

허프 변환과 분리필터를 이용한 홍채 검출

김 태 우*, 배 철 수**

Iris detection using Hough transform and separable filter

Tae-Woo Kim*, Cheol-Soo Bae**

요 약

본 논문에서는 얼굴에서 양 눈의 홍채를 검출하기 위한 새로운 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 방법은 분리 필터를 이용하여 소영역을 먼저 추출하고, 그 중 쌍을 이루고 있는 소영역에 대하여 허프 변환과 분리 필터 값을 연산한다. 제안된 알고리즘은 허프 변환과 분리 필터 값을 최소로 하는 소영역 쌍을 선택하여 양 눈의 홍채로 검출하게 된다. 안경을 착용하지 않은 150장의 얼굴영상을 가지고 제안된 방법으로 실험한 결과 최고 97.3%, 최저 95.3%의 성공률을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper we propose a new algorithm to detect the irises of both eyes from a human face. Using the separability filter, the algorithm first extracts blobs(intensity valleys) as the candidates for the irises. Next, for each pair of blobs, the algorithm computes a cost using Hough transform and separability filter to measure the fit of the pair of blobs to the image. And then, the algorithm selects a pair of blobs with the smallest cost as the irises of both eyes. As the result of the experiment using 150 faces images without spectacles, the success rate of the proposed algorithm was 97.3% for the best case and 95.3% for the worst case.

Keywords : Face recognition, Iris detection, Facial features, Template matching, Hough transform

1. 서 론

컴퓨터가 입력되는 영상에서 얼굴을 인식하는 것은 신분 증명, 인사자료, 회원 관리 등 응용분야가 다양하여 많은 연구가 되고 있다.

현재까지의 대다수의 얼굴 인식 방법은 크게 두 가지 방법으로 분류할 수 있는데, 첫 번째 방법은 입력 영상에서 눈, 눈썹, 입 등 얼굴의 특징을 추출하고, 양쪽 눈의 위치, 눈 사이의 거리, 눈썹의

크기 등 기하학적 측정값을 사용하여 얼굴을 인식 [1,2]하고, 두 번째 방법은 얼굴 영상 자체를 템플릿 변환하여 데이터베이스화하고, 입력 영상과 템플릿 매칭에 의해 얼굴을 인식[1,3,4]한다. 그러나 두 가지 방법 모두 영상에서 얼굴 특징을 추출하는 것이 가장 중요하다. 특히, 얼굴 특징 중에서도 눈은 얼굴인식에 있어서 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 입력 영상과 각 템플릿과 매칭 시에 얼굴 위치, 크기, 방향이 일치하도록 입력영상을 정규화

* 교신저자 한국폴리텍III대학 자동차학과 (kimtw@kopo.ac.kr)

** 관동대학교 전자정보통신공학부 (baecs@kd.ac.kr)

접수일자 : 2010년 4월 20일, 수정일자 : 2010년 4월 30일, 심사완료일자 : 2010년 5월 14일

할 필요가 있다. 이 때 입력 영상에서 양쪽 눈의 위치를 검출할 수 있다면 수월하게 정규화를 진행할 수 있다.

본 논문에서는 영상에서 얼굴 양 눈의 홍채를 검출하기 위한 새로운 방법을 제안한다. 이 방법은 우선 분리 필터[5]를 사용하여 홍채의 후보가 되는 소영역(blob)을 구하고, 양 쪽 홍채를 잇는 선분의 길이 및 기울기의 허용치 내에 있는 소영역 중에서 허프 변환과 분리 필터 값을 최소로 하는 소영역을 양 눈의 홍채로 검출하도록 하였다.

II. 얼굴 영역 추출

입력 영상으로 주어지는 얼굴 영상을 휘도 영상이라고 가정하고 $I(x, y)$ 로 나타낸다. 또, 영상의 행 및 열 번호를 각각 x, y 로 나타내고, 영상 픽셀을 (x, y) ($0 \leq x \leq M-1, 0 \leq y \leq N-1$)로 나타낸다. 또한, 본 논문에서는 입력 얼굴 영상은 다음 조건을 만족한다고 가정한다.

- (1) 얼굴 영상은 여권 사진처럼 한 사람의 어깨와 얼굴 영상이다.
- (2) 배경의 휘도 값은 거의 일정하다.
- (3) 양 눈의 홍채가 영상에 나타나기 위해 얼굴의 y 축 회전은 -30 에서 30 의 범위로 한다.

