
투영과 기울기 보정을 이용한 얼굴 및 얼굴 요소의 특징 추출

김진태* · 김동욱** · 오정수***

Feature Extraction of Face and Face Elements Using Projection and Correction of
Incline

Jin-Tae Kim* · Dong-Wook Kim** · Jeong-Su Oh***

본 논문은 정보통신부에서 지원하는 2001년도 대학기초연구지원사업으로 수행되었음

요 약

본 논문은 얼굴 인식을 위한 얼굴 요소 및 얼굴 특징점을 추출하는 방법을 제안한다. 얼굴 요소는 피부 색을 이용하여 추출된 얼굴 영역에서 요소들간의 기하학적 정보를 이용하여 후보 영역을 정하고 후보 영역에서 요소들이 갖고 있는 고유 특성들을 이용하여 추출해 간다. 얼굴 인식에 적용된 얼굴 특징점은 추출된 얼굴 요소들간의 거리, 각 등의 기하학적인 관계로 나타낸다. 실험 결과, 얼굴 구성요소 추출이 잘 되었다.

ABSTRACT

This paper proposes methods to extract face elements and facial characteristics points for face recognition. We select a candidate region of the face elements with geometrical information between them inside the extracted face region with skin color and extract them using their inherent features. The facial characteristics to be applied to face recognition is expressed with geometrical relation such as distance and angle between the extracted face elements. Experiment results shows good performance to extract of face elements.

키워드

얼굴 인식(face recognition), 기하학적인 정보(geometrical information), 얼굴 특징점(facial characteristics)

1. 서 론

최근 개인 정보에 대한 보호 욕구가 증대함에 따라 사람들간 구별되는 생체 정보를 이용하여 각 개인을 식별하고자 하는 생체 인식 분야의 연구가 활발해지고 있다. 이중에서 특히 얼굴인식 분야는 비접촉식의 장점으로 인하여 많은 연구가 진행되어 왔다 [1]. 정지영상이나 동영상으로부터 얼굴을 인식하는 기술은 영상처리나 패턴 인식, 컴퓨터 시각과 같은 다양한 분야에 걸쳐서 활발히 연구되고 있으며 상업

적, 법적으로 수많은 응용 분야를 가지고 있다. 얼굴 인식 기술은 크게 얼굴 영역 및 얼굴 요소의 추출, 얼굴 특징의 추출 및 분류, 그리고 이들을 이용한 인식으로 구성된다[2]. 얼굴 요소와 얼굴 특징점의 추출은 얼굴 인식을 위해 선행된다.

얼굴 영역 및 얼굴 요소의 추출에 관한 연구는 90년대에 들어 시작되었다. 이 중에서 대표적인 방법은 동영상을 대상으로 움직임 부분을 추출하고 이를 바

*한서대학교 컴퓨터정보학과

***부경대학교 화상정보공학부

**전주대학교 정보기술컴퓨터공학부

접수일자 : 2003. 3. 6.

탕으로 얼굴의 경계를 추출한 연구 결과가 있으며[3], 영상의 해상도를 줄여가면서 눈, 코, 입 부분의 명암 특징을 사용하여 얼굴 요소를 추출한 연구 결과가 있고[4], 얼굴의 무게중심을 이용하여 얼굴 영역을 추출하는 시스템을 개발한 연구[5], 계층적 영상에서 후보 영역을 추출하고 삼각형 구조 모델을 이용한 얼굴 영역을 추출하는 연구[6] 등이 있다. 얼굴 영역의 추출을 사각형 형태가 아닌 얼굴의 유선형 모양을 고려한 얼굴 고유 영역만을 추출함으로써 얼굴 구성 요소의 추출이 정확성을 높일 수 있다[7,8].

