
음향효과를 위한 White noise 의 마스킹 (Masking)이 이완에 미치는 영향 관한 연구

A Research on masking effect for mixing sound with white noise on human relaxation

김중화, Jonghwa Kim*, 황민철, Mincheol Whang**, 우진철, Jincheol Woo***, 김종서, Jongseo Kim***, 최원민, Wonmin Choi****, 윤중삼, Joongsam Yun*****, 황병철, Byeongcheol Hwang*****

요약 White noise 가 혼합된 음향은 듣는 사람에게 감성 조절 효과에 대한 보고가 있다. 그러나 White noise 의 어떤 요소가 감성을 조절하는지는 명확하지 않다. 본 연구는 White noise 와 음향을 혼합할 때 마스킹(Masking) 정도에 따른 이완 감성 변화를 밝혀보고자 하였다. White noise 의 마스킹 효과를 다르게 한 2 곡의 음악을 제작하고, 20 대 남녀 40 명을 대상으로 음악을 들려주는 실험을 실시하였다. 음악 효과에 대한 반응인 자율신경계(PPG, GSR, SKT)와 중추신경계(8ch EEG)의 생리신호를 측정하고 음악을 듣기 전후의 주관적 응답을 수집하였다. 음악을 듣지 않았을 때, 원본 음향 들었을 때 그리고 White noise 혼합한 음향을 들었을 때의 반응에 대해 ANOVA(Analysis of Variance)를 실시하였다. 생리신호는 개인간 편차를 고려해 표준화(Normalization) 한 뒤 생리신호 변화 패턴에 따라 분석하였다. 결과적으로, 주관적 응답과 생리신호 모두 White noise 의 마스킹 효과를 작게한 음향에서 이완의 정도가 더 큰 것을 확인하였다. 따라서 White noise 와 원본 음향간에 마스킹 효과가 작은 음향일수록 White noise 의 혼합으로 인한 이완효과가 큰 것을 확인할 수 있었다.

핵심어: *White noise Sound, Relaxation, Emotion, EEG, PPG, GSR*

본 논문은 2008 년 삼성전자의 과제 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

*주저자, 교신저자 : 상명대학교 일반대학원 컴퓨터과학과 석사과정; e-mail: rmx2003@naver.com

**공동저자 : 상명대학교 디지털미디어학부 교수; e-mail: whang@smu.ac.kr

***공동저자 : 상명대학교 일반대학원 컴퓨터과학과 석사과정; e-mail: mcun@naver.com

****공동저자 : 삼성전자 디지털미디어총괄; e-mail: jongseo76.kim@samsung.com, wm73.choi@samsung.com

*****공동저자 : 삼성전자 정보통신총괄; e-mail: joongsam.yun@samsung.com, hbc007@samsung.com

1. 서론

일반적으로 음향은 기쁨, 긴장, 이완 등의 다양한 감성을 조절하는 기능을 가지고 있다. 그리고 이러한 음향의 특성을 활용한 음악치료(Music Therapy)에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그 예로 방사선 치료를 위해 대기중이던 환자들에게 다양한 종류의 음악을 들려주어 실험한 결과 특정 음향에서 이완효과를 확인한 연구결과가 보고되었다[1]. 또한 국내의 한 병원에 입원한 부분마취 환자를 대상으로 수술 중 음악을 들려주고 수술 중 상태불안과 활력징후에 대해 관찰한 결과, 음악을 들려준 환자집단에서 상태불안이 감소한 것을 확인하였다[2]. 이와 같은 의료분야에 대한 연구 외에도 음향을 공학적으로 분석하여 심리음향학 변수(크기, 세밀성, 음조, 거칠기, 요동강도)에 따라 쾌/불쾌를 정의할 수 있으며, 마케팅에 활용할 수 있다는 연구결과도 보고되었다[3].

