
조명 정규화를 통한 정맥인식 성능 향상 기법

이의철*

A Method for Improving Vein Recognition Performance by Illumination Normalization

Eui Chul Lee*

본 연구는 2012학년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였음

요 약

최근 손등이나 손바닥, 손가락의 정맥 혈관 패턴정보를 이용하여 개인을 인증하는 기술은 훼손, 복제 및 위조가 불가능하다는 장점으로 인해 연구가 활발하게 진행 중이다. 정맥영상은 피부층과 내부 골격등에 의한 빛의 산란 및 불균일한 내부 조직 때문에 정맥 영역이 뚜렷하게 나타나지 않아, 영상처리 방법을 통해 정맥 영역을 정확하게 분리하는 것이 어렵다. 특히 한 장의 영상에서도 밝기가 균일하지 않아서 지역 영역 단위로 다른 이진 임계치를 사용함으로 인해 처리시간이 오래 걸리고 혈관의 불연속면이 발생한다는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 조명 정규화 기반의 고속 정맥 영역 추출 방법을 제안한다. 본 연구는 기존의 방법에 비해 다음과 같은 장점을 가지고 있다. 첫째, 정맥영상의 불균일한 조명을 제거하기 위해 저역통과필터를 통해 조명 성분을 취득하고 이를 통해 조명성분이 균일한 영상을 얻었다. 둘째, 조명 정규화 영상으로부터 단일 임계치를 통해 얻어진 이진 영상의 처리를 통해 혈관 경로를 추출함으로써, 처리시간을 단축하였다. 실험을 통해 기존 방법들에 비해 혈관 영역 추출 정확도가 상승하고, 처리속도가 단축된 결과를 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

Recently, the personal identification technologies using vein pattern of back of the hand, palm, and finger have been developed actively because it has the advantage that the vein blood vessel in the body is impossible to damage, make a replication and forge. However, it is difficult to extract clearly the vein region from captured vein images through common image processing based region segmentation method, because of the light scattering and non-uniform internal tissue by skin layer and inside layer skeleton, etc. Especially, it takes a long time for processing time and makes a discontinuity of blood vessel just in a image because it has non-uniform illumination due to use a locally different adaptive threshold for the binarization of acquired finger-vein image. To solve this problem, we propose illumination normalization based fast method for extracting the finger-vein region. The proposed method has advantages compared to the previous methods as follows. Firstly, for remove a non-uniform illumination of the captured vein image, we obtain a illumination component of the captured vein image by using a low-pass filter. Secondly, by extracting the finger-vein path using one time binarization of a single threshold selection, we were able to reduce the processing time. Through experimental results, we confirmed that the accuracy of extracting the finger-vein region was increased and the processing time was shortened than prior methods.

키워드

생체인식, 정맥인식, 조명 정규화, 정맥영역 추출

Key word

Biometrics, Vein recognition, Illumination normalization, Vein region detection

* 정회원 : 상명대학교(교신저자, eclee@smu.ac.kr)

접수일자 : 2012. 12. 03

심사완료일자 : 2012. 12. 27

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.2.423>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

생체인식(Biometrics)기술은 살아있는 인간의 신체적(physical), 행동적(behavioral) 특징을 자동화된 장치로 측정하여 개인 식별 수단으로 활용하는 기술로, 신체적 특징으로는 지문, 얼굴, 홍채, 정맥 등이 있으며 행동적 특징으로는 서명, 음성, 키보드 입력 등이 있다. 이러한 생체인식기술은 편의성과 정확성 면에서 뛰어나 신분 확인 및 출입통제, 기업의 정보시스템, 전자 상거래까지 그 영역이 넓어지고 있다. 정맥인식(Vein Recognition) 기술은 손등이나 손바닥, 손가락 정맥혈관 패턴정보를 이용하여 개인을 인식하는 기법으로, 적외선을 사용하여 혈관을 투시한 후 반사된 영상을 이용함으로써 신분 확인을 하는 것이다. 정맥은 생체 정보의 하나로서 다른 생체정보와 다르게 몸 안에 있어 훼손되거나 복제 및 위조가 불가능하기 때문에 정맥 패턴 정보를 이용해 개인에 대한 인증 및 개인 간의 차이를 식별하는 연구가 활발히 연구되고 있다[1~5]. 실제, 정맥을 이용한 대부분의 개인 인증 시스템의 블록도는 그림 1과 같은 구조를 가지고 있다. 그림 1은 영상획득 장치로부터 획득된 영상이 적절한 전처리 과정을 거쳐 정맥과 배경영역을 분리하여 필요한 데이터를 취득하고 이 데이터로부터 혈관의 특징을 추출하여 미리 저장되어있는 정보와의 매칭을 통해 본인 인증을 하는 과정을 나타낸다. 이 과정에서 가장 중요한 단계는 정맥과 배경영역을 정확히 분리해서 정확한 정맥 데이터를 취득하는 과정이다. 이때 정확하지 못한 정맥영역의 데이터를 취득하게 되면 인증 시스템의 성능에 큰 영향을 미친다.

