

## 온톨로지 기술을 이용한 BIM정보의 활용

유정호 광운대학교 건축공학과 교수  
김가람 광운대학교 건축공학과 박사과정



### 1. 머리말

BIM (Building Information Modeling)은 건축물의 전 생애주기 동안의 모든 정보와 프로세스 뿐만 아니라, 참여자 간의 행위까지를 광범위하게 포함하고 있다 (박정근, 2010). 이러한 BIM 기술은 건설사업 전반에 걸쳐 폭넓게 적용될 수 있으며, 이미 핀란드, 노르웨이, 스웨덴, 이탈리아, 독일 등 유럽의 주요 국가에서는 2000년대 중반 이미 50% 이상의 건설 프로젝트가 BIM을 통해 이루어지고 있다<sup>1)</sup>. 미국에서도 2006년부터 연방 조달청에서 수행되는 모든 프로젝트에 BIM을 의무화 하였다<sup>2)</sup>. 국내의 경우, 2012년부터 조달청에서 발주하는 500억 원 이상의 턴키설계공모 건축공사에 BIM적용을 의무화 하였으며, 이를 부분적으로 확대 실시하여 2013년부터 500억 원 이상 일반건축공사에 의무 적용하고 최종적으로 2016년부터 모든 건축공사에 BIM적용을 의무화 할 예정이다(조달청, 2012). 현재 BuildingSMART Korea에 집계된 국내의 BIM 실적은 2009년부터 2010년까지 2년간 총 31개사에서 약 146건에 달하며, 2012년의 하반기까지 집계된 실적은 총 16개사 119건으로 건축공사에 BIM 적용이 지속적으로 증대되고 있는 실정이다.

현행 건설관리 프로세스에서 BIM을 적용 시, 국제 표준 파일 포맷인 IFC (Industry Foundation Class)를 활용하여 정보교환이 이루어지고 있다. 하지만, 현재까지 건축물 모델 작성 표준 및 지침이 미비하여 BIM기반의 건설관리 도구에 있어서 효율적인 정보교환이 이루어지지 않고 있다. 여기서,

효율적인 정보교환을 저해하는 가장 큰 문제점은 특정 BIM 기반 소프트웨어에서 작성된 건축물 모델의 객체 정보가 다른 BIM기반 소프트웨어에서 불러오기 될 때 해당 정보가 정확하게 인식되지 않는다는 점을 들 수 있다. 이는 BIM기반 소프트웨어간의 호환성 측면을 제외하고, 모델링 과정의 측면으로 두 가지 관점에서 그 원인을 찾아 볼 수 있다. 첫 번째는 건축물 모델 작성자가 객체를 생성할 때, 임의의 객체 유형을 선택하여 모델링 하는 것이다. 예를 들면, 독립기초에 사용되는 콘크리트 객체를 생성할 때, 해당 객체의 모델링 지침이나 표준이 미비하여 경우에 따라 Slab 또는 Wall 유형의 객체가 생성될 수 있다. 이 Slab와 Wall 두 가지 유형은 IFC 스키마 상에서 형상정보와 위치정보를 표현하는 방법이 다르게 적용될 수 있기 때문에 객체 생성에 사용된 BIM기반 소프트웨어가 아닌 다른 소프트웨어에서 불러오기 될 때 객체 정보의 변형, 오류, 누락이 생길 가능성이 있다. 두 번째는 대부분의 BIM기반 소프트웨어에서 불러오기된 객체정보를 인식할 때, 포함된 데이터에 사용된 데이터 값을 직접 인식하기 때문이다. 예를 들면, 벽 객체에 사용된 자재 정보에 '콘크리트' 라고 입력되었을 때, 이를 인식하는 소프트웨어에 포함된 자재 라이브러리에 '콘크리트' 가 아닌, 'Concrete' 라고 구성되어 있어 해당 자재정보를 정확하게 인식하지 못하는 경우이다. 이 경우, 사용자는 모든 건축물 모델에 포함되어 있는 모든 자재 정보를 해당 BIM기반 소프트웨어에 포함되어 있는 자재 라이브러리에 맞추어 수작업으로 수정해주어야 하는 비효율성을 야기 시킨다 (김가람 외, 2011).

