

사무음환경 개선을 위한 컴퓨터 소음의 감성적 평가

정정호*, 송희수*, 전진용*, 조문재**

*한양대학교,

**한국표준과학연구원

Subjective Evaluation of Computer Noise for Improving the Acoustical Environment of Open-plan Offices

Jeong Jeong Ho, Song Hee Soo, Jeon Jin Yong, Cho Moon Jae

*Hanyang University, **KRISS

Abstract

최근 사무환경에서 컴퓨터 사용시간이 급증함에 따라 컴퓨터 소음의 불쾌감으로 인한 저소음형 컴퓨터에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 따라 효율적인 소음조절을 위하여 컴퓨터 소음에 대한 실태 조사를 위하여 설문조사를 실시하였으며, 물리적 측정치와 더불어 심리음향학적 각종 파라메타를 계산하였다. 또한 일반적 업무 Task가 주어진 상태에서 컴퓨터 소음에 대한 근무자의 상하한계치 설정을 위한 청감실험을 실시하였다. 설문조사 결과, 가장 시끄럽게 인식되는 소음은 팬소음(사용자 컴퓨터)과 키보드 사용음(타인 컴퓨터)으로 나타났으며, 약 55%의 사용자들이 보통 컴퓨터 소음에 대해 시끄럽게 느끼고 있는 것으로 나타났다. 또한 현재 사용중인 컴퓨터의 소음에 대해 사용자의 약 20% 정도만이 조용하게 느끼며, 컴퓨터 소음이 업무효율을 떨어뜨린다는 응답도 약 35%로 나타났다. 팬소음, CD-Rom 구동음, HDD 작동음에 대해 청감실험을 실시한 결과, 각 소음의 상하한치는 각각 31~51dB(A), 34~54dB(A), 34~58dB(A)로 나타났다.

1. 서론

최근 인터넷의 급속한 보급으로 인하여 개인용 컴퓨터의 사용이 급증하고 있으며, 어린이부터 성인 및 노인층 까지 사용자가 확대되고 있다. 이와 더불어 개인별 컴퓨터 사용시간도 차츰 증가하여 일반사무직을 중심으로한 모든 직장인들이 컴퓨터로 대부분의 업무를 수행하고 있으며, 여가시간 또한 컴퓨터를 통하여 즐기고 있는 실정이다.

이와 같이 각종 업무 및 주거환경에서 컴퓨터 사용이 생활화되고, 더불어 컴퓨터 소음

으로 인한 불쾌감이 다양한 사용자층을 통하여 표출되면서 업무효율의 향상을 위한 저소음형 컴퓨터에 대한 요구가 증가하고 있다.

이를 위해 본 연구에서는 컴퓨터 소음 중 가장 시끄러운 소음을 조사하고 시끄러운 정도를 청감실험을 통하여 상하한계치로 제안하고자 한다.

컴퓨터 이외의 사무환경 소음에 대한 감성평가 연구에서는 공조기 및 도로교통소음(전진용 등, 2001)을 비롯하여, 전화기, 복사기, 물건 낙하음 등(김경호 등, 2001)에 대해서도 청감실험을 통한 상하한치가 제시된 바 있다.

2. 컴퓨터 소음에 대한 설문조사

컴퓨터 소음에 대해 일반 사용자들이 느끼는 실태에 대하여 서울지역에 거주하고 있는 대학생, 대학원생, 직장인 등을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

설문은 사용실태, 컴퓨터 사양, 컴퓨터소음에 대한 시끄러운 정도 및 일반사항으로 나누어 구성하였으며, 각 항목별 설문조사 내용은 표 1과 같다.