본 논문에서 얼굴 영역 추출은 통계적인 피부색을 이용하여 윤곽선 영상과 투영 데이터를 구한다. 얼굴 영역과 배경 영역을 구분하고 얼굴 영역에서 유선형 모양의 얼굴 고유 영역을 추출한다. 얼굴 요소로는 눈, 입술, 눈썹을 고려하였고, 이들의 추출은 얼굴 영역 내에서 먼저 눈의 위치를 찾고, 이를 이용하여 나머지 구성 요소를 찾아 나간다. 얼굴 요소 추출에 앞서 보다 정확한 추출을 위해 얼굴 기울임의 보상이 선행된다. 눈 위치를 기준으로 요소간의 기하학적 정보를 고려하여 입술과 눈썹의 후보 영역을 선정하고 이들에서 에지 연산자 혹은 히스토그램에 의해 추출된 각 요소들의 고유 특성을 이용하여 입술과 눈썹을 추출한다. 얼굴 요소들이 찾지면 요소들의 위치를 구하고 요소들간의 기하학적인 관계를 설정하여 얼굴의 특징점을 나타낸다.

일반적으로 얼굴 및 얼굴 요소의 추출은 생체 인식의 한 분야로 연구가 이루어지고 있으나, 본 논문에서는 인식을 제외한 얼굴 요소 및 특징점 추출에 대해서만 논의한다. 본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 본 논문에서 제안하는 얼굴 및 얼굴 요소의 추출과정에 대해 기술하고, 3장 및 4장에서 제안한 얼굴 특징점 추출 기법에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 하고, 그 결과를 검토한다. 5장에서는 본 논문의 결론과 향후의 연구과제를 제시한다.

II. 얼굴 영역 및 얼굴 요소 추출

얼굴 특징점을 추출하기 위해서는 먼저 입력 영상 내에서 얼굴 영역을 찾고, 찾아낸 얼굴 영역 내에서 얼굴의 각 구성요소를 찾는다. 그림 1은 본 논문에서

제안한 특징점을 추출해 가는 흐름도이다.

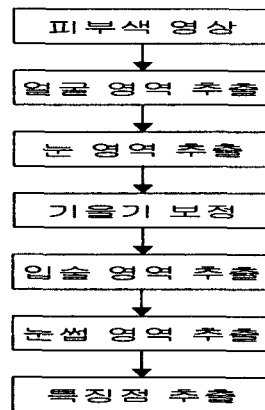


그림 1. 특징점 추출의 흐름도

2.1 얼굴 영역 추출

본 논문에서의 얼굴 영역 추출을 위해서 영상의 색상 정보, 윤곽선, 그리고 얼굴의 구조적인 정보를 이용하고 있다. 얼굴 영역 추출을 하기 위한 영상은 비디오캡처 장치(Video Capture Device)인 캠코더에 의해 생성되는 동영상으로부터 정지 영상을 실시간 캡처하여 수행된다. 정지영상에서 색상 정보와 윤곽선을 추출해 내고, 이러한 정보를 이용하여 얼굴 영역을 분할하고 얼굴을 추출한다. 그림 2에 얼굴 영역 추출을 위한 전체 개념도를 나타내었다.

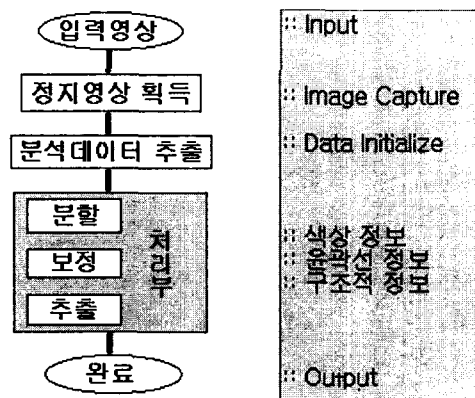


그림 2. 얼굴 영역 추출을 위한 전체 개념도

피부색 정보로 이용하는 데이터는 HSI 좌표계로 변환된 데이터를 사용한다. 사람의 얼굴색 범위를 지정하기 위해서는 색조(Hue)와 채도(Saturation)로써 나타내는 것이 가장 유리하다. 그림 3과 같이 HSI 색상 좌표계에서 얼굴색의 범위를 나타내는 값을 지정하여 영상을 처리하면 얼굴이 포함된 영상과 얼굴 색과 유사한 배경영상(Face Color Information Image: FCI)만이 추출된다. 본 논문에서 사용한 HSI 좌표계에서 피부색의 범위는 H, S, I 모두 0에서 100을 기준으로 되어있으며, 다음과 같은 조건식을 사용하였다[9].

