

초기 설계단계 건물 에너지 성능평가를 위한 IFC 속성정보 호환성 향상에 관한 연구

김인한 · 유현재 · 최종식[†]

경희대학교 건축학과

A Study on the Interoperability Improvement of IFC Property Information for Energy Performance Assessment in the Early Design Phase

Inhan Kim, Hyunjae Yoo, and Jungsik Choi[†]

Department of Architecture, Kyung Hee University

Received 14 September 2012; received in revised form 5 November 2012; accepted 7 November 2012

ABSTRACT

Nowadays, AEC industry tries to adopt BIM for low-carbon and eco-friendly building development. With increasing environment policies, many of global construction projects require the adoption of BIM for its many advantages. The advantages can be maximized with Open BIM since it can produce optimal results for various purposes of energy performance assessment. However there are some troubles in representation and property information in the process of Open BIM based energy performance assessment. To examine such troubles, this study focuses on differences between IFC of Open BIM and IDF format of Energy Plus known as the most accurate and diverse energy performance assessment. Two issues the study addresses are form representation and property information. The study figures out the different definition of IFC and IDF, and suggests the way of interoperability. The interoperability test of IFC for building energy performance assessment hope to develop of Open BIM based energy assessment.

Key words: Energy Performance Assessment, Energy Plus, IFC, Interoperability, Open BIM, Space Boundary

1. 서 론

최근 AEC(Architecture, Engineering & Construction) 산업에서 저탄소 친환경 건축물 구축의 필요성이 증대 되면서 BIM(Building Information Modeling)의 도입이 높아지고 있다^[1]. 이러한 추세

와 맞물려 개방형BIM(Open BIM)*에 대한 관심도 또한 증가하고 있다. 개방형BIM의 적용은 건물 에너지 성능평가에 있어 소프트웨어 지원의 한계에서 벗어나 에너지 성능평가의 목적, 건물 용

*국제표준인 IFC(Industry Foundation Classes)와 같은 중립포맷을 통하여 각 소프트웨어간 데이터 호환이 가능한 BIM 환경을 개방형BIM 환경(Open BIM)이라고 할 수 있다.

[†]Corresponding Author, jungsikchoi@gmail.com
©2012 Society of CAD/CAM Engineers

도에 따른 결과 분석 등 분석 목적에 따른 최적의 결과를 얻어낼 수 있는 장점이 있다^[2]. 개방형BIM의 실현을 위해서는 buildingSMART international에 의해 개발된 국제 표준 포맷인 IFC(Industry Foundation Classes)가 이용되는데, 이는 다른 상용 소프트웨어들 간의 데이터 교환을 가능하게 해주어 건설정보를 다양한 소프트웨어를 통해 설계 및 해석을 가능하게 해준다.

현재 국내뿐만이 아닌 국제적으로도 건설 프로젝트에 BIM의 도입이 증가 추세에 있고, 일부 국가는 정부의 주도로 BIM 발주를 시행하고 있다^[3]. 그리고 국제적인 친환경 정책과 맞물려 BIM 발주 사항에는 친환경성의 검토 요구가 명시되고 있으며 이에 따라 BIM을 통한 건물 에너지 성능평가 기술은 중요시 되고 있다.

이에 따라서 개방형BIM을 통한 건물 에너지 성능평가를 위해서는 IFC에서 정의하고 있는 3차원의 건물 형상 속성정보 표현과 2차원의 선 정보 표현을 요구하는 에너지 성능평가 방식간의 호환성 형성, 건물 객체 정보의 매핑, IFC와 에너지 성능평가 도구에서의 건물 객체 표현방식의 상이점 해결 등이 필요하다. 이러한 문제가 발생하는 이유는 IFC 포맷이 건물 에너지 성능평가 목적이 아닌 건설산업 전반적인 정보를 다루기 때문에 에너지 성능평가에 필요한 형태의 정보로 생성되지 않기 때문이다^[4]. 이러한 이유 등으로 현재까지 개방형 BIM을 통한 건물 에너지 성능평가 지원은 미약한 실정이다^[5,6].

본 연구에서는 개방형BIM 기반 건물 에너지 성능평가를 위한 IFC 포맷 데이터와 건물에너지 성능평가 소프트웨어인 Energy Plus의 IDF(Input Data File) 포맷 데이터 상호간의 호환성 테스트를 목적으로 건물 에너지 성능평가를 위한 IFC 데이터 생성과정의 문제점 해결방안 제시 및 상호간의 데이터 교환 과정에서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 연구를 진행하였다. 연구의 진행은 사용자의 입장에서 BIM 소프트웨어를 이용한 건물 모델링을 진행하였을 때 생성된 IFC의 정보를 이용하여 Energy Plus에서 건물 에너지 성능평가가 이루어질 수 있도록 IFC 데이터의 호환을 테스트 하는 것을 본 연구의 주 목적으로 하였다. BIM 모델링은 대표적인 BIM 소프트웨어인 Autodesk社의 Revit Architecture와 GRAPHISOFT社의 ArchiCAD로 진행하였으며 BIM 모델링 후 IFC 2x3 Version

