



RESEARCH ARTICLE

# IFC 공간 경계 및 형상 정보를 활용한 면적 기반의 건물 에너지성능 인자 추출 알고리즘 개발

이용하<sup>1</sup> · 박창영<sup>2</sup> · 김경수<sup>3</sup> · 장향인<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>(주)미래환경플랜건축사사무소 건축친환경기술연구소 선임연구원,

<sup>2</sup>(주)미래환경플랜건축사사무소 건축친환경기술연구소 연구소장,

<sup>3</sup>(주)이지건축솔루션 건축지능화기술연구팀 선임연구원,

<sup>4</sup>(주)이지건축솔루션 건축지능화기술연구팀 연구소장

## Development of Area-based Building Energy Performance Factor Extraction Algorithm Using IFC Spatial Boundary and Geometry Information

Lee, Yong-Ha<sup>1</sup> · Park, Chang-Young<sup>2</sup> · Kim, Kyung-Soo<sup>3</sup> · Jang, Hyang-In<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Junior Researcher, Institute of Green Building and New Technology, Mirae Environment Plan, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Director, Institute of Green Building and New Technology, Mirae Environment Plan, Seoul, Korea

<sup>3</sup>Junior Researcher, Intelligence Research Institute, EG Architectural Solution, Seoul, Korea

<sup>4</sup>Director, Intelligence Research Institute, EG Architectural Solution, Seoul, Korea

\*Corresponding author: Jang, Hyang-In, Tel: +82-02-6741-1201, E-mail: hijang@egsol.co.kr

### ABSTRACT

In the energy performance evaluation of a building, main factor about the envelope is required. Manual work is required in the process of calculating envelope identification, physical property information, and dimensional information, and human error causes a decrease in work productivity during this process. The goal of this study is to enable accurate and rapid energy performance evaluation by extracting building energy performance evaluation factors based on IFC data. First, it establishes the information system required for the identification, object, attribute, geometry, and physical value information extraction of the envelope, which is the main factor in building energy performance evaluation. Second, each information is extracted based on the established information system, and the envelope is identified based on the attribute and boundary information according to the IFC data type. Finally, the floor area of the room, the height, length, material, etc. of the wall is calculated by using the identified envelope and boundary information. It is thought that will be possible to support the preparation of evaluation data such as the planar figure of the building envelope based on the extraction of various information about the envelope required for the energy performance evaluation of a building.

**주요어 :** 건물 에너지 성능평가, 건물 정보 모델링, 개방형 건물 정보 모델링, 형상정보, 속성정보

**Keywords:** Building energy performance, Building Information Modeling (BIM), Industry Foundation Classed (IFC), Geometry Information, Property Information

### OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2022 December, 16(6): 433-448  
<https://doi.org/10.22696/jkiaeb.20220037>

pISSN : 1976-6483  
eISSN : 2586-0666

**Received:** July 7, 2022  
**Revised:** November 11, 2022  
**Accepted:** November 15, 2022

© 2022 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서론

### 연구 배경

건축물의 성능에 관한 평가를 위해 에너지, 생활환경, 안전성 등과 같이 여러 분야에 걸쳐 다양한 항목에 관한 평가가 이루어진다. 이를 객관적으로 평가하기 위해 국내·외로 다양한 인증제도가 운영되고 있으며, 건축물의 친환경 성능, 에너지 성능, 생활환경 성능 등에 관한 다양한 평가를 요구한다. 특히, 국내 건축물 에너지 성능에 관한 평가의 경우, 건축물의 외피 여부, 면적, 자재 등의 정보를 토대로 건축물의 에너지 성능 평가가 이루어진다.

하지만 건물 에너지 성능 평가를 위해 요구되는 정보의 획득을 위해 수작업 위주의 설계도면 분석과정이 요구되며, 모든 정보를 표현하는 과정에서 작업자의 주관적 판단, 정보의 결손 등과 같은 휴먼 에러(Human-Error)에 의해 데이터가 누락되거나, 요구정보가 잘못 입력되는 경우가 발생한다(Kim et al., 2018b). 이처럼 요구정보가 잘못될 경우, 건물 에너지 성능평가의 결과가 달라질 수 있으며, 수작업 위주의 작업 방식으로 인해 설계 생산성의 저하를 야기한다.

BIM (Building Information Modeling)은 건설 프로젝트 내에서 발생하는 여러 정보들을 하나의 디지털 포맷으로 구축을 가능하게 하는 기술이다. 특히, 건축물 생애주기에서 발생하는 정보를 토대로 디지털 모델이 구축되며, 건축요소, 속성정보, 공간정보, 형상정보 등과 같이 다양한 분야, 유형 등에 따른 정보가 저장된다. 이 중에서도, 개방형 BIM은 다양한 포맷으로 작성되는 BIM 데이터의 호환성과 접근성을 확보하고자 텍스트와 같은 개방형 데이터로 건물에 관한 정보가 저장된다. 즉 별도의 BIM 저작도구 없이 데이터의 열람이 가능한 형태로 저장되며, 요구정보에 관한 자유로운 접근이 가능하다. 특히, IFC (Industry Foundation Classes)는 국제 표준을 기반으로 EXPRESS 언어로 이루어진 개방형 BIM 포맷이다.

특히, 이러한 장점으로 인해 건물 외피 면적 자동 추출을 비롯해 건물 성능 평가에 IFC를 활용하여 건물의 데이터를 획득하는 다양한 연구가 이루어졌다. IFC 데이터의 속성, 형상 등의 정보를 활용하여 에너지 부하량 산출하고자, 매개변수 설정 방안과 형상정보 추출 방안에 관한 연구가 이루어졌다(Kim and Yu, 2012; Park et al., 2014; Lee et al., 2015). 또한, IFC 기반의 에너지 성능 시뮬레이션을 위한 요구정보 추출 자동화를 위한 정보체계, 프로그램 개발 등의 연구가 이루어졌다(Lee et al., 2014; Kim et al., 2018a). 이 외에도, BIM 데이터를 활용한 외피 식별(Kim et al., 2017b; Kim et al., 2018b), 형별성능 관계 내역 산출(Kim et al., 2019) 등에 관한 연구가 이루어졌다. 비록 제한된 범위에서 IFC의 속성정보 위주의 에너지 성능 평가 인자 추출방안을 제시하였으나, 이처럼 IFC 데이터를 기반으로 속성정보를 열람하여 건물에 관한 일부 정보의 습득이 가능한 것으로 확인되었다.

