

IFC 3차원 건축모델표준과 ISO/STEP AP202도면표준의 2차원 형상정보 연계방안

원지선*, 임경일**, 김성식**

Harmonization of IFC 3D Building Model Standards and ISO/STEP AP202 Drawing Standards for 2D Shape Data Representation

Won, Ji-Sun*, Lim, Kyoung-Il** and Kim, Seong-Sig**

ABSTRACT

The purpose of this study is to support the integration from current 2D drawing-based design to future 3D model-based design. In this paper, an important theme is the combination between the STEP-based 2D drawing standards (i.e., AP202) and the IFC-based 3D building model standards. To achieve the purpose, two methodologies are proposed as follows: the development of IFC extension model for the 2D shape data representation by harmonizing ISO/STEP AP202; and the development of mapping solution between IFC 2D extension model and KOSDIC by constructing the exchange scenario for 2D shape data representation. It is expected that the proposed IFC2X2 2D extension model and mapping solution will offer the basis of development of the integrated standards model in AEC industry.

Key words : IAI/IFC, ISO/STEP AP202, KOSDIC, 3D, 2D, Integration, Harmonization, Mapping

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설분야의 설계환경은 2차원 도면표현 중심에서 3차원 객체기반 모델기반으로 변화하는 추세이다. 객체기반의 3차원 빌딩모델은 형상정보뿐만 아니라 프로젝트 생애주기 전반에 관련된 속성정보까지 수용 가능함에 따라 일조분석, 구조해석, 물량산출, GIS, 시뮬레이션, 시설물 유지·관리 등 다양한 업무에 활용될 수 있어 미래의 설계 대안으로 제시되고 있다.

그러나 3차원 빌딩모델의 수많은 활용성과 가능성에도 불구하고, 2차원 도면은 사라지지 않고 여전히 시설물에 대한 이해와 의사결정, 구축과정을 돕는 주요하고 결정적인 문서로 사용되고 있다. 2차원 도면은 기하학적이고 상징적인 도형요소와 주석요소를 사용하여 3차원 모델보다 함축적이고 효과적으로 정보

를 전달하기 때문이다. 이는 향후 설계환경이 객체정보 활용을 위해 3차원 모델 중심으로 변화하더라도 2차원 도면은 계속적으로 건설업무에 활용될 것을 의미한다.

이러한 관점에서 보면 앞으로의 설계환경은 한 가지 설계방식만을 지원하는 것이 아니라 2, 3차원 정보 표현 방식을 동시수용하거나 상호정보연계를 지원하는 방향으로 발전하여야 하며, 이에 대한 방안 마련이 필요하다.

이와 관련되어 국내외에서는 2차원 도면의 3차원 모델 변환 반자동화에 관한 연구^[1]와 2차원 도면정보 모델의 프로토타입 모델 변환에 관한 연구^[2], 3차원 모델에서 2차원 정보를 추출하여 도면화하는 연구^[3] 등이 선행된 바 있다. 그러나 기존 연구들 통해 제시된 2, 3차원 설계환경 통합 및 연계 방안은 특정 CAD 프로그램에 종속되거나 일방향 정보변환에 국한되며 기계분야에 대한 연구가 주를 이룬다.

따라서 본 연구에서는 플랫폼 독립적이고 개방적인 건설분야 국제표준정보모델을 활용하여 2, 3차원 설계환경 통합의 관점에서 연계 방안을 제시하고자 한다.

*교신저자, 정회원, 한국건설기술연구원 건설정보연구부
**정회원, 한국건설기술연구원 건설정보연구부
- 논문투고일: 2005. 09. 05
- 심사완료일: 2006. 11. 02

1.2 연구의 범위 및 방법

오늘날 건설분야에서 개발과 구현이 지속되면서 국제표준모델로서 위상을 인정받고 있는 모델은 ISO의 STEP 표준과 IAI(International Alliance for Interoperability)의 IFC(Industry Foundation Classes)가 있다. 특히, STEP 2차원 CAD 표준과 IFC 표준은 각각 2차원, 3차원 환경에서 대표적 데이터 교환표준으로서의 역할을 수행해오고 있다.

ISO와 IAI는 서로의 표준이 고유 분야에서 영향력과 공신력을 발휘하고 있는 점을 고려하여 Win-Win 전략의 일환으로 2001년 이래 매년 연합회의를 개최하고 연계 프로젝트(Harmonization Project)를 진행해오고 있다. 연계 프로젝트의 주요 목적은 기개발된 타 표준의 스펙을 수용하여 통합모델 또는 매핑방안을 개발하되, 표준간 호환성을 유지하면서 새로운 스펙 개발 요구에 대응하는 것이다.

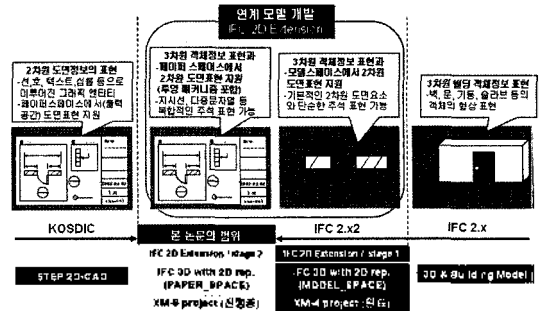


Fig. 2. IFC와 STEP 2차원 CAD의 연계 범위.

연계 프로젝트 관련 기존 연구는 확장 스키마 분석과 모델개발 결과 중심으로 소개되었으므로 본 논문은 실제 개발 과정과 절차에 대한 방법론에 초점을 맞추어 연계 유형 및 사례 분석과 IFC와 STEP의 연계 모델 개발방법론, 구현 측면에서 IFC 확장모델 활용 방안 도출을 중심으로 서술하였다.

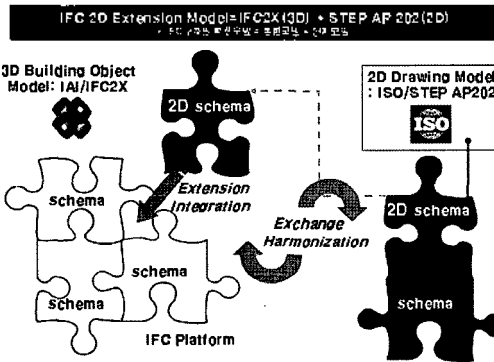


Fig. 1. IFC와 STEP 2차원 CAD 표준의 통합과 연계 개념.

ISO와 IAI는 2, 3차원 통합정보모델의 개발요구를 연계 프로젝트 수행을 통해 해결하고자 3차원 빌딩모델인 IFC에 STEP 2차원 CAD 모델을 수용하는 IFC 2차원 확장 프로젝트를 제안하였고, 이는 한국에서 건담하여 수행해오고 있다. 수행단계는 2단계로 나뉘며 1단계(XM-4)는 완료되어 IFC2X2 버전에 반영된 상황이다.

