韓國 컴퓨터情報學會 論文誌
第11卷 第2號, 2006. 5.

2006-11-2-1-2

시맨틱웹을 위한 효율적인 온톨로지 객체 모델

윤 보 현*, 서 창 호**

Efficient Ontology Object Model for Semantic Web

Bo-Hyun Yun *, Chang-Ho Seo **

요 약

시멘틱 웹의 대두로 인해 웹 상에서 데이터를 접근 할 수 있는 방법도 다양화 되었다. 이에 현재 진행되고 있는 웹 온톨로지 뿐만 아니라 기존에 구축된 지식베이스 시스템에 접근하여 데이터를 핸들링 할 수 있는 모델이 필요하다. 웹 온톨로지를 표현하기 위한 언어로 RDF(Resource Description Framework), DAML-OIL, OWL(Web Ontology Language)등이 사용되고 있다. 본 논문은 웹 온톨로지와 기존의 구축된 지식 베이스의 데이터를 접근, 표현 및 처리 할 수 있는 온톨로지 객체 모델의 생성과 그 방법에 관한 것이다. 웹 온톨로지에 대한 접근 방법으로 각각의 언어에 맞는 파서(Parser)를 이용하여 메모리 상에 모델을 생성하여 접근하게 되어 있는 기존의 방법과는 다르게 본 논문에서는 웹 온톨로지를 표현하기 위한 모델을 계층별로 구별하여 프레임 기반의 상위 온톨로지(frame-based ontology layer), 다른 도메인에서도 사용이 가능한 공통된 어휘(vocabulary)를 표현한 핵심 온톨로지(generic ontology layer)와 각각의 온톨로지 언어에 의존적인 어휘를 표현한 기능 온톨로지(functional ontology layer)로 구성한다. 이는 표현의 중복을 없애고 재 사용성을 높이기 위한 모델을 제공함으로써, 외부 어플리케이션(온톨로지 추론, 온톨로지 병합, 온톨로지 저작 도구 등)에서의 온톨로지에 대한 쉬운 지식 표현과 접근 및 핸들링을 제공할 수 있다.

Abstract

The advent of Semantic Web has generated several methods that can access the data on the web. Thus, it is necessary to handle the data by accessing the current web ontology as well as the existing knowledge base system. Web ontology languages are RDF(Resource Description Framework), DAML-OIL, OWL(Web Ontology Language), and so on. This paper presents the creation and the method of the ontology object model that can access, represent, and process the web ontology and the existing knowledge base. Unlike the existing access approach of web ontology using the model on memory constructed by each parser, we divide the model of web ontology into three layers such as frame-based ontology layer, generic ontology layer, and functional ontology layer. Generic ontology layer represents the common vocabulary among several domains and functional ontology layer contains the dependent vocabulary to each ontology respectively. Our model gets rid of the redundancy of the representation and enhances the reusability. Moreover, it can provide the easy representation of knowledge and the fast access of the model in the application.

▶ Keyword : RDF(Resource Description Framework), DAML-OIL, OWL(Web Ontology Language)

• 제1저자 : 윤보현
• 접수일 : 2006.02.6, 심사완료일 : 2006.05.22
* 목원대학교 컴퓨터교육과 조교수, ** 공주대학교 바이오정보학과 부교수
* 본 논문은 2005년도 한국과학재단 NO.R01-2005-000-10200-0 연구비에 의해 연구되었음.

