



특집 04

히스토그램과 푸리에 스펙트럼을 기반으로 한 위조지문 식별 방법

이현숙·배유석 (한국산업기술대학교)

목 차 »	1. 서론
	2. 제안한 방법
	3. 실험결과
	4. 결론

1. 서론

최근에 지문 인식 시스템은 도어락과 전자 여권 등과 같은 다양한 보안 분야에 넓게 사용되어지고 있다. 그러나 지문을 위조하는 위험에 많이 노출되어 있음이 보고되어지고 있다^[1,2]. 위조 지문은 실제 지문과 같은 융선-골 패턴을 갖기 때문에 특정한 식별 기능이 없는 일반적인 지문 인식 시스템은 위조 지문을 식별할 수 없다.

흔히 위조 지문은 실리콘, 젤라틴과 같은 다양한 물질로 실제 손가락의 틀을 만들어 제작한다. 일반적으로 각 물질의 속성과 제작 과정은 위조 지문의 영상 품질에 영향을 미친다. 그러므로 영상 품질의 차이를 인식하는 것에 의해 위조 지문을 식별 할 수 있다.

실제 지문과 위조 지문을 구분하는 이전의 많은 접근법들은 혈압^[3], 온도^[4], 피부 전기 용량^[4], 향기^[5], 땀샘^[6-10], 경도^[11,12] 등과 같은 인간의 생리학적 특성을 이용한다. 그러나 이 방법의 경우 이미지 센서 외에 추가적인 센서들이 필요

하기 때문에 추가적인 비용과 시스템의 크기가 커지므로 효율적이지 못하다. 본 논문에서 제안한 방법은 오직 영상 센서만을 사용하고, 일반적인 지문인식 시스템에 사용할 수 있다. 기존 영상 센서를 통해 입력받은 영상만을 활용하는 위조 지문 식별 방법에 대한 연구 결과는 많지 않은 편이나, 푸리에 변환 후 주파수 영역에서 신호 분포를 분석^[13] 하거나 웨이블릿 변환을 이용^[14]하여 입력 영상의 화질을 분석하는 방법이 있다.

본 논문에서는 이미지 센서만을 사용하여 위조 지문 식별이 가능한 실용적이고 효과적인 방법을 제안한다. 이 방법은 히스토그램과 푸리에스펙트럼 분석을 이용하여 실제 지문과 위조 지문을 구분 한다. 본 논문에서 제안한 방법은 사용자로부터 지문을 입력받은 후에 시스템은 사용자가 입력한 지문과 등록되어있는 지문의 차이를 계산한다. 시스템은 이 차이를 계산하여 실제 지문과 위조 지문을 분류한다. 본 논문에서 실험한 결과, 제안한 방법의 인식률이 94%로 기존 연구보다 높게 나타났다.

2. 제안한 방법

(그림 1)은 제안한 시스템과 프로세스를 간단하게 보여준다. 이 시스템은 우선 입력받은 지문 영상으로부터 사용자를 식별하고, 그 후 입력된 지문 영상과 등록된 지문 영상의 특성값이 일치하는지 ‘진성 테스트(Genuineness Test)’를 수행한다.

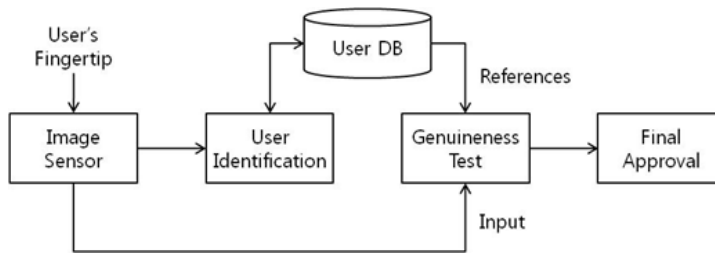
(그림 2)는 진성 테스트의 절차이다. 이때 특성값(Characteristic Values)은 입력된 지문 영상과 참조 영상(Reference Fingerprints)에서 각각 생성된다. 예로 들면, 뒷부분 (그림 3)에서 자세하게 설명되어진 특성값은 지문 영상의 히스토그램 픽셀 세기의 일부와 푸리에 스펙트럼의 일부이다. 특성값의 차이(Distance)는 각 특성값은 입력된 영상과 등록된 영상의 평균 특성값의 제곱오차의 합이다. 식은 다음과 같다.

