공동주택의 여름철 수용 쾌적온도 범위와 거주자의 냉방기 사용행위에 관한 연구

전 정 윤†, 배 누 리*
연세대학교 주거환경학과, *연세대학교 대학원 주거환경학과

A Study on Acceptable Thermal Comfort Zone and Resident Behavior of Operating Cooling Devices in Apartments

Chung-Yoon Chun†, Nu-Ri Bae*
Department of Housing and Interior Design, Yonsei University, Seoul 129-749, Korea
**Graduate School of Housing and Interior Design, Yonsei University, Seoul 129-749, Korea*

(Received February 15, 2005; revision received March 21, 2005)

ABSTRACT: In this study, indoor thermal environment, resident behavior of operating cooling device, and thermal comfort vote are investigated at the living room of apartment during summertime in Seoul. Based on the results of the investigation, indoor air temperatures that residents turn air conditioners (especially for cooling load in this research) on and off were found out. The relationships between outdoor weather condition and the number of days using air conditioner, and whether operating patterns of the devices were also found out. The acceptable thermal comfort zone is figured out from these results, and this research is expected to contribute to the development of household air conditioner.

The results can be summarized as the followings; Residents turned the air conditioner on at 29.76℃ of indoor air temperature, and 28.89℃ of SET*. And turned the air conditioner off at 27.31℃ of indoor air temperature, and 23.70℃ SET*. Therefore, acceptable thermal comfort zone could be lied between these temperatures. If comfortable indoor thermal environment can be obtained with various architectural passive cooling techniques based on the results, energy consumption of cooling devices will be reduced.

Key words: Acceptable thermal comfort zone(수용 쾌적온도 범위), Apartment(공동주택), Thermal environment(온열환경), Critical cooling temperature(냉방한계온도)

기 호 설 명

D : 흑구의 직경 [m]
MRT : 평균 방사온도 [℃]
N : 서늘하지도 따뜻하지도 않음(neutral)
RH : 상대습도 [%]
SC : 약간 서늘함(slightly cool)
SW : 약간 따뜻함(slightly warm)
Ta : 실내공기온도 [℃]
Ta_{max} : 일최고 외기온 [℃]
Ta_{mean} : 일평균 외기온 [℃]
Ta_{min} : 일최저 외기온 [℃]

† Corresponding author
Tel.: +82-2-2123-3138; fax: +82-2-313-3139
E-mail address: chun@yonsei.ac.kr

t_g : 흑구온도 [℃]
V_a : 기류속도 [m/sec]
V_{max} : 일최고 풍속 [m/s]
W : 따뜻함(warm)

그리스 문자

ε : 방사율(흑구의 경우 0.95)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

인간의 온열쾌적감에 관한 연구는 Fanger의 실험실실험에 근거한 열수지이론[1]과 Humphreys의 현장조사에 근거한 Adaptive 이론[2]을 대표로 하여 과거 많은 연구들이 이루어져 왔다. 그러나 실험실실험의 경우, 대부분이 인공기후실 안에 피험자가 입실하여 주어진 환경조건을 수동적으로 평가하는 연구가 주를 이루고 있으며, 현장조사의 경우 조사의 편의상 사무실환경에 관한 연구가 대부분이었다. 한편, Sassa et al.[3,4]은 인공기후실 안에서 피험자들에게 온도표시가 되어 있지 않은 버튼을 눌러서 가장 쾌적하게 느끼는 영역으로 실내온도를 조절하도록 실험하였다. 이 결과 가장 쾌적한 온도가 피험자 29명 사이에 무려 7.2℃의 차이가 있었으며, 30%의 피험자가 일본의 권장 쾌적온도 범위 이외의 기온으로 쾌적 실내온도를 조절하였다고 보고하고 있다. 이는 거주자가 실내환경을 조절할 수 없는 상황과 조절할 수 있는 상황이 매우 다른 쾌적범위를 낳을 수 있다는 가능성을 암시하고 있으며, 따라서 사무실이나 공공건물과 같은 개인의 조절이 그다지 자유롭지 못한 공간과 주택과 같이 조절이 비교적 자유로운 경우 거주자가 요구하는 실내온열환경이나 수용온도의 폭이 다를 것으로 예상된다. 또한 주택의 경우, 쾌적성과 경제적 부담이라는 양 측면을 민감하게 고려하면서 거주자들이 냉·난방기를 사용하므로, 과잉냉난방이 나타날 가능성이 적기 때문에 이러한 조건 속에서 결과적으로 형성되는 온열환경은 감각적 쾌적감을 기반으로 한 기존의 쾌적범위(comfort zone)와는 다른 의미의 '수용쾌적범위'(acceptable comfort zone)라 할 수 있다. 이러한 수용쾌적범위는 경제적 개념과 현실성 등을 바탕으로 보다 넓은 쾌적범위를 나타내리라 예상되며, 이러한 결과를 현장에 피드백함으로써 기존의 좁은 쾌적범위가 갖는 에너지 과잉소비의 문제점을 해결할 수 있으리라 기대된다.

이러한 배경에서 출발하여, 본 연구는 우리나라 공동주택의 여름철 실내온열환경 및 냉방기 사용실태, 거주자의 온열감 평가 등을 조사하였다. 조사된 결과를 바탕으로 냉방개시온도와 중지온도를 분석하였고, 냉방기 사용일수 및 냉방기 사용과 외기조건과의 관계 등을 분석하였다. 이러한 연구결과는 앞서 말한 수용쾌적범위를 규명하는 데 기여할 수 있을 것이다.

