한국정보전자통신기술학회논문지(jkiiect)'17-06, Vol.10 No.3
논문 17-10-03-249 http://dx.doi.org/10.17661/jkiiect.2017.10.3.249

# 지정맥 인식을 위한 가상 코어점 검출 및 ROI 추출

이주원*, 이병로**

# Virtual core point detection and ROI extraction for finger vein recognition

Ju-Won Lee*, Byeong-Ro Lee**

**요 약** 지정맥 인식 기술은 손가락에 적외선 광을 조광하여 손가락에 있는 정맥 영상을 획득한 다음, 특징 추출, 매칭 등의 과정을 거쳐 개인을 인증하는 방법이다. 지정맥 인식을 위해 손가락 외각을 검출함에 있어 2차원 마스크(mask)를 기반한 2차원 컨볼루션(2-Dimension convolution) 처리방법은 저가(low cost)의 마이크로프로세서 또는 마이크컨트롤러에 적용할 때 많은 연산시간이 소요된다. 이러한 문제점을 개선하고 인식을 향상시키기 위해 본 연구에서는 2차원 마스크와 2차원 컨볼루션을 사용하지 않고 픽셀들 간의 차의 절대 값과 역치(threshold)를 기반을 둔 이동평균필터링, 가상의 코어점 기반한 ROI 추출법 등을 제안하였고, 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 600개 지정맥 영상을 사용하여 에지 추출속도와 ROI 영역 추출의 정확도 등을 기존의 방법들과 비교 평가 하였다. 그 결과, 제안된 방법의 처리속도가 기존의 방법보다 최소 2배 이상의 빠른 처리속도를 보였으며, ROI 추출의 정확도는 기존의 방법보다 6% 이상의 성능 향상을 보였다, 이러한 결과로부터 제안된 기법을 저가의 마이크로프로세서에 적용한다면, 빠른 처리속도로 높은 인식률을 제공할 것으로 판단된다.

**Abstract** The finger vein recognition technology is a method to acquire a finger vein image by illuminating infrared light to the finger and to authenticate a person through processes such as feature extraction and matching. In order to recognize a finger vein, a 2D mask-based two-dimensional convolution method can be used to detect a finger edge but it takes too much computation time when it is applied to a low cost micro-processor or micro-controller. To solve this problem and improve the recognition rate, this study proposed an extraction method for the region of interest based on virtual core points and moving average filtering based on the threshold and absolute value of difference between pixels without using 2D convolution and 2D masks. To evaluate the performance of the proposed method, 600 finger vein images were used to compare the edge extraction speed and accuracy of ROI extraction between the proposed method and existing methods. The comparison result showed that a processing speed of the proposed method was at least twice faster than those of the existing methods and the accuracy of ROI extraction was 6% higher than those of the existing methods. From the results, the proposed method is expected to have high processing speed and high recognition rate when it is applied to inexpensive microprocessors.

**Key Words** : Finger vein, edge extraction, Region of Interest, Virtual core point

## 1. 서론

지정맥 인식 기술은 손가락에 적외선 광을 조광하여 손가락에 있는 정맥 영상을 획득한 다음, 특징 추출, 매칭 등의 과정을 거쳐 개인 인증하는 방법이며 손가락 오물로 인한 오인식과 범죄자로

This work was supported by Gyeongnam National University of Science and Technology Grant 2016.
*Dept. of Medical Eng., Andong Science College,
**Corresponding Author : Gyeongnam Nattional Univ. of Sci. and Tech.(voyager@gntech.ac.kr)
Received June 05, 2017 Revised June 11, 2017 Accepted June 14, 2017

부터 도용의 문제점이 적어 최근 생체인증의 새로운 방법으로 연구가 진행되고 있다[1][2]. 이러한 손가락 정맥 인식에 있어 가장 중요한 기술은 손가락 영역추출, 배경 분리, 정맥 강조, 관심영역 추출, 정맥 특징추출, 특징 매칭 등이며, 이 처리가 잘 이루어져야 높은 인식률이 보장된다[3]-[5].

