

에지 정보와 얼굴 컬러 정보를 이용한 얼굴 검출 기법

김재협, 문영식
한양대학교 컴퓨터공학과
e-mail:jaehyup@cse.hanyang.ac.kr

Face Extraction Method Using Edge and Skin Color Information

Jae Hyup Kim and Young Shik Moon
Dept of Computer Science and Engineering, Hanyang University

요 약

본 논문에서는 저화질 영상에서의 실시간 얼굴 검출 기법에 대하여 제안한다. 제안하는 알고리즘은 입력 영상에 대하여 서로 다른 해상도의 영상을 구성하여 에지 정보를 이용하여 후보 얼굴 영역을 검출하며, 검출된 후보 영역들과 평균 얼굴을 이용한 템플릿과의 유사도를 측정하여 얼굴 영역의 위치를 결정한다. 검출된 얼굴 영역을 이용하여 얼굴의 피부 색상을 검출하며 이를 이용하여 초기 얼굴 윤곽을 결정한다. 초기 얼굴 윤곽으로부터 윤곽선의 반지름 분포와 얼굴 모델의 윤곽선 분포를 통해 최종 얼굴 영역을 검출한다.

1. 서론

기존의 얼굴 검출 기법들은 많은 연구와 발전을 통해 우수한 결과를 보장하고 있으나, 검출 성능과 실행 속도의 면에서의 부조화로 인해 모바일 환경 등에서 활용하기에는 적합하지 않은 측면이 있으며, 실제 모바일 기기를 이용하여 얻어진 저화질 영상에서는 우수한 성능을 보장하기 어렵다. 또, 우수한 성능을 보장하는 것으로 알려진 많은 알고리즘들의 경우 복잡한 시스템 구조와 학습 구조를 기반으로 하기 때문에 손쉬운 응용에 제한될 수 있다. 본 논문에서는 이러한 제약을 보완하기 위하여, 에지 방향 정보와 얼굴 템플릿을 이용하여 모바일 기기로 촬영된 저화질 영상에서의 실시간 얼굴 검출 기법을 제안한다.

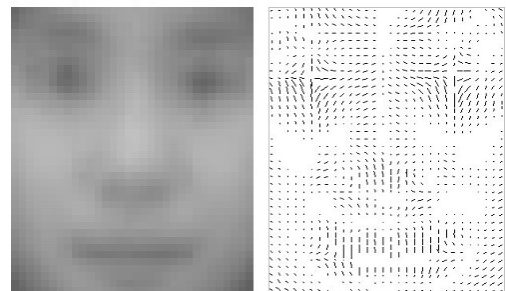
2. 전처리

일반적으로 모바일 기기 등으로 획득된 영상은 기기의 성능과 사용자의 선택에 따라 화질과 크기가 매우 유동적이다. 제안하는 알고리즘에서는 기본적으로 영상의 가로 및 세로의 길이를 최대 240픽셀을 기준으로 하였으며, 실제 길이가 이를 초과하는 경우에 비율에 따라 240픽셀 크기로 크기를 조절한다. 또, 에지 정보를 기반으로 후보 영역을 검출을 하는데 있어 영상의 화질 저하로 손실되는 에지 정보를 줄이기 위하여 영상의 컬러 대비를 조절하는 과정을 거친다.

3. 얼굴 후보영역 검출

전처리 과정을 거친 대상 영상으로부터 에지 정보의

유사성을 계산하여 유사성이 높은 후보 영역을 검출한다. 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 방향 정보를 이용한 템플릿을 구성하며, 에지 방향 정보 템플릿을 대상 영상에 픽셀단위의 이동을 통한 유사성 계산을 통해 문턱치 이상의 유사성을 가지는 영역을 후보 얼굴 영역으로 판단한다. 제안하는 알고리즘에서 사용한 템플릿은 32x40크기를 가지고 있으며, 행렬 내의 각각의 위치에는 에지의 크기와 방향 정보를 포함하고 있다. 먼저, 템플릿을 구성하기 위한 샘플 얼굴 영상을 검출하며, 이를 이용하여 얼굴 형태의 에지 정보를 표현할 수 있도록 평균 얼굴을 구한 후, 소벨 연산자를 이용하여 각각의 위치에서의 에지의 방향성과 크기를 계산한다. 그림 1에서는 평균얼굴과 함께 에지 방향 정보 템플릿을 보여주고 있다. 에지의 방향 정보 영상은 템플릿의 각각의 위치에서 계산된 에지의 방향과 크기 정보를 일정 길이를 기준으로 방향과 크기를 보여주고 있다.



