

진동 신호의 청각적 유효성에 대한 연구

A Study on Effectiveness of Auditory Recognition of Vibration Signal

유지환

Ji Hwan Ryu

성균관대학교 휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
fowwow@hotmail.com

김녹환

Nockhwan Kim

성균관대학교 휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
ournood13@naver.com

박민재

Minjae Park

성균관대학교 휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
vrotoss@gmail.com

김정호

Jeongho Keum

성균관대학교 휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
mirme16@naver.com

유준우

Junwoo Yoo

성균관대학교 휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
grochi@gmail.com

조준동

Jun Dong Cho

성균관대학교 휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
jdcho@skku.ac.kr

요약문

본 논문에서는 책상 위에 올려진 휴대전화의 진동음이 원거리에서도 잘 들린다는 점에 착안하여 진동 신호가 촉각뿐만이 아닌 청각적으로도 유효하다는 것을 검증하였다. 피험자에게 전달할 정보를 내재한 진동은 모스부호 패턴으로 휴대전화를 이용해 발생시켰다. 실험의 독립 변인은 모스부호 패턴의 구성요소, 그리고 휴대전화와 피험자간의 거리이며 실험 변인은 피험자들의 패턴 인식 정확도이다. 실험 결과, 진동음은 휴대전화로부터 원거리에 있는 사용자에게 정보를 전달하기에 유효하며 패턴 구성요소의 개수 변화는 유의미한 차이가 없지만 휴대전화와 사용자의 거리 변화는 유의미한 차이가 있다. 또한, 실험 결과로부터 정확도를 향상시켜 본 연구의 타당성을 향상시킬 가설을 수립하였다.

ABSTRACT

In this paper, we verified that vibration is effective as auditory signal, not only haptic signal since vibrating sound caused by a mobile device on a desk is loud enough to hear at a distance. Vibration which has information for subjects was generated in the form of Morse code by a mobile phone. Independent variables of the experiment are the number of components which forms the Morse code

pattern of vibrating sound and distance between the mobile phone and the subject; an experimental variable is subjects' percentage of correct answers. The result of the experiment shows that vibrating sound is effective to send information to users at a distance, and the number of components does not affect to the percentage while distance does. Furthermore, we formulated a hypothesis which can increase the percentage of correct answers from the experiment; this would strengthen validity of this study.

주제어

휴대전화 (Mobile Phone), 진동 (Vibration), 진동음 (Vibrating Sound), 청각 정보 (Audible Signal), 알림 (Notification), 인지 (Recognition)

1. 서론

모바일 기기가 사용자에게 알림을 주는 수단으로는 크게 소리 (청각), 진동 (촉각), 빛 (시각)이 있다. 그 중 빛의 경우에는 사용자가 다른 일을 하고 있을 때 부주의 맹시 (inattention blindness)가 발생하게 되어 [7] 인지하기가 쉽지 않아 상대적으로 비중이 떨어진다. 그래서 주로 소리와 진동 이 사용자에게 알림을 주는 수단으로 사용된다.

소리의 경우, 사용자의 의지에 따라 다양하게 변화가 가능하다. 기본적으로 제공되는 벨소리와 알림음이 다양하기 때문이다. 또한, 벨소리 제작 어플리케이션을 통해 어떤 소리든 자유로운 사용이 가능하다. 그러나 진동의 경우에는 제조사가 정해놓은 진동 패턴 이외에는 사용이 불가능하다. 이것은 진동이 줄 수 있는 정보를 촉각을 통해서 인지하도록 제작되어 청각적 정보로서의 확장 인지 가능성을 배제했기 때문에 나타나는 현상으로 보인다.

진동은 모바일 기기를 올려놓은 면의 재질에 따라 진동 그 자체로만 존재할 수도 있고 일반적인 상황에서 다수의 사람들이 인지할 수 있을 정도의 소리를 내기도 한다. 실제로 소음이 크지 않은 환경에서 책상 위에 모바일 기기가 놓인 채로 진동이 발생했을 때, 주변의 사람들이 인지하기에 충분한 소리가 난다. 그러나 이 경우, 벨소리가 울렸을 때만큼의 소음으로는 받아들여지지 않는다. 진동음의 주파수가 벨소리의 주파수와 비교하여 상대적으로 낮은 값을 가지기 때문이다 [4].

