

모바일 기기의 이동 진동 표현 연구

김송인*†, 이영섭*, 강석훈*
*인천대학교 멀티미디어 시스템 공학과
†e-mail : hacker-77@hanmail.net

A Study on Vibration Immigration of Mobile Devices

Song-In Kim*†, Young-Sup Lee*, Seok-Hoon Kang*
*Dept. of Multimedia System Engineering, University of Incheon

요 약

최근의 모바일 기기들이 다양한 진동 패턴을 제공하면서 모바일 기기에서의 촉감 제공과 관련된 연구들이 활발히 진행되고 있다. 그러나 대부분의 연구에서는 특정 메시지를 추상적인 진동 패턴으로 상징화 시킬 뿐 현실적인 촉감 제공에 관한 연구는 많지 않다. 본 논문에서는 모바일 기기에서 보다 현실적인 촉감 제공을 위한 진동 패턴에 대해 논의하고, 압전 액츄에이터를 사용하여 스크롤 상황을 그대로 표현할 수 있는 진동 패턴을 제작하였다. 그리고 스크롤 상황을 표현하는 여러 가지 진동 패턴과 진동의 이동 시간에 따라 느낌 평가 및 스크롤 방향에 대한 인식률 평가를 실시하였다. 평가 결과 12 가지의 스크롤 방향에 대해 80% 이상의 인식률을 보였고, 여러 가지 스크롤 패턴 형태와 스크롤 진동의 이동 시간에 따라 다양한 스크롤 촉감을 가질 수 있다는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과를 통해 앞으로 모바일 기기에서 좀 더 현실적인 촉감 제공이 가능할 것으로 기대된다.

1. 서론

최근의 모바일 기기들은 터치스크린을 채용하는 경우가 늘어나고 있고, 진동의 표현을 늘인 휴대폰이 등장하면서 모바일 기기에서의 촉감 표현에 대한 관심이 높아지고 있다. 모바일 기기에서는 촉각 정보를 표현하기 위한 수단으로 진동 피드백이 사용된다. 즉, 진동을 통해 사용자의 촉각을 자극시켜 간단한 정보를 전달함으로써 인간과 상호작용 하는 것이다. 햅틱 폰은 정밀한 동작 제어가 가능한 리니어 진동 모터를 사용하여 기존 회전 모터로부터의 단편적인 진동 형태에서 벗어난 좀 더 복잡한 진동촉각(vibrotactile) 패턴들을 만들어 진동 피드백에 적용시킴으로써 촉각 정보의 활용 가능성을 보여주었으며, 촉각은 인간과 기계간의 상호 의사소통을 진보시킬 것이라고도 하였다.[1]

모바일 기기에서 촉감 표현을 통한 인간과의 상호 작용에 관련한 연구는 이미 여러 분야에서 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구는 대표적으로 진동 소자의 개발 및 특성 연구[2], 진동을 느끼는 인간의 인지적 특성 연구[3], 진동 피드백이 작업 효율에 미치는 영향 연구[4], 특정 정보나 느낌을 갖는 진동 패턴의 제작 등의 분야로 나눌 수 있다. 특히 특정 정보나 느낌을 갖는 진동 패턴 제작에 대한 연구는 활발하게 진행중인 분야중의 하나이다.

[5]의 연구에서는 압전 액츄에이터를 이용하여 모바일 기기의 터치스크린 환경에서 사용자의 터치 형태에 따라 클릭, 드래그 등에 해당하는 추상적인 신

호 패턴을 제작하고 이를 진동 피드백으로 표현해주는 등 다양한 햅틱 인터페이스에 대한 연구를 진행해왔다.