XM-4에서 확장된 2차원 도면요소는 모델 스페이스 환경에서 작성된 기본직 형상 표현요소로 한정되어, 실제 도면 작성과 출력에 사용되는 지시선, 서브피거, 연관적 치수, 페이지 스페이스 등을 포함하고 있지 않아 실무에 적용하기에 그 범위가 부족하다. 따라서 본 연구에서는 IFC2X2에서 수용하지 못하는 도면요소를 확장 범위로 선정하여 도면모델을 추가 개발하는 IFC 2차원 확장 프로젝트 2단계(XM-9)를 수행하였다.

2. IFC와 STEP의 모델개발 방법론 연구

두 표준의 통합과 연계를 위해서는 각 표준의 특성을 파악하고 두 표준간의 공통점, 차이점에 대한 이해가 선행되어야 한다. 따라서 본 장에서는 IFC와 STEP에 대한 분석을 바탕으로 공통점, 차이점을 도출하였다. 그리고 각 표준의 모델구조와 모델 개발방법론을 파악하여 STEP 표준이 IFC의 구조와 모델 개발 방법론에 적합하게 변경, 수용될 수 있도록 연계방안 도출의 근거를 마련하였다.

2.1 IFC와 STEP

STEP은 ISO/TC184/SC4 주도로 개발되고 있는 산업분야별 정보 교환 및 공유를 위한 제품 데이터 교환 표준이다. STEP은 표준 명세를 개요 및 기본원리, 서술방법, 구현방법, 통합자원, 응용프로토콜, 응용해석 구조체, 응용모델 등 클래스별 Part문서로 나누어 제공하고 있다. 데이터 표현방법으로는 모델링 언어인 EXPRESS, 데이터 교환 및 구현 방식으로는 Part 21에서 정의한 표준 파일포맷을 사용한다.

IFC는 건설분야에 특화된 객체지향형 정보모델로서 STEP의 클래스와 방법론을 활용하여 개발되고 있다. 즉, IFC는 STEP의 일부 Part를 객체모델 개발 관점에 맞게 그 구조와 의미를 재정의하여 사용하므로 STEP 기반(Based on STEP)의 모델이며, 모델의 개발 시 STEP Part의 일부분을 수정 없이 그대로 활용

하므로 STEP과 일치하는(Consistent with STEP) 모델이다. 또한, 데이터 표현 방법으로 EXPRESS 언어를 사용하고 데이터 교환 방법으로 Part21 포맷을 활용한다는 점에서 STEP과 호환이 가능한(STEP compatible) 모델이다.

그러나 두 모델은 데이터의 표현 대상과 구조 그리고 명세문법의 상이함으로 인해 모델의 구조와 EXPRESS 표현 방식에서 차이점을 보인다. STEP과 IFC의 관계를 공통점과 차이점을 바탕으로 IFC의 관점에서 정리하면 다음 표와 같다.

Table 1. IFC와 STEP의 관계 정리

구분	설명
모델간의 관계	IFC는 - Based on STEP: STEP 기반의 모델 - Consistent with STEP: STEP과 일치하는 모델 - STEP compatible: STEP과 호환 가능한 모델
공통점	- EXPRESS 모델링 언어의 사용 - STEP 물리적 파일 교환 포맷의 사용
차이점	- 데이터 모델 구조 - EXPRESS의 사용 방법

2.2 IFC의 STEP의 모델개발 방법론 비교

IFC의 모델개발 개념과 원칙에 적합하게 STEP 2차원 CAD 표준을 수용하기 위해서는 두 표준의 모델구조와 명세언어 문법에 대한 이해가 선행되어야 하므로 다음과 같이 비교, 분석하였다.

2.2.1 데이터 모델구조 비교

데이터 모델구조의 차이는 제품, 제품표현, 형상표현, 표현분맥, 속성 등과 같은 모델의 핵심정보를 바라보는 관점이 상이하기 때문에 발생된다. 두 모델은 공통적으로 STEP의 Part 41과 Part 43을 따라 주요 정보구조를 구성하고 있으나 모델개발 관점에 따라 아래와 같은 차이점을 갖는다.

첫째, IFC는 STEP에 비해 서브타입 및 제품서술과 관련된 속성들이 생략되어 있다. 이는 STEP 엔티티에 대응하는 많은 IFC 부분들이 캡슐화, 추상화된 것을 의미한다. 그러나 생략된 부분들은 STEP 통합자원의 포괄적인 부분이 아니라 부수적인 표현들이므로 추상화된 것이 두 모델구조의 결정적인 차이점을 나타내는 것은 아니다. 그것과 관련된 대부분은 IfcProduct와 IfcProject에서 담고 있는 부분이기 때문이다.

둘째, IFC의 경우, 모든 엔티티들이 IfcRoot 아래에 객체, 관계, 속성 정의라는 세 가지 기본 개념으로 나

뉘어 표현되며 모든 개념의 중심에는 IfcObject가 있다. 즉, 제품의 표현에 객체의 개념이 중심점 역할을 한다는 것을 의미한다. 반면, STEP은 속성 정의 표현을 중심으로 제품의 속성과 형상이 연결되어 있다. 이는 두 모델구조의 차이를 구분 짓는 결정적 요소이다.

셋째, STEP에서는 속성 정의를 IFC의 제품 표현에 대응하는 의미로 사용하여 속성을 광범위한 개념으로 인식하고 이를 중심으로 표현하는 반면, IFC에서는 속성 정의를 객체의 서속속성인 IfcProperty, IfcPropertySet과 같은 의미로 국한하여 사용하고 있다.

2.2.2 데이터 정의 언어 비교

STEP과 IFC는 제품 모델 정의를 위해 공통적으로 EXPRESS 언어를 사용한다. 제품 정의 언어로 EXPRESS 외에 UML과 XSD 등을 사용하기도 하지만, 본 연구에서는 제품 정의 언어를 제품모델 개발측면에서 바라봄으로써 EXPRESS 이외의 언어에 대해 언급하지 않도록 한다.

일반적으로 제품 정의 언어는 모델 접근 방식과 구현 분야에 따라 다르게 사용된다. 서로 다른 모델 접근 방식과 구현 분야를 갖는 STEP과 IFC가 어떠한 EXPRESS 표현 방식을 사용하는 지를 알아보았다.

STEP의 일반적 모델 접근 방식은 첫째, 통합 자원이 일반적으로 유지되도록 하며 둘째, 구현 모델이 서로 다른 분야에서 사용되도록 지원되는 것이다. 이에 따라 STEP은 응용해석모델(AIM)과 응용참조모델(ARM)을 개발하며 두 단계의 모델 개발 단계를 거친다. 첫 번째 모델 접근 방식을 위해서는 STEP이 매우 일반적인 자원을 만들어 사용할 수 있도록 EXPRESS 표현 방식을 허용해야 한다.

