

# A Study on the Trend Analysis of User-Based Environmental Simulation Study for the Performance Evaluation of Building Energy Reduction

## 건물에너지 저감 성능평가를 위한 사용자기반 환경모사연구 동향분석 연구

Suyeon Jung<sup>1</sup>, Mingoo Lee<sup>2</sup>, Heangwoo Lee<sup>3</sup>

정수연<sup>1</sup>, 이민구<sup>2</sup>, 이행우<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Student, Major of Space Design, College of Design, Sangmyung University, Korea,  
s201920289@gmail.com

<sup>2</sup> Chief Researcher, Energy-IT Convergence Research Center, KETI, emingoo@keti.re.kr

<sup>3</sup> Assistant professor, Major of Space Design, College of Design, Sangmyung University, Korea,  
2hw@smu.ac.kr

Corresponding author: Heangwoo Lee

**Abstract:** The building sector accounts for a significant share of global energy consumption and emissions, and this trend is growing annually. In particular, this problem is becoming more serious due to the depletion of our primary energy source, fossil fuels. Accordingly, the demand for research to solve building energy problems is growing, and studies on infrastructures and methods to validate the effectiveness of technology development are also increasing. However, these infrastructures and performance evaluation methods are mainly limited to the laboratory environment. Evaluating performance under such environments not only causes a decrease in comfort but also causes secondary and tertiary energy consumption when applied to real-life environments. Therefore, this study examined trends and cases of energy performance evaluation-related organizations and literature. It also proposed a testbed and methodology for evaluating energy performance based on user information and preferred environments. The main findings are as follows. 1) According to the results of reviewing energy performance evaluation testbeds and research trends, past evaluations were mostly limited to laboratories. Past research was based on actual residential environments, and the collection of environmental data through sensors was the extent of specificity for energy performance evaluation testbeds. Most had limitations in reflecting occupant data/preferences and complex spatial characteristics, as well as evaluating real-life environmental performance. 2) This study built a performance evaluation environment based on in/outdoor environment simulation and user recognition. The environment consisted of an artificial climate chamber that can simulate the four seasons continuously, height-adjustable sensors, and technologies for controlling air conditioning, ventilation, and lighting devices based on user recognition and location recognition. 3) The effectiveness of the developed testbed was validated by evaluating the performance of Venetian blinds according to each user's preferred environment.

**Keywords:** Environmental Simulation, Information Technology, Building Energy, Performance Evaluation, Methodology

Received: May 12, 2023; 1<sup>st</sup> Review Result: June 17, 2023; Accepted: August 25, 2023

**요약:** 건물부문의 에너지 사용량은 높은 비중을 보이고 있으며, 매년 증가하는 추세를 보이고 있다. 특히 주요 에너지원으로 사용된 화석연료의 고갈로 건물에너지 사용량 증가는 심각한 문제로 작용되고 있다. 이에 따라서 건물에너지 문제를 해결하기 위한 연구의 수요는 증가하는 추세이며, 동시에 기술개발의 유효성을 검증하고자 하는 인프라 및 방법들에 대한 연구도 증가하는 추세이다. 그러나 이러한 성능검증을 위한 인프라와 방법은 실험실의 한정적인 환경에서만 성능평가를 진행하고 있다. 이와 같은 환경에서의 성능평가 검증은 실제 생활환경에 적용할 시에 쾌적도 저하를 불러일으킬 뿐 아니라 제2, 제3의 에너지 소비를 야기하는 등의 문제가 발생한다. 이에 본 연구는 기존의 에너지 성능평가 관련 기관 및 연구의 동향과 사례를 고찰 후, 사용자 정보 및 선호환경을 기반으로 하여 에너지 성능평가 테스트베드 구축 및 에너지 성능평가 방법을 제시하였다. 이에대한 결론은 다음과 같다. 1) 기존에 이루어지고 있는 에너지 성능평가 테스트베드 및 연구 동향을 고찰 결과에 따르면 실험실의 한정된 환경에서 성능평가가 이루어지고 있다. 연구는 실제 주거환경을 기반으로 하고 있으며, 특정 에너지 성능평가 테스트베드의 경우에도 단순 센서에 의하여 환경정보를 수집하는 것으로 한정되어 있다. 이는 공간의 재실자의 정보 및 선호환경, 공간이 가지는 다복합적인 특성을 반영하지 못하며, 생활 환경 성능평가 측면에서 제한적이다. 2) 본 연구는 실내외환경모사 및 사용자인식 기반의 성능평가 환경을 구축하였으며, 이러한 환경 구축을 위하여 365일 24시간 4계절의 외부 환경 구현이 가능한 인공태양광 연동 인공기후챔버 기술과 높이 조절이 가능한 센싱기술, 사용자인식 및 위치인식기반의 냉난방기기, 환기기기, 조명기기 제어기술을 제안하였다. 3) 본 연구를 통해 구축된 실내외환경모사 및 사용자인식기반 환경은 사용자별 선호환경에 따른 베네시안 블라인드 성능평가를 진행한 후 테스트베드의 유효성을 검증하였다.

