

## 다양한 손 제스처 인식을 위한 곡률 분석 기반의 손 특징 추출 알고리즘

Hand Feature Extraction Algorithm Using Curvature Analysis For Recognition of Various Hand Gestures

---

|                    |  |
|--------------------|--|
| 저자<br>(Authors)    | 윤홍찬, 조진수<br>Hong-Chan Yoon, Jin-Soo Cho  |
| 출처<br>(Source)     | <a href="#">한국컴퓨터정보학회논문지 20(5)</a> , 2015.5, 13-20 (8 pages)<br><a href="#">Journal of the Korea Society of Computer and Information 20(5)</a> , 2015.5, 13-20 (8 pages) |
| 발행처<br>(Publisher) | <a href="#">한국컴퓨터정보학회</a><br>The Korean Society Of Computer And Information  |
| URL                | <a href="http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06532859">http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06532859</a>  |
| APA Style          | 윤홍찬, 조진수 (2015). 다양한 손 제스처 인식을 위한 곡률 분석 기반의 손 특징 추출 알고리즘. 한국컴퓨터정보학회논문지 , 20(5), 13-20.   |
| 이용정보<br>(Accessed) | 광운대학교<br>128.134.57.***<br>2018/05/08 02:58 (KST)  |

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

## 다양한 손 제스처 인식을 위한 곡률 분석 기반의 손 특징 추출 알고리즘

윤 홍 찬 \*, 조 진 수 \*\*

### Hand Feature Extraction Algorithm Using Curvature Analysis For Recognition of Various Hand Gestures

Hong-Chan Yoon \*, Jin-Soo Cho \*\*

#### 요 약

본 논문에서는 손 제스처 인식에 필요한 특징 추출을 위하여 손가락의 개수뿐만 아니라 붙어있는 손가락 판별까지 인식할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 컬러모델 기반의 피부색 범위 필터와 레이블링을 통하여 입력 영상에서 손 영역을 검출하고, 외곽선 및 특징점과 이들로부터 추출한 곡률 정보를 이용해 퍼진 손가락의 개수 및 붙어있는 손가락 판별을 통한 특징을 추출하여 다양한 손 제스처를 인식한다. 실험결과 인식률과 처리 가능 프레임 레이트(frame rate)는 기존 알고리즘과 유사하였지만, 추출된 특징을 가지고 정의할 수 있는 제스처의 경우의 수는 기존 알고리즘보다 약 4배 정도 많아 훨씬 더 다양한 제스처를 인식할 수 있음을 알 수 있었다.

▶ Keywords : 손 제스처 인식, 손 특징 추출, 곡률 분석

#### Abstract

In this paper, we propose an algorithm that can recognize not only the number of stretched fingers but also determination of attached fingers for extracting features required for hand gesture recognition. The proposed algorithm detects the hand area in the input image by the skin color range filter based on a color model and labeling, and then recognizes various hand gestures by extracting the number of stretched fingers and determination of attached fingers using curvature information extracted from outlines and feature points. Experiment results show that the recognition rate and the frame rate are similar to those of the conventional algorithm, but the number of gesture cases that can be defined by the extracted characteristics is about four times higher than the conventional algorithm, so that the proposed algorithm

•제1저자 : 윤홍찬 •교신저자 : 조진수

•투고일 : 2015. 3. 4, 심사일 : 2015. 3. 16, 게재확정일 : 2015. 4. 10.

\* 가천대학교 일반대학원 IT융합공학과(Dept. of IT Convergence Engineering, Gachon University)

\*\* 가천대학교 IT대학 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Gachon University)

※ 이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임  
(2013R1A1A2011051)

can recognize more various gestures.

▶ Keywords : Hand Gesture Recognition, Hand Feature Extraction, Curvature Analysis

## I. 서 론

지난 10년 동안, 키보드나 마우스 대신에 컴퓨터를 제어하기 위한 다양한 상호작용 방법들이 소개되고 개발되어왔다. 사람의 신체기관으로 직접 인터랙션하여 컴퓨터와의 자연스러운 상호작용을 목표로 하는 NUI (Natural User Interface) 분야에서 카메라로부터 획득한 영상의 정보를 분석하여 목적에 따라 분류하는 제스처 인식 기술은 매우 편리하고 직관적이기 때문에 과거부터 현재까지 지속적으로 연구되어 오고 있다[1].

