

# 온톨로지 기반의 질의-응답을 위한 지능형 웹서비스

진 훈<sup>o</sup> 김인철

경기대학교 대학원 전자계산학과

{jinun<sup>o</sup>, kic}@kyonggi.ac.kr

## An Intelligent Web Service for Ontology-Based Query-Answering

Hoon Jin<sup>o</sup> Incheol Kim

Dept. of Computer Science, Kyonggi University

### 요 약

본 논문에서는 온톨로지 기반의 질의-응답을 위한 지능형 웹서비스에 대해 기술하고자 한다. 이 웹서비스는 질의 에이전트와 응답 에이전트 간의 OWL-QL 메시지 교환에 의해서 이루어진다. OWL-QL은 OWL 언어로 표현된 지식베이스를 이용하는 시맨틱 웹 에이전트들 간의 질의-응답 처리를 위한 정형화된 언어이며, 프로토크올이다. OWL-QL에서 응답 에이전트는 질의 에이전트로부터 주어진 질의에 대한 응답처리를 위해 자동화된 추론을 전개한다. 본 논문에서는 시스템을 구성하는 각 에이전트들의 기능과 구조에 대해 설명하고, 질의 에이전트 내에 포함된 그래픽 기반의 OWL-QL 질의 작성기의 유용성에 대해 설명한다.

### 1. 서 론

향후 시맨틱 웹 상에는 다양한 종류의 정보들에 접근할 수 있는 많은 질의-응답 서비스들이 포함될 것으로 기대된다. 그러나 SQL과 같은 전통적인 데이터베이스 질의 언어들이나 XQuery와 같은 XML 기반의 웹 검색 언어들은 이와 같은 이질적인 다양성을 지원하기에는 적합하지 않은 것으로 판단된다. OWL-QL은 응답 에이전트가 질의처리를 위해 필요한 경우 자동화된 추론 기법을 이용하도록 할 뿐만 아니라 시맨틱 웹 상에 분산되어 있는 다수의 지식베이스를 응답처리에 이용할 수 있도록 허용하고 있다[1]. 현재의 웹서비스(Web service)는 웹 어플리케이션의 새로운 분야로 등장하고 있는 추세이다. 이러한 웹서비스는 웹 상에서 공표(publish)될 수 있고, 찾을 수 있고(locate), 호출(involve)하여 이용할 수 있는 독립적이며, 자기 서술적이며, 모듈화된 어플리케이션이다. 현재의 웹 기술이 사용자 하여금 직접 어플리케이션 프로그램과 상호작용하도록 하는 것과 달리, 웹서비스는 구조적으로 어플리케이션 프로그램들 간의 상호작용을 가능하게 한다. SOAP, WSDL 그리고 UDDI 와 같은 표준들로 표현되는 현재의 웹서비스 기술들은 어플리케이션들간의 높은 수준의 상호작용성을 제공함에도 불구하고, 시맨틱의 부족으로 인해 충분한 효과를 얻지 못하고 있는 실정이다. OWL-S[4]와 같은 시맨틱 웹서비스 기술들은 이러한 한계를 극복하는 하나의 해결책으로 간주되고 있다. 본 논문에서는 온톨로지 기반의 질의-응답 처리를 위한 지능형 웹서비스 시스템의 설계에 대해 설명한다. 이러한 지능형 웹서비스는 질의 에이전트와 응답 에이전트 간의 OWL-QL 메시지 교환을 통해 이루어진다. 2장에서는 OWL-QL 질의 언어에 대해 설명하고, 3장에서는 지능형 질의-응답 웹서비스시스템을 구성하는 에이전트들과 그들의 내부구조에 대해 설명한다.

### 2. OWL-QL

현재까지 알려진 주요 온톨로지 언어들로는 XML, XML Schema, RDF, RDF Schema와 OWL 등이 있다. 이들 중 RDF는 자원(resource)들과 이들 간의 관계(relation)들을 나타내는 데이터 모델이며, 이러한 데이터 모델을 위한 간단한 시맨틱을 제공한다. 또한 이러한 데이터 모델들은 XML 문법으로 표현된다. RDF Schema는 RDF 자원들에 대한 클래스들과 속성들을 기술하는 어휘(vocabulary)들을 제공하며, 또 그러한 클래스들과 속성들 간의 일반화된 계층구조를 갖도록 시맨틱을 제공한다. OWL은 클래스들과 속성들을 기술하기 위해 더 많은 어휘들을 포함하는데, 예를 들어, disjointness와 같은 클래스들 간의 관계, 대응수(mapping cardinality), 일치성(equality) 선언, 대칭성(symmetry)과 같은 속성의 특징, 그리고 열거형 클래스(enumerated class) 등이 추가 제공된다[2].

