

움직임과 색상 정보를 이용한 실시간 얼굴영역 검출에 관한 연구

A Real-Time Face Region Extraction Using Motion And Color Information

박성진, 한상일, 차형태
승실대학교 정보통신전자공학부
Sung-Jin Park, Sang-Il Han and Hyung-Tai Cha
School of Electronic Engineering
Soong-Sil University
E-mail : hohoi@mms.ssu.ac.kr
Tel : 02-826-9063, 016-225-3027

요 약

얼굴인식기술이 인증 및 보안을 위한 도구로 활용되고 있지만 입력영상의 상태 즉, 복잡한 배경과 조명환경에 따라 적용할 수 있는 범위가 제약적일 수밖에 없다. 본 논문에서는 이러한 제약을 최소화하기 위한 방법과 좀 더 정확한 얼굴 영역 검출을 위한 기법을 제시한다. 제안된 방법은 움직임에 기반 한 에지 차영상을 이용하여 얼굴 윤곽을 검출한 후 이를 X와 Y축의 프로파일을 이용하여 얼굴영역을 예측한다. 그리고 얼굴의 피부 색상 정보와 특징 구성요소인 눈, 코, 입 등의 특징적인 요소의 에지정보를 이용하여 수직적으로 이를 구분한 후 얼굴인지 아닌지를 판별한다. 제안된 알고리즘은 다양한 배경 및 조명등의 많은 환경적 요인에 따른 입력영상에서도 매우 안정적으로 적용됨을 실험을 통해 확인하였다.

1. 서론

생체인식은 지문이나 손 모양, 음성, 홍채, 망막, 혈관, 서명에 이르기까지 개인에 따라 그 특징이 명확하게 나타나는 신체 부위나 행동 특성으로 사람을 식별하고 인증하는 것을 말한다. 그 중에 얼굴 인식 기술은 광범위한 응용 가능성을 지닌 반면에 일상생활의 각 분야에 실제로 적용되기 위해서는 반드시 해결되어야 할 몇 가지 제약도 지니고 있다. 그 중 대표적인 것이 인식 환경이나 인식 대상의 변화에 민감하다는 점을 들 수 있다. [1][2][4]

본 논문에서는 검출 대상과 배경과의 분리를 위해 에지(Edge) 차영상을 이용하였으며, 에지 정보를 이용하여 얼굴 영역의 위치정보를 찾아 후보 영역으로 지정한다. 그리고 조명의 영향과 얼굴영역 크기의 영향을 받지 않고, 얼굴 영역을 검출하기 위해 불변특징 중의 하나인 얼굴 색상 정보와 얼굴 영역 경계선의 특성 및 특징을 활용하는 방법을 융합하여 얼굴 영역을 검출하는 방

법을 제안한다. 서론에 이어 본론에서는 얼굴 후보영역을 검출하는 알고리즘과 얼굴 영역의 판단을 설명한다. 결론에서는 실험의 배경 및 결과를 명시한다.

2. 본론

1. 얼굴 후보영역 검출

얼굴 영역 검출은 얼굴 및 표정 인식을 위한 필수적인 전처리 기술일 뿐만 아니라, 사진 검색, 추적, 감시 등 다양한 분야에 독립적으로 적용가능한 기술로써 수많은 연구가 진행 중이다. 얼굴 영상은 일반적으로 표정, 조명, 시점 변화 등에 의해 심하게 왜곡되고, 머리 모양, 화장, 안경 등에 의한 변화가 심하여 배경으로부터 얼굴 영역을 완벽하게 분리해 내리가 매우 어렵다. 본 논문에서는 얼굴 영역을 검출을 하기 위한 실험

데이터로 획득한 동영상에서의 에지 정보를 이용하여 이를 차분한 영상을 가지고 얼굴 후보영역을 검출한다. 또한, 얼굴의 색상 정보와 검출된 얼굴 후보영역에서의 특징요소인 눈, 코, 입의 3원 요소들의 윤곽에서 나타나는 에지정보를 이용하여 얼굴인지 아닌지를 판별하게 된다. 그림 1에서는 본 논문에서 제안하고 있는 알고리즘의 순서도를 나타낸다.

