

실제 착의량 기반 열환경 제어에 따른 기후별 실내 열쾌적 분석

Thermal comfort analysis by actual clothing insulation in various climates

| | |
|--------------------|---|
| 저자 (Authors) | 조혜운, 최은지, 현지연, 문진우 Hye Un Cho, Eun Ji Choi, Ji Yeon Hyun, Jin Woo Moon |
| 출처 (Source) | 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 20(2) , 2020.12, 116-117 (2 pages) |
| 발행처 (Publisher) | 한국생태환경건축학회 Korea Institute of Ecological Architecture and Environment |
| URL | http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10523444 |
| APA Style | 조혜운, 최은지, 현지연, 문진우 (2020). 실제 착의량 기반 열환경 제어에 따른 기후별 실내 열쾌적 분석. 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 20(2), 116-117. |
| 이용정보 (Accessed) | 중앙대학교 165.194.26.*** 2021/05/31 18:38 (KST) |

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독 계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

실제 착의량 기반 열환경 제어에 따른 기후별 실내 열쾌적 분석

Thermal comfort analysis by actual clothing insulation in various climates

○ 조혜운* 최은지** 현지연* 문진우***
 Hye Un Cho Eun Ji Choi Ji Yeon Hyun Jin Woo Moon

Abstract

This study analyzed the occupants thermal comfort by HVAC control methods reflecting dynamic clothing insulation in tropical and cold climate zones. A dynamic clothing insulation based on the outside temperature was applied on the PMV-based control method. Indoor thermal comfort was evaluated in each climate zones with DesignBuilder by applying two HVAC control methods; PMV- and DBT-based control. As a result, the PMV-based control considering dynamic clothing insulation in both climates was superior to DBT-based control in terms of occupants thermal satisfaction. Through this study, it can be concluded that PMV-based control reflecting an actual clothing insulation is necessary for maintaining occupants thermal comfort.

키워드 : 예상평균온열감, 열쾌적, 착의량

Keywords : PMV (Predicted Mean Vote), Thermal comfort, Clothing Insulation

1. 서론

현대인의 실내 체질 시간이 늘어남에 따라 체질자의 실내 열쾌적에 대한 관심도 높아지고 있다. 업무시설의 열환경은 업무효율 확보 및 생산성 증진과도 연관이 있으며 쾌적한 실내 열환경 조성을 위해서는 체질 특성을 고려한 실내 제어가 요구된다. 실내 열쾌적을 나타내는 지표 중 예상평균온열감(Predicted Mean Vote, PMV)은 환경변수인 온도, 습도, 기류속도, 평균복사온도와 개인변수인 활동량, 착의량으로 구성된 총 6가지 요소를 복합적으로 고려한다. PMV의 범위는 -3.0~+3.0로 나타나며 체질자는 -3에 가까울수록 춥게, +3에 가까울수록 덥게 느낀다. 일반적으로 체질자가 쾌적하게 느끼는 PMV 범위는 -0.5~+0.5 이다.

PMV 기반의 실내 제어는 환경변수의 통합적인 고려와 체질자의 개인적 특성을 반영한 열환경 조성이 가능하다. 그러나 개인변수는 센서를 이용한 정확한 측정이 어렵기 때문에 기존 연구에서는 보편적으로 고정 상수 값을 적용하였다.

하지만 개인변수 중 착의량은 온도, 의복조합 및 지역별 기후특성에 따라 서로 다른 값을 가지므로 기존의 고정 착의량 값을 사용할 경우 체질자의 실제 열쾌적을 반영하지 못한다. 따라서 정확한 PMV 산출을 위해서는 체질자의 실제 착의량 값이 반영되어야 하며 이를 통해 기존 제어 방법보다 쾌적한 열환경 제어의 가능성을 기대할 수 있다.

본 연구에서는 기후대별로 동적 착의량 반영이 실제 체질자의 쾌적에 미치는 영향을 확인하고 실제 체질자의 열쾌적을 만족하는 제어 계획 수립의 필요성을 제시하고자 한다. 이때, 동적 착의량은 하루 단위로 변화하는 체질자의 실제 착의량을 의미한다. 실내 열쾌적 효과를 분석하기 위해 시뮬레이션을 이용하였으며 기후별로 실제 체질자의 동적 착의량을 반영한 PMV 제어를 실시하고

기존의 제어 방법과 비교 분석하였다.