이에 따라 STEP의 EXPRESS 표현은 AND, ANDOR, Multiple Inheritance 등을 모두 허용하되 포괄적인 정보 표현에 적합하지 않은 ABSTRACT 또는 ONE OF를 허용하지 않는다. 그리고 두 번째 모델 접근 방식을 지원하기 위해서는 STEP이 특정한 분야를 지원할 수 있도록 EXPRESS 표현 방식을 허용해야 한다. 이에 따라 STEP의 EXPRESS 표현은 구현의 일부분에 제약성을 가하는 국부적 또는 전역적인 Rule을 허용하고 있다.

반면, IFC는 응용해석모델과 응용참조모델의 구분 없이 모델 구조 내에서 단일의 참조 모델이자 구현 모델을 가진다. 즉, 모든 리소스 정의는 IFC Long Form 스키마와 같은 구현 모델에 매핑 과정 없이 직접적으로 사용된다. 따라서 IFC 개발 방법론 내에서

는 STEP과 같이 Rule을 추가적으로 정의하거나 서브타입의 조합을 허용하는 등의 두 번째 단계는 필요 없으며, 구현 가능한 요소들은 EXPRESS 서브타입으로 명시적으로 모델링됨으로써 명확히 구분되므로 하나의 모델 개발 단계만을 갖는다. 이러한 모델 접근 방식을 지원하기 위해서 IFC는 STEP과 구분되는 다음과 같은 EXPRESS 사용법을 갖는다.

- IFC는 서브타입으로 AND와 ANDOR을 사용하지 않는다.
- IFC는 Multiple Inheritance를 사용하지 않는다.
- IFC는 모든 이름에 Ifc 접두어를 붙여 명명한다.
- 집합체 데이터 타입(Aggregation)은 mandatory [0:?]을 사용하지 않고 항상 OPTIONAL [1:?]을 사용한다.

3. IFC2X2와 KOSDIC의 연계모델 개발

IFC 2차원 도면모델은 기존의 코어모델 구조를 변경하지 않는 범위 내에서 모델개발 방법론에 따라 확장되어야 하므로, 본 장에서는 2장에서 파악한 모델 개발 방법론을 바탕으로 다음과 같은 절차에 따라 연구를 진행하였다.

첫째, 두 모델의 비교작업을 통해 연계 대상인 IFC2X2에 확장할 도면요소를 선정하였다.

둘째, STEP 2차원 CAD 표준을 수용하기 위해 확장요소를 대상으로 스키마를 분석하였다.

셋째, STEP 2차원 CAD 표준의 스키마가 IFC 모델 구조와 개발 방법론에 적합하게 병합되도록 확장요소별로 연계방안을 마련하였다.

3.1 IFC2X2와 KOSDIC의 연계대상 선정

IFC 확장모델 개발에서 연계 대상이 되는 2차원 요소 선정을 위해서는 두 모델을 비교하여 IFC2X2가 수용하지 못하는 2차원 요소를 선별해야 한다. 본 절에서는 IFC2X2 확장요소의 선정을 위해 IFC2X2와 STEP 2차원 CAD 표준을 비교하였다. 여기에서 IFC의 비교 모델은 STEP AP202 기반으로 개발된 국내 건설분야 도면정보 교환표준 모델인 KOSDIC (Korea Standard of Drawing Information in Construction)으로 하였다.

KOSDIC 스키마의 공동엔티타를 기준으로 IFC2X2에서 표현 가능한 2차원 도면요소와 표현 불가능한 요소를 구분하고 후자를 본 연구의 범위로 선정하였다.

IFC 2차원 확장 범위에 해당하는 도면요소는 크게

두 가지 요소로 구분된다. 하나는 도면용지와 투영 방법 및 구조를 담고 있는 도면 뷰를 정의하는 페이퍼 스페이스 요소이며, 다른 하나는 연관적 치수 표현, 다중문자열, 지시선과 같은 복합 표현 요소이다.

Table 2. IFC2X2에 추가될 2차원 도면요소

IFC2X2에 확장이 필요한 도면요소	구분
도면용지	페이퍼 스페이스 요소
도면 뷰(투영 방법 및 구조)	
직선 치수(연관적 치수)	복합 표현 요소 (단일의 도면요소가 여러 개 조합되어 하나의 기능을 하는 요소)
각 치수(연관적 치수)	
반지름 치수(연관적 치수)	
지름 치수(연관적 치수)	
라벨 지시선	
원형 지시선	
다중문자열	

3.2 추가될 2차원 확장요소의 분석

본 연구를 통해 확장될 도면요소는 실제 CAD 시스템에서 구현 가능하도록 확장되어야 하므로 CAD 시스템에서 사용되는 일반적인 그래픽 개념과 관련 스키마의 분석을 진행하였다. 따라서 3차원 모델과 연관성을 갖는 도면의 표현을 정의하는 AP202를 중심으로 본 응용 프로토콜에서 사용된 통합자원인 Part46과 Part47, API01 등을 분석하였다. 본 논문에서는 연계방안을 도출하는 과정과 절차를 설명하기 위해 페이퍼 스페이스를 대상으로 스키마 분석과 그에 맞는 연계방안을 마련하고 모델개발 결과를 설명하였다.

페이퍼 스페이스는 모델 스페이스에서 작성한 제도 모델을 뷰잉 시점에 맞게 영역을 생성하고 이를 도면 영역에 배치하는 일련의 과정과 결과를 모두 담고 있는 복합적인 도면요소이다. 따라서 페이퍼 스페이스 표현에 사용되는 일련의 메커니즘을 다음 3가지 단계로 구분하여 분석하였다.

3.2.1 모델 스페이스에서 작성한 제도모델

제도모델이란, 제도를 목적으로 작성된 제품의 형상 표현으로 모델 스페이스에서 작성된 도면요소를 하나의 그룹으로 묶어주는 개념의 엔티티이다. 제도 모델은 아이템별로 크게 맵드 아이템(Mapped_Item)과 스타일드 아이템(Styled_Item), 그리고 주석 표현을 위한 아이템(Annotation_Occurrence)으로 구성된다.

3.2.2 제도모델의 뷰잉과정과 도면 뷰의 생성

모델 스페이스에서 작성된 제도모델은 바라보는 시

점에 따라 다양한 뷰를 생성한다. 이러한 뷰를 생성하는 과정을 모델 뷰잉이라고 하며, 모델 뷰잉에 사용되는 일련의 매커니즘을 투영구조(Viewing Pipeline)라고 한다. 이는 실세계 좌표의 모델 객체를 디스플레이 하기 위해 2차원의 좌표로 매핑하는 과정에서 사용되는 개념이다. 3차원 모델이 평면에 표현되기 위해서는 여러 단계의 좌표변환 과정과 뷰 불륨을 사용할 클리핑(Clippping) 및 은선 제거 과정을 거치게 되며, 관측점과 화면 영역 그리고 제도모델 사이에는 클리핑된 가상의 부피 공간이 생기는 데 이를 뷰 불륨이라고 한다.

