

論文99-36S-12-13

# 살색과 얼굴 특징들의 기하학적 제한을 이용한 얼굴 위치 찾기

## (Face Detection Using Skin Color and Geometrical Constraints of Facial Features)

趙慶珉\*, 洪起祥\*

(Kyung-Min Cho and Ki-Sang Hong)

## 요약

일반적인 영상에서 얼굴의 위치를 찾아내는 문제는 넓은 응용 영역에도 불구하고 변형의 다양성 때문에 아직도 많은 연구를 필요로 하는 주제이다. 표정, 방향, 회전, 크기, 성별, 나이 등에 따른 얼굴의 변형이 다양하기 때문이다. 이러한 변형을 적절하게 고려하기 위해서 본 논문에서는 특징 요소에 기반을 둔 방법을 사용하였다. 얼굴을 이루는 특징 요소들, 즉, 눈썹, 눈, 코, 입의 배치에 근거해서 얼마나 실제의 얼굴과 비슷한 배치를 이루는 가를 계산하여 얼굴의 위치를 확인한다. 이러한 작업에서는 특징 요소들을 정확히 찾아내는 것이 중요한 문제이다. 본 논문에서는 특징 요소를 정확히 찾기 위하여 일반적인 에지를 찾는 방법대신 크기나 방향을 고려하는 조정 가능한 필터를 사용하였고 특징 요소 기반 방법의 약점을 극복하기 위해서 변형 가능한 템플릿을 사용하여 검증작업을 수행하였다. 또한 기존의 특징 요소 기반 방법을 영상 전체에 대해 적용하면서 검출률이 떨어지는 것을 고려해 본 논문에서는 칼라 영상의 색 정보를 이용하여 작업 영역을 줄이고 검출률을 높이기 위해 변화가 다양한 살색을 찾을 수 있는 분석적인 살색 필터를 구성하였다.

## Abstract

There is no authentic solution in a face detection problem though it is an important part of pattern recognition and has many diverse application fields. The reason is that there are many unpredictable deformations due to facial expressions, view point, rotation, scale, gender, age, etc. To overcome these problems, we propose an algorithm based on feature-based method, which is well known to be robust to these deformations. We detect a face by calculating a similarity between the formation of real face feature and candidate feature formation which consists of eyebrow, eye, nose, and mouth. In this paper, we use a steerable filter instead of general derivative edge detector in order to get more accurate feature components. We applied deformable template to verify the detected face, which overcome the weak point of feature-based method. Considering the low detection rate because of face detection method using whole input images, we design an adaptive skin-color filter which can be applicable to a diverse skin color, minimizing target area and processing time.

## I. 서론

실제 환경에서 자연스럽게 얻어진 복잡한 배경을 가진 영상에서 얼굴의 위치를 찾는 문제는 다양한 응용

\* 正會員, 浦項工科大学校 電子電氣工學科 映像情報處理研究室

(Dept. of E.E., POSTECH)

接受日字:1999年1月22日, 수정완료일:1999年11月5日

분야를 가지고 있으면서도 문제의 특성상 쉽게 해결되지 않고 있는 영상 처리 문제 중의 하나이다. 컴퓨터와 인간의 인터페이스, 보안 시스템, 인구 통계 시스템, 범죄자 데이터베이스에서 용의자 선정 등 다양한 분야의 응용이 가능한 얼굴 인식의 문제는 그 문제의 학술적 관점에서의 독특성, 즉, 다양한 변형이 가능한 패턴의 인식문제로서 뿐만 아니라 실용분야가 꾸준히 확장되어왔기 때문에 최근에 많은 연구자들에 의해서 다루어지고 있다. 그러나 대부분의 기존의 작업이 비교적

제약을 많이 둔 양호한 조건을 가정하고 작업을 해 왔으나 얼굴 위치 찾기 시스템이 실제로 사용되기 위해서는 아무 사전 정보 없이도 얼굴의 위치를 찾을 수 있어야 한다.

기존의 얼굴 위치 찾기 방법을 그 기본적인 접근 방법에 따라 몇 갈래로 분류해보면 다음과 같다. 우선 가장 많이 사용되어져 온 템플릿에 기반을 둔 방법은, 정형화된 얼굴 형태의 영상 화소 값들을 사용하여 모델을 만들며 그 모델을 입력 영상 모든 곳에 적용하여 얼마나 표준 얼굴과 비슷한지를 계산하여 얼굴의 위치를 찾게 된다. Yang<sup>[1]</sup>이나 Lantis<sup>[2]</sup>에서 찾아 볼 수 있다. 그러나 이러한 방법의 경우 대개는 정해진 스케일에 대해서 한가지 얼굴을 적용하기 때문에 여러 방향에서 본 얼굴들에 대해서는 적용하기가 힘들다. 얼굴의 특징 요소들을 이용한 방법은 얼굴을 이루는 특징 요소들의 집합을 찾아 그것을 그 기하학적인 조건에 따라 그룹지어 후보가 되는 얼굴들을 만들게 된다. Leung<sup>[3]</sup>이나 Yow<sup>[4,5]</sup>는 이 방법을 사용하였다. 이러한 이미지의 경우 여러 방향에서 본 이미지에 대해서도 쉽게 적용이 될 수 있으나 특징 요소들을 찾기 위한 방법이 그러한 변화에 민감하기 때문에 이미지를 얻을 때의 상황에 많이 좌우되는 경향이 있다. 텍스처에 기반한 방법은 Dai<sup>[6]</sup>나 Haralick<sup>[7]</sup>에 의해서 발표되었다. 이 경우에는 얼굴을 그 명도 값의 공간적인 분포에 따라 작은 행렬에 저장하여 그 행렬을 비교함으로써 얼굴을 찾는다. 그러나 이 경우 역시 여러 방향에서 본 얼굴에 대해서는 쉽게 적용이 되지 않는다. 신경망을 이용한 방법은 얼굴의 eigenface 공간상에 존재하는 얼굴 vector의 거리 관계를 신경망에 통과시키는 방법 Sung<sup>[8]</sup>이나 얼굴 부분을 일정한 크기의 이미지로 만든 다음 신경망을 이용해서 학습시키는 방법 Rowley<sup>[9]</sup>등이 발표되어졌다. 이러한 방법의 경우 전면의 얼굴에 대해서는 비교적 좋은 성과를 거두었으나 얼굴이 회전되어 있거나 위나 아래 방향을 바라보는 경우에는 역시 적용하기가 힘들며 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 살색을 이용한 방법 역시 많은 연구가 이루어져 왔으나 일반적인 방법이라기보다는 어느 정도 살색의 변화를 제한하는 경우가 많았다.

본 논문에서 구현한 얼굴의 위치를 찾기 위한 방법은 크게 두 부분으로 구성되었다. 그 첫 부분은 작업 영역과 계산 시간을 줄이기 위해서 살색 부분을 찾는 작업이다. 위의 지적처럼 살색의 변화를 어느 정도 제

한해서 고정된 임계값을 사용할 수는 있으나 실제 환경에서 동작하기 위해서는 그러한 변화의 제한은 큰 약점이 된다. 따라서 본 논문에서는 그러한 제약을 두지 않고 작업을 수행하였다. 두 번째 부분은 찾아진 살색의 위치에 대해서 얼굴을 구성하는 특징 요소들을 얻고 그 특징 요소들을 얼굴 모양이 되게 결합하는 방법과 어느 정도 얼굴과 비슷한지 계산하는 부분이다. 그 순서에 따라 전체적인 작업 배치를 살펴보면 다음과 같다. 2 장에서는 살색 영역을 찾아 계산 영역을 줄이는 부분에 대한 설명을 하고 3 장에서는 특징 요소들을 찾아내는 부분을 언급하였으며 4 장에서는 그 찾아진 요소들의 결합을 다루었다. 5 장에서는 그렇게 찾은 후보 얼굴들에 대해 검증하는 부분을 언급하고 6 장에서는 그 실험 결과를 살펴본다. 전체 흐름도는 그림 1과 같다.

