1999년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 1999. 7.19-21

손가락 마디지문 패턴을 이용한 개인식별 알고리즘

장석원, 정희철, 최환수
명지대학교 전기공학과

A Personal Identification Algorithm Utilizing Finger Crease Pattern

Seokwon Chang, Heecheol Jung, Hwansoo Choi
Department of Electrical Engineering, Myongji University

Abstract - This paper proposes an alternative personal identification algorithm using finger crease pattern which is assumed to overcome the disadvantages of the existing biometrics system.
We used a CCD camera with LED lighting as the input device. The original images were treated by employing a lowpass and highpass filter to get the reinforced finger boundaries and finger crease patterns, thereby threshold is applied. We tracked the boundaries of the finger and extracted the images of the index, middle, and ring finger, thereafter applied noise reduction operation. In the last step, we performed the verifications of a person by matching one dimensional profiles of finger crease patterns.
This algorithm shows the possibility of an alternative biometrics identification system to the current ones. Lastly, the comparative evaluation on our system and the other algorithm is presented.

1. 서 론

최근 개인식별의 방법으로 생체인식(biometrics)의 중요성이 점차 확대되고 있다. 생체인식 시스템은 개인의 독특한 생리학적 또는 행동 특징을 이용하여 개인식별을 수행한다. 이러한 특징으로는 지문, 손의 모양, 음성 패턴, 눈의 홍채, 얼굴 윤곽 등[1-3] 다양한데 각각의 특징마다 사용자 편의성, 친밀도, 인식성능 등에서 장단점이 있다. 본 논문은 기존 생체인식 시스템의 보완이 가능한 손가락의 마디지문 패턴을 이용한 개인식별 알고리즘에 관해 제안한다.

본 알고리즘은 LED조명을 이용하여 CCD카메라로 취득한 원시영상에 저대역 필터와 고대역 필터 처리를 하여 손가락 경계(boundary)와 마디 지문(finger crease)을 강화하는 전처리 후 이치화(threshold)를 적용한다. 그런 다음 손가락의 경계를 추적하여 검지, 중지, 약지로 분할하고 잡영을 제거한다. 최종적으로 손가락별 마디지문의 1차원 투영값을 정합(matching)하여 개인식별을 수행한다.[4,5]

알고리즘 평가결과는 새로운 형태의 생체인식 시스템 제작 가능성을 보여주고 있으며, 이들 결과를 손가락의 제한된 영역에서 음영값의 누적분표를 이용한 D.G. Joshi등[6]의 알고리즘과 비교한 결과를 제시하였다.

2. 본 론

2.1 영상의 입력

LED를 조명으로 소형 CCD 카메라를 이용하여 640×480 크기의 8-bit gray scale의 영상을 입력 영상으로 취득하였다. 그림 1은 입력영상의 한 예이다. 손가락의 지나친 이동이나 회전을 막기 위해 그림 2와 같이 guide를 사용하였다. 그러나 이러한 고정장치에도 불구하고 실제로 입력 영상은 이동이나 회전, 기타 조명에 의한 왜곡이 일어나며, 사용자 편의를 위해서도 이에 대한 소프트웨어적 보상이 필요하다.

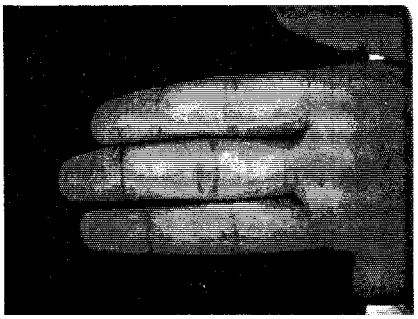

그림 1. 원영상

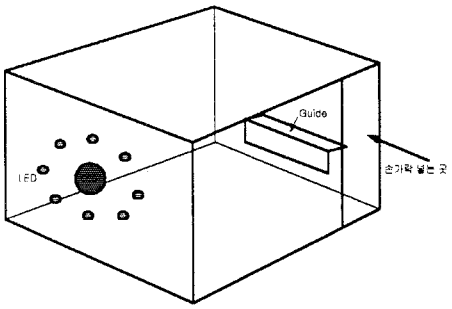

그림 2. 영상 입력 장치

2.2 전처리

입력 영상은 손바닥의 울긋불긋함과 혈관, 균일하지 못한 조명, 손가락의 굴곡 등으로 마디지문과 손가락 부분 및 잡영이 서로 비슷한 gray level에서 혼재하게 된다. 이에 잡영을 줄이기 위해 표 1과 같은 11×11 Gaussian mask를 사용하는 저대역 필터링을 적용하였다.

