DOI: http://dx.doi.org/10.13161/kibim.2015.5.1.025

BIM 기반 협업에서의 상호운용성 향상을 위한 설계정보의 확장방안에 대한 기초적 연구

A Basic Study on the Extension of Design Information to Improve Interoperability in BIM-based Collaborative Design Process

정재환[1], 김진만[2], 김성아[3]
Jung, Jae-Hwan[1] • Kim, Jim-Man[2] • Kim, Sung-Ah[3]

Received March 13, 2015 / Accepted March 14, 2015

ABSTRACT: In the initial step of BIM based architectural design process, workloads are increased and the decision making process becomes more complex than those of the conventional design process. Technologies regarding distribution, exchange, classification, verification of BIM data are fundamental elements of construct environment for information sharing based on BIM. Interoperability of BIM model data is another issue to integrate BIM model. To improve interoperability in BIM-based collaboration, a model for utilizing formal&unformal design informations is suggested. Futhermore, Prototyping the model and practical test is conducted for advancement of data exchange making design data richen.

KEYWORDS: BIM, Collaborative Design, Design Issue, Interoperability, Extension of Design Information

키워드: 건축정보모델, 건축 협업 설계, 설계 이슈, 상호운용성, 설계 정보 확장

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건축 설계는 기초적인 기술을 배우는 것으로부터 시작하여, 설계 지식과 일반적인 지식을 흡수한다. 그러나 그 과정을 통해 획득한 지식은 종종 암묵적이고 불분명하다. 숙련된 설계자도 설계 과정에서 사용하는 지식이 어떤 종류이며, 또한 그것을 어떻게 사용했는지를 명료하게 설명하기 어렵다(Suwa외 1998). 이러한 문제는 디지털 기술을 적용한 현대 건축 설계 분야에서도 나타나고 있다.

디지털 건축 설계 분야는 2D-CAD를 넘어 통합 3D 모형에 대한 요구와 활용이 증가하고 있으며, 건축정보모델링(Building Information Modeling, 이하 BIM)의 방법론으로 발전되고 있다. 설계자는 BIM을 활용함으로써 공간의 시각화를 포함한 건물의 다양한 정보에 대한 시각화를 시도할 수 있고, 이를 통해 효과적인 사업 관리가 가능하다(Mietinen 2014). BIM 환경에서 설계의 결과물이라 할 수 있는 디지털 도면이나 3차원 모델은 BIM 저작도구의 문서 파일 저장형식으로 저장되며, 설계 과정의 진행과 함께 최근의 상태로 업데이트(Update)된다. 설계자는 설계작업의 마지막에 설계정보를 저장하고, 저장된 정보를 표준 파일 포맷으로 변환하며, 이 경우 설계자가 설계과정에서 사용하는 지식, 획득한 지식, 그것들의 활용방법 등에 관한 정보는 누락된다.

이러한 문제 이외에도 국내 건축설계 환경에 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). 그 중에서도 BIM을 활용한 협업 체계에 대한 개선이 중요한 해결책으로 분석되었으며, 협업 시 정보의 상호운용성이 중요한 이슈로 부각되고 이에 관한 연구가 증가하고 있다. BIM 도입을 통한 효율성

[1]학생회원, 성균관대학교 미래도시융합학과 박사과정 (jaehwanj@skku.edu)
[2]정회원, ㈜한길아이티 BIM 사업부 상무 (jinman.kim@aroaduser.com)
[3]정회원, 성균관대학교, 건축학과 교수 (sakim@skku.edu) (교신저자)

극대화를 위해서는 건축산업 분야에서 BIM 정보의 상호운용성 기술을 향상시켜 BIM 기반 정보공유 환경을 구축해야한다(원지선 2010, 조근하 2013, 김인한 2013).

본 연구에서는 건축 설계자와 협업 참여자를 대상으로 BIM을 활용한 건축설계 협업 시 설계 정보의 관리 및 활용을 위한 모델을 제안하고, 이를 구현하여 설계 참여자들 사이의 신속하고 정확하며 풍부한 정보교환이 가능하게 하여 설계 품질을 향상시키는 것을 목표로 하였다.

1.2 연구의 범위과 방법

(1) 중소설계사무소 설계자를 대상으로 하였으며 초기 설계단계에 연구의 범위를 제한하였다.

(2) 설계과정에서 발생하는 정보 구조화를 위해 설계이슈 및 설계과정에서 발생하는 구조적/비구조적 정보를 분석하였다.

(3) 설계과정에서 발생되는 설계표현물은 공시적/ 통시적으로 다양한 버전(version)으로 존재한다고 볼 수 있다. 또한 하나의 공통된 버전으로부터 복수의 설계대안 (alternatives)들이 발생하며, 각 대안이 다시 다양한 버전으로 발전한다고 볼 수 있다(김성아 2007).

(4) 사전연구 조사를 통해 설계과정에서 발생하는 버전과 대안들의 관계를 모델링하고, BIM 기반 설계 협업 시 필요한 구조적/비구조적 정보를 도출하였으며, 이를 검증하기 위하여 현업 설계사무소의 워크플로우 분석을 병행하였다.

(5) 기존의 협업 시 활용되는 구조적 정보와 확장된 비구조적 정보를 설계과정에서 활용하기 위한 모델을 제안하였으며, 정보를 활용하기 위해 설계 이슈의 스키마를 구성하였다.

(6) 또한 정보통신기술(ICT) 분야에서 정보를 효과적으로 활용할 수 있는 방법론에 대하여 도출하였으며, 이를 BIM 기반 협업설계에서 상호운용성 강화를 위한 모델 구축에 반영하였다(Cloud Computing 기술 적용).

(7) BIM 저작도구 환경에서 상호운용성 강화 모델을 활용하기 위한 프로토타입을 구현하였으며, 실제 설계된 건물을 대상으로 테스트를 수행하였다.

(8) 구조·에너지 설계과정에 적용하는 파일럿 테스트를 통해 그 효과를 검증하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 설계정보

2.1.1 설계 이슈(Design Issue)

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, 설계 이슈는 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).

예를 들어 "친환경 건축물 설계"라는 것은 설계요구조건(Design requirement)으로써 발주자에 의해 제시되거나 설계자의 의도이건 설계프로세스를 구동하는 설계 이슈이다. "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).

