화재발생시 음향통보장치 신호음의 청감반응에 관한 실험적 연구

송 혁
전남대학교 바이오하우징연구사업단
(2004. 10. 25. 접수 / 2005. 5. 30. 채택)

An Experimental Study on the Psycho-acoustic Response to Alarming Sound in a Fire

Hyuk Song
Biohousing Research Institute, Chonnam National University
(Received October 25, 2004 / Accepted May 30, 2005)

Abstract : A fire is occurring increasingly every year and the damage is bigger in proportion to the number. Therefore a fire is classified as a serious calamity. It is important to evacuate and fight a fire by early perception. However, if the alarming sound is not perceived when a fire breaks out the damage could be expanded. From this point of view, this study aims to analyse the correlation between alarming sound sources and sound quality parameters through psycho-acoustic experiment using Korean vocabularies extracted by existing study. The sound sources more dangerous, tense and urgent were chosen. The results from this study are as follows: 1. airraid, klaxon2 and S.O.S got a point more than conventional alarming sound. 2. correlation coefficient between Loudness(L) and Unbiased Annoyance(UA) was highest with 0.63 and Sharpness(S) and Roughness(R) was -0.40 and Fluctuation Strength(FL) and Tonality(T).
Key Words : caution against fire, psycho experimental, sound quality

1. 서 론

화재는 인적·물적 자원의 피해가 크고 복구에도 많은 노력이 드는 실정이다. 이에 정부에서도 화재예방과 대응에 대하여 많은 노력을 하고 있다. 특히 2004년 6월부터는 소방방재청을 신설하여 교육 및 홍보를 통한 예방을 실시하고 있다.

최근 5년간('99~'03)간의 소방방재청의 통계를 분석하여 보면, 화재는 년 간 평균 33,843건이 발생하였으며 인명피해는 매년 평균 2,410건으로, 재산피해액은 평균적으로 1566억원으로 집계되었다. 화재의 증가율은 0.7% 증가 하였고 일일 화재 평균건수는 92.7건이었다. 또한 2004년 상반기의 발생한 화재 4,668건의 화재원인을 분석한 결과 주택이 3,800건 아파트가 868건 이었다. 화재의 원인도 다양하여 전기 1,346건(28.83%), 방화 503건(10.78%), 담배 449건(9.62%), 아궁이 322건(6.90%), 가스 242건(5.18%) 순으로 나타났다[1].

이러한 화재예방 교육 및 홍보에도 불구하고 화재가 계속 증가하고 있는 원인은 개인 안전의식 결여에서 오는 원인이 가장 큰 요인 중의 하나이다. 화재 발생시 많은 인적 물적 자원의 피해를 내는 원인 중의 하나는 초기에 화재에 대한 인식 및 대피의식 결여 이다. 불은 연료, 열, 산소가 있어야 발생하며, 발생된 불은 연쇄반응에 의하여 크게 번진다. 화재발생시 사람을 사망하게 하는 주요한 원인으로 화상을 들 수 있다. 그러나 실제로 화재발생시 사망자 중 1/4 정도만 화상에 의하여 사망한다. 3/4은 유독성가스의 호흡에 의한 사망 또는 연기나 산소 부족이다. 이러한 이유에서 초기에 사람에게 알리고 대피하도록 유도하는 장치가 필요하다. 이러한 장치 및 기기를 경보설비라 한다[2].

그러나 일상생활 중에 비상경보설비 소리를 듣지 못하거나 인식하지 못한다면 초기에 진압 또는

capikki@hanmail.net

대피하지 못하여 피해가 증가 할 것 이다. 경보설비의 비상벨 소리와 시계의 알람소리가 비슷하여 화재를 인식하지 못하거나, 비상벨 소리가 화재발생시 위험을 알리는 심리적인 위험감이나 긴장감을 주지 못한다면, 초기대피 및 초기진압에 어려움이 발생 할 것이다.

