

한 개의 카메라를 이용한 최소오차 레이저 빔 포인터 위치 검출

이 왕 현*, 이 현 창*

Error Minimized Laser Beam Point Detection Using Mono-Camera

Wangheon Lee*, Hyun Chang Lee*

요 약

강의 및 회의에서 발표자가 파일을 열거나 PC상의 모니터를 직접 조작하기 위하여 진행중인 발표를 멈추고 PC에 다가가 필요한 조작을 하게 되면 발표의 흐름이 끊기게 된다. 이러한 불편함을 개선하기 위한 여러 방법들이 제안되었으나 주로 레이저 빔 포인터[LBP]에 마우스 기능을 부착하여 처리 하려는 시도들이 대부분이고 근본적인 해결은 되지 않고 있다. 본 논문에서는 한 개의 카메라와 영상처리 알고리즘을 적용하여 설치가 간단하고 저가격으로도 실현이 가능하면서도 빔의 검지 위치 정도를 높은 마우스 기능이 부착된 LBP를 제안하고 구현 하였으며, 실험을 통하여 마우스의 위치 인식 오차를 분석하였다. 본 연구의 결과 제안된 LBP가 카메라를 사용 하였음에도 불구하고 조명의 변화나 시야각의 변화에 대해서도 검지된 빔의 위치인식의 반복성과 마우스의 커서로 사용하기에 충분한 고정도의 위치 인식 오차를 보여주고 있음을 확인 하였다.

Abstract

The main stream of presentation is interrupted because of the direct manipulation of their PC frequently so as to control the screen and file open and so on. A variety of products have been developed to solve these inconveniences of the conventional laser beam pointer [LBP] by simply adding a mouse function to the previous LBP. However, the LBPs fully supporting a mouse function are not yet appeared. In this paper, we developed the LBP fully fulfilling a mouse function using mono-camera as well as a robust image processing and analyzed the position detection accuracy. Finally we verified the developed LBP does not only fulfill a mouse function but also solve the defects of the current laser pointer such as inconvenient installation and position detection errors due to the illumination and viewing direction changes

▶ Keyword : Laser Beam Pointer, Mouse, Monocular Vision, Image Processing, Virtual Touch Screen, Harris Corner, Hough Transformation

• 제1저자 : 이왕현

• 접수일 : 2007.10.25, 심사일 : 2007.10.30, 심사완료일 : 2007.11.2.

* 한세대학교 IT학부

※ 본 연구는 2007년도 중기청 지원 산학협력실 사업과 기업부설 연구소 사업의 지원에 의한 연구 결과물입니다.

I. 서론

레이저 빔 포인터 [LBP] 는 강의나 회의등 컴퓨터를 이용하여 발표를 할 때 사용되는 특히 인간과 컴퓨터의 상호작용 [HCI] 에 있어서 필수적인 도구이다. LBP를 사용해 본 대부분의 사용자들이 갖는 불만은 발표 중 자주 노트북 컴퓨터의 화면상 커서를 이동하거나 선을 긋거나 새로운 파일을 열고 닫는 등의 동작을 할 때 발표를 중단하고 PC로 다가가 직접 조작을 해야 한다는 점이다.

특히, 발표자가 진행하고 있는 발표 내용의 핵심으로부터 일시적으로 벗어나게 되어 발표의 중심 내용을 잃어 버리게 되는 문제가 자주 발생한다. 이를 해결하기 위하여 마우스 기능과 레이저 빔 포인터 (LBP) 기능을 겸비한 여러 제품들이 발표되고 있으나 단순히 기존의 LPB에 마우스 기능을 탑재 할려는 시도에 불과한 경우가 많고, 블루투스나 GPS 등의 기능을 이용한 완성도가 높은 제품의 경우에는 하드웨어 추가 비용 등 가격 상승의 문제 등이 지적되고 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 극복하고 저가격이면서도 설치가 용이하도록 주위에서 쉽게 구할 수 있는 웹 카메라를 이용하여 마우스와 LBP기능을 동시에 구현 할 수 있는 장치에 관한 연구에 관한 것이다.

