

에지 방향 지도와 영역 컬러 정보를 이용한 얼굴 추출 기법

*김재협, 문영식

한양대학교 컴퓨터공학과

e-mail : *jaehyup@cse.hanyang.ac.kr, ysmoon@cse.hanyang.ac.kr*

Face Detection Using Edge Orientation Map and Local Color Information

*Jae-Hyup Kim, Young-Shik Moon

Department of Computer Science Engineering

Hanyang University

I. 서론

Abstract

An important issue in the field of face recognitions and man-machine interfaces is an automatic detection of faces in visual scenes. It should be computationally fast enough to allow an online detection. In this paper we describe our ongoing work on face detection that models the face appearance by edge orientation and color distribution. We show that edge orientation is a powerful feature to describe objects like faces. We present a method for face region detection using edge orientation and a method for face feature detection using local color information. We demonstrate the capability of our detection method on an image database of 1877 images taken from more than 700 people. The variations in head size, lighting and background are considerable, and all images are taken using low-end cameras. Experimental results show that the proposed scheme achieves 94% detection rate with a reasonable amount of computation time.

얼굴 영역 추출 분야는 컴퓨터 비전 분야의 대표적인 연구 분야로써, 지난 수십 년에 걸쳐 많은 연구가 진행되어 왔다. 그 중에서 가장 흔히 연구되고 있는 기법이 컬러 정보를 이용한 기법[1,2], 얼굴 템플릿을 이용한 기법[2,3,4], PCA기반 기법[5] 등이다. 이러한 기법들은 많은 연구와 발전을 통해 우수한 결과를 보장하고 있으나, 추출 성능과 실행 속도의 면에서의 부족화로 인해 모바일 상에서 활용하기에는 적합하지 않은 측면이 있으며, 실제 모바일 기기를 이용하여 획득된 저화질 영상에서는 우수한 성능을 보장하기 어려운 측면이 있다. 본 논문에서는 이러한 제약을 보완하기 위하여, 에지 방향성 지도와 얼굴 템플릿을 이용하여 모바일 기기를 이용한 저화질 영상에서의 실시간 얼굴 추출 기법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 3단계로 구성되며, 각 과정은 전처리 과정, 후보 영역 추출 과정, 영역 선택 과정으로 이루어져 있다. 전처리 과정은 추출 과정의 속도와 성능 향상을 위해 입력 영상의 크기와 컬러 대비를 조절하게 되며, 후보 영역 추출 과정에서는 에지 방향성 지도를 이용하여 유사성이 높은 후보 영역들을 추출한다. 영역 선택 과정에서는 추출된 후보 영역을 대상으로 영역내 컬러 분포 및 얼굴 템플릿과의 유사성을 고려하여 최종적으로 얼굴 영역을 결정한다.

II. 전처리

일반적으로 모바일 기기 등으로 획득된 영상은 기기의 성능과 사용자의 선택에 따라 화질과 크기가 매우 유동적이다. 제안하는 알고리즘에서는 얼굴 영역을 추출하는데 있어 영상의 세부적인 정보에 민감하지 않기 때문에 대상 영상의 크기에 따라 일정 비율로 축소하여 추출 속도를 향상 시킨다. 제안하는 알고리즘에서는 기본적으로 영상의 가로 및 세로의 길이를 최대 160픽셀을 기준으로 하였으며, 실제 길이가 이를 초과하는 경우에 비율에 따라 160픽셀 크기로 크기를 조절한다.

또, 에지 정보를 기반으로 후보 영역을 추출을 하는데 있어 영상의 화질 저하로 손실되는 에지 정보를 줄이기 위하여 영상의 컬러 대비를 조절하는 과정을 거친다. 컬러 대비의 조절은 전체 영상에서의 R, G, B 각각의 히스토그램을 이용하여 각 컬러 요소의 범위를 [0, 255]로 확장시키는 방식을 사용하였다.

III. 얼굴 영역 추출

전처리 과정을 거친 대상 영상으로부터 에지 방향성 지도와의 유사성을 계산하여 유사성이 높은 후보 영역을 추출한다. 배경 조명, 화질 변화 등에 많은 영향을 받는 컬러 정보에 비해 에지 정보는 상대적으로 조명, 화질의 영향에 강건한 정보이다. 제안하는 알고리즘에서는 이러한 에지 정보를 바탕으로 에지 방향성 지도를 구성하며, 에지 방향성 지도를 대상 영상에 픽셀단위의 이동을 통한 유사성 계산을 통해 문턱치 이상의 유사성을 가지는 영역을 후보 얼굴 영역으로 판단한다. 에지 방향성 지도를 구성하는 방법은 아래와 같다.

