

JENA를 이용한 개선된 OntoCS

반승호 이인근^o 황도삼
 영남대학교 전자정보공학부, 영남대학교 전기공학과^o
 pkban@yu.ac.kr, iklee@ynu.ac.kr^o, dshwang@yu.ac.kr

An Improved OntoCS with JENA

Seungho Ban, In K. Lee^o, Dosam Hwang
 Department of Computer Engineering at Yeungnam University
 Department of Electrical Engineering at Yeungnam University^o

요 약

OntoCS는 웹 기반 온톨로지 구축 시스템으로써 온톨로지 협업 구축이 가능한 장점이 있으나 구축한 온톨로지의 논리 기반 검색이나 추론 기능을 지원하지 않는다. 그로 인해 구축한 온톨로지의 검증 및 확장 작업을 위해서는 전문가의 수작업이 불가피하다. 따라서 본 논문에서는 OntoCS에 JENA Engine을 탑재하여 구축 중인 온톨로지의 논리 검색을 통한 온톨로지 검증과 온톨로지의 확장 구축 및 관리가 가능한 개선된 OntoCS를 제안하고 개발한다. 그리고 온톨로지 추론 전·후의 온톨로지 요소 비교를 통해 JENA에서의 온톨로지 추론 결과를 OntoCS에 반영할 수 있도록 한다.

1. 서 론

대용량의 온톨로지 구축을 위해 다양한 도구들이 개발되어 사용되고 있다. 대표적 온톨로지 구축 도구들로는 KAON, Protégé, OilEd, OWL Editor, OntoCS[1-4]등이 있으며, 이들은 쉽게 온톨로지를 구축할 수 있도록 편리한 사용자 인터페이스를 제공한다. 특히 OntoCS (Ontology Construction System)[3]은 웹 기반 온톨로지 구축 시스템으로써 다수의 온톨로지 구축자가 신문, 사전, 코퍼스 등의 지식 자료로부터 대용량의 온톨로지를 구축하고 관리할 수 있는 환경을 제공한다.

OntoCS에서는 대용량의 온톨로지 구축을 위해 개념, 개체, 속성, 관계, 제약사항 등을 ‘메타 온톨로지(Meta-Ontology)[3]’라는 형식화된 온톨로지 요소로 정의함으로써 다양한 온톨로지 형식을 간략화하여 표현하였고, 온톨로지를 데이터베이스로 관리함으로써 대량의 온톨로지를 구축하고 관리할 수 있도록 하였다. 또한 온톨로지 구축자가 편리하게 온톨로지를 구축할 수 있도록 하기 위한 편리한 인터페이스 및 도구를 제공하고 있다.

OntoCS에서는 단순한 키워드 기반으로 온톨로지 요소의 검색 기능을 제공한다. 그러나 논리(logic) 기반의 온톨로지 검색이나 논리 기반의 온톨로지 추론 기능이 없어 온톨로지 구축 과정에서의 논리적 검증이나 온톨로지의 확장을 위해서는 전문가의 수작업에 의존할 수밖에 없다.

본 논문에서는 OntoCS를 이용한 온톨로지 구축 과정에서 구축 중인 온톨로지의 논리 검색을 통한 온톨로지 검증과 논리 추론을 통한 온톨로지의 확장 구축 및 관리

가 가능한 개선된 OntoCS를 설계한다. 개선된 OntoCS는 그림 1과 같이 OntoCS의 온톨로지 구축 환경과 JENA[5]의 검색 및 추론 엔진이 결합되어 있다.

