
증강현실을 위한 히스토그램 기반의 손 인식 시스템

고민수* · 유지상**

Histogram Based Hand Recognition System for Augmented Reality

Min-Su Ko* · Jisang Yoo**

이 논문은 2010년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

요 약

본 논문에서는 증강현실을 위한 히스토그램 기반의 손 인식 기법을 제안한다. 손동작 인식은 사용자와 컴퓨터 사이의 친숙한 상호작용을 가능하게 한다. 하지만, 비전 기반의 손동작 인식은 복잡한 손의 형태로 인한 관찰 방향 변화에 따른 입력 영상의 다양함으로 인식에 어려움이 따른다. 따라서 본 논문에서는 손의 형태적인 특징을 이용한 새로운 모델을 제안한다. 제안하는 기법에서 손 인식은 카메라로부터 획득한 영상에서 손 영역을 분리하는 부분과 손을 인식하는 부분으로 구성된다. 카메라로부터 획득한 영상에서 배경을 제거하고 피부색 정보를 이용하여 손 영역을 분리한다. 다음으로 히스토그램을 이용하여 손의 특징점을 구하여 손의 형태를 계산한다. 마지막으로 판별된 손인식 정보를 이용하여 3차원 객체를 제어하는 증강현실 시스템을 구현하였다. 실험을 통해 제안한 기법의 구현 속도가 빠르고 인식률도 91.7%로 비교적 높음을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new histogram based hand recognition algorithm for augmented reality. Hand recognition system makes it possible a useful interaction between an user and computer. However, there is difficulty in vision-based hand gesture recognition with viewing angle dependency due to the complexity of human hand shape. A new hand recognition system proposed in this paper is based on the features from hand geometry. The proposed recognition system consists of two steps. In the first step, hand region is extracted from the image captured by a camera and then hand gestures are recognized in the second step. At first, we extract hand region by deleting background and using skin color information. Then we recognize hand shape by determining hand feature point using histogram of the obtained hand region. Finally, we design a augmented reality system by controlling a 3D object with the recognized hand gesture. Experimental results show that the proposed algorithm gives more than 91% accuracy for the hand recognition with less computational power.

키워드

손 인식, 손 추적, 증강현실, 컴퓨터 비전

Key word

Recognition of hand, Hand Tracking, Augmented reality, Computer vision

* 준회원 : 광운대학교 전자공학과 석사과정 (주저자, kmsqwet@kw.ac.kr)

** 정회원 : 광운대학교 전자공학과 정교수 (교신저자)

접수일자 : 2011. 02. 10

심사완료일자 : 2011. 02. 23

I. 서 론

최근 컴퓨터와 사람의 상호작용으로 사람의 생체 인식에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중 손은 인간이 가장 많이 사용하는 생체로 손동작 인식은 사용자에게 직관적이고 친숙한 환경을 제공 할 수 있다. 이와 같은 이유로 손동작 인식은 그동안 사용해온 키보드, 마우스와 같은 장치를 대안할 새로운 인터페이스로 활발히 연구되고 있다. 손동작 인식 중에는 컴퓨터의 시각적인 장치를 이용한 비전 기반의 손동작 인식이 있다. 비전 기반 손동작 인식은 추가적인 장비가 필요 없고 사용자에게 자유로운 행동을 하게 할 수 있는 장점이 있다. 하지만 손은 복잡한 기하학적 특징을 가지고 있고, 2차원으로 투영된 영상에서 손의 회전 또는 손가락의 움직임까지 고려하여 3차원의 손을 모델링하는 일은 매우 복잡하고 어려운 일이다. 따라서 사용하는 목적에 맞는 손 인식을 위한 최적화된 기법의 개발에 연구의 초점이 맞춰지고 있다[1-2].

본 논문에서는 손 형태의 특징을 이용하여 손을 인식할 수 있는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 획득된 영상에서 손 영역을 분리하는 부분과 손동작을 인식하는 부분으로 구성된다. 먼저 카메라를 통해 획득한 컬러 영상에서 배경 영역을 제거하고, 피부색 영역을 검출한다.

마지막으로 형태학적(morphological) 연산을 수행하고 레이블링(labeling)을 하여 손 영역의 이진 영상에 고유 번호를 부여하게 된다. 생성된 영상으로부터 유클리디안(Euclidian) 거리 계산법을 통해 손의 위치별 거리의 히스토그램(histogram)을 생성한다. 히스토그램을 통해 손의 기하학적인 특징을 분석하고 손목의 정확한 위치를 판별한다. 찾은 손목의 위치를 통해 손가락이 있는 손목 상단 영역을 얻고 거리 측정을 통해 손목 상단 영역의 히스토그램을 생성하고, 히스토그램 분석을 통해 손가락 끝점의 위치와 개수를 판별하게 된다. 또한 손목 상단 영역의 중심점을 계산하여 2차원 좌표를 얻고 손목의 길이를 이용하여 손의 z축 좌표를 계산한다. 손의 손목과 손가락 끝, 3차원 좌표와 손가락 개수 정보를 동시에 이용하여 최종 손 형태를 판별하게 된다. 이를 증강현실 시스템에 연동하여 사용자가 3차원 객체를 제어하게 된다.

