

손가락 끝 점을 이용한 손 형상 인식

김경호, 이철우
전남대학교 컴퓨터정보통신학과
지능영상미디어연구실
cdma1234@hanmail.net, leecw@chonnam.ac.kr

Hand Pose Recognition Using Fingertip Detection

Kyung Ho Kim, Chil Woo Lee
Dept. of Computer Engineering, Chonnam National University
Intelligent Image Media Lab

요약

사용자 친화형 유저 인터페이스 구현을 위해 인간의 손 형상을 실시간으로 인식하는 연구의 중요성이 부각되고 있다. 그러나 인간의 손은 자유도가 크기 때문에 손 형상을 정확히 인식하기란 매우 어렵고 또한 피부색과 유사한 색을 가지는 복잡한 배경에서는 더욱 곤란하다. 본 논문에서는 별도의 센서를 부착하지 않고 카메라를 사용하여 피부색 정보에 의한 손 형상을 분할한 후 손가락 끝 점을 찾는다. 찾은 손가락 끝점을 이용하여 방향을 탐지하는 알고리즘에 대해 기술한다. 이 방법은 템플릿 매칭을 이용하여 손가락 끝점을 탐색한 후 찾은 손가락 끝점과 손목의 중심을 이용하여 전, 후, 좌, 우 방향을 탐지한다. 제안하는 방법을 이용하여 3D 가상현실 공간에서의 Navigation에 응용하였으며, 실험결과 전진, 후진 및 좌측, 우측의 방향전환도 매우 좋은 결과를 보였다. 또한 본 논문에서 제안하는 방법은 마우스, 키보드, 조이스틱 등의 조작 없이 전, 후, 좌, 우 방향전환을 사용자가 직관적으로 지시함으로써 보다 자연스러운 인간과 컴퓨터의 상호작용을 제공할 수 있을 것이다.

Keyword : HAND RECOGNITION, IMAGE PROCESSING

1. 서론

최근 사용자 친화형 유저 인터페이스 구현 환경이 대두되면서 인간과 컴퓨터간의 원활한 상호작용의 필요성이 커짐에 따라 인간의 행동을 분석하는 연구가 많이 수행되고 있다. 인간은 정보전달을 위하여 언어 이외에도 동작, 표정과 같은 비언어적인 수단을 이용한다. 이러한 비언어적인 수단을 정확히 분석할 수 있다면 인간과 컴퓨터간의 자연스럽고 지적인 인터페이스를 구축할 수 있게 된다. 인간은 다양한 수단을 사용하여 상대방에게 자신의 의사를 전달한다. 이 경우 흔히 언어적 수단만을 고려하기 쉬우나 이 외에도 몸짓,

1) 본 연구는 전남대학교 “고품질 전기 전자 부품 및 시스템 연구센터”의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

손짓, 얼굴의 표정 등과 같은 비언어적 수단이 보다 많은 정보를 전달한다는 연구 결과가 보고되어 있다. 인간과 의사소통이 자유스럽고 보다 지적인 시스템을 제작하기 위해서는 무엇보다도 이러한 비언어적 대화 수단을 자동화함이 필요하다.

그 중에서도 손은 인간에게 있어서 가장 중요한 도구의 하나로 그 동작과 모양이 의미하는 바를 인식하는 것은 정보 시스템과 인간 사이의 자연스러운 인터페이스를 실현할 수 있다는 점에서 오랜 기간 동안 많은 사람들의 연구테마로 다루어져 왔다. 그러나 복잡한 환경으로부터 사람의 손 형상만을 정확히 추출하고 인식하여 의미 있는 입력정보로 사용하는 것은 어려운 일이다. 기본적으로 정확한 손 영역 분할을 위한 알고리즘이 필수