2. 입력모델 설정

2.1 기후대별 동적 착의량 산출

기후대별 동적 착의량 반영에 따른 실내 열쾌적 분석을 위해 다양한 기후대를 가진 미국을 대상으로 IECC (International Energy Conservation Code)가 구분한 지역별 기후대를 참고하여 열·냉대 대표 기후 지역을 설정하였다. 열대기후 지역은 연중 고온다습한 Miami, Florida, 냉대기후는 비교적 온난한 여름과 길고 추운 겨울 기후를 보이는 Ann Arbor, Michigan을 대표지역으로 설정하였다.

앞서 언급한 바와 같이 기존의 착의량은 일반적으로 ASHRAE Fundamentals에서 제시하는 겨울철 -1.0, 여름철 +0.5를 고정값으로 설정한다. 하지만 본 연구에서는 동적 착의량 반영을 위해 다양한 국가 및 기후대를 대상으로 착의량과 환경변수 간의 상관관계를 밝힌 Schiavon(2013)의 선형회귀방정식을 이용하였다. 수식 1은 오전 6시의 외기온도에 따른 착의량 값을 나타내며 이를 사용하여 그림1의 기후대별 연중 동적 착의량을 계산하였다.

$$\log_{10} clo = -0.1635 - 0.0066 * day06_{ta} \dots\dots\dots (수식 1)$$

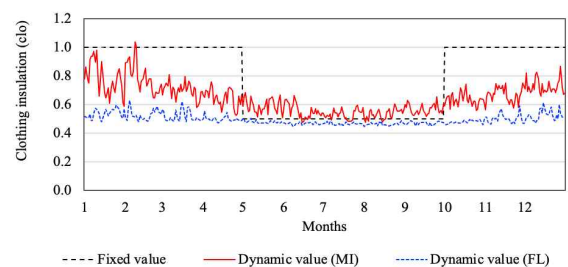


그림1. 기후대별 연중 동적 착의량 변화량

2.2 시뮬레이션 모델링

본 연구에서는 EnergyPlus 기반의 통합 건물 에너지해석 시뮬레이션 프로그램인 DesignBuilder (Version. 6.1.4)를 사용하여 실내 열쾌적을 분석하였다. 대상건물은 서울에 위치한 4층, 연면적 640m²의 표준업무시설로 설정하였으며 창면적비는 40%로 구성하였다. 건물을 구성하는 외피 열관류율은 2018년 에너지절약설계기준을 참고하여 적용

* 중앙대학교 대학원 건축학과 석사과정
 ** 중앙대학교 대학원 건축학과 박사과정
 *** 중앙대학교 건축학과 교수 (교신저자 : gilerbert73@cau.ac.kr)
 이 (성과)는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2019R1A2C1084145)

하였다. 건물 냉난방시스템은 업무시설에서 일반적으로 사용되는 Fan Coil Unit (4-pipe)를 선정하였으며 냉난방 기간은 기후대별 특성을 고려해 Miami, Florida 는 연중 냉방, Ann Arbor, Michigan은 난방의 경우 1월~4월과 10월~12월, 냉방은 5월~9월로 각각 설정하였다.

본 연구는 실제 재실자의 쾌적 만족을 위한 제어 계획 수립을 위해 두 가지 제어방식, (1) DBT (Dry-Bulb Temperature) 제어 (2) PMV 제어를 비교하였다. 재실스케줄은 평일 07:00~19:00로 설정하였으며 실내 setpoint/setback 값은 ASHRAE 권장기준에 따라 표 1과 같이 적용하였다. PMV 제어의 경우, 비재실 기간에 대한 권장 PMV 기준이 마련되어있지 않기 때문에 DBT 제어의 setpoint/setback 온도 차가 나타내는 ΔPMV를 산출 후 setback 값을 설정하였다.

표 1. DBT/PMV 제어방식 별 setpoint/setback 설정값

| 기간 | 설정값 | 제어방식 | |
|----|----------|------|------|
| | | DBT | PMV |
| 냉방 | setpoint | 25°C | 0.0 |
| | setback | 30°C | +1.0 |
| 난방 | setpoint | 23°C | 0.0 |
| | setback | 15°C | -1.1 |

3. 제어방식별 열쾌적 분석

제어방식에 따른 재실자의 열쾌적은 PMV 값으로 분석하였으며 비재실 기간인 주말을 제외하고 주중의 데이터만을 취득하였다. 각 기후대별 실제 PMV 값은 그림 2, 그림 3과 같이 나타났다.

열대기후인 Miami, Florida의 경우, PMV 제어 시 전체 기간에 대해 쾌적 범위를 충족시키는 것으로 나타났다. 이에 비해 DBT 제어 시 쾌적범위를 벗어나는 날이 많은 것을 확인할 수 있다. 두 제어방식에 따른 PMV 차는 평균 0.58으로 10월~3월에 그 차이가 크게 나타났으며 이를 통해 DBT 제어 시 재실자는 PMV 제어 시에 비해 실내에서 더 덥게 느끼는 것으로 판단할 수 있다.

