논문 2010-47SD-2-9

스테레오 비전을 이용한 저전력 적외선 멀티 터치스크린 컨트롤러의 설계

(Design of an Infrared Multi-touch Screen Controller using Stereo Vision)

정 성 완*, 권 오 준**, 정 용 진***

(Sungwan Jung, Oh-Jun Kwon, and Yong-Jin Jeong)

요 약

최근 터치스크린 기술은 인간이 컴퓨터와 대화할 수 있는 주요 도구로서 급진적인 발전을 이루고 있다. 이 사용자 친화적인 인터페이스는 휴대폰에 이어 데스크탑, TV와 같은 대형스크린 시장까지 확산되어가고 있지만 기존의 저항막방식, 정전용량방식, 초음파방식 등은 기술 및 비용문제로 인하여 중·대형스크린에 적용하기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 적외선과 라인스캔 이미지센서를 이용하여 간단하고 저렴한 비용으로 중·대형스크린에 적용할 수 있는 광학 영상 터치스크린 솔루션을 소개하고 이 기술이 갖는 문제점과 해결방안을 제시한다. 멀티 포인트를 추출하기 위한 주요 알고리즘은 범용프로세서를 이용하여 구현 시 약 34ms(29fps)가 소요되었으며 이는 휴먼인터페이스 디바이스로 사용되기에는 불충분하였다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 신호처리 및 좌표추출연산을 위한 하드웨어를 설계하여 성능을 향상시키고 광학 영상 터치스크린이 갖는 문제점을 소프트웨어에서 효율적으로 처리할 수 있도록 하였다. 설계한 터치스크린 컨트롤러의 PSM(Power Saving Mode)은 1.8Wh의 적외선 소비에너지를 0.0072Wh 까지 개선하였으며 60인치 대형스크린에서 2개의 실제 좌표를 200fps 속도로 연산해낸다.

Abstract

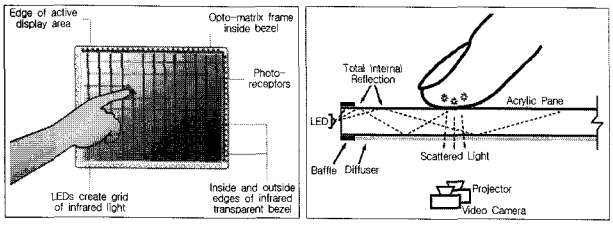
Touch-enabled technology is increasingly being accepted as a main communication interface between human and computers. However, conventional touchscreen technologies, such as resistive overlay, capacitive overlay, and SAW(Surface Acoustic Wave), are not cost-effective for large screens. As an alternative to the conventional methods, we introduce a newly emerging method, an optical imaging touchscreen which is much simpler and more cost-effective. Despite its attractive benefits, optical imaging touchscreen has to overcome some problems, such as heavy computational complexity, intermittent ghost points, and over-sensitivity, to be commercially used. Therefore, we designed a hardware controller for signal processing and multi-coordinate computation, and proposed Infrared-blocked DA(Dark Area) manipulation as a solution. While the entire optical touch control took 34ms with a 32-bit microprocessor, the designed hardware controller can manage 2 valid coordinates at 200fps and also reduce energy consumption of infrared diodes from 1.8Wh to 0.0072Wh.

Keywords: Optical touch, Multi-touch, Stereo Vision, Infrared touchscreen

* 학생회원, *** 정회원, 광운대학교 전자통신공학과
(Department of Electronics and Communications Engineering, Kwangwoon University)
** 정회원, 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과
(Department of Computer Software Engineering, Dong-Eui University
※ 본 논문은 IDEC/ITSOC의 툴 지원과 서울시 산학연 협력사업 (KU080661) 및 광운대학교 교내 학술연구지원으로 이루어졌습니다.
접수일자: 2009년12월10일, 수정완료일: 2010년1월25일

I. 서 론

터치스크린은 과거 ATM(Automatic Teller Machine), Kiosk등 산업용 제품에 한정되었으나 최근 사용자 친화적 인터페이스를 채용한 어플리케이션들이 다량 등장함에 따라 그 영향력은 휴대폰에 이어 Laptop, Desktop에까지 확산되어 가고 있으며 이에 중·대형 디스플레이의 터치스크린 솔루션을 위한 연구가 지속되고 있다. 그 중



(a) (b)

(a) Optical touch using infrared-matrix
(b) FTIR(Frustrated Total Internal Reflection)[1]

그림 1. 적외선을 이용한 터치스크린 기술
Fig. 1. Touchscreen Technologies Using Infrared.

적외선을 이용한 터치스크린은 정전용량방식, 저항막방식, 표면 초음파방식 등에 비해 적은 비용으로 대형스크린에 적용시킬 수 있으며 스크린 표면에 터치를 감지하기 위한 별도의 장치가 필요 없기 때문에 화면의 투과성 및 내구성이 강하다는 장점으로 많이 이용되어진다.

적외선을 이용한 터치스크린은 크게 두 가지 방식으로 구분된다. 적외선 발광소자와 수광소자 간의 터치로 인한 차단된 구간을 감지하여 터치를 인식하는 방법과 적외선 발광 물체를 이용하여 화면에 적외선 잔상을 두어 화면의 전면 또는 후면에서 카메라로 촬영 및 인식하는 방법이다. 그림 1은 두 가지 방식의 전형적인 예를 보여준다. (a)는 좁은 공간에도 설치할 수 있으며 스크린의 제약이 없으나 화면의 크기가 커질수록 필요한 적외선 발광소자와 수광소자의 개수가 비례적으로 증가하여 비용이 커진다는 단점이 있다. (b)는 FTIR (Frustrated Total Internal Reflection)[1]을 이용하여 화면에 적외선 잔상을 두어 화면의 전면 또는 후면에서 카메라로 촬영하여 인식하는 방법이다. 투영 방식을 사용하므로 화면의 크기에 따라 카메라의 위치가 멀어져야하기 때문에 큰 공간을 필요로 한다는 단점이 있다. 본 논문에서는 수광소자를 사용하는 대신 Line-scan Image Sensor를 이용하여 공간을 많이 차지하지 않으면서 대형스크린 적용에도 큰 비용부담을 줄일 수 있는 (a)의 변형된 방법을 이용할 수 있도록 컨트롤러를 설계하였다.

