

스테레오 비전을 이용한 포인팅 디바이스에 관한 연구 (A study on pointing device system using stereo vision)

한승일, 황용현, 이병국*, 이준재

(Seung Il Han, Yong Hyun Hwang, Byung Gook Lee, Joon Jae Lee)

요 약

본 논문에서는 스테레오 비전을 이용하여 기존의 포인팅 디바이스인 마우스를 대신할 새로운 포인팅 디바이스 방법을 제안 한다. 제안한 방법은 기존의 인식 장비들이 가진 마커에 의한 움직임 제약과 고가 장비의 단점을 극복하기 위해 컴퓨터 비전을 이용한다. 즉, 사람이 시각을 통해 정보를 인식하는 것과 동일하게 컴퓨터의 영상 정보를 이용하여 실시간으로 영상내의 컬러 영역의 분할을 통해 물체의 위치를 추적 및 정합하고 이의 위치를 스테레오 기하학 정보로부터 계산하여 포인팅 동작을 수행한다.

Abstract

In this paper, we propose a new pointing device that is replaced a mouse as the pointing device with. For reducing the existing pointing device's problem which had marker and high-cost, we develop a new pointing device using computer vision like as a similar human vision system. The proposed system first carries out a real-time movement tracking system using image data which are segmented by color modeling, and finally does the pointing action by 3-D coordinate calculated from stereo geometry information resulting from stereo matching of the segmented region.

1. 서 론

인간이나 물체의 행동은 움직임을 통해 의미를 전달한다. 이러한 의미 전달기술은 컴퓨터 산업의 비약적인 발전으로 인하여 다양한 멀티미디어 분야에서 시도하고 있다. 본 논문

* 본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

Key words : Stereo Vision, Pointing Device, Color Model, Segmentation

© THE KOREAN SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS, 2006

서는 마커나 센서 없이 손의 움직임만으로 포인팅 디바이스를 이용하는 것을 목표로 한다. 실제세계에 존재하는 물체를 시간과 공간 데이터로 변환하여 두 대의 카메라를 통해 입력 받은 물체의 이미지 정보를 3차원의 물체로 복원하여 실제 인간이 느끼는 깊이 정보를 컴퓨터에도 인지도시킬 수 있도록 하였다. 이러한 연구를 통해 물체 혹은 사람의 모션을 마커(marker)가 없이 실시간으로 캡처(capture)하여 포인팅 디바이스로 활용하는 것이다. 기존의 캡처 장비들은 음향식(초음파) 모션 캡처나 자기 방식에 의해 부수적인 장비들의 착용이 불가피하며 따라서 움직임에 제약이 가해지고, 장비 구성에 많은 비용이 소요되었다. 본 시스템에서는 그러한 제약을 극복하기 위해 카메라를 활용한 포인팅 디바이스 시스템에 대한 연구를 수행한다.

현재 우리가 흔히 사용하고 있는 일반적인 포인팅 디바이스는 구매하기 쉽고 사용이 간편한 마우스 기반이 주류를 이루고 있으며 또한 대다수의 사용자들이 컴퓨터의 눈과 같은 CCD 카메라를 이용하여 영상처리나 컴퓨터 비전의 활용이 증가하고 있으며, 가상현실 및 유비쿼터스 환경 구성을 위해 분석 및 연구되어야 할 핵심요소로 주목받고 있다. 현재까지의 컴퓨터는 문자기반의 인터페이스에서부터 그래픽 유저 인터페이스에 이르면서 마우스, 트랙볼, 태블릿, 펜마우스, 터치패드, 터치스크린, 자이로마우스 등 많은 포인팅 디바이스들이 개발되어 왔다. 그러나 이러한 디바이스 들은 모두 손에 쥐거나, 손을 가져다대는 등의 터치형식의 디바이스 들이었다. 이는 디바이스의 외형만 약간의 변화를 주었을 뿐 컴퓨터 시스템의 환경에 비해 너무나도 낙후되어 있어, 최첨단 환경 구축을 위한 현실 정에도 뒤쳐지는 결과를 초래하고 있다. 이와 같은 문제의 해결 방안으로 다양한 방법들이 연구되고 있으나, 기술적 한계를 극복하지 못한 채 고가의 장비를 활용한 대처방안이 주류를 이루고 있는 실정이다.

