

## 감성기류의 온열쾌적성 평가

배동석\*, 최호선\*\*\*, 김동규\*\*, 금중수\*\*, 최광환\*\*  
부경대학교 대학원 냉동공조공학과\*  
부경대학교 공과대학 냉동공조공학과\*\*  
LG전자\*\*\*

### Thermal Comfort Evaluation for Air-Conditioning with Sensible Wind

Bae Dong-Suck, Choi Ho-Seon, Kim Dong-Gyu, Kum Jong-Soo, Choi Kwang-Hwan  
Graduate School, Pukyong National University\*

Department of Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Pukyong National University\*\*  
LG Electronics Inc.\*\*\*

#### 요약

생활수준의 향상으로 에어컨의 보급이 확대되고 있다. 본 연구에서는 에어컨의 실내 온열환경 형성에서 가장 큰 부분을 차지하는 기류에 대한 온열쾌적감 평가를 하고자 하였다.

기존 에어컨의 기류조성방법은 주로 풍향을 변화시키는 것과 풍량을 변화시키는 것이었다. 따라서 본 연구에서는 에어컨의 베인 조작으로 기류감을 향상시키고 실내의 상하온도차를 최소화 할 수 있는 새로운 에어컨기류(감성기류)와 이미 제품화 되어있는 에어컨 기류와의 비교를 통해 가장 쾌적하고 편안한 에어컨기류를 찾고자 하였다. 31명의 피험자 체감실험을 통하여 감성기류, 풍량변화기류, 풍향변화기류의 전신온냉감 및 쾌불쾌감을 비교한 결과 새로운 에어컨 기류인 감성기류가 전신온냉감 및 쾌불쾌감 측면에서 양호한 기류로 평가되었다.

#### 서론

대부분의 생활을 실내에서 영위하고 있는 현대인에게 쾌적한 실내환경은 작업능률의 향상과 건강유지 측면에서 중요한 문제로 대두되고 있다.

여름철 큰 빌딩에서는 건물 전체적인 실내공기의 환

기, 냉방이 이루어지지만, 소규모 건물이나 주택에서는 소형 에어컨이 주로 사용되고 있다.

에어컨의 기본 기능은 찬바람을 불어내어 재실자들이 시원하게 느끼도록 하는 것이다. 실외의 더운 조건에

서 실내로 들어가 처음 가동하는 에어컨의 기능은, 재실자에게 신속하게 온열적 충립을 제공하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 가정에서 에어컨을 장시간 운전할 때는 재실자의 건강과 감성을 고려한 보다 질 높은 실내 온열환경을 만드는 것이 중요하다.

기존 에어컨의 기류조성 방법에는 풍향을 변화시키는 것과 풍량을 변화시키는 두 가지 방법이 있다. 풍량변화기류는 주파수 특성이 1/f인 자연풍에 가까운 기류로 알려져 있다. 그리고 풍향변화기류는 에어컨의 기류방향을 위아래로 변화시켜 재실자의 기류감을 자극하는 것이다. 하지만 보다 좋은 실내온도분포와 기류감을 얻기 위하여 에어컨의 베인을 일정한 규칙으로 조작한 기류(이하 감성기류라고 함)를 제안하게 되었고, 감성기류 역시 주파수 특성이 1/f에 가까운 기류 특성을 가지고 있다(그림 2 참조).

본 연구에서는 기존의 상용화 되어있는 풍향변화기류, 풍량변화기류와 새로 제안한 감성기류에 대해 체감실험을 통한 온열쾌적감평가를 하고자 하였다.

본론

실험방법

본 실험은 1998년 7월 14일부터 7월 19일까지 부경대학교 건축환경설비연구실의 온열환경실험실에서 실시하였다. 피험자는 신체 건강한 남녀 대학생을 선발하였으며, 그 신체적 특징을 표 1에 나타내었다.

표 1 피험자의 신체적 특징.