2.1.2 구조적/비구조적 정보

설계 과정에서 발생한 결과물은 구조적정보와 비구조적정보로 분류된다. 형식화된 설계 각 단계마다 제출되는 도면이나 보고서로 대표되는 구조적정보는 일반적으로 다른 설계자나 건축주 혹은 건축 외 분야에서 설계과정에 참여하는 기술자, 행정가, 기타 전문인들에게 제공되는 설계정보이다. 반면 비구조적정보는 설계참여자가 각 설계 단계에서 설계 진행을 위해 수시로 산출해내는 스케치, 과도적인 도면이나 모델, 개념도, 아이디어, 회의, 질의회신, 법률적 문서, 그리고 의사결정의 이유와 의사결정 당시 유보되었던 설계대안과 같은 것을 포함한다(김성아 1998).

BIM 환경에서 설계의 결과물이라 할 수 있는 디지털 도면이나 3차원 모델은 BIM 저작도구의 문서 파일 저장형식으로 저장되며, 설계 과정의 진행과 함께 최근의 상태로 업데이트(Update)된다. 설계자는 설계작업의 마지막에 설계정보를 저장하고, 저장된 정보를 표준 파일 포맷으로 변환하며, 이 경우 대개 비구조적정보는 누락된다.

설계자가 제공하는 비구조적정보를 활용하기 위해서는 설계작업의 흐름을 방해하지 않으며 BIM 도구에 제한이 없으면서 설계정보를 활용할 수 있는 방안이 필요하다.

2.2 설계프로세스 모델

국내 및 국외 건축 설계 과정을 살펴보면, 먼저 국외의 경우에는 영국이 가장 먼저 설계 과정을 정립하였지만 미국에서 많은 것을 받아들여 발전시켰다. 일본의 설계 사무소의 경우 미국 The American Institute of Architects (AIA)의 설계 과정과 매우 흡사하였다(김홍룡 2002).

형식과 단계별 명칭은 다소 상이하지만, 담고 있는 내용은

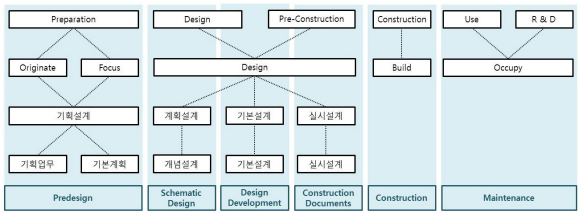


Figure 1 Architectural Design Process

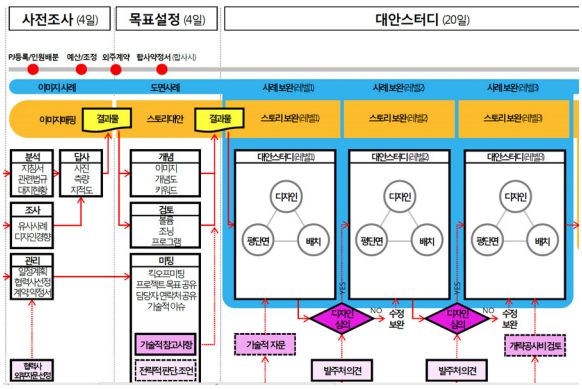


Figure 2 Example of Design Process used in Design Firms

모두 유사하였다. 국외 건축설계 과정에 비하여 국내에서 활용되는 설계 과정은 설계 업무에 편중되어 있고 시공 및 유지관리에 대한 내용은 포함되어 있지 않았다. Figure 1과 같이 국내 건축 환경을 고려하여 국토해양부에서 제시한 건축 설계 과정을 기준으로 설계 과정이 재구성될 수 있다(정재환 2014).

본 연구는 건축 설계프로세스의 초기단계에 초점을 맞추었다. 건축설계의 경우 설계 프로세스나 진행 절차가 매우 복잡함에도 불구하고 타 분야 설계에 비하면 오히려 실무 영역에서 잘 정의되어있다.

Figure 2는 국내 중소설계사무소의 설계프로세스를 도식화한 내용의 일부분이다. 이와 같이 실무 영역에 종사하고 있는 대부분의 중소설계사무소 및 개인 설계자는 자신 만의 설계 프로세스를 정의하여 활용하고 있다.

본 연구에서는 설계과정에서 발생되는 설계표현물은 공시적/통시적으로 다양한 버전(Version)으로 존재한다고 보았으며, 또한 하나의 공통된 버전으로부터 복수의 설계대안(Alternatives)들이 발생하며, 각 대안이 다시 다양한 버전으로 발전하는 설계 프로세스 모델을 활용하였다.

2.3 BIM 기반 협업설계와 상호운용성

설계 프로세스를 진행함에 있어서 설계작업은 “다양한 형식의 문서와 표현물을 수시로 생성하는 과정”이며 이들은 설계의 최종결과물을 도출해나가기까지의 과정과 배경을 설명하는 중요한 정보를 담고 있다. 이러한 정보들은 디지털화되고 디지털화된 정보에 의해 디지털 모델이 구성된다. 설계 참여자들의 협업 환경을 향상시키기 위해서 디지털 모델을 통한 정보 교환의 개선이 필요하다.

BIM 저작도구에서 작성한 건축정보모델은 이종 전문가들 간의 정보공유뿐만 아니라, 전 설계과정에서 설계정보가 재사용될 수 있고, 따라서 소모되는 인력을 줄이고 시간을 효율적으로 활용할 수 있게 한다. 데이터 호환 모델들은 서로 다른 영역의 모델 간의 정보 교환을 위해 사전에 정의된 논리적 데이터 구조로 이루어져 있다. 이 데이터 스키마는 다양한 시뮬레이션 툴 간의 입/출력을 가능하게 하며 이와 더불어 개발된 사용자 인터페이스를 통해 건설 전반의 전문가들의 데이터 교환 및 저장을 용이하게 한다. 건축 설계과정에서 발생하는 무수히 많은 데이터 교환과정에서 참여자는 건축정보모델의 전부를 사용하지는 않는다. 따라서 효율적인 데이터 교환을 위해서 데이터 스키마 전체를 사용하는 것보다는 해당 시뮬레이션 정보 모델에 적합한 서브스키마(Sub Schema)를 구조화하여 제시할 필요가 있다.

본 연구에서는 BIM 기반 협업설계에서 상호운용성 강화를 위해 설계과정에서 발생하는 구조적/비구조적 설계정보를 활용하는 방안을 제안하고자 한다. 설계 과정에서 생성되는 다양한 이슈를 구조화 화고 이를 기반으로 참여자 사이의 협업 시 의사소통을 풍부하게 하며 설계정보 관리를 지원하는 방안을 제안하였다.

