

적외선 영상센서를 이용한 스마트 터치 프로젝터 시스템 기술 연구

이국선[†], 오상헌^{**}, 전국휘^{***}, 강성수^{****}, 유동희^{*****}, 김병규^{*****}

요 약

최근의 많은 컴퓨터 기술의 발전과 센서 기술의 발전의 결합으로 매우 다양한 형태의 사용자 경험에 기반한 사용자 인터페이스(User interface) 기술들이 출현하고 있다. 본 연구에서는 적외선 영상을 이용한 스마트 터치 프로젝터 시스템 기술에 관한 연구와 그 결과를 소개한다. 제안된 시스템에서는 사용자가 빔 프로젝터를 사용할 때 적외선 펜을 이용하여 이벤트를 발생시키면 적외선 영상센서를 통하여 그 이벤트를 인식하여 마우스 이벤트를 발생시키는 기법을 제안한다. 입력되는 펜의 움직임 추출과 추적을 기반으로 움직임 이벤트 패턴을 설계하였으며, 입력 영상 화면과 실제 사용하는 하드웨어의 해상도에 차이가 있기 때문에 이 오차를 최소화 하기 위해서 화면 좌표보정 알고리즘을 제안한다. 이러한 기술은 빔 프로젝터에 간단한 프로세서만 장착이 된다면 다른 이동식 노트북 등이 필요 없이 언제든지 회의나 발표 등을 진행할 수 있는 차세대 휴먼-컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction) 기술이다.

A Study on Smart Touch Projector System Technology Using Infrared (IR) Imaging Sensor

Kuk-Seon Lee[†], Sang-Heon Oh^{**}, Kuk-Hui Jeon^{***}, Seong-Soo Kang^{****},
Dong-Hee Ryu^{*****}, Byung-Gyu Kim^{*****}

ABSTRACT

Recently, very rapid development of computer and sensor technologies induces various kinds of user interface (UI) technologies based on user experience (UX). In this study, we investigate and develop a smart touch projector system technology on the basis of IR sensor and image processing. In the proposed system, a user can control computer by understanding the control events based on gesture of IR pen as an input device. In the IR image, we extract the movement (or gesture) of the devised pen and track it for recognizing gesture pattern. Also, to correct the error between the coordinate of input image sensor and display device (projector), we propose a coordinate correction algorithm to improve the accuracy of operation. Through this system technology as the next generation human-computer interaction, we can control the events of the equipped computer on the projected image screen without manipulating the computer directly.

Key words: Smart touch(스마트 터치), IR pen(적외선펜), Gesture recognition(동작인식), Coordinate correction(좌표보정), IR image(적외선 영상)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김병규, 주소 : 충남 아산시 탕정면 갈산리 100 (336-708), 전화 : 041)530-2271, FAX : 041)530-2271, E-mail : bg.kim@ieee.org

접수일 : 2012년 2월 28일, 수정일 : 2012년 5월 4일

완료일 : 2012년 6월 8일

[†] 준회원, 선문대학교 컴퓨터공학과 학사과정 (E-mail : kooksuni21@naver.com)

^{**} 준회원, 선문대학교 컴퓨터공학과 학사과정

(E-mail : oh_sanghun@hanmail.net)

^{***} 준회원, 선문대학교 컴퓨터공학과 학사과정

(E-mail : jkhcome@hanmail.net)

^{****} 준회원, 선문대학교 컴퓨터공학과 학사과정

(E-mail : rkdtjdt87@hanmail.net)

^{*****} 준회원, 선문대학교 컴퓨터공학과 학사과정

(E-mail : dbehd88@naver.com)

^{*****} 정회원, 선문대학교 컴퓨터공학과 조교수

1. 서 론

현대사회는 컴퓨터 하드웨어와 네트워크 인프라의 급격한 발전으로 인해 사용자가 컴퓨터를 의식하지 않아도 언제 어디서나 네트워크에 접속하여 업무를 처리할 수 있는 유비쿼터스 환경이 도래하게 되었다. 그러나 이러한 급격한 하드웨어의 발전과는 달리 이와 상호작용하는 인터페이스 장치는 기계적인 장치인 마우스와 키보드에서 크게 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 진정한 유비쿼터스 시대로 가기 위해서는 인터페이스 장치 또한 유비쿼터스 환경에 걸맞은 사용자 경험(UX: User eXperience)을 제공할 수 있어야 한다.

이러한 흐름을 반영하면서 현재 널리 상용화된 인터페이스 장치로 터치스크린이 있다. 터치스크린 기술은 햅틱, 멀티 터치 기술 등과 결합되면서 보다 풍부한 사용자 경험을 제공하고 있고, 다양한 구현 기법들의 등장으로 인해 낮은 단가로도 대형 LCD 패널 등에 구현 가능하게 되는 등 폭넓은 범용성을 가지고 기존의 인터페이스 장치들을 대체하고 있다 [1].

