

# 개방형 BIM 기반 IFC 모델을 이용한 실내공간정보 시각화 도구개발 및 활용방안 연구

## A Study on the Development and Utilization of Indoor Spatial Information Visualization Tool Using the Open BIM based IFC Model

류정림\* · 문선기\*\* · 추승연\*\*\*

Jung Rim Ryu · Son Ki Mun · Seung Yeon Choo

**요약** 2013년 국토교통부는 부가가치와 활용도가 높은 실내공간정보를 국가 핵심 공간정보로 구축 관리하기 위하여 ‘기본공간정보’로 추가 지정하였으며, 이에 전국의 실내공간정보를 구축하고 관리할 수 있는 법률적 근거와 계기가 마련되었다. 하지만 측량/촬영 및 레이저스캐닝을 이용하여 실내공간정보를 구축할 경우 실내공간의 매핑으로 시각적 서비스차원의 활용은 유리하지만 시간적, 인적, 물적 자원의 소비가 크고 속성정보의 입력을 위해 추가적인 정보가공을 필요로 하는 등 유지관리 측면과 국내 AEC/FM 분야 정보의 활용이 제한적이라고 판단된다. 이에 본 연구에서는 개방형 BIM 기반의 IFC 모델을 이용하여 실내공간정보를 추출하고 이를 데이터 시각화 기술과 연계하여 이해와 표현이 쉬운 실내공간정보 시각화 방안을 마련함으로써 실내공간정보의 활용성을 높이고자 하였다. 시각화 도구는 Autodesk사의 Revit 내부 프로그램인 IFC Exporter의 오픈소스를 이용하여 실내공간정보를 추출하였으며 실내공간정보의 시각화를 위해서는 Direct3D Library를 사용하였다. 생성된 실내공간정보 객체는 XML 포맷과 상호호환이 가능하며 시설물 유지관리 분야의 COBie 연계, 항공촬영 혹은 UAV를 활용한 공간데이터베이스 구축, 대규모 군사작전 시뮬레이션, 재해/재난 발생 시 대규모 피난 시뮬레이션 등에 활용될 수 있다. 본 연구에서 제시한 실내공간정보 시각화 방안은 국가의 공간정보정책방향에 부합하고 기존 데이터에서 추출하여 생성함으로써 정보생산의 단계가 간편하다. 또한, IFC 기반의 실내공간정보 객체로서 상호운용성이 높고 정보의 편집이 용이하며 데이터의 경량성 측면에서 우수하다.

**키워드** : 실내공간정보, 데이터 시각화, 개방형 BIM, IFC

**Abstract** MOLIT (Minister of Land, Infrastructure and Transport) authorized Indoor Spatial Information as Basic spatial information in 2013. It became a legal evidence for constructing and managing Indoor Spatial Information. Although it has a little advantage to utilize as service level that Indoor Spatial Information by laser scan or measurement, it has a lot of problems such as consuming many resources, requiring additional progresses for inputting Object Information. In conclusion, it is inefficient to utilize for the maintenance and domestic AEC/FM field. The purposes of this study is to output Indoor Spatial Information by operating IFC model which based on open BIM and to improve availability of Indoor Spatial Information with data visualization. The open-sources of IFC Exporter, a inner program of Revit (Autodesk Inc), is used to output Indoor Spatial Information. Directs 3D Library is also operated to visualize Indoor Spatial Information. It is possible to inter-operate between XML format and the objects of Indoor Spatial Information. It can be utilized in various field as well. For example COBie linkage in facility management, construction of geo-database using air-photogrammetry of UAV (Unmanned Aerial Vehicle), the simulation of large-scale military operations and the simulation of large-scale evacuation. The method that is purposed in this study has outstanding advantages such as conformance with national spatial information policy, high level of interoperability as indoor spatial information objects based on IFC, convenience of editing information, light level of data and simplifying progress of producing information.

**Keywords** : Indoor Spatial Information, Data Visualization, Open BIM, IFC

† This research was supported by a grant(15AUDP-C067809-03) from Architecture & Urban Development Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

\* Jung Rim Ryu, Ph.D Student, School of Architecture, Kyungpook National University. ajaxrim@gmail.com

\*\* Son Ki Mun, Master Planning Div, Engineering Technician, USAG Daegu Directorate of Public Works. sonki.mun1@us.army.mil

\*\*\* Seung Yeon Choo, Associate Professor, School of Architecture, Kyungpook National University. choo@knu.ac.kr (Corresponding Author)

# 1. 서 론

지난 2013년 국토교통부는 부가가치와 활용도가 높은 ‘공간정보입체모형’과 ‘실내공간정보’를 국가 핵심 공간정보로 구축 관리하기 위하여 ‘기본공간정보’로 추가 지정하였다고 밝혔다. 이를 위해 국가공간정보에 관한 법률 시행령을 개정하여 2013년 6월 19일부터 본격 시행하였다. 실내공간정보는 지상 또는 지하에 존재하는 시설물 등 인공구조물의 내부에 관한 공간정보이며 기본공간정보는 여러 공간정보를 통합하고 융·복합하여 다양하게 활용할 수 있는 모든 공간정보의 기본 틀이 되는 국가 기초 인프라로 실내공간정보가 추가 지정됨에 따라 전국의 실내공간정보를 구축하고 관리할 수 있는 법률적 근거와 계기가 마련되었다.<sup>1)</sup> 또한 2014년 1월 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원에서 발표한 “2014년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획”에서는 국토공간정보연구사업의 목적을 공간정보 빅데이터 분석 및 활용, 오픈소스 활용기술 등 관련 기술개발을 통해 국민이 행복한 공간세상을 창조하는데 목적을 두고 2020년까지 재난/재해로부터 안전한 도시환경 조성을 위한 실내의 공간정보구축 및 도시기반시설물 정보구축 기술개발에 초점을 맞추어 주력하고 있는 실정이다[1]. 하지만 현재까지 실내공간정보 구축의 방법은 GIS 기반의 측량 및 레이저스캐닝<sup>2)</sup>을 사용한 방법으로 정보생산에 소요되는 시간이 길고 인적, 물적 자원의 투입이 다소 큰 편이다. 또한 속성정보가 없는 단순한 3차원 객체에 실제 촬영한 사진을 매핑하는 수준으로 개구부의 개폐나 객체 스스로 공간을 정의하지 못한다. 이에 본 연구에서는 실내공간정보 구축의 중요성을 인지하여 개방형 BIM<sup>3)</sup> 기반의 실내공간정보의 추출 방안을 모

- 1) ‘공간정보 입체모형’, ‘실내공간정보’ 국가핵심 공간정보로 거듭난다!!, 스페셜이슈, NSDI웹진, 국토교통부 공간 In블로그, 2013(2)의 내용을 참고하여 작성함.
- 2) 레이저스캐닝: 컴퓨터에 3D모형을 재현하는 외곽선들을 만드는 물리적 모형의 표면을 따라 스캔하는 레이저 장비를 이용한 입체 스캔기술으로써 사물이나 특정 제품 등을 3D 컴퓨터 그래픽으로 모델링하는 것이 아니라 스캐너를 활용하여 물체의 외곽선의 좌표값을 추출하여, 닙스 또는 폴리곤, 패치 형식으로 데이터를 얻을 때 사용함.
- 3) 개방형 BIM (Open Building Information Modeling): BIG-BIM이라고도 불리는 개방형 BIM은 통합프로젝트발주방식-IPD (Integrated Project Delivery)의 필요성으로 대두되었음. 개방형 BIM은 건축물 및 시설물의 전생애주기 동안 생산 및 사용되는 모든 정보를 구축, 관리, 활용하는 기술 및 이를 포함하는 환경으로 일정한 S/W에 의존하지 않고(특정 S/W에 국한된 협업 환경의 BIM을 SMALL-BIM 이라고 함.) 국제표준 중립포맷인 IFC를 사용하여

