

스케일 스페이스 필터링을 이용한 홍채 특징 추출

Feature Extraction for Iris Recognition Using Scale-Space Filtering

洪 鎮 一, 金 東 民, 梁 雨 錫

Junil Hong, Dongmin Kim, Woo S. Yang

요 약

본 논문은 스케일-스페이스 필터링 기법을 활용한 홍채 인식에 사용할 수 있는 홍채 특징 추출 방법을 소개한다. 추출된 특징을 이용한 홍채 코드는 신뢰성 있는 실시간 홍채 인식 시스템에 활용할 수 있을 것이다. 홍채 추출 알고리즘은 우선 홍채 부분만을 영상에서 분리하고 중심과 반경을 구한 후 불필요한 부분을 다시 제거한다. 얻어진 홍채 영상은 극좌표 영상으로 변환하고 스케일 스페이스 필터링을 한다. 필터링된 영상으로부터 추출된 섬세한 특징은 홍채 코드로서 만들어진다.

Abstract

In this paper, we introduce a new technology to extract the unique features from an iris image, which uses scale-space filtering. Resulting iris code can be used to develop a system for rapid and automatic identification of persons, with high reliability and confidence levels. First, an iris part is separated from the whole image. Then the radius and center of the iris are obtained. Once the regions that have a high possibility of being noise are discriminated, the features presented in the highly detailed pattern is then extracted from the iris image. Scale-space filtering technique is applied for feature extraction.

Key Word : iris, identification, miometrics

I. 서 론

인간의 눈은 일관성 쌍둥이라 해도 서로 다른 무늬 패턴을 가지며, 한가지 고정된 모습을 갖는 다른 생체적 특징과 달리 빛에 따라 크기가 항상 변하고 있어, 위조나 복사가 어려운 고유한 특징을 갖고 있다. 망막(retina)에 있는 맥관구조(vasculature)나 홍채(iris)에

있는 무늬는 사람마다 상이하다. 눈은 빛에 따라 끊임 없이 반응하는 매우 민감한 기관으로 죽은 사람과 산 사람의 눈은 바로 구별이 되며 아무리 정교하게 위조를 하였다 할지라도 이를 쉽게 감지할 수 있다. 1990 년대에 들어와 전자상거래가 활성화됨에 따라 많은 기업이 눈을 이용한 신분확인이 가능한 인식기술 개발에 많은 노력을 투자하고 있다.^[1-8]

눈을 이용한 신분인식 기술 중 먼저 등장한 것이 망막(retina)에 있는 맥관구조 무늬(vasculature pattern)를 이용한 망막 인식기술이다.^[1] 맥관구조 무

弘益大學校 전전컴 工學部

(Dept. of EE, Hongik University)

接受日:2002年 9月1日, 修正完了日:2002年11月28日

니 인식은 지문인식에 비하여 무늬 데이터의 인식이 쉬우며 인식의 정확도가 높다. 그러나 망막은 눈 속 깊은 곳에 위치하여 영상을 취득하기가 어렵다는 단점이 있다. 백내장이 있는 사람이나 눈동자(pupil)가 작은 경우 망막 영상을 얻기란 쉬운 일이 아니다.

홍채를 이용한 인식기술은 망막을 이용한 인식기술에 비하여 비교적 늦게 개발이 시작되었다.^[2,3,4,5] 망막과 달리 홍채는 눈의 외부에 위치하여 영상을 쉽게 얻을 수 있다는 장점이 있으나 그 무늬가 너무도 복잡하여 인식하기가 어려워 1994년에서야 비로소 실질적인 인식 방안이 개발되어 처음으로 미국에서 특허가 출원^[2]되었다. 현재 이 특허를 기반으로 하여 서로 밀접한 관계를 갖고 있는 Sensar사, IriScan사 등이 홍채인식 기술을 상용화한 제품을 출시하고 있다. 이 방법은 가보(Gabor) 필터를 이용하여 홍채영상에서 128개 이상의 독립 변수(특징)를 추출하고 256 바이트의 홍채 코드를 작성하여 이론상 80억명에 달하는 서로 다른 홍채를 코드화 할 수 있다. 이외에도 웨이브렛 변환을 통하여 홍채코드를 추출하여 생체를 인식하는 보안 제품이 세넥스테크놀로지(Senextechnology) 등에서 개발되었다.

현재 홍채를 이용한 생체인식기술은 대학이나 연구소보다는 기업체가 연구를 선도하고 있어 학술논문보다는 특허를 통하여 기술이 소개되고 있는 실정이다. 이들 특허들은 조명 및 영상 취득^[4,5,6,7] 홍채 위치 결정^[4,7,8] 인식 알고리즘^[2,3] 등 홍채 인식과 관련된 거의 대부분의 분야를 포함하고 있다. 특징 추출에 많이 사용되는 2D 가보 필터와 통계적 방법 등, 홍채 인식과 관련된 대부분의 기반기술들이 이들 특허의 지적 소유권으로 보호받고 있다.