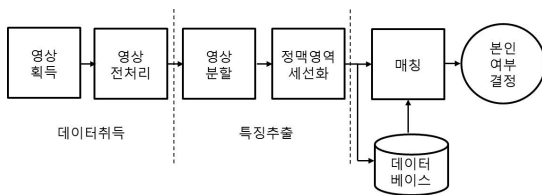


그림 1. 전형적인 정맥인식 시스템 블록도
Fig. 1 A block diagram of a typical vein recognition system

일반적으로 획득된 혈관영상은 손등이나 손바닥, 손가락의 두께에 따른 적외선 빛의 투과도 및 촬영환경에 따라 발생하는 불균형한 조명, 카메라 장치 센서 잡음 등

으로 인하여 물체와 배경영역을 분리하는데 있어 많은 시간이 소요되거나 어려움이 있다. 이를 해결하기 위하여 많은 연구가 이루어지고 있다.

Wang의 논문에서는 영상의 정맥, 배경분리 단계를 워터셰드(watershed) 알고리즘을 사용하여 영상의 골격을 추출하는 방법을 제시하였다. 또한 잡음을 제외한 정맥 검출 및 효과적인 세션화 영상을 위하여 워터셰드 알고리즘 적용 전에 열기와 단기 모폴로지 연산을 이용하였다 [1].

Zhao의 논문에서는 영상 취득 시 장치로 인한 잡음을 정확한 정맥과 배경 분리를 방해하는 요소로 보았으며 이를 제거하기 위해 전처리 단계 시 정합필터, 위너필터, 평균화 필터의 3단계의 필터링으로 영상 잡음을 최대한 낮추었다 [2].

Miura의 논문에서는 실시간 검색에 응용하기 위해 전처리를 생략하고, 취득한 영상으로부터 정맥을 프로파일로 나타내고 각 프로파일로부터 곡률을 추출하고 추출한 곡률로부터 스코어(score)를 계산하여 영상의 정맥과 배경영역 분리를 시도하였다[3].

Kim의 논문에서는 전처리를 생략하고 취득된 정맥 영상에 적응적 지역 이진화 방법을 적용하여 정맥 영역을 분리하였으며, 분리된 영상의 잡음을 열기 및 단기 모폴로지 연산을 이용해 제거하고 세션화하여 정맥 경로를 추출하였다 [4].

Lee의 논문에서는 혈관영상 취득 시 발생하는 피부 두께로 인한 광산란(light scattering)과 초점이 맞지 않아 나타나게 되는 광학적 블러 현상을 해결하기 위해 손가락 경계의 직교 프로파일의 평균 기울기를 측정하여 점확산함수를 추정하고 역컨볼루션을 수행함으로써 혈관 경계를 명확하게 하였다 [5].

위와 같이 이전 연구들에서는 혈관 영상에서 발생하는 균일하지 않은 조명 성분에 대해서는 고려한 바 없다. 정맥영상 취득 시 적외선 광원을 이용하여 혈관 영상을 촬영하면 특정 부위에 집중적으로 조명을 조사하는 장치적 특성과 손가락 내 골격 조직과 피부 두께의 불균일함으로 인해 조명 불균형 현상이 나타나게 된다. 이러한 불균형 조명은 혈관 영역을 검출하는 과정을 복잡하게 하고 검출 결과 노이즈 성분이 포함되는 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 영상 잡음 및 불균형 조명에 대한 문제들을 해결하고 실시간으로 영상을 처리하기 위한 효과적인 혈관영역 추출 알고리즘

을 제안한다. 제안하는 방법에서는 입력영상 $I(x,y)$ 의 조명성분을 영상의 저주파 성분으로 가정한 기존의 연구 [6]에 근거하여, 취득한 영상의 전체적인 조명 성분을 추정하기 위해 평균 필터 마스크를 사용해 조명 성분을 정의하고, 해당 성분을 통해 조명 정규화를 수행한다. 정규화된 영상의 가시성 향상을 위해 히스토그램 평활화를 수행하고, 이진화 및 레이블링 및 모폴로지 연산을 적용하여 노이즈 성분을 제거하고 세선화를 통해 혈관의 경로를 추출한다.