본 연구에서는 건물 에너지 성능평가에 영향을 미치는 인자들에 관한 요구정보를 개방형 BIM 포맷 중 하나인 IFC 포맷을 기반으로 추출하는 방법을 제안한다. 이를 위해 건물 에너지 성능평가를 위해 관련 인증제도로부터 요구정보를 도출하고, 이를 IFC 데이터 클래스에 따라 속성정보, 형상정보, 물성정보로 분류한다. 마지막으로 각 유형에 따른 데이터를 추출 방안을 제안하고, 특히 BIM 모델 작성 시 입력되어야 할 정보를 최소화하고자 공간경계 형상을 기반으로 외피 면적 산출 방안을 제안하고자 한다.

## 연구 방법 및 연구 범위

BIM기반의 에너지 성능평가를 위해 건물 에너지 인증 항목에 따른 요구정보를 추출하고 BIM 환경 내에서 표현되기 위한 입출력 방안을 고려하여 정보체계의 구축을 수행하였다. 또한 BIM 소프트웨어의 정보표현에 한계 및 사용자에게 따른 입력 항목(수준)의 차이로 인해 평가가 어려운 항목을 최소화하기 위해 속성정보의 활용을 최소화하고 형상정보를 중심으로 에너지 성능평가 요구정보 추출 방안을 제안하고자 한다.

앞서 구축된 요구정보를 바탕으로 에너지 성능평가 항목을 IFC 데이터 클래스인 속성, 형상, 물성정보를 기준으로 분류하여 각 항목마다 요구되는 정보를 정의하고 정량화 하여 BIM 데이터의 정보체계를 제안한다.

또한, 도출된 정보체계를 바탕으로 IFC 데이터의 유형별 에너지 성능인자 추출 방안을 제안한다. 특히 속성정보에 관한 의존도를 낮추기 위해 형상 및 관계정보 위주의 에너지 성능 인자 추출 방안을 제안한다. 물성정보의 경우 별도의 DB를 기반으로 IFC 모델 내의 재질정보를 바탕으로 열전도율과 같은 물성치를 산출을 통하여 건물 에너지 성능평가 과정에서 요구되는 물성정보의 추출 알고리즘을 도출한다. 이 외에도, 객체정보를 통한 실명, 벽체 유형에 관한 정보를 추출하여 건물에너지 성능평가에 요구되는 인자에 관한 추출방안과 알고리즘을 도출한다.

## 이론적 고찰

### BIM기반 에너지 성능평가

에너지 성능평가를 지원하기 위해, BIM기반의 성능평가 자동화에 관한 연구들이 진행되었으나, 속성정보 위주의 데이터 추출 방안에 관한 연구가 수행되었다. 특히, 국내외로 BIM기반의 에너지 성능평가에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 예를 들어, EnergyPlus와 같은 에너지 시뮬레이션 툴의 요구정보를 추출 및 변환 과정을 자동화하는 연구가 주로 수행되었다. Ahn et al. (2012)은 IFC 기반의 에너지 성능 시뮬레이션을 위한 인터페이스 개발을 위해 IDF 포맷에서 요구되는 정보를 도출하고, 공간경계를 기반으로 건물 형상 좌표 추출 알고리즘을 제안하였다. Choi and Kim (2014), Kim and Choi (2014)는 IDF 포맷 변환 과정에서 요구되는 공간경계 정보의 호환성 향상을 위해 IFC 데이터의 호환성 검토 프로그램을 개발하였다. 이 외에도, IFC 데이터를 토대로 IDF 정보생성 자동화 방안을 제시하였다(Kim et al., 2011; Kim et al., 2012; Kim et al., 2013; Kim et al., 2015). 또한, Patel (2020)과 Porsani et al. (2021)은 개방형 BIM의 형상 및 속성정보를 토대로 EnergyPlus에 입력하기 위한 IDF 데이터 생성 알고리즘을 개발 및 검증결과를 제안함으로써 IFC 모델과 에너지 성능 시뮬레이션 툴 간의 데이터 호환 가능성을 증명하였다.

에너지 시뮬레이션 외에도, Kim et al. (2017a), Kim et al. (2018b), Kim et al. (2019), Jeon and Choi (2021)의 연구에서 속성정보를 토대로 외피의 면적과 길이 등과 같은 치수 정보를 추출하여 건축물 에너지 성능평가에 관한 요소들을 도출하였다. 또한, Kim et al. (2018a)은 개방형 BIM 기반의 에너지성능지표에 관한 BIM 데이터 작성기준을 제안하여 BIM기반의 에너지 성능평가에 기반을 마련하였다. 이처럼 건축 객체의 속성정보를 바탕으로 데이터 작

성기준, 요구정보 추출 방안에 관한 연구가 활발히 이루어졌다. 하지만, 기존의 BIM 저작 도구에서 생성되는 IFC 데이터의 경우, 공간단위로 벽체 나 바닥 객체가 분리되지 않아 객체의 속성정보에 정확한 면적 정보가 입력되기 어렵다. 또한, 이처럼 속성정보 기반의 산출 방식으로 인해 속성값이 누락되는 경우 면적에 관한 치수정보를 추출하기 어렵다. 물성정보의 경우 입력된 자재정보를 토대로 별도의 속성값에 의해 열관류율에 관한 정보가 저장되나 이에 관한 정보의 입력이 별도로 이루어져야 한다는 단점을 가진다.

이처럼 기존의 연구에서 제안하는 에너지 성능평가 자동화에 관한 연구는 BIM 모델 작성 과정에서 과도한 데이터의 입력이 요구된다. 또한, 입력된 속성정보의 누락이 발생할 경우, 각 요구정보의 추출이 이루어지기 힘들다. 이에 본 연구는 정확한 정보의 열람을 위해 기존의 속성정보 위주의 평가가 아닌 형상정보에 따른 치수정보를 추출방안을 제안하고자 한다. 이를 통하여 기존의 속성정보 위주의 에너지 성능평가 방안이 가지는 단점을 보완하고자 요구정보의 유형에 따른 데이터 추출 방안을 제안하며, 이는 모델 작성 시 별도의 입력 과정이 불필요한 형상정보에 의한 산출과정을 통한 외벽 면적 산출에 요구되는 높이 및 길이, 바닥 면적, 공간정보 등에 관한 추출 알고리즘을 제안한다.

## 건물 에너지 성능 인자 도출

개방형 BIM 기반의 건물 에너지 성능 평가를 위해 요구되는 에너지 성능에 관한 인자를 도출하기 위해, 기존의 건물에너지성능평가 과정에서 요구되는 형별성능관계 내역, 인증 평가 데이터 시트 등을 통하여 요구되는 인자를 도출한다. 도출된 에너지 성능 인자에 관한 정보를 추출하기 위해 IFC 기반의 정보체계를 제시하고, 그에 따른 에너지 성능 평가를 위한 요구정보 추출 과정이 이루어질 수 있도록 개방형 BIM 내에서 입력 가능한 수준의 정보를 도출한다. 도출된 정보는 Table 1 과 같으며, 이를 속성정보와 형상정보로 분류하여 각 유형에 따른 요구정보 추출 방안을 구축한다.

