

시맨틱 웹 기술에 의한 표준 정보 검색 서비스의 진화

정한민^a 이미경^a 김평^a 이승우^a 성원경^a 김태완^b 이종섭^b

^a 한국과학기술정보연구원 정보서비스연구팀

305-806, 대전시 유성구 어은동 52-11

Tel: +82-42-828-5087, Fax: +82-42-828-5197, E-mail: jhm@kisti.re.kr

^b 지식경제부 기술표준원 기술표준정보과

427-010, 경기도 과천시 중앙동 2

Tel: +82-02-509-7234, Fax: +82-02-509-7415, E-mail: jslee@kats.go.kr

요약

본 논문은 시맨틱 웹 기술이 어떻게 국가 표준 (KS) 정보 검색 서비스 내 정보들을 연계시키고 사용자 접근성을 향상시키는 데 도움을 줄 수 있는지를 실증적으로 보여준다. 기존 표준 정보 검색 서비스는 용어 검색의 유연성이 부족하여 표준 정보에서 사용된 용어와 사용자 용어 간의 괴리를 해소하지 못했으며, 표준, 기관, 인력 등 상호 관련성을 가진 개체 정보들을 개별적으로 서비스하였다. 이러한 상황은 사용자의 표준 정보 검색 서비스 접근성을 떨어뜨리는 요인으로 작용한다. 본 연구에서는 유의어, 관련어를 중심으로 한 표준 용어 사전 구축을 통해 사용자 용어와 표준 정보 내 용어 간의 원활한 매칭을 지원하며, 표준 관련 개체들을 온톨로지와 추론을 통해 연계시키는 방안을 제시한다. 개선된 표준 정보 검색 서비스는 개체 중심적 통합 검색 결과 제공 방식으로 관련 정보들을 단일 웹 페이지 내에서 확인할 수 있도록 해준다. 예를 들어, 특정 KS 표준 검색 결과 페이지에서는 기존에 DB 접근이나 검색 엔진을 통해 바로 획득할 수 없었던 정부 표준들, 기관들의 해당 KS 표준 인용 현황, 해당 KS 표준 전문가들, 부합화를 위해 참조된 국제 표준들, 해당 KS 표준 전문가 네트워크, 해당 KS 표준 내 표준 용어 사전

정보 등 다양한 관련 정보들을 조합하여 서비스한다. 본 연구를 위해 모델링된 온톨로지와 시맨틱 웹 기반 서비스 프레임워크인 *OntoFrame* 상에서 추론 작업이 표준 정보 적재 시에 전방 추론 (Forward-chaining) 방식으로 수행되었으며, 표준 온톨로지 질의 언어인 SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language)을 이용해 일반 검색 서비스 수준의 속도로 서비스될 수 있었다.

키워드:

표준 정보, 시맨틱 웹, 온톨로지, 추론, *OntoFrame*, 정보 검색, 국가 표준 (KS), 국제 표준 (ISO/IEC), 정부 표준, ICS 분류 체계

서론

2000년부터 국가 표준 (KS)이 각 부처의 법령이나 기술 기준에 활용된 현황을 조사한 결과¹에 따르면, 활용률이 6년 전에 비해 173% 증가한 것으로

¹ 2007년 2월 27일 산업자원부 보도 자료, "국가표준 활용확대로 기업의 부담을 경감하고 국민의 안전확보에 큰 역할"

나타난다. 국가 표준 사용은 시험 및 실험 결과에 대한 국제적인 신뢰성 확보가 가능하고, 부처간 표준 이원화 방지를 통한 기업의 비용 및 시간 부담 경감 등 다양한 효과가 있다. 기술표준원은 41,000여 종의 데이터베이스를 구축하고 정보를 제공하는 방식으로 국가 표준의 활용을 확대시키기 위해 국가표준종합정보센터 (<http://standard.go.kr/>)를 두고 있다. 국가표준종합정보센터는 기술 표준 발전의 유인 기능 강화를 목적으로 표준 정보의 체계적인 보급 및 활용이 가능한 포털로서, 국가 표준, 국제 표준, 적합성 평가, 무역 기술 장벽 통보문, 표준화 동향 및 활동, 제품 안전, 측정 표준, 참조 표준, 정보 검색 등을 서비스 대상으로 하고

정보센터의 역할이 막중하지만, 검색 서비스 측면에서 볼 때 단순한 통합 검색 결과 이상의 서비스를 제공하지 못하고 있는 실정이다. 예를 들어, 통합 검색 메뉴를 선택한 경우에 통합 검색, 표준·기술 정보 검색, 규격 정보 검색, 유관 기관 정보 검색 결과로서 2008년 9월 27일 기준으로 468,996건의 검색 결과를 단순 나열식으로 제시한다. 특히, "레미콘"²과 같이 사용자가 일상적으로 많이 사용하나 표준 용어가 아닌 경우에 해당 표준 정보를 검색 결과로서 제시하지 못하고 단순히 문서 내 해당 질의어를 포함하는 경우에 대해서만 검색 결과로서 제시할 뿐이어서 일반인들의 사용편의성이 떨어진다 (통합 검색 결과에서 6개, 표준·기술 정보 검색 결과에서 6개, 그림 1 참조).