본 논문의 2장에서는 카메라를 통해 획득한 컬러 영상에서 손 영역을 분리하는 방법과 그 영상에서 손을 인식하는 방법을 설명한다. 3장에서는 손의 3차원 좌표와 회전을 구하는 방법과 구현된 증강현실 시스템을 설명한다. 4장에서는 시스템의 실험 결과를 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 손 영역 분리 및 손 동작 인식

본 논문에서 제안하는 증강현실 시스템은 크게 세 부분으로 나누어져 있다. 카메라로부터 영상을 획득하여 손 영역을 분리하는 부분, 손의 형태를 인식하는 부분, 그리고 이를 증강현실에 적용하는 부분이다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 시스템의 전체 구조도이다. 카메라를 통해 획득된 영상에서 손 영역을 분리하고, 손에 고유한 번호를 부여하는 레이블링 과정을 수행한다. 분리된 손 영역에서 손목 영역을 탐색하여 손가락이 포함된 손목 상단 영역의 히스토그램을 생성하여 손가락 끝의 좌표와 개수를 계산한다. 손목의 좌우 좌표와 손가락의 좌표를 통한 손의 형태를 계산하여 증강현실로 표현될 3차원 객체의 3차원 좌표와 회전량을 계산한다. 이를 통해 증강현실 객체를 제어할 수 있다[3].

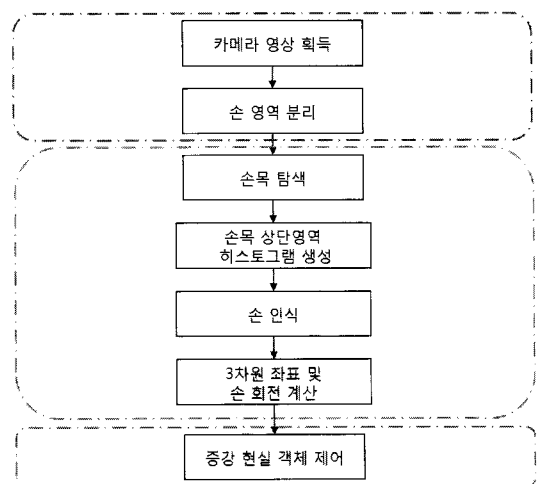


그림 1. 제안하는 시스템 구조도
Fig. 1. Structure of the proposed system

2.1. 손 영역 분리

제안하는 기법에서 손 인식을 위해서는 손 영역만을 분리한 이진 영상이 필요하다. 그림 2는 손 영역을 분리하는 과정을 나타낸 순서도이다. 먼저 카메라로부터 영상을 획득한다. 그다음 미리 저장된 배경 영상과의 차이를 구해 배경 영역을 제거하고 피부색 영역을 검출하여 손 영역만을 남긴 이진 영상을 생성한다. 마지막으로 손 영역의 홀(hole)을 채우기 위해 형태학적(morphological) 연산을 수행하고, 잡음 제거와 다중객체 분리를 위한 레이블링을 수행한다.

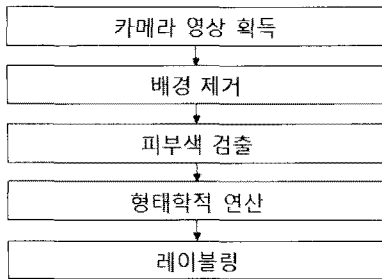


그림 2. 손 영역 분리 과정
Fig 2. Process for detecting hand region

카메라를 통해 획득한 영상에서 가장 불필요한 부분은 손을 제외한 배경 영역이다. 본 논문에서는 배경 변화가 없는 고정 상태에서 영상을 획득하게 된다. 따라서 손 인식을 하기 전 배경 영역을 미리 메모리에 저장하고, 식 (1)과 같이 새로 획득 되는 영상과 화소 단위로 비교하여 배경 영역을 제거한다.

