Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 23 No. 9, pp. 1-6, September 2018
www.ksci.re.kr
https://doi.org/10.9708/jksci.2018.23.09.001

# Division of the Hand and Fingers In Realtime Imaging Using Webcam

Ho Yong Kim*, Jae Heung Park**, Yeong Geon Seo**

## Abstract

In this paper, we propose a method dividing effectively the hand and fingers using general webcam. The method executes 4 times empirically preprocessing one to erase noise. First, it erases the overall noise of the image using Gaussian smoothing. Second, it changes from RGB image to HSV color model and YCbCr color model, executes a global static binarization based on the statistical value for each color model, and erase the noise through bitwise-OR operation. Third, it executes outline approximation and inner region filling algorithm using RDP algorithm and Flood fill algorithm and erase noise. Lastly, it erases noise through morphological operation and determines the threshold propositional to the image size and selects the hand and fingers area. This paper compares to existing one color based hand area division method and focuses the noise deduction and can be used to a gesture recognition application.

▸Keyword: RGB color based, Hand Division, Realtime Imaging, Hand and Fingers, Gesture recognition

## I. Introduction

손의 모양과 동작은 인간의 의사소통 수단으로써 매우 큰 역할을 해왔고, 현대에도 사람간의 의사소통 수단으로써 여전히 사용되고 있는 유서 깊고 굉장히 직관적인 인터페이스라 볼 수 있다. 이러한 손동작의 직관적이고 원초적인 특징에서 착안해, 기존의 키보드와 마우스를 이용한 물리적 입력 인터페이스를 탈피하여 손동작 인식을 기반으로 한 NUI(Natural User Interface)가 HCI(Human-Computer Interaction) 분야에서 꾸준히 연구되고 있다. 손동작과 같은 제스처 기반 인터페이스는 센서나 장비를 사용자의 신체에 부착시켜 사용자의 움직임을 이용하는 접촉식 방법과 사용자의 움직임을 카메라로 획득하고 획득된 영상의 시각 기술만을 이용하는 비접촉식 방법으로 구분된다[1].

접촉식 방법은 고가의 장비나 센서를 이용하여 비교적 정확한 사용자의 제스처들을 추적하고 인식하는데 사용되지만, 사용자는 부자연스러운 장비를 이용해야하는 불편함을 감수해야 한다. 이와 달리 비접촉식 방법은 사용자로부터 불필요한 장비를 해소하고 자연스러운 움직임을 보장하지만, 상대적으로 사용자의 움직임에 대한 특징점을 추적하는데 어려움이 있다[1]. 비접촉식 인터페이스는 크게 '손 영역 분할'과 '손동작 인식'이라는 기술적 범주로 나누어진다. 손 영역 분할 방법은 요구되는 디지털 정보를 기준으로 구분할 때 크게 '색상 정보 기반 손 영역 분할 방법'과 '깊이 정보 기반 손 영역 분할 방법', 앞의 두 가지 방법을 적절히 혼합한 방법으로 나눌 수 있다.

일반적으로 색상 정보 기반의 손 영역 분할 방법에 비해, 깊이 정보 기반의 손 영역 분할 방법은 주변 휘도의 영향을 받는 정도가 낮으므로 손 영역 분할에 있어서 정확도가 높다. 그러나 사용자 관점에서 볼 때, 깊이 정보를 계측하기 위한 별도의 센서가 요구된다는 단점이 있다. 그리고 기존에 연구된 색상 정보 기반 손 영역 분할 방법들은 대부분 단일 색상 모델과 통계적 색상 범위를 이용해 손 영역을 분할하여, 잡음 보정에 대해 한계가 있었다. 이에 우리는 별도의 센서에 대한 요구 없이 일상생활에서 보편화된 웹캠에 제스처 인식을 이용한 응용 기술을 적용한다는 것을 가정하였다. 그리고 기존의 단일 색상 모델 기

• First Author: Ho Yong Kim, Corresponding Author: Yeong Geon Seo
*Ho Yong Kim (hykim@yjc.ac.kr), School of Computer Information in Yeungjin College
**Jae Heung Park (pjh@gnu.ac.kr), Dept. of Computer Science, Gyeongsang Nat'l University
**Yeong Geon Seo (young@gsnu.ac.kr), Dept. of Computer Science, Graduate School of CCBM and Engineering Research Institute in Gyeongsang Nat'l University
• Received: 2018. 08. 16, Revised: 2018. 09. 01, Accepted: 2018. 09. 14.

