

공공데이터 기반 건물 실내환경성능평가 시스템 개발

이종원 KICT 건축에너지연구소 수석연구원

들어가며

안전하고 쾌적한 주거공간을 만들기 위해, 현대 인류는 다양한 형태의 건축물과 주거형태를 만들어 냈다. 하지만, 어떤 형태의 건축물을 소유하건간에 거주자들은 대부분의 시간을 실내에서 보낸다. 때문에, 건물의 실내환경품질(Indoor Environmental Quality, IEQ)은 거주자의 만족도와 업무 생산성, 그리고 건강에 관여하는 중요한 요소이다. 거주자의 만족도 및 생산성과 관련이 깊은 IEQ 항목으로는 공간 배치, 온열 쾌적성, 공기질, 음향환경, 빛 환경 등이 있으며, 이는 건물의 용도나 사무실 유형, 작업 특성과 같은 다양한 요인에 따라 평가하는 내용이 달라질 수 있다. 이 때문에 다양한 대상과 요인에 관련된 상관관계를 분석하는 IEQ 연구가 필요하며, 이를 위해서는 보다 많은 수의 데이터를 확보하여 상관관계를 분석하고 데이터를 처리하는 것이 필요하다.

거주자와 건물 IEQ 간의 상관관계 분석을 위해서 대표적으로 수행되는 방법은 거주자가 직접 건물의 환경 및 성능에 대하여 평가하는 거주 후 평가(Post-Occupancy Evaluation, POE)이다. POE는 설문조사 등을 통해 건물 거주자에게 직접 다양한 IEQ 항목들과 거주자의 만족도 및 생산성 등을 평가하게 하는 것으로, 이전부터 체계적으로 사용되어 온 방법이다. 하지만 기존의 POE는 정성적인 설문조사를 직접 평가하는 과정에서 비용과 시간이 많이 들 뿐만 아니라, 응답 데이터들이 산발적이고 파편적이기 때문에 관리 및 축적하기가 어려웠다. 이 때문에 설문 시간을 단축하고 비용을 절약하며, 건물의 정보 및 거주자의 만족도 데이터를 효율적으로 축적하기 위해, 선진국에서는

웹 시스템을 기반으로 IEQ 관련 연구가 진행되고 있다. 예시로, 미국 UC Berkeley 대학의 Center for the Built Environment(CBE)는 1993년부터 거주자 쾌적성에 대한 연구를 시작하였고, 2000년대 들어서 인터넷을 활용한 온라인 설문조사를 개발하여 기존보다 저비용으로 빠르게 설문조사를 진행하고 있다. 영국에서 개발된 Building Use Study(BUS) 또한 온라인 설문조사 도구로서 1980년대부터 시작되어 전 세계적으로 사용되고 있는 건물 거주자 만족도 온라인 조사 시스템이다. BOSSA는 호주의 업무시설을 대상으로 하는 온라인 거주자 만족도 수집 및 평가 시스템으로, 2011년 호주연구재단(Australian Research Council)과 산업계 협업 기관들에게서 연구비를 지원받아 개발되었으며 현재는 시드니대학교와 시드니 공과대학교에서 운영하고 있다. 이외에도 유럽의 X-tendo 등 IEQ 평가 시간과 비용을 절약하기 위한 온라인 POE 웹 시스템들이 지속해서 개발되고 있다.

다양한 건물에 대하여 온라인으로 POE 평가를 수행하고 있는 IEQ 연구의 국제적 추세에도, 국내에서는 주로 주거용 건물과 업무용 건물을 중심으로 IEQ 연구가 조사되어 왔으며 건물에 대한 중장기적인 데이터 수집과 분석보다는 대부분 일회성 연구 경향을 보인다. 또한, 국내에서는 별도의 IEQ 연구를 위한 온라인 설문조사 플랫폼 부재로 아직도 직접적인 설문조사를 통한 연구만 수행되어 왔다. 때문에, 건축환경 분야 연구진은 세계적인 추세에 맞는 빅데이터의 관리·축적과 체계적인 IEQ 데이터 분석을 위해, KBOSS(Korean Building Occupant Survey System)를 개발하고 있다. 이 글에서는 KBOSS 시스템과 고도화된 최근 현황을 소개하고, 이를 통해 웹 기반 거주자 만족도

설문조사를 저비용-신속-광역-동시다발적으로 접근 가능한 데이터 기반 광역 IEQ 진단방법 체계를 제안하고자 한다.

