

AAM 및 비등방성 평활화를 이용한 안경 검출

Robust Glasses Detection using AAM and Anisotropic Smoothing

전승선¹, 조성원, 정선태²

¹홍익대학교 지능정보 처리 연구실
go21@naver.com

²승실대학교 정보통신전자공학부
cst@ssu.ac.kr

요 약

강인한 얼굴 인식 시스템을 만들기 위해서는 안경의 제거가 중요한 요소이다. 이를 위해서는 뛰어난 성능의 안경 검출 방법이 필수적이다. 본 논문에서는 안경의 유무 판단에 관한 새로운 방법을 제안한다. 영상은 조명 부분과 반사부분의 곱으로 이루어져 있다. 얼굴의 경우 안경 고유의 반사계수와 얼굴 고유의 반사계수가 다른 점에 착안하여 anisotropic smoothing 방법을 이용하여 입력 얼굴 영상에서의 반사 부분을 얻고, 이를 이용하여 안경의 반사 부분을 얼굴의 반사부분에서 검출한 뒤 이진화한다. 이후, 이진화된 안경 픽셀 수를 이용하여 안경의 유무를 판단한다.

Key Words : 안경 제거, 비등방성 평활화, 얼굴 영상, 이진화, AAM

1. 서 론

지난 30년 이상 동안 얼굴 인식에 대한 많은 연구가 수행되어 왔다[1,2]. 이러한 연구 결과는 제한된 환경에서는 인식률이 높은 얼굴 인식 연구 결과들을 보여주고 있으나[1,2] 다양한 조명 상황, 얼굴 자세, 얼굴 표정, 안경 착용 등에 대해서 강인한 얼굴 인식 알고리즘 개발은 더 연구가 필요하다는 것을 알려 주고 있다.

안경 착용의 경우, 얼굴 인식에 적지 않은 영향을 미치므로, 안경 착용 여부를 판단하여 안경 착용 시에 이를 제거하여 얼굴 인식에 활용하려는 연구가 많이 진행되어 왔다. 안경 제거를 위해서는 먼저 안경 착용 여부를 판별하여야 한다. 그런데, 얼굴에서의 안경 검출은 다양한 안경 모양 및 재질, 얼굴 모습과 안경의 복잡한 조합, 조명 영향, 얼굴 자세 영향 등으로 인해 쉽지 않다.

Jiang et al.[3] 은 안경 검출을 위해 두 눈 사이 영역을 안경 존재 가능성 영역으로 제안하고 이 영역에서의 에지 픽셀들을 조사하여 주어진 문턱값을 넘으면 안경이 존재하는 것으로 판정하는 안경 검출 방법을 제안하였다. 이 연구는 정면 얼굴 이미지에 대해서만 테스트하였으면 정확한 눈좌표 검출을 요구하였다. 조명 변화에 대한 고려는 하지 않았다.

Jing and Mariani[4] 은 [3]에서 제안한 방법과 동일하게 안경 코 받침(nosepiece)이 발견되는 두 눈 사이의 영역에 대해 소벨 에지 연산자를 적용하여 수직 방향 성분을 갖는 픽셀의 개수가 문턱값을 넘으면 안경이 존재하는 것으로 판별하였다. [3]과 [4]의 방법은 안경의 존재를 두 눈 사이의 영역에서 검출되는 에지가 주로 안경 브리지 또는 안경 코 받침 때문으로 판단하여, 검출된 에지 픽셀이 일정량 이상이면 안경이 존재하는 것으로 판별하고 있다. 그러나 코, 눈썹, 눈, 얼굴 주름, 얼굴 표정 및 조명 등에 따라 해당 영역에 검출될 수 있는 에지에 대한 것은 고려하지 못하고 있다.

Z. Jing et al.[5]와 C. Wu et al.[6], H. Wu et al.[7], B. Wu et al.[8] 등도 각자 안경 검

이 논문은 2007년도 홍익대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

출 방법을 제안하였으나 모두 선행 학습이 필요하며, 경우에 따라서 학습 방법이 복잡하다.

