

멀티에이전트 환경 하에서의 CSP기반의 확장 매치메이킹 알고리즘*

복명균** · 이순근** · 조근식***

Extended Matchmaking Algorithm based on CSP in Multi-Agent Environments*

Myeong-Kyun Bok** · Sun-Geun Lee** · Geun-Sik Jo***

요약

인터넷의 급속한 성장과 함께 분산 네트워크 환경 하에서의 정보 검색 문제는 중요한 이슈가 되고 있다. 기하급수적으로 증가하는 정보의 홍수 속에서 사용자가 원하는 정보나 서비스를 효율적으로 찾아주는 방법은 꾸준히 연구되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 멀티에이전트(Multi-agent) 환경 하에서 원하는 서비스를 제공하는 에이전트들을 효율적으로 탐색해 주는 에이전트간의 매치메이킹(Matchmaking) 시스템은 좋은 해결방안이 될 수 있다. 본 논문에서 제안한 확장 매치메이킹 알고리즘은 중개 에이전트가 특정 도메인 지식을 효과적으로 이용할 수 있도록 문제에 대한 표현과 추론 과정이 명확한 CSP로 모델링 함으로써 불필요한 탐색 공간을 효율적으로 제거하도록 하였으며, 서비스 요청 에이전트의 요구사항을 만족시키면서 가능한 한 중복되는 에이전트 쌍이 최소화 되도록 일반적인 유사도(Similarity)와 함께 새로운 경쟁도(Competition)를 고려하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘이 기존의 매치메이킹 알고리즘보다 더 효율적인 것을 보이기 위해 온라인 인력 채용박람회를 모델로 하여 중개 에이전트가 직업을 구하는 서비스 요청 에이전트와 인재를 모집하는 서비스 공급 에이전트간의 매치메이킹 문제에 대해 실험 평가하였다.

Key words : Matchmaking, Multi-Agent, CSP, Similarity, Competition

1. 서론

기하급수적으로 증가하는 정보의 홍수 속에서 사용자가 원하는 인터넷상의 정보나 서비스를 효율적으로 찾아주는 방법은 꾸준히 연구되고 있다. 인터넷 망에서의 매우 다양하고 이질인 다른 정보들을 처리하고 연결시켜주는 문제로써 멀티에이전트(Multi-agent) 환경 하에서 중개 에이전트(Mediating agent)를 통한 정보 공급 에이전트와 정보 요청 에이전트간의 매치메이킹(Matchmaking) 시스템은 좋은 해결방안이 될 수 있다.

본 논문에서는 특정 도메인의 경험적 지식을 매치메이킹 알고리즘에 적용하여 중개 에이전트가 에이전트간의 향상된 매치메이킹을 수행할 수 있도록 새로운 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘이 특정 도메인 지식을 효과적으로 이용할 수 있도록, 문제에 대한 효과적인 표현과 추론 과정이 명확한 제약 만족 문제(Constraint Satisfaction Problems)로 모델링 함으로써 불필요한 탐색공간을 효율적으로 제거하도록 하였다.

제안된 알고리즘을 평가하기 위하여 본 논문에서는 중개 에이전트가 온라인상의 직업 채용 박

람회 역할을 수행하는 직업 중개 서비스 에이전트의 매치메이킹 문제를 다룬다. 일반적으로 구인-구직 시장의 특성은 구인자와 구직자의 입장에서 최선의 선택을 도와주는 것 이외에 특정 구직자와 구인자간의 경쟁률을 고려해 잠재적 거래 성공률을 높이는 것도 매우 중요하게 생각될 수 있다. 이러한 관점은 제한적인 자원을 가진 실제 상거래 유형에 기인한 것이다. 본 논문에서는 서비스 요청 에이전트가 요구하는 문제에 적합하면서 가능한 많은 쌍을 중복되지 않게 연결시켜줄 수 있도록 일반적인 유사도(Similarity)와 새로운 경쟁도(Competition)를 도입하여 제안된 알고리즘이 시간 복잡도에서 우수함을 보이고, 더 많은 거래 후보 쌍을 생성할 수 있다는 것을 보였다. 또한 유사도와 경쟁도의 임계치를 변경함으로써 알고리즘의 성능을 높일 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 연구에 필요한 배경지식, 3장에서는 관련연구에 대해서 살펴보고, 4장에서는 본 논문에서 제안하는 CSP를 이용한 확장 매치메이킹 알고리즘에 대해 설명을 한다. 5장은 실험 및 평가, 6장은 결론 및 향후 연구방향에 대해서 논의한다.