반면에 발표되는 논문을 보면 대부분 가보 필터 등 웨이브렛을 이용하여 특징을 추출한 후 인식하는 방법들을 사용한다. 가보 변환을 이용한 특징 추출 방법^[9]이 개발된 이래 웨이브렛의 영-교차(zero-crossing)를 이용한 방법^[10]이 개발되고 가우시안 필터의 라플라시안 피라미드를 이용한 등방성 대역패스 분리(isotropic bandpass decomposition) 방법^[11,12]도 소개되고 있다. 또한, 3계층 웨이브렛 변환을 이용하여 대량의 데이터 베이스 구축이 가능하도록 검색 시간을 단축하고자

하는 연구도 병행되고 있다. 신경망을 이용한 인식 시스템은 인식 대상자 수가 자주 변하고, 특히 많은 사람을 인식 대상으로 할 경우 신경망 학습이 어렵다는 문제가 있다. 공학 분야의 연구는 결국 상용화를 목적으로 한다. 홍채 인식 시스템도 Sensar사와 IriScan사가 보유하고 있는 특허처럼 홍채로부터 고유한 코드를 도출하여 인식하는 방법이 개발되어야 상용화가 가능할 것이다.

본 논문에서는 스케일-스페이스 필터링 기법을 활용하여 홍채 인식에 사용할 수 있는 홍채 특징추출 방법을 소개한다. 추출된 특징을 이용한 홍채 코드는 신뢰성 있는 실시간 홍채 인식 시스템에 활용할 수 있을 것이다. 추출된 홍채코드는 CPN 신경망을 활용하여 인식에 적용함으로써 상용화 가능성을 알아본다.

II. 홍채영상의 추출

홍채의 무늬를 인식하려면 우선 영상에서 홍채부분을 분리 구분하여야 한다. 이를 위해서는 동공의 중심 및 반경을 계산해야 하며, 홍채 영상이 '인식'에 이용된다는 것을 고려하여 주변 환경과 광원으로 인해 노이즈가 심한 영역은 제거해야 한다. 인식에 사용하는 데이터는 불확실성이 높을 경우에는 유추하여 이용하는 것보다 처음부터 고려대상에서 제외하는 것이 오인식율을 낮출 수 있다. 홍채 영상이 구해지면 스케일-스페이스 필터링을 이용하여 특이 성질들을 추출하게 된다.

홍채의 동공은 겉으로 보기에는 원 같으나 실제로는 매우 불규칙한 모습을 하고 있다. 현재까지 개발된 동공의 중심 및 반경 계산 방법들도 이를 고려하여 수 화소의 오차범위를 갖고 있다. 동공의 중심과 반경은 동공과 홍채 사이에서 영상 값이 급격히 바뀌는 성질을 이용한다. 이를 위하여 Iriscan사의 특허^[2]는 원형 에지 검출기(circular edge detector)를 사용하고 있으며 대부분의 논문에서는 기하학적^[9-11]으로 동공의 경계면을 산출한다. 눈의 모습이 비교적 단순하므로 이들 방법들은 얼마나 정확한가 보다는 얼마나 빠른

가에 성능이 좌우된다.

본 논문에서도 기하학을 이용하여 동공의 중심과 반경을 계산한다.^[13,14] 임의의 원점을 기준으로 홍채영상을 극좌표로 나타내면 그림 1과 같이 극좌표 상에서 동공의 면적과 직사각형의 면적이 같으므로 극좌표 상에서 원점에서 동공까지의 거리 r 의 평균을 구해 동공의 반경을 구한다.

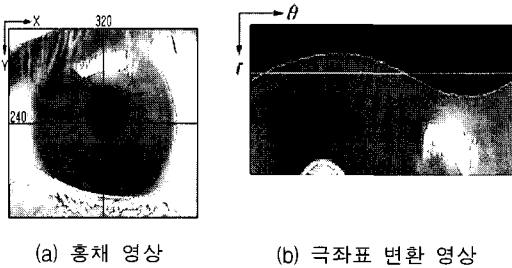


그림 1. 홍채영상
Fig. 1. Iris Image

인식에 있어 불확실성이 높은 정보는 처음부터 제외시키는 것이 오인식률을 낮출 수 있다. 아무리 좋은 영상이라도 주변과 광원의 영상이 맺히는 것을 볼 수 있다. 불확실성이 높은 영상 영역은 통계적인 방법을 이용하여 제거한다.^[13,14]