반 손 영역 분할 방법의 잡음 완화 및 정확성 향상을 목표로 하였다. 따라서 이러한 응용 기술의 기술적 기반이 되는, 웹캠을 이용한 실시간 영상에서 손과 손가락의 분할을 제안하고 실험한 결과를 기술한다.

## II. Related Works

손 영역의 분할 방법은 크게 두가지 방법으로 나눌 수 있다. 먼저, 색상 정보 기반의 손 영역 분할 방법은 특정 색상 모델에서 각 채널의 정보를 이용하여 손 영역을 분할하는 것이다. 일반적으로 RGB 색상 모델, HSV 색상 모델, YCbCr 색상 모델을 많이 이용한다. 이러한 색상 정보 기반 손 영역 분할 방법은, 기술이 응용되는 실생활 환경의 경제성을 고려하여 많은 손 영역 분할 관련 연구에서 채택하고 있는 방법이다. 이 방법은 정적 임계치 기반 손 영역 분할 방법과 동적 임계치 기반 손 영역 분할 방법으로 나눌 수 있다[1-3].

정적 임계치 기반 손 영역 분할 방법은, 손 영역 분할의 기준이 되는 특정 피부색의 통계적인 색상 값 범위를 이용하여 손 영역을 분할하는 것이다[4-8]. 동적 임계치 기반 손 영역 분할 방법은, 실시간으로 입력되는 영상에 대해 픽셀 단위의 차 영상을 계산하여 동적으로 임계치를 결정하고 이를 통해 손 영역을 분할하는 것이다. 기존의 정적 임계치 기반 손 영역 분할 방법은 일반적으로 단일 색상 모델을 기준으로 특정 인종의 피부색에 대한 통계적 색상 범위를 통해 손 영역을 분할한다. 따라서 피부색이 유사한 같은 인종이라할지라도 사람마다 조금씩 다른 피부색의 차이를 아울러 분할하기에 한계가 있다. 그리고 차 영상을 이용한 동적 임계치 기반 손 영역 분할 방법은, 실시간 영상을 획득하고 있는 주체인 하드웨어(웹캠)가 물리적으로 흔들리거나 영상에서 배경, 얼굴과 같이 손을 제외한 다른 영역도 함께 움직일 경우 손 영역 분할에 있어 정확성이 떨어진다는 단점이 있다.

다음으로, 깊이 정보 기반의 손 영역 분할 방법은 별도의 깊이 센서를 이용하여 깊이 정보를 측정하고, 해당 깊이 정보를 클러스터링 하여 객체 영역을 분할하는 방법이다. 깊이 센싱 기법의 종류에는 구조광(Structured Light) 기법과 TOF(Time of Flight) 기법이 있다. 구조광 기법은 IR 프로젝터의 스캐터 필름을 통해 산포된 특정 패턴의 적외선을 전방에 투영시키고, 객체 영역의 IR 패턴 왜곡 정도와 시차 비교를 통해 깊이 정보를 계산하는 기법이다. 그리고 TOF 기법은 IR 프로젝터에서 적외선을 투사하여 객체에 반사되어 되돌아오는 시간을 측정하여 깊이 정보를 계측하는 방법이다.

깊이 정보 기반의 손 영역 분할 방법은 휘도 변화에 큰 간섭을 받는 색상 정보 기반 손 영역 분할 방법보다 대체로 정확성이 높지만, 깊이 정보를 측정하기 위한 별도의 센서가 요구된다. 따라서 현재, 널리 보급된 웹캠과 같은 소형 영상 입력 장치의 가격 대비 하드웨어 구성 수준으로 볼 때 사용자 관점에서 경제적으로 비효율적이라는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 일반적인 웹캠을 이용하여 손 영역을 분리하는 방법을 제안하고 기존의 방법에 비해 우수하다는 것을 실험적으로 보인다.