**핵심어:** 환경모사, 정보기술, 건물에너지, 성능평가, 방법론

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경 및 목적

2022년 International Energy Agency의 에너지 소비량 분석자료에 의하면 건물부분이 사용하는 에너지량은 전체 에너지 소비량의 38% 수준으로 높게 나타나고 있으며[1], 점차 증가하는 추세를 보이고 있다. 이에 이를 해결하기 위한 기술개발과 연구의 필요성은 점차 부각되고 있다. 이에 발맞추어 산업체 및 연구 기관들은 에너지저감을 위한 실험 및 성능검증을 위한 테스트베드 및 기자재 등의 인프라 구축을 완료 및 진행 중에 있다. 그러나 기 구축된 에너지성능평가 테스트베드는 성능평가를 진행함에 있어서 실험실 환경으로 초점이 맞추어져 구축되었으며, 이는 실제적으로 재실자의 선호환경 및 생활환경의 다각적인 변인 등에 대한 반영이 이루어지지 않고 있다. 이러한 관점에서 실제환경의 다각적인 요인을 반영하지 않는 기술개발은 많은 부작용을 야기시키고 있다[2]. 예를들어 고효율설비 및 신재생에너지를 설치한 에너지효율등급 1등급을 요구하는 관공서의 경우에도 시공이후 사용자의 환경을 고려하지 않은 환경이 조성됨으로써 불쾌적인 환경이 조성됨으로써 업무능력 저하 및 추가적인 에너지 소비를 발생시키는 등의 문제를 접하는 사례가 증가하고 있다. 이는 실제 시공 전 건물의 성능평가를 진행함에 있어서 에너지 저감의 측면에 국한하여 진행한 결과이며, 재실자가

생활하게 되는 공간의 쾌적도 및 실생활환경에 대한 반영이 충분하게 이루어지고 있지 않다는 내용의 반증이다. 현 정부는 쾌적한 주거환경 및 에너지 저감에 관련한 정책을 강조하고 있으며, 이에 발맞추어 에너지저감 성능평가를 위한 인프라 및 방법에도 많은 변화가 요구될 것으로 판단된다.

이에 본 연구는 선행연구 고찰을 통하여 에너지 성능평가를 위한 테스트베드 기술 동향을 도출하며, 이후 실내외 환경모사 및 IT기반의 건물에너지 성능평가 환경 및 방법론을 제안함으로써 관련 분야의 기초자료 확보를 목적으로 한다.

## 1.2 연구 절차 및 범위

본 연구는 실내외환경모사 및 사용자인식 기반 에너지성능평가 환경 및 평가방법론 도출을 목적으로 하고 있으며, 다음의 절차에 의거하여 진행하였다. 첫 번째, 이론고찰의 단계로 사용자인식 기반 그린IT기술 및 실내 쾌적 지표에 대한 고찰을 진행하였다. 두 번째, 기존 건물에너지 저감에 대한 성능평가 관련 논문을 선정후 테스트베드 및 실험을 기반으로 한 연구의 논문의 연구 동향을 분석하였다. 세 번째, 실내외환경모사 및 사용자인식 기반 성능평가 환경을 구축하며, 사용자인식기술 구현은 국내의 S사의 협업을 통하여 진행하였다. 이후 구축된 성능평가 환경을 근거시 실제 성능평가를 실시함으로써 그 유효성을 검증을 진행하였다.

## 2. 사용자인식 기반 그린IT기술 및 실내쾌적지표 고찰

### 2.1 사용자인식 기반 그린IT기술

본 연구에서는 사용자인식 및 선호 환경을 조성하기 위한 그린IT 기술로 사용자 및 위치인식에 대하여 고찰하였으며, 이에 대한 내용은 다음과 같다. 그린 IT기술은 환경을 파괴하지 않고 지속될 수 있는 IT의 활용을 의미하며, 그린 IT기술을 구현하기 위한 대표적인 기술은 사용자 인식, 위치인식이 있으며, 이에대한 내용은 다음과 같다.

사용자인식기술이란[3] 각 사용자의 이름, 나이, 성별, 요구사항 등에 관한 각종정보 획득을 위한 일련의 과정을 의미하며, 사용자인식기술을 통한 각 사용자의 요구에 대한 서비스 제공이 가능하다. 또한, 위치인식 기술은 재실자의 위치정보를 수집하는 일련의 과정을 의미하며, 사용자인식기술과 연동한 재실자의 위치정보 수집은 다양한 서비스 제공을 위한 자료로 활용가능하다. 이러한 기술을 구현하기 위한 시스템은 통신 방식에 따라서 Active Badge(적외선 통신), Active Bat(초음파), RFID(UHF방식) 및 Zigbee(IEEE 802.15.4)로 구분된다[4]. 이중 Zigbee 기술은 원격감지, 제어 모니터링에 초점을 맞추고 있으며, 설치비용이 저렴함과 동시에 전력소모를 최소화하는 방법이다[5]. 이러한 점을 고려하여 실내 공간의 크기 및 경제성을 고려하였을 때 ZigBee방식이 적합하다고 판단하였으며, 이후 실생활환경 그린IT기반 에너지 성능평가 테스트베드 구축시 Zigbee 방식을 적용하였다.

