

실내 온도 분포를 고려한 시스템 에어컨 제어 성능 평가 stimulation of the stem ir-conditioner control performance considering the Indoor Temperature Distri ution

*염승원¹, 김종민², 조대근³, #최재봉⁴, 이상원⁵, 김석우⁶

*S. W. Yeum¹, K. M. Kim², D. G. Cho³, #J.B. Choi⁴(Boong33@skku.edu), S.W, Lee⁵, S.W, Kim⁶
1,2,3,4,5성균관대학교 기계공학과, 6(주)삼성전자 DA총괄

Key words : CFD(Computational Fluid Dynamics) Analysis, DMS sever, Upwind Scheme

1. 서론

최근 에어컨 사용량이 급증하면서 에어컨의 주기능인 냉방 기능 외에도 에너지 효율 향상, 소비전력의 저감 및 쾌적도 (Thermal Comfort Index) 향상 등 소비자의 요구 수준이 올라가고 있는 실정이다. 매년 주거 및 사무 공간에 대한 쾌적한 생활환경 요구와 대형화, 고급화의 추세 속에서 일반건물, 주상복합건물 및 대형 아파트를 중심으로 전실공조의 필요성이 증대되고 있으며 지속적인 건설시장 성장에 따라 시스템 에어컨의 수요가 증가하면서 차세대 공조시스템으로 자리를 굳혀가고 있다. 그러나 시스템 에어컨 내부센서의 온도와 실제 환경의 위치 및 높이 변화에 따른 온도는 차이가 있는 것으로 알려져 있으며 제어 시 한 개의 내부센서에 의해 방의 대표온도를 예측 및 제어하는 것은 현 요구 수준을 고려할 때 소비전력 저감과 쾌적 상태를 만족시키지 못한다.

따라서, 본 연구는 차세대 혼합공조시스템을 개발하기 위한 사전 연구로 에어컨 내부센서의 온도변화에 의해 제어되는 현 시스템을 시뮬레이션과 실험을 통해 타당성을 검증하고 새로운 공조시스템을 제안하기 위한 것이다. 현재 건물 및 사무실의 공조시스템의 주류는 “개별분산공조방식”으로 천장에 노출하는 “천장형 카세트 에어컨”의 비중이 크므로 본 연구에서는 이를 이용하여 실제와 비슷한 환경을 갖춘 실험실 내에서의 성능평가와 CFD (Computational Fluid Dynamics)를 이용한 해석방법을 각각 이용하여 시스템 에어컨의 제어 성능을 평가하고, 실제 환경변화를 반영하기 위해 토출각과 유속을 변화시키며 해석을 수행하고자 한다¹.

2. 실험 및 해석 모델

2.1. 실험 공간 모델

해석 및 실험에 사용된 공간은 Fig.1에 도시한 바와 같이 10m(L)×6.2m(W)×3.1m(H)이고, 체적은 192 m³이며, 실험공간 중앙을 중심으로 천장형 4way 카세트 타입의 에어컨 2대를 설치하였다. 또한 유선센서의 온도 데이터 취득을 위하여 온도, 습도 통합 유선 센서를 이용하였으며 Labview로 유선센서와 연동하여 데이터를 수집 및 분석하였다. 또한 시스템 에어컨의 원활한 컨트롤과 실제와 같은 환경의 공조시스템 구축을 위해 DMS Server와 시스템 에어컨을 연동시켰다. 온도 제어 실험은 Fig.2에 나타난 위치 별로 실험 공간 내에서 측정된 데이터를 시스템에어컨 내부센서와 유선센서의 결과를 비교하였다.

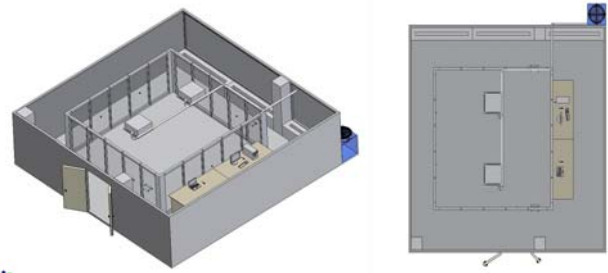


Fig. 1 Model of the Laboratory

2.2 수치 해석 모델

실험만을 통해서 실험공간내의 모든 부분의 데이터를 얻기는 불가능하다. 위치에 따른 온도를 시뮬레이션 기법을 통해 증명하기 위해 상용 CFD 코드인 Fluent 6.2.16을 사용하였으며 실험 공간을 3D Full 모델링하였다. 해석 시 연속방정식, 운동량 방정식, 에너지방정식을 지배방정식으로 사용하였고 난류 모델을 해석하기 위해 식(1)과 같은 표준 k-ε 모델이 사용하였다.