이에 본 연구에서는 화재 발생시 화재 경고음으로 비상벨(경종) 소리를 포함한, 30개의 소리를 들려주고 화재 발생시 화재를 알리는 적합한 소리를 들려주는 청감실험을 실시하였다. 또한 각 소리에 대한 음질 지수간의 변화를 살펴봄으로써, 화재를 알리는 소리로 적합한 소리를 찾아 보다 빨리 대피 또는 초기진압에 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1. 소방 경보설비

경보설비는 소방법에 따라 화재 등을 통보하기 위해 건물 등에 설치하는 감지·경보·통보 설비의 총칭으로 한국의 경우는 소방법 제 4 장 <소방시설 및 소방용 기계·기구 등>에서 특수 장소 등의 소방시설(29조1항) 및 소방시설기준 적용의 특례(29조-2항), 소방법시행령의 <소방시설의 종류>에서 경보설비(13조)에 대해 정해 놓았다. 동 시행령에 의하면 경보설비란 화재발생을 통보하는 기계·기구 또는 설비로 자동화재 탐지설비, 전기화재경보기, 자동화재 속보설비, 비상경보설비(비상벨·자동식사이렌·방송설비) 등이 있다(13조 2항). 자동화재 탐지설비는 건물 안에서 발생한 화재를 자동적으로 발견·통보하는 것이며, 전기 화재경보기는 가스 누출이나 누전(漏電) 등의 발견 및 방지를 위한 시설이고, 자동화재 속보설비와 비상경보설비는 건물 안에 있는 사람들에게 화재를 알리거나 소방서에 통보하는 시설이다[3].

2.2. 청감반응실험의 개요 및 음원선정

음원의 선정은 상용화된 음원 중에 일차적으로 200개를 선정 하였고, 선정된 음원 중에 신호음으로 적합하다고 판단되는 음원을 음향에 종사하는 전문가들(7명)에게 들려준 후, 화재발생시 경고음으로 판단되는 30개를 선정하였으며, 그 주파수 특성은 Fig. 1과 같다. 선정된 음원에 대하여 20 - 30세 까지의 정상적인 청력을 가진 40명을 대상으로 청감에 대한 실험을 실시하였다. 실험은 일상생활

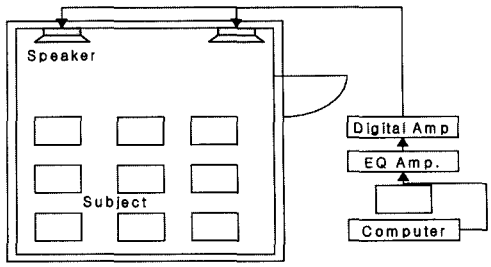


Fig. 2. Experimental setup

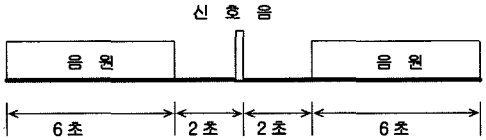


Fig. 3. Configuration of sound sources

과 같은 조건을 부여 한다는 취지에서 일반 강의실에서 외부 소음이 들리는 시간대를 선정 하였다. 또는 외부 소음레벨은 55~60 dB(A)을 나타냈다. 음원의 편집은 Cool Edit 2000에 의해 편집, 녹음되었으며, Amplifier(Digital Console) 및 5.1ch Speaker system에 의해 재생하였다. 선정음원에 대한 어휘평가는 '화재 발생시 경고음으로 적합한가?'에 대한 질문에 대하여, 5단계 평정척도(5.매우 적합하다, 3. 보통, 1.전혀 적합하지 않다)로 실험하였다(Fig. 2).