$$S \geq 10, I \geq 40, S \leq -H - 0.1I + 110,$$

$$H \leq -0.4I + 75 \text{ And,}$$

$$\text{If } (H \geq 0) S \leq 0.08(100 - I)H + 0.5I$$

$$\text{Else } S \leq 0.5H + 35$$

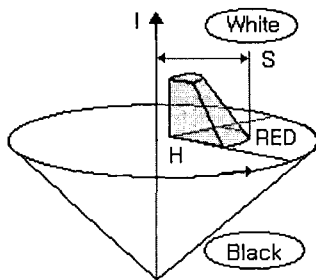
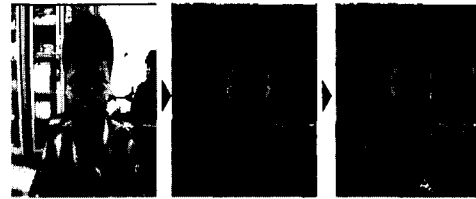


그림 3. HSI 색상 좌표계에서 피부색 범위

얼굴 영역 추출을 위한 대상 영역은 입력 영상의 전체 영역으로 한다. 그래서 전체 영상에 대하여 FCI를 구하여 수직으로 투영 과정을 수행한다. 투영된 데이터에서 최대값과 평균값을 이용하여 배경잡음을 제거한 얼굴의 임시 영역을 추출한다. 그림 4에 입력 영상에서 얼굴의 임시 영역을 추출하는 과정을 보인다. 그림 4(b)는 FCI 영상의 추출결과이며, 그림 4(c)는 얼굴의 임시 영역을 분할한 것이다. 투영한 데이터의 최대값을 사용하여 얼굴 영역을 추출하므로 두 개 이상의 얼굴이 입력 영상에 포함될 경우 가장 큰 얼굴을 갖는 영역이 임시 영역으로 추출된다.



(a) (b) (c)
그림 4. FCI 영상 추출 및 임시 얼굴영역 추출

2.2 눈 영역 추출

얼굴의 구성요소 중에서 가장 먼저 찾는 것이 눈에 있는데 눈은 다른 구성요소에 비해 색상과 에지에 대해 두드러진 특징을 보인다. 또한 눈을 찾아 얼굴의 기본적인 정보를 얻어내고 그 정보를 이용해 다른 구성요소들을 찾아 나간다. 얼굴 영역에서 눈 영역을 추출하는 과정은 그림 5와 같다.



그림 5. 눈의 후보영역 선정 및 영역 추출

먼저 원 영상에서 소벨 연산자를 사용하여 수직 윤곽선 영상을 구한다. 수직 윤곽선 영상에 대해 수평 투영을 하여 최대값의 위치(Y)를 찾는다. 이 최대값의 위치가 눈의 대략적인 수평 좌표가 된다. 투영은 원 영상의 위로부터 1/5에서 1/2까지만을 대상으로 한다. 이와 같이 하는 이유는 전체 영상에 대해 투영 데이터를 얻어 최대값을 구하면 목 아래부분의 상의에 의해 눈의 수평좌표가 다르게 나타날 수도 있다. 눈의 대략적인 수평좌표(Y)를 기준으로 양쪽 눈의 수직좌표(X1,X2)를 구한다. 영상의 중심부에서

양쪽으로 밝기가 급변하는 곳을 찾는다. 수직 조사범위는 Y좌표를 기준으로 $\pm \alpha$ 로 한다. α 값을 너무 크게하면 눈썹부분이 조사범위에 포함되어 오차가 생길수 있으며, α 를 너무 작게하면 눈이 기울어져 있는 경우에 눈 위치를 찾는데 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 α 값을 15로 하였다. 수평 조사범위는 중심축을 기준으로 양쪽으로 40개 화소로 하였다. 조사 범위내에 눈이 위치하게 되면 밝기가 급변하는 곳(눈동자와 망막사이)은 한 눈에 두부분이 나타나게 되므로 눈의 중심좌표는 두 위치의 평균으로 하였다.