* 이 논문은 2002년 한국과학재단의 목적기초연구사업 연구비 지원에 의한 것입니다.

** 인하대학교 컴퓨터 공학부

*** 인하대학교 컴퓨터 공학부

2. 배경 지식(Background)

2.1 매치메이킹 시스템

매치메이킹(Matchmaking)은 중개 에이전트(Mediating agent)를 통하여 구매자에게 적당한 공급자를 찾아주는 일련의 과정을 의미한다. 매치메이킹 프로세스는 다음과 같은 일반적인 과정을 따른다.

- 서비스 공급 에이전트는 서비스 특성들을 중개 에이전트에 서술한다(Advertisement).
- 중개 에이전트는 에이전트들의 서술 내용을 저장한다(Repository).
- 서비스 요청 에이전트는 요구되는 특성들을 보유한 공급자를 알고 있는지 중개 에이전트에 질의를 던진다(Query).
- 중개 에이전트는 저장된 서술 내용을 서비스 요청 에이전트에 짝을 지워 주고, 저장된 서술내용을 결과로서 응답해준다(Response).

분산 환경하의 멀티에이전트 시스템에서 중개 에이전트의 매치메이킹 알고리즘에 의한 전자상거래 중개 기법은 이질적이고 다양한 정보들을 사용자들에게 연결시켜 주기 위한 효율적인 정보 검색 방법으로서 가장 일반적으로 응용된다. 특히 서술적인 언어와 구조적인 매치메이킹 알고리즘에 관한 최근의 연구들은 실제 상거래에도 응용되어 유사도 높은 멀티 에이전트 환경을 구축하고 있다.

2.2 CSP

CSP는 유한 이산 도메인(Domain)을 가지는 유한개의 제약 변수(Constrained Value)들의 집합과 이들 변수들 사이의 도메인을 제한하기 위하여 존재하는 유한개의 제약 조건(Constraint)들의 집합으로 문제를 정형화 한 후 일치성 검사(Consistency Checking)와 휴리스틱 검색 알고리즘 등을 적용하여 문제를 해결하는 방법이다.

인터넷 상거래에서 n 명의 구매자들과 m 명의 판매자들 간의 중개 프로세스는 동적 할당(Dynamic Allocation) 문제로 간주할 수 있다. 또한 중개 프로세스의 목표가 구매자나 판매자의 이익을 대변하는 관점에서 구매자 또는 판매자의 요구사항을 최대한 만족시키게 하는 쌍의 집합을 구하는 것이므로 중개 프로세스는 최적화 문제로 고려된다. 이러한 중개 프로세스의 특성들로 인하여 중개 프로세스에 CSP 기법을 적용하는 것이 가능하게 된다. 즉, 중개 프로세스에 참여하는 구성 요소들과 그들 간의 연결 관계를 CSP 모델로 정형화시키면 기존에 연구되어 왔던 효과적인 CSP 기법들을 적용하여 보다 효율적인 전자상거래 행위가 이루어지도록 할 수 있는 것이다.

과거 몇몇 연구에서 CSP를 전자상거래에 응용하기 시작하였다. PersonaLogic[11]은 구매자의 제품 구매를 보조해주는 연구로서 제약조건 기반 여과(Constraint-Based Filtering) 기법을 이용한 것으로,

구매자가 원하는 제품에 대한 요구조건을 제약조건으로 입력 받고 판매자의 상품들의 제약조건에 대한 만족도를 평가한다. 즉, 다양하게 존재하는 판매 제품들을 평가하여 그 중에서 구매자의 요구를 가장 만족시키는 제품을 선택하는데 CSP 기법을 이용하는 것이다. PersonaLogic에서의 제약조건은 반드시 만족시켜야만 하는 강제 제약조건(Hard Constraints)과 반드시 만족될 필요는 없지만 만족되기를 희망하는 완화 제약조건(Soft Constraints)으로 구분된다. 다음으로 이를 수행하는 CSP 엔진이 강제 제약 조건들과 일치하지 않는 제품들을 도메인으로부터 여과시키고, 완화 제약 조건들을 검사해서 여과된 제품들에 대한 우선순위를 부여하여 정렬시킨다.

