

논문 2011-2-17

신분인식을 위한 2D 홍채코드 크기에 관한 연구

A Study on the Size of 2D Iris Codes for Personal Identification

주상현*, 양우석**

Sang-hyun Joo, Woo-suk Yang

요 약 본 논문은 scale-space filtering을 이용한 홍채인식 알고리즘으로 추출한 홍채코드의 크기별 인식성능을 분석한 것이다. 진처리 과정을 통하여 홍채 이미지를 생성하고 scale-space filtering을 이용하여 특징을 추출하고 16가지 크기의 코드를 생성하였다. 생성된 코드는 Hamming Distance를 이용한 정합 방법으로 FAR과 FRR을 구하여 코드별 성능을 비교하였다. 모든 코드가 동일인과 타인 집단 사이에 겹치는 부분이 적어 제안한 알고리즘의 우수성이 입증되었으며, 실제로 구현 하였을 때의 사용의 편리성을 중심으로 홍채 코드의 크기별 성능을 분석 하였다. 상용화를 고려하여 신뢰성이 높으며, 오거부로 인한 사용자의 불편을 줄일 수 있는 홍채인식 시스템에 적합한 홍채코드도 제시하였다.

Abstract This paper has analyzed recognizing performance depending on the size of iris codes extracting by iris recognition algorithm using scale-space filtering. The iris images were created through pre-processing, the features were extracted by scale-space filtering, and the codes of 16 sizes were generated. The generated code's performance was compared for each code to calculate FAR and FRR by matching method utilizing Hamming distance. Every code had little overlapping portion between same person and other persons group so that the proposed algorithm's superiority was proved, and the performance of iris codes was analyzed for each size focused on convenience to use when implementing in realization. In addition, the iris codes suitable to iris recognition system that is high-reliable and is able to reduce user's inconvenience due to mis-rejection has been presented considering for commercialization.

Key Words : Iris, Biometrics, Scale-space filtering, Human identification

I. 서론

많은 분야에서 생체인식 기술이 활용되고 있다. 보안을 요구하는 시스템은 위·변조가 불가능해야 하나 생체인식은 기술별 한계를 지니고 있다. 음성인식의 경우는 대상의 음성을 녹음하여 복제가 가능하며, 지문인식의 경우도 복사가 가능하다는 보안상 취약점이 있다. 또한 안면인식은 대상의 건강상태 또는 표정에 따라 특징점의

변화가 있어 신뢰성 있는 생체인식이 어렵다. 반면 홍채인식 기술은 검사 대상의 홍채의 수축, 눈의 깜박임 등을 확인 가능하여 현대의 기술력으로는 위조가 불가능하다는 장점이 있으나 구현이 상대적으로 어렵다는 단점이 있다.

홍채 문양은 착상 후 3개월에 형성이 되기 시작하여 임신 8개월에 완성이 되고, 생후 12개월 이후 형태가 변하지 않는다. 유전 정보와 무관하여 일관성 쌍둥이도 그 무늬가 달라 외상을 당하지 않는 한 평생 변하지 않는 것으로 알려져 있다. 홍채 인식은 현존하는 생체인식 방법 중 개인을 식별함에 있어 유일성과 불변성 안정성 측면에서 가장 뛰어나다고 알려져 있으며 현재는 2~3m의 거

*정회원, 홍익대학교 대학원 전자전산공학과

**정회원, 홍익대학교 전자전기공학과

접수일자: 2011.2.2, 수정일자: 2011.3.21

게재확정일자: 2011.4.15

리에서도 보행자의 홍채 인식이 가능하기 때문에^[7] 사용자 편의성 또한 매우 높다.

본 논문에서는 기존에 발표된 scale space filtering을 이용한 알고리즘^{[3][10][11]}의 계산시간을 단축시키는 방법을 제시하고 scale-space filtering을 이용하여 추출한 특징 이미지로부터 16가지 크기의 코드를 추출하여 FAR 및 FRR을 측정하여 최적의 코드를 찾는다.

