

IFC기반 공간형상정보의 좌표 변환 자동화 알고리즘

Automated Algorithm to Convert Coordinates of Space Representation using IFC-based BIM Data

김 가 람 유 정 호*

Kim, Karam Yu, Jungho*

Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, Nowon-Gu, Seoul, 139-701, Korea

Abstract

Many construction projects have extensively adopted building information modeling (BIM), and various institutions and standards have been developed domestically in Korea. However, the current process that is used to calculate building space area has a significant shortcoming in that there are two different laws to apply the method of measurement considering space boundaries for building element guidelines. For example, space area can be calculated by a polygon, which is modeling using a BIM-based computer aided design program, such that the space polygon is always exported as an inner-edge type. In this paper, we developed an automated algorithm to convert coordinates of space representation using industry foundation classes based BIM data. The proposed algorithm will enable engineers responsible for space management to use a BIM-based model directly in the space programming process without having to do additional work. The proposed process can help ensure that space area is more accurately and reliably.

Keywords : BIM, IFC, space area, method of measurement, representation

1. 서 론

1.1 연구의 목적

국내 건설산업의 규모는 지난 수십 년간 크게 성장하였고 건설기술의 해외 수출도 활발하게 수행되고 있으나, 제조업등과 같은 타 산업과 비교하였을 때, 대량생산이 불가능하고 참여주체에 대한 조직관계가 복잡하여 발전과 변화에 매우 느린 속성을 가지고 있어, 관련 업무의 생산성을 향상시키고자 하는 노력이 학계 및 실무관련 분야에서 지속적으로 수행되고 있다[1,2]. 이에 따라, 2000년대 후반부터 관심을 받기 시작한 3차원 첨단 건설정보 관리 기술인 BIM (Building Information Modeling)을 기반으

로 건설기술의 생산성을 근본적이고 획기적으로 개선하고자 하는 연구 및 개발이 수행되었다[3,4,5].

BIM기반 건설정보관리기술은 건축물의 전 생애주기에 서 단계별로 생성 및 관리되는 모든 정보를 통합 모델을 활용하여 효율적으로 관리하고, 특정 목적에 따라 해당 정보들에 대한 연계성을 확보할 수 있는 프로세스 및 기술을 의미한다. 이를 통하여, 설계단계에서 생성된 건물 모델 파일을 개방형 BIM기반 국제 표준파일 포맷인 IFC (Industry Foundation Classes)를 활용하여 다양한 참여주체간의 복잡한 조직구조에 상관없이 정확한 정보를 일관성 있는 방법으로 획득 가능하다[6]. 하지만, IFC 표준 파일 포맷은 건설사업에서 활용되는 다양한 BIM기반 모델링 소프트웨어에 적용 가능하도록 개발되어, 해당 포맷을 활용한 건물정보의 표현방법에 제한이 없기 때문에 특정한 BIM기반 소프트웨어를 활용하여 생성된 IFC 파일이 다른 방식으로 IFC기반 정보관리를 하는 BIM기반 모델링 소프트웨어에서 활용되는데 있어서 완벽하게 호환되지 못하는 한계점을 가지고 있다[7]. 이에 따라 IFC기반

Received : January 9, 2015

Revision received : February 5, 2015

Accepted : March 5, 2015

* Corresponding author : Yu, Jungho

[Tel: 82-2-940-5564, E-mail: myazure@kw.ac.kr]

©2015 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

건물 정보를 효율적으로 관리 및 활용하는 연구가 진행되고 있으나, 현실적으로 BIM기반 건설사업의 참여 주체가 이러한 IFC스키마를 모두 이해하고 정보관리를 하는데 한계가 있어 IFC기반 정보관리업무를 지원하기 위한 도구 개발 및 관련 연구가 시급한 실정이다.

공간객체는 IFC기반 건물 모델파일에 포함되어 다양한 업무에 활용되는 대표적인 정보 중에 하나이지만, 설계단계에서 해당 객체를 생성할 때 이후 활용되는 목적과 해당 프로젝트의 환경 및 조건기준에 따라 모델링하기 위해서는 해당 분야의 전문가의 개입이 요구된다. 현재 BIM기반 모델링 소프트웨어에서 생성되는 공간객체는 IFC스키마에서 IfcSpace 엔티티로 생성되며, 여기에는 공간의 식별 아이디, 공간명, 용도, 위치 및 형상정보가 포함된다[8]. 여기서, 공간에 대한 형상정보는 해당 공간의 면적과 관련된 매우 중요한 정보이지만, 국내 설계환경에서 공간면적을 설계도서에 표현할 때에는 일반적으로 해당 공간객체에 대한 형상정보를 직접적으로 활용하지 않고, 추가적인 IFC기반 속성정보 항목을 추가하여 별도로 추가된 정보를 활용하여 BIM정보의 크기가 증가할 뿐만 아니라[9], BIM정보의 호환성을 저해하는 요인이 될 수 있다.

아울러, 공간객체를 BIM기반 모델링 소프트웨어에서 생성하는 과정에서도 현재 국내에 적용되는 면적산정 기준이 단일화 되어있지 않아, 해당 프로젝트와 공간 유형에 대한 조건 및 기준에 적절한 면적산정 기준을 사용자의 판단에 따라 적용하게 된다. 이에 따라 실제 물리적으로 동일한 면적의 공간객체일지라도, 모델링 기준 또는 방법에 따라 산출된 공간면적에 큰 차이가 발생할 수 있는 문제점이 있다. 또한, 면적산정 기준을 적용하는 과정이 개인적 판단에 의한 수작업으로 진행되고 있어[10], 산출된 공간면적에 대한 일관성 및 정확성이 저하되는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 IFC기반 공간객체의 형상정보를 활용하여 적절한 공간면적산정기준을 설정하고 이에 따른 형상정보의 좌표 정보를 자동으로 변환하기 위한 알고리즘을 구축하여 제안한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 국내 설계환경에서 공간면적산출과정에 적용되는 건축법과 주택법 두 가지 기준에 따라 공간형상정보를 자동으로 변환하는 알고리즘을 구축하였다. 즉, 건축법기준으로 산정되는 유형의 공간객체는 해당 공간객체

를 둘러싸고 있는 경계객체의 중심선을 기준으로 형상정보를 변환하고, 주택법기준으로 산정되는 유형은 경계객체의 안쪽 마감선을 기준으로 형상정보를 출력한다. 공간객체에 대한 관련 정보를 추출하기 위한 IFC 파일 포맷은 현재 국내에서 널리 활용되고 있는 IFC 2x3스키마 기준으로 적용되었으며, 공간객체를 표현하는 IFC기반 좌표정보는 X축, Y축을 갖는 2차원적인 상대좌표계의 평면상에 위치한다. 공간면적 산출 자동화방안을 구축하기 위하여, IFC기반 공간 및 경계객체에 대한 관련정보의 구성을 분석하고, 이를 추출하여 경계객체의 교점좌표를 생성하여 적절한 면적정보를 산출하는 과정을 구축하였다. 여기서, 경계객체의 유형은 벽체로 한정하고, 경계객체를 모델링하는 과정에서 참조되는 벽체 가이드라인은 객체의 중심선으로 모델링하는 것을 전제로 한다.