II. 관련 연구

카메라를 이용한 기존의 LBP 보란 제품들의 경우는 한 개의 카메라를 이용하여 투사된 영상의 평면 복원시 발생하는 오차를 최소화 하기 위한 양방향 선형변환의 방법을 이용한 커서의 위치 인식에 관한 연구[1]와 가상 터치 스크린을 이용하여 문자 인식을 통한 사용자와 컴퓨터의 상호작용에 관한 연구[2] 와 발표자의 손의 움직임을 감지하고 동시에 손가락이 지시하는 화면상의 위치를 커서 위치로 변환하는 연구[3]등이 제안되고 있으나 설치가 복잡하고 설치 공간 배치의 복잡성 등이 문제가 대두되고 있다.

특히 Web카메라가 지니는 통상의 광축(Optical Axis) 기준 $\pm 15^\circ$ 인 좁은 시야각 (Field of View)내에서 자유로이 카메라의 설치 방법과 조명등 외란에도 강인하게 작용하는 빔 위치 인식의 정도를 높이기 위한 연구, 그리고 사용자의 손과 스크린의 상호 교차 표면을 찾기 위한 연구 등이 활발히 진행되고 있다 [4].

이러한 논문들은 특히 조명 변화와 카메라의 설치 위치 및 관측 위치에 따라 빔 겹치 오차가 크다는 등 설치 환경에 대한 강인성이 부족하다는 문제점이 지적되고 있다.

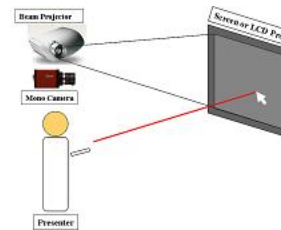


그림 1 마우스기능을 지닌 레이저 빔 포인터
Fig. 1. Laser beam pointer having a mouse function

위의 그림 1은 본 연구에서 제안한 한 개의 카메라를 빔 프로젝터 옆 또는 모니터 전체를 볼 수 있는 임의의 위치에 설치하고 영상처리 기술을 이용하여 모니터에 투사된 빔 위치 검출과 빔의 조작에 의한 마우스 기능을 동시에 수행 할 수 있는 새로운 LBP의 구성을 보여주는 것이다.

LCD모니터 또는 스크린에 투사된 빔의 위치는 모니터의 외관라인의 선분을 추출하고 추출된 선분들을 기하학적인 관계식(8)을 이용하여 실제의 위치로 변환 하여 다수의 카메라를 이용하거나 복잡한 캘리브레이션을 요하는 등의 종래 카메라를 이용하여 마우스 기능을 지닌 LBP의 문제점을 해결을 위한 방법을 제안한다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 3.1에서 카메라 보정(Calibration) 을 통한 본 연구에서 사용된 카메라의 특성에 관하여 설명 하고, 3.2절에서는 조명 변화나 관측 위치에 관계 없이 스크린이나 모니터의 네 코너위치를 강인하게 추출해내는 방법에 관하여 설명한다.

3.3절에서는 모니터 화면 내의 격자 위치 인식 방법과 IV 절에서는 실제 사용 중인 모니터와 스크린에서 각 격자 위치의 검출 오차분석에 관하여 설명한다. 마지막으로 V절에서는 결론 및 향후 연구방향 그리고 참고자료에 관한 것이다.

III. 카메라 캘리브레이션(Calibration) 과 강인한 영상처리 방법

3.1 카메라 캘리브레이션

본 논문에서는 Jang의 캘리브레이션 방법을 오픈CV로 구현한 알고리즘을 이용하여 캘리브레이션 하였다[5][6].