**Table 1.** Results of extraction and classification of required relationship & property information for items related to the energy performance of Building

Item	Required Information	Related IFC Class	Required Property	Required Relationship Entity	Relating Object
Room Name	Space Name	IfcSpace	-	-	-
	Height	IfcWall	-	-	-
Wall Area	Width	IfcWall	Provides Boundaries	IfcRelSpace Boundary	IfcConnection Surface Geometry
	Hight	IfcWindow, IfcDoor	FillsVoids	IfcRelFills Element	IfcOpening Element
Window and Door Area	Width	IfcWindow, IfcDoor	FillsVoids	IfcRelFills Element	IfcOpening Element
	Area	IfcSlab	IsDefinedBy	IfcRelDefines Properties	IfcElement Quantity
Floor Area	Area	IfcSlab	IsDefinedBy	IfcRelDefines Properties	IfcElement Quantity
Material	Name	IfcBuilding Element	Has Associations	IfcRelAssociates Material	IfcMaterial LayerSet
	Thickness	IfcBuilding Element	Has Associations	IfcRelAssociates Material	IfcMaterial LayerSet

## 건물 에너지 성능 인자 정보체계 정립

### IFC기반 에너지 성능인자 정보체계

IFC 데이터에서 정의되는 기본 정보를 토대로 외피 식별, 물성정보, 형상정보, 속성정보에 의해 각 요구정보가 정의된다. 특히, 외피 식별을 위해서는 건축 요소에서 정의되는 속성정보인 'IsExternal'에 의해 정의되며, 이를 토대로 건물 외피의 식별이 가능하다. 하지만 외기에 직접 면하지 않는 간접 면한 경우에 대해서는 별도의 외피 식별 방안이 요구된다. 이를 해결하기 위해 객체와 공간 간의 관계를 정의하는 엔티티인 IfcRelSpaceBoundary를 통해 외기 직·간접 면하는 벽체에 관한 식별이 이루어진다.

또한, 물성, 형상 정보를 토대로 건물 외피의 에너지성능에 관한 정보를 추출하고자 물성정보 DB를 구축한다. 이 외에도, 구조체가 가지는 재료에 관한 정보를 토대로 재료명, 두께, 열전도율 등에 관한 정보를 추출하여 에너지 성능 평가에서 요구되는 문서로 변환한다. 이를 위해, 요구되는 속성 및 형상정보를 도출하고 IFC 데이터 내에서 요구정보가 저장되는 형태를 토대로 요구정보를 추출한다. 이를 위해, EXPRESS 기반의 정보체계를 제안함으로써, 건물 에너지 성능 인자 추출 과정에서 발생할 수 있는 데이터의 누락을 최소화한다.

즉 건물에너지에 영향을 미치는 요소에 관한 요구정보를 토대로 각 인자의 입력 과정 및 결과를 사전에 정의하여 건물 에너지 성능에 관한 기반을 마련한다. 이를 위해, 본 연구는 개방형 BIM 기반의 건물에너지 성능 평가과정에서 요구되는 규칙의 해석과 논리구조 구축 그리고 설계 모델 입출력 방안을 정의한다. 또한, 그에 따른 정보체계를 도출하고 IFC 데이터의 유형에 따라 요구정보 추출 및 산출방안을 제안한다.

본 연구는 하나의 속성정보와 객체정보를 토대로 객체를 식별하고, 각 객체가 가지는 형상조건 및 속성, 관계 정보 등을 토대로 건물에너지 성능 인자를 추출하고자 공간 경계에 관한 정보를 토대로 외피의 면적, 접한 공간, 바닥 면적 등에 관한 정보를 산출하고자 한다. 이를 위해, 'IsExternal' 속성값을 토대로 외피를 식별하고 외피로 식별되는 객체의 경계 정보, 공간정보, 형상정보에 따라 요구되는 정보를 바탕으로 정보체계를 정립하였으며, 기존의 연구에서 주로 이용되는 속성정보에 의한 산출방안이 아닌 형상 및 관계정보를 토대로 에너지 성능인자를 추출하여 사전에 입력되어야 하는 속성정보를 최소화한다. 또한, 형상정보 위주의 인자 추출 방안을 제안함으로써, 속성정보의 누락, 잘못된 정보의 입력 등의 문제에 대응이 가능하다.

### 건물 에너지 성능 인자의 정량화

앞서 언급한 바와 같이 IFC 데이터를 토대로 별도의 연산과정을 거쳐 에너지 성능 인자를 산출하기 위해, 구조체의 형상 유형에 따른 형상정보 추출 방안과 속성정보의 추출방안이 요구된다. 각 유형에 따른 요구정보를 추출하기 위해 건물 에너지 성능 인자에 관한 IFC 데이터 구조에 따라 정량화를 거친 결과는 Table 2와 같다.

건축 요소의 Representation 속성에 저장되는 IfcProductDefinitionShape 엔티티를 토대

로 형상 정보의 추출이 가능하다. 이 외에도, 공간경계를 나타내는 IfcRelSpaceBoundary의 ConnectionGeometry 속성값에 의해 정의되는 경계의 형상정보를 토대로 별도의 면적 산출을 위해 길이, 높이 등과 같은 치수정보를 산출한다. 또한, 건축요소에 종속되는 개구요소에 관한 정보를 추출하기 위해 건축요소의 HasOpenings, FillsVoids으로 정의되는 비명시적 속성정보를 토대로 문과 창문이 설치된 개구요소에 관한 형상정보를 열람할 수 있다.

이 외에도, 구조체가 가지는 재료에 관한 정보를 열람하기 위해 HasAssociations 속성값에 의해 관계가 정의되는 IfcRelAssociatesMaterial 엔티티를 토대로 구조체가 가지는 재료 레이어 이름, 두께, 위치 등의 정보를 추출한다. 또한, 앞서 언급한 공간경계 정보 및 속성정보를 토대로 외피의 식별과 소속된 공간에 관한 면적, 외벽의 면적 추출이 가능하다. 실명, 층고에 관한 정보는 IfcSpace, IfcBuildingStorey의 객체 정보에 저장되며, 해당 엔티티에서 직접 추출이 가능하다.

