
Rank Order Filter와 화소값 차이를 이용한 강인한 눈동자 검출

장경식*

Robust Pupil Detection using Rank Order Filter and Pixel Difference

Kyung-Shik Jang*

이 논문은 2011학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(2011AA200)

요 약

이 논문에서는 얼굴 영상에 대해 rank order 필터와 화소 값 차이를 사용하여 강인하게 눈동자를 찾는 방법을 제안한다. 개선된 rank order 필터를 사용하여 얼굴 영상에서 눈동자 후보점을 찾는다. 눈동자와 흰자위의 경계에서 화소값 변화가 크다는 사실을 이용하여 눈썹 등 눈동자가 아닌 위치에 있는 눈동자 후보점들을 제거한다. 눈동자 후보점을 두 점간의 거리와 각도를 이용하여 쌍으로 묶고 눈동자 영역에서의 밝기 정보를 이용한 적합도 함수를 적용하여 최종 눈동자를 추출한다. BioID 얼굴 데이터베이스에 있는 얼굴 영상 400개에 대한 실험 결과 90.25%의 눈동자 추출율을 보여 기존 방법보다 4% 개선된 결과를 얻었으며, 특히 안경을 착용한 얼굴 영상의 경우 기존 방법보다 약 12% 개선된 결과를 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a robust pupil detection method using rank order filter and pixel value difference in facial image. We have detected the potential pupil candidates using rank order filter. Many false pupil candidates found at eyebrow are removed using the fact that the pixel difference is much at the boundary between pupil and sclera. The rest pupil candidates are grouped into pairs. Each pair is verified according to geometric constraints such as the angle and the distance between two candidates. A fitness function is obtained for each pair using the pixel values of two pupil regions, we select a pair with the smallest fitness value as a final pupil. The experiments have been performed for 400 images of the BioID face database. The results show that it achieves more than 90% accuracy, and especially the proposed method improves the detection rate and high accuracy for face with spectacle.

키워드

눈동자 검출, rank order 필터, 눈 마스크, 적합도 함수

Key word

eye detection, rank order filter, eye mask, fitness function

* 정회원 : 동의대학교 멀티미디어공학과 교수(ksjang@deu.ac.kr)

접수일자 : 2012. 02. 07

심사완료일자 : 2012. 03. 20

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.7.1383>

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

얼굴 특징 검출 기술은 검출된 얼굴 영역을 검증하고, 얼굴 인식을 위한 정보를 검출하는 등 여러 응용분야에 적용할 수 있는 중요한 기술이다. 얼굴의 특징으로는 눈, 코, 입, 귀, 얼굴의 윤곽선 등을 들 수 있는데 그 중 눈은 얼굴 인식에 있어서 중요한 요소가 되며, 눈 검출의 에러가 얼굴 인식률에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[1]. 특히, 얼굴 인식 시스템의 경우 얼굴이 검출되면 이를 일정한 사이즈로 정규화하는 것이 필요하며, 이 과정에서 눈은 가장 확실한 특징점이기 때문에 눈 좌표 검출은 정규화 과정에 앞서 매우 중요한 과정이다[1]. 또한, 최근에는 눈동자를 추출하여 자동차 운전자의 졸음운전 방지에 적용하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다.

Yuile는 얼굴 영상에 가변 형판(deformable template)을 적용하여 눈 모양 및 위치를 검출하는 방법을 제안하였다[2]. 눈의 형태에 관한 여러 가지 에너지 함수를 정의하였으며, 이들을 반영한 최적화 방법을 사용하여 눈동자를 검출하였다. 이러한 Yuile의 가변 형판 정합 방법은 이후 다른 많은 연구에서 사용되었으며[3, 4], 이는 눈 형태 모델을 디자인하여, 다양한 형판에 대한 순환적 처리에 의해 눈 위치를 얻어내는 방법이었다. 몇 가지 연구는 좋은 눈동자 추출 결과를 얻었지만, 이 방법들은 다양한 형태의 가변 형판을 사용함으로써 처리 시간이 많이 소요되었다.

