

CLLOUD BIM 기반 설계 프로세스에서 설계정보의 구조화 및 성능지향적 설계서비스를 통한 협업설계 지원 방안

A Study on Collaborative Design System using Design Issue Modeling and Performance-oriented Design Service in CLOUD BIM based Design Process

정재환¹⁾, 김진웅²⁾, 송유미³⁾, 김성아⁴⁾

Jung, Jae Hwan¹⁾ · Kim, Jin Wooung²⁾ · Song Yu Mi³⁾ · Kim, Sung-Ah⁴⁾

Received February 7, 2016; Received March 4, 2016 / Accepted March 15, 2016

ABSTRACT: Building information modeling refers to combination or set of technologies and organizational solutions that are expected to increase collaboration in the construction industry and to improve the productivity and quality of the design, construction, and maintenance of buildings. For enhanced communication among project participants, various information which BIM model usually includes is provided, furthermore data which contain exchange of unstructured information is needed. If the extension of BIM standard file format for practical use of design Issue information about collaborative design process is fulfilled, the productivity and quality of design will be improved.

KEYWORDS: BIM, Collaborative design, Knowledge based Design, Performance-oriented Design

키워드: 건축정보모델, 협업 설계, 지식기반 설계, 성능지향적 설계

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2000년대 후반 건설사업분야 전반에 걸쳐 BIM (Building Information Modelling) 기술 도입이 점차 가속화되고 있으며, 이에 우리나라 또한 2012년부터 500억 이상의 공공발주공사를 대상으로 BIM 설계를 의무화하도록 국토해양부에서 공포한 상황이다.

이러한 변화 속에서 한국과 서유럽, 북미에서 실시한 설문조사 연구를 통해 파악한 사실은, 한국이 BIM 도입 수준(58%)면에서는 앞서 있지만, BIM을 효과적으로 적용하기 위해서 관심을 가져야 하는 문제들(예: BIM 협업절차 개발, 사내 직원의 교육, BIM 활용 능력을 가진 협력 업체의 확보 등)이 나타나고 있다 (MacGraw-Hill, 2012).

BIM은 3D 객체기반 파라메트릭 모델로서 모든 객체의 필요한 정보의 공유가 가능하고, 정보의 재사용 측면에서 시간과 비용을 절약 할 수 있다. 그 결과, 건물 설계과정에서 전문가 사이 (설계자와 설계자, 설계자와 엔지니어, 엔지니어와 엔지니어 등)의 정보교환 및 의사결정의 주요한 수단이 되고 있다(Eastman, et al., 2011; Kumar, 2008; Trelidal, 2008). 국내 BIM 협업 환경에서 BIM 도입을 위해 상호운용성이 중요한 문제로 부각되고 있다(Kim, 2013).

실제 건물 설계과정 중에서 BIM의 상호운용성(Interoperability)은 (1) 완벽한 건축정보모델링의 부재, (2) BIM 설계 툴과 성능분석 툴 간의 자동화된 정보 맵핑의 어려움, (3) 모델링 과정에서 필수적으로 수반되는 현실의 단순화와 가정, (4) 건물 에너지 성능분석 전문가 개입의 어려움, (5) 프로세스 중심의 성능분석이 아닌 데이터 중심의 성능분석으로 인해 그 적용은 기대만큼

¹⁾학생회원, 성균관대학교 미래도시융합학과 박사과정 (jaehwanj@skku.edu)

²⁾학생회원, 성균관대학교 미래도시융합학과 박사과정 (east6260@skku.edu)

³⁾학생회원, 성균관대학교 미래도시융합학과 박사과정 (hanimyu@skku.edu)

⁴⁾정회원, 성균관대학교, 건축학과 교수 (sakim@skku.edu) (교신저자)

활발하지 않다(Dong et al., 2007, Schlueter & Thesseling, 2009), 이와 같은 문제점의 해결방안으로 클라우드 컴퓨팅은 네트워크를 통해 협업을 지원하는 소프트웨어와 하드웨어가 하나의 통합된 플랫폼을 건설 환경에 접목하려는 시도가 활발하게 이루어지고 있다(Matthews, 2015). 클라우드 기반 협업 환경은 초기설계 단계에서 설계참여자들에게 동일한 플랫폼 환경을 제공하여 효과적인 의사결정을 지원하기 위한 신속한 정보 공유 및 교환이 가능하도록 하고, 이는 건축, 엔지니어링, 시공 등의 다양한 분야의 전문가가 참여하는 협업 환경을 향상시킨다(Redmond, 2012).

하지만 클라우드 기반 협업 체계에서도 건설 프로세스에서 발생하는 다양한 분야의 유의미한 정보들을 모두 저장하거나 전송하지 못하고 있으며(Fuchas, 2010), 설계 진행 과정 중 발생하는 정보들이 소실되고 이에 따른 경제적 손해가 발생하게 된다(Eastman et al., 2011).

BIM 저작도구를 기반으로 설계 프로세스에서 생성되는 설계안의 리비전관리 방법을 분석하고 확장된 BIM Collaboration Format(이하 BCF)를 통한 설계 이력 정보를 활용하는 모델을 제안 하였다. BIM 저작도구를 기반으로 확장된 BCF를 활용하여 구조적/비구조적 설계 이력 정보를 포함하는 협업 지원 모델을 제안하였으며, 성능지향적 설계 프로세스를 지원하는 개념들을 도출하였다. 즉, CLOUD 환경에서 성능 지향적 설계가 가능하도록 상용 BIM 저작도구에서 생성된 데이터를 협업 시 의사결정에 활용가능 하도록 지원하는 설계정보 관리 모델을 도출하였다. CLOUD 협업 환경 구축을 위해 BIM 기반 협업에서 활용되는 파일 포맷 IFC가 저장 하지 못하는 정보를 보완하기 위하여 BCF를 활용하였으며, BCF의 스키마도 확장하였다. 웹 포털을 통한 외부시스템(에너지, 구조 등 협업 참여자)과 레포지터리 간 정보 교환 표준 인터페이스를 구축하였으며, 클라우드 협업환경을 위한 도구 별 정보세트를 구성하였다. 또한 확장된 BCF를 통한 도구별 정보교환 방안을 제시하였다.

