

# 역 투영과 휴 모멘트를 이용한 손영역 검출 및 모양 분류

신재선\* · 장대식\*

\*군산대학교

## Hand Region Detection and hand shape classification using Hu moment and Back Projection

Jae sun Shin\* · Dae-sik Jang\*\*

\*Kunsan National University

E-mail : sjsbbb@hotmail.com

### 요 약

손 영역을 찾는 것은 사용자 중심의 인터페이스를 제공하는 데 있어서 꼭 필요한 기술이며 이를 위해 많은 연구가 진행되어 왔다. 본 논문은 HSV 공간을 기반으로 한 역 투영 기법을 사용하여 손 영역 검출을 수행하였으며, 휴 모멘트를 통해 추출된 손 영역을 분석, 손 모양 인식에 대한 방법을 제안한다. 역 투영 기법을 통해 손 영역 검출에 대한 신뢰도를 높였으며, 휴 모멘트를 통해 손 모양을 구분할 수 있음을 확인하였다.

### ABSTRACT

Detecting Hand Region is essential technology to providing User based interface and many research has been continue. In this paper will propose Hand Region Detection method by using HSV space based on Back Projection and Hand Shape Recognition using Hu Moment. By using Back Projection, I updated reliability on Hand Region Detection by Back Projection method and, Confirmed Hand Shape could be recognized through Hu moment.

### 키워드

Hand detection, Hand Shape, Hu moment, Back Projection

## I. 서 론

손 동작을 이용한 인터페이스 설계는 HCI(Human Computer Interface) 분야에서 많이 연구 되어 왔다. 그 중에서도 손 영역 검출은 정확한 동작 인식을 위한 필수 불가결인 선행 조건이다. 본 논문에서는 안정적인 손 동작 인식을 위한 기초 단계로서 손 영역 검출에 대한 방법을 제시한다. 실험 영상은 특정 조명에 대한 영상과 그보다 더 밝을 때, 어두울 때, 세 가지 경우에 대하여 각각 촬영하였으며, 이 세 종류의 영상에 대해 역 투영(Back Projection)을 이용하여 안정적인 손 영역을 검출하는 결과를 보여주었다. 또한 휴 모멘트(Hu Moment)를 이용하여 5가지 손 모양을 분류할 수 있도록 설계하였다.

## II. 관련 연구

기존에 연구에서 보여주는 손 영역 검출 방법은, 첫번째 방법은 칼라 영상을 이용하는 방법으로, HIS, YIQ, 정규화된 RGB칼라 모델 등을 이용하는 손의 색상인 살색과 유사한 색을 영상에서 찾아 손 영역을 검출하게 된다. 두번째 방법은 optical flow나[1][2], 차영상과 같은 프레임간의 차이를 이용하는 방법인데, 이 방법은 그레이 영상만을 이용해 데이터 량이 줄어든다는 점은 있으나 손 영역이 움직이지 않는다면 손 영역을 검출하기 어렵다는 점이 있다. 세 번째 방법은 모델을 이용하는 방법으로서, 그레이 영상만으로도 충분하고 손 영역이 움직이지 않아도 손 영역을 검출할 수 있으나, 손 모양에 따라 여러 가지 사용되는 모델이 필요하다는 점과 처리 시간이 길다는 것이 단점이 된다. 마지막 방법으로는 위의 세가지 방법을 복합적으로 사용하는 방법이 있다.[3] 이런 방법들을 기초로 하여 실시간 환경에서 보다 강인

하게 손의 영역을 검출하는 방법을 제시한다.

최근 연구에서는 사람의 손을 이용한 비 마커 기반으로 객체의 증강 및 증강된 객체를 제어하거나[4] 로봇을 손 제스처를 이용하여 제어하는 인터페이스를 제안하고 있다.[5] 이와 같이 손 영역 검출 및 인식을 이용하여 보다 여러 분야에 편리한 인터페이스를 제공할 수 있다.

### 가. 역 투영(Back Projection)

역 투영[6]은 특정 픽셀들이 히스토그램 모델로 표현된 픽셀들의 분포에 얼마나 잘 들어맞는지를 검사하는 방법이다.

영상의 히스토그램이 정규화되어 있다면 역 투영된 픽셀의 값은 조건부 확률 값과 연관이 있다.

즉, 영상 내부의 픽셀이 히스토그램에 의해 특징지어지는 객체 타입의 일부일 확률을 나타낸다.

### 나. 휴 모멘트(Hu Moment)

2차원 연속 함수  $f(x,y)$ 가 있을 때 기하학적 모멘트는 다음과 같이 정의된다.

$$M_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy \quad (1)$$

디지털 영상처리를 하기 위해 2차원 영상을  $f(x,y)$ 의 형태로 나타낼 경우, 기하학적 모멘트는 다음과 같이 정의된다.