특히, 손가락 영역과 관심영역(ROI: Region of Interest) 추출은 지정맥 인식에 있어 가장 필수 과정이며, 사용자의 손가락 자세와 손가락 구조, 빛의 산란, 복잡한 배경, 외부 조명 등에 의해 잘못된 영역 추출은 인식성능을 저하시킨다[3]-[5]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 고정된 윈도우(window) 사이즈를 기반을 둔 ROI 추출법[3], 손가락 정맥 ROI 국소화(localization) 및 정맥 리지(ridge) 강조법[4], 회전 얼라인먼트법[5], 플렉시블 세그먼트(flexible segmentation)법[6] 등이 연구되었다. 그러나 고정된 윈도우 사이즈 추출법은 손가락 정맥 영상의 중앙 점과 고정된 크기를 기반하여 ROI 영역을 추출한 것으로 회전된 영상에서는 좋은 성능을 보이지 못했으며, 손가락 정맥의 ROI 국소화 및 정맥 리지 강조법은 바른 자세의 손가락 정맥 영상에서는 적합하지만 손가락이 비스듬한 몇몇의 영상에서 오류를 보이고 있다. 또한, 회전 얼라인먼트법은 손가락 구조와 광학적 지식을 기반한 ROI 추출법으로 대부분의 지정맥 영상을 잘 추출하지만 몇몇 방향에서는 성능이 만족스럽지 못하다. 한편 플렉시블 세그먼트법은 Coarse Binarization와 Elaborate Binarization을 기반하여 손가락 외각 추출과 손가락 마디를 추정하는 방법으로 밝은 영상에서도 우수 성능을 보이고 있으나, 손가락 비틀림에 의한 특징점 이동은 고려되지 않았다.

한편, 이들 대부분의 방법들은 손가락 외각을 검출함에 있어 마스크(mask)기반의 2차원 컨볼루션 연산처리를 저가의 마이크로프로세서 또는 마이크컨트롤러에 적용할 때 많은 연산시간이 소요된다. 따라서 본 연구에서는 상기와 같은 문제점들을 개선하고, 저가의 지정맥 인식단말기 개발에 적용 가능한 새로운 손가락 정맥영상의 ROI 추출법을 제안한다. 그리고 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 손가락 자세 변화에 따른 에지 추출 속도와 ROI 영역 추출의 정확도를 기존의 방법과 비교 평가하였으며, 이 결과로부터 저가의 마이크프로세서를 사용한 임베디드 시스템에 적용 가능함을 제시하였다.

## 2. 제안된 가상 코어점 및 ROI 추출법

본 연구에서는 지정맥 인식의 인식률 향상을 위해 손가락의 자세 변화가 존재하더라도 보다 정확하고 효과적인 ROI 영역 추출하는 기법을 제안한다. 제안된 처리 과정은 이웃 픽셀간의 차의 절대값과 역치 기반한 이동평균 필터링, 이를 이용한 지정맥 에지 추출, 추출된 에지를 기반한 영상회전과 크기 정규화, 손가락 마디점 검출, 적응 역치와 가상 코어 점 검출, 가상 코어 점을 기반한 ROI 검출 등의 과정으로 이루어져 있다.

### 2.1 에지검출

지정맥 영상 획득에 있어 사용자의 자세에 따라 그림 2와 같이 $N \times M$ 크기의 지정맥 영상 $F_i(n,m)$에서 정맥 특징점의 위치변화가 발생하며, 이 변화로 정확한 혈관 특징점을 추출하기가 어렵고 특징점 매칭에 있어서도 오류가 발생한다.

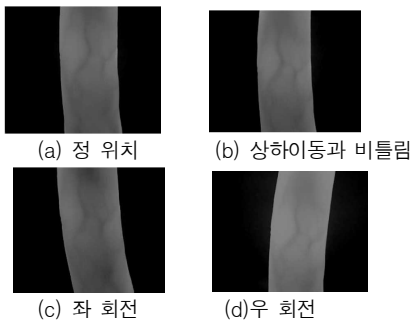



그림 1. 손가락 위치, 자세 변화에 따른 지정맥 위치변화
Fig. 1. Change in finger vein position according to finger position and postural change : (a) correct position, (b) move down, (c) left rotation, (d) right rotation.