현재 지속적으로 증대되고 있는 건축사업의 BIM적용 실적에 따라서 IFC기반 정보교환의 정확도 및 신뢰도를 증가

1) <http://www.buildingsmart.com/>  
2) <http://www.gsa.gov>

시키고, 관련 업무의 효율성을 증가시키기 위한 실무적인 분석과 그 적용방안에 대한 연구가 요구된다. 이에 본고에서는 IFC기반의 정보교환 체계에서 온톨로지를 활용하고 있는 현황을 분석하고 이에 대한 향후 전망에 대해 기술하도록 한다.

## 2. 온톨로지 개요

1990년대 초 WWW가 개발된 후, 웹 기술은 누구나 쉽게 정보에 접근하고 생산할 수 있도록 지속적으로 발전해 왔다. 하지만, 웹에서 활용되는 어플리케이션들이 초기 웹 기술만을 이용하여 급속도로 증가하는 대량의 정보를 자동으로 처리하기에는 여러 가지 한계점이 있었다. 이는 웹상의 정보가 인간 위주로 구성되어 컴퓨터가 이해하기에는 부적합한 형태로 만들어져 있기 때문이다 (Tim Berners-Lee, 2001). 이에, 1998년에 당시의 웹기술이 가지는 한계를 극복하기 위하여 컴퓨터가 이해할 수 있는 의미를 지닌 정보의 웹인 시맨틱 웹(Semantic web)이 발표되었다. 시맨틱 웹은 '현재의 웹을 확장한 개념으로, 기계가 이해 할 수 있는 의미(Semantic)를 지닌 정보의 웹'을 의미한다(Tim Berners-Lee, 2001). 즉, 기존의 널리 알려진 WWW (World Wide Web)에서 좀 더 확장된 개념으로, 정보에 대하여 기계가 이해 할 수 있는 형태로 의미를 정의하고, 각 정보가 의미로써 관계를 맺게 함으로 인간 대신 기계가 이해하고 처리 할 수 있는 정보 공간을 의미한다. 이러한 시맨틱 웹은 현재의 웹보다 훨씬 정확한 자료를 찾아내는 시맨틱 검색을 가능하게 하고, 기업의 유용한 정보 또는 지식의 공유 및 재사용을 수월하게 하며, 여러 어플리케이션들의 확장과 재사용을 고려한 시스템 통합을 수월하게 만든다 (유동희, 2009). 따라서, 시맨틱 웹이 구현될수록 사람이 하는 일은 점차 줄어들고, 대부분의 일은 기계들끼리 자동으로 처리하는 웹이 만들어진다 (Fensel, D., 2001).

웹 정보가 컴퓨터에 의하여 자동으로 처리되기 위해서는 두 가지 사항이 요구된다. 첫 째는 컴퓨터에서 정보가 처리될 수 있도록 입력되는 웹의 정보가 표준화된 언어로 표현되어야 하며, 두 번째는 표준화된 언어로 표현된 정보에서 사용된 다양한 정보의 개념들에 대한 의미를 명확하게 정의한 온톨로지가 필요하다 (Gruber, T. R., 1993a). 온톨로지는 특정 도메인에서 서로 공유하고 있는 개념 및 개념들 사이의 관계성을 분명하게, 그리고 기계가 이해 할 수 있도록 표현

한 것이다 (Gruber, T. R., 1993b). 온톨로지는 원래 존재의 본질을 연구하는 형이상학에서 출발한 학문으로, 인지체가 세계를 인식 및 분할하여 얻은 개체와 이들의 속성 및 관련성을 파악한 것이다 (양재군 외, 2005). 현재까지 사용되는 대표적인 시맨틱 웹 언어에는 웹상의 다양한 정보를 표준화된 언어로 표현하는 RDF<sup>3)</sup> (Resource Description Framework)와 RDF로 표현된 정보를 기반으로 온톨로지를 활용하는 OWL<sup>4)</sup> (Web Ontology Language)이 있다.