II. 홍채 코드 추출

본 논문에서는 눈의 이미지에서 ROI (Region Of Interest)를 분리하고 홍채의 특징을 추출하여 16가지의 다른 binary 2D 홍채 코드를 생성하여 동일한 FAR대비 최적의 FRR을 가지는 binary 2D 코드를 찾고자 한다. 본 논문에서 2D 코드를 생성하고 FAR, FRR을 측정하는 방식의 흐름도는 그림 1과 같다.

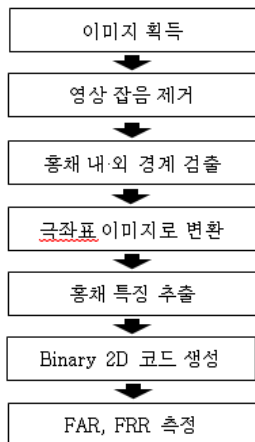


그림 1. 크기별 2진 2차원 홍채 코드 생성 흐름도
Fig. 1. The flow chart of a code generation

홍채 인식에 있어 인식속도를 높이고 오인식률을 낮추기 위해서는 좋은 품질의 영상을 획득하여야 한다. 가시광선 영역에서 홍채 이미지를 획득하면 망막이 주변의 광원을 반사하여 주변 환경에 영향을 많이 받는다. 따라서 양질의 영상을 획득하기 위해 적외선 조명을 사용한다. 그림 2는 가시광선 영역대와 근적외선 영역 촬영 영상이다.

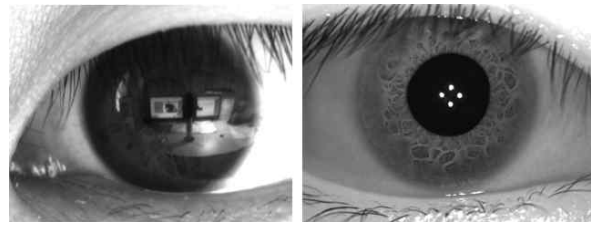


그림 2. 가시광선 영상과 적외선 영상
Fig. 2. Visible ray image and infrared image

홍채 영상 데이터에 대한 국제표준인 ISO/ICE 19794-6에는 홍채 이미지의 화질 수준을 네 단계로 분류하고 있다. 높은 수준에 해당되는 홍채 이미지의 경우 홍채 지름을 200pixels 이상, 보통 수준은 홍채 지름을 150~199pixels, 낮은 수준을 100~149 pixels, 나쁨 수준을 99pixels 이하로 정하고 있다.^[1] 본 논문에서는 200pixels 이상의 높은 수준의 이미지를 사용하여, 알고리즘을 적용하고 실험하기 위하여 640 × 480 의 해상도 이미지를 사용하였다.

(1) 홍채 영상의 전처리

binary 2D 코드를 추출하기 위해서는 영상에서 ROI를 구분하여야 한다. 우선 홍채의 내 경계를 구분하기 위해 동공을 중심과 반지름을 검색한다.

동공의 중심과 반경은 동공과 홍채 사이에서 영상 값이 급격히 바뀌는 성질을 이용한다.^[10] 영상의 가로, 세로를 각각 20, 15등분하여 각 영역의 대표값의 평균을 구하여 값이 가장 작은 영역을 동공 영상의 문턱치로 정하고 영상을 2진화 시켜 동공의 중심과 반지름을 구한다. 홍채의 외 경계를 구분하기 위해 동공의 중심에서 수평축으로 동공의 반지름 떨어진 지점부터 5*10 mask를 이용좌, 우로 10pixel 씩 이동하여 영상 값의 변화가 크고 기준치 보다 밝아지는 지점을 홍채의 경계로 정한다. 사람의 눈의 동공과 홍채의 중심은 같지 않아 bilinear interpolation 방법을 사용하여 극좌표 변환 시 영상을 보정한다. 그림 3은 홍채를 극좌표 변환한 영상이다. 극좌표 영상에서 눈꺼풀 및 반사광을 제거하기 위해 식 (1)(2)와 같이 16*16 window를 8 pixel 씩 이동해 가며 평균 편차 σ^2 가 가장 적은 영역을 찾아 조명 및 불필요한 부분을 제거한다. $f(r, \theta)$ 는 극좌표 (r, θ) 에서의 영상값이다.