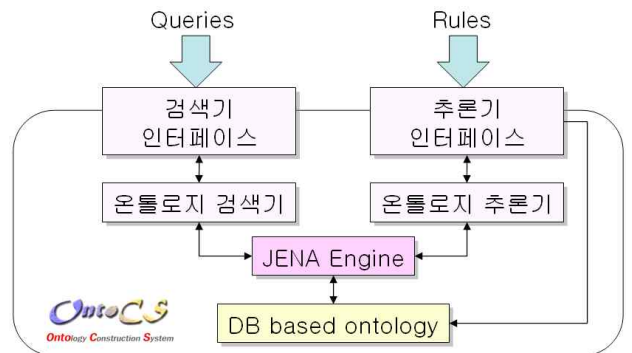


그림 1. 개선된 OntoCS의 구조

2. OntoCS

OntoCS는 웹 기반으로 온톨로지의 구축을 지원함으로써 온톨로지 병렬 구축이 가능한 장점이 있다. 또한 비전문가가 온톨로지를 구축하기 위해서 참조해야 하는 전문 문서 및 사전과 같은 언어 자원을 온톨로지 구축 중에 활용할 수 있도록 편리한 인터페이스를 제공한다. ① 다수의 온톨로지 구축자가 언어 자원과 메타 온톨로지를 공유하여 ②언어 자원을 편리하게 활용하고 관리할 수 있고, ③메타 온톨로지를 효율적으로 관리할 수 있으며, ④작성한 ‘메타 온톨로지’를 OWL[6]형태의 온톨로지로 자동 변환하여 온톨로지 구축을 지원한다.

OntoCS의 특징을 정리하면 다음과 같다.

① 다양한 자원의 관리

온톨로지 구축 시 다수의 자원을 활용해야 하는데, 이

* 본 논문은 정통부 및 정보통신연구진흥원의 정보통신선도기반기술 개발사업의 연구결과로 수행되었습니다.

과정에서 화면에 많은 창을 띄워야 하며, 필요한 용어에 대한 검색과 이미 온톨로지에 등록된 용어에 대한 확인 과정이 매우 번거롭다. 따라서 여러 개의 패널을 통해 하나의 도구에서 많은 자원을 관리할 수 있도록 한다.

② 방대한 자원의 검색

미리 수집된 언어 자원으로 부터 검색 도구를 활용하여 적절한 자원을 빠르고 효율적으로 찾아 작업할 수 있도록 한다. 따라서 여러 자원을 동시에 검색하고 결과를 확인함으로써 능동적인 작업이 가능하게 한다.

③ 자원의 효율적 이용

분야 용어에 대한 태깅을 통해 언어 자원의 문서-문장과 용어 정의에서 온톨로지 구축자가 선택할 분야 용어를 쉽게 결정할 수 있다. 또한 온톨로지 구축 과정에서 다른 정보를 찾기 위해 잠시 보류해 둔 자원에 대한 자원 사용에 대한 기록 및 히스토리를 관리함으로써 온톨로지 구축 과정을 유연하게 연결한다.

④ 메타 온톨로지 작성

다수의 온톨로지 구축자가 동시에 온톨로지 구축 작업을 할 경우 이미 구축한 온톨로지를 중복하여 구축하거나, 온톨로지 구축 도구 사용이 미숙하여 온톨로지 구축 능률이 저하되는 문제가 발생할 수 있다. 이와 같이 온톨로지를 구축할 때 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위해 '메타 온톨로지'를 사용하며, '메타 온톨로지'를 웹을 통해 공유할 수 있는 환경을 제공한다. 그림 2는 OntoCS를 웹 브라우저를 통해 실행한 화면이다.

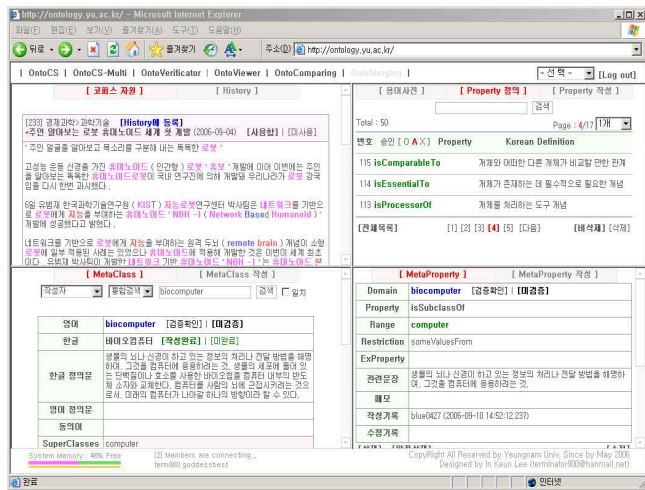


그림 2. OntoCS 실행 화면

3. JENA Engine를 이용한 OntoCS의 개선

OntoCS는 웹 기반의 온톨로지 구축 시스템으로써 온톨로지 병렬 구축이 가능한 장점이 있다. 그러나 구축한 온톨로지의 논리 기반 검색이나 추론 기능을 지원하지 않아 구축한 온톨로지의 검증 및 확장 작업에 어려움이 있다. 따라서 OntoCS로 구축한 온톨로지의 논리 검색이나 추론을 위해서는 데이터베이스의 '메타 온톨로지'를 특정 온톨로지 언어로 변환하고, KAON, Pellet 등과 같은 온톨로지 추론기에서 검색이나 추론을 행하게 된다.

