

2-D Gabor 필터를 이용한 홍채인식

Iris Recognition Using the 2-D Gabor Filter

고현주* · 이대종** · 전명근*

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

*충북대학교 제어계측공학과

**충북대학교 컴퓨터정보통신연구소

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

**Research Institute for Computer & Information Communication,

Chung Buk National University

요 약

본 논문에서는 사람의 생태학적, 행동학적 특성을 이용하여 개인을 인식하는 생체인식 기법의 하나인 홍채인식을 다루었다. 사람의 홍채는 태어날 때 한번 정해지면 평생 변화하지 않는 특성을 가지고 있으며, 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 특징 값을 추출한다. 인식과정에서는 correlation 계수를 이용하여 서로 다른 홍채의 특징 값에 대해 유사도를 측정하고 가장 큰 값을 갖는 대상을 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 대상자 10명에 대해 5회씩 촬영한 데이터베이스에 대해 실험한 결과 90% 이상의 높은 인식률을 얻었다.

Abstract

This paper deals with the iris recognition as one of biometric techniques which are applied to identify a person using his/her behavior or congenital characteristics. The iris of a human eye has a texture that is unique and time invariant for each individual. First, we obtain the feature vector from the 2D iris pattern having a property of size invariant and divide it into 24 sectors which are further through three types of 2D Gabor filters. At the recognition process, we compute the similarity measure based on the correlation values. Here, since we use three different matching values obtained from three different directional Gabor filters and select the maximum value among them, it is possible to minimize the recognition error rate. To show the usefulness of the proposed algorithm, we applied it to a biometric database consisting of 50 iris patterns extracted from 10 subjects and finally get more higher than 90% recognition rate.

Key words : 생체인식, 홍채인식, 가보필터(Gabor Filter), 상관계수(Correlation coefficients)

1. 서 론

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 접근 분야와 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

접수일자 : 2003년 8월 27일

완료일자 : 2003년 11월 29일

감사의 글 : 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00315-0) 지원으로 수행되었음.

사용상의 불편과 두려움을 유발하는 등 일반인을 대상으로 하여 사용하기에는 비효율적이다[2].

지문인식에 사용되는 지문은 땀샘이 용기되어 일정한 흐름으로 만들어진 것으로 그 모양이 개개인마다 서로 다르고 태어날 때의 모습 그대로 평생동안 변하지 않음이 증명되어 실생활에서 각종 신원확인을 위해 많이 사용되어 왔다. 이와 같은 지문을 이용한 생체인식 기법으로는 Gabor filter를 이용하여 특징점을 얻는 방법이 새로운 방법으로 사용되고 있으며[3], 고유의 특성상 식별 성능에 대한 신뢰도와 안정도가 다른 수단 보다 높은 것으로 평가되어 가장 효율적인 개인 인증의 방법으로 이용되어 왔다[4-5].

반면에 홍채인식의 홍채는 각막과 수정체 사이에 존재하는 것으로 안구의 전방에 있으며 이것의 가운데에 있는 둥근 구멍이 동공이다. 홍채의 앞면은 불규칙한 기분을 가지며, 동공연(pupillary margin)의 가까이에 용기된 원형의 패턴이 존재하는데, 이를 권축륜이라 하며 지문과 마찬가지로 태어날 때 한번 정해지면 평생 변화하지 않으며, 개개인별로 모양이 모두 다른 것으로 알려져 있다[6-9].

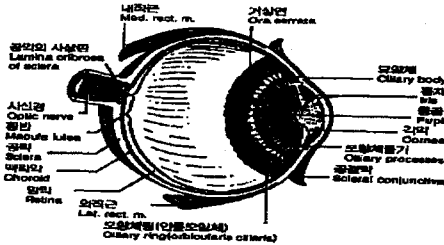


그림 1. 사람 눈의 구조
Fig. 1. Structure of human eye

홍채인식의 기존연구로는 J.G.Daugman의 논문에서 2-D Gabor Filter를 사용하였고[10], W.W.Boles의 논문에서는 Wavelet Transform을 사용하였다[11]. 여기서, 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 특징점의 개수가 부족 한 문제가 발생한다. 한편, [2]에서는 홍채 패턴이 있는 영역중 1차원의 밝기 데이터를 취득하여 DFT(Discrete Fourier Transform) 계수를 이용하고 이것으로부터 특징점을 취득하였다. 그러나 이 방법은 같은 사람이라 할지라도 조명을 느끼는 순간 상태 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, 이 중 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, 3장에서는 홍채패턴을 이용한 특징 추출에 대해 설명한다. 그리고 4장에서 제안한 알고리즘의 실험 및 검증을 하고 5장에서는 결론을 논한다.

