

## 손 영역 스켈레톤 모델을 이용한 비접촉 스크린 입력 장치

서효동\*, 김효진\*, 주영훈\*, 박진배\*\*  
 군산대학교 제어로봇공학부\*, 연세대학교 전기전자공학과\*\*

### Input Device of Non Touch Screen Using Hand Region Skeleton Model

Hyo-dong Seo, Hyo Jin Kim, Young-Hoon Joo  
 Kunsan National University\*, Yonsei University\*\*

**Abstract** - 본 논문에서는 손 영역 스켈레톤 모델을 이용한 비접촉식 스크린 입력 장치를 제안한다. 제안하는 방법은 HCbCr 컬러 모델을 생성한 후 손 후보 영역을 추출하고, 손 영역을 추출하기 위해 레이블링 기법을 사용한다. 손 이외의 피부를 제거하기 위해 손 크기 이하의 객체는 필터링을 거친 후 최종적인 손 영역을 추출한다. 손 영역의 특징점은 무게 중심법과 굴곡 기법을 이용하여 추출한다. 특징점을 연결하여 손의 스켈레톤 모델을 생성하고 각 손가락에 터치 이벤트를 부여한다. 손가락의 구부러진 각도를 이용하여 터치 동작을 인식 및 실행하게 된다.

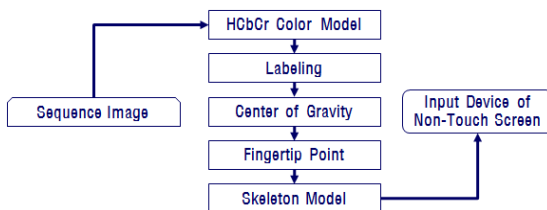
#### 1. 서 론

현대 사회에서 컴퓨터 정보기술의 발전으로 정보기기 사용이 보편화됨에 따라 사용기와 인간 사이에, 자연스러운 상호작용(HCI : Human-Computer Interaction)의 중요성이 증가하고 있다[1,2]. 이에 따라 정보기기는 Text 위주의 인터페이스에서 인간의 다양한 제스처 등을 사용하는 MMI(Multimodal Interface) 방식으로 발전하고 있다[3,4]. 그 중에서도 별도의 장치와 센서를 몸에 부착하지 않는 시각 기반의 사용자 의도 및 행위 인식에 관한 연구가 진행되고 있다. 테이블-탑 디스플레이[]는 대표적인 상호작용 시스템으로써 인간의 가장 직관적인 도구인 손을 이용한다. 이와 같은 터치스크린은 손으로 직접 정보를 입력하기 때문에 별도의 입력 장치가 필요하지 않고 사용자 훈련여부와 관계없이 사용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 대형 터치스크린에서 손이 닿지 않는 사각지역은 터치 입력의 어려움이 있고 비싼 가격으로 인해 상용화의 큰 걸림돌이 되고 있다. 이를 극복하기 위해서 비전 기반의 손을 이용한 시스템 개발이 필요하다. 손 동작 인식은 사물을 지정하거나 빠른 의사 전달을 할 수 있는 장점을 가지며, 사람과 컴퓨터 간의 인터페이스에서도 쉽고 자연스러운 상호작용이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 하지만 다양한 환경에서의 손 형상만을 추출하여 인식한다는 것은 어려운 일이다. 손 영역을 추출하기 위한 알고리즘이 필요하며 빠른 검출 속도를 필요로 한다[6]. 본 논문에서는 빠른 손 영역을 추출하고 스켈레톤 모델을 생성하여 입력 장치로 인식시키기 위해 다음과 같은 처리 과정을 거친다. 조도 변화에 민감한 2차원 이미지를 HCbCr 컬러 모델을 이용하여 피부를 검출하고 레이블링 기법을 이용해 손을 추출한다. 손 무게 중심과 손 끝점을 생성하고 이를 이용하여 스켈레톤 모델을 생성한다. 손가락의 구부러진 각도를 계산하여 클릭 동작을 인식하고 각 손가락에 이벤트를 부여하여 터치 동작을 수행하는 입력장치로 인식시킨다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 손 영역 특징점 및 스켈레톤 추출

