

HSI 정보와 얼굴 특징자들의 기하학적 특징각을 이용한 얼굴 인식 알고리즘

김 영 일, 김 정 훈, 이 응 주
동명정보대학교 정보통신공학과

Human Face Recognition Algorithm Using HSI Informations and Geometrical Feature Angle of Face Features

Young-Il Kim, Jung-Hoon Kim and Eung-Joo Lee
Dept. of Information Communication Eng., TongMyong Univ. of Information
Technology.

E-Mail : ejlee@tmic.tit.ac.kr

요 약

본 논문에서는 칼라 CCD 카메라로부터 입력된 얼굴 영상에서 HSI 정보와 눈, 코, 입 등의 얼굴 영역 특징자 및 특징자의 기하학적 특징각을 이용한 얼굴 인식 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 인간의 시각 체계와 비교적 유사한 HSI좌표계 상에서 피부색에 대한 색상 정보와 명암값 정보를 함께 이용함으로써 얼굴영역 추출의 효율을 높였고, 또한 추출된 얼굴 영역에서 얼굴 인식을 개선하기 위해 눈, 코, 입 등의 구조적 위치 정보와 특징자들의 기하학적 특징각을 이용하여 얼굴 인식을 개선하였다. 제안한 알고리즘에서는 기존의 명암 정보를 이용하는 방법과는 달리 색상 정보와 명암 정보를 함께 이용함으로써 정확한 얼굴 영역의 검출이 가능하였으며 인식 방법에 있어서 특징자들의 기하학적 관계값을 이용함으로써 인식 효율을 개선하였다.

I. 서론

최근 컴퓨터를 이용한 시각분야가 발전하면서 인간과 관련된 연구가 진행중이다. 특히 얼굴의 움직임, 제스처, 인간 몸 동작의 변화를 애니메이션화 하는 방법에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. 또한 전자상거래의 발달로 인하여 보안과 관련된 분야가 중요시되고 있는 가운데 얼굴 인식 분야는 그 용도가 매우 다양하고 적용범위도 넓으므로 매우 활발히 진행되고 있는 분야이다.

얼굴이 가지는 정보는 범죄자 검색 시스템, 개인용 컴퓨터의 접근 제어, 공공 기관에서의 보안 시스템, 컴퓨터 게임, 3D TV의 시청자 검색 시스템 등의 분야에서 널리 이용되는 기술이다.

얼굴 인식의 단계는 크게 얼굴 영역 검출, 특징점 추출, 그리고 얼굴 분류 등의 세 가지로 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 있으므로 제안한 논문에서는 얼굴 영역 추출의 정확성을 높이기 위하여 HSI 좌표계를 이용하여 1차 얼굴 후보 영역을 추출하고 그 영역에 대해 명암값으로 얼굴영역만을 추출하도록 하여 정확도를 높였다. 또한 추출된 특징자 정보중에서 턱선과 눈 중심, 코 중심, 입 중심의 기하학적 관계값을 이용하는 방법을 적용하여 인식률을 개선하였다.

II. HSI 정보를 이용한 얼굴영역 추출

1. HSI와 명암정보를 이용한 얼굴영역 추출

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, 명도를 사용하여

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 머리 카락과 착용한 옷의 종류에 따라 매우 가변적이고 그 영역이 넓어지는 현상이 발견되었다. 따라서, 제안한 논문에서는 찾아진 1차 얼굴 후보 영역 내를 검사해 적응적으로 계산된 임계값 이상의 명암값 분포를 얼굴영역으로 찾아내고 이외의 부분은 제거하여 얼굴 영역만을 추출하도록 하였다. 식(1)~식(3)에서는 RGB 좌표계를 HSI 좌표계로 변환하는 식을 나타내었으며, 그림 1에서는 얼굴영역을 추출하는 과정을 나타내었다.

