

# 얼굴특징 평가함수를 이용한 얼굴인식 알고리즘

김정훈, 이응주

동명정보대학교 정보통신공학과

## Face Recognition Algorithm Using Face Feature Evaluation Function

Jung-Hoon Kim and Eung-Joo Lee

Dept. of Information Communication Eng., TongMyong Univ. of Information Technology.

e-mail : [ejlee@tit.ac.kr](mailto:ejlee@tit.ac.kr)

### 요약

본 논문에서는 CCD 카메라로부터 입력된 얼굴영상에서 피부색상 정보를 이용하여 얼굴을 검출하고 얼굴특징자인 눈, 코, 입의 얼굴특징 벡터를 추출한 후, 벡터들로부터 특징 평가함수를 적용하여 개인의 얼굴을 인식하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 논문에서는 입력 영상에서 대하여 얼굴 피부색의 정보와 명암도 정보를 동시에 사용하여 얼굴영역을 검출한 후, 검출한 얼굴 영역에서 특징점인 눈, 코, 입 등을 추출한 다음, 각 특징 점들에 대한 기하학적 위치특성과 상관성을 이용한 얼굴특징 평가함수를 구성하였다. 제안한 알고리즘으로 230장의 얼굴영상에 대하여 실험에 적용한 결과 얼굴검출 효율과 인식 성능을 개선할 수 있었다.

### 1. 서론

최근 정보통신 기술의 발전으로 인터넷 사용자 급증 함으로써, 컴퓨터를 이용한 네트워크상의 개인 신상정보 유출과 온라인상의 신용카드 결제 및 현금 자동인출기(ATM: Automatic Teller Machine)에서의 비밀번호 도용으로 인한 범죄가 급증하고 있다.

따라서, 온라인과 오프라인에서의 새로운 보안장치의 필요성이 대두되고 있다. 최근 보안장치의 경향을 보면, 사람의 신체특성을 이용한 생체인식 알고리즘 기반인 지문인식 시스템, 홍채인식 시스템, 얼굴인식 시스템 등이 있다. 특히, 지문인식 시스템은 제품화가 되어 뛰어난 인식성능을 나타내었다. 하지만, 높은 인식효율을 보이는 반면, 사람이 직접 센서에 신체적인 접촉이 있어야 한다는 것이 단점이다. 또한, 홍채인식 역시 카메라 렌즈에 접촉이 불가피하다는

것이 단점이다. 따라서, 최근 생체인식 연구의 경향을 보면, 신체적인 접촉이 없는 얼굴 인식에 대한 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 얼굴인식은 각 개인의 얼굴이 가지는 고유특징 정보를 이용한다. 이러한 정보를 이용한 얼굴인식의 응용분야로는 범죄자 검색 시스템이나 개인용 컴퓨터의 접근 제어, 공공기관에서의 보안시스템 분야에서 널리 이용되는 기술이다.

얼굴 인식의 단계는 크게 얼굴 영역 검출, 특징점 추출, 그리고 얼굴 분류 등으로 나눌 수 있다. 즉, 얼굴 영역을 먼저 찾고 눈, 코, 입과 같은 특징점 구성 요소들을 추출[1,3]하여 최종 단계인 인식과 분류가 이루어지게 된다. 그러나 얼굴 분류 기술의 전처리 단계라 할 수 있는 얼굴 영역 검출과 특징점 추출에 있어 얼굴이 차지하는 크기, 얼굴의

방향, 색상, 명암도 등에 대한 제약을 가지고 있다. 따라서, 제안한 논문에서는 얼굴인식의 전처리 단계로써, 얼굴검출의 정확성을 높이기 위하여 피부 색상정보와 명암 정보를 이용하여 얼굴검출 효율을 높였고, 얼굴의 특징적인 눈, 코, 입 등의 추출을 통하여 각각의 특징자들에 대한 특징 평가함수를 반영함으로써 인식 효율을 높일 수 있었다.

## 2. 얼굴 검출 및 얼굴 특징자 추출

### 2.1 피부색상 정보를 이용한 검출

얼굴 색채 히스토그램에서 동일한 인종은 유사한 피부색을 가지며 컬러 공간에서 좁은 범위에 밀집해 있다[1,2].

