

논문 2009-46SP-1-4

지정맥 인식을 위한 고속 지정맥 영역 추출 방법

(Fast Detection of Finger-vein Region for Finger-vein Recognition)

김 성 민*, 박 강 령*, 박 동 권**, 원 치 선***

(Sung-Min Kim, Kang Ryoung Park, Dong-Kwon Park, and Chee Sun Won)

요 약

최근 출입통제, 금융보안 및 전자여권 등 다양한 분야에서 얼굴인식, 지문인식, 홍채인식등과 같은 생체인식기술의 적용이 활발히 이루어지고 있다. 또한 최근에는 손가락의 지정맥 패턴정보를 이용하여 개인을 인증하는 연구 역시 활발히 진행 중이다. 일반적으로 획득된 지정맥 영상은 손가락의 두께에 따른 적외선 빛의 투과도 및 카메라의 센서 잡음으로 인하여 정맥과 배경 분리에 많은 어려움이 있다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 고속으로 지정맥 영역을 추출하기 위한 새로운 방법을 제안한다. 본 연구는 기존의 방법에 비해 다음과 같은 2가지 장점을 가지고 있다. 첫째, 획득된 지정맥 영상에 적응적 지역 이진화 방법을 적용하여 지정맥 영역을 분리하였다. 둘째, 분리된 영상의 잡음을 열림 및 닫힘 연산을 이용하여 제거하고 최종적으로 골격화하여 지정맥 영역을 추출하였다. 실험결과, 기존의 방법들에서는 영상 잡음을 제거하기 위해 많은 필터를 사용하였으나 제안한 방법에서는 필터를 많이 사용하지 않으면서도 고속으로 정확하게 지정맥 영역을 추출할 수 있음을 보였다.

Abstract

Recently, biometric techniques such as face recognition, finger-print recognition and iris recognition have been widely applied for various applications including door access control, finance security and electric passport. This paper presents the method of using finger-vein pattern for the personal identification. In general, when the finger-vein image is acquired from the camera, various conditions such as the penetrating amount of the infrared light and the camera noise make the segmentation of the vein from the background difficult. This in turn affects the system performance of personal identification. To solve this problem, we propose the novel and fast method for extracting the finger-vein region. The proposed method has two advantages compared to the previous methods. One is that we adopt a locally adaptive thresholding method for the binarization of acquired finger-vein image. Another advantage is that the simple morphological opening and closing are used to remove the segmentation noise to finally obtain the finger-vein region from the skeletonization.

Experimental results showed that our proposed method could quickly and exactly extract the finger-vein region without using various kinds of time-consuming filters for preprocessing.

Keywords : finger-vein recognition, adaptive local binarization, skeletonization, finger-vein region

* 정회원, 동국대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Engineering, Dongguk University)

** 정회원, 이미지프로텍
(ImageproTech Inc.)

*** 정회원, 동국대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Engineering, Dongguk University)

※ 본 연구는 서울시 산학연 협력사업(2007년 신기술 연구개발 지원사업 (NT070092))의 지원을 받아 수행되었습니다.

접수일자: 2008년7월8일, 수정완료일: 2008년12월30일

I. 서 론

생체 인식 시스템은 개인마다 다른 신체적, 행동적 특징을 기반으로 하는 개인 인증 시스템이다. 따라서 각 개인을 구분 짓기 위한 다양한 방법이 제시되어 왔으며 그 중 지문^[1], 얼굴 특징^[2], 홍채^[3], 목소리^[4]등에 대한 연구가 대표적이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 방법들은 외부에 노출되어 있는 인체 특징을 이용하기 때문에 외부 자극으로 인한 특징의 손상은 정확한 개인

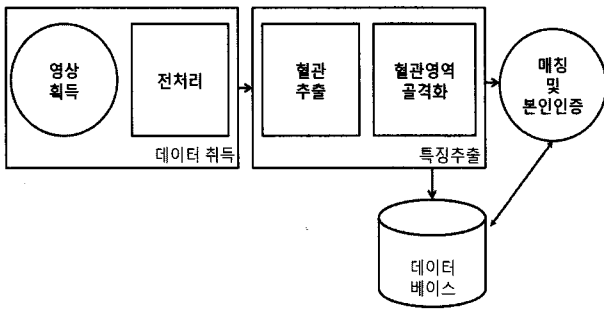


그림 1. 전형적인 지정맥 인식 시스템의 블록도
 Fig. 1. A block diagram of a conventional vein pattern recognition system.

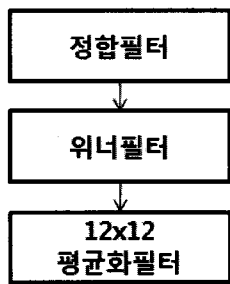


그림 2. [6]에서 제안된 3단계 전처리과정
 Fig. 2. 3-step preprocessing proposed by [6].