또한, 추론 결과를 OntoCS에 반영하기 위해서는 별도의 인터페이스를 구성해야 하는 어려움이 있다. 즉, OntoCS에서 구축 중인 온톨로지의 검증 및 확장을 위해서는 데이터베이스 기반의 '메타 온톨로지'를 OWL형태로 변환한 후, 기존의 추론기를 통한 검색 및 추론을 통해 온톨로지의 검증 및 확장 작업을 수행한다. 그리고 그 결과를 다시 OWL형태로 변환하고, 이를 다시 OntoCS에 입력해야 하는 복잡한 과정을 거쳐야 하는 어려움이 있다. 따라서 JENA Engine을 OntoCS에 탑재함으로써 온톨로지 구축 작업과 병행하여 온톨로지의 논리 검색 및 논리 추론을 통해 구축 중인 온톨로지의 검증이나 확장을 용이하게 한다.

온톨로지 검색 및 추론 세부 과정은 그림 3과 같다.

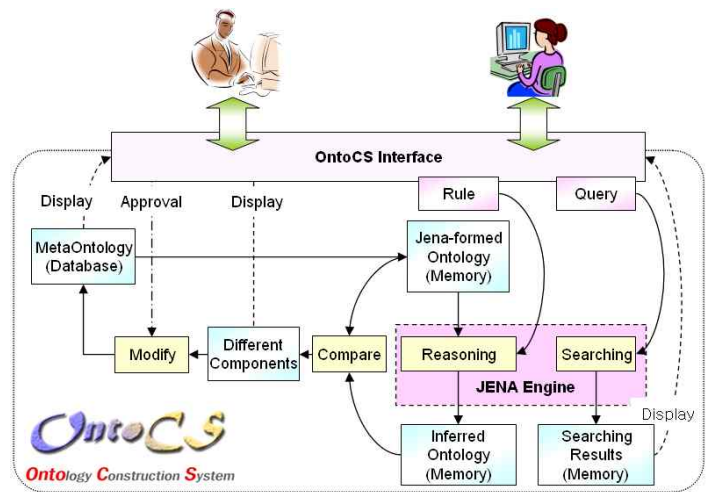


그림 3. 온톨로지 검색 및 추론의 세부 과정

OntoCS에서의 온톨로지 검색은 단순히 단어 비교를 통한 온톨로지 요소의 검색 방법으로 논리적 검색이 불가능하였다. 따라서 그림 3에서와 같이 논리 검색 및 추론이 가능하도록 하기 위해 온톨로지 추론 엔진인 JENA Engine을 이용하여 OntoCS를 개선한다.

온톨로지 논리 검색 및 논리 추론을 위해서 OntoCS에서 구축 중인 데이터베이스 기반의 온톨로지 요소를 JENA 온톨로지 모델로 변환하여 메모리에 탑재한다. 소규모의 온톨로지인 경우에는 변환된 온톨로지를 컴퓨터 메모리 상에서 관리할 수 있으나, 대용량 온톨로지인 경우에는 JENA와 데이터베이스를 연계[7]하여 온톨로지를 관리한다.

기 구축된 온톨로지로부터의 온톨로지 논리 검색을 위해 SPARQL[8] 문법에 따른 검색 질의를 생성하고, 그림 4의 온톨로지 검색 인터페이스를 이용하여 질의를 입력한다. 그림 4에서의 검색 결과는 [SPARQL 질의 1]과 같은 검색 질의에서 검색하고자 하는 요소를 변수 '?phone'로 지정하였을 때, '?phone'에 할당된 요소들을 출력한 예를 보인다.

```
[SPARQL 질의 1]
prefix yu:<http://ontology.yu.ac.kr/>
prefix rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
```

```
select ?phone
where {
    ?phone rdfs:subClassOf yu:MobilePhone.
    yu:Samsung yu:manufacture ?phone.
    ?phone yu:hasFunction yu:DMB.
}
```



그림 4. 온톨로지 논리 검색기의 인터페이스

또한 온톨로지 추론을 위해서 사용자가 JENA 추론 문법[9]에 따라 [JENA 규칙 1]과 같은 추론 규칙을 생성하고, 그림 5와 같은 온톨로지 논리 검색을 통해 온톨로지 논리 추론이 가능하도록 한다.



