

# 실내 온열감 유지를 위한 최적 설정 온도 산출 방법에 관한 연구

지영민, 권동우\*

한국전자기술연구원

ym.ji@keti.re.kr, \*dwkwon@keti.re.kr

## A study on the method for calculating the optimum set temperature to maintain the thermal comfort

Youngmin Ji, Dongwoo Kwon\*

\*Korea Electronics Technology Institute

### 요 약

본 논문은 실내 열환경 제어에 필요한 기준 설정 온도 산출에 대한 연구를 진행한 결과를 나타낸다. 실내에 거주하는 사람이 편하게 느끼는 쾌적도는 상황에 따라 달라지게 된다. 대부분의 경우 거주자가 실내의 적정온도를 제어하는 것으로 냉/난방 설비를 관리하고 있으나 실내 상황에 따른 정확한 산출 근거가 없는 것이다. 대한민국은 사계절을 가지고 있는 나라로 계절별로 실내에서 생활하는 사람의 의복의 패딩도 조금씩 다르고, 대부분 오피스 공간은 사무실에 앉아서 근무하는 형태가 많기 때문에 대표적인 지표를 산출할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기준 설정 온도 제어에 필요한 지식 베이스를 구축하고 활용하여 실시간으로 변하는 환경에서 필요한 설정 온도를 동적으로 산출할 수 있는 방법을 제안한다.

### I. 서 론

대한민국은 봄, 여름, 가을, 겨울의 사계절을 가지고 있는 나라이며, 여름과 겨울에는 냉방과 난방의 설비제어를 통한 실내 열환경 쾌적도를 제어해야 한다. 대부분의 이런 실내 환경 제어는 사람이 가지고 있는 경험치를 기준으로 제어를 수행하며, 건물의 경우 경험에 의한 스케줄을 기반으로 사람들이 출근했을 때를 기준으로 냉/난방 제어를 수행한다[1-2]. 하지만 이보다 규모가 작은 오피스 공간에는 대부분 개별 냉/난방 설비를 설치하고 거주자가 필요에 따라 ON/OFF 및 설정 온도 제어로 실내 열환경을 관리하고 있다.

이렇게 사람이 경험적으로 관리하는 실내 열환경의 경우 대부분 상황에 따라 편향이 될 수 밖에 없어 과냉방과 과난방의 상황으로 빠지기 쉬우며 대부분의 경우 에너지를 필요 이상으로 소비하게 된다[3-4]. 이를 방지하고자 정부에서 제시하는 여름철과 겨울철의 적정 설정온도는 필요 이상으로 에너지 절약을 위한 것으로 실제 설정온도로 활용하기는 무리가 있는 것이 사실이다. 본 논문에서는 ISO 7730 표준[5] PMV(Predictive Mean Vote)/PPD(Percentage of Dissatisfied)를 이용하여 대한민국의 실내 열환경 유지에 필요한 기준 정보를 제시하고자 한다.

### II. PMV & PPD

PMV 지수는 -3에서 +3의 수치로 산출되며 0이 가장 쾌적한 것을 의미하고 음수일 때는 추운 것을 양수일 때는 더운 것을 의미한다. PPD는 불만족지수로 지금 PMV 열쾌적 지수에 불만족하는 사람이 몇 퍼센트 정도 인가를 나타내는 것이다. PMV는 보통 대사율(met), 옷의 보온성(clo), 기온(Ta), 평균 복사온도(Tr), 풍속(Vel), 습도(H)들의 조합으로 계산할 수 있다. 본 연구에서는 IOT 센서에서 수집되는 온도, 습도는 실시간으로 연동하여 사용하고, 대사율, 옷의 보온성, 복사온도 등의 계절단위 테이블을 구성하여 Knowledge Base에 구축하여 사용하여 설정온도를 산출한다.

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028)\{(M - W) - 3.05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6.99(M - W) - P_a] - 0.42 \cdot [(M - W) - 58.15] - 1.7 \cdot 10^{-5}M(5867 - P_a) - 0.0014M(34 - t_a) - 3.96 \cdot 10^{-8}f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 243)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl}h_c(t_{cl} - t_a)\}$$

M: Metabolic rate (W/m<sup>2</sup>)  
W: External work (W/m<sup>2</sup>)  
f<sub>cl</sub>: Naked body surface area ratio  
t<sub>a</sub>: Air temperature (°C)  
t<sub>r</sub>: Mean radiant temperature (°C)  
P<sub>a</sub>: Partial water vapor pressure (Pascal)  
t<sub>cl</sub>: Surface temperature of clothing (°C) (1)

