영상처리를 통한 다기능 레이저 포인터 마우스 개발

Development of Multi-functional Laser Pointer Mouse Through Image Processing

김 영 우, 김 성 민, 신 진, 이 수 영*

(Yeong-Woo Kim¹, Sung-Min Kim², Jin Shin¹, and Soo-Yeong Yi¹)

¹Seoul National University of Science and Technology,

²University of California at San Diego

Abstract: Beam projector is popularly used for presentation. In order to pay attention to local area of the beam projector display, a laser pointer is used together with a pointing device(Mouse). Simple wireless presenter has limited functions of a pointing device such as "go to next slide" or "back to previous slide" in a specific application(Microsoft PowerPoint) through wireless channel; thus, there is inconvenience to do other tasks e.g., program execution, maximize/minimize window etc. provided by clicking mouse buttons. The main objective of this paper is to implement a multi-functional laser-pointer mouse that has the same functions of a computer mouse. In order to get position of laser spot in the projector display, an image processing to extract the laser spot in the camera image is required. In addition, we propose a transformation of the spot position into computer display coordinates to execute mouse functions on computer display.

Keywords: vision sensor, laser pointer, beam projector, wireless mouse

I. 서론

프리젠테이션은 여러 사람들에게 정보/의사를 전달하는 것으로서 사람들에게 화면을 제시하기 위해 일반적으로 빔 프로젝터를 사용한다. 또한 빔 프로젝터 화면 상에서 특정한 부분을 가리키기 위해서 유선의 마우스 또는 레이저 포인터를 이용하기도 한다. 레이저 포인터는 빔 프로젝터 화면상의 영상과 쉽게 구별이 되는 적색/녹색 점 형태의 레이저를 프로젝터 화면의 특정 부분에 조사하는 것으로 단순 포인팅 기능만 있으며, 컴퓨터 마우스는 별도의 버튼을 가지고 있어 컴퓨터 화면상에서 프로그램의 실행등의 컴퓨터 제어 조작을 할 수 있다.

근래에 많이 사용되는 무선 레이저 포인터(무선 프리젠테터)는 레이저 광에 의해 프로젝터 화면상 특정 부분을 가리키는 포인팅 기능과 마우스 버튼 신호 무선화에 의해 컴퓨터를 조작하는 기능을 단순 결합한 것이다. 그러나 현재의 무선 프리젠테터는 특정 응용프로그램(마이크로소프트 파워포인트)의 페이지 넘김 기능 정도의 단순 기능만을 구현하였기 때문에 원도 화면의 확대/축소화, 바탕화면상의 아이콘 클릭에 의한 프로그램 실행, 중지등 보통의 마우스로 할 수 있는 대부분의 컴퓨터 조작 명령은 할 수 없다는 단

점이 있다[5].

본 논문에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위해 레이저 포인터와 유선 마우스 기능을 결합한 다기능 레이저 포인터 마우스를 구현하고자 한다. 보통의 마우스 경우에는 지면과의 마찰에 의해 움직이는 휠, 또는 지면 반사광 검출을 통해 컴퓨터 화면상에서의 마우스 포인터의 위치를 항상 확인할 수 있기 때문에 화면상에서 컴퓨터 조작이 가능하다. 마찬가지로 빔 프로젝터 화면상에 투영된 레이저 포인터로 컴퓨터를 조작하기 위해서는 (1) 프로젝터 화면상의 레이저 포인터를 검출하고, (2) 이를 컴퓨터 화면 좌표계로 변환하기 위한 영상처리, 그리고 (3) 일반 마우스의 버튼에서 발생하는 신호와 동일한 신호를 발생시켜 무선으로 전송하는 부분이 필요하다.

본 논문을 작성하는 과정에서 유사한 레이저 포인터 마우스가 이미 국내 특허로 등록되어 있음을 알게 되었다[4]. 본 논문의 내용과 [4]의 내용이 다른 점은 다음과 같다: [4]에서는 카메라 영상내의 컴퓨터 화면 좌표와 실제 컴퓨터 좌표계로 변환하기 위해 컴퓨터 마우스와 레이저 포인터를 수동으로 일치시키는 사전작업이 필요하다. 그러나 본 논문에서는 미리 알고 있는 컴퓨터 화면의 크기를 이용하는 변환 방법을 사용하므로 사전작업이 필요하지 않다.

