

동영상에서 얼굴의 주색상 밝기 분포를 이용한 실시간 얼굴영역 검출기법

최미영*, 김계영**, 최형일***

요약

본 논문은 연속적으로 입력되는 동영상에서 시공간 정보를 이용하여 다양한 조명환경에서도 실시간 적용이 가능한 얼굴영역 검출기법을 제안한다. 제안한 알고리즘은 연속된 두개의 연속 영상에서 에지 차영상을 구하고 연속적으로 입력되는 영상과의 차분 누적영상을 통해 초기 얼굴영역을 검출한다. 초기 얼굴영역으로부터 외부 조명의 영향을 없애기 위해, 검출된 초기 얼굴영역의 수평 프로파일을 이용하여 수직 방향으로 객체영역을 이분하며, 각각의 객체영역에 관해 주색상 밝기를 구한다. 배경과 잡음 성분을 제거한 후, 분할된 얼굴영역을 통합한 주색상 밝기 분포를 이용하여 타원으로 근사화 함으로써 정확한 얼굴의 기울기와 영역을 실시간으로 계산한다. 제안된 방법은 다양한 조명조건에서 얻어진 동영상을 이용하여 실험되었으며 얼굴의 좌·우 기울기가 30°이하에서 우수한 얼굴영역 검출 성능을 보였다.

Using Analysis of Major Color Component facial region detection algorithm for real-time image

Miyoung Choi*, Gyeyoung Kim**, Hyungil Choi***

Abstract

In this paper we present a facial region detection algorithm for real-time image with complex background and various illumination using spatial and temporal methods. For Detecting Human region It used summation of Edge-Difference Image between continuous image sequences. Then, Detected facial candidate region is vertically divided two objected. Non facial region is reduced using Analysis of Major Color Component. Non facial region has not available Major Color Component. And then, Background is reduced using boundary information. Finally, The Facial region is detected through horizontal, vertical projection of Images. The experiments show that the proposed algorithm can detect robustly facial region with complex background various illumination images.

Keywords : facial region detection

1. 서론

생체인식을 사용하는 보안기법과 인간과 컴퓨터간의 상호작용의 필요성이 대두됨에 따라, 비

진정보를 이용한 얼굴인식, 얼굴추적, 인간의 감정인식, 얼굴표정분석 등과 같은 얼굴의 정보를 처리하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이런 얼굴의 정보를 분석하는 연구 분야들은 얼굴영역이 검출되었다는 가정 하에서 수행되었기 때문에, 자동으로 얼굴영역을 검출하는 방법이 우선적으로 해결되어야 한다. 하지만, 인간의 얼굴은 많은 굴곡면(convex surface)을 갖고 있어 조명의 영향에 따라 동일한 얼굴이라도 영상에서 다양하게 표현되기 때문에 얼굴검출은 얼굴인식만큼 어려운 작업이다. 얼굴인식은 얼굴영상을 사전에 정의된 기준 모델에 정합하면 되지만, 얼굴과 비얼굴을 판정하는 기준이 모호하기 때문

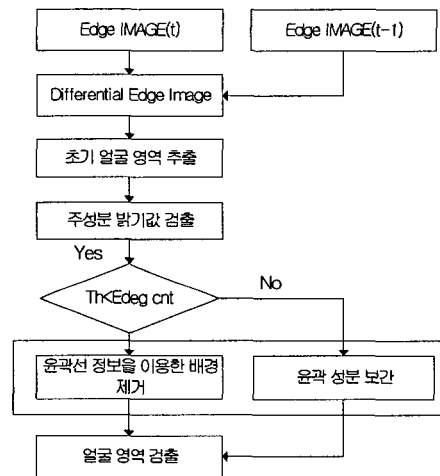
※ 제일저자(First Author) : 최미영
접수일자:2007년08월21일, 심사완료:2007년09월10일
* 송실대학교 미디어학과
utopialove@ssu.ac.kr
** 송실대학교 컴퓨터학과 부교수
*** 송실대학교 미디어학과 교수
▣ 본 연구는 송실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

에 위치와 크기, 형태가 다양한 얼굴을 복잡한 배경의 영상에서 얼굴을 검출하는 것은 얼굴인식을 수행하는 것보다 어려울 수 있다. 따라서, 얼굴의 영상정보를 처리하는 방법들의 활용도를 높이기 위해 영상에서 얼굴영역의 검출이 우선적으로 수행되어야 한다.