XML 문서들을 위한 질의 언어들로는 현재 XPath와 XQuery, 그리고 XQL 등이 존재한다. 그리고 RDF문서들을 위한 질의 언어들로는 RQL와 RDQL, 그리고 Squish 등이 있다. 그러나 OWL은 XML과 RDF보다 더 높은 추상 레벨에 위치하고 있다. 이러한 사실은 만약 OWL로 작성된 문서들에 XML이나 RDF 기반의 언어들로 질의한다면 문제를 야기시킬 수 있다는 것을 의미한다. 그러므로 OWL수준에서 질의를 작성할 수 있는 새로운 질의 언어가 필요하다. OWL 수준의 효과적인 질의 언어는 반드시 OWL의 문법구조 뿐만 아니라, OWL의 시맨틱도 지원할 수 있어야 한다. OWL-QL[1]은 OWL 온톨로지를 위해 제안된 질의 언어이다. OWL-QL은 간단한 요청-응답(request-response) 모델을 따른다. 즉, 클라이언트 역할을 수행하는 질의 에이전트는 서버 역할을 수행

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임. (0412-M102-0404-0002)

하는 응답 에이전트에게 하나의 질의(query)를 보낸다. 다음과 같은 간단한 질의와 응답 메시지 교환의 예를 가 정해보자.

If C1 is a Seafood Course and W1 is a drink of C1, what color is W1?  
 P: (type C1 Seafood-Course)(drink C1 W1)  
 Q: (has-color W1 ?x) must-bind ?x  
 A: White

하나의 OWL-QL 질의는 전제(Premise), 질의패턴(Query Pattern), 변수바인딩(Variable Binding), 그리고 지식베이스(Knowledge Base)로 구성된다. 다음은 OWL-QL 질의의 예이다.

```
<owl-ql:query
xmlns:owl-ql=http://www.w3.org/2003/owl-ql-syntax#
... xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#">
<owl-ql:premise>
<rdf:RDF>
<rdf:Description rdf:about="#C1">
<rdf:type rdf:resource="#Seafood-Course"/>
<drink rdf:resource="#W1"/>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
</owl-ql:premise>
<owl-ql:queryPattern>
<rdf:RDF>
<rdf:Description rdf:about="#W1">
<has-color rdf:resource="
http://www.w3.org/2003/10/owl-ql-variables#x"/>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
</owl-ql:queryPattern>
<owl-ql:mustBindVars>
<var:x/>
</owl-ql:mustBindVars>
<owl-ql:answerKBPattern>
<owl-ql:kbRdf
rdf:resource="http://ontolingua.stanford.edu/wines.owl"/>
</owl-ql:answerKBPattern>
</owl-ql:query>
```

OWL-QL 질의는 응답 에이전트인 서버 측에서 추론 작업을 거친 다음, 응답결과를 몇 개의 묶음(bundle)으로 분리하여 생성한다. 다음은 앞서 주어진 OWL-QL 질의에 대한 응답 메시지의 예이다.

```
<owl-ql:answerBundle
xmlns:owl-ql="http://www.w3.org/2003/10/owl-ql-syntax#"
xmlns:var="http://www.w3.org/2003/10/owl-ql-variable#">
<owl-ql:answer>
<owl-ql:binding-set>
<var:x rdf:resource="#White"/>
</owl-ql:binding-set>
<owl-ql:answerPatternInstance>
<rdf:RDF>
<rdf:Description rdf:about="#W1">
<has-color rdf:resource="#White"/>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
</owl-ql:answerPatternInstance>
</owl-ql:answer>
</owl-ql:answerBundle>
```

