

# 프로젝터를 위한 지시 및 입력 장치인 레이저펜 시스템

최규완<sup>o</sup> 이기혁  
한국정보통신대학교 (ICU)  
{kwchoi21<sup>o</sup>, geehyuk}@icu.ac.kr

## LaserPen: a new pointing device for a beam projector

Kyuwan Choi<sup>o</sup> Geehyuk Lee  
School of Engineering, Information and Communications University

### 요약

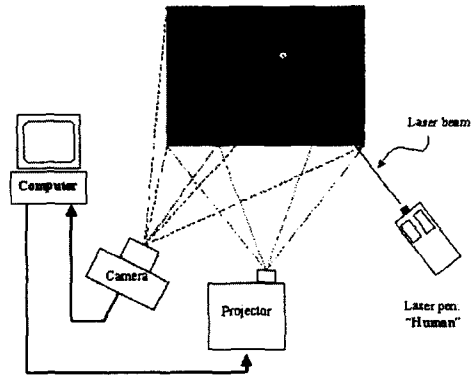
본 논문에서는 광학 시스템의 대칭성을 이용하여 프리젠테이션시 마우스와 같이 사용할 수 있는 레이저펜 시스템을 제안한다. 성능 평가를 위해 비슷한 상황에서 사용될 수 있는 자이로스코프 타입 포인팅 디바이스, 트랙볼 타입 포인팅 디바이스와 비교 실험한 결과 절대 좌표계를 이용하는 레이저펜 시스템이 가장 우수한 결과를 보였다.

### 1. 서론

컴퓨터 사용이 보편화 됨에 따라 컴퓨터 모니터의 화면을 프로젝터를 이용하여 청중에게 시각적으로 전달하는 동적인 방식의 프리젠테이션이 일반화 되고 있다. 보통 프로젝터를 이용한 프리젠테이션 시 발표자는 레이저 포인터를 사용하여 자신이 원하는 위치를 가리킴으로써 자신의 의도한 바를 강조하여 청중에게 인지 시키게 된다. 이 경우 레이저 포인터는 단순히 포인팅의 기능만을 가지고 있어서 컴퓨터의 조작은 발표자 자신이 직접 마우스를 조작하거나 도우미의 도움을 받아야 한다. 도우미에게 조작을 맡길 경우는 자신의 정확한 의도대로 조작하는데 어려움이 따르고, 자신이 스스로 조작을 할 경우에는 발표자의 위치가 컴퓨터의 위치에 제한을 받게 되고, 발표자와 청중간의 시선교차 빈도가 낮아 공감대 형성이 힘들어져서 청중들의 전체적인 이해도가 떨어지게 된다.

#### 1.1 레이저펜 시스템의 목적

레이저펜 시스템은 레이저 포인터의 포인팅 기능에 컴퓨터를 제어할 수 있는 컨트롤 기능을 추가함으로써 보다 향상된 Human Computer Interoperability를 제공함을 목적으로 한다. 레이저 포인터에 사용자 인터페이스(GUI) 커서를 컨트롤 하기 위한 방향키를 추가한 기존의 제품의 경우, GUI 커서의 위치는 방향키의 조작에 의해, 레이저 스포트는 발표자의 손의 움직임에 의해 독립적으로 컨트롤 되는 문제점을 가지고 있다. 이러한 조작의 이중성을 해결하기 위해 레이저펜 시스템에서는 레이저 스포트의 위치를 CCD 카메라를 이용하여 탐지, 컴퓨터로 입력하여 레이저 스포트의 위치와 GUI의 커서가 일치하게 된다.