2. 공간정보의 구성

2.1 공간에 대한 면적산정 기준

공간 전용면적에 대한 법적기준은 1973년 7월 주택건설촉진법 시행규칙이 제정된 이후 1976년 9월 동 규칙의 전면개정으로 제6조에 “전용면적의 계산”시 건축법 시행령 규정에 의한 바닥면적으로 계산하는 기준이 도입되었다. 그 후 1978년 10월부터 단독주택과 공동주택의 산정기준이 구분되었고, 1998년 8월 개정으로 공동주택의 주거전용면적 산정방법이 공간의 경계를 이루고 있는 벽체의 내부선(안쪽 마감선)을 기준으로 산정하는 것으로 개정되어 건축법의 면적산정기준과 이원화 되었다. 즉, 건축법에서는 면적산정을 “공간의 경계를 구성하는 객체의 중심선 기준”으로 규정하고, 주택법에서는 면적산정을 “공간의 경계를 구성하는 객체의 안쪽 마감선 기준”으로 규정하고 있다. 이로 인하여, 공간면적산정과 관련하여 실무자들이 겪는 업무적 혼선 문제 뿐만 아니라 해당 공간을 포함하는 건물의 공급, 거래, 소유, 거주와 관련된 참여주체들에게 많은 혼선을 초래하게 되었지만, 근원적인 문제의 해결책을 제시하지는 못하고 있다[10]. 또한, 수상복합건축물에 대해서는 한 가지 유형의 건축물에 포함된 공간객체일지라도 해당 건축물이 속해 있는 프로젝트의 조건에 따라 용도지역별, 세대수별, 그리고 주택유형별로 공간면적 산정기준이 구분되어 적용된다. 이에 따라, 공간면적산출과 관련한 업무 담당자의 판단에 따라 해당 공간객체의

형상정보가 달라 질 수 있으며, 이는 공간정보의 생성에 대한 부정확성 및 비효율성을 야기 시킨다[11].

한편, 미국에서는 ANSI/BOMA 기준에 따라 주로 공간의 유형 및 구성 경계객체의 유형에 따라서 해당 공간객체에 대한 면적 산정기준이 다르게 적용되고 있다[12]. 예를 들어, 경계객체의 유형이 커튼월인 경우, 해당 공간객체의 면적 산출기준은 커튼월 객체의 중심선으로 적용되어야 하며, 경계객체의 유형이 벽체이지만 칸막이벽이 아닌 영구벽체일 경우 안쪽 마감선을 기준으로 면적이 산출되어야 한다. 또한, 국제 표준으로 제공되고 있는 ISO 9836:2011 문서에서는 총바닥면적, 내면적, 가용면적, 구조체면적, 건축면적으로 공간요소를 정의하며 기준을 제시하고 있다[13].

2.2 IFC기반 공간정보의 구성

현재 국내에서 널리 사용되고 있는 BIM 기반 3D-CAD (Computer Aided Design) 소프트웨어는 Revit과 Archi-CAD가 있다. 이는 설계단계에서부터 건축물에 대한 객체정보를 생성 및 관리하는데 최적화된 도구로, 이러한 BIM기반 3D-CAD 소프트웨어를 통하여 공간정보를 생성할 때에는 경계객체 (Space boundary)의 가이드라인 (Guide Line)을 기준으로 공간정보를 생성하는 유형과, 경계객체의 안쪽 마감선 (inner-edge)을 기준으로 공간정보를 생성하는 유형, 그리고 사용자가 임의로 공간의 경계선을 생성 (User-defined)하는 세 가지 유형으로 구분될 수 있다. 하지만, BIM기반 3D-CAD 소프트웨어를 활용하여 공간객체를 생성한 뒤, 건물 모델파일에 대한 국제 표준 파일 포맷인 IFC 기반의 파일로 출력하게 되면, 사용자가 위의 세 가지 유형 중 어느 방법으로 모델링을 하더라도 객체간의 충돌을 피하기 위하여 모든 공간객체에 대한 형상정보가 공간의 경계 객체의 안쪽 마감선으로 표현되어, 모두 동일한 유형의 형상정보를 갖게 된다. 예를 들어, 경계 객체의 안쪽 마감선 기준으로 생성된 공간의 면적은 실제 45.59m²이며, 중심선 기준의 공간 면적은 실제 50m²이지만, 형상정보를 구성하는 좌표 값은 모두 동일하게 안쪽 마감선을 기준으로 형성되는 형상정보의 좌표 값을 갖게 된다.

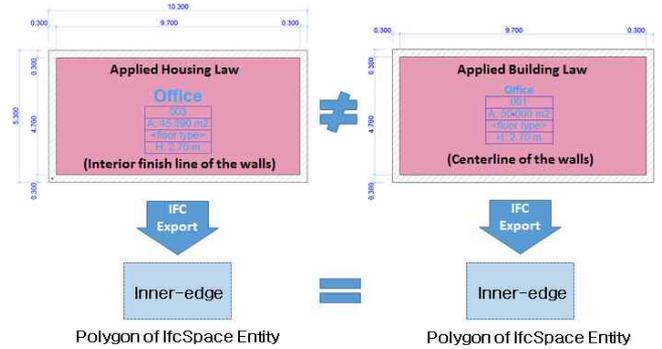


Figure 1. Polygons of the space object in IFC

한편, IFC로 출력된 공간객체는 IFC 2x3 스키마 [14]를 기반으로 IfcSpace 엔티티에 포함된다. IfcSpace는 해당 공간객체의 식별코드 (GlobalID), 작성자 (OwnerHistory), 이름 (Name), 설명 (Description), 유형 (ObjectType), 위치정보 (ObjectPlacement), 형상정보 (Representation), 구체적인 이름 (LongName), 구성 유형 (CompositionType), 사전정의된 유형 (Predefined Type), 높이 (ElevationWithFlooring)등의 속성정보들을 포함하고 있다. 여기서 형상정보를 표현하는 데이터는 IfcCartesianPoint 엔티티로 표현되는 상대좌표계의 X축과 Y축으로 구성된 평면상의 좌표 값으로 표현된다.

