

지식 거래 서비스를 위한 규칙기반 시맨틱 검색 기법

송성광* · 김영지** · 우용태*

Rule-based Semantic Search Techniques for Knowledge Commerce Services

Song, Sung Kwang · Kim, Young Ji · Woo, Yong Tae

〈Abstract〉

This paper introduces efficient rule-based semantic search techniques to ontology-based knowledge commerce services. Primarily, the search techniques presented in this paper define rules of reasoning that are required for users to search using the concept of ontology, multiple characteristics, relations among concepts and data type. In addition, based on the defined rules, the rule-based reasoning techniques search ontology for knowledge commerce services. This paper explains the conversion rules of query which convert user's query language into semantic search words, and transitivity rules which enable users to search related tags, knowledge products and users. Rule-based semantic search techniques are also presented; these techniques comprise knowledge search modules that search ontology using validity examination of queries, query conversion modules for standardization and expansion of search words and rule-based reasoning. The techniques described in this paper can be applied to semantic knowledge search systems using tags, since transitivity reasoning, which uses tags, knowledge products, and relations among people, is possible. In addition, as related users can be searched using related tags, the techniques can also be employed to establish collaboration models or semantic communities.

Key Words : Semantic web, Ontology, Knowledge commerce service, Semantic search

I. 서론

최근 각종 분야의 전문적 지식 상품을 전자상거래 형태로 매매할 수 있는 지식 거래 시장이 활성화되고 있다 [1-2]. 그러나 지식 상품은 무형의 디지털 상품이므로, 다른 유형의 상품들처럼 상품의 속성들이 규격화되어 있지

않아 상품의 특성을 표현하기 어렵고, 타 상품과의 비교가 어려운 문제가 있다. 최근 이런 문제점을 해결하기 위해 온톨로지를 이용하여 지식 상품을 표현하고, 검색하기 위한 연구가 진행되고 있다[3-4]. 지식 거래 서비스를 위한 온톨로지는 지식 상품, 사람, 태그와 지식 거래 관계를 의미적으로 표현하기 위해 제안 되었다[5]. 이런 온톨로지로 표현된 지식 상품을 대상으로 구매자의 성향이나 수준에 맞는 상품을 검색하기 위해서는 온톨로지 추

* 창원대학교 컴퓨터공학과

** 하이브레인트 부설연구소

론을 이용한 시맨틱 검색 방법이 필요하다[6].

온톨로지 추론은 크게 서술 논리 기반의 추론과 규칙 기반의 추론 방법이 있다[7]. 서술 논리 기반의 추론은 서술 논리 구조안의 TBox와 ABox를 이용하여 결과를 추론하는 방법으로, TBox는 개념을 표현하기 위한 온톨로지 스키마 구조를 가지는 서술 논리의 한 부분이고 ABox는 개념에 포함된 직접적인 실세계의 데이터인 인스턴스를 표현하는 부분이다. 그리고 규칙 기반의 추론은 서술 논리로 표현하지 못하는 부분을 규칙으로 정의하여 추론하는 방법이다[8-10]. 초기에는 온톨로지 스키마에 해당하는 TBox 추론에 대한 연구가 활발하였지만, 최근 온톨로지가 다양한 분야에서 활용되면서 많은 양의 인스턴스가 생성됨에 따라 ABox 추론 연구가 이슈화 되고 있다[11-12]. TBox 추론은 클래스의 속성을 추론하는 방법으로 대표적으로 Jena과 Pellet 추론기가 있다[13-14]. 그러나 이런 추론기들은 개념을 추론하기에는 유용하지만 대용량의 인스턴스를 추론할 경우 연산이 복잡해지고 시간 비용이 증가하는 문제가 있다[11, 15]. ABox 추론은 인스턴스의 관계를 추론하는 방법으로 대표적으로 KAON2와 같은 추론기가 있다. 그러나 KAON2는 소량의 TBox와 대량의 ABox를 추론하기에 유용하지만, 수치형 데이터타입의 질의 결과를 도출할 수 없는 문제가 있다[15-16]. 규칙 기반의 추론 방법은 서술 논리로 표현하지 못하는 질의를 온톨로지의 클래스, 속성 그리고 인스턴스를 이용한 규칙을 작성하여 추론하는 방법으로 SWRL 추론이 있다. 하지만 SWRL을 이용하여 추론하는 추론기는 아직 연구 단계에 있다[17].

본 논문에서는 지식 거래 서비스를 위한 온톨로지[5]를 기반으로 지식 거래 서비스에 효율적인 규칙기반 시맨틱 검색 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 시맨틱 검색 기법은 온톨로지의 개념, 다중 속성, 개념간의 관계, 데이터 타입 등을 이용한 검색이 가능하도록, 필요한 추론 규칙을 먼저 정의하여 활용하는 규칙기반 추론 방식을 이용한 검색 기법이다. 본 논문에는 사용자의 질의를 의미 있는 검색어로 변환하는 질의어 변환 규칙과 연

관 태그, 연관 상품, 연관 사용자를 검색할 수 있는 이행성 규칙들을 제안한다. 그리고 질의어 변환 규칙을 이용하여 질의어의 유효성을 검사하고, 검색어를 표준화하고 확장하는 질의어 변환 방법과 추론 규칙을 이용하여 지식을 검색하고 연관 지식, 연관 태그, 연관 사용자를 검색할 수 있는 의미기반 검색 기법을 제안 한다.

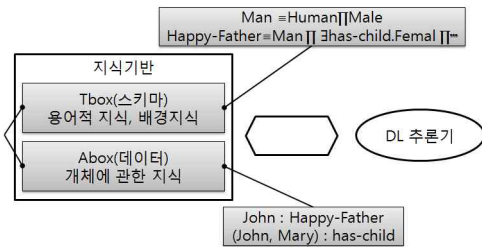
II. 관련연구

최근 온톨로지 언어로 표현한 시맨틱 웹 문서를 검색하기 위해 온톨로지 추론을 이용한 시맨틱 검색 기술이 활발히 연구되고 있다[6, 18-19]. 온톨로지 추론은 크게 서술 논리기반의 추론과 규칙기반 추론 방법으로 나뉜다.

