

논문 2010-47CI-2-2

피부색 영역의 분할을 통한 후보 검출과 부분 얼굴 분류기에 기반을 둔 얼굴 검출 시스템

(Face Detection System Based on Candidate Extraction through
Segmentation of Skin Area and Partial Face Classifier)

김 성 훈*, 이 현 수*

(Sung-Hoon Kim and Hyon-Soo Lee)

요 약

본 논문에서는 피부색 정보를 이용한 얼굴 후보 검출 방법과 얼굴의 구조적 특징을 이용한 얼굴 확인 방법으로 구성된 얼굴 검출 시스템을 제안한다. 먼저 제안하는 얼굴 후보 검출 방법은 피부색 영역과 피부색의 주변 영역에 대한 이미지 분할과 병합 알고리즘을 이용한다. 이미지 분할과 병합 알고리즘의 적용은 복잡한 이미지에 존재하는 다양한 얼굴들을 후보로 검출할 수 있다. 그리고 제안하는 얼굴 확인 방법은 얼굴을 지역적인 특징에 따라 분류 가능한 부분 얼굴 분류기를 사용하여 얼굴의 구조적 특징을 판단하고, 얼굴과 비-얼굴을 구별한다. 부분 얼굴 분류기는 학습 과정에서 얼굴 이미지만을 사용하고, 비-얼굴 이미지는 고려하지 않기 때문에 적은 수의 훈련 이미지를 사용한다. 실험 결과 제안한 얼굴 후보 검출 방법은 기존의 방법보다 평균 9.55% 많은 얼굴을 후보로 검출하였다. 그리고 얼굴/비-얼굴 분류 실험에서 비-얼굴에 대한 분류율이 99%일 때 기존의 분류기보다 평균 4.97% 높은 얼굴 분류율을 달성 하였다.

Abstract

In this paper we propose a face detection system which consists of a method of face candidate extraction using skin color and a method of face verification using the feature of facial structure. Firstly, the proposed extraction method of face candidate uses the image segmentation and merging algorithm in the regions of skin color and the neighboring regions of skin color. These two algorithms make it possible to select the face candidates from the variety of faces in the image with complicated backgrounds. Secondly, by using the partial face classifier, the proposed face validation method verifies the feature of face structure and then classifies face and non-face. This classifier uses face images only in the learning process and does not consider non-face images in order to use less number of training images. In the experimental, the proposed method of face candidate extraction can find more 9.55% faces on average as face candidates than other methods. Also in the experiment of face and non-face classification, the proposed face validation method obtains the face classification rate on the average 4.97% higher than other face/non-face classifiers when the non-face classification rate is about 99%.

Keywords : 얼굴 검출, 얼굴 후보 검출, 부분 얼굴 분류기

I. 서 론

사람의 얼굴은 개인 식별을 위한 중요한 정보로써 보안 시스템, 지능형 로봇, 내용기반의 비디오 인덱싱 등

의 응용분야에서 얼굴 인식을 위해 사용된다. 얼굴 인식 시스템을 구축하기 위해서는 영상에서 얼굴의 위치를 알아내는 얼굴 검출 문제가 우선 해결되어야 한다. 얼굴 검출 문제의 해결 방법은 크게 특징-기반(Feature-based) 방법과 이미지-기반(Image-based) 방법으로 나누어진다^[1]. 특징-기반 방법은 얼굴확인에 용이한 특징을 찾는 방법이다^[2]. 그리고 이미지-기반 방법은 얼굴과

* 정희원, 경희대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Engineering Kyunghee University)

접수일자: 2009년11월9일, 수정완료일: 2010년3월10일

비-얼굴 특징에 대한 분류기의 학습을 통해 얼굴을 확인함으로써 좋은 검출 성능을 나타낸다. 이미지-기반 방법에서 사용되는 대표적인 분류기는 신경망(Neural Network)^[3-4], SVM (Support Vector Machine)^[5-6], AdaBoost(Adaptive Boosting)^[7-8] 등이 있다. 이미지-기반의 얼굴 검출 시스템의 설계를 위해서는 두 가지 고려 사항이 요구된다. 첫 번째는 입력 영상에서 분류기의 입력으로 사용될 영역의 탐색 방법에 대해 고려해야 하며, 두 번째는 탐색된 영역이 얼굴인지를 확인하기 위한 분류기의 설계 방법에 대해 고려되어야 한다.

먼저, 분류기의 입력으로 사용될 영역의 탐색 방법은 입력 영상의 칼라 정보의 유무에 따라 다른 방법이 사용된다. 그레이(Gray) 정보만을 사용한 경우에는 영상에 포함된 다양한 크기의 얼굴을 검출하기 위해 입력 영상을 일정한 비율로 축소한 피라미드 영상을 만들고, 생성된 피라미드 영상의 모든 화소 위치를 탐색한다^[3-4]. 이 탐색 방법은 피라미드 영상의 생성과 모든 화소에 대한 탐색과정을 반복적으로 수행하기 때문에 많은 처리 시간이 요구된다. 반면, 칼라 정보를 사용한 경우에는 영상의 피부색 영역을 얼굴 후보로 검출하여 탐색 영역을 감소시킬 수 있다^[2,5-7]. 하지만 피부색 영역 검출만을 사용하여 후보를 검출할 경우에는 영상에 포함된 얼굴이 후보로 검출되지 않는 경우가 발생한다. (a) 얼굴의 주변 배경이 피부색과 비슷한 칼라로 구성된 경우, (b) 다수의 얼굴들이 겹친 경우 그리고 (c) 얼굴이 선글라스, 수염, 빛 등의 영향으로 다수의 피부색 영역으로 분할된 경우 후보로 검출되지 않는다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법들은 에지 정보를 사용한 방법^[5]과 피부색 영역에 대한 수직 방향 누적 정보를 사용한 방법^[6] 등이 있다. 에지 정보를 사용한 방법은 검출된 피부색 영역으로부터 입력 영상의 에지 성분들을 제거한 후 모폴로지(Morphology) 연산을 통해 후보 영역을 검출한다. 피부색 영역의 누적 정보를 이용한 방법은 먼저 피부색 영역에 포함된 구멍들의 영향을 감소시키기 위해 홀 필터링(Hole filtering) 처리 후, 피부색 영역에 대한 수직 방향으로 누적 시키고, 누적 결과로부터 임계치 이하의 위치를 경계로 분할하여 후보 영역을 검출한다. 그러나 이 방법들은 영상내의 얼굴이 다른 객체의 영향에 따라 다수의 피부색 영역으로 분할된 경우 얼굴을 후보로 검출할 수 없다. 따라서 영상에 존재하는 모든 얼굴들을 후보로 검출하기 위해서는 피부색에 포함된 불필요한 영역을 제거하고, 분할된 피부색

영역들을 통합 가능한 새로운 방법이 필요하다.