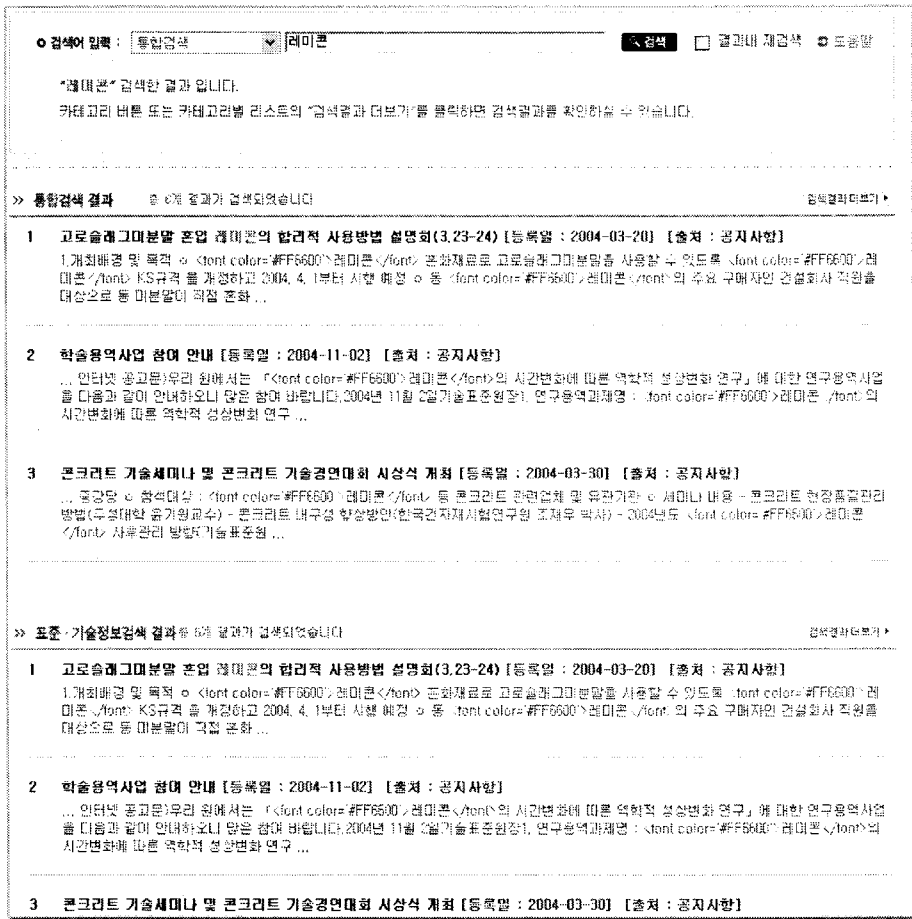


그림 1. 국가표준종합정보센터 내 통합 검색의 예 (질의어: "레미콘")

대한민국의 기술 표준을 선도한다는 측면에서 본

또한, [1]에서 지적한 바와 같이 국가 표준 활성화를 위해서는 국제 표준화 활동을 위한 표준화 전문 인력을 발굴하고 육성할 필요도 있으나, 표준 정보와 인력 정보 간에 연결 고리가 없는 상태여서 단순 검색 시스템으로 해결하지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 현재의 표준 정보 검색 서비스 한계를 극복하고 서비스 접근성을 향상시키고자 표준 정보로부터 내재된 지식의 도출이 가능한 시맨틱 웹 기술을 도입한다. 시맨틱 웹 기술은 온톨로지를 이용하여 해당 분야 정보를 명시적으로 표현할 수 있게 해주며, 추론 (Reasoning)을 통해 유도된 (Induced) 관계들을 생성할 수 있게 해준다. 시맨틱 웹 기술의 원활한 적용을 위해 OntoFrame을

이용한다. OntoFrame은 시맨틱 웹 표준 기술인 XML, RDF (Resource Description Framework), OWL (Web Ontology Language), SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) 등의 표준

² 표준 용어는 "레디 믹스트 콘크리트"

기술들을 기반으로 하여 검색 및 발굴 서비스 (Search and Discovery Service)를 제공하기 위해 개발된 시맨틱 웹 서비스 프레임워크이다 [2]. OntoFrame을 이용하여 다음과 같은 표준 정보 검색 서비스의 발전 방향을 제시하는 것을 본 연구의 목표로 한다.

