HOG를 이용한 파트 기반 손 검출 알고리즘

Part-based Hand Detection Using HOG

백정현* · 김지수*, 윤창용**, 김동연*** 김은태*

Jeonghyun Baek, Jisu Kim, Changyong Yoon, and Euntai Kim*

*연세대학교 전기전자공학부

† School of Electrical and Electronics Engineering, Yonsei University

**수원과학대학교 전기공학과

Department of Electrical Engineering, Suwon Science College

***한경대학교 전기전자제어공학과

Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University

요 약

지능형 로봇 연구 분야에 있어, 손을 이용한 제스처 인식은 매우 중요한 연구 분야로 간주 되고 있으며, 스마트 폰, 스마트 TV 등에 상용화 되어왔다. 제스처 인식에 있어, 강인한 손 검출 기술을 필수적인데, 손의 모양이 일정치 않고, 복잡한 배경이나 조명변화 아래서는 손 검출이 쉽지 않다는 어려움이 있다. 본 논문은 실내 환경에서 사용자가 가리키는 방향을 인식하기 위한 손 검출 알고리즘을 제안한다. 손 검출에 대한 오검출을 최대한 줄이기 위해, 머리-어깨 검출 결과를 기반으로 손 검색 영역을 한정시키고, 피부색을 이용해 최소한의 후보군들을 발생시켜, HOG-SVM을 이용하여 손을 검출하였다. 그리고 머리-어깨, 손 검출 결과를 통해 팔의 방향 각도를 추정하였다. 제안된 방법은 실제 실내 환경에서 추출된 영상을 통해 실험을 진행하였고, 강인한 성능을 확인하였다.

키워드 : 제스처 인식, 손 검출, HOG, SVM, HCI, 피부색 검출

Abstract

In intelligent robot research, hand gesture recognition has been an important issue. And techniques that recognize simple gestures are commercialized in smart phone, smart TV for swiping screen or volume control. For gesture recognition, robust hand detection is important and necessary but it is challenging because hand shape is complex and hard to be detected in cluttered background, variant illumination. In this paper, we propose efficient hand detection algorithm for detecting pointing hand for recognition of place where user pointed. To minimize false detections, ROIs are generated within the compact search region using skin color detection result. The ROIs are verified by HOG-SVM and pointing direction is computed by both detection results of head-shoulder and hand. In experiment, it is shown that proposed method shows good performance for hand detection.

Key Words : Gesture Recognition, Hand Detection, HOG, SVM, HCI, Skin Color Detection

1. 서 론

접수일자: 2013년 9월 1일

심사(수정)일자: 2013년 9월 7일

게재확정일자: 2013년 11월 25일

† Corresponding author

본 논문은 한국연구재단 연구자지원사업(NRF-2013R1A2A2A01015624)에서 지원하여 연구하였음.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.)

Human Computer Interaction(HCI), Human Robot Interaction (HRI)에 있어서 제스처 인식은 매우 중요한 연구 분야로 간주되고 있다. 간단한 제스처를 인식하는 기술은 스마트 폰, 스마트 TV 등의 화면을 넘기거나 볼륨을 조절하는 데에 상용화가 되어 있다. 하지만 제스처 인식은 손의 모양이 일정치 않고, 복잡한 배경에서는 손 검출이 쉽지 않다는 점에 많은 연구가 진행되어 왔다[1].

높은 성능의 제스처 인식을 위해서는 강인한 손 검출이 필수적이며 중요한 부분을 차지한다. 손 검출에 대한 연구들은 보통 손 모양 분류나 제스처 인식의 전 단계로써 쓰이고 있다. 손 검출에 대한 연구로 우선 피부색을 이용한 검출 방법이 많이 제안되었다. 얼굴 검출 결과에서 피부색에 대한 색 분포를 모델링하여 손을 검출하거나[2], YCrCb, HIS 같은 특정 색 공간에서 피부색에 대한 히스토그램을

통해 손 검출 방법도 제안되었다[3-4]. 하지만 피부색을 이용한 검출은 피부색과 유사한 물체에 대해 오검출 확률이 높고, 조명 변화에 민감하다는 단점이 있다[5].

