

분산차와 템플릿 수렴을 이용한 눈동자 추출에 관한 연구

백주호*, 박연출*, 오해석*
*송실대학교 컴퓨터학과
e-mail : parkpd@edunet.net

A Study on Extraction of Eyes using Difference of Variance and Template Convergence

Ju-Ho Baek*, Yeon-Chool Park*, Hae-Seok Oh*
*Dept. of Computing, Soong-Sil University

요 약

본 논문은 새로운 눈동자 추출 기법을 제안한다. 제시된 눈동자 추출기법은 분산과 분산차 그리고 템플릿의 수렴에 의한 방법을 사용하였다. 여기서 사용된 템플릿은 원이며 눈동자가 위치할 것으로 여겨지는 눈 영역을 수렴하면서 탐색한다. 수렴과 탐색은 지정한 반지름으로 수렴하기 전까지 반복해서 행해진다. 이때, 최적으로 선택되는 크기와 위치 값은 분산의 차가 가장 클 때의 템플릿으로부터 얻어진다.

1. 서론

인터넷이 보편화 되고, IT 비즈니스, 멀티미디어 콘텐츠 사업의 비중이 증대됨에 따라 얼굴인식이나 얼굴 자동생성, 얼굴 애니메이션 등 다양한 분야에 걸쳐 얼굴을 전자 세계에서 활용할 수 있는 방안들에 관해 연구되어져 오고 있다.

이러한 얼굴 관련 연구 분야에서 빼놓을 수 없는 토픽이 바로 눈동자 추출이다. 왜냐하면, 눈동자가 얼굴 중에서 가장 찾기 쉬운 객체이고, 오인할 확률도 적어서 항상 얼굴의 가장 기본적인 기준점이 되기 때문이다. 즉, 눈동자가 얼굴을 정규화하는데 대표적 기준점이 된다.

따라서, 본 논문은 얼굴의 기준점이 되는 눈동자를 찾기 위한 새로운 방법에 관하여 언급한다.

본 논문은 크게 입력된 정면의 사진에서 얼굴영역을 추출해 내는 과정과 분산과 분산차를 이용하여 눈동자의 위치와 크기를 알아내는 과정으로 나누어진다. 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

첫째, 정면의 입력된 인물 사진에서 얼굴 영역을 추출한다. 이때, 정확한 얼굴영역을 얻어내기 위해서 각 사진마다의 특성을 고려한 2 단계 얼굴 영역 추출 방식을 사용하였다. 둘째, 눈동자를 추출해 낸다. 눈동

자의 추출은 두 단계로 이루어지는데 각 단계는 분산차와 템플릿의 수렴에 의한 템플릿 매칭에 의해 이루어진다.

눈동자 추출에 관한 대표적인 연구로는 Hough Transform 과 Contour Correlation 방법을 이용한 연구[1]와 Deformable Template 를 이용한 연구[5]가 있다.

Hough Transform 과 Contour Correlation 방법을 Hough Transform 을 이용하여 눈동자 이미지를 원에 근접한 형태로 만들어서 눈 외의 부분을 제거하고 윤곽선과 원의 상관관계를 구해서 눈동자를 찾아내는 방법이다. 반면, Deformable Template 방법은 본 논문과 같이 템플릿을 이용한 방법으로 템플릿의 모양을 눈동자의 모양에 근접하도록 변형해 가면서 비교, 추출해 낸다.

하지만, 위의 논문들은 많은 계산량을 요구할 뿐만 아니라, 많은 연산자를 사용한 것에 비해 그다지 강한 성능을 보이지 못하고 있다. 또, 복잡한 알고리즘으로 인해 구현시간도 많이 요구된다는 단점을 갖고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 2 단계 얼굴영역 추출 기법에 대해서 설명하고 3 장에서는 눈동자 추출을 위한 전처리 과정으로 반사된 빛의 제거 과정을 설명하고, 분산차와 템플릿 수렴에 의한 눈동자 추출방식에 관해 설명한다. 4 장에서는 이 논문의

실험결과 및 분석에 대해 논하고 5 장에서는 결론을 맺는다.

