

# IFC활용 BIM기반 공정/원가 통합관리 프레임워크

## A Framework Integrating Cost and Schedule based on BIM using IFC

이진강\*  
Lee, Jin-Gang

이현수\*\*  
Lee, Hyun-Soo

박문서\*\*\*  
Park, Moonseo

정민혁\*\*\*\*  
Jung, Minhyuk

### Abstract

In building construction project, there are numerous information or data parts across many different software applications and professional specialists. BIM (Building Information Modeling), as a medium for managing information generated during construction project, it is intended to enhance the effectiveness of construction management and reap a lot of advantages such as, automatic quantity takeoff, error-free estimation, 4D(3D+Time), 5D(4D+Cost) simulation. Nevertheless, the overall and practical effectiveness of BIM utilization is difficult to justify at this stage. While helpful, there are some limitation when BIM applied to construction management due to the differences of data processing process between BIM and work in the field, limitations of information generated from BIM object and interoperability problem among BIM application. Therefore, this paper propose a framework integrating BIM with cost-schedule information using IFC. And we construct the system prototype based on the framework and performed case study to examine the framework. The proposed framework provides the information basis for BIM based cost-schedule integration, ultimately, the framework increase the utilization of BIM and work efficiency of construction industry by supporting an understanding of information.

**Keywords :** Cost-Schedule Integration, BIM(Building Information Model), IFC(Industry Foundation Classes)

## 1. 서론

건설프로젝트에는 많은 분야에서 다양한 전문가가 참여하여 프로젝트 관리 과정에서 수많은 정보가 존재한다.(Calvin Kam et al, 2002) BIM(Building Information Modeling)은 정보전달의 매개체로써 공사 관리에서 발생하는 정보들을 저장하고 가공하여 다양한 분야의 복잡하고 많은 정보의 이해를 도와 공사 관리의 효율성을 향상시킬 수 있었다(Shen and Issa 2010). 그중에서도 공사 관리에 있어 공정/원가 정보는 다른 정보들보다 사용 빈도가 높으며 공정 원가 정보의 통합관리가 건설공사의 효율적이고 효과적인 수행

에 미치는 영향이 크다(William and Abudayyeh 1991). 이에 BIM의 형상정보를 기반으로 하여 공정/원가 정보를 연계하여 4D(3D+Time), 5D(4D+Cost) 시뮬레이션 등 다양한 방법으로 정보가 분석되고 활용되었다. 그럼에도 불구하고 현재 BIM의 활용성과 그 효과는 산업의 기대에 부응하지 못하고 있다(Jung & Joo 2010). 이에 BIM 기반 공정/원가 관리 현황 및 관련 연구동향을 고찰한 결과, (1)BIM 활용과정에 따른 정보의 연계 문제(조대구 외 2010), (2)BIM 객체기반 공정/원가정보의 한계(김정현 2010), (3)BIM 소프트웨어 상호간의 데이터 호환성 문제(Eastman 2008) 등의 문제점이 있음을 알 수 있었다.

\* 일반회원, 서울대학교 건축학과 석사과정, potgus@snu.ac.kr

\*\* 중신회원, 서울대학교 건축학과 정교수, 공학박사, hyunslee@snu.ac.kr

\*\*\* 중신회원, 서울대학교 건축학과 정교수, 공학박사(교신저자), mspark@snu.ac.kr

\*\*\*\* 중신회원, 서울대학교 건축학과 박사과정, archidea914@snu.ac.kr

본 연구에서는 위의 문제점들을 개선하고자 IFC(Industry Foundation Classes)를 활용하여 BIM기반으로 공정 원가 정보를 통합 관리하는 프레임워크를 제안한다. 먼저, (1)과 (2)의 문제를 개선하기 위해 기존 공정/원가 정보의 형태와 처리과정을 기초로 BIM으로의 적용이 용이하도록 공간을 최소단위로 공정/원가정보를 통합 관리하는 데이터베이스를 구축한다. 그리고 (3)의 문제를 개선하기 위해 국제 표준 데이터 포맷인 IFC를 활용하여 앞서 구축한 데이터베이스와 BIM소프트웨어와 연계한다. 그 후 프레임워크를 바탕으로 시스템 프로토타입(Prototype)을 개발하여 BIM소프트웨어를 통해 데이터베이스에 구축된 공정/원가정보를 관리하는 것을 사례 연구를 수행하여 프로토타입을 테스트한다.

이는 BIM기반 공정/원가 통합관리를 위한 정보 처리 프로세스의 기초를 제공하며, 정보 요구에 대한 정확한 이해를 도와 의사소통의 정확성을 향상시켜 BIM기반 공정/원가관리의 활용성과 효율성을 높일 것이다.

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 BIM기반 공정/원가 관리

BIM기반 공사 관리 관련 연구는 크게 공정관리와 공사비관리 연구로 나눌 수 있다. 먼저 공정관리의 경우, 객체를 기반으로 공정 정보의 생성을 통해 BIM 설계정보와 연계하여 시공 시뮬레이션을 시도하였다(Vries and Harink 2007, 조진 외 2008, 유제승과 김정환 2009). 그리고 공사비 관리 역시, BIM 객체를 기반으로 생성된 정보를 활용한 공사비 견적, 예측 모델을 제시하였다(권오빈 외 2010, 박영진 외 2011). 그리고 Solibre, Innovaya, Vico Office 등의 주요 소프트웨어들의 주요 기능을 검토한 결과, 모델링한 객체를 바탕으로 공정/원가정보를 생성하여 공정/공사비 관리 기능을 수행하였다. 이와 같이, BIM기반 공정/원가 관리는 대부분 객체를 기반으로 생성된 정보를 분석하고 관리하여 기능을 수행하는데 그 과정에 있어 다음과 같은 한계점이 있어 BIM이 공정/원가 관리에 적극적으로 활용되지 못함을 알 수 있었다.

먼저, BIM의 객체 중심적인 정보 구조는 작업을 중심으로 한 공정관리, 원가관리, 기성관리 등에 필요한 정보를 처리하는데 불리하다(조대구 외 2010). BIM기반 공사관리 정보가 생성되고 활용되는 과정이 실무에서의 공사관리 업무 프로세스와 연계성이 부족하여 공정/원가정보의 입력 작업으로 인한 업무량의 증가를 초래한다. 그 예로 4D 시뮬레이션 구현 시, 모델링과 그에 맞는 공정 정보가 연계되어야 하는데, 이를 위해

설계단계에서 생성된 모델과는 별개로 시공단계에서 시뮬레이션을 위한 모델을 모델링해야하며, 객체와 공정/원가 정보의 연계는 각각 분리되어 이루어지므로 시간과 노력의 소모가 크다. 이와 같이 BIM에서 공정/원가정보를 활용하는 과정이 다소 비효율적이어서 BIM이 공사 관리에 적극적으로 활용되지 못하였다.

둘째, BIM을 통해 필요한 정보를 얻지 못해, BIM이 공사관리에 적극적으로 활용되지 못하고 있다(김정현 2010). 대부분의 BIM소프트웨어는 모델링한 객체를 기반으로 공정/원가정보를 생성하는 것을 바탕으로 공정/원가정보를 분석하였다. 그러나 생성된 정보가 제한적이어서 객체기반 물량산출기능 이외의 공정/원가정보의 파악 및 분석 기능에 있어서는 미흡하다는 것을 알 수 있었다(표 1 참고). BIM소프트웨어에서는 구축되어 있는 라이브러리(Library) 또는 레시피(Recipe)에 따라 객체에 따른 건설공정계획 및 작업요소가 생성되며, 이를 활용하여 공정/원가 관리 기능을 수행하고 있다. 그러나 라이브러리는 공사 관리에 필요한 요구정보를 제공하는데 한계가 있다. 예를 들어, 가설공사와 같이 객체로 표현되지 않는 작업에 대한 고려가 제대로 이루어지지 않는다. 또한 BIM모델의 상세 수준(Level of Detail)에 따라 표현할 수 있는 내역 아이템의 범위가 달라진다. 예를 들어 벽이란 객체에 마감공사 작업을 표현 할 때, 벽이란 객체를 모델링의 상세수준에 따라 벽지, 타일, 페인트 등을 포함한 작업 정보의 표현여부가 결정되어 작업 정보의 연계가 어렵다. 그러므로 라이브러리가 공사 관리에 필요한 정보를 제공하도록 지속적으로 업데이트 되지 않을 경우, 설계 변경 및 공법 변경의 내용을 신속히 반영하기 어려우며, 라이브러리에 구축되어 있지 않은 공법 및 작업의 표현이 불가능하다.

