얼굴의 기하학적 특징정보 기반의 얼굴 특징자 분류 및 해석 시스템

정광민* · 김정훈**

Face classification and analysis based on geometrical feature of face

Kwang-min Jeong* · Jung-hoon Kim**

이 논문은 2011년도 교육역량강화사업에 의하여 연구된 결과임

요 약

본 논문에서는 얼굴의 기하학적 특징정보를 기반으로 하여 얼굴의 특징자인 눈썹, 눈, 입, 턱선의 분류 및 해석 알고리즘을 제안하였다. 먼저, 얼굴 특징정보의 분류와 해석을 하기위한 전처리 과정으로 얼굴 특징자들의 눈, 코, 입, 눈썹, 턱선을 추출하기위해 얼굴 특징자 추출 알고리즘을 적용하여 얼굴 특징자들을 추출하게 된다. 추출한 얼굴 특징자들의 형태 정보와 모양정보 및 특징자들 간의 거리비율을 검출하여 이를 평가함수화 하고, 3가지의 눈 타입, 9가지의 입 타입, 12가지의 눈썹 타입 그리고 4가지의 턱선 타입의 분류를 하게 된다. 이렇게 분류된 얼굴 특징자들을 이용하여 얼굴을 해석하게 된다. 얼굴해석 알고리즘은 각각의 특징자들에 대한 고유의 특징자들의 내부구간의 화소분포 정보와 기울기 정보를 가지고 있다. 따라서 특징자들 간의 정보를 이용하여 얼굴을 해석할 수 있었다.

ABSTRACT

This paper proposes an algorithm to classify and analyze facial features such as eyebrow, eye, mouth and chin based on the geometric features of the face. As a preprocessing process to classify and analyze the facial features, the algorithm extracts the facial features such as eyebrow, eye, nose, mouth and chin. From the extracted facial features, it detects the shape and form information and the ratio of distance between the features and formulated them to evaluation functions to classify 12 eyebrows types, 3 eyes types, 9 mouth types and 4 chine types. Using these facial features, it analyzes a face. The face analysis algorithm contains the information about pixel distribution and gradient of each feature. In other words, the algorithm analyzes a face by comparing such information about the features.

키워드

얼굴인식, 패턴인식, 얼굴특징추출, 얼굴분류

Key word

face recognition, pattern recognition, facial feature extraction, facial classification

* 정회원 : 경남정보대학교 정보통신계열 (교신저자, kmjeong@kit.ac.kr)

접수일자 : 2012. 02. 22

** 정회원 : 한국해양대학교

심사완료일자 : 2012. 03. 23

I. 서 론

정보통신과 미디어의 발달로 각종범죄 및 테러의 수법도 지능화 되어가고 있다. 이러한 범죄와 테러의 위협에서 각 국가에서는 최소한의 방안 책으로 범죄자들의 신원정보 조회와 동일수법 범죄자들의 인증 및 분류 시스템 개발이 대두되고 있다. 최근 들어, 생체정보를 이용한 신원확인 및 인증시스템의 개발과 연구가 활발히 진행되고 있다. 생체정보를 이용한 인증 분야로는 지문, 홍채, 얼굴인식등이 있다. 특히, 얼굴인식은 다른 생체인식 분야와는 달리, 비접촉식 방법을 추구함으로써, 사용자의 거부감을 줄일 수 있는 장점과 얼굴내부의 정보 획득이 용이하다는 장점이 있다.

기존의 자동얼굴인식 연구는 얼굴 특징자들의 눈, 코, 입등의 추출을 기반으로 이루어졌다[2, 8, 10]. 또한, 얼굴인식이나 얼굴의 표정인식을 위해서는 전처리 과정으로 정확한 얼굴영역을 검출하기위해 여러 가지 알고리즘이 나왔었다. 피부색상정보를 이용하여 얼굴영역을 검출하는 기법이나 타원 템플릿을 이용하여 얼굴영역만을 검출하는 기법 그리고 이 두가지 기법을 혼합하여 얼굴영역 검출이 가능한 알고리즘도 나왔었다[4, 5, 6, 7]. 또한, 얼굴 특징점의 모양이나 형태의 분류와 변화를 적용한 표정 연구도 이루어 졌었다[1, 3].