III. 홍채 특징 추출

1. 홍채 영상의 특징 추출 방법

홍채의 무늬로 사람의 신원을 구분하는 것은 쉬운 일이 아니다. 홍채 무늬는 그 자체가 매우 복잡할 뿐만 아니라 사람에 따라 색깔과 명암의 편차가 매우 크다. 홍채 인식을 위해서는 우선 홍채 영상으로부터 사람마다 고유한 특징을 추출해야 한다. 영상으로부터 특징을 추출하는 방법은 여러 가지가 있다. 푸리에 변환을 이용하여 주파수 영역(frequency domain)에 내재한 주파수 성분을 조사하여 특징을 추출하기도 하며, 주파수 영역만을 다루는 푸리에 변환의 문제점을 보완하기 위하여 웨이블릿 변환이나 가보 변환으로 주파수 영역 뿐만 아니라 공간영역 (spacial domain)

에서의 특징도 이용한다. 에지나 특이점 등 공간영역에서 영상의 특징을 뽑아내는 방법도 많이 있다. 현재 상용화된 홍채 인식 시스템들은 대부분 웨이블릿 변환이나 가보 변환 등을 이용한 공간-주파수 분석 (spacial-frequency analysis)을 통해 특징을 추출하고 있다.

본 논문에서는 공간 영역에서 홍채 명암 밝기의 변화를 증감의 방향, 즉 밝기의 변화가 위로 블록한지 아래로 블록한지를 이용하여 홍채 무늬의 특징을 추출한다. 다시 말해, 홍채 무늬의 변화하는 방향의 변화가 어떠한지를 검출하고자 하는 것이다. 변화를 증감의 방향을 이용하여 특징을 추출한다면 사람마다 편차가 큰 홍채 색깔로 인한 인식 오류를 최소화할 수 있다.

곡면에 있어 변화율 증감의 방향은 2차 미분을 이용하면 쉽게 알 수 있다. 변화를 증감의 방향은 2차 미분의 영-교차를 경계로하여 변화한다. 영상처리에 있어 영-교차는 일반적으로 에지 검출을 위해 많이 사용하는 방법이나 본 논문에서는 이를 경계점으로 하여 2차 미분 결과가 음수이면 -1, 양수이면 +1로 하여 홍채 무늬의 특징을 추출한다. 그러나 2차 미분값은 노이즈에 매우 민감하다. 이러한 노이즈에 대한 영향을 최소화하기 위한 방법으로 스케일 스페이스 필터링 방법을 적용한다.

그림 2는 진폭과 주파수가 다양한 여러 개의 사인 함수에 노이즈를 첨가한 가상의 1차원 신호 $f(t)$ 를 구성한 것이다. 신호의 변화율 방향을 측정하기에 앞서 우선 신호에 포함되어 있는 노이즈를 제거해야 한다. 노이즈 제거는 저주파 필터링을 통해 이루어진다. 그러나 노이즈 제거는 필연적으로 신호가 지닌 고주파 성분을 함께 제거하게 된다. 노이즈 제거에 사용하는 커널의 크기보다 작은 영역의 변화를 가진 신호들은 고유한 특징이 흐려지게 된다.

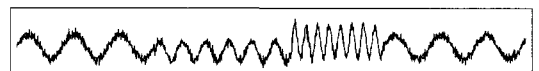


그림 2. 샘플 신호 $f(t)$
Fig. 2. Sample Signal $f(t)$

이러한 문제점을 해결하여, 노이즈는 제거하되 신호가 지닌 본래의 성분을 최대한 보존하는 방법으로 본 논문에서는 스케일 스페이스 필터링 방법을 제시한다. 스케일 스페이스 필터링을 이용하여 각 해상도별로 신호의 변화 형태를 구한 후 이를 종합하여 신호의 특징을 추출하는 것이다. $F(t, \sigma)$ 는 $f(t)$ 에 대한 스케일 스페이스 필터링의 결과이다. 각 해상도별 특이성분 $R(t, \sigma)$ 는 $F(t, \sigma)$ 값이 양의 값이면 +1, 음의 값이면 -1을 할당한다. 그림 3은 해상도별 $R(t, \sigma)$ 를 나타낸 것이다.