이러한 제스처 인식 기술 중 손 제스처 인식 과정은 크게 두 단계로 나뉘어 손가락, 손바닥, 그리고 손의 중심 등과 같은 손의 특징을 추출하는 단계와 추출한 특징을 추적 및 분석하여 목적 행위로 분류하는 제스처 인식 단계로 구성된다. 이때, 손의 특징을 추출하는 단계에서의 추출되는 특징은 이후 과정인 제스처 인식 단계에서 제스처의 분류 기준이 됨과 함께 제스처의 다양성을 결정하는 핵심적인 역할을 한다. 영상을 이용하여 손의 특징을 추출하는 기존 연구들의 알고리즘들은 손이 가지는 색, 손의 중심 및 손의 외곽정보를 이용하여 손의 특징을 추출한다[2-5]. 이러한 방식은 빠른 연산을 처리하여 일반 시스템뿐만 아니라 모바일과 같은 소형시스템에

도 적용될 수 있다. 그러나 이러한 기존 알고리즘들을 통해 추출되는 특징은 퍼진 상태의 손가락 개수에 치중되어 있다. 이렇게 추출된 다양하지 못한 특징들은 목적 행위로 분류하는 제스처 인식단계에서 컴퓨터와의 상호작용에 요구되는 다양한 목적 행위들을 지원하기에는 어려움이 따른다. 따라서 본 논문에서는 기존의 퍼진 손가락의 개수와 함께 손가락 간의 붙어있는 상태를 추가적으로 검출하여, 손 제스처의 다양성을 향상시킬 수 있는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 관련연구인 기존 알고리즘들에 대해 소개를 하며, 제 3장에서는 곡률 분석 기반의 손 특징 추출 알고리즘 대해서 설명하고, 제 4장에서는 제안하는 알고리즘에 대한 실험 평가 결과를 제시한다. 마지막으로 제 5장에서는 결론을 제시한다.

## II. 관련 연구

### 1. 관련연구

기존 알고리즘들[2-5]은 입력 영상에서 칼라 모델을 생성한다. 생성된 칼라 모델에 색상 필터를 적용하여 손 후보 영역을 분할하고 레이블링 방법을 적용하여 정확한 손 영역을 추출한다. 추출된 손 영역의 무게중심과 외곽선을 통하여 1차 특징점을 추출한다. 추출된 1차 특징점을 볼록껍질 기법을 적용하여 최종적인 손 영역의 특징점을 추출한다. 이러한 기존 알고리즘들은 일반 카메라를 활용하여 소형 임베디드 장비에서도 이용할 수 있을만큼 빠른 연산을 하는 프로세스를 지녔다. 하지만 반대로 퍼진손가락의 대한 개수만 추출할 뿐 손가락이 붙어 있을시 오인식을 하는 문제점을 지니고 있다(그림 1).

## III. 곡률 분석 기반의 손 특징 추출 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 전체과정(그림 2)은 두

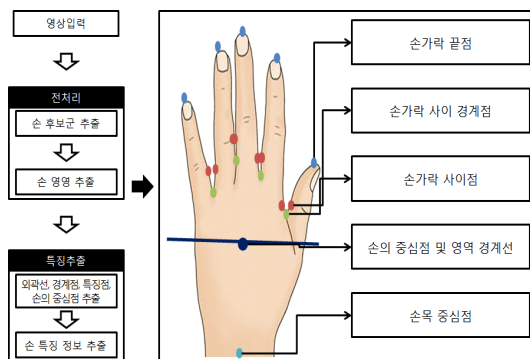


그림 2. 알고리즘 전체과정  
Fig. 2. Whole process of the algorithm

가지 과정으로 나눌 수 있다. 첫 번째로 손의 특징 추출에 필요한 손 영상을 추출하는 전처리 단계, 두 번째로 손 영상을 이용하여 퍼진 손가락 개수 및 손가락이 붙어 있는 상태를 가진 특징 정보를 추출하는 특징추출 단계로 구성되어있다. 본 장에서는 전처리 단계와 특징 추출 단계를 상세히 기술한다.

## 1. 전처리 단계

전처리 단계는 영상에서 많은 물체 중 손의 영역을 찾아내는 단계이다. 손의 영역을 찾아내기 위하여 손 영역이라 추측되는 후보군을 추출하는 손 후보군 추출 과정과 손 후보군 중 손 영역을 찾아내는 과정을 거친다.

### 1.1 손 후보군 추출

손의 후보군 추출의 첫 번째 과정은 영상에서 움직이는 손이 포함되는 물체를 추출하기 위하여 현재 입력 영상에서 초기 입력 영상에 차 영상[6]을 통하여 얻는다(그림 3). 두 번째 과정에서 움직이는 물체 중 피부색의 손 후보군을 뽑아내기 위해 이전 처리된 차 영상에 YCbCr컬러모델의 휘도 성분인 Y를 제외한 Cb, Cr를 기반으로 한 피부색 범위 필터[7]를 통하여 손 후보군 이진화 영상을 추출한다.