2. Gabor 필터의 특징과 홍채

2.1 전처리과정

홍채 영상 취득 시 속 눈섭이 동공의 일부를 가리거나, 화상술로 인한 홍채영상의 일부 회손, 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 전처리과정을 거쳐 원하는 영상으로 변환한 후 특징값을 획득할 수 있다. 이와 같은 영상의 전처리과정은 영상취득 시스템으로부터 사람의 눈을 찍은 영상을 중위수 필터(Median filter)를 사용하여 속눈섭과 눈꺼풀 등의 잡음을 제거하는 것으로부터 시작될 수 있다. 이로부터 동공의 추출을 위해 이진화 영상이 필요 한데, 이를 위해 본 연구에서는 히스토그램으로부터 계곡값을 자동으로 추출하는 자동 이진화 알고리즘을 구현하였다 [2]. 이와 같은 이진 영상알고리즘으로부터 관심 영역과 이외의 영역을 명료하게 구별하거나 화상의 경계선을 추출하고 있으며, 본 연구에서는 관심 있는 부분인 동공을 검출할 수 있으며, 이로부터 동공의 초점을 발견할 수 있다. 이때, 동공의 경계를 단단하게 하기 위하여 8이웃화소인 성분명칭화(component labeling)를 사용하였다.

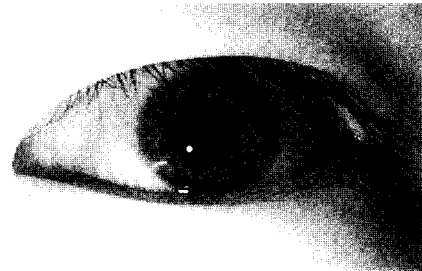


그림 2. 홍채 영상
Fig. 2. Iris image

그림 2는 640×480 크기를 갖는 입력 영상중 하나로 앞서와 같은 과정을 거쳐 찾아낸 동공의 초점으로부터 동공의 반지름(r)과 동공의 경계선을 알 수 있으며, 동공의 경계선으로부터 20픽셀간격으로 3개의 원을 그릴 수 있다. 또한, 원의 내부에 22.5°의 간격으로 섹터를 분할 할 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.

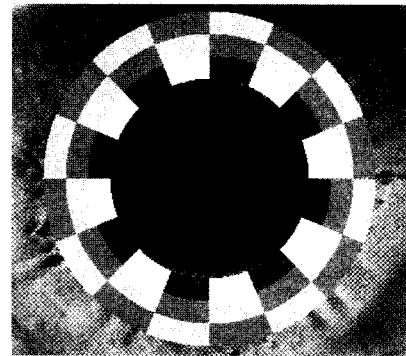


그림 3. 48개의 분할된 섹터
Fig. 3. 48 divided sectors

2.2 Gabor Filter의 특성

Gabor Filter는 시간기능 위에 고정길이 윈도우와 간격내에서 주파수 성분을 추출하는 short time Fourier-transform (STFT)으로 국부적으로는 움직이지 않으나 전체적으로는 고정적이지 않은 음성신호 등에 적용이 적당하다. 시간축의 어떤 점 T에서 STFT 위치 window $g(t)$ 와 확장내에서 신호의 푸리에 변환 또는 윈도우의 전개 계산식은 다음과 같다.

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

여기서, 윈도우 $g(t)$ 가 Gaussian일 때 STFT를 Gabor 변환이라 한다. 2D Gabor필터의 일반적인 공식은 다음과 같다 [12].

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

이때, $x\theta_k = x\cos\theta_k + y\sin\theta_k$, $y\theta_k = -x\sin\theta_k + y\cos\theta_k$, f 는 싸인 평면파의 주파수이며, θ_k 는 Gabor 필터의 방향성이고, $\delta x, \delta y$ 는 x 와 y 축을 감싸는 Gaussian의 표준편차를 의미한다. 이러한 Gabor 필터는 방향성 및 주파수 선택의 특징을 갖는 밴드패스 필터로 공간주파수 도메인에서 최적의 집합 분석력을 갖고 있다. 그림 4, 5, 6은 0도의 Gabor 필터와 90도, 45도의 Gabor 필터를 각각 나타낸 것이고, 그림 7, 8, 9는 그림 2의 영상에 대해 0도, 90도, 45도의 필터에 대해 각각 통과한 후 방향성을 갖는 영상이다.