3. BIM 기반 협업설계 상호운용성 강화 모델 제안

BIM 기반의 건축 설계과정에서 발생하는 정보는 건축물의 성능에 관한 분석환경(예: Midas, Energy Plus 등)에서 활용 가능해야하며, 따라서 이종 분야 전문가 간의 정보교환 및 의사결정과 관련이 깊다. BIM 저작도구에서 작성한 건축정보모델은 이종 전문가들 간의 정보공유뿐만 아니라, 전 설계과정 혹은 건물의 생애주기 관점에서 설계정보가 재사용될 수 있다는 측면에서 소모되는 인력을 줄이고 시간을 효율적으로 활용할 수 있게 한다. 건축정보모델은 건축구성요소에 관한 정보 외에도 건설분야와 관련된 정보의 공유가 목적이며, 이를 위해서는 다양한 툴과의 데이터 호환성에 관하여 필히 검토되어야 한다.

상호운용성 향상을 위한 다양한 방법 중에서, 정보(프로젝트 참여자 사이의 의사소통 과정 및 협업 과정에서 발생하는)의 관리와 효과적인 활용을 위해서는 BIM이 통상적으로 저장하고 있는 다양한 정보(예: 3차원 모델, 기하정보 및 속성 정보 등) 뿐만 아니라 설계과정에서 사용하고 획득한 지식, 그것들의 활용방법 및 타 참여자와의 회의 내용 등에 관한 정보(비구조적 정보)를 활용한다면 설계 참여자들 사이의 정보교환이 풍부해지며 설계 품질 향상이 가능해진다. 기술적 측면에서 이러한 환경 구축을

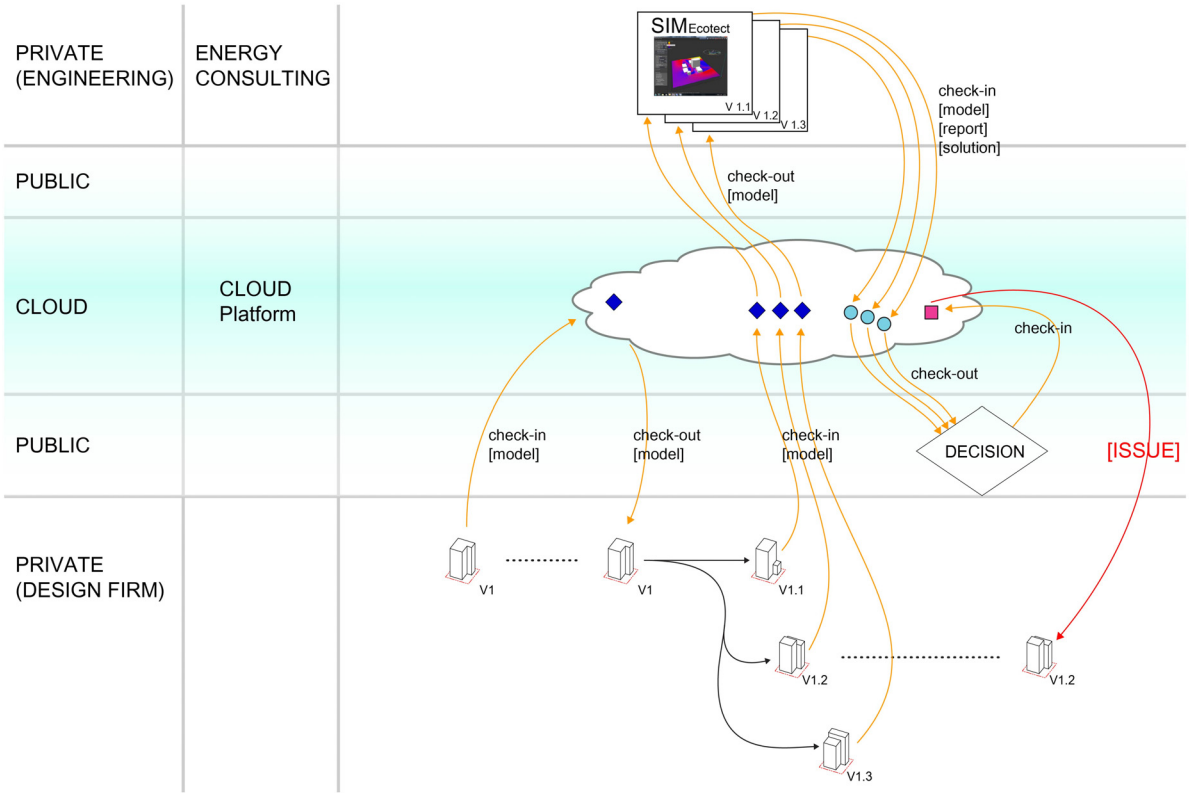


Figure 3 Bim-based Interoperability Reinforcement Model[1)]

위해서는, Figure 3에서 제시한 상호운용성 강화 모델이 필요하다. 클라우드 시스템을 기반으로 한 메인 포탈을 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, 솔루션(Solution)은 다시 클라우드에 등록되며 이 정보는 대안결정의 근거로 활용된다. 앞서 프로세스에 의해 대안이 결정되며 결정된 대안은 다시 같은 프로세스를 통해 발전하게 되고 결국 최종 결과물을 도출하게 된다. 본 연구의 상호운용성 강화 모델은 '저자관련 논문'의 연구(1997)[1)]를 기반으로 발전시킨 내용이며 다음 장에서 모델에 대한 설명을 보충하였다.

3.1 Design Process (Versioning)

설계과정에서 발생되는 설계표현물은 공시적/ 통시적으로 다양한 버전(Version)으로 존재한다고 볼 수 있다. 또한 하나의 공통된 버전으로부터 복수의 설계대안(Alternatives)들이 발생하며, 각 대안이 다시 다양한 버전으로 발전한다고 볼 수 있다. Figure 4와 같이 설계자는 초기 컨셉을 바탕으로 v1의 초기 설계

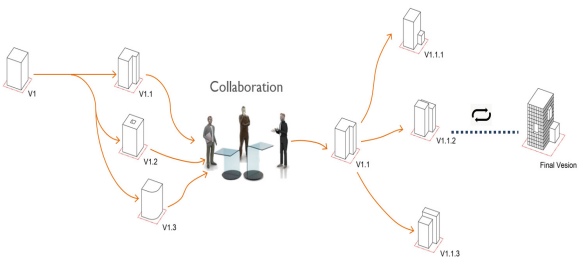


Figure 4 Generating Alternative and Decision Making Process

안을 생성하고 v1으로부터 v1.1, v1.2, v.1.3의 설계대안들을 생성한다. 발생된 설계대안들 중 설계사무소의 내부 회의 또는 타 분야 전문가 및 건축주와의 협업을 통해 프로젝트에 최적이라 판단되는 대안이 결정된다. 결정된 대안은 설계자에 의해 다양한 대안으로 발전하게 되고 이와 같은 반복적인 프로세스에 의해 최종 설계안이 도출된다.

