

디스플레이 크기에 따른 마우스와 위모트 인터랙션 평가와 분석*

김민영[○], 문형태^{*}, 조용주^{**}, 박경신^{***}

상명대학교 컴퓨터과학과[○], (주)엠플러스^{*}, 상명대학교 디지털미디어학부^{**},
단국대학교 멀티미디어공학과^{***}

pupleshine@gmail.com, moonsgoms@hotmail.com, ycho@smu.ac.kr,
kpark@dankook.ac.kr

Evaluation and Analysis of Mouse and Wiimote Interaction According to Display Sizes

Minyoung Kim[○], Hyungtae Moon^{*}, Yongjoo Cho^{**}, Kyoung Shin Park^{***}

Dept. of Computer Science, Sangmyung University[○], Mplus Inc^{*}, Division of Digital Media, Sangmyung University^{**}, Dept. of Multimedia Engineering, Dankook University^{***}

요 약

최근 모션 센서 기반의 무선 컨트롤러 위모트(Wiimote)와 같이 다양한 인터페이스들이 등장하면서 기존의 전통적 사용자 인터페이스인 마우스, 키보드, 조이스틱과는 다른 새로운 경험을 제공하고 있다. 또한 기술의 발전으로 디스플레이 장치는 점차 고화질 및 대형화 되어가고 있으며, 타일드 디스플레이도 여러 곳에 활용되고 있다. 그러나 대형화면을 위한 새로운 인터랙션용 장비들이 새롭게 개발되고는 있지만, 타일드 디스플레이와 같은 대형 화면에서의 사용자 인터랙션의 효율성에 대한 분석 연구는 부족한 실정이다. 본 논문에서는 4개의 다양한 화면 크기와 해상도를 가진 디스플레이들이 마우스와 위모트 사용자 인터랙션에 미치는 영향에 대해 살펴보았다.

ABSTRACT

Recently there are various innovative user interfaces such as a wireless motion controller Wiimote appeared to give a new user experience which is different from the traditional devices like a joystick, mouse, or keyboard. With the advent of technologies, display devices become larger and larger in screen size and offer high-resolutions, and tiled display systems are also used in various applications. Although there are some efforts on investigating new interfaces developed for the large screen, there are a few studies conducted on user interaction on large displays such as tiled display. In this paper, we present a study evaluating and analyzing the effects of mouse or Wiimote user interactions on four different kinds of displays with various sizes and resolutions.

Keyword : User Interaction, Display Size, Screen Resolution, Mouse, Wiimote

접수일자 : 2010년 02월 08일, 심사완료 : 2010년 03월 15일

교신저자: 박경신

* 본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 2009 문화콘텐츠산업기술지원사업의 수행결과임.

1. 서론

최근 디스플레이 장치들이 점점 고해상도에 대
형화 되어가고 있으며, 이에 따라 기존의 PC 컴퓨
터용 키보드나 마우스 입력장치에서 벗어나 멀티
터치나 모션센서와 같이 다양한 NUI (Natural
User Interface)들이 개발되고 있다[1]. 마이크로소
프트사의 나탈 (Natal) 프로젝트는 모니터 앞에서
3D 카메라를 설치해 사람의 동작 전체를 인식해서
움직이는 기술이다[2]. 닌텐도사의 위 게임기용 무
선 컨트롤러 위모트(Wiimote)도 이러한 NUI의 일
종으로, 저렴하고 직관적인 사용자 인터페이스이다.
이것은 블루투스를 이용하여 컴퓨터와 연결함으로
써 3차원 공중 마우스처럼 쉽게 사용할 수 있다.

타일드 디스플레이와 같은 고해상도 대형 디스
플레이에서는 기존의 단일 데스크탑 컴퓨터에서 전
통적 인터페이스인 키보드나 마우스를 사용하여 인
터랙션 하는 것과는 차별화된 입력 방식이 요구된
다. 무엇보다 사용자들에게 한 눈에 모든 화면이
다 들어오지 못할 만큼 시야각이 넓어지고 넓은
화면에서 기존의 마우스를 사용하여 포인터를 움직
이기에 다소 불편한 점이 있다[3,4]. 현재 이러한
대형 디스플레이에서 다양한 인터랙션 방법이 연구
중이긴 하나, 펜 같은 포인팅 장치나 멀티 터치 방
식의 인터페이스에 관한 연구가 주류를 이루고 있
다[5,6,7]. 또한 모션 센서나 위모트를 이용한 연구
들과[8,9] 카메라를 이용한 인터랙션 방법들도 있
다[10,11].

우리는 앞으로 게임분야나 공공 정보 디스플레
이 등에서 고해상도 대형 디스플레이의 사용이 좀
더 보편화될 것으로 예측하고 있다. 그런데 현재
다양한 인터페이스 장치들이 개발되고 있지만, 아
직까지 사용자 인터랙션의 효율성에 대한 충분한
분석 연구가 이뤄지지 않고 있다. 이에 따라 본 연
구에서는 디스플레이의 화면 크기와 해상도가 사용
자 인터랙션에 미치는 영향을 살펴보고자 서로 다
른 화면 크기와 해상도를 가진 디스플레이를 선택
하여 마우스와 위모트 포인팅 장치로 목표물을 클

릭하는 사용성 평가 실험을 수행하였다.