2.1 서술 논리 기반의 추론

서술 논리는 클래스, 속성, 인스턴스로 사람이 가지고 있는 지식을 표현하는 것이다. 서술 논리의 구조는 개념(concept)을 표현하기 위한 온톨로지 스키마 구조를 가지는 TBox(Terminal Box)와 개념에 포함된 직접적인 실세계의 데이터 인스턴스를 표현하고 있는 ABox(Assertional Box)로 구성되고, 지식 베이스(Knowledge base)에 저장된다[20]. <그림 1>은 서술 논리 구조에 대한 개념도이다. TBox 추론은 subsumption 관계를 추론하는 것을 의미하고 이 과정에서는 클래스와 서브클래스의 관계를 추론하게 된다[21]. OWL로 작성된 온톨로지는 DL기반의 TBox 추론 방법을 이용하여 개념과 개념간의 관계를 추론할 수 있다[22]. TBox는 Tableau 알고리즘을 이용하여 추론된다. Tableau 알고리즘이란 서술 논리로 표현된 지식을 추론하기 위한 방법으로 complete 트리를 생성하여 각 노드의 satisfiability를 증명한다[23].

서술 논리는 \sqcap , \sqcup , \exists , \forall , \neg 로 표현되기 때문에 tableaux 알고리즘에서는 이에 대한 규칙을 반복적으로



<그림 1> 서술 논리 구조에 대한 개념도[20]

적용하면서 탐색 공간을 확장한다. Tableau 알고리즘을 이용한 대표적인 추론기로는 FaCT/FaCT++, Jena 그리고 Pellet 등이 있다[24]. TBox는 클래스를 기반으로 온톨로지의 일반적인 개념의 계층 관계를 표현할 수 있으나, "Person 클래스에서 John의 나이를 검색하라."와 같은 어떤 개별적인 속성의 값을 이용한 추론은 표현하지 못한다. 따라서 이런 관계와 속성의 값을 추론하기 위해서는 ABox 추론이 필요하다.

ABox 추론은 인스턴스 관계를 추론하는 기능으로 추론 과정에서 하나의 인스턴스가 정의된 클래스에 포함되는지를 검사한다. ABox 추론은 realization 이라고도 하며, 인스턴스 $C(a)$, 속성 $R(a, b)$, $a = b$, $a \neq b$ 와 같은 형식으로 표현된 인스턴스들이 어느 클래스에 subsume되는지 추론한다[21]. ABox의 대표적인 추론기인 KAON2는 대용량 ABox에 대하여 선언적 데이터로그 방식을 이용하여 개발된 추론기이다. KAON2는 작은 사이즈의 TBox와 대용량의 ABox일 경우 매우 효과적이다 [25]. 하지만 KAON2는 OWL의 수치형 연산을 위한 데이터 타입과 같은 구체화된 도메인 온톨로지에 대한 질의 수행 시 결과를 도출할 수 없는 단점이 있다[26]. 예를 들면, "Person 클래스에서 hasAge가 '30' 이상인 모든 개체들을 검색하라."와 같은 추론은 할 수 없다.

2.2 서술 논리 기반의 추론의 문제점

TBox 추론에 적합한 Pellet와 같은 추론기들은

Tableau 알고리즘을 사용하는 추론기로서, 클래스를 기반으로 온톨로지의 일반적인 개념을 추론하기에 매우 유용하다. 그러나 이런 추론기들은 실세계 데이터인 인스턴스의 양이 많아지면 ABox 추론 시 Tableau 알고리즘의 특성상 대량의 인스턴스를 모두 트리에 대입하며 탐색 영역을 확장하므로, 매우 많은 시간이 소요되는 단점이 있다[15-16]. ABox 추론에 적합한 KAON2과 같은 추론기는 선언적 데이터로그 방식을 사용하는 추론기로서, 소량의 TBox와 대량의 ABox인 경우에 매우 유용하고, 인스턴스의 속성 값과 관계에 대한 추론이 가능하다. 하지만 KAON2는 인스턴스의 수치형 데이터 타입과 같은 구체화된 도메인에 대한 질의 수행 시 결과를 도출할 수 없는 문제점이 있다[26].

2.3 규칙 기반의 추론

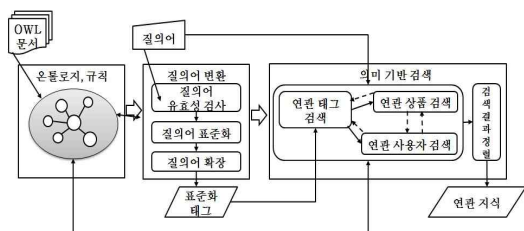
규칙 기반의 추론은 서술 논리로 표현하지 못하는 많은 시맨틱 질의를 모두 규칙으로 정의하여 추론하는 방식이다. 이 방식은 온톨로지의 클래스, 속성, 인스턴스를 이용한 규칙을 작성하여 활용하는 방식으로 대표적으로 SWRL 추론이 있다[17]. SWRL은 서술논리 기반의 온톨로지 모델링을 위해 사용되는 OWL-DL과 임의의 사용자 규칙을 표현하는 방법으로 효율적인 자동화 개인 서비스를 제공하는데 적합하다. 또한 기존의 서술 논리 표현을 그대로 사용하면서 기존에 표현할 수 있는 것보다 더 많은 관계를 표현할 수 있다는 장점이 있다. 예를 들어, "사원은 일반 사원과 관리직 사원으로 구성된다. 도큐먼트는 문자형의 제목을 가지고 있고 비즈니스 리포트와 개인 편지로 구성된다. 관리직은 도큐먼트 중에서 비즈니스 리포트를 읽을 수 있는 권한을 가질 수 있다."와 같은 규칙을 정의할 수 있다. 이러한 규칙은 서술 논리 기반으로는 설명할 수 없는 문제를 해결할 수 있다.