2.3 기울기 보정

기울어진 영상에서 눈 영역과 기하학적인 관계를 이용해 다른 얼굴 요소를 추출하는 것은 어려움이 따른다. 그래서 두 눈동자의 중심 좌표를 구하여 얼굴의 기울어진 정도를 얻는다. 기울어진 각도에 따라 영상을 회전시켜 기울어진 영상을 수평화시킨다. 수평화된 영상은 얼굴 요소들의 후보 영역 선정하거나 투영데이터를 이용한 얼굴 요소 추출 방법을 적용하기 쉽다는 장점이 있다. 그림 6은 입력 영상의 기울기가 보정된 경우를 나타낸다. 본 논문에서는 입력 영상에서 얼굴의 기울어진 정도가 약 30° 이내라고 가정하였다.



그림 6. 기울기가 보정된 영상

2.4 입술 영역 추출

입술 영역은 두 눈의 위치 값과 얼굴모양의 통계적인 자료에 의거하여 입이 존재할 후보 영역을 검출된 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 좌표로부터 설정한다. 먼저 입술의 후보 영역은 눈을 구했던 방법과 유사하게 수평 윤곽선 영상을 수평 방향으로 투영하여

대략적인 수직좌표를 찾는다. 수평 투영한 데이터 중에서 최대값을 찾는데 그 조사범위는 양 눈의 거리에 1.1배에 $\pm \beta$ 한 곳으로 한다. β 값을 크게하면 코나 귀걸이 부분이 포함될 수 있으므로 β 값은 8로 하였다. 입술 후보영역의 수평좌표는 양눈의 좌표를 이용한다.

입술의 후보 영역에서 수평, 수직 투영을 통해 양쪽으로 최소값을 찾는다. 한 가지 특이한 점은 입술에 따라 수평으로 투영한 데이터 중에서 후보영역 중심부분에 데이터가 최소값이 나올 수 있다(입술과 입술사이). 이런 경우를 대비하여야 한다. 투영에 사용되는 데이터는 수평 윤곽선 영상과 이진 영상을 사용한다. 그림 7은 입술 영역이 추출된 영상을 보여준다.



그림 7. 입술 영역 추출 영상

2.5 눈썹 영역 추출

눈썹 영역을 추출하는 과정은 먼저 눈썹이 존재할 가능성이 있는 영역, 즉 눈썹의 후보 영역을 설정하고 그 후보 영역에서 눈썹이 주변 얼굴 영역보다 어둡다는 색상 정보를 이용하여 검출한다. 눈썹의 후보 영역은 눈썹의 눈 바로 위에 위치하는 기하학적 구조 정보를 이용하여 검출된 눈 영역 바로 위에 설정한다. 눈썹 후보 영역의 너비는 눈 영역의 너비에 좌우로 각각 눈 영역의 너비의 1/2만큼씩 늘리고 눈썹 후보 영역의 높이는 눈썹 영역의 너비의 1/2로 한다. 그림 8은 눈썹 영역이 포함된 얼굴 요소들이 추출된 영상을 보여준다.



