

작업분류체계 기반 소방 객체 IFC 정보 모델링 확장 방안 연구

Extension of IFC information Modeling for Fire Safety based on WBS

원정혜¹⁾, 김태훈²⁾, 추승연³⁾

Won, Junghye¹⁾ · Kim, Taehoon²⁾ · Choo, Seungyeon³⁾

Received March 17, 2023; Received April 11, 2023 / Accepted May 03, 2023

ABSTRACT: The main objective of this study is to propose a method to enhance building safety using the Industry Foundation Classes (IFC) schema in Building Information Modeling (BIM). To achieve this goal, a fire object relationship diagram is created by using the Model View Definition (MVD) and Property Set (Pset) methodology, as well as the Work Breakdown Structure (WBS) based object relationship analysis. The proposed method illustrates how to represent objects and tasks related to fire prevention and human safety during a building fire, including variables that are relevant to these aspects. Furthermore, the proposed method offers the advantage of considering both the IFC object hierarchy and the project work hierarchy when creating new objects, thereby expanding the attribute information for fire safety and maintenance. However, upon confirmation via an IFC viewer after development, a problem with the accuracy of mapping between attributes and objects arises due to the issue of proxy representation of related object information and newly added object information in standard IFC. Therefore, in future research, a mapping method for fire safety objects will be developed to ensure accurate representation, and the scope of utilization of the fire safety object diagram will be expanded. Furthermore, efforts will be made to enhance the accuracy of object and task representation. This research is expected to contribute significantly to the technological development of building safety and fire facility design in the future.

KEYWORDS: BIM, IFC, (WBS)Work Breakdown Structure, Fire Safety, Interoperability

키워드: BIM, IFC, 작업분류체계, 소방 안전, 상호운용성

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 건축 관련 분야에서는 객체의 속성을 담고 있는 건축 관련 디지털 기술인 BIM(Building Information Model)의 사용이 증가하고 있다. BIM은 건축물을 디지털화하여 건축물의 설계, 시공, 유지보수, 운영 등 전 과정에서 효율성을 높이는 장점이 있다. 하지만 건축, 구조, 설비, 전기, 통신, 소방 등의 다양한 분야에서 사용하는 소프트웨어뿐만 아니라 정보 전달을 위한 포맷 등 커뮤니케이션 방식에 차이가 존재함으로 소통의 어려움을 겪고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 bSI(building SMART International)에서는 IFC(Industry Foundation Classes)라는 표준화

된 중립 포맷을 개발 및 제공하고 있다.

IFC는 건축물의 모든 정보를 담을 수 있는 포맷으로, 어떤 프로그램을 사용하는지 관계없이 관련 각 분야 간의 소통을 원활하게 하기 위한 목적으로 2013년 ISO 인증을 받은 IFC를 시작으로 꾸준히 개발되고 있다. 현재 ISO(국제표준화기구)와 bSI 등에서 공식적으로 인정받고 있는 포맷으로 현재 4.4.0이 개발 중이며, 이 포맷은 건축, 구조, 시설물 등 다양한 정보를 포함할 수 있다.

한편, UN이 지원하는 IFSS(International Fire Safety Standards) 연합 산업 컨소시엄은 전에 없던 국제적 규모의 화재 안전 조치에 대한 합의를 달성하기 위해 2032년까지 10년간의 조치를 촉구했다. 이에 bSI는 건물의 라이프 사이클 전체에 걸쳐 이해관계자가 원활하게 협업하고 정보를 공유할 수 있도록 하는

¹⁾학생회원, 경북대학교 건축학과 석사과정 (wonjeonghye97@gmail.com)

²⁾학생회원, 경북대학교 건축학과 박사수료 (thlouiskim@gmail.com)

³⁾정회원, 경북대학교 건축학부 정교수 (choo@knu.ac.kr) (교신저자)

공동 데이터 표준, 디지털 플랫폼 및 기타 도구의 사용을 장려함으로써 화재 진압과 관련하여 골든 스레드의 중요성을 강조하고 있다(IFSS coalition's "Decade of Action").

위에서 언급한 골든 스레드의 개념은 모든 이해관계자가 접근할 수 있는 건물의 설계, 시공 및 운영에 대한 데이터를 포함하여 건물에 대한 정보를 지속적이고 포괄적으로 기록하는 것을 말한다. 이것은 화재 안전 및 건물 설계 및 운영의 중요한 정보에 입각한 의사결정을 하기 위해 필요하며, 정보가 필요할 때 사람들이 이용할 수 있고 접근할 수 있도록 보장하는 것이 중요하다 (Al-Sadoon & Scherer, 2021).

이러한 관심이 높아지고 건축 공학 기술 및 건물 유지관리 발전에 따라 건축 기술이 고도화됨에도 불구하고 반복적으로 발생하는 화재 등의 재난 사고는 끊임없이 발생하고 있다. 이에 따라 건축물 관련사고 예방과 피해 최소화를 위한 건축물 안전 사전 설계와 평가의 중요성이 강조되고 있다. 이러한 일련의 노력의 과정으로 소방 분야에서의 BIM 도입 연구가 시작되었지만, 아직 기존 IFC 소방 시설물 객체의 속성 및 정의가 소방 분야에서 사용하기에 부족함이 있다. 따라서 건축물의 화재 등으로부터의 안전에 대한 문제를 해결하기 위해 보다 체계적으로 관리하기 위해서 IFC 정보 모델의 보완이 필요하다. 이에 본 연구는 소방 분야 IFC 확장 연구의 한 방법으로서 건축뿐만 아니라 여러 분야에서 활용되는 작업분류체계(Work Breakdown Structure)를 기반으로, 소방 분야에서 기존 사용하고 있는 안전 및 유지관리를 목적으로 하는 작업분류체계에 IFC와 같은 객체 위계 및 상속 체계를 갖게 하여 소방 객체 IFC 정보 모델링을 구축하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 현재 최신 공식 표준으로 사용되는 IFC 4.0.2.1을 대상으로 분석하여 이를 기준으로 소방 객체를 개발하기 위해 진행되었다. 이전 버전에 존재하지 않았던 소방 안전 도메인을 추가한 IFC4를 바탕으로 개발하였고, 개발하고자 하는 객체는 건축물의 안전 및 유지관리를 목적으로 하는 소방 시설물 객체로 한정하였다.

첫째로, IFC 스키마 분석을 통해 기존 IFC 스키마의 객체의 상속 및 관계에 대해 분석하였으며, 스키마에서 소방 객체를 설명하는 기존 객체를 파악하였다.

