

설계 초기 단계에서 BIM 모델과 물리적 모델의 상호작용 방안

이 인근*, 김성아°

Interaction between BIM Model and Physical Model During Conceptual Design Stage

Ingeun Yi*, Sung-Ah Kim°

요 약

초기 디자인 단계에서 효율적인 디자인 의사결정을 위해서는 지오메트리에 대한 고려가 필수적이다. 하지만 중요한 의사결정은 지오메트리에 대한 효율적 분석이 가능한 BIM 모델 보다는 여전히 대화나 물리적 모델, 제스처를 통해 이루어진다. 본 논문은 실시간 BIM 분석을 위한 BIM 모델과 물리적 모델의 연동을 제안한다. 두 모델이 실시간으로 연결되는 시스템 프레임워크를 통해 건축가는 디자인 초기 단계에서부터 BIM 모델을 효율적으로 활용할 수 있다. 이 프레임워크는 건축가들이 설계 초기 단계에서부터 마지막 단계까지 컴퓨터의 기술을 활용한 동적인 의사결정을 가능하게 한다.

Key Words : Interaction, BIM Model, Physical Model, Facade Design, Physical Computing

ABSTRACT

It is essential to consider geometry in the early design stage for rational design decisions. However, a crucial decision had been taken by conversation, physical model, and gesture rather than BIM mode which can analyze geometry efficiently. This research proposes the framework of interaction between BIM model and physical model for real-time BIM analysis. Through this real-time system framework of two models, architects can adopt BIM data at early design stage to review analysis of BIM model. It should facilitate dynamic design based on rich BIM information from an early stage to a final stage.

I. 서 론

최근 컴퓨터의 향상된 성능으로 인해 지오메트리(Geometry)를 다양하게 생성할 수 있게 되었고, 이는 여러 설계분야에서 혁신이 가능하게 하였다. 하지만 현실의 건축시공에서는 더 구체적인 지오메트리와, 건축비용에 대한 관리를 필요로 하고 있다.^[1] 즉, 합리적인 설계진행을 위해선, 지오메트리에 대한 고려가 초

기 디자인 의사결정단계에서부터 필수적이라 할 수 있다. 이런 측면에서, 풍부한 정보를 지오메트리에 저장할 수 있는 BIM(Building Information Modeling) 모델은 설계정보화의 기술적 돌파구이다. 그럼에도 불구하고, 여전히 중요한 설계의사결정은 BIM 모델 자체보다는 대화, 물리적 모델, 제스처 등에 의해서 이루어지고 있다. BIM 모델은 대개의 경우 의사결정의 결과물일 뿐이며, 적절한 의사결정도구(representation)

* 이 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (No.2011-0026071)

• 주저자 : 성균관대학교 건축학과 디지털건축연구실, yallou@skku.edu, 학생회원

° 교신저자 : 성균관대학교 건축학과 디지털건축연구실, sakim@skku.edu, 정회원

논문번호 : KICS2012-08-408, 접수일자 : 2012년 8월 31일, 최종논문접수일자 : 2013년 3월 14일

가 여전히 중요하다²⁾. BIM 모델을 설계의사결정에 사용하지 못하는 이유는 기술적인 부분에 문제가 있기 때문이다. 중이를 기반으로 하는 기존의 설계의 진행은 BIM 모델의 가능성을 충분 활용하지 못하고 있다³⁾. 따라서 BIM 모델의 풍부한 정보를 활용하면서 동적인 디자인 의사결정을 가능하게 하는 새로운 종류의 설계진행이 필요하다⁴⁾.

또한, 디자이너들은 여전히 물리적 모델의 다양한 특성들을 통해 정확한 현실적 테스트와 그 결과를 확인하고 있다⁵⁾. 따라서 설계의 진행은 물리적 모델과 반드시 연동될 필요가 있다.

BIM 모델로부터 일방향적으로 추출된 도면, 이미지, RP모델이 아니라, 건축가의 물리적 모델 조작이 BIM 모델에 반영되고 BIM 모델의 데이터 변경이 물리적 모델에 즉시 반영되는 상호대화적인 실시간 모델체계를 상정할 수 있으며, 이 모델체계는 데이터를 사용자가 직접 입력하는 방식이 아닌, 비접촉성 센서 인식의 방식을 지향해야 한다⁶⁾.

