

데이터센터 공조시스템 냉매 유량 산출을 위한 인공신경망 모델 개발

최영재* 박보랑* 최은지* 문진우*

*중앙대학교 건축학과

Development of an ANN Model for Refrigerant Flow Control of the Data Center HVAC System

Choi, Young Jae* Park, Bo Rang* Choi, Eun Ji* Moon, Jin Woo*

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

Abstract

Recently, as demand for data-based industries and cloud type server increases, densification of data center is progressing. In this paper an ANN (Artificial Neural Network) model was developed which predicts the refrigerant flow rate to maintain optimal interior environment of the data center. 41,000 of data sets were composed by performing simulation of virtual data center containment. The ANN model was evaluated by comparing test refrigerant flow rate and predicted refrigerant flow rate to minimize CV(RMSE). As a result, the optimized model represented 0.47% of CV(RMSE) which satisfies ASHRAE criteria of 30%. The ANN model showed a high probability for the refrigerant flow rate prediction.

주요어 : 데이터센터, 인공신경망, 냉매 유량 제어

Keywords : Data Center, Artificial Neural Network, Refrigerant Flow Control

1. 서론

최근 데이터 기반 산업 및 클라우드형 서버에 대한 수요가 증가함에 따라 데이터센터의 고밀화가 진행되고 있다. IT 장비의 발열로 인한 기기 오작동을 방지하기 위하여 데이터센터는 24시간 냉방이 이루어져야 하며 냉방에 너지에 사용되는 전력은 데이터센터 총 운영 에너지의 약 33%를 차지한다. 방송통신위원회에서는 2012년부터 그린 데이터센터 구축지침을 배포하였으나 주로 기기 배치 효율적 설비 도입의 권고 등에 대한 내용을 다루고 있어 실내환경의 제어 및 관리 방안에 대한 내용은 부족한 실정이다 따라서 본 연구에서는 데이터센터 최적 환경유지를 위한 냉매 유량 산출 인공신경망 모델 개발을 개발하였다.

2. 데이터센터 시뮬레이션 및 학습 데이터 구축

인공신경망 모델의 학습 데이터 구성을 위하여 데이터센터 실내 환경 시뮬레이션을 진행하였다. 해당 모델은 전산유체역학 프로그램인 ANSYS의 Fluent로 구성하였다. 단일 컨테이너형식으로 구성하였으며 내부 2개의 Rack과 1개의 CRAC (Computer Room Air Conditioning)이 1개의 Row를 이루어 Rack의 후면부인 열복도(Hot Aisle)를 공유하도록 배치하였다 설정온도는 ASHRAE TC9.9의 A1 Class의 권고 온도 18℃~ 27℃를 기준으로 하였으며 40가지의 풍량 변화를 통해 회수온도 회수풍량을 산출하였다. 냉매 유량은 식(1)을 통해 냉매 R134a가 20℃의 고정된 온도에서 상변화를 일으킨다는 가정 하에 계산되었다. 위 과정을 통해 설정온도, 공급온도, 회수온도, 회수풍량, 냉매 유량으로 구성된 41,000개의 학습 데이터 세트를 구축하였다.

Corresponding Author

성명 : 문진우, 중앙대학교 부교수, 공학박사

전화 : +82-821-5249

E-mail : gilerbert73@cau.ac.kr

$$Q = m_{air} \cdot c(T_{RA} - T_{SET}) = m_{ref}(h_{vapor} - h_{liquid}) \tag{1}$$

여기서, Q : 열량(kcal/hr), m_{air} : 회수풍량(kg/hr), c : 공기 비열(kcal/kg·°C), T_{RA} : 회수온도(°C), T_{SET} : 설정온도(°C), m_{ref} : 냉매 유량(kg/hr), h_{vapor} : 냉매 기체 엔탈피(kcal/kg), h_{liquid} : 냉매 액체 엔탈피(kcal/kg)

3. 인공신경망 모델 개발 및 최적화

냉매 유량 예측 모델은 설정온도, 공급온도, 회수온도, 회수풍량을 입력 받아 냉매 유량을 출력한다 학습 데이터와 시험 데이터의 비율은 9:1로 설정하였으며 Tensorflow에서 제공하는 딥러닝 알고리즘을 사용하였다 기본 구조는 은닉층(Hidden Layer, HL) 1개와 은닉 뉴런(Hidden Neurons, HN) 9개로 설정하였다. 최적화는 시험 데이터와 예측 데이터의 냉매 유량 비교를 통하여 CV(RMSE)가 최소값을 가지도록 진행하였다 Cost값의 감소 추이에 따라 학습 횟수는 100회로 설정하였으며 기본 구조에서 HL과 HN 개수를 변경하였다. 최종적으로 개발된 모델의 구조는 Fig.1과 같다.

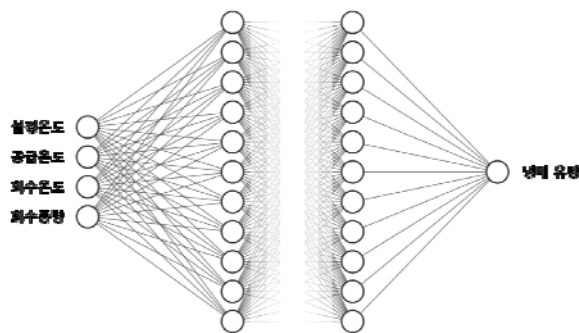


Figure 1. Structure of Mass Flow Rate Predictive Model

4. 결론

개발된 모델의 최적화 결과는 Table 1과 같다. HL 4개, HN 11개 모델이 가장 높은 예측 정확도를 나타냈으며 이는 ASHRAE 적정기준인 CV(RMSE) 30% 에 비하여 충분한 성능을 나타냈다 HL 5개 이상이 되면 학습이 진행되지 않는 현상을 보였으며 이는 입력데이터간의 관계가 단순한 인공신경망 모델에서도 충분히 학습될 수 있음을 보여준다. 따라서 개발된 모델의 냉매 유량 예측 성능에 대한 높은 가능성을 확인할 수 있었으며 추후 다양한 환경에 대한 자가 학습의 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다

Table 1. CV(RMSE) of ANN Model Optimization (%)

HN \ HL	1	2	3	4
7	0.91	0.61	0.51	0.79
8	2.64	1.24	0.89	1.00
9	1.05	0.80	0.66	1.64
10	1.07	2.18	0.50	0.91
11	2.57	1.41	0.50	0.47

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20182010600010)

참 고 문 헌

1. V.Garimella Suresh, T.Persoons, J. Weibel, L.-T. Yeh (2013). Technological drivers in data centers and telecom systems: Multi scale thermal electrical and energy management. Applied Energy, 107, 66-80.
2. 방송통신위원회 국립전파연구원(2012). 그린 데이터 센터 구축 지침. 방송통신표준 KCS.KO-09.0065.
3. 최영재, 박보량, 최은지, 문진우. (2018). 데이터센터 최적 열환경 제공을 위한 공조시스템 제어 동향 분석 한국생태환경건축학회 논문집 18(6), 97-102.