[그림 1] 레이저펜 시스템의 개념

[그림 1]에서 보인바와 같이 전체 시스템은 포인팅 디바이스(레이저펜), CCD 카메라, 카메라로부터 얻어진 화상 정보를 처리하는 모듈, 추출된 레이저 스포트의 위치 정보와 마우스 버튼의 상태를 GUI 시스템으로 전달하는 모듈로 구성될 수 있다. 여기서 레이저펜은 실제 사용자에게 의해 조정되는 포인팅 디바이스로서 레이저 모듈을 내부에 장착하여 레이저 포인터와 같이 빔을 방출한다. 단, 방출되는 빔을 변조 시킴으로써 마우스버튼의 상태 정보를 전송할 수 있다. 즉, 마우스 버튼의 상태정보 전송을 광학적으로 컴퓨터의 마우스 조작 파트로 전달하여 결과적으로는 컴퓨터를 제어하는 원격 마우스의 역할을 수행하게 된다. 기존의 유선 마우스의 공간 제한성 문제를 해결하고, 원도우에서 사용되는 모든 기능, 예를 들면 프로그램의 열기, 종료, 특정 버튼의 선택 등 기존의 마우스로 해왔던 모든 작업을 대형 스크린에 비춰진 화면을 통해 제

어 할 수 있게 된다.

### 1.2 기존의 방법과 문제점

[그림 1]에서와 같은 방법으로는 지금까지 많은 연구가 있어 왔고, 실제로 여러 가지 특허와 논문 [3] 이 나와 있다. 하지만, 이러한 구현 예의 경우 프로젝터의 광축과 카메라의 광축이 일치하지 않는 이유로 프로젝터로 투사된 화면이 카메라의 화상 영역과 일치 하지 않게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 카메라로 얻어진 화상을 좌표 변환을 통하여 프로젝터의 화상과 대응시킬 수 있는 방법을 이용할 수 있으나 이러한 해결책은 설치시의 불편을 초래하게 된다. 프로젝터의 위치가 변경되거나 화면, 크기가 변경될 경우 카메라 화상의 좌표변환 파라미터를 변경해 주어야 한다. 단순히 소프트웨어내에서 변경 가능한다면 파라미터 자동 설정을 위한 알고리즘을 개발하는 것이 어렵지 않겠으나, 카메라의 초점도 함께 조정해야 하는 문제가 있으므로 자동 파라미터 설정을 위해서는 초점 거리를 전동적으로 조정할 수 있어야 하고 이에 동반하는 서보 컨트롤 회로, 로직의 추가가 필요하다. 비용의 상승 문제 뿐 아니라 이러한 해결책이 프로젝터 화상과 카메라 화상을 완전히 일치 시키지 못 한다는 데 더 큰 문제점이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서 제시하는 방안은 프로젝터와 카메라의 광학 시스템을 공유하는 것이다. 광학 시스템은 양방향으로 대칭성을 가지고 있다. 프로젝터를 예를 들면, LCD의 화상이 스크린에 확대 되어 투사 될 때, 동시에 스크린에 투사된 화상은 같은 광학 시스템의 경로를 거꾸로 거슬러 LCD로 투사 된다. 이러한 개념을 여기서는 "스크린 피드백" 이라고 부르도록 한다. 이러한 광학 시스템의 특성을 이용하면 LCD가 있던 자리에 CMOS 이미지 센서를 위치시키면 스크린의 화상을 그대로 얻을 수 있게 된다.

이러한 스크린 피드백 개념은 자유공간 레이저 통신 [5]에서 레이저 빔을 대상에 정확히 투사하기 위하여 이용되고 있으나 HCI에 적용된 예는 아직 없었다. 스크린 피드백을 이용할 경우 카메라가 프로젝터와 동일한 광학 시스템을 공유하므로 프로젝터의 거리가 변경되어 새로 포커스를 맞추게 되면 동시에 카메라의 초점도 맞게 된다. 스크린 피드백 개념은 이론적으로 큰 문제가 없어 보이지만 구현하고 실험을 통하여 실제로 적용 가능한지에 대한 대답을 얻을 필요가 있다. 스크린 피드백 개념의 확인은 본 논문의 가장 중요한 목적이다.