인증에 큰 영향을 끼친다^[5]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 최근에는 인체내부의 정맥의 형태를 이용한 개인 인증 방법이 연구 되고 있다^[6~8]. 이러한 인체 내부의 정맥을 이용한 대부분의 개인 인증 시스템은 그림 1과 같은 구조를 가지고 있다. 즉, 영상 획득 장치로부터 획득된 영상은 적절한 전처리를 통하여 획득 과정에서 발생하는 영상 잡음을 낮춘 후, 정맥과 배경을 분리하여 필요한 정맥의 골격을 형성한 후 이로부터 특징을 추출하여 저장한 후 인식을 한다. 여기에서 가장 중요한 부분은 정맥과 배경을 정확히 분리해 내는 과정이다. Zhao의 논문에서는 정확한 정맥과 배경 분리를 방해하는 요소로서 영상 획득 장치로부터의 잡음을 고려하였다^[6]. 즉, 그림 2와 같이 영상획득 장치로부터의 영상 잡음을 최대한 제거하기위해 전처리 단계에서 많은 필터를 이용하여 영상 잡음을 최대한 낮추고 정맥, 배경 분류를 시도하였다.

하지만 두 정맥이 매우 가깝게 분포되어 있는 경우, 전처리 단계에서의 많은 필터 사용은 정맥, 배경분리 단계에서 오히려 부정확한 결과를 초래할 수 있으며, 영상의 골격화 단계에서는 그 영향이 더욱 더 커질 수 있다. 이를 보완하고자 Wang의 논문에서는 영상의 정맥, 배경분리 단계를 워터셰드(watershed)알고리즘으로

대체하여 영상의 골격을 추출하는 방법을 제시하였다^[7]. 또한 효과적인 골격화 영상을 위하여 워터셰드 적용 전 영상의 팽창, 침식을 이용하였다. 하지만, 이와 같은 방법은 다음과 같은 세 가지 문제점이 있다.

- 두 정맥이 서로 가깝게 있는 경우 워터셰드 알고리즘은 두 정맥을 구분하지 못한다.
- 팽창, 침식 연산에 사용되는 구조요소(structuring element)의 종류 및 크기에 따라 워터셰드 결과가 다르다.
- 정맥의 끝점이 획득 영상의 내부에 존재할 경우 워터셰드 알고리즘은 이를 표현할 수 없다.

즉, 워터셰드 알고리즘으로는 정확한 지정맥의 특징을 추출하기 힘들다. Miura는 이러한 지정맥 영상의 특징을 효과적으로 추출하고 실시간 검색에 응용하기 위하여 전처리를 생략하고 영상의 정맥, 배경 분리를 시도하였다^[8]. 하지만 전처리로부터 제거 되지 않은 영상 잡음은 정맥, 배경 분리 후 매우 큰 영향을 끼치고 있기 때문에 영상 골격화후에 상당히 부정확한 결과를 나타낸다. 또한, 영상의 히스토그램의 곡률을 이용하여 정맥, 배경을 분리하기 때문에 매우 가깝게 붙어있는 정맥을 효과적으로 구분 지을 수 없는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제들을 해결하고 실시간 본인 인증에 응용하기 위하여 효과적인 손가락 혈관 영역 추출 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법에서는 전처리 단계를 생략하고 영상 국부의 블록단위 적응적 임계치를 이용하여 정맥, 배경을 분리한다. 또한, 기존 방법들에서 흔히 사용되는 영상 획득시 발생하는 잡음을 제거하기 위한 전처리 단계 그리고 정맥, 배경 분리 후 영상 잡음을 제거하기 위한 후처리 단계를, 단 한번의 팽창, 침식을 이용하여 해결하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 본론에서는 기존 방법을 간략히 소개하고 각 방법이 손가락 지정맥 영상에 적용되었을 경우 발생하는 문제점을 지적한 후, 제안하는 알고리즘을 자세히 설명하였고, 실험에서는 다양한 손가락 지정맥 영상에 대한 알고리즘 성능을 기존의 방법과 비교하였으며, 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 본 론

1. 기존 정맥 영역 추출 방법의 문제점

가. Zhao의 방법

Zhao의 방법에서는 영상 획득단계에서의 영상 잡음을 제거하기 위하여 그림 2와 같은 전처리 단계를 거친다^[6]. 그림 3과 같은 정합필터는 수신된 신호의 신호 대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)를 최대로 증폭하는 필터이다. 만약, 수신된 신호를 $y(t)$, 원래의 신호를 $x(t)$, 그리고 잡음성분을 $n(t)$ 로 표현한다면 수식 (1)과 같이 표현할 수 있으며, 이에 따른 정합필터 $H_{opt}(\omega)$ 는 수식 (2)와 같이 표현 될 수 있다^[9]. 이때, $X(\omega)$ 와 $P_n(\omega)$ 은 각각 $x(t)$ 와 $n(t)$ 의 파워스펙트럼(power spectrum)을 나타낸다. 또한, T_0 는 샘플링 주기를 나타낸다.

$$y(t) = x(t) + n(t) \tag{1}$$

$$H_{opt}(\omega) = \frac{X(-\omega)e^{-j\omega T_0}}{P_n(\omega)} \tag{2}$$

만약, $n(t)$ 를 백색 가우시안 잡음(white Gaussian noise)으로 간주한다면, 수식 (2)는 수식 (3)과 같이 간략화 될 수 있으며, 이를 시간 도메인(domain)에서 살펴보면 수식 (4)와 같이 표현 될 수 있다.