$$f(x,y) = \begin{cases} f(x,y), & (|R_b - R_f| + |G_b - G_f| + |B_b - B_f|) > K \\ 0, & \text{else.} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $f(x,y)$ 는 획득된 영상의 화소값을 의미하고 R_b, G_b, B_b 는 배경 영상의 색 성분 화소값, R_f, G_f, B_f 는 새로 획득된 영상의 색 성분 화소값을 각각 의미한다. K 는 비교를 위한 임계값(threshold value)이다. 배경 영역 내에도 시간에 따른 조명 변화에 의해 화소별 작은 오차가 발생한다. 이와 다르게 객체가 영상 내에 들어와 배경을 가리게 되면, 큰 화소별 오차가 생기게 된다. 이 조건을 만족하면서 많은 영역의 배경을 지울 수 있는

일정한 문턱 값을 설정하고, 이 문턱 값보다 오차가 클 때는 객체 영역, 오차가 작을 때는 배경 영역으로 판단하게 된다. 그림 3은 배경을 제거한 결과 영상을 나타낸다.

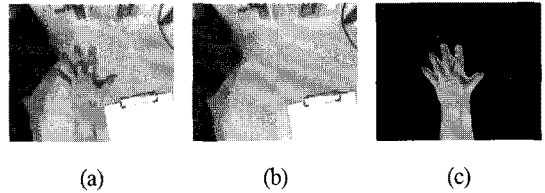


그림 3. 배경 영역을 제거한 결과
Fig 3. Results of deleting background
(a) Current image (b) Background image (c) Image after deleting background

배경 영역이 제거된 영상에서 손 영역만을 남기고 그림자와 같은 불필요한 부분을 다시 제거하게 된다. 이를 위해 사람의 피부색 특성을 이용한 검출 기법을 사용한 다[4].

사람의 피부색은 색공간 분포로 보면 작은 영역에 분포한다는 특징을 이용하여 피부색을 다른 색을 갖는 물체들과 쉽게 분리 할 수 있다. 획득된 영상은 RGB의 화소값을 갖는 영상이다. RGB 색 공간에도 피부색이 차지하는 색공간이 분포한다. 하지만 이 분포 공간은 조명 변화에도 매우 민감한 오차를 나타낸다는 단점이 있다. 이 문제를 해결하기 위해 조명 변화에 덜 민감한 YCbCr 색 공간을 이용한다. YCbCr 색공간에서 피부색 분포 영역을 식 (2)를 만족하는 부분으로 정의하고 이 영역에 포함된 화소는 손 영역이라 판단하고 255의 값을 부여하고 그렇지 않은 화소에는 0의 값을 부여하여 그림 4와 같은 이진 영상을 만든다[5].

$$\begin{aligned} 145 &\leq C_b \leq 189 \\ 72 &\leq C_r \leq 121 \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 C_b 는 파란색의 색차성분, C_r 는 붉은색의 색차성분을 나타낸다.

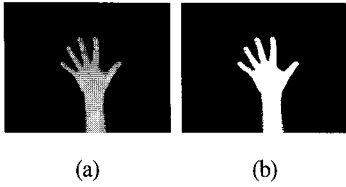


그림 4. 피부색 검출 결과 영상
(a) 피부색 검출 영상 (b) 이진 영상

Fig 4. Result images obtained by using skin color information (a) Skin color image (b) Binary image

그림 4에서 보면 조명에 의한 손 영역의 명암 때문에 이진 영상에서 홀이 발생하는 것을 볼 수 있다. 본 논문에서는 홀을 채우기 위해 이진 영상의 형태학적 연산중 침식(erosion)과 팽창(dilation) 연산을 사용한다. 침식 연산은 영상내의 객체 영역을 깎아내는 효과가 있고 팽창 연산은 객체 영역을 확장시키는 효과가 있다. 침식과 팽창 연산은 정합창(structuring element)의 형태에 따라 결과가 달라진다. 피부색 검출을 통해 생성된 이진 영상에 팽창 연산을 먼저 수행하여 손 영역 내의 홀을 채우고 팽창 연산으로 두꺼워진 손 영역을 침식 연산을 통해 다시 가늘게 만든다. 형태학적 연산은 수행 속도가 빠르면서도 그림 5와 같이 잡음을 제거하고 홀을 채우는 효과가 있다[6].

