

푸리에 변환과 상관관계 계수 값을 이용한 홍채인식

고현주, 전명근
충북대학교 제어계측공학과
e-mail:mgchun@cbucc.chungbuk.ac.kr

Iris Pattern Recognition Using the Fourier Transform and Correlation Coefficients

Hyoun-Joo Go, Myung-Geun Chun
School of Electrical and Electronic Engineering,
Chungbuk National University

요 약

본 논문에서는 생체측정학(Biometrics)중 홍채 패턴을 이용하여 개인 인증과 확인을 할 수 있는 알고리즘을 개발하고 구현하였다. 사람의 홍채는 태어날 때 한번 정해지면 평생 변화하지 않으며, 개개인 별로 모양이 모두 다른 것으로 알려져 있다. 이런, 홍채 특징을 이용하여, 본 논문에서는 홍채영상 취득 시 조명에 의한 밝기 변화에 불변하고, 회전에 불변한 DFT 계수를 이용하였으며, correlation 계수를 이용하여 유사도를 측정하였다. 또한 개개인을 대표할 수 있는 기준데이터(code book)를 만들어 실험하였다.

1. 서론

정보화 사회를 맞이하여 기업은 물론 개인도 짙 높은 정보를 축적하고 있으며, 이러한 축적된 정보가 네트워크를 통하여 손쉽게 전파 될 수 있을 뿐더러 효과적으로 공유될 수 있는 환경이 이미 구축되어 있다. 더욱이 인터넷의 발달로 촉발된 전자상거래의 규모는 해마다 기하급수적으로 늘어나고 있어, 현대인은 네트워크화된 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.

이에 데이터나 정보에 대한 접근을 통제하는 논리적 접근분야나, 제안된 구역이나 건물 등의 접근을 통제하는 물리적 접근분야, 그리고 데이터베이스로부터 개인의 신분을 확인하거나 검증하는 분야에서 사람의 생체적, 행동적인 특징을 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. 우선 많이

사용하는 지문인식의 지문은 땀샘이 융기되어 일정한 흐름으로 만들어진 것으로 그 모양이 개개인마다 서로 다르고 태어날 때의 모습 그대로 평생동안 변하지 않음이 증명되어 실생활에서 각종 신원확인을 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.

한편 망막인식은 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 측정하여야 한다. 그러므로 성공적인 망막 패턴 검색을 위해서는 사용자가 안경을 벗고 검색기에 접사하여야 하며 접안기의 둥근 원통내 어두운 부분 중 적색 광선이 반사되는 점에 눈의 초점을 맞추어야 한다. 이러한 망막 패턴 검색 기술은 고도의 보안성을 만족시키지만 사용상의 불편과 두려움을 유발하는 등 일반인을 대상으로 하여 사용하기에는 비효율적이다[2].

반면에 홍채인식은 안구의 진방에 있는 홍채를 이용하는 것으로, 홍채는 각막과 수정체 사이에 존재하며,

감사의 글 : 본 연구는 정보통신부 대학기초연구지원 사업에 의해 일부 지원 받았습니니다.

이것의 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, 개개인 별로 모양이 모두 다른 것으로 알려져 있다.

기존 홍채인식 연구로는 J.G.Daugman의 논문에서 2-D Gobor Filter를 사용하였고, W.W.Boles의 논문에서는 Wavelet Transform을 사용하였다. 그러나 2-D 사용은 데이터의 양이 많아 처리속도 면에서 느린 단점이 있으며, Boles의 Wavelet Transform은 Zero-crossing을 사용하여 적은 양의 데이터베이스에서는 효율적으로 작동할지 모르나 대상 데이터베이스의 개수가 커지면 이들을 모두 분리해 내기에 특징 점의 개수가 부족 한 문제가 발생한다.[4][5] 또한 [2]에서는 1차원의 밝기 데이터에 대해서 DTFT(Discrete Walsh Hadamard Transform)를 이용한 홍채인식을 수행하였다. 그러나 이 방법은 동공의 반지름이 다를 경우 밝기데이터의 개수가 모두 달라 비교하기가 용이하지 않았다[2].