1	5	15	30	45	51	45	30	15	5	1
5	25	75	150	225	255	225	150	75	25	5
15	75	225	450	675	765	675	450	225	75	15
30	150	450	900	1350	1530	1350	900	450	150	30
45	225	675	1350	2025	2295	2025	1350	675	225	45
51	255	765	1530	2295	2601	2295	1530	765	255	51
45	225	675	1350	2025	2295	2025	1350	675	225	45
30	150	450	900	1350	1530	1350	900	450	150	30
15	75	225	450	675	765	675	450	225	75	15
5	25	75	150	225	255	225	150	75	25	5
1	5	15	30	45	51	45	30	15	5	1

$\times \frac{1}{59049}$

표 1. Gaussian mask

입력영상에서 각 손가락의 마디지문을 추출하기 위해서는 각 손가락을 분리해 내야 한다. 손가락을 분리하기

위해서 식(1)과 같이 고대역 필터링으로 외곽선을 강화한다. 또한 입력 영상에서 마디지문을 강화하기 위해 식(2)를 이용해 세로 경계를 강화하는 고대역 필터링을 수행한다.

$$f_1(x,y)=\text{원영상}*\begin{bmatrix}1&1&1\\1&1&1\\1&1&1\end{bmatrix}*\frac{1}{(3\times3)}$$

$$f_2(x,y)=f_1(x,y)*\begin{bmatrix}1&1&\cdots&1\\1&1&\cdots&1\\\cdots&\cdots&\cdots&\cdots\\1&1&\cdots&1\end{bmatrix}*\frac{1}{(11\times11)}$$

$$f(x,y)=f_1(x,y)-f_2(x,y)+127 \quad (1)$$

$$f_1'(x,y)=\text{원영상}*\begin{bmatrix}1&1&1\\1&1&1\\1&1&1\end{bmatrix}*\frac{1}{(3\times3)}$$

$$f_2'(x,y)=f_1'(x,y)*\begin{bmatrix}1&1&\cdots&1\\1&1&\cdots&1\\1&1&\cdots&1\end{bmatrix}*\frac{1}{(11\times3)}$$

$$f'(x,y)=f_1'(x,y)-f_2'(x,y)+127 \quad (2)$$

특징 추출이 용이하도록 고대역 필터링된 영상을 126을 기준으로 이치화 하였다. 그림 3, 4는 외곽선 강화 영상과 세로경계 강화 영상의 이치화 후 모습이다.

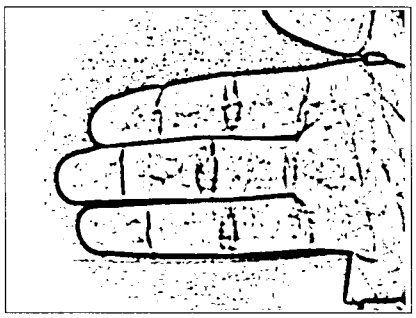

그림 3. 외곽선 강화 영상

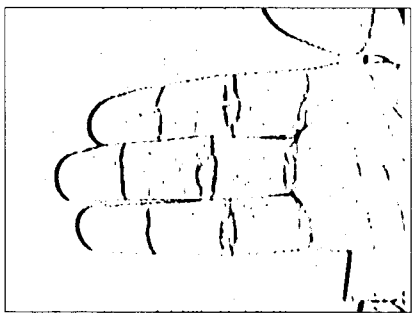

그림 4. 세로경계 강화 영상

2.3 특징추출

전처리 후 경계성분이 강화된 그림 3을 이용하여 손가락별 외곽선을 추출한다. 일반적인 외곽선 추적 알고리즘은 세선화된 영상을 기준으로 되어 있으나, 전처리 후 영상은 경계선이 5~10 화소의 두께를 가지고 있으며, 세선화를 적용하기에는 손가락의 울긋불긋함 등에 따른 잡영이 많고 과다한 계산시간이 요구되어 적용이 힘들다. 따라서 전처리된 영상을 그대로 이용하여 외곽선을 추적하는 알고리즘을 고안하였다.

입력 영상의 좌측부터 위에서 아래로 이동하며 경계성분이 있으면 5×5 mask를 씌워 mask내의 경계성분의 개수를 구하여 일정개수 이상이면(경계성분의 크기가 일정크기보다 크면) 손가락 시작후보로 보고 외곽선 추적을 시작한다. 손가락 시작후보 좌표로부터 우측으로 한 픽셀씩 이동하며 손가락 위, 아래 외곽선을 따로 추적한다. 위, 아래 외곽선을 추적할 경우에도 좌측 픽셀을 기준으로 상하 일정 거리내의 픽셀에 대해서 5×5 mask내의 경계성분의 개수를 세어 가장 값이 큰 쪽(가장 두꺼운 쪽)으로 그림 5, 6과 같이 좇아가며 개수가 너무 적을 경우는 외곽선이 끊어진 것으로 보고 추적을 종료한다.