### 2.2 에너지 성능평가를 위한 실내 쾌적지표 고찰

본 연구는 실내공간의 다양한 쾌적지표 중 우선순위가 높게 나타나는 냉난방환경, 빛환경에 초점을 맞추었으며[6], 각 지표에 대한 내용은 다음과 같다. 첫 번째, 조도의

기준은 미국 IES, 일본 JIN Z 9110을 사용하고 있으며, 국내의 경우 실내 조도 기준은 KS A 3011로 명시하고 있다. KS A 3011은 적용 대상의 성격 및 활동 유형 등에 따라서 최소, 표준, 최대 조도기준을 제시하고 있다. 본 연구는 실내외환경모사 및 사용자인식기반 에너지 성능평가의 조도 기준을 일반회도 대비 시작업의 기준조도인 400 lx를 적용하였다. 두 번째, 실내 적정 온도는 성별, 나이, 계절 등에 따라서 상이하게 나타나고 있으나, 동지, 중간기, 하지의 경우에 따라서 대략적으로 각각 20°C, 26°C, 23°C로 나타난다[7]. 단, 적정온도는 실내외의 다양한 상황을 고려하여야 할 것이다.

### 3. 에너지성능평가 환경 및 에너지 성능평가 방법 고찰

#### 3.1 실험 기반 에너지성능평가 관련 선행연구 선정 및 분석

본 연구는 2000년도 이후에 발간된 논문 중 건물과 기술개발을 키워드로 하는 논문 198건을 도출하였으며, 이후 테스트베드 실험을 통한 성능검증을 실시한 논문 27건을 선별하였다. 또한, 본 연구는 건물에너지 저감에 초점이 맞추어진 7건의 논문을 선정함으로써 테스트베드 기반 에너지 성능평가 동향을 분석하였다. 관련 논문 검색을 위한 엔진은 건축도시연구정보센터에서 제시하고 있는 논문 검색엔진으로 건축분야에서 공신력 있는 것으로 이용되고 있다[8].

첫 번째, 2012년 장철용 외 4명에 의하여 진행된 “난방에너지 사용량 분석을 통한 후강화 로이유리 창호의 단열성능 평가[9]” 연구는 후강화 로이유리 창호에 의한 난방에너지 성능평가를 통한 유효성 검증을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 본 연구가 구축한 실험환경은 [표 1]에서 나타나듯이 2.5 m×2.5 m×2.5 m 크기의 실험실로, 성능평가를 위한 온도측정센서는 양쪽 room의 동일한 위치에 12개와 외부 공기온도 측정센서 1개를 부착하여 총 13개의 센서를 부착하고 있다.

[표 1] 성능평가 테스트베드 전경

[Table 1] Panorama of Performance Evaluation Test-bed





두 번째, 2009년 성기철 외 4명에 의하여 진행된 “인공기후실을 이용한 알루미늄 단열창호와 알루미늄과 ABS 복합구조 프레임 창호의 단열성능평가[9]” 연구는 창호 프레임을 기존 프레임 구성 재료인 알루미늄과 플라스틱의 장점을 결합하여 시너지 효과를 창출할 수 있도록 개발된 알루미늄 ABS 소재로 제작함으로써 기존 알루미늄 단열창호와 성능을 비교하는데 목적으로 하고 있다. 본 연구의 성능평가는 외기 조건 및 내부 조건을 구현하기 위하여 [표 2]에서 나타나듯이 실험실 환경의 테스트베드를 구축하여 진행되고 있으며, 성능평가를 위한 환경정보 수집을 위하여 온도센서를 설치하였다. 온도센서는 창호 내외에 5개씩 총 20개를 부착하여 데이터로거에 의해 10분 간격으로 측정하고 있으며, 실 내부온도를 측정하기 위해 온습도계(TR-72U)는 실외기후실과 실내기후실 내부에 각각 1개씩 설치하고 있다.

세 번째, 2010년 송민정 외 1명에 의하여 진행된 "Mock-up 실험을 통한 황토벽과 전통창호의 실내 온습도 조절효과에 대한 비교평가[10]"에 대한 연구는 테스트베드를 통한 황토와 한지창호의 온습도 조절 능력을 유리창호 및 기타 벽체에 대비한 성능을 정량적으로 살펴봄으로서 전통재료가 현대 건축재료로서의 적용 가능성에 대하여 검증의 목적으로 하고 있다. 본 연구의 성능평가 테스트베드는 [표 3]에서 나타나듯이 공동주택의 거실과 발코니 부분을 기반으로 하여 총 4개실을 제작하였으며, 각 호실의 크기는 1.5 m×2.9 m×1 m로 하였다. 전면과 후면 발코니의 폭은 각각 0.6 m, 0.5 m가 되도록 축조하였으며, 남향으로 설치하였다. 또한, 온도센서는 각 호실마다 2개씩 총 8개를 설치하고 있다.


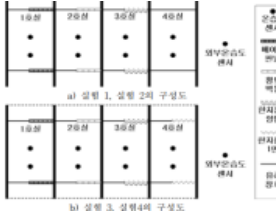
[표 2] 성능평가 테스트베드 전경 및 평면

[Table 2] Panorama and Plan of Performance Evaluation Test-bed

테스트베드 평면 및 단면	테스트베드 내부 모습
	

[표 3] 성능평가 테스트베드 전경 및 실험 개요

[Table 3] Panorama of Performance Evaluation Test-bed, Experiment Summary

외벽체 설치모습	실험 구성도 및 센서 위치
	

네 번째, 2006년 김정태 외 1명에 의하여 진행된 "Mock-up을 이용한 일반창호 및 경사형 광선반 창호의 채광성능에 관한 비교 실험[11]" 연구는 사무소 공간의 실물대 모형(Mock-up Model)을 제작하여 광선반 채광시스템이 설치된 실내와 일반형 창호가 설치된 실내의 채광성능을 비교분석 하는 것을 목적으로 하고 있다. 본 연구의 성능평가를 위한 모형의 평가모델은 [표 4]에서 나타나듯이 일반 사무실의 형상(12 m×7.3 m×3.7 m)을 대상으로 선정하였으며, 실물대모형은 동일한 형상에 두 개의 실(기준실과 실험실)로 구성되어 있다. 또한, 성능평가를 위한 조도센서 설치위치는 각각 8개씩 총 16개를 설치하고 있다.