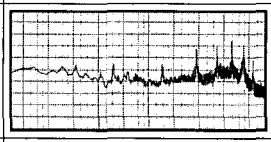
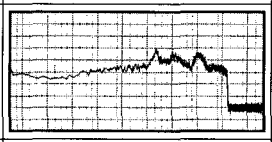
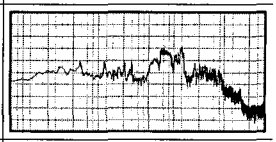
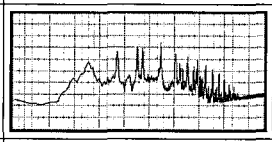
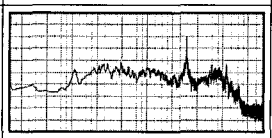
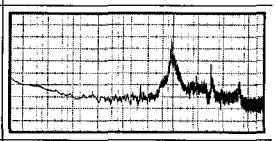
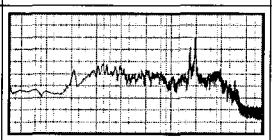
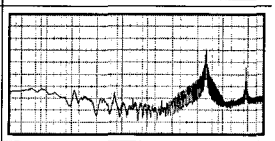
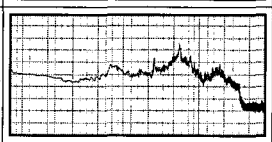
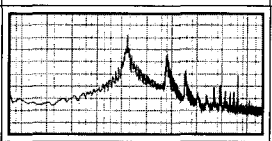
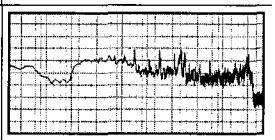
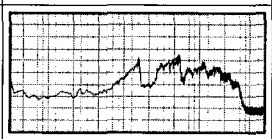
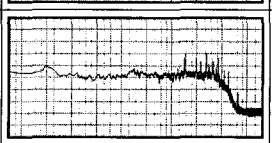
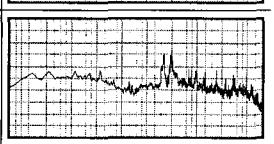
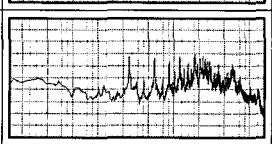
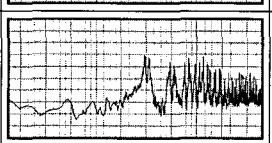
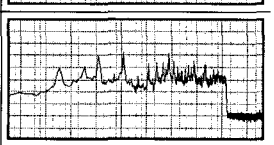
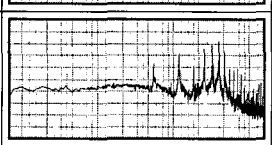
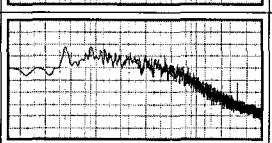
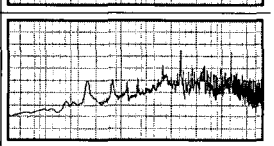
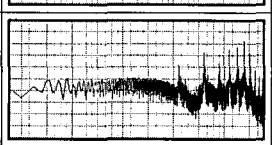
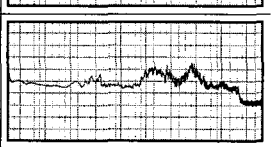
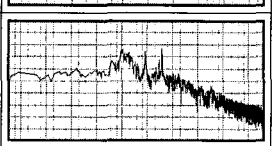
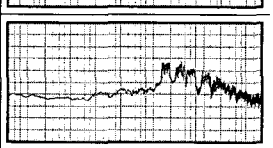
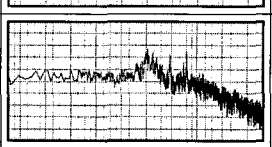
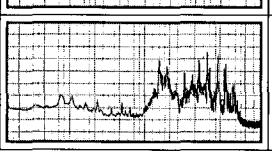
청감실험은 제시음원은 1회 들려주어 그 반응을 선택하도록 하였으며 Fig. 3 에서와 같이 음의 제시시간을 6초로하고 다음 음원을 듣기까지 4초간의 간격을 두었다. 피험자는 이 음원을 들으면서 청감실험용 sheet에 표시하도록 하였고, 음원의 종료를 알리는 두 번의 순음과 음원의 시작을 알리는 한번의 순음을 들려주었다.

2.3. 음질평가 지수

'음질(sound quality)'이라는 용어는 단순히 '음질' 또는 '음의 품질'을 나타내는 의미로 쓰여 왔고, 1980년대 후반부터 공업생산품(가전제품, 기계생산품, 자동차)등의 발생소음에 대한 품질의 논의와 함께, '음질(sound quality)'이라는 용어가 새로운 개념으로 대두되기 시작하면서 소음분야 전반에 확산되고 있다.