- 검색의 유연성 확보: 비표준 용어에 대해서도 대응 표준 용어로부터 얻어지는 것과 동일한 검색 서비스 제공
- 개체³ 중심적 통합 검색⁴: 질의어의 유형에 따라 동적으로 검색 결과 페이지를 구성하고 관련 정보를 집중적으로 제공
- 추론 기반 검색 서비스: 모델링된 온톨로지 상에서의 추론을 통해 내재된 지식을 발견하고 검색 서비스로 제공

관련 연구

[3]은 표준 정보 제공 서비스 시스템의 개발을 소개한 연구로서 정보 통신 소프트웨어 관련 표준에 대한 정보 제공을 목표로 한다. 시스템을 HTTP 서버, 패키지, DBMS 계층으로 나누어 구성하고, 특히 메타 검색을 위해 한국정보통신기술협회 (TTA), 한국정보사회진흥원 (NIA), 한국전자통신연구원 (ETRI), KOTEL의 자체 검색 엔진을 이용하는 방식을 채택하였다. 그렇지만, 표준 정보, 표준 검색, 표준화 기구, 표준화 행사 등의 정보를 제공하는 포털 서비스로서의 면모를 갖추었음에도 불구하고 단순 검색 서비스 이외의 내재된 정보 발굴을 통한 서비스 확장 가능성을 보여주지 못하는 한계를 가지고 있다. 분야는 다르지만 유사한 연구의 예로 [4]는 기술 기준과 관련된 법령 정보를 조항 별

키워드 검색, 계층적 검색, 법령 별 키워드 검색, 제·개정 연혁 별 검색 등 다양한 방식으로 검색 서비스를 제공한다. 상·하위 계층 관계를 가지는 법령 구조를 검색 서비스와 결합시켜 제공하는 등 사용편의성으로 고려하고 있다는 특징을 가지지만, 통상적인 원문 기반의 키워드 검색 서비스를 벗어나지 못한 검색 서비스이다.

시맨틱 웹 기술 기반 표준 정보 검색 서비스

본 장에서는 시맨틱 웹 서비스 프레임워크인 OntoFrame의 표준 정보 검색 서비스 적용 방안을 설명한다. OntoFrame의 시스템 구조 (그림 2 참조)에서 보듯이 기존 정보를 담고 있는 데이터베이스 (Legacy DB Tables)의 정보를 모델링된 온톨로지 (Ontologies)를 참조하여 변환하고, 이를 검색 엔진 (Search Engine)과 추론 엔진 (OntoReasoner)에 제공하는 방식으로 시맨틱 웹 서비스 프레임워크와 표준 정보 검색 서비스를 결합시킨다.

