

# BIM기반 건축 시뮬레이션 개발을 위한 온톨로지 구축

## Building Ontology to Develop BIM-based Building Simulation system

임재복\*      민경민\*\*      이윤선\*\*\*      김재준\*\*\*\*  
Lim, Jae-Bok    Min, Kyung-Min    Lee, Yoon-Sun    Kim, Jae-Jun

---

### ABSTRACT

Building Information Modelings(BIM) are more complex than typically required for early phase of the design process of a building. Construction projects have many participants from various disciplines involved throughout the entire process. Therefore the success of the project greatly depend on the efficiency of decision-making using the information generated from each process stage.

This research utilized an ontology to provide an underlying structure of objects and relationships of a building. The OWL is introduced as a main vehicle to encode the information and knowledge about the building structures and spaces.

A case study was conducted to develop a structured representation of an ontology where the relationships among the necessary components in the stage of preliminary design were to be automatically utilized to plan on the sizes of each room in a building and structured thoroughly with a simple structured representation.

---

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

미래 건설의 핵심인 친환경건축과 초고층을 성공적으로 실현하기 위한 활용도구로서 주목받고 있는 BIM(Building Information Modelling)은 이미 많은 성공사례와 함께 향후 거의 모든 프로젝트의 활용 도구로 확대 될 것이다. 하지만, 미래의 BIM은 정해진 의사결정 표현 수단으로서의 도구가 아닌 건설 프로젝트의 전 과정에 걸쳐 모든 의사 결정 및 수행 작업에 관여함으로써 요구자의 의사결정의 중요성과 정보관리를 지원하고 결과물을 추론 및 도출 할 수 있는 가상 건설의 도구로서 발전해야 한다.

본 연구의 목적은 BIM기반 건축 시뮬레이션 시스템 개발을 위하여 건축물의 공간과 관련된 정보를 표현함에 있어서, 온톨로지 엔지니어링의 표현방법론을 적용하여 요구자가 공간의 용도 및 배치, 규모 등의 다양한 작업을 수행하는 과정에서 물리적 환경의 의미를 추론하여 지능적인 의사결정을 할 수 있는 정보환경을 구축함에 있다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 프로젝트의 초기 기획단계에서의 요구자의 의사 결정이 충분히 이루어 질 수 있는 건축시뮬레

---

\* 한양대학교 건축환경공학과 석사과정 Email: chiwoovin@naver.com  
\*\* 한양대학교 건축환경공학과 석사과정 Email: wheninneedmin@gmail.com  
\*\*\* 한양대학교 건축환경공학과 계약교수 Email: yoonsunlee@korea.com  
\*\*\*\* 한양대학교 건축환경공학과 교수(교신저자) Email: jjkim@hanyang.ac.kr

이전 시스템의 개발의 기초적 이론으로서, 시맨틱웹(Semantic Web)기술 발전의 근간이 되는 온톨로지(Ontology)를 수용함으로써 건물의 구성요소들이 가지는 개념과 정보표현, 관계들을 분석하여 인간 또는 소프트웨어 에이전트 간에 정보의 구조에 대한 이해를 공유하는 것에 초점을 두고 있다. 연구의 방법은 다음과 같다.

1. 온톨로지의 정의와 웹온톨로지언어의 기본적인 이해
2. 온톨로지 개념에 의한 건물 구성요소간의 관계 분석(Tool: Protege-OWL)
3. CASE STUDY를 통한 건축물 표현 방법시도
4. BIM기반 건축시뮬레이션 시스템 프로세스 제안