또한, 손가락 영역을 추출하기 위해 소벨(sobel) 마스크 또는 특정 마스크를 토대로 영상 전체를 2차원 컨볼루션 처리하여 손가락 영역을 추출하는 것이 일반적이며, 이 처리방법을 저가의 마이크로프로세서 또는 마이크로컨트롤러에 적용할 때 상당한 시간이 소요되며, 지정맥 영상 밝기에 따라 잘못된 에지를 추출하기도 한다. 이와 같은 문제점들을 개선하기 위해 본 연구에서는 에지 검출을 위한 특정 마스크와 2차원 컨볼루션을 사용하지 않고 픽셀들 간의 차와 역치를 기반한 이동평균 기법을 제안한다. 제안된 방법은 3단계의 처리 과정으로 구성되어 있으며, 첫 번째 단계는 지정맥 영상에서 픽셀간의 변화가 가장 큰 부분이 에지 영역이라고 가정하고, 식(1)과 같이 영상 $F_i(n,m)$의 가로축의 픽셀 간의 차와 그 절대값 변화를 계산한다. 여기서 n과 m은 영상 픽셀의 행과 열 번호이다. 2번째 단계에서는 식(2)와 같이 세로 방향으로 $n$-행에 대한 절대치 벡터 $L_n$과 $R_n$의 최대값이 1/2 보다 큰 값인 위치를 왼쪽 에지점 $X_L(n)$과 오른쪽 에지점 $X_R(n)$으로 가정하고, 식(4)와 (5)와 같이 각 행 별로 손가락 영상의 중심 $c_x = M/2$에서부터 좌/우 에지 위치를 추출하도록 하였다.

$$L_n(j) = |F_i(n,m) - F_i(n,m+j)|, \quad j = 1,2,...,M-1 \quad n = 1,2,...,N \tag{1}$$

$$L_n = \{L_n(1), L_n(2), ...., L_n(c_x)\} \quad j = 1,2,...,N, \quad n = 1,2,...,N \tag{2}$$

$$R_n = \{L_n(c_x), L_n(c_x+1), ..., L_n(c_x+j)\} \quad j = 1,2,...,c_x-1, \quad n = 1,2,...,N \tag{3}$$

$$X_L(n) = \begin{cases} 0, & j = c_x \\ & x_L(n) = 0 \text{ and} \\ 1, & L_n(j) > 0.5\max(\boldsymbol{L}_n), \\ & j = c_x - 1,..,1 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad n = 1,2,...,N \tag{4}$$

$$X_R(n) = \begin{cases} 0, & j = 0 \\ & x_R(n) = 0 \text{ and} \\ c_x + j, & R_n(j) > 0.5\max(\boldsymbol{R}_n), \\ & j = 1,..,c_x - 1 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad n = 1,2,...,N \tag{5}$$

세 번째 단계는 추출된 에지점 좌표 집합에 잡음으로부터 잘못 검출된 좌표를 제거하기 위한 과정으로 식(6)~(7)과 같이 역치 기반의 이동평균 필터법을 제안하고 적용하였다. 제안된 역치 기반의 이동평균 필터법은 손가락 영상에서 손가락 테두리 영역 안에 잡음이 없을 때에는 현재의 에지 위치 값과 이전의 에지 위치 값의 차가 작은 특성을 이용한 것으로 에지 위치값 간의 변화가 크게 증가하거나 감소한다면, 잡음에 의해 잘못 검출된 에지라고 할 수 있다. 따라서 현재의 에지 위치 값과 이전의 에지 위치 값 간의 차의 절대값이 설정된 역치 T-값 이상일 때 이동평균 필터로 추정된 이전의 값으로 대치하여 필터링을 하면 잡음을 제거할 수 있다. 이 방법은 영상 전체를 2차원 컨볼루션 연산 처리를 하는 마스크 기법 보다 작은 연산 횟수로 에지 검출이 가능하도록 한 것이다.

$$P_L(n)_{n=1,2,...,N} = \begin{cases} \dfrac{1}{W}\sum_{k=0}^{W-1} x_L(k), & n = 1 \\ \dfrac{1}{W}\sum_{k=0}^{W-1} x_L(n-k), & |x_L(n+1) - x_L(n)| \le T \\ P_L(n-1), & otherwise \end{cases} \tag{6}$$

$$P_R(n)_{n=1,2,...,N} = \begin{cases} \dfrac{1}{W}\sum_{k=0}^{W-1} x_R(k), & n = 1 \\ \dfrac{1}{W}\sum_{k=0}^{W-1} x_R(n-k), & |x_R(n) - x_R(n-1)| \le T \\ P_R(n-1), & otherwise \end{cases} \tag{7}$$

여기서 식(6)과 식(7)에서, $W$는 이동평균필터의 차수이며 $P_L(n)$과 $P_R(n)$은 손가락 중심에서 좌/우 에지 위치에 따른 이동평균필터 출력이다.

