

# Does Distance of Users from Display Affect the Angular Performance in Distal Pointing?

Heejin Kim (gimigimi@postech.ac.kr)<sup>1</sup>, Seungjae Oh (oreo329@postech.ac.kr)<sup>2</sup>, Sung H. Han (shan@postech.ac.kr)<sup>1</sup>, Min K. Chung (deermin@nrf.re.kr)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology, Korea

<sup>2</sup>Department of Creative IT Engineering, Pohang University of Science and Technology, Korea

<sup>3</sup>National Research Foundation of Korea, Korea

## ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to investigate the effect of distance to display on the angular performance of distal pointing such as movement angle, task completion time and mean angular velocity. **Background:** As large displays are becoming more and more prevalent, the 3D interaction with such display, such as distal pointing, is becoming more common. When people interact with large displays, they can interact with that in various distances, or they can even walk during the interaction. While the distance from display is one of the important factors affecting distal pointing, none seem to have performed user studies to investigate how users' performance is affected by a change in distance. **Method:** We conducted an experiment to capture users' behavior in pointing tasks. Thirty participants (mean age: 26.6 years, 20 males and 10 females) were employed in this experiment. The participants performed pointing tasks for four distances from display (1m, 2m, 3m, and 4m) and thirty-four target locations. We measured movement angle, task completion time, and mean angular velocity. **Results:** The distance did not affect the angular performance in terms of movement angle, task completion time and mean angular velocity. **Conclusion:** The distance from display does not affect human angular performance in distal pointing tasks. **Application:** The results of this paper might be used as a basic resource to understand user's natural behavior for 3D pointing tasks.

Keywords: Distal pointing task; distance to display; large display

## 1. Introduction

기술의 발전과 가격 저하로 인해 대형 디스플레이의 사용이 증가하고 있으며 (Kaviani et al., 2009; Ni et al., 2006; Tan et al., 2003), 이러한 대형 디스플레이와의 3차원 인터랙션 (3D interaction) 또한 보편화 되어가고 있다 (Jauregui et al., 2012). 이에 따라 대형 디스플레이에 적합한 인터랙션 방법을 개발하는 것이 중요해지고 있다 (Jota et al., 2010; König, 2010; Ni et al., 2006).

사람들은 다양한 거리에서 대형 디스플레이와 상호작용을 할 수 있으며, 걸어 다니며 인터랙션을 할 수도 있다. 이렇듯 대형 디스플레이와 3차원 인터랙션에 있어서, 디스플레이와의 거리는 중요한 요소임에도 불구하고 (Amat and Greenstein, 1986), 디스플레이와의 거리 변화가 사용자의 수행도(performance)에 미치는 영향에 대한 연구는 이제까지

수행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는, 디스플레이와의 거리가 3차원 포인팅 작업(distal pointing task)의 수행도에 미치는 영향을 손의 이동각도(movement angle), 평균 각속도(mean angular velocity), 작업완료시간(task completion time), 각 에러 (angular error) 측면에서 분석하였다.

## 2. Method

### 2.1 Participants

실험참여자는 근골격계에 질환이 없는 오른손잡이로 한정하였다. 실험에는 총 30명(남:20명, 여:10명)에 참여하였으며, 평균 나이는 23.6세(범위: 19세~30세, 표준편차:

**Table 1.** Anthropometric dimensions of the participants (Unit: cm)

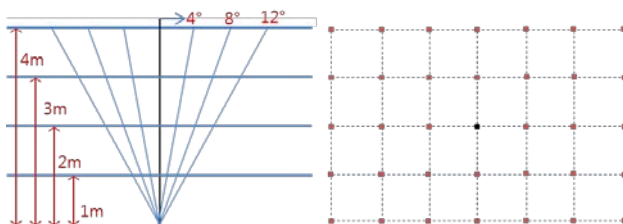
	Stature	Arm length	Eye Height	Interpupillary breadth	Biacromial breadth	Acromion height
Mean (Std)	170.35 (7.41)	73.98 (4.15)	157.93 (6.67)	6.39 (0.46)	40.88 (2.89)	139.59 (6.24)
Maximum value	182.30	84.00	168.10	7.50	45.00	154.10
Minimum value	149.70	61.20	138.90	5.50	34.00	127.00

3.4세)였다. 실험참여자 중 22명은 주사용눈이 오른 눈 이었으며, 8명은 주사용눈이 왼눈이었다. 실험참여자의 인체 치수 정보는 표 1과 같다.