본 논문에서는 위의 두 가지 문제점을 해결하기 위하여, BIM 모델의 풍부한 정보를 초기 디자인 단계에서부터 활용할 수 있는 물리적 모델과의 연동을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 새로운 설계의 진행 방법은 디자인에 참여하는 사람들의 의견교환이 더욱 활발해 지는 것을 가능하게 할 것이며, 이는 건축의 프로세스가 기존의 수직적 통합시스템에서 수평적 통합 시스템으로 넘어가면서 중요한 요소가 되었다⁷⁾.

II. 본 론

2.1. 연구 계획

이 연구는 물리적 모델(Physical Model)과 BIM 모델(BIM model) 간의 상호대화적인 실시간 모델체계의 구현을 목표로 하며, 건축 디자인 요소 중 파사드(Facade) 디자인에 초점을 맞추어 상호작용 방안에 대한 연구를 진행하려 한다. 두 모델간의 상호작용 방안 연구를 위한 전체 시스템의 프레임워크는 그림 1과 같다.

시스템은 다섯 개의 하위 카테고리로 분류가 가능하다; ① Control Group Module, ② Physical Computing Module, ③ Model Synthesis Module, ④ Model Analysis Module, ⑤ Automation Module.

①의 역할은 디자인 그룹에 속한 사람들의 참여를 기대하는 부분이다. ②의 역할은 물리적 모델과 아두이노(Arduino IDE) 간의 양방향 데이터 전달을 기대하는 부분이다. ③의 역할은 프로세싱(Processing IDE)와 3D 모델 간의 양방향 데이터 전달을 기대하는 부분이다. ④의 역할은 BIM 모델의 분석을 기대하는 부분이다. ⑤의 역할은 아두이노와 프로세싱간의 양방향 데이터 전달을 기대하는 부분이다.