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i T) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\mu}{\sigma_l} + \frac{\mu_t}{\sigma_t} \right) \frac{\partial T}{\partial x_i} + S_T \quad (1)$$

우선 유한 체적법을 기본으로 하여 각 방정식들을 2차 정확도를 가지는 Upwind Scheme으로 차분화하였고, 비정상 상태의 온도장을 얻기 위해 SIMPLE 알고리즘²이 적용되었다. 시간적분은 1차 정확도를 가지는 Implicit Scheme을 사용하였다. Table 1은 해석 시 사용된 공기 물성이며, 사용된 물성은 표준상태 (1기압, 23°C)일 때의 값으로 해석 시 일정하다고 가정하였다.

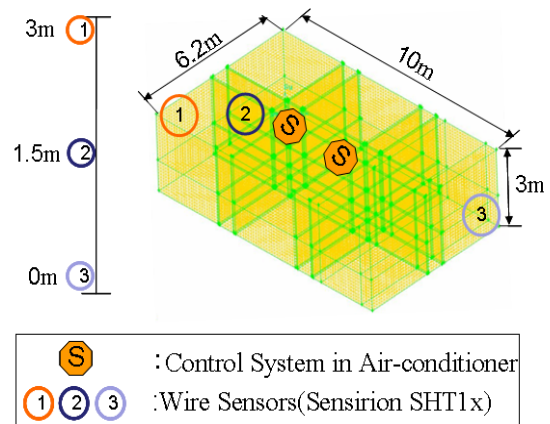


Fig. 2 Wire sensor locations

Table 1 Material properties of air

Material properties		
	Units	Value(s)
Density	kg/m^3	1.23
Specific heat (C_p)	$J/kg \cdot K$	10006.43
Molecular weight	$kg/kg \cdot mol$	28.97
L-J Energy parameter	K	78.60
L-J Characteristic length	$angstrom$	3.71
Viscosity	$Pu \cdot s$	1.79×10^{-5}

3. 실험 및 FD 해석 결과

본 연구에서는 에어컨의 온도제어시스템 측정온도와 실험에 의한 데이터를 비교하고 이를 바탕으로 CFD 해석을 통해 그 타당성을 검증하였다.

Fig. 3은 1100초 동안 실험 공간 내에서 2대의 에어컨제어시스템에서 측정된 데이터들을 온도가 변화할 때 마다 나타낸 것이며 Fig. 4는 Fig. 2 표시한 위치에 따라 유선센서에서 측정된 데이터들로 1초에 1번씩 취득하였다. 유선 센서에서 측정된 온도데이터가 정확하다고 가정할 때 시스템 에어컨의 온도는 초기온도인 28°C를 26°C로 2°C 낮게 예측하며 실제온도와 차이를 보였다. 유선센서가 설치된 위치별로 살펴보면, 상단과 중앙 부분인 (1), (2)번 유선센서에서 취득된 온도는 1100초 이후 일정온도로 수렴하였으나 최하단의 (3)번 유선센서의 온도는 위치에 의한 영향으로 낮은 온도분포를 보였다. 이 결과는 에어컨의 내부센서의 온도변화와 차이를 보이는 것이며 내부센서가 실험 시간동안 실제 실험공간의 온도를 정확히 예측하지 못하여 실내 온도를 대표할 수 없음을 나타낸다. Fig. 5는 CFD 해석결과로서 26초마다 각 센서의 온도를 나타내고 있으며 Fig. 4의 유선센서 온도 변화와 유사한 경향을 보여주고 있음을 확인하였다.