그림 8. 눈썹 및 얼굴 요소가 추출된 영상

III. 얼굴 특징점 추출

그림 9와 표 1은 원 영상에서 얼굴 영역을 추출한 다음, 얼굴의 구성요소를 찾고 각 구성요소의 특징점을 파라미터화 한 것이다. 특징점은 얼굴의 구성요소인 두 눈썹, 두 눈, 입술에 대한 정보를 이용하였다. 표 1과 그림 9에서 거리 및 길이에 대한 단위는 화소이다. 얼굴의 특징요소는 본 논문에서 구한 얼굴 영역 및 얼굴의 구성요소에서 추출할 수 있는 것으로 하였다. 물론 영역의 크기는 영상의 취득 거리에 따라 달라지므로 정규화한 데이터를 인식에 이용해야 한다. 그리고 얼굴의 여러 구성요소간에 관계들을 설정함으로써 인식을 위한 중요 데이터로 삼을 수 있다.

표 1. 특징 파라미터(단위: 화소)

	얼굴	눈		입술	눈썹	
		왼쪽	오른쪽		왼쪽	오른쪽
가로길이	143	26	28	47	34	21
세로길이	226	11	11	16	12	12
면적비율	70.7%	0.9%	1.0%	2.3%	1.3%	1.2%

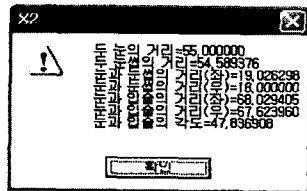


그림 9. 각 구성요소의 위치 값

IV. 컴퓨터 시뮬레이션 및 검토

피부색을 이용한 얼굴 영역 추출 방법을 사용하게

되면 다양한 배경에서도 얼굴 영역을 추출할 수 있고, 추출된 얼굴 영역에서 얼굴 특징점을 잘 추출할 수 있다. 그러나 얼굴 특징점 추출에 실패한 영상을 분석한 결과 여러 가지 원인이 있었다. 첫 번째로 눈썹이 머리카락에 의해 좌우 중 한쪽이나 양쪽 다 상당 부분이 가려져 있어서 눈썹 영역의 검출이 제대로 되지 않는 경우이다. 눈 같은 경우 너무 많이 가려지지만 않으면 검출할 수 있지만 눈썹은 가려져 있으면 검출이 불가능하다. 두 번째 경우는 안경을 쓰고 있는 사람의 경우 안경 때문에 눈 검출이 어려운 경우이다. 안경을 쓴 사람 중에서도 특이 빨데안경을 쓴 사람의 경우 거의 대부분 검출할 수가 없었다.

또한 얼굴 요소 추출에 영향을 둘 수 있는 세가지 요소에 대한 검토가 이루어졌다. 첫 번째 요소는 조명 변화에 대한 고찰이다. 주변의 밝기에 의해 색상 변화가 큰 영상 카메라의 경우 얼굴색의 변화가 심할 경우 피부색이 붉은색이거나 푸르스름한 경우까지 나타날 수 있었으나, 이는 부분적으로만 나타나는 현상이 아니므로 HSI 색상 좌표계에서 H(색조)와 S(채도)값의 범위를 크게 좁으로써 색상을 이용한 분할이 쉽게 이루어 졌다. 두 번째 요소는 윤곽선에 대한 고찰이다. 윤곽선을 이용하여 대략적인 눈의 위치를 찾을 때 입력영상에 존재하는 얼굴 크기가 전체 영상에 대해 20%도 못 미칠 경우 윤곽선 추출이 안 되어 분할에 실패하는 경우를 제외하고는 얼굴의 20~30° 정도까지 기울어진 경우도 분할이 잘 됨을 실험을 통해 확인하였다. 세 번째는 구조적인 정보에 대한 고찰이다. 얼굴의 구조적인 정보를 이용하여 얼굴의 구성요소를 추출할 경우 분할이 정확히 되면 추출 역시 정확히 되었다. 단, 얼굴의 구성요소 추출 중에 액세스리나 안경 등이 영상에 포함된 경우 추출에 실패하는 경우도 발생하였다.