II. 광학 영상 터치스크린

1. Introduction

광학 영상 터치스크린 솔루션은 그림 2와 같이 Line-scan Image Sensor 2개와 소수의 적외선 발광소자(Infrared Diodes), 반사시트(Reflective Sheeting)로 구성된다. 발광소자에서 방사된 적외선은 하단부에 부착된 반사시트에 난반사되어 적외선 층을 이루며 터치가 일어났을 때 변형된 층을 스크린 양측 모서리에 장착된 센서로 촬영하여 포인팅 지점의 좌표를 찾아낸다.

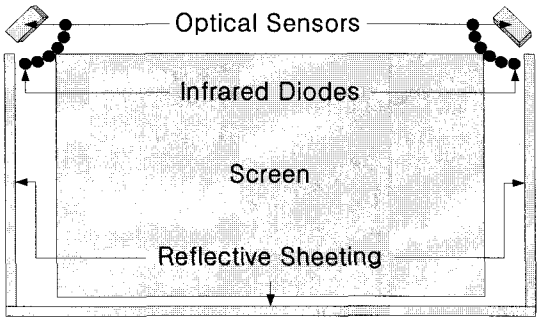


그림 2. 광학 영상기법을 이용한 터치스크린
Fig. 2. Optical Imaging Touchscreen.

가. Coordinate Extraction Algorithm

컨트롤러는 터치를 인식하기 위해 터치가 일어나지 않은 상태의 적외선 층을 저장하고 광량에 따른 Threshold를 정의하여 오브젝트가 스크린을 터치함에 따라 생기는 적외선의 차단 구간을 찾아낸다. 그림 3은

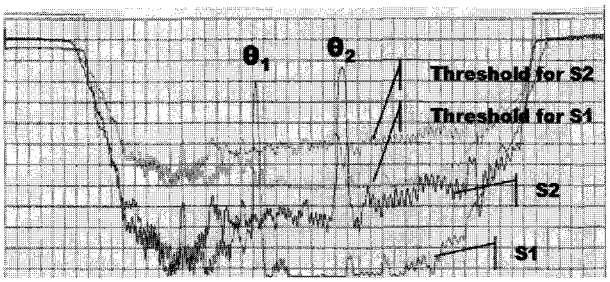


그림 3. Sensor 1, 2(S1, S2)의 파형
Fig. 3. Waves from both sensors when a point is detected.

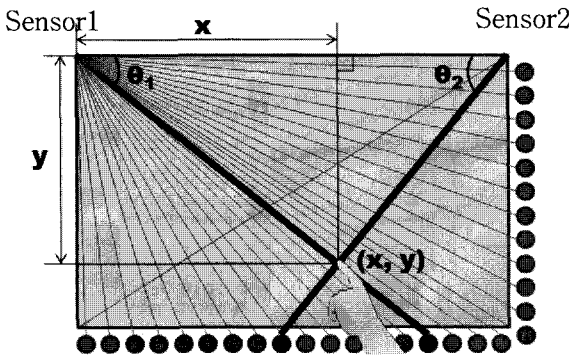


그림 4. 삼각측량법을 이용한 포인팅 지점 추출
Fig. 4. Triangulation to find out a coordinate.

그림 4와 같이 터치(x, y)가 일어났을 때 두 개의 센서가 촬영한 파형을 보여준다. 이 파형은 OP AMP (Operational Amplifier)로 반전 증폭된 파형이며 레벨이 낮은 부분이 적외선이 검출된 부분, 레벨이 높은 부분이 터치로 인해 적외선이 가려진 부분을 나타낸다. 컨트롤러는 촬영된 데이터와 Threshold를 비교하여 적외선이 검출되지 않은 구간을 찾아내고 해당 구간의 각도를 좌표 연산기에 제공한다. 이 연산기는 터치된 좌표를 알아내기 위해 식 1, 2와 같이 간단한 삼각측량법을 이용한다.

$$x\tan\theta_1 = (\text{width} - x)\tan\theta_2$$

$$x = \frac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1 + \tan\theta_2} \times \text{width} \quad (1)$$

$$y = x\tan\theta_1 \quad (2)$$

나. Calibration

좌표점 (x, y)를 찾기 위해서는 좌, 우측 상단의 센서 간 거리와 센서와 터치 포인트의 끼인 각 θ1, θ2이 필요하다. 검출한 포인트에 해당하는 각도를 제공하기 위해 그림 5와 같이 좌표 추출 이전에 미리 특정 포인트를 정하여 각을 할당하는데 이를 Calibration이라 한다. 터치스크린 컨트롤러는 Calibration을 통하여 각도가 맵핑된 LUT(Look-Up Table)을 미리 생성하고 터치가 일어날 때 검출된 포인트의 해당하는 두 각도를 제공하게 된다.

