

BIM과 온톨로지를 활용한 표준내역항목 추론 자동화

Automatic Inference of Standard BOQ(Bill of Quantities) Items using BIM and Ontology

이 슬 기*
Lee, Seul-Ki

김 가 램**
Kim. Ka-Ram

유 정 호***
Yu. Jung-Ho

Abstract

The rough design information is only available from BIM(Building Information Model) based schematic design. So, it is difficult to obtain sufficient information for generating BOQ. Like 2D design, there are some problems that the results are depend on what the choice of cost estimator. However, the most research of BIM based cost estimation are focus on quantity takeoff, the consideration of work item for generating BOQ is insufficient.

Therefore, this paper present automatic inference process of work items in a BOQ using ontology. The proposed process and ontology is validated through applying tiling construction. If the proposed process is utilized, it is expected the basis of developing generation method for consistent BOQ by resolving intervention of cost estimator's arbitrary decision.

Keywords : Building Information Modeling(BIM), Industry Foundation Classes(IFC), Ontology, BOQ Item

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

BIM(Building Information Model) 기반의 설계 및 공사관리 가 확대되는 추세이다. 이론적으로는 BIM 정보를 활용할 경우 내역작성이나 기타 다양한 공사관리 관련 정보를 용이하게 또는 더 나아가 자동적으로 획득 가능하다. 그러나 이는 BIM 기반 정보가 충실히 확보된 경우에 한정되며, 그렇지 못 할 경우에는 BIM으로부터 획득 가능한 정보 및 이를 활용한 여러 공사관리 활동이 매우 제한적인 것이 현실이다.

기본설계가 완성되면 이를 바탕으로 설계예정가격 등을 산출하기 위해 내역서를 작성하고 공사비를 견적하게 된다. 그러나 기본설계 단계에서는 개략적인 설계 정보만 제공되므로, 내

역작성에 필요한 충분한 정보를 설계도면으로부터 확보하는 것이 어렵다. 예를 들어, 타일공사와 관련된 기본설계도면에서는 '어떤 실의 어떤 부위에 타일로 마감되며 그 마감두께는 얼마이다' 수준의 정보만 제공된다. 따라서 내역작성을 위해서 필요한 구체적인 타일붙이기 작업내역 즉 내역항목과 규격을 알 수 없고, 현업에서는 실무자가 도면을 보고 자의적 판단에 따라 적절한 타일붙이기 작업내역을 선택하고 그에 따른 단가를 적용하고 있다.

BIM 기반으로 기본설계를 수행한 경우에도 상황은 크게 다르지 않다. 기본설계에서 다루어지는 정보의 상세 수준이 낮은 관계로, BIM 기반 설계에서도 획득 가능한 정보의 수준은 2D 기반의 기존 설계도면에서 획득 가능한 정보의 수준과 크게 다르지 않다. 다만, 2D 기반의 기존 설계도면을 이용하여 내역서를 작성할 경우는 견적자의 자의적 판단이 많이 개입될 수 있는 반면,

* 일반회원, 광운대학교 대학원 건축공학과 박사과정, selkizz@kw.ac.kr

** 일반회원, 광운대학교 대학원 건축공학과 석사과정, karamiz@kw.ac.kr,

*** 종신회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신지자), myazure@kw.ac.kr

BIM을 활용할 경우 2D 기반의 설계도서에서 획득 가능한 정보 외에 기타 연계 정보를 자동적으로 획득가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 이러한 BIM 활용의 장점을 활용하고 여기에 온톨로지 기술을 접목하여, BIM 기반의 기본설계 정보로부터 내역서 생성에 필요한 작업내역을 자동으로 추출하는 프로세스를 제시한다. 이 프로세스를 적용할 경우, BIM 정보의 활용성이 더욱 향상될 것으로 기대되며, 기존의 2D 설계도면 기반의 내역 작성에서 견적자의 자의적 판단이 개입되던 문제점을 해결할 수 있을 것으로 기대된다. 나아가, 이 연구에서 제안하는 프로세스는 동일한 BIM이라면 동일한 견적결과를 얻을 수 있는 일관성 있는 내역작성 방법 개발의 기초가 될 것으로 기대된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

견적의 종류는 설계의 상세수준에 따라 기획설계단계에서 수행되는 개략견적, 계획설계 및 기본설계단계에서의 개산견적, 그리고 실시설계단계에서는 프로젝트 관리 및 입찰가격 결정 등을 위한 상세견적으로 분류하고 있다.

본 연구는 기본설계단계에서 생성된 BIM 정보를 활용하여 표준내역항목을 자동 추출하기 위해 온톨로지를 구축·활용하는 방안을 제시하는 것으로 내역서 작성에 포함된 여러 공종 중 타 일공사를 예로 들어 작성하였으며 제안하는 온톨로지 및 추론 자동화 프로세스를 검증하였다.

본 연구의 프로세스는 다음 <그림 1>과 같다.

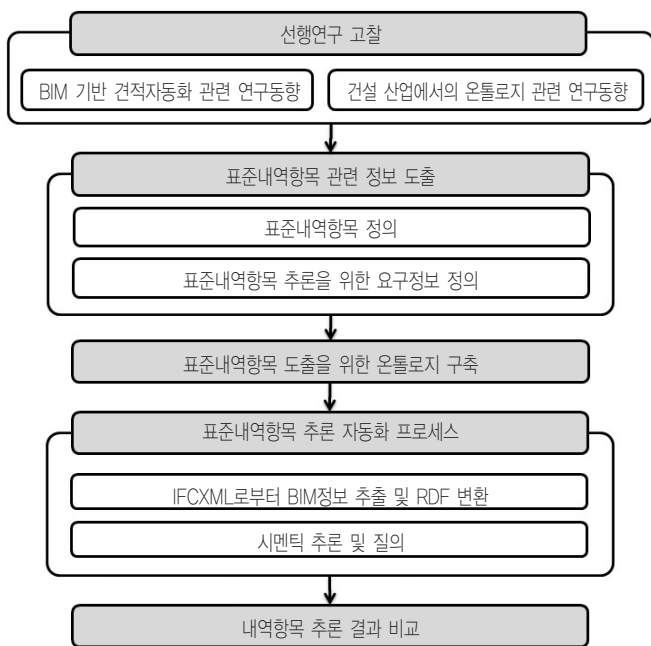


그림 1. 연구 프로세스

2. 선행연구 고찰

2.1. BIM 기반 내역서 작성 관련 연구동향

기본설계 단계에서는 개략적인 설계 정보만 제공되므로 내역 작성에 필요한 충분한 정보를 설계도면으로부터 확보하는 것이 어렵다. 이에 따라 기존 개산견적 방법에는 비용지수법 (CostIndices Method), 비용용량계수법 (Cost Capacity Factor), 개수견적법 (Factor Estimation Method), 변수견적법 (Parameter Cost Estimates) 등이 있으나 사용기관, 사용방법, 견적자의 능력에 따라 결과의 정확도에 많은 오차가 나타난다. 이와 같은 설계정보의 부족으로 인한 문제는 BIM 기반 내역작성에 있어서도 마찬가지이다.