제안하는 알고리즘에서 사용한 에지 방향성 지도는 32x40크기의 행렬의 형태를 가지고 있으며, 행렬내의 각각의 위치에는 에지의 크기와 방향 정보를 포함하고 있다. 먼저, 에지 방향성 지도를 구성하기 위한 샘플 얼굴 영상을 추출하며, 이를 이용하여 얼굴 형태의 에지 정보를 표현할 수 있도록 평균 얼굴을 구한다. 평균 얼굴은 32x40 크기로 정규화 되며, 정규화된 평균 얼굴 영상으로부터 소벨 연산자를 이용하여 각각의 위치에서의 에지의 방향성과 크기를 계산한다.

그림 1에서는 에지 방향성 지도를 구성하는데 사용된 샘플 얼굴 영상의 평균 영상을 보여주고 있다.



그림 1. 샘플 얼굴 영상의 평균 영상

식 (1)-(3)에서는 에지 정보를 추출하는데 사용된 수식을 보여주고 있다. K_x, K_y 는 가로 및 세로 방향의 소벨 필터를 의미하며, Φ 는 에지의 방향 정보, S 는 에지의 강도를 의미하며, I 는 영상을 의미한다.

$$K_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$K_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\Phi(x, y) = \arctan\left(\frac{K_x \star I(x, y)}{K_y \star I(x, y)}\right) + \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

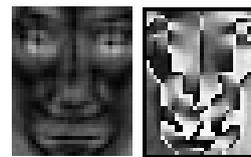
$$S(x, y) = \sqrt{(K_x \star I(x, y))^2 + (K_y \star I(x, y))^2} \quad (3)$$

이때, 노이즈 등으로 인한 불필요한 에지 정보로 인한 오류를 방지하기 위해 에지의 강도는 문턱치를 기준으로 하여 문턱치 이하의 값은 0으로 하였다. 또한, 방향 정보의 경우에도, 식 (2)에서는 0에서 2π 사이의 값을 가지게 되며, 에지의 방향성 정보 중에서, 밝기 값이 밝은 곳에서 어두운 방향으로의 변화인지 어두운 곳에서 밝은 곳으로의 변화인지에 대한 정보는 불필요하기 때문에 방향 정보를 0에서 π 사이의 값으로 조정해 준다. 식 (4)와 (5)는 이러한 내용을 수식으로 보여주고 있다. 이때, T_s 는 문턱치를 의미하며, 문턱치의 값은 실험적으로 결정하였다.

$$S_T(x, y) = \begin{cases} S(x, y) & \text{if } S(x, y) > T_s \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

$$\widehat{\Phi}(x, y) = \begin{cases} \Phi(x, y) & \text{if } 0 \leq \Phi(x, y) < \pi \\ \Phi(x, y) - \pi & \text{if } \pi \leq \Phi(x, y) < 2\pi \end{cases} \quad (5)$$

그림 2에서는 식 (1)-(5)를 이용하여 만들어진 샘플 얼굴 영상을 이용하여 만들어진 에지 방향성 지도를 보여주고 있다. 에지의 강도 영상은 에지의 강도를 밝기 값으로 그대로 변환하여 보여주고 있으며, 에지의 방향 정보 영상은 방향 정보를 밝기 값의 범위 내에 투영시켜 영상으로 보여주고 있다.



(a) (b)

그림 2. 에지 정보 영상 (a) 에지 강도 (b) 에지 방향성

에지 방향성 지도와 영상의 영역간의 유사성은 아래와 같은 방법을 통해 계산할 수 있다. 에지의 강도 정보를 이용할 경우 외적인 영향에 의한 에지의 왜곡으로 인해 강도가 상당히 변화할 수 있기 때문에, 에지의 방향성 정보를 이용하여 유사성을 계산한다. 식 6에서는 유사성을 계산하는 수식을 보여주고 있다.

$$distance = \begin{cases} \sin(|\Phi_1 - \Phi_2|) \times 255 & \text{if } S_1, S_2 > 0 \\ 255 & \text{else} \end{cases} \quad (6)$$

Φ_1 과 Φ_2 는 두 개의 에지 방향 정보를 의미하여, 최대 오차 값을 255로 하였다. 따라서, 에지의 강도가 0이 아닌부분만을 대상으로 두 에지 방향 정보의 차이를 sin 함수를 이용하여 구하게 된다.

이때, 영상 내에서 얼굴의 크기가 매우 다양하게 존재하기 때문에, 이를 위하여 대상 영상의 해상도를 점진적으로 축소해 나가면서 에지 방향성 지도를 이용한 비교 과정을 수행하게 되며, 본 논문에서는 알고리즘의 수행 속도를 위하여 4 픽셀 단위로 에지 방향성 지도를 이동시키면서 유사성 비교를 수행한다. 해상도는 영상이 에지 방향성 지도의 크기보다 작지 않을 경우 계속해서 축소하여 에지 방향성 지도와 비교하며, 비율은 5%단위로 축소하게 된다. 그림 3에서는 다중 해상도의 대상영상에 대한 에지 방향성 지도와의 비교 과정을 보여주고 있다.