일반적으로 OWL은 W3C에 의해 개발된 de facto 표준 온톨로지 언어로서(McGuinness, D. 외, 2004), DAML + OIL<sup>5)</sup>에서 유래 되었으며, 표현력의 차이에 따라 OWL Full, OWL DL, OWL Lite의 세 가지로 구분 된다. OWL Lite의 표현력이 가장 약한 편이며 OWL Full의 표현력이 가장 강력하다. OWL DL은 Description Logic에 기반을 두고 있으며<sup>6)</sup>OWL Lite보다 훨씬 풍부한 표현력을 가지고 있다. 또한 정의된 개념들의 일관성과 개념들 사이의 포함 관계를 추론하는데 있어 가장 효율적이기 때문에, (Gunwoo Kim 외1인, 2010) 현재 온톨로지 기반의 웹 어플리케이션에 가장 널리 이용되고 있다.

OWL에서, 개념은 클래스 (class)로 정의 되며 각각의 개념들과 개념들 사이의 관계성은 속성 (property)에 의해 정의 된다. 클래스는 클래스가 가지는 개념에 대한 정의와 일치하는 인스턴스 (instance)들의 그룹으로 정의 되며 각 인스턴스는 클래스에서 정의한 속성들을 상속받아 정의 된다. 속성은 클래스와 클래스간의 관계를 정의하는 ObjectProperty와 클래스 자체의 속성을 Literal Value로 정의 하는 DatatypeProperty로 나눌 수 있다. 클래스들은 계층구조 (Hierarchy)를 가지며 rdfs:subclassOf를 사용하여 정의된다.

현재 개발된 온톨로지 기술이 사용자에게 제공하는 서비스는 온톨로지 기반 탐색 및 검색 서비스와 추론기반 서비스 두 가지로 요약할 수 있다. 온톨로지 기반 탐색 및 검색 서비스에서 결과로 제공되는 시맨틱 정보들은 온톨로지를 중심

3) <http://www.w3.org/RDF/>

4) <http://www.w3.org/2004/OWL/>

5) Hendler, J., & McGuinness, D., "The DARPA agent markup language", IEEE Intelligent Systems, Vol. 15(6), pp. 67-73, 2000.

6) Baader, F. et al., The description logic handbook: Theory, implementation and application, Cambridge University Press, 2002.

으로 긴밀하게 연결된 특징을 지니고 있기 때문에 의미적 연관성을 지닌 결과로 제공될 수 있다. 하지만, 대용량의 시멘틱 정보의 경우 사용자가 처리해야할 시멘틱 정보의 양이 증가할 수 있기 때문에 사용에 있어서 편리성이 낮아지는 문제점이 발생할 수 있다. 한편, 추론기반 서비스는 메타데이터로 사용된 RDF 기반 정보들을 기반으로 온톨로지에 기 정의된 도메인 룰에 의하여 새로운 정보가 추론되어 생성될 수 있다. 현재 사용되는 추론기반 서비스는 쿼리(Query)문을 통한 사용자 질의가 입력되는 순간 새로운 정보를 추론하여 검색 결과를 제공하는 것이 아니라, 기존에 생성된 추론 지식을 데이터베이스에 저장하여 활용되고 있다. 그 이유는 현재 추론 엔진들이 실시간으로 추론하고 그 결과를 사용자에게 제공하기까지 소요되는 시간과 부하가 커지기 때문이다. 향후 증가하는 시멘틱 정보에 대한 정확한 검색을 위해 추론 엔진의 성능개선과 실시간 추론 기반 서비스에 관한 연구가 필요하다 (유동희, 2009).