$$H_{opt}(\omega) = X(\omega)e^{-j\omega T_0} \tag{3}$$

$$h_{opt}(t) = x(T_0 - t) \tag{4}$$

즉, 수식 (4)는 $x(t)$ 의 시간 축 미러(mirror)성분이며, Zhao의 방법에서는 획득한 정맥영상이 가로 300픽셀단위이고, 정맥의 평균 두께가 16 픽셀인 사실에 근거하여 그림 3과 같은 16-포인트 평균화 필터(16-point running average filter)로 구현될 수 있는 정합필터를 설계하였고, 이 정합필터를 획득 영상의 모든 가로축에 적용하였다^[6]. 두 번째 전처리 과정에서는 위너필터가 사용되었다. 대부분의 노이즈 제거 필터는 노이즈의 주파수 특성을 예측하고 해당 주파수를 제거하기 위해 설계된 반면, 위너필터는 영상 국부의 평균휘도와 해당

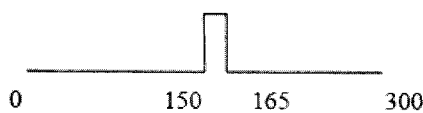


그림 3. [6]에서 사용된 정합필터
Fig. 3. Matched filter used to [6].

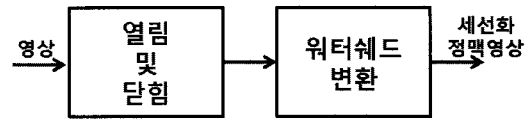


그림 4. [7]에서 제안된 방법의 블록도
Fig. 4. The block diagram of [7].

국부에 포함된 픽셀 휘도 간의 에러를 가장 작게 하기 위하여 설계되었고, 수식 (5)로 나타낼 수 있다.

$$b(i, j) = \mu + \frac{\sigma^2 - \nu^2}{\sigma^2} (a(i, j) - \mu) \tag{5}$$

이때, $a(i, j)$ 는 영상의 5×5 단위국부 픽셀의 휘도 값(gray value)이고, μ , σ^2 은 해당 국부 픽셀들의 평균치와 분산치를 나타내며, ν^2 은 영상전체에 대한 σ^2 의 평균을 나타낸다. 세 번째 Zhao의 전처리 과정에서는 영상을 12×12 단위로 평균화하였다. 이러한 많은 전처리 과정을 거친 영상은 매우 블러(blur)되어 획득영상의 정맥, 배경 분리단계에 악영향을 미칠 수 있다^[6].

나. Wang의 방법

Wang은 이러한 정맥과 배경의 부정확한 분리가 지정맥 영상을 이용한 인종 시스템의 성능에 큰 영향을 미친다고 지적하고, 위터셰드를 이용한 방법을 제안하였으며 그 과정은 그림 4와 같다. 이때, 일반 지정맥 영상에 위터셰드를 그대로 적용하면 매우 많은 정맥이 검출 될 수 있기 때문에 Wang은 영상에 수식 (6)에 나타난 바와 같이 오픈닝(opening; \circ)과 클로징(closing; \bullet) 연산을 적용하였다.

$$\hat{I} = (I \circ B) \bullet B \tag{6}$$

이때, B 는 각 연산을 적용하는 구조 요소(structuring element)이다. 여기서 문제점은 B 의 크기와 종류를 선택함에 있다. 다양한 종류의 지정맥 영상을 구분함에 있어서 적절한 B 의 선택이 지정맥 영상의 정확한 세션화 영상을 만들 수 있다. 또한 지정맥이 영상 중간에서부터 시작한다면, 위터셰드 변환 알고리즘은 해당 지정맥 주변을 같은 웅덩이(basin)로 판단하기 때문에 해당 지정맥은 최종 세션화 영상에서 표현될 수 없다는 단점이 있다.

다. Miura의 방법

Miura는 이러한 방법들을 실시간 응용에 적용하기 위하여 전처리 단계를 생략하고 획득한 영상으로부터 지정맥을 4종류의 프로파일(profile)로 나타내고 각 프로파일로부터 곡률을 추출하고 추출한 곡률로부터 스코어(score)를 계산하여 정맥과 배경을 분리하였다^[8]. 그림 5는 영상내 임의의 지점(z)의 세로방향의 프로파일(Pf(z))과 곡률(k(z)) 및 스코어(Scr(z))사이의 관계를 도식적으로 보여준다. 우선 획득한 지정맥 영상의 휘도성분을 F(x,y)로 나타낸다면 임의의 지점 z에서 세로방향의 프로파일은 Pf(z) = F(x,z)로 나타낼 수 있다. 작성한 프로파일로부터 곡률은 수식(7)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$k(z) = \frac{d_+ - d_-}{\{1 + d_{\pm}^2\}^{3/2}} \quad (7)$$

