

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

BIM 기법과 FMI 표준을 이용한 객체지향 물리적 건물성능분석 모델의 효율적 생성을 위한 프레임워크 개발

A Framework Development to Efficiently Create OOPM-Based Building Performance Analysis Models Using Building Information Modeling and Functional Mock-Up Interface

○공 병 찬* 정 운 성**
Kong, ByungChan Jeong, WoonSeong

Abstract

This research presents a framework for efficiently generating an Object-Oriented Physical Model(OOPM)s using Building Information Modeling(BIM) and Functional Mock-up Interface(FMI) to enhance efficient use of multi-domain building performance analyses in the early design phase. The framework automatically generates a Physical BIM-based Functional Mock-up Unit(PBIM-FMU) for thermal performance analysis from the existing building information model and seamlessly integrates PBIM-FMU with OOPM-based thermal simulation model within a multi-domain simulation environment. A comparison of simulation results was conducted to validate the framework, indicating that the differences in peak indoor air temperature and peak energy demand between the PBIM-FMU and the reference model converged to 0%.

키워드 : 건축정보모델, FMI, FMU, 건물성능분석, 다중 도메인 시뮬레이션, 모델리카

Keywords : Physic-based BIM, FMI, FMU, Building Performance Analysis, Multi-Domain Simulations, Modelica

1. 서론

전 세계적으로 건물에서 소비되는 에너지는 전체 에너지 소비량의 40%에 이르며, CO₂의 배출량은 전체 대비 38%를 차지하고 있다(World Business Council for Sustainable Development, 2022). 과도한 에너지 사용 및 CO₂ 배출은 심각한 대기 오염 유발을 야기하고 있고, 이를 위해 건물의 효율적 에너지 사용과 친환경 건물설계에 관한 연구가 꾸준히 수행되고 있다(Arenas & Shafique, 2023). 또한, 자재절약 및 탄소저감을 통한 건물부재 생산의 지속 가능성을 추구하는 PC(Precast Concrete) 공법이 주목받고 있고, PC 공법을 활용한 성공적 과업수행을 위해 설계단계에서 효율적 건물구조검토가 요구된다(Li et al., 2022). 결과적으로, 건물의 지속 가능성을 실현하기 위해 건물의 에너지 해석 및 구조해석과 같은 다분야(Multi-Domain)의 건물성능분석을 설계단계에서 효율적으로 수행할 수 있는 ‘통합건물성능분석 기반 건물설계 프로세스’가 요구되고 있다. 그러나, 건물설계정보와 다분야의 건물해석모델 간의 효율적 모델변환 프로세스가 부족하여, 설계단계에서 종합

적 건물성능에 근거한 건물설계를 수행하는데 많은 시간과 노력이 필요하다. 따라서, 통합건물성능분석 기반 건물설계 프로세스의 효율적 수행을 위해 건물설계정보와 다분야의 건물해석모델 간의 상이한 건물정보를 통합할 수 있는 효율적 모델변환 방법이 필요하다.

본 연구는 건물설계정보와 다분야 건물해석모델 간의 효율적 통합을 위한 통합건물성능분석 모델 생성 프레임워크를 개발한다. 이를 위해, 건물설계정보와 건물해석모델 간의 정보교환을 위한 정보대응관계를 정립하고, 통합 건물성능분석 모델 생성의 프로토타입을 제시하였다.

2. 선행연구

‘객체기반 건물설계 및 모델링이 가능한 BIM(Building Information Modeling)기반 건물설계정보’와 ‘물리기반 해석모델들을 단일 모델로 표현 및 통합해석이 가능한 OOPM(Object-Oriented Physical Modeling) 기반 에너지해석모델’ 간의 효과적 정보교환방법을 정의하여, 통합건물성능분석 모델을 생성하는 연구가 활발히 수행되었다. 그러나, 기존 정보교환방법의 지속적 보수가 요구되어 BIM 기반 건물설계정보와 OOPM기반 에너지해석모델 간의 효율적 정보교환방법에 관한 연구가 부족하다. 본 연구는 BIM기반 건물설계정보를 시뮬레이션 모델교환표준 FMI(Functional Mock-up Interface)을 준수하는 FMU(Functional Mock-up Unit)으로 변환하는 프레임워크를 개발한다. 이를

* 충북대 대학원 박사과정

** 충북대 건축공학과 부교수, 건축학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Chungbuk National University, wsjeong@cnbu.ac.kr)

이 연구는 2024년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:NRF-2020R111A3052594

표1. 프레임워크의 정확성 검증을 위한 연간 최대부하와 최대에너지소비량의 비교

해석모델 / 오차	난방기간		냉방기간	
	최대부하(발생시각) [W]	최대에너지소비량(발생시각) [W]	최대부하(발생시각) [W]	최대에너지소비량(발생시각) [W]
CASE600	4176.52 (1월 4일 오전 6시)	4172.26 (1월 4일 오전 7시)	6759.33 (10월 16일 오후 2시)	6669.00 (10월 16일 오후 2시)
PBIMFMU+CASE600	4176.53 (1월 4일 오전 6시)	4172.28 (1월 4일 오전 7시)	6759.34 (10월 16일 오후 2시)	6669.02 (10월 16일 오후 2시)
오차	0.0003%	0.0005%	0.0002%	0.0003%

통해 건물설계정보와 에너지해석모델 간의 효율적 정보교환이 가능하게 하였다.

