

# 다양한 진동 패턴에 따른 신체 부위의 촉각 효과 분석<sup>†</sup>

## Analysis of Tactile Effects on the Different Body Parts by the Various Vibration Patterns

이환문, Hwanmun Lee\*, 유용희, Yonghee You\*, 송찬호, Chanho Song\*, 정진언, Jineon Jeong\*,  
성미영, Mee Young Sung\*, 진경우, Kyungkoo Jun\*\*, 이상락, Sang-Rak Lee\*  
\*인천대학교 컴퓨터공학과, \*\*인천대학교 멀티미디어시스템공학과

**요약** 본 논문에서는 다수의 진동 소자로 제작한 진동 패드의 촉각 효과를 알아보기 위하여 실험과 설문을 통해 신체 부위별로 가장 현실감이 뛰어난 진동 패턴을 제시한다. 실험 방법은 4×4 배열 형태의 16개의 진동 소자를 이용하여 진동 패드를 제작하였다. 8비트 마이크로프로세서를 통하여 각 진동 소자의 펄스 여부와 강도를 제어하며, 게임에서 자주 사용되는 음향 효과인 총소리에 의해 자동으로 다양한 진동 패턴을 생성하여 신체 각 부위에 여러 가지 패턴의 촉각 자극을 주어 그 현실감 정도를 측정하였다. 실험 결과의 분석을 통하여 진동 패드를 사용하는 것이 사격 게임에서의 현실감이 좋으며, 어깨 부위가 가장 현실감 있는 부위임을 확인하였다. 또한 실험한 네 가지 패턴 중 안쪽에서 바깥쪽으로 퍼지는 느낌의 실험 패턴 형태가 가장 효과적인 것으로 측정되었다. 본 연구의 결과는 신체 부위와 진동 패턴에 의한 촉각 효과와의 상관관계에 대한 사용자 실험으로서, 진동으로 촉감을 제공하는 햅틱스 분야의 연구를 위한 중요한 참고가 될 것이다.

**Abstract** This paper presents the analysis of tactile effects on different body parts according to the various vibration patterns. The experiments use a vibration pad made of 16 vibration elements in the form of 4×4 array. The vibration elements are controlled by a 8-bit microprocessor. The sound of gunshot initiates a vibration pattern on different body parts and its sensitivity is measured. The analysis of the experiments lead us to conclude that the vibration pad is the most realistic interface for shooting games and the shoulder part is the most sensitive part in the body. In addition, the most effective vibration pattern is the forth pattern which gives the sensation of spreading out from the center to the outside. This study analyzes the relationship between the human body parts and the tactile sensations by the various vibration patterns. The result of this study will be a good reference for user studies in the field of haptics based on the vibration.

**핵심어:** 촉각 효과, 진동 보드, 진동 패턴, 신체 부위, 설문 조사, 게임

### 1. 서론

사용자 인터페이스는 사용자의 오감을 활용하는 다감각 상호작용을 지원해야 한다. 사람의 두뇌로 입력되는 자극 중 80%가 시각 정보이다. 여기에 청각과 촉각 정보가 더해지면 서로 상승효과를 일으켜 현실감이 증대 된다. 그리고 적절한 촉각자극과 결합된 청각신호가 발생할 때 이를 매우 효과적으로 인지하는 것으로 알려져 있다 [1].



그림 1. 진동 헤드폰 과 진동 마우스

기존의 청각에 의한 촉각을 위한 진동 장치들은 여러 가지가 있다. 진동 헤드폰 [2]과 진동 마우스 [3] 등이 있는데 진동 헤드폰의 경우 단지 저음에서만 진동 발생을 해줄 뿐이다. 마우스의 경우 스피커와 진동모터가 내장하고 있어 저역부터 중역에 반응해 진동을 발생시킨다.

본 연구에서 제안하는 진동 장치는 기존의 진동 마우스와 진동 헤드폰과는 차이를 보인다. 진동 헤드폰이나 진동 마우스의 경우 한 가지 진동 패턴을 가지고 있지만 우리가 사용하는 진동 장치는 다양한 진동 패턴을 줄 수 있다. 또한 사용자가 원하는 특정 신체 부위에 촉감을 줄 수도 있다. 본 진동 장치의 효과를 알아보기 위하여 실험을 실시하였다. 실험은 게임에서 자주 사용되는 총소리에 대하여 각기 다른 신체 부위 다섯 곳에 진동 장치를 부착하여 다양한 진동 패턴에 따른 촉감을 제시한 후 그 현실감 정도를 측정하였다.