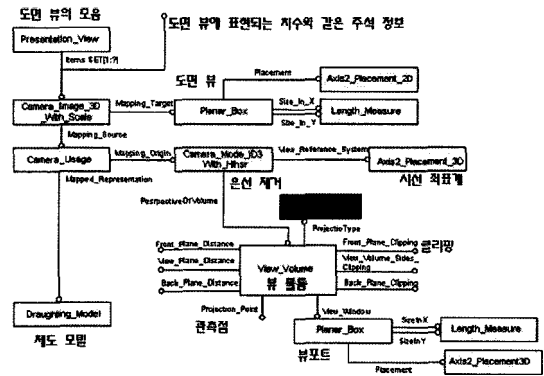


Fig. 4. 제도모델과 도면 뷰의 EXPRESS-G

3.2.3 도면 뷰를 도면용지에 배치

도면 뷰는 제도모델의 투영결과를 디스플레이 화면 영역에 배치한 것이며 시점에 따라 여러 개의 도면 뷰 생성이 가능하다. 다양하게 생성된 도면 뷰를 하나의 프리젠테이션에 배치한 것을 도면용지라고 한다. 그리고 여러 개의 도면용지를 세트로 묶어 저장한 것은 프리젠테이션 세트 또는 도면 세트라고 한다.

이러한 뷰 포트, 도면 뷰, 도면 용지, 도면 세트와 같은 표현 이미지는 서로 간에 위계 관계를 가지며 하위 표현 이미지는 상위 표현 이미지에 배치된다. 이와 같이 하위 표현 이미지를 상위 표현 이미지에 배치하기 위해서는 각 표현 이미지의 크기와 배치 기준점에 대한 정보가 정의되어야 한다.

위와 같이 단계를 구분하여 설명한 페이퍼스페이스 생성 매커니즘을 그림으로 표현하면 Fig. 3과 같으며, 이 중 도면 뷰와 도면 용지를 정의하는 스키마를 다이어그램으로 표현하면 Fig. 4와 같다.

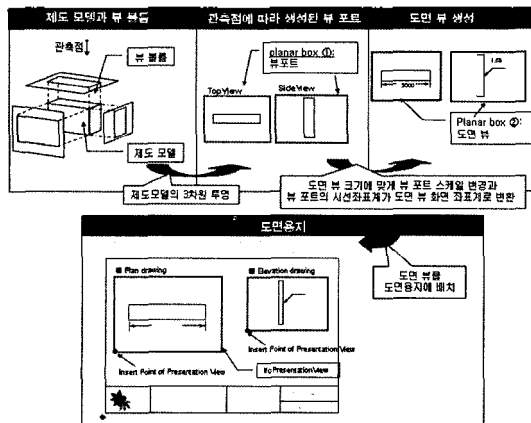


Fig. 3. 페이퍼 스페이스 생성 개념.

3.3 IFC2X2의 STEP 2차원 CAD 표준 수용방안

본 절에서는 확장요소별로 STEP 자원을 수용하기 위한 방안을 IFC 모델구조와 개발 방법론에 맞게 제시하되, 페이퍼 스페이스 중심으로 설명하고자 한다. 이를 위해 페이퍼 스페이스를 구성하는 요소를 크게 4가지 항목으로 나누어 항목별로 STEP 자원을 수용하기 위한 방안을 제시하였다.

3.3.1 표현문맥 수용방안

표현문맥이란, 제품이 표현되는 배경 공간이다. 이는 좌표계, 단위와 척도 등과 같은 일정한 기준으로 정의되며 기준에 따라 표현문맥의 종류가 나뉜다. STEP 2차원 CAD 표준과 IFC는 기하 표현문맥과 세계 단위가 할당된 문맥을 공통적으로 제공하고 있다. 기하 표현문맥은 좌표계에 의해 정의된 문맥으로 2차원, 3차원의 좌표 공간을 제공하며, 세계 단위가 할당된 문맥은 각종 단위들에 의해 정의된 문맥이다.

페이퍼 스페이스 요소에서 표현문맥에 정의되는 기하 표현은 제도모델, 제도모델의 형상 표현, 도면 뷰, 도면용지로 총 4개이다. STEP 2차원 CAD 표준은 2차원 투영구조를 사용하므로 모든 기하 표현이 2차원 기하 표현문맥에 표현되어 있다. 그러나 IFC는 3차원 투영구조를 사용하므로 제도모델과 제도모델의 형상 표현은 3차원 기하 표현문맥에, 도면 뷰와 도면용지는 2차원 기하 표현문맥에 표현된다.

따라서 IFC에 적합한 페이퍼 스페이스 요소의 표현 문맥을 제공하기 위해서는 IfcProject내에 2차원, 3차원 기하 표현문맥을 세트로 제공하여야 한다.

3.3.2 제도모델 수용방안

IFC2X2는 제품의 형상과 스타일을 아이템별로 묶어서 정의하는 제도모델 엔티티를 정의하고 있지 않

으므로 이의 추가가 필요하다. IFC에 적합한 제도모델을 구성하기 위해서는 STEP의 제도모델의 구성을 따르면서 사용 개념이 상이한 엔티티에 대해 적합한 개념을 명시하여야 한다.

STEP의 형상 표현이 기하표현 아이템으로 정의된 것과 다르게 IFC는 제품의 모든 표현이 객체 정의를 상속받도록 정의되어 있다. 따라서 IFC 제도모델의 형상 표현(IfcShapeRepresentation)의 개념은 기하 표현 아이템의 모음뿐만 아니라 제품(IfcProduct)의 관계를 명시하여 제도모델을 구성하여야 한다. 이렇게 정의된 IfcDraughtingModel은 IfcRepresentation의 ONEOF 서브타입으로 추가되어야 한다.

3.3.3 도면 뷰 수용방안

IFC에 적합한 도면 뷰를 구성하기 위해서는 STEP에서 정의하는 카메라 모델과 카메라 이미지를 따르되, IFC에 부적합한 개념과 구조를 변경하여야 한다.

IFC의 IfcCameraModel과 IfcCameraImage에 적합한 개념은 3차원이므로 STEP에서 정의하는 2차원 카메라 모델과 카메라 이미지를 제거하고 3차원 서브타입만을 채택하고 서브타입의 ANDOR 서브타입을 ONEOF로 변경하여야 한다.

3.3.4 도면용지 수용방안

STEP 2차원 CAD 표준은 도면용지 또는 도면 뷰와 같은 표현 이미지에 담긴 형상과 제품의 관계를 여러 아이템을 사용하여 간접적으로 정의하고 있다. 그러나 IFC의 모든 표현은 객체중심으로 표현되므로, 표현 이미지에 담긴 형상은 제품과 직접적으로 연결되

어 있다.