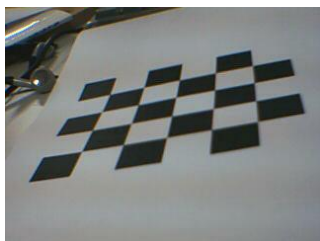


그림2 체커 보드와 JANG의 방법을 이용한 Calibration 방법
Fig. 2 JANG's calibration with a checker box

본 연구에서 사용한 Jang의 체커 패턴 알고리즘에 의해 구한 내부변수 H (Intrinsic Parameter)와 외부변수 D(Extrinsic Parameters)의 값은 다음의 식(1)과 식(2)와 같다.

$$H = \begin{bmatrix} 500.107875 & 0 & 188.900616 \\ 0 & 525.382339 & 141.362044 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots (1)$$

$$D = \begin{bmatrix} 0.971804 & -0.158932 & -0.174175 & 87.470600 \\ 0.073005 & -0.499581 & 0.863185 & -186.900109 \\ -0.224202 & -0.851563 & -0.473892 & 96.487682 \\ 0.000000 & 0.000000 & 0.000000 & 1.000000 \end{bmatrix} \dots\dots (2)$$

3.2 LCD모니터와 스크린상의 빔 위치 검출 오차 최소화 알고리즘

LCD 모니터 또는 스크린상의 레이저 빔의 위치를 영상처리 기술을 이용하여 인식하는 경우 LCD 모니터 또는 스크린의 네 코너를 안정되게 인식하는 것은 화면상의 투사된 빔의 위치 인식 정도에 직접 영향을 미치는 매우 중요한 특징치이다. 본 연구에서는 해리스코너 검지기(HCD)와 하프 변환 (HOT)을 결합한 코너검지기를 이용하여 코너위치 검지의 정밀도 및 오차를 줄일 수 있는 방법을 제안한다.

아래의 그림 3은 네 코너를 검지하는 방법에 관한 것으로 우선 HCD에 의해 구해진 특징치를 그림 3 (a)와 같이 구하고, 동시에 그림 3(b)와 같이 HOT에 의해 구한 선분들의 교차점을 코너 후보 특징치로 구한다. HCD에 의해 구해진 코너 특징치를 중심으로 5픽셀 이내에 존재하는 HOT에 의한 선분의 교점들을 그림 3(c)와 코너 후보 위치로 구하고 마지막으로 그림 3(d)와 같이 모니터가 지니는 기하학적인 특징인 모니터의 중심에서 가까운 위치에 코너가 존재한다는 특징을 이용하여 코너후보 중 사용할 코너를 최종 확정한다(7)[8].

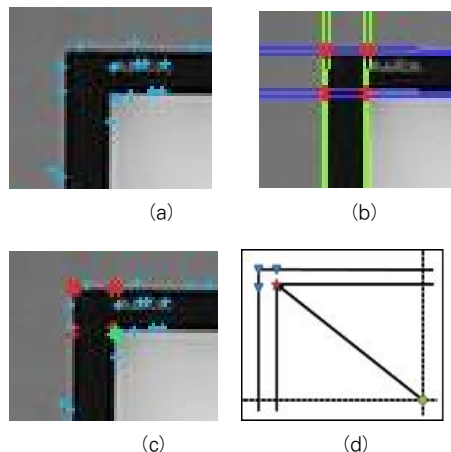


그림3 HOT와 HCD를 이용한 코너의 검출
Fig. 3 Corner detection using the HOT and HCD (a) HCD에 의한 코너 특징치 검출 (b) HOT에 의한 선들의 검출 (c) (a)와 (b)를 이용한 최종 코너 후보의 결정 (d) 최종 코너의 결정을 위한 조건: 중심기준 가까운 교차점을 최종 코너로 결정

4개의 코너 포인트와 알려진 스크린 또는 LCD 모니터의 가로(W), 세로(H)의 길이를 이용하여 기하학적인 변환을 수행하고 투사된 빔 또는 커서의 위치를 검지해 내는 식(8)을 적용하는 경우 4 포인트의 위치 인식 정도는 투사된 빔의 위치 인식의 정확도에 직접 영향을 주게 됨으로 코너의인식 정도를 높이는 방법의 고안은 한 개의 카메라를 이용한 커서 위치 인식 시스템 전체의 오차에 직결되는 아주 중요한 요소이다.