본 논문에서는 얼굴 특징자인 눈썹, 눈, 입, 턱선의 분류 및 해석 알고리즘을 제안하였다. 먼저, 얼굴 특징자들을 추출하기 위하여 전처리 과정으로 얼굴을 검출하기 위하여 HSI 칼라 정보와 타원마스크를 이용하여 얼굴영역을 검출하게 된다. 검출한 얼굴영역에서 특징자 추출 알고리즘을 적용하여 얼굴 특징자인 눈, 코, 입, 눈썹, 턱선을 추출한다. 그리고 추출한 특징점들을 이용하여 특징벡터추출과 추출한 특징벡터들을 평가함수화 한다. 그리고 또한, 추출한 얼굴 특징자들의 모양정보와 형태정보를 기반하여 눈, 입, 눈썹, 턱선을 분류할 수 있었다. 또한, 분류된 얼굴특징 정보들에 대하여 특징자 내부의 화소(Pixel) 분포정보와 기울기 정보 그리고 평가함수를 이용하여 얼굴과 각각의 특징자들에 대하여 해석 또한 가능하였다.

II. 본 론

본 절에서는 피부색상정보와 타원마스크(Ellipse Mask)를 이용한 얼굴검출과 눈, 코, 입, 눈썹, 턱선추출 방법에 대하여 기술한다. 먼저, CCD 카메라에 입력된 영상에 대하여 얼굴영역을 찾기 위해 HSI 칼라정보를 이용하였다. 얼굴영역 추출은 얼굴인식을 위한 전처리 과정으로서 정확하게 얼굴영역을 추출하는 것이 중요하다. 얼굴영역과 배경을 정확하게 분리를 함으로서 얼굴의 특징점 추출과 인식 과정에서의 기타 잡음으로 인한 오인식률을 개선 할 수 있었다. 얼굴 색채 히스토그램에서 동일한 인종은 유사한 피부색을 가지며 컬러 공간에서 좁은 범위에 밀집해 있다[2].

본 논문은 이러한 특성을 이용하여 인간의 비선형적인 시각 특성에 비교적 유사한 HSI 정보에서 색상(Hue)와 명암(Intensity)정보 그리고, 타원 마스크를 사용하였다. 1차 얼굴 후보 영역은 칼라영상을 RGB좌표계에서 HSI 좌표계로 변환하여 색상정보를 얻어낸 후 색상 값을 이용하여 일정 범위 내에 밀집해 있는 객체들을 레이블링(Labeling) 연산을 통해 찾아내고 이 범위에 있는 모든 객체 중 가장 큰 객체가 얼굴후보영역이 된다. 많은 표준영상의 실험 중 1차 얼굴 후보 영역이 머리카락과 착용한 옷의 종류에 따라 매우 가변적이고 그 영역이 넓어지는 현상이 발견되었다. 따라서 제안한 논문에서는 찾아진 1차 얼굴 후보 영역 내를 검사해 적응적으로 계산된 임계 값 이상의 명암 값 분포와 타원마스크를 적용하여 얼굴영역으로 찾아내고 이외의 부분은 제거하여 인종별 얼굴추출이 가능하도록 하였다. 식(1)~식(3)에서는 RGB 좌표계를 HSI 좌표계로 변환하는 식을 나타내었다.

$$I = \frac{(r + g + b)}{3} \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3[\text{Min}(r, g, b)]}{(r + g + b)} \quad (2)$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{[(r - g) + (r - b)]}{2}}{[(r - g)^2 + (r - b)(g - b)]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (3)$$

인증별 HSI좌표계 상에서 백인종이 제일 큰 값의 색상을 가지고 황인종, 흑인종 순서로 분포 되어있다. 또한 채도는 흑인종이 제일 높고 다음으로 황인종, 백인종 순으로 분포한다. 40개의 인증별 얼굴영상을 분광기 통과 측정 실험을 한 결과, 얼굴영역에 대한 색상 값은 입력 받은 영상에서 23~27도 사이에 분포함을 알 수 있었다.

표 1은 인증별 HSI값의 분포도를 나타내고 있다.

표 1. 인증별 HSI 값 분포도
Table. 1 HSI value distribution of race

좌표계	H	S	I
백인종	27	163	210
황인종	23	170	179
흑인종	20	198	106

2.1. Hue 정보를 이용한 얼굴후보영역 추출

식(4)에서 $H(\theta)$ 구간은 인증별 피부색상 구간이며, 명암정보를 이용하여 얼굴영역을 찾는다[4].

$$FACE_{candidate} = \begin{cases} 1, & \text{If } (20 \leq H(\theta) \leq 30) \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$I = \frac{(r + g + b)}{3} \quad (5)$$

식(4)~(5)는 얼굴후보 영역을 검출하기위한 유도식이고. 그림 1은 얼굴검출 과정이다.

