

열환경 요소의 지표화 및 제시기술간의 비교연구

이동춘 · 윤훈용 · 이상도 · 우동필
장준혁 · 신현숙 · 신종화 · 임기용
동아대학교 산업시스템공학과

Standardization and Comparison of Presentation Technology of Thermal Environments

Dong-Choon Lee · Hoon-Yong Yoon · Sang-Do Lee · Dong-Pil Woo
Jun-Hyuk Jang · Hyun-Suk Shin · Jong-Hwa Shin · Gi-Yong Lim
Dept. of Industrial and Systems Engineering, Dong-A University, Korea

요 약

실내에서 대부분의 시간을 보내는 현대인들에게 있어 쾌적한 실내환경은 작업의 효율성을 증대시킬 뿐만 아니라, 건강의 유지나 에너지 절약 차원에서 매우 중요한 요소이다. 따라서 국가에서도 감성공학 기반기술 개발 사업에서 쾌적한 실내 환경을 구현하기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 이러한 연구의 결과들을 이용하여 쾌적한 실내환경을 구현하기 위한 요소를 지표화하였고, 결과 및 관련 내용을 비교·분석하였다. 그러나 지표화 과정에서 각 과제별 연구의 진행이 상호 독립적으로 이루어져 연구의 일관성이 부족한 것으로 나타났다. 또한 개별 과제의 연구 진행과정에서 상호연관성을 가진 부분이 실험계획이나 방법이 미흡해 결과에 대한 신뢰성 저하는 물론이고, 데이터 베이스 구축을 위한 자료통합에도 상당한 문제가 있을 것으로 나타났다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 관련 연구과제 수행자들간의 적극적인 정보교류는 물론이고 지표의 타당성을 검증하는 실험도 필요할 것으로 보인다.

1. 서론

일상 활동의 대부분이 실내에서 이루어지는 현대인의 생활에 있어 실내 환경은 매우 중요하며, 보다 간편하고 편리하며, 쾌적한 자연적인 생활환경을 추구하고 있다. 편리함에 편중된 기술의 발달과 생산

성의 향상은 생활환경의 부조화를 가져오게 되었고, 조화로운 환경을 가꾸기 위한 생활환경의 중요성이 날로 증대되어 편리하면서도 쾌적한 생활 환경의 강한 요구에 직면하고 있다. 또한 쾌적한 실내 환경의

구현은 작업의 효율성을 증대시킬 뿐만 아니라, 건강의 유지나 에너지 절약 측면에서도 중요하다.

인간의 쾌적감에 영향을 미치는 요소는 공기온도, 방사열, 공기흐름, 습도, 활동도, 피복량 등이 있으며, 특히, 온도, 습도, 공기흐름은 쾌적감에 가장 민감한 영향을 주는 요소이다. 쾌적한 실내 환경을 조성하기 위해서는 실내 환경의 쾌적감 측정 및 평가 기술이 요구되고, 이들 요소에 대한 정량적인 측정과 쾌적감과 관계가 파악될 때, 보다 만족스럽고 쾌적한 실내 환경 조성이 가능할 것이다. 따라서 우리나라에서도 HAN(Highly Advanced National) Project의 일부인 감성공학 기반기술 개발 사업에서 쾌적한 실내 환경을 구현하기 위한 몇가지 연구가 진행되어져 왔다. 이들 연구는 인간이 느끼는 쾌적감에 영향을 미치는 요소들의 측정과 쾌적감과 관계가 파악하여 온열 쾌적감의 특성을 규명하고 쾌적 조건을 제시하는 '온열쾌적감 측정기술 및 DB개발', 열환경 요소를 실내 공간을 대상으로 임의로 제어하고, 그 결과를 측정하는 열환경 제시에 필요한 모든 기술 개발을 위한 '열환경 제시기술', 그리고 실내 환경의 쾌적도를 측정하는 측정기의 개발을 위한 '실내 기후의 쾌적지표 측정기 개발' 등으로 진행되었고, 그 결과에 대한 지표화 및 DB화가 이루어졌다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 연구들의 열환경 요소 제시기술과 연구 결과물의 지표화를 비교·분석하고자 한다.

2. 쾌적 환경의 접근방법

2-1 온열환경지표

①예상온열감반응과 예상불만족율

온열환경의 복합효과를 평가하기 위해 Fanger(1970)는 피실험자를 사용한 실험과 인체 열 평형식을 결합하여, 온열각을 정량화된 수치로 나타내는 예상 온열감반응(PMV, Predicted Mean Vote)을 예측하는 식을 제안하였다. PMV이론은 온열환경의 6요소를 대입하면 그 조건에서 따뜻하거나 혹은 춥다고 느끼는 것을 수치로 정량화한 것으로 인체의 열부하에 근거하여 산출된다. PMV는 평균적인 온열감을 표시한 것으로, PMV=0가 되는 환경조건에서도 온열적으로 만족을 나타내지 않는 사람이 있다. Fanger는 실험을 통해 온열감 -1, 0, +1이외의 값을 신고한 사람의 비율을 불만족율(PPD; Predicted

Percentage of Dissatisfied)로 하여 PMV와 관련된 식을 유도하여, PMV값에 따른 PPD를 계산하였다. PMV는 다른 온열지표와 달리 직접 감각량을 표시하기 쉬우며, 또한 PPD에 의해 불만족율도 간단하게 예측할 수 있기 때문에 광범위하게 사용되는 온열환경지표이다. 표1은 PMV스케일을 영어 및 한국어로서 표현한 것으로 본 연구에서 설문지에 사용된 표현이다.

