

## 적외선을 이용한 카메라 기반의 전자 분필 시스템

### A Vision-based Electronic Chalk System by Using Infrared Light

\*김지애, \*박소연, \*이선아, \*최혜영, \*\*이의철, \*황민철

\* 상명대학교 디지털미디어학부

\*\* 상명대학교 컴퓨터과학과

#### ABSTRACT

본 연구는 화면전환 및 필기 등의 프레젠테이션을 편리하게 제어 할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다. 카메라를 이용한 컴퓨터 비전 분야에서 주변의 조명 환경의 영향을 적게 받는 적외선을 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 제안하는 방법에서는 USB(Universal Serial Bus) 타입의 카메라를 적외선 환경에 맞게 개조하고, 이를 이용하여 적외선 LED(Light Emitting Diode)를 이용한 전자 분필 영상을 취득하여, 실시간으로 전자 분필의 위치를 검출한다. 검출된 영역은 사전에 사용자가 설정한 '필기 가능 영역' 과 변형 함수에 기반하여, 실제 모니터 좌표로 사상되어 화면에 표시되게 된다. 제안하는 시스템은 저렴한 가격의 웹 캠과 적외선 조명 이외에는 별도의 장비가 필요하지 않으면서도, 대형 스크린을 터치 방식으로 활용할 수 있다는 장점을 가진다. 실험 결과, 계산된 모니터 좌표와 사용자가 의도한 위치 간의 평균 RMS(Root Mean Square) 오차는 약 15 픽셀로 나타나서, 글씨를 필기하고 화면의 특정 부분을 강조하기 위한 활용이 가능함을 확인할 수 있었다.

*Keyword:* '적외선 영상처리', '전자 분필', '터치스크린'

## 1. 서론

현대는 프레젠테이션(presentation)의 시대라 해도 과언이 아닐 정도로 비즈니스맨들뿐만 아니라 일반인, 교수, 학생들에게도 자신을 표현하는 종합적인 능력으로서 프레젠테이션 기술이 요구된다. 모든 분야에서 갈수록 경쟁이 치열해지는 글로벌 경쟁시대의 프레젠테이션은 중요성이 커지는 데 비례하여 그만큼 어려워지고 있는 것 또한 현실이다[1]. 특히 디지털 시대의 프레젠테이션은 주로 빔 프로젝터(beam projector)를 사용하여 발표를 하게 되는데, 이로

인해 빔 프로젝터의 보급이 늘어나고 제품 또한 소형화, 다양화되어 출시되고 있다.

하지만 빔 프로젝터 장치의 성능이 개선되고 종류가 다양화되에도 불구하고, 일반적인 빔 프로젝터는 영상을 단순히 스크린에 투사하는 역할에 불과하다. 사용자가 화면의 변경이 필요한 경우에는 컴퓨터의 입력장치에 접근해서 조작해야 한다. 이는 사용자에게 불편을 초래할 뿐만 아니라 사용자와 청중간의 직접적인 상호작용도 방해하는 요인이 될 수 있다.

이를 해결하기 위해 고안된 기존의 대형 터치 스크린, 전자 펜 등은 가격이 너무 비싸거나,

기존의 빔 프로젝터 환경에 적용하기에는 어려움이 있다.

기존 연구에 따르면 프레젠테이션 제어를 위한 도구로 레이저포인터를 사용하는데, 일반적인 붉은색을 띄는 레이저 포인터의 경우 그 파장이 약 680nm 에 가깝다[2] [5-6]. 하지만 680nm 는 적외선과 가시광선의 경계 영역에 속하는 파장으로써, 가시광선 및 적외선 카메라에서 모두 영상처리 방법을 통해 그 영역을 추출하기가 쉽지 않다.