터치스크린은 모니터 화면에 터치패널을 덧붙여 작동하는 것으로 손 끝이나 기타 물체로 접촉 시 패널 위의 위치를 파악할 수 있다. 이러한 기술은 접촉한 위치에 따라 발생하는 결과를 즉시 화면으로 확인할 수 있기 때문에 누구나 쉽게 사용할 수 있다. 따라서 지하철, 박물관, 은행 등의 많은 장소에서 안내용 소프트웨어로 사용되고 있다. 최근에는 ipad같은 소형 태블릿 PC를 통해 터치스크린을 쉽게 접할 수 있다.

그러나 이것은 터치 패널위의 접촉 방식에서 벗어나서는 사용이 불가능하다. 이러한 부분을 해소하기 위해 공간 터치 개념이 기술이 시도되고 있다. 특히 손 동작을 인식하여 제어하는 연구 등이 진행되었다 [2]. 이러한 방법에서는 손 영역 추출 및 추적에 있어서 큰 쟁점 중 하나는 손 영역을 추출하는데 필요한 계산량을 최소화시켜 실시간으로 동작 가능하게 하는 것이다. 이를 위해 많은 알고리즘들이 제안되었다 [3,4,10].

또한 전반사(Frustrated Total Internal Reflection: FTIR) 방식을 사용하여 터치 지점에서 적외선이 반사되는 신호를 영상 센서로 입력 받는 방식을 활용한 기술도 연구 및 개발되고 있다[1,8,11]. MCU

기반의 적외선 신호를 활용한 대형 터치 패널 기술을 위한 기술도 개발되었으며 기존의 Otsu 영상 분할 기법으로 신호 획득을 향상시켰다[9]. 그러나 이러한 방법은 기본적으로 설치된 패널을 손가락 또는 플라스틱 펜 등으로 접촉을 통해 반사되는 적외선 신호를 감지하도록 설계된 기술이다.

본 연구에서는 터치 패널의 한계를 뛰어넘어 평면이 존재하는 모든 공간에서 제어가 가능한 스마트 터치 프로젝터 기술을 제안하고 시스템 기술에 대하여 논하고자 한다. 빔 프로젝터의 스크린 위에서 적외선 펜으로 적외선을 발생시키고 적외선 신호를 직접 적외선 카메라로 인식하여 좌표 값을 계산한 후, 그 결과 값을 스크린으로 다시 출력하여 스마트 터치 프로젝터의 기능을 구현한다. 이 동작의 반복은 평면이 존재하는 모든 공간에서 터치스크린을 사용할 수 있게 한다. 이러한 구조의 장점은 원거리에서도 빔프로젝터와 연결된 서버 컴퓨터를 제어 가능하고 빔프로젝터가 투영하는 화면 크기에 따라 스마트 터치 시스템이 가능하다는 장점이 있다.

일반적으로 적외선 영상은 열영상(thermal imaging) 형태로 많이 이용되고 있다. 열은 빛과는 다른 물리적 성질을 가지고 있기 때문에 적외선 발생과 감지는 지금처럼 비접촉인 경우 많은 오차를 내포할 수 있다. 열은 직진성이 없고 특히 열이 많이 발생하는 빔프로젝터를 사용할 경우 그 효율이 크게 저하될 수도 있다. 본 연구에서는 기본적으로 원거리에서 측정이 가능한 고품질 적외선 센서보다는 기본적으로 근 적외선 파장을 추출하는 기술을 구현하여 발열에 의한 잡음 영향을 많이 줄이는 방향으로 설계하였다.

제안된 시스템 기술 및 알고리즘은 하드웨어 제작과 영상 신호처리, 화면 좌표보정으로 이루어진다. 하드웨어 제작은 적외선 차단 필터를 가시광 차단 필터로 대체하여 적외선 카메라를 제작하고 고풍력 적외선(IR) LED를 사용하여 적외선 펜을 제작한다. 제반 영상처리 과정은 임계값 설정을 통해 이진화를 한 후 그 영상을 레이블링하여 좌표를 추출한다 [5]. 화면 좌표보정은 카메라의 입력 영상과 프로젝터 스크린의 출력 영상 사이의 차이를 제거하기 위한 과정으로, 영상회전, X-Y축 좌표 값 이동, 화면 비율 보정으로 구성된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다: 제 2장에서는 시스템 구성을 소개하고, 적외선 영상처리 및 좌표 보정

기법을 설명한다. 제3장에서는 실험 및 결과에 대해서 분석하며, 마지막으로 본 연구에 대한 결론을 제4장에서 도출한다..