본 논문에서는 별도의 하드웨어 조작없이 사용자의 손을 이용하여 비접촉 스크린 입력 장치를 구현한다. 제안하는 시스템의 구성은 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 비접촉 스크린 입력장치 시스템 구성도

웹 카메라로부터 입력받은 RGB 색상정보는, 조도의 변화에 강한한

HCbCr 컬러 모델로 변환하여 피부 영역을 추출한다. 피부 이외의 잡음들을 제거하기 위해 모폴로지 필터링을 수행한다. 손 영역을 추출하기 위해서 레이블링 기법으로 객체를 생성 한 후, 일정 크기 이 객체는 필터링을 거쳐 최종적인 손 영역을 추출한다. 손 영역의 특징점은 무게 중심법과 굴곡 기법을 이용하여 추출한다. 각 특징점들을 이용하여 손 스켈레톤 모델을 생성하고 손가락의 구부러진 각도를 이용하여 터치 이벤트를 부여한다.

##### 2.1.1 HCbCr 컬러 모델 생성

전체 컬러 공간에서의 피부는 매우 적은 영역만을 차지하고 있다. 피부색만의 분포를 적절한 모델로 근사화 하여 배경색과 피부색의 구분이 가능하다. 본 논문에서는 HSI 및 YCbCr 컬러 모델 중에서, 조도 변화에 강한한 색상 정보인 H값, Cb값 및 Cr값만을 추출하여 새로운 HCbCr 컬러 모델을 생성한다. HCbCr 컬러 모델을 구하는 방법은 식(1)와 같다.

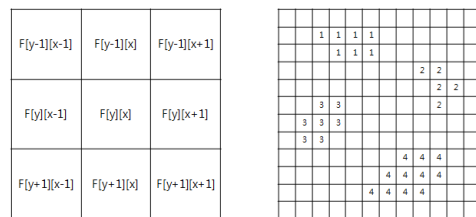
$$H = \cos^{-1} \left[ \frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right] \quad (1)$$

$$Cb = -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B$$

$$Cr = 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B$$

##### 2.1.2 레이블링 기법

레이블링 기법은 이진영상에서 수행되는 영역 구분 방법이다. 이진영상 내에서 이웃 화소로 묻혀있는 영역을 검출하고 모든 픽셀에 고유한 번호를 붙여 하나의 객체라고 규정한다. 한 화소가 다른 화소들에 연결되어 있는지를 알기 위하여 그림 2와 같이 8-이웃화소를 통해 손 후보 영역을 레이블링 한다.



〈그림 2〉 Labeling

레이블링 된 영상에서 손 영역 크기 이하의 레이블은 식(2)에 의해 잡음으로 판단하여 제거한다.

$$f(x) = \begin{cases} 255, & \text{labelsize} \geq th \\ 0, & \text{other} \end{cases} \quad (2)$$

##### 2.1.3 손 영역 특징점 추출

추출된 손 영역에서 스켈레톤을 생성하기 위해서는 손 끝 특징점 및 무게 중심이 필요하다. 다섯 손가락의 손 끝 추출 방법은 손 영역의 외곽선 정보를 검출하고 외곽선을 따라 일정 거리 이상의 점 내적을 취한다. 손 외곽선 점들의  $i$ 번째 점을  $p_i$ 로 정의하고,  $p_i$ 점의  $k$ 만큼의 변위를 가지는 두 점 ( $p_{i+k}, p_{i-k}$ )을 각각 이은 두 벡터들의 사이각을 식(3)을 통해 구할 수 있다.

$$\theta_i(p_i) = \frac{\overrightarrow{P_i P_{i-k}} \cdot \overrightarrow{P_i P_{i+k}}}{\|\overrightarrow{P_i P_{i-k}}\| \|\overrightarrow{P_i P_{i+k}}\|} \quad (3)$$

$k$ 는 5에서 25 사이의 모든 정수값을 포함한다. 따라서 벡터  $p_i p_{i+k}$ 와 벡터  $p_i p_{i-k}$ 의 사이각이 일정 문턱 값을 넘으면 점  $p_i$ 는 손가락 끝의 후보점으로 결정된다.