초기 음질(sound quality)에 대한 논의는, 공업생산제품에 의해 방출되는 음향에너지의 감소라는 일차적인 목표만을 추구해왔던 대신에 한층 더 관련된 특징 즉, 소음의 시간구조(time structure)나 주

Table 1. Frequency characteristics of sound sources

No	sound name	Frequency characteristics	No	Sound name	Frequency characteristics	No	Sound name	Frequency characteristics
1	fire alarm		11	car break		21	police siren	
2	church bell		12	bridge up01		22	radar	
3	boat horn(short)		13	bridge up02		23	sonar beep	
4	human sound(Aaagh)		14	ding (double)		24	string02	
5	airraid		15	break a glass		25	train02	
6	alarm2		16	car horn		26	buzzer	
7	beep1a		17	knock02		27	emergen-cy02	
8	beep2a		18	medi-beep		28	klaxon2	
9	beep1b		19	move02		29	S.O.S	
10	beep2b		20	phone ring		30	whistle	

파수구성 등에 대해 주목하였다. 결국 데시벨(dB (A))과 같은 척도는 사용자가 인지하는 소리와는 실제로 다르다는 관점에서 출발하였다. 이시기에 음질이란 개념이 생기게 되었다.

Table 2. Sound quality values and sound sources

Spec	L	S	FL	T	R	UA
1. fire alarm	41.47	2.69	1.4	0.14	2.19	322.37
2. church bell	29.11	1.25	2.25	0.62	2.36	215.3
3. boat horn(short)	52.98	1.39	1.5	0.65	1.97	395.37
4. human sound(Aaagh)	46.86	1.51	2.42	0	5	381.93
5. airraid	39.67	1.67	1.44	0	4.81	299.95
6. alarm2	46.38	1.88	1.49	0.37	1.74	315.69
7. beep1a	34.29	1.01	2.52	0.24	3.39	228.53
8. beep2a	44.1	3.03	1.94	0.23	1.45	453.28
9. beep1b	48.89	2.1	2.69	1.07	0.47	427.02
10. beep2b	42.07	1.22	2.2	0	1.87	275.09
11. car break	53.39	1.48	1.69	0	5.67	405.7
12. bridge up01	32.73	1.55	2.19	0	2.45	255.49
13. bridge up01	38.6	1.58	2.02	0	2.13	291.81
14. ding(double)	21.49	1.12	1.51	2.43	2.18	177.17
15. break a glass	34.88	1.61	1.5	0.32	3.14	389.25
16. car horn02	23.96	1.91	2.62	0.01	0.46	360.21
17. knock02	25.86	2.3	2.27	0.28	1.06	394.11
18. medi-beep	43.52	0.98	1.47	0.27	3.83	367.76
19. move02	29.84	1.81	2.24	0	4.22	230
20. phone ring	39.44	2.09	1.42	0.33	0.76	305.17
21. police siren	38.68	1.31	2.33	0.11	2.94	254.47
22. radar	19.1	1.66	1.89	0.19	2.41	158.17
23. sonar beep	12.68	2.34	1.76	0	2.45	90.29
24. string02	45.2	2.22	1.88	0.07	2.06	688.4
25. rain02	34.48	1.74	1.88	0.06	2.5	253.11
26. buzzer	43.63	1.43	1.98	0.43	2.99	331.29
27. emergen-cy02	28.6	2.43	1.7	0.86	1.25	359.29
28. klaxon2	39.68	1.7	1.34	0	4.95	257.26
29. S.O.S	45.75	1.83	1.68	0	3.8	339.2
30. whistle	26.5	2.44	1.95	0	2.85	214.23

Blauert와 Bodden에 의해 '특별한 목표를 가지는 소리의 적합성'으로 음질을 정의 하면서 음질의 일반의 정의에 다음의 2가지 측면을 더 추가했다. 소리는 최소한 싫지 않으면서 유쾌해야하고, 알아들을 수 있어야 한다. 또한 음질의 심리적인 측면에 있어서의 3가지 접근방식을 제안 했다. 적합성, 또는 자극-반응 양립성, 소리의 유쾌한 정도, 소리의 판별성이다. 크기의 평가에 크기레벨(loudness level : L.L)의 적용이 강조되었고, 소음의 '날카로움'의 차원에 대한 척도로는 von Bismarch가 1974년에 제안했던 'sharpness(날카로움)'가, 소리의 순간적인 특성에 대해서는 Fastsl 1982년에 제안한 'fluction strength(변동강도)'가 그리고 Terhard가 1974년에