이때,

$$d_- = \frac{1}{w} \sum_{i=-w+1}^0 \frac{y_{i-1} - y_i}{x_{i-1} - x_i},$$

$$d_+ = \frac{1}{w} \sum_{i=0}^{w-1} \frac{y_i - y_{i+1}}{x_i - x_{i+1}},$$

그리고

$$d_{\pm} = \frac{1}{w} \sum_{i=-w/2}^{w/2} \frac{y_i - y_{i+1}}{x_i - x_{i+1}}$$

를 각각 나타내고, x_i, y_i 는 그림 5에 나타낸 바와

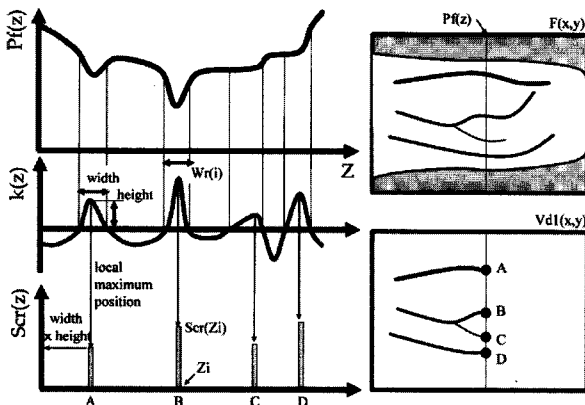


그림 5. 프로파일과 곡률(k(z)) 및 스코어(Scr(z))와의 관계

Fig. 5. Relationship among the profile, curvature and score.

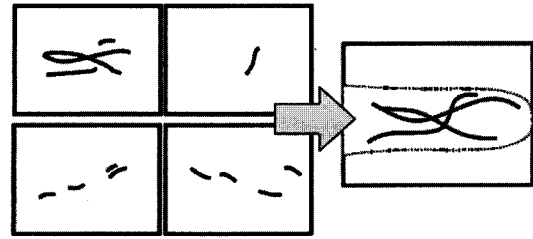


그림 6. 4가지 방향성 성분의 스코어를 합성한 지정맥 검출

Fig. 6. Obtaining the vein pattern by combining the 4-directional scores.

같이 $k(z)$ 의 가로축, 세로축 수치를 나타내며, $w(=8)$ 는 각 프로파일의 평균을 계산하기 위한 길이를 나타낸다. 계산된 곡률은 지정맥 판단을 위한 다음 수식 (8)과 같은 스코어계산에 이용된다.

$$Scr(z_i) = k(z_i) \times W_r(i) \quad (8)$$

이때, $W_r(i)$ 는 그림 5에 나타낸 바와 같이 i 번째 후보 지정맥 패턴의 곡률이 0보다 큰 구간의 길이를 나타낸다. 따라서 발생한 스코어의 크기는 영상에서 지정맥 패턴을 추출하는 핵심적인 역할을 하며, 이와 같은 방법을 촬영영상의 4가지 방향으로 각각 적용하여 그림 6에 나타낸 바와 같이 최종 지정맥 영역의 추출에 사용한다.

이와 같은 지정맥 추출 방법은 촬영된 영상에서 정맥 부분의 휘도가 배경보다 어두운 현상을 이용한 것으로써, 영상이 불균일한 휘도로 촬영되거나 심한 잡음을 포함하고 있는 상황에서는 매우 불규칙하게 지정맥이 검출될 수 있다.

2. 제안하는 지정맥 영역 검출 방법

그림 7은 제안하는 방법의 블록도를 나타낸다. 제안하는 방법에서는 일반적인 영상 분할 방법들과는 달리 전처리를 거치지 않고 정맥, 배경을 분리하였으며, 수식 6과 같은 열림 및 닫힘 연산을 이용하여 영상의 잡음으로 인한 부정확한 정맥, 배경분리 현상을 극복하였다.

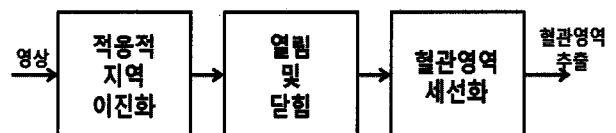


그림 7. 제안방법의 블록도

Fig. 7. Block diagram of the proposed method.

마지막으로 영상 세선화를 이용하여 최종 정맥패턴을 추출 하였다.

본 논문에서는 손가락의 두께 및 촬영환경에 따라 발생하는 비 균등한 휘도등의 영상 특징에 강인한 정맥, 배경 분리를 위하여 영상 국부(local area)마다 다른 적응적 임계치를 적용하였다. 즉, 잡음이 포함되어 있는 원본영상($m(i,j)$)으로부터 정맥, 배경을 분리한 영상 ($S(i,j)$)는 다음 수식 (9)와 같이 구해진다.

$$S(i,j) = \begin{cases} 0 & , \text{if } m(i,j) < \bar{x}(i,j) \\ 255 & , \text{else} \end{cases} \quad (9)$$