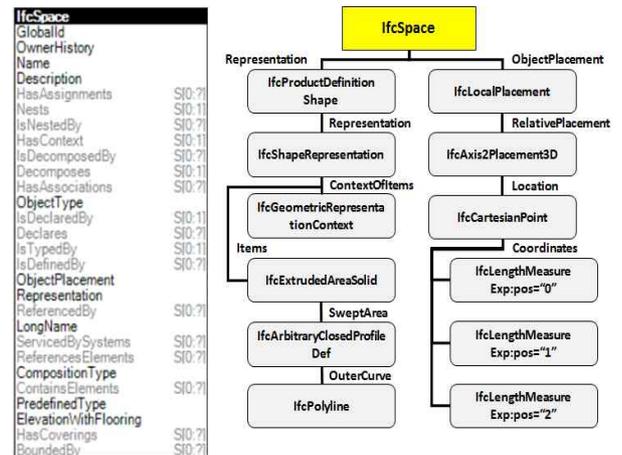


Figure 2. Properties of IfcSpace entity in IFC

이에 따라 BIM기반 공간객체 정보를 다양한 엔지니어링 분석과정에 활용한 연구가 수행되었다. Yeom[15]는 실내공간인지를 위해 IFC기반 공간객체정보를 추론과정을 통하여 확장시켜 추가적인 공간정보를 획득할 수 있는

플랫폼을 제안하였다. Kim et al.[8]는 건축물 에너지 부하량 분석과정에서 IFC기반 형상정보를 자동으로 추출하여 직접적으로 활용하기 위한 자동화 방안을 제시하였다. 또한, Lee et al.[16]은 BIM기반 공간객체를 활용하여 미국 법원에 대한 공간유형에 추가적인 속성정보를 자동으로 관리할 수 있는 시스템을 개발하였다. 그리고 Sanguinetti et al.[17]은 BIM기반 설계 검토를 위한 시스템을 제안하면서 인접한 공간 유형에 따른 공간객체의 설계검토 내용을 포함시켰다.

3. IFC기반 공간형상 좌표 변환 자동화

3.1 개요

본 연구에서 제안하는 IFC기반 공간형상정보의 좌표변환 자동화를 위하여, 국내에서 적용되고 있는 두 가지 공간면적산정기준에 따라 IFC기반 공간객체의 형상정보 좌표값을 변환하는지의 여부를 결정하게 된다. 여기서, IFC기반 건물 모델파일에 포함되어 있는 해당 프로젝트에 대한 정보와 함께 IfcSpace 엔티티에 포함되어 있는 공간객체에 대한 정보를 직접적으로 활용하여 해당 공간객체에 대한 유형정보를 생성하고, 이에 따라 적절한 면적산정기준을 자동으로 설정 할 수 있다. 이후, 설정된 공간면적산정기준에 따라 주택법 기준의 산정방법에는 기존의 IFC기반 공간객체에 포함된 형상정보의 좌표 값에 의하여 면적 정보가 산출되고, 건축법 기준에 따라서는 경계객체의 중심선간 교점을 자동으로 생성하여, 생성된 좌표 값을 기존의 형상정보 좌표 값에 치환하여 면적정보를 산출하게 된다. 다음 Figure 3은 자동화 알고리즘을 기반으로 공간형상정보의 좌표 값을 자동으로 변환하는 과정이다.

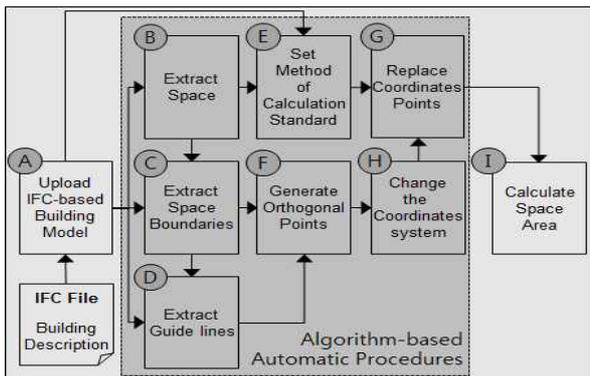


Figure 3. Automatic conversion of space representation

A는 IFC파일 입력과정으로 BIM기반 3D-CAD 소프트웨어에서 출력된 IFC기반 건물 모델파일을 공간면적산출 자동화를 위하여 입력한다. 여기서 입력된 IFC기반 건물 모델파일에 포함되어 있는 정보들은 B 공간정보 추출, C 경계객체 추출, D 가이드라인 추출과정에서 참조된다. B는 공간정보를 자동으로 추출하는 과정으로, 미리 정의된 추출 알고리즘에 따라 A에서 입력된 IFC기반 설계정보에 포함되어 있는 공간정보를 자동으로 검색하여 추출 한다 (자동추출 알고리즘은 3.2절을 참조). 여기서 추출된 공간 정보는 공간의 유형과 위치정보 및 형상정보가 포함되며, 이는 C 경계객체 추출과정과 E 공간면적산정기준 설정과정에 참조된다. C는 경계객체를 IFC파일에서 자동으로 검색하여 추출하는 과정으로, B에서 추출된 해당 공간의 경계를 구성하고 있는 객체들을 검색 및 추출 한다 (자동추출을 위한 알고리즘은 3.3절을 참조). 여기서 추출된 경계 객체정보는 객체의 유형과 위치정보 및 형상정보가 포함되며, 이는 D 가이드라인 추출과정과 F 경계객체의 교점 생성과정에서 참조된다. D는 경계객체의 가이드라인을 자동으로 추출하는 과정으로, C에서 검색된 경계 객체에 대한 가이드라인에 대한 위치정보 및 형상정보를 추출 한다 (자동추출을 위한 알고리즘은 3.4절을 참조). 여기서 추출된 가이드라인의 형상정보는 상대좌표계의 평면상 시작점과 끝점에 대한 좌표 값으로 표현된다. E는 면적산정기준을 자동으로 설정하는 과정으로, 추출된 공간객체에 대하여 해당 공간의 유형과 이름 및 해당 건물의 용도 및 유형 등을 기준으로 경계객체의 중심선을 기준으로 면적을 산출할지, 경계객체의 안쪽 마감선을 기준으로 면적을 산출할지를 추론과정을 통하여 자동 산정 한다 (자동산정을 위한 알고리즘은 3.5절을 참조). F는 경계객체간의 교점좌표를 생성하는 과정으로, C과정을 통하여 검색된 경계객체 간 관계를 기준으로 해당 경계객체의 가이드라인 간 교점좌표를 자동으로 산출한다. G는 공간형상정보의 좌표 값을 자동으로 치환하는 과정으로, E에서 설정된 기준에 따라 해당 공간객체의 유형이 건축법을 기준으로 면적산정이 되는 경우, 해당 공간객체 형상정보의 좌표 값을 F에서 생성된 경계객체간 교점좌표 값으로 치환 한다 (형상정보 좌표 값 치환 자동화 알고리즘은 3.7절을 참조). H는 상대좌표 값을 절대좌표 값으로 변환하는 과정으로, 추출 및 생성된 좌표 값들에 대하여 G에서 좌표 값 치환이 가능할 수 있도록 동일한 좌표계를 적용하기 위하여 객체별 상

대좌표계를 절대좌표계로 표준화 한다 (좌표계 변환의 자동화를 위한 알고리즘은 3.6절을 참조). I는 공간면적을 산출하는 과정으로, E에서 설정된 면적산정기준에 따라 해당 공간객체에 대한 면적 값을 형상정보의 좌표 값에 의하여 자동으로 산출한다.

