

# 에이전트 기반 전자상거래에서 제약만족 기법을 이용한 최적의 중개 모델

정 종 진<sup>†</sup> · 김 지 연<sup>\*\*</sup> · 조 근 식<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

최근 전자상거래에 있어서 에이전트 기법을 이용한 지능적 매매 및 중개에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으나 기존의 연구들은 에이전트의 지능적 능력이 부족하여 중개 시 사용자의 개입을 요구하고 있을 뿐만 아니라 사용자의 다양한 요구사항 항목들을 충분히 수용하지 못하고 있다. 본 논문에서는 이러한 단점들을 극복하는 멀티 에이전트 기반의 중개 구조를 제안한다. 제안된 구조는 경쟁 계층과 제약만족 계층으로 구성되는데 중개에 참여한 에이전트들은 자체적으로 정의한 메시지 교환 프로토콜에 따라 두 계층을 통과하면서 매매 활동을 수행하게 된다. 또한 제안된 구조에서는 중개 프로세스에 제약만족(CSP : Constraint Satisfaction Problems) 기법을 적용하여 기존의 특정 항목을 중심으로 한 중개의 단점을 극복하고 사용자의 다양하고 차별적인 요구사항을 만족시키도록 한다. 즉 에이전트들간의 중개에서 구매 에이전트와 판매 에이전트들의 이해관계 및 연결조건을 CSP로 정의하고, 상거래 형태에 따라 적합한 최적의 중개 모델들을 각각 제시한다. 마지막으로 제안된 구조를 이용한 중개 시스템을 구현하고, 이에 대한 실험 및 평가를 통하여 그 타당성을 입증한다.

## Optimal Brokerage Model using CSP Technique in Agent-Based Electronic Commerce

Jong-Jin Jung<sup>†</sup> · Ji-Yeon Kim<sup>\*\*</sup> · Geun-Sik Jo<sup>\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

Recently, many researchers have tried to establish EC framework for automated contract and brokerage using agent technologies in electronic commerce. Traditional researches, however, often enforced the user's participations during the automated brokerage process of agents and did not supported the procedures and methodologies for satisfying various user's requirements. In this paper, we propose a brokerage framework based on multi-agent to overcome the defects of the previous researches. For the optimal brokerage, the proposed framework is divided into two layers, which are called competition layer and constraint satisfaction layer. The agents process behaviors of brokerage through two layers according to the proposed message driven communication protocol. We also apply CSP (Constraint Satisfaction Problems) techniques to brokerage process to satisfy various preferential requirements from the user. That is, we model the relationship between buyer agents and seller agents using CSP and propose efficient CSP models for the optimal brokerage as the types of brokerages. Finally, we implemented prototype systems applying the proposed framework and showed the efficiency of the proposed framework with the experimental results.

※ 본 결과는 정보통신부 정보통신 우수시범학교(대학원) 지원사업에 의하여 1999년 인하대학교 교내연구비지원으로 수행하였음.

† 정 회 원 : 인하대학교 대학원 전자계산공학과

\*\* 정 회 원 : LG정보통신 연구소 주임연구원

\*\*\* 정 회 원 : 인하대학교 전자계산공학과 교수

논문접수 : 2000년 3월 27일, 심사완료 : 2000년 4월 20일

## 1. 서 론

최근 활성화되고 있는 전자상거래의 발전은 인터넷의 대중화를 통하여 가속화되고 있으며 이에 따라 전자상거래 기반 기술 및 응용 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전자상거래에 참여하는 컴퓨터 시스템은 사용자의 참여부분을 최소화하면서 최적의 거래가 이루어지도록 하는 것을 목표로 한다. 이것은 소프트웨어 시스템을 지능화함으로써 가능해질 수 있고, 이에 대한 노력은 전통적으로 인공지능 분야에서 수행되어 왔다. 이러한 의미에서 최근에는 전자상거래에 에이전트 개념을 적용하는 연구가 활발하게 시도되고 있다. 특히 인터넷과 같은 망에서 분산되어 있는 에이전트들을 목적에 맞게 그룹화하고, 이들의 상호 협력을 통하여 복합적인 문제를 해결하는 멀티 에이전트 구조는 전자상거래의 수행 구조와 유사한 특성을 가지고 있다. 이에 따라 다양한 형태의 멀티 에이전트 기반 전자상거래 구조 및 응용 시스템들이 개발되고 있다[1, 3, 6, 10]. 그러나 기존의 연구에서는 에이전트들의 표현 능력의 한계로 인하여 사용자의 다양한 요구사항을 여전히 만족시키지 못하고 있다. 특히 중개 에이전트의 중개 기법이 단순하여 구매자의 구입요건 및 선호도와 판매 제품의 장점 및 판매조건 사이의 정확한 분석을 바탕으로 한 효율적인 중개가 이루어지지 못하고 있다.

본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 구매자와 판매자간의 연결 절차에 인공지능의 CSP를 응용하여 사용자의 요구사항을 최대한 만족시키도록 하는 멀티 에이전트 기반 중개 구조를 제안한다. 최근 몇몇 연구자들이 CSP를 전자상거래에 응용하기 시작함으로써 본 연구에 대한 타당성을 뒷받침하고 있다. [9]와 [10]에서는 제약조건 기반 여과 기법(Constraint-Based Filtering)을 이용하여 구매자의 요구사항에 맞는 판매 제품을 탐색하여 우선순위를 부여하는데 사용한다. 또한 [8]과 [11]에서는 판매 제품의 배치조립(Sales Configuration) 문제에 CSP 기법을 이용하여 제품 판매를 지원하기 위한 연구를 수행하고 있다. CSP 기법은 제약조건을 바탕으로 하는 기법으로서 상거래에서의 사용자의 요구사항을 제약조건으로 표현한다면 CSP 기법을 효과적으로 이용할 수 있다. 따라서 상거래 문제에 CSP 기법을 적용하는 것은 사용자의 만족도를 고려한 효율적인 전자상거래 모델을 구축하기 위한 방법