본 연구는 이점에 착안하여 진동이 일반적인 촉각적 인지 정보가 아닌 청각적 인지 정보로서 의미 있게 활용될 수 있을 것이라는 연구문제를 도출하였다. 따라서 연구문제의 유효성을 검증하기 위해 본 고는 진동음이 발생하는 환경과 패턴이 변화함에 따른 사용자의 진동음에 대한 인지 능력에 대한 연구를 진행하였다.

2. 관련연구

2.1 모스부호

모스부호는 짧은 발신 전류 (dot, •)와 긴 발신 전류 (dash, -)로 이루어진 이진법 매체로, 미국의 사무엘 모스 (Samuel F. B. Morse)에 의해 고안되어 전신 수단으로 널리 사용되었다 [8]. 전신 외의 통신수단이 다양한 현재에도 가장 기초적인 비상통신수단으로 사용되고 있다. 구조가 매우 단순할 뿐 아니라 음의 높낮이 없이 장단의 길이로만 구성되어 있어 톤이 하나로 정해져 있는 진동음의 패턴을 생성하기에 적합하다.

2.2 소리의 크기와 주파수

다수의 연구가 사용자의 진동음에 대한 인지 능력보다는 벨소리 크기와 주파수에 따른 인식 정도에 초점이 맞추어져 있다.

문희경과 한성호는 주변 소음 정도와 벨소리의 크기 및 주파수의 상관관계를 밝혀 주변 환경에 맞는 음량으로 출력해주는 연구를 진행하였다. 500Hz, 1000Hz, 4000Hz 의 주파수를 가진 벨소리를 사용하였으며, 그

중 주변 소음과 벨소리 음량에 관계 없이 500Hz 의 주파수를 가진 벨소리에 피험자들이 가장 민감하게 반응했다는 결과를 얻어냈다. 이는 주파수가 낮을수록 인지하기에 용이하다는 것을 의미한다 [2]. 김재수는 파장이 짧은 고주파수보다 파장이 긴 저주파수가 가진 에너지가 더 크기 때문에 멀리까지 전달된다고 설명했다 [1]. 이에 따라 약 200Hz 의 주파수를 가진 진동음은 일반적으로 그보다 높은 주파수를 가진 벨소리에 비해 상대적으로 작은 음량으로도 사용자에게 알림을 줄 것이라는 추론이 가능하다.

3. 예비실험

본 고는 본실험에 앞서 진동음의 패턴이 실제로 청각 정보로서 유효한지 여부를 확인하기 위하여 예비실험을 진행하였다.

3.1 실험 설계

진동음의 패턴은 모스부호의 형태로 생성시켰다. 모스부호를 선택한 이유는 패턴을 만들어내는 방식이 단순하고 정형화되어 있어 사용자가 패턴을 인식하는데 용이할 뿐 아니라 음의 높낮이가 없기 때문에 단음인 진동음에 적용하기에 적합하기 때문이다.

진동음은 피험자에게 실제와 동일한 상황을 제공하기 위해 휴대전화를 이용했다. 휴대전화의 기종 별 진동 강도 차이는 없다고 가정하였으며, 본 실험에서는 삼성전자의 갤럭시 넥서스 제품을 사용하였다.

실험에 앞서, 피험자들은 사전에 모스부호에 대한 정보 및 인쇄물을 통해 패턴이 뜻하는 의미를 학습했다. 인쇄물은 실험 도중에도 사용 가능하도록 하여 해당 모스부호의 의미를 수시로 파악할 수 있도록 하였다. 피험자들에게는 무작위로 선정된 8 개의 모스부호가 제시되었다 (표 1).