### 3. 온톨로지 기반의 BIM정보 활용연구 동향

현재 온톨로지는 정보 통신, 검색 엔진등의 기능으로 구현되어, 다양하고 폭넓은 산업분야에서 적용되고 이를 응용하기 위한 연구가 진행 중이다. 건설산업에서 활용되고 있는 온톨로지의 가장 대표적인 사례는 IFD (International Framework for Dictionaries, ISO-12006-3)으로 들 수 있다. IFD는 IFC와 같은 국제 표준 파일 포맷에 포함된 객체기반의 정보가 가지는 의미(semantic)를 명확하게 정의하기 위하여 1999년에 개발이 시작되었고, 2007년에 국제 표준인 ISO-12006-3으로 제정되었다. IFD를 간단하게 설명하면, 일종의 의미기반의 용어 사전으로 설명될 수 있다. 가장 일반적인 예로, 문호(門戶)로 모델링 되어 있는 객체에 영어로 'door' 이라고 표기할 수 있지만, 대한민국을 포함한 다른 언어를 사용하고 있는 기타 여러 국가에서는 각각의 고유 용어를 사용하고 있다. 물론 사람이 이러한 정보를 접하게 되면 용어사전을 통하여 해당 객체가 문호를 의미하는 것인지 쉽게 알 수 있지만, 컴퓨터에 이를 이해시키기 위해서는 쉽지 않은 문제가 발생한다. 이를 프레임워크로 구조화 하여 표준으로 제정한 것이 IFD이다. IFD에서 문호의 의미를 정의하는 방법은 앞에서 설명한 온톨로지의 클래스 구조를 사용할 수 있다. 아래 그림 1<sup>7)</sup>에서 보면, 하나의 문호 객체를 의미기반으로 정의하는데 6가지의 방법

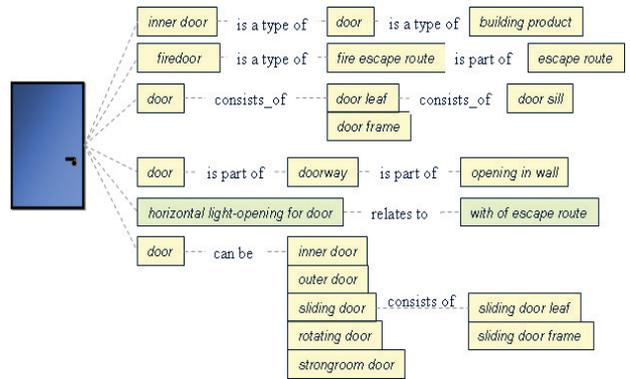


그림 1. 하나의 문호 객체에 대한 다양한 정의 방식 (BuildingSMART, 2007)

이 사용될 수 있다. 먼저 'Building product'의 유형중 하나로 'door'에서 하나의 'inner door'로 정의될 수 있다. 또한, 'escape route'의 일부인 'fire escape route'의 하나로 'fire door'로 정의될 수 있으며, 'opening in wall'의 일부인 'doorway'의 하나로 'door'로 정의할 수 있다.

각각의 정의 방법은 모두 하나의 문호 객체를 의미하며, 사용자는 이중 자신에게 맞는 정의 방법을 선택하여 정의할 수 있다. 이러한 의미 기반의 용어 정의 방법을 표준화 하게 되면, 다양한 사용자에 의하여 각기 다른 방식으로 정의되었다 할지라도 IFD기술을 활용하여 해당 객체를 컴퓨터에서 효과적으로 활용될 수 있도록 자동으로 인식할 수 있게 된다.