A. Pentland et al. 은 eigenspace를 사용하는 방법을 제안하였다[5]. 이 방법은 가변 형판 정합 방법보다 좋은 결과를 보였지만 학습 데이터에 민감한 단점이 있다. 유전자 알고리즘에 기반한 눈동자 검출 방법들도 제안되었다[6, 7, 8]. 이 방법들은 형판 정합을 이용하여 눈동자를 검출하였다. 형판의 위치는 교배(crossover) 연산과 돌연변이(mutation) 연산을 사용하여 위치가 조정된다. 그러나 교배(crossover) 연산과 돌연변이(mutation) 연산의 결과는 일관적이지 못하기 때문에 눈동자 추출결과도 한 일관적이지 못하다.

Zhou and Geng[9]는 일반화된 투영함수를 사용하여 눈동자를 추출하였다. 투영함수는 integral projection 함수와 variance projection 함수를 결합하여 구성하였다. 또한, hybrid projection 함수를 함께 사용하여 눈동자를 추

출하였다.

Jianfeng Ren[10]는 rank order filter를 사용하여 눈동자를 검출하는 방법을 제안하였다. 눈동자를 찾기 위한 눈 형판은 원 형태의 눈동자 형판과 이를 둘러싸는 공막(sclera) 형판으로 구성된다. 얼굴 영역의 윗부분에 형판을 적용하여 눈동자 후보점을 찾는다. 눈동자에 해당하는 화소들의 rank order 필터 출력과 공막에 해당하는 화소들의 rank order 필터 출력의 차이값이 큰 화소를 눈동자 후보점으로 정한다. 이들 눈동자 후보점들은 쌍으로 묶여지고 기하학적 제약조건을 이용하여 눈동자를 찾는다. Ling etc[11]은 개선된 rank order 필터와 투영을 이용한 눈동자 추출방법을 제안하였다. 눈동자 형판은 타원 모양으로 구성하였으며 이를 이용하여 눈동자 후보점을 찾는다. 눈동자 후보점들에 투영함수를 적용하여 최종 눈동자를 찾는다.

이 논문에서는 rank order 필터와 화소 값 차이를 사용하여 강인하게 눈동자를 찾는 방법을 제안한다. 개선된 rank order 필터를 사용하여 얼굴 영상에서 눈동자 후보점을 찾는다. 눈동자 후보점은 눈썹 등과 같은 실제 눈동자가 아닌 부분에서도 발견된다. 이에 따라 검은 눈동자와 흰자위와의 경계에서 화소값 변화는 크지만, 눈썹의 경우에는 특히 수평방향으로 화소값 변화가 작다는 사실을 이용하여 이들 부분에 있는 눈동자 후보점들을 제거한다. 두 눈동자 후보점을 두 점간의 거리와 각도 등의 기하학적인 제약조건을 기반으로 쌍으로 묶고 눈동자 영역에서의 밝기 정보를 이용한 적합도 함수를 적용하여 눈동자를 추출한다. 실험 결과 90.25%의 높은 눈동자 추출율을 보였으며 기존 방법보다 약 4% 개선된 결과를 얻었으며, 특히 안경 착용 영상의 경우 약 12%의 개선 결과를 얻었다.

II. 눈동자 검출

2.1. 눈동자 후보점 검출

rank order 필터는 중간값 필터(median filter)와 유사하게 작용하는 비선형 필터이다. 간단한 3*3 마스크(mask)를 사용하는 경우, 마스크는 영상의 전 영역에 걸쳐 화소단위로 이동한다. 이동하는 각 순간에 마스크 내부의 화소값들을 취한 후, 크기 순으로 정렬하고 γ 번째

화소값을 마스크 중앙 위치의 화소값으로 대체한다. γ 는 다음과 같이 결정된다. $\lfloor x \rfloor$ 는 x 보다 크지 않은 정수일 때, $\gamma = \lfloor 3*3*\alpha \rfloor$ 이며, $0 < \alpha < 1$ 이다. α 는 rank order 필터의 계수이다. $\alpha = 0.5$ 일 때 rank order 필터는 중간값 필터이다.

