

체언표현 개념분류체계와 OWL 온톨로지의 상관관계 연구

송도규 *

A Study on the Relation between Taxonomy of Nominal Expressions and OWL Ontologies

Song Do Gyu *

요약

컴퓨터에 의한 지능형 의미기반 지식/정보의 자동처리를 위해서는 사람이 보유하고 활용하는 상식을 포함한 지식을 정형화하고 체계적으로 표상하여 컴퓨터에게 이해시키고 활용할 수 있도록 하여야 한다. 이의 필요성은 각 분야에서 널리 공감되고 있고 온톨로지라는 지식/정보 표현 포맷으로 그 표상 형식이 수렴되고 있다. 그러나 사람이 가지고 있는 지식과 정보는 매우 비정형적이고 때로는 모호한 개념에 기반하고 있어, 이를 정형화하기가 어렵다. 본고에서는 비질료적인 개념에서 직접 온톨로지를 구축하지 않고 개념을 그대로 사상한다고 여겨지는 언어기호 간의 관계로부터 온톨로지를 구축하는 방법론을 논의한다. 기존의 개념분류체계에서 고찰된 개념 간의 관계와 언어학적으로 규명된 어휘 간의 관계가 밀접히 일치함을 보이고 바로 활용할 수 있는 자료가 풍부한 어휘 간의 관계로부터 온톨로지를 구축하는 구체적인 알고리즘을 제시한다. 여기에서 온톨로지 표현 포맷은 월드와이드웹 컨소시엄(W3C)의 OWL을 채택했다.

Abstract

Ontology is an indispensable component in intelligent and semantic processing of knowledge and information, such as in semantic web. Ontology is considered to be constructed generally on the basis of taxonomy of human concepts about the world. However, as human concepts are unstructured and obscure, ontology construction based on the taxonomy of human concepts cannot be realized systematically furthermore automatically. So, we try to do this from the relation among linguistic symbols regarded representing human concepts, in short, words. We show the similarity between taxonomy of human concepts and relation among words. And we propose a methodology to construct and generate automatically ontologies from these relations among words and a series of algorithm to convert these relations into ontologies. This paper presents the process and concrete application of this methodology.

▶ Keyword : 분류체계(Taxonomy), 온톨로지(Ontology), 시맨틱 웹(Semantic Web), RDF(Resource Description Framework), OWL(Web Ontology Language)

• 제1저자 : 송도규

• 접수일 : 2006.03.17, 심사완료일 : 2006.05.22

* (주)씨컴테크 연구소장/기술이사, 한국외국어대학교 겸임교수

* 본 논문은 정통부 및 정보통신연구진흥원의 정보통신선도기반기술개발사업의 연구결과로 수행되었습니다.

1. 서론

컴퓨터에 의한 지능형 의미기반 지식/정보 처리의 필요성이 널리 공감되면서 “사람이 가지고 있고 늘 활용하는 상식을 포함한 지식과 정보를 어떻게 형식화, 정형화하여 컴퓨터에게 인지시킬 수 있을까”하는 문제가 그 실현을 위한 선결조건으로 인식되고 있다. 이에 직접적으로 관련된 분야 중에서 개념분류체계에 대한 연구와 온톨로지[1] 구축과의 관계를 간과할 수 없다.