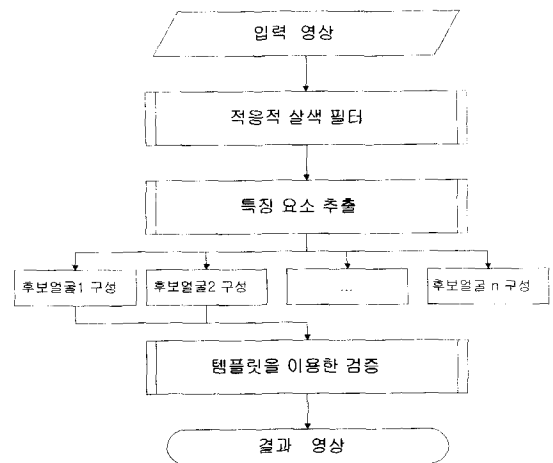


그림 1. 전체 흐름도

Fig. 1. Flowchart.

## II. 살색 영역 찾기

최근에 컴퓨터의 계산 능력이나 영상 획득 기기의 보급으로 얼굴 위치 찾기나 행동 추적에는 컬러 영상을 사용하는 것이 점차로 보편적이 되어 가는 추세이며 그러한 경우에 살색은 중요한 정보이다. 또한 전체 영상에서의 작업은 연산 시간이 많이 걸리게 될 뿐만 아니라 배경이 복잡할 경우 얼굴과 유사한 배치를 이루는 경우가 많이 생겨서 잘못 찾는 경우가 더 많아지게 된다. 이러한 것을 고려하여 우선 살색 정보를 이용

하여 특징을 찾을 영역을 줄임으로써 좀 더 효과적인 작업을 수행할 수 있다. 이번 논문에서도 살색을 통한 영역 찾기는 탐색 영역 줄이기에 중점을 둔다. 이러한 목표를 위해서 분석적이고 변화에 강한 살색 필터의 필요성은 더욱 커지게 된다. 자세한 것은 “적응적 살색 필터”<sup>10)</sup> 논문을 참조하고 살색 필터부분을 개략적으로 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 적응적 살색 필터

색이나 조명의 변화에 강한 살색 필터를 구현하기 위해서는 변화에 적합하게 임계값을 변화시켜주는 작업이 필요하며 그러한 작업이 효율적으로 이루어지기 위해서는 색 공간의 변환과 색 공간상의 분포의 다양성을 고려해 주어야 한다. 살색에 해당하는 RGB 값은 정규 분포로 가정하여 분석할 수 있으나 그 조명이나 색의 변화가 각각의 값에 연동되어 변화하기 때문에 적절하게 변수를 사용하여 나타내기가 힘들다. 따라서 그러한 변화에 대해서 직감적인 대응이 가능하도록 색 공간의 변환이 필요하다. HSV 공간의 경우 조명과 색의 변화가 색 공간의 각 축에 개별적으로 나타나게 되므로 HSV 색 공간으로 변환시키는 것은 많은 장점을 갖게된다<sup>11)</sup>. HSV 색 공간으로 변환된 픽셀에 적응적 살색 필터를 적용시키는 과정을 나타내 보면 다음과 같다. 이 작업을 통해 입력 영상에 나타나는 밝기의 변화를 고려해서 임계영역을 다시 계산할 수 있다.

1. 초기의 임계값을 적용시켜서 채도와 명도를 축으로 하는 좌표에 히스토그램을 만든다.

2. 빈도수가 최대 빈도값의  $\frac{1}{10}$  이상 되는 값들의 무게중심을 구한다.

3. 초기에 정해놓은 무게중심과 거리의 차가 10 이하이면 작업을 끝낸다.

4. 임계영역을 크기는 같게 해서 무게중심이 임계영역의 중심이 되도록 임계 영역을 옮긴다.

5. 새로 옮긴 임계영역을 이용해서 새로운 히스토그램을 구한다.

6. 2 번의 작업으로 돌아가서 작업한다.

7. 3.에서 작업이 끝나면 히스토그램을 이용해서 임계 영역의 크기를 다시 계산한다.

### 2. 살색과 배경과의 구분

임계값의 적응적 조절을 통해서 주어진 영상의 살색 부분을 조명과 색의 변화에 강하게 찾아낼 수 있다. 그

러나 배경이나 옷에 살색과 비슷한 색이 있을 경우 그 부분까지 포함되어 다음 작업인 특징요소 추출에 부정적인 영향을 준다. 따라서 살색과 배경을 분리함으로써 조금 더 정확한 살색 영역을 얻을 수 있고 특징요소를 정확하게 얻을 수 있다. 이러한 작업을 위해서는 HSV 공간상의 모든 정보 즉, 색도, 채도, 명도를 모두 사용하여야 한다.

우선 삼차원 HSV 색 공간상에 앞에서 구한 살색 임계값을 만족시키는 픽셀들을 이용해서 삼차원 히스토그램을 만든다. 그러면 살색에 해당하는 복셀들 중에 영상에 많이 분포하는 색에 해당하는 것에 큰 값이 구해진다. 우선 주어진 복셀들이 몇 개의 다발들로 이루어져있는지 계산하기 위하여 계층적 다발짓기 방법을 이용한다.

1. 삼차원 상의 동일영역 추출(CRE) 작업을 통하여 이웃한 다발들끼리는 모두 연결한다.

2. 모든 복셀들이 라벨 하나로 연결되면 작업을 끝낸다.

3. 셋 이상의 라벨이 존재하면 다른 라벨이 붙어 있는 다발들 간의 거리를 구한다.

4. 위에서 구한 거리가 적은 것끼리 더하고 두개의 라벨이 남을 때까지 계산한다.

위의 작업을 끝내면 하나 아니면 두 개의 다른 라벨이 붙는다. 모든 복셀들이 하나의 라벨이면 살색에 해당되는 한가지 색만이 존재하므로 바로 모든 복셀들을 임계영역으로 사용해서 살색 지역을 찾으면 된다. 즉 입력 영상을 RGB에서 HSV로 변환시켜서 각 픽셀이 다발에 포함되면 살색을 의미하는 것이다. 또한 두 개의 라벨이 붙으면 살색과 살색 비슷한 배경색이 존재하는 것으로 두 개의 서로 다른 라벨이 붙은 복셀 집합이 각각의 색에 대한 임계영역을 나타낸다. 그런데 살색과 살색 비슷한 배경을 가지고 있으면서도 하나의 라벨이 붙는 경우가 생긴다. 두 색이 구별은 되면서도 공간상에 근접해서 분포하는 경우이다. 이러한 경우를 검사하기 위해 빈도수가 높은 복셀만을 택해 다시 라벨링 작업을 해서 그것이 서로 다른 라벨을 갖는지를 조사하는 것이다. 만일 두 개의 다발을 이루면 그 다발들을 나누는 다차원 평면을 계산할 수 있다<sup>12)</sup>. 이렇게 구한 평면을 이용해서 처음에 존재하던 하나의 다발을 나누어 임계영역으로 사용한다. 이와 같은 방법을 이용해서 살색에 해당하는 복셀의 다발과 그 배경에 해당

하는 다발을 나눌 수가 있다. 이 작업까지의 결과를 보면 그림 2와 같다. (b)는 처음에 미리 구한 임계영역을 적용해서 살색에 해당하는 부분으로 찾아진 이진영상을 나타내고 있다. (c)는 (b)의 살색에 해당하는 부분만을 이용한 HSV 색공간에서의 분포를 나타내고 있으며 (d)는 (c)의 분포를 계층적 다발짓기 한 결과를 나타낸다. (e)는 (d)에서 구한 두 다발을 가르는 평면을 구한 것이고 (f)는 평면을 이용해서 살색과 배경에 해당하는 이진영상으로 나눈 것을 표시하였다. (f)의 결과 중에서 어느 것이 살색에 해당하는 이진영상인지는 구별하지 않았다.