또한, 건설산업에서 온톨로지 기술을 응용하여 적용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 건설사업의 초기단계에서 에너지 분석과정에 온톨로지를 적용하여 사용된 자재의 의미를 자동으로 판단하여 분석과정에서 개입될 수 있는 엔지니어의 주관성과 정보의 오류 가능성을 최소화 시킬 수 있다. 이는 IFC포맷에 포함되는 객체의 자재명을 추출하여, 자재명에 포함된 정보를 온톨로지 클래스의 속성 타입으로 인식하고, 정의된 도메인 룰에 의하여 가장 근접한 표준 자재 정보를 자동으로 검색할 수 있다 (김가람 외, 2011).

또한, 온톨로지는 특정 조건에서 가장 적합한 표준 내역항목을 선정하는 의사결정을 지원하는데에 활용될 수 있다. 이는 IFC와 같은 표준 파일 포맷에서 요구정보를 추출하고, 이를 RDF로 변환하여 컴퓨터가 인식하면 기 정의된 해당 조건에 맞는 최적의 표준 내역항목을 추론하는데 활용될 수 있다 (이슬기 외, 2012).

7) <http://dev.ifd-library.org/index.php/File:Ontology.png>

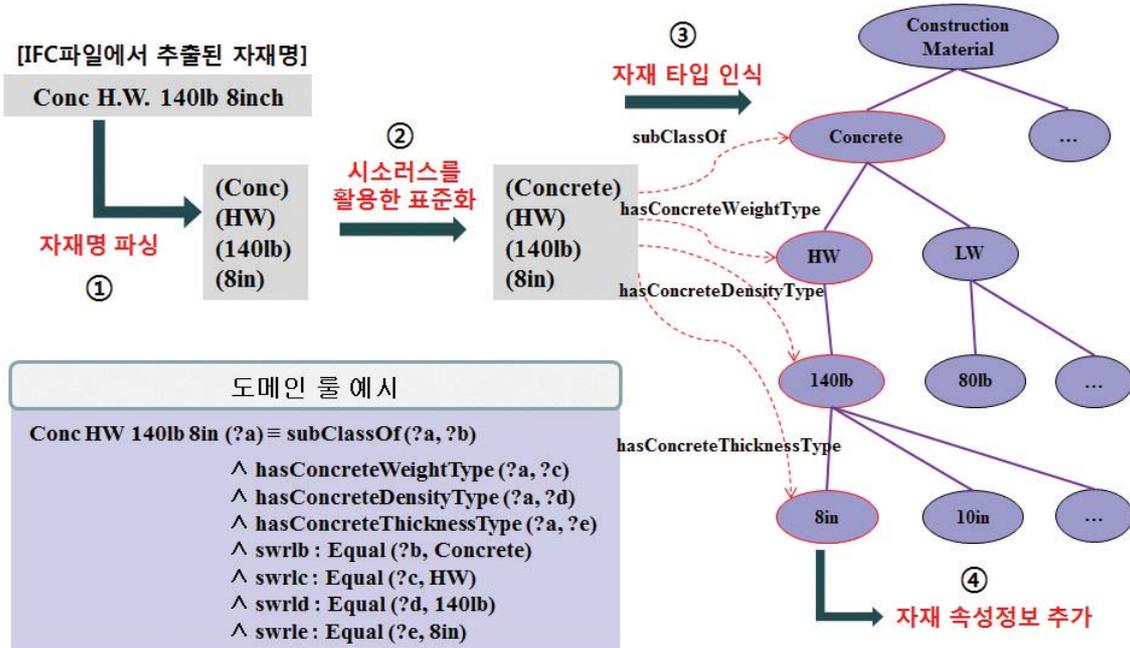


그림 2. 자재명 자동인식을 위한 온톨로지 활용 개념도 (김가람 외, 2011)

