

유학 안내 시스템을 위한 혼합 매치메이킹 알고리즘

(A Hybrid Matchmaking Algorithm for Studying-abroad Guidance System)

임 성 위 [†] 전 희 국 [†] 김 형 주 ^{**}
(Sengyu Rim) (Hee-Gook Jun) (Hyoung-Joo Kim)

요약 유학 신청은 크게 두 가지 방식이 있다. 한 가지 방법은 전문 유학 기관을 통해 유학 지원을 하는 것이고, 아니면 스스로 유학 정보를 찾아가며 진행하는 것이다. 대부분의 대학들은 홈 페이지를 통해 입학 관련 정보들을 공개하고 있으므로 지원자들은 전문 유학 기관의 도움 없이 유학 준비를 할 수 있게 되었다. 유학 지원자는 웹 검색을 통해 외국 대학의 정보를 기반으로 의사 결정을 할 수 있게 되었지만 방대한 정보를 가진 웹 상에서 직접 유학 정보를 찾는 것은 시간이 많이 소요되는 방법이다. 이러한 문제 점을 개선하기 위하여 시맨틱 기술을 이용한 유학 안내 시스템을 제안하였다. 또한 유학 정보 검색의 특성상 비완전 매칭을 하기 위해 시맨틱 웹 서비스 매치메이킹 알고리즘을 활용한 새로운 혼합형 매치메이킹 알고리즘을 제안하였다. 실험을 통해 기존의 완전 매칭보다 지원자에게 더 많은 유용한 정보를 제시하는 것을 확인하였다.

키워드: 시맨틱 웹, 온톨로지, 시맨틱 웹 서비스, 시맨틱 매치메이킹

Abstract The ways of applying foreign universities can be divided into two categories. One is to take consultation from agencies; the other is to collect information about universities then apply independently. Most of universities have their own homepages and admission information is published through homepages. Applicants do not have to take consultation from agencies any more, they are willing to search the internet for collecting information and apply by themselves. But collecting admission information by searching the internet is time-consuming and selecting appropriate universities is a cumbersome process. For solving the problems mentioned above, we proposed a guidance system for studying abroad by applying semantic web technology. For providing mechanism of inexact matching we proposed a new hybrid matchmaking algorithm based on existing matchmaking algorithms. In comparison with exact matching we provided more useful information by using hybrid matchmaking algorithm in experiments.

Keywords: semantic web, ontology, semantic web service, semantic matchmaking

· 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20120005695)

· 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20120009186)

[†] 비 회 원 : 서울대학교 컴퓨터공학부
syrim@idb.snu.ac.kr
hgjun@idb.snu.ac.kr
(Corresponding author)

^{**} 종신회원 : 서울대학교 컴퓨터공학부 교수
hjk@snu.ac.kr

논문접수 : 2013년 1월 24일

심사완료 : 2013년 4월 15일

Copyright©2013 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저자의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터 제19권 제6호(2013.6)

1. 서론

웹의 대중화로 대부분의 학교가 홈페이지를 통해 입학 정보 및 기타 관련 정보를 공개하고 있어, 유학 지원자들은 유학 전문 기관에 의지하지 않아도 관련 학교의 정보를 얻을 수 있게 되었다. 하지만 유학 정보를 수집하는 과정에서 희망 대학에 대한 정보를 찾기 위해 수많은 관련 홈페이지를 돌아다녀야 한다. 또한 대학마다 통일된 기준 없이 모두 홈페이지 구성이 달라 입학정보를 얻는데 번거로움이 가중된다.

