

새로운 정합 알고리즘을 이용한 손가락 정맥 인식 방법

(A Method for Finger Vein Recognition using a New Matching Algorithm)

김희승[†] 조준희^{**}
(Heesung Kim) (Junhee Cho)

요약 이 논문에서 손가락 정맥영상에 대한 새로운 인식 방법을 제시한다. 손가락 정맥인식은 대중적으로 사용되고 있는 지문인식의 위조가능성을 배제할 수 있고, 홍채인식의 불편한 영상획득 방식을 피할 수 있는 좋은 개인 인증 방법으로 주목 받고 있다. 손가락 정맥영상을 지역적 히스토그램 균등화에 의하여 전처리하고, 이것을 세선화 처리하여 선 형태의 정맥을 얻는다. 이렇게 얻어진 선 형태의 정맥선 영상에 HS정합 알고리즘(HeeSung's Matching Algorithm)이라고 명명된 새로운 정합 알고리즘을 적용하여 정맥의 정합 여부를 가린다. 이 새로운 정합 알고리즘은 세선화나 에지 검출 처리한 여러 가지 선 모양의 영상인식에 좋은 효과를 보이고 있다. 개인당 5편씩 총 130명분 650편의 손가락 영상에 대한 인식실험 결과 99.20%의 인식률을 보였다. 한 쌍의 영상 정합처리에 단 60ms 의 처리 속도를 보였다.

키워드 : 생체인식, 손가락 정맥인식, HS 정합 알고리즘(HeeSung's Matching algorithm)

Abstract In this paper, a new method for finger vein recognition is proposed. Researchers are recently interested in the finger vein recognition since it is a good way to avoid the forgery in finger prints recognition and the inconveniences in obtaining images of the iris for iris recognition. The vein images are processed to obtain the line shaped vein images through the local histogram equalization and a thinning process. This thinned vein images are processed for matching, using a new matching algorithm, named HS(HeeSung) matching algorithm. This algorithm yields an excellent recognition rate when it is applied to the curve-linear images processed through a thinning or an edge detection. In our experiment with the finger vein images, the recognition rate has reached up to 99.20% using this algorithm applied to 650finger vein images(130person x 5images each). It takes only about 60 milliseconds to match one pair of images.

Key words : biometrics, finger vein recognition, HS(HeeSung) Matching algorithm

1. 서론

인간은 얼굴, 목소리, 걸음걸이 등의 신체적인 특징을

이용해서 개인을 식별한다. 컴퓨터 영상처리에서도 이러한 신체적 특징을 인식함으로써 개인 식별을 자동화하려는 방향으로 연구되고 있다. 그 중에는 보편적으로 채택되고 있는 지문인식, 눈의 홍채 무늬 영상을 판별하는 홍채 인식, 얼굴의 모양을 파악하려는 얼굴인식, 그리고 손의 여러 가지 모양을 분석하여 인식하려는 손 모양인식, 손금인식, 손가락 인식, 손가락 혈관 인식 등의 분야가 있다. 생체의 일부 특징을 이용하여 개인을 식별하는 것은 위조나 분실, 또는 휴대의 문제를 개선할 수 있기 때문에 종래의 카드, 도장 등의 개인 인증방법을 대체할 수 있다.

지문인식은 지문의 위조, 마모, 오염에 의한 훼손 등의 단점을 지니고 있다. 홍채의 경우에는 눈을 스캐너에 바짝 붙여야 하는 방법 때문에 사용자들로부터 거부감

† 정 회 원 : 서울시립대학교 컴퓨터과학부 교수
hskim@uos.ac.kr
** 학생회원 : 서울시립대학교 컴퓨터과학부
netbelle@uos.ac.kr
논문접수 : 2010년 4월 19일
심사완료 : 2010년 9월 14일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제37권 제11호(2010.11)