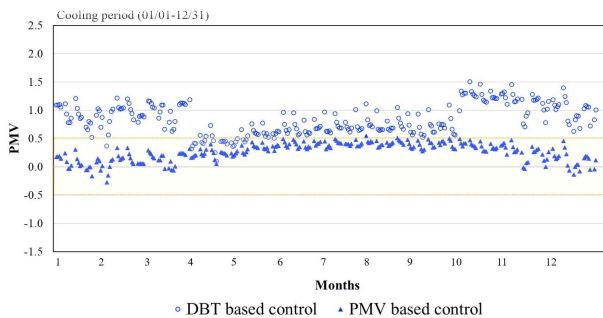


그림 2. Miami, Florida 기후대 제어방식별 PMV

냉대기후인 Ann Arbor, Michigan의 경우 두 제어방식 모두 난방기간에 비해 냉방기간에 쾌적범위 만족율이 높은 것으로 나타났다. 본 연구에 적용된 냉난방시스템은 독립운영 방식이기 때문에 PMV 값이 난방기간 중 0.5~2.5, 냉방기간 중 -2.5~-0.5인 구간은 실내 제어를 실시하지 않는다.

먼저 냉방기간의 경우, PMV 제어 시 모든 기간에 대해

재실자의 쾌적 만족이 가능한 것으로 나타났다. 이에 비해 DBT 제어 시 쾌적범위를 벗어난 일수는 총 7일로 전체 냉방기간의 6.4%를 차지했다.

난방기간의 경우, 전체 기간 중 불쾌적 구간에 해당되는 날은 각각 DBT 제어 시 67일(25.7%), PMV 제어 시 3일(1.4%)로 확인되었다. 이를 통해 냉대 기후의 경우 DBT를 이용한 실내 난방제어 시 재실자의 쾌적 확보가 어려운 것으로 판단할 수 있다.

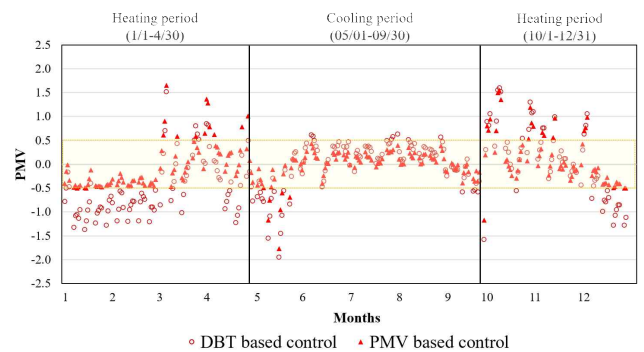


그림 3. Ann Arbor, Michigan 기후대 제어방식별 PMV

4. 결론

본 연구에서는 기후대별로 동적 착의량을 반영한 PMV 제어가 실제 재실자의 쾌적에 미치는 영향을 확인하고자 기존의 DBT 제어 방법과 실내 열쾌적을 비교·분석하였다. 그 결과는 아래와 같다.

- 1) 냉방만을 진행한 열대기후에서는 PMV 제어 시 모든 기간에 대해 재실자의 쾌적 확보가 가능하다.
- 2) 냉대기후의 경우, 냉방기간에서는 제어방식별 불쾌적 구간이 큰 차이를 보이지 않았지만 난방기간 중 실내 쾌적 만족에는 PMV 제어가 유리한 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 재실자의 착의량을 반영하여 실제 쾌적을 만족하는 제어 계획 수립의 필요성을 확인하였다. 다만 본 연구에서는 외기온도만을 고려한 동적 착의량 값을 이용하였기 때문에 보다 정확한 PMV 산출을 위해서 다양한 요소를 고려한 실제 착의량 산출 방법이 필요하다. 이에 따라 추후 연구로 실시간 동적 착의량 산출 모델 개발을 진행할 예정이다.

참고문헌

1. L. Lan et al., The effects of air temperature on office workers' well being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings, Applied Ergonomics 42, 2010, pp.29-36
2. Building America best practices series, Volume 7.3: Guide to determining climate regions by country, U.S. Department of Energy, 2015.
3. S. Schiavon, K. H. Lee, Dynamic predictive clothing insulation models based on outdoor air and indoor operative temperatures, Build. Environ., 59, 2013, pp.250-260
4. ASHRAE, ASHRAE Handbook Fundamentals, In Thermal Comfort, ASHRAE, Atlanta, 2013.