그림 1. HIS정보를 이용한 얼굴 검출과정
Fig. 1 Face detect using HSI color information

그림 1은 CCD카메라로 입력된 RGB형태의 영상으로부터 얼굴영역을 검출하기위해 식(4), 식(5)를 이용하여 얼굴 후보영역을 검출한 결과 영상이다. 그림 1의 (a)는 입력된 원영상이고, (b)는 식(4)를 적용한 색상영상이며, 식 (5)를 적용한 (c)는 얼굴 후보영역 검출 결과이다.

2.2. 얼굴영역 추출

타원 마스크를 이용한 얼굴검출 방법은 HSI칼라정보에서 명암정보를 이용하여 얼굴영역을 추출한 영상 내에서 네 개의 중심 좌표를 이용하여 타원 마스크를 적용한다. 타원 마스크를 적용함으로써 추출된 얼굴 영역에서 턱의 양쪽 가장자리와 목 부분을 제거 할 수 있었다.

타원 마스크연산을 함으로써, 다음의 전처리 과정을 수행을 할 때, 피부색상 영역으로 포함된 목 가장자리의 옷깃 부분의 에지(Edge)성분도 같이 제거 할 수 있어 얼굴영역 내의 특징점 추출의 효율을 높일 수 있었다. 그리고 얼굴과 거의 유사한 형태로 얼굴을 검출 할 수 있었다. 그림 2는 식(6)을 적용하여 추출한 얼굴영역에서 타원 마스크연산을 하여 네 개의 중심 좌표 받아 얼굴을 검출하는 과정이다.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (6)$$

그림 2의 (a)~(f)는 그림 1(c)의 얼굴 후보영역에서 얼굴 이외의 부분을 제거한 결과영상이다.

그림 2. 타원마스크를 적용한 얼굴검출
Fig. 2 Face detect using ellipse mask

검출한 얼굴후보영역에 대하여 타원 마스크를 이용함으로써, 얼굴이외의 영역을 제거하였다. 검출된 얼굴 후보 영역에는 얼굴영역 이외의 비슷한 색상 값을 갖는 배경과 목 부분의 정보도 포함되어 있으므로 정확한 얼

굴 영역만을 추출 하기위해서 명암정보를 이용하여 얼굴 후보 영역을 검사해 적응적으로 계산된 임계 값 이상의 칼라 값, 명암 값 분포를 얼굴영역으로 찾아내고 얼굴 영역 이외의 부분은 제거 하도록 하였다.

그림 2의 (a)는 명암정보를 이용한 2차원 히스토그램의 결과이다. (b)와 (c) 그리고 (d)는 얼굴후보영역에서의 피부색 밀도를 나타낸 3차원 X, Y, Z 축의 히스토그램 결과이다.

그림3은 얼굴후보영역이 다수가 되는 경우 얼굴 영역을 찾아내는 결과이다. 입력 영상에서 피부색과 비슷한 영역이 배경의 책상과 손을 볼 수가 있다. 얼굴 후보영역을 찾기 위해 피부 색상정보인 색상과 배경분리를 위해 식(7)의 차영상 공식을 이용하여 피부색상 영역을 검출했으며, 검출한 얼굴 후보 영역에서 레이블들 중 가장 큰 것을 얼굴 후보로 결정하였다.

$$D(X, Y) = abs(Fi(x, y) - Fi + 1(x, y)) \quad (7)$$

그림 3. Hue + 차영상 이용한 얼굴검출
Fig. 3 Face detection using HUE and difference image

그림3의 (a)는 입력영상이고, (b)는 색상과 차영상을 이용하여 레이블링 한 결과이다. (c)는 얼굴을 검출한 결과 영상이다.

2.3. 얼굴 특징점 추출

얼굴인식의 전처리 단계로 얼굴 특징자에 대한 분류와 해석을 위해 먼저, 얼굴 특징자를 추출한다. 얼굴 특징자 추출은 앞 절에서 검출한 얼굴영역 내에서 각 특징자들에 대한 에지 성분과 얼굴의 기하학적 위치정보를 이용하여 얼굴 특징자를 추출한다[4]. 또한, 전처리 단계를 거쳐 눈, 코, 입 특징점을 결정하기 위한 알고리즘으로 양 눈과 코의 상대적이고 구조적인 위치관계를 이용하여 비슷한 y좌표를 갖는 두 개의 눈 후보영역과 한 개의 코 후보점 그리고 입 후보점을 결정한다.