<sup>†</sup> 주저자: 이환문, 교신저자: 성미영, 본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI05-03-01)과 교육인적자원부 2단계 BK21 사업의 지원으로 수행되었음.

## 2. 실험 방법

실험은 크게 두 부분으로 구성된다. 첫 번째는, 진동 보드의 위치에 따른 사용자의 실시간 현실감의 측정이고, 두 번째는 진동 패턴에 따른 사용자의 현실감의 측정이다.

### 2.1 진동 패드의 구성

진동 패드는 가로, 세로 4×4로 16개의 진동소자를 이용하여 그림 2와 같이 제작하였다. 8비트의 마이크로프로세서를 사용하며 PC와 진동 보드 사이에 시리얼 통신을 하여 진동 보드에 있는 진동 소자를 제어하게 하였다.

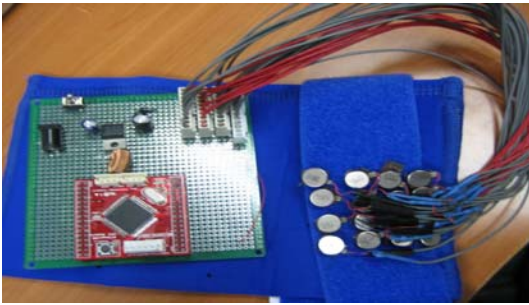


그림 2. 진동 패드

### 2.2 진동 위치에 따른 효과 측정

첫 번째 실험에서는 신체 부위 중에서 가장 현실감이 높은 신체 부위를 찾기 위해서 손목, 허벅, 상박, 어깨, 목의 다섯 곳에 대해 현실감 측정 실험을 하였다. 실험에 사용한 진동 패드는 그림 2와 같이 제작되었으며 신체 각 부위에 부착하여 실험하였다.

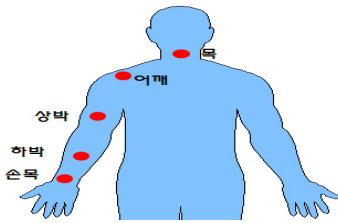


그림 3. 실험 신체 부위

### 2.3 진동 패턴에 따른 효과 측정

두 번째 실험은 신체 각 부위에 따라서 다양한 진동 패턴을 준다. 진동 패턴은 그림 4와 같이 진동 소자 16개를 전부 떨게 하는 패턴이다. 두 번째 패턴은 그림 5와 같이 처음에는 ①번으로 표시된 4개 진동소자가 동시에 일정시간 진동이 된 후 ①은 진동이 멈추고 ②번의 4개 진동 소자가 떨리게 된다. 같은 방법으로 ④번 진동 소자까지 진행되면 끝나게 된다. 총 소리와 영상이 1초안에 끝나기 때문에 ① ~ ④까지 진행되는 시간이 1초 안에 끝나야 하므로, 진동 시간은 ① ~ ④의 각 단계에 대하여 약 0.25초씩 적용하였다.

진동 패턴 3은 그림 6과 같이 바깥쪽에서 안쪽으로 조여드는 느낌이 들도록 바깥쪽 진동 소자 4개와 안쪽의 진동 소자 4개에 동시에 진동을 준 다음에 안쪽 진동 소자 4개에 진동을 주게 된다. 진동 시간 설정에 있어서는, ①번의 8개 진동 소자를 약 0.5초의 시간동안 동시에 진동하게 한 후, ②번의 나머지 4개 진동 소자가 약 0.5초의 시간동안 진동하게 하였다.

진동 패턴 4는 진동 패턴 3과 반대로 안쪽에서 바깥쪽으로 퍼지는 느낌을 주기 위하여 ①번의 안쪽 진동 소자 4개에 먼저 약 0.5초간 진동을 준 후 ②번의 바깥쪽 진동 소자 8개를 동시에 약 0.5초간 진동을 주는 방식으로서 그림 7과 같다.