개념분류체계에 대한 연구는 이미 자동번역 등의 자연언어 처리의 정확성과 효율성을 향상하고자 하는 목적만으로도 여러 방법론이 제시되었다. 대표적인 것은 미국의 ‘WordNet’ [2], ‘Cyc’ [3][4], ‘Mikrokosmos’ [5][6][7]와 일본의 ‘EDR’ [8]을 들 수 있겠으나 한국어에 대한 시도도 신수송[9], 박영자·송만석[10], 정연수·조정미·김길창[11], 조평욱[12], 문유진[13] 등 여럿이다. 개념분류체계는 개념을 상징하는 언어기호의 의미를 성분분석(component analysis)하여 의미자질(意味資質, semantic features) [14]을 추출하고 분류하여 개념 간의 관계를 설정하는 방법과 각 언어기호의 사전 풀이말을 분석하여 그 상위 개념을 추출하고 또 그 상위 개념을 반복적으로 추출하는 방법이 주로 쓰이고 있다. 본고에서는 개념 간의 관계를 직접 구축하기보다 이를 상징하는 어휘 간의 관계로 사상하여 이들 간의 관계를 구축하는 방법을 취하기로 한다. 이것은 그간의 비교언어학적 고찰에 의해 제기되고 언어철학적 사조에 이른 “언어는 인간이 세계를 이해하는 방식을 그대로 반영한다” [15]는 명제를 받아들여 인간이 세계에 대하여 가지고 있는 개념과 언어가 동일한 분류와 구조로 되어 있다고 보는 것에 근거한다. 또 이렇게 하는 이유는 개념 간의 관계에 비해 어휘 간의 관계는 관찰과 분석이 용이하고 용례로 검증이 쉬우며 실제로 이에 관한 구체적인 작업과 결과물을 이용할 수 있기 때문이다. [16] 실제로 한국어 어휘 간의 관계를 정형화한 자료를 들자면 세종전자사전(<http://www.sejong.or.kr>)이 대표적인데, 여기에는 위에서 언급한 어휘들의 다양한 관계가 XML(eXtensible Markup Language)을 위주로 한 SGML(Standard Generalized Markup Language) 포맷으로 구축되어 있어 컴퓨터에 의한 자동이해에 입각한 자동처리를 통하여 정형 온톨로지로의 자동변환이 가능하다. [17]

본고에서는 일관된 논의와 편의를 위해 다양한 부류의 개념 중에서 체언표현에 해당하는 개념분류체계를 논의대상으로 국한하였으며 이를 변환할 온톨로지로는 월드와이드웹 컨소시엄(World Wide Web Consortium, <http://www.w3.org>, 이후 W3C)에서 국제표준으로 추진하고 있는 OWL (Web Ontology Language) [18][19]을 온톨로지 표현 포맷으로 채택하였다.

II. 본론

체언으로 표현되는 개념 간의 관계는 보는 관점에 따라 다양하나 상하위 관계, 동위 관계, 동의 관계, 유의 관계, 반의 관계, 전체/부분 관계가 주로 논의된다.

이 관계들을 어휘 간의 관계로 대응시키면 상위어(hyperonym), 하위어(hyponym), 동위어(coordinate terms), 동의어(synonym), 유의어(equivalent terms), 반의어(antonym), 전체어(holonym), 부분어(meronym)라는 용어로 각 관계들이 지칭된다. 세종 전자사전에서는 이들 외에도 ‘관련어(related terms)’ 관계도 규정하고 있으나 이것은 어휘 간의 관계보다는 연상작용에 의하여 동일한 분야(domain)에 속한다고 여겨지는 개념들 간의 관계를 가리키는 것으로 본고에서 다루기에는 지나치게 광범위하여 논의에서 제외한다. [17] 개념 간의 관계와 이를 지칭하는 용어와의 대응 관계를 표로 정리하면 다음 <표 1>과 같다.

표 1. 체언표현 개념 간의 관계와 어휘 간의 관계 지칭어의 상응관계
Table 1. Correspondence between relation of nominal concepts and that of words

체언표현 개념 간의 관계	어휘 간의 관계 지칭어
상하위 관계	상위어(hyperonym)/ 하위어(hyponym)
동위 관계	동위어(coordinate terms)
동의 관계	동의어(synonym)
유의 관계	유의어(equivalent terms)
반의 관계	반의어(antonym)
전체/부분 관계	전체어(holonym)/ 부분어(meronym)

<표 1>에서 보는 바와 같이 개념 간의 관계는 상하위 관계를 비롯하여 동위, 동의, 유의, 반의, 전체/부분 관계 등 다양하다. 이 관계는 어휘 간의 관계로 그대로 반영되어 상

표 2. 체언 개념 간의 관계에 대한 기존 분류체계와 OWL 프라퍼티의 표현력 차이
Table 2. Difference of expressiveness coverage between taxonomy and OWL properties