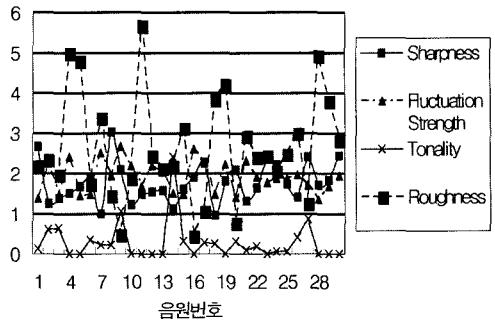


Fig. 4. Distribution of sound quality values of sound sources

제안했던 'roughness(거칠기)'가 적용되고 있다. 또 1990년 Zwicker와 Fastl은 sharpness, roughness, tonality 그리고 감각적크기(loudness)로 구성된 'sensory pleasantness(감각적 유쾌감)'의 모형을 제안하여 소음의 심리평가에서 비음향적인 요인을 포함하여 단일지표로 평가를 시도하였다[4].

본 연구에서 사용한 음질지수는 Loudness(L), Sharpness(S), Fluctuatuin strengh(FL), Tonality(T), Roughness(R), Unbiased Annoyance(UA)이다.

위의 Table 2는 청감반응 실험에 사용될 음원의 음압레벨 과 음질지수 값을 나타낸 것이다.

Fig. 4는 음원별 음질지수의 분포를 나타낸 것이다. 음원의 종류에 관계없이 다양한 범위를 나타내고 있다.

2.3. 선정음원의 시간별 특성

Fig. 5는 음원의 시간별 특성을 나타낸 것으로, 음원은 각각 6초간 재생되도록 편집하였으며, 음원의 종류에 따라 음악과 같이 시간에 대한 레벨이 크게 변동하는 것이 있으며, 일정한 패턴의 형식을 취하고 반복적으로 나는 소리가 있음을 알 수 있다. 짧은 주기를 나타내는 음원이 많아 긴박감을 고조시키는 음원이 주를 이루었다.

3. 실험결과 및 분석

3.1. 청감반응실험 결과

설문의 5단계 단극척도로 구성된 각 음원을 들려준 후 선정음원에 대한 평가는 Table. 3과 같다. 그 중 1. fire alarm은 의 값은 3.88을 득 하였고, 2. airraid는 4.10, 28. klaxon2은 4.38, 29. S.O.S는 4.15을 얻음으로 기준이 되는 음보다도 높게 나타났다. 기준음과 비슷한 반응을 보이는 음으로는 6. alarm2