### 3. 얼굴이 위치할 후보 영역 계산

입력 영상에 살색과 유사한 배경이 없으면 적응적 살색 필터를 이용해서 구한 임계 영역만으로 살색에 해당하는 지역을 찾을 수 있고 비슷한 색이 존재하면 살색에 해당하는 이진영상과 살색 비슷한 배경에 해당하는 이진영상을 구할 수 있다. 따라서 위에서 구한 이진영상에 나타난 픽셀들의 집합에 대해서는 임계값을 만족시켰으므로 살색에 해당하는 지역으로 생각할 수 있다. 따라서 일정 정도 이상의 면적을 가지는 픽셀 집합을 얼굴이 존재할 수 있는 가능성이 있는 영역으로 가정한다. 이러한 픽셀들의 좌표 값들을 이용해서 공분산 행렬을 만들고 고유치 벡터를 구해서 픽셀들이 분포하는 장축에 해당하는 각도를 구한다. 이 각도와 면적은 다음 작업에 이용된다.

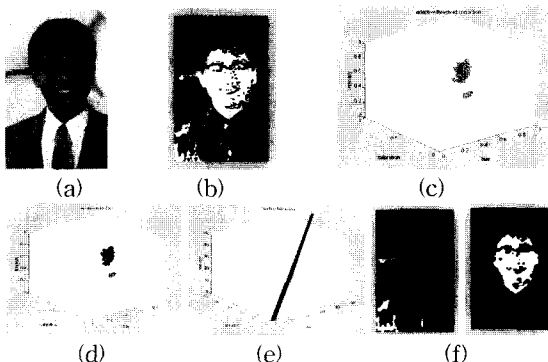


그림 2. 적응적 살색 필터의 적용. (a) 입력 영상 (b) 초기 임계영역을 이용한 영상 (c) 3차원 히스토그램 (d) 다발짓기 결과 (e) 구분 다차원평면 (f) 최종 결과 영상

Fig. 2. Adaptive skin filter (a) input image (b) initial skin region (c) 3D histogram of skin region (d) 2 cluster (e) dividing hyperplane (f) skin, background region.

## Ⅲ. 특징 요소 찾기

눈, 코, 입과 같은 얼굴 특징 요소를 얼마나 정확하게 찾는지 하는 것이 특징 요소 기반 얼굴 위치 찾기에서 가장 중요한 문제이다. 그 특징이 되는 요소들을 얼마나 정확하게 얻을 수 있느냐에 따라 얼굴의 검출률에 크게 영향을 미치기 때문이다. 특징 요소를 잘 찾기 위한 필터 처리와 후처리 작업에 대해서 알아본다.

### 1. 조정가능필터 처리

#### 1) 기본 이론

얼굴을 구성하는 특징 요소에 기반을 둔 얼굴 위치 찾기 방법에서 가장 중요한 것은 그 특징 요소를 어떻게, 얼마나 정확하게 찾을 수 있는 가이다. Leung<sup>[3]</sup>의 경우에는 각 특징 요소, 즉, 눈, 코, 입에 해당하는 필터를 각각 만들어서 그 후보들에 해당하는 특징 요소들의 집합을 구하였다. 또한 Yow<sup>[4]</sup>의 경우에는 일반적인 필터를 적용시켜서 많은 수의 예비 특징 요소들을 구한 다음 그 픽셀들의 이웃한 요소들을 면적이나 방향에 따라 합해서 특징 요소의 수를 줄여서 다음 작업에 이용하였다. 본 논문에서는 2차 미분 가우시안 필터를 이용하여 특징 요소들을 구한다. 작업시간을 줄이고 특징요소 검출의 정확성을 높이기 위해 위에서 찾은 살색 지역의 정보를 이용하여 방향과 크기를 찾고자 하는 특징요소에 적합하게 필터를 합성한다. 본 논문에서는 그러한 작업을 위해 조정가능필터(steerable filter)를 사용한다<sup>[13]</sup>. 조정가능필터는 초기의 비전에서나 이미지 프로세싱에서 많이 쓰여져 온 기술로 예를 들면, 텍스처 분석이나 에지 찾기, 내지는 이미지 압축, 동작 분석, 이미지 향상 등에 사용되어져 왔다. 따라서 임의의 방향을 가지는 물체의 검출의 경우에는 방향에 따라서 다르게 나오는 결과를 분석하기 위해서 적절하게 방향을 조절해가며 결과를 얻을 수 있는 필터를 사용하는 것이 적절하다.

주어진 몇 개의 기본 필터를 선형적으로 결합하여 임의의 방향을 가지는 필터를 만들 수 있는데 조정가능필터는 그렇게 합성된 필터들을 말하는 것이다. 그 전체 과정을 도표로 나타내 보면 그림 3과 같다.

#### 2) 필터 커널

위의 필터를 합성하기 위해서는 우선 필터 커널(kernel)을 만들어야 한다. 물론 필터의 수가 많을수록

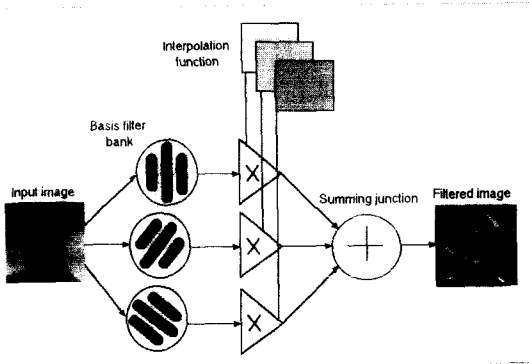


그림 3. 조정가능필터 구성도  
Fig. 3. Steerable filter diagram.

더 정교하게 특징 요소를 찾을 수 있으나 반면에 시간이 많이 걸리고 그 결과들을 처리하는 데에 어려움이 있다. 따라서 특징 요소들을 어느 정도 찾을 수 있는 적은 수의 필터를 사용하는 것이 효율적이다<sup>[13]</sup>. 각각의 필터 커널들을 구하기 위한 식을 보면

다음과 같다. 우선 정규화된 기본 필터(basis filter)를 보면 다음과 같고

$$G_{2a} = 0.9213(2x^2 - 1) e^{-(x^2 + y^2)} \quad (1)$$

$$G_{2b} = 1.843xy e^{-(x^2 + y^2)} \quad (2)$$

$$G_{2c} = 0.9213(2y^2 - 1) e^{-(x^2 + y^2)} \quad (3)$$

각각의 보간 함수(interpolation function)를 보면 다음과 같다.

$$K_a(\theta) = \cos^2 \theta \quad (4)$$

$$K_b(\theta) = -2 \cos \theta \sin \theta \quad (5)$$

$$K_c(\theta) = \sin^2 \theta \quad (6)$$

따라서 임의의 방향성 이차 미분 함수를 구하기 위해서는 다음 식을 이용한다.

$$G_{\theta}^2 = K_a(\theta)G_{2a} + K_b(\theta)G_{2b} + K_c(\theta)G_{2c} \quad (7)$$

이러한 필터 정의는 연속함수로 표현되었으므로 실제로 적용시킬 때는 샘플링을 통해서 구현된 이산함수를 사용하여야 한다. 기본필터의 크기를  $n \times n$ 이라 하면 (1), (2), (3) 함수의  $-5 \leq x \leq 5$ ,  $-5 \leq y \leq 5$ 인 범위를 각각  $n$ 구간으로 나누어 샘플링해서  $n \times n$  행렬로 만들어 (7)의 식에 적용한다. (4), (5), (6)의 식은 주어진 각도를 사용해서 계산하여 (7) 식에 계수로 사용한다.