전처리 과정을 수행한 후 레이블링 연산에서 추출된 다수의 객체들 중에서 눈, 코, 입 등의 특징점을 결정하기 위하여 눈, 코, 입의 얼굴 특징점 검출 알고리즘을 적용한다[4]. 얼굴 특징점 검출을 위해 양 눈과 코, 입의 상대적 위치관계를 이용하여 특징점들을 검출한다. 얼굴의 특징점 검출 알고리즘은 그림4~그림6과 같이 흐름도를 표현하였다.

그림 4. 눈 검출 알고리즘
Fig. 4 Algorithm of eye detection

그림 5. 코 검출 알고리즘
Fig. 5 Algorithm of nose detection

그림 6. 입 검출 알고리즘
Fig. 6 Algorithm of mouth detection

그림 7은 입력영상으로부터 HSI정보와 타원 마스크 연산을 수행 한 다음, 검출된 얼굴영상으로부터 소벨

(Sobel), 팽창(Dilation), 레이블링 연산을 수행한 결과 영상들을 보여주고 있다.

그림 7. 전처리 영상

- (a) 원영상; (b) 얼굴후보 영상;
(c) 타원 마스크를 이용한 얼굴 검출 영상;
(d) 소벨 영상; (e) 팽창영상; (f) 레이블링 영상.

Fig. 7 Preprocessing image

(a) Raw image; (b) Facial candidate image; (c) Facial detection image using ellipse mask; (d) Sobel image; (e) Dilation image; (f) Labeling image.

2.4. 눈, 코, 입 특징점 구성과 특징벡터 검출

앞 절에서 추출한 각 특징점들을 이용하여 구조적 특징 값을 구한다. 이러한 방법은 입력 배경과 다른 잡음으로부터의 간섭을 최소로 줄이고 특징점들 간의 구조적 비율을 구할 수 있다. 그림 16은 눈, 코, 입에 해당하는 특징점간의 구조적 특성치들이다. 각 특징점은 얼굴에서 비교적 구별하기 쉽고, 각 개인마다 다른 형태를 지니고 있다. 이러한 각 특징점을 비교하기 위해서 눈, 코, 입 등의 구조적 위치에서 서로의 상관관계를 비교한 값이 이용되었다.

다음의 식 (8)~(13)은 얼굴의 구조적 비율과 얼굴 특징점들 간의 거리를 수식적으로 나타내었다.

$$F_{type} = \frac{1.2D_h}{D_v} \quad (8)$$

$$C_{type} = \frac{1.2D_{eye}}{D_{eye-nose} + D_{nose-mouth}} \quad (9)$$

$$D_{eye} = D_{righteye} + D_{lefteye} \quad (10)$$

$$D_{eye-nose} = Abs(D_{eyecenter} - R_{nose}) \quad (11)$$

$$D_{nose-mouth} = Abs(R_{nose} - R_{mouth}) \quad (12)$$

$$D_{mouth-chin} = Abs(R_{mouth} - R_{chin}) \quad (13)$$

그림 8은 눈, 코, 입에 해당하는 특징점간의 구조적 특성치들이다. 각 특징점은 얼굴에서 비교적 구별하기 쉽고, 각 개인마다 다른 형태를 지니고 있다. 이러한 각 특징점을 비교하기 위해서 눈, 코, 입 등의 구조적 위치에서 서로의 상관관계를 비교한 값이 이용되었다.

그림 8. 얼굴 특징점들의 상관관계

Fig. 8 Facial feature points and their correlation

본 논문에서 제안하는 얼굴인식 알고리즘은 추출된 각 특징점들의 비율의 관계값과 특징자들의 기하학적 관계값을 포함시켜서 구성하였다. 특징점들의 비율의 관계값이란 각 특징점들이 화소 단위의 거리를 비율로 나타낸 것이며 특징자들의 기하학적 관계값이란 얼굴영역에서 눈, 코, 입의 구조적 위치값과 눈, 코, 입의 기하학적 특징각을 이용하는 알고리즘이다. 검출한 특징자들의 기하학적 특징각은 3개의 θ 로 구성되었다.

$\theta 1$ (ACRED) : Angle of Chin Reference to Eye Distance

$\theta 2$ (AMRED) : Angle of Mouse Reference to Eye Distance

$\theta 3$ (ANRED) : Angle of Nose Reference to Eye Distance

그림 9는 3개의 $\theta 1, \theta 2, \theta 3$ 를 도식화하여 나타내었다. $\theta 1$ 은 턱 중심과 양 눈 사이의 각도이고, $\theta 2$ 는 입 중심에서 양 눈 사이의 각도이며, $\theta 3$ 는 코 중심에서 양 눈 사이의 각도를 의미한다.

