

2022년 4차 환경/에너지위원회 세미나 후기 스마트빌딩과 스마트시티 구현을 위한 최신 연구



모윤정 환경/에너지위원회 위원 / Iowa State University 조교수, ymo@iastate.edu
장수원 환경/에너지위원회 위원 / Purdue University 조교수, chang776@purdue.edu
이지희 환경/에너지위원회 부위원장 / University of Nevada Las Vegas 조교수, jeehee.lee@unlv.edu
구충완 환경/에너지위원회 위원장 / 인천대학교 도시건축학부 부교수, cwkoo@inu.ac.kr

1. 세미나 개최 배경과 주요 개요

본 세미나는 지난 11월 11일(금), ‘스마트빌딩과 스마트시티 구현을 위한 최신 연구’를 주제로 하여 진행되었다. 이번 세미나는 한국건설관리학회 환경/에너지위원회 주관으로 개최되었으며, 국내·외 연구자 교류를 위하여 온라인세미나(ZOOM) 방식으로 진행되었다.

최근 건설산업에서 환경과 에너지 이슈는 매우 중요해지고 있고, 건설관리 분야에서도 다루어야 할 필요성이 있다. 이러한 배경에서, 한국건설관리학회에서는 환경/에너지, 보건/안전 관련 이슈를 논의하고, 기후변화와 디지털 전환에 대응할 수 있는 인간 중심의 건설관리를 지향하기 위하여,

환경/에너지위원회를 신설하였다. 환경/에너지위원회에서는 국내·외 연구/교육분야, 공공/민간분야 등 전문가 네트워크를 구축하고, 정기세미나를 통해 현안을 공유하고 미래에 대응하고자 한다. 특히, 2022년 4차 세미나를 통해, 스마트빌딩과 스마트시티 구현을 위한 최신 연구 현황을 살펴보고, 건설산업에서의 스마트건축기술 활용 전략을 모색하였다. 이번 세미나의 주요 발표주제 및 발표자는 다음과 같다.

[발표주제 및 발표자]

◎ Humans in Built Environment - Energy and Occupant Behavior (모윤정 Iowa State University 교수)

◎ Transition of Energy Infrastructure Systems with PV and EV (장수원 Purdue University 교수)

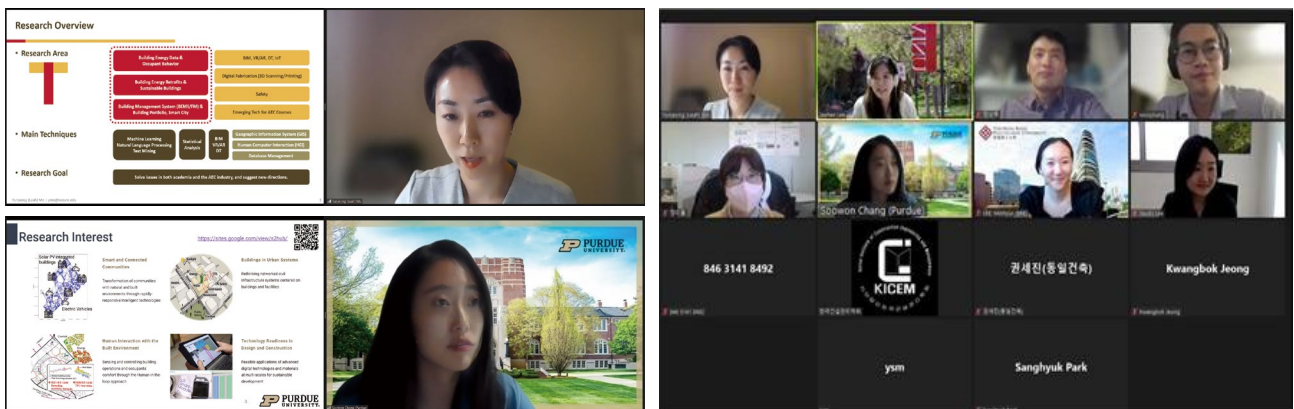


그림 1. 온라인 발표 및 패널토론 모습



2. 발표 및 주요 토론 내용

2.1 Humans in Built Environment - Energy and Occupant Behavior

1) 발표내용 요약

에너지를 사용하는 여러 분야 중, 건물 분야는 가장 많은 에너지를 사용하며, 특히 주거 건물은 미국에서 약 39퍼센트 정도의 전기 에너지를 사용하고 있다. 이는 다양한 전기 사용 분야 중, 가장 높은 에너지 사용량을 차지한다. 이 연구의 주요 목적은 건물의 에너지 사용량과 거주자의 행동 간의 관계를 건물에 사용되는 기술과 함께 심도 있게 분석하여, 에너지 사용 데이터를 이용한 머신러닝 방법을 통해 에너지 사용과 관련된 거주자의 행동을 예측하는 모델을 제시하는 것이다. 연구의 첫 단계에서는 Habit(습관성)과 관련된 심리학 이론에 근거하여 에너지 사용 관련 행동 모델을 수립하고, 데이터 분석에 이용될 주요 요소(Frequency, Context with Time, Place, Situation)를 파악하였다(그림 2-A). 본