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

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

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

$$\left[\frac{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^2}{2} \right]$$

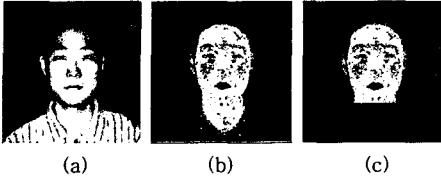


그림 1. 얼굴영역 추출 단계; (a)원 영상 (b)색상+명암 (c) 얼굴 영역 추출

그림 1에서 (a)원 영상에 대해 (b)영상은 색상과 명암의 비슷한 분포를 갖는 얼굴 후보 영역의 영상이고 (c)영상은 얼굴 이외의 부분을 제거한 영상이다. 최종적으로 구해진 얼굴영상에서는 좌표값을 이용하여 얼굴영상의 수직과 수평 중앙선을 구할 수 있다. 얼굴의 눈, 코, 입의 구성요소 추출에 결과 좌표를 이용함으로써 인식 속도를 향상시켰으며 인식의 효율을 높였다.

본 논문에서는 황인종을 기준으로 색상값 측정을 했으며, 백인종이나 흑인종도 색상의 변화에 따라 유동적으로 적용되게 경계값을 주어서 인종별 얼굴 인식도 가능하게 하였다.

실험에 사용된 남녀 표준 영상 150개 중 얼굴영역 이외의 영역이 제거되고 얼굴영역만을 정확하게 추출된 영상이 140개로써 93%의 얼굴영역 인식율을 나타내었다.

2. 눈, 코, 입 특징점 추출

제안한 논문에서는 얼굴의 기하학적 특징값 추출을 위한 전처리 과정으로 HSI로 변환된 영상의 I(Intensity)영상을 이용한다. 얼굴의 특징점 구성 요소들이 수평 에지를 많이 가진다는 특징을 이용해 수평 소벨연산, 이진화 과정, 팽창(Dilation), 레이블링(Labeling)연산[3]을 적용하여 구성요소 추출이 이루어진다. 그림 2는 이러한 전처리 단계를 거쳐서 눈, 코, 입 특징점이 추출되는 과정을 나타내고 있다.

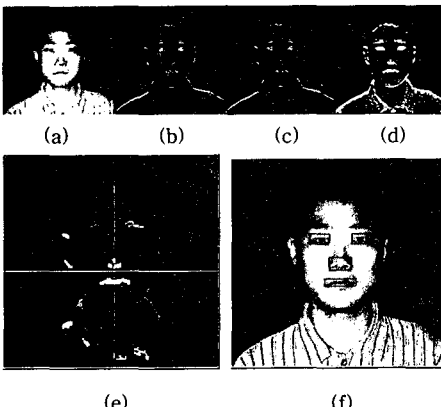


그림 2. 전처리 단계와 결과 영상; (a)원 영상 (b)소벨처리 (c)이진화 (d)팽창처리 (e)레이블링 (f)눈, 코, 입, 턱 추출

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 후보점을 결정한다.

다음의 조건을 만족하는 경우에 하나의 쌍으로써 얼굴 영역 내의 눈으로 설정하고 이들의 거리 비를 특징으로 한다.

- 조건1)객체가 수평중앙선 위에 존재하고 대칭되는 y좌표 내에 객체가 존재.

- 조건2)대칭쌍이 2개 이상 존재하면 아래쪽에 위치하고 거리가 임계치 이하인 대칭쌍이 존재.

다음의 조건을 만족하는 객체를 코 후보점으로 설정하고 거리 비를 특징으로 한다.

- 조건1)눈 후보 영역의 아래에 위치하고 그 사이에 존재하며 y좌표차이가 임계치 이하일 때.

- 조건2)다수가 존재하면 상위의 객체를 선택.

다음의 조건을 만족하는 객체를 입 후보점으로 설정하고 거리 비를 특징으로 한다.

- 조건1)코 후보 영역의 아래에 위치하고 그 두 눈 좌표의 외곽 영역 내에 존재.

