

분산된 웹 정보자원의 공유 및 재이용을 위한 온톨로지 이용에 관한 연구

A Study on Ontology for Sharing and Reusing Distributed Web Information Resource

이현경, 이응봉, 충남대학교 대학원 문헌정보학과

Hyun-Kyoung Lee, Eung-Bong Lee

Graduate School of Library & Information Science, Chungnam National University

초록

본 논문은 빠르게 변화하는 웹 환경에서 서로 분산된 웹 정보자원의 공유 및 재이용을 위한 온톨로지 이용에 관한 연구이다. 먼저 온톨로지의 정의 및 각 구성요소와 종류에 대해 다루고 실질적으로 다른 메타데이터 언어들인 XML, RDF(S) 등이 제공하지 못하는 의미정보(개념과 개념간의 관계정보)를 제시하여 시멘틱 웹의 기술요소 중 하나로서의 온톨로지 역할에 대해 알아보았다. 실제 온톨로지 구축 방법을 제안하고 온톨로지와 시멘틱 웹과의 관계 및 온톨로지로 실현된 시멘틱 웹서비스의 모습을 구체화하였다.

1. 서론

빠르게 증가하는 웹 정보자원의 홍수 속에서 웹의 빠른 변화에 적응력을 높이고 경쟁력을 확보하기 위해 분산된 웹 정보자원들을 효율적으로 관리할 필요가 있다.

그러나 많은 정보는 텍스트, 비디오, 오디오 등 구조화되지 않은 상태로 기계가 처리할 수 있도록 형식화된 형태가 아니다. 이러한 형태의 정보자원은 검색과 관리가 매우 어렵다.

특히 정보의 양이 방대해지고 있는 현 상황에서 정보자원의 획득, 관리가 용이하고 필요한 지식에 쉽게 접근할 수 있도록 조직되어야 한다. 이를 위해 웹 상에서 여러 어플리케이션간의 정보공유 및 교환을 위해 많은 연구들이 행하여 왔다. 그 중에서도 웹 상의 자료간의 상

호운용이 가능할 수 있도록 메타데이터를 이용한 데이터 요소에 대한 관계 및 구조를 명시하고 있다.

데이터의 내용과 표현을 분리하여 문서의 내용과 관련된 태그를 직접 정의하고 정의한 내용을 다른 이용자가 사용할 수 있도록 설계하여 웹 상의 데이터의 교환방식에 많은 영향을 끼친 XML이나 상호운용 가능한 방법으로 표준화된 XML에 기초한 데이터를 위한 의미를 명확히 하는 것을 목적으로 하는 웹 상의 메타데이터 표현 표준인 RDF 등이 대표적인 예이다.

그러나, XML DTD의 급격한 증가 등 단순히 자원의 교환과 공유라는 상호운용이 아닌 데이터 표현을 위해 서로 다른 어휘를 사용하는 웹 자원의 통합 및 교환이 어려운 문제로 대두됨

에 따라서 정보검색에 있어서 "의미적 상호운용성(Semantic Interoperability)" 이라는 문제가 생겨났다.

상호운용성은 공동이용이 가능한 시스템의 수가 많아지고 데이터의 분석과 재이용에 대한 필요성이 증가할수록 더 중요해진다.

상호운용성을 위한 의미를 정의하는데 있어 기본적 접근은 메타데이터를 이용하는 것이다. XML이 웹의 데이터와 구조화한 문서를 위한 포맷으로 개발되었지만, 의미적 수준에서의 상호운용성을 지원하는데는 한계가 있다. 웹 문서의 의미를 표현하기 위해 메타데이터 표준을 정의하기 위한 주목할만한 시도로 더블린 코어 메타데이터 엘리먼트 셋(Dublin Core Metadata Element Set)가 있다. 그러나, 더블린 코어는 다른 메타데이터 스킴들을 포함하지 않으며 모든 요구사항의 의미를 표현하는데 충분하지 않다.

