
CFD 해석 기반 실내 최적 온도 계측

이민구* · 박용국* · 정경권* · 유준재*

*전자부품연구원

CFD Analysis Based Optimal Temperature Measurement

Min Goo Lee* · Yong Kuk Park* · Kyung Kwon Jung* · Jun Jae Yoo*

*Korea Electronics Technology Institute

E-mail : emingoo@keti.re.kr

요 약

본 논문에서는 실거주 환경과 같이 구축된 테스트베드에 온도 센서를 설치하여 최적의 온도 계측 위치를 설정하는 방법을 제안한다. 테스트베드를 CFD(Computational Fluid Dynamics) 방법으로 온도 변화를 시뮬레이션하고, 온도변화와 기류 변화를 확인하여 최적 센싱 위치를 선정한다. 실제 공간에 30개의 온도센서를 설치하여 실제 온도 변화를 측정하여 시뮬레이션과 비교하였다.

ABSTRACT

This paper proposed the method to find out the optimal sensing point of temperature in test-bed with the sensor of temperature, such as real residence. We selected optimal locations by checking temperature change which was simulated by the means of CFD (Computational Fluid Dynamics) and the variation of air flow. We installed 30 temperature sensors in real place. After that, we compared the real one with the result of simulation.

키워드

최적 온도 계측 위치, Computational Fluid Dynamics, 무선 센서 네트워크

I. 서 론

최근 그린IT 분야에서는 건물 내 에너지 관리가 중요한 관심사항이 되고 있다. 특히 건물 내에 사용되는 공조 에너지를 절약하기 위해서 필요한 곳에 냉방이나 난방을 해야 한다. 이를 위해서 실내의 정확한 온도 분포를 파악해야 한다. 실제로 건물 내에서 정확한 온도 분포를 측정하기 위해서는 무수히 많은 온도 센서를 설치해야 하는데, 배선이나 관리 비용 때문에 센서를 설치하기가 어려운 상황이다[1].

센서 설치를 용이하게 하는 방법으로 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)를 활용할 수 있다. 무선 센서 네트워크는 물리적 또는 환경적 조건을 모니터링 하기 위해 센서를 사용하는

독자적인 디바이스로 구성된 무선 네트워크이다.

본 논문에서는 실거주 환경과 같이 구축된 테스트베드에 온도 센서를 설치하여 최적의 온도 계측 위치를 설정하는 방법을 제안한다. 우선 대상 테스트베드를 CFD(Computational Fluid Dynamics) 방법으로 온도 변화를 시뮬레이션하고, 온도변화와 기류 변화를 확인하여 최적 위치를 선정한다. 실제 공간에 30개의 온도센서를 설치하여 실제 온도 변화를 측정하여 시뮬레이션과 비교한다.

II. 테스트베드의 CFD 해석

CFD(Computational Fluid Dynamics)는 유체의

운동 방적식을 수치해석을 통해서 해를 계산하는 방식이다. 일반 CFD 프로그램은 해석에 치중한 프로그램으로 CAD(Computer Aided Design) 기능을 통한 대상물의 구조를 설계하는 기능과 별도로 구성된 경우가 많다.

본 논문에서는 에너지 해석 기능과 CAD가 결합된 DesignBuilder 프로그램을 이용하여 건물을 모델링하고, CFD 해석을 실행한다.

DesignBuilder 은 영국 DesignBuilder 사에 의해 개발된 건축 시뮬레이션 소프트웨어로, 미국 에너지성에서 개발한 건물 에너지 시뮬레이션 프로그램인 EnergyPlus와 연동함으로써 작성한 모델에 대해서 빛, 온도, CO2 등의 환경을 시뮬레이션하고 계획 단계부터 환경을 고려한 에너지 절약형의 건물의 설계가 가능한 소프트웨어이다[2].

2-1. 테스트베드

그림 1은 테스트베드인 지능형 홈 산업화 지원 센터에 대한 외부 전경으로, 2층 건물로 1층은 실제 가정과 동일하게 구성된 주거 공간과 행정 업무를 진행하는 사무 공간으로 구성된다.



그림 1. 테스트베드 외형

그림 2는 테스트베드 1층의 평면도이다. 주거 공간과 사무 공간은 분리되어 있으며, 주거 공간 2층은 공조 및 냉난방 설비와 조명을 설치할 수 있는 공간이고, 사무 공간 2층은 회의실로 구성되어 있다.

그림 3은 DesignBuilder에서 CAD로 제작된 테스트베드 모델이다.

2-2. CFD 해석

테스트베드의 기류 시뮬레이션을 통해서 공간의 유체온도 변화를 확인한다.