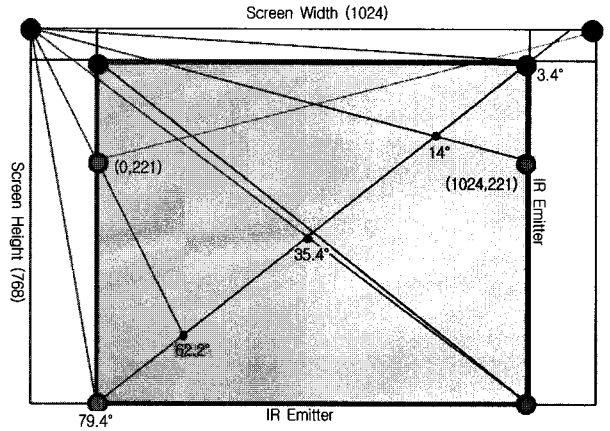


그림 5. 캘리브레이션
Fig. 5. Calibration.

2. Trouble Shootings

두 개의 적외선 센서를 이용한 이 광학 영상 터치스크린 기술은 적은 비용, 견고함, 디스플레이의 높은 이미지 투과성 등의 장점에도 불구하고 다음과 같은 문제점이 존재한다.

가. Over Sensitivity(과민 터치 현상)

스크린 위로 형성되는 적외선 층을 촬영하여 터치 여부를 결정하는 이 시스템은 오브젝트가 실제로 스크린을 터치하기 이전에 포인팅 이벤트가 일어나는 치명적인 문제점을 갖고 있다. 이를 해결하기 위한 가장 간단한 방법은 반사시트의 두께를 줄여 적외선 층을 가장 얇게 만드는 것이지만 두께가 줄어듦에 따라 적외선 발광소자와 적외선 센서의 정밀한 설치를 필요로 하며 외부 충격에 민감해지고, 검출되는 적외선 영역이 적어져 좌표를 추출하는데 어려움이 따른다. 따라서 반사시트의 두께를 유지하면서 과민 터치 현상을 줄일 수 있는 방법 두 가지를 아래 제안한다.

(1) Pre-scanning

특정 오브젝트를 통해 전 구간의 실제 터치된 파형을 미리 입력하여 Threshold를 조절하는 방식이다. 그림 6은 Pre-scanning을 통해 얻은 적외선이 차단된 전 구간의 광량을 연속적으로 나타낸 파형이다. 이 파형은 적외선 발광소자 및 ADC(Analog to Digital Converter)의 온도 변화로 생기는 적외선 층의 일시적 변형으로 인한 일반적인 오류(이하 EC, Error Compensation)만큼 감소시켜 가장 이상적인 Threshold를 정의한다. Pre-scanning 방식은 스크린 전 구간에서 비교적 정확하게 동작하나 주위 환경에 따른 광량의 변화나 터치에 사용될 오브젝트가 변경되면 매번 Pre-scanning이 일어나야하므로

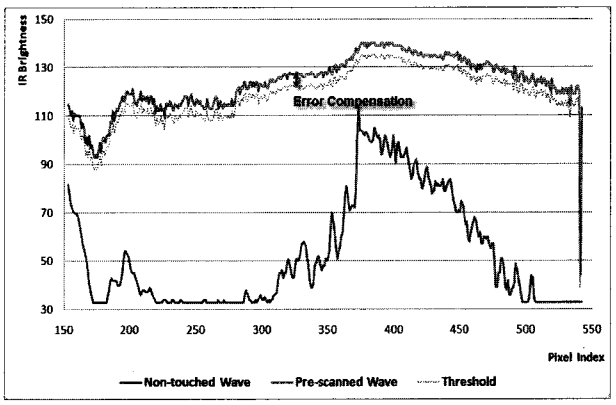


그림 6. 터치 및 터치가 일어나지 않은 전 구간의 파형 비교
Fig. 6. Comparison of waves when touched and non-touched.

실제로는 사용이 어렵다.

(2) Difference Observation

과민 터치 현상은 주로 더블클릭이나 필기를 할 때 순간적으로 필기 물체를 띄웠다가 다시 터치를 하는 경우 연속적인 터치로 인식을 하는 문제가 발생한다. Difference Observation은 처음 터치된 오브젝트의 검출된 특성과 다음 터치된 특성의 변화량을 트랙킹하는 방법으로 그림 7에서와 같이 검출된 파형의 넓이(이하 DA, Dark Area)의 변화량(이하 D, Difference)에 따라 Touch, Non-touch를 구분한다. DA와 D는 식 3, 4에 의해 정의된다.

$$DA = DA_H * DA_W \quad (3)$$

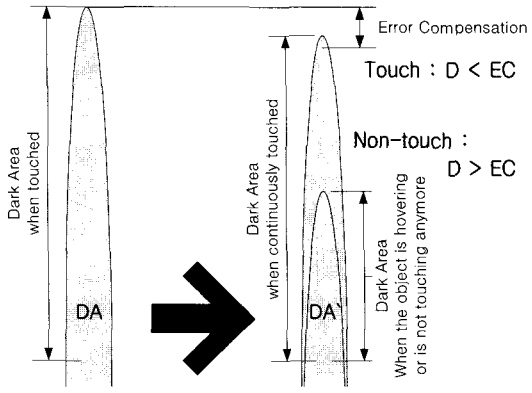
where H is the height, and W is the width of a detected area.

$$D = | DA_i - DA_{i-1} | \quad (4)$$

where i is the sequence number of a detected sample.

DA_{i-1} 샘플을 터치된 포인트라 할 때 지속적인 터치가 일어날 경우 D_i는 EC보다 적으므로 이를 Touch로, EC보다 클 때를 Non-touch로 판단하게 된다.

Difference Observation에서는 앞서 언급한 EC이외에 필기 시에 나타나는 터치 포인트의 일반적인 이동에 따른 변화 요소(이하 AD, Allowable Difference)를 고려해야 한다. 그림 8은 특정 오브젝트의 터치된 상태에서 거리 및 구간이동에 따른 변화를 나타낸다. 이 특성은 적외선 광량, 거리에 따라 비례하므로 Non-touched



DA : The Infrared lightness of touched area

그림 7 적외선 광량 변화 추적
Fig. 7. Difference Observation.