1.2 국내 선행연구 고찰

냉방에 관한 기존의 연구들은 대체로 초고층 주거건물이나 오피스 건물에서 중앙공조시스템의 경제성 평가나 에너지성능 분석, 에너지절약 효과 등에 대한 것이 대부분이다. 공동주택을 대상으로 한 경우에는 최근 복사냉방시스템에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으나 이는 아직까지 실제로 적용되지 못한 시스템이다.

주택의 여름철 온열환경의 실태나 온열환경에서 노출된 사람이 느끼는 온열적 쾌적감에 관한 연구로는 Yoon and Yoo[5]와 Kim et al.,[6] Kim and Ahn[7] 등이 있다. 하지만 이러한 연구들에서는 온열적 쾌적감을 응답한 대상자가 물리적 온열환경 측정을 실시한 주택의 거주자가 아니거나 실험실에서 실험을 실시한 경우로, 앞서 말한 실험실 환경 내의 주어진 조건에 대한 수동적 평가에 해당한다.

한편 Yoon and Rhee[8]의 연구에서는 물리적 온열환경 측정을 실시한 주택에 직접 거주하는 주부를 대상으로 연구를 실시하였으나, 냉방기 사용에 대한 고려는 이루어지지 않았다. 이는 1980년대 후반에 이루어진 연구로 그후 매년 큰 폭으로 증가하고 있는 에어컨 수요와 공급 측면 및 날로 높아지는 사람들의 냉방에 대한 요구 측면에서 볼 때 거주자의 냉방기사용까지 고려한 보다 최근의 연구가 필요한 실정이다.

이외에도 효율적인 에어컨의 운용을 위해 다양한 변수에 따른 에어컨의 전력소비를 예측하여 냉방조건이 전력소비에 미치는 영향을 분석한 연구 등이 있다.[9]

Table 1 The outline of investigated apartment houses and air conditioners

Apartment house No.	The size of family	Construction year	Total floor area (m^2)	The number of air conditioner	Cooling ability (kw)	Stories (measured house/building)
A	2	2000	109.1	1	6.0	19/23
B	3	2000	109.1	1	5.6	17/23
C	3	2002	148.7	1	8.3	3/12
D	6	1980	82.7	1	1.6	2/5
E	4	2000	208.3	1	-	23/23
F	4	2000	109.1	1	8.3	11/25

2. 연구의 방법

2.1 측정방법

본 연구는 2004년 7월 3일부터 8월 31일까지 60일 동안 거실에 에어컨을 설치한 서울시 내 공동주택 6세대에서 사용시간과 실내온습도의 변화양상 등을 측정하였다. 선정된 6세대는 2개월간 실험에 협조해 줄 수 있는 세대를 무작위로 추출하였으며, 서울시 내에 위치한 공동주택이라는 조건 이외에는 특별히 조건의 규제를 두지 않았다. 측정장소는 에어컨이 설치되어 있는 거실로 한정하였다.

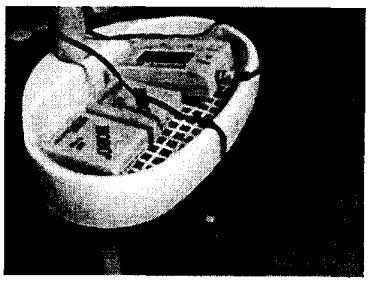
거실 온열환경을 알아보기 위하여 실내공기온도와 상대습도, 흑구온도를 바닥 위 110 cm 지점에서 측정하였고, 에어컨 사용 여부 및 사용시간을 알기 위하여 에어컨 취출구의 온도를 측정하였다. 측정간격은 2분 간격으로 60일간 연속측정하였다. 에어컨에 의한 실내의 기류속도는 측정기간 중 1회 측정하였는데, 거실 중앙 바닥 위 110 cm 지점에서 에어컨의 풍량이 강, 중, 약일 때 각각 1초 간격으로 30초 동안 측정하여 평균값을 사용하였다.

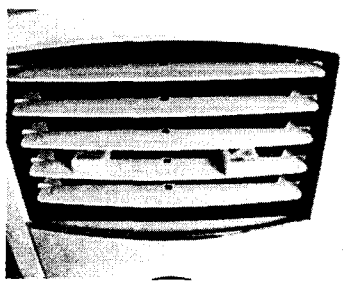
거실공간의 물리적 온열환경요소 측정과 함께 거주자가 거실에서 느끼는 주관적 온열감을 ASHRAE의 온열감 7단계 척도(1 : 추움, 2 : 서늘함, 3 : 약간 서늘함, 4 : 서늘하지도 따뜻하지도 않음, 5 : 약간 따뜻함, 6 : 따뜻함, 7 : 더움), 건습감 7단계(1 : 매우 건조, 2 : 건조, 3 : 약간 건조, 4 : 건조하지도 습하지도 않음, 5 : 약간 습함, 6 : 습함, 7 : 매우 습함), 쾌적감 4단계(1 : 쾌적, 2 : 약간 불쾌, 3 : 불쾌, 4 : 매우 불쾌)에 바탕을 두고 작성한 설문지를 이용하여 조사하였다. 주관적 온열감의 조사는 계절의 진행에 따른 변화를 보기 위하여 실험기간을 초기(2004년 7월 3일~7월 20일), 중기(2004년 7월 21일~8월 13일), 후기(2004년 8월 14일~8월 31일)로 나누어 각 기간별로 한 번씩 총 3회 조사하였다. 이밖에 대상주택과 거주자에 대한 기본적인 데이터(대상주택의 건축년도, 거주자의 연령, 성별 등)와 에어컨에 대한 기본적 데이터(사용년수, 기능, 제조사 등) 등을 조사하고 관찰조사를 병행하였다.