## 2.2 Experimental design

독립변수는 디스플레이로부터의 거리(distance)와 타겟의 위치(target location)이다. 디스플레이로부터의 거리는 1m, 2m, 3m, 4m의 네 수준을 가지며, 타겟의 위치는 그림 1과 같이 34개의 수준을 갖는다. 타겟의 위치는 디스플레이로부터의 거리와 관계없이 시작점(그림 1의 오른쪽 그림에서 중앙의 검은색 사각형)을 기준으로 가로와 세로로 각각 4°, 8°, 12°인 지점과, 위와 아래로 각각 4°, 8°인 곳에 위치한다.

종속변수는 손의 이동각도(movement angle), 평균 각속도(mean angular velocity), 작업완료시간(task completion time), 각에러 (angular error)를 측정하였다. 손의 이동각도는 실험참여자의 주사용눈을 기준으로, 시작점을 가리킬 때의 손가락의 위치와 타겟을 가리킬 때의 손가락의 위치 사이의 각도로 정의하였다. 작업완료시간은 시작점을 클릭할 때부터 타겟을 클릭할 때까지의 시간이다. 평균 각속도는 작업을 수행하는 동안의 각속도의 평균으로 손의 이동각도를 작업완료시간으로 나눈 값과 같다. 각에러는 실험참여자의 주사용눈과 타겟을 가리킬때의 손가락을 잇는 선과, 주사용눈과 타겟을 잇는 선 사이의 각도로 정의하였다.



**Figure 1.** Experimental conditions: 4 distances from display (left) and 34 target locations (red squares) (right).

## 2.3 Experimental setting and apparatus

실험환경은 그림 2와 같다. 동작분석시스템은 MS visual studio 2010으로 개발한 실험프로그램, 동작분석카메라 (Motion Analysis HAWK)와 20mm 크기의 마커, 데스크탑

컴퓨터(Windows 7), 입력기기인 포인터 (X-pointer XP 14BA120657)로 구성된다. 또한 114인치 (2.33m×1.74m) 스크린과 단초점 빔프로젝터 (Panasonic PT-CW331R, 1280×800 px)를 사용하였다.

## 2.4 Task and procedure

실험참여자들은 그림 2와 같이 오른손으로 포인팅 작업을 수행하였으며, 작업의 시작과 끝은 왼손에 쥔 포인터의 버튼을 클릭하도록 하였다. 또한 가장 자연스럽게 시작점과 끝점을 포인팅하도록 지시하였다. 자연스러운 손의 움직임과 실험참여자들이 인지한 타겟의 위치를 얻기 위하여 화면상 커서를 제공하지 않았다. 실험참여자들은 총 408번(타겟의 위치(34 수준)×디스플레이로부터의 거리(4 수준)×3회 반복)의 포인팅 작업을 수행하였다.



**Figure 2.** Experimental environment for distal pointing.

## 3. □ Results

디스플레이와의 거리가 3차원 포인팅 작업(distal pointing task)의 수행도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 분산분석(ANOVA)를 수행하였다. 그 결과, 디스플레이와의 거리는 손의 이동각도( $F(3,87)=0.69, p=0.5592$ ), 작업완료시간( $F(3,87)=0.57, p=0.634$ ), 평균 각속도( $F(3,87)=1.58, p=0.1993$ )에 영향을 미치지 않았다.