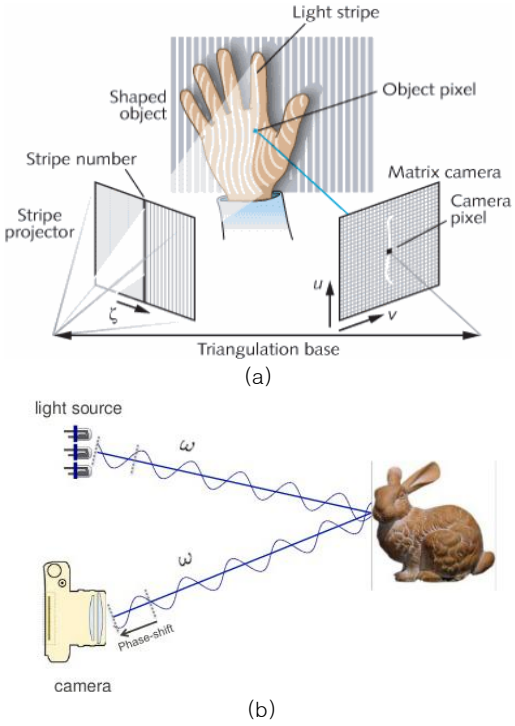



Fig. 1. (a) Structured Light (b) TOF Technique

## III. Proposed Method

본 장에서는 손 영역을 분할하기 위한 전체 시스템의 구성과, 이 연구를 통해 제안하는 기법을 효과적으로 수행하기 위한 인터페이스와 환경적 전제 조건에 대해 기술한다.

### 1. Overall proposed method

제안하는 기법은 정규분포[9]에 의한 1차 잡음 제거, 통계적 수치에 의한 전역 고정 이진화, 윤곽선 근사화와 플러드 필 알고리즘을 사용한 잡음 제거, 모폴로지 연산을 이용한 잡음 제거, 영상 크기 비례적 임계치 결정을 통한 손 영역 선정으로 구성된다. 이러한 방법은 앞서 서론부에서 언급한 바와 같이 RGB 색상 기반 웹캠을 이용하여 손 영역을 효과적으로 분할하기 위한 것이다. 따라서 RGB 색상 기반 웹캠이 PC에 연결된 상태이어야 하며, 웹캠은 사용자의 정면에 위치하여 실시간으로 사용자의 손이 포함된 프레임을 획득할 수 있어야 한다. 그리고 별도의 센서 없이 웹캠으로부터 획득한 RGB 색상 정보만을 이용하는 본 기법의 특성 상, 하드웨어의 광량 확보 성능에 영향을 받는다. 즉 웹캠의 하드웨어적인 성능에 따라 주변 환경의 휘도 변화에 반응하는 정도가 달라 매 프레임마다 크게 변동된 영상 정보를 획득할 수도 있다. 최근 판매 중인 대부분의 웹캠 제품들은 주변 조명을 감지하여 프레임 속도 및 노출을 자동으

로 조절해 주는 소프트웨어 기술을 탑재하여 출시되는데, 이러한 기술이 일관성 있는 수행 결과를 얻는데 방해 요소가 될 수 있다. 따라서 안정적인 영상 정보 획득을 위해, 가급적 프레임 속도 및 노출 보정 기능을 사용하지 않는 것을 권장한다. 그리고 앞서 본 연구에서 제안하는 기법에 통계적 수치를 이용한 전역 고정 이진화 기법이 포함되어 있다고 하였는데, 여기서 말하는 통계적 수치는 동아시아인을 기준으로 한 피부색에 대한 통계적 수치를 말한다 [10]. 따라서 본 연구에서 제안하는 손 영역 분할 방법은 동아시아인의 피부색을 기준으로 한 것이다.

## 2. Noise removal

웹캠으로부터 획득한 실시간 프레임에 대해 전반적인 잡음을 제거한다. 이 때 사용한 기법은 가우시안 스무딩 기법으로써, 랜덤하게 분포된 영상의 잡음을 분석해보면 가우시안 분포를 보인다는 특징에 착안하였다. 2차원 가우시안 함수를 통해 생성된 15x15 크기의 가우시안 커널을 이용하여 입력 영상에 대해 회선을 수행한다.

앞서 언급한 바와 같이, 기존의 RGB 색상 모델 기반 영상은 주변 환경의 휘도 변화에 반응하는 정도가 크다. 이에 대한 보편화된 해결책으로써, 정규화된 RGB를 이용하여 최대한 밝기 정보에 영향을 받지 않도록 하는 방법이 있다. 그러나 정규화된 RGB를 이용하는 방법은 입력되는 영상의 전반적인 밝기가 어두운 경우에 색상 정보가 매우 불안정해질 수 있다는 문제점이 있다. 즉, 인간이 육안으로 보기에 검은색으로써 거의 차이가 없어 보이는 두 픽셀의 값이, 정규화 과정을 거친 후 극과 극의 색으로 나타나 잡음으로 표현될 수 있다는 것이다. 따라서 휘도 변화에 대한 강인함을 추구하기 위하여 RGB 색상 모델이 아닌 다른 종류의 색상 모델을 검토해본 결과, 그림 2의 (a), (b)와 같은 HSV 모델과 YCbCr 모델을 사용하는 것이 적합하다.

