

필기 감성에 관련한 마찰메커니즘 분석

박진확 · 김민섭 · 이영제[†]

성균관대학교 기계공학과

Analysis of Friction Mechanisms Associated with Write Feeling

JinHwak Park, MinSeob Kim and YoungZe Lee[†]

Dept. of Mechanical Engineering, SUNGKYUNKWAN University

(Received September 26, 2016; Revised November 14, 2016; Accepted November 17, 2016)

Abstract – To interpret the perception that originates from tactile sensibility during people touch and recognize the object surfaces, this study focuses on the development of a friction model that can describe the interaction of a stylus pen sliding over the counter surfaces. In addition, the study includes several other experimental factors such as the pressure, temperature, and topology of surface, which can have an effect on the emotional user experience concerning various surfaces; this research aims to suggest a method to quantitatively evaluate the relation between these experimental parameters and emotional user experience. Accordingly, the objective of research comprises the friction characteristic technology for measurement of fine tribological behavior and a standard to quantify the emotional feedback. Existing panels or input devices that provide interaction feedback about user actions simply operate with a single frequency vibration or sound response. On the contrary, this research investigates various interaction characteristics including friction force, frequency, and surface topology synthetically. Using the developed model, which can explain the relation between the friction parameters and emotional user experience, developers can design their product in order to provide the user with expected emotional sensibility. Consequently, it can contribute to reduce the development cost about sensitivity model.

Keywords – Write feeling(필기감), Friction sensitivity(마찰감성), Sensitivity evaluation(감성평가), Roughness(거칠기), Stick-slip(스틱-슬립)

1. 서 론

현 시대에는 스마트폰과 태블릿 PC의 발달로 손으로 직접 쓰는 필기구보다 스타일러스 펜으로 그림이나 글을 쓰는 등의 작업이 늘고 있는 실정이다[1]. 하지만 시간이 지남에 따라 최근 아날로그적 감성을 원하는 세대의 사용자들이 늘어남으로써 구매력 증대와 고부가가치를 확보하는데, 디지털 장비의 아날로그 감성에 따른 연구는 반드시 필요하다고 사료된다.

모바일 기기의 입력장치에 수반되는 피드백에 대한

연구는 대체로 수직력과 주파수 영역의 해석에 치중된 햅틱스 분야에서 이루어졌다[2, 3]. 이에 반해 본 연구가 제안하는 목표는 필기구들의 펜촉들과 디스플레이 표면 사이에 상대 운동에서 발생하는 전단 방향의 힘에 대한 해석을 기존의 필기감이라는 감성적 공감각에 그 초점을 맞추어 보았다.

우리가 일상생활에서 사용하고 있는 필기구들은 1. 사용하기 전 보았을 때 예전 경험으로 직감적으로 느끼는 감 2. 직접 펜을 손에 잡았을 때 느낌(착용감) 3. 직접 종이 위에 쓰면서 느끼는 느낌(필기감) 이 세가지가 필기감성에 대해 밀접한 영향을 끼치고 있다[4]. 따라서 본 연구는 필기구를 직접 종이 위에 쓰는 행위를 중심으로 하여 필기구에서 느껴지는 촉각각적 피드백 신호를 설문조사를 통해 감성 형용사를 수집, 분석하였

[†]Corresponding author : Yzlee@skku.edu

Tel: +82-31-290-7444, Fax: +82-31-290-7919

© 이 논문은 한국윤활학회 2016년도 추계 학술대회 (2016.10.5~7/무주덕유산리조트) 발표논문임.

다. 그리고 설문조사로 수집된 감성형용사와 물리적 데이터 관계를 비교하여 필기감에 관련한 마찰 메커니즘을 설명하고자 한다.

2. 연구방법 및 내용

2-1. 시편선택

실험에 사용된 필기구들은 일상생활에서 쉽게 구입할 수 있고, 많이 사용하고 있는 8가지(유성매직, 플러스 펜, 색연필, 형광펜, 연필, 볼펜, 샤프, 만년필)로 선택하였다. 그리고 상대시편은 사람들이 필기를 할 때 흔히 사용하는 A4 용지를 선택하였다.

2-2. 설문조사

실험대상은 20~30대의 연령대를 가진 학생, 직장인, 전업주부로서 스마트기거나 디자인, 전자업종 분야의 종사자가 아닌 인원들로 선택하였다.

설문조사에서 사용된 감성형용사는 국내의 논문이나 국어사전 등에서 채택한 후, 설문조사에 활용하였다[5-7].

설문조사에 앞서 참가자들에게 간단한 인터뷰와 실험의 목적, 그리고 실험방법에 대해 충분한 설명 후 실험이 진행되었다.