표 1. 상용 BIM 소프트웨어 주요 기능 비교

주요 기능	상용 BIM 소프트웨어		
	Solibre	Innovaya	VicoOffice
자동물량산출	○	○	○
국내내역체계지원	×	×	×
IFC 호환성지원	○	○	○
작업 선행관계 판단자동화	×	○	×
작업별 공사기간 산정 자동화	×	○	×
객체-작업정보자동 연계	×	×	×

그리고 프로젝트에 참여하는 다양한 주체들이 다른 모델링 소프트웨어를 사용한다면, 서로의 모델을 적절히 공유하고 조합시킬 수 있는 또 다른 도구들이 필요하게 된다. 이는 프로젝트의 잠재적인 오류 및 복잡성을 증가시킬 수 있다(Eastman

2008). 다양한 BIM소프트웨어가 사용되어지는데 이들은 각기 다른 정보 정의 방식을 가지고 있으며 이를 모두 수용할 수 없기 때문에 정보의 호환성 문제가 발생하고 있다. 그 예로, 3D 형상정보의 왜곡 및 손실, 부정확한 객체 정보전달 등의 문제점이 발생하고 있다(Calvin Kam 2003). 이로 인해 각기 다른 소프트웨어 사용자간의 정보교환이 어려워 추가로 서로 다른 데이터 포맷을 분석하는 업무를 해야 하는 불편함이 생기고 있다.

정리하면, (1)BIM 활용과정에 따른 정보의 입력 문제, (2) BIM의 객체기반으로 생성되는 공정/원가정보의 한계, (3) BIM소프트웨어 상호간의 데이터 호환성 문제 등의 개선해야 할 점이 있다. 따라서 (1)과 (2)의 문제점을 개선하기 위해 건설 산업에서의 정보처리 프로세스와 BIM 환경에서 정보처리 프로세스에 대한 이해와 둘 사이의 연계성을 고려한 공정/원가정보의 통합관리가 선행 되어야 하며, (3)의 문제점을 개선하기 위해 호환성을 가진 데이터 정의 방식이 요구됨을 알 수 있다.

## 2.2 공정 원가 통합관리

먼저 (1)의 문제를 개선하기 위해 공정/원가정보의 통합관리가 선행되어야 하여 관련 현황과 연구 동향을 고찰하였다. 작업에 사용되는 물량에 기초하여 공사 진행상황을 파악함으로써 공사비와 완료일을 공사 중에 신속하고 정확하게 예측하고, 향후 프로젝트를 위한 데이터베이스를 구축하는 것이 공정 원가 통합관리의 목적이라고 할 수 있다. 반면에, 국내 건설 산업에서는 내역서를 사용한 비용 중심의 공정관리가 이루어졌다. 내역서는 적산단계 작성되며 설계 도면을 바탕으로 공사에 필요한 내역 아이템 정보와 비용 정보로 구성되는데 내역서 작성 과정에서 생성된 세부 데이터들은 내역서 작성 이후에는 전달되지 않고 실무에서는 내역서만으로 공사를 진행하는 경우가 대부분이다(김정현 2010). 공사 진행 정도를 내역서의 공사비로 판단하는 비용에 의한 공정보고는 현장에서 어떤 작업이 이루어지는지 파악하기가 어려워 관리자의 경험적 측면에 많이 의지하게 된다. 또한 작업을 비용이라는 수치로 표현하고 관리하여 프로젝트의 결과물을 체계적으로 정리하고 데이터베이스화하여 새로운 사업에 활용하기 어렵다.

이러한 점을 개선하기 위해, 공정/원가정보를 통합하여 관리하려는 많은 연구와 노력이 있었다. Teicholz(1987), Hendrickson(1989)는 Work Breakdown Structure(이하 WBS)와 Cost Breakdown Structure(이하 CBS) 두 가지 서로 다른 관점을 한 가지 관점으로 통합 관리하는 개념을 제시

하였다. 김우영(2002)은 WBS와 CBS에서 공간의 정보를 분리함으로써 세 개의 차원으로 공정/원가 통합관리를 시도하여 이론적인 방안이 머물렀던 기존의 연구를 구체화 할 수 있는 방법을 개발하였다. 그리고 BIM이 등장한 이후, BIM을 활용하여 공정/원가를 통합하여 관리하려는 연구들이 있었다. Froese and Yu (1999)는 IFC를 사용하여 물량산출 및 공정계획을 위한 정보들을 모델링하여 IFC(BIM)기반 공정/원가 통합관리의 가능성을 제시하였으나 실무에서 사용되는 공정/원가정보의 형태를 고려하지 않았다. Feng and Chen(2008)은 CAD 모델을 기반으로 유전자알고리즘을 적용하여 작업요소를 기반으로 공정/원가 통합 방안을 제안하였으나 제안한 방법론이 BIM과 연계하기가 어려웠다. Tulke(2008)는 BIM객체 분류 알고리즘을 통해 IFC기반 데이터 관리개념을 제안하였으나 설계단계에서 일반적으로 생성되는 BIM모델과 비교하여 높은 상세수준의 BIM모델을 요구하였다. 이외에도 안승준(2009)은 객체지향형 모델링, 안재홍(2012)은 BIM모델의 데이터 유형 정의를 통해 공정/원가 통합관리 프로세스를 제시하였지만 이 역시 BIM모델의 상세수준과 객체 기반 이외의 정보에 대한 고려를 하지 않았다.

다양한 WBS-CBS 연계 모델과 BIM기반 공정 원가 통합 관리 모델들을 고찰하였고 그 결과, 본 연구에서는 김우영(2002)이 제안한 공통자와 공통분류에 의한 비용/일정 통합모델의 공정/원가 통합관리 방안이 BIM기반 공정/원가 통합관리에 적용하기가 적합할 것으로 판단하였다. 먼저, 이 모델은 물량산출단계에서 생성된 최소 공간단위 데이터를 기초로 하기 때문에, 실무 공사관리 프로세스를 반영한 정확한 정보를 제공하여 현장에서 다시 공간별로 물량산출작업을 하는 어려움을 없앨 수 있다. 그리고 BIM 객체 정보가 명확한 공간을 최소의 관리단위로 공정/원가정보를 관리하기 때문에, BIM과 연계가 용이하며 객체별 연계에 필요한 시간과 노력을 감소시킬 것으로 예상된다.

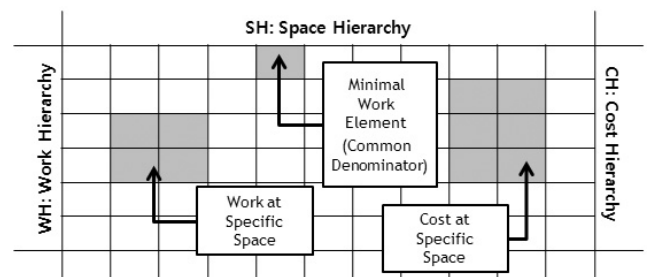


그림 1. 비용/일정 통합 매트릭스 (김우영 2002)

그림 1을 바탕으로 모델에 대해서 설명하면, 기존의 WBS와 CBS를 바탕으로 공정/원가정보에서 공간의 정보를 분리함으로써 세 개 차원의 공간, 작업, 비용 세 가지 분류체계(SH, WH, CH)를 구성하였다. 여기서 교차되는 부분에서 생성되는 정보, 즉 공간별 작업 요소(Minimal Work Element)들을 공정/원가 통합관리의 최소 단위로 하여 각 관리 목적별로 데이터를 처리하여 공정/원가정보를 통합관리한다(그림 1참고).