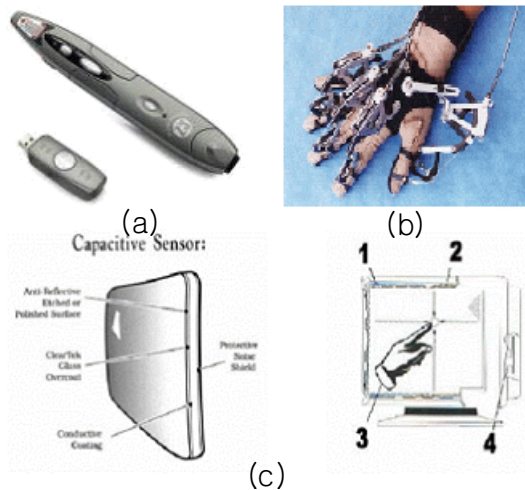
본 시스템에서는 일반적인 환경에서 사람이나 사물의 움직임을 촬영하고 촬영된 영사의 분석을 통해 다양한 포인팅 디바이스 이벤트 인자를 찾아낸다. 2D 데이터를 가지는 이미지 데이터를 이용하여 평면 정보를 3차원 정보로 변환하고자 한다. 먼저 각 카메라에 들어오는 영상에서 목표물을 정하고 목표물의 추적이 선행된다. 영상에서 칼라 모델을 적용하여 영역 분할이 이루어지고, 칼라 모델을 적용한 영역 분할 특유의 단점인 잡음 문제를 영역 해석을 통해 극복한다. 침식, 팽창을 통해 강화된 영역은 이후에도 발생하는 잡음의 부정확한 움직임 유발을 각각의 프레임별 무게중심의 평균으로 최적화하는 이론을 적용하여 안정성을 유도하였다.

경제성이 높으면서도, 정밀도 또한 높은 마우스 인터페이스와 시스템 환경 구축이 가능하다면 지금까지 제한적이었던 컴퓨터와의 인터랙션을 극복하고 가상현실 및 유비쿼터스 환경 구성과 같은 여러 다양한 분야에서도 응용될 수 있을 것으로 본다. 따라서 본 연구에서는, 저가의 CCD카메라를 이용하여 카메라에 맺혀진 영상을 획득하여, 그 위치를 추출한 후, 컴퓨터로 명령을 전달하는 효과적인 인터랙션을 제안한다.

2. 관련 연구

기존의 포인팅 장비의 방식으로는 마우스, 트랙볼, 태블릿, 펜마우스, 터치패드, 터치스크린, 자이로마우스 등이 있으며, 모두 고가의 장비와 움직임 제약이라는 약점을 가지고

있다. 이러한 점을 극복하기 위해 비교적 저렴한 CCD 카메라를 이용하여, 효율적으로 대상을 추적할 수 있는 알고리즘을 설계하고, 이를 통해 구성된 환경이 앞선 기존의 장비들과 큰 차이가 없음을 확인하였다.



(a)자이로 마우스, (b)데이터 글로브, c)터치패드
[그림 1] 기타 포인팅 장비

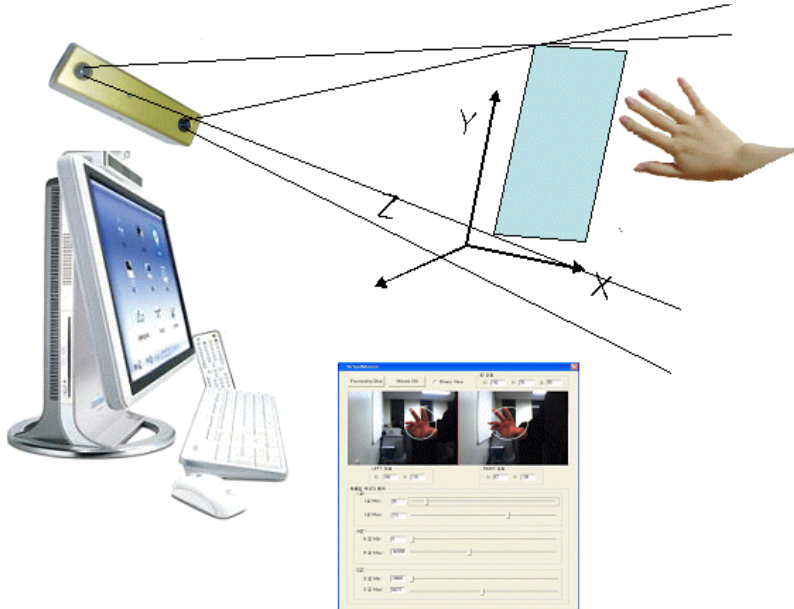
그림 1(a)의 자이로 마우스는 선이 없는 허공에서 마우스를 대신 할 수 있다는 장점이 있지만 항상 수신부와 같이 통신이 이루어 져야 하고, 또한 일반 마우스와 동작 원리만 바뀌었을 뿐 손에 쥐고 인터랙션을 한다는 점에서 일반 무선 마우스에 비해 효율성이 그다지 높지 않다. 그림 1(b)의 데이터 글로브는 구현하고자 하는 시스템과 가장 근접한 형태이다. 데이터 글로브 시스템은 공간상에서 동작하는 손의 위치를 파악하기 위하여 하드웨어적으로 추적하는 기법을 사용하는 장비이다. 그림 1(c)의 터치패드 방식은 모니터 위에 터치패널을 설치하여 손가락을 이용하여 단순 접촉하거나 문자 또는 그림 등을 그려 넣는 등, 각종 데이터를 입력하여 컴퓨터에게 특정 명령을 줄 수 있는 입력장치이다. 터치스크린이 작동하는 원리는 다양하지만 가장 대표 적인 경우는 스크린 표면에 가해지는 압력에 반응하는 센서 줄을 촘촘하게 설치해 압력이 가해질 경우 위치를 좌표로 알아내는 감압식을 사용하고 있다. 본 시스템은 데이터 글로브의 조작성과 터치패드의 간편한 이용 방법을 결합된 방식을 컴퓨터 비전을 통해 구현하고자 한다.