본 연구는 정맥영역을 추출하는데 있어 처리속도 향상, 질적 개선 및 정확성을 높이는 것을 목적으로 한다. 따라서 기존의 정맥인식 기법과 비교하여 적은 계산량으로 보다 빠른 처리속도와 질적 개선, 생체인식 정확도의 향상이 목표이다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 본문에서는 제안하는 알고리즘을 설명하고, 실험에서는 처리속도, 검출된 분기점의 수, 손가락 정맥 인식 정확도 부분에 대해 다른 방법과의 비교 실험 결과를 제시하며, 결론을 맺는다.

II. 본 론

본 연구 목적은 손가락 정맥영상에서 정맥영역을 분리하고, 정맥 경로의 분기점을 추출할 수 있는 이상적인 알고리즘을 제시한다. 그림 2는 제안하는 방법의 블록도를 나타낸다. 제안하는 방법에서는 이전 연구의 방법들과는 달리 전처리 과정에서 평균 필터 마스크를 사용하여 영상의 전체적인 조명 성분을 추정하였다. 그 후, 조명 성분을 이용하여 조명 정규화를 수행함으로써 정맥영역과 배경영역을 분리하였고 히스토그램 평활화, 영상 이진화 및 세선화를 통해 정맥영역을 추출하였다.

2.1. 손가락 정맥영상 획득

그림 2의 (가)단계에서 정맥영상을 획득하기 위해 실험에 사용된 장비는 USB(Universal Serial Bus)타입의 적외선 카메라를 이용한 그림 3과 같은 구조이다[5][7]. 이 장비는 850mm의 근적외선 조명을 손가락에 투과시킨 후, 핫미러(hot mirror)를 통해 반사된 손가락의 정맥영상을 획득하게 된다. 핫미러는 750mm 이상의 근적외선은

반사시키고 750mm 이하의 가시광선은 투과시키는 성질을 갖는다. 정맥에는 헤모글로빈성분이 포함되어 있기 때문에 근적외선을 흡수하는 성질을 가지고 있어 이 장치를 통해 그림 4와 같은 피부 영역에 비해 어두운 정맥 영상을 얻을 수 있게 된다.

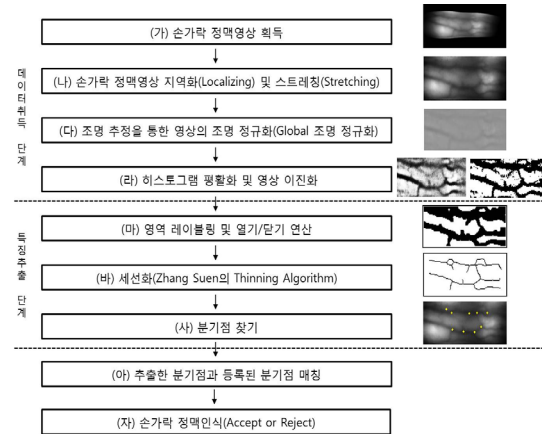


그림 2. 제안하는 알고리즘
Fig. 2 Proposed algorithm of vein region detection method

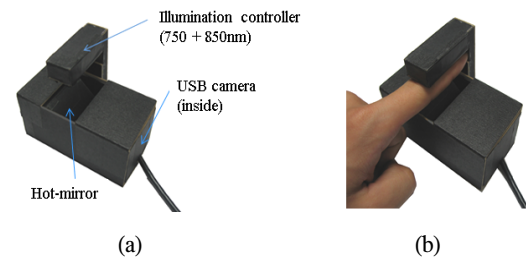


그림 3. (a) 손가락정맥영상 취득장치 (b) 사용 예[5][7]
Fig. 3 (a) finger vein image acquisition device (b) the example of using the device[5][7]

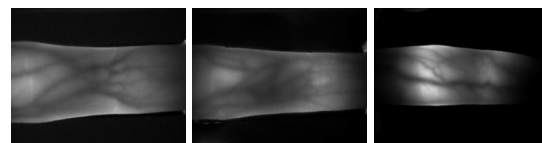


그림 4. 장치로부터 획득된 손가락 정맥영상 예
Fig. 4 An example of captured finger vein images using the proposed device

2.2. 손가락 영역 검출 및 스트레칭

그림 2의 (나)단계에서는 (가)단계에서 획득한 영상에서 손가락 영역을 검출하기 위한 과정으로 그림 5의 (a), (b) 마스크 컨볼루션을 통해 손가락 영역의 위와 아래 부분 경계를 각각 검출한다 [7]. 컨볼루션은 수직 방향에 대해 진행되어 최대값이 발생하는 지점을 경계점으로 결정한다.