이러한 더블린 코어의 문제점을 위해 시도된 것이 워릭프레임워크(Warwick Framework)이다. 그러나, 워릭프레임워크는 다른 메타데이터 표준 사이의 상호운용성을 제공할 수 있지만, 통합된 데이터 모델과 구문을 제공하지 못한다. 즉, 통합된 데이터 모델이 없고 구문 독립적이기 때문에 메타데이터 집합이 다양한 구문으로 표현된다. 따라서, 이러한 워릭프레임워크의 실행을 위해 고려된 것이 RDF이다.

RDF는 통합된 데이터 모델과 모든 데이터 표준이 공유할 수 있는 구문을 정의함으로써 워릭프레임워크의 단점을 보완했다.

또한, 워릭프레임워크는 컨테이너 내에 각각의 메타데이터 유형을 구분함으로써 의미의 중복이 발생하게 된다. 예를 들어 저자(author)를 author와 writer를 사용하는 메타데이터 사이에는 의미의 중복이 발생한다. 이러한 문제점을 RDF는 XML 네임 스페이스를 사용해 같은 어휘의 정의에 대한 충돌을 피할 수 있다. 즉, RDF는 메타데이터 사이의 어휘의 의미적 차이를 구분해 동일한 의미의 어휘가 메타데이터의 유형에 따라 다양한 형식으로 표현될지라도 데이터사이의 통합 및 교환을 가능케 해준다.

온톨로지는 용어의 사용이 다르고 개념들간의 관계적 논리구조가 다르다고 할지라도 정보의 처리방식이 단순히 패턴매칭이 아닌 내용 중심적이기 때문에 정보의 통합 공유가 가능하다. 즉, 온톨로지가 제공하는 의미정보(개념과 개념간의 관계)를 표현함으로써 웹 상에서 좀 더 나은 의미적 상호운용성을 확보할 수 있다.

온톨로지는 한 영역에 대한 일반적이고 공유 가능한 이해를 제공하고 분산된 응용시스템이나 이질적인 시스템 및 사람들간의 의사소통을 가능하게 해주므로 지식의 공유와 재이용을 위한 수단인 것이다.

본 고에서는 현재의 XML, RDF 등의 언어들 이 표현하는 문제점을 위한 방안으로서의 온톨로지의 의미정보를 제시하고자 한다.

2. 온톨로지 일반

2.1 온톨로지의 정의

온톨로지는 각각의 분야에 따라 다양하게 정의되고 있다.

첫째, 온톨로지는 원래 철학의 존재론에서 출발하여 사물이 존재하는 것의 구조 및 해당영역을 연구하는 것이다.

둘째, 온톨로지는 지식베이스에서 개념의 유형 및 범주를 분류하는 분류체계(taxonomy)와 동의어로 쓰이기도 한다.

셋째, 온톨로지란 "해당영역의 공유된 개념화에 대한 형식적이고 명시적인 명세사항이다"라고 설명하고 있다. 형식적(formal)이라는 것은 기계가 읽고 처리할 수 있는 술어논리와 같은 인공지능의 지식표현방법을 말하고, 명시적(explicit)이라는 것은 개념들의 유형과 개념 사용에 대한 규칙을 명시적으로 정의 내린다는 것을 의미한다. 그리고 공유된다(shared)는 말은 용어의 사용이 관련 사람들의 합의에 의한 것이라는 것이고 개념화(conceptualization)라는 말은 실제 세계에 대한 모형을 의미하며, 해당영역(domain of interest)이라는 것은 특정 영

역 중심이라는 뜻이다(Gruber, 1995).

넷째, 온톨로지만 절차적 지식에 대한 표현보다는 어떤 영역에서 공통적으로 사용되는 어휘들의 집합을 개념적으로 표현하는 방법이다.

다섯째, 온톨로지만 용어사이의 관계를 정의하고 있는 일종의 사전과 같은 것이라 할 수 있다. RDF 스키마는 개체와 속성사이의 관계성을 정의하고 있는 일종의 온톨로지를 표현하는 언어이다. 예를 들면 서로 다른 웹 문서의 URI들이 똑같이 우편번호를 의미할 수 있다. 또한 우편번호, 주소, 시, 도와 같은 여러 위치 정보들 사이의 관계성이 표현될 수도 있다.