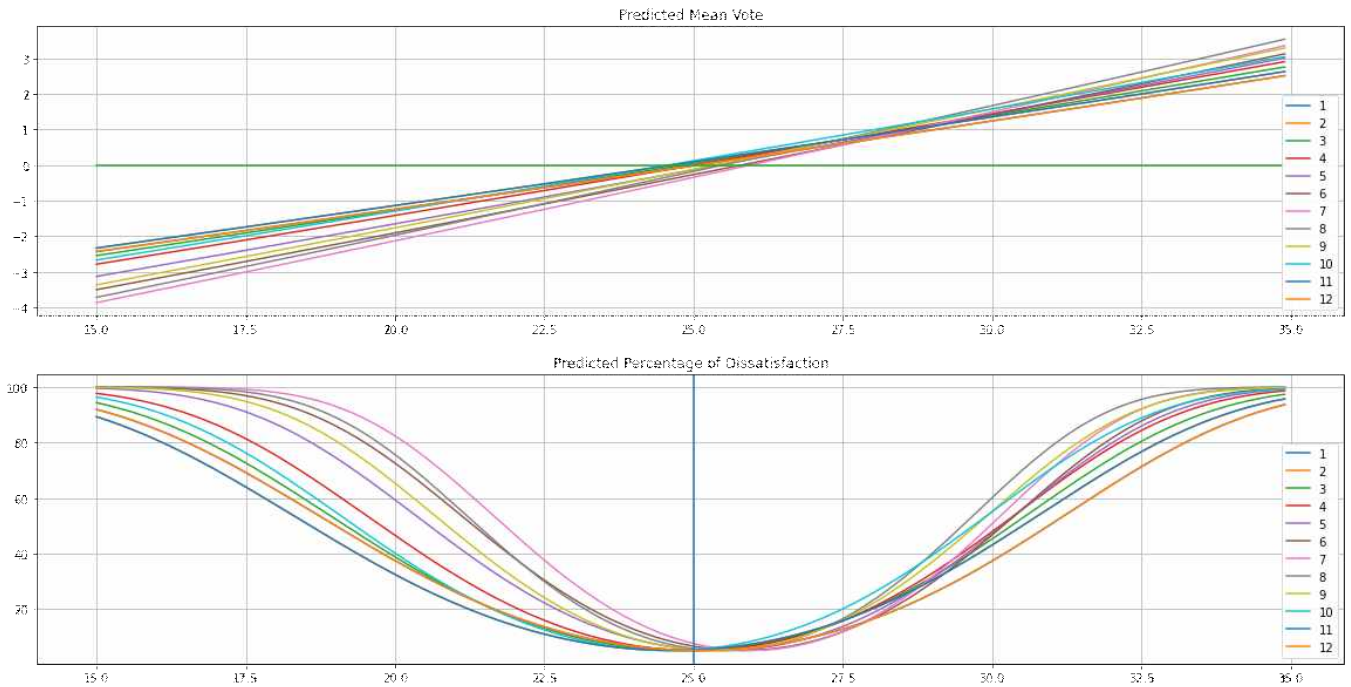
$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0.03353 \cdot PMV^4 + 0.2179 \cdot PMV^2)} \quad (2)$$

<식1> PMV & PPD 산출식

PMV가 같은 환경에 노출된 큰 그룹의 사람들이 느끼는 평균 온도감을 예측하는 것이라면, PPD는 얼마나 많은 사람들이 불편하리만큼 춥거나 덥다고 느낄 것인가를 예측하는 것이다. 이 두 가지 지표를 이용하면 계절 및 외기온도 대비 개별 공간의 냉난방을 얼마나 하고 있는지를 산출하여 개별 공간의 에너지 사용량을 추론하여 지능적인 제어의 근거로 활용할 수 있다.

```
CONSTS = {
  1: { "tr": -3, "vel": 0.15, "clo": 0.8, "met": 1.2, "ew": 0 },
  2: { "tr": -2, "vel": 0.15, "clo": 0.8, "met": 1.2, "ew": 0 },
  3: { "tr": -1, "vel": 0.15, "clo": 0.7, "met": 1.2, "ew": 0 },
  4: { "tr": 0, "vel": 0.15, "clo": 0.6, "met": 1.2, "ew": 0 },
  5: { "tr": 0.5, "vel": 0.15, "clo": 0.5, "met": 1.2, "ew": 0 },
  6: { "tr": 1, "vel": 0.15, "clo": 0.4, "met": 1.2, "ew": 0 },
  7: { "tr": 2, "vel": 0.15, "clo": 0.3, "met": 1.2, "ew": 0 },
  8: { "tr": 3, "vel": 0.15, "clo": 0.3, "met": 1.2, "ew": 0 },
  9: { "tr": 2, "vel": 0.15, "clo": 0.4, "met": 1.2, "ew": 0 },
  10: { "tr": 1, "vel": 0.15, "clo": 0.6, "met": 1.2, "ew": 0 },
  11: { "tr": -2, "vel": 0.15, "clo": 0.8, "met": 1.2, "ew": 0 },
  12: { "tr": -3, "vel": 0.15, "clo": 0.8, "met": 1.2, "ew": 0 }
}
```