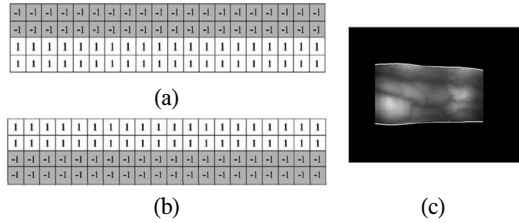


그림 5. 손가락 영역 검출 [7]. (a) 상단경계 검출 마스크. (b) 하단경계 검출 마스크. (c) 검출 결과 예. Fig. 5 Detecting finger region [7]. (a) Mask for upper edge detection. (b) Mask for lower edge detection. (c) Example of detection result.

조명 성분이 미미하여 혈관 영역이 보이지 않는 영상의 좌우 끝부분은 제거하여 그림 5의 (c)와 같은 손가락 영역 검출 결과를 얻는다 [7]. 이후 영상처리의 편의를 위해 가로 152픽셀, 세로 60픽셀의 직사각형 영상으로 스트레칭을 수행하며 [5], 그 결과는 그림 6과 같다.

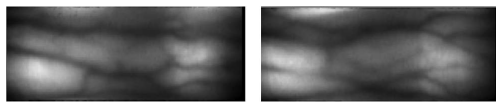


그림 6. 스트레칭된 영상 예 Fig. 6 An example of Stretched images

2.3. 조명 정규화

그림 2의 (다)단계에서는 (나)단계를 통해 얻은 직사각 정맥영상은 광원이 한 부분에 집중되고, 골격과 피부 두께가 균일하지 않은 원인 때문에 그림 6과 같이 조명이 균일하지 않게 나타난다.

입력영상의 저주파 성분이 조명성분을 나타낸다는 기존의 연구[6]에 근거하여 정맥영상에 11×11 평균필터 마스크 컨볼루션을 통해 정맥 영상을 블러(blur)시킴으로써, 정맥영상의 조명을 추정한다. 일반적으로 $m \times n$ 크기의 평균 필터 마스크 $F(x,y)$ 를 이용한 $M \times N$ 크기의 입력

영상 $I(x,y)$ 의 컨볼루션을 수행함으로써, 조명성분 $R(x,y)$ 를 구하는 수식은 식 1과 같으며, 그림 7과 같이 설명될 수 있다. 이때 $a=(m-1)/2, b=(n-1)/2$ 로 정의된다.

$$R(x,y) = F(x,y) * I(x,y) \tag{1}$$

$$= \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b F(s,t) I(x+s, y+t)$$

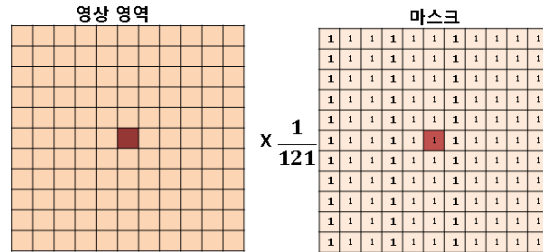


그림 7. 11×11 평균필터 마스크 컨볼루션 Fig. 7 Average filtering using 11×11 mask

그 후, 식 1을 통해 추정한 조명성분 $R(x,y)$ 을 이용하여 조명성분의 반전성분 $R'(x,y)$ 을 원본영상에 더하여 조명 정규화를 수행한다. 그림 8은 이러한 혈관영상의 조명 정규화 과정을 나타내며, (a)는 원본영상, (b)는 11×11 평균필터 컨볼루션 영상, (c)는 (b)의 반전영상, (d)는 조명 정규화 정맥 영상이다.