본 논문에서는 레이저 포인터에 마우스 버튼에 해당하는 좌/우 버튼 및 무선송신부와 컴퓨터 쪽의 무선 수신부를 별도로 개발하지 않고, 이미 상용화되어 있는 단순 기능의 무선 프리젠테터의 버튼 및 송수신 부를 이용하는 접근 방법을 택하였다. 그러므로 PC에 본 논문을 통해 개발한 프로그램만 설치하면 별도의 장치없이 PC용 카메라와 상용의 무선 프리젠테터만을 이용하여 다기능의 레이저 포인터를 구현할

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2011. 7. 9., 수정: 2011. 9. 2., 채택확정: 2011. 9. 15.

김영우, 신진, 이수영: 서울과학기술대학교 전기공학과

(sogoom85@naver.com/gomlands@naver.com/suylee@seoultech.ac.kr)

김성민: Univ. of California, San Diego, Dept. of Bioengineering

(smk016@ucsd.edu)

※ 상기 논문은 제어·로봇·시스템학회 전북제주시부의 학술대회에서 초안[7]이 발표되었음.

수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다: II 장에서 본 논문에서 제시하는 다기능 레이저 포인터 마우스의 구현방법에 대해서 서술하고, III 장에서 실험결과를 제시한다. 그리고 IV 장에서 결론을 맺는다.

II. 다기능 레이저 포인터 마우스

1. 다기능 레이저포인터 마우스 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 다기능 레이저 포인터 마우스 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 기본적으로 컴퓨터, 빔 프로젝터, 스크린으로 구성된 프리젠테이션 환경이 필요하다. 그리고 프로젝터 화면의 전체 영역을 관측할 수 있는 한 대의 카메라가 컴퓨터에 설치되어 있다고 가정한다. 물론 카메라의 설치위치는 움직일 수 있으며, 위치에 따라 얻어지는 영상이 달라질 수 있다. 카메라는 일반적인 PC 카메라를 사용하며, 획득한 영상을 PC로 전송한다. 또한 마우스 버튼 신호를 무선화하는 입력장치가 필요하다. 본 논문에서는 별도의 무선 모듈을 사용하지 않고 근래 많이 사용되는 단순 기능의 상용 무선 프리젠테이션 버튼 신호를 본 레이저 포인터 마우스의 버튼신호로 사용하기로 한다.

2. 카메라 영상으로부터 컴퓨터 화면영역 추출

빔 프로젝터에서 보여주는 확대된 화면은 컴퓨터의 화면을 스크린상에 투영한 것이다. 레이저 포인터의 위치를 탐색하여 컴퓨터 화면상의 마우스 좌표로 환산하기 위해서는 우선 카메라에 관측되는 영상에서 컴퓨터 화면에 해당하는 부분만을 분리해내는 과정이 필요하다[1].

그림 2와 같이 카메라에 관측된 화면은 컴퓨터 화면 영역이외에 필요 없는 배경영상도 같이 존재한다. 카메라 영상에서 컴퓨터 화면 영역만을 선택적으로 분리하기 위해서 탐색과정을 통해 컴퓨터 화면 영역의 꼭지점을 추출한다. 일반적으로 컴퓨터 화면의 외부 영역(스크린 해당영역)은 프로젝터로 비춘 컴퓨터 화면 영역에 비해 어둡게 된다. 따라서 카메라 영상의 한 기준점 $P(x,y)$ 을 중심으로 한

그림 1. 다기능 레이저 포인터 마우스 시스템 구성.

Fig. 1. System configuration of multi-functional laser pointer mouse.

10×10 크기의 서브윈도에서 그림 3과 같이 5×5 크기를 갖는 각 A, B, C, D 영역의 화소들(픽셀당 0(흑)~255(백)) 총합을 구하면 좌상 꼭지점의 경우는 D 영역, 우하 꼭지점의 경우는 A 영역이 가장 큰 합산 값을 가지게 된다. 나머지 좌하, 우상 꼭지점은 각각 B, C 영역의 화소 합산 값이 가장 크게 된다. 그림 4는 이와 같은 방법으로 검출된 꼭지점을 연결하여 컴퓨터 화면의 영역을 추출한 것이다. 그림에서 각 꼭지점들의 좌표 (x_i, y_i) , $i = 1, \dots, 4$ 는 카메라 영상좌표계를 기준으로 한 좌표값이다.

그림 2. 카메라 관측화면.

Fig. 2. Camera image.

