

지역 Gabor 필터와 얼굴영역 정보를 이용한 얼굴인식에 관한 연구

엄민영, 신대규, 김동훈, 김현술, 박상희
연세대학교 전기 전자 공학과

Face Recognition using Local Gabor Filter and Facial Ellipse Infomation

Min-Young EUM, Dae-kyu SHIN, Dong-Hoon KIM, Hyun-Sool KIM, Sang-Hui PARK
Dept. of Electrical & Electronic Eng. Yonsei Univ

Abstract - 본 논문은 다양한 크기와 복잡한 배경을 포함한 질의 얼굴 영상이 들어 왔을 때, 질의 영상의 얼굴 타원 정보 내에서의 Corner point들에서의 Gabor 웨이블릿 특성을 이용한 얼굴 인식에 관한 것이다. 기존에 방법은 다른 크기와 배경의 질의 영상이 들어왔을 때에는 배경에서의 Corner Point들에 대한 영향과 영상의 크기가 다름으로 인해 Corner point의 변화와 Gabor 특징벡터의 변화 때문에 인식이 저하되었다. 이러한 단점을 보완하고자 질의 영상의 얼굴 타원 정보를 추출하여 배경에 의한 영향을 제거하고, 크기를 보정해줌으로써 기존의 우수한 성능을 유지함과 동시에 다양한 크기와 배경을 가진 질의 얼굴 영상을 인식할 수 있도록 한 것이다.

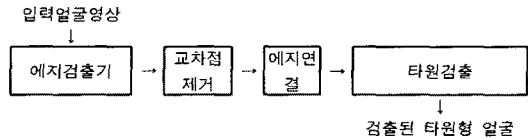
1. 서 론

사람의 눈으로 직접 인식을 요하지 않는 기계로부터의 자동 얼굴인식기술(Face Recognition Technology ; FRT)은 사진 또는 카메라를 통해 입력되는 영상 자료에서 얼굴 부분만을 따로 검출하고, 검출된 부분의 특징을 잘 나타낼수 있는 특징 파라미터를 도입하여 표현한 후 데이터 베이스상의 얼굴 자료와 비교하여 일치하는 얼굴을 찾아내는 기술이다. 발된 기술이 일부 실용화에 근접한 단계에 있다. FRT는 보안시스템이나 범 집행목적, 상업적 목적 등으로 사용되어 그 응용범위가 매우 다양하며, 이들 응용분야에서 최근 들어 아주 크게 주목 받고 있다. 현재 선진 외국은 물론 국내에서도 은행 경비 시스템, 건물 무인 경비 시스템 등이 급속하게 확산되고 있는데, 이에 자동 얼굴인식 기술을 이용하면 고부가 가치의 지능형 무인 경비/감시 시스템 개발이 가능할 것이다. 또한 ID 카드, 신용 카드, 운전 면허증 등의 사정을 이용한 신분 확인도 상업적으로 중요한 응용분야가 될 것이다. 그리고 또 다른 중요한 분야로서 국가 안보 분야에 적용될 수 있다. 얼굴 인식은 범죄자 색출 작업, 테러나 범죄 용의자 확인 작업, 첩보 활동 등 여러 분야에서도 매우 실용가치가 크다. NATO의 Science Committee가 1986년에 제 1회 얼굴인식 국제 학회를 지원하게 된 것도 배후에 이러한 동기가 깔려 있다. 그 밖에도 간단한 기계-사람 인터페이스 구현(예를 들면, 네트워크 상에서 자동적으로 사용자들의 사용권한 허용 여부 결정 및 사용자가 원하는 컴퓨터 환경으로 자동 설정 등) 등에 사용되어 좀 더 편리한 환경을 제공해 줄 수 있을 것이다.

이러한 얼굴인식은 크게 얼굴 검출, 특징 추출, 그리고 인식의 단계로 나뉘어져 각각 독립적으로 연구되어 왔다. 본 논문에서는 얼굴인식 과정에서 기본적으로 요구되는 얼굴 검출 방법은 Hough 변환을 이용한 Sirohey의 얼굴검출 기법[1]을 사용하였다. 검출된 얼굴영역에서의 특징점을 추출하고[2], 이 특징점에서 지역적인 Gabor 웨이블릿 특징벡터를 구하여[3] 얼굴 인식에 적용하는 방법을 제안하고, 영상의 크기 문제에 대해서는 B-spline interpolation 기법을 이용하였다.