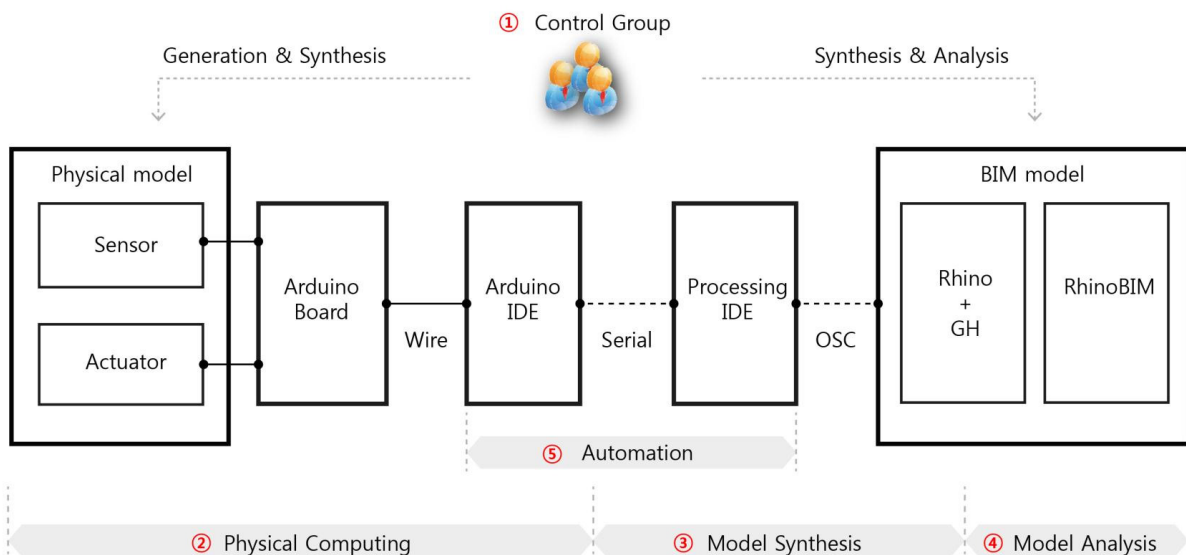


그림 1. 전체 시스템의 프레임워크
Fig. 1. A Framework of system for interaction

2.2. 연구 진행

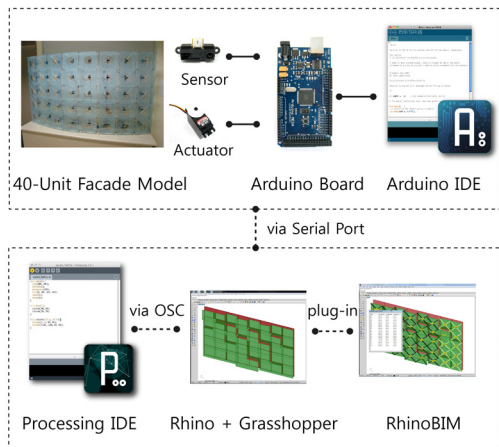


그림 2. 파사드 디자인을 위한 시스템 프레임워크
Fig. 2. A system framework for facade design

두 모델간의 상호작용 방안에 대한 연구를 진행하기 위해, 건축 디자인 요소 중 구현이 가능한 요소에 집중할 필요가 있다. 그 중에서 파사드 디자인에 초점을 맞추기 위하여, 이번 실험을 위한 전체 시스템 프레임워크를 그림 2와 같이 수정하여 적용하였다. 실제 전체 빌딩의 파사드 컴포넌트들을 설계하기에는 어려움이 있기 때문에, 작동메커니즘을 쉽게 이해할 수 있고 여러 대안생성에 유리한 파사드 유닛으로 대체하여 연구를 진행한다. 시스템 프레임워크의 효율적인 구현을 위해 다섯 개의 카테고리마다 별도의 구현방법이 필요하다.

2.2.1. Control Group Module

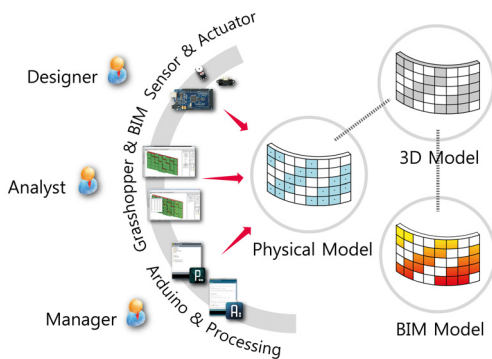


그림 3. 컨트롤 그룹 모듈의 구성
Fig. 3. Composition of the module

이 실험의 디자인 참여자는 파사드 모델을 생성하고 수정하는 디자이너 한 명과, 3D 모델의 BIM

데이터를 분석하는 분석가 한 명, 그리고 전문가 한 명으로 구성된다. 자신들의 필요와 목적에 맞게 각자의 모델을 수정한다. 디자이너는 파사드 모델을 생성한 뒤, 아두이노 IDE와 데이터전달이 가능하게 한다. 전문가는 아두이노 IDE와 프로세싱IDE를 연동한다. 분석가는 3D 모델을 생성하고, 프로세싱IDE와 RhinoBIM을 연결한다.

2.2.2. Physical Computing Module

파사드 유닛 하나의 크기는 가로 200mm, 세로 200mm이며, 전체 파사드 모델은 총 40개의 유닛으로 구성된다. 센서와 모터를 사용하여 파사드의 패널이 자동적으로 반응하는 것을 고려했다. 각 유닛은 하나씩의 센서와 모터를 포함하며, 패널에 물체가 가까워지면, 센서가 물체를 감지하여 패널이 뒤로 당겨지게 된다. 최근 공기조절, 조명등을 자동으로 제어해서 빌딩을 효율적으로 운영하기 위해, 센서 등을 사용하여 빌딩을 스마트화 하는 IT건설기술 융합의 한 분류라 할 수 있다^[8].

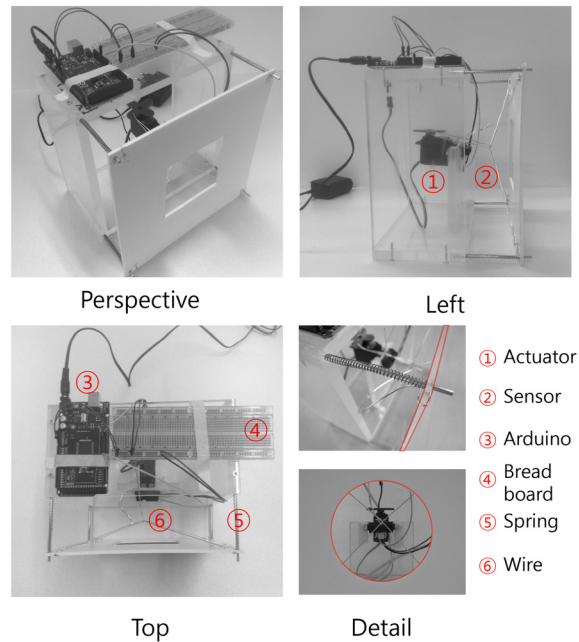


그림 4. 물리적 모델의 유닛의 세부 사항
Fig. 4. Detail of the unit system

센서는 100mm~800mm 사이에 물체가 들어오면, 거리가 가까워질수록 큰 숫자를 출력한다. 출력된 숫자는 아두이노 보드로 전달된다. 또한, 프로세싱과 연결을 위해 아두이노 보드는 센서에서 출력된 값을 시리얼(Serial) 연결로 전달한다. 따라서 아