이러한 프로세스에서 대안이 결정될 때, 대안이 결정된 이유(예: 구조적 성능, 에너지 효율성, 미관, 건축주 요구사항 등)에 관한 정보는 의사결정 당사자의 기억 속에 저장되거나, 회의록과 같은 종이문서로 기록되어 보관된다. 향 후 최종 설계안이 결정되는 단계에서 정작 설계가 왜 이렇게 진행되어 왔는지, 즉 최종적으로 설계된 건축물의 도면이 도출된 구체적인 이유가 무엇인지 설계 심의 위원에 설명할 때 정확하게 답변할 수 있는

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

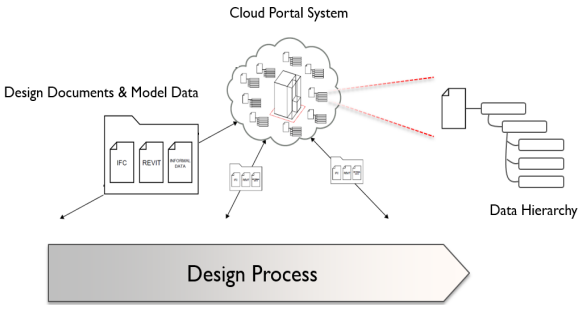


Figure 5 Exchange of Design Data

경우가 드물다. 당장의 설계 프로젝트가 완료된 이후에 최종으로 선택된 대안이 아닌 기타 후보로 발생된 대안들은 모안(Previous version)에서 해당 대안으로 발전한 이유가 무엇이며 대안후보들 중 선택되지 않은 이유 등에 대한 정보가 없으면 설계자의 기억 속에만 존재 할 뿐 다시 활용되기 어렵다. 설계 이력정보가 필요한 이유는 실제 건축설계의 상당부분이 원형적(Prototypical)인데 있다. 즉, 설계작업은 다양한 형식의 문서와 표현물을 수시로 생성하는 과정이기에 설계 최종결과물을 도출해 나가기까지의 과정과 배경은 중요한 정보이다(김성아 2007).

따라서 설계 프로세스에서 발생한 각 대안들의 이력정보가 구조화되고 설계업무에서 활용된다면 설계 참여자들 사이의 정보교환이 풍부해지며 설계 품질 향상이 가능해진다.

3.2 Exchange of Design Data

설계프로세스에서 발생하는 대안들에 관한 정보는 클라우드 서버에 저장되어 협업 참여자들이 활용할 수 있도록 공유된다. Figure 3에서 노란색 및 붉은색 선은 정보의 흐름을 나타낸다. 디자인 프로세스에서 발생한 정보는 클라우드 서버에 저장될 때 BIM 저작도구에서 작성된 모델 데이터 이외에도 표준 파일 포맷으로 변환된 대안 정보 및 메타정보(Matadata)를 포함하고 있다. 이 정보들은 클라우드 서버에 저장되며 사전에 정의된 스키마에 의해 클라우드 서버에서 자동으로 분류된다. 예를 들어 건물 모델에 관한 정보는 구조, 조경, 토목 및 벽체, 슬라브, 창호 등에 관한 정보로 분류될 수 있다(Fig. 5). 분류된 정보는 각 종 성능 분석 및 의사결정에 활용되며 각 업무에 필요한 정보만을 제공하여 정보 교환의 효율성 및 속도를 향상 시킬 수 있다. 예를 들어 구조 분석 수행 시, 설계자가 작성한 모델 전체에 대한 정보가 아닌 구조체에 관한 정보 및, 구조체 각 요소의 속성정보, 지반 및 토질에 관한 정보, 구조 법규 등에 관한 정보를 제공하여 업무의 효율성을 향상시킬 수 있다.

Figure 3의 좌측 부분은 설계 프로세스에서 발생하는 정보의 사용 주체와 권한에 관한 내용이다. 프로젝트에 참여하는 참여자들 사이의 정보교환을 위해서는 각자의 정보를 공유해야 하지만 설계 및 엔지니어링 회사의 설계 모델이나 시뮬레이션 모델은 각 회사의 지적재산과 연관되어 있어 원본 파일을 통한 정보교환은 사실 상 불가능하다. 따라서 각각의 회사의 설계 및 시뮬레이션 자료는 클라우드 서버에 저장되기 전에 표준파일 포맷으로 변환되거나 도면화 및 암호화의 작업이 필요하다. 또한 클라우드 서버에 저장되어 있는 전체 자료를 관리하는 전문가가 필요하며 자료를 열람하고 수정하기 위해 클라우드 서버에 접근 시 참여자 별 권한을 부여하여, 자료 이용에 대한 제한을 둘 필요가 있다. 또한 프로젝트 참여자 이외의 외부 사용자에 대한 접근을 차단해야 하며, 정보 유출을 방지해야 한다.

4. BIM 표준 파일 포맷의 확장

본 연구에서는 BIM 기반 협업설계 상호운용성 강화를 위해 제시한 Figure 3의 내용에서, 설계 대안에 대한 에너지 및 구조분석 이후 대안이 결정된 단계를 대상으로 한다. 최종적으로 대안이 결정된 이유와 의사결정에 참여한 대상, 의사결정에 영향을 발휘한 각종 보고서 및 회의, 전문가 자문 정보 등을 프로젝트 참여자가 활용 가능하도록 하였다. 설계 이슈의 구조화를 시작으로 구조화된 설계이슈를 다시 세분화 하였으며, 세분화된 설계이슈 내용의 연관관계를 분석하였다.