색하고 이를 시각화하기 위한 도구를 설계 및 구현하였다. 또한 실내공간정보의 높은 활용을 위해 건축정보의 표준모델인 IFC<sup>4)</sup>를 이용하여 상호운용성을 확보하고자 하였다. 이는 국토교통부의 기본공간정보 중 공간정보입체모형<sup>5)</sup>과도 부합한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 실내공간정보 시각화의 필요성<sup>6)</sup>

데이터 시각화<sup>7)</sup> 기술은 정보는 권력이라고 말하기도 과언이 아닌 오늘날, 넘쳐나는 수많은 정보 중 용도에 적합한 정보들을 효율적으로 찾아내고 이러한 정보를 도표와 그래프 등의 시각화를 통해 직관적으로 표현하여 연구, 보고서, 다양한 서류 등 다양한 매체에서 이해하기 쉽도록 표현해주는 역할을 한다. 또한 네트워크의 확산으로 규모를 가늠하기 힘들 정도의 많은 데이터가 생산되는 빅데이터(Big Data)<sup>8)</sup>환경이 도래하였으며 각 산업분야에서 쏟아지는 방대하고 복잡하고 전문적인 정보들을 기존의 단순한 구조방식으로 는 효율적인 정보 분석이 불가능하다. 이를 해결하기 위한 방법으로 주목받고 있는 것이 바로 데이터 시각

AEC/FM 분야(분야에서 상용되는 S/W를 포함)간 명확한 목표달성을 위한 상호운용성을 증진 및 효율적인 협업지원에 목적이 있음.

- 4) IFC (Industry Foundation Classes): AEC/FM 분야의 상호운용성을 위해 빌딩스마트에 의해 개발된 객체 기반 중립 플랫폼, ISO 16739 (2013).
- 5) 공간정보입체모형: 국토교통부의 보도자료 ‘공간정보입체모형, 실내공간정보 국가핵심 공간정보로 거듭난다!!’에 따르면 공간정보입체모형을 지상에 존재하는 인공적인 객체의 외형에 관한 위치정보를 현실과 유사하게 입체적으로 표현한 정보(3차원 공간정보)로 정의하고 있으며 실내공간정보는 지상 또는 지하에 존재하는 건물 등 인공구조물의 내부에 관한 공간정보로 정의하고 있다. 하지만 공간정보의 구축방안과 구체적인 정보생성방법에 대해서는 정하고 있지 않음(2013.6.5.).
- 6) 2.1절의 내용에 포함된 시각화 기술에 대한 서술은 특허청 디자인맵(www.designmap.or.kr)에 게시된 글을 재구성 및 참고하여 작성함.
- 7) 데이터 시각화: 정보의 홍수환경에서 수많은 데이터를 시각적으로 표현하는 방식으로 접근하기 어렵고 이해하기 힘든 정보들을 알아보기 쉽도록 도와주는 역할을 함. 데이터 시각화는 그 역사가 짧기 때문에 의미와 역할, 정의가 다양한 분야에서 조금씩 다르게 나타나고 있으며 대중적인 시각에서 정보 시각화, 과학적 시각화, 인포그래픽으로 분류할 수 있음.
- 8) 빅데이터(Big Data): 기존 데이터베이스 관리도구의 데이터 수집, 저장, 관리, 분석의 역량을 넘어서는 대량의 데이터 세트으로써 선형적인 방식으로 시각화 등이 어려운 정형 또는 비정형 데이터 세트라 할 수 있음.

Table 1. Utilizations and Study Results for Visualization of the Indoor Spatial Information

	Specialist Utilization	Public Utilization
Utilizing Field Samples	High technology convergence [Evacuation simulation, Massive movement simulation (military training), Fire-fighting procedure, Database construction with aerial photograph, Big data, Augmented reality, Sensor, etc.]	Navigation function and decision making through indoor spatial 3D mapping service, Information linking function, Remote sensing of underground space, Utilization for private safety/crime prevention/facility management system
Study Results	Utilizing IFC information in accord to national policy, Capability of data production without 3D scanners, Interoperability with CityGML and landXML by IFC based indoor spatial information	Visualizing intuitive 3D object, Visualizing position of entrance and opening direction of door, Understandable IFC based indoor spatial information due to the similarity with real facility
	Common aspect : Outstanding data lightweightness	

화 기술이다. 지난 2014년 세계미래학회에서는 컨퍼런스 세션 중 하나를 Visualizing Future 세션으로 진행할 만큼 시각화 연구에 대한 관심이 고조되고 있다. 과거 당연한 것으로 생각하거나 SF (Science Fiction)로 분류되던 시각화 기술은 더 이상 Fiction이 아니라 Fact가 되었다. 1998년 ‘에너미 오브 스테이트’라는 영화에서는 NSA(영화 속 가상의 기관)가 인공위성과 3차원의 실내공간정보 데이터베이스를 이용하여 한 사람을 추적하고 감시하는 장면이 등장한다. 영화에서 보여주는 3차원의 실내공간정보는 누구나 이해할 수 있으며 쉽게 보여 진다. 영화가 개봉한지 20년도 지나지 않았지만 실내공간정보의 구축에 있어 기술적인 구현은 충분한 상태이다. 디자이너이자 미래학자인 게리 스캇(Gray Scott)<sup>9)</sup>은 자신의 작품 유토피아를 공개했을 때 사람들이 미래의 핵전쟁 이후에 남겨진 폐허 같다는 반응을 접하고 시각정보를 전달함에 있어 일반적인 사람들의 심리를 고려가 중요하다는 것을 깨달았다고 한다. 이 같은 흐름은 실내공간정보 시각화에 있어서도 전문가의 입장에서 어려운 표현방식을 다양하고 3차원의 직관적인 표현방식을 이용하여 누구

9) 게리 스캇(Gray Scott): 미국의 미래학자, 테크노 철학자, 스피커, 작가 및 예술가로 세계미래학회의 미래의 기술, 심리학, 데이터 시각화에 대한 연설사제가 있음.

나 이해하기 쉽고 접근이 용이하도록 실내공간정보 시각화 방안이 필요하다는 것을 의미한다. 또한 실내공간정보의 시각화는 Table 1과 같이 전문적 측면과 대중적 측면의 니즈를 만족시킬 수 있기 때문에 반드시 필요하다고 판단된다.

## 2.2 실내공간정보 구축 선행기술 고찰

실내공간정보를 구축하기 위한 방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 실제의 공간에서 측량 및 촬영, 레이저스캔을 활용하여 직접 공간객체를 생성하는 방법이며 두 번째는 건축물 및 시설물의 3차원 데이터를 기반으로 필요한 정보를 추출하여 공간객체를 정의하는 방법이다. 직접 공간정보를 생성하는 방법은 시간적, 물적, 인적자원을 많이 필요로 한다는 단점에 비해 구축된 실내공간정보의 정확성이 높고 실제로 촬영한 사진을 매핑하여 실물과 흡사한 3차원 환경을 구현할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 실내에서는 GPS를 이용하여 좌표를 획득할 수 없으며 건물 내 상대좌표를 외부와 연계하여 생성한 절대좌표 기반의 실내공간정보는 공간에 대한 속성을 입력하기 위해 추가적인 정보의 가공이 불가피하다. 향후 실내공간정보 기반의 시설물 유지관리나 COBie<sup>10)</sup>연계에 있어 적합하지 않은 방법으로 판단되며 실제로 촬영한 사진을 매핑하는 방법을 건축물 및 시설물의 3차원 데이터를 기반으로 정보를 추출하는 방법에 접목하면 효과적일 것으로 판단된다. 두 번째 방법은 선행연구인 ‘공간자료 구축을 위한 BIM/GIS 표준정보 기반 건축도시통합모델의 개발에 관한 기초연구’[1]에서 소개된 방법<sup>11)</sup>을 대표적인 예로 설명할 수 있겠다. 이 같은 방법은 현존하는 시설물을 다시 컴퓨터상의 3차원 모델링 과정을 거쳐야 한다는 불편함이 발생하지만 첫 번째 방법에 비해 시간적, 인적, 물적으로 투입되는 자원을 절약할 수 있다. 또한, 국토교통과학기술진흥원의 ‘건축설계품질 혁신을 위한 개방형 BIM 기반 기술 환경 구축’ 사업에 따르면 국토교통부는 건축 인허가시 사용되는 2차원의 세움터 시스템을 개방형

10) COBie (Construction Operation Building Exchange): 시설물의 정보교환을 위한 국제표준 포맷으로 설계, 시공 완료 후 시설물의 자산정보를 오픈포맷(XML등)으로 제공함.

