

영상처리를 이용한 상업용 전자칠판의 인터페이스 구현

(Implementation of Commercial IWB Interface using
Image Processing)

고 은 상*, 이 양 원**, 이 창 우***

(Eunsang Ko, Yang Won Rhee, and Chang Woo Lee)

요 약 본 논문에서는 상업용 아임센서터치 전자칠판(Interactive Whiteboard System, IWB)을 소개한다. 이 시스템은 손가락이나 펜을 이용하여 접촉식 상호작용이 가능한 화이트보드 스크린을 통해 개인용 컴퓨터를 운용할 수 있도록 도와주는 인터페이스(Interface)이다. 제안된 인터페이스는 윈도우즈 운영체제와 상호작용하며, 온도와 조명의 변화에 적응적으로 동작한다. 제안된 시스템은 카메라에서 입력된 수광부(Optical Receptive Field)의 영상을 참조영상과 비교하여 차이를 계산하고, 그 차이를 이용하여 터치스크린의 좌표값을 계산한다. 계산된 좌표값을 기반으로 윈도우즈 마우스 이벤트를 생성하여 윈도우즈시스템으로 전달한다. 우리는 참조영상을 갱신하기 위해 두 개의 스레드(Thread)을 이용한 임계영역을 구현하고, 차이계산의 신뢰성을 위해 적응적 임계값을 이용한 참조영상의 갱신을 구현한다. 제안된 터치스크린 인터페이스를 장착한 전자칠판 시스템은 향후 국내외 시장의 성장률이 높아 전도유망한 상품이며, 시장성이 밝을 것으로 기대한다.

핵심주제어 : 전자칠판, 영상처리, 임계영역, 터치스크린 인터페이스, 차이영상

Abstract In this paper we introduce a commercial interactive whiteboard (IWB) system named ImSensorTouch by ImSensor Inc. Using this interface system, we can control our computer through the interactive whiteboard screen just by touching it with your finger or a pen. The interface interacts with Windows operating system (OS) and is adaptable to changes of surroundings especially temperature, and illumination condition. The proposed system calculates the difference between a reference image and a current image captured by a camera in the optical receptive field. And the position making the difference is used to generate the position on Windows screen. Then, we send a mouse event on the position to Windows OS. We have implemented the system using a critical section(CS) with two threads for the reference frame update process in which an adaptive thresholding technique is periodically exploited to get reliable result. We expect the system is competitive and promises a bright future in the IWB market.

Key Words : Interactive Whiteboard, Image Processing, Critical Section, Touch Screen Interface, Difference Image

