

바닥급기 공조시스템(UFAC)을 적용한 작업공간의 실내환경 평가기법 개발연구

정 광 섭^{**}, 한 화 태

*서울산업대학교 건축공학과, 국민대학교 기계자동차공학부

A Study on the Design Prototype Development of Underfloor Air-Conditioning System(UFAC) for Improving Indoor Environment

Kwang-Seop Chung^{**}, Hwa-Taik Han

**Department of Architectural Engineering, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea*

School of Mechanical & Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received October 4, 1999; revision received November 30, 2000)

ABSTRACT: During the last decade, an increasing interest in Underfloor Air-Conditioning(UFAC) systems has emerged. The purpose of this paper is to evaluate comprehensively the indoor environmental performance of office buildings with UFAC system in order to develop the design prototype of this system. In this paper, the physical measurements and the interviewing survey of occupant's sensation responses to the environment were carried out. Measurements and survey were made of the thermal environmental factors such as air temperature, relative humidity, air velocity, globe temperature, and the other several environmental factors such as the sound level and the illuminance of working plane, etc. And, the air quality was evaluated by measuring the concentration of suspended particles, carbon monoxide, and carbon dioxide in the room. Furthermore, the paper appraises the various indoor environmental factors of the room by using post-occupancy evaluation(POE) method in office building with UFAC system, and thus, it suggests the basic data for assessing the indoor comfort based on field measurements and survey.

Key words: Indoor environmental factors(실내 환경 요소), Underfloor air-conditioning system(바닥 급기 공조시스템), Comfort air-conditioning(쾌적 공조), Indoor air quality(실내 공기질)

1. 서론

건물의 오피스 환경은 크게 변모되고 있으며, 생산성 향상과 효율화를 기치로 한 OA(사무자

동)화가 진행되어 1990년대 현재는 고도 정보화 사회로 불려지고 있다. 또한, 국제적 정보 네트워크가 발전되어 인텔리전트 빌딩이라 부르는 호칭이 이제는 일반화되고 있는 추세에 있다. 더욱, 새로운 오피스 환경도 종래의 「일(생산)의 장(場)」에서 「생활의 장」 또는 「창조의 장」으로 크게 변화가 모색되고 있다. 이 때문에 특히, 개개인이 쾌적함을 충분히 얻을 수 있는 실내환경이 향후 무

† Corresponding author

Tel.: +82-2-970-6561; fax: +82-2-974-1480

E-mail address: kschung@plaza1.snut.ac.kr

적합을 충분히 얻을 수 있는 실내환경이 향후 무척 중요하게 될 것이다. 이러한 변화에 충분히 대응하기 위한 오피스 환경으로는 융통성 있는 스페이스, 실의 용도 변경이 가능하고 용이한 실내 공간, 거주성 중시의 쾌적공조, OA기기를 위한 충분한 배선 스페이스 및 확실한 발열처리, 시간외의 공조 부분운전, 에너지 절약, 경제성 등이 요구될 수 있다.⁽¹⁾

한편, 오피스의 실내환경은 사람들의 건강과 일의 능률에 영향을 미치는 요인이 되고, 쾌적한 실내환경을 창출하는 것은 건물소유자·거주자·관리자 누구에게도 중요한 과제로서 인식되게 되었다. 바닥급기 공조시스템은 쾌적한 실내환경을 조성하기 위한 사회적 요구에 따라 도입된 새로운 공조방식의 한가지이며, 개인의 기분과 취향에 맞춰 풍량 및 풍향을 자유롭게 조절할 수 있는 거주성 중시의 쾌적공조시스템이다. 이와 같은 바닥급기 공조시스템이 실제로 사무소 건물에 채택된 역사는 매우 짧고, 이 시스템을 적용한 사무소 건물의 실내환경요소를 측정할 사례 또한 아주 미진한 실정이다.⁽²⁾

그러므로, 본 연구에서는 바닥급기 공조시스템을 갖춘 사무소 건물의 실내환경 측정 및 설문조사를 통해 환경실태를 파악하고, 더 나아가 거주 후 평가(POE) 기법을 이용하여 실내 환경의 특성을 평가하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 측정 및 평가 방법

2.1 측정 대상 건물

측정 대상 건물로는 서울시 영등포구에 위치한 S사무소 건물을 선정하였으며, Table 1에는 측정 대상 건물의 개요를 나타낸다. 그러나, 본 측정 대상건물은 지상 8층 사무소 건물이지만 전 층마다 바닥급기 공조시스템이 구비되어 있지 않고 6층에만 이 시스템이 설치되어 있는 관계로, 바닥급기 공조시스템을 구비한 6층의 사무실과 회의실만을 주요 측정 대상으로 하였다. 한편, 측정 기간은 1998년 7월 22일~23일로서 냉방기에 2일간 측정을 실시하였다. 측정시간은 온열환경요소인 실내온도, 외기온도, 흑구온도 및 실내수직온도는 5분 간격으로 연속 측정하였고, 다른 환경요소는 오전 9시부터 오후 5시(1일 4회)까지만

측정하였다.