최근에는 웹 문서에서 사용되는 개념들 사이의 의미적 연관성을 추출하고 표현하고 저장하는 온톨로지공학으로 발전하여 지식공학(knowledge engineering), 자연언어처리(natural language processing), 지식표현(knowledge representation) 등을 포함한 AI(Artificial Intelligence)의 주요 과제가 되고 있다.

2.2 온톨로지의 분류

온톨로지는 일반화의 정도에 따라 다음과 같은 유형으로 나눌 수 있다(Fensel, 2001).

- (1) 영역 온톨로지(domain ontology)
 - 특정 분야에 한정되는 온톨로지이다.
 - (예 : 의료, 전자, 기계 등)
- (2) 메타데이터 온톨로지(metadata ontology)
 - 더블린 코어와 같이 온라인 정보자원의 내용을 기술하기 위한 어휘를 제공한다.
- (3) 일상적 온톨로지
 - (generic or common sense ontology)
 - 세계에 대한 상식적 개념을 표현한다.
 - (예 : 시간, 공간, 움직임 등)
- (4) 개념표현을 위한 온톨로지
 - 어떤 특정 영역에서의 개념에 관한 것이라기 보다 다른 개념을 온톨로지로 표현하는데 쓰이는 개념에 관한 것이다.
 - (예 : 프레임 구조 온톨로지는 여러 개념을 객체지향적으로 표현할 때 쓰이는 프

레이, 슬롯 등과 같은 객체지향적 개념을 표현 하는 메타 수준의 온톨로지이다.)

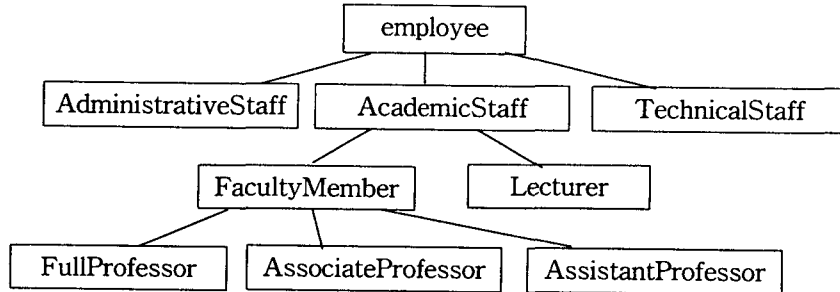
2.3 온톨로지의 구성요소

프레임구조인 온톨로지에서는 개념들 사이의 상속적 계층 구조와 각 개념의 속성 값(attribute-value)의 관계로 표현된다. 즉, 온톨로지는 영역의 주요 개념과 그 개념간의 관계로 구성된다. 가장 중요한 구성요소를 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 개념(concepts)
 - 분류체계(taxonomies)내 조직된 요약어(abstract terms)로 계층적 개념은 "is-a"로 연결되어 있다.
 - 예) concepts: PERSON, WOMAN.
 - "A woman is a person."
- (2) 관계 및 속성(relations and attributes)
 - 관계는 비계층적(non-hierarchical) 개념들을 연결시킨다.
 - 속성은 string, integer, Boolean 등과 같은 데이터 타입의 관계이다.
 - 예) concepts: COMPANY, PERSON,
 - 1 relation: "works in".
 - "A company occupies a person."
- (3) 개체(instances)
 - 초록(abstract) 개념의 속성을 지닌다.
 - 예) 1 concept: MAN,
 - 1 instance: DIRKWENKE.
 - "DirkWenke is a man. His first name is Dirk."
- (4) 공리(axioms)
 - 공리는 모델화된 도메인(domain)내 유효한 규칙들로 어휘 및 개념의 의미 정의를 엄밀하게 표현하는 것이다.

2.4 온톨로지의 구축

온톨로지는 용어 사이의 관계를 정의하고 있



<그림 1> 개념들 사이의 계층구조

는 일종의 사전과 같은 분류체계이다.