### 1.3 30Hz로 제한된 샘플링으로 버튼 정보 전달

레이저펜이 마우스와 같은 역할을 하기 위하여 마우스의 좌우 버튼을 가지고 있어야 하고 버튼의 움직임 (pressed or released)을 컴퓨터로 전달하여야 한다. 버튼의 위치 정보를 전달하기 위하여 별도의 무선 통신을 이용할 수도 있겠지만 레이저빔의 깜빡임(modulation)을 통하여 카메라로 전달하는 방식을 이용하면 별도의 무선

통신을 이용하지 않아도 되는 장점이 있다. 이 방식은 단순히 시스템을 간단히 유지 할 수 있는 잇점보다 저전력 설계를 위하여 더 중요한 잇점을 가지고 있다. 기존의 무선 마우스의 경우 키보드와 달리 잦은 메시지 전송이 필요하므로 RF 전송에 많은 전력을 소모하고 잦은 전원 교체를 필요로 한다. 레이저펜의 경우 레이저만 해도 10mW정도의 전력소모가 필요한 상황에서 별도의 RF송신을 위한 전력소모가 필요할 경우 더 큰 문제가 될 수 있다.

레이저빔의 깜빡임을 이용하여 버튼을 전송하는 것은 이러한 전력 문제를 해결할 수 있는 반면 해결해야 하는 기술적 문제점도 안고 있다. 레이저빔의 깜빡임을 감지하는 센서가 다름아닌 카메라이므로 30Hz의 샘플링 수에 의하여 전송 대역폭이 제한 된다. 나이키스트 정리에 의하면 이 경우 15bits/s로 데이터 전송할 수 있고, 이 경우 한 바이트를 전송하는데 약 0.5초가 소요된다. 더블클럭의 경우 네 개의 메시지가 1초 이내에 전달되어야 함을 생각하면 이러한 전송속도는 거의 쓸모 없는 채널을 의미한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 기존의 마우스에서 사용하는 프로토콜과는 다른, 최소한의 코드 길이를 이용하는 새로운 코드를 디자인하고 구현할 필요가 있다. 또한, 코드가 짧아짐에 따라 샘플링 기법도 달라져야 할 필요가 있다.

### 1.4 레이저 스포트의 감지 및 추적

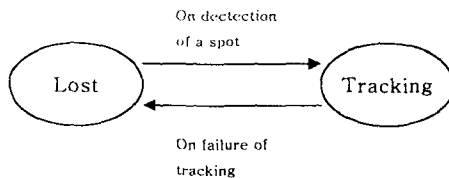
카메라를 이용하여 화면의 레이저 스포트를 감지하고 추적하는 것은 단순히 최고 밝기를 가지는 점을 찾음으로써 가능함을 기초 연구를 통하여 확인 할 수 있었다. 그러나, 이러한 간단한 방법이 스크린 피드백을 이용할 경우에는 다음의 두 가지 이유로 더 이상 유효하지 않다. 첫째, 프로젝터의 광학 시스템 내부는 강한 광원과 빛의 분산, 반사 등으로 인하여 상당히 높은 광도를 유지 하고 있다. 이러한 환경에서 스크린으로부터 돌아오는 빛에 의한 화상에서 레이저 스포트를 찾는 것은 더 이상 쉬운 일이 아니다. 둘째, 렌즈시스템의 aperture에 의해 제한 되어 피드백에 의한 상의 밝기의 분포가 균일하지 않다. 상의 중앙이 가장 밝고 주위로 갈수록 어두워 진다. 이러한 상황에서 균일한 threshold를 적용하여 스포트를 검출하는 것은 가능 하지 않다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 가시광 레이저 대신 적외선 레이저를 사용하도록 한다. 프로젝터는 광원의 열로부터 시스템을 보호하기 위하여 광원과 렌즈 시스템 사이에 적외선 재거 필터를 두고 적외선을 차단하고 있다. 따라서, CMOS 센서에 적외선 통과 필터를 이용하고 적외선 레이저 스포트를 감지하면 가시광의 간섭을 피 할 수 있다. 적외선의 사용만으로 위의 문제가 해결되지는 않는다. 실제로 낮에는 상당량의 적외선이 항상 존재하고 그 양도 낮새나 창문의 개폐에 의해 영향을 받으므로 간단한 알고리즘으로 레이저 스포트를 안정적으로 검출하는 것은 어렵다. 따라서, 단순한 thresholding이 아닌 adaptive