4.1 설계 이슈의 구조화

본 연구에서는 표준 BIM 파일 포맷의 확장을 통해 대안의 이력정보를 구조화하고자 하였으며 그 방안으로 BCF를 활용하였다. BCF는 국제 빌딩스마트 협회(bSI, building– SMART International, Ltd)에서 BIM 기반 협업 업무 개선을 위해 제시하고 있다. 또한, IFC 포맷과 연동하여 BIM 도구 사이의 지능적인 의사소통을 가능하게 하며, BIM 도구 간 설계 진행상황에 대한 메시지 및 의견을 이미지와 함께 교환할 수 있다(정재환 2015). 설계대안의 이력정보를 구조화하는 첫 번째 단계로 설계 협업 시 우선적으로 제공되어야 할 정보에 대한 검토와 연구 결과 Figure 6과 같은 항목이 도출되었다. 설계대안의 이력정보 구조의 최상위 단계에 해당하는 정보는 건축개요, 파일정보, 주요 이슈, 건축주 요구사항, 이슈에 대한 내용이 있다.

- 건축개요: 건축개요는 건물명, 건축주, 참여회사, 용적율, 건폐율, 용도, 위치 등에 관한 정보를 포함하고 있다. 클라우드 플랫폼에서 GUI 구성 시 사용자에게 우선적으로 제공되는 정보이며 건물의 기본정인 정보를 제공한다.
- 파일정보: 파일정보는 대안으로부터 생성된 구조적 정보와 비구조적 정보에 대한 모든 디지털 파일에 대한 정보이다. 즉 BIM 저작도구에 의해 생성된 모델 파일, 도면파일, 관련된 이미지 파일, 회의 내용을 녹음한 음성파일, 동영상

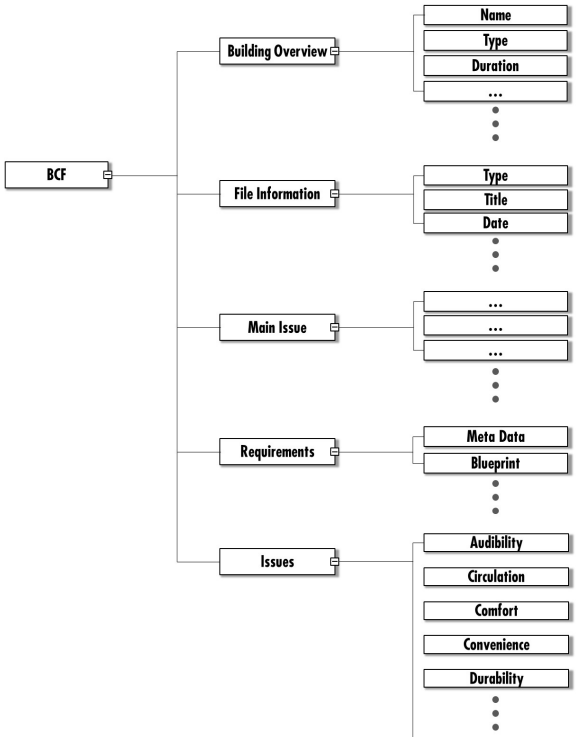


Figure 6 Extended BCF Schema

파일 등에 대한 정보를 담고 있다. 각 파일은 확장된 BCF 파일에 직접 저장되는 것이 아니라 관련된 파일들은 클라우드 서버에 저장되어 있으며 확장된 BCF에 기록된 내용은 클라우드 서버에 저장된 파일의 url 주소나 경로에 대한 링크이다. 파일의 경로에 대한 정보 이외에도 각 파일이 포함하고 있는 정보, 즉 누구에 의해서 언제, 왜 발생하였는지에 대한 정보도 포함하고 있다.

- 건축주 요구사항: 건축주 요구사항이 상위 단계의 정보로 분류된 이유는 설계 대안 선택에 있어 중요한 요소로 작용되기 때문이다. 설계자의 건축물 디자인은 건축주의 요청에 의해 진행되는 경우가 대다수를 차지하고 있기에 건축주의 요구사항은 대안선택의 핵심적인 요소로 작용된다. 설계자 및 각 분야의 전문가들이 건축물 설계 및 분석에 참고하여야 할 건축주의 요구사항에 대한 내용을 포함하고 있다. 건축주가 어떠한 내용에 대한 요구를 하였으며, 언제, 건축물의 어떤 요소에 대한 요구를 하였는지, 누구를 대상으로 하는지에 대한 내용을 담고 있다.
- 프로젝트 이력정보: 프로젝트 이력정보는 기본설계 마감, 실시설계 마감 등 프로젝트 주요 단계에서의 확정된 설계안에 대한 정보를 포함한다. 확정된 설계안의 BIM 모델 정보, 도면, 각 분야 별 전문가 분석 자료, 경쟁 대안에 대한 정보, 본 프로젝트로부터 파생된 설계안에 대한 정보 및 설계 진화과정 등 설계안들의 관계정보를 포함하고 있다. 프로젝트 이력정보를 활용하여 프로젝트에 대한 타임라인을 구성할 수 있고, 이는 프로젝트 관리에 있어 효과적인 확인 수단으로 설계 품질 향상에 도움을 준다.
- 이슈: 이슈는 설계과정에서 발생하는 전반적 이슈 정보를 포함하고 있다. 설계 이슈에 관한 내용을 Duerk의 연구[2]를 바탕으로 구성하였다. 분류된 각 항목마다 세부 이슈가 존재하며 세부 이슈는 작성된 날짜, 이슈의 제목, 대상 설계대안에 대한 정보, 작성 목적 등에 관한 정보를 포함하고 있다. 가장 다양하고 많은 양의 정보를 포함하고 있는 구성요소로서 다양한 연관관계를 포함하고 있으며(예: 대상이 되는 설계대안의 특정 구성요소는 파일정보에서 대상 요소에 대한 링크 정보를 포함) 주요 이슈를 구성하는 요소이다.
- 주요 이슈: 주요 이슈는 설계 대안에 대한 다양한 이슈 중 본 대안이 선택된 혹은 발생하게 된 핵심적인 역할을 한 이슈를 말한다. 설계대안에 대한 다양한 이슈들 중 어떠한 이슈들이 본 대안에 있어 중요한 쟁점이며 그 이유는 무엇이고, 판단한 근거는 무엇이며 누구에 의해 판단되었는지에 대한 정보들을 포함하고 있다. 특정 설계대안에 대한 이슈는 프로젝트의 규모가 클수록, 기간이 길어질수록 그 수는 무한대로 증가할 수 있기 때문에 주요한 이슈를 추출하여 참여자에게 재공할 필요가 있다. 특정 설계대안에 대해 선택된 혹은 진화한 요소, 삭제된 요소(델타값, 변화량)에 대한 정보를 제공하는 것이 본 연구의 목표이기 때문에 상위 단계의 정보로 분류하였다.