Table 1은 측정주택과 에어컨의 개요를 나타낸 것이다.

2.2 측정기구

흑구온도는 Espec사의 RS-11 온습도 데이터 로





(a) Measuring thermal condition in living room (b) Measuring air temperature from air conditioner

Fig. 1 Setting up measuring devices.

거와 탁구공을 개조한 소형 흑구를 이용하여 측정하였다. 센서는 말단부의 피복을 제거하여 응답성을 높인 TR-0106을 이용하였다. 공기온도와 상대습도, 에어컨 취출기류 온도의 측정을 위해서는 HOBO 온습도 데이터 로거를 이용하였고, 기류속도는 카노막스의 KLIMOMASTER를 이용하여 측정하였다. Fig. 1은 측정기구 설치모습이다.

3. 연구의 결과

3.1 측정기간 동안의 외기온과 외부습도

Fig. 2는 측정기간 동안의 외기온과 외부 상대습도를 나타낸 것이다. 외기기후에 관한 데이터는 기상청에서 측정한 데이터를 이용하였다. 평균 외기온의 경우 초기(2004년, 7월 3일~7월 20일, 이하 동일) 23.1℃, 중기(2004년, 7월 21일~8월 13일, 이하 동일) 28.3℃, 후기(2004년, 8월 14일~8월 31일, 이하 동일) 24.2℃로 전체 평균은 25.2℃이었다. 상대습도는 장마철이었던 초기가 다소 높아, 초기 87.6%, 중기 69.0%, 후기 72.9%로 전체 평균은 76.5%이었다.

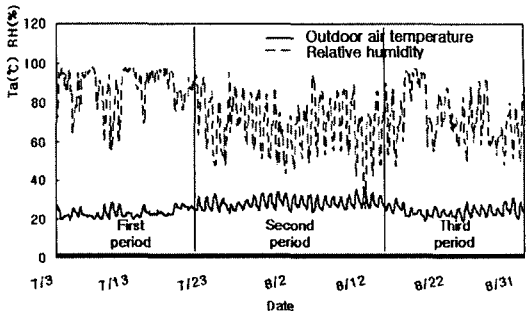


Fig. 2 Outdoor air temperature and relative humidity during experiment periods.

3.2 거실내 온열환경

3.2.1 실내공기온도, 상대습도, MRT

Table 2에 거실 공간의 공기온도, 상대습도, 평균 복사온도(Mean Radiant Temperature, 이하

Table 2 Measurement results

		Mean			Maximum			Minimum		
		T_a	RH	MRT	T_a	RH	MRT	T_a	RH	MRT
1st Period	A	25.2	82.0	25.6	27.5	99.1	28.9	21.7	66.5	20.1
	B	26.0	79.7	26.3	28.3	91.7	29.9	22.9	60.4	21.0
	C	26.1	79.9	26.7	28.3	99.1	29.6	22.1	66.5	21.2
	D	27.3	78.6	27.3	29.1	89.8	29.9	25.2	60.7	24.5
	E	26.2	77.6	26.5	28.3	93.8	29.5	23.6	56.3	22.8
	F	25.2	82.9	24.5	27.1	96.3	29.2	22.5	65.4	19.0
	Mean	26.0	80.1	26.2	28.1	95.0	29.5	23.0	62.6	21.4
2nd Period	A	28.9	71.2	29.4	32.3	93.8	35.1	24.4	46.0	22.7
	B	29.0	68.4	29.8	32.8	88.2	35.1	25.2	41.9	17.9
	C	28.9	70.7	29.4	31.9	85.2	34.6	25.6	39.2	24.4
	D	30.7	66.0	30.7	33.2	88.1	33.4	26.7	45.5	26.9
	E	30.3	64.4	30.5	34.0	89.8	35.6	26.3	30.8	23.5
	F	28.4	74.6	28.6	31.5	100.0	37.8	24.8	34.1	18.1
	Mean	29.4	69.2	29.7	32.6	90.9	35.3	25.5	39.6	22.2
3rd Period	A	26.1	68.8	26.5	31.1	93.8	32.2	21.7	42.8	20.7
	B	26.5	66.5	27.3	30.3	91.7	32.9	22.5	46.9	21.1
	C	26.1	72.0	26.5	28.7	91.7	31.1	22.5	50.2	19.8
	D	28.1	68.5	28.2	31.1	81.7	31.7	25.9	46.4	25.4
	E	28.0	61.0	28.2	31.5	82.8	33.1	23.6	44.7	22.6
	F	25.5	71.2	25.8	28.7	96.3	36.6	22.5	50.8	16.2
	Mean	26.7	68.0	27.1	30.3	89.7	32.9	23.1	47.0	21.0
Mean		27.4	72.4	27.7	30.3	91.8	32.6	23.9	49.7	21.5