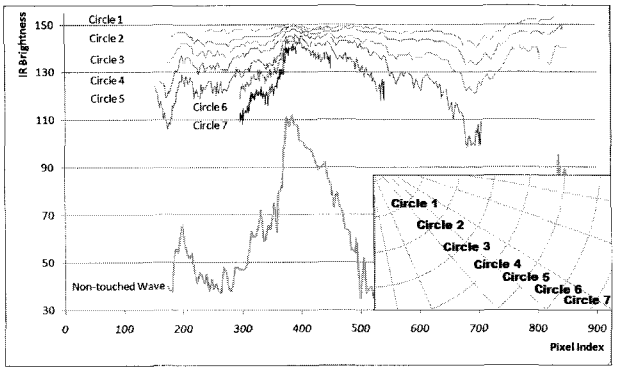
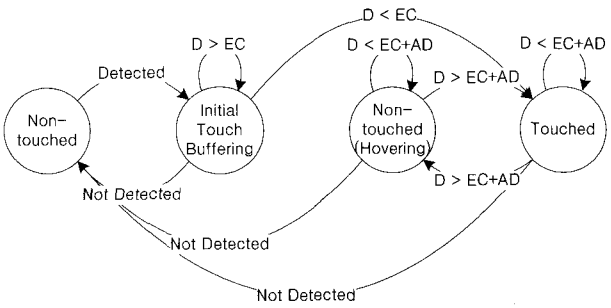


그림 8. 거리 및 구간에 따른 변화 특성
Fig. 8. Characteristics of the difference whenever the distance and the angle varies.



Hovering : The object is hovering above the screen.

그림 9. 터치 판별을 위한 스테이트 다이어그램
Fig. 9. State Diagram to distinguish between touch & nontouch.

Wave 레벨 및 좌표, 즉 거리에 따라 다른 AD를 적용시켜야 한다. 본 논문에서는 이를 이용하여 그림 9와 같이 Touch, Non-touch를 구별한다. 초기상태에서 터치가 검출되었을 때 오브젝트는 실제로 스크린을 터치하기 이전에 검출된 값이므로 DA의 값은 계속 증가한다. DA의 안정화, 즉 오브젝트가 스크린을 터치하게 되면 터치 이벤트를 발생시키고 D의 값을 추적하여 Non-touched(Hovering)와 Touched 상태를 반복하게 되며 Threshold이하로 떨어지게 되면 다시 초기상태인 Non-touched 상태로 돌아가 이를 반복하게 된다.

나. Ghost Points

하나 이상의 터치가 동시에 일어날 경우 두 센서로부터의 각도 페어를 알 수 없어 그림 10과 같이 실제 터치가 일어나지 않은 고스트 포인트 $\{\theta_1, \theta_3\}$, $\{\theta_2, \theta_4\}$ 가 생긴다. 이를 위한 해결책으로 그림 10에서 두 가지를 제시한다. 첫째, 센서 3을 통해 $\{\theta_3, \theta_6\}$, $\{\theta_4, \theta_5\}$ 연산하여 고스트 포인트를 판별한다. 둘째, 터치점

의 DA의 너비를 비교하여 고스트 포인트를 구별한다. 전자는 고스트 포인트를 다른 연산없이 해결할 수 있지만 센서 3으로 인한 비용이 추가되며, 후자는 비용을 절감할 수 있지만 두 터치점이 가까울 경우 판별이 어렵다는 단점을 갖고 있다. 본 논문에서는 두 번째 방법인 센서 두 개만을 이용하여 Real Point의 확률을 호스트로 전송해 응용 프로그램에서 상황에 맞게 판별하여 사용하는 방법을 택했다. 따라서 DA로 예측된 Real Point와 Ghost Point는 함께 호스트로 전송되며 어플리케이션에 따라 사용자의 입력 의도를 파악하고 함께 전송된 Real Point의 확률을 참조하여 좌표를 결정한다.

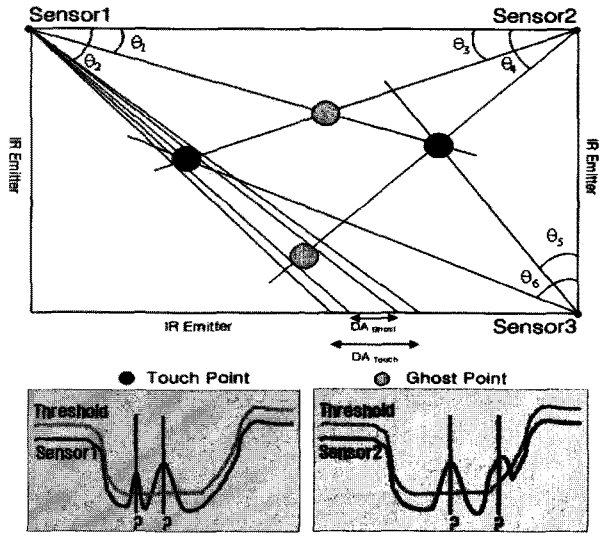


그림 10. 고스트 포인트의 예와 해결책
Fig. 10. Solutions for the ghost points.