을 발생시킨다는 단점이 있다. 얼굴인식의 경우에는 안경착용, 헤어스타일, 화장 등에 의하여 정확히 인식하는 것이 녹록하지 않다는 단점을 가지고 있다. 이러한 이유 때문에 간편하고 거부감을 적게 주는 손 모양 인식, 손금 인식 등의 연구가 진행되고 있으며, 특히 손가락의 혈관 패턴, 손등, 손바닥의 혈관 모양을 인식하려는 연구가 근자에 활성화 되고 있다. 혈관은 피하에 존재하므로 위조나, 훼손, 마모, 오염 등으로부터 자유롭고, 육안으로는 식별이 어려우므로 특별한 장비에 의하여 촬영하여야 한다. 근자에 LED 조명에 의하여 피하 혈관의 영상을 촬영하여 이를 디지털 영상처리를 통하여 파악할 수 있는 방법이 연구되고 있다.

피하의 혈관은 신체의 여러 부위로부터 채집할 수 있으나, 쉽게 접근이 가능한 손의 혈관에 관심이 집중되고 있다. 본 연구에서는 영상의 크기가 작고 사용자 거부감이 적은 손가락 정맥 패턴의 인식에 집중하여 그 인식 방법을 연구한다. 손가락 혈관 패턴의 개인별 식별 가능성, 식별 방법, 식별의 정확성 등에 관한 실험적 결과를 제시한다.

2. 관련연구

현재까지 연구되었거나 연구되고 있는 생체 특징을 이용한 인증방법으로는 지문을 이용한 방식[1]이 가장 널리 사용되고 있으며 얼굴모양에 의한 방법[2], 홍채를 이용하는 방법[3], 손바닥과 손의 형태를 이용한 방법[4], 정맥을 이용한 방법[5-14] 등이 있다. 이러한 신체 부위의 모양을 통한 식별방법 외에도 목소리에 의한 방법[15], 걸음걸이에 의한 방법[16] 등의 행동학적 특징을 이용한 방법도 연구된 바 있다.

이와 같은 생체 인식 기술의 여러 분야 중 에서 손등[5-7], 손바닥[8-9], 손가락[10-14] 등의 정맥은 지문이나 홍채처럼 각기 고유한 패턴을 가지고 있어서, 각종 인식과 인증을 위한 기법으로 활용 가능하다는 연구가 있다. 정맥은 가시광선 대역에 가까운 근 적외선을 사용하여 영상 채집이 가능하며, LED 조명에 의하여 간편하게 촬영할 수 있다. 정맥인식 시스템은 지문, 홍채, 얼굴 등의 인식시스템에 비해서 여러 가지 장점을 가지고 있다. 지문은 닳거나, 위조 가능성이 있고, 홍채는 영상 채집과정에서 거부감을 불러일으키며, 얼굴 영상은 머리칼, 안경, 모자, 화장 등에 의하여 변화가 심하다. 그러나 혈관 영상은 이러한 것들로부터 자유롭다.

정맥은 추출하는 손의 부위에 따라서 여러 가지로 방법으로 처리된다. 손등의 정맥 인식은[5,6] 손등의 넓은 영역에 분포해 있는 정맥의 분포를 파악하며, 눈으로 확인할 수 있는 정도로 정맥이 뚜렷하게 보이는 경우에는 LED 광선을 이용하지 않기도 한다. 손바닥 정맥은[7,8]

손바닥에 넓게 분포되어 있는 정맥을 LED 광선으로 촬영하여 처리한다. 손가락의 정맥[9-14] 영상은 손가락 위에서 적외선 LED 빛을 비추고 아래 쪽에서 CCD 카메라에 의하여 촬영한다.

정맥 영상은 불규칙한 여러 곡선이 얽기 설기 얽힌 곡선 영상이다. 이러한 영상을 인식하기 위한 처리 방안은 여러 가지이다. 선 형태의 영상으로부터 특징을 추출해 내는 전통적인 방법은 Matched-filter 사용법[17], 수학적 모포로지 이용법[18], 강조된 에지 선 연결법[19] 등이 있다.