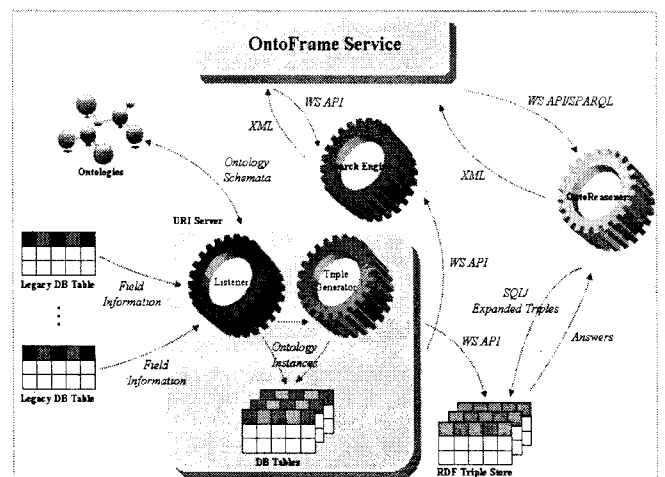


그림 2. OntoFrame 시스템 구조

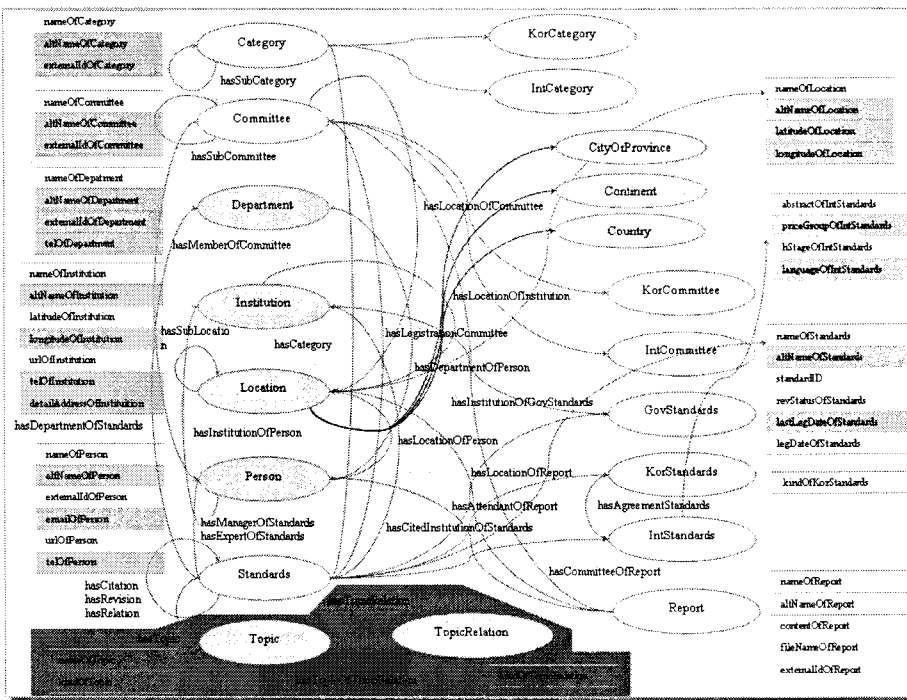
표준 정보 검색 서비스는 검색 엔진 및 추론 엔진을 웹 서비스 방식으로 호출하고 호출 결과를 XML 형식으로 전달받는다. 검색 결과 페이지 구성 시 제공하는 단위 서비스 (예. '표준 용어 사전

³ 넓은 범위에서는 색인어까지도 포함할 수 있으나 본 논문에서는 미리 정의한 온톨로지 스키마 내 클래스에 할당된 인스턴스 (실체)로 한정하여 정의한다.

⁴ 관련 특허: 국내 특허 출원 (10-2007-0176312, 10-2008-0032741), PCT 특허 출원 (PCT/KR2007/004887), 미국 특허 출원 (11/905,957)

브라우저', '무역 기술 장벽 협정 정보', '관련 KS 표준' 등)는 제공하는 정보 유형에 따라 검색 엔진 또는 추론 엔진을 호출한다. 추론 엔진은 표준 정보 내에서 유도된 관계들을 발견하기 위해 사용자 정의 규칙에 따라 추론을 수행하는데 이 때 이용하는 지식 형식은 RDF 저장소 (RDF Triple Store) 내의 RDF Triples이다. 추론은 Forward-chaining 방식으로 수행하며, 그 결과는 RDF Triple 저장소 (Store)에 추가된다.

온톨로지 (그림 3 참조)를 모델링하기 위해서는 검색 서비스 대상이 되는 표준 정보 내 개체들을 클래스로서 정의하는 작업부터 시작하여 기존 데이터베이스 분석을 통한 클래스 간 관계 정의를 수행한다. 본 연구에서는 개체 중심적 통합 검색 결과 페이지를 구성하는 데 사용되는 용어 (Topic), 국가 표준 (KS; KorStandards), 국제 표준 (ISO/IEC; IntStandards), 기관 (Institution), 인력 (Person)을 중심 클래스로 정의한다. 표준 정보 온톨로지는 20개의 클래스들과 수십 개의 개체 속성 (Object Property)⁵, 데이터타입 속성 (Datatype Property)⁶을 포함한다.



⁵ 클래스 (자원)들을 연결하는 관계 유형
⁶ 클래스 (자원)와 문자 (Literal)를 연결하는 관계 유형

그림 3. 표준 정보 온톨로지

검색의 유연성 확보

검색의 유연성은 사용자가 일반적으로 사용하는 용어와 시스템 내 용어 간의 괴리 (Gap)의 크기와 밀접한 관련을 가진다. 예를 들어, 사용자는 "레미콘"이라는 용어밖에 모르고 있으나, 시스템은 "레드 믹스트 콘크리트"를 포함하는 정보만을 가지고 있다면, 사용자는 원하는 정보를 찾을 방법이 없다. 또 다른 예로, 시스템 내 "레드 믹스트 콘크리트"와 "레드 믹스트 콘크리트"가 혼재되어 사용되는 환경에서도 일관성 있는 검색 결과를 얻기가 쉽지 않다.

본 연구에서는 사용자가 유사어로 검색을 하는 경우나 심지어 관련어로 검색을 하는 경우에도 원하는 검색 결과를 찾을 수 있도록 표준 용어 사전을 구축하였다. 현재 표준 용어 사전 내 용어 수는 23,134개이며, 용어 간 관계 수는 44,147개이다.

정의된 용어 관계 속성 유형은 'GER (독일어)', 'KEN (영어-한국어)', 'UF (비우선어)', 'FRA (불어)', 'ENG (영어)', 'KGE (독일어-한국어)', 'RT (관련어)', 'KFE (불어)', 'KAL (알바니아어-한국어)', 'ALB (알바니아어)', 'USE (우선어)', 'BT (상위어)', 'NT (하위어)' 등이다. 이를 RDF Triple 형식으로 기술하면 다음의 예와 같으며, 전체 Triple 수는 222,856개이다.

```

:TOP_18571    ref:nameOfTopic
"기준      래크      피치선
위치[      --      ]"^^xsd:string
g.
:TOP_7220    ref:nameOfTopic
"격자
거더[      --]"^^xsd:string .