이며 손 형상의 분석과 인식을 위한 빠른 처리 속도 또한 고려해야 할 요소이다. 기존의 연구들은 크게 손 형상을 분석하기 위해 Data Glove 를 사용하는 방법[1]과 3 차원 모델을 사용하거나 스테레오 비전을 이용하여 추출된 손의 3 차원 기하학적인 정보를 분석하는 방법[2], 손의 2 차원 패턴 정보를 분석하는 방법[3]으로 분류할 수 있다. Data glove 를 사용하는 방법은 정밀도가 낮고 전체 시스템과 접속하기 위해 반드시 연결선이 필요하다는 점에서 자연스러운 인터페이스 구축에는 많은 문제점을 안고 있다. 3 차원 기하 정보를 이용하는 방법은 스테레오 영상을 이용한 3 차원 정보추출과 복잡한 손의 3 차원 운동 모델을 구축하기 위한 많은 계산 량이 필요하므로 고성능의 하드웨어가 필요하다는 단점이 있다. 2 차원 정보를 이용하는 방법들은 사람의 피부색의 컬러분포를 사전 학습과정에서 계산하여 입력 영상 내 해당 피부 컬러 분포에 해당되는 영역만을 추출하는 방법을 적용하였으나 대부분 단일 배경이거나 조명 변화가 거의 없다고 가정하였다.

본 논문에서는 한 개의 손가락 끝 점을 갖는 손 형상을 입력정보로 사용하여 3D 가상현실 공간상에서 마우스, 키보드, 조이스틱 등의 조작 없이 사용자의 손을 직관적으로 사용함으로써 보다 편리하고 자연스러운 인터페이스를 제공하려 한다. 기존 연구에서도 마우스를 대신하기 위해 얼굴의 표정을 이용하는 방법[5]과 눈의 움직임을 이용하는 방법[6], 눈을 정보전달 장치로 이용하는 방법[7] 그리고 3 차원 센서를 이용하는 방법[8]들이 있다. 얼굴의 표정을 이용하는 방법은 사용자가 충분한 사전학습을 해야 한다는 점에 있어서 사용자와 시스템간 인터페이스가 자연스럽지 못하다. 또한 눈의 움직임을 이용하는 방법은 눈이 움직일 수 있는 범위 모두를 데이터베이스로 가지고 있어야 함으로 실시간 인식할 때 계산량과 수행시간이 길어지는 단점을 가지고 있으며, 눈만을 직접 사용하는 것이 아니라 눈 주위에 개별적으로 필요한 센서를 부착해야 한다는 불편함을 준다. 한편 3 차원 센서를 이용하는 방법 또한 별도의 장비를 구입해야 한다는 점에서 경제적인 부담감을 준다.

본 논문에서 제안하는 방법은 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 별도의 센서를 부착하지 않고 카메라를 사용하는 사용자 친화형 인터페이스를 제안하고자 한다. 본 방법은 입력 영상에서 손 형상 영역을 추출한 후 손가락 끝 점을 찾아 전, 후, 좌, 우 방향을 탐지하여 가상공간에서의 인터페이스로 사용한다. 2 절에서는 가상현실 공간 Navigation 에서 사용하기 위한 Hand Command 관해 정의 되어 있으며, 3 절에서는 피부색 정보에 의한 손 영역 추출에 관해 기술한다. 4 절에서는 Fingertip 을 이용한 손 방향 탐색에 관해 기술되었고, 5 절에서는 실험결과와 결론에 대해 기술한다.

2. 개요

본 논문에서는 마우스, 키보드, 조이스틱 등의 조작 없이 사용자의 손을 직접 이용하여 전진, 후진 이동과 좌측, 우측 방향전환을 할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다.

본 시스템의 구성은 그림 1 과 같으며, 사용자가 책상에 앉아서 편하게 사용할 수 있는 환경이다. 전면에 모니터가 있으며, 모니터 위에는 범용 USB 카메라가 달려 있고, 작업 공간은 카메라에 들어오는 영역 모두가 된다.



그림 1. 시스템 구성도

본 논문에서 제안하는 방법을 적용하기 위해 3D 가상현실 공간에서의 네비게이션(Navigation)을 제어하는 시스템을 구현한다.

2-1. 가상현실 Navigation 사용 정의

3D 가상현실 공간에서의 움직임은 초기화(대기상태), 전진, 후진, 좌측, 우측 5 개의 명령으로 구성된다. 전진과 후진 이동은 초기상태의 손가락 끝 점의 위치를 기준으로 손가락 끝 점의 위치변화로 알 수 있으며, 좌측과 우측의 방향전환은 초기상태의 손가락 끝 점의 위치에서 좌측, 우측으

로의 위치변화로 알 수 있다. 초기상태의 기준은 손목의 중심점과 손가락 끝 점의 중심을 직선으로 연결시킨 점이 초기상태의 기준값(0)이 된다. 그림 2은 가상현실 Navigation 에서 사용되는 명령들의 정의를 나타낸다.