Matched-filter 사용법[17]에서는 혈관이 포함된 영상을 조각 낸 후 조각난 영상 내에서 명암도 조절을 하면서 분할(segmentation)과 분류(classification) 과정을 동시에 진행한다. 혈관이라고 판별된 부분을 조금씩 덧붙여가면서 최종적인 혈관 조각의 그림을 완성해 간다.

안구 혈관 사진을 조사하여 '미세한 팽창' 부분을 찾고, 혈관의 모양을 찾아내기 위하여 수학적 모포지지를 이용한 바 있다[18].

시간적으로 인지가 가능한 영상의 추출을 위해서 강조된 에지 선 연결법[19]을 사용한 바 있다. 그룹화를 이용한 영상의 추출과정으로 영상 속에 있는 성분들을 모으고 각 성분들을 분별해서 그룹으로 만든다. 분별된 그룹을 역추적하여 윤곽을 이루는 네트워크를 반복적으로 형성한 바 있다.

3. 정맥인식장치

본 연구의 실험에서 사용한 정맥촬영장치의 구조는 그림 1에 제시되어있다. 여러 개의 LED를 이용하여 적외선이 손가락을 투과하도록 하고, CCD 카메라에 의하여 영상을 획득한다. 본 연구를 위하여 개발한 실험용 정맥인식 장치는 그림 2와 같다.

4. 정맥인식과정

본 연구에서 실험한 정맥인식과정은 영상채집, 관심영

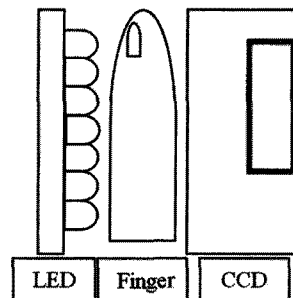


그림 1 정맥촬영장치의 구조



그림 2 정맥인식 장치

역 추출, 전처리, 특징추출, 패턴 정합 등의 단계로 나누어진다.

4.1 정맥영상 채집

정맥촬영장치 내의 CCD(charge Coupled Device) 카메라를 이용하여 특정 손가락 영상을 얻는다. A, B, C, D, E 다섯 명에 대한 검지 영상 표본은 아래 그림 3에 제시되어 있다. 각 사람 당 5회에 걸쳐 5장씩의 검지 정맥 영상을 촬영했다. 검지 영상에서 정맥은 희미하게 보이며, 손가락 이외의 영역도 나타난다. 따라서 혈관을 분명하게 보이게 하는 처리와 손가락 이외의 영상을 제거하는 처리가 필요하다.

A 사람의 검지 영상



B 사람의 검지 영상



C 사람의 검지 영상



D 사람의 검지 영상



E 사람의 검지영상



그림 3 정맥인식장치에 의하여 촬영된 5명의 검지 영상 (1인 당 5회 촬영)

4.2 ROI(Region of Interest) 추출과 전처리

채집된 영상을 기반으로 하여 손가락 영역만을 추출

하는 단계이다. 이를 위하여 장비 자체의 영역을 제거하고, 손가락 외각선을 검출하여 외각선을 경계로 한 바깥 영역을 제거하는 작업이 필요하다. 외각선 검출은 채집된 원영상에 대하여 Canny 외각선 검출 알고리즘을 이용하여 손가락의 외곽선을 추출한다. 이렇게 하여 얻은 손가락 혈관의 관심 영역은 그림 4에 제시한 바와 같다.



그림 4 ROI 추출 후의 영상

정맥의 패턴을 보다 선명하게 추출하기 위한 처리로 스무딩과 히스토그램 균일화를 이용하였다. 스무딩은 중위수 필터(median filter)를 사용했는데 이는 임펄스 잡음을 제거하는데 좋고 평균필터 등에 비하여 블러링 현상이 적고 edge를 잘 보존하는 장점을 가지고 있기 때문이다. 지역적 히스토그램 균일화(Local histogram equalization) 처리를 이용하여 정맥이 잘 나타나지 않는 부위도 가급적 잘 드러나도록 처리하였다. 손가락의 두께 등에 의하여 손가락 정맥 부분이 명확하게 나타나지 않는 부분이 나타날 수 있기 때문이다. 그림 5는 중위수 필터와 지역적 히스토그램 균일화를 통하여 얻은 손가락 정맥 영상을 보여주고 있다.