성별	인원수 (명)	나이 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	체표면적 (m <sup>2</sup> )	PI (kg <sup>0.33</sup> /m)
남자	16	21 ±1.21	172.1 ±4.84	65 ±9.59	1.8 ±0.13	2.3 ±0.08
여자	15	24 ±1.94	162.7 ±4.32	53 ±6.22	1.5 ±0.1	2.3 ±0.07

※체표면적 = 71.46 × 체중<sup>0.425</sup> × 신장<sup>0.725</sup>

1회 실험에 2명씩 참가하였으며 총 16회 실험하였다. 피험자는 온도 30℃, 습도 55~65%(초기상태)로 조절되는 대상실에 입실하여 30분 동안 안정을 취하였으며, 이때 더운 상태의 Reference신호를 받았다. 그 후 풍향변화기류·풍량변화기류·감성기류의 3가지 기류를 랜덤하게 예비체험 시켜 기류에 대해 익숙해지도록 하였다. 예비체험이 끝난 후 실온을 초기 상태로 유지시켜 본 실험에 들어갔다. 난수표에 의해 랜덤화된 순서대로 한가지 기류씩 3분(생리신호 수신 2분 + 설문작성 1분)간 체험시키면서 생리신호(뇌파, 심전도) 수신 및 기류에 대한 설문을 작성하게 하였다. 하나의 기류체험이 끝나면 7분 동안 휴식을 취하는 동안 실내온습도 조건을 초기상태로 만든 후 다른 기류를 체험시켰다. 실험에서의 측정항목을 표 2에 나타내었다.

표 2 측정항목

측정항목	세부항목
생리신호	뇌파, 심전도
주관설문	전신온냉감, 쾌불쾌감, 기류에 대한 심리적 요소(12문항)
피부온도	안면부 및 상체 열화상
실험실 환경	온도, 습도, 복사온도

실험조건

피험자는 여름철 주텍에서 가장 많이 착용하는 반바지, 반팔 차림에 양말은 미착용한 상태로 에어컨 전방 2.5m에 위치한 의자에 앉아 실험에 임하였다.

그림 1에 풍향변화기류, 풍량변화기류, 감성기류의 조성방법을 나타내었다. 풍향변화기류는 에어컨 토출풍량은 일정하나 베인이 상하 동일속도로 회전함에 따라 기류가 상하로 일정속도로 변화하는 것을 말한다. 풍량변화기류는 에어컨 베인이 고정된 상태에서 토출풍량이 강, 중, 약으로 일정한 주기로 변화하는 기류이다. 감성기류는 풍향변화기류처럼 토출풍량은 일정하지만 토출기류가 상부에서 3회, 하부에서 2회 왕복운동 한다. 상하풍향조절 속도는 위에서 아래방향으로 내려올 때는 올라갈 때에 비해 약 2배 빠르다.

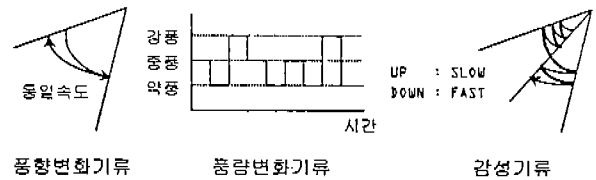


그림 1 각 기류의 개념도

그림 2에 각각의 기류에 대한 실내기류분포와 주파수특성을 나타내었다.

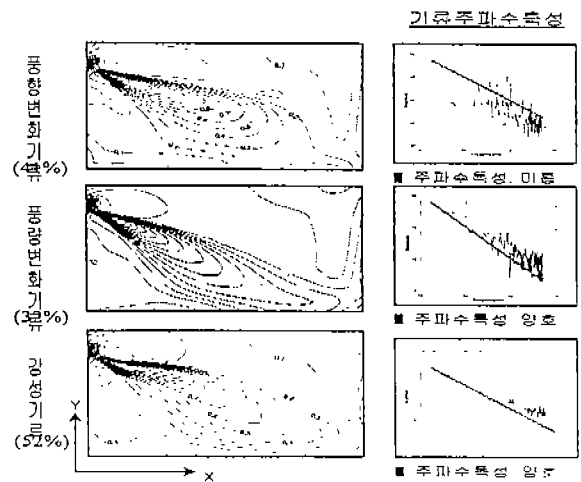


그림 2 각 기류의 실내기류분포와 주파수특성

실내기류분포는 Software Flow-3D(상용Package)를 사용하여 수치해석을 수행한 것이며, Hardware는 SUN SPARC 10을 사용하였다.