론으로서 큰 의의가 있다. 그러나 기존의 방법에서는 상거래 문제를 CSP로 모델링한 것이라기 보다는 사용자의 요구사항을 바탕으로 CSP 기법을 부분적으로 이용한 것이라 볼 수 있다. 따라서 상거래의 형태에 따른 정형화된 CSP 모델을 제시하지 못하고 있으며 CSP 적용의 한계를 보이고 있다. 본 논문에서는 다양한 상거래 유형에 따른 구매자와 판매자간의 중개 문제를 CSP로 모델링하고 각각의 환경에 맞는 모델들을 제시한다. 즉, 다양한 구매자의 요구사항과 판매자의 공급조건 및 제품 사양 그리고 거래 환경에 따른 이들간의 연결조건을 제약조건으로 표현하고 이를 만족하는 대상들을 탐색하고 평가하여 서로 연결시켜줌으로써 중개 효과를 극대화시키는 것이다.

## 2. 멀티 에이전트 기반의 중개 최적화

### 2.1 에이전트간 중개 구조

본 논문에서는 경쟁 계층(Competition Layer)과 제약만족 계층(Constraint Satisfaction Layer)으로 구성되는 멀티 에이전트 기반의 중개 구조를 제안한다. 기존의 연구들에서 제시된 에이전트 기반 마케팅 구조와는 달리 제안된 구조에서는 멀티 에이전트에 기반을 둔 구매자와 판매자간의 중개에 초점을 두고 있다. 제안된 구조에서는 구매 에이전트와 판매 에이전트 그리고 중개 에이전트로 구성되는 에이전트들이 각각 사용자를 대신하여 통신하면서 매매 활동을 수행하게 된다. 이를 위하여 본 논문에서는 각각의 기능별 에이전트들과 에이전트간 메시지 교환 프로토콜을 설계 및 구현하였다. 특히 중개 에이전트는 CSP 해결기를 내장하여 구매 에이전트와 판매 에이전트의 매매 요구사항들을 복합적으로 고려하면서 최적의 중개 결과를 생성하도록 하였다. 각각의 에이전트들의 구조는 [6]에서 자세하게 다루고 있으며, 에이전트간 메시지 교환 프로토콜에 대한 내용은 2.2 절에서 설명하기로 한다. 다음의 (그림 1)에서는 제안된 중개 구조의 계층별 구성 및 중개 수행 절차를 보여주고 있다.

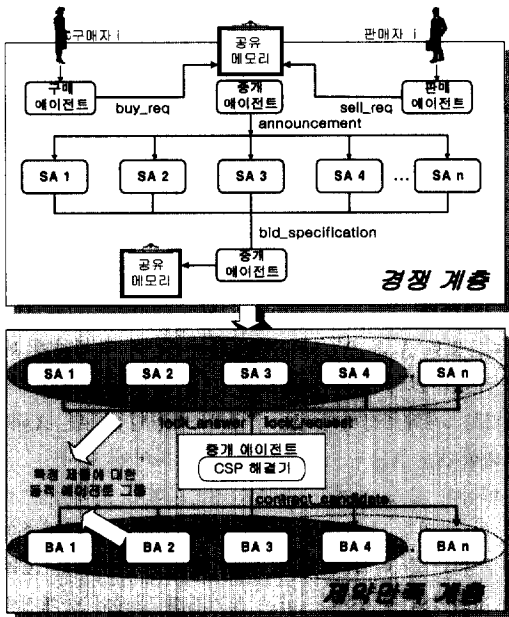
(그림 1)에서 각각의 구매자들에 대해 판매자들의 경쟁 과정은 경쟁 계층에서 동시에 이루어진다. 경쟁 계층의 수행 절차는 기존의 Contract Net Protocol[7]을 전자상거래 환경에 맞게 변형한 형태이다. 먼저 각각의 구매자들(Buyer  $i$ )은 구매 에이전트(BAi)를 생성하여 구매 요구를 *buy\_req* 메시지로 중개 에이전트에

게 보내면 중개 에이전트는 *announcement* 메시지를 통하여 이를 자신의 제어 하에 있는 판매 에이전트들 (SA<sub>i</sub>)에게 공시한다. 만약 어떤 판매 에이전트가 구매자의 요구를 만족하는 상품을 가지고 있다면 그 에이전트는 *bid\_specification* 메시지로 비드를 중개 에이전트에게 제출한다. 이 때 중개 에이전트는 판매 에이전트들로부터 주어진 시간 내에 비드를 접수받게 된다. 따라서 주어진 마감 시간이 경과한 후에는 구매요구를 제출한 구매 에이전트들과 이들에 대한 판매 에이전트들 사이의 동적 그룹들이 생성된다. 만약 구매 에이전트의 요구가 판매 에이전트의 상품 사양과 일치된다면 이들간의 중개가 이루어질 수 있을 것이다.

만족하는 최적의 중개 결과를 생성하도록 한다. 중개 결과에 따라 매매 후보쌍들이 결정되면 중개 에이전트는 해당된 판매 에이전트들에게 *lock\_request* 메시지를 보내서 비드를 제출한 제품이 특정 구매자와 연결되었음을 알린다. 이 때 *lock\_request* 메시지를 받은 판매 에이전트가 구매요구에 대하여 *lock\_answer* 메시지를 통하여 “yes” 또는 “no”의 의미를 포함한 응답을 하게 된다. 마지막으로 중개 에이전트는 구매 에이전트와 판매 에이전트에게 매매 후보가 되었음을 알리는 *contract\_candidate* 메시지를 보낸다.