YCbCr컬러모델을 통하여 추출된 손 후보군 이진화 영상은 그림자로 인해 노이즈(noise)나 홀(hole)로 인해 발생하는 손실된 손 내부 부분을 채워주기 위하여 모폴로지 연산에서 팽창과 침식의 결과인 닫힘 연산을 수행하여 손실된 손 내부를 보충해 준다.

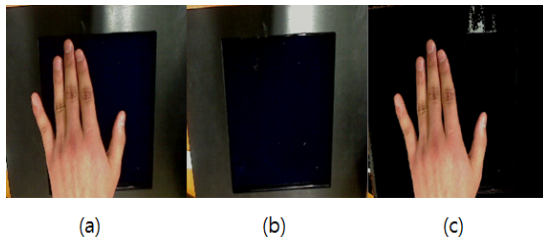


그림 3. (a) 현재입력영상 (b) 초기입력영상 (c) 차영상  
Fig. 3. (a) The current input image (b) The initial input image (c) The difference Image

### 1.2 손 영역 추출

피부색 필터에 의해 처리된 손 후보군 영상은 손 영역 외 여러 잡음이 존재한다. 손은 피부색에 대한 필터 범위에 들어가기 때문에 영상에서 커다란 영역을 차지하고 있다. 이에 영상 내에서 객체 검출 효과가 있는 연결성분 레이블링

(Connected Component Labeling) 알고리즘[8]을 이용하여 픽셀이 연결된 각 집단을 추출한 후 최대 크기를 가진 집단을 남김으로써 불필요한 잡음을 없애고 손 영역만 가지고 있는 이진화 영상을 추출하였다.

## 2. 특징 추출 단계

특징 추출 단계는 손의 영상에서 손의 특징을 추출하는 단계로 손 외곽선, 손가락 사이 경계점, 외곽선 특징점, 손의 중심점을 추출하고 이를 기반으로 손가락의 퍼진 개수, 손가락 끼리의 붙어있는 상태의 특징 정보를 추출한다.

### 2.1 곡률 정보 및 손가락 사이 경계점 추출

특징 추출 단계의 첫 번째 과정에서는 손가락이 붙어있을 시 나타나는 특징을 이용하여 붙어 있는 손가락을 판단 하는데 핵심적인 역할을 하는 손가락 사이 경계점 추출하는 과정이다. 손가락 사이 경계점을 얻기 위해서는 손 외곽 곡률 정보를 추출하고 이를 기반으로 검출한다.

먼저, 손 외곽 곡률 정보를 추출하기 위해서는 곡률 판단에 사용되는 곡률 중심점과 곡률을 이루는 선을 추출하여야 한다. 첫 번째로 손 형태를 표현해주는 외곽선을 얻기 위하여 손의 이진화 영상에 스네이크(Active Contour Model) 알고리즘[9]을 적용하여 손의 바깥 외곽선을 얻는다. 두 번째로 손의 형태 중 일반적으로 직선의 성향을 가장 많이 포함한 부분은 손가락 사이 경계선이지만 손가락 관절로 인해 사실상 직선의 길이는 그리 길지 않다. 이러한 손이 가지는 특징을 기반으로 영상에서 손의 외곽선 중 굴곡의 변화가 없으면서 가장 길이가 외곽선을 손목선 영역이라 인지한다. 그리고 손목선 영역이라 판단되는 선의 양 끝점의 중점을 손목의 중심점이라 판단하고 이를 곡률 판단에 사용되는 곡률 중심점으로 지정한다. 세 번째로 추출된 곡률의 중심점과 손의 외곽선을 이용하여 손의 곡률 정보를 추출한다. 손의 외곽선을 구성하는 점들 중 K(임계 값) 간격에 3개의 점을 순차적으로 추출하여 식 (1) 조건을 통해 곡률의 오목을 판단한다. 오목에 판단 조건은 세 개의 점과 곡률 중심점에서의 길이 비교 및 점들이 이루는 각도 조건을 통하여 판단한다.

$$concave(P_n) = \begin{cases} 1, & \text{distance}(\frac{P_{n-k} + P_{n+k}}{2}) > \text{distance}(P_n) \\ & \text{and } 0 < \theta < 120^\circ \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$P_n = P_{\text{random contours}} - P_{\text{wristcenter}}$$

손의 형태는 손목의 중심에서 손가락 끝점 지역은 블록하며, 손가락 사이 점 지역은 오목하다. 한 손가락 사이 점 지역에서 오목한 손가락 사이 점은 많지만 오목한 점과 아닌 점의 경계점은 손가락 사이 점 지역에서 두 개밖에 존재하지 않는다. 손가락 사이 경계점은 오목의 곡률 특징을 가지다가 없어지는 점과 오목한 특징이 나타나기 시작하는 점으로 정의한다. 식 (2) 조건을 통해 손가락 사이 경계점을 추출한다(그림 4).

