

비전을 이용한 손 영역 특징점 추출

정현석*, 오명재*, 주영훈*, 박진배**

* 군산대학교 전자정보공학부, ** 연세대학교 전기전자공학과

Hand Region Feature Point Extraction Using Vision

Hyun Suk Jeong · Myung Jea Oh · Young Hoon Joon, Jin Bae Park
 School of Electronics & Information Engineering, Kunsan National University
 ** Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

Abstract - 본 논문에서는 강인한 손 영역 특징 점 추출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 HCbCr 칼라 모델을 생성한 후 퍼지 색상 필터에 적용하여 손 후보 영역을 추출한다. 최종적으로 손 영역을 추출하기 위해서 레이블링 기법을 사용한다. 그 후, 추출된 손 영역의 실루엣을 추출하고 히스토그램 기법을 적용하여 손 영역 내의 COG를 추출한다. 손 영역 특징 점 추출을 위해 Canny edge 기법과 Chain Code 기법, DP(Douglas-Peucker) 기법들을 이용하여 전처리 과정을 거쳐 1차 특징 점을 추출한다. 추출된 1차 특징 점을 Convex Hull 기법에 적용하여 최종적인 손 영역 특징 점을 추출한다. 마지막으로, 복잡하고 다양한 실내 환경에서의 실험을 통해 그 응용 가능성을 증명한다.

1. 서 론

오늘날 현대 사회는 컴퓨터 정보기술의 급진적인 발전으로 일상 생활 전반에 걸쳐 컴퓨터화 된 시스템이 급격히 증가하고 있다. 이로 인해 인간과 컴퓨터간의 원활한 상호작용(HCI : Human-Computer Interaction)을 위해 키보드나 마우스 또는 조이스틱과 같은 장치들을 이용한 인터페이스를 주로 사용되어 왔다. 그러나 사용자들은 더욱 편리하고 자연스러운 인터페이스를 요구하게 되었고 이러한 욕구를 충족시키기 위해 영상을 이용한 새로운 인터페이스들이 활발히 연구되고 있다[1]. 그 중에서도 인간의 손은 가장 자연스럽고 편리하게 인간과 정보 시스템의 인터페이스를 실현할 수 있어 주목 받고 있다. 손을 이용한 기존의 연구들은 크게 글로브 기반 방법(glove-based method)[2], 비전을 이용한 방법[3]이 있다. 센서가 장착된 글로브 기반 방법은 정확한 관절의 움직임과 손 위치를 찾아 낼 수 있지만 사용자가 착용해야 하는 번거로움과 불편한 문제점을 안고 있다. 반면 카메라의 입력정보를 받아 처리하는 비전은 장비가 간단하며 사용자 불편함 없이 자연스럽게 손의 움직임과 위치를 인식 할 수 있다. 하지만 조도 변화에 민감하게 반응하고 복잡한 배경에서 손 영역을 추출하고 손의 움직임을 분석하기가 어렵다.

본 논문에서는 상기의 문제점을 해결하고자 강인한 손 영역 특징 점 추출 방법을 제안한다. 먼저, 본 논문에서는 HSI 칼라 모델과 YCbCr 칼라 모델에서 조도 변화에 강인한 성분을 추출하여 HCbCr 칼라 모델을 생성한다. 생성된 HCbCr 칼라 모델을 퍼지 색상 필터[4]에 적용하여 손 후보 영역을 분할하고 레이블링[5]기법을 적용하여 최종적인 손 영역을 추출한다. 그 후, 추출된 손 영역의 실루엣을 추출하고 히스토그램 기법을 적용하여 손 영역 내의 무게중심(Center Of Gravity)를 추출한다. 그리고 손 영역 특징 점 추출을 위해 Canny edge 기법과 Chain Code 기법[6], DP[7]기법들은 전처리 과정을 거쳐 1차 특징 점을 추출한다. 추출된 1차 특징 점을 Convex Hull[8]기법에 적용하여 최종적인 손 영역 특징 점을 추출한다. 마지막으로, 복잡하고 다양한 실내 환경에서의 실험을 통해 그 응용 가능성을 증명한다.