2. 제안된 적외선 영상처리 기반 스마트 프로젝터 시스템

본 연구에서 스마트 터치 프로젝터 시스템을 구현하기 위해 본 연구에서는 IR Power LED (940nm)와 적외선(IR) 카메라를 사용하였다. 사용자가 적외선 펜(IR Pen)을 사용해 적외선을 방출하면 이를 적외선 카메라에서 입력받은 후 서버 측 영상처리 및 제어 신호 생성부에서 인지 후 서버에서 동작 제어를 하게 된다. 처리된 출력 영상은 빔프로젝터를 통하여 스크린으로 화면 출력되는 방식이다. 전체 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

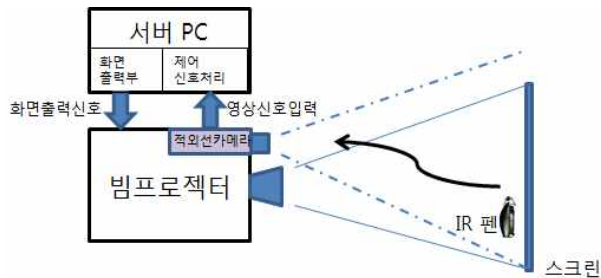


그림 1. 시스템 구성도

본 연구에서는 다양한 영상처리 기술을 이용하여 적외선 카메라의 연속된 프레임에서 적외선의 좌표를 점(point)형태로 추출 후 추적하고 이를 이동보정, 회전보정, 비율 보정의 3단계 보정을 통해 이벤트 신호를 인식하고 하드웨어를 제어하게 된다.

그림 2는 보정 전 화면으로 적외선 펜 (IR Pen)과의 정밀도가 떨어지는 것을 볼 수 있지만 보정 알고리즘을 적용하면 그림 3과 같이 펜의 위치 정밀도를 높일 수가 있다. 본 연구의 핵심 기술인 좌표보정 알고리즘에 대해서 설명한 후 보정과정에 대해 구체적으로 설명한다.

2.1 제안된 화면 좌표보정 알고리즘

- 터치 스크린 (Touch Screen) Collaboration
일반적으로 카메라 또는 웹캠으로 인식한 프로젝터 스크린의 영상을 컴퓨터와 동기화가 되어야만 터

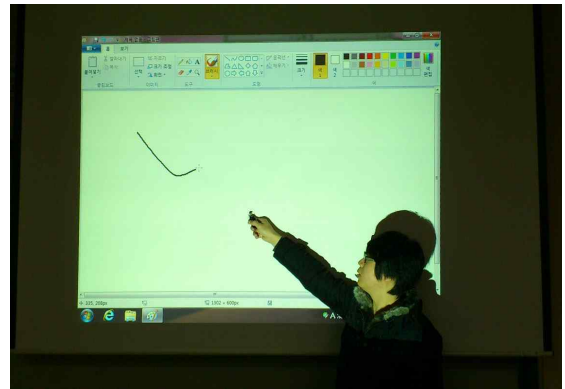


그림 2. 보정 전

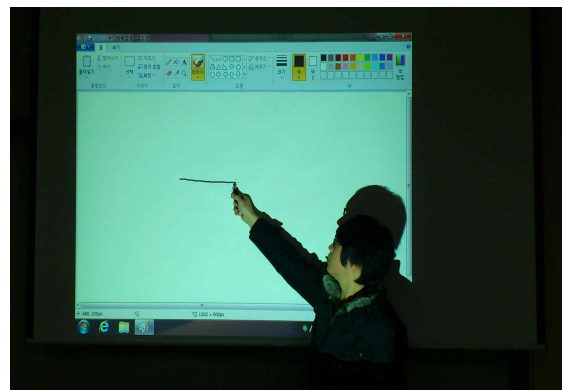


그림 3. 보정 후

치스크린의 기능이 제대로 동작한다. 프로젝터 스크린은 카메라를 통해 컴퓨터로 전송될 때 그림 4와 같이 인식된다. 터치스크린을 구현하기 위해서는 프로젝터 스크린이 모니터 화면과 동일하게 동기화(크기와 좌표 측면에서)가 필요하다. 이 과정을 위해서는 회전, x-y축에 대한 불일치와 비율 불일치를 보정해야 한다.

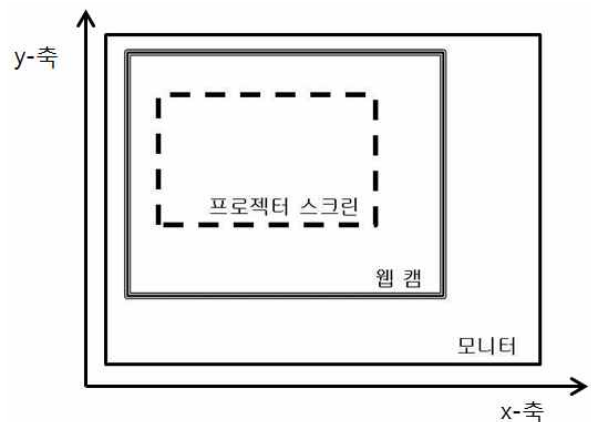


그림 4. 화면 초기 상태

먼저 회전 보정은 그림 5와 같이 프로젝터가 올바르게 설치되지 않을 경우 생길 수 있는 회전을 고려해 주기 위해 필요하며 다음과 같은 식이 사용된다. 회전 보정 후의 좌표는 X, Y 로 정의하며 다음과 같이 변환이 가능하다[7].

$$\begin{aligned} X &= (x * \cos A + y * \sin A) \\ Y &= (x * \sin A * (-1) + y * \cos A) \end{aligned} \quad (1)$$

위 식은 입력 좌표 값이 x, y 일 때 A° 만큼 시계방향으로 회전하여 좌표를 보정해 주는 역할을 하게 된다.