**Table 2.** Results of extraction and classification of required information for items related to the energy performance of Building

Item	Required Entity	Attribute Definition	Data Type	Attribute Name	Required Value
Roof	IfcSlab	-	IfcText	PreDefined Type	ROOF
Space Name	IfcSpace	-	IfcLabel	LongName, Name	Room-1, Room-2 etc
Exterior Wall	IfcWall	IfcProperty SingleValue	IfcBoolean	IsExternal	True
Wall Width	IfcRelSpace Boundary	IfcConnection Surface Geometry	IfcPolyLine	Connection Geometry	Geometry Coordinate
Wall Height	IfcWall	IfcExtruded AreaSolid	IfcLength Measure	Depth	Height Value
Door, Window Height	IfcOpening Element	IfcExtrudedArea Solid	IfcLength Measure	Depth	Height of Opening Element
Door, Window Width	IfcOpening Element	IfcRectangleProfileDef	IfcLength Measure	XDim, YDim	Width of Opening Element
Material Name	IfcMaterial LayerSet	IfcMaterial Layer	IfcLabel	Name	Material Layer Name
Material Thickness	IfcMaterial LayerSet	IfcMaterial Layer	IfcLength Measure	Layer Thickness	Material Layer Thickness

## 개방형 BIM 기반 건물 에너지 성능인자 추출 알고리즘 개발

BIM 기반의 건물 에너지 성능평가를 위해 각 항목에 따른 요구정보를 바탕으로 정보체계를 제안하고, 그에 따른 인자 추출 알고리즘을 도출한다. 특히, 앞서 언급한 바와 같이 속

성정보를 통한 식별과 형상정보를 활용한 면적과 같은 치수정보의 산출 과정이 이루어진다. 이 외에도, 정확한 벽체 간의 구분을 위해 공간 객체(IfcSpace)를 활용하여 각 객체의 면(ConnectionGeometry)에 관한 형상정보를 바탕으로 외피에 관한 정보를 추출하여 보다 정확한 면적 산출을 가능하게 한다.

이 외에도, 물성정보를 추출하기 위해 각 건축요소가 가지는 재질 정보에 관한 정보가 정의되는 클래스에 따른 정보체계를 기반으로 각 객체 유형에 따른 자재 레이어, 자재명, 두께 등의 정보를 추출한다. 또한, 자재명에 관한 정보를 바탕으로 각 재료가 가지는 열전도율에 관한 정보를 매칭함으로써 건물 외피가 가지는 물성치에 관한 정보를 추출한다.

또한, 앞서 외기에 직접 면한 벽체를 구분하기 위해 'IsExternal' 속성정보를 토대로 객체의 외피 여부를 판단한다. 이를 위해, IfcObject 클래스에서 정의되는 IsDefinedBy 속성값을 토대로 IfcRelDefinesByProperties 엔티티에 관한 정보를 통해 속성값을 추출하여 외피를 식별한다. 식별된 외피 객체를 바탕으로 공간경계 및 관계정보를 활용하여 면적, 층고 등에 관한 정보의 습득이 가능하며, 해당 과정은 Figure 1과 같다.

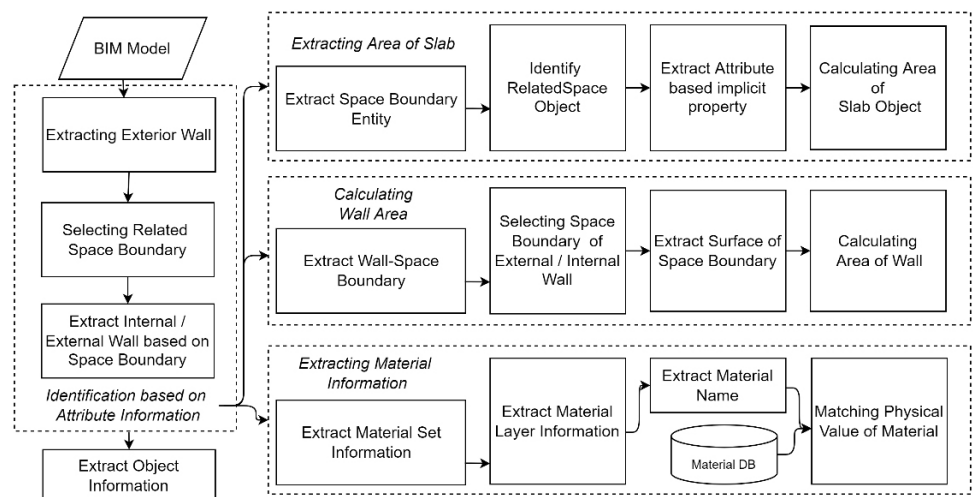


Figure 1. Overview of open BIM-based energy performance factor extraction method

### 외피 식별을 위한 속성정보 추출

앞서 언급한 바와 같이 IfcObject 산하 클래스인 IfcBuildingElement 엔티티에 소속된 건축 요소인 벽체, 바닥, 지붕, 창, 문 등의 객체로부터 속성정보를 추출하기 위해 IsDefinedBy 라는 비명시적 속성정보를 활용한다. 해당 속성값은 IfcRelDefinesByProperties 엔티티의 형태로 속성정보가 저장되며, RelatingPropertyDefinition 속성을 통하여 건축요소와 속성 정보 셋(IfcPropertySet)과의 관계가 정의된다. 즉 관계 엔티티(IfcRelationship)를 통하여 객체의 속성정보의 열람이 가능하다.

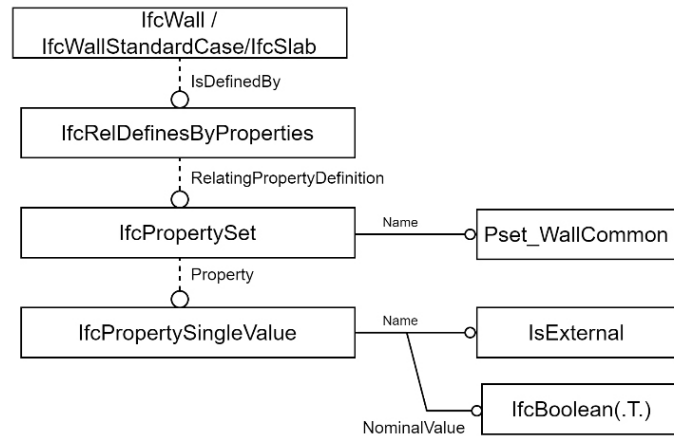


Figure 2. 'IsExternal' property value extraction method

또한, IFC 클래스 구조에 따라 *IfcPropertySet*, *IfcPropertySingleValue*의 형태로 속성정보가 저장된다. 외피의 식별을 위해 요구되는 속성 정보의 이름은 *IsExternal*이며, 해당 속성값이 저장되는 *IfcPropertySet*은 *Pset\_WallCommon*, *Pset\_SlabCommon*, *Pset\_DoorCommon*, *Pset\_WindowCommon* 등과 같이 각 객체의 유형에 따른 속성정보 셋에 종속된다. 해당 속성정보를 열람하는 과정을 제안하며, 해당 과정은 Figure 2와 같다. 이를 통하여 식별된 외피를 기준으로 공간 정보를 추출하여 외피 유형의 판별과 외피의 형상을 추출한다. 이 외에도, *IfcQuantityElement* 클래스에 면적, 길이, 높이 등과 같은 치수정보와 *IfcRelSpaceBoundary* 엔티티를 통한 공간과 건축요소 간의 관계가 정의된다. 하지만 객체에 저장되는 치수정보의 경우, 모델링 방안, 상세도 수준 등에 따라 상이한 값을 가지며, 이에 형상 경계를 통하여 모델링 수준에 구애받지 않도록 형상경계를 이용한 외피 면적 산출방안을 제안한다.