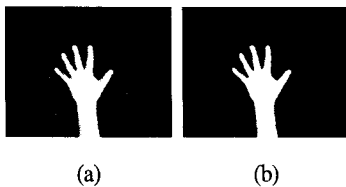


그림 5. 형태학적 연산
(a) 이진 영상 (b) 형태학적 연산이 적용된 영상
Fig 5. Morphology operations
(a) Binary image (b) After morphological operation

그림 5 (b)의 영상 내 객체들을 레이블링을 통해 개별 객체로 분리하게 된다. 레이블링은 이진 영상에서 인접한 영역 화소들에 같은 화소값을 부여하여 수행한다. 사용한 전통적인 레이블링 기법은 4-이웃(4-neighbor) 연결 관계를 이용하여 계산되며 레이블간의 관계를 구별하기 위해 등가 테이블을 따로 만들고 영상을 두 번 스캔한다. 첫 번째 스캔에서는 작은 번호부터 레이블을 부여하여 등가 테이블을 만들고 두 번째 탐색에서는 등

가 테이블을 참조하여 각 화소에 최종 레이블을 부여하게 된다. 이와 같이 생성된 각 레이블링 영상에서 다중 객체를 분리한다. 분리된 객체들의 화소의 수를 세어 일정량보다 적으면 우 잡음으로 판단하고 많으면 손이 아닌 객체로 판단하여 제거한다. 남은 객체들은 손 영역으로 판별하고 개별적으로 손 인식 기법을 수행하게 된다[6].

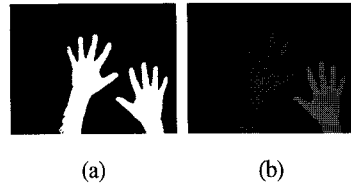


그림 6. 레이블링 과정
(a) 형태학적 연산이 적용된 영상
(b) 레이블링이 적용된 영상

Fig 6. Labelling
(a) After morphological operation (b) After labelling

2.2. 히스토그램을 이용한 손 인식

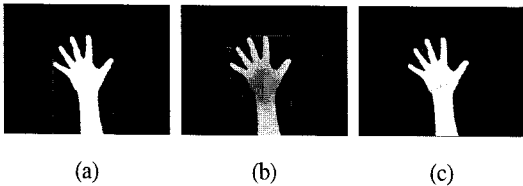
2.1절에서 획득한 손 영역은 주어진 영상에서 작은 영역만을 차지하기 때문에 손 영역을 포함하는 영역을 찾아 이 영역 내에서만 연산을 수행함으로써 시간을 줄일 수 있다. 제안하는 기법에서는 손 영역을 포함하는 사각 영역을 계산한다. 먼저 영상 내에서 손 영역을 찾기 위해 전체 영상을 스캔하여 손 영역의 최소, 최대의 각 x 좌표, y 좌표를 탐색한다. 이를 이용하여 4개의 꼭지점을 만들고 손 영역을 포함하는 사각형의 영역을 관심영역으로 설정하게 된다.

손 인식을 위해 손의 각도와 손 영역 히스토그램의 기준 각을 찾기 위해 0°에서 180°까지 설정 영역 내를 탐색한다. 설정한 사각형 영역의 중심점에서 영역의 외곽의 양방향으로 거리를 늘려가며 탐색을 하여 손 영역의 화소가 존재하는 양 끝점을 찾고 이 두 점의 거리를 식 (3)을 이용하여 구한다.

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3)$$

이와 같은 방법으로 그림 7과 같이 최대 거리를 구하고 이때의 각도도 구한다. 최대 거리의 각은 손 전체의 각을 나타내고, 이 각의 수직각은 손목의 대략적인 각도를 나타낼 가능성이 높다. 최대 길이를 이루는 축의 각을

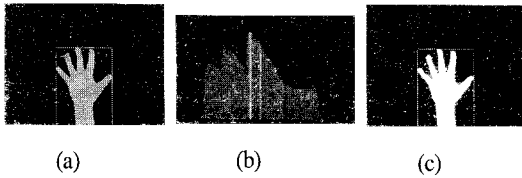
이용하여 손 영역 히스토그램을 생성하고 최대 길이 축상의 화소들을 중심으로 수직각의 축 방향으로 존재하는 손 영역의 가장 긴 거리를 식 (3)를 이용하여 구한다. 그림 8에 손 영역 히스토그램을 보였다. 여기서 가로축은 설정된 사각형내의 최대 길이 축에서의 위치를 의미한다.



(a) (b) (c)

그림 7. 각도별 거리 측정

(a) 영역 설정 영상 (b) 각도별 거리 측정 (c) 최대거리
Fig 7. Measuring distance from each angle
(a) Limiting region image (b) Measuring distance from each angle (c) Maximum distance



(a) (b) (c)

그림 8. 손 영역 히스토그램 및 손목 탐색

(a) 손 영역 히스토그램 거리 측정 (b) 손 영역 히스토그램 (c) 손목 탐색 이미지

Fig 8. Hand region histogram and Searching snap
(a) Measuring hand region distance (b) Hand region histogram (c) Searching snap image

그림 8의 손 영역 히스토그램에서 최대값을 갖는 손의 위치를 탐색한다. 이 위치는 엄지손가락부터 손바닥을 지나는 축이 될 가능성이 높기 때문에 최대값의 위치와 최대길이를 이용하여 식 (4)와 같이 최종 탐색범위를 결정하게 된다.