본 실험에서는 6명의 피실험자들이 마우스와 위
모트 장치를 사용하여 24인치 모니터, 50인치 모니
터, 2x2 타일드 디스플레이, 4x3 타일드 디스플레
이에서의 사용자 인터랙션 테스트에 참가하였다.
각 피실험자들마다 총 12개의 타겟을 빠르고 정확
하게 이동하여 클릭하도록 하였으며, 각 타겟마다
3번씩 실험을 반복하여 수행한 시간과 정확도에
대한 측정 결과를 얻었다. 실험을 통해 얻어진 자
료들을 분석한 결과, 디스플레이의 크기가 커질수
록 마우스는 목표 지점에 도달하는 시간이 더 늘
어나게 된 반면, 위모트는 디스플레이의 크기에 대
해 크게 영향을 받지 않는 것을 발견하였다. 그러나
반대로 오차의 경우에는 마우스가 위모트에 비하여
월등히 낮은 측정치를 보이는 것을 확인하였다.

본 논문에서는 2장을 통하여 연구 방법에 관한
자세한 설명을 한다. 그리고 3장에서는 그에 대한
결과 분석 내용을 서술하고, 마지막으로 4장에서
토론과 결론 및 향후 연구 방향에 대해 논한다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

본 실험에는 상명대학교 대학원 컴퓨터 과학과
학생들 총 6명이 참여하였다. 대부분의 피실험자들
은 데스크탑 윈도우 OS 컴퓨터를 하루에 5시간
이상씩 사용하고 있었다. 그러나 모든 피험자들은
위모트를 사용해본 경험이 한 번도 없었다. 피실험
자들이 하루에 5시간 이상씩 컴퓨터를 사용하고
있기 때문에 마우스에 대한 최적화된 훈련도를 갖
는다고 가정하고, 위모트에 대한 비슷한 숙련도를
가지기 위하여 본 실험하기 전에 사전 설명과 자
율적으로 어느 정도 익숙해졌다는 느낌을 갖게 될
때까지 약 5분 동안 위모트 사용에 대한 연습을
할 수 있도록 하였다.

2.2 실험 환경



[그림 1] 실험에서 사용된 마우스(왼쪽)와 위모트(오른쪽) 인터페이스

[그림 1]에서 보이는 실험에 사용된 입력 장치는 로지텍사의 광마우스(LogiTech Optical Mouse)와 위모트이다. 그리고 실험 변인의 최소화를 위하여 두 입력장치의 신호 입력 대비 이동비율을 동일하게 80으로 고정시켜 통제하였다. 즉 외부 인터페이스에서 인터랙션 신호가 한번 들어오면 이 신호에 대응되는 이동 픽셀 수를 고정시켜 한 신호 당 같은 거리를 이동하도록 제한한 것이다.

위모트에는 3축 액셀로미터(Accelerometer) 모션 센서와 적외선 카메라(Infrared Camera)가 들어있고, 적외선 센서바(Sensor Bar)를 이용하여 디스플레이 장치에서 위모트의 마우스 위치 값을 획득할 수 있다. 본 실험에서는 WiinRemote 프로그램[12]을 이용하여 위모트의 입력 값을 윈도우즈 PC의 마우스 입력으로 맵핑하여 사용하였다. 이 프로그램은 모션 센서와 IR 센서 방식을 모두 지원한다. 그러나 모션 센서 방식은 상하 이동 시에 위 아래로 원하는 방향을 향해 장치를 움직여 조작 할 수 있는 반면에, 좌우 이동을 위해서는 사용자가 위모트를 비틀어 회전시켜야하므로 마우스 포인팅에 적용하기에 매우 힘들다는 문제가 있다. 따라서 본 실험에서는 IR 센서 방식으로 위모트를 조작하여 마우스 포인팅을 수행하도록 하였다.



[그림 2] 실험에서 사용된 디스플레이: 24인치 모니터(왼쪽 상단), 50인치 모니터(오른쪽 상단), 2x2 타일드 디스플레이(왼쪽 하단), 4x3 타일드 디스플레이(오른쪽 하단)

[그림 2]에서 보인 것과 같이, 본 실험에서 사용된 디스플레이 장치로는 24인치 LCD 모니터, 50인치 DLP 모니터, 20인치 2x2 LCD 타일드 디스플레이, 24인치 4x3 LCD 타일드 디스플레이가 있다. 24인치 모니터는 삼성 SyncMaster 244Ts 모델로 1920x1200 해상도를 갖는다. 50인치 모니터는 1920x1080 해상도를 지원하는 삼성 HLT5087 SAX 50-Inch Slim LED Engine 1080p DLP HDTV이다. 2x2 타일드 디스플레이는 LG FLATRON Wide 모델의 20인치 LCD 모니터 4대를 사용하여 3300x2100 해상도를 제공한다. 4x3 타일드 디스플레이는 삼성 SyncMaster 245B 모델의 24인치 LCD 모니터 12대로 구축되었으며, 7680x3600의 초고해상도 환경을 지원한다.