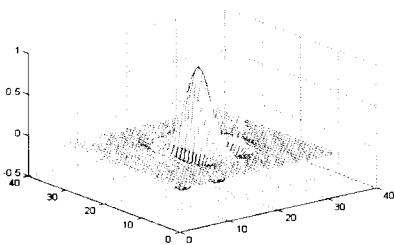


그림 4. $\theta=0$ 일때 2D Gabor 필터의 전달함수
Fig. 4. 2D Gabor filter at $\theta=0^\circ$

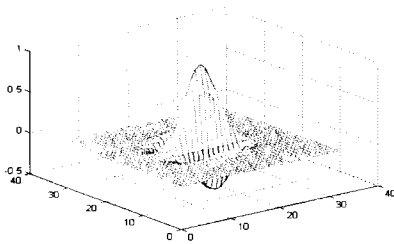


그림 5. $\theta=90$ 일때 2D Gabor 필터의 전달함수
Fig. 5. 2D Gabor filter at $\theta=90^\circ$

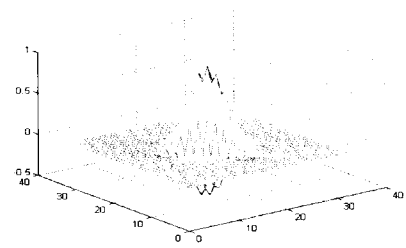


그림 6. $\theta=45$ 일때 2D Gabor 필터의 전달함수
Fig. 6. 2D Gabor filter at $\theta=45^\circ$

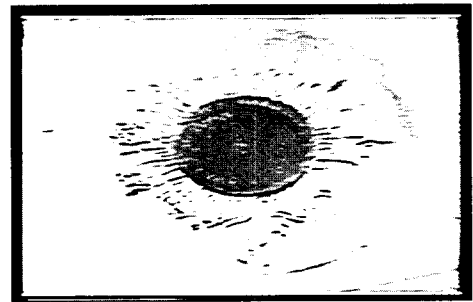


그림 7. Gabor 필터 통과 후의 영상($\theta=0^\circ$)
Fig. 7. Image after 2D Gabor filtering($\theta=0^\circ$)

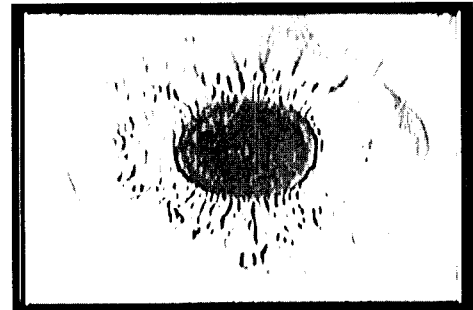


그림 8. Gabor 필터 통과 후의 영상($\theta=90^\circ$)
Fig. 8. Image after 2D Gabor filtering($\theta=90^\circ$)

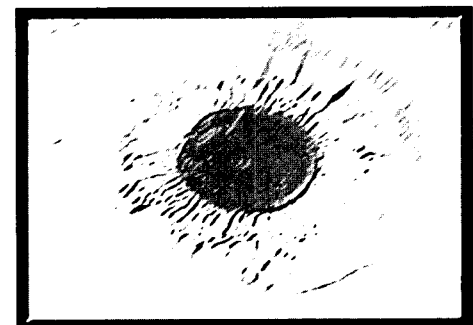


그림 9. Gabor 필터 통과 후의 영상($\theta=45^\circ$)
Fig. 9. Image after 2D Gabor filtering($\theta=45^\circ$)

3. 홍채패턴을 이용한 특징 추출

위와 같은 전처리 과정을 통해 얻어진 영상은 각 방향에 대해 Gabor 필터를 통과한 후 48개로 분리된 섹터별 특징값을 얻을 수 있다. 이때, 영상획득 시 발생하는 밝기 변화를 평준화 시켜주기 위해 필터 통과후의 영상에 대해 정규화를 하고 이는 식 (3)의 $N_{i\theta}(x, y)$ 와 같이 표현할 수 있다[13].