본 연구에서는 HOT와 HCD방법을 이중으로 적용 하여 다중의 검지된 코너 후보들 중에서 확률이 높은 코너 포인트만을 추출하여 위치인식의 반복성을 높이며 동시에 인식된 오차가 최소가 되도록 하기위하여 HCD에 의해 구해진 코너 특징치를 중심으로 5픽셀 이내에 존재하는 HOT에 의한 교점들을 코너 후보로 정하고 평균을 취하여 최종 인식 위치로 결정한다.

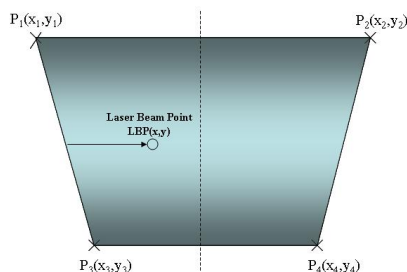


그림 4 사형 변환된 영상좌표계
Fig. 4. The projected image on the camera

본 연구에서는 그림 4와 같이 영상 내의 스크린에 투사된 레이저 포인터 빔의 위치를 실제 모니터상의 위치로 변환하기 위해 평면-평면 사영 변환 관계식 식(3)을 사용하였다.

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_1 & m_2 & m_3 \\ m_4 & m_5 & m_6 \\ m_7 & m_8 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

$(x \ y \ 1)^T$ 는 스크린에서 레이저 포인터 빔의 세계 좌표(World Coordinate)이며, $(u \ v \ 1)^T$ 은 이미지상의 좌표(Image Coordinate)이다. 스크린 상에서의 레이저 포인터 빔의 위치와 모니터 상의 위치는 동일한 방법을 적용하여 구할 수 있다.

카메라와 스크린이 고정된 경우, 일반적으로 4점 이상의 대응점을 이용하여 식 (3)을 만족하는 사영 변환 계수를 구할 수 있으며 다음 식 (4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} u &= \frac{m_1x+m_2y+m_3}{m_7x+m_8y+1} \\ v &= \frac{m_4x+m_5y+m_6}{m_7x+m_8y+1} \end{aligned} \dots\dots\dots (4)$$

그림4의 4개의 코너 각각의 대응점에 대해 식 (4)를 적용하면 다음과 같은 식(5)을 구할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_1 \cdot x_1 & -v_1 \cdot y_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -u_1 \cdot y_1 & -v_1 \cdot x_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_2 \cdot x_2 & -v_2 \cdot y_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -u_2 \cdot y_2 & -v_2 \cdot x_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 1 & -u_3 \cdot x_2 & -v_3 \cdot y_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -u_3 \cdot x_2 & -v_3 \cdot y_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 1 & -u_4 \cdot x_2 & -v_4 \cdot y_4 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -u_4 \cdot x_2 & -v_4 \cdot y_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_6 \\ m_7 \\ m_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ u_3 \\ v_3 \\ u_4 \\ v_4 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (5)$$

위의 식에서 (x_i, y_i) for $i=1,4$ 는 모니터의 4개의 코너점의 좌표를 나타낸다. 일상적인 모니터의 가로와 세로의 변수 (W, H) 가 주어지며 이를 매개 변수로 하여 위의 식(5)를 다시 풀면 식(6)과 같은 식을 구할 수 있다. 여기서 W 와 H 는 모니터와 투사된 빔에 의한 화면의 폭과 높이를 나타낸다.

$$\begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -W \cdot x_2 & -W \cdot y_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -W \cdot x_3 & -W \cdot y_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -H \cdot x_3 & -H \cdot y_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -H \cdot x_4 & -H \cdot y_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_6 \\ m_7 \\ m_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ W \\ W \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ H \\ H \end{pmatrix} \dots\dots\dots (6)$$

스크린상의 레이저 포인트는 식(7)에 의해 조명변화에 약한 RGB 영상을 YIG 컬러영상으로 변환하고 본 연구에서는 고속 처리를 위하여 Look Up Table(LUT) 방법을 사용한다(10).