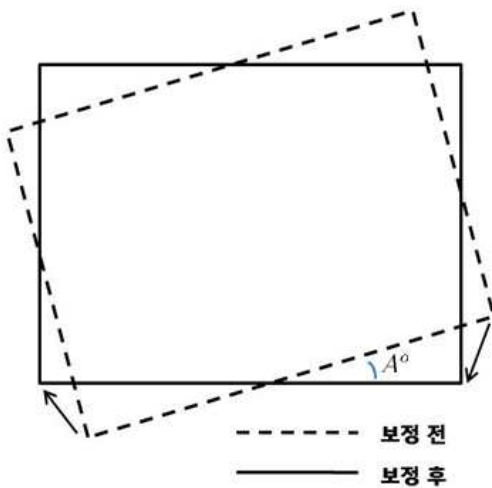


그림 5 회전 보정 과정

그림 6과 같이 x, y 축에 대한 변이에 의한 불일치는 프로젝터 스크린의 원점 좌표(0, 0)와 모니터의 원점 좌표 (0,0)가 다르기 때문에 보정이 필요하다. 이는 각각의 축에 대해서 적절한 길이만큼 이동함으

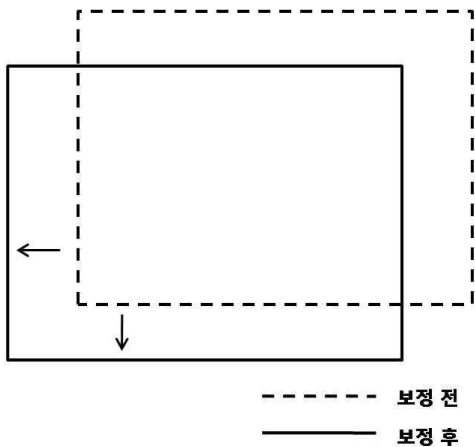


그림 6. x-y축 불일치 보정

로써 보정해 줄 수 있다. 그림 6은 그 과정을 간단히 보여 주고 있다.

그리고 마지막으로 컴퓨터 화면과 빔프로젝터 화면의 해상도 사이즈가 다르므로써 발생할 수 있는 비율의 불일치 문제는 그림 7에서 보여 주고 있다. 위의 두 과정이 끝나고 마지막으로 프로젝터 스크린에 일정 비율을 곱하여 모니터의 해상도와 현재 화면의 크기를 동일하게 만드는 과정이다.

이러한 세 가지 과정 후에 정확한 터치스크린의 좌표 보정이 완료되며 이후 제어 이벤트를 구현하여 다양한 기능이 구현될 수 있다.

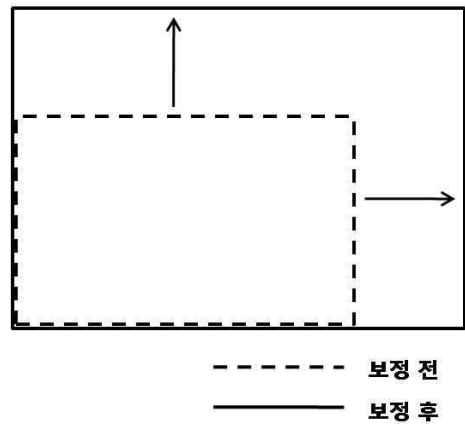


그림 7. 비율 보정

2.2 세부 좌표보정 및 동작 제어 과정

- 1) 사용자가 적외선 펜과 웹캠을 이용하여 좌표 보정을 한다.
 - 1-1) 적외선 펜의 버튼을 클릭하여 빔 프로젝터 스크린 화면의 왼쪽 아래, 오른쪽 아래, 중심점을 정한 후 보정한다 (그림 8).



그림 8. 보정 좌표 추출

- 2) 적외선 펜 (IR Pen)의 버튼을 클릭하여 이벤트를 발생시킨다.
- 3) 적외선 웹캠에서 인식하는 적외선의 중심 좌표를 추출하여 추적한다 (그림 9).
- 4) 버튼의 클릭/더블클릭에 따라 제어 이벤트를 인식하여 하드웨어를 제어 한다 (마우스 클릭, 드래그, 더블클릭 이벤트).