얼굴 검출에 많이 응용되고 있는 Viola-Jones 검출기[6] 이용한 연구 또한 손 검출을 목적으로 많이 제안되었다[5][7]. 손 특성에 알맞게 새로운 Harr-like 특징을 이용한 방법[8], SIFT 특징으로 학습한 Adaboost를 이용한 손 검출을 제안한 방법[9] 등이 있다. 이러한 Viola-Jones 검출기를 이용한 방법들은 대부분 복잡한 배경에서는 오검출이 많아진다는 단점을 지닌다[1].

그 밖에도 보행자 및 차량 검출에 많이 쓰이는 Histogram of Orientation Gradient (HOG)를 이용한 방법도 많이 제안되었다. 최근 연구에서는 HOG 특징을 사용한 방법들이 Haar-like 특징이나 다른 특징에 비해 손 검출에 있어 보다 좋은 성능을 보인다는 것이 실험결과를 통해 보여지고 있으며[1][10], HOG 특징에 색 정보를 같이 사용하거나[11], 여러 해상도의 HOG를 사용하는 등의 방법[12] 등, 손 검출 연구에 있어 많이 응용되어 지고 있다.

본 논문에서는 실내환경의 로봇에게 사용자가 방향을 인지할 경우, 로봇의 방향인지를 위한 손 검출 알고리즘을 제안한다. 손은 다양한 형태를 띠고 크기가 작기 때문에 오검출이 발생할 확률이 높다. 따라서 이러한 오검출을 최대한 줄이기 위해, 사용자의 머리-어깨 검출을 하고 검출된 머리-어깨 결과를 기반으로 하여, 손에 대한 후보군을 다음과 같이 최소화하여 발생시켰다..

우선, 사용자의 위치를 판별하기 위해 HOG 특징을 이용한 Support Vector Machine (SVM)을 사용하였다. 머리-어깨 검출 결과 기반으로 한 어깨선 검출을 통하여 손이 있을 법한 범위로 손 검출 검색 영역을 한정하고, 그 안의 피부색 검출을 통해 손이 있을 법한 영역을 최소화한다. 그 다음 피부색을 지닌 다른 물체와 손을 구별하기 위해 손 검출을 위한 HOG-SVM을 이용하여 최종적으로 손을 검출한다. 검출한 손의 위치와 어깨 위치를 통해 팔의 각도를 추정하여 최종 결과로 출력한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 연구의 배경이 되는 HOG-SVM에 대해서 간략히 살펴볼 것이며, 3장에서는 본 논문이 제안하는 손 검출 알고리즘, 4장은 실내 환경에서 취득한 영상을 가지고 제안한 방법에 대한 실험 결과, 5장은 본 논문의 결론 및 향후과제를 제시한다.

2. HOG-SVM

2.1 Histogram of Oriented Gradient (HOG)

HOG는 Dalal [13]가 영상에서의 보행자 검출을 목적으로 제안한 특징으로서, 컴퓨터비전과 영상처리에 많이 쓰이고 있다. HOG를 만들기 위해서는 (1) 과 같이 정의된 sobel 마스크를 이용하여 입력된 영상 I 에 대해 각각 x축과 y축 gradient 이미지인 I_x , I_y 를 구한다.

$$D_x = [-1 \ 0 \ 1], D_y = [-1 \ 0 \ 1]^T \quad (1)$$

그리고 두 개의 gradient 이미지로부터 (2),(3)와 같이 각 픽셀마다의 gradient magnitude와 orientation을 구한다.

$$G(x,y) = \sqrt{I_x(x,y)^2 + I_y(x,y)^2} \quad (2)$$

$$\theta(x,y) = \arctan \frac{I_y(x,y)}{I_x(x,y)} \quad (3)$$

그 다음은 입력 이미지를 cell이라는 작은 구역으로 나누어서 cell 히스토그램을 구하는 과정이다. cell 히스토그램은 gradient orientation 에 따라 각 gradient orientation 에 해당하는 magnitude를 더해줌으로써, 만들어진다. 하지만 gradient magnitude는 이미지의 조명 변화와 배경과 전경의 대조(contrast)에 달라진다. 따라서 성능향상을 위해서는 부분적인 정규화가 필요하다. 정규화는 그림 1과 같이 cell 이 일정 개수로 모아진 Block 단위로 이루어진다.