둘째로, 기존 소방 분야에서 안전 및 유지관리를 위해 작업분류체계에서 분류된 객체를 IFC 객체 위계 및 상속 체계를 갖도록 더 세부적으로 레벨링 한 후, IFC 정보 모델에 추가하고자 하는 내용을 도출하였다. 이를 위해 도출된 소방 객체는 IFC 스키마에서 사용하는 설명 방식에 맞추어 속성 추가 또는 개발되었다.

마지막으로, IFC 뷰어를 사용하여 개발된 소방 객체가 올바른 속성 및 관계를 맺고 있는지 검증하고자 한다. 본 연구의 방법

은 다음 Figure 1과 같다.

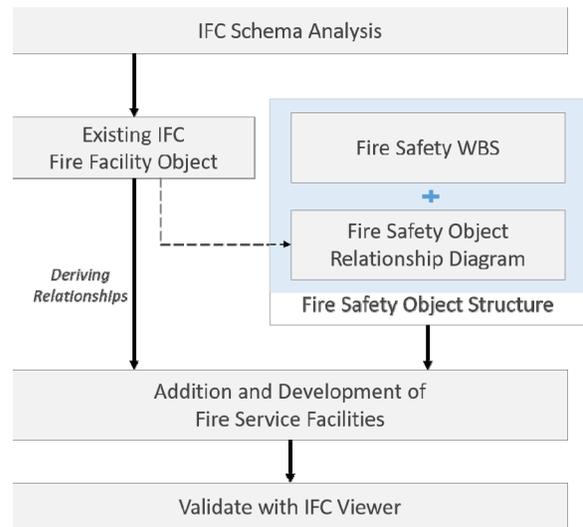


Figure 1. Research flow

2. IFC 확장 연구현황 및 스키마 분석

2.1 IFC 스키마 분석

BIM 분야의 중립 포맷인 IFC는 앞서 언급한 바와 같이 건축, 엔지니어링, 건설(Architecture Engineering Construction, AEC) 분야에서 사용되는 분야마다 다르게 사용되는 여러 프로그램 간의 정보를 상호 간에 호환하고 공유하기 위해 개발된 표준화 데이터 교환 포맷이다. 이러한 IFC를 정의하고 유기적인 관계를 표현한 것이 스키마(Schema)이다.

IFC 스키마는 건물 및 시설물의 다양한 부분을 다루는 기능을 가진 각각 Domain, Interoperability, Core, Resource 4개의 레이어로 구성된다. 이러한 레이어는 건축 요소, HVAC 및 전기 시스템, 배관 및 소방 시스템 등 건물 및 시설의 다양한 부분의 상세한 정보를 다룬다. 각 레이어는 해당 분야의 요구 사항을 반영하며, 유연성을 제공하여 다양한 분야에서 사용될 수 있도록 한다. 각 레이어는 상호작용을 하는 위계적인 구조로 되어 있다.

첫째, Domain 레이어에서 건축물과 관련된 분야의 큰 갈래가 나뉜다. 건축, 구조, HVAC, 배관 등의 도메인 정보가 속해있다.

둘째, Interoperability 레이어는 다른 소프트웨어와의 상호운용성을 보장하는 데 필요한 요소를 다루는 레이어로서 이 레이어는 다른 형식의 데이터를 IFC 형식으로 변환하기 위한 개념과 방법을 다룬다.

셋째, Core 레이어는 IFC의 핵심 요소를 다루는 레이어로 이 레이어는 BIM에서 가장 기본이 되는 요소를 다루며, 속성, 관계, 역할, 지오메트리 등을 다룬다.

넷째, Resource 레이어는 IFC 모델을 구현하는 데 필요한 요소를 다루는 레이어다. 이 레이어는 IFC 모델을 구현하는 데 필요한 라이브러리, 데이터베이스, 형식, 규칙 등을 다룬다. 다음 Figure 2는 IFC 4.0에 대한 레이어 별 구분과 각 레이어가 담고 있는 정보들을 나타낸다.

각 레이어의 객체는 상속과 역상속 그리고 다른 객체의 속성으로써 관계를 맺는다.

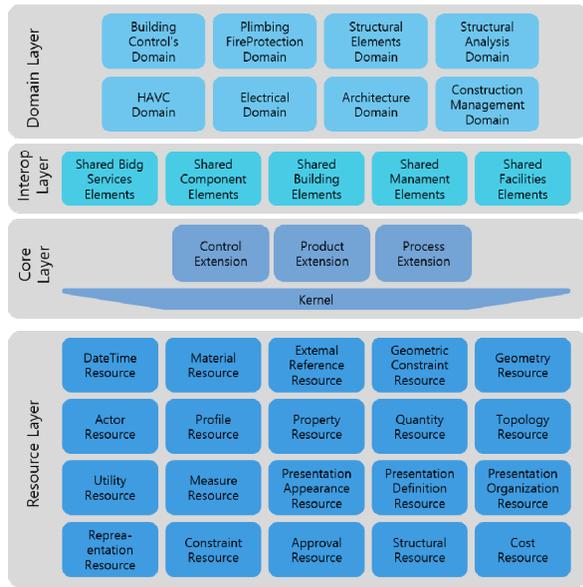


Figure 2. IFC 4.0 schema(bSI)

IFC 4.0 데이터 모델 구조(Figure2)에서 볼 수 있듯, Do-main 레이어부터 Resourse 레이어 순으로 구조를 형성하고 있다. 각 레이어는 다른 레이어와 상속과 역상속을 하며 상호 연결되어 있다.

IFC 스키마는 다양한 Entity(객체)와 그들 간의 관계로 구성된다. Entity는 BIM에서 사용되는 객체를 표현하는 데이터 모델링의 단위로, 고유한 속성(Attribute)을 가지고, 다른 Entity와의 연결 관계(Relationship)를 표현한다. Entity 중 IfcObject에는 예를 들어 IfcWall, IfcDoor, IfcBeam 등이 있다.

또한 Entity 중 StandardCase 엔티티는 Standard Case로 정의된 일종의 템플릿으로 해당 객체(Entity)에 대해 적용되는 공통적인 속성(Attribute)과 연결 관계(Relationship)를 나타낸다. 예를 들어, IfcWallStandard Case는 모든 벽 객체(Entity)는 IfcWallStandardCase의 속성(Attribute)과 연결 관계(Relationship)를 상속받아야 한다. 또한 StandardCase 엔티티는 Ifc-Product 또는 IfcElement와 같은 상위 위계에서 상속받는 일련의 공통적인 속성(Attribute)과 연결 관계(Relationship)를 맺고 있다.

2.2 IFC 확장 관련 선행연구

2.2.1 IFC 확장 관련 선행연구

IFC는 건축 정보 모델링(BIM)의 국제 표준으로 사용되고 있으며, 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이러한 IFC의 개발 목적에 맞게 IFC 스키마는 지속적으로 활용되고 있는 다양한 각 분야에 맞추어 확장 및 수정되었다. 특히 각 분야에서 BIM을 사용하기 위해 건축 외에도 교량(Borrmann et al., 2019), 도로(Won & Ju, 2013), 철도 등 국내 토목 분야에서 연구가 진행되고 있다.