### 외피 기반의 공간객체 추출

외피 식별 방안을 통해 추출된 외피 객체를 바탕으로 외피가 소속된 공간객체에 관한 정보를 추출하기 위해 *ProvidesBoundaries* 속성값으로 정의되는 *IfcRelSpaceBoundary* 엔티티를 활용한다. 해당 엔티티는 공간과 구조체 간의 관계를 나타내는 클래스로 외피 객체로부터 소속된 실에 관한 정보를 추출한다.

실 객체에서 별도의 속성정보로 정의가 불필요한 실명에 관한 정보는 *Name*, *LongName* 과 같은 객체 정보로 저장된다. 해당 정보를 조합하여 실명, 실번호에 관한 정보의 습득이 가능하며, 이를 토대로 보다 빠르고 정확한 실명에 관한 정보 추출이 가능하다.

또한, 공간 객체의 *IsBoundedBy* 속성을 통하여 공간에 접한 건축요소에 관한 정보가 저장되는 경계 엔티티(*IfcRelSpaceBoundary*)가 정의된다. 이를 통하여 외기에 접한 벽체 이외의 벽체를 추출하는 것으로 외기에 간접한 벽체의 식별이 가능하다. 이 외에도, *IfcRelSpaceBoundary* 엔티티가 가지는 특징 중 하나로 가상의 공간 경계를 기반으로 각 공간에 접한 면에 관한 형상정보가 *ConnectionGeometry* 형태로 저장된다. 본 연구는 공간 객체의 경계 정보를 토대로 외피



의 면적 값을 산출하고자 한다. IfcRelSpaceBoundary 엔티티의 ConnectionGeometry 속성을 통하여 IfcConnectionSurfaceGeometry 엔티티가 저장되며, 이를 통하여 각 공간과 벽체 간의 면(Surface)을 추출한다. 추출된 면에 관한 형상 엔티티를 바탕으로 벽체 면의 좌표에 관한 정보를 추출한다. 본 과정은 Figure 3과 같다.

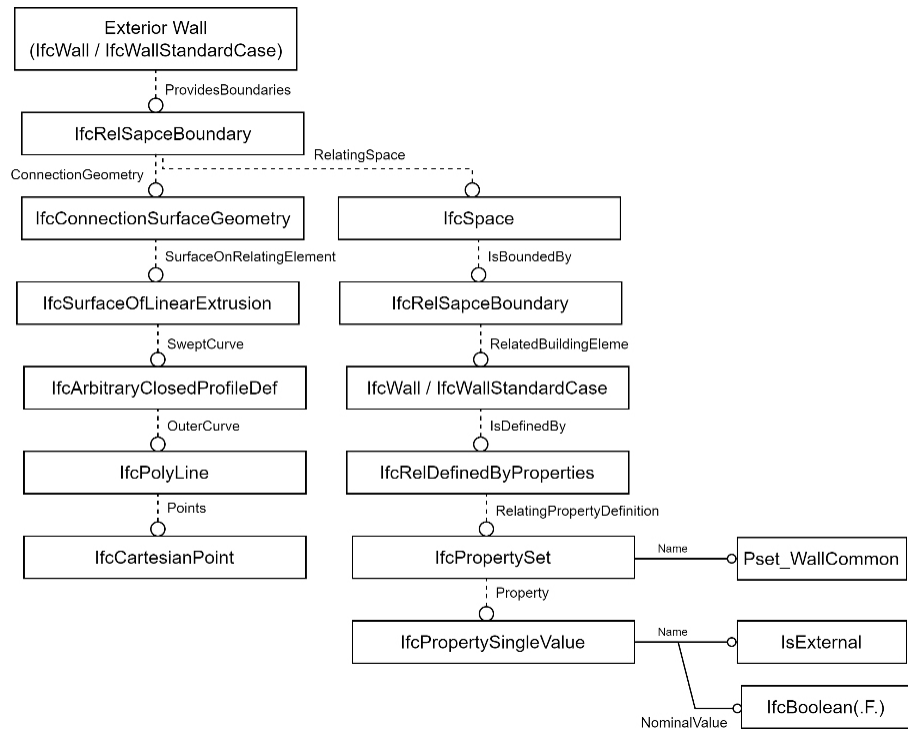
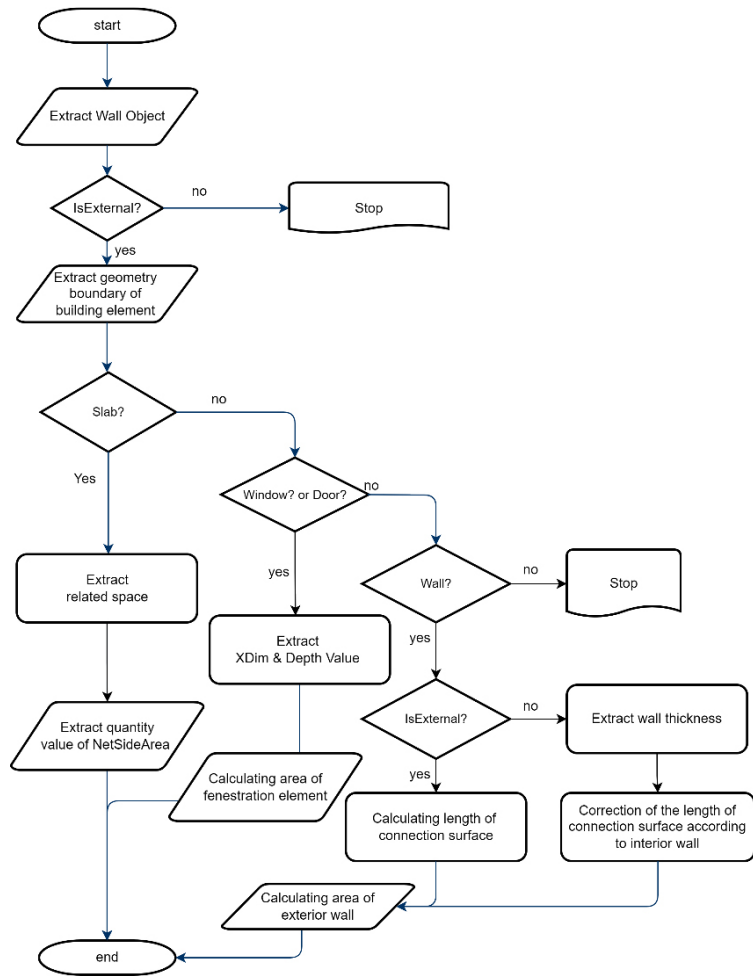


