

프랙탈 영상압축을 이용한 효율적 홍채인식 시스템

이운석⁰ 문성림 신봉근 위영철 김동윤
아주대학교 정보통신 전문대학원
{ggomge⁰, rlea, bongun, ycwee, dykim }@ajou.ac.kr

An Efficient Iris Recognition System using Fractal Image Compression

Yoonseok Lee⁰ Sungrim Moon, Bong Gun Shin, Youngcheul Wee, Dongyoon Kim
Dept. of Information and Communication, Ajou Univ.

요 약

홍채 인식(Iris Recognition)은 동공과 흰자위 사이에 있는 홍채의 모양 패턴이 평생 변하지 않고, 사람마다 다른 패턴을 가진다는 특성을 이용하여 개인을 식별하는 기술로, 생체인식(Biometrics) 부분에서는 탁월한 식별력 및 신뢰성을 인정 받고 있다. 상당수의 기존 연구들은 원천 특허를 채택한 상태에서 성능 개선을 연구해 왔기 때문에 원천적인 한계를 가지고 있었다. 본 논문은 웨이블릿(Wavelet) 변환을 이용하여 특징을 추출하는 기존 방식과 다르게 프랙탈(Fractal) 방법으로 압축된 다수의 원 영상에 대해 입력된 영상의 유사도를 측정, 개인을 식별하는 새로운 홍채인식 방법을 제안한다. 이를 통해 타 연구들에서 제안했던 특별한 최적화 알고리즘을 사용하지 않고도 크게 떨어지지 않는 인식률을 얻을 수 있다.

1. 서 론

생체 인식이란 인간의 신체적·행동적 특징을 자동화된 장치로 측정하여 개인을 식별하는 학문 또는 기술이다 [1]. 생체 인식은 지문, 얼굴, 홍채, 정맥, 망막 등의 신체적 특징과 목소리, 필체, 서명, 걸음걸이 습관 등의 행동적 특징을 그 대상으로 하고 있어 암기 하거나 도난 될 우려가 없으므로 기존의 PIN (Personal Identification Number) 방식을 보완 대체하고 있다[2]. 이 중 홍채인식은 사람의 눈 중앙의 동공과 흰자위 사이에 있는 홍채의 무늬 패턴이 생후 1~2년 사이에 형성 후 평생 동안 유지되고, 사람마다 고유하다는 특성을 이용하여 개인을 식별하는 기술로, 탁월한 식별력을 바탕으로 생체 인식 방법 중 가장 신뢰할 수 있는 방법으로 인정 받고 있다[3].

일반적으로 홍채 인식 시스템은 영상 획득, 전처리, 특징 추출, 등록된 데이터와 특징 비교 및 인증의 4단계로 이루어진다. 주요 홍채 인식 기술은 포괄적인 원천특허와 함께 많은 관련 특허들로 출원되어 있고[4], 상당수의 기존 연구들 역시 이 알고리즘을 기본으로 채택하고, 전처리 과정이나 특징 비교 과정의 성능 향상만을 주로 연구해 왔다.

본 논문에서는 웨이블릿 변환을 바탕으로 하는 기존의 방식을 탈피한 새로운 홍채 인식 방법을 제시하고 이를 구현하여 성능을 평가하고자 한다. 2장에서 전반적인 기존 시스템을 간단히 살펴보고, 3장에서는 원천 특허화 되어 있는 기본 이론 배경과 본 논문에서 제시하고자

하는 홍채 인식 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안한 홍채인식 시스템의 성능을 보이고, 마지막 5장에서는 4장의 결과를 토대로 하여 본 논문에서 제시한 홍채 인식 방법에 대한 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 기존 일반적인 홍채인식 시스템

홍채 인식은 기본적으로 영상 획득, 전처리, 특징 추출, 특징 비교 및 인증의 4단계로 이루어진다. 본 논문에서는 원천 특허화 되어 있는 방법이고, 상용화된 대부분 시스템의 기본 알고리즘으로 사용되고 있는 John G. Daugman 교수가 제안한 알고리즘[5,6]을 기반으로 설명한다.