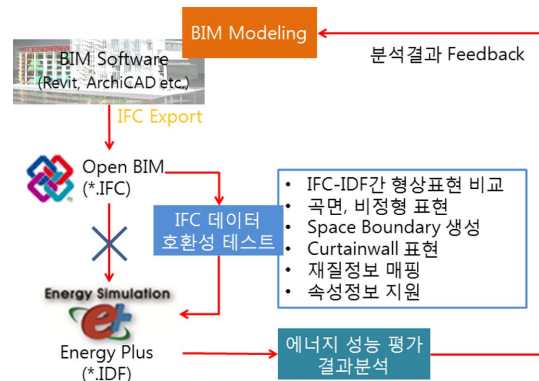


Fig. 1 A concept of IFC-IDF compatibility test for the Open BIM based building energy performance assessment

으로 IFC 데이터 샘플 파일을 Export 하였다. Export된 IFC파일을 사용하여 건물 에너지 성능평가를 진행하기 위한 소프트웨어는 Energy Plus로 선정하였다.

Fig. 1은 본 연구에서 적용한 개방형BIM기반의 IFC-IDF 호환성 테스트의 프로세스이다. 개방형 BIM기반의 건물에너지 성능평가는 BIM 모델링으로 시작되며 데이터는 IFC로 저장되게 된다. 이후에 IFC데이터는 건물에너지 성능평가를 위해 필요한 정보를 포함하는지 여부와 문제점 확인을 위해 형상정보, 속성정보의 호환성을 테스트하게 된다. 이후에 IDF데이터로 변환된 IFC데이터는 Energy Plus에서 에너지 성능평가를 수행하게 되며 수행된 결과는 초기설계에 반영되어 친환경설계를 유도하는 시나리오를 가진다.

2. 건물 에너지 성능평가

기존 방식의 건물 에너지 성능평가는 문서를 통한 평가로 진행되어 친환경 디자인 적용이 어려웠다. 그러나 BIM이 보급되면서 건물에너지 성능평가에 유리한 상황이 되었으나 현재 앞서 밝힌 몇몇 문제로 인하여 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 IFC를 통한 정보교환을 대안으로 제시하며 이를 구현하기 위해 생기는 문제들을 살펴보고자 한다.

2.1 국내 건물 에너지 성능평가 현황

건물 에너지 성능평가를 위한 국내의 현황을 살펴보면 최근까지 에너지 효율등급, 성능등급, 친

환경 건축인증, 에너지 성능지표로 이루어져 왔다^[7]. 이 지표들은 체크리스트를 통한 인증질차만 존재하여 설계단계에서의 친환경 요소 고려는 미흡하였다^[8]. 컴퓨터를 통한 건물의 에너지 성능평가 방식을 도입할 경우 데이터를 통한 정확한 건물의 에너지 소비를 예측할 수 있으나, 에너지 성능평가만을 위한 건물 모델링 작업이 추가적으로 필요하게 되어 이로 인한 에너지 모델 작업시간 소요로 인해 추가비용발생, 분석 결과의 초기설계 단계 반영의 어려움 등으로 초기 설계단계에서 에너지 성능평가 결과를 반영하기 위한 방법으로는 적당하지 않다. 초기설계단계에서의 건물 에너지 성능평가의 결과 반영은 전체 설계단계 중에서 매우 영향력이 높게 전체 결과에 반영될 수 있다^[7].

2.2 BIM기반 건물 에너지 성능평가

현재 국내외에서 BIM을 통한 건설산업의 정보화가 진행됨에 따라 BIM데이터를 통한 건물 에너지 성능평가의 사례가 보고되고 있으나^[9] 에너지 성능평가를 위한 BIM 데이터의 활용의 어려움, 모델링 재작업 문제 등으로 어려움을 겪고 있다^[9]. 개방형BIM(IFC) 데이터는 건설산업에서 필요한 정보를 담고 있어 초기설계단계에서의 건물 에너지 성능평가에 유용하게 사용될 수 있다. 이를 위해서는 개방형BIM 포맷인 IFC를 통한 에너지 성능평가의 호환성 증대 노력이 선결되어야 한다^[10]. 비록 건물 에너지 성능평가를 위한 데이터 포맷으로 gbXML 등이 존재하고 IFC를 지원하는 일부 소프트웨어도 있으나 건설 산업의 다양한 부문에 사용하기 어렵고 IFC 지원도 뛰어난 호환성을 보여주지 못하고 있다^[3,9,11].

본 연구에서는 초기설계 단계에서 개방형BIM 기반의 에너지 성능평가를 위하여 IFC데이터의 건물 객체의 형상 및 속성정보를 확인 하였다. IFC 데이터의 정보를 파악하기 위한 소프트웨어로는 Solibri社의 SMC(Solibri Model Checker)을 이용하였다. 건물의 에너지 성능평가를 위한 도구로는 DOE-2 엔진과 BLAST의 장점과 현재 에너지 성능평가 프로그램 중 가장 다양한 에너지 성능평가 기능을 가지고 있는 Energy Plus로 선정하였다. 이는 에너지 성능평가에 필요한 IFC 속성 정보를 연구함에 있어 건물 에너지 성능평가에 필요한 다양한 요구정보를 파악할 수 있어 건물 에너지 성능평가에 필요한 데이터에 대한 IFC데이터와의 호

환성 정도를 다양하게 테스트 할 수 있기 때문이다.