그림 5 지역적 히스토그램 균일화 후의 손 혈관 영상

4.3 이치화와 세선화

혈관 영상에서 혈관만을 드러내기 위한 이치화 과정과 정맥의 정합을 위하여 선으로 표현하는 세선화 작업을 도입했다. 특히 본 논문에서 제시한 새로운 정합 알고리즘(HS matching algorithm)을 혈관의 정합과정에 이용하기 위하여 혈관의 선 도형화를 위하여 세선화 처리를 이용하였다. 그림 6에는 이치화 결과의 영상을, 그리고 그림 7에는 세선화 결과의 영상을 제시하였다.

선영상의 도출을 위하여 edge 검출과정이나 세선화 과정을 이용할 수 있다. 그러나 혈관은 두껍게 나타나므로 선 영상으로 변환하기에는 edge 검출과정보다는 세



그림 6 이치화 영상

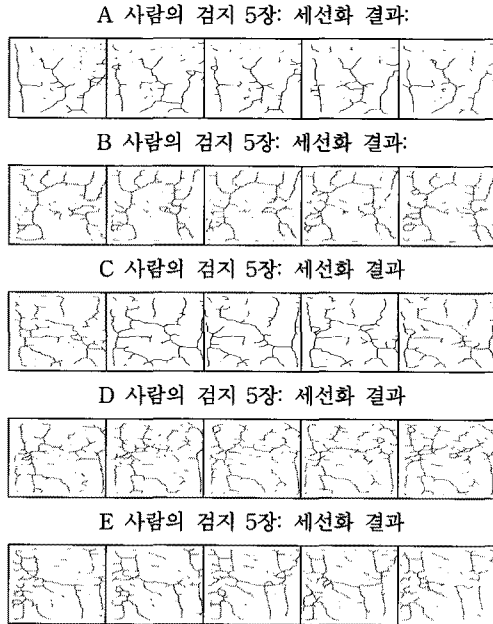


그림 7 세선화 후의 검지의 혈관 영상

선화가 더 나은 것으로 판단하였다. 세선화 과정에는 빠르고 간단한 Zhang-Suen 알고리즘[20]을 사용하였다.

5. 정합과정

본 논문의 핵심적 부분은 선 영상으로 변환한 혈관의 정합과정이다. 그림 7에서 보는 바와 같이 선 모양의 혈관 모습은 동일인의 손가락에 대한 일정 부위의 경우에 동일한 패턴으로 나타남을 알 수 있다. 다른 사람의 손가락 혈관의 선 영상은 전혀 다른 패턴으로 나타남을 확인할 수 있다.

이러한 선 형태의 패턴을 위한 정합 알고리즘으로 HS(HeeSung) 정합 알고리즘[21]이라 명명한 새로운 방법을 사용하였다. 이 알고리즘은 비선형적인 선형 영상의 경우에 가장 잘 정합할 수 있음을 다른 논문에서(손가락 표면 에지 영상에 대하여 HS알고리즘을 적용하여 역시 좋은 인식률을 얻었음. 논문 준비 중.) 검증한 바 있다.

HS(HeeSung) 정합 알고리즘

알고리즘 절차에 앞서 다음과 같이 기호를 정의한다. 이들 영상의 크기는 $r \times c$ 이다.

P 프로토타입 영상

T 테스트 영상

P_e P 의 2진화 에지 또는 세선화 영상

T_e T 의 2진화 에지 또는 세선화 영상

단계 1) $(2n+1) \times (2n+1)$ 크기의 매트릭스 M 를 선

택하여 0으로 초기화 한다.