즉, IFC에 적합한 도면 용지의 정의는 STEP의 정의와 같이 여러 아이템을 통해서 간접적으로 제품과의 관계를 연결할 필요가 없으며, STEP의 정의를 그대로 따른다면, 오히려 형상 표현과 제품 정의의 관계가 중복적으로 표현되는 결과를 초래한다. 따라서 IFC의 표현 이미지의 슈퍼타입인 IfcPresentationRepresentation의 정의 시, 형상과 제품 정의와의 연결 관계를 삭제하여야 한다. 이렇게 구성된 IfcPresentationRepresentation은 IfcRepresentation의 ONEOF로 추가되어야 하며, 서브타입으로 가지는 엔티티들은 ANDOR에서 ONEOF로 변경하여야 한다.

이와 같이 페이퍼 스페이스의 수용방안에 따라 모델을 구성할 때 발생하는 엔티티의 변경부분을 정리하면 다음 표와 같다. 복합 표현 요소 부분도 함께 표현하였으며, 변경 이유 중 IFC 접두어 명명 부분은 IFC에 수용할 모든 엔티티에 적용되는 것이므로 생략하였다.

3.4 IFC2X2 2차원 확장모델 개발

본 절에서는 앞 절에서 도출한 STEP 2차원 CAD 표준 수용방안을 적용하여 개발된 IFC2X2 2차원 확장모델을 상위레벨과 하위레벨, 두 가지 관점으로 구분하여 정리하였다.

3.4.1 IFC2X2 2차원 확장모델의 상위레벨 적용

상위레벨 스키마는 하위 리소스에 위치한 스키마를 아이템별로 묶어주어 모델의 구조를 결정하는 개념적인 스키마를 의미한다.

Table 3. IFC2X2의 STEP 엔티티 수용방안

엔티티	변경사항	변경이유
presentation_representation	서브타입으로 presentation_view와 presentation_area 선택 ONEOF로 변경	KOSDIC에서 이용하는 엔티티로 한정 ANDOR 상속
camera_model	서브타입으로 camera_model_d3 선택	IFC의 개념에 적합한엔티티로 한정
camcra_model_d3	ONEOF로 변경	ANDOR 상속
composite_text	서브타입으로 composite_text_with_extent 선택	KOSDIC에서 이용하는 엔티티로 한정
dimension_text_associativity	슈퍼타입으로 text_literal 삭제	Multiple Inheritance
dimensional_size	서브타입으로 dimensional_size_with_path 선택	KOSDIC에서 이용하는 엔티티로 한정
tolerance_method_definition	Select타입에서 toleranve_valuc 선택	KOSDIC에서 이용하는 엔티티로 한정
measure_representation_item	슈퍼타입으로 mcaasure_with_unit 삭제	Multiple Inheritance
IfcMappedItem	mapping_target, mapping_origin을 IfcRepresentationItem으로 확대	IfcMappedItem의 한정된 정의로 인해 연관적 지수 지원 불가

Fig. 5는 IFC2X2 2차원 확장모델의 구조를 상위레벨에서 표현한 그림이다. 그림의 노란색은 기존의 IFC 모델의 스키마이며, 주황색은 본 연구를 통해 새롭게 제안된 스키마이다. 그리고 초록색은 기존에 있던 구조이지만, 확장요소 수용을 위해 데이터 수용 범위가 변경되어야 하는 엔티티이다. 새롭게 제안한 스키마를 Representation 레벨에서 보면 제도모델과 도면 뷰와 도면용지, 그리고 그들간의 위계를 담을 수 있는 스키마가 추가되었다.

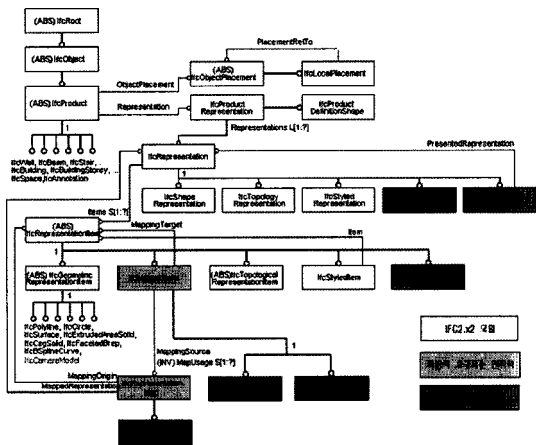


Fig. 5. IFC 2차원 확장모델 상위레벨 적용.

3.4.2 IFC2X2 2차원 확장모델의 하위 리소스별 적용 앞에서 설명한 상위레벨 스키마가 모델 구조 상 추가되어야 하는 개념적인 것이라면, 본 절에서 설명하는 하위 리소스별 스키마는 형상 표현에 직접 사용되는 실질적인 스키마이다. IFC2X2에 수용할 스키마의 추출 시 다음과 같은 법칙을 따랐다.

- (1) STEP Part46, Part42, Part47로부터 추출
 - (2) (1)이 불가능할 경우, STEP AP202와 AP101로부터 추출
 - (3) (1), (2)가 불가능할 경우, Part42, Part46, Part47, AP101에 기반을 둔 응용해석구조체로부터 추출
- 이러한 법칙에 따라 추출된 스키마는 항목별로 IFC2X2의 리소스 레이어에 적용되었다. IFC2X2 2차원 확장 스키마는 대부분 기존의 리소스 내에서 정의되었으며, 기존의 리소스의 정의에 속하지 않는 개념은 새로운 리소스를 제안하여 그 안에 정의하였다.

Fig. 6은 IFC2X2 2차원 확장 스키마가 어떠한 하위 리소스 레벨에 적용되었는지를 표현한 것이다. 십자 도형이 덧붙여진 리소스는 본 연구를 통해 확장된 리소스이며 노란색은 새롭게 제안한 리소스를 의미한다.

다. 그리고 원 도형이 덧붙여진 리소스는 기존의 연구인 XM-4에서 추가되어 IFC2X2에 적용된 리소스를 의미한다.

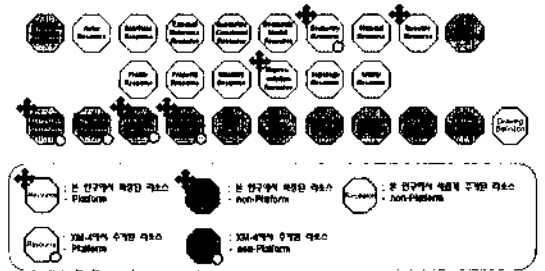


Fig. 6. IFC 2차원 확장모델 하위레벨 적용.

본 연구에서 개발한 스키마를 확장 및 제안한 리소스별로 정리하면 다음 표와 같다.