## 2. 온톨로지의 도입

### 2.1. 온톨로지의 정의

온톨로지란 공유하는 개념화의 형식적이고 명확한 명제이다(Gruber, 1993). 보다 구체적으로 온톨로지는 특정 분야의 현실세계를 모델링 할 때 이와 관련된 모든 개인이나 집단들이 합의하여 도출한 개념들을 명시적으로 정의할 뿐만 아니라 컴퓨터가 이해하고 처리할 수 있는 형태로 표현하여 나타난 용어들의 논리적 집합이다(노상규, 2007). 이를 이용하여 특정의 추론기가 개념들의 관계를 파악하고 지능적인 판단과 처리를 할 수 있다. 이러한 온톨로지 개발의 가장 큰 목적은 인간 또는 소프트웨어 에이전트 간에 정보의 구조에 대한 이해를 공유하는 것이며, 온톨로지는 웹이 궁극적으로 지향하는 Semantic web을 구현하는 수단이 된다. 하나의 온톨로지는 논의대상의 도메인에서 사용되는 개념들에 대한 정형화되고 명시적인 기술, 즉 클래스(Class) 또는 개념(Concept)과 그러한 개념들의 특성이나 속성을 기술하는 프로퍼티들(Properties, Slots, Roles), 그리고 그 프로퍼티에 대한 제약조건(Facets, Role Restrictions)들로 정의된다(Noy & McGuinness, 2001). 본 연구에서는 표현력이 가장 뛰어난 시맨틱 웹 온톨로지 언어로서 OWL을 이용한다.

### 2.2. 웹온톨로지언어(OWL)의 정의

OWL(Web Ontology Language)은 RDF와 RDF Schema의 문제점을 보완하기 위해 W3C의 후원으로 개발이 시작되었으며, 2004년에 W3C의 권고안이 된 온톨로지 마크업 언어이다. 현재로서는 OWL이 다른 온톨로지 마크업 언어에 비해 표현력이나 추론 능력에 있어서 가장 뛰어난 언어라고 평가되고 있으며 또한 가장 널리 사용되고 있다. 현재 개발된 OWL은 OWL Lite, OWL DL, OWL Full의 세 종류로 나뉜다. 후자로 갈수록 표현력이 향상되는 대신에 효율적인 추론 기능의 지원이 어려워진다.\* OWL Full은 표현력이 우수하지만 아직까지 이를 완벽하게 지원하는 추론 시스템이 구현된 바가 없기 때문에 가장 각광을 받고 있는 것은 OWL DL이다. OWL-DL은 표현력에 있어서 가장 구별되는 특성은 서술논리(Description Logic)에 기반한 점이다. 서술논리는 자동추론을 가능하게 한다. 즉, 클래스 위계를 자동적으로 계산하고 온톨로지가 OWL-DL의 규칙을 준수하는지를 체크할 수 있다.(김성아, 2005) 본 연구에서는 OWL-DL을 사용하였다.

### 2.3. 웹온톨로지언어(OWL)의 구성체계

OWL 명제는 클래스의 구성원들에 관한 사실과 구성원들 간의 관계를 기술하며, 이러한 명제의 집합으로 이루어진 온톨로지는 구문적으로 정의되지 않은 사실의 논리적 유추를 가능하게 한다.\*\* OWL 온톨로지는 클래스(classes), 프로퍼티(properties), 개체(individual)로 구성된다.

OWL에서 owl:thing은 모든 개체(individuals)를 담고 있는 집합(set)을 표현한다. OWL 온톨로지에서는 클래스는 개체(individuals)들이 속하는 집합이다. 클래스들 간에는 상위클래스와 하위클래스의 위계관계가 성립하

\* <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>

\*\* 김성아 (2005) OWL을 이용한 공간 온톨로지 구현방법론의 기초적 연구, 대한건축학회논문집, 21(6), pp.53

는데 이를 택소노미(taxonomy)라고 한다.

OWL 프로퍼티에는 객체형 프로퍼티와 데이터형 프로퍼티가 있다. 객체형 프로퍼티는 공간(space) 클래스 요소와 오브젝트(object) 클래스 요소와의 관계를 기술한다. 데이터형 프로퍼티는 공간 클래스 요소의 체적에 대한 값과 형식(real 값)을 나타낸다.

인스턴스(Individuals)란 논의대상 도메인의 사물 또는 개념을 표현하는 것이다. OWL에서는 인스턴스명의 유일성을 가정하지 않으므로 개체가 서로 다르거나 같음을 반드시 명시적으로 제시해야 한다.