일반적으로 이미지-기반의 얼굴 검출 시스템에서 사용되는 분류기는 얼굴과 비-얼굴 이미지에 대한 학습을 통해 설계된다. 이 분류기들의 학습과정에서 사용되는 얼굴 이미지들은 표정, 인종, 성별, 조명 등의 영향으로 다양한 특징을 가지고 있기 때문에 많은 수의 얼굴 이미지들을 수집해야 한다. 또한 비-얼굴 이미지는 얼굴을 제외한 모든 배경을 포함하기 때문에 더욱 많은 이미지를 수집해야 한다. 따라서 학습 데이터를 수집하기 위해 많은 노력이 필요하고, 수집된 다양한 학습 데이터의 얼굴과 비-얼굴 특징들을 분류기에 학습시키기 위해 많은 시간이 필요하다. 이와 같이 많은 수의 학습 데이터를 효율적으로 분류기에 학습시키기 위한 일반적인 방법은 수집된 학습 데이터 중 일부 이미지들을 훈련 데이터로 선택하여 분류기의 학습을 수행하고, 이후 전체 학습 데이터에 대한 테스트를 통해 오분류된 이미지들을 훈련 데이터에 추가하는 Bootstrap 알고리즘이 사용되고 있다^[3-4]. 이 알고리즘의 사용은 분류기의 학습에 효과적인 훈련 데이터들을 선택 하여 학습 시간을 감소시킬 수는 있으나 여전히 많은 학습 데이터를 수집해야 하는 문제를 가지고 있다. 특히 실생활에 존재하는 수많은 비-얼굴 이미지들을 학습 데이터로 수집하는 것은 매우 어려운 일이며, 수집되지 않은 비-얼굴 이미지는 얼굴/비-얼굴 분류기의 분류성능을 감소시키는 원인이 된다. 따라서 얼굴과 비-얼굴의 분류 문제에 있어 비-얼굴 이미지의 영향이 적은 새로운 얼굴 확인 방법과 분류기의 구성 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 피부색 정보를 이용한 얼굴 후보 검출 방법과 얼굴의 구조적 특징을 이용한 얼굴 확인 방법으로 구성된 이미지-기반의 얼굴 검출 시스템을 제안한다. 먼저 제안하는 얼굴 후보 검출 방법은 피부색 영역과 피부색의 주변 영역에 대한 이미지 분할과 병합 알고리즘을 이용한다. 그리고 병합된 영역의 세로/가로 비율에 임계치를 적용하여 얼굴 후보를 결정한다. 제안하는 얼굴 확인 방법은 비-얼굴 이미지의 영향을 감소시키기 위해 얼굴의 구조적 특징을 적용하였다. 기존 분류기는 입력된 정보가 얼굴과 비-얼굴 중 어떤 특징에 더 비슷한지를 판단한 반면, 제안한 방법에서는 입력된 정보로부터 얼굴의 구조적 특징을 분석하여 얼굴과 같은지 아닌지를 판단한다. 본 논문에서는 얼굴의 구조적 특징을 분석하기 위해 얼굴의 지역적인 특징에 따라 9개로 분류 가능한 부분 얼굴 분류기를 구

성하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 II장에서는 제안하는 얼굴 후보 검출 방법의 각 단계에 대해 설명하였으며, III장에서는 부분 얼굴 분류기의 구조와 각 부분 얼굴에 대한 학습 패턴의 생성 방법에 대해 설명하고, 부분 얼굴 분류기의 결과로부터 얼굴의 구조적 특성을 확인하는 방법에 대해 설명하였다. IV장에서는 제안하는 얼굴 후보 검출 방법과 기존의 후보 검출 방법에 대한 비교 실험 결과를 기술하였으며, 또한 제안하는 부분 얼굴 분류기와 다른 얼굴/비-얼굴 분류기에 대한 성능 비교 실험 및 결과에 대해 기술하였다. 그리고 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 피부색 영역의 이미지 분할을 통한 얼굴 후보 검출

얼굴 후보 검출은 그림 1과 같이 크게 3개의 블록으로 구성되어 있다. 첫 번째 블록에서는 피부색 영역을 검출한다. 두 번째 블록에서는 피부색 영역에 대해 이미지 분할 처리를 수행하고, 세 번째 블록에서는 두 번째 블록에서 분할된 정보를 이용하여 얼굴 후보를 검출한다.

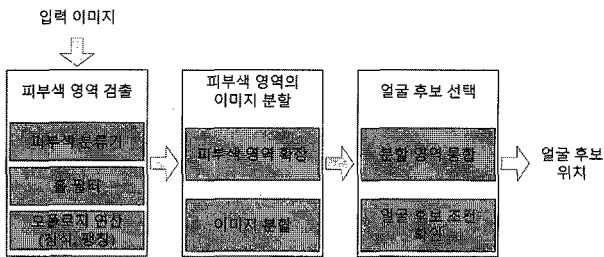


그림 1. 얼굴 후보 검출을 위해 제안된 처리과정
Fig. 1. The proposed processing for face candidate extraction.

1. 피부색 영역 검출

입력 이미지에 대한 피부색 영역 검출은 다음과 같이 수행한다. 먼저, 각 화소의 위치에 대해 피부색을 확인하여 대략적인 피부색의 범위를 검출한다. 이때 피부색과 비-피부색의 분류를 위해 신경망 기반의 분류기^[9]를 사용한다. 피부색의 범위는 이진 영상으로 저장되며 피부색 영역내의 구멍들을 제거하기 위해 홀 필터를 수행한다. 그리고 작은 피부색 영역을 제거하기 위해 침식(Erosion) 연산 후 팽창(Dilation) 연산을 수행하는 열림

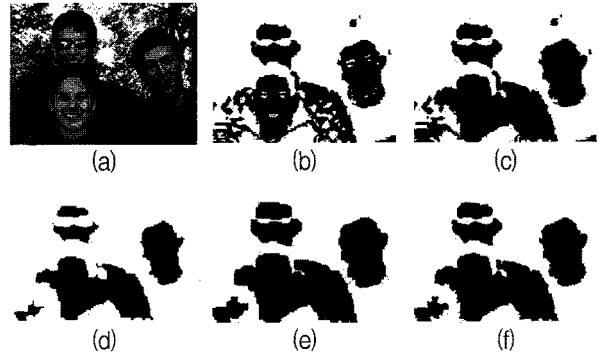


그림 2. 피부색 영역의 검출 결과
(a) 입력 이미지 (b) 피부색 분류기 결과
(c) 홀 필터 결과 (d) 침식 연산 결과 (e) 팽창 연산 결과 (f) (c)와(e)의 AND 연산 결과
Fig. 2. A detecting result of skin color area.
(a) Input image (b) Result of skin color classifier
(c) Result of hold filter (d) Result of erosion operation (e) Result of opening operation (f) Result of AND operation of (c) and (e).

