

CNN U-net 아키텍처를 활용한 상부 토출형 실외기의 배치에 따른 온도 예측 알고리즘

박준영^{*,1}, 정진안^{*,2}, 구도현^{*}, 김수현^{*}, 안혜민^{**}, 박재훈^{***}, 최명환^{***}, 임진성^{***}, 김재정^{*}, 소홍윤^{*,**,†}
^{*한양대학교 융합기계공학과, **한양대학교 반도체공학과, ***LG전자 ES 엔지니어링 R&D 팀}

¹wie0118@hanyang.ac.kr ²wlsdks1648@naver.com [†]hys0@hanyang.ac.kr

A CNN U-Net Architecture Based Temperature Distribution Prediction for Outdoor Units Under Varying Placement Configuration

Junyoung Park^{*,1}, Jinan Jung^{*,2}, Doheon Koo^{*}, Sooheon Kim^{*}, Hyemin An^{**},
Jaihoon Park^{***}, Myunghwan Choi^{***}, Jinsung Lim^{***}, Jay. J. Kim^{*}, Hongyun So^{*,**,†}
^{*Department of Mechanical Convergence Engineering, Hanyang University}
^{**Department of Semiconductor Engineering, Hanyang University}
^{***ES Engineering R&D Team, LG Electronics}

요약

본 연구는 CNN U-Net 아키텍처를 활용하여 상부토출형 실외기의 배치에 따른 열교환기 온도를 예측하는 딥러닝 모델을 제작하였다. 학습 데이터는 CFD 시뮬레이션을 통해 생성하였으며 각 열교환기의 온도와 실외기 배치에 대한 공간 정보를 모두 담고 있는 열-공간 맵핑 이미지를 학습 및 예측하도록 모델을 구성하였다. 본 연구에서 제안하는 방법은 기존의 열해석을 위한 별도의 준비 과정이 필요 없으며, 결과 예측을 수백 밀리초 이내로 수행이 가능하여 다양한 배치에 따른 결과를 실시간으로 모니터링할 수 있다.

I. 서론

최근, 생성형 인공지능의 발전에 따라 클라우드 컴퓨팅에 대한 수요가 증가하면서, 이를 대응하기 위한 데이터 센터의 중요도가 증가하고 있다[1]. 데이터 센터의 에너지 효율적인 운용을 위해서는 서버의 발열 관리가 필수적이며 주로 이를 Heating, Ventilation, Air conditioning (HVAC) 시스템을 이용하여 공기를 통해서 서버를 냉각함으로써 대처한다. 대형 HVAC 시스템이 적용되는 경우 주로 상부 토출형 실외기가 건물의 옥상 등 한정된 공간에 배치된다. 따라서 건물 설계 단계에서 최대의 냉각 효율을 발휘할 수 있는 최적의 실외기 배치 설계가 필수적이다. 기존의 공조 설계에서는 전통적인 전산 유체역학 (Computational fluid dynamics; CFD) 시뮬레이션을 통해 실외기의 온도 분포 등을 사용하여 온도의 분포를 파악하지만 이는 해석하고자 하는 범위가 넓어질수록 기하급수적으로 계산 비용이 높아지는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해, 본 연구에서는 합성곱 신경망 (Convolutional neural network; CNN) U-Net 아키텍처[2]를 활용해 실외기의 열교환기 온도를 예측하는 알고리즘을 구현하여 배치에 따라 온도 분포에 대한 결과를 즉각적으로 확인할 수 있는 시스템을 구축하였다.

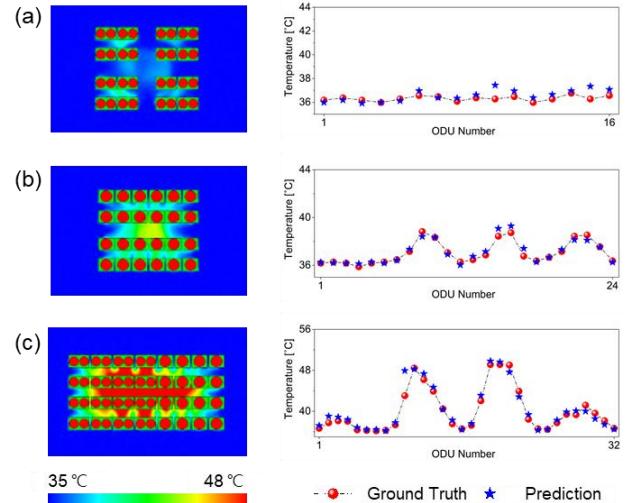


Figure 1. 다양한 실외기 배치에 따른 온도 예측 결과

II. 본론

학습 데이터는 CFD 기반 시뮬레이션을 통해 실외기의 배치에 따른 각 실외기 열교환기 온도의 평균값을 얻었다. 데이터는 실외기의 배치 간격 및 실외기의 종류 (Single-fan, Dual-fan)에 따라 4,200 개의 데이터 셋을 확보하였다. 생성한 데이터를 바탕으로 실외기의 배치에 대한 공간 정보와 열교환기 온도에 대한 수치 정보를 담고 있는 열-공간 맵핑 이미지를 생성하였다. 학습 모델은 이미지 특성 추출 및 생성에 특화된 CNN U-Net

아키텍처를 활용하였으며, 손실 함수에 따른 오차 비교를 통해 학습 파라미터 최적화를 하였다.

모델의 예측 결과와 CFD 시뮬레이션을 통해 얻은 참값을 비교한 결과 Fig. 1 과 같이 다양한 배치 및 조건에 따라서 최대 오차 10% 이내의 결과를 수백 밀리초 이내로 얻을 수 있었다.

III. 결론

본 연구에서는 실외기의 배치에 따른 열교환기의 온도를 즉각적으로 예측하기 위해 CFD 시뮬레이션 데이터 기반 CNN U-Net 모델을 구축하였다. 모델은 다양한 대수 및 배치에 대해 높은 정확도로 예측 수행이 가능하였으며, 수백 밀리초 이내로 계산이 가능하였다. 본 연구에서 개발한 모델은 이러한 이점을 이용하여 건축 설계 프로그램에 탑재되어 스마트 건축 설계로서 적용을 기대할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행된 연구과제이며 (No. 20202000000010 and NRF- RS-2024-00359316) LG 전자 ES 사업본부와의 산학 협력을 통해 진행된 연구임.

참 고 문 헌

- [1] Ahimin Du., et al. "Deep learning GAN-based data generation and fault diagnosis in the data center HVAC system," *Energy and Buildings*, 289, 113072, June. 2023.
- [2] Mughair Aslam Bhatti., et al. "Utilizing convolutional neural network (CNN) and U-Net architecture for precise crop and weed segmentation in agricultural imagery: A deep learning approach," *Big Data Research*, 36, 100465, May. 2000.