$$W_{avg} = \frac{1}{256} \sum_{(r, \theta) \in W} f(r, \theta) \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{256} \sum_{(r,\theta) \in W} |f(r,\theta) - W_{avg}|^2 \quad (2)$$

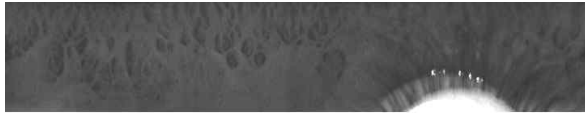


그림 3. 극좌표로 표시한 홍채 영상
Fig. 3. Iris image in polar coordinate system

(2) 홍채 특징 추출

본 논문에서는 Scale-space filtering을 이용하여 공간 영역에서 홍채 이미지의 명암 밝기의 변화율을 감지하여 홍채 이미지의 특징을 추출한다. 변화율 증감을 이용하여 특징을 추출하면 사람마다 편차가 큰 홍채의 색으로 인한 인식의 오류를 최소화 할 수 있다.^[9]

Scale-space filtering은 인식 효율이 매우 높으나 256*8 크기의 2D코드를 추출하기 위해서는 40만번 이상의 곱 연산이 필요하여 특징추출 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 본 논문에서는 Fourier spectrum을 분석하고 최적의 σ 값을 구하여 연산 시간을 최소화 하였다. 그림 4는 전처리 과정으로 극좌표 변환된 영상에 $\sigma=4.5$ 의 scale-space filtering을 적용하고 영상의 concavity에 따라 코드를 부여한 결과이다.



그림 4. 홍채의 특징 추출 결과
Fig. 4. The result of feature extraction

III. 코드 크기별 인식성능 비교

(1) 실험 환경

본 논문에서는 눈 이미지를 수집하기 위하여 홍채영상 획득 시스템을 설계하였다. 일반적인 가시광선 촬영시 망막에 빛이 반사되어 주변 광원에 의한 노이즈가 발생하여 홍채 코드 추출이 불가능 하다.

따라서 적외선 LED를 4방향에서 분산 조명하는 방법을 사용하여 광원이 눈에 반사되는 현상을 최소화 시켰다. 사용된 적외선 LED의 파장대역은 중심주파수가 850nm 대역인 근적외선 영역이고 그림 8은 사용된 적외선 bandpass filter의 투과율 그래프이다. 그림 5와 같은

적외선 bandpass filter를 사용하여 가시광선 영역대인 400~700nm 대역은 차단하고 850nm 대역의 근적외선을 통과시켜 주변 자연광으로 부터의 노이즈를 제거할 수 있다.

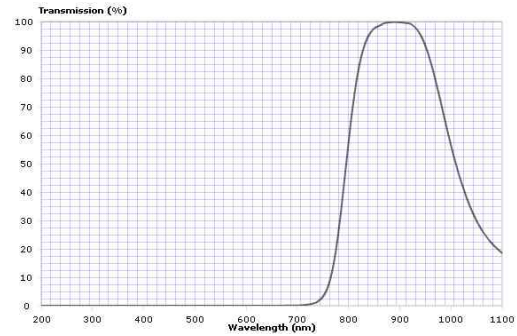


그림 5. 적외선 bandpass filter 투과율 그래프
Fig. 5. Transmission graph of bandpass filter

(2) 코드 크기별 인식성능

홍채의 코드별 인식성능을 분석하기 위하여 50명의 양쪽 눈 이미지 10장씩 즉, 1000장의 640*480 흑백 홍채 영상을 수집하였다. 그림 6는 수집한 이미지의 일부이다.

