
터치스크린 모바일 폰에서 진동 피드백을 이용한 버튼 클릭감 모사

Button Click Modeling using Vibrotactile Feedback on Touchscreen Mobile Phone

박건혁, Gunhyuk Park*, 황경훈, Kyunghun Hwang**, 김선욱, Sunwook Kim**,
사재천, Jaecheon Sa**, 정문채, Moonchae Joung**, 최승문, Seungmoon Choi***

요약 ~ 본 논문에서는 터치스크린 모바일 폰 mockup에서 LRA(Linear Resonance Actuator)와 DMA(Dual Mode Actuator)를 사용하여 실제 버튼 클릭 시 발생하는 진동을 모사하고 실제 버튼과 비교하였다. 실제 버튼 클릭 시 발생하는 진동 파형 측정과 사전 실험을 통해 진압, 진동 시간, 파형, 진동자, 신호 변조의 조건으로 실제 버튼 진동을 모사할 수 있는 모델을 세웠다. 15 명의 초보자와 3 명의 전문가 그룹으로 나누어 실험한 결과 초보자 그룹은 약한 진동, 전문가 그룹은 강한 진동을 선호하였으며, 두 그룹 모두 잔여진동이 짧은 신호를 더욱 선호했고 실제 버튼과도 유사한 것으로 평가했다.

↓

Abstract ~ This paper conducted the subjective evaluation in vibration feedback mimicking the feeling of button click using LRA and DMA embedded in the mobile phone mockup. We used results from the pilot tests and the measurement of real button click under conditions of voltage level, signal duration, waveform, vibration actuator type, and signal modulation. In the button-click feedback experiment with fifteen novices and three experts, the novice group preferred the weaker vibration while the expert group preferred the stronger vibration. Both of groups preferred the shorter vibration, and rated it similar to the real button.

핵심어: *Button click, Vibrotactile Feedback, Dual Frequency, Mobile Phone*

본 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 도약연구지원사업(No. 2010-0018454)과 기초연구실육성사업(No. 2010-0019523) 및 정부(지식경제부)의 재원으로 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업(No. NIPA-2010-C1090-1011-0008)의 지원을 받아 수행된 연구임.

*주저자 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 HVR 연구실 e-mail: maharaga@postech.ac.kr

**공동저자 : LG 전자 Data & Storage 연구소 e-mail: kyunghun.hwang@lge.com, suns.kim@lge.com, jaecheon.sa@lge.com, mc.joung@lge.com

***교신저자 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 부교수; e-mail: choism@postech.ac.kr

1. 서론

과거 모바일 기기에서는 입력의 정확도, 양산 및 가격의 문제로 터치 기반의 입력보다는 키패드 기반의 입력을 주로 사용해왔다. 근래 터치 패널의 양산이 가능해지면서 풀 터치스크린 모바일 기기들이 많이 개발되고 있다. 이러한 터치 기반 입력 방식은 커다란 화면과 직관적 인터페이스로 인한 사용성의 장점은 분명 존재하지만, 키 입력 시의 피드백이 없기 때문에 사용자 입장에서는 키 눌림의 여부를 직접 눈으로 확인해야만 한다. 이는 키패드 기반의 입력과 비교 시 정확도 및 입력 속도의 저하를 일으킨다.

이러한 터치 기반 모바일 기기의 입력 정확성 및 성능을 보완하기 위해 햅틱 피드백을 이용하는 연구가 수행되었다. 그 결과 풀 터치스크린 모바일 기기에서 진동 피드백을 제공하는 경우 제공하지 않는 경우에 비해 입력 성능 및 정확도가 높았다[1,2]. 이와는 달리 물리적 버튼의 인지적 느낌을 진동을 통해 모사하려는 연구도 존재했으며[3], 시각적인 버튼의 형태에 따라서 어울리는 진동 신호 또한 달라짐을 밝힌 연구도 존재했다[4].

본 논문에서는 실제 모바일 폰의 버튼을 클릭할 때 발생하는 진동의 파형을 분석하고, 이를 모사하는 진동의 모델을 세운다. 이를 사용하여 만든 클릭 진동과 실제 버튼과의 유사도 및 선호도 평가를 실시하고 버튼 클릭 진동 모델의 적용 가능성을 살펴본다.

2. 버튼 클릭 진동 모델링

본 항목에서는 버튼 클릭감을 모사하기 위해, 실제 모바일 폰의 버튼을 클릭할 때 발생하는 진동을 측정 한 후 이를 175Hz 의 공진 주파수를 가진 LRA (Linear Resonance Actuator)와 150, 250 Hz 의 공진 주파수를 가진 DMA (Dual Mode Actuator)를 통해 모사한다. 따라서 DMA 는 LRA 처럼 하나의 주파수 대역의 진동만을 생성할 수도 있고 두 대역 모두 생성할 수도 있다. 본 논문에서 DMA 는 두 개의 주파수 모두 사용하는 진동을 생성하는데 쓰였다.