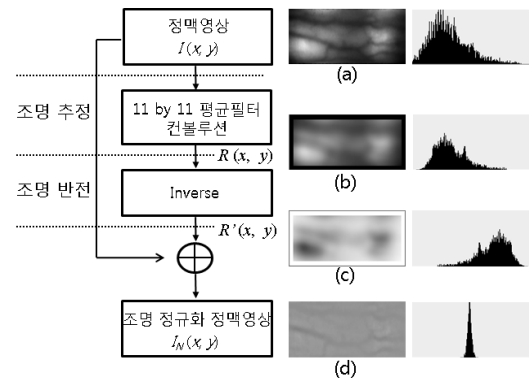


그림 8. 손가락 정맥영상의 조명 정규화 과정. (a) 정맥영상. (b) (a)의 컨볼루션 영상. (c) (b)의 역상 영상. (d) (a)의 조명 정규화 영상 Fig. 8 Illumination normalization process of finger vein image. (a) Stretched image. (b) Convolved image of (a). (c) Inverse image of (b). (d) Illumination normalized image of (a).

이때 조명을 제거하기 위해 원본영상에서 추정한 조명성분을 바로 빼지 않고 조명성분의 반전영상을 더한 이유는, 원본영상에서 추정한 조명성분을 바로 빼게 되면 0~255 사이의 원본영상 픽셀 값이 0에 가까워지거나 음의 성분을 갖게 되기 때문이다. 그래서 본 연구에서는 추정한 조명성분의 반전영상을 구하여 원본영상과 더함으로써 원본영상의 조명 정규화된 영상을 얻을 수 있었다.

2.4. 히스토그램 평활화 및 영상 이진화

조명 성분을 정규화한 영상은 그림 8의 (d)와 같이 회색(8 bits 흑백영상에서 128)을 중심으로 좁은 영역에 밝기가 분포하여 혈관 영역과 배경이 잘 구분되지 않는다. 따라서, 정맥 영역을 배경과 쉽게 분리되도록 하고 가시성을 향상시키기 위해 히스토그램 평활화를 적용한다 [9]. 그림 8 (d)의 영상에 대해 히스토그램 평활화를 수행한 영상은 그림 9와 같다. 이 결과 영상을 통해 불균일한 조명 성분들이 균일화 되었고, 혈관 영역이 뚜렷하게 부각되는 것을 확인할 수 있다.

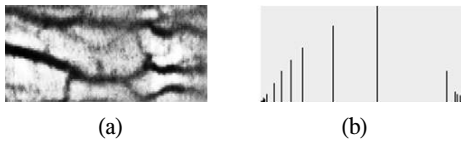


그림 9. 히스토그램 평활화. (a) 조명정규화 영상의 히스토그램 평활화 결과. (b) (a)의 히스토그램.
Fig. 9 Histogram equalization. (a) Histogram equalized result of illumination normalized image. (b) Histogram of (a).

조명 성분이 균일화된 영상은 기존의 적응적 지역 이진화 방법과는 다르게 단일 임계값으로 한 번에 이진화를 수행할 수 있다. 자동화된 이진화 임계치 결정을 위해 Gonzalez가 제안한 반복적 임계치 설정(Iterative threshold selection) 방법을 사용하였고, 이진화 결과 영상은 그림 10과 같다.



그림 10. 그림 9영상의 이진화 영상 예
Fig. 10 An example of binarized image of Fig. 9

2.5. 영역 레이블링 및 열기/닫기 연산

그림 2의 (마)단계에서는 (라)단계에서 얻은 이진 영상의 정맥영역이 아닌 노이즈 성분을 제거하기 위해 GrassFire Labeling Algorithm을 사용하여 영역 레이블링을 실시한 후, 각 레이블 영역에 대한 사이즈 필터링을 통해 정맥 영역으로 간주되는 일정 크기 이상의 영역들만을 남겼다 [9][11]. 또한 혈관 영역의 끊긴 부분을 연결해 주고, 거칠게 나타나는 정맥 영역의 경계들을 안정화시키기 위한 방법으로 식 2와 같이 열기(°) 및 닫기(•) 연산을 차례로 적용하는 모폴로지 연산을 수행하였다.

$$I' = (I \circ B) \bullet B \tag{2}$$

식 2의 B는 각 연산에 적용하는 구성요소로 구성요소 B의 크기와 모양에 따라 다른 결과가 나오기 때문에, 정확한 정맥영역 추출을 위해서 구성요소의 선택이 중요하다. 본 연구에서는 열기 연산(침식 후 팽창)과 닫기 연산(팽창 후 침식)을 각각 1회씩 수행하였고 팽창 및 침식 연산 시 구조요소를 달리하였다. 침식 연산은 그림 11 (a)와 같은 다이아몬드 구조요소가, 팽창 연산은 그림 11 (b)와 같은 정사각형 구조요소가 정맥 영역을 부드럽게 하는데 적합함을 사전 실험을 통해 알 수 있었다.