첫 단계인 영상획득 과정에서는 영상 촬영장비를 통해 그림 1의 (a)와 같은 사람의 눈 영상을 얻는다. 다음으로 전처리 단계에서는 그림 1의 (b)와 같이 획득한 영상에서 홍채 영역을 검출하고, 이를 2차원 극 좌표(Polar Coordinate)로 변환한다. 변환한 후에는, 그림 1의 (c)와 같이 둥근 형태의 홍채 영상을 직사각형 형태로 펼치고, 노이즈 제거, 정규화(Normalization) 등을 적용하여 특징들을 보다 뚜렷하고, 특징 추출에 용이한 형태로 최적화시킨다. 이러한 단계들을 거친 홍채 영상에 웨이블릿 변환(wavelet Transform)을 적용, 특징을 추출하여 256바이트의 홍채코드(Iris Code)를 생성한다. 마지막 인증 단계에서는 생성된 홍채 코드를 미리 등록된 홍채코드 데이터 베이스와 비교하여 본인 여부를 인증한다.

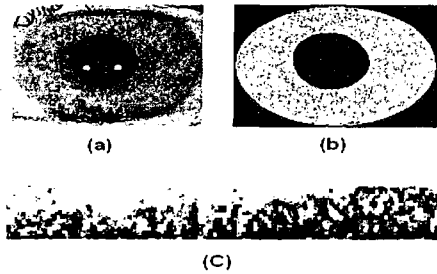


그림 1. 각 처리 단계에서의 영상 : (a) 원 영상; (b) 추출된 홍채 영역; (c) 직사각형 형태로 펼쳐진 홍채영상.

3. 새로운 홍채인식 방법 제안

3.1 프랙탈 영상 압축

프랙탈 영상 압축은 어떤 영상의 일부 영역이 그 영상의 다른 영역과 유사한 모양을 하고 있다는 자기 유사성에 기반하여 수백 내지 수천 배의 압축을 할 수 있는 고효율 압축 방법으로, 높은 압축률과 우수한 복원영상의 화질 때문에 여러 분야에서 활용되고 있다.

프랙탈 압축은 먼저 원 영상을 일정한 크기의 작은 블록(Range Block, $n \times n$)으로 분할(Segmentation)하는데, 블록의 크기는 일반적으로 8×8 로 한다. 다음으로 밝기 계수(O)와 대조계수(S)를 적용하여 그 블록(Range)과 가장 유사한 큰 크기의 블록(Domain Block, $2n \times 2n$)을 찾아 그 블록의 위치, 밝기계수, 대조계수를 구하여 이를 부호로 저장(부호화, Encoding)한다. 원 영상이 아닌 부호 형태로 저장하기 때문에 이론상 수만 배의 높은 압축률을 얻을 수 있다. 부호화된 영상은 부호화 시 저장된 위치 값, 밝기계수, 대조계수를 적용하여 복호화(Decoding)한다. 복호화 과정을 반복(Iterated Function System)하면 영상은 결국 원 영상과 유사하게 복원된다[7,8].

3.2 홍채 인식 방법 제안

제안하는 홍채 인식 방법은 전처리 단계인 직사각형 형태(Rectangular Form)의 홍채 영상을 얻는 단계까지는 2장에서 설명한 John G. Daugman교수의 방법을 따르고 그 이후 과정을 변형하였으며 인식 단계는 아래 그림 2와 같다.

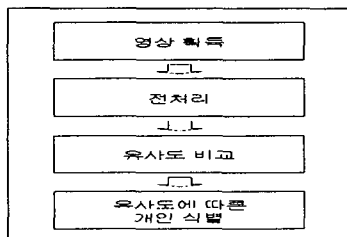


그림 2. 제안한 홍채 인식 시스템

시스템 효율과 성능을 높이기 위해 이 직사각형 형태 홍채 영상은 전처리 과정 이후에 프랙탈 압축하여 그림 3

의 (b)와 같이 원 영상의 4분의 1 크기로 만든다. 기존의 홍채 코드를 생성하는 방식에서는 그 자체로 압축이 되기 때문에 홍채 영상의 크기가 문제가 되지 않았으나 제안된 홍채 인식 방법에서는 영상 간의 직접 비교 방식을 취하고 있기 때문에 영상의 크기를 줄이는 것으로 큰 효과를 얻을 수 있다. 또한 프랙탈 압축을 할 경우 용량의 감소 외에도 어느 정도의 위치 변화나 선명하지 못했던 무늬의 패턴을 보다 뚜렷하게 하는 효과를 얻을 수 있다.