$$N_{i\theta}(x, y) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{V_0 \times (F_{i\theta}(x, y) - M_{i\theta})^2}{V_{i\theta}}}, & \text{if } F_{i\theta}(x, y) > M_{i\theta} \\ M_0 - \sqrt{\frac{V_0 \times (F_{i\theta}(x, y) - M_{i\theta})^2}{V_{i\theta}}}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

이때, M_0 와 V_0 는 필터 통과후의 영상 $F_{\theta}(x, y)$ 에 대해 정규화 과정을 통해서 얻어지는 섹터의 픽셀 평균과 분산값으로 각각 상수 100으로 놓았다. 또한, i 는 48개의 섹터 번호이고 $M_{i\theta}$ 와 $V_{i\theta}$ 는 각각 i 번째 섹터에서 계산되어진 평균값과 분산값으로 표현하였다. 본 논문에서는 3개의 각도 (0°, 90°, 45°)를 통과한 방향 이미지에 대해 분할된 섹터로 픽셀 값의 변화를 계산하여 이것을 Gabor 특징값이라 하고 특징값은 홍채패턴의 각 방향에 대응하는 패턴의 집중을 의미한다. 섹터 내에서 높은 변화는 Gabor 필터와 같은 방향의 융선을 의미하는 것이고, 낮은 변화는 융선이 아니라는 표시이다. 본 논문에서 제안하는 Gabor 필터를 이용한 홍채인식의 특징값으로 사용되는 변량 계산식은 식 (4)와 같다.

$$G_{i\theta} = \sqrt{\sum_x \sum_y (N_{i\theta}(x, y) - M_{i\theta})^2} \quad (4)$$

여기서, $N_{i\theta}$ 는 θ 각도로 필터링된 i 번째 섹터에서의 정규화 값이고, $M_{i\theta}$ 는 필터링된 영상에 대한 i 번째 섹터에서의 픽셀 값의 평균이며, $G_{i\theta}$ 는 본 논문에서 특징벡터로 사용하고자 하는 특징값이다. 그림 10은 본 연구에 사용된 홍채영상에 대한 특징값을 보인 것으로 0도 Gabor 필터를 사용한 후 얻은 특징값이다. 첫 번째행은 48개(i)로 분할된 섹터이고, 두 번째행과 세 번째행은 동일인에 대한 특징값이며, 네 번째행은 비동일인에 대한 특징값을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 동일인의 경우 비동일인의 특징값 보다 유사함을 확인할 수 있다.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
99.14	99.162	99.38	101	97	102	99	99	97	99	100	94	97	91	102	93	99	103	99	99	102	97	99	99	99	101	103	100	101	103	100	99	102	97	103	100	94	97	105	99	94	102	99	101	104						
99.103	102	99	104	99	100	94	97	102	97	103	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
99.103	100	100	102	104	102	103	101	105	102	105	102	104	103	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105

그림 10. 동일인과 비동일인에 대한 특징벡터
Fig. 10. Feature vectors for same person and other person

이와 같은 특징값을 섹터로 분할된 값으로 표현하면 그림 11, 12, 13과 같이 표현할 수 있다. 그림 11과 그림 12는 동일인에 대한 서로 다른 영상으로 특징 값의 분포가 비동일인에 대해 일정한 것으로 확인할 수 있으며, 그림 13은 비동일인에 대한 특징 값의 분포로 동일인과 상이함을 확인할 수 있다. 또한, 그림 14는 본 연구에서 제안한 홍채인식시스템의 흐름도를 보이고 있다.

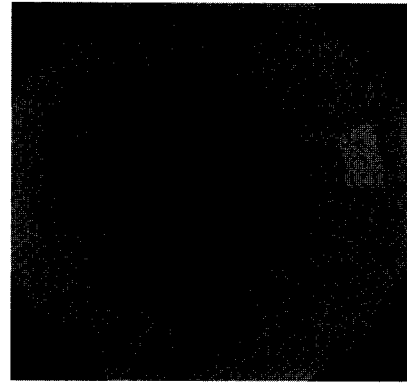


그림 11. 대상자 A에 대한 특징 값
Fig. 11. Feature vector for person A

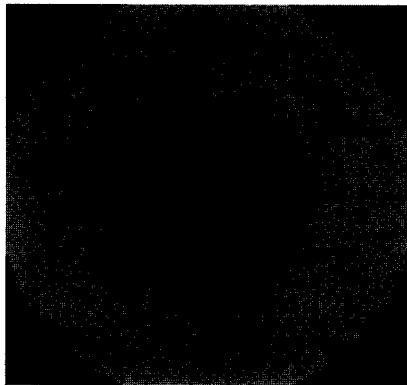


그림 12. 대상자 A'에 대한 특징 값
Fig. 12. Feature vector for person A'