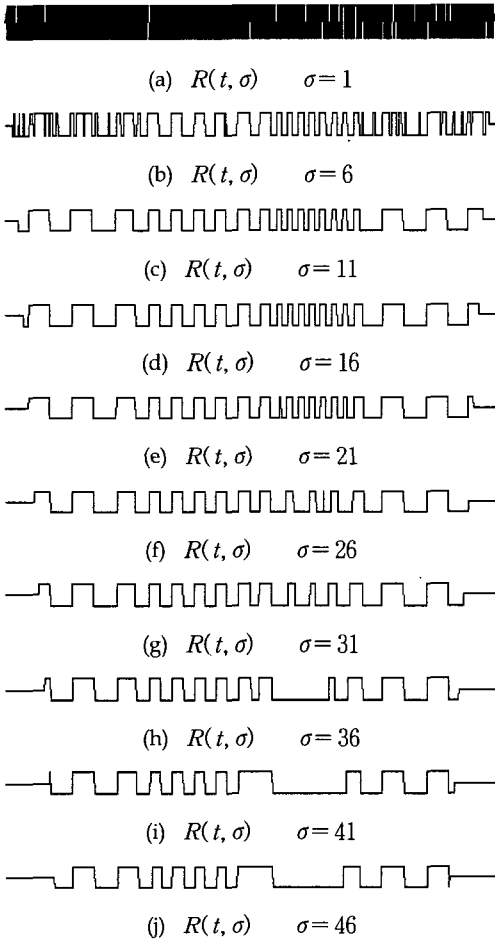


그림 3. 해상도별 $R(t, \sigma)$
Fig. 3. $R(t, \sigma)$ with Different Resolution

그림에서 보듯이 σ 가 작으면 노이즈의 영향이 그대로 반영되는 반면에 σ 값이 크면 신호의 특징도 희석되는(blur) 것을 볼 수 있다. 이러한 문제점을 배제하기 위하여 각 해상도에서 추출된 패턴을 모두 더하여 0 보다 크거나 같으면 1(신호의 모양이 아래로 볼록), 0 보다 작으면 0(신호의 모양이 아래로 볼록)으로 패턴을 생성한다. 그림 4는 해상도별 $R(t, \sigma)$ 를 더한 것이다. 이를 이진화 하여 패턴을 만든 후 원래 신호 $f(t)$ 와 비교를 해보면 그림 5와 같다. 신호 $f(t)$ 의 위로 볼록한 부분과 아래로 볼록한 부분이 구분되는 것을 확인 할 수 있다.



그림 4. 해상도별 $R(t, \sigma)$ 를 더한 영상
Fig. 4. Summation of $R(t, \sigma)$ with Different Resolution

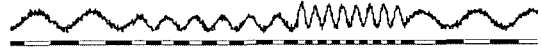


그림 5. 특징 패턴
Fig. 5. Feature Pattern

2. 홍채 패턴 추출

전처리 과정을 통해 재구성된 홍채 영상은 스케일 스페이스 필터링을 이용하여 홍채 패턴을 추출한다. 사람의 동공은 정확한 원의 형태를 취하지 않기 때문에 같은 사람의 홍채 영상마다 동공의 중심이 약간씩 차이를 보일 수 있다. 이 때문에 발생하는 오차를 방지하기 위해 r 방향으로 σ 가 작은 가우시안 함수를 컨벌루션한 후 θ 방향으로만 스케일 스페이스 필터링을 한다.

제안된 스케일 스페이스 필터링을 이용하여 홍채 영상에 대해 r 축으로 한줄을 뽑아 각 해상도별 검출되는 특이점과 추출된 패턴을 확인해 본다. 그림 6(a)는 홍채 영상의 단면, 즉 그레이값을 표시한 것이고, 그림 6(b)는 원래 영상에 대해 제안된 스케일 스페이스 필터링을 이용하여 특이점들을 찾은 결과이다. 가

우시안 함수의 σ 가 작을 경우 영상값의 세밀한 변화와 노이즈의 영향을 많이 받으며, σ 가 커질수록 이들을 평균한 값들, 즉, 넓은 영역을 대상으로 패턴을 추출하는 것을 볼 수 있다. 여러 해상도에 대해 특이점들을 추출하여 이를 이진화 하여 실제 사용할 홍채 패턴을 구성한 것이 그림 6(c)이다.

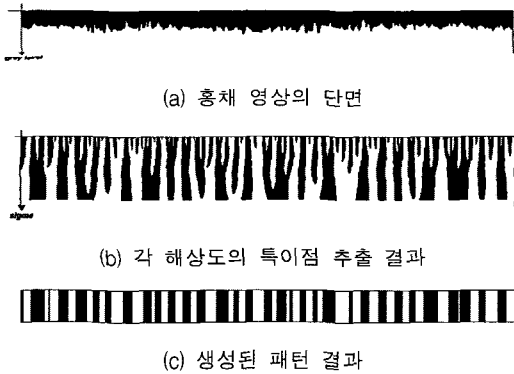


그림 6. 홍채 패턴 추출

Fig. 6. Extraction of Iris Pattern

그림 7은 임의의 홍채 영상에 대하여 제시한 스케일 스페이스 필터링을 이용하여 추출한 홍채 특징을 나타낸 영상이다.