현재 상용화 되어있는 BIM 협업 도구는 다양한 기능 중 설계 이슈를 다루는 기능을 지원하고 있다. BCF를 통한 협업 서비스도 사용자가 직접 이슈내용을 입력할 수 있게 하여 설계 협업 정보를 활용하도록 한다. 그러나 이 두 가지의 경우 모두 작성자, 시간, 이슈 상태, 중요도, 업종 등의 기본적인 기능 또는 정보를 중심으로 다루고 있기 때문에 건축설계 프로세스 전반에 필요한 정보들이 누락되거나 손실된다. 이러한 정보의 누락과 손실은 결과적으로 프로젝트 전반에 투입되는 비용의 증가를 초래한다.

이러한 이슈를 구체적으로 작성하고 체계적으로 관리하기 위해서는 현재의 BIM 협업 환경에 대응가능 한 이슈 모델이 필요하다. 구체적으로 이슈와 이슈 사이의 관계(선후관계, 연관성 등), 이슈와 함께 제공되는 참조 정보(미디어, 분석 자료 등), 책임소재, 연관 분야 등을 고려하여 이슈 모델링 하는 것이 필요하다.

기존 CLOUD 기반의 협업 시스템에서는 비구조적 정보를 활용 가능하도록 BCF를 확장한 협업시스템을 제안하였다. 본 연구에서는 설계 참여자들 간의 설계이슈를 중심으로 BIM 협업 환경에 적합한 데이터 구조 모델링을 수행하고 이를 활용한 협업서비스를 클라우드 기반 웹 포털에서 구현한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 중소설계사무소를 대상으로 하였다. 선행 연구 고찰 및 설계사무소 인터뷰, AEC 산업에 종사하는 전문가 자문을 통해 중소설계사무소가 초기설계 단계에서 필요로 하는 기능은 (1) 성능분석 서비스 지원을 통한 대안의 비교 분석 기능, (2) 설계 변경과 같이 중요 의사결정 내용에 관한 내용전달; 수신 확인 기능 지원을 통한 책임소재 파악, (3) 비구조적 설계정보 지원을 통한 설계과정에 생성되는 지식, 경험에 대한 정보의 축적, (4) 설계안 관리를 통한 설계 사례 데이터 확보로 나타났다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 클라우드 기반 설계 협업 시스템을 구현하기 위해 클라우드 기반 리비전 모델 관리 시스템을 제안하고 이를 바탕으로 성능기반 설계를 지원하는 정보교환 프레임워크를 구축하였다. 클라우드를 활용한 BIM 협업 시스템의 최근 연구 동향을 분석해 보면 정보교환 수단으로 IFC 포맷을 사용하는 경우가 대부분이다. 하지만 IFC의 경우 설계 과정에서 발생하는 구조적, 비구조적 정보를 모두 포함하고 있지 않으며, 이를 지원하는 서브 스키마를 구성할 필요가 있다(Fuchas 2010). 따라서 새로운 스키마를 제공하는 것이 아닌 XML 형태의 subset을 구성하였다.

설계 이슈는 특정한 설계프로젝트에서 발주자 및 프로젝트 참여자 모두가 성공적으로 업무를 수행 할 수 있도록 설계를 요구하는 방법, 의문, 고려, 가설 또는 상황 모두를 포함한다(Duerk, 1997). 현재 상용화 되어있는 협업 도구(BIM9, Autodesk 360 등)의 경우 모두 작성자, 시간, 이슈 상태, 중요도, 업종 등의 기본적인 기능 또는 정보를 중심으로 다루고 있기 때문에 건축설계 프로세스 전반에 필요한 정보들이 누락되거나 손실된다. 이러한 이슈를 구체적으로 작성하고 체계적으로 관리하기 위해서는 현재의 BIM 협업 환경에 대응가능 한 이슈 모델이 필요하다. PLM 분야 및 ICT 분야의 데이터 구축관련 사전 연구를 조사하여 협업에서의 이슈 활용을 위한 구조화 모델을 분석하였다. 상용 BIM 협업 도구의 사례 또한 분석하였으며, 분석된 이슈 모델 내용 및 현재 BCF의 스키마를 조합하여 Issue Schema Modeling을 수행하였다.

건물의 모델링을 위한 저작도구는 Revit Architecture(이하 Revit)를 선정하였다. 건물의 성능평가(건적, 공간 프로그램 분석)을 위해 Revit과 실시간 연동이 가능한 노드 형태로 모듈화된 Plug-In Dynamo를 활용해 시뮬레이션을 수행하였다.