3.2 공간정보의 추출 자동화 알고리즘

IFC기반 공간객체에 대한 정보 추출과정은 해당 공간객체에 대하여 다음의 정보를 자동으로 추출한다. 먼저, IFC기반 건물 모델파일에 포함되어 있는 공간객체의 인식을 위하여 IfcSpace 엔티티의 ID값을 검색하여 추출한다. 그리고 ObjectType 속성정보에 포함되어 있는 공간의 유형 정보를 추출한다. 그리고 Name 속성정보에 포함되어 있는 공간객체의 이름과 Description 속성정보에 포함된 설명글에 대한 정보를 추출한다. 그리고 공간의 형상정보 (Representation)와 위치정보 (ObjectPlacement)에 대한 좌표 값을 추출하고, 공간의 높이정보를 순차적으로 참조된 엔티티에 따라 추출한다. 여기서, 위치정보와 형상정보의 추출은 Figure 2에서 도식화 된 속성정보와 그 참조 엔티티의 관계에 따라 순차적으로 검색하여 추출한다¹⁾. 추출된 공간객체에 대한 정보는 객체정보 데이터베이스에 저장되어, 이후 경계객체검색 및 면적산정기준설정 과정에서 활용된다.

3.3 경계객체정보 추출 자동화 알고리즘

해당 공간객체의 형상정보를 구성하고 있는 경계 객체들의 정보를 추출하기 위해서는, 해당 공간 객체에 대한 IfcSpace 엔티티의 ID를 RelatingSpace 속성정보로 참조하고 있는 IfcRelSpaceBoundary 엔티티를 검색한다. 여기서 검색된 IfcRelSpaceBoundary 엔티티에서 RelatedBuilding Element 속성정보로 참조된 객체의 ID가 해당 공간의 경계를 구성하는 경계객체의 ID로 인식될 수 있다. 이에 따라 해당 ID에 대한 IfcBuildingElement 엔티티를 검색하여, 해당 경계객체 엔티티에 포함되어 있는 ObjectType 속성정보를 확인하면 경계객체의 유형을 확인하여 추출할 수 있다. 여기서 추출된 경계객체에 대한 정보도 객체정보데이터베이스에 저장된다. Figure 5는 경

계객체정보를 자동으로 추출하기 위한 알고리즘을 도식화하여 나타내고 있다.

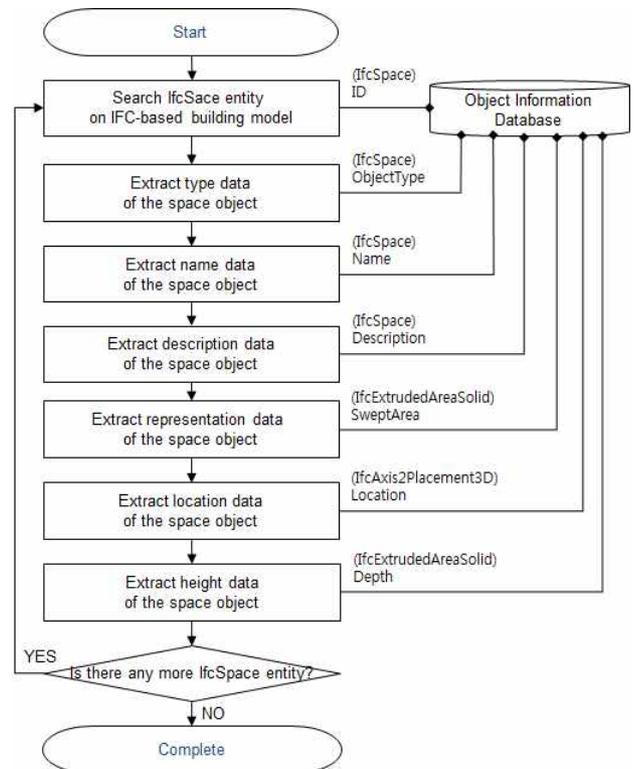


Figure 4. Extraction procedure of space information

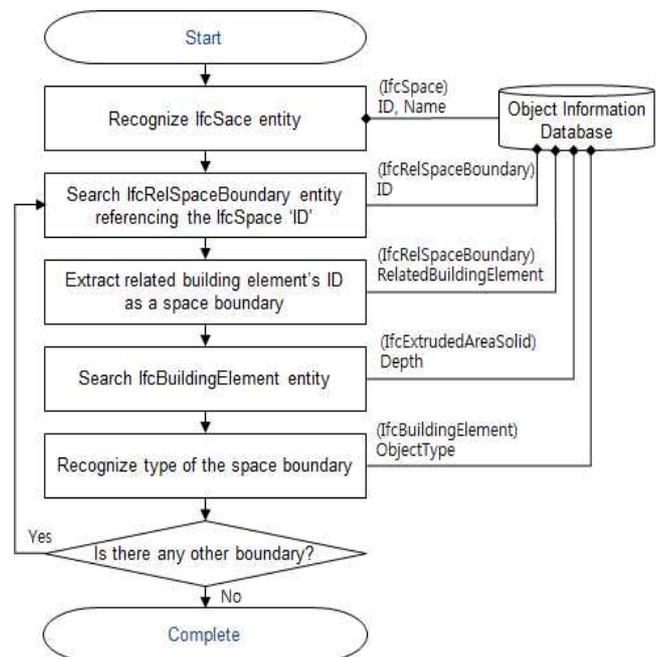


Figure 5. Extraction procedure of space boundaries information

1) IFC파일을 생성하기 위한 BIM기반 3D-CAD에서 제공하는 IFC 변환기 (Translator)에 따라, 정보의 표현방법이 소프트웨어마다 상이할 수 있으며, 본 연구에서는 ArchiCAD에서 생성되는 위치 및 형상 정보를 기준으로 적용함.

3.4 가이드라인 추출 자동화 알고리즘

공간객체를 구성하는 경계객체들이 인식되면, 해당 경계객체들의 형상정보를 의미하는 Representation 속성정보에서 IfcShapeRepresentation exp:pos="0"으로 참조되고 있는 IfcPolyline 엔티티를 해당 경계객체의 모델링 가이드라인으로 인식할 수 있다. 여기에서 IfcPolyline의 시작점과 끝점에 대한 좌표 값을 추출하여 객체정보 데이터베이스에 저장한다. 여기서 경계객체의 가이드라인은 해당 IFC기반 건축물 모델파일을 모델링하는 과정에서 객체의 중심선을 가이드라인으로 모델링 했을 경우, 추출된 가이드라인을 경계객체의 중심선으로 활용할 수 있다. 또한, 본 연구에서는 경계객체의 유형을 벽체로 제한하여 진행하였으므로, 경계객체가 벽체가 아닌 슬라브 또는 기둥과 같은 다른 유형의 건축부재인 경우에는 Representation 속성정보에서 IfcShapeRepresentation exp:pos="0"에 참조된 엔티티가 IfcPolyline 엔티티가 아닌, 다른 형상정보를 표현하기 위한 엔티티가 참조 될 수 있다. Figure 6은 가이드라인 정보를 자동 추출하기 위한 알고리즘을 도식화하여 나타내고 있다.