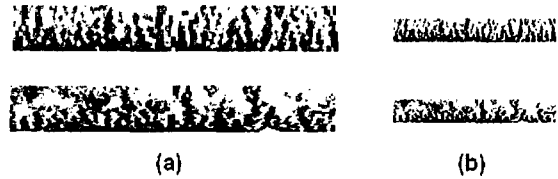


그림 3. 프랙탈 압축 전 후의 홍채 영상 비교 : (a) 압축 전의 홍채 영상; (b) 압축 후의 홍채 영상.

매칭(matching)단계인 유사도 비교 단계에서는 프랙탈 압축으로 생성된 홍채코드와 시스템 상의 데이터베이스(Database)에 저장된 기존 등록된 홍채 코드들에 대해 그림 4 과 같이 (1 : 다)로 비교하여 유사도를 측정한다. 시스템 상의 데이터베이스는 한 사람의 한 쪽 눈마다 평균 10여장의 전처리를 마친 홍채 영상을 저장하고 있다. 유사도는 입력 영상과 데이터베이스 영상 간에 대응되는 각각의 픽셀들을 비교하여 가장 비슷한 영상이 어떤 사용자의 눈 영상인가를 평가하기 위해 적용한 개념이다. 즉, 한 입력 영상을 데이터베이스 상에 등록되어 있는 전체 영상과 비교하여 가장 유사한 7개 영상으로 유사 영상 리스트를 생성하고, 그 리스트에 특정 사용자의 영상이 많이 포함되어 있을수록 유사도가 높다고 판단한다.

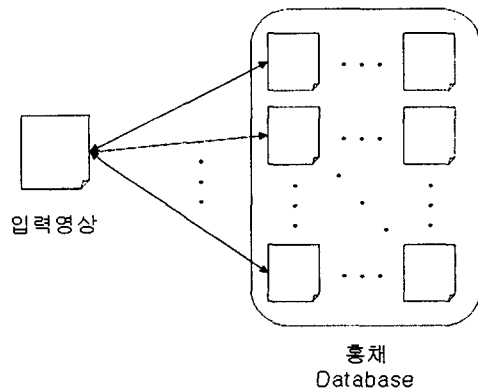


그림 4. 홍채 영상의 비교

마지막으로 개인 식별 단계에서는 유사영상 리스트에서 과반수, 즉, 동일 사용자의 홍채 영상이 4개 이상 포함되어 있을 경우 유사도가 충분히 높다고 판단, 사용자로 인식 한다. 한 유사 영상 리스트에 한 사람에 대한 영상 3개가 포함되어 있을 경우라도 나머지 4개를 검사해서 그 중

3개 이상이 다른 한 사람의 것이 아닐 경우에는 7개중 3개지만 다수라고 볼 수 있으므로 시스템은 입력 영상을 그 사용자로 인식한다. 반면, 리스트에서 동일 사용자의 홍채 영상이 2개 이하일 경우에는 유사도가 높은 사용자를 선별하지 못한 것으로 판단하여 인식에 실패한 것으로 간주한다.

4. 실험 결과

4.1 실험 환경(영상 데이터 및 테스트 환경)

본 논문에서 제안한 홍채 인식 시스템은 Windows XP professional 운영체제에서 Visual C++ 언어로 구현하였고, 펜티엄 4 2.8GHz CPU, 512MB 메모리 PC 환경에서 테스트했다. 테스트에 쓰인 홍채 영상 데이터는 연세대학교 공과 대학원 인공지능연구실에서 제작된 총 96명, 좌·우측 눈 155개, 한눈당 10~15개씩, 총 2547개의 데이터를 사용하여 테스트를 진행했고, 데이터베이스로 사용한 영상은 전처리 과정을 거친 압축된 직사각형 형태의 56 x 8 크기(평균 443바이트)의 홍채 영상이다.

4.2 실험 결과(표나 그림 첨부)

본 논문에서 제안한 홍채 인식 방법을 구현하여 위의 환경에서 테스트 해본 결과 94.8%의 인식률을 얻을 수 있고 자세한 결과는 아래 표 1과 같다. 입력 영상을 다른 사용자로 인식하는 경우인 FRR은 1.43%로 높지 않은 수치를 보였지만 인식실패가 3.8%로 다소 높은 수치를 보였고, 전체 인식 시간은 2547개 전체 데이터베이스 데이터를 대상으로 인식을 할 때 평균 약 2초 정도가 소요되었다.