본 논문에서는 이러한 다양한 음향 효과 중 White noise 를 사용한 이완 감성 유발에 대해 연구하였다. White noise 란 사람의 가청범위(20Hz~20kHz)내의 모든 주파수를 같은 양으로 포함하고 있는 의미 없는 소리를 의미하며, 청취 시 이완감을 유발한다고 알려져 있다. 이점에 착안하여 White noise 를 ICU (Intensive Care Unit)에 있는 환자들에게 듣도록 한 연구결과에 따르면 White noise 를 들려준 환자집단에서 수면시간이 증가한 결과를 보였다[4]. 그리고 White noise 와 유사한 특징(가청범위내의 모든 주파수를 같은 양으로 포함)을 보이는 파도소리를 사람에게 들려 준 연구결과에서도 속면시의 뇌파와 유사한 패턴을 보였다[5]. 또한 White noise 와는 다른 음향에 White noise 를 혼합한 2 종류의 음원을 20 명의 대학생에게 들려주었을 때에도 2 종류의 음원 모두에서 이완 감성 유발 효과가 있다는 것을 선행연구에서 확인 하였다[6]. 하지만 선행연구에서 사용한 두 음원간에 이완 감성 유발의 정도에서 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 이는 동일한 White Noise 를 사용하더라도 음향의 특성에 따라 이완 감성 유발에 차이가 있다는 것을 의미한다. 본 연구는 음향의 다양한 요소 중 White noise 와 음향을 혼합할 때 마스킹(Masking) 효과로 인해 감성차이를 유발하는 것으로 가정하였다. 이를 검증하기 위해 실험을 실시하고 주관적 응답과 생리신호 분석을 통해 결과를 확인하고자 하였다.

2. 연구방법

본 연구는 White noise 를 혼합 시 마스킹 효과를 다르게 한 음향을 2 곡 제작하였다. 그리고 40 명의 피실험자에게 제작된 음향을 들려주고 청취 전후의 이완 감성 유발 정도에 대해 주관적 응답을 받았다. 그리고 음악을 듣는 동안 피실험자의 자율신경계 반응과 중추신경계 반응을 측정하였다.

2.1 음향 제작

실험에 사용할 음향은 두 종류로 나누어서 제작하였다. 음향 1 은 그림 1 과 같이 White noise 로 사용한 새소리의 주파수 특성(1000Hz~8000Hz, 그림 1 의 자연음)과 중복되는 주파수 대역을 줄여 혼합할 때 마스킹 효과의 발생을 최소화 할 수 있도록 하였다. 이와 반대로 음향 2 는 그림 1 과 같이 혼합할 때 마스킹 효과를 크게 할 수 있도록 하였다.

2.2 피실험자

실험에는 20 세~27 세(평균 23.2 세)의 남자대학생 20 명과 여자대학생 20 명이 참여하였다. 실험대상자들은 카페인으로 인한 각성-이완효과를 배제하기 위해, 실험시작 1 시간 전부터 음료섭취를 제한하였다. 그리고 피실험자들에게는 실험 참여에 대한 보상을 지급하여 실험참여도를 높였다.