설문조사 방법은 이와 같다. 눈을 가린 실험자에게 숫자를 붙인 필기구를 사용하여 A4용지에 ‘가’부터 ‘하’까지 필기하게 하였다. 그리고 실험자가 필기를 할 때 느껴지는 감성형용사를 설문지에 점수를 매기는 방식으로 설문을 진행하였다. 설문조사의 항목은 서로 상반되는 형용사를 양쪽에 두었다. 예를 들어 ‘매끄럽다’와 ‘거칠다’라는 감성형용사가 제시되어 있다면, 해당 필기구를 사용하였을 때 느껴지는 감성이 매끄러우면 1점 거칠거칠하다면 5점을 주는 방식으로 채점한다.

2-3. 저하중 마찰

본 연구는 사람이 필기를 할 때 느껴지는 필기감을

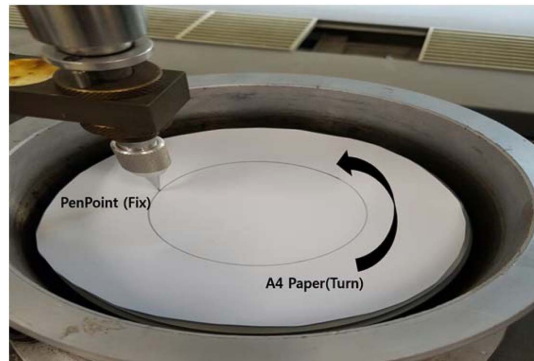


Fig. 1. Friction test picture.

물리적 데이터로 수집하는 것이기 때문에 고하중이 아닌 0.1N에서 10N까지의 하중일 때의 마찰데이터가 수집 가능한 저하중 마찰 시험기를 사용하였다. 실험 조건은 Table 1과 같다. 시험장비에 가해지는 속도와 하중은 사람이 종이에 필기를 할 때의 조건과 유사하게 각각 0.25 mm/s, 0.2N로 설정하였다.

그리고 Fig. 1과 같이 설문조사에 사용된 8가지의 필기구의 펜촉들을 뽑아서 마찰 시험기 상단 고정부에 설치 후, 하단 회전하는 부분에는 종이를 부착하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 감성평가 결과

필기감 감성형용사에 관련된 설문조사 항목 중 마찰 메커니즘에 가장 연관성 있다고 판단되는 ‘매끄럽다/거칠다’항목의 감성 결과표를 Table 2에서 확인해보았다.

샘플 중에 하나였던 만년필은 사용자가 만년필을 잡는 방향에 따라서 필기감에 관한 설문조사 점수가 크

Table 1. Condition for friction test

Equipment	Friction tester
Specimen	A4 paper
Counterpart	Different type of pen point
Normal load(N)	0.2
Velocity(mm/s)	0.25
Lubrication	X

Table 2. Result of evaluation sensitivity (Smooth VS Rough)

Type	Ave	STDEV	Mode
Oil magic ink pen	4.2	0.8	5
Plus pen	3.6	1.0	4
Colored pencil	3.5	1.0	4
Highlighter	1.7	1.1	1
Pencil	4.1	0.9	4
Ballpoint	2.2	0.8	3
Mechanical pencil	3.9	0.9	4

게 달라졌기 때문에 표준편차가 너무 컸다. 따라서 필기감 감성점수에 대한 표준편차를 줄이거나, 마찰데이터의 수집을 위해서는 만년필의 축을 일정한 방향으로 운동을 할 수 있도록 설정해야 하지만, 이번 연구에 사용한 마찰실험장비는 고정부에 펜촉을 완전 고정된 상태로 원운동을 하기에 만년필이 우리가 원하는 방향으로 운동을 하도록 하는 것이 불가능하였고, 그러므로 물리적 데이터들의 수집이 거의 불가능하였기에 이번 연구에서는 제외하였다.

감성평가의 결과표는 Table 2에서 볼 수 있듯이 평균점수, 표준편차, 최빈값 순으로 정리하였다.

이 표에서 평균점수가 높다면 감성평가 실험자들이 ‘거칠다’ 라는 감성을 느꼈다는 것이고, 점수가 낮다면 ‘매끄럽다’ 라는 감성을 느꼈다는 것이다. 최빈값은 설문조사 대상자들이 필기감에 관련한 설문조사를 진행하는 동안 어느 정도의 감성을 가장 빈번하게 느꼈는지를 보여주고, 감성평가의 평균점수의 신뢰성을 향상시키기 위해 표준편차 분석을 실시하였다.