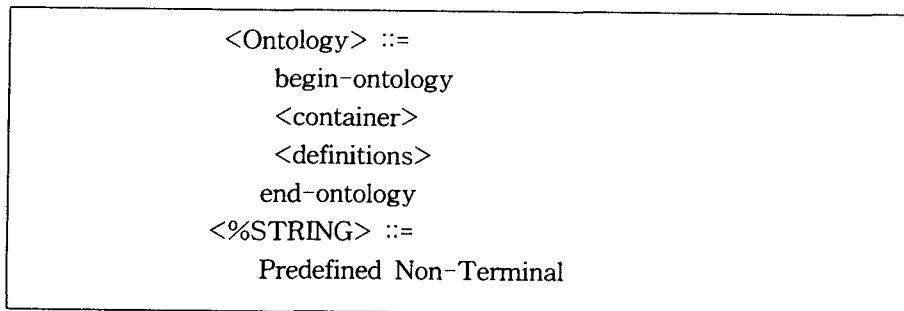
RDF 스키마도 개체와 속성 사이의 관계성을 정의하고 있는 일종의 온톨로지를 표현하는 언어이다. 어떤 한 영역에 있어서 개념사이의 관계를 온톨로지의 형태로 표현하면 <그림 1>과 같다. 그러나 <그림 1>과 같이 온톨로지로 표현된 개념 사이의 구조로부터 필요한 지식을 인출하거나 지식 항목 사이에 새로운 연결성을 맺기 위해서는 절차적 형태의 지식표현이 필요하다. 즉, 개념 사이의 관계를 선언적으로 표현한 온톨로지 구조에 더해 절차적 관계를 표현함으로써 원하는 지식 항목의 검색과 새로운 지식의 조직화에 효과를 더해 줄 수 있다. 예를 들어, 'A라는 연구자와 협동적 관계를 갖고 있는 어떤 사람과 함께 저술활동을 했던 사람'을 알기를 원하는 것과 같은 복잡한 검색은 온톨로지 표현 기술과 논리적 추론 기술을 통해 가능한 것이다.

이를 위해 온톨로지는 단어가 의미하는 바를

정의 내리고 논리적 추론 엔진은 이것을 사용하여 효과적인 검색이 될 수 있도록 한다. <그림 1>과 같은 클래스 사이의 관계는 쉽게 RDF 스키마로도 표현될 수 있다. 또한 개념 사이의 관계에 관한 여러 속성들도 정의할 수 있다.

RDF 스키마가 웹 자원에 대한 메타데이터를 표현하기 위해 어휘, 구조, 제약조건에 대한 정의방법을 제공하지만 RDF 스키마에서 정의한 어휘에 대한 공식적 의미는 제공되지 않고, 이러한 어휘의 표현성도 충분하지 못하다. 따라서 이러한 일을 수행하기 위해 RDF 스키마 상위에 추가적인 계층 즉, 온톨로지가 필요한 것이다.

지금까지 개발된 Cycl, KIF, Onto-lingua 등의 온톨로지 언어들이 있다. 이 중에서 On-To-Knowledge 프로젝트를 수행한 IST(Information Society Technologies)가 개발한 OIL(Ontology Inference Layer) 온톨로지의



<그림 2> OIL 온톨로지의 구조

<표 1> OIL 온톨로지의 대표적인 예

```
ontology-container
  title "African animals"
  creator "Ian Horrocks"
  subject "animal, food, vegetarians"
  description "A didactic example ontology describing African animals"
  description.release "1.01"
  publisher "I. Horrocks"
  type "ontology"
  format "pseudo-xml"
  format "pdf"
  identifier "http://www.cs.vu.nl/~dieter/oil/TR/oil.pdf"
  source "http://www.african.com/nature/animals.html"
  language "OIL"
  language "en-uk"
  relation.hasPart "http://www.ontosRus.com/animals/jungle.onto"
class-def leaf
  slot-constraint is-part-of
    has-value branch
class-def defined carnivore
  subclass-of animal
  slot-constraint eats
    value-type animal
class-def defined herbivore
  subclass-of animal
  slot-constraint eats
  value-type
    plant OR
    (slot-constraint is-part-of has-value plant)
class-def giraffe
  subclass-of animal
  slot-constraint eats
    value-type leaf
class-def lion
  subclass-of animal
  slot-constraint eats
    value-type herbivore
class-def tasty-plant
  subclass-of plant
  slot-constraint eaten-by
    has-value herbivore, carnivore
```

예를 들어 살펴보고자 한다.