$$Sr = \begin{cases} 8, & 7 < K \\ K, & 5 \leq K \leq 7 \\ 2, & K < 5 \end{cases}, \text{ where } K = \frac{40 \times B}{M} \quad (4)$$

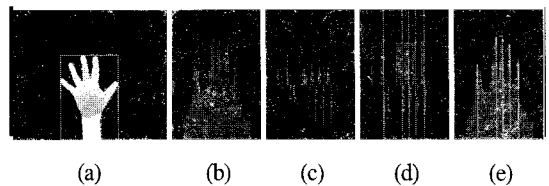
여기서 Sr은 탐색범위를 나타내고 K를 구하기 위한 B는 히스토그램의 중앙을 0으로 할 때 최대값일 때의 위

치와의 절대값 거리, M은 각도별 탐색을 통한 최대길이를 나타낸다.

계산한 탐색범위만큼 히스토그램의 중앙에서 양방향으로 탐색하여 최소값일 때의 위치를 손목의 위치로 판단한다. 식 (4)를 통하여 팔의 길이가 짧아졌을 때 가변적인 탐색 범위를 설정하여 가운데 손가락 끝과 같은 위치가 최소값의 위치로 지정되는 결과를 방지 할 수 있다.

탐색한 손목의 위치로부터 히스토그램의 최대값이 위치하는 방향으로 0°에서 180°까지 식 (3)을 통한 거리 측정을 하여 그림 9와 같은 손목 상단 히스토그램을 얻는다. 그림 9 (b)의 손목 상단 히스토그램에서 가로축은 각도를 의미하고 세로축은 그때의 거리를 나타낸다. 이 히스토그램은 손가락의 현재 모양과 매우 유사한 특성을 갖는다.

생성한 손목 상단 히스토그램에서 최대값의 절반 이하 값을 제거하여 손가락의 히스토그램만을 남긴다. 이를 전 위치 값들과의 차이를 계산하여 기울기 값으로 변환하고 부호를 판단하여 양, 0, 음의 3가지 값으로 대치시킨다. 손가락의 기울기는 양의 값으로 증가하다가 손가락의 끝점에서 0이 되고 다시 음의 값으로 변하게 된다. 따라서 변환 된 히스토그램이 양에서 음으로 변하는 위치의 중심을 손가락의 위치로 판별한다. 이 위치의 수를 세어 최종 손가락의 개수를 판단하고 이 때의 각도를 이용하여 이진 영상내의 손가락 끝의 좌표를 계산한다.



(a) (b) (c) (d) (e)

그림 9. 손목 상단 히스토그램과 손가락 판별

(a) 손목 상단 거리 측정 (b) 손목 상단 히스토그램 (c) 기울기 영상 (d) 손가락 위치 판별 (e) 결과 이미지
Fig 9. Snap upper region histogram and Recognizing number of fingers

(a) Measuring snap upper distance (b) Snap upper region histogram (c) gradient image (d) Determining position of fingers (e) Result image

III. 증강현실 시스템 구현

3.1. 손의 3차원 좌표와 회전 측정

2장에서 구한 손목의 길이와 손목 상단 영역의 중심 좌표를 이용하여 손의 3차원 좌표를 구한다. 먼저 손목 상단 영역의 화소들의 중심점을 구하여 손의 2차원 좌표를 구한다. 식 (5)와 같이 손목 상단 영역의 모든 화소들의 x, y 좌표를 각각 더하고 이를 손목 상단 영역의 전체 화소수로 나눈다. 이렇게 구한 중심점은 구현이 간단하지만 비교적 정확한 장점이 있다.

$$C_x = \frac{\sum_{m=0}^N X_m}{N}, \quad C_y = \frac{\sum_{m=0}^N Y_m}{N} \quad (5)$$

여기서 C_x, C_y 는 손의 중심 좌표를 나타내고, X_m, Y_m 는 손목 상단 영역 화소의 x, y 좌표, N 은 손목 상단 영역의 전체 화소수이다.

손의 z 축 좌표는 손목의 길이를 이용한다. 손이 카메라에 가까운 위치로 이동하면 상대적으로 길어진 손목의 길이를 이용하여 z 축 좌표를 크게 하고 멀어지면 작게 하여 z 축의 좌표를 계산한다.