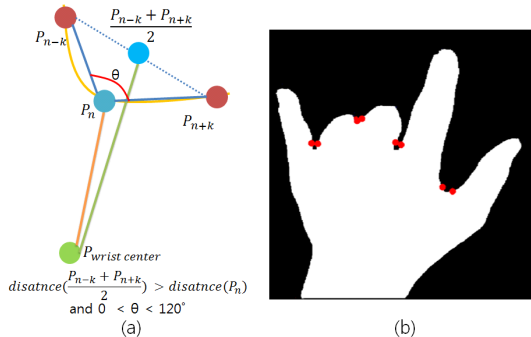


그림 4. (a) 오목판단조건 (b) 추출된 손가락 사이 경계점  
Fig. 4. (a) Concave decision condition (b) Boundary point between the extracted finger

$$\text{boundarypoint}(P_n) = \begin{cases} (\text{concave}(P_n) = 1 \text{ and } \text{concave}(P_{n-1}) = 1 \\ \text{and } \text{concave}(P_{n+1}) = 0) \\ \text{or} \\ (\text{concave}(P_n) = 1 \text{ and } \text{concave}(P_{n+1}) = 1 \\ \text{and } \text{concave}(P_{n-1}) = 0) \\ 0, \text{ otherwise} \end{cases}$$

### 2.2.2 손가락 끝점 인식 및 퍼진 손가락의 개수

손의 외곽 특징 정보를 단순한 정보로 얻기 위해 이전 단계에서 구해진 외곽선 정보를 이용하여 외곽선 특징점을 추출한다. 외곽선 특징점 추출에는 외곽 근사화 알고리즘인 더글라스 페커 (Douglas-Peucker) 알고리즘[10]을 적용하였다(그림 5). 더글라스 페커 알고리즘은 연속된 점으로 추정된 곡선에서 점의 수를 감소시켜 직선으로 근사화한다. 추출된 외곽 특징점들 중 예각을 가지는 점들은 퍼진 손가락 끝점, 붙어 있지 않은 손가락 사이 점, 그 외 손 외곽 점(예각을 가진 손목 점)들 중 한 곳에 해당하는 점들이다.

추출된 점들 중 손 외곽에 위치한 손가락 끝점 및 손 외곽 점 그룹과 손가락 사이 점을 분류하기 위해 볼록껍질 (Convex Hull) 알고리즘[11]을 적용하였다. 이 알고리즘은 여러 점들의 최외곽의 점들을 연결하는 다각형을 추출할 수 있다. 이 다각형을 구성하는 꼭지점은 손의 최외곽 점이므로

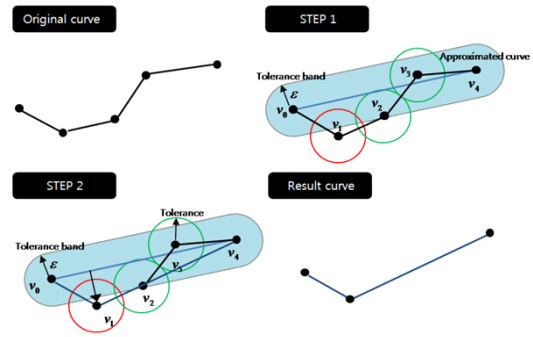


그림 5. 더글라스 페커 알고리즘  
Fig. 5. Douglas-Peucker algorithm

외곽 특징점들 중 최외곽 점이 아닌 손가락 사이 점은 제외할 수 있으므로 이를 통해 손가락 끝점 및 손 외곽 점만 검출할 수 있다.

손가락 끝점과 손 외곽 점을 구분을 위해 손가락 끝점이 분포된 손가락 영역과 손목 점이 분포된 손목 외곽 영역을 구분해주는 영역 경계선이 필요하다. 영역 경계선의 기준점은 손의 특징 중 손의 중심에 기준을 두고 손이 뻗어 있는 방향의 법선이 손가락 영역과 손목 외곽 영역을 나눠주는 기준이 된다. 영역 경계선의 기준인 손 중심점을 거리변환해럴[12]을 통하여 얻는다. 손 중심점에서 손이 뻗어있는 방향을 나타내주는 예각을 가진 외곽 특징점과 손가락 사이 경계점들 간의 직선의 평균 기울기는 영상에서 손가락이 뻗어 있는 방향성을 가진다. 손가락이 뻗어 있는 방향성을 가진 직선의 법선이면서 손 중심점을 지나는 직선은 손가락이 모여 있는 영역과 그 외 영역을 구분하기 위한 영역의 경계선이 된다. 영역 경계선을 통하여 손가락 끝점, 그 외 손 외곽 점(예각을 가지는 손목 점)이 포함되어있는 영역을 구분할 수 있다. 퍼