2016년 bSI의 하위 그룹인 Infrastructure Room에서 IFC Bridge Project가 공식적으로 개발되면서 토목 분야의 IFC 표준이 확장 및 개발되었다(Park, 2007). IFC 4가 개발됨에 따라 IFC Bridge의 IFC 4.0 개념 모델의 확장, IFC Bridge P-set 개발 등이 이루어졌으며, 현재까지 최종 표준 개발을 위한 노력이 지속적으로 이어지고 있다. IFC Road의 경우, IFC Alignment와 IFC Bridge Standards 개발에 따라 IFC 스키마를 확장하는 방법으로 개발이 진행되었다. 이에 따라 Infrastructure Domain에 토공사 및 지질공학 건설을 포함하는 방향으로 IFC Road Standards를 발전시키고 있으며, 이를 위해 새로운 도로 공간 요소와 물리적 구성요소를 IFC 스키마에 새롭게 정의하는 방법과 고속도로 건설 프로그래밍과 시뮬레이션을 위한 최적화된 데이터 모델을 개발하여 IFC 스키마에 통합하는 방법 등을 고려하여 개발되고 있다(Ait-Lamallam et al., 2021).

또한, China Railway BIM Alliance(CRBIM)와 유럽 철도시설 회사들을 주축으로 IFC Rail Project가 진행되고 있으며, 철도 IFC 표준화(IFC Standard for Rail)를 개발하여 IFC 4.3 Candidate Standard에 포함하는 등 IFC 스키마의 발전과 확장이 이루어지고 있다(Kwon et al., 2018).

위의 경우 이외에도 국내 토목 분야에서는 IFC 확장 및 개발에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 하천 시설 대상으로 IFC 확장 개발하는 연구에서는 bSI의 IFC4 및 IFC Road에서 공통으로 쓰일 수 있는 건축 요소와 토목 요소를 제외한 하천 관련 요소를 추가하는 방법으로 국토교통부에서 표준으로 제작한 하천 작업분류체계(WBS)를 참고한 IFC 확장 방안을 제안하였다.

이를 위해 Figure 3과 같이 기존 IFC4 Entity인 IfcCivil Element 하위에 IfcRiverElement_K와 같은 하천 관련 새로운 Entity를 추가하였다(Won et al., 2018). 이 연구에서는 하천설계기준, 표준 작업분류체계(WBS), 하천설계 소프트웨어, 국외 하천 데이터 모델 등 다양한 실무 자료를 분석하여 구성요소를 추출하고, 일정한 분류기준으로 정리하여 목록화하였다(Won et al., 2019).

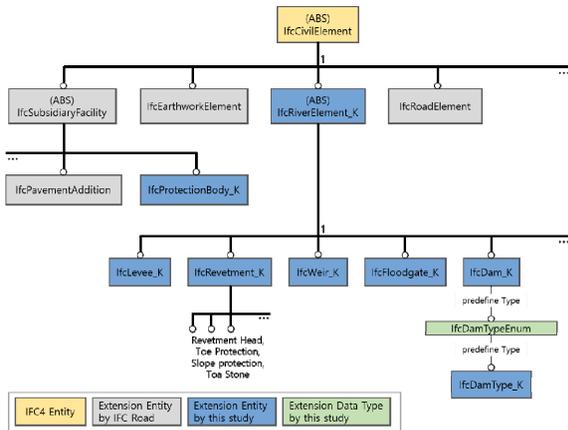


Figure 3. Extension IFC schema for river facility

2.2.2 IFC 확장 방법론 분석

IFC 스키마 확장 방법은 크게 MVD(Model View Definition) 방법론과 Pset(Property Set) 방법론으로 나뉜다.

MVD 방법론은 IFC 스키마를 확장하기 위한 방법론 중 가장 일반적으로 사용되는 방법이다. 이 방법론은 IFC 스키마를 다양한 응용 분야에 맞게 재사용할 수 있는 모델로 분할하고 정의하는 것을 목적으로 한다. IFC 모델을 구성하는 핵심 개체와 속성, 관계를 선별하여 필수적인 기능을 정의하고, 선택적인 기능은 추가적인 모델 뷰를 통해 정의한다.

Pset 방법론은 IFC 스키마를 확장하는 또 다른 방법으로, IFC 모델에 사용자 정의 속성을 추가하여 확장하는 것을 중심으로 한다. Pset은 IFC 개체에 연결된 사용자 정의 속성 집합으로, 이를 통해 특정 응용 분야에 필요한 속성을 추가하고 기존 속성을 보완할 수 있다(Lee et al., 2014). Pset 방법론은 MVD 방법론과 달리 IFC 스키마를 분할하지 않고 개별 속성을 확장하는 방식이므로 구현이 간단하고 유연하다.

이외에도 IFC 데이터를 XML 형식으로 변환하여 다양한 응용 분야에서 데이터를 공유할 수 있는 방법론, IFC 스키마를 OWL(Web Ontology Language)로 변환하여 확장하여 IFC 스키마의 의미론적 정의를 더욱 명확하게 하여 시맨틱 웹의 장점을 활용할 수 있는 방법론이 있다.

2.3 작업분류체계(WBS) 분석

작업분류체계(Work Breakdown Structure, WBS)는 일반적으로 프로젝트 관리에서 사용되는 도구로, 큰 프로젝트를 구성하는 작은 작업을 분류하고 구성하는 데 사용된다. 또한 WBS는 프로젝트의 일정, 예산, 자원 등을 관리하기 위한 중요한 도구 중 하나이다. 다음 Figure 4는 항공기 시스템 관련 WBS를 도출한 그림이며 대분류부터 소분류까지 3개의 Level로 구성되어 있다.

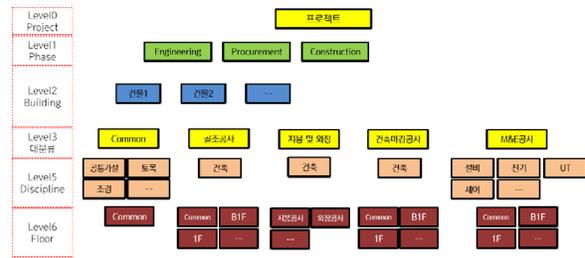


Figure 4. WBS example(Construction WBS)

위의 Figure 4에서 보듯이 WBS는 보통 트리 형태로 표현되며, 위계 관계가 레벨로 표현된다. WBS 레벨 수는 프로젝트의 복잡성과 범위에 따라 다르다. 일반적으로 프로젝트가 커질수록 WBS 레벨이 더 많아진다. 프로젝트의 작업을 계층적으로 분해하는 구조이기 때문에 최하위 레벨은 가장 작은 단위의 작업으로 구성된다. 그러므로 보통 최하위 레벨은 세부 작업에 필요한 객체 및 서비스를 담고 있다.