실내기류가 0.3m/s에 도달한 영역이 풍향변화기류는 41%, 풍량변화기류의 경우는 32%이며, 감성기류의 경우는 52%로 기류확산영역이 가장 넓다. 이는 표 3에 나타났듯이 국부불쾌감의 원인이 되는 상하온도차를 최소화시킨다. 상하온도차는 바닥으로부터 0.1m 높이와 1.1m 높이의 온도차를 말하며 온열환경실험실에서 420개의 Thermocouple 온도 측정점을 두어 수행하였다.

표 3 각 기류에 대한 상하온도차 값

기류	풍향변화기류	풍량변화기류	감성기류
상하온도차	1.7 °C	2.2 °C	1.3 °C

기류주파수특성 분석은 에어컨 전방 2.5m, 높이 1.1m에서 기류센서로 측정하였으며, 2048개의 Data를 수집 분석한 결과이다. 기류측정장비는 DANTEC사의 Multi Channel Flow Analyzer를 사용하였으며, MATLAB을 사용하여 분석했다.

기류주파수 특성분석결과 풍량변화기류와 감성기류의 경우 자연바람에 가까운 1/f특성을 나타냈다.

각 기류에 대한 실내기류분포와 주파수특성과, 상하온도차 실험은 LG의 온열환경실험실에서 본 실험에 앞서 수행한 것이다.

풍향변화기류, 풍량변화기류에 비해 감성기류는 에어컨의 상하베인이 하방향으로 이동시에 있어 상방향으로 이동시에 비해 빠르게 구동함으로써 기류에 의한 대류열전달을 확산시키고, 기류확산영역을 넓혔다. 또한 상부영역에서의 왕복횟수(3회)가 하부영역에서 왕복횟수(2회)보다 많게 구동함으로써 찬 토출기류가 바닥으로 내려가는 현상을 최대한 억제하여 상하온도차를 줄인 결과를 가져왔다.

기류실험 전후의 실험실 온습도 조건을 표 4에, 실험장면을 사진 1에 나타내었다.

표 4 실험실 온습도 조건

		온도(°C)	습도(%)
실험전		30.22	64.69
감성기류	기류가동 전	30.03	57.50
	기류가동 후	26.17	62.39
풍량변화기류	기류가동 전	30.18	57.29
	기류가동 후	26.05	63.77
풍향변화기류	기류가동 전	30.07	56.79
	기류가동 후	26.26	61.86

본 실험에 사용한 전신온냉감 설문내용은 기존에 사용하던 7scale을 한국인의 정서에 맞게 수정한 것이다. 표 5에 실험에 사용한 설문 중에서 전신온냉감의 scale을 나타내었다.

표 5 전신온냉감 scale

전신온냉감	
3	열기가 느껴지고 땀이 난다
2	더운 기운에 약간의 불편함이 느껴진다
1	더운 기운을 느끼나 불편함은 없다
0	서늘함이나 따듯함을 느끼지 못한다
-1	찬 기운을 느끼나 불편함은 없다
-2	찬 기운에 약간의 불편함이 느껴진다
-3	으시시하고 한기를 느낀다

쾌불쾌감과 신선함, 선호도신고는 각 의미척도를 7등분하여 신고하도록 하였다(그림5, 그림 7, 그림 8 참조).