다음 <표 1>과 같이 BIM기반 내역작성관련 연구들은 대부분 BIM기반 물량산출 자동화 또는 BIM 기반 물량산출결과의 정확도 향상을 위한 방안 제시에 대한 연구들이 대부분이며, 건설사업의 공사비산정에서 요구되고 있는 내역항목의 추론 및 표준화에 대한 고려가 미흡하다.

표 1. BIM 기반 내역서 작성 관한 연구

저자	주요내용
오세욱 외 (2001)	CIC(Computer Integrated Construction)를 기반으로 설계와 시공의 매개체 역할을 담당하는 견적단계에서 물량 산출 및 계약단가를 산정하고 설계단계에서 생성되는 기본물량 정보를 변환하여 공정관리와 원가관리의 작업흐름을 원활히 진행하기 위한 견적자동화 시스템 구축방안을 제시
진상윤 외 (2008)	BIM 기반 견적자동화 체계구축을 위한 기반 연구로 다양한 3D CAD Modeler로부터 물량 산출을 자동화하기 위해 Modeler가 내부적으로 가지고 있는 Quantity Data Type을 추출하고, 이를 분석 및 검증할 수 있는 체계 개발
최철호 외 (2006)	3D 모델을 기반으로 한 상용화된 5D CAD 시스템인 Constructor의 기본개념을 살펴보고 Recipe 기반의 물량 산출모듈에 대한 시범적용을 통해 앞으로의 기대효과 및 3D CAD기반 응용시스템 연구방향을 제시
김보민 외 (2008)	현장 시공물량 산출 프로세스 및 2D, 3D기반 물량산출 방식의 문제점을 알아보고 BIM기반 물량산출방식 개선안을 제시
옥중호 외 (2009)	공공건축물 공사비 특성을 반영한 물량을 산출하기 위해 주요 구조부재를 중심으로 BIM 속성정보모델링 방법을 제시
권오철 외 (2011)	BIM 데이터로부터 물량산출을 정확하기 위한 BIM 모델 작성기준을 제시함.

본 연구는 온톨로지 기술을 활용하여 BIM 모델로부터 추출된 설계정보를 활용하여 일위대가 목록의 내역항목을 추론하는 프로세스를 제안하는 것으로 BIM기반 물량산출에 초점을 맞춘 기존 연구들과 차별성을 가진다.

2.2 온톨로지

시멘틱 웹(Semantic Web)은 '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 World Wide Web에서 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 시멘틱 웹은 현재의 웹보다 훨씬 정확한 자료를 찾아내는 시멘틱 검색을 가능하게 하고, 기업의 유용한 정보 또는 지식의 공유 및 재사용을 용이하게 한다.

온톨로지(Ontology)는 이러한 시멘틱 웹의 핵심 기술 중 하나이며, ‘공유하는 개념화의 형식적이고 명확한 명세’ (Gruber, 1993)라고 정의한다. 이 정의를 해석해보면 다음과 같다(노상규 외 2007).

- 공유: 합의된 지식을 표현해야 한다는 것이며 합의된 지식이란, 명명 개인이 임의로 정의한 것이 아니라 관련된 모든 구성원의 동의에 의해 수용되는 개념과 개념들 간의 관계를 표현하는 지식을 말한다.
- 개념화: 특정영역 또는 분야의 현실세계와 관련된 개념을 추상모델을 말한다.
- 형식적: 온톨로지의 내용을 컴퓨터가 읽을 수 있고 처리가 가능한 형태로 표현해야 한다.
- 명확한: 특정영역을 모델링할 때, 사용하는 개념들과 이러한 개념들을 사용할 때 적용되는 제약조건들을 명시적으로 정의해야 한다.

현재 온톨로지는 정보 통신, 의료 정보, 검색 엔진 등 다양하고 폭넓은 분야에서 적용되고 많은 분야에서 적용을 위한 연구가 진행 중이다.

2.3 건설 산업에서의 온톨로지 활용 연구동향

국외의 경우, 건설 산업에서 온톨로지 활용 연구로 가장 대표적인 예로 IFC(Industry Foundation Classes)는 각 엔티티에 포함되어 있는 데이터의 타입과 데이터간의 관계를 온톨로지로 표현하였다. e-COGNOS(2005) 온톨로지는 건설분야에서의 지식관리를 위해 최초로 구축된 온톨로지로서 유럽에 진행된 e-COGNOS project의 일환으로 구축되었다. Charlesraj, kalidindi(2006)은 건설사업관리자의 성과 향상을 위한 지식관리 프레임워크를 제안하였다. 제안된 프레임워크는 건설프로젝트 온톨로지, 건설사업관리자의 기술, 지식, 역량 온톨로지와 지식관리 도구들의 온톨로지 구성되어 있다. Tsemg 외 (2009)는 프로젝트에서 발생할 수 있는 리스크와 그에 대한 대응 방안 등을 온톨로지 구성한 건설사업 전 생애주기의 리스크관리를 위한 프레임워크를 제안하였다. 또한, El-Diraby, Osman(2011)은 건설산업의 산출물의 기능, 역

할 등 의미적 속성들을 데이터화하는 온톨로지를 제안하였으며, Buyko 외(2008)은 온톨로지를 활용하여 건설 산업에서 사용되는 전문용어들에 대한 언어적 갈등상황을 해결하고자 하였다.

국내의 경우, 이경원 외(2009)는 기존 지식검색시스템의 개선을 위해 온톨로지를 활용하여 건설에 특화된 지식검색이 가능하도록 하는 온톨로지 프레임워크를 제시하였다. 박정대, 정용욱 (2010)은 다양한 도메인의 협업 프로세스가 이루어지는 건설 산업의 특성에 의한 데이터 호환 문제의 해결방안으로 건축물 BIM 정보모델 위에 의미기반 검색이 가능한 시멘틱 정보를 부여하는 온톨로지 기술을 활용한 데이터 표현방법론을 제시하였다.