3. 관련 연구(Related Works)

초기의 매치메이킹 알고리즘에 관한 연구로는 KQML 명세에 기반하고, 내용 서술 언어로써 KIF를 사용한 ABSI(Agent-Based Software Interoperability)[7]가 있다. 이 시스템에서 서비스 서술은 서비스 공급자와 서비스 요청자에 대한 균등한 술어로 단순 통합된 KIF에 의해 구현된다. Kuokka 와 Harada는 각각 SHADE 와 COINS[8] 라는 매치메이킹 알고리즘을 내장한 중개 에이전트 시스템을 제안하였다. COINS에서의 매치메이킹 알고리즘은 TF-IDF(Term Frequency-Inverse Document Frequency)를 사용한다. SHADE에서 이용된 matchmaking 알고리즘은 유사 Prolog 언어를 사용한 통합 프로세스이다. 근래에는 중개서버 기반의 정보 서비스로 InfoSleuth[9]가 제안되었다. InfoSleuth에서의 서비스 서술 언어는 KIF 기반이다. 매치메이킹 알고리즘은 사용자 요구사항과 데이터 자원간의 제약 교차 합수를 이용한 제약 매치메이킹 알고리즘을 이용한다. A-Match[10] 시스템은 실 사용자가 필요한 서비스를 공급하는 에이전트를 검색할 수 있는 웹 서비스 기반의 인터페이스를 제공한다. A-Match는 서로 다른 어플리케이션에서 제공되는 여러 가지 유형의 서비스 서술들을 저장할 수 있다. Sycara가 제안한 시스템에서는 공급 서비스 서술과 요청, 매치메이킹 알고리즘을 지원하는 LARKS(Language for Advertisement and Request for Knowledge Sharing)[2]라는 에이전트 특성 서술 언어를 제안하였다. 그와 함께 이 시스템에서는 요청 에이전트와 공급 에이전트간 유사도와 효율성에 따라 exact match, plug-in match, 그리고 relaxed match라는 세 가지 형태의 여과방식을 사용하였다. LARKS에서 사용한 매치메이킹 알고리즘은 에이전트간의 유사도와 시간적 효율성간의 균형 잡힌 흥정을 제공하였다.

위의 매치메이킹 알고리즘에 대한 많은 연구들은 서비스 공급 에이전트 특성 서술의 중요성과 그 서술에 기반을 둔 매치메이킹의 수행이라는 두 가지 중요한 관점을 제시하였다. 그러나 대부분의 매치메이킹 알고리즘에서의 구조적인 단점은 에이전트간의 매치메이킹은 단지 에이전트의 특성 서술에 의해서 평가되는 유사도에만 의존하고 있다는 것이다. 즉, 매치메이킹된 모든 에이전트를 잠재적인 거래 후보 쌍으로 간주하여 서비스 요청 에이전트에게 유사도 높은 에이전트만을 추천 해준다. 이

러한 유사도에 의한 매치메이킹 알고리즘은 공급 서비스의 양이 무한하다는 가정 하에서는 실제 상거래에 응용해도 무방하다. 그러나 불행하게도 실제 세계에서 일어나는 상거래는 시장의 경험적 혹은 사회적인 특성에 따라 유사도만을 응용하는 것은 지극히 제한적인 경우가 많다. 특히 인력 채용박람회와 같은 공급자의 서비스의 자원이 서비스 요청자에 비해 한정적일 때는 유사도 평가 알고리즘만으로는 실제로 많은 후보 쌍을 생성시켜 줄 수 없다. 알고리즘에 따라 매치메이킹이 수행 되었다고 하더라도 실제 거래를 협상하는 과정에서는 성공 확률은 공급 에이전트의 경쟁도에 따라 변화할 것이다. 중개 에이전트에서의 매치메이킹 알고리즘은 서비스 요청자에게 질적으로 얼마나 좋은 공급자를 연결시켜 주는가도 중요하지만, 시장의 특성에 다른 경험적 지식의 적용도 중요한 이슈가 된다.