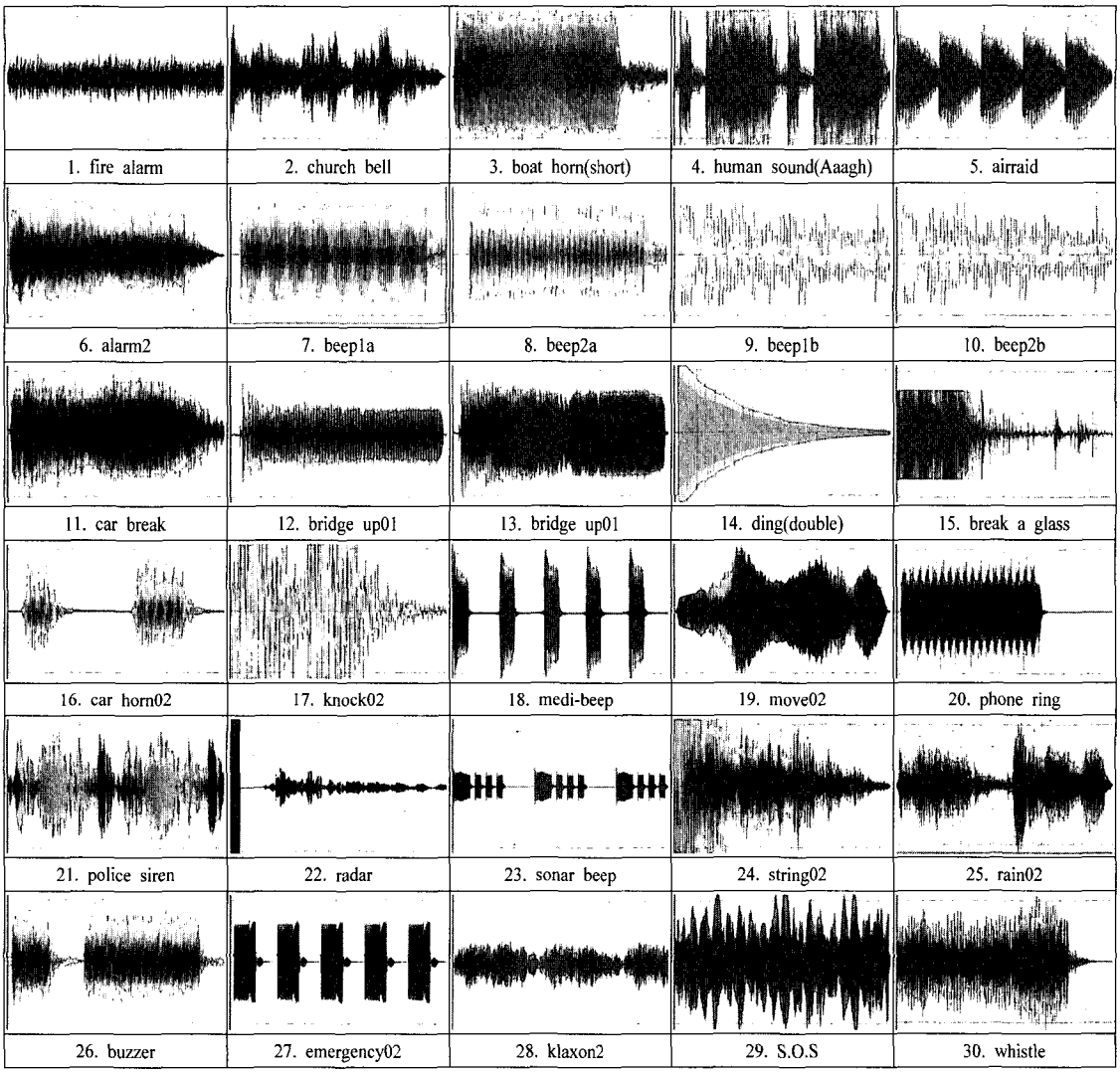


Fig. 5. Time history of sound sources

는 3.65, 21. police siren은 3.75, 26. buzzer는 3.60이다.

3.2. 청감반응실험 결과에 대한 음질지수 상관관계

청감반응 실험의 결과는 주관반응과 물리적 지수와의 상관성 분석을 통해 주관반응에 영향을 미치는 음질지수를 분석하고자 하였다. 30개의 음원에 대한 설문결과 청감실험 응답한 평균값과 dB(A)를 포함한 각 음원의 물리적 지수값을 사용하여 상관관계 분석을 실시하였다. 분석은 통계 분석에 사용하는 SPSS for Windows Release 10.0을 사용하였으며, Pearson 상관계수를 산출하였다.

음질지수간 상관계수는 Loudness(L)와 Unbiased Annoyance(UA)의 값이 0.63으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음은 Sharpness(S)와 Roughness(R)의 관계가 -0.40으로 나타났다. 주관반응에 대한 음질지수는 Roughness(R)과 가장 높은 관계를 보이고 있으며, 그 다음으로 Fluctuation Strength(FL) 및 Tonality(T)이며 음의 상관관계를 나타냈다(Table 4). 이러한 분석은 심리적인 반응에 대한 음원의 특성을 반영하기 위한 분석으로써, 물리적 형태의 음원의 특성을 심리적 값에 반영하는 기초적 자료가 될 수 있다.