Table 4. 리소스별 추가된 스키마 내용

리소스 명	추가된 스키마
표현조직	표현이미지의 위계, 카메라 모델, 카메라 이미지, 투영구조 정의
표현정의	주식의 구조와 스타일 속성을 정의의 관련 스키마에서 다중문자열 정의
표현치수	형상의 공간적 특성에 사용되는 스키마에서 연관적 치수, 공차, 지시선 정의
도면조직	도면의 서술, 구조, 관리, 식별 정보를 담는 도면구조 정의
척도	도면용지의 크기, 연관적 치수 표현에 사용되는 측정값과 단위표현 정의

확장 스키마는 3.3절에서 제시한 수용방안에 따라 구성하였다. 리소스별로 확장 스키마를 정리하였는

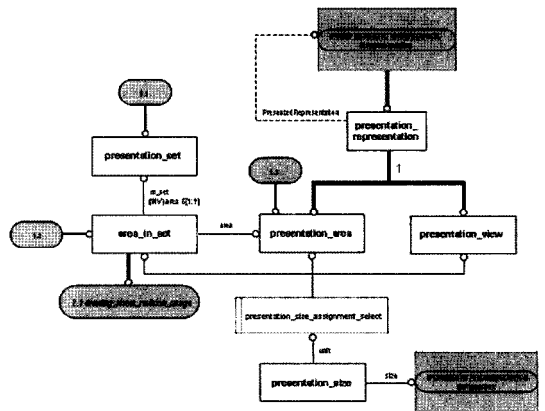


Fig. 7. 확장된 스키마의 예.

데, 이는 Fig. 7과 같이 기존의 IFC 스키마는 주황색으로 새로 확장한 스키마는 그 외의 색으로 표현하였다.

4. IFC와 KOSDIC의 호환도구 개발방안

본 장에서는 IFC 2차원 도면모델을 포함하는 IFC와 KOSDIC의 호환도구 개발방안으로 두 포맷간의 호환 프로세스를 정의하고 그에 맞는 API(Application Programming Interface)의 기능을 정의하였다. IFC 2차원 도면모델 스키마는 정식 스펙에 추가된 것이 아니라 본 연구에서 제안한 것이므로 구현 가능한 가스키마를 작성하여 사용하였다. 여기에서는 스펙 명칭의 복잡함을 없애기 위해 2차원, 3차원 정보를 모두 수용할 수 있는 IFC 통합모델을 IFC2X2라 명명하였다.

4.1 호환 프로세스의 범위 및 내용

현 상용 CAD 시스템의 IFC2X2 I/O(Input/Output) 도구는 2차원 도면표현 부분이 구현되어 있지 않다. 즉, 사용자들이 얻을 수 있는 IFC 파일에는 3차원 객체정보만이 들어 있다. 따라서 현 상황에서 IFC 2차원 도면정보와 KOSDIC의 정보를 호환하기 위해서는 IFC 3차원 객체정보에서 2차원 도면정보를 생성하는 단계까지 고려하여야 한다. 향후, CAD 시스템에서 IFC 2차원 도면모델을 지원하게 된다면 2차원 정보를 대상으로 두 표준을 매핑 및 변환하는 단계만이 필요할 것으로 예상된다.

이에 따라 제시하는 두 모델간의 호환 프로세스는 ① 상용 CAD 시스템의 출력한 3차원 객체 정보만이 담긴 IFC2X2 파일(only 3D)에서 2차원 도면정보가 추가된 IFC2X2 파일(3D+2D)로 변환하여 쓰는 과정을 포함하고, ② 이렇게 출력된 IFC2X2 파일(3D+2D)과 KOSDIC 파일(2D)의 데이터가 매핑 알고

리즘을 통해 교환되는 과정을 담고 있다.

두 모델의 매핑을 위한 방법으로는 일반적으로 EXPRESS-X 매핑 방법과 API 개발을 통한 매핑 방법이 있다. EXPRESS-X 매핑은 두 모델의 매핑 범위가 명확하여 상호간의 호환이 가능한 구조화된 스키마에서 효과적으로 사용된다. 그러나 본 연구에서 제시할 호환 프로세스는 IFC 2차원 스키마와 KOSDIC의 2차원 스키마의 매핑 관계만을 포함하는 것이 아니라 IFC 3차원 정보를 2차원 정보로 변환하는 관계 정의의 부분도 포함하고 있기 때문에 이러한 호환 프로세스를 모두 지원할 수 있도록 API 개발을 통한 매핑 방법을 채택하였다.

4.2 호환 프로세스의 API 기능 정의

본 절에서는 두 모델의 호환 프로세스에 해당하는 IFC 3차원 객체정보에서 2차원 형상정보의 생성과 IFC와 KOSDIC의 2차원 형상정보 매핑에 대한 API의 기능을 서술하였다.

4.2.1 IFC 3차원 객체정보의 2차원 도면표현 방안

호환 프로세스의 첫 번째 단계는 3차원 객체정보만 포함한 IFC2X2 파일(only 3D)에서 2차원 도면 형상정보가 담긴 IFC2X2 파일(3D+2D)을 생성하는 것이다. Fig 8의 ①에 해당하는 2차원 형상정보 생성 API는 IFC 객체의 형상 및 속성정보에서 2차원 도면 형상정보의 추출 가능 여부에 따라 두 종류의 API로 구분된다.

IFC 3차원 객체의 형상 및 속성정보로부터 2차원 도면정보 추출이 가능한 경우, 객체 정보를 활용하여 2차원 정보요소로 적절하게 추출 및 변환함으로써 IFC 2차원 도면 형상정보를 생성할 수 있다. 이에 해당하는 API를 3차원 정보에서 2차원 정보로 변환하는 API(3D to 2D Converting API)라 하였다. 3차원 객체 정보에서 읽어올 수 없는 주석과 같은 정보는 사용자가 정의하여 생성하는데 이를 도면정보 첨부 API(2D Appending API)라 하였다. 본 연구에서는 IFC 파일(only 3D)에 존재하는 정보를 추출하여 2차원 도면정보를 생성하는 방안을 중심으로 서술하였다.

3차원 객체정보의 2차원 도면표현 방안을 도출하기 위해 예시 모델과 도면을 작성하여 표현 요소별로 3차원 객체와 2차원 도면표현요소의 관계를 다음과 같이 정리하였다. 그 결과 3차원 객체에서 2차원 도면을 생성하는 방안으로 (1) 객체의 형상정보를 그대로 추출하여 도면화하는 방안, (2) 객체의 속성정보를 변환하여 도면화하는 방안, (3) 앞의 두 방안을 통해 생성

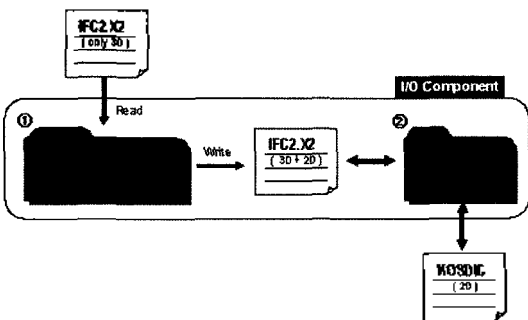




Fig. 8. IFC2X2와 KOSDIC의 호환 프로세스.