그림 5. 온톨로지 논리 추론기의 인터페이스

```
[JENA 규칙 1]
[Rule 1: (?phone rdfs:subClassOf yu:MobilePhone)
(yu:Samsung yu:manufacture ?phone)
(?phone yu:hasFunction yu:DMB)
-> (?phone yu:exportedTo yu:USA) ]
```

온톨로지 논리 추론을 통해 추론된 결과를 OntoCS의 데이터베이스에 반영하기 위해서 별도의 인터페이스를 구성한다. JENA를 이용한 온톨로지의 논리 추론에서는 추론 결과로써 새롭게 추가 및 삭제된 온톨로지 요소들을 직접 확인할 수 없다. 즉, 메모리에 형성된 JENA 모델의 온톨로지가 추론을 통해 변형되기 때문에 추론 전

의 온톨로지 모델을 별도 저장하여 추론 후의 온톨로지 모델과의 비교를 통해 변형된 온톨로지를 확인하도록 하였다. 그리고 추론 전의 온톨로지 요소와 추론 후의 온톨로지 요소를 비교하여 새롭게 생성되거나 또는 삭제된 요소의 결과를 사용자의 ‘동의’를 통해 구축중인 ‘메타 온톨로지’에 반영한다. 그림 6은 [규칙 1]을 통한 온톨로지 검색 결과를 ‘메타 온톨로지’에 반영하여 온톨로지를 확장한 결과의 예를 보인다.

Domain	Property	Range	검증됨 [O A X]
LG-KU6000	isSubclassOf	MobilePhone	X
LG-KC3500	isSubclassOf	MobilePhone	X
LG	manufacture	LG-KU6000	X
LG	manufacture	LG-KC3500	X
LG	isSubclassOf	Company	X

(a) 추론 전의 메타 온톨로지 요소

Domain	Property	Range	검증됨 [O A X]
SPH-W5310	exportedTo	USA	X
SPH-W5200	exportedTo	USA	X
LG-KU6000	isSubclassOf	MobilePhone	X
LG-KC3500	isSubclassOf	MobilePhone	X
LG	manufacture	LG-KU6000	X

(b) 추론 후의 메타 온톨로지 요소

그림 6. 온톨로지 논리 추론을 통한 온톨로지 확장 예

4. 구현 및 실험

실제 웹 기반 온톨로지 추론기의 효용성을 확인하기 위해 특정 정보를 기반으로 하여 새로운 지식을 구축 중인 온톨로지에 추가하려 한다. 그림 7은 실험을 위해 구축된 온톨로지 예를 보인다.

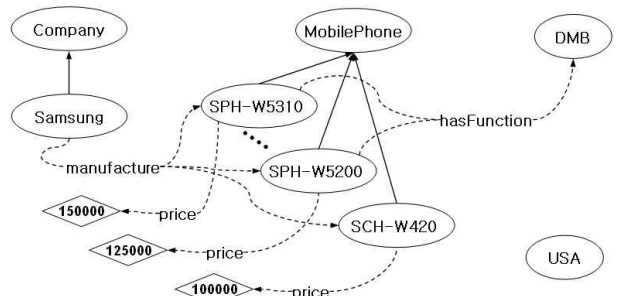


그림 7. 구축 중인 온톨로지 예

[정보 1] “삼성에서 DMB 기능을 갖춘 휴대폰 전 기종을 올해부터 미국에 수출하기로 결정했다.”

[정보 1]을 기반으로 “미국에 수출하기로 한 휴대폰 기종을 모두 찾아라. 그리고 ‘이 기종이 미국에 수출된다’ 는 사실을 추가하라.”의 작업을 논리 추론을 통해 수행한다. 상기의 작업에 대한 [추론 규칙 1]의 논리 규칙으로부터 3절의 [JENA 규칙 1]을 생성하고, 이를 이용하여 추론을 수행한 결과 [추론 결과 1]의 결과를 얻었다. 즉, ‘SPH-W5310’와 ‘SPH-W5200’가 ‘USA’와 속성 ‘exportedTo’에 의해 새로운 관계가 생성된 것을 확인하였다.

[추론 규칙 1]

```
MobilePhone(?phone) ^ manufacture(Samsung, ?phone)
  ^ hasFunction(?phone, DMB)
  →exportedTo(?phone, USA)
```

[추론 결과 1]

```
exportedTo(SPH-W5310, USA)
exportedTo(SPH-W5200, USA)
```

그리고, [정보 2]를 이용하여 상기와 같은 방법으로 추론을 수행한 결과, 이미 구축되어 있는 온톨로지로부터 새로운 지식을 일괄 추가 및 삭제가 가능함을 확인하였다.