### 3. 건축물 온톨로지

#### 3.1. 공간의 온톨로지화

하나의 건물(building)이 되기 위해서는 여러 개의 공간(space)이 각 각의 연결자에 의해 수평적, 수직적으로 연결되어 만들어 진다. 또한 하나의 공간을 만들기 위해 적어도 4개의 벽과 바닥의 물리적인 구성요소(components)들이 필요하다. 우리가 일상적으로 경험하는 대부분의 건물은 여러 개의 층으로 나뉘어져 있고 각 층은 방과 복도로 나뉘어져 있다. 각층은 계단과 엘리베이터와 같은 수직 동선체계에 의해서 연결되고, 문을 통해서 수평적인 공간으로 연결 된다. 이와 같은 물리적 공간 구성 개념 외에 건물을 사용하는 사람들의 활동을 통한 건물의 기능적 공간 구성 개념으로서 생각해보면, 사람의 활동(activity)을 수용할 수 있는 기능에 따라 공간은 구성되기도 한다.

이러한 논리의 출발점으로 가장 최상의 클래스의 owl:thing과 바로 건물(building)을 구성하는 공간(space), 구성요소(component), 활동(Activity)의 클래스를 시작으로 공간의 온톨로지화를 시작한다.

OWL을 이용한 클래스의 상위개념과 하위개념을 표현하면 다음과 같다.

표 1. OWL의 표현법을 이용한 온톨로지 예

```
<owl:Class rdf:about="#component">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#building"/>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#IsComposedOf"/>
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#wall"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#IsComposedOf"/>
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Slab"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#activity"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#space"/>
  <rdfs:comment
    >Basic Parts that consists of the Building</rdfs:comment>
</owl:Class>
```

### 3.2 온톨로지 구현(Protege-OWL)

Protege-Owl은 스탠포드 대학에서 개발한 지식 기반 모델의 설계와 획득을 위해 개발된 시스템으로 사용자가 도메인 온톨로지를 구축할 수 있도록 지원한다. Protege를 이용하여 온톨로지 개념에 의한 건물 구성 요소간의 관계 분석을 구현한다. 그림 1의 (a)는 클래스의 위계관계와 프로퍼티 그리고 인스턴스를 나타내며 (b)는 클래스와 인스턴스를 나타낸다.

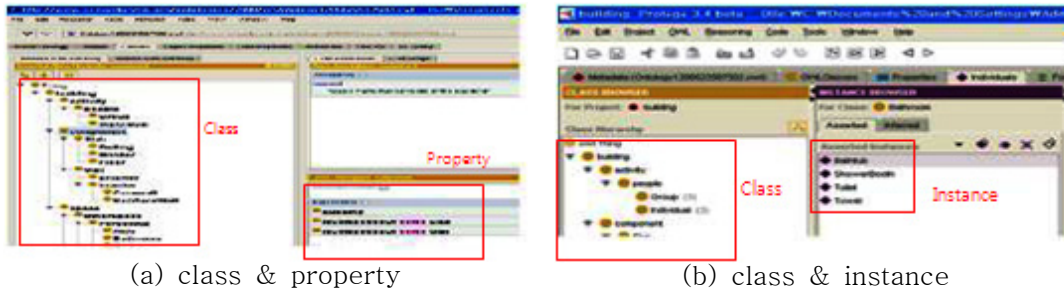


그림 1. Protege-OWL을 활용한 온톨로지 구현

그림 2는 Protege-OWL에서 제공되어 지는 OWLViz와 OWLVeiv를 이용하여 통합된 온톨로지의 클래스 계층구조를 모델링하여 나타낸다.