KBOSS(Korean Building Occupant Survey System) 소개

KBOSS는 워드프레스 기반으로 개발된 온라인 플랫폼으로 건축물대장, GIS 건물통합정보 등 공공데이터를 수집·분석하며, 오픈 API로 건물정보를 조회하여 건물의 폴리곤 데이터를 지도상에 표기할 수 있다. 때문에 데이터 수집 비용 부담을 줄이고 설문조사의 접근성과 개방성을 향상시켰으며 누구나 손쉽게 접근할 수 있다. 또한, 설문조사를 통해 수집된 정보는 건물의 형상 및 공간 정보와 연계하여 3D로 가시화되어 어느 공간(x, y, z)에서 문제가 있는지를 파악할 수 있다. 3차원 가시화는 위도, 경도(x, y)와 층수(z) 정보를 수집한 뒤, 설문결과(s)를 맵핑(x,y,z,s)하고 적절한 색상으로 표현하는 방식이다. 이는 기존의 온라인 설문조사 시스템들과 차별화된 방식이며, 이를 통해 응답자의 설문조사 결과를 시각화하여 확인·정리할 수 있을 뿐만 아니라, 정량적인 측정값 또한 시스템에 데이터로 기입하여 정량적-정성적 분석이 동시에 가능하다. 따라서 KBOSS를 통해 기존 IEQ

거주자 만족도 및 생산성 평가 시간과 비용을 현저히 절감시키고, 온라인 설문조사 DB화 구축에 기여하여 효율적이고 합리적인 IEQ 평가 방법론을 연구하는 자료로서 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

공간정보 기반 건물 실내 평면 데이터 인터페이스 기능

KBOSS 시스템은 GIS 건물통합정보를 통해 건물의 폴리곤 데이터를 제공할 뿐만 아니라, 작업에 필요한 zoning 및 평면 데이터를 가공할 수 있는 인터페이스 기능 또한 제공한다. 자체적으로 연산되는 건물 내부 zoning 넘버링 알고리즘은 Timestamp에 기반을 두어 중복되지 않은 아이디를 생성하고, 이를 사용자가 임의로 지정·배치할 수 있다. 생성된 건물 내부 zone은 사용자가 직접 임의의 이름과 색상을 설정하여 배치할 수 있으며, 배치된 각 zone은 객체별로 저장 및 시각화가 가능하다. 또한 zoning을 통해 나뉜 존마다 자동면적이 산정되는 모듈 또한 설정되어 있어, 각 존의 구체적인 배치 및 분할이 가능하다. 이를 통해 건물마다 여러 개의 조사를 하더라도 관리가 가능하며, 다른 시기에 설문조사를 실시하여도 각기 데이터를 저장·관리할 수 있다. 건물



외부의 경우에는 벽체의 텍스처 맵핑 저작도구 기능을 통해 건물 외곽 벽면을 생성하는 것이 가능하다. 생성된 벽면 틀에는 건물의 외벽 측 이미지나 온도데이터를 삽입할 수 있으며, 이를 통해 생성된 3D 건물의 외벽을 heat-map으로 표현하는 것이 가능하다. 이를 통해 건물 내부 지점에 문제가 발생하였을 때의 원인을 수직·수평적인 데이터를 통해 시각적으로 확인하는 것이 가능하며, 기입된 정량적인 정보를 토대로 설문조사 결과와 복합적인 상관관계 분석이 가능할 것으로 사료된다.

실내환경 데이터 시각화 인터페이스

정량적 및 정성적으로 수집, 분석된 데이터를 평가할 수 있는 실내환경 정보 통합지표 또한 개발하였다. 설문조사에서 측정된 결과는 7가지 집단(성별, 나이, 직종, 층, 방향, 실내 위치에 따른 분류(주변부/중심부), 사무실 폐쇄 여부(실유형))은 평가항목에 대한 균형을 한눈에 파악하여 비교하기 쉬운 7점 척도의 방사형 그래프로 시각화되었다. 또한 건물의 평가 데이터가 축적된 후에 광역적으로 건물 집단 간의 비교분석을 할 수 있는 벤치마크를 통해 구분한다.