Ⅰ. 서 론

현재 웹은 Syntactic 정보로 이루어져 있어서 사람은 그 의미를 이해 할 수 있지만, 기계 즉, 에이전트는 이해할 수 없다. 이러한 관점에서 등장한 시맨틱 웹은 웹 상에 존재하는 정보들을 사람뿐만 아니라 컴퓨터 프로그램과 같은 기계들이 이해하고 작업하기 용이하도록 표현한 차세대 웹이다. 시맨틱 웹이라는 새로운 형태의 의미를 가지는 웹을 표현하기 위한 수단으로 RDF(Resource Description Framework)가 표준으로 자리를 잡았고, RDF로 표현할 수 없는 어휘들을 수용하여 온톨로지들의 병합 및 추론을 위한 방법을 제공하기 위해서 현재 OWL(Web Ontology Language)라는 표준이 진행 중에 있다[10]. 이에 따라 온톨로지를 표현할 수 있는 언어들에 대한 접근 방법, 처리 방법에 대한 연구가 필요하게 되었다. 현재 진행되고 있는 온톨로지 언어로 표현된 문서를 접근하고 처리하는 방법은 XML 데이터 모델을 이용하여 RDF, DAML-OIL[2], OWL에 대한 시멘틱 정보를 표현하고 있다[1,3,8].

온톨로지 기반의 응용들은 의미기반의 정보접근(semantic-driven information access)이 가능하도록 하는 것이 중요한 이슈가 되어 왔다[13, 15]. 이러한 접근방식의 많은 응용들은 자동화된 정보 처리(automated information porcessing), 정보 통합(Information Integration), 또는 지식관리(KM) 등으로 불려왔다. 특히 팀 버너스리에 의해 기조의 웹이 온톨로지 기반의 메타 데이터에 의해 표현될 수 있는 시멘틱 웹이 새롭게 만들어 지면서 온톨로지에 대한 연구가 증가 되었고, 대량의 정보를 사람에서 자동화된 에이전트를 통해 처리 도리 수 있는 방법을 고려하게 되었다. 시멘틱 웹에 대한 기본적인 모델링을 제공하기 위한 언어인 RDF가 개발되었다. DAML-OIL, OWL은 완전한 추론 프로시져를 위한 FOL의 subset으로 만들어진 언어이다. 그러나, 현재 Ontology management와 reasoning을 향상시키기 위한 상당한 연구에도 불구하고 DB만큼 활성화 되지 못했다[4,5,7].

Logic-based 접근 방식은 모델에 대한 표현력을 중심으로 초점이 맞추어져 있으므로 인해 다른 시스템과의 통합의 용이성을 제공하지 못하고 처리 성능에 있어서도 한계를 들어냈다. 이러한 문제로 인해 현재 온톨로지 기술기반의 성공적인 enterprise application이 나오지 못했다[6, 9]. 잘 정의된 (Well-defined) 시멘틱을 기반으로 메타 개념(meta-concept)을 모델링하고, 모듈화하는 것이 중요하고, 개념 모델링을 위해 직관적으로 보기에 명료하고 쉽게 시각화할 수 있으며 기계가 쉽게 이해할 수 있는 형태의 모델링을 택해야 한다. 이를 위해 객체 지향 모델링(Object Oriented Modeling) 패러다임을 따라야 한다[12, 14].

본 논문은 시멘틱 웹 환경에서 비즈니스 지식을 처리하기 위해 웹 온톨로지를 구축하고 처리 할 수 있는 모델을 제공한다. 웹 상에서 산재되어 있는 지식들을 가져와 각 도메인에 맞게 새로운 온톨로지를 생성하고 서로 다른 언어로 표현된 온톨로지를 처리 할 수 있는 방법을 제공하기 위한 모델을 생성하고 모델에 제공되는 API를 통해 온톨로지에 대한 저작, 병합, 추론을 위한 작업을 수행 할 수 있도록 제안했다.

Ⅱ. 관련연구

기존의 연구[2]는 이질의 XML 데이터의 의미를 표현하기 위해 하이 레벨 뷰(high level view)를 가진 글로벌 데이터 모델(global data model)을 제공하는 것이 목적이다. 웹 상에 존재하는 자율적이고 이질적인 XML 리소스에 대한 통합을 위한 컨텍스트(context)를 처리하기 위해 XML 데이터의 의미를 표현할 수 있는 메커니즘으로 온톨로지를 기반으로 하여 추상화된 모델을 제공한다. 예를 들어 웹 리소스를 생성할 경우, 화가라는 정보를 나타내기 위해 한 문서에는 Painter로 다른 문서에서는 Artist 개념으로서 나타낼 수 있다. 이와 같이 동일한 엔터티 타입에 대해 서로 다르게 구조화되고 표현되어 실제 내용과 용어가 다를 수 있다. 이처럼 서로 다르게 표현된 XML 리소스에 대한 처리를 하기 위해 글로벌 스키마(golobal schema)로 온톨로지 기반의 데이터 모델을 제공한다. 즉, 개념적 통합 모델을 제공함으로써 하나의 리소스에 대하여 다른 구조를 가진 형태로 표현되거나 동일한 형태의 구조를 가지고 있어도 실제 인스턴스에서는 다르게 표현 될 수 있는 한계를 극복할 수 있다.