Table 2를 확인하면 여러가지 펜 종류들 중에서 유성매직이 점수를 높게 받았고, 형광펜은 점수를 낮게 받았음을 확인 할 수 있다. 그래서 우리는 유성매직과 형광펜, 그리고 중간 정도의 점수를 받은 색연필의 물리적 마찰특성을 비교해보기로 하였다.

3-2. 물리적 마찰 데이터와 감성간의 관계

사람은 필기를 할 때 오랫동안 하는 것이 아니라 한 글자를 적는데 20~22 mm/s 의 속도가 측정되었다[8]. 하지만 본 연구에서는 마찰특성의 추세를 확인하기 위해서 실험시간을 20초로 정하였다. 본 연구에 쓰인 마찰시험기는 1초당 5개의 데이터를 수집하였다.

3-2-1. 마찰계수

먼저 상반된 설문평균점수를 획득한 형광펜 (1.8점) 과 유성매직 (4.2점)의 마찰계수 값을 Fig. 2에서 비교해보았을 때, ‘매끄럽다’고 점수를 받은 형광펜이 ‘거칠하다’라고 점수를 받은 유성매직보다 마찰계수가 크다는 것을 확인할 수 있었다.

그래서 중간평균점수를 얻은 색연필(3.5점)과 상반된 두 필기구들의 마찰계수를 Fig. 2에서 다시 비교해보았다.

Fig. 2에서 확인할 수 있듯이 색연필(3.5점)과 유성매직(4.2점)을 비교했을 때, 두 가지의 필기구 중 ‘거칠다’라고 점수를 받은 유성매직이 ‘부드럽다’ 점수를

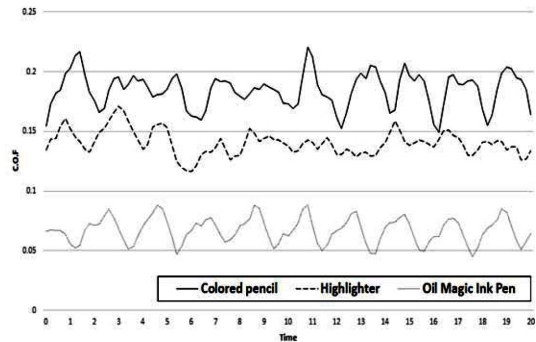


Fig. 2. Graph of C.O.F (3 type of pen).

Table 3. Average of sensitivity and C.O.F

Type	Sensitivity	C.O.F
Oil magic ink pen	4.2	0.067
Colored pencil	3.5	0.185
Highlighter	1.7	0.141

받은 색연필보다 마찰계수가 낮음을 확인할 수 있었다.

그리고 Fig. 2와 Table 3에서 3가지 필기구들의 마찰계수를 감성평가 점수들과 연관시켜 비교해 보았을 때, 감성형용사와 마찰계수는 서로 연관성을 찾을 수가 없었다.

이 부분에서 우리는 필기구의 마찰계수는 사람이 필기를 하면서 느끼는 감성과는 상관없이 펜 축의 소재와 상대시편, 즉 종이나 다른 대상의 표면 사이의 마찰이기 때문에 그 두 사물에 대한 마찰계수만이 측정된다고 판단하였다.

3-2-2. Stick-slip

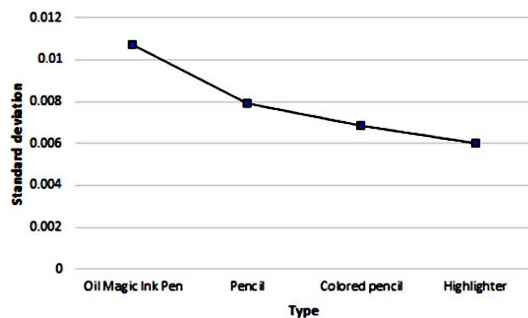
마찰계수를 제외하고 감성형용사가 마찰특성과 어떤 관계가 있는지 확인하기 위해 마찰계수의 Stick-slip을 분석해보았다.

우리는 사전 연구에서 시편들이 상대시편에 접촉마찰이 되는 슬라이딩 테스트가 진행될 때 발생하는 마찰계수가 계속 변하는 현상을 Stick-slip이라 정의하였다. 그래서 이번 연구에서도 필기구들이 A4용지에 대한 평균마찰계수 값과 실험을 진행할 때 발생한 마찰계수의 전체 값들의 차를 표준편차로 계산하여 Stick-slip분석을 실시하였다[9].