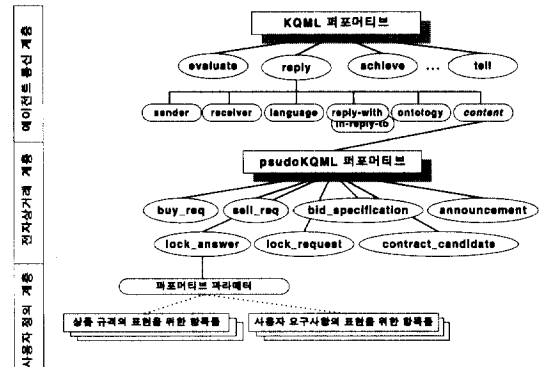
2.2 메시지 교환 프로토콜

제안한 중개 구조에서는 에이전트들간의 의사소통 수단으로서 KQML에 의한 메시지 교환 통신을 이용한다. 그러나 KQML은 고유한 멀티 에이전트 시스템에서의 메시지 프로토콜을 지원하는 언어로서 전자상거래에서의 에이전트간 통신을 고려하지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 KQML의 상위 레벨의 메시지 프로토콜로서 자체적으로 정의한 *PseudoKQML*이라 불리는 언어를 설계하였다. *PseudoKQML*은 기존의 KQML과 유사한 문법 구조를 가지고 있으며 KQML의 content 부분에 포함되어 전자상거래의 중개 프로세스에서 요구되는 에이전트간 메시지 프로토콜을 지원한다. 다음의 (그림 2)에서는 *PseudoKQML* 언어에서 지원하는 메시지들의 단계별 사용 범위에 따른 계층 구조를 보여준다.



(그림 1) 에이전트간 중개 프로토콜

중간 단계인 제약만족 계층에서 중개 에이전트는 구매 에이전트의 구입요건과 판매 에이전트의 판매조건을 만족시키면서 서로를 연결시킨다. 그 결과 구매 에이전트와 판매 에이전트 사이에 매매 후보쌍들이 생성되는데 중개 효과를 극대화시키기 위해서는 구매 에이전트들과 판매 에이전트들 사이의 효율적인 연결 방법이 요구된다. 이를 위해 본 논문에서는 구매 에이전트들과 판매 에이전트들 사이의 연결 관계 및 조건을 CSP로 정형화한 모델을 제안한다. 그리고 중개 에이전트 내의 CSP 해결기를 통하여 사용자의 다양하고 차별적인 요구를



(그림 2) 메시지들의 계층 구조

위의 (그림 2)에서 보이듯이 최상위 계층은 KQML performative라 부르는 메시지들로 이루어진다. 이 계층은 전자상거래와는 독립적인 계층으로서 일반적인 에이

전트간 메시지 프로토콜을 지원하는 에이전트 통신 계층이다. 다음으로, 중간 계층은 전자상거래 계층으로서 멀티 에이전트 기반의 전자상거래에서 에이전트들간의 중개 프로세스를 자동으로 수행하기 위해 필요한 메시지 프로토콜을 지원한다. 이 메시지들은 PseudoKQML 언어에 속하고, KQML performative의 content 부분에 포함된다. 최하위 계층은 사용자정의 계층으로서 구매자나 판매자의 요구사항을 표현하거나 상품의 규격을 나타내는 항목들로 구성된다.

### 3. CSP 기법을 이용한 중개 최적화 모델

#### 3.1 중개 프로세스에 대한 CSP 정의

인터넷 상거래에서 n명의 구매자들과 m명의 판매자들 간의 중개 프로세스는 특정 종류의 상품에 대해 유동적인 구매자들과 판매자들 간의 매핑 문제이므로 동적 할당 문제로 간주할 수 있다. 또한 중개 프로세스는 구매자나 판매자의 이익을 대변하는 관점에서 이들의 요구사항을 최대한 만족시키는 쌍의 집합을 구하는 것이므로 최적화 문제로서 고려된다. 따라서 이들의 요구사항을 고려한 중개 프로세스란 아주 복잡해질 수 있으며, 구매자와 판매자를 중개하는데 걸리는 계산 시간 또한 예측할 수 없을 정도로 오래 걸릴 수 있다는 전제를 둘 수 있고, 구매자와 판매자간의 연결 프로세스의 효율성을 향상시키기 위해서는 효과적인 방법론이 요구된다. 이러한 측면에서 본 논문에서는 중개 에이전트가 CSP 해결기를 통하여 중개에 참여하는 에이전트들간의 최적의 연결을 수행하는 방법을 제안한다. 이를 위하여 중개 프로세스에 참여하는 에이전트들의 연결 관계를 CSP로 정형화하고 에이전트들간의 중개 알고리즘을 제안한다. 중개 형태를 CSP로 정형화하기 위해서 구매 에이전트와 판매 에이전트 사이의 관계를 <표 1>과 같은 이진 행렬 테이블로 표현할 수 있다.

<표 1> 중개 문제에 대한 CSP 변수 생성

구매자 \ 판매자	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	...	S <sub>m</sub>
B <sub>1</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	...	X <sub>1m</sub>
B <sub>2</sub>	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>24</sub>	...	X <sub>2m</sub>
B <sub>3</sub>	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>34</sub>	...	X <sub>3m</sub>
B <sub>4</sub>	X <sub>41</sub>	X <sub>42</sub>	X <sub>43</sub>	X <sub>44</sub>	...	X <sub>4m</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
B <sub>n</sub>	X <sub>n1</sub>	X <sub>n2</sub>	X <sub>n3</sub>	X <sub>n4</sub>	...	X <sub>nm</sub>