손의 회전을 계산하기 위해서는 그림 10과 같이 손가락의 끝점과 손목의 양끝점을 이용하여 3가지의 도형을 생성한다. 첫 번째 도형은 두 번째, 세 번째, 네 번째 손가락의 끝점을 꼭지점으로 하는 삼각형이다. 두 번째 도형은 두 번째, 네 번째 손가락의 끝점과 손목의 양 끝점을 꼭지점으로 하는 사다리꼴이다. 세 번째 도형은 첫 번째, 다섯 번째 손가락의 끝점과 손목의 양 끝점을 잇는 사다리꼴이다. 최초 손을 인식 했을 때의 도형의 모양을 기억한다. 그리고 손의 움직임에 따라 변하는 도형의 상대적인 변화를 측정하여 손의 회전을 계산하게 된다.

먼저 첫 번째 도형인 삼각형의 밑변의 각도를 z 축의 회전으로 계산하고 이에 따라 x 축, y 축을 회전한다.

두 번째 도형인 사다리꼴의 높이 변화를 통해 손의 x 축 회전 정도를 측정한다. 이때의 윗변과 아랫변의 비율을 통해서 비율이 작아지면 손이 숙여진 것으로 판별하고 비율이 커지면 손이 젖혀진 것으로 판별한다.

세 번째 도형인 사다리꼴의 윗변에서 두 번째 사다리꼴의 밑변과 교차하는 점을 찾는다. 교점간의 거리의 변화를 통해 y 축 회전 정도를 측정한다. 첫 번째 손가락

끝점과 첫 교점의 거리와 다섯 번째 손가락과 두 번째 교점과의 거리의 변화를 측정하여 처음 도형과의 비율을 계산하여 첫 번째 손가락과 첫 교점의 변화 비율이 더 크면 왼쪽 회전으로 반대의 경우는 오른쪽 회전으로 판단한다.

그림 10은 3차원 좌표와 회전을 구하는 기법의 설명도이고 그림 11은 손의 회전에 따른 도형의 변화를 나타내었다.

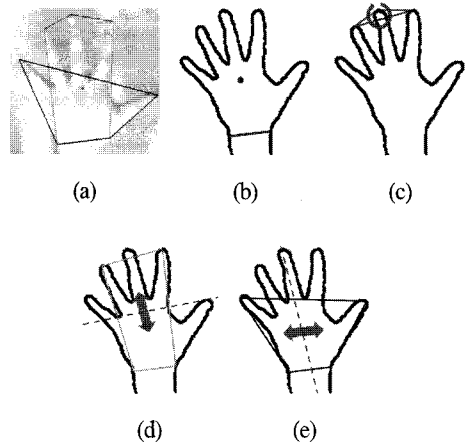


그림 10. 손의 3차원 좌표와 회전 측정 기법
 (a) 손인식을 통한 도형 생성 (b) 2차원 좌표와 손목 길이
 (c) z축 회전 (d) x축 회전 (e) y축 회전
 Fig 10. Measuring 3D Coordinates and rotation algorithm
 (a) Generation figures through hand recognition
 (b) 2D coordinates and snap length (c) z-axis rotation
 (d) x-axis rotation (e) y-axis rotation

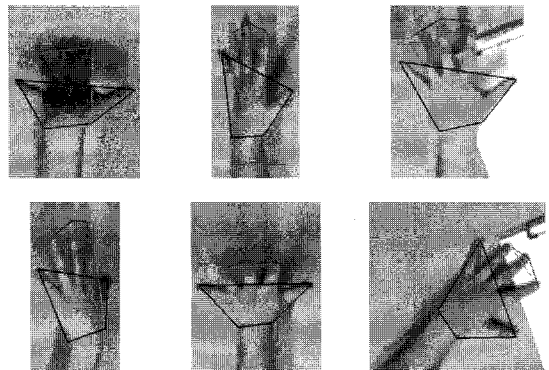


그림 11. 손의 회전을 통한 도형의 변화
 Fig 11. change of figures through hand rotation

3.2. 다중 손 인식 구현

2.1절에서 생성된 이진 영상은 레이블링 과정을 통해 다수의 객체로 분리 될 수 있다. 따라서 다수의 손이 획득 이미지 내에 겹치지 않으면 개별의 손 영역으로 분리된다. 각각의 손 영역마다 손인식 기법을 적용 하면 그림 12와 같이 다수의 손이 존재하는 경우에도 손 인식이 가능하다.



그림 12. 다중 손 인식
Fig 12. Recognition of multiple hands

3.3. 구현된 증강현실 시스템

본 논문에서 구현한 증강현실 시스템은 카메라를 통해 획득한 영상위에 가상의 3차원 객체를 겹쳐 보여 주고, 사용자가 손동작을 통해서 물체를 제어 할 수 있도록 하였다. 손가락의 수가 5개일 때 손의 2차원 좌표에 3차원 객체를 위치시키고, 손목의 길이를 이용하여 물체의 z축 위치를 조절하여 물체를 사용자의 손 위에 위치시킨다. 또한 계산한 손의 회전을 이용하여 3차원 객체를 회전 시켜 사용자의 손 위에 있는 듯 한 현실감을 제공한다. 그리고 인식한 손가락의 수가 1~4개일 때는 3차원 객체의 변경과 같은 추가적인 동작의 구현이 가능하다. 그림 13은 구현된 증강 현실 시스템의 응용 예를 보여주고 있다.