$$D_{pqr} = \sum_i [X_{pqr}(i) - R_p(i)]^2$$

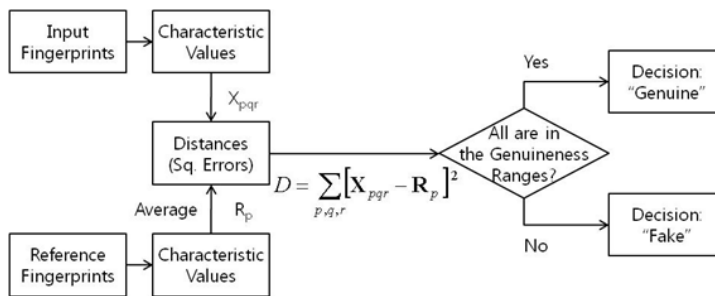
X는 입력 영상의 특성값 벡터이고, R은 참조 영상의 특성값 벡터이다. p, q, r은 지문(1~39), 타입(1~5; genuine, silicon fake, gelatin fake, film, fake, paper fake), 지문 샘플(1~50)을 각각 나타낸다.

만약 모든 특성값의 차가 ‘진성 범위’에 존재한다면, 입력된 지문 영상은 실제 지문으로 분류한다. 반대일 경우 입력된 지문 영상은 위조 지문으로 간주한다. ‘진성 테스트’의 결과가 최종 승인을 제어한다.

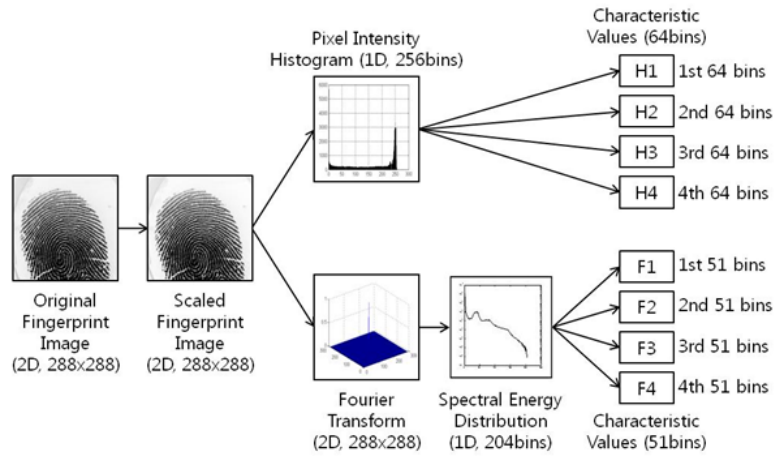
많은 관련 연구들이 사용자 인식 전에 위조 판정을 하지만 제안한 방법은 지문 인식 시스템에서 영상 센서로 입력된 지문 영상과 사전 등록된 사용자 지문 정보를 비교하여 위조 지문 여부를 판정하고, 최종 인증을 통제하는 역할로 지문 인