또한, WBS는 프로젝트의 대상과 범위를 기반으로 작성되기 때문에 계층적인 구조로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 건축 프로젝트의 WBS는 건물, 층, 방, 인테리어, 시설물 기초 등의 순서로 계층적인 구조를 가질 수 있다.

그러나 기존의 WBS는 작업 간의 종속성만을 고려하기 때문에, 객체 간의 정보 종속 관계를 고려하지 못한다. 반면, IFC는 요소(element)들과 속성(attribute)와 관계를 표현하는 개념 모델링을 제공하여, 작업의 관계 또한 정보로 가지고 있다. 따라서 WBS에 객체의 관계를 덧붙여 화재 평가 및 사전 설계 등 목적에 맞는 작업에 필요한 모든 객체를 IFC에서 요구하는 객체 표현에 적합하게 수정하여 사용할 수 있다(Kim et al., 2022).

IFC 스키마는 다양한 분야에서 지속적인 연구가 이뤄지고 있으며 각 분야의 객체가 포함되고 있지만, 특히 소방 분야는 필요성에 비해 부족한 부분이 많다. 소방 분야에서의 연구는 효율적인 소방 재난 예방과 대응을 위해 BIM 기술 적용 방안과 BIM 라이브러리 구축 등 연구가 진행되었지만, 다른 분야보다 실용성이 낮은 실정이다.

3. 소방 객체 정보 모델링 설계

3.1 작업분류체계(WBS) 기반 방법론

기존 WBS는 해당 작업의 종류와 목적에 맞게 변형되어 사용되었다. 작업에 따라 세부 작업 분류를 나눠지며 하위 레벨로 갈수록 작업 시 필요한 객체 및 서비스를 세부적으로 언급하고 있다.

여러 객체의 IFC를 확장하기 위해서는 객체 간의 관계를 이해할 필요가 있다. 이때 필요한 객체 관계 체계를 작업 관계로 표현하고 있는 WBS에 기반하여 정립함으로써 확장이 필요한 새로

운 객체를 새로 생성하는 것보다 목표하는 작업에 필요한 객체를 확장하는 것이 가능해진다. 단순히 필요한 새로운 객체를 나열하여 확장하는 것보다 목표하는 작업에 필요한 객체를 누락 없이 확장하기가 쉽다. 예를 들어, 새로운 객체들을 만들고자 하는 분야에서 목표로 하는 WBS를 가지고 있다면 그 WBS에 필요한 객체들의 객체 관계도를 적용하여 IFC 정보 모델링 시 활용할 수 있다.

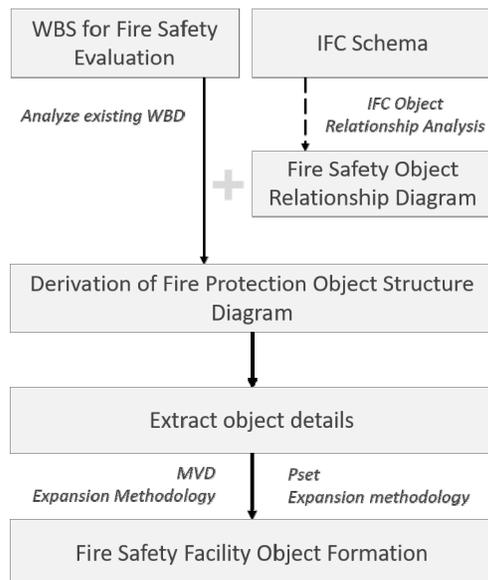


Figure 5. WBS methodology flow

본 연구에서는 위 Figure 5의 다이어그램과 같이 기존 소방 안전 평가를 위한 작업분류체계를 분석하고, 이러한 작업분류체계의 객체를 세부 작업 분류에 맞추어 다시 목록화한다. 이후 기존 IFC 객체 및 세부 작업 하위 객체 간의 관계 분석을 통해 소방 객체 구조도를 도출한다. 이 구조도를 통해 각 객체에 입력해야 할 IFC 속성 상세 정보를 정리한다.

최종적으로 정리된 소방 객체의 세부 정보를 바탕으로 MVD 방법론과 Pset 방법론을 적용해 IFC 모델을 구성하는 핵심 개체와 속성, 관계를 선별하여 필수적인 기능을 정의하고 사용자 정의 속성을 추가하여 확장하여 객체를 생성하고자 한다.

3.2 작업분류체계 기반 소방 객체 관계 도출

앞서 언급한 작업분류체계 기반 방법론을 위해 우선 2021년 아시아 태평양 국제회의 간행물(Nasution et al., 2021)에서 제시하고 있는 표준화된 WBS를 활용하였다. 이 WBS는 FSM(소방 안전 관리, Fire Safety Management) 구현을 통한 기계 및 전기 작업을 위한 것으로 총 4레벨로 이루어져 있다. 레벨1은 프로젝트 단위로 본 WBS에서 가장 상위 위계에 속한다. 레벨2는 작업 섹션으로 일반적으로 프로젝트를 작은 작업 단위로 분해하는

데 사용된다. 레벨3은 하위작업 섹션으로 프로젝트 작업을 더 작은 단위로 분해하여 더욱 세부적으로 관리하기 위해 사용된다. 일반적으로 레벨2 작업 섹션 보다 구체적인 작업 항목을 정의한다. 최하위 레벨인 레벨4는 작업 패키지로 특정 작업에 대한 모든 정보를 포함한다. 대부분의 WBS가 최하위 레벨에서 작업 설명서, 예산, 리소스 등을 포함하는데, Table 1과 같이 본 작업분류체계는 소방 안전 평가를 위한 건물의 화재 예방 및 화재 시 사람 안전에 관한 내용을 변수로 가지고 있는 객체 및 작업을 표현하고 있다.

Table 1에서 볼 수 있듯이, 레벨4로 표현하고 있는 객체들의 관계를 파악하기 위해서 관련된 기존 IFC 시설물 객체와 비교하여 소방 안전 및 유지 관리에 적절한 소방 객체 관계도를 정립하였다. 레벨4에서 서비스와 추상적인 작업 개념을 제외하고 형태를 가질 수 있는 객체 간의 관계도를 작성하였다. 관계도는 IFC 정보 모델의 스키마를 기반으로 위계 및 상하 상속 관계를 참고하여 도출하였다.