이와 같이 다양한 크기의 대상 영상 조각에 대한 에지 방향성 지도과의 유사성을 계산한 후, 대상 영상 조각 중에서 가장 유사성이 높은 상위 1%의 조각들을 얼굴 후보 영역으로 결정하게 된다. 이때, 대상 영상의 크기가 매우 작을 경우를 고려하여 후보 영역은 최소 10개 이상이 보장될 수 있도록 하였다.

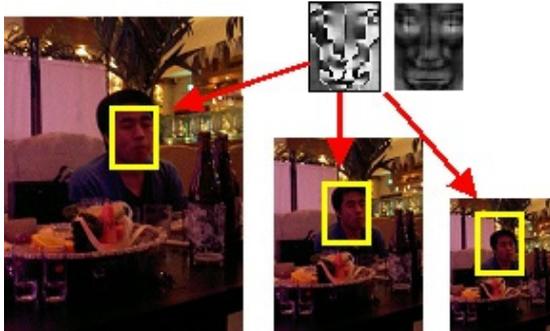


그림 3. 영상 해상도 변화를 통한 에지 방향성 지도 비교

선택된 후보 얼굴 영역에 대하여 얼굴 템플릿 영상과의 유사성을 계산하여 최종 얼굴 영역을 선택하게 된다. 얼굴 템플릿을 이용한 유사성 비교는, 찾아진 영역이 에지 방향성 지도와 유사성이 높은 얼굴 영역 이라면, 실제 눈, 코, 입 등의 기하학적 위치가 크게 상이하지 않을 것이라는 가정을 기반으로 하고 있으며, 얼굴 템플릿은

평균 얼굴 영상을 사용한다. 후보 영역들과 평균 얼굴 영상을 이진화한 기본적인 얼굴 형태와의 유사성을 계산하는데 사용한다.

최종 얼굴 영역을 선택하기 위해서, 식 7와 같이 최종적인 유사도를 계산한다. 에지 방향성 지도로의 후보 영역들의 경우, 매우 복잡하거나, 우연한 경우로 얼굴의 에지 정보와 유사한 에지 정보를 가지는 경우 상당히 높은 유사성을 가질 수 있기 때문에, 에지 방향성 지도를 통한 유사성과 함께, 얼굴 템플릿과의 유사성을 함께 고려하여 얼굴 영역을 추출하고 있다.

$$distance = \beta \times distance^{edge} + (1 - \beta) \times distance^{template} \quad (7)$$

$distance^{edge}$ 와 $distance^{template}$ 는 각각 에지 방향성 지도와 얼굴 템플릿을 이용하여 유사성을 계산한 결과를 의미하며, β 는 두 유사성간의 중요도를 조절하는 계수이다. 계수 β 는 실험 영상을 이용한 학습을 통해 결정하였다.

IV. 실험 결과

제안하는 알고리즘은 Visual C++ 6.0으로 구현하였으며, Pentium4 2.0 Desktop PC를 통해 실험하였다. 실험 대상으로는 휴대폰으로 촬영한 영상을 선택하였으며, 이는 전체적인 화질이 낮고, 다양한 배경을 포함할 수 있으며, 실제 촬영 시 많은 잡음 요소가 포함될 수 있다고 판단되는 경우이기 때문이다. 그림 4-5는 실험 결과 예로 보여주고 있다.

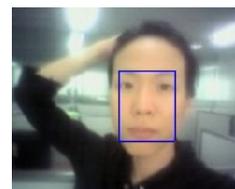


그림 4. 배경 조명으로 인한 화질 저하 영상에서의 실험 결과

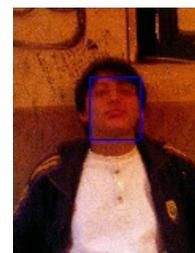


그림 5. 배경 조명 및 촬영 시 흔들림으로 인한 화질 저하 영상에서의 실험 결과

샘플 영상으로는 수작업을 통해 추출한 125개의 얼굴 영상을 사용했으며, 실험에서는 총 1877개의 컬러 영상을 대상으로 추출 성능을 평가하였다. 1877개의 컬러 영상을 촬영 기기의 성능, 화질의 좋고 나쁨, 배경의 복잡도 등으로 분류하여 각각의 경우에 대한 추출 성능을 실험했다. 표 1에서는 촬영 기기의 성능에 따른 화질차이와 추출 성능간의 관계를 보여주고 있다. 여기서 기기의 성능이란, 촬영 기기가 200만 화소, 100만 화소, 30만 화소 일때에 따른 영상의 화질의 차이를 의미하며, 촬영 기기의 성능이 낮을 수록, 배경 조명에 민감하고 전체적인 영상의 질이 흐리고 잡음이 많은 영상이라고 할 수 있다. 제안하는 알고리즘은 저화질 영상에서도 우수한 결과를 보여주고 있음을 알 수 있다. 이때, 성공적인 추출의 기준은 눈, 코, 입이 포함되어 인지적으로 얼굴 영역이 잘 찾아졌다고 판단되는 경우에 한하여 추출 성공으로 판단하였으며, 이를 위하여 제3자의 판단 그룹을 형성하여 각각의 결과에 대한 성공 여부를 판정하였다.

