

2-D Gabor 필터를 이용한 홍채인식

Iris Recognition Using the 2-D Gabor Filter

고현주*, 이대종**, 전명근*

*충북대학교 제어계측공학과

**한국전기안전공사부설 전기안전연구원

Hyoun-Joo Go*, Dae-Jong Lee**, Myung-Geun Chun*

*School of electrical and Electronic Engineering, Chung-Buk National University

**Electrical Safety Research Institute

E-mail : mgchun@cbucc.chungbuk.ac.kr

요 약

본 논문은 생체측정학(Biometrics)중 홍채의 패턴을 이용하는 것으로, 사람의 홍채는 태어날 때 한번 정해지면 평생 변화하지 않으며, 개개인별로 모양이 모두 다른 것으로 알려져 있다. 이에, 본 논문에서는 홍채영상 취득시 조명에 의한 동공의 크기 변화에 민감하지 않은 2차원의 홍채패턴을 취득하고, 2D Gabor 필터와 48개의 분할된 섹터로부터 특징값을 추출한다. 또한, 인식과정에서는 correlation 계수를 이용하여 서로 다른 홍채의 특징값에 대해 유사도를 측정하고 가장 큰 값을 갖는 사람을 찾게 되는데, 이때, 3개의 필터를 거쳐 얻어진 영상에 대해 최고의 값을 인식 대상자로 인정하므로 오인식 될 확률을 최소화 할 수 있다. 제안한 알고리즘의 유용성을 확인하기 위해 남성과 여성 대상자 10명의 왼쪽 눈에 대해 5회 촬영하여 데이터베이스 구축 후, 실험한 결과 90%이상의 높은 인식률을 얻음으로 제안한 알고리즘의 유용성을 확인할 수 있다.

1. 서론

최근 인터넷의 발달로 촉발된 전자상거래의 규모는 해마다 기하급수적으로 늘어나고 있어, 현대인은 네트워크 세상에 살고 있다고 해도 과언이 아니다. 이런 정보의 교환과 전자상거래에 있어서 인가된 대상자와 그렇지 않은 사람을 구별하고, 정보를 보호하거나 안전한 상거래를 이룩하는 일은 어느 때보다도 중요한 문제로 부각되고 있다. 또한, 전자상거래가 원활하게 이루어지기 위해서는 거래를 안전하게 만들어 주는 여러 가지 안전 장치들이 필요한데, 가상공간에서의 상거래가 이루어지기 위해서는 구매자가 판매자의 신원을 반드시 파악해야 할 필요성이 있고 판매자의 입장에서도 다량의 고가 물건을 주문 받는 경우, 주문자의 신원파악이 중요해진다.

이에 데이터나 정보에 대한 접근을 통제하는 논리적 접근분야와 개인의 신분을 확인하거나 검증하는 분야에 사람의 생태적, 행동적인 특성을 이용하여 개인을 식별하거나 검증하는 기술인 생체인식 시스템이 많은 곳에서 적용되고 있다[1].

이렇게 개인을 식별하기 위해 생체인식(Biometric)

을 이용하기 시작한 것은 아주 오래 전부터이다. 망막인식은 망막을 이용한 인식으로 사용자의 안구 배면에 위치한 모세혈관의 구성이 인간의 지문과 같이 종생불변의 특성을 지니고 있다는 점을 이용하는 것으로 이러한 망막 패턴을 읽기 위해서는 미약한 강도의 연필 지름 만한 적색 광선이 안구를 투시하여, 망막에 있는 모세혈관에 반사된 역광을 측정한다. 이러한, 망막 패턴 검색 기술은 고도의 보안성을 만족시키지만 사용상의 불편과 두려움을 유발하는 등 일반인을 대상으로 하여 사용하기에는 비효율적이다[2].

지문인식에 사용되는 지문은 땀샘이 융기되어 일정한 흐름으로 만들어진 것으로 그 모양이 개개인마다 서로 다르고 태어날 때의 모습 그대로 평생동안 변하지 않음이 증명되어 실생활에서 각종 신원 확인을 위해 많이 사용되어 왔다. 이러한 고유의 특성상 식별 성능에 대한 신뢰도와 안정도가 다른 수단 보다 높은 것으로 평가되어 가장 효율적인 개인 인증의 방법으로 이용되어 왔다.