3. 시스템 구현

3.1. 시스템 구성

본 연구에서 구성된 시스템은 그림 2와 같다. 스테레오 비전의 구성을 위한 카메라 구성부와 실시간으로 들어오는 양쪽 영상의 분석을 위한 프로그램 구성부가 있다. 먼저 사용자

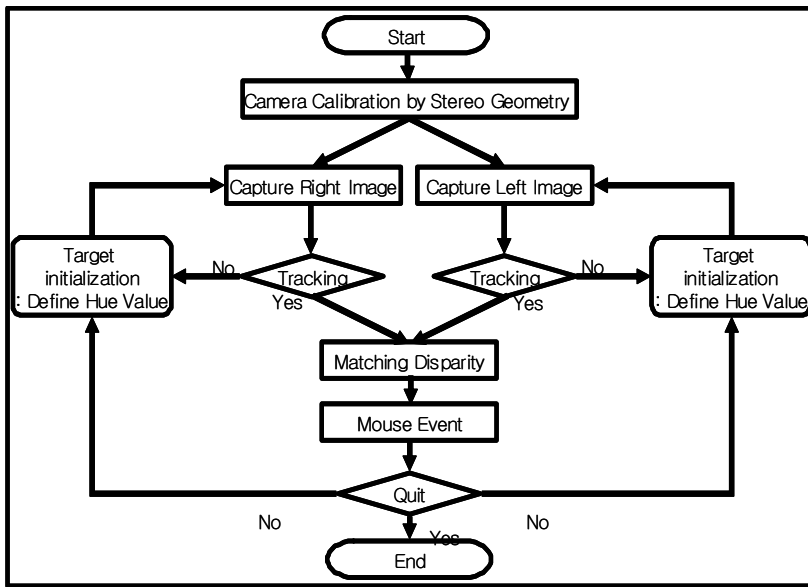
가 사용하기 편하도록 모니터 상단에 설치된 카메라를 통해 손의 움직임을 촬영하고, 그 손의 움직임에 의해 GUI환경의 포인팅 장비로 활용되기 때문에 다른 장비가 필요 없다.



(그림 2) 시스템 구성

그림 2의 구조도는 모니터 위의 스테레오 카메라를 통해 들어오는 영상정보를 분석하여 손의 위치를 파악하고 이를 통해 마우스 이벤트를 발생 시키는 것이다. 양 쪽 카메라가 촬영할 수 있는 범위내의 교집합 공간 속에서 가상의 3차원 좌표가 생성 되도록 하고 이 공간 속에서 자유롭게 손을 움직이는 것으로 컴퓨터를 조작 할 수 있도록 구성하였다. 본 시스템은 두 가지 핵심 기술로 구현되어 있다. 첫 번째는 영상처리를 통한 목표물의 파악으로, 현재 가장 시스템이 이해하기 쉬운 HSI 칼라 모델을 활용하여 살색을 파악한다. 이때, 일정 범위내의 칼라를 잡아내도록 하는 것이다. 또한 이를 추적하는 것이다. 이렇게 추적된 목표물의 좌표를 비교하여 3차원 좌표로 재구성하고 이를 통해 마우스 이벤트를 발생시킬 수 있는 조건을 갖추게 되는 것이다.

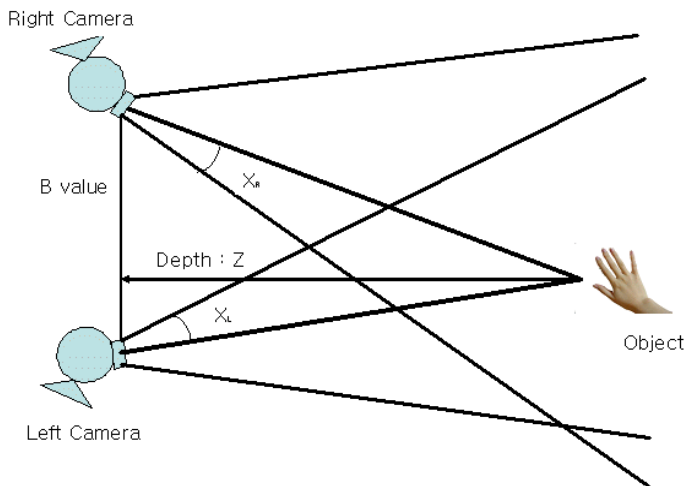
그 과정은 그림 3과 같은 절차에 의해 수행된다. 먼저 양 쪽 영상을 캡처 하고, 영상은 HSI컬러 모델이 적용, 환산된다. 그림 2에서 보이는 것처럼 사용자가 원하는 목표물의 HSI값의 범위가 정해지면 추적을 시작하고, 목표물의 중심점을 찾아낸다. 이 때 두 영상의 동기화에 의해 같은 시간대의 차이를 찾아내어 구성 과정을 거치면 3차원 좌표로 재구성 된다. 재구성된 3차원 위치는 좌우 좌표 값에 의해 포인트의 이동을 구성하고, 거리 값에 의해 클릭 이벤트가 구성된다. 또한 움직임에 의해 거리 값이 인식되기 때문에 드래그 & 드랍이 가능하다. 따라서 간단한 동작만으로 다양한 이벤트를 발생시킬 수가 있다.