[정보 2] “삼성은 올해부터 자사의 모든 제품에 대해 10%의 가격 할인 정책을 단행하였다.”

[추론 규칙 2]

```
MobilePhone(?phone)
  ^ manufacture(Samsung, ?phone)
  ^ price(?phone, ?price)
  ^ product(?price, 0.9, ?newPrice)
  →price(?phone, ?newPrice)
  Remove(price(?phone, ?price))
```

[JENA 규칙 2]

```
[Rule 2: (?phone rdfs:subClassOf yu:MobilePhone)
(yu:Samsung yu:manufacture ?phone)
(?phone yu:price ?price)
product(?price, '0.9'^^xsd:double, ?newPrice)
-> (?phone yu:price ?newPrice) drop(2) ]
```

[추론 결과 2]

```
price(SPH-W5310, 135000)
price(SPH-W5200, 112500)
price(SCH-W420, 90000)
```

[추론 규칙 2]에서 ‘product()’는 변수 ‘?price’에 할당된 가격에 대해 ‘0.9’를 곱한 값을 변수 ‘?newPrice’에 할당하는 함수이다. 그리고 ‘Remove()’는 인수로 지정된 온톨로지 요소를 제거하는 의미로써 [JENA 규칙 2]에서 ‘drop’ 함수로 표현된다. 즉, ‘drop(2)’는 규칙에서 세 번째 요소를 제거하는 의미이다. 그리고 각 제품마다 [추론 결과 2]와 같이 새로운 가격이 책정됨을 확인하였다. 즉, 실험에서 확인할 수 있듯이, OntoCS에서의 논리 검색 및 논리 추론 기능을 이용함으로써 편리하게 온톨로

지를 확장 구축할 수 있음을 확인하였다.

5. 결론

웹 기반 온톨로지 협업 구축 시스템인 OntoCS에서 온톨로지 구축 및 검증 기능의 향상을 위해, JENA 추론기를 이용하여 웹 상에서 논리 기반의 검색 및 추론이 가능하도록 OntoCS를 개선하였다. 또한 OntoCS Interface를 통해 Web-based Reasoning이 가능하도록 하며, 그 결과를 DB에 저장할 수 있도록 하였다.

현재 구축한 시스템에서 논리 추론 및 검색이 가능하게 하기 위해서 데이터베이스에 있는 모든 온톨로지 요소를 메모리에 로드해야 하므로, 용량이 큰 온톨로지의 경우에는 메모리 overflow 현상이 발생할 수 있다. 그러나 이 문제는 JENA와 데이터베이스를 연계한 추론 방법을 이용할 수 있다. 또한 온톨로지 협업 구축이 가능하도록 하기 위해 데이터베이스 기반으로 OntoCS를 설계하였으나 JENA를 이용한 추론을 위해서는 구축 중인 온톨로지를 JENA 온톨로지 형태로의 변환 과정이 필요하다. 따라서 JENA 온톨로지 형태로 변환된 이후에 구축된 온톨로지는 추론에 반영할 수 없는 문제가 있다. 이 문제는 정책적으로 추론 과정 동안의 온톨로지 구축을 허용하지 않게 함으로써 해결할 수도 있다. 그러나 기술적으로는 해결되어야 하는 문제로써, 이는 차후 연구로 남겨둔다.

6. 참고문헌

- [1] N.F. Noy, and D.L. McGuinness, “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology,” Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05, 2001.
- [2] M. Denny, "Ontology editor survey results," http://xml.com/2002/11/06/Ontology_Editor_Survey.html, June 2002.
- [3] 이인근, 서석태, 정혜천, 황도삼, 권순학, “온톨로지 구축 프로세스와 시스템,” 한국퍼지 및 지능 시스템 학회 논문지, 제16권, 6호, pp. 721-729, 2006.
- [4] Protégé OWL API Programmer's Guide, <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/api/guide.html>, July 2006.
- [5] JENA Ontology API, <http://jena.sourceforge.net/ontology/index.html>
- [6] OWL Web Ontology Language Guide, <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>
- [7] JENA2 Database Interface - Release Notes, <http://jena.sourceforge.net/DB/index.html>
- [8] SPARQL Query Language for RDF, <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
- [9] JENA2 Inference support, <http://jena.sourceforge.net/inference/index.html>