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.229 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.528 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots\dots (7)$$

스크린에 투사된 빔의 면적 중심은 식 (8)에 의해 빔 위치의 각 방향의 중심 값을 구하며 또한 식 (9)에 의해 진원도(Eccentricity)를 측정하여 검지된 빔 위치가 노이즈인지 실제 빔인지의 여부를 결정한다.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} x_i, \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} y_i \dots\dots\dots (8)$$

$$e = \frac{4\pi A}{\ell^2} \dots\dots\dots (9)$$

여기서 A 는 검출된 빔 면적, ℓ 은 원주를 나타내며 $A=20$ 화소 면적 이하의 것은 노이즈로 판단하여 무시하였다.

3.3 LCD모니터나 스크린상의 투사된 빔의 위치 인식 알고리즘

4개의 코너를 결정한 후에 모니터나 스크린내의 임의의 위치에서 빔의 오차를 분석하기 위하여 그림 5에서와 같이 모니터 내에 교차점을 그리고 본 연구에서 제안한 방법에 의해 빔 위치를 검출한다. 우선 HCD를 이용하여 코너 특징치들을 찾고 찾아진 코너를 중심으로 주위의 3픽셀 이내에 존재하는 HOT에 의해 구한 선분들의 교차점을 격자점(Cross Section Point) 후보로 사용한다.

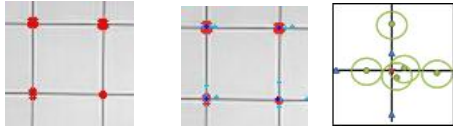


그림 5 모니터 내부의 격자점의 검출
Fig.5 Cross Sections inside the monitor face

앞의 3절에서 제안한 알고리즘을 일상사용하는 컴퓨터 모니터 21인치 (W=410mm, H=310mm) 와 화이트 보드에 투사된 화면 (W= 1200mm, H=800mm)에 대하여 조명의 변화와 시야각을 변화하면서 측정한 격자위치 인식 실험을 행하였고 이를 통하여 본 연구에서 제안한 알고리즘의 오차 및 강인성을 증명하였다.

IV 좌표변환에 의한 커서의 위치 인식결과

4.1 LCD 모니터 상의 위치 검출 실험 결과

아래의 그림6은 상용의 21인치 모니터의 폭과 높이를 기준으로 빔의 위치를 검출하는 실험결과를 보여 준다.