그림 9. 얼굴 특징자의 기하학적 특징자
Fig. 9 Each of the geometry of the facial features

본 논문에서 각각의 는 레이블링으로부터 특징점을 추출 알고리즘을 적용한 후 추출된 눈, 코, 입의 객체에서 얼굴의 특징 벡터로부터 피타고라스의 정리와 제2코사인 법칙을 이용하였다.

$$\cos\theta_1 = \frac{D_{LCE-C}^2 + D_{RCE-C}^2 - D_E^2}{2D_{LCE-C}D_{RCE-C}} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} D_{LCE-C} &= D_{\text{lefteye righteye} - \text{chin}} \\ D_{RCE-C} &= D_{\text{righteyelefteye} - \text{chin}} \\ D_E &= D_{\text{eye}} \end{aligned}$$

$$\cos\theta_2 = \frac{D_{LCE-M}^2 + D_{RCE-M}^2 - D_E^2}{2D_{LCE-M}D_{RCE-M}} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} D_{LCE-M} &= D_{\text{lefteye righteye} - \text{mouth}} \\ D_{RCE-M} &= D_{\text{righteyelefteye} - \text{mouth}} \end{aligned}$$

$$\cos\theta_3 = \frac{D_{LCE-N}^2 + D_{RCE-N}^2 - D_E^2}{2D_{LCE-N}D_{RCE-N}} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} D_{LCE-N} &= D_{\text{lefteye righteye} - \text{nose}} \\ D_{RCE-N} &= D_{\text{righteyelefteye} - \text{nose}} \end{aligned}$$

본 논문에서 제안한 특징벡터를 이용한 기하학적 얼굴 특징자 검출에서는 안면 각각의 θ 는 레이블링으로부터 특징점 추출 알고리즘을 적용한 후 추출된 눈, 코, 입의 객체에서 검출한 얼굴의 특징 벡터로부터 피타고라스 공식과 코사인 제2법칙을 이용하여 구한 $\cos\theta_1$, $\cos\theta_2$, $\cos\theta_3$ 을 식(14)~(16)에 정의 하였다. 또한, 본 논문에서 제안한 얼굴인식 알고리즘의 방법으로 눈, 코, 입 특징점 구성과 특징벡터 검출과 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 의 얼굴 특징각을 검출한 결과를 그림 10에 나타내었다.

그림 10. 눈, 코, 입 추출과 특징벡터 결과
Fig. 10 Eyes, nose, mouth and extraction features vector result

2.5. 특징자와 얼굴형의 분류를 통한얼굴해석

본 논문에서는 얼굴인식과 얼굴 해석 알고리즘을 제시한다. 인식 단계에서 추출된 눈 영역을 기준으로 눈썹 영역을 찾고 턱 선을 추출하여 그 특징 정보를 가지고 얼굴을 해석한다.

2.5.1. 눈썹 영역 및 턱선 추출

눈썹 영역은 눈 영역의 바로 위에 있으므로 눈 영역 바로 위에서부터 높이는 눈의 높이만큼, 폭은 눈의1.5배를 하여 눈썹의 영역으로 하였다. 그림 11은 턱 선을 추출하는 방법을 나타낸 것으로 각각의 특징점을 이은 선을 턱 선으로 하였다.

그림 11. 턱선 추출
Fig. 11 Jaw line extraction

- ①②: 색상값을 이용한 얼굴 영상에서 코밑과 입 중심을 지나는 선을 그어 얼굴 영역이 끝나는 지점을 특징점으로 추출.
- ③: 명암 영상에서 각각의 눈 중심에서부터 아래로 선을 그어 턱과 만나는 부분을 추출.
- ④: 명암 영상에서 두 눈의 중심에서부터 아래로 선을 그어 입 아래영역에서 턱 부분을 추출.

2.5.2. 특징 정보를 이용한 얼굴 분류

사람의 얼굴에서 눈과 눈썹은 대칭이므로 본 논문에서는 눈썹과 눈의 경우 한 쪽의 특징자만을 가지고 알고리즘을 적용시켰다.

그림 12. 눈썹 분류를 위한 구간
Fig. 12 Eyebrows for sector

먼저, 눈썹의 경우 그림 12와 같이 3*3 구역으로 나눈다. 눈썹의 두께는 center에서 왼쪽과 오른쪽 구간의 픽셀 수를 이용하여 분류한다.