관련 학교의 입학 정보를 수집한 후 자신에게 맞는 학교를 선정하는 것도 유학 정보 검색 문제 중 하나이다. 유학 지원자들은 보통 자신의 상황에 맞추어 GPA, TOEFL 성적, 학비와 같은 몇 가지 검색 기준을 사용한다. 이들은 자신이 갖춘 조건에 맞추어 학교를 선정한다. 정보의 매치(match)는 보통 소비자의 수요에 완벽히 부합하는 방식에 치중되어 있지만, 유학분야에서는 여러 가지 기준이 있다. 유학 조건을 낮추면 더 많은 후보 대학 정보를 얻을 수 있으므로 유학 지원자, 입학 조건을 다 갖추지 못한 유학 지원자들은 완벽히 매치되지 않는 기준을 사용한다면 새로운 목표 학교를 설정하는데 도움을 받을 수 있다. 즉 보다 효과적인 유학 정보 검색을 위해서는 사용자의 검색 기준과 일치하지 않으나 관련 있는 결과를 찾아주는 방법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 유학 지원자에게 보다 나은 유학 정보를 제공할 수 있는 온톨로지 기반 혼합 매치메이킹 알고리즘을 제시한다. 기존의 시맨틱웹 서비스는 QoS를 기반으로 하는 매칭이 가능하지만 대부분 완벽 매칭에 치중하는 것으로 유학 정보 검색 도메인에는 직접 적용할 수 없었기 때문에 기존 매치메이킹 알고리즘과 연동하여 유사한 매칭도 찾아내는 혼합 매치메이킹 알고리즘을 제안하였고, 이를 통해 유학 지원자의 요구에 맞는 대학리스트를 관련도 순으로 제공할 수 있도록 했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 시맨틱웹 서비스를 찾아주는 매치메이킹 알고리즘을 살펴보고, 3절에서는 유학 정보의 특징에 있어 비완전(inexact) 매칭을 해주는 혼합 매치메이킹 알고리즘을 제안하였다. 4절에서는 유학 정보를 구축하는 온톨로지와 시스템 구조에 대해 설명하며, 5절에서는 시스템의 성능을 평가하는 실험 방법과 평가에 대해 설명한다. 마지막 6절에서는 본 논문에서 제안한 혼합 매치메이킹 알고리즘에 대한 결론과 향후 연구에 대해서 언급하였다.

2. 관련연구

2.1 온톨로지 검색

시맨틱웹은 독립적인 네트워크가 아니라 기존의 네트

워크를 확장하고 발전시킨 차세대 네트워크라고 볼 수 있다[1]. 전통적인 네트워크 검색은 키워드를 중심으로 이루어져 적절하지 않은 검색 결과를 보일 확률이 상대적으로 높았다. Li Ding et al.[2]는 시맨틱웹 검색과 전통적인 네트워크 검색의 비교 검색을 통해 각각의 장점을 정리했다.

온톨로지는 시맨틱웹의 중요한 구성 부분으로, 특정 영역에서 자주 사용되는 단어와 개념을 제공함으로써 해당 영역의 지식을 나타낸다[3]. 철학에서 착안한 온톨로지는 인공지능 분야의 전문가들이 정보과학을 접목함으로써 시작되었다. Passin은 [4]에서 데이터 구조의 각도관점에서 온톨로지와 전통적인 데이터베이스를 비교했고, 데이터 모형으로서 온톨로지가 가지는 장점을 기술했다. 의료, 교육 등 여러 분야에서 온톨로지가 응용되고 있으며, 해당 영역 지식에 모호화를 진행함으로써 다른 구조의 데이터 정보를 통합하고 의미 정보를 제공할 수 있게 되었다.

Kwong and Chun[5]은 지능화된 대학 진학 추천 시스템을 통해 온톨로지의 필요성을 서술했으며, 시맨틱웹 검색과 전통 데이터 검색(집중식 데이터베이스와 XML)의 비교우위를 분석했다. 또한 대학 진학에 필요한 시스템을 온톨로지를 기반으로 하여 설계, 개발하였다.

그러나 대학정보의 검색과정 연구에만 초점을 두어 유학 지원자 수요와 대학 정보를 매칭하는 데는 단순한 완벽 매칭에 근거하였고 대학 정보에 대한 랭킹 기능도 없었다. 대학 진학이나 유학 추천 분야에서 완벽 매칭 방식에만 의존하는 것은 불가능하며 지원자 수요에 근접한 비완전 매칭도 지원가능한 방식을 사용해야 한다. 이러한 매커니즘을 위해서 시맨틱웹 서비스의 매칭 계산법을 사용했다.