Figure 3. Method of extracting geometry and property information of space boundary for identification of walls directly and indirectly facing exterior

### 형상정보 기반의 외벽 면적 산출

공간의 경계를 기반으로 외피의 형상 좌표(IfcCartesianPoint)가 정의되며, 형상 좌표 간의 거리를 통하여 각 실 객체에 면한 외피의 길이값을 산출할 수 있다. 본 과정은 Figure 4와 같다. 하지만 해당 길이에 관한 정보의 경우, 외피 면적 산정 기준에 따라 외피 유형에 따른 보정이 요구된다. 해당 연구에서 제안한 바와 같이 벽체 간의 방향에 관한 정보를 토대로 외기에 직접 면한 객체의 방향에 수직으로 접하는 객체 여부에 따라 별도의 보정 과정이 요구된다. 즉 벽체-공간 간의 면에 관한 정보를 통해 추출된 좌표에 외피에 접한 벽체의 두께에 따른 좌표정보의 보정을 통해 정확한 외피의 길이를 산출한다.

또한, 외피 면적 산출을 위해 벽체의 높이를 추출하기 위해, 공간 객체의 형상이 저장되는 IfcProductDefinitionShape의 Representations의 IfcSweptArea의 Depth 값으로 벽의 높이에 관한 정보를 추출한다. 즉 앞서 도출된 벽체의 길이와 높이를 기반으로 외피의 면적값 산출이 가능하다. 이 외에도, 외피에 소속된 개구요소의 형상정보를 추출하기 위해 앞선 형상 정보에 관한 정보체계를 토대로 개구부의 길이와 높이, 면적에 관한 정보를 산출한다.



**Figure 4.** Energy performance factor extraction method based on envelope-space boundary information

### 속성정보 기반의 바닥 면적 산출

IFC 클래스 구조에 따라, 지붕 객체는 IfcSlab 엔티티의 PredefinedType의 유형정보로 저장된다. 즉 바닥 객체에서 정의되는 면적에 관한 속성정보를 통하여 지붕과 바닥에 관한 면적 값의 산출이 가능하다. 하지만 기존의 IfcSlab 객체를 토대로 면적을 산출할 경우, 실별로 바닥객체가 모델링되지 않을 경우에는 정확한 면적을 얻을 수 없다. 따라서, 본 연구는 앞선 공간경계 정보를 바탕으로 외기 접한 공간 객체를 식별하여 해당 공간의 바닥의 면적을 추출하고자 한다.

이를 위해, 앞서 언급한 바와 같이 IfcRelSpaceBoundary 엔티티를 토대로 외기에 접한 공간에 소속된 바닥의 존재 여부를 판단하여 공간객체 접한 바닥이 있을 경우 바닥에 접한 공간 객체를 선정한다. 선정된 공간 객체의 속성정보 중, 치수에 관한 정보가 저장되는 IfcQuantityElement에 소속되는 IfcAreaMeasure 엔티티 중 ‘NetSideArea’를 통하여 면적에 관한 정보를 추출하며, 본 과정은 Figure 5와 같다. 또한, 해당 속성정보가 부재일 경우 앞선 외벽의 길이와 높이를 산출하는 것과 마찬가지로 공간객체의 형상정보를 토대로 바닥 면적을 산출한다.

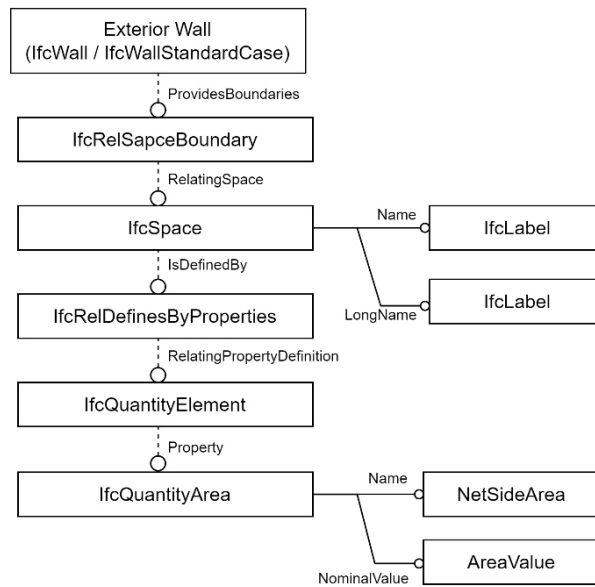


Figure 5. Method of calculating floor area through relationship between exterior wall and space object

### 물성정보 기반의 물성치 산출

외피에 관한 물성정보를 추출하기 위해, HasAssociations 속성에 의해 정의되는 IfcRel AssociatesMaterial 엔티티를 통하여 건축요소의 물성정보를 추출하며, 본 과정은 Figure 6과 같다. 벽체, 바닥, 지붕 객체의 경우 재질에 관한 정보가 레이어 형태로 저장되며, 이는 IfcMaterial LayerSet, IfcMaterialLayer, IfcMaterial 엔티티를 순차적으로 참고하여 자재의 두께, 자재명에 관한 정보를 추출이 가능하다. 이는 Figure 6과 같다. 또한, 추출된 자재명에 관한 정보를 토대로 각 재질의 열전도율을 매칭하여 각 객체의 물성치에 관한 정보의 산출이 가능하다.