[그림 3] 제안된 방법의 흐름도

3.2. 스테레오 정합 알고리즘

스테레오 영상 기하학(photogrammetry)에서의 삼각 측량을 적용 하여 x_L , x_R 의 차이를 영상의 깊이 값으로 변환 시킬 수 있다.



[그림 4] 거리 값(depth value) 측정

그림 4에서와 같이 p_1, p_2 의 후보를 비교하면 P 의 거리가 나오는 것이다. 수식 1의 p_1, p_2 는 영역의 무게 중심이 되며, 이 무게 중심의 움직임 중 X 좌표의 차이를 분석하는 것이다.

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{p_1}{(p_1 - p_2) \times S} B \\
 Y &= \frac{y_1}{(p_1 - p_2) \times S} B = \frac{y_2}{(p_1 - p_2) \times S} B \\
 Z &= \frac{f}{(p_1 - p_2) \times S} B
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

위의 식에서 B는 두 카메라 사이의 거리차를 상쇄시키는 베이스 라인(base line) 값이며, f는 두 카메라 렌즈에서 영상 감지 센서까지의 초점 거리(focal length)이다. S는 디지털 카메라 상에 맺히는 이미지의 실제 거리를 구하기 위한 CCD의 크기이다.

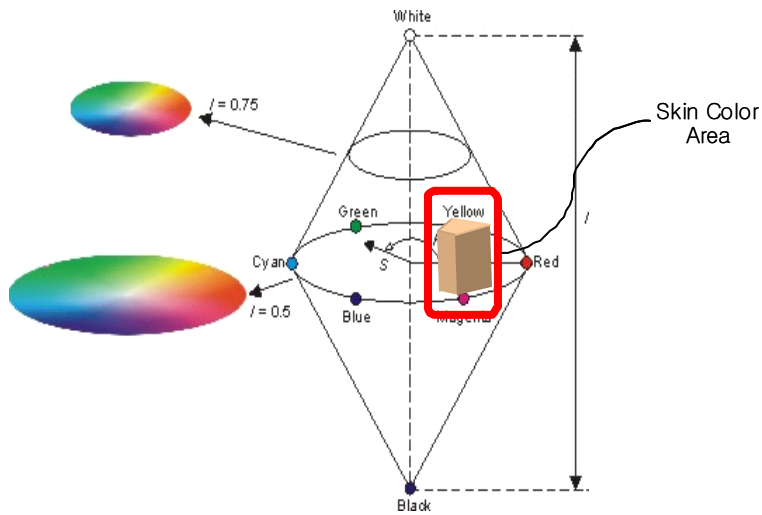
3.3. 목표물 추적 알고리즘 제안

3.3.1. HSI 칼라 모델의 적용

카메라에 입력 받은 RGB 영상을 HSI 칼라 모델로 변환한다. 수식 2와 같이 R,G,B값을 H,S,I값으로 변환해서, 시스템에서 보다 정확하게 칼라 정보를 인식 가능하게 한다.

$$\begin{aligned}
 H &= \cos^{-1} \left[\frac{\left(\frac{1}{2} ((R - G) + (R - B)) \right)}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right] \\
 S &= 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)] \\
 I &= \frac{1}{3} (R + G + B)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

칼라 묘사에 가장 효과적인 HSI 칼라 모델을 활용하여 추출 색상의 범위를 한정하는 것이다. H(hue:색상), S(saturation:채도), I(brightness: 밝기)의 값을 한정할 수 있고, 이 중 S, I 인자의 선택적 사용으로 조명이나 환경의 변화에 강한 영역 분할을 할 수 있다. 색상의 선택에 따라 살색뿐만 아니라 사용자가 원하는 어떠한 칼라라도 검출할 수 있다. 이 임계구역에 들어온 Hue값은 계속해서 목표물 영역으로 추적 된다.