[표 1]은 본 실험에서 사용된 디스플레이들의 해상도와 크기를 정리하여 보여주고 있다. 이 표를 통하여, 50인치 모니터의 경우에 24인치 모니터와 비교하여 해상도는 거의 유사하나 화면의 크기가 약 2배정도 더 커지는 것을 알 수 있다. 반면 50인치 모니터를 2x2 타일드 디스플레이와 비교한 경우에는 화면의 크기가 흡사하나 해상도는 약 2배정도 증가하는 것을 발견할 수 있다. 그리고 2x2 타일드 디스플레이에 비하여 4x3 타일드 디스플레이의 경우에는 해상도와 화면의 크기가 모두 약 2~2.5배 이상의 커지는 것이 확인된다.

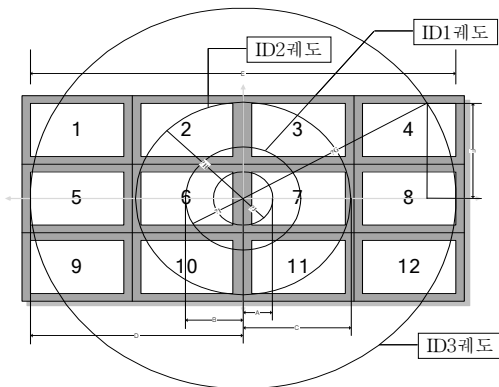
[표 1] 본 실험에서 사용된 디스플레이 사양

	해상도 (가로 x 세로 pixel)	크기 (가로 x 세로 cm)
24인치 모니터	1920 x 1200	55.5 x 36.5
50인치 모니터	1920 x 1080	110.5 x 62
2x2 타일드 디스플레이	3360 x 2100	93 x 60
4x3 타일드 디스플레이	7680 x 3600	223 x 110

2.3 실험 설계

본 실험에서는 디스플레이 크기에 따른 마우스와 위모트 인터페이스의 사용성을 비교 평가하고자 피츠의 법칙(Fitts' Law)을 사용하였다[13]. 피츠의 법칙은 과제 난이도에 따른 동작 시간을 정량적으로 평가할 수 있는 지표로써, 본 실험에서는 컴퓨터 화면에서 두 지점 간에 커서를 이동하고 클릭하는 일을 평가하기 위해 널리 쓰이는 (식 1)을 활용하였다. 과제의 난이도는 총 3 단계로써, 목표(즉, 타겟)의 크기는 모든 조건에 동일하게 일정한 50 픽셀(약 7.5cm)을 사용하였다. 그리고 시작 지점과 목표 지점까지의 거리를 ID1, ID2, ID3의 3단계로 나누어 구성하였다.

$$MT = a + b \cdot ID, \text{ where } ID = \log_2 \left(\frac{D}{W} + 1 \right) \quad (\text{식 1})$$



[그림 3] 화면에 타겟 위치 선정을 위한 설계

[그림 3]은 디스플레이 화면에 나타나는 12개의 목표 지점 선정을 위한 설계도를 보여주고 있다. 시작 지점에서부터 목표 지점까지 거리 ID1, ID2, ID3은 모니터의 해상도와 대각선 각도를 고려하여 삼각함수를 이용해 계산하였고, 각 거리 마다 목표 지점의 위치는 4개의 방향으로 지정하였다. 모니터를 가로축으로 4등분, 세로축으로 3등분 한 다음에 전체 가로의 길이를 제일 큰 원의 지름이라 가정했다. 그리고 중심점에서 제일 큰 원까지의 길이를 계산하여 거리 ID1, ID2, ID3를 구했다. 또한 수평과 수직 방향으로 타겟이 위치하게 되면 한 축으로만 값을 갖게 되기 때문에 중심점에서 모니터의 모서리까지의 각(약 25도)을 구하고, 그 안쪽의 모니터에도 똑같이 각을 구하여 영역의 호 안에 타겟을 배치하였다. [표 2]는 이와 같이 계산되어 디스플레이마다 적용된 과제의 난이도 거리 ID1, ID2, ID3를 나타낸다.

[표 2] 각 디스플레이마다 타겟의 거리 ID1, ID2, ID3 (pixel)

	ID1	ID2	ID3
24인치 모니터	283	566	849
50인치 모니터	283	566	849
2x2 타일드 디스플레이	488	977	1466
4x3 타일드 디스플레이	1060	2120	3180