하지만 이 모델에서 공간정보를 분리하여 공간 분류체계를 구성해야하는데 이를 BIM 데이터와 연계할 시, BIM소프트웨어마다 공간정보의 정의방식과 공간간의 관계의 정의방식이 다르고 표준화된 공간정보 분류체계가 부재하여 다양한 프로젝트에 공통적으로 적용할 수 없는 어려움이 있다. 이에 호환성을 가지면서 다양한 프로젝트에 적용할 수 있는 유연성을 가진 공간 정보 정의 방식이 요구된다.

### 2.3 IFC

앞서 언급한 비용/일정 통합 모델에서 공간정보 정의 방식의 유연성 및 호환성 문제에 대하여 IFC가 해결책이 될 수 있어 본 연구에서는 IFC의 활용을 제안한다. IFC는 국제 조직인 IAI(International Alliance for Interoperability)에서 제공하며, 건설 산업 다양한 분야 소프트웨어의 정보 포맷을 통일하여 정보의 상호 호환성(Interoperability) 향상을 위해 정보 공유를 위한 방법을 지원하는 표준 데이터 모델이다. IFC는 다양한 BIM소프트웨어의 데이터 교환을 가능하게 하여 데이터 호환성 문제를 해결할 수 있다(Zhiliang et al, 2010). 그리고 IFC 정보 구조는 여러 분야의 정보를 포함하기 위해서 폭넓고 유연한 데이터 구조를 제공한다. 프로젝트 또는 공정에 따라 변할 수 있는 공간정보에 대하여, IFC는 간단한 모델링을 통해 설정 및 변경이 가능한 공간정보 구조를 제공하여 비용/일정 통합 모델이 가진 공간정보의 유연성 문제를 해결할 수 있다. 이 부분은 4장에서 사례 연구 과정에서 IFC 공간 객체 정보를 생성하고 저장하는 단계에서 자세히 다루겠다(4.2참고).

1994년 IFC가 개발된 이후, IFC를 활용한 많은 연구와 노력이 있었다. IFC 활용한 공사 관리 관련 연구의 경우, 2.1에서 언급한 Froese, Yu(1999), Tulke(2008) 외에도 Zhiliang and Raja(2011)는 IFC 구조를 분석하여 견적을 위한 IFC 활용 스키마를 개발하여 공정관리, 자원관리 등의 분야와 연계를 시도하였다. 그러나 이론적으로 IFC는 공사비 견적 및 공정표 작성을 위한 요구정보를 담는 포맷을 제공하지만, 그 활용의 범위

와 사례가 제한적이다(M. Weise 외 2008). 그래서 IFC를 활용한 공정/원가정보의 교환은 부정확한 속성정보가 전달되거나 정보의 왜곡이 일어나는 등 많은 문제점이 발생한다. 이처럼 아직까지는 IFC의 공정/원가정보에 관련한 실제적인 검증이 부족하여 IFC를 활용한 공사 관리 활동은 매우 제한적인 실정이다. 이에 본 연구에서는 아직 실용적 검증이 필요한 IFC의 공정/원가정보는 다루지 않고, IFC에서 활용이 용이한 공간정보구조를 활용하였다. IFC 모델의 공간객체정보를 활용하여 통합 데이터베이스의 최소 관리 단위의 공간별 작업요소의 공간 정보와 연계하여 BIM과 공정 원가정보 데이터베이스의 연계를 시도하였다.

### 3. IFC활용 BIM기반 공정 원가 통합관리 프레임워크 개발

본 연구에서는 앞서 언급한 문제점을 개선하기 위해 다음과 같은 BIM기반 공정원가 통합관리 프레임워크를 제안하였다. 이를 위해 먼저 설계단계에서 생성되는 BIM모델을 기반으로 한 설계정보, 적산 및 견적단계에서 생성되는 물량 및 원가정보, 그리고 시공단계에서 활용될 공정정보를 통합하는 데이터베이스 관리 시스템을 웹(Web)에 구축하였다. 웹을 통한 데이터베이스 관리를 시도한 이유는 BIM 정보의 구조 및 속성, 소프트웨어의 차이 등과 관계없이 일관성 있는 정보를 제공하고 관리하기 위함이다.

최종적으로 시공단계 전 데이터베이스와 BIM모델의 연계를 위한 코드(Code) 부여 작업을 거친 후, BIM 소프트웨어 사용자가 BIM 모델을 통하여 웹에 구축된 시스템에 접속하여 데이터베이스에 저장되어 있는 공간별 공정/원가정보를 BIM소프트웨어에서 IFC 모델의 공간 객체 정보를 통해 관리하는 기능을 수행하도록 시스템 프레임워크를 설계하였다.

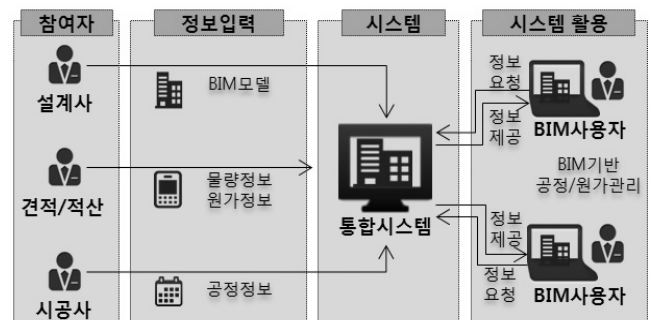


그림 2. 시스템 활용 다이어그램

간단히 시스템 프레임워크(그림 3 참고)를 살펴보면, 먼저 설계단계에서 생성된 BIM모델과 적산 및 견적단계에서 생성된 최소 단위공간별 공정/원가정보가 Data Import Layer와 Data Storage Layer를 거쳐, 공간별 공정/원가정보를 제공하도록 구축된 데이터베이스에 입력된다. 그리고 사용자는 BIM 소프트웨어에서 IFC 공간객체에 부여된 속성을 통해 특정 공간별 공정/원가정보에 관한 요청(Request)을 한다. 그 요청에 대해 Data Processing Layer의 처리과정을 거쳐 생성된 정보는 Data Export Layer에서 재구성되어 웹을 통해 사용자에게 전달된다.

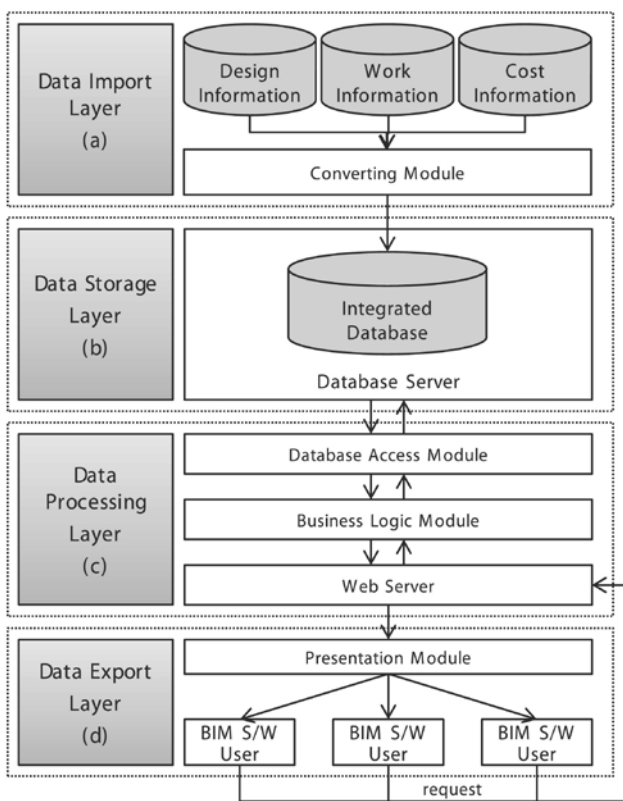


그림 3. 시스템 프레임워크

### 3.1 Data Import Layer

먼저 Data Import Layer에서는 설계 정보, 공정 정보, 원가정보를 생성하고 입력한다(그림 3-(a) 참고). 설계 정보는 설계단계에서 BIM모델로부터 생성되며, 공정/원가정보는 설계정보를 참조하여 적산 및 견적 단계를 거쳐 생성된다. Converting Module에서는 생성된 각각의 정보를 저장 및 관리가 가능한 파일 형식으로 변환하여 입력할 데이터를 제공한다. 먼저, 설계 정보의 경우, 설계단계에서 생성된 BIM모델을 IFC 또는 IFC XML(eXtensible Markup Language)형

태로 변환하여 데이터베이스에 입력한다. XML이란 HTML(Hypertext Markup Language)의 기능을 개선한 확장적 생성 언어로 구조화된 데이터베이스의 조작 및 관리가 가능하다. 공정/원가정보의 경우 일반적으로 엑셀(Excel) 형식으로 작성되어 실무에서 활용되고 있으며, 이를 데이터베이스로 직접 입력(import)하거나 데이터베이스에서 활용 및 관리가 가능한 파일 형식으로 변환한다.