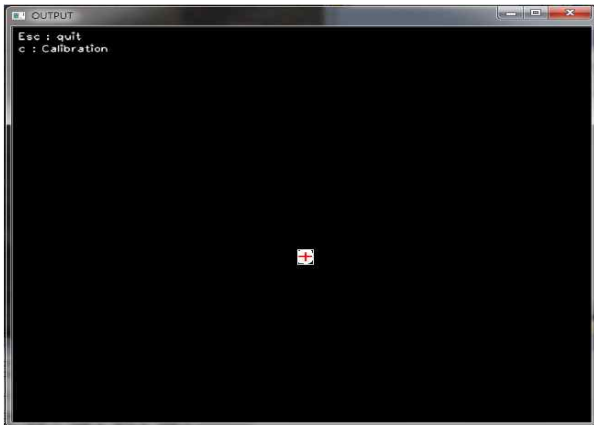


그림 9. 적외선 추출 및 중심 좌표 추출

그림 10은 개발된 시스템의 전체적인 동작 절차를 보여 주고 있다. 먼저 카메라, 프로젝터, 스크린, 컴퓨터 등의 하드웨어를 설치 후, 개발된 프로그램을 실행한 후 'c'키를 눌러 화면 보정을 시작 한다 (총 3회 반복). 이 후 스크린 위에서 적외선 펜을 작동시킨다. 설치된 카메라로 적외선을 인식하고 모니터 상에 출력한다. 내부적으로 컴퓨터에서 영상처리를 하여 사

용자를 위한 마우스 제어 이벤트를 발생시킨다. 더블 클릭, 드래그도 같은 방식으로 진행된다.

3. 실험 및 결과 고찰

3.1 하드웨어 시스템 구현

하드웨어 구성에서 사용되는 적외선 카메라는 PS3 Eye라는 웹캠을 개조하여 제작하였다. 제작과정은 웹캠에 있는 적외선 차단 필터를 제거한 후 적외선 필터(가시광선 차단 필터)를 사용하였으며, 구성은 그림 11과 같이 제작된다.



그림 11. 적외선 (IR) 카메라 구조

적외선 펜 (IR Pen)은 IR Power LED (940nm)와 Microsoft의 마우스 사이드버튼을 활용하였다. 우선 사이드버튼 전면에 IR Power LED(940nm)를 부착시킨 후 측면에 건전지를 부착하여 전력을 공급받는

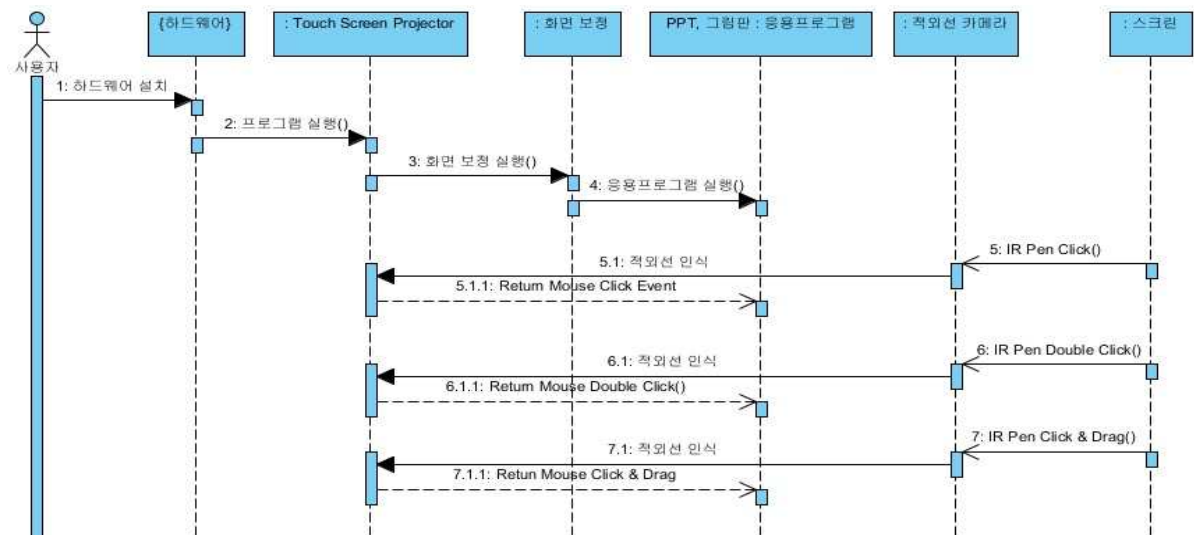


그림 10. 개발된 스마트 터치 프로젝터 시스템의 동작 절차

다. 그리고 마우스 회로 기판을 통하여 버튼을 클릭하면 적외선을 방출하도록 제작했다. 실제 본 연구에서 제작된 적외선 펜 (IR Pen)의 구조는 그림 12와 같다.

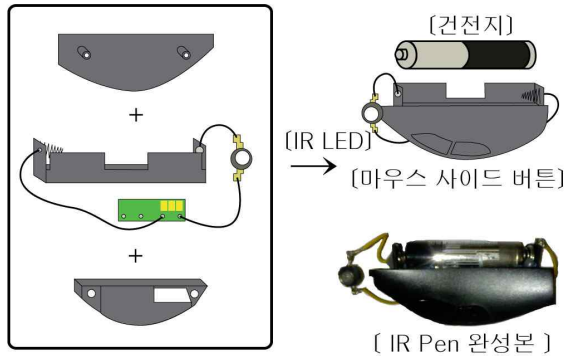


그림 12. 제작된 적외선 펜 (IR Pen) 구조도

3.2 실험 환경

본 연구에서 시스템 구축을 위해 사용된 카메라 등의 하드웨어와 개발에 사용된 소프트웨어 환경은 다음과 같다. 그림 13은 실제 구축된 하드웨어 구조도를 보여 주고 있다.