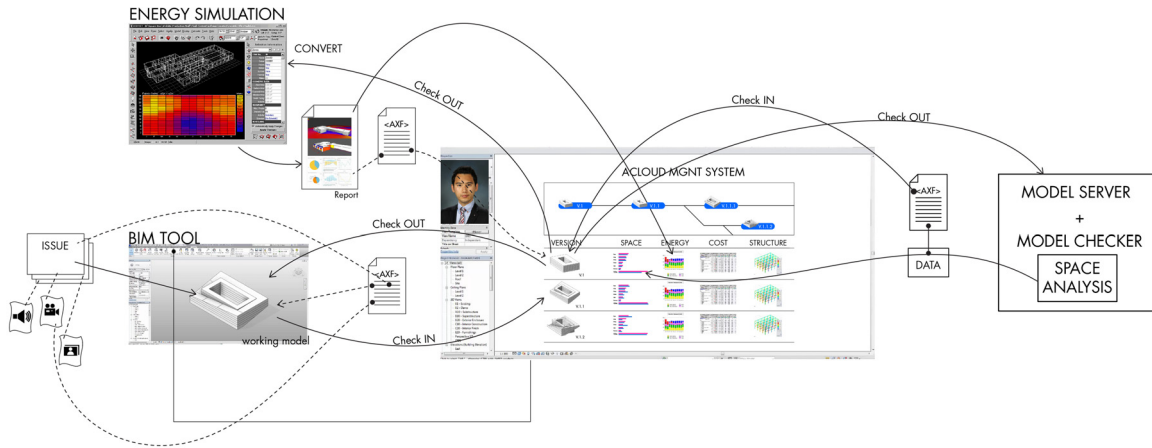


Figure 1. Cloud based revision management model

2. Cloud BIM 협업 플랫폼 제안¹⁾

2.1 설계이력 정보 및 리비전 관리 모델 제안

설계 대안들은 디자인 노트에서 디자인 솔루션의 집합(set)으로 표현된다. 몇몇 대안들이 비동기로 개선될 때 복수의 디자인이 독립적인 표현물(representation)을 지니며 생성된다. 설계 대안들을 고려하지 않는다면, 설계 트리 구조의 가지들은 단순히 하위 설계안으로 결정된다. 역동적으로 생성된 디자인 대안들은 설계 트리 구조의 다른 버전들을 발생시킨다. 따라서 설계 프로젝트의 표현물들은 단독 설계 진행과정에서도 통시적, 공시적으로 급속히 퍼져나간다. 하나의 버전과 다른 버전을 구별하는 기본적인 방법은 타임 스탬프와 사용과 네이밍 조약을 활용하는 것이다.

클라우드 시스템을 기반으로 한 메인 포털을 중심으로 설계자에 의해 디자인 프로세스에서 생성된 설계안에 대한 정보는 클라우드에 등록(Check-in)되며 등록된 설계안에 대한 정보는 타 분야 전문가에 의해 추출(Check-out)되고 시뮬레이션(구조, 에너지 등)이 수행된다. 시뮬레이션 결과 및 모델, 해결방안(Solution)은 다시 클라우드에 등록되며 이 정보는 의사결정의 근거로 활용된다. 앞서 프로세스에 의해 대안이 결정되며 결정된 대안은 다시 같은 프로세스를 통해 발전하게 되고 결국 최종 결과물을 도출하게 된다(Figure 1).

2.2 성능기반 설계지원 정보교환 프레임워크

성능 기반 설계 프로세스는 설계자의 의사결정이 설계대안의

성능을 근거로 이루어질 수 있도록 지원하는 프로세스이다. 구조, 에너지, 비용 등의 성능은 협업에 참여하는 전문가들의 분석을 거치게 되는데 설계자는 취합된 성능분석 결과를 바탕으로 여러 설계대안 중 가장 우수한 대안을 선택한다. 이러한 과정을 반복적으로 거쳐 설계자는 최종적으로 가장 성능에 부합하는 대안을 도출하게 된다. 설계자는 이종 분야에 대한 지식이 부족하기 때문에 여러 성능을 쉽고 빠르게 해석 및 비교분석할 수 있는 지원 시스템이 필요하다.

이력 정보는 성능에 관한 구체적인 분석 결과와 의사결정 내용을 포함한다. Plug-In 형태의 각종 성능분석 도구가 클라우드에 등록된 설계대안에 대한 개선견적, 건축 프로그램 분석 등을 자동으로 수행하여 그 결과를 설계 참여자에게 제공한다. 초기 설계단계에서부터 전문가와의 원활한 협업을 진행할 수 있으며, 협업에 소요되는 시간 및 비용 절감이 가능하다. 이종 분야의 전문가가 분석한 설계대안의 성능은 설계자가 이해하기 쉬운 형태(그래프 등)로 웹 포털에서 제공된다.

본 연구는 표준 BIM 파일 포맷의 확장을 통해 설계대안의 이력정보를 구조화한 xml 형식의 클라우드 정보 교환 포맷, 즉 AXF (Acloud Exchange Format)를 제안하였다. AXF는 설계 프로젝트에 대한 개요 정보뿐만 아니라 설계 이슈별 세분화된 스키마를 가지고 있어 각각의 설계안에 대한 성능 분석 결과 및 의사결정의 이력정보를 BIM 모델 서버와 연계하여 웹 포털에서 가시적으로 제시할 수 있다.

BIM 모델 파일과 설계 과정에서 생산되는 다양한 종류의 정보(도면, 성능 분석 결과 보고서, 렌더링 이미지, 회의 자료 등)이 클라우드 상에서 공유되고 분석되려면 분산되어 있는 파일을 링크하여 주는 가교 역할을 하는 파일이 필요하며, 그 역할을 AXF가 수행한다. 설계자에 의해 생성된 설계안에 대한 정보는

1) Kim, SungAh, Version management in computer-aided architectural design, 1997

클라우드에 등록(Check-in)되며, 외부 시스템에 의해 추출(Check-out)되어 성능에 관한 시뮬레이션 수행 후 클라우드에 재등록(Check-in)된다.

각 성능 분석 프로그램(구조, 에너지, 적산)은 요구하는 파일의 포맷이 다르나 클라우드 상에서 자동으로 변환될 수 있으며, BIM 파일 중심의 프로세스가 이루어진다. 성능분석에 의해 도출된 로그 데이터(Log data), 리포트 데이터(Report data), 리포트 문서(Report document)등의 정보는 AXF에 링크되어 클라우드에 자동으로 등록된다.

로그 데이터(Log data): 클라우드에 등록된 BIM 데이터는 외부 시스템의 분석에 적합한 데이터 형식으로 변환(Convert)되며, 로그 데이터, 즉 파일 변환 기록을 남기게 된다. 로그 데이터는 외부 시스템을 거치기 전의 파일의 출처를 기록하며, 버전의 선후 관계를 파악하는데 활용된다.

리포트 데이터(Report data): 외부 시스템에 의한 성능 분석 결과로 구조화된 텍스트나 XML 형식이다. 리포트 데이터는 AXF 내의 스키마에 의해 이슈별로 자동적으로 분류 및 링크된다.

리포트 문서(Report document): 리포트 데이터를 PDF와 같은 문서 파일 형식으로 변환한 것이며 일반적으로 교환되는 정보의 형태이다. 성능 분석에 관한 가장 구체적인 정보를 담고 있다. 리포트 데이터에 비해서 시스템 상에서 활용의 유연성은 떨어지며 마찬가지로 AXF에 의해 링크된다.