Fig. 1은 측정 건물의 6층 평면도에 바닥급기(Floor Terminal Unit)와 리턴 그릴(Return Grille)의 설치 위치를 삽입하고 또한 측정점 위치를 나타낸 것이다. Fig. 2는 측정 건물에서 사용하는 바닥 급기구의 형상을 나타낸 사진이며, 퍼즈널(Personal) 공조시스템을 겨냥하여 이태리의 히로스(Hiros)사에서 개발 제작한 것이다.⁽³⁾

2.2 측정 항목 및 평가 방법

2.2.1 측정 기기 및 방법

실내환경을 평가하기 위한 주요 측정항목은 온열환경 요소인 실내온도, 흑구온도, 실내수직온도이며 이들은 실 중앙에서 측정하고, 상대습도, 기류속도는 사무실과 회의실 각각 9점의 대표점을 선정하여 측정하였다. 또한, 공기환경 요소로는 부유분진과 CO₂ 농도를, 음환경 요소로는 등가소음레벨을 그리고 빛환경 요소로는 조도 분포 등을 주요 측정항목으로 하였으며, 측정과 동시에 각 측정실의 재실인원과 기타 필요한 조사를 병행하였다. 측정점의 위치는 측정실의 규모와 바닥 면적을 고려하여 사무실과 회의실 모두 9점의 대표점을 선정하여 측정하였으며, 흡연자의 수는

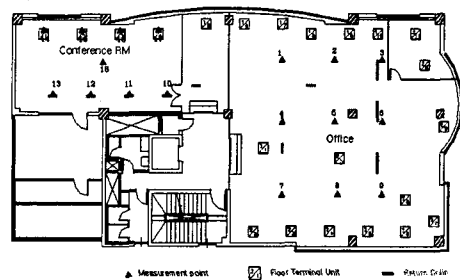


Fig. 1 Floor plan of the building(the 6th floor).

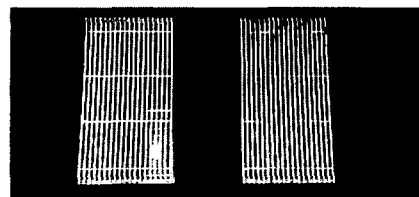


Fig. 2 Shape of floor terminal unit.

Table 1 Measuring items for environmental factors including instruments

Environmental factors	Measuring items	Instruments	Measuring position
Heat	Dry-bulb temperature	Assman psychrometer	Center of room
	Globe temperature	Globe thermometer	
	Relative humidity	Thermometer CTH-990	
Air quality	Air velocity	Anemomaster	Representative points - 9 points
	Suspended particles	Digital aerosol monitor (P-5H2)	
	Carbon dioxide	Potable CO ₂ , CO meter (M 8550, TSI)	
Lighting	Levels of illumination	Digital lux meter Lm-2D (TOPCON)	
Sound	Noise level	Sound level meter(SL-1350)	Center of room
Occupants	No. of occupants	Counter	N/A

흡연실을 따로 두었기 때문에 별도로 조사하지 않았다. Table 2에는 실내환경 측정 항목 및 기기를 나타내고 있다.

2.2.2 물리적 측정 항목 및 평가 기준

(1) 음환경

측정 항목은 Table 2에 나타난 바와 같이 크게 두 가지로 분류한다. 첫째는 등가소음레벨(L_{Aeq})의 일평균치이며, 하나의 집무실에서 1일에 4회(오전 9시, 11시와 오후 2시, 5시) 측정한 L_{Aeq}의 4개의 데이터의 평균을 대표치(평균치)로 한다. 대체로, L_{Aeq}=55dB이 「시끄럽다」 「시끄럽지 않다」의 평가의 갈림길인 것으로 추정할 수 있다.

그러므로, 평가 5단계 가운데서 중앙의 3단계를 53~56dB로 하고, 3dB 스텝으로 랭크를 정했다. 또 한가지는 암소음으로서, 대부분의 오피스에서는 외부 소음은 문제가 없는 레벨로 차단되고 있고, 공조소음이 문제가 되고 있다. 공조 소음은 거의가 정상 소음이기 때문에, L_A로 측정하여 표시하면 된다. 45dB±2dB의 범위를 중앙 랭크의 3으로 하고 있다.

한편, 음환경의 설문조사 항목 및 평가점 설정 기준은 Table 3에 나타난 바와 같다. 설문조사에서는 음·빛·열·공기·공간의 각 환경요소에 대응하는 설문 앞에 개인의 정보·속성에 관한 설문과 실의 총체적 인상에 대한 설문이 열거되

Table 2 Grade rating for physical measuring items of sound environment

Grade		1	2	3	4	5
Measuring items						
Equivalent noise level	dB	>59≥	>56≥	>53≥	>50≥	
Background noise level	dB	>50≥	>47≥	>43≥	>40≥	

Table 3 Grade rating for survey items of sound environment

Grade		1	2	3	4	5
Survey items						
Noise level		Noisy	Slightly noisy	Neutral	Slightly quiet	Quiet
Disturbance to work		A lot	-	Somewhat	-	None
Echo		Existing	Slightly existing	Neutral	Almost none	None
Broadcasting audibility		Unrecognizable	Hard to recognize	Neutral	Recognizable	Well recognizable

어 있다. 그러나, 개개 설문지의 집계를 하였지만, 설문 전체를 평가의 대상으로는 하지 않았기 때문에, 개인의 정보와 총체적인 인상은 직접 평가의 대상에서는 제외하였다. 표에 나타낸 측정 항목에 대응하는 설문에 대해서만 5단계로 평가점을 부여하였다. 이 가운데서 숫자 1이 가장 부적합한 경우를 나타내고, 숫자가 높아질수록 양호한 환경임을 가리키고 있다.