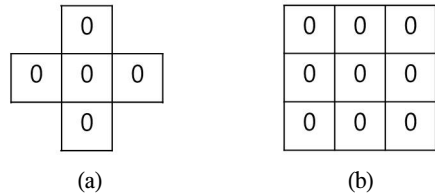


그림 11. 모폴로지 연산 구조요소. (a) 침식연산 구조요소. (b) 팽창연산 구조요소.
Fig. 11 Structural elements for Morphological operation. (a) For erosion. (b) For dilation.

그림 12는 그림 10의 영상에 레이블링을 시행한 결과영상이다. 이 영상에 대해 열기 및 닫기 연산을 각각 1회씩 수행하면 그림 13과 같은 결과를 얻을 수 있다. 그림 13에서 열기 연산에 해당되는 (a)와 (b)는 침식 후 팽창을 각각 나타내며, 닫기 연산에 해당되는 (c)와 (d) 영상은 (b)영상에 대한 팽창 후 침식에 대해 각각 나타낸다.

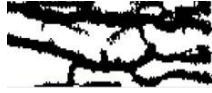


그림 12. 레이블링 후 영상 예
Fig. 12 An example of component labelled image



그림 13. 모폴로지 연산 결과 영상.
(a) 그림 12의 침식 영상. (b) (a)의 팽창 영상.
(c) (b)의 팽창 영상. (d) (c)의 침식 영상
Fig. 13 Morphological operation result.
(a) Erosion result of image as Fig. 12. (b) Dilation result of (a). (c) Dilation result of (b). (d) Erosion result of (c)

2.6. 세선화

그림 2의 (바)단계에서는 (마)단계에서 얻은 영상을 가지고 세선화를 수행한다. 영상을 세선화하여 표시하면 이진 영상의 전경 영역에 대한 정보를 경로만으로 표시할 수 있으므로 그 양을 최대한 작게 표현할 수 있을 뿐 아니라 인식 관점에서 중요한 분기점이나 끝점과 같은 특징점을 추출하는 것이 용이해진다. 세선화를 위해 Zhang Suen 의 방법을 적용하였으며 [12], 그림 14에서 보는 것과 같이 모폴로지 연산 후 영상 (a)에 대해 정맥의 경로를 나타내는 세선화 영상 (b)를 얻을 수 있었다.

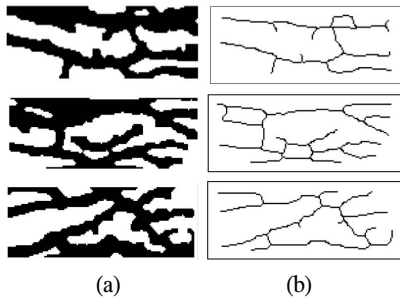


그림 14. 세선화 결과. (a) 세선화 전. (b) 세선화 후
Fig. 14 Thinning results
(a) Before thinning. (b) After thinning

2.7. 분기점 찾기

그림 2의 (사)단계에서는 (바)단계의 세선화 된 영상을 가지고 분기점을 검출한다. 분기점은 정맥 인식을 위

해 사용된다. 그림 15는 원본 영상에 대해 제안하는 방법으로 검출된 분기점의 위치를 노란색 점으로 나타낸 것이다. 이때, 기존 지문인식과 다르게 끝점을 찾지 않는 이유는 영상에서 끝점은 해부학적인 혈관의 끝이 아닌 영상에 의한 잘림 현상이므로 특징점으로 검출하지 않는다.

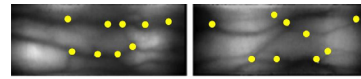


그림 15. 분기점 검출 결과 예
Fig. 15 Examples of bifurcation detection result

2.8. 손가락 정맥 영상 매칭

그림 2의 (아)단계에서는 (사)단계에서 찾은 정맥 영역의 분기점 집합과 다른 정맥 영상의 분기점 집합간의 유사도를 측정한다. 유사도 측정에는 MHD(Modified Hausdorff Distance)를 사용하였으며 식 3 4로 나타낼 수 있다 [13][14]. 이 방법은 입력된 정맥 영상에서 추출된 분기점의 집합 $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_i\}$ 와 매칭을 수행하는 비교 영상에서 추출된 분기점의 집합 $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_i\}$ 의 유사도 측정 방법이며, MHD 값이 작을수록 두 점 사이의 유사도가 높다고 할 수 있다.

$$MHD = \max(h(X, Y), h(Y, X)) \quad (3)$$

$$h(X, Y) = \frac{1}{N_x} \sum_{x_i \in X} \min \|x_i - y_i\| \quad (4)$$

III. 실험

실험을 위해 33명의 사람으로부터 각각 8개의 손가락, 총 264개의 손가락에서 10장씩 추출해 총 2640장의 영상을 이용해 실험을 수행하였다.