### 3.2 Data Storage Layer

Data Import Layer에서 입력한 데이터는 Data Storage Layer에 구축되어있는 데이터베이스 서버에 저장된다(그림 3-(b) 참고). 공정/원가정보를 통합관리하고 IFC 공간정보를 연계하도록 데이터베이스 스키마(Schema)를 모델링하였으며 데이터베이스의 구축 과정은 다음과 같다.

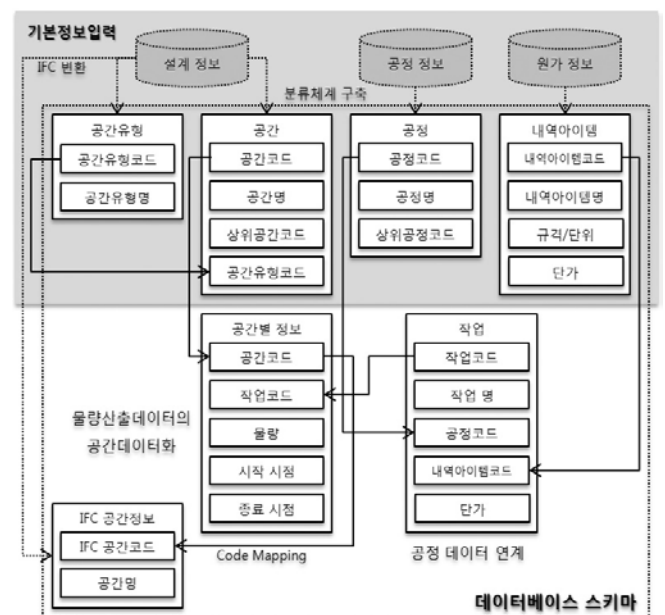


그림 4. 데이터베이스 스키마 및 구축 과정

그림 4에서 보듯이, 설계 정보로부터 공간분류체계(Space Hierarchy) 및 공간유형(Space Type)을 구성하고 공정 정보로부터 공정분류체계(Work Hierarchy)를 구성한다. 공간분류체계와 공정분류체계에 포함된 정보는 각각의 코드 또는 ID(Identifier)와 이름을 가지며 상위(Upper)정보와 위계구조를 이룬다. 원가분류체계의 경우 공사에 요구되는 내역아이템의 정보를 가지고 있다. 공간유형(Space Type)은 동일한 유형의 공간이 중복하여 존재 할 때 사용한다. 예를 들어 공동주택의 경우, 같은 도면을 가진 세대가 중복하여 존재한다. 이때 그

유형에 대하여 물량정보가 산출되므로 공간유형을 사용하여 공간정보와 연계한다. 그리고 공정 정보와 내역아이템 정보는 작업(Activity)정보와 연계되며, 작업은 공간별 정보와 연계되어 공간별 정보에서는 공간, 작업, 물량, 일정의 정보를 포함하게 된다.

IFC 정보의 경우, 다수의 전문분야의 작업특성을 동시에 반영하고 있는 복합적 모델이기 때문에, IFC 모델 전체를 그대로 적용하는 것이 아니고, 작업에 해당되는 서브셋(subset)을 선택적으로 추출하는 과정을 거쳐야한다(황영삼 2004). 따라서 본 연구에서는 앞서 구축한 공정/원가 데이터와 BIM을 연계하기 위해, 데이터베이스에 포함시켜야 하는 IFC 공간정보 관련 엔티티(entity) 또는 서브셋을 추출하고 모델링하여 IFC 공간 객체정보를 데이터베이스 스키마와 연계하고자 하였다. 이 과정에서 데이터베이스를 구축하는데 필요한 엔티티 중에서 IFC에 이미 정의되어 있는 부분과 정의되지 않은 부분을 구분한 후, 필요한 IFC 공간 객체 정보에 관한 엔티티를 추출하고 그 구조와 관계를 파악하여 데이터베이스와 연계하였다. IFC 엔티티 정보는 BuildingSMART에서 제공하는 IFC 2x Edition 4 alpha version을 참고하였으며 주요 공간정보 관련 엔티티의 구조는 아래 그림과 같다.

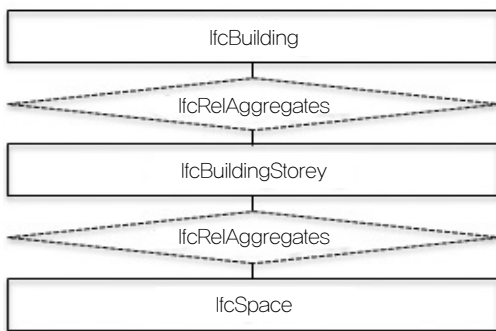


그림 5. IFC 주요 공간 객체 구조

본 연구에 필요한 IFC 공간 객체 정보는 객체를 나타내는 엔티티(그림 5에서 사각형으로 표현)와 관계를 나타내는 엔티티(그림 5에서 마름모로 표현)로 구성된다. 공간객체의 경우, IfcBuilding, IfcBuildingStorey, IfcSpace 등으로 건물, 층, 공간 등을 나타낸다. 그리고 각 객체는 종속관계를 표현하는 엔티티인 IfcRelAggregates에 의하여 상하위 일대다(1:n) 관계의 위계구조를 이룬다.

표 2. IFC 주요 공간 객체 속성

공간객체 엔티티	속성
IfcBuilding	GlobalID, ElevationOfRefHeight, ElevationOfTerrain, BuildingAddress
IfcBuildingStorey	GlobalID, Elevation
IfcSpace	GlobalID, InteriorOrExteriorSpace, ElevationWithFlooring, HasCoverings

하지만 표 2에서 볼 수 있듯이, 설계모델을 통해 생성된 공간객체를 표현하는 엔티티들은 그 속성이 공간의 크기(Height), 고도(Elevation), 정의, Covering여부 등을 표현하는데 그치고 있어 공정 및 원가 정보의 표현에는 제한적임을 알 수 있다.

표 3. 공정 및 원가정보 관련 주요 IFC 엔티티

분야	IFC 엔티티
공정	IfcProcess, IfcTask, IfcWorkSchedule
원가	IfcCostItem, IfcCostSchedule, IfcCostValue, IfcResource

공정 및 원가정보 표현을 위한 엔티티의 경우, 표3과 같이 다양한 IFC 엔티티가 존재한다(IFC 2x Edition 4 alpha version). 하지만 엔티티를 따로 생성해야하며, 데이터 구조사 공정 및 원가관리 업무에서 생성되는 정보와 차이가 있어 공정/원가 관리 기능을 지원하기가 어렵다.(Zhiliang and Raja 2011). 따라서 본 연구에서는 공간객체를 나타내는 IFC 엔티티만을 사용하였다. 데이터베이스 서버는 Data Import Layer에서 입력된 데이터를 받아들여, 데이터베이스 스키마(그림 3)를 참조하여 관계형 데이터베이스(Relational Database)에 IFC 공간 객체 정보 및 공정/원가 정보를 저장하여 데이터베이스의 조작 및 관리가 가능하도록 한다.

### 3.3 Data Processing Layer

Data Processing Layer는 Data Export Layer에서 사용자(User)가 원하는 정보의 요청(Request)을 할 때, 요청을 분석하여 그에 대응하는 요구 정보를 구성하여 제공하는 역할을 한다.