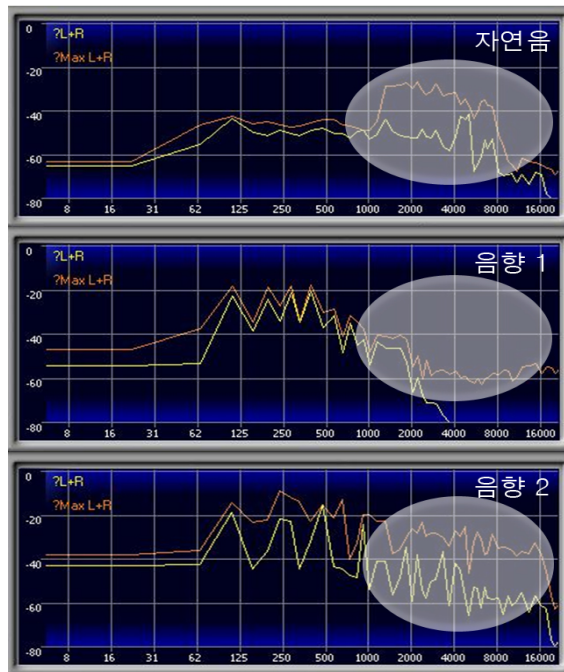


그림 1. 음향의 스펙트럼 분석 결과

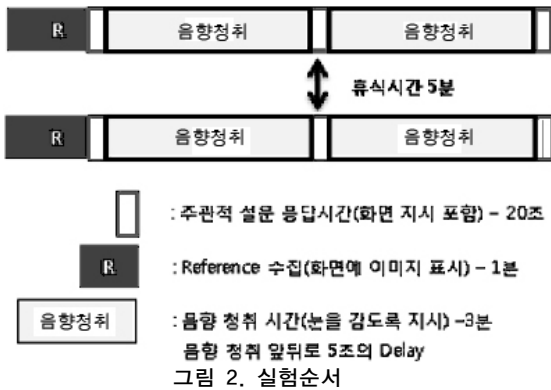
2.3 실험설계

본 논문에서는 연구가설인 “White noise 의 혼합조건에 따라 이완효과가 없다” 를 검증하기 위해 다음의 실험을 설계하였다. 실험의 독립변수는 표 1 에서와 같이 음향 혼합시 마스킹 효과의 차이를 다르게 한 음향 1, 음향 2 이며, 종속변수는 자율신경계 반응, 중추신경계 반응 그리고 ‘긴장-이완’ 에 대한 주관적 응답이다.

표 1. 독립변수와 종속변수

독립변수		음향 1	음향 2
자율신경계	PPG	원본 음향 청취 구간 측정값 - White noise 혼합한 음향 청취구간 측정값	
	GSR		
	SKT		
중추신경계	8ch EEC		
주관적응답			

실험순서는 그림 2 과 같이 1 분간 TV 화면을 보도록 지시하고, 비교 대상으로 사용할 무자극 상태의 생리신호 데이터를 수집하였다. 무자극 상태의 생리신호수집 후 피실험자에게 현재 자신의 긴장-이완상태에 대해 7 점 척도로 주관적 설문을 받았다. 주관적 설문응답 이후에는 피실험자에게 눈을 감도록 지시한 뒤 음향을 들려주었다. 이때 순서효과를 배제하기 위해서, 매 실험마다 피실험자에게 음향을 들려주는 순서를 다르게 하였다. 그리고 마지막 설문 응답 이후에는 5 분간의 휴식시간을 제공하여 이전 음향자극으로 인한 효과를 최소화 하였다. 그리고 음악을 듣는 동안 피실험자의 생리신호를 측정하여 '긴장-이완' 정도를 측정하였다. 생리신호는 중추신경계 반응을 측정하기 위해서 EEG 를 국제적인 10/20 법에 따라 F3, F4, T3, T4, P3, P4, O1 그리고 O2 에 부착하였다. 또 다른 생리신호로 자율신경계 반응을 측정하기 위해서 귓볼 부착형 PPG(photoplethysmography) 센서를 부착하였으며 GSR(Galvanic skin response) 센서를 왼손 검지와 중지 에 SKT(Skin Temperature) 센서를 엄지에 부착하였다.



2.4 '각성-이완' 감성모델

본 연구는 2 차원 감성 모델을 적용하였으며 연구 목적상 각성-이완에 대한 감성을 분석하였다[7]. 그림 3 은 '각성-이완' 을 '들뜬 각성', '차분한 각성', '들뜬 이완', '차분한 이완' 으로 세분화 하여 각각의 패턴을 정리한 것이다. '각성-이완' 을 4 단계로 구분한 이유는 감성이 유발되는 경우 모든 각성과 이완의 수준이

동일하지는 않기 때문이다. 더욱이 실험프로세스 검증 차원에서 실시했던 사전실험의 데이터를 분석해본 결과 모든 생리신호가 '각성-이완' 상태의 데이터 패턴을 보이지는 않았고, 일부 데이터의 경우 각성상태의 생리 데이터 패턴과 이완 상태의 생리 데이터 패턴을 모두 나타내는 경우가 발생하였다. 이러한 사전실험 결과에 따라 생리신호 패턴이 각성에 가까운 것을 '들뜬 각성' 이라고 하였으며 생리신호 패턴이 각성과 이완이 혼합해서 나타난 것을 '차분한 각성' 이라고 하였다. 그리고 이완 역시 생리신호 패턴이 이완에 가까운 것을 '차분한 이완' 이라고 하였으며 각성과 이완이 혼합해서 나타난 경우를 '들뜬 이완' 이라고 하였다.