- 조건2)다수가 존재하면 가로길이 비가 넓고 상위에 존재하는 객체를 선택.

실험에 사용된 남녀 표준 영상 140개 중 정확한 눈, 코, 입 특징점이 추출된 영상이 135개로써 90%의 인식율을 나타내었다.

III. 얼굴의 기하학적 특징각 분류를 통한 얼굴인식

1. 눈, 코, 입 특징점 구성과 특성

앞에서 추출한 각 특징점의 후보영역의 좌표에서 해당 성분의 구조적 위치값을 구한다.

각 특징점은 얼굴에서 비교적 구별하기 쉽고, 각 개인마다 다른 형태를 지니고 있다. 이러한 각 특징점을 비교하기 위해서 눈, 코, 입 등의 구조적 위치에서 서로의 상관 관계를 비교한 값이 이용되었다.

본 논문은 입과 코, 눈의 위치와 그들 상호 간의 최소/최대값의 평균치를 이용해서 비율의 오차 값을 줄였다. 특징점 사이의 거리 비율은 유클리디언 거리식으로 계산된다. 유클리디언 거리에 의한 인식은 각 사람들의 표준편차(σ)로 정규화 시킨다.

2. 특징자들의 기하학적 관계를 이용한 특징각 추출

본 논문의 얼굴 인식 알고리즘은 추출된 각 특징자들의 비율의 관계값과 특징자들의 기하학적 관계값을 포함시켜서 구성하였다. 특징자들의 기하학적 관계값이란 얼굴영역에서 눈, 코, 입, 턱의 구조적 위치값과 눈, 코, 입, 턱의 기하학적 특징각 이용하는 알고리즘이다.

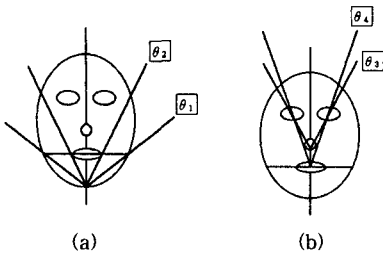


그림 3. 특징자들의 기하학적 특징각; (a) θ_1, θ_2
(b) θ_3, θ_4

그림 3은 이 알고리즘에서 추출된 특징자들의 기하학적 특징각을 나타내는 것으로 (a)의 θ_1 은 턱과 입에서의 양분너비의 각도이고, θ_2 는 턱과 입 크기의 각도이며 (b)의 θ_3 는 코 중심과 눈 중심의 각도, θ_4 는 입 중심과 눈 중심의 각도이다. $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 의 비율을 산정하여 $\cos\theta_1, \cos\theta_2, \cos\theta_3, \cos\theta_4$ 의 각도차를 이용해서 특정 사람을 분류, 인식하도록 하였다.



그림 4. 특징자들의 관계; (a)특징자 추출 (b)특징자들의 기하학적 각도

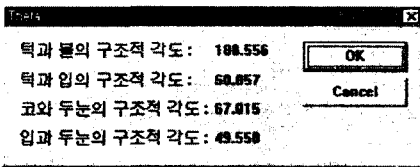


그림 5. 특징자들의 기하학적 관계값

그림 4에서 (a)는 얼굴 영상에서 특징자를 추출한 영상이며 (b)는 특징자들의 기하학적 각을 나타낸 결과영상이며 그림 5는 기하학적 각도를 수치로 나타내었다. 위와 같은 특징자들의 기하학적 관계 값이 사람에 따라서 다양한 차이를 발견할 수 있었다.

표 1. 각 유형에 따른 기하학적 각도 분류

유형	A	B	C
θ_1	100~105도	105~110도	110~115도 이상
θ_2	58~60도	60~62도	62~64도 이상
θ_3	59~64도	64~69도	69~74도 이상
θ_4	44~47도	47~50도	50~53도 이상

표1은 제안한 논문에서의 분류 기준이 되는 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 에 따른 특징점들의 기하학적인 각도를 나타내며 이러한 분포

를 전체 3가지 구조 형태로 분류하였다.