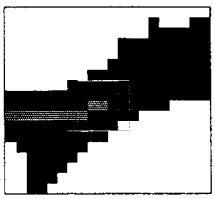

그림 5. 추적과정 1

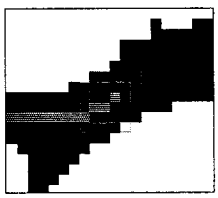

그림 6. 추적과정 2

손가락별 외곽선을 추적한 정보를 이용하여, 그림 4의 세로경계 강화 영상에서 검지, 중지, 약지를 각각 추출한다. 이때 특징벡터 정합시 각 손가락의 길이 정보를 활용하기 위해 중지 끝을 좌측 기준으로 하여 잘라내었다. 손가락별 잘라낸 영상의 예는 그림 7~9와 같다.

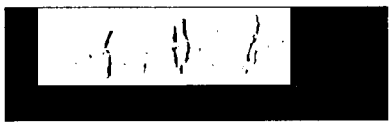

그림 7. 검지 부분만 잘라낸 영상

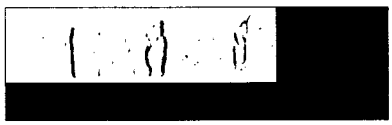

그림 8. 중지 부분만 잘라낸 영상

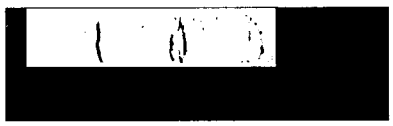

그림 9. 약지 부분만 잘라낸 영상

손가락을 서로 붙이지 않은 경우나 guide를 잘못 잡았을 경우 회전이 발생하며, 특징벡터 추출 시 2차원 성분을 1차원으로 투영하기 때문에 약간의 회전에도 투영값이 많이 변하므로 각 손가락이 수평이 되도록 정규화할 필요가 있다. 회전이 일어난 각도 계산은 각 손가락의 중심선의 평균기울기를 이용하였으며, 반대 방향으로 회전시켜 정규화 하였다. 그림 10은 검지를 회전 보상한 영상이다.

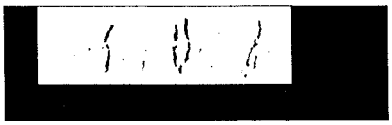

그림 10. 회전 보상된 검지 영상

전처리 과정에서 저대역 필터를 거쳐 잡영을 줄였지만, 작은 점 형태로 약간의 잡영이 계속 남아있게 된다. 따라서 8-connectivity에 의해 연결된 요소들에 각각의 레이블 번호를 부여하고, 같은 레이블 번호를 가지는 요소들의 크기가 일정 크기 이하이면 잡영으로 판단하여 제거하였다. 그림 11는 그림 10에서 잡영이 제거된 영상이다.

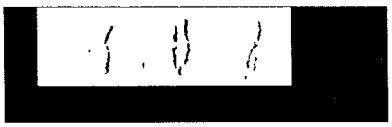

그림 11. 잡영 제거 후 영상

인식을 위한 특징벡터를 추출하기 위해 이상과 같이 처리된 각 손가락 영상을 수직방향으로 투영한다. 1차원 투영값을 특징벡터로 이용함에 따라 2차원 영상을 그대로 정합하는 것에 비해 계산시간이 현격히 줄게 되며, 특징벡터 등록시 요구되는 메모리도 줄게 된다. 그림 12는 그림 11의 1차원 투영값을 히스토그램으로 그린 것이다.

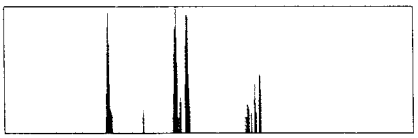

그림 12. 1차원 투영 히스토그램

Joshi[6]는 식(3)과 같이 correlation coefficient (CC)를 구하였으나, 본 논문에서는 CC를 구하는 식(3)과 minimum mean square error (MMSE)를 구하는 식(4)의 두 가지 방법으로 실험하였다. 두 방법 모두 이동오차(translation error)를 고려하기 위해 20 픽셀씩 좌우로 이동하며 계산하여 가장 좋은 값을 취하도록 하였다.