* 군산대학교 컴퓨터정보공학과, 제1저자

** 군산대학교 컴퓨터정보공학과, 제2저자

*** 군산대학교 컴퓨터정보공학과, 교신저자

1. 서론

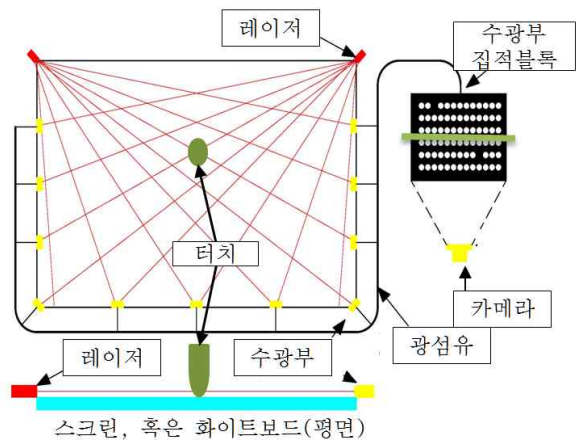
분석가들의 분석전망에 따르면 전 세계 전자철판 시장이 2011-2015년 사이에 연간 성장률 14.29%에 이를 것이라 보고한다[1]. 또한, 전자철판의 전 세계 시장이 2018년에 18.5억 미국달러로 치솟을 것이라 전망한다. 이와 같은 성장전망의 근본요인은 기술기반 교육에 대한 수요와 정부의 교육정책 방향, 그리고, 동분야의 기술적 진보에 기인한다[2]. 현재 전자철판시장의 발전 방향에 따라 60여개 이상의 국제기업들이 그들 고유의 센싱기술을 이용한 시스템의 개발을 진행하고 있다[3]. 이러한 기업들은 스마트기술회사(SMART Technologies Inc.), 삼성전자(Samsung Electronics), 샤프(Sharp Corp.), 엡손싱가포르(Epson Singapore Pte. Ltd.), 파라소닉(Panasonic Corporation), 히다치미국법인(Hitachi Solutions America Ltd.), 등이 있다. 이러한 시스템에서는 사용자와의 상호작용을 위한 센싱기술로 적외선스캔기술, 터치보드, 전자기 펜과 관련 소프트웨어, 그리고, 초음파 펜, 등의 기술이 있다 [3-6]. 특히, 제안된 시스템에서 사용되는 반도체 레이저 다이오드는 각종 레이저들 중에서도 소형, 경량이며 반도체 공정을 통해 저 가격으로 대량생산이 가능한 장점이 있다. 반도체 레이저 기술은 정보화 사회를 지탱하는 기반 기술로 이를 광원으로 사용하는 광섬유 통신기술과 같이 정보통신 사회에 이미 자리를 잡고 있다[7]. 이와 같은 전자철판은 실제 사용을 기반으로 한 실험에서 그 효용성이 입증되었으며[8], 다양한 시도로 개발되고 있다[4-6]. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 전자철판의 구조와 윈도우시스템과의 인터페이스에 관한 실제 접근법에 관하여 설명한다. 3장에서 제안된 방법으로 구현된 시스템의 실험결과를 기술하며, 마지막으로 4장에서는 결론을 맺고, 향후 과제에 관하여 설명한다.

2. 시스템 개요

2.1 전자철판 시스템의 구조

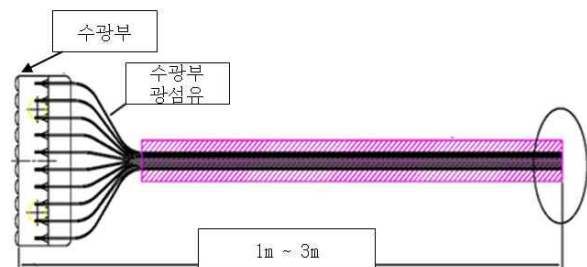
전자철판은 컴퓨터를 기반으로 하여 컴퓨터의 영상을 전송 받아 화면 위에서 터치하고 판서하는 제품으로, 최근에는 스마트기기와 연동하여 시간과 장소에

관계없이 유비쿼터스 환경의 전자철판 환경을 구축하고 있다. 제안된 전자철판은 하드웨어적으로 크게 세 부분으로 나누어져있다. 반도체 다이오드 레이저 방출부, 레이저 광선 수광부와 수광부 관측 카메라로 구성된다. 레이저 방출부에서 보내진 빛이 수광부에 수집되고, 수집된 빛은 광섬유를 통해 수광부 관측 카메라로 보내진다. 그림 1에서 보는 것과 같이 안정적 동작과 긴 수명을 보장하는 다이오드 레이저가 제안된 시스템의 양쪽 상단 모서리에 설치된다. 레이저의 앞쪽은 편광렌즈가 설치되어 레이저 광선을 분산시키는 역할을 한다.