표 1 PMV 척도

PMV	English	Korean
+3	hot	덥다
+2	warm	따뜻하다
+1	slightly warm	약간 따뜻하다
0	neutral	중립
-1	slightly cool	약간 서늘하다
-2	cool	서늘하다
-3	cold	춥다

②표준신유효온도

실제 대상 환경의 기온, 평균방사온도, 상대습도, 풍속, 대사량, 착의량을 임의의 변량으로 한 경우의 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers)표준 환경의 기온을 표준신유효온도(SET*, Standard Effective Temperature)라고 한다. 이것은 임의의 온열환경을 ASHRAE표준환경의 기온으로 변경하여 평가하는 체감온도라고 할 수 있다. 신유효온도(ET*)는 상대습도 50%에서의 가상기온으로서 직접 온열각을 표시하지는 못하기 때문에 PMV보다 감각적으로 판단하기는 다소 어렵다. 따라서, 신유효온도를 서로 다른 조건의 온열환경에서 비교할 수 있도록 표준화한 것이 SET*이다.

또한 발한에 의한 증발열손실을 고려하고 있으므로 쾌적범위를 포함한 더운 환경, 추운 환경의 평가에도 적용할 수 있다. 쾌적에 가까운 범위에서는 SET*와 PMV의 사이에는 큰 차이가 없지만 발한을 동반하는 더운 환경의 평가에는 SET*가 뛰어나다.

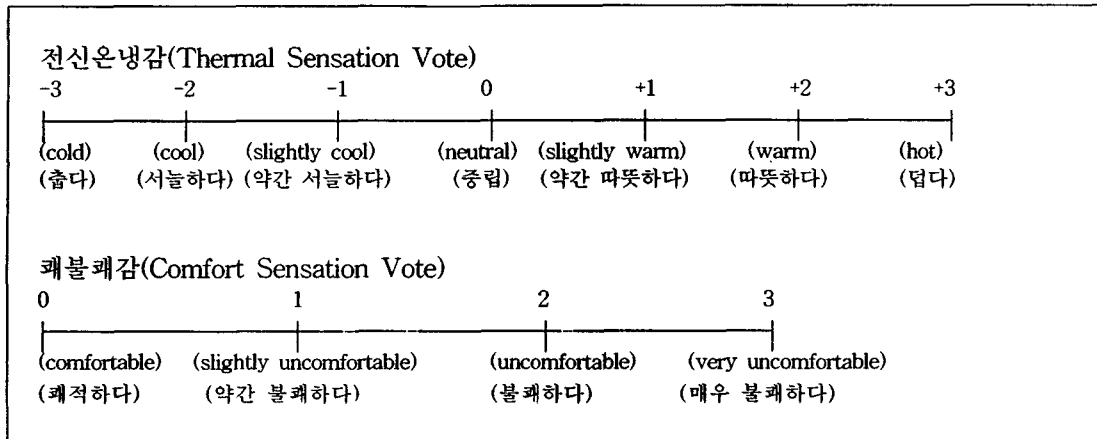


그림 1 설문지 내용 및 스케일

2-2 쾌적감 평가

설정 환경조건에 대한 피실험자의 반응을 설문지를 통하여 전신온냉감(TSV, Thermal Sensation Vote)와 쾌불쾌감(CSV, Comfort Sensation Vote)을 측정한다. 그림1은 실험에서 피실험자의 전신온냉감과 쾌불쾌감의 측정에 사용된 설문지이다.

3. 열환경 기준의 비교

선진 각국에서는 앞에서 소개한 평가지표를 이용하여 실내 열환경의 쾌적범위 및 평가방법에 대한 기준을 제정하여 사용하고 있으며, 쾌적한 실내환경 유지 및 새로운 건물의 공조 시스템 설계시 이러한

표 2 열환경 기준의 비교

평가 항목		미 국 ¹⁾	유 럽 ²⁾	일 본 ³⁾	한국 ⁴⁾	비 고
온도 (°C)	여 름	23.0~26.0 (0.5 clo)	23~26 (0.5 clo)	20~26 (허용 : 17~28)	25.4~27.5(청년)	미국, 유럽 : 작용온도 일본 : 기온
	겨 울	20.0~23.5 (0.9 clo)	20~24 (1.0 clo)		25.8~28.0(고령자)	
					24.2~26.8(청년)	
					25.7~28.2(고령자)	
습 도		1.7 °C (노점온도) ~60 % (상대습도)		40~70 % (상대습도)	30~70% (상대습도)	
기류속도 (m/s)	여 름	0.15 이하	0.15 이하	0.15 이하 (허용 : 0.5이하)	0.1	미국 : 고온부 기류 증가
	겨 울	0.25 이하	0.25 이하			
복사온도차 (°C)	수 평	10 이하	10 이하	10 이하		
	수 직	5 이하	5 이하	5 이하		
상하 온도차 (°C)		3 이하	3 이하	3 이하	3°C와 6°C	
바닥 온도 (°C)		18~29	19~26 (겨울)			
PMV (PPD)			-0.5~0.5 (10 % 이하)			