2.2 서비스 매치메이킹 검색

온톨로지에 기반한 시맨틱웹 서비스 매치메이킹은 서비스에 대한 사용자의 수요와 시맨틱웹 서비스를 매칭하는 과정이다[6]. 매칭 대상이 다르기 때문에 시맨틱웹 서비스 매치메이킹은 기능 매치메이킹(functional match-making)과 비기능 매치메이킹(non-functional match-making)으로 나눌 수 있다.

2.2.1 비기능 매치메이킹 검색

온톨로지 매칭은 자연어에 기반한 비교 검색을 하므로 계산복잡도가 크다. 그러나 시맨틱웹 기반의 서비스 산업에서는 가격, 수량 등의 수치적 자료를 포함하고 있기에 범위 질의(Range query)가 가능하다. 이러한 온톨로지 도메인에서 범위 질의를 활용한 매칭을 가능하도록 하는 기술이 비기능 매치메이킹이며 대표적인 예로 QoS(Quality of Service)가 있다. 즉, QoS 매칭은 서비스 제공자(Provider)와 서비스 사용자(Consumer)간에

범위 질의를 기반한 상호 교신을 하는 방법을 정의한 것이다.

그러나 QoS와 같은 비기능 매치메이킹[8-10]은 사용자 질의에 완벽하게 매칭된 결과만을 반환하는 방법이다. 유학 정보 검색은 사용자 질의와 유사한 결과까지 제시하는 비완전 매칭을 지향하므로 비기능 매치메이킹 기술만으로는 적절한 유학 정보 검색을 구현할 수 없는 단점이 있다.

2.2.2 기능 매치메이킹 검색

기능 매치메이킹은 텍스트 형식인 개념(concept) 기반으로 사용자의 수요와 서비스를 비교하는 방법이다. Paolucci et al.[7]은 온톨로지 계층구조 정보를 바탕으로 한 기능 매치메이킹 알고리즘을 제안했다. 매칭의 정밀도는 exact, plugin, subsume, fail과 같은 4가지로 나뉜다. 예를 들어, 두 온톨로지를 비교할 때 각 온톨로지서 정의한 개념이 정확하게 일치할 때만 매칭을 해주는 경우를 exact, 비교 대상이 상위 개념인 경우까지 매칭을 해주면 plugin, 비교 대상이 하위 개념인 경우까지 매칭을 하면 subsume, 그 외의 경우를 fail로 본다. Li and Horrocks[6]는 intersection 관계를 추가하여 기존 단계를 5단계로 늘렸다.

하지만 계층구조를 사용해 매칭을 할 수 있는 기능 매치메이킹은 개념 매칭만을 목표로 하는 방법이므로 유학 정보 검색에 필요한 여러 조건을 매칭할 수 없는 문제가 있다.

2.3 퍼지 매치메이킹 검색

[11]는 퍼지수학 이론을 이용하여 분명한 수치를 가진 QoS속성치를 퍼지이념으로 전환한 계산법을 제시했다.

그러나 이러한 방법들이 유학 분야의 검색 랭킹 문제를 완벽히 처리할 수 없기 때문에 우리는 [6,8,11]에서 제시한 세가지 계산법을 혼용하여 새로운 혼합식 매치메이킹(fuzzy matchmaking) 알고리즘을 제안하였다. 이 계산법은 비완전 매칭 기능을 제공하며 지원자의 수요에 적합도에 맞춰 순서를 보여준다.

3. 혼합 매치메이킹 알고리즘

본 절에서는 우리가 개발한 유학 시스템을 위해 혼합하여 사용한 QoS 매칭, 기능(functional) 매칭, fuzzy 매칭 알고리즘을 소개한다.

3.1 유학 정보 매칭 알고리즘

우리는 더 나은 매칭 전략을 위해 지원자의 수요와 입력 정보 및 대학입학 정보에 관한 데이터를 분석했다. 그 결과 대학의 입학 정보는 보통 수치구간 형식으로 나타내고 있었으며 (즉, TOEFL > 95와 같은 형태), 지원자가 선택하는 과정은 지원자가 내린 수요와 대학입학 정보의 매칭 과정으로써, 지원자의 수요도 주로 수치

형구간으로 나타낼 수 있다.

