

대공간 건축물의 온열환경 예측 방법

A Method of Predicting Thermal Environment in a Large Space



윤 현 정*
Yoon, Hyun-Jung



조 재 훈**
Jo, Jae-Hun

1. 서론

국민의 생활수준 향상과 대규모 인원이 동원되는 문화생활의 수요가 증가하면서 대공간 건축물의 쾌적한 온열환경 조성에 대한 중요성도 커지고 있다. 온열환경은 빛, 음, 공기 질과 같은 실내환경 중에서도 재실자의 활동과 쾌적함에 미치는 영향이 크기 때문에¹⁾ 적절한 환경으로 조성될 필요가 있다. 대공간 건축물의 경우 규모, 공조방식, 거주영역, 외피재료 등으로 인해 실내 온열환경이 비균일하게 조성된다. 가도가 넓고 천정이 높은 구조는 공조 공기의 흐름, 실외환경으로부터 외피를 통한 열전달, 내부발열 등에 의해 온도차가 발생하기 쉽다. 일반 건축물에 비해 대공간 건축물은 위치에 따른 온도차가 크게 발생하므로 쾌적한 온열환경을 조성하기 위해서는 위치에 따라 비균일하게 조성되는 온열환경을 고려한 온열환경 평가가 필요하다. 대공간 건

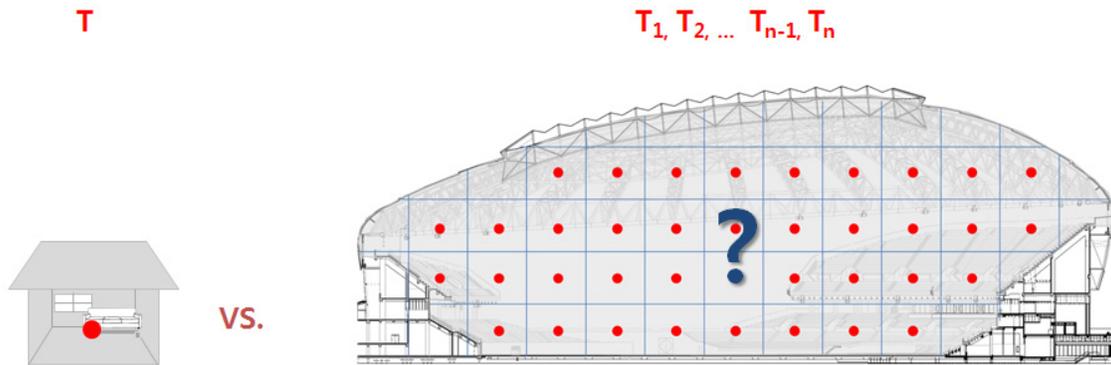
축물에서 위치별 온열환경을 직접 측정하는 것은 일반 건축물에 비해 더 많은 기술과 시간이 요구되므로 측정의 용이성과 실시간 제어를 위한 활용성을 고려한 새로운 온열환경 평가방법이 필요하다. 이에 본 기사에서는 데이터기반 모델을 기반으로 가상센서 개념을 이용한 대공간 건축물의 온열환경 예측방법에 대해서 살펴보고자 한다.

2. 대공간 건축물의 온열환경 예측 방법

대공간 건축물의 온열환경을 평가는 실제 실험을 통한 측정과 실제 상황을 모사하는 시뮬레이션을 통해 이루어질 수 있다. 측정은 건축물의 실내에 센서를 배치하여 조건에 따른 위치별 온열환경 데이터를 수집할 수 있다. 그러나 사용 중인 건물의 온열환경을 실시간으로 측정하기에는 센서의 설치 장소 확보 및 유지관리가 어렵고 미관상 곤란한 점이 있다. 또한 측정 데이터의 저장과정에서 손실이 발생하는 한계가 있다. 시뮬레이션의 경우 일반적으로 하나의 존을 균일한 공간으로 여겨 건물의 에너지 성능을 평가하기 때문에 단일 공간에서 위치별

* 인하대학교 건축공학과 석사과정
Dept. of Architectural Eng., Inha University

** 인하대학교 건축공학과 부교수
Dept. of Architectural Eng., Inha University



〈Fig. 1〉 Thermal environment evaluation points in a large space

온열환경 데이터 수집이 곤란하다. 전산유체역학에 기반한 CFD시뮬레이션은 해석방법에 따라 위치별 온열환경 데이터를 수집할 수 있지만 사용자에게 따라 해석결과에 차이가 발생할 수 있으며 전산자원에 따라 해석시간이 오래 걸릴 수 있다. 또한 정확한 입력값과 고도의 전문지식이 필요하므로 대공간 건축물의 실시간 온열환경 평가에는 적합하지 않다.

