

대형 디스플레이 환경에서 입력된 마커의 좌표 값을 이용한 인터랙션 방법

박선화^{0*} 한탁돈*

*연세대학교 컴퓨터과학과

shpark@msl.yonsei.ac.kr, hantack@msl.yonsei.ac.kr

Interaction Techniques Using Coordinates of an Input Marker in Large Display Environments

Sunhwa Park^{0*} Tackdon Han*

*Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

최근 디스플레이가 대형화되고 고해상도화 되면서 단순한 정보를 보여주는 단방향 디스플레이에서 사용자가 디스플레이와 상호작용 할 수 있는 환경을 제공해주는 양방향 인터랙티브 디스플레이로 진화하고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 대형 디스플레이 환경에서 비주얼 코드를 이용하여 사용자가 편리하고 효과적으로 인터랙션 할 수 있는 방법에 초점을 맞추었다. 모바일 장치에 출력된 인터랙션 코드가 대형디스플레이 상단의 카메라에 입력되어 시스템은 마커의 좌표 값(x, y, z)을 얻게 된다. 모바일 장치의 기울임 정도를 마커의 좌표 값을 이용하여 판단하고 좌우 회전인 Pitch 동작과 상하 회전인 Yaw 동작을 디스플레이 상의 커서에 맵핑하여 모바일 장치를 기울임으로서 커서를 조작할 수 있게 된다.

1. 서 론

최근 디스플레이가 대형화되고 고해상도화 되면서 점차 대형 디스플레이의 사용이 증가되는 추세이다. 세계 디스플레이 디바이스 별 시장규모 추이 및 전망에 따르면 2003년부터 2006년까지 대형 LCD 및 PDP의 수요가 2배 이상 증가 하였다.[1] 따라서 가정이나 오피스에 국한되어 있던 사용 환경이 전시장, 가게 매장, 아웃도어 등으로 확대되고 있다. 뿐 만 아니라, 단순한 정보를 보여주는 단방향 디스플레이에서 사용자가 디스플레이와 상호작용 할 수 있는 환경을 제공해주는 양방향 인터랙티브 디스플레이로 진화하고 있다.[2]

모바일 장치를 사용한 인터랙션 방법은 사용자가 늘 휴대하기 때문에 조작이 익숙하고 편리하며 여러 대로 동시에 인터랙션 할 수 있다는 장점을 가지기 때문에 최근에는 모바일 장치를 사용한 인터랙션 방법에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 많은 단점이 존재한다. 첫 째, 하드웨어 사양이 좋지 않은 모바일 장치의 카메라를 사용하기 때문에 원거리에서의 인터랙션을 지원하지 않는다. 둘째, 사용자의 키, 팔 길이 또는 왼손 사용자와 같은 신체적 조건에 따라 디스플레이 콘텐츠 조작의 한계가 발생한다. 셋 째, 대형 디스플레이의 특성 상 다수의 사용자를 대상으로 설치되는 환경인데 모바일 기기를 움직여 대형 디스플레이의 커서를 조작할 경우, 옆 사람 때문에

조작하기 힘든 문제점이 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위하여 대형 디스플레이를 원거리에서도 신체적인 제약을 받지 않고 편안히 콘텐츠를 조작할 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 비주얼 태그를 사용하여 사용자가 편안하게 대형 디스플레이의 커서를 모바일 장치를 사용하여 조작할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 뿐 만 아니라, '선택'과 같은 인터랙션의 기능을 추가하여 사용자가 원하는 콘텐츠를 조작할 수 있도록 한다.