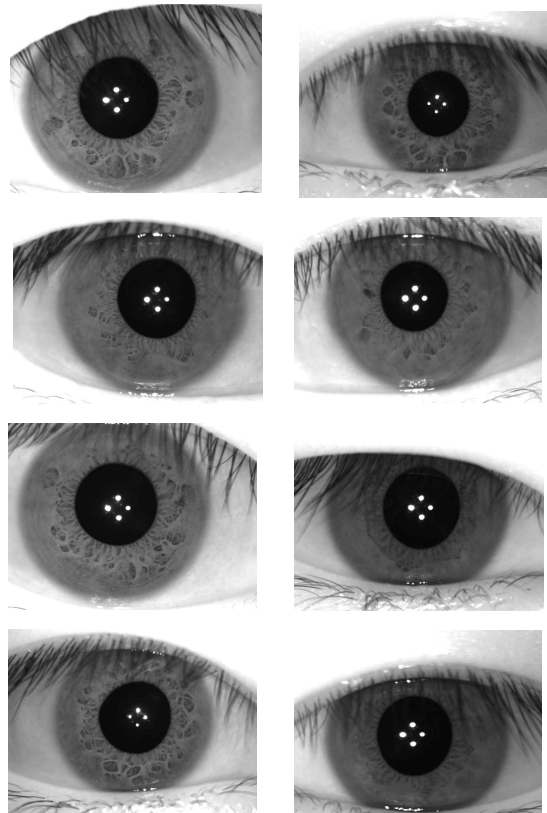


그림 6. 적외선 촬영 샘플 영상
Fig. 6. captured Iris images

수집된 이미지로부터 전처리 과정을 거친 후 scale-space filtering으로 홍채특징을 추출하여 코드 이미지를 생성한다. 생성된 코드 이미지는 평균 45%정도가 1이고 나머지가 0으로 이루어진다. 코드 이미지로부터 16가지 크기의 2차원 2진 홍채 코드를 추출하고 각 코드 별로 동일인에 대하여 임의로 선택한 서로 다른 4500개의 이미지 쌍, 임의로 선택한 49,500개의 이미지 쌍을 대상으로 각각에 대한 홍채 코드를 추출하고 XOR 연산을 통한 HD(Hamming Distance)를 측정하였다. 측정된 HD는 히스토그램으로 나타내고 분포를 알아보았다. 타인의 경우 HD의 분포가 가우시안 확률분포를 나타내었기에 원 데이터를 가우시안 곡선 정합 방법을 사용하여 모델링 하였다.

모델링된 가우시안 함수는 정규분포 표를 이용하여 FAR을 측정하는데 이용되었다. 동일인의 경우 모집단의 수가 작아 HD의 분포가 가우시안 확률분포를 보이지 않았기에 타인의 가우시안 함수의 FAR에 따른 문턱치를 설정하고 원 데이터를 이용하여 FRR을 측정하였다. 그림 7은 128*64코드의 HD분포를 나타낸 것이다. 좌측의 분포가 정규화된 타인의 경우이며 우측이 동일인의 HD 분포이다. 동일인과 타인의 겹치는 부분이 매우 적어 제안한 알고리즘이 매우 효율적임을 알 수 있다.

본 논문에서는 코드 크기별 성능 테스트를 2가지 방향으로 실시하였다. scale-space filtering의 $\sigma=4.5$ 일 때 동일한 FAR에서 가장 좋은 FRR을 가지는 코드를 결정하는 실험과 각 코드의 용량을 고려하여 코드별 적절한 FAR과 FRR을 가지는 문턱치를 결정하는 실험을 하였다. 동일한 FAR에서 가장 좋은 FRR을 가지는 코드를 결정하기 위해 각 코드별 타인의 정규분포 식을 식(3)의 표준정규분포로 변환하고 확률변수 Z 를 8로 고정하여 ($FAR = 0.6221 \times 10^{-15}$) 문턱치 X_T 를 구한다.