사람의 얼굴을 인식하기 위해서는 먼저 입력 영상으로부터 사람의 얼굴에 해당하는 영역을 검출해야 하지만 얼굴 영역이 조명의 조건에 따라 영상에서 다양하게 표현되기 때문에 검출되기 어렵다. 기존의 연구들은 이러한 문제점들을 배제하고 제한된 조명조건과 단순한 배경의 영상에서 얼굴영역을 검출하는 방법들을 주로 사용해 왔다[1,2,3,4]. 조명에 의한 문제점들을 해결하기 위해 Quan[5] 등은 다양한 조명조건에서 피부색상(skin-color)을 이용하여 얼굴을 검출할 수 있는 기법을 제안하였다. 이 기법은 적응적으로 다수의 임계치를 설정할 수 있는 영상분할 방법과 피부색상 분포의 GMM(Gaussian Mixture Model)이 사용하였다. 다양한 조명조건에서 피부색상의 모델을 이용하였지만 조명의 조건에 민감한 피부색상 정보만을 이용하여 얼굴검출을 수행하기 어렵다. Yow[6] 등은 조명의 변화에 강인한 특징기반 얼굴검출 방법을 제안하였다. 이 방법은 공간필터링을 이용하여 얼굴영역의 후보 점들을 추출하고, 이들 점들을 개념적 그룹원리를 이용하여 얼굴후보군으로 그룹화 하였다. 얼굴후보군들로부터 정확한 얼굴영역을 검출하기 위해 확률분포 모델을 사용하였다. 조명의 변화에 강인한 에지를 특징으로 사용했지만 복잡한 배경일 경우 많은 에지가 발생하기 때문에 복잡한 연산이 필요하다. Sung[7] 등은 다양한 조명조건에서 인간의 정면의 얼굴을 검출하기 위해 example-based learning 방법을 제안하였다. 얼굴과 비얼굴의 패턴들은 각각 6개의 얼굴과 6개의 비얼굴 군집(cluster)들로 분류되었으며 각 군집은 원형 패턴(prototype pattern)과 공분산 행렬(covariance matrix)에 의해 표현되었다. 마지막으로 얼굴을 검출하기 위해 Euclidean과 Mahalanobis 거리를 이용한 다층 신경망이 학습되었다. 이 방법은 훈련에 사용되는 군집에 의한 학습이 선행되어 훈련 군집과 유사한 경우에는 좋은 성능을 보지만 다양한 조명 환경과 얼굴들이 상이성에 따른 훈련 군집의 구성 및 학습에

많은 연산을 필요로 하다.

본 논문은 다양한 조명의 영향을 없애기 위해, 초기 얼굴영역으로부터 주색상 밝기 분포(distribution)를 고려하여 타원으로 근사화한 정확한 얼굴영역을 검출한다. 이들 기법들이 적용되기 전에 연속적으로 획득되는 에지 영상들의 차영상을 이용하여 차분누적 정보를 생성한다. 얼굴의 좌우 측면의 경계선의 변화율이 크다는 정보를 이용하여 스플라인 곡선으로 근사화한 차분누적 정보의 경계선으로부터 초기 얼굴영역을 추출 한다. 초기 얼굴영역으로부터 조명의 영향을 제거하고, 배경영역으로부터 후보 얼굴영역을 분리하기 위해 주색상 밝기값을 검출한다. 마지막으로 획득된 주색상 밝기값을 갖는 얼굴영역의 분포를 이용하여 얼굴영역을 타원으로 근사화한 얼굴의 기울기와 영역을 실시간으로 정확하게 검출한다. 본 논문에서 제시하는 얼굴검출 과정은 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 얼굴 영역 검출 과정 흐름도

본 논문은 근거리 상에서 연속된 입력 영상으로부터 에지의 차분 누적정보와 시공간 정보를 이용하여 다양한 조명 환경에서도 강인하며 실시간 처리 가능한 얼굴 영역 검출 기법에 대해 제시한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 에지 차분누적영상의 윤곽선을 이용한 초기 얼굴영역 추출을 한다. 3장에서는 주색상 밝기값의 분석을 통해 초기 얼굴영역으로부터 주색상 밝기의 얼굴영역을 검출하는 방법을 설명

한다. 4장에서는 주색상 밝기를 갖는 얼굴영역으로부터 정확한 얼굴영역의 검출과 실시간 처리가 가능한 타원으로 근사화한 방법을 제시한다. 5장에서는 자연광의 영향에 따른 얼굴검출에 관한 실험결과와 실내 환경에서 역광과 편광의 영향에 따른 얼굴검출에 관한 실험결과를 보여주며, 6장에서는 결론을 맺는다.

2. 에지 차분누적영상의 윤곽선을 이용한 초기얼굴영역 추출

얼굴과 유사한 색상의 배경과 다양한 방향의 조명환경에서 입력되는 동영상에서 얼굴영역을 검출하는 방법으로 움직임 정보를 사용하는 것이 일반적이다. 움직임 정보는 연속적으로 입력되는 영상들의 차영상에 쉽게 얻어질 수 있다. 이 경우 많은 잡음성분들이 포함되어 전처리 과정이 복잡해지므로 본 논문에서는 에지영상의 차영상을 이용하여 움직임 정보를 얻는다. 에지는 객체의 윤곽선을 표현하며 색상이나 조명의 변화에 영향을 덜 받고 안정되게 검출되는 장점이 있다. 누적 에지 차영상의 윤곽선으로부터 초기 얼굴영역을 추출하는 알고리즘은 다음과 같다.

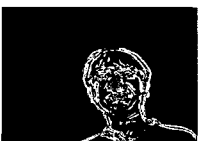
단계 1: 연속되는 에지영상으로부터 누적 에지 차영상을 구한다.



(그림 2) 단순 차영상



(그림 3) 에지 차영상



(그림 4) 누적 에지 차영상



(그림 5) 팽창 연산

(그림 2)는 연속되는 입력영상의 단순 차영상

을, (그림 3)은 에지 차영상을 보여준다. 얼굴영역은 에지 차영상의 윤곽선 내에 포함되게 되므로 이 범위를 검색한다.