(그림 5) 칼라 모델 공간의 살색 영역 구조

3.3.2. 견고한 영역 구성

실제 환경에서 촬영을 할 경우, 촬영된 영상에 포함된 잡음에 의해 목적 대상이 아닌 원소가 영역으로 잡힐 수가 있다. 이러한 잡음을 제거하기 위해 영역을 구성하려 할 때 침식, 팽창 연산을 수행한다. 구하고자 색상의 임계영역 범주를 결정하고 영상을 이진화 시킨다. 그 후에 팽창(dilation)을 수행하고 영역이 작은 영역을 모두 제거하여 견고한 영역을 구성할 수 있다.



(그림 6) 영상의 팽창 침식 결과

3.3.3. 컬러를 이용한 영역의 무게중심

칼라 영역 분할을 통해 구성된 영역의 중심점을 구한다. 수식 3은 영역를 통해 무게 중심을 구하는 것이다. P는 컬러 정보로 구성한 영역이며, (i,j)는 픽셀의 위치, X_c , Y_c 는 영역의 무게 중심의 위치가 된다.

$$Center_c = \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sum_1^{i \times j} C_{(i,j,t)} \times i}{\sum_1^{i \times j} C_{(i,j,t)}} \\ \frac{\sum_1^{i \times j} C_{(i,j,t)} \times j}{\sum_1^{i \times j} C_{(i,j,t)}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

3.3.4. 목표물의 추적 가속도와 반전

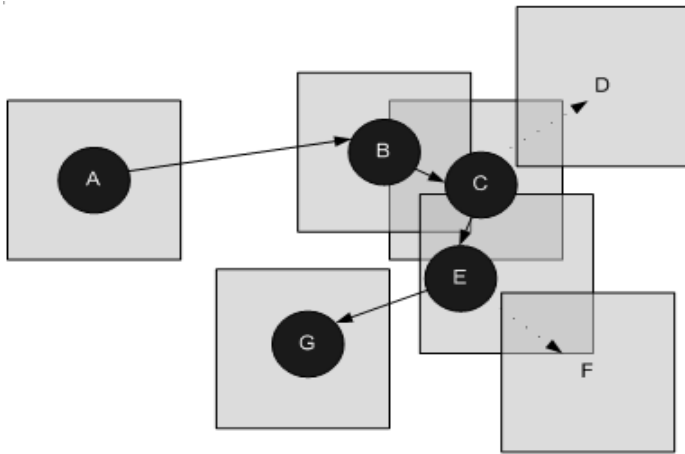
본 연구에서의 모션 추적은 검색의 효율을 위해 최소 범위의 목표물 검색 범위를 한정한다. 이것은 영역 중심 평균에 의해 전달 받은 다음의 검색 위치의 이동은 빠른 움직임에는 한계가 있다는 것을 알았다. 그림 8(a)에서 보이듯 손을 빠르게 움직이면 검색 박스 내에서 영역이 바깥쪽으로 몰려있는 것으로 볼 수 있다. 그로 인해 발생하는 목표물의 검색 지역 이탈을 효율적으로 방지하기 위해 움직임의 벡터에 따른 가속도를 적용시켰다.

먼저 초반 움직임이 일정 시간 순간 가속, 등가속이라 가정하고, 순간 가속이후에 비슷한 속도의 움직임을 가정 하였다.

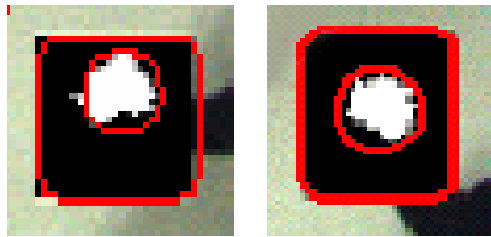
$$\begin{aligned} v_t &= (v_x, v_y) \\ v_t &= |C_t(i, j) - C_{t-1}(i, j)| \\ v_{t+1} &= v_t + a(v_t - v_{t-1}) \end{aligned} \quad (4)$$

C는 목표물의 중점 좌표이며, v는 속도, a는 가속도이다. 만약 움직임의 도중에 방향은 변화가 없으나, 속도가 감소하였다면 그에 따른 가속도를 상쇄시킬 필요가 있다. 속도 감소의 판단은 이전 프레임과 현재 프레임의 중점이 일정 거리 이내에 있다면 속도가 감소했다고 판단하고 가속도를 낮추거나 상쇄한다. 또한 목표물의 움직임이 반전 되었을 때, 가속도에 의한 관성에 법칙에 의해 추적에 방해받을 수 있다. 이러한 요소를 제거할 필요가 있다.

동작의 반전이 일어나면 수식 4에서 a가 가속도에 영향에 의해 진행 방향으로 계속 해서 전진하려는 검색 범위의 중심점이동을 상쇄 시키는 값이 된다. 그림 8에서는 (b)와 같이 가속도의 적용에 따라 운동 중 영역의 위치가 검색 박스의 중앙에 위치하는 것을 볼 수 있다.