2. 본 론

2.1 손 영역 스켈레톤 특징점 추출 시스템

본 논문에서 CCD칼라 카메라로부터 입력된 R, G, B 칼라 정보는 조명의 변화를 줄이기 위해서 정규화 과정을 거친다. 정규화 된 R, G, B는 HCbCr 칼라 모델과 3입력 1출력 형태의 퍼지 색상 필터를 적용하여 손 추출에 사용될 피부 영역 검출한다. 피부영역 검출이 끝난 이진화 된 결과 영상에 약간의 노이즈가 발생한다. 따라서 이러한 노이즈는 모폴로지(Morphology) 필터링을 수행하여 제거한다. 최종적인 손 영역을 추출하기 위해서 레이블링 기법으로 객체를 형성한다. 각 객체에 대해서 크기 필터링을 하여 일정 크기 이하의 개체는 제거함으로써 최종적인 손 영역을 추출한다. 손 영역은 히스토그램 기법을 사용하여 무게중심을 추출하고 Canny edge 기법과 Chain Code 기법, DP기법들은 전처리 과정을 거쳐 1차 특징 점을 추출한다. 추출된 1차 특징 점을 Convex Hull 기법에 적용하여 최종적인 손 영역 특징 점을 추출한다.

2.1.1 강인한 색상 모델 생성 - HCbCr 칼라모델

먼저, 일반 RGB 칼라 모델은 조도 변화에 민감하여 정확한 연산을 수행하기가 어렵다는 단점이 있다. 그래서 조명의 변화를 줄이기 위해서 정규화의 과정을 거친다. 만약, $r+g+b \neq 0$ 이고 $R=G=B=0$ 이 아니면, 정규화 과정은 다음과 같다.

$$R = \frac{r}{(r+g+b)}, \quad G = \frac{g}{(r+g+b)}, \quad B = \frac{b}{(r+g+b)} \quad (1)$$

다음으로 조도 변화에 강인한 칼라 모델을 얻기 위해 HSI 칼라 공간에서 H 성분, YCbCr 칼라 공간에서는 Cb와 Cr 성분을 추출한다. 추출된 성분들은 조명 변화에 민감하지 않고 우수한 밀집도를 갖는 성분들이다. H, Cb, Cr 성분값을 추출하기 위해서는 정규화 된 R, G, B 값을 이용하여 실제 H(hue) 값을 다음과 같은 수식을 통해서 구해낼 수 있다. 또한 Cb 값과 Cr 값도 구해낼 수 있다.

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

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

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

2.1.2 손 후보 영역 검출 - 퍼지 색상 필터

상기 추출된 HCbCr 칼라 모델은 조명 변화에 강인하지만 다양한 사람의 피부색 차이에 민감하다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 퍼지 색상 필터를 사용하였다. 퍼지 색상 필터를 이용하여 다양한 피부색 정보를 퍼지 모델화하고, 이를 바탕으로 색상 필터를 구성한다. 퍼지 색상 필터는 다음과 같이 퍼지 규칙으로 구성된다.

$$R_i: \text{ IF } H \text{ is } M_{i1} \text{ and } Cb \text{ is } M_{i2} \text{ and } Cr \text{ is } M_{i3}, \quad (3) \\ \text{ THEN } y_i(x) = a_i$$

식 (3)에서 전부분 변수 H, Cb, Cr는 HCbCr색상을 나타내는 입력, 즉, 제어대상 시스템의 현재 상태이고, M_{i1}, M_{i2}, M_{i3} 는 각 색상에 해당되는 가우시안 멤버십 함수를 나타낸다. 최종 퍼지 규칙의 최종 출력 $I(x)$ 은 다음과 같다.

$$I(x) = \frac{\sum_{i=1}^l \left(\prod_{j=1}^3 \mu_{M_{ij}}(x_j) \right) a_i}{\sum_{i=1}^l \left(\prod_{j=1}^3 \mu_{M_{ij}}(x_j) \right)} \quad (4)$$

여기서, $\prod_{j=1}^3 \mu_{M_{ij}}(x_j)$ 는 규칙의 적합도를 나타내며 최종적으로 퍼지 색상 필터의 출력 $\hat{I}(x)$ 은 다음과 같은 결정 함수로 계산된다.