이상에서 언급되었듯이 IFC데이터 정보를 이용하여 Energy Plus에서의 건물 에너지 성능평가를 진행하기 위해서는 Energy Plus에서 필요로 하는 건물 정보를 파악하여 IFC의 건물정보 중 사용 가능한 정보를 최대한 활용하여야 한다. Energy Plus에서 정보를 활용하기 위해서는 IDF형식의 데이터가 필요하며 이 형식으로 IFC를 변경하는 방안이 필요하다. IDF에서 요구하는 정보의 형태와 IFC에서 정의하는 데이터 형식은 서로 상이하므로 변환하기 전 두 포맷의 정의와 특징을 이해하여 문제를 해결해야 한다.

2.3 건물 에너지 성능평가를 위한 IFC

IFC는 EXPRESS언어 기반의 표준 포맷으로 구성되어 있다^[14]. 이는 정보를 다루는 많은 영역에서 데이터 활용이 가능하고 정보의 사용에 있어서 제한이 없게 된다. 즉, 어느 소프트웨어에서든 큰 제약이 없이 사용이 가능하다.

건물 에너지 성능평가에 있어 IFC는 기본적으로 정의된 에너지 관련 속성정보가 부족하여 건물 에너지 성능평가를 수행하기 위한 정보가 충분하지 못하다^[10]. 또한 IFC는 도메인의 지속적인 확장의 가능성을 열어놓아 IFC 데이터가 사용자에게 의한 확장이 가능하다^[15]. 이는 BIM소프트웨어마다 IFC 데이터 산출에 있어 정보의 배치를 다르게 할 수 있는 여지를 주어 호환성에 어려움을 겪게 할 수 있다.

IFC의 정보를 건물 에너지 성능평가에 최대한 이용하기 위해서는 IFC 데이터의 속성정보를 에너지 성능평가를 위한 대상 소프트웨어에서 사용 가능하도록 응용하는 방법이 필요하며 BIM 소프트웨어에서 IFC 데이터 생성과정에서 발생하는 문제를 해결하여 호환성을 증진시켜야 한다.

2.4 Energy Plus의 속성정보 요구사항

Energy Plus의 에너지 성능평가를 위한 속성정보 요구사항의 파악은 IFC에서의 속성정보 지원 가능여부를 정리하여 개방형BIM을 통한 건물 에너지 성능평가 단계에서 추가 속성정보 입력내용을 줄이기 위해 필요하다. Energy Plus에서 건물 에너지 성능평가를 위해 사용되는 속성정보는 벽, 슬라브, 창호, 문, 지붕, 공간, 재질 등이 있다. 다음의 Table 1은 Energy Plus에서 건물 에너지 성능

Table 1 Compare the Energy Plus Property Requirement and IFC Property Information Support (Part)

구분	속성정보	IFC 지원여부
Material	Name	○
	Roughness	○
	Thickness	○
	Conductivity	×
	Density	×
Windows Material	Name	○
	Optical Data Type	×
	Solar Transmittance at Normal Incidence	○
	Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence	○
	Gas Type	△
Construction	Thickness	△
	Field	○
	Name	○
	Outside Layer	△
	Layer2	○
Zone	Layer3	○
	Name	○
	Direction of Relative North	×
	Type	×
	Ceiling Height	△
	Volume	○
Building surface	Part of Total Floor Area	△
	Surface Type	○
	Outside Boundary Object	×
	Sun Exposure	×
	Number of Vertices	○
Fenestration Surface	Outside Boundary Condition	△
	Surface Type	○
	Construction Name	○
	Outside Boundary Object	×
	Number of Vertices	○
	Outside Boundary Condition	△

법례: ○ - 지원, × - 미지원, △ - 데이터 가공 등으로 지원 가능

평가를 위해 필요한 정보들과 IFC에서 지원하는 속성정보와 연계되는 내용으로 구분하여 IFC에서의 지원여부를 간략히 정리한 것이다.

이상의 Table 1에서 살펴본 것과 같이 건물 에너지 성능평가를 위한 속성정보 요구사항이 IFC에서 포함하고 있는 속성 정보보다 더 많은 것을 알 수 있다. 이러한 문제점은 각 BIM 소프트웨어에서 속성정보에 대한 정의의 상이함^[16]과 IFC 2x3에서의 속성정보 미지원 때문에 발생된다. 현재 IFC 지원이 되지 않은 항목은 사용자 정의의 Property Set을 적용 하거나, IFC를 IDF로 변환하는 단계에서 필요한 정보의 입력이 가능하다.