### 2.2 회전과 크기 정규화

식(1)~(7)의 과정으로 추출된 영상 에지를 토대로 지정맥 영상의 회전 보정과 크기의 정규화를 위해 식(8)~(12)의 과정으로 처리하였다. 지정맥 영상의 회전을 보정하기 위해서는 식(8)~(10)과 같이 식(6)과 (7)에 구한 에지 위치의 1/2인 각각 지점을 중심으로 원 영상의 $M/2$인 중앙 점에 좌/우로 재배치하였다.

$$C(n) = \{P_R(n) - P_L(n)\}/2 \qquad (8)$$
$$C_M = M/2$$

$$R(n,m) = F_i(n, C(n) - k) \qquad (9)$$
$$n = 1,2,...,N,\ \ k = 0,1,2,...,P_L(n)$$
$$m = C_M, C_M - 1,...,P_L(n)$$

$$R(n,m) = F_i(n, C(n) + k) \qquad (10)$$
$$n = 1,2,...,N,\ \ k = 0,1,2,...,P_R(n)$$
$$m = C_{M+1},...,P_R(n)$$

크기 정규화 과정은 식(11)과 식(12)와 같이 설정한 폭 $S_{ref}$을 기준으로 좌/우 에지 위치의 차를 scaling하여 균일한 크기로 조정되게 하였다.

$$s(n,m) = R(n,k) \qquad (11)$$
$$n = 1,2,..,N$$
$$m = C_M, C_M - 1,...,S_{ref}/2$$
$$k = C_M, C_M - [P_R(n) - P_R(n)]/(S_{ref}/2)$$

$$s(n,m) = R(n,k) \qquad (12)$$
$$n = 1,2,..,N$$
$$m = C_M + 1,...,S_{ref}/2$$
$$k = C_M + [P_R(n) - P_R(n)]/(S_{ref}/2),...$$

### 2.3 가상 코어점 추정 및 ROI영역 추출

일반적으로 지문 인식 시스템에서는 지문의 코어 점(core point)을 검출하여 사용자의 자세에 따라 변화에도 코어 점을 기준으로 ROI 영역능 추출하며, 특징점 매칭이 이루어진다. 그러나 지정맥 영상에서는 지문과 같은 코어점이 존재하지 않으며, 사용자의 손가락 자세에 따라 영상을 보정하기가 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 지정맥 영상에서 가장 밝은 부분을 손가락 마디로 가정하고 이 마디를 기준으로 ROI 영역을 추출하는 방법이 제안되었다 [6]. 그러나 손가락 비틀림에 의한 지정맥의 위치변화를 반영하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 손가락 비틀림 현상을 반영한 ROI 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 가상의 코어점 추정과 추정된 코어 점을 기반하여 ROI 영역을 추출하는 방법이다. 즉, 가상 코어점 추정은 손가락 마디 선을 기준으로 마디선과 교차되는 혈관들의 중심 위치를 추정하여 ROI 영역을 추출하는 방법이다. 먼저, 가상의 코어점 추정을 위해 손가락의 $N \times M$ 크기의 정규화된 지정맥 영상이 있을 때, 손가락 마디점 위치 $V_I$와 그 점의 $N/2$인 지점 $X_I$를 초기 가상 코어점으로 선정한다. 이 마디 점은 식(13)과 같이 정규화된 영상의 가로축의 중심 $M/2$에서 $N_W$ 폭의 윈도우를 이동하면서 윈도우 영역 안에 존재하는 모든 픽셀들의 합 $Q_j$가 최대인 위치를 손가락 마디라고 가정하여 마디 위치를 추정하는 방법이다.

$$Q_j = \sum_{n=1}^{N_W} \sum_{m=M/2-M_W/2}^{M/2+N_{W/2}} S(n,m) \qquad (13)$$
$$j = 1,2,...,n$$
$$V_I = \arg\max(Q_j), j = 1,2,...n \qquad (14)$$

두 번째 단계는 초기 코어점을 중심으로 식(15)와 같이 $W$-크기 영역의 영상 $I_W$를 $S$-차수 평균마스크 $H$를 이용하여 2차원 컨볼루션($\otimes$)을 거쳐 각각의 영상 차를 이진화 처리(식(16))하여 혈관부분 검출하도록 하였다.

$$\begin{cases} \boldsymbol{W}_1 = \boldsymbol{I}_W \otimes \boldsymbol{H} \\ \boldsymbol{W}_2 = \boldsymbol{W}_1 \otimes \boldsymbol{H} \end{cases}, \quad \boldsymbol{H} = \frac{1}{S \times S} \begin{pmatrix} 1 & .. & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & .. & 1 \end{pmatrix} \qquad (15)$$

$$\boldsymbol{W} = f_s(\boldsymbol{W}_1 - \boldsymbol{W}_2),\ f_s(x) = \begin{cases} 1, & x < 0 \\ 0, & otherwise \end{cases} \qquad (16)$$