3. 표준내역항목 정보

내역서 작성을 위해서는 다음 <그림 2>와 같이 품명과 규격으로 이루어진 ‘내역항목’, 내역항목에 해당하는 ‘물량정보’와 ‘단가정보’가 필요하며, 각 정보들이 활용되어 내역서가 만들어지는 개념적인 과정은 다음 <그림 3>과 같다.

품명	규격	단위	수량	재료비	노무비	경비	합계
타일압착붙임, 200*200	바닥, 바탕 30mm+얇 5mm	M2	-				
타일압착붙임, 200*300	바닥, 바탕 30mm+얇 5mm	M2	-				
타일압착붙임, 200*400	벽, 바탕 18mm+얇 6mm(백)	M2	-				

내역항목
물량정보
단가정보

그림 2. 내역서의 구성요소

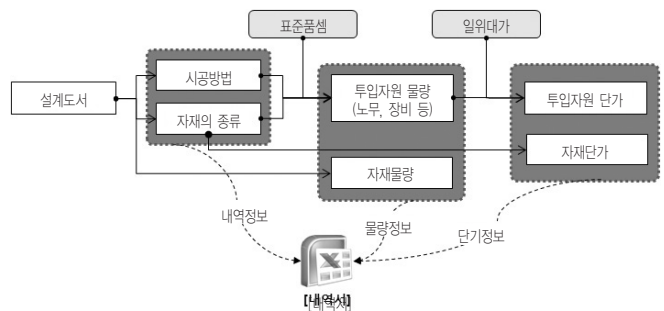


그림 3. 내역서 작성을 위한 정보흐름

하지만 기본설계 단계의 경우 개략적인 설계 정보만 제공되므로, 내역항목을 설계도면으로부터 확보하는 것이 어렵다. 예를 들어, 타일공사와 관련된 기본설계도면에서는 ‘어떤 실의 어떤 부위에 타일로 마감되며 그 마감두께는 얼마이다’ 수준의 정보만 제공되며 내역작성을 위해서 필요한 구체적인 타일의 유형 및 타일붙이기 작업내역에 대한 품명과 규격을 알 수 없으며 현장

실무자는 표준품셈, 표준시방서, 건축공법관련 서적 등을 참고하여 작업조건(실용도, 부위 등)에 적합한 자재 및 작업내역을 선택하고 그에 따른 단가를 적용하고 있다. 현재 BIM기반 내역작성 프로그램들은 3D CAD를 통해 각 객체에 대한 물량 정보는 자동으로 산출이 가능하지만 내역항목은 견적자가 미리 구축된 DB와 연계 시켜주는 작업이 필요하다. 견적자 또는 실무자들은 주어진 정보들을 조합하여 결과를 추론해낼 수 있지만 현재의 3D CAD 관련 IT기반 도구로는 이러한 작업조건의 자동 인식과 그에 적합한 자재 또는 공법유형을 추론하는 것이 불가능하며, 이러한 추론과정이 가능하도록 하는 것이 온톨로지 기술이다.

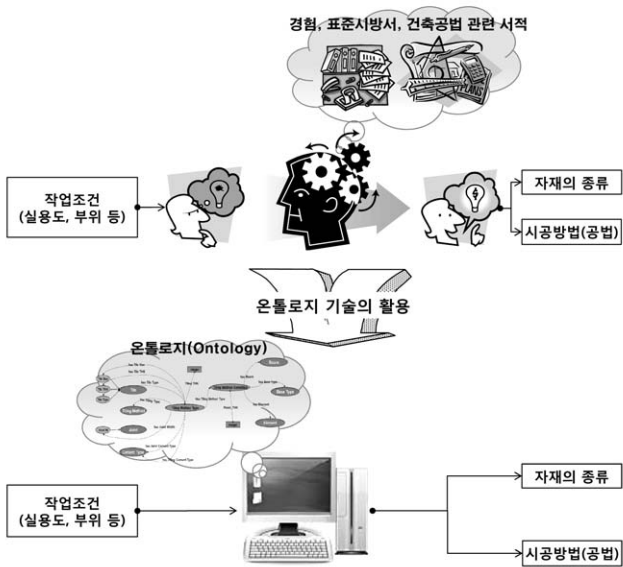


그림 4. 온톨로지 기술을 활용한 추론과정

다음 <그림 4>와 같이 본 연구에서 제안하고자 하는 표준내역항목 도출 자동화 프로세스의 입력정보는 작업조건에 해당하는 BIM 모델로부터 최소로 추출된 가능한 설계정보이며 출력정보는 자재의 물성, 시공방법 등이 명시된 내역항목(품명,규격)이며, 표준품셈, 표준시방서, 실적단가목록, 건축공법관련 서적 등을 참고하여 표준내역항목을 도출하였다.

이러한 작업조건에 따른 자재 및 시공방법 규칙에 대한 구체적인 사항은 공종별로 달라지며, 기술의 발전으로 변경될 수 있다. 본 연구는 건축공종들 중 타일공사를 예시로 들어 작성하였다.

타일공사의 내역항목 추론에 필요한 요구정보는 BIM모델로부터 추출 가능한 '실용도, 부위, 마감바탕종류, 마감두께'로 정의하였으며 시멘틱 추론엔진을 거쳐 내역서 작성을 위한 표준내역항목 정보로는 '타일크기, 타일두께, 타일유형, 붙임공법, 붙임재료유형, 줄눈 폭, 줄눈 재료 유형'로 정의하였다.

다음 <그림 5>는 타일공사 표준내역항목 추론 프로세스의 데이터 흐름이다.

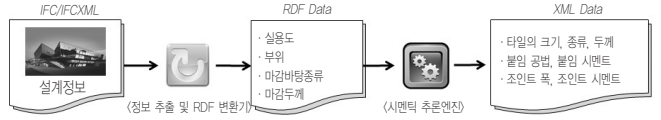


그림 5. 표준내역항목 추론 프로세스의 데이터 흐름

4. 표준내역항목 추론을 위한 온톨로지 구축

본 연구에서는 공법을 결정하는 작업조건 요소들과 자재 및 공법을 구성하는 요소들을 온톨로지로 구축하여 설계도면으로부터 얻은 정보들을 자동으로 인식하고 그에 적합한 표준내역항목을 도출하는 과정을 자동화 하고자 한다.