그 밖에, Charlesraj 외1인은 건설사업관리의 효율을 향상하기 위한 온톨로지 기반의 지식관리 프레임워크를 구축하였다. 여기서 온톨로지는 SKC (skill, knowledge, and competency)로 구성되어 있으며, 각 정보의 클래스는 ObjectProperty로 관계가 정의되어 있어, 건설사업의 성과관리를 용이하게 하는데 기여하고 있다 (Charlesraj 외, 2006). Tserng는 건설사업전과정에 걸친 온톨로지 기반의 리스크 관리 프레임워크를 제안하였다. 이는 수행되는 사업의 리스크를 의미기반으로 연계시켜 효율적인 리스크 관리를 용이하도록 하였다 (Tserng 외, 2009). 미국의 Stanford 대학교에서는 온톨로지 기술을 PSL (Process Specification Language)와 IFCXML과 AECXML과 같은 국제 표준 모델 포맷간의 정보교환에 적용하는 연구를 진행하였다. 이는 표준파일 포맷에 포함된 객체 정보를 BIM기반 공정관리를 위하여 PSL 언어로 자동화 하여 변환시킬 수 있는 변환기를 개발하였다 (Cheng 외, 2002).

또한, 온톨로지 기술을 응용하려는 연구는 큰 규모의 연구단으로 진행되고 있다. 그 중에서 웹기반 체계에서 생성되고 사용되는 건설사업 관련 정보를 효과적으로 관리하기 위한 e-COGNOS 온톨로지가 유럽의 건설관련 회사들에 의하여 개발되었다. 이는 특정 조건의 작업환경에서 특정 프로세스를 따르는 특정 물품을 생산할 때 특정한 자원을 공통적으로 사용한다는 개념을 온톨로지 기술로 적용하여 웹기반의 정

보관리에서 업무 효율성을 향상시킬 수 있었다 (Diraby 외, 2003). 다른 큰 규모의 온톨로지 연구로는 SWOP (semantic, web-based, open-engineering platform) 연구가 있다. 이는 일반적이고 재사용이 가능한 프로덕트 모델링 온톨로지 (PMO, Product modeling ontologies)를 개발하고, 이를 최종 사용자가 개선하여 정보관리에 효율적으로 활용할 수 있도록, 건설관리에서 사용되는 범용적인 온톨로지를 개발하는 연구이다. 프로덕트 모델링 온톨로지는 RDF와 OWL로 구성되어 있어, 다른 사용자들이 쉽게 가공하여 활용할 수 있으며, 이는 IFC모델이나 기타 다른 프로덕트 모델 포맷에서 자동적으로 모델링 프로세스의 결과물을 얻을 수 있도록 한다 (Commonwealth, 2005).

#### 4. 맺음말

BIM 정보를 시멘틱 정보로 변환하여 사용하는 온톨로지의 경우, BIM정보에 추가적으로 각 정보간의 유기적인 의미적 연계를 요구된다. 이에 국제표준포맷으로 활용되는 IFC schema에는 각 정보간의 긴밀한 관계가 정의되어 있어, 온톨로지를 구축할 때 IFC schema에 포함된 정보의 연계 관계를 그대로 활용할 수 있다. 하지만 현재 건설관리를 위하여 연구되거나 활용되는 대부분의 시멘틱 도구에서는 일회성으로 BIM정보를 시멘틱 정보로 변형하여 이용하고 있기