그림 13. 증강 현실 시스템 응용
Fig 13. Application of augmented reality system

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 그림 14와 같이 제안한 기법과 증강현실 응용이 포함된 플레이어를 설계하였다. 손 영역이 인식되면 손의 중심 좌표위에 가상의 3차원 객체를 렌더링

하여 손 위에 물체가 있는 듯 한 환경을 만들어 준다. 그리고 플레이어 우측 하단을 통해 손의 3차원 좌표를 확인 할 수 있다. 또한 배경 제거 문턱값과 피부색 색차 조건을 변경 할 수 있게 하여 조명이 다른 환경에서 이를 조절하여 사용할 수 있도록 하였다. 또 손 영역 히스토그램과 손목 상단 히스토그램을 한 화면 내에 배치하여 손 인식 기법의 전체적인 동작을 확인 할 수 있다.

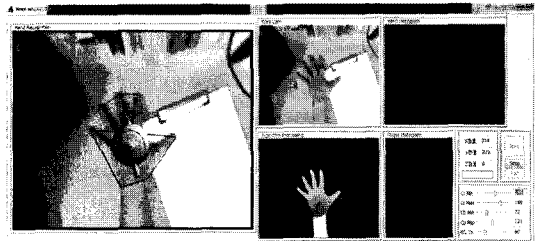


그림 14. 시스템 플레이어
Fig 14. Implemented player for the proposed system

표 1은 제안한 기법의 속도를 나타낸다. 실험은 2.66GHz의 쿼드코어 컴퓨터에서 수행하였고 카메라는 640×480 크기의 영상을 획득할 수 있는 웹캠을 사용하였으며 1초에 15 프레임을 획득할 수 있다. 수행 속도 측정은 손 인식이 없을 때와 손 1개를 인식하였을 때 손 2개를 인식하였을 때를 비교하였다. 각각의 경우 한 프레임당 처리속도를 측정하여 1000프레임에 대한 평균을 구하였다.

표 1. 제안하는 기법의 속도 측정
Table 1. Complexity of proposed algorithm

	손인식 없을 때	손 1개 인식	손 2개 인식
평균 속도(Sec)	0.0693	0.0765	0.0997
평균(fps)	14.4	13.0	10.0
알고리즘 지연 시간(fps)	-	-1.4	-4.4

표 1과 같이 제안하는 시스템에서 손 1개를 인식하였을 때는 평균 13fps, 손 2개를 인식 하였을 때는 평균 10fps이 속도가 나오는 것을 확인하였다. 그리고 손인식이 없을 때에서 손 1개를 인식 하였을 때의 속도 차이보다 손 1개 인식에서 손 2개 인식의 속도 차이가 반복문의 증가와 3차원 객체를 표현하는 시간의 증가로 인해 약 3

배 정도 차이가 나는 것을 확인하였다.

다음은 손의 회전 계산에 따른 증강된 3차원 객체의 회전을 보였다. 그림 15와 같이 z축 회전이 표현 할 수 있는 각도와 정확성이 가장 높았고 그 다음으로 x축 회전 마지막으로 y축 회전 순으로 나타나는 것을 확인하였다. 이는 z회전의 경우 각도의 변화가 뚜렷하고 각도를 회전에 그대로 반영하기 때문에 손가락의 벌어짐과 같은 변화로 인한 초기 인식 때의 도형과의 변화에 가장 강인하기 때문에 x축 또는 y축의 변화 보다는 정확한 것으로 나타났다.



그림 15. 증강된 객체의 회전
Fig 15. Rotation of augmented object

마지막으로 손가락 개수 측정을 통해 손인식의 인식률을 측정하였다. 실험은 손가락 개수별로 성공 횟수를 전체 실험 횟수로 나누어 인식률로 나타내었다. 그림 16는 손가락 개수별 손 인식 영상이고, 표 2는 손가락 개수에 따른 인식률이다.



그림 16. 손가락 개수별 인식 영상
Fig 16. The correct recognition image

표 2를 보면 손가락의 개수가 5개일 때 가장 높은 인식률을 보였으며, 그 다음으로 3개, 4개, 2개 1개 순으로 인식률이 하락하는 것을 확인하였다. 이는 손 영역 히스토그램의 최대값 위치를 탐색할 때 엄지손가락이 있다면 이 지점을 최대값으로 측정할 확률이 높기 때문이고 그 다음으로 손가락이 적어질수록 최대값을 팔목으로 측정하는 경우가 증가하여 인식률이 하락하는 것으로 판단된다.