본 논문에서 제안하는 방법은 조명 성분 정규화 과정을 통해 단일 임계치를 이용한 1회 이진화 수행으로 다른 기존 방법보다 처리속도가 빠를 것으로 예상되고, 정확한 분기점 검출로 인한 인식 성 향상이 목적이다. 이를 검증하기 위해 첫 번째, 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘간의 처리속도를 비교하였다. 두 번째, 혈관영상의 질적 개선 여부를 측정 하기 위해 원본 영상에서 수동적으로 검출한 분기점 개수와 실험을 통하여 얻은 분기점 개

수를 비교하였다. 세 번째, 손가락 혈관영상 인식의 정확도 측정을 위해 분기점을 통해 생체인식을 수행하여 인식 오차를 측정하였다 [13][14].

3.1. 처리시간 실험

처리시간은 가로 152, 세로 60 픽셀의 혈관영상을 읽은 후부터 분기점 검출하기까지의 처리시간을 의미하고, Intel i7 CPU 2.93GHz CPU에, 4GB 램 PC 환경에서 실험을 수행하였다. 실험 소프트웨어는 C언어로 구현되었다. 기존의 방법들과 제안한 알고리즘의 처리시간비교 결과는 아래 표 1과 같다.

표 1. 처리시간 비교
Table. 1 Comparison of processing time

	Lee et al., 2011	Wang et al., 2008	Proposed Method
Times (ms)	67.86	80.52	30.13

표 1에 나타난 바와 같이 Lee와 Wang의 방법은 각각 67.86ms, 80.52ms의 처리시간이 소요되었으나 제안한 방법은 30.13ms로써, 가장 빠른 처리 속도를 나타내었다.

3.2. 분기점 개수 실험

혈관영상의 기존 연구와 제안한 연구의 질적 개선 여부를 측정하기 위해 분기점 개수를 비교하였다. 기존의 방법들과 제안한 알고리즘의 분기점개수 실험 결과는 아래 표 2와 같다.

표 2. 분기점 개수 비교
Table. 2 The comparison of bifurcation count.

	Manually detect	Lee et al., 2011	Wang et al., 2008	Proposed Method
분기점개수	8.15	6.26	9.58	8.82

표 2에 나타난 바와 같이 Lee의 방법, Wang의 방법은 각각 6.26개, 9.58개로 나타났으나, 제안한 방법은 평균 8.82개의 분기점이 검출되어, 수동적으로 검출한 평균 8.15개에 가장 가까운 것으로 나타났다.

3.3. 혈관영상 인식의 정확도 실험

혈관영역이 잘 추출되었는지를 생체인식 관점에서 검증하기 위해 genuine matching과 imposter matching을

통한 인식을 실험을 수행하였다. 클래스당 10장의 영상을 포함하는 264개의 클래스에 대해 동일 손가락 영상간의 매칭인 genuine matching은 11,880회(= 10C2 × 264) 수행하였으며, 은 3,471,600회(= 2640C2 - 11,880)의 imposter matching을 수행하였다. 유사도 측정을 위해 앞에서 소개한 MHD를 사용하였다. Genuine matching임에도 불구하고 타인으로 분류되는 FRR(False Rejection Rate)과, imposter matching임에도 불구하고 같은 클래스로 판단하는 FAR(False Acceptance Rate)가 동일하게 나타나는 분류 임계치에 해당하는 최소 오차 EER(Equal Error Rate)를 측정된 실험 결과는 표 3과 같다.

표 3. MHD 비교
Table. 3 The comparison of MHD.