따라서, 실질적으로 상거래를 중개하는 시스템을 구현하기 위해서는 상거래에 대한 정확한 서술 및 유사도 평가 능력과 함께 경험적인 지식에 대한 평가 능력도 필요하다. 특히 경쟁도가 상대적으로 높은 상거래 유형에 있어서는 유사도 차이가 경험적으로 미세하다고 판단된다면, 서비스 요청에 이주하는 경쟁도가 낮은 서비스 공급 에이전트를 선택할 수 있게 되어 균형적인 매치메이킹 알고리즘을 통한 중개 에이전트의 역할을 수행할 수 있을 것이다.

4. CSP 기반의 확장 매치메이킹 알고리즘

매치메이킹 문제를 단순 공급 서비스 추천 문제라 아닌 유한한 자원이나 서비스의 효율적인 할당 문제로 보았을 때, 서로간의 중복된 매치메이킹 수를 최소화하여 최대한의 잠재적 거래 후보 쌍을 생성해주는 것이 목표가 된다. 단순히 서비스 공급자와 요청자간의 유사도만을 평가하고, 매치메이킹 알고리즘을 수행할 경우에는 공급 자원이나 서비스가 고갈 되었을 때 많은 탈락 에이전트가 발생하게 되고, 다른 공급 에이전트와의 연결 기회가 박탈당하게 된다. 이렇게 경쟁에서 이탈된 에이전트들은 반복적으로 매치메이킹 알고리즘을 수행하는 중개 에이전트에 등록되게 되어 시간적, 자원적인 낭비를 하게 될 수 있다. 본 논문에서는 서비스 요청 에이전트에 비해 상대적으로 소수의 서비스 공급 에이전트를 가진 특정 도메인에 대하여 임계치 범위 내에서 최대한의 잠재적 거래 후보 쌍을 생성하기 위하여, 기존의 유사도(Similarity) 평가함수와 함께 도메인 휴리스틱 함수인 경쟁도(Competition) 평가함수를 사용하였다. 또한 도메인 표현 능력과 추론 과정이 명확한 CSP로 정형화함으로써 불필요한 탐색공간을 효율적으로 제거하였다.

4.1 CSP 모델링

CSP는 유한 도메인(Domain)을 갖는 유한 개의 제약 변수(Constrained Variable)들과 이들이 동시에 가질 수 있는 도메인을 제한하기 위하여 존재하는

유한 개의 제약 조건(Constraint)들로 이루어진 문제를 말한다.[1]

$CSP(Z, D, C)$ where

Z : Constraint Value

D : Domain

C : Constraint

A_{pro} : 서비스 요청자의 속성 집합

x, y : 각 속성에 할당된 값,

$$x = \{x_i | i \in A_{pro}\}$$

V_{req}^{low} : 각 속성에 대한 요청자의 하한값

V_{req}^{high} : 각 속성에 대한 요청자의 상한값

V_i : 각 속성에 취할 수 있는 값의 범위,

$$V_i = \{V_{req}^{low} \leq V \leq V_{req}^{high}\}$$

V : V_i 의 집합, $\{V_i | i \in A_{req}\}$

C_i : 각 속성에 관련된 unary 제약 조건

C_{ij} : 각 속성에 관련된 binary 제약 조건

C : 모든 제약 조건의 집합, $C = \{C_i, C_{ij}\}$

이라고 하면, 제약 변수의 집합은 서비스 요청자의 비교 속성의 집합이 되고, 도메인은 각각의 비교 속성들에 할당될 수 있는 값의 범위가 된다. 그러므로 서비스 공급자에 대한 서비스 요청자의 제약 만족 문제를 다음과 같이 CSP로 표현할 수 있다.