체언 개념 간 관계	기존 분류체계	어휘 간의 관계 지칭어	기정의된 OWL 프라퍼티
상하위 관계	IS-A 관계	상위어/하위어	rdfs:subClassOf
동위 관계	없음	동위어	owl:complementOf owl:disjointWith
동의 관계	없음	동의어	owl:equivalentClass owl:sameAs
유의 관계	KIND-OF 관계	유의어	없음
반의 관계	없음	반의어	owl:complementOf owl:disjointWith
전체/부분 관계	PART-OF 관계	전체어/부분어	owl:unionOf owl:oneOf

하위 관계는 이를 구성하는 어휘의 관점에 따라 ‘상위어’와 ‘하위어’, 동위 관계는 ‘동위어’, 동의 관계는 ‘동의어’, 유의 관계는 ‘유의어’, 반의 관계는 ‘반의어’, 전체/부분 관계도 이를 구성하는 어휘의 관점에 따라 ‘전체어’와 ‘부분어’에 각각 대응한다. 언급된 개념 간의 관계를 모두 망라한 어휘 간의 관계는 앞에 언급한 세종전자사전을 비롯하여 직접적으로 활용할 만한 많은 자료가 있다. 그에 반해 기존의 개념분류체계는 대부분 개념 간의 관계를 상하위 관계와 부분/전체 관계에만 초점을 맞추어 논의되고 구축된 성향이 있는 것도 사실이다. 그것은 분류체계에서 사용되는 개념 간의 관계를 가리키는 용어도 ‘IS-A’, ‘KIND-OF’, ‘PART-OF’ 외에는 쉽게 찾아볼 수 없는 것에서도 확인할 수 있다. 그러나 이 세 관계가 개념 간의 여러 관계를 모두 다루기에는 부족하리라는 데에는 쉽게 생각이 미친다.[16] 바로 이런 문제에 있어서 OWL 온톨로지는 기존의 분류체계와는 달리 상기의 다양한 관계를 충분히 표상할 수 있는 기제를 제공한다. 위에 언급된 체언표현 개념 간의 관계와 기존 분류체계에서 사용하는 관계 그리고 어휘 간의 관계를 지칭하는 용어와 이에 대응하는 OWL 온톨로지의 프라퍼티를 정리하여 보면 <표 2>와 같다.

<표 2>에서 보는 바와 같이 체언 개념 간의 다양한 관계를 기존의 분류체계는 많은 부분을 간과하고 있는 반면 어휘 간의 관계를 지칭하는 용어와 OWL 프라퍼티는 거의 모두를 망라하는 구체적이고 직결한 표현 기제를 제공한다. 기정의된 OWL 프라퍼티에서 유의 관계를 표상할 수 있는 프라퍼티가 기존의 OWL 스키마에 정의되어 있지 않지만, 이를 위한 프라퍼티는 사용자가 자신의 온톨로지 스키마에 예를 들어 ‘similarClass’ 등으로 정의하여 사용할 수 있다. 여기에 근거하여 체언 개념 간의 관계를 명사 어휘 간의 관계로 매핑하고 이들 간의 실제적인 자료로부터 컴퓨터가 직접 이해할 수 있는 OWL 온톨로지기로 변환하는 알고리즘에

대하여 차례대로 살펴본다.

2.1 상하위 관계

상하위 관계는 대부분의 분류체계에서 주로 다루어지는 개념 간의 관계로 이 관계가 상하로 순차적으로 연결되어 개념트리를 구성한다. 이 관계는 구성하는 어휘 중 상위 어휘의 관점에서 보느냐, 하위 어휘의 관점에서 보느냐에 따라 ‘상위어’, ‘하위어’로 지칭된다.

- (1) [사람] 상위어 [남자]
- (2) [남자] 하위어 [사람]

그리고 이 관계는 둘 다 다음 OWL 온톨로지기로 변환된다.

```
(1')
<owl:Class rdf:ID="남자"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#사람"/>
</owl:Class>
```

이것은 ‘남자’라는 클래스가 ‘사람’이라는 클래스에 속하는 진부분집합이라는 의미이며 이 OWL 포맷은 ‘남자’와 ‘사람’ 간의 상하 관계를 표상한다. 이 온톨로지에서 보는 바와 같이 OWL에서는 클래스의 상하 관계를 양방향으로 구별하여 따로 나타내지 않고 하위 클래스가 상위 클래스에 속하는 한 방향으로만 표현한다.