테스트베드는 구조, 외벽, 내벽, 지붕, 창문의 사양은 다음과 같다



그림 2. 1층 평면도

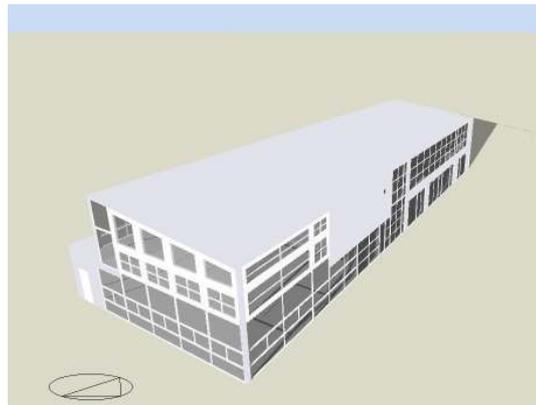


그림 3. 테스트베드 모델링

표 1. 테스트베드의 사양

| 종류 | 사양 |
|------|---|
| 벽/지붕 | 샌드위치패널 내부, 외부 - 0.5mm 아연도금강판 중간부(단열재) - 우레탄 - 밀도 0.01kg/m ³ - 열전도율: 0.034W/m-K - 비열: 1800J/kg |
| 기초재 | 석고보드 - 12.5mm 2장 - 열전도율: 0.18W/m-K - 밀도 650kg/m ³ - 비열 854kJ/m ³ ·K |
| 창문 | 복층유리 내판, 외판 - 유리: 5mm - 공기층: 6mm - 가시광선 투과율: 80% - 반사율: 14% - 태양투과율 66% - 반사율: 12% - 차폐계수: 0.85 |

그림 4는 거실에서의 CFD 해석 결과로 화살표의 방향은 유체의 흐르는 방향을 나타내고 화살표의 색은 유체 속도를 나타낸다. 건물 공간을 표시하는 영역에 있어서 착색되어 있는 부분은 공간의 유체 온도를 나타내고 있으며 표시색이 붉은색에 가까워질수록 수치가 높아지고 푸른색에 가까워질수록 수치가 낮아진다.

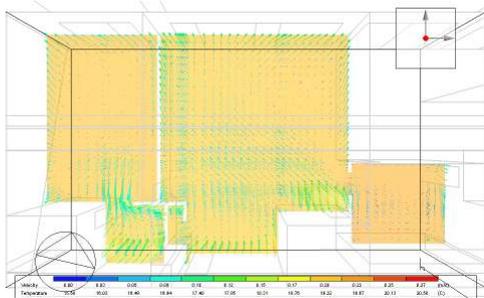
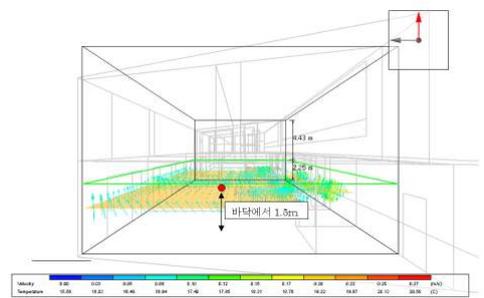
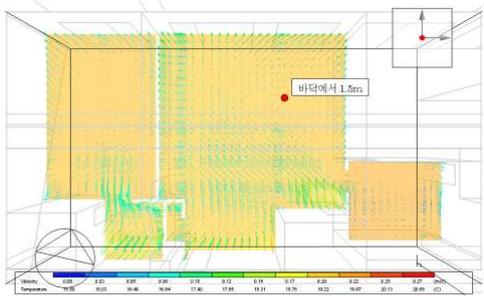


그림 4. 거실에서의 CFD 해석 결과

테스트베드의 온도값을 대표할 수 있는 최적의 센서 계측 포인트를 도출하기 위해 CFD 계산 결과상 온도와 바람의 영향을 가장 적게 받는 위치를 확인하였다. 최적의 위치는 그림 5에서 붉은색 원으로 표시하였으며, 같이 바닥으로부터 1.5m 높은 곳으로 한다..



(a) 옆면



(b) 평면

그림 5. 최적 계측 포인트

III. 실험 및 검토

시뮬레이션에서 결정된 최적 위치에 대해서 테스트베드 거실에 온도 센서를 설치하여 검증을 진행하였다. 측정 기간은 2011년 3월 21일 ~ 3월 27일 7일간 실행하였다.