	Lee et al., 2011	Wang et al., 2008	Proposed Method
EER	1.71%	3.83%	1.32%

실험결과 제안하는 방법을 통해 검출한 분기점을 인식에 활용한 경우 가장 낮은 에러율을 보임을 확인할 수 있었다. 결과적으로, 제안하는 방법은 처리속도, 분기점의 개수, 인식 정확도 측면에서 모두 기존 방법보다 나은 성능을 보임이 확인되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 적외선 손가락 정맥 영상에서 조명 성분을 추정하고, 이에 대한 정규화를 통해 빠르고 정확한 특징점 검출을 수행할 수 있는 방법을 제안하였다. 실험 결과, 기존방법에 비해 처리시간을 크게 개선하였고, 인식에서 사용되는 혈관 경로의 분기점 개수도 수동적으로 검출한 기준 개수에 가장 가깝게 검출됨을 알 수 있었다. 혈관 분기점을 통해 인식 실험을 수행한 결과 1.32%의 에러율이 발생하여 기존의 방법보다 개선됨을 확인할 수 있었다.

향후 연구에서는 제안하는 방법을 손바닥 및 손등 정맥 영상에 적용할 계획이며, 조명의 과장대를 다르게 하고 제안하는 조명 정규화 기법을 적용함으로써, 의료 영상 분야에서 널리 활용될 수 있는 동맥 영상 검출 방법에 대한 연구를 수행할 계획이다.

참고문헌

[1] Lingyu Wang and Graham L., "Gray-scale skeletonization of thermal vein patterns using the watershed algorithm in vein pattern biometrics," in Proc. of *Int. Conf. on Computational Intelligence and Security*, pp. 1597-1602, Nov 2006.

[2] Shi. Z., Yiding W., and Yunhong W., "Extracting hand vein patterns from low-quality image: A new biometric technique using low-cost devices," in Proc. of *the Fourth Int. Conf. on Image and Graphics*, pp. 667-671, Aug 2007.

[3] Naoto M., Akio N., and Takafumi M. Jeong, "Extraction of finger-vein patterns using maximum curvature prints in image profiles," *IEICE Trans. on Information and System*, vol. E90, no. 8, pp. 1185-1194, 2007.

[4] 김성민, 박강령, 박동권, 원치선, "지정맥 인식을 위한 고속 지정맥 영역 추출 방법," *전자공학회논문지*, 제46권 SP편, 제1호, 23-31쪽, 2009년 1월.

[5] E. C. Lee and K. R. Park, "Image restoration of skin scattering and optical blurring for finger vein recognition," *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 49, no. 7, pp. 816-828, July 2011.

[6] 최종근, 정선태, 조성원, "조명영향 분리 얼굴 고유 특성 텍스처 부분 공간 기반 얼굴 이미지 조명 정규화," *전자공학회논문지*, 제47권 SP편, 제1호, 25-35쪽, 2010년.

[7] E. C. Lee, H. C. Lee, and K. R. Park, "Finger Vein Recognition Using Minutia-Based Alignment and Local Binary Pattern-Based Feature Extraction," *International Journal of Imaging Systems and Technology*, vol. 19, no. 3, pp. 179-186, Sep. 2009.

[8] 장영균, 강병준, 박강령, "손가락 정렬과 회전에 강인한 비 접촉식 손가락 정맥 인식 연구", *한국정보처리학회논문지(B)*, 제15-B권, 제4호, pp. 275-284, 2008.

[9] 강동중, 하중은, "Visual C++을 이용한 디지털영상 처리," *사이텍미디어*, 2003년.

[10] T. W. Ridler and S. Calvard, "Picture thresholding Using an Iterative Selection Method," in Proc. of *IEEE Trans. on Systems Man And Cybernetics*. vol. 8, no. 8, pp. 630-632, 1978.

[11] 이상우, "인간과 로봇의 인터페이스를 위한 모션캡처 기구에 대한 연구," *학위논문*, 서울산업대 산업

대학원, 2007년 8월.

[12] T. Y. Zhang and C. Y. Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," *Communications of the ACM*, vol. 27, no. 6, pp. 236-239, 1984.

[13] C. Zhao, W. Shi, and Y. Deng " A new Hausdorff distance for image matching," *Pattern Recognition Letters*, vol. 26, no. 5, pp. 581-586, April 2005.

[14] M. Dubuisson and Anil K. Jain. "A Modified Hausdorff Distance for Object Matching," in Proc. of *Int. Conf. on Pattern Recognition*, pp. 566-568, 1994.

저자소개



이의철(Eui Chul Lee)

~2005.2: 상명대학교 이학사
 ~2007.2: 상명대학교 이학석사
 ~2010.2: 상명대학교 이학박사
 ~2012.2: 국가수리과학연구소
 전임연구원

2012.3~: 상명대학교 조교수

※관심분야: 생체인식, 지능형인터페이스, 감성공학