11) 선행연구에서는 Autodesk사의 Revit을 BIM 소프트웨어로 사용, Revit에서 기본적으로 제공되는 3D모델을 사용하여 IFC XML 파일을 출력하여 Rhinoc과 실시간으로 연동되는 그래픽기반 알고리즘 툴인 Grasshopper를 이용하여 실내공간정보를 추출하였으나 기초적인 단계의 실험으로 한계가 있음[1].

BIM 기반의 3차원 세움터로 교체하기 위해 R&D 사업을 추진 중이다. 이 같은 계획은 국토교통부가 2016년을 시작으로 BIM 데이터의 납품을 단계적으로 확대 적용하여 최종적으로 건축인허가시 IFC 모델을 사용하겠다는 것을 의미한다. 이처럼 미래지향적 관점에서 실내공간정보 구축의 방법 또한 IFC 모델에서 추출하는 정보를 바탕으로 GIS 및 GPS, 측량, 촬영 등의 방법과 연계되어야 할 것이다.

### 2.3 연구의 목표 설정

국토교통부가 ‘실내공간정보’를 ‘기본공간정보’로 추가 지정하면서 실내공간정보를 구축하고 관리할 수 있는 법적 근거가 마련되었다. 하지만 측량 및 레이저 스캐닝 기반의 실내공간정보는 서비스적인 차원의 활용은 유리하지만 인적, 물적 자원의 소비가 크고 속성 정보의 입력을 위해 추가적인 정보가공을 필요로 하는 등 유지관리 측면과 국내 AEC/FM 분야의 활용에 있어 비효율적이다. 이에 본 연구는 실내공간정보 시각화 방안을 제시하기 위해 다음과 같은 목표를 설정하였다. 첫째, 실내공간정보의 전문적인 측면(분석)과 대중적인 측면(서비스)의 요구를 만족시킬 수 있는 데이터 시각화 방안을 마련하여 활용성을 높인다. 둘째, 데이터의 생성이 간편하고 정보의 편집이 용이할 수 있는 시각화 방안을 마련한다. 셋째, 3차원 실내공간정보 객체의 상호운용성을 확보하고 실내공간정보 데이터를 경량화 한다.

## 3. 실내공간정보 시각화 도구 설계

본 연구에서는 IFC 기반의 실내공간정보를 추출하는 모듈과 추출된 실내공간정보 객체를 시각화 할 수 있는 IFC 시각화 모듈을 국내 점유율이 가장 높고 관련 선행연구에서도 가장 사용빈도가 높은 Autodesk사의 BIM 툴인 Revit<sup>12)</sup>을 사용하여 개발하였다. Revit은 닷넷 프레임워크(.NET framework)<sup>13)</sup> 기반의 API<sup>14)</sup>를

제공한다. Revit의 .NET API는 VB.NET, C#<sup>15)</sup>, Managed C++<sup>16)</sup>와 같은 .NET 기반의 언어를 이용해서 개발이 가능하다. Revit은 매년 새로운 버전으로 프로그램이 업데이트 되며 Revit 플러그인의 경우 프로그램의 개발을 위한 API가 버전의 갱신에 따라 객체 클래스의 구조와 속성 등이 크게 변경된다. 본 연구에서는 Revit Architecture 2014 버전을 사용하여 실내공간정보 추출 모듈을 개발하였으며 개발언어는 C#을 이용하였다. IFC 뷰어는 Stand-Alone Application<sup>17)</sup>으로 C#과 Open Cascade<sup>18)</sup>를 이용하여 개발하였다. 시스템의 개발 환경은 다음과 같다.

- Microsoft Visual Studio 2010
- Microsoft .NET Framework 4.0. 기반
- Autodesk Revit Architecture 2014
- Open Cascade Library
- Microsoft Direct 3D<sup>19)</sup> API

IFC는 1994년 개발이 시작되어 현재 IFC4x1 버전이 나온 상태이다. IFC 릴리즈 1.0은 전 생명 주기 동안의 AEC/FM 프로젝트에 사용되는 분산된 프로젝트 모델의 정의를 가지고 있다. 초기의 릴리즈는 Architectural Design, HVAC Engineering Design, Facilities Management, 그리고 Cost Estimating 안에서의 프로세스를 지원하는 모델을 포함하고 있으나, 프로젝트 모델 범위 중 일부만만을 표현하고 있어 초기 릴리즈에 대한 보완 사항이 요구되었다. 따라서, 릴리즈 2.0부터는 IFC Object Model의 도메인 범위를 확장하고, 건축, 견적, FM, 설비, 법규 등 도메인 프로세스를 포함하였다. 릴

---

기능을 제어할 수 있게 만든 인터페이스를 뜻함. 주로 파일 제어, 창 제어, 화상 처리, 문자 제어 등을 위한 인터페이스를 제공함.

12) Revit: Autodesk사의 BIM 툴, 건축가, 구조 엔지니어, MEP 엔지니어, 디자이너, 계약자에 대한 정보 3D모델링 소프트웨어로 BIM 툴 중 국내 점유율이 가장 높음.  
 13) .NET framework: Microsoft사는 2000년 6월에 인터넷과 각종 프로그램을 유기적으로 연결해 최대 성능을 내는 소프트웨어 개발과 웹서비스를 위한 닷넷(.NET) 전략을 수립, 닷넷 전략을 실현하기 위해 만든 개발자 플랫폼을 닷넷 프레임워크라 함.  
 14) API (Application Programming Interface, 응용 프로그램 프로그래밍 인터페이스): 응용 프로그램에서 사용할 수 있도록, 운영 체제나 프로그래밍 언어가 제공하는

기능을 제어할 수 있게 만든 인터페이스를 뜻함. 주로 파일 제어, 창 제어, 화상 처리, 문자 제어 등을 위한 인터페이스를 제공함.  
 15) C#: Microsoft사에서 개발한 객체 지향 프로그래밍 언어, 닷넷 프레임워크의 한 부분으로 만들었으며 후에 ECMA (ECMA-334)와 ISO (ISO/IEC/23270)의 표준으로 등록, JAVA와 비슷한 문법을 가지고 있음.  
 16) C++: AT&T 벨 연구소의 비야네 스트롭스트롭이 1983년 발표하여 발전한 프로그래밍 언어, C 언어의 문법을 대부분 사용할 수 있음.  
 17) Stand-Alone Application: 다른 어떤 장치의 도움도 필요 없이 그것만으로 완비된 소프트웨어, OS만 설치되어 있으면 독립적으로 프로그램을 사용할 수 있음.  
 18) Open Cascade: 3차원의 CAD/CAM의 개발을 위한 Library로 솔리드 연산 등을 위한 모듈이 포함되어 있으며 소스가 공개되어 있음.  
 19) Direct 3D: Microsoft사의 DirectX API에서 3차원 그래픽 연산과 출력을 담당하는 부분, Windows OS에서만 작동하며, 게임 그래픽 API로 사용됨.