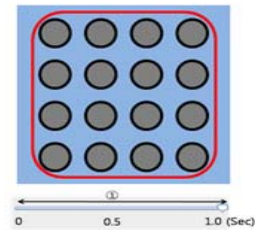


그림 4. 진동 패턴 1

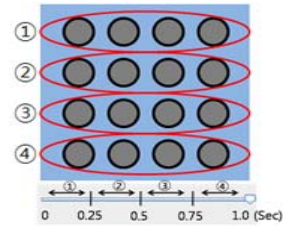


그림 5. 진동 패턴 2

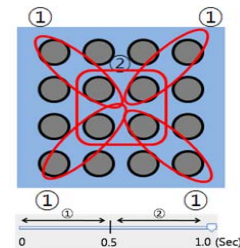


그림 6. 진동 패턴 3

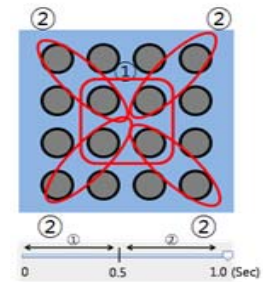


그림 7. 진동 패턴 4

### 3. 평가 방법 및 결과

본 절에서는 논문에서 제안하고자 하는 총 소리에 대한 신체 부위별, 패턴별 현실감을 측정하는 실험 방법과 그 결과를 소개한다. 실험을 위하여 인천대학교 컴퓨터 공학과 20명의 학생(20 ~ 26살의 남녀 구분 없이 20명)을 대상으로 각기 다른 신체 부위에 진동 패드를 부착하였다. 그리고 최적의 신체부위와 진동 패턴을 찾기 위한 설문 조사를 실시하였다.

#### 3.1 설문 조사의 방법

설문 조사는 아래의 5 단계로 나누어진다.

- 1단계 : 테스트 프로그램으로 특별한 장치 없이 일반 마우스를 클릭할 때마다 발생하는 총 소리에 대한 현실감을 측정한다.
- 2단계 : 진동 패드에 대하여 학생들에게 간략한 설명한다.
- 3단계 : 그 후 학생들은 총을 발사하는 장면과 함께 소리를 들으면서 지정된 신체 부위 다섯 곳에 진동 패드를 장착한 후 현실감을 테스트 한다.
- 4단계 : 진동 패드를 테스트 한 후 실험자들은 진동 마우스와 진동 헤드폰을 사용하여 현실감을 테스트한다.
- 5단계 : 위 3가지의 대한 실험을 마친 학생들은 표1 ~ 5와 같은 설문지를 작성한다.

표 1. 설문 조사 문제1

질문	신체 부위	평가(1~5점)
총 소리에 따라서 현실감 정도	손목	
	하박	
	상박	
	어깨	
	목	

표 2. 설문 조사 문제2

질문	신체 부위	평가(1~5점)			
		패턴1	패턴2	패턴3	패턴4
신체 부위별 진동 패턴에 따른 현실감 정도	손목				
	하박				
	상박				
	어깨				
	목				

표 3. 설문 조사 문제 3

질문	진동 기기	평가(1~5점)
진동 마우스와 진동 헤드폰, 진동 패드의 현실감 정도는?	진동 마우스	
	진동 헤드폰	
	진동 패드	

표 4. 설문 조사 문제 4

질문	진동 마우스	진동 헤드폰	진동 패드
현실감이 가장 큰 장치 하나를 선택 하시오			

표 5. 설문 조사 문제 5

질문	없다	있다 (개선해야 할 점)
진동 패드의 개선한 점이 있다면 무엇인가?		

설문지에서의 점수는 5점 만점으로 하여 사용자가 현실감을 느끼는 정도에 따라서 점수를 체크 하도록 하였다. 5점에 가까울수록 현실감이 큰 것이며 1점에 가까울수록 현실감이 적은 것이다. 표 4의 설문은 세 가지의 진동 인터페이스 중 가장 큰 현실감을 준 인터페이스를 고르도록 하였다. 표 5는 사용자가 진동 패드의 개선점이 없다고 생각하면 '없다'에 체크하거나 개선점이 있을 경우에는 개선점을 서술하게 하였다.