벤치마크는 먼저 일련의 기준에 따라 건물을 평가하고, 이후 주어진 표준(예: 정격 건물의 기준 집합, 설정 기준값 또는 표준, 국가 평균 등)과 비교하여 성능을 평가하며 마지막으로, 해당 건물의 가치를 판단하는 방법론이다. 벤치마크를 통해 연구자들은 일련의 기준에 따라 건물을 평가하고 성능을 평가하여 판단 결과를 제공할 수 있다. 또한 벤치마크는 건물을 다른 건물과 비교하고, 건물 운영의 장단점을 진단하기 때문에 건물 소유자와 운영자가 향후 건물 조정에 대하여 정보에 입각한 결정을 내리는 데 유용하다. KBOSS 시스템에는 약 1,000개 이상의 건물을 조사하여 건물 평균점수를 측정하고, 이를 벤치마크화 한 CBE의 데이터를 차용하고 있으며, 이를 토대로 데이터를 축적하여, 한국형 벤치마크를 개발하고자 지속적으로 건물의 IEQ 평가 방법을 발전시키고 있다. 개발된 벤치마크는 건물의 공간배치, 온열쾌적성, 공기질, 빛 환경 및 음향환경 등의 항목들을 측정 건물과 이웃 건물로 구분하여, 조사된 건물의 취약점을 분석하고, 개선되어야 하는 항목에 대한 견해를 시각적으로도 제공하는 것이 가능하다.