SWRL을 추론할 수 있는 소프트웨어로는 RacerPro가 있다. 하지만 RacerPro는 온톨로지 에디터의 플러그인으로 사용해야하므로, 지식 거래 서비스를 위한 실시간 추

론기로 사용할 수 없는 문제가 있다. 그리고 아직 SWRL 과 같은 규칙기반의 추론을 제공하는 시맨틱 검색 기술에 대한 연구가 미흡하다.

III. 지식 거래 서비스를 위한 규칙기반 시맨틱 검색 기법

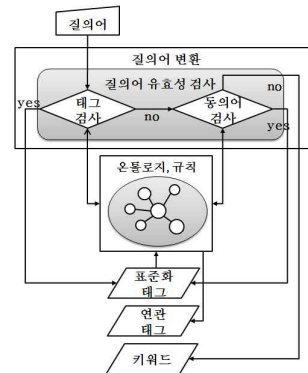
본 논문에서는 지식 거래 서비스를 위한 온톨로지[5]를 이용하여 규칙기반의 시맨틱 검색을 지원할 수 있는 기법을 제안하였다. 제안한 시맨틱 검색 기법은 온톨로지의 개념, 다중 속성, 개념간의 관계, 데이터 타입 등을 이용한 검색이 가능하도록, 필요한 추론 규칙을 먼저 정의하여 활용하는 규칙기반 추론 방식을 이용한 검색 기법이다. 본 논문에서 제안한 추론 규칙은 크게 질의어의 의미 있는 검색어로 변환하기 위한 질의어 변환 규칙, 연관 태그, 연관 상품, 연관 사용자 검색할 수 있는 의미기반 검색 규칙으로 구성된다. 본 논문에서 제안한 검색 기법은 질의어 변환 규칙들을 이용하여 질의어의 유효성을 검사하고 질의어를 표준화하고 질의어를 확장하기 위한 질의어 변환 모듈, 의미기반 검색 규칙들을 이용하여 의미기반 검색과 연관 검색을 지원하기 위한 의미기반 검색모듈로 구성된다. <그림 2>는 본 논문에서 제안한 지식 거래 서비스를 위한 규칙기반 시맨틱 검색 기법의 개념도이다.



<그림 2> 지식 거래 서비스를 위한 규칙기반 시맨틱 검색 기법의 개념도

3.1 질의어 변환 모듈

질의어 변환 모듈은 사용자가 입력한 질의어의 유효성을 검사하고 질의어를 표준화하고 확장하기 위한 모듈이다. 질의어 변환 모듈은 태그 온톨로지와 질의어 변환 규칙을 이용하여 질의어를 표준화된 검색어로 변환한다. 먼저 질의어 변환 모듈의 유효성 검사에서는 질의어와 일치하는 대표 태그가 존재하면 대표 태그를 표준화 태그로 사용하고 일치하지 않으면 동의어 검사를 수행한다. 동의어 검사에서는 동의어 후보 집합 중 질의어와 일치하는 동의어가 존재하면 그 동의어의 대표 태그를 표준화 태그로 사용한다. 그리고 표준화 태그의 연관태그를 검색하여 질의어를 확장하고 태그가 없으면 단순 키워드 검색을 수행한다. <그림 3>은 본문에서 제안한 질의어 변환 모듈의 흐름도이다.



<그림 3> 질의어 변환 모듈 개념도

3.1.1 질의어 유효성 검사

1) 태그 검사

태그 검사에서는 사용자가 입력한 질의어가 태그 온톨로지의 대표 태그로써 존재하는지 검색한다. 규칙 1은 질의어가 태그 온톨로지의 대표 태그로써 존재하는지를 검사하기 위한 규칙이다.

[규칙 1] 대표 태그의 존재 여부 검색을 위한 직접 규칙
 $has\ Tag(?T_1, ?W_1) \rightarrow was\ Tag(?W_1, ?T_1)$
 - 의미 : ? T_1 라는 태그가 ? W_1 라는 질의어를 가지고 있다면, ? W_1 라는 질의어는 대표 태그 ? T_1 이 된다.

2) 동의어 검사

“동의어 검사”에서는 “태그 검사”에서 사용자가 입력한 질의어와 일치하는 대표 태그가 없을 경우, 태그 온톨로지의 대표 태그별로 존재하는 동의어를 검색하여 질의어가 동의어에 존재하는지 검색한다. 규칙 2는 질의어가 동의어에 존재하는지를 검사하기 위한 규칙이다.

[규칙 2] 동의어의 존재 여부 검색을 위한 직접 규칙
 $has\ Mis\ Spell\ Of\ Tag(?T_1, ?W_1) \rightarrow was\ Tag\ Of\ Mis\ Spell(?W_1, ?T_1)$
 - 의미 : ? T_1 라는 태그가 ? W_1 라는 동의어를 가지고 있다면, 동의어 ? W_1 의 대표 태그는 ? T_1 이 된다.

사용자가 입력한 질의어와 일치하는 동의어가 없는 경우, 질의어를 검색어로 사용한다.

3.1.2 질의어 표준화

사용자가 입력한 질의어가 규칙 1이나 규칙 2에 의해 대표 태그와 일치하는 경우, 추출된 대표 태그를 표준화된 검색어로 사용한다. 규칙 3은 질의어를 표준화하여 검색어로 사용하기 위한 규칙이다.

[규칙 3] 질의어 표준화를 위한 규칙
 $was\ Tag(?W_1, ?T_1) \vee was\ Tag\ Of\ Mis\ Spell(?W_1, ?T_1) \rightarrow suggest\ Tag(?W_1, ?T_1)$
 - 의미 : ? W_1 라는 질의어와 ? T_1 라는 대표 태그가 일치하거나, ? W_1 라는 질의어의 대표 태그가 ? T_1 이 될 때 ? W_1 의 표준화된 검색어는 ? T_1 라는 대표 태그가 된다.