3) 필터 처리 결과

위의 식을 이용해서 필터를 방향에 맞게 합성해서 입력 영상에 적용해보면 그림 4 와 같은 결과를 얻을 수 있다. 살색 지역 분포의 주요 방향이 수평선으로부터  $\theta$  각도를 이루면 기본적인 90도 필터와  $\theta - 20^\circ$ ,  $\theta$ ,  $\theta + 20^\circ$  내 방향의 필터를 적용한다. 필터의 크기는 얼굴의 폭이  $F_w$  이면 눈의 크기는  $\frac{1}{3}F_w \sim \frac{1}{4}F_w$  정도 이므로 실험적으로  $\frac{1}{3}F_w$ 의 크기일 때 특징 요소들이 잘 찾아진다. 그림 4 의 예제 경우  $\theta$  는  $23^\circ$  이고 살색 지역을 포함하는 사각형의 가로 폭이 96 픽셀로 계산되었다. 따라서 필터의 크기는 32 픽셀로 정해진다. 그림을 통해서 얼굴과 방향이 비슷한 경우에는 특징 요소들이 잘 나타난 반면 90도의 경우에는 부정확하게 나타나는 것을 알 수 있다. 다음 작업을 위해 4 개의 결과들을 OR 연산하여 사용한다. 잔 선을 없애거나 같은 특징 요소를 나타내는 이웃한 선들을 연결하기 위해 형태학적 연산을 적용하여 후처리한다.

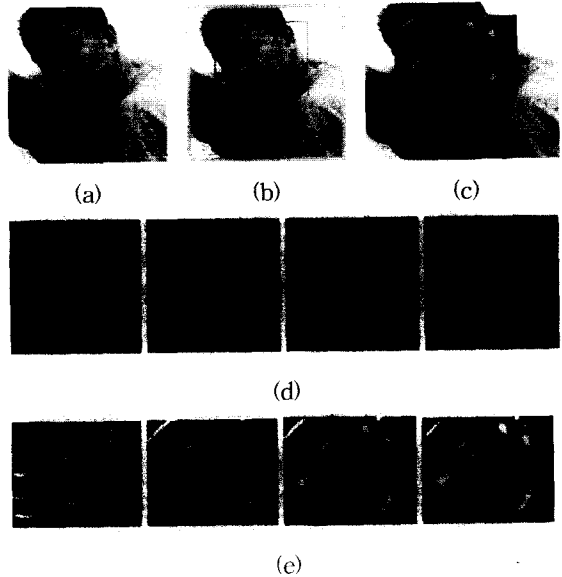


그림 4. 조정가능필터 처리 결과. (a) 입력 영상 (b) 필터 적용 지역 (c) 최종 결과 (d) 90도,  $\theta - 20^\circ$ ,  $\theta$ ,  $\theta + 20^\circ$  방향으로 합성된 필터 커널 (e) (d)의 필터들을 각각 필터 적용지역에 처리한 결과  
Fig. 4. Application of steerable filters (a) input image (b) skin region (c) filtered image (d) synthesized filter kernels directing 90,  $\theta - 20^\circ$ ,  $\theta$ ,  $\theta + 20^\circ$  degree respectively (e) filtered result using respective filter.

## 2. 형태학적 연산 처리

위에서 언급한 것처럼 OR 된 이미지를 이용해서 특징 요소들을 얻거나 그 요소들의 정보를 계산하는데 잔 선들은 부정적인 작용을 하므로 그러한 영향을 최소화하기 위해서 형태학적 연산(morphological operation) 처리를 하게 된다. 우선 특징 요소 근처에 위치하면서 떨어져 있는 잔 선들은 한 특징 요소에서 얻어진 것들일 경우가 많다. 예를 들면 눈 주위의 주름이나 눈두덩이의 그림자 때문에 생기는 눈 특징 요소 주위의 잔 선들이 그러한 경우이다. 따라서 그러한 선들을 연결시키거나 제거하여야 한다. 우선 특징 요소 주변의 잔 선들을 연결시키기 위해서 클로징(closing)연산을 수행한다. 다음에 작업에서 특징 요소들의 방향을 계산할 때 시간을 줄이고 정확성을 기하기 위해 특징 요소를 이루는 점들을 세선화 시키고 특징 요소 추출(Connected Region Extraction) 작업을 수행한다.

## IV. 후보 얼굴 위치 찾기

눈, 코, 입과 같은 특징 요소들이 찾아졌으면 그 특징 요소들의 정보를 이용해서 예비 얼굴을 구성한다. Leung[3]의 경우에는 그 특징 요소들을 결합시켜서 얼굴 형태의 그래프를 만든 다음 그 그래프에 대해서 얼굴 형태 확률 함수를 계산해서 얼굴의 위치를 확인하고 Yow[4,5]의 경우에는 그 특징 요소들을 부분적으로 구성하고 그 부분 얼굴들을 차례로 결합해서 최종적으로 전체 얼굴을 이루도록 해서 위치를 찾아낸다. 본 논문에서는 우선 특징 요소들의 구성을 위해서 필요한 정보를 추출하고 그 정보들을 이용해서 얼굴을 구성하게 된다. 구성할 때 그 유사 정도를 계산하기 위해서 결정 함수를 정의하고 그 값에 근거해서 유사도를 결정하게 된다. 그렇게 구한 후보 얼굴들이 여러 가지 나올 경우 일정 수의 얼굴을 최종 얼굴을 위한 예비 후보 얼굴로 해서 확인 작업을 하게 된다. 그 과정을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 얼굴 특징 요소들에서 정보 추출

지금까지 구한 특징 요소들에서 그 특징 요소들이 가지고 있는 정보들을 이용해서 얼굴을 구성하는데 이용한다. 여기에서 사용할 특징 요소가 내포하고 있는 정보로는 각 특징 요소들의 위치와 특징 요소를 이루는 점들이 배열되어 있는 방향과 면적을 이용한다. 우

선 위치를 구하기 위해서는 각 특징 요소들을 이루는 픽셀들의 좌표 값들의 평균을 구함으로써 그 중심을 구할 수 있다. 특징 요소의 방향을 정하기 위해서는 일반적으로 알려져 있는 Line fitting 방법을 사용하여 구할 수 있다. 마지막으로 면적을 구하기 위해서는 그 특징 요소를 이루는 점들의 수를 면적으로 사용한다.

다음에 보이는 그림 5 에 각 특징 요소 위에 그 특징 요소가 가지고 있는 정보를 그래프로 나타내었다. 우선 (b)는 앞의 필터처리를 거친 특징 요소 후보들의 집합을 나타내었고 그 다음에는 그 특징 요소의 방향과 면적을 나타내었다. (c)는 각 특징 요소의 위치, 즉 무게 중심을 '+' 기호로 나타낸 것이며 (d)에 나타난 직선의 방향은 각 특징 요소의 주요 방향을 나타내었고 그 길이는 면적에 비례하게 표시하였다.

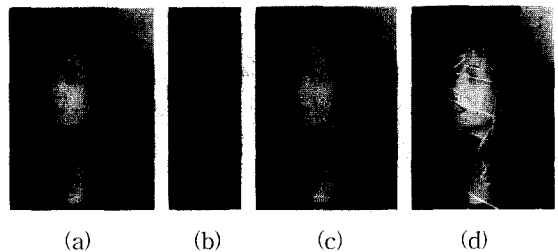


그림 5. 특징 요소들의 정보 (a) 입력 영상 (b) 특징 요소들 (c) 중심점 (d) 방향을 나타내는 선분들

Fig. 5. Information of facial features (a) input image (b) facial features (c) centers (d) feature directions.