표 1. 사전실험에서 제공되는 모스부호 [8]

알파벳	모스부호	알파벳	모스부호
C	- • - •	I	• •
M	- -	T	-
E	•	K	- • -
F	• • - •	G	- - •

실험에는 20 대 남녀 대학원생 10 명이 참여하였다. 진동 모스 부호 생성은 안드로이드 스마트폰 어플리케이션인 Morse Broadcaster [9]를 사용하였다 (그림 1). 피험자는 각각 1m, 3m, 5m 거리에 있는 목재 (MDF) 책상 위에 올려진 휴대전화 진동음의

패턴이 의미하는 알파벳을 추측하도록 했으며, 거리 별로 각 5 회씩 총 15 회의 실험을 실시하였다.

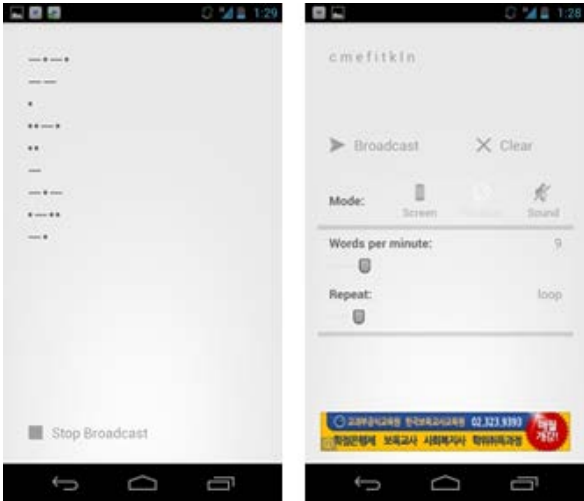


그림 1. Morse Broadcaster [9]

주변 소음은 일반적인 사무실의 소음 정도인 50dB 이하로 통제하였다 [3].

추가적으로 실측 결과, 피험자와 휴대전화와의 거리가 1m 일 때의 진동음의 크기는 47dB, 3m 일때는 44dB, 5m 일때는 43dB 이었다.

3.2 실험 결과

피험자와 휴대전화와의 거리가 1m 일 때와 3m 일 때는 100%, 5m 일 때도 평균 96%의 성공률을 보였다 (표 2). 5m 거리 결과의 일표본 t 검정 결과, 검정값 5 일 때의 p-value 는 .168 로 $\alpha = .05$ 유의수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 없었다.

표 2. 휴대전화와의 거리에 따른 진동음 인식 결과

휴대전화와의 거리	평균 성공 횟수 (회)	성공률 (%)
1m	5	100
3m	5	100
5m	4.8	96

따라서 일반적인 환경에 있는 사용자가 다양한 패턴의 휴대전화 진동음을 통해 정보를 인지하는 것이 충분히 활용 가능 할 것으로 보인다.

4. 본실험

본고는 예비실험을 통해 진동음의 패턴이 청각 정보로서 유효하다는 것을 검증하였다. 본 실험은, 사용자와 휴대전화 사이의 거리 변화에 따른 진동음에 대한 인지 능력을 측정하여 진동음이 청각 정보로서 활용될 수 있다는 가능성을 검증하고자 했다. 실험에 사용된 진동음은 예비실험과 마찬가지로 모스부호 패턴으로 주어졌다.

4.1 실험 설계

본 실험은 진동음을 발생시키는 휴대전화와 피험자 사이의 거리 변화와 진동음을 구성하는 패턴의 변화에 따른 피험자의 인지 정도를 측정했다. 따라서 실험에서 휴대전화와 피험자 간의 거리 및 진동음 패턴 구성 요소의 개수는 독립 변인이고, 이에 따른 실험 변인은 피험자의 진동음 패턴의 인식 정확도이다.

모스부호를 처음 접하는 피험자의 혼동을 최소화하기 위해 본 실험에서는 통제요인으로 모스부호의 사용을 알파벳으로 제한하였다. 모스부호는 각 부호를 구성하는 점과 선의 개수에 따라 네 개의 카테고리로 나누었다 (표 3).