MRT라 칭함)[1]의 측정결과를 정리하였다. 6세대의 평균 실내공기온도는 초기 26.0℃, 중기 29.3℃, 후기 26.7℃로 전체 평균은 27.3℃이었다. 중기와 후기의 최대 실내공기온도가 30℃를 훨씬 넘는 것은 비거주시 밀폐된 상태에서 측정된 값으로 생각된다. 평균 상대습도는 초기 80.1%, 중기 69.2 %, 후기 68.0%로 전체 평균은 72.4%이었다. MRT의 평균치와 실내온도의 평균치는 약 0.30℃의 차이를 보였으며, 전체적으로 공기온도와 MRT 간에는 그리 큰 차이를 나타내지 않았다.

3.2.2 의복량과 활동량

6세대의 가족구성원 총 22명의 평균 실내의복량은 초기 0.27 clo, 중기 0.23 clo, 후기 0.27 clo로 계절의 진행이 다소 반영되고 있었다. 전체 측정기간 중의 총 평균은 0.26 clo로 서울시 내 공동주택의 거주자들은 여름철 실내에서 주로 반팔 티셔츠와 반바지의 옷차림으로 생활하는 것으로 나타났다.

거실에서의 주요 활동으로는 77.3%의 거주자들이 TV 시청을 하였고, 그밖에 청소, 컴퓨터 사용, 담소, 수면 등의 활동을 하는 것으로 나타나 대략 0.8~2.0 met의 활동량을 나타내었다.

3.2.3 온열감, 쾌적감, 건조감

거주자가 주관적으로 느끼는 거실의 온열환경을 조사하기 위하여 각 거주자별로 온열감 7단계, 건습감 7단계, 쾌적감 4단계에 바탕을 둔 설문지를 이용하여 초기, 중기, 후기에 각 1회씩 총 3회 조사하였다. 질문은 "요즘의 거실 온열환경은 어떠하십니까?"로 응답시의 순간적 감각이 아닌 그 시기의 평균적 감각을 조사하였으며, 전 가족을 대상으로 시행하였다.

Fig. 3에 조사결과를 각 세대별 평균값으로 나타내었다. B주택의 경우 측정주택의 사정으로 초기에는 주관적 온열감을 조사하지 못하였다. 평균 온열감은 초기 3.8, 중기 5.7, 후기 3.8로 조사되었다. 평균 건습감은 초기 4.0, 중기 5.1, 후기 4.0로 조사되었다. 평균 쾌적감은 초기 1.5, 중기 2.5, 후기 1.4으로 조사되었다.

온열감과 건습감, 쾌적감 모두 계절이 진행되면서 대체로 더 덥고, 더 습하고, 더 불쾌하게 느끼다가 중기가 지나면서 덜 덥고, 덜 습하고, 더 쾌적하게는 늘어난 것으로 나타났다. 또한 중기를 제외하고는 6이나 7의 온열감을 나타낸 가족이 있는 세대는 한 세대도 없었다.

온열감과 쾌적감 모두 D주택에서 가장 덥고 불쾌하게 느끼는 것으로 나타났는데 이것은 앞에서 보인 측정결과와도 일치하는 것으로, 초기, 중기, 후기 모두 D주택의 평균 실내온도가 가장 높게 나타났다. 이는 D주택만이 중층형 공동주택이고, 오래된 건축물인 것 등으로 미루어 볼 때, 구조적인 차이나 단열성능의 부족, 많은 가족수로

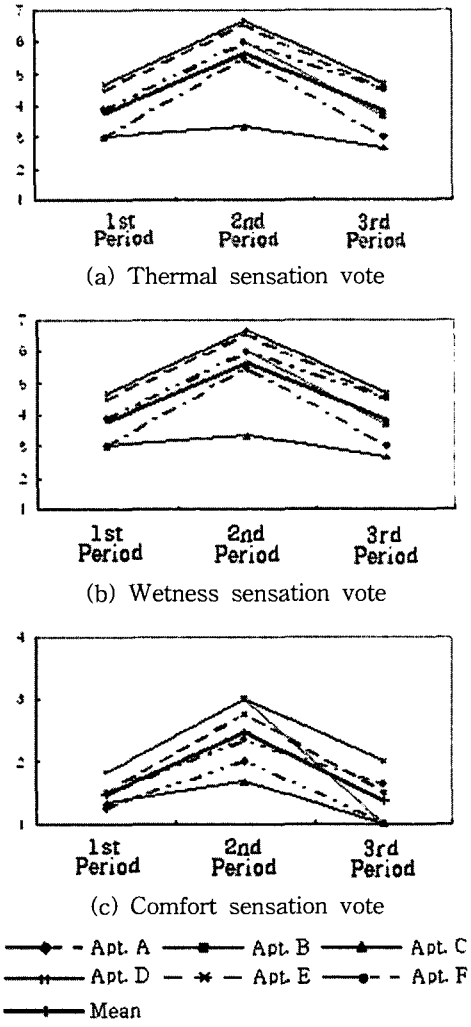


Fig. 3 Residents' indoor environmental sensation vote.