본 논문에서는 선행 학습이 필요하지 않으면서 조명 및 자세에 대해 비교적 강인한 안경 검출 방법을 제안하고 실험을 통해 제안된 방법의 효율성을 증명하였다.

2. Anisotropic Smoothing

2.1 Anisotropic diffusion

Anisotropic diffusion 방법은 Perona와 Malik에 의해 1990년에 소개되었다.[9] 선형 확산 필터링과 같은 기존의 영상 개선 방법들은 잡음에 약하기 때문에 여러 가지 문제들이 발생하였다. Anisotropic diffusion은 잡음을 줄이는 과정에서 에지를 고려하여 확산을 하기 때문에 에지를 유지하면서 잡음을 줄일 수 있게 한다.

$$I_t = \text{div}(c(x,y,t)\nabla I) = c(x,y,t)\Delta I + \nabla c \cdot \nabla I \quad (1)$$

여기서 div는 divergence operator이며 ∇ 와 Δ 은 각각 the gradient 와 Laplacian operators를 의미한다. c 는 밝기값의 기울기에 대한 함수이다.

2.2 영상의 반사 부분

다음은 본 논문의 조명 전처리 방법 이해에 필요한 anisotropic smoothing 방법을 이용한 영상의 반사 부분을 구하는 방법을 간략히 소개한다. 이미지 $I(x,y)$ 는 반사부분 $R(x,y)$ 와 조명부분 $L(x,y)$ 의 곱으로 표현될 수 있지만 이것은 잘못 정의된 문제이다. 이 문제의 근사치를 구하기 위해 Gross and Brajovic[10]는 1) 인간의 시각이 반사부분에는 민감한 반면 조명 부분에는 민감하지 못하다는 것과 2) 인간의 시각이 전체적인 명도값의 변화보다는 명도값의 지역적 대비에 더 민감하다는 가정하에 조명부분 $L(x,y)$ 를 다음의 비용함수를 최소화 하는 해로 구하였다.

$$J(L) = \int \int \rho(x,y)(L - I)^2 dx dy + \lambda \int \int (L_x^2 + L_y^2) dx dy \quad (2)$$

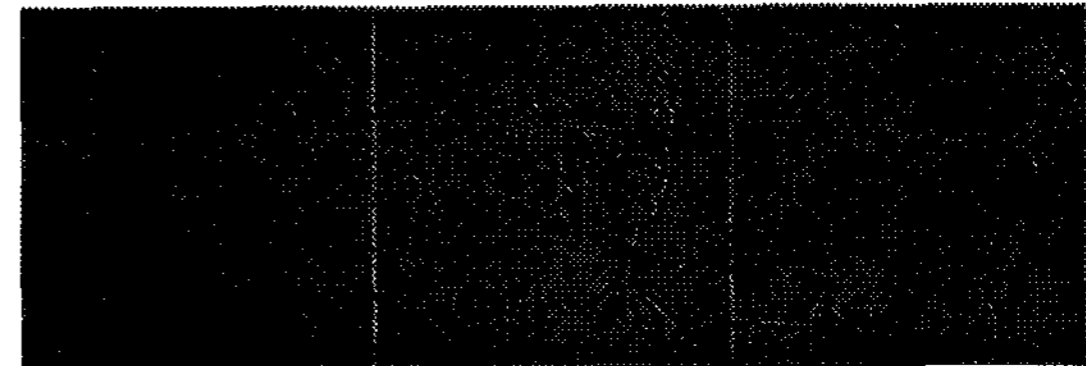
식 (2)는 $L + \frac{\lambda}{\rho} (L_{xx} - L_{yy}) = I$ (3)를 만족하며, 이를 수치적으로 푸는 경우에는 다음을 만족한다.