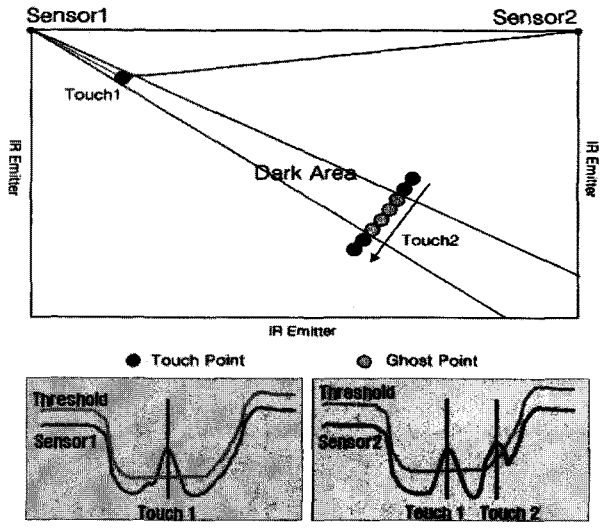


그림 11. 쉐이딩 현상의 예
Fig. 11. An example of shadings.

다. Shading

공간을 최소화하기 위해 측면에서 촬영한 1차원 이미지를 사용하는 이 시스템은 그림 11과 같이 센서 2에서는 터치 2개의 각을 모두 알 수 있지만 센서 1에서는 터치 1의 DA로 인해 터치 2의 정확한 각도를 알 수 없어 고스트 포인트가 생기는 문제점이 있다. 이 쉐이딩 현상은 앞서 언급한 적외선 광량 변화와 포인트를 트래킹하여 이동 각도와 방향을 예측하여 해결할 수 있다.

III. 컨트롤러의 설계 및 구현

1. 범용프로세서를 이용한 구현

광학 영상기법을 이용한 멀티 터치스크린을 구현하기 위해 범용프로세서를 사용하여 그림 12와 같이 구성하였다. 각 센서의 아날로그 데이터를 디지털로 변환하기 위해 ADC를 내장한 2개의 프로세서는 센서 컨트롤, 적외선 신호처리, 터치 위치를 찾기 위한 Edge Detection 동작을 수행하며 SPI(Serial Peripheral Interface)를 통해 좌표 추출 연산을 위한 프로세서로 전송한다. 고스트 포인트를 포함한 4개의 터치 포인트를 추출하기 위해 식 1, 2를 4번 수행해야 하며 Tangent Function 4번, 32bit 부동소수점 곱셈 8번, 나눗셈 4번의 연산이 필요하다. 이는 33Mhz 32bit EISC(Enhanced Instruction Set Computer) SE3208[2] 프로세서에서 총 약 47ms(21fps)가 소모되며 일반적으로 60fps (60hz)이상의 동작속도를 요구하는 HID(Human Interface Device)로서의 기능을 하지 못한다.

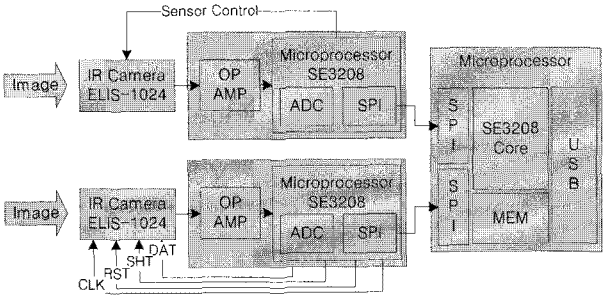


그림 12. 범용 프로세서를 이용한 구현
Fig. 12. Implementation using 3 microprocessors.

2. FPGA 하드웨어를 이용한 구현

범용프로세서 기반의 느린 연산 속도는 HID의 기능을 충족시키지 못 할뿐 아니라 멀티 터치포인팅의 문제점을 해결하기 위한 광량 및 좌표 트래킹, 방향 예측등

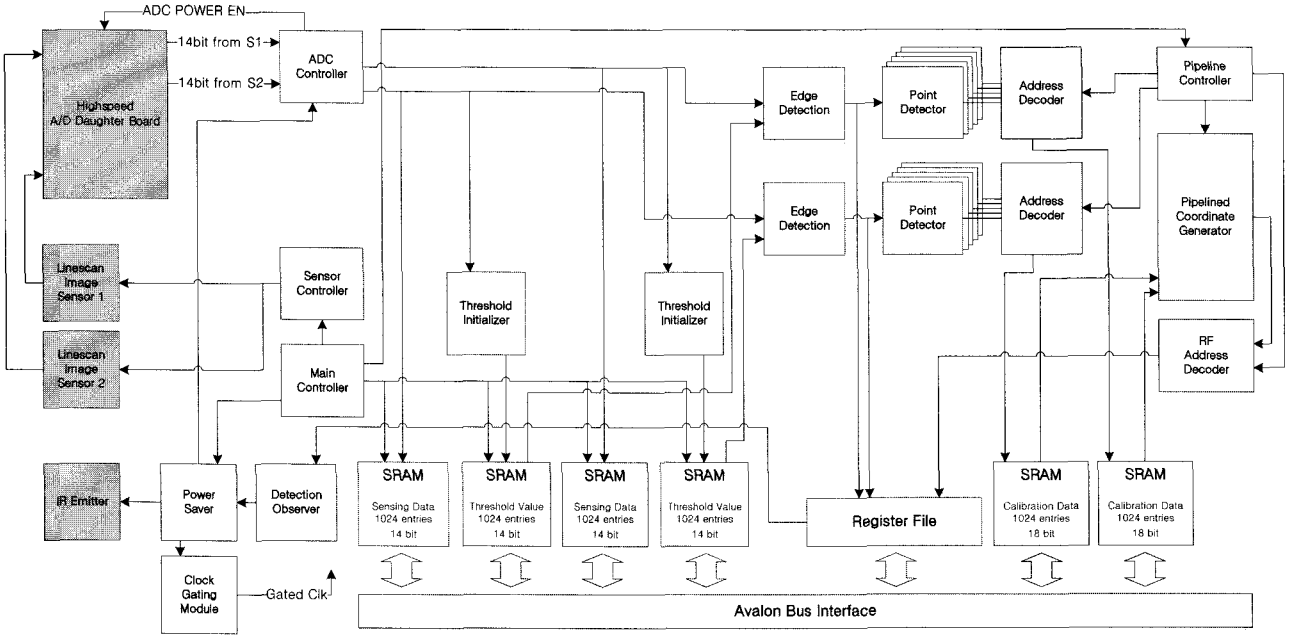


그림 14. 터치스크린 컨트롤러 내부
Fig. 14. Detail Block Diagram of Touchscreen Controller.