본 논문은 이러한 특성을 이용하여 인간의 비선형적인 시각 특성에 비교적 유사한 HSI 정보에서 색상, 명도를 사용하였다. 1차 얼굴 후보 영역은 영상을 HSI 좌표계로 변환하여 색상정보를 얻어낸 후 Hue값을 이용하여 일정 범위 내에 밀집해 있는 객체들을 레이블링 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, 본 논문에서는 찾아진 1차 얼굴 후보 영역을 검사해 적응적으로 계산된 임계 값 이상의 명암 값 분포를 적용하여 얼굴영역으로 찾아내고 이외의 부분은 제거하여 얼굴 영역만을 추출하도록 하였다. 식(1)~식(3)에서는 입력된 RGB 영상을 HSI정보와 타원마스킹을 이용한 얼굴 검출식을 나타내었다.

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

$$I = \frac{k}{255} \times \frac{(r + g + b)}{3} \quad (2)$$

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (3)$$

그림 1은 식(1)~(3)을 적용한 얼굴검출 과정이다.

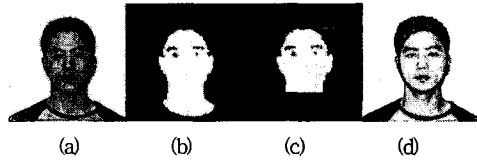


그림 1.HIS정보를 이용한 얼굴검출 과정

(a) 원 영상 (b) hue 영상 (c) hue+intensity 영상 (d) 얼굴 검출 결과

### 2.2 얼굴 특징자 추출

본 논문에서는 얼굴인식의 전처리 단계로 얼굴 특징자에 대한 평가함수를 적용하기 위하여 먼저, 얼굴 특징자를 추출한다. 얼굴 특징자 추출은 앞 절에서 검출한 얼굴영역 내에서 각 특징자들에 대한 에지(Edge) 성분과 얼굴의 기하학적 위치정보를 이용하여 얼굴 특징자들을 추출한다. 또한, 전처리 단계를 거쳐 눈, 코, 입 특징점을 결정하기 위한 알고리즘으로 양 눈과 코의 상대적이고 구조적인 위치관계를 이용하여 비슷한 y좌표를 갖는 두 개의 눈 후보점과 한 개의 코 후보점 그리고 입 후보 점을 결정한다[1,5]. 그림 3은 얼굴 특징자 검출 과정이다.



그림 2. 특징자 검출과정 및 결과 영상

(a)원 영상 (b) 소벨 (c) 레이블링 (d) 결과영상

또한, 15~20도 범위 내에서 회전된 얼굴영상에 대해 식(4)~식(5)를 적용하여 회전된 영상을 보정할 수 있었다.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$Th1 = L\_Eye\_Rect\_Top = R\_Eye\_Rect\_Bottom$$

$$Th2 = L\_Eye\_Rect\_Bottom = R\_Eye\_Rect\_Top \quad (5)$$

$$RA = Th1 + Th2$$

그림 3은 회전된 얼굴에 대하여 보정할 수 있는 범위를 나타내고 있다.

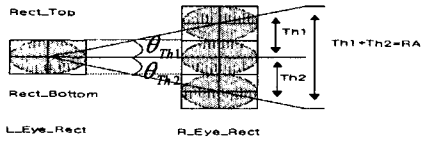


그림3. 얼굴회전에 대한 보정 범위

식(5)에서의 Th1의 범위는 왼쪽 눈의 Top과 오른쪽 눈의 Bottom이 일치 되는 범위 이고, Th2는 왼쪽 눈의 Bottom과 오른쪽 눈의 Top이 일치되는 점이 얼굴 회전에 대한 허용되는 각도 범위이다. 따라서, 인식 범위 내의 최대각도 RA는 Th1과 Th2를 더한 값이다.

### 3. 얼굴특징 벡터에 대한 평가함수

본 논문에서는 추출한 얼굴 특징자를 기반으로 각 개인의 얼굴인식을 위하여 얼굴 특징자의 기하학적 특성, 특징자들 간의 상관성 및 얼굴 안면 각 등을 기반으로 한 얼굴특징 평가함수를 제안하였다. 기존의 얼굴 특징자에 대한 평가함수는 얼굴 특징자들에 대한 대칭성과 위치 관계만을 고려 하였다. 본 논문에서는 얼굴 특징자인 눈, 코, 입 등을 이용한 얼굴 특징벡터 추출과 얼굴 특징자들에 대한 상관관계 값과 얼굴 특징자들 간의 안면 각 추출을 통한 평가함수를 적용하였다.

$$\begin{aligned} GD_1 &= (D_{LE} + D_{RE}) \\ GD_2 &= Abs(P_{EC} - P_{NC}) \\ GD_3 &= Abs(P_{NC} - P_{MC}) \\ GD_4 &= Abs(P_{MC} - P_{CC}) \end{aligned} \quad (6)$$

그림 4는 검출된 얼굴 특징자들을 기반으로 얼굴특징 평가함수 구성을 위한 특징벡터를 모델링한 것이다.