2. 2 단계 얼굴 영역 추출

얼굴 영역을 추출하기 위해서는 사람의 얼굴이 갖는 컬러의 분포 형태를 가정하는 것이 우선 필요하다. 이에 본 논문에서는 약 200 장의 사진으로부터 HSI 컬러 스페이스의 벡터값 (h, s)을 얻어내어 이를 수치화 하는 작업을 수행하였다. 지금까지는 컬러 차트를 이용하여 컬러값을 얻어내는 방식을 사용하였으나 이 방식은 시간과 계산량이 많이 요구되는 단점을 가지고 있다.

이에 본 논문은 이전의 많은 논문이 사람의 얼굴이 갖는 컬러가 정규분포를 띤다고 가정하였으므로 굳이 컬러 차트를 사용할 필요가 없다는데 착안하여 평균과 분산(표준편차)만으로 사람의 얼굴의 분포를 수치화하여 사용하였다. 이는 기존의 논문이 얼굴의 영역을 찾아낼 때 유사한 얼굴 영역을 찾아내는 과정에만 컬러 차트를 사용하였는데 이는 계산량이 증가하여 결국에는 전체적인 분석시간의 증가만 초래하였다. 하지만, 본 논문이 제안하는 방식은 1 단계 추출에서는 컬러 분포를 정규분포라 가정하고, 평균과 표준편차를 이용하여 신뢰구간내의 유사 얼굴 영역을 추출하고, 그 영역내에서 일단 눈동자를 찾은 후, 단일 사진내에서 추출된 유사 얼굴 영역내에서 다시 한번 샘플링을 하여 그것을 차트화 하고 이를 통해 정확한 얼굴 영역을 얻어내는 2 단계 방식을 사용하였다.

이와 같은 방법을 사용하는 이유는 사람의 얼굴이 갖는 얼굴 컬러의 분포는 어느 정도 유사하지만 실제로 각 사진마다 갖는 얼굴의 분포는 사진별로 조금씩 차이를 보이기 때문이다. 이 차이는 각 사진마다 조명, 화장, 카메라의 종류, 찍는 사람의 능력에 따라 다르게 나타난다. 즉, 각 사진이 갖는 특성을 그대로 적용하여 얼굴을 추출하기 위해서는 그 사진내에서 직접 정보를 얻어내어야 한다는 결론을 얻을 수 있다. 이에 본 논문은 1 차적으로 통계적 모멘트 값을 이용한 얼굴 영역의 검출 후, 2 차적으로 다시 사진 내에서의 얼굴의 컬러 분포의 모멘트 값을 얻어내어 얼굴의 영역 및 윤곽을 추출해 내는 2 단계 컬러 샘플링 방식을 사용하였다.

본 논문에서 HSI Space 를 사용한 이유는 알려진 바와 같이 이 방식이 사람 시각의 컬러 인지 방식과 가장 흡사하기 때문이다.

얼굴 컬러의 추출은 HSI 값 중에서 HS 값을 벡터 형태로 취하였다.

N 이 샘플의 총 개수라고 할 때, 샘플 하나의 값은 $\{(h_i, s_i), i=1, \dots, N\}$ 이다. 여기서 명암값(Intensity)을 사용하지 않은 이유는 얼굴에서 명암값의 분포가 균일하지 못하고 얼굴 전체에 걸쳐 다양하게 퍼져있기 때문이다. 이는 조명이나 화장에 의해 영향을 많이 받기 때문이기도 하다. 따라서, 컬러값만을 사용하게 되면 조명이나 화장에 강한 장점을 갖는다.

얼굴색의 분포 모델을 얻기 위해 사용된 사진의

개수는 총 194 장 (남:97, 여:97)이며, 사진의 획득은 인터넷을 통해 이루어졌다. 모두 임의의 유저로부터 직접 제출받은 것들이다. 따라서, 랜덤하게 추출되어졌다고 볼 수 있다. 단, 사진의 크기 (가로, 세로 100 픽셀 이상)와 정면 사진이라는 전제가 있었다.