3. IFC 정보와 IDF 호환의 문제점

IFC는 건물의 형상 및 속성정보를 담고 있으며 IFC의 정보는 건물의 에너지 성능평가를 위한 기초 속성정보를 제공한다. IFC속성정보의 신뢰성은 에너지 성능평가 결과의 신뢰성과 연결되기 때문에 IFC의 속성 입력은 정확해야 한다. 이 장에서는 IFC에 입력된 속성과 Energy Plus에서의 속성 정의의 상이함으로 인하여 생기는 문제를 살펴보고자 한다

3.1 형상정보의 문제

3.1.1 IFC-IDF 형상정보 표현 상이

3차원의 건물형상을 표현하는 IFC와 달리 Energy Plus에서는 2차원의 면 정보를 기본으로 한다. 즉, IFC의 형상정보 표현의 변환이 필요하다. 이는 IFC를 활용한 면 정보를 위해서는 BIM 소프트웨어상에서 공간정보를 생성하여 IfcSpace에 대한 정보가 IFC데이터에 입력되어야 하며 Export된 IFC데이터에서 IfcSpace와 IfcRelSpaceBoundary의 속성정보를 이용하여 면 형태의 건물형상을 표현하고, 그 면과 연계되어있는 건물 객체들의 속성들을 읽어 들이게 해야 한다. IfcSpace와 IfcRelSpaceBoundary는 IFC에서 정의하고 있는 엔티티(ENTITY) 중 일부로 IfcSpace는 건물의 공간과 관련된 부피, 면적 등의 정보를 가지고 있으며, IfcRelSpaceBoundary는 건물의 공간과 직접적으로 관계를 가지는 벽, 슬라브, 천장과 같은 객체들의 정보들과 IfcSpace와의 관계를 정의해주는 엔티티이다. IfcRelSpaceBoundary는 IFC에서 정의하고 있는 IfcWall, IfcSlab, IfcRoof와 같은 건물 요소들을 IfcSpace와 연결시켜 주는 역할을 하며 이로 인하여 건물 에너지 성능평가를 위해 IfcSpace 정보로 건물의 2차원 형태 표현 및 공간과 연결된

객체들의 속성 정보를 확인할 수 있게 된다.

3.1.2 곡면 및 비정형의 표현

건물 에너지 성능평가를 시행할 때 에너지 성능 평가 방식은 점과 점 사이의 단면에 대한 값을 기준으로 시행하기 때문에 곡선과 비정형의 형태는 분석되지 못하고 형상의 양 끝점을 기준으로 하는 직선의 형상으로 분석된다. 곡선의 형태만 해도 양 끝점과 중심점 위치, 반지름 크기 등으로 결정되지만 에너지 성능평가에서는 이들을 무시하고 끝의 두 점만 인식하게 되어 직선형태의 에너지 성능평가 결과값이 나오게 된다^[7]. 이런 문제를 방지하기 위해서는 BIM 모델링을 진행할 때 곡면 및 비정형 형상의 배제, 곡선 형태를 직선형으로 나누어 제작하는 방법이 필요하다. 곡선 및 비정형 형상에 대한 모델링 조건은 현재 초기설계단계 BIM을 통한 건물에너지 성능평가에 대한 필요요소이지만 이의 해결을 위하여 4.1.2장에서 문제해결에 대한 내용을 추가 기술하였다.

3.2 속성정보의 문제

3.2.1 IFC 객체 속성정보의 공간정보 연결

IFC 2x3 Version에는 건물 에너지 성능평가를 위한 정보만이 아닌 건물에 필요한 구성요소, 유지관리요소, 건물 재질 정보 등을 가지고 있다. 건물 에너지 성능평가를 위해서 주로 사용되는 IFC 객체정보는 슬라브, 벽, 창호, 공간 등이 있고 이 객체 정보들은 건물 에너지 성능평가를 위해 공간 객체와의 연결정보, 재질정보, 두께, 위치, 형상구

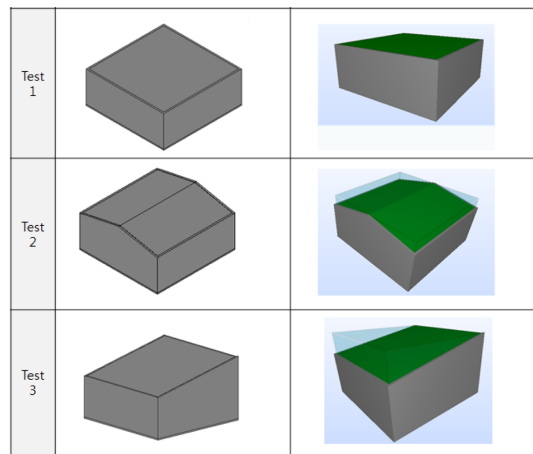


Fig. 2 Example of Relation between Space Object and Roof Object Unsupported

성 등의 속성정보를 가지고 있어야 한다. 이러한 속성정보들은 IFC 데이터에서 서로간의 연결관계를 가지고 있어야 하며 IfcSpace와 연결관계가 생성되지 않을 경우 건물 객체의 속성정보 교환이 어렵게 된다. Fig. 2는 공간 객체가 지붕객체와 제대로 연결관계가 생성되지 않은 예시로 공간의 형상이 지붕 밖으로 돌출된 경우이다.