3. 프레임워크 개발

BIM과 FMI를 활용한 통합건물성능분석 모델 생성의 세 단계를 그림 1과 같이 표현하였다. BIM기반 건물설계정보 생성을 위해 ANSI/ASHRAE Standard 140의 CASE600을 BIM저작도구 Revit2024를 통해 구현하였다. 열성능 해석에 필요한 건물설계정보를 추출하기 위해 Revit API와 C# 컴퓨터 언어를 통해 벽체, 지붕, 바닥, 창문의 형상정보와 재료정보 및 건물이력정보를 추출하였다.

추출된 정보는 FMI의 Model exchange 유형을 준수하는 FMU를 생성하는데 필요한 모델소스파일(.c), 모델설명파일(.xml)로 구현하였다. 또한, 빌드설명파일(.xml)을 함께 구현하여 통합개발환경(Visual studio 2019)을 통해 PBIMFMU (Physical BIM-based FMU)를 생성하도록 구현하였다.

PBIMFMU와 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)의 CASE600을 통합시뮬레이션 환경(Dymola 2017)에서 연동하여, 통합건물성능분석 모델을 생성할 수 있게 구현하였다.

프레임워크 검증을 위해 LBNL의 CASE600과 통합건물성능분석 모델(PBIMFMU와 CASE600의 통합모델)의 시뮬레이션 결과를 비교하였다. 표1은 냉난방기간에서 발생한 각 모델의 최대부하와 최대에너지소비량을 나타내고 있다.

두 모델의 시뮬레이션 결과가 상당히 유사하여, 프레임워크가 BIM 모델의 설계정보를 OOPM기반 에너지해석모델로 정확히 전달할 수 있음을 확인하였다. FMI기반의 복잡한 건물성능분석 모델은 모델 간 시간단계 불일치로 인한 정보교환통신 문제로 미세오차가 발생하는 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 BIM과 FMI를 활용한 열성능 해석에 대한 통합건물성능분석 모델 생성 프레임워크를 개발하였다. 후속 연구를 통해 구조성능 해석에 대한 통합건물성능분석 모델 생성으로 확장이 가능할 것으로 예상된다.

참고문헌

1. Arenas, N. F., & Shafique, M. (2023). Recent progress on BIM-based sustainable buildings: State of the art review. *Developments in the Built Environment*, 100176.
2. Li, C. Z., Li, S., Li, X., Wu, H., Xiao, B., Tam, V. W., & Asiedu-Kwakyewa, C. (2022). A scientometric review of management of prefabricated construction from 2011–2021. *Buildings*, 12(10), 1515.
3. World Business Council for Sustainable Development, 2022. COP27: Built Environment Accelerates Climate Action. WBCSD website.

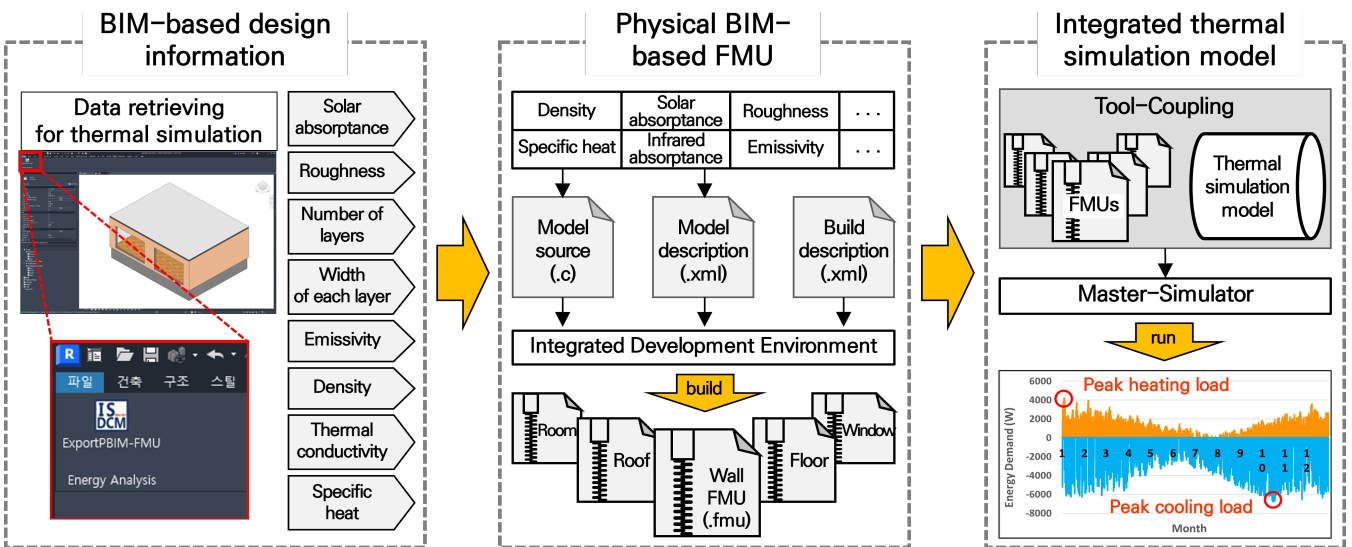


그림 1. BIM과 FMI를 활용한 통합건물성능분석 모델 생성 프레임워크의 흐름도