표 1.

전체	성공	실패	인식률(%)
2547	2363	124	94.8
인식실패 세부사항	인식실패(%)	FRR(%)	인식실패(%)
	5.2	1.43	3.8

인식에 실패한 영상들을 보면 몇몇의 사용자에게 집중적으로 실패가 발생하였고, 이들 중 다수의 유사도 리스트에는 우리 눈으로 보기에 유사해 보이는 패턴을 가진 비슷한 영상들이 다수 포함되어 있었다.

반면에 7개의 유사 영상 리스트를 사용함으로써, 아래 그림 5와 같이 위치 이동 등의 왜곡이 발생한 경우에도 식별을 하는 강인한 인식 능력을 확인할 수 있었다.

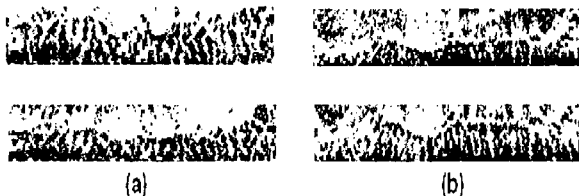


그림 5. 인식에 성공한 왜곡된 영상들 : (a),(b) 평균적인 영상(상)과 왜곡된 영상(하).

위 표 1의 결과를 볼 때, 동일 데이터베이스를 사용한 타 연구들에 비해 인식률이 다소 낮게 나왔다. 이는 일부 왜곡이 심한 영상, 보완 알고리즘의 부재, 직접적인 픽셀 간 비교 방식에 의한 유사 영상 구별 능력의 저하 등이 원인인 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 기존의 웨이블릿 변환을 이용한 방식에서 탈피하여 전처리 과정에 프랙탈 영상 압축을 적용하고 유사도 측정을 통해 사용자를 식별하는 새로운 홍채 인식 방법을 제안하였다. 비록 인식률은 기존의 방법에 비해 떨어지지만, 프랙탈 압축을 적용하여 홍채 영상의 크기를 4분의 1로 크게 줄임으로써 직접적인 영상의 비교가 발생하는 유사도 비교 단계에서 처리 시간의 감소와 전체 데이터베이스의 크기 감소 효과를 얻었고, 7개의 유사 영상 리스트를 통한 유사도 비교 방식을 사용하여 위치 이동과 같은 약간의 왜곡이 있는 영상들도 잘 잡아내는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 비슷한 영상을 구별해 내는 능력이 다소 부족하고 데이터베이스의 크기에 비해서 처리 시간이 늘어난다는 단점이 있다.

향후 연구에서는 이러한 단점들을 보완하기 위해 사물 인식에 쓰이고 있는 SIFT 등의 방법을 적용하여 유사 홍채 영상의 구별 능력을 강화하여 인식률을 기존 연구 수준 이상으로 올리려고 한다.

6. 참고문헌

[1] 이남일, “ 생체 인식 기술 및 산업 전망 ”, 생체인식포럼, 2004.4.8.
 [2] ITFIND 정보통신 기술, 정책 및 산업 주간기술동향 1198호, 2005.6.1, P.1-15.
 [3] S. Prabhakar, S. Pankanti, and A. K. Jain, "Biometric Recognition: Security & Privacy Concerns", IEEE Security & Privacy Magazine, Vol. 1, No. 2, pp. 33-42, March-April 2003.
 [4] ITFIND 정보통신 기술, 정책 및 산업 주간기술동향 1198호, 2005.6.1, P.52-56.
 [5] John G. Daugman, “ Statistical Richness of Visual Phase Information: Update on Recognizing Persons by Iris Patterns ”, International Journal of Computer Vision 45(1), pp. 25-38, 2001.
 [6] John G. Daugman, “ The importance of being random: Statistical principles of iris recognition ”, The Journal of the Pattern Recognition Society, Pattern Recognition 36, pp.279-291, 2003.
 [7] Jacquin A. , “ Image Coding Based on a fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformations ”, IEEE Transactions on Image processing, Vol11, pp18-30, January 1992.
 [8] Younhee Kim, Dongyun Kim, Youngchul Wee, “ Robust Fractal Compression Based Watermarking System ”, KISS, Vol28, pp 421-423, Oct. 2001.