
모바일 기기의 스크롤 조작 UI에 Vibrotactile Flow 적용



Incorporation of Vibrotactile Flow into the Scroll-Bar Manipulation UI of Mobile Devices



서종만, Jongman Seo*, 최승문 Seungmoon Choi**



요약 공간연속적으로 움직이는 듯한 진동 느낌인 vibrotactile flow를 모바일 기기 상에 부착된 두 진동자의 세기를 조절하여 구현하였다. 그리고 vibrotactile flow를 스크롤 조작 user interface에 적용해 보았다. 적용한 진동에 대해 사용자 평가가 이루어졌으며, 그 결과 움직임에 대한 방향 정보를 잘 전달할 수 있음을 확인할 수 있었다.



Abstract A vibrotactile flow, a continuously moving vibrotactile sensation, was synthesized on a mobile device mockup by controlling the amplitudes of two vibro-actuators. The vibrotactile flow was incorporated into a user interface feature for scrollbar manipulation. Evaluation tests were performed on the vibrations, and the results depicted that the vibrotactile flow assisted in delivering vectorial information.



핵심어: *Haptics, Vibration, Continuously moving sensation, Scrollbar manipulation*
햅틱스, 진동, 연속적 공간이동형 감각, 스크롤바 조작



본 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터육성사업 (NIPA-2013-H0301-13-3005) 과 한국연구재단을 통한 미래유망융합기술과이노니아사업 (No. 2011-0027994)과 기초연구실육성사업(No. 2010-0019523), 그리고 중견연구자지원사업(핵심연구) (No. 2013R1A2A2A01016907)의 지원을 받아 수행된 연구임.

*주저자 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 석박사통합과정 e-mail: cjman224@postech.ac.kr

**공동저자 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수 e-mail: choism@postech.ac.kr

1. 서론

현재 대부분의 모바일 기기에는 하나의 진동자가 내장되어 있고, UI를 조작할 때 적절한 시점에 진동 피드백을 주어 사용자에게 도움을 주고 있다. 하나의 진동자가 아닌 두 개 이상의 진동자를 이용하여 방향 정보를 전달하거나 공간적인 정보를 제공한다면 사용자에게 더 직관적인 피드백으로 도움을 줄 수 있을 것이다.

최근 모바일 기기에 다중 진동자를 이용하여 공간적으로 움직이는 진동 감각에 대한 연구가 진행중이다 [1][2][3]. 한 쪽 끝에서 다른 쪽 끝으로 마치 흐르는 듯한 느낌이 드는 진동 혹은 진동 감각을 “vibrotactile flow” 라고 일컫는데, 이를 다양한 방법으로 구현하려는 시도가 이루어지고 있다. 예를 들면, 두 진동자 간의 세기 차를 이용하여 진동이 느껴지는 위치를 시간이 지남에 따라 바꾸거나 [1], 시간 차를 조절하여 중첩이 되는 지점을 변경하는 방법 [2], wideband piezoelectric 모터를 이용하여 얇은 판에서 주파수 조절을 통한 excitation 지점을 변경하는 방법 [3] 등이 있다.

본 연구에서는, 두 진동의 세기를 조절하는 방식을 이용하여 vibrotactile flow를 구현한 뒤 이를 스크롤 조작 UI에 적용시켜 보았다. 진동자를 위 아래 양쪽에 부착하고 위 아래로 스크롤을 할 때 방향과 속도에 맞추어 진동이 재생되도록 하였다. 그리고 사용자들로 하여금 진동이 방향성은 잘 전달하는지, 화면의 움직임과는 일치하는지에 대한 주관적 평가를 하도록 하였다.



2. 실험 방법

2.1 실험 장비

핸드폰 (삼성전자; SHW-M110S) 의 후면에 스펀지를 접착제로 부착하고, 스펀지의 아래에 아크릴 모형 (11 cm × 6 cm × 1 cm) 을 다시 접착제로 부착하여 핸드폰과 아크릴 모형 사이에 진동의 전달을 차단하였다 (그림 1). 그리고 스펀지와 아크릴 모형 사이, 즉 아크릴 모형의 전면 부분에 긴 변으로 두 개의 진동자를 10 cm 간격으로 부착하였다. 핸드폰을 켤 때는 실험 참가자로 하여금 왼손바닥에 아크릴 모형이 고르게 닿도록 하여 손바닥으로 진동을 느끼고, 오른손가락으로 화면을 조작하도록 하였다.