OIL은 온톨로지를 위한 웹 기반의 지식표현과 추론 계층으로 <표 1>에서 볼 수 있는 것처럼 실제 온톨로지에 대한 정의를 제공하는 First Level(메타계층)과 저자·성명·주제와 같은 온톨로지 특성을 기술하는 Second Level(메타-메타계층)과 관련 되어있다. 전자는 온톨로지 정의(ontology definition)라 하고, 후자는 온톨로지 컨테이너(ontology container)라 한다.

OIL 온톨로지는 정의의 집합으로 구성되고 온톨로지 컨테이너 구성요소는 더블린코어 메타데이터 엘리먼트 셋트(Dublin Core Metadata Element Set)를 이용해 정의된다.

OIL 온톨로지의 표현구문은 사람이 읽고 쓸 수 있도록 지정하고 있는 반면 기계가 처리하기 위한 표현구문은 RDF를 이용한다. 이것은 RDF 스키마와 OIL의 상호호환성을 높여준다.

이처럼 OIL은 XML 스키마와 DTD에 기반해 정의된 구문을 갖고 있을 뿐 아니라 RDF와 RDF 스키마의 확장언어로 표현이 가능하여 웹에서 기계가 접근 가능한 형태로 온톨로지를 표현할 수 있다.

3. 온톨로지와 시맨틱 웹

3.1 온톨로지와 시맨틱 웹과의 관계

사람이 의미하는 바를 기계도 이해할 수 있도록 만든 일종의 “개념 데이터베이스”가 온톨로지라고 하면 이 수많은 온톨로지들이 분산적으로 연결되어 의미적 구획 정리가 잘되어 있는 정보공간이 시맨틱 웹이다. 이러한 시맨틱 웹 구현을 위한 기술요소 중 하나인 온톨로지와 의 관계를 보면 다음과 같다.

첫째, 온톨로지는 지식 내용과 절차적 추론 과정을 포함하는 포괄적 의미의 지식보다는 용어 사이의 개념적 관계에 국한된 지식베이스와 구별되는 또 다른 형태의 데이터베이스이다.

둘째, 온톨로지는 절차적 지식에 대한 표현보다는 어떤 영역에 공통적으로 사용되는 어휘들

의 집합을 개념적으로 표현하는 방법이다. 따라서, 해당분야에서 사용되는 어휘의 해석과 의미의 한계를 정하는 역할을 할 수 있다. 즉, 어휘 사이의 논리적 형식보다는 어휘의 내용을 중심으로 생성된다.

셋째, 온톨로지는 용어의 사용이 다르고 개념들의 관계적 논리 구조가 다르다 하더라도 단순 패턴매칭이 아닌 내용 중심적 정보처리방식이기 때문에 정보의 통합과 공유가 가능하다.

넷째, 논리적 관계로만 표현된 지식이 존재에 관해 아무런 의미가 없는 반면 온톨로지는 사물이나 사건이 존재하는 실물을 표현한다.

이상에서 기술한 바와 같이 온톨로지는 시맨틱 웹의 구성요소로서의 특성을 지니고 있기도 하지만 현재의 웹과는 달리 다음과 같은 장애요인을 지니고 있다.

첫째, 기존 웹이 이용의 용이성과 단순함을 찾을 수 있는 반면, 시맨틱 웹은 XML기술 뿐 아니라 메타데이터 기술, 추론을 위한 시스템 등 매우 복잡한 구성요소를 갖고 있다.