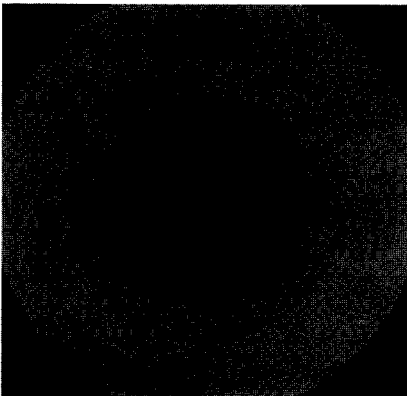


그림 13. 대상자 B에 대한 특징 값
Fig. 13. Feature vector for person B

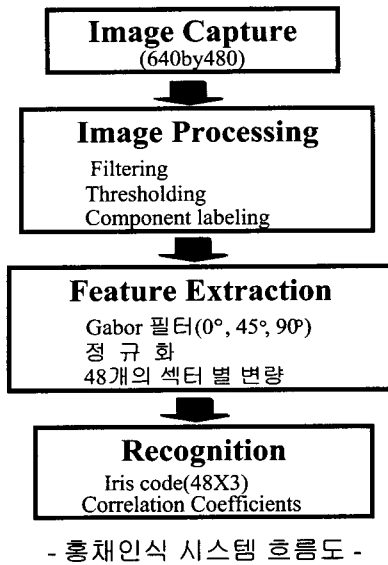


그림 14. 홍채인식 시스템 흐름도

Fig. 14. Flowchart for proposed iris recognition system

4. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 홍채영상 취득시 조명에 의한 동공 크기 변화에 따라 홍채패턴의 폭의 변화에 민감하지 않은 2D Gabor 필터와 48개의 색터로 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 (5)와 같이 나타낼 수 있다.[14]

$$\rho = \frac{\bar{X} \bar{Y}^T}{\sigma_X \sigma_Y}, \quad \bar{X} = X_i - \mu_X, \quad \bar{Y} = Y_i - \mu_Y \quad (5)$$

이처럼, correlation 계수를 이용하여 서로 다른 홍채의 특징값에 대한 유사도를 측정하는데, 3개의 필터를 거쳐 얻어진 영상에 대해 각각의 유사도중 최고의 값을 갖는 사람을 인식 대상자로 인정하게 된다. 또한, 본 논문에서는 홍채영상의 취득을 위해 LG전자에서 상용중인 홍채인식기의 카메라를 사용하였으며, 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 정규화하고 48개의 색터별 변량을 구하였다. 그리고 3개의 필터에서 얻어진 영상을 타영상과 비교하여 correlation의 계수가 가장 큰 값을 대상으로 인식하는 실험을 한다. 표 1은 대상자 10명에 대한 실험 결과 대상자 A의 영상 5장과 비동일인의 영상 각 1장의 상관관계를 이용한 유사도 측정치를 보이고 있다.

표 1. 상관관계를 이용한 유사도 측정

Table. 1. Similarity using the correlation coefficients

구분	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
A1	1	0.6710	0.8106	0.5258	0.6183	0.6614	0.5946	0.7333	0.5372	0.4971
A2	0.9534	0.7255	0.7616	0.6243	0.6227	0.7013	0.6115	0.7668	0.5392	0.4114
A3	0.9199	0.7684	0.8076	0.6497	0.6371	0.7236	0.6302	0.7762	0.5341	0.4510
A4	0.9150	0.7029	0.7145	0.7022	0.4419	0.7195	0.6352	0.7052	0.5436	0.4599
A5	0.8710	0.8084	0.7790	0.6680	0.6023	0.6015	0.6720	0.7448	0.4845	0.5122

표 2. 대상자 10명에 대한 실험결과

Table. 2. Personal identification for 10 subjects

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 2는 앞에서와 같은 실험절차로 얻어진 결과로 대상자 A에 대해 A라고 인정할 확률이 입력영상 5장에 대해 전체 영상 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.