$$L_{i,j} + \lambda \left[\frac{1}{h \rho_{i,j-\frac{1}{2}}} (L_{i,j} - L_{i,j-1}) + \frac{1}{h \rho_{i,j+\frac{1}{2}}} (L_{i,j} - L_{i,j+1}) + \frac{1}{h \rho_{i-\frac{1}{2},j}} (L_{i,j} - L_{i-1,j}) + \frac{1}{h \rho_{i+\frac{1}{2},j}} (L_{i,j} - L_{i+1,j}) \right] = I_{i,j} \quad (4)$$

이 때, ρ 는 $\rho_{a,b} = \frac{|I_a - I_b|}{\min(I_a, I_b)}$ 와 같이 보통 weber 상수로 근사화 한다. 식 (4)를 통해 $L(x,y)$ 를 구한 뒤에 $R(x,y) = \frac{I(x,y)}{L(x,y)}$ 를 통해 영상의 반사부분을 구한다.



(1) 정규화 된 얼굴 영상



(2) 반사 부분

그림 1. 입력 영상의 반사 부분 구하기

3. 제안하는 안경 판별 방법

3.1 얼굴 영역의 이진화

먼저 이미지가 들어오면 얼굴 영역을 찾아내고, 얼굴이 틀어져 있으면 얼굴을 바로한 후 두 눈을 찾은 다음 얼굴의 두 눈을 중심으로 256 by 256으로 얼굴 크기를 그림 1-1과 같이 정규화 한다. 얼굴 검출은 adaboost algorithm을 이용하였다. 정규화 된 얼굴 영역에 대하여 그림 1-2와 같은 반사 부분을 구한다. 이제 구해진 반사 부분을 이진화 한다. 여기서 얻어진 이진화 이미지는 조명에도 매우 강하다.[11] 이진화 하는 방법은 다음 단계와 같다.

step1. 구해진 영상의 반사 부분에서 명암 대비를 높여서 영상 내 상대적으로 큰 값을 갖는 부분과 작은 값을 갖는 부분의 차를 더 증가시키기 위해 1.5배를 곱해준다.

step2. 그 다음 최소값 필터링 통해 상대적으로 더 어두운 객체를 강조하며 동시에 영상 내의 스파이크를 제거한다.

step3. 영상 내에서 어두운 부분과 밝은 부분의 윤곽선을 모두 검출하기 위해 영상의 히스토그램 누적합이 가장 큰 화소값(max)을 구하여 영상 $I(x,y)$ 에서 다음과 같은 계산을 통해 절대값 이미지를 얻는다.

$$ABS(i,j) = |I(i,j) - \max|$$

(5)

step4. 식(5)를 통해진 절대값 이미지를 OTSU 방법으로 이진화 한다.

step5. 이진화한 영상에 닫힘연산을 수행함으로써 영상의 객체를 강조한다.

구해진 이진화 영상은 다음과 같다.



(1) 원 영상을 이진화



(2) 히스토그램 평활화 후 이진화



(3) 제안하는 이진화 방법

그림 2. 제안하는 이진화 방법

그림 2-3와 같이 이진화를 적용한 결과가 다른 방법에 비해 다양한 조명하에도 얼굴의 특징을 잘 추출하는 것을 볼 수 있다.