그림 1. 3x3 cell로 이루어진 HOG Block

Fig. 1. HOG Block which consists of 3x3 cell

정규화 하는 방법에는 (4)와 같이 여러 가지 방법이 있다.

$$L_1 - norm : f = \frac{v}{\sqrt{\|v\|_1 + e}} \quad (4)$$

$$L_2 - squre : f = \sqrt{\frac{v}{\|v\|_1 + e}} \quad (5)$$

$$L_2 - norm : f = \frac{v}{\sqrt{\|v\|_2^2 + e}} \quad (6)$$

(4),(5),(6)에서 v 는 블록안의 포함되어있는 아직 정규화가 안된 벡터이며, e 는 작은 상수이며, $\|v\|_k$ 는 k -norm을 의미한다. HOG 특징은 입력 영상의 모든 블록들의 히스토그램들을 모아둔 정규화된 벡터이다.

2.2 Support Vector Machine (SVM)

SVM[14]은 이진 분류를 위해 제안된 것으로서 분류나 회귀 문제에 많이 쓰이고 있다. SVM은 그림 2와 같이 두 개의 클래스 사이의 여백을 최대화하는 결정 초평면을 구하는 문제로 볼 수 있다.

그림 2. SVM의 결정 초평면

Fig. 2. Decision Hyperplane of SVM

M 차원의 i 번째 데이터 벡터 $\mathbf{x}_i$ 와 그 데이터가 속한 클래스를 y_i 라고 한다면, 여백을 최대화하는 결정 초평면을 찾는 최적화 문제는 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\min \frac{1}{2} \mathbf{w}^T \mathbf{w} \quad (7)$$

$$s.t. y_i(\mathbf{w} \mathbf{x}_i + b) - 1 \geq 0$$

(7)에서 $\mathbf{w}$ 와 b 는 각각 결정 초평면을 결정하는 매개변수이다. (7)은 라그랑제 승수 α 를 이용하여 다음 (8)과 같이 변환할 수가 있다.

$$L(\mathbf{w}, b, \alpha) = \frac{\|\mathbf{w}\|^2}{2} - \sum_{i=1}^N \alpha_i (y_i(\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + b) - 1) \quad (8)$$

KKT 조건을 이용하여 $L(\mathbf{w}, b, \alpha)$ 를 $\mathbf{w}$ 와 b 에 대해 미분한 값이 0이 되는 조건을 찾으면 다음 (9)와 (10)을 구할 수 있다.

$$\mathbf{w} = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i \mathbf{x}_i \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i y_i = 0 \quad (10)$$

따라서 (9), (10)을 (8)에 대입을 하면, (7)의 dual 형태인 (11)을 구할 수 있다.

$$\max \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j \mathbf{x}_i \mathbf{x}_j \quad (11)$$

$$s.t. \alpha_i \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i y_i = 0$$

(11)과 같은 dual 형태에서 $\mathbf{x}_i$ 는 오직 내적형태로 밖에 나타나질 않기 때문에, (12)와 같이 벡터 내적을 커널 함수 계산으로 대체 할 수 있다.

$$\max \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \quad (12)$$

$$s.t. \alpha_i \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i y_i = 0$$

3. 손 검출 알고리즘

본 논문은 HOG를 이용한 손 검출 알고리즘을 제안한다. 그림 3은 제안하는 손 검출 알고리즘의 블록 다이어그램이다.

그림 3. 손 검출 알고리즘 다이어그램
Fig. 3. Block Diagram of Proposed Method

우선 방향을 지시하는 사용자의 위치를 찾기 위해, 머리-어깨 부분을 HOG-SVM을 이용하여 찾는다. 그 다음 머리-어깨 검출 결과를 기반으로 하여, 손을 찾기 위한 영역을 한정시키고, 동시에 검출된 얼굴 부분을 이용하여 손에 대한 피부색을 검출한다. 한정된 영역 중에 피부색 검출 부분 위주로 손 검출에 대한 Region of Interest(ROI)를 발생시킨 뒤, 손의 모양이 일정하도록 팔 각도에 따라 이미지를 회전시킨다. 그 다음 손 검출을 위한 HOG-SVM을 통해 손인지 판별한 뒤 최종 결과를 출력한다.