그리고 이진화된 혈관 영상 W에서 식(17)과 (18)과 같이 수평과 수식방향으로 각 픽셀들의 합의 최대값의 위치를 가상 코어의 중앙점( $V_X$)으로 가정하고 추출하였다. 최종적으로 식(19)과 같이 추정된 가상 코어 점을 중심으로 $R_X$, $R_Y$ 크기의 ROI 영상을 추출하도록 하였다.

$$V_X = x_s + \max\arg\left(\sum_{k=1}^{M} W(j,k)\right) \tag{17}$$

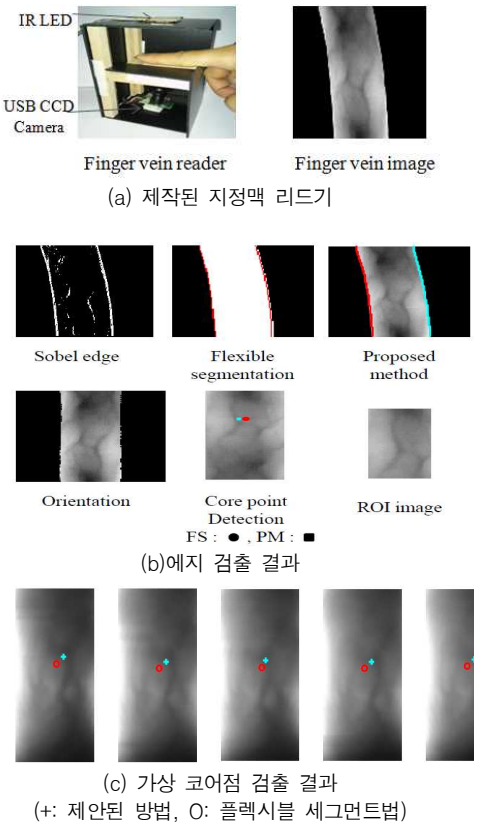
$$V_Y = y_s + \max\arg\left(\sum_{k=1}^{M} W(k,j)\right) \tag{18}$$

$$R(i,j) = S(n,m) \tag{19}$$
$$n = V_Y - R_Y/2, \ldots, V_Y + R_Y/2$$
$$m = V_X - R_X/2, \ldots, V_X + R_X/2$$

## 3. 실험 및 고찰

본 연구에서 제안한 방법의 성능을 검증하기 위해 제안된 기법과 소벨 에지법, 플렉시블 세그먼트법 등을 MATLAB 프로그램으로 구현하고, Intel Core i5과 8G RAM인 컴퓨터 환경에서 에지 검출, ROI 추출, 패턴 매칭률, 이들의 연산처리 속도 등의 성능을 평가하였다.

실험에서 사용된 영상은 그림 2(a)와 같이 850[nm] 적외선 LED와 USB Web카메라로 구성하여 제작된 지정맥 리드기를 이용하여 촬영한 648x480 크기의 지정맥 영상 600개를 사용하였다. 이 600개 지정맥 영상은 성인 10명(나이 22~47세)을 대상으로 한 사람당 왼손과 오른손 각각 검지, 중지, 약지를 자유롭게 배치(상하이동, 회전, 비틀림 등)하여 각각 10회씩 촬영한 영상이다. 이 영상을 토대로 에지 검출의 속도와 성능을 평가하기 위해 이동평균필터 차수 W를 10차, 역치 값 T를 0.2로 설정하고 정 위치 및 좌/우 회전된 100개 영상을 선별하여 에지 검출 성능을 평가하였다. 이 결과의 예를 그림 2(b)에 나타내었으며, 이 결과에서 소벨 에지법은 영상의 어두운 영역 또는 혈관 부위에서 잘못된 에지가 검출되는 오류를 보였다. 그리고 플렉시블 세그먼트법은 영상의 밝기 변화에서도 에지를 우수하게 추출하였으나 일부 영역에서는 정확도가 떨어졌다. 한편 제안된 방법의 에지 추출법은 플렉시블 세그먼트법 보다 정확하게 에지가 추출됨을 확인되었다. 처리속도 분석에서는 표 1과 같이 제안된 방법의 처리속도가 기존의 방법보다 2배 이상으로 빠르게 처리됨을 확인 되되었다. ROI 영역 추출의 실험에서는 사이즈 정규화를 영상의 가로 폭을 80으로 설정하고 가상 코어 점을 검출을 위해 윈도우의 크기 $N_W$를 30, 평균필터 마스크 H의 차수 S는 5차, 초기 가상 포인트의 윈도우 크기는 15 등으로 설정하여 실험하였으며, 이 실험의 결과를 그림 2의 (b)와 (c)에 나타내었다.




