촉감 감성 해석을 위한 미끄럼 마찰 시험과 신호 분석

박진혁 · 박세민 · May Grace SESALDO · 이영제[†]

성균관대학교 기계공학과

Analysis of Friction Signals Based on Sliding Tests with Finger for Tactile Sensibility

JinHwak Park, SeMin Park, May Grace SESALDO and YoungZe Lee[†]

Dept. of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University

(Received April 28, 2013 ; Revised May 20, 2013 ; Accepted May 21, 2013)

Abstract – The friction behavior of human skin is determined by the complex interplay of the material and surface properties of the skin, as well as the contacting material, and strongly depends on the contact parameters (e.g., pressure and sliding velocity) and the presence of substances such as water, sweat, or skin surface lipids at the interface. Including a study on the effect of a surface's physical roughness for skin sliding over the surface, various studies have been conducted to understand human tactile sensibility. However, to investigate products in relation to human tactile sensibility, more objective research is needed. This study performed sliding experiments between the skin and the surfaces of phone cases to understand how the texture, friction, and stick-slip characteristics are related. Eight phone case surfaces with different topologies and chemical (or mechanical) compatibilities with skin were prepared and tested multiple times.

Keywords – finger(손가락), friction(마찰), skin tribology(피부 트라이볼로지), biotribology(바이오 트라이볼로지), haptics(햅틱스), tactile(촉감), phone case(휴대폰 케이스), touch(터치)

1. 서 론

휴먼 인터페이스 기술 중 인간의 촉감을 활용하는 촉각 인터페이스 기술은 1990년대에 역감(kinesthetic sense) 구현 연구를 중심으로 시작되어 아직 전 세계적으로 초기 단계 수준에 있으나, 촉감이라는 새로운 미디어의 창출과 사용자 인터페이스의 실감화에 매우 중요한 역할을 할 수 있는 기술이다.

그 중 햅틱스(Haptics)란 사람에게 촉감을 전달하는 방법을 연구하는 것에 관한 학문이다. 컴퓨터와 정보통신 기술의 발달과 함께 촉각 인터페이스는 시각/청각을 넘어선 새로운 정보 전달의 수단으로 대두되고 있다[1,2].

최근 세계적으로 권위있는 경제전문지 포브스(forbes)에서도 미래의 생활패턴을 바꿀 수 있는 10대기술[3]로 선정하여 각종 모바일 기기, 지능로봇분야, 의료분야, 게임시장, e-교육 등 여러 분야에서 상업화 전망이 매우 밝은 첨단 고부가 가치 기술로써 그 중요성이 증대되고 있다.

특히 촉감 인터페이스 분야에서는 사람이 표면을 만졌을 때 느끼는 압력 같은 물리적인 힘과 관련하여 하드웨어적인 기술의 개발은 수준 높은 연구가 수행되었으나, 상대적으로 표면의 질감을 표현하는 연구와 촉감에 대한 정량화에 대한 연구는 비교적 미흡하다[4].

촉감이 비록 감성적 차원의 언어이긴 하지만, 이를 공학에 적용하고 수치적으로 표현하여 새로운 기술이나 제품을 개발하기 위해서는 촉감의 객관화가 반드시 필요한 상황이다[5]. 이러한 촉감을 객관화 하기 위해서는 손가

[†]Corresponding author : yzlee@skku.edu

© 이 논문은 한국윤활학회 2013년도 춘계 학술대회 (2013.4.26 서울테크노파크) 발표논문임.

Fig. 1. Picture of sample ; Phone case.

락 피부가 물체의 표면과 접촉하였을 시 압력, 온도, 소재의 질감 등을 수치화시켜 정적, 동적 마찰 모델을 적립하고 마찰 거동에 영향을 주는 압력, 온도 및 표면 형상을 인식한 후, 표준화된 표면 형상을 재현하기 위한 표면 모델을 구상하는 것이 본 연구의 최종 목표이다.