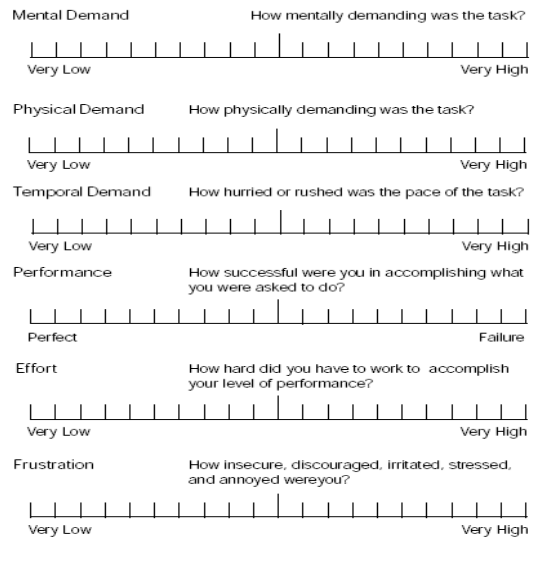


그림 8. NASA TLX

위 두 가지 실험과 아울러, 진동 패드 사용에 대하여 그림 8에 소개된 NASA TLX (NASA Task Load Index) [4] 설문문을 실시하였다. NASA TLX는 원래 대형 시스템에서의 작업수행 과정에서의 작업부하 평가를 위하여 미국 항공 우주국(National Aeronautics & Space Administration)에서 개발된 방법으로 정신적 요구(mental demand), 육체적 요구(physical demand), 시간적 요구(temporal demand), 노력 수준(effort) 수행도 수준(performance), 좌절수준(frustration)의 여섯 가지 평가기준에 의하여 평가할 수 있는 주관적 평가기법이다. 이 방법은 사용의 편리성과 합리성으로 인하여 기존의 생리신호 측정을 통하여 이루어졌던 작업부하 평가의 복잡함과 어려움을 해소할 수 있는 방법으로 그 사용범위가 급속하게 확산되어 왔다. NASA TLX 설문문을 통해 인간-진동 패드의 사용자 인터페이스의 설계 적합성을 평가하고 이를 토대로 사용 편의성 평가의 타당성을 알아보았다.

### 3.2 설문 조사의 결과

표 1에서 제시한 총 소리에 따라서 현실감 정도의 실험 결과는 그림 9와 같이 나왔다. 설문 조사 결과를 토대로 “총 소리에 대하여 진동 패드를 사용하는 것과 사용하지 않는 것의 현실감은 같다” 라는 귀무가설  $H_0$ 를 세우고, 유의 수준 5%( $\alpha = 0.05$ ) 일 때 일원 ANOVA(분산분석, Analysis Of Variance)를 실시하였다. 일반적으로 ‘p-값(p-value)  $\leq \alpha$  이면  $H_0$ 를 기각한다’ 라는 규칙으로 귀무가설 기각 여부를 결정 할 수 있다. **설문 조사 문제1에 대한 ANOVA 분석결과** p-값이  $1.51 \times 10^{-11}$  나왔으며, 이 값은  $\alpha = 0.05$  보다 작으므로 귀무가설  $H_0$ 는 기각되어 “총 소리에 대하여 진동 패드를 사용하는 것과 사용하지 않는 것의 현실감 차이가 있다” 라는 결론을 보여준다. 설문 조사결과 어깨 부위가 가장 현실감이 큰 신체 부위로 나왔으며 손목, 목 등도 현실감이 크다는 결과가 나왔다. 상대적으로 하박, 상박 부위의 현실감 정도가 떨어지지만 총을 발사하였을 때가 아무런 효과가 없었을 때 보다는 현실감 정도가 높았다고 할 수 있다.

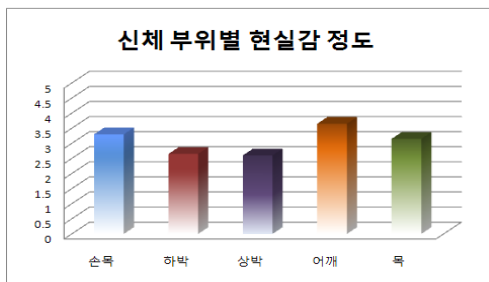


그림 9. 신체 부위별 현실감 정도

표 2에서 제시한 신체 부위별 진동 패턴에 따른 현실감 정도의 실험 결과는 그림 10과 같이 나왔다. 20명중 20명 모두 실험자들은 그림 6과 같은 진동 패턴 4에서 현실감이 높았다고 하였다. “패턴에 따른 현실감 정도는 같다” 라는 귀무가설을 놓고 ANOVA를 실시한 결과 p-값이 0.340025(손목), 0.340025(하박), 0.569458(상박), 0.016804(어깨), 0.679336(목)으로 나왔다. 얻어진 p-값이  $\alpha$  값보다 작은 부