에지영상은 입력영상을 YCbCr 색상공간의 휘도성분($Y = 0.2999R + 0.587G + 0.114B$)인 그레이 영상으로 변환하고 소벨(Sobel) 연산자를 이용하여 생성한다. 휘도성분은 피부와 유사한 색상을 갖는 배경에서도 경계선을 구분하기 쉬우며 소벨 연산자는 잡음에 대해 강한 성능을 갖는다는 장점이 있다[10]. 사람의 움직임이 미세한 경우는 에지 차영상이 거의 나타나지 않는다. 따라서 얼굴영역의 검색은 에지 차영상이 일정한 수준이상으로 발생한 이후에 시작하며 에지 차영상의 누적을 통해 미세한 움직임이 계속되는 경우를 포착해낼 수 있다.

단계 2: 누적 에지 차영상에 형이상학적 팽창(morphological dilation) 연산을 수행한다.

누적된 에지 차영상은 사람의 움직임이 미세한 경우나 수평 혹은 수직으로 이어지는 경우에는 에지의 불연속 현상이 발생한다. 따라서 움직임영역의 경계선을 연속되는 선분으로 만들기 위해 형이상학적 팽창(morphological dilation) 연산을 적용한다. (그림 5)는 (그림 4)의 누적된 에지 차영상에 팽창연산을 적용하여 불연속적인 경계선을 채워주는 결과를 보여준다.

단계 3: 누적 에지 차영상의 경계선을 스플라인 곡선으로 근사화한다.

입력영상을 얻는데 있어서 사람과 카메라의 거리가 충분히 가까워서 복수의 얼굴이 수직적으로 겹치는 경우는 발생하지 않는다고 가정하였다. 따라서, 누적 에지 차영상이 사람의 움직임 정보를 이용하여 초기 얼굴영역을 검출할 수 있다. 하지만, 사람의 얼굴의 움직임이 크면 누적 에지 차영상의 윤곽선 정보가 명확하여 초기 얼굴영역을 검출하는데 용이하지만 얼굴의 움직임이 작거나 조명의 영향으로 누적 에지 차영상의 윤곽선 정보가 불분명하면 초기 얼굴영역을 검출하기 어렵다. 이런 문제점을 해결하기 위해 중요 변곡점을 구해 스플라인 곡선으로 근사화한 방법을 사용한다. 스플라인 곡선을 사용하며

불연속적인 변곡점들을 부드럽게 잇는 곡선으로 만들어주기 때문에 자연스러운 얼굴영역을 얻을 수 있다.



(그림 6) 누적 에지 차영상

(그림 7) 윤곽선 근사화



(그림 8) 누적 에지 차영상

(그림 9) 윤곽선 근사화

스플라인 곡선을 이용한 누적 에지 차영상의 윤곽선을 근사화는 중요 변곡점을 찾는 과정이 필요하다. 중요 변곡점은 누적 에지 차영상의 최상위 점부터 좌·우로 일정 길이와 일정 방향각의 이상의 크기를 갖는 최외각 점들을 탐색하면서 얻어진다. (그림 7)과 (그림 9)는 각각 움직임이 큰 누적 에지 차영상인 (그림 6)과 움직임이 적은 에지 차영상인 (그림 8)을 스플라인 곡선으로 근사화한 예를 보여준다.

단계 4: 근사화한 윤곽선의 수평 프로파일의 변화량을 이용하여 초기 얼굴영역 검출한다.

얼굴영역의 좌·우 경계선에서 큰 곡선의 수직성분을 갖기 때문에 얼굴영역의 좌·우 경계선을 얻기 위해 3단계에서 근사화한 경계선의 스플라인 곡선의 수평 프로파일을 구한다. 경계선을 근사화한 스플라인 곡선의 수직성분의 변화량을 계산하기 위해, 다음 식(1)의 지역적인 기울기를 표현하는 차분연산자를 사용한다. 식(1)은 잡음의 영향을 최소화하기 위해 화소별 기울기가 아닌 지역적인 기울기를 구하는 차분연산을 이용한다.

$$DT(i) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N |SP(i+k) - SP(i+k+T_{shift})| \quad (1)$$

여기서, $SP(\cdot)$ 는 스플라인 곡선의 프로파일의 함수이며 T_{shift} 는 수직성분의 변화량을 계산하기 위한 비교 대상의 위치 값이다. 그리고 잡음의 영향을 최소화하기 위해 일정범위(N)의 평균을 취하는 방법을 사용한다.



(그림 10) 프로파일의 (그림 11) 초기 얼굴영역 지역적 기울기

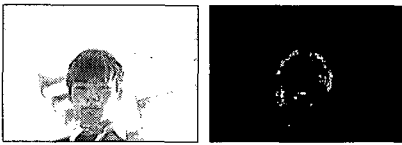
(그림 10)은 각각 (그림 3)의 스플라인 곡선에 대한 기울기의 프로파일이다. 얼굴 영역의 경계선은 이들 기울기의 프로파일에서 가장 지역적으로 큰 값을 갖는 행으로 결정되며 (그림 10)의 경우 프로파일이 3개($n=3$)의 영역(R_i)으로 구분되어 각각의 영역에서 최대값을 갖는 위치에 놓이게 된다. 얼굴영역이 얼굴 좌·우 측면에서 기울기의 수직성분이 크므로 얼굴의 좌우 경계를 표시하는 점으로 2개가 나타나는 것이 바람직하다. 2개 이상이 나타난 경우는 이웃하는 2개의 경계점 내에 일정 수 이상의 값이 존재하면 이들은 좌우 경계점으로 선택된다. 좌우 경계점으로 결정되는 경계점 쌍이 이웃하는 경우는 각 영역의 평균높이가 일정비율 이하의 경우를 결합하여 양쪽 끝의 경계점들을 얼굴영역의 좌우 경계점으로 결정한다. (그림 10)은 경계점이 3개 존재하는 경우로 경계점 A와 B, B와 C가 이웃하고 A와 B사이에만 에지화소의 수가 일정 수 이상이므로 이들이 얼굴영역의 좌우 경계점으로 선택된다.