$CSP(A_{req}, V, C)$

제약 조건의 서비스 요청자의 선호도나 요구 사항에 의해서 정해진다.

예를 들어 어떤 구직자가

- 연봉은 1500만원 이상이고, 2000만원 이하여야 한다.
- 원하는 근무지역은 인천이면 좋고, 서울이나 경기지역 이어도 무방하다.
- 희망 직위는 경력 직위보다 높거나 같아야 한다.

위의 구직자 요구 사항을 다음과 같이 제약 조건으로 표현할 수 있다.

- $1500 \leq salary \leq 2000$ (Unary Constraint)
- $region = Incheon$ (Unary Constraint)
- $region = Seoul \text{ or } Kyunggi$ (Soft Constraint)
- $position(new) \geq position(old)$ (Binary Constraint)

4.2 알고리즘

CSP로 모델링된 도메인 변수와 제약들은 제안된 알고리즘을 통하여 매치메이킹을 수행한다. 제안된 알고리즘에서 사용된 휴리스틱 평가함수는 유사도의 임계치와 경쟁도의 임계치에 따라 생성된

다.<표 1>

```

class Matchmaking(P,R) {
    w : weight_vector(w1,w2,...,wn)
    Pi : ServiceProvider_vector(x1,x2,...,xn)
    Ri : ServiceRequester_vector(y1,y2,...,yn)
    Ni : the_number_of_matched_requester_per_one_provider
    V : Range_of_Domain_Value
    θs : the_threshold_of_Similarity
    θc : the_threshold_of_Competition

Step 1. Data Preprocessing
1. Normalization(P,R)
    P' = P / V; R' = R / V;
2. Multiply_Weight_Vector
    P'' = wP'
    R'' = wR'

Step 2. Terminate Condition
1. if (search all Pi) goto Step 5

Step 3. Calculate Heuristic Function
1. Si = (Pi · Ri) / (√(Pi²) · √(Ri²)) //Simi larity Function
2. Ci = Ni
3. if (Si ≥ θs and Ci ≤ θc) f(Pi) = Si; //Heuristic Function
   else goto Step 2

Step 4. Ranking
1. Rank(f(Pi)); Ni ++;
   goto Step 5

Step 5. Result
1. if (Rank != null) return Rank;
   else return null;
    
```

<표 2>매치메이킹 알고리즘

5. 실험 및 평가

5.1 데이터 정규화(Normalization)

본 논문의 실험을 위해서 Microsoft Visual C++ 6.0과 ACCESS 2000을 사용해서 구현하였으며, 실험환경은 펜티엄3 450MHz Dual, 512MB RAM의 시스템이었다.

테스트에 사용할 데이터들은 단순 게시판 형태의 실제 인터넷 구인-구직 사이트인 인천 경영자 협회 사이트[12]에서 수개월에 걸쳐 수집하여 데이터 일반화 작업을 거쳐 온 것들이고 데이터들의 구성은 <표 2>와 같다.

	Test Data	Attributes	Evaluate Attributes
구인자 데이터	500	24	7
구직자 데이터	500	19	

<표 2> 데이터 셋의 구성

사용된 각 데이터 셋의 속성(Attribute)들은 다음과 같다.

- 구직자 데이터 속성 : 성명, 근무형태, 근무지역, 생년, 연봉, 주소, 연락처, Email, 지원부문, 종교, 형제관계, 군필 여부, 결혼 여부, 학력, 전공, 성적, 자격면허, 경력 년수, 경력사항

- 구인자 데이터 속성 : 회사명, 대표자, 홈페이지, Email, 대표전화, 팩스번호, 기업규모, 업종, 주소, 설립년도, 종업원 수, 상장여부, 기업 내용, 담당자, 지원부문, 경력 년수, 모집인원, 학력, 생년, 연봉, 근무지역, 등록일, 마감일, 근무형태

- 평가 속성 : 직종, 학력, 연봉, 생년, 경력, 지역, 근무형태

실험에서는 위의 중복된 속성들을 평가함수에 이용하였으며, 또한, 원 데이터에는 가중치 항목이 없었으나, 좀 더 구체적인 실험 평가를 위해 속성별 가중치 설정을 하였다. 각 항목에 대한 가중치는 0.05부터 0.5까지 총합이 1이 되도록 구성하였다. 각각의 구직자에게 임의로 설정하였다.