3.2.2 재질정보의 인식

건물 에너지 성능평가를 위해 건물 객체의 재질 정보는 물성치, 열관류율 등을 통한 에너지평가 결과산출에 중요한 요소이다. BIM 소프트웨어에서 형성된 건물 객체의 재질 정보는 주로 인간이 사용하는 단어의 조합으로 되어 있다. 이를 받아들이는 컴퓨터의 입장에서는 재질의 정보를 텍스트 형태로 되어있는 문자로 인식할 뿐 어떠한 재질인지는 인식할 수 없게 된다. 즉, IFC와 Energy Plus 간 재질정보의 명칭이 하나로 통일되지 않아 발생하는 문제이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 자재 코드 개발 등을 통한 서로간의 약속된 표현 방식이 필요하게 되며 그 방식을 통하여 정보를 교환해야 한다.

4. IFC to IDF 데이터 변환 과정에서의 문제점 해결방안

IFC데이터의 속성 정보를 에너지 성능평가가 가능한 정보로 인식시키기 위해서는 몇 가지의 문제점이 있다. 이상에서 살펴본 바와 같이 두 종류로 나눌 수 있는데 IFC 데이터를 생성하기 위한 BIM 소프트웨어의 기능 미지원, IFC데이터의 표현과 에너지 성능평가 소프트웨어의 표현의 불일치를 들 수 있다. 이러한 문제들은 개방형BIM을 이용한 건물 에너지 성능평가에 있어 반드시 해결되어야 사항들이다.

4.1 형상정보의 문제

4.1.1 IFC-IDF 형상정보 교환을 위한 Space Boundary 생성

IFC의 형상 표현에서 벽체는 두께와 함께 인식하지만 건물 에너지 성능평가에 있어서의 벽체는 두께를 제외한 선으로만 인식하게 된다. 이러한 문제로 BIM 소프트웨어에서 벽체 안쪽 기준의 공간을 형성하게 되면 공간과 공간 사이의 외곽선 사



Fig. 3 Center-lined drawing method for remove empty spaces among the wall

이에 벽 두께만큼의 공간이 비게 되고 외벽 선의 기준이 모호한 상황이 발생된다. 이러한 문제의 해소를 위해서는 Fig. 3과 같이 벽체의 중심에서 공간의 형성이 이루어져 공간과 공간 사이에 빈틈을 없애 주어야 한다. 이를 위하여 IFC Export 단계에서 Boundary의 생성 조건을 2nd Level로의 지정이 필요하다. 2nd Level의 경우 에너지 분석, 빛 분석, 유체역학 등의 분석에 사용될 수 있으나 1st Level의 경우 건물객체의 표면을 정의하기 위한 것으로 물량산출이나 시설관리를 위한 용도로만 사용이 가능하기 때문이다.

이와 같이 생성된 Space Boundary는 건물 객체들과 IfcSpace의 연결을 가능하게 해주어 IfcSpace

를 통한 건물객체들의 정보를 확인할 수 있게 해주며 2차원의 면 정보로 변환하여 IDF형식으로 호환을 가능하게 해준다.

4.1.2 곡면 및 비정형 형상 구현

곡면 및 비정형 형상의 건물 에너지 성능평가를 위해서는 BIM 소프트웨어별로 가이드 제시가 필요하다. 동일 BIM 소프트웨어에서도 그리기 방식에 따라 IFC에서 비정형 형상정보가 표현되지 않기도 하기 때문이다. 또한 건물 에너지 성능평가를 위한 도구인 Energy Plus에서는 비정형 벽체에 대한 에너지 성능평가 방법이 정의되어 있지 않아 비정형 형상에 대한 데이터 생성 방법에 대한 가이드가 필수적이다.

IFC를 이용한 비정형 형상의 표현은 주로 Boundary Representation으로 이루어져 형상의 표현은 가능하다. 그러나 Fig. 4의 Freeform Wall과 Space간의 관계처럼 IfcRelSpaceBoundary와 비정형 벽체의 연결관계가 제대로 생성되지 않으며 Energy Plus에서 곡면 및 비정형 벽체가 형상 그대로 인식이 되지 않는다. 이 문제를 해결하기 위해서는 앞서 밝힌 바와 같이 BIM 모델링 단계에서 직선 형태의 형상으로 제작되는 것이 좋다. 만약 곡선 및 비정형 형상으로 BIM 모델링이 진행된 경우 IFC 데이터에서 이러한 형상의

Test / Condition	Revit 2011 IFC2x3	Revit 2012 IFC2x3	Revit 2012 IFC2x3 Space boundaries 1st Level	Revit 2012 IFC2x3 Space boundaries 2nd Level	Mark
Free-form Representation By mass face					Software Problem
Free-form Representation By In-Model Method					
Curtain wall Representation By mass face					
Simple Model Test					Slab Problem
Relation of Slope Roof and Space	Test Exception				Not matched shape
Free-form Wall + Window, Door	Test Exception				No relation between Wall and Windows, Doors
Free-form Wall + Space	Test Exception				No relation with Space boundary

Fig. 4 Curved and Free-form Shape problem to Export IFC in Revit Architecture

객체와 연결된 IfcSpace를 찾아내고 IfcSpace의 IfcRelSpaceBoundary를 단순화 시키는 작업을 수행함으로써 BIM 모델의 곡면 및 비정형 형상을 직선형의 정보로 변환할 수 있다.