본 연구에서는 화면전환 및 필기 등의 프레젠테이션을 제어할 수 있는 시스템의 구현을 통해 사용자가 컴퓨터의 입력장치까지 이동해야 하는 불편함을 줄이는 것을 목적으로 한다. 또한 스크린 상에 형성된 영역의 추출을 향상시키고, 최종적으로는 사용자와 청중간의 개선된 상호작용을 이끌어낼 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 제안 시스템의 구성

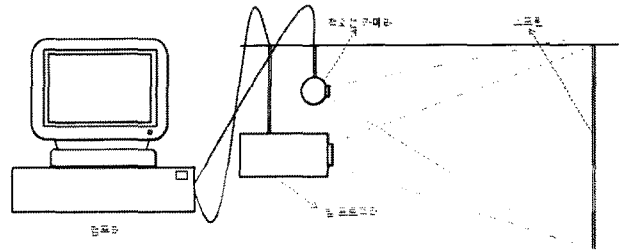
본 연구에서는 적외선 카메라를 통해 영상을 취득하고, 실시간으로 적외선 LED 로 구현한 전자 분필의 위치를 검출하여, 검출된 영역을 사상합수를 통해 실제 모니터 좌표상의 위치를 계산한다.

그림 1 은 제안하는 시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 화상이 표시되는 스크린의 전방에 영상을 투사하는 투사장치, 즉 빔 프로젝터와 스크린에 형성된 영상을 촬영하는 장치인 카메라를 설치한다. 빔 프로젝터와 카메라는 컴퓨터에 연결되어 있다.

스크린의 전방에는 특정 패턴을 형성하기 위한 광원 장치인 전자 분필이 위치한다. 현재 발표자나 진행자가 이용할 때 사용되는 레이저 포인터를 대체하는 것으로 볼 수 있다.

전자 분필은 스크린의 특정 부분을 지시하거나 특정 영역에 대해 밑줄을 긋거나 하는 등의

광학적 분필(optical chalk)에 해당한다. 즉, 전자 분필인 광원 장치를 이용해 스크린 면에 대해 다양한 형태의 패턴을 표시할 수 있다.



[그림 1] 화상표시 장치 구성

### 2.1. 하드웨어(Hardware)

본 연구에서 사용된 웹 캠(Logitech Quickcam Pro 4000)은 640 × 480 픽셀의 공간해상도를 가지는 영상을 초당 15 프레임 취득할 수 있다. 또한 스크린 전방에서 필기 기능을 수행하기 위해 적외선 조명을 포함하는 전자 분필 장치를 사용한다. 빔 프로젝터는 그 종류에 제한이 없다.

본 연구에서는 적외선 환경에 맞게 USB 타입 카메라의 렌즈 전면에 가시광선 차단 필터를 부착하여 적외선에만 민감하도록 개조하고, 적외선 LED 를 이용하여 전자 분필을 제작하였다. 전자 분필의 경우, 필기 외에 특정 부분을 지시 또는 강조하는 역할을 할 수 있어 기존의 레이저 포인터, 타블렛, 전자 펜의 대체로 볼 수 있다. 조명은 850nm 의 적외선 LED 와 카메라를 사용하여 주변광 및 실내의 다양한 조명 환경에도 강인한 시스템 구현할 수 있도록 하였다.

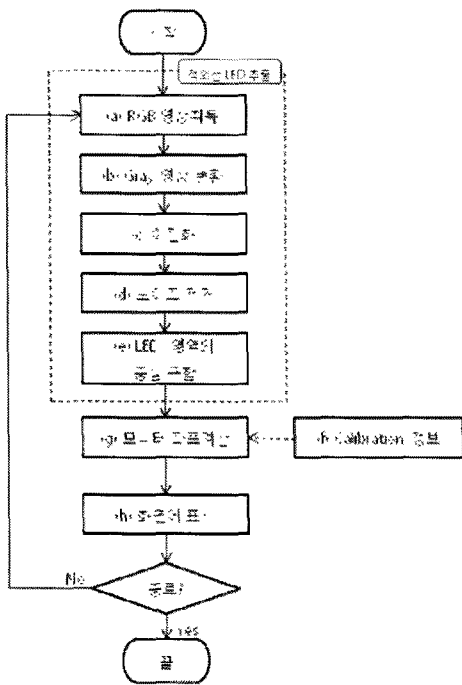
카메라는 투사화면을 완전히 포함할 수 있는 넓은 촬영 화각(46°)을 가지며, 이로부터 얻어진 영상신호는 이진화 방법 또는 경계 검출 알고리즘 등의 영상기법에 의해 처리되며, 이러한 과정을 통해 전자 분필에 의해 스크린 상에 형성된 특정 패턴에 관련된 신호를 얻을 수 있게 된다.