Figure 6는 Table 1에서 도출한 같이 소방 객체 관계도에 따라 IFC 정보 모델 객체 관계도를 나타내고 있다. 이는 IFC 확장 시 소방 객체와 관련 있는 IFC 정보를 빠르게 파악할 수 있다. IFC 정보 모델에서 WBS의 소방 안전 객체가 Domain으로 가지고 있는 정보와 객체 간의 정보가 정리된다.

예를 들어, Figure 6에서 나타난 IfcAlarm 객체는 소방 안전 시스템 내에서 경보기를 나타내며, IfcAlarmType 속성을 통해 경보기의 종류를 구분할 수 있다. IfcAlarmTypeEnum은 경보기 종류를 정의하는 열거형(enum) 타입으로, Bell, Horn, Strobe 등 다양한 종류의 경보기를 구분할 수 있다. 또한, Figure 6에서 나타난 Detector 객체는 감지기를 나타내며, IfcSensor의 Pset을 통해 감지기가 연기, 열 등을 감지하는지에 대한 정보를 확인할 수 있다. Pset은 속성 세트(Property Set)의 약어로, IFC 객체에 대한 다양한 속성 정보를 정의하는 데 사용된다. 이를 통해 소방 안전 시스템 내에서 감지기가 어떤 종류의 신호를 감지하는지, 감지기의 위치 및 상태 등에 대한 정보를 파악할 수 있다. Figure 6에서 나타난 Annunciator 객체는 화재 정보 패널을 나타내며, IFC 4.0에서 새로 생성된 IfcPlumbingFireProtectionDomain과 직접적인 연관을 가질 수 있다. IfcPlumbingFireProtectionDomain은 건물 내 소방 설비와 관련된 정보를 담고 있는 도메인(Domain)으로, 화재 정보 패널과 같은 다양한 소방 객체들이 이에 속할 수 있다. Annunciator 객체는 화재 정보 패널을 제어하며, Alarm Bell과 Detector의 정보를 받아서 화재 발생에 대한 정보를 패널에 표시할 수 있다.

각 소방 객체 간의 관계는 점선으로 표현하였으며, 추가로 관계의 방향을 화살표 머리로 나타내었다. Alarm Bell(경보기)는 Detector(감지기)의 정보를 받아 작동하며, 동시에 Annun-

Table 1. Fire safety standard WBS(Nasution et al., 2021)

WBS LEVEL1	WBS LEVEL 2	WBS LEVEL 3	WBS LEVEL 4	
PROJECT TITLE	WORK SECTION	SUB-WORK SECTION	WORK PACKAGE	
Project Title	Mechanical-Electrical	Fire Fighting	Fire Pump (Diesel pump, electric pump, jockey pump)	
			Solar tank	
			Fire panel control	
			Power cable & control cable	
			Piping (hydrant pipes and sprinkler pipes)	
			Valve & accessories	
			Accessories of Hydrant (hydrant box, hydrant pillar, Siamese connection)	
			Sprinkler Head	
			Fire extinguishers	
			Fire Suppression System	
			Pillar Hydrant	
			Fire testing & commissioning	
			Fire Alarm	Main Control Fire Alarm
				Annunciator
	Grounding System			
	Wiring			
	Detector			
	Manual Break Glass Push Button			
	Alarm Bell			
	Firemen Telephone			
	Terminal Box			
	Cable Tray			
	Testing and Commissioning of Fire Alarm			
	Sound System	Paging		
	Building Autosystem	Monitoring centre(specifically for smart building)		
	Elektrikal	emergency lighting		
	Air system	Pressurized Fan		
Hauling equipment (lift dan escalator)	Fire Lift			

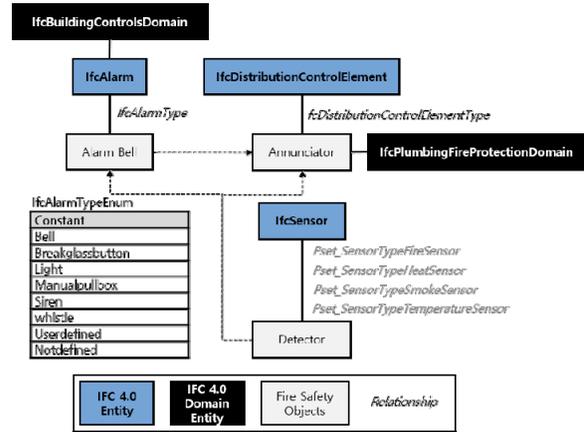


Figure 6. Deriving fire safety object relationships in IFC

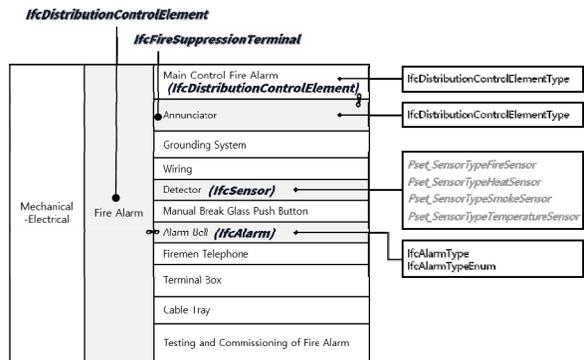


Figure 7. Associating WBS fire safety objects with relevant IFC information

annunciator(화재 정보 패널)에 작동 여부 등의 정보가 표현된다. Annunciator(화재 정보 패널)은 Alarm Bell(경보기)와 Detector(감지기)의 정보를 받아 패널에 표현한다.

기존의 WBS에 객체 관계도를 확장하여 다음 Figure 7과 같이 소방 객체 구조도를 도출하였다. 소방 객체 구조도는 새로운 객체 생성 시 IFC 객체 위계와 프로젝트 작업의 위계의 정보를 담고 있으므로 확장 과정 결과를 추적하고 평가하는 데 유용하다.

3.3 IFC 확장을 위한 소방 객체 속성 정보 도출

소방 객체의 세부 정보 도출을 위해서 IFC 데이터 속성 변수값과 WBS에서 정의하고 있는 작업에 따른 분류를 살펴볼 필요가 있다. IFC 데이터 속성 변수값은 실제 소방 객체 개발 시 속성으로 가질 수 있는 값의 타입을 확인하기 위한 것이고, WBS에서 정의하고 있는 작업에 따른 분류는 소방 객체 개발 시 속성 또는 관계로 참고할 정보를 추출할 수 있다.

IFC 데이터 모델은 객체(Entity)를 설명하기 위한 속성으로 attribute와 property가 있다. attribute는 객체의 이름과 값 등 모든 IFC 클래스가 가지고 있으며, 해당 IFC 클래스에서 분리할 수 없다. IFC 클래스에 생성할 수 있는 attribute 내용은 IFC 사양

에 지정되어 있다. 이름, GlobalId(고유식별자), HasProperties, InverseAttributes 등이 포함되어있어 각각의 엔티티를 식별할 수 있는 정보로 편집 불가능한 정보가 담겨 있기도 하다.