(2) 빛환경

측정 항목은 Table 4에 나타낸 바와 같이, 작업면의 평균 조도, 균제도 및 조명기구의 클레어 수준으로 분류한다. 작업면 평균조도는 1구획 9점의 평균을 대표치(평가치)로 한다. 평가치는 750 lx를 표준 랭크의 최저치로 하고, 1500 lx 이상을 최고 랭크로 했다. 균제도는 작업면 조도의 불균일을 나타내는 지표로 해서 측정된 9점 가운데서의 최저 조도와 평균 조도의 비를 평가한다. 다음, 조명기구의 클레어는 조명기구가 원인으로 발생하는 눈부심을 평가한다. 기구에 몇 개인가의 종류가 있는 경우에는 가장 평가가 나쁜 기구로 한다. 평가는 워드 프로세서 등의 화면을 보면서 하는 작업(VDT작업)과 그렇지 않은 경우로 나누고, VDT를 수반하지 않는 경우에는 G분류, 수반하는 경우에는 V분류로 하는 것을 원칙으로 한다. 다만, VDT를 수반하는 경우에 V분류가 불

분명한 경우에는 G분류로 한다. Table 5에 빛환경에 대한 양케이트 항목과 평가항목들을 나타낸다.

(3) 열환경

열환경의 평가는 Table 6에 나타낸 바와 같이, 측정점 9점의 일평균을 사용한다. 평가항목은 실온, 습도, 기류속도(3분 동안의 풍속 평균), 흑구온도, 상하온도차 및 PMV이며, PMV를 제외한 요소들은 모두 바닥위 1.1 m에서 측정된 것이다. PMV는 일본 건설성건축연구소에서 제시한 「PMV의 산출」(ISO 7730에 의거 작성한 표)을 이용하여 온도, 습도, 기류속도, 흑구온도, 착의량 및 에너지 대사량으로부터 계산한 것이다.⁽⁴⁾ 열환경에 대한 양케이트 항목과 평가항목들은 Table 7에 나타낸다.

(4) 공기환경

측정 항목으로서 Table 8에 나타낸 바와 같이, 부유분진, 이산화탄소 및 일산화탄소 농도로 분류한다. 먼저, 부유분진은 바닥위 1.1 m의 부유분진 농도[mg/m³]로 평가한다. 공기중에 부유하는 입경 10μm 이하의 입자상 물질의 중량으로 나타내고, 평가기준치는 건축법 등의 허용농도 기준치를 최저 랭크로 했다. 다음, 이산화탄소는 바닥위 높이 1.1m의 CO₂ 농도의 평균치[ppm]로

Table 4 Grade rating for physical measuring items of lighting environment

Measuring items		Grade				
		1	2	3	4	5
Work surface illuminance	lx	<500≤	<750≤	<1000≤	<1500≤	
	Uniformity factor	<0.5≤	<0.6≤	<0.7≤	<0.8≤	
Lighting glare	w/o VDT	G3	-	G2	-	G1, G0
	with VDT	V3	-	V2	-	V1
	with VDT	G3, G2	-	G1	-	G0

Table 5 Grade rating for survey items of lighting environment

Survey items		Grade				
		1	2	3	4	5
Room illuminance	Not appropriate	-	Neutral	-	Appropriate	
Nonuniformity in illuminance	Concerned	Slightly Concerned	Neutral	Hardly Concerned	Not concerned	
Work surface illuminance	Not appropriate	-	Neutral	-	Appropriate	
Glare	Concerned	Slightly Concerned	Neutral	Hardly Concerned	Not concerned	

평가한다. 평가기준치는 건축법의 허용농도 기준치를 최저 랭크로 하고, 청정한 외기의 농도를 최고 랭크로 했다. 일산화탄소는 바닥위 높이 1.1m의 CO농도의 평균치[ppm]로 평가한다. 평가

기준치는 건축법의 허용농도 기준치(10 ppm)가 현실적이 아니므로, 5 ppm을 최저 랭크로 했다. 공기환경에 대한 앙케이트 항목과 평가항목들은 Table 9에 나타낸다.

Table 6 Grade rating for physical items of thermal environment

Measuring items		Grade	1	2	3	4	5
Room temperature[℃]	Cooling period		>29≥ <21≤	>28≥ <22≤	>27≥ <23≤	>26≥ <24≤	
	Intermediate period		>28≥ <20≤	>27≥ <21≤	>26≥ <22≤	>25≥ <23≤	
	Heating period		>27≥ <19≤	>26≥ <20≤	>25≥ <21≤	>24≥ <22≤	
Relative humidity [%]			>85≥ <15≤	>75≥ <25≤	>65≥ <35≤	>55≥ <45≤	
Air velocity [m/s]			>0.45≥	>0.35≥	>0.250≥	>0.15≥	
(GT-Room temperature) [℃]	Cooling period		>4≥	>3≥	>2≥	>1≥	
	Intermediate period		>4≥ <4≤	>3≥ <3≤	>2≥ <2≤	>1≥ <1≤	
	Heating period		<4≤	<3≤	<2≤	<1≤	
Vertical temperature difference [℃]			>5≥	>4≥	>3≥	>2≥	
PMV			>2.0≥ <-2.0≤	>1.5≥ <-1.5≤	>1.0≥ <-1.0≤	>0.5≥ <-0.5≤	