얼굴의 좌우 경계점이 계산되면 얼굴영역의 좌·우 경계점으로 한정되는 영역에 위치하는 스플라인으로 근사화한 얼굴영역의 윤곽선(그림 3)과 (그림 5)의 최대 상위 점을 얼굴의 상위 경계점으로 결정하며 하위 경계점을 상위경계점으로부터 좌우 경계 폭의 1.6배 길이의 아래로 결정된다. 이는 얼굴의 폭과 높이의 평균비율인 1.3을 기준으로 얼굴이 위, 혹은 아래를 바라보는 경우 등을 고려하여 실험적으로 결정된 값이다.

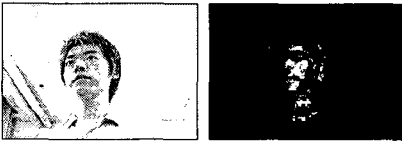
이와 같은 방법으로 추정된 초기 얼굴영역의 범위가 (그림 7)에 보여준다.

3. 주색상 밝기의 분포를 이용한 얼굴영역 검출

스킨컬러를 이용한 얼굴 검출방법은 얼굴인식에 있어 머리카락 등에 해당하는 불필요한 정보를 포함하지 않는 고유한 얼굴영상을 추출함으로써 일반적으로 많이 사용되어지는 기법이다. 그러나 스킨칼라를 이용하는 방법은 빛의 밝기나 방향, 카메라의 특성에 의한 색상의 변질로 인하여 얼굴영역의 검출에 많은 어려움이 있다. 그리고 복잡한 배경, 머리카락 등에 해당하는 불필요한 성분이 포함된 영상을 이용하여 얼굴인식을 수행할 경우 얼굴인식시스템의 성능을 크게 저하시킬 수 있다. 다음은 다양한 환경에서 스킨컬러를 이용하여 얼굴영역을 검출한 결과를 나타내고 있다.



(그림 12) 역광에 의한 실루엣 영상



(그림 13) 실내조명에 의해 색상이 변질된 영상



(그림 14) 배경에 스킨컬러가 포함된 영상



(그림 15) 얼굴영역이외에 스킨컬러가 존재하는 영상

주색상 밝기의 분포를 이용한 얼굴영역 검출은 조명의 변화로부터 강인하게 얼굴영역 검출을 수행할 수 있다. 또한 얼굴인식시스템의 성능을 향상시키기 위해 초기 얼굴영역에 대하여 주색상 밝기의 분포를 이용하여 머리카락, 잡음 등에 해당하는 기타 불필요한 성분을 제거시킴으로써 인식에 필요한 고유한 얼굴영역을 검출할 수 있다. 다음은 주색상 밝기의 분포를 분석하여 초기 얼굴영역으로부터 주색상 밝기를 갖는 얼굴영역을 검출하는 방법을 설명한다.

단계 1: 초기얼굴영역에 존재하는 화소 값들을 누적시켜 생성된 프로파일로부터 대비가 가장 높은 구간을 찾아 영상의 객체영역을 두 개의 영역으로 분할한다.

실제 환경으로부터 획득된 영상은 빛의 밝기와 방향에 의해 좌우의 밝기가 대조를 이루거나 객체에 해당하는 영역이 실루엣을 띠게 된다. 이러한 특성을 고려하여 초기얼굴영역에서의 주색상에 해당하는 밝기 값을 검출하기 위해 객체를 두 개의 영역으로 분할한다. 초기얼굴영역에 대해 가우시안 필터를 적용하여 (그림 16)와 같이 블러링된 영상을 생성한다. 이후 초기얼굴영역에 존재하는 화소 값들을 누적시켜 (그림 17)처럼 생성된 프로파일로부터 대비가 뚜렷한 구간이 찾아지는 경우에만 객체영역을 두 개의 영역으로 분할한다. 초기 얼굴영역의 주색상 밝기가 고르게 분포되어 프로파일의 대비가 크지 않은 경우는 초기 얼굴영역을 분할하지 않고 다음 단계를 진행한다.

단계 2: 분할된 영역들의 평균값으로부터 화소들의 밝기 값이 떨어진 정도를 나타내는 거리와 화소들의 밝기 분포의 분산을 계산하여 각각의 거리지도(distance map)를 얻는다.

분할된 영역들에 대해 식(2)을 이용하여 개별

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^M \sum_{y=0}^N I(x,y)$$

$$v(x,y) = (I(x,y) - \mu)^2 \quad (2)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^M \sum_{y=0}^N v(x,y)$$

화소들의 밝기 값이 두 영역의 평균값들로부터 떨어진 정도를 나타내는 거리(v(x,y))와 화소들의 밝기 분포의 분산(μ)을 구한다.