이러한 자동화를 가능하게 하기위해 공법을 결정하는 요인들로 구성된 공법조건 온톨로지 (Method Condition Ontology)와 공법의 유형을 정의하는 요인들로 구성된 공법유형 온톨로지 (Method Type Ontology)의 구축이 선행되어야 한다. 앞서 설명하였듯이, 본 연구에서는 건축공종 중 타일공사에 적합한 온톨로지 및 추론 규칙 구축하였으며 구축 도구로서 Protégé3.4.4를 활용하였다.

다음 <그림 6>은 타일공사의 표준내역항목 도출을 위한 온톨로지의 전반적인 구조이다. 실선은 클래스(Class)간의 계층관계를 나타내기 위한 하위클래스개념을 표현하고 있으며 점선은 클래스 간의 관계 및 클래스와 데이터 간의 관계를 표현한 것으로 요소에 해당하는 객체 속성(property)을 표현하고 있다.

4.1 클래스 정의

타일공법유형온톨로지 (Tiling Method Type Ontology)에는 표준내역항목을 구성하는 요소들로 정의한 클래스들로 구성된다. 타일규격(Tile), 붙임공법유형(Tiling Method), 줄눈(Joint), 타일붙임 재료 유형(Tiling Material Type), 타일규격의 하위클래스로 타일두께(Tile THK), 타일크기(Tile Size), 타일종류(Tile Type), 줄눈의 하위클래스로 줄눈 폭(Joint Width)와 줄눈 재료 유형(Joint Material Type)이 있으며, 이들의 조합을 온톨로지 추론 규칙으로 정의한 타일공법유형(Tiling Method Type)클래스가 있다.

본 논문의 온톨로지서에서 정의한 클래스 및 상세정의는 다음 <표 2>와 같다.

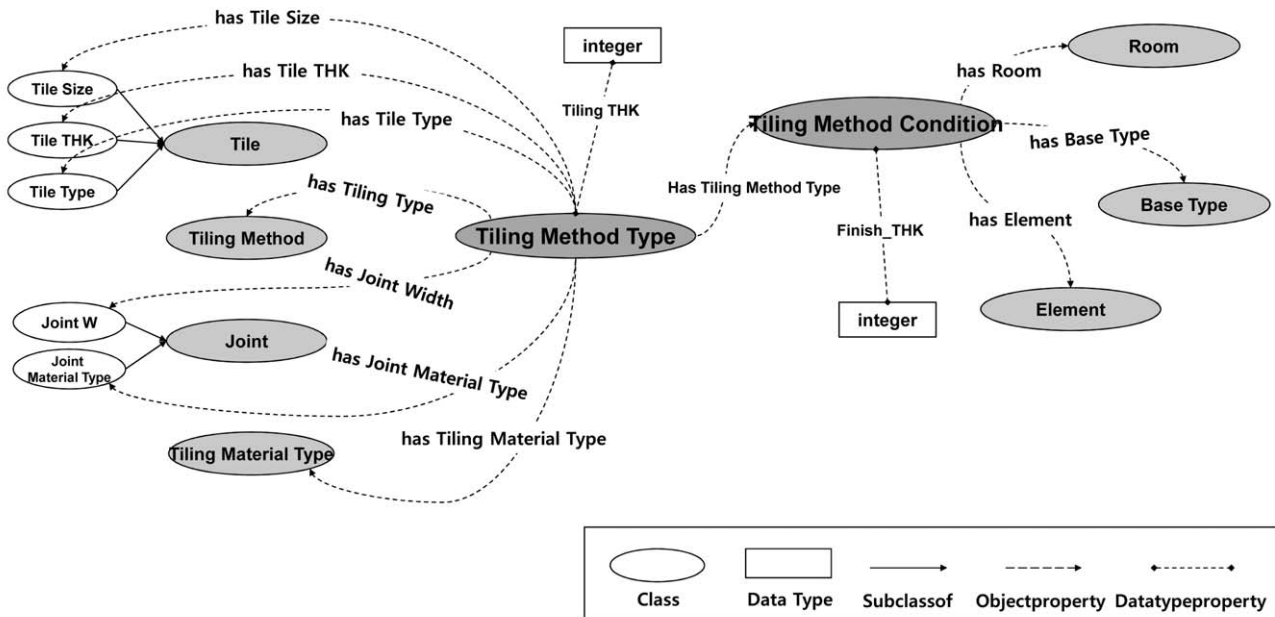


그림 6. 타일공법조건 및 타일공법유형 온톨로지 구조

표 2. 표준내역항목 도출을 위한 개념 온톨로지의 클래스 구분

클래스	상세 설명 및 인스턴스
Room	- 건축물의 실용도 : 욕실, 화장실, 주방, 다용도실, 세탁실, 홀, 입구
Element	- 건축물의 부위 : 바닥, 벽
Base Type	- 마감바탕종류 : ALC, Board, Concrete, Masonry, Mortar
Tiling Method Condition	- 타일공법조건 : 실용도, 부위, 마감바탕종류, 마감두께의 조합
Tile	Tile Size - 타일 크기 : 150x150, 200x200, 200x250, 250x250, 300x300
	Tile THK - 타일 두께 : 6mm, 7mm
	Tile Type - 타일 종류 : 도기질, 유색시유 도기질, 자기질, 무유색소지 자기질, 시유 자기질, 연마 자기질
Tiling Method	- 타일 붙임 공법 : 떠붙임, 압착붙임, 접착붙임
Joint	Joint Width - 줄눈 폭 : 2mm, 4mm, 5mm
	Joint Material Type - 줄눈 재료 유형 : 백색시멘트, 일반시멘트, 타일시멘트, 백색타일시멘트
Tiling Material Type	- 타일붙임 재료 유형 : 백색시멘트, 일반시멘트, 타일시멘트, 백색타일시멘트, 타일본드
Tiling Method Type	-타일공법유형 : 타일 크기, 타일 두께, 타일 종류, 타일 붙임공법, 줄눈폭, 줄눈 재료 유형, 타일붙임 재료 유형

타일공법조건 온톨로지(Tiling Method Condition Ontology)에는 타일공법조건을 정의하는 요소로 구성된다. 실용도(Room), 부위(Element), 마감바탕종류(Base Type), 마감두께(Finish THK)가 있으며, 이들의 조합을 온톨로지 추론 규칙으로 정의한 타일공법조건(Tiling Method Condition)클래스가 있다. 또한 타일공법유형(Tiling Method Type)이 타일공법조건(Tiling Method Condition)에 적합한 공법유형으로 적용되기 위해서는 온톨로지 추론 규칙에 의하여 온톨로지 내에 정의되어야 한다.