평가된 함수를 기준으로 구직자 에이전트 인터페이스로 직업 우선순위 10개 항목을 순위별로 사용자에게 전송해준다.

5.2 실험 평가

실험에서는 실제 구인 구직 인터넷 사이트를 대상으로 데이터를 전송받아 구인 구직 에이전트를 구성하고, 각 데이터들을 0에서 1사이의 값으로 일반화 시켰다. 또한 보다 더 정교한 실험을 위해, 실제 데이터 항목에는 없는 사용자 가중치를 0.05에서 0.5사이의 값으로 총합이 1이 되게 임의 생성하였다. 구축된 중개 에이전트에서는 일반적인 유사도 평가 함수를 통해 일반화된 데이터들의 유사도를 평가하고, CSP 엔진을 통해 유사도 상위 10% 이내의 구직 에이전트만을 추출한다. 추출된 구직 에이전트는 다시 제안된 휴리스틱 함수를 통해 보다 더 많은 쌍을 맺어 주기 위한 매치메이킹 알고리즘을 수행하고 종료하게 된다.

알고리즘의 성능을 평가하기 위해 유사도, 경쟁도, 시간 효율의 세 가지 항목을 비교, 평가하였다. 각각의 정의는 다음과 같다.

- 유사도(S_{ij}) = $\frac{Vec(company) \cdot Vec(person)}{|Vec(company)| \cdot |Vec(person)|}$
- 경쟁도 = $\frac{\text{짝짓기 된 구인 에이전트의 수}}{\text{하나의 구직 에이전트}}$
- 시간 복잡도 = $\frac{\text{알고리즘 수행 시간 (ms)}}{100\text{개의 구직 에이전트}}$

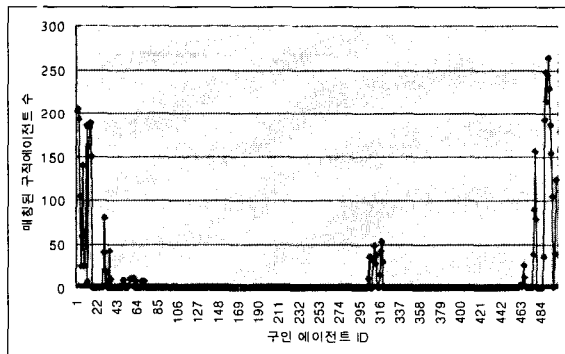
여기서 경쟁도를 평가할 때의 유사도와 경쟁도의 임계치를 정해주어, 구인 에이전트가 턱없이 낮은 유사도를 가진 구직 에이전트가 매치메이킹 되는 것을 방지하였다. 임계치는 유사도와 경쟁도의 평균값을 취했다.

각 알고리즘을 구현하여 성능을 비교한 것이 <표 3>이다. 유사도 알고리즘과 휴리스틱 알고리즘을 수행하고 난 후 결과값을 나타낸다.

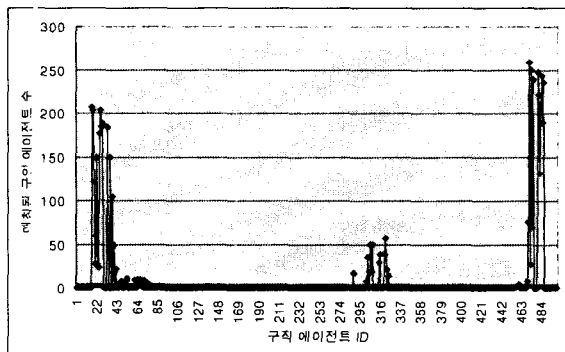
구분	유사도 알고리즘	휴리스틱 알고리즘
매치메이킹된 에이전트	79	84
평균 유사도	0.758825	0.758629
평균 경쟁도	63.29114	59.52381
시간 복잡도	1504ms	1592ms

<표 3> 실험 결과

먼저 각각의 구인 에이전트에 대하여 매치메이킹이 성공한 구직 에이전트의 수는 휴리스틱 알고리즘이 더 나은 성능을 나타낸다. 이는 가중치와 함께 경쟁도를 고려한 것으로 구직자와 구인자간의 효율적인 서비스를 제공 할 수 있다. <표 4>와 <표 5>에서 보는 바와 같이 경쟁도의 분포에 있어서도 좀 더 고른 분포도를 보인다.