기존의 온톨로지 표현 방법은 현재의 시멘틱 웹에서 제공하는 의미정보의 표현을 위하여 각기 다른 모델을 사용하여 처리 해 왔고, 새로운 언어가 나타날 때 마다 중복되는 어휘를 각각 모델에 맞게 재구성하고 접근하는 방식도 새로 만들어야 하는 비효율적인 접근방식으로 가지고 있다. 또한, 상호 온톨로지 언어간의 호환성이 떨어지게 되어 둘 간의 데이터를 주고 받기 위해서는 중간에 변환을 위한 메커니즘이 부가적으로 필요하게 된다. 다른 접근 방식은 기존의 구축된 지식베이스나 현재의 웹 온톨로지 언어로 구축된 정보를 수용할 수 있는 추상화된 모델을 제공하고 있다. 추상화 되고 일반화된 모델은 가장 상위 레벨에서 가질 수 있는 특성들만을 기술 할 수 있기 때문에 모든 온톨로지 표현 언어의 어휘를 수용할 수 없고, 메핑을 통한 변환이 이루어 져도 일대일 매핑이 안되기 때문에 정보에 대한 손실을 초래한다.

III. 온톨로지 객체 모델 생성 시스템과 방법

3.1 온톨로지 객체 모델

본 논문은 다양한 웹 온톨로지와 이미 구축된 지식 베이스를 처리하기 위한 모델로 의미 기반의 정보들을 표현할 수 있는 표현 모델을 제공한다. 웹 온톨로지와 추상화된 모델로 표현하기 위해서는 서로 다른 온톨로지 언어(RDF, DAML-OIL, OWL등)에서 지원하는 모든 어휘에 대한 표현과 처리가 문제이다. 즉, 각각의 언어에 의존적인 어휘들과 추상화된 모델간의 일대일 매핑 자체가 어렵기 때문에 여러 가지 방법이 사용되고 있다. 현재의 기술은 웹 온톨로지를 접근하고 표현하기 위한 모델을 기본적인 모델인 RDF 모델을 이용하여 표현하고 확장하는 형태로 접근하거나 각각의 온톨로지 언어 특성에 의존적인 모델을 서로 상이하게 적용하여 사용하고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결 하기 위해 최상위 계층에는 Frame-base의 Frame, Slot, facet형태로 구성하고, 온톨로지 언어에서 제공되는 공통된 어휘들을 관리할 수 있는 중간 계층을 두고, 마지막으로 각 언어에 의존적인 계층을 두어 서로 다른 온톨로지 언어에 대해서도 각각의 필요한 어휘들만을 하나의 모델을 생성하여 추상화된 모델과 온톨로지 언어 사이의 손실되는 정보를 없애고, 각 언어에서 제공하는 어휘를 모두 수용할 수 있는 접근 방법과 처리 방법을 제공한다. 이를 통하여 각 온톨로지 언어에서 표현 되는 어휘와 처리 방법에 대한 중복성을 줄이고, 추상화 된 모델과 온토롤지 언어 사이의 매핑에 있어서의 정보 손실을 없앨 수 있고, 새로운 형태의 온톨로지 언어를 수용할 수 있는 확장성을 제공하는 것이 그 목적이다. [그림 1]에서 본 논문에 따른 온톨로지를 생성, 접근, 처리 할 수 있는 온톨로지 객체 모델을 보여주고 있다.