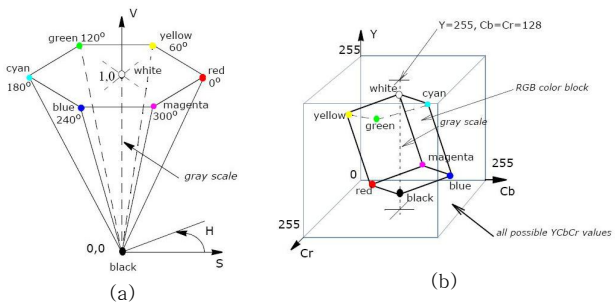



Fig. 2. (a) HSV color model (b) YCbCr color model

앞의 두 가지 색상 모델을 이용하여 통계적 수치에 의한 전역 고정 이진화를 수행하는 방법을 본 연구에서는 적용한다. 먼저, 기존의 RGB 색상 모델 기반 영상에 대해 HSV 색상 모델로 변환한다. HSV 색상 모델로의 변환 후, 고르지 못한 밝기 분포를 보정하기 위해 V 채널에 대해 히스토그램 평활화를 수행하고, 밝기 성분이 고르게 분포된 V 채널과 아무런 처리를 가하지 않은 기존의 H, S 채널을 병합한 후 다시 RGB 색상 모델 영상으로 변환한다. 마지막으로, 밝기 분포를 정규화시킨 RGB 영상에 대해 식 (1)과 같이 H, S 채널에 상이한 임계치를 사용하여 전역 고정 이진화를 수행한다.

$$B_{hsv}(x,y)=\begin{cases}255 & \text{if } 0 \le H \le 50 \\ & \text{and } 20 \le S \le 255 \\ 0 & o.w\end{cases} \quad (1)$$

다음으로, 앞서 수행한 처리를 통해 개선된 RGB 영상을 YCbCr 색상 모델로 변환하고 전역 고정 이진화를 수행한다. 여기서는 각 채널 별로 상이한 임계치를 사용하여 전역 고정 이진화를 수행한다. 앞서 개선된 RGB 영상을 YCbCr 색상 모델로 변환한 후, 식 (2)를 이용하여 Cr, Cb 채널에 대해 전역 고정 이진화를 수행한다.

$$B_{yuv}(x,y)=\begin{cases}255 & \text{if } 133 \le Cr \le 173 \\ & \text{and } 77 \le Cb \le 127 \\ 0 & o.w\end{cases} \quad (2)$$

앞에서 생성된 두 개의 이진화 영상을 각각 $B_{hsv}$, $B_{yuv}$라 할 때, 식 (3)을 이용하여 비트와이즈-OR 연산을 수행함으로써 잡음을 제거한 이진화 영상 $B_{sum}$을 획득한다.

$$B_{sum}(x,y)=B_{hsv}(x,y) \mid B_{yuv}(x,y) \quad (3)$$

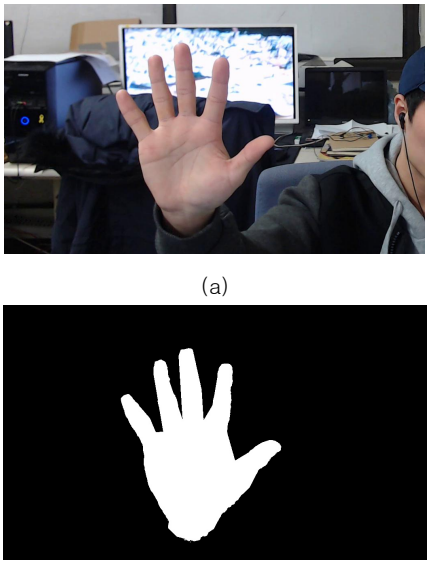
Fig. 3. (a) $B_{hsv}$ (b) $B_{yuv}$ (c) $B_{sum}$