4.2 객체속성 정의

OWL(Web of Ontology Language)의 속성은 객체 간의 관계를 나타내는 객체형 속성 (owl:ObjectProperty)과 객체와 데이터 값 사이의 관계를 표현하는 데이터 형태 속성(owl:DatatypeProperty)으로 나뉘는데 두께와 같이 수치를 나타내는 정보에 해당된다.

본 연구에서의 데이터 형태 속성은 마감두께와 붙임두께가 있으며, 타일 두께의 경우 종류가 정해져 있기 때문에 객체형 속성으로 표현하였다. 본 논문의 온톨로지서 정의한 객체형 속성들은 <표 3>과 같다.

‘타일공법조건(Tiling Method Condition)’은 has Room 등의 객체속성에 의해 타일공법을 결정하는 요소 클래스들과 관계를

표 3. 표준내역항목 도출을 위한 객체속성

객체속성	관계기술
has Room	Tiling Method Condition은 Room 클래스의 구성원들 중 한개만 구성원으로 갖는다.
has Base Type	Tiling Method Condition은 Base type클래스의 구성원들 중 한개만 구성원으로 갖는다.
has Element	Tiling Method Condition은 Element 클래스의 구성원들 중 한개만 구성원으로 갖는다.
has Tiling Method Type	Tiling Method Condition은 Tiling Method Type클래스의 구성원들 중 한개만 구성원으로 갖는다.
has Tile Size	Tiling Method Type은 Tile Size 클래스의 구성원들 중 한개만 구성원으로 갖는다.
has Tile THK	Tiling Method Type은 Tile THK 클래스의 구성원들 중 한개만 구성원으로 갖는다.
has Tile Type	Tiling Method Type은 Tile Type 클래스의 구성원들 중 한개만 구성원으로 갖는다.
has Tiling Type	Tiling Method Type은 Tiling Type 클래스의 구성원들 중 한개만 구성원으로 갖는다.
has Joint Width	Tiling Method Type은 Joint Width 클래스의 구성원들 중 한개만 구성원으로 갖는다.
has Joint Material Type	Tiling Method Type은 Joint Material Type 클래스의 구성원들 중 한 개 이상을 구성원으로 갖는다.
has Tiling Material Type	Tiling Method Type은 Tiling Material Type 클래스의 구성원들 중 한 개 이상을 구성원으로 갖는다.

맷어 타일공법조건을 정의하며, '타일공법유형(Tiling Method Type)'은 has Tile Size등의 객체 속성에 의해 타일공법유형을 정의하는 요소 클래스들과 관계를 맺어 타일공법유형을 정의한다. 그리고 '타일공법조건(Tiling Method Condition)'은 has Tiling Method Type 객체속성으로 '타일공법유형(Tiling Method Type)'와 관계를 맺는다.

5. 표준내역항목 추론 자동화 프로세스

5.1 프로세스의 개요

본 연구에서는 BIM 정보로부터 일위대가에 맞는 표준내역항목을 도출하는 과정을 자동화하기 위한 프로세스를 개발하고자 한다. 즉, BIM정보의 시맨틱 분석을 통해 3D CAD 도구에 의한 BIM 모델로부터 얻은 표준내역항목의 추론을 위해 필요한 요구 정보들을 자동으로 인식하고 요구정보를 조합하여 그 조건에 적합한 표준내역항목을 도출하는 자동화하는 프로세스를 제안하고자 한다.

다음 <그림 7>은 본 연구의 제안하는 표준내역항목 추론 자동화 프로세스의 개요이다. 공법을 결정하는 요인들을 BIM 모델로부터 추출하여 온톨로지 추론이 가능하도록 RDF(Resource Description Framework)⁹⁾ 데이터 형식으로 변환한다. 변환된 RDF 데이터는 미리 구축한 공법조건 온톨로지(Method

Condition Ontology)와 공법유형 온톨로지(Method Type Ontology) 함께 추론과정을 걸쳐 적합한 표준내역항목을 도출할 수 있다.

본 연구에서는 타일공사를 예로 들어 온톨로지를 구축하여 제시하는 표준내역항목 프로세스 검증하였다. 표준내역항목 추론 자동화를 위해 크게 1) IFCXML로부터 정보 추출 및 RDF 변환, 2) 시맨틱 추론 및 질의과정이 필요하며 각각의 상세한 내용은 5.2와 5.3과 같다.

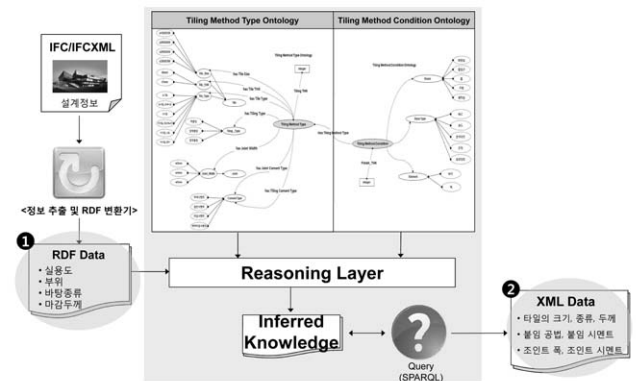


그림 7. 표준내역항목 추론 자동화 프로세스 개요

5.2 IFCXML로부터 정보 추출 및 RDF 변환

본 연구에서는 표준내역항목 도출 프로세스의 첫 단계로 공법을 결정하는 요인들에 대한 정보들에 대한 IFC/IFCXML 분석을 통해 정보를 추출해야 하며, 추출된 정보들은 추론이 가능하도록 RDF 형식으로 변환이 필요하다.

타일공사의 공법을 결정하는 요소로 실용도, 부위, 마감바탕종류, 마감두께를 제시하였으며 이에 대한 IFC/IFCXML Schema 분석을 실시한 결과는 다음 <그림 8>과 같다.