4.2 속성정보의 문제

4.2.1 건물 객체와 Space Boundary의 연결

IfcSpace는 Energy Plus에서 건물의 속성정보를 읽는 기준이기 때문에 건물의 모든 객체들은 IfcRelSpaceBoundary에 의하여 IfcSpace와 IfcBuildingElement 정보가 연결되어 있어야 한다. 하지만 BIM 소프트웨어에 따라 건물 객체가 연결되지 않는 경우가 있다.

Roof의 경우 BIM 소프트웨어를 통한 모델링 시 입면에서 기준으로 작성된 Level의 높이보다 위에 그려진 경우 생성이 되지 않는 문제가 있다. 이 경우는 IfcRoof 속성에서 Inverse 정보로 IfcRelSpaceBoundary를 연결하는 속성이 없기 때문에 IfcSpace와 Roof객체가 연결되지 않는다. 문제를 해결하기 위해서는 IfcRelSpaceBoundary의 새로운 구문 생성이 필요하며 IfcRelSpaceBoundary의 엔티티 순서에 따라 내용을 입력해주면 된다. IfcRelSpaceBoundary에 들어갈 내용은 다음과 같다.

```
#No=IFCRELSPACEBOUNDARY('Global
Id',OwnerHistory,'Name',Description,RelatingSpace,RelatedBuildingElement,ConnectionGeometry,PhysicalOrVirtualBoundary,InternalOrExternalBoundary)
```

위 연결구문에서 RelatingSpace에는 Roof와 직접적으로 연결되는 IfcSpace 속성정보가 담긴 구문을 연결시키고 RelatedBuildingElement에는 IfcSpace와 연결시킬 IfcRoof의 속성정보가 담긴 구문을 연결시키면 된다. Fig. 5는 위 방법을 통하여 IfcSpace와 IfcRoof간의 연결관계가 생성되었음을 SMC를 통하여 살펴본 것이다.

이와 유사한 문제로 IfcCurtainwall과 IfcSpace와의 연결문제가 있다. IfcCurtainwall에서 IfcRelSpaceBoundary와 연결관계가 생성되지 않는 문제로 위와 같은 방법으로 IFC 구조에 따라서 연결관계를 생성해주면 된다.

이러한 문제가 발생하는 이유는 Fig. 6에서 보여지는 것처럼 IFC구조에서 IfcRelSpaceBoundary

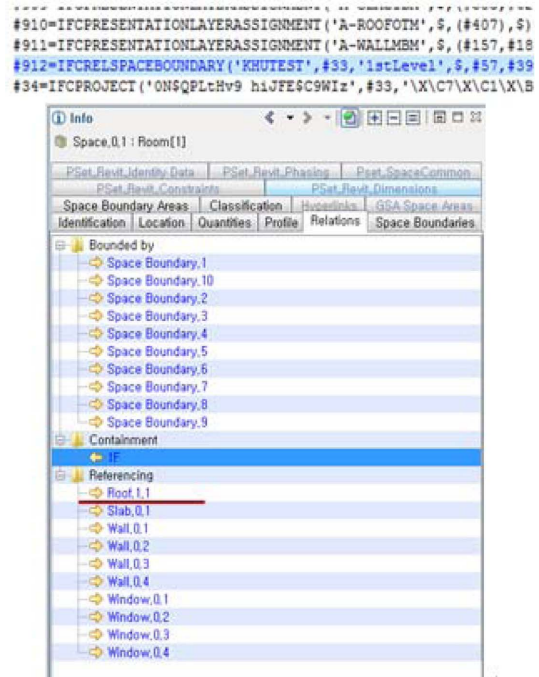


Fig. 5 Modification of relation between IfcSpace and IfcRoof through adding the IFC structure sentence

Inheritance graph

```
ENTITY IfcRelSpaceBoundary;
ENTITY IfcRoof;
GlobalId : IfcGloballyUniqueId;
OwnerHistory : IfcOwnerHistory;
Name : OPTIONAL IfcLabel;
Description : OPTIONAL IfcText;
ENTITY IfcRelationship;
ENTITY IfcRelConnects;
ENTITY IfcRelSpaceBoundary;
RelatingSpace : IfcSpace;
RelatedBuildingElement : OPTIONAL IfcElement;
ConnectionGeometry : OPTIONAL IfcConnectionGeometry;
PhysicalOrVirtualBoundary : IfcPhysicalOrVirtualEnum;
InternalOrExternalBoundary : IfcInternalOrExternalEnum;
END ENTITY;
```

Fig. 6 Inheritance graph of IfcRelSpaceBoundary

구조의 엔티티 정의 가운데 RelatedBuildingElement의 속성값이 OPTIONAL로 되어 있어 BIM 소프트웨어에서 지원을 하지 않거나 프로그램에서의 정의가 애매하게 되어 있기 때문이다. 이와 같은 문제는 건물에너지 성능평가와 같은 공간객체 중심의 정보를 활용함에 있어 IFC정보 호환에 어려움을 발생시키기 때문에 Fig. 5와 같이 객체간 연결관계를 생성하여 반드시 해결되어야 한다.