여기서, I(x,y)는 분할된 얼굴영역이며 μ와 σ²는 각각 I(x,y)의 평균과 분산이다. 그리고 v(x,y)는 I의 좌표점(x,y)에서 화소의 밝기값과 평균의 차의 제곱으로 개별 화소들의 밝기값이 평균값들로부터 떨어진 정도를 나타내는 거리값이다. 다음으로 각 영역의 분산과 v(x,y)를 이용하여 식(3)으로부터 두 분할된 영역으로부터 거리지도(distance map)를 생성한다.

$$d(x,y) = |v(x,y) - \sigma^2| \quad (3)$$

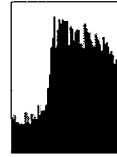
여기서, d(x,y)는 각각의 분할된 얼굴영역의 좌표점(x,y)에서 식(2)의 v(x,y)와 분산의 차의 절대값이다. 분산이 화소들의 밝기값이 평균으로부터 얼마나 떨어져 있는가를 나타내는 지표라면 거리영상은 개별 화소들이 (그림 9)처럼 분산값으로부터 떨어진 있는 정도를 표현하는 영상이다.

단계 3: 영역분할 알고리즘을 이용하여 거리 지도를 분할하여 배경영역을 제거한 후 통합하여 주색상 밝기를 갖는 얼굴영역을 얻는다.

동일한 물체의 화소들의 밝기값은 유사성이 높다는 사실에 근거하여 배경영역을 제거하기 위해 영역분할 알고리즘을 이용하여 거리지도의 화소들의 밝기값에 따라 분할한다. 여기서, 화소의 수가 일정 크기 이하의 분할 영역은 잡음에 의해 생성된 영역이며, 거리지도에서 상대적으로 큰 밝기값을 갖는 분할영역은 얼굴영역이 아닌 배경에 속할 확률이 높기 때문에 제거된다. 마지막으로 잡음과 배경을 제거한 나머지 분할 영역들을 통합하여 주색상 밝기를 갖는 얼굴영역을 얻는다. (그림 20)은 (그림 16)의 입력영상에 관해 주색상 성분을 분석하여 얻어진 얼굴영역을 보여준다.



(그림 16) 블러링된 영상



(그림 17) 누적 프로파일



(그림 18) 양분된 객체영역



(그림 19) 거리영상



(그림 20) 결과 영상

4. 주색상 밝기를 갖는 얼굴영역의 분포로부터 실시간 얼굴영역 검출

에지의 차분 누적 성분으로 구성된 얼굴영역은 연속적으로 입력되는 에지영상들의 누적을 통해 얻어진 움직임 벡터들을 이용하여 좌우 경계를 구해 초기얼굴영역을 검출 한다. 영상 내의 실제 객체의 크기보다 움직임 정도에 따라 보다 큰 영역이 얻어지며, 얼굴영역과 배경영역을 동시에 포함하게 된다. 얼굴영역에 포함된 배경성분들은 얼굴인식시스템의 성능을 저하시킬 수 있기 때문에 주색상 밝기를 갖는 얼굴영역으로부터 정확한 얼굴영역을 검출할 필요가 있다.

누적 에지 차영상으로부터 얻어진 초기 얼굴영역이나 주색상 밝기의 분석을 통해 검출된 얼굴영역을 검토해보면, 얼굴의 좌우 경계선에서 기울기 변화량이 크기 때문에 얼굴의 넓이를 정확하게 예측할 수 있다. 그리고 얼굴영역은 상위 경계선으로부터 기울기 방향으로 분포되기 때문에 상위 경계선의 위치도 정확하게 예측된다. 이런 선형적 판단을 통해서 주색상 밝기를 갖는 얼굴영역의 분포를 타원으로 근사화 함으로써 실시간 얼굴영역의 검출이 가능하다.

얼굴의 좌·우 기울어짐과 얼굴영역의 넓이를 예측하기 위해, 주색상 밝기로부터 구해진 얼굴

영역의 분포를 타원으로 근사화하는 작업이 우선적으로 수행한다. (그림 20)처럼 이진영상이 주어졌을 때 이중적분을 수행하여 얻어지는 모멘텀은 합의 표현으로 계산될 수 있다. 따라서, (p+q) 차수의 모멘텀은 다음 식(4)으로 근사화된다.

$$m_{pq} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_i^p y_j^q \quad (4)$$

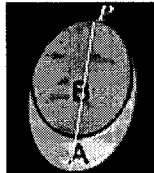
여기서, x_{ij} 와 y_{ij} 는 i행과 j열의 화소의 좌표이고 $n \times m$ 은 얼굴영역의 화소수이다. 모멘텀을 이용한 얼굴영역의 타원의 근사화로부터 얼굴영역의 좌·우 기울기(θ)와 얼굴영역의 넓이(타원의 단축:b)와 얼굴영역의 초기 높이값(타원의 장축:a)을 예측된다.

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{2m_{11}}{m_{02} - m_{20}} \right)$$

$$a = 4 \sqrt{\frac{4\sqrt{m_{20}^3}}{\pi\sqrt{m_{02}}}}, \quad b = 4 \sqrt{\frac{4\sqrt{m_{02}^3}}{\pi\sqrt{m_{20}}}} \quad (5)$$



(그림 21)
초기얼굴검출
영역



(그림 22)
타원으로
근사화하여
얻어진
얼굴영역

얼굴영역의 분포를 타원으로 근사화하여 얻어지는 타원의 기울기, 단축, 그리고 장축을 이용하여 다음의 방법에 따라 실시간으로 얼굴영역을 검출한다.