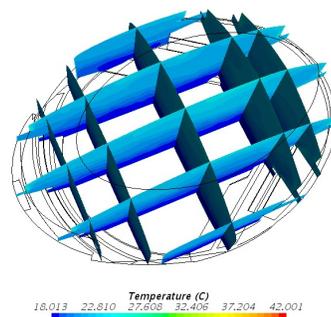
이에 실시간으로 측정이 용이한 값으로부터 수학적 모델을 통해 위치별 온열환경 데이터를 예측하기 위해 가상센서의 개념을 이용할 수 있다.

2.1 가상센서

가상센서는 저가의 물리 센서와 함께 측정하기 어려운 값이나 고급정보를 1개 이상의 수학적 모델을 이용해서 추정한다²⁾. 즉, 센서의 측정 대상이 되는 값을 직접 측정하지 않고 다른 값을 이용하여 얻어낼 수 있다. 소프트 센서(Soft sensor)라고도 불리며 1980년대 초 프로세스 제어공학에서 널리 적용되어 왔다. 가상센서의 개발은 주로 정상상태 변수를 추정하는데 초점을 맞췄고, 동적상태 변수를 추정하는데도 사용된다. 건물에서 가상센서의 적용은 최근에 그 개념과 잠재성이 고려되기 시작하였다. 다만 건물에서의 적용은 제어 시스템이 크고 복잡하며 개개의 제어기가 있는 수백 개의 존, 적절한 모니터링을 위한 수천 개의 센서가 필요하기 때문에 비용이 크게 발생하므로 건물에서 센서의 쓰임은 아직 쉽게 찾아 볼 수 없다.



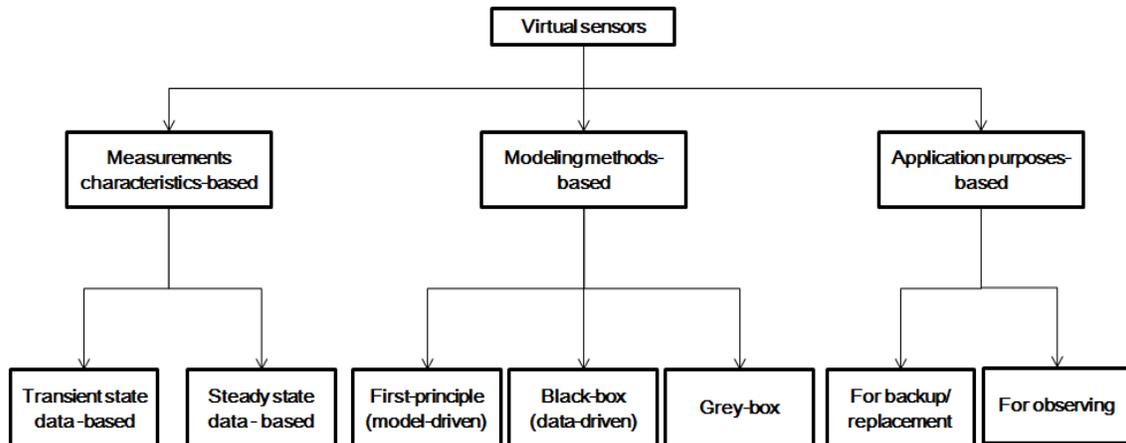
〈Fig. 2〉 Thermal comfort measurement (Delta ohm)



〈Fig. 3〉 CFD simulation

그러나 가상센서는 물리 센서의 설치 및 유지관리 비용문제를 해결하기 위해 사용될 수 있으며 물리 센서의 설치 대수를 감소시킬 수 있다.