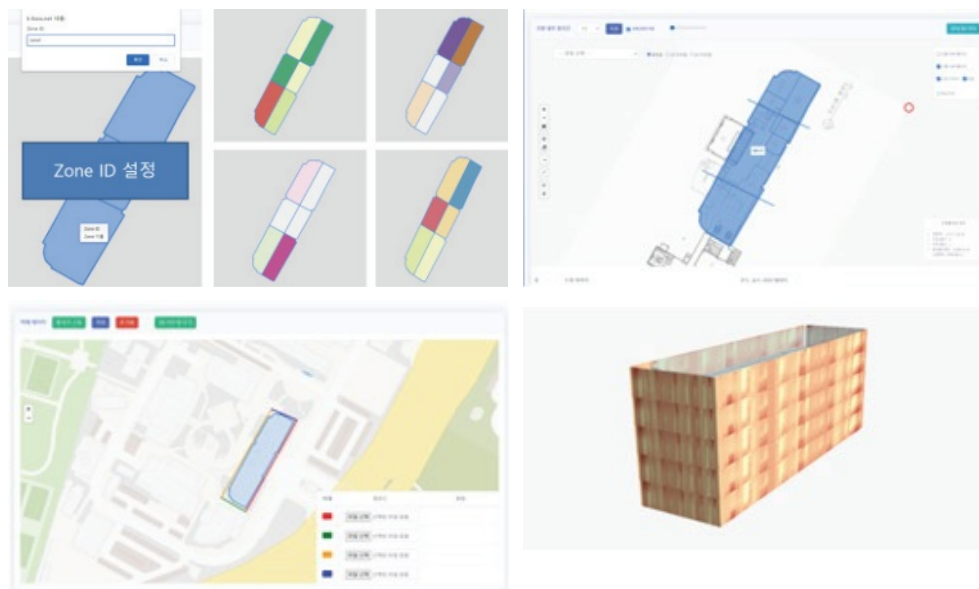


그림 2 공간 정보 기반 건물 내부 조닝 및 외부 벽체 시각화

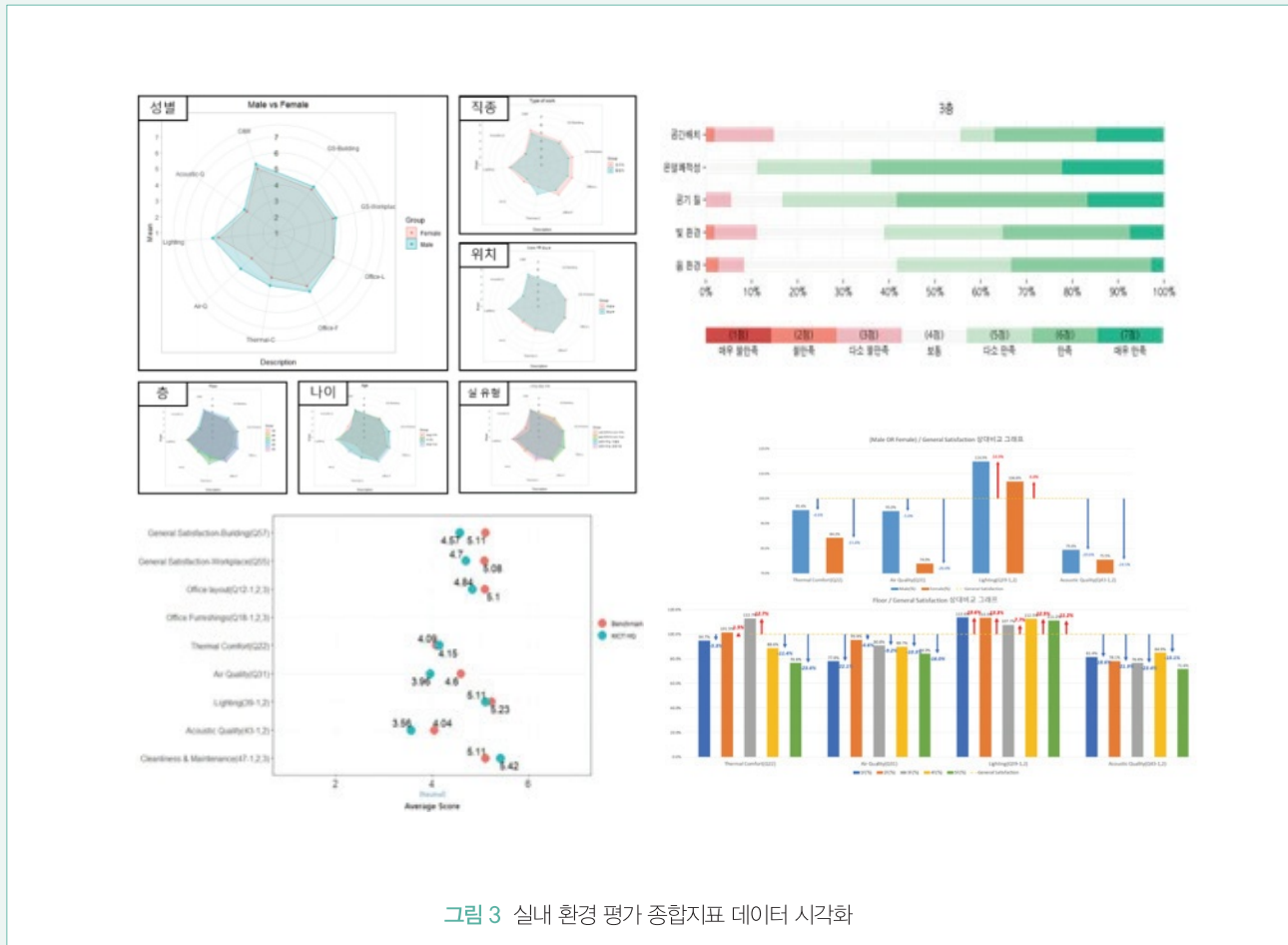


그림 3 실내 환경 평가 종합지표 데이터 시각화

맺음말

온라인 설문조사 기반 POE를 통한 IEQ 개선 연구는 세계적인 추세이며, 건축물의 실내 환경성능에 대한 개선 요구와 거주자 만족도 및 생산성 개선을 위해 필요한 연구이다. 기존 국내에서는 대부분 현장 조사 및 개별 면담을 기반으로 진행되었기에 고비용이고, 시간이 많이 필요하였으며, 데이터 축적 및 관리가 어려운 비구조적 한계가 존재하였다. 따라서 선행 POE 연구를 참조하여 한국형 POE 도구인 KBOSS를 디자인하였고, 이를 고도화하여 공간 기반의 설문조사 및 다양한 시각화 기능들을 사용자에게 제공하는 저비용-고효율의 POE 방법을 개발하였다. 본 연구의 결과물을 통해 기존 IEQ 조사 및 평가의 시간과 비용을 현격히 절감하고, 동시다발적이며, 지속적인 건물성능평가가 가능할 것으로 기대된다.

또한, KBOSS를 이용한 IEQ 연구 고도화는 건물 및 시설 관리자, 건물의 성능을 평가해야 하는 컨설턴트 등에게 건물의

실내 성능에 대한 검진 업무의 효율을 높여줄 것으로 기대한다. 건물의 관리 및 점검을 위해 전체 건물과 그 내부에 대한 사진을 찍고, 종이로 체크하면서 진행해왔던 기존의 비효율적인 검사체계에 본 시스템을 도입함으로써 실시간으로 광역적인 진단을 할 수 있는 혁신적인 디지털 건축물 관리의 길을 제시할 수 있을 것이라 사료된다. □

- Graham, L.T.; Parkinson, T.; Schiavon, S. Lessons learned from 20 years of CBE's occupant surveys. *Build. Cities* 2021, 2, 166–184.
- Lee, J. W., Kim, D. W., Lee, S. E., & Jeong, J. W. Development of a building occupant survey system with 3d spatial information. *Sustainability*, 2020, 11, 12(23), 9943.
- Lee, J. W., Kim, D. W., Lee, S. E., & Jeong, J. W. Indoor Environmental Quality Survey in Research Institute: A Floor-by-Floor Analysis. *Sustainability*, 2021, 12, 13(24), 14067.