제안된 방법은 우선 영상에서 얼굴 영역을 추출한다. 다음으로 얼굴영역에서 눈의 홍채를 포함할 가능성이 있는 경계 영역을 추출한다. 그 다음 경계 영역의 모든 픽셀에 분리 필터를 적용하여 소영역을 구한다. 그리고 허프 변환과 분리필터 값을 최소로 하는 소영역을 양 눈의 홍채로 검출한다.

2.1. 얼굴 영역 추출

얼굴 영상은 위의 (1)~(3)의 조건을 만족한다고 가정한다. 그러므로, 다음과 같은 간단한 방법을 사용하여 영상으로부터 얼굴 영역을 추출한다.

- (1) 입력영상으로 주어지는 휘도 영상 $I(x, y)$ 에 소벨(sobel) 연산자를 적용하고, 에지 영상

$E(x, y)$ 를 식(1)에 의하여 구한다.

$$E(x, y) = 1 \quad \text{if } x, y \text{ is edge} \quad (1)$$

$$E(x, y) = 0 \quad \text{otherwise}$$

- (2) 머리의 좌, 우 경계선의 x 축 방향의 위치 x_L, x_R 및 머리의 상측 경계선의 y 축 방향의 위치 y_{min} 을 구한다.

먼저, 에지영상에서 각각의 열에 대한 x 의 합과 각각 행에 대한 y 의 합은 각각 식(2)와 식(3)과 같이 구한다.

$$V(x) = \sum_{y=0}^{N-1} E(x, y) \quad (2)$$

$$H(y) = \sum_{x=0}^{M-1} E(x, y) \quad (3)$$

$V(x)$ 의 최대 값을 V_0 로 할 때 $V(x) \geq V_0/3$ 을 만족하는 x 중에서 최소인 x 를 x_L 로 최대인 x 를 x_R 로 한다. 문턱치 값 T_H 에 대하여 $H(y) \geq T_H$ 를 만족하는 y 의 최소 값을 구하여 y_{min} 으로 한다. 실험에서는 모든 영상에 대하여 $T_H = 0.05(x_R - x_L)$ 로 하였다. 머리의 하측 경계선의 y 축 방향 위치 y_{max} 를 $y_{max} = y_{min} + \alpha(x_R - x_L)$ 로 한다. 단, 실험에서는 모든 영상에 대하여 $\alpha = 1.2$ 라고 가정하였다.

이상의 방법에서 머리의 좌, 우 및 상측 경계선의 위치는 정확히 구할 수 있으나 머리 하측 경계선의 위치는 정확히 구할 수가 없지만, 양 눈의 홍채 검출 목적이므로 문제가 되지 않는다. 본 논문에서 적용된 얼굴 영역의 영상은 그림 1과 같다.



그림 1. 얼굴 영역
Fig 1. The face region

2.2 경계 영역 추출

얼굴 영역을 이진화하여 어두운 영역을 추출한 후 어두운 영역에 분리 필터를 적용하여 소영역을 검출한다. 이때 이진화를 위한 문턱치 값은 P타일 법으로 구한다. 결국, 식 (4)를 만족하는 T의 최소 값을 문턱치값으로 정한다.

$$\frac{1}{N} \sum_{i=0}^T h(i) \geq \frac{P}{100} \quad (4)$$

단, N은 영상의 픽셀 수이고, h(i)는 휘도 값 i를 갖는 픽셀의 수를 나타낸다. 그러나, 이 방법으로는 P값을 결정하기가 쉽지 않다. P 값이 너무 작으면 어두운 영역에 홍채가 포함되지 않는다. 또, P 값이 너무 크면 어두운 영역이 커져서 소영역 검출에 많은 시간이 소요된다. 그러므로 제안 방법은 어느 정도 크기의 P를 가정하고, 어두운 영역을 구한 후 어두운 영역에 회색조 형태[6]를 적용하여 경계 영역을 추출한다.

즉, 원 영상(어두운 영역)에 회색조 형태를 적용한다. 그리고, 획득한 영상과 원 영상의 차이 영상을 문턱치 값 T_v 로 이진화하여 경계 영역을 추출한다. 실험에서는 모든 영상에 대하여 P=30, $T_v=25$ 로 가정하였다. 그림 2는 그림 1의 얼굴 영역에서 추출된 경계 영역의 결과이다. 흰색으로 나타난 부분이 경계 영역을 의미한다.