(그림 1) 평균얼굴과 에지 방향 정보 템플릿

템플릿과 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 1에서는 유사성을 계산하는 수식을 보여주고 있다.

$$distance = \begin{cases} \sin(|\Phi_1 - \Phi_2|) \times 255 & \text{if } S_1, S_2 > 0 \\ 255 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

Φ_1 과 Φ_2 는 두 개의 에지 방향 정보를 의미하여, 최대 오차 값을 255로 하였다. 이때, 영상 내에서 얼굴의 크기가 매우 다양하게 존재하기 때문에, 이를 위하여 대상 영상의 해상도를 점진적으로 축소해 나가면서 템플릿을 이용한 비교 과정을 수행하게 되며, 해상도는 영상이 템플릿의 크기보다 작지 않을 경우 계속해서 축소하여 템플릿과 비교하며, 비율은 5%단위로 축소하게 된다.

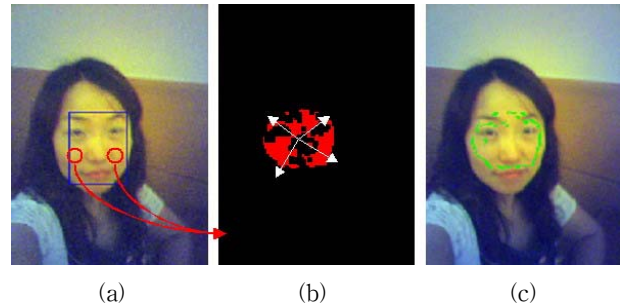
4. 얼굴 영역 검출

선택된 후보 얼굴 영역에 대하여 얼굴 영상 템플릿과의 유사성을 계산하여 최종 얼굴 영역을 선택하게 된다. 에지 방향 정보 템플릿으로의 후보 영역들의 경우, 매우 복잡하거나, 우연한 경우로 많은 텍스처 성분으로 인하여 얼굴의 에지 정보와 유사한 에지 정보를 가지는 경우 상당히 높은 유사성을 가질 수 있기 때문에, 에지 방향 정보 템플릿을 통한 유사성과 함께, 얼굴 영상 템플릿과의 유사성을 함께 고려하여 얼굴 영역을 검출한다. 얼굴 영상 템플릿을 이용한 유사성 비교는, 찾아진 영역이 에지 방향 정보 템플릿과 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. 평균 얼굴의 대비도를 향상시킨 후에 에지를 구하여 가로방향으로의 투영을 시킴으로써 얼굴 영상 템플릿을 구한다.

5. 얼굴 초기 윤곽

얼굴의 초기 윤곽은 얼굴 피부색을 이용한 영상 이진화를 기반으로 수행된다. 이때, 일반적인 전체 영상을 대상으로 미리 정해진 피부색을 이용하는 경우 얼굴 피부색으로써 일관성을 가질 수 있는 컬러 영역을 선정하는데 매우 어려움이 있다. 따라서, 본 논문에서는 선택된 얼굴 영역에서 확률적으로 볼 부분에 해당할 수 있는 부분들의 컬러값을 추출하여 피부색으로 지정하였다. 또, 조명으로 인한 얼굴의 지역적 조명 효과를 고려하여, 피부색을 구하는데 있어 얼굴의 좌측과 우측을 개별적으로 구하여 이진화에 이용한다. 이진화된 영상은 영역의 중심점으로부터 각도별로 스캔하여 최 외곽점을 선택하게 된다. 그림 2에서는 이와 같은 과정을 보여주고 있다. 이때 피부색을 이용한 이진화의 경우 배경 등의 요소로 인해 잔존하는 비

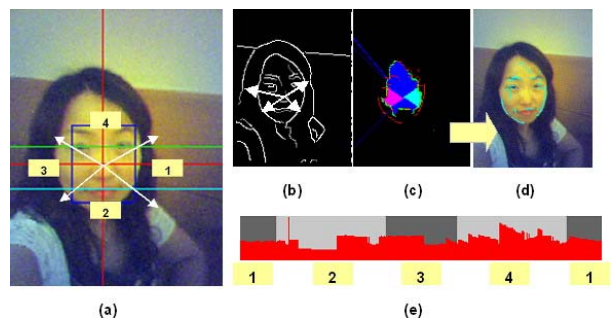
터 일정 비율 이상 벗어나는 요소의 경우 제거하였다.