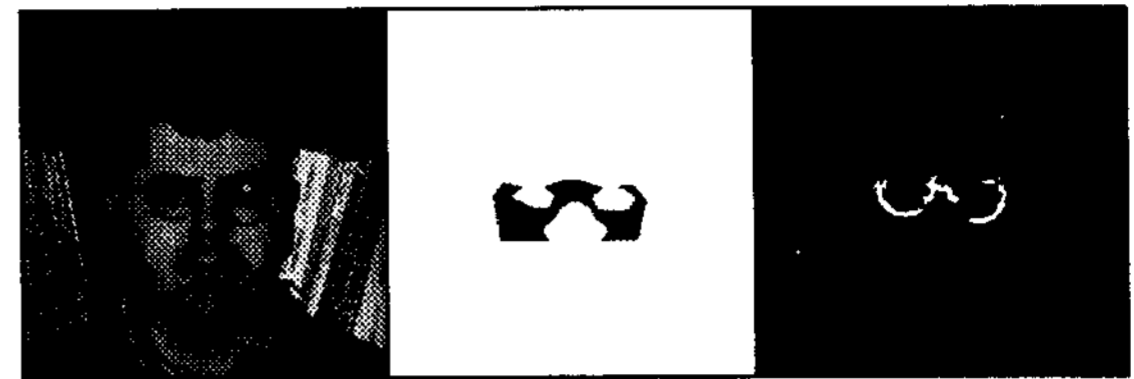
3.2 안경 마스크 적용

그림 2-3과 같이 이진화를 적용한 영상을 구한 후 안경을 다른 특징과 구분시키기 위하여 안경 후보 영역을 고려한 얼굴의 자세에 따라 달라지는 동적 마스크를 만든다.

AAM을 통해 얻어진 특징점을 이용해서 각 얼굴 이미지에서 안경이 있을 수 있는 안경 후보 영역 동적 마스크를 만든다. 이 동적 마스크는 눈 부근 영역으로 눈 부분과 코 부분을 뺀 것으로 이루어지며, 이진 값을 갖는다.

이 동적 마스크를 만드는 방법은 먼저 AAM으로 검출된 눈 부분 윤곽 (눈, 얼굴 윤곽, 코 등으로 구성된 영역) 점들로 convex hull을 만든 후, AAM에서 검출된 눈 영역, 그리고 코 부분 영역을 빼서 만든다. 이때 눈 영역은 에러 가능성을 고려하여 AAM에서 검출된 눈 영역보다 좀 더 크게 하였으며, 코 부분은 코 영역을 충분히 고려하여 뺐다. 이렇

게 만들어진 동적 마스크를 이진화 된 영상에 적용하여 안경의 특징 부분만을 구한다.



(a) (b) (c)

그림 3. 동적 마스크를 적용한 안경후보영역

(a) 정규화 영상

(b) 동적 마스크

(c) 결과 영상

3.3 안경 판별

그림 3. (c)와 같은 안경후보영역을 구한 다음 이것을 이용해서 두 가지 방법을 융합함으로써 안경의 특징을 최대한 활용해서 안경 여부를 판별한다. 첫 번째 방법은 안경의 특징이 가장 잘 나타나는 안경 코 받침(nosepiece)이 발견되는 두 눈 사이의 영역의 픽셀 수를 이용하는 것이고, 두 번째 방법은 전체적으로 검출된 안경 특징의 픽셀 수를 이용하는 방법이다. 두 방법 모두 안경 특징의 픽셀수를 세어서 Lower threshold와 Upper threshold를 구한다. 이때 문턱값을 구하는 방법은 안경의 템플릿을 만들고 이 템플릿을 기준으로 코 받침 사이와 전체 안경 영역에 있는 안경 특징의 픽셀수를 구하여 이것의 특징을 이용하여 정한다.

구해진 문턱값을 기준으로 Lower threshold 보다 낮은 것은 안경이 아닌 것으로 Upper threshold 보다 큰 것은 안경으로 판단한다. 이때 무테안경의 경우는 안경의 코 받침의 특징이 강하고 전체 안경의 특징은 잘 검출되지 않으므로 코 받침에 확실한 안경의 특징이 나타나는 경우에는 안경으로 판단하며 그 다음 코 받침 영역으로 판단하기 어려운 경우에는 두 번째 방법을 이용해서 전체적인 안경의 특징을 이용한다. 두 번째 방법으로도 어려운 경우에는 세 번째로 첫 번째와 두 번째 방법을 융합시켜서한다.

$$value = \frac{1}{2} \times \left[\frac{n1 - T_{h1}}{T_{h1} - T_l} + \frac{n2 - T_{h2}}{T_{h2} - T_l} \right]$$

value: 방법1과 방법2의 융합된 안경 특징수
 T_{l1} : 첫 번째 방법의 Lower Threshold
 T_{ul1} : 첫 번째 방법의 Upper Threshold
 T_{l2} : 두 번째 방법의 Lower Threshold
 T_{ul2} : 두 번째 방법의 Upper Threshold
 $n1$: 첫 번째 방법에서 검출된 안경 특징수
 $n2$: 두 번째 방법에서 검출된 안경 특징수

(6)

식 (6)과 같이 새로운 첫 번째 방법과 두 번째 방법의 안경 특징수를 정하면 0에서 1사이로 값이 정해진다.