그러므로 QoS 매칭이 가능하도록 지원자를 서비스 사용자로, 대학을 서비스 제공자로 매핑을 하였다. 서비스 제공자로서의 대학은 세부적인 입학정보를 범위 질의가 가능한 정보로 정리하였으며, 이를 바탕으로 유학 정보 온톨로지를 RDF 데이터로 구축하여 온톨로지 매치메이킹 알고리즘을 사용할 수 있도록 하였다.

3.2 비완전 매칭 알고리즘

보다 나은 유학 정보 추천을 하기 위해서는 QoS 매칭을 적용해 범위 질의를 가능하게 하는 기능뿐만 아니라, 사용자 질의와 유사한 결과도 제시할 수 있는 비완전 매칭이 가능하도록 해야 한다. 이를 위해 본 논문이 제시하는 유학 추천 시스템은 퍼지 매치 메이킹 방법을 추가로 적용하였다.

퍼지 매치메이킹은 퍼지 집합(fuzzy set)이론을 채택하여 사용자가 질의를 퍼지 용어(fuzzy terms)로 바뀌 퍼지 분류자(fuzzy classifier)로 비완전 매칭이 가능하도록 해준다. 일반적인 집합은 어떤 입력 값에 대해 주어진 집단(member)에 속하거나(true) 속하지 않거나(false) 둘 중 하나의 결과를 확정한다. 그러나 퍼지 집합은 그림 1과 같이 멤버십함수(membership function)를 사용해 입력 값이 주어진 집단에 속하는 정도를 0에서 1사이의 수치로 결정한다.

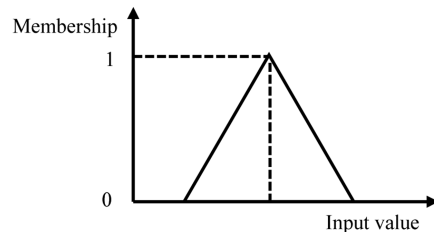


그림 1 퍼지 분류를 위한 멤버십함수

Fig. 1 Membership function for fuzzy classifications

따라서 유학 정보 검색도 이를 적용하여 QoS 방식의 질의가 대학 입학 정보와 매칭되는 정도를 질의에 근접한 정보이다(1)에서 상관없는 정보이다(0) 사이의 값으로 판단을 해준다.

이렇게 0과 1사이의 유사도를 평가하기 위해 2절에서 언급한 기능 매치메이킹 방법을 사용하게 된다. 기능 매치메이킹 자체로는 개념 간의 비교만 가능하지만, 개념 간의 5가지 계층구조(exact, plugin, subsume, intersection, disjoint)를 수치를 대상으로 한 범위 연산으로 변환하여 QoS 질의를 처리할 수 있도록 변경하여 멤버십수로 사용하였다. 식 (1)은 대학정보(i)와 질의(j)가 주어졌을 때 유사도를 계산하는 멤버십함수의 기준이다.

예를 들어 사용자가 학점 3.5에서 3.7 사이의 점수로 지원 가능한 대학을 찾는다면, 3.4에서 3.8 사이의 점수로 지원 가능한 대학을 subsume 관계를 통해 가장 높은 유사도로 결정해줄 것이며, 3.6에서 3.9 사이의 점수로 지원 가능한 대학은 intersection 관계를 통해 subsume 관계보다 더 적은 유사도로 값을 결정해줄 것이다.

$$\text{Degree}_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } r = \text{Subsume} \\ 0.75 & \text{if } r = \text{Exact} \\ 0.5 & \text{if } r = \text{PlugIn} \\ 0.25 & \text{if } r = \text{Intersection} \\ 0 & \text{if } r = \text{Disjoint} \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에 근거한 지원자 수요와 대학의 전체 매칭도 계산은 식 (2)와 같다.

$$\text{MatchValue}_i = \frac{1}{EP} \sum_{j=1}^{EP} \text{Degree}_{ij} \quad (2)$$

사용자가 학점, 토폴 점수, 장학금, 학비 등 여러 속성에 대한 질의를 했을 때 각 속성에 대한 유사도의 등급을 합하여 평균을 낸 것을 최종 매칭도(MatchValue)로 계산한다. 그러나 사용자 혹은 대학 정보마다 가지고 있는 속성의 개수가 다를 수 있기 때문에 이를 조절하기 위해 계수 EP(equivalent property)¹⁾를 두어 조절한다.