3.1 HOG-SVM을 이용한 머리-어깨 검출

사용자의 손을 찾기 위해서, 우선 사용자의 위치를 파악을 해야한다. 사용자가 정면을 보고 있다는 전제 하에서, 영상에 있어서 사용자는 머리-어깨 선이 이루는 오메가(Ω)라인을 특징을 한다. 따라서 본 논문은 사용자마다 그림 4 같이 머리-어깨 선이 이루고 있는 오메가(Ω)라인을 특징으로 보고, 머리-어깨 부분만을 HOG 특징으로 추출하였다. 그 다음 추출한 HOG 특징들을 SVM으로 트레이닝을 하여, 그림 5와 같이 sliding window approach 방법으로 가능한 모든 검색창의 크기로 검색, HOG 추출, SVM으로 판별하는 식으로 머리-어깨를 검출하였다.

그림 4. 머리-어깨 이미지의 예
Fig. 4. Example images of Head-Shoulder

그림 5. Sliding Window Approach 방법
Fig. 5. Sliding Window Approach

3.2 머리-어깨 검출 기반 손 영역 지정

이미지 전체에서 사용자의 손을 검색하기에는 검출 시간이 오래 걸릴뿐더러, 오검출이 발생할 확률이 높아진다. 사람의 손은 어깨에서 일정 거리 이상 떨어져 있지 않으므로, 어깨를 기점으로 하여 일정 영역을 손 검색 영역으로 지정하였다. 보통의 sliding window 방법은 좌에서 우로, 위에서 아래 방향으로 검색을 하지만, 본 논문에서는 어깨와 손의 특징을 이용하여 손 검출에 효과적인 검색 방법을 이용하였다.

그림 6과 같이 방향을 가리킬 때의 팔은 일직선 형태를 띄며, 어깨를 중심으로 원을 그리듯 움직인다. 따라서 어깨 중심에서 거리와 각도를 변수로 하여, 어깨를 중심으로 부채꼴 형태의 영역을 검색하도록 하였다. 이와 같은 방법을 이용하면 그림 6의 오른쪽 그림 같이 기존의 직사각형 영역을 검색하는 것보다 보다 연산 시간 면이나, 성능 면에서 보다 효율적으로 검색할 수 있다.

그림 6. 손 검출을 위한 Sliding Window 방법
Fig. 6. Sliding Window Approach for Hand Detection

3.3 피부 색 검출 기반 ROI 지정

머리-어깨 검출 결과 기반 손 검색 영역을 지정한 다음, 피부 색 검출을 이용해 손 검출에 대한 ROI를 지정한다. 손에 대한 가장 큰 특징은 일정한 피부색을 지닌다는 점이다. 손 검색 영역 안에서 일정 영역이상 피부색을 지닌 부분만 손 검출에 대한 ROI로 지정하면, 오검출 발생 확률을 줄일 수 있을뿐더러, 검출 시간도 단축시킬 수 있다.

기존의 피부색 검출은 P. Peer [15]이 제안한 방법처럼 RGB 채널에서 일정 범위에 들어오면 피부색으로 정하는 방법과 여러 피부색의 인물 데이터 베이스를 통해 피부색에

대해 미리 학습화된 분류기나 방법을 사용한다. 하지만 이는 학습시 필요한 데이터에 따라 성능이 달라지고, 조명의 변화에 강인하지 않기에 오검출의 우려가 있다.

본 논문에서는 피부색에 대해 미리 학습화된 결과 없이 매 입력 영상마다 머리-어깨 검출 결과를 이용하여 피부색을 검출하였다. 머리-어깨 검출 결과의 고정된 가운데 영역을 얼굴영역으로 지정하고 그 다음 얼굴영역의 Hue 채널만 추출하여, hue 채널 값들을 히스토그램으로 만든다. 그리고 히스토그램을 가지고 전체 영상에 대해 backprojection을 시켜서 영상의 각 픽셀마다 피부색일 확률을 출력한다.

