

Smartphone Rear Touch Interaction and User Behaviors

Songil Lee, Gyouhyung Kyung

Department of Human and Systems Engineering, UNIST, Ulsan, Republic of Korea

ABSTRACT

Objective: The current study examined user behaviors during smart phone rear interaction using the index finger. **Background:** Nowadays the locus of smart phone interaction has been extended to the rear area. Regarding this, relevant ergonomic studies are warranted. **Method:** Touch behavior, subjective discomfort, and muscle activation related to index finger movements were observed, where different tasks were considered. **Results:** During the rear interaction using their index finger, younger individuals exhibited different grip behaviors compared to the case of the traditional front interaction using their thumb. There was no significant difference in terms of the activation level of several muscles, while there was a significant difference in perceived discomfort by different interaction tasks. **Conclusion:** The differences in touch behaviors and subjective discomfort should be carefully considered in the ergonomic design of a smart phone with a rear interaction feature.

Keywords: one-handed interaction, smartphone rear touch interaction, index finger interaction, electromyogram

1. Introduction

최근 스마트폰의 전면 스크린 대형화 및 인터랙션방식의 다양화를 위해 후면 인터랙션을 도입한 제품들이 출시되고 있으며, 기존의 홈버튼과 사이드 버튼들의 일부 기능을 기기 후면에서 제공하기 시작했다. 기존 연구에 따르면 (e.g. Cutkosky, 1989) 한 손 파지자세에 작업종류, 물체형태, 손이 영향을 미친다고 하였는데, 스마트폰의 경우 역시 사용자는 작업, 스마트폰 형태, 그리고 자신의 손을 고려해 파지자세를 선택하게 된다. 따라서 후면 인터랙션의 인간공학적인 설계를 위해서는 task 종류, 기기 너비, 손 크기 등이 파지 방식 및 손가락 불편도에 미치는 영향을 종합적으로 고려해야 한다.

현재까지 엄지를 사용한 스마트 기기의 전면 인터랙션에 대한 파지 연구는 있으나 (e.g. Kim et al., 2006), 검지를 사용한 후면 인터랙션시의 파지자세에 대한 연구는 없다. Otten et al. (2013)은 성별, 나이, 그리고 손 크기에 따른 thumb reach envelopes를 측정하여 셀폰 전면 physical buttons의 위치에 대한 가이드라인을 제공하였다. Choi et al. (2013)은 6.4 cm × 3.7 cm (가로 * 세로)의 스마트폰 touch keyboard를 가로/세로 각각 5개의 영역으로 분할하여, 양손으로 스마트폰 키보드 사용자 perceived discomfort측면에서 가장 편한 위치를 파악했다.

현재 청년층은 sleep deprivation과 attention deficits이 있을 정도로 스마트폰을 장시간 사용하고 있기 때문에 (Lee et al., 2014), 스마트폰 overuse로 인한 Musculoskeletal disorder (MSD)를 예상할 수 있다. 이와 같이, 스마트폰 후면 인터랙션에서 사용되는 검지의 경우에도 over-flexion, over-extension, over-adduction, over-abduction 측면에서 그 자세를 검토할 필요가 있으며, 검지의 MSD risk를 최소화할 수 있는 인간공학적인 설계가 필요하다.

본 연구의 목적은 검지를 사용한 스마트폰의 후면 인터랙션시 다양한 task가 사용자가 선호하는 파지 방식 및 주관적 불편도, 그리고, 검지손가락의 동작과 관련된 근육들의 활성화도에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 이러한 findings는 검지를 사용한 스마트폰 후면 인터랙션의 보다 인간공학적인 설계시 활용가능하다.

2. Method

본 연구는 Field study 와 Laboratory study를 병행했다. Field study 에서는 전면 (엄지 사용) 및 후면 (검지 사용) 세로 stroke에 사용된 파지자세를 각각 수집하여 파지 자유도의 차이를 비교하였다. Laboratory study 에서는 검지를 이용한 후면 입력만 고려했는데, 세로 stroke를 포함한 총 5가지

의 tasks를 사용했다. 후면 세로 stroke 파지자세는 Field에서 수집한 데이터와 비교했다. 또한, Laboratory study에서는 각 task, 기기의 너비, 그리고 손 길이에 대한 파지자세, 주관적 불편도, 그리고, 검지 동작과 관련된 근육들의 근전도를 측정하여 그 결과를 분석했다.

2.1. Participants

Field study에 참여한 평균 (SD) 22.6(2.1)살의 90명, Laboratory study에 참여한 평균(SD) 22.3(1.1)살의 30명의 인원은 모두 대학생이었다. 이들은 적어도 3년 이상의 스마트폰 사용 경력이 있었으며, 모든 피실험자들은 손목에 어떠한 musculoskeletal diseases도 없는 건강한 상태였고, 오른손잡이라고 self-report했다. Laboratory study에 참여한 피실험자들은 실험 전에 실험의 목적과 과정을 전달받았고, 후면터치 입력방식에 관한 정보를 받았으며, 관련 동영상을 시청하였다. 본 연구는 IRB의 승인을 받았다.