위는 어깨 부위뿐이며 귀무가설을 기각할 수 있다. 나머지 부위에 대해서는 귀무가설을 기각 할 수 없다. 그러므로 “어깨 부위에 있어서는 진동 패턴에 따라서 현실감 정도가 다르다” 라는 결론을 내릴 수 있다. 그리고 실험을 통하여 어깨 부위에 있어서는 패턴4, 패턴1, 패턴3, 패턴2 순으로 현실감이 높음을 알 수 있었다. 비록 분산 분석 결과에 의해 어깨 부위를 제외한 나머지 부위는 패턴에 따른 현실감 차이는 유의미하지 않은 것으로 해석되었지만, 설문 결과 자체만으로 볼 때는 손목, 하박, 상박, 어깨, 목 부위에 대해서도 패턴4가 가장 현실감 있는 진동 패턴으로 나왔다.

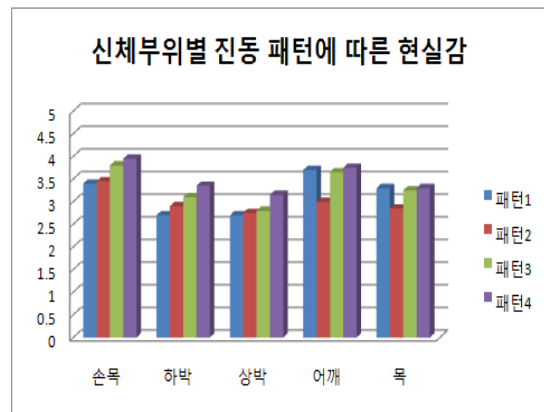


그림 10. 신체 부위별 진동 패턴에 따른 현실감 정도

표 3에 제시한 바와 같이 진동 마우스, 진동 헤드폰과 진동 패드의 현실감 정도에 대하여 조사하였다. 진동 패드는 어깨 부위에 진동 패턴1로 실험자들의 현실감을 측정하였다. 진동 마우스와 진동 헤드폰을 같은 테스트 프로그램에서 실험한 결과 진동 마우스의 현실감 정도는 2.9, 진동 헤드폰 2.3, 진동 패드 3.65의 측정 결과가 나왔다. “각 장치별 현실감은 같다” 라는 귀무가설을 세우고 유의수준  $\alpha = 0.05$ 로 하여 ANOVA를 실시한 결과 p-값은 0.002477이 나왔다. p-값  $0.002477 \leq \alpha$  이므로 이 가설은 기각된다. 그러므로 “각 장치별 현실감은 다르다” 고 결론내릴 수 있다.

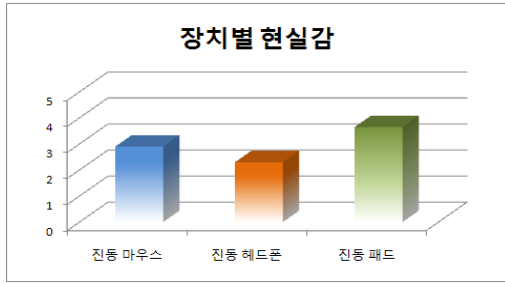


그림 11. 진동 장치별 현실감 정도

표 4에서 제시한 현실감이 가장 큰 장치로는 그림 12와 같이 진동 패드를 선호하였다. 진동 패드를 선호하는 이유는 진동 마우스와 진동 헤드폰의 경우는 특정한 영역에서만 진동을 주었기 때문이다. 또한 그 진동 패턴도 단순하였다고 하였다. 그리하여 진동 패드 보다 현실감이 떨어지는 진동 마우스 및 진동 헤드폰을 선호하지 않았다. 진동 마우스를 선호한 실험자들은 총 발사 시 게임에 몰입할 수 있었다는 이유였다. 진동 헤드폰을 선호한 실험자들은 진동 헤드폰을 사용하여 소리를 들을 경우 귓가에서 잔잔하게 울리는 진동이 좋다고 하였다.