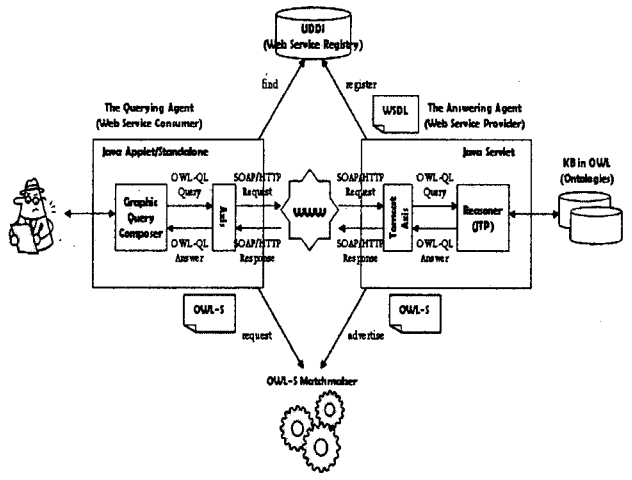


그림 1 질의-응답 웹서비스 시스템의 구조

### 3. 질의-응답 웹서비스

서비스 지향 컴퓨팅(SOC)이란 관점에서 보면, OWL-QL 응답 에이전트 역시 웹 상의 다른 어플리케이션 프로그램들이 이용할 수 있는 자신만의 고유한 서비스를 제공하는 것으로 간주할 수 있다. 이는 영역 지식베이스(온톨로지)와 강력한 추론 엔진에 기초하여, 원격의 질의 에이전트들로부터의 질의 요청에 대해 답하는 응답 서비스를 제공하는 것이기 때문이다. OWL-QL 응답 에이전트의 기능을 웹 서비스로 포장(wrapping)함으로써, 접근성과 재사용성, 그리고 다른 에이전트들과의 상호작용성을 높일 수 있다. 일반적으로 웹서비스 구조는 서비스 제공자, 서비스 등록자, 서비스 요청자 등의 세 가지 다른 역할들과 공표(publish), 검색(discovery), 호출(involve) 등 그들 간의 상호작용들을 포함한다[3]. 또한 웹서비스 구조는 SOAP, WSDL, UDDI 와 같은 XML기반의 표준을 기초로 한다. SOAP은 W3C가 추천한 XML 데이터 전송 프로토콜이며, HTTP와 같은 웹 기반의 전송 프로토콜 상에서 데이터를 교환하는데 이용된다. WSDL은 서비스 인터페이스를 기술하는 W3C에서 추천된 언어이다. UDDI는 웹서비스를 위한 등록 저장소 역할을 수행한다. 웹서비스들은 UDDI에 등록되어, 다른 사용자들이나 다른 서비스들이 조회해 볼 수 있다.

전체적인 OWL-QL 질의-응답 웹서비스의 구조는 [그림 1]과 같다. 서비스 구조는 크게 세 가지 요소들로 구성된다. 첫째는 서비스 소비자로서의 질의 에이전트, 둘째는 서비스 제공자로서의 응답 에이전트, 그리고 셋째는 서비스 중개자로서의 UDDI 레지스트리와 OWL-S 매치메이커(matchmaker)이다. 서버측인 응답 에이전트는 다시 영역 지식베이스(예. OWL로 표현된 온톨로지), 논리 기반의 추론기(예. JTP)와 어플리케이션 서버(예. Apache Tomcat), 그리고 SOAP 메시지 엔진(예. Apache Axis) 등으로 구성된다. 여기서 추론기인 JTP는 OWL-QL 질의 처리자(query processor)로서 동작하는데, 전달된 질의들에 대해 적절한 응답 메시지를 생성하는 역할을 수행한다. 현재 구현되어 있는 JTP는

RDF/RDF-S 뿐만 아니라 OWL 추론 기능까지 지원한다. 예를 들어, JTP는 (owl-disjointWith Plant Animal)과 (rdfs:subClassOf Mammal Animal)로부터 owl:disjointWith 제약조건 상속을 통해 (owl:disjointWith Plant Mammal)을 유도할 수 있다. SOAP 엔진인 Axis는 수신된 SOAP 질의 메시지에 대한 디코딩을 수행하고, 송신할 응답을 SOAP 메시지로 인코딩하는데 중요한 역할을 수행한다. 반면에, 클라이언트 측의 질의 에이전트는 질의 작성기와 SOAP 메시지 엔진으로 이루어진다. 그리고 질의 작성기는 그래픽 기반의 질의 작성기와 질의 변환기를 포함한다. SQL에 기초한 RQL 및 RDQL과 같은 다른 온톨로지 언어들과는 달리, OWL-QL은 XML 문법에 기초한 형식 질의 언어이다. 그러므로 사용자가 질의 내용을 직접 OWL-QL로 작성하기 쉽지 않다. 이러한 어려움을 해결하기 위해서 본 연구에서는 사용자에게 그래픽 기반의 OWL-QL 질의 작성기를 제공한다. 한편, 질의 변환기는 그래픽 질의 작성기로부터 입력된 질의 내용을 XML 기반의 OWL-QL 질의로 변환시키는 일을 수행한다. 또, SOAP 엔진인 Axis는 작성된 질의 메시지를 SOAP 메시지로 변환하여 송신하고, 응답 에이전트로부터 수신된 SOAP 응답 메시지를 해독하는 기능을 수행한다.