<그림1> 1~12월 PMV, PPD 계산 변수의 Knowledge Base 구축



〈그림2〉 PMV, PPD Knowledge Base 기반의 연산 결과

〈그림1〉은 월단위의 PMV, PPD 계산에 필요한 변수를 경험치를 통하여 산출한 내용이다. 실험 공간은 사무실 공간으로 사람이 책상에 앉아서 작업을 하는 공간이며, 따라서 활동에 따를 대사율이나 외부 작업에 해당하지 않으며, 바람도 HVAC 상의 일정 바람으로 환산하여 지수를 산출하였다. 다만 계절성을 변화하는 평균 복사온도( $t_r$ ), 옷의 보온성( $clo$ )은 봄, 여름, 가을, 겨울 특징에 맞는 지수를 산출하여 Knowledge Base를 구축하였다.

〈그림2〉는 월 단위로 1월 ~ 12월까지의 사무실 공간에서 온도에 따라 느끼는 PMV, PPD지수를 〈식1〉을 이용하여 연산한 결과이다. PMV를 보면 앞서 논문에서 사용자 피드백을 통하여 얻은 옵티멀 지점이 25.2 임을 가만하였을 때, 본 Knowledge Base 기반의 PMV 가 0이 되는 지점이 대략 24~26도 사이의 지점임을 알 수 있다. 또 PPD의 경우에도 월에 따른 차이가 발생하지만 대략 24~26도 사이에서 가장 불만족 지수가 낮아 짐을 확인할 수 있다. 〈표1〉최적의 설정온도를 월단위로 산출한 결과를 볼 수 있다.

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
25.1	24.6	24.8	25.0	25.4	25.8	25.9	25.5	25.4	24.6	24.6	25.1

〈표1〉 월단위 PMV 지표로 산출한 실내 적정 설정온도 값

### III. 결론

본 논문에서는 기존에 냉방 및 난방 설비의 설정온도 기준을 PMV/PPD 기준에 의거하여 적정 열쾌적 지수를 기반으로 최적 설정 온도 산출하는 방법에 대해 제시하였다. 이번 연구에서는 ISO 7730 표준에 의거한 산출 기준 마련을 목표로 하였다면, 향후 연구에서는 도출된 설정온도를 기반으로 인공지능과 제어를 통한 에너지 절감 수행을 적용하여 시뮬레이션 및 실제 환경에서 테스트를 수행하고 결과를 비교할 예정이다. 또 현재까지는 산출된 실내 적정온도가 실제 환경에서 사람들이 실질적으로 느끼는 쾌적도는 아니므로 면밀하게 적용하여 개선이 이루어져야 할 것이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20202000000010)

### 참 고 문 헌

- [1] A.H. Taki, D.L. Loveday, K.C. Parsons, The effect of ceiling temperatures on displacement flow and thermal comfort – experimental and simulation studies, in: Proceedings of the 5th International Conference on Air Distribution in Rooms, Roomvent'96, Yokohama, Japan, July 1996, pp. 307 - 314.
- [2] K. Tsuzuki, E.A. Arens, F.S. Bauman, D.P. Wyon, Individual thermal comfort control with desk-mounted and floor-mounted task/ambient conditioning (TAC) systems, in: Proceedings of the Indoor Air'99, Vol. 2, Edinburgh, Scotland, 1999, pp. 368 - 373.
- [3] B.W. Olesen, M. Scholer, P.O. Fanger, in: P.O. Fanger, O. Valbjorn (Eds.), Discomfort caused by vertical air temperature differences, Indoor Climate, Danish Building Research Institute, Copenhagen, 1979, pp. 561 - 579.
- [4] P. Simmonds, S. Holst, S. Reuss, W. Gaw Using radiant cooled floors to condition large spaces and maintain comfort conditions ASHRAE Transaction, 106 (Pt. 1) (2000), pp. 695-701
- [5] ISO, BS EN ISO Standard 7730. Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, International Standards Organisation (1995).