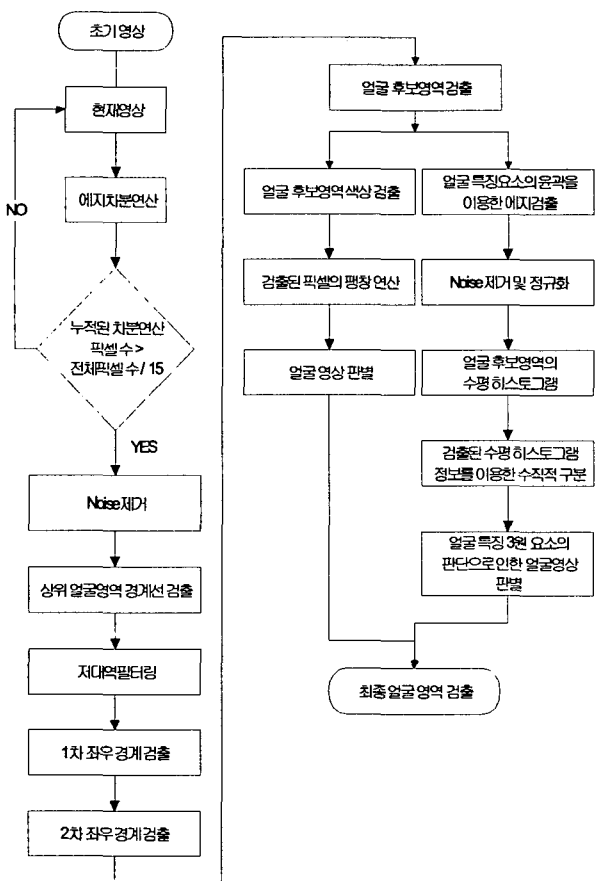


그림 1. 얼굴검출 과정의 흐름도

얼굴색상을 포함하는 복잡한 배경과 후면 및 측면조명을 포함하는 다양한 조명환경에서 획득한 입력 동영상에서 얼굴영역을 검출하기 위해 움직임 정보를 사용한다. 움직임 정보는 에지 차영상을 이용하여 얻을 수 있다. 에지는 객체에 대한 윤곽 성분을 표현하며, 고정된 배경에 대해 복잡한 배경 및 조명환경에 의해 발생하는 색상 변화 등의 문제에 강인한 특성을 가지므로 동작의 검출에 적절하다.[5]

얼굴영역은 에지 차영상에서 움직이는 사람의 영역을 결정하고 검색하여 결정한다. 에지는 입력영상을 YCbCr 색상 공간의 휘도 성분인 그레

이 영상으로 변환하고, 소벨(Sobel) 연산자를 이용하여 검출하는 방법을 적용한다. 이는 휘도 성분은 피부와 유사한 색상을 갖는 배경에서도 구분하기 쉽고, 소벨 연산자는 잡음에 대해 우수한 성능을 갖는다는 점을 활용할 수 있기 때문이다.