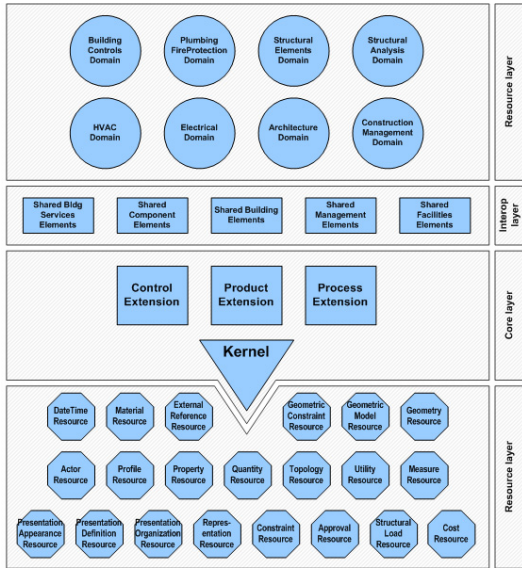


Figure 1. IFC4x1 [Final Standard] Data Schema Architecture with Conceptual Layers

리츠 2.X 부터는 안정된(Stable) Core를 제공하며, 확장된 개발을 위한 플랫폼(Platform)을 제공하여, IFC 릴리즈 2.0 모델의 범위를 유지하면서 모델의 품질(Quality)을 향상시키고 있다. 이로 인해 개발자들에게 Core 개발로 인한 투자 가치를 높일 수 있으며, 사용자들에게는 정보의 사용에 있어 좀 더 최상의 장점을 얻을 수 있게 한다. 현재는 릴리즈 2.X 버전을 대폭 발전시킨 IFC4의 개발이 끝났으며 IFC4x1<sup>20)</sup>의 개선이 진행되고 있다.<sup>21)</sup>

### 3.1 실내공간정보 추출 자동화 모듈 설계

Revit 모델로부터 실내공간정보를 정의하기 위해 필요한 공간과 출입구 객체를 IFC 파일로 출력하기 위한 모듈을 개발하였다. 창문과 문 등의 개구부의 표현은 실내공간정보를 정의함에 있어 구축된 실내공간정보의 활용성을 높이기 위해 추가하였다. 개구부의 정보가 있는 실내공간정보는 피난 시물레이션, 군사 전략 시물레이션, 인간행태 시물레이션 등에 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 실내공간정보의 추출 모듈은 Revit에서 IFC 파일을 내보내는 프로그램인 IFC

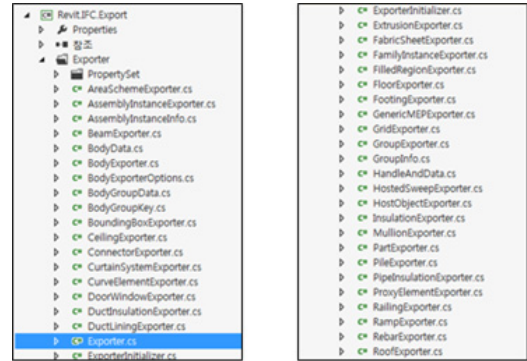


Figure 2. Revit IFC Exporter Class

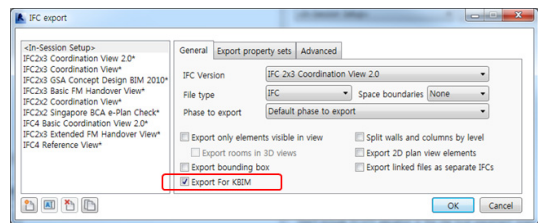


Figure 3. Added IFC Exporter Option

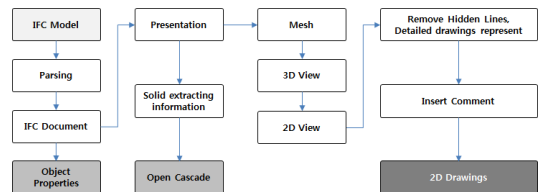


Figure 4. Extract of Indoor Spatial Information

Exporter의 오픈소스를 사용하였다. 오픈소스는 용도에 맞게 자유롭게 변경하여 사용할 수 있다. IFC Exporter는 Figure 2와 같은 클래스를 가지고 있으며, 이 중 Exporter.cs가 전체 내보내기 과정을 관리하는 클래스이며, 여기에서 관련 클래스들을 호출하여 IFC 출력을 진행한다.

공간과 출입구를 제외한 기타 객체에 대한 정보의 출력은 제외시키고 본 연구의 활용 목적에 맞는 객체만 IFC로 출력될 수 있도록 IFC Exporter 모듈을 수정하여 모듈을 개발하였다. IFC Exporter는 Revit의 모든 객체들을 크게 다섯 가지의 그룹으로 구분하여 내보내기 작업이 진행된다. 그 그룹은 공간 객체를 포함하고 있는 SpatialElements와 출입구를 포함하고 있는 NonSpatialElements 그리고 Containers, Grids, Connectors로 구성된다. 본 연구의 개발에서는 SpatialElements와 NonSpatialElements의 경우에만 판단을 하여 공간과

20) IFC4x1 [Final Standard]의 내용은 빌딩스마트의 IFC 페이지를 이용하면 버전별 상세내용을 확인할 수 있음. (<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4x1/html/>)

21) (사)빌딩스마트협회(<http://www.buildingsmart.or.kr/>)의 'IFC-BIM 기술 개요'에 게시된 글을 수정하여 작성함.

Table 2. Source Code According to Function

Indoor Spatial Information Object Export
<pre>protected void ExportSpatialElements(ExporterIFC exporterIFC, Autodesk.Revit.DB.Document document) {     ...     foreach (Element element in spatialElementCollector)     {         if ((element == null)    (exportedSpaces != null &amp;&amp; exportedSpaces.Contains(element.Id)))             continue;         if (ExporterCacheManager.ExportOptionsCache.ExportForKBIM &amp;&amp; !(element is Room))             continue;         if (ElementFilteringUtil.IsRoomInInvalidPhase(element))             continue;         if (sectionBox != null &amp;&amp; !GeometryUtil.BoundingBoxesOverlap(element.get_BoundingBox(null), sectionBox))             continue;         ExportElement(exporterIFC, element);     } }</pre>
Door Export Control
<pre>protected void ExportNonSpatialElements(ExporterIFC exporterIFC, Autodesk.Revit.DB.Document document) {     ...     ElementFilter nonSpatialElementFilter = ElementFilteringUtil.GetNonSpatialElementFilter(document, exporterIFC); otherElementCollector.WherePasses(nonSpatialElementFilter); foreach (Element element in otherElementCollector) {     if (ExporterCacheManager.ExportOptionsCache.ExportForKBIM)     {         if (element.Category != null &amp;&amp; element.Category.Id.IntegerValue == (int)BuiltInCategory.OST_Doors)         {             ExportElement(exporterIFC, element);         }         else         {             ExportElement(exporterIFC, element);         }     } } }</pre>
Etc. Object Export Control
<pre>protected void ExportContainers(ExporterIFC exporterIFC, Autodesk.Revit.DB.Document document) {     if (ExporterCacheManager.ExportOptionsCache.ExportForKBIM)         return;     using (ExporterStateManager.ForceElementExport forceElementExport = new ExporterStateManager.ForceElementExport())     {         ExportCachedRailings(exporterIFC, document);         ExportCachedFabricAreas(exporterIFC, document);         ExportTrusses(exporterIFC, document);         ExportBeamSystems(exporterIFC, document);         ExportAreaSchemes(exporterIFC, document);         ExportZones(exporterIFC, document);     } } protected void ExportGrids(ExporterIFC exporterIFC, Autodesk.Revit.DB.Document document) {     if (ExporterCacheManager.ExportOptionsCache.ExportForKBIM)         return;     // Export the grids     GridExporter.Export(exporterIFC, document); } protected void ExportConnectors(ExporterIFC exporterIFC, Autodesk.Revit.DB.Document document) {     if (ExporterCacheManager.ExportOptionsCache.ExportForKBIM)         return;     ConnectorExporter.Export(exporterIFC); }</pre>

출입구가 출력될 수 있도록 하였다. IFC Exporter의 인터페이스에서 확인하면 Figure 3과 같이 실내공간 정보 추출(KBIM)용 내보내기 옵션이 추가된 것을 볼 수 있다.