Table 7 Grade rating for survey items of thermal environment

Survey items	Grade	1	2	3	4	5
Thermal sensation	Cold/Cool		-	Slightly cool	-	Neutral
	Hot/Warm		-	Slightly warm	-	Neutral
Humidity sensation	Humid		-	Slightly humid	-	Neutral
	Dry		-	Slightly dry	-	Neutral
Airflow sensation	Sensible		-	Slightly sensible	-	Not sensible
Radiation sensation	Sensible		-	Slightly sensible	-	Not sensible
Vertical temperature difference sensation	Sensible		-	Slightly sensible	-	Not sensible
Overall comfortness		Discomfortable	Slightly discomfortable	Neutral	Slightly comfortable	Comfortable

Table 8 Grade rating for physical items of air quality environment

Measuring items		Grade	1	2	3	4	5
Carbon dioxide concentration	ppm		>1000≥	>800≥	>600≥	>400≥	
Carbon monoxide concentration	ppm		>5≥	>4≥	>3≥	>2≥	
Suspended particle concentration	mg/m ³		>0.15≥	>0.12≥	>0.08≥	>0.05≥	

Table 9 Grade rating for survey items of air quality environment

Survey items	Grade	1	2	3	4	5
Air pollution	Sensible		-	Slightly sensible	-	Not sensible
Odour	Sensible		-	Slightly sensible	-	Not sensible
Dustness	Sensible		-	Slightly sensible	-	Not sensible

(5) 공간환경

공간환경을 구성하는 여러 가지 요인을 심리적 인 쾌적성(거주성)과 관련된 요소와 활동하기 용이함(기능성)과 관련된 요소로 분류한 것 외에, 그들을 분류·정리하고 평가를 한다. 공간환경에 대한 물리적 측정 항목에 대한 평가점 설정 기준치는 Table 10에 나타내며, 공간환경의 양케이트 항목과 평가항목들은 Table 11에 나타낸다.

3. 측정결과의 분석 및 검토

최종 평가는 요소별·항목별의 평가와 전 요소를 종합하는 평가의 2단계로 한다. 먼저, Table 2~Table 11의 내용을 기준으로 해서, 요소별 평가로서 전체의 평가 대상 항목에 대해서 평가 결과를 표시하는 일람표를 작성한다. 일람표는 환경 요소별로 물리적 측정과 양케이트의 2종류로 된다. 다음, 요소별로 각각의 요소를 대표하는 몇 개 항목의 평가치를 써서 방사형 그림(Radar Chart)을 만든다. 그림은 원의 중심으로부터 방사상으로 등각도로 평가항목수 만큼을 축으로 하여

만들고, 양호한 평가인 경우에는 외측, 불량한 평가인 경우에는 내측으로 되도록 평가치를 기입해서 표현한다. 측상에 나타난 기입점을 인접한 동일점과 연결하여 다각형을 작도하고, 이 다각형의 면적이 넓고 정다각형의 형태가 될수록 양호한 환경인 것으로 판단된다. 즉, 그림 속에서 측정 평가 대상 항목에 대응하는 환경 요소별 설문 에 대해서 5단계로 평가점을 부여하였는 바, 숫자 1이 가장 부적합 경우를 나타내고, 숫자가 클수록 양호한 상태를 가리키고 있다. Table 12~Table 23에 각종 환경의 물리평가와 심리평가 결과를, Fig. 3~Fig. 15에 사무실과 회의실의 요소별·항목별 평가도를 나타낸다.

3.1 음환경

Table 12와 Table 13은 각각 사무실과 회의실의 음환경에 대한 물리적 측정평가 결과와 심리적 설문조사(양케이트) 결과를 나타내며, Fig. 3과 Fig 4는 이들을 단순히 방사형 그림으로 만든 것이다.

Table 10 Grade rating for physical items of spatial environment

Grade		1	2	3	4	5
Measuring items						
Floor area per person	[m ² /person]	<4≤	<8≤	<10≤	<14≤	
Ceiling height	[m]	<2.4≤	<2.5≤	<2.7≤	<2.8≤	
Density of plants	[@/100m ²]	<2≤	<6≤	<12≤	<20≤	
Carpet coverage		None(<70%)		-		All(≥70%)
Width of desk	[m]	<1.0≤	<1.2≤	<1.4≤	<1.6≤	
No. of additional function of chair		<2≤	<4≤	<6≤	<8≤	
Density of OA equipments	[@/person]	<0.2≤	<0.4≤	<0.6≤	<0.8≤	
Density of telephone	[@/person]	<0.3≤	<0.5≤	<0.7≤	<1.0≤	
Meeting area	[m ² /person]	<0.3≤	<0.5≤	<0.8≤	<1.0≤	
Receiving space per person	[m ² /person]	<0.2≤	<0.4≤	<0.6≤	<0.8≤	

Table 11 Grade rating for survey items of spatial environment

Grade		1	2	3	4	5
Survey items						
Room area	Not appropriate	-		Neutral	-	Appropriate
Openness to desk	Not appropriate	-		Neutral	-	Appropriate
Amount of plants	Not appropriate	-		Neutral	-	Appropriate
Interior	Bad	Slightly bad		Neutral	Slightly good	Good
Sensation of desk usage	Bad	Slightly bad		Neutral	Slightly good	Good
Sensation of chair usage	Bad	Slightly bad		Neutral	Slightly good	Good
Lack of OA equipments	Concerned	Slightly Concerned		Neutral	Almost not concerned	Not concerned
Lack of meeting space	Concerned	Slightly Concerned		Neutral	Almost not concerned	Not concerned
Lack of receiving space	Concerned	Slightly Concerned		Neutral	Almost not concerned	Not concerned