설계프로세스에서 발생하는 대안들에 관한 정보는 클라우드 서버에 저장되어 협업 참여자들이 활용할 수 있도록 공유된다. 설계 프로세스에서 발생한 정보는 클라우드 서버에 저장될 때, BIM 저작도구에서 작성된 모델 데이터 이외에도 AXF에 저장된 대안의 메타정보(Metadata)를 포함한다. 이 정보들은 BIM 모델 서버에 저장되며 사전에 정의된 스키마에 의해 자동으로 분류된다.

클라우드 서버에 저장되어 있는 전체 자료를 관리하는 전문가가 필요하며 자료를 열람하고 수정하기 위해 클라우드 서버에 접근 시 참여자별 권한을 부여하여, 자료 이용에 대한 제한을 둘 필요가 있다. 또한 프로젝트 참여자 이외의 외부 사용자에 대한 접근을 차단하여 정보 유출을 방지해야 한다.

3. 성능기반 서비스 지원 방안

3.1 설계정보의 구조화

건축 설계프로세스에서, 특히 중요한 설계 개념이 생성되는 초기설계단계에서는 설계자 및 설계 참여자가 활용하거나 생성하는 다양한 설계정보가 존재한다. 건축주에 의해 제시된 설계요구사항 및 설계자가 스스로 분석한 설계정보(fact)를 활용하여 설계자는 설계 프로세스를 통해 해결해야하는 다양한 이슈를 도출한다. 즉, 설계이슈는 특정한 설계프로젝트에서 발주자 및

프로젝트 참여자 모두가 성공적으로 업무를 수행 할 수 있도록 설계 대응을 요구하는 방법, 의문, 고려, 가설 또는 상황 모두를 포함한다(Duerk, 1997).

설계이슈는 효율적인 의사결정을 지원하기 위해 설계정보를 관리가 가능하도록 구성된 일반적인 분류이다. 예를 들어 “친환경 건축물 설계”라는 것은 설계요구조건(Design requirement)으로써 발주자에 의해 제시되거나 설계자의 의도이건 설계프로세스를 구동하는 설계이슈이다. “친환경 건축물 설계”라는 이슈에 대한 해결방안을 찾는 과정에서 설계자는 “에너지 효율 최적화”, “자연 환기 향상” 등의 개념안을 도출한다. 하나의 설계이슈로부터 하나 또는 그 이상의 개념안을 도출 할 수 있다(Gero, 1998; Loosemore, 1999).

설계 이슈에 관한 스키마 모델링을 수행하기에 앞서 BCF를 확장한 협업 정보 모델을 분석하였다. IFC는 BIM 모델에 관한 형상정보, 속성정보, 성능정보 등은 포함하고 있지만, 실제 협업에 필요한 참여자의 의견, 시간 흐름에 따른 모델 관리, 마크업을 활용한 의사소통 등의 기능을 지원하지는 못한다. 따라서 IFC와 별도로 BCF를 활용하고 BCF 스키마의 확장을 통해 대안의 이력정보를 구조화하였다. BCF는 국제 빌딩스마트 협회(bSI, building- SMART International, Ltd)에서 BIM 기반 협업 업무 개선을 위해 제시하고 있다. Revit Add-in 기능 및 응용프로그램에서 BCF를 활용해 BIM 도구 간 설계 의견, 의사결정 내용, 설계 변경 등, 설계 협업 진행상황에 대한 정보를 이미지와 함께 교환할 수 있다. 설계대안의 이력정보를 구조화하는 첫 번째 단계로 설계 협업 시 우선적으로 제공되어야 할 정보에 대한 전문가 의견 수렴 및 사전 연구 검토 결과 다음과 같은 항목이 도출되었다(Figure 2).

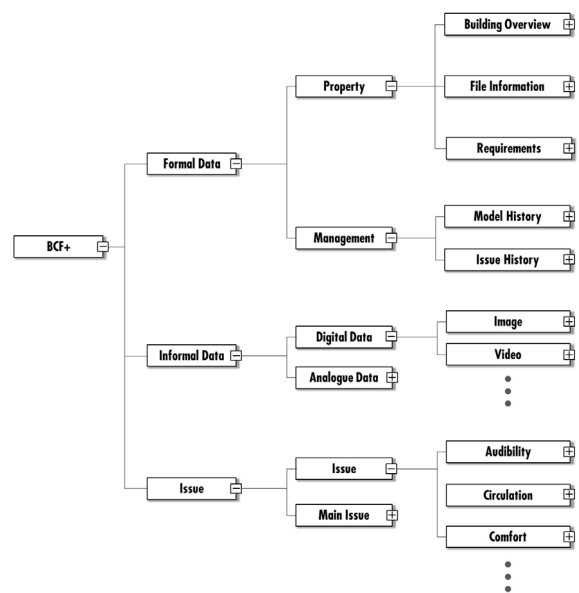


Figure 2. Schema of extended BCF

첫째, 건축개요에 관한 정보이며 이는 프로젝트명, 프로젝트 참여자 정보(건축주, 참여회사 등), 건축물 기본 정보(용적률, 건폐율, 용도, 위치 등), 공사비 및 공기 등에 관한 정보를 포함하고 있다. 클라우드 기반 웹 포털 환경에서 로그인 이후 프로젝트 선택화면에서 사용자에게 제공되는 프로젝트 전반에 관한 기본 정보이다.

둘째, 파일정보는 BIM 서버에 저장되는 정보를 실제 웹 뷰어 및 클라이언트에서 사용자가 활용할 수 있도록 정보를 사용할 수 있도록 하는 연결고리 역할을 수행한다. 프로젝트에서 설계안으로부터 생성된 모든 구조적 정보와 비구조적 정보를 디지털화 하여 해당되는 항목에 분류하여 저장한다. 예를 들어 설계자가 BIM 저작도구를 사용해 생성한 모델 파일, CAD로 작성하거나 BIM 저작도구에서 dwg로 변환한 도면파일, 설계자가 스케치한 그림 등의 관련된 이미지 파일, 설계 참여자 사이의 회의내용을 녹음한 음성파일, 동영상 파일 등에 대한 정보를 담고 있다. 이 정보는 확장된 BCF 파일에 직접 저장되는 것이 아니다. 관련된 모든 파일들은 BIM 서버에 저장되며 확장된 BCF가 하는 역할은 BIM 서버에 저장된 파일의 url 주소를 제공하여 사용자가 쉽게 접근하도록 하는 가교역할이다. 파일의 경로에 대한 정보 이외에도 각 파일이 포함하고 있는 정보, 즉 누구에 의해서 언제, 왜 발생하였는지에 대한 정보도 또한 포함 할 수 있다.