4.2 설계 이슈의 세분화

확장된 BCF 스키마 중에서도 본 연구에서 가장 핵심이 되는 이슈에 관한 내용을 분석하여 세분화하였다. 세분화된 항목으로 가청도, 동선, 쾌적성, 편리성, 내구성, 경제성, 에너지 효율, 환경, 유연성, 이미지, 상호작용, 가독성, 유지관리, 분위기, 향(香), 개별성, 프라이버시, 자원, 안전성, 보안성, 구역, 가시성이 있다(Audibility, Circulation, Comfort, Convenience, Durability, Economy, Energy Efficiency, Environmental, Flexibility, Image, Interaction, Legibility, Maintenance, Mood/Ambience, Olfactory, Personalization, Privacy, Resource, Safety, Security, Territory, Visibility). 동선 항목은 다시 정보, 재료, 주차, 보행자, 차량으로 분류되며 그 중 주차에 관한 이슈를 Figure 7과 같이 구성하였다. 세부 이슈에 대한 기본적인 구성은 동일하다. 설계자가 설계대안에 대한 주차 법규를 검토해 본 결과 필요한 주차공간이 확보되지 못한 것을 발견하였다. 이 경우 이슈가 포함해야할 정보로는 작성자, 대상자, 작성날짜, 이슈 내용, 대상이 되는 건물

2) Duerk, Architectural Programming: Information Management of Design, Wiley, 1993

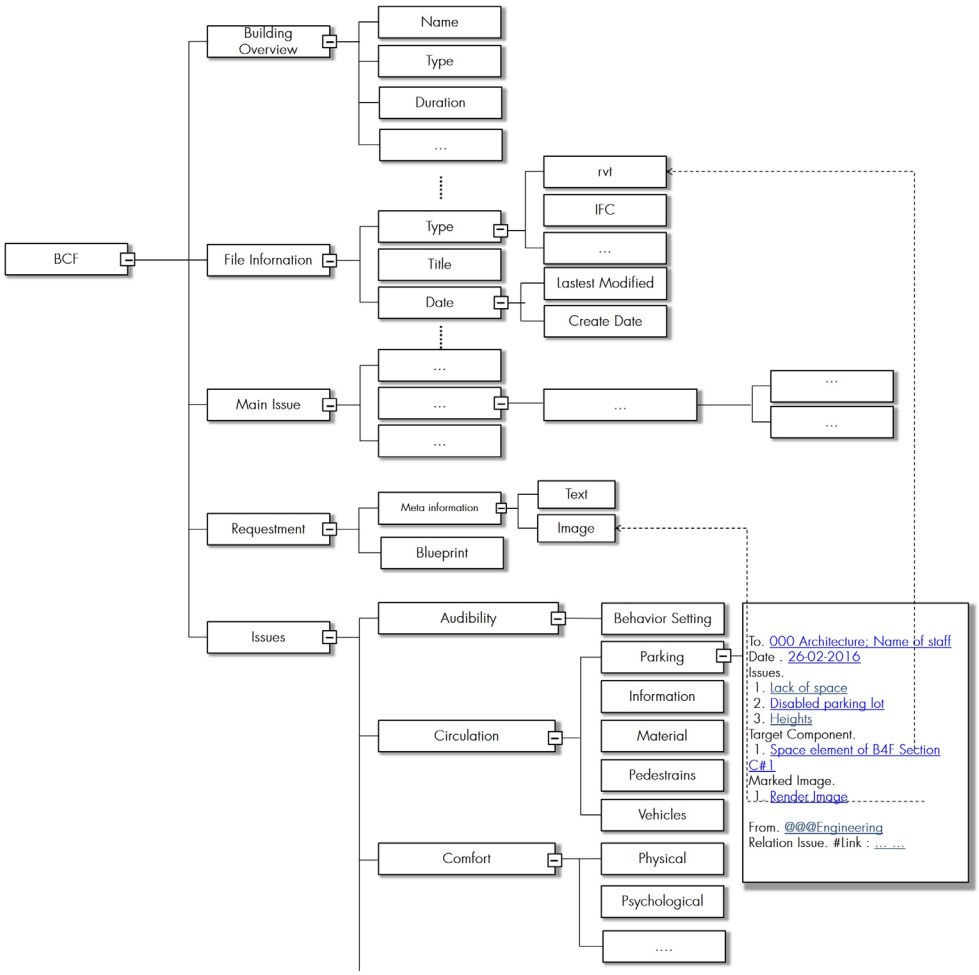


Figure 7 Detail Issue and Relationship Example

의 요소, 대상이 표시된 이미지, 이슈 코드, 연관된 이슈 정보(본 이슈를 검토한 결과, 유사한 이슈, 검토하게 된 계기 등)가 있다. 또한 이 이슈를 작성한 목적이 무엇인지에 대한 내용을 포함해야한다. 작성 목적에 대한 내용은 다음에서 구체적으로 설명하였다.

- 검토요청: 작성된 이슈가 승인이나, 변경 등의 특정한 행위를 요구하는 것이 아닌 단순한 검토만을 요청하는 목적으로 작성된 이슈이다.
- 경고: 검토보다는 강한 메시지를 전달하는 이슈로 반드시 확인을 요청하는 내용이며, 승인이나 변경 등의 행위를 필요로 하지는 않지만 확인하고 내용에 대한 간단한 의견 정도의 대응이 필요하다.
- 승인요청: 발주자 및 의사결정권을 소유한 설계자, 각 분야 전문가 등의 대상에게 설계 변경 및 업무 진행 등의 의사결정에 대한 승인을 요구하는 이슈이다. 승인요청을 받은 대상은 정해진 기한 내에 의사결정 내용을 전달해야 하며 의사결정의 이유 또한 명시하여야 한다.
- 변경요청: 에너지 및 구조 등 각 분야 전문가, 또는 설계자가 시뮬레이션 결과, 발주자 요구사항 등의 이유로 설계대안의 디자인 및 특정 요소에 대한 변경이 필요한 경우 작성하게 된다.
- 의견제시: 단순한 검토의 목적이 아닌 작성자의 의견이 포함된 이슈이다. 승인이나 변경을 요청하지는 않으며 설계안의 특정 요소에 대한 작성자의 의견을 상대방에게 전달하려는 목적을 가진 이슈이다.
- 선택요청: 복수의 설계대안 및 설계요소가 전문가 분석 결과 및 발주자 요구사항 등의 요건을 모두 충족하고 작성 당사자가 특정 안을 선택할 수 없는 상황에서 상대방에게 선택을 요구하는 이슈이다.
- 업무요청: 설계 프로세스를 진행 시 협업 참여자에게 다양한 업무 및 문서, 기타 정보를 요청해야하는 상황이 발생하게 되고, 이러한 상황에서 작성자가 발생시킬 수 있는 이슈이다.