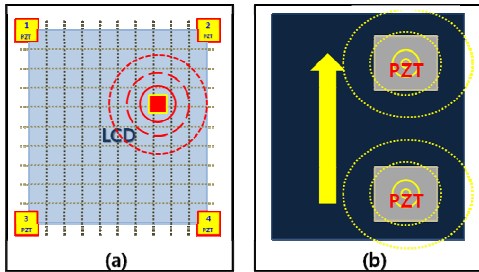
[6]의 연구에서는 특정 메시지를 갖는 진동 패턴을 Tacton(Tactile Icon)이라 정의하고, C-2 Tactor [7]를 이용하여 거칠기, 리듬 등의 파라미터를 포함하는 다양한 메시지를 갖는 Tacton 들을 제작하였다[8]. 또한 기존의 단일 액츄에이터 환경에서 벗어난 멀티 액츄에이터 환경에서 진동의 위치 정보까지 포함하는 Tacton 을 제작하였고[9], Progress Bar 를 진동으로 표현하는 어플리케이션을 소개하기도 하였다. [10]

이 밖에도 모바일 기기에서 흔히 사용되는 회전 모터를 이용하여 특정 느낌을 갖는 진동 패턴을 제작한 다거나 메신저의 이모티콘을 상징화시킨 진동 패턴을 제작하는 등의 연구들이 진행되어 왔다. [11]

그러나 이러한 연구의 대부분은 특정 메시지를 추상적인 진동 패턴으로 상징화 시킬 뿐 현실적인 촉감의 제공과는 거리가 있을 수 있다. 본 연구에서는 모바일 디바이스의 시각적 정보를 그대로 촉감으로 제공하기 위한 현실적인 진동 피드백에 관한 연구를 진행하였다. 본 논문의 2 장에서는 현실적인 진동 피드백에 대해 논의하고 이러한 진동 표현을 위해 어떠한 형태의 진동 피드백이 필요한지 논의한다. 3 장에서는 2 장에서 논의한 내용을 바탕으로 스크롤 상황을 표현하는 진동 패턴을 제작하여 느낌 평가 및 스크롤 방향 인식률 평가를 실시하고 결과를 분석한다. 마지막으로 4 장에서는 본 논문의 결론을 언급한다.

2. 현실적인 촉감 표현에 대한 논의

본 연구에서 논하는 현실적인 촉감, 진동 피드백이란 모바일 기기 스크린의 시각적 상황을 그대로 촉각 정보를 통해 전달해 준다는 것이다. 연구 [12]에 의하면 사용자의 터치스크린 입력 방식을 탭, 더블 탭, 롱 탭, 드래그 등의 6 가지로 정의하고 있다. 예를 들면 마우스의 클릭과 같은 탭의 상황이 발생했을 경우 모바일 디바이스의 스크린상에서는 해당 좌표의 지점이 하이라이트 되던가 해당 좌표에 위치한 메뉴가 실행될 것이다. 이 때 진동 피드백 역시 모바일 디바이스 전체가 아닌 해당하는 지점에서만 일어나도록 하는 것이다(그림 1의 (a)). 또 다른 예로 드래그나 스크롤 형태의 입력이 발생했을 경우 진동 피드백 역시 같은 지점에서 드래그나 스크롤의 형태로 사용자에게 촉감을 제공해 주는 것이다(그림 1의 (b)). 이 밖에도 사용자의 입력에 따른 상황이 아니더라도 스크린 상에서 일어나는 다양한 시각적 상황을 그대로 진동 피드백을 통해 촉각 정보로 전달해준다면 사용자는 더 현실감 있는 촉감을 가질 수 있을 것이다. 이러한 진동 피드백은 기존 연구들에서 특정 정보나 메시지를 상징화 시킨 추상적인 진동 패턴을 제작한 것과는 분명 다른 의미를 갖는다.



(그림 1) (a) 클릭 입력에 따른 진동 피드백, (b) 스크롤에 따른 진동 피드백 (PZT = 압전 액츄에이터)

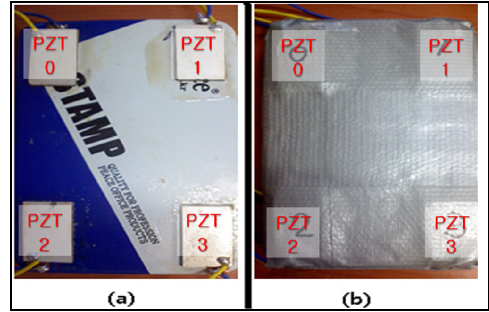
본 연구에서는 이러한 아이디어에 대한 기초 실험으로 스크린이 작은 모바일기기에서 점차 많이 일어날 수 있는 스크롤 상황을 표현해주는 스크롤 진동 패턴을 제작하였다. 또한 패턴의 형태와 진동의 이동 시간에 따른 선호도 평가 및 스크롤 방향 인식을 평가할 실시하여 실제 사람의 느낌을 알아보고 다양한 스크롤 패턴의 활용 가능성에 대해 논의해보았다.