하고, statistical한 이미지 프로세싱 방법의 채용이 필요 하다.

## 2. 레이저펜의 알고리즘

앞서 기술한 대로 레이저 스포트의 안정된 감지와 추적을 위해서는 단순한 thresholding은 효과적이지 않다. 그렇다고 해서 Kalman filter와 같은 기법을 이용한 기존의 사물 추적 기법 [6] 을 이용하는 것은 알고리즘이 향후 PC가 아닌 저 사양의 embedded system에 구현되어야 함을 고려하면 바람직 하지 않다. 따라서 본 논문의 목적은 가장 간단하면서도 최소한 효과적인 알고리즘을 선택 하고 구현하는 것이다.



[Figure 2] 스포트 트래킹 알고리즘의 두 상태

[그림 2]에서 보인바와 같이 알고리즘은 두 개의 상태를 가지고 있다. 초기에는 이전 위치에 대한 정보가 없으므로 전체 화상을 검색하여 밝기가 지정한 문턱치  $v_{th}$  보다 높은 픽셀을 찾고 그 수가 일정 수  $N_{th}$  이상이면 스포트의 detection을 선언하고 tracking state로 전이한다. Tracking 상태에서는 전단계에서 결정된 스포트의 위치를 중심으로 반경 R 내의 픽셀의 평균  $\mu$ 와 분산  $\sigma^2$ 을 계산하여  $v_{th}$ 를 결정한 후 그 이상의 값을 가지는 픽셀들의 center of mass를 계산하여 현재 스포트의 위치를 결정한다.

## 3. 성능 평가

레이저펜이 기존에 나와 있는 자이로 타입과 트랙볼 타입에 비해서 얼마나 성능을 내는 지 알아보기 위하여 10명의 피실험자를 선정하여, fitt's law를 이용 3가지의 실험을 해보았다. 화면에 나타나는 블록을 포인팅하는 실험 [4][2], 피실험자가 블록의 궤적을 미리 예측할 수 있는 예측 궤적 추적 실험, 미리 예측할 수 없고, 랜덤한 무작위 궤적 추적 실험 [1]을 실시 하였다. 실험 결과 레이저펜이 가장 우수하게 나타났고, 자이로 타입, 트랙볼 타입의 순 이었다. 레이저펜이 우수한 결과를 나타낸 것은 다른 디바이스들은 상대 좌표계를 이용하는 반면에 레이저펜은 절대좌표계를 이용하기 때문이다.

## REFERENCES

1. K. Ishiyama, and S. Yano, A study of Characteristics of Pointing Devices for Television Operation, Systems, Man and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference on, Volume:2, 1307-1312

,2000

2. PAUL M.FITTS, The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement, Journal of Experimental Psychology, vol.47, no.6, pp.381-391, 1954

3. C.Kirstein, H. Muller, Interaction with a projection screen using a camera-tracked laser pointer, Multimedia modeling, 191-192, 1998

4. S. Kasuya, T. Takagi, M. Mukaidono, Dynamic control of the pointer according with user's intention, Man and Cybernetics, 1999 IEEE International Conference on, Volume:4, 53-56, 1999

5. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. <http://www.jpl.nasa.gov>

6. Efe. M, Atherton. D.P, Bather J.A, Adaptive kalman filters for manoeuring target tracking, Target tracking and Data fusion, 4/1-4/7, 1998