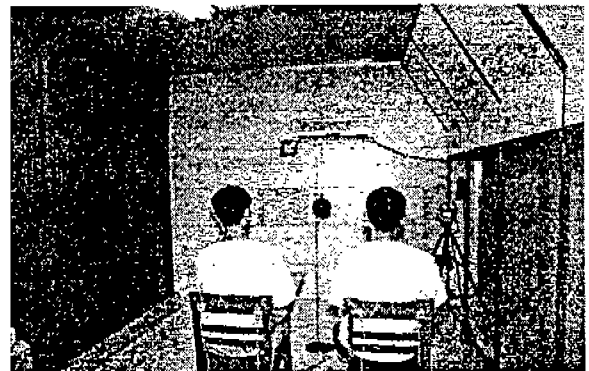


사진 1 실험장면

### 실험결과 및 고찰

본 실험에서 기류에 대한 개개인의 주관신고 차이는 크게 나타났다. 전체 14개 설문 문항 중에서 통계적 의미를 갖는 문항 수는 5개 항목으로 나타났으며, 이것은 기류종류의 변화로 피험자들이 받는 자극의 미소한 차이가 주관신고에 정확히 나타나지 않은 결과로 판단된다. 여기서는 피험자들의 주관신고 중에서 온냉감, 쾌불쾌감, 신선함, 선호도에 관한 내용만을 다루었다.

그림 3에 전체 피험자의 각 기류조건별 전신온냉감신

고를 나타내었다. 풍향변화기류와 감성기류가 전신온냉감신고 값이 -1.14로 풍량변화기류의 -1보다 더 낮은 값을 나타냈다. 실험에서 각 기류를 더운 초기상태(30℃)에서 약 3분간 가동하였기 때문에 풍향변화기류와 감성기류가 단시간의 냉방효과가 있는 것으로 판단할 수 있다. 그리고 전신온냉감 scale에서 (-1)은 “찬 기운을 느끼나 불편함은 없다”이므로 세 가지 기류 모두 재실자에게 불편함 없이 찬 기운을 제공한다고 볼 수 있다.

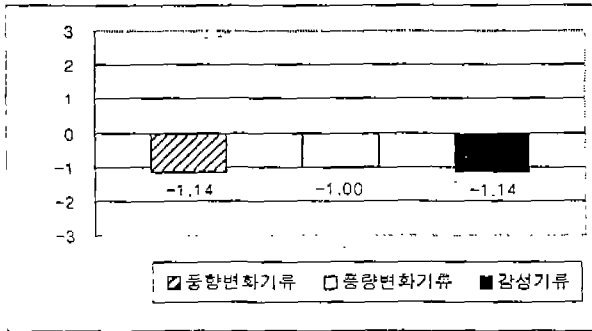


그림 3 각 기류조건별 전신온냉감신고(전체)

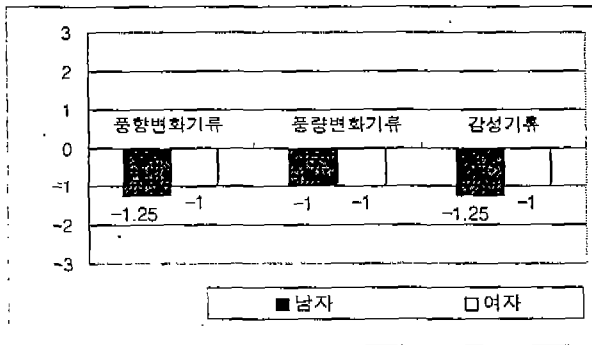


그림 4 각 기류조건별 전신온냉감신고(남녀별)

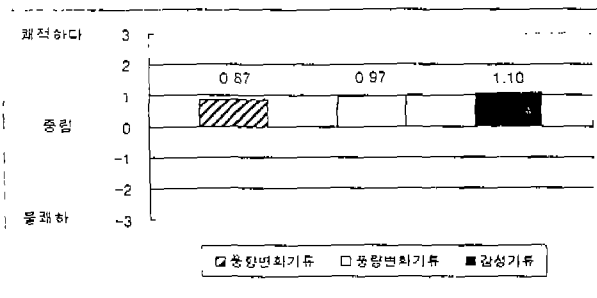


그림 5 각 기류조건별 쾌불쾌감신고(전체)

그림 5, 그림 6에 각 기류조건별 쾌불쾌감신고(전체, 남녀별)를 나타내었다. 전체적으로 감성기류, 풍량변화기류, 풍향변화기류 순서로 쾌적하다고 신고했으며, 여자의 경우 감성기류 및 풍량변화기류에 대해 남자보다 더 높은 쾌적신고치를 나타내었다.