2. 본 론

2.1 타원 검출



[그림 1] 타원모양의 얼굴 영역 검출 과정

본 논문에서 사용한 타원 검출법은 인간의 얼굴과 머리 모양을 타원이라 가정하고, 영상 전체의 에지를 찾아내어 머리부분과 배경을 분리하기 위하여 에지들의 교차점에 대하여 3x3 주변 픽셀들을 제거한다. 이렇게 되면 모든 에지들이 조각이 나게 되고, 같은 물체의 에지들을 연결시켜주는 과정이 필요하게 된다.

같은 물체의 에지들을 연결시켜주기 위해서, 조각난 에지들에 번호를 부여하여 앞에서 서술한 교차점에 대하여 일정거리 안에 존재하는 3개의 에지 방향성을 조사하여 그 차이가 최소가 되는 두 개의 조각들에 같은 번호를 부여하여 연결된 에지라고 판단한다. 이렇게 연결된 에지들을 가지고 머리모양과 가장 유사한 타원을 검출한다.



[그림 2] 검출된 타원모양의 얼굴 영역 (좌로부터 에지, 검출된 타원형 에지, 타원형 얼굴영역)

2.2 특징점 추출

인터레스트 포인트는 영상에서 코너 포인트, T 교차점, 질감이 급격히 변하는 위치에 해당한다. 이러한 특징점은 회전, 이동, 축적, 영상 열화(degradation), 조명 변화, 관점(viewpoint) 변화 등에도 기하학적으로 안정하고, 높은 정보량(high information content)을 가지므로 인식에 효과적으로 이용된다.

본 논문에서는 자기상관함수와 관련된 매트릭스를 구하고, 자기상관함수의 중요 곡률이 되는 이 매트릭스의 고유값을 척도로 인터레스트 포인트를 검출하는 Harris 검출기를 사용하였다[2].



[그림 3] 특징점 추출 결과 영상 (좌로부터 Manchester, Yale, MIT)

2.3 특징벡터 추출

인간의 시각계에서 시각피질내에 있는 세포의 수용체는 인접한 쌍의 세포들간의 기함수적인 대칭성 및 우함수적인 대칭성을 가지고 있고, 이러한 세포들은 각각 2차원 평면상의 x축 및 y축에 대해서 각각 대칭인 쌍으로 표현될수 있다. 이 사실로부터 모델링된 Gabor 함수식과 Fourier변환의 식이 다음과 같다.

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) + j2\pi Wx\right] \quad (1)$$

$$G(u, v) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{(u-W)^2}{\sigma_u^2} + \frac{v^2}{\sigma_v^2}\right)\right\} \quad (2)$$

여기서 σ_x , σ_y 는 각각 x방향과 y방향의 가우시안 함수의 범위를 결정하고, $\sigma_u = \frac{1}{2\pi\sigma_x}$, $\sigma_v = \frac{1}{2\pi\sigma_y}$, W는 평면파의 주파수 성분으로, 주파수 영역에서의 필터의 중심 주파수이다.

Gabor 웨이블릿은 모함수 $g(x, y)$ 의 회전과 팽창에 의해서 만들어 질수 있는데, 다음식을 이용하여 Gabor 필터 뱅크를 생성하게 된다.

$$g_{mn}(x, y) = a^{-m} g(x', y') \quad (3)$$

$$\text{여기서, } x' = x \cos n\theta + y \sin n\theta$$

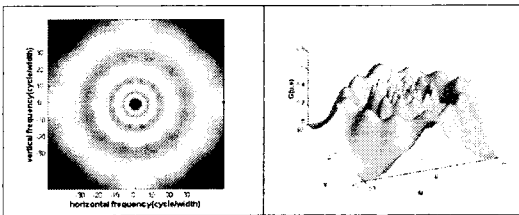
$$y' = -x \sin n\theta + y \cos n\theta$$

$$a = \left(\frac{U_h}{U_l}\right)^{\frac{1}{S-1}}$$

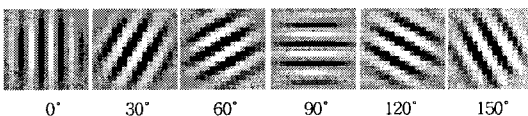
m 과 n 은 각각 크기(scale)와 방향(orientation)을 나타낸다.

단, $m=0, 1, \dots, S-1$ 이고, $n=0, 1, \dots, K-1$, S는 필터뱅크 내에서 크기(scale)의 총 개수, K는 방향(orientation)의 총 개수를 나타낸다. U_h 와 U_l 은 필터뱅크에 포함되는 대역의 최대와 최소 중심주파수를 나타낸다.

본 논문에서는 4개의 크기(S=4)와 6개의 방향(K=6)을 가지고 있고, $U_l=0.05$ (normalized frequency)의 값을 가지는 Gabor 필터 뱅크를 사용하였다. 이를 이용하여 계산해보면, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4의 중심주파수와 $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$ 의 방향을 가지는 총 24개의 Gabor 필터 집합(Gabor filter set)이 생성된다. 다음의 그림은 이러한 필터 뱅크의 주파수 영역에서의 응답을 나타낸 것이다.