단계 2) 특별한 방법으로 선정한 모든 픽셀 (x,y) 에 대하여 다음 식에 따라 계산을 수행한다.

$$M^i(j,k) = M^{i-1}(j,k) + T_e(x+j,y+k)$$

$$j,k \in R, R = \{-n, -n+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, n\}$$

여기서 i 는 반복 계수이다. 이렇게 계산된 최종의 M 를 정합 매트릭스라 하자.

단계 3) 위 작업을 마친 후, 다음 수식을 계산한다.

$$S_M = \sum_{j \in R} \sum_{k \in R} M(j,k)$$

결과 S_M 을 측정치로 정한다.

단계 4) 특별한 방법으로 선정한 Th 에 대하여 $S_M \geq Th$ 이면, P 와 T 는 정합되는 것으로 판단한다.

6. 실험

6.1 실험과정에서의 자료들

130명으로부터 1인당 5장씩 총 650장의 정맥영상을 채집하였다. 개개인의 5장 중 한 장의 영상은 프로토타입 영상으로 정하고 이에 대하여 나머지 영상을 테스트 영상으로 보고 정합알고리즘에 반복적으로 적용하였다.

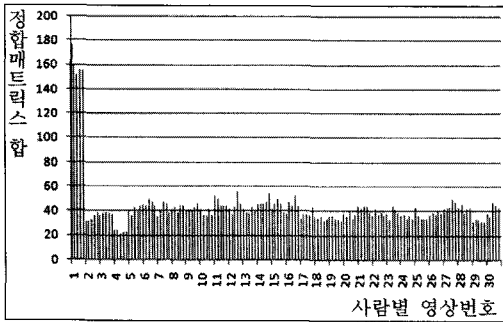
HS 정합 알고리즘의 5단계에서 필요한 정합을 위한 문턱치 Th 의 값은 자동 문턱치 계산방법(Auto threshold)을 이용하였다. 고정된 문턱치는 각기 다른 영상의 상태에 적용되지 못하는 반면, 유동적인 자동 문턱치는 영상 상태에 따라 정해지기 때문에 인식률을 높일 수 있는 효과가 있다.

정합매트릭스 $M(x,y)$ 의 크기는 실험을 통해서 11×11 로 선택하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 여러 가지 크기의 정합 매트릭스(7*7, 9*9, 11*11, 13*13, 15*15, 17*17)를 실험해 본 결과 11*11크기일 때, 같은 사람의 손가락 혈관영상에 대한 정합매트릭스 값의 평균과 다른 사람의 혈관영상에 대한 정합매트릭스 값의 평균치 차이가 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 이 크기의 정합 매트릭스에 의하여 상대적으로 정합 여부를 더 잘 판별함을 의미한다.

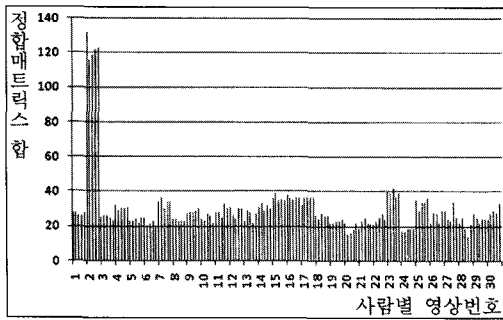
그림 8에는 HS 정합 알고리즘에 의한 몇 가지 정합 실험 예가 제시되고 있다. 각 그래프는 임의의 인물에 대한 프로토타입 손가락 혈관영상과 여타의 영상 쌍에 대하여 정합알고리즘을 실행시켰을 때의 정합매트릭스의 수치 합 S_M 을 나타낸 그래프이다. (a)번 그래프는 1