실용도 (Room)는 IfcSpace에서 해당 정보를 추출할 수 있으며 부위 (Element)는 IfcRelSpaceBoundary를 통해 해당 Space와 연계된 IfcSlab 또는 IfcWall를 통해 추출할 수 있다. 또한 추출된 부위에 대한 마감두께 (Finish THK)는 IfcMaterialLayer의 LayerThickness에서 추출할 수 있으며, 마감 바탕종류 (Base

1) 웹에 있는 자원에 관한 메타 정보를 표현하기 위한 W3C의 가장 기본적인 시맨틱 웹 언어이다. 실제로 주제, 부제, 작성일자, 저자 등의 웹 정보를 XML 태그에 의해 지시되는 필드에 넣으면 검색엔진이 보다 더 정보를 잘 검색해 낼 수 있다. 시맨틱 웹에서 RDF는 지식을 코드화 시켜주는 표준으로써 분산되어 있는 지식들을 찾아내고 이용할 수 있도록 돕는 역할을 하는 것이다. RDF의 구성은 '주체-서술어-목적어'로 이루어진다. 특히 서술어는 주체와 목적어 사이의 관계를 나타내며, RDF가 나타내려는 정보의 특성이나 상태를 나타낸다.

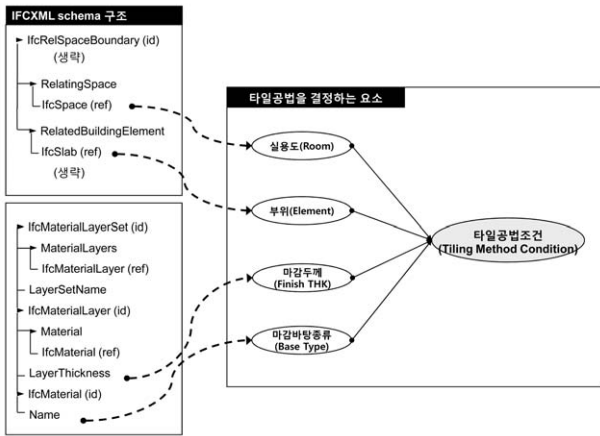


그림 8. IFCXML 정보 추출 구조

Type)는 IfcMaterial로부터 추출 가능하다.

이와 같이 정의된 IFCXML schema와 요구정보간의 관계에 따라 정보가 추출되어 RDF 형식으로 변환된 결과는 다음 <그림 9>와 같다.

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns="http://tmo.kw.ac.kr/TMO.owl#"
  xml:base="http://tmo.kw.ac.kr/TMO.owl">
  <rdf:Description rdf:ID="ABCDEDEF">
    <hasRoom rdf:resource="#Kitchen"/>
    <hasElement rdf:resource="#Wall"/>
    <hasBase_Type rdf:resource="#Concrete"/>
    <hasFinish_Thk rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">24</hasFinish_Thk>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

그림 9. RDF 변환 결과 (그림 4의 ①)

본 연구에서는 내역서 작성을 위한 표준내역항목 도출에 온톨로지 기술을 적용하는 개념적인 연구로서 IFC로부터 추론에 필요한 요구정보를 추출할 수 있다는 가정 하에 연구를 진행하였으며, 기술적으로 IFC로부터의 정보를 추출하여 RDF로 변환하는 도구를 개발하는 것은 향후 연구에서 진행될 예정이다.

5.3 시멘틱 추론 및 질의

앞서 구축된 타일공법조건 온톨로지와 타일공법유형 온톨로지를 기반으로 시멘틱 추론 과정을 거쳐 표준내역항목이 도출되는 개념적인 과정은 다음 <그림 10>과 같다.

IFCXML에서 파싱된 실용도, 부위, 마감바탕종류, 마감두께 정보는 각각 타일공법조건을 정의하는 타일공법조건 온톨로지(Tiling Method Condition Ontology)를 통해 공법조건 중 하나로 인식하게 되고 인식된 공법조건에 미리 정의된 타일공법유형 온톨로지(Tiling Method Type Ontology)를 통해 인식된 조건에 적합한 공법유형이 추천되게 된다.

예를 들어, ‘주방, 벽, 콘크리트, 24mm’ 각각 파싱되어 실용도(Room), 부위(Element), 마감바탕종류(Base Type), 마감두께(Finish THK) 클래스에 해당 하위 클래스로 자동으로 인식되며, 추론을 통해 타일공법조건(Tiling Method Condition)클래스의 하위 클래스 중 ‘실용도는 주방, 부위는 벽, 마감바탕종류는 콘크리트, 마감두께는 24mm’ 이라는 조건을 필요·충분 조건으로 가지는 ‘TMC_1’이라는 하위 클래스의 인스턴스로 인식 된다. 이 ‘TMC_1’ 클래스는 가장 적합한 타일공법유형으로 공법유형 온톨로지(Tiling Method Type Ontology)의 하위클

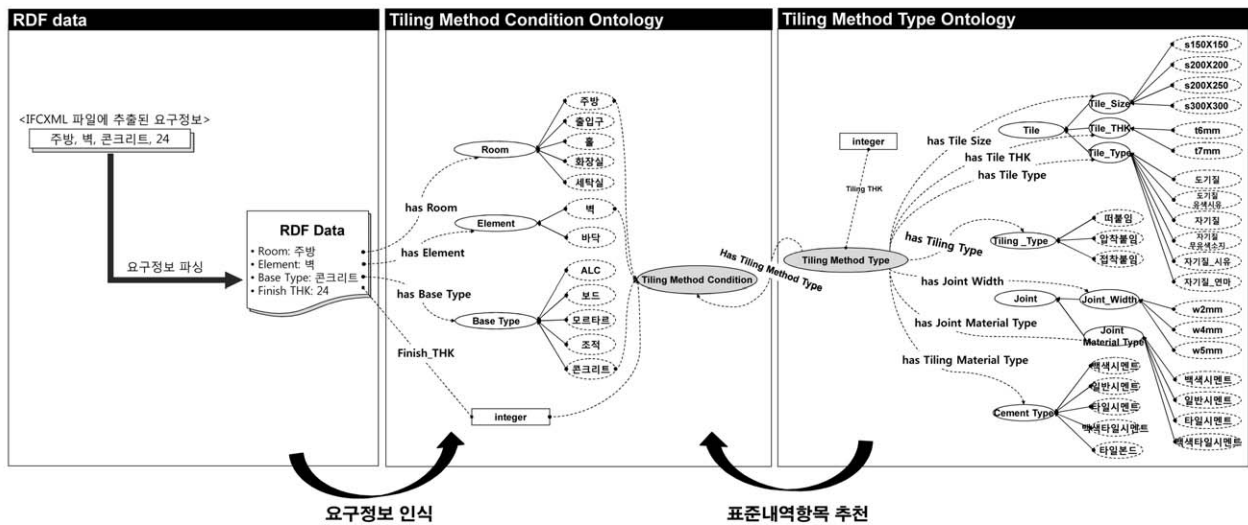


그림 10. 개념적인 표준내역항목 추론과정

래스인 'TMT_1'를 필요조건으로 가지고 있어 결과적으로 표준 내역항목을 추천해주게 된다.