그림 2. (A) Occupant Behavior Prediction Model, (B) Clustering Watching TV Pattern in the US, (C) Clustering Daily Energy Usage Pattern using ATUS Data

연구에서 제시된 모델은 센서를 통해 실제 주거 건물에서 측정된 전기 사용량과 패턴 데이터, 그리고 American Time Use Survey (ATUS)를 통해, 그 효과와 유효성이 검증되었다(그림 2-B, 그림 2-C). 해당 모델과 데이터 분석을 통해, 에너지 사용과 관련하여 습관성이 강한 행동과 습관성이 약한 행동이 구분되었으며, 이러한 결과는 에너지 절감을 위한 교육 및 기술 이용 전략에 사용될 수 있다.

2) 패널토론 요약

건물의 에너지 사용량과 거주자의 행동 간의 관계를 규명하

기 위해 제시된 모델, 연구에서 사용된 데이터 및 분석 결과와 관련하여, 다음과 같은 다양한 이슈가 논의되었다.

- ◎ 습관적 행동과 관련된 에너지 사용 절감을 위한 기술적 방법 논의
- ◎ 제시된 모델의 다양한 적용(예: 건설 현장 안전과 관련된 현장 노동자의 행동 분석)
- ◎ ATUS 데이터를 시간별 에너지 사용 분석에 이용하는 방안

2.2 Transition of Energy Infrastructure Systems with PV and EV

1) 발표내용 요약

기후 위기 심각성에 대한 인식이 고조되면서, 세계적으로 온실가스 감축 및 탄소중립 선언 등으로 빠른 속도로 기후 위기 대응 체제에 돌입하고 있다. 우리나라 또한 2050 탄소중립 선언, 탄소중립을 위한 시나리오 및 부문별 로드맵을 수립하고 있다. 국토교통 부문인 건물과 수송 부문은 2018년 기준 우리나라 탄소 총배출량의 21% 수준이며, 건물의 경우 탄소 직접 배출량을 2018년 대비 2050년까지 88.1% 감축하는 것을 목표로 하고 있다. 특히, 이 부문은 국민의 삶과 밀접한 분야로서, 실내 환경을 보장할 수 있도록 지속가능한 에너지지원을 확보하면서 효율화하는 방안이 요구된다. 따라서, 생활공간과 이동에 대한 국민의 삶을 지원하면서 탄소배출을 저감할 수 있도록, 건물에서는 재생에너지의 적용, 그리고 교통에서는 전기자동차의 도입에 관한 지원제도가 시행되고 있다. 그러나, 건축 환경의 에너지 공급이 분산화되고 복잡해짐에 따라 태양광패널(PV)과 전기차(EV)를 활용한 에너지 인프라의 변환에 몇 가지 도전과제가 있다.

첫째, 에너지 분산은 소규모 지역에서 전력을 자급자족할 수 있는 스마트그리드 시스템의 도입을 요구하고 있으나, 주변의 어떤 건물과 언제 에너지 공유 및 거래를 시행할 수 있을지 시간대별 전력 네트워크를 파악하기 어렵다. 따라서, 시간대별 건물 외피에 통합된 태양광패널의 전력 생산 예측량, 건물의 전력 사용량, 그리고 재실자의 건물 간 이동을 위해 전기차에서 요구하는 전력량을 통합적으로 고려하여, K-Nearest Neighbor (KNN) 알고리즘을 통해 시간대별 전력 공유 네트워크를 분석할 수 있다. 해당 네트워크는 Network Modularity(네트워크의 모듈성) 분석을 통해 군집화되어 마이크로그리드 경계를 설정하는 데 도움을 줄 수 있다.

둘째, 태양광패널과 전기차의 적용은 도시 형태(Urban Form)와 도시 내에서도 건물의 용지별(Land Use)로 에너지, 탄소배

출 저감 및 경제성 효과가 다를 것이다. 따라서, 국내의 서울, 인천, 대전, 세종, 그리고 제주도에 대한 태양광-전기차 도입의 6가지 시나리오(2019 vs. 2030; PV only vs. PV+EV in 2030; 그리고 발전차액지원제도(Feed in tariff) 도입 여부)에 대한 기술·경제성 분석이 시행되었다. 또한, 서울의 경우 건물 용지별 기술·경제성 분석이 시행되었다. 이러한 분석방법론과 분석결과는 태양광-전기차 도입 시기의 적절성을 판단하기 위한 근거를 제시할 뿐 아니라, 도시별·건물용지별 에너지 기반시설 투자의 우선순위를 설정하는 의사 결정에 도움을 줄 수 있다.