객체의 윤곽선을 검출한 후, 잡음에 의한 불분명한 경계를 보완하기 위하여 RDP(Ramer-Douglas-Peucker) 알고리즘을 사용한다. RDP 알고리즘은 자유곡선(윤곽선)에서 $\varepsilon$ 값을 결정하여 자유곡선을 이루는 점의 개수를 감소시킨 후, 다수의 직선으로 근사화시키는 알고리즘이다. 제안 방법에서는 RDP 알고리즘의 $\varepsilon$ 값을 객체의 윤곽선 길이(픽셀 단위) x 0.003으로 설정하였으며, 0.003은 경험적 임계 상수이다. 다음으로, 연결 요소 분석 알고리즘 중 하나인 플러드 필 알고리즘을 이용하여 4방향으로 탐색하며 내부 영역을 채움으로써 3차로 잡음을 제거한다. 플러드 필 알고리즘을 수행한 결과는 그림 4와 같다.

Fig. 4. The result from flood fill algorithm

잡음을 제거하기 위한 마지막 단계로 모폴로지 연산을 이용

한다[11-13]. 모폴로지 연산은 영상 내에 존재하는 객체의 형태를 변형시키는 용도로 사용되는 기법으로써, 영상을 형태학적 관점에서 보고 접근하는 기법이다. 모폴로지 기법에는 침식 연산과 팽창 연산, 그리고 이 두 가지 연산을 유의미한 순서로 혼합한 열림과 닫힘 연산이 있다. 열림 연산은 침식 연산을 먼저 수행하고 팽창 연산을 수행하는 것으로써 잡영들을 제거하는 효과가 있다. 반면에 닫힘 연산은 팽창 연산을 먼저 수행하고 침식 연산을 수행하는 것으로써 구멍들을 제거하는데 효과적이다. 본 연구에서는 열림 연산과 닫힘 연산을 순서대로 각각 두 번씩 수행하여 잡음 제거 효과를 얻는다.



(a)

(b)

Fig. 5. (a) Source image and (b) the result image

### 3. Determining the hand through rate of the image size

잡음이 제거된 이진 영상에 대해 손 영역을 선정한다. 앞에서 서술한 전제(웹캠은 사용자의 정면에서 촬영하고 있어야 하며 손이 포함된 영상을 획득할 수 있어야 함)에 따르면 사용자가 가장 편리하게 제스쳐를 취할 수 있는 상태는 손이 얼굴보다 앞에 있는 상태이다. 이러한 전제를 고려하여, 손 영역은 이진 영상에서 가장 큰 영역을 차지하고 있는 연결 요소일 확률이 매우 높다고 판단할 수 있다. 하지만 어느 한 시점에 영상에 손이 포함되지 않았을 경우, 여러 가지의 잡음들 중 가장 큰 영역을 차지하고 있는 잡음을 손 영역이라고 판단할 수도 있다.

따라서 제안 방법에서는 식 (4)를 통해, 손 후보 영역으로 선정하기 위한 기준이 되는 최소 면적 임계치 $A_{\min}$을 경험적 수치를 통해 결정하였다. $A_{\min}$은 영상의 전체 크기($w \times h$)에 특정 비율을 나타내는 임계 상수 $r$을 곱하여 결정된다. 즉, 이진 영상에 대한 연결 요소 분석을 통해 각 연결 요소가 차지하고 있는 면적의 크기(픽셀 단위)를 계산하여, 해당 면적의 크기가 $A_{\min}$과 같거나 크면 손 후보 영역이라고 간주하는 것이다. 이렇게 선정된 손 후보 영역 중에서, 가장 큰 면적을 차지하고 있는 영역을 손 영역이라고 최종 선정하게 된다. 그림 5는 원본 영상과 최종 선정된 손 영역을 나타낸 것이다.