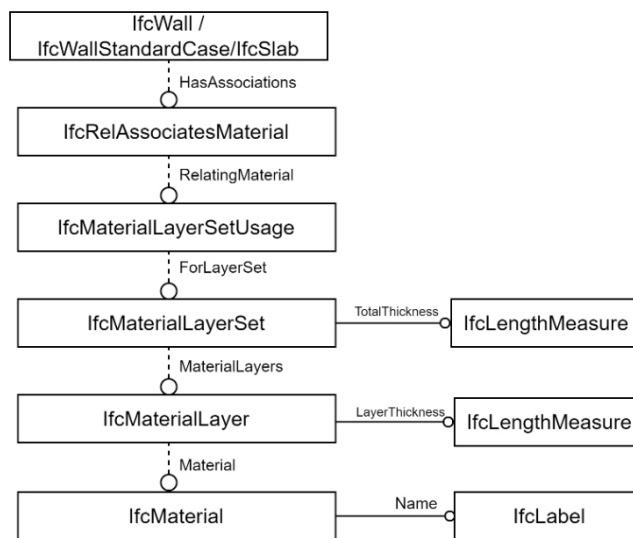


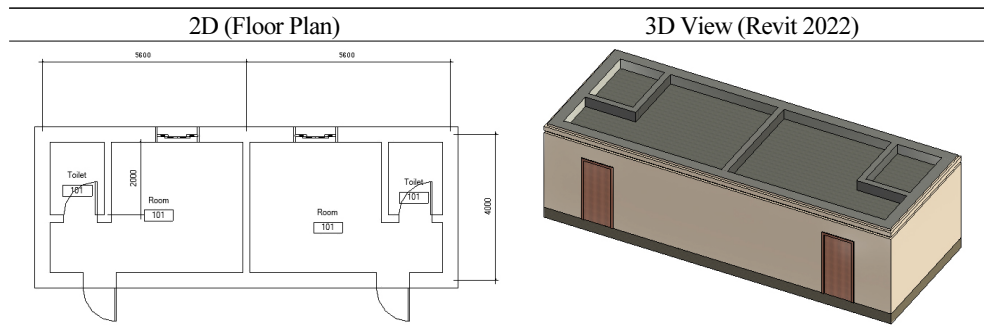
Figure 6. Method of extracting material composition of building element

## 건물 에너지 성능 인자 추출방안 검증

### 파일럿 테스트 개요

본 연구에서 개발한 개방형 BIM기반의 에너지 성능인자 추출방안에 관한 정확도를 검증하기 위해, BIM 모델에 대해 파일럿 테스트를 실시하였다. 파일럿 테스트에 사용될 모델은 Autodesk Revit으로 작성한 후, IFC 포맷으로 추출하였다. 파일럿 테스트에 사용된 BIM 모델에 관한 정보는 Table 3, 4와 같다.

**Table 3.** 2D & 3D view images of test model



**Table 4.** Object / Attribute Information of test model

Category	Type Name	Thickness	Material	Width	Height
Slab	Concrete – Normal	362 mm	Concrete	11300 mm	4300 mm (Depth)
Exterior Wall	CW-102-85-100P	300 mm	Brick, Air, Concrete, Gypsum	11200 mm	3000 mm
			Brick, Air, Concrete, Gypsum	4000 mm	3000 mm
Window	WD120	180 mm	Glass, Wood	1200 mm	1200 mm
Door	Single-Flush	51 mm	Wood	915 mm	2134 mm

### 외피 면적 산출 파일럿 테스트 결과

에너지 성능평가 인자 추출방안의 정확도 검증에 관한 검토를 위해 모델링된 객체는 문 4개, 벽체 9개, 창 2개로 이루어져 있다. 이를 토대로 각 대상객체에서 요구되는 에너지 성능 인자를 산출하였다. 이 외에도, 도면을 바탕으로 수작업을 통해 산출된 결과와 기존의 속성정보 기반의 산출방안을 토대로 외피 면적에 관한 정보를 산출하여 비교하였으며, 해당 결과는 Table 5와 같다.

본 연구에서 제안한 공간 경계의 형상을 활용한 외피 산출 방안의 경우 각 공간의 경계선에 관한 정보를 바탕으로 각 벽체 및 창, 문의 면적을 산출하여 비교적 정확한 값을 산출할 수 있

다. 또한, 바닥 면적의 산출을 위해 공간 경계에 관한 관계 정보를 토대로 각 공간에 따른 면적을 산출하였으며, 수작업으로 도출한 결과와 본 연구에서 제안한 방법을 통해 산출한 결과에 차이는 없는 것으로 판단된다. 하지만, 속성정보 기반의 면적 산출방안의 경우 기존의 저작도구 내에서 입력된 면적값에 의해 면적이 산출되기 때문에 단일 객체로 모델링된 경우에는 산출 결과가 정확하지 않다는 것을 알 수 있다. 이처럼 기존의 속성정보 기반의 면적 산출 방안을 통한 바닥, 외벽 등의 면적을 산출할 경우, 객체 단위로 산출이 이루어지며, 단일 객체로 모델링된 경우 정확한 값을 산출하기 어렵다. 즉 본 연구를 통해 제시된 공간경계의 형상을 활용한 산출방안을 통해 별도의 속성정보 입력과정이나 모델링 방안 없이 정확한 면적값 산출이 가능하다.

**Table 5.** The comparison of test results

Evaluation Item	Manual Method (Area, m <sup>2</sup> )	Automation Method	
		Attribute based Method	Proposed Method
CW 102-85-100p: N1	15.809	31.617	15.808
CW 102-85-100p: S1	15.809	29.398	15.808
CW 102-85-100p: E1	12.897	12.000	12.897
CW 102-85-100p: D1	12.897	12.000	12.897
SLAB - Room-1, 2	15.837	49.434	15.837
SLAB - Toilet-1, 2	3.202	49.434	3.202
Single Flush Door-1, 2	1.953	1.953	1.953
WD-1, 2	1.440	1.440	1.440

## 결론

본 연구에서 국내의 건물 에너지 성능 평가에 필요한 인자에 관한 정보 추출의 자동화를 위해, IFC 모델의 속성, 형상 정보에 다른 요구정보 추출 방안 및 알고리즘을 제안하였다. 본 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

- (1) 건물 에너지 성능평가 과정에서 요구되는 정보를 도출하기 위해 기존 연구에서 제안된 정보를 토대로 건물 에너지 성능평가에 관한 요구정보를 도출하였다. 주로 건물의 외피 성능에 관한 정보와 외피가 소속된 공간에 관한 정보가 요구되었다.
- (2) 건물의 외피에 관한 정보를 추출하기 위해, IFC 데이터 구조에 따른 요구정보를 정량화하여 속성, 형상, 물성(관계) 정보에 따른 정보체계를 제안하였다. 이를 통해 식별을 위해 요구되는 정보의 입력 항목을 최소화하였다.
- (3) 면적 산출의 경우 BIM 모델링 시 사용자 입력이 요구되는 속성정보(면적, 길이 등)의 누락이 발생할 경우, 정확한 면적 산출이 어려워 이를 보완하고자 공간 경계 정보를 바탕으로 벽체의 내부선에 관한 형상 좌표정보를 가지는 공간 경계의 형상정보를 바탕으로 벽체의 길이를 산출하는 방안을 제안하였다. 또한, 벽체의 형상 프로필의 돌출 정도를 토대로

- 높이를 추출하여 벽체의 면적 산출에 요구되는 길이와 높이에 관한 정보를 추출하였다.
- (4) 이 외에도, 벽체와 개구요소 간의 관계를 통하여 각 벽체에 소속된 개구요소에 관한 정보를 추출할 수 있으며, 형상정보를 토대로 각 면적에 필요로 하는 높이와 길이를 산출하는 방안을 제안하였다.
  - (5) 벽체 및 바닥, 지붕 등과 같은 건축요소가 가지는 비명시적 속성정보를 토대로 각 요소의 재료 레이어에 관한 정보를 추출할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.
  - (6) 케이스 BIM 모델을 토대로 외벽 및 바닥, 창, 문의 면적 산출방안에 관한 검증을 위해 파일럿 테스트를 수행하였다. 정확도 검증을 위해 수작업으로 산출한 외피 면적과 속성정보 기반의 산출방안, 본 연구에서 제안한 산출방안 간의 결과를 비교하였다. 속성정보의 경우 바닥 객체의 분리가 이루어지지 않아 매우 낮은 정확도를 가지며, 본 연구에서 제안한 산출방안과 수작업에 의해 도출된 결과는 일치하는 것으로 나타났다.