### 2. 얼굴 특징 요소들의 결합

위에서 구한 각 얼굴 특징 요소들의 정보를 이용해서 그 기하학적인 위치에 따른 제약을 이용하여 후보 얼굴들을 구성할 수 있다. 예를 들면, 두 눈을 나타내는 두 특징 요소는 비슷한 방향을 가지고 있어야 하며 특별한 경우를 제외하고는 면적 역시 비슷해야 한다. 코를 찾으려면 우선 코는 눈과 눈 사이에 있어야 하고 눈 밑에 있어야 한다. 이러한 제약 조건을 만족시키는 모든 결합 가능한 요소들을 찾아내는 게 목표이다. 이러한 이용 가능한 기하학적 구성 제약을 표시해 보면 다음과 같다.

1. 두 눈을 구성하려는 특징 요소들은 비슷한 방향에 비슷한 크기를 가지고 있을수록 더 두 눈일 가능성이

높다.

2. 두 눈썹은 역시 방향이 비슷하고 면적이 비슷해야 하며 눈의 위쪽에 위치해야 한다.

3. 코에 해당하는 특징 요소는 두 눈 밑에 있어야 한다.

4. 코는 두 눈의 수직 방향에서 두 눈보다 더 바깥에 위치할 수 없다.

5. 입은 코밑에 위치해야하며 역시 두 눈의 수직 방향에서 더 바깥에 위치 할 수 없다.

6. 입의 방향이 두 눈을 잇는 직선과 방향이 비슷할 수록 더 가능성이 높다.

이러한 조건을 적절하게 사용하면 얼굴의 형태를 갖는 결합을 구할 수 있다. 그러나 주어진 모든 특징 점들에 대해서 이러한 계산을 하려면 너무 많은 조합이 생겨서 시간이 많이 걸리게 된다. 따라서 이러한 결합 가능성을 줄이기 위해 Delaunay 삼각화 방법<sup>[14,15]</sup>을 이용한다. 일반적으로 Delaunay 삼각화는 주어진 자료 점들의 집합에 대해서 그 내부에 점이 속하지 않도록 삼각형들을 구성하는 방법을 말한다. 따라서 얼굴을 이루는 특징 요소들 사이에 다른 특징 요소가 존재하지 않는다고 가정하면, 즉 두 눈 사이에 다른 특징 요소가 될만한 특징 요소 후보가 존재하지 않는다면 두 눈을 나타내는 특징 요소들 사이에는 직접 연결되고 따라서 Delaunay 삼각화에서 이웃한 요소들을 대상으로 위의 조건을 만족시키는 요소를 찾음으로써 시간을 단축시킬 수 있다. 주어진 특징 요소 후보들에 대해 Delaunay 삼각화를 적용하여 나타내 보면 그림 6 과 같다.



그림 6. Delaunay 삼각화의 예  
Fig. 6. Delaunay Triangulation.

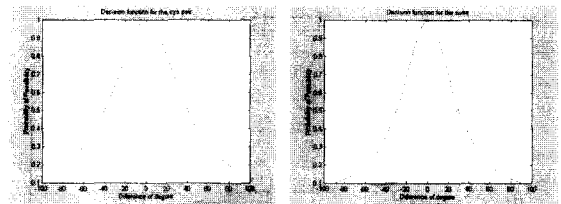
### 3. 결정 함수

위에 주어진 기하학적인 제약들을 이용해서 얼굴을 구성하기 위해서는 그 제약을 어느 정도 만족시키는

지에 관한 정량적인 측정이 필요하다. 따라서 유사한 정도를 반영하며 모든 입력에 대해 0 에서 1 까지의 결과를 출력하는 함수를 다음과 같이 정의하였다.

$$f(x) = \frac{1}{ax^2 + 1} \quad (8)$$

위 함수의  $x$  는 두 특징요소가 나타내는 정보의 차이를 의미한다. 예를 들면, 두 눈의 경우 두 눈을 연결하는 직선의 방향과 각 눈이 이루는 방향의 차이의 평균을 의미하며 입의 경우 얼굴이 좌우 대칭이기 때문에 두 눈에서부터 입까지의 거리의 비는 1 에 가까울수록 입에 해당하는 특징 요소일 확률이 높아진다. 따라서 입을 찾기 위한 결정함수라면  $x$  는 두 눈에서부터 입까지의 거리의 차를 두 눈간의 거리로 나누어 사용한다. 또한  $a$  의 값을 조절함으로써 0.5 를 반환하는 값을 조절할 수 있다. 다시 말하면, 엄격하게 적용하려면  $a$  의 값을 크게 하면 위 함수의 폭이 줄게 되고  $a$  의 값을 작게 하면 엄격하지 않게 적용이 된다. 그림 7 은 두 눈에 대한 방향과 코의 위치를 이용하는 결정함수이다. 그림에서 곡선의 중간에 보이는 원은 유사도가 0.5 인 지점을 나타내는 것으로 그 때의  $x$  의 좌표는  $x_{0.5}$  로 표기한다.



(a) (b)

그림 7. 결정 함수 예 (a) 두 눈의 방향 차에 대한 결정함수 (b) 코의 위치에 대한 결정함수

Fig. 7. Decision functions (a) calculating the similarity based on difference of eye direction (b) calculating the similarity based on nose position.

### 4. 후보 얼굴 찾기

특징 요소들에 대한 정보와 그 결합 조건이 주어져 있으므로 위의 조건들을 이용해서 후보가 되는 얼굴을 찾아가는 과정을 보면 다음과 같다.

1. 우선 고려해둘 것이 특징 요소, 즉, 눈, 눈썹, 코, 입을 찾을 때 해당하는 특징 요소가 없는 경우이다. 두

눈에 해당하는 특징 요소가 하나도 없으면 그 영상에 얼굴이 없는 것으로 간주된다. 그 이유는 후보 얼굴을 구성할 때 처음에 눈을 찾고 그 찾아진 눈을 기반으로 다른 특징 요소들을 추가시키기 때문이다. 눈썹, 코, 입의 경우 일부 가려지는 경우를 고려하여야 한다. 따라서 아래의 결정함수에 적용된 임계값을 만족시키지 못하는 경우에는 결정 함수 값을 0.5로 사용하였다. 해당 특징 요소를 찾지 못하는 경우에 결정함수 값을 전혀 고려하지 않으면 전체적인 평균계산에서 못 찾는 경우가 더 유리하게 작용한다. 그래서 못 찾는 경우가 제약으로 작용하게 하기 위해 계산하기 전에 앞에서 주어진 그림의 영역에 포함여부를 고려해서 포함되면 일단 결정 함수 값이 0.5 이상은 되도록  $a$ 의 값을 정해 놓았다. 따라서 그 특징 요소 후보가 없을 경우 전체 확률을 계산하는데 어느 정도 감소시키는 요소로 작용하게 하는 것이 타당하기 때문이다. 각 특징 요소를 찾을 때마다 두 개의 결정함수를 계산한다. 즉, 면적과 방향 내지는 거리와 방향 두 조건을 동시에 만족시키는 것만 계산한다. 그림 8은 특징 요소의 결합조건을 설명하기 위해 얼굴의 형태를 이루며 분포하는 픽셀들을 나타낸 것이다. 각 특징 요소 후보마다 면적과 수평과 이루는 방향을 표시하였으며 코나 입의 경우 대칭을 계산하기 위해 두 눈까지의 거리를 나타내었다.

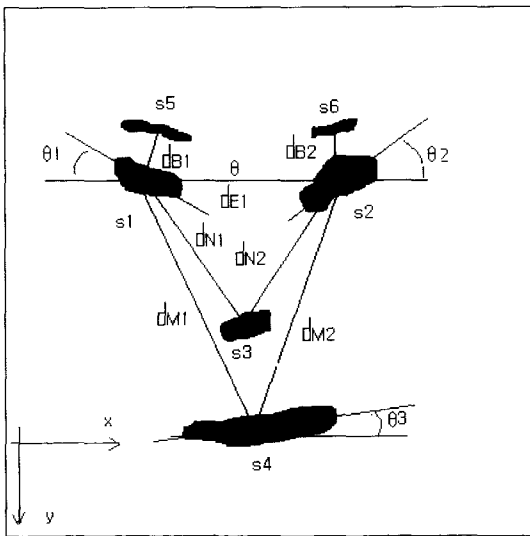


그림 8. 각 특징 요소를 찾을 조건들  
Fig. 8. Conditions for detecting facial features.