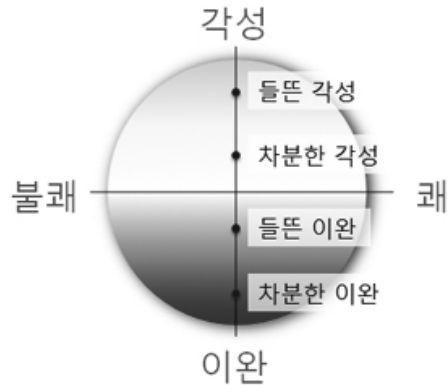


그림 3. '각성-이완' 감성모델

2.5 생리신호 분석

White Noise 혼합조건에 따른 4 단계의 이완정도는 생리신호 분석 패턴에 따라 평가 하였다. 먼저 일반적으로 긴장도의 분석에 사용되는 GSR 반응을 기준으로 자율신경계의 각성 이완을 판단하였다[8]. 그리고 중추신경계는 β 파를 '각성-이완' 을 구분하는 변수로 사용 하였다. 이는 GSR 반응이 증가할 때 β 파가 증가하는 것을 사전실험 결과에서 확인 할 수 있었기 때문이다. 이 밖에 자율신경계의 PPG amplitude, PPG frequency 그리고 SKT 반응과 중추신경계의 α 파를 '들뜬' 과 '차분한' 을 결정하는 변수로 사용하였다.

3. 분석

주관적 응답의 결과는 레퍼런스로 사용될 무자극 상태의 생리신호와 White noise 를 혼합하지 않은 음향 그리고 White noise 가 혼합된 음향을 청취한 구간으로 데이터를 분류하고, 이들에 대해 통계적 유의성을 알아보기 위해 SPSS 14 를 사용하여, ANOVA(Analysis of Variance)를 실시하였다. ANOVA 결과를 정리하면 그림 4 와 같다. 주관적 응답의 결과는 그래프에 제시된 바와 같이 음향 1 에서 기준구간의 평균응답 4.40 에 비해 5.74 로 증가하였으며, 음향 2 에서도 기준구간의 평균응답 4.81 에 비해 5.77 로 증가한 결과를 보였다. 그리고 이들 증가는 통계적으로도 유의하였다(음향 1 $p=0.001$, 음향 2

p=0.001). 하지만 원본 음향과 White noise 가 혼합된 음향간의 차이는 유의하지 않았다(음향 1 p=0.152, 음향 2 p=0.544). 따라서 주관적 응답과 생리신호의 결과를 함께 분석하여 이완 정도의 차이를 비교하였다.

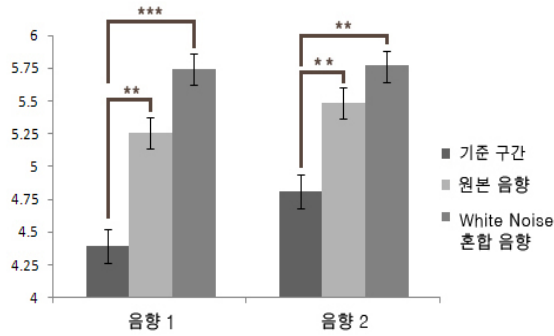


그림 4. 주관적 응답의 ANOVA 분석 결과

생리신호의 분석은 자율신경계 반응에 따른 감성평가 연구에서 사용된 분석방법을 사용하였다[9]. 분석방법은 자극이 없는 상태에서의 생리신호 데이터를 기준 값으로 측정 후, 이후 자극을 제시하였을 때의 생리신호와 변화를 비교한다. 그리고 변화의 정도는 백분율로 표시하여 통계적 유의성을 검증하여 감성을 평가한다. 이 방법은 LCD 와 PDP 의 피로도에 관한 연구에서 생리신호를 통한 감성반응의 측정에 유용하다는 것이 검증된바 있다[10].