그림 7. 생성된 홍채 코드

Fig. 7. Iris Code

결과 영상은 평균 45% 정도가 1, 나머지가 0으로 이루어진다. 스케일 스페이스 필터링을 이용한 홍채 영상의 특징과 일반적인 방법으로 추출한 홍채 영상의 에지를 비교하면 다음 그림 8과 같다. 동일인에게서 획득한 홍채 영상 2개의 일정 부분 2곳을 지정하여 일반적인 에지 추출과 스케일 스페이스 필터링을 하여 홍채 영상을 재구성하였다. 에지에 비해 제시하는 방법이 홍채의 특징을 보다 명확하게 나타내고 있음을 확인 할 수 있다.

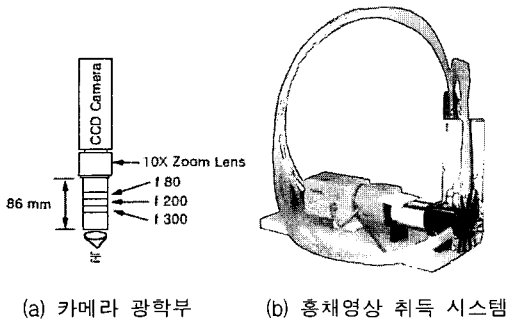
		지역 1		지역 2	
		샘플 1	샘플 2	샘플 1	샘플 2
원본 영상					
일반적인 에지	추출				
	이진화				
스케일 스페이스	재구성				
	이진화				

그림 8. 일반 에지 추출과 스케일 스페이스 비교
Fig. 8. Comparison of Iris Characteristics between Edges and Scale-Space Features

IV. 실험

1. 홍채 영상의 취득

생체 인식에 있어 인식속도와 인식률을 높이려면 우선 좋은 품질의 영상을 얻어야 한다. 눈은 그 표면이 매우 매끄러워 거울처럼 주변의 영상(影像)이 눈에 맺히게 된다. 카메라로 찍은 홍채 영상을 보면 심지어 눈에 비친 카메라의 모습까지도 볼 수 있다. 홍채의 특징을 강조할 수 있는 영상을 얻기 위해서는 초점을 조절할 수 있는 카메라 렌즈 시스템의 설계와 더불어 홍채의 무늬를 향상시킬 수 있는 광학적 필터의 선택이 이루어져야 한다. 또한, 조명 방향과 카메라와의 각도를 조절하여 광원이 눈에 반사되는 현상을 최소로 하여야 한다. 본 논문에서는 할로젠 램프를 광원으로 사용하고 이를 광섬유를 통하여 분산 조명하는 방법을 사용하였다^[13,14]. 그림 9는 10배의 zoom 렌즈가 부착된 CCD 카메라와 각 80mm, 200mm, 300mm의 초점거리를 가진 렌즈를 사용하고 광섬유로 조명을 하는 홍채영상 취득 시스템을 보여준다.



(a) 카메라 광학부 (b) 홍채영상 취득 시스템

그림 9. 홍채영상 취득 시스템
Fig. 9. Image Acquisition System for Iris Image

실험에는 18명을 대상으로 272장의 샘플 영상을 획득하여 홍채 패턴을 구성하여 CPN을 사용하여 인식결과를 확인하였다. 아래 그림들은 18명의 홍채 영상이다.

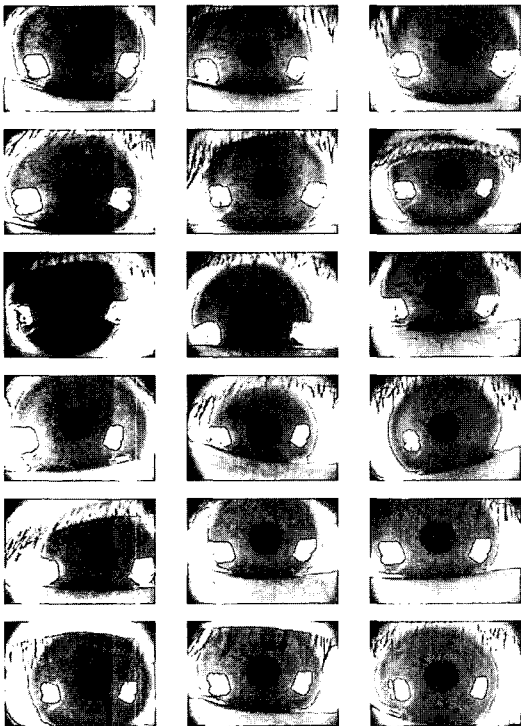


그림 10. 18명 홍채 영상
Fig. 10. Iris Images from 18 Persons

실험을 위하여 512×512 흑백 영상을 대상으로 동공의 위치와 반지름을 구하고 불필요한 영역을 제거하

였다. 실험 결과 본 논문에서 제시하는 알고리즘은 해당 0.08초로 최대 4회, 최소 2회, 평균 2.75회 0.22초안에 홍채의 위치와 동공의 지름을 2 화소 이내의 오차로 계산하고 있다.