$$r = 1.0/24.0$$
$$A_{\min} = w \times h \times r \quad (4)$$

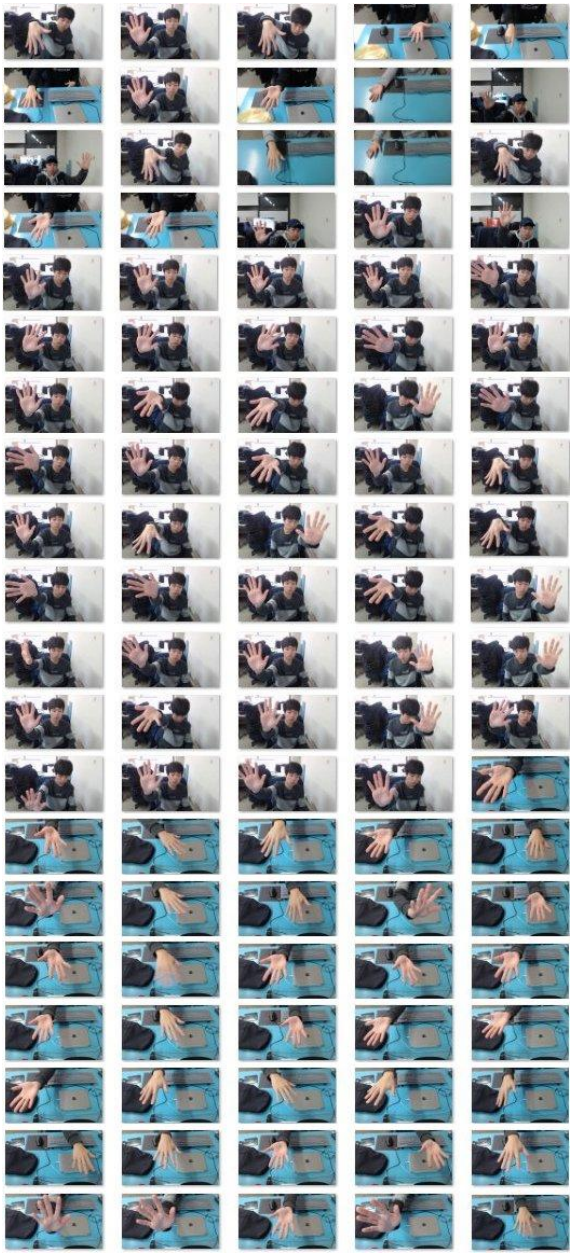


Fig. 6. 100 frames being used for experiment

## IV. Experiment and Evaluation

### 1. Experimental Method

지금까지 제안 기술에 대한 유효성을 검증하기 위한 실험 환

경은 Windows 10, nVidia Geforce GTX 1060 6GB, Logitech HD Pro Webcam C920 장비를 사용하였다. 또한 IDE로는 MS Visual Studio 2017 Community와 OpenCV v3.1.0을 사용하였다. 실험을 위해, RGB 색상 기반 실시간 영상으로부터 100장의 프레임 이미지를 랜덤으로 추출하였고, 실험에 사용된 100장의 프레임은 그림 6에 보이고 있다. 이렇게 무작위로 추출한 100장의 각 프레임 이미지에 손 영역 분할 정확도를 계산하기 위하여, 각 프레임마다 직접 손 영역의 위치를 지정하여 그림 7(b)와 같이 이진 영상으로 변환하였다.

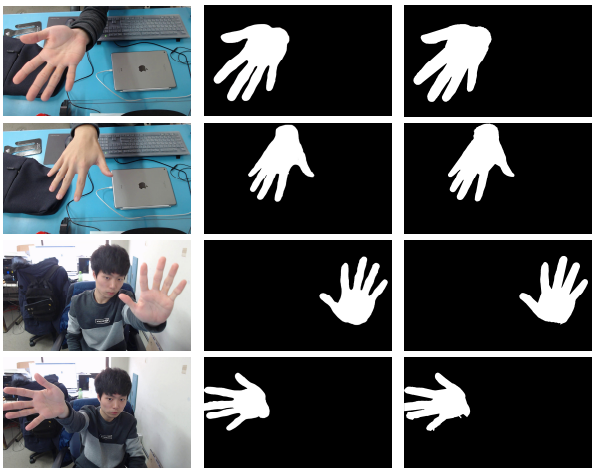



Fig. 7. (a) Original image (b) Hand image divided by human (c) Image extracted by the proposed method