Data Processing Layer는 웹 서버(Web Server)와 2가지 모듈로 구성된다(그림 3-(c) 참고). 웹 서버(Web Server)는 데이터베이스 서버에 구축된 정보를 웹 페이지를 통해서 사용자에게 제공하기 위해 구축하였다. 웹 서버는 웹 기반으로 구축되며 실시간으로 BIM소프트웨어로부터 온 요청을 Data Processing Layer로 전달하며, 그 결과로 처리된 정보를 받아 Data Export Layer로 전달하는 역할을 한다.

Database Access Module은 웹 서버가 요청을 받았을 때, BIM소프트웨어에서 요청한 특정 공간 객체에 대하여 데이터베이스에 접속하기 위해, IFC 공간코드를 식별하는 역할을 한다. 공간코드는 설계단계에서 세부 공간별로 부여하고, 시공단계 전 시공구획을 나눌 경우 따로 부여한다. 그리고 Business Logic Module은 데이터베이스에 접속하여 해당 공간과 관련된 정보 중에서 사용자가 원하는 정보를 선택하고 정리하여 전달한다. 예를 들어, BIM소프트웨어를 통해 특정 공간에 관한 공정/원가 정보에 대한 확인 및 관리에 관련한 요청을 할 경우, 요청이 웹 서버를 통해 전달되면 Database Access Module과 Business Logic Module의 질의(Query)를 통해 요청이 분석되고 데이터베이스의 정보가 추출되어 Data Export Layer로 전달된다.

### 3.4 Data Export Layer

Data Export Layers는 Data Processing Layer의 웹 서버를 통해 전달받은 정보를 BIM소프트웨어로 출력하는 역할을 하며, 최종 사용자인 BIM 사용자가 존재한다(그림 3-(d) 참고). 여기서 BIM 사용자는 공간 객체의 속성으로 추가된 URL(Uniform Resource Locator)을 통해 웹으로 접속하여 웹 서버로 요청을 보내며 Data Processing Layer에서 처리된 정보를 받는다. Presentation Module은 사용자가 요청한 요구 정보를 사용자가 이해 가능한 형태로 시각화 및 재구성하며, 데이터베이스 관리가 가능한 사용자 인터페이스(User Interface)를 제공한다.

## 4. 사례 연구

### 4.1 사례 적용 개요

제한한 프레임워크의 적용성을 검토하기 위해 시스템 프로토타입을 개발하여 사례 연구를 수행하였다. BIM소프트웨어를 사용하여 건축물 한 동을 모델링 한 후, BIM소프트웨어에서 공간 객체를 통해 웹에 접속하여 Data Storage Layer에 구축한 데이터베이스의 공정/원가정보를 관리하는 것을 목표로 사례 연구를 수행하였다. 그리고 BIM 소프트웨어의 호환성을 검토하기 위해 ArchiCAD와 Revit 두 가지 BIM 모델링 소프트웨어를 사용하여 본 시스템 프로토타입을 테스트 하였다.

대상 건축물은 2004년에 완공된 서울 강남구 도곡동 타워팰리스(Tower Palace) III이다. 69층 규모의 초고층 건물로 프로젝트 관리 과정에서 생성되는 공정 및 원가 데이터의 양이 방대하여 효율적인 공정 및 원가관리가 요구되기에 대상 프로젝

트로 선정하여 사례 연구를 수행하였으며, 그 이외 주요 시스템 개발환경은 표 4와 같다.

표 4. 시스템 개발환경

주요 기능	사용 소프트웨어/프로그래밍 언어
운영체제	Microsoft Windows 7, Mac OS
BIM 소프트웨어	ArchiCAD 15 (Graphisoft), Revit 2013 (Autodesk)
데이터베이스 관리	Microsoft Access, Excel, MySQL
프로그래밍 언어	자바(Java), SQL
웹 서버 소프트웨어	Apache Tomcat
자바스크립트 프레임워크	Sencha Ext JS

### 4.2 사례 연구 과정 및 결과

먼저, 건축물 도면을 바탕으로 하여 Graphisoft에서 제공하는 ArchiCAD 15를 이용하여 골조 객체와 커튼월 객체를 모델링하였다. 그리고 그림 6과 같이, 모델링 과정에서 Zone 기능을 통해 건물, 층, 세대 등 공간을 설정한 후, 공간객체별로 Zone Setting 기능을 사용하여 각각의 공간코드를 부여하였다. 이 공간코드는 Data Storage Layer에서 데이터베이스 구축 시 동일하게 부여되어 데이터베이스와 BIM모델을 연계하는 역할을 한다.

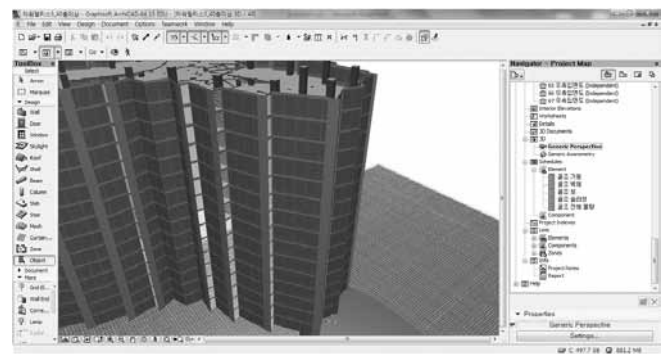


그림 6. BIM 모델 (ArchiCAD)

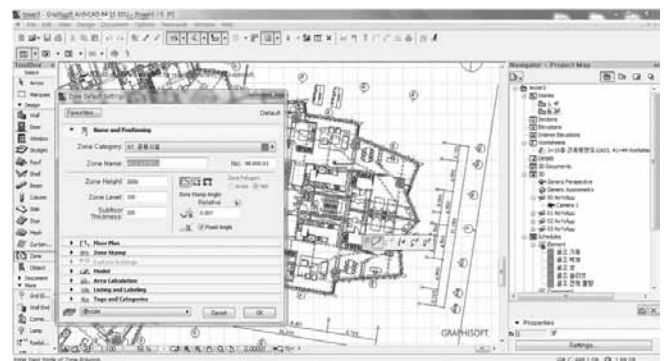


그림 7. 공간별 IFC공간코드 부여 (ArchiCAD)

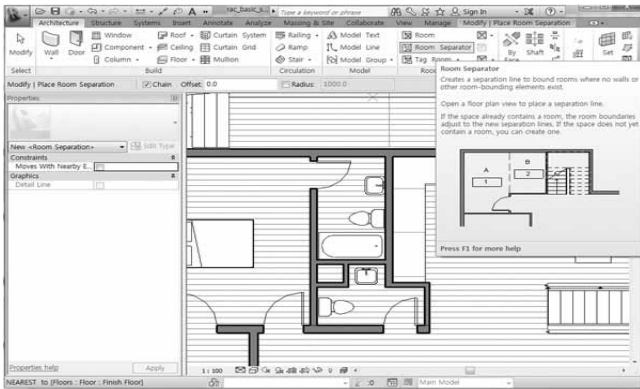


그림 8. 공간별 IFC공간코드 부여 (Revit)

IFC 공간 객체 정보의 생성과정은 다음과 같다. 먼저 프젝트 또는 건축물 정보 입력과 건물 모델링을 통해 IfcProject, IfcSite, IfcBuilding, IfcBuildingStorey 등의 엔티티가 생성된다. 그림 7에서 볼 수 있듯이, BIM모델의 층 정보를 통해 IfcBuildingStorey가 생성되며, 생성된 공간 객체의 IFC 공간코드와 GlobalId, 위치, 크기, 층고(높이) 등의 정보를 포함하고 있다. 그리고 BIM소프트웨어를 통해 세대, 실 등의 공간 구획 또는 공정에 따른 시공 관리 구역을 설정(Zoning)하면 IfcZone 또는 IfcSpace가 생성된다. 본 연구에서 사용한 BIM 모델링 소프트웨어 ArchiCAD의 'Zone', Revit의 'Room Separator' 기능을 통해 구분된 공간은 IFC의 IfcSpace로 변환된다. IfcZone과 IfcSpace는 그들이 가진 좌표 정보를 참고하여 자동으로 IfcRelAggregates에 의하여 위계구조를 이루며, 각 층에 속한 Space 정보를 자동으로 식별할 수 있다. 그림 8에서 확인할 수 있듯이, IfcRelAggregates를 통해 IfcBuildingStorey(3층, A01Z1003)에 포함된 IfcSpace의 개수와 각각의 IFC공간코드를 확인할 수 있다.

```

<IfcBuildingStorey id="A01Z0003">
    [중 객체별로 부여한 IFC공간코드]
    -----
    <GlobalId>2JQflx6VR0HLafUV7SJt3U</GlobalId>
    [GlobalId생성]
    <OwnerHistory>
    <IfcOwnerHistory xsi:nil="true" ref="11550"/>
    </IfcOwnerHistory>
    <Name>-2. B2</Name>
    <ObjectPlacement>
    <IfcLocalPlacement xsi:nil="true" ref="11631"/>
    [중 객체 위치정보 생성]
    </ObjectPlacement>
    <LongName>-2. B2</LongName>
    <CompositionType>element</CompositionType>
    <Elevation>+12470.</Elevation>
    [참고 정보]
    -----
</IfcBuildingStorey>
    
```