그림 2. 손의 회전 방향 표시

2-2. Hand Command

가상현실 Navigation 상에서 움직임 명령은 다음과 같다. 전진과 후진은 초기영상의 손가락 끝 점의 위치변화를 이용하여 결정한다. 즉, 초기 영상의 손가락 끝 점보다 위로 움직이면 전진 명령이며, 초기 영상의 손가락 끝 점보다 아래로 움직이면 후진 명령으로 인식한다. 또한 좌, 우 방향 전환은 기준점에 대해 손가락 끝 점의 상대위치를 이용하여 방향을 인식한다. 표 1은 5개의 방향 전환 명령을 나타낸다

명령어	Hand Pose	내용
대기상태		초기 입력 손 형상
앞으로 이동		손가락 끝 점이 앞으로 이동
뒤로 이동		손가락 끝 점이 뒤로 이동
좌측으로 이동		초기상태에서 손가락 끝 점이 좌측으로 이동
우측으로 이동		초기상태에서 손가락 끝 점이 우측으로 이동

표 1. 방향전환 명령어

3. 피부색 정보에 의한 손 영역 추출

칼라 공간에서 사람의 살색 분포는 자연계의 다른 물체와 구분할 수 있는 뚜렷한 특징을 가지고 있다. 비록 사람과 인종마다 피부색은 다르지만 색차 평면상에서의 그 분포는 매우 비슷하면서

도 협소한 영역을 차지하고 있고, 단지 밝기 (intensity)의 차이만이 있어, 색차 성분을 이용하면 쉽게 살색 영역을 추출할 수 있다.[4] 색상 정보를 이용하여 일반 영상에서 손을 분리해내기 위해서는 적합한 color space에서 살색을 가장 잘 모델링 할 수 있는 것이 필요하다.

3-1. Skin Color filtering

칼라 정보만을 이용하여 손 영역을 검출할 경우에는 살색 계통의 물체가 배경영역에 존재하여 함께 검출될 수 있다. 따라서 보다 정확하고 빠른 검출을 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 방법을 제안하였으며, 이 방법은 간단하고 빠르게 RGB 공간 안에서 피부색을 추출 할 수 있다.

RGB 데이터의 영상이 입력되면 피부색은 RED 값이 다른 GREEN 이나 BLUE 보다 크다고 가정했다. 식(1)과 같이 피부색에 해당하는 부분은 그 픽셀을 1로 할당하여 주고 이 이외에 해당하는 픽셀의 위치에서는 살색이 아닌 영역으로 판정하여 0의 값으로 할당을 하게 된다.

$$I_2(x, y) = \sum_{x,y} \begin{cases} 1 & (RED \geq BLUE) \ \&\& \ (RED \geq GREEN) \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad \text{식(1)}$$

3-2. 손 영역 추출

입력 영상에서 피부색 정보를 이용하여 손 영역을 추출할 때 칼라 필터를 사용하더라도 손만을 정확히 추출하기란 쉽지 않다. 본 연구는 칼라 필터가 적용되고 남아 있는 피부색 정보의 픽셀들은 대부분 손에 속해 있기 때문에 횡 좌표 X 축으로 피부색 픽셀들의 수를 계산하여 배경 영역으로부터 손 영역만을 분리한다(labeling). 그림 3는 입력 영상에 대한 히스토그램이다. (a)는 입력 영상 (b)는 입력 영상에 대한 히스토그램 (c)는 손 영역 추출 (b)에서 보는 히스토그램처럼 피부색 정보는 한 곳에 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다.



(a)입력 손 영상 (b)손 영상 히스토그램 (c) 손 영역 추출

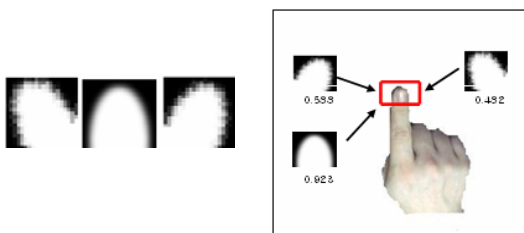
그림 3. 입력 영상에 관한 히스토그램

4. Fingertip 을 이용한 손 방향 탐색

가상현실 Navigation 에서 진행 중 방향 전환 을 하려면 손가락이 어느 방향을 지시하고 있는가 를 정확히 탐색해야 한다. 본 논문에서는 입력된 손 형상에서 손목의 중심과 손가락 끝 점 (Fingertip)을 이용하여 원하는 방향을 가리킴으로써 그 방향을 알 수 있다.