두이노 보드와 프로세싱의 실시간 연결이 가능하다. 미리 정해놓은 기준을 초과하는 숫자가 발생하면, 모터를 180도 회전시키는 명령을 아두이노 보드에 전달한다.

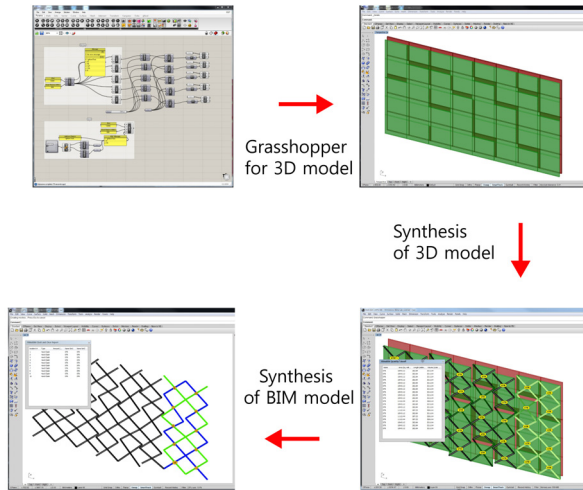


그림 5. 상호대화적인 연결의 절차
Fig. 5. Interaction procedure

2.2.3. Model Synthesis Module

프로세싱의 데이터는 OSC(Open Sound Control)를 사용하여 GH(Grasshopper, Rhino의 Plug-in 형태)와 연결한다. 프로세싱으로부터 전달된 데이터는 GH의 기능들을 사용하여 3D 모델을 생성한다. 이를 통해, 프로세싱에서 데이터가 수정되면 GH로 만든 3D 모델이 자동적으로 수정되며, 반대방향으로의 수정도 가능하다. 이 모듈에서의 3D 모델은 분석에 사용될 구조물까지 포함하는 모델이 아니며, 단순한 지오메트리만을 포함한다.

2.2.4. Model Analysis Module

GH에서 분석에 사용될 구조물을 포함하는 BIM 모델을 생성한다. 이 모델은 RhinoBIM(BIM 데이터 분석을 위한 프로그램, Rhino의 Plug-in 형태)을 사용하여 구조분석을 진행한다. RhinoBIM의 기능은 GH내에서 사용가능하기 때문에, GH로 생성된 BIM 모델을 같은 프로그램의 화면에서 구조분석까지 가능하다. 따라서 시스템 프레임워크 내에서는 프로세싱의 데이터가 RhinoBIM의 분석까지 실시간 연결이 가능하다.

2.2.5. Automation Module

현실세계의 아두이노 보드와 프로세싱 IDE 간의 상호연동적인 데이터 흐름을 가능하게 만든다. 이를

위해 아두이노 보드는 PC에 연결되어 있으며, 프로세싱 IDE는 시리얼 통신을 사용하여 아두이노 보드가 연결되어 있는 USB 포트와 데이터를 송수신하게 된다. 이 연결에서 핵심적인 부분은 송수신을 제어하는 프로세싱 IDE의 코드 내용이며, 컴퓨터를 사용하여 구현한다.

이번 연구에서 PC 한 대에 연결되는 아두이노 보드는 총 4개이다. 각 보드마다 PC로부터 할당받은 포트의 번호가 있으며, 프로세싱 IDE의 코드 내에서 이 포트번호를 사용하여 해당하는 아두이노 보드와 데이터를 교환하는 것이 가능하다. 전체 파사드 모델을 제어하기 위하여 모든 포트를 하나의 function에서 사용하였다.