모폴로지(Opening morphology)을 적용하였다. 마지막으로 원래의 피부색 영역의 경계를 유지하기 위해 홀 필터 결과와 모폴로지 연산 결과의 AND 연산을 통해 최종적인 피부색 영역을 획득한다. 이러한 피부색 영역 검출은 피부색 내의 구멍들이 모폴로지 연산의 영향으로 피부색 영역이 분할되는 것을 방지하고, 잡음이나 작은 피부색 영역이 후보로 결정되는 것을 감소시킬 수 있다. 그림 2는 입력 이미지에 대해 제안된 피부색 영역 검출을 적용한 예를 나타낸다.

2. 피부색 영역의 이미지 분할

검출된 피부색 영역을 살펴보면 피부색과 비슷한 배경이 얼굴에 포함된 경우 그리고 다른 객체의 영향으로 얼굴이 분할된 경우가 발생한다. 뿐만 아니라 다수의 얼굴이 겹쳐서 하나의 피부색 영역을 구성될 경우도 발생한다. 이러한 피부색 영역들은 얼굴을 구성하는 특징 뿐만 아니라 다른 특징들을 포함하고, 또는 얼굴의 일부 특징만을 포함하기 때문에 얼굴로 검출되지 않는다. 따라서 본 연구에서는 피부색 영역을 특징에 따라 분할하고 병합하여 유효한 얼굴 후보를 검출한다.

제안하는 피부색 영역의 이미지 분할 방법은 다음과 같다. 먼저, 다른 객체의 영향으로 분할된 얼굴 영역이 후보로 검출될 수 있도록 각 피부색 영역을 가로와 세로 방향으로 영역을 확장한다. 이때 가로의 좌우방향과 세로의 상하방향으로 확장되는 화소 수는 실험을 통해



(a) 확장된 피부색 영역 (b) 이미지 분할 결과

그림 3. 피부색 영역의 확장과 이미지 분할

Fig. 3. Extension and image segmentation of skin color area.

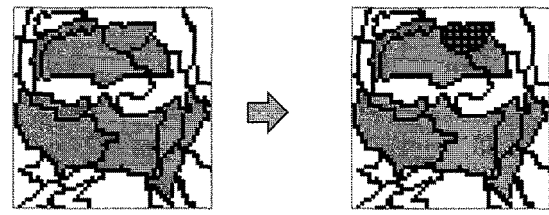
가로(세로)길이×0.15로 정했다. 그리고 확장된 영역들이 겹치는 영역들을 하나의 그룹으로 묶어 이미지 분할 처리를 한다. 제안한 방법에서는 칼라 정보와 거리 정보를 사용하는 평균 이동(Mean-shift) 기반 이미지 분할 방법^[10]을 적용하였다. 적용된 이미지 분할 방법은 칼라, 거리 정보 그리고 최소 영역의 크기에 대한 임계값에 따라 각분할 영역이 결정되기 때문에 사전에 분할될 영역의 수에 대한 추정이 필요 없이 피부색 영역을 분할할 수 있다.

그림 3은 그림 2.(f)의 피부색 검출 결과에 대한 영역 확장 및 이미지 분할의 결과를 나타낸다. 그림 3.(a)은 각 피부색 영역에 대한 확장 영역을 나타낸다. 그리고 그림 3.(b)은 중첩된 확장 영역들을 하나의 영역으로 하여 이미지 분할한 결과이며, 회색은 피부색을 포함하는 분할 영역들을 나타낸다. 그리고 흰색은 피부색을 포함하지 않는 분할 영역들이다.

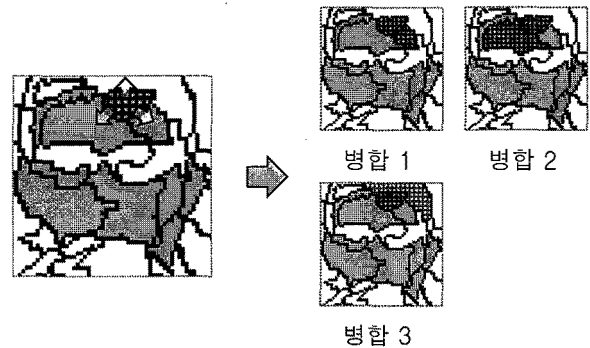
3. 얼굴 후보 선택

얼굴 후보 선택은 분할된 이미지를 바탕으로 각분할 영역을 병합하고, 세로/가로 비율에 따라 결정된다. 피부색 영역의 분할 정보를 이용한 병합 과정은 다음과 같이 수행되며, 그림 4는 병합과정에 대한 예를 나타낸다.