표 1 HS 정합 매트릭스 크기에 따른 S_M 의 비교

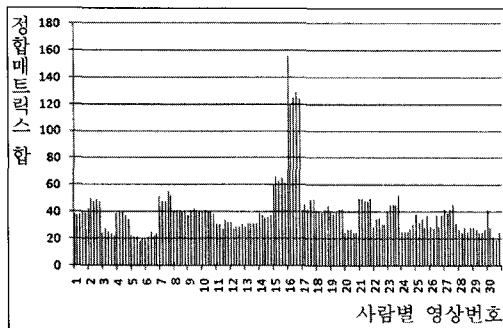
구분	7*7	9*9	11*11	13*13	15*15	17*17
매칭평균	74	81	95	93	98	106
비매칭평균	30	36	38	49	58	69
차이값	44	45	57	36	40	37



(a) 1번 사람의 표본영상과 여타 영상과의 S_M



(b) 3번 사람의 표본 영상과의 여타 영상과의 S_M



(c) 16번 사람의 표본영상과 여타 영상과의 S_M

그림 8 HS(HeeSung) 정합 알고리즘에 의한 정합 실험의 몇 가지 사례에 있어서의 S_M

번 사람의 프로토타입 손가락 혈관 영상과 여타의 혈관 영상 쌍에 대한 S_M 을 나타낸다. 이 경우 1번 사람의 손가락 혈관 영상 사이에서의 영상 쌍에 대한 S_M 은 뚜렷하게 큰 반면, 다른 사람의 손가락 혈관 영상과의 영상 쌍에 대한 S_M 은 뚜렷하게 적은 것으로 나타난다. (b)번 그림에서는 3번 사람의 프로토타입 손가락 영상에 대하여 같은 방식으로 산출해 본 결과이며, 자기 자신의 손가락 영상 쌍에 대한 S_M 은 뚜렷하게 크나 다른 사람의 손가락 영상 쌍에 대해서는 뚜렷하게 적은 수치

를 보이고 있다. (c)번 그래프는 16번 사람의 표본 영상을 위주로 실험한 결과를 표시하고 있다. 모두 같은 사실을 시사한다.

6.2 실험 결과

한 사람 당 5장씩 130명의 손 혈관 영상 650장으로 실험을 실시하였다. HS(HeeSung) 정합매트릭스의 수치합 S_M 의 평균을 준거로 하여 문턱치 Th 를 선정하였다. 이것은 같은 사람의 손가락 혈관 영상들의 평균인 98과 서로 다른 사람들의 손가락 혈관 영상들의 평균인 48의 중간 값들 중에서 실험적으로 가장 안정적인 값인 75로 정하였다.

손가락 혈관을 인식하여 개인 별 식별을 위한 시도는 문헌에서 그리 많이 발견되지 않으나, 히타치[8]의 경우에는 손가락 혈관 패턴에 가로 축 라인을 설정하고 그 선 위의 명암도 분포를 비교하여 인식을 하고 있다. 본 논문에서는 혈관영상의 세선화를 기하고, 세선화된 혈관 영상을 그대로 비교하는 새로운 방법을 시도하였다. 그러나 히타치 측의 자료가 없는 관계로 정확한 비교를 할 수는 없다.

이 과정에서 시행된 세선화된 선의 정합 과정은 새로운 정합방법으로서 손의 여러 가지 모양을 인식하기 위하여 다른 정합 방식들을 사용한 결과와 비교하면, 표 4에 제시한 인식을 결과와 같다. 비교된 다른 연구는 다음 세 가지 방식에 의한 정합 방식을 채택하고 있다. 첫 번째 방식은 하우스도르프 거리에 의한 정합(Matching based on Hausdorff distance)[12]으로 물체간의 정확한 겹침보다는 근사적인 값을 측정하여 인식하는 알고리즘이다. 두 번째 방식은 교점, 끝점, 거리측정에 의한 정합(Matching based on counting the number of crossing point, terminal point and distances)[13] 방법이다. 세 번째 비교 알고리즘은 끝점, 교차점, 거리측정에 의한 정합(Matching based on end points, crossing points and distances)[14]으로 손등의 정맥을 인식한 알고리즘이다. 이 표에서 여러 가지 다른 방법의 정합방법으로 손의 여러 가지 모양을 인식한 AAR에 있어서 본 논문에서 제시한 선 정합 방식에 의한 인식율은 결코 뒤지지 않을 뿐만 아니라 오히려 보다 좋은 결과를 보이고 있다.