표 1. 컴퓨터 소음에 대한 설문조사 항목

구분	조사항목
사용실태	<ul style="list-style-type: none"> • 1일 컴퓨터 사용시간 • 주사용 시간대 • 주사용 장소 • 컴퓨터의 위치 • 활용 업무
컴퓨터 사양	<ul style="list-style-type: none"> • 사용하고 있는 컴퓨터의 종류 • 컴퓨터 제조업체 • CPU 종류 • CD-Rom 종류 • 컴퓨터 구입시기 • Fan 개수
시끄러운 정도	<ul style="list-style-type: none"> • 본인 컴퓨터의 가장 시끄러운 소음 • 타인 컴퓨터의 가장 시끄러운 소음 • 소음으로 인식되지 않는 소리 • 컴퓨터소음의 시끄러움 인지 빈도 • 가장 시끄러운 주변기기 • 가장 시끄럽게 느껴지는 시간대 • 본인 사용 컴퓨터의 조용한 정도 • 주변 컴퓨터로 부터의 소음인지 • 본인 컴퓨터 소음에 의한 업무효율 저하 • 타인 컴퓨터 소음에 의한 업무효율 저하
일반사항	<ul style="list-style-type: none"> • 컴퓨터 사용으로 인한 질병 경험 • 컴퓨터 소음으로 인한 두통 경험 • 연령 • 종사 직종 • 성별

설문조사는 총 168명을 대상으로 실시하였으며, 대상자는 10대 1%, 20대 80%, 30대 19%로 구성되었다. 또한 학생이 68%, 일반사무직 11%, 연구직 3%, 및 금융업 및 프로그램 종사자는 약 10%, 기타 8%로 구성되었으며, 남녀 비율은 여성 21%, 남성 79%로 나타났다.

2.1 컴퓨터의 사용과 소음의 인식

컴퓨터 사용실태에 대한 설문조사 결과 1

일 컴퓨터 사용시간은 직장인의 경우 8시간 이상, 학생의 경우 1~2시간의 경우가 가장 많았으며, 사용공간은 사무실이 가장 높은 빈도를 나타냈다. 컴퓨터 사용 위치는 책상 위 또는 옆이 가장 많았다.

응답자가 사용하고 있는 컴퓨터와 주변에서 사용되는 컴퓨터의 주요 소음은 그림 1, 2에서와 같이 각각 팬소음과 키보드 사용 소음인 것으로 나타났으며, 주변의 컴퓨터 작업 소음 중(시끄럽게)인식되지 않는 소음에 있어서도 키보드 및 마우스 사용음이 높게 나타났다.

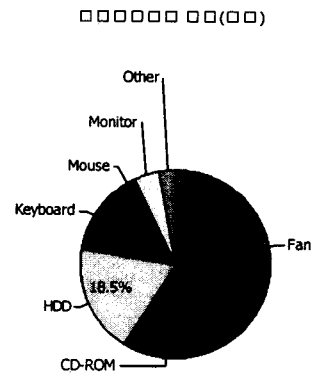


그림 1 사용자 컴퓨터의 시끄러운 소음

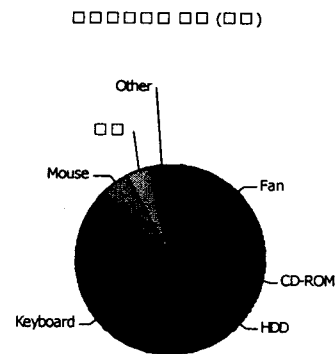


그림 2 주변 사용자 컴퓨터의 가장 시끄러운 소음

컴퓨터소음을 시끄럽게 느낀 빈도에 관한 질문에 대해서는 표 2에서와 같이 '매우 많다'와 '많다'라고 응답한 사람이 약 55%로 나타났다. 표 2는 각 소음원과 시끄러움 인지 빈도와와의 교차표를 반영하는 것으로, 가장 개선이 시급한 소음원은 Fan 소음인 것을 알 수 있다.