현재까지는 사람 피부의 마찰계수를 측정하기 위해서 사람의 피부와 가장 흡사한 재료라고 알려진 폴리우레탄(polyurethan)을 이용하였지만, 보다 더욱 정확한 피부 마찰데이터를 확보하기 위해서 사람의 피부를 직접 이용하였다.

그래서 본 연구에서는 촉감 객관화를 구현하기 위해서 휴대폰 케이스를 손가락으로 반복하여 슬라이딩 하는 실험을 진행하였고, 그 실험으로 두 대상 사이의 그에 따른 마찰신호를 분석하였다.

2. 실험

2-1. 실험재료

총 8종류의 다른 재질, 다른 거칠기를 가진 휴대폰 케이스로 실험을 진행하였다. 실험에 사용된 휴대폰케이스들은 알루미늄, 고무, 나무, 왕골 등으로 만들어져 있고, 각기 휴대폰 케이스의 거칠기와 형상은 다르다.

본 실험에서 사용한 휴대폰케이스 시편은 Fig. 1과 같다. 아래 사진에서 왼쪽 위부터 시계방향으로 케이스 번호를 지정하였다.

2-2. 실험장비와 실험방법

2-2-1. 실험장비

Normal Force와 Shear Force의 동시측정을 위해서

Fig. 2. Signal processing.

장비에 2개의 Loadcell을 방향을 달리 설치하였다.

Device에 설치된 Loadcell 에서 입력된 신호를 컴퓨터로 읽어들이기 위해, DAQ장비를 실험장비와 컴퓨터에 연결 시켰고, 이 신호값은 LABVIEW 프로그램 (Fig. 2)을 통하여 수치를 확인하였다. (Sampling Rate: 3 KHz).

Device Specification과 실험조건(Test Condition)은 아래와 같다.

Table 1. Device specification

Device Specification
Finger-surface sliding
Loadcell range : 2.5 N
Accuracy : 0.1%
sliding speed : depending experiment

Table 2. Test condition

Test Condition
About 20 mm/s
Lubrication : x

Fig. 3. Device design and experiment device.

Fig. 4. Picture of experiment.

Fig. 5. X-axis normal load vs Y-axis coefficient of friction.

2-2-2. 실험방법

실험을 한 사람은 27살 남성이며, 실험방법은 간단하다. Device 상단부에 위치한 Jig에 휴대폰 케이스를 올려서 고정시킨 후, 손가락으로 원하는 Normal Force만큼 누른다. 그리고 Normal Force를 유지한 채 일정한 속도로 한쪽 방향으로 슬라이딩 테스트를 반복한다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 실험결과

위 그래프 (Fig. 5)는 각 휴대폰 케이스를 손가락으로 슬라이딩 테스트 하였을 때의 마찰계수를 하중 별로 다르게 측정한 값을 나타낸 것이다. 위 그래프 (Fig. 5)와 Table 1을 확인하였을 때, 하중을 단계적으로 강하게 가할수록 마찰계수가 증가한다는 것을 알 수 있다. 물론 슬라이딩 테스트를 진행할 때, 손가락 습도, 유분, 손가락과 휴대폰케이스 사이의 접촉각도 등 수많은 변수들이 있기 때문에 마찰계수의 증가율이 일정하지 않다는 것을 알 수 있었다.

Table 3. Average of C.O.F

	Average of C.O.F				
	0.3N	0.4N	0.5N	0.6N	0.7N
sample 1	0.358	0.411	0.549	0.631	0.702
sample 2	0.328	0.446	0.575	0.603	0.695
sample 3	0.317	0.551	0.624	0.638	0.771
sample 4	0.433	0.487	0.548	0.636	0.703
sample 5	0.383	0.432	0.506	0.52	0.685
sample 6	0.461	0.651	0.619	0.558	0.778
sample 7	0.569	0.768	0.92	1.163	1.316
sample 8	0.615	0.696	1.227	1.271	1.254

Fig. 6. X-axis Time VS Y-axis Coefficient of friction.