그림 9. IfcBuildingStorey 생성 예시 (IFC XML)

```

<IfcRelAggregates id="10475">
    [IfcRelAggregates 생성]
    <GlobalId>0IEG3ro21FZBF6dunf73F$</GlobalId>
    [GlobalId 생성]
    <OwnerHistory>
    <IfcOwnerHistory xsi:nil="true" ref="11550"/>
    </IfcOwnerHistory>
    <Name>BuildingStoreyContainer</Name>
    <Description>BuildingStoreyContainer for Spaces</Description>
    <RelatingObject>
    <IfcBuildingStorey xsi:nil="true" ref="A01Z0003"/>
    [중 객체 확인]
    </RelatingObject>
    <RelatedObjects exp:cType="set">
    [중에 포함된 공간 객체]
    <IfcSpace exp:pos="0" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R01"/>
    <IfcSpace exp:pos="1" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R02"/>
    <IfcSpace exp:pos="2" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R03"/>
    <IfcSpace exp:pos="3" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R04"/>
    <IfcSpace exp:pos="4" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R05"/>
    <IfcSpace exp:pos="5" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R06"/>
    <IfcSpace exp:pos="6" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R07"/>
    <IfcSpace exp:pos="7" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R08"/>
    <IfcSpace exp:pos="8" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R09"/>
    <IfcSpace exp:pos="9" xsi:nil="true" ref="A01Z0003R10"/>
    </RelatedObjects>
    [중에 포함된 공간 객체 목록 및 공간객체의 IFC공간코드]
</IfcRelAggregates>
    
```

그림 10. IfcRelAggregates 및 IfcSpace 생성 예시 (IFC XML)

이와 같이 간단한 모델링을 통해 자동으로 위계구조를 가지는 IFC 공간 객체 정보를 생성하여 데이터베이스화가 가능하다. 이처럼 IFC는 유연성과 위계구조를 가진 공간객체정보 정의 방식을 제공하여 통합 데이터베이스와 BIM모델의 연계를 용이하게 한다. 이는 IFC가 공정/원가 통합 데이터베이스를 BIM에 적용할 때 문제가 될 것이라 예상한 공간 정보 정의방식에 따른 문제점을 해결한 것이라 볼 수 있다.

다음으로, Data Import Layer와 Data Storage Layer를 시스템으로 구현하는 과정은 다음과 같다. 먼저 ArchiCAD의 모델 파일을 IFC XML 형식으로 변환하였다. 그리고 원하는 IFC 객체 정보를 선택하여 볼 수 있는 Model Filter 기능을 통해 공간 객체 정보를 선택하여 저장하여 데이터베이스에 입력하였다. 공정/원가정보는 적산 및 견적단계에서 생성된 정보를 바탕으로 Microsoft Excel과 Microsoft Access를 사용하여 엑셀 형식의 데이터를 생성하며, 이 과정에서 데이터의 공간 정보는 BIM모델에서 공간 구획 시 부여했던 동일한 공간 코드를 사용한다. 시공단계 전 시공 구역을 설정할 경우, 모델링을 통해 모델과 데이터베이스의 공간 정보를 추가한다. 그 후 데이터 파일을 데이터베이스 서버로 입력이 가능한 형식인 CSV(Comma Separated Value Format)형식으로 변환하였다. 그리고 MySQL 소프트웨어에서 SQL(Structured Query Language)언어를 이용하여 통



합 데이터베이스 스키마(Schema)를 구성하였다. 앞서 각각 XML형식과, CSV 형식으로 변환된 설계, 공정, 원가정보를 데이터베이스 스키마를 참조하여 데이터베이스 서버로 입력하여 저장하였다. 참조한 데이터베이스 스키마의 주요 테이블 및 속성은 표 5과 같다.

표 5. 공정/원가 통합 데이터베이스 주요 테이블 및 속성

테이블	속성	비고
공간 (SPACE)	공간코드 (SPACE_CD)	Primary Key
	공간명 (SPACE_NM)	
	상위공간코드 (UPPER_SPACE_CD)	
	공간유형코드 (SPACE_TYPE_CD)	
공간유형 (SPACE_TYPE)	공간유형코드 (SPACE_TYPE_CD)	Primary Key
	공간유형명 (SPACE_TYPE_NM)	
내역아이템 (ITEM)	내역아이템코드 (ITEM_CD)	Primary Key
	단위 (UNIT)	
	단가 (PRICE)	
	공정공종코드 (WBS_CD)	
작업 (ACTIVITY)	작업코드 (ACTIVITY_CD)	Primary Key
	작업명 (ACTIVITY_NM)	
	시작시간 (START_TIME)	
	종료시간 (FINISH_TIME)	
	공간코드 (SPACE_CD)	
공정 (WBS)	공정공종코드 (WBS_CD)	Primary Key
	공정공종명 (WBS_NM)	
	상위공종코드 (UPPER_WBS_CD)	
공간유형별물량 (QUANTITY_PER_SPACE_TYPE)	공간유형코드 (SPACE_TYPE_CD)	Primary Key
	공간유형명 (SPACE_TYPE_NM)	
	내역아이템코드 (ITEM_CD)	
	물량 (QUANTITY)	
공간별물량 (QUANTITY_PER_SPACE)	공간코드 (SPACE_CD)	Primary Key
	내역아이템코드 (ITEM_CD)	Primary Key
	물량 (QUANTITY)	
	ACTIVITY코드 (ACTIVITY_CD)	

이러 Data Processing Layer의 구현과정은 다음과 같다. 먼저 웹 서버에 Apache Tomcat 소프트웨어를 실행하여 웹 페이지와 앞서 구축한 데이터베이스를 연동하였다. 그리고 Database Access Module과 Business Logic Module은 객체지향형 프로그래밍 언어인 자바(Java)를 사용하여 구성하였다. 이 과정에서 다양한 관계형 데이터베이스관리를 위한 일관된 인터페이스를 제공하는 자바 프로그래밍 언어인 JDBC(Java Database Connectivity)를 사용하였다. 웹 서버를 통해서 온 요청에 대해, SQL을 사용하여 IFC공간코드를 조건으로 특정 공간에 관한 정보를 데이터베이스에 요청하는 요청문을 구성하고, 이를 JDBC를 통해 데이터베이스에 접속하여 요청에 대한 정보를 구성하는 작업을 실행하도록 프로그래밍하였다(그림 11. 참고).

```

Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver").newInstance();
Connection conn =
DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://Database_Server", "root", "*****");
Statement stmt = null;
ResultSet rs = null;
stmt = conn.createStatement();

-----
[Database Server와 Database Processing Layer 연결]
-----
StringBuffer sbQuery = new StringBuffer();
[데이터타입 형성]

sbQuery.append("SELECT A.SPACE_CD as SPACE_CD, A.ITEM_CD, A.QUANTITY, B.ITEM_NM,
A.ACTIVITY_ID, C.ACTIVITY_NM, B.WBS_CD").append("#n");
[요청하는 공간별 정보에 포함될 데이터 선정]

sbQuery.append("FROM QUANTITY_PER_SPACE_TB A, ITEM_TB B, ACTIVITY_TB
C").append("#n");
[공간별 내역아이템 및 작업 정보]

sbQuery.append("WHERE A.SPACE_CD = 'A01Z1003R01'").append("#n");
[IFC공간코드와 연계된 특정 공간정보]

sbQuery.append("AND A.ITEM_CD = B.ITEM_CD").append("#n");
[공간코드와 연계된 내역아이템정보]

sbQuery.append("AND A.ACTIVITY_ID = C.ACTIVITY_ID").append("#n");
[공간코드와 연계된 작업정보]

-----
<요청문(SQL) 구성>
rs = stmt.executeQuery(sbQuery.toString());
[데이터베이스에 요청문(SQL) 실행]
    
```

그림 11. Data Processing Layer 프로그래밍 예시

Data Export Layer의 Presentation Module은 Ext JS를 사용하여 구현하였다. Ext JS는 Sencha에서 제공하는 자바스크립트의 라이브러리 프레임워크로 웹 서비스와 응용 프로그램을 위한 광범위한 사용자 인터페이스를 제공한다. Ext JS를 사용하여 웹을 통해 데이터의 입력, 추가, 변경 등의 관리가 가능하도록 사용자 인터페이스를 구성하였다.