2.1 실험 설계

2.1.1 실험 장비

슬라이드 타입의 모바일 폰 2 종을 선택하여, 버튼 클릭으로부터 발생하는 진동을 측정하기 위해 3 축 가속도계(Kistler; 8765)와 데이터 취득 카드(NI; PCI-6229)를 사용했다. 취득한 데이터를 바탕으로 모사된 진동을 출력하기 위해서 LRA 와 DMA 진동자를 모바일 폰 목업 내부에 장착하였다.

2.1.2 버튼 클릭감 신호 측정

두 종류의 모바일 폰에 대해 슬라이드 상태(단침, 열림), 버튼의 종류(일반형, 돌출형, 원형)의 조건을 적용했다. 측정 시에는 책상 위에 폰을 두고 손가락으로 클릭하였으며, 버튼이 눌리는 경우와 떼어지는 경우에 발생하는 진동만을 추출하였다. 그 결과 100~140Hz, 280~300Hz 부근의 주파수 범위를 가지는 것을 알 수 있는데, 전자는 폰 내부 진동자의 공진 주파수와 관련이 있고 후자는 모바일 폰 자체의 기계적 공진 주파수와 관련이 있다. 또한 각각의 성분 별로 각각 4~5 Gpp 의 진폭을 가지고 있으며, 전체 클릭 진동은 40 ms 근방의 지속 시간을 가졌다.

2.1.3 진동 신호 디자인 및 실험 진행

사전 실험을 통해서 전압 (3, 5V), 진동 인가 시간 (10, 15, 20 ms), 파형 (정현, 사각), 진동자의 종류 (LRA, DMA), 그리고 신호 변조 (변조 없음, 기하급수적 감소, 역위상)의 조건을 얻어내었다. 총 72 가지의 클릭 진동 후 약 200 ms 동안 생성되는 진동 파형을 측정하였다.

2.2 실험 결과 분석 및 토의

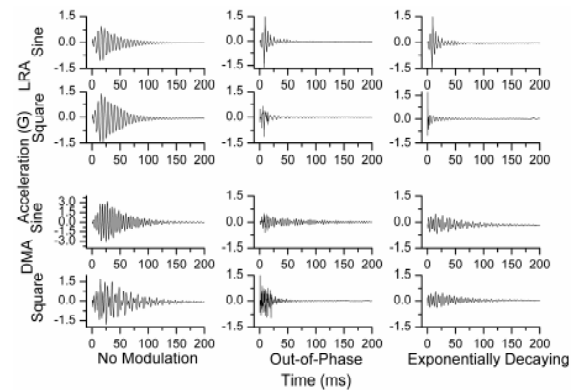


그림 1 5V, 15 ms 조건에서 버튼 클릭 진동 파형

그림 1 은 구동 시간 15 ms 조건 하에서 버튼 클릭 진동들이 생성해내는 파형을 측정 한 것이다. 조건마다 다르기는 했으나, 변조를 가하지 않은 경우에 비하여 변조한 경우 전체적인 잔여 진동이 줄었다. 특히 5V-정현-LRA-15 ms-역위상 조건인 경우 총 신호 길이가 25 ms 정도로 짧으면서도 2.5 Gpp 정도의 진폭을 생성하는 것을 알 수 있다. 하지만 최대 Peak 까지 약 7 ms 의 지연 시간을 가진다. 반면 5V-사각-DMA-15 ms-역위상 조건인 경우에는 약 20 ms 정도의 짧은 신호 길이 동안 약 2.0 Gpp 정도의 진폭을 생성하며 지연 시간도 거의 없지만, 상대적으로 파형이 매우 거칠고 잔여 진동이 크다.

진동 모델 요소 별 영향을 정리해보면, 전압의 경우 최대 진폭에 관계가 높고 입력 신호의 길이가 길어질수록 진폭이 증가하지만 잔여 진동도 그만큼 길어졌다. 정현파는 파형이 상대적으로 깔끔하지만 사각파에 비해 최대 가속도까지 도달하는 지연 시간이 길었다. 역위상과

기하급수적 감소 형태의 신호 변조는 잔여 진동을 효과적으로 줄였다.

3. 버튼 클릭감의 사용성 평가

본 실험에서는 항목 2 에서 디자인한 모델을 사용하여 버튼 클릭감을 모사하고, 사용성 평가를 통해 어떠한 특성을 가진 진동이 실제 버튼 클릭감과 비슷한 느낌을 주는지 알아본다.

3.1 실험 설계

3.1.1 실험 장비

항목 2 와 같은 장비를 사용하며, 실제 모바일 폰의 버튼을 대조군으로 두어 진동과 버튼과의 유사도/선호도를 판별하는 데 사용했다.