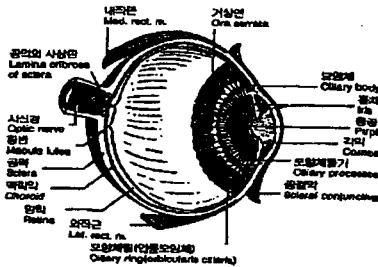


그림 1 사람의 눈 구조

따라서 본 논문에서는 [2]에서와 같이 1차원의 밝기 데이터를 사용하나, 계산이 간단한 Discrete Fourier Transform 계수를 이용한다. 또한, 최근접 보간법(nearest neighbor interpolation)을 사용 resize하여 데이터의 길이를 같게 한다. 또한 두 데이터간의 비교 값으로 correlation의 계수 값을 사용하는 방법을 제안하고 실험하였다.

2. DFT계수의 특징과 홍채

2.1 전처리과정

홍채 영상 취득 시 속 눈섭이 동공의 일부를 가리거나, 화장살로 인한 홍채영상의 일부 희손, 조명에 홍채영상에 반사되는 경우 등 홍채영상 획득에 문제점들이 발생할 수 있다. 이러한 문제점들은 홍채의 동공을 찾거나 동공의 초점을 찾는데 어려움이 있을 수 있다. 따라서 영상 전처리과정을 거쳐 원하

는 영상으로 변환한 후 특징데이터를 취득할 수 있다. 앞에서와 같은 전처리 과정을 거쳐 입력영상에 대해 홍채의 중심, 즉 동공의 중심을 찾을 수 있다.

이에, 동공을 추출함에 있어, 동공의 밝기가 배경보다 검다라는 점을 이용하여 자동 경계 값 검출 방법을 이용하여 홍채영상의 동공만을 추출하였다. 동공의 추출은 동공의 중심점을 찾기 위하여 검출하는데, 추출한 동공의 x-축에서의 히스토그램과 y-축에서의 히스토그램의 중심 값이 만나는 점을 이용하여 동공의 초점을 찾아낸다. 이때, 중위수 필터(Median Filter)를 이용하여 잡음을 제거하고 윤곽선(Edge)을 유지할 수 있게 하였다. 또한 동공의 경계를 단단하게 하기 위하여 8이웃화소인 성분명칭화(component labeling)를 사용하였다.

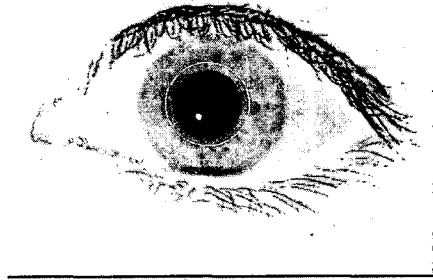


그림 2 카메라로부터 취득한 홍채영상

이에 대한 검증으로는 초점으로부터 좌우대칭 여부를 확인하는 방법을 사용하였으며, 이렇게 찾아낸 동공의 초점으로부터 동공의 반지름(r)을 알 수 있고, 이로부터 동공의 밖으로 반지름 길이의 30% 큰 원을 그릴 수 있다. 이렇게 찾아낸 원으로부터 데이터를 취득할 수 있는데, 이때 원의 반지름 $R = r(1 + 0.3)$ 되고 전체 데이터의 개수는 $R \times \cos 45^\circ \times 8$ 이 된다.

2.2 DFT계수의 특성

DFT는 시간영역의 신호를 주파수 영역의 표현으로 변환하는데 적용될 수 있으며, 임의의 유한 수열에 대해 수치적으로 계산 가능한 최종적인 푸리에 변환으로 N개의 표본은 이산 푸리에 변환 계수라 불리고, DFT 계수 $X(k)$ 역시 N-점 수열이다.

$$X(k) \equiv DFT[x(n)] = \begin{cases} X(k), & 0 \leq k \leq N-1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{nk}, \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad (2)$$

$X(n)$ 에 대한 DFT 계수가 $|X(k)|$ 일 때

$X(n-n_0)$ 에 대한 DFT 계수의 크기 역시 $|X(k)|$ 이 되어 본 연구에서 적용하고자 하는 회전에 무관한 변환 특성을 얻을 수 있다[7].

2.3 특징점 추출

위와 같은 영상 전처리 과정을 통해 얻어진 1차원의 밝기 data는 동공의 크기에 따라 밝기 데이터의 길이가 모두 다르다. 이는 동일한 사람이라 할지라도 조명에 따라 동공의 크기가 변하기 때문에 본 논문에서는 최근접 보간법(nearest neighbor interpolation)을 이용한 resize 기법을 비교대상의 밝기데이터와 길이를 맞추었다. 이렇게 얻은 data는 Discrete Fourier Transform을 이용하여 DFT계수를 얻을 수 있다. 이때 모든 $X[k]$ 계수를 계산하기 위하여 필요한 연산 량을 계산하면 전체적으로 N^2 의 복소 곱셈과 N^2-N 의 복소 덧셈이 필요하다. 그러나 Fast Fourier Transform(FFT)을 사용하므로서 이 변환은 N^2 이 아닌 $N \log_2 N$ 에 비례하는 연산 량을 가지고 DFT계수를 계산할 수 있다.