최종적으로 BIM 소프트웨어 사용자가 IFC공간 객체를 통해 웹으로 접속하여 요청을 보내도록 객체별로 IFC 공간 객체의 속성으로 웹으로 접속하는 링크(URL)를 추가하였다. 사용자는 특정한 공간 정보에 대하여 공간 객체 정보에 포함된 링크를 통해 웹에 구축된 데이터베이스에 접속하여 특정 공간에 대해 공간별로 연계된 내역 및 작업 정보를 관리할 수 있다. 공간별로 연계된 정보는 공간별로 집계된 내역아이템의 종류와 물량 및 아이템들과 연계된 작업(표 6 참고), 특정 공간과 연계된 작업의 종류 및 해당 작업의 시작시간과 종료시간(표 7 참고), 그리고 작업별로 연계된 내역아이템의 물량 및 금액 집계(표 8 참고) 등의 정보가 사용자에게 전달되었다. 웹을 통해 출력된 정보의 형태는 다음과 같다.

표 6. 공간별 내역아이템 정보 출력 예시

공간별 내역아이템 정보							
IFC 공간코드	공간명	공간유형 코드	내역아이템 코드	내역아이템 명	물량	작업 코드	작업명
A01Z1003 R01	아동 Zone1 3층 1호	0047A0	FF00001	액체방수	3,496	828	3층세대화장실방수
A01Z1003 R01	아동 Zone1 3층 1호	0047A0	FF40001	욕실코너방수	17.82	828	3층세대화장실방수
A01Z1003 R01	아동 Zone1 3층 1호	0047A0	FH00014	바닥타일 47평형	5	1043	3층세대화장실타일공사
A01Z1003 R01	아동 Zone1 3층 1호	0047A0	FH10002	바닥압착 F20	1,003	1043	3층세대화장실타일공사
A01Z1003 R0	아동 Zone1 3층 1호	0047A0	FH10003	바닥압착 30	2,493	1043	w3층세대화장실타일공사

표 7. 공간별 작업 정보 출력 예시

공간별 작업 정보							
IFC공간코드	공간명	공간유형 코드	WBS 코드	작업 코드	작업명	시작시간	종료시간
A01Z1003 R01	아동 Zone1 3층 1호	0047A0	F06	813	3층세대화장실방수	2000-07-04	2000-07-17
A01Z1003 R01	아동 Zone1 3층 1호	0047A0	F12	1018	3층세대화장실타일공사(벽체)	2000-08-09	2000-08-15
A01Z1003 R01	아동 Zone1 3층 1호	0047A0	F12	1037	3층세대화장실타일공사(바닥)	2001-03-03	2001-03-10
A01Z1003 R01	아동 Zone1 3층 1호	0047A0	F12	1056	3층세대발코니타일공사	2001-04-01	2001-04-13

표 8. 작업별 내역아이템 및 금액 집계 예시

공간별 작업 정보						
작업코드	작업명	내역아이템코드	내역아이템명	단위	물량	금액
1037	3층세대화장실타일공사(바닥)	FH00014	바닥타일47평형	m <sup>2</sup>	5	0000
1037	3층세대화장실타일공사(바닥)	FH10002	바닥압착F20	m <sup>2</sup>	1,003	0000
1037	3층세대화장실타일공사(바닥)	FH10003	바닥압착30	m <sup>2</sup>	2,493	0000
					합계	0000

이와 같이 제안한 프레임워크를 바탕으로 BIM소프트웨어의 IFC 공간 객체를 통해, 해당 공간에 관한 공정/원가 정보의 관리가 가능하도록 시스템을 구현하여 사례 연구를 수행하였다. 이를 위해 먼저 건축물을 모델링하고, 공정/원가 통합 데이터베이스를 구축하였다. 그리고 BIM모델과 데이터베이스의 공간 코드를 통일시키는 작업을 하였다. 이로 인해 IFC 공간객체정보를 사용하여 BIM모델과 데이터베이스의 연계가 가능하도록 프로그래밍 할 수 있었다. 본 사례연구에서는 공간구획

을 하고 공간코드를 부여하는 작업을 제외하면, BIM모델의 수정, 데이터의 재입력, 객체별 공정정보 연계작업 등 기존 BIM 기반 공정/원가정보 관리에 많은 시간을 소모했던 작업들을 없애 BIM기반 공정 원가 통합관리에 필요한 시간과 노력의 소모를 감소시킬 수 있었다. 그리고 물량산출단계에서 생성되는 세부데이터를 사용하여 데이터베이스를 구축하여 웹을 통해 제공함으로써 BIM에서 표현의 한계가 있었던 정보의 관리가 가능하였다. 또한 다른 BIM소프트웨어(ArchiCAD와 Revit)를 사용하여도 IFC 공간 객체를 활용하도록 시스템을 구현하였기 때문에, BIM소프트웨어의 종류와 상관없이 동일한 방식으로 BIM소프트웨어와 공정/원가정보의 연계가 가능하였다.

### 5. 결론

본 연구에서 문헌 고찰을 통해 BIM기반 공정 원가 통합관리의 한계점들을 파악하고 이를 개선하기 위해 IFC를 활용한 BIM기반 공정/원가 통합관리 프레임워크를 제안하고, 프레임워크를 바탕으로 시스템 프로토타입을 구축하고 사례 연구를 수행하여 프레임워크의 적용성을 시험해보았다.

제안한 프레임워크는 공간별 공정/원가 요소를 최소의 관리단위로 공정 원가를 통합 관리하는 데이터베이스를 구축하고, 데이터베이스와 BIM소프트웨어를 연계하여 BIM기반 공정/원가 정보의 통합관리를 시도하였다. 먼저, 적산 및 견적 단계에서 생성된 공정/원가정보를 기초로 구축한 데이터베이스를 활용함으로써 BIM 객체기반으로 생성할 수 없었던 정보의 생성 및 관리를 가능케 하였다. 그리고 데이터베이스를 모델링하고 공간정보를 연계하는 작업 외에 기존 BIM기반 공정/원가정보 관리에 필요했던 BIM모델의 수정, 데이터의 재입력, 객체별 공정/원가정보 연계작업 등의 업무를 감소시켰다. 또한 IFC를 활용하고 웹을 통해 데이터베이스 관리를 하도록 프레임워크를 구성하여 BIM모델의 상세수준, BIM소프트웨어의 호환성과 관계없이 공정/원가관리를 가능케 하였다. 이는 향후 초고층 프로젝트와 같은 대규모의 데이터를 가진 프로젝트 관리 시, 공정/원가 정보의 연계 및 처리 작업의 어려움을 감소시켰다고 할 수 있으며, BIM을 통한 정보 요구의 정확한 이해를 도와 상호 의사소통의 정확성을 높이는 데 기여한다고 할 수 있다.

