할 것이다. 만약 가중치가 $X_1 > X_2$ 라면, X_1 에 대한 β 값은 X_2 의 β 값보다 더 작은 값을 가지게 되고, 속성 X_2 보다 양보의 속도가 늦어 지게 된다. 두번째는 각 속성에 대해 동적인 β 값을 갖게 하는 것이다.

$$\beta^b = \sum R_{b \rightarrow s}^t$$

$\Sigma R_{b \rightarrow s}^t$ 는 에이전트 b 와 에이전트 s 사이 현재 시간까지 협상을 실시한 총 횟수를 나타낸다. 이 방법은 초기에 큰 폭으로 속성의 값이 바뀌고 협상이 진행 될수록 β 값이 커지지만 시간이 경과할수록 남은 협상 시간이 줄어들기 때문에 속성들의 값은 낮은 폭으로 변경하게 된다.

4. 실험 및 결과

4.1 실험

실험환경은 속성들의 값을 바꾸기 위한 환경 변수들에 대하여 각 에이전트들이 200 개의 환경을 생성하여 협상을 실시 하였으며, 에이전트들이 갖는 환경 변수는 각 에이전트들의 최대 협상시간과 각 속성 $[j]_{i \in \{b,s\}}$ 에 대해 $[t_{max}^i, k_{x_j}^i, \min_{x_j}^i, \max_{x_j}^i]$ 으로 구성된다. 두 에이전트의 최대 협상 시간은 $t_{max} \in [30,60]$ 사이, 그리고 $t_{max}^b \geq t_{max}^s, t_{max}^b < t_{max}^s$ 으로 하였으며, 여기서 시간 t 는 두 에이전트간의 협상 단계를 나타내며, t_{max} 는 협상 진행 최대 횟수를 의미한다. 상수 k_j^i 의 값은 0.1로, 각 환경에서 에이전트 b 가 먼저 협상을 진행한다. 실험을 위한 각 방법들에 대한 β 값은 그림 1과 같으며, 각 양보 형태에 대하여 두 가지의 속성-값-변경 전략(AS, SS)을 적용하였으며, 또한 3.4 절에서 제안한 각 속성의 가중치를 β 값으로 사용한 방법과, 동적인 β 값을 이용한 협상, 두 가지 방법을 적용하여 두 에이전트 사이의 균형 있는 유틸리티 값과 높은 협상 성사율을 이루고자 한다. 에이전트 b 가 각 환경(e_x)에 대하여 어떤 tactic l 를 선택했을 때, 에이전트 s 는 에이전트 b 와 동일한 형태의 m 개의 tactic 을 가지고 협상을 진행한다(k 는 환경의 수). 왜냐하면 서로 다른 tactic 을 사용할 경우 각 속성 값에 대한 양보의 형태가 다르기 때문이다. 예를 들어 에이전트 b 는 Boulware tactic 을, 에이전트 s 는 Conceder tactic 을

사용할 경우 b 가 s 보다 월등히 높은 유틸리티 값을 가지게 되며, 협상 성사율도 높아지게 된다.

$$Negotiation_i^a[l, m], k = 1, \dots, n$$

기존 양보형태	제안된 양보형태	β 값 범위
Boulware	BASW, BSSW	1-weights
	BAS, BSS	$\beta \in [0.01, 0.2]$
		$\beta \in [0.25, 0.4]$
Conceder	CAS, CSS	$\beta \in [0.4, 0.7]$
	CASR, CSSR	$\beta \in [0.7, 0.99]$
Linear	LAS, LSS	$\beta = 1$

BA(S)W : Boulware Alternative(Simultaneous) Strategy using Weights.
 CA(S)SR : Conceder Alternative(Simultaneous) Strategy using Round.
 LA(S)S : Linear Alternative(Simultaneous) Strategy.

그림 1. β 값의 범위

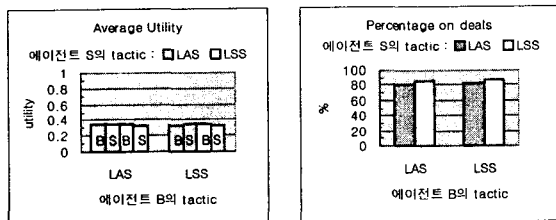
4.2 결과

실험결과를 각 환경에 대하여 에이전트의 각 tactic 별 협상 결과에 대한 평균 유틸리티와, 평균 협상 성사 비율을 계산하였다. k 개의 환경에 대하여 에이전트 b 가 l 의 tactic 을 사용하고 에이전트 s 는 에이전트 b 와 동일한 형태의 m 개의 모든 tactic 을 사용해 협상이 이루어진 tactic 들의 평균 유틸리티를 계산하였다.