그림 2. 경계 영역
Fig 2. The valley regions

III. 분리 필터에 의한 소영역 검출

제안된 방법은 분리 필터를 사용하여 얻은 경계 영역에서 홍채 후보를 검출하는 것이다. 두 개의 영역 R_1, R_2 사이의 분리필터값 n 을 식(5), 식(6), 식(7)과 같이 나타내었다.

$$n = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_T^2} \quad (5)$$

$$\sigma_b^2 = n_1(\overline{P}_1 - \overline{P}_m)^2 + n_2(\overline{P}_2 - \overline{P}_m)^2 \quad (6)$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^N (P_i - \overline{P}_m)^2 \quad (7)$$

단, n_k ($k=1, 2$): 영역 R_k 안에 있는 픽셀 수

$$N = n_1 + n_2$$

\overline{P}_k ($k=1, 2$): 영역 R_k 내의 평균 휘도 값

\overline{P}_m : R_1, R_2 의 영역내의 평균 휘도 값

P_i : 픽셀 i 의 휘도 값

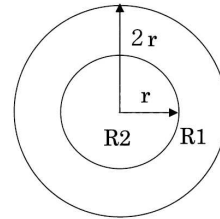


그림 3. 소영역 검출을 위한 사용된 영역 R_1, R_2 .
Fig 3. The regions R_1 and R_2 used detect blobs.

제안 방법에서는 영역 R_1, R_2 를 그림 3과 같이 정의하였다. 그림 3의 R_2 는 눈의 홍채에 대응한다. 그림 3과 같이 두 개의 원 중에 작은 원의 반경을 필터 사이즈 r 이라 하였고, 동심원의 중심 위치를 경계 영역의 모든 픽셀에 거쳐 변화시킨다. 또, 영상의 홍채 반경을 알 수 없으므로 필터 사이즈 r 도 하한 값 r_L , 상한 값 r_U 사이에서 변화시킨다. 즉, 실험에서는 모든 영상에 대하여 $r_L=5, r_U=7$ 로 가정하였다. 그리고, 모든 위치 (x, y) 와 모든 필터 사이즈 r 에 대하여, 영역 R_1, R_2 의 분리필터값을 식 (5)을 사용하여 계산한다. 앞으로 그림 3의 동심원의 중심위치 (x, y) 가 필터 사이즈가 r 로 있을 때 영역 R_1, R_2 의 분리필터값을 $n(x, y, r)$ 로 표시

한다.

소영역 검출을 위하여 전체적인 순서는 다음과 같다.

- (1) 최초 Ω 를 경계 영역에서 픽셀의 집합으로 가정한다.
- (2) $(x, y) \in \Omega, r \in (rL, rU), \overline{P}_1 > \overline{P}_2$ 이고, $n(x, y, r)$ 의 문턱치 값이 0.05 이상인 (x, y, r) 이 존재한다면, 이중에 $n(x, y, r)$ 을 최대로 하는 것을 구하여, 이것을 (x_0, y_0, r_0) 로 한다.
- (3) (x_0, y_0, r_0) 를 소영역으로 기록한다.
- (4) Ω 에서 중심이 (x_0, y_0, r_0) 로, 한 변이 $4r_0$ 인 정방형 영역내부의 모든 픽셀을 제거한 후 (2)로 돌아간다.

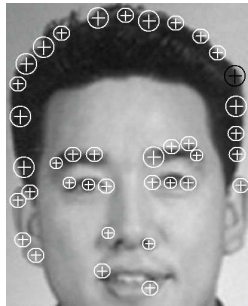


그림 4. 경계영역으로부터 추출된 소영역.
Fig 4. Blobs extracted from the valley region.

그림 3의 경계 영역에 위의 방법을 적용하여 획득한 소영역을 그림 4에 나타내었다.

IV. 홍채 검출

3장에서 구한 소영역을 $B_i = (x_i, y_i, r_i)$ ($1 \leq i \leq n$)라 하였다. 단, (x_i, y_i) 는 소영역의 중심이고, r_i 는 반경이다. B_i ($1 \leq i \leq n$)의 중심으로부터 좌, 우의 홍채에 대응하는 소영역을 선택하기 위해 식(8)의 조건을 만족하는 소영역 B_i, B_j 를 선택하여 양 눈의 홍채 후보로 하였다.

$$\frac{1}{4}(x_R - x_L) \leq d_{ij} \leq x_R - x_L \quad (8)$$

$$-30^\circ \leq \theta_{ij} \leq 30^\circ$$

단, B_i 의 중심과 B_j 의 중심을 잇는 선분의 길이를 d_{ij} 로, 이 선분이 수평축을 이루는 각을 θ_{ij} 로 하였다. 또, x_L, x_R 은 머리의 좌, 우 경계선의 x 축 방향의 위치이다. 다음으로, 홍채 후보 B_i, B_j 값인 $F(i, j)$ 를 식(9)에 의해 계산하고, 이 값을 최소로 하는 소영역을 좌, 우 눈의 홍채로 검출한다.