2.2. 소프트웨어(Software)

본 연구는 MFC(Microsoft Foundation Class Library) 기반으로 Microsoft visual studio 2008을 사용하여 개발하였다. 또한 카메라 영상 취득을 위해 DirectX 9.0c SDK를 사용하였다.

3. 제안 시스템의 구현 및 방법

아래 그림 2 는 카메라로 취득한 왜곡된 이미지를 모니터 직사각형 이미지와 사상(mapping)하고, 빔 프로젝트 스크린으로부터 전자 분필을 이용한 신호를 연속적으로 카메라로 입력 받아 신호처리를 거쳐 모니터좌표를 계산하기까지의 과정을 나타낸 흐름도이다.



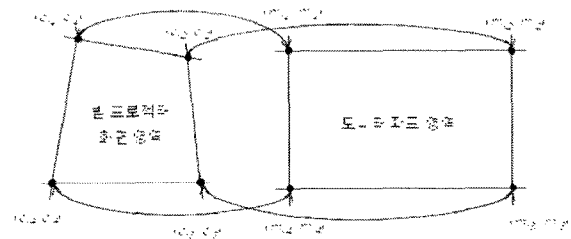
[그림 2] 알고리즘

적외선 LED 추출 과정은 광원장치인 전자 분필을 이용한 적외선 영상을 카메라로 취득하고, 영상처리 과정을 거쳐 모니터 좌표를 계산하는 과정이다.

영상처리를 하기 위하여 먼저 빔 프로젝터로부터 투사되는 투사 영역을 포함하도록

웹 카메라로 촬영한다(그림 2 의 (a)). 그림 2 의 (b)와 같이 한 픽셀에 대한 3 개의 채널 값(red, green, blue)의 평균을 통해 gray 영상으로 변환한다. Gray 영상에서 상대적으로 밝은 전자 분필 영역의 추출을 위해 그림 2 의 (c)처럼 영상의 이진화를 수행한다. 이진화 수행 후 전자 분필 영역이 아닌 노이즈 요소가 첨가될 수 있으므로, 그림 2 의 (d)와 같이 라벨링(labeling) 방법을 적용한다. 라벨링은 인접하여 연결되어 있는 모든 화소에 동일한 번호(라벨)를 붙이고 다른 연결 성분에는 또 다른 번호를 붙이는 작업을 말한다. 라벨링 후 가장 큰 영역을 제외한 나머지 영역은 제거하며, 가장 큰 영역의 무게 중심을 계산한다(그림 2 의 (e)) [3].

모니터 좌표 계산과정(그림 2 의 (g))에서 기존 스크린의 직사각형 이미지를 카메라가 받아들일 경우, 카메라의 원근 변환(perspective transform)에 의해 직사각형의 화면 영역이 영상에서는 왜곡되어 나타나게 된다. 왜곡된 사각형의 각 꼭지점 위치는 사용자가 시스템 사용 전 카메라로 취득된 영상에서 화면 영역의 네 점을 클릭하는 과정으로 이루어지는 캘리브레이션(calibration)을 통해 얻어지게 된다.