스크롤을 조작하는 UI를 체험할 수 있는 프로그램은 Eclipse SDK를 이용하여 Android Java로 개발하였다. 따라서 핸드폰에서 프로그램을 설치하고 구동할 수 있었다. 진동자는 Linear Resonant Actuator (LG Innotek; model MVMU-A360G) 를 사용하였고, 이는 진동 증폭 회로와 AVR인 Atmega48로 구성된 진동 구동 모듈에 연결되었다.

(그림 2). 진동 구동 모듈에는 Bluetooth chip이 연결되어 있어 안드로이드 기기와 진동 구동 모듈 간의 Bluetooth 통신이 가능하였다. 따라서 핸드폰에서 진동 파라미터를 결정하여 Bluetooth 통신을 통해 진동 구동 모듈에 명령을 내릴 수 있도록 하였다.

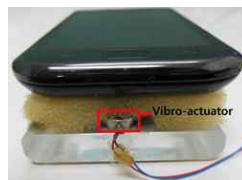


그림 1. 핸드폰에 스펀지와 아크릴 모형이 부착된 모습



그림 2. 진동 구동 AVR 시스템

2.2 스크롤 조작 UI에의 Vibrotactile Flow 적용

2.2.1 스크롤 조작 Task

스크롤 조작 UI를 체험할 수 있도록 간단한 Task를 구성하였다 (그림 3). Task는 화면에 보이는 다양한 도형 중에서 별 모양 도형을 찾아 클릭을 하는 것이다. 총 3900개의 도형이 제시되며, 한 화면에는 약 360개 정도의 도형이 표시된다. 따라서 스크롤을 위 아래로 조작하여야 전체 도형을 살펴볼 수 있다. 3900개 중 별 모양 도형은 하나 뿐이며, 별 모양 도형을 제외하고 7가지의 도형이 557개씩 존재한다. 이 도형들이 랜덤하게 분포되어 있고, 실험 참가자가 별 모양 도형을 클릭하면 하나의 trial이 종료된다.

스크롤 조작 시 화면의 움직임은 Apple의 아이폰이나 안드로이드 스마트폰에서 제공하는 관성 스크롤 UI를 모방하였다. 손가락이 터치스크린에 닿은 상태에서 드래그를 하면 화면도 손가락의 움직임에 따라 움직이며, 손가락이 터치스크린에서 떼어졌을 때에도 손가락을 떼기 전 움직였던 손가락의 속도에 비례하여 관성을 유지한채 자동으로 화면이 밀린다.

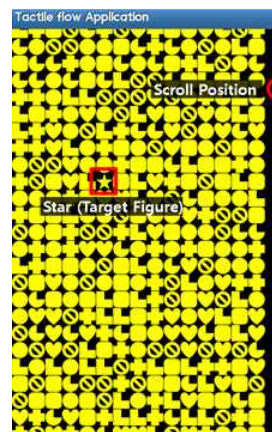


그림 3 스크롤 조작 UI를 체험하는 task의 구성

2.2.2 진동 재생

Vibrotactile flow로 표현하는 것은 관성 스크롤로 인해 손가락이 떨어졌을 때 자동으로 움직이는 화면의 움직임이다. Vibrotactile flow는 손가락이 화면에서 떨어지는 순간부터 재생되며, 이 순간부터 화면이 자동으로 움직여서 정지할 때까지의 이동거리를 계산하여 이 이동거리와 방향 정보를 인지할 수 있도록 재생되었다. Flow를 원하는 인지적 이동거리로 재생하기 위해 J. Seo 와 S. Choi 의 연구 [1] 에서 인지적 이동거리와 vibrotactile flow의 파라미터 간의 관계를 밝혀놓은 수식을 사용하였다. 진동자 간의 거리가 10 cm의 간격으로 부착되었으므로, 원하는 인지적 이동거리가 d (cm) 일 때 vibrotactile flow의 지속시간은

$$T(s) = 1.46 / (4.32 - d) \quad (1)$$

로 구할 수 있다. 사용자에게 화면이 자동으로 움직이는 이동거리를 인지적으로 전달하기 위해 화면의 이동거리를 (1)의 d 에 대입하여 구해진 T 의 값만큼 진동을 재생시켰다.