또한 손가락으로 슬라이딩 테스트를 하였을 때, 매끄러운 휴대폰 케이스(Sample 3 ; Aluminum, Sample 4; Rubber)를 문질렀을 때 보다 울퉁불퉁한 휴대폰 케이스(Sample 7;Rush)를 문질렀을 때 평균 마찰계수가 더 큰 것을 확인할 수 있었다.

그리고 각기 다른 8종류의 휴대폰 케이스를 손가락으로 슬라이딩 테스트 하였을 때, 아래 그래프(Fig. 6)와 같이 Stick-slip이 발생하였다. 실시한 모든 슬라이

Fig. 7. X-axis Time VS Y-axis Coefficient of friction.

딩 테스트의 수직하중은 0.4N으로 고정하였고, 표면 거칠기와 Stick-slip의 관계를 분석하기 위하여, 매끄러운 고무재질의 휴대폰케이스인 Sample 4와 오돌토돌한 가죽재질의 휴대폰케이스인 Sample 1, 마지막으로 두 재질의 평균 촉감을 가진 나무 재질의 휴대폰케이스인 Sample 5의 마찰계수 그래프를 비교해보았다.

위 Fig. 6을 보았을 때, 표면 거칠기가 오돌토돌하던 시험재료인 가죽재질의 케이스인 Sample 1보다 매끄러운 시편인 고무재질의 케이스 Sample 2, 그리고 나무 재질의 휴대폰 케이스인 Sample 3이 Stick-slip이 더 심하게 발생하였음을 확인할 수 있다.

혹시 Stick-slip을 나타내는 그래프가 아니라 휴대폰 케이스 자체의 표면 거칠기에 따른 그래프인지 확인해 보기 위하여 3초 동안의 마찰계수 그래프와 0.2초 동안의 마찰계수 그래프를 비교해보았다(Fig. 7). 그 결과 3초 동안의 마찰계수 그래프는 비교적 Mild한 곡선형태의 모습을 나타내는 반면, 0.2초동안의 마찰계수 그래프는 상당히 Severe한 모습을 띄는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 휴대폰케이스의 표면형상과는 관계 없이 Stick-slip이 발생했다는 점을 알 수 있었다.

4. 결 론

Fig. 5에서 확인할 수 있듯이 휴대폰 케이스에 수직 하중을 가하며 슬라이딩 테스트를 진행하였을 때, 수직하중을 강하게 가할수록 마찰계수가 높아짐을 확인

하였고, 손가락으로 가하는 수직 하중 외에도 손가락과 상대재와의 접촉면적, 접촉각, 손가락의 수분 정도, 접촉 속도 등 수많은 변수에 따라 마찰계수의 증가율이 일정하지 않다는 것을 예상할 수 있었다.

그리고 매끄러운 휴대폰 케이스 (Table 3. Sample 3,4)를 문질렀을 때보다 울퉁불퉁한 휴대폰 케이스 (Table 3. Sample 7)를 문질렀을 때 평균 마찰계수가 더 컸음을 알 수 있었다.

마지막으로 손가락으로 휴대폰케이스를 슬라이딩시켰을 때의 마찰계수 그래프 Fig. 6을 비교해보면 표면 거칠기에 따라 stick-slip이 발생한 것을 확인할 수 있다. 오돌토돌한 sample 1번보다 매끄러운 고무재질의 sample 2번이 stick-slip이 더 심하게 발생하였다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2012R1A2A2A0100949)

References

1. Je Ha Ryu, "Application and the Important Features of Haptic Technology," 47-2 p.44-49, 2007.
2. Ki-Uk Kyung and Jun-Suk Park, "Research and Perspectives Haptics Technology Development Trend," 21-5, 2006.
3. Forbes, 10 Things That will Change The Way We Live www.forbes.com/2006/02/16/cx_cd_0217featslide_print.html.
4. M.A.Masen, A system based experimental approach to tactile friction, SciVerse ScienceDirect, 1620-1626, 2011.
5. S.Derler, Friction of human skin against smooth and rough glass as a function of the contact pressure, Tribology International 42, 1565-1574, 2009.