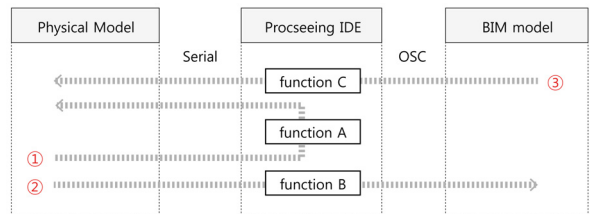


그림 6. 데이터 흐름도
Fig. 6. A data flow diagram

데이터의 흐름은 그림 6처럼 세 가지 방식으로 구분된다. ① 절대거리 센서에서 감지된 물체와 센서사이의 거리 값이 프로세싱 IDE로 전달된다. 거리 값에 function A가 적용되어 회전각도 값으로 변경되며, 이는 서보모터로 전달된다. ② 파사드 모델을 절대 거리 센서를 사용하여 변경하게 되면 프로세싱 IDE로 거리 값이 전달된다. function B의 시리얼 연결을 지나 OSC 연결을 통해 3D 모델의 파라미터를 변경하게 된다. ③ 3D 모델을 변경하게 되면 OSC 연결을 통해 프로세싱 IDE로 데이터가 전달된다. 이 값은 function C의 시리얼 연결을 지나서 서보모터로 전달되어 모터를 회전시키게 된다. ①번과 ②번은 동시에 실행되며 ③번은 앞의 두 가지 방식과 구분되어 실행된다. 즉, 데이터의 전달 중에 발생하게 되는 충돌을 방지하기 위해 송신과 수신에 동시에 실행되지 않게 구현하였다.

2.2.6. BIM 모델의 정보 처리 과정

Automation Module의 처리과정을 거쳐 각 센서에서 출력된 거리 값이 BIM 모델로 전달된다. BIM 모델에서는 먼저 거리 값의 변화에 반응하여 패널이 움직이는 3D 모델을 생성한 뒤, 3D 모델 위에 물리적 모델의 작동메커니즘과 같은 형식의 구조부

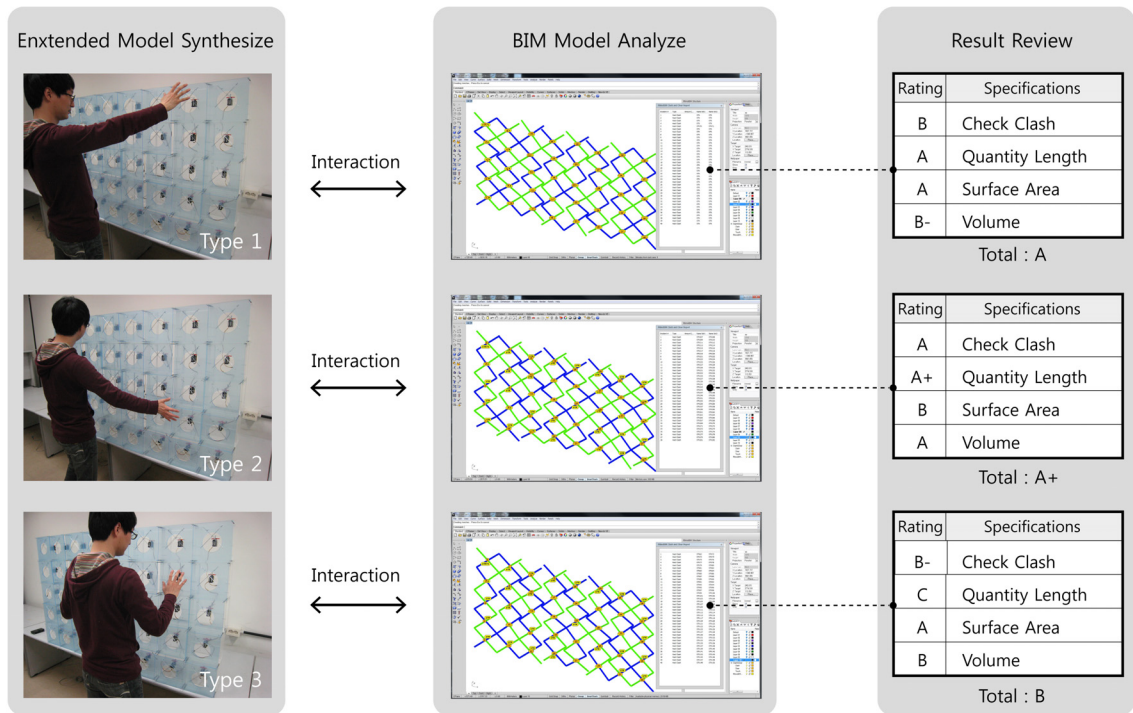


그림 8. 두 모델간의 상호대화적인 연결을 활용한 예상 시나리오
 Fig. 8. The estimated scenario using interaction between two models

재를 생성한다. 이렇게 생성된 구조부재는 분석도구들을 사용하여 BIM 정보 분석에 사용된다. 이 분석을 통해 부재요소간의 간섭, 물량, 면적 등의 데이터를 얻을 수 있다.