4-1. 손가락 끝 점 탐색

본 논문에서는 손가락 끝점을 찾기 위한 방법으로 템플릿 매칭을 사용하였으며, 그림 4 의 (a)와 같이 각기 다른 모양의 모델 3 개를 사용하였다. 손 형상이 입력되면 손가락 끝 점에 대해서 각기 다른 3 개의 모델이 3 번에 걸쳐 템플릿 매칭을 시도한다. 템플릿 매칭은 0~1 사이의 값을 가지도록 하였으며, 손가락 끝 점 인식은 3 번의 템플릿 매칭 중에서 1 에 가장 가까운 값을 갖는 모델이 우리가 찾는 손가락 끝의 영역이라고 가정했다. 단, 실험상의 필요한 손가락 끝 점의 개수는 하나이기 때문에 손가락 끝 점은 단 하나의 영역만을 갖는다고 가정한다. 그림 3 은 3 개의 모델에 대해 템플릿 매칭이 수행되는 과정을 나타낸다. (a)는 3 개의 모델 영상, (b)는 3 개의 모델 영상이 입력된 영상과 템플릿 매칭을 시도하는 과정을 나타낸다. 그림 5 는 이와 같은 방법으로 탐색 되어진 손가락 끝 점 탐색결과를 보여준다.



(a) 모델 영상 (b) 템플릿 매칭 과정

그림 4. 템플릿 매칭 모델과 수행과정



그림 5. 템플릿 매칭을 통한 손가락 끝 점

4-2. 손 방향 탐색

본 논문에서는 손이 가리키는 방향을 계산하기 위해 손목의 중심점과 손가락 끝 점을 이용하였다. 손목의 중심점과 손가락 끝 점까지의 거리를 직선으로 연결한 후 그 직선이 이루는 방향을 손의 방향으로 가정하였다. 식(2)와 같이 distance 는 손목의 중심점과 손가락 끝 점의 중심점 사이의 거리를 나타내며, h_x 는 손목 중심의 x 좌표, h_y 는 손목 중심의 y 좌표, f_x 는 손가락 끝 점의 x 좌표, f_y 는 손가락 끝 점의 y 좌표이다.

$$\text{distance} = \sqrt{(h_x - f_x)^2 + (h_y - f_y)^2} \quad \text{식(2)}$$

손의 방향은 초기값(0)에서 손가락을 좌측(-) 또는 우측(+)으로 움직였을 때 그 각의 변화량을 이용한다. 변화량은 acos 을 이용하여 손목 중심의 y 좌표인 h_y 와 손가락 끝 점의 y 좌표인 f_y 의 차를 distance 로 나눔으로써 초기값에서 각의 변화율($\Delta\theta, -\Delta\theta$) 만큼을 계산하여 구할 수 있다. 식(3)을 이용하여 각의 초기값(0)에서 각의 변화율을 구하였다.

$$\text{angle} = a \cos \left(\frac{h_y - f_y}{\text{distance}} \right) \quad \text{식(3)}$$

그림 6 는 초기값(0)에서 각의 변화가 생겼을 때 그 각의 변화율($\Delta\theta, -\Delta\theta$)을 구하기 위한 과정을 보이고 있다.

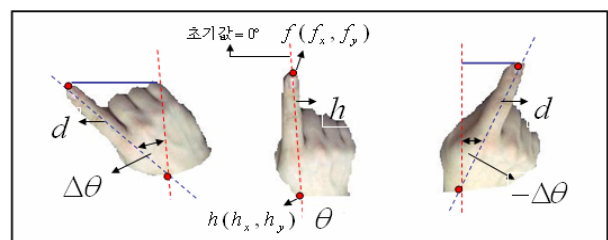


그림 6. 손의 방향 인식

그림 7 은 시스템상에서 방향의 변화에 따른 초기값(0)의 변화를 보여주고 있다. 오른쪽으로의 변화는 (+)로 표현되고, 왼쪽으로의 변화는 (-)로 표현되고 있다.