본 실내공간정보의 시각화 모듈에서는 공간간의 동선 등을 파악하기 위해서 출력된 IFC에서 공간 정보

와 출입구(문) 정보를 읽어서 2차원 기반의 정보로 표현할 수 있도록 하였다. IFC 모델의 시각화를 위해서 IFC 파일을 파싱하여 개발 프로그램에서 읽을 수 있는 형태로 메모리에 저장을 한다. 3차원 솔리드 정보 연산을 위해서는 Open Cascade Library를 활용하였으며, 3차원 시각화를 위해서는 Direct3D Library를 활용하였다.

IFC 기반 실내 공간정보 추출을 위해 IFC에서 실내 공간정보를 표현하고 있는 주요 요소인 IfcSpace와 IfcDoor를 이용하여 공간의 위치와 형상, 그리고 출입구의 위치와 개방 방향을 정의하였다. 이는 IfcSpace가 실내공간정보의 위치와 체적(모양)을 정의하고 IfcDoor가 공간간의 관계(연결동선)을 정의할 수 있는 최소한의 요소이기 때문이다. 최소한의 정보사용은 데이터 처리 및 가시화 모듈의 연산속도를 높여준다. 또한 IfcDoor가 가지고 있는 출입구의 개방 방향은 피난 및 군사훈련과 같은 동적 시뮬레이션에 반드시 필요한 요소이다. 본 연구에서 개발한 IfcSpace, IfcDoor 정보 추출 모듈은 IFC에 포함되어 있는 IfcSpace와 IfcDoor 객체에서 2D, 3D 정보를 추출하여 필요한 형태의 정보를 사용자에게 보여주는 역할을 한다. 2D 정보는 향후 위치간 최단 경로, 비상 탈출 동선, 범규 검토 등을 위해서 활용될 수 있다. IfcSpace의 형상 정보는 2D 기반의 정보를 포함하고 있는 FootPrint와 3D 정보를 포함하고 있는 Body 정보로 표현된다. 이러한 형상 표현 방식을 모두 수용할 수 있도록 실내공간정보 시각화 도구를 설계하였다. 출입구의 정보는 IfcDoor에서 추출할 수 있으며 개방 방향 등에 대한 정확한 정보를 추출할 수 있어야 한다. 하지만 IfcDoor는 위치 정보와 개방 방향에 대한 정보만 포함하고 있어 상세한 문의 형태와 유형 등을 살펴보기 위해서 IfcDoorStyle 파라미터에서 Profile 리프리젠테이션(representation)을 참고하여야 한다. 이와 함께 FootPrint 리프리젠테이션 식별자를 이용하여 2D 형상을 정확

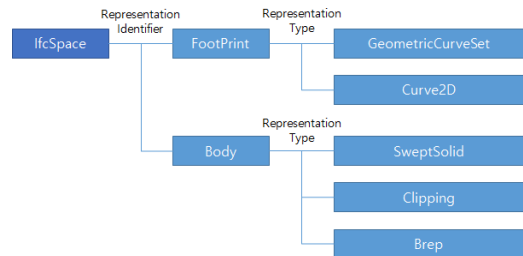


Figure 5. The Information Structure Extracted from IfcSpace



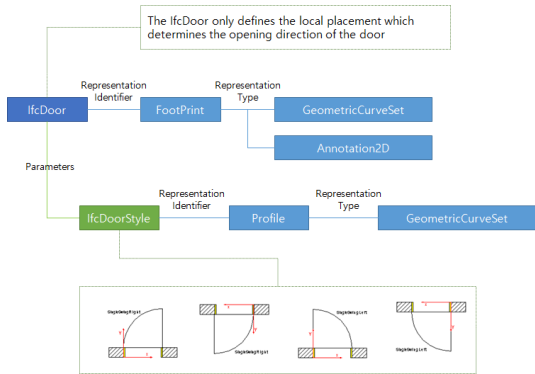


Figure 6. The Information Structure Extracted from IfcDoor

하게 추출할 수 있다. IfcDoor에서 추출하는 정보구조는 Figure 6과 같으며 UML 클래스 다이어그램으로 표현하면 Figure 7과 같다. 추출된 IFC 기반의 실내공간정보는 Figure 8과 같은 시스템 구조에 시각화되어진다. 주요 기능으로 구분하여 보면, IFC 정보의 구조를 시스템화하는 ‘Create IFC Structure’ 모듈, 선택된 IFC 모델의 정보를 시스템으로 읽어 들이는 ‘IFC Parsing’ 모듈, 파싱된 IFC 정보 중 솔리드 연산이 필요한 부분에 대한 연산을 수행하는 ‘Solid Calculation’ 모듈, 그리고 컴퓨터 화면에 정보를 시각화하여 보여주는 ‘Visualization’ 모듈로 구성된다.