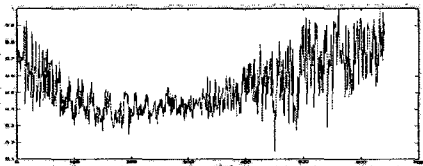


그림 3. 홍채에 의한 1차원의 밝기 데이터

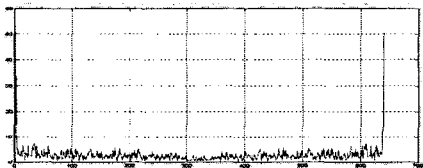


그림 4. 그림 3 데이터에 의한 DFT 계수

DFT계수는 영상의 회전, 이동, 크기에 불변하고, 데이터의 시작점이 다른 경우에도 그림 5, 그림 6에서 보는바와 같이 계수 값이 같으므로 회전에 무관함을 알 수 있다. 또한 그림 7과 같이 영상 전체의 밝기를 높이거나 낮출 때에도 계수 값이 변하지 않아 조명등에 의한 영상 밝기 변화에도 무관함을 알 수 있다.

위에서와 같은 방법을 이용하여 각 사람의 눈을 대표하는 코드북을 만들 수 있다. 코드북은 한사람에 대해 세번의 영상으로 이루어진 것으로, 세 개의 밝기데이터 길이를 같게 하고, 평균을 구한 후 DFT 계수를 획득하는 방법을 사용하였다.

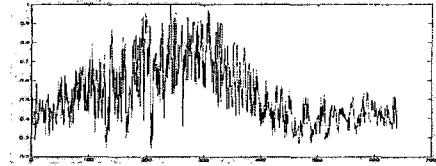


그림 5. 시작점을 다르게한 1차원의 밝기 데이터

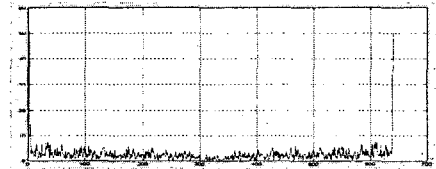


그림 6. 그림 5 데이터에 의한 DFT 계수

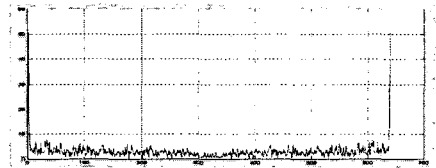


그림 7. 입력영상의 밝기를 높였을 때 DFT계수

3. 실험 및 검증

본 논문에서는 영상의 회전, 이동, 크기에 불변한 DFT계수를 이용하여 코드북을 만드는 알고리즘을 연구하였다. 위에서 제안한 시스템의 성능을 평가하기 위하여 코드북(code book)에 만들어진 기준 데이터와 새로 들어오는 데이터에 대하여 공분산 행렬에 기반한 correlation의 계수를 이용하여 유사도 값을 얻을 수 있다. 이때 correlation은 공분산 행렬을 이용한 것으로 본 논문에서는 최소값 0 ~ 최대값 1의 값으로 표현하였다.

$$\rho = \frac{\overline{XY^T}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{X_i - \mu_X}{Y_i - \mu_Y} \quad (3)$$

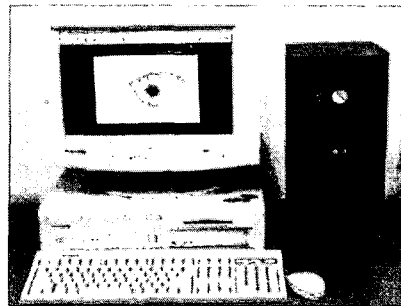


그림 8 실험에 사용된 홍채영상 취득기

본 논문에서는 홍채영상의 취득을 위해 LG전자에서 상용중인 홍채인식기의 카메라를 사용하였다. 그림 8과 같은 카메라를 이용하여 다섯 사람의 눈에 대한 홍채패턴을 한 사람에게 대해 다섯 번 촬영하여 제시된 알고리즘을 MATLAB으로 구현하여 실험하였다.