2. 관련연구

대형디스플레이와 사용자가 인터랙션하는 방법은 크게 네 가지로 구분 할 수 있다. 첫 째, 사용자가 디스플레이를 직접 터치하여 콘텐츠를 조작하는 터치 기반 인터랙션이 있다.[3][4] 그리고 대형 디스플레이 시스템이 사용자의 손을 인식하여, 정의된 제스처를 취하는 것을 인식하여 콘텐츠를 조작하는 손기반 인터랙션이 있다.[5][6] 셋 째, 기타 추가적인 장치를 개발하여 그 장치를 인식함으로써 콘텐츠를 조작하는 인터랙션 방법과 마지막으로 사용자가 모바일 장치를 사용하여 인터랙션하는 방법이 있다.[7][8] 최근에는 모바일 장치를 사용하는 인터랙션에 관한 연구가 많이 진행되는 추세이다.

Mobile Visual Interaction은 Nokia에서 2006년에

본 연구는 2009년도 한국과학재단의 특정기초연구(2009-8-1660)지원으로 수행되었음.

진행된 연구이다.[9] 대형 디스플레이 환경에서 카메라가 내장된 모바일 기기를 이용하여 포인팅을 가능하게 해주는 시스템을 제안하였다. 모바일 기기의 카메라를 블루투스 주소가 인코딩된 커백션 패턴에 포인팅하면 디코딩 과정을 거쳐 대형 디스플레이와 연결된 호스트 컴퓨터와 모바일 기기를 블루투스로 연결하게 된다. 모바일 기기의 카메라로 비춘 화면에 커백션 패턴을 위치시켜 카메라가 포인팅하고 있는 영역의 정중앙의 위치를 계산하여 그 위치에 포인터를 위치시켜 커서를 조작한다.

Sweep and Point & Shoot는 독일의 RWTH Aachen University에서 2005년에 두 가지 인터랙션 방법을 제안하는 연구이다.[10] Sweep 인터랙션은 손으로 모바일 장치를 움직이면 모바일 카메라 영상의 Optical Flow가 분석되고 이를 이용해서 커서를 제어한다. 사용자가 다양한 자유도를 가지는 옵티컬 마우스처럼 폰을 사용하게 하고 디스플레이에 카메라를 포인트 할 필요 없이 사용자가 인터랙션 할 수 있게 한다. Point & Shoot 인터랙션은 디스플레이 상의 객체를 선택하는 기술이다. 사용자는 모바일 기기의 카메라를 대형 디스플레이 상의 원하는 객체를 비추어 "point"하고, 조이스틱을 눌러 "shoot"하게 된다. 조이스틱을 누름으로서 선택이 완료되어 선택된 객체가 디스플레이에 띄워진다.

Interaction Techniques in Large Display Environments은 2006년에 뉴질랜드의 HitLab에서 진행된 연구이다.[11] 각각의 객체들에 마커들이 지정되어 있고, 마커가 객체 역할을 한다. 마커 트래킹을 통해서 카메라의 정중앙에 객체가 위치하도록 하고 선택 버튼을 누르기만 하면 객체를 선택할 수 있다. 선택 버튼을 누르게 되면 각각의 객체들 위에 보이지 않던 마커들이 나타나고, 마커 identification 과정을 거쳐 원하는 객체가 선택된다. 하나의 객체가 선택되고 나면 나머지 객체들은 사라지게 된다.

C-Blink는 일본의 Nippon Telegraph and Telephone Corporation의 Cyber Solutions Laboratories에서 2004년에 진행된 연구이다.[12] C-Blink는 일반적인 LCD를 통하여 보내지는 새로운 빛 신호 마커이다. Red, Green, Blue 세 가지 색상의 깜빡임을 사용하여 빛 신호를 생성한다. 카메라는 대형 스크린의 상단에서 사용자를 향해 있고 스크린에는 한 개의 이미지 센서만 있으면 된다. 모바일 기기의 스크린에 여러 신호의 색을 깜빡거리게 하고 데이터가 인코딩된 펄스에 보내준다. 디스플레이 상단의 카메라는 펄스를 디텍팅하고 디코딩하여 모바일 기기가 가리키고 있는 위치를 계산해낸다. 사용자는 원하는 위치를 포인팅하기 위하여 커서를 스크린 쪽으로 향하게 한다.