[그림 3] 왜곡된 이미지(사각형)좌표와 모니터 좌표평면의 사상관계

캘리브레이션을 통해 얻어진 화면 영역을 모니터 좌표계로 사상하기 위해서는, 왜곡된 형태의 사각형을 직사각형으로 변환하는 과정이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 기하학적 변형 (Geometric Transformation) 방법을 사용하였다 [4] [7]. 그림 3 은 카메라로부터

취득된 영상의 화면 영역과 모니터 좌표평면의 사상관계를 나타낸다. 기하학적 변환방법은 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$M = TC$$

$$\begin{pmatrix} m_{x1} & m_{x2} & m_{x3} & m_{x4} \\ m_{y1} & m_{y2} & m_{y3} & m_{y4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{x1} & c_{x2} & c_{x3} & c_{x4} \\ c_{y1} & c_{y2} & c_{y3} & c_{y4} \\ c_{x1}c_{y1} & c_{x2}c_{y2} & c_{x3}c_{y3} & c_{x4}c_{y4} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$(m_{xn}, m_{yn})$  ( $n = 1, 2, 3, 4$ )는 모니터의 네 꼭지점 좌표,  $(c_{xn}, c_{yn})$  ( $n = 1, 2, 3, 4$ )는 캘리브레이션을 통해 얻어진 화면 영역의 꼭지점 좌표이다. 위와 같은 행렬식을 통해  $a \sim h$ 의 8개 미지수를 구함으로써, 두 사각형 간의 사상 관계를 구할 수 있었다.

결과적으로 위에서 계산된 행렬  $T$ 를 통해 취득된 영상에서의 화면영역대비 스크린상 적외선 영역으로부터 현재 사용자가 가리키고 있는 화면상의 위치를 계산할 수 있다.

#### 4. 실험 결과

실험은 일반 데스크톱 컴퓨터에서 사용하는 24인치 모니터 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다. 프로그램 구동 후, 20개의 점을 찍어 실제 모니터 좌표와의 평균 오차를 기록하였다. 계산된 모니터 좌표와 사용자가 의도한 위치간의 평균 RMS 오차는 약 15픽셀로 나타나서, 글씨를 필기하고 화면의 특정 부분을 강조하기 위한 활용이 가능함을 확인할 수 있었다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 카메라와 적외선을 사용하여 빔 스크린에 편리하게 필기를 할 수 있는 전자 필기 시스템을 제안하였다. 실험 결과, 계산된 모니터 좌표와 사용자가 의도한 위치간의 평균 RMS

오차는 약 15 픽셀로 나타나서, 글씨를 필기하고 화면의 특정 부분을 강조하기 위한 활용이 가능함을 확인할 수 있었다.

향후, 이미 널리 사용되고 있는 빔 프로젝터와 주변에 스크린을 향해 장착된 카메라 한 대만을 이용하는 것으로 발표자와 청중 모두에게 효과적인 환경을 제공할 수 있는 시스템을 완성할 계획이다.

#### 참고문헌

- [1] 타니구치 마사카즈 (2002). 프레젠테이션의 성공법칙. 일빛.
- [2] 조동현 · 장희정 · 김계영 · 최형일. "포인터의 패턴인식을 통한 프레젠테이션 제어" 한국정보과학회 학술발표논문집. 제 29 권, 제 1B호(2002).
- [3] 강동중 (2003). Visual C++을 이용한 디지털 영상처리. 사이텍미디어
- [4] Rafael C. Gonzalez (2003). Digital Image Processing. Prentice Hall.
- [5] Jong Gwan Lim, Young Il Sohn, Farrokh Sharifi, Dong Soo Kwon. "Proposal on the Enhancement of Real-time Processing and Interaction in a Camera-tracked Laser Pointer System".
- [6] C. Kirstein and H. Müller, "Interaction with a Projection Screen Using a Camera-tracked Laser Pointer", in Proceedings of The International Conference on Multimedia Modeling, pp.191-192, 1998
- [7] Eui Chul Lee, Kang Ryoung Park, "A Robust Eye Gaze Tracking Method based on a Virtual Eyeball Model", Machine Vision and Applications, DOI 10.1007/s00138-008-0129-z, April, 2008.