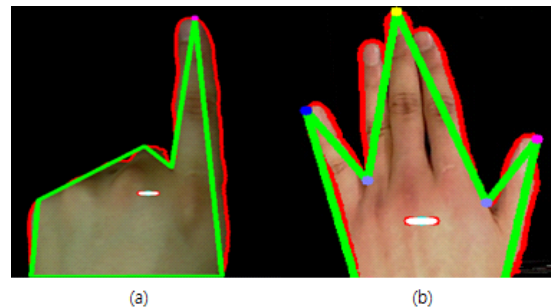


그림 6. (a) 붙어있는 손가락이 없을 때의 손가락 끝점 추출 (b) 붙어있는 손가락이 있을 때의 손가락 끝점 추출

Fig. 6. (a) Extraction of fingertip when the finger is not attached (b) Extraction of fingertip when the finger is attached

진 손가락의 끝점은 손 중심점에서 외곽 특징점 및 손가락 사이 경계점들의 평균 거리보다 길다는 특징을 이용하여 외곽 특징점들과 손 중심점에서 평균거리보다 크면서 손가락 영역 안에 있는 점 개수로 퍼진 손가락의 개수를 추출할 수 있다 (그림 6).

### 2.3 붙어 있는 손가락 판별

외곽선 특징점은 외곽선의 기울기가 크게 변하는 지점의 직선 형태의 외곽선을 추출하기 때문에 손가락이 붙어있는 경우 외곽선의 기울기 변화 크기가 감소하므로 (그림 6-b)에서 볼 수 있듯이 붙어있는 손가락들의 끝점을 정확하게 추출하기 어렵다. 이렇게 붙어있는 손가락을 판별 할 수 없는 기존 알고리즘들은 손 제스처 분류하는 제스처 인식단계에서 다른 제스처임에도 불구하고 같은 제스처로 인식하는 오인식을 하는 상황이 발생하여 손을 통해 정의할 수 있는 제스처의 수를 제한시킨다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 손가락의 끝점에 일정 영역을 잡아 붙어 있을 때의 곡률 정보를 통해 추출되는 손가락 사이 경계점의 유무 및 개수를 통하여 붙어있는 손가락을 판별하려 한다.

외곽선 특징점을 기준으로 퍼진 손가락 끝점의 양쪽에는 손가락 사이 점 또는 손목 점이 존재한다. 붙어있는 손가락 주위에는 손가락 사이 경계점이 무조건 존재하고 그 범위는 양쪽 점(손가락 사이 점 또는 손목 점)까지 해당된다. 퍼진 손가락 끝점에서 양쪽 점까지의 범위 영역 안에 포함된 손가락 사이 경계점 개수를 통하여 붙어있는 손가락의 개수를 추정할 수 있다.

붙어 있는 손가락 판별 영역의 가로 영역은 퍼진 손가락 끝점의 양쪽 점 간의 길이를 가지고 해당 손가락 끝점에서의 법선 기울기를 가지며 손가락 끝점을 중점으로 가진 직선이다. 그리고 세로 영역은 손가락 끝점과 손 중심점까지 길이의

영상에 크기에 따른 임계 값  $J$ 를 주어  $1/J$ 이 되는 길이를 세로의 길이로 지정하여 영역을 생성한 뒤 가로영역에 중점을 손가락 끝점에 맞춘다.

손가락끼리 붙어있는 한 곳에는 두 개의 손가락 사이 경계점이 존재한다. 이를 통해 한 손가락 끝점 영역 내 뽑히는 손가락 사이 경계점이  $2N$  개이면 붙어있는 곳은  $N$ 개로 산출할 수 있다(그림 7, 그림 8).

```
n_location = 추출된 N번째 손가락 끝점 위치;
threshold = 해상도에 따른 임계 값;
count = 0;
판별 영역의 가로길이 =
거리(n_location에서 근접한 왼쪽 사이점, n_location에서 근접한 오른쪽 사이점);
판별 영역의 세로길이 = 거리(K, 손 중심점) / threshold;
판별 영역 가로의 중점을 n_location 위치로 고정;
for(i=0; i<판별 손가락 사이 경계점 수; i++){
    if(i번째 손가락 사이 경계점이 영역안에 존재 여부)
        count++;
}
N번째 손가락에 붙여진 손가락 개수 = count/2;
```