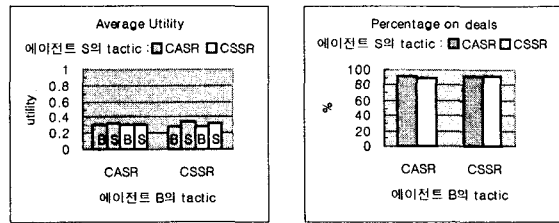
$$\bar{U}_i^a[l, m] = \frac{\sum_{k=1}^n U_i^a[l, m]}{\text{The number of dealt}}$$

그림 1 에서의 β 값과 속성들의 값 변경 전략에 따라 협상결과 Boulware tactic 은 β 값이 작을수록 에이전트의 유틸리티값은 높은 반면, 협상이 이루어진 비율은 낮아진다. 또한 두 에이전트 사이의 유틸리티 값의 차이가 큰 것으로 나타났으며, Linear tactic 은 높은 협상 성사율과 두 에이전트 사이의 유틸리티 값의 차이가 가장 적었으며, Conceder tactic 에서 동적인 β 값을 사용한 경우 역시 두 에이전트 사이의 유틸리티 값의 차이가 작으며, 협상 성사율은 가장 높은 것으로 나타났다. 그림 2 와 3 은 Linear 와 동적인 β 값을 사용한 Conceder tactic 의 협상결과를 나타낸 것이다.

마지막으로 협상의 시작을 랜덤하게 시작하여 협상을 진행한 결과 각 tactic 별 에이전트 사이의 유틸리티 값의 차이는 줄었지만 Linear 와 Conceder tactic 의 동적인 β 값을 사용한 tactic 은 두 에이전트의 협상 시작에 관계없이 일정한 유틸리티 값을 갖는 것으로 나타났다.



(a) 평균 유틸리티($\beta=1$) (b) 협상 성사율
 그림 2. Linear tactic 협상결과



(a) 평균 유틸리티($\beta = \sum R^{ic}_{b \rightarrow s}$) (b) 협상 성사율
 그림 3. 동적 Conceder tactic 협상결과

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 상품의 다중속성을 이용한 협상 모델을 제안 하였다. 제안된 협상 모델은 각 속성들의 값을 변경 전략 과, 제안 값 선택 전략, 또한 이들 속성들의 값을 결정하기 위한 β 값의 범위를 각 에이전트의 관점에서 중요도를 나타내는 가중치를 사용하는 방법과, 동적인 β 값을 가지는 방법을 추가하여 실험을 하였다. 협상 결과는 두 가지 측면에서 평가를 실시하였으며, 유틸리티 측면에서 $\beta < 1$ 인 Boulware tactic 이 높은 값을 보였으나, 협상 성사율이 낮고, Conceder tactic 은 협상 성사율은 높지만, β 값이 커질수록 유틸리티 측면에서 어느 한쪽에에만 이익을 크게 하는 불균형을 보인다. Linear tactic 은 Conceder tactic 보다는 협상 성사율이 조금 낮지만, Boulware tactic 을 제외한 나머지 tactic 들에 비해 유틸리티 값이 높고, 두 에이전트 사이의 유틸리티 값의 차이가 가장 작고, 마지막으로 동적인 β 값을 사용한 Conceder tactic 은 다른 어느 tactic 보다 협상 성사율이 가장 높은 것으로 나타났으며, Linear tactic 과 비슷한 정도의 유틸리티 값과 두 에이전트 사이의 유틸리티 값의 차이도 낮은 것으로 나타나 두 에이전트 사이의 이익의 불균형을 해소하는 것으로 나타났다. 또한 전체적으로 교차적 속성 값 변경 전략을 선택하였을 때 두 에이전트의 유틸리티 값의 합이 높은 것으로 나타났다.

본 논문에서 제안한 방법은 실험의 간결성을 위해 초기 속성들의 값을 결정하는 변수 k_j 의 값을 모두 동일하게 설정 하여 실험을 하였으나, 속성에 따라 서로 다른 k_j 의 값 설정 과 혼합된 속성-값-변경 전략, 그리고 교차적 속성-값-변경에서 1:1 비율의 속성 값 변경이 아닌 비대칭 교차적 속성-값-변경을 통한 협상 진행 방법이 요구된다.

참고문헌

- [1] A. Chavez, P. Maes. "Kasbah: An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods", *Proceedings of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, London, UK, April 1996.
- [2] Peyman Faratin, Charles Sierra, Nick R. Jennings. "Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents", *Int. Journal of Robotics and Autonomous System*. Vol.24, No.3-4, pp.159-182, 1998.
- [3] M.J. Osborne, A. Rubinstein. *A Course in Game Theory*, MIT Press, Cambridge MA, 2001.
- [4] D. G. Pruitt. *Negotiation Behavior*, Academic Press, 1981.
- [5] H. Raifa. *The Art and Science of Negotiation*, Harvard University Press, Cambridge, USA, 1982.
- [6] Lei Zhao, Wee-Keong Ng, Ee-Peng Lim. "Cooperative multi-attribute bilateral online negotiation for E-Commerce", *Database and Expert Systems Applications, Proceedings of the 12th International Workshop on*, pp. 703-707, 2001.