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y) \quad (2)$$

일반적인 기하학적 모멘트의 경우, 영상의 이동 변환 시 그 값이 크게 변한다는 단점이 있다. 그러므로 영상의 무게 중심을 고려하여 모멘트를 계산하는 중심 모멘트(central moment) 방법이 사용되고 있다. 2차원 영상의 중심 모멘트는 다음과 같이 정의한다.

$$\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy \quad (3)$$

위 식에서  $\bar{x}$ 와  $\bar{y}$ 는 영상의 무게 중심의 좌표이다. 무게 중심의 좌표( $\bar{x}, \bar{y}$ )은 낮은 차수의 기하학적 모멘트인 각각  $M_{10}/M_{00}, M_{01}/M_{00}$ 으로 구할 수 있다.

차수가 3이하인 중심 모멘트는 기하학적

모멘트를 이용하여 다음과 같이 표현할 수 있다. 이를 이용하면 중심 모멘트 공식을 이용하지 않고, 기하학적 모멘트만을 이용하여 중심 모멘트를 계산할 수 있기 때문에 편리하다.

$$\begin{aligned} \mu_{00} &= M_{00}, \\ \mu_{01} &= \bar{0}, \\ \mu_{10} &= \bar{0}, \\ \mu_{11} &= M_{11} - \bar{x}M_{01} = M_{11} - \bar{y}M_{10}, \\ \mu_{20} &= M_{20} - \bar{x}M_{10}, \\ \mu_{02} &= M_{02} - \bar{y}M_{01}, \\ \mu_{21} &= M_{21} - 2\bar{x}M_{11} - \bar{y}M_{20} + 2\bar{x}^2M_{01}, \\ \mu_{12} &= M_{12} - 2\bar{y}M_{11} - \bar{x}M_{02} + 2\bar{y}^2M_{10}, \\ \mu_{30} &= M_{30} - 3\bar{x}M_{20} + 2\bar{x}^2M_{10}, \\ \mu_{03} &= M_{03} - 3\bar{y}M_{02} + 2\bar{y}^2M_{01}, \\ \mu_{pq} &= \sum_m^p \sum_n^q \binom{p}{m} \binom{q}{n} (-\bar{x})^{p-m} (-\bar{y})^{q-n} M_{mn} \end{aligned} \quad (4)$$

1962년 Hu는 3차 이하의 중심 모멘트를 조합하여 만든 7개의 불변 모멘트(invariant moments)[7]를 만들었다. Hu가 제안한 모멘트는 크기를 정규화한 중심 모멘트를 비선형으로 조합하여 만들어졌으며, 이는 영상의 크기, 회전, 위치에 불변한 특징을 갖는다. Hu의 불변 모멘트를 생성하려면 먼저 다음과 같은 수식을 이용하여 정규화된 중심 모멘트(normalized central moments)를 생성해야 한다.

$$\eta_{ij} = \frac{\mu_{ij}}{\mu_{00}^{(1+\frac{i+j}{2})}} \quad (5)$$

Hu가 제안한 7개의 불변 모멘트는 다음과 같은 수식으로 정의된다.

$$\begin{aligned} I_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ I_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + (2\eta_{11})^2 \\ I_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{30})^2 \\ I_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ I_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ &\quad (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ I_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ I_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] - \\ &\quad (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]. \end{aligned} \quad (6)$$

## III. 손 영역 검출 방법

가. HSV 컬러 공간을 이용한 손 영역 후보 검출[8]

입력 받은 영상을 HSV 컬러공간으로 변환한 후 색상(H), 채도(S)를 구한다. V채널을 제외하고 H, S 채널을 이용함으로써 조명의 영향을 최소화하도록 한다.



그림 1 HSV 컬러 공간

나. 역 투영 적용

역 투영을 구하기 위해 먼저 영상의 히스토그램을 구하고, 정규화를 수행한다.

피부색을 H-S 히스토그램으로 나타내는 경우, 만약 C가 피부색이라는 색상을 나타내고 F가 살(flesh)을 나타내는 사건이라면 조건부 확률  $p(C|F)$ 는 픽셀이 실제 살에서 추출된 픽셀인 경우 이 픽셀이 피부색일 확률을 나타낸다. 이 두 조건부 확률은 서로 다른 확률을 나타내지만 베이즈 이론에 의하면 서로 상관관계를 가지고 있다. 즉, 만약 피부색이 나타날 전체 확률과 픽셀이 살에서 추출되었을 확률 전체를 알고 있다면 다음과 같은 관계식을 만족한다.

$$P(F|C) = p(F) \times p(C|F) / p(C) \quad (7)$$



그림 2 입력되는 손 영상의 예



그림 3 역투영을 한 결과

따라서, 피부색을 검출하기 위해 H,S 채널을 이용하여 역 투영을 수행하면 그 결과로 피부색과 유사한 픽셀들을 얻게 된다.