Table 3. Result of psycho-Acoustic experimental

ID	dB(A)	Average
1. fire alarm	85.50	3.88
2. church bell	85.40	1.55
3. boat horn(short)	84.00	2.63
4. human sound(Aaagh)	84.10	2.00
5. airraid	85.00	4.10
6. alarm2	82.30	3.65
7. beep1a	83.20	2.18
8. beep2a	76.40	1.78
9. beep1b	90.30	1.68
10. beep2b	84.30	1.73
11. car break	87.10	1.73
12. bridge up01	77.00	1.88
13. bridge up01	86.60	2.30
14. ding(double)	87.60	1.25
15. break a glass	85.90	1.73
16. car horn02	77.30	2.48
17. knock02	85.00	1.88
18. medi-beep	79.00	2.65
19. move02	84.10	2.53
20. phone ring	86.30	1.68
21. police siren	89.50	3.75
22. radar	79.80	2.23
23. sonar beep	80.20	1.60
24. string02	83.40	1.98
25. rain02	87.60	1.70
26. buzzer	85.30	3.60
27. emergen-cy02	82.40	2.63
28. klaxon2	85.40	4.38
29. S.O.S	84.20	4.15
30. whistle	86.40	3.28

Table 4. Correlation coefficient between sound quality indices

	dB(A)	L	S	FL	T	R	UA	Avg
dB(A)	1	0.24	-0.19	-0.03	0.27	0.14	-0.03	0.09
L	0.24	1	-0.11	-0.14	-0.15	0.24	0.63	0.25
S	-0.19	-0.11	1	-0.09	-0.17	-0.40	0.27	0.06
FL	-0.03	-0.14	-0.09	1	-0.11	-0.23	0.01	-0.32
T	0.27	-0.15	-0.17	-0.11	1	-0.33	-0.08	-0.31
R	0.14	0.24	-0.40	-0.23	-0.33	1	-0.13	0.34
UA	-0.03	0.63	0.27	0.01	-0.08	-0.13	1	-0.04
Avg	0.09	0.25	0.06	-0.32	-0.31	0.34	-0.04	1

4. 결 론

화재는 매년 증가 추세에 있으며, 그 피해는 날로 증가 하고 중대 재해로 분류되어 있으나 이에 대한 재해는 줄어들지 않고 있는 실정이다. 또한 화재는 초기인식에 의한 대피 및 초기 진압이 중요한 요소라 할 수 있다. 그러나 일상생활 중에 화재 경고설비의 소음을 구분하지 못하면, 피해가 급증하리라 생각된다. 이러한 문제점을 해결 하고자 본 연구에서는 화재발생시 비상벨 소리에 대한 청감반응 실험을 통해 기존의 소리보다 위험감, 긴장감, 급박한 느낌을 드는 음원 30개를 선정하여 '화재발생시 경고음으로 적합한가?'에 대한 청감반응과 반응에 따른 음질지수간의 상관관계를 통하여 얻은 결론은 아래와 같다.

1) 단순히 신호음을 듣고 화재발생시 적합한 경고음 선정에 관한 청감반응에는 기존 경고음(경종)은 화재경고음(fire alarm)은 기준으로 3.88을 얻었고, 비행기 비상음(airraid)는 4.10, 배 크락숀(klaxon2)은 4.38, 구조신호(S.O.S)는 4.15 얻음으로 기준이 되는 음보다도 높은 반응 정도를 나타내 주었다. 화재 발생시 장소에 따라 경고음의 선택에 신중 하여야 할 것 으로 판단된다.

2) 음질지수 상호간의 상관계수는 Loudness(L)와 Unbiased Annoyance(UA)의 값이 0.63으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음은 Sharpness(S)와 Roughness(R)의 관계가 -0.40으로 나타났다. 주관반응에 대한 음질지수는 Roughness(R)과 가장 높은 관계를 보이고 있으며, 그 다음으로 Fluctuation Strength(FL) 및 Tonality(T)이며 음의 상관관계를 나타냈다. 이는 신호음의 크기에 가장 관련이 높다고 판단되는 바, 화재 발생시 경고음 항상 일정한 신호음의 크기 즉, 90 phone이상 나타나도록 점검하는 조치가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1) http://www.nema.go.kr/index.html:행정발간물 등록번호 (11-1310000-000193-10).
2) 한석길, "소방원론", 도서출판 구민, 1996. 1.
3) 소방기본법 시행령.
4) 정광용, "한국어를 이용한 주거환경 심리평가에 관한 연구", 전남대학교 박사학위 논문, 2002. 2.
5) 김선우 외 3인, 청감실험을 통한 창의 차음특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집, pp. 169~176, 2002. 5.