셋째, 건축주가 요구하는 모든 정보를 저장하는 건축주 요구 사항 항목이 존재한다. 건축주 요구사항을 상위 정보로 제공하는 이유는 설계 대안에 대한 의사결정에 핵심적인 요소로 작용되기 때문이다. 설계자 및 각 분야의 설계 참여자들이 건축물 설계 컨셉 및 일정, 목표 성능 설정 등을 수행할 때 반드시 참고하여야 할 건축주의 요구사항에 대한 내용을 포함하고 있다. 건축주 또한 어떠한 요구를 어떤 순서로, 언제, 누구에게 언제까지 지시하였는지에 관한 정보를 알 수 있다.

넷째, 이슈 이력정보는 설계 과정에서 발생하는 모든 이슈에 관한 내용 및 이슈관의 관계 작성 및 관리의 기능을 담당한다. 예를 들어 기본설계 마감, 실시설계 마감 등 프로젝트 주요 단계에서의 확정된 설계안에 대한 정보 및 설계안의 확정이유, 설계 변경 내용과 그 원인 등의 정보를 포함하고 있다. 즉, 설계 참여자에 의해 확정된 설계안의 BIM 모델 정보, 주요 의사결정 내용 등을 참조하고, 각 분야 별 전문가의 성능 분석 자료, 경쟁 대안에 대한 정보 및 이슈의 진행 흐름, 의사결정 책임자 등에 관한 정보 또한 포함하고 있다. 프로젝트 이력정보를 활용하여 프로젝트에서 발생한 이슈의 타임라인을 구성할 수 있고, 이는 프로젝트 관리에 있어 효과적인 확인 수단으로 설계 품질 향상에 도움을 줄 수 있다.

다섯째, 이슈는 설계과정에서 발생하는 모든 이슈 정보를 포함하고 있으며 이를 작성하고 관리 가능하도록 구조화 하였다.

설계 이슈에 관한 내용 중 건축에 대한 세부항목 분류는 Duerk의 연구를 바탕으로 구성하였다. 분류된 각 항목마다 세부 이슈가 존재하며 세부 이슈는 작성자 정보, 작성된 날짜 및 최종 수정 날짜, 이슈의 제목, 대상 버전에 대한 정보, 작성 목적, 해결 방안 등에 관한 정보를 포함하고 있다.

여섯째, 주요 이슈에 관한 내용이다. 설계안을 도출하는 과정에서 발생하는 다양한 이슈 중 본 대안이 선택된 혹은 발생하게 된 원인, 즉 에너지 분석 결과, 발주자의 의견 등에 관한 이슈를 말한다. 설계안에 대한 다양한 이슈들 중 어떠한 이슈들이 본 대안에 있어 중요한 쟁점이었으며 그 이유는 어떤 것인지, 본 설계안이 선택된 이유 즉, 설계 참여자가 판단한 근거는 무엇이며 누가 판단하였는지에 대한 정보들을 포함하고 있다.

3.2 설계 이슈정보의 확장

구조화된 설계정보 중에서도 본 연구에서 가장 핵심이 되는 이슈에 관한 내용을 타 분야 연구 사례 및 BCF 스키마, 실제 중규모 설계 사무소의 업무내용, 전준자 저문 내용을 분석하여 설계 이슈정보를 구조화하였다. 구조화 된 정보가 클라우드 기반 협업 환경에서 디지털 정보가 저장되는 BIM 서버와 사용자 작업 환경인 웹 포털에서 성능지향적 설계를 지원 하도록 스키마를 모델링하였다(Figure 3).

- 이슈헤더: 이슈헤더 엔터티는 이슈 고유의 ID, 작성자, 작성시간, 이슈 타이틀, 그리고 이슈가 어떤 버전의 모델과 연관되어 있는지에 대한 정보를 포함한다. 이슈 헤더의 각 속성들은 이슈가 생성될 시, 대부분이 사용자가 입력하지 않아도 자동으로 생성 가능하다.
- 프로젝트: 프로젝트 엔터티는 생성된 이슈의 프로젝트에 관한 전반적인 정보를 포함한다. 프로젝트 고유의 ID, 프로젝트 이름, 프로젝트 상세 정보(프로젝트명, 프로젝트 참여자 정보, 건축물 기본 정보, 공사비 및 공기 등)에 관한 정보를 포함하고 있다. 또한 프로젝트에 등록되어 있는 설계 참여자 ID를 포함하고 있다.
- 마일스톤: 마일스톤 엔터티는 설계 일정관리를 위해 중요한 기점이 되는 이벤트에 관한 정보를 포함하고 있다. 마일스톤의 이름, 작성시간, 완료 일자, 상태(진행중, 완료, 중단, 미완료), 상세내용에 관한 정보이다.
- 이슈 이력정보: 생성된 이슈의 연관관계를 제공하기 위한 엔터티이다. 완전히 새로이 생성된 이슈인지, 이전의 이슈로부터 발생한 후속 이슈인지, 어떠한 이슈들과 동위에 있는지에 대한 정보를 제공한다.
- 참조: 참조 엔터티는 이슈에 연관된 모델 정보, 미디어 정보, 문서 정보, 이슈 대상에 관한 정보를 저장한다. 참조