$$\hat{I}(x) = \gamma u(I(x) - I_{\min}) \quad (5)$$

γ 는 흑백 영상을 위한 오프셋 값이며, I_{\min} 는 손 영상으로 분류하기 위한 최소값을 나타낸다. 퍼지 색상 필터를 동정하기 위해서 유전 알고리즘을 이용한 색상 필터 동정 기법을 사용하였다. 목적함수는 다음과 같이 결정된다.

$$Fitness = error_{hs} + error_{bg} \quad (6)$$

여기서, $error_{h,s}$ 는 입력이 손색일 때, $error_{bg}$ 는 입력이 배경색일 때 에러를 의미한다. 동정에 사용된 손색은 다음과 같다.



그림 1 피지 색상 필터 학습을 위한 손 피부색 샘플

2.1.3 손 영역 추출 - Labelling

레이블링 알고리즘은 이진영상에서 수행되는 영역 구분 방법이다. 이진영상 내에서 이웃 화소로 뭉쳐있는 영역을 찾아내고 하나의 객체라고 규정한다. 동일 객체에 속한 모든 픽셀에 고유한 번호를 부여 사이즈 필터링으로 원하는 크기보다 작은 영역은 제거함으로써 노이즈의 제거 효과도 얻을 수 있다.

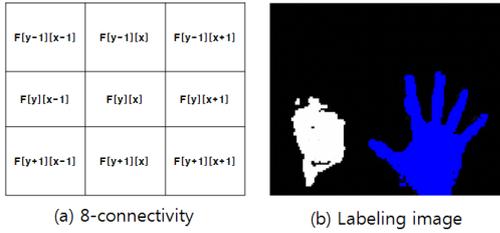


그림 2. Labeling 기법 및 결과

그림 2(a)는 8-Connectivity의 타입을 통해 손 영역과 얼굴 영역들에 각각의 라벨이 설정된다. 라벨링 된 영상에서 손 영역의 크기가 식 (7)에 의해 일정 크기 이하의 라벨은 잡음으로 판단하여 제거된다.

$$f(x) = \begin{cases} 255, & \text{labelsize} \geq th \\ 0, & \text{other} \end{cases} \quad (7)$$

2.1.4 손 영역 중심점 추출

추출된 손 영역에서 무게중심은 손 영역 좌표의 합을 영역의 픽셀수로 나눠 구할 수 있다. (x, y) 는 다음 식 (3)과 같이 정의된다.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^k x_i}{k}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{j=0}^k y_j}{k} \quad (8)$$

여기서, 영역의 픽셀 수 k , i^h 의 x, y 좌표 x_i, y_j 로 정의된다.

2.1.5 손 영역 끝점 추출 - Convex Hull

손 영역이 가지는 실제적인 윤곽선과 Convex Hull기법으로부터 윤곽선의 특징 점을 얻어내기 위해 전처리 과정이 필요하다. 우선 윤곽선은 잡음에 민감하지 않은 Canny Edge 방법으로 찾아낸다. 그 다음 Chain Code과 DP기법으로 손가락 윤곽선을 근사화 하여 윤곽선의 중요한 특징이라고 할 수 있는 코너 포인트(coner point)들을 추출한다. 그 후, 전처리 과정을 거친 손 영역의 윤곽선에는 다수의 포인트가 추출되고 Convex hull기법으로부터 각각 포인트들에 대하여 고유 번호를 부여한다. 그중 손끝에 해당되는 중요한 포인트 그룹의 경계선을 추출한다.

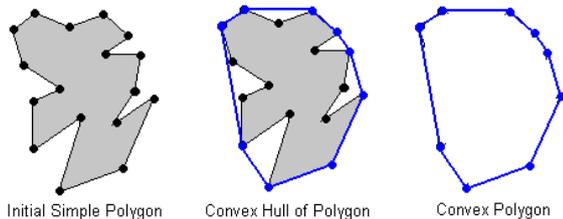


그림 3. Convex-Hull을 이용한 특징 점 추출 방법

3. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 사용된 입력 영상은 320 x 240, 24bit RGB칼라 영상이고 CCD 카메라로 실시간 처리하였다. HCbCr 칼라 모델과 피지 색상 필터를 적용시켜 손 후보 영역을 검출하고 레이블링 기법을 사용하여 얼굴과 손 영역을 분리하였다. 그림 4는 손 후보 영역을 검출한 영상이다.