본 논문에서 현재 사용되고 있는 웹 온톨로지 언어를 접근하여 이를 분석하여 메모리상에 모델을 생성하고 외부 어플리케이션에서는 Model Access API를 통하여 모델에 대한 정보를 교환한다. Model Access API는 온톨로지의 추론, 온톨로지 병합, 온톨로지 저작 도구 등의 어플리케이션에서 웹 온톨로지 언어에 대한 모델을 접근하고 어플리케이션에서 필요하는 정보를 제공할 수 있는 인터페이스 기능을 제공한다. 온톨로지를 구성하기 위해 사용할 수 있는 온톨로지 언어는 W3C에서 표준화를 진행 중에 있으며, 현재 표준화로 진행중인 OWL(Web Ontology Language)와 리소스를 기술하기 위한 RDF(Resource Description Language), DAML-OIL 등의 온톨로지 언어를 이용해 온톨로지에 대한 문법과 의미를 표현 하고 있다.

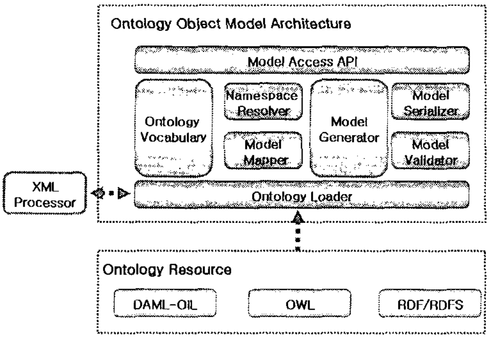


그림 1. 온톨로지 객체 모델 시스템 구조도
Fig 1. System Configuration of Ontology Object Model.

또한 이러한 온톨로지 자원(Ontology Resource)을 입력으로 받아서 Ontology Loader는 온톨로지 문서에 대한 분석을 하게 된다. Ontology Loader는 XML 데이터를 처리할 수 있는 XML Processor를 이용하여 입력 받은

온톨로지 언어의 특성에 따라서 정보를 수집하게 된다. 수집된 정보는 Model Generator를 통해 전달되게 되며 이때, 각 온톨로지 언어에 따른 Namespace를 처리 하기 위한 Namespace Resolver를 거쳐 메모리상에 모델을 생성하게 된다. Model Generator는 모델을 생성하기 위해 Ontology Vocabulary에서 이미 정의된 어휘를 사용하여 모델을 생성하게 된다.

Model Mapper은 RDF 기반의 온톨로지 언어 외에 또 다른 형태의 지식 표현 언어를 위한 매핑을 위한 모듈로 Ontology Vocabulary에서 정의 되지 않은 기존의 어휘에서 확장하거나 구현하여 어휘를 정의할 수 있도록 한다. 생성된 모델은 Model Validator를 통해 모델이 유효한 모델인지를 검증할 수 있는 모듈이다. 이렇게 검증이 끝나면 Model Serializer을 통해 모델링한 메모리 상의 모델을 원하는 온톨로지 언어로 생성할 수 있다. 온톨로지를 새로 구축하거나 기존의 온톨로지를 불러들여 변경하고자 할 경우에 Model Access API을 통해 외부 어플리케이션과의 인터페이스를 제공한다.