(그림 1) 제안한 시스템과 프로세스



(그림 2) '진성 테스트(Genuineness Test)' 절차



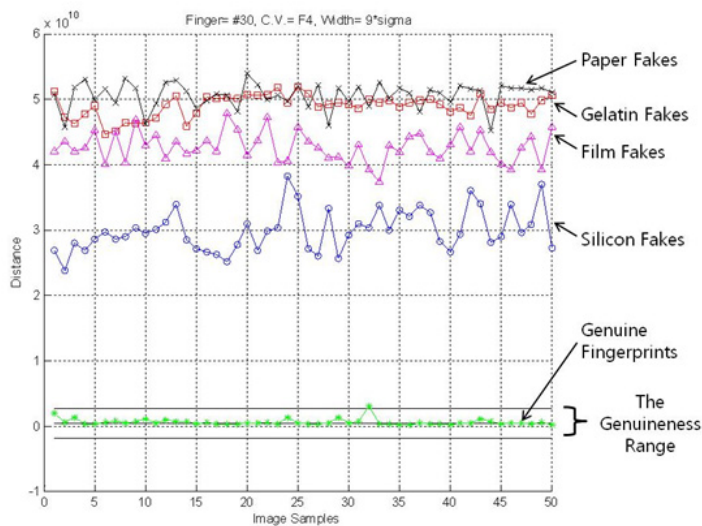
(그림 3) 공간영역과 주파수영역에서의 ‘특성값(Characteristic Values)’

식 후 위조 지문을 판정하는 방식이다. 즉 제한한 방법은 특정한 사용자의 지문의 특성에 초점을 맞출 수 있으며, 이로 인해 더 나은 결과를 낼 수 있다. 또한 제한한 방법은 소프트웨어 모듈로써 하드웨어 추가가 필요 없기 때문에 일반 지문 인식 시스템에 쉽게 추가 할 수 있다. 이 적응성은 현실적인 관점에서 커다란 이점이다.

(그림 3)은 특성값을 획득하기 위한 절차를 보

여준다. 획득한 영상은 우선 0~1로 스케일링한 후, 공간영역에서의 히스토그램과 주파수영역에서의 스펙트럼 에너지 분포를 계산한다. 이때, 히스토그램은 4개로 나누어 각 영역을 이용하여 H1, H2, H3, H4 특성값으로 계산한다. 스펙트럼 에너지 분포도 4개로 나누어 각 영역을 이용하여 F1, F2, F3, F4 특성값으로 계산한다.

(그림 4)는 #30 지문 샘플 세트의 F4의 특성값



(그림 4) 특성값 차이(Distance)의 분포 (샘플 세트 #30, F4).

〈표 1〉 특성값의 정의

#	지표	정의	#	지표	정의
1	H0	Pixel intensity histogram	11	F0	Spectral energy distribution
2	H1	The 1st quarter of H0 (64 bins)	12	F1	The 1st quarter of F0 (51 bins)
3	H2	The 2nd quarter of H0 (64 bins)	13	F2	The 2nd quarter of F0 (51 bins)
4	H3	The 3rd quarter of H0 (64 bins)	14	F3	The 3rd quarter of F0 (51 bins)
5	H4	The 4th quarter of H0 (64 bins)	15	F4	The 4th quarter of F0 (51 bins)
6	HL	The 1st half of H0 (128 bins)	16	FL	The 1st half of F0 (102 bins)
7	HH	The 2nd half of H0 (128 bins)	17	FH	The 2nd half of F0 (102 bins)
8	HB	Sum of Bin # 1~26 (scalar)	18	FT	Total energy (scalar)
9	HT	Sum of Bin # 231~256 (scalar)	19	FM	(F2+F3)/FT (scalar)
10	HS	HB+HT (scalar)	20	FR	(F4+F3+F2)/F1 (scalar)

차이의 분포를 나타낸다. 이 실험에서 실제 지문이 위조 지문과 잘 구분되어짐을 알 수 있다.

〈표 1〉은 20개의 특성값의 정의이다. 그 중 가장 성능이 좋고, 직관적으로 간단한 가장 효과적인 8개의 특성값인 H1~H4과 F1~F4를 사용한다.