다. 레이블링

역 투영을 수행하여 얻은 피부색과 유사한 픽셀들은 모두 손 영역이 될 후보에 속한다. 이들을 연결된 요소 단위로 묶어주는 레이블링을 수행하여 이후에 손 영역인지를 판단할 수 있도록 한다. 연결된 요소 별로 구했을 경우, 그 크기가 너무 작은 경우 이를 무시하도록 한다.



그림 4 레이블링 테스트를 위해 입력된 영상



(a) (b)

그림 5 레이블링이 수행된 결과

(a) 레이블링 된 결과 (b) 잡음이 제거된 결과

라. 전처리 과정

역 투영 및 레이블링을 수행한 후 결과를 보면 연결된 요소 사이 사이에 구멍이 난 것처럼 연결이 끊어져 있거나 잡음이 섞이는 경우가 있다. 이를 처리하기 위해 팽창 및 침식 연산을 수행하여 보다 정제된 손 영역 후보들을 얻을 수 있도록 한다.

마. 휴 모멘트(Hu Moment)를 이용한 손영역 인식 및 손 모양 분류

본 논문에서는 5가지의 손 모양에 대해 인식하기 위해 휴 모멘트를 사용하였다. 각 손 모양에 대한 테스트 영상을 이용하여 휴 모멘트 값을 얻은 후, 이를 이용하여 손 모양을 분류하도록 한다.

휴 모멘트 중 손 모양에 따라 값 차이나는 값들인  $I_1, I_2, I_3$ 을 이용하여 손 모양을 비교한다.

	$I_1$	$I_2$	$I_3$
모양1	800	0.2	0.00001
모양2	700	0.1	0.000005
모양3	950	0.05	0.0005
모양4	1100	0.5	0.0005
모양5	1200	0.5	0.0005

표 1 손 모양에 따른 휴 모멘트 값

#### IV. 실험결과

##### 가. 실험 환경

본 시스템은 Logitech사의 USB 인터페이스로 가로 320, 세로 240 영상의 해상도에 초당 30프레임을 지원하는 C310 웹 캠과 Pentium 4 CPU 2.8GHz 메모리 512MB 컴퓨터 1대의 환경에서 일반적인 형광등 조명 아래 촬영된 영상을 사용하였다. 또한 손 모양 인식을 위한 학습 영상으로는 cambridge에서 제공하는 영상을 사용하였다.



그림 6 인식할 5가지의 손 모양



그림 7 조명 위치를 옮긴 영상들

##### 나. 실험 결과

실험한 결과는 다음과 같다

	인식률
모양1	91%
모양2	95%
모양3	90%
모양4	93%
모양5	91%

표 2 손 모양 인식률



그림 8 인식된 손 영역 및 모양

#### V. 결론

본 논문에서는 손 영역 검출 및 모양 인식을 위한 방법을 제안하였다. 손 영역을 검출하기 위해 조명의 영향을 최소화하고자 HSV 컬러 공간을 사용하고, 정확도를 높이기 위해 역 투영 방법을 사용하였으며, 각 손 모양을 분류하여 인식할 수 있도록 휴 모멘트를 사용하였다. 더 많은 모양을 학습하여 추가하고, 동작 인식 또한 추가된다면 보다 많은 기능을 수행할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 송현섭, 양윤모, "Optical Flow를 이용한 손의 움직임 및 영역 추출", 한국정보과학회, 1998
- [2] 이형지, 이우규, 정재호, 수화용 손 제스처 인식을 위한 특징 벡터 추출, 제 11회 신호처리 합동학술대회, 1998
- [3] K.Imagawa, S.Lu and S.Igi, Color-based Hands Tracking System for Sign Language Recognition, in Proc. Of IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Killington, 1996
- [4] 전준철, 모바일, 증강현실 물체와 몰입형 상호작용을 위한 비전기반 동작제어, 한국 인터넷 정보학회, 2011
- [5] 김유진, 권경수, 박세현, 제스처 기반의 애완용 로봇 제어를 위한 인터페이스 개발, 한국인터넷정보학회, 2007
- [6] 이정호, 정동석, 다중 모델 색상 히스토그램 역투영을 이용한 물체 추적 기법, 신호처리합동 학술대회 논문집 제13권, 2000
- [7] 신광규, 이강현, Hu 불변 모멘트를 이용한 장문인식 알고리즘, 전자공학회 논문지 제 42권 CI 제 2호, 2005
- [8] 이상준, 강래원, 안순정, 주우석, 이준재, HSI 색상 모델에서 손 영역 검출 및 추적, 한국 멀티미디어학회 춘계학술발표대회논문집, 2006