$$F(i, j) = a\{C(i) + C(j)\} + (1-a)/R(i, j) \quad (9)$$

단, $a(0 < a < 1)$ 은 가중치 (실험에서는 $a=0.5$ 로 하였다.) $R(i, j)$ 는 양 눈의 템플릿을 사용하여 계산된 정규화 상관계수이다. $C(i), C(j)$ 는 B_i, B_j 의 값이고 식(10)에 의해 구할 수 있다.

$$C(i) = C_1(i) + C_2(i) + C_3(i) + C_4(i) \quad (10)$$

$$C_1(i) = \frac{V_{\max}}{V(i)}$$

$$C_2(i) = \frac{|\ n_{23}(i) - n_{24}(i) \ |}{n_{23}(i) + n_{24}(i)}$$

$$C_3(i) = \frac{|\ n_{25}(i) - n_{26}(i) \ |}{n_{25}(i) + n_{26}(i)}$$

$$C_4(i) = \frac{U_i}{U_{av}}$$

- 단, $V(i)$: 허프변환에 의한 B_i 의 확률
- V_{\max} : 모든 B_i 의 중심에서 $V(i)$ 의 최대 값
- $n_{k(i)}$: 영역 R_k, R_L 사이의 분리 값
- $U(i)$: B_i 내부의 평균 휘도 값
- U_{av} : 모든 B_i 에 대한 $U(i)$ 의 평균값

식(10)에서는 $V(i), U(i)$ 를 각 V_{\max}, U_{av} 로 정규화하고, $V(i), U(i)$ 에 관한 항을 각각 $V_{\max}/V(i), U(i)/U_{av}$ 의 형태로 대체한다. 또한, $C_2(i), C_3(i)$ 는 (0, 1)구간의 값이다. 그러므로 제안 방법은 식(10)처럼 네 개의 항을 단순화하여 소영역 값을 나타낸다.

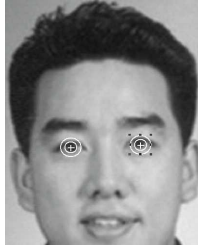


그림 5. 양 눈의 홍채로 선택한 소영역.
Fig 5. The pair of blobs selected as the irises of both eyes.

홍채가 눈의 중심에 있을 때, 홍채의 경계선상의 점들이 에지 영상의 중심에 나타나므로, 최적의 소영역 $V(i)$ 의 값은, 다른 소영역 $V(j)$ 의 값 보다 훨씬 큰 값을 나타낸다. 따라서, 이러한 경우 $V(i)$ 값만을 사용하여 홍채를 검출할 수 있다. 그러나 얼굴이 아래를 향한 경우나, 홍채가 눈 끝에 있을 때는 에지 영상에 나타나는 홍채의 경계선상의 점은 많지 않으므로, 최적의 소영역 $V(i)$ 의 값이 다른 소영역 $V(j)$ 의 값 보다 작게 되는 경우도 있다. 그러므로 제안 방법은 $V(i)$ 뿐 아니라 $U(i)$ 나 분리필터값을 사용하여 소영역 값을 계산한다.

그림 4의 소영역 집합에서 식 (9)의 $F(i, j)$ 를 최초로 하는 소영역을 구한 결과를 그림 5에 나타내었다.

4.1 허프 변환 연산

일반적으로 얼굴 영역의 검출을 위해서는 소벨 연산자로 에지를 검출한다. 그러나 이러한 에지 검출법은 상세한 에지를 만들 수 없으므로 홍채와 같은 아주 작은 원은 검출해 낼 수가 없다. 그러므로, 연산 시간은 다소 더 소요되지만 에지 검출법[7]을 적용하여 에지 영상을 만들었다. 그 다음, 에지 영상에 원 검출을 위한 허프 변환[8]을 적용한다.

허프 변환을 적용하기 위해 식(11)과 같은 원의 방정식을 이용한다.