표 2 시끄러움 인지 빈도와 소음원

	Fan	CD	HDD	키보드	마우스	모니터	기타
매우많다 (6.0%)	8.0		1.0		1.0		
	80.0%		10.0%		10.0%		
많다 (48.8%)	37.0	14.0	17.0	4.0	3.0	6.0	1.0
	45.1%	17.1%	20.7%	4.9%	3.7%	7.3%	1.2%
별로없다 (39.9%)	26.0	10.0	12.0	15.0	1.0	1.0	
	40.0%	15.4%	18.5%	23.1%	1.5%	1.5%	
거의없다 (3.0%)	2.0	1.0	1.0	1.0			2.0
	28.6%	14.3%	14.3%	14.3%			28.6%

또한 컴퓨터 사용위치와 시끄러움 인지 빈도에 대한 교차분석을 실시한 결과 표 3에서와 같이 책상 위, 옆에 설치한 경우 시끄럽게 느끼는 정도가 큰 것으로 나타났다. 이를 통하여 컴퓨터 소음의 저감을 위해서는 가구 및 건축적인 배치에 의해서도 가능한 것으로 사료된다.

표 3 사용위치와 시끄러움 인지 빈도

	매우많다	많다	별로없다	거의없다
책상아래	4.0	14.0	12.0	4.0
	40.0%	17.1%	17.9%	57.1%
책상위, 옆	5.0	63.0	51.0	3.0
	50.0%	76.8%	76.1%	42.9%
별도 공간		1.0	4.0	
		1.2%	6.0%	
기타	1.0	4.0		
	10.0%	4.9%		

2.2 사용자 컴퓨터 소음

현재 사용하고 있는 컴퓨터의 조용한 정도에 대해서는 그림 3과 같이 약 27%만이 '조용하다'고 응답하였다.

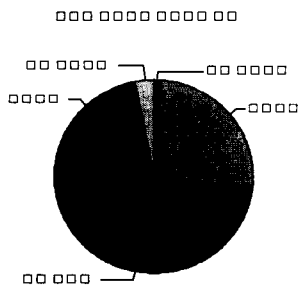


그림 3 사용자 컴퓨터의 시끄러운 정도

Chi-Square 분석 결과, 현재 사용하고 있는 컴퓨터 소음에 대한 질문과 활용도에 대한

질문에서 컴퓨터의 사용용도에 따라 시끄럽게 느껴지는 소리가 차이가 있는 것으로 나타났다(표 4 참고).

표 4의 결과에서와 같이 '데이터 분석'과 같은 집중을 요하는 업무를 수행하는 사람들은 컴퓨터 소음에 대해 시끄럽게 느끼는 비율이 높은 것으로 사료된다. 또한 표 7에서와 같이 팬과 HDD 소음이 주소음원으로 응답한 사람들이 컴퓨터 소음에 더 시끄럽게 느끼는 것으로 나타나 팬 및 HDD 소음의 저감 필요성이 높은 것으로 사료된다.

표 4 사용용도와 본인 컴퓨터의 시끄러운 정도

	매우 조용하다	조용하다	그냥 그렇다	시끄럽다	매우 시끄럽다
문서 작성		14.0	18.0	11.0	
		32.6%	41.9%	25.6%	
데이터 분석		5.0	2.0	1.0	3.0
		45.5%	18.2%	9.1%	27.3%
프로그래밍		3.0	8.0	3.0	
		21.4%	57.1%	21.4%	
그래픽		3.0	9.0	2.0	
		21.4%	64.3%	14.3%	
인터넷	2.0	16.0	45.0	12.0	2.0
	2.6%	20.8%	58.4%	15.6%	2.6%
기타		2.0	6.0	1.0	
		22.2%	66.7%	11.1%	

표 5 주 소음원과 본인 컴퓨터의 시끄러운 정도

	매우 조용하다	조용하다	그냥 그렇다	시끄럽다	매우 시끄럽다
FAN	1.0	13.0	37.0	19.0	4.0
	1.4%	17.6%	50.0%	25.7%	5.4%
CD		7.0	12.0	6.0	
		28.0%	48.0%	24.0%	
HDD		6.0	22.0	2.0	1.0
		19.4%	71.0%	6.5%	3.2%
키보드	1.0	12.0	7.0	1.0	
	4.8%	57.1%	33.3%	4.8%	
마우스			5.0		
			100.0%		
모니터		1.0	4.0	2.0	
		14.3%	57.1%	28.6%	
기타		3.0			
		100.0%			