가상센서는 물리 센서 외에 또 다른 가상센서로부터의 결과값을 이용하여 측정 가능한 값을 결정할 수 있다. 즉, 물리 센서로 측정된 데이터를 이용하여 수학적 모델을 통해 단일 센서로 얻지 못하는 유용한 정보를 출력해 낼 수 있다. 편의상 모델의 출력값이 가상센서로부터의 결과값으로 취급된다.



〈Fig. 4〉 Categorization scheme for virtual sensors(Li et al. 2011)

2.2 가상센서의 분류

가상센서는 크게 측정값의 특징, 모델링 방법, 적용 목적에 따라 구분될 수 있다²⁾. 가상센서가 이용하는 측정값의 특징에 따라 과도상태 데이터 기반 센서, 정상상태 데이터 기반 센서로 구분된다. 모델링 방법은 물리 제 1법칙을 따르는 모델 기반 센서와 블랙박스 형태의 데이터 기반 센서, 그레이박스 형태의 센서로 구분된다. 적용 목적에 따라 백업/대체를 위한 센서, 관측을 위한 센서가 있다. 본 기사에서는 대공간의 온열환경을 관측하기 위한 가상센서로 시간에 따라 변하는 과도상태 데이터를 이용하여 블랙박스 형태의 데이터 기반 모델을 살펴보고자 한다.

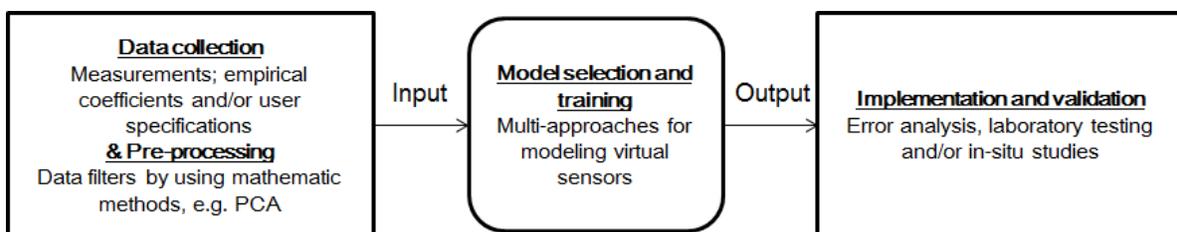
2.3 가상센서의 개발

가상센서는 데이터 수집과 전처리과정, 모델의 구성 및 학습, 수행 및 검증 단계를 거쳐 개발된다²⁾. 먼저 모델을 학습시킬 데이터 수집이 필요하다. 수집할 데이터의 대상은 측정값, 실험적 계수 또는 사

용자의 설정값이 될 수 있으며 수학적 방법을 이용하여 데이터를 걸러내는 전처리과정을 거쳐 선택된 모델에 입력되어 학습된다. 모델링의 방법은 다양하며 학습된 모델에 의한 출력값은 오차분석이나 실험, 실제 스터디를 통해서 검증된다.

3. 가상센서를 이용한 대공간 건축물의 온열환경 예측

가상센서의 개념을 이용하여 대공간 건축물의 위치별 온열환경 데이터를 예측하기 위해 모델을 학습시킬 데이터를 수집해야 한다. 대공간 건축물에서 예측에 이용하고자하는 입력 데이터와 예측하고자하는 목표 데이터를 수집하여 모델을 구성하고 학습시킨다. 그리고 모델의 출력값과 실제 측정값의 차이를 분석하여 모델을 검증한다. 대공간 건축물의 온열환경과 관련된 데이터의 경우 냉난방 설비와 같은 각종 시스템의 작동, 실외환경의 기상변화, 또는 재실 스케줄과 같은 실내환경의 내부변화를 나타내는 값이 해당될 수 있다.