단계 1: 식(3)의 타원의 기울기(θ)와 단축의 길이(b)를 고정시키고 기울기 방향의 장축의 길이(a)를 식(3)에서 예측된 값으로 초기화한다. 그리고, 얼굴영역이 좌·우 기울기 방향으로 분포하는 최상위점(P)을 결정한다. ($\theta(0) \leftarrow \theta, a(0) \leftarrow a,$

$b(0) \leftarrow b$)

단계 2: 타원의 기울기($\theta(k)$), 장축의 길이($a(k)$), 그리고 단축의 길이($b(k)$) 갖는 타원으로 최상위점(P)으로부터 시작되는 얼굴영역을 근사화한다.

단계 3: 근사화한 타원의 내부에 포함되는 얼굴영역의 면적($I_A(k)$)을 타원의 면적($E_A(k)$)으로 나눠 누적시킨다. ($A(k) \leftarrow I_A(k) / E_A(k)$)

단계 4: 근사화한 타원의 내부에 포함된 얼굴영역의 분포의 모멘텀(식(4))를 이용하여 타원의 기울기와 단축의 길이를 재 보정한다. ($\theta(k+1) \leftarrow \theta, b(k+1) \leftarrow b$)

단계 5: 타원의 장축의 길이($a(k)$)가 단축의 길이(b)보다 크면 장축의 길이를 1화소 줄여 2단계를 수행하고 그렇지 않으면 다음 단계를 수행한다. ($a(k+1) \leftarrow a(k) - 1$)

단계 6: 3단계에서 장축의 변화에 따른 얼굴영역의 면적비($A(k)$)가 일정하게 유지되는 시작점을 얼굴영역의 높이로 결정한다. 예측된 얼굴의 기울기, 넓이 그리고 높이로부터 정확한 얼굴영역을 검출한다.

얼굴영역을 초기값으로 근사화한 타원은 (그림 21)의 A영역처럼 주색상 밝기를 갖는 얼굴영역의 전체를 포함한다. 근사화한 초기의 타원은 얼굴영역의 무게중심에 위치하고 기울기 방향에서 최대 크기의 장축을 갖는다. 얼굴의 좌·우 경계선에서 기울기 변화량이 크기 때문에 주색상 성분 분석에서 검출된 타원의 단축 길이는 얼굴의 넓이로 간주할 수 있다. 또한, 얼굴영역은 상위 경계선으로부터 기울기 방향으로 분포하기 때문에 장축의 시작점을 (그림 21)의 P점처럼 최상위 점(P)으로 결정한다. 얼굴영역의 검출은 최상위 점(P)로부터 기울기 방향으로 타원의 장축의 길이에 따른 근사화한 타원의 내부에 포함된 얼굴의 면적비를 고려함으로써 예측된다. 장축 길이의 변화에 따른 근사화한 타원을 구하기 위해, 타원의 내부의 포함된 얼굴영역의 모멘텀(식(4))과 식(5)을 이용하여 타원의 기울기와 단축을 보정한다. 즉, 정확한 얼굴의 넓이와 기울기를 결정하기 위해, 얼굴의 높이인 타원의 장축의 길이를 줄이면서 근사화한 타원의 내부에 포함된 얼굴영역의 분포를 이용하여 타원의 기울

기와 단축을 보정한다. 근사화한 타원이 비얼굴 영역인 배경을 포함하게 된다면 장축의 길이가 줄더라도 타원이 포함하는 얼굴영역의 면적은 같은 비율로 줄지 않는다. 그러나 얼굴영역만을 포함하게 되면 타원의 장축 길이가 줄면서 타원에 포함된 얼굴의 면적도 같은 비율로 일정하게 줄어든다. (그림 22)는 타원의 장축의 길이를 줄이면서 기울기 방향으로 근사화한 타원에 포함되는 얼굴영역의 면적이 최대가 되어 추출된 얼굴영역을 나타낸다. 얼굴영역의 높이는 타원과 얼굴영역의 면적비가 일정하게 유지되기 시작하는 점을 타원의 장축으로 결정한다. 타원의 면적과 타원 내부에 포함된 얼굴영역의 비를 분석한 얼굴영역의 검출은 주색상 밝기를 갖는 얼굴영역 내부에서 장축의 길이를 줄이면서 타원을 근사화하기 때문에 실시간 처리가 가능하다.

5. 실험

본 실험에서 사용된 실험 영상은 근거리 촬영을 전제로 하여 320*240크기의 다양한 환경에서 획득된 동영상 DB를 구성하였으며 DB는 모두 얼굴이 존재하는 동영상만으로 구성되었다. 얼굴 검출에 사용된 카메라는 일반적으로 사용되어지는 30만화소의 PC용 USB 카메라를 사용하였으며 이를 구동하기 위해 2.66GHz Pentium 4 CPU의 PC를 사용하였다. 본 논문에서 제안하는 방법은 사람의 움직임이 존재하는 동영상에 적용되기 때문에 얼굴을 포함하는 정지 영상을 고려하지 않았다. 따라서, 얼굴의 움직임이 존재하는 동영상에서 얼굴을 검출하는 제안하는 방법은 정지 영상에서 얼굴을 검출하는 기존의 방법들이 사용했던 기준 정지 영상 DB를 사용할 수 없기 때문에 독자적인 동영상 DB를 구축하였다. 다양한 조명 환경에서 실험을 하기 위하여 250명의 사람들을 대상으로 외부의 태양에 의한 자연광이 존재하는 옥외환경과 자연광이 존재하지 않는 실내 환경에서 동영상 DB를 구축했다. 동시에 얼굴의 기울어짐에 관한 실험도 수행하기 위해 사람들에게 좌우 다양한 각도로 얼굴자세를 취하도록 주문했다. 대부분의 얼굴들이 0°~15°사이의 회전각 사이에 존재했으며 회전각이 커질수록 적은 수의 얼굴들이 존재했다. 또한,