(그림 4) 주파수 영역에서의 Gabor filter의 응답 (S=4, K=6)



(그림 5) 각 방향별 Gabor Filter

2.4 크기보정을 위한 Interpolation

데이터베이스의 얼굴 영상 크기와 질의 영상의 얼굴 크기가 다른 경우라면 인식이 어려워진다. 이런 경우 본 논문에서는 인터플레이션을 통한 크기 보정을 통하여 필터는 유지하는 방법을 제안한다. 크기에 대한 보정을 위해서 데이터베이스 영상들의 얼굴 타원 영역을 획득하고 그 영역의 평균 크기를 보정의 기준으로 삼는다. 즉, 질의 영상의 장축 길이와 데이터베이스 영상의 장축 길이의 비로 질의 영상을 크기 변경한 후 인식 과정을 수행한다.

이를 위해 본 논문에서는 bilinear Interpolation 보다 더 넓은 영역에 걸쳐 된 이미지의 픽셀을 이용하는 B-spline Interpolation 방법을 사용하였다.

2.5 Voting 알고리즘

영상 데이터베이스가 K개의 영상들로 구성되었다고 하면, 데이터베이스의 각 영상은 그 영상의 인터리스트 포인트에서 계산된 Gabor 벡터, V_j 들의 집합 $\{V_j\}$ 로 정의될 수 있다. 즉, 저장 단계에서 각 벡터 V_j 는 그 벡터가 계산된 k 번째 데이터베이스 영상에 속하게 되어 데이터베이스 영상들은 (k, V_j) 라는 짝으로 대표될 수 있게 된다.

질의 영상 I에 대한 특징벡터들 $\{V_i\}$ 과, 데이터베이스에 대한 특징벡터들 (V_j, k) 를 유클리디안 거리를 계산하여 [식 - 4] 정해진 문턱값 T를 넘지 않을 경우 두 특징점을 동일한 포인트로 간주하여, 이에 해당되는 데이터베이스 영상은 질의 영상의 특징벡터에 대하여 한 표(vote)를 얻게 된다.

$$d_m(V_i, V_j) = d_{i,j} \quad \forall (i, j) \quad (4)$$

질의 영상의 모든 특징벡터들에 대해서 이 과정을 반복하면, 데이터베이스 영상마다 질의 영상의 특징벡터들이 몇 개 포함되는지를 더해진 수를 통하여 알 수 있다. 이 더해진 수가 클수록 두 영상간의 형태 정보가 유사함을 나타낸다.

2.6 인식 과정

데이터베이스의 영상 O_i 에 대한 특징점들의 집합을 T_i 라 하고, 질의 영상 I에 대한 특징점들의 집합을 V라 하면,

1. O_i 에 대해서 I의 특징점들의 중심 위치 보정 V'

$$Diff(x) = \frac{\sum_i x_n}{i} - \frac{\sum_j x_m}{j} \quad Diff(y) = \frac{\sum_i y_n}{i} - \frac{\sum_j y_m}{j}$$

$$(x_n, y_n) \in T_i, (x_m, y_m) \in V$$

$$(V'_x, V'_y) = (V_x + Diff(x), V_y + Diff(y)) \quad \text{for } \forall x, y$$

2. 보정된 I의 특징점 V' 중 j번째 특징점 w_j 에 대하여 O_i 의 특징점들 T_i 중에서

$$d(w_j, t_i) < p \quad \text{for } \exists p > 0 \quad (5)$$

를 만족하는 특징점들 N_j 를 찾는다







3. w_j 의 특징벡터와 2.에서 구한 N_j 들에 대한 특징벡터에 대한 유클리디안 디스턴스를 구하여 N_j 들중 문턱치(T) 내에 있는 특징점들 w 와 일치하는 특징점이라 판단한다.

4. Voting 알고리즘을 이용하여 V'와 일치하는 특징점들의 수가 가장 많은 O_i 를 인식영상으로 판단한다.

3. 실험 및 결과

제안된 방법을 실험하기 위한 영상으로 128×128 크기의 Manchester, Yale, MIT 영상데이터를 사용하였다. 첫 번째, 균일한 배경의 얼굴 영상에 대한 실험으로 제안된 방법의 성능 평가를 하였다. 두 번째, 복잡한 배경이 인식에 미치는 영향을 판단하기 위하여 MIT영상을 복잡한 배경으로 옮겨서 복잡한 배경이 인식에 미치는 영향을 확인하였고, 세 번째, 검출된 타원정보를 이용하여 배경의 영향을 제외시켰을때의 성능을 평가하였다. 마지막으로 데이터베이스와 다른 크기의 영상이 들어왔을 때, 인터플레이션을 이용하여 블러링 되어있는 데이터베이스와 비슷한 크기로 보정을 한후에 제안된 방법의 성능을 평가하였다.