2. 홍채 특징의 추출

홍채 영상이 구해지면 신뢰도가 낮은 불필요한 영역을 제거하고 스케일 스페이스 필터링을 한다. 불필요한 영역은 조명이 반사하는 영역과 눈썹등에 해당하는 영역으로 동공의 안쪽에서 바깥 방향으로 16X16 윈도우를 8 화소씩 움직여 편차를 구해 찾는다.

홍채 패턴이 사람마다 다른 정도를 측정하기 위하여 추출된 홍채코드를 서로 XOR하였다. 동일한 지점은 0, 서로 다른 지점은 1로 나타나기 때문에 서로 상이한 정도를 손쉽게 알 수 있다. 그림 11은 동일인에 대한 2개의 홍채영상으로 생성한 홍채 코드 2개를 XOR 한 결과이다. 검은색은 서로 일치하는 부분이며, 흰색은 서로 상이한 부분을 나타낸다. 홍채는 끊임 없이 크기가 변하고 있기 때문에 어느 정도 불일치는 예상되는 일이다. 또한, XOR True 영역이 일부 영역에서 많이 치우쳐 나오는 것을 확인 할 수 있는데 이는 동공 영역 검색시 발생하는 오류로 인한 결과이다. 그림 12는 다른 사람의 홍채를 XOR 한 결과 영상이다. 홍채 코드 사이에 같은 영역도 있으나 동일인에 비하여 일치하는 영역의 빈도가 매우 낮은 것을 확인할 수 있다.



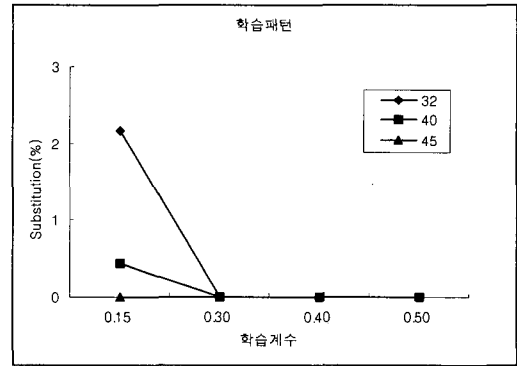
그림 11. 동일인에 대한 XOR 결과 영상
Fig. 11. XORed Image Using Iris Images from the Same Person



그림 12. 다른 사람에 대한 XOR 결과 영상
Fig. 12. XORed Image Using Iris Images from Different Persons

3. CPN을 이용한 홍채 인식 예

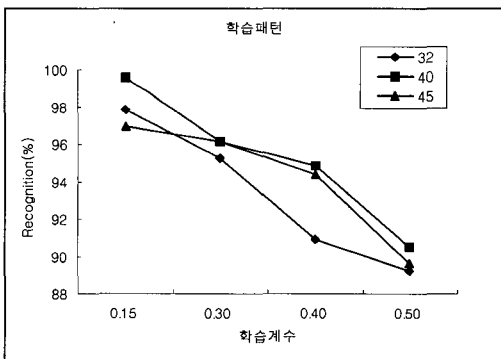
스케일-스페이스 필터링 결과는 추출된 코드에 대한 활용가능성을 입증하기 위해 CPN을 이용하여 인식하였다. 본 실험에서는 영상 전체를 CPN에 학습치 않고 180×10 화소만을 사용하였다. CPN 학습은 18명의 홍채 영상 중 15명의 각 3장씩 홍채 패턴을 학습시키고 나머지 3명의 홍채 패턴은 학습치 않은 상태에서 Kohonen 뉴런의 수, 학습 계수를 바꾸어 가면서 인식 결과를 확인하였다. 다음은 실험 결과를 나타낸 그림이다. 그림 13은 학습한 15명에 대한 총 150개의 영상을 대상으로 각각 뉴런의 수, 학습 계수의 변화에 따른 인식률을 보여준다. 그림 14는 학습하지 않은 3명에 대한 인식 결과이다.