이러한 추론과정 위한 추론규칙은 다음과 같다.

- TMC_1 ≡

Necessary & Sufficient

⇒ hasRoom has Kitchen

⇒ hasElement has wall

⇒ hasBaseType has Concrete

⇒ hasFinichThk has 24

Necessary

⇒ hasTilingMethodType has TMT_1

- TMT_1 ≡

Necessary & Sufficient

⇒ hasTileSize has s200X200

⇒ hasTileType has Ceramic

⇒ hasTileThk has 6mm

⇒ hasTilingType has Tiling Type 1

⇒ hasTilingMaterialType has ordinary cement

⇒ hasTilingThk has 15mm

⇒ hasJointWidth has w2mm

⇒ hasJointMaterialType has White Cement

〈그림 9〉의 결과와 앞서 구축한 온톨로지를 Bossam reasoner를 통해 추론한 결과에 〈그림 11〉과 같이 SPARQL을 활용하여 질의한 결과 값은 다음 〈그림 12〉과 같다. 〈그림 12〉과 같이 미리 정의한 공법조건에 맞는 표준내역항목이 도출되었다는 것은 온톨로지가 구축의도에 따라 구축되었다는 것을 의미한다.

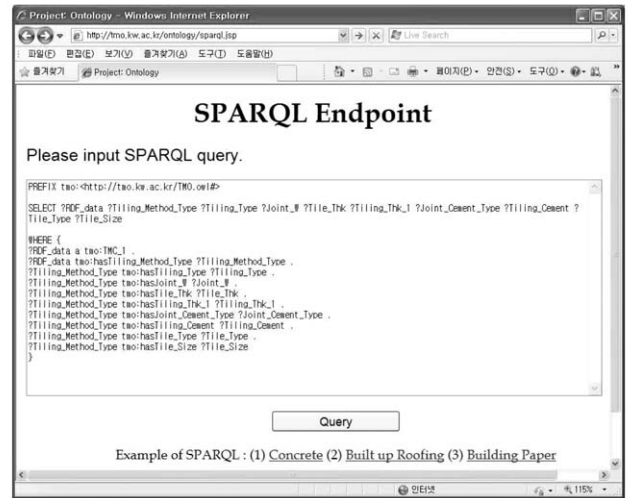


그림 11. SPARQL 화면

5.4 내역항목 추론 결과 비교

본 연구는 기존의 2D 설계도면 기반 내역작성에서 견적자의 자의적 판단이 개입되던 문제점을 해결하기 위하여, 전문가의 지식을 온톨로지와 하고 이를 활용하여 동일한 BIM이라면 일관성 있는 견적결과를 얻을 수 있는 내역작성 방법을 개발하는 것이다. 따라서 본 연구에서 제안하는 프로세스의 검증은 기존의 '기술자의 기술적 판단에 의존하는 방식'과 본 연구결과물의 비교를 통해 논의될 수 있다.

본 연구의 예시에서 사용한 설계정보 (실용도: 주방, 부위: 벽, 마감바탕종류: 콘크리트, 마감두께: 24mm)를 5명의 건설기술자에게 제시하고, 이에 가장 적합한 내역항목 정보(붙임공법유형 등 8가지)를 선택하게 한 결과, 〈표 4〉에서 보는 바와 같이, 상당 기간의 경력을 가진 기술자들에 의한 내역항목 추론 결과임에도 불구하고 그 일관성이 매우 떨어져 있어 있음을 파악할 수 있다. 반면, 본 연구에서 제안하는 방식에 따른 추론 결과는 동



그림 12. 시맨틱 추론 및 질의 결과 (그림 4의 2)

일한 BIM 이라면 항상 일관된 결과를 얻을 수 있다. 또한, 제공되는 온톨로지가 기술자들의 정확한 전문지식을 기반으로 작성되었다면 이를 활용한 견적결과의 정확도 또한 보장할 수 있을 것이다.

표 4. 내역항목 추론 결과 비교

내역항목 구성요소	내역항목 추론 결과					본 연구의 제안 방식
	기존 방식 (5명의 기술자, 괄호 안은 경력)					
	A(8년)	B(10년)	C(16년)	D(8년)	E(12년)	
붙임공법유형	②	③	④	①	③	①
타일두께	①	②	③	③	②	①
타일크기	③	③	④	④	③	②
타일유형	④	②	③	③	②	④
줄눈 폭	①	①	①	①	①	①
줄눈재료유형	④	③	④	④	④	①
타일붙임재료유형	③	③	④	③	③	②
붙임두께	①	②	①	③	②	④

- 1) 붙임공법유형 : ① 떠붙임 ② 압착붙임 ③ 접착붙임 ④ 개량압착붙임
- 2) 타일두께 : ① 6mm ② 7mm ③ 11mm ④ 15mm
- 3) 타일크기 : ① 150x150 ② 200x200 ③ 200x250 ④ 250x250
- 4) 타일종류 : ① 자기질 ② 유색시유도기질 ③ 무유색소자기질 ④ 도기질
- 5) 줄눈폭 : ① 2mm ② 4mm ③ 5mm, ④ 9mm
- 6) 줄눈재료유형 : ① 백색시멘트 ② 보통시멘트 ③ 타일시멘트 ④ 백색타일시멘트
- 7) 타일붙임재료유형 : ① 백색시멘트 ② 보통시멘트 ③ 타일시멘트 ④ 타일본드
- 8) 붙임두께 : ① 10mm ② 12mm ③ 13mm ④ 15mm

6. 결 론

본 연구에서는 BIM 정보로부터 일위대가에 맞는 표준내역항목을 추론하는 과정을 자동화하기 위해 온톨로지를 활용하는 프로세스를 제안하였다. 그리고, 타일공사의 예시를 통해 제안하는 프로세스를 구현하고 실증하였다.