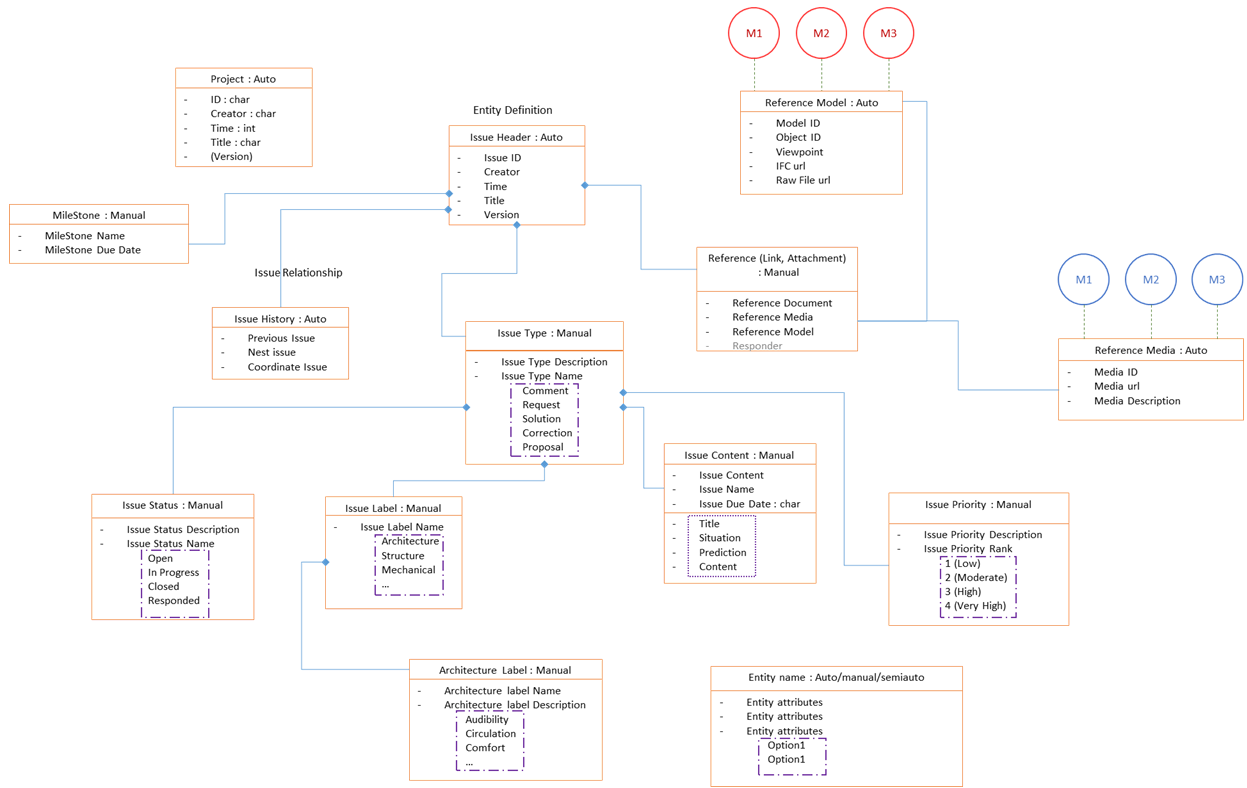


Figure 3. Issue schema modeling

모델의 경우 모델의 ID, 대상 객체의 ID, 뷰 포인트 좌표 정보, IFC 파일 및 저작도구의 모델 파일 url 등의 정보를 포함한다. 참조된 모델은 존재하지 않을 수도 있으며, 하나 혹은 복수의 모델 또한 참조 가능하다. 참조 미디어는 음성, 영상, 이미지 등 모델 이외의 BIM 서버에 저장되어 있는 미디어에 관한 정보를 포함한다. Media ID, Media url, 미디어 상세 내용을 저장하고 있다.

- 이슈 종류: 이슈 종류 엔터티는 작성된 이슈가 어떤 성향을 나타내는 것인가에 관한 정보이다. 이는 사용자가 직접 선택해야하며 하며 언급, 요청, 해결방안, 제안, 수정으로 분류하였다.
- 이슈 상태: 이슈의 종류를 선택 한 후, 이슈의 상태에 관한 내용을 사용자가 정도도록 요구하는 항목이다. 시작, 진행 중, 종료, 지연으로 분류하여 선택하도록 하였다.
- 이슈 중요도: 이슈의 중요도를 나타내는 항목으로 낮음, 중간, 높음, 매우 높음으로 분류하였다.

3.3 성능기반 설계 논리 도출

성능기반 설계를 지원하기 위한 서비스제공 방안은 다음과 같다. BIM 저작도구에서 작성된 모델파일이 원본과 함께 IFC 등의 형태로 BIM 서버에 저장된다. IFC 파일은 BIM 서버에서 관계 사상을 통해 구조화되어 저장된다. 설계안에 대한 성능 분

석 수행을 위해 필요한 정보를 BIM 서버에 요청하고 전송된 자료를 사전에 정의한 논리에 적용시켜 성능을 분석한다. 성능 분석 결과는 웹 포털에서 그래프, 썸네일의 형태로 사용자에게 제공된다.

모델 성능분석을 위한 다양한 서비스 중 공간 프로그램 분석에 관한 논리를 구축하였다. 공간 프로그램 분석을 위해 설계자가 BIM 모델 작성 시 공간요소를 정확한 이름과 함께 입력해야 한다. BIM 서버에 저장된 설계안의 정보 중에서 공간요소(Revit의 경우 room)에 대한 모든 정보를 추출 한다. 공간요소 정보와 사전에 정의된 공간일람표(실명에 따른 프로그램 분류표)를 대조하여 공간요소를 프로그램별로 분류한다. 프로그램별 공간요소의 면적, 지오메트리 정보를 활용하여 각 프로그램이 전체에서 차지하는 비중을 도출한다.

도출된 논리를 바탕으로 BIM 저작도구(Revit 2016)에서 모델을 작성하고 IFC로 BIM 서버에 저장하였다. BIM 서버에서 공간요소 정보를 Json 포맷으로 추출하였으며 Revit의 서버 어플리케이션 Dynamo로 불러들인 다음 공간 프로그램을 분석하고 그래프 및 3D 형상으로 가시화하는 테스트를 수행하였다 (Figure 4).