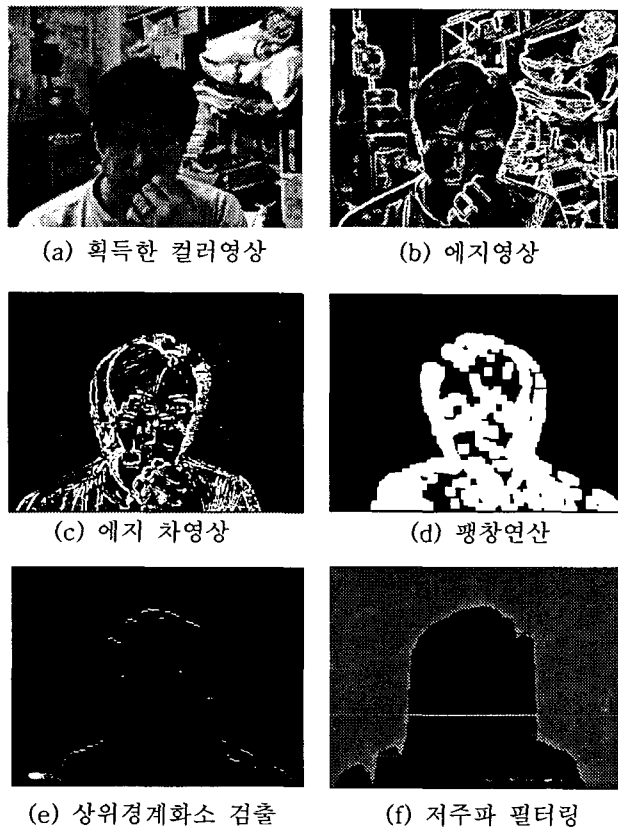


그림 2. 얼굴 후보영역 검출 과정

소벨(Sobel) 연산을 이용하여 에지를 검출한 2개의 영상을 차분하여 얻은 정보가 전체 이미지의 1/15 이상이면 얼굴 영역을 검출하기 위해 충분한 정보를 갖기 때문에 얼굴 영역 검출을 시작한다. 만약에 에지 차영상으로 검출된 정보가 전체 이미지의 1/15 이하일 경우 충분한 정보를 얻을 때까지 프레임 수의 간격을 두어 에지 차분연산을 계속 실행한다. 예를 들어, 전체 이미지가 320X240(76,800 pixel)일 경우 전체영상의 약5000개 이상의 차분Pixel 정보가 있을 시에는 얼굴 영역을 검출하기 위한 충분한 차분정보를 가지고 있는 값이다. 이 값은 실험에 의해 산출된 값이며, 다른 변수에 의해 변경될 수 있는 값을 명시한다.

$$CD(t) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} DE_t(x, y)$$

$$DE_t(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |E_t(x, y) - E_{t-\alpha}(x, y)| > Th_p \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서 N, M 은 입력된 영상의 행과 열을 의미한다. 그리고 t 는 현재 프레임을 나타내며, $t-\alpha$ 는 α 이전의 프레임을 나타낸다. 또한 Th_p 는 일정 값 이상의 차이에 대한 임계값을 나타내며, 얼굴영역검출은 $CD(t) > Th_p$ 일 경우에 처리하게 된다.

그림 2의 (a)는 획득한 컬러영상을 표시하고 있으며, (b)는 획득한 컬러영상을 소벨 연산을 적용하여 에지를 검출한 영상을 표시하고 있다. (c)는 시간적인 간격을 둔 2개의 에지영상을 차분한 그림을 표시하고 있다. 차영상에서 검출된 에지는 동작이 겹치는 부분에서 불연속 현상이 발생하므로 연속되는 에지를 얻기 위해 형상학적인 팽창(Dilation)연산을 적용한다. 또한 많은 환경 변수로 인해 생긴 잡음을 제거하기 위해 수축(Erosion) 연산을 이용하여 잔여 잡음들을 제거한다. 입력영상을 얻는데 있어서 사람과 카메라의 거리가 충분히 가까워서 복수의 얼굴이 수직적으로 겹치는 경우는 발생하지 않는다고 가정하였다. 따라서 얼굴영역은 검출된 에지 차영상에 포함되는 사람영역의 상단에 있게 되며, 에지 차영상에서 수직적으로 제일 높은 위치에 있는 화소들을 이용해서 얼굴영역을 추출할 수 있게 된다. 그림 2(c)는 일반적인 에지 차영상에서 나타나는 에지의 불연속 현상을 보여주며, 그림 2(d)는 팽창연산을 적용하여 불연속 현상을 해결한 결과를 보여준다. 그림 2(e)는 에지 차영상에 수직적으로 상단에 있는 화소들만을 표시한 영상이며, 그림 2(f)는 그림 2(e)의 화소를 기준으로 수직적 하단에 존재하는 화소들을 모두 동일한 값으로 채운 후, 잡음의 영향을 감소시키기 위하여 상단 화소들의 수직 위치에 대해 연속된 5개의 평균을 이용한 저주파 필터의 적용한 결과를 보여준다.