이와 같은 방법을 이용하면, 머리-어깨 검출 결과를 바로 활용하기 때문에, 피부색에 대해 따로 학습할 필요가 없으며, 같은 조명아래에서 검출된 얼굴 피부를 기반으로 손 피부를 검출하는 것이기에 조명의 변화에다 강한 효과를 지닌다. 그림 6은 피부색 검출 과정과 그 결과를 나타낸 것이다.

그림 7. 머리-어깨 결과 기반 얼굴 추출
Fig. 7. Face Extraction based on Head Shoulder Detection

그림 8. 피부색 검출 결과
Fig. 8. Skin Detection Result

3.4 어깨선 검출을 통한 검색 영역 한정

방향을 가리키는 사용자의 특징 중 하나는 바로 어깨와 팔이 이루는 선이다. 정면에서 방향을 가리키는 사용자의 경우 방향을 가리키는 손의 방향의 팔의 방향이 일치할 수밖에 없기 때문에, 어깨 부분에 근접해 있는 팔의 각도를 알 수 있으면, 손 검출 검색을 보다 효율적으로 처리할 수 있다. 본 논문에서는 머리-어깨 검출 결과를 기반으로 그림 9과 같이 양쪽 어깨 부분에서 Hough transform을 이용하여 어깨선을 검출한다.

그림 9. 어깨선 검출 결과
Fig. 9. Shoulder Line Detection Result

어깨 부분에는 어깨가 아닌 다른 물체들의 선들도 검출될 경우가 있기 때문에 검출된 선들 중에 어깨부분에서 시작되는 선만을 선별하여, 선의 각도를 통해 손 검색 영역으로 한정한다.

3.5 피부색과 어깨선 검출 기반 ROI 생성

손 검출을 위해 손 검출을 위한 ROI 생성 시, 연산 시간과 오검출 발생을 줄이기 위해, 피부색 검출 결과와 어깨선 검출 결과를 이용한다.

그림 10과 먼저 검출된 어깨선 각도마다 위, 아래로 15도 범위로 검색할 각도 범위를 지정한다. 그리고 어깨로부터의 검색 범위는 검출된 머리-어깨 크기에 0.7배부터 1.5배까지로 설정하여, 검색을 시도한다. 고정된 범위가 아닌 머리-어깨 크기에 비례하여 범위를 설정하는 것은 머리-어깨 크기와 팔의 크기가 비례하는 것과, 최대한 검색 범위를 좁게 잡아서 오검출과 검출 시간을 줄이기 위한 것이다.

그림 10. 어깨선 검출 기반 ROI 생성
Fig. 10. ROI Generation based on Shoulder Line Detection

위와 같이 검색을 하면서, backprojection 이미지 영상 내의 검색창이 위치하는 영역의 피부색일 확률의 합이 일정치 이상이 되면, 이를 손 검출을 위한 ROI 즉 후보군으로 지정한다. 이는 어깨선으로 검색하는 각도를 최소화하고, 피부색일 확률이 높은 검색 영역을 위주로 ROI를 발생시키기 때문에 오검출과 연산 시간을 효율적으로 줄일 수 있다.

3.6 HOG-SVM 입력을 위한 이미지 회전

방향을 가리키는 손은 형태가 지시하는 팔 각도에 따라 달라지므로, 일정하지가 않다. 손 검출을 위해 SVM을 학습시키기 위해서는 손의 형태가 일정하도록 ROI들을 회전시켜야 한다.

본 논문에서는 [16]의 방법으로 ROI들을 회전시켜 일정한

형태의 손 모양이 나오도록 하였다. 그림 11 (a)와 같이, 이미지를 회전시키면 회전시킨 만큼 영상 정보의 손실이 일어난다. 따라서 ROI의 크기의 두 배만큼 영상 영역을 확장시키고, 검색 시 각도에 따라 회전시킨 다음 다시 원래 ROI의 크기로 추출하는 방법을 사용하여, 영상 정보 손실 없이 ROI를 회전 시켰다.

(a)

(b)

그림 11. 손 검출을 위한 ROI 이미지 회전[16]
Fig. 11. ROI Generation based on Shoulder Line Detection

3.7 HOG-SVM을 이용한 손 검출

어깨선과 피부색 검출로 ROI를 최대한 줄였음에도, 이를 손이라고 확정지을 수 있는 분류기가 필요하다. 따라서 손과 다른 물체에 대해 HOG 특징을 추출하고, 이를 가지고 SVM 분류기를 만들어 손검출에 대한 최종 결과를 출력하게 하였다. 그림 12는 SVM에 트레이닝에 쓰인 샘플들이다.