2.2 동위 관계

<표 2>에서 보는 바와 같이 '동위어 관계와 '반의어' 관계에 'owl:complementOf'와 'owl:disjointWith'가 같이 쓰이는 이유는 동위어는 동의어와 달리 표제어와 구별되는 개념이기 때문이다. 다음 예제를 보자.

- (3) [근사] 동위어 [난사약시원사]
- (4) [육군] 동위어 [해군공군]
- (5) [남자] 동위어/반의어 [여자]
- (6) [열대] 동위어/반의어 [한대]
- (7) [열대] 동위어 [아열대/온대/건조기후대/냉대/한대]

예제 (3)에서 보는 바와 같이 '근사'의 동위어로 '난사', '약시', '원사' 등을 들 수 있는데, 이들 간의 관계는 '동의 관계'라기 보다는 이들의 상위 클래스 '시력' 혹은 '시력장애'에 속하는 서로 구별되는 개념으로 보아야 한다. 그것은 예제 (4)의 '육군'의 경우도 마찬가지여서 그 동위어인 '해군', '공군'과도 상위 클래스 '군대'에 속하는 서로 다른 개념이다. 심지어 예제 (5)의 '남자'의 동위어는 '여자'이고 이들 간의 관계는 반의(反意) 관계도 성립한다. 따라서 동위 관계는 'owl:complementOf'와 'owl:disjointWith'를 사용하여 표상하여야 하나 이 두 OWL 프라퍼티는 서로 변별하여 사용되어야 한다. OWL 프라퍼티 'owl:complementOf'와 'owl:disjointWith'는 그 주어와 목적어를 전혀 다르게 구분한다. 이 둘의 차이를 정리해 보면 다음 <표 3>과 같다.

표 3. 'owl:complementOf'와 'owl:disjointWith'의 차이
Table 3. Difference between 'owl:complementOf' and 'owl:disjointWith'

프라퍼티	의미	예
owl:complementOf	전체를 이분하는 서로 다른 두 클래스 간의 관계	'남자와 '여자' 간의 관계
owl:disjointWith	전체를 이루지 않는 서로 다른 두 클래스 간의 관계	'해군'과 '공군' 간의 관계

<표 3>에서 보는 바와 같이 'owl:complementOf'와 'owl:disjointWith'는 서로 다른 클래스 간의 관계를 나타내지만 전자는 구별되는 두 클래스가 상위 클래스 전체를 이루는 반면에 후자는 그렇지 않다는 점을 간과하면 안 된다. 위

예제 (5)의 '남자'와 '여자'는 두 클래스가 '사람'이라는 상위 클래스 전체를 구성하지만 예제 (4)의 '육군'과 '해군'은 두 클래스가 '군대'라는 상위 클래스 전체를 구성하지 않는다. '공군'이라는 '군대'를 구성하는 또 다른 클래스가 존재하기 때문이다. 따라서 예제 (4)는 OWL 온톨로지 (4)에서와 같이 'owl:disjointWith'라는 프라퍼티로 나타내져야 하는 반면 예제 (5)는 (5)에서처럼 'owl:complementOf'로 표현되어야 하는 것이다. 이렇게 개념 간의 관계는 그들만의 관계뿐만 아니라 두 클래스의 합집합과 상위 클래스 전체와의 관계를 고려하여 각각 다음 OWL 온톨로지로 표상되어야 한다.

```
(4)
<owl:Class rdf:ID="육군"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#해군"/>
</owl:Class>
```

```
(5)
<owl:Class rdf:ID="남자"/>
  <owl:complementOf rdf:resource="#여자"/>
</owl:Class>
```