2.2. Design of experiment

Field study에서는 스마트폰의 전면 및 후면 터치 인터랙션 시 파지자세를 모두 수집하였다. 90명의 피실험자 중 60명은 자신의 스마트폰을 사용하여, 전면 스크린 터치 방식으로 뉴스 기사화면을 위로 3번 드래그했다. 나머지 30명은 후면 터치기능이 있는 실험용 스마트폰 (Vega Secret, Pantech, Inc.)을 사용하여, 후면 터치 방식으로 동일한 뉴스 기사를 위로 3번 드래그했다.

Laboratory study는 후면 터치 입력만을 고려했다. 먼저 최근 3년동안 한국에 출시된 총 26종의 스마트폰들의 크기와 무게 정보를 수집하였다. 스마트폰의 주요 기능들과 사용환경을 수집한 후, 이 중 대표적인 사용 조건인 sit at desk (with arms on it)으로 laboratory study를 진행했다.

Laboratory study의 데이터는 1-way ANOVA 로 분석되었다. 독립변수 T는 tasks performed by using the right index finger (T; within-subjects factor)로, 각 피험자는 검지를 사용한 후면 인터랙션의 기본 동작과 관련된 총 5개의 Task (T_{NCMHV}) - 1) 중립 검지 자세에서 검지 fingertip으로 점 찍기 (T_N), 2) 검지 fingertip으로 편안한 도달 영역 그리기 (T_C), 3) 검지 fingertip으로 최대 도달 영역 그리기 (T_M), 4) 검지 fingertip으로 수평선 그리기 (T_H), 5) 검지 fingertip으로 수직선 그리기 (T_V) - 를 수행했다. 이 5개의 task 세션의 진행 순서는 Latin square 를 이용하여 결정되었다. 종속변수로는 후면 인터랙션에 사용된 파지자세, 주관적 불편도, 그리고 근전도가 측정되었다.

2.3. Data collection & Processing

전/후면 인터랙션시 사용된 파지자세는 사진 촬영을 통해 각 손가락의 위치를 파악하여 분류됐다. laboratory study에

서는 customized 하우징 (에폭시 재질)을 제작하여 2개의 실험용 스마트폰의 높이와 두께를 통일시켜 사용하였다 (기기의 스크린 상단 - 하우징 하단: 150mm, 두께: 10mm). 또한, 하우징 무게를 조절 가능하게 만들어, 기기와 하우징 무게의 합이 일정하도록 했고 (194g), 하우징 좌우 모서리는 반지름 1mm로, 하단부 두 모서리는 5mm로 rounded 됐다.

Task 중 오른손 검지의 움직임과 관련된 3가지 근육들의 활성도를 측정하기 위해, 근육당 1개의 EMG electrode (PolyG-A, Laxtha Co., Korea)가 사용되었다. 첫 번째 근육인 FDI는 1st-metacarpal bone와 검지 2nd-metacarpal bone 사이의 근육으로 검지의 abduction에 관여하며, electrode 부착 위치는 mid-belly였다 (Zijdwind, I., & Kernell, D., 1994; Zipp, P., 1982; Kleim, J. A. et al., 2007). 두 번째 근육은 검지의 flexion에 관여하는 FDS로, electrode는 the middle of the forearm on the ventral side, approximately three quarters of the distance from the elbow to the wrist에 부착되었다 (Darling, W. G et al., 1994; Butler, T. J. et al., 2005; Criswell, E., 2010). 세 번째 근육은 검지의 extension에 관여하는 ED2로, electrode는 “mid-forearm at radial border of ED”에 부착되었다 (Leijnse, J. N. et al., 2008, p. 3227). 매 초마다 발생하는 sound에 맞춰 피험자는 2초마다 각 task에서 요구하는 검지 동작을 총 5회 반복하였고, 따라서 task 당 10초동안 EMG 데이터가 측정되었다.

각 task가 끝난 뒤 피험자는 100mm VAS을 이용해 task 수행 중 느낀 손의 불편도를 평가했다. 실험 종료 후, 각 피험자 검지의 abduction, flexion, and extension 동작의 MVE 값을 구하기 위해, 해당 maximum voluntary isometric contraction 동작에서 EMG값을 10초간 측정하였다 (Sampling rate = 256Hz). 각 task의 근육별 EMG데이터와 각 근육별 MVE 데이터는 앞뒤 2초씩 cut-off 한 뒤, 각각 RMS값을 구한 후, %MVE를 계산하였다.

3. Results

3.1. 파지자세

수집된 스마트폰 전면 및 후면 터치 입력시의 파지자세는 둘 다 소지의 위치에 따라 상세분류가 가능했다. 전면 입력시 파지자세는 크게 3가지 - 소지가 뒷면에 있는 경우 (55.0 %), 소지가 밑면을 받치는 경우 (36.7 %), 소지가 측면을 잡는 경우 (8.3 %)로 분류되었다. 반면, 후면 입력 시에는 소지가 측면을 잡는 파지방식이 대부분이었다.