본 실험에서는 $p = 10, T = 20$ 을 사용하였다.

	Manchester	Yale	Mit
질의 영상			
매칭된 영상			
인식률	Yale 90.5 % (95/105)	Manchester 93.9 % (216/230)	MIT 96.4% (27/28)

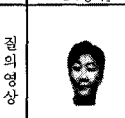



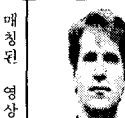



[표 1] 균일한 배경의 얼굴 영상에 대한 실험 영상과 인식 결과

[표 1]은 균일한 배경의 얼굴영상에 대한 인식 실험 결과를 보여준다. 다양한 표정과 약간의 배경 변화에는 얼굴영역을 추출하지 않고도 평균적으로 93.1%(338/363)의 높은 인식률을 확인할수 있다. [표 2]는 Mit 영상을 복잡한 배경으로 옮겨졌을 경우에 대한 실험결과이다.

질의 영상과 특징점		검출된 얼굴영역	
			
인식률	영상 전체 35.7 % (10 / 28)	얼굴 타원 내 85.7 % (23 / 28)	

[표 2] 복잡한 배경에서의 실험 영상과 인식 결과

결과에서 볼수있듯이 복잡한 배경을 포함하는 얼굴 영상에 대한 인식률은 35.7%로 매우 낮게 나왔고, 이는 특징점의 대부분이 배경영역에서 추출되기 때문일것이다. 이러한 배경의 영향을 줄이기 위하여 기존 얼굴영역 타원 검출법을 이용하여 얼굴영역에 존재하는 특징점에 대해서만 인식실험을 한 결과 배경을 제외시키기 전보다 인식률(85.7%)이 상당히 높아짐을 확인할수 있다.

	Yale		Mit	
	보상전	보상후	보상전	보상후
질의 영상				
매칭된 영상				

DB	크기	성공률	
		보상 전	보상 후
Yale	50%	2.5 % (3/119)	91.6 % (109/119)
	60%	23.5 % (28/119)	90.0 % (107/119)
	70%	72.3 % (86/119)	91.6 % (109/119)
	80%	91.6 % (109/119)	92.4 % (110/119)
	90%	91.6 % (109/119)	91.6 % (109/119)
MIT	크기 2	72.5 % (29/40)	82.5 % (33/40)
	크기 3	15.1 % (5/33)	84.8 % (28/33)

[표 3] 크기가 다른경우의 실험영상과 인식 결과(조명변화 제외)

[표 3]은 데이터베이스에 있는 영상의 크기와 다른 크기의 질의 영상이 들어왔을때의 실험이다. 표에서 확인할수 있듯이 크기 보상을 하지 않았을 경우 인식률은 평균적으로 56.3%(335/595)인데 반해 B-Spline interpolation을 이용하여 크기보상을 한후의 인식률은 평균 91.4%(544/595)로 균일한 배경에대한 실험결과와 비슷한 수준으로 향상되었다. 이경우 interpolation의 영향으로 질의 영상에 블러링 효과가 나타나므로 블러링된 데이터 베이스를 사용하였다.

결론

본 연구에서는 기존 타원검출법을 이용, 복잡한 배경을 갖는 얼굴 영상에 대하여 얼굴영역내에서의 특징점을 추출하여 인식하는 방법과, 크기가 다른 영상이 들어왔을 때, 인터플레이션 후 인식하는 방법을 제안 하였다. 제안된 방법을 사용하였을 때, 복잡한 배경과 크기가 다른 얼굴 영상에 대한 인식에 매우 효과적이다. 하지만 조명변화가 심한 영상에 대해서는 인식률(44%)이 저하됨을 알수 있었다. 앞으로 조명변화에 대한 문제만 해결된다면 제안된 방법은 얼굴인식방법으로 매우 효과적인 방법이 될것이라 생각한다.

[참고 문헌]

- (1) S.A. Sirohey, "Human Face Segmentation and Identification" Tech.Rep. CAR-TR-695, Center for Autom. Res., Univ. Maryland, college Park, MD, 1993
- (2) C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector", Alvey Vision Conference, (1988), pp. 147-151.
- (3) B.S. Manjunath and W.Y. Ma, "Texture Features for Browsing and Retrieval of Image Data", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 18, No. 8, (Aug., 1996), pp. 837-842.