2.3. 확장형 모델

2.3.1. 확장형 모델의 구성

확장형 모델은 빌딩의 파사드 중에서 일부만을 구현하여 전체를 대신한다. 본 논문에서는 40개의 파사드 유닛을 연결하여 확장형 모델을 구성한다. 연구 계획 단계에서의 파사드 유닛을 확장하는 모델이며, 파사드 유닛은 가로로 8개, 세로로 5개가 배치된다. 센서와 모터는 유닛마다 각1개씩 설치되었으며, 아두이노 보드는 총4개를 사용하여 모든 유닛간의 연결을 가능하게 하였다. 확장형 모델은 센서와 모터, 아두이노 보드로 구성되어 현장에서 시공하게 될 파사드의 물리적 구동을 모사하였다. 물리적 모델인 확장형모델을 생성하고 변경, 개선해보면서 3D 모델과 BIM 모델에서 발견하지 못하는 현실적인 문제점들을 찾아낼 수 있다.

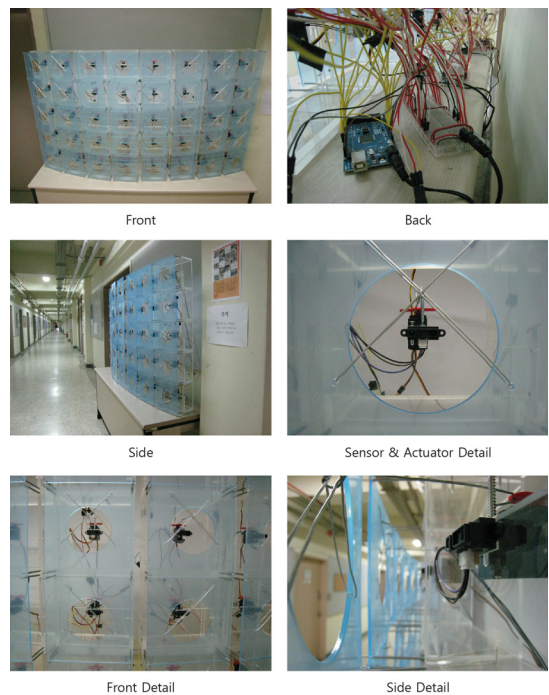


그림 7. 확장형 모델의 구성
 Fig. 7. Composition of the extended model

2.3.2. 확장형 모델의 연동 확인 및 테스트

그림 8에서 확장 파사드 모델을 타입별로 수정하였을 때, BIM 모델 또한 같은 변화를 가지는 것을 확인하였다. 이 연결은 확장 파사드 모델을 수정하면서 BIM 모델의 분석 결과들을 비교하는 것이 가능하다. 예를 들어, 디자인 대안의 부재요소간의 간섭체크, 부재의 수량, 패널의 면적, 무게 등의 분석 결과를 파사드 모델을 변경하며 실시간으로 확인 가능하다. 반대의 경우, BIM 모델을 수정하면 물리적 모델이 같은 변화를 가지는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 물리적 모델과 BIM 모델 간의 상호대화적인 연결을 확인할 수 있다.

이 실험에서는 BIM 모델의 디자인 대안마다 구조 부재 간의 간섭체크를 하고, 구조 부재의 물량을 계산하였다. 또한 패널의 뒷면을 실내공간이라고 가정하고, 패널이 뒤로 당겨졌을 때 생기는 틈으로 인한 실내 공간의 에너지 절약의 효율성, 실내 환기 가능성을 BIM 모델을 통해 확인했다. 결과적으로 패널의 작동메커니즘에는 이상이 없는 것을 확인하였고, 구조부재의 물량을 계산하여, 대안마다 필요한 물량과 에너지 절약, 실내 환기를 종합적으로 확인하며 최선의 안을 선택할 수 있었다.

2.3.3 디자인 대안 생성과 평가 방법 제안

이번 연구의 프레임워크를 통해 생성되는 디자인 대안의 평가를 위한 방법은 두 가지를 제안할 수 있다.