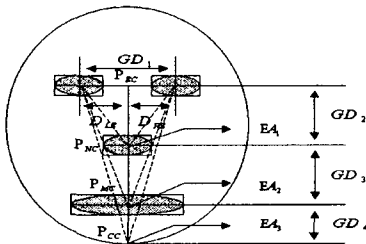


그림 4. 얼굴특징 평가함수 구성을 위한 특징벡터

그림 4에서 얼굴 특징자들의 특성을 고려해 보면, 식 (6)의  $GD_1$ 은 눈의 대칭성 특성을 이용한 양쪽 눈 사이의 거리,  $GD_2$ 는 양쪽 눈 사이의 중심에서 코 중심  $P_{NC}$  사이의 거리이다. 또한,  $GD_3$ 와  $GD_4$ 는 코 중심  $P_{NC}$ 에서 입 중심  $P_{MC}$  사이의 거리, 입 중심  $P_{MC}$ 에서 턱 중심  $P_{CC}$ 까지의 거리이다. 그리고 얼굴 특징자들을 이용한 얼굴 안면 각  $EA_1, EA_2, EA_3$ 의 추출은 식(7)~식(9)과 같다. 안면 각 추출은 은 코사인 제2법칙을 적용하여 추출 하였다.

$$\cos \theta_{EA1} = \frac{D_{LE-PNC}^2 + D_{RE-PNC}^2 - GD_1^2}{2D_{LE-PNC}D_{RE-PNC}} \quad (7)$$

$$\cos \theta_{EA2} = \frac{D_{LE-PMC}^2 + D_{RE-PMC}^2 - GD_2^2}{2D_{LE-PMC}D_{RE-PMC}} \quad (8)$$

$$\cos \theta_{EA3} = \frac{D_{LE-PCC}^2 + D_{RE-PCC}^2 - GD_1^2}{2D_{LE-PCC}D_{RE-PCC}} \quad (9)$$

식(10)은 그림 3에서 표현한 얼굴 특징벡터 모델에서와 같이 특징자들 간의 상대적 거리를 비율관계의 특성을 반영 하는 평가함수로 나타내었다.

$$\begin{aligned} ED_1 &= Abs \left[ 1.0 - \left\{ 0.7 \times \frac{GD_2}{GD_1} \right\} \right] \\ ED_2 &= Abs \left[ 1.0 - \left\{ 1.1 \times \frac{GD_1}{(GD_2 + GD_3)} \right\} \right] \\ ED_3 &= Abs \left[ 1.0 - \left\{ 1.6 \times \frac{GD_1}{(GD_2 + GD_3 + GD_4)} \right\} \right] \\ ED_4 &= Abs \left[ 1.0 - \left\{ 1.7 \times \frac{(GD_3 + GD_4)}{(GD_2 + GD_3 + GD_4)} \right\} \right] \\ ED_5 &= Abs \left[ 1.0 - \left\{ 1.5 \times \frac{GD_4}{GD_3} \right\} \right] \end{aligned} \quad (10)$$

식(10)의  $ED_1 \sim ED_5$ 의 특성은 다음과 같다.

$ED_1$  특성) 두 눈 사이 거리에 대한 눈, 코 사이의 거리비율은 약 0.7 배이다.

$ED_2$  특성) 두 눈 사이 거리에 대한 눈, 입 사이의 거리비율은 약 1.1 배이다.

$ED_3$  특성) 두 눈 사이 거리에 대한 눈, 턱 사이의 거리비율은 약 1.6 배이다.

$ED_4$  특성) 눈과 턱 사이 거리에 대한 눈, 코 사이의 거리 비율은 약 1.7배이다.