(a) 제작된 지정맥 리드기

(b)에지 검출 결과

(c) 가상 코어점 검출 결과
(+: 제안된 방법, O: 플렉시블 세그먼트법)

그림 2. 실험결과
Fig. 2. Results of experimentation : (a) finger vein reader and acquired image, (b) results of Sobel edge, flexible segmentation (FS), and proposed method (PM), (c) virtual core point (+: PM, O: FS).

표 1. 제안된 방법, 소벨, 플렉시블 등의 처리속도 비교
Table 1. Compare to proposed method, sobel method and flexible segmentation method

| Method | Sobel edge | Flexible segmentation | Proposed method |
|---|---|---|---|
| Average processing time | 3.12 ms | 6.24 ms | 1.56 ms |

이 실험의 결과에서 그림 2의 (c)와 같이 초기의 마디 위치('O')보다 정확하게 손가락 비틀림이 발생하더라도 보다 정확한 코어 점이 추정됨을 알 수 있었다. 그리고 ROI 영역 영상의 정확도를 분석하기 위해 600개 지정맥 영상을 토대로 ROI 영역 영상을 추출하고, 적응 역치법을 이용하여 이진화 처리 과정을 거쳐 각 영상간의 2차원 상호상관계수들의 평균을 분석(표 2) 하였다.

표 2. 적응역치를 기반한 패턴 매칭(상관계수) 성능 비교
Table 2. Compare to pattern matching ratio base on adaptive threshold method and cross correlation.

| ROI extraction method | Flexible segmentation | Proposed method |
|---|---|---|
| Coefficient (mean) | 0.91 | 0.97 |

표 2의 결과에서 상관계수의 평균치가 제안된 방법이 최근에 연구된 플렉시블 세그먼트법 보다 상관계수의 평균이 높게 나타났다. 이와 같이 제안된 ROI 추출법을 저가의 마이크로프로세서에 적용한다면 처리 속도의 문제점을 개선할 수 있으며, 또한 지정맥 인식에 있어서도 높은 인식률을 제공할 것으로 판단된다.

## 4. 결론

최근, 지정맥 영상을 이용한 생체 인식용 단말기 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이러한 생체 인식 단말기 개발에 있어 저가의 마이크로프로세서 또는 마이크로 컨트롤러에 다양한 영상처리 기법을 적용할 때 처리속도가 늦다. 이러한 문제점을 개선하고 인식률을 향상시키기 위해 본 연구에서는 2차원 마스크와 2차원 컨볼루션을 사용하지 않고 픽셀들 간의 차와 역치 기반의 이동평균필터링, 영상 크기 정규화, 가상의 코어 점 추정 등의 처리과정으로 구성된 ROI 영역을 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 손가락 자세 변화에 따른 에지 추출 속도와 ROI 영역 추출의 정확도를 기존의 방법들과 비교 평가 하였다. 그 결과, 제안된 방법의 처리속도가 기존의 방법보다 최소 2배 이상의 빠른 처리속도가 나타났고, ROI 추출의 정확도는 기존의 방법보다 6% 이상의 정확도가 나타났다. 이와 같이 제안된 방법을 생체인식 단말기 개발에 적용한다면 빠른 처리속도와 높은 인식 성능을 제공할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

[1] Hashimoto, J.C., "Finger Vein Authentication Technology and Its Future", In Proceeding of 2006, Symposium on VLSI Circuits, Honolulu, HI, USA, pp. 15-17 June 2006.

[2] Kumar, A, Zhou, Y.B., "Human identification using finger images", IEEE Trans. Image Process, vol. 21, pp. 2228-2244. 2012.

[3] Bakhtiar, A.R., Chai, W.S., Shahrel, A.S., "Finger vein recognition using local line binary pattern", Sensors, vol. 11, pp. 11357-11371, 2012.

[4] Yang, J.F, Shi. Y.H,. "Finger-vein ROI localization and vein ridge enhancement", Pattern Recognit. Lett. vol. 33, pp. 1569 - 1579, 2012.

[5] Yang, G.P., Xi, X.M., Yin, Y.L.,"Finger vein recognition based on a personalized best bit map", Sensors, vol. 12, pp. 1738 