동일한 사람들에 대해 실내 환경에서 역광현상이 발생하는 조명 환경과 편광이 존재하는 환경에서 동영상 DB도 구축하였다. 자연광의 영향에 따른 얼굴검출 DB처럼 사람들에게 좌우 다양한 각도로 얼굴자세를 취하도록 했다. 각각의 촬영된 동영상들은 0.5초 동안 촬영되어 저장되었으며 촬영되는 동안 얼굴이 최소 0.5pixel/sec의 움직임이 존재하였다. <표 1>은 자연광의 영향에 따른 얼굴검출에 관한 실험결과를 보여주며, <표 2>는 역광과 편광의 영향에 따른 얼굴검출에 관한 실험결과를 보여준다.

<표 1> 자연광의 영향에 따른 얼굴검출율과 평균 검출시간

얼굴의 기울기	자연광이 존재하는 실외환경			자연광이 없는 실내환경		
	15° 이하	16~30°	합계	15° 이하	16~30°	합계
얼굴영역 추출성공	98	13	111	105	21	126
얼굴영역 추출실패	4	1	5	1	2	3
평균 얼굴 검출 시간	0.114	0.139	0.13	0.096	0.127	0.11

<표 1>에서 얼굴영역 추출의 성공여부는 (그림 21,22)와 같이 입력영상으로부터 타원형 내부에 얼굴영역이 포함되어 있는지에 따라 결정된다. <표 1>에 나열한 바와 같이 얼굴 영역 검출의 성공률은 평균 95%이며 평균 얼굴검출 시간은 0.119초이다. 자연광이 존재하지 않은 실내 정상 조명환경에 대한 얼굴영역추출 성공률은 97%이며 자연광이 존재하는 실외환경에서 얼굴 검출률은 93%이다. 그리고 자연광의 존재에 상관없이 얼굴의 좌우 기울어짐이 꺼짐에 따라 얼굴인식률도 떨어졌다. 실내 환경보다 거친 자연광에 노출된 실외환경에서 얼굴영역의 검출률이 낮은 이유는 역광이나 측광에 의해 얼굴과 배경 영역의 밝기값이 잘 구분이 되지 않기 때문이다. 여기서, 자연광에 존재하는 실외환경에서 평균 얼굴검출의 시간이 실내 환경에서 긴 이유는 조명의 영향에 의해 얼굴영역의 정보를 잃어 많은 누적 에지 차영상이 필요하기 때문이다.

(그림 23)~(그림 26)은 제안된 방식에 의해 수행되어진 결과 영상을 나타내며 영상내의 타

원의 영역은 제안한 방법에 의해 검출된 얼굴 영역을 표시한 것이다. 조명의 효과가 다양하게 나타나는 자연광이 존재하는 실외환경(그림 23,24 자연광이 존재하는 실외환경)보다 조명의 효과가 덜 받는 실내 환경(그림 25,26 자연광이 없는 실내 환경)에서 얼굴 검출률이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.



(그림 23) 15° 이하의 기울기(실외) (그림 24) 16~30°의 기울기(실외)



(그림 25) 15° 이하의 기울기(실내) (그림 26) 16~30°의 기울기(실내)

<표 2> 실내 환경에서 조명에 의한 역광과 편광의 영향에 따른 얼굴검출율과 평균 검출시간

얼굴의 기울기	역광이 존재하는 실내 환경			편광이 존재하는 실내 환경		
	15° 이하	16~30°	합계	15° 이하	16~30°	합계
얼굴영역 추출성공	82	20	102	78	24	102
얼굴영역 추출실패	1	3	4	3	5	8
평균 얼굴 검출 시간	0.117	0.182	0.15	0.136	0.195	0.17

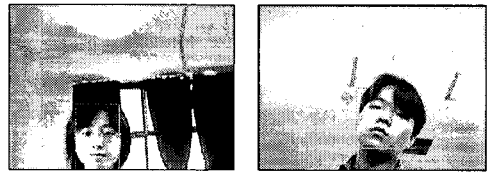
조명의 역광이 존재하는 실내 환경은 30°이하에서 99% 검출률을 보였고 편광이 존재하는 실내 환경에서는 30°이하에서 94% 검출률을 보였다. 역광이 존재하는 경우, 얼굴의 윤곽선 정보가 명확하지 않지만 얼굴 영역안의 밝기값이 일정하게 분포하기 때문에 편광이 존재하는 경우보다 검출률이 높게 나타난다. 기울기의 에러와 평균 얼굴 검출 시간은 자연광이 존재하는 실외

환경에서 나타난 결과와 비슷한 결과를 보였다. 아래의 (그림 27)~(그림 30)은 다양한 조명환경의 얼굴 동영상 DB에 대하여 본 논문에서 제안한 얼굴 검출 기법을 적용한 결과이다.

(그림 27)~(그림 30)에서 보듯이 역광에 의해 얼굴영역에 해당하는 부분이 어두워지거나(그림 27)나 형광등이나 기타 조명장치에 의해 다양하게 변질된 경우(그림 28)와 편광에 의해 얼굴영역의 색상정보가 양분되는 경우(그림 29,30) 등에 대해서도 효과적인 검출이 이루어지는 것을 나타내고 있다.