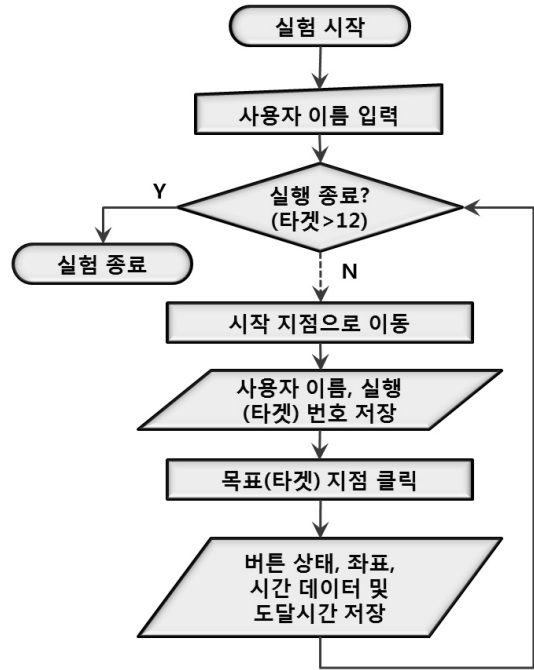
본 실험은 피실험자들이 마우스와 위모트를 사용하여 시작 지점에서 목표 지점까지 얼마나 빠르고 정확하게 이동하여 타겟을 클릭 했는지를 알아보는 실험이다. 사용된 타겟의 총 개수는 12개이고 각 타겟마다 3번씩 실험을 반복하여 수행 시간과 정확도에 대한 측정 결과를 얻어내었다. 실험은 2일 단위로 간격을 두면서 24인치 모니터를 시작으로, 50인치 모니터, 2x2 타일드 디스플레이, 그리고 4x3 타일드 디스플레이의 순서로 진행되었다. 사용자와 모니터 사이의 거리는 24인치 모니터의 경우에 85cm를 유지하였으며, 50인치 모니터와 2x2 타일드 디스플레이에서는 1.2m의 간격을, 그리고

4x3 타일드 디스플레이에서는 4m의 간격을 유지하였다. 모니터마다 상이한 거리를 유지해야 하는 이유는 사용자가 모니터를 한 번에 주시할 수 있는 거리(FOV: Field-Of-View)와 위모트 적외선 센서바의 특징을 고려해야 하기 때문이었다.

2.4 실험 과정

실험을 시작하기에 앞서 우선 피실험자들에게 실험의 목적과 방법 등에 대한 간략한 개요를 설명하고 동시에 실험 참가에 대한 동의를 받아내는 과정을 거쳤다. 그리고 각 피실험자마다 먼저 위모트에 대한 적응훈련을 약 5분간 실시하도록 한 후에 본격적인 실험을 진행하였다. 실험은 먼저 마우스를 사용하여 12개의 타겟을 개당 3번씩 포인팅하도록 반복시킨 후에 5분간의 휴식을 취하고, 다시 위모트를 사용하여 동일한 실험을 전개하는 방식으로 이뤄졌다. 본 실험에는 6명의 피실험자가 참여하였으며, 결과적으로 총 432개(12개의 타겟 x 실험횟수 3회 x 2개의 장치 x 6명)의 데이터가 수집되었다. 여기서 실험 결과를 얻기 위해 하나의 타겟당 이뤄진 인터랙션 시도는 총 72회이다.

실험 과정에서 피험자들이 범할 수 있는 에러는 3가지로 구분될 수 있다. 하나는 타겟을 클릭하지 못하고 다른 공간을 클릭하는 경우이다. 본 실험에서는 이러한 에러는 관측되지 않았다. 다음으로 타겟을 지나친 후 다시 타겟으로 돌아와서 클릭하는 경우이다. 이 경우는 피츠의 범칙에서 정의된 호밍(Homing)과정으로 에러로 분류하지 않았다. 다른 한 가지는 경로를 벗어나는 것인데, 본 실험에서는 특정한 이동 경로를 제시하지 않고 피험자들마다 자신이 선택한 최적의 경로를 따라 타겟을 찾아가게끔 자유도를 제공하였다.



[그림 4] 사용성 평가 프로그램 순서도

[그림 4]는 본 실험에서 사용한 사용성 평가 프로그램의 순서도를 보여주고 있다. 이 프로그램은 설정 파일에서 화면의 크기와 실험 횟수 및 각 타겟의 좌표를 지정할 수 있도록 개발되었다. 프로그램이 수행되면 먼저 피실험자의 이름을 입력 받은 후에 대기 모드로 진입하게 된다. 이 상태에서 사용자의 마우스 입력은 제한되는데, 이것은 매 실험의 시작 시에 마우스 커서 시작 위치를 디스플레이 중심으로 초기화(시작 지점으로 이동)한 후에 실험을 진행하기 위함이다. 대기 모드에서 엔터키를 누르면 실험이 시작되면서 사용자의 입력 장치로 매핑된 마우스 커서의 움직임이 활성화된다. 이때 사용자 이름과 실행 번호(즉, 타겟 번호)가 저장된다.

그리고 사용자가 시작 지점으로 이동된 커서를 목표 지점(타겟)으로 옮겨서 클릭할 때까지 버튼 상태와 마우스 이동 좌표 및 최종 도달시간 등의 각종 데이터가 기록된다. 목표 지점을 클릭하는 것은 하나의 실험 세트에 대한 완료를 의미하며, 프

로그래머는 이러한 실험의 횟수를 확인하여 타겟을 유지하거나 변경한 상태로 반복 실험을 수행할 것인지 실험을 종료할 것인지를 판단한다. 이런 방법으로 12개의 타겟에 대한 실험이 끝나면 프로그램이 종료하게 된다. 그리고 실험에 대한 측정 결과가 파일로 저장된다. 파일명은 앞에서 주어진 사용자 이름과 타겟 번호, 실험 횟수 등이 차례로 기술된 형태로 지정되며, 하나의 타겟 당 1개의 텍스트 파일이 생성된다. 여기에 최종적으로 저장되는 데이터 값의 형식은 1 msec마다 측정된 마우스의 (X, Y) 좌표이다.