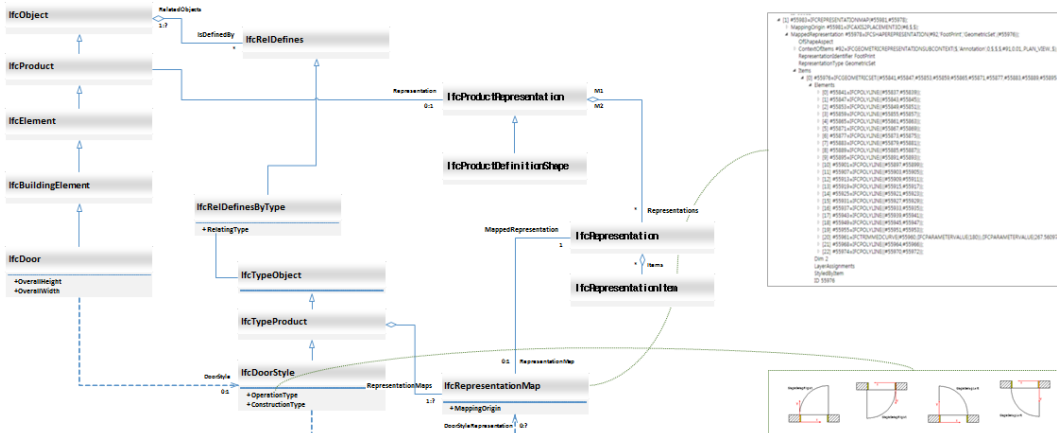


Figure 7. Class Diagram Door UML

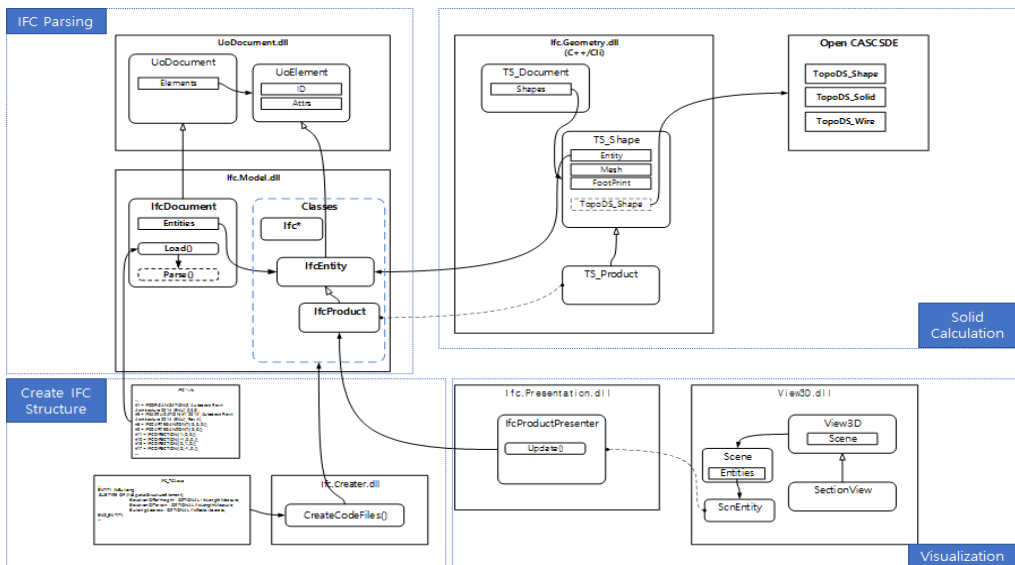


Figure 8. Visualization Structure of IFC

### 3.2 IFC 기반 실내공간정보 시각화 구현

실내공간정보 시각화를 구현하기 위해서 우선 건축물을 ①Revit으로 모델링 하였다. 테스트 모델은 건축물

Table 3. Process of Indoor Spatial Information Visualization


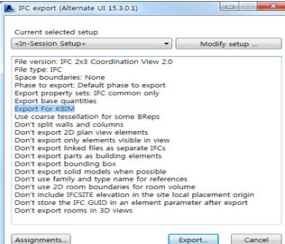
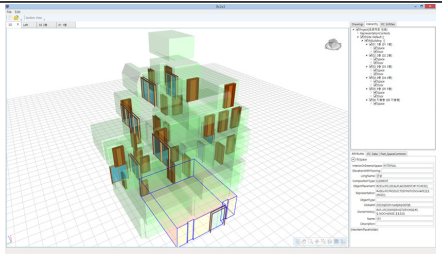
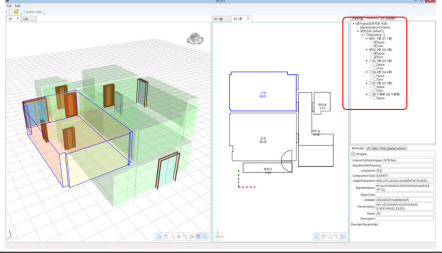
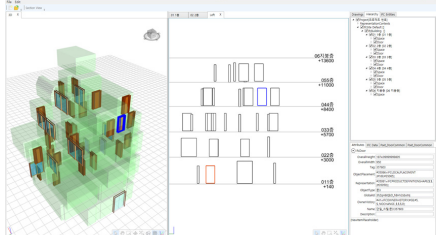
①	
②	

Table 4. Indoor Spatial Information Visualization Tool

③	
④	
⑤	

중에서 가장 큰 비율을 차지하고 있는 근린생활시설 용도의 임의의 건축물로 선정하였으며 Revit은 2014 버전을 사용하였다. 두 번째로 본 연구에서 개발한 ② Revit IFC Exporter 기반의 실내공간정보 추출 자동화 모듈을 통해 IFC 확장자를 가지는 실내공간정보 객체를 생성한다. 다음으로 실내공간정보 추출 자동화 모듈을 통해 생성된 실내공간정보 객체 IFC 파일을 본 연구에서 개발한 실내공간정보 ③시각화 도구에서 열어 확인하였다(시각화 도구는 기본적으로 3D 환경에서 실내공간정보를 자유롭게 확대/축소하고 회전이 가능하도록 설계 하였다).

건축물의 실내공간정보가 반투명한 박스형식으로 내부 확인이 가능하도록 시각화 되는 것을 확인할 수 있다. 무료로 배포되는 상용 IFC 뷰어를 이용할 경우 실내공간정보의 객체가 불투명하게 표현되기 때문에 좀 더 직관적인 공간인지를 위해 반투명으로 시각화 하였다. 또한, 오픈링 방향을 포함하는 창문과 문은 별도의 객체로 표현되어 직관적으로 확인할 수 있으며 IFC가 가지고 있는 객체속성정보 또한 누락 없이 구현된다. 실내공간정보 시각화 도구의 인터페이스에서 속성정보는 우측하단에 배치하였으며 ④우측상단에는 건축물의 층별, 객체별로 선택하여 볼 수 있는 기능과 3D를 2D로 전환하여 보여주는 기능을 구현하였다. ⑤2D 전환은 평면도 및 입면도 형식의 시점에서 실내공간정보 객체를 요소별 선택적인 시각화가 가능하다.

### 4. IFC 기반 실내공간정보 활용방안

국토교통부는 공간정보의 대중적 활용을 위해 국가공간정보 통합포털 구축사업을 추진하고 있다. 국가공간정보 통합포털은 공간정보 산업의 활성화를 위해 현재 빅데이터 환경에서의 정보 활용에 있어서 각종

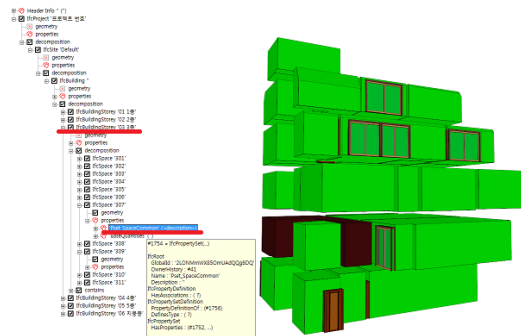


Figure 9. Structure of IFC based Indoor Spatial Information



정보들을 개방하고 공유하는 오픈소스(Open-source) 솔루션의 적용으로 공공정보(지적도, 수치지형도, 토지이용계획도 등 행정 정보)를 민간 개방을 계획하고 있으며, 융합 정보로는 부동산 가격과 부동산 거래 추이 정보, 길 찾기 서비스를 포함한 유동인구 파악 정보, 피난/대피소 정보, 기업 정보, 인재 정보, 채용 정보 등의 다양한 정보를 공개한다. 본 연구에서 제시한 IFC를 이용한 실내공간정보 객체는 필요한 정보를 추가하고 가공하기에 유리하다. 이러한 특성을 통한 실내공간정보 융·복합은 수요자 맞춤형 콘텐츠의 제공이 가능하며 새로운 분야의 활용이 기대된다.<sup>22)</sup>

#### 4.1 공간기반 시설물 유지관리 연계

본 연구에서 제시한 실내공간정보는 IFC에서 추출하였으므로 가공 전 IFC의 구조와 동일하다. 이 같은 구조는 공간기반의 시설물 유지관리를 가능하게 해준다. COBie를 개발하는 국제조직 중 하나는 독일의 Bavaria 주이다. Bavaria 주의 모든 공공 시설물의 관리는 5년마다 입찰하게 된다. 5년마다 유지관리 시스템은 다른 회사로 이관되는 것이다. 이러한 정보 이관은 COBie 이전에는 어려운 일이었으며 개방형 표준인 COBie를 사용하면서 시설물 자산 정보의 완전한 세트와 표현을 확인할 수 있게 되었다. COBie 요구사항을 모두 포함하는 오직 하나의 포맷이 IFC 모델이다. COBie의 정확한 기술적 사양으로 IFC 매핑 규칙이 필요하면 COBie Responsibility Matrix를 참고해야 한다(East, Bogen and Love 2011). 이처럼 IFC 기반의 실내공간정보는 COBie와 연계하여 공간기반 시설물 유지관리에 활용할 수 있다. 또한, 단일 건축물일 경우 디테일한 BIM 데이터를 구축하여 유지관리를 하는 것이 이상적이나 대학교, 군부대 등 특정 단지나 지역의 경우 BIM 데이터 전체를 구동시키는 것은 S/W 및 H/W에 많은 부담을 발생시킨다. 하지만 IFC 구조의 실내공간정보는 객체가 가지고 있는 속성 값(Properties)을 편집하여 필요한 정보를 추가할 수 있으며 데이터가 가벼워 대규모의 실내공간정보도 빠르게 구현할 수 있다.