1) $MRT = \left[(t_g+273)^4 + \frac{1.10\times10^8 V_a^{0.6}}{\varepsilon D^{0.4}} (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273$

인한 높은 재실밀도, 그리고 에어콘의 냉방성능의 부족 등과 관련이 있을 것으로 생각된다.

3.3 거실에서 사용되는 냉방기구의 종류

측정주택 거실에서 사용되는 에어컨 이외의 냉방기구를 조사해 보았다. 조사결과 부채는 거의 사용되지 않았으며 모든 세대가 거실에서 선풍기를 사용하였다. 세대당 선풍기 보유대수는 평균 3.2대로 조사되었다. 선풍기 사용시간을 5단계 척도(1 : 매우 즐겨 사용한다(집에 있는 동안 거의 항상 사용한다), 2 : 즐겨 사용한다, 3 : 그저 그렇다, 4 : 별로 사용하지 않는다, 5 : 전혀 사용하지 않는다)의 질문지를 이용하여 초기, 중기, 후기의 각 기간에 한 번씩 총 3번 조사하였다. 평균 사용시간은 초기 2.9(그저 그렇다), 중기 2.1(즐겨 사용한다), 후기 3.9(별로 사용하지 않는다)로 나타났다. 선풍기 사용장소는 거실과 방에서 가장 많이 사용하는 것으로 나타났으며 선풍기를 두 군데 이상의 장소에서 사용한다는 응답은 중기에 가장 많아 선풍기 사용시간 역시 계절의 진행을 다소 반영하는 모습을 보였다.

3.4 거주자의 에어컨 사용행위

3.4.1 에어컨 사용행태와 실외온열환경

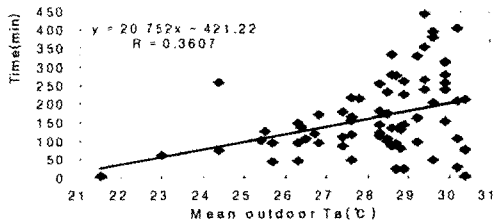
60일 간의 측정기간 동안 6주택 중 한 주택이라도 에어컨을 사용한 날의 수는 총 32일이었으며 7월 16일에서 8월 15일 사이가 에어컨의 주사용기간인 것으로 나타났다. 참고로, 측정기간 이전에 에어컨을 사용한 세대가 있는지를 조사한 결과, 그 이전에 사용한 세대가 한 세대도 없었으므로, 이는 여름철에 에어컨을 사용한 총일수라 할 수 있다. 세대당 평균 에어컨 사용일수는 12.3일이었으나 최다 사용주택이 27일 사용한 것에 비하여 최소 사용주택은 4일밖에 사용하지 않아 주택 간의 편차가 크게 나타났다. 에어컨 사용일의 일별 실외기상 데이터는 Table 3과 같다.

각 일별 실외 기상요소 중 평균 기온, 최고기온, 최저기온, 평균 상대습도, 최대풍속의 5가지 요소와 당일 에어컨을 사용한 주택 수 및 사용시간 간의 상관관계를 알아보았다. 에어컨 사용주택 수와 사용시간 두 경우 모두 일평균 외기온과의 상관도가 가장 높았으며 그 뒤로 최고기온, 상대습도, 최저기온, 최대풍속의 순서로 나타났다. 즉, 거주자의 에어컨 사용과 가장 큰 상관관계가 있는 실외기상요소는 일평균 외기온인 것으로 나타났으나 최고기온 및 상대습도도 비슷한 상관계수를 나타냈다. 일별 실외기상요소와 에어컨 사용시간의 관계를 Fig. 4에 나타내었다.

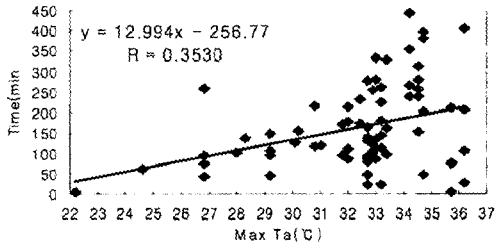
에어컨을 사용한 날의 일평균 외기온은 21.5℃부터 30.4℃인 날까지 그 분포는 폭넓게 나타났으나, Fig. 5에 나타낸 바와 같이 대체적으로 일

Table 3 Outdoor weather conditions during the operating period of air conditioner