4.3 세부 설계 이슈의 연계성

확장된 세부 설계 이슈의 내용은 다른 이슈 및 확장된 BCF에 포함된 정보와 연계성을 가진다. 이슈와 이슈 사이의 연계성은 원인과 결과의 관계를 가진다. 다음 사례 제시를 통하여 이슈 사이의 연계성을 설명하였다. 구조전문가가 설계사무소로부터 설계안에 대한 구조분석을 요청받았고(I1) 이에 대한 시뮬레이션을 수행한다. 구조전문가의 시뮬레이션을 통해 결과가 도출되고 설계안의 구조적 변경이 발생하여(예: 기둥 위치 및 코어 구조설계 변경 등) 설계사무소에 설계변경을 요청한다(I2). 설계사무소의 설계관리자는 구조 분석결과를 확인하고 설계 실무자에게 설계안의 수정을 지시한다(I3). 설계 실무자는 이를 검토하고 설계 변경을 수행하며 변경된 설계안에 대한 승인을 설계관리자에게 요청한다(I4). 설계 관리자는 변경된 설계안에 대해 구조 전문가에게 확인을 요청하고(I5), 구조 전문가의 분석과 승인을 거쳐 새로운 설계안이 도출된다(I6). 이와 같은 사례에서 발생한 이슈 I1~I6는 순차적으로 원인과 결과의 연관성을 지니고 있음을 알 수 있다. 이슈 간의 연관성은 확장된 BCF에 이슈에 관한 이력정보로써 기록되고 향 후 모든 설계참여자가 이를 열람하고 활용할 수 있다. 이슈의 세부 요소 또한 다른 이슈 및 이슈의 세부 요소와 연계성을 지닌다. 앞서 설명한 Figure 8의 세부 업무내용에서 이슈의 대상요소에 대한 내용은 파일 정보에서 해당 요소에 대한 BIM 저작도구 요소 ID 및 BIM 표준 파일(IFC)의 ID에 대한 경로 정보를 포함하고 있다. 또한 이슈에 대한 건축주 요구사항 정보는 해당 요소의 경로 정보를 연계시켜 상세 정보를 확인 가능하게 할 수 있다.

5. Pilot Test

본 연구에서 제안한 상호운용성 강화 모델과 확장된 BCF의 실용가능성을 확인하기 위해 국내 중소설계사무소 T건축사 사무소에서 설계한 근린생활시설 및 다세대주택 설계안을 대상으로 테스트를 수행하였다. 테스트 수행으로 발전된 이슈의 스키마는 Figure 8과 같다.

발전된 설계 이슈 스키마는 기본적으로 구조적 정보와 비구조적 정보, 그리고 이슈에 대한 내용으로 구성된다. 구조적 정보는 설계 정보의 관리를 위해 설계 모델 및 이슈의 이력정보에 대한 내용을 추가하였으며 비구조적 정보는 디지털 정보와 아날로그 정보로 분류하여 디지털 정보는 이미지, 비디오 파일 등으로 파일의 경로 및 주소를 링크하고 있다. 아날로그 정보(예: 종이 서류, 그림 등)에 대한 정보는 디지털 파일로 변환하여 저장이 가능하다. 원본 자료는 서버에 저장되어 있으며 스키마는 이 자료에 대한 경로만을 내포하고 있다. 이슈는 각 이슈에 대한 세부 정보 및 주요 이슈로 구성되어 있으며 이슈의 세부 내용은

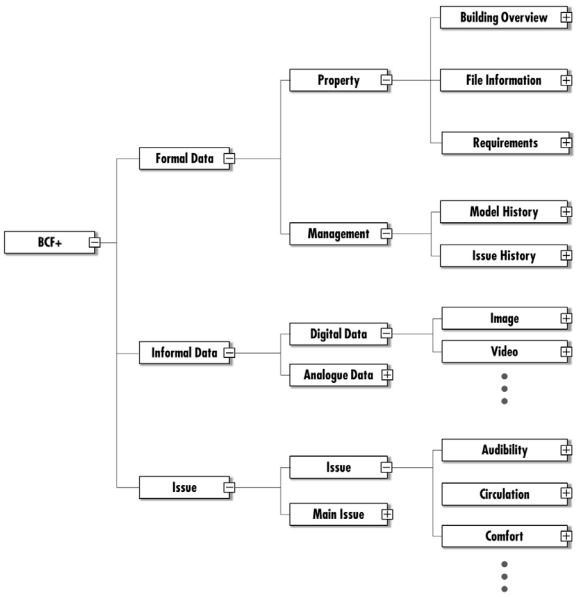


Figure 8 Extended BCF Schema

연관된 구조적 정보 및 비구조적 정보를 링크하고 있다.

이슈 스키마를 활용한 성능평가도 수행하였다. 테스트 진행을 위해 3명의 참여자(설계, 구조, 에너지)가 협업을 수행하였으며 BIM 저작도구로는 Autodesk사의 Revit 2015를 사용하였다. 에너지 분석을 위해 Ecotect을 활용하였으며 구조 분석은 Teckla Structure 시뮬레이션 도구를 활용하였다. 각 참여자 사이의 정보교환은 BIM 표준 파일 포맷인 IFC와 확장된 BCF를 활용하였다. 참여자 사이의 디지털 파일은 클라우드 플랫폼과 유사한 기능을 지닌 Google drive 컨텐츠를 활용하여 참여자 사이의 데이터 교환을 수행하였다. 초기설계단계에서 설계 대안 생성 및 의사결정을 위한 협업 업무 수행 시 확장된 BCF를 활용하여 협업을 진행하였다.