표 3. 피험자에게 제공되는 모스부호 [8]

(1) 구성요소가 1 개인 모스부호

알파벳	모스부호
E	•
T	—

(2) 구성요소가 2 개인 모스부호

알파벳	모스부호
A	•—
I	••
M	— —
N	—•

(3) 구성요소가 3 개인 모스부호

알파벳	모스부호	알파벳	모스부호
D	—••	R	•—•

G	— — •	S	• • •
K	— • —	U	• • —
O	— — —	W	• — —

(4) 구성요소가 4 개인 모스부호

알파벳	모스부호	알파벳	모스부호
B	— • • •	P	• — — •
C	— • — •	Q	— — • —
F	• • — •	V	• • • —
H	• • • •	X	— • • —
J	• — — —	Y	— • — —
L	• — • •	Z	— — • •

실험에는 성균관대학교에 재학 중인 20 대 남녀 20 명이 참여하였으며, 휴대전화를 올려놓는 상의 재질로는 일반적으로 사용되는 목재 (MDF)를 사용하였다. 휴대전화는 피험자의 정면에 배치하였다. 소리의 입력이 한쪽 귀에 편향 되면 두 귀에 균등하게 입력될 때보다 감지하기 쉬워지기 때문이다 [5].

피험자와 휴대전화와의 거리는 3m 와 5m 의 두 가지로 설정하였으며, 세트 (거리) 별로 각 12 개씩 한 피험자당 총 24 개의 모스부호가 제시되었다. 예비실험 결과, 3m 거리에서도 100%의 정확도를 보였기 때문에 본실험에서는 1m 거리를 제외했다. 실험 시간은 세트당 최대 10 분을 할당하였고, 마지막 12 번째 부호를 듣고 나면 세트를 종료하였다. 한 세트당 12 개의 부호가 주어진 이유는 각 카테고리에서 3 개씩 무작위로 선정하여 피험자에게 제시하였기 때문이다. 또한, 같은 알파벳이 중복되어 제시되는 것이 가능하다. 예를 들어, 1 세트에서 C 가 제시된 후 1 세트와 2 세트에서 다시 C 가 제시될 수 있다.

또한, 사용자들이 항상 휴대전화의 알림에 집중하고 있는 것은 아니며 일반적으로는 다른 일에 집중하게 된다. 이러한 경우에 ‘부주의 귀먹음 (inattentive deafness)’ 현상이 발생하게 되어 청각적인 지각 능력이 다소 감소하게 된다 [6]. 그러므로 피험자들의 집중을 휴대전화로부터 분산시키기 위하여 실험간에 컴퓨터를 제공하여 자유롭게 사용하도록 하였으며, 각 시기별로 동일 부호를 3 회씩 듣고 알파벳들 중 하나를 선택하도록 하였다.



그림 2. 실험간 실내 소음 측정

주변 소음 수준은 50~60dB 로 설정하였다 (그림 2). 범위를 50dB 에서 60dB 까지로 설정한 이유는 통상적인 상황에서 사무실의 소음 정도가 50dB, 어느 정도의 대화가 오갈 때의 소음 정도가 60dB 이기 때문이다 [3]. 주변 소음은 한 쌍의 스피커를 피험자의 양 옆 1m 거리에 대칭으로 설치하여 사전에 녹음해두었던 사무실 내의 소음을 피험자의 위치에서 들었을 때 50dB~60dB 이 되도록 음량을 조절하여 출력하였다.

이외의 실험 환경은 모두 사전실험과 동일하게 설정하였다.