얼굴 영역에 대해 차분연산의 결과로 얼굴의 상위 영역을 검출한 후 이 중에서 얼굴이 존재하는 영역의 좌우 경계선을 2단계를 거쳐 결정한다. 1단계에서는 잡음의 영향을 최소화하기 위해 화소별 기울기가 아닌 지역적인 기울기를 구하는

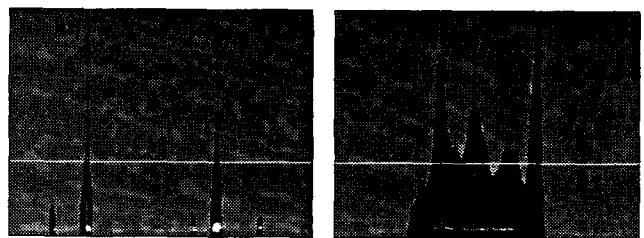
아래의 식 과 같은 1차원 차분연산자를 이용한다.

$$DE(i) = |TE(i) - TE(i + Th_{srw})|$$

$$BE = \{k \mid DE(k) = \max_{j \in R_j} \{DE(j)\}, l = 1, n\} \quad (2)$$

식 (2)에서 i 는 입력영상에서 행(X 축)의 순서를, Th_{srw} 는 기울기를 구하는 영역의 범위를, $TE(\cdot)$ 는 최상단 화소들의 Y 축 높이를 의미한다. 또한 $DE(\cdot)$ 는 l 번째 행의 기울기로 l 번째 행의 최상단 Y 값과 $(i + Th_{srw})$ 번째 최상단 Y 값의 차이를 의미한다. 이와 같이 구한 기울기의 프로파일이 그림 4(a)이다. BE 는 경계점들의 집합을 의미한다.

검출된 경계점들은 얼굴의 좌우 경계를 표시하는 점으로 2개가 나타나는 것이 바람직하다. 2개 이상이 나타난 경우는 이웃하는 2개의 경계점 내에 일정 수 이상의 화소가 존재하면 이들은 좌우 경계점으로 선택된다. 좌우 경계점으로 결정되는 경계점 쌍이 이웃하는 경우는 각 영역의 평균높이가 일정비율 이내인 경우는 결합하여 양쪽 끝의 경계점들을 얼굴영역의 좌우 경계점으로 결정한다. 그림 3(a)는 2개의 경계를 표시하고 있다. 그림 3(b)에서는 1차적으로 구한 좌우 경계점의 안쪽에 이들보다 큰 프로파일의 크기를 갖는 위치가 존재하는 경우 이들이 새로운 좌우경계점으로 결정된다. 그림 3(b)에서는 좌측경계점(A)와 우측경계점(C)로 결정된 것을 표시한다.



(a) 좌우경계 검출

(b) 좌우경계 재조정



(c) 얼굴후보영역 검출

그림 3. 얼굴 후보영역 경계 및 검출

얼굴영역의 상위경계점은 좌우경계점으로 한정되는 영역에 위치하는 그림 2(e)의 상위경계 화소들의 평균높이(Y축)값으로 결정되며, 하위경계점은 상위경계점으로부터 좌우경계폭의 1.6배 길이의 아래로 결정된다. 이는 얼굴의 폭과 높이의 평균비율인 1.3을 기준으로 얼굴이 위, 혹은 아래를 바라보는 경우 등을 고려하여 실험적으로 결정된 값이다. 이와 같은 방법으로 추정된 얼굴영역의 범위가 그림 3(c)에 상자로 표시되었다.