표 2. 손가락 개수별 인식률
Table 2. The correct recognition rate

손가락 개수	인식률 (%)
1	86.0%
2	87.5%
3	95.0%
4	92.5%
5	97.5%
평균	91.7%

표 2와 같이 제안한 기법의 평균 인식률은 91.7%가 되는 것을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 히스토그램을 이용하여 손을 인식하고 이를 이용하여 3차원 위치와 형태를 인식할 수 있는 고속의 기법을 제안하였다. 카메라를 통해 획득한 영상에서 배경 제거 기법과 피부색 검출, 형태학적 연산과 레이블링 연산을 사용하여 손 영역을 먼저 분리하고, 분리된 손 영역을 제한 영역으로 설정하여 연산량을 줄이고 거리 측정을 통해 손의 히스토그램을 생성하여 손목의 위치를 찾았다. 손목의 위치로부터 거리 측정을 하여 손목 상단 히스토그램을 생성하여 손가락 개수와 끝점의 좌표를 얻을 수 있었다. 인식한 손목 상단 영역의 중심 좌표와 손목의 길이를 통해 손의 3차원 좌표를 구하였고 손가락 끝점과 손목의 양끝점을 사용하여 생성한 도형의 변화를 통해 손의 회전을 계산하였다. 이를 증강현실 시스템과 연동하여 사용자가 보다 나은 현실감을 느낄 수 있도록 하였고 실험 결과를 통해 제안하는 기법의 속도와 인식률이 우수하다는 것을 확인할 수 있었다.

최근 컴퓨터의 발달에 따른 새로운 사용자 인터페이스가 요구되고 있다. 그에 따른 대안으로 손동작 인식에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 그러나 손 자체가 복잡한 형태로 이루어져 있고 2차원 영상에 투영이 되면 그 형태를 모델링하기가 더욱 어려워지는 문제는 여전히 남아있다. 실제로 여러 손동작 인식 연구에서 손 방향은 카메라 정면에서 정해진 각도로 취할 것을 제한 사항

으로 두고 있다. 본 논문에서도 증강현실에 사용하기 위한 기법 개발을 위해 여러 제한 사항을 두었다. 앞으로의 연구 과제는 제한 사항으로 두었던 손 방향의 영향을 덜 받는 정교한 기법의 개발과 개별 손가락의 동작 판별과 다수 손의 동작을 혼합하여 더 많은 손동작을 표현 할 수 있는 방법을 개선하는 것이다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

참고문헌

- [1] Taehee Lee, Hollerer, T., "Hybrid Feature Tracking and User Interaction for Markerless Augmented Reality", Virtual Reality Conference 2008. VR '08. IEEE, pp. 145 ~ 152, 8~12 March 2008.
- [2] 김장운, 김송국, 장한별, 배기태, 이철우, "에지 방향성 히스토그램 데이터를 이용한 손 형상 인식", 한국정보과학회 2006 가을 학술발표논문집 제33권 제2호(B), pp. 49 ~ 53, 2006년 10월.
- [3] 안재우, 고민수, 권혁민, 이동석, 유지상, "스테레오 카메라를 이용한 증강현실 시스템", 2009 방송공학회 학술대회, pp. 243 ~ 246, 2009년 11월.
- [4] 박성욱, 방종관, 박종욱, "컬러 정보와 피부색 모델을 이용한 피부영역 검출", 전자공학회논문지 제45권 IE편 제4호, pp. 60 ~ 67, 2008년 12월.
- [5] 이동석, 이동욱, 김수동, 김태준 유지상, "스테레오 카메라를 이용한 이동객체의 실시간 추적과 거리 측정 시스템", 방송공학회논문지 제14권 제3호, pp. 366 ~ 377, 2009년 5월.
- [6] 황선규 "영상처리 프로그래밍 by Visual C++", 한빛미디어, 서울시 마포구 연남동 568-33 충무빌딩 3층, pp. 660 ~ 671, pp. 684 ~ 695, 2007년.

저자소개



고민수(Min-Su Ko)

2010년 2월 : 광운대학교 전자공학과 학사

2010년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 석사 과정

※관심분야 : 3D 영상 신호 처리, 스테레오 매칭, 영상 신호 처리



유지상(Jisang Yoo)

1985년 : 서울대학교 전자공학과 학사

1987년 : 서울대학교 전자공학과 석사

1993년 : Purdue Univ. EE, Ph.D.

1997년 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 교수

※관심분야 : 3D 입체영상처리/압축, 웨이블릿 기반 영상처리, 비선형 디지털 신호처리