본 연구에서 구축한 시스템을 테스트한 사례연구는 공간 분류체계가 규칙적인 주상복합 아파트를 대상으로 세대별 구분이 용이한 마감공사 데이터를 사용하여 테스트하였다. 따라서 공간 구획이 불규칙적인 공정 또는 불규칙적인 공간 분류체계

를 가져 데이터베이스 구축에 어려움이 있을 것으로 예상되는 다양한 공정과 프로젝트를 대상으로 데이터베이스를 구축하는 방안이 요구된다. 그리고 IFC의 공정/원가정보의 구조는 속성 값의 차이, 정보 입력의 어려움으로 인해 활용하지 못하고, IFC의 공간정보만을 활용한 점 또한 본 연구의 한계점이라 할 수 있다.

그러므로 향후 IFC 비형상 정보의 구조 및 정보 교환에 관한 분석 및 관련 기술 검토, IFC정보만을 사용한 공정/원가 통합 데이터베이스 구축 등의 추가연구가 필요할 것이다. 그리고 다양한 유형의 건축물과 다양한 공정을 대상으로 사례 연구를 수행하여 실질적 데이터를 수집하고 시스템을 검증한다면 본 연구에서 제안한 프레임워크는 BIM기반 공정/원가 통합관리를 위한 정보 구조와 프로세스를 마련하는 기초가 되어 건설 산업의 BIM기반 공정/원가 통합관리의 활용성을 향상시키는데 기여할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부에서 시행한 첨단도시개발사업(과제 번호: 09첨단도시A01)의 통합 공사관리 시스템 및 현장운영기술(공정/원가/노무) 연구과제의 일부이며, 서울대학교 공학연구소의 연구비 지원으로 수행되었음에 감사의 뜻을 표합니다.

## 참고문헌

- 권오빈 · 손재호 · 이승현 (2010). “교육시설물 공사비 관리 효율화를 위한 BIM 적용방안에 관한 연구”. 한국건축시공학회 논문집, 제10권 제6호, pp. 49~60
- 김정현 (2010). “BIM을 활용한 물량관리 구현을 위한 건설사의 준비 (QDB)”. 정기학술발표대회 논문집, 제10권, 한국건설관리학회, pp. 35~36
- 김우영 · 김옥규 · 최윤기 · 이현수 (2002). “공통자와 공통분류에 의한 비용/일정 통합모델”. 한국건설관리학회 논문집, 제6권 제5호, 한국건설관리학회, pp. 145~150
- 박영진 · 원서경 · 한충희 · 이준복 (2011). “공동주택 골조공사의 3D BIM기반 개산견적 모델 연구”. 대한건축학회 논문집, 제27권 제6호, pp. 123~130
- 유제승 · 김경환 (2009). “자동 공정 생성을 통한 4D 시뮬레이션 시스템 프로토타입 개발에 관한 연구 -철골공사를 중심으로-”. 대한건축학회 논문집, 제25권 제9호, pp. 173~179
- 안승준 · 이현수 · 박문서 · 김우영 (2009). “공정 원가 통합 관리를 위한 BIM 객체지향형 공정 모델링”. 대한건축학회 논문집, 제25권 제12호, pp. 165~174
- 안재홍 (2012). “BIM 기반의 공정 공사비 통합관리에 관한 연구”. 한양대학교 석사 학위논문.
- 조대구 · 류범기 · 고영환 · 이현수 (2010). “BIM 기반 4D 및 5D 구현을 위한 제반 환경”. 정기학술발표대회 논문집, 제10권, 한국건설관리학회 pp. 389~390
- 조진 · 박재현 · 박원호 · 윤석현 · 백준홍 (2008). “조합식 공정생성을 통한 BIM기반 건축시공 시뮬레이션 프로토타입 개발에 관한 연구”. 대한건축학회 논문집, 제24권 제7호, pp. 101~108
- 황영삼 (2004). “IFC 모델기반 CAD 파일로부터 물량산출 자동화 연구”. 대한건축학회 학술대회 논문집, 제24권 제1호, pp. 798~801
- Feng, C., Chen, Y. (2008). “Using MD CAD model to develop the time-cost integrated schedule for construction projects”, Paper presented at International Symposium on Automation and Robotics in Construction 2008, pp. 573~584
- Froese, T., Yu, K. (1999). “Industry Foundation Class Modeling For Estimating and Scheduling”. Proceedings of CIB Workshop 1999.
- Hendrickson C., Au, T. (1989). Project Management For Construction, Chapter 12, Cost Control, Monitoring and Accounting.
- Jung Y., Joo, M. (2011). “Building information modelling (BIM) framework for practical implementation”, Automation in Construction vol.20 pp. 126~133.
- Kam, C., Fischer, M., Hanninen, R., Lehto S., Laitinen, J. (2002). “Implementation Challenges and Research Needs of the IFC Interoperability Standard: Experience form HUT-600 Construction Pilot.” Computing in Civil Engineering, pp. 221~220
- Kam, C., Fischer, M., Hanninen, R., Karjalainen, A., Laitinen, J. (2003). “The product model and fourth dimension project”, ITcon, vol.8 Special Issue IFC - Product models for the AEC arena , pp. 137~166
- Rasdorf, W., Abudayyeh, O. (1991). “Cost-and Schedule-Control Integration: Issues and Needs”, Journal of Construction Engineering and

Management, vol. 117, no. 3, pp. 486~502

Shen, Z., Issa, R. (2010). "Quantitative Evaluation of the BIM-Assisted Construction Detailed Cost Estimates" *Journal of Information Technology in Construction*, vol.15, p. 234.

Teicholz, P. (1987). "Current needs for cost control systems" *Project controls: Needs and solutions (Proc. Speciaty Conf.)*

Tulke, J., Nour, M., Beucke K. (2008). "A Dynamic Framework for Construction Scheduling Based on BIM Using IFC", Paper presented at 17th IABSE Congress, *Creating and Renewing Urban Structures - Tall Buildings, Bridges and Infrastructure*.

Vries, B., Harink, J. (2007). "Generation of a construction planning from a 3D CAD model", *Automation in Construction*, vol.16, pp. 13~18

Weise, M., Liebich, T., Wix, J. (2008). "Integrating use case definitions for IFC developments", in *Architecture, Engineering and Construction, Proceedings of 7th European Conference on Product and Process Modeling*, pp. 637~645

Zhiliang, M., Zhenhua, W. Wu, S., Zhe, L., (2011). "Application and extension of the IFC standard in construction cost estimating for tendering in China". *Automation in Construction*, vol.20, pp. 196~204

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. Liston, K. (2008). *BIM Handbook*, John Wiley & Sons, Inc. p. 41

buildingSMART, IFC2x Edition4 alpha version, <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/alpha/html/index.htm>

논문제출일: 2012.11.08  
 논문심사일: 2012.11.09  
 심사완료일: 2013.03.12

---

## 요 약

건설프로젝트 관리 과정에는 수많은 정보가 존재한다. BIM(Building Information Modelling)은 정보전달의 매개체로서 공정 및 원가 정보를 관리하여 4D(3D+Time), 5D(4D+Cost) 시뮬레이션 등 다양한 이익을 얻을 것으로 예상되었다. 그러나 BIM 활용과정에 따른 정보의 연계 문제, BIM 객체기반 공정/원가 정보의 한계, BIM 소프트웨어 호환성 문제 등으로 인해 BIM을 활용한 공정 및 원가정보의 관리는 적극적으로 활용되지 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 위의 문제점들을 개선하고자 IFC(Industry Foundation Classes)활용 BIM기반 공정/원가 통합관리 프레임워크를 제안하였다. 먼저, 정보 입력 문제와 정보 표현의 한계점을 개선하기 위해 공간을 최소단위로 공정 및 원가정보를 통합 관리하는 데이터베이스를 구축하고, 데이터 호환성 문제를 해결하기 위해 국제 표준 데이터 포맷인 IFC를 활용하여 앞서 구축한 데이터베이스의 정보와 BIM 소프트웨어를 연계하여 BIM을 기반으로 한 공정/원가 정보의 통합관리를 시도하였다. 이는 BIM기반 공정/원가 통합관리를 위한 정보 처리 프로세스의 기초를 제공하며, 정보 요구에 대한 정확한 이해를 도와 의사소통의 정확성을 향상시켜 BIM기반 공정/원가관리의 효율성을 높일 것으로 예상된다.

**키워드 :** 공정 원가 통합관리, BIM(Building Information Modeling) , IFC(Industry Foundation Class)

---