이렇게 정의한 매칭값을 퍼지 매칭의 멤버 함수로 사용하여 비완전 매칭이 가능하게 하였고, QoS 매칭으로 유학 정보를 수치적인 범위 질의가 가능하게 하여 최종적으로 사용자에게 맞는 유학 정보를 매칭시켜 유사도 순으로 제공할 수 있도록 알고리즘을 구현하였다.

4. 유학 추천 시스템 구조

3절에서 정의한 알고리즘을 기반으로 구현한 유학 추천 시스템의 구조는 그림 2와 같다. 유학 추천 시스템은 크게 사용자 인터페이스, 인터넷 서비스, 데이터 저장 세 부분으로 구성된다.

시스템 사용자 인터페이스는 사용자에게 시스템의 사용 포트를 제공하는 것이며, 사용자 인터페이스는 JSP

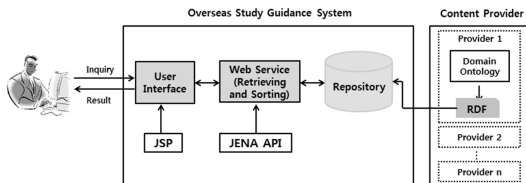


그림 2 유학 안내 시스템 구조

Fig. 2 Overseas study guidance system

1) EP(equivalent property): 대학교가 제공하는 정보와 사용자가 질의한 속성의 형태가 일치하는 개수. 예를 들어, 학교는 학점, 장학금 정보를 제공하고 사용자는 학점만을 질의로 사용한다면 EP는 1이다.

를 이용했다. 지원자는 대학에 대한 자신의 수요를 시스템에 입력하여 데이터베이스 안에 있는 대학 정보와의 매칭에 사용할 수 있다. 사용자 인터페이스 사용자는 TOEFL점수 같은 수치 구간을 가진 속성치를 입력할 수 있을 뿐만 아니라, 대학 소재 국가와 학위를 선별할 수도 있다.

대학 정보 제공자는 정의된 영역 온톨로지에 근거하여, 대학 정보를 온톨로지 인스턴스에 저장하고 저장된 RDF 파일을 데이터 베이스에 전송하여 시스템 조회와 매칭에 사용한다.

웹서비스 모듈은 주로 두 가지 기능을 제공한다. 하나는 데이터 베이스의 대학 정보 검색 기능으로, RDF 파일을 검색하기 위해 JENA API를 사용했다. 다른 하나는 검색한 대학 입학 정보를 사용자의 수요에 따라 앞에서 소개했던 혼합 매치메이킹 알고리즘을 활용해 정렬하는 기능이다.

5. 실험 결과

5.1 실험 방법 및 데이터

실험을 위한 테스트 집합으로 200개의 대학 데이터를 RDF 형식으로 구축했다. 그리고 유학 정보를 찾는 5 가지 다른 속성 명세를 가진 지원자 쿼리를 가지고 매칭 실험을 했다. 각 쿼리에 대한 결과의 정답셋은 온톨로지 전공을 가진 5명의 연구원에 의해 작성하였고, 이 정답셋을 기준으로 본 논문이 제시하는 알고리즘의 결과의 정확성을 측정했다.