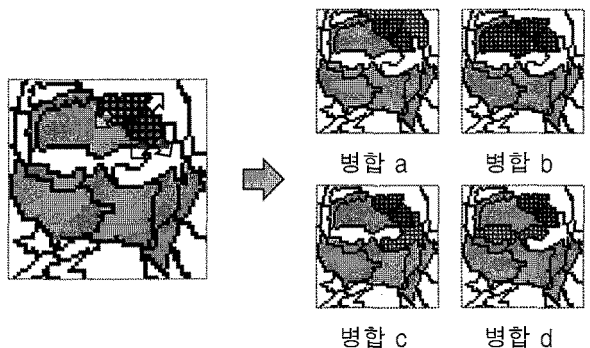
- | | |
|--------|---|
| 단계 1 : | 피부색을 포함하는 분할 영역 선택 |
| 단계 2 : | 피부색 분할 영역과 이웃하는 분할 영역에 대해 병합 수행
이전 병합 수행과정에서 조합된 분할 영역의 그룹은 제외 |
| 단계 3 : | 병합된 영역과 이웃하는 분할 영역에 대해 통합하여 통해 새로운 병합 영역 생성
이전 병합 수행과정에서 조합된 분할 영역의 그룹은 제외 |
| 단계 4 : | 피부색을 포함한 하나의 분할 영역에서 생성될 수 있는 모든 분할 영역의 조합에 대해 단계 3을 반복 수행 |
| 단계 5 : | 피부색을 포함한 모든 분할 영역에 대해 단계 1~4를 반복 수행 |



(a) 피부색이 포함된 분할 영역 선택



(b) 선택된 분할 영역과 이웃하는 영역에 대한 병합



(c) 병합된 영역과 이웃하는 영역에 대한 병합

그림 4. 얼굴 후보 검출을 위한 병합 과정

Fig. 4. The merging processing for face candidate extraction.

먼저 병합과정의 단계 1에서는 그림 4.(a)와 같이 피부색을 포함하는 회색 분할 영역들 중 하나를 선택한다. 단계 2에서는 선택된 분할 영역과 이웃하는 분할영역을 탐색한 후 각 이웃 영역과 통합하여 새로운 병합 영역을 생성한다. 그림 4.(b)의 경우 선택된 분할 영역과 이웃하는 분할 영역이 3개 이므로 3개의 병합 영역이 생성된다. 그리고 단계 3에서는 단계 2에서 생성된 병합 영역 중 하나를 선택하고, 선택된 병합 영역과 이웃하는 모든 분할 영역에 대해 통합하여 각각의 병합 영역을 생성한다. 그림 4.(c)는 그림 4.(b)에서 생성된 병합 영역 중 병합 1을 대상으로 이웃하는 분할 영역과 병합된 영역들을 나타내고 있다. 단계 4에서는 단계 2에서 선택한 피부색 분할 영역으로부터 생성될 수 있는 모든 분할 영역의 조합에 대해 단계 3을 반복하여 수행

한다. 이와 같은 병합 과정은 피부색을 포함한 모든 분할 영역에 대해 수행하며, 각 병합과정에서는 이전의 병합된 영역과 동일한 분할 영역의 조합일 경우 병합 과정에서 제외한다.

얼굴 후보는 병합 과정 중 단계 1, 단계 2 그리고 단계 3에서 선택된 분할 영역이나 병합 영역의 세로/가로 비율에 따라 선택한다. 이상적인 정면 얼굴의 경우 이마부터 턱까지의 세로 길이와 귀를 제외한 왼쪽부터 오른쪽까지의 가로 길이에 대한 비율은 식 (1)에 가깝다^[1]. 하지만 피부색 정보를 바탕으로 검출된 얼굴들은 모자, 수염 그리고 목 등의 영향으로 이상적인 비율보다 낮거나 높게 나타난다. 따라서 본 연구에서는 실험을 통해 얼굴 후보 결정을 위한 세로/가로 비율의 범위를 [0.7, 1.65]로 정했다.

$$\frac{height}{width} \cong \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1.618 \quad (1)$$

III. 부분 얼굴 분류기를 통한 얼굴 확인

선택된 얼굴 후보들에 대한 얼굴 검증은 전처리, 부분 얼굴 분류기, 그리고 얼굴 구조 확인의 3단계로 구성되어 있다. 먼저 전처리 단계는 선택된 얼굴 후보 영역을 얼굴 검증에 적당한 크기로 변경하고, 빛에 의한 영향을 감소시키기 위해 빛 보정^[1] 처리를 통해 그레이 이미지로 저장한다. 그리고 부분 얼굴 분류기는 저장된 그레이 이미지의 화소들의 위치에 대해 9개의 다른 부분 얼굴 클래스로 나누어 분류 지도를 생성한다. 마지막으로 분류 지도 정보로부터 얼굴의 구조적 특징을 분석하여 얼굴인지 아닌지를 판단한다.

1. 부분 얼굴 분류기

본 연구에서는 패턴 분류에 적합하며 뛰어난 일반화 능력을 가지고 있는 다층 퍼셉트론(MLP: Multi-Layer Perceptron) 신경망을 부분 얼굴 분류기로 사용한다.

신경망의 구성을 살펴보면, 신경망의 입력으로는 본 연구에서 제안한 얼굴 후보 검출 결과 이미지의 각 화소들의 위치에서 입력층과 동일한 크기의 그레이 이미지를 사용한다. 이때 입력층의 크기는 20×20으로 하였으며, 중간층의 뉴런은 20개, 그리고 출력층의 뉴런은 부분 얼굴의 수에 대응하는 것으로 9개로 구성하였으며, 최대 출력을 갖는 뉴런을 분류 결과로 한다. 그림 5

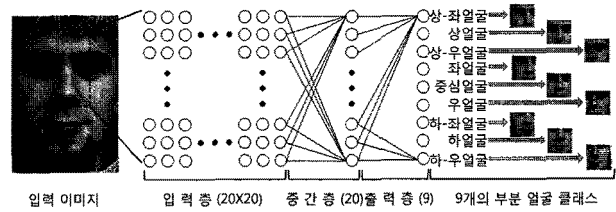


그림 5. 부분 얼굴 분류의 신경망 구조
Fig. 5. Neural network architecture for partial face discrimination.

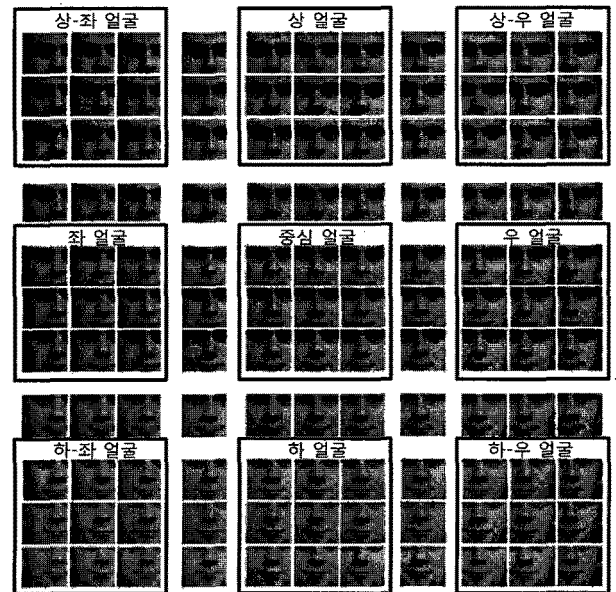


그림 6. 얼굴 이미지로부터 추출한 부분 얼굴 클래스
Fig. 6. Partial face classes extracted from a face image.