3. 실험 결과

본 논문에서 9,750개의 지문 영상을 사용하여 실험하였다. 이 중 1,950개의 지문 영상은 실제 지문 영상이며, 7,800개의 지문 영상은 위조 지문 영상이다. 전체 지문 영상은 각각 다른 손가락을 사용하여 39 세트로 구성된다. 각 세트는 실제 지문 영상, 실리콘 위조 지문 영상, 젤라틴 위조 지문 영상, 종이 위조 지문 영상과 필름 지문 영상을 포함한다. 또한 각 그룹은 288×288 픽셀인 50개의 샘플 지문 영상을 갖는다. 이 50개의 샘플 지문 영상 중 오직 10개만 참조 영상으로 사용하였다. 위조 지문 영상은 사용자의 협조로 제작된 것이며, 위조 지문 식별 기능이 없는 상업적 지문 인식 시스템에 의해 실제 지문으로 승인된 것이다. 이것으로 위조 지문의 품질을 확인했으며, 실험에 제작한 위조 지문을 사용하는 것은 적합함

을 알 수 있다.

〈표 2〉는 실험 결과를 정리한 것이다. 각각의 지표를 사용했을 때(평균 66%)가 모든 지표를 사용했을 때(약 94%)보다 인식이 낮게 나타남을 볼 수 있다.

실험 결과 전체 인식이 94% 이상으로, 이 결과로 제안한 위조지문 식별 알고리즘을 이용하여 실제 지문과 위조지문을 구별 할 수 있음을 알 수 있다. H0는 히스토그램의 픽셀 세기의 모든 분포로 정의한다. H1, H2, H3 그리고 H4는 H0를 4부분으로 나눈 것이다. H0를 H1, H2, H3, H4를 나눈 것은 성능에서는 더 효과적이거나 이것은 상반

〈표 2〉 실험 결과 - 인식률(%)

지표	Group					Overall
	Genuine	Silicon	Gelatin	Paper	Film	
H1	99.49	25.64	49.28	42.56	83.23	60.04
H2	99.28	31.74	36.10	36.10	81.54	56.95
H3	98.41	41.18	42.41	37.69	77.54	59.45
H4	97.74	66.21	38.41	73.03	34.26	61.93
F1	98.41	39.64	40.41	34.67	41.18	50.86
F2	98.97	55.90	43.23	56.31	70.36	64.95
F3	98.51	72.87	58.00	69.54	75.79	74.94
F4	98.77	79.18	58.05	73.28	69.90	75.84
All Criteria	94.67	97.79	84.41	97.03	97.69	94.32

〈표 3〉 히스토그램 분포를 나누어 사용하였을 때의 긍정적 효과와 부정적 효과

# of parts (Criteria)	Group					Overall
	Genuine	Silicon	Gelatin	Paper	Film	
One (H0)	99,18	52,82	53,08	66,00	83,79	70,97
Two (HL,HH)	97,74	74,92	62,82	80,56	86,41	80,49
Four (H1,H2,H3,H4)	96,21	82,92	75,13	83,69	91,54	85,90

관계(Trade-off)이다. 부분적으로 나누는 것은 위조 지문을 위한 인식률은 증가하나 기준의 수가 증가하기 때문에 실제 지문을 위한 인식률은 감소한다. 실제 지문을 위한 인식률 또한 94% 이상을 유지하기 위해 6개 또는 8개보다 적은 4개로 히스토그램 분포를 나누었다. <표 3>은 히스토그램 분포를 부분적으로 나누는 것의 긍정적인 부분과 부정적인 부분을 나타낸다. 많이 나눌수록 오로지 실제 지문 그룹이 감소하고, 반면에 다른 그룹을 위한 값은 증가하였다.

앞에서 언급했던 것처럼 더 나은 성능을 획득하기 위해서 기준(criteria)과 같은 20개의 특성값을 개발하였다.

4. 결론

이 논문은 실제 지문과 위조 지문을 구분하기 위해 추가적인 센서가 필요 없는 효과적이고 실용적인 방법을 제안하였다. 실험에서는 앞에서 요약한 것처럼 높은 인식률을 보였다. 전체 인식률은 94% 이상을 보였다. 이 결과 위조 지문이란 장의 지문 영상 분석만으로 식별 가능함을 보여준다. 그리고 히스토그램 픽셀 세기와 푸리에 스펙트럼의 차이는 매우 유용한 지표임을 증명하였다. 게다가, 제안한 방법은 소프트웨어 모듈의 형태로 일반적인 지문 인식 시스템에 쉽게 적용할 수 있다.