3.4 UX 디자인을 적용한 웹 포털에서의 협업 환경

성능기반 서비스를 지원하기 위해서는 사용자가 쉽게 적용

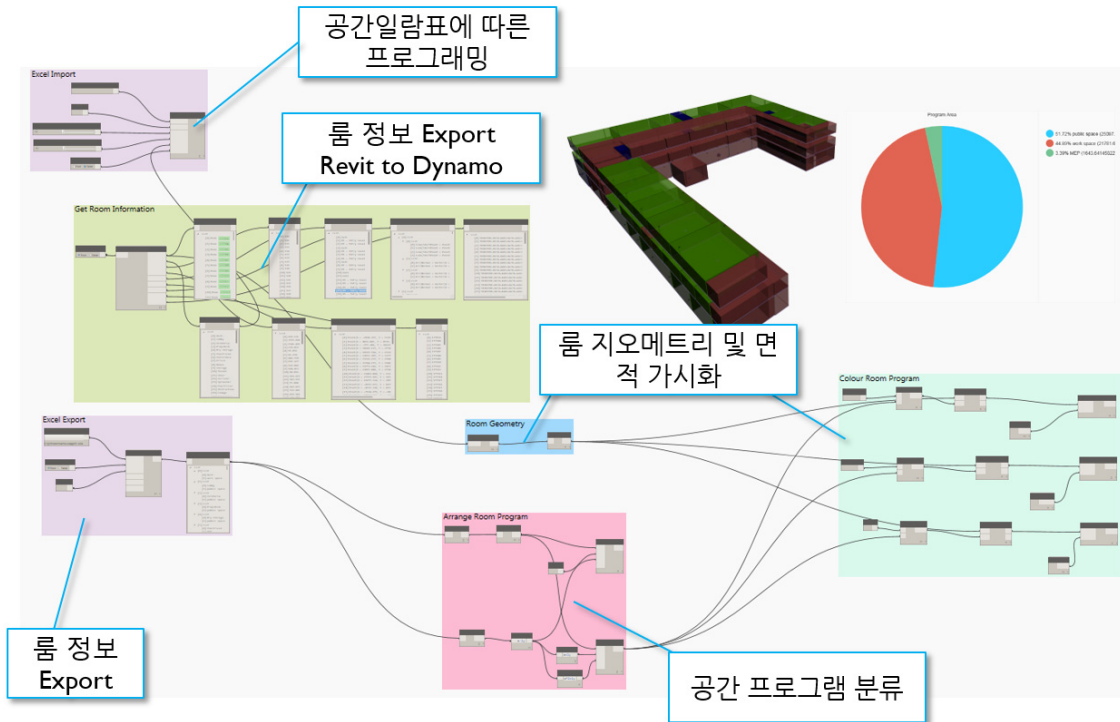


Figure 4. Design rule for analyzing space program

가능한 UX 디자인이 필요하다. ACloud 웹 포털에서는 작업자의 권한을 중심으로 접근 가능한 정보를 차별화하였다. 따라서 개인정보를 활용한 로그인도 필요하며 개인 계정을 통해 업무에 관련한 메일과 알림, 검색을 할 수 있다.

건축 설계는 건축주 및 이해 당사자, 각종 법규를 만족 시켜야 하기 때문에 대안을 생성하는 데 있어 제한되는 요소를 항상 인지하여야 한다. 또한 이러한 요소들은 설계를 진행함에 따라 변경되는 경우도 있기 때문에 설계자는 항상 이를 인지하고 있어야 한다. 특히 공간과 관련된 성능은 설계 제한 요소를 만족시키는 정도에 따라 점수화할 수 있고 현 상황을 쉽게 이해할 수 있게 한다. 설계자가 작업한 대안들은 타임라인 형태의 디자인 히스토리 맵을 구성한다. 등록된 대안이 많아짐에 따라 디자인 히스토리 맵이 한 화면에 모두 표현되기 힘들 수 있기 때문에 줌아웃 기능과 키맵을 설정하였다. 또한 대안들의 성능 변화 추이를 그래프로 확인할 수 있으며, 설계자는 확인하고 싶은 성능을 임의로 설정할 수 있다. 복수의 설계 대안을 선택할 경우, 화면 하단에 성능이 비교 분석된 결과가 나타난다.

설계자가 작업한 BIM 모델은 AXF의 스키마에 의해서 공간 프로그램 분석이 가능하다. 프로그램별 면적은 총 면적을 만족시키는 동시에 세부적인 항목을 기준으로 조정이 가능하며, 이를 그래프로 나타내었다. 대안이 클라우드 상에 등록되면 참여 협업자(에너지 시뮬레이션 사무소, 구조 시뮬레이션 사무소)의 외부 시스템에 의해 성능이 분석된다. 설계자는 프로젝트의 성

향에 따라 분석이 필요한 성능을 선택하여 협업을 진행할 수 있다.

설계자는 이중 전문가의 분석 결과 중 필요한 결과를 썸네일을 통해 확인 할 수 있으며 자세한 정보를 필요로 할 때는 썸네일을 클릭하여 성능 분석 보고서 전체를 확인할 수 있다(Figure 5).

4. 향후 연구 진행 방향 및 결론

본 연구에서는 BIM 기반 협업설계에서 상호운용성 강화를 위한 모델을 제시하고 설계 이슈모델에 대한 선행 연구 조사 및 상용 도구 분석을 수행하였다. 설계정보 교환 방안 및 구조화, 가상화 솔루션 적용을 통한 클라우드 시스템에서의 설계이슈 활용 서비스를 구현하였다. 설계의 각 단계에서 대안이 결정된 이유와 의사결정에 참여한 대상, 의사결정에 영향을 발휘한 각종 보고서 및 회의, 전문가 자문 정보 등을 프로젝트 참여자를 활용 가능하도록 하였다. 이를 통해 건축 설계자와 협업 참여자를 대상으로 BIM을 활용한 건축설계 협업 시 설계 정보의 관리 및 활용을 위한 모델을 제안하고, 파일럿 테스트를 통해 설계 참여자들 사이의 정보교환 시 일반적인 설계 정보 외 메타정보를 포함한 정보교환이 가능하게 하였다.