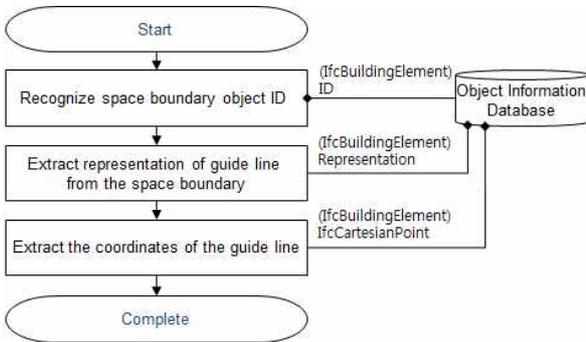


Figure 6. Extraction procedure of guideline information

3.5 면적산정 기준 설정 자동화 알고리즘

공간객체에 대하여 국내에서 적용되는 면적산정기준을 설정하기 위해서는, 용도 지역 유형, 건물의 전체 세대 수, 주택 유형, 사용 유형등의 정보가 조합되어 공간유형 정보를 구성하게 된다. 이를 위하여 IfcSpace 엔티티에 포함되어 있는 Name과 Description 속성정보를 추출하고, 주거 유형의 IfcSpace 엔티티 개수에 대한 데이터를 산출하여 전체 세대수 데이터를 생성한다. 이에 대한 정보를 조합하여 면적산정기준을 설정하기 위한 공간객체 유형을 생성한다. Figure 7은 면적산정 기준 설정 자동화 알고리즘을

도식화하여 나타내고 있다.

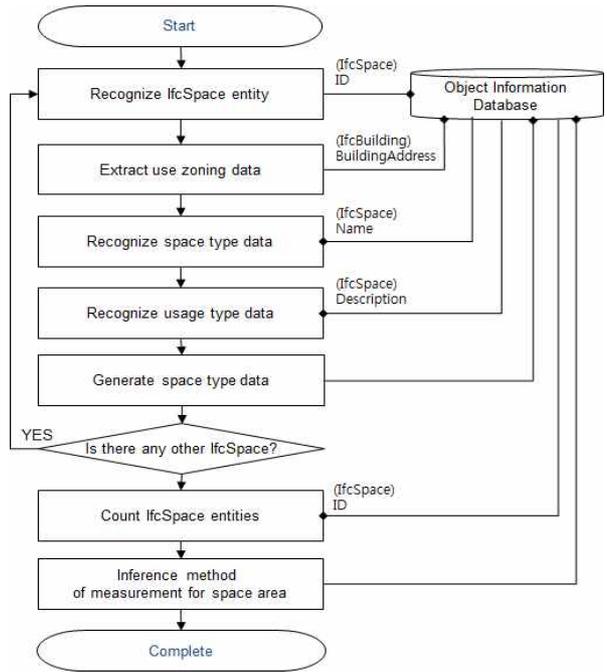


Figure 7. Inference procedure to determine applied law

공간객체별 유형정보를 통하여 조건 추론을 통하여 해당 공간이 주택법 적용 대상인지, 건축법 적용 대상인지를 자동으로 산정할 수 있다. 추론과정은 해당 공간유형에 대한 정보를 기반으로 입력된 정보가 특정 조건에 해당하게 되면 미리 정의해 놓은 규칙에 의하여 결과 값을 제공할 수 있다. 본 연구에서는 용도지역 유형에 대하여 IfcBuilding 엔티티의 BuildingAddress 속성정보에 포함되는 주소 정보를 활용하고, IfcSpace 엔티티에서 추출되는 세대 수, 주택 유형, 사용유형에 대한 정보들을 조합하여, 주택법 적용 대상인지, 건축법 적용 대상인지를 자동으로 추론하여 해당 공간유형에 대한 적절한 기준을 결과 값으로 제공해 주는 추론과정을 구축하였다. Figure 8은 추론과정을 도식화하여 나타내고 있다.

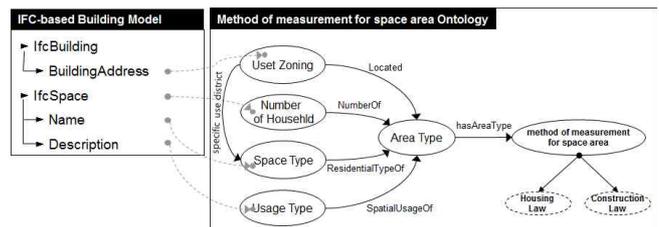


Figure 8. Abstract of the Inference

3.6 좌표계 변환 자동화 알고리즘

IFC기반 건물 모델파일에 포함된 공간객체 및 경계객체에 대한 위치정보와 형상정보로부터 추출된 좌표정보는 해당 좌표의 평행이동 및 치환을 위하여 모두 동일한 절대좌표계로 변환되어야 한다. 여기서 절대좌표계는 해당 건물의 설계정보에서 공통적으로 사용되는 좌표계를 의미하며, 상대좌표계는 각 객체마다 가지고 있는 고유한 좌표계를 의미한다. 상대좌표계의 좌표 회전각은 각 객체의 형상정보 및 위치정보에 포함되어 있는 RefDirection 속성정보의 좌표 값을 상대좌표의 X축으로 인식하여, 이를 기반으로 회전각을 산출한다. 여기서 각 상대좌표 값에 대하여 산출된 회전각을 적용한 절대좌표 값 변환 식은 다음과 같다.

$$X_{absolute} = (X_{local} \times \cos(refDir)) - (Y_{local} \times \sin(refDir))$$

$$Y_{absolute} = (X_{local} \times \sin(refDir)) + (Y_{local} \times \cos(refDir))$$

또한, 변환된 절대좌표 값은 절대좌표계 평면상 원점을 기준으로 회전된 좌표 값을 의미하므로, 해당 객체의 위치 좌표 값에 대하여 평행이동을 해 주어야 정확한 위치의 절대좌표계 상의 위치정보를 산출할 수 있다. 여기서 회전각에 의하여 회전된 절대좌표계의 좌표 값의 기준 위치에 대하여 평행이동거리 값 산출 식은 다음과 같다.

$$Distance = (Coordinates_{absolute}) - (Origin Coordinates_{local})$$

마지막으로, 평행이동거리 값에 대하여 회전된 절대좌표계의 좌표 값을 평행이동 시켜주면, 해당 객체의 절대좌표계 평면상 좌표 값으로 변환된다. Figure 9는 좌표 값의 자동변환 알고리즘을 도식화하여 나타내고 있다.