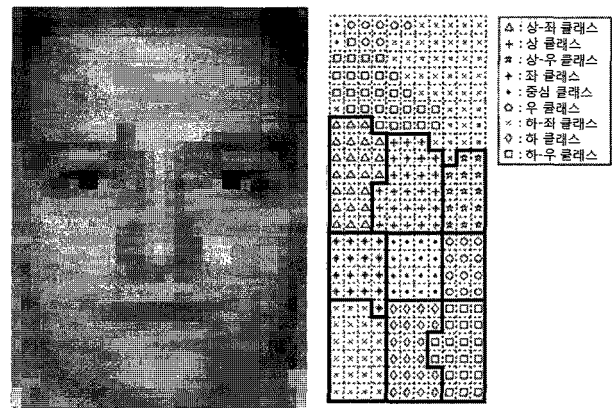
는 부분 얼굴 분류를 위한 신경망 구조를 나타낸다. 신경망의 학습에 영향을 미치는 다양한 학습 파라미터 중에서 초기 연결강도는 -1~1 범위에서 임의의 값을 설정하였고, 각 층의 연결강도는 에러 역전파(Error Back-propagation) 학습 알고리즘을 적용하여 조절하였다. 그리고 학습률은 학습 단계별 변화를 고려하여 적응적으로 변경하였다.

제안된 분류기의 학습은 얼굴의 다른 지역적인 특징을 가지는 부분 얼굴 클래스를 생성하여 사용한다. 예를 들어 중심 얼굴 클래스는 두 눈, 코, 그리고 입을 포함한다. 이에 반해 하 얼굴 클래스는 두 눈을 포함하지 않고, 코, 입 그리고 턱을 포함하도록 결정하였다. 이와 같이 9개의 클래스가 서로 다른 기하학적 특징들을 가지도록 분할하여 부분 얼굴 분류기의 학습에 적용하였다. 그림 6은 30×30 얼굴 이미지에 대해 20×20 마스크를 사용하여 추출한 9개의 부분 얼굴 클래스 패턴들을

나타낸다. 그림 6에서 사각형 내의 이미지들은 각 부분 얼굴 클래스에 속하는 패턴들이고, 사각형 외의 이미지들은 이웃하는 클래스간의 경계를 명확히 하기 위해 어떠한 클래스에도 속하지 않도록 하였다.

2. 얼굴 구조 판단

얼굴 구조 판단은 부분 얼굴 분류기의 입력 이미지에 대한 분류 지도로부터 얼굴의 구조적 특성을 파악하여 얼굴인지 아닌지를 판단한다. 그림 7은 입력이미지에 대한 20x20 마스크의 위치에 대응하는 부분 얼굴 분류기의 분류 결과의 지도를 나타낸다. 분류 지도로부터 얼굴의 구조적 특성에 대한 확인은 두 단계로 구성된다. 첫 번째, 분류 지도에서 중심 얼굴 클래스로 분류된 영역을 찾는다. 두 번째, 찾은 중심 얼굴 영역의 상, 하, 좌, 우, 그리고 대각선 방향에 대해 올바른 부분 얼굴의 영역의 존재 유무를 확인함으로써 얼굴의 구조적 특징을 판단하며, 얼굴의 구조적 특성을 만족하는 영역의 수를 히트수(H)로 나타낸다. 그림 7.(b)의 분류 지도를 살펴보면 중심 얼굴 영역을 포함해 모든 방향에 대한 부분 얼굴 영역이 존재함으로 얼굴의 구조적 특징을 만족하는 영역의 히트수는 9 이다. 이때 얼굴과 비-얼굴에 대한 분류는 히트수(H)와 모든 히트 영역에 대한 부분 얼굴 분류기의 최대 출력 뉴런의 값의 합(S)을 사용한다. 만약 입력 이미지에 대한 얼굴의 구조적 특징을



(a) 입력 이미지 (b) 분류 지도

그림 7. 부분 얼굴 분류기로부터 생성된 분류 지도
Fig. 7. Classification map created from partial face classifier.

나타내는 히트수 H가 임계치보다 크고, 출력 뉴런의 값의 합 S에 대해서도 임계치보다 크다면 얼굴로 판단하고, 그렇지 않는 경우에는 비-얼굴로 판단 한다.

IV. 실험 및 분석

1. 실험 데이터의 구성

얼굴 후보 검출과 전체 얼굴 검출 시스템에 대한 실험에는 Bao 멀티 얼굴 데이터베이스^[11]을 사용하였다.