이때, (i,j) 는 촬영된 영상의 가로 및 세로의 인덱스(index)를 나타내며, $\bar{x}(i,j)$ 는 (i,j) 위치를 중심으로 하는 $w(=5) \times w$ 크기 윈도우 내에서의 평균 휘도 값으로써 다음 수식 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{x}(i,j) = \frac{1}{w^2} \left(\sum_{i=-\frac{w}{2}}^{\frac{w}{2}} \sum_{j=-\frac{w}{2}}^{\frac{w}{2}} m(i,j) \right) \quad (10)$$

수식 (9)로부터 획득한 영상은 원본영상에 포함되어 있는 잡음으로 인하여 매우 거칠게 정맥과 배경이 분리되어 있다. 이는 수식 (6)과 같은 영상의 열림 및 닫힘 연산을 차례로 적용하면 균질한 영상으로 쉽게 바꿀 수 있다. 본 논문에서 적용된 B 는 정방형의 3×3 크기 갖는 윈도우를 사용하였다. 열림, 닫힘이 적용된 영상은 2 단계로 이루어진 세선화(thinning) 과정을 거치게 된다. 세선화 단계 1에서는 외곽선 점을 삭제하기 위해 표시만 하는 단계이며 그 순서는 다음과 같다. 우선 그림 8에 나타낸 바와 같이 3×3 크기의 윈도우를 고려하고, 배경의 점은 '0'의 값을 가지고 관심영역의 점들은 '1'을 값을 가지고 있을 때, 다음 4가지 조건을 모두 만족하면 단계 1은 외곽선 점 p_1 를 삭제하기 위해 표시해 둔다^[10].

(a) $2 \leq N(p_1) \leq 6$

(b) $S(p_1) = 1$

(c) $p_2 \cdot p_4 \cdot p_6 = 0$

(d) $p_4 \cdot p_6 \cdot p_8 = 0$

여기서 $N(p_1)$ 은 p_1 의 0이 아닌 값을 가진 이웃의 수를

p_9	p_2	p_3
p_8	p_1	p_4
p_7	p_6	p_5

그림 8. 3×3 블록의 인덱스
Fig. 8. The index of 3×3 block.

나타내고 수식 (11)과 같이 나타낼 수 있고,

$$N(p_1) = p_2 + p_3 + \dots + p_8 + p_9 \quad (11)$$

$S(p_1)$ 은 $p_2, p_3, \dots, p_8, p_9$ 로 정렬된 순서에서 '0'-'1' 천이의 횟수이다. 이러한 과정에 영상 전체에 적용된 후 삭제를 위해 표시해 둔 점들은 일괄적으로 제거된다. 단계 2에서는 단계 1에서의 조건 (a)와 (b)는 같으나, 조건 (c)와 (d)가 다음과 같이 바뀌게 된다^[10].

(c') $p_2 \cdot p_4 \cdot p_8 = 0$

(d') $p_2 \cdot p_6 \cdot p_8 = 0$

이와 같은 과정을 삭제 전후의 변화가 없을 때까지 단계 1과 2를 번갈아 가면서 영상에 적용한다. 또한 세선화 단계에서는 잡음으로 판단될 수 있는 짧은 구간들은 제거하여, 최종 지정맥 패턴을 얻을 수 있다.

기존의 지정맥 영상 분할방법들은 획득영상에 포함되어 있는 잡음을 먼저 제거하기 위하여 전처리 단계에서 여러 가지 필터를 이용하였다. 하지만, 전처리 과정으로부터 완벽히 잡음을 제거하는 것은 실제로 불가능하기 때문에 영상 분할 후의 결과가 매우 불규칙하게 나타날 수 있으며, 많은 전처리는 영상 분할의 실시간 처리에도 영향을 끼칠 수 있다. 본 논문에서는 지정맥 패턴의 실시간 응용을 가능하게 하기 위하여 복잡한 전처리 단계를 생략하여, 획득영상으로부터 직접 영상분할을 시도하였다. 또한, 영상 잡음으로 인하여 정맥과 배경이 거칠게 분할된 영상을 열림 및 닫힘 연산을 이용하여 거칠지 않은 영상으로 쉽게 바꾸었다. 열림 및 닫힘 연산이 차례로 적용된 영상은 지정맥 패턴의 두께에는 큰 영향을 끼치지 않기 때문에 최종 세선화 단계에 직접 이용될 수 있다는 장점이 있다. 또한, 세선화 단계에서 잡음으로 간주되는 짧은 골격구간은 삭제를 함으로써 최종 지정맥 세선패턴을 획득할 수 있었다.

III. 실험 결과

실험에 이용된 영상은 USB(Universal Serial Bus)타입의 Quickcam-pro 4000 카메라^[11]를 이용한 그림 9와 같은 구조로 이루어진 장비를 제작하여 획득하였고, 약 80명의 사람들로부터 약 800장의 지정맥 영상을 취득하여 실험하였다. 그림 9와 같이 750nm와 850nm의 근적외선 조명을 손가락에 투과시킨 후, 핫 미러(hot mirror)를 통해 반사된 손가락의 지정맥 영상을 취득하였다. 이때, 핫 미러는 750nm이상의 근적외선은 반사시키고 750nm이하의 가시광선은 투과시키는 성질을 갖는다.