본 연구에서의 제시하는 공간기반 시설물 유지관리의 시나리오는 Figure 10과 같다. 실제 건축물과 동일한 구조의 IFC로부터 실내공간정보 추출 모듈을 통해 XML 기반 실내공간정보 IFC 객체를 생성한다. 생성

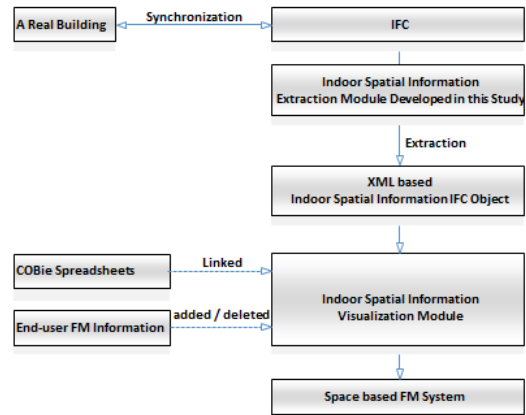


Figure 10. FM Process Using IFC based Indoor Spatial Information

된 실내공간정보 객체는 시설물 유지관리 엔드유저의 정보 첨삭과정 및 COBie 스프레드시트 등과 연계가 가능한 시각화 모듈을 통해 구현된다. 시설물 유지관리 전문가는 시각화된 실내공간정보를 이용하여 해당 시설물을 직관적이고 효과적으로 관리할 수 있을 것으로 판단된다.


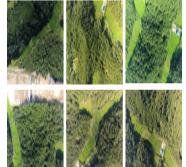
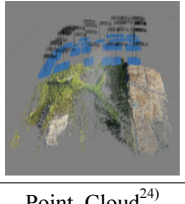

#### 4.2 GIS기반 항공사진(UAV) 연계

현재 넓은 지역의 공간정보를 구축하는 방식으로 GIS 기반의 항공촬영이나 저고도 무인항공기를 이용한 촬영방식을 일반적으로 사용한다. 특히 UAV<sup>23)</sup>는 기기의 우수성과 휴대성을 인정받아 도시계획 지도제작, 산불감시, 정찰, 전투임무, 기상관측, 해안경비, 해양오염탐지, 행성탐사 등 광범위하게 이용되고 있다. 항공촬영을 통한 3차원 공간정보의 생산과정은 Table 5와 같다. GIS 기반의 항공촬영으로 생산된 공간정보는 매우 넓은 지역의 3차원 공간정보 구축에 효과적이며 이렇게 생산된 공간정보는 실제촬영을 기반으로 만들어지기 때문에 별도의 매핑작업이 필요 없다. 하지만 생성된 공간(표면)객체는 좌표와 형상만을 가지고 있어 건축물 및 시설물의 정보를 포함하지 못한다. 이에 본 연구의 실내공간정보와 연계한 통합공간정보의 구축은 기대효과가 클 것으로 예상된다. 통합공간정보의 개념은 Figure 11과 같다. 이와 같은 방법으로 지하시설물의 측량 및 레이저스캐닝을 통해 생산된 공

22) 국가공간정보 통합포털 구축사업: ‘민간과 공공의 공간 정보 교류 첫 물꼬 튼다’, 국토교통부 보도자료의 내용을 참고하여 작성함(2015.9.14.).

23) UAV (Unmanned Aerial Vehicle): 드론(Drone)이라 불리는 무인항공기, 무인 원격조종 또는 인공지능으로 운용되는 비행기를 통칭함. 크기에 따라 다양한 추가 장비를 탑재하여 목적에 맞게 운용함.

Table 5. The Producing Process of 3D Spatial Information Applied by UAV

①		②	
Fright Route Set-up		Images Collect	
③		④	
Point Cloud <sup>24)</sup>		3D Object	

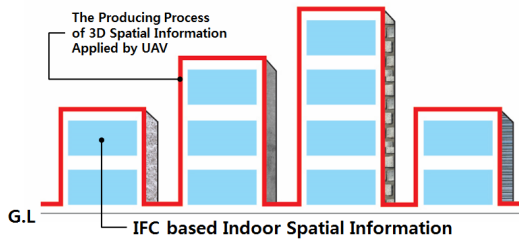


Figure 11. The Concept of Integrated Spatial Information (Section)

간정보와의 통합도 가능하다.

### 4.3 피난, 군사작전 등 대규모 시뮬레이션 연계

재해/재난 시 피난상황을 시뮬레이션하고 건축법규를 통해 기본적인 방재계획을 세우거나 건축물 및 시설물의 피난 성능을 예측하고자 대략 5~6년 전부터 Simulex<sup>25)</sup>라는 응용프로그램이 대중적으로 이용되고 있으며 이를 통해 대형구조물(터널 등)에서 사고 시 피난상황을 예측하고 있다. 하지만 건축물을 떠나 도시규모의 대규모 피난예측에는 무리가 있다. 실내공간정보를 피난시뮬레이션에 활용할 경우 위와 같은 피난 엔진(분석 알고리즘)을 본 연구의 실내공간정보

24) Point Cloud: 3차원의 객체를 생성하기 위해 X, Y, Z 좌표값을 가지는 점을 사용, 사물의 표면을 나타내기 위한 표현 방법으로 CAD 모델링, 품질검사, 데이터 시각화, 애니메이션, 렌더링 등 다양하게 활용됨.

25) Simulex: 영국 IES사에서 개발한 프로그램, 응급상황 시 재실자들의 피난 행태를 분석하는 피난 시뮬레이션이 가능함, CAD파일을 이용하여 평면정보를 입력함.

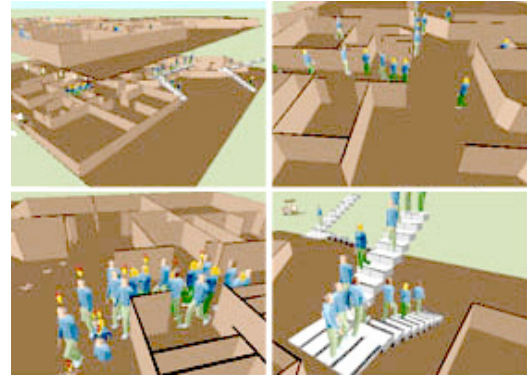


Figure 12. The Examples of Evacuation Simulation<sup>26)</sup>

시각화 도구에 탑재함으로써 공간기반의 대규모 시뮬레이션이 가능하다. 이는 Simulex에서 입력하는 평면 정보가 개발 도구의 실내공간정보 2D 시각화를 지원하기에 별도의 복잡한 개발과정이 없더라도 시뮬레이션을 위한 실내공간정보의 입력할 수 있기 때문이다. 또한, 시뮬레이션의 결과를 3차원의 직관적인 형태로 출력할 수 있다. 이와 같은 방법으로 대규모 시뮬레이션이 필요한 군수물자이동, 군사전략, 부대이동 등의 군사작전 시뮬레이션에도 활용이 가능하다.