3. 실험 및 결과 분석

3.1 실험 환경의 구성

실험에 사용된 테스트베드는 그림 2와 같은 형태의 납작한 알루미늄 판이며 그 위에 압전 액츄에이터 4개를 예폭시 접착제로 부착하였다. 감진 위험을 줄이기 위해 손에 맞닿는 부분을 테이프로 감쌌으며, 테스트베드의 크기는 약 70x110(가로 x 세로, mm)이다. 액츄에이터는 Fuji Ceramic에서 제조된 압전 액츄에

이터로 크기는 15x25x1 (가로 x 세로 x 높이, mm) 이고 여러 가지 주파수와 진폭을 인가하여 다양한 진동 패턴을 만들어 낼 수 있다.



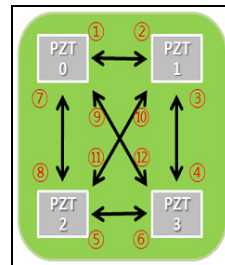
(그림 2) (a) 테스트베드의 앞면, (b) 감진 위험을 줄이기 위해 테이프로 감싼 테스트 베드

액츄에이터에 신호를 인가하기 위해 사용된 장비는 National Instruments의 4 channel DAC(16 bit) 모듈이며 Labview로 S/W를 구현하여 사용하였다.

실험에 사용된 모든 신호 패턴은 정현파로 제작되었고 사람이 피부로 느낄 수 있는 가장 민감한 주파수 대역인 250Hz의 주파수를 갖도록 하였다[10]. 또한 압전 액츄에이터를 충분히 진동시키기 위해 최대 ± 50V의 진폭을 갖도록 제작하였다.

3.2 스크롤 진동 패턴의 제작

2장의 내용을 바탕으로 스크롤 상황을 그대로 촉각 정보로 표현하기 위해 스크롤 진동 패턴을 제작하였다. 스크롤 방향은 그림 3과 같이 12가지의 방향을 가질 수 있고 각 방향마다 2개의 압전 액츄에이터(PZT)를 통해 스크롤 진동 피드백을 제공하게 되어 있다.



(그림 3) 스크롤 진동의 방향

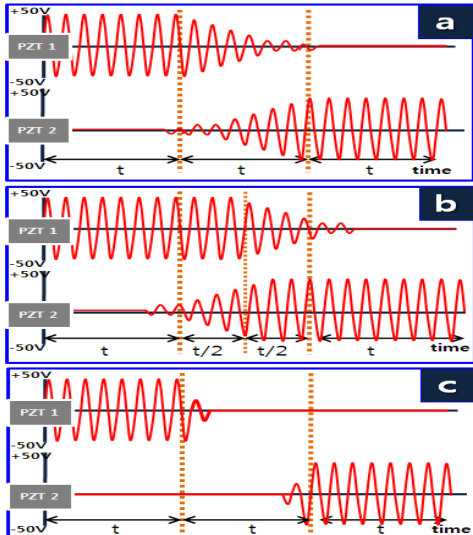
스크롤 진동 패턴은 기본적으로 그림 4의 (c) 형태처럼 스크롤 상황의 시작점에 위치한 액츄에이터를 진동시켜준 후 멈춰주고 일정 시간 후 끝 지점에 위치한 액츄에이터를 진동시켜 줌으로써 이루어진다.