알고리즘의 정확성은 Precision, Recall, F-measure 값을 사용해 평가했다. Precision은 알고리즘이 제공한 순서 가운데 정답과 일치하는 대학 개수와 해당 실험 중 비교하는 개수와의 비교값이다(식 (3)). Recall은 알고리즘이 제공한 순서 가운데 정답과 일치하는 대학 개수와 정답의 총 개수와의 비교값이다(식 (4)). F-measure은 앞의 두 가지 요소를 종합적으로 고려하여 시스템 성능을 평가하는 지표이다(식 (5)). 각 값은 5개 쿼리를 수행한 결과의 평균값을 사용해 계산했다.

$$\text{Precision} = \frac{\text{정답셋과 비교한 정확한 개수}}{\text{실험마다 비교되는 개수}} \quad (3)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{정답셋과 비교한 정확한 개수}}{\text{정확한 답변의 총개수}} \quad (4)$$

$$\text{F-measure} = \frac{2xPxR}{P+R} \quad (5)$$

5.2 성능 평가 기준

실험 결과는 그림 3과 같다. 그림 3에서 x축은 결과로 나온 대학교 집합의 개수를 의미하며 y축은 결과로 나온 대학교 집합에 대해 정답셋과 비교 평가한 각 세

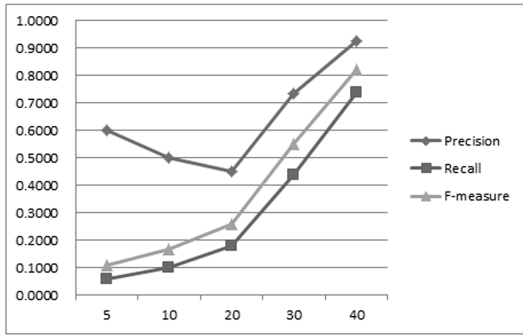


그림 3 혼합 매치메이킹 알고리즘의 실험 결과
Fig. 3 Precision, recall, and f-measure of the hybrid matchmaking algorithm

값을 백분율로 표현한 것이다. 혼합 매치메이킹 알고리즘이 제시한 상위 10개 대학에 대한 precision 값은 0.5를 넘는 값을 보이고 있다. 시스템의 평균 성능을 평가하기 위해 측정된 F-measure 값도 상위 30개 대학부터 0.5 이상의 값을 보이고 있다. 즉 혼합 매치메이킹 알고리즘을 사용하면 전체 대학 중 사용자가 원하는 후보 대학의 대부분을 상위 30위 이내의 목록으로 검색하여 제시할 수 있다고 볼 수 있다.

다음 실험으로 완벽하게 매칭되는 결과만을 제시하는 기존 알고리즘과 본 논문에서 제시한 혼합 매치메이킹 알고리즘의 검색 결과를 비교하였다. 그림 4에서 x축은 사용자의 질의 5개를 의미하며, y축은 각 질의에 대해 두 알고리즘이 계산한 상위 10개의 추천 대학 목록의 F-measure 값을 의미한다. 그림 4에서 알 수 있듯이 모든 질의에 대해 혼합 매치메이킹 알고리즘이 사용자 질의에 보다 적합한 결과를 제시함을 알 수 있다. 그 이유는 사용자의 질의에 완벽하게 부합하는 대학 입학기

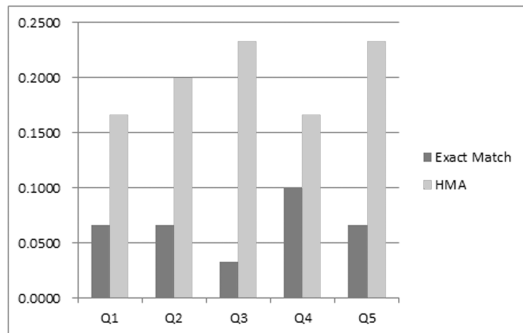


그림 4 기존 알고리즘과 혼합 매치메이킹 알고리즘의 실험 결과 비교
Fig. 4 Comparison of the hybrid matchmaking algorithm and the previous algorithm

준 뿐만이 아니라, 비완전 매칭 방법을 사용해 몇 개 속성이 맞지 않아도 사용자 입장에서 입학을 고려할만한 대학까지 제시해줄 수 있기 때문이다.

6. 결론 및 향후연구

정보화 시대에 진입하면서 사람들은 인터넷에서 필요한 정보를 직접 검색할 수 있게 되었다. 유학 지원자들도 유학 전문 기관을 통한 유학 준비 방식을 버리고 인터넷에서 대학 관련 자료를 검색해 사용할 수 있게 되었으나, 그 과정에서 모든 웹사이트를 검색하며 일일이 정리 및 비교를 해야만 한다.