〈Fig. 5〉 Development of virtual sensors(Li et al. 2011)

대공간 건축물의 온열환경 예측을 위해서 위치별 데이터를 수집하는데 Testing Adjusting Balancing (T.A.B) 작업의 수행 중 얻을 수 있으며 또는 건물 관리시스템의 데이터를 사용할 수 있다. 기존의 방법으로부터 얻을 수 없는 데이터는 실험을 계획하여 측정 데이터를 얻어야 하며 데이터의 취득 조건을 면밀히 고찰하여 설정할 필요가 있다.

모델의 학습이 잘 이루어지기 위해서 입출력 데이터 간 물리적인 관계가 존재하고, 예측 목적에 맞는 적절한 데이터를 수집하는 것이 중요하다. 예를 들어 건물의 공조 중 얻은 데이터를 이용하여 개발된 모델을 비공조 중에 적용하면 모델의 예측오차가 크게 발생할 수 있다. 따라서 모델의 개발 목적에 따라 입출력 데이터의 선정, 데이터의 취득 조건(건물의 공조여부, 방위, 계절, 시간대, 재실 스케줄) 등을 고려하여 학습 데이터 세트를 구성해야 한다³⁾.

학습에 적절한 데이터가 선정되어 수집이 되면 데이터 범위 내 유효한 학습을 시키기 위하여 모델을 다양하게 구성하여 학습시킬 수 있다. 데이터 기반 모델은 물리적, 수학적, 경험적 특징을 가지고 있으며 특히 기계학습 영역에서 많은 발전이 이루어지고 있다⁴⁾. 다양한 특징을 가지고 있는 만큼 Artificial Intelligence(AI), Computational Intelligence(CI), Soft Computing(SC), Machine Learning(ML), Data Mining(DM), Intelligent Data Analysis(IDA) 등의 여러 분야와 함께 발전을 같이 하며 학문의 영역이 중복된다. 위 분야에서 통계와 기계학습(ML)이론을 기반으로 시스템의 입력과 출력 데이터 간 관계를 결정하여 모델이 개발된다. 모델은 입력데이터에 따라 예측된 출력데이터와 실제 측정된 데이터의 오차를 최소화하도록 학습시키는 알고리즘을 통해 개발된다. 개발된 모델은 학습데이터의 범위에 속하는 새로운 입력데이터에 대하여 대상값을 예측할 수 있어 비균일한 온열환경을 고려한 대공간 건축물의 위치별 온열환경 예측을 통한 평가가 가능하다.

4. 결론

대공간 건축물의 온열환경 평가를 통해 쾌적한 온열환경 조성을 하려면 측정의 용이성과 실시간 제어를 위한 활용성을 고려해야한다. 대공간 건축물은 일반 건축물과 달리 규모, 공조방식, 거주영역, 외피 재료 등으로 인해 온열환경이 비균일하게 조성되므로 이를 고려한 온열환경 평가가 필요하다. 이에 대공간 건축물에서 실시간 냉난방 설비 제어를 위하여 수학적 모델을 이용해 값을 추정하는 가상센서를 이용한 새로운 온열환경 평가방법을 살펴보았다.

가상센서의 수학적 모델을 만들기 위해 적절한 데이터의 수집이 요구되며 입출력 데이터의 선정과 데이터의 취득 조건이 고려되어야 한다. 이를 충족한 데이터가 충분히 확보된다면 데이터 기반 모델에 의해 가상센서를 적용하여 대공간 건축물의 온열환경을 실시간으로 평가할 수 있으며, 이를 기반으로 실시간 제어를 통해 재실자의 쾌적감을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

References

1. Kalz, D., Pfafferott, J., Thermal comfort and energy-efficient cooling of nonresidential buildings, 2014
2. Li, H., Yu, D. & Braun, J.E., A review of virtual sensing technology and application in building systems. HVAC&R Research, 17(5), 2011, pp.619-645.
3. Hyun-Jung Yoon, Hyun-Kook Shin, Kyung-Hwan Ji, Jae-Hun Jo, Thermal environment prediction method using artificial neural network for a large space, Proceedings of Architecture institute of Korea Conference, Vol.36 No.2, 2016
4. D. Solomatine, L.M. See and R.J. Abrahart, Data-driven modelling: concepts, approaches and experiences, Practical hydroinformatics, Computational intelligence and technological developments in water, applications, Chapter 2, 2008