- 왼쪽 > 오른쪽 : 바깥쪽이 두꺼운 경우.
- 왼쪽 < 오른쪽 : 안쪽이 두꺼운 경우.
- 왼쪽 = 오른쪽 : 두께가 같은 경우.

눈썹의 높이는 a, b, c의 각 ①, ②, ③ 구간에서 픽셀 수가 가장 많은 구간을 조사하여 픽셀 수가 가장 많은 구간의 가운데 점을 찍고 각 점들의 위치관계를 본다.

- a ①, c ①: 일자인 경우.
- a ①, c ②③: 바깥쪽이 높은 경우.
- a ②, c ①: 안쪽이 높은 경우.
- a ②, c ②, b ①: 중간이 높은 경우.
- a ②, c ②, b ②③: 일자인 경우.
- a ②, c ③, b ①: 중간이 높은 경우.
- a ②, c ③, b ②③: 바깥쪽이 높은 경우.
- a ③, c ①②: 안쪽이 높은 경우.
- a ③, c ③, b ①②: 중간이 높은 경우.
- a ③, c ③, b ③: 일자인 경우.

분류한 눈썹의 형태를 표 2에 나타내었다.

표 2. 눈썹 분류
Table. 2 Eyebrows classification

높이 두께	바깥쪽	중간	안쪽	일자
바깥쪽				
안쪽				
일정				

눈의 올라감과 처짐은 눈의 안쪽 끝점에서부터 바깥쪽 끝점이 얼마나 기울어져 있는가를 본다. 그림 13과 식 (17)은 눈의 기울기를 구하는 방법을 도식화 하였다.

그림 13. 눈의 기울기
Fig. 13 Gradient of the eye

그림 13으로부터 눈의 기울기를 구분하면

- (a) Eye Gradient Value = 0 : 일자 눈.
- (b) Eye Gradient Value > 0 : 위로 올라간 눈.
- (c) Eye Gradient Value < 0 : 아래로 내려간 눈.

으로 구분되며 그 기울기는 다음식과 같다.

$$\text{Eye Gradient Value} = \frac{b - c}{c - a} \quad (17)$$

분류한 눈의 형태를 표 3에 나타내었다.

표 3. 눈 분류
Table. 3 eye classification

	위	중간	아래
눈			

입술을 분류하기 위해 먼저 그림 14와 같이 3X4 구역으로 나눈다. 먼저 입술 끝의 위치를 보기 위해 그림 14 (a)와 같이 입술 영역을 이진화 하여 a+d 구간의 화소를 수평으로 누적시켜 가장 높은 값을 가지는 부분이 각각 ①, ②, ③ 중 어느 구간에 분포하는지를 본다.

- ① 구간: 입술 끝이 올라간 경우
- ② 구간: 입술이 일자인 경우
- ③ 구간: 입술 끝이 내려간 경우

그림 14. 입술 분류를 위한 구간
(a) 입술 이진화 (b) 입술 에지
Fig. 14 Lip classification for the sector
(a) Binarized lip (b) Lip edge

입술 두께의 경우 입술의 중심점을 기준으로 아랫입술과 윗입술의 두께를 비교하였다. 입술의 중심은 그림 14 (b)와 같이 입술의 에지를 구하여 입술 영역의 b+c 구간에서 수평으로 화소를 누적시켜 가장 높은 값을 가지는 부분을 입술의 중심점으로 하였다. 추출한 입술 중심의 윗부분을 윗입술, 아래 부분을 아랫입술로 하여 그 높이를 비교하였다.

윗입술 > 아랫입술 : 윗입술이 두꺼운 형
윗입술 = 아랫입술 : 입술의 두께가 같은 형
윗입술 < 아랫입술 : 아랫입술이 두꺼운 형

분류한 입술을 표 4에 나타내었다.

표 4. 입 분류
Table. 4 Mouth classification

	위	일자	아래
위>아래			
위=아래			
위<아래			

턱 선의 경우 그림 15와 같이 추출한 특징점들 간의 기울기를 구하여 얼굴형을 분류 하였다.

그림 15. 턱 선의 기울기
Fig. 15 Jaw line gradient

Npoint : Nose center point
Mpoint : Mouth center point
MJpoint : Mouth point와 Jaw point 사이
Jpoint : Jaw center point를 나타낸다.