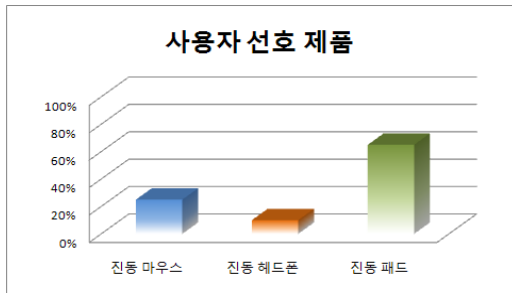


그림 12. 사용자 선호 제품 설문 결과

표 5에서 제시한 진동 패드의 개선 방안에 대해서는 40% 이상의 사용자들은 개선할 점이 없다고 하였다. 진동 패드의 개선할 점으로 나온 의견들은 다음과 같다.

- 좀 더 넓은 진동 영역이 필요하다.
- 그림 6과 7에 나타나 있는 진동 패턴에서 진동 소자의 시간차가 더 짧다면 현실감이 클 것이다.
- 진동 장치의 강도 조절이 필요하다.
- 진동 소자에 연결된 여러 개의 선을 무선 통신이 가능하도록 바꿔야 한다.

그림 8에 대한 설문 결과로는 그림 13과 같이 나왔다. NASA TLX 설문 결과 정신적으로나 육체적으로 많은 힘을 들이지 않고 진동 패드를 사용할 수 있는 것을 알 수 있었다. 또한 장치를 사용함에 있어서 불편함이 없다는 것도 알 수 있었다. 그러므로 진동 패드를 FPS (First-Person Shooter)같은 게임에서 사용하면 게임에서 이길 수 있는 확률이 증가할 것으로 판단되었다.

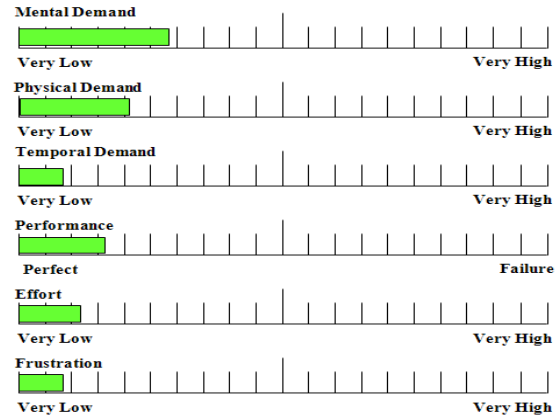


그림 13. NASA TLX에 대한 결과

#### 4. 결론 및 활용방안

본 연구에서는 게임에서 자주 사용되는 음향 효과인 총소리에 대한 가장 민감하고 현실감 있게 느낄 수 있는 신체 부위와 각 부위별로 가장 효과적인 진동 패턴을 실험을 통하여 찾아보았다. 실험 결과 어깨가 가장 현실감이 있는 부위로 나타났다. 손목, 허벅, 상박, 어깨, 목에서 가장 현실감 있는 패턴은 안에서 바깥으로 퍼지는 느낌의 진동 패턴이 가장 효과적인 진동 패턴으로 파악되었다. 또한 패턴에 따라 현실감 정도가 다르다는 것을 알 수 있었다. 각 기기별 현실감 정도를 실험한 결과 진동 패드가 현실감이 가장 높은 것으로 나왔으며, 사용자들은 진동 패드를 선호하는 결과가 나왔다. 본 연구의 결과를 활용하여 보다 현실감을 느끼게 하는 진동 기반 햅틱 장치를 제작할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 설문을 통하여 분석한 데이터를 기반으로 하여 신체의 각 부위별로 가장 효과적인 진동패드를 더욱 섬세하게 제작하여 사용자가 실제 게임에서 총을 쏘았을 때 현실감을 극대화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

향후에는 게임에서 몰입감과 현실감을 높일 수 있는 다양한 진동 패턴에 대한 연구에 집중하여 실제 게임에 적용 가능한 가장 현실감 있는 진동 패턴을 제시하고자 한다.

#### 참고문헌

1. A. Chang, C. O'Sullivan, "Audio Haptic Feedback in Mobile Phones," in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing, April 2005.
2. [http://www.consumer.philips.com/consumer/ko/kr/consumer/cc/productid\\_SHG8010\\_00\\_KR\\_CONSUMER/SHG8010-00](http://www.consumer.philips.com/consumer/ko/kr/consumer/cc/productid_SHG8010_00_KR_CONSUMER/SHG8010-00)
3. [www.sound-scape.com](http://www.sound-scape.com)
4. Hoggan, E., Anwar, S., Brewster, S.A. "Mobile Multi-actuator Tactile Displays" Haptic and audio interaction design; HAID 2007, 2007, 2007, pp.22-33.