

환기청정기 및 재실자 실내부하를 고려한 실내온도 예측모델 개발

배강우* · 최영재* · 김태원* · 변재윤* · 문진우*

*중앙대학교 건축학과

Development of indoor temperature prediction model considering internal load of ventilation systems with air filtration units and occupants

Kang Woo Bae*, Young Jae Choi*, Tae Won Kim*, Jae Yoon Byun*, Jin Woo Moon*

*School of Architecture and Building Science, Chung-Ang University, Seoul, Korea

Abstract : Recently, the introduction of ventilation system with air filtration is increasing to improve indoor environment quality. However, research on the optimal control considering the comprehensive HVAC system is insufficient. Therefore, in this study, an indoor temperature prediction model was developed considering ventilation system with air filtration, air conditioner, and occupants. A living lab was established for data acquisition and performance evaluation of developed model. The prediction model was developed using artificial neural network (ANN) and performance evaluation was conducted with test data. As a result, MAE and CVRMSE were calculated as 0.37°C and 2.33%, respectively representing high stability and prediction accuracy. As a future research, improvement of model performance through additional data training and application to optimal control algorithms will be conducted.

Key words : Building energy, Occupant, Indoor temperature, Ventilation system, Prediction model, Artificial Neural Network

1. 서 론

1.1. 연구배경 및 목적

국내 전체 건축물 에너지사용량은 34,344(천TOE)이며, 그중 냉난방 에너지 사용률은 46.6%로 조사되었다. 이에 건물 에너지 절감을 위해서는 냉난방 에너지의 효율적 운영이 필수적이다. 따라서, 본 연구에서는 최적 냉난방 제어를 위한 실내온도 예측 모델을 개발하였다. 기존 예측모델과는 달리 외기 도입형 공기 청정 시스템(이하 '환기 청정기'라고 한다)의 외기 유입과 재실자에 의한 부하가 고려되었다. 인공지능망을 통해 개발하였고 성능평가 결과 우수한 예측 정확도를 나타내 실제 적용 가능성을 확인하였다.

2. 연구방법

2.1. 리빙랩 구축 및 개요

데이터 취득 대상인 리빙랩은 서울 동작구 C대학에 위치하며 바닥면적 67.08 m², 재실 인원은 10명 규모이다. 재실 스케줄은 일반적인 소규모 업무시설 스케줄과 동일하다. 천장형 냉난방기, 환기 청정기, 실내외 환경 측정을 위한 IoT 센서 및 재실자 감지를 위한 영상 센서가 설치되어 있다. 데이터는 실시간으로 로컬 서버 기반 DB에 15초 간격으로 저장되며 실내온도 예측 모델 개발에 필요한 환경 데이터 세부 내용은 Table 1과 같다.

Table 1. Living lab summary

구 분		내 용
건물 정보	위치	서울 동작구 C대학교
	바닥면적	67.08 m ²
	재실 인원 및 스케줄	10명, 오전 10시 ~ 오후 6시 (일부 변동)
취득 데이터	리빙랩 실내외 환경	건구온도 [°C], 상대습도 [%], 토출온도 [°C], 토출풍량 [CMH], 환기온도 [°C], 가동 모드, 이미지 기반 재실자 감지 [명]

2.2. 실내온도 예측 모델 개발

리빙랩을 통해 취득된 764개의 학습 데이터는 실내의 온도, 실내외 습도, 환기 청정기 풍량 및 가동 상태, HVAC 설정온도와 토출구 온도 및 풍량, 재실자 수로 총 10가지이며 출력데이터는 5분 후의 실내온도이다. 예측모델 학습을 위해 데이터 전처리를 실시하였다. 데이터 정규화는 min-max scaler를 사용하였고 학습 및 성능평가를 위해 train (60%), validation (20%), test (20%)로 분류하였다.

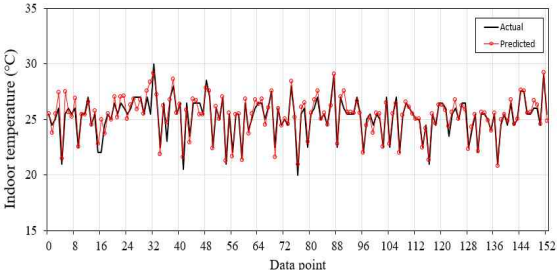
학습모델은 입출력 데이터의 비선형적 관계 학습에 유리한 인공신경망을 사용하였다. 인공신경망의 구조는 은닉층 수 1개, 뉴런은 50개이며 손실함수는 mean squared error (MSE)를 적용하였다. 최적화 함수는 adam optimizer, 활성화 함수는 ReLu를 사용하였고 epoch는 100회, batch size는 10회로 설정하였다. 또한, 과적합(overfitting)방지를 위해 5회 이내 성능개선이 되지 않을 경우 학습을 조기 종료하는 early stopping을 적용하였다.

3. 성능평가

3.1. 실내온도 예측 모델 성능평가

실내온도 예측 모델의 성능은 mean absolute error (MAE)와 coefficient of variation of root mean squared error (CVRMSE)로 평가하였다. 해당 지표들은 0에 가까울수록 예측 성능이 우수한 것을 의미한다. 예측값 및 실측값의 비교와 평가지표 결과는 Table 2와 같다. 성능평가 결과 MAE는 0.37℃, CVRMSE는 2.33%로 우수한 예측 정확도를 나타냈다. 데이터 포인트 0~16구간의 오차는 천장형 HVAC 시스템의 무풍 모드가 가동되어 발생한 것으로 분석된다. 해당 결과에 기반하여 추가적인 데이터 학습 진행 시 최적제어에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Table 2. Prediction accuracy evaluation

실측값과 예측값	평가지표	
	MAE	CVRMSE
	0.37℃	2.33%

4. 결 론

최근 건물 냉난방 에너지 절감을 위해 인공지능 기반의 실내온도 예측 제어 연구가 다방면으로 진행되고 있다. 그러나 실내 공기질 개선을 위하여 업무시설에서 많이 설치되는 환기 청정기와 재실자에 대한 고려는 미흡한 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 해당 조건을 반영한 리빙랩을 구축하고, 종합적인 데이터 취득을 통해 인공신경망 기반 실내온도 예측모델을 개발하였다. 성능평가 결과 MAE와 CVRMSE는 각각 0.37℃, 2.33%로 산출되어 높은 안정성 및 예측 정확도를 나타냈다. 본 연구의 한계는 적은 데이터 수로, 추후 추가 데이터 학습을 통하여 모델 성능을 개선과 동시에 최적제어 알고리즘에 적용하는 연구가 진행될 예정이다.

사사표기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 20212020800120)

인용문헌

- [1] International Energy Agency, 2018, Global Status Report, pp 1-3.
- [2] 강인성, 양영권, 이효은, 박진철, 문진우 2017, 건물 냉방시스템의 예측제어를 위한 인공신경망 모델 개발, KIEAE Journal, Vol.17, pp 69-76
- [3] 김영섭, 박철수, 2021, 실내온도 예측 모델 기반의 HVAC 시스템 실시간 최적 냉방 제어, 대한건축학회 추계학술발표대회는 문집, 제41권 제2호, pp 381-382