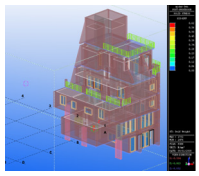
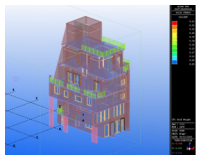
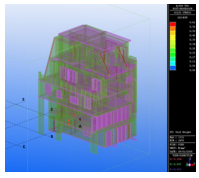
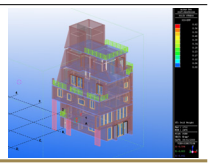
Table 1은 초기설계단계에서 에너지 성능 평가를 통한 대안 선택 결과이다. 초기 컨셉 설계안으로 부터 v1.1, v1.2, v1.3의 대안이 생성되었으며 각 대안에 대한 에너지 성능평가를 수행하였다. 수행결과 각 대안의 연간 에너지 소모량, 에너지 사용 강도, 수명 주기 전기 사용/단가, 재생 가능한 에너지 전위 등의 결과를 도출 할 수 있었다. 도출된 결과 및 검토 의견의 이슈를 협업 참여자에게 전달하였다. 에너지 성능 평가에 대한 결과로 v1.2 대안이 연간 에너지 소모량이 주요한 평가 요소로 작용하여 설계안으로 채택되었다.

Table 2는 기본설계단계에서 구조 성능 평가를 통한 대안 선택 결과이다. 에너지 분석 및 다양한 설계 검토를 통해 채택된 설계안 v1.2대안으로부터 v1.2.1, v1.2.2, v1.2.3의 대안이 생성되었으며 각 대안에 대한 구조 성능평가를 수행하였다. 수행결과 각 대안의 건축물 자중에 의한 변형 결과를 도출 할 수 있었다.

Table 1 Energy analysis of Alternatives

Model	Ver-sion	Issue	Image
	v1.1	Energy consumption/year: 44.4 USD/ m^2 Energy EUI – Electricity EUI: 174 kWh/sm/yr – Fuel EUI: 606 MJ/sm/yr	
	v1.2	Energy consumption/year: 27.1 USD/ m^2 Energy EUI – Electricity EUI: 267 kWh/sm/yr – Fuel EUI: 921 MJ/sm/yr	
	v1.3	Energy consumption/year: 41.3 USD/ m^2 Energy EUI – Electricity EUI: 146 kWh/sm/yr – Fuel EUI: 622 MJ/sm/yr	
	v1.2	Final Alternative	

Table 2 Structural analysis of Alternatives

Model	Ver-sion	Issue	Image
	v.1.2.1	Deformation from self-weight Minimum : 0.00005mm Maximum : 0.12mm	
	v.1.2.2	Deformation from self-weight Minimum : 0.000045mm Maximum : 0.11mm	
	v.1.2.3	Deformation from self-weight Minimum : 0.000047mm Maximum : 0.116mm	
	Final	Final Alternative	

도출된 결과 및 검토 의견의 이슈를 협업 참여자에게 전달하였다. 구조 성능 평가에 대한 결과로 v1.2.2 대안의 구조적 성능이 주요한 평가 요소로 작용하여 최종 설계안으로 채택되었다.

에너지 및 구조 성능평가 이외에도 법규검토, 건축주 요구사항 검토 등 다양한 요인에 대한 대안평가에 확장된 BCF를 활용하여 협업을 수행할 수 있었다.

6. 결론

본 연구에서는 BIM 기반 협업설계에서 상호운용성 강화를 위한 모델을 제시하고 모델에 대한 구체적인 분석을 수행하였다. 설계 프로세스에 대한 고찰을 시작으로, 설계정보 교환 방안 및 구조화, 가상화 솔루션 적용을 통한 클라우스 시스템을 분석하였다. 상호운용성 강화 모델에서도 설계 이슈에 대한 구조화와 세분화를 수행하였다. 설계단계에서 대안이 결정된 이유와 의사결정에 참여한 대상, 의사결정에 영향을 발휘한 각종 보고서 및 회의, 전문가 자문 정보 등을 프로젝트 참여자가 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 시행하였으며 설계 이슈에 대한 부분적인 분석이 이루어 졌다. 또한 중소규모 설계사무소를 대상으로 연구를 진행하였다. 따라서 건축 산업의 전반적인 설계 프로세스 및 설계사무소의 워크플로우에 대한 분석을 필요로 한다.

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

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구개발사업의 연구비 지원(13AUDP-C067809-01)에 의해 수행되었습니다.

References

Cho, G-H, Won, J-S, Ju, K-B(2013), "A Research of Information Exchange System for Open BIM-based Operation

and Management of Building –With a Focus on Mechanical Equipment–", Sociaty of Design Convergence journal, Vol. 12 No. 1, pp.59–72.

Duerk (1993), "Architectural Programming: Information Management of Design", Wiley.

Gero, J. S., Mc Neill, T. (1998), "An approach to the analysis of design protocols" . Design studies, Vol. 19 , pp. 21–61.

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, pp71–78.

Kim, H. R., Son, M. K. (2002), "An Approach to a Systematic Process in Building Design Works, Journal of the Architecture Institute of Korea", Vol. 46 No. 9, pp. 39–43.

Kim, I. H., Choi, J. S., Kim, H. J. (2013), "Proposition and Application of Mapping System for Input Data between Open BIM Data and Building Energy Simulation Software : Focused on Building Material Library and Energy Plus", Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol.29 No4, pp. 3–12.

Kim, S. A (2007), "Development of a Design Ontology and Design Process Visualization Environment for the Analysis and Leaning of Conceptual Design", Korean institute of interior design journal, Vol. 16 No. 4, pp. 119–126.

Kim, S. A (1998), "Development of a Process–Oriented Design Support System", Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol. 14 No. 1, pp. 21–28.

Lee, S. K., Kim, S. A. (2005), "An Ontology–based Approach in Design Process Modeling", Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol. 25 No. 1, pp. 437–440.

MacGraw–Hill Construction (2007), "Interoperability in the Construction industry SmartMarket Report".

Ozkaya, I., mer, A. (2006), "Requirement–driven design: assistance for information traceability in design computing", Design Studies, Vol. 27 No. 3, pp. 381–398.

Succar, B. (2009), "Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders", Autom. Constr. 18, pp. 357–375.

Shen, W., Shen, Q., Sun, Q. (2012), "Building Information Modeling–based user activity simulation and evaluation method for improving designer–user communications", Autom. Constr. 21, pp. 148–160.

Won, J. S, Kim, S. S, Yoon, H. S. (2010), "A study on the development methodology of Information Delivery Manual for BIM based information exchange", Social of CAD/CAM Engineers journal, Vol. 2010 No. 1, pp. 578–583.