<표 1>에서 보면, B<sub>i</sub>(1 ≤ i ≤ n)는 구매 에이전트를 나타내고, S<sub>j</sub>(1 ≤ j ≤ m, n ≤ m)는 판매 에이전트를 나타낸다. 이들은 각각 매매를 성사시키기 위한 대상을 찾아야 한다. 이때 판매 에이전트는 자신이 판매할 제품에 대한 공급량, q<sub>m</sub>(1 ≤ q<sub>m</sub> ≤ n)가 정해져 있다고 가정한다. 만약 판매 에이전트들의 공급량의 합이 구매 에이전트들의 합과 같고, 중개의 관점에서 모든 구매 에이전트들이 판매 에이전트들과 연결되어야만 한다면 이 문제는 배낭 문제(Knapsack Problem)로 간주할 수 있고, 계산복잡도 상으로 NP complete 계열에 해당한다. 따라서 중개에 참여하는 구매 에이전트와 판매 에이전트의 수가 늘어날수록 이들을 서로 매칭시키기 위한 시간은 지수적으로 증가하게 된다. 구매자와 판매자 사이의 연결 여부를 변수로 나타낸다면 한 명의 구매자와 한 명의 판매자 사이에는 X<sub>ij</sub>(1 ≤ i ≤ n, 1 ≤ j ≤ m, i와 j는 정수)라는 이진변수가 생성되고, X<sub>ij</sub>는 (n×m)개가 존재하게 된다. CSP 모델에서 변수는 각각의 유한 이산 도메인(Finite Discrete Domain)으로부터 해의 값을 취할 수 있는데 X<sub>ij</sub>는 이진변수이므로 {0, 1}의 도메인을 갖게 된다. 예를 들어, X<sub>12</sub>는 B<sub>1</sub>와 S<sub>2</sub>사이의 연결 여부를 나타내는 변수로서 연결이 성립한다면 X<sub>12</sub>=1이 되고, 그렇지 않다면 X<sub>12</sub>=0이 된다. 또한 X<sub>ij</sub>와 X<sub>ji</sub>사이에는 제약조건이 존재하게 된다. 만약 B<sub>i</sub>와 S<sub>j</sub>사이엔 1:1 대응관계가 성립되어야 한다는 제약조건에서 X<sub>ij</sub>가 1로 바인딩된다면 X<sub>ji</sub>를 제외한 X<sub>12</sub>, X<sub>22</sub>, ..., X<sub>2n</sub>은 모두 0이 되어야 한다.

이상의 중개 문제를 CSP로 정형화하기 위해서는 크게 두 가지를 고려해야 한다. 먼저 구매자와 판매자의 요구사항 및 이익 중에서 어느 쪽을 우선적으로 고려할 것인가의 문제이다. 이는 상거래의 형태와 중개전략을 결정하는 것으로서 만약 구매자를 우선적으로 만족시킨다면 입찰의 형태가 되고, 판매자를 우선적으로 만족시킨다면 경매의 형태가 된다. 다음으로 판매 에이전트의 보유 제품에 대한 공급량의 문제이다. 이는 전자상거래에 있어서 CSP 모델의 적용 분야를 결정하는 것이다. 중고 시장이나 부동산 매매와 같이 제품의 양이 하나만 존재할 경우에는 구매 에이전트와 판매 에이전트간의 중복 연결을 허용해서는 안된다. 그러나 동일 제품에 대해 판매 에이전트가 다량의 제품을 보유하고 있을 경우에는 중복 연결을 허용해야 한다. 따라서 본 논문에서는 전자상거래에서의 중개 문제를 CSP로 정형화하기 위해 다음의 4가지 모델을 고려한다.

- i) 구매자 중심 - 단일 공급량 조건
- ii) 구매자 중심 - 다량의 공급량 조건
- iii) 판매자 중심 - 단일 공급량 조건
- iv) 판매자 중심 - 다량의 공급량 조건

다음의 절들에서는 위에서 언급한 4가지 유형 중 구매자 중심 중개에 대한 CSP 모델을 정의하고 설명한다. 판매자 중심 중개에서의 2가지 모델은 목적함수의 구성만 다를 뿐 제약조건에 대한 식들은 동일하다.

3.2 단일 공급량 조건과 구매자 중심 중개에 대한 CSP 모델

이 경우는 입찰과 같이 중개 프로세스에서 구매자의 이익을 우선적으로 고려하여 판매자와 연결시키는 것으로서 부동산 문제나 중고시장에서의 중개와 같이  $q_i = 1$ 일 때의 연결 구조이다. 따라서 특정 판매자에 대해 구매자들은 중복되어 할당될 수 없고,  $B_i$ 와  $S_j$ 는 1:1 대응이 되어야만 한다. 본 논문에서는 부동산 중개 문제에 대해 이 모델을 적용한 멀티 에이전트 시스템을 구현하였다. 다음은 이러한 유형의 중개 프로세스에 대해서 정의한 식이다.

$$\text{목적함수: } \sum_{i=1}^n \text{Max} \left( \sum_{j=1}^m E_{ij} \cdot X_{ij} \right)$$

제약조건:

$$\sum_{i=1}^n X_{i1} = 1, \sum_{i=1}^n X_{i2} = 1, \dots, \sum_{i=1}^n X_{im} = 1 \dots\dots\dots ①$$

$$\sum_{j=1}^m X_{1j} = 1, \sum_{j=1}^m X_{2j} = 1, \dots, \sum_{j=1}^m X_{nj} = 1 \dots\dots\dots ②$$

$$E_{ij} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot e_i \dots\dots\dots ③$$

$X_{ij}$ : 부울변수,  $X_{ij} = 0, 1$

$E_{ij}$ : 평가치,  $0 \leq E_{ij} \leq 1$ ,  $E_{ij}$ 는 실수

$w_i$ : 우선순위별 가중치,  $0 \leq w_i \leq 1$ ,  $w_i$ 는 실수

$e_i$ : 노드 제약조건(만족도에 따른 평가치),  $0 \leq e_i \leq 1$ ,  $e_i$ 는 실수

이 모델에서는 구매자의 이익을 최대한으로 만족시켜야 하므로 목적함수는 구매자별 요구사항에 대한 판매 제품의 만족도를 나타내는 평가치를 최대화하는 쌍들을 구하는 것이다. 이 모델에서의 제약조건은 아크 일관성 검사를 위한 제약조건과 노드 일관성 검사를 위한 제약조건이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 형태를 갖는 제약조건들을 각각 *아크 제약조건(Arc Con-*