그림 12 SVM 트레이닝에 쓰인 샘플들
(왼쪽: Positive, 오른쪽: Negative)

Fig. 12. Training Samples for SVM Training
(Left: Positive, Right: Negative)

트레이닝 이미지에 손에 대해 2000 장을 취득하였고, negative 이미지는 손이 없는 영상에서 랜덤하게 취득을 하였다. 모든 이미지는 32x32 크기로 변환하였고, cell 크기 4x4 픽셀, block size는 2x2 cell, unsigned 9 bin으로 설정하여 HOG 특징을 추출하였다. SVM 학습시에는 $C = 10$ 으로 학습하여 HOG-SVM 분류기를 완성하였다.

4. 실험 결과

본 방법에 대한 성능을 평가하기 위해 6명에 대해 DB를 취득하였다. 모두 정면을 향해 있으면 오른쪽, 왼쪽 등으로 방

향을 가리키는 동작을 취하는 이미지를 총 2930 장을 취득하였다. 아래 그림 13은 취한 영상의 예이다.

그림 13. 실험에 쓰인 이미지의 예

Fig. 13. Test Images for Experiment

검출 결과를 표시하는데 있어, 머리-어깨 검출 결과, 손 검출 결과, 손 검출 검색 영역을 박스로 표시하였고, 팔의 위치를 각도를 보다 쉽게 보이게 하기 위해 목과 손의 위치를 연결하여 결과를 표시하였다. 또한 머리-어깨 위치, 손의 위치, 팔의 각도, 총 연산 시간들을 텍스트로 표시하게 하였다. 그림 14는 검출결과 이미지이다.

그림 14. 실험 결과 이미지

Fig. 14. Experimental Result Images

총 2930 장의 영상에서 False Positive Per Image (FPPI)는 0.092이며, Miss Rate는 0.074의 성능과 이미지당 748.58ms를 평균 연산 시간을 기록하였다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 사용자의 손 검출을 통한 방향인식을 목적으로 손 검출 알고리즘을 구현하였다. 손 보다 비교적 크기

가 크고 검출 성능이 머리-어깨를 먼저 검출하고, 그 양쪽에 손 검출을 위한 검색영역을 한정된 뒤, 피부색을 통해 ROI를 최대한 적게 발생시켜, 오검출 발생을 최소화하였다. 본 논문에서는 사용자의 정면에서 팔이 일직선을 이룬다는 가정 하에 방향인지 판단하였는데, 다양한 각도에서의 방향 인지와, 팔이 구부러져 있는 상태 등에서 방향인식을 목표 후 향후 연구 방향을 정하여 진행 중에 있다.

References

- [1] J. A. Zondag, T. Gritti, and V. Jeanne, "Practical study on real-time hand detection," in *Proc. 2009 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops*, pp. 1 - 8, 2009.
- [2] J. Zaletelj, J. Perhac, and J. Tasic, "Vision-based human-computer interface using hand gestures," *Image Analysis for Multimedia Interactive Services, WIAMIS'07. Eighth International Workshop on*, pp. 41 - 41, Jun. 2007.
- [3] J. Wen and Y. Zhan, "Vision-based two hand detection and tracking," in *Proc. 2nd International Conference on Interaction Sciences Information Technology, Culture and Human - ICIS*, pp. 1253 - 1258, 2009.
- [4] P. K. Pisharady, P. Vadakkepat, and A. P. Loh, "Attention based detection and recognition of hand postures against complex backgrounds," *International Journal of Computer Vision*, vol. 101, no. 3, pp. 403 - 419, Aug. 2012.
- [5] Y. Y. Pang, N. A. Ismail, and P. L. S. Gilbert, "A real time vision-based hand gesture interaction," in *Proc. 2010 Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation*, pp. 237 - 242, 2010.
- [6] J. Wen and Y. Zhan, "Vision-based two hand detection and tracking," in *Proc. 2nd International Conference on Interaction Sciences Information Technology, Culture and Human - ICIS*, pp. 1253 - 1258, 2009.
- [7] Y. Fang, K. Wang, J. Cheng, and H. Lu, "A real-time hand gesture recognition method," in *Proc. IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 995 - 998, 2007.
- [8] M. Kölsch and M. Turk, "Robust hand detection," in *Proc. IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, 2004.
- [9] C. Wang and K. Wang, "Hand posture recognition using Adaboost with SIFT for human robot interaction," in *Recent progress in robotics: viable robotic service to human*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 317-329, 2008.
- [10] S. Y. Cheng and M. M. Trivedi, "Vision-based in-fo-tainment user determination by hand recognition for driver assistance," *IEEE Transactions on*