반면에 홍채인식의 홍채는 각막과 수정체 사이에 존재하는 것으로 안구의 전방에 있으며 이것

의 가운데에 있는 둥근 구멍이 동공이다. 홍채의 앞면은 불규칙한 기본을 가지며, 동공연(pupillary margin)의 가까이에 융기된 원형의 패턴이 존재하는데, 이를 권축륜이라 하며 지문과 마찬가지로 태어날 때 한번 정해지면 평생 변화하지 않으며, 개개인별로 모양이 모두 다른 것으로 알려져 있다[3].

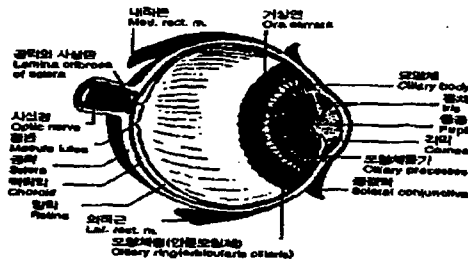


그림 1. 사람 눈의 구조

홍채인식의 기존연구로는 J.G.Daugman의 논문에서 2-D Gabor Filter를 사용하였고[4], W.W.Boles의 논문에서는 Wavelet Transform을 사용하였다[5]. 이에, J.G.Daugman의 Gabor filter를 이용한 연구는 256byte의 IrisCode를 생성하여 많은 량의 기억공간을 사용해야 하는 문제가 있다. 또한, Boles의 Wavelet Transform은 Zero-crossing을 사용하여 적은 양의 데이터베이스에서는 효율적으로 작동하나 대상 데이터베이스의 개수가 커지면 이들을 모두 분리해 내기에 특징 점의 개수가 부족한 문제가 발생한다. 또한 [2]에서는 홍채패턴이 있는 영역중 1차원의 밝기 데이터를 취득하여 DFT(Discrete Fourier Transform) 계수를 이용하고 이것으로부터 특징 점을 취득하였다. 그러나 이 방법은 같은 사람이라 할지라도 조명을 느끼는 순간 상태에 따라 동공의 지름이 달라지고 이로 인해 추출되는 데이터의 개수와 위치가 달라질 수 있으므로 조명의 변화가 심한 곳에서는 용이하지 않았다.

따라서 본 논문에서는 사람 눈의 홍채를 2차원의 영상으로 취득하고, 이중 홍채패턴을 2-D Gabor 필터를 이용하여 방향성을 갖는 이미지로 변환후 일정한 영역으로 분리하고 각 영역에서 특징값을 얻는 방법을 사용한다. 또한 인식단계에서 두개의 특징값에 대해 유사도를 비교하기 위해 correlation의 계수를 사용한다. 이와 같은 방법을 구체적으로 설명하기 위해 2장에서 Gabor 필터의 특징과 홍채에 대해 설명하고, 3장에서 제안한 알고리즘의 유용성을 보이기 위해 실험 및 검증을 한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 논한다.

2. Gabor 필터의 특징과 홍채

2.1 전처리과정

홍채 영상 취득 시 속 눈섭이 동공의 일부를

가리거나, 화장술로 인한 홍채영상의 일부 희손, 조명이 홍채영상에 반사되는 경우 등 홍채영상 획득에 문제점들이 발생할 수 있다. 이러한 문제점들은 홍채의 동공을 찾거나 동공의 초점을 찾는 데 어려움이 있을 수 있다. 따라서 영상 전처리 과정을 거쳐 원하는 영상으로 변환한 후 특징 값을 획득할 수 있다. 영상의 전처리과정은 [2]와 같은 방법으로 진행되었으며, 이로부터 동공의 초점을 발견할 수 있다. 이때, 동공의 경계를 단단하게 하기 위하여 8이웃화소인 성분명칭화(component labeling)를 사용하였다.