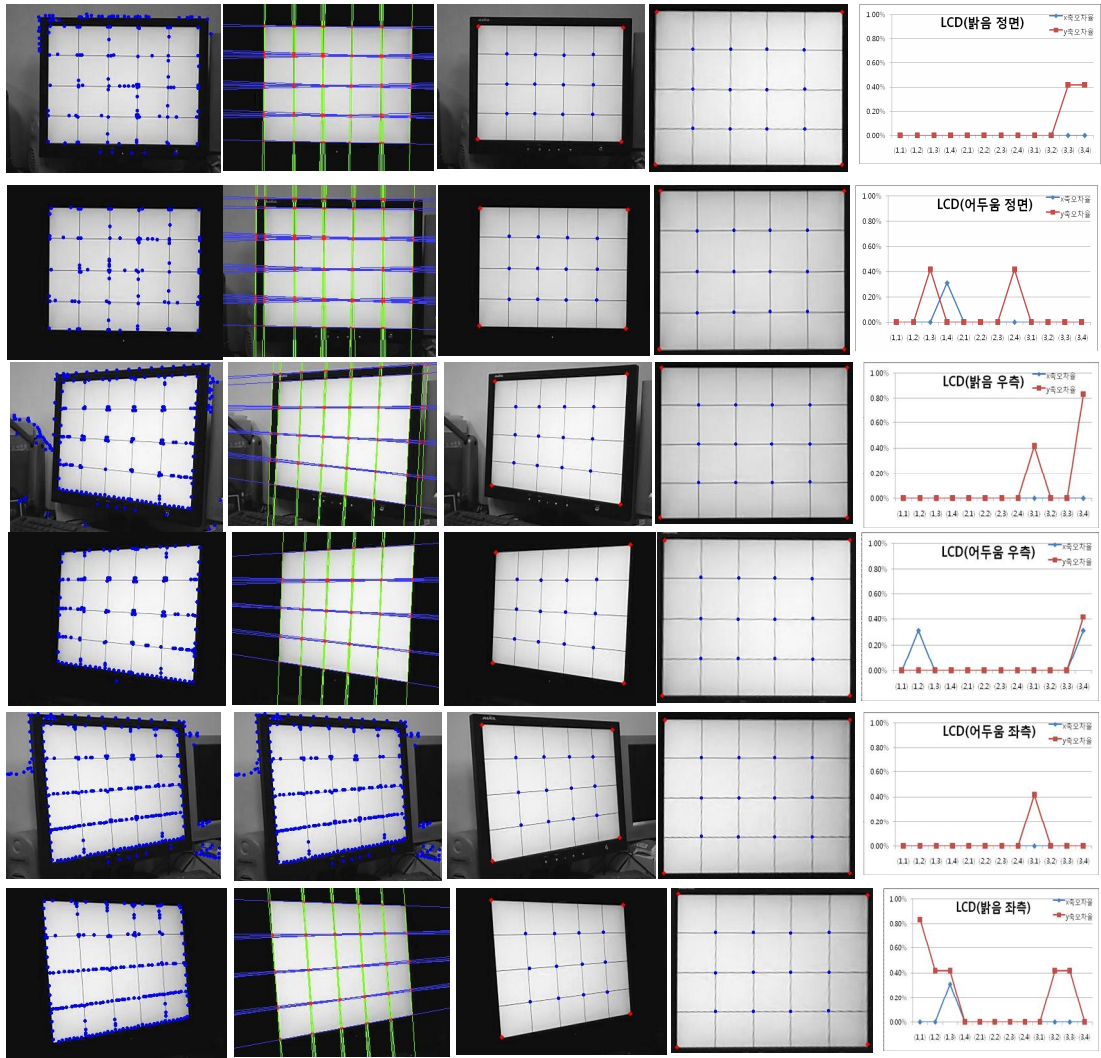


그림 6 LCD 모니터 상의 실험 결과 (21인치 모니터사용, W=410mm, H=310mm)
Fig. 6. Beam Point Detection on the LCD Monitor (a) HCD를 이용한 특징치 검출 (b) HOTE에 의한 선분의 검출 (c) 검출된 코너와 격자점 (d) 재구성된 모니터상의 격자점 (e) 오차 분석 (수평과 수직)

4.2 빔 프로젝터 상의 위치 검출 실험 결과

아래의 그림7은 빔 프로젝터를 화이트 보드에 투사하고 투사된 화면의 폭과 높이를 기준으로 빔의 위치를 검출한 실험결과를 보여 준다.