<그림 1> 아이م센서터치 전자철판의 구성도

각 광선은 그림 2와 같이 아래쪽과 옆쪽에 설치된 수광부에서 광선을 모아 광섬유를 통해 수광부 관측 카메라로 보내진다. 만일 사용자가 손가락이나 펜을 이용하여 스크린을 터치하면 이 레이저 광선이 차단되어 수광부에 광선이 전달되지 못하고, 이는 곧 수광부 카메라에 검정색 구멍을 만든다. 검출된 카메라의 검정색 구멍은 스크린 좌표로 변경되고, 변경된 좌표



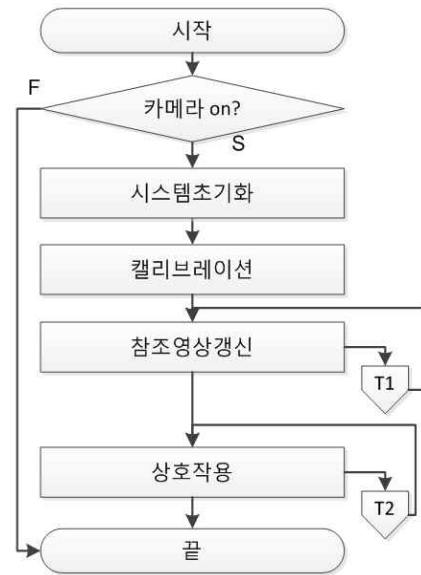
<그림 2> 수광부 모듈의 예

는 윈도우 좌표공간으로 다시 변경되어 마우스 이벤트를 생성하게 된다.

2.2 센싱과 상호작용을 위한 인터페이스

전자칠판 시스템은 컴퓨터와 프로젝터와 연결된 거대한 크기의 상호작용이 가능한 디스플레이(Interactive display)이다. 컴퓨터의 영상이 화이트보드 상에 프로젝트를 통해 주사되고, 이 화이트보드 위의 사용자의 손가락이나 펜의 움직임은 검출기에서 차단된 레이저광선에 의해 포착된다. 화이트보드 상에서 터치가 검출되면 제안된 인터페이스는 그 터치에 반응하는 스크린 상의 좌표 값을 계산한다. 이 과정은 차단된 광선이 하드웨어 설계과정에서 정의한 수광부의 기울기값(slop)을 이용하여 쉽게 계산할 수 있다. 그림 3은 두 개의 스레드가 운용되는 인터페이스의 흐름도를 보여준다. 그림 3에서 캘리브레이션(Calibration)단계는 화이트보드 좌표계와 윈도우좌표계 사이의 변환관계를 설정한다. 화이트보드 상의 좌표공간은 시스템의 초기화 작업에서 미리 계산한 원근변환 행렬(Perspective Transformation Matrix)을 이용하여 윈도우 좌표 공간으로 변환한다. 원근변환 행렬의 계산은 화이트보드 상의 네 개의 좌표점과 윈도우상의 미리 알려진 네 개의 좌표점을 이용하여 수행하며 OpenCV 함수를 이용하여 구현한다[9]. 제안된 시스템에서 터치점(touch point)을 찾아내기 위해 현재 영상과 주기적으로 갱신되는 참조영상(그림 3의 스레드 2)의 차이를 이용(그림 3의 스레드 1)한다. 두 스레드의 임계영역인 참조프레임은 Lock-test 알고리즘을 이용하여 구현한다.

그림 3에서 하나의 스레드(스레드1, T1)는 참조영상을 갱신하기 위해 사용하고, 다른 하나(스레드2, T2)는 현재영상과 참조영상의 차이를 이용한 터치를 검출하기 위해 사용한다. 참조영상을 갱신하거나 사용하는 부분에 임계영역을 설정한 이유는 참조영상이 갱신되는 동안 현재영상과의 차이를 계산하거나, 터치가 발생한 시점에서 참조영상을 획득하면 터치가 포함된 참조영상이 갱신되기 때문에 시스템이 오작동을 유발하기 때문이다. 즉, T1에서 참조영상을 주기적으로 갱신하는 프로세스가 동작하는 동안, T2에서는 현재영상을 이용하여 터치가 발생한 위치를 검출하는 프로세스가 동작한다. 검출된 터치는 스크린 좌표에서 윈



<그림 3> 구현된 인터페이스의 흐름도

도우좌표로 변환되고, 이 좌표의 시간적인 흐름을 파악하여 그에 반응하는 마우스 이벤트(드래깅, 우측버튼클릭, 좌측버튼클릭, 등)를 생성한 후에 운영체제로 메시지를 보낸다.