*straints)*과 노드 제약조건(Node Constraints)으로 표현한다. 먼저 *아크 제약조건*은 전형적으로  $B_i \neq B_j$ 와 같은 형태가 된다. 즉, 상품의 개수가 하나로 한정되므로 특정 구매자에 대해서 두 명 이상의 판매자가 매매를 체결해서는 안된다는 제약사항이 존재하게 되는 것이다. 위의 ①식과 ②식은 *아크 제약조건*을 표현한 것이다. ①식은 구매자가 판매자를 선택할 때 단 한명의 판매자만을 선택한다는 제약조건을 나타내고, ②식은 판매자 역시 단 한명의 구매자에게만 선택되어진다는 제약조건을 나타낸다. ③식은 구매자별 요구사항의 만족도에 따른 평가치를 표현한 것이다. 이는 요구사항 항목별 평가치( $e_i$ )에 가중치( $w_i$ )를 부여한 값의 합이 된다. 이러한 내용들은 상거래의 결과에 중요한 영향을 미치는 요소들로서 노드 제약조건으로 표현되어 판매자의 제품들을 걸러내는데 사용될 수 있다. 또한 구매자의 요구사항 항목들의 값과 이들간의 선호적 우선순위를 기준으로 제시된 판매 상품들에 대해 최적의 상품을 평가할 수 있다. 부동산 매매 문제의 경우에서 구매자가 새로운 아파트를 구입하려 한다면 평수, 가격, 이사 날짜, 아파트의 위치, 교통 조건, 층수, 주거 환경과 같은 중요한 요소들을 고려할 것이다. 반면에 판매자는 집에 대한 명세사항과 더불어 최소 가격, 이사 날짜 등의 판매조건을 제시한다. 이러한 구매자나 판매자의 요구사항들은 변수에 대한 노드 제약조건으로서 고려될 수 있다. 만약 구매자가 구매 에이전트에게 최소 적정 가격과 최대 허용 가격으로서 각각  $B_{pmin}$ ,  $B_{pmax}$ 을 주문하였고, 판매자가 판매 에이전트에게 각각  $S_{pmin}$ 과  $S_{pmax}$ 를 주문하였다고 하자. 그러면 이러한 주문값에 대해 CSP 해결기는 각각  $B_p$ 와  $S_p$ 라는 인위변수들을 생성하여  $B_{pmin} \leq B_p \leq B_{pmax}$ 와  $S_{pmin} \leq S_p \leq S_{pmax}$ 의 형태로 제약조건을 구성하게 된다. 이 제약조건들은 내부적으로  $S_{pmin} \leq B_{pmax}$ 의 제약조건으로 변환되어 도메인 내의 불일치되는 값들을 제거하기 위해 전파된다.

노드 제약조건은 강제 제약조건(Mandatory Constraints)과 완화 제약조건(Relaxable Constraints)으로 분리된다. 강제 제약조건은 반드시 만족되어야 하는 제약조건으로서 CSP 모델에서 동등식의 형태로 표현된다. 완화 제약조건은 부등식의 형태로 표현되고, 제약조건 완화(Constraint Relaxation)를 유도한다. 따라서 이 제약조건을 만족시키기 위해서는 변수가 특정 범위 내의 값들 중에서 가장 큰 값으로 바인딩되어야 하지

만 만족되는 값이 없을 경우 차선의 값으로 바인딩될 수 있다. 강제 제약조건은 제약조건의 만족 여부에 따라서 각각 연결 제약조건(*Conjunctive Constraints*)과 분리 제약조건(*Disjunctive Constraints*)의 형태로 분리되어 표현될 수 있다. 연결 제약조건은 논리적인 AND 조건을 갖는 것으로서 구매자가 구매 제품에 대해 만족되어야 할 조건들을 나열할 때 사용된다. 분리 제약조건은 논리적인 OR 조건을 갖는 것으로서 제품에 대해 양자택일의 성격을 갖는 제약조건을 표현할 때 사용된다. 이러한 두 가지의 제약조건들은 CSP 해결기가 해를 찾기 위한 탐색공간을 예측하여 탐색공간을 크게 줄이거나 노드를 방문하는 방법에 큰 영향을 미치게 됨으로써 수행 속도 측면에서 효과적인 결과를 유도할 수 있다.

### 3.3 다량의 공급량 조건과 구매자 중심 중개에 대한 CSP 모델

이 모델은 구매자의 이득을 우선적으로 고려하여 구매자를 판매자와 연결시키되  $q_i > 1$ 이라는 조건을 포함한다. 이 모델에서는  $q_i > 1$ 이고, 특정 판매자에 대해 구매자들간의 중복을 허용하므로 구매자가 최소한 2명 이상의 판매자들과 계약을 할 수 있는 기회를 제공하게 된다. 이 경우는 일반적인 상거래에서의 매매 형태이다. 본 논문에서는 이 모델에 대한 예로서 컴퓨터 매매 문제를 대상으로 하는 중개 시스템을 구현하였다. 다음은 이 유형의 중개 방식에 대해 정의한 식이다.

$$\text{목적함수: } \sum_{i=1}^n \text{Max} \left( \sum_{j=1}^m E_{ij} \cdot X_{ij} \right)$$