Table 5. IFC 3차원 객체정보의 2차원 도면표현

3차원 객체표현	→	2차원 도면표현
	도면작성에 필요한 형상정보 생성방안	
벽의 객체표현	→	벽의 도면표현
1) 형상표현		1) 형상표현
축(IfcLine)	그대로 사용가능	중심선(IfcLine)
몸체(IfcExtrudeAreaSolid)		
- 단면형상(IfcPolyLine)	그대로 사용가능	벽외곽선(IfcPolyLine)
- 벽체높이		-
2) 스타일표현		2) 스타일표현
없음	기정의 필요.	1)에 대한 키브스타일
3) 재질표현 (IfcMaterial)		3) 해치표현
재료(콘크리트)	변환관계정의 필요	해치스타일
외곽(IfcPolyLine)	그대로 사용가능	해치영역(IfcPolyLine)
문의 객체표현	→	문의 도면표현
1) 형상표현		1) 형상표현
몸체(IfcFacetedBrep)	변환관계정의 필요	문의 너비, 2)에 사용
개구부(IfcOpeningElement)		
- 단면형상(IfcPolyLine)	변환관계정의 필요	벽의 개구부 크기
2) 속성표현(IfcPropertyDefinition)		
문패널(IfcDoorPanelProperties)	변환관계정의 필요	패널의 길이와 깊이, 2)에 사용
문틀(IfcDoorLiningProperties)	변환관계정의 필요	틀의 길이와 깊이, 2)에 사용
문스타일(IfcDoorStyle)		
- 개폐방향	변환관계정의 필요	개폐방향, 2)에 사용
- 문의 이름과 타입	변환관계정의 필요	2) 심벌화된 형상표현
3) 스타일표현		3) 스타일표현
- 없음	기정의 필요	2)에 대한 심벌스타일

된 형상정보를 기 정의의 스타일 표현하도록 하는 방안이 도출되었다.

(1) 3차원 객체의 형상정보를 그대로 활용하는 방안 위의 예시는 형상 정보의 표현문맥을 평면 뷰로 설정한 경우이므로, 벽 테두리 및 축을 표현하는 2차원 도면정보 생성 시 3차원 객체의 꼭지 레벨의 단면형상(profile 정보)에서 정의하는 폴리라인 정보를 그대로 활용하여 벽과 문, 개구부의 외곽선과 중심선 정보를 표현할 수 있다.

(2) 3차원 객체의 속성정보를 변환하여 활용하는 방안 위의 예시에서는 벽의 재질정보가 도면의 해치표현

으로, 문의 속성정보가 심벌의 형상표현으로 변환되는 경우이다. 상용 객체 기반 CAD 시스템에서 객체의 재질정보와 문의 타입을 정의하여 평면뷰에서 볼 경우, 내부의 라이브러리에서 정의하는 변환관계에 따라 도면이 해치와 심벌로 변환된다. 그러나 여기에서는 파일 대 파일의 생성이므로 임의의 변환관계 정의가 필요하다.

IFC 벽 객체의 콘크리트의 재질정보는 이름만 정의가 가능할 뿐 콘크리트를 선분조합해치로 그릴 것인지 색상해치로 그릴 것인지에 대한 관계설정은 정의되어 있지 않다. 또한 IFC 문 객체 정보는 문 패널 및 틀의 너비와 깊이, 개폐 방향, 타입 등 형상정보와 속성정보를 담고 있지만, 일반 건축도면에서 문을 표현하듯이 1/4의 원과 복합곡선으로 표현된 심벌을 생

성하기에 정보가 부족하며, 정보표현체계도 마련되어 있지 않다. 따라서 실무도면 표현을 위해서는 3차원 객체의 2차원 도면표현 방법과 관련된 변환관계의 정의가 필요하다. 이러한 변환관계를 통해 생성된 데이터가 정보 교환에 사용되기 위해서는 시스템별 라이브러리의 정의 또는 개발자 임의의 정의가 아닌 표준화된 정보표현체계로서의 정의가 시급하다. 또한 각 객체의 도면표현이 스케일별로 다르게 표현되므로 표준화된 스케일별 객체 유형 정의도 필요하다. 그러나 현재는 3차원 객체정보의 2차원 도면표현에 대한 표준화된 정보변환체계가 마련되어 있지 않으므로 개발자가 임의로 정의하여 도면표현에 필요한 정보를 지정하여 사용하였다.

(3) 형상정보의 스타일 표현을 위한 방안

앞의 두 방안을 통해 생성된 형상정보는 도면에 색상, 폰트와 같은 Occurrence 표현을 위해 스타일 정보가 필요하다. IFC는 면 표현에 대한 스타일 정보를 정의하고 있지만, 선분과 텍스트 등 유형에 필요한 정보를 정의하지 않으므로 도면표현을 위한 스타일 정보는 기정의 유형으로 선언하여 사용하도록 한다.

4.2.2 IFC와 KOSDIC의 2차원 형상정보 매핑방안

호환 프로세스의 두 번째 단계는 첫 번째 단계를 통해 생성된 IFC2X2 파일(3D+2D)과 KOSDIC 파일이 호환이 가능하도록 매핑관계를 정의하는 것이다. IFC 2차원 도면모델은 KOSDIC과의 호환을 고려하여 STEP 자원을 수용하여 개발되었으므로 IFC 2차원 도면모델과 KOSDIC의 엔티티와 속성은 대부분 일대일 매핑이 가능하다. 즉, KOSDIC의 공동엔티티를 기준으로 IFC 스키마에 대해 각각의 엔티티와 속성을 비교하면 매핑테이블이 작성된다. 이를 기반으로 구현 언어를 API 또는 EXPRESS-X로 선택하는 것은 개발자의 몫이다.

그러나, IFC와 KOSDIC의 매핑테이블이 IFC 집두어의 유무에 따라 작성되는 것만은 아니다. 예를 들어, KOSDIC의 서브피겨삽입 엔티티가 IFC에서는 IfcAnnotation 객체아래의 타입으로 정의되는 것과 같이 동일한 도면요소라도 다른 위계와 다른 이름 명명 방식을 사용하여 수용되는 경우도 있다. 따라서 구현 시 매핑테이블만으로 표현할 수 없는 이러한 요소에 대해 향후 KOSDIC과 IFC의 호환도구 개발자용 지침서를 작성하여 배포하는 것이 필요하다. 이러한 지침서의 제공은 개발자가 모델을 분석하고 파악하는데 소요되는 시간과 노력을 줄이는 데 큰 역할을 할 것이다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 표준모델이 2, 3차원 설계방식을 동시에 지원할 수 있도록 STEP 2차원 CAD 표준과 IFC를 통합 및 연계하는 관점에서 연구를 진행하였으며, 두 가지 방안을 도출하였다.