그림 8. 제안하는 알고리즘의 붙어 있는 손가락 판별 프로시저  
Fig. 8. The determination procedure of attached fingers of the proposed algorithm

## IV. 실험

제안하는 알고리즘에 대한 구현 및 기존 알고리즘과의 비교 평가는 Inter(R) Core(TM) i5 @2.60GHz CPU, 4GBBytes memory, Windows 7 64bit, Visual C++ 언어, 및 로지텍 웹캠 C905 환경에서 진행하였고, 카메라 영상을 이용하여 퍼진 손가락 개수를 추출하는 기존 알고리즘[4]과 퍼진 손가락 개수 추출 및 붙어 있는 손가락 판별의 기능을 가진 본 알고리즘을 비교하였다.

영상에서 추출된 손 영역에서 붙어있는 손가락이 존재하지 않는 경우(그림 9) 퍼진 손가락의 개수 추출에서는 기존 알고리즘과 제안하는 알고리즘은 똑같은 개수를 추출한다. 하지만 붙어있는 손가락이 존재하는 경우(그림 10) 기존 알고리즘은 붙어있는 손가락을 하나의 손가락으로 판별하여 붙어있는 손가락에 대한 정보를 손실한 상태로 퍼진 손가락의 개수를 추출하여 부정확한 손가락의 개수를 추출하게 된다. 하지만 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 이용한 경우 붙어있는 손가락 지점에서 곡률 정보를 통하여 기존 알고리즘에서 손실된 붙어있는 손가락에 대한 정보를 추출할 수 있다. 그러므로 손가락의 붙어있는 상태 및 퍼진 손가락의 개수를 정확하게 추출할

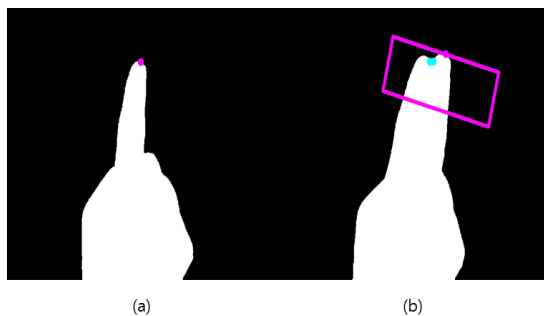


그림 7. (a), (b) 붙어있는 손가락 판별  
Fig. 7. (a), (b) Determination of attached finger



수 있게 되어 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 이용할 시 기존 알고리즘이 가지는 제스처 분류에서의 다양성 문제를 해결할 수 있다.

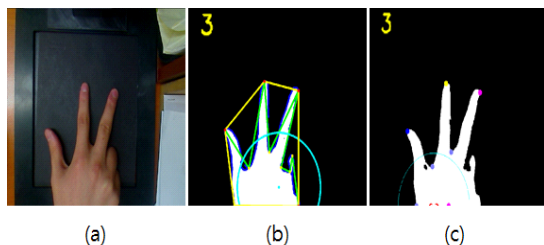


그림 9. 붙어있는 손가락이 존재하지 않는 경우 :  
(a) 원본 영상 (b) 기존 알고리즘 (c) 제안하는 알고리즘  
Fig. 9. When the finger is not attached : (a) Original image (b) Conventional algorithm (c) Proposed algorithm

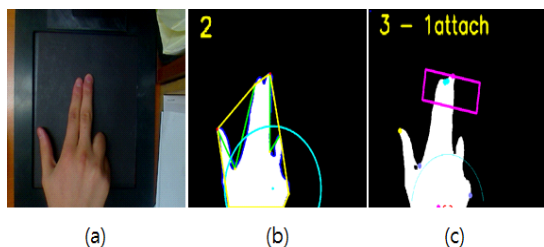


그림 10. 붙어있는 손가락이 존재하는 경우 :  
(a) 원본 영상 (b) 기존 알고리즘 (c) 제안하는 알고리즘  
Fig. 10. When the finger is attached : (a) Original image (b) Conventional algorithm (c) Proposed algorithm

기존 알고리즘은 펴진 손가락을 인식할 때 외곽선의 기울기가 크게 변하는 지점에 대해서만 손가락 정보를 얻기 때문에 펴진 손가락 끝점은 외곽선의 기울기가 크므로 추출되지만 붙어있는 손가락의 끝점은 기울기의 변화하는 크기가 감소하므로 붙어있는 손가락들 중 하나의 손가락의 끝점만 추출된다. 하지만 제안하는 알고리즘은 펴진 손가락의 끝점을 추출하면서도 외곽선에 대한 곡률 정보를 통하여 붙어있는 손가락에 대한 정보를 추출하여 기존 알고리즘이 가지는 문제점을 보완하여 손가락이 붙어있는 여러 가지 손동작에서도 붙어 있는 상태를 판별하여 특징을 추출할 수 있다는 것을 확인하였다(그림 11).