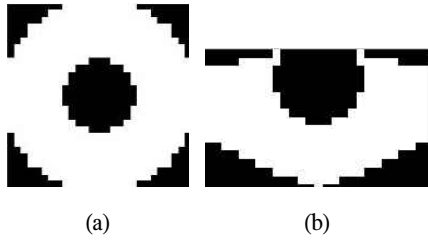


그림 1. 눈 마스크
Fig. 1 Eye mask

눈동자 후보점을 추출하기 위하여 Jainfeg Ren 은 (그림 1)의 (a)와 같은 형태의 마스크를 사용하였으나 이 논문에서는 일반적인 눈의 형태에 보다 유사한 (b)와 같은 형태의 마스크를 사용하였다. 가운데 원형 부분은 눈동자에 해당하는 부분으로 E 로 표시하고, 눈동자 영역을 둘러싸는 흰 부분은 눈의 흰자위에 해당하는 부분으로 S 로 표시한다.

마스크의 눈동자 반지름 D 는 (식 1)과 같고, 마스크의 폭 W 와 H 는 (식 2)와 같다. (식 1)에서 W_F 는 추출된 얼굴의 폭이고 $\lambda = 0.08$ 이다. (식 2)에서 $\gamma = 0.6$ 이다.

$$D = \frac{\lfloor \lambda W_F \rfloor}{2} \quad (1)$$

$$W = \lfloor 2.5\lambda D \rfloor, H = \left\lfloor \gamma D + \frac{W}{2} \right\rfloor \quad (2)$$

마스크가 놓여진 위치에서 마스크의 눈동자에 해당하는 화소들의 rank order 필터 출력과 흰자위에 해당하는 화소들의 rank order 필터 출력을 구한다. 좌표 (x, y) 에서의 밝기값을 $I(x, y)$ 라고 하였을 때, 눈동자 영역에 대한 rank order 필터의 출력은 (식 3)과 같이 계산된다. E 는 눈동자 영역의 화소들이고 $\alpha = 0.6$ 이며 이는 눈동자 영역에 대한 rank order 필터의 계수이다.

$$R_e = \text{rank}_{\alpha}^{(x, y) \in E} \{I(x, y)\} \quad (3)$$

눈동자 영역을 둘러싸는 흰자위 영역에 대한 rank order 필터 출력은 (식 4)와 같이 계산된다. S 는 흰자위 영역의 화소들이고 $\beta = 0.6$ 이며 이는 흰자위 영역에 대한 rank order 필터의 계수이다. rank order 필터의 검출 값은 (식 5)와 같이 계산된다.

$$R_s = \text{rank}_{\beta}^{(x, y) \in S} \{I(x, y)\} \quad (4)$$

$$R(x, y) = R_s(x, y) - R_e(x, y) \quad (5)$$

$$P(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } R(x, y) > T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$T = \text{rank}_{0.99}^{(x, y) \in F_{xy}} \{R(x, y)\} \quad (7)$$

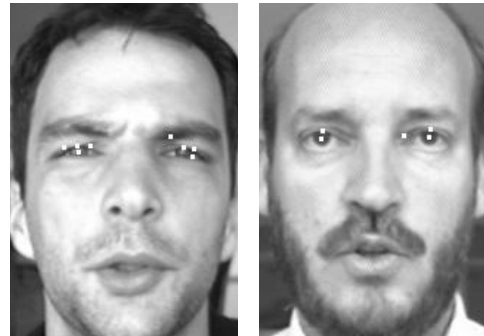


그림 2. 눈 후보점 검출
Fig. 2 Eye candidate detection

(식 6), (식 7)과 같이 상위 1%의 $R(x, y)$ 값을 갖는 화소를 눈 후보점 $P(x, y)$ 로 선택한다. (식 6)에서 임계치 T 는 (식 7)과 같으며 F_{xy} 는 전체 영역에 대한 rank order 필터 검출값이다.

(그림 2)는 입력영상에서 얼굴 영역을 추출한 후에 얼굴 영역의 상단부에 rank order 필터를 적용하여 눈동자 후보점을 추출한 결과이다. 실제 눈동자에 해당하는 부분들을 찾았으나 안경테, 눈썹, 눈 모서리 부분 등에서 눈동자 후보점들이 추출되었다.

2.2. 거짓 눈동자 후보점 제거

눈동자를 찾는 많은 연구에서 눈썹 등 실제 눈동자가 아닌 부분을 눈동자로 오 인식하는 경우가 많이 발생한다. 이 논문에서도 눈동자 후보점들이 (그림 2)와 같이 실제 눈동자 이외의 부분에 위치하는 경우가 많이 발생한다. 이들을 가능한 많이 제거하는 것이 이후의 과정에서 눈썹을 눈동자로 오 인식하는 오류를 줄일 수 있다.