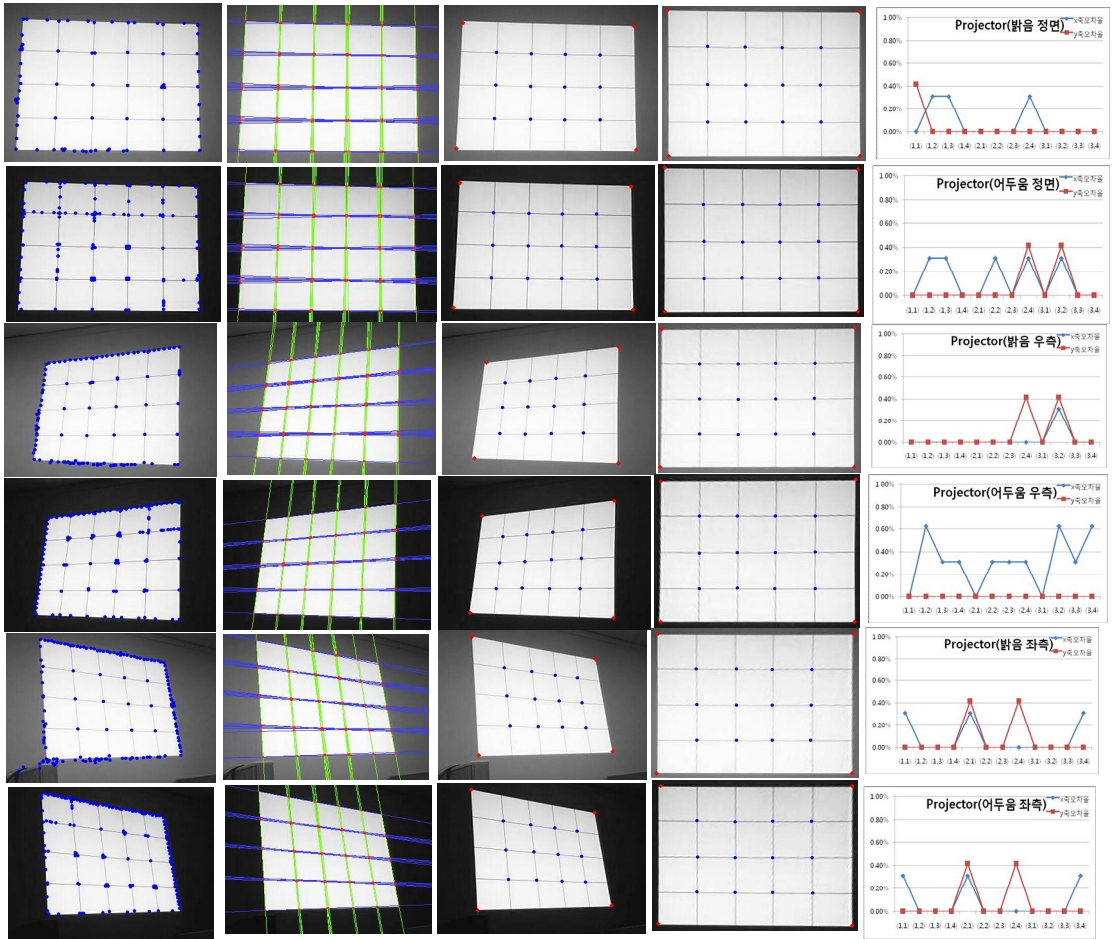


그림 7 스크린 상의 실험 결과

Fig. 7. Beam Point Detection on the LCD Monitor (W=1200mm,H=800mm)
 (a) HCD를 이용한 특징치 검출 (b) HOG에 의한 선분의 검출 (c) 검출된 코너와 격자점
 (d) 재구성된 모니터상의 격자점 (e) 오차분석 (수평과 수직)

위의 실험에서와 같이 본 연구에서 제안한 알고리즘을 구현하고 사용되고 있는 21인치 모니터와 화이트 보드에 투사된 빔 프로젝터 화면의 4 코너 및 내부의 격자 인식 실험을 행한 결과 LBP기능은 물론 마우스기능을 대체 할 수 있을 정도의 1%미만의 위치 인식 오차률을 보여주고 있음을 확인 하였다.

특히 카메라를 이용한 LBP기반의 마우스 커서의 인식기능에 있어서 가장 중요한 시야각의 변화나 조명의 변화에도 강인하게 빔의 위치를 검출하고 있음을 확인 하였다.

본 연구에서의 결과는 단지 LCD 모니터나 빔 프로젝터 화면의 폭(W)과 높이(H)를 알고 있을 경우 일상적으로 사용하는 저가의 한 개의 웹 카메라를 이용하여 LBP의 위치 인식과 동시에 마우스의 기능을 수행 할 수 있는 영상처리 기반의 마우스 기능을 갖춘 빔 프로젝터 장치로 사용이 가능할 것이다.

V. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 한 개의 카메라를 이용한 LBP와 마우스 기능을 융합한 장치를 제안하였고, 기존의 카메라를 이용한 장치들이 설치 위치와 조명변화에 따라 빔에 의한 커서의 인식 오차가 큰 문제점을 해결하고 있음을 실험을 통하여 검증하였다.