```

```

:TOP_5820    ref:nameOfTopic      "갑판보

```

브래킷[-]^xsd:string .

.....

:TOP_945 ref:hasTopicRelation :TRE_6593 .

:TRE_6593 ref:hasTopicOfTopicRelation :TOP_948 .

:TRE_6593 ref:kindOfTopicRelation

"ENG"^^xsd:string .

그림 4에서 보듯이 같이 용어는 'Topic' 클래스의 인스턴스로, 용어 간 관계는 'TopicRelation' 클래스 내 'kindOfTopicRelation' 속성으로 표현된다. 예를 들어, 비표준 용어 "레미콘"은 표준 용어인 "레드믹스트 콘크리트"와 'USE' 관계로 연결되는데, 이를 용어 표현 모델로 살펴보면, "레미콘"이 'USE'와 'hasTopicRelation' 관계로 연결되며, 'USE'는 "레드믹스트 콘크리트"와 'hasTopicOfTopicRelation' 관계로 연결된다.

만일 사용자가 비표준 용어를 입력하면 'USE' 관계를 이용하여 표준 용어를 발견하고 이를 통해 검색을 수행함으로써 비표준 용어나 표준 용어 모두 동일한 검색 결과를 생성할 수 있게 된다. 그림 5는 표준 용어 "콘크리트"에 대한 표준 용어 사전 구조를 시각화하여 보여준 예이다.

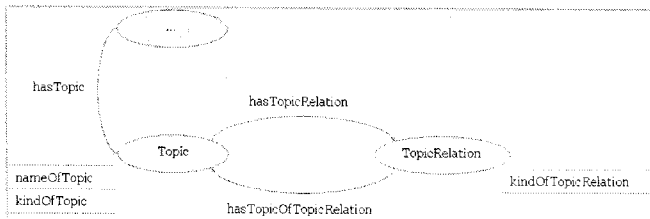


그림 4. 용어 표현 모델

그림 5에서 보듯이 표준 용어 사전은 비표준 용어와 표준 용어 간 관계뿐만 아니라 관련어들을 동시에 제시할 수 있게 함으로써 검색에 대한 사용편의성을 높인다. 또한, 용어 출처를 통해 해당 용어의 출처가 된 국가 표준 (KS)들이 동시에 제시됨으로써 문서 내 원문 검색과 다른 관점의 검색 결과를 생성할 수 있다. 브라우저 화면 내에서 특정 용어를 선택하면, 동적으로 해당 용어 중심의 표준 용어 사전 네트워크를 제시하여 연속적인 용어

관계 확인이 가능하다는 점도 본 표준 정보 검색 서비스의 또 다른 특징이다.

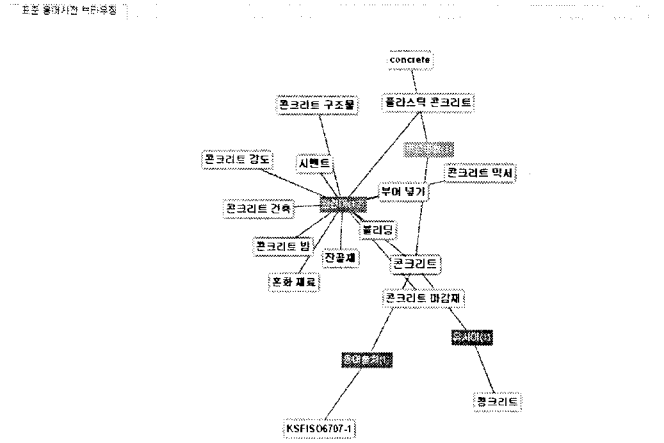


그림 5. 용어 간 관계 브라우징 예 (표준 용어 "콘크리트"가 가지는 관련어, 유사어, 용어 출처, 영문 명칭 등을 시각화하여 보여준 예)

이와 같이 사용자 용어와 표준 정보 내 용어 간의 괴리를 해소하고 관련 정보를 함께 제공하는 방식을 통해 정보 접근성이 향상된다. 사용자는 본인의 언어를 이용하면서도 원하는 검색 결과를 얻을 수 있기 때문이다.