VOP 조작은 연세대학교 미디어시스템 연구실에서 2009년에 진행된 연구 내용이다.[13] 벽면 디스플레이의 호스트 시스템과 모바일 장치간의

블루투스 연결을 하고 인터랙션 할 수 있도록 비주얼 태그를 설계하였다. 그리고 사용자가 편한 상태에서 인터랙션 할 수 있도록 가장 조작성이 편한 움직임 영역(VOP: Virtual Operation Plane)을 제안하였다. VOP 영역은 디스플레이의 카메라가 처음 모바일 코드를 인지한 부분을 중심으로 왼쪽으로 움직임은 19.7cm 오른쪽으로의 움직임은 20.7cm, 위쪽으로 움직임은 22.7cm, 아래쪽으로 움직임은 21cm으로 정하였다. 따라서 VOP 영역 내에서 모바일 장치를 상하좌우로 움직여 대형 디스플레이의 콘텐츠를 조작한다.

3. 본론

3.1. 인터랙션 요구사항

기존의 대형 디스플레이 환경에서 모바일 장치를 이용하여 인터랙션 하는 방법의 문제점을 해결하기 위한 요구되는 사항은 다음과 같다.

- 원거리 인터랙션이 가능해야 함
- 사용자의 신체조건과 무관해야 함
- 사람이 밀집한 환경에서도 모바일 기기를 편리하게 조작할 수 있어야 함

제안하는 시스템에서는 원거리 인터랙션을 위해 원거리에 강인한 코드 모델링 된 비주얼 태그를 사용하였다.[13] 비주얼태그는 스트리밍 코드와 인터랙션 코드로 구성되는데 스트리밍 코드를 통하여 장치간 블루투스 연결을 하는데 인터랙션 코드에 비해 많은 수의 데이터 셀을 할당하여 데이터 전송에 용이한 구조이다. 그리고 인터랙션 코드는 구조를 최대한 단순화시켜 셀의 크기를 키움으로써 원거리에 강인한 코드로 원거리 인터랙션에 적합하다고 판단하였다.

사용자의 신체 조건에 무관한 인터랙션 방법을 설계하기 위하여 사용자마다 이동거리가 다른 모바일 장치를 상하좌우로 팔을 뻗어 이동하는 방법을 사용하지 않았다. 대신 모바일 장치의 위치를 고정시키고 장치를 상하좌우로 기울이는 Tilt 조작법을 제안하였다. 사용성 평가를 통하여 일반적인 사람들이 모바일 장치를 편안하게 상하좌우로 기울이는 값의 범위를 정의하고, 이 영역 안에서의 움직임으로 디스플레이 상의 모든 제어가 가능하도록 설계하였다.

대형 디스플레이의 특성상 사람이 밀집하는 공간에서 모바일 장치를 사용하여 인터랙션 하기 위하여 모바일 장치를 상하좌우로 팔을 뻗어 이동하는 방법을 사용하지 않았다. 대신 모바일 장치의 위치를 고정시키고 장치를 상하좌우로 기울이는 Tilt 조작법을 제안하였다. 이는 모바일 장치를 조작하는데 있어서 옆 사람 때문에 불편하다는 문제점을 사전에 방지하였다.

3.2. 마커 좌표 값을 이용한 인터랙션 방법

모바일 장치에 디스플레이 되어있는 인터랙션 코드를 대형 디스플레이 호스트 시스템이 인식하여 장치를

제자리에서 상하좌우로 기울이는 동작을 통하여 커서를 조작하는 Tilt조작 인터랙션과 객체를 선택할 수 있는 Selection 인터랙션을 제안한다.