일반적으로 검은 눈동자와 흰자위의 경계 부분에서 밝기값 변화가 다른 부분보다 크다는 점에 착안하여 눈 영역에서 각 행과 각 열을 지나며 현 화소와 이웃 화소간의 화소값 차이가 큰 부분이 적은 경우에 눈동자 후보점에서 제거하였다. 눈썹의 경우에 수평방향으로 화소값 변화가 적기 때문에 이 방법을 사용하면 눈썹에 위치한 눈동자 후보점들을 제거할 수 있다. 이를 위하여 이 논문에서는 T. Kawaguchi[12] 가 제안한 방법을 개선하여 다음과 같이 수행하였다.

눈동자 후보점 (x, y) 에서 (식 8)과 같은 높이 H_e 와 폭 W_e 인 눈 영역을 구하고 (식 9)와 같은 행 방향과 열 방향으로 이웃 화소들간의 화소값 차이가 큰 화소들의 개수 $C(x, y)$ 를 구한다. $I(x, y)$ 를 좌표 (x, y) 에서의 화소값이라고 했을 때, $V_r(j)$ 는 각 행에서 (식 10)을 만족하는 화소들의 개수이며, $V_c(j)$ 는 각 열에서 (식 11)을 만족하는 화소들의 개수이다. (식 10)에서 μ_{jr} 는 (식 12)와 같이 눈 영역에서 j 번째 행의 화소값들의 평균이고 μ_{ic} 는 (식 13)과 같이 눈 영역에서 i 번째 열의 화소값들의 평균이며, K 는 (식 14)와 같으며 K_1, K_2 는 상수이다. μ 는 눈 영역 전체의 화소값 평균이다.

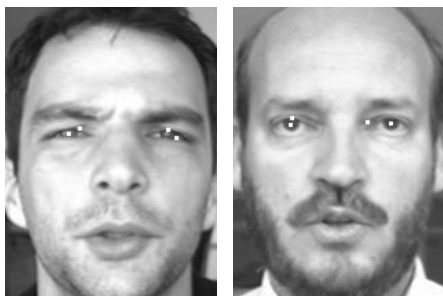


그림 3. 거짓 눈 후보점 제거
Fig. 3 False eye candidate removal

각 눈동자 후보점은 $C(x, y)$ 가 (식 15)로 표현되는 임계치 T 보다 작은 경우 눈동자 후보에서 제외되고, T 보다 큰 경우에는 계속 눈동자 후보로 남게 된다. (식 15)에서 R 은 눈 영역의 화소들이고 $\gamma=0.5$ 이다.

$$W_e = \lfloor 0.8W \rfloor, H_e = \lfloor 2.2D \rfloor \tag{8}$$

$$C(x, y) = \sum_{j=y-\frac{H_e}{2}}^{j=y+\frac{H_e}{2}} V_r(j) + \sum_{i=x-\frac{W_e}{2}}^{i=x+\frac{W_e}{2}} V_c(i) \tag{9}$$

$$|I(i-k, j) - I(i, j)| > \mu_{jr} + 2K \tag{10}$$

$$|I(i, j-k) - I(i, j)| > \mu_{ic} + 2K \tag{11}$$

$$\mu_{jr} = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^{W_e} I(x, j) \tag{12}$$

$$\mu_{ic} = \frac{1}{N} \sum_{y=1}^{H_e} I(i, y) \tag{13}$$

$$K = K_1 - \frac{\mu}{K_2} \tag{14}$$

$$T = \underset{(x, y) \in R}{\text{rank}}_{\gamma} \{ C(x, y) \} \tag{15}$$

2.3. 눈동자 쌍 검출

눈동자가 아닌 후보점들을 제거한 후에 얼굴의 좌우 양쪽에 있는 눈동자 후보점을 두 후보점간의 거리와 각도를 기준으로 쌍으로 묶는다. (식 1)에서 정의한 눈동자 반지름 D 를 기준으로 두 눈동자간의 최소 거리 D_{min} 와 최대 거리 D_{max} 를 (식 16)과 같이 정하고 두 후보점간의 거리가 최소 거리와 최대 거리 사이에 있는 후보점들을 쌍으로 묶는다.