[표 4] 성능평가 테스트베드 전경 및 실험 개요

[Table 4] Panorama of Performance Evaluation Test-bed, Experiment Summary

Mock-up 모델	테스트베드 실내 모습	조도센서 위치
		

다섯 번째, 2008년 이현정 외 5명에 의하여 진행된 “자동 베네시안 블라인드의 성능 평가를 위한 실험적 연구[12]”는 자체 개발한 외부 자동 블라인드와 일반적 사무실에서 많이 사용하는 내부 수동 블라인드의 비교에 의한 외부 자동 블라인드의 환경성능평가를 목적으로 하고 있다. 본 연구의 실험실1은 [표 5]에서 나타나듯이 철재로 제작된 슬랫의 너비가 80 mm인 개발 자동 베네시안 블라인드를 설치하였으며, 실험실 2에는 알루미늄으로 제작되어 타공된 슬랫의 넓이가 50 mm인 내부 수동 베네시안 블라인드를 설치하여 성능을 비교 분석하였다. 성능평가를 위한 조도센서는 각각 1개씩 총 2개를 설치하고 있다.

[표 5] 성능평가 테스트베드 전경 및 실험 개요

[Table 5] Panorama of Performance Evaluation Test-bed, Experiment Summary

실험실 외관	실험실 1 내부	실험실 2 내부	온도 및 조도 측정위치
			

여섯 번째, 2007년 신화영 외 2명에 의하여 진행된 “혼합형 채광조절장치가 실내공간의 휘도분포에 미치는 영향에 관한 Mockup 실험평가[13]” 연구는 실물대모형을 이용하여 광선반 시스템과 전동 베네시안 블라인드 적용이 실내 휘도변화에 미치는 영향을 분석하는데 목적이 있다. 성능평가를 위한 모형의 평가모델은 [표 6]에서 나타나듯이 일반 사무실의 형상(12 m×7.3 m×3.7 m)을 대상으로 선정하였으며, 성능평가를 모니터링 할 수 있는 데이터 취득실이 설치되어 있다.

[표 6] 성능평가 테스트베드 전경

[Table 6] Panorama of Performance Evaluation Test-bed

일반창호실 내부 모습	광선반창호실 내부 모습
	

일곱 번째, 2012년 성옥주 외 2명에 의하여 진행된 “베네시안 블라인드가 통합된 이중창호의 난방기 야간 단열성능 분석[14]” 연구는 주거형 건물을 대상으로 하는 중공층 베네시안 블라인드 적용 이중창호의 동절기 야간의 자체 단열성능평가 및 난방 에너지절감 성능을 분석하였으며, 분석된 결과를 창호와 차폐장치의 통합화 방안

적용 및 운용상의 기술적 자료 제시를 목적으로 하고 있다. 자체단열성능 평가 및 난방에너지 절감성능평가를 위한 블라인드 내장형 이중창 시스템은 [표 7]에서 나타나듯이 4 Track Sliding 형식으로 전체 면적 4 m<sup>2</sup> (2 m×2 m)로 제작하였으며, 성능평가방법은 창호의 단열성 시험방법(KS F 2278)에 의하여 실시하였다.

[표 7] 성능평가 테스트베드 전경 및 평면

[Table 7] Panorama and Plan of Performance Evaluation Test-bed



### 3.2 소결

건물에너지 저감을 위한 테스트베드 기반 성능평가 관련 선행연구는 [표 8]에서 나타나듯이 사용자의 상이한 선호환경 및 실제환경 요인을 고려하지 않은 실험실에 가까운 환경을 기반으로 하고 있으며, 이는 이후 본 연구가 구축하고자하는 실내외환경모사 및 사용자인식기반의 성능평가 환경과 차이를 보인다. 또한, 일부 실제 환경을 기반으로 구축된 성능평가 테스트베드의 경우에도 성능평가의 지표가 단순 온도 및 조도 등의 환경정보 수집의 수준으로 분석된다. 이러한 부분도 본 연구가 제안하는 성능평가 지표와 결과가 실제적인 설비기기의 전력 사용량이라는 측면에서 유의미하다고 판단된다. 또한, 성능평가를 위한 방법 및 표준에 대한 고찰은 이후 성능평가를 위한 실내,외 환경 및 환경정보 수집을 위한 센서 위치 설정을 위한 근거 자료로 활용하였다.