4. 실험 및 결과

4.1 실험

제안하는 안경 검출 방법을 실험으로 검증하기 위해 Georgia Tech 얼굴 데이터베이스를 사용하였다. Georgia Tech 얼굴 데이터베이스는 50명 대해 다양한 조명과 표정, 자세를 갖는 750장의 이미지이며, 3개월 이상의 시간 간격을 두고 구성되었다. 각 이미지는 640×480 해상도의 JPEG 포맷을 갖는다. 본 논문을 위해 필요한 안경을 착용한 이미지는 160장이며 착용하지 않은 이미지는 590장이다.

표 1. 제안하는 안경 검출 방법 실험 결과

방법 \ 결과	안경(%)	비안경(%)	전체(%)
sobel	90.625	94.24	93.47
제안하는 방법	99.375	99.83	99.73

4.2 결론

본 논문에서 제안한 방법은 조명에 대한 영향을 최소화하기 위해 영상의 반사 부분을 이용해서 안경의 특징을 검출하였고, 얼굴 자세에 독립적으로 작동하도록 각 자세에 따라서 다른 동적 마스크를 적용해서 안경의 특징을 검출하였다. 또한, 안경의 특징을 잘 반영하도록 안경의 부분적인 특징과 전체적인 특징을 모두 이용하여 안경 여부를 판단하여 더욱 뛰어난 결과를 얻게 되었다. 실험 결과 자세와 조명이 다양해도 기존 방법에 비해 성능이 매우 우수함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] W. Zhao, R. Chellappa, A. Rosenfeld, P.J. Phillips, Face Recognition: A Literature Survey, ACM Computing Surveys, 2003, pp. 399-458.

[2] S. Z. Li and A. K. Jain, Handbook of Face Recognition, Springer, 2004.
 [3] X. Jiang, M. Binkert, B. Achermann, and H. Bunke, "Towards detection of glasses in facial images," Proc. of 14th Int. Conf. on Pattern Recognition, Vol.2, pp.1071-1073, 1998.
 [4] Z. Jing and R. Mariani, "Glasses detection and extraction by deformable contour," Proc. of 15th Int Conf. on Pattern Recognition, Vol.2, pp.933-936, 2000.
 [5] Z. Jing, R. Mariani and J.Wu, "Glasses Detection for Face Recognition Using Bayes Rules," Proc. of 3rd Int. Conf. on Advances in Multimodal Interfaces, pp. 127 - 134, 2000.
 [6] C. Wu, C. Liu, and J. Zhou, "Eyeglasses Verification by Support Vector Machine," Proc. of 2nd IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia: Advances in Multimedia Information Processing, pp. 1126 - 1131, 2001.
 [7] H. WU, G. Yoshikawa, and T. Shioyama, "Glasses Frame Detection with 3D Hough Transform," Proc. of 16th Int. Conf. on Pattern Recognition, Vol.2, pp.346-349, 2002.
 [8] B. Wu, H. AI and R. Liu, "Glasses Detection by Boosting Simple Wavelet Features," Proc. of the 17th Int. Conf. on Pattern Recognition, Vol.1, pp. 292- 295, 2004.
 [9] P. Perona and J. Malik, "Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion," IEEE. Trans. Patt. Anal. and Machine Intell., Vol.12, No.7, pp.629-639, 1990
 [10] R.Gross and V. Brajovic, "An Image Preprocessing Algorithm for Illumination Invariant Face Recognition," Int. Conf. on Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication, 2003.
 [11] V. Brajovic, "Brightness Perception, Dynamic Range and Noise a Unifying Model for Adaptive Image Sensors", Proc. of the 2004 Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.