$$f(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{Z^2}{2}\right) \tag{3}$$

$$X_T = \sigma Z + m \tag{4}$$

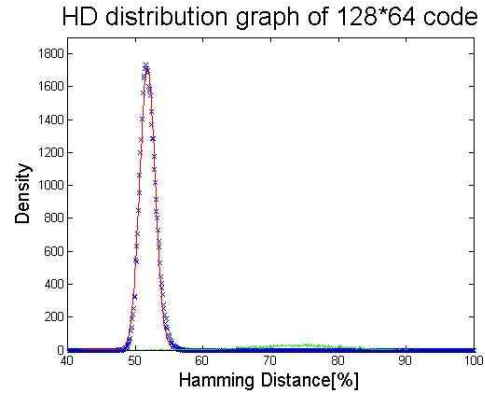


그림 7. 동일인과 타인의 HD 분포 그래프
Fig. 7. HD distribution of genuine/imposter

설정된 문턱치 X_T 에 대하여 동일인 원본 데이터를 이용하여 FRR을 측정된 것을 표 1에 나타내었다. 표 1에서 보는 것과 같이 FAR이 0.6221×10^{-16} 에서 FRR값을 코드 크기별로 비교해본 결과 128*16, 128*32, 128*64 크기의 코드가 동일한 FAR에서 우수한 성능을 보인다.

각 코드 크기별 적절한 FAR과 FRR을 가지는 문턱치를 결정하기 위해 문턱치별 FAR과 FRR을 측정하고 각 코드를 효율적으로 사용할 수 있는 문턱치를 FAR이 $0.1E-14$ 이하일 때로 설정하여 FAR값이 최초로 $0.1E-14$ 이하의 값을 갖는 문턱치 값을 찾아 표 2에 나타내었다. 예를 들어 128*16 홍채코드를 사용할 경우 최초로 FAR이 $0.1E-14$ 이하의 값을 갖을 때의 문턱치 값은 62이고 그 때의 FAR은 0.2232×10^{-15} 로서 10^{15} 명당 약 2.2명만을 오인식 하는 것으로 세계 인구가 70억 명인 것을 감안할 때 생체인식 정보로 사용하기 적합함을 입증한다.

표 1. 동일한 FAR에서 FRR 측정 결과

Table 1. FRR of same FAR with different sizes of code

Code size	Threshold	FRR	Code size	Threshold	FRR
64*8	68.3	0.2604	256*8	69.1	0.3049
64*16	63.6	0.1342	256*16	64.9	0.1533
64*32	61.9	0.1016	256*32	64	0.1293
64*64	61.9	0.0918	256*64	64	0.1182
128*8	65.1	0.1258	512*8	69.5	0.3411
128*16	61.5	0.0482	512*16	64.5	0.1618
128*32	60.6	0.0391	512*32	63.7	0.1427
128*64	60.6	0.0353	512*64	64.5	0.1473

표 2. 코드별 FAR, FRR 측정결과

Table 2. FAR & FRR with different sizes of code

Code size	Threshold	FAR	FRR	Code size	Threshold	FAR	FRR
64*8	71	0.6159E-15	0.3644	256*8	69	0.2146E-15	0.3013
64*16	64	0.1675E-15	0.1402	256*16	65	0.343E-16	0.1567
64*32	63	0.1820E-15	0.1227	256*32	64	0.9361E-15	0.1293
64*64	63	0.4874E-15	0.1082	256*64	65	0.1587E-16	0.1447
128*8	66	0.2881E-16	0.1520	512*8	69	0.2331E-15	0.3184
128*16	62	0.2232E-15	0.0542	512*16	65	0.1202E-15	0.1769
128*32	62	0.2531E-15	0.0555	512*32	64	0.2331E-15	0.1502
128*64	61	0.4140E-15	0.0391	512*64	65	0.3715E-16	0.1616

동일인 및 서로 다른 사람에 대한 각 크기별 FAR 및 FRR 측정결과 모든 코드의 동일인 및 서로 다른 사람의 HD 분포가 겹치는 부분이 적어 Scale-space filtering을 이용한 특징추출 방법이 매우 효과적임을 보여준다. 상용화를 고려할 경우 FRR이 낮은 128*16, 128*32, 128*64 크기의 코드를 이용하여 사용자의 편의성을 높힐 수 있다.