3.2 온톨로지 모델의 계층

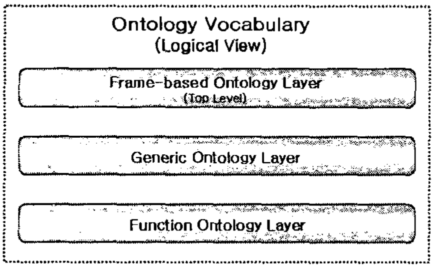


그림 2. 온톨로지 객체 모델의 논리적 계층도
Fig 2. Logical Hierarchy of Ontology Object Model

[그림 2]는 온톨로지를 표현하기 위한 어휘를 정의한 논리적 계층도를 나타낸다. 온톨로지 객체 모델은 프레임 기반(Frame Base)의 최상위 온톨로지 계층, 공통된 공리(Axioms)와 어휘를 표현하는 공통 온톨로지 계층, 온토로지 언어에 의존적인 기능 온톨로지 계층으로 구성된다. 이러한 계층 구조를 제공함으로써 각각의 온톨로지 언어에서 표현하고자 하는 어휘의 중복성을 줄이고, 새로운 온톨로지 언어나 기존의 지식베이스 시스템에서 표현된 정보를 상위 온톨로지 계층과 공통 온톨로지 계층을 이용하여 새로운 어휘를 정의함으로써 확장성을 제공할 수 있을 뿐만 아니라 재사용성을 높일 수 있다.

[그림 3]은 본 논문에 따른 [그림1]의 Ontology Vocabulary의 온톨로지 언어에서 제공될 수 있는 어휘들에 대한 물리적 계층도를 나타냈다. 본 논문에 따른 모델에서 지원하는 온톨로지 어휘들을 표현하기 위한 계층에 대한 세부 내용은 다음과 같다.

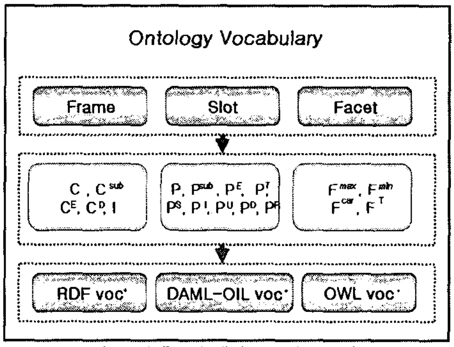


그림 3. 온톨로지 객체 모델의 물리적 계층도
Fig 3. Physical Hierarchy of Ontology Object Model

첫째, 프레임 기반의 Frame-based Ontology Layer는 Frame, Slot, Facet 의 3가지로 구성된다. 프레임(Frame)은 하나의 개념에 해당하는 것으로 클래스나 인스턴스(instance)를 말하며, 슬롯(Slot)은 클래스나 인스턴스에 대한 속성을 나타낸다. 패싯(Facet)은 스롯에 대한 제약 조건을 나타낸다. 예를 들어 'Author'라는 클래스를 정의하면 Author는 Name, Age, Address와 같은 속성들을 가지게 되는데 이것이 Slot에 해당된다. Slot에 대한 제약조건 즉, Slot에 대한 카디널리티(cardinality) 또는 Slot 값에 대한 데이터 형태(type)를 나타내는 패싯은 Name의 형태(Type)이 string이라는 것을 명시할 수 있다. 표현은 다음과 같다.

Class level
C:Class C^{sub}: subClassOf, C^{E}: equivalentClass, C^{D}: disjointWith, I: instance

둘째, 온톨로지 계층에서 공통적으로 사용될 수 있고 재활용이 가능한 부분으로 Generic Ontology layer)은 다음과 같은 어휘들로 표현 된다. 우선 클래스 레벨에서 제공되는 특성들로 'Class', 클래스의 상하위 관계를 나타내는 공리 'subClassOf', 동일한 클래스을 정의하는 공리 equivalentClass, 서로 다른 클래스임을 명시하는 공리 disjointWith, 클래스들이 실제 구체화된 객체인 instance

로 구성되며, 속성들에 대한 정보를 나타내는 속성 레벨에서는 속성을 나타내는 property, 속성들간의 상 하위 관계를 나타내는 공리 subPropertyOf, 동일한 속성임을 표현하는 공리 equivalentProperty, 속성의 transitive관계를 나타내는 공리 transitive, 속성들의 역관계를 나타내는 공리 inverseOf, 속성들의 symmetric관계를 나타내는 공리 symmetric, 속성의 고유함을 나타내는 공리 unique, 속성이 속하는 도메인과 범위를 나타내는 domain과 range로 구성된다. 표현은 다음과 같다.