(그림 7) 검색 지역 이동의 오류가 발생하는 경우(D, F)



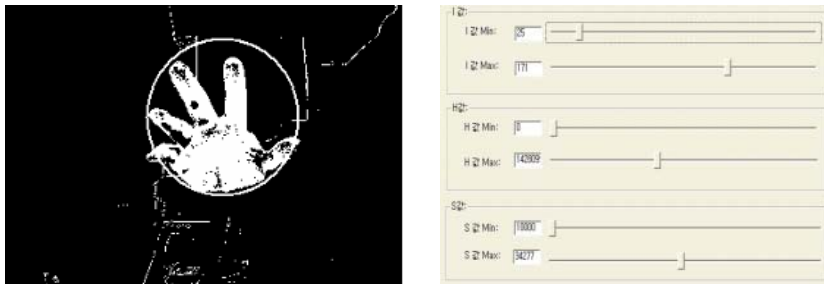
(a)적용 전

(b)적용 후

(그림 8) 가속도 방법 추가 결과 화면

3.4. 마우스 동작

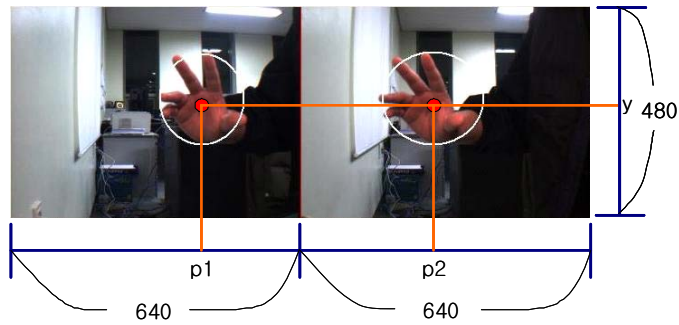
그림 9에서 왼쪽의 슬라이드 바를 통해 H,S,I의 임계영역을 정해주게 되고, 사용자가 정한 임계영역에 포함되는 모든 범위의 칼라 데이터는 목표물이 될 수 있다. 컴퓨터에 정보를 입력하는 방법 중에 손을 이용하는 것이 현재 가장 빠르고 정확하므로, 살색을 대표적인 목표물로 정하고 손을 추적한다.



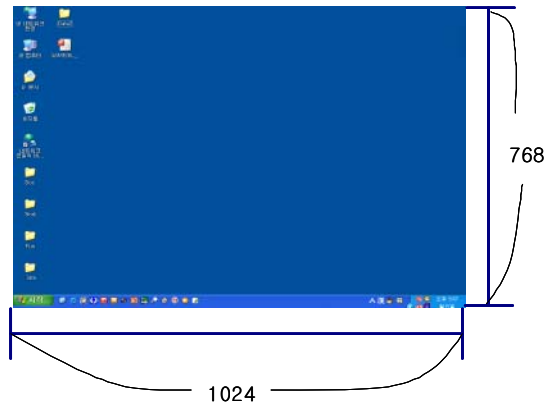
(그림 9) 살색 영역의 추출

임계영역을 결정하고 목표물을 추적하게 되면, 그 목표물의 중점 좌표가 마우스 이벤트의 인자가 되는 것이다. 목표물의 좌표에서 x , y 축의 픽셀 좌표가 계산되어 윈도우 좌표 값으로 변환된다. 그림 10에서 x_1 , x_2 는 좌우 영상의 가로 변이 r 이 되고, y 는 Col가 된다. 양 쪽 영상이 극상선 제약이 적용되지 않는 평행이기 때문에 세로 변이 c 는 동일하고, r 은 p_1 과 p_2 의 좌표의 중심을 가로 움직임으로 정의한다.

그림 11의 윈도우의 해상도에 따라, 가로 픽셀 R 와 세로 픽셀 C 값에 의해 마우스 포인트의 위치가 결정된다. 수식 5에 의해 가로와 세로의 포인트 위치를 계산할 수 있다. 이렇게 마우스 포인트 위치를 이동 시키면서 그 클릭 이벤트를 활용하기 위해서는 거리 값의 적용 범위를 한정해줘야 한다.



(그림 10) 영상내의 목표물의 좌표



(그림 11) 1024x768 해상도에서의 적용

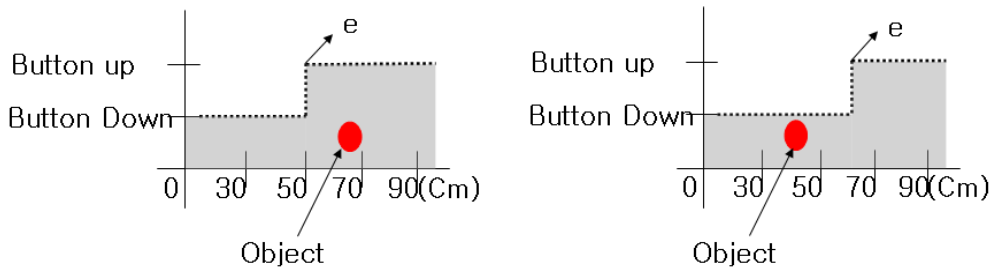
$$r = \frac{p_1 + p_2}{2}$$

$$x = \frac{(r \times R)}{640}$$

(5)