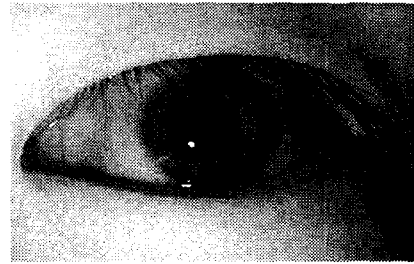


그림 2 입력영상

그림 2는 640× 480 크기를 갖는 입력 영상중 하나로 앞에서와 같은 과정을 거쳐 찾아낸 동공의 초점으로부터 동공의 반지름(r)과 동공의 경계선을 알 수 있으며, 동공의 경계선으로부터 20 픽셀간격으로 3개의 원을 그릴 수 있다. 또한, 원의 내부에 22.5°의 간격으로 섹터를 분할할 수 있으며, 이렇게 얻어진 섹터의 개수는 총 48개를 획득할 수 있다. 그림 3은 그림 2의 입력영상에 대해 동공의 초점을 찾은 후 48개의 섹터로 분할한 것을 보이고 있다.

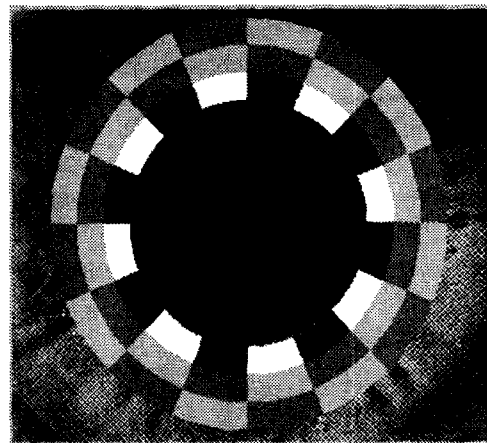


그림 3. 48개의 분할된 섹터

2.2 Gabor Filter의 특성

Gabor Filter는 시간기능 위에 고정길이 원도우와 간격내에서 주파수 성분을 추출하는 short time fourier-transform(STFT)으로 국부적으로는 움직이지 않으나 전체적으로는 고정적이지 않은 음성신호 등에 적용이 적당하다. 시간축의 어떤

점 T 에서 STFT 위치 window $g(t)$ 와 확장내에서 신호의 푸리에 변환 또는 윈도우의 전개 계산식은 다음과 같다.

$$F(\Omega T) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) g^*(t-T) e^{-i\Omega t} dt \quad (1)$$

여기서, window $g(t)$ 가 Gaussian일 때 STFT를 Gabor 변환이라 한다. 2D Gabor 필터의 일반적인 공식은 다음과 같다[6].

$$h(x, y, \theta, k, f, \delta x, \delta y) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x\theta k^2}{\delta x^2} + \frac{y\theta k^2}{\delta y^2}\right)\right) \times \exp(i2\pi k(x\theta + y))$$

이때, $x\theta k = x\cos\theta k + y\sin\theta k$, $y\theta k = -x\sin\theta k + y\cos\theta k$ 싸인 평면과의 주파수이며, θk 는 Gabor 필터의 방향성이고, $\delta x, \delta y$ 는 x 와 y 축을 감싸는 Gaussian의 표준편차를 의미한다. 이러한 Gabor 필터는 방향성 및 주파수 선택력의 특징을 갖는 밴드패스 필터로 공간주파수 도메인에서 최적의 집합 분석력을 갖고 있다. 그림 4와 5는 0도의 Gabor 필터와 90도의 Gabor 필터를 각각 나타낸 것이고, 그림 6과 7은 그림 2의 영상에 대해 0도, 90도의 필터에 대해 각각 통과한 후 방향성을 갖는 영상이다.