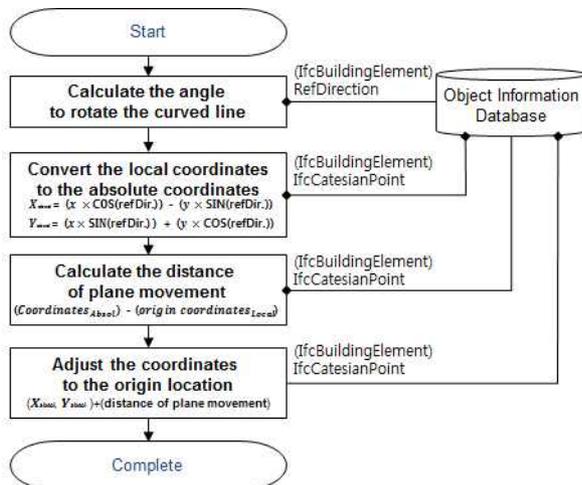


Figure 9. Change the coordinates system procedure

3.7 형상정보의 변환 자동화 알고리즘

공간객체의 형상정보에 대한 좌표를 변환하기 위해서는 해당 공간객체의 유형에 따라 적용되는 면적산정 기준이 건축법인 경우 기존 공간 형상정보의 좌표를 경계객체의 교점으로 대체하여 객체 중심선을 기준으로 구성되는 공간 형상정보의 좌표를 재구성할 수 있다. 여기서 해당 경계 객체의 ID를 참조하고 있는 IfcRelConnectsPathElements 엔티티에 포함된 RelatingConnectionType 속성정보의 값이 “atstart” 또는 “atend”인지를 확인한다. 이후, 해당 속성정보의 속성 값이 atstart인 경우 Relating 객체 기준선의 시작점 좌표 값을, atend인 경우 Relating 객체 기준선의 끝점 좌표 값을 객체간의 교점으로 인식한다. Figure 10은 공간형상정보의 좌표값을 자동으로 치환하기 위한 알고리즘을 도식화하여 나타내고 있다.

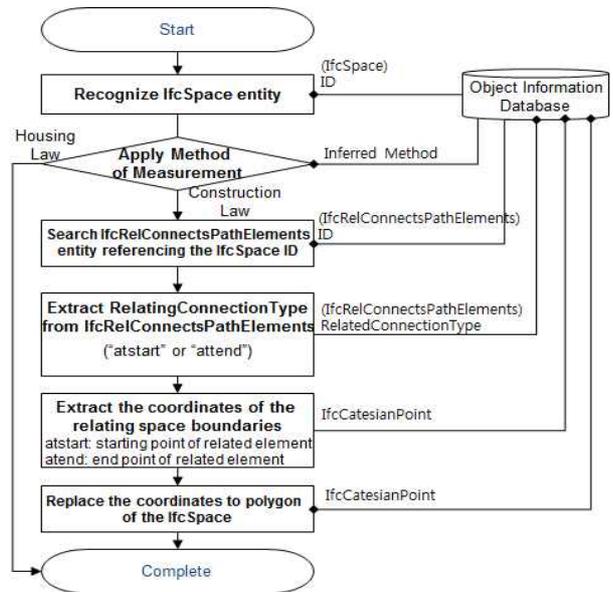


Figure 10. Replace the coordinates procedure

4. 사례연구

IFC기반 공간면적산출 자동화 방안에 대한 검증을 위하여 NIBS (National Institute of Building Sciences)에서 제공되는 일반적인 BIM 모델 파일 (Common BIM file)의 사무용 건물 (office building) 모델 파일²⁾을 본

2) National Institute of Building Sciences, Common Building Information Model Files and Tools, http://www.nibs.org/?page=bsa_commonbimfiles&hhSearchTerms=%22common+and+bim+and+file%22

알고리즘에 적용하여 보았다. 예시 건물 모델 파일은 2개 층으로 구성되어 1층에 60개, 2층에 39개의 공간객체가 포함되어 있는 BIM기반 업무용 건물에 대한 IFC기반 모델 파일이다. 여기에 본 연구에서는 예시건물의 1층에 포함되어 있는 114호의 ‘Open office“ 공간객체에 대하여 본 연구에서 제시하고 있는 IFC기반 형상정보의 변환과정과 면적산출 기준 산정과정을 수행하였다. 예시건물의 1층에 포함된 해당 공간객체의 면적정보는 경계객체의 안쪽 마감선을 기준으로 27.538m²로 구성되어 있다. 본 연구에서 적용된 IFC기반 예시건물 모델의 개요는 다음 Figure 11과 같다.

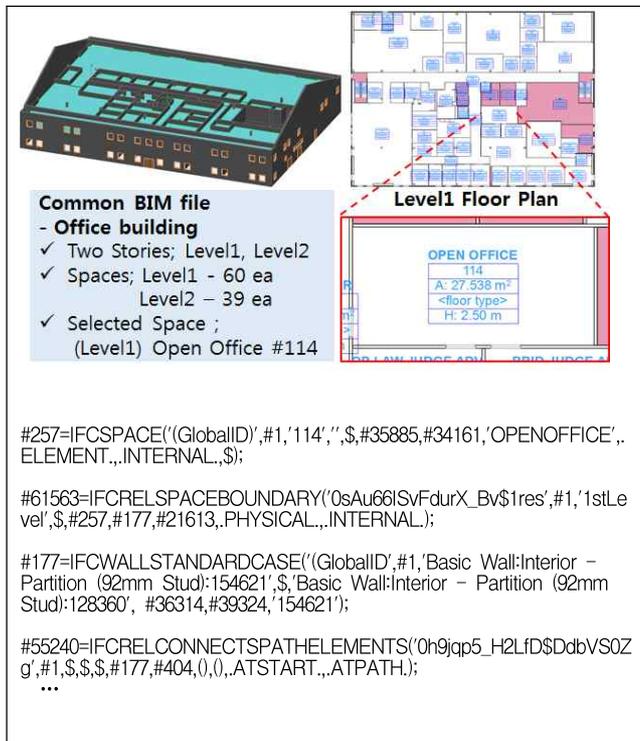


Figure 11. IFC-based sample model

예시 건물에 대하여 출력된 IFC기반 건물 모델파일에서

추출된 공간객체와 경계객체에 대한 정보는 다음 Table 1과 같다. 추출된 공간객체의 형상정보를 구성하는 상대 좌표 값은 경계객체의 안쪽 마감선을 기준으로 생성된 0번부터 4번까지의 5개 좌표 값으로 구성된 것을 알 수 있으며, 경계객체와의 관계를 추출하기 위한 4개의 IfcRelSpaceBoundary 엔티티로부터 해당 공간객체의 경계를 구성하는 4개의 경계객체 엔티티의 아이디와 객체명을 추출할 수 있다.