[표 8] 선행연구의 테스트베드 기반 성능평가 동향 분석

[Table 8] Trend Analysis of Performance Evaluation Based on Test Bed of Previous Studies

저자	목적	성능평가			
		평가방법	평가항목	사용자 특성 고려	실생활 환경 고려
장철용 외 4명[8]	후강화 로이유리 창호의 단열성능 평가	테스트베드 구축에 의한 성능평가	실내외 온도분석,	미고려	미고려
성기철 외 4명[9]	알루미늄 단열창호와 알루미늄과 ABS 복합구조 프레임 창호의 단열성능평가	테스트베드 구축에 의한 성능평가	실내외 온도분석	미고려	미고려
송민정 외 1명[10]	황토벽과 전통창호의 실내 온습도 조절효과 비교평가	테스트베드 구축에 의한 성능평가	온도분석	미고려	미고려
김정태 외 1명[11]	일반창호 및 경사형 광선반 창호의 채광성능 비교실험	테스트베드 구축에 의한 성능평가	조도분석,	미고려	미고려
이현정 외 5명[12]	자동 베네시안 블라인드 성능평가	테스트베드 구축에 의한 성능평가	조도분석	미고려	미고려
신화영 외 2명[13]	혼합형 채광조절장치의 실내 휘도분포 실험평가	테스트베드 구축에 의한 성능평가	조도분석	미고려	고려
성육주 외 2명[14]	베네시안 블라인드 이중창호 난방기 야간 단열분석	테스트베드 구축에 의한 성능평가	온도분석	미고려	미고려



#### 4. 실내외환경모사 및 사용자인식기반 건물에너지 성능평가 환경 구축

본 장에서는 앞서서 고찰된 내용을 기반으로 실내외환경모사 및 사용자인식기반 성능평가 환경 및 방법론을 제안하며, 이에 대한 세부적인 내용은 다음과 같다.

##### 4.1 실외환경모사 부문

본 연구는 실내외환경모사를 위하여 인공태양광 조사장치, 인공기후챔버를 구축하였다. 이에 대한 세부 내용은 다음과 같다.

첫 번째, 인공태양광 조사장치는 [그림 1]에서 나타나듯이 실제 태양과 동일하게 성능평가 환경이 구축되도록 하였으며, 특히 인공태양광 조사장치의 광량을 조절하여 야간의 0 lx부터 하지 정오의 외부조도인 8만 lx까지 구현이 가능하다. 또한 광원의 높이 및 각도를 조절하여 태양의 고도를 조절하도록 함으로써 외부 빛환경 조성이 가능하도록 하였다. 두 번째, 외부 환경제어 부문은 영하 20°C에서 영상40°C까지 설정하도록 인공기후실을 구축하였으며, 특히 인공기후실은 그림10에서 나타나듯이 앞서서 언급한 인공태양광 조사장치와 연동되어 365일 24시간 4계절의 외부환경을 구현 가능하도록 하여 에너지 성능평가의 용이성을 높이고 있다.



[그림 1] 실외환경 모사 기술 구축

[Fig. 1] Establishment of Outdoor Environment Simulation Technology

##### 4.2 실내 환경정보 모니터링 부문

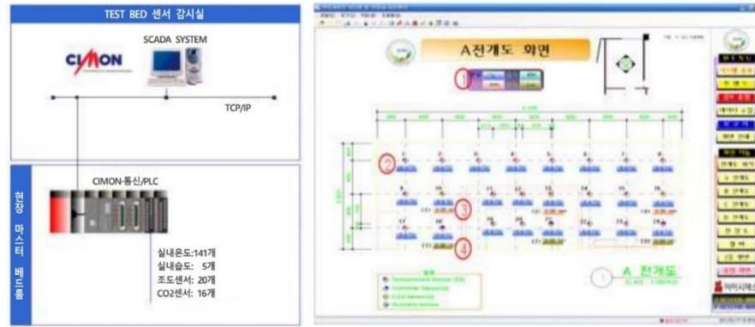
에너지 성능평가를 진행하기 위해서는 실외 환경에 대한 실내의 온도, 조도 등의 환경정보를 수집하여야 하며, 이를 위하여 본 연구는 환경정보 수집함에 있어서 가변성을 부여하였다. 또한, 단순 외부환경에 대한 실내 환경정보 뿐만 아니라 재실자의 선호 환경을 유지하기 위한 냉난방기기, 조명기기, 환기기기 등의 전력사용량을 모니터링하기 위한 EMS 시스템을 구축하였다. 이에 대한 세부적인 내용은 다음과 같다.

첫 번째, 실내공간의 환경수집을 위한 센서는 [그림 2]에서 나타나듯이 실내공간의 천장, 벽면에 총 64개의 센서를 설치하였으며, 이는 실생활 기반의 다양한 작업면 높이 및 오피스, 주거 등의 다양한 공간의 성격을 반영하기 위함이다.

두 번째, 본 연구에서 제안하는 성능평가 환경은 실내 적정 온도 및 조도를 유지하기 위한 전력사용량을 모니터링되도록 하였으며, 이를 위하여 본 연구가 제안하는 성능평가 환경은 [그림 3]에서 나타나듯이 조명, 에어컨 및 바닥난방 등의 냉난방기기, 콘센트로 구분하여 전력 제어 및 모니터링이 가능하도록 구축하였다.



스, 주기 중의 다양한 공간의 성능을 반영하기 위함이다.



[그림 2] 실내환경정보 수집 센서 구축

[Fig. 2] Construction of Indoor Environment Information Collection Sensor



[그림 3] 에너지 성능평가 통합계측 시스템의 구성도

[Fig. 3] Configuration of Energy Performance Evaluation Integrated Measurement System

#### 4.3 재실자 및 선호환경 정보 수집부문

본 연구에서 제안하는 실내외환경모사 및 사용자인식기반 건물에너지 성능평가 환경은 재실자의 정보 및 선호환경을 반영하기 위하여 사용자인식이 각 사용자별 온도, 조도의 선호환경 입력이 가능하도록 하였다. 이에 대한 세부 내용은 다음과 같다.