(그림 2) (a) 얼굴 영역내 피부색 검출 (b) 피부색을 이용한 영상 이진화 (c) 얼굴 영역의 초기 윤곽

6. 얼굴 윤곽 보정

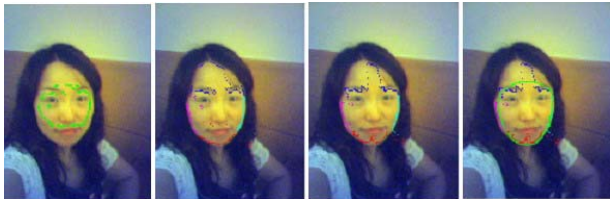
초기 얼굴 윤곽을 이용하여 얼굴의 윤곽을 설정하게 된다. 얼굴의 윤곽은 대체적으로 에지 성분을 포함하고 있는 경우가 대부분이며 또한 초기 윤곽 및 얼굴 영역의 경계에 가깝게 된다. 이러한 가정을 이용하여, 먼저 얼굴 영상의 캐니 에지 영상을 구하며, 초기 윤곽점 각각에 대하여 영역의 중심점 방향 또는 그 반대 방향으로 스캔하여 가장 가까운 캐니 에지점을 찾아가도록 한다. 이때, 찾아진 보정 윤곽에 대하여 영역의 중심점으로 부터의 반지름을 구한다. 얼굴의 윤곽은 악의적인 행위가 없다면 대부분 좌우측 윤곽이 드러나게 되며 또한 얼굴 중심과 좌우측 윤곽의 경우 일정 수준의 비율로 동일하다고 할 수 있다. 반면, 턱 근처의 윤곽의 경우 대부분 목 부분과의 겹침으로 인해 윤곽이 뚜렷하지 않으며 눈 윗부분의 경우 눈썹, 머리카락 등으로 인해 윤곽의 구분이 불분명하다. 따라서, 본 논문에서는 얼굴의 좌우측 윤곽의 설정에 중점을 두었으며, 설정된 좌우측 윤곽에 따라 눈 윗부분 및 턱 부분의 윤곽 영역을 추정하였다. 그림 3에서는 이와 같은 과정의 예를 보여주고 있다.



(그림 3) (a) 얼굴의 윤곽 영역 (b) 캐니 에지 영상 (c)(d) 초기 윤곽 보정 (e) 윤곽점 반지름

앞서 언급한바와 같이 본 논문에서는 얼굴 윤곽의 좌우측 윤곽을 추정한 후, 눈 윗부분과 턱 부분의 윤곽을 비율에 맞추어 추정하여 최종적으로 정확도 높은 얼굴 검출을 수행한다. 이를 위하여 얼굴 윤곽점 각각에 대하여 각도에 따라 영역을 분리한다. 그림 3. (a)에서 볼 수 있듯이 눈과 입의 높이에 따라 얼굴의 윤곽 영역을 분리하였으며 그림 3. (e)에서 각 영역별로의 윤곽점과 영역 중심점 간의 반

지름을 히스토그램의 형태로 추출해 낼 수 있다. 이를 이용하여 각 구간별로 평활화를 수행한다. 즉, 각 구간, 특히 좌우측 구간(그림 3. (a)(e)에서의 1, 3번 영역)의 경우 윤곽이 큰 차이가 없으며 연속적이므로 윤곽점의 반지름 히스토그램을 구간별로 평활화 한다. 이때 구간 내에서 다른 값들에 비해 큰 차이를 보이는 윤곽점의 경우 오류로 간주하여 제거한다. 구간의 평활화는 해당 각도에서의 윤곽점을 기준으로 하여 앞, 뒤 2도의 각도에 해당하는 윤곽점의 반지름값의 변화량 이용하여 평균하여 결정된다. 그림 4에서는 이와같은 윤곽선 평활화를 통한 얼굴 영역 검출 과정을 보여주고 있다.