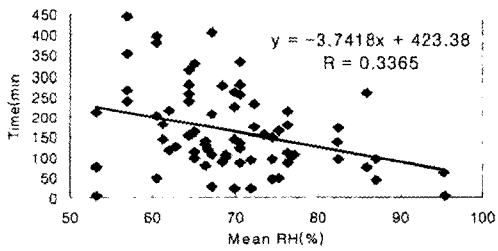
Date M	Date D	APT No.	Ta_{mean} (℃)	Ta_{max} (℃)	Ta_{min} (℃)	RH (%)	V_{max} (m/s)
7	3	2	24.4	26.8	22.0	85.9	3.5
	7	1	21.5	22.2	20.7	95.4	3.8
	16	1	23.0	24.6	22.2	95.3	7.0
	19	1	26.4	28.3	25.2	82.3	7.6
	20	2	25.7	26.8	24.8	87.1	5.3
	21	2	26.8	31.8	24.1	82.5	4.3
	22	3	27.4	32.0	24.1	76.3	4.1
	23	1	28.3	33.2	24.0	65.0	5.3
	24	2	27.6	30.8	23.7	62.0	3.9
	25	1	25.4	28.0	22.6	76.8	4.4
	26	1	26.5	29.2	23.8	77.1	4.5
	27	1	27.6	30.2	24.7	73.4	5.7
	28	2	28.7	32.7	26.0	71.8	4.4
	29	4	28.9	33.2	24.1	69.9	3.5
	30	3	29.2	33.4	25.2	65.1	4.1
	31	5	29.9	34.5	24.7	64.4	3.9
8	1	4	29.4	34.2	25.3	57.0	4.8
	2	2	28.3	33.2	23.7	61.3	4.5
	3	3	28.8	32.7	25.7	66.3	5.5
	4	2	28.5	32.9	23.2	68.8	4.9
	5	2	27.6	32.7	23.8	75.3	5.5
	6	2	28.3	32.9	24.7	70.6	5.2
	7	2	28.5	32.4	26.2	72.3	4.8
	8	1	27.8	32.0	26.1	76.3	5.3
	9	4	28.6	33.0	25.0	70.6	4.3
	10	4	30.2	36.2	25.2	67.1	4.2
	11	4	30.4	35.7	25.6	53.1	4.0
	12	4	29.6	34.7	25.6	60.5	4.4
	13	2	28.7	32.7	26.0	68.5	5.1
	14	3	26.3	29.2	24.0	74.5	5.1
	15	1	26.7	31.0	22.8	66.6	3.5
	29	1	25.5	30.1	21.6	62.8	4.7
Mean		2.3	27.5	31.4	24.3	71.9	4.7
Max		5	30.4	36.2	26.2	95.4	7.6
Min		1	21.5	22.2	20.7	53.1	3.5



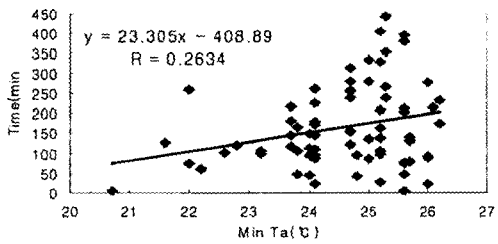
(a) Mean outdoor air temperature



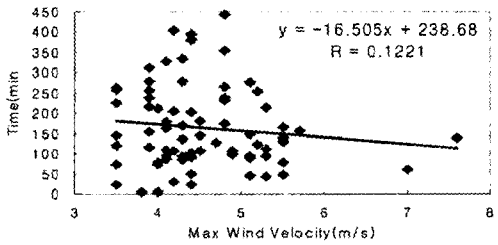
(b) Maximum T_a



(c) Mean RH

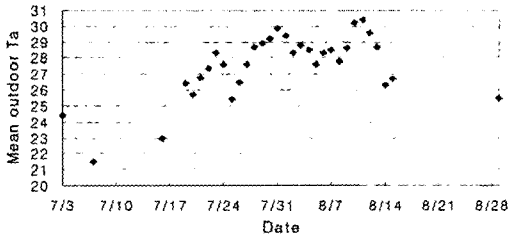


(d) Minimum T_a

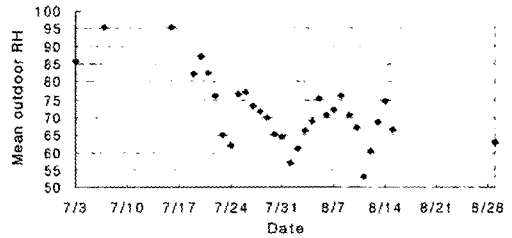


(e) Max wind velocity

Fig. 4 The relationship between outdoor weather conditions and TOU during the operating period of air conditioner.



(a) Mean outdoor air temperature



(b) Mean outdoor relative humidity

Fig. 5 Mean outdoor air temperature and relative humidity of the days at least one household used air conditioner.

평균 기온 25℃ 이상, 일평균 상대습도 60% 이상인 경우에 사용하는 것으로 나타났으며, 7월 초에 25℃ 이하임에도 불구하고 사용한 3일은 높은 상대습도로 인해 사용한 것으로 사료된다. 6세대 중 4세대 이상에서 에어컨 사용이 나타난 일수는 총 7일이었으며 일평균 외기온 28.5℃ 이상의 경우로 나타났다.

이상의 결과로부터 여름철에 측정대상 건물에서 주택용 에어컨을 사용하는 평균 일수는 12일 정도이고 일평균 외기온이 25℃ 이상이고, 상대습도 60% 이상일 경우 주로 사용하며, 특히 일평균 외기온 28.5℃ 이상일 경우는 대부분의 주택에서 에어컨을 사용하는 것으로 나타났다.