4.2.2 재질 정보의 매핑

IFC에서 미리 정의된 다른 속성정보와 달리 재

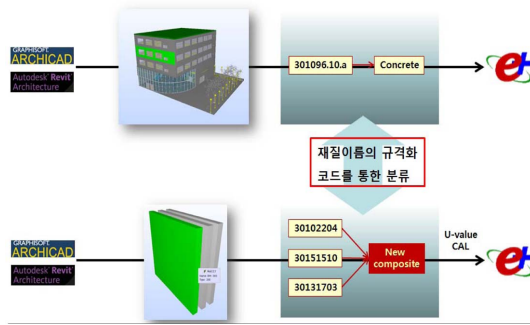


Fig. 7 Material Information Mapping by using Material Code

질 정보는 미리 규정된 것이 없어서 발생하는 문제이다. 건물 객체의 재질 인식을 위해서는 약속된 재질의 명칭인 코드가 필요하다. Fig. 7과 같이 BIM모델링 시 건물객체에 자재 코드를 입력하면 입력된 재질의 코드명을 통하여 Energy Plus에서 건물 객체의 재질을 알 수 있으며 건물 에너지 성능평가가 가능하게 된다.

이상에서 살펴본 문제들은 BIM 소프트웨어에서 IFC 데이터 생성 또는 에너지 성능평가 방법 연계에서 문제가 발생하는 것으로 현재는 자동적으로 해결하기에는 어려움이 있다. 하지만 문제를 해결하기 위하여 본문에서 제시한 방법을 통하여 건물 에너지 성능평가를 위한 IFC Validation 프로그램 개발로 IFC와 IDF간의 호환성 문제를 간편하게 해결해 줄 수 있는 여지가 있다.

5. 결 론

건물 에너지 성능평가를 위한 속성정보는 IFC의 속성정보에 비하여 많은 정보를 요구하고 있지만 IFC 데이터의 정보를 최대한 활용한다면 위와 같이 많은 문제들이 해결될 여지가 많다. 또한 IFC 데이터 구조는 건물의 형상정보 및 속성정보를 충분히 포함하고 있으나 BIM 소프트웨어상에서 구현되지 못한 것도 문제라고 할 수 있다. 현재의 IFC데이터의 정보만으로는 건물 에너지 성능평가가 어렵기 때문에 에너지 성능평가 요구사항과 IFC 속성정보를 비교해 보았고, 그에 따른 문제의 해결 방안을 제시해 보았다. 건물 에너지 성능평가를 위한 IFC-IDF간의 문제를 보면 크게 형상정보 표현에 따른 문제, 속성정보의 정의가 상이함에 따라 발생하는 문제로 구분할 수 있었다. 본 연

구를 진행함에 있어 상기한 문제사항과 해결방안에 대해 간략히 정리하면 아래와 같다.

■ 형상정보 표현에서의 문제

IFC-IDF간 형상정보의 교환에 있어 IFC의 3차원 형상정보 표현을 IDF의 2차원의 표현으로 데이터를 인식하기 위한 방법으로 IFC의 IfcSpace를 통하여 건물 객체들을 인식시키는 방법을 제안하였으며 이 과정에서 생기는 Space Boundary와 건물 객체의 정보연동 누락 문제를 IFC 수정을 통하여 해결하였다. 곡면 및 비정형 형상은 Energy Plus에서 인식이 되지 않는 형상임을 언급 하였으며 또한 BIM 소프트웨어에서 생성한 IFC데이터에서 비정형 형상은 IfcSpace와 건물 객체의 연결이 이루어 지지 않음을 테스트를 통하여 확인하였다. 이를 통하여 건물 에너지 성능평가를 위해서는 직선형의 모델링 방식을 취할 것을 제안하였다.

■ 속성정보의 호환성

IFC 데이터 생성시 IfcSpace와 건물 객체간 연결이 되지 않은 문제를 살펴봤으며 이를 해결하기 위하여 IFC 데이터에 IfcSpace와 건물 객체의 연결을 위한 구문의 추가 또는 수정을 통하여 문제를 해결하는 방안을 제시하였다. 또한 건물 객체의 재질정보는 서로간의 명칭이 달라 호환이 되지 않음을 언급하였고, 이 사항의 해결을 위하여 Code를 통하여 상호간의 재질정보의 교환을 제안하였다.

본 연구는 개방형BIM 기반의 건물 에너지 성능평가를 위한 IFC 속성정보의 호환성 향상 방안을 제시하기 위한 연구로써 IFC데이터를 건물 에너지 성능평가를 위한 데이터로 사용하기 위한 과정에서 발생할 수 있는 문제를 정리하고 해결책을 제시하였다. 대부분의 문제들은 IFC-IDF간 표현 방식의 상이, 속성정보의 문제로써 해결 방안들은 대부분 일정한 규칙을 지니고 있었다. 이와 같은 연구는 개방형BIM 기반 건물 에너지 성능평가를 위한 프로그램 개발, 관련 문제에 대한 해결방안에 도움이 되어 IFC 기반의 건물정보를 다양한 분야에서 활용할 수 있도록 기여할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0008717).