사용자가 입력한 “트레이닝북, 추리닝, 체육복, 트레이닝, 트레이닝, 운동복 그리고 스포츠웨어”과 같은 질의어는 질의어 유효성 검사 단계와 질의어 표준화 단계를 거치면 “체육복”이라는 대표 태그로 변형되며, 이 대표 태그는 표준화된 검색어로 사용된다. 그리고 표준화된 검색어는 의미기반 검색 모듈에서 지식 거래 서비스를 위한 온톨로지를 이용하여 연관 태그, 연관 상품 그리고 연관 사용자를 추천하기 위해 사용된다.

3.1.3 질의어 확장

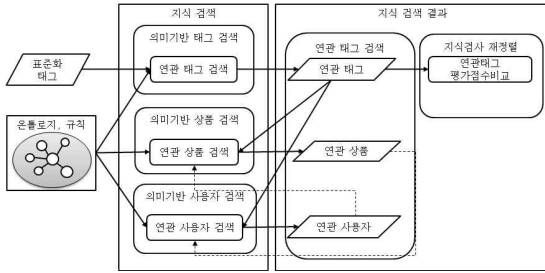
질의어 확장 단계에서는 태그 온톨로지를 이용하여 표준화된 검색어와 의미적으로 연관 있는 태그들 중 Top-N개를 추천하여 확장된 검색어로 사용한다. 이 단계에서는 의미적으로 연관 있는 태그를 추천하기 위해 태그 온톨로지의 tagRelatedPoint 속성을 이용하여 연관 태그를 정렬한 후, Top-N 개의 태그를 확장 검색어로 추천한다. 규칙 4는 태그 온톨로지를 이용하여 의미적으로 연관 있는 태그를 추출하기 위한 이행성 규칙이다.

[규칙 4] 태그의 연관 태그를 추출하기 위한 이행성 규칙
 $has\ Related(?T_1, ?RT_1) \wedge has\ Related\ Tag(?RT_1, ?T_2) \rightarrow related\ Tag(?T_1, ?T_2)$
 - 의미 : ? T_1 라는 태그는 ? RT_1 라는 연관 관계를 가지고 있고, ? RT_1 라는 연관 관계는 ? T_2 라는 태그를 가지고 있다면, ? T_1 과 ? T_2 는 연관 태그이다.

3.2 의미 기반의 검색 모듈

의미 기반의 검색 모듈은 질의어 변환 모듈을 통해 추출된 표준화된 검색어와 확장 검색어를 기반으로 연관 상품, 연관 태그, 연관 사용자 등을 검색하기 위한 모듈이다. 본 논문에서는 의미 기반의 검색의 각 단계를 위해 필요한 태그와 상품, 태그와 사용자, 그리고 태그와 태그 간의 관계에 대한 이행성 규칙을 정의하였다. <그림 4>

는 지식 거래 서비스를 위한 의미기반 검색 모듈의 개념 도이다.



<그림 4>질의어 변환 모듈 개념도

3.2.1 의미기반 태그 검색

의미기반 태그 검색은 표준화된 검색어, 확장 검색어, 상품의 태그, 그리고 사용자가 선호하는 태그 등과 관련된 있는 태그를 태그 온톨로지를 이용하여 추론하기 위한 기능으로 규칙 4를 이용하여 추론할 수 있다.

3.2.2 의미기반 상품 검색

1) 태그 기반의 상품 검색

태그 기반의 상품 검색은 표준화된 검색어를 태그로 가지고 있는 상품을 검색하는 방법이다. 즉, 상품의 판매자나 구매자가 입력한 태그나, 협업 태깅으로 입력된 태그가 검색어와 일치하는 상품을 검색한다. 규칙 5는 검색어를 태그로 가지는 상품을 추출하기 위한 규칙이다.

[규칙 5] 태그 기반의 상품 검색을 위한 이행성 규칙
 $has\ Tag(?T_1, ?K_1) \wedge productOf(?K_1, ?P_1)$
 $\rightarrow ProductOf\ Tag(?P_1, ?T_1)$

- 의미: $?T_1$ 라는 태그가 $?K_1$ 라는 지식 거래 관계를 가지고, $?K_1$ 라는 지식 거래 관계는 $?P_1$ 라는 상품을 가지고 있다면, $?T_1$ 태그는 $?P_1$ 상품에 태깅되어 있다.

2) 상품의 태그 검색

상품의 태그 검색은 각 상품별로 상품의 판매자나 구매자가 입력한 태그나, 협업 태깅으로 입력된 태그를 검색하는 방법이다. 규칙 6은 상품이 가진 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙이다.

[규칙 6] 상품의 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙
 $productOf(?P_1, ?K_1) \wedge has\ Tag(?K_1, ?T_1)$
 $\rightarrow tagOf\ Product(?P_1, ?T_1)$

- 의미: $?P_1$ 라는 상품이 $?K_1$ 라는 지식 거래 관계를 가지고, $?K_1$ 라는 지식 거래 관계가 $?T_1$ 라는 태그를 가진다면, $?P_1$ 상품은 $?T_1$ 태그를 가진다.

3) 연관 상품 검색

연관 상품 검색은 각 상품이 가지는 태그들에 대해 의미기반 태그 검색을 수행하여 각 태그별로 연관 태그를 추출하고, 추출된 연관 태그를 상품의 태그로 가지고 있는 다른 상품을 검색하는 방법이다. 규칙 7은 각 상품별 태그의 연관 태그를 이용하여 연관 상품을 검색하기 위한 규칙이다.

[규칙 7] 각 상품별 연관 상품 검색 규칙
 $tagOf\ Product(?P_1, ?T_1) \wedge$
 $relatedTag(?T_1, ?T_2) \wedge$
 $ProductOf\ Tag(?T_2, ?P_2)$
 $\rightarrow relatedProduct(?P_1, ?P_2)$

- 의미: $?P_1$ 상품에 $?T_1$ 태그가 존재하고, $?T_1$ 태그의 연관 태그는 $?T_2$ 태그이고, $?T_2$ 태그는 $?P_2$ 상품에 태깅되어 있다면 $?P_1$ 과 $?P_2$ 는 연관 상품이다.