Property level
P :Property P^{sub}: subPropertyOf, P^{E}: equivalentProperty, P^{D}: transitive, P^{S}:symmetric, P^{I}: inverseOf, P^{U}:unique, P^{D}:domain, P^{R}: range

또한 속성들에 대한 제약조건이나 타입을 표현하기 위한 패싯 레벨로 다음과 같은 어휘를 표현한다. 속성의 발생횟수를 정의하기 위한 cardinality, 최소 발생횟수를 정의하기 위한 minCardinality, 최대 발생횟수를 정의하는 maxCardinality, 속성의 형태(string, date, decimal 등)를 나타내는 type으로 구성된다. 표현은 다음과 같다.

Facet level
F^{car} :cardinality, F^{min} :minCardinality, F^{max} :maxCardinality F^{T} :type

셋째, 온톨로지 언어에서 제공되는 서로 다른 특성들을 표현하는 부분으로 Functional Ontology Layer은 Frame-base Ontology Layer, Generic Ontology Layer을 이용하여 표현 되는 계층으로 온톨로지 언어를 구성하기 위한 구성자(constructor)들에 대한 어휘를 나타낸다. Functional Ontology Layer는 각 온톨로지 언어(RDF/RDFS, DAML-OIL, OWL)언어에서 제공되는 서로 다른 어휘들을 표현 한다. 예를 들면, OWL(Web Ontology Language)에는 Class를 구성하기 위한 요소로 Class constructors가 있다. 클래스 들의 교집합을 나타내는 intersectionOf, 합집합을 나타내는 unionOf, 데이터의 열거를 나타내는 enumeration 형태의 oneOf, 클래스의 차집합 관계를 나타내는 complementOf등의 요소가 있다.

IV. 평가

기존의 연구[2]에서는 이질의 XML데이터를 통합하기 위한 처리 모델을 제안하여 모델자체에서 제공하는 어휘가 현재의 웹 온톨로지 에서 제공하는 어휘에 비해 부족하지만 본 논문에서는 풍부한 어휘를 포함하여 처리할 수 있는 모델을 제공한다.

기존의 연구와 본 논문은 지식을 표현할 수 있는 수단으로 추상화된 모델을 제공하여 이질의 데이터를 처리 하는 관점에서는 동일하다. 대상이 되는 지식이 기존의 연구는 XML데이터로 한정되어 있으며 표현자체를 온톨로지 언어를 이용하여 처리 하고자 한 반면, 본 논문에서는 새로운 온톨로지를 생성하거나 이미 구축된 온톨로지를 처리할 때 계층적 구조를 가지는 모델을 제공하여 재활용성을 높이고 중복성을 줄이고, 새로운 언어의 온톨로지 생성 및 기존의 지식 베이스 언어에 대한 수용이 가능한 확장성을 제공한다.

또한 시멘틱 웹의 활성화로 인해 웹 상의 의미정보를 추가 할 수 있도록 웹 온톨로지 언어에 대한 표준이 진행중이다. 본 발명은 이러한 표준을 수용하고 처리할 수 있는 모델을 제공함으로써 기존의 지식베이스와 현재 구축되고 있는 온톨로지들에 대한 상호 운용성과 재 사용성을 높일 수 있다.

V. 결론

기존의 온톨로지 표현 방법은 현재의 시멘틱 웹에서 제공하는 의미정보의 표현을 위하여 각기 다른 모델을 사용하여 처리 해 왔고, 새로운 언어가 나타날 때 마다 중복되는 어휘를 각각 모델에 맞게 재구성하고 접근하는 방식도 새로 만들어야 하는 비효율적인 접근방식으로 가지고 있다. 또한, 상호 온톨로지 언어간의 호환성이 떨어지게 되

어 둘 간의 데이터를 주고 받기 위해서는 중간에 변환을 위한 메커니즘이 부가적으로 필요하게 된다. 다른 접근 방식은 기존의 구축된 지식베이스나 현재의 웹 온톨로지 언어로 구축된 정보를 수용할 수 있는 추상화된 모델을 제공하고 있다. 추상화 되고 일반화된 모델은 가장 상위 레벨에서 가질 수 있는 특성들만을 기술 할 수 있기 때문에 모든 온톨로지 표현 언어의 어휘를 수용할 수 없고, 메핑을 통한 변환이 이루어져도 일대일 매핑이 안되기 때문에 정보에 대한 손실을 초래한다.