$$y = \frac{(c \times C)}{480}$$

그러나 수식 1에서 볼 수 있듯이, 거리 값을 구하는 식에서 그 분자가 값이 거대하기 때문에 분모의 작은 변화에도 민감하게 반응한다. 특히, 클릭 이벤트의 가장 중요한 요소인 버튼 다운(button down)과 버튼 업(button up)의 경계선 상에서 움직임이 발생할 경우 사용자가 실행하고자 하는 파일이나 폴더를 반복 실행한다. 또는 드래그&드랍을 시도할 경우 버튼 다운과 버튼 업의 경계선 상에서 움직임이 발생할 경우 원하지 않는 곳에서 드랍이 일어나거나, 드래그가 일어나기 때문에 실제 포인팅 장비로 활용하기에 힘들다.



(그림 12) 클릭 이벤트의 임계 영역 이동

그러한 문제점을 해결하기 위해 그림 12와 같이 거리 값의 문턱 값(e)을 유동적으로 결정하는 방법을 제안한다. 그림 12와 같이 클릭 이전에 50Cm 이내의 거리에서 목표물이 움직이고 있다면, 클릭 이벤트를 유지 시킨다. 그와 동시에 버튼 업 이벤트의 e값을 10Cm 뒤로 이동시킴으로서 경계선 상에서의 혼란을 방지할 수 있다. 드랍을 원하거나 버튼 업 이벤트를 원해서, 이동된 이벤트 발생 거리만큼 목표물을 이동하면 e값(문턱 값)을 다시 원래의 위치로 이동 시킨다.

4. 실험 결과

4.1. 실험 환경

본 실험은 Point Grey사의 IEEE-1394 인터페이스의 640×480의 해상도, 초당 30프레임을 촬영하는 Bumblebee 스테레오 카메라를 사용하였다. 촬영은 형광등 조명의 일반 환경에서 이루어 졌으며, 컴퓨터는 펜티엄 4 CPU 2.8GHz와 메모리는 1Gbyte를 사용하였다.

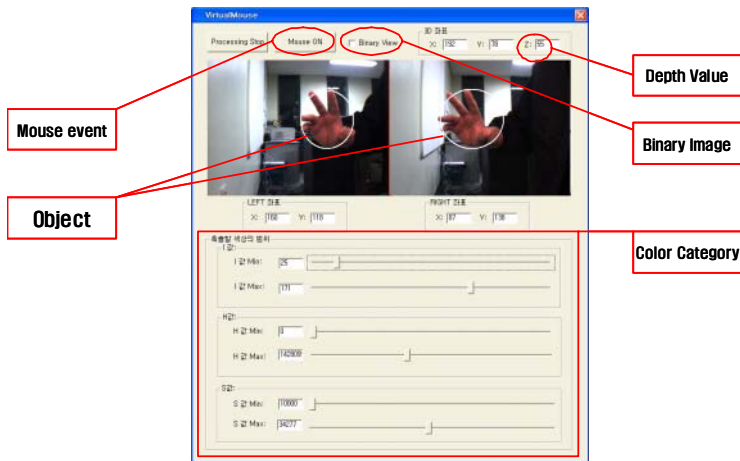
4.2. 실험 결과

그림 14는 응용프로그램의 화면으로, 손의 위치 추적을 몇 가지의 형태로 촬영하였다. 모니터 상단에 카메라를 고정시키고 손의 움직임을 촬영 하였고, 사용자의 좌측, 우측에 카메라를 고정시켜 촬영 하였다. 정면이 가장 마우스 포인터와 동기화가 잘되지만, 사용자가

원하는 위치에 카메라를 둘 수 있도록 실험 하였으며, 카메라에 위치에 따라 일어나는 오류는 발생하지 않았다.



(그림 13) 촬영 화면

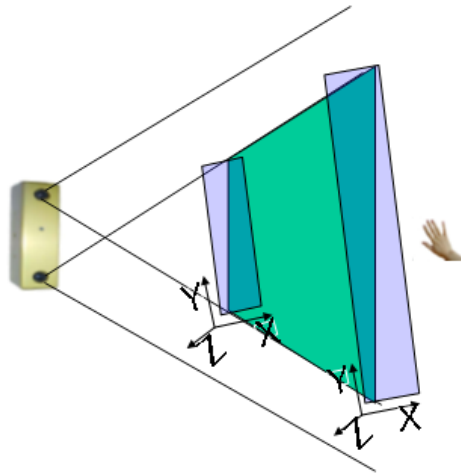


(그림 14) 응용프로그램의 구성

그림 15와 같이 거리 값의 측정이 가능한 영상의 교집합 공간은 거리에 따라 그 면적이 비례하는 것을 예상 할 수 있었다. 따라서 거리에 의해 가로, 세로움직임의 차이에 따른 오류가 있을 수 있었다. 그러나 실험 결과, 사용자는 마우스 포인트의 위치만을 인지하기 때문에 손의 위치를 포인트의 위치에 따라 수정하기 때문에 근거리와 원거리의 공간의 차이는 문제가 되지 않는다.