Table 12 Result of physical measurement on sound environment

Measuring items	Measured value		Grade	
	Office	Conference	Office	Conference
Equivalent noise level	58.2	57.8	2	2
Background noise level	45.6	45.4	3	3
Mean value	-	-	2.5	2.5

Table 13 Result of interviewing survey on sound environment

Survey items	Grade	
	Office	Conference
Noise level	3.67	2.38
Disturbance to work	4.56	3.50
Echo	3.97	4.13
Broadcasting audibility	4.15	4.13
Mean value	4.09	3.54

그림으로부터 알 수 있는 바와 같이, 사무실인 경우에는 등가소음레벨이 2를 가리키고 있어 약간 시끄러운 분위기를 초래하고 있는 것으로 나타나고 있지만, 그 외에 소음이 집무에 미치는 영향과 관내 방송 및 반향은 적절한 수준인 것을 파악할 수 있다.

3.2 빛환경

음환경의 경우와 마찬가지로 Table 14와 Table 15도 사무실과 회의실의 빛환경에 대한 물리적 측정평가 결과와 심리적 설문조사(양케이트) 결과를 나타내며, Fig. 5와 Fig. 6도 이들을 방사형 그림으로 표현한 것이다.

Table 14 Result of physical measurement on lighting environment

Measuring items	Measured value		Grade	
	Office	Conference	Office	Conference
Work surface illuminance	35.62	57.8	1	1
Uniformity factor	60.6	81.1	3	5
Lighting glare	-	-	3	3
Mean value	-	-	2.3	3.0

Table 15 Result of interviewing survey on lighting environment

Survey items	Grade	
	Office	Conference
Room illuminance	4.54	4.50
Nonuniformity in illuminance	4.03	3.75
Work surface illuminance	4.23	4.50
Glare	3.97	4.13
Mean value	4.19	4.22

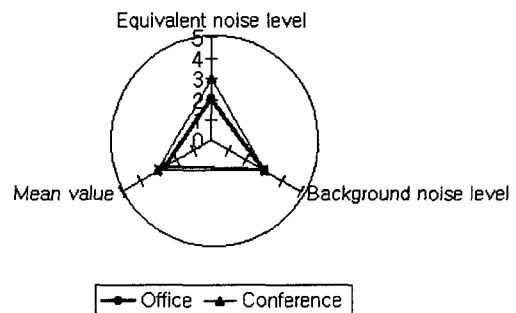


Fig. 3 Radar chart of physical measurement on sound environment.

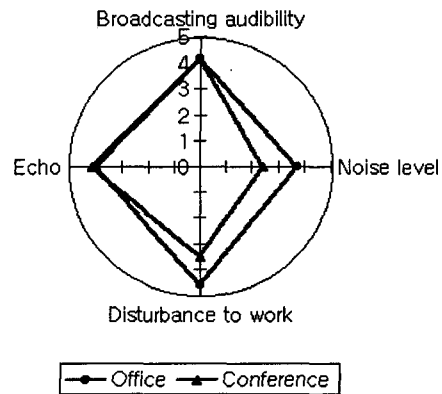


Fig. 4 Radar chart of interviewing survey on sound environment.

그림으로부터 알 수 있듯이, 물리적 측정 결과인 경우 작업면 조도가 평가지수 1을 나타내고 있어 아주 불량한 것으로 보여지고 있지만, 심리 평가 결과인 경우에는 그림의 형태가 정다각형의

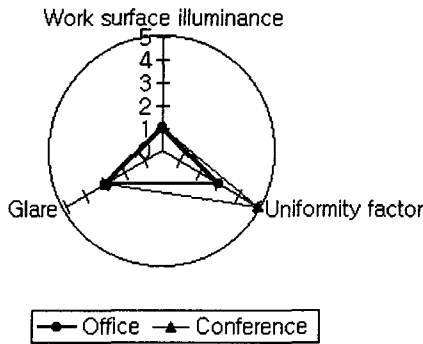


Fig. 5 Radar chart of interviewing survey on lighting environment.

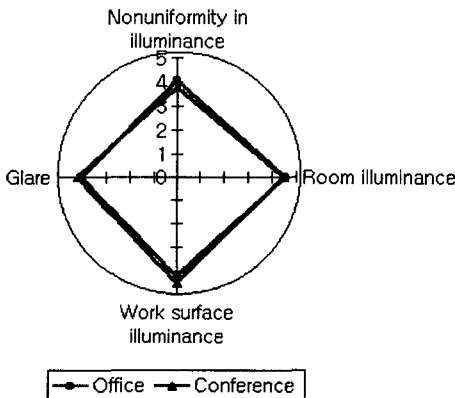


Fig. 6 Radar chart of interviewing survey on lighting environment.

정돈된 모양을 나타냄으로서 빛환경은 아주 양호한 조건을 제시하고 있음을 시사하고 있다. 여기에서, 사무실의 조도 분포는 306~352 lx(평균 328 lx), 회의실은 159~166 lx(평균 162 lx)로 사무실의 조도는 건축법 기준치인 300 lx 이상이고, 회의실의 조도는 300 lx 이하이지만 한국에너지기술연구소 추천 조도기준인 150 lx 이상으로 측정되었다. 이와 같이, 대체로 실내조도가 낮은 이유로서는 당 건물이 에너지 절약을 위하여 사무실의 형광등의 총 개수인 20 W×180개 가운데서 107개만을 점등하였고, 회의실은 20 W×48개 중 28개만 점등하였기 때문으로 조사되었다.