IV 결론

본 논문에서는 홍채 이미지로부터 Scale-space filtering을 이용하여 특징을 추출하고 16가지 크기의 2차원 2진 코드를 추출하여 XOR 연산을 통한 Hamming distance를 측정하였다.

전처리 과정을 통하여 홍채 이미지를 생성하고 scale-space filtering을 이용하여

특징을 추출하여 16가지 크기의 코드를 생성하였다. 생성된 코드는 Hamming Distance를 이용한 정합 방법으로 FAR과 FRR을 구하여 코드별 성능을 비교하였다. 모든 코드가 동일인과 타인 집단 사이에 겹치는 부분이 적어 제안한 알고리즘의 우수성이 입증 되었으며, 실제로 구현 하였을 때의 사용의 편리성을 중심으로 홍채 코드의 크기별 성능을 분석 하였다. 상용화를 고려할 경우 128*16, 128*32, 128*64 크기의 코드를 신뢰성이 높으며, 오거부로 인한 사용자의 불편을 줄여줄 적절한 홍채코드 크기로 제시한다.

참고문헌

[1] JTC 1/SC 37, "Biometric data interchange formats -- Part 6: Iris image data", ISO/IEC 19794-6 Ed. 1.0 en

[2] Vatsa, M., "Comparison of iris recognition algorithms", IEEE Intelligent Sensing and Information Processing, pp354-358, 2004

[3] Woo Suk Yang., et al., "A New Feature Extraction for Iris Identification Using Scale-Space Filtering Techniques", IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics communications and computer sciences, Vol. 87. No. 12, pp3404-3408, Dec 2004.

[4] Yuqing He, "Key Techniques and Methods for Imaging Iris in Focus", International Conference on Pattern Recognition, Vol 4, pp557 - 561, Oct 2006

[5] GuangZhu Xu, "Automatic Iris Segmentation Based on Local Areas", International Conference on Pattern Recognition, Vol 4, pp505-508, Oct 2006

[6] Daugman, J., "Probing the Uniqueness and Randomness of IrisCodes: Results From 200 Billion Iris Pair Comparisons", Proceedings of the IEEE, Vol 94, pp1927 - 1935, Nov 2006

[7] Matey. J.R., "Iris on the Move: Acquisition of Images for Iris Recognition in Less Constrained Environments", Proceedings of the IEEE, Vol 94, pp1936 - 1947, Nov 2006

[8] Mayank Vatsa, "Improving Iris Recognition Performance Using Segmentation, Quality Enhancement, Match Score Fusion, and Indexing", IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics, Vol 38, pp1021-1035, Aug 2008

[9] 양우석 외, "CPN을 이용한 홍채인식", 전기전자학회 논문지, 6권 1호, pp10-20, 2002년 5월

[10] 양우석 외, “스케일 스페이스 필터링을 이용한 홍채 특징 추출”, 전기전자학회논문지, 6권 2호, pp169-177, 2002. 10

[11] 양우석, “홍채 영상을 이용한 생체 인식”, 한국인터넷방송통신TV학회 논문지, 7권 6호, pp73-82, 2007. 12

※ 이 논문은 2009학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음

저자 소개

양 우 석(정회원)



- 1979. 서울대학교 전기공학과 졸업
- 1990. 미국 North carolina state Univ. 전기 및 컴퓨터공학과 졸업 (공학박사)
- 1990-1991 LG전자 부장
- 현재 홍익대 전자전기공학과 교수

<주관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, FA>

주 상 현(정회원)



- 2009. 2. 홍익대학교 전자전기공과 졸업
 - 2011. 2. 홍익대학교 대학원 졸업 (과석사)
- <주관심분야 : 생체인식, 컴퓨터비전, 임베디드 시스템>