첫째, 확장형 모델의 패널을 변경해가며 BIM 모델을 분석하는 경우이다. 디자인 대안의 평가에서 시뮬레이션이 초점이 되며, 확장형 모델에 대응하여 생성되는 BIM 모델을 다양한 시뮬레이션 툴로 즉시 분석 가능하다. 분석된 결과를 바탕으로 확장형 모델을 수정하고, 동시에 확장형 모델과 같은 형태로 수정되는 BIM 모델을 다시 다양한 시뮬레이션을 통한 분석이 가능하다.

둘째, 3D 모델을 변경해가며 확장형 모델을 확인하는 경우이다. 디자인 대안의 평가에서 3D 모델의 변경으로 생성되는 다양한 대안들과 그 데이터가 적용되는 확장형 모델을 실시간으로 확인할 수 있다. 이를 통해, 3D 모델에서 파악하기 어려운 물리적 특징들을 테스트 해볼 수 있다.

위의 두 가지 방법을 활용하여 본 논문에서 제안한 시스템 프레임워크가 적용된 설계를 진행할 수 있다.

III. 결 론

본 연구는 BIM 모델의 풍부한 정보를 활용하기 위한 물리적 모델과의 상호대화적인 실시간 모델체계를 구현하는 것을 목표로 했으며, 먼저 시스템 프레임워크를 제안한 후에 파사드 디자인에 초점을 맞추어 구현하였다. 이 시스템 프레임워크를 통해서, 건축 디자인 진행시에 실제 물리적 모델에 가해지게 될 구조적, 심미적 영향 등의 물리적 성격들을 디자인 초기 단계에서 파악할 수 있다. 또한, BIM 모델의 분석 결과들을 즉각적으로 비교하여 물리적 모델의 여러 가지 대안 중 최선의 것을 찾을 수 있다. 이를 통해 BIM 모델의 풍부한 정보들을 초기 디자인 단계에서부터 활용한 동적인 의사결정이 가능해질 수 있다. 이번 연구에서 구현한 시스템 프레임워크는 추후에 BIM 모델과 물리적 모델의 연결을 발전시키기 위한 연구의 기점이 될 수 있을 것이다.

References

- [1] O. Y. Gun and R. Woodbury, "Geometric gestures," *Elements of Parametric Design*, Routledge, pp. 171~183, 2010.
- [2] Bryan Lawson, "Of sails and sieves and sticky tape," *Distributed Intelligence in Design*, Wiley-Blackwell, pp. 3~15, 2011.
- [3] A. Kiviniemi, "The effects of Integrated BIM in processes and business models," *Distributed Intelligence in Design*, Wiley-Blackwell, pp.125~135, 2011.
- [4] P. Brandon, "Sharing intelligence: The problem of knowledge atrophy," *Distributed Intelligence in Design*, Wiley-Blackwell, pp. 36~47, 2011.
- [5] S. Lee, J. Chae and K. Cho, "Gesture interaction design," *KICS Inform. Commun. Mag.*, vol. 29, no. 7, pp. 25-30, June 2012.
- [6] B. S. Koren, "Louvre Abu Dhabi 1/33 - Fabrication of a large-scale physical light-test model," *Advances in Architectural Geometry 2010*, Springer Vienna, pp. 163~174, 2010.
- [7] SHoP/Sharples, Holden, and Pasquarelli, *Versioning: Evolutionary Techniques in Architecture (Architectural Design)*, vol. 72,

no. 5, 2002.

- [8] H. Kim, "Smart building technology of IT construction convergence," *KICS Inform. Commun. Mag.*, vol. 28, no. 5, pp.15-20, Apr. 2011.

이 인 근 (Ingeun Yi)



2011년 2월 성균관대학교 건축학과 학사
2013년 2월 성균관대학교 건축학과 석사
<관심분야> 디지털디자인, 인터랙션디자인, 비정형설계, BIM, 퍼지컬컴퓨팅

김 성 아 (Sung-Ah Kim)



1988년 2월 부산대 건축공학과 학사
1990년 2월 부산대 건축공학과 석사
1993년 6월 미국 Harvard University 석사
1994년 10월 스위스 ETH 석사

사 (Nachdiplom)

1997년 6월 미국 Harvard University 건축학박사
1998년~2002년 명지대학교 건축학부 교수
2003년~현재 성균관대학교 건축학과 교수
<관심분야> 디지털디자인, 설계 및 도시정보가시화, BIM, 스마트스페이스 디자인