그림 3. 실험실 배치도

4.2 결과

4.2.1 모스부호 구성요소 개수에 따른 정확도

모스부호 구성요소의 개수에 따른 모스부호 인식 정확도는 표 4 와 같이 나타났다. 또한, 일표본 t 검정 결과 3m 거리와 5m 거리 모두 모스부호 구성요소의 개수 변화는 $\alpha = .05$ 유의수준에서 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 4. 모스부호 구성요소 개수에 따른 정확도

(1) 거리가 3m 일 때의 정확도

개수	평균	표준편차	p-value (검정값 2.7)
1	2.65	.587	.708
2	2.75	.550	.689
3	2.70	.571	1.000
4	2.75	.550	.689

(2) 거리가 5m 일 때의 정확도

개수	평균	표준편차	p-value (검정값 2.0)
1	2.00	.562	1.000
2	2.05	.605	.716
3	1.90	.718	.541
4	2.10	.553	.428

4.2.2 거리에 따른 정확도

사용자와 휴대전화 사이의 거리에 따른 인식의 경우 거리당 12 개의 모스부호 중 3m 일 때 평균 10.85 회, 5m 거리에서 평균 8.05 회 성공했으며 대응표본 t 검정 결과, $\alpha = .05$ 유의수준에서 p-value 는 .000 으로 유의미한 차이를 보여 5m 거리에서는 3m 거리에 비해 상대적으로 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다 (표 5).

표 5. 휴대전화와의 거리에 따른 정확도

거리 (m)	평균	표준편차
3	10.85	1.42
5	8.05	1.70

그러나 진동음 발생 인식률은 100%에 가까웠으며, 3m 거리에서 나온 23 개의 오답 중 9 개와 5m 거리에서

나온 79 개의 오답 중 63 개는 마지막 한 자리만을 잘못 인식했던 결과이다. 따라서 마지막 구성요소 뒤에 추가로 하나의 구성요소를 덧붙인다면 각각 94.2%와 90.4%의 정확도를 보일 것으로 예상되어 이번 실험에서 나타난 23.3%p 의 격차는 상당히 줄일 수 있을 것으로 보인다.

결론

진동은 일반적으로 촉각을 위한 매체일 뿐 청각으로 인지할 수 있다고 여겨지지는 않는다. 그러나 사용자와 휴대전화와의 거리 및 진동 패턴을 효과적으로 사용하게 되면 일정량의 정보를 원거리에서도 전하는 것이 가능하다. 본 연구에서는 이를 증명하기 위하여 전신용으로 활용되는 모스부호를 사용하여 진동음을 생성하였으며, 3m 거리에서는 90% 이상, 5m 거리에서는 67.1%의 높은 정확도를 보인다는 결론과 함께 현재의 정확도를 더욱 향상시킬 수 있는 가설 또한 도출해냈다.

차후 연구주제는 5m 거리의 정확도를 90% 이상으로 끌어올리는 것과 동시에 더 먼 거리까지도 정확히 정보를 전달하는 방법을 찾아내 그것을 검증하는 것이다.

사사의 글

이 논문은 2014 년도 산업통상자원부의 '창의산업융합 특성화 인재양성사업'의 지원을 받아 수행되었다 (과제번호 N0000717).

참고 문헌

- 김재수. *소음진동학*. 세진사, (2013).
- 문희경, 한성호. 주변 소음 크기에 따른 주파수 별 벨소리 크기 제안: 신호 탐지 이론을 바탕으로. *대한산업공학회 추계학술발표논문집 2011 단일호*, (2011), 1-7.
- 박우철, 이상봉, 이선희. *음향기술 총론*. 도서출판 차송, (2009).
- 정일록, 김재용, 윤세철, 이태호. *최신 소음·진동 - 이론과 실무*. 신광문화사, (2009).
- Arons, B. A review of the cocktail party effect. *Journal of the American Voice I/O Society* 12, 7 (1992), 35-50.
- Macdonald, J. S. and Lavie, N. Visual perceptual load induces inattentive deafness. *Attention, Perception, & Psychophysics* 73, 6 (2011), 1780-1789.
- Mack, A. and Rock, I. *Inattentive blindness*. The MIT Press, (1998).

8. Morse, L. M. L. M. D. International Morse Code.
http://www.scoutcenter.net/pub/pdf/notes_morsecode.pdf.

9. Morse Broadcaster.
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.morse.broadcaster&hl=ko>.