2.3 타인 컴퓨터 소음

설문조사 응답자의 주변에서 사용되고 있는 컴퓨터의 소음이 잘 들리는 정도에 대해

서는 그림 4에서와 같이 약 12%의 응답자만이 주변에서 발생하는 컴퓨터 소음에 대하여 '안들린다'라고 하는 것으로 나타났다.

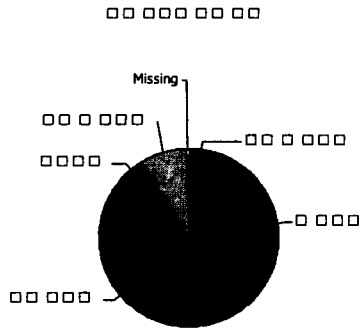


그림 4 주변 컴퓨터 소음의 들리는 정도

주변에서 사용하는 컴퓨터 소음의 인지 정도와 사용공간에 대한 분석결과 대부분의 공간(사무실, 집, PC방, 기타)에서 만족도가 높지 않은 것으로 나타났다(표 6참고).

표 6 타인 컴퓨터 소음과 사용공간

	매우 잘들린다	잘들린다	그냥그렇다	안들린다	거의 안들린다
사무실		21.0	23.0	4.0	7.0
		38.2%	41.8%	7.3%	12.7%
집	3.0	38.0	49.0	3.0	5.0
	3.1%	38.8%	50.0%	3.1%	5.1%
PC방	3.0		1.0		1.0
	60.0%		20.0%		20.0%
기타	1.0	3.0	4.0		1.0
	11.1%	33.3%	44.4%		11.1%

2.4 컴퓨터 소음과 업무효율

응답자 본인이 사용하는 컴퓨터와 주변의 컴퓨터에 의해 각각 발생하는 컴퓨터 소음에 의한 업무효율 저하 여부에 관한 질문에 대해서는 표 7에서와 같이 약 35%의 응답자가 컴퓨터 소음으로 인해 업무효율이 저하된다고 응답하였다.

표 7 컴퓨터소음의 업무효율 저하

	매우 그렇다	그렇다	그냥 그렇다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
본인컴퓨터	3%	31%	45%	20%	2%
주변 컴퓨터	3%	32%	40%	23%	1%

표 8은 컴퓨터 설치 위치별 컴퓨터 소음에 의한 업무효율 저하 정도에 관한 질문의 응답의 분석 결과로 컴퓨터의 설치 위치에 따라 소음으로 인한 업무효율 저하의 인식률이 차이가 있는 것으로 나타났다.

표 8 위치별 컴퓨터 소음에 의한 업무효율 저하인식

	매우 그렇다	그렇다	그냥그렇다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
책상아래	4.0	9.0	15.0	7.0	3.0
	3.2%	26.5%	44.1%	20.6%	8.8%
책상 위, 옆		40.0	58.0	22.0	
		32.3%	46.8%	17.7%	
별도 공간	1.0		1.0	4.0	
	20.0%		20.0%	80.0%	
기타	5.0	3.0	1.0		
	3.0%	60.0%	20.0%		

3. 청감실험을 통한 상하한 설정

3.1 청감실험 개요

본 연구에서는 컴퓨터 소음의 어노이언스(Annoyance) 범위를 설정하기 위해 배경소음이 낮은 부스에서 청감실험을 실시하였다.

청감실험에 적용된 감성적 한계상황은 컴퓨터 사용시의 인간의 주관적 평가를 바탕으로한 감성적 상·하한치의 설정으로 컴퓨터 사용시의 'Activity'에 대한 방해 정도를 기준으로 하였다. 피험자들에 대한 어노이언스 반응을 위한 상하한치 상황은 표 9와 같다.