따라서, 물리적 측정 결과가 평가기준점수 1로서 불량하게 나타나고 있기는 하지만, 심리적으로는 별문제가 없는 것을 파악할 수 있다.

3.3 열환경

마찬가지로 Table 16과 Table 17도 사무실과 회의실의 열환경에 대한 물리적 측정평가 결과와 심리적 설문조사(양케이트) 결과를, Fig. 7와 Fig. 8도 이 들을 방사형 그림으로 표현한 것이다. 그림에서, 물리적 측정 결과인 경우 기류속도, 심리 평가인 경우 전신온냉감 항목을 제외하고는 모두 좋은 평가점수를 나타내고 있어 비교적 열환경은 매우 양호한 조건을 제시하고 있음을 알 수 있다. 여기에서, 회의실인 경우 기류속도가 1.39 m/s로 매우 크게 나타나고 있는 데, 그 이유는 측정시 너무 바닥급기구 가까이서 측정한 것 때문인 것으로 조사되었다. 특히, 열환경 평가 요소 가운데서, 바닥표면에서부터 천장면(2.5 m)까지의 실내온도는 시간의 흐름에 관계없이 0.86℃ 내외의 미미한 상하온도분포를 나타내고 있고, 또한 시간의 흐름과 더불어 온도만 약간 하강하면서 평행 이동하는 형태를 나타내고 있다. 이와 같이 실내 상하온도 분포는 일반적인 복사난방에서 보여주고 있는 것처럼 거의 균일하게 나타남으로서, 바닥급기 공조시스템을 갖춘 사무실의 열환경은 매우 바람직하게 조성되고 있음을 가리키고 있다.

3.4 공기환경

Table 18과 Table 19는 사무실과 회의실의 공

Table 16 Result of physical measurement on thermal environment

Measuring items	Measured value		Grade	
	Office	Conference	Office	Conference
Room temperature	25.85	25.1	5	5
Relative humidity	66.4	69.2	3	3
Air velocity	0.16	1.39	4	1
GT-DBT	-0.38	0.04	5	5
Vertical temperature difference	1.02	2.03	5	4
PMV	-1.57	-0.64	5	5
Mean value	-	-	4.50	3.83

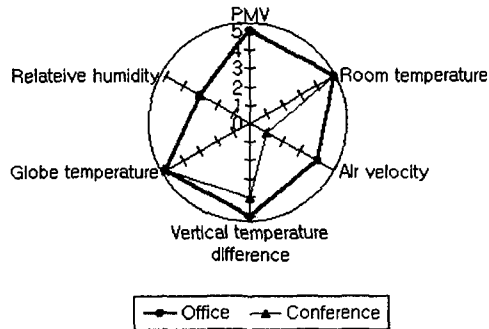


Fig. 7 Radar chart of physical measurement on thermal environment.

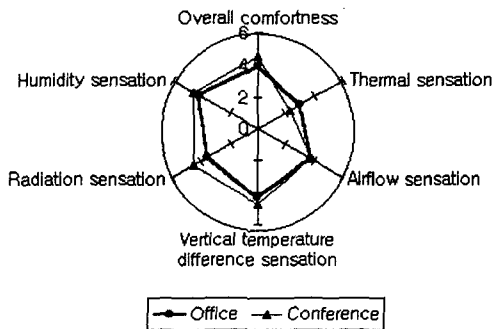


Fig. 8 Radar chart of interviewing survey on thermal environment.

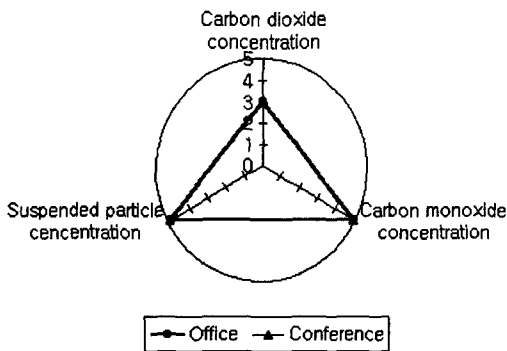


Fig. 9 Radar chart of physical measurement on air environment.

기환경에 대한 물리적 측정평가 결과와 심리적 설문조사(양케이트) 결과를, Fig. 9와 Fig. 10은

Table 17 Result of interviewing survey on thermal environment

Survey items	Grade	
	Office	Conference
Thermal sensation	2.95	2.25
Humidity sensation	4.13	4.50
Airflow sensation	3.72	3.75
Radiation sensation	3.56	4.50
Vertical temperature difference sensation	4.28	4.75
Overall comforness	3.92	4.50
Mean value	3.79	4.04

Table 18 Result of physical measurement on air environment

Measuring items	Measured value		Grade	
	Office	Conference	Office	Conference
Carbon dioxide concentration	635.9	652.8	3	3
Carbon monoxide concentration	0	0	5	5
Suspended particle concentration	0.0105	0.013	5	5
Mean value	-	-	4.3	4.3

이들을 방사형 그림으로 표현한 것이다.

그림으로부터 알 수 있듯이, 공기환경에 대한 물리적 측정 결과 및 심리 평가 결과 모두 별문제가 없는 것을 파악할 수 있다. 말하자면, 실내 부유분진 농도인 경우, 전체적으로 0.004~0.01 mg/m³(평균 0.0064 mg/m³ 이하)로 유지되고 있으며, 측정된 농도는 공중위생법 및 건축법규에서 정하고 있는 0.15 mg/m³ 이하 보다 월등히 작아, 일반적으로 건물에 바닥급기 공조시스템을 갖출 경우 바닥면으로부터 분진이 기류속도에 편승해서 실내에 많이 떠다닐 것이라고 생각되는 우려를 불식시키고 있다.