Attribute와는 다르게 Property는 IFC 클래스에 할당이 될지도 안 될 수도 있는 속성이다. 정보의 추가 및 수정이 쉬우며, 관련 속성은 Pset으로 간단히 그룹화하여 내용을 추가 작성하여 확장할 수 있다. 엔티티에 구체적인 속성 정보로 객체를 특정할 수 있다.

IFC 정보 모델의 객체 속성에 따라서 앞서 선택한 소방 객체는 같이 관련 Ifc Entity의 속성과 관계를 맺는다. 한편, 기존의 소방 안전 관리 표준 WBS에서는 건물의 화재 안전 관리 구현을 4가지 지표로 구성하는데, 객체의 Property 값은 이 4가지 지표를 참고하여 건축물 소방 안전 및 유지관리를 위한 속성을 정리했다.

- 건물 화재 예방
- 화재 발생 시 사람들의 안전
- 화재 안전 시스템 모니터링, 감사 및 검토
- 화재 후 대응 모니터링(보고, 기록, 조사)

그 결과, 아래의 Table 2와 같이 화재 감지기와 화재 경보 객체의 상세 속성 정보 및 관련 Ifc Entity를 도출하였다.

Table 2. Fire safety object detail properties

■ Object Name
■ Entity Name
Property or Subtype Entity
■ Fire Detector
■ IfcSensor
Pset_SensorTypeFireSensor(flame)
Pset_SensorTypeHeatSensor
Pset_SensorTypeSmokeSensor
Pset_SensorTypeTemperatureSensor
AirDuctThickness, AirDuctDiameter
Frequency
■ Alarm Bell
■ IfcAlarm
IfcAlarmTypeEnum
SoundLevelRange
ConsumptionCurrent

4. IFC 정보 모델 개발 및 검증

4.1 소방 객체 정보를 활용한 IFC 정보 모델 개발

본 연구에서는, 기존의 표준 소방 WBS와 IFC 정보 모델의

관계를 분석하여, 소방 객체의 구조와 속성 정보를 도출하였다. 이를 바탕으로, Revit 2023에서 개발하고자 하는 모델의 패밀리 를 생성하여 기존의 표준 IFC 정보를 연결하고 Property를 생성 하는 방법으로 객체를 생성하였다.

현재 IFC 4.0 버전의 정보 모델에서 소방과 화재 진압에 관한 도메인이 새로 작성되었다. 하지만 필요 때문에 새로 만들어진 도메인 엔티티로 이 엔티티와 관계를 맺는 다른 엔티티는 아직 미완성의 상태로 남아있다. 예를 들어 IfcAlarm이라는 상위 객체가 이전 IFC 버전부터 존재하지만, 소방 안전의 염두에 두지 않은 속성으로 제한적인 기능을 가지고 있다. 하지만 이처럼 기본적인 기능을 설명하고 있는 기존 엔티티가 있는 경우 Property의 추가로 이를 해결할 수 있다. 따라서, 3.3에서 도출한 속성 정보 이외에도 국내 법규를 기반으로 경보 장치의 데시벨과 소비 전류 속성 정보를 추가하여 IfcAlarm을 보완하였다.

Detector(감지기)에 대해서도, 관련 국내 법규를 활용하여 속성 정보를 보완하였다. 감지기는 IFC 버전에서 연기, 빛 등으로 감지 종류를 분류하고 있다. 2.0 버전부터 IfcSensor의 Type으로 화재 감지가 존재하였지만, 자연어의 목록에 불과하여 화재에 관한 감지를 위한 속성의 설명이 미흡하고 연결된 Property 또한 존재하지 않는다. 이 때문에 패밀리 매핑 시 모델을 IfcFireSecor와 연결하게 할 수 있게 되었지만, 속성에 대한 설명의 보충을 위해 소방시설 설치 및 관리에 관한 법률의 시행령 중 형식승인 및 제품검사의 기술기준과 같은 것을 참고했다. 이러한 방식으로, IFC 소방 객체를 더욱 자세하게 모델링하였다.

Table 3. Fire safety act on installation and management of fire facilities

Name	Content
Technical Standards for Formal Approval and Product Inspection of Alarm Bell Article 3-2 (Function)	When applying the rated voltage, the sound pressure level should be at least 90 decibels at a location 1m away from the center of the alarm, which is attached to a fixed position within an anechoic chamber.
Technical standards for type approval and product inspection of sensors Article 5 (Structure and Functions)	When applying the rated voltage, the alarm's power consumption should be 50mA or less.
	The thickness of the pipe shall be 0.3 mm or more and the outer diameter shall be 1.9 mm or more.
	"Frequency for safety systems such as theft and fire alarm devices" under Article 7 (3) of "Technical Standards for Radio Facilities for Radio Stations" shall apply to interlinked detectors or detectors, repeaters and receivers by radio waves.

법률의 기준에 따르면, 경종은 정격전압을 인가하는 경우에 사용할 수 있고, 음압은 무향실 내에서 정위치에 부착된 경종의 중심으로부터 1m 떨어진 위치에서 90dB 이상이어야 하며, 소비 전류는 50mA 이하여야 한다.

그러므로 화재 시 울리는 경종 객체의 지오메트리를 모델링하고 IFC 파일로 내보내기는 할 때 레빗에서 지원하는 벽, 기둥, 바닥과 같은 기본 모델이 아니므로 IFC 엔티티를 연결하는 작업이 필요했다. 경종 모델을 IFC 파일로 내보내기 위해서 기존 IfcAlarm 엔티티로 선택된 모델을 내보내고자 했고, IfcAlarm의 Pre Defined Type으로 Bell을 선택하여 AlarmBell(경종)이라는 객체 정보를 모델에 연결하였다. 또한 관련 국내 법규를 참고하여 소비 전류 Property를 추가하였다.

Detector(감지기)는 경종과는 다르게 오래전부터 IfcSensor- Type의 목록으로 단순 자연어 설명으로 존재해왔지만, 화재 감지의 속성이 상세하게 추가될 필요성이 있다. IfcSensor 속성값을 기본으로 감지기 모델의 속성으로 사용하고자 IfcSensor를 모델의 IFC로 내보내기 위한 연결된 정보로 사용하였고 사용자 정의 Property 편집을 통해 관련 법규(Table 3)에 따른 속성을 추가하였다. 공기관의 두께와 바깥지름, 주파수에 관한 속성은 Property로 추가하였다. 주파수에 관련된 속성 세트는 기존 IfcSoundPowerMeasure로 정의했다. 하지만 공기관에 관한 속성 세트는 없으므로 공기관 Pset을 추가하여 공기관의 두께, 바깥지름, 길이 속성을 추가하였다.