2.3 실험 과정

대학생 30명 (만 19 - 24세 사이의 남자 18명, 여자 12명, 평균 만 20.67세) 이 실험에 참여하였다. 실험에 앞서 실험 참가자가 tactile flow의 방향성을 느낄 수 있는지의 여부를 확인하기 위해 screening test를 수행하였다. Vibrotactile flow의 진동 지속 시간 ($T = 0.8, 1.5, 2, 2.8$ 초) 과 방향 (위, 아래)을 조합하여 8가지의 vibrotactile flow를 무작위 순서로 2번 반복하여 제시한 뒤, 16개 자극 중 14개 이상의 자극에 대해 방향을 맞추면 테스트를 통과한 것으로 간주하여 다음 실험을 진행할 수 있게 하였다. Screening test를 통과한 뒤 본 실험을 수행하였다. 스크롤 조작 task를 진동이 있을 때와 진동이 없을 때 각각 12 trial씩, 총 24개의 trial을 수행하도록 하였다. 실험참가자 30명 중에서 15명은 진동이 없는 task를 먼저 수행하였고, 나머지 15명은 진동이 있는 task를 먼저 수행하였다.

실험이 끝난 뒤 진동에 대해 주관적인 설문 평가가 이루어졌다. 총 3문항이 주어졌고, 9 scale로 1부터 9 사이의 정수로 대답하도록 하였다. 항목은 다음과 같다. 1) 진동이 있는 경우에 진동의 방향성을 얼마나 명확하게 느꼈습니까? 2) 진동이 움직이는 듯한 느낌이 스크롤 조작을 통한 화면이 움직이는 거리와 얼마나 매핑이 잘 됩니까? 3) 진동이 스크롤 조작에 도움을 준다고 생각합니까?

3. 실험 결과

Screening test에 대해서는 실험 참가자 30명 전원이 통과를 하였다. 총 16개의 진동 중 평균 15.63개를 맞추었으

며 표준 오차 (standard error, SE)는 0.12 이었다.

스크롤 조작시에 진동이 없을 때 12개의 trial을 완료하는 평균 task 완료 시간은 7.58분이었으며 (SE=1.22), 진동이 있을 때 평균 task 완료 시간은 7.07분이었다 (SE=0.60). 진동이 있을 때 task가 약 1분 정도 더 빨리 끝이 났다. 그러나 유의한 수준으로 차이가 나지는 않았다. Task 완료 시간에 대해서 진동의 유무와 순서를 factor로 두어 two-way ANOVA를 시행해 보았으나 두 factor 모두 유의한 차이를 보이지 않았다 (진동의 유무: $F(59,1) = 0.13$, $p = 0.715$; 진동을 먼저 하느냐 나중에 하느냐의 순서: $F(59,1) = 0.44$, $p = 0.511$). 즉 진동의 유무에 따라서 task 완료 시간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았으며, order에 의한 효과도 존재하지 않았다.

진동에 대한 설문에 대해서, 1번의 방향성에 대한 질문에서는 9 scale 중에 평균 5.70점 (SE = 0.35)으로, 보통 이상으로 명확하게 방향성이 느껴진다고 응답하였으며, 2 번의 화면이 움직이는 거리와 진동과의 일치성에 대한 질문에서는 9 scale 중에 평균 5.40 점 (SE = 0.26) 으로, 역시 보통 이상으로 일치하는 것 같다고 응답하였다. 3 번의 진동이 스크롤 조작에 도움을 주는지에 대한 질문에서는 9 scale 중에 평균 5.50 점 (SE = 0.37)으로, 약간 도움을 주는 정도라고 응답하였다.



4. 결론

Vibrotactile flow를 스크롤을 조작하는 UI에 적용하여 사용성을 확인해보았다. 그 결과, 진동에 대한 주관적인 평가를 통해 진동이 방향성을 사용자에게 전달해주며, 화면의 움직임과 진동이 일치하는 듯한 효과를 일으킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 진동이 도움을 주는가에 대한 질문에 대해 평균 이상의 긍정적인 의견을 받았다.



참고문헌

- [1] J. Seo and S. Choi, "Perceptual Analysis of Vibrotactile Flows on a Mobile Device", to appear in the IEEE Transactions on Haptics, 2013.
- [2] S. Kim, J. Kim, and K. Kim, "Traveling vibrotactile wave—a new vibrotactile rendering method for mobile devices," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 55, no. 3, pp. 1032-1038, 2009.
- [3] J. Kang, J. Lee, H. Kim, K. Cho, S. Wang, and J. Ryu, "Smooth vibrotactile flow generation using two piezoelectric actuators," IEEE Transactions on Haptics, vol. 5, no. 1, pp. 21-32, 2012.