또한 두 개의 눈 후보점간의 각도가 $\frac{\pi}{12}$ 이하인 것만 쌍으로 묶는다.

$$D_{\min} = 4.5D, \quad D_{\max} = 8D \quad (16)$$

눈이나 눈동자를 찾는 많은 연구에서 눈동자와 눈 흰자위를 포함하는 눈 형태 모델을 설정하고 눈 후보 영역과 정합하는 방법을 사용한다. 눈 형태 모델은 많은 눈 영상들에 대해 SVM(Support Vector Machine)으로 눈 형태를 학습하는 방법[13], 흰자위를 둘러싸는 타원형 경계선 모델을 구성하는 방법[2], 많은 영상에서 눈 형태를 찾고 크기를 정규화하고 평균하여 평균 모양을 설정하는 경우도 있으나 좋은 결과를 얻지 못할 수 있다. 이는 조명의 영향으로 좌우 두 눈의 밝기 분포가 매우 다른 경우, 얼굴이 기울어짐 등으로 인해 두 눈의 형태가 동일하지 않은 경우, 눈동자 및 눈의 형태가 사람에 따라 다르고 같은 사람인 경우에도 눈의 뜬 정도에 따라 모양이 다르기 때문이다.

이 논문에서는 흰자위를 포함하는 눈 형태 모델을 설정하지 않고 눈동자만을 고려하며, 눈 영역에서 눈동자 중심의 화소값이 가장 어둡다는 사실을 기반으로 하는 효과적인 방법으로 눈동자를 추출하였다. 한 쌍으로 묶인 두 개의 눈동자 후보점에서 (식 17)의 폭과 넓이를 갖는 눈동자 영역을 추출한다. (식 17)에서 D 는 (식 1)의 눈동자 반지름이다. 눈동자 영역이 정사각형이 아닌 것은 일반적으로 눈 끼플이 눈동자 영역의 위 아래 부분을 덮는 경우가 많이 발생하기 때문이다. i 번째 쌍의 왼쪽과 오른쪽 눈동자 영역에서의 화소들 최소값 M_L^i, M_R^i 과 이들의 평균인 (식 18)의 M_{avg}^i 를 구한다.

각 눈동자 영역에서 최소값을 갖는 위치의 화소를 새로운 눈동자 중심 위치로 지정하고 새로운 눈동자 영역을 (식 17)을 이용하여 정한 후, 왼쪽과 오른쪽 눈동자 영역에서의 화소들 평균값 A_L^i, A_R^i 과 이들의 평균인 (식 18)의 A_{avg}^i 를 구한다. 이들을 반영하는 최종적인 적합도는 (식 19)와 같으며 가장 작은 값을 갖는 쌍을 최종 눈동자로 판정한다.

$$H = D, \quad W = 2D \quad (17)$$

$$\begin{aligned} M_{avg}^i &= (M_L^i + M_R^i)/2 \\ A_{avg}^i &= (A_L^i + A_R^i)/2 \end{aligned} \quad (18)$$

$$f^i = \alpha M_{avg}^i + \beta A_{avg}^i \quad (19)$$

where, $\alpha + \beta = 1$

III. 실험 및 분석

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 BioID 얼굴 데이터베이스에 있는 얼굴 영상 중에서 무작위로 선택한 영상 400개를 사용하였다. OpenCV에서 제공하는 AdaBoost를 이용하여 입력 영상에서 얼굴 영역을 검출하고, 제안한 방법으로 눈동자를 검출하였다. 이 논문에서 제안한 방법은 눈동자를 찾는 것이기 때문에 눈을 감은 영상들은 제외하였고, AdaBoost 방법으로 영상에서 얼굴을 찾지 못하는 영상은 제외하였다. AdaBoost를 이용하여 구한 얼굴 영상의 폭 W_f 를 (식 1)의 눈동자 반지름 크기의 기준으로 사용하였다.