3.2.3 의미기반 사용자 검색

1) 사용자가 사용한 태그 검색

사용자가 사용한 태그 검색은 사용자가 상품을 등록하거나 상품에 대하여 협업 태깅한 관계 정보를 이용하여 각 사용자별로 사용한 태그를 검색하는 방법이다. 규

칙 8은 사용자가 사용한 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙이다.

[규칙 8] 사용자가 사용한 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙

$$\left(\begin{array}{l} registerByUser(?U_1, ?K_1) \vee \\ \wedge hasTag(?K_1, ?T_1) \end{array} \right) \vee \left(\begin{array}{l} collaborativeTagByUser(?U_1, ?K_1) \\ \wedge hasTag(?K_1, ?T_1) \end{array} \right) \rightarrow tagByUser(?U_1, ?T_1)$$

- 의미 : ?U₁ 사용자가 ?K₁이라는 상품 등록 거래 행위를 가지고 ?K₁은 ?T₁ 태그를 가지거나, ?U₁ 사용자가 ?K₁이라는 협업 태깅 행위를 가지고 ?K₁은 ?T₁ 태그를 가지면, ?U₁ 사용자는 ?T₁ 태그를 태깅 하였다.

2) 태그를 사용한 사용자 검색

태그를 사용한 사용자 검색은 사용자가 상품을 등록하거나 협업 태깅 시 사용한 태그를 이용하여 해당 태그를 사용한 사용자를 검색하는 방법이다. 규칙 9는 태그를 사용한 사용자를 검색하기 위한 이행성 규칙이다.

[규칙 9] 태그를 사용한 사용자를 검색하기 위한 이행성 규칙

$$\left(hasTag(?T_1, ?K_1) \wedge registerByUser(?K_1, ?U_1) \right) \vee \left(hasTag(?T_1, ?K_1) \wedge collaborativeTagByUser(?K_1, ?U_1) \right) \rightarrow userOfTag(?T_1, ?U_1)$$

- 의미 : ?T₁ 태그가 ?K₁이라는 거래 행위에 사용되었고, ?U₁ 사용자가 ?K₁이라는 거래 행위를 통해 상품을 등록하거나 태깅 했다면, ?T₁ 태그는 사용자 ?U₁에 의해 사용된 것이다.

3) 연관 사용자 검색

연관 사용자 검색은 사용자가 상품을 등록하거나 구매할 때 사용한 태그나, 협업 태깅 시 사용한 태그와 연관 있는 태그를 상품에 태깅한 사용자를 검색하는 방법이다. 규칙 10은 연관 태그를 이용하여 연관된 사용자를 검색하기 위한 이행성 규칙이다.

[규칙 10] 연관 태그를 이용한 연관 사용자 검색을 위한 이행성 규칙

$$tagByUser(?U_1, ?T_1) \wedge relatedTag(?T_1, ?T_2) \wedge userOfTag(?T_2, ?U_2) \rightarrow relatedUser(?U_1, ?U_2)$$

- 의미 : ?U₁ 사용자가 ?T₁ 태그를 사용하였고, ?T₁ 태그가 ?T₂ 태그와 연관 태그이면 ?U₁ 사용자와 ?U₂ 사용자는 연관 사용자이다.

IV. 실험 및 결과

4.1. 지식거래 서비스를 위한 온톨로지

본 논문에서 제안한 지식 거래 서비스를 위한 규칙기반 시맨틱 검색 기법을 실험하기 위해 문형우 등이 제안한 지식 거래 서비스를 위한 온톨로지[1]를 이용하여 태그, 상품, 사용자, 연관 태그와 지식 거래 관계를 표현하는 관계 인스턴스를 OWL 언어로 생성하였다. <그림 5>는 지식 거래 서비스를 위한 온톨로지의 인스턴스 예이다.

```
<tag:Tag rdf:about="&tag:T2">
  <tag:tagID rdf:datatype="&xsd:string">T1</tag:tagID>
  <tag:tagName rdf:datatype="&xsd:string">
    추천엔진
  </tag:tagName>
  <tag:misSpell rdf:datatype="&xsd:string">
    추천엔진
  </tag:misSpell>
</tag:Tag rdf:about="&tag:T2">
  <tag:tagID rdf:datatype="&xsd:string">T2</tag:tagID>
  <tag:tagName rdf:datatype="&xsd:string">
    온톨로지
  </tag:tagName>
  <tag:misSpell rdf:datatype="&xsd:string">
    온톨로지
  </tag:misSpell>
<tag:RelatedTag rdf:about="&tag:RT1">
  <tag:tagRelatedPoint rdf:datatype="&xsd:float">
    0.5
```

```

</tag:tagRelatedPoint>
<tag:tagRelatedTag rdf:resource="&tag;T1"/>
<tag:tagRelatedTag rdf:resource="&tag;T2"/>
</tag:RelatedTag>
    
```

(a) 태그 온톨로지 인스턴스

```

<product:Product rdf:about="&product;P1">
  <product:productID rdf:datatype="&xsd:string">
    P1
  </product:productID>
  <product:productName rdf:datatype="&xsd:string">
    논문
  </product:productName>
</product>
<product:Product rdf:about="&product;P2">
  <product:productID rdf:datatype="&xsd:string">
    P2
  </product:productID>
  <product:productName rdf:datatype="&xsd:string">
    사전
  </product:productName>
</product>
    
```

(b) 상품 온톨로지 인스턴스

```

<user:User rdf:about="&user;U1">
  <user:userID rdf:datatype="&xsd:string">
    U1
  </user:User>
  <user:userName rdf:datatype="&xsd:string">
    홍길동
  </user:userName>
</user:User>
<user:User rdf:about="&user;U2">
  <user:userID rdf:datatype="&xsd:string">
    U2
  </user:User>
  <user:userName rdf:datatype="&xsd:string">
    송성광
  </user:userName>
</user:User>
    
```