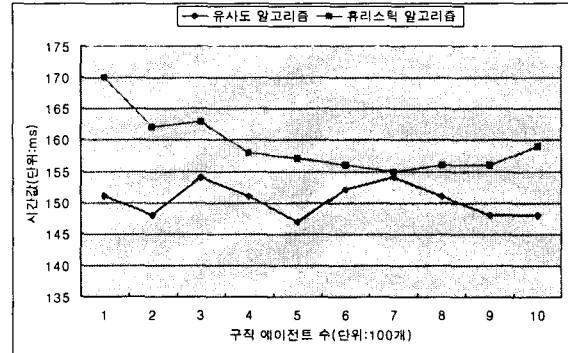


<표 4> 유사도 알고리즘에서의 경쟁도 분포



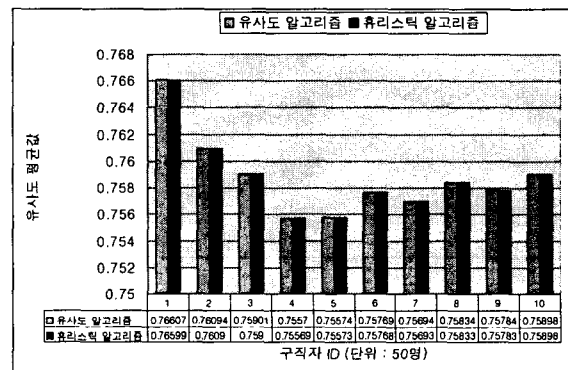
<표 5> 유사도 알고리즘에서의 경쟁도 분포

하지만, <표 6>에 나타난 결과와 같이 유사도 알고리즘에 추가된 휴리스틱 알고리즘의 수행으로 수행 시간에 있어서는 약간의 증가를 보였으나, 실행 환경이나 알고리즘의 효과적 개선에 따라 좀 더 나은 성능을 보일 수 있다.



<표 6> 두 알고리즘 간의 시간 복잡도

<표 7>은 구직자 에이전트 아이디를 50단위로 표본 추출하여 유사도 알고리즘과 휴리스틱 알고리즘의 유사도 평균 값의 비교 그래프이다.



<표 7> 두 알고리즘간의 유사도 표본 비교

<표 1>에서 보는 바와 같이 평균적으로 경쟁도는 3.8% 낮아지는 효율을 보였고, 그에 비해 유사도는 0.026%의 상대적으로 무시할만한 감소를 보였다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서 제안한 확장 매치메이킹 알고리즘에서는 특정 도메인 지식을 효과적으로 이용할 수 있도록 문제에 대한 표현과 추론 과정이 명확한 CSP로 모델링 함으로써 불필요한 탐색공간을 효율적으로 제거하도록 하였으며, 요구사항을 만족시키면서 가능한 한 중복되는 에이전트 쌍이 최소화 되도록 일반적인 유사도(Similarity)에 새로운 경쟁도(Competition)를 고려하였다. 결과적으로 확장 매치메이킹 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해 정확도를 크게 벗어나지 않으면서 에이전트간의 경쟁도를 감소시켰으며, 더 많은 후보 쌍을 생성함으로써 거래가 성사될 확률을 높였다.