그림 6은 온도 센서 모듈로 무선 센서 네트워크를 통해 측정된 온도값을 PC로 전송한다. 무선 센서 네트워크는 TelosB 플랫폼을 기반으로 한 U-mote 모델로, TI의 MSP430 마이크로컨트롤러와 CC2420 RF 칩을 사용한다. IEEE802.15.4와 호환되며, TinyOS 1.x와 2.x 버전을 지원한다. 센서 보드에는 SHT11 온/습도 센서와 Cds 조도 센서가 부착되어 있다. 무선 센서 모듈은 온도, 습도, 배터리전압을 매 30초마다 측정하여 전송한다.



그림 6. 무선 센서 모듈

각각의 무선 센서 모듈은 그림 7과 같이 바닥에서 1.5m에 위치하도록 거치대에 고정하고, 6x5 형태로 테스트베드 거실에 배치한다.



그림 7. 테스트베드 실험환경

PC에는 TOSBase 기능을 하는 모듈을 연결하고, 무선 센서 모듈에서 전송하는 데이터를 저장한다. 그림 8은 측정 프로그램으로 수신된 데이터는 Pseudo color 형태로 온도 분포를 표시한다.

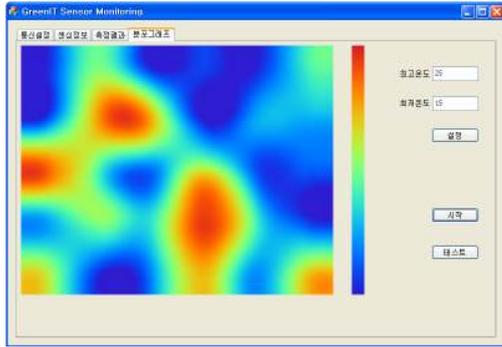


그림 8. 측정 프로그램

그림 9는 하루 동안의 온도 변화를 4시간 단위로 Pseudo color 맵으로 나타낸 것이다. 그림에서 거실 창문쪽은 파란색으로 온도가 낮고, 천장형 난방기가 설치된 곳은 빨간색으로 나타난다.

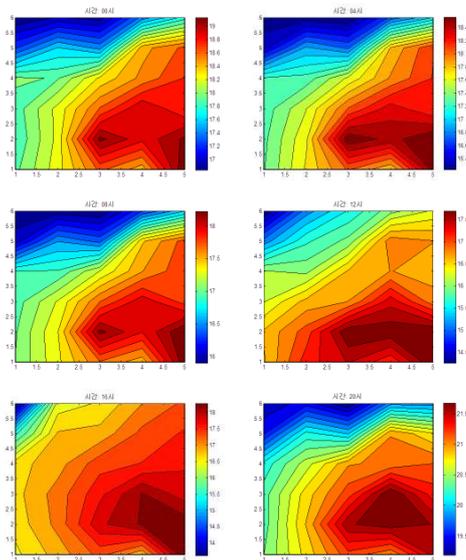


그림 9. 온도 분포맵

CFD 시뮬레이션에서 결정한 [5,5]위치에서의 센서 온도 변화는 그림 10과 같이 일주일 동안 유사한 경향을 나타냄을 확인할 수 있었다.

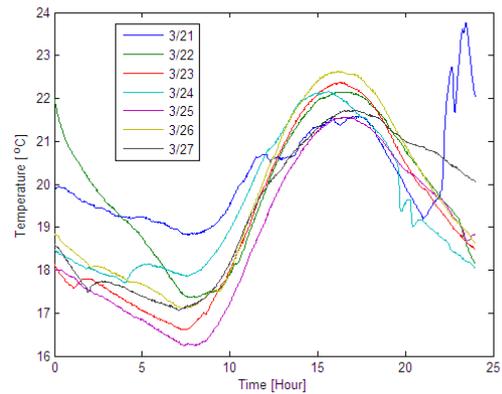


그림 10. 최적 계측 위치에서의 온도값

IV. 결 론

본 논문에서는 실거주 환경과 같이 구축된 테스트베드에 온도 센서를 설치하여 최적의 온도 계측 위치를 설정하는 방법을 제안하였다. 테스트베드를 CFD(Computational Fluid Dynamics) 방법으로 온도 변화를 시뮬레이션하고, 온도변화와 기류 변화를 확인하여 최적 센싱 위치를 선정하였다. 실험에서는 테스트베드에 30개의 온도센서를 설치하여 실제 온도 변화를 측정하였다. 시뮬레이션에서 선정된 위치에서 온도를 측정하여 변화를 검토하였다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

(No. 2008EBD11P1000002008)

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, T. Melodia, K. R. Chowdury, "Wireless multimedia sensor networks: A survey," IEEE Wireless Communications, Volume 14 , Issue 6, pp. 32-39, 2007.
- [2] Design Builder, <http://www.designbuilder.co.uk>