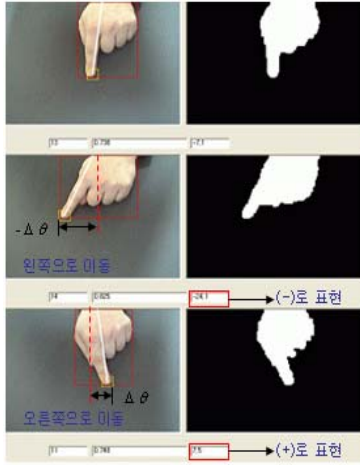


그림 7. 손가락의 이동에 따른 각의 변화

5. 실험 및 결론

본 실험은 피부색 정보로 손 영역을 추출한 후 템플릿 매칭을 이용하여 손가락 끝 점을 찾은 후 손가락 끝을 이용하여 전진, 후진, 좌측, 우측 방향을 탐지한다. 방향 선택에 있어서 마우스나 키보드 대신 직접 사용자의 손으로 방향을 선택 함으로써 사용자에게 좀 더 편리한 환경과 효율적인 인터페이스를 제공한다. 본 시스템은 3D 가상현실 Navigation, 3D Game, 간단한 Window System 등을 제어하는 등 다양하게 응용될 수 있을 것이다.

5-1. 실험

실험은 범용 USB 카메라(초당 30 프레임)를 장착한 펜티엄 4 2.4GHz 메모리 512MB 를 가진 PC 에서 수행하였으며, 프로그램은 Visual C++를 사용하여 구현되었다. 실험을 통해서 인식을 및 방향전환을 확인하기 위해 실험에서 필요로 하는 영상은 한 개의 손가락 끝 점을 가지는 손 형상이며, 전진, 후진, 좌측, 우측의 방향전환은 손 형상을 움직임으로써 전환을 한다. 전진, 후진은 손가락 끝 점의 위치 변화로 인식을 하고, 좌측, 우측은 손가락을 좌,우로 변화 시킴으로써 인식을 하게 된다. 그림 8 은 손가락 끝 점을 전, 후, 좌, 우로 움직였을 때 변화되는 데이터들의 값을 그래프로 나타낸 것이다. (a)는 x 축 상에서 변화되는 값 (b)는 y 축 상에서 변화되는 값

(c)는 x, y 축의 변화에 따른 손가락 끝 점의 각의 변화량이다.

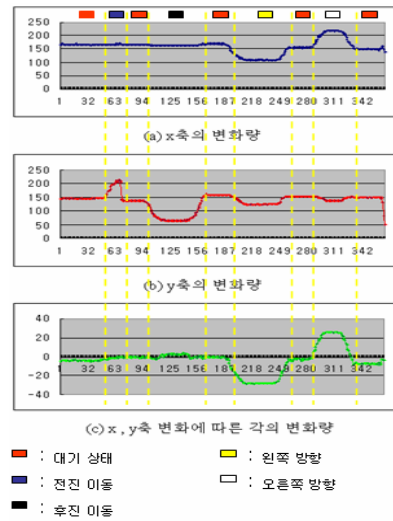


그림 8. 움직임에 따른 각의 변환 그래프

5-2. 가상공간에서의 응용

본 논문에서 제안하는 방법은 Game 분야, 3D 가상현실 공간에서의 Navigation 기능, Window System 제어 또는 가정용 가전제품을 제어하는 곳에 적용할 수 있으며 기타 많은 응용분야에 적용할 수 있다. 본 논문에서는 제안하는 방법을 3D 가상현실 공간에서의 Navigation 에 적용하였으며, 전진, 후진, 좌측, 우측 등의 방향전환 명령이 효율적으로 사용될 수 있음을 확인하였다. 그림 9 은 가상공간에서의 Navigation 이 작동되는 장면이다. (a)는 왼쪽으로 이동, (b)초기의 대기화면, (c)는 오른쪽으로 이동, (d)는 앞으로 이동, (e)뒤로 이동하는 장면을 나타내고 있다.