여기에서 볼 수 있는 바와 같이 'owl:complementOf'로 표상되는 두 개념 간의 관계는 대개의 경우 '동위 관계'와 '반의 관계'가 동시에 성립하는 관계이나 반드시 그런 것은 아니다. 예제 (6)의 '열대' 개념은 반의어로 '한대'를 갖지만 (7)에서 보는 바와 같이 상위 클래스인 '기후'를 구성하는 개념에는 '아열대', '온대', '건조기후대'도 있기 때문이다. 이들을 모두 망라하여 OWL 온톨로지로 나타내면 다음과 같다.

```
(7)
<owl:Class rdf:ID="열대"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#아열대"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#온대"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#건조기후대"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#냉대"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#한대"/>
</owl:Class>
```

2.3 동의 관계

다음은 동의 관계의 예제이다.

- (8) [죽음] 동의어 [사망]

어휘 간의 동의 관계는 OWL 포맷에서는 ‘owl:equivalentClass’로 표상된다.

```
(8)
<owl:Class rdf:ID="죽음">
  <owl:equivalentClass rdf:resource="#사망"/>
</owl:Class>
```

그러나 동의 관계를 나타내는 OWL 프라퍼티는 <표 2>에서 보는 바와 같이 ‘owl:equivalentClass’와 ‘owl:sameAs’ 두 가지이다. 이 두 프라퍼티는 다르게 쓰이는데 대상 클래스를 외연(外延, extension)으로 보느냐, 내포(內包, intension)로 보느냐[14][20][21][22]에 따라 사용되는 프라퍼티가 달라진다. 클래스 간의 내포적 동의 관계를 나타낼 경우에는 ‘owl:sameAs’를 사용하고, 외연적 동의 관계는 ‘owl:equivalentClass’를 쓴다. 다음 예제들을 보자.

```
(9)
<owl:Class rdf:ID="FootballTeam">
  <owl:sameAs rdf:resource="US#SoccerTeam"/>
</owl:Class>
```

이것은 클래스를 보다 상위 클래스의 개체로 보고 유럽에서 만들어진 운동경기 온톨로지의 클래스 ‘FootballTeam’은 미국의 운동경기 온톨로지의 클래스 ‘SoccerTeam’과 동일한 개념이라는 것이다. 이에 반해

```
(10)
<owl:Class rdf:ID="FootballTeam">
  <owl:equivalentClass
    rdf:resource="US#SoccerTeam"/>
</owl:Class>
```

OWL 온톨로지 (10)은 두 클래스가 같은 외연을 갖는다는 것을 의미한다. 다시 말하면 두 클래스는 같은 대상을 가리키며 두 클래스의 내포 즉 개념이 같다는 것은 아니다.

2.4 유의 관계

유의 관계는 개념분류체계에서 뿐만 아니라 어휘 간의 관계를 정리한 자료에서도 가장 불충분하게 다루어진 부분이다. 그것은 체계적이고 엄밀한 기준을 제시하기가 어렵기 때문이다. 또한 유의 관계는 OWL에 기정의된 프라퍼티가 없다. 이 관계를 표상하려면 사용자가 별도의 스키마에

‘similarClass’ 등의 프라퍼티를 정의하고 이 스키마를 포함(import)하여 사용하여야 한다.

(11) [전화] 유의어 [휴대폰]

이 어휘 간의 유의 관계를 다음과 같이 표상할 수 있다.

```
(11)
<owl:Class rdf:ID="전화">
  <anotherSchema:similarClass rdf:resource="#휴대폰"/>
</owl:Class>
```

2.5 반의 관계

반의 관계는 실제 어휘 간에는 반의어 관계로 사상되고 예제를 들면 다음과 같다.

(12) [죽음] 반의어 [삶]

이 관계는 다음 OWL 온톨로지로 변환된다.

```
(12)
<owl:Class rdf:ID="죽음">
  <owl:complementOf rdf:resource="#삶"/>
</owl:Class>
```

그러나 앞의 동위어 관계에서 논의한 바와 같이 이 반의 관계에 있는 두 개념이 이들의 상위 개념 전체를 구성하는지 여부에 따라 ‘owl:complementOf’와 ‘owl:disjointWith’가 구분되어 쓰인다.[23][24][25] 위 예제 (12)에서 처럼 ‘죽음’과 ‘삶’이 생사되는 상위 클래스를 이분하는 경우에는 ‘owl:complementOf’로 표현이 되나 다음 예제와 같이 두 개념이 전체를 구성하지 않는 경우에는 ‘owl:disjointWith’로 관계 지어져야 한다.