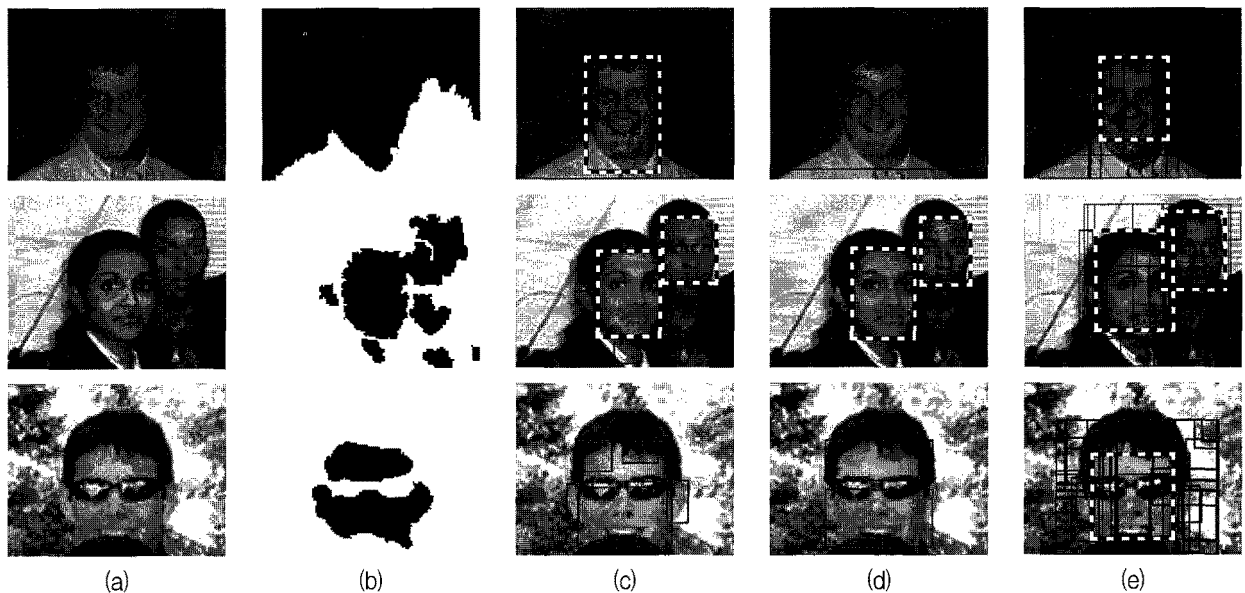


그림 8. 얼굴 후보 검출 결과 비교 (a) 입력 이미지 (b) 피부색 검출 결과 (c) [6] (d) [2] (e) 제안된 방법
Fig. 8. Comparison of result of face candidate extraction (a) Input image (b) result of skin color (c) [6] (d) [2] (e) our method.

Bao 데이터는 221개의 칼라 이미지로 구성되어 있으며, 1212개의 정면 얼굴과 58개의 비 정면얼굴로 구성되어 있다. 본 연구에서는 정면 얼굴을 대상으로 실험한다. 분류기의 학습 데이터는 인터넷 상에서 수집한 이미지와 CMU(Carnegie Mellon University) 데이터베이스로부터 추출하였으며, 총 21,043개 이미지로 3,171개 얼굴과 17,872개의 비-얼굴 이미지로 구성되어 있다. 학습 이미지 크기는 40×40로 정규화 하였다.

2. 얼굴 후보 검출 실험 결과

얼굴 후보 검출 실험은 Bao 데이터베이스의 이미지에 대해 피부색 영역을 검출한 후 실제 얼굴이 포함된 피부색 영역의 형태에 따라 단일, 배경포함, 오버랩, 분할 그리고 미검출 얼굴로 분류하였다. 그리고 제안된 후보 검출 방법과의 비교 실험을 위해 에지 사용 방법^[6]과 수직 방향 누적 방법^[2]을 사용하였다. 그림 8은 후보 검출 결과를 나타내고 있으며, 위에서부터 순서대로 배경 포함, 오버랩 그리고 분할된 얼굴에 대한 결과이다. 그림 8.(c), (d) 그리고 (e)에서 가는 선은 검출된 후보 영역을 나타내며, 굵은 점선은 얼굴을 포함한 후보 영역을 나타낸다. 그림 8.(c)을 살펴보면 배경이 포함된 경우나 오버랩된 경우에서 에지 정보를 사용하여 실제 얼굴이 포함된 후보 영역이 검출된 것을 볼 수 있다. 하지만, 실제 얼굴이 분할된 경우에는 후보로 검출하지 못한 것을 확인할 수 있다. 그리고 그림 8.(d)은 수직 방향 누적 방법을 통한 후보 검출 방법의 결과로 얼굴의 주변 배경이 피부색과 비슷한 경우와 얼굴이 분할된 경우에는 실제 얼굴이 포함된 영역을 후보로 검출하지 못한다. 반면 제안된 방법에서는 모든 경우에 대해 얼굴이 포함된 후보 영역이 검출된 것을 볼 수 있다.

표 1. 피부색 영역 형태에 따른 Bao 데이터베이스의 이미지 수

Table 1. The number of images in Bao database for types of skin color.

형 태	수
단일 얼굴 (A)	871
배경포함 얼굴 (B)	194
오버랩 얼굴 (C)	87
분할 얼굴 (D)	54
미검출 얼굴 (E)	6
총	1212

표 2. 얼굴이 포함된 후보 영역의 검출 결과 비교
Table 2. Comparison of detection rate of face candidate which is including factual face.

후보 검출 방법	피부색 영역 형태					총	%
	A	B	C	D	E		
수직 누적 ^[2]	871	78	79	0	0	1028	84.8
에지 사용 ^[6]	871	190	78	0	0	1139	93.9
제안된 방법	871	193	81	54	0	1199	98.9

표 1은 Bao 데이터베이스에서 피부색 영역의 형태에 따른 분류된 얼굴 이미지의 수를 나타내며, 표 1에서 미검출 얼굴은 본 논문에서 사용한 신경망 기반의 피부색 분류기로부터 검출되지 않은 얼굴이 포함된 피부색 영역의 수를 나타낸다. 표 2는 각 피부색 영역의 형태에 따라 제안된 방법과 비교 방법들이 검출한 수를 비교한 결과이다. 실험 결과 제안된 방법은 수직 누적 방법 보다 171개 많은 얼굴을 후보로 검출한 것을 확인할 수 있었으며, 그리고 에지정보를 사용한 방법 보다는 60개 많은 얼굴을 후보로 검출한 것을 확인할 수 있었다.

3. 얼굴 검출 실험 결과

가. 부분 얼굴 분류기를 통한 얼굴과 비-얼굴의 분류

본 실험에서는 제안된 부분 얼굴 분류기가 학습과정에서 얼굴 이미지만을 사용하여 얼굴과 비-얼굴의 구별이 가능함을 보인다. 실험은 학습 데이터 중 얼굴 이미지 10개를 초기 학습 데이터로 사용하였으며, 이후 학습 데이터를 10개씩 증가 시켜가며 학습에 따른 분포 변화를 확인하였다. 그림 9는 분류기의 학습에 사용된 얼굴 이미지수가 10, 100, 200, 300개 일 때 얼굴과 비-얼굴의 분포 변화를 나타낸다. H는 히트 수, S는 모든 히트 영역에 대한 부분 얼굴 분류기의 최대 출력 뉴런의 값의 합이다. 그리고 N은 얼굴과 비-얼굴의 수를 나타낸다. 또한 회색과 검정색의 분포는 각각 비-얼굴과 얼굴을 나타낸다.

실험 결과 학습에 사용된 얼굴 이미지의 수가 증가됨에 따라 얼굴들은 높은 H와 높은 S의 영역으로 분포가 변경되어 가는 것을 볼 수 있다. 이는 얼굴 이미지들이 추가됨에 따라 제안된 분류기를 구성한 MLP의 각 부분 얼굴에 대응되는 출력 뉴런들이 각 부분 얼굴 패턴에 잘 활성화되도록 연결 강도가 조절되는 것을 의미한다.