제약조건:

$$\sum_{i=1}^n X_{i1} \leq q_1, \sum_{i=1}^n X_{i2} \leq q_2, \dots, \sum_{i=1}^n X_{im} \leq q_m \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$\left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \right) = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} \right) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

$$\sum_{i=1}^m X_{1i} \geq 1, \sum_{i=1}^m X_{2i} \geq 1, \dots, \sum_{i=1}^m X_{ni} \geq 1 \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

$$t_1 \cdot \left( \sum_{j=1}^m X_{1j} \right) \geq t_2 \cdot \left( \sum_{j=1}^m X_{2j} \right) \dots \geq t_n \cdot \left( \sum_{j=1}^m X_{nj} \right) \dots \textcircled{4}$$

$$E_{ij} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot e_i \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

$X_{ij}, E_{ij}, w_i, e_i$ 는 3.2절과 동일

$q_i$ : 판매 제품의 공급량,  $1 \leq q_i$ ,  $q_i$ 는 정수

$t_i$ : 시간적 우선순위를 나타내는 상수값,  $1 \leq t_i$ ,  $t_i$ 은 정수

이 모델 또한 구매자 중심의 연결 구조이므로 목적함수는 3.2절에서 다른 목적함수와 동일하게 구성된다. 제약조건은 ①~④식은 아크 제약조건에 해당하고, ⑤식은 노드 제약조건에 관련된다. 먼저 ①식은 판매자의 제품 공급량이 1개 이상이라는 제약조건을 표현한다. ②식은 구매자와 판매자 사이의 아크는 양방향성이며  $n:m$  대응임을 표현한다. 다음으로 ③식은 이 모델이 구매자 중심의 연결 모델로서 구매자는 최소한 한 명 이상의 판매자와 연결되어야 한다는 것을 나타내고 있다. ④식은 시간 제약조건(*Temporal Constraint*)을 표현한다. 이 모델에서는 판매자들의 공급량의 합이 구매자의 수와 맞지 않아 구매자별로 구매 협상 리스트를 구성할 때 판매자 배분의 문제가 발생할 수 있다. 이때에는 시간적인 우선순위에 따라 먼저 구매 요청을 의뢰한 구매자에게 더 많은 판매자들을 할당해야 한다. 따라서  $t_i$ 은 시간적 우선순위를 표현하기 위한 상수로서 시간적으로 앞선 구매자일수록 큰 값을 부여받는다. 마지막으로 ⑤식은 구매자별 요구사항의 만족도에 따른 평가치를 표현한 것으로서 3.2절의 ③식과 동일하다.

### 3.4 중개의 최적화를 위한 CSP 알고리즘

계약만족 계층에서 중개 에이전트는 접수받은 비드들에 대해 CSP 해결기를 통하여 비드의 각 항목별로 평가치를 계산하고 이것에 구매자의 기호에 따른 가중치를 부여함으로써 평가한다. CSP 해결기는 사용자 선호도에 따라 가중치를 두어 최적함수를 구성하고 판매 에이전트의 비드들을 평가함으로써 최적해를 구할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 CSP 해결기의 수행 알고리즘은 다음과 같다.

다음의 알고리즘에서 보이는 것과 같이 CSP 해결기가 도메인 내의 값을 변수에 할당하기 전에 제약조건에 위배되는 조건을 가진 변수들을 제거하게 된다. 이것은 해결기가 입찰을 통해 구매 에이전트의 요구에 맞지 않는 판매 에이전트들을 할당 가능한 리스트로부터 여과시키는 것이다. 그 결과 각각의 구매 에이전트들은 경쟁 계층에서 올바른 물건을 보유한 판매 에이전트들을 가지게 된다. CSP 해결기가 도메인의 값을 변수에 할당할 때 할당 알고리즘에서는 최소 도메인 우선 기법의 휴리스틱을 적용하여 탐색공간 상의 효율적인 탐색을 수행한다. 이 기법은 변수에 대한 도메인의 크기를 조사하여 도메인의 크기가 가장 작은 변수부터 먼저 할당하는 방법이다. 따라서 할당 실패의 가능성을 미리 줄

임으로써 알고리즘의 수행시간을 단축시킬 수 있게 된다. 또한 변수 할당시 변수에 대한 제약조건은 AC-4 알고리즘에 의해서 전파되어지게 된다[2].

했을 때의 중개 결과를 비교하였다. 아래의 <표 2>는 그 결과를 보여주고 있다.

<표 2> CSP 해결기의 적용결과

```

Procedure Optimal Brokerage Algorithm
BEGIN
  Give weight for buyer's preferences;
  Give weight for seller's preferences;
  start in state 0; // termination state
  DO
    select a buyer who has small sized domain for sellers;
  DO
    select a seller who has the highest weight in domain;
    assign a seller to the buyer;
    remove the seller in domain;
    propagate constraints by AC-4;
    IF the other domain is empty by AC-4 THEN
      undo the constraint propagation;
    ELSE
      update current solution list;
      update evaluation value;
      IF the assigned buyer is last THEN
        IF optimum is less than evaluation value THEN
          update current solution list to optimal list;
          update evaluation value to optimum;
        END IF;
        backtrack to previous buyer selection state;
      END IF;
    END IF;
  END IF;
  WHILE(assign is fail OR buyer's domain isn't empty);
  WHILE(do not backtrack to state 0);
END
END-Procedure
    
```

	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
S0	<b>100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	76	80	<b>93</b>	56	92	85	86	64	89	67
S1	100	<b>100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100
	83	82	90	90	79	82	<b>92</b>	65	79	90
S2	105	105	<b>105</b>	105	105	105	105	105	105	105
	85	92	91	87	88	89	<b>86</b>	73	64	<b>91</b>
S3	110	110	110	<b>110</b>	110	110	110	110	110	110
	87	76	65	89	<b>90</b>	68	81	89	91	74
S4	110	110	110	110	<b>110</b>	110	110	110	110	110
	81	87	83	61	90	78	74	72	<b>95</b>	91
S5	115	115	115	115	115	<b>115</b>	115	115	115	115
	83	72	86	71	93	<b>93</b>	84	80	90	91
S6	120	120	120	120	120	120	<b>120</b>	120	120	120
	<b>90</b>	70	85	71	79	73	86	81	<b>89</b>	87
S7	120	120	120	120	120	120	120	<b>120</b>	120	120
	72	76	78	<b>95</b>	93	75	84	<b>86</b>	87	88
S8	120	120	120	120	120	120	120	120	<b>120</b>	120
	86	87	78	90	81	76	93	<b>94</b>	91	69
S9	130	130	130	130	130	130	130	130	130	<b>130</b>
	80	<b>93</b>	94	68	69	89	72	74	79	83