참고 문헌

- [1] U. Uludag, A. K. Jain, "Attacks on Biometric Systems: A Case Study in Fingerprints," Proceedings of SPUE-EI 2004, San Jose, CA, pp.622-633, 2004.
- [2] T. Matsumoto, H. Matsumoto, K. Yamada, S. Hoshino, "Impact of Artificial Gummy Fingers on Fingerprint Systems," Proceedings of SPIE, Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques IV, vol.4677, 2002.
- [3] M. Drahanšký, R. Nötzel, W. Funk, "Liveness Detection based on Fine Movements of the Fingertip Surface," 2006 IEEE Information Assurance Workshop, pp.42-47, 2006.
- [4] T. van der Putte, J. Keuning, "Biometrical fingerprint recognition: don't get your fingers burned," Proceedings of IFIP TC8/WG8.8 4th Working Conference on Smart Card Research and Advanced Applications, pp.289-303, 2000.
- [5] D. Baldisserra, A. Franco, D. Maio, D. Maltoni, "Fake Fingerprint Detection by Odor Analysis," Proceedings International Conference on Biometric Authentication, Hong Kong, 2006.
- [6] R. Derakhshani, S.A.C. Schuckers, L.A. Hornak, L. O'Gorman, "Determination of vitality from a non-invasive biomedical measurement for use in fingerprint scanners," Pattern Recognition vol.36, pp.383-396, 2003.

- [7] S.T.V. Parthasaradhi, R. Derakhshani, L.A. Hornak, S.A.C. Schuckers, "Time-Series Detection of Perspiration as a Liveness Test in fingerprint Devices," IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics - Part C 35(3), 2005.
- [8] B. Tan, S. Schuckers, "Liveness Detection using an Intensity Based Approach in Fingerprint Scanners," Proceedings of Biometrics Symposium, Arlington, VA (September 2005).
- [9] B. Tan, S. Schuckers, "Liveness Detection for Fingerprint Scanners Based on the Statistics of Wavelet Signal Processing," Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, p.26, 2006.
- [10] A. Abhyankar, S. Schuckers, "Empirical Mode Decomposition Liveness Check in Fingerprint Time Series Captures," Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, p.28, 2006.
- [11] A. Antonelli, R. Cappelli, D. Maio, D. Maltoni, "Fake Finger Detection by Skin Distortion Analysis," IEEE Transactions on Information Forensics and Security 1(3), pp.360-373, 2006.
- [12] Y. Chen, A. Jain, S. Dass, "Fingerprint Deformation for Spoof Detection," Proceedings of Biometrics Symposium, Arlington, VA, pp.27-28, 2005.
- [13] C. Jin, H. Kim, S. Elliot, "Liveness Detection of Fingerprint Based on Band-Selective Fourier Spectrum," ICISC 2007, LNCS 4817, pp.168-179, 2007.
- [14] Y.S. Moon, J.S. Chen, K.C. Chan, K. So, K.C. Woo, "Wavelet based fingerprint liveness detection," Electronics Letters 41(20), pp.1112-1113, 2005.

저 자 약 력



이 현 숙

이메일 : leehsuk@kpu.ac.kr

- 2006년 한국산업기술대학교 컴퓨터공학(학사)
- 2008년 한국산업기술대학교 컴퓨터공학(석사)
- 2012년 한국산업기술대학교 컴퓨터공학(박사)
- 2012년~현재 한국산업기술대학교 연구원
- 관심분야: 패턴인식, 생체인식



배 유 석

이메일 : ysbae@kpu.ac.kr

- 1993년 서울대학교 전기공학(학사)
- 1995년 서울대학교 전기공학(석사)
- 2000년 한국과학기술원 전자공학(박사)
- 1999년~2000년 NIST / 연구원
- 2000년~2002년 삼성전자 / 책임연구원
- 2002년~2003년 휴노테크놀로지 / 연구소장
- 2003년~현재 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야: 패턴인식, 생체인식, 광정보처리