손 영역의 무게중심은, 식 (4)와 식 (5)를 이용하여 손 면적과 1차 모멘트를 구하고, 1차 모멘트를 이용하여 식 (6)으로 중심점을 구한다.

$$M_{00} = \sum_z \sum_y I(x, y) \quad (4)$$

$$M_{10} = \sum_z \sum_y x I(x, y), \quad M_{01} = \sum_z \sum_y y I(x, y) \quad (5)$$

$$x_c = \frac{M_{10}}{M_{00}}, \quad y_c = \frac{M_{01}}{M_{00}} \quad (6)$$

### 2.1.4 손 영역 스켈레톤 생성

스켈레톤 모델은 손가락 움직임의 중요한 관절 위치만으로 표현한 특징 벡터 방식이다. 인간의 손 DB를 이용한 손가락의 구조적 비례 정보와, 손 끝 특징점, 중심점을 이용하여 스켈레톤 모델을 나타내었다.

### 2.1.5 터치 판단 방법

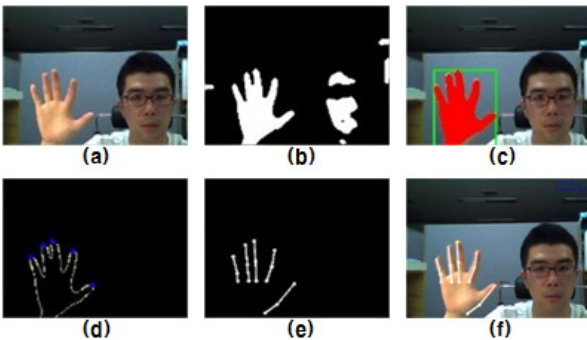
비접촉 스크린에서 손 스켈레톤 모델은 입력장치로써 손가락의 터치 유무를 인식 한다. 터치 판단 방법은 각 손가락에 추출된 3개의 특징점을 이용하여, 코사인 제2법칙으로 손가락의 구부림에 따른 각도를 계산한다. 계산된 각도는 임계값 이상의 각도가 되면 터치로 판단되며 터치되는 좌표는 손 영역의 중심에 해당한다. 터치 동작이 인식되면 윈도우7은 터치 메시지를 어플리케이션으로 전송하고 명령을 수행한다. 각 손가락의 터치 명령은 표 (1)과 같다.

〈표 1〉 손가락의 터치 명령

손가락	터치 명령
검지	기본 클릭
중지	뒤로 가기
약지	스크롤 다운
소지	스크롤 업

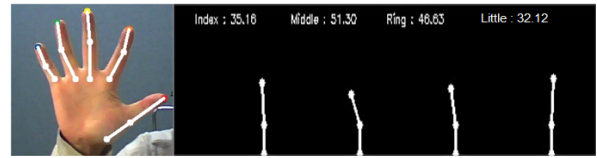
### 3. 실험 및 결과 고찰

본 논문에서 사용된 입력 영상은 640 × 480의 해상도를 가지는 24bit RGB 영상이고 웹 카메라로 실시간 처리하였다. 입력된 영상을 바탕으로 HbCr 컬러 모델을 생성하여 피부를 검출하고 레이블링을 적용하여 손을 추출한다. 추출된 손의 특징점을 찾고 스켈레톤을 생성하였다. 손 영역 특징점 추출 및 스켈레톤 생성 결과는 그림 (3)과 같다.