4. 실험 및 평가

본 논문에서는 제안된 중개 구조를 따르는 응용 시스템으로서 부동산 매매 계약을 위한 멀티 에이전트 시스템과 컴퓨터 매매를 위한 멀티 에이전트 시스템을 각각 구현하였다. 구현된 시스템에서 에이전트들은 윈도우즈 98 환경 하에서 JESS(Java Expert System Shell)를 이용하여 구현하였고, 중개 에이전트의 CSP 해결기는 ILOG Solver 4.3으로 구현하였다. 구현된 시스템을 바탕으로 제안된 구조의 효율성을 입증하기 위하여 다양한 실험을 수행하였다. 본 절에서는 실험의 일관성을 위하여 구현한 시스템 중에서 컴퓨터 매매 시스템을 바탕으로 실험한 결과들을 다룬다.

먼저 CSP 기법의 효과를 실험하기 위하여 본 논문에서는 비슷한 제품 사양을 갖는 컴퓨터들에 대해서 가격을 평가 항목으로 했을 때와 다양한 요구사항들을 제약조건으로 표현하여 복합적인 평가 항목으로 구성

<표 2>에서 각 구매 에이전트  $B_i(0 \leq i \leq 9)$ 는 10명의 판매 에이전트  $S_j(0 \leq j \leq 9)$ 가 보유하고 있는 컴퓨터들 중의 하나를 구매할 수 있고,  $B_i$ 와  $S_j$  사이에는 두가지의 평가치들이 존재한다. 윗줄의 값은 컴퓨터 가격을 나타내고, 아랫줄의 값은 CSP 해결기로부터 생성된 평가치를 나타낸다. 여기서 평가치는 3.2절에서 설명한 식으로부터 생성된 값으로서 0~1사이의 실수값으로 생성되나 편의상 이 실수를 100점 만점 기준의 정수값으로 변환하였다. 예를 들어, S0의 제품은 가격이 100만원에 공급될 수 있는데 B0의 요구사항에 대해 76점의 평가치를 부여받았으나 B2에 대해서는 93점을 부여받았다. 그 원인은 B2의 경우 가격을 가장 중요한 요소로 고려하여 높은 점수를 받았지만 B0의 경우에는 가격보다 더 중요한 요소로써 A/S 시간을 고려하였으나 S0의 A/S조건이 좋지 않으므로 낮은 점수를 받은 것이다.

<표 2>에서 굵은 글씨체와 밑줄이 그어져 있는 숫자는 구매 에이전트와 판매 에이전트 사이에 매매 연결이 되었음을 표시한다. 만약 시스템이 셀의 윗줄에 표시된 가격만을 기준으로 중개한다면 구매 에이전트와 판매 에이전트가 가격의 오름차순으로 정렬되어 있

으므로 순서적으로 연결될 것이다. 그러나 셀의 아래 줄에 표시된 복합적인 평가치를 기준으로 중개한다면 가격을 기준으로 했을 때와 연결 결과가 많이 달라진다. 실험 결과를 통하여 후자의 경우에 계약이 체결될 확률은 전자에 비하여 상대적으로 훨씬 높아진다는 것을 충분히 예측할 수 있다. 즉, 후자의 경우에는 다양한 사용자의 요구사항을 동시에 고려하여 중개하므로 중개 효과가 높아지는 것이다. 실험의 신뢰성과 정확성을 위하여 실험 대상인 구매자수와 판매자수를 계속 늘리면서 CSP 해결기의 적용 결과를 분석 및 비교하였으나, 그 결과 역시 CSP 해결기를 통하여 중개를 수행하였을 때가 가격 항목을 기준으로 중개하였을 때보다 훨씬 중개 효과가 높아진다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 부동산 중개 문제에 대해서 실험하였을 때에도 임의의 구매자들과 판매자들을 모의 선정하여 테스트한 결과 가격만을 기준으로 중개하였을 때에는 약 50%의 중개율을 보였고, CSP 해결기를 통하여 중개를 수행하였을 때에는 85% 정도의 중개 성공률을 보였다.

다음으로 본 실험에서는 중개 대상의 수에 따른 알고리즘의 성능 평가 요소들인 탐색 공간에서의 선택 가지수(Number of Choice Points), 해를 구하는데 걸리는 계산 시간(Computing Time), 그리고 구해진 해에 대한 평가치(Evaluation Value)에 대해서 측정하였다. 알고리즘은 일반해를 구할 때와 최적해를 구할 때 이상의 성능 평가 요소들에 대해 각각 측정되었다. 여기서 일반해란 전체 가능해(Feasible Solution)의 평가치들을 기준으로 평균값 이상의 평가치를 갖는 최초의 해를 말한다.