(c) 사용자 온톨로지 인스턴스

```

<kcs:KCS rdf:about="&kcs;K1">
  <user:registerByUser rdf:resource="&user;U1" />
  <tag:hasTag rdf:resource="&tag;T1" />
  <product:productOf rdf:resource="&product;P1" />
</kcs:KCS>
<kcs:KCS rdf:about="&kcs;K1">
  <usercollaboratedTagByUser rdf:resource="&user;U2" />
  <tag:hasTag rdf:resource="&tag;T2" />
  <product:productOf rdf:resource="&product;P2" />
</kcs:KCS>
    
```

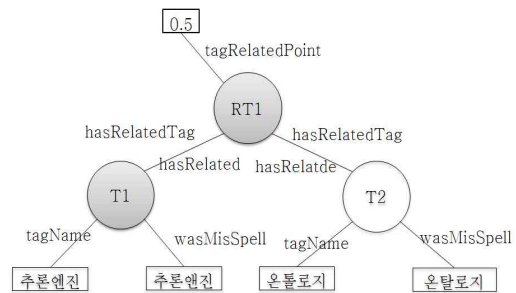
(d) 관계 온톨로지 인스턴스

<그림 5> 지식거래 서비스를 위한 온톨로지 인스턴스 예

4.2 규칙기반 시맨틱 검색 실험

4.2.1 의미기반 태그 검색 실험

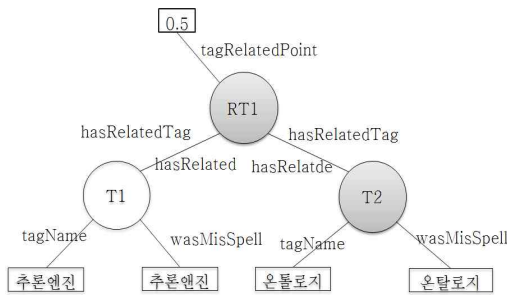
의미기반 태그 검색은 연관 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙으로, 질의어 표준화 규칙을 통해 추출된 대표 태그와 연관 태그로 정의된 태그를 검색하는 규칙이다. <그림 6>은 태그의 연관 태그 검색을 위한 이행성 규칙 중 첫 번째 과정을 나타낸 그림이다.



<그림 6> 태그의 연관 태그를 검색을 위한 이행성 규칙 첫 번째 과정 예

먼저, 질의어 표준화를 위한 규칙으로 검색된 T1이 가지고 있는 연관 관계 R1을 검색한다. 첫 번째 태그의 연관 관계 R1을 검색한 후 연관 관계 R1이 가지고 있는 태

그를 검색한다. 지식 거래 서비스를 위한 온톨로지에서 태그의 연관 관계는 태그의 집합을 가지고 있으며 이 태그들이 서로 연관 태그라고 정의하고 있다. 이 때, T1은 자신이므로 태그의 연관관계에서 T1은 제외 한다. <그림 7>은 태그의 연관 태그 검색을 위한 이행성 규칙 중 두 번째 과정을 나타낸 그림이다.



<그림 7> 태그의 연관 태그를 검색을 위한 이행성 규칙 두 번째 과정 예

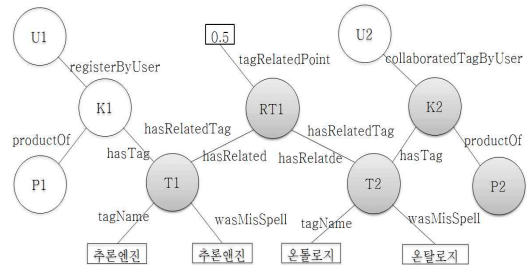
<표 1>은 의미기반 연관 태그 검색을 위한 이행성 규칙을 실험한 예를 표로 나타낸 것으로 <그림 6>과 <그림 7>의 두 과정의 규칙을 설명한다.

<표 1> 의미기반 연관 태그 검색을 위한 규칙 예

질의어	http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T1
규 칙	$hasRelated(?T_1, ?RT_1) \wedge hasRelatedTag(?RT_1, ?T_2) \rightarrow relatedTag(?T_1, ?T_2)$
예	reasoner.hasRelated("http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T1") → http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#RT1 reasoner.hasRelatedTag("http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#RT1") → http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T2

4.2.2 의미기반 연관 상품 검색 실험

상품 태그의 연관 태그를 이용한 의미기반 연관 상품 검색을 위한 규칙은 상품을 등록하거나 협력 태그 시 사용된 상품의 태그를 검색하여 그 태그와 연관된 태그를 검색하는 규칙이다. 그리고 그 연관 태그를 이용하여 연관 상품을 검사한다. 상품 P1을 가지고 있는 지식거래 K1을 검사하고, K1이 가지고 있는 태그를 검색하여 태그 T1을 검색한다. 그리고 태그 T1의 연관 태그로 정의되어 있는 RT1을 검색하여, RT1에서 가지고 있는 태그 T2를 검색한 후, 태그 T2를 가지고 있는 지식거래 K2를 검색하고, K2가 가지고 있는 상품 P2를 반환한다. <그림 8>은 의미기반 연관 상품 검색을 위한 규칙의 예를 그림으로 나타낸 것이다.



<그림 8> 의미기반 연관 상품 검색 규칙 예

연관 상품 검색을 위한 규칙은 상품별 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙과 태그의 연관 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙 그리고 태그 기반의 상품을 검색하기 위한 이행성 규칙의 조합이다. <표 2>는 상품의 태그별 연관 태그를 이용하여 연관 상품을 검색하기 위한 규칙을 실험한 예이다.