Table 1. Extracted data of the space and boundaries

(IfcSpace) Polygon Coordinates Order	Local Coordinates (X, Y)	Space Boundaries (IfcWall)
0	(0, 0)	#165=IfcWallStandardCase (Basic Wall:155268)
1	(7470.6, 0)	#404=IfcWallStandardCase (Basic Wall:159073)
2	(7470.6, 3686.175)	#177=IfcWallStandardCase (Basic Wall:154621)
3	(0, 3686.175)	#105=IfcWallStandardCase (Basic Wall:149541)
4	(0, 0)	

여기서, 예시건물의 용도가 주택이 아닌 영업용 건물이며, 세대 수가 300세대가 넘지 않고, 주소지가 강남구 역삼동으로 도시지역/일반상업지역/3종일반주거지역으로 인지되어 해당 공간 객체의 면적산정 기준은 건축법기반의 경계객체 중심선으로 산정하는 것으로 설정된다. 하지만, IFC기반 예시건물 모델파일에서 추출된 공간의 형상 정보 좌표 값은 경계객체의 안쪽 마감선으로 구성되어 있기 때문에, 해당 좌표 값을 경계객체의 중심선 기준으로 변경해 주어야 한다. 본 연구에서 제시하는 알고리즘에 따라, 예시건물에서 추출된 경계객체의 중심선의 상대좌표 값을 절대좌표로 변환한 좌표 값은 다음 Table 3과 같다.

Table 2. Extracted data of IfcRelConnectsPathElements entity

IfcRelConnectsPathElements Entity ID (RelatedConnectionType)	Related Object	Relating Object	Orthogonal Coordinates
#55314 (AtStart)	#165 (Basic Wall:155268)	#105 (Basic Wall:149541)	(26457, -23162)
#55718 (AtEnd)	#404 (Basic Wall:159073)	#165 (Basic Wall:155268)	(34052, -23162)
#55240 (AtStart)	#404 (Basic Wall:159073)	#177 (Basic Wall:154621)	(34052, -19352)
#55683 (AtEnd)	#177 (Basic Wall:154621)	#105 (Basic Wall:149541)	(26457, -19352)

Table 3. Extracted coordinates of the space boundaries

Space Boundaries (IfcWall)	Absolute Coordinates (Start Point)	Absolute Coordinates (End Point)
#165=IfcWallStandardCase (Basic Wall:155268)	(26457, -23162)	(35861, -23162)
#404=IfcWallStandardCase (Basic Wall:159073)	(34052, -19352)	(34052, -23162)
#177=IfcWallStandardCase (Basic Wall:154621)	(35884, -19352)	(26457, -19352)
#105=IfcWallStandardCase (Basic Wall:149541)	(26457, -29975)	(26457, -14418)

해당 경계객체의 중심선으로 구성되는 새로운 공간 형상정보의 좌표 값을 생성하기 위하여, 해당 경계객체의 ID 정보를 Related 속성정보 값으로 참조하고 있는 IfcRel ConnectsPathElements 엔티티를 검색하고, 여기에 포함되어 있는 RelatingConnectionType, Related, Relating 속성정보를 추출하면 다음 Table 2와 같다. 여기서, IfcRelConnectsPathElements 엔티티의 Relating Connection Type 속성정보가 “atstart” 값이면 Related 속성정보에 참조된 경계객체 가이드라인의 시작점에 대한 좌표 값을, “atend” 값이면 Related에 참조된 경계객체 가이드라인의 끝점에 대한 좌표 값을 교점좌표로 인식할 수 있다.

예시모델에서 모델링된 공간객체의 유형이 온톨로지기반 추론과정을 통하여 건축법이 적용되어 공간면적산정기준이 설정되었다고 가정하면, 해당 공간객체의 형상정보 좌표 값은 경계객체 가이드라인의 교점으로 변환되어야 한다. 이에 대하여 상대좌표계로 구성된 교점좌표 및 공간객체의 형상정보에 포함된 상대좌표 값들을 절대좌표계로 일괄 변환한 후, 이를 치환하면 다음 Table 4와 같다.

이에 따라, IFC기반 예시건물 모델파일에 포함되어 있던 공간객체의 면적 값이 약 27.538m²에서 약 28.937m²로 변경되어 적용되는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서 제시되는 공간 형상정보의 변환 알고리즘에 따라, BIM기반 설계가 진행되어 IFC기반 건물 모델파일이 생성되면 해당 건물 모델파일에 포함되어 있는 공간객체에 대하여, 공간정보를 자동으로 추출하고, 건물의 용도 및 유형과 공간객체의 유형에 따라 자동으로 면적산정기준을 설정하여, 이에 따라 공간객체의 형상정보 좌표값을 경계객체의 교점으로 자동 변환시키는 시스템을 개발하면, 해당 업무에서 소요되는 업무량과 일관성 및 정확성을 확보할 수 있다.

Table 4. Replace the coordinates of polygon

(IfcSpace) Polygon Coordinates Order	Absolute Coordinates of polygon	Absolute Orthogonal Coordinates
0	(26519, -23100)	(26457, -23162)
1	(33990, -23100)	(34052, -23162)
2	(33990, -19414)	(34052, -19352)
3	(26519, -19414)	(26457, -19352)
4	(26519, -23100)	(26457, -23162)

5. 결 론

국내의 건설사업에 국가적인 차원에서 제도적으로 BIM 기술 적용 의무화가 단계별로 적용되고 있는 가운데, BIM 정보를 효율적으로 활용하고 응용하는 연구개발이 활발하게 진행되고 있는 실정이다. 이에 따라, 건설사업 단계별 업무에 따라 적용되고 있는 다양한 법규 및 제도적인 기준과 가이드라인이 해당 사업에 대한 여건에 따라 개발되어 적용되고 있으나, 특정 상황에서의 복합적인 기준 및 가이드라인 적용이 업무 담당자에게 많은 혼란을 주고 있다. 특히, 국내 건설사업에 적용되고 있는 공간면적에 대한 기준은 크게 벽체 중심선을 기준으로 산정되는 건축법과 벽체 안쪽 마감선을 기준으로 주택법으로 적용 기준이 이원화되고 있다. 이로 인하여, 공간면적을 산출하는 관련업무의 생산성이 저하되고, 더 나아가 전체 건설사업의 비용 및 공기 증가에 많은 영향을 끼칠 수 있다. 이에 본 연구에서는 BIM기반 건물모델정보에 대한 국제표준파일 포맷인 IFC기반 공간객체 형상정보에 대하여 적절한 면적산정기준을 설정하고, 이에 따라 해당 건설사업 여건에 적절한 공간면적 정보를 산출하기 위한 IFC기반 공간형상정보의 좌표 변환 자동화 알고리즘을 구축하였다. 이를 위하여 현재 적용되고 있는 공간면적산정기준을 조사분석하고, IFC기반 공간객체 및 경계객체의 속성정보를 자동으로 검색하고 추출하기 위한 알고리즘을 구축하였다. 또한, 적절한 면적산정기준에 따라 공간객체의 형상정보 좌표 정보를 자동으로 변환하기 위한 알고리즘을 구축하였다.