먼저 Jpoint와 MJpoint 사이의 기울기 구한다.

$$Gradient\ 1 = a = \frac{a_y}{a_x} = \frac{MJpoint\ y - Jpoint\ y}{MJpoint\ x - Jpoint\ x} \quad (18)$$

다음은 MJpoint와 Mpoint 사이의 기울기 구하는 식이다.

$$Gradient\ 2 = b = \frac{b_y}{b_x} = \frac{Mpoint\ y - MJpoint\ y}{Mpoint\ x - MJpoint\ x} \quad (19)$$

마찬가지로 Mpoint와 Npoint 사이의 기울기를 구하는 식이다.

$$Gradient\ 3 = c = \frac{c_y}{c_x} = \frac{Npoint\ y - Mpoint\ y}{Npoint\ x - Mpoint\ x} \quad (20)$$

양쪽 모두 기울기를 구하여 평균한다.

$$Gradient1 = (a1+a2)/2$$

$$Gradient2 = (b1+b2)/2$$

$$Gradient3 = (c1+c2)/2$$

이 기울기 정보를 이용하여 턱을 분류한다.

표 5에 분류된 얼굴형을 나타내었다.

표 5. 얼굴형 분류
Table. 5 Face-type classification

역삼각형	달걀형	둥근형	네모형

III. 실험결과

본 논문에서 사용된 실험환경은 복잡하지 않은 배경과 일정한 조명으로 환경을 제한하였다. 제작 톨로서는 Visual C++과 CCD 카메라, 영상 캡처 보드는 MetroII 보드와 Millite 7.0을 사용하였다. 표 6은 얼굴 인식한 실험 결과를 나타내고 있다.

표 6. 얼굴인식 실험 결과
Table. 6 Face recognition experiment results

과 정	얼굴영역 인식	특정자 인식 및 분류	얼굴 인식	전체
영상개수	216	208	197	226
백분율(%)	95.5	92	87.2	

본 논문에서는 얼굴 영상의 피부색상 정보와 타원 마스크를 이용하여 얼굴영역이외 부분을 제거함으로써 얼굴 특징자들의 검출효율을 높일 수 있었고 검출한 눈, 코, 입 등과 같은 얼굴 특징자들의 구조적인 특성과 특징벡터들 간의 기하학적 정보를 이용하여 얼굴을 인식하였다. 또한 눈, 눈썹, 입, 턱선 정보를 추가하여 얼굴 요소별 분류를 통하여 얼굴을 해석하였다. 그림 15~그림 16은 제안한 본 논문에서의 얼굴인식과 얼굴해석 알고리즘을 적용한 결과이다. 그림 16에서 보는 것과 같이 먼저 얼굴영역을 검출한 후 검출된 얼굴영역 내에서 소벨연산, 이진화(Binary)연산 그리고 레이블링 연산을 수행한 결과를 볼 수 있다. 레이블링을 수행한 결과에서 얼굴의 특징점인 눈, 코, 입을 추출하는 알고리즘을 순차적으로 적용한다. 그런 다음 특징벡터를 산출하여 데이터베이스에 저장되어있는 각 개개인의 특징벡터 정보를 매칭(Matching)시켜 얼굴을 인식한 결과를 보여주고 있다. 그림 16은 전처리 과정에서 검출한 얼굴 특징자들의 분류를 통해 얼굴을 해석한 결과를 보여주고 있다.

그림. 16 얼굴분류 및 해석결과
Fig. 16 Face classification and analysis of results 1

IV. 결 론

본 논문에서는 CCD카메라로부터 획득한 RGB 칼라 영상으로부터, 인간의 시각적 체계와 유사한 HSI 정보를 이용함으로써, 색상정보와 명암정보를 얻어낸 다음, 색상정보를 이용하여 얼굴후보영역을 찾아내고, 찾아낸 얼굴후보영역에서 명암정보와 타원마스크를 적용하여 얼굴이외의 영역을 제거함으로써 얼굴 검출 효율을 높일 수 있었고 얼굴의 특징점인 눈, 코, 입 추출에 있어서도 추출 효율을 높일 수 있었다.