각에러에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 ( $F(3,87)=12.98, p<.0001$ ). 디스플레이와의 거리가 1m일 때의 각에러는 2.35° 으로 2m (3.63°), 3m (3.41°), 4m (3.75°)에서의 각에러보다 작게 나타났다.

## 4. Discussion and Conclusion

본 연구에서는 디스플레이와의 거리가 3차원 포인팅 작업(distal pointing task)의 수행도에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 디스플레이와의 거리는 각에러를 제외한 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 각 에러의 경우 디스플레이와의 거리가 1m일 때만 작게 나타났는데, 이는 가까이에서 포인팅 작업을 수행하는 경우 터치패드를 사용하듯이 정확하게 타겟을 포인팅할 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구 결과, 3차원 포인팅 작업 수행 시, 사용자는 디스플레이와의 거리와 관계없이 유사한 손의 행동패턴을 보인다는 것을 알 수 있었다. 본 연구는 3차원 포인팅 작업 수행 시 사용자의 행동패턴을 파악할 수 있는 기초 자료로 활용 가능하며, 더 나아가 디스플레이와의 거리와 상관없이 다양한 거리에서 사용할 수 있는 3차원 포인팅 인터페이스를 개발하는데 사용될 수 있을 것이다.

## References

- Arnaut, L.Y. and Greenstein, J.S. Optimizing the touch tablet: The effects of control-display gain and method of cursor control. *Human Factors*, 28(6), 717-726, 1986.
- Jauregui, D.A.G., Argelaguet, F., and Lecuyer, A. Design and evaluation of 3D cursors and motion parallax for the exploration of desktop virtual environments. *3D User Interfaces (March 2012)*, 69-76, 2012.
- Jota, R., Nacenta, M.A., Jorge, J.A., Carpendale, S. and Greenberg, S. A Comparison of Ray Pointing Techniques for Very Large Displays. *Proceedings - Graphics Interface*, 269-276, 2010.
- Kaviani, N., Finke, M., Fels, S., Lea, R. and Wang, H. What goes where? Designing interactive large public display applications for mobile device interaction. *Proceedings of the ACM ICIMCS'09*, November 23-25, 2009, Kunming, Yunnan, China, 2009.
- König, W.A. Design and evaluation of novel input devices and interaction techniques for large, high-resolution displays. *Doctoral thesis*, University of Konstanz, Germany, 2010.
- Ni, T., Schmidt, G.S., Stadt, O.G., Livingston, M.A., Ball, R., May, R. A survey of large high-resolution display technologies, techniques, and applications. *Proceedings - IEEE Virtual Reality 2006*, art. no. 1624068, pp. 31, 2006.
- Tan, D.S., Gergle, D., Scupelli, P.G. and Pausch, R. With similar visual angles, larger displays improve spatial performance. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 217-224, 2003.

## Author listings

**Heejin Kim:** gimigimi@postech.ac.kr

**Highest degree:** B.S, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

**Position title:** PhD candidate, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

**Areas of interest:** User Experience Design, Universal Design, HCI

**Seungjae Oh:** oreo329@postech.ac.kr

**Highest degree:** BS, Electronic and Electrical Engineering, POSTECH

**Position title:** Graduate student, Department of Creative IT Engineering, POSTECH

**Areas of interest:** Gesture interface, large display interaction, novel sensing technology, spatial user interface, computers in education

**Sung H. Han:** shan@postech.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Ind. & Sys. Eng. Dept., Virginia Polytechnic Institute & State University

**Position title:** Professor, Dep. of Ind. Mgmt. & Eng., POSTECH

**Areas of interest:** Human-Computer Interaction, Usability Engineering, Affective Product/Service Design, Intelligent User Interfaces, User Experience, Context Aware

**Min. K Chung:** deermin@nrf.re.kr

**Highest degree:** PhD, Industrial and Operations Engineering, University of Michigan

**Position title:** President, National Research Foundation of Korea (NRF)

**Areas of interest:** Universal Design, Occupational Biomechanics, Applied Statistics and Design of Experiments