5. 결론

본 논문은 사람의 생태학적, 행동학적 특성을 이용하여 개인을 식별 및 검증하는 방법 중 하나로 홍채의 패턴을 이용하였으며, 홍채영상 취득시 조명에 의한 동공의 크기 변화에 민감하지 않은 2차원의 홍채패턴을 취득하고, 2D Gabor 필터와 48개의 분할된 색터로부터 특징 값을 추출한다. 또한, 인식과정에서는 correlation 계수를 이용하여 서로 다른 홍채의 특징 값에 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. 이와 같이 제안한 방법은 기존 논문 [2]에 비해 빛의 변화에 따른 동공의 변화에 최소의 반응을 보일 수 있으며, 홍채영상에 대해 변량으로 특징값을 대표함으로써 48×3의 특징값으로 기존 데이터베이스를 형성할 수 있다. 또한, 제안한 알고리즘의 유용성을 확인하기 위해 남성과 여성 대상자 10명의 왼쪽 눈에 대해 5회 촬영하여 데이터베이스로 구축하였으며, 실험 결과로 94% 이상의 높은 인식률을 얻음으로 제안한 알고리즘의 유용성을 확인할 수 있다. 앞으로, 실험결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해 정규화하는 과정과 특징벡터를 구하는 과정에 있어 좀더 강인한 시스템을 위한 분석이 필요하며, 더 많은 대상자의 홍채영상에 대한 실험이 요구된다.

참 고 문 헌

[1] 전명근, "생체인식(Biometric) 총론", 한국정보통신교육원, 2002.

[2] 고현주, 전명배, "푸리에 변환과 상관관계 계수 값을 이용한 홍채인식", 정보처리학회 추계학술발표대회 논문집, 제9권, 제2호, 2002.

[3] 심현보, 박영배, "Gabor 필터를 이용한 지문 인식", 정보처리학회논문지, B 제9-B권, 제5호, 2002.

[4] Pankanti. S, Prabhakar. S, Jain. A.K, "On the individuality of fingerprints" Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Volume 24 Issue 8, Aug. 2002.

[5] Kroeker K.L, "Graphics and security : exploring visual biometrics", Computer Graphics and Applications, IEEE, Volume: 22 Issue 4, July-Aug. 2002.

[6] Richard P. Wildes, "Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology", Proceedings of the IEEE, Vol. 85, No. 9, 1997.

[7] Fasel, I.R, Bartlett, M.S, Movellan, J.R, "Automatic Face and Gesture Recognition", Proceedings, Fifth IEEE International Conference on, 2002.

[8] Abdel Alim, O, Sharkas, M, "Texture Classification of the Human Iris using Artificial Neural Networks", Electrotechnical Conference, 2002.

[9] Tianxiang Yao, Hongdong Li, Guangyao Liu, Xiuqing Ye, "A fast and robust face location and feature extraction system", Image Processing. 2002.

[10] J. G. Daugman, "Complete Discrete 2-D Gabor Transforms by Neural Networks for Image Analysis and Compression", IEEE Trans, on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 36, No.7, pp.1169-1179, 1988.

[11] W. W. Boles and B. Boashash, "A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform", IEEE Trans, on Signal Processing, Vol. 46, No. 4, pp.1185-1188, 1998.

[12] Salil Prabhakar, *Fingerprint Classification and Matching Using a Filterbank*, Computer Science & Engineering, 2001.

[13] http://www.ece.cmu.edu/~ee551/Old_projects/projects/s99_19/finalreport.html

[14] Guo Qing, Zheng Fang, Wu Jian, Wu Wenhui, "An new method used in HMM for modeling frame correlation", Speech, and Signal Processing, 1999.

저 자 소 개



고현주(Hyoun Joo Go)

1999년 : 한밭대학교 제어계측공학과(학사)
 2002년 : 충북대학교 제어계측공학과(공학석사)
 2002년~현재 : 충북대학교 제어계측공학과 박사과정

관심분야 : Biometrics, Computer vision, 감정인식



이대종(Dae Jong Lee)

1995년 : 충북대학교 전기공학과(학사)
 1997년 : 충북대학교 전기공학과(공학석사)
 2002년 : 충북대학교 전기공학과(공학박사)
 2003년~현재 : 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소

관심분야 : 음성신호처리, 서명인식, 다중생체인식



전명근(Myung Geun Chun)

1987년 : 부산대학교 전자공학과(학사)
 1989년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
 1993년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)
 1993년~1996년 : 삼성전자 자동화연구소 선임연구원

2000년~2001년 : University of Alberta 방문교수
 1996년~현재 : 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 교수

관심분야 : Biometrics, 감정인식, 지능시스템