그림 4. 피부 영역 검출

위와 같이 얻어진 손 영역에서, 그림 5와 같이 Canny edge, Chain code DP 순으로 전처리 과정을 거친 후 Convex Hull기법을 통해 최종적인 특징 점이 추출됨을 확인 할 수 있다.

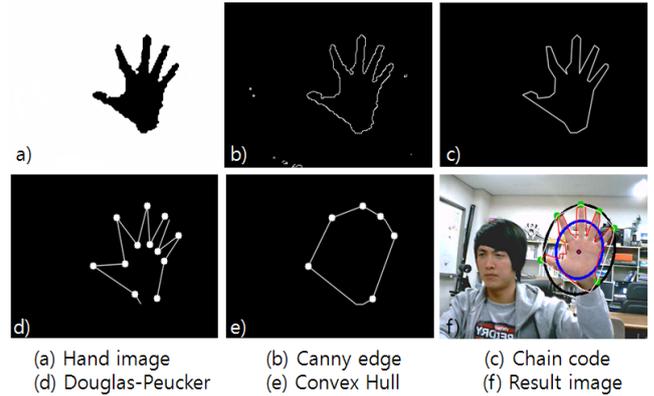


그림 5. 손 영역 특징점 추출 결과

4. 결 론

본 논문에서는 강인한 손 영역 특징 점 추출 방법을 제안하였다. 손에 부착하는 센서나 마커 없이, CCD 카메라에 의하여 입력된 칼라 영상에 HCbCr 칼라 모델과 피지 칼라 필터를 이용하여 손 후보 영역을 추출하였다. 그리고 최종적인 손 영역을 레이블링 기법을 통해 추출하였다. 그 후, 추출된 손 영역의 실루엣을 히스토그램 기법에 적용하여 손 영역 내의 COG를 추출한 다음 손 영역 특징 점 추출을 위해 Canny edge 기법과 Chain Code기법, DP기법들을 이용하여 1차 특징 점을 추출하였다. 추출된 1차 특징 점을 Convex Hull기법 사용하여 손 영역의 특징 점을 매우 효과적으로 추출하였다. 마지막으로, 복잡하고 다양한 실내 환경에서의 실험을 통해 그 응용 가능성을 증명하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] V. I Pavlovic, R. Sharma, T.S. Huang, "Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction : a review", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 10, No. 7, July, 1997.
- [2] M. Ishikawa, H. Matsumura, "Recognition of hand-gesture based on self-organization using a DataGlove", ICONIP '99, Vol. 2, pp. 739-745 1999.
- [3] V. I Pavlovic, R. Sharma, and T. S. Huang, "Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: A review", IEEE PAMI, Vol.19, No.7, pp.667-695, 1997.
- [4] M. H. Kim, J. B. Park, Y. H. Joo, "Automatic Extraction of Facial Region Using Fuzzy Color Filter", Int. Sym. on Advanced Intelligent Systems, Oct, 2005.
- [5] R. M. Haralick, L. G. Shapiro, "Computer and Robot Vision," Vol. 1, Addison-Wesley, 1992.
- [6] G. Q. Lu, H. G. Xu, and Y. B. Li, "Line detection based on chain code detection", Vehicular Electronics and Safety, 2005. IEEE Int. Conf., pp. 98-103, Oct, 2005.
- [7] J. Hershberger and J. Snoeyink, "Speeding Up the Douglas-Peucker Line-Simplification Algorithm". Proc 5th Symp on Data Handling, pp. 134-143, 1992.
- [8] D. Avis and G. T. Toussaint, "An optimal algorithm for determining the visibility of a polygon from an edge", IEEE, Vol.C-30, pp. 910-914, Dec, 1981.