표 9 컴퓨터 소음의 상하한 반응 기준

상한치(unacceptable)	하한치(acceptable)
컴퓨터를 켜놓고 단순한 작업 및 업무를 수행하고 있을 때 컴퓨터 소음에 의해 작업이 방해 받는 시점	컴퓨터를 활용한 집중을 요하는 작업 및 업무를 수행할 경우 컴퓨터 소음이 거슬리기 시작하는 시점

컴퓨터 소음의 상하한치 한계설정 실험은 20대 초중반의 정상청감자 22명을 대상으로 실시하였다.

청감실험을 위한 음원제시는 헤드폰(STAX)를 활용하였으며, 주관적 반응은 의사소통이 가능한 시창을 통하여 실험자에게 전달되도록 하였다. 컴퓨터 소음은 다른 실내 소음에 비하여 상대적으로 음압이 매우 낮으므로 챔버 내에 실험

용 컴퓨터등 기기를 배제하여 챔버 내부 소음을 최소화 되도록 하였다.

실험에 사용된 소음원은 설문조사에서 가장 시끄러운 소음원으로 지적된 팬소음, HDD, CD-Rom 소음 세가지를 대상으로 하였다.

음원은 배경소음이 20dB 정도인 청감실험용 부스에서 실제 환경과 유사하도록 책상, 의자 및 컴퓨터를 설치한 상태에서 Head & Torso Simulator(B&K, Type 4100)를 의자에 실제 귀 높이로 설치하여 녹음하였다. 청감실험의 음원 녹음에 활용된 컴퓨터는 조립품 컴퓨터로 다소 소음이 크게 발생하는 것을 대상으로 실시하였으며, 구매하여 사용한 기간은 약 1년 6개월이 경과하였다.

청감실험에 사용된 음원은 모두 8초 길이로 제시하였으며, 팬 소음은 18~65dB, HDD 소음은 18~69 dB 그리고 CD-Rom 소음은 20~60dB로 각각 1dB의 레벨차로 음원을 제작하였다.

상·하한치 설정에서 피험자의 반응오차를 최소화하기 위한 단계법(staircase)⁽³⁾⁽⁴⁾을 사용하여 실험시간을 단축시키고 최종 반응편차를 최소화 기키도록 하였다.

청감실험은 먼저 각 대상 음원별 하한치와 상한치 값을 40과 80이라는 숫자로 1차로 정하도록 한 후에 2차로 피험자의 주관적인 상하한치 값을 재평가를 하기 위해 staircase방법을 사용하여 피험자의 반응을 조사하였으며, 반전(reverse)은 3~4회로 제한하여 최종적으로 피험자의 주관적인 상·하한치를 설정하였다. 모든 피험자들에게 음원이 동일한 조건으로 제시되었으며 피험자의 피로에 의한 반응오차를 줄이기 위하여 실험중간에 충분한 휴식을 갖도록 하였다. 청감실험의 음원 녹음, 제시 및 분석에 활용된 장비는 다음과 같다.

- Head and Torso Simulator (B&K Type 4100)
- Symphonie (01dB)
- DAT Recorder (SONY 208-Ax)
- Notebook & Desktop Computer
- STAX Electro-Static Headphone

3.2 청감실험 결과

3가지 컴퓨터 소음에 대한 감성적 상하한치 실험 결과 표 13에서와 같이 팬소음의 상하한치는 L_{eq} 30~49dB(A), HDD 소음은 L_{eq}

36~59 dB(A) 그리고 CD-Rom 소음은 33~53dB(A)로 나타났다. 청감실험 음원으로 활용한 컴퓨터의 실제 팬소음은 피험자와 같은 거리에서 약 38dB(A), HDD 소음은 43dB(A)이었으며, CD-Rom은 약 40dB이었다. 이를 비교하여 보았을 때 저소음형 컴퓨터 개발을 위해서는 현재의 컴퓨터 소음보다 약 7~8dB(A)이상의 소음저감이 필요한 것을 알 수 있다.