개체 중심적 통합 검색

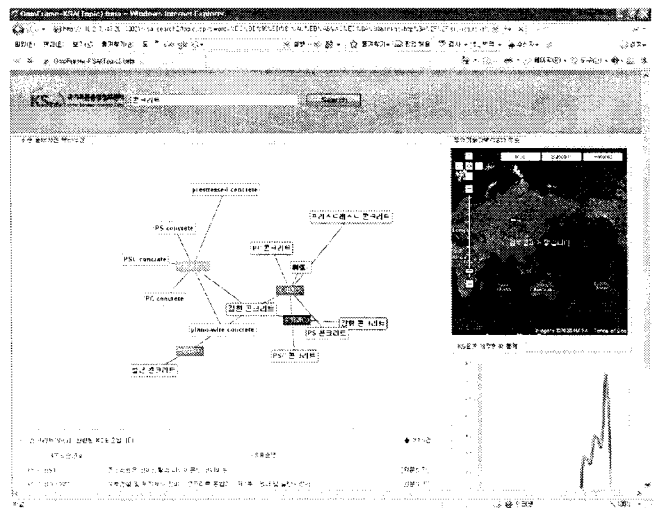


그림 6. 용어 페이지 예 ("콘크리트"으로 검색한 경우)

[5]는 사용자 질의어를 분석하여 개체 유형을 파악하고 해당 개체 유형에 맞는 검색 결과 화면을 동적으로 구성하는 방법을 소개하고 있다. 포털 사이트인 네이버에서 버티컬 검색이라는 이름으로 인물, 영화, 자동차 등의 특정 분야 서비스를 강화하고 있는데, 이 또한 개체 중심적 통합 검색의 한 예라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 [5]의 연구 내용을 토대로 용어 (Topic), 국가 표준 (KS; KorStandards), 국제 표준 (ISO/IEC; IntStandards), 기관 (Institution), 인력 (Person)을 통합 검색 결과 페이지 구성 대상으로 정의한다. 예를 들어, "콘크리트"가 사용자 질의어로 입력되는 경우에는 그림 6과 같은 용어 페이지를, "KS B ISO 18650"이 입력되는 경우에는 그림 7과 같은 국가 표준 페이지를 동적으로 구성한다. 이때, 각 개체 페이지 내의 단위 서비스 또한 개체 유형에 맞게 동적으로 구성되는데, 예를 들어, 용어 페이지의 경우에는 '표준 용어 사전 브라우징', '관련 국가 표준', '관련 정부 표준', '관련 무역 기술 장벽 (TBT; Technical Barriers to Trade)', '무역 기술 장벽 협정 정보', '국가 표준 제정 현황 통계' 등이, 국가 표준 페이지의 경우에는 '인용 정부 표준 현황', '기초 정보', '관련 전문가', '인용 정부 기관', '인용 정부 표준', '관련 국제 표준', '전문가 네트워크', '표준 용어 사전 프라우징' 등이 단위 서비스들로 제공된다.

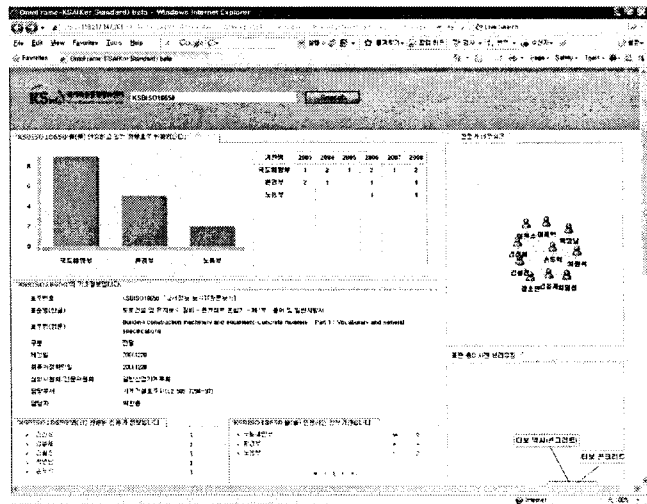


그림 7. 국가 표준 페이지 예 ("KS B ISO

포털 사이트와 전자 상거래 사이트를 비롯한 많은 웹 페이지에서 지원하고 있는 자동 완성 역시 본 검색 서비스에 맞추어 새로 설계되었다⁷. 일반적인 자동 완성의 경우에는 사용자 질의어와 전방 일치, 후방 일치, 또는 양방 일치로 매칭되는 색인어 (또는 이전 사용자 질의어)들을 목록으로 제시하지만, 본 검색 서비스에서는 개체 유형에 따라 검색 결과 페이지 구성이 달라지므로 사용자가 의도하는 정확한 개체 유형을 선택할 수 있도록 지원할 필요가 있다. 그림 8과 같이 본 검색 서비스의 자동 완성에서는 사용자 질의어를 입력한 후 해당 질의어를 포함하는 개체 유형과 개체명을 목록으로 제시하는 방식을 통해 사용자가 의도한 질의어 선택이 가능하다.