2. 눈이 다른 특징 요소들에 비해 확실하므로 두 눈이 될 수 있는 특징 요소들의 모든 결합을 찾게 된다.

Delauany 삼각화를 이용하여 이웃한 특징 요소들만을 고려해서 계산한다. 조건은 비교 대상이 되는 두 특징 요소의 면적과 수평과의 각의 차가 각각  $S_1, S_2, \theta_1, \theta_2$  이고 두 특징요소의 중심을 연결하는 직선의 각도가  $\theta$  이면 다음의 두 조건을 만족시켜야 한다.

$$C_1 : |\theta - \theta_1| + |\theta - \theta_2| < \theta_i, \theta_i \text{ 는 임계값}$$

$$\text{AND if } S_1 > S_2 \quad \frac{|S_1 - S_2|}{10} < S_2$$

$$\text{else} \quad \frac{|S_1 - S_2|}{10} < S_1$$

위의 두 조건을 만족시키는 특징요소들은 모두 두 눈에 해당하는 후보들로 등록을 시킨다. 이 경우 두 결정 함수 각각의  $x$  값과  $a$  는

$$x = |\theta - \theta_1| + |\theta - \theta_2|, a = 8, x_{0.5} = 0.3536$$

$$x = \frac{|S_1 - S_2|}{(S_1 + S_2)/2}, a = 0.000625, x_{0.5} = 40^\circ$$

$\theta_i$  실제 계산에서  $60^\circ$ 를 사용하였다.

3. 위에서 구한 모든 두 눈의 후보들에 대해 양 눈썹을 찾게 된다. 눈썹에 해당하는 특징 요소 점들은 눈의 위쪽에 존재하며 눈으로부터의 거리를 각각  $d_{B_1}, d_{B_2}$  이고 두 눈간의 거리가  $d_{E_1}$  이면 다음 조건을 만족하여야 하고

$$C_2 : d_{B_1} < \frac{1}{2} d_{E_1} \quad \text{OR} \quad d_{B_2} < \frac{1}{2} d_{E_1}$$

이 경우 두 결정 함수 각각의  $x$  값과  $a$  는

$$\text{왼쪽 눈썹} : x = d_{B_1} * \cos(\theta_{B_1}), a = 0.04, x_{0.5} = 5 \text{ pixels.}$$

$$\text{오른쪽 눈썹} : x = d_{B_2} * \cos(\theta_{B_2}), a = 0.04, x_{0.5} = 5 \text{ pixels.}$$

$$x = |\theta - \theta_{eyebrow}|, a = 0.000625, x_{0.5} = 40^\circ$$

$\theta_{eyebrow}$ 는 눈썹이 수평과 이루는 각도를 나타낸다.

4. 코는 두 눈의 밑 부분에 존재하고 두 눈의 방향에 대해 수직인 방향에 대해서 두 눈의 사이에 존재하여



야 한다. 즉 사람의 경우 얼굴이 대칭이므로 두 눈 각 각으로부터 코에 해당하는 요소까지의 거리가  $d_{N_1}$ ,  $d_{N_2}$  이면 다음의 조건을 만족해야 하고

$$C_3 : \text{if } d_{N_1} > d_{N_2} \\ d_{N_1} < 1.5d_{E_1}, d_{N_2} > 0.33d_{E_1} \\ \text{else} \\ d_{N_2} < 1.5d_{E_1}, d_{N_1} > 0.33d_{E_1}$$

이 경우 두 결정 함수 각각의  $x$  값과  $a$  는

$$x = |d_{N_1} - d_{N_2}| / d_{E_1}, a = 1, x_{0.5} = 1.0 \\ x = |\theta - \theta_{nose}|, a = 0.0011, x_{0.5} = 30^\circ$$

$\theta_{nose}$  는 코가 수평과 이루는 각도를 나타낸다. 코의 경우 필터 처리하면 나타나지 않을 때도 있기 때문에 방향보다는 위치가 더 중요한 정보이다. 위의 결정 함수에서는 코가 가운데 위치하면 1을 반환하고 어느 한쪽 눈 밑에 있으면 0.5를 반환하도록  $a$  값을 1로 정하였다. 코의 위치가 눈에서 멀어질수록 0.5를 반환하는 영역이 조금씩 넓어진다.

5. 입도 두 눈의 사이이면서 아래 부분에 존재하여야 하며 코와 달리 그 방향이 중요하므로 결정 함수의 폭을 좁혀서 방향을 중요한 정보로 이용한다. 입이 수평에 대해 이루는 각도를  $\theta_{mouth}$  라 하고 두 눈으로부터 거리가 각각  $d_{M_1}$ ,  $d_{M_2}$  이면 다음의 조건을 만족하여야 한다.

$$C_4 : |\theta - \theta_0| < \theta_e, \theta_e \text{ 는 입계값} \\ \text{if } d_{M_1} > d_{M_2} \\ d_{M_1} < 2.0d_{E_1}, d_{M_2} > 0.33d_{E_1} \\ \text{else} \\ d_{M_2} < 2.0d_{E_1}, d_{M_1} > 0.33d_{E_1}$$

이 경우 두 결정 함수 각각의  $x$  값과  $a$  는

$$x = |d_{M_1} - d_{M_2}| / d_{E_1}, a = 1, x_{0.5} = 1.0 \\ x = |\theta - \theta_{mouth}|, a = 0.0011, x_{0.5} = 30^\circ$$

위의 규칙을 적용해서 각 특징 요소들에 해당하는 위치와 그 결정함수 값을 가지고 있게 된다. 최종 유사도는 결정함수 값 5 개, 즉 눈, 왼쪽 눈썹, 오른쪽 눈썹, 코, 입의 평균을 이용해서 전체적으로 얼마나 얼굴과 비슷한가를 나타내게 된다. 그렇게 해서 그 평균값이 제일 큰 후보 얼굴이 얼굴일 가능성이 높은 것이지만 복잡한 배경의 경우 그 정확성에 한계가 있다. 즉, 특징 요소 후보들이 더 얼굴 비슷하게 분포를 하는 경우가 생긴다. 따라서 검증을 위해 몇 개의 큰 값들을 저장해 놓는다. 그러한 검증 작업은 다음 장에서 살펴보기로 한다. 위 조건이 적용되는 과정을 그림 9에 표시하였다. 그림 4에서 찾은 최종 결과의 특징 요소들을 위의 조건에 따라 결합시켜서 찾은 3 개의 후보얼굴들이다. 그림 9의 (a)는 최종적으로 얼굴로 판명된 얼굴의 배치를 이루는 과정이고 (b)는 (a) 보다 조금 유사도가 작고 (c)가 유사도가 제일 작다. 처음에 눈을 찾고 찾아진 눈에 대해 양 눈썹과 코와 입을 추가하는 순서대로 나타낸 것으로 앞의 영상에 아무 것도 추가된 것이 없는 경우는 해당하는 특징 요소를 찾지 못한 경우이다.