그림 10에는 실험 결과를 나타내었다. 10-(a)는 실험에 사용된 800장의 지정맥 영상중의 하나를 예로 보여 주며, 10-(b)는 제안하는 적응적 지역 이진화 방법을 이용한 영상 분할 결과를, 그리고 10-(c)는 최종 세션화된 혈관 영상을 나타낸다.

제안하는 방법은 Zhao의 방법과 달리 많은 전처리 단계를 생략하기 때문에 Zhao의 방법에서 발생할 수 있는 부 정확한 영상분할의 문제를 극복할 수 있다. 제안하는 방법과 Zhao의 결과를 비교하기 위하여 다음과 같은 조건으로 Zhao의 방법을 구현 하였다.

- 60픽셀 넓이, 6픽셀 두께의 정맥영상 이용
- 5×5 단위의 워너필터 적용
- 5×5, 9×9, 13×13 단위의 평균화 필터 적용
- 정맥, 배경 분리 및 세션화는 Zhao의 방법과 동일

그림 10-(d)는 Zhao의 방법으로 구현된 정맥과 배경

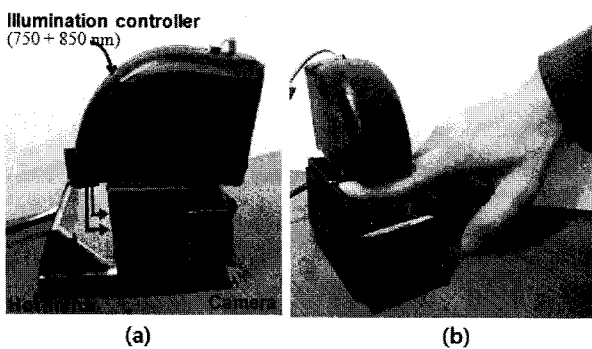


그림 9. (a) 지정맥 획득 장치 및 (b) 사용 예^[12~13]
Fig. 9. (a) Vein image acquisition device and (b) the example of using the device^[12~13]

이진화 후의 영상이며, 10-(e)는 Zhao의 방법으로 구현한 세션화 후의 영상이다. 그림에서 보는 바와 같이 전처리 후 영상은 원본 영상에 비하여 매우 블러(blur)되어 간격이 매우 좁은 두 정맥사이에서는 정맥의 형체를 알아볼 수 없을 정도로 변형된다. 이와 같은 사실은 그림 10-(d)의 원으로 표시한 바와 같이 정맥과 배경을 부정확하게 분리하며, 이는 그림 10-(e)에 나타난 바와 같이 세션화된 영상에도 부정적인 영향을 끼치고 있다. 따라서 이러한 전처리 과정은 이를 이용하는 지정맥 인증시스템에 악 영향을 끼친다.

또한 Wang의 방법에서는 워터셰드 알고리즘을 이용하여 전형적인 영상분할 기법의 단점을 보완하려고 하였으나, 워터셰드 변환 전 적절한 구조요소(B)의 선택에 따른 영상 전처리가 세션화에 큰 영향을 준다. 본 실험에서는 이를 증명하기 위하여 다음과 같은 조건으로 Wang의 방법을 구현하여 보았다.

- B 의 크기 : 3×3, 4×4, 5×5로 각각 적용
- B 의 종류 : 정방형 및 원형으로 각각 적용

그림 10-(f), 10-(g)는 5×5 정방형 구조원소를 이용한 영상 열림, 닫힘 후의 영상 및 이를 이용한 워터셰드 변환후의 영상을 각각 나타내고, 그림 10-(h), 10-(i)는 4 픽셀 지름의 원형 구조원소를 이용한 열림, 닫힘 후의 영상 및 이를 이용한 워터셰드 후의 영상을 각각 나타낸다. 그림에 나타난 바와 같이 Wang의 실험에서는 B 의 크기와 종류가 세션화 영상에 큰 영향을 미치게 된다. 이는 정맥들 사이의 간격에 따라 서로 적절한 B 를 선택하여야 하는 문제를 가지고 있기 때문에 범용적인 지정맥 영상의 인증시스템에는 알맞지 않다.

Miura의 방법에서는 각 4가지 프로파일의 곡률을 기반으로 영상을 분할한다^[8]. 따라서 이는 영상의 잡음 및 불균일한 휘도에 따라 매우 거친 영상 분할결과를 보일 수 있다. 이를 증명하기 위하여 본 실험에서는 Miura의 방법과 동일한 실험조건으로 지정맥을 검출하였고, 그림 10-(j)에 그 결과를 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 Miura의 방법은 영상의 잡음 또는 휘도변화 정도에 따라 정맥, 배경 분할결과가 매우 불균일하게 나타나는 것을 알 수 있으며 이는 일반적인 지정맥 영상에 그대로 적용하기 힘들다는 것을 의미한다.