우리는 이러한 문제를 해결하기 위해 혼합 매치메이킹 알고리즘을 활용하여 유학 추천 시스템을 설계하였다. 유학 지원자들이 더 신속하고 편리하게 필요한 정보를 검색하도록 하기 위해 유학 온톨로지를 설계하였으며 온톨로지에 근거한 검색 기능을 갖추었다. 유학 지원자가 보낸 쿼리에 따라 그에 맞는 대학을 찾기 위해 우리는 기존의 시맨틱 매치메이킹 알고리즘을 기반으로 구간형 수치 구간의 불완전 매칭을 실현할 수 있는 혼합 매치메이킹 알고리즘을 제안하였고, 퍼지 매치메이킹에서 했던 것처럼 수치형 구간 매칭도를 평가하기 위한 멤버십함수를 정의하였다. 그리고 실험을 통해 혼합 매치메이킹 알고리즘을 사용한 유학 추천 시스템이 더 나은 결과를 보이는 것을 확인했다.

향후 연구로 혼합 매치 메이킹 알고리즘을 일반화하여 유학 이외의 도메인에도 적용할 수 있도록 하고자 한다. 또한 멤버십함수에 사용한 매칭 기준을 개선하면 보다 정확한 비완전 매칭 결과를 얻을 수 있게 될 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] Berners-Lee, Tim, James Hendler, Ora Lassila. "The Semantic Web," *Scientific American* 284.5, pp.28-37, May 2001.
- [2] Ding, Li, Tim Finin, Anupam Joshi, Yun Peng, Rong Pan, Pavan Reddivari, "Search on the Semantic Web," *IEEE Computer*, vol.38, no.10, pp.62-69, Oct. 2005.
- [3] Devedzic, Vladan, "Understanding Ontological Engineering," *Communications of the ACM*, vol.45, Issue 4, pp.136-144, Apr. 2002.
- [4] Passin and Thomas B, "Explorer's Guide to the Semantic Web," Manning, 2004.
- [5] F. K. H. Kwong, H. W. Chun, "Using Semantic Web to Provide Intelligence Advice on University Admissions," WISE, 2003.
- [6] Li, Lei, Ian Horrocks, "A software Framework for Matchmaking Based on Semantic Web Technology," *International Journal of Electronic Commerce*,

- vol.8, no.4, pp.39-60, 2004.
- [7] Paolucci, Massimo, Takahiro Kawamura, Terry Payne, Katia Sycara, "Semantic Matching of Web Services Capabilities," ISWC, 2002.
 - [8] Vu, Le-Hung, Fabio Porto, Karl Aberer, Manfred Hauswirth, "An extensible and Personalized Approach to QoS-enabled Service Discovery," IDEAS, 2007.
 - [9] Ludwig, Simone A, S. M. S. Reyhani, "Selection Algorithm for Grid Services based on a Quality of Service Metric," ICSOC, 2004.
 - [10] Mohebi, Anita, Chen Ding, Chi-Hung Chi, "Efficient QoS-based Service Selection with Consideration of User Requirements," EDOC, 2012.
 - [11] Chao, Kuo-Ming, Muhammad Younas, Chi-Chun Lo, Tao-Hsin Tan, "Fuzzy Matchmaking for Web Services," *Proceedings of Advanced Information Networking and Applications*, 2005.



임 성 위

2010년 중국 길림대학 소프트웨어공학부 학사. 2012년 서울대학교 컴퓨터공학부 석사. 관심분야는 데이터베이스, 시맨틱 웹, 온톨로지



전 희 국

2004년 동국대학교 컴퓨터공학과 학사
2007년 고려대학교 전자컴퓨터공학과 석사. 2011년~현재 서울대학교 컴퓨터공학부 박사과정 재학 중. 관심분야는 데이터베이스, 시맨틱 웹, 온톨로지, 빅데이터

김 형 주

정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터
제 40 권 제 1 호 참조