3.4.2 에어컨 사용개시 및 중지온도와 사용시간

Table 4는 거주자들이 에어컨 사용을 개시하고 중지한 시점의 실내기온을 나타낸 것으로 측정주택의 거주자들은 실내기온이 평균 29.8℃일 때 냉방을 개시하고 27.3℃에서 중지하는 것으로 나타났다. 이는 일반적 여름철 실내기온 권고치인 26℃를 기준으로 살펴볼 때, 다소 높은 온도에서 냉방을 중지한 것으로 이에는 사무실이나 공공건물과는 다른 주택이라는 특성이 반영된 결과로 생각된다. 즉, 주택은 사무실이나 공공건물보다는 거

Table 4 Critical cooling temperature

		Outdoor T_a (℃)			Indoor T_a (℃)		
		Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
A	Start cooling	27.9	29.5	26.3	28.9	30.7	27.1
	Stop cooling	27.1	29.5	25.7	25.7	26.3	25.2
	Difference	−0.8	0.0	−0.6	−3.2	−4.4	−1.9
B	Start cooling	30.6	33.9	25.7	29.9	32.8	26.7
	Stop cooling	29.7	33.4	25.7	27.7	31.1	25.6
	Difference	−0.9	−0.5	0.0	−2.2	−1.7	−1.1
C	Start cooling	29.2	33.70	25.0	29.8	31.5	28.3
	Stop cooling	29.2	33.70	25.0	27.2	28.3	26.3
	Difference	0.0	0.0	0.0	−2.6	−3.2	−2.0
D	Start cooling	26.5	34.0	23.1	30.7	33.2	27.5
	Stop cooling	26.0	33.7	22.8	29.1	31.1	26.3
	Difference	−0.5	−0.3	−0.3	−1.6	−2.1	−1.2
E	Start cooling	30.0	34.0	25.5	30.9	34.0	27.1
	Stop cooling	29.2	34.0	24.2	28.5	32.3	26.0
	Difference	−0.8	0.0	−1.3	−2.4	−1.7	−1.1
F	Start cooling	30.2	34.0	21.2	28.3	30.3	24.8
	Stop cooling	30.0	35.0	21.2	25.6	26.7	24.4
	Difference	−0.2	−1.0	0.0	−2.7	−3.6	−0.4
Mean	Start cooling	29.1	33.2	24.5	**29.8**	32.1	26.9
	Stop cooling	28.5	33.2	24.1	**27.3**	29.3	25.6
	Difference	−0.6	0.0	−0.4	−2.5	−2.8	−1.3

주자가 능동적으로 냉방기를 조절할 수 있으며, 쾌적성과 경제적 부담이라는 양 측면을 민감하게 고려하면서 적절한 수준에서 냉방을 중지하므로 다른 건물보다는 냉방중지온도가 높게 나온 것으로 사료된다.

에어컨의 사용을 개시하고 중지하는 시점에서 실내기온 외에 다른 온열환경 요소의 영향을 고려하기 위하여 환경측 조건으로서의 온열 4요소(기온, 습도, 복사온도, 기류)와 인체측 조건인 착의량과 활동량을 모두 고려한 온열지표인 신표준유효온도(Standard New Effective Temperature, 이하 SET*라 칭함), 온열쾌적지표(Predicted Mean Vote, 이하 PMV라 칭함), 예상불만족자율(Predicted Percentage of Dissatisfaction, 이하 PPD라 칭함)을 구하여 Table 5에 결과를 제시하였다. 기류속도는 각 세대의 에어컨의 풍속을 중으로 조절한 시점에서 거주역의 중심에서 측정된 값을 사용하였으며, 의복량과 대사량은 앞서 조사된 결과의 각 세대별 평균값을 이용하였다.

ASHRAE Standard 55에서는 SET* 22.2~25.6

Table 5 Indoor thermal condition at the time that air conditioners are turned on and off

No.	A/C ON			A/C OFF		
	SET* (℃)	PMV	PPD	SET* (℃)	PMV	PPD
A	28.2	1.2(SW)	37	23.0	−0.6(SC)	14
B	28.8	1.5(W)	53	23.7	−0.2(N)	6
C	29.2	1.6(W)	55	24.6	0.0(N)	5
D	29.9	1.8(W)	64	27.1	0.9(SW)	24
E	30.4	1.7(W)	63	24.7	−0.3(N)	7
F	26.8	0.6(SW)	14	19.1	−1.9(COOL)	75
Mean	28.9	1.4(SW)	47	23.7	-0.3(N)	7

℃의 범위를 쾌적온열환경의 기준으로 명시하고 있으며[10] ISO 7730에서는 쾌적영역으로서 PMV와 PPD의 값이 각각 $-0.5<PMV<+0.5$, $PPD<10\%$를 권장한다.[11] 평균 에어컨 가동시점은 SET^* 28.9℃, PMV 1.41로 약간 따뜻한 상태(slightly warm)였다. 즉, 6주택 모두 쾌적영역을 벗어난 SET^*와 PMV 수준에서 에어컨 사용을 개시하였으며, 평균 SET^* 23.7℃, PMV −0.4에서 에어컨 사용을 중지하였다. 다만 D주택의 경우에는 에어컨을 중지한 시점에도 쾌적영역보다 높은 온도로 벗어나 있었다. 이것은 앞서 이야기한 D주택의 특성과 함께 D주택에서 사용하는 에어컨의 냉방능력이 작기 때문인 것으로 추정된다. 반면 F주택의 경우에는 에어컨 중지시점의 SET^*와 PMV가 쾌적영역보다 낮은 온도로 벗어난 경우로, 이는 F주택 에어컨의 냉방능력이 커서 상대적으로 짧은 시간 동안 에어컨을 사용했음에도 실내기온이 큰 폭으로 떨어졌기 때문으로 추정된다.