참고문헌

1. Jeon, S.H., 2008, A Study on the BIM-based Green building Simulation System, *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*, 2008-11, pp. 763-768.
2. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K., 2008, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Architects, Engineers, Contractors, and Fabricators*, John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, pp. 32-40.
3. Kim, I.H., Kim, J.E. and Choi, J.S., 2011, Development of the IFC based IDF Converter for Energy Performance Assessment in the Early Design Phase, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 16(2), pp. 146-155.
4. Drury B. Crawley, Jon W. Hand, M. Kummert, Brent T. Griffith, 2005, *Contrasting the Capability of Building Energy Performance Simulation Programs*, United States Department of Energy and University of Strathclyde and University of Wisconsin.
5. Choi, J.S., Kim, J.E. and Kim, I.H., 2010, Open BIM Environment Implementation for Energy Assessment in Design, *BIM Academic Conference 2010*, pp. 87-88.
6. United States General Services Administration (GSA), 2009, *GSA Building Information Modeling Guide Series (05-GSA BIM Guide for Energy Performance)*, GSA, USA.
7. Kim, M.S., 2009, Application and Analysis of Building Energy by Using EcoDesigner, *Journal of Korean Association of Air Conditioning Refrigerating and Sanitary Engineers*, 26(9), pp. 86-94.
8. Lee, K.H., Kim, I.H. and Choo, S.Y., 2011, A Study on Improvement of Energy Performance Index in Green Building Certification System using BIM, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 27(9), pp. 13-21.
9. Bazjanac, V., 2003, Improving Building Energy Performance Simulation with Software Interoperability, *Proceedings of the 8th IBPSA Conference, Netherlands*, pp. 87-92.
10. O'Donnell, J., See, R., Rose, C., Maile, T., Bazjanac, V. and Haves, P., 2011, SIMMODEL: A Domain Data Model for Whole Building Energy Simulation, *Proceedings of the 12th IBPSA Conference, Australia*.
11. Moon, H.J. and Kim, M.S., 2010, gbXML-based Energy Performance Evaluation Process, *Proceedings of Architectural Institute of Korea*, 30(1), pp. 463-464.
12. Augenbroe, G., de Wilde, P., Moon, H.J. and Malkawi, A., 2003, Thedesign Analysis Integration (DAI) Initiative, *Proceedings of the 8th IBPSA Conference, Netherlands*, pp. 79-86.
13. Maile, T., Fischer, M. and Bazjanac, V., 2007, Building Energy Performance Simulation Tools - A Life-cycle and Interoperable Perspective, CIFE(Center for integrated facility engineering) Working Paper #WP107. Stanford University.
14. buildingSMART International Terms and Definition, (<http://www.buildingsmart.org>)
15. buildingSMART technical resources, (<http://buildingsmart-tech.org>)
16. Choi, J.S. and Kim, I.H., 2011, Interoperability Tests of IFC Property Information for Open BIM based Quality Assurance, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 16(2), pp. 92-103.
17. U.S. Department of Energy, EnergyPlus Documentation, (http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus_documentation.cfm)



김 인 한

1988년 서울대학교 건축학과 졸업
 1991년 미국 Carnegie-Mellon 대학
 건축학 석사
 1994년 영국 Strathclyde 대학 건축
 학 박사
 1996년~현재 경희대학교 공과대학
 건축학과 교수
 2002년~현재 한국CAD/CAM 학회
 이사
 2004년~2008년 사단법인 STEP센
 터 회장, 지식경제부
 2008년~현재 사단법인 빌딩스마트
 협회 수석 부회장
 2010년~현재 대한건축학회 이사
 2011년~현재 BCA 싱가포르 건설청
 BIM 자문위원
 관심분야: BIM(Building Information
 Modeling), CAAD, 데이터모델
 링 및 통합 전산설계환경(STEP,
 IFC), 건축정보기술, Digital
 Design Media



유 현 재

2011년 경희대학교 건축학과 졸업
 2012년~현재 경희대학교 건축학과
 석사과정
 관심분야: BIM(Building Information
 Modeling), BIM기반 건축설계,
 데이터모델링 및 통합 전산설계
 환경(STEP, IFC), Data Inter-
 operability, 건축정보기술, BIM
 기반 에너지 성능평가



최 중 식

1999년 경희대학교 건축공학과 졸업
 2001년 경희대학교 건축공학(건축
 정보기술) 석사
 2011년 경희대학교 건축공학(건축
 정보기술) 박사
 2009년~현재 사단법인 빌딩스마트
 협회 기술연구소 수석연구원
 2011년~현재 경희대학교 공과대학
 건축학과 겸임교수
 관심분야: BIM(Building Information
 Modeling), 자동화 법규검토
 (Automated Code Checking),
 CAAD, 데이터모델링 및 통합 전
 산설계환경(STEP, IFC), 건축정
 보기술, BIM기반 에너지 성능
 평가