1) ANSI/ASHRAE Standard 55-1992 (1992)

2) ISO 7730 (1994)

3) 日本 建設省建築研究所 官民連帶共同研究報告書 (1990)

4) 한국 과학기술부 “온열쾌적감 측정기술 및 DB개발”(1999)

표 3 열환경 제시기술

분 류	목 록
감성 지표	급기방식에 따른 온도, 복사온도, 기류속도, PMV 배기방식에 따른 온도, 복사온도, 기류속도, PMV, PPD
감성 제품	공기조화기 공기조화용 통신 프로그램 공조부하 계산 프로그램 열환경 챔버
감성 정보물	실내 열환경 요소에 관한 정보물 열환경 챔버 개발 현황 정보물 환기 효율에 관한 정보물

표 4 온열 쾌적감 측정기술 및 DB 개발

분 류	목 록
감성 지표	난방시 한국인의 온열쾌적감 냉방시 한국인의 온열쾌적감 대류난방시 상하 온도차에 따른 온열쾌적감 대류난방시 온도와 기류속도에 관한 TSV, CSV평가 실내 상하 온도차의 HRV(HF/LF)
감성 제품	온열쾌적감 Data Base System

표 5 실내기후의 쾌적지표 측정기 개발

분 류	목 록
감성 제품	실내기후의 쾌적지표 측정기
감성 정보물	실내기후의 쾌적지표 측정기 기술개발 현황

기준을 활용하여 에너지 절약과 함께 쾌적한 실내 환경을 구현하고 있다. 미국의 경우 ANSI/SHRAE Standard를 사용하고 있고, 영국을 제외한 유럽의 경우 주로 ISO Standard를 사용하며, 일본의 경우 아직 기준은 제정되어 있지 않지만 수 년 전에 정부와 민간이 공동으로 연구한 보고서에 열환경 평가방법 및 쾌적범위에 대해 상세하게 기술되어 있다. 한국인의 여름철 냉방시 쾌적 범위는 청년의 경우 SET*25.4~27.5℃, 고령자의 경우 SET* 25.8~28.0℃로 ASHRAE St.55-74의 권장 쾌적 범위 (SET*22.0~25.4℃)보다 다소 고온지향적인 경향을 나타냈다. 그리고 한국인의 겨울철 난방시 쾌적 범위에서도 청년의 경우 SET*24.2~26.8℃, 고령자의

경우 SET* 25.7~28.2℃로 ASHRAE St.55-74의 권장 쾌적 범위(SET*22.0~25.4℃)보다 다소 고온지향적인 경향을 나타냈다. 이것은 한국인 온열쾌적감과 관련하여 전통적으로 찬 것을 싫어하기 때문에 서구인보다 따뜻한 환경을 선호하다는 점과 일치하는 결과이다.

4. 열환경 요소의 지표 목록

열환경 요소의 지표화는 열환경 관련 연구보고서 수집하여, 이들 보고서를 검토하여 감성지표 분류체계 확립하고 지표리스트를 도출하였다. 그리고 지표형식을 표준화하여, 감성지표 개발을 완성하였다. 본 연구의 통한 지표리스트는 표3~표5에 제시하였다.

5. 결론 및 토의

본 연구를 통한 열환경 요소에 관한 정보의 지표화는 보다 많은 사람이 널리 사용하고, 보다 쉽게 그 내용을 이해하고, 보다 효과적으로 적용하는 많은 도움이 될 것으로 판단된다. 그렇지만 각 과제별 연구의 진행이 상호 정보의 교류없이 독립적으로 진행되어, 실험계획이나 실험조건에 일관성이 부족한 것으로 나타났다. 이 때문에 연구의 결과를 전체적으로 통합하거나 데이터베이스를 구축하는데 장애가 되고 있다. 또한 개별 과제의 연구 진행과정에서 실험계획 및 실험방법에 대한 검토가 불충분하여, 결과에 대한 신뢰성에 의문이 제기된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 관련 연구과제 수행자들간의 적극적인 정보교류는 물론 실험결과들의 타당성을 검증하는 실험도 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

1. 금중수 외, “온열쾌적감 측정기술 및 DB개발에 관한 연구”, 과학기술부, 1999
2. 김영일 외, “열환경 제시기술”, 과학기술부, 1998
3. 정준환 외, “실내기후의 쾌적지표 측정기 개발”, 1998
4. ISO, Moderate thermal environments-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, ISO-7730, 1994
5. 김진, 조암, “쾌적환경에 대한 쾌적감의 소고찰”, 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, pp.200-204, 1998