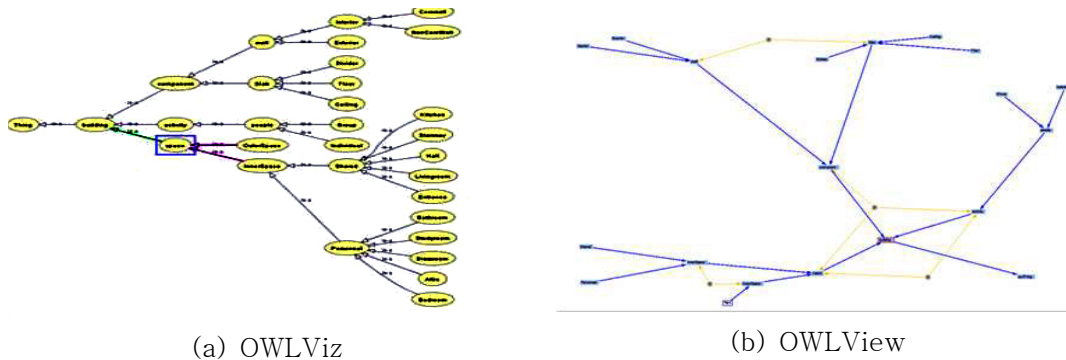


그림 2 건물 온톨로지의 다이어그램 모델링

### 3.2. CASE STUDY를 통한 건축물 표현 방법시도

#### 3.2.1 제약에 의한 인스턴스 표현

특정 클래스의 구성원에만 프로퍼티를 제한하기 위해서는 전체 제약을 사용해야 한다. 예를 들면, 어떤 공간이 변기를 가지고 있다면, 그 공간이 화장실이 될지 아니면 변기와 욕조, 세면대를 모두 가지고 있는 욕실이 될지를 결정하는데 중요한 역할을 하기 때문이다. 이를 위해 용어적 지식을 주로 다루는 지식표현 체계인 기술논리(DL: Description Logic) 온톨로지 언어로 기호를 이용하여 기본 개념과 개념들 간의 기본 역할을 표현한다. 예를 들어 ‘욕실을 포함하고 있는 침실은 2개 이상의 창문을 가지며 그 창문은 2중창이다’ 라는 개념을 기술논리로 표현하면 다음과 같다.

$$Building \cap Bedroom \cap \exists included.Bathroom \cap (\geq 2hasWindow) \cap \forall hasWindow.Pair \ glass$$

위에서 사용된 개념은 아래의 표 2에 설명되어 있다.

표 2. 기술논리(DL: Description Logic) 구성자

구성자	신택스 (syntax)	시맨틱스 (semantics)	보충설명
개념이름	C	{X   C(x)}	'C(x)'는 'x가 C이다'라는 의미이다. 'C(x)'를 만족하는 'x'를 그냥 'C'로 표기한다.
결합	$C \cap D$	{x   C(x) ∧ D(x)}	'C ∩ D'는 'C이면서 동시에 D인 x'를 나타낸다.
값 제한	$\forall R.C$	{x   $\forall y, R(x,y) \rightarrow C(y)$ }	'R(x,y)'는 '관계를 나타내는 R의 주어가 x이고 목적어가 y이다. 예를 들어 '동사(x,y)'는 'x 동사 y'라는 뜻이다. 또, '∀'는 '모든'을, '→'는 조건과 결과를 나타내는 기호이다. 그러므로 '∀R.C'는 '모든 y에 대해 x가 y와 R의 관계에 있다면, 그 y는 C(y)를 만족하는 'x'를 가리킨다.
존재 정량	$\exists R.C$	{x   $\exists y, R(x,y) \wedge C(y)$ }	'∃'는 '어떤'을 의미하는 기호이다. '∃R.C'는 'x와 R의 관계에 있으면서 C(y)를 만족하는 어떤 y를 갖는 x'라는 뜻이다.
수 제한	(≥nR)	{x    {y   R(x,y)}  ≥ n}	' {y   R(x,y)} '는 'x와 R의 관계에 있는 y의 개수'를 의미한다. 그러므로 '(≥nR)'는 'x와 R의 관계에 있는 y의 개수가 n이상인 조건을 만족하는 x'라는 뜻이다.

### 3.2.2 CASE STUDY

군포 근로자 복지관은 일반(2D)설계와 BIM(3D: Revit)으로 동시 설계되었다. 당시 설계를 맡았던 설계자와의 인터뷰를 통해서 발주자의 요구 조건을 정리하였고, 발주자의 요구 조건은 온톨로지적 개념에서 본다면 프로퍼티의 제약에 의한 인스턴스의 표현과 같은 의미라 할 수 있다. 각 각의 클래스 속성에 제약조건을 명시하여 평면을 구성하는 과정을 수행하였다.