그림 3. 컴퓨터 화면 영역의 꼭지점 탐색.

Fig. 3. Vertex detection of computer display region.

그림 4. 꼭지점 탐색을 통해 추출된 컴퓨터 화면 영역.

Fig. 4. Computer display region extracted by vertex detection.

그림 5. 최대화소 탐색에 의한 레이저 스팟 검출.

Fig. 5. Laser spot detection by maximum pixel search.

3. 레이저 스팟 검출

레이저 포인터가 마우스 기능을 갖기 위해서는 일단 영상처리를 통해 레이저 스팟의 위치를 검출해야 한다. 카메라에서 관찰할 때 일반적으로 레이저 포인터 스팟에 해당하는 화소의 값이 영상의 가장 밝은 점이므로 영상에서 최대 화소값을 탐색함으로써 쉽게 레이저 포인터 스팟의 위치를 검출할 수 있다[2]. 물론 카메라 조리개의 개도에 따라 관측영상의 밝기가 전체적으로 높게 되면 레이저 스팟의 위치를 탐색하지 못하는 경우도 생길 수 있다. 따라서 본 논문에서는 카메라의 밝기를 일정한 보정값에 따라 자동 조절할 수 있도록 하였다. 보정값의 기준은 레이저 스팟이 가장 밝은 화소값(255)을 가져야 하기 때문에 컴퓨터 화면상의 가장 밝은 화소인 백색화면을 관찰하여 이루어진다. 이미 컴퓨터 화면 검출과정에서 백색화면을 띄우기 때문에 백색을 가지는 화소를 검출한 후 150 미만이 되도록 카메라의 조리개 값을 조정해준다.

4. 레이저 스팟 좌표값 변환

앞서 검출된 레이저 스팟의 위치 $P(x,y)$ 는 카메라 영상 좌표계를 기준으로 하는 값이다. 범용 마우스 기능을 구현하기 위해서는 카메라 좌표계 기준의 값 $P(x,y)$ 를 컴퓨터 화면 좌표계 기준 값으로 변환해야 한다. 만일 카메라가 스크린과 완전히 정렬되어 있다면 앞서 2.2절에서 서술한 바와 같이 카메라 영상에서 컴퓨터 화면영역을 추출하였으므로 단순히 비율에 따라 변환하면 되겠지만, 카메라의 설치 위치 및 각도에 따라 관측되는 영상의 크기/기울기가 다를 수 있으므로 이를 고려한 변환과정이 필요하다.

이전 단계를 통해 카메라 영상에서 컴퓨터 화면영역에 해당하는 4개의 꼭지점을 알고 있기 때문에 추출된 컴퓨터 화면을 와핑(Warping) 처리할 수 있다[6]. 즉 복원 해야 하는 좌표 $P(x,y)$ 와 복원할 좌표 $P'(x,y)$ 가 주어져 있을 때 이들 사이의 변환행렬을 구하는 것이다.

$$P'(x,y) = M \cdot P(x,y) \quad (1)$$

변환 행렬 M 을 구하게 되면, 이를 이용하여 2.3절의 과정을 거쳐 카메라 영역에서 검출된 레이저 스팟의 위치 좌표 값을 컴퓨터 화면 영역의 좌표 값으로 변환할 수 있다.

컴퓨터 화면과 카메라 영상은 모두 2차원 영역이므로 이들간의 변환행렬 식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서 $[x' \ y' \ 1]^t$ 과 $[x \ y \ 1]^t$ 은 각각 컴퓨터 화면 좌표계와 카메라 영상 좌표계에서의 동차 좌표값(homogeneous coordinates)들을 의미한다.

위 식 (2)를 x',y' 에 대해 전개 하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} x' &= ax + by + c - gxx' - hxy' \\ y' &= dx + ey + f - gxy' - hyy' \end{aligned} \quad (3)$$