2.5 실험 평가

피트의 법칙 기준으로 하여, 타겟에 도달한 시간과 타겟과 클릭한 지점 사이의 오차 거리에 대한 실험 평가를 진행하였다. 그리고 피실험자의 커서 이동의 궤도와 속도 등과 같은 행동패턴 분석을 위하여 1msec 당 커서가 움직인 좌표에 대한 자료를 활용하였다. 본 실험의 평가 분석에 사용한 평가 방법은 도달시간, 오차, 순간 최대 속도이다. 목표 지점 도달시간은 피실험자가 커서를 움직여 목표 지점까지 도달하는데 걸린 시간 (단위: msec)이다. 목표 지점과 클릭한 지점 사이의 오차는 타겟의 중심점과 피실험자가 클릭한 지점까지의 오차 거리(단위: pixel)를 의미한다. 순간 최대 속도란 피실험자가 커서를 움직여서 목표지점까지 가는 동안에 1 msec 당 발생한 커서의 이동 픽셀(단위: pixel/msec)을 나타낸다. 4가지 디스플레이 간에 도달 시간, 오차, 순간 최대 속도의 각 평균 비교를 위해서는 일원분산분석(One-way ANOVA) 기법이 사용되었다.

3. 연구 결과

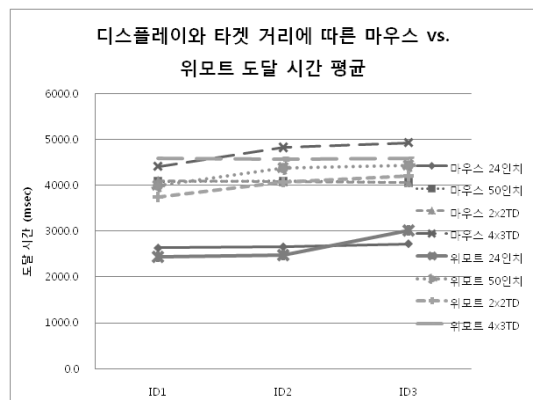
3.1 타겟 거리별 도달 시간 평균

각 디스플레이(24인치 모니터, 50인치 모니터,

2x2 타일드 디스플레이, 4x3 타일드 디스플레이)에 타겟의 거리 (ID1, ID2, ID3)에 따른 마우스와 위모트를 사용했을 시의 타겟에 도달한 시간(msec 단위)을 분석하였다. 도달 시간은 모든 디스플레이에 걸쳐 전반적으로 마우스나 위모트 간에 큰 차이를 나타내지 않았다. 그리고 마우스와 위모트 입력 장치의 모든 경우에서 디스플레이의 해상도보다는 화면의 크기에 더 영향을 받아서 도달 시간이 증가하였다. [표 3]과 [그림 5]는 각 디스플레이 간에 마우스와 위모트 사용 시의 도달 시간의 평균(msec)을 보여준다.

[표 3] 디스플레이와 타겟 거리별 마우스 vs. 위모트 도달 시간 평균 (msec)

		ID1	ID2	ID3	평균
마 우 스	24"	2630.8	2655.9	2724.9	2670.5
	50"	4079.8	4090.0	4062.4	4077.4
	2x2	4094.5	4071.9	4051.9	4072.8
	4x3	4406.6	4822.6	4927.8	4719.0
					3884.9
위 모 트	24"	2429.9	2472.5	3015.1	2639.2
	50"	3991.9	4375.8	4425.1	4264.3
	2x2	3733.5	4075.8	4198.9	4002.7
	4x3	4584.3	4563.9	4589.3	4579.2
					3871.3



[그림 5] 디스플레이와 타겟 거리별 마우스 vs. 위모트 도달 시간 평균(msec)

여기서는 해상도와 크기가 다른 4가지 디스플레이 간에서 피실험자들의 타겟에 대한 도달 시간에 차이가 있는지를 분석하기 위하여 마우스와 위모트의 각 경우에 대하여 일원분산분석을 적용하였다. 그 결과, 마우스의 경우에는 50인치 모니터의 도달 시간 평균 4.0774초와 2x2 타일드 디스플레이의 도달 시간 평균 4.0728초 사이에 유의미한 차이가 없게 나타났고, 그 외에 다른 모니터들 간에는 도달 시간에 차이가 있는 것으로 분석되었다. 또한 4x3 타일드 디스플레이에서만 타겟 거리(ID1, ID2, ID3)에 따른 도달 시간이 4.44066초, 4.8226초, 4.9278초로써 점차 증가한 것으로 관찰되었다.

위모트의 경우에는 ANOVA 분석에서 모든 모니터들 사이의 도달 시간에 약간의 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그리고 마우스와는 반대로, 4x3 타일드 디스플레이에서만 타겟 거리(ID1, ID2, ID3)에 따른 도달 시간이 4.5843초, 4.5639초, 4.5893초로써 증가 없이 비슷한 것을 알 수 있었다. 또한 다른 디스플레이들의 경우에는 타겟 거리에 따라 도달시간에 약간의 증가가 있는 것을 발견할 수 있었다.