향후 본 연구의 결과를 기반으로 화면상에 선긋기, 과일 열기 등의 기능과 손동작과 모니터와의 3차원 인식 및 인터페이스기능을 추가하여 레이저 빔뿐 아니라 일반 사용자의 손가락으로도 마우스와 빔 포인터의 역할을 할 수 있는 HCI 도구의 개발을 진행할 예정이다.

VI. Acknowledgement

본 논문연구와 관련하여 카메라 캘리브레이션, 선분 검출과 관련한 HOT, HCD 알고리즘의 구현 및 복원등의 실험을 도와준 LIRAE연구실의 한상현군 김현오군 이봉현군에게 감사함을 표합니다.

참고문헌

- [1] Somkiat Wangsiripitak, Curser Position Estimation Model for Virtual Touch Screen Using Camera, Transaction on Engineering, Computing and Technology, Vol.5, April 2005, pp30-33
- [2] Pierre Wellner, Interacting with Paper on the Digital desk, communication of ACM, July 1993 Vol.36, No.7, pp87-96
- [3] Martin Tosas and Bai Li, Virtual Touch Screen for Mixed Reality, HCI/ECCV 2004, LNCS 3058, pp48-59, 2004, pp48-59
- [4] Kelvin Cheng and Masahiro Takatsuka, Estimating, Virtual Touch screen for Finger tip Interaction with Large Displays, OZCHI 2006, November 20-24, 2006, Sydney, Aus., pp397-400
- [5] G.Xu and Z.Zhang, Epipolar Geometry in Stereo, Motion and Object Recognition, A Unified pproach, 1996, Kluwer Academic Publications, Chap. 2
- [6] Graphics & Media Lab, The laboratory of computer graphics at dept. of CS MSU, GML C++ Camera Calibration Toolbox:
- [7] Chris Harris and Mike Stephens, A combined Corner and Edge Detector, Proceedings of The 4th Alvey Vision Conference, Manch., pp 147-151. 1988
- [8] R.C.Gonzalez and R.E.Woods, Digital Image Processing the 2ndEd.P-H, 2002, pp587-591
- [9] R.C.Gonzalez and R.E.Woods, Digital Image Processing, the 2ndEd.P-H. 2002, chap.6, Color Image Processing.
- [10] Jaub Segen and SentM Kumar, Gesture VW Vision-Based 3D Hand interface for Spatial Interaction, A Chlhfuli media'9 SB. ristol, UK, pp455-464
- [11] Z.Zhang, Vision-based Interaction with Fingers and Papers, In Proc. Int. Symposium on the CREST Digital Archiving Project, pages 83 - 106, May 23 - 24, 2003, Tokyo, Japan.
- [12] Z.Zhang and Y.shin, Transforming an Ordinary Computer Monitor Screen into a Touch Screen, US Patent 6,774,889 B1, Aug. 10, 2004.
- [13] 박정우, 석민수, 이준호, 컴퓨터비전에 기반한 효율적인 프리젠테이션 슬라이드 제어, 전자공학회논문지 제40권 CI편 제4호, 2003. 7 pp. 52~59

저 자 소 개



이 왕 현

1985년 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 졸업
1995년 2월 한국과학기술원 자동화 및 설계공학과 석사 졸업
2001년 8월 한국과학기술원 자동화 및 설계공학과 졸업
1999년2월-2000년 6월 경기공업대학 교수,
2001년 11월-2005년 5월 한국과학기술원 전기전자공학과 선임연구원/초빙교수
2005년 5월 2006년 2월 포항지능로봇 연구소 연구부장 및 책임연구원 역임, 2006년 3월 1일부터 한세대학교 IT학부 정보통신공학과 교수 재직중

지능형 로봇, Machine Vision, Embedded Controller 설계, 신호처리등에 관한 연구를 진행 중에 있으며 Lab of Intelligent Robotics and Embedded System (L.IRAE)을 운영중에 있음



이현창

2001년 홍익대학교 전자계산학과(박사)
2003년~현재 한세대학교 컴퓨터공학과 조교수 <관심분야> 웹 정보 시스템, 데이터 웨어하우징, 주기억장치 시스템, 모바일 응용, 유비쿼터스 환경