Table 19 Result of interviewing survey on air environment

Survey items	Grade	
	Office	Conference
Air pollution	3.82	4.50
Odour	4.33	4.25
Dustness	4.23	4.75
Mean value	4.13	4.50

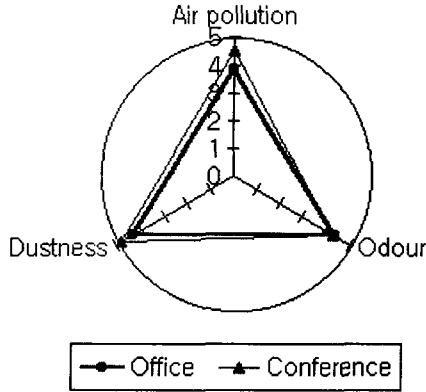


Fig. 10 Radar chart of interviewing survey on air environment.

여기에서, 사무실과 회의실의 부유분진 농도는 각각 평균 0.0066 mg/m³, 0.0062 mg/m³으로 측정되었다. 또한, CO₂ 농도도 사무실과 회의실이 각각 평균 646 ppm(최고 707 ppm), 650 ppm(최고 693 ppm)으로 기준치인 1,000 ppm 이하로 나타나고 있다

3.5 공간환경

Table 20과 Table 21은 사무실과 회의실의 공간환경에 대한 물리적 측정평가 결과와 심리적 설문조사(양케이트) 결과를, Fig. 11과 Fig. 12는 이들을 방사형 그림으로 나타낸 것이다. 먼저, 물리적 평가결과를 살펴보면, 1인당 바닥면적과 천

Table 20 Result of physical measurement on spatial environment

Measuring items	Measured value		Grade	
	Office	Conference	Office	Conference
Floor area per person	7.14	2.31	2	1
Ceiling height	2.45	2.45	2	2
Density of plants	0	3	1	2
Grade of desk	1.55	0.59	4	1
Grade of chair	5	5	3	3
Density of OA equipment	1.08	0.08	5	5
meeting space	0.29	2.31	1	5
Mean value	-	-	2.57	2.71

Table 21 Result of interviewing survey on spatial environment

Survey items	Grade	
	Office	Conference
Room area	3.21	4.50
Openness to desk	3.51	4.50
Amount of plants	2.13	2.25
Sensation of desk usage	3.77	4.66
Sensation of chair usage	3.82	4.85
Lack of OA equipment	3.97	4.63
Lack of meeting space	3.85	4.38
Mean value	4.13	4.50

장높이, 식재밀도 및 미팅스페이스가 아주 불량한 것을 파악할 수 있다. 여기에서, 사무실의 미팅스페이스는 회의실이 별도로 인접해서 설치되어 있으므로 별문제가 없고, 천장높이가 낮은 이

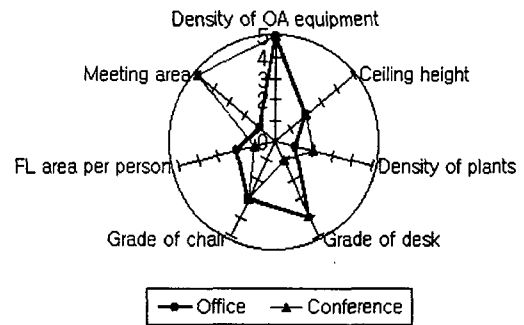


Fig. 11 Radar chart of physical measurement on spatial environment.

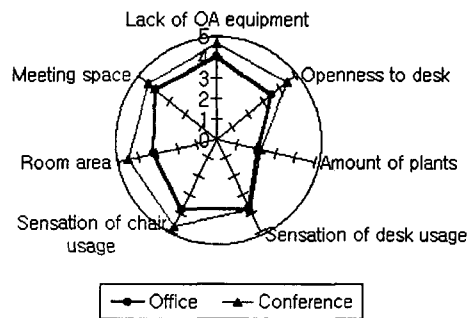


Fig. 12 Radar chart of interviewing survey on spatial environment.

Table 22 Result of physical measurement on total environment

Measuring items	Grade	
	Office	Conference
Sound	2.5	2.5
Lighting	2.3	3.0
Heat	4.5	3.83
Air	4.3	4.3
Space	2.57	2.71
Mean value	3.23	3.27

Table 23 Result of interviewing survey on total environment

Survey items	Grade	
	Office	Conference
Sound	4.09	3.54
Lighting	4.19	4.22
Heat	3.76	4.04
Air	4.13	4.50
Space	3.41	4.17
Mean value	3.90	4.10

유는 바닥급기 공조시스템을 갖춘 특성상 천장높이를 낮추고자하는 시도 때문에 당연한 결과인 것으로 밝혀졌다. 따라서, 가장 큰 문제는 식재밀도로서 이 항목에 대한 재고가 필요한 것을 파악할 수 있으며, 그 외 항목은 양호한 편인 것을 알 수 있다.