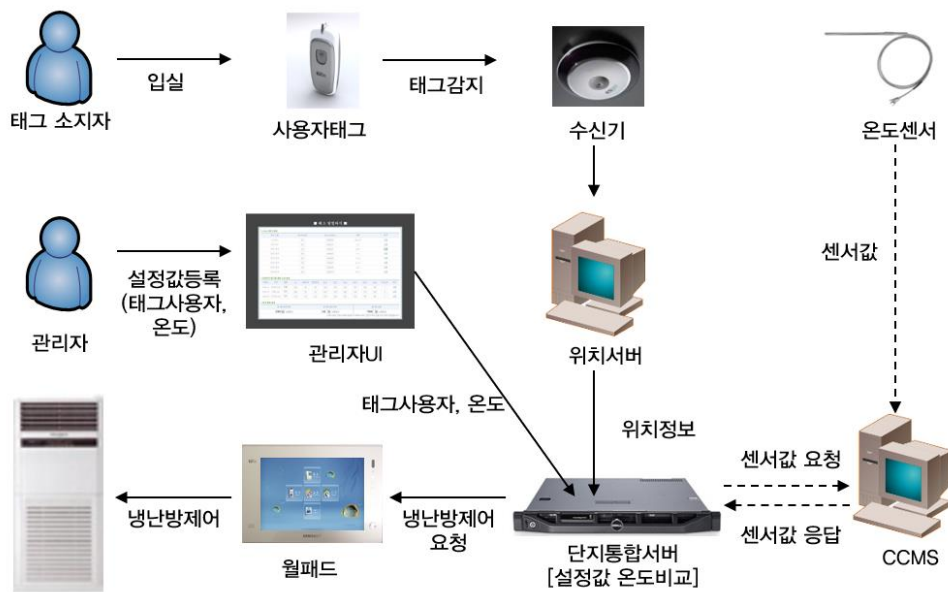
[그림 4] 사용자인식 및 위치인식 Tag 및 모니터링

[Fig. 4] Tag and Mornitoring User and Location Awareness

첫 번째, 본 연구는 성능평가 환경으로 하여금 사용자인식이 가능하도록 하였으며, 적용범위 및 경제성을 고려하여 [그림 4]에서 나타나듯이 Zigbee타입의 Tag로 인식하도록

하였으며, 이를 통하여 사용자A, B, C로 구분되도록 하였다. 특히 재실자의 사용자인식의 정보는 마스트베드룸에 대하여 4개의 zone으로 구분하여 인식하도록 하여 각 zone에 대한 다양한 환경제어가 이루어지도록 하였다.

두 번째, 실내외환경모사 및 사용자인식기반 건물에너지 성능평가 환경은 성능평가 서버를 통하여 각 사용자가 선호하는 실내 온도, 조도 정보를 입력할 수 있도록 하였으며, 선호 환경정보에 의하여 냉난방, 조명, 환기 관련 기기들을 자동 제어할 수 있도록 하였다. 이는 이후 실생활기반의 기기들을 제어어함에 따른 전력사용량을 산출가능하며, 기기들의 전력사용량은 실생활기반의 에너지성능평가의 정량적인 지표로 활용 가능하다. [그림 5]는 냉난방기기 관련 사용자별 선호환경 입력 및 선호환경 정보에 따른 냉난방기기 제어 프로세스이며, 이를 통한 냉난방 기기의 전력 사용량 도출이 가능하다. 조명기기는 조도센서와 연계하여 제어되도록 하였다.



[그림 5] 프로세스 및 냉난방 사용량 도출

[Fig. 5] Process and Cooling Usage

#### 4.4 실내외환경모사 및 사용자인식기반 건물에너지 성능평가 방법 및 지표

본 연구가 제안하는 실내외환경모사 및 사용자인식기반 건물에너지 성능평가 방법은 다음과 같다.

첫 번째, 성능평가를 진행하고 하자는 창호, 블라인드, 자동환기창, 광선반 등의 대상물을 설치 후 실외 환경을 설정하며, 각 사용자는 월패드 혹은 홈서버를 통해 선호 환경을 입력한다. 두 번째, 재실자 입실에 따른 사용자인식 이루어지며, 세 번째, 각 사용자 별 선호 환경을 유지하기 위하여 냉난방기기, 조명기기는 자동으로 제어가 시작된다. 네 번째, 제어간 소비된 냉난방기기, 조명기기의 전력사용량을 도출하며, 도출된 전력 사용량은 앞서서 실생활환경 기반의 정량적인 성능평가의 지표로 기준 성능평가 테스트베드와 차별화 된다. 이러한 방법에 의하여 도출되는 성능평가 지표는 첫 번째, 실내의 온도, 조도, 습도, CO<sub>2</sub>등의 환경 정보이며, 두 번째는 에어컨, 조명 등의