(그림 27) 15° 이하의 기울기(역광) (그림 28) 16~30°의 기울기(역광)



(그림 29) 15° 이하의 기울기(편광) (그림 30) 16~30°의 기울기(편광)

제안된 방법은 움직이는 피사체가 있는 경우에만 얼굴검출을 수행하며 영상획득 간격(12 프레임/초)을 사용하였으며 실험에 사용된 동영상 프레임에서의 제안된 방식에 의한 움직임 추출에 소요되는 시간 평균적으로 0.159초가 소요되었으며 얼굴영역의 경계선이 잘 나타난 경우에 소요되는 수행시간은 0.145초가 소요되었다. 결과를 통하여 살펴본 결과 본 논문에서 제안된 방식은 기존 방법들에 비해 다양한 조명환경에서 강인한 검출 성능을 보이고 있으며 지능형 감시 등의 목적에 실시간 적용이 가능함을 알 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 다양한 조명 환경에서도 강인하며 실시간 처리 가능한 ATM기반의 얼굴 검출 기법을 제안하였으며 다양한 실험을 통해 검증하였다. 현재의 얼굴의 검출 및 추적 기법들은 매우 제한된 환경에서 획득된 얼굴 영상에 대해서만 적용 가능하다는 문제를 안고 있다. 따라서 본 논문은 카메라의 조명 환경에 의존적인 문제를 최소화하여 다양한 조명 환경에서 획득한 동영상으로부터 얼굴 영역을 정확하게 실시간으로 추출하는 기법을 제안하였다. 얼굴 영역 검출은 조명환경에 의한 영향에 보다 강인한 에지정보와 다수의 에지 정보에서 유효 에지를 구분하기 위한 움직임 정보를 결합함으로써 시간에 대응하는 획득 영상들의 에지 차영상 기법을 이용한다. 에지 차영상으로부터 얼굴의 좌우 경계선의 변화율이 크다는 것을 이용하여 머리의 특성을 적용한 좌우 경계를 구분하고 초기 얼굴영역을 검출한다. 이후 검출된 초기 얼굴영역으로부터 주성분 밝기를 검출하는 기법을 통하여 잡음과 배경에 해당하는 영역을 제거한다. 주색상 밝기 값을 갖는 얼굴영역의 분포를 이용하여 타원으로 얼굴영역을 근사화 함으로써 실시간으로 정확한 기울기와 얼굴영역을 계산하였다. 제안한 얼굴 검출 방법은 기울기가 30°이하의 기울기에서 95%의 높은 얼굴 영역 검출 성능을 보였다. 본 논문에서 제안된 방법은 ATM상에서 얼굴 인증을 위해 제안된 방법이며 다양한 조명 환경으로부터 강인한 검출 성능을 나타낸다.

참 고 문 헌

[1] 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.
 [2] H. Rein-Lien, M. Abdel-Mottaleb, and A. K. Jain, "Face detection in Color Images," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No.5, pp. 696-706, May 2002.
 [3] S. Kim, S. Lim, H. Cha and H. Hahn, "Block Based Face Detection Scheme Using Face Color and Motion Information," 퍼지및시스템학회논문지, 제 13권, 4호, pp.461-468, 2003년 8월.
 [4] C. Kotropoulos and I. Pitas, "Rule-based Face Detection in Frontal Views," Proc. IEEE Int'l Conf. on Aco-

ustics, Speech and Signal Processing, Vol. 4, pp. 2537-2530, 1997.

[5] Quan Huynh-Thu, Mitsuhiro Meguro, Masahide Kaneko, "Skin-Color Extraction in Images with Complex Background and Varying Illumination", wacv, p.p.280, Sixth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 2002.
 [6] K. C. Yow, R. Cipolla, "Feature-Based Human Face Detection," Technical Report CUED/INFENG/TR249, University of Cambridge, Aug. 1996.
 [7] Kah-Kay Sung and Tomaso Poggio, "Example-Based Learning for View-Based Human Face Detection, IEEE Transactions of Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp.39-51, Vol 20, No.1, 1998.

최 미 영



2001년 : 천안대학교 컴퓨터학과 졸업(공학사)
 2003년 : 천안대학교 정보기술대학원 졸업(공학석사)

2004년~현재 : 송실대학교 미디어학 박사과정
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 영상처리 등

김 계 영



1990년 : 송실대학교 전자계산학과(공학사)
 1992년 : 송실대학교대학원 컴퓨터학과(공학석사)
 1996년 : 송실대학교대학원 컴퓨터학과(공학박사)

1996년~1997년 : 한국전자통신연구원(Post Doc.)
 1997년~2001년 : 한국전력공사 전력연구원(선임)
 2001년~ 현재 : 송실대학교 컴퓨터학부(부교수)
 관심분야 : 컴퓨터비전, 형태인식, 생체인식, 증강현실, 영상 및 신호처리 등

최형일



1979년 : 연세대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1982년 : 미시간대학교 전산공학과
졸업 (공학석사)

1987년 : 미시간대학교 전산공학과
졸업 (공학박사)

1995년~1997년 : 퍼지 및 지능시스템학회 이사

1996년~1998년 : 정보과학회 컴퓨터비전 및 패턴인
식연구회 위원장

1997년 : IBM Waston Lab 방문연구원

2005년~2006년 : 한국정보과학회 이사

1987년~현 재 : 숭실대학교 미디어학과(교수)

관심분야 : 컴퓨터비전, 퍼지 및 신경망이론, 비디오
검색, 패턴인식, 인터페이스이전트, 지식기
반시스템 등