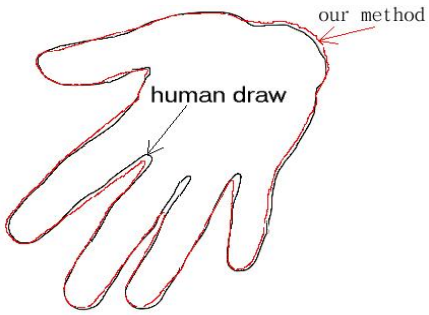



Fig. 8. Comparison of human drawn and our method in first test image of fig. 7

## 2. Evaluation

그림 7의 100 개의 실험 데이터 중에서 4개만 표시하였고, (a)는 실험을 위해 사용된 영상의 원본 영상의 일부이고, (b)는 원본 영상에서 사람이 눈으로 확인하여 손 영역을 추출한 것이고, (c)는 제안 방법을 사용하여 추출한 손 영역을 이진 영상으로 표시한 것이다. 100장의 원본 프레임 이미지에 제안된 기법을 적용하여 이진화 된 프레임 이미지의 집합을 $F_s$, 직접 손 영역을 지정하여 비교 기준이 되는 100장의 이진화 이미지의 집합을 $F_c$라 할 때, 제안한 손 영역 분할 기법의 정확도는 식 (5)로 계산할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
&F_s = \{F_{s1}, F_{s2}, F_{s3}, \cdots, F_{s98}, F_{s99}, F_{s100}\} \\
&F_c = \{F_{c1}, F_{c2}, F_{c3}, \cdots, F_{c98}, F_{c99}, F_{c100}\} \\
&t = 0, 1, 2, \cdots, 98, 99, 100 \\
&n_c = count(F_{ct}) \text{ if } F_{ct}(x, y) = 255 \\
&n_i = count(F_{st} \cap F_{ct}) \\
&Accuracy = \frac{n_i}{n_c} (0.0 \le Accuracy \le 1.0)
\end{aligned} \tag{5}
$$

식 (5)를 통해, 비교적 조명이 균일한 환경에서 100장의 프레임 이미지로 실험해본 결과 <표 1>과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 휘도 변화가 적고 조명이 균일한 환경에서 실험해 본 결과, 98% 이상의 정확도를 보였으나, 손의 각도를 많이 뒤틀었을 경우 손으로부터 반사된 빛 또는 손을 빠르게 움직일 경우 나타나는 잔상으로 인해 정확도가 약 70~80%까지 감소되는 현상도 보였다. 또한 손가락이 완전히 붙어 있는 경우나 손의 각도가 손바닥 정면이 아닌 경우에는 정확도가 많이 감소되었다. 따라서 <표 1>에 제시된 실험 데이터의 양상과는 달리 실제 산술 평균을 계산해보면 평균 97.92%의 정확도를 보인 것은, 이러한 경우의 실험 데이터에 의한 것으로 분석된다. 그림 8은 그림 7의 첫 번째 실험 영상의 손 영역의 윤곽선을 비교한 것이며, 붉은 선의 제안된 기법으로 추출된 것이며, 검은선은 사람이 그린 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 전반적으로 비슷하게 추출되지만 손가락이 가까이 붙어 있으면 오류가 높아지는 것을 볼 수 있다.

Table 1. Experimental results

| Experimental data / Images | $n_c$ | $n_i$ | $Accuracy$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 281775 | 277948 | 98.6418% |
| 2 | 164308 | 158355 | 96.3769% |
| 3 | 131845 | 131115 | 99.4463% |
| 4 | 207086 | 205675 | 99.3186% |
| 5 | 169803 | 169366 | 99.7426% |
| : | : | : | : |
| 98 | 238989 | 223899 | 98.3453% |
| 99 | 190093 | 188040 | 99.0023% |
| 100 | 260935 | 253456 | 98.8704% |

# IV. Conclusions

본 연구에서는, 비접촉식 제스처 인터페이스의 기술적 기반이 되는, 잡음에 강인한 손 영역 분할 방법론에 대해 제안했다. 별도의 센서에 대한 요구없이, 웹캠으로부터 입력되는 실시간 영상의 RGB 색상 정보만을 이용하여 손 영역을 분할한다. 기존의 단일 색상 모델 기반 손 영역 분할 방법과 비교하여 잡음 완화 및 손 영역 분할 정확성을 향상시켰으며, RGB 색상 기반 실시간 영상으로부터 무작위로 추출한 100장의 프레임 이미지를 통해 실험해본 결과 98% 이상의 정확성을 보였다. 따라서

현재 일반적인 실생활 환경에서, RGB 색상 기반 웹캠을 이용한 비접촉식 제스쳐 인터페이스의 기반 기술로써 활용하기에 무리가 없다고 할 수 있다. 그러나 별도의 센서없이 색상 기반 손 영역 분할을 하는 본 시스템의 특성 상, 색상 기반 손 영역 분할 기법을 사용한 다른 연구들과 마찬가지로 일정 수준이상의 인터페이스·환경적 전제 조건이 갖추어져야한다는 단점이 있다. 이것은 사용자의 경제성을 고려한 하드웨어적 한계인 것으로써, 추후 보급되는 하드웨어의 구성 수준이 가격과 적절한 타협을 거쳐 상향 평준화 된다면 정확성을 향상시킬 여지가 충분히 남아있다. 궁극적으로 비접촉식 제스쳐 인터페이스의 제스쳐 인식 정확성 향상을 목표로 하여, 미래의 환경을 고려한 손가락 인식 및 제스쳐 인식에 대한 연구를 통하여 다양한 응용 환경에 적용할 수 있을 것이다.