Subclass	Constraints of a building	제약 조건(요구 사항)
General	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Total_m ≤ 900(m<sup>2</sup>)</li> <li>* Total_breadth ≤ 35m</li> <li>* Total_width ≤ 50m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*공간의 총 면적 900m<sup>2</sup> 이하</li> <li>*세로 35m 이하</li> <li>*가로 50m 이하</li> </ul>
Rooms	<ul style="list-style-type: none"> <li>* building ⊆ ∃ object.space &amp; floor &amp; story &amp; wall</li> <li>* 3= number_of_Building.babyroom 50(=7m×7m) minimum_size_of_each_babyroom</li> <li>* 2= number_of_Building.babyclass 30(=6m×5m) minimum_size_of_each_babyclass</li> <li>* 1= number_of_Building.displayroom 140 ≤ size_of_each_displayroom ≤ 160</li> <li>* 1= number_of_Building.utility 100 ≤ size_of_each_utility ≤ 110</li> <li>* 1= number_of_Building.teacher's room</li> <li>* 2= number_of_Building.stairwell</li> <li>* 4= number_of_Building.toilet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*빌딩은 공간, 바닥, 층, 벽의 구성원을 갖는다.</li> <li>*3개의 유아실을 가지며, 최소 면적은 50m<sup>2</sup> 이다.</li> <li>*2개의 영아반을 가지며 각각 140m<sup>2</sup>~160m<sup>2</sup>의 면적을 갖는다.</li> <li>*1개의 전시장은 140m<sup>2</sup>~160m<sup>2</sup>이다.</li> <li>*1개의 다용도실은 100m<sup>2</sup>~110m<sup>2</sup>이다</li> <li>*1개의 원장실과, 2개의 계단실, 4개의 화장실을 갖는다.</li> </ul>
Toilet	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Three toilet ⊆ ∃ located next to babyroom 30 ≤ size_of_each_toilet ≤ 35</li> <li>* one toilet ⊆ ∃ located next to displayroom 40 ≤ minimum_size_of_toilet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*3개의 화장실은 유아실 옆에 위치한다. 면적은 각각 30m<sup>2</sup>~35m<sup>2</sup>이다.</li> <li>*1개의 화장실은 전시장 옆에 위치하며 최소 40m<sup>2</sup>의 면적을 갖는다.</li> </ul>
Stairway	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Two stairway ⊆ ∃ located on the each corner</li> <li>* stairway ⊆ ∃ connects_story</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*2개의 계단실은 각각 모서리에 위치하며, 층과 층을 연결한다.</li> </ul>

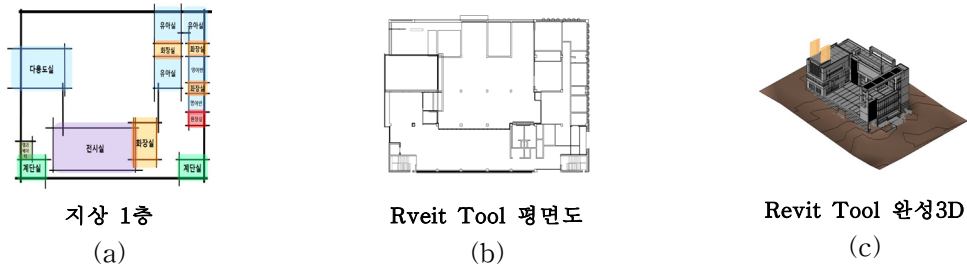


그림 3. 프로퍼티 제약에 의한 인스턴스 표현과 Revit을 이용한 객체 모델링

기술논리에 의해 표현된 제약 조건들에 의해 공간의 배치 및 크기가 구성되고(a) 결과를 토대로 BIM Tool(Revit)을 이용하여 모델링을 실시하였다(b). (a), (b)의 작업을 반복하여 지하 3층, 지상 3층의 군포 근로자 복지관을 완성 한다(c). CASE STUDY를 통하여 향후 개발 되어져야 하는 가상 건설의 활용 도구는 현재 BIM의 활용 영역을 확대하여, 건설 활동 전 부분에 걸친 초기 기획단계에서 유지관리 및 폐기 단계에 이르는 건물의 수명주기 전 부분에 걸친 활동에 대해 지원해야 하는 필요성을 느끼게 된다.

더욱이 가상건설의 효과적인 개발을 위해서는 공간과 오브젝트들과의 관계, 공간과 공간의 모듈화 정보체계 연구, 유사 사례의 데이터 라이브러리 구축 및 관리 등에 관한 내용들이 연장적으로 연구되어야 할 것이다.