2.3 참조영상 생성

참조영상을 구성하기 위해 그림 4에서처럼 카메라의 입력을 이용한다. 먼저 영상을 가로세로 프로젝션 프로파일을 생성한다. 생성된 프로파일을 이용하여 각 단의 경계를 검출하고, 검출된 경계를 이용하여 각 수광부 모듈의 카메라공간의 절대 좌표값을 생성한다.



<그림 4> 카메라 입력의 예

즉, 어떤 모듈이 스크린 상의 어떤 좌표인지 알려주는 것이다.

각 수광부 모듈은 하나의 흰색 블랍(White Blob)을 형성하고, 각 수광부 모듈이 10개의 광섬유로 구성되어 때문에 각 블랍을 10등분하여 그 평균값으로 참조영상 벡터(Reference Image Vector, *Ref*)를 구성한다. 이를 이용하여 196차원(하나의 레이저 당 980개의 수광부 벡터)의 참조영상 벡터를 계산한다. 이 참조영상은 온도의 변화와 조명 밝기 변화에 민감할 수 있기 때문에 환경에 적응적으로 갱신되어야 한다. 따라서 본 시스템에서는 스프레드를 이용하여 주기적으로 갱신함으로써 시간상으로 인접한 참조영상을 구할 수 있다. 따라서 시작시점에서 한번만 계산된 참조영상에 비해 밝기변화나 온도변화에 의한 참조영상의 왜곡을 줄여 줄 수 있다. 참조 영상을 획득하는 과정과 동일한 과정이 현재 영상을 포착한 후에 현재 영상 벡터(Current Image Vector, *Cur*)가 계산되고 두 벡터의 차이를 이용하여 화이트보드 상에서 터치가 발생한 위치를 계산한다.

$$Diff = Ref - Cur \quad (1)$$

차이 벡터(Difference Vector, *Diff*)는 차이가 일어나는 부분에서 값의 정점인 곳을 터치가 발생된 점으로 인식한다.

3. 구현결과

제안된 시스템은 아임센서 회사의 아임센서터치 전자칠판 시스템을 이용하여 실험하였다. 실험에 사용한 전자칠판 시스템은 2개의 다이오드 레이저가 80인치 화이트보드 좌우상단에 설치되었고, 한 대의 카메라와 196(98+98)개의 수광부 모듈로 구현되었다. 제안된 전자칠판 인터페이스 시스템 요구사항은 표 1과 같다.

운영환경에서 조도의 영향은 프로젝터의 빛, 형광등의 빛, 태양에 의한 밝기의 변화에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이는 레이저의 파장만 받아드리도록 카메라에 밴드패스필터(Band pass filter)를 설치하였기 때문이다. 습도와 온도에 따른 시스템의 성능차이는 광섬유의 제조공정에 따른 휨 정도와 수축팽창에

<표 1> 시스템 요구사항

구분	요구사항
CPU	펜티엄 4 이상
인터페이스	USB 2,0
운영체제	Windows XP/7
운영환경	온도: 10-30℃ 권장 습도: 30-80% 권장

따른 변화 때문에 발생할 수 있다. 각 수광부 모듈은 그림 2에서 보듯이 10개의 광섬유로 구성되며, 제안된 시스템의 전체 해상도는 980X980 크기이다.

<표 2> 수광부 각도값의 예

90-각도	Radians	Tan
1.2035	0.02100504	0.02100813
1.2675	0.02212205	0.02212566
1.3316	0.02324080	0.02324499
1.3954	0.02435432	0.02435914
1.4594	0.02547134	0.02547685
1.5234	0.02658835	0.02659461
1.5874	0.02770536	0.02771245
1.6514	0.02882237	0.02883035
1.7154	0.02993938	0.02994833
1.7793	0.03105464	0.03106463
1.8470	0.03223623	0.03224740
...