(13) [아동] 반의어 [노인]

```
(13)
<owl:Class rdf:ID="아동">
  <owl:disjointWith rdf:resource="#노인"/>
</owl:Class>
```

‘아동’과 ‘노인’의 상위 클래스 ‘사람’에는 이 두 클래스 외에도 ‘청소년’, ‘청년’, ‘중년’ 등의 다른 클래스가 존재하기 때문이다.

2.6 전체/부분 관계

다음은 “꽃”과 꽃을 구성하는 부분들을 가리키는 어휘들 간의 관계이다. 이것도 구성하는 어휘의 보는 관점에 따라 ‘전체어’와 ‘부분어’로 관계 지어지는데 실제로 다음과 같이 나타난다.

- (14) [꽃 전체어 |꽃잎|꽃받침|꽃술|잎사귀|줄기]
- (15) [꽃잎] 부분어 [꽃]
- (16) [꽃받침] 부분어 [꽃]
- (17) [꽃술] 부분어 [꽃]

이 예제는 다음 OWL 온톨로지서로 표상된다.

```
(18)
<owl:Class rdf:ID="꽃">
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
    <owl:Class rdf:resource="#꽃잎"/>
    <owl:Class rdf:resource="#꽃받침"/>
    <owl:Class rdf:resource="#꽃술"/>
    <owl:Class rdf:resource="#잎사귀"/>
    <owl:Class rdf:resource="#줄기"/>
  </owl:unionOf>
</owl:Class>
```

이 전체/부분 관계도 OWL에 기정된 프라퍼티로서는 ‘꽃’이 ‘꽃잎’ 등으로 이루어진 전체라는 한 방향으로만 표상된다. 기존 개념분류체계의 ‘PART-OF’에 해당하는 기정된 프라퍼티가 없기 때문이다.

III. 결론

온톨로지를 매개로 컴퓨터에 일상의 상식과 전문분야의 지식과 정보를 이해시키고 활용하게 하는 일은 처리해야 할 지식과 정보의 양이 날이 급증함에 따라 더욱 불가피해질 컴퓨터에 의한 지능형 의미기반 지식/정보 자동처리를 위해서는 필연

적인 과정이다. 그러나 효율적인 온톨로지의 구축은 지금까지 다양한 관점을 아우르는 보편적인 개념분류체계가 완성되지 못한 것만큼이나 어려운 일이다. 온톨로지의 구축은 다방면으로 검증된 개념분류체계를 바탕으로 수행하는 것이 바람직하나 사람의 직관에 크게 의존하는 개념분류체계의 완성은 자동화하기가 어렵고 아직도 해결해야할 문제가 적지 않아 다소 시간이 걸릴 전망이다. 본고에서는 기존의 정형적이고 구체적인 자료를 활용할 수 있는 개념을 상징하는 어휘 간의 관계로부터 온톨로지를 구축하는 방법론을 제시하고자 하였다. 개념 간의 관계는 개념을 그대로 사상한다고 여겨지는 어휘 간의 관계로 투영된다고 전제하고, 이들 관계를 정형화한 세종전자사전 같은 자료로부터 자동화하여 온톨로지를 구축할 수 있다고 보는 것이다. 그리하여 어휘 간의 관계로부터 OWL 온톨로지를 자동으로 구축하는 알고리즘을 제시하였다. 이렇게 구축된 온톨로지는 컴퓨터에 의한 지능형 의미기반 지식/정보 처리의 실현을 앞당기는 데 중요한 역할을 하리라 기대한다.