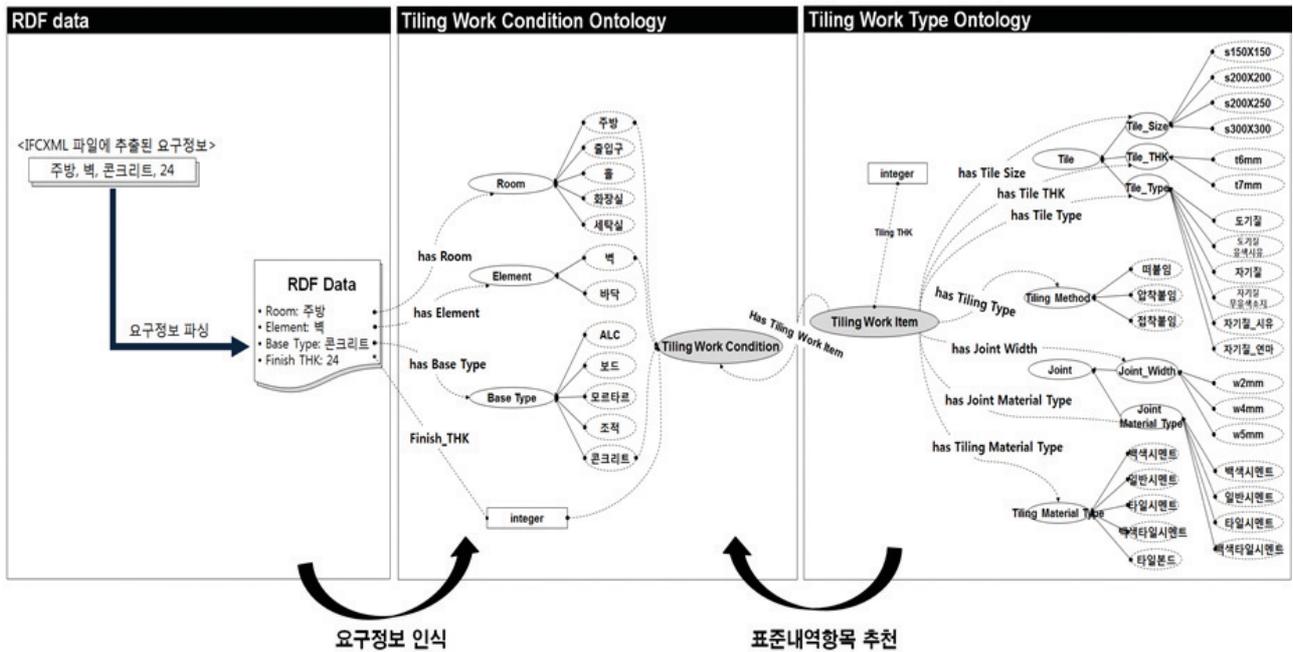


그림 3. 표준내역항목 추론을 위한 온톨로지 활용 개념도 (이슬기 외, 2012)

때문에, BIM 정보가 시멘틱 도구에 추가되거나 변경되더라도 이에 관한 내용이 자동으로 온톨로지에 반영되지 않는다. 따라서, BIM 정보와 시멘틱 정보간의 상호작용을 기반으로 지속적인 업데이트가 가능하게 하는 연구가 요구된다. 또한, 온톨로지에 사용되는 키워드 질의어 확장을 통한 효과적인 질의 환경이 구축되어야 한다. Siberski 등의 연구는 SPARQL을 확장하여 사용자의 선호도에 관한 다양한 질의 환경을 구축하는 것이 가능함을 보여주었다 (Siberski, 2006). 이처럼, 질의어가 확장되면 일차원적인 결과물만을 제공하는 것 뿐만 아니라, 보다 다양한 검색 결과를 사용자에게 제공할 수 있으며 추가적인 검색 기능 구현에 소요되는 시간과 비용을 줄일 수 있다.

또한, BIM정보 활용에 있어서 온톨로지의 표현 범위의 확대가 필요하다. 현재 대부분의 시멘틱 도구에서는 간단한 추론기능을 제공하는 일차원적인 도메인 온톨로지를 구축하여 사용하고 있다. 따라서 보다 다양한 추론을 할 수 있는 의미적 기반을 제공하기 위하여 풍부한 의미로 구성된 온톨로지 구축과, 하나의 도메인에 국한되지 않는 범용적이면서 다차원적인 도메인을 고려하는 방법론에 대한 연구가 필요하다. 또한, SWRL (Semantic Web Rule Language)과 같은 규칙표현언어를 적용하여 BIM 정보를 온톨로지서 표현하는 규칙을 확장하는 연구도 필요하다.