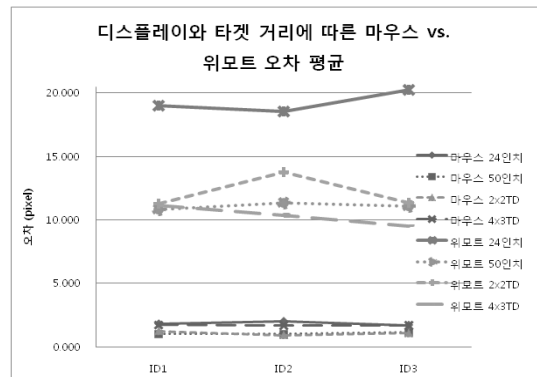
3.2 타겟과 클릭한 지점과의 오차 거리

각 디스플레이에서 타겟의 거리에 따른 마우스와 위모트를 사용했을 시의 오차 거리(pixel 단위)를 분석하였다. 오차 거리는 피실험자가 타겟을 인지한 후에 입력 장치로 클릭한 지점과 실제 타겟이 위치한 목표 지점간의 픽셀 거리이다. 마우스와 위모트의 경우를 비교했을 때, 전반적인 오차 거리는 마우스의 전체 평균 1.418 픽셀과 위모트의 전체 평균 13.205 픽셀로써 두 인터페이스 간에 큰 차이를 보였다. 그리고 디스플레이나 타겟의 거리와는 상관없이 오차의 범위는 비슷하게 나타났다. 또한 다른 디스플레이와는 달리, 24인치 모니터에서는 마우스와 위모트의 모든 경우에서 오차가 더 높게 나타나는 것을 발견하였다. 그리고 위모트의 경우에는 디스플레이의 크기가 증가함에 따라 오차의 평균이 점차 낮아졌으며, 오차 거리가 타겟의

크기인 50 픽셀을 벗어나지 않았다. [표 4]와 [그림 6]은 입력장치와 디스플레이 간의 오차 거리에 대한 평균을 보여준다.

[표 4] 디스플레이와 타겟 거리별 마우스 vs. 위모트 오차 거리 평균 (pixel)

		ID1	ID2	ID3	평균
마 우 스	24"	1.811	2.010	1.705	1.842
	50"	1.000	1.014	1.139	1.051
	2x2	1.250	0.917	1.083	1.083
	4x3	1.722	1.681	1.681	1.694
					1.418
위 모 트	24"	19.021	18.516	20.261	19.266
	50"	10.819	11.361	11.111	11.097
	2x2	11.250	13.736	11.361	12.116
	4x3	11.125	10.375	9.528	10.343
					13.205



[그림 6] 디스플레이와 타겟 거리별 마우스 vs. 위모트 오차 평균 (pixel)

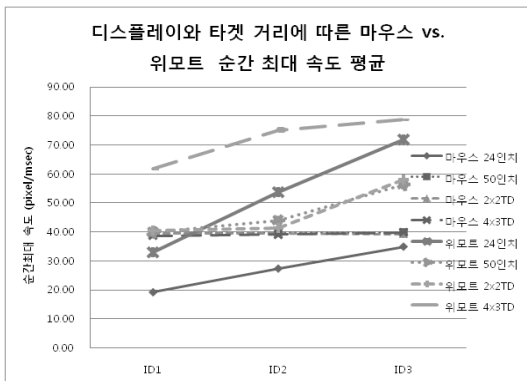
3.3 순간 최대 속도

각 디스플레이에서 타겟의 거리에 따른 마우스와 위모트를 사용했을 시의 순간 최대 속도를 분석하였다. 전반적인 분석 결과, 마우스의 경우에는 24인치 모니터를 제외한 다른 모든 디스플레이들에서 순간 최대 속도가 평균 약 40 pixel/msec의 임계치를 넘지 못하는 현상을 관찰했다. 이와 달리, 위모트의 경우에는 디스플레이의 크기가 증가함에 따라 순간 최대 속도가 함께 계속해서 증가하는

특징을 발견했다. 특히 위모트를 사용한 4x3 타일드 디스플레이의 인터랙션의 경우, 순간 최대 속도의 평균이 71.88 pixel/msec로 나타났다. [표 5]와 [그림 7]은 입력장치와 디스플레이 간의 순간 최대 속도에 대한 평균을 보여준다.

[표 5] 디스플레이와 타겟 거리별 마우스 vs. 위모트 순간 최대 속도 평균 (pixel/msec)

		ID1	ID2	ID3	평균
마 우 스	24"	19.25	27.35	34.85	27.14
	50"	39.44	39.81	39.81	39.68
	2x2	39.54	39.60	39.28	39.47
	4x3	38.64	39.06	39.86	39.18
					36.37
위 모 트	24"	32.99	53.65	71.99	52.88
	50"	39.89	43.92	56.24	46.68
	2x2	40.53	41.46	58.11	46.70
	4x3	61.81	75.13	78.71	71.88
					54.53



[그림 7] 디스플레이와 타겟 거리별 마우스 vs. 위모트 순간 최대 속도 평균 (pixel/msec)

마우스의 경우는 24인치 모니터에서만 타겟의 거리 (ID1, ID2, ID3)에 따른 순간 최대 속도가 일정하게 증가하는 모습을 보였으며, 다른 디스플레이들에서는 타겟의 거리에 상관없이 순간 최대 속도가 모두 비슷하게 나타나 한계에 이른 것으로 판단되었다. 그런데 각 디스플레이 간에 입력 장치를 이용한 커서 이동의 순간 최대 속도에 차이가 있는지를 분석하기 위한 일원분산분석의 결과, 마