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = (r)^2 \quad (11)$$

여기서 (a, b) , r 은 각각 원의 중심, 반경을 나타내는 매개변수이다. 에지 영상 위에 하나의 에지를 P 라 한다. 또, P 의 위치를 (x, y) 로, 기울기를 θ 라 하였

다. 만약 P 가 내부가 어두운 반경 r 인 원 C 의 둘레의 에지라면 θ 가 오차가 없을 때 원 C 의 중심 (a, b) 는 $a = x + r \cos(\theta + \pi)$, $b = y + r \sin(\theta + \pi)$ 이다. 그러므로, θ 가 최대 $\Delta\theta$ 의 오차를 포함한다면, $R = \{(a, b) \mid a = x + r \cos(t), b = y + r \sin(t), \theta + \pi - \Delta\theta \leq t \leq \theta + \pi + \Delta\theta\}$ 인 원호 R 의 어딘가에 원 C 의 중심이 있게 된다. 따라서 원호 R 은 $(x, y, r, \theta + \pi - \Delta\theta, \theta + \pi + \Delta\theta)$ 로 한다. 실험에서는 모든 영상에 대하여 $\Delta\theta = \pi/4$ [라디안]으로 설정하였다.

다음은 $V(i)$ 를 구하기 위한 전체적인 순서이다.

- (1) $\{r_i - 1, r_i, r_i + 1\}$ 에 속한 모든 값 r 에 대한 (x_i, y_i) 를 중심, 한 변의 길이가 $2r$ 인 정방형 영역을 $SQ(B_i)$ 로 한다.
모든 에지 P 에 $SQ(B_i)$ 에 대한 중심의 위치를 (x, y) 기울기를 θ 로 한다.
모든 점 (a, b) 의 원호 $(x, y, r, \theta + \pi - \Delta\theta, \theta + \pi + \Delta\theta)$ 에 대한 $A(a, b, r)$ 을 확률적으로 선택한다.
- (2) $A(a, b, r)$ 이 최대인 (a, b, r) 을 구한다. 그리고, 이 최대값을 $V(i)$ 로 한다. 앞으로 이 $V(i)$ 를 「허프 변환에 의한 B_i 의 확률」이라 한다.

4.2 분리필터값 연산

각 B_i 에 대하여 허프 변환에 의한 확률 $V(i)$ 를 구한 후 그림 6 (a),(b)의 영역을 사용하여, 각 B_i 의 좌, 우 근방 영역과 분리 값 및 상하 근방 영역과의 분리 값을 계산한다. 우선 그림 6(a)의 동심원 중심을 휘도 영상 (x_i, y_i) 의 위치에 놓는다. 그리고, 이때 영역 R_2 와 R_3 의 분리필터값 $n_{23}(i)$, 및 영역 R_2 와 R_4 의 분리필터값 $n_{24}(i)$ 를 식(4)을 사용하여 계산한다. 홍채는 원주보다 어두운 영역이다. 그러므로 B_i (결국 그림 6(a)의 R_2)가 홍채에 대응할 때, $n_{23}(i)$, $n_{24}(i)$ 는 최대 값 1에 가까운 값이고, $n_{23}(i)$ 와 $n_{24}(i)$ 는 근접

한 값이 된다. 그러므로 $n_{23}(i)$ 와 $n_{24}(i)$ 의 합이 크고, $n_{23}(i)$ 와 $n_{24}(i)$ 의 차가 작을수록 B_i 가 홍채일 확률이 높다고 생각할 수 있다. 그림 6(b)의 영역을 사용하여 분리필터값 $n_{25}(i)$, $n_{26}(i)$ 를 연산한다.

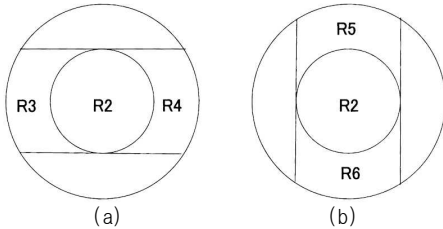


그림 6. 소영역 사이의 분리필터값 연산을 위한 영역
Fig 6. The regions used to compute the separability between a blob.

4.3 정규화 상관계수 연산

식(9)의 $R(i, j)$ 는 그림 7과 같은 양 눈의 템플릿을 사용하여 계산된다. 단, 양 눈의 템플릿은 하나의 얼굴영상으로부터 양 눈을 포함하는 영역을 영역으로 검출한다. 모든 소영역대 B_i, B_j 에 대하여 $R(i, j)$ 를 계산하는 순서는 다음과 같다.