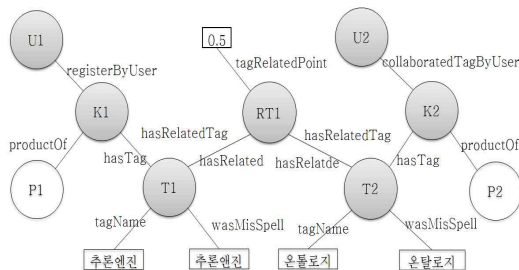
<표 2> 의미기반 연관 태그 검색을 위한 규칙 예

질의어	http://semantic.dbinsight.net/ontologies/product.owl#P1
-----	---

규칙	$tagOfProduct(?P_1, ?T_1) \wedge$ $relatedTag(?T_1, ?T_2) \wedge$ $ProductOfTag(?T_2, ?P_2)$ $\rightarrow relatedProduct(?P_1, ?P_2)$
예	<code>reasoner.tagOfProduct("http://semantic.dbinsight.net/ontologies/product.owl#P1") → http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T1</code> <code>reasoner.relatedTag("http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T1") → http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T2</code> <code>reasoner.productOfTag("http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T2") → http://semantic.dbinsight.net/ontologies/product.owl#P2</code>

4.2.3 의미기반 연관 사용자 검색 실험

연관 사용자 검색을 위한 규칙은 먼저, 사용자가 상품을 등록하거나 협업 태깅 시 사용한 태그를 검색하여 그 태그와 연관된 태그를 검색한다. 그리고 그 태그를 이용하여 상품을 등록하거나 협업 태깅한 사용자를 찾아 반환한다. 먼저, 사용자 U1이 상품 등록자로 저장된 지식 거래 K1을 검색하여 K1이 가지고 있는 태그 T1을 검색한다. 그리고 태그 T1이 가지고 있는 RT1 연관 관계를 검색하여 RT1이 가지고 있는 태그 T2를 검색한다. 그리고 T2를 사용한 지식 거래 K2를 검색하여 협업 태깅한 사용자 U2를 반환한다. 그림 9는 의미기반 연관 사용자 검색을 위한 규칙의 예를 그림으로 나타낸 것이다.



<그림 9> 의미기반 연관 사용자 검색 규칙 예

의미기반 연관 사용자 검색을 위한 규칙은 사용자가 사용한 태그의 검색을 위한 이행성 규칙과 태그별 연관 태그를 검색을 위한 이행성 규칙 그리고 태그를 사용한 사용자를 검색하기 위한 이행성 규칙의 조합이다. <표 3>은 의미기반 연관 사용자 검색을 위한 규칙을 실험한 예이다.

<표 3> 의미기반 연관 사용자 검색을 위한 규칙 예

질의어	<code>http://semantic.dbinsight.net/ontologies/user.owl#U1</code>
규칙	$tagByUser(?U_1, ?T_1) \wedge$ $relatedTag(?T_1, ?T_2) \wedge$ $userOfTag(?T_2, ?U_2)$ $\rightarrow relatedUser(?U_1, ?U_2)$
예	<code>reasoner.registerByUser("http://semantic.dbinsight.net/ontologies/user.owl#U1") → http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T1</code> <code>reasoner.relatedTag("http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T1") → http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T2</code> <code>reasoner.userOfTag("http://semantic.dbinsight.net/ontologies/tag.owl#T2") → http://semantic.dbinsight.net/ontologies/user.owl#U2</code>

V. 결론

본 논문에서는 온톨로지 기반의 지식 거래 서비스에 효율적인 규칙기반의 시맨틱 검색 기법을 제안하였다. 제안 기법에서는 먼저, 질의어 변환 규칙과 의미기반의 검색 규칙을 정의하였고, 제안한 규칙을 기반으로 의미기반 검색을 수행하는 시맨틱 검색 기법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 질의어 변환 규칙은 대표 태그의 존재 여부를 검색하기 위한 직접 규칙, 동의어의 존재 여부를 검색을 위한 직접 규칙, 질의어 표준화를 위한 규칙, 그리고 태그의 연관 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙으로 구성된다. 그리고 의미기반 검색 규칙은 태그 기반의 상품을 검색하기 위한 이행성 규칙, 상품의 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙, 상품의 연관 상품을 검색하기 위

한 규칙, 사용자가 사용한 태그를 검색하기 위한 이행성 규칙, 태그를 사용한 사용자를 검색하기 위한 이행성 규칙, 그리고 사용자별 연관 사용자를 검색하기 위한 규칙으로 구성된다. 본 논문에서는 이러한 규칙을 이용하여 규칙기반 시맨틱 검색이 가능하도록 질의어 변환 규칙을 이용한 질의어 변환 모듈과 의미기반 검색 규칙을 이용한 의미기반 검색모듈을 개발하였다.

본 논문에서 제안한 검색 규칙의 타당성을 검증하기 위해 지식 거래 서비스를 위한 온톨로지를 이용하여 태그, 상품, 사용자, 관계 인스턴스를 생성하였다. 그리고 본 논문에서 제안한 질의어 변환 규칙과 의미기반 검색 규칙을 이용하여 규칙기반 시맨틱 검색을 실험하였다. 실험 결과 지식 거래 서비스를 위한 온톨로지에서도 연관 태그, 연관 상품, 연관 사용자를 검색할 수 있었다.

본 연구는 태그, 지식 상품, 사람간의 관계를 이용한 이행적 추론이 가능하므로, 태그를 이용한 시맨틱 지식 검색 시스템에 이용될 수 있다. 그리고 연관 태그를 이용하여 연관 사용자를 추론할 수 있으므로 협업 모델 구성이나 시맨틱 커뮤니티 구성에 응용할 수 있다.