손모양의 인식을 위한 이들 방법은 영상으로부터 교점, 끝점 등을 찾아내는데 적지 않은 시간과 복잡한 방법을 도입하여야 한다는 단점을 가지고 있다. 그러나 본 논문에서 제시한 HS(HeeSung) 정합 알고리즘에서는 그러한 특징 점들을 찾을 필요가 없다. 혈관 영상에 대한 전처리를 거쳐서 세선화를 하면, 복잡한 특징점들을 찾으려는 복잡한 절차의 프로세스를 추가할 필요가 없다. 바로 이러한 점에서 HS 정합 알고리즘의 장점이 있

표 2 실험 결과 비교

방법	인식률	FAR	FRR
Matching based on Hausdorff distance [13]	92.7%		
Matching based on counting the number of crossing point, terminal point and distances [14]	99.0%	0.1%	
Matching based on end points, crossing points and distances [15]	99.1%	0.9%	
Our Algorithm	99.2%	0.2%	0.6%

다 하겠다. 표 2에 제시한 정합방법은 손의 부위와 특징 점을 찾는 과정이 다르므로 더 상세한 비교분석은 어려우나, 본 논문에서 제시한 선 정합 알고리즘은 단순히 세션화된 영상에 적용할 수 있다는 점에서 탁월하다 하겠다.

7. 결론

손가락 정맥인식을 위한 새로운 방법을 제안하였다. 정맥의 희미한 영상을 국지적 히스토그램 균일화 등의 전처리에 의하여 보다 더 명확한 혈관 영상으로 부각시켰고, 여기에 세션화 과정을 통하여 혈관 영상을 선 영상으로 변환하였다. 혈관의 선 영상은 개인 별로 특이하다는 것이 혈관을 특징점으로 하여 인식 대상으로 연구한 문헌에서 주장되고 있다. 그러한 관점에서 선 영상에 대한 정합방법으로 새로운 정합방법인 HS정합 알고리즘을 소개하였으며 이를 130명에 대한 650장의 혈관 영상에 적용하여 99.2%의 높은 인식률을 얻을 수 있었다.

혈관의 선 모양을 이용한 인식 방안의 장점 중 하나는 명확하고 선명하게 추출된 정맥 사진이 아니더라도 인식이 가능하다는 점이라고 할 수 있다. 선 모양의 영상에 대한 정합 방법으로서로는 주로 grammar에 의한 분석이 주종이었다. 본 논문에서는 선 모양의 정합 방법으로 HS 정합 알고리즘을 제시하였으며 이것을 손가락 혈관의 선 모양의 영상에 적용하여 매우 좋은(99.2%의 인식률) 정합 반응을 나타내었다. 본문에 제시된 바와 같이 본 알고리즘은 graph나 grammar에 의한 방식에서 탈피한 전혀 새로운 방식이라 하겠다. 향후 이 방식에 대한 여러 가지 분석이 필요하다 하겠으며 신경망에 적용하여 영상인식에 좋은 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] A. Jain, A. Ross, S. Prabhakar, "An Introduction to Biometric Recognition," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Special Issue on Image- and Video-Based Biometrics, vol.14, no.1, January 2004.

[2] X. Chen, P. Flynn, K. Bower, "Visible-light and infrared face recognition," *Proceedings of the workshop on multimodal user authentication*, pp.

48-55, 2003.

[3] W. Boles, B. Boashash, "A human identification technique using images of the iris and wavelet transform," *IEEE Trans. on Signal Process*, pp. 1185-1188, 1998.