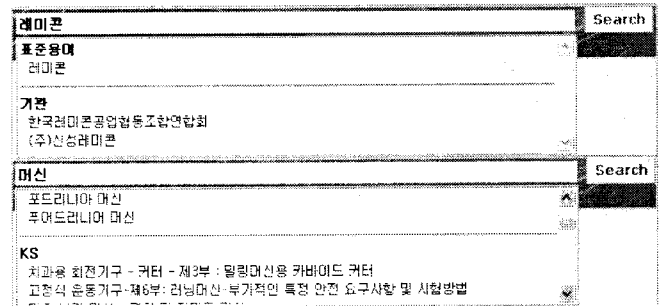


그림 8. 개체 유형별로 목록을 제시하는 자동 완성 예 (상단 화면은 "레이콘"을 질의어로 입력한 경우이며, 하단 화면은 "머신"을 질의어로 입력한 경우)

최근의 웹 2.0 기술의 발전과 함께 Open API⁸를 이용하여 부가 정보를 추가하여 제공하는 매쉬업 (Mashup) 서비스가 보편화되고 있는데, 본 검색 서비스에서도 '무역 기술 장벽 협정 정보' 등에 적용하고 있다. 특정 표준 용어가 선택된 경우, 해당 용어를 포함하는 무역 기술 장벽 통보문 내의 해당

⁷ 관련 특허: 국내 특허 출원 (10-2008-0090787)

⁸ SOAP (Simple Object Access Protocol), 자바스크립트 (JavaScript) 등을 이용하여 웹 사이트들 간에 서로 상호 작용하는 기술들의 집합

국가 정보를 Google Maps API⁹를 이용하여 지도 상에 시각화시킨다 (그림 6 우측 상단 지도 화면 참조). 국가명은 수도명과, 수도명은 경·위도 값과 연결되어 있어 특정 국가에 대한 지도 상의 GPS 좌표 값을 획득할 수 있다.

이와 같이 개체 중심적 통합 검색은 특정 정보에 대해 다양한 시각으로 관련 정보를 동시에 보여줄 수 있어 사용자가 관련 정보를 획득하기 위해 여러 번 검색을 수행하거나 여러 사이트를 찾아 다니는 수고를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 네이버에 이어 다음, 파란 등 포털 사이트들에서도 개체 중심적 통합 검색 서비스를 개시하거나 강화하고 있는 배경에는 이러한 사용편의성 측면이 있기 때문이다.

추론 기반 검색 서비스

시맨틱 웹 기반 서비스 프레임워크인 OntoFrame을 이용하는 가장 큰 이유 중 하나는 추론을 통해 관계를 유도할 수 있다는 것이다 [6] [7]. 추론은 사용자가 정의한 추론 규칙을 모델링된 온톨로지 내의 인스턴스들에 적용하는 방식으로 이루어지는데, ICS (International Classification for Standards) 분류 체계 별 전문가들을 얻기 위한 다음의 추론 예를 통해 설명하고자 한다 (그림 9 참조).

(?x isrl:hasCategory ?y)
 (?x isrl:hasExpertOfStandards ?z) →
 (?y isrl:hasExpertOfCategory ?z)

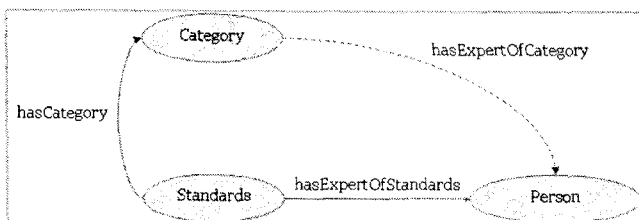


그림 9. 추론에 의한 표준 정보 내 관계 확장 예 (실선: 기본 관계, 점선: 유도된 관계)

⁹ <http://code.google.com/apis/maps/>

기존 데이터베이스에는 국가 표준 또는 국제 표준과 ICS 분류 체계 간에 'hasCategory' 관계가 존재하며, 국가 표준 또는 국제 표준과 인력 간에 'hasExpertOfStandards' 관계가 존재한다 (그림 3 참조). 추론을 통해 얻고자 하는 관계는 ICS 분류 체계와 인력 간의 관계 ('hasExpertOfCategory')인데, 이는 상기 추론 과정을 통해 획득할 수 있다. 이러한 방식으로 동일한 ICS 분류 체계에 속한 전문가들을 발견하고, 이들 간의 연구자 네트워크를 그림 11과 같이 시각화할 수 있다.