기존의 BIM기반 내역작성업무 및 관련 연구는 BIM 정보를 활용한 자재 물량산출에 초점을 맞추었지만, 본 연구는 온톨로지 기술을 활용하여 내역서 생성에 필요한 내역항목을 BIM정보로부터 추론하는 과정을 자동화하는 프로세스를 제안하였다. 온톨로지의 활용을 통해 사람의 판단 없이도 공법(작업방법) 조건이 정확하게 인식될 수 있으며, 인식된 공법에 적합한 표준내역항목이 자동으로 추론될 수 있다. 따라서, 본 연구에서 제안하는 자동화 프로세스는 내역서작성 과정에 부정확한 판단의 개입으로 인해 야기될 수 있는 여러 오류의 가능성을 감소시키고 관련 업무의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다. 결과적으로 견적과정의 자동화 및 견적결과의 신뢰성과 정확성 향상에 기여할 수 있다.

본 연구에서는 온톨로지의 구축 및 내역항목 추론 자동화 프로세스를 타일공사의 예시에 국한하여 제시하였다. 그러나, 각 공종은 서로다른 공법 선정 조건을 가지고 있으므로, 향후 전체

건축공종을 대상으로 하는 온톨로지 구축에 대한 연구가 필요하다. 한편, BIM기반 내역서 작성 프로세스를 완전히 자동화하기 위해서는 정보추출 및 데이터형식 변환 모듈, 시멘틱 추론 모듈 개발 등이 필요하다. 또한, 본 연구의 최종결과물인 내역항목의 구성요소들을 실제 내역서의 내역항목으로 표현하고 내역서 형식으로 변환하기 위한 모듈이 필요하다. 마지막으로, 본 연구에서는 2D로 도면 작성 시 기본 설계도서에서 제공되는 정보를 기준으로 입력정보의 상세수준을 결정하였으므로, 향후 BIM기반의 설계단계별 설계정보의 상세수준에 대한 고려가 필요하다.

감사의글

이 논문은 2011년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0015446).

참고문헌

권오철 · 조찬원 · 조주원 (2011), “건축 물량산출 활용을 위한 BIM품질기준 도입 방안”, 건축시공학회논문집, 제11권, 제2호, pp.171~180

김보민 · 전형준 · 장세준 · 윤석현 · 백준홍 (2008), “BIM을 활용한 시공물량산출 효용성 증대방안에 대한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제28권, 제1호, pp.705~708

노상규 · 박진수 (2007), “인터넷 진화의 열쇠 온톨로지: 웹 2.0에서 3.0으로”, 가즈토이

오세욱 · 성백준 · 김영석 · 김정렬 (2001), “3차원 CAD의 부위정보를 활용한 견적 자동화 시스템 구축에 관한 연구-공동주택을 중심으로-”, 대한건축학회 논문집, 제 17권, 제 6호, pp.103~112

옥종호 · 이민철 · 장규남 (2009), “공공건축물 공사비 산정 특성을 반영한 BIM속성정보모델링 구축에 관한 기초적 연구” 한국건설관리학회 정기학술발표대회 논문집, pp.772~777

진상윤 · 이재준 · 신태홍 · 김성아 · 강명구 (2008), “BIM기반 견적자동화 체계구축을 위한 물량 데이터 유형분석 체계개발”, 한국건설관리학회 정기학술발표대회논문집, pp. 747-750

최철호, 박영진, 한성훈, 진상윤 (2006), “레시피(Recipe) 기반의 견적 방법을 이용한 5D CAD 시스템”, 한국건설관리학회 정기학술발표대회 논문집, pp. 154~160

Buyko, E. Chiarcos, C. and Lora, A. (2008) “Ontology-based interface specifications for a NLP pipeline architecture”, Proceedings of the 6th international

conference on language resources and evaluation, pp. 847~854

Charlesraj, V. and Kalidindi, S. (2006) "An ontology-based knowledge management framework for performance improvement of construction project managers", The 23rd international symposium on automation and robotics in construction, pp. 762~767

Commonwealth scientific and industrial research organization (2005), "Semantic web-based open engineering platform", Project co-funded by the European commission within the 6th framework programme (2002-2006), STRP NMP2-CT-2005-016972.

Diraby, T. Fies, B. and Lima, C. (2003), "An ontology for construction knowledge management", Annual conference of the canadian society for civil engineering, pp.1~9.

Ei-Diraby, T. and Osman, H. (2011), "A domain ontology for construction concepts in urban infrastructure products", Journal of automation in construction, 20(8), pp. 1120~1132

Gruber, T. (1993), "A translation approach to portable ontology specification", Journal of knowledge acquisition, 5(2), pp. 199~200

Lee, J. Min, K. Lee, Y. and Kim, J. (2008), "Building ontology to implement the BIM (Building Information Modeling) focused on pre-design stage", The 25th international symposium on automation and robotics in construction, pp. 350~354

Tserng, H. Yin, S. Dzung, R. Wou, B. Tsai M. and Chen, W. (2009), "A study of ontology-based risk management framework of construction projects through project life cycle", Journal of automation in construction, 18(7), pp. 994~1008

논문제출일: 2011.12.27
 논문제출일: 2011.12.30
 심사완료일: 2012.02.13

요 약

BIM(Building Information Model) 기반으로 기본설계를 수행한 경우에도 개략적인 설계 정보만 제공되므로, 내역작성에 필요한 충분한 정보를 설계도면으로부터 확보하는 것이 어렵다. 하지만 대부분 BIM기반 공사비산정 관련 연구들은 물량 산출 자동화 또는 BIM 기반 물량산출결과의 정확도 향상을 위한 방안 제시하는 것이 대부분이며, 건설사업의 공사비산정에서 요구되고 있는 표준품셈 및 일위대가에 대한 고려가 미흡하다.

따라서 본 연구에서는 BIM 활용의 장점을 활용하고 여기에 온톨로지 기술을 접목하여, BIM 기반의 기본설계 정보로부터 내역서 생성에 필요한 작업내역을 자동으로 추출하는 프로세스를 제시한다. 이 프로세스를 적용할 경우, BIM 정보의 활용성이 더욱 향상될 것으로 기대되며, 견적자의 자의적 판단이 개입되던 문제를 해결하여 동일한 BIM이라면 동일한 견적결과를 얻을 수 있는 일관성 있는 내역작성 방법 개발의 기초가 될 것으로 기대된다.

키워드 : 건축정보모델(BIM), IFC, 온톨로지(Ontology), 내역항목(BOQ Item)