<표 3>에서는 알고리즘에 대한 측정 결과를 보여주

고 있다. 표에서 FS와 OS는 각각 일반해와 최적해를 나타내고, 계산 시간의 단위는 초를 기준으로 하되 소수점 이하 두자리수로 제한하였다. 따라서 0.00의 값은 실제 0.005 이하의 값으로서 반올림한 결과이다. <표 3>에서 보이듯이 일반해를 구하는데 걸리는 계산 시간은 거의 무의미할 정도로 빠르다. 실험 결과 n=100일 때 0.27초, n=200일 때 1.32초, n=300일 때 3.57초, n=400일 때 8.40초, n=500일 때 19.44초가 소요됨으로써 n=500 이상부터 수행 시간이 크게 증가하였다. 이에 반해 최적해를 구하는데 걸리는 시간은 n=10 이상부터 급격하게 증가하고 있다. 즉, 중개 대상의 개수가 커질수록 계산 시간은 예측하기 어려워진다. 특히 일반해에 비해 최적해를 구하는데 걸리는 계산 시간은 더욱 예측하기 어려우며 탐색 공간이 커질수록 백트래킹 횟수가 크게 증가한다. 그러나 실험한 중개 문제가 NP-Complete 계열의 문제임을 고려할 때 제안한 알고리즘의 수행 속도가 빠르다는 것을 알 수 있다. 또한 일반해와 최적해에 대한 평가치를 비교해 보면 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 이것은 결국 CSP 해결기를 통하여 최적해를 구했을 때 매매 후보쌍들이 모두 만족할만한 중개가 이루어진다는 것을 의미한다.

5. 결 론

본 논문에서는 전자상거래에서 구매자와 판매자간의 최적의 매매 계약 체결을 지원하는 멀티 에이전트 구조를 제안하였다. 제안된 구조에서는 중개 프로세스의 구성원들이 에이전트들로 매핑되어 매매 활동을 수행할 때 자체적으로 정의한 pseudoKQML의 전자상거래 프로토콜에 의해 통신하도록 하였다. pseudoKQML은 기존의 KQML에 포함되어 중개의 최적화를 위한 의사소통을 지원한다. 또한 본 논문의 중개 구조에서는 기존의 특정 항목을 기준으로 한 중개의 틀을 극복하고 사용자의 다양한 매매 조건들을 고려하는 중개를 수행하기 위하여 인공지능의 CSP 기법을 이용한다. 즉, 사용자의 만족도를 최적화하기 위해서 구매자의 선호적 요구사항들과 판매자의 판매조건을 포함한 중개 문제를 CSP로 정의하여 수행 방식과 연결조건이 다른 여러 유형의 중개 문제들에 대해 적합한 CSP 모델들을 제시하였다. 따라서 이를 수행하는 중개 에이전트내의 CSP 해결기를 통하여 다양한 사용자의 요구사항들을 만족시키면서 최적의 중개 결과를 생성하도록 하였다.

<표 3> CSP 알고리즘의 성능평가

N	number of choice points		computing time(sec)		evaluation value	
	FS	OS	FS	OS	FS	OS
5	6	9	0.00	0.01	434	434
6	8	30	0.00	0.01	512	532
7	12	78	0.00	0.01	588	630
8	14	319	0.00	0.05	675	725
9	18	2571	0.00	0.17	758	821
10	22	15168	0.01	1.48	838	915
11	26	95911	0.01	9.67	957	1011
12	26	608087	0.01	67.23	996	1100
13	33	4591799	0.01	584.4	1101	1196
14	47	60918433	0.01	8964.2	1164	1290
15	50	289329598	0.01	45022	1258	1381



참 고 문 헌

[1] J. Andreoli, F. Pacull and R. Pareschi, "XPECT : A Framework for Electronic Commerce," *IEEE Internet Computing*, Jul.-Aug. 1997.

[2] C. Bessiere and M. O. Cordier, "Arc-Consistency and Arc-Consistency Again, AAAI'93," pp.108-113, 1993.

[3] A. Chavez and P. Maes, "Kasbah : An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods," *Proc. of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, London, UK, Apr. 1996.

[4] E. C. Freuder, "Synthesizing Constraint Expressions," *Communications of the ACM, Vol.21*, pp. 958-966, 1978.

[5] R. Guttman, A. Moukas, and P. Maes. "Agent-mediated Electronic Commerce : A Survey." *To appear, Knowledge Engineering Review*, Jun. 1998.

[6] J. J. Jung, D. Y. Hwang, S. B. Jeon and G. S. Jo, "Agents-Based Framework for Brokerage Between Buyers and Sellers on Electronic Commerce," *Proceedings of International Conference on Electronic Commerce '98*, pp.16-22, 1998.

[7] R. G. Smith, "The Contract Net Protocol : High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver," *IEEE Transactions on Computers, Vol.C-29, No.12*, Dec. 1980.

[8] Dell "Build Your Own System," <http://www.dell.com/store/>

[9] PersonaLogic, <http://www.personalogic.com/>

[10] Tete-a-Tete, <http://ecommerce.media.mit.edu/Tete-a-Tete/>

[11] Trilogy's Selling Chain, <http://www.trilogy.com/prodserv/>

정 종 진



1992년 인하대학교 전자계산공학과 (공학사)  
 1993년~1995년 인하대학교 전자계산공학과(공학석사)  
 1995년~2000년 인하대학교 전자계산공학과(공학박사)

관심분야 : 전자상거래, 에이전트 시스템, 지식기반 스케줄링

김 지 연



1992년 인하대학교 전자계산공학과(공학사)  
 1995년~1997년 인하대학교 전자계산공학과(공학석사)  
 1997년~현재 LG정보통신 연구소 주임연구원

관심분야 : 전자상거래, IMT2000, Mobile IP

조 근 식



1982년 인하대학교 전자계산공학과(공학사)  
 1983년~1985년 Queens College/CUNY M.A., Computer Science  
 1986년~1991년 City University of New York, Ph.D., Computer Science

1992년~현재 인하대학교 전자계산공학과 부교수, 인하대학교 창업지원연구센터 소장, 한국정보과학회 논문지 편집위원, 한국지능정보시스템학회 논문지 편집위원장

관심분야 : 전자상거래, CSP, 전문가 시스템, 지식기반 스케줄링