알고리즘에 대한 비교평가를 위해 기존 알고리즘과 본 논문에서 제안하는 알고리즘에서 추출된 특징을 기반으로 제스처 인식 단계에서 정의할 수 있는 경우의 수, 프레임 레이트(frame rate), 및 식 (3)에 따른 인식률을 평가하였다(표 1, 표 2, 표 3).

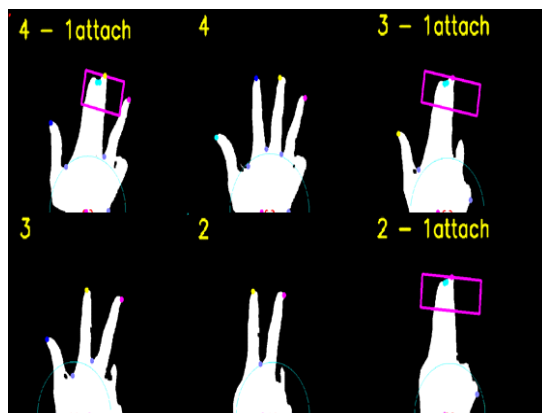


그림 11. 제안하는 알고리즘을 이용한 특징 추출 예시  
Fig. 11. Example of feature extraction using proposed algorithm

$$\text{인식률(\%)} = \frac{\text{정확히 추출되는 프레임}}{\text{하나의 제스처 동작시 전체 프레임}} \times 100 \quad (3)$$

표 1. 기존 알고리즘을 적용하여 정의할 수 있는 경우의 수  
Table 1. The number of cases that can be defined by applying the traditional algorithm

| 펴진손가락 개수 \ 붙어있는점 개수 | 1개 | 2개 | 3개 | 4개 | 5개 |
|---------------------|----|----|----|----|----|
| 0개                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 총합                  |    |    |    |    | 5  |

표 2. 제안하는 알고리즘을 적용하여 정의할 수 있는 경우의 수  
Table 2. The number of cases that can be defined by applying the proposed algorithm

| 펴진손가락 개수 \ 붙어있는점 개수 | 1개 | 2개 | 3개 | 4개 | 5개 |
|---------------------|----|----|----|----|----|
| 0개                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 1개                  | -  | 1  | 1  | 2  | 2  |
| 2개                  | -  | -  | 1  | 1  | 2  |
| 3개                  | -  | -  | -  | 1  | 1  |
| 4개                  | -  | -  | -  | -  | 1  |
| 총합                  |    |    |    |    | 18 |

표 3. 기존 알고리즘과 제안하는 알고리즘에서의 인식률 및 프레임 레이트  
Table 3. Recognition rate and frame rate in the conventional algorithm and proposed algorithm

| 알고리즘            | 제안하는 알고리즘 | 기존 알고리즘 |
|-----------------|-----------|---------|
| 성능              |           |         |
| 인식률(%)          | 92        | 93      |
| 프레임 레이트 (프레임/초) | 22        | 24      |

기존 알고리즘과 제안하는 알고리즘에 인식률은 차이가 미세하고 프레임 레이트에서는 곡률에 대한 분석이 포함되어 있어 기존 알고리즘과 제안하는 알고리즘이 2프레임의 차이가 난다. 하지만 기존 알고리즘은 단순 퍼진 손가락의 개수만을 판단하기 때문에 퍼진 손가락의 개수가 총 경우의 수가 되어 총 5가지의 경우의 수로만 분류되었다. 제안하는 알고리즘을 이용하였을 때에는 퍼진 손가락의 개수만 추출하였던 기존 알고리즘과는 다르게 퍼진 손가락의 개수 및 붙어 있는 손가락을 판별할 수 있기 때문에 퍼진 손가락의 개수가 증가할수록 붙임 상태 또한 증가하여 정의할 수 있는 경우의 수도 기존 알고리즘보다 증가하였다. 이에 따라 퍼진 손가락과 붙어 있는 손가락을 판별할 수 있는 본 알고리즘을 이용하였을 시 제스처 분류에 사용될 수 있는 경우의 수는 총 18가지가 될 수 있음을 확인하였다.

## V. 결론

본 연구에서는 붙어있는 손가락을 판별하지 못하는 기존 알고리즘의 문제점을 해결하여 좀 더 다양한 손 제스처를 분류할 수 있는 알고리즘을 설계 및 구현하였다.