이와 같이 온톨로지를 기반으로 BIM정보를 활용하게 되

면, 건설사업을 관리하는데 있어 보다 유기적이고 체계적인 BIM정보관리가 가능하다. 또한, 향후 실질적인 시멘틱 웹 기술이 건설사업에 본격적으로 활용되어 지능형 사업관리, 표준내역산출 자동화, 엔지니어링 분석 자동화, 건설관리 예측 등과 같은 분야에 적용되면 사용자에게 보다 새로운 서비스들이 제공될 것으로 기대된다.

### 참고문헌

김가람, 김건우, 유동희, 유정호, (2011), BIM(Building Information Modeling)을 활용한 건축물 외피 통합설계에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, 제12권, 제5호, pp. 137-145.

박정근, (2010), BIM(Building Information Modeling)을 활용한 건축물 외피 통합설계에 관한 연구, 석사학위논문, 동국대학교.

양재균, 배재학, 이종혁 (2005). “온톨로지 재사용을 위한 범주 재분류.” 정보처리학회논문지 B Vol. 12-B No. 01 pp. 69-80.

유동희, (2009), 시멘틱 웹 애플리케이션의 시스템 프레임워크 및 도전 과제에 관한 연구, 한국컴퓨터정보학회지, 제 14권, 제12호, pp. 255-266.

이슬기, 김가람, 유정호, (2012), “BIM과 온톨로지를 활용한

- 표준내역항목 추론 자동화”, 한국건설관리학회, 제13권, 제3호, pp.99-108.
- Berners-Lee, T., Hendler, T. and Lassila, O., (2001), The semantic web, Scientific American magazine, May, 2001.
- Commonwealth scientific and industrial research organization, Semantic web-based open engineering platform, project co-funded by the European commission within the sixth framework programme (2002-2006), STRP NMP2-CT-2005-016972, 2005.
- Fensel, D., (2001), Ontologies: silver bullet for knowledge management and electronic commerce, Berlin: springer-verlag.
- Gruber, T., R. (1993a). "A Translation Approach to Portable Ontology Specification." Knowledge Acquisition, Vol. 5, pp. 199-200.
- Gruber, T., R. (1993b). "Toward Principles for the Design of Ontologies," International Journal Human-Computer Studies, Vol. 43, pp. 907-928.
- Gunwoo, Kim and Yongmoo, Suh. (2010). "Semantic Business Process Space for Intelligent Management of Sales Order Business Processes." Information Systems Frontiers DOI: 10.1007/s10796-010-9229-1.
- H. Tserng, S. Yin, R. Dzung, B. Wou, M. Tsai and W. Chen, (2009), A study of ontology-based risk management framework of construction projects through project life cycle, Automation in construction, Elsevier, Vol. 18, Issue 7, pp. 994-1008.
- J. Cheng, P. Trivedi and K. Law, (2002), Ontology mapping between PSL and XML based standards for project scheduling, 3rd international conference on concurrent engineering in construction, Berkeley, CA, pp. 143-156.
- McGuinness, D. and van, Harmelen, F. (2004). OWL Web Ontology Language Overview." W3C Recommendation.
- T. Diraby, B. Fies and C. Lima, (2003), An ontology for construction knowledge management, Annual conference of the canadian society for civil engineering, June 4-7, GCM-322.
- V. Charlesraj and S. Kalidindi, An ontology-based knowledge management framework for performance improvement of construction project managers, the 23rd international symposium on automation and robotics in construction, 2006, pp. 762-767.
- W. Siberski, J. Z. Pan, and U. Thaden, (2006), Querying the semantic web with preferences, In proceedings of ISWC 2006, LNCS 4273, pp. 612-624.
- 김가람 e-mail : karamiz@kw.ac.kr
  - 유정호 e-mail : myazure@kw.ac.kr