2. 얼굴 영역 판별

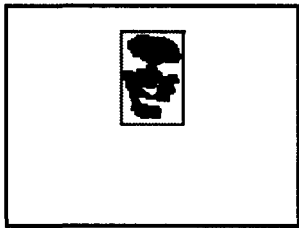


그림 4. 얼굴 후보 영역의 얼굴 색상 정보

검출된 얼굴후보영역이 얼굴인지 아닌지를 판별하기 위해서 검출된 후보영역의 색상 정보와 각각의 얼굴 특징들의 에지정보를 이용하였다. 먼저 후보 영역의 색상 정보를 조사하게 되는데 화소에 대한 얼굴색상의 범위는 표 1과 같이 YCbCr(Luminance, Blueness, Redness) 컬러 공간에서의 Cr 및 Cb 와 HLS(Hue, Lightness, Saturation) 컬러 공간에서의 H 정보를 사용하여 분류한다. 이와 같은 얼굴 색상의 범위는 실험에 의해 산출 되었다.

Color space	range
YCbCr	$152 < Cr < 173$
	$77 < Cb < 127$
HLS	$0^\circ < H < 16.941^\circ$
	or $357.196^\circ \#H < 358.588^\circ$

표 1. 얼굴 색상의 범위

그림 4는 검출 영상에서 표 1과 같은 범위 안에 있는 색상 정보들을 검출한 후 팽창연산을 하여 잡음 및 조명에서 나타나는 불연속적인 현상을 제거한 그림이다. 이렇게 후보영역에서 표 1과 같이 유효한 픽셀이 50%이상일 경우는 얼굴영역이라고 판단한다.

얼굴 영역으로부터 얼굴의 특징 요소들을 추출

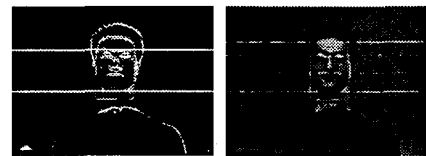
하기 위하여 검출된 에지 정보의 수평 방향의 프로파일을 생성하여 얼굴 특징이 존재할 수 있는 수직적 영역을 구분한다. 생성된 프로파일에 대하여 일정 크기의 비율로 정규화 하며, 프로파일의 정상과 계곡을 검출하여 얼굴 특징 요소들의 존재 가능한 영역을 얼굴 영역의 수직적 위치 비율에 따라 재조정하며, 프로파일의 분포에 근거한 장면 분류를 통하여 최종 얼굴 영역 및 얼굴 특징 요소의 존재 가능영역을 산출한다. 산출된 영역에 대하여 눈, 코 그리고 입술에 대한 윤곽특성을 이용하여 영역단위의 후보들을 생성하고 생성된 후보들 가운데 최종 요소를 판정함으로써 얼굴 판정을 한다.



(a) 수평 소벨에지 검출방법



(b) Canny에지 검출방법



(c) 수평 소벨에지 및 Canny에지 검출방법 결과

그림 5. 얼굴특징요소를 이용한 얼굴영역 판별

수직적 위치를 구분하기 위한 에지의 프로파일 생성 시 잡음의 영향을 감소시키기 위하여 얼굴의 수평 방향의 중앙의 일정 범위만을 사용하였고, 이 범위는 실험에 의해 산출하였다. 또한 수평 프로파일은 얼굴 특징 요소들에 집중적으로 존재하는 에지들과 달리 그 외의 부분에서 분포하는 국소 단위의 에지들의 영향을 감소시키기 위하여 일정 크기로 정규화하며, 일정 크기에 대한 임계값은 실험을 통하여 산출하였다.