실험결과 표 1~표 5로 나타내었으며, 한사람에 대한 다섯 개의 영상에 대해 3장은 기준데이터, 즉, 학습데이터(training data)로 사용하였고, 2장은 검증데이터(checking data)로 사용하였다. 표 1은 대상자 A에 대한 실험결과를 나타낸 것으로 코드북으로 만들어 놓은 기준데이터와 학습데이터로 사용한 data1, data2, data3과 검증데이터로 사용한 data4, data5에 대해 correlation 계수를 구한 값이다.

구분	data1	data2	data3	data4	data5
A	0.8047	0.9374	0.9134	0.7988	0.8147
B	0.4912	0.5905	0.6563	0.6458	0.6577
C	0.5732	0.3122	0.3595	0.5733	0.3232
D	0.6632	0.6484	0.6819	0.6928	0.7330
E	0.7233	0.7811	0.4715	0.4307	0.6619

표 1 대상 A에 대한 홍채인식 결과

구분	data1	data2	data3	data4	data5
A	0.6132	0.7209	0.6587	0.6240	0.5945
B	0.7120	0.8619	0.8135	0.6636	0.6457
C	0.4833	0.5146	0.1719	0.1936	0.1730
D	0.5630	0.6662	0.6487	0.6363	0.5657
E	0.6783	0.4732	0.6440	0.6229	0.5990

표 2 대상 B에 대한 홍채인식 결과

구분	data1	data2	data3	data4	data5
A	0.5014	0.4344	0.5075	0.4896	0.5023
B	0.3336	0.4305	0.4161	0.4014	0.5047
C	0.6726	0.7181	0.8055	0.7598	0.7579
D	0.5118	0.4560	0.4036	0.4715	0.4176
E	0.4794	0.3505	0.5807	0.3972	0.4062

표 3 대상 C에 대한 홍채인식 결과

구분	data1	data2	data3	data4	data5
A	0.6386	0.7553	0.7242	0.7752	0.7041
B	0.4400	0.6923	0.5128	0.6159	0.6620
C	0.5264	0.5677	0.2949	0.3177	0.3155
D	0.9296	0.9270	0.8073	0.9100	0.8646
E	0.8293	0.4395	0.7644	0.7216	0.5599

표 4 대상 D에 대한 홍채인식 결과

구분	data1	data2	data3	data4	data5
A	0.6645	0.7257	0.6518	0.5746	0.6423
B	0.6482	0.6413	0.6103	0.4621	0.5585
C	0.5558	0.2026	0.2582	0.5160	0.2598
D	0.6689	0.7519	0.6905	0.6539	0.6849
E	0.6742	0.8507	0.7545	0.7936	0.6965

표 5 대상 E에 대한 홍채인식 결과

기준데이터와 학습데이터로 사용한 데이터와의 비교 값은 0.8047이상으로 비교적 높은 값을 보였으며, 검증데이터로 사용한 data4, data5와의 비교 값은 0.79이상으로 다른 대상자와 차별할 수 있는 값을 얻을 수 있었다. 또한, A대상자의 data1값을 다른 대상자와 비교해 보았을 때, 가장 높은 값을 얻을 수 있다. 마지막으로 유사도의 최대 값을 기준으로 개인인증을 할 때, 실험 다섯번에 대한 FAR(False Accept Rate)과 FRR(False Reject Rate) 모두 0/10가 됨을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서 제시된 알고리즘은 DFT계수를 이용하여 회전에 불변하고, 밝기 변화에 둔감한 알고리즘을 제시하였다. 그리고 [2]논문에서와 달리 코드북을 이용하여 기준데이터를 사용하였으며, 밝기 데이터의 길이가 다르다 라는 단점을 최근접 보간법(nearest neighbor interpolation)을 이용하여 보완하였다. 또한, 유사도 값으로 correlation 계수를 이용하므로 기존의 홍채인식 알고리즘에 비해 효율적으로 이용될 수 있는 방법을 제시하였다. 앞으로, 실험 결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해서 좀더 많은 대상자와 영상으로 더 많은 실험이 요구된다.

참고문헌

- [1] 전명근, "생체인식(Biometric) 총론", 한국정보통신 교육원, 2002
- [2] 고현주, 이상원, 전명근, "개인확인 및 인증 알고리즘을 위한 홍채 패턴인식", 정보처리학회 논문지 C, 2001
- [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] 하영호 외 3인, 디지털 영상처리, 그린, 1998.
- [7] 전주환 외 2인, MATLAB을 이용한 디지털 신호처리, 시그마프레스, 1998.