표 1. 촬영 기기의 성능에 따른 화질 변화에 대한 실험 결과

	영상 개수	추출 개수	추출율(%)
고화질	678	667	98
중화질	408	388	95
저화질	791	709	90

표 2에서는 배경 조명, 배경의 복잡도, 모자와 안경 등으로 인한 영상 변화 등을 기준으로 한 영상들에 대한 추출 성능을 보여주고 있다. 배경 조명의 경우는, 매우 심한 배경 조명으로 인하여 영상 자체가 매우 흐리거나 또는 전체적으로 영상의 색도가 지나치게 한쪽으로 치우친 경우, 얼굴 영역이 많은 영향을 받는 경우를 의미하며, 배경의 복잡도의 경우, 배경이 복잡하고 얼굴 영역이 상대적으로 작은 경우를 의미한다. 또한, 모자와 안경 등은, 모자, 안경, 머리띠, 마스크 등으로 인해 얼굴 영역이 훼손된 경우를 의미한다. 표 2의 결과를 토대로, 제안하는 알고리즘이 조명과 모자, 안경 등의 영향에는 강건함을 알 수 있다. 실제로, 주관적인 측면이긴 하지만, 조명 등의 이유로 코와 입 등의 요소가 거의 식별되지 않는 실험 영상을 제외하면 성공률이 더 높아질 수 있다. 반면에, 배경의 복잡도에 민감한 경우가 있으며, 이는 복잡한 배경의 일부분에서 높은 에지 정보의 유사도가 나타나기 때문이다. 또, 마스크의 경우, 마스크 부분이 얼굴의 50% 가량을 차지하기 때문에 별도의 조치가 없는 한, 낮은 추출율을 보임을 알 수 있었다.

표 1. 다양한 영상 왜곡 요소에 따른 실험 결과

	영상 개수	추출 개수	추출율(%)
조명	457	439	96
배경	218	191	88
모자	58	56	97
안경	58	58	100
머리띠	28	28	100
마스크	31	9	29

V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 에지 정보를 이용한 에지 방향성 지도와 평균 얼굴을 이용한 얼굴 템플릿을 이용하여 화질 및 환경에 따른 변화에 강건한 얼굴 추출 알고리즘을 제안하였다. 최근 급속도로 발전해 나가는 휴대폰 등의 저 성능 촬영 기기를 이용하여 얻어진 영상들을 대상으로 실험하였으며, 여러 가지 경우에서 우수한 추출율을 나타낼 수 있었다. 그러나, 실생활에서 응용되기 위한 알고리즘이 되기 위해서는 기본적으로 보다 다양한 경우의 실험 영상에 대한 연구가 필요하며, 또한 에지 방향성 지도와 얼굴 템플릿 사이의 중요도 및 연관도에 대한 연구가 보다 더 필요하다. 또한, 찾아진 후보 영역 자체에서 얼굴 윤곽을 직접 추출해 내는 알고리즘이 병행되어야 보다 적응적인 알고리즘이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] M.C. Santana, J.L. Navarro, J.C. Gamez, F.M. Hernandez Tejera, and J.M. Rodriguez, "Detection of Frontal Faces in Video Stream," Biometric Authentication, LNCS 2359, pp. 91-102, 2002.
- [2] H. Sah'ni and N. Boujemaa, "Coarse to Fine Detection Based on Skin Color Adaption," Biometric Authentication, LNCS 2359, pp. 112-120, 2002.
- [3] 서정원, 송문섭, 박정희, 안동연, 정성중, "배경을 포함한 이미지에서 타원 모델링과 피부색 정보를 이용한 얼굴 영역 추출," 대한전자공학회 하계학술대회 논문지, pp. 421, 1999.
- [4] 김영권, 고재필, 변혜란, "다채널 피부색 모델에 기반한 얼굴 영역 검출," 한국정보과학회 추계 학술대회 논문지, Vol. 28, No. 2, pp. 433, 2001.
- [5] 류연식, 오세영, "고유 얼굴과 신경망 융합을 이용한 정면 얼굴의 Recall 및 인식," 제12회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문지, pp. 528, 2000.