제안한 알고리즘은 컬러모델 기반의 피부색 범위 필터와 레이블링을 통하여 입력 영상에서 손영역을 검출하고, 외곽선 및 특징점과 이를 기반으로 추출한 곡률정보를 이용하여 퍼진 손가락의 개수 및 붙여진 손가락의 판별한 특징 정보를 추출하여 손 제스처를 인식한다. 제안한 알고리즘은 인식률 및 프레임 레이트가 기존 알고리즘과 유사하지만, 제스처 분류 시 기존 알고리즘 보다 약 4배 많은 경우의 수를 추출할 수 있어 기존보다 훨씬 더 다양한 제스처를 인식할 수 있다는 장점을 가진다.

본 알고리즘은 기존 알고리즘이 가지는 빠른 연산력을 기반으로 소형시스템에 활용 및 일반카메라에 적용할 수 있다는 장점을 가지고 있으며 기존보다 약 4배 많은 제스처를 정의할 수 있으므로 스마트 TV와 같은 카메라를 가진 스마트 디바이스 분야에서 폭 넓게 활용될 수 있다.

본 알고리즘에 대한 보강 연구 방향으로서는 본 알고리즘에서 퍼진 손가락의 개수 및 붙어 있는 손가락의 판별에서 더 나아가 추출되어 있는 손가락 끝점이 몇 번째 손가락의 끝점인지를 판별할 수 있는 위치 정보까지 추가적으로 검출하여 더욱 다양한 경우의 수를 추출할 수 있는 알고리즘에 대한 연구를 진행할 예정이다.

## REFERENCES

- [1] S. Mitra and T. Acharya, "Gesture Recognition: A Survey," IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, vol.37, no.3, pp.311-324, May 2007
- [2] M. Y Na, H. J You and T. Y Kim, "A Vision-based Real-time Hand Pose and Gesture Recognition Method for Smart Device Control", THE JOURNAL OF KOREAN INSTITUTE OF NEXT GENERATION COMPUTING, Vol. 8, No. 4, pp. 27-34, August 2012
- [3] H. D Seo, H. R Kim and Y. H Joo, "Feature Extraction of Hand Region Using Center of Gravity", Proceedings of KIIS Fall Conference, Vol. 21, No. 2, pp. 163-164, Korea, November 2011
- [4] H. S Jeong and Y. H Joo, "Feature Point Extraction of Hand Region Using Vision", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 58, No. 10, pp.2041-2046, October 2009
- [5] I. K Choi and J. S Yoo "Hand shape recognition based on geometric feature using the convex-hull", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 18, No. 8, pp. 1931-1940, August 2014
- [6] J. H Lee, J. M Kim, S. W Cho, "Information Fusion for Object Detection and Tracking", Proceedings of the IEEK Conference II, pp. 707-708, Korea, November 2007.
- [7] M. C Kim and J. H Oh, "Skin Tone Enhancement Based on Human Favorite Skin Color", Proceedings of the IEEK Conference, Vol. 25 No.1, pp. 5-8, Korea, June 2002.
- [8] B. R Lee, G. Y Kim, K. K Park and B. E Min, "Comparative Study on Connected Component Labeling", IEIE WorkShop Vol. 9, pp. 86-91, 1997
- [9] M. Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models", International Journal of



Computer Vision, Vol. 1, pp. 321-331, January 1988.

- [10] D. Douglas, T. Peucker, "Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature", Canada. Cartographer, Vol. 10, pp. 111-122, 1973.
- [11] S. G. Aki and G. T. Toussaint, "Efficient convex hull algorithms for pattern recognition applications", Int'l Joint Conf. on Pattern Recognition, pp. 483-487, 1978.
- [12] G. Borgefors, "Distance transformations in digital images," Computer Vision, Graphics and Image Processing, Vol. 34, pp. 344-371, 1986.

## 저 자 소 개



### 윤 홍 찬

2014: 가천대학교

컴퓨터공학과 공학사.

현 재: 가천대학교 일반대학원

IT융합공학과 석사과정

관심분야: 영상처리

Email : ychqwertyuiop@nate.com



### 조 진 수

1994: 인하대학교

전자공학과 공학사.

1998: Columbia University

전자공학과 공학석사.

2003: Georgia Institute of

Technology

전자공학과 공학박사

2001 ~ 2002:

EG Technology Inc.

Software Engineer

2004 ~ 2006:

삼성전자 책임연구원

2006 ~ 현재:

가천대학교 IT대학

컴퓨터공학과 부교수

관심분야: 영상처리, 신호처리,

3D 그래픽스, 멀티미디어

Email : jscho@gachon.ac.kr