### 3.2. BIM기반 건축시뮬레이션 시스템 프로세스 제안

건설 프로젝트에 참여하는 요구자와 수행자가 컴퓨터를 통하여 의사 결정에 대한 내용을 입력하면, 온톨로지 개념에 의한 건물 구성요소간의 관계가 건설정보 편집기와 온톨로지 합성 서브시스템을 통하여 데이터 라이브러리로 저장된다. 데이터 라이브러리에 있는 기존 데이터와 신규 데이터의 조합으로 논리 추론 되어진 데이터는 건설정보 지식 관리기를 통하여 BIM의 객체 데이터 값으로 전달되고 이는 화면 모니터 상의 결과물로 나타나게 된다.

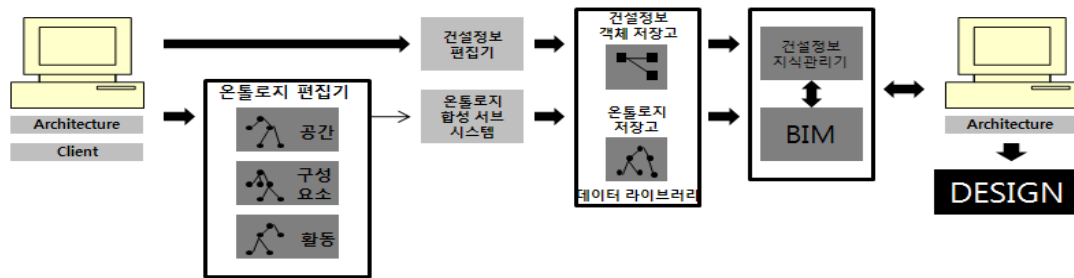


그림 4. BIM기반 건축시뮬레이션 시스템 프로세스

## 4. 결 론

온톨로지의 디자인 프로세스를 통해서 건물공간이 건물을 구성하는 다양한 컴포넌트와 상호 관련되는 의미를 Protege-OWL을 이용하여 온톨로지를 구현하였다. 건물의 구성 요소와 달리 건물 공간은 물리적으로 실체하지 않지만, 공간에 대한 의사 결정은 건설 프로젝트 초기 기획단계에서부터 다수의 의사 결정자들에 의해 다루어지는 중요한 사항이므로 CASE STUDY를 통하여 온톨로지를 활용한 BIM기반 건축 시뮬레이션 개발의 가능성을 볼 수 있었다. 건축분야에서 OWL을 이용한 온톨로지 구현을 통해 지식 표현의 표준화를 시도하였다는 것에 큰 의의를 가진다.

## 감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업 (과제 번호: 06첨단융합E01)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 김성아 (2005) 건축물 정보표현 및 처리를 위한 온톨로지 적용에 관한 연구, **대한건축학회논문집**, 21(5), pp.127~134
2. 김성아 (2005) OWL을 이용한 공간 온톨로지 구현방법론의 기초적 연구, **대한건축학회논문집**, 21(6), pp.51~58
3. 김성아, 서기영, 최윤 (2003) '프로세스 가능성'으로 정의된 디지털 건축의 구현 및 활용방법에 관한 기초적 연구, **대한건축학회논문집**, 19(12), pp.139~146
4. 김억, 최진원, 김성아 (1999) 객체지향 rkqusahepof 개념을 적용한 주택설계 자동화에 관한 연구, **대한건축학회논문집**, 15(5)
5. H.Kim, F.Grobler (2007) Building Ontology To Support Reasoning In Early Design, *Computing in Engineering*, pp.151~158
6. 노상규, 박진수 (2007) 인터넷 진화의 열쇠 온톨로지, **가즈토이**, 서울
7. 이현실 (2006) 합성 온톨로지 기반의 한의학 처방 지식관리 시스템, **한국학술정보(주)**, 경기
8. 최중민 (2003) 시멘틱 웹의 개요와 연구 동향, **정보과학회지**, 21(3), pp.4~17
9. 이성기, 김성아 (2005) 디자인 프로세스 모델링의 온톨로지적 접근에 관한 기초적 연구, **대한건축학회 학술발표대회논문집**, 25(1), pp.437~440