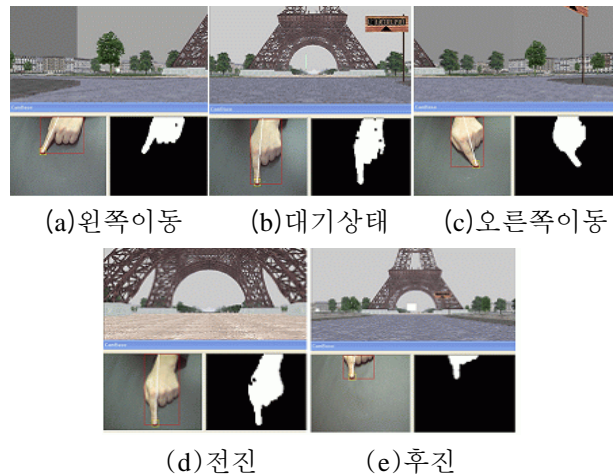


그림 9. 가상공간에서의 Navigation Test

5-3. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 사용자의 손 형상을 입력하여 손가락 끝 점을 찾은 후 이 정보를 이용하여 전진, 후진, 좌측, 우측 등 사용자가 가리키는 방향을 인식하는 방법을 제안하였으며, 이렇게 인식된 방향은 가상현실에서 인터페이스로 사용될 수 있다. 손가락 끝 점은 템플릿 매칭을 이용하여 구했으며, 손목의 중심과 손가락 끝 점까지를 기준축으로 하여 손가락 끝 점을 전, 후, 좌, 우로의 움직임 정보를 이용하여 방향정보를 추출한다. 또한 본 연구에서 제안하는 방법을 실험을 통해 확인하기 위해 3D 가상현실 공간에서의 Navigation 기능을 선택하였다. 실험을 통한 결과 매우 좋은 인식률의 결과를 보였으며, 전진, 후진의 이동 및 좌측, 우측의 방향 전환도 좋은 결과로 작동되는 것을 확인하였다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 범용 USB 카메라를 사용하기 때문에 저 비용 인식 시스템이라 할 수 있다. 또한 피부색 정보에 의한 손 형상 인식과 템플릿 매칭을 이용한 손가락 끝 점 인식 방법은 수행속도가 매우 빠르며 안정적인 인식률을 보인다. 본 논문에서 제안하는 방법을 보다 효율적이고 안정적으로 수행하기 위해서는 현재 문제점으로 지적되는 조명변화와 복잡한 배경에서의 손 영역 추출 그리고 여러 개의 손가락이 입력되었을 때의 정확한 인식 등을 보완해야 한다.

향후 계획 및 방안은 현재는 한 개의 손가락 끝 점을 갖는 손 형상만을 사용하였지만 향후에는 여러 개의 손가락 끝 점을 갖는 손 형상을 인식할 것이며, 조명변화에 강한 방법도 모색할 것이다. 인식방법에 있어서도 템플릿 매칭이 아닌 PCA 등 기타 다른 방법을 모색하여 연구를 진행할 것이다. 또한 현재는 3D 가상현실 공간에서의 Navigation 기능만을 실험을 통해 확인하였지만 앞으로는 Game 분야, Window System 응용, 가정용 가전제품 등 여러 분야에도 응용될 수 있다.

6. 참고문헌

[1] J. Ohya and Y.. Kitamura, etc, "Real-Time Reproduction of 3D Human Images in Virtual Space

Teleconferencing" in Proc. of '93 IEEE Virtual Reality Annual Int. Symp. pp.408-414, 1993.

[2] J. Segen and S. Kumar, "Shadow Gestures: 3D Hand Pose Estimation Using a Single Camera," CVPR99, vol. 1, pp. 479-485, Fort Collins, Colorado, June, 23-25, 1999.

[3] K. Imagawa, S. Lu and S. Igi, "Color-Based Hand Tracking System for Sign Language Recognition," Proceedings of International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Killington, 1996.

[4] D Chi, King N. Ngan "Face Segmentation Using Skin-Color Reference map in Videophone Applications", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol.9, June 1999

[5] Jilin Tu, Huang. T, Hai Tao "Face as mouse through visual face tracking", IEEE Computer and Robot Vision, 2005. Proceeding. The 2nd Canadian Conference on 9-11 May 2005

[6] Eun Yi Kim, Sin Kuk Kang, Keechul Jung, Hang Joon Kim "Eye mouse:mouse implementation using eye tracking", IEEE Consumer Electronics, 2005. ICCE. 2005 Digest of Technical Papers. International Conference on 8-12 Jan. 2005

[7] Norris. G, Wilson. E "The Eye Mouse, an eye communication device", Bioengineering Conference, 1997, Proceedings of the IEEE 1997 23rd Northeast 21-22 May 1997

[8] Ouchi. K, Esaka. N, Tamura. Y, Hirahara. M, Doi. M "Magic Wand: and intuitive gesture remote control for home applications", Active Media Technology, 2005.(AMT 2005). Proceedings of the 2005 International Conference on 19-21 May 2005