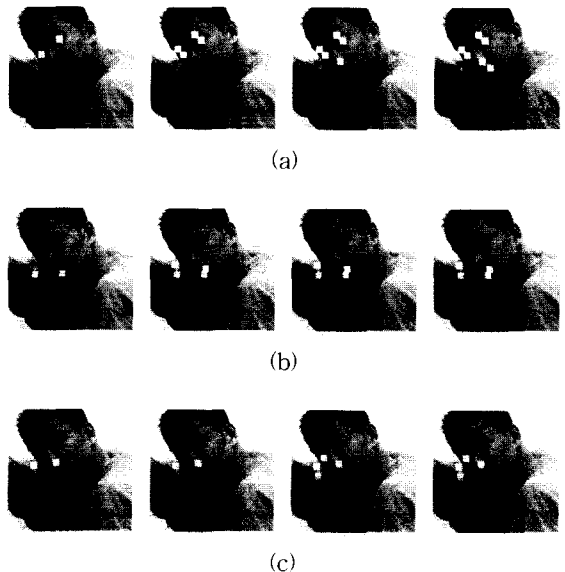


그림 9. 특징 요소 추가를 통한 후보 얼굴 구성. (a) 유사도가 제일 높은 후보얼굴 (b) 두 번째 유사도를 보이는 후보얼굴 (c) 세 번째 유사도를 보이는 후보얼굴

Fig. 9. Candidate faces (a) first candidate face (b) second candidate face (c) third candidate face.

## V. 검증

특징 요소들의 결합과 결합의 타당성에 대한 수치화를 통해 후보 얼굴들을 찾을 수 있다. 그러나 앞에서 언급했던 것처럼 잘못 찾아진 얼굴에 대해서 내지는 여러 얼굴 후보들에 대해서 가정 적절한 얼굴을 찾기 위해서는 특징 점들을 이용하는 방법과는 다른 검증의 단계가 필요하게 된다. 왜냐하면 특징 점들만의 결합은 배경이 복잡하여 우연히 얼굴과 비슷하게 분포한 점들만으로도 가능하기 때문이다. 따라서 이러한 결합에 대해서 얼굴임을 확인하기 위한 작업이 필요하게 된다. 본 논문에서는 이러한 작업을 위해 변형 가능한 템플릿과의 비교를 이용한다.

### 1. 변형 템플릿

템플릿 정합은 주어진 템플릿과의 비교를 통해 원하는 패턴을 찾아내는 구분 방법이다. 일반적으로 템플릿은 크기가 일정해서 주어진 크기나 방향에 민감하게 작용한다. 얼굴의 경우 크기나 방향의 변화가 다양하기 때문에 일반적인 방법을 사용하는 것은 적절하지 못하다. 또한 찾고자 하는 대상이 강성체가 아니라면 그 각각의 변형 가능한 모습들에 대한 템플릿을 고려하여야 하는 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 시간의 문제와 템플릿 수의 한계를 극복하기 위해 템플릿을 후보 얼굴의 크기와 방향에 맞게 결합해서 적용한다. 즉, 방향과 크기의 문제를 해결하기 위해서는 후보 얼굴들의 특징 점들의 배치를 이용한다. 두 눈 사이의 거리를 통해서 템플릿의 크기를 결정하고 두 눈의 위치를 통해 얼굴의 방향을 계산한다. 시간의 문제를 해결하기 위해서는 얼굴 전체에 대한 템플릿을 사용하기보다는 얼굴의 일부만을 사용하는 것이 적절하다. 또한 검증의 정확성을 높이기 위해서는 급격한 변화가 가능한 부분은 제외하고 두 눈과 두 눈썹 코의 위 부분만을 포함하도록 템플릿을 만드는 것이 효과적이다. 우선 표준이 되는 템플릿을 만들기 위해 20 명의 얼굴에서 위에 언급된 것처럼 두 눈 주변 부분만을 떼어내 두 눈을 일치시켜서 평균 얼굴을 구하여 사용한다.

### 2. 템플릿 적용

위에서 구한 검증하고자 하는 후보 얼굴의 위치에 템플릿을 적용하여 일정 값 이상 되는 것만을 얼굴로 생각한다. 우선 템플릿 적용 영역을 계산하기 위해서는

후보 얼굴의 두 눈에 대한 정보를 사용한다. 두 눈 사이의 거리를 이용하여 템플릿의 크기를 정한다. 두 눈을 연결하는 선분의 기울기를 사용하여 떼어낸 템플릿 적용 영역이 수평이 되도록 회전시킨다. 그렇게 구한 이미지에 대해서 정규화된 상호 상관도를 구한다. 표준 템플릿과 입력 영상, 떼어낸 영역을 나타내는 영상의 예를 보이면 그림 10 과 같다.

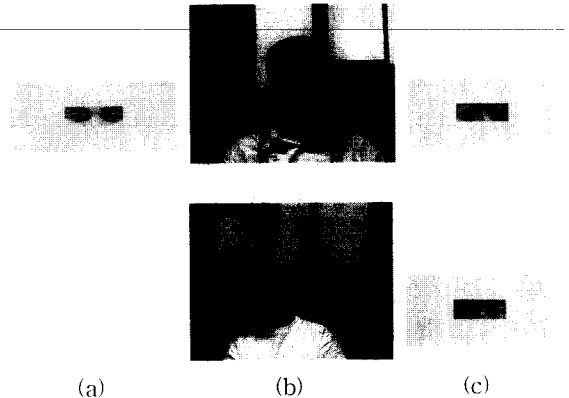


그림 10. 표준 템플릿 영상과 떼어낸 눈 주위 영상. (a) 목표 템플릿 (b) 입력 영상 (c) 떼어낸 눈 주위의 영상

Fig. 10. Target template and resulted images. (a) target template (b) input images (c) result images.

### 3. 변형 템플릿 정합

정합은 일반적으로 두 신호간의 상관도에 관한 계산을 하게된다. 두 이미지  $f$  와  $g$  에 대해 정규화된 상호 상관도를 수식으로 표현해 보면 식 (9) 와 같다.

$$\rho_N(f, g) = \frac{\sum_i \sum_j f_{x+i, y+j} g_{i, j}}{\sqrt{\sum_i \sum_j f_{x+i, y+j}^2 \sum_i \sum_j g_{i, j}^2}} \quad (9)$$

위에서 구한 변형된 템플릿과 표준 템플릿과의 상관 정도를 계산할 수 있다. 반복적인 실험을 통해서 표준 템플릿과 테스트 템플릿과의 유사도가 0.7 이상이 되면 눈 부위의 영상이 됨을 확인할 수 있다. 따라서 찾아진 후보 얼굴들 중에서 그 값 이상이 되면 얼굴에 해당한다.

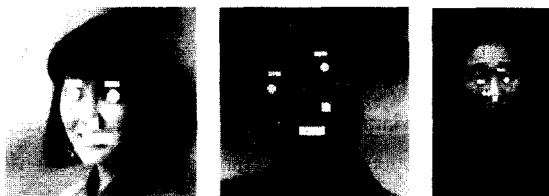
## VI. 실험 결과

전체적으로 300 장의 이미지에 대해서 알고리즘을

테스트해 보았다. 프로그램은 MATLAB 5.0으로 작성하였으며 300 장의 이미지들은 각각의 크기가 150\*150에서부터 400\*400으로 다양하였다. 각 이미지 당 평균 작업 시간은 Pentium 120Mhz, RAM 32M 의 컴퓨터에서 1 - 2 분 정도 되었으며 속도가 조금 많이 걸린 것은 작업환경을 편의를 위해 인터프리터 방식인 MATLAB으로 작성하였기 때문이다.