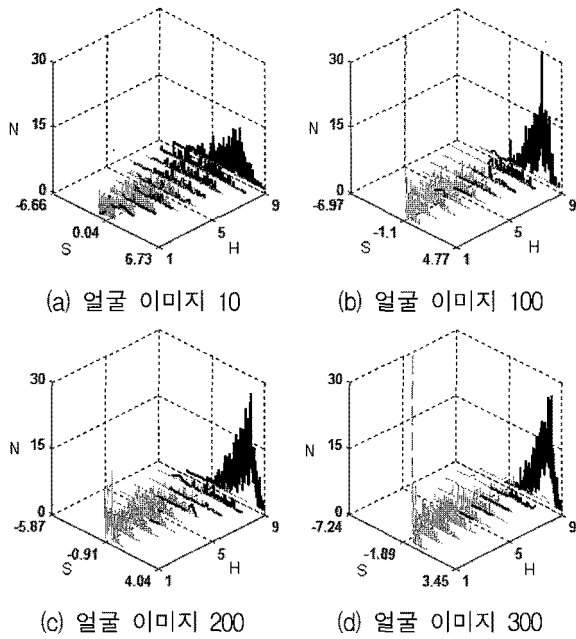


그림 9. 부분 얼굴 분류기의 훈련에 사용된 이미지 수에 따른 얼굴과 비-얼굴의 분포

Fig. 9. Distribution of face and non-face respect to number of training face images of partial face classifier.

다. 따라서 학습 과정에서 비-얼굴 이미지를 사용하지 않고, 얼굴 이미지만을 고려하여 얼굴과 비-얼굴을 구분하는 분류기를 구성할 수 있다.

나. 학습에 사용된 이미지 수에 따른 분류 성능 비교
본 논문에서 제안한 분류기의 학습 수행 성능을 비교하기 위해서 학습에 사용된 이미지 수에 따른 분류 성능을 Rowley' NN^[3]과 CNN^[4] 기반의 얼굴/비-얼굴 분류

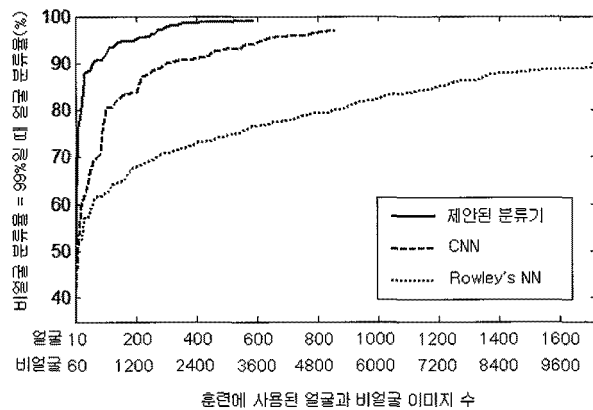


그림 10. 학습 데이터 수에 따른 분류율

Fig. 10. Classification rate respect to number of learning data.

표 3. 분류기별 사용된 학습 이미지 수와 얼굴 분류율

Table 3. The number of learning image and face classification rate with each classifier.

분류기	이미지 수		얼굴 분류율	비-얼굴 분류율
	얼굴	비-얼굴		
Rowley' NN ^[3]	1700	10200	89.74 %	99 %
CNN ^[4]	810	4860	97.92 %	99 %
제안된 분류기	580	0	98.80 %	99 %

기와 비교하였다. 실험은 학습 데이터 중 얼굴 이미지 10개와 비-얼굴 이미지 60개를 초기 학습 데이터로 사용하였으며, 이후 얼굴 10개와 비-얼굴 60개씩 증가 시켜가며 학습에 따른 분류 변화를 확인하였다. 이때 비교 방법은 비-얼굴의 분류율이 99%가 되도록 임계치를 조절하고 각 학습 데이터 수에 따른 얼굴의 분류율을 확인 하였으며, 학습 데이터의 추가는 얼굴 분류율의 변화가 0.01일 때 까지 수행하였다. 실험 결과는 그림 10과 표 3과 같다.

실험 결과 제안한 분류기는 580개의 얼굴 이미지만을 학습 데이터로 사용하여 Rowley' NN보다 9.06% 분류 성능이 향상된 것을 확인할 수 있다. 또한 CNN 보다 0.88% 높은 분류 성능을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

다. 제안된 얼굴 검출 시스템의 성능 평가

제안된 시스템의 얼굴 검출 성능을 평가하기 위해 Bao 데이터베이스를 사용하였다. 실험 결과는 그림 11과 표 4와 같다. 그림 11은 테스트 이미지로부터 검출된 결과를 나타내며, 흰색 박스는 검출된 얼굴을 표시하고 있다. 결과를 살펴보면 얼굴들이 겹쳐진 경우뿐만 아니라 수염, 안경 등의 영향으로 실제 얼굴이 분할된 경우도 검출하는 것을 볼 수 있다.

표 4는 Bao 데이터베이스에 포함된 1212개의 정면 얼굴에 대해 얼굴의 구조적 판단에 따른 모든 히트 영역에 대한 부분 얼굴 분류기의 최대 출력 뉴런의 값의 합 S의 임계치와 히트수 H의 임계치를 변경 하였을 때 얼굴 검출율, 미검출 수 그리고 오검출 수를 나타내고 있다. 표 4에서 검출 수는 제안된 시스템에서 검출된 얼굴의 수를 나타내며, 검출율은 실험 데이터에서 존재하는 1212개의 얼굴 중 검출된 얼굴의 수에 대한 비율을 나타내고 있다. 결과를 살펴보면, 제안된 얼굴 검출 시스템은 실험 데이터로부터 히트수 H에 대한 임계치