첫 번째 방안은 STEP 2차원 CAD 표준을 수용하는 IFC 2차원 도면모델을 개발하는 모델 통합 측면에서의 방안이다. STEP 2차원 CAD 표준을 수용하는 IFC 통합모델을 개발하기 위해 IFC의 모델 구조와 개발 방법론에 맞게 STEP 스키마를 변경하여 IFC에 확장하는 방안을 마련하였다.

두 번째 방안은 IFC 2차원 도면모델과 KOSDIC의 매핑 도구 개발을 통한 구현 측면에서의 방안이다. 여기에서는 IFC와 KOSDIC의 호환 시나리오를 작성하여 두 모델의 매핑도구 개발에 필요한 기능을 정의하여 매핑 도구 개발의 지침을 마련하였다.

본 연구를 통해서 개발된 IFC 2차원 확장모델과 매핑방안을 통해 기대되는 성과는 다음과 같다.

첫째, 페이퍼 스페이스가 추가된 IFC 2차원 도면모델은 3차원 모델과 연계된 2차원 도면생성을 지원하므로, 이는 도면의 출력, 뷰잉, 납품, 교환 등 실제 업무에 활용할 수 있을 것이다. 또한, 표현요소가 추가되어 기존의 모델보다 풍부한 제도표현을 지원할 것이다.

둘째, IFC 2차원 확장모델은 IFC2X2에서 수용하지 못하는 STEP 2차원 CAD 표준 대부분의 도면요소를 수용함으로써 KOSDIC, STEP-CDS, SCADEC과 호환 완성도를 높였다.

셋째, 본 논문은 2차원 도면정보를 대상으로 연구를 진행하였으나, 연계연구에서 공통적으로 사용되는 절차와 방법론 그리고 두 모델의 공통점과 차이점에 대해 분석하였으므로 다른 연계연구에서 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

그러나 현 연구의 수준으로는 IFC 2차원 확장모델과 두 표준의 호환방안을 실무에 적용하기에 다음과 같은 한계점을 갖는다.

IFC 2차원 확장모델은 IFC에서 제공하는 공동된 표준규약에 적합하게 개발되었으나 IFC의 모델 표현 구조에 위배되지 않도록 MSG(Model Support Group)에 의해 검토 및 통합하는 과정을 거쳐야 하며 실무에서 활용하기에 무리가 없도록 검증 단계를 거쳐야 한다. 또한, 모델 개발에서 사용자의 기능과 요구사항에 대한 고려 없이 KOSDIC에서의 정의하는 기능과 요구사항만을 수용하였으므로 개발된 모델의 활용가치

를 높이기 위해서는 실무자와 벤더의 요구사항에 따라 계속적으로 수용 및 보완이 이루어져야 한다.

즉, 본 연구 결과를 실용화, 상용화하기 위해서는 기존연구 검토와 본 연구의 한계에서 언급했듯이 3차원 모델의 도면화 작업이 임의적, 종속적으로 진행되지 않도록 3차원, 2차원 변환체계에 관한 표준화 연구가 필수적이다. 최근 이와 관련되어 국내 연구팀 주도로 MECOPS 프로젝트가 진행된 바 있다¹⁵⁾. 국내외에서 관련 연구가 전무한 상황이므로 이는 파일럿 프로젝트 및 기반연구로서 큰 의미를 갖는다. 앞으로 변화하는 2, 3차원 통합 설계환경에 대비하고, 이를 선도하기 위해서는 선행연구를 발전시켜 실무적용 가능성을 검토하여 보다 다양한 분야를 수용하는 변환체계에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Rick Lewis and Carlo Sequin, "Generation of 3D Building Models from 2D Architectural Plans", *Computer-Aided Design*, Vol. 30, No. 10, pp. 765-779, 1998.
2. Robert Noack, "Converting CAD Drawings to Product Models", *Construction Management and Economics*, Royal Institute of Technology, 2001.
3. Naai-Jung Shih, "A study of 2D-and 3D-oriented Architectural Drawing Production Methods", *Automation in Construction*, Vol. 5, pp. 273-283, 1996.
4. IAI/MSG, "IFC2X Edition 2 Model Implementation Guide Version 1.7", 2004. 3.
5. 산업자원부, "복합엔지니어링 분야의 프로덕트 모델 기반 정보공유 기술개발에 관한 연구: 2차년도 보고서", 2005.
6. 한국건설기술연구원, "건설CALS/EC 표준화 개발 (II)", 연구보고서, 2004. 5.
7. 한순홍, 이현찬, "디지털 제조를 위한 STEP", 2000. 8.
8. ISO, "ISO10303-41: Fundamentals of Product Description and Support".
9. ISO, "ISO10303-43: Representation Structures".
10. ISO, "ISO10303-46: Visual Presentation".
11. ISO, "ISO10303-47: Shape Variation Tolerances".
12. ISO, "ISO10303-101: Draughting".
13. ISO, "ISO10303-202: Associative Draughting".
14. ISO/TC184/SC4 and IAI, "Assessment of Harmonization of IFC with STEP Standards V1.6", 2004. 4.
15. ISO/TC184/SC4(Ray J. Goult, Wolfgang R. Haas, Jochen Haenisch, Michael J. Pratt) and IAI(Thomas Liebich), "Assessment of Harmonization of IFC with STEP Standards V1.6", 2004. 3.
16. Jeffrey Wix, Thomas Liebich, "IFC Architecture and Development Guidelines", 1997.
17. Thomas Liebich, "IFC Overview", IAI Madrid Industry Day, 2005. 2. 25.
18. Thomas Liebich, "TC184/SC4 and IAI Harmonization: Usage of EXPRESS (ISO10303-11) within the IFC(ISO/PAS 16739) Specification Process V1.1", 2004. 4.



원 지 선

2003년 경희대학교 토목건축공학부 학사
2005년 경희대학교 건축공학과 석사
2005년-현재 한국건설기술연구원 연구원
관심분야: 건설정보표준화, 건설CALS/EC, Product Model(IAI/IFC, ISO/STEP), 3D Object CAD, CAAD



임 경 일

1997년 울산대학교 건축학과 학사
2000년 울산대학교 건축학과 석사
2000년-현재 한국건설기술연구원 선임연구원
관심분야: 건설정보표준화, 건설CALS/EC, CAAD, 국제표준데이터모델(STEP, IFC 등)



김 성 식

1994년 단국대학교 토목공학과 학사
2000년 한양대학교 전자계산학 석사
1994년-현재 한국건설기술연구원 선임연구원
관심분야: 건설정보표준화, 건설CALS/EC, CAAD, 국제표준데이터모델(STEP, IFC 등)