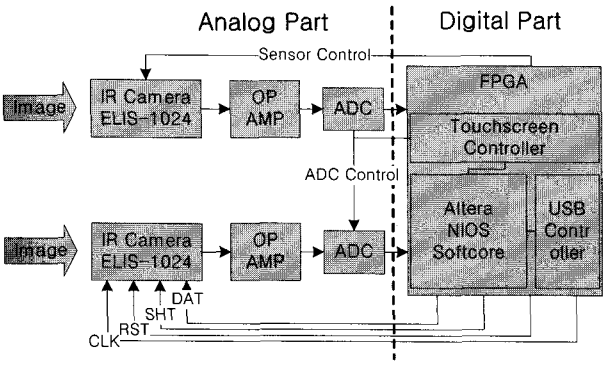


그림 13. FPGA를 이용한 하드웨어 구현
Fig. 13. Hardware Implementation using FPGA.

을 실현하지 못한다. 그림 13은 이를 해결하기 위한 하드웨어 설계 구조이다. Line-scan Image Sensor로 사용된 ELIS-1024[3]는 1024 해상도를 가지며 컨트롤러 신호에 따라 촬영한 아날로그 데이터를 ADC로 보낸다. 0V~2.2V의 대역폭을 갖는 아날로그 신호는 14bit의 디지털 데이터로 변환되며 컨트롤러는 이 데이터를 처리하여 좌표를 추출해 낸다. Altera사의 NIOS II 프로세서는 이 좌표를 USB HID 인터페이스를 통해 호스트로 보내며 호스트의 포인팅 디바이스로 동작하게 된다. 그림 14는 터치스크린 컨트롤러의 상세 블록도이며 크게 센서와 ADC, 적외선 발광소자를 제어하는 메인 컨트롤러와 신호처리모듈, 좌표 추출 모듈로 구성되어 있다.

가. 메인 컨트롤러

메인 컨트롤러는 센서 동작에 따라 터치스크린 컨트롤러의 모든 동작을 결정하며 이 동작에 따라 그림 15와 같이 모듈별 클록 게이팅, ADC와 센서 및 적외선 발광소자의 파워스위칭을 담당하는 Power Saver 모듈을 컨트롤한다. 센서의 촬영(Shuttering) 중에는 적외선 발광소자에 전원이 인가되며 이전 촬영된 데이터를 이용하여 좌표를 추출하기 위해 좌표추출모듈만이 클록을 공급받는 반면, 촬영 데이터 전송(Read-out) 중에는 ADC, 신호처리모듈만이 동작한다. 저전력을 위해 컨트롤러는 사용자의 입력에 따라 이 동작모드를 다시 3가

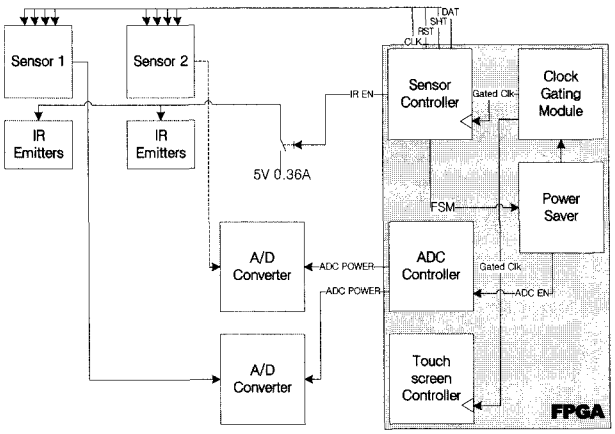


그림 15. 저전력을 위한 모듈별 컨트롤
Fig. 15. Module control depending on Power Saver.

표 1. PSM(Power Save Mode)별 소모에너지
Table 1. Power Estimation depending on PSMs.

State	Condition	Wake-up Delay	Power Consumption
Normal	-	-	1.8Wh
PSM1	No touches in Normal State for 10 secs	50ms	0.144Wh
PSM2	No touches in PSM1 State for 1 minute	1s	0.0072Wh

지로 구분하는데 이를 표 1에 나타낸다.

나. 신호처리모듈

신호처리는 터치 포인트 검출의 기준을 정하는 Threshold Initializer와 비교기로 구성되어 있는 Edge Detection 모듈, 검출된 Edges를 통해 포인트를 추출해 내는 Point Detector 모듈이 존재한다. 기본적인 터치 포인트를 찾는 동작은 그림 16과 같다. 터치가 일어나지 않은 적외선 층의 광량을 기준으로 Threshold가 정의 되며 터치가 일어남에 따라 생기는 적외선의 차단구간을 Photometric Interpolation[4]을 통해 터치 포인트를 찾는다. 주변 환경에 따른 광량의 변화는 광학 영상방식 터치스크린에 치명적인 오동작을 일으킬 수 있다. 따라서 정의된 Threshold는 광량 변화에 적응하기위한 주기적인 업데이트가 필요하다.