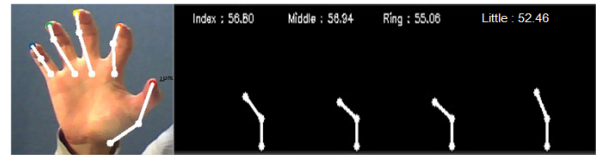


〈그림 3〉 (a)Input image (b)HbCr color model  
(c)Labeling (d)Feature points  
(e)Skeleton model (f)Result image

그림 4는 손 영역 스켈레톤 모델을 적용하고 손가락을 폼 때와 구부렸을 때의 손가락 각도를 나타내었다. 각도의 차이를 수치를 통해 비교 할 수 있다.



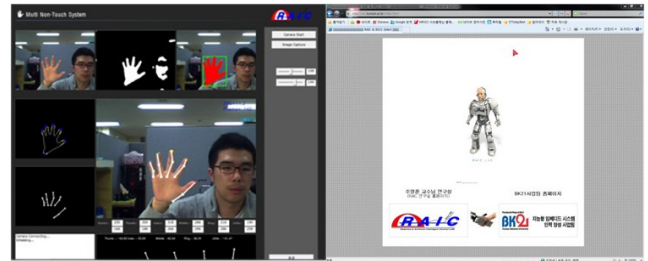
(a) 손가락을 폼을 때의 각도



(b) 손가락을 구부렸을 때의 각도

〈그림 4〉 손가락의 각도 변화 측정

그림 5는 어플리케이션에서의 비접촉 스크린 입력장치를 실행한 결과이다. 손 중심에 터치 포인터가 생성되며 검지, 중지, 약지, 소지에는 각각 기본 터치, 뒤로 가기, 스크롤 다운 및 스크롤 업 등의 동작들이 실행 가능하다.



〈그림 5〉 어플리케이션에서의 비접촉 스크린 입력장치 실행

### 4. 결 론

본 논문에서는 손 영역 스켈레톤 모델을 이용한 비접촉 스크린 입력장치를 제안하였다. 별도로 손에 부착하는 마커나 센서 없이, 웹 카메라로 입력된 영상에 HbCr 컬러 모델을 이용하여 피부를 검출하였다. 레이블링을 이용하여 손 영역만을 추출하고 손 끝 특징점 및 중심점을 이용하여 손 영역 스켈레톤 모델을 생성하였다. 손가락의 구부러진 각도를 이용하여 터치 동작을 인식시키고 각 손가락에는 기본클릭, 뒤로가기, 스크롤 다운, 스크롤 업 등의 동작수행이 가능하다. 실내 환경에서의 실험을 통해 응용 가능성을 증명하였다.

감사의 글: 본 연구는 2011년 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단 지역혁신인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

### [참 고 문 헌]

- [1] R. Cowie, "Emotion Recognition In Human-Computer Interaction", Signal Processing Magazine, IEEE, Vol.18 pp.32-80, January, 2001
- [2] Thomas S. Huang and Vladimir I. Pavloic, "Hand Gesture Modeling, Analysis, and Synthesis", International Workshop on Automatic Face and Gesture-Recongnition, pp.73-79, June. 1995
- [3] Oviatt S, "Advances In Robust Multimodal Interface Design", Computer Graphics and Applications, IEEE, Vol.23 pp.62-68, September-October, 2003
- [4] C. Spence, "Crossmodal Attention and Multisensory Integration: Implications for Multimodal Interface Design", International Conference on Multimodal Interfaces, Vol.5, November, 2003
- [5] E. Jankowska, "Table-top Soft X-ray Laser Interferograms of dense Laser-Created plasma", Plasma Science, IEEE Transactions on, Vol.30 pp.46-47, February 2002
- [6] Zhigeng Pan, "A Real-time-cue Hand Tracking Algorithm Based On Computer Vision", Virtual Reality Conference, IEEE, pp.219-222, March 2010