현재 OWL-QL 질의-응답 서비스는 WSDL로 작성된 기존의 웹서비스 명세를 제공할 뿐 아니라, OWL-S로 표현된 시맨틱 웹서비스 명세도 함께 제공한다. 기본적으로, OWL-S 명세는 서비스 프로파일(service profile), 서비스 모델(service model), 서비스 바인딩(service grounding) 등 세 가지 부분으로 구성된다. 서비스 프로파일은 서비스의 기능(functionality)을 나타내며, 서비스 모델은 서비스의 구조를 모델화하고, 서비스 바인딩은 추상적인 인터페이스를 구체적인 바인딩 정보로 대응시키는 역할을 수행한다. 서비스 매치메이커는 OWL-S 명세를 이용함으로써, 단순한 키워드 매칭이 아니라 보다 유연한 기능 위주의 서비스 매칭(capability-based matching)을 수행할 수 있다. 본 논문의 OWL-QL 응답 에이전트는 OWL-S 명세를 이용하여 자신의 서비스를 서비스 매치메이커에게 알리는 한편, 잠재적인 서비스 소비자들은 요구하는 서비스 명세를 역시 OWL-S로 표현하여 서비스 매치메이커에게 보낸다. 그러면 CMU의 OWL-S4UDDI와 같은 서비스 매치메이커는 제공된 OWL-S 명세들을 기초로 서비스 요구와 광고된 서비스들 간의 적합성 여부를 판단한다. 일반적으로 서비스 매치메이킹 알고리즘은 세 가지 단계로 이루어진다. 첫째는, 서비스 입력값에 대해 매칭을 수행하고, 둘째는, 서비스 출력값에 대한 매칭, 그리고 마지막으로 서비스 분류체에 따른 매칭을 수행한다. 현재 본 연구에서 개발된 OWL-QL 질의-응답 에이전트는 그 서비스를 IBM의 UDDI 서버에도 등록한 상태에 있다[5]. UDDI에는 서비스 제공자의 이름과 주소, 서비스 프로파일 정보, WSDL에 대한 URL 등의 정보가 포함되어 있다. OWL-QL 응답 에이전트는 자바 서블릿으로 구현된 반면, 질의 에이전트는 자바 애플릿과 독립 어플리케이션 등 두 가지 형태로 구현되었다. [그림 2]와 [그림 3]은 질의 에이전트의 실행화면으로서, 각각 질의 작성과 질의 결과를 보여주고 있다.

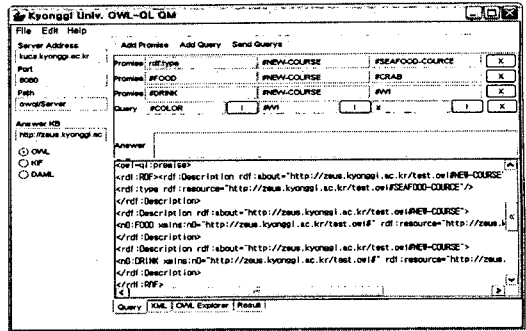


그림 2 질의 작성 화면

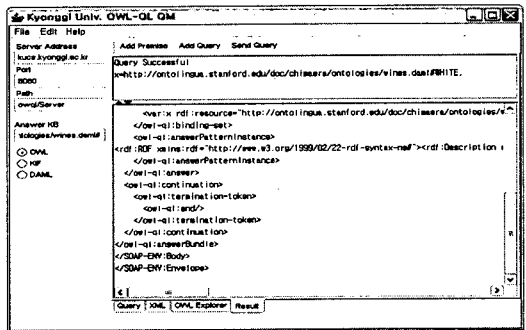


그림 3 질의 결과 화면

4. 결론

본 논문에서는 온톨로지 기반의 질의-응답을 위한 지능형 웹서비스에 관해 기술하였고, 이와 관련된 구현 결과를 소개하였다. 웹서비스 구조에서 질의 에이전트와 응답 에이전트는 OWL 지식베이스에 적합한 OWL-QL 질의 언어를 이용하여 통신하며, 사용자 편의성을 위해 그래픽 OWL-QL 질의 작성기를 제공한다. OWL-QL 질의-응답 기능을 하나의 지능형 웹서비스로 제공함으로써, 서비스의 접근성과 재사용성, 그리고 상호운용성을 높일 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Richard Fikes, Pat Hayes, Ian Horrocks, "OWL-QL: A Language for Deductive Query Answering on the Semantic Web", KSL Technical Report, 03-14, 2003.
- [2] Grigoris Antoniou and Frank van Harmelen., A Semantic Web Primer, MIT Press, 2004.
- [3] Dave Chappell and Tyler Jewell., Java Web Services, O'reilly, 2002.
- [4] David M., Mark B., Ora L., Maasimo P., Terry P., Sheila M., "Describing Web Services using OWL-S and WSDL", <http://www.daml.org/services/owl-s/1.1/owl-s-wsdl.html>, 2004.
- [5] IBM, "IBM Test Business Test Registry", <https://uddi.ibm.com/testregistry/registry.html>