$$C(k)=\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\overline{X})(Y_{i-k}-\overline{Y_k})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\overline{X})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(Y_{i-k}-\overline{Y_k})^2}} \quad (3)$$

N : *Template*(*DB*등록영상)의 크기
$\underline{X}$: *Template*의 특징벡터
$\overline{X}$: X의 평균값
Y_k : 입력영상의 특징벡터
$\overline{Y_k}$: Y_k의 평균값
k : 이동값 ± 20

$$MMSE(k)=\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-Y_{i-k})^2}{\sum_{i=1}^{N}X_i^2} \quad (4)$$

X : *Template*의 특징벡터
Y_k : 입력영상의 특징벡터
k : 이동값 ± 20

2.5 실험 및 결과

영상 입력 장치로는 CCD 카메라와 BT-848 PCI overlay board를 사용하였고, 알고리즘 구현은 C++를 이용하여 펜티엄 PC에서 이루어 졌다. 실험 데이터는 무작위로 취득한 191명의 손가락 영상을 사용하였다. 입력영상은 한 사람당 5번씩 입력을 받아서 이들을 토대로 오인식률(FAR) 및 오거절률(FRR)을 계산하였다. 각 개인당 받은 5개의 영상을 서로 정합하여 가장 결과가 좋은 것을 등록영상으로 선정한 다음, 본인의 나머지 영상과 비교하여 오거절률을 계산하고, 다른 사람의 영상들과 비교하여 오인식률을 계산하였다.

같은 입력 영상에 대해 기존 알고리즘[6]과 비교하기 위해, 손가락의 외곽선을 찾은 다음 회전보상까지 수행 후 ROI(Region Of Interest)를 추출하였다. 원 논문과 입력 영상에서의 손가락의 크기가 다르므로 250×25의 크기로 ROI를 잘라내었으며, 이에 대해 wide line integrated profile(WLIP)[6]을 구하여 특징벡터로 사용하였다.

첫 번째 실험으로는 본 논문에서 제시한 특징벡터를 사용하여 식(3)과 같이 CC를 계산하였으며, 두 번째 실험으로는 같은 특징벡터에 대해 MMSE를 식(4)를 이용하여 계산하였다. 마지막 세 번째 실험은 Joshi가 제안한 알고리즘의 특징벡터에 대해 CC를 구하였다.
각 실험결과는 표 2~4와 같으며, 그림 13~15는 개인식별을 위해 흔히 사용하는 척도인 FAR과 FRR이 같아지는 parameter setting시의 error rate(Equal Error Rate; ERR)를 구하기 위한 그래프이다.

ERR을 살펴보면 첫 번째 방법이 0.5%, 두 번째 방법이 0.9%, Joshi 방법이 4%로 본 논문에서 제시된 결과가 우수하며, 본 논문에서 제시된 알고리즘이 기존 알고리즘보다 외부의 영향에 강하다는 것을 알 수 있다.

FAR을 약 0.03%로 맞춰 FRR을 살펴보아도 첫 번째 2.23%, 두 번째 3.53%, 세 번째 15.31%로 첫 번째 방법이 가장 우수함을 알 수 있다.

임계치	FA	FAR	FR	FRR
0.500	41563	22.9060%	1	0.1309%
0.550	20520	11.3089%	1	0.1309%
0.600	8287	4.5671%	1	0.1309%
0.625	4705	2.5930%	1	0.1309%
0.650	2502	1.3789%	1	0.1309%
0.675	1181	0.6509%	2	0.2618%
0.700	474	0.2612%	7	0.9162%
0.725	168	0.0926%	11	1.4398%
0.750	55	0.0303%	17	2.2251%
0.775	9	0.0050%	27	3.5340%
0.800	2	0.0011%	40	5.2356%
0.850	0	0.0000%	109	14.2670%