본 연구에서 제안하는 IFC기반 공간형상정보 좌표 변환 자동화 알고리즘을 통하여, 학술적으로는 IFC기반 BIM 정보를 특정 목적에 따라 변환 및 가공하는 과정의 자동화 방안을 마련하는데 기여할 수 있으며, 특정 소프트웨어 기반이 아닌 다양한 방법의 응용분야에 IFC기반 객체의 위

치 및 형상정보를 직접적으로 활용할 수 있는 응용연구로 적용될 수 있다. 또한, 특정한 상황에서 적용되는 조건기반 추론과정을 자동화하여, 출력되는 결과물의 일관성 및 정확성을 확보할 수 있다. 실무적인 관점으로는 건설사업에서 다양한 주체로부터 수행되고 있는 BIM기반 건물 모델링 과정에서 IFC기반 표준파일을 통하여 설계정보를 표준화 하여 해당 업무과정에서 발생할 수 있는 작업자의 오류 및 개인 판단의 개입 가능성을 최소화 할 수 있다. 또한, 건설사업의 전체 프로세스에서 IFC기반 설계정보의 활용성을 향상시켜 통합모델을 통한 다양한 엔지니어링 분석과정의 정보 일관성 및 업무 효율성 향상에 기여할 수 있다.

본 연구는 해당 공간객체에 대한 경계객체를 벽체로 가정하여 연구를 진행하였으나, 실제 건설사업에서는 벽체로 구성되는 공간객체와 더불어 커튼월 또는 기둥이나 그 밖에 곡선벽체와 같은 다양한 유형의 경계객체가 적용되고 있어, 이를 고려한 공간객체 형상정보 변환 방안의 추가적인 연구가 요구된다. 또한, 본 연구에서 제시되는 알고리즘을 적용한 실무적 관점에서의 설계업무 지원 도구를 개발하여 실제 업무량의 절감 및 일관성과 정확성의 향상 효과를 검증하는 연구가 요구된다.

요 약

국내외 건설사업에 BIM적용이 활발하게 진행되고 있으며, 이에 따라 국가적 차원에서의 제도 및 기준이 개발되어 BIM기반 건설사업에 적용되고 있다. 하지만, 국내에서 건물에 포함된 공간객체에 대한 면적을 산출하기 위한 기준은 주택법과 건축법으로 이원화 되어 적용되고 있으며, BIM기반 소프트웨어에서 생성된 IFC파일은 적용되는 기준과 상관없이 항상 동일한 공간객체의 형상정보가 생성되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 IFC기반 공간객체 및 경계객체의 속성정보를 활용하여, 적절한 면적산정 기준을 산정하고 이에 따라 해당 공간객체 형상정보의 좌표 값을 자동으로 변환시켜 줄 수 있는 IFC기반 공간형상정보 좌표 변환 자동화 알고리즘을 제안하고자 한다.

키워드 : BIM, IFC, 공간면적, 면적산정기준, 형상정보

Acknowledgement

This research was supported by a grant (14AUDP-C067809-02) from Architecture & Urban Development Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

References

1. Alshawi M, Ingirige B. Web-enabled project management an emerging paradigm in construction. *Automation in Construction*, 2003 Jul;12(4):349-64.
2. Chan APC, Scott D, Chan, APL. Factors affecting the success of a construction project. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2004 Feb;130(1):153-55.
3. Kaner I, Sacks R, Kassian W, Quitt T. Case Studies of BIM Adoption for Precast Concrete Design by Mid-Sized Structural Engineering Firms. *Journal of Information Technology in Construction*, 2008 Jun;13(3):303-23.
4. Schade J, Olofsson T, Schreyer M. Decision-making in a model-based design process. *Construction Management and Economics*, 2011 Jun;29(4):371-82.
5. Bryde D, Broquetas M, Volm JM. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 2013 Oct;31:971-80.
6. Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform). Geneva (Switzerland): ISO/TC 184/SC 4; 2013 Mar. 23 p. Report No.: ISO/PAS 16739:2013.
7. Lee JY, Seo MR, Son BS. A study on the exchange method of building information model between BIM solutions using IFC file format. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 2009 Mar;25(3):29-38.
8. Kim KR, Yu JH. A Method for extracting geometry data from IFC file for building energy load analysis. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 2012 May;28(5):241-48.
9. Sun J, Liu YS, Gao G, Han XG. IFCCompressor: A content-based compression algorithm for optimizing Industry Foundation Classes files. *Automation in Construction*, 2015 Feb;50:1-15.
10. Seong ST, Yang SW. A study on the present condition and the method of calculation standard of the exclusive dwelling area. *Journal of architectural institute of Korea*, 2010 Oct;26(10):139-46.
11. Kim JG, Ryu JR, Choo SY. An analysis on effectiveness of

-
- BIM-based area calculation method for improving quality of Korean apartment housing. *Journal of Korean Housing Association*, 2013 Apr;24(2):45-52.
12. Chamberlain H, Lederer G, Prats L, Jawer M, Kramer T, Hensley E. Standard method for measuring floor area in office buildings [Internet]. Washington DC(DC): Building Owners and Managers Association international; 1996 Jun 1 [updated 1996 Jun 07; cited 2015 May 01]. Available from:<http://facilities.unlv.edu/files/NSHE/BOMA%20floor%20area%20measurement.pdf>
 13. Performance standards in building-definition and calculation of area and space indicators. Geneva (Switzerland): Technical Committee ISO/TC 59, Buildings and civil engineering works, Subcommittee SC 3; 2011 Oct, 26 p. Report No.: ISO9836:2011(E)
 14. Liebich T. IFC 2x edition 3, model implementation guide [Internet]. London(UK): BuildingSMART international Ltd, Modeling Support Group; 2009, 178 p. [updated 2009 May; cited 2015 Feb]. Available from:<http://www.buildingsmart-tech.org/downloads/accompanying-documents/guidelines/IFC2x%20Model%20Implementation%20Guide%20V2-0b.pdf>
 15. Yeom JH. An IFC-based spatial reasoning platform for indoor spatial awareness [master's thesis]. [Suwon (Korea)]: Sungkyunkwan University; 2008, 85 p.
 16. Lee JK, Lee JM, Jeong YS, Sheward H, Sanguinetti P, Abdelmohsen S, Eastman C. Development of space database for automated building design review systems. *Automation in Construction*, 2012 Apr;24:203-12.
 17. Sanguinetti P, Abdelmohsen S, Lee JM, Lee JK, Sheward H, Eastman C. General system architecture for BIM: an integrated approach for design and analysis. *Advanced Engineering Informatics*, 2012 Jan;26(2):317-33.