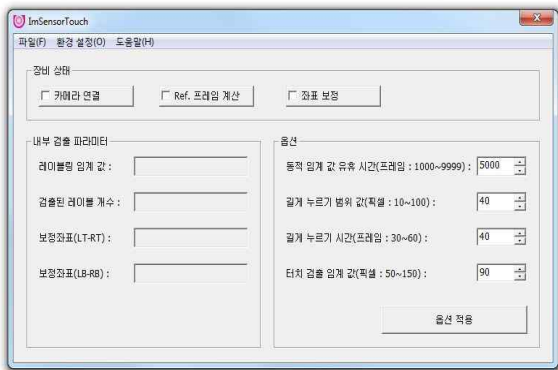
카메라의 입력은 20 f/s 이상 처리하였고, 다양한 온도변화와 조명조건에서 테스트하였다. 표 2에서는 설계단계에서 작성된 각 수광부와 레이저 사이의 각도표를 보여준다. 첫 번째 열은 레이저와 수광부 사이의 각도이고, 두 번째 열은 라디안값으로 변경한 값이며, 세 번째 열은 기울기값으로 변경한 값이다. 이 표의 행의 수는 196행이다.

<표 3> 터치검출을 위한 의사코드

```

if( Diff > 임계값_d)
{
    Touch detected;
    if(터치시간>임계값_t)
    {
        if(터치위치> 임계값_xy)
            MouseRButtonDown();
        else
            MouseMove();
    }
    else
    {
        MouseLButtonDown();
    }
}
    
```

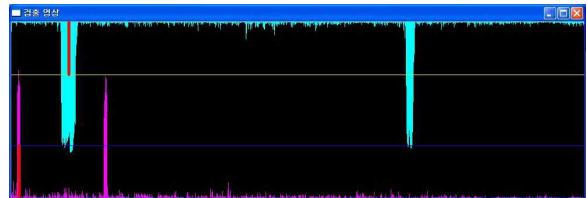
현재 영상과 참조영상의 블랍 검출 시 사용된 알고리즘은 OpenCV의 cv::threshold() 함수이다 [9]. 이때 옵션으로 “THRESH_BINARY | THRESH_OTSU”를 사용하였다. 참조영상의 갱신은 임계영역의 구현으로 인해 터치가 발생하지 않고, 정해진 시간을 주기로 수행된다. 표 3에서 터치의 발생에 따른 윈도우즈 메시지 생성 알고리즘을 보여준다.



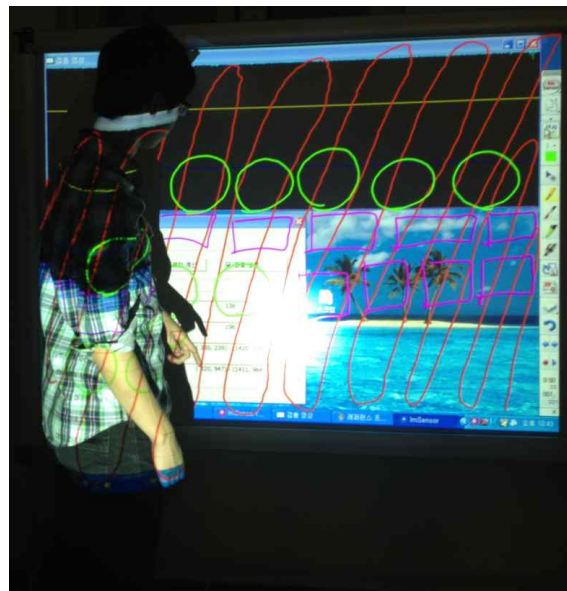
<그림 5> 제안된 인터페이스 구현

그림 5에서는 구현된 인터페이스를 보여준다. [장비 상태]는 각기 다시 재설정을 요구할 때 사용하는 체크박스이며 [옵션]의 각 파라미터는 위쪽부터 참조영상을 갱신하는 주기를 설정하는 파라미터, 오른쪽 버튼 클릭 구현 시, 좌표의 변동범위를 제약하는 파라미터

이고, 길게 누르기 시간을 설정하는 파라미터, 그리고, 차이벡터의 임계값을 설정하는 파라미터이다. 그림 6에서는 구현된 인터페이스를 이용한 전자철판의 구현 예시를 보여준다.