4.2 IFC 뷰어를 활용한 검증 과정

IFC 뷰어(Viewer)는 건축 및 건설 산업에서 사용되는 BIM 소프트웨어의 일종으로, 건물 및 시설물의 IFC 파일을 실행하여 형상 정보와 속성을 살펴볼 수 있다. 대표적인 IFC 뷰어로는 Solibri, Autodesk Navisworks, Tekla BIMsight 등이 있다. 이러한 IFC 뷰어에서는 각 요소를 선택하면 해당 요소의 세부 정보가 표시되고, 연관된 다른 요소들의 정보도 확인할 수 있다.

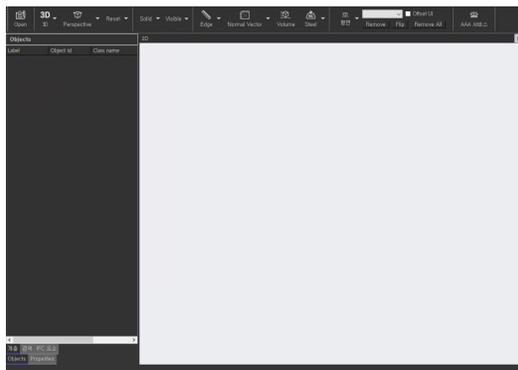


Figure 8. IFC viewer API

위 Figure 8과 같이 본 연구에서는 자체 개발한 IFC 뷰어를 사용하여 Revit에서 IFC 파일로 내보내기가 된 객체를 뷰어로 로드하여 각각 경종과 감지기 객체를 선택한 뒤 속성 창에서 속성을 확인하고 지정한 속성과 일치하는지 확인하여 검증하였다. IFC 뷰어에서 지원하는 Entity Tree로 객체와 연결한 엔티티뿐만 아니라, 관련하여 사용된 모든 엔티티를 확인하여 검증을 진행하였다. 경종 객체에는 위치, 소리 크기 범위, 소비 전류 50mA 여부 및 위치에서 알람 소리의 크기가 90dB 이상인지 아닌지와 같은 속성이 있다. 이러한 속성도 모두 내보내기 설정 시 지정된 정보와 일치하며, 아래의 Figure 9와 같이 IFC 뷰어에서도 정확하게 표시되었다.

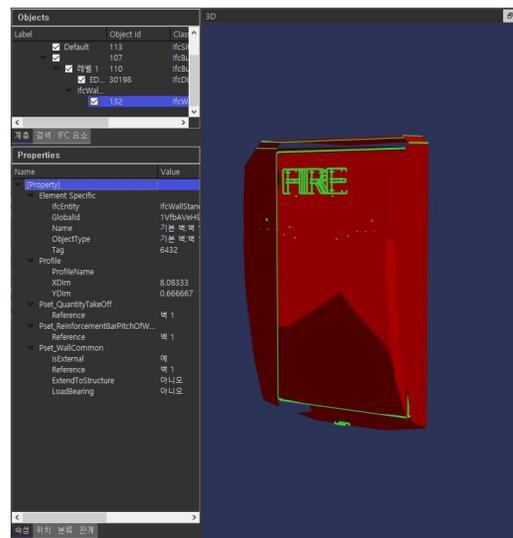


Figure 9. Reviewing attributes of IfcAlarmBell

감지기 객체에는 설치 위치, 제조사, 공기관 두께, 바깥 지름, 길이 및 주파수 속성이 있다. 이러한 속성은 모두 연결한 엔티티 정보와 일치하며, 아래 Figure 10과 같이 IFC 뷰어에서도 정확하게 표시되었다.

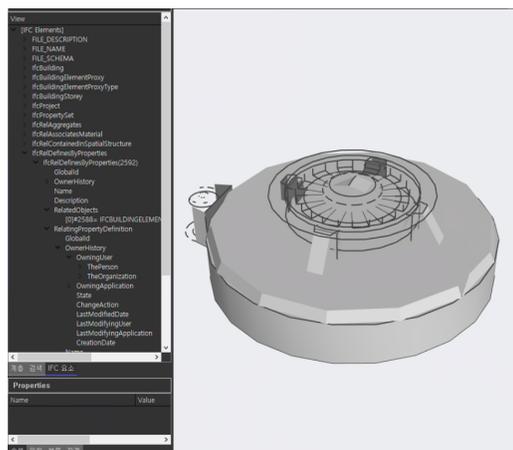


Figure 10. Reviewing attributes of IfcFireDetector

또한, 개발된 소방 객체가 BIM 모델에 포함되어 건축물 소방 계획과 유지관리에 활용될 수 있도록, 소방 객체 간의 연결 관계를 고려하여 확장하였다. 예를 들어, 화재 발생 시 IfcFire-Detector가 화재를 감지하고 IfcAlarmBell가 화재 알람을 울리기 위해 서로 연관되어 작동해야 하는 관계를 연결된 Property로 지정했다. 이러한 연결 속성은 IfcFireDetector 객체의 속성인 detection device와 IfcAlarmBell 객체의 속성인 alarm device 사이의 관계에서 나타난다. 이러한 서로 다른 소방 객체 간의 관계도 IFC 뷰어에서 표시되었다. 따라서, 본 연구에서 개발된 IfcFireDetector와 IfcAlarmBell과 같은 객체의 속성이 IFC 뷰어를 통해 올바르게 표현되었음을 확인하였고, 이는 본연구에서 제안한 WBS 기반 소방 객체 정보 모델링 확장 방안이 유효했음을 알 수 있다.

5. 결론

IFC 스키마를 활용한 건축 정보 모델링(BIM)은 현재 다양한 분야에서 활용되고 있지만, 타 분야 간 상호운용의 필요성으로 인해 IFC 확장 방법론이 연구되어왔다. 일반적 확장 방법론으로는 MVD와 Pset을 활용하는 방안이 제시되었고, WBS를 활용하여서 관련된 많은 객체를 확장하려는 방안으로 연구되었다. 소방 분야에서도 BIM 기술을 적용하고자 소방 시설물과 같은 객체를 IFC에 확장해야 하는 필요성이 대두되었다. 하지만 이미 기본적으로 건축 분야의 IFC 스키마에 정립된 소방 객체는 현재 소방 안전 및 유지관리 목적의 BIM과 IFC 확장에 적용하기에는 적합하지 않은 속성을 가지고 있는 경우가 많았다. 또한, 소방 객체 간의 관계가 표준화되어있지 않아서 다른 분야보다 IFC 포맷 사용에 실효성이 떨어지는 문제점이 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구는 WBS 기반 객체 관계 분석에 따른 소방 객체 구조도를 활용하는 방법을 통해, 여러 가지 정보 요소를 소방 객체 IFC 모델에 확장하는 방안을 제안하였다.