이상의 결과로부터, 주택에서 여름철 냉방기 사용시 거주자의 수용쾌적온도 범위는 SET^* 23.7℃에서 SET^* 28.9℃ 사이로 정의할 수 있으며, 이 값에는 경제적 부담이란 변인과의 균형을 통한 수용 가능한(acceptable) 범위라는 뜻을 내포한다. 따라서 우리나라 공동주택에서 여름철의 경우, 인공기후실 내의 수동적 평가를 바탕으로 한 ASHRAE Standard 55에서 제안하고 있는 SET^* 22.2~25.6℃의 쾌적범위가 조절 가능성 및 경제성이라는 두 가지 변인의 영향을 받으면 약 SET^* 23.7~28.9℃ 사이로 이동되며 이 범위는 일반적 쾌적범위와는 구별되는 우리나라 공동주택의 여름철 수용쾌적범위로 정의할 수 있다.

4. 결 론

거실에서 에어컨을 사용하는 서울시 내 공동주택 6세대의 거실 온열환경과 거주자의 냉방기 사용행위에 대해 7, 8월의 2개월 간에 걸쳐 조사하였다.

(1) 측정대상주택 거실 내의 여름철 평균 온도의 범위는 약 26~30℃ 사이인 것으로 나타났으며, 상대습도는 약 70~80% 범위인 것으로 나타났다.

(2) 거주자의 전체 평균 의복량은 0.3 clo로 주로 반팔 티셔츠와 반바지의 옷차림으로 생활하는 것으로 조사되었고, 계절의 진행이 옷차림에 다소 반영되고 있었다.

(3) 모든 측정대상 주택에서 선풍기를 사용하였으며, 1세대당 평균 3.7대의 선풍기를 보유하고 있는 것으로 나타났다.

(4) 에어컨의 주사용기간은 7월 16일에서 8월 15일까지의 한 달간이었으며 전 여름철 동안의 에어컨 사용일수는 세대별로 차이가 커서 4일에서 27일 사이에 분포되어 있었고 평균 12일 사용하는 것으로 나타났다.

(5) 에어컨 사용주택 수 및 사용시간과의 관계에서 가장 높은 상관계수를 보인 실외 기상요소는 일평균 외기온이었으며 일평균 외기온이 25℃ 이상이고, 상대습도 60% 이상일 경우 주로 에어컨을 사용하며, 특히 일평균 외기온 28.5℃ 이상일 경우는 대부분의 주택에서 에어컨을 사용하는 것으로 나타났다.

(6) 거주자들은 실내기온 29.76℃, SET^* 28.89℃에서 에어컨 사용을 시작하고, 실내기온 27.3℃, SET^* 23.7℃에서 에어컨 사용을 중지하는 것으로 나타났다. 이상의 결과로부터, 주택에서 여름철 냉방기 사용시 거주자의 수용쾌적온도 범위는 SET^* 23.7~28.9℃ 사이로 정의할 수 있다.

이상의 결과와 같이 여름철 서울시 내 공동주택 거실의 온열환경 실태를 파악하고 냉방행위에 관한 데이터를 얻을 수 있었다. 얻어진 결과를 바탕으로 수용쾌적온도 범위를 구하였다. 또한 거주자들은 실내기온 29.8℃, SET^* 28.9℃에서 에어컨 사용을 시작하는 것으로 나타나, 통풍이나 일사차폐 등 건축설계적 측면의 배려를 통하여 실내기후를 이 수치 이하로 유지시키면 여름철 냉방기 사용으로 인한 에너지소비량을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Fanger, P. O., 1970, Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering, Danish Technical Press, Copenhagen.
2. Humphreys, M. A. and Nicol, J. F., 1998, Understanding the adaptive approach to thermal comfort, ASHRAE Transactions, p. 104.
3. Sassa, N., Kubo, H., Isoda, N. and Yanase,

T., 2000, Experimental study on individual variation of preferred air temperature in summer, J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ, No. 531, pp. 31-35.

4. Sassa, N., Kubo, H., Isoda, N. and Yanase, T., 2001, The study of preferred air temperature in winter, J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ, No. 541, pp. 17-22.
5. Yoon, C. S. and Yoo, B. H., 1997, Evaluation of the indoor thermal environment in apartment house, Journal of the Korean Society of Living Environmental System, Vol. 4, No. 2, pp. 29-35.
6. Kim, D. G., Kum, J. S., Choi, K. H., Park, H. W., Kim, J. R. and Joo, I. S., 1998, Effects of relative humidity on comfort sensation by comparison between the young and the aged, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 10, No. 4, pp. 381-389.
7. Kim, N. H. and Ahn, B. W., 2003, Evaluation of indoor thermal environment for cooling in apartment house, Journal of the Korean Housing Association, Vol. 14, No. 3, pp. 1-8.
8. Yoon, C. S. and Rhee, J. S., 1989, A study on the summer thermal environment in Korean urban residences, Korean Home Economics Association, Vol. 27, No. 1, pp. 71-83.
9. Park, S. H., 2002, A study on the estimation of study on cooling expenses estimation of apartment – Based on the 80 m^2 types in Seoul district, M. Arch. thesis, Yonsei University.
10. ANSI/ASHRAE 55, 1992, American society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC.
11. ISO 7730, 1994, Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.