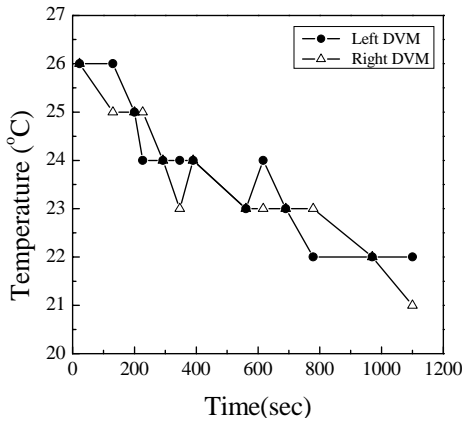


Fig. 3 Temperature data measured by Air-conditioners

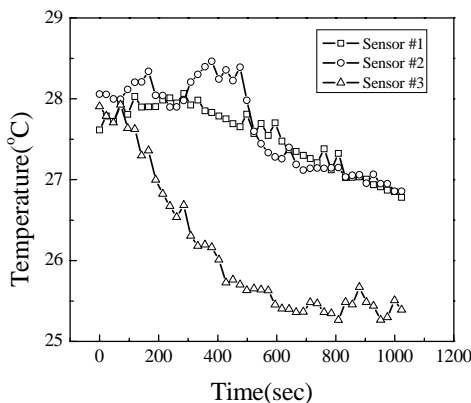


Fig. 4. Temperature data measured by wire sensors

따라서, 실제 거주공간에서 위치별로 에너지 효율 및 쾌적도 향상을 위해서는 각 위치별 온도변화를 고려한 제어시스템을 적용해야 할 것이다.

또한, 에어컨의 토출 기류의 패턴은 토출각도에 따라 다르게 나타나고 실내에서의 유속이 재실자의 열쾌적성에 상당한 영향을 미치므로 ASHRAE에서는 실내 최대 공기유속을 0.25 m/s 이하로 규정하고 있다.³ 이를 만족하기 위해 본 연구에서는 유속과 토출각도를 변화시켜서 실험을 수행하였다. 이에 따라 토출유속이 2.67 m/s, 각도 45° 일 때 실험 공간 내 대부분의 영역에서 ASHRAE의 규정을 만족하고 있다. Fig. 6은 600초에서의 CFD 해석 결과 실험 공간 내부의 위치 별 온도 분포를 나타낸 것이다.

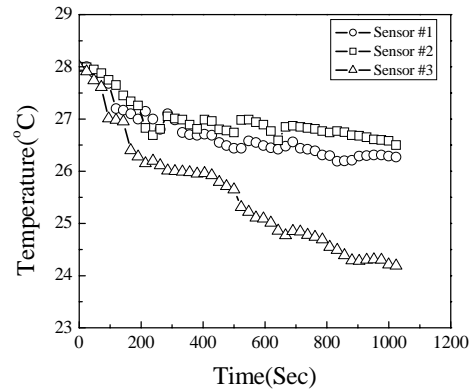


Fig. 5 CFD Analysis results

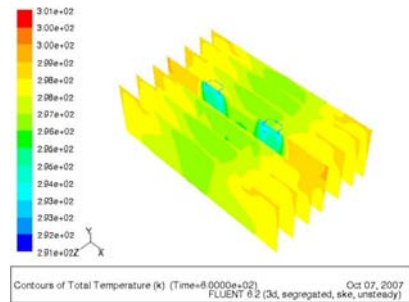


Fig. 6 Temperature distribution at 600 sec.

4. 결론 및 향후 과제

본 연구를 통해 현재 시스템 에어컨의 내부센서는 실내의 거리 및 높이에 따른 정확한 온도를 감지할 수 없음을 확인하였다. 따라서 내부센서를 기준으로 실내환경을 제어하는 것은 실제 쾌적감과는 거리가 있을 것으로 판단되며 시스템 에어컨의 효율 향상을 위해서는 새로운 메커니즘이 필요하다. 향후 체계적인 시뮬레이션과 테스트를 수행하여 무선센서를 이용한 시스템 에어컨 제어알고리즘을 개발하여 쾌적도 및 에너지 절감을 실현할 수 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

. 참고 문헌

1. K. C. Noh, M. D. Oh, "Analysis on the Optical Discharge Angle of the 4-way Air Conditioner by Thermal Comfort and Ventilation indices", Proceedings of the SAREK 2004 2004 Summer Annual Conference, 734-738, 2004.
2. Patankar. S.V., "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow", McGraw-Hill Book Co., 1980
3. ASHRAE Handbook, Space Air Diffusion, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia., 1997