- (1) B_i, B_j 의 중심이 템플릿 안의 양 눈의 홍채 중심과 일치하도록 입력 영상에 어떤 변화를 한 다음 입력 영상으로부터 템플릿에 대응하는 부분 영상을 추출하여 I라 한다.
- (2) 템플릿 T와 부분영상 I 사이의 정규화 상관 계수 $R(i, j)$ 를 식(12)에 의해 계산한다.

$$R(i, j) = \frac{E(IT) - E(I)E(T)}{\sigma(I)\sigma(T)} \quad (12)$$

단, $E(IT)$ 는 T와 I의 대응하는 픽셀끼리의 값의 평균이다.

$E(I)$, $\sigma(T)$ 는 템플릿의 픽셀 휘도 값의 평균과 표준편차이다.

- (3) $R(i, j)$ 이 0.1 이하이면 $R(i, j)$ 를 0.1로 설정한다.



그림 7. $R(i, j)$ 계산을 위한 템플릿.
Fig 7. The templates used for computation of $R(i, j)$

V. 실험 결과 및 고찰

5.1 실험조건

제안한 양 눈의 홍채 검출법의 성능을 평가하기 위한 일련의 실험을 하였다. 실험에 사용한 영상은 그림 1과 같은 어깨 위 정면얼굴영상으로 512×342 픽셀의 영상이다. 이 영상은 15명에 대해서 10장씩 합계 150장의 얼굴영상으로 각 인물에 대하여 정면, 좌, 우, 상, 하를 향한 두 장씩의 영상으로 모두 안경을 쓰지 않은 영상이다.

실험에 있어 아래를 향한 얼굴에서는 눈 영역 전체가 어둡기 때문에 일반적으로 홍채 검출이 어렵다. 그래서 다음의 두 가지 영상 집합을 사용하여 실험하였다.

S1 : 150장 전체 영상의 집합

S2 : 아래를 향한 얼굴을 제외한 120장의 영상 집합

또한 식(9)의 $R(i, j)$ 의 값을 계산하기 위하여 양 눈의 템플릿을 사용하므로, 제안 방법의 성능은 템플릿에 의존한다. 그러므로 그림 7과 같은 5개의 템플릿을 사용하여 실험하였다. 이것은 실험영상에서 임의로 선택된 5명의 정면얼굴로부터 양 눈 및 눈썹을 포함한 영역을 검출한 것이다.

5.2 성능 평가 결과

영상집합 S1, S2를 사용하여 제안 방법의 성능을 평가한 결과를 표 1로 나타내었다. 제안 방법에 의해 검출된 양 눈의 홍채 중심이 홍채의 중심에 온전히 일치할 때 「제안 방법은 양 눈의 홍채를 올바르게 검출하였다.」라고 판정하였다. 실패라고 판정되는 영상 중에 2장의 영상에서는 소영역 자체가 홍채의 바른 위치로 검출되지 않았다. 표 1에서 보듯 영상집합 S1에 대해서는 최악의 템플릿(No.5)에서도 95.3%의 성공률이었고, 최고의 성공률은 (No.2, No.3)에서 97.3%였다. 또, 이 실험결과 제안 방법의 성능은 양 눈의 템플릿으로 어떤 인물의 템플릿을 사용하는 것과는 거의 상관없음을 알 수 있다. 제안 방법에 의해 양 눈의 홍채가 올바

로 검출된 얼굴 영상의 예를 그림 8에 나타내었다. 또한, 양 눈의 홍채가 올바르게 검출되지 않은 얼굴 영상의 예를 그림 9에 나타내었다.

표 1. 실험 결과.
Table 1. The result of the experiments.

템플릿	홍채 검출률	
	S1에 대한 결과	S2에 대한 결과
No. 1	96.0(96.7)	98.3
No. 2	97.3(99.3)	99.2
No. 3	97.3(98.7)	99.2
No. 4	96.7(98.0)	98.3
No. 5	95.3(96.7)	99.2

(괄호 안의 값은 약간의 오차 허용시의 홍채 검출률)

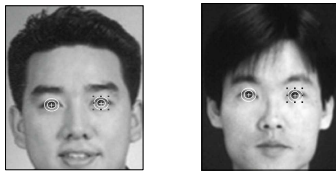


그림 8. 홍채가 올바르게 검출된 예.
Fig 8. Example of the image could correctly detect the irises.



그림 9. 홍채가 올바르게 검출되지 않은 예.
Fig 9. Example of the image failed the correctly detection of the irises.