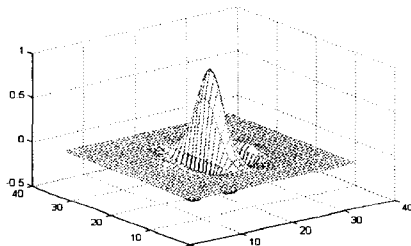


그림 4. $\theta = 0$ 일때 2D Gabor 필터의 전달함수

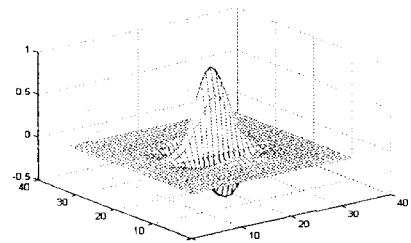


그림 5. $\theta = 90$ 일때 2D Gabor 필터의 전달함수

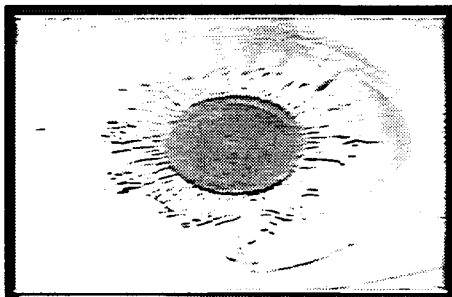


그림 6. $\theta = 0$, Gabor 필터 통과 후의 영상

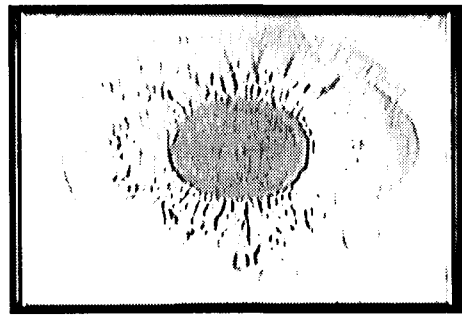


그림 7. $\theta = 90$, Gabor 필터 통과 후의 영상

2.3 특징점 추출

위와 같은 전처리 과정을 통해 얻어진 영상은 각 방향에 대해 Gabor 필터를 통과한 후 48개로 분리된 섹터별 특징값을 얻을 수 있다. 이때, 영상 획득 시 발생하는 밝기 변화를 평준화 시켜주기 위해 정교화를 하고 이로부터, 3개의 각도 방향 이미지의 각 분할된 섹터 내에서 픽셀 값의 변화를 계산하며 이것을 변량(Gabor 특징값)이라 한다. 변화의 값은 지문의 각 방향에 대응하는 융선의 집중을 의미한다. 섹터 내에서 높은 변화는 Gabor 필터와 같은 방향의 융선을 의미하는 것이고, 낮은 변화는 융선이 아니라는 표시이다. 본 논문에서 제안하는 Gabor 필터를 이용한 홍채 인식의 특징값으로 사용되는 변량 계산식은 다음과 같다.

$$Vi\theta = \sqrt{\sum_i (Oi\theta(x, y) - Mi\theta)^2} \quad (3)$$

여기서, $Oi\theta$ 는 θ 각도로 필터링된 i 번째 섹터에서의 픽셀 값이고, $Mi\theta$ 는 픽셀 값의 평균이며, i 는 i 번째 섹터에서 픽셀들의 개수이다. 그림 8과 그림 9는 서로 다른 홍채영상에 대해 0도의 Gabor 필터를 사용했을 때, 얻을 수 있는 서로 다른 특징값을 갖는 형태를 보이고 있다.

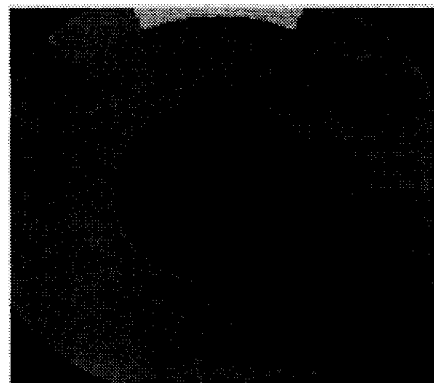


그림 8. 48개의 섹터로 분할된 특징값(A영상)

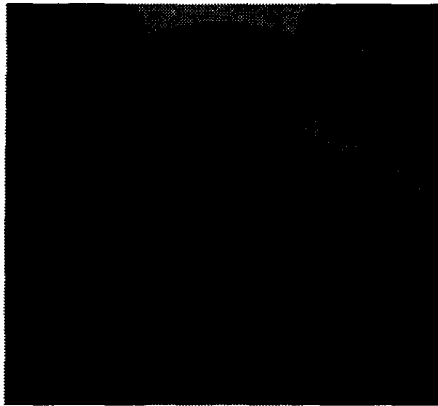


그림 9. 48개의 섹터로 분할된 특징값(B영상)

3. 실험 및 검증

본 논문에서는 홍채영상 취득시 조명에 의한 동공 크기 변화에 따라 홍채패턴의 폭의 변화에 민감하지 않은 2D Gabor 필터와 48개의 섹터로 분할된 영역을 이용하여 특징값을 추출한다.