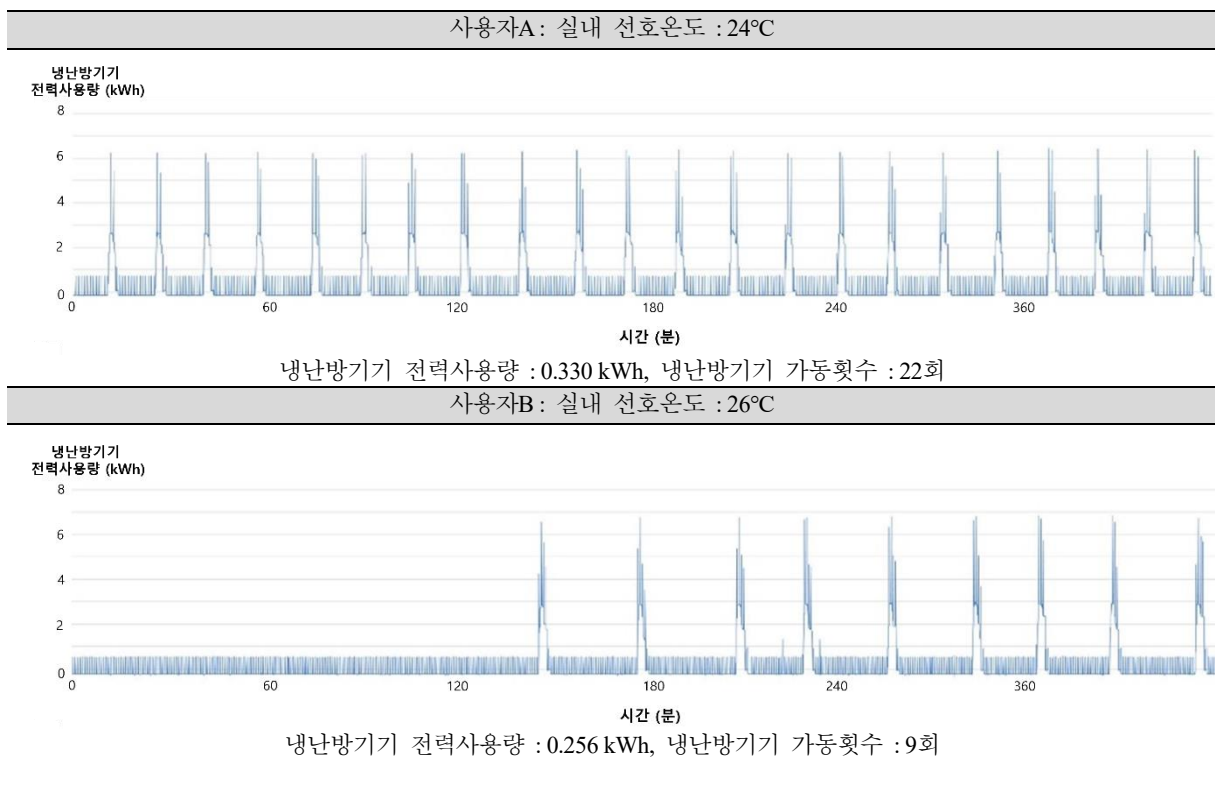
실제 기기의 전력사용량이다.

#### 4.5 실생활환경 그린IT 기반 에너지성능평가 테스트베드의 유효성검토

본 연구를 통하여 구축된 실내외환경모사 및 사용자인식기반 성능평가 환경의 유효성을 검증하기 위하여 사무공간 기반의 베네시안 블라인드의 성능평가를 실시하였으며, 하지시 외부온도 29.6°C에 대하여 실내 적정온도 24°C, 26°C를 요구하는 사용자A와 사용자B를 근거를 대상으로 각각 6시간동안 성능평가를 진행하였다. 그에 대한 결과는 [표 9]와 같으며, 결과에서 나타나듯이 사용자 및 선호 환경에 따라서 성능평가 결과가 차이를 보이고 있으며, 특히 에너지 저감에 관련하여서도 실제 냉난방기기와 조명기기의 전력 사용량을 도출하는 측면에서 상이할 것으로 판단된다. 또한 전력 사용패턴 분석을 통해 에어컨 가동횟수가 사용자A, 사용자B가 입실 함에 따라서 22, 9회로 상이한 결과를 보인다. 이와 같은 성능평가 결과는 사용자 및 사용자 선호환경을 기반으로 하는 정량적인 성능평가 결과로 기존 에너지성능평가 관련 테스트베드에서 다룰 수 없었던 분석이 가능하다. 또한 이러한 결과는 실생활의 다양한 가구 배치 및 재실자의 생활패턴을 기반으로 한 성능평가가 가능함으로 보다 과학적인 에너지 성능평가가 가능할 것이라 판단한다.

[표 12] 하지시 실내 선호온도에 따른 에너지 성능평가 결과

[Table 9] Performance Evaluation Result accord to the Preference Temperature during Summer Soltice



## 5. 결론

최근 에너지 성능평가의 중요성이 부각되면서 에너지성능평가를 지원하는 인프라 구축

및 에너지성능평가 방법에 관한 연구가 증가하고 있으나, 재실자의 선호 환경 및 다양한 공간의 특성을 반영하지 못하고 있다. 이에 본 연구는 기존 에너지성능평가 관련 기관 및 연구의 동향과 사례를 고찰하였으며, 이후 사용자 정보 및 선호환경을 기반으로 하는 에너지 성능평가 테스트베드 구축 및 에너지 성능평가 방법을 제시하였다. 이에 대한 결론은 다음과 같다.