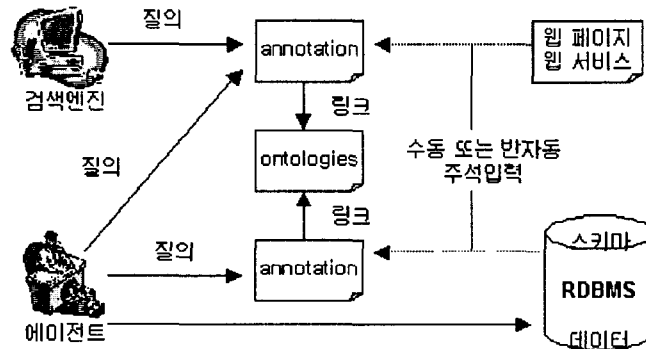
둘째, 시맨틱 웹의 가정은 콘텐츠 외의 메타데이터를 기반으로 하고 있다. 그러므로, 웹 정보자원들은 각각 메타데이터를 제공해야하며, 메타데이터를 제공하지 않는다면 관계정보가 제공되지 않는다. 따라서, 추론을 통한 정보의 재가공이 불가능해진다.

셋째, RDF 관련 파서와 저장/검색기, 편집기 및 온톨로지 관련 브라우저, 편집기, 분석기, 추론 엔진 등 다양한 소프트웨어가 있으나 검증은 마친 상태가 아니다.

3.2 온톨로지로 구현된 시맨틱 웹 서비스

시맨틱 웹은 웹서비스를 발견하고, 이를 서비스의 이용자와 제공자를 연결하는 매개로 제공하는 방식이 기존의 문서 지향적인 웹의 철학을 그대로 이용하고 있다.

시맨틱 웹에 대한 기술들이 점점 발전하게 되면 아마도 조만간 키워드를 이용하지 않고, 웹



<그림 3> 웹 서비스 기술내용 연결 모습

의 리소스에 직접 콘텐츠를 바탕으로 접근할 수 있을 것이다. 가장 중요한 웹 리소스는 서비스이다. 서비스라는 것은 단순히 정적인 정보만을 웹사이트를 통해 제공하는 것을 의미하는 것이 아니라, 제품을 팔거나 물리적인 장치를 구동하는 것과 같은 실질적인 행위가 이루어지도록 하는 것을 말한다.

이러한 웹서비스의 활용을 위해서는 소프트웨어 에이전트가 해석할 수 있는 서비스의 기술이 필요하고 여기에 접근할 수단이 필요하다. 기술된 서비스 기술 내용을 읽고 그 정보를 보내면, 이를 적당한 온톨로지에 연결하고 이 정보를 검색엔진에서 제공하는 것이다. 이러한 작업이 이뤄지므로 서비스의 이용자들이 이러한 프레임워크를 지원하는 어떤 검색엔진에서든 자신이 찾는 웹서비스의 제공자를 찾아 링크할 수 있다. 이 시나리오를 그림으로 표현하면 <그림 3>과 같다.

시멘틱 웹에서의 웹서비스 모습은 매우 단순하다. 웹서비스 실행의 일련의 흐름은 다음과 같은 시나리오를 통해 볼 수 있다.

첫째, 자동 웹서비스 검색은 특정 서비스를 제공하는 웹서비스 위치를 찾아내는 것과 주어진 제한사항을 만족시키는 서비스를 찾는 작업등을 포함한다. 시멘틱 웹을 이용할 경우 웹서비스 검색에 필요한 정보를 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태의 마크업 언어로 기술하고 이 내용을 웹서비스에 지정하고 서비스 레지스트리

나 온톨로지 기능이 강화된 검색엔진을 이용하여 서비스에 자동으로 접속할 수 있도록 하는 것이다.

둘째, 자동 웹서비스 실행은 컴퓨터나 에이전트가 찾아낸 웹서비스를 자동으로 실행하는 것을 의미한다.

셋째, 자동 웹서비스 구성과 상호운용은 특정 작업을 위한 웹서비스의 자동선택과 조합, 상호운용을 가능케 한다.

넷째, 자동 웹서비스 실행 모니터링은 각각의 서비스들이 실행되는데 필요한 시간들에 대해서 사용자가 얼마나 시간이 걸리고, 수행정도를 중간에 모니터링 할 수 있도록 하는 것이다.