만약 그림 3의 ④번과 같은 스크롤 상황을 표현하고 싶다면 그림 3의 PZT 1을 그림 4의 PZT 1의 신

호를, 그림 3의 PZT 3을 그림 4의 PZT 2의 신호를 인가하여 구동시키면 된다. 그러면 그림 3의 PZT 1이 먼저 강하게 진동하고, 일정시간 후 PZT 3이 강하게 진동하여 진동의 이동 방향을 표현함으로써 스크롤 상황을 진동 피드백으로 표현하는 것이다.

그림 4의 (a), (b)의 경우는 (c)의 형태와 다르게 진동의 세기가 서서히 증, 감 되도록 제작한 것이다. (b)는 (a)보다 더 친척히 증, 감 되면서 두 개의 액츄에이터로부터 발생하는 진동이 겹쳐지는 구간이 더 길어진다. 이를 통해 좀 더 부드러운 진동의 이동 감을 표현하려 하였다.

스크롤 진동은 스크롤의 이동 시간, 패턴 형태 등에 따라 다른 느낌을 가질 수 있다. 첫 번째 실험으로 총 8명의 피실험자를 통해 스크롤 상황을 가장 잘 표현해주는 패턴의 형태와 이동 시간에 대해 조사하였다. 먼저 패턴 형태에 따라 가장 선호도가 높은 패턴을 찾아내고 두 번째 실험으로 첫 번째 실험에서 선정된 패턴의 구동 시간을 0.2, 0.6, 1.0 초로 가지도록 하여 총 3가지로 제작한 후 이에 따른 선호도 조사를 실시하였다. 세 번째 실험으로 실험 1, 2에서 가장 높은 점수를 받은 패턴과 이동 시간을 갖는 최적의 스크롤 패턴을 제작하여 스크롤 방향 인식률 평가를 실시하였다. 그림 4는 본 연구에서 실험한 스크롤 패턴의 3가지 형태이다. 패턴 형태 별 선호도 평가에서는 스크롤의 방향을 임의로 선택하였고, 이동 시간을 모두 0.6 초로 고정하였다. 스크롤 이동 시간은 그림 4의 시간 영역을 의미하며 $3*t$ 가 스크롤 진동의 총 이동 시간을 의미한다.



(그림 4) 스크롤 패턴의 다양한 형태

표 1은 그림 4의 3가지 패턴에 대해 패턴마다의 선호도를 평가한 결과와 피실험자들의 종합적인 의견을 나타낸 것이다. 평가 점수는 가장 느낌이 좋은 패턴에 5점, 가장 좋지 않은 패턴에는 1점을 주고, 나

머지 패턴에 3점을 주도록 하였다.

<표 1> 스크롤 패턴 형태 별 선호도 점수 및 의견

패턴	선호도 점수 (만점 40)	평균
(a)	26	3.25
(b)	38	4.75
(c)	8	1

의견

- Pattern(c)는 진동이 너무 끊어지는 느낌을 주기 때문에 스크롤 상황을 표현하는 진동으로 적합하지 않다.
- Pattern(b)는 진동이 부드럽게 이동함을 느낄 수 있으며, pattern (a), (c) 순서로 진동의 부드러움이 덜하다.
- Pattern(a)와 (b)는 비슷한 느낌을 주지만 (b)의 경우 스크롤 진동의 이동 감을 더 잘 느낄 수 있었다.

표 2는 그림 4의 3가지 패턴 형태 중 가장 선호도가 높은 (b) 패턴을 0.2, 0.6, 1.0 초로 구동되도록 제작하여 선호도 조사를 실시한 결과이다. 평가 점수는 첫 번째 실험과 동일하게 주도록 하였다.

<표 2> 스크롤 진동 이동 시간 별 선호도 점수 및 의견

진동 이동 시간 ($3*t$)	선호도 점수 (만점 40)	평균
0.2 초	10	1.25
0.6 초	36	4.5
1.0 초	26	3.25

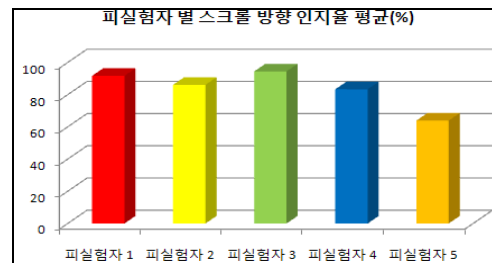
의견

- 0.2초는 방향 인지는 가능하지만 진동 시간이 너무 짧아 스크롤 진동이라는 느낌을 받기 어렵다.
- 1초는 스크롤 진동의 부드러운 이동 감을 확실히 느낄 수 있으나 너무 느려 지루한 느낌이 든다.