샘플링은 (그림 1)에서 보는 바와 같이 가능하면 얼굴 영역 전체에 걸쳐서 골고루 추출될 수 있도록 하기 위해, 사진에서 얼굴 부분 중 14 부분을 선택하여 직사각형 (20*30) 형태로 추출하였다.

600 픽셀, 총 $194 * 14 * 600 = 1,629,600$ 픽셀.

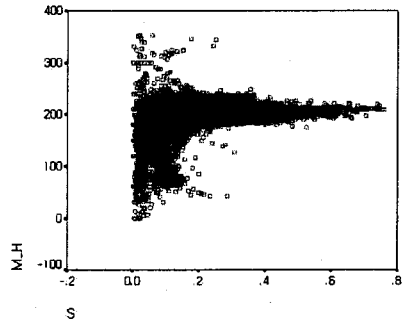
이 값들을 이용해 $E(H)$, $E(S)$, $Var(H)$, $Var(S)$ 를 구한 후, 이를 이용해 신뢰구간을 획득하였다.

신뢰구간은 $\bar{x} - 3\sigma < \mu < \bar{x} + 3\sigma$ 이다. 여기서, α 값을 0.01 로 했을 경우, 신뢰수준은 99%이고, 오차범위는 0.5% 이다.

(그림 2)는 Hue 와 Saturation 값을 정규화한 후에 2 차원 공간에 산포도로 표현한 것이다.



(그림 1) 살색 표본 추출



(그림 2) Hue 와 Saturation 산포도

3. 눈동자 추출

3.1 전처리

눈동자의 추출에 앞서 이목구비 영역의 추출이 선행되어야 하는데 명암의 수평, 수직 히스토그램 분석과 한국인의 평균 얼굴형 모델을 통하여 얻어질 수 있다[9]. 즉, 히스토그램을 이용하여 이목구비의 위치를 예측해 낸 후, 이 위치의 적합성의 판단을 위해 평균 얼굴형 모델의 수치가 사용되어졌다. 여기서 얻어진 눈의 부분영역이 눈동자의 추출시 사용되어지는 입력 영상으로 사용되어진다.

눈동자가 위치할 만한 후보 영역은 명암값의 수직 수평 프로젝션을 통해 얻어낼 수 있었다. 이렇게 얻어진 좌측눈 영역과 우측눈 영역이 각각 템플릿 매칭이 이루어지는 영역으로 사용된다. 이때 영역의 추출이 성공적으로 이루어졌는지 확인하기 위하여 한국인의 평균 얼굴형 모델을 판단에 이용한다. 만일 모델의 기준 수치에서 임계값(threshold)보다 크게 벗어나면 추출이 실패한 것으로 간주한다.

이렇게 얻어진 영역에 전처리 과정으로 눈동자에 반사된 빛을 제거하는 과정이 필요하다. 반사된 빛을 제거하는 이유는 만일 제거하지 않을 경우 흰 픽셀들에 의해 원래 크기보다 작은 눈동자를 추출하거나 아예 눈동자로 인식하지 못하는 경우가 발생하기 때문이다. 이는 눈이 흰자위와 검은 눈동자로 이루어졌으며 눈동자는 검은색이라고 가정하였기 때문에 발생한다. 따라서 흰 픽셀들을 흰자위로 오인할 확률이 그만큼 높아질 수 있다는 얘기이다.

반사된 빛의 제거는 3*3 마스크의 최소값을 이용하여 쉽게 얻어낼 수 있다.

$$f'(x, y) = \min_{i=-d, d, j=-d, d} f(x+i, y+j) \quad (1)$$

3.2 눈동자 탐색 과정

눈동자의 추출은 얼굴인식 분야에서 중요한 파트중의 하나이다. 왜냐하면, 사진에서 얻어낼 수 있는 가장 신뢰할 만한 특징점일 뿐만 아니라 눈동자 사이의 거리가 여러 장의 사진들을 정규화하는데 가장 기본이 되는 기준치가 되기 때문이고, 또한 사진 속 얼굴의 수평을 맞추는데도 사용되기 때문이다.

본 논문에서는 눈동자를 찾기 위해 템플릿 매칭을 사용하였다. 템플릿은 크기가 가변적인 정원(Circle)을 사용하였다.