표 2. 제안 알고리즘 특징벡터의 CC 결과

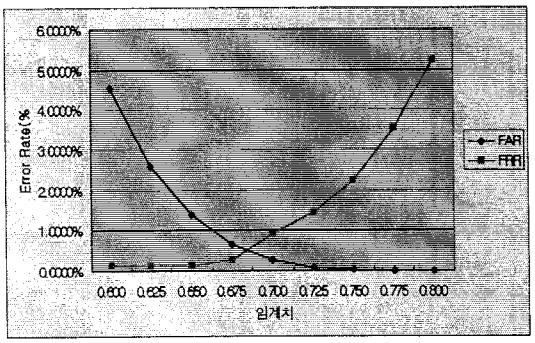

그림 13. 표 2의 그래프

임계치	FA	FAR	FR	FRR
2.20	10752	5.9256%	2	0.2618%
2.10	7047	3.8837%	3	0.3927%
2.00	4505	2.4828%	5	0.6545%
1.90	2683	1.4786%	6	0.7853%
1.80	1512	0.8333%	7	0.9162%
1.70	797	0.4392%	11	1.4398%
1.60	379	0.2089%	14	1.8325%
1.50	171	0.0942%	17	2.2251%
1.40	71	0.0391%	27	3.5340%
1.30	22	0.0121%	30	3.9267%
1.20	7	0.0039%	43	5.6283%
1.10	1	0.0006%	60	7.8534%
1.00	1	0.0006%	80	10.4712%
0.90	0	0.0000%	113	14.7906%

표 3. 제안 알고리즘 특징벡터의 MMSE 결과

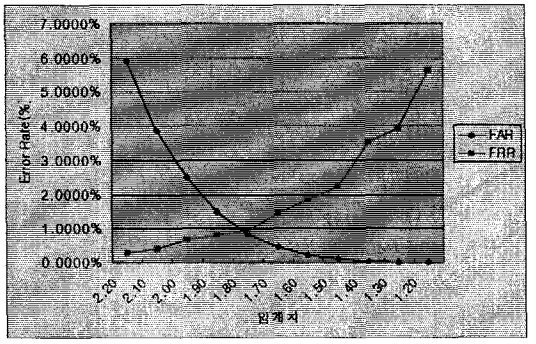

그림 14. 표 3의 그래프

임계치	FA	FAR	FR	FRR
0.920	33105	18.2447%	10	1.3089%
0.925	27749	15.2929%	11	1.4398%
0.930	22546	12.4255%	14	1.8325%
0.935	17637	9.7200%	20	2.6178%
0.940	13189	7.2687%	23	3.0105%
0.945	9359	5.1579%	27	3.5340%
0.950	6272	3.4566%	34	4.4503%
0.955	3764	2.0744%	39	5.1047%
0.960	1998	1.1011%	47	6.1518%
0.965	907	0.4999%	66	8.6387%
0.970	307	0.1692%	87	11.3874%
0.975	65	0.0358%	117	15.3141%
0.980	5	0.0028%	170	22.2513%
0.985	0	0.0000%	245	32.0681%

표 4. Joshi가 제안한 특징벡터의 CC 결과

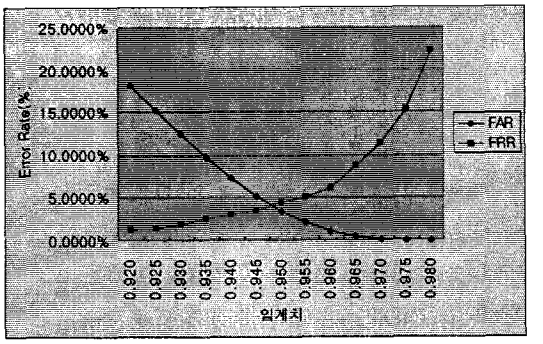

그림 15. 표 4의 그래프

3. 결 론

본 논문은 기존 생체인식 시스템의 보완이 가능한 손가락의 마디지문 패턴을 이용한 개인식별 알고리즘에 관해 제안하였다. Joshi 논문에서 제안된 알고리즘과 같은 입력영상으로 비교하였을 때 본 알고리즘의 인식성능이 우수함을 알 수 있었다. 알고리즘 평가결과는 새로운 형태의 생체인식 시스템 제작 가능성을 보여주고 있다.

본 연구는 정보통신 우수학교 지원사업에 의해 수행된 것입니다.

[참 고 문 헌]

[1] 김학일, 안도성, "지문 분류 및 인식을 위한 고속 알고리즘," *제 7회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집*, pp. 311-315, 1995

[2] 박기태, 임상균, 정동철, 장석모, 정창경, 최환수, "손의 형상을 이용한 개인식별 알고리즘의 개발," *1997년도 하계학술대회 논문집*, G, pp.2347-2349, 1997

[3] Richard P. Wildes, "Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology," *Proceeding of the IEEE*, Vol.85, No.9, pp.1348-1363, 1997

[4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing*. Addison Wesley, 1993

[5] Randy Crane, *A Simplified Approach To Image Processing*. Prentice Hall, 1997

[6] D.G. Joshi, Y.V. Rao, S. Kar, Valli Kumar and R Kumar, "Computer-Vision-Based Approach To Personal Identification Using Finger Crease Pattern," *Pattern Recognition*, Vol.31, No.1, pp.15-22, 1998