각 θ 에 따른 분류형태의 결과는 다음과 같다.

- A형 구조 : 긴 형태의 턱
- B형 구조 : 둥근 형태의 턱
- C형 구조 : 넓은 형태의 턱

그림 6은 θ 의 선형적인 관계를 이용한 알고리즘의 적용결과 영상으로 각 유형별로 나타내었다.



그림 6. 턱 추출 결과 영상; (a)A형 구조 (b)B형 구조 (c)C형 구조

표 2. 턱 유형에 따른 실험영상의 분포

유형	A	B	C	전체
영상 개수	38	77	35	150
%	25%	52%	23%	100%

표 2에서는 실험영상에 대하여 특징자들의 기하학적 알고리즘을 적용한 결과를 나타내었다. 이 표에서 알 수 있듯이 대체로 B타입의 유형이 많았다. 얼굴의 구성요소가 추출된 실험영상 140개 중 정확한 특징자들의 특징점이 추출된 영상은 135개로써 96%의 인식율을 나타내었다.

IV. 실험 및 고찰

본 논문에서는 실험환경은 복잡하지 않은 배경과 일정한 조명, 그리고 동일한 영상크기로서 실험 환경을 제한하였다. 얼굴영역을 직접 추출하는 데 있어서 정확하고 신뢰성 있는 추출을 위해 여러 알고리즘을 순차적으로 적용하였으며 눈, 코, 입을 비롯한 특징자들의 구조적이고 기하학적인 특성을 이용하여 얼굴의 인식률을 높였다.

표 3. 제안한 알고리즘을 적용한 실험 결과

과정	얼굴영역 인식	눈,코,입 인식	θ 인식	전체
영상 개수	140	135	127	150
%	93%	90%	84.6%	

본 논문의 알고리즘은 Visual C++로 프로그램을 제작하여 구현하였으며 카메라로부터 입력 받은 영상을 순차적으로 시뮬레이션 하였다. 본 논문의 실험에서 오 인식된 결과들이 다소 발생되었다. 오 인식되는 이유는 입력영상에서 머리카라, 안경 등으로 인해 특징점이 되는 눈 부위의 지나친 가림과 또한 옷깃으로 인한 턱 부분의 가림과 약한 윤곽선 때문이었으며, 얼굴 인식과 검증과정에서의 많은 데

이터의 확보와 문제점 개선, 실시간 응용을 위한 알고리즘 구현을 위해 앞으로 적응적인 방법이 연구되고, 제안되어야 할 것이다.

V. 참고문헌

- [1] Robert Brunelli and Tomaso Poggio, "Face Recognition : Feature versus Templates," PAMI, Vol. 15, no. 10, pp.1042-1052, Oct. 1993
- [2] 유태웅, 오일석, "Extraction of Face Regions based on Chromatic Distribution Information," 정보과학회논문지(B) 제 24 권 제 2 호, 1992.7
- [3] 유효섭, 소 정, 왕 민, 민병우, "고립영역 분석에 의한 얼굴 요소 추출," 정보과학회논문지(B) 제 23 권 제 7 호, 1996.7
- [4] 장경식, "다해상도 영상을 이용한 얼굴 구성요소 추출," 한국정보처리학회 논문지 제6권 제 12호 1999. 12
- [5] 이철우, 최정주, "후보영역의 밝기 분산과 얼굴특장의 삼각형 배치구조를 결합한 얼굴의 자동 검출," 멀티미디어 학회 논문지 제3권 제1호 2000.2
- [6] 이용주, "피부색 정보와 얼굴의 구조적 특징 분석을 통한 얼굴 영상 인식 시스템," 한국신호 처리 시스템 학회 논문지 제1권 제1호 2000.10