[4] A. Kumar and D. Zhang, "Personal recognition using hand shape and texture," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol.15, no.8, pp.2454-2461, 2006.

[5] A. Kumar, K. Prathyusha, "Personal Authentication using Hand Vein Triangulation and Knuckle Shape," *IEEE Transactions on Image Processing*, 2009.

[6] Y. Ding, D. Zhuang, K. Wang, "A study of hand vein recognition method," *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, vol.4, pp.2106-2110, 2005.

[7] S. Im, H. Park, Y. Kim, S. Han, S. Kim, C. Kang, C. Chung, "A Biometric identification system by extracting hand vein patterns," *J. Korean Phys. Soc.*, vol.28, no.3, pp.268-272, 2001.

[8] Fujitsu-Laboratories-Ltd. Fujitsu Laboratories Develops Technology For World's First Contactless Palm Vein Pattern Biometric Authentication System. March 31, 2003.

[9] L. Wang and G. Leedham, "A thermal hand vein pattern verification system," *ICAPR, LNCS 3687*, pp.58-65, 2005.

[10] N. Miura et al., "Feature extraction of finger-vein patterns based on repeated line tracking and its application to personal identification," *Machine Vision and Applications*, vol.25, pp.194-203, 2004.

[11] S. Im et al., "A Direction-Based Vascular Pattern Extraction Algorithm for Hand Vascular Pattern Verification," *ETRI J.*, vol.25, no.2, pp.101-108, Apr. 2003.

[12] X. Li et. al., "Vein Pattern Recognitions by Moment invariants," *First International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, pp.612-615, Jul, 2007.

[13] L. Zhang, R. Zhang, C. Yu, "Study on the Identity Authentication System for Finger Vein," *The 2nd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, pp.1905-1907, May 2008.

[14] Y. Ding, D. Zhuang, K. Wang, "A study of hand vein recognition method," *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, vol.4, pp.2106-2110, Aug., 2005.

- [15] G. Venayagamoorthy, V. Moonasar, K. Sandrasegaran, "Voice recognition using neural networks," *Proceedings of the IEEE South African Symposium on Communication and Signal Processing*, pp.29-32, 1988.
- [16] S. Sarkar, P. Phillips, Z. Liu, I. Vega, P. Grother, and K. Bowyer, "The Human ID gait challenge problem: data sets, performance, and analysis," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol.27, no.2, pp.162-177, Feb. 2005.
- [17] A. Hoover, V. Kouznetsova, M. Goldbaum, "Locating blood vessels in retinal images by piece-wise threshold probing of a matched filter response," *IEEE Trans. on Med. Imag.*, pp.203-210, 2000.
- [18] T. Walter, J. Klein, P. Massin, F. Zana, "Automatic segmentation and registration of retinal fluorescein angiographies - application to diabetic retinopathy," *Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Assisted Image Analysis*, pp.15-20, May 2000.
- [19] P. Montesinos, L. Alquier, (1996) Perceptual organization of thin networks with active contour functions applied to medical and aerial images, *Proceedings of ICPR'96*, pp.25-30, 1996.
- [20] T. Zhang, C. Suen. "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," *Communications of the ACM*, vol.27, no.3, pp.236-239, 1984.
- [21] 특허출원 중, 1-1-2009-0495547-41



김 회 승

1970년 서울대학교 물리학과 학사. 1978년 서울대학교 전산학과 석사. 1987년 Texas A&M Univ. Electrical Engineering 박사. 1987년~현재 서울시립대학교 컴퓨터과학부 정교수. 관심분야는 영상처리, 컴퓨터비전, 인공지능, 의학영상처리



조 준 회

2002년 서울시립대학교 컴퓨터 통계학과 학사. 2004년 서울시립대학교 컴퓨터 통계학과 석사. 2010년 서울시립대학교 컴퓨터통계학과 박사. 관심분야는 영상처리, 컴퓨터비전 의학영상, 인공지능 클라우드 컴퓨팅