본 논문은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 온톨로지 모델의 구성을 계층적으로 분리하여 어휘들에 대한 재사용성을 높이고 모델과 온톨로지 표현 언어와의 일대일 매핑이 가능 하도록 하여 정보의 손실을 없애고, 새로운 온톨로지 언어를 수용할 수 있는 확장성을 제공하여 효율적으로 온톨로 정보를 생성, 관리, 저작 할 수 있는 효과를 제공한다.

참고문헌

〔1〕 Alessandro Artale and Enrico Franconi, A survey of temporal extensions of description logic, Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 2000.

〔2〕 Bernd Amann, Catriel Beeri, Irini Fundulaki and Michel Schol, Ontology-Based Integration of XML Web Resource, ISWC200, 2000, pp. 117-131.

〔3〕 T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila, The Semantic Web , Scientific Am., vol.284, no.5, May 2001, pp.34-43.

〔4〕 D. Brickley, R. Guha (eds.), Resource Description Framework (RDF) Schema Specification, W3C Candidate Recommendation 27 March 2000, http://www.w3.org/TR/2000/CR-rdf-schema-20000327.

〔5〕 Dieter Fensel, Frank van Harmelen, Ian Horrocks, Debora L. McGuinness., Peter F. Patel-Schneider, "OIL: An Ontology Infra-stucture for the Semantic Web," IEEE Intelligent Systems, vol.16, no.2, March/April, 2001, pp.38-45.

〔6〕 Debora L. McGuinness, Richard Fikes, James Hendler and Lynn Andrea Stein "DAML+OIL: An Ontology Language for the Semantic Web", IEEE Intelligent System, vol.17, no.5, Sepetember/Octorber, 2002, pp.72-80.

〔7〕 Debora L. McGuinness et al., "DAML-ONT: An Ontology Lanuage for the Semantic Web," http://www.daml.org/2000/10/daml-oil.html

〔8〕 Peter F. Patel-Schneider, Patrick Hayes, Ian Horrocks,OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax, W3C Working Draft 31 March 2003 ,http://www.w3.org/TR/2003/WD-owl-semantics-20030331.

〔9〕 F.Wolter and M.Zakharyaschev, Modal description Logics: Modalizang roles, Fundamenta Informaticae, 39:411-438, 1999.

〔10〕 김이란, "온톨로지 의미정보를 이용한 RDF 스키마 생성에 관한 연구", 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 문헌정보학과, 2001.

〔11〕 이현실, "온톨로지 기반 한의학 처방 지식관리시스템 설계에 관한 연구", 박사학위논문, 중앙대학교 대학원, 2003.

〔12〕 정도헌, "시소러스를 기반으로 한 온톨로지 시스템 구현에 관한 연구", 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 문헌정보학과, 2003.

〔13〕 이재호, "시맨틱 웹의 온톨로지 언어", 정보과학회지, 21권, 3호, pp. 18-27, 2003.

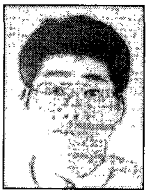
〔14〕 양정진, 시멘틱 웹에서의 온톨로지 공학, 정보과학회지, 21권 3호, pp. 28-35, 2003.

〔15〕 최호섭, 옥철영, "정보검색 시스템과 온톨로지", 정보과학회지, 22권, 4호, 62-71, 2004.

저자소개

윤 보 현

1999년 : 고려대학교
컴퓨터학과 이학박사
1999년 ~ 2002년 : 한국전자통신
연구원 선임연구원(팀장)
2003년 ~ 현재 : 목원대학교
컴퓨터교육과 조교수



서 창 호

1996년 : 고려대학교 수학과
이학박사
1996년 ~ 2000년 : 한국전자통신
연구원 선임연구원(팀장)
2000년 ~ 현재 : 공주대학교
바이오정보학과 부교수