4. 결론

본 고에서는 내용지향 연구의 기초연구이고 내용의 표현에 필요한 지식표현을 고려한 온톨로지의 능력을 형식화하여 각 기본 개념의 의미와 정의, 그리고 그것에 기초한 분산된 웹 정보자원들의 지식베이스의 설계 의도를 표현하였다.

온톨로지를 구축하는 언어들 중 하나인 OIL을 살펴보았으며, 아울러 시멘틱 웹으로 발전할 수 있는 한 방향인 온톨로지 구축에 대해 알아보았다.

온톨로지는 지식표현의 기초로서 지능형 정보

통합, 지식경영 분야, 미디어 통합, 분산 협조 시스템, 정보검색과 지식관리, 전자상거래(B2C), 인터넷 비즈니스(B2B) 등 여러 분야에 적용이 가능하다.

최종적으로 실세계 정보 모델 구축 및 지식의 표현, 정보자원의 공유와 재이용의 문제 해결에 공헌할 것으로 기대된다.

온톨로지를 기반으로 한 시멘틱 웹이 구현된다 하더라도 기계가 언어의 의미를 이해할 수 있을지는 아직은 알 수 없다. 향후 발전 방향을 지켜보아야 하겠지만, 현시점에서 중요한 것은 XML이나 RDF(S)가 표현할 수 없는 의미정보를 이용한 온톨로지 구축을 통해 복잡하게 얽혀져 있는 정보자원들 사이의 관계성을 기술하기 위한 수단을 제공하여 기존의 지식표현 시스템들과의 연결로 더 나은 정보를 얻기 위한 웹 자원 환경을 구축해야 할 것이다.

참고문헌

- 서희경, 양재영, 구남숙, 최중민 공저. 1999. 「전자상거래에서 정보추출 규칙과 Ontology 생성을 위한 인터페이스 에이전트」. 정보과학회 '99추계 학술 발표 논문집(II). 30-32
- 양재영 등저. 2002. 「온톨로지를 이용한 상위 레벨 웹 페이지 추천 에이전트」. HCI 2002 학술대회.
- 이정원, 방건동, 박세형, 백두권 공저. 2001. 「온톨로지 기반 설계 문서관리 시스템 설계 및 구현」. 제28권 1호.79-81
- 정현섭 양재영, 최중민 공저. 2001. 「개인화된 웹 네비게이션을 위한 온톨로지 기반 추천에이전트」. 정보보과학회 2001 가을학술발표논문집(II). 58-60
- Alexander Maedche, Steffen Staab. 2001. Ontology Learning for the Semantic Web. IEEE.
- Dieter Fensel, Frank van Harmelen. 2001. OIL:An Ontology Infrastructure for the Semantic Web. IEEE.
- Jeff Heflin, James Hendler. 2000. Dynamic Ontologies on the Web.
- Jeff Z. Pan, Ian Horrocks. 2001. Metamodeling Architecture of Web Ontology Languages.
- Horrocks, D.Fensel, J.Broekstra, S.Decker. 2000. The Ontology Inference Layer OIL.
- Mala Mehrotra. 2002. Ontology Analysis for the Semantic Web.
- Nataly F. Noy, Deborah L. McGuinness. 2001. Ontology Development 101:A Guide to Creating Your First Ontology.
- Riichiro Mizoguchi, Mitsuru Ikeda. 1997. Ontology Engineering-Towards the basic theory and technology for content-oriented research. 인공지능 학회지 vol.12, No.4, 559-569
- Sheila A. McIlraith, Tran Cao Son, Honglei Zeng. 2001. Semantic Web Services. IEEE.
- Stefan Decker, Frank van Harmelen, Jeen Broekstra. 2001. The Semantic Web-on the respective Roles of XML and RDF.
- T. R. Gruijter. 1995. Towards Principles for the Design of Ontologies used for Knowledge Sharing. International Journal of Human-Computer Studies.
- Ontology Working Group
<<http://www.w3.org/2001/sw/WebOnt>>
</>
- Requirements for a Web Ontology Languages
<<http://www.w3.org/TR//2002/WD-webont-req-20020307/>>
- RDF Interest Group
<<http://www.w3.org/RDF/Interest/>>