## REFERENCES


[1] Vladimir Vezhnevets, Vassili Sazonov and Alla Andreeva, “A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques“, *Proc. Graphicon*, Vol. 3, pp. 85-92, 2003.

[2] Min-Yiung Na, Hyun-Jung Kim and Tae-Young Kim, “An Illumination and Background-Robust Hand Image Segmentation Method Based on the Dynamic Threshold Values“, *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 14(5), pp. 607-613, 2011.

[3] Francesca Gasparini and Raimondo Schettini, “Skin Segmentation using multiple thresholding“, *Proceedings of SPIE*, Vol. 6061, pp. 1-8, 2006.

[4] M. Jones and J. M. Rehg, “Statistical Color Models with Application to Skin Detection“, *International Journal of Computer Vision,* Vol. 46, pp. 81-96, 2002.

[5] S. L. Phung, A. Bouzerdoum and D. Chai, “Skin Segmentation Using Color Pixel Classification:Analysis and Comparison“, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 27, pp. 148-154, 2005.

[6] J. Han, G. M. Award, A. Sutherland and H. Wu, “Automatic Skin Segmentation for Gesture Recognition Combining Region and Support Vector Machine Active Learning“, *Proceedings of the 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 57-64, 2006.

[7] Moritz Storring, Tomas Kocka, Hans J Andersen and Erik Granum, “Tracking Regions of Human Skin through Illumination Changes“, *Elsevier Pattern Recognition Letters*, Vol. 24, pp. 1715-1723, 2003.

[8] P. Kakumanu, S. Makrogiannis and N. Bourbakis, “A Survey of Skin-Color Modeling and Detection Methods“, *Elsevier Pattern Recognition,* Vol. 40, pp. 1106-1122, 2007.

[9] G. D. Finlayson, B. Schiele and J. L. Crowley, “Comprehensive Colour Image Normalization“, *Proc. European Conference on Computer Vision,* Vol. 1, pp. 475-490, 1998.

[10] S. Cho, J. Bae and S. Lee, “Adaptive Skin Segmentation based on Region Histogram of Color Quantization Map“, *Journal of KIISE: Software and Applications*, Vol. 36(1), pp. 54-61, 2009.

[11] J. Kim and M. Kang, “A Study on Hand Shape Recognition using Edge Orientation Histogram and PCA“, *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 10, pp. 319-326, 2009.

[12] S. Kang, M. Nam and P. Rhee, “Color Based Hand and Finger Detection Technology for User Interaction”, *International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology,* pp. 229-236, 2008.

[13] Hong-Chan Yoon and Jin-Soo Cho “Hand Feature Extraction Algorithm Using Curvature Analysis For Recognition of Various Hand Gestures”, *Journal of The KSCI*, Vol. 20, No. 5, pp. 13-20, May 2015.


## Authors

Ho Yong Kim received a MS degree from computer science of Soongsil univ. in 1987. Now he has been working for Yeungjin college, school of computer information. His research interests include medical imaging, data base and pattern recognition.

Jae Heung Park received a BS degree from mathematics education of Chungbook national univ. and, MS and Ph.D. degrees from computer engineering of Jungang univ. in 1978, 1982 and 1989, respectively. Now he has been working for Gyeongsang national univ., dept. of computer science since 1983. His research interests include medical imaging, software engineering and image processing.

Yeong Geon Seo received a BS degree from computational statistics of Gyeongsang national univ.(GNU) and, MS and Ph.D. degrees from computer science of Soongsil univ. in 1987, 1989 and 1997, respectively. During 1989 - 1992, he worked in Trigem computer inc. developing 4GL(XL/4). And now he has been working for GNU, dept. of computer science and graduate school of CCBM since 1997, and Engineering Research Institute since 2011. His research interests include medical imaging, cultural convergence and computer network.