3.2. 주관적 불편도 및 근육활성도

주관적 불편도에 대해, T의 effects가 유의했는데, T_M이 가장 불편한 task였다. 근육활성도와 관련해서는, FDI의 경우

T의 effects가 유의했다. T_N를 수행할 경우 가장 낮은 근육 활성도를 (4.2) 보였다. FDS의 경우, T의 effects가 유의했다. T_C의 %MVE가 가장 높았고(11.5), T_H의 %MVE가 가장 낮았다 (6.0). ED2의 경우, T의 effects가 유의했으며, T_H에서 ED2가 가장 많이 활성화되었다 (8.1).

4. Conclusion

본 연구에서는 검지를 사용한 스마트폰의 후면 입력 시 다양한 task, 기기의 너비, 그리고 손 길이가 파지 방식, 불편도, 그리고 근육활성도에 미치는 영향을 조사했다. 스마트폰 후면 사용시 파지 방식은 전면 사용시에 비해 제한적이었다. 폰 너비가 넓은 경우 사용자들의 불편함은 증가했다. 기기의 너비가 좁은 경우 FDI 근육의 활성도가 높아 엄지-검지 사이에 힘을 더 많이 주는 것으로 나타났다. 가로스크롤의 경우 ED2 근육의 활성도가 높았고, 이를 통해 스마트폰 가로스크롤에 검지손가락의 수직적 움직임이 포함된다는 것을 확인하였다. 스마트폰 후면 PUI의 인간공학적 설계를 위해서 이러한 결과를 반영해야 한다.

Acknowledgements

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2013R1A1A2061151).

References

- Butler, T. J., Kilbreath, S. L., Gorman, R. B., & Gandevia, S. C. 2005. Selective recruitment of single motor units in human flexor digitorum superficialis muscle during flexion of individual fingers. *The Journal of physiology* 567(1): 301-309.
- Choi, B., Park, S., & Jung, K. 2013. Analysis of perceived discomfort and EMG for touch locations of a soft keyboard. In *HCI International 2013-Posters' Extended Abstracts*, 518-522. Springer Berlin Heidelberg.
- Criswell, E. 2010. *Cram's introduction to surface electromyography*, Jones & Bartlett Publishers. Burlington, MA, USA.
- Cutkosky, M. R. 1989. On grasp choice, grasp models, and the design of

- hands for manufacturing tasks. *Robotics and Automation, IEEE Transactions on*, 5(3), 269-279.
- Darling, W. G., Cole, K. J., & Miller, G. F. 1994. Coordination of index finger movements. *Journal of biomechanics* 27(4): 479-491.
- Kim, K. E., Chang, W., Cho, S. J., Shim, J., Lee, H., Park, J., Lee, Y., & Kim, S. 2006. Hand grip pattern recognition for mobile user interfaces. *'99 Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*. CA, USA. 21(2):1789.
- Kleim, J. A., Kleim, E. D., & Cramer, S. C. 2007. Systematic assessment of training-induced changes in corticospinal output to hand using frameless stereotaxic transcranial magnetic stimulation. *Nature Protocols* 2(7): 1675-1684.
- Lee, U., Lee, J., Ko, M., Lee, C., Kim, Y., Yang, S., Yatani K., Gweon, G., Chung, K. & Song, J. 2014. Hooked on smartphones: an exploratory study on smartphone overuse among college students. In *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems* (pp. 2327-2336). ACM.
- Leijnse, J. N., Campbell-Kyureghyan, N. H., Spektor, D., & Quesada, P. M. 2008. Assessment of individual finger muscle activity in the extensor digitorum communis by surface EMG *Journal of neurophysiology* 100(6): 3225-3235.
- Otten, E. W., Kam, K. S., & Parsons, K. S. 2013. Defining thumb reach envelopes for handheld devices. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 55(1): 48-60.
- SizeKorea, 2013. 6th investigation of anthropometric dimension. Retrieved from <http://sizekorea.kats.go.kr/>
- Zijdewind, I. and D. Kernell. 1994. Index finger position and force of the human first dorsal interosseus and its ulnar nerve antagonist. *Journal of Applied Physiology* 77(2): 987-997.
- Zipp, P. 1982. Recommendations for the standardization of lead positions in surface electromyography. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 50(1): 41-54.

Author listings

Songil Lee: songil@unist.ac.kr

Highest degree: BS, School of Design and Human Engineering, UNIST

Position title: PhD Candidate, School of Design & Human Engineering, UNIST

Areas of interest: Vehicle Ergonomics, HMI, HCI, UI/UX

Gyouhyung Kyung: ghkyung@unist.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial and Systems Engineering, Virginia Tech, Virginia, U.S.A.

Position title: Associate Professor, School of Design & Human Engineering, UNIST

Areas of interest: Human Factors Engineering, Visual Ergonomics, Vehicle Ergonomics