기존 방법과 성능을 비교하기 위하여 rank order 필터를 이용한 Jianfeng Ren[10]의 눈동자 추출방법을 MATLAB으로 구현하여 동일한 영상을 입력으로 이 논문에서 제안한 방법과 눈동자 추출 결과를 비교하였으며 (표 1)은 그 결과이다. 기존 방법의 경우 400개의 실험 영상에서 55개의 검출 오류가 발생하여 86.25%의 검출 성공률을 보였으나 제안한 방법을 사용한 경우 39개의 검출 오류가 발생하여 90.25%의 검출 성공률을 보였다. 성공 실패의 판단 기준으로 (식 1)에서 정의한 눈동자 반지름의 0.6배를 임계치로 정하고 실제 눈동자 위치와 검출된 눈동자 위치의 차이가 임계치 이내인 경우에는 검출 성공으로 판정하고, 그렇지 않은 경우에는 검출 오류로 판정하였다.



그림 4. 검출 성공
Fig. 4 Success results

(그림 4)는 본 논문에서 제안한 방법으로 눈을 검출한 결과영상들이다. 조명이 다른 경우, 얼굴이 커지거나 작아지는 경우, 옆을 보는 경우 및 기울어진 얼굴에서도 높은 검출률을 확인하였다.

실제 눈동자 위치와 거의 정확하게 눈동자 위치를 추출하였다. (그림 5)는 기존 방법으로 눈동자 검출에 실패한 경우이고 (그림 6)은 제안한 방법으로 (그림 5)의 영상에서 눈을 찾은 결과이다.

표. 1 실험결과
Table. 1 Test result

	기존 방법	제안한 방법
추출 성공	345 (86.25 %)	361 (90.25 %)
추출 실패	55 (13.75 %)	39 (9.75 %)
전체	400	400

눈이나 눈동자를 검출하는 연구에서 오류가 가장 많이 나는 경우가 안경을 착용한 경우이다. 안경테 부분을 눈동자로 검출하거나 안경에 반사되는 빛으로 인하여 눈이나 눈동자를 아예 검출하지 못하는 경우가 많이 발생한다. 이 연구에서 사용한 400개의 실험 영상 중에서 안경을 착용한 영상은 99개이고 이들 영상에 대한 실험 결과는 (표 2)와 같다. 안경 착용 영상 99개에 대하여 기존 방법은 70.71%의 검출율을 보였고, 제안한 방법은 82.83%의 검출율을 보여 약 12% 이상이 개선됨을 확인하였다. 안경 미착용 영상에 대한 실험 결과는 (표 3)과 같다. (표 2)와 (표 3)을 비교하면 제안한 방법이 특히 안경 착용 영상에서 보다 많은 개선 효과가 있음을 알 수 있다.

표. 2 안경 착용 영상 실험 결과
Table 2. Test result for image with glasses

	기존 방법	제안한 방법
추출 성공	70 (70.71 %)	82 (82.83 %)
추출 실패	29 (29.29 %)	17 (17.17 %)
전체	99	99

표. 3 안경 미착용 영상 실험 결과
Table 3. Test result for image without glasses

	기존 방법	제안한 방법
추출 성공	275 (91.36 %)	279 (92.29 %)
추출 실패	26 (8.64 %)	22 (7.31 %)
전체	301	301



그림 5. 기존방법에서 검출 실패
Fig. 5 Fail result using previous method



그림 6. 제안한 방법에서 검출 성공
Fig. 6 Success result using the proposed method

(그림 7)는 대표적인 검출 실패 영상들이다. (a), (b)는 동양인과 달리 검은 눈동자 크기가 굉장히 작고 진하지도 않으며, 흰자위가 상대적으로 큰 경우이다. (c), (d)의 경우는 눈동자 후보점 쌍을 구성하고 가장 어두운 부분을 눈동자로 선택하는 과정에서 역광 상황으로 인하여 안경테 부분이나 눈썹이 눈동자로 오인식된 경우이다.