- Windows 7 (×64, ×86), Windows XP (×86)
- Visual Studio 2010
- Library : OpenCV 2.3.1
- Camera : PS3 Eye (SCEK PlayStation Eye)

그림 14는 실제 개발된 시스템 환경을 보여 주고 있다. 스크린, 프로젝터, 카메라, 노트북 컴퓨터 등으로 구성되어 있으며, 거리에 상관없이 일체형으로 개발이 가능하다. 실제 소형 프로젝터들이 일체형으로 개발되고 있으므로 이러한 부분은 쉽게 해결될 것이라 생각한다.

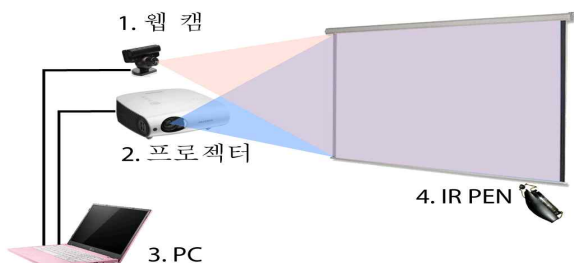


그림 13. 하드웨어 시스템 구성도

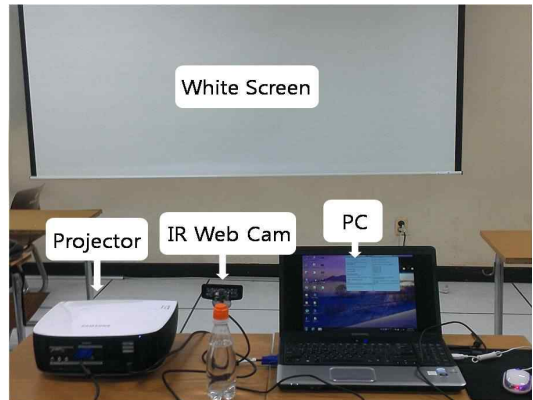


그림 14. 실제 개발 시스템 환경

3.3 결과 고찰

3.3.1 기본 동작 인식률 및 정확도 측정

다양한 컴퓨터를 제어하는 실험은 일반적인 환경에서 별도로 훈련되지 않은 일반 사용자 6명을 통하여 클릭이나 더블 클릭, 드래그 등의 동작을 일정 수 만큼 반복하게 하고 이에 대한 정확한 성공률을 인식률로 측정하였다. 표 1은 다양한 제어 동작에 대한 인식률을 보여 주고 있다.

표 1에서 볼 수 있듯이 각 제어 동작에 대한 인식률이 매우 높게 나타났으며, 단기 동작에서 조금 낮은 동작 인식률이 보인 것은 펜이 반응하는 영상 평면에서 터치 지점 감지가 아주 작은 단기 버튼일 경우는 오류로 나타나기 때문이다. 이는 영상 처리를 통해 펜의 지점을 인식 시 그 정밀도를 더 향상시켜야 함을 의미한다.

또한 제안된 기술의 정확도를 분석하기 위해 두 가지 단순 작업(원 그리기, 직선 긋기)에 의한 적외선 처리에 의한 화면 상의 터치 지점에 대한 정밀도를 측정하였다. 원 그리기와 직선 긋기 각각 10회 씩 반복하여 각각의 회 차에 대한 화소 단위의 오차를 평균하여 측정하였으며 그 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2에서 볼 수 있듯이 원 그리기는 평균 15%정도의 오차 화소가 발생하였으며 직선 긋기는 원 그리기 보다는 좀 더 나은 정확도를 나타내었다. 이는 곡선 부분에서 앞에서 언급한 획득된 적외선 터치지점

표 1. 기본 동작 제어 인식률 결과 (단위: %)

항목 \ 측정값	클릭	더블클릭	드래그	단기
인식률	99.2	98.2	99.0	98.7

표 2. 정확도 측정 결과 (단위: %)

실험 항목 측정값	원 그리기	직선 긋기
오 차 율	0.15	0.11

(touch point)의 정밀도가 곡선 부분에서 오류로 반영이 많이 됨을 알 수 있다. 위의 표에서 발생한 오류 부분은 정확한 실제 위치와 오차 범위가 단위 화소 정도로 측정 되었다. 그러나 실제 시스템을 사용하기에는 충분히 안정된 성능을 보여 주고 있으며, 좀 더 정밀한 작업을 요구하는 경우에는 언급한 적외선 터치지점 (touch point) 획득의 정밀도를 학습 알고리즘 등을 통하여서 개선해 주어야 할 것이다.