그림 8, 그림 9에 나타난 영상은 얼굴 영역 추출법에 의해 추출된 얼굴 영역이다. 그 모든 얼굴 영역의 크기가 같게 되도록 크기를 변환시킨 얼굴영역을 나타내고 있다. 또한, 표 1에서 괄호 안의 숫자는 홍채의 위치가 약간의 오차가 있을 때에도 성공이라고 판정하였을 때의 영상의 수이다. 표와 같이 작은 오차를 허용하였을 때에는 최악의 템플릿 (No.1, No.5)에서도 96.7%의 성공률이었고, 최고의 템플릿(No.2)에서는99.3%의 성공률이었다. 더구나, 표 1에서처럼 아래를 향한 얼굴을 제외하였을 때에는 100%에 가까운 성공률이 나왔다. 제안

방법에서 계산 시간의 평균은 약 250ms였다. 사용된 CPU는 PentumIV, 1.4Ghz 이고, 사용언어는 Visual C++ 6.0이다. 계산시간의 내역을 보면 얼굴영역에서 소영역 검출까지 150ms, 소영역 값 C(i, j)의 계산에 25ms (이중 20ms는 에지 검출) 값 F(i, j)를 최소로 하는 소영역을 선택하는데 75ms였다.

다음으로, 홍채의 검출률을 떨어뜨리지 않고 제안 방법의 계산 시간을 얼마만큼 줄일 수 있는가를 조사하기 위하여 다음과 같이 수정한 방법에 대해서 표 1의 실험과 같은 실험을 해 보았다.

우선 원영상의 가로, 세로를 1/2로 축소한 영상을 만들고 축소영상에서 얼굴영역 검출로부터 소영역 까지를 검출한다. 그 다음, 원 영상에서 소영역의 값 C(i, j)를 계산한다. 마지막으로 축소영상에서 R(i, j)를 계산하고, 값 F(i, j)를 최소로 하는 소영역 대를 선택하다.

이 방법은 축소 영상에서 소영역 검출을 하기 때문에 마지막에 구한 홍채의 위치로 축소영상의 해상도를 결정한다. 그래서, 축소한 영상에서 올바른 홍채의 위치와 제안 방법에 의해 얻어진 홍채의 위치가 일치할 때 「홍채 검출에 성공하였다.」라고 판정하였다. 실험결과를 표 2에 나타내었다. 이 방법의 평균 연산 시간은 약 100ms였다.

표 2. 축소된 영상에 대한 실험 결과.
Table 2. The result of the experiments for scaled-down images.

템플릿	홍채 검출률	
	원영상	축소 영상
No. 1	96.0(96.7)	96.0(98.0)
No. 2	97.3(99.3)	96.0(98.0)
No. 3	97.3(98.7)	94.7(97.3)
No. 4	96.7(98.0)	94.7(96.7)
No. 5	95.3(96.7)	93.3(94.7)

5.3 기존 방법과의 성능 비교 결과

제안된 방법의 성능을 템플릿 매칭 고유공간법과 성능과 비교하기 위한 실험을 하였다. 템플릿 매칭이란 식(11)의 R(i, j)를 최대로 하는 소영역을 양 눈의 홍채로 하는 방법으로 고유 공간법이란 알고리즘[9]을 사용하여 양 눈의 홍채에 대응하는

소영역을 구한다. 소영역 검출을 경유하지 않고 직접 고유 공간법에 의해 양 눈의 홍채 위치를 구하는 방법에서는 양 눈의 홍채 위치를 어렵잡아 구할 수밖에 없었던 것에 비해 분리 필터를 사용하여 소영역 검출을 한 다음 소영역 중심으로부터 양 눈의 홍채에 대응하는 소영역을 구하는 방법에서는 양 눈의 홍채의 위치를 이상적으로 구할 수 있었다.

소영역 검출을 한 다음 소영역 중심으로부터 홍채에 대응하는 소영역을 구하기 위해 고유 공간법을 사용하는 방법과 제안 방법을 비교하였다. 그 결과를 표3에 나타내었다.

표 3. 성능 비교.
Table 3. The comparison of the performance.

인식 방법	홍채 검출률	연산시간
제안방법	96.5	250ms
고유공간법	81.2	280ms

제안 방법은 얻어진 소영역 중심에서, 양 눈의 홍채에 대응하는 소영역을 선택하기 위해 식 (9)의 값을 사용하는데, 이 값의 효율성이 실험에서 확인되었다. 단, 제안방법의 성능은 홍채 반경의 상한값 r_U 와 하한값 r_L 의 차이가 커지면 저하된다. 또, 얼굴영역추출에 의해, 홍채를 포함한 영역을 더욱 좁은 범위로 한정시킬 수 있다면, 제안 방법의 성능은 향상 될 것이라고 사료된다.