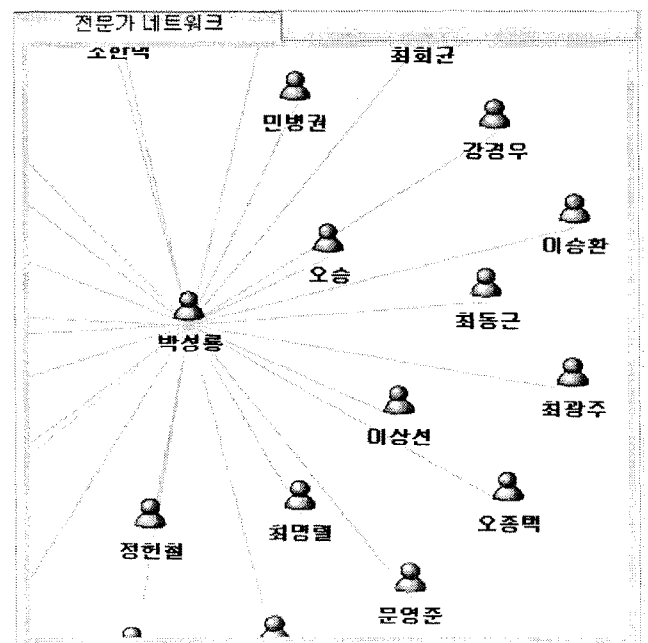


그림 11. 확장된 관계를 이용하여 획득한 특정 분류 체계 내의 연구자 네트워크 예

기존 데이터베이스 응용 시스템으로 동일한 서비스를 제공하려면 별도의 프로그램과 신규 테이블을 통해 해당 정보를 획득해야 하고, 그 시점 또한 실시간에 수행하기에는 부하가 크다는 어려움이 있다. 추론 규칙들이 여러 개가 동시에 적용되어 복잡한 관계 확장을 하는 경우에는 더욱 어려울 수 밖에 없다.

이와 같이 모델링된 온톨로지 상에서의 추론은 새로운 검색 서비스를 추가로 제공해줄 수 있는 환경을 용이하게 만들어준다. 기존의 단순 검색으로

제공하지 못했던 서비스 발굴은 사용자의 검색 욕구를 보다 크게 만족시켜줄 수 있다는 점에서 본 연구의 대상이 되는 표준 정보 검색 서비스와 같은 버티컬 포털을 지향하는 사이트들에서 특히 선호되는 기능이라고 할 수 있다.

결론

본 논문을 통해 시맨틱 웹 기술 기반으로 표준 정보 검색 서비스를 발전시킨 예를 보였다. 특히, 비표준 용어에 대해서도 표준 용어와 동일한 검색 결과를 제공할 수 있게 하는 검색의 유연성 확보, 질의어 유형에 따라 동적으로 검색 결과 페이지를 구성하는 개체 중심적 통합 검색, 모델링된 온톨로지 상에서의 추론을 통해 내재된 지식을 서비스화하는 기술들이 본 연구를 통해 어떻게 달성될 수 있는가를 실증하였다. 향후 연구에서는 본 서비스 모델을 더욱 확장하여 사용자가 여러 질의어를 동시에 입력하는 환경에서도 능동적 페이지 구성이 가능한 다중 개체 중심적 통합 검색¹⁰, 강제 인증 정보, 임의 인증 정보 등 확장된 표준 정보의 적용 등에 초점을 맞출 예정이다.

참고 문헌

- [1] 강영홍, 함영일, 양준규, "정보통신 기술기준과 국가표준의 상호 연계방안 연구", 한국해양정보통신학회논문지 11(9), 2007.
- [2] W. Sung, H. Jung, P. Kim, I. Kang, S. Lee, M. Lee, D. Park, and S. Hahn, "A Semantic Portal for Researchers Using OntoFrame", In Proceedings of the 6th International Semantic Web Conference and the 2nd Asian Semantic Web Conference, 2007.
- [3] 이공선, 김진삼, 장진호,

- "표준정보제공서비스시스템 개발", 한국정보처리학회 춘계학술대회, 2001.
- [4] 민재홍, 조평동, 양진혁, 박평구, 정인정, "법령 정보검색 시스템 구현에 관한 연구", 한국정보처리학회 논문지 7(11), 2000.
- [5] 정한민, 이미경, 성원경, "URI를 이용한 개체 중심적 통합 검색 시스템", 정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 35(7), 2008.
- [6] H. Jung, M. Lee, I. Kang, S. Lee, and W. Sung, "Finding Topic-Centric Identified Experts Based on Full Text Analysis", In Proceedings of the 2nd International ExpertFinder Workshop at ISWC 2007 + ASWC 2007, 2007.
- [7] H. Jung, M. Lee, W. Sung, and D. Park, "Semantic Web-Based Services for Supporting Voluntary Collaboration among Researchers Using an Information Dissemination Platform", In Journal of Data Science Journal 6(1), 2007.

¹⁰ 관련 특허: 국내 특허 출원 (10-2008-0032741), PCT 특허 출원 (PCT/KR2008/002270), 미국 특허 출원 (12/174,730)