WBS를 활용하여 건물의 화재 예방 관련 객체, 화재 시 사람 안전과 관련된 객체 및 관련 객체 변수를 포함한 작업을 도출하고, 기존 IFC 정보 모델과 비교하여 소방 객체 관계도를 작성하였다. 이를 통해 새로운 객체를 생성할 때 IFC 객체 위계와 프로젝트 작업의 위계를 함께 고려할 수 있었다. 또한, 이 방법을 통해 소방 안전 및 유지관리를 위한 속성 정보를 확장할 수 있다.

본 연구에서는 Revit에서 IFC 파일로 내보내는 작업을 수행할 때 매핑 작업이 필요하며, 이 매핑 작업은 각 속성을 일일이 매핑하여야 한다. 매핑된 속성은 IFC 뷰어를 통해 소방 객체의 확장된 속성 정보가 올바르게 표현되는 것을 확인하였다. 그러나, 객체를 IFC 파일로 생성하는 작업은 시간이 많이 소요되며,

개발하려는 모델에 필요한 속성이 표준 IFC 정보 모델에 존재하지 않을 경우 새로운 엔티티를 생성하기 위해서는 더 많은 노력과 정보가 필요하다. 새로운 엔티티는 기존 정보 모델과 연관성을 자세하게 고려해야 하며, 기존 정보 모델의 심도 높은 이해도를 요구한다(Kim et al., 2021).

이러한 문제는 현재 BIM 시스템에서는 소방 객체 간의 연관 관계가 고려되지 않은 기존의 건축 분야 중심으로 시작된 IFC 정보 모델의 문제로 인해 발생한다. 이 때문에 매핑 방법에 규격을 정하기 힘들고 기존 IFC 정보 모델의 소방 안전 관련 정보의 업데이트로 이러한 문제를 해결할 수 있다. 이 업데이트는 기존의 잘못 분류된 소방 관련 엔티티의 관계를 수정함과 동시에 새로운 엔티티를 생성하거나 속성의 변경 등 현재 진행되고 있는 4.3 버전 업데이트에 포함된 공항, 도로, 철로와 같은 분야와 같이 버전이 바뀔만한 정보를 담을 것이다.

추후 연구에서 새로운 모델의 IFC 정보와 매핑 작업 효율성을 위한 연구와 함께, 기존 IFC 정보 모델과 소방 관련 엔티티 및 정보 모델상 소방 안전 프로세스를 고려한 소방 관련 엔티티의 올바른 위치를 위한 연구가 진행될 수 있다.

본 연구는 건축과 소방 분야에서 BIM 기술을 통해 건축물의 안전과 유지관리의 효율성을 높이기 위해 IFC 소방 객체를 개발하고 보완하는 연구로서, 대규모 소방 객체 IFC 확장 연구에 기여할 수 있다고 판단된다. 이를 통해, 향후 건축 설계 단계 및 유지보수 단계에서 BIM 기반의 소방 안전 관리 기술 발전에 이바지할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 연구는 2021년도 소방청 및 과학기술정보통신부가 출연하는 국민소방협력 초기대응 현장지원 기술개발사업의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행되었음(과제번호 : 20016433).

References

- Ait-Lamallam, S., Yaagoubi, R., Sebari, I., Doukari, O. (2021). Extending the IFC Standard to Enable Road Operation and Maintenance Management through Open BIM, ISPRS International Journal of Geo-information, 10(8), pp. 496.
- Al-Sadoon, N., Scherer, R. (2021). IFC semantic extension for dynamic fire safety evacuation simulation, Proc. of the Conference CIB W78, 2021, pp. 11-15.
- Borrmann, A., Muhic, S., Hyvärinen, J., Chipman, T., Jaud,

- S., Castaing, C., Mol, L. (2019). The IFC-Bridge project-Extending the IFC standard to enable high-quality exchange of bridge information model, EC3 Conference, 2019(1), pp. 377-386.
- Building SMART International Fire Safety Engineering Calls for Participation, <https://www.buildingsmart.org/standards/calls-for-participation/fire-safety-engineering/>(Mar. 14, 2023).
- Building SMART International technical IFC Specifications Database Version documentation, <https://technical.buildingsmart.org> (Mar. 14, 2023).
- IFSS coalition's "Decade of Action", <https://www.rics.org/news-insights/current-topics-campaigns/fire-safety/> (Mar. 14, 2023).
- Kim, K. H., Park, N. K., Joo, C. B., Kim, S. H. (2021). A Study on the Method of Extracting Shape and Attribute Information for Port IFC Viewing, KIBIM Magazine, 11(3), pp. 67-74.
- Kim, T. H., Won, J. H., Hong, S. M., Choo, S. Y. (2022). Methodology of Fire Safety IFC Schema Extension through Architectural WBS Hierarchy Analysis, KIBIM Magazine, 12(4), pp. 70-79.
- Kwon, T. H., Park, S. I., Seo, K. W., Lee, S. H. (2018). The Information Modeling Method based on Extended IFC for Alignment-based Objects of Railway Track, Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea, 31(6), pp. 339-346.
- Lee, S. H., Park, S. I., Park, K. Y. (2014). IFC Property Set-based Approach for Generating Semantic Information of Steel Box Girder Bridge Components, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 34(2), pp. 687-697.
- Nam, J. Y., Jo, C. W., Park, S. H. (2017). A Study on Applying Information Framework for BIM Based WBS -Focusing on Civil Construction-, Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 18(11), pp. 770-777.
- Nasution, S. M. I., Muslim, F., Latief, Y. (2021). Evaluation of the Implementation of Fire Safety Management Based on Work Breakdown Structure for High-Rise Apartments, Industrial Engineering and Operations Management.
- Park, J. N. (2007). Development of an information model based on IFC for NATM tunnel structures, Automation in Construction, Masters Thesis, Yonsei University.
- Won, J. S., Ju, K. B. (2013). Extension Method of IFC Core Schema to Represent Information for Road Facility, Korea Institute of Construction Engineering and Management, 20(2), pp. 285-286.
- Won, J. S., Shin, J. Y., Moon, H. S., Ju, K. B. (2018). The Development Method of IFC Extension Elements using Work Breakdown Structure in River Fields, Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 19(4), pp. 77-84.
- Won, J. S., Shin, J. Y., Moon, H. S., Ju, K. B. (2019). Extraction and Verification Method of IFC Schema Elements to Represent BIM for River Facility, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, 44(2), pp. 317-325.