눈동자를 찾기 위해 사용된 템플릿의 수식(2)은 다음과 같다. r 의 값이 작아짐에 따라 템플릿의 크기가 n 으로 수렴한다.

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 &\leq r^2, \text{ where } x=1,2,\dots, N1 \\ y &= 1,2,\dots, N2 \\ r &= 15, 14, \dots, n \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, x, y 는 각각 이미지의 수평, 수직 인덱스이며, r 은 반지름을 의미한다.

이렇게 얻어진 템플릿의 특징 벡터 (X, Y, R, S, V) 값을 이용하여 최적의 눈 후보를 찾아내게 된다. 여기서, S 는 반지름이 같은 템플릿 내에서의 최적의 후보를 찾는데 사용되는 모멘트 값이고, V 는 반지름이 서로 다른 템플릿 중에서 최적의 후보를 찾기 위해 사용되는 모멘트 값이다. V 값으로 본 논문에서는 2차 모멘트(분산)를 사용하였다. 분산을 사용한 이유는 눈은 하얀색 흰자와 검은색 눈동자로 구성되어지기 때문에 최적의 눈동자의 크기를 얻어냈다고 했을 때, 명

암의 변화율이 가장 낮기 때문이다. 또, 단순히 같은 반지름을 갖는 템플릿 중에서 분산값이 가장 작은 템플릿을 선택하는 것이 아니라, r_{L1} 의 분산과 r_i 의 분산의 차가 가장 클 때의 원을 최적의 원으로 보았다. 이렇게 두 단계의 비교 과정을 거침으로써 명암 이미지에서 검은 눈동자를 가장 최적으로 포함하는 눈동자의 후보를 찾아낼 수가 있다. 여기서, 수렴과 탐색은 지정한 반지름으로 수렴하기 전까지 반복해서 행해진다.



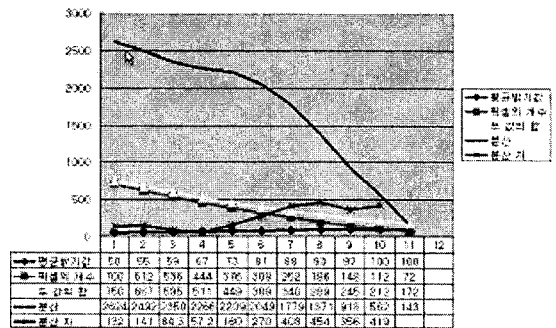
(그림 3) 탐색 과정 (템플릿 사이즈의 수렴)



(그림 4) 추출된 눈동자의 위치와 크기

(그림 3)는 템플릿의 반지름을 수렴시켜가면서 S 값을 비교, 값이 가장 큰 지점을 표시한 것이다.

(그림 4)는 각 반지름별 최적해끼리 분산차를 구하여 분산차가 가장 큰 최종 최적해를 표시하고 있다. 눈동자의 위치와 크기를 동시에 얻어낼 수 있다는 것을 알 수 있다. (그림 5)는 템플릿의 각 반지름별 분산 및 반지름간의 분산차를 그래프 형태로 표현한 것이다. 보이는 바와 같이 그래프상에서 분산차가 최대가 되는 지점이 최적해로 선택되어진다.



(그림 5) 분산과 분산차의 그래프

이렇게 얻어진 눈의 좌표를 이용하여 이미지를 다시 회전시킨다. 회전을 시키는 이유는 얼굴의 수평을 맞추기 위해서이다.

눈동자가 얼굴 중에서 가장 찾기 쉬운 객체이고, 오인할 확률도 적기 때문에 눈동자가 항상 얼굴의 가장 기본적인 기준점이 된다.

4. 실험 결과 및 분석

실험에 사용된 사진은 총 194 장 (남:97, 여:97)이었고, 사진의 획득은 모두 인터넷을 통해 이루어졌다. 모두 임의의 유저로부터 직접 제출받은 것들이다. 따라서, 랜덤하게 추출되어졌다고 볼 수 있다. 단, 사진

의 크기 (가로, 세로 100 픽셀 이상)와 정면 사진이라는 전제가 있었다.