5. 결 론

본 논문에서는 색상 정보를 통해 모션 추적 및 스테레오 비전을 활용한 3차원 공간상의 실제 움직임 추적에 관한 방법을 제안하였다. HSI 칼라 모델을 이용하여 목표물을 결정하였고, 영역을 구성하여, 영역 무게중심의 평균을 구해 정확한 추적을 가능하게 하였다. 스테레오 영상 차이의 분석을 통해 3차원 좌표계의 움직임 추적을 가능하게 할 것이다. 추적에 의해 구성된 데이터로 마우스 이벤트로 활용된다. 마우스 이벤트의 종류로는 마우스 움직임 뿐 만 아니라 클릭 이벤트까지 가능하다.



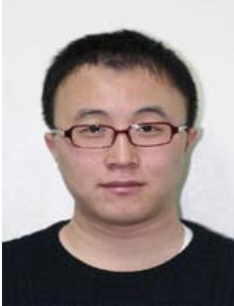
[그림 15] 스테레오 비전의 활용가능 촬영 공간

현재의 대화형 인터랙션을 위한 수단으로 다양한 방법들이 연구되고 있지만 지역적이며, 제한적인 환경을 탈피하지 못할 뿐만 아니라, 고가의 장비만을 활용한 대처방안 등은 사용자의 욕구를 충족시키지 못하는 실정이다. CCD 카메라를 이용하여 마우스의 인터랙션을 동작시키는 시스템을 구현하여 지역적이며, 제한적인 인터랙션 하드웨어 장비를 탈피하고, 경제적인 시스템 환경에 비해 높은 성능의 결과를 도출할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Multiple View Geometry in Computer Vision (Second Edition), Richard Hatley, 2003
2. Accurate Calibration of Stereo Cameras for Machine Vision, Liangfu Li, Zuren Feng, Yuanjing Feng
3. A Realtime Object Tracking System using a Color Camera, George V. Paul, Glenn J. Beach, Charles J. Cohen, March IEEE 2001
4. Probabilistic Visual Learning for Object Detection, B.Moghaddam and A. Pentland, The 5th International Conference on Computer Vision, 1995.
5. R. Hoshino, S. Yonemoto, D. Arita, and R. Taniguchi, Real-Time Motion Capture System Based-on Silhouette Contour Analysis and Inverse Kinematics, 7th Korea-Japan Joint Workshop on Computer Vision, vol 7. 7, pp.157-163, Feb. 2001.
6. Andrew Zisserman Visual Geometry Group <http://www.robots.ox.ac.uk/~vgg>
7. Z. Zhang. A Flexible New Technique for Camera Calibration. December 2,1998

8. 3차원 비전 조강현, 유범재, 1998
 9. 測量工學 4th Edition, 유복모, 2000



한 승 일(Seung Il Han)

- e-mail : ted4sim2@naver.com
- 1999-현재 : 동서대학교 컴퓨터공학과 학사과정.
- 관심 분야 : 영상 처리, Computer vision



황 용 현(Yong Hyun Hwang)

- e-mail : pial051@dit.dongseo.ac.kr
- 2006년 동서 대학교 인터넷 공학부 졸업(학사)
- 2006-현재 동서대학교 디자인&IT 전문 대학원 석사 과정
- 관심 분야 : 영상 처리, Computer Graphics



이 병 국(Byung Gook Lee)

- e-mail : lbg@dongseo.ac.kr
- 1987년 연세 대학교 수학과 졸업(학사).
- 1989년 KAIST 대학교 응용수학과 졸업(석사).
- 1993년 KAIST 대학교 응용수학과 졸업(박사).
- 1993-1995년 (주)데이콤 종합연구소 선임연구원
- 1999-2000년 Norway, Univ. of Oslo, 연구교수
- 1995-현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수
- 관심 분야 : Computer Graphics, CAGD



이 준 재(Joon Jae Lee)

- e-mail : jjlee@dongseo.ac.kr
- 1986년 경북 대학교 전자공학과 졸업(학사).
- 1990년 경북 대학교 전자공학과 졸업(석사).
- 1994년 경북 대학교 전자공학과 졸업(박사).
- 1998-1999년 Georgia Tech. 연구교수
- 2000-2001년 (주)파미 연구소장
- 1994-현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수
- 관심 분야 : 영상 처리, Computer Vision, Biometrics