## 5. 결론 및 향후연구

본 연구는 실내공간정보의 구축과 관리의 중요성을 인지하고 기존 방식의 장점(측량/촬영 및 레이저스캐닝을 이용한 정확성 및 서비스적인 차원 등)을 유지함과 동시에 단점(속성정보의 누락 및 구축시간, 비용)을 보완하고자 개방형 BIM 기반의 IFC 표준포맷을 이용하여 실내공간정보를 추출하는 모듈을 설계하고 이를 시각화 하는 도구를 개발하였다. 또한, 실내공간정보를 3차원의 공간객체로 구현하였으며 이 같은 개발은 국토교통기술 연구개발사업인 개방형 BIM 기반의 기술 환경 구축의 시행계획에 부합한다. 실내공간정보 시각화 도구는 데이터 시각화 기술을 응용하여 3차원의 실내공간정보를 직관적으로 이해하고 사용자의 필요에 따라 정보를 선택적으로 보여주는 기능을 구현하였다. 본 연구에서 제시한 실내공간정보 객체는 다음과 같은 특징을 가진다.

첫째, IFC에서 요구정보를 선택적으로 추출하고 정의하여 데이터의 경량성을 확보하였다. 이는 소규모

26) 그림출처: 건국방재엔지니어링(피난시뮬레이션이미지), [http://www.kunkook.co.kr/business/images/bm\\_6\\_2.jpg](http://www.kunkook.co.kr/business/images/bm_6_2.jpg)

의 건축물 및 시설물이 아닌 도시단위, 나아가서는 국가규모의 시뮬레이션 데이터베이스에 이용할 수 있다는 장점이 있다. BIM 모델링 수준인 LOD 200<sup>27)</sup> 단계로 생성한 IFC 원본 파일의 크기는 14,765KB이며 본 연구에서 생성한 실내공간정보 모델의 파일크기는 967KB로 기존 파일크기에 비해 약 1/15만큼 경량화되었다. 둘째, 정보생산 및 정보편집이 간편하다. 실내공간정보를 위한 추가적인 작업이 불필요하며 개방형 BIM 기반의 IFC 모델에서 실내공간정보를 추출함으로써 정보의 생산과 편집이 용이하다. 이는 IFC 구조적 특성상 객체가 가지고 있는 속성 값(Properties)을 편집할 수 있기 때문이다. 속성 값은 노트에 메모지를 붙이는 것처럼 간편하게 편집이 가능하다. 또한 앞서 말했듯이 국토교통부는 건축인허가시 사용하는 세움터 시스템을 개방형 BIM 기반의 3차원 세움터로 교체하고 IFC를 납품받을 계획을 가지고 있어 BIM 모델의 구축이 필수가 되는 건설환경이 도래할 경우 실내공간정보의 구축을 위해 3D스캐너 같은 장비를 사용하는 별도의 실내공간정보 구축작업이 불필요할 것으로 예상된다. 셋째, IFC를 이용한 실내공간정보 객체는 XML 기반으로 AEC/FM 분야에 있어 다른 포맷(CityGML, LandXML 등)과 높은 상호운용성을 가진다. 또한 공간기반의 시설물 유지관리를 위한 COBie 연계, GIS 기반 항공사진 연계, 피난동선, 군사작전 등 다양한 시뮬레이션에 활용될 수 있다.

향후 실내공간정보의 실질적인 구축과 활용을 위해서는 비정형 실내공간에 대한 객체정의와 추출방안 및 피난 시뮬레이션의 정확한 분석을 위한 공간과 공간 간의 수직이동(계단, 엘리베이터 등) 정보와 피난/탈출이 가능한 개구부 정보가 추출되고 데이터 시각화 기술을 통해 직관적으로 표현되어야 할 것이다. 또한, 공간기반의 시설물 유지관리를 위해 COBie 연계에 대한 구체적인 프로세스가 확립되어야 할 것이다.

## References

[1] Ryu, J. R; Choo S. Y. 2014, An Analysis Study on BIM-GIS Information Data System for

27) BIM LOD (Level of Development): IPD에서 정의하는 프로젝트 발주방식과 통합설계 프로세스에서 BIM 기반 설계 프로세스의 단계를 모델링 수준으로 정의한 것으로 100부터 500까지의 단계로 이루어짐. IPD의 설계 프로세스와 동일한 단계를 가지며, BIM에서의 LOD는 AIA Document E202TM-2008을 통해 정의하고 있음. 국내에서는 비슷한 개념의 BIL (Building Information Level)을 사용하기도 함.

Convergence Development Direction, Proceedings of the Society of CAD/CAM Conference, February 362-364.

[2] Choi, J. H; Lee, S. H; Hong, W. H. 2015, A Study on Reliability Assessment of Evacuation Simulation Models with respect to Full-scale Experiment vs. Egress Simulation Results from the High-rise Building Data-set, Journal of the architectural institute of Korea - Planning & Design, 31(2):269-276.

[3] Kang, T. W; Hong, C. H. 2013, A Study on the Lightweight BIM Shape Format(LBSF) Structure Development to Represent the Large Volume BIM Geometry Objects based on GIS as the Viewpoint of the Building Facility Management, Journal of Korea spatial information society, 21(3):79-87.

[4] Kang, T. W; Won, J. S; Lee, G. 2013, A Study on the Development Direction of a BIM Performance Assessment Tool, Journal of Korea spatial information society, 21(1):53-62.

[5] Kang, T. W; Choi, H. S; Hwang, J. R; Hog, C. H. 2012, The study related to the meta data for the attribute maing from IFC to CityGML, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 30(6):559-565.

[6] Kang, T. W; Hong, C. H; Hwang, J. R; Choi H. S. 2012, The External BIM Reference Model Suggestion for Interoperability Between BIM and GIS, Journal of Korea spatial information society, 20(5):91-98.

[7] Kim, J. E; Hong, C. H. 2015, A Study on Lightweight Algorithm of Large scale BIM data for Visualization on Web based GIS Platform, Journal of Korea spatial information society, 23(1):41-48.

[8] Kim, J. E; Kang, T. W; Hong C. H. 2014, Development of the Spatial Indexing Method for the Effective Visualization of BIM data based on GIS, The Korea Academia-Industrial cooperation Society, 15(8):5333-5341.

[9] Kim, J. E; Choi, H. S; Gang, T. W. 2014, Derivation of System Requirements and Implementation of System Framework for BIM-based Urban Facility Maintenance System, Journal of the Korean Contents Association, 14(4):397-406.

- [10] Kim, E. D; Goh, I. D. 2011, Constructing 3-D GIS Campus Model with Detailed Building Information, Journal of the Urban Design Institute of Korea, 12(3):15-26.
- [11] Lee, J. C; Jung, J. H; 2014, Information Delivery Manual for IFC-Based Structural Design of Composite Beams and Composite Columns Focused on Check for Limit States, Journal of the architectural institute of Korea - Structure & Construction, 30(12):13-20.
- [12] Park, D. H; Kang, I. J; Jang, Y. G; Lee, B. G. 2015, Prioritizing of Civil-BIM DB Construction based on Geo-Spatial Information System, Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, 23(1):73-79.
- [13] Park, S. H; Kim, I. H. 2014, OpenBIM-based Building Information Management System According to Information Level, Journal of the architectural institute of Korea - Planning & Design, 30(12):41-48.
- [14] Shin, J. H; Han, S. H; Lee, J. Y. 2014, A Study on the Establishment of Concept and Selection criteria of Intelligent Security Technology Test-bed based on Spatial Information, Journal of Korea spatial information society, 22(6):45-54.
- [15] Sung, M. W; Kim, K R; Yu, J. H. 2011, Development of BIM-based Information Management Model for Efficient Building Maintenance, The Korean Institute of Construction, November 137-140.
- [16] Won, J. S; Gho G. H; Ju K. B. 2013, Development Method of BIM Data Modeling Guide for Facility Management:Focusing on Building Mechanical System, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, 25(4):216-225.

---

Received : 2015.05.01

Revised : 2015.10.29

Accepted : 2015.10.29