표 10 컴퓨터 소음에 대한 청감실험 결과

구분		L _{eq} [dB]	L _{max} [dB]	Loudness	Fluctuation Strength	Roughness	Unbiased Annoyance
FAN	하한	30.88	33.46	3.17	0.77	2.37	14.78
	상한	80.82	53.53	14.88	0.93	1.92	169.96
HDD	하한	34.21	38.43	3.27	0.80	2.96	17.39
	상한	57.50	61.78	18.14	1.09	2.47	272.15
CD	하한	34.45	36.01	3.56	0.69	3.82	18.34
	상한	54.05	55.90	14.70	0.72	3.88	179.16

상하한치에 대한 최고소음도(L_{max}) 분석 결과 항상 작동하고 있는 팬소음에 대해서는 가장 낮은 상하한치를 나타내었으며, 사용자의 기기 사용에 의해 발생하는 CD-Rom 및 HDD 소음의 경우 다소 높게 나타났다. 이는 CD-Rom 및 HDD의 소음이 사용자에게 정상 작동에 대한 의미를 전달하는 기능을 가지고 있기 때문인 것으로 사료된다. Zwicker 파라메타에 대한 분석결과에서도 HDD 소음의 Loudness 및 Unbiased Annoyance 등에 있어서도 상하한치가 가장 높은 결과를 나타냈다.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 개인용 컴퓨터의 성능 향상과 사용시간의 증가로 인해 문제시되고 있는 컴퓨터 소음에 대하여 컴퓨터 사용자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 또한 사무공간 등에서의 컴퓨터 소음에 대한 감성적 상하한치를 설정하여 감성적 만족도가 높은 개인용 컴퓨터제조와 정온한 사무공간 구축을 위한 기본 방향을 수립하고자 하였다.

컴퓨터 소음에 대한 설문조사 결과 가장 시끄럽게 인식되고 있는 소음은 팬소음(사용자 컴퓨터)과 키보드 사용음(타인 컴퓨터)으로 나타났으며, 약 55%의 사용자들이 이러한 컴퓨터 소음에 대해 시끄럽게 느끼는 것으로 나타났다. 또한 현재 사용중인 컴퓨터의 소음에 대해 약 20% 정도의 사용자만이 조용하게 느끼며, 컴퓨터 소음이 업무효율을 떨어뜨린다고 응답한 사람도 약 35%로 나타났다. 또한 컴퓨터의 설치 위치, 사용용도 및 사용 공간에 따라 사용자가 느끼는 시끄러움과 업무효율의 저하 정도가 차이가 있는 것으로 나타났다.

팬소음, CD-Rom 구동음, HDD 작동음에 대해 청감실험을 실시한 결과, 각 소음의 상하한치는 팬소음 31~51dB(A), CD 34~54dB(A) 그리고 HDD는 34~58dB(A)로 나타났다.

결론적으로 컴퓨터 소음에 대한 설문조사 및 청감실험 결과 컴퓨터의 저소음화가 매우 필요하며, 아울러 건축적인 수법인 공간의 배치 및 흡음재료의 선정, 별도의 컴퓨터 수납 공간의 확보 등을 통하여서도 컴퓨터 소음을 효율적으로 저감하여야 할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 전진용, 구민우, 조문재, 2001, 생활소음의 감성적 평가에 관한 연구, 한국소음진동공학회지 제11권 제3호 pp.443~448.
2. 김경호, 전진용, 정정호, 조문재, 2001, 주거 및 사무환경 소음에 대한 주관적 평가, 한국소음진동공학회 2001년도 추계학술대회논문집, pp. 114~119.
3. Dixon, W. J. and Mood, A. M., 1969, "A method for obtaining and analyzing sensitivity data," J. Am. Stat. Ass. 43, pp. 109-126.
4. Levitt, H., 1971, "Testing for Sequential Dependences," J. Acoust. Soc. Am. 43, pp. 65-69.