1. 실험 자료

테스트 할 영상들은 인터넷상에 존재하는 배우들의 사진을 모았다. 남녀의수에 대한 제약은 두지 않았으며 특별히 얼굴의 회전 정도나 살색의 다양한 변화, 크기에 제한도 두지 않았다. 얼굴의 크기나 회전정도 영상의 질에 따라 A, B, C, 3 등급으로 나누어서 테스트를 해보았다. 우선 A 등급은 정면 얼굴에 얼굴이 커서 특징 점들이 확실하게 구분되어지는 것들을 모았고, C 등급은 얼굴이 작거나 회전이 많이 된 경우 또는 조명의 변화가 심하게 된 경우에 대해서 모았고 나머지 얼굴이 약간 회전되거나 얼굴의 일부가 가려진 것을 B 등급으로 모았다. 전체 300 장의 이미지에 대해서 A 등급 201장 B 등급 81장, C 등급 18장으로 나누어졌다. 그 예제 이미지와 결과들을 그림 11 에 나타내었다. 각 등급별 처음 두 장은 잘 찾은 경우를 마지막 장은 잘못 찾은 경우이다.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 11. 등급 별 실험 영상 예와 결과 (a) A 등급 이미지 (b) B 등급 이미지 (c) C 등급 이미지 (d) 여러 얼굴이 있을 경우

Fig. 11. Experiment images and results (a) A class images (b) B class images (c) C class images (d) multiple faces.

2. 검출률

전체 검출률은 0.87로 이미지의 다양한 변화를 고려해볼 때 높은 것으로 생각된다. 색이나 조명에 제약을 두지 않았기 때문이다. 표 1을 보면 예상대로 영상의 질이 떨어질수록 검출률이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

표 1. 검출률

Table 1. Detection rate.

항 목	클래스 A	클래스 B	클래스 C
전체 영상	201	81	18
잘 찾은 영상	185	66	11
잘못 찾은 영상	16	15	7
검출률	0.92	0.815	0.61

3. 오차 분석

전체 오차가 생긴 38 장의 이미지에 대해서 그 원인을 살펴보면 표 2 와 같은 결과를 얻을 수 있다.

표 2. 오차 분석

Table 2. Error analysis.

항 목	클래스 A	클래스 B	클래스 C	총 합
살색 잘못 찾음	7	3	1	11
특징 점 잘못 찾음	5	3	4	12
삼각화 에러	2	2	1	5
후보 얼굴 조합 에러	2	7	1	10
총 합	16	15	7	38

첫 항목의 살색을 잘못 찾는 경우는 주변에 살색과 비슷한 배경이 살색보다 더 넓게 분포해서 적응적 살색 필터가 살색에 적응해 가기보다는 배경에 적응해 간 경우이거나 배경과 살색을 나누는 경우에 적절하게 나누어지지 않고 얼굴이 배경의 일부에 포함된다든지 하여 오히려 특징 점을 찾는 경우를 방해하는 경우이다.

두 번째 항목의 특징 점을 잘못 찾는 경우는 조정가능 필터의 적용 결과 특징 점들이 제대로 나타나지 않거나 특징 점들이 너무 인접해 있어서 제대로 특징 점의 특성을 반영하지 못한 경우이다. 이러한 경우의 해결 방법으로는 특징 점 인접한 선들의 그룹화를 통한 제거를 들 수 있으나 이미지의 크기의 변화가 심해서 적절한 방법을 찾기가 힘들다.

세 번째 항목은 삼각화의 에러를 들 수 있다. 각 특징 점들 사이에는 다른 특징 점들이 존재하지 않는다는 가정 하에 삼각화를 적용하였으나 눈 주위의 주름이나 안경 등의 착용 등으로 인해 특징 점으로 오인할 만한 결과가 생겨났고 그러한 점들이 실제의 특징 점들의 연결을 방해하는 작용을 하였다.

네 번째 항목은 얼굴보다 더 얼굴 같은 배치를 이루는 특징 점들의 조합이 존재하여 더 높은 결정 함수 평균값을 갖기 때문에 생긴 것으로 실제 얼굴이 후보 얼굴 목록에 없었을 경우 발생한다. 얼굴을 이루는 특징요소들이 제대로 검출이 안되어 후보 얼굴 구성시 제대로 실제 얼굴이 반영이 되지 않거나 얼굴과 유사한 배치가 많은 경우이다.

## VII. 결 론

본 논문에서는 특징요소 추출과 그 조합을 이용한 얼굴의 위치 찾기에 대해서 알아보았다. 이미 잘 알려진 대로 특징 점 기반의 방법은 회전, 크기, 이동 등에 대해 강건하다는 것을 확인할 수 있으며 본 논문의 알고리즘을 이용하여 좌우 회전의 경우는 정면 기준으로 +/- 50~60 도 정도까지 검출이 가능하였으며 상하 움직임의 경우 정면 기준으로 +/- 45도 까지 검출이 가능하였다. 또한 정면을 바라본 상태에서 좌우 기울임은 +/- 60도 정도까지 검출되었다. 크기의 경우 검출된 얼굴의 이미지 중 작은 얼굴과 큰 얼굴의 비가 5-6 배 정도 되었다. 본 논문이 제시한 방법이 성공적으로 수행되려면 특징 점을 정확하게 찾는 방법이 중요하다.

## 참 고 문 헌

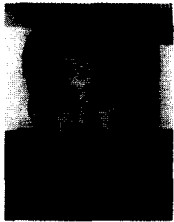
- [1] G. Yang and T.S. Huang, "Human face detection in a complex background", Pattern Recognition, vol. 27, no. 1, pp 53-63.
- [2] A. Lantis, C. J. Taylor, and T. F. Cootes, "An automatic face identification system using flexible appearance models", Image and vision Computing, vol. 13, no. 5, pp 393-40, 1995.
- [3] T. Leung, M. Burl, and P. Perona, "Finding faces in cluttered scenes using labelled random graph matching", In Proceedings 5th International Conference on Computer Vision, pp 637-644, MIT, Boston, 1995
- [4] K.C. Yow and R. Cipolla, "Detection of Human Faces under Scale, Orientation and Viewpoint Variations", In Proceedings 2nd International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp 295-300, Vermont, 1996.
- [5] K. C. Yow and R. Cipolla, "Feature-Based Human Face Detection", Image and Vision Computing, vol. 15, no. 9, pp. 713-735. 1997.
- [6] Y. Dai, Y. Nakano, "Face-texture model-based on SGLD and its application in face detection in a color scene", Pattern Recognition, vol. 29, no. 6, pp 1007-1017, 1996.
- [7] R. M. Haralick, "Texture features for image classification", IEEE Transactions on System, Man and Cybern, SMC vol. 3, no. 6, pp 610-621, 1973.
- [8] K. K. Sung and T. Poggio, "Example-based learning for view-based human face detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.20, No. 1, pp 39-51.
- [9] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Human face detection in visual scenes", Technical Report CMU-CS-95-158, CMU, July 1995.
- [10] 조경민, 홍기상, "적응적 살색 필터", 신호처리 합동 학술 대회 서울 1998

- [11] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992
- [12] R. O. Duda and P. E. Hart, *Pattern classification and scene analysis*, Stanford Research Institute, A Wiley-Interscience Publication, 1973.
- [13] W. T. Freeman and E. H. Adelson, "The Design and Use of Steerable Filters", *IEEE PAMI*, vol. 13, no. 9, pp 891-906, Sept. 1991.
- [14] T. Lambert, "An optimal algorithm for realizing a Delaunay triangulation", *Information Processing Letters*, vol. 62, no. 5, pp 245-250, 1997.
- [15] C. Du, "An algorithm for automatic Delaunay triangulation of arbitrary planar domains", *Advances in Engineering Software*, vol. 27, no. 1-2, pp 21-26, 1996.

---

 저 자 소 개
 

---



趙慶珉(正會員)

1996년 포항공과대학교 전자전기공학과 학사. 1999년 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 석사. 1999년~현재 미래로 시스템 근무. 주 관심분야는 영상처리, 컬러분석



洪起祥(正會員)

1977년 서울대학교 전기공학사. 1979년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사. 1984년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사. 1984년~1989년 한국 에너지 연구소 선임연구원. 1986년~현재 포항공과대학교 부교수. 1988년~1989년 Carnegie-Mellon 대학교 방문 교수. 주 관심분야는 합성개구 레이더 영상처리, 컴퓨터 시각, 가상현실, 패턴인식 등