미리 알고 있는 컴퓨터 디스플레이의 해상도로부터 카메라 영상영역에서 검출된 꼭지점 4개에 대응되는 컴퓨터 화면 좌표 꼭지점들 각각의 위치값을 알 수 있다. 즉, 예로서 컴퓨터 디스플레이의 해상도 설정값이 1024×768 인 경우, 그림 4에서 보인 우상 꼭지점 좌표 값 (x_3, y_3) 에 대한 컴퓨터 화면의 좌표 값은 $(x'_3, y'_3) = (1024, 768)$ 이다. 이들 4개의 좌표값 변환쌍을 이용하여 식 (3)을 미지수 $a \sim h$ 에 대한 방정식으로 다시 쓰면 다음과 같다:

$$\begin{bmatrix} x'_1 \\ y'_1 \\ x'_2 \\ y'_2 \\ x'_3 \\ y'_3 \\ x'_4 \\ y'_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1x'_1 & -x_1y'_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1y'_1 & -y_1y'_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2x'_2 & -x_2y'_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -x_2y'_2 & -y_2y'_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3x'_3 & -x_3y'_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -x_3y'_3 & -y_3y'_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_4x'_4 & -x_4y'_4 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -x_4y'_4 & -y_4y'_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix} \quad (4)$$

이 식으로부터 미지수 $a \sim h$ 를 결정할 수 있고, 따라서 식 (2)에서 변환행렬 M 을 구할 수 있다. 다음 그림 6은 이렇게 구한 식 (2)를 적용하여 얻은 컴퓨터 화면이다. 이는 컴퓨터 윈도우 디스플레이 해상도로 변환된 화면이기 때문에 카메라 영역에서 검출된 레이저 스팟의 위치에 같은 변환을 적용하면 곧 컴퓨터 윈도우 좌표계에서의 값을 얻을 수 있다. 따라서 이 좌표값을 이용하여 레이저 스팟에 컴퓨터 마우스 포인터의 위치를 일치 시킬 수 있고, 윈도우 화면상의 여러 컨트롤들을 실행할 수 있게 된다.

그림 6. 컴퓨터 윈도우 좌표계로 변환된 영상.

Fig. 6. Transformed image into computer window coordinate.

III. 실험결과

1. 실험환경

그림 7은 실험환경과 사용된 카메라이다. 실험에 사용된 카메라는 640×480 해상도와 초당 26장의 영상획득 속도로 얻어진 영상을 USB를 통해 PC로 전송한다. 본 실험에서는 별도의 USB 카메라를 사용하였으나, 노트북에 일체형으로 장착된 카메라를 사용할 수 있다. 프리젠테이션 용으로 일반적인 빔 프로젝터와 스크린을 사용하였다.

2. 마우스 버튼 실험환경

레이저 포인터에는 마우스 버튼에 해당하는 좌우 버튼과 이 신호를 무선으로 송신하는 장치가 필요하다. 또한 PC쪽에는 전송된 신호를 수신하는 장치가 있어야 한다. 본 논문에서는 카메라가 장착되어 있는 PC에 간단히 프로그램만 설치하여 마우스 기능을 수행할 수 있는 레이저 포인터를 개발하는 것이 목적이므로, 별도의 단말 장치를 개발하지 않고 이미 상용화되어 있는 무선 프리젠테이터를 사용하였다 [5]. 상용 무선 프리젠테이터는 마이크로소프트 윈도우즈의 프리젠테이션용 특정 응용프로그램(파워포인트)에서 단순 페이지 넘김 기능만을 갖는다. 앞뒤 페이지 넘김 버튼에서 출력되는 신호를 알아내어 컴퓨터 마우스의 좌우 버튼 신호에 대응시키기 위해 그림 8과 같이 직렬신호 모니터링 방식을 사용하였다.

그림 7. 실험 환경.

Fig. 7. Environment of experiment.

그림 8. 상용 무선 프리젠테이터 신호 인터페이스.

Fig. 8. Commercial wireless presenter signal interface.

(a) Coincidence of laser spot and mouse pointer.

(b) Execution of Windows controls.

그림 9. 실험결과.

Fig. 9. Result of experiments.

3. 실험결과

그림 9는 실험 결과를 보여준다. 그림 9(a)에서 레이저 스팟 검출 위치에 컴퓨터 마우스가 일치되었음을 볼 수 있다. 이는 카메라 영상에서 컴퓨터 화면 영역 추출 → 카메라 영상에서 레이저 스팟 위치 검출 → 카메라 영상 좌표계에서 레이저 스팟 좌표값을 컴퓨터 화면 좌표계로 변환 → 마우스 포인터 위치 이동의 일련의 알고리즘 과정이 잘 수행되고 있음을 보여 준다.