3.1.2 평가 항목 설정

여기서는 버튼 클릭 진동 모델에 따라 생성되는 클릭 진동과 실제 버튼과의 유사도와 사용자의 선호도를 평가한다. 유사도와 선호도는 각각 7 단계의 Likert 척도를 사용하여 측정했다.

3.1.3 실험 진행

피실험자는 총 18 명이었으며, 이 중 남자 3 명은 진동을 많이 경험해 본 전문가 그룹, 남자 14 명과 여자 1 명은 사전에 관련 실험을 수행한 적이 없는 초심자 그룹이었다. 피실험자는 레퍼런스 버튼을 클릭하거나 목업의 터치 센서를 눌러 클릭 진동을 모두 왼손으로 느꼈다. 실험 중 진동을 반복해서 느끼며 슬라이드 바를 움직여 대조군 버튼과의 유사도 및 피실험자 개별 선호도를 평가했다.

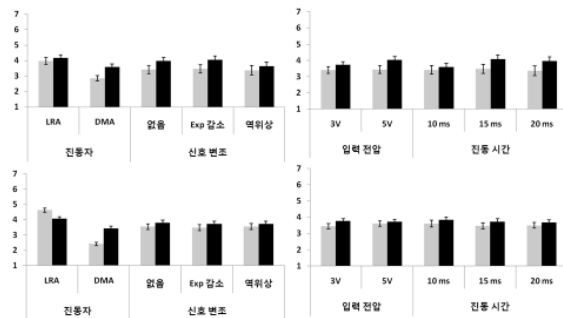


그림 2 진동 요소 별 초보자(상) 그룹과 전문가(하) 그룹의 유사도(백), 선호도(흑)

3.2 실험 결과 및 분석

그림 2 는 버튼 클릭 진동 모델을 구성하는 요소들이 전문가 그룹 및 초보자 그룹의 선호도와 유사도에 미치는 영향을 나타낸 그림이다. 우선 전문가/초보자 그룹 모두 이중 주파수를 사용한 것보다 단일 주파수를 이용한 클릭

진동이 실제 버튼과 더욱 유사하다고 생각하고 선호했다. 이는 DMA 의 다중 진동 모드를 사용한 경우 잔여 진동이 상대적으로 길고 파형이 깔끔하지 못한 것이 그 원인으로 보인다.

초보자 그룹과 전문가 그룹이 보인 유사도와 선호도의 가장 큰 차이점은 진동의 크기에 있다. 전문가 그룹이 상대적으로 큰 진폭을 가진 진동(5V, 15/20 ms)을 선호하는데 비해 초보자 그룹은 작은 진폭을 가진 진동(3V, 10 ms)을 더욱 선호했다. 선호된 경우의 진동을 분석한 결과, 진동 인가 시간이 긴 경우에도 최종 진동 신호는 40 ms 보다는 짧은 신호를 보여주었고 이보다 더 긴 신호를 가진 경우에는 유사도가 3 을 넘지 않았다. 따라서 버튼 클릭감을 모사하기 위해서는 진동의 길이가 가장 중요한 것으로 볼 수 있다.

4. 결론 및 토의

실제 모바일 폰의 버튼 클릭에서 나오는 진동은 두 개의 주파수 성분을 가지는 것으로 나타났다. 하지만 실험 결과 주파수 성분을 두 개 가지는 진동보다 잔여 진동이 적으며 총 진동 시간이 짧은 진동 쪽이 실제 버튼과 유사하다는 평가를 받았으며, 또한 더욱 선호되었다.

추후로는 더욱 빠른 반응 속도를 가지는 압전 진동자를 사용하여 버튼 클릭감을 모사하고, 주파수가 달라짐에 따라 유사도 및 선호도, 인지적 느낌의 변화 추세에 대해 알아볼 것이다.

참고문헌

[1] E. Hoggan, S. Brewster, and J. Johnston, "Investigating the effectiveness of tactile feedback for mobile touchscreens", CHI, pp. 1573~1582, 2008.

[2] S. Brewster, F. Chohan and L. Brown, "Tactile feedback for mobile interactions", CHI, pp. 159~162, 2007.

[3] V. Tikka and P. Laitinen, "Designing haptic feedback for touch display: Experimental study of perceived intensity and integration of haptic and audio", HAID, pp.36~44, 2006.

[4] E. Hoggan, T. Kaaresoja, P. Laitinen and S. Brewster, "Crossmodal congruence: the look, feel and sound of touchscreen widgets", ICMI, pp.157~164, 2008.

[5] I. Hwang and S. Choi, "Perceptual space and adjective rating of sinusoidal vibrations perceived via mobile device", IEEE Haptics Symposium, pp.1~8, 2010.