이러한, 기존의 방법들의 문제점을 해결하기 위하여

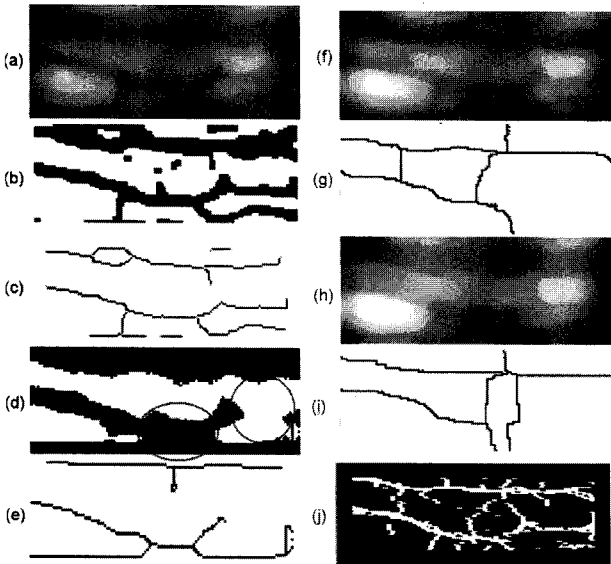


그림 10. 실험 결과: (a)원본영상, (b)제안한 방법의 영상 이진화 결과, (c)제안한 방법의 세선화 영상, (d) [6]의 영상 이진화 결과, (e)[6]의 결과영상, (f)[7]의 5x5 정방향 구조요소를 이용하여 영상처리를 한 영상, (g)(f)의 워터셰드후의 세선화 영상, (h)[7]4x4 원형 구조요소를 이용하여 영상처리를 한 영상, (i)(h)의 워터셰드 후의 세선화 영상, 그리고 (j) [8]의 이진화 결과

Fig. 10. Experiment results: (a) original image, (b) binarized image by proposed method, (c) thinned image by proposed method, (d) binarized image proposed by [6], (e) result image of [6], (f) image after opening and closing processing with 5x5 square structuring element proposed by [7], (g) image after watershed transform of (f), (h) image after opening and closing processing with ball-shape structuring element of radius 4 proposed by [7], (i) image after watershed transform of (h), and (j) binarized image proposed by [8]

제안하는 방법에서는 복잡한 전처리 단계를 생략하여 실시간성을 높였을 뿐 아니라 잡음 제거필터를 이용한 과도한 영상 전처리 때문에 발생하는 부 정확한 정맥, 배경분할 결과를 지역 적응적 임계치를 이용하여 정맥을 분리한 후, 단 한 번의 열림, 닫힘 연산으로 균질한 분할 영상을 이루어 낼 수 있었다. 그림 10-(b), 10-(c)에 나타난 바와 같이 제안한 방법은 다양한 지정맥 영상에 대하여 정확한 정맥 검출 결과를 보여주고 있으며, 다른 영상 분할 알고리즘 보다 적은 연산 량을 보장하기 때문에 개인 식별등의 실시간 처리에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 예상된다. 그림 11은 본 연구의 방법을 적용하여 구한 혈관 영역의 예를 나타낸 것이

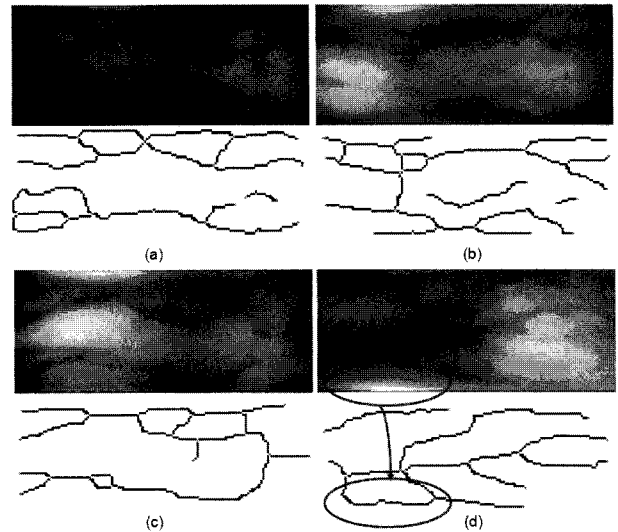


그림 11. (a),(b),(c)정확히 검출된 손가락 지정맥 패턴의 예 (d)부 정확하게 검출된 손가락 지정맥 패턴의 예

Fig. 11. (a),(b),(c) The example of correctly extracted finger-vein pattern, and (d)the example of incorrectly extracted finger-vein pattern

표 1. 처리시간 비교

Table 1. The comparisons of processing time.

(단위:ms)

	Zhao	Wang	Miura	제안방법
소요 시간	93	157	47	31

다. 그림 11-(a), 11-(b), 11-(c)에 나타난 바와 같이 다양한 휘도 변화에도 제안하는 방법은 정확하게 혈관영역을 검출하고 있다. 하지만 제안하는 방법은 지역 적응적 임계치를 이용하여 정맥과 배경을 분할하기 때문에, 그림 11-(d)에 원으로 나타낸 바와 같이 균일하지 않은 조명에 의해 영상내의 인접 픽셀들이 급격하게 변화하는 휘도차를 보이게 되는 경우 해당 부분은 세선화되어 부정확한 세선화결과를 보이기도 하였다. 표 1에는 다음과 같은 환경에서 제안하는 방법과 기존 방법들 간의 처리속도를 나타내었다.