건축 설계 과정 중 초기설계 단계에 대해서만 분석을 시행하였다. 또한 중소규모 설계사무소를 대상으로 연구를 진행하였다. 따라서 건축 산업의 전반적인 설계 프로세스 및 설계사무소

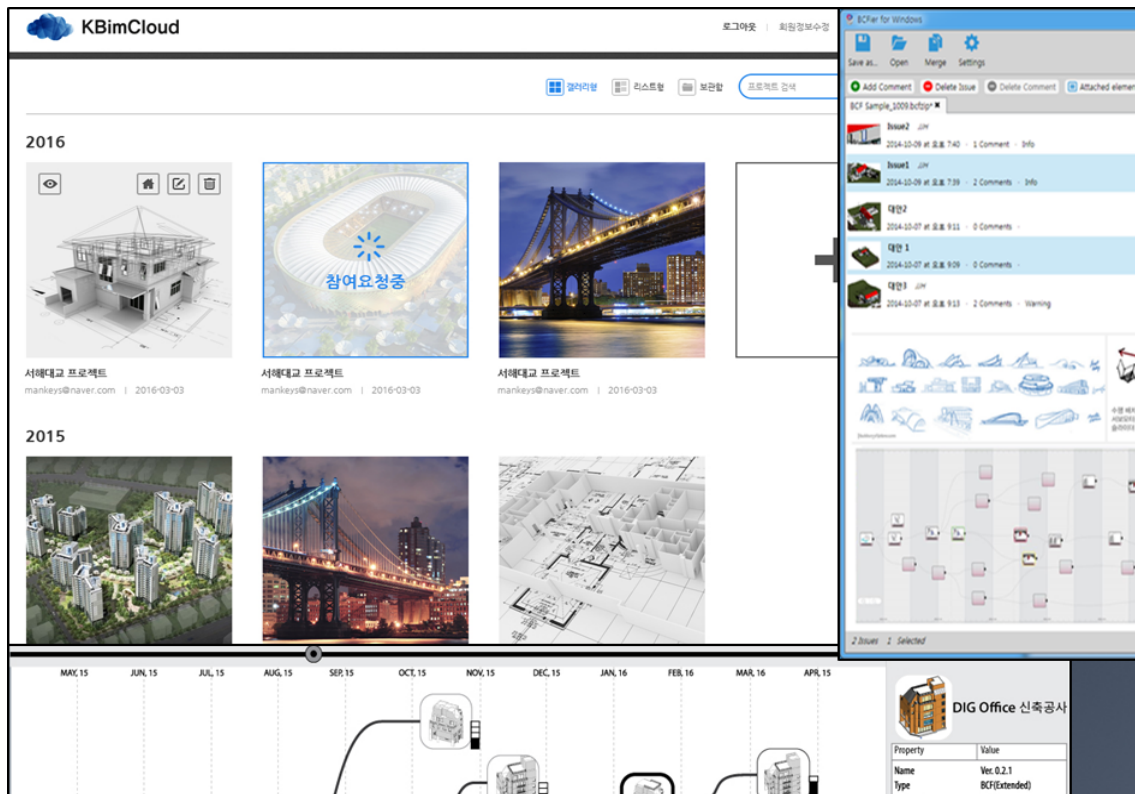


Figure 5. Web based collaborative environment applying UX design

의 워크플로우에 대한 분석을 필요로 한다.

상호운용성 강화 모델의 기능을 구현할 수 있는 클라우드 플랫폼의 개발이 필요하며, 클라우드 플랫폼은 포털 및 뷰어 기능을 포함하여야 한다. 또한 향후 복잡한 건축물에 대해 다양한 참여자가 투입되어 프로젝트를 수행하는 테스트가 필요하다.

연구결과 BIM 기반 지식설계 지원 시스템은 건축 설계 전 프로세스에서 협업 시 교환되는 정보를 풍부하게 하고, 각종 성능 분석결과를 신속하게 자동으로 제공하여 설계 품질 향상에 기여할 수 있는 가능성을 지니고 있었다. 사전연구를 통해 제안된 성능 지향적 설계 시스템을 설계사무소의 업무 프로세스에 적용하기 위한 시나리오를 제안하고 이를 상용 BIM 저작도구에서 테스트하였다.

본 연구는 설계 협업 업무 전반에서 지식 설계를 지원하는 시스템의 활용성을 검증하지 못한 한계점을 지니고 있으며, 향후 설계 참여자가 다양한 성능분석을 클라우드 시스템에서 활용 가능하게 하는 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구개발사업의 연구비 지원(13AUDP-C067809-01)에 의해 수행 되었습니다. 또한 U-City 고도화를 위한 핵심 기반기술개발사업(과제번호 15AUDP-B070714-

03)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Dong, B., Lam, K.P., Huang, Y.C., Dobbs, G.M. (2007). A comparative study of the IFC and gbXML informational infrastructures for data exchange in computational design support environments, *Proceedings: Building Simulation*, pp. 1530-1537.
- Duerk, Donna P. (1993). *Architectural Programming: Information Management of Design*, Wiley.
- Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, John Wiley & Sons.
- Fuchas S., Katranuschkov P., Scherer R.J. (2010). A framework for multi-model collaboration and visualisation, *8th European Conference on Product and Process Modeling*, University of Cork, Ireland, 14-16 September, 2010, pp. 115-124.
- Jung, J. H., Kim, S.A. (2014). A Study on the Lightweighting & Automation of Data Exchange by Semantic-Filtering Method in the BIM-based Collaborative Design Process,

- Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol.30 No.10, pp. 71-78.
- Kumar, S. (2008). Interoperability between building information models (BIM) and energy analysis programs, Master's Thesis, University of Southern California.
- MacGraw-Hill. (2007). Construction, Interoperability in the Construction industry SmartMarket Report.
- Matthews, Jane, et al. (2015). Real time progress management: Re-engineering processes for cloud-based BIM in construction, Automation in Construction 58: 38-47.
- Redmond, Alan, et al. (2012). Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM, Automation in Construction 24: 175-183.
- Schlueter, A., Thesseling, F. (2009). Building Information Model based Energy/Exergy Performance Assessment in Early Design Stages, Automation in Construction 18, pp. 153-163.
- Treldal, N. (2008). Intergrated Data and Process Control During BIM Design, Master's Thesis, Technical University of Denmark.