Intelligent Transportation Systems, vol. 11, no. 3, pp. 759 - 764, Sep. 2010.

- [11]E. Ohn-Bar and M. Trivedi, "In-vehicle hand activity recognition using integration of regions," in *Proc. IEEE International Intelligent Vehicles Symposium*, pp.1034-1039, June, 2013.
- [12]Y. Zhao, Z. Song, and X. Wu, "Hand detection using multi-resolution HOG features," in *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*, pp. 1715 - 1720, Dec. 2012.
- [13]N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," in *Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 886 - 893, 2005.
- [14]V. Cherkassky and F. Mulier, "Support - vector networks," *Machine Learning*, vol. 20, no. 3, pp. 273-297, 1995.
- [15]P. Peer, F. Solina, "An Automatic Human Face Detection Method," in *Proc. the 4th Computer Vision Winter Workshop*, Rastendorf, Austria, 1999.
- [16]J. Kim, J. Baek and E. Kim, "A part-based rotational invariant hand detection," in *Proc. International Conference on Fuzzy Theory and Its Application*, Dec. 2013.

저 자 소 개

백정현 (Jeonghyun Baek)

2011년 : 연세대학교 전기전자공학부 공학사
 2011년~현재 : 연세대학교 대학원
 전기전자공학부 석박통합과정

관심분야 : 패턴인식, 기계학습, 컴퓨터 비전
 Phone : +82-2-2123-7729
 E-mail : jhyun25@yonsei.ac.kr

김지수 (Jisu Kim)

2011년 : 연세대학교 전기전자공학부 공학사
 2011년~현재 : 연세대학교 대학원
 전기전자공학부 석박통합과정

관심분야 : 패턴인식, 기계학습, 컴퓨터 비전
 Phone : +82-2-2123-7729
 E-mail : jisukim2000@yonsei.ac.kr

윤창용(Changyong Yoon)

1997년 : 연세대학교 전자공학과 공학사
 1999년 : 연세대학교 전자공학과 공학석사
 2010년 : 연세대학교 전기전자공학과 공학박사
 1999년~2005년 : LG전자 선임연구원
 2005년~2006년 : LG노텔 선임연구원
 2010년~2012년 : LG디스플레이 책임연구원
 2012년~현재 : 수원과학대학교 전기과 조교수
 2013년~현재 : 한국지능시스템학회 이사

관심분야 : 컴퓨터비전, 얼굴인식, 지능제어, 퍼지이론, 지능형자동차

Phone : +82-31-350-2262
 E-mail : cyoon@ssc.ac.kr

김동연 (Dong-yon Kim)

1986년 : 연세대학교 전자공학과 공학사
 1988년 : 연세대학교 전자공학과 공학석사
 1995년 : 연세대학교 전자공학과 공학박사
 1988년~1996년 : (주) 데이콤 근무
 1996년~현재 : 국립한경대학교 전기전자 제어공학과 교수

관심분야 : 컴퓨터 네트워크
 Phone : +82-31-670-5194
 E-mail : dykim@hknu.ac.kr

김은태 (Euntai Kim)

1992년 : 연세대학교 전자공학과 공학사
 1994년 : 연세대학교 전자공학과 공학석사
 1999년 : 연세대학교 전자공학과 공학박사
 1999년 3월~2002년 2월 : 국립한경대학교 제어계측공학과 조교수
 2002년 3월~현재 : 연세대학교 전기전자 공학부 교수

관심분야 : Computational Intelligence, 지능형 로봇
 Phone : +82-2-2123-7729
 E-mail : etkim@yonsei.ac.kr