- CPU : Intel(R) Core™ 2 2.13 GHz
- RAM : 2 GB

표 1에 나타난 바와 같이 Zhao의 방법, Wang의 방법, Miura의 방법은 각각 93ms, 157ms, 47ms가 소요된 반면 제안하는 방법은 31ms로서 가장 빠른 처리 속도를 나타내었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 실시간 지정맥 영상 분류에 이용될 수 있는 효과적인 정맥과 배경 분리 방법을 제한하였다. 실험 결과로부터 제안하는 방법은 저 성능 카메라로부터 획득된 저 화질 영상으로부터 지정맥 패턴을 효과적으로 추출할 수 있었으며, 기존의 영상분할 전처리 단계에서 사용하는 복잡한 잡음 제거 필터를 생략함으로써 작은 연산량을 보장하여 실시간에 이용 가능한 것이 특징이다.

향후, 보다 다양한 환경에서 취득된 지정맥 영상을 대상으로 제안하는 방법의 성능을 평가하고자 한다. 또한 추출된 지정맥 영역으로부터 특징을 추출하여 본인 인증의 성능을 측정하는 연구를 수행하고자 한다.

Acknowledgements

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(2007년 신기술 연구개발 지원사업 (NT070092))의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Maio D and Maltoni D, "Direct gray-scale minutiae detection in fingerprints," *IEEE transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 19, No. 1, pp. 27-40, 2003.
- [2] Chen X., Flynn P. J. and Bower K. W, "Visible-light and infrared face recognition," in *Proc. of the IEEE Conf. on Pattern Recognition*, pp. 70-74, 2002.
- [3] Boles W. W. and Boashash B., "A human identification technique using images of the iris and wavelet transform," *IEEE Trans. Signal Process* Vol. 46, No. 4, pp. 1185-1188, 1998.
- [4] Venayagamoorthy G. K., Moonasar V., and Sandrasegaran K., "Voice recognition using Neural Networks," in *Proc. of the IEEE South African Symposium on Communication and Signal Processing*, pp. 29-32, 1998.
- [5] Naoto M. Akio N., and Takafumi M., "Feature extraction of finger-vein patterns based on repeated line tracking and its application to personal identification," *Machine Vision and Applications* Vol. 15, pp. 194-203, 2004.
- [6] Shi. Z., Yiding W., and Yunhong W., "Extracting hand vein patterns from low-quality images: A new biometric technique using low-cost devices," *Fourth Int. Conf. on Image and Graphics*, 2007.
- [7] Lingyu W 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*, 2006.
- [8] Naoto M., Akio N., and Takafumi M., "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.
- [9] Zhang X., *Modern Signal Processing*, Tsinghua University Press, 2002.
- [10] Rafael C, Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley Longman, 1992.
- [11] <http://www.logitech.com> (accessed on Dec. 30, 2008)
- [12] 장영균, 강병준, 박강령, "손가락 정렬과 회전에 강인한 비 접촉식 손가락 정맥 인식 연구", *한국정보처리학회논문지(B)*, 제 15-B권, 제4호, pp. 275-284, 2008년 8월
- [13] Kang Ryoung Park, Dae Sik Jeong, and Eui Chul Lee, "Finger vein recognition by combining global and local features based on SVM", *Journal of Computer Science and Technology*, Submitted

저 자 소 개



김 성 민(학생회원)
 2000년 동국대학교 전자공학과
 학사
 2002년 동국대학교 전자공학과
 석사
 2005년 9월~현재 동국대학교
 전자공학과 박사과정

<주관심분야 : 신호처리>



박 강 령(정회원)
 1994년 2월 연세대학교
 전자공학과 학사
 1996년 2월 연세대학교
 전자공학과 석사
 2000년 2월 연세대학교 전기·
 컴퓨터공학과 박사

2000년 2월~2003년 2월 LG전자기술원
선임연구원

2003년 3월~2008년 2월 상명대학교
디지털미디어학부 조교수

2008년 3월~현재 동국대학교 전자공학과 조교수
<주관심분야 : Biometric 영상 처리, 컴퓨터비
전>



박 동 권(정회원)
 1996년 2월 동국대학교
 전자공학과 학사
 1998년 2월 동국대학교
 전자공학과 석사
 2002년 8월 동국대학교
 전자공학과 박사

2006년 2월~현재 이미지프로텍 대표
<주관심분야 : 영상 처리, 영상 압축 및 검색>



원 치 선(정회원)-교신저자
 1982년 고려대학교 전자공학과
 학사
 1986년 University of
 Massachusetts at
 Amherst 석사
 1990년 University of
 Massachusetts at
 Amherst 박사

1989년 11월~1992년 8월 금성사(현 LG전자)
선임연구원

1992년 9월~현재 동국대학교 전자공학과 교수
<주관심분야 : 영상검색, 워터마크, 영상분할>