(그림 4) 윤곽점 반지름 히스토그램 평활화 과정

7. 실험결과

실험에 사용된 샘플 영상으로는 수작업을 통해 추출한 200개의 얼굴 영상을 사용했으며, 실험에서는 총 1890개의 컬러 영상을 대상으로 추출 성능을 평가하였다. 1890개의 컬러 영상을 촬영 기기의 성능, 화질의 좋고 나쁨, 배경의 복잡도 등으로 분류하여 각각의 경우에 대한 추출 성능을 실험하였다. 표 1에서는 촬영 기기의 성능에 따른 화질차이와 추출 성능간의 관계를 보여주고 있다. 표 1에서 확인할 수 있듯이 제안하는 알고리즘은 저화질 영상에서도 우수한 결과를 보여주고 있음을 알 수 있다.

<표 1> 촬영 기기의 성능에 따른 화질 변화에 대한 실험 결과

	영상 개수	추출 개수	추출율(%)
고화질	885	837	95
중화질	513	457	89
저화질	492	419	88

표 2에서는 1890개의 실험 영상 중에서 배경 조명, 배경의 복잡도, 모자와 안경 등으로 인한 영상 변화 등을 기준으로 한 영상들에 대한 추출 성능을 보여주고 있다. 즉, 표 2의 결과는 1890개의 실험 영상들 중에서 주관적인 기준을 통해 1125개의 영상을 별도로 추출했을 때의 결과를 의미한다. 표 2의 결과를 토대로, 제안하는 알고리즘이 조명과 모자, 안경 등의 영향에는 강건함을 알 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 확인할 수 있었다.

<표 2> 다양한 영상 왜곡 요소에 따른 실험 결과

	영상 개수	추출 개수	추출율(%)
조명	715	677	95
배경	269	228	85
모자	58	56	97
안경	35	32	91
머리띠	28	28	100
마스크	20	3	15

7. 결론

본 논문에서는 에지 정보를 이용한 템플릿과 평균 얼굴을 이용한 에지 투영 템플릿을 이용하여 선택된 얼굴 영역에 대하여 컬러와 에지 정보를 종합적으로 활용한 화질에 따른 변화에 강건한 얼굴 검출 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과에서 제안 하는 알고리즘이 화질의 변화에 강건하게 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있었다. 그러나, 에지 정보의 분포와 윤곽점 반지름 히스토그램의 평활화를 이용한 윤곽추정 방식의 경우 단순하고 빠른 장점이 있는 반면 보다 세밀한 얼굴 정보를 요구하는 경우 이에 충분하지 못한 측면이 크다. 또한, 실험 영상 자체도 휴대폰을 이용하여 사람이 스스로 자신의 얼굴을 찍은 영상을 대상으로 함으로써 보다 많은 경우의 영상에 대한 연구와 실험이 필요하다. 아울러, 복잡도 높은 검출 알고리즘과의 비교 연구를 통해 우수한 성능의 검출 알고리즘을 개발해 나가야 한다.

참고문헌

[1] H. Sahbi and N. Boujemaa, "Coarse to Fine Detection Based on Skin Color Adaption," Biometric Authentication, LNCS 2359, pp. 112-120, 2002.

[2] 서정원, 송문섭, 박정희, 안동연, 정성중, "배경을 포함한 이미지에서 타원 모델링과 피부색 정보를 이용한 얼굴 영역 검출," 대한전자공학회 하계학술대회 논문지, pp. 421, 1999.

[3] 김영권, 고재필, 변혜란, "다채널 피부색 모델에 기반한 얼굴 영역 검출," 한국정보과학회 추계 학술대회 논문지, Vol. 28, No. 2, pp. 433, 2001.

[4] 이재근, 김복만, 서경석, 최홍문, "복잡한 배경에서 계층적 주목 연산자를 이용한 다중 얼굴 검출," 대한전자공학회 논문지, 제41권 SP 제6호 pp. 979, 2004.

[5] 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.

[6] H. Rowly, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural Network-based Face Detection," Proc. of IEEE Conf. on CVPR, 1996.