검출된 얼굴영역에서 눈, 코, 입등의 각각의 특징점을 추출 하기위해 검출한 얼굴영역에서 타원의 네 개의 중심좌표 값을 이용하여 수직, 수평 중앙선을 구한 후 수직, 수평 소벨연산, 이진화, 모폴로지(Morphology) 기법 중의 하나인 팽창연산, 레이블링 등의 전처리 과정을 수행 한 다음, 사람얼굴의 구조적 특성을 이용하여 눈, 코, 입 등의 특징점을 추출 하였다. 추출한 특징점들을 이용하여 기하학적 특징벡터를 추출하여 특징벡터를 이용한 안면각 $\theta 1$ (ACRED), $\theta 2$ (AMRED), $\theta 3$ (ANRED)를 검출하여 적용하였다. 각각의 검출한 특징벡터 정보와 얼굴의 특징각 $\theta 1$ (ACRED), $\theta 2$ (AMRED), $\theta 3$ (ANRED)를 데이터베이스에 업데이트하여 사용자인증에 적용하였다. 실험결과 칼라정보와 명암정보 그리고 타원마스크를 함께 이용함으로써, 기존의 색상정보와 명암정보를 이용한 알고리즘에 비해 보다 정확한 얼굴검출을 할 수 있었다. 또한 타원정보를 이용함으로써, 검출된 타원영역 내에서의 연산을 함으로써 전처리 과정의 연산횟수를 단축시킬 수 있었다. 그리고 검출한 눈, 코, 입, 눈썹의 특징자들의 모양과 형태적인 정보를 이용하여 각 개개인의 얼굴형과, 얼굴 생김새의 분류 및 해석도 가능하게 되었다. 그러나 카메라로부터 입력된 영상이 정면으로 제한 되어있으므로 향후 심하게 기울어지거나 틀어진 얼굴영상과 다양한 조명에서도 적응적이면서 외부적인 환경변화에도 둔감한 시스템을 연구함으로써 얼굴인식율의 향상과 해석시스템의 효율을 개선시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] H. P. Graf, T. Chen, E. Petajan, and E. Cosatto. "Locating faces and facial parts." In *International Workshop on Face Gesture Recognition*, pp. 41-46, Zurich, 1995.
- [2] Peter L. Hallinan, Gaile G. Gordon, A. L. Yuille Peter Gibling and David Mumford, "Two-and Three-Dimensional Patterns of the Face", pp. 201-216, 1999.
- [3] Aysegul Gunduz and Hamid Krim, "Facial Feature Extraction Using Topological Methods", *IEEE Proc. International Conference On Image Processing*, vol.

3-2, pp. 909-912, 2003.

- [4] Jung Hoon Kim, Kyeong Hoon Do, Eung Joo Lee, "Automatic Face Identification System Using Adaptive Face Region Detection and Facial Feature Vector Classification", *ITC-CSCC02*, July 16~19, 2002.
- [5] Juan Jose de Dios and Narciso Grcia, "Face Detection Based on A New Color Space YCgCr", *Proc. IEEE Conf. International Conference On Image Processing*, vol. 3-2, pp. 909-912, 2003.
- [6] M. H. Yang, N.Ahuja, "Detecting Human Face in Color Images", *Proc. of the int. Conference on Image Processing (ICIP'98)*, pp. 632-636. 1998.
- [7] Stan Birchfield, "Elliptical Head Tracking Using Intensity Gradients and Color Histogram," *CVPR*, 1998.
- [8] Nicolas EVENO, Alice CAPLIER, Pierre-yves COULON, "Jumping Snakes and Parametric Model for Lip Segmentation", *Proc. IEEE Conf. International Conference On Image Processing*, vol. 3-2, pp. 909-912, 2003.
- [9] E. J. Lee, "Face Recognition System Using Color and Geometric Feature Analysis," *Joun'l. of I.S.P.S*, vol. 1, no.2, pp.42-49, 2000.
- [10] Brian Scassellati, "Eye Finding via Face Detection for a Foveated, Active Vision System," *In Proceedings of the American Association of artificial Intelligence*, 1998.
- [11] Chun-Hung Lin and Ja-Ling Wu. "Automatic Facial Feature Extraction by Generic algorithms", *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 8, NO.6, pp. 834-845, June 1999.
- [12] Q. R. Chen, W.K. Cham and H. T. Tsui, "A Method for Estimating and Accurately Extracting the Eyebrow in Human Face Image", *Proc. IEEE Conf. International Conference On Image Processing*, vol. 3/2, pp. 793-796, 2002.

저자소개

정광민(Kwang-Min Jeong)

1989년 경북대학교 전자공학과 학사

1991년 경북대학교 전자공학과 공학석사

2006년 경북대학교 전자공학과 공학박사

1991~1998년 ㈜대륙정밀 연구소 선임연구원

1998년~현재 경남정보대학교 정보통신계열 교수

※관심분야: 영상신호처리, 디지털 신호처리

김정훈(Jung-Hoon kim)

2001년 동명정보대학 정보통신공학과 공학사

2003년 동명정보대학 정보통신공학과 공학석사

2005년 한국해양대학 제어계측공학과 박사수료.

※관심분야: 얼굴인식, 컴퓨터비전, 로봇공학