먼저 여러 필기구들의 마찰계수 표준편차를 비교하기 위해 감성평가에서 ‘거칠다’라고 상위 평가를 받은

Table 4. Average of sensitivity and standard deviation with C.O.F

Type	Sensitivity	S.D(10^{-3})
Oil magic ink pen	4.2	10.7
Pencil	4.1	7.89
Colored pencil	2.2	6.84
Highlighter	1.7	6.01

**Fig. 3. Graph of standard deviation (4 type of pens).**

필기구 2가지와 ‘부드럽다’라고 평가를 받은 필기구 2가지를 선정하였다.

Table 4를 보면 ‘거칠다’라고 평가를 받은 유성매직과 연필은 ‘부드럽다’라고 평가를 받은 색연필, 형광펜보다 표준편차가 크다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 Table 4에서는 감성평가 점수가 낮아질수록 SD 값도 낮아지는 경향을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 필기감에 관한 감성 중 ‘거칠기’에 대한 설문조사를 실시하여 수집하고, 그 후 마찰데이터를 따로 수집하여 그 두 가지의 관계에 대해 파악하였다.

먼저 연구를 진행하기 전에 가장 큰 연관이 있을 것이라 예상하였던 마찰계수는 사람이 필기를 할 때 느끼는 ‘거칠기’에 대한 감성과는 연관이 없었다.

하지만 필기구의 축이 좋이나 사물에 슬라이딩을 하며 필기가 진행될 때, 발생하는 Stick-slip 즉 표준편차는 필기 감성 평가에서 매끄러울수록 표준편차가 낮게 측정되었고, 거칠수록 표준편차가 높게 측정되는 경향을 확인할 수 있었다.

이런 연구결과는 사람이 필기를 할 때에는 펜촉 소

재의 마찰계수는 거의 느끼지 못한다는 것을 알 수 있었고, Stick-slip이 몇 가지의 필기구들의 필기감성에 영향을 끼친다는 것을 확인할 수 있었다.

하지만 차후 더 나은 필기감성과 마찰특성간의 관계를 연구하기 위해서는 필기구의 무게중심이나 잉크의 점성, 필기시에 펜촉 끝에서 발생하는 Wear particle 같은 변수들을 컨트롤 할 방안을 강구하는 것이 시급한 것 같다.

Acknowledgements

본 연구는 2011년도 정부의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행한 ‘실감미디어를 위한 플렉시블 센서기반 촉감 저장, 재생 플랫폼 원천기술개발’ 과제와 2015년도 정부의 재원으로 한국연구재단에서 지원받아 연구과제 ‘디스플레이 표면의 촉각감성 해석 및 입력 필기감 모사를 위한 정량적인 평가모델 개발’ 지원으로 연구되었습니다(NRF-2015RID1A1A01061105).

References

- [1] Kim, S. Y., Lee, S. H., Hwang, H. S. “A study of factors affecting adoption of a smartphone”, *Enture Journal of Information Technology*, Vol. 10, No. 1 pp. 29-39, 2011.
- [2] Johnson, S. A., Gorman, D. M., Adams, M. J., Briscoe, B. J. “The friction and lubrication of human stratum corneum. In: Thin films in tribology”, Leeds-Lyon symposium on “tribology”, Amsterdam: Elsevier Science Publishers; 1993, pp. 663-672.
- [3] Cho, Y. Z., Lim, B.W., Jo, D. H. “Tactile Feedback Improvement on Touch Screen Interface”, *Korean Design Knowledge Forum*. pp. 135-142, 2008.
- [4] Yoon, H. K. “Study on Usability and Structure of the Mechanical Pencil”, *Journal of Korean Society of Design Science*, Vol. 15, No. 3, 2002.
- [5] Paik, S. H., Kim, M. S. “A Study on the Design of Visual-Auditory Haptic Interface – with emphasis on embodying Haptics using Visual and Auditory perception”, *Journal of Korean Society of Design Science*, Vol. 14, No. 2, 2001. 05.
- [6] Jung, H. W., Ken Nah. “A study on the Measuring of Sensibility and Vocabulary System for Sensibility Evaluation”, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 26, No. 3, pp. 17-25, August 2007.
- [7] Seo, J.-E., Lee, G.-S. “A Comparative Study on Expressive Methods of Finishing Materials for Space Image and Emotional Vocabulary”, *Journal of the*

- Korean Institute of Interior Design*, Vol. 21, No. 3, Serial No. 92, 2012. 06.
- [8] Kim, D.-Y., A study on the generation of sound and vibration in pencil writing on the paper, ME-Theses Master, Dept. of Mechanical Engineering, Kaist, South Korea, 2015.
- [9] Park, J. H., Park, S. M., May Grace SESALDO and YoungZe Lee. "Analysis of Friction Signals Based on Sliding Tests with Finger for Tactile Sensibility", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 2013, 29.3, pp. 167-170.