참고문헌

- [1] Anupriya Ankolekar, Markus Krotzsch, Thanh Tran and Denny Vrandecic, "The Two Cultures : Mashing up Web2.0 and the Semantic Web," Proc. of the 16th Int'l Conf. on World Wide Web, 2007, pp. 825-834.
- [2] T. O'Reilly, "What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software," Int'l Journal of Digital Economics, vol. 65, 2007, pp. 17-37.
- [3] Osterman Research, Inc., "Why Web 2.0 is Critical to Your Business," An Osterman Research Position Paper, 2007.
- [4] Tricia Bisoux, "Teaching Business In a Web 2.0 Word," AACSB Int'l, BizEd magazine, 2008, pp. 28-35.
- [5] 문형우, "지식 거래 서비스를 위한 온톨로지 설계," 창원대학교 석사학위논문, 2009.
- [6] Eetu Makela, "Survey of Semantic Search Research," Seminar on Knowledge Management on the Semantic Web, Department of Computer Science, University of Helsinki, 2005.
- [7] Giuseppe De Giacomo and Maurizio Lenzerini, "TBox and ABox reasoning in expressive description logics," Proc. of the 1th Int'l Conf. on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning, 1996, pp. 316-327.
- [8] Achille Fokoue, Aaron Kershenbaum, Li Ma, Edith Schonberg and Kavitha Srinivas, "The Summary Abox: Cutting Ontologies Down to Size," LNCS4273, 2006, pp. 343-356.
- [9] Markus Krotzsch, Pascal Hitzler, Denny Vrandecic and Michael Sintek, "How to reason with OWL in a logic programming system," Proc. of the 2th Int'l Conf. on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web, 2006, pp. 17-28.
- [10] T. Liebig and F. Muller, "Parallelizing tableaux-based description logic reasoning," Proc. of the 3rd Int'l Workshop on Scalable Semantic Web Knowledge Base Systems, LNCS4806, 2007, pp. 1135-1144.
- [11] 최정화, 박영택, "온톨로지 추론 기술 동향," 한국정보과학회, vol. 24, no. 12, 2006, pp. 47-55.
- [12] Timo Weithöner, Thorsten Liebig, Marko Luther, Sebastian Böhm, Friedrich von Henke and Olaf Noppens, "Real-World Reasoning with OWL," LNCS4519, 2007, pp. 296-310.
- [13] Bijan Parsia and Evren Sirin, "Pellet: An OWL-DL

- Reasoner," Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, vol. 5, no. 2, 2007, pp. 51-53.
- [14] McKenzie and Mr Craig, "Implementing a Semantic Web Blackboard System using Jena," Proc. of Jena User Conf. (JUC2006), 2007.
- [15] 서은석, 최용준, 박영택, "대용량 ABox에서 서술논리 SHIQ(D) 추론 지원 방법," 한국정보과학회, vol. 34, no. 6, 2007, pp. 530-538.
- [16] 서은석, 박영택, "다양한 OWL-DL 추론 엔진에서 대용량 ABox 추론에 대한 성능평가," 한국정보과학회, vol. 34, no. 7, 2007.
- [17] Ian Horrocks, Peter F. Patel-Schneider, Harold Boley, Said Tabet, Benjamin Grosz and Mike Dean, "SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML," W3C Member Submission, 2004.
<http://www.w3.org/Submission/SWRL>
- [18] R. Guha, R. McCool and E. Miller, "Semantic Search," Proc. of the 12th Int'l Conf. World Wide Web, ACM Press, 2003, pp. 700-709.
- [19] T. Berners-Lee, J. Hendler and O. Lassila, "The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities," Scientific American, 2002, pp. 24-30.
- [20] Peter Schulte, "Description Logics - An Introduction Using Example in OWL," 2006.
http://dbis.informatik.uni-freiburg.de/content/courses/SS06/Seminar/Description%20Logic%20and%20Logic%20Programming/Folien/DL_Schulte_24-05.pdf
- [21] 박영택, "서술논리와 온톨로지 추론," 숭실대학교 컴퓨터학부, 6, 2007.
<http://ontology.hufs.ac.kr/archive/workshop/4/4.pdf>.
- [22] 정도현, "시맨틱웹을 위한 온톨로지 언어와 구현 사례 연구," 정보관리연구, vol. 34, no. 3, pp. 109, 2003.
- [23] Franz Baader and Ulrike Sattler, "An Overview of Tableau Algorithms for Description Logics," Studia Logica, vol. 69, no. 1, 2004, pp. 5-40.
- [24] Jürgen Bock, Peter Haase, Qiu Ji and Raphael Volz, "Benchmarking OWL Reasoners," Proc. of the Workshop on Advancing Reasoning on the Web, 2008.
- [25] U. Hustadt, B. Motik and U. Sattler, "Reducing SHIQ Description Logic to Disjunctive Datalog Programs," Proc. of the 9th Int'l Conf. on Knowledge Representation and Reasoning, 2004, pp. 152-162.
- [26] Thorsten Liebig, "Reasoning with OWL-System support and Insights," Computer Science Faculty, Ulm University, Technical report, 2006.

■ 저자소개 ■



송 성 광
Song, Sung Kwang

2010년~현재
창원대학교 박사과정
2009년 창원대학교 컴퓨터공학과(이학석사)
2007년 창원대학교 컴퓨터공학과(이학사)
관심분야 : 온톨로지마이닝, 시맨틱웹
E-mail : skorea@hibrain.net



김 영 지
Kim, Young Ji

2007년~현재
하이브레인넷 수석연구원
2004년~2007년 고신대학교 초빙교수
2004년 창원대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)
1999년 창원대학교 전자계산학과(이학석사)
1997년 창원대학교 전자계산학과(이학사)
관심분야 : 온톨로지마이닝, 추천모델,
e-Learning
E-mail : yjkim@hibrain.net



우 용 태
Woo, Yong Tae

1987년~현재
창원대학교 컴퓨터공학과 교수
1995년 경북대학교 전자공학과(공학박사)
1984년 경북대학교 전자공학과(공학석사)
1982년 경북대학교 전자공학과(공학사)
관심분야 : 데이터마이닝, 지식관리, 시맨틱웹
E-mail : ytwoo@sarim.changwon.ac.kr

논문접수일 : 2009년 12월 8일
수 정 일 : 2010년 1월 5일
게재확정일 : 2010년 1월 21일