중추신경계 반응은 8 개 측정점에 대해 α 파와 β 파의 양을 각각 분석하였고, 자율신경계의 GSR 은 평균값을, PPG 는 진폭값과 주기값을 측정하였다. 측정된 생리 데이터는 무자극 구간과 3 분간 측정된 원본 음향을 청취한 구간 그리고 White noise 가 혼합된 음향을 청취한 구간으로 나누었다. 그리고 개인간의 편차를 고려해 평준화(Normalization)하였다. 평준화 방법은 무자극 구간대비 두 음향의 생리신호의 변화를 백분율로 구하였다. 평준화한 결과에 대해 원본 음향과 White noise 를 혼합한 음향간에 통계적 유의성이 있는지 T-test 하였다. 그리고 원본 음향 대비 White noise 를 혼합한 음향의 생리신호 변화를 표 2 와 같이 정리하였다. 표 2 에서 ‘+’ 는 생리신호가 증가한 것을 의미하여 ‘-’ 는 감소를 ‘0’ 은 변화가 없음을 나타낸다. 표 2 를 제작하는데

있어서 평균값과 오차값을 함께 고려하여 평균값이 증가하더라도 오차값에서 원본음향과 White noise 가 혼합된 음향간에 차이가 없는 경우에는 ‘0’ 으로 표기하였다.

표 2 의 생리신호 변화에 대해서 사전에 정의한 패턴을 사용하여 분석하였다. 음원 1 의 자율신경계 반응에서는 GSR 반응의 차이가 없기 때문에 ‘이완’ 이며, PPG 주기값이 감소하는 경향을 보였지만 PPG 증폭값이 증가하는 경향을 보였고 피부온도 역시 증가하는 경향을 보였다. 그러므로 표 2 의 패턴에 따라 음향 1 의 자율신경계 반응은 ‘차분한 이완’ 으로 분석되었다. 그리고 중추신경계 반응에서도 P 영역과 T 영역에서 ‘차분한 이완’ 으로 분석되었다(T3 α 증가, T3 β 감소, T4 β 감소, P4 α 증가, P3 β 감소, P4 β 감소). 음원 2 의 자율신경계 반응에서는 GSR 반응의 차이가 없기 때문에 ‘이완’ 이며, 피부온도 반응이 증가하였지만 PPG 증폭값이 변화가 없었으며 PPG 주기값이 감소하는 경향을 보였다. 그러므로 패턴에 따라 음향 2 의 자율신경계 반응은 ‘들뜬 이완’ 으로 분석되었다. 반면 중추신경계 반응에서는 P 영역과 T 영역에서 ‘차분한 이완’ 으로 분석되었다(T3 α 증가, T4 α 증가, T3 β 감소, T4 β 감소, P4 α 증가, P3 β 감소, P4 β 감소). 또한 음원 1 과 음원 2 모두 중추신경계의 F 영역과 O 영역에서 유사한 반응을 보였다.

표 2. White Noise 혼합 조건에 따른 생리신호 패턴

음향	주관	자율신경계				중추신경계															
		GSR	PPG_amp	PPG_frq	SKT	F3 α	F4 α	F3 β	F4 β	T3 α	T4 α	T3 β	T4 β	P3 α	P4 α	P3 β	P4 β	O1 α	O2 α	O1 β	O2 β
1	이완	0	+***	-	+**	-**	-	+	-**	+	-	-	-	-	+	-***	-**	-	+	-	-
2	이완	0	0	-	+**	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-*	-	-	+	-*	0