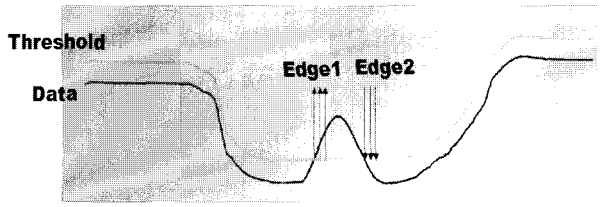
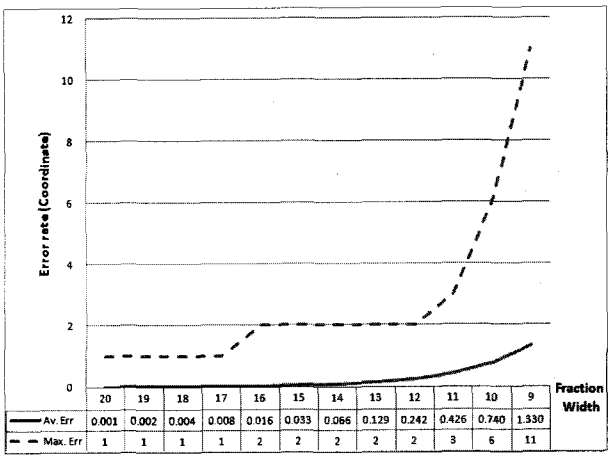


그림 16. Edge Detection
Fig. 16. Edge Detection.

다. 좌표추출모듈

신호처리모듈에서 검출된 터치 포인트는 연산기 공유방식을 통해 Pipelined Coordinate Generator 모듈에서 좌표로 추출된다. 좌표추출과정에서 Tangent Table은 오류율에 큰 영향을 미친다. 시스템의 특성상 Calibration을 통해 소프트웨어에서 생성한 각도가 센서의 각 픽셀에 할당되어지므로 오류율을 최소화하기 위해 각도가 아닌 Tangent 연산 데이터(Calibration LUT)를 할당하면 오류를 최소화 할 수 있다. 그림 17은 Calibration LUT의 소수점 비트수에 따른 오류율을



Error Rate : x-pos err + y-pos err

그림 17. Calibration LUT의 소수점에 따른 오류율
Fig. 17. Error in proportion to the fraction width of the LUT.

나타낸 것이며 이에 따라 정수부 7 비트, 소수점 11 비트의 테이블을 이용하여 최대 3 픽셀의 오차를 갖는다. (오차 = x축 오차 + y축 오차, 1 pixel = 0.065mm이므로 3 pixels는 약 0.2mm)

3. 결과 및 성능분석

그림 18은 설계한 하드웨어와 소프트웨어를 검증하기 위한 FPGA 검증환경이다. 설계한 터치스크린 컨트롤러는 Altera Cyclone II에서 50Mhz의 동작 속도를 가지며 10816 LUTs와 92Kbits 블록 메모리를 사용하였다. 터치가 일어날 때 응답 지연은 최대 5ms (200fps, in Normal Mode)로 HID의 기능을 충분히 수행할 뿐 아니라 좌표 트랙킹, 방향 예측 등에서도 탁월한 성능을 발휘 할 수 있다. 하드웨어에서 검출한 좌표와 Edge Detection 데이터는 Altera사의 NIOS II Softcore[5]에서 50Mhz 동작속도로 소프트웨어에 의해 Difference

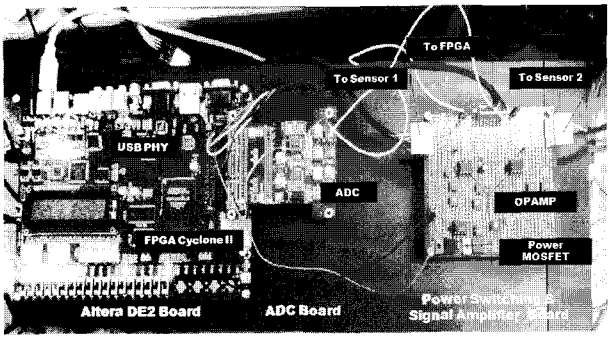


그림 18. FPGA 검증 환경
Fig. 18. FPGA Verification Environment.

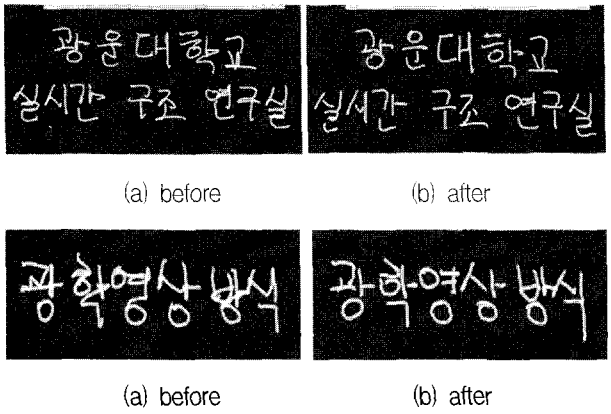


그림 19. Difference Observation 성능
Fig. 19. Result of Difference Observation.

표 2. 상용제품과의 비교
Table 2. Comparison with commercial products.

	Ours	N사	I사
Touch Accuracy	0.2mm (Err from Calibration LUT) +2mm (Calibration Err)	2mm	1.5mm
Response Time	5ms 200fps	22ms 45fps	25ms 40fps

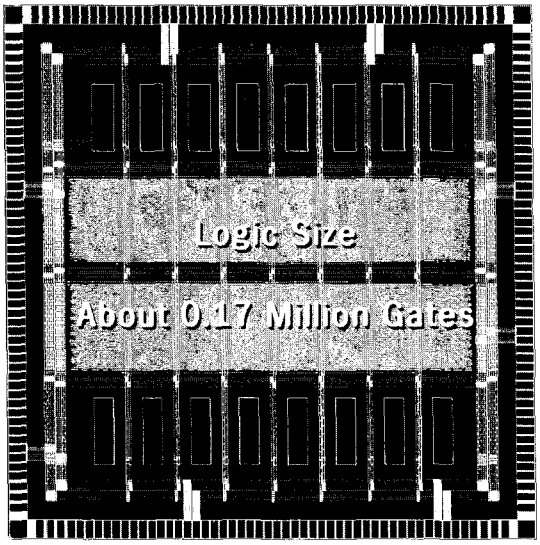


그림 20 터치스크린 컨트롤러 하드웨어 칩 레이아웃
Fig. 20. Chip Layout of Touchscreen Controller Hardware.