(a)



(b)

<그림 6> 전자철판 구현 결과; (a) 차이벡터의 가시화 화면, (b) 인터페이스의 구동상황 예시

4. 결론 및 향후과제

논문에서는 상업용 전자철판의 인터페이스구현을 소개하였다. 구현된 시스템은 아임센서회사의 터치보드와 윈도우즈 운영체제 사이의 인터페이스를 담당한다. 제안된 전자철판은 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 주기적인 갱신으로 온도변화나 조명의 변화에 적응적으로 설계되었다. 둘째, 제품의 구현원리가 매우 단순하여 유지보수 비용이 저렴하며, 압력센서 방식보다 내고장성(fault tolerance)이 우수하다. 셋째, 레이저

어레이를 사용하는 방식에 비해 전자칠판 시스템의 오동작 가능성이 미미하여 반영구적 활용이 가능하다. 넷째, 더 큰 디스플레이 화면으로 확장이 용이하여 이식성(portability)이 우수하다. 반면, 단점으로는 전자칠판의 설계의 특성 상 터치 해상도가 균일하지 못한 부분이 발생한다는 것이다. 향후 과제로서 구현된 시스템을 멀티터치 인터페이스의 디자인 및 구현으로 확장을 계획하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] "Global Interactive Whiteboard Market 2011-2015," <http://www.reportlinker.com>, 2012.
- [2] "Global Interactive Whiteboard Market to Reach US\$1.85 Billion by 2018, According to New Report by Global Industry Analysts, Inc.," <http://news.yahoo.com/global-interactive-whiteboard-market-reach-us-1-85-110251568.html>, Jul. 25, 2012.
- [3] 전자칠판의 정의(IWB link on Wikipedia), http://en.wikipedia.org/wiki/Interactive_whiteboard
- [4] Interactive Whiteboard - Panasonic, ftp://ftp.panasonic.com/pub/Panasonic/business/office/brochures/UB-T781W_T781_T780_Brochure.pdf.
- [5] "Interactive Whiteboards and Learning: A Review of Classroom Case Studies and Research Literature," http://www.smart-board.se/files/whitepapers/research_whitepaper_smart_board_.pdf.
- [6] INTERACTIVE WHITEBOARD - Hitachi Solutions Europe, <http://www.hitachisolutions-eu.com/mediaresources/liens/fxTrio88w/fxTrio88w-web.pdf>.
- [7] 심종인, "반도체 레이저 다이오드," 물리학과 첨단기술, pp.14-18, 4월, 2010.
- [8] Ball, Barbara. "Teaching and Learning Mathematics with an Interactive Whiteboard." Micromath (Spring 2003) 4--7. 2003.
- [9] OpenCV v2.4.2 Online Documentation, <http://docs.opencv.org/2.4.2/index.html>



고 은 상 (Eunsang Ko)

- 군산대학교 컴퓨터정보공학과 학부과정생
- 관심분야 : 컴퓨터비전, 영상처리, 인공지능



이 양 원 (Yang Won Rhee)

- 정회원
- 숭실대학교 전산학과 학사
- 연세대학교 전산학과 석사
- 숭실대학교 전산학과 박사
- 군산대학교 컴퓨터정보공학과 교수
- 관심분야 : 모바일 프로그래밍, 가상현실, 멀티미디어



이 창 우 (Chang Woo Lee)

- 정회원
- 경일대학교 컴퓨터공학과 공학사
- 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사
- 경북대학교 컴퓨터공학과 공학박사
- 군산대학교 컴퓨터정보공학과 부교수
- 관심분야 : 텔레매틱스, 패턴인식, 컴퓨터비전, 상황인식

논문접수일 : 2012년 11월 19일
 1차수정완료일 : 2012년 11월 23일
 2차수정완료일 : 2012년 12월 19일
 게재확정일 : 2012년 12월 26일