제안한 방법에 대한 성능 평가로 앞에서와 같은 과정으로 만들어진 특징값과 비교 영상의 특징값을 공분산 행렬에 기반 한 correlation의 계수를 이용하여 유사도 값을 얻을 수 있다. 이때 correlation은 공분산 행렬을 이용한 것으로 본 논문에서는 최소값 0 ~ 최대값 1의 값으로 표현하였으며 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho = \frac{\overline{X} \overline{Y}^T}{\sigma_X \sigma_Y} \quad \overline{X} = X_i - \mu_X, \quad \overline{Y} = Y_i - \mu_Y \quad (4)$$

이처럼, correlation 계수를 이용하여 서로 다른 홍채의 특징값에 대한 유사도를 측정하는데, 3개의 필터를 거쳐 얻어진 영상에 대해 각각의 유사도중 최고의 값을 갖는 사람을 인식 대상으로 인정하게 된다. 또한, 본 논문에서는 홍채영상의 취득을 위해 LG전자에서 상용중인 홍채인식기의 카메라를 사용하였으며, 남자와 여자 대상자 10명에 대해 한 사람 당 왼쪽 눈을 다섯 번 촬영하여 홍채패턴을 획득, 제안된 알고리즘을 MATLAB으로 구현하여 실험하였다.

실험방법으로는 한사람에 대한 다섯 개의 영상과 열 사람에 대한 다섯 개의 영상 50장을 비교, 실험하였으며, 앞에서 제안한 방법과 같이 Gabor 필터를 거쳐 얻어진 영상에 대해 정교화하고 48개의 섹터별 변량을 구하였다. 그리고 3개의 필터에서 얻어진 영상을 타영상과 비교하여 correlation의 계수가 가장 큰 값을 대상으로 인식하는 실험을 한다

표 1 대상자 10명에 대한 실험결과

구분	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0
C	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1
D	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5

표 1은 앞에서와 같은 실험절차로 얻어진 결과로 대상자 A에 대해 A라고 인정할 확률이 입력영상 5장에 대해 전체영상 45(50-5)장에 대해 5장 모두가 대상자로 인식하므로 100% 인식한 결과이고, 대상자 C에 대해 C라고 인정할 확률이 입력영상 5장에 대해 4장을 만족하므로 80%로 인식률을 보이고 있다. 이와 같은 결과는 대상자 10명을 기준으로 94%의 인식률을 얻을 수 있다.

4. 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘은 2-D Gabor 필터를 이용한 홍채패턴의 특징을 추출하여 인식하는 것으로 패턴이 있는 영역을 48개의 섹터로 분할함으로써 영상 입력시 발생할 수 있는 빛의 변화에 평준화 시킬 수 있는 방법을 제시하였으며, 인식과정에서 유사도를 측정하는 방법으로 correlation 계수를 이용하는 방법을 제안하였다. 이와 같이 제안한 방법은 기존 논문[2]에 비해 빛의 변화에 따른 동공의 변화에 최소의 반응을 보일 수 있으며, 홍채영상에 대해 변량으로 특징값을 대표함으로써 48x 3의 특징값으로 기준 데이터베이스를 형성할 수 있다. 앞으로, 실험결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해서 좀더 많은 대상자의 홍채영상에 대한 실험이 요구된다.

참고문헌

- [1] 전명근, "생체인식(Biometric) 총론", 한국정보통신교육원, 2002
- [2] 고현주, 전명근, "푸리에 변환과 상관관계 계수 값을 이용한 홍채인식", 정보처리학회 추계 학술발표대회 논문집, 제9권, 제2호, 2002
- [3] Richard P. Wildes, "Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology" Proceedings of the IEEE, Vol. 85, No. 9, 1997.
- [4] J.G.Daugman, "Complete Discrete 2-D Gabor Transforms by Neural Networks for Image Analysis and Compression", IEEE Tr. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 36, No.7, pp.1169-1179, 1988
- [5] W. W. Boles and B. Boashash, "A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform", IEEE Tr. on Signal Processing, Vol. 46, No. 4, pp.1185-1188, 1998.
- [6] Salil Prabhakar, Fingerprint Classification and Matching Using a Filterbank, Computer Science & Engineering, 2001.