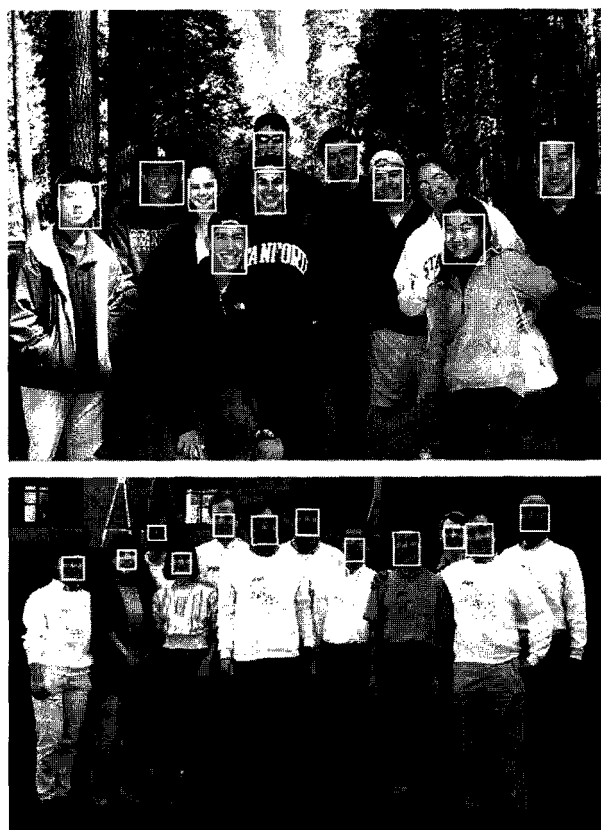


그림 11. 제안된 얼굴 검출 시스템의 검출 결과
 Fig. 11. The detection result of proposed face detection system.

표 4. 제안된 얼굴 검출 시스템의 검출율
 Table 4. The detection rate of proposed face detection system.

임계치		검출 수	검출율	미검출 수	오검출 수
H	S				
9	0.62	1104	90.10 %	120	12
8	0.63	1143	92.24 %	94	25
7	0.65	1197	95.21 %	58	43
6	0.69	1301	98.43 %	19	108

7을 사용했을 때 43개의 오검출 수와 95.21%의 얼굴 검출율을 획득 하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 복잡한 환경에 포함된 다양한 얼굴의 검출이 가능한 후보 검출 방법을 제안하였다. 또한 얼굴의 구조적 특징을 이용한 부분 얼굴 분류기 기반의 얼굴 확인 방법을 제안하였다.

제안된 얼굴 후보 검출 방법은 검출된 피부색 영역이

배경을 포함한 경우나 얼굴들이 겹쳐진 경우뿐만 아니라 다른 객체에 영향으로 실제 얼굴이 분할된 경우도 후보로 검출 가능함을 볼 수 있었다. 또한 얼굴 후보 검출 실험에서는 다른 검출 방법보다 88.5개 많은 얼굴을 후보로 검출한 것을 확인하였다.

제안된 얼굴 확인 방법은 얼굴의 구조적 특징을 분석하기 위해 얼굴의 지역적인 특징에 따라 9개로 분류 가능한 부분 얼굴 분류기를 사용함으로써 얼굴과 비-얼굴을 식별하는데 있어 비-얼굴 이미지의 영향을 감소시켰다. 또한 얼굴/비-얼굴 분류기에 대한 실험에서는 제안된 방법은 다른 분류기 보다 적은 수의 얼굴 이미지만을 학습 데이터로 사용하여 다른 분류기 보다 4.97% 높은 분류율을 획득하였다. 그리고 얼굴 검출 실험 결과 43개의 오검출 수와 95.21%의 검출율을 획득하였다.

향후 연구로는 부분 얼굴 분류기에 PCA(주성분 분석)를 적용하여 MLP의 입력 차원을 감소시키고 또한 얼굴과 비-얼굴의 분류율을 향상시킬 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] E. Hjelmas and B. K. Low, "Face detection : a survey," Computer Vision and Image Understanding, Vol 83, no. 3, pp 236-274, Sept 2001.
- [2] Yepeng Guan and Lin Yang, "An unsupervised face detection based on skin color and geometric information," ISDA, Vol. 2, pp 272-276, Oct. 2006.
- [3] Rowley, H.A., Baluja, a. and Kanade, T., "Neural network-based face detection," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Vol 20, Issue 1, pp 22-38, Jan. 1998.
- [4] Garcia, C. and Delakis, M., "Convolutional face finder: a neural architecture for fast and robust face detection," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Vol 26, Issue 11, pp 1408-1423, Nov. 2004.
- [5] Hwei-Jen Lin, Shwu-Huey Yen, Jih-Pin Yeh and Meng-Ju Lin, "Face detection based on skin color segmentation and SVM classification," SSIRI, pp 230-231, July 2008.
- [6] Li Jiuxian, Xia Xiyu and Xia Liangzheng, "Face detection based on self-skin segmentation and wavelet support vector machine," Computational Intelligence and Security, 2006 International Conference on, Vol 1, pp 722-758, Nov. 2006.

- [7] Yanwen Wu and Xueyi Ai, "Face detection color images using adaboost algorithm based on skin color information," WKDD, pp.339-342, 2008.
- [8] P. Viola and M. J. Jones, "Robust real-time face detection," International Journal of Computer Vision, 57(2), pp 137-154, May. 2004.
- [9] 김성훈, 이현수 "두 칼라 모델의 부분연결 다층 퍼셉트론을 사용한 피부색 검출," 전자공학회 논문지, 제46권 CI편, 제3호, 107-115쪽, 2009년 5월
- [10] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean shift: a robust approach toward feature space analysis," IEEE Trans. On PAMI, Vol. 24, no. 5, pp 603-219, May 2002.
- [11] R. Frischholz, Bao face database at the face detection homepage, <http://www.facedetection.com>

 저 자 소 개



김 성 훈(정회원)
 2002년 대불대학교 컴퓨터공학과
 학사 졸업.
 2004년 경희대학교 전자계산
 공학과 석사 졸업.
 2004년~현재 경희대학교 컴퓨터
 공학과 박사 과정.

<주관심분야 : 신경망, 패턴인식, 얼굴 검출>



이 현 수(정회원)-교신저자
 1979년 2월 경희대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 1982년 4월 일본 게이오대학원
 전기공학과 석사 졸업.
 1985년 4월 일본 게이오대학원
 전기공학과 박사 졸업.

1999년 9월~2000년 8월 미국 오레곤 주립대학교
 전기 및 컴퓨터공학과 방문 연구원, 미국
 캘리포니아대학교(U.C.I) 전기 및 컴퓨터
 공학과 방문 연구원.

2005년~2008년 경희대학교 전자정보대학 학장
 및 정보통신대학원 원장

1985년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
 <주관심분야 : 컴퓨터구조 및 VLSI, 병렬처리, 패
 턴 인식, 신경망, 음성처리>