3.3.2 컴퓨터 제어 실험

컴퓨터 제어는 마우스의 기본동작인 클릭, 더블클릭, 드래그를 이용하여 그림판, 파워포인트 프로그램 등에서 동작 테스트를 하였다. 그림 15는 프로젝터 화면에서 적외선 펜을 이용하여 창 크기 조절, 그림 16은 파워포인트 프로그램을 이용한 발표 자료에 대

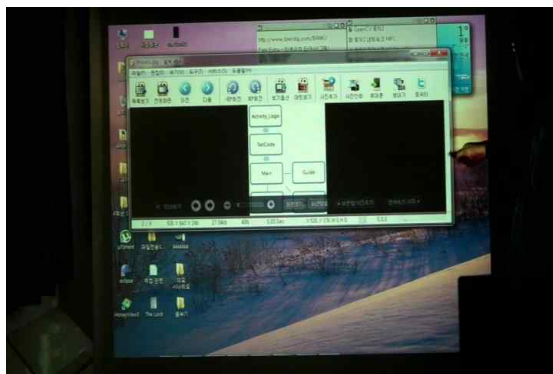


그림 15. 드래그 이벤트(창 크기 조절)

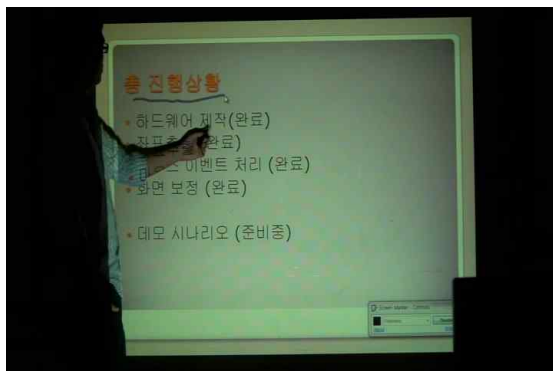


그림 16. 프레젠테이션 동작 테스트

한 동작 이벤트 실험, 그림 17은 그림판에서 정밀도 실험을 하는 장면이다. 각각의 결과에서 볼 수 있듯이 기본 제어 이벤트가 매우 양호하게 동작함을 알 수 있으며, 실제 프로젝터에 연결된 컴퓨터를 원격으로 제어할 수 있음을 알 수 있다.

이러한 기능은 기존의 빔프로젝터 기반의 회의 시스템에서 단순 레이저 포인터와 컴퓨터를 직접 제어하며 수행하던 수준에서 벗어나 자유롭게 비접촉식 인터페이스를 제공해 줄 수 있으며, 빔프로젝터의 화면을 띄울 수 있는 곳이면 사용이 가능한 장점을 가지고 있다.

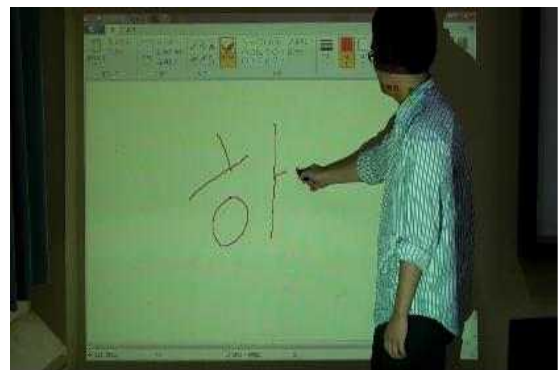


그림 17. 그림판 동작 테스트

3.3.3 게임 제어(Game control) 실험

기존의 플래쉬 게임(Flash Game)을 통해서도 개발된 스마트 스크린 터치 시스템의 정밀도를 확인할 수 있었다. 그림 18에서 나타난 바와 같이 실제 게임을 할 때도 오차가 거의 발생하지 않아 이 기술의 활용 폭이 넓을 것이라 생각된다. 본 연구에서 실험용으로 사용된 게임은 Angry Birds Rio이다[6]. 현재는 기본 마우스 버튼 이벤트에 기반한 제어 기술을

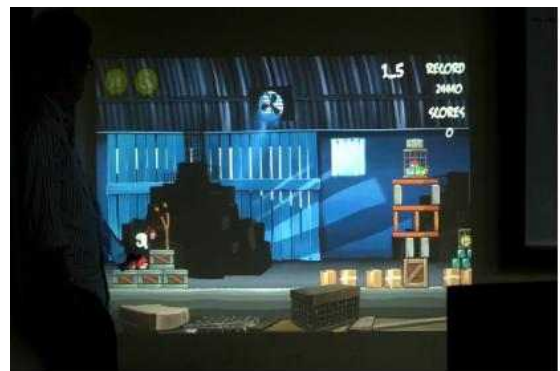


그림 18. 플래쉬 게임 제어 장면

설계하였으나 적외선 펜의 다양한 동작 패턴을 추가하면 매우 다양한 동작이나 섬세한 제어 이벤트를 발생시킬 수 있을 것이라 기대된다.