VI. 결 론

본 논문에서는 얼굴에서 양 눈의 홍채를 검출하기 위한 새로운 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 영상에 분리 필터를 적용하여 소영역을 검출한 다음, 거리와 각도의 조건을 만족하는 소영역 중에서 히프 변환과 분리 필터 값을 최소로 하는 소영역을 양 눈의 홍채로 검출하였다.

각 소영역을 홍채 후보로 검출하고 양 눈의 템플릿을 사용하여 소영역을 최종적으로 검출한다. 그러므로, 각각의 특징만을 사용하며 홍채를 검출하는 경우보다 홍채의 검출 성능이 개선되었다.

안경을 쓰지 않은 얼굴 영상을 사용하여 실험한

결과 템플릿 2,3에 대해서는 97.3%의 성공률, 템플릿 5에 대해서는 95.3%의 성공률을 얻을 수 있었다. 또한 약간의 오차를 허용하였을 때에는 템플릿에 따라 최대, 최소 각각 99.3%, 96.7%의 성공률을 얻었다.

제안된 방법은 홍채는 주위보다 어두운 영역에 있다는 성질을 이용하였으므로 조명의 반사에 의해 홍채부분의 휘도값이 높게 나타나는 안경 쓴 영상에서 홍채 검출은 어려웠다. 그러므로 안경을 쓰고 있는 얼굴에 대한 처리방안은 앞으로의 과제로 남아있다.

참 고 문 헌

- [1] R. Brunelli and T. Poggio, "Face recognition: Feature versus templates," IEEE Trans. PAMI, vol. 15, no.10, pp.1042-1052, 1993.
- [2] S.Y. Lee, Y.K. Ham, and R.H. Park, "Recognition of human front face using knowledge-based feature extraction and neuro-fuzzy algorithm," Pattern Recognit., vol.29, no.11, pp.1863-1876, 1996.
- [3] D.J. Beymer, "Face recognition under varying pose," CVPR, pp.756-761, 1994.
- [4] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for recognition," J. Cognitive Neuroscience, vol.3, no.1, pp.71-86, 1991.
- [5] 福井和廣, 山口 修, "形状抽出とパターン照合みわけによる顔の特徴抽出," 信學論(D-II), vol.J80-D-II, no.8, pp.2170-2177, Aug, 1997.
- [6] S.R. Sternberg, "Grayscale morphology," CVGIP, vol.35, pp.333-355, 1986.
- [7] J. Canny, "A computational approach to edge detection," IEEE Trans. PAMI, vol.8, no.6, pp.679-698, 1986.
- [8] C. Kimme, D. Ballard and J. Sklansky, "Finding circles by an array of accumulators." Commun ACM, vol.18, pp.120-122, 1975.
- [9] A. Pentland, B. Moghaddam, and T. Starner, "View-based and modular eigenspaces for

face recognition," CVPR, pp.84-91, 1994.

[10] Bonney. B, Ives, R. Etter, D, Yingzi Du, "Iris pattern extraction using bit planes and standard deviations.", Signals, Systems and Computers 2004, pp.582-586, 2004

[11] Ya-Ping Huang, Si-Wei Luo, En-Yi Chen, "An efficient iris recognition system" Machine Learning and Cybernetics, pp.450-454, 2002.

저자약력

김 태 우 (Tae-Woo Kim) 정 회원



1997년 2월 한국해양대학교 선박
운항시스템공학(공학사)
2006년 2월 관동대학교 대학원
전자통신공학(공학석사)
2008년 2월 관동대학교 대학원
전자통신공학과 박사수료

2001년 2월~2006년 2월: 한국산업인력공단 근무
2006년 3월~현재: 한국폴리텍III대학 자동차과 조교
수

<관심분야> 영상처리, 신호처리시스템

배 철 수 (Cheol-Soo Bae) 정 회원



1979년 2월 명지대학교
전자공학과 졸업(공학사)
1981년 2월 명지대학교 대학원
전자공학과졸업 (공학석사)
1988년 8월 명지대학교 대학원
전자공학과졸업 (공학박사)수료
1999년 3월~2001년 5월 관동대학교공과대학 학장
2000년 3월~2002년 2월 관동대학교 양양캠퍼스 창
업보육센터 소장
2001년 6월~2003년 8월 관동대학교 평생교육원장
2001년 3월~현재 해양정보통신학회 강원지부장
2003년 1월~현재 한국통신학회 국내지널 편집부위
원장
2003년 1월~현재 대한전자공학회 이사
1981년~현재 관동대학교 정보통신공학부 교수

<관심분야> 영상처리, 신호처리시스템, 영상압축