V. 결 론

본 연구에서는 영상 카메라로부터 얼굴 영상을 입력받아 얼굴 영역 및 얼굴의 구성 요소를 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법은 입력 영상이 카메라와 마주 보고 있는 경우에

있어서는 배경의 복잡도와 관계없이 거의 완벽하게 얼굴 및 구성 요소를 추출하였고 얼굴이 기울어진 경우도 대부분 추출에 성공하였다. 그러나 얼굴에 안경이 있는 경우에 빛에 노출되어 반사가 일어나면 추출에 어려움이 있었고, 얼굴이 옆면을 보고있는 경우는 추출할 수 없었다. 또한 얼굴 특징점은 얼굴의 구성요소가 잘 추출되면 비교적 정확하게 추출할 수 있었지만, 얼굴의 구성요소 추출에 어려움이 있으면 특징점 추출에 문제가 발생하였다.

앞으로의 연구로 실시간에 가깝게 동영상에 대해 얼굴을 추출하는 방법의 개발과 얼굴 인식 과정의 전 단계로 얼굴의 특징점을 추출하였는데 이를 이용하여 얼굴인식에 적용할 수 있는 방법을 연구할 필요성이 있다.

참고문헌

- [1] R. Chellappa, C. L. Wilson, and S. Sirohe, "Human and Machine Recognition of Faces: A Survey," *Proceedings of the IEEE*, vol. 83, no. 5, pp. 605-740, 1995.
- [2] 장경식, "얼굴의 특성을 반영하는 휴리스틱 평가함수를 이용한 얼굴 특징 검출", *정보처리학회 논문지*, vol. 8-B, no. 2, pp. 183-188, 2001.
- [3] C. H. Lee, J. S. Kim, and K. H. Park, "Automatic human Face Location in a Complex Background Using Motion and Color Information," *Pattern Recognition*, vol. 29, no. 11, pp. 1877-1889, 1996.
- [4] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition : Features versus Templates," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 15, no. 10, pp. 1042-1052, 1993.
- [5] 풍의섭, 김병화, 안현식, 김도현, "무계중심을 이용한 자동얼굴인식 시스템의 구현", *전자공학회논문지*, vol. 33-B, no. 8, pp. 1322-1331, 1996.
- [6] 이철우, 최정주, "후보영역의 밝기 분산과 얼굴특징의 삼각형 배치구조를 결합한 얼굴의 자동 검출", *멀티미디어학회 논문지*, vol. 3, no. 1, pp. 23-33, 2000.
- [7] J. T. Kim, Y. B. Sun, and D. W. Kim, "Face Extraction Based on Object Unit in Color Image," *Proc. CISST'02*, pp. 575-578, 2002.
- [8] 선영범, 김진태, 오정수, "객체 단위 추출 방법을 사용한 얼굴 및 구성 요소 추출", *디지털컨텐츠학회 학술대회논문집*, 2001.
- [9] C. Garcia and G. Tziritas, "Face detection using quantized skin color regions merging and wavelet packet analysis," *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 1, no. 3, pp. 264-277, 1999.

저자소개

김진태(Jin-Tae Kim)

1987년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1989년 2월 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1993년 8월 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1993년~1994년 중앙대학교 기술과학연구소 선임연구원
 1994년~1995년 서울대학교 자동제어특화연구센터 선임연구원
 1995년~현재 한서대학교 컴퓨터정보학과 부교수
 *관심분야: 영상통신, 얼굴인식, 디지털 워터마킹 등

김동욱(Dong-Wook Kim)

1987년 2월 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1992년 2월 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1996년 8월 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1997년~1998년 청운대학교 전자공학과 전임강사
 1998년~현재 전주대학교 정보기술컴퓨터공학부 조교수
 *관심분야: 영상통신, 통신신호처리, MPEG 등

오정수(Jeong-Su Oh)

1990년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1992년 8월 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1993년 7월 ~ 1997년 1월 신도리코 기술연구소

2001년 8월 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 졸업(공학박사)

2002년~현재 부경대학교 화상정보공학부 전임강사

※관심분야: 영상통신, 적외선신호처리 등