$ED_5$  특성) 코와 입 사이 거리에 대한 입, 턱 사이의 거리 비율은 약 1.5배이다.

위의 5개 함수를  $ED_i$  로 표현 한다면, 식(11)와 같이 특징자들의 거리비율의 유사도를 평가한다. 식(11)에서  $FR_1(\alpha, \beta)$ 는 기존의 기준영상에 대한 비율관계 값과 질의 된 영상의 비율관계 값의 중복도를 계산한다.

$$FR_1(\alpha, \beta) = \text{Min} \left[ \sum_{i=1}^5 |\alpha(ED_i) - \beta(ED_i)| \right] \quad (11)$$

$$\sigma(\alpha, \beta) = 1 - \left| \alpha(ED_i) - \beta(ED_i) \right|$$

$\alpha(ED_i)$ 와  $\beta(ED_i)$ 는 기존의 비율관계 값과 새로운 질의에 대한 비율관계 값이다. 그리고  $\sigma(\alpha, \beta)$ 는 기존의 비율관계 값과 질의 된 비율관계 값의 상관정도의 유사성을 평가한다. 식(12)는 식(7)~식(9)의 얼굴 안면 각에 대한 중복도와 안면 각에 대한 상관정도의 유사성을 평가하였다.

$$FR_2(\alpha, \beta) = \text{Min} \left[ \sum_{i=1}^3 |\alpha(EA_i) - \beta(EA_i)| \right] \quad (12)$$

$$\sigma(\alpha, \beta) = 1 - \left| \alpha(EA_i) - \beta(EA_i) \right|$$

따라서, 식(11)~ 식(12)의  $\sigma(\alpha, \beta)$ 가 0에 가까울수록 해당 특성과 일치함을 나타낸다

그림 5는 식(4)~식(12)에 의하여 실험한 얼굴인식 결과이다.

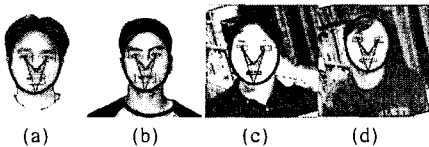


그림 5. 특징 벡터를 검출한 결과

(a)(b) 정면얼굴 인식 결과; (c)(d) 회전된 얼굴을 보정하여 인식한 결과.

#### 4. 실험 및 결과

본 논문은 얼굴영역을 검출하는데 있어서 신뢰성 있는 검출을 위해 색상정보와 명암정보를 같이 사용하였으며, 얼굴특징자인 눈, 코, 입을 비롯한 특징자들의 상대적 위치정보와 특성을 고려한 특징벡터

검출과 특징벡터에 대한 상관정도의 유사성을 반영하는 평가함수를 적용하여 얼굴 인식 성능을 개선할 수 있었다. 다양한 크기의 230장의 획득한 영상에 대하여 얼굴검출은 226장으로 98.2%의 성능을 보였고, 얼굴특징자의 추출은 217장으로 94.3%를 보였다. 또한, 특징벡터에 대한 얼굴특징 평가함수를 적용한 얼굴인식은 212장으로 92.1%의 효율을 나타내었다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 정확한 얼굴영역을 검출하기 위하여 색상정보와 명암정보를 복합적으로 사용하여 높은 얼굴검출 효율을 볼 수 있었다. 또한, 전처리 과정을 통하여 추출한 눈, 코, 입 등의 얼굴 특징자들 간의 상대적 위치정보와 비율관계의 특성을 고려한 평가함수를 적용함으로써, 얼굴인식 효율을 높일 수 있었다

#### [참고문헌]

[1] 이응주, "피부색 정보와 얼굴의 구조적 특징 분석을 통한 얼굴영상 인식 시스템", 한국신호처리 시스템 학회 논문지 제 1권 제 1호, 2000.10

[2] 이연철, 김은이, 박상용, 황상원, 김형준, "칼라와 움직임 정보를 이용한 움직이는 얼굴영역 검출방법", 정보과학회 2001년 추계학술대회, VOL.28, NO.02, pp.0379-0381, 2001.10

[3] Roberto B. and Tomso P., "FACE Recognition: Features versus Templates," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.15, no.10, pp. 871-882, October.1993.

[4] Brian Scassellati, "Eye Finding via Face Detection for a Foveated, Active Vision System," In *Proceedings of the American Association of artificial Intelligence*, 1998.

[5] 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.