참고문헌

- [1] T. R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications", Knowledge Acquisition, Vol. 5, No. 2, pp. 199-220, 1993.
- [2] G. A. Miller, M. Chodorow, S. Landes, C. Leacock and R. G. Thomas, "WordNet : An On-line Lexical Database", International Journal of Lexicography, Vol. 3, No. 4, pp. 235-244, 1990.
- [3] D. B. Lenat, R. V. Guha, K. Pittman, D. Pratt and M. Shepherd, "Cyc: toward programs with common sense", Communications of the ACM, Vol. 33, No. 8, pp. 30-49, 1999.
- [4] Cycorp, Inc., <http://www.cyc.com/>
- [5] K. Mahesh, Ontologies For Natural Language Processing, CRL Technical Report, 1995.
- [6] K. Mahesh and S. Nirenburg, "Knowledge-based systems for Natural Language Processing", Memoranda in Computer and Cognitive Science, NMSU CRL Technical Report, MCCS-96-296, 1996.

- [7] S. Nirenburg et al., The Structure of Interlingua in Translator, In S. Nirenburg ed., Machine Translation, Cambridge University Press, 1987.
- [8] Japan Electronic Dictionary Research Institute, Ltd., "EDR Electronic Dictionary Version 1.5 Technical Guide", 1995.
- [9] 신수송, 자연언어처리의 기초연구, 서울대학교, pp. 156-160, 1989.
- [10] 박영자, 송만식, "자연언어 처리를 위한 한국어 동사명사의 개념 분류", 제4회 한글 및 한국어 정보처리 학술발표 논문집, pp. 141-144, 1992.
- [11] 정연수, 조정미, 김길창, "개념분류기법을 적용한 한국어 명사 분류", 제7회 한글 및 한국어 정보처리 학술발표 논문집, pp. 50-55, 1995.
- [12] 조평옥, 한국어 명사의 의미 계층 구조 구축, 울산대학교 교육대학원 석사학위논문, 1995.
- [13] 문유진, 의미론적 어휘개념에 기반한 한국어 명사 WordNet의 설계와 구축, 서울대학교 대학원 박사학위논문, 1996.
- [14] 송도규, 인지언어학과 자연언어 자동처리, 흥릉과학출판사, 1996.
- [15] 남기심, 이정민, 이홍배, 언어학개론, 탐출판사, 1979.
- [16] P. Buitelaar, P. Cimiano and B. Magnini, "Ontology Learning from Text: An Overview", In P. Buitelaar et al. (eds.) *Ontology Learning from Text: Methods, Evaluation and Applications*, IOS Press: Amsterdam, pp. 3-12, 2005.
- [17] 송도규, "대용량 OWL 온톨로지 자동구축을 위한 세종전자사전 활용 방법론 연구". 언어와 정보, 9권 1호, pp. 19-34, 2005.
- [18] OWL Web Ontology Language Guide. W3C Recommendation 10 February 2004, <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>.
- [19] 오삼균, "Web Ontology Language와 그 활용에 관한 고찰", 데이터베이스연구, 18권 3호, pp. 63-79, 2002.
- [20] R. Montague, "English as a Formal Language", In B. Visentini and al. *Linguaggi nella Societa e nella Tecnica*. Edizioni di Comunita, pp. 189-224, 1970.
- [21] R. Montague, "The Proper Treatment of Quantification in Ordinary English", In J. Hintikka, J. Moravcsik and P. Suppes ed., *Approaches to Natural Language: Proceedings of the 1970 Stanford Workshop on Grammar and Semantics*, Reidel, pp. 221-242, 1973.
- [22] R. Montague, *Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague*, R. Thomason ed., Yale University Press, 1974.
- [23] 송도규, "한국어 양화표현의 형식화와 온톨로지 변환", 언어과학, 13권 1호, pp. 1-20, 2006.
- [24] Resource Description Framework(RDF): Concepts and Abstract Syntax, W3C Recommendation 10 February 2004, <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>.
- [25] Semantic Web. <http://www.w3.org/2001/sw/>.



저자 소개



송도규
 1993 : 프랑스 프로방스대학교 언어학 박사
 2003 ~ : (주)씨컴테크 연구소장
 2004 ~ : 한국외국어대학교 겸임교수
 관심분야 : 자연언어처리, 시맨틱 웹, 온톨로지, 인공지능