마지막으로, 전기차의 도입이 증가하고 있으나, 이를 지원하기 위한 전기차 충전소(특히, 고속 충전소)가 부족한 실정이다. 따라서, 본 발표에서는 공간정보 분석을 통해 전기차 충전소의 최적 위치 및 용량을 결정하는 연구를 소개하였다. 지리 공간 정보 분석으로 태양광 패널의 전력 생산을 예측하고 교통량 분석을 통해 전기차 요구 전력량을 분석하였고, 두 지리정보의 상관관계 분석을 통해 전기차 충전소 위치와 용량 및 설치 시 충전 시간 및 충전 비용, 그리고 탄소 및 온실가스 배출 저감효과를 분석하였다.

2) 패널토론 요약

에너지 기반시설 투자를 위해 에너지 공유 경계 의사 결정, 다양한 지리 조건에서의 태양광 및 전기차 도입의 효과성 분석, 전기차 충전소 설치에 관한 이슈가 다음과 같이 논의되었다.

- ◎ 마이크로 그리드 구축을 위한 에너지 공유 경계에 대한 의사 결정 방법
- ◎ 기술·경제성 분석(Techno-economic analysis)을 통한 건물의 태양광(PV) 설치와 교통수단의 전기차(EV) 적용의 성능 분석 방법
- ◎ 태양광 접근성과 교통량을 고려한 전기차 충전소의 최적 위치 선정 방법론 개발

3. 맺음말

본 세미나에서는 건물 에너지 및 스마트 에너지 네트워크 구축을 위한 해외 연구 현황을 살펴보고 국내 건설산업에서의 대응 방안에 대해 모색할 수 있었다. 첫 번째 주제발표는 인간 활동 중심으로 살펴본 건물 에너지 사용량 분석에 대한 연구로, ATUS 데이터를 사용하여 건물 에너지 소비패턴을 예측하는 방법이 소개되었다. 이를 토대로 인간의 어떤

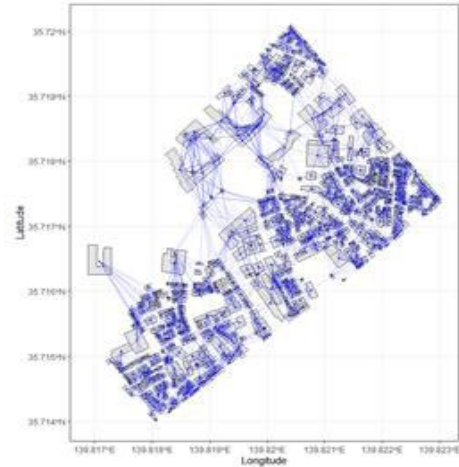


그림 3. 에너지 공유 네트워크 분석

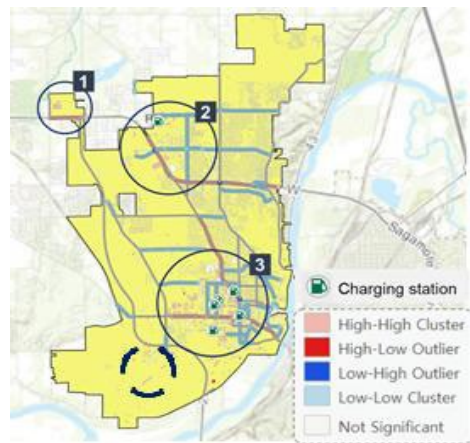


그림 4. 전기차 충전소 위치 선정

활동(습관성이 강한 행동 또는 약한 행동)이 건물 에너지 소비 감소를 위한 전략적 개입 가능성이 높은 활동인지에 대한 다양한 시각에서의 토론이 이루어졌다. 두 번째 주제발표에서는 건물 에너지와 교통량 수요간 상호 네트워크 분석을 통해 공간적·시간적으로 변동 가능한 스마트 에너지 네트워크를 구축하는 연구와 GIS 기반의 공간 데이터 클러스터링 방법을 사용하여 전기자동차(EV) 충전소 위치를 최적화하는 최신 연구가 소개되었다. 이를 통해, 태양광발전(PV)과 같은 신재생 에너지 기술이 접목된 건물의 에너지 공급과 교통량 수요간의 상호 네트워크 분석을 통해 지역 커뮤니티, 도시 레벨에서의 에너지 사용의 효율을 도모할 수 있는 방안에 대한 활발한 토론이 이루어졌다. 이번 세미나를 기점으로 국내·외 연구/교육분야, 공공/민간분야 등 전문가 네트워크가 활성화되고, 이를 토대로 건설산업에서의 스마트빌딩, 스마트시티 구현을 위한 다양한 데이터 분석적 연구 및 요소기술 개발 연구가 이어지기를 기대해본다.