먼저 Tilt조작 인터랙션에 대해 설명한다. 제안하는 인터랙션 방법이 사용되는 환경에서 사용되는 좌표계는 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 대형 디스플레이 상단에 있는 카메라에 마커의 좌표가 맞히는 Camera Coordinates(X_c, Y_c, Z_c)와 실세계의 마커가 대형 디스플레이 화면에 맞히는 Camera Screen Coordinates(x_c, y_c), 마지막으로 실세계에 놓여있는 마커의 좌표계인 Marker Coordinates이다.[17] Tilt 조작 인터랙션을 위하여 마커 좌표계로부터 카메라 좌표계로 마커의 변형된 매트릭스 값을 계산해내면 [그림1]과 같이 (x, y, z)값을 구하게 된다. 모바일 장치를 상하로 기울이는 Pitch 동작을 사용자가 편리함을 느끼는 움직임의 내에서 y 좌표 값의 입력 영역을 구한다. 또한 모바일 장치를 좌우로 기울이는 Yaw동작 역시 사용자가 편리함을 느끼는 움직임 내에서 x 좌표 값의 입력 영역을 구한다. 구해진 x 좌표, y 좌표의 입력 영역을 대형 디스플레이의 커서의 움직임과 맵핑한다.

앞서 마커 좌표계로부터 카메라 좌표계로 마커의 변형된 매트릭스 값을 계산해내면 마커의 (x, y, z)값을 구하게 되는데 selection 조작을 위하여 z 값을 사용하지 않는다. z 값의 변화량이 클 경우, selection으로 간주한다. 따라서 사용자가 편안함을 느끼는 영역 내에서 모바일 장치를 앞으로 내밀었다 제자리로 돌아오는 동작을 통하여 사용자가 원하는 객체를 선택할 수 있다. 개념을 설명하기 위하여 ARToolKit 코드를 이용하였다.[15]

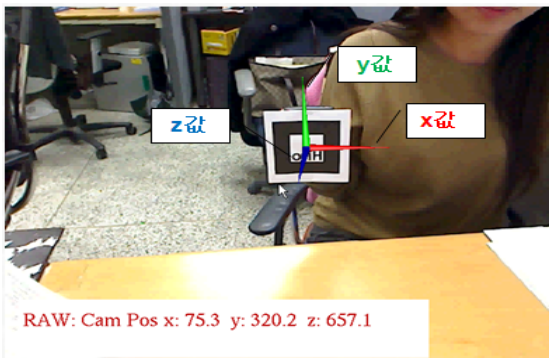


그림 1. 변형된 마커의 좌표 값 (x, y, z)



그림 2. 모바일 장치를 사용한 selection 조작 인터랙션

3.3. 인식 알고리즘

전처리 과정에서는 입력된 이미지를 그레이 레벨로 변환한 뒤 이미지를 분석하여 임계(Threshold) 값을 결정한다. 다양한 환경에서도 인식할 수 있도록 하기 위해 자동화된 이진화 기법을 이용한다. 이진 영상에서 물체 별로 윤곽을 얻기 위해 레이블 링을 수행하고 외각선 추적 알고리즘을 이용하여 물체의 윤곽 정보를 추출한다. 추출된 윤곽정보에서 각도를 이용한 사각형 체크를 통해 1차적으로 노이즈를 필터링하고, 걸러진 사각 후보영역들에 대해서 방향패턴을 체크하여 코드 여부를 확인한다. 사각형 체크까지 통과하였을 경우는 코드로 인식하여 각 셀 별로 샘플링을 통해 코드의 데이터 비트를 읽어낸다.

에러검출 과정은 패리티 체크를 통해 에러 여부를 판단한다. 패리티 체크 방식은 정보의 비트수가 적고 오류 발생률이 낮은 경우에 가장 보편적으로 사용되는 방법으로 수평, 수직 방향으로 각 부호의 1의 개수가 짝수 또는 홀수가 되도록 하나의 비트를 부가하여 오류를 찾아내게 된다.