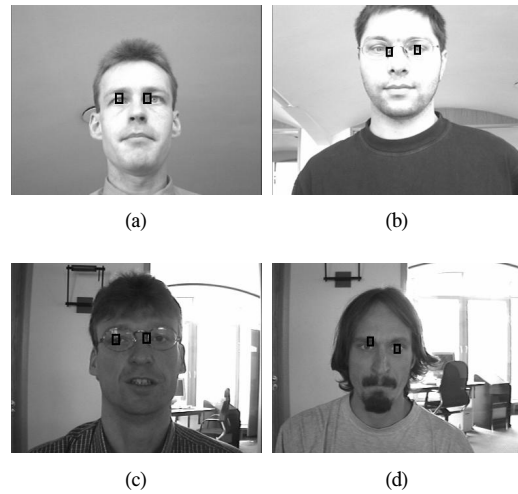


그림 7. 검출 실패 영상
Fig. 7 Fail result

IV. 결론

rank order 필터와 화소 밝기 정보를 사용하여 강인하게 눈동자를 찾는 방법을 제안하였다. 개선된 rank order 필터를 사용하여 얼굴 영상에서 눈동자 후보점을 찾고 검은 눈동자와 흰자위와 경계에서 화소값 변화가 크다는 사실을 이용하여 잘못된 눈동자 후보점들을 제거한다. 눈동자 후보점을 두 점간의 거리와 각도를 이용하여 쌍으로 묶고 눈동자 영역에서의 밝기 정보를 이용한 적합도 함수를 적용하여 눈동자를 추출하였다. BioID 얼굴 데이터베이스에 있는 얼굴 영상에 대한 실험 결과 기존 방법보다 약 4% 개선된 결과를 얻었으며, 특히 안경을 착용한 얼굴 영상의 경우 기존 방법보다 약 12% 개선된 결과를 얻었다. 향후 연구로는 눈동자 후보점을 더 정확하게 찾는 방법에 대한 연구와 잘못된 눈동자 후보점

을 정확하게 제거하는 과정에 대한 연구가 필요하며, 특히 안경 착용 영상에 대한 눈동자 추출율을 더 높이는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] P. J. Philips, Hyeonjoon Moon, S. A. Rizvi, and O. J. Rauss, "The Feret evaluation methodology for face-recognition algorithm," IEEE Trans. on PAMI, pp. 246-252, 1999.
- [2] A.L. Yuille, P.W. Hallinan, D.S. Cohen, "Feature extraction from faces using deformable templates", Int. J. Comput. Vision 8 (2) (1992) 99 - 111
- [3] Fei Zuo, Peter H.N. de With. "Real-time Face Detection and Feature Localization for Consumer Applications," Proceedings of the PROGRESS/STW, pp.257-262, 2003.
- [4] Jürgen Rurainsky, Peter Eisert, "Template-Based Eye and Mouth Detection for 3D Video Conferencing," LNCS, Vol. 2849, pp.23-31, 2003.
- [5] A. Pentland, B. Moghaddam, and Thad Starner, "View-based and modular eigenspaces for face recognition", In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.84-91,1994
- [6] A. Cagatay Talay, "An Approach for Eye Detection Using Parallel Genetic Algorithm" HComputational Science - ICCS 2005
- [7] T. Akashi, Y. Wakasa, K. Tanaka, S. G. Karungaru, and M. Fukumi, "Genetic eye detection using artificial template," Journal of Signal Processing, vol. 10, no. 6, pp. 453 - 463, November 2006.
- [8] Nishimura, T. Nakashige, M. Akashi, T. Wakasa, Y. Tanaka, K "Eye interface for physically impaired people by Genetic Eye Tracking", SICE Annual Conference 2007 Sept. 17-20, 2007.
- [9] Z. Zhou and X. Geng, "Projection Functions for Eye Detection," Pattern Recognition, Vol. 37, No. 5, pp. 1049-1056, 2004.
- [10] Jianfeng, Ren, "Eye Detection Based on Rank Order Filter," Information Communications and Signal Processing, pp. 1-4, 2009.
- [11] Ling Gan and Qingjun Liu, "Eye Detection Based on Rank Order Filter and Projection Function," Int. Conf. On Computer Design and Application, pp. 642-645, 2010.
- [12] T. Kawaguchi, and M. Rizon, "Iris detection using intensity and edge information", Pattern Recognition, Vol. 36, Num. 22, pp. 549-562, 2003
- [13] Hyoung-Joon Kim, Whoi-Yul Kim, "Eye Detection in Facial Images Using Zernike Moments with SVM, [ETRI]ETRI Journal-제30권 제2호, 2008.4

저자소개



장경식(Kyung-Shik Jang)

연세대학교 공학사(전자공학)
연세대학교 공학석사(전자공학)
연세대학교 공학박사(전자공학)
1998년 - 현재 동의대학교
멀티미디어공학과 교수

※관심분야 : 컴퓨터 비전, 패턴 인식, 인공지능 등