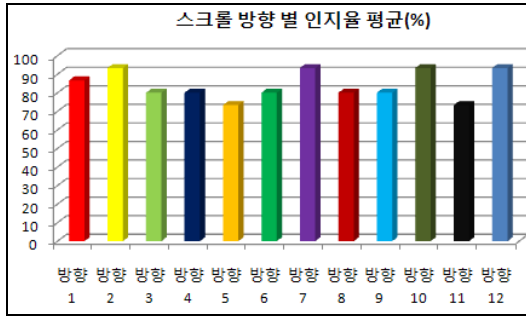
3.3 스크롤 방향 인식률 평가

선호도가 가장 좋은 패턴으로 선정된 그림 4의 (b) 패턴 및 $3*t$ (0.6 초)의 이동시간으로 구동되도록 제작하여 스크롤 방향 인식률 평가를 실시하였다. 총 5명의 피실험자들을 통해 실험을 실시하였고, 각 피실험자들은 임의의 순서로 발생하는 12 방향의 스크롤 진동을 연속적으로 느끼게 되며 순서대로 방향을 맞추게 된다. 모든 피실험자는 같은 실험을 3번 반복하게 되고 평균 값을 결과로 활용하였다.

그림 5는 피실험자 별로 전체적인 스크롤 방향의 인식률을 나타낸 것이며, 그림 6은 스크롤의 방향 각각에 대한 전체 인식률을 나타낸 것이다.



(그림 5) 피실험자 별 스크롤 방향 인식률 평균



(그림 6) 스크롤 방향 별 인식률 평균

3.4 결과 분석

평가 결과 가장 선호도가 높은 패턴 형태로는 그림 4 의 (b) 스크롤 패턴이, 진동의 이동 시간으로는 0.6 초가 선정되었다. 또한 5 명의 피실험자의 스크롤 방향 인식률 평균이 80%가 넘었고, 각 방향 별 인식률의 평균도 80%가 넘는 것을 확인하였다.

표 1, 2 의 결과 자료를 토대로 ANOVA(분산분석, Analysis Of Variance)를 실시하여 스크롤 상황을 표현하는 스크롤 진동 패턴 제작 시 다양한 패턴 형태나 이동 시간에 따라 느낌 차이가 있는지를 검증해 보았다. 스크롤 패턴 형태에 따른 선호도 평가에 대해 “패턴 형태별 스크롤 진동 느낌은 같다” 라는 귀무가설 H_0 를 세우고 유의 수준을 5% ($\alpha = 0.05$, default 값)로 설정하였다. 일반적으로 ‘p-값(p-value) $\leq \alpha$ 이면 H_0 를 기각한다’ 라는 규칙으로 귀무가설 기각 여부를 결정할 수 있다[13]. ANOVA 분석 결과 p-값이 8.10289E-11 로 나왔으며 이는 설정한 유의수준 0.05 보다 작으므로 귀무가설 H_0 는 기각될 수 있으며, “패턴 형태별 스크롤 진동 느낌에는 각기 차이가 있다” 라는 결론을 얻을 수 있다.

스크롤의 이동 시간에 따른 선호도 평가에 대해 “스크롤 진동의 이동 시간 별 느낌은 같다” 라는 귀무가설 H_0 를 세우고 유의 수준을 5% ($\alpha = 0.05$)로 설정하였다. ANOVA 분석결과 p-값이 8.2873E-06 으로 나왔으며 이는 설정한 유의수준 0.05 보다 작으므로 귀무가설 H_0 는 기각될 수 있으며, “스크롤 진동의 이동 시간 별로 스크롤 진동 느낌에는 각기 차이가 있다”라는 결론을 얻을 수 있다.