그림 7과 그림 8에 각 기류별 신선함신고와 선호도신고를 나타내었다. 감성기류가 가장 신선하고 좋은 기류라고 신고했음을 알 수 있다.

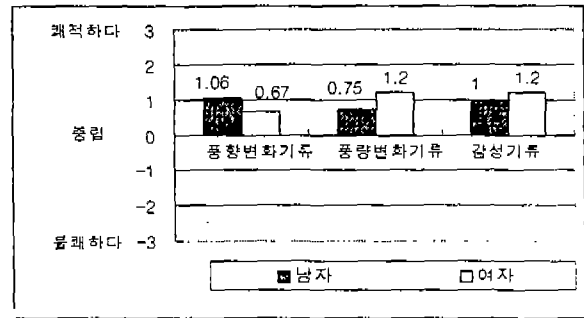


그림 6 각 기류조건별 쾌불쾌감신고(남녀별)

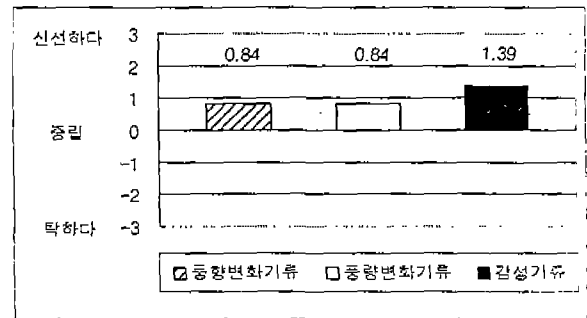


그림 7 각 기류조건별 신선함신고

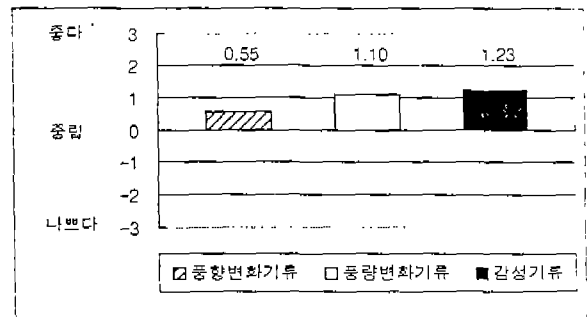


그림 8 각 기류조건별 선호도신고

## 결론

자연의 바람을 느끼게 하여 기류쾌적감을 향상시키고, 국부불쾌감의 원인이 되는 상하온도차를 최소화 시킴으로써 온열쾌적감을 향상시키기 위해 새로 고안된 감성기류와 기존의 에어컨에 적용되어있는 풍향변화기류, 풍량변화기류의 체감실험평가를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

· 감성기류가 풍량변화기류, 풍향변화기류보다 시원함, 쾌적함, 신선함, 선호도 측면에서 우수함이 나타났다.

## 참고문헌

1. 김종수, "온열쾌적감 측정기술 및 DB개발", 감성공학기술개발 1단계 연구결과 발표자료집
2. 김동규, "한국인의 온열쾌적감 평가 및 쾌적지표의 적용성에 관한 연구", 부경대학교 냉동공학과 박사학위논문, 1998.8.
3. 木村建一ら "夏季の通風・室内氣流が體感に及ぼす影響に關する研究", 日本建築學會大會學術講演概集 pp.337-338, 1985-87
4. P. O. Fanger, "Thermal Comfort", Danish Technical Press, 1970
5. S. Tanabe, "Thermal Comfort Requirements in Japan", Ph.D. Waseda University, 1988
6. ASHRAE FUNDAMENTALS, "Thermal Comfort", 1997
7. 石垣秀一ら, "低風速時における人體の對流熱傳達率に關する實驗的研究", 日本建築學會大會學術講演概集 pp.863-864, 1989.10