일단 컴퓨터 마우스 포인터가 레이저 스팟에 따라 이동하면 마우스가 위치한 곳에 있는 윈도우즈 컨트롤들(윈도우 최대화, 최소화, 닫기 등)이나 바탕화면의 아이콘들을 레이저 포인터를 이용하여 실행할 수 있다. 그림 9(b)는 카메라로 얻어진 영상에서 컴퓨터 화면에 해당하는 영역을 변환하고 레이저 스팟을 이용하여 컨트롤들을 실행하는 것을 보여준다.

VI. 결론

본 논문에서는 시각적으로 빔프로젝터 화면의 특정 부분을 가리킬 수 있는 레이저 포인터와 컴퓨터 윈도우즈의 여러 컨트롤들을 실행할 수 있는 마우스의 기능을 결합한 다기능 레이저 포인터 마우스를 개발하였다. 카메라 영상처리를 통해 빔 프로젝트에 화면에 투영된 컴퓨터 영상 영역을 추출하고, 카메라 영상에서 레이저 포인터 스팟의 위치 좌표값을 검출하며, 이 좌표값을 컴퓨터 영상 좌표계로 변환

함으로써 컴퓨터 마우스 포인터의 위치를 사용자 레이저 포인터 스팟의 위치에 일치 시킬 수 있었다. 일단 레이저 스팟에 마우스 포인터가 일치되면 컴퓨터 윈도우즈의 컨트롤들이나 바탕화면 상의 아이콘들을 실행시킬 수 있다. 레이저 포인터에서 마우스 버튼에 해당하는 신호를 무선 전송하기 위해 본 논문에서는 별도의 레이저 포인터 단말장치를 개발하지 않고 단순 기능의 상용 무선 프리젠티를 이용하였다. 따라서 별도의 장치가 필요 없이 카메라가 장착된 PC에 본 논문에서 개발한 프로그램만 설치하면 상용 무선 프리젠티를 컴퓨터 마우스 처럼 활용할 수 있게 된다.

실험결과 카메라의 영상획득 속도가 느리기 때문에(~30 FPS) 사용자가 레이저 포인터 스팟을 매우 빠르게 이동시킬 경우 마우스 포인터를 시간 지연 없이 일치시키기가 어려움을 볼 수 있었다. 그러나 사용자가 윈도우즈의 컨트롤들을 실행하기 위해서는 컨트롤 부근에서 레이저 스팟을 정지시키는 것이 보통이기 때문에 컨트롤들을 레이저 포인터로 실행 시키는 데에는 문제가 없었다.

참고문헌

- [1] R. Gonzalez and R. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd Ed., Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc, pp. 587-591, 2002.
- [2] S. Shin, "Maximum and minimum pixel detection method for image edge estimation," Pat-No. 1020050114463, Korea.
- [3] K. Fu, R. Gonzales, and C. Lee, *Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence*, McGraw-Hill, 1987.
- [4] S. Lee and G. Jang, "Presentation system using a laser pointer input device," Pat-No. 10-0660137, Korea.
- [5] I-pointer, <http://www.golgolu.com>, WITHCNS
- [6] S. Hwang, *Learning OpenCV (Korean Translation)*, Hanbit Media.
- [7] Y. Kim, J. Shin, and S. Lee, "Wireless laser pointer mouse through image processing," *Proc. of 2011 ICROS Jeju-Jeonbuk Conference*, pp. 25-28, 2011.

김 영 우

2011년 8월~현재 서울과학기술대학교
전기공학과 학사과정 재학중.

김 성 민

2011년 8월~현재 University of
California, San Diego, USA,
Bioengineering 학과 학사과정 재학중.

신 진

2010년 2월 서울과학기술대학교 전기
공학과 졸업(공학사). 2010년 3월~현재
서울과학기술대학교 산업대학원 석사
과정 재학중.

이 수 영

1988년 2월 연세대학교 전자공학과 졸
업(공학사). 1990년 2월 KAIST 전기및
전자공학과 졸업(공학석사). 1994년 8
월 KAIST 전기및전자공학과 졸업(공
학박사). 1995년 3월~1999년 8월 KIST
시스템연구부 선임연구원. 1997년 2
월~1998년 2월 Univ. of Southern California 박사후과정.
1999년 9월~2007. 2월 전북대학교 전자정보공학부 부교수.
2005년 6월~2006년 8월 Univ. of Illinois at Urbana-
Champaign 방문교수. 2007년 3월~현재 서울과학기술대학교
전기공학과 교수. 관심분야는 보행로봇, 로봇비전, 이동로봇
센서.