ANOVA 분석 결과 패턴의 형태나 진동의 이동 시간에 따라 각기 다른 촉감을 가질 수 있다는 결론을 얻을 수 있었고, 이는 여러 가지 스크롤 상황에 대해 적응적인 스크롤 진동 피드백을 제작하여 다양한 상황에서 효과적으로 활용할 수 있음을 보여주었다.

스크롤 진동의 방향 인식률 평가 결과 피실험자, 스크롤 방향 별로 모두 평균 83% 이상의 인식률을 보였다. 또한 각 방향의 인식률은 고른 분포를 보였다. 이러한 결과를 통해 사람들이 멀티 액츄에이터 환경에서의 멀티 진동 상황에서도 진동의 위치를 쉽게 파악

할 수 있음을 알게 해주고, 스크롤 진동의 높은 활용 가능성을 보여주었다.

4. 결론

본 논문에서는 모바일 기기에서의 좀 더 현실적인 촉감 표현을 위한 진동 패턴에 관해 연구하였다. 이러한 연구에 따라 스크롤 상황을 표현해주는 진동 패턴을 제작하고 이에 대한 선호도 평가 및 스크롤 방향 인식률 평가 등을 실시하였다. 실험 결과 스크롤 패턴 형태나 이동 시간에 따라 사람들이 느끼는 진동의 느낌이 각기 다르다는 것을 알 수 있었고 이는 하나의 상황을 표현하는 진동 패턴에도 여러 가지 패턴 형태나 패턴의 구동 시간 등을 적용하여 다양한 촉감을 전해줄 수 있다는 것을 보여주었다. 또한 스크롤 방향에 대한 높은 인식률을 통해 사람들이 멀티 액츄에이터 환경에서도 진동의 위치를 쉽게 파악해낸다는 것을 알 수 있었고, 실제 모바일 기기에서 멀티 액츄에이터의 활용 가능성을 보여주었다.

본 연구의 결과를 활용하여 모바일 기기에서의 작업 상황을 현실적인 촉감으로 제공해줄 수 있는 진동 패턴들을 개발, 적용시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Magaret L. MacLaughlin, Gaurav Sukhatme, Jooao Hespanha. “Touch in Virtual Environments : Haptics and the Design of Interactive Systems”
- [2] Ivan Poupyrev, Shigeaki Maruyama, Jun Rekimoto, “TouchEngine : A Tactile Display for Handheld Devices”, CHI 2002
- [3] Seungmoon Choi, “Perceptual Characteristics of Mobile Device Vibrations”, HCI 2008
- [4] FUKUMOTO Masaaki, SUGIMURA Toshiaki, “Active Click : Tactile Feedback for Touch Panels”, CHI 2001
- [5] Ivan Poupyrev, Shigeaki Maruyama, “Tactile Interface for Touch Screens”, CHI 2003
- [6] Stephen A. Brewster, Lorna M. Brown, “Tactons : Structured Tactile Messages for Non-Visual Information Display”, AUIC 2004
- [7] <http://www.eaiinfo.com/Factor%20Products.htm>
- [8] Stephen A. Brewster, Lorna M. Brown, “Non-Visual Information Display Using Tactons”, CHI 2004
- [9] Lorna M. Brown, Stephen A. Brewster, “Multidimensional Tactons for Non-Visual Information Presentation in Mobile Devices”, MobileHCI 2006
- [10] Stephen A Brewster, Alison King, “The Design and Evaluation of a Vibrotactile Progress Bar”, IEEE 2005
- [11] Jukka Linjama, Topi Kaaresoja, “Novel, minimalist haptic gesture interaction for mobile devices”, NordiCHI 2004
- [12] Hyesun Jun, Woosik Shoi, Younghwan Pan, “A Study on User Behavior of Input Method for Touch Screen Mobile Phone”, HCI 2008
- [13] Hwanmun Lee, Yonghee You, Chanho Song, Jineon Jeong, Mee Young Sung, Kyungkoo Jun, Sang-Rak Lee, “Analysis of Tactile Effects on the Different Body Parts by the Various Vibration Patterns”, HCI 2008