실험 후 분석한 눈동자 추출의 성공률은 다음과 같다 <표 1>.

보는 바와 같이 눈의 위치 판별의 성공률은 96%로 비교적 높은 것으로 나타났다. 한쪽 눈만 추출된 경우를 빼더라도 88%의 높은 성공률을 보였다.

<표 1> 얼굴영역 추출 성공률

사진 개수	모두 성공	한쪽만 성공	실패
183	161(88%)	15(8%)	7(4%)



(그림 6) 눈동자 추출 결과

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 새로운 눈동자 추출 기법을 제시하였다. 제시된 눈동자 추출기법은 분산과 분산차 그리고 템플릿의 수렴에 의한 방법을 사용하였다. 여기서 사용된 템플릿은 원이며 눈동자가 위치할 것으로 여겨지는 눈 영역을 수렴하면서 탐색한다. 수렴과 탐색은 지정한 반지름으로 수렴하기 전까지 반복해서 행해진다. 이때, 최적해로 선택되는 반지름과 위치값은 분산의 차가 가장 클 때의 템플릿으로부터 얻어진다.

제안한 방법을 구현하여 실험한 결과, 높은 성공률을 보였으며, 이는 기존 논문에서처럼 정확한 눈동자의 모양을 찾아내어야 하는 경우를 제외한다면 상당히 만족할 만한 결과로 볼 수 있다.

향후 연구계획은 기울어진 얼굴과 측면얼굴에서 얼굴영역과 눈동자를 추출하는 것이다.

참고문헌

[1] Mariani, R., "Subpixellic Eyes Detection," RWC Technical Report, 1999.
 [2] Francesco G.B. De Natale, Daniele D. Giusto and Fabrizio Maccioni, "A Symmetry-Based Approach To Facial Features' Extraction," IEEE, 1998.
 [3] K. Sobonka and Pitas, "Face Localization and Facial Feature Extraction Based on Shape and Color Information," Proc. IEEE Conference on Image

Processing Lausanne, 1996.
 [4] Jianming Hu, Hong Yan and Mustafa Sakalli, "Facial Feature Extraction from Head-Shoulder Images," The Fifth International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision(ICARCV '98) Singapore, pp.9-11, December, 1998.
 [5] A. Yuille, D. Cohen, and P. Hallinan, "Feature extraction from faces using deformable templates," IEEE Computer Soc. Conf. on Computer Vision and Patt. Recog., pp.104-109, 1989.
 [6] H. Demirel, T. J. W. Clarke and P.Y.K. Cheung, "Automation Segmentation of Training Set for Facial Feature Detection," International Conference on Information, Communication and Signal Processing ICICS '97 Singapore, pp.9-12, September 1997.
 [7] Rein-Lien Hsu, A.K. Jain, M. Abdel-Mottaleb, "Face detection in color images," IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, VOL. 24, NO.5, pp.696-706, 2002.
 [8] Ming-Hsuan Yang, D.J. Kriegman, N. Ahuja, "Detecting faces in images: a survey," IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, VOL. 24, NO.1, pp.34-58, 2002.
 [9] 조용진, '얼굴, 한국인의 낮', 사계절 출판사, 1999.
 [10] 김영일, 이웅주, "얼굴피부색, 얼굴특징벡터 및 안면각 정보를 이용한 실시간 자동얼굴검출 및 인식 시스템", 정보처리학회논문지, 9-B 권, 4 호, 2002.
 [11] 장경식, "얼굴의 특성을 반영하는 휴리스틱 평가 함수를 이용한 얼굴 특징 검출", 정보처리학회논문지, 8-B 권, 2 호, 2001.
 [12] 이옥경, 박연출, 김성호, 오해석, "얼굴 특징 추출을 위한 캐리커처 자동 생성", HCI 2001, 2001.
 [13] 이옥경, "얼굴 특징정보를 이용한 캐리커처 자동 생성 시스템", 숭실대학교 석사학위 논문, 2002.
 [14] 최내원, 오해석, "실시간 칼라영상에서 객체추출 및 추적", 정보처리학회논문지, 10-B 권, 1 호, pp.81-86, 2003.