본 논문에서 제안한 기법은 2가지로 수평 소벨에지 검출방법과 Canny에지 검출방법이다. 수평 소벨에지 검출방법은 검출된 얼굴후보영역에서 수평 프로파일을 검출한 후 프로파일의 각각의 계곡과 정상을 이용하여 수직적으로 이들을 분리

함으로써 얼굴인지의 여부를 판단하게 된다. 수평 소벨에지 검출방법은 그림 5(a)에 도시하였다. Canny에지 검출방법은 수평 소벨에지 검출방법과 동일한 방법으로 각각의 얼굴 특징요소들의 에지들을 이용하여 수직 프로파일을 검출한 후, 특징 요소들을 구분함으로써 얼굴인지의 여부를 판단하게 된다. Canny에지 검출방법은 그림 5(b)에 도시하였다. 이렇게 얼굴의 특징 요소의 3원 요소인 눈, 코, 입의 에지정보를 검출하고, 이들을 수직적으로 구분함으로써 얼굴인지 아닌지를 판별하게 된다. 그림 5(c)는 수평 소벨에지 검출방법과 Canny에지 검출방법을 이용하여 얼굴후보영역에서 검출된 특징요소들을 수직적으로 구분한 결과를 보여주고 있다.

3. 실험 및 결론

실험에서는 근거리에서 촬영된 얼굴 DB에 대해 제안한 얼굴검출 방법을 적용하여 성능을 평가하기 위해 시행되었다. 얼굴 DB는 근거리 촬영을 전제로 하여 구성하였으며, 초기 프레임의 영상부터 사람 얼굴이 존재함을 마찬가지로 전제한다. 또한 설정된 배경뿐만이 아니라 복잡한 배경을 가진 DB도 실험에 사용함으로써 많은 환경 변수에 따른 적응력을 테스트해 보았다.

본 논문에서는 제안된 방법인 에지 차영상을 이용하여 복잡한 배경이나 다양한 조명 환경에서도 얼굴 영역의 검출 및 판별 성능이 우수함을 실험 결과로 확인할 수 있었다. 움직이지 않는 배경을 포함하는 동영상을 이용하여 실험한 얼굴 영역의 검출의 성공률은 약 99%이상이며, 얼굴 영역판별의 성공률은 약 90%이상임을 확인할 수 있다. 얼굴 영역판별 시에 실패한 DB의 문제점은 얼굴영역에 또 다른 신체부위의 접촉이나 고개 숙임 등에서 나타나는 눈, 코, 입의 특징부위의 결여로 인한 문제점으로 보인다. 표 2에는 실험한 DB의 성공률을 표로 표시하였다.

향후 얼굴영역에 다른 신체 부위의 접촉했을 때의 정확한 얼굴영역의 검출과 얼굴영역의 특징적인 요소들에 관한 연구와 함께 얼굴 영역을 판별하는 2가지 방법인 얼굴 색상 정보와 특징을 이용한 방법을 융합시키기 위한 향상된 연구가 필요할 듯 보인다.

4. 참고 문헌

[1] L. L. Huang, A. Shimizu, Y. Hagihara, H. Kobatake, Gradient feature extraction for classification-based face detection, Pattern Recognition 36, pp. 2501-2511, 2003.

[2] P. Remagnino, G. A. Jones, N. Paragios and C. S. Regazzoni, Video-based Surveillance Systems Computer vision and Distributed Processing, Kluwer, 2002.

[3] T. Yokoyama, Y. Yagi and M. Yachida, "Facial contour extraction model," IEEE Proc. of 3rd Int'l Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, 1998.

[4] K. C. Yow and R. Copolla, "Feature-Based Human Face Detection", Technical Report CUED/INFENG/TR 249, University of Cambridge, Aug 1996.

[5] Jeong-Hoon Park and Don-Seok Jeong, "The Simple and efficient algorithm for edge detection based on Canny's method", Proceeding of ITC-CSCC '97 Okinawa, Japan

[6] K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, Color Image Processing and Application, Springer, 2000.

[7] J. R. Parker, Algorithm For Image Processing and Computer Vision, Wiley Computer Pub., 1997.

총 실험 DB	얼굴영역검출	얼굴영역판별
314	310(99%)	286(92%)
색상 정보 판별 성공률		
302(96%)		
특징 정보 판별 성공률		
286(92%)		

표 2. 실험 결과