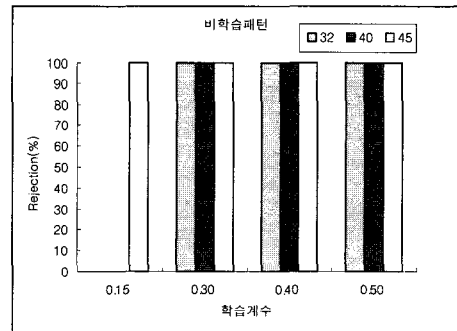
(c) 오인식률

그림 13. 학습 패턴에 대한 학습계수와 뉴런 수에 따른 인식 결과

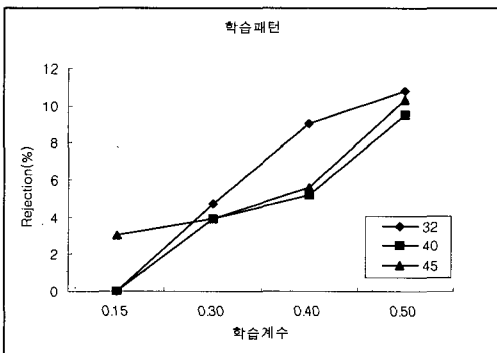
Fig. 13. Results for Learned Patterns with Different Learning Coeff. and No. of Neurons



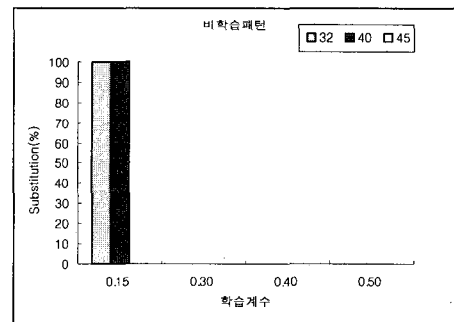
(a) 정인식률



(b) 거부율



(b) 거부율



(b) 오인식률

그림 14. 미학습 패턴에 대한 학습계수와 뉴런 수에 따른 인식 결과

Fig. 14. Results for Unlearned Patterns with Different Learning Coeff. and No. of Neurons

신경망은 학습 계수가 높을 경우 학습 시 왜곡이 발생하는 것을 볼 수 있다. CPN도 이와 같은 왜곡을 발견할 수 있다. 그림 14를 보면 코호넨 뉴런의 수와 상관없이 학습계수가 높을수록 학습 초기 단계에서 왜곡이 발생하여 인식 결과가 낮은 것을 확인할 수 있다. 초기 학습 단계에서 서로 다른 패턴을 입력하여도 승자 독점 방식의 구조에서 이미 학습된 뉴런의 가중치가 다른 뉴런의 가중치보다 높게 된다면 다른 패턴이 입력되어도 가중치가 높은 뉴런의 승리로 이어지기 때문에 왜곡이 발생하게 된다. 코호넨 뉴런의 수는 패턴의 특징에 따라 적정한 수를 정해야 한다. 학습 패턴의 인식률로만 평가한다면 코호넨 뉴런의 수가 40개인 것이 가장 좋은 결과를 볼 수 있지만, 비 학습 패턴에 대한 오인식률을 평가해 볼 때 뉴런의 수가 45개인 것이 가장 좋은 결과로 평가되었다.

여러 결과 중 가장 좋은 인식률을 보이는 네트워크 구조는 Kohonen 뉴런의 수를 학습패턴의 수와 같게 하고 학습 계수를 0.15로 한 네트워크 구조로, 이 때의 오인식률은 0%로 나타나고 있다. 인식거부(rejection)가 일어난 패턴을 검토해 보면 눈의 구조 중 속눈썹의 길이가 상당히 길고 쳐져 있는 사람이나 콘택트 렌즈를 착용하고 있는 경우가 많음을 알 수 있었다. 속눈썹이 긴 영상은 홍채 패턴 추출시 오차를 발생시키고, 또한 콘택트 렌즈를 사용하는 사람일 경우에는 렌즈 안에 눈물과 기포가 들어 있어 홍채 패턴 추출 단계에서 오차를 크게 만드는 원인이 된다.

V. 결 론

홍채 인식은 조명부 설계, 영상 처리, 패턴 인식 등 다양한 이론과 응용분야 기술을 필요로 한다. 눈을 이용한 인식기술은 지문인식에 비하여 아직 초기단계에 있다. 선진각국에서는 홍채인식과 관련된 국제규격을 준비중에 있는 바, 홍채인식과 관련된 요소기술의 확보는 시급하다고 할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 특정 부위 조명 방법을 제시하고 스케일 스페이스 필터링을 이용한 홍채 영상의 특징 추

출방법을 제시하고 CPN 신경망 알고리즘을 이용한 인식 결과를 제시하였다. 홍채 영상이 구해지면 중심과 반경을 구한 후 불필요한 부분을 제거한다. 이 영상은 극좌표 영상으로 변환되어 스케일 스페이스 필터링을 한다. 스페이스 필터링 영상에서 특징이 추출되면 홍채 코드가 만들어진다.