우스의 순간 최대 속도가 한계에 이르렀음에도 불구하고 50인치 모니터와 2x2 타일드 디스플레이에서는 타겟의 거리에 상관없이 도달 시간의 차이가 없는 반면에 4x3 타일드 디스플레이에서는 타겟 별로 도달 시간에 유의미한 차이가 관찰되었다. 이는 피실험자들의 시야각에서 타겟이 벗어나 있어서 탐색 시간이 길어지거나 마우스 커서를 놓쳤을 경우에 재탐색에 요구되는 시간이 늘어나는 등의 문제가 총체적으로 영향을 미친 것으로 보인다.

반면 위모트의 경우는 순간 최대 속도가 마우스를 사용했을 때의 임계치인 40 pixel/msec을 넘어서, 디스플레이 별로 타겟의 거리가 증가하는 것에 따라 순간 최대 속도가 최고 80 pixel/msec까지 지속적으로 함께 증가하는 것으로 나타났다. 이처럼 피실험자들은 위모트 인터페이스를 사용할 때, 제한 없이 순간 최대 속도를 디스플레이 크기에 비례하여 직관적으로 끌어 올림으로써 도달 시간을 줄일 수 있었을 것으로 분석된다.

4. 토의 및 결론

피츠의 법칙에 의하면 목표물의 크기가 작아질수록 속도와 정확도가 나빠지고 목표물과의 거리가 멀어질수록 도달하는데 걸리는 시간이 일정한 기울기를 가지고 더 길어진다. 이에 따라서 피실험자들에게 익숙한 마우스의 경우에는 디스플레이의 해상도 증가에 따라 이동해야 하는 픽셀수가 증가함으로써 타겟의 거리 증가에 따라 걸리는 시간이 일정한 비율로 증가할 것을 예상할 수 있다. 즉, 24인치 모니터와 50인치 모니터는 비슷한 결과를 보이고, 2x2 타일드 디스플레이에서는 24인치 모니터에 비해 약 2배정도 도달 시간이 늘어나며, 4x3 타일드 디스플레이에서는 24인치 모니터에 비해 약 3~4 배 정도 도달시간이 늘어난다는 것이 예측 가능하다. 그러나 실제 실험을 해 본 결과, 해상도는 높으나 화면의 크기가 비슷한 50인치 모니터와 2x2 타일드 디스플레이의 경우에 도달시간이

서로 비슷하게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 위모트의 경우에는 24인치 모니터, 2x2 타일드 디스플레이, 50인치 모니터, 4x3 타일드 디스플레이의 순서에 따라 도달시간이 늘어나는 것을 관찰 할 수 있었다.

본 실험에서는 정확도에 영향을 미치는 변인을 통제하기 위해서 목표물의 크기를 모든 조건에서 동일하게 50 픽셀로 유지하였다. 따라서 화면의 크기가 커짐으로 인하여 시야 밖에 위치한 타겟에 대한 탐색 시간이 좀 더 오래 걸릴 것으로 보이는 4x3 타일드 디스플레이에서만 정확도가 다소 떨어질 것으로 가정하였다. 또한 피실험자들에게 익숙한 마우스가 위모트와 비교하여 정확도가 높게 나올 것으로 예상하였고, 실제 결과에서도 전반적으로 마우스가 위모트를 사용한 것보다 훨씬 작은 수치의 오차 거리를 발생시켰다. 그러나 기대한 것과는 달리, 오히려 24인치 모니터에서 마우스와 위모트의 모든 경우에 대하여 다른 디스플레이들보다 더 큰 오차 거리가 측정되었다.

타겟의 거리에 따른 순간 최대 속도의 분석 결과, 마우스의 경우에는 50인치 모니터 이상의 큰 화면에서 일정 임계치 이상의 속도를 내지 못하고 한계를 보였으나, 위모트의 경우에는 디스플레이의 크기가 커짐에 따라 함께 순간 최대 속도가 증가함을 볼 수 있었다. 이는 커서를 멀리 이동시킬 때, 이동 중에 패드의 범위를 벗어났거나 손목의 격임 정도가 최대가 되면서 마우스를 들었다 놓아야만 다시 인터랙션을 진행시킬 수 있는 마우스 조작과는 달리, 화면 전체에 대해 절대 좌표를 지정하여 사용함으로써 속도에 제한을 받지 않는 위모트의 IR 센서 조작 방식 상의 차이에 기인하는 것으로 추정되었다.

본 연구에서는 앞으로 고해상도 대형 디스플레이의 사용이 보편화될 것으로 기대하고, 이에 적합한 사용자 인터랙션을 개발하기 위한 다양한 연구가 필요하다고 보았다. 본 논문에서는 디스플레이의 화면 크기와 해상도가 사용자 인터랙션에 미치는 영향을 살펴보고자 서로 다른 화면 크기와 해상도를 가진 네 종류의 디스플레이를 선택하여, 디

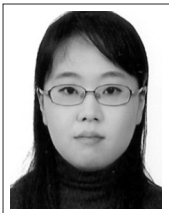
스플레이 마다 동일한 수준의 3가지 타겟의 거리를 정의하고 마우스와 위모트 인터페이스를 이용한 포인팅 인터랙션에 관한 실험을 수행하였다.