본 논문에서 제시한 확장된 매치메이킹 알고리즘은 예측한 바와 같이 기존의 유사도 비교 방식

알고리즘에 비해 경쟁도는 3.8% 낮아지는 효율을 보였지만, 그에 비해 유사도는 평균 0.026% 정도의 감소와 수행시간은 5.5% 가량 증가를 보였다. 이러한 결과는 공급 자원이 한정되어 있고, 매매 성사 효율을 증시하는 상거래 형태에서 좋은 응용이 될 수 있다. 또한 서비스 공급자나 서비스 요청자의 개개의 만족도 보다는 서비스 자원의 서비스 요청에 대한 효율적인 할당이라는 측면에서 좋은 결과를 나타내며, 서비스 공급과 수요의 균형이 필요한 상거래 시장 구조에 적합한 연구 결과이다.

향후 연구과제로는 다음 몇 가지가 제안될 수 있다.

첫째, 휴리스틱 함수와 일반 유사도 함수와의 적용 비율을 임계치를 이용한 방법이 아닌 도메인 특성이 반영될 수 있도록 지식기반이나 사례기반을 통하여 결정하도록 하는 것이다. 현재 제안된 알고리즘으로는 반복 실험의 결과로 나온 임계치에 의한 평가함수 비율의 조정에 의존하고 있으나, 보다 더 도메인 휴리스틱한 평가치를 얻어내기 위해서는 지식기반이나 사례기반의 연구가 필요하다.

둘째, 본 논문에서 제안된 도메인 휴리스틱 함수인 경쟁도 고려 뿐 아니라, 기계 학습을 통한 신뢰도 평가 등 보다 더 많은 휴리스틱 함수를 적용하여 연구하여야 한다.

셋째, 향후 보다 정교한 알고리즘 설계와 적용을 위한, 단순한 매치메이킹(Matchmaking)이 아닌 실질적인 거래 중개(Brokering) 시스템으로 발전시키려면, 에이전트간의 협동(Coordination), 협상(Negotiation)에 관한 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2002년 한국과학재단의 목적기초 연구사업 연구비에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] Jung, Jong-Jin, G. S. Jo, "Brokerage between Buyers and Sellers Agents using Constraint Satisfaction Problem Models", Decision Support Systems, Elsevier Science Publishers, to appear. Journal of Decision Support System, 1998.
- [2] Kataoa Sycara, Seth Widoff, Matthias Klusch, Jianguo Lu, "LARKS: Dynamic Matchmaking Among Heterogeneous Software Agents in Cyberspace", Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 5, 2002, pp 173-203.
- [3] Michael Ströbel, Markus Stolze, "A Matchmaking Component for the Discovery of Agreement and Negotiation Spaces in Electronic Markets", Proceedings of the Group Decision and Negotiation Conference, 2001.
- [4] Zili Zhang, Chengqi Zhang, "An improvement to matchmaking algorithms for middle agents", Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, Bologna, Italy, 2002, pp. 1340-1347.
- [5] Leonard N. Foner, "Yenta: A Multi-Agent, Referral Based Matchmaking System," In Proceedings of the first international conference on Autonomous agents, Marina del Rey, CA: ACM Press, 1997, pp 301-307.
- [6] Raj Veeramani, Narayanan Viswanathan, Shailesh M. Joshi, "Similarity-based Decision Support for Internet Enabled Subby-web Interactions", Proceedings of DETC98, 1998 ASME Design Engineering Technical Conference, September 12-16, Atlanta, GA, 1998.
- [7] N. Singh, "A Common Lisp API and Facilitator for ABSI: Version 2.0.3", Technical Report Logic-93-4, Logic Group, Computer Science Department, Stanford University, 1993.
- [8] D. Kuokka, L. Harada, "Matchmaking for Information Agents", Proceedings of 14th IJCAI, 1995, pp. 672-678.
- [9] R. J. Bayardo, W. Bohrer, R. Brice et al., "InfoSleuth Agent-Based Semantic Integration of Information in Open and Dynamic Environments", in: M. N. Huhns and M. P. Singh (Eds.), Readings in Agents, Morgan Kaufmann, CA, 1998, pp. 205-216.
- [10] M. Paolucci, Z. Niu, K. Sycara et al., "Matchmaking to Support Intelligent Agents for Portfolio Management", Proceedings of AAAI'2000(demo Session), 2000.
- [11] <http://www.personalogic.com/>, PersonaLogic
- [12] <http://www.iea.or.kr/>, 인천 경영자 협회