Observation 및 Ghost Point, Shading 처리를 하여 최종 좌표를 USB를 통해 전송한다. 그림 19는 Difference Observation의 적용 전과 적용 후를 스크린에 같은 위치, 같은 글자를 테스트함으로써 검증하였다.

(a)의 적용 전에서 각 획간에 의도하지 않은 연속적인 터치가 일어난 반면 (b)의 적용 후 과민 터치 현상이 개선된 것을 알 수 있다. 현재 본 논문에서 설계한 터치스크린 컨트롤러는 Samsung 0.13um CMOS 표준 라이브러리를 사용하여 MPW 공정으로 칩을 제작 중에 있다. Synopsys사의 Design Compiler를 이용한 합성 결과는 177,052 gate count를 가지며, 256K bits의 메모리를 사용하였다. 표 2는 유사한 방식을 채택한 상용제품과의 비교표이다.

IV. 결 론

적외선을 이용한 광학 영상 터치스크린은 적은 비용과 공간으로 대형스크린에 쉽게 적용될 수 있다는 장점이 있다. 하지만 스크린 위로 형성되는 적외선 층에 의해 실제로 화면을 터치하기 이전에 터치가 일어나거나 일차원 이미지 처리로 인한 고스트 포인트 생성, n개의 좌표를 추출하기 위해 고스트 포인트를 포함한 n2번의 좌표연산 반복 등 많은 문제점들이 존재한다. 본 논문에서는 이 문제점들을 최소화하도록 Difference Observation, DA 트랙킹을 제시하고 멀티터치스크린 하드웨어 컨트롤러를 설계하여 상용 제품과 대등한 정확도와 월등히 높은 성능을 보였다. 그림 21은 광학 영상 터치스크린을 이용하여 차세대 운영체제인 Windows 7에서 필기 및 게임, 포토뷰어, 지도 등 멀티 터치 어플리케이션을 구동시킨 장면이다.

이 고성능 하드웨어 터치스크린 컨트롤러는 센서를 추가하여 2개 이상의 좌표를 연산하기 위해 재사용되어질 수 있으며 기존 좌표 연산기를 공유하여 고속으로 처리할 수 있을 것으로 기대된다. 좌·우측 하단의 센서

그림 21. Windows 7 멀티 터치 어플리케이션의 활용
Fig. 21. Windows 7 Multi-touch Applications.

추가는 앞서 언급한 동시 터치로 인한 고스트 포인트의 생성을 근본적으로 막을 수 있으며 2개 이상의 포인트를 검출 가능하다. 하지만 일차원 이미지를 이용하는 시스템 특성상 쉐이딩 및 오버랩핑 현상은 검출 포인트가 많을수록 더욱 심해지므로 이를 위한 좀 더 효율적인 해결책을 위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] J. Y. Han, "Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection", In Proceedings of the 18th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp.15-118, 2005.

[2] SE3208 HARDWARE REFERENCE MANUAL, Advanced Digital Chips Inc.

[3] High Performance Linear Image Sensors ELIS-1024 IMAGER, PANAVISION IMAGING, LLC

[4] Sedivy, J, "Precision Single-line Dimension Measurement Using CMOS Image Sensor and Photometric Interpolation", Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, pp.227-231, 2005.

[5] Nios 3.0 CPU Data Sheet, Altera Corporation

[6] A. D. Wilson, "TouchLight: An Imaging Touch Screen and Display for Gesture-Based Interaction," In Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces, pp.69-76, 2004.

[7] Introducing the NextWindow 1900 Optical Touch Screen : A NextWindow White Paper, 2007.

[8] 정성완, 이현오, 정용진, "광학 영상 기법을 이용한 멀티 터치스크린 컨트롤러 개발", 대한전자공학회 학술대회, pp.344-347, May, 2009.

[9] 정성완, 정용진, 강철호, 이현오, "적외선 멀티 터치스크린 컨트롤러 ASIC 설계", 제 11회 CEIC 전자정보통신 학술대회, pp.335-338, Nov, 2009.

저 자 소 개

정 성 완(학생회원)
2007년 광운대학교 소프트웨어 공학과 학사
2010년 광운대학교 전자통신 공학과 석사 (예정)
<주관심분야 : 임베디드 시스템, 신호처리, SoC 설계>

권 오 준(정회원)
1986년 경북대학교 전자공학과 학사
1986년~2000년 한국전자통신 연구원 선임연구원
1992년 충남대학교 전자계산학과 석사
1998년 포항공과대학교 전자계산학과 박사
2000년~현재 동의대학교 컴퓨터소프트웨어 공학과 교수
<주관심분야 : 인공지능, 컴퓨터 네트워크, 정보보호, 무선통신, 임베디드 시스템, 패턴인식>

정 용 진(정회원)
1983년 서울대학교 제어계측 공학과 학사
1983년~1989년 한국전자통신 연구원
1995년 미국 UMASS 전자전산 공학과 석사/박사
1995년 삼성전자 반도체 수석연구원
1999년~현재 광운대학교 전자통신공학과 교수
<주관심분야 : 무선통신, 정보보호, SoC 설계, 영상처리 및 인식, 임베디드 시스템>