첫 번째, 기존 에너지성능평가 테스트베드 및 연구 동향을 고찰 결과, 실험실의 한정된 환경에서 성능평가가 이루어지고 있으며, 실제 주거환경을 기반으로 하고 있는 특정 에너지성능평가 테스트베드의 경우에도 단순 센서에 의한 환경정보 수집으로 한정되어 있다. 이는 공간의 재실자의 정보 및 선호환경과 공간이 가지는 다복합적인 특성을 반영하지 못하여, 실생활 환경 성능평가 측면에서 제한적이다. 두 번째, 본 연구는 실내외환경모사 및 사용자인식 기반 성능평가 환경을 구축하였으며, 이러한 환경을 구현하기 위하여 365일 24시간 4계절 외부 환경 구현이 가능한 인공태양광 연동 인공기후챔버 기술, 높이 조절이 가능한 센싱 기술, 사용자인식 기반의 냉난방기기, 조명기기, 환기기기 제어 기술을 제안하였다. 세 번째, 본 연구를 통하여 구축된 본 연구는 실내외환경모사 및 사용자인식기반 환경은 사용자별 선호환경에 따른 베네시안 블라인드의 성능평가를 진행하였으며, 테스트베드의 유효성을 검증하였다.

본 연구는 실생활환경의 요소를 반영한 에너지성능평가 테스트베드를 제안하고, 에너지성능평가 관련 분야의 기초자료 구축하였다. 향후, 보다 광범위하고 다각적인 공간의 변인을 반영한 성능평가 테스트베드 인프라 구축이 필요하며, 현시대에 전세계적으로 중요 문제인 에너지 문제 해결에 기여하는 지속적인 에너지성능평가 테스트베드 연구가 요구된다.

## 6. 감사의 글

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government. (MSIT) (RS-2023-00208303) / This work was supported by the Energy Demand Management Core Technology Development of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) granted financial resource from the Ministry of Trade, Industry & Energy, Republic of Korea (No. 20212020900380)

## References

- [1] <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>, Jun 28 (2023)
- [2] G. M. Jeon, H. W. L, J. H. Seo, Y. S. Kim, Performance Evaluation of Light-Shelf based on Light Environment and Air Conditioner Environment, (2016), Vol.16, No.5, pp.47-56.  
UCI: G704-001946.2016.16.5.002.
- [3] C. Y. Jang, J. G. Kim, B. L. Ahn, J. S. Kim, C. H. Haan, Thermal performance evaluation of Temperable Low-e glass window through Heating Energy consumption Analysis, Proceeding of the KSES 2012 Spring annual Conference, pp.200-205, (2012)
- [4] K. C. Sung, S. J. Hong, J. H. Jim, B. H. Oh, Thermal Performance Evaluation on Complex Structured (Aluminum and ABS) Frame Window and Aluminum Insulation Window by Environmental Chamber, Proceeding of the KIAEBS 2012 Spring annual Conference, pp109-112, (2009)
- [5] H. G. Lee, S. K.Kim, ZigBee Tree-Based Scalable Topology Organization Algorithm for Microgrid Facility

- Management, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, (2018), pp 1446-1460.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7840/kics.2018.43.9.1446>
- [6] M. J. Song, H. Shin, A Compariso Evaluation on the Indoor Temperature and Humidity Control Effect of Hwang-To Brick and Traditional Window as Exterior envelops in Mock-up Room, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, (2010), Vol.10, No.6, pp.131-137.  
UCI: G704-001946.2010.10.6.018
- [7] J. T. Kim, H. Y. Shin, Comparative Daylighting Performance of an Interior with Lightshelves and Conventional Glazing; A Mock-Up Experiment, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, (2006), Vol.6, No.2, pp.67-75.
- [8] <http://www.auric.or.kr>, May 12 (2023)
- [9] H. J. Lee, H. Y. Ku, S. Y. Koo, Y. D. You, M. S. Yeo, K. W. Kim, An Experimental Study of Performance Evaluation on an Automated Venetian Blind, Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, pp.619-622, (2008)
- [10] H. Y. Shin, H. T. Ahn, J. T. Kim, Luminance Performance of a Room with Light Guide and Blind Systems by Mockup Experiments, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, (2007), Vol.7, No.1, pp.65-72.  
UCI: G704-001946.2007.7.1.006
- [11] U. J. Sung, S. Cho, K. D. Song, An Analysis on the Thermal Performance of The Venetian Blind Integrated with Double-Window System at Night of Heating Period, Journal of The Korean Society of Living Environmental System, (2012), Vol.19, No.4, pp.472-478.  
UCI: G704-001577.2012.19.4.003
- [12] T. W. Seo, H. W. Lee, Y. S. Kim, A study on light-shelf system using context awareness technology for energy saving in housing space, Journal of the architectural institute of korea, (2012), Vol.28, No.11, pp.357-365.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.5659/JAIK\\_PD.2012.28.11.357](http://dx.doi.org/10.5659/JAIK_PD.2012.28.11.357).
- [13] S. H. Kim, H. W. Lee, J. H. Seo, Y. S. Kim, A Study on Light-Shelf System using Location-Awareness Technology for Energy Saving in Residential Space, Korean journal of air-conditioning and refrigeration engineering, (2014), Vol.26, No.6, pp.275-286.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.6110/KJACR.2014.26.6.275>.
- [14] H. G. Kim, H. I. Jang, C. Y. Park, S. H. Yoon, C. H. Choi, J. P. Hong, Comparison of Analysis Results between Quasi-steady-state Method Based on ISO 13790 and Dynamic Method Using Weather Data, Journal of KIAEBS, (2103), Vol.7, No.4, pp.274-280.  
UCI: G704-SER000000770.2013.7.4.011