그리고 마커 좌표계로부터 카메라 좌표계로 변형된 매트릭스 값을 계산해 내기 위하여 자세 추정과정을 거치게 된다. 대형 디스플레이 상단에 있는 카메라에 좌표가 맞히는 Camera Coordinates(X_c, Y_c, Z_c)가 존재하고 실세계의 마커가 대형 디스플레이 화면에 맞히는 Camera Screen Coordinates(x_c, y_c)가 존재하며 실세계에 놓여있는 마커의 좌표계인 Marker Coordinates이 존재한다.[14] 각 좌표계의 상관관계는 [그림3]과 같다. 이러한 자세추정 과정을 거쳐서 마커의 좌표값을 구하게 된다.

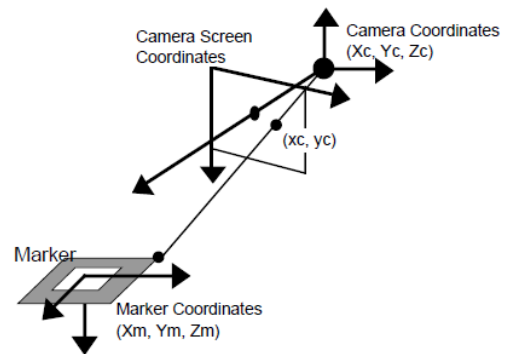


그림 3. 마커 좌표계와 카메라 좌표계의 상관관계

이런 모든 과정이 끝나면 최종적으로 코드의 Data Area 안에 저장되어있던 값이 디코딩되고 마커의 좌표 값과 함께 리턴되어진다.

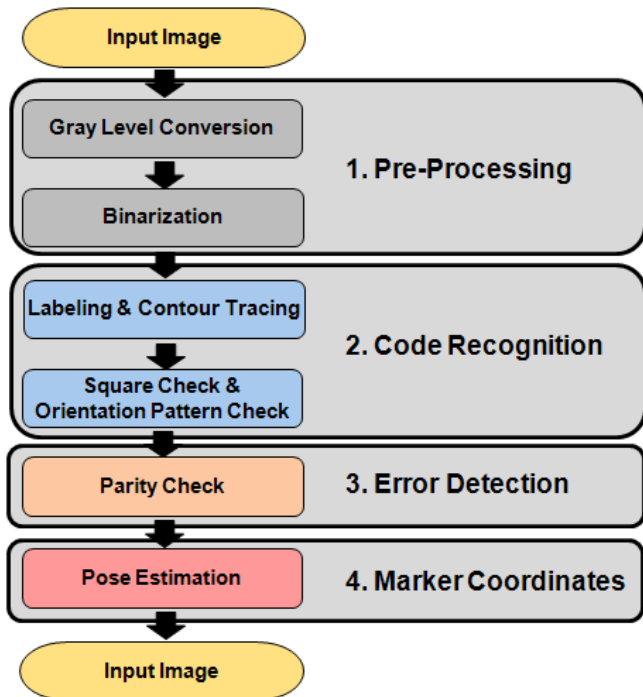


그림 4. 마커 인식 알고리즘 프로세스

4. 실험

실험은 크게 두 가지로 나누어 진행하였다. 첫 번째, Tilt 조작과 VOP 조작의 비교 실험이고, 두 번째, Selection 인터랙션 사용성 평가 실험이다.

4.1. 실험 환경

제안한 시스템은 전시장, 오피스, 박물관 등 다양한 실내외 환경에서의 동작을 목표로 하나, 비용 및 시간, 환경적인 요인으로 야외 실험이 불가능하여 실내 환경(연구실 내부)에서만 실험을 진행하였다. 구현 환경은 [표1]과 같고 OpenCv1.1 라이브러리를 사용하여 개발하였다.

구분	장비
CPU	Intel Core2 Quad CPU 2.4GB
OS	Windows XP SP3
RAM	4GB
Camera	Logitech Quick Pro9000 (640×480 pixel / 30 FPS)
Lens	Fujinon TV Lens 12mm 1:1.4
Display	LG Flatron W2361V (1920×1080)
Bluetooth	Collection SS-BT2
Mobile	Ipod Touch Ver3.1.2
Code Size	50mm × 50mm
조도	300~400lux(실내)

표1. 실험 환경

4.2. Tilt 조작과 VOP 조작 비교 실험

본 실험의 목적은 제안하는 Tilt 조작과 VOP 조작의 편리성을 비교하고 평가하는데 있다. 실험에는 25세에서 30세의 연령을 가진 HCI를 전공하는 연세대학교 컴퓨터과학과 남성 대학원생 2명과 여성

2명, HCI에 전혀 지식이 없는 8세 어린이 1명과 왼손잡이 1명이 참여하였다. 모든 사용자에게 미리 Tilt 조작과 VOP 조작의 사용법을 교육하고 숙지하도록 한 후, 실험을 진행하였다.

평가 방법은 University of Toronto에서 연구된 Distant Freehand Pointing and Clicking 연구에서 대형 디스플레이의 커서 조작 사용성을 평가하는데 사용되는 블록을 없애는 방법을 채택하였다.[5] 대형 디스플레이 환경에서 사용자의 양 옆에는 5cm의 간격을 두고 사람이 서있다. 사용자는 모바일 장치를 기울이는 Tilt 조작을 통하여 커서를 이동시킨다. 커서를 이동하여 커서가 블록의 위에 위치하게 되면 블록은 없어지게 된다. 모든 블록이 없어지는데 소요되는 시간을 측정한다. VOP 조작을 사용하여 같은 실험을 반복하게 되어 측정된 소요 시간을 비교한다. 추가로 사용자에게 조작 편리성에 관한 설문을 작성하도록 한다. 실험을 통하여 다수의 사람이 있는 환경에서는 사용자들이 모바일 장치를 기울여 인터랙션 하는 Tilt 조작법이 VOP 조작법보다 편리하다는 것을 검증하고자 한다.

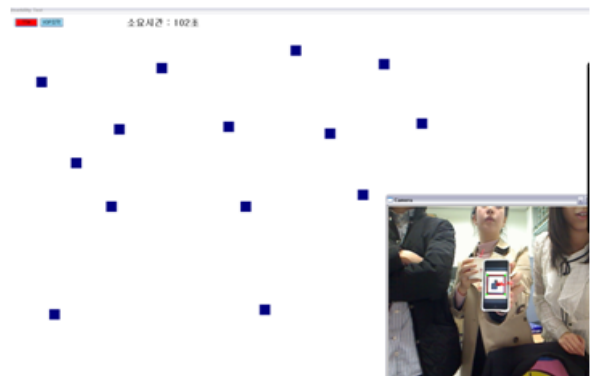


그림5. 조작의 사용성 비교 실험 환경

결과는 다음과 같다. [그림6]에 나와있는 x축은 6명의 사용자를 나타내고 y축은 소요되는 시간을 나타낸다. 사용자 1과 2는 HCI를 전공하는 남성 대학원생 2명이고, 사용자 3과 4역시 HCI를 전공하는 여성 2명이다. 사용자 5는 8세 어린이 이고 사용자 6은 왼손잡이 이다. [표1]을 보면, 추가로 사용자에게 조작 편리성에 관한 설문을 작성하도록 하였다.

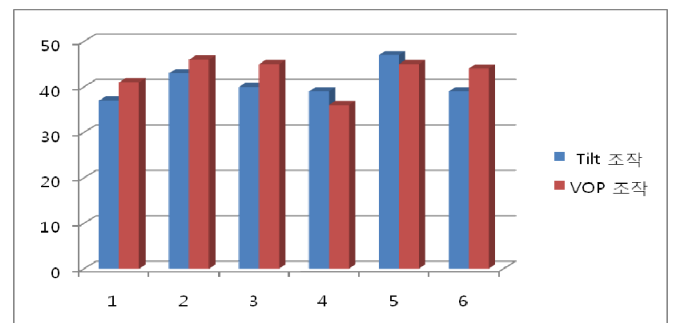


그림6. 조작의 사용성 비교 실험 결과

문항		아니다		그렇다	
편리성	팔이 편안한 상태에서 조작할 수 있다	Tilt			○
	커서를 조작하기 위해 요구하는 노력이 크다	VOP			○
		Tilt		○	
옆 사람과 상관없이 조작할 수 있다.	VOP		○		
	Tilt			○	
안정성	원하는 방향으로 커서를 이동할 수 있다	Tilt			○
		VOP			○
	커서의 움직임 속도가 빠르다	Tilt		○	
선호도	사용할 용의가 있다	VOP			○
		Tilt		○	
	조작법이 흥미를 유발하여 사용을 유도한다	VOP	○		
		Tilt			○
		VOP			○

표2. 커서 조작 편리성에 관한 설문 내용

4.2. Selection 인터랙션 사용성 평가 실험

본 실험의 목적은 Tilt 조작법을 사용하는 환경에서 Selection 인터랙션을 적용하고 시스템의 조작 편리성을 평가하는데 있다. 실험에는 25세에서 30세의 연령을 가진 HCI를 전공하는 연세대학교 컴퓨터과학과 남성 대학원생 2명과 여성 2명, HCI에 전혀 지식이 없는 성인 2명이 참여하였다. 모든 사용자에게 미리 Tilt 조작법과 Selection 인터랙션을 교육하고 숙지하도록 한 후, 실험을 진행하였다.

실험은 프로그램에 총 다섯 개의 버튼이 위치하고 있다. Tilt조작법을 사용하여 마우스 커서를 조작하여 버튼 위에 커서가 위치할 경우, 모바일 장치를 앞으로 내밀었다 원래 상태로 돌아오는 selection 인터랙션을 통하여 선택한다. 버튼이 올바르게 선택이 되는 경우 버튼이 선택되었다는 팝업창이 뜬다. 버튼을 1번부터 5번까지 차례대로 선택하고 버튼5가 선택이 되면 실험이 종료된다. 사용자로부터 selection조작의 편리성에 관한 설문을 조사한다. 실험을 통하여 selection 인터랙션이 사용자들이 편리하게 객체를 선택할 수 있다는 사실을 검증하고자 한다.



그림7. Selection 인터랙션 사용성 평가 실험

문항		아니다		그렇다	
편리성	선택 인터랙션 시 팔이 편안하다				○
	옆 사람과 상관없이 인터랙션 할 수 있다				○
안정성	원하는 객체를 선택 할 수 있다			○	
	선택 반응 속도가 빠르다			○	
선호도	사용할 용의가 있다			○	
	조작법이 흥미를 유발하여 사용을 유도한다				○

표3. Selection 조작 편리성에 관한 설문 내용

5. 결론

본 연구에서는 이런 신체조건에 무관하게 사람이 밀집한 환경에서도 모바일 장치를 조작할 수 있는 충분한 공간을 가질 수 있으며 원거리에서도 빠르게 모바일 장치를 통해 조작할 수 있는 인터랙션 방법을 제안하였다. 크게 두 가지로 먼저 사용자가 항상 소지하는 모바일 장치를 고정된 위치에서 상하좌우로 기울이는 Tilt 조작법이다. 입력된 마커의 좌표 값을 대형 디스플레이의 커서에 맵핑한 방법이다. 그리고 사용자가 원하는 객체를 손쉽게 선택할 수 있도록 모바일 장치를 앞으로 내밀었다 제자리로 돌아오는 Selection 인터랙션 방법이다.

여러 명이 동시에 대형 디스플레이상의 콘텐츠를 조작할 수 있기 때문에 교육, 광고, 전시, 게임 등 다양한 분야 및 장소에서 사용이 가능하다. 뿐 만 아니라, 제안하는 인터랙션 방법은 컴퓨터 비전 기술을 사용하기 때문에 모바일 장치에서 가속도 센서를 제거할 수 있다는 특징을 가진다.

향후 과제로는 세 가지가 있을 수 있는데, 첫 번째는 각도에 따라 LCD 색상이 변하는 문제점이 해결되어야 한다. 현재 사용되는 마커는 LCD에 출력되어 기울이는 동작을 통하여 인식이 되는데 모바일 장치를 기울이게 되면 주변 조명에 영향을 받아 마커가 잘 인식되지 않는 한계점이 있다. 두 번째로 카메라와 디스플레이 간의 해상도 차이가 클 경우, 포인터 움직임의 연속성이 떨어질 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 움직임을 부드럽게 보완해줄 수 있는 효과적인 새로운 보간 알고리즘을 적용할 수 있을 것이다. 마지막으로 제안하는 Tilt 조작은 모바일 장치를 기울이는 손목의 움직임을 통하여 커서를 조작하기 때문에 정밀한 조작이 힘들다. 따라서 정밀한 조작을 위한 추가적인 인터랙션 방법에 관한 연구가 요구된다.

6. 참고문헌

[1] 이경숙. 디스플레이 산업의 최근 동향과 발전 방안. KIET산업연구원.
 [2] Masaoka, K., Emoto, M., & Sugawara, M.(2007). The Sense of Presence When Viewing Super Hi-Vision Images. The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers.
 [3] Baudisch, P., Cutrell, E., Robbins, D., Czerwinski, M., Tandler, P., Bederson, B., and Zierlinger, A. Drag-and-Pop and Drag-and-Pick: techniques for accessing remote screen content on touch- and penoperated systems. In Proceedings of Interact 2003, pp.57-64.
 [4] Azam Khan, George Fitzmaurice, Don Almeida, Nicolas Burtnyk, Gordon Kurtenbach. A Remote

- Control Interface for Large Displays. UIST2004.
- [5] Daniel Vogel, Ravin Balakrishnan. Distant Freehand Pointing and Clicking on Very Large, High Resolution Displays. UIST2005.
- [6] Malik, S., Ranjan, A. & Balakrishnan, R. (2005). Interacting with large displays from a distance with vision-tracked multi-finger gestural input. Proceedings of UIST 2005 – the ACM Symposium on User Interface Software and Technology. pp. 43–52.
- [7] Cao, X. & Blakrishnan, R. (2003). VisionWand: Interaction techniques for large displays using a passive wand tracked in 3D. Proceedings of UIST 2003 – the ACM Symposium on User Interface Software and Technology. pp. 173–182.
- [8] The Wand Company Ltd. <http://thewandcompany.com/>
- [9] Panu Vartiainen, Suresh Chande, Kimmo Ramo, "Mobile Visual Interaction, Enhancing local communication and collaboration with visual interactions", MUM'06, December 4–6, 2006, Stanford, CA, USA.
- [10] BALLAGAS, R., ROHS, M., SHERIDAN, J., and BORCHERS, J. 2005. Sweep and Point & Shoot: Phonecam-Based Interactions for Large Public Displays. In CHI 2005 extended abstracts on Human factors in computing systems. ACM, 1200–1203.
- [11] JEON, S., HWANG, J., KIM, G., and BILLINGHURST, M. 2006. Interaction Techniques in Large Display Environments using Hand-held Devices. In Proceedings of VRST 2006, November 2006, Limassol, Cyprus. In print.
- [12] MIYAOKU, K., HIGASHINO, S., and TONOMURA, Y. 2004. C-blink: A hue-difference-based light signal marker for large screen interaction via any mobile terminal. In Proceedings of UIST 2004. ACM, 147–156.
- [13] 윤준영. 벽면 디스플레이 환경에서 모바일 기기와 비주얼 코드를 이용한 퍼블릭 인터랙션 방법. 석사 학위논문. 2009.
- [14] Hirokazu Kato and Mark Billinghurst. Marker Tracking HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System.
- [15] ARToolKit, <http://hitl.washington.edu/artoolit>.