PPG_amp:PPG 진폭값(amplitude), PPG_frq: PPG 주기값(Frequency), *:p<0.1, **:p<0.05, ***:p<0.01

4. 결론 및 논의

본 논문에서는 White noise 의 혼합조건에 따른 이완효과의 차이에 대해 연구하였다. 가설의 검증을 위해 White noise 의 마스킹 효과가 다른 두 음향을 제작하고, 40 명의 피실험자를 대상으로 실험을 실시하였다. 실험은 원본 음향과 White noise 가 혼합된 음향을 각각 들려주고 주관적 응답과 생리신호를 측정하였다. 주관적 응답은 음향 청취이전에 '각성-이완'에 대해서 7 점 척도로 설문에 응답하게 하였으며, 생리신호는 자율신경계와 중추신경계의 반응을 측정하였다. 자율신경계 반응은 PPG, GSR, SKT 센서를 사용하여 측정하였으며, 중추신경계 반응은 8 채널의 EEG 센서를 사용하여 측정하였다. 생리신호 데이터는 음향을 청취하지 않은 무자극 구간과 음악을 들려준 구간의 데이터간에 변화도를 측정하였다. 분석은 원본 음향의 이완정도와 White noise 가 혼합된 음향의 이완정도를 비교하였다. 분석방법은 통계적 유의성을 검증한 T-test 결과를 사전실험 데이터를 사용하여 제작한 생리신호 분석 패턴과 비교하는 방식으로 하였다. 분석 결과 주관적 응답에서는 두 음향 모두 White noise 가 혼합된 음향에서 이완의 증가하는 것을 확인하였다. 생리신호는 음향 1 이 음향 2 에 비해 White noise 를 혼합하였을 때 이완효과의 증가폭이 큰 것을 확인하였다. 따라서 White noise 와 원본 음향간에 마스킹 효과가 작은 음향일수록 White noise 의 혼합으로 인한 이완효과가 큰 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 기존 연구에서 확인하지 못하였던 이완효과의 차이를 확인할 수 있었다. 향후 본 연구 결과를 바탕으로 음향의 다양한 요소들을 사용하여, 이완 효과뿐만 아니라 각성, 쾌, 불쾌와 같은 음향의 감성유발에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] L. Cooper, I. Foster, The use of music to aid patients' relaxation in a radiotherapy waiting room, *Radiography* **2008**, 14, 184.

[2] 이정희, 정현택, 조은미, 황옥남, *음악요법이 상태불안과 활력징후에 미치는 효과*, *재활간호학회지* **2006**, 9, 64.

[3] 최민주, *소리의 감성적인 측면과 활용*, *전자공학회지* **1997**, 24, 1317.

[4] M. L. Stanchina, M. Abu-Hijleh, B. K. Chaudhry, C. C. Carlisle, R. P. Millman, *The influence of white noise on sleep in subjects exposed to ICU noise*, *Sleep Medicine* **2005**, 6, 423.

[5] 김진우, 권형준, 배명진, 파도소리의 심리음향 분석, *An Analysis of Waves Sound using Psychoacoustics* **2008**, 991.

[6] 김종화, 황민철, 우진철, 김종서, 최원민, 윤중삼, 황병철, White Noise 를 혼합한 음향의 이완효과에 관한 연구, 2008 가을 통합 국제학술대회 **2008**.

[7] J. A. Russell, A circumplex model of affect, *Journal of Personality and Social Psychology* **1980**, 39, 1161.

[8] 황민철, 임좌상, 김혜진, 김세영, *각성의 유형이 생리반응에 미치는 영향*, *한국감성과학회지* **2001**, 4, 89.

[9] 황민철, 장근영, 김세영, *자율신경계 반응에 의한 감성평가 연구*, *한국감성과학회지* **2004**, 7, 51~56.

[10] 김영주, 황민철, 박강령, 김종화, 이윤정, 고유진, 이의철, 조선희, 김혜연, *LCD 와 PDP 패널에 따른 피로도 연구*, 2007 대한인간공학회 추계학술대회 **2007**.