본 실험 결과를 통하여 정확도의 측면에서 대형 디스플레이에서 마우스가 위모트보다 유리하지만 도달 시간에서는 디스플레이 크기가 증가할수록 위모트의 사용이 효과적임을 알 수 있었다. 또한 도달 시간과 정확도 및 속도에 대한 전반적인 분석 결과, 마우스나 위모트를 이용한 사용자의 인터랙션이 해상도보다는 화면의 크기에 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 추후 연구에서는 동일한 해상도를 갖는 12대의 모니터로 구성된 4x3 타일드 디스플레이에서 여러 가지 크기로 화면을 구성하여, 디스플레이 크기 이외에 가의 변인을 최대한 통제된 후에 다양한 인터페이스 장치를 기반으로 대형 디스플레이에서의 사용자 인터랙션에 관한 보다 상세한 평가를 진행할 예정이다. 그리고 고해상도 대형 타일드 디스플레이에서 활용할 수 있는 마우스와 위모트의 장점을 취합한 인터페이스를 개발하고 평가할 계획이다.

참고문헌

- [1] G. Bruder, F. Steinicke, K. Hinrichs. "Arch-Explore: A Natural User Interface for Immersive Architectural Walkthroughs", In Proceedings of IEEE Symposium on 3D User Interfaces, pp. 75-82, 2009.
- [2] Project Natal, <http://www.xbox.com/en-US/live/projectnatal/>
- [3] M. Czerwinski, G. Smith, T. Regan, B. Meyers, G. Robertson, G. Starkweather, "Toward characterizing the productivity benefits of very large displays," In Proceedings of Interact, pp. 9-16, 2003.
- [4] M. Czerwinski, G. Robertson, B. Meyers, G. Smith, D. Robbins, D. Tan, "Large Display Research Overview," in Proceedings of extended abstracts on Human Factors in Computing Systems (ACM CHI), 2006.
- [5] 박준석, 박준, "LED-bar: 대형화면용 게임을

- 위한 인터랙션 툴”, 한국컴퓨터게임학회논문지, 15호, pp.49-54, 2008.
- [6] P. Peltonen, E. Kurvinen, A. Salovaara, G. Jacucci, T. Ilmonen, J. Evans, A. Oulasvirta, P. Saarikko, "It's Mine, Don't Touch!: Interactions at a Large Multi-touch Display in a City Centre," In Proceedings of Human Factors in Computing Systems (ACM CHI), pp.1285-1294, 2008.
- [7] M. Collamb, M. Hascoet, P. Bausisch, B. Lee, "Improving drag-and-drop on wall-size displays," In Proceedings of Graphical Interface, pp. 25-32, 2005.
- [8] H. Lee, H. Kim, G Gupta, A Mazalek, "WiiArts: Creating collaborative art experience with WiiRemote interaction", Proc. TEI 2008.
- [9] R. Ball, C. North, D. Bowman, "Promoting Physical Navigation to Increase User Performance with Large Displays", pp 191-200.
- [10] 김민영, 조용주, "EBITA 프레임워크를 활용한 분산 테이블탑 시스템용 게임 개발에 관한 연구", 한국게임학회논문지, 제9권, 제3호, pp. 129-138, Jun., 2009.
- [11] S. Malik, A. Ranjan, R. Balakrishnan, "Pointing: Interacting with Large Displays from a Distance with Vision-tracked Multi-finger Gestural Input," in Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 43-52, 2005.
- [12] WiinRemote, <http://onakasuita.org/wii/index.html>
- [13] I. MacKenzie, "Fitt's law as a performance model in human-computer interaction", Doctoral dissertation, Univ. of Toronto, 1991.



김민영 (Minyoung Kim)

2009년 상명대학교 디지털미디어학과 학사
2009년-현재 상명대학교 대학원 컴퓨터과학과

관심분야 : 가상현실, 인터페이스, 타일드 디스플레이



문형태 (Hyungtae Moon)

2005년 전주대학교 컴퓨터공학과 학사
2009년 상명대학교 대학원 컴퓨터과학과 석사
2009년-현재 (주)엠플러스

관심분야 : 3D 모델링, 가상현실, 인터페이스



조용주 (Yongjoo Cho)

1993년 일리노이대학 컴퓨터과학과 학사
1997년 일리노이대학 전기전자컴퓨터과학과 공학석사
2003년 일리노이대학 컴퓨터과학과 공학 박사
2004년-현재 상명대학교 디지털미디어학부 부교수

관심분야 : 가상현실, 인터랙티브 컴퓨팅, 인터랙티브 학습 환경



박경신 (Kyoung Shin Park)

1991년 덕성여자대학교 수학과 학사
1997년 일리노이대학 전기전자컴퓨터과학과 공학석사
2003년 일리노이대학 컴퓨터과학과 공학 박사
2004년 한국정보통신대학교 디지털미디어연구소 연구교수
2007년-현재 단국대학교 멀티미디어공학과 조교수

관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어 응용, 가상현실 게임, HCI, 인터랙티브 미디어