3.6 종합환경

Table 22와 Table 23은 사무실과 회의실 전체를 종합적으로 평가하기 위한 실내환경에 대한 물리 측정평가 결과와 심리적 설문조사(양케이트) 결과를, Fig. 13과 Fig. 14는 이들을 방사형 그림으로 나타낸 것이다. 이미 앞서서도 기술한 바와 같이, 사무실의 음환경과 빛환경인 경우 평가기준점이 3이하로서 낮게 나타나면서 약간 문제가 있는 것을 제외하고는 종합적으로 평가한 실내환경의 평가 결과는 평가점 3이상으로서 양호한 것으로 나타나고 있다. 따라서, 본 측정 대상실들에 대한 최종 평가결과는 음과 빛환경 항목에서 약간의 문제가 있을 뿐 비교적 양호한 환경을 제공하고 있는 것으로 평가할 수 있다.

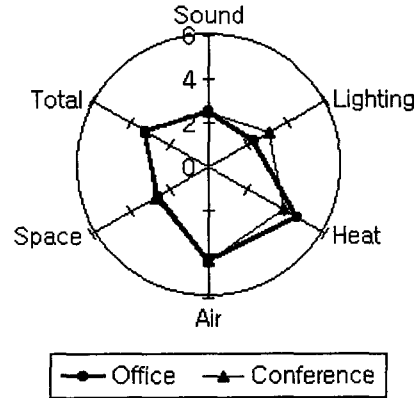


Fig. 13 Radar chart of physical measurement on total environment.

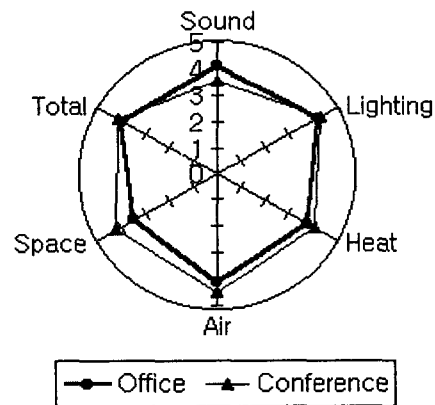


Fig. 14 Radar chart of interviewing survey on total environment.

4. 결론

바닥급기 공조시스템을 갖춘 사무소 건물에서 실내환경 측정과 설문조사를 통해 실내환경 실태를 살펴본 뒤, 거주후 평가(POE) 기법을 이용하여 실내 환경의 특성을 평가하였다. 바꾸어 말하면, 측정 대상 실의 실내 환경 요소들에 대한 물리적 측정 결과와 심리적 설문조사(양케이트) 결과를 각각 일람표와 방사형 그림(Radar Chart)으로 나타내어, 그 결과를 쉽고 편리하게 평가할 수 있는 방법을 제시하였는 데, 이를 요약하면

다음과 같다.

(1) 음환경인 경우 Radar Chart를 통해, 사무실이 약간 시끄러운 분위기에 있고 그 외에는 소음이 집무와 회의에 미치는 영향, 관내 방송 및 반향 등은 보통 수준에 있음을 쉽게 파악할 수 있었다.

(2) 마찬가지로, 빛환경은 비록 물리적 평가 결과가 불량하였지만 심리적으로는 별 문제가 없어 아주 양호한 조건을 제시하고 있음을 파악할 수 있었다.

(3) 바닥급기 공조 방식을 갖춘 사무실의 온열환경도 매우 바람직하게 조성되고 있음을 파악할 수 있었다.

(4) 공기환경도 양호하여 대체로 건물에 바닥급기 공조시스템을 갖춘 경우 바닥면으로부터 분진이 기류속도에 편승해서 실내에 많이 떠다닐 것이라고 생각되는 우려를 불식시키고 있었다.

(5) 공간환경 평가에서 가장 큰 문제는 식재 밀도로서 이 항목에 대한 재고가 필요한 것을 파악할 수 있었으며, 그 외의 항목은 양호한 편인 것을 알 수 있었다.

(6) 종합적인 환경 평가에서, 음과 빛환경 항목에서 약간의 문제가 있을 뿐 비교적 양호한 환경을 제공하고 있는 것으로 평가할 수 있었다.

(7) 물리적 평가 요소의 측정과 심리적 설문조사(양케이트) 항목들을 조사하기 위한 방법의 서술과 함께 그 평가를 위해 본 논문에서 새롭게 제시한 Radar Chart를 이용한 실내 환경 평가 기법은, 쉽고 편리하게 이용할 수 있을 뿐 아니라 여타 사무소 건물 등에서 이를 활용하고자 하

는 경우 매우 유효하게 사용할 수 있는 또 하나의 환경 평가 기법임을 증명할 수 있었다.

후 기

본 연구는 교육부 학술진흥재단의 연구지원(과제번호:1997-001-E00748)에 의하여 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. The Society for the Study of Underfloor Air-Conditioning Systems, Japan, 1993, Design and practice for underfloor air-conditioning systems, pp. 2-3, Nippon Kishurusheowon Pub. Co., pp. 2-3.
2. Chung, K.S., Han, H.T., Lee, E.T., and Kim, J.H, Nov. 1998, A study on the assessment of indoor environment of office building with underfloor air-conditioning system, Journal of The Architectural Institute of Korea; Planning & Design, Architectural Institute of Korea, Vol. 14, No. 11, p. 280.
3. Shinsung ENG Co., 1996, Engineering guide for underfloor air-conditioning systems, Shinsung ENG, Seoul, Korea.
4. Building Research Institute, Ministry of Construction, Japan, 1994, Indoor environment evaluation method of office, Nippon Keiboon Pub. Co, pp. 171-175.