동일인 및 서로 다른 사람에 대한 홍채 코드를 XOR하여 일치하는 영역의 비율을 측정된 결과, 서로 다른 사람의 경우 완전한 불규칙 변수인 경우 두 신호가 일치할 확률인 50%를 약간 상회하였으며 동일인의 경우 일치하는 영역이 전체 비교 영역에서 매우 높게 나타났다. 이는 제시한 특징추출 방법이 매우 효과적임을 보여준다. 또한, 비록 실험에 사용된 샘플의 수가 충분치 못하지만, 동일인에 대한 코드 일치도 분포 그래프와 다른 사람에 대한 코드 일치 분포도가 전혀 겹치지 않아 인식에 대한 신뢰도도 높다고 할 수 있다. 그러나 스케일 스페이스 필터링 기법은 많은 계산 시간을 요구한다. 향후 이를 효과적으로 해결하는 방법이 도출되어야 할 것이다. Sensar사의 가보 필터처럼 최적의 변수를 도출하여 사용하거나, 스케일 스페이스 필터링의 특성을 이용하여 대역별로 코드를 작성해 저주파 대역에서 고주파 대역의 방향으로 계층적으로 인식 작업을 수행하는 방안도 고려할 수 있을 것이다. (본 논문은 한국과학재단 목적기초연구(R05-2001-000-00926-0) 지원으로 수행되었음)

참 고 문 헌

- [1] Hill, Robert B., U.S. Patent No 4,109,237 Apparatus and method for identifying individuals through their retinal vasculature patterns, 1978
- [2] Daugman, John G., 'Biometric personal identification system based on iris analysis', U.S. Patent No. 5291560, 1994
- [3] Wildes, Richard P., et al., 'Automated, non-invasive iris recognition system and

- method', U.S. Patent No. 5572596, 1996
- [4] Salganicoff, Marcos, et al., 'Method and apparatus for illuminating and imaging eyes through eyeglasses using multiple sources of illumination', U.S. Patent No. 6055322, 2000
- [5] Rozmus, Michael, J., et al., 'Method and apparatus for illuminating and imaging eyes through eyeglasses', U.S. Patent No. 6069967, 2000
- [6] Leonard, Safir, Aran, 'Iris recognition system', U.S. Patent No 4641349, 1987
- [7] Anderson, Charles H., Carlson, Curtis R., 'Image-data reduction technique', U.S. Patent No. 4692806, 1987
- [8] Tomono, Akira, et al., 'Eye tracking image pickup apparatus for separating noise from feature portions', U.S. Patent No. 5016282, 1991
- [9] J. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol. 15, No. 11, pp. 1148 - 1161, 1993.
- [10] W. W. Boles and B. Boashash, "A Human Identification Technique Using Images of the Iris and 웨이브렛 Transform", IEEE Tran. Signal Processing, Vol. 46, No. 4, pp. 1185-1188, April 1998.
- [11] Richard Wilders, MEMBER, IEEE "Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology", Proceeding of the IEEE, Vol. 85, No. 9, pp. 1348-1363, Sep. 1997
- [12] R. P. Wildes, J. C. Asmuth, G. L. Green, S. C. Hsu, R. J. Kolczynski, J. R. Matey, and S. E. McBride, "A machine vision system for iris recognition", Mach. Vision Applicat., vol. 9, pp. 1-8, 1996.
- [13] Woo. S. Yang, Jinil Hong, "Feature Extraction and Identification Using an Iris Image", Proceedings. Int. Conf. on Elec. Eng., ICEE

2002. pp. 1989-1994, 2002

- [14] 양우석, 홍진일, "CPN을 이용한 홍채 인식", 한국전기전자학회 논문지. Vol. 6, No. 1, pp. 10-20, 2002

저자 소개

梁雨錫(Woo Suk Yang) 정회원



1979년 서울대학교 전기공학과 졸업.
1990년 미국 North Carolina State Univ. 전기 및 컴퓨터공학과 졸업
(공학박사)

1978년 - 1884년 (주) 대우.

1990년 - 1991년 LG전자 생산기술연구원 책임연구원 (부장)

현재 홍익대학교 전전컴공학부 부교수

주관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, FA

洪鎮一(Jin il Hong)



2000년 홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부 공학사

2000년 ~ 현재 홍익대학교 전기공학과 석사과정

주관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전