이처럼 속성정보 기반의 에너지 성능 인자 추출을 위해서는 BIM 모델의 작성 과정에서 다수의 입력 항목과 제약 사항이 발생하며, BIM 모델을 활용한 정보 추출의 업무 효율성 및 정확도 등의 하락을 야기한다. 하지만 본 연구에서 제안한 공간경계 형상 기반의 에너지 성능인자 추출 방안은 외피의 면적 산출에 별도의 속성값을 요구하지 않으며, 바닥 면적 산출을 위해 별도의 모델링 방안을 요구하지 않는다. 즉 본 연구를 통해 BIM 모델 작성 단계에서 요구되는 정보를 최소화하고, 공간, 형상 정보를 포함하여 범용적이고 종합적인 요구정보 추출방안을 제안하였다.

본 연구에서 제안한 IFC 기반의 에너지 성능인자추출 방안을 통하여 형별성능관계내역, 외피전개도 등의 작성 업무의 자동화 가능성을 확인하였다. IFC 기반의 요구정보 작성 자동화의 구현을 통해 기존의 수작업에 의해 진행되는 방식보다 정확하고 신속한 에너지 성능 평가가 가능할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구를 통하여 건물 에너지 성능평가과정에서 요구되는 외피전개도, 형별성능관계내역 등과 같은 서류작성 업무 자동화의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 후기

본 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(NRF-2020R1C1C1011268).

## References

1. Ahn, K.Y., Kim, Y.J. Park, C.S., Kim, I.H. (2012). Development of Interface for BIM based Building Energy Simulation. Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design, 28(5), 283-292.
2. Choi, J.S., Kim, I.H. (2014). A Study on the Space Boundary Information Interoperability Improvement of IFC Data for Building Energy Performance Assessment. Korean Journal of Computational Design and Engineering, 19(2), 129-137.

3. Jeon, S.M., Choi, G.S. (2021). A Study on Energy Performance Index scoring items by Level of Detail and Level of Development for BIM. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 33(11), 579-588.
4. Kim, C.M., Kim, J.Y., Park, C.Y., Yoo, D.C., Choi, C.H. (2019). Development of BIM-based Program for Extracting Thermal Performance Details and Planar Figures to Calculate the Average U-value. *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System*, 13(5), 347-357.
5. Kim, C.M., Kim, Y.A., Hong, J.P., Choi, C.H., Lee, H.W. (2017a). A Study on IFC-BIM based Automated Information Extraction Method for Evaluation of Low-energy Green Home : Focused on Architectural BIM. *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System*, 11(2), 91-99.
6. Kim, I.H., Choi, J.S. (2014). A Study on the Construction of Object Library System and the Verification of Interoperability for Open BIM-based Energy Performance Assessment. *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 30(7), 3-10.
7. Kim, I.H., Choi, J.S., Kim, H.J. (2013). Proposition and Application of Mapping System for Input Data Between Open BIM Data and Building Energy Simulation Software: Focused on Building Material Library and Energy Plus. *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 29(4), 3-12.
8. Kim, I.H., Kim, J.E., Seo, J.C. (2011). Development of an IFC-based IDF Converter for Supporting Energy Performance Assessment in the Early Design Phase. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 11(2), 313-320.
9. Kim, I.H., Kim, M.C., Choi, J.S. (2018a). Development of Structured BIM Data Modeling Requirements Focused on Energy Performance Index in Korea. *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 23(1), 68-79.
10. Kim, I.H., Yoo, H.J., Choi, J.S. (2012). A Study on Interoperability Improvement of IFC Property Information for Energy Performance Assessment in the Early Design Phase. *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 17(6), 456-465.
11. Kim, J.Y., Kim, C.M., Park, C.Y., Park, Y.J., Choi, C.H. (2018b). Develop an IFC-Based Algorithm to Extract Required Information from Planar Figure of Envelope For Building Energy Performance Assessment. *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System*, 12(3), 277-289.
12. Kim, J.Y., Kim, C.M., Park, C.Y., Yoo, D.C., Park, Y.J., Choi, C.H. (2017b). Developing an Automated Algorithm for Determining Building Envelope based on BIM to Assess Energy Performance of Buildings. *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System*, 11(4), 342-353.
13. Kim, K.R., Yu, J.H. (2012). A Method for Extracting Geometry Data from IFC File. *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 28(5), 241-248.
14. Kim, Y.J., Yi, D.H., Park, C.S. (2015). Interface from BIM to BEM and its Application to Uncertainty Analysis in Windows. *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 31(7), 135-146.
15. Lee, K.H., Kim, I.H., Choo, S.Y. (2014). A Causality Analysis among Architectural Design Decision Factors in the Early Design Stage -focused on Reduction of Cooling and Heating Loads in Energy BIM Simulation-. *Journal of The Architectural Institute*

of Korea Planning & Design, 30(12), 31-39.

16. Lee, Y.J., Lee, K.H., Kim, I.H., Choo, S.Y. (2015). A Study on Domestic Standard Parameter Setting for BIM-based Energy Performance Evaluation -Focused on Possession Area per Person of Occupants in Government Offices-. Korean Journal of Computational Design and Engineering, 20(1), 11-21.
17. Park, S.H., Kim, I.H., Lee, J.A. (2014). OpenBIM-based Mapping System Development for Geometry Information Exchange of Architectural Components. Korean Journal of Computational Design and Engineering, 19(2), 182-190.
18. Porsani, G.B., Lersundi, K.D.V., Gutiérrez, A.S., Bandera, C.F. (2021). Interoperability between Building Information Modeling (BIM) and Building Energy Model (BEM). Applied Sciences, 11(5), 2167. DOI: 10.3390/app11052167.
19. Patel, K.P. (2020). BIM Model Enrichment for Energy Performance Simulations. Technische Universität Dresden.