이 기술의 한계점은 첫 번째로 적외선 카메라와 프로젝터 설치구조에 따른 오차가 발생 할 수 있다는 점이지만 이 문제는 프로젝터와 카메라가 일체화 될 경우 해결될 것이라 생각된다. 만약 일체화되지 않은 경우는 설치 구조에 따라서 실제 동작과의 오차가 정확도 측면에서 조금 증가할 수 있다.

두 번째로 자연광에 섞여 있는 적외선에 의해서 야외 또는 자연광이 들어 올 수 있는 공간에서는 사용에 제약이 발생한다는 점이다. 세 번째로 컴퓨터와 적외선 카메라의 처리 및 데이터 전송속도 문제로 인해서 발생하는 반응오차이다. 이러한 대부분의 문제는 하드웨어적으로 모두 해결이 가능하며, 임베디드형 스마트 프로젝터 개발로 가능할 것이라 고려된다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 빔프로젝터의 기능을 사용자 측면에서 향상시킨 스마트 터치 프로젝터(smart touch projector) 기술에 대해서 소개하고 이에 요구되는 구조와 기술을 제안하였다. 적외선 펜을 사용하여 신호를 발생시키고 이를 기반으로 다양한 처리를 통하여 제어 기능을 구현하였으며 실제 다양한 실제 동작을 통하여 검증하였다.

추후 과제로는 여러 가지 예외 처리(제어 객체가 이미지의 영역을 벗어났다가 다시 들어오는 경우, 카메라가 움직임과 동시에 객체도 움직이는 경우 등)를 해결하여 동작의 정확도를 높여야 하며, 일체형 시스템 설계에 대한 부분도 더욱 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Sang Hyuck Bae, *Integrating Multi-Touch Function with a Large-Sized LCD*, SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 37, No.1, pp. 178-181, May, 2008.

[2] 김효성, 정현기, 김병규, “적외선 카메라를 이용한 에어 인터페이스 시스템 (AIS) 연구,” 한국정보처리학회 논문지 B, 제18-B권, 3호, 2011.

[3] Asanterabi Malima, “A Fast Algorithm for Vision-based Hand Gesture Recognition for Robot Control,” *Signal Processing and Communications Applications*, Vol.1, No.1, pp. 1-4, 2006.

[4] Michael Donoser and Horst Bischof, “Real Time Appearance Based Hand Tracking,” *IEEE International Conference on Pattern Recognition*, pp. 1-4, 2008.

[5] 김동근, *Open CV programming - 개정판*, 가메출판사, 대한민국 서울, 2011.

[6] Angry Birds Rio, <http://fg.gameangel.com/10200000000021184>, 2012.

[7] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*, The 3-rd Edition, Pearson, New Jersey USA, 2010.

[8] Wei Liu, Qing He, Ning Wei, Chenxi Wang, Tingfang Yan, Chao Hu, and Meng, M.Q.-H., “The Design of Infrared Touch Screen Based on MCU,” *IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)*, pp. 485-489, 2011.

[9] A.K.B. Mahmood and S. Sulaiman, “Design and Implementation of Multi-Touch System using FTIR Technique for Optimization of Finger Touch Detection,” *International Symposium in Information Technology*, Vol. 1, pp. 1-7, 2010.

[10] 이성일, 민현석, 신호철, 임을균, 황대환, 노용만, “인접 프레임의 시간적 상관 관계를 이용한 회전에 강인한 손 모양 인식,” *멀티미디어학회 논문지* 제13권, 제11호, pp. 1630-1642, 2010.

[11] E-Series Infrared Touchscreen, <http://www.irtouch.com/info/2008213/2008213121241.shtml>, 2012.



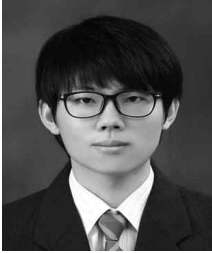
이 국 선

2012년 선문대학교 학사과정
관심분야 : 영상신호처리, HCI 시
스템 기술



강 성 수

2012년 선문대학교 학사과정
관심분야 : 영상신호처리, 영상기
반 HCI 시스템 기술



오 상 현

2012년 선문대학교 컴퓨터공학과
학사
관심분야 : 영상신호처리, HCI 시
스템기술



유 동 희

2012년 선문대학교 학사과정
관심분야 : 영상신호처리, 영상기
반 HCI 시스템 기술



전 국 휘

2012년 선문대학교 학사과정
관심분야 : 영상신호처리, 영상기
반 HCI 시스템 기술



김 병 규

1996년 부산대학교 전기공학과
학사
1998년 한국과학기술원 전기및
전자공학과 석사
2004년 한국과학기술원 전기및
전자공학과 박사

2004년~2008년 한국전자통신연구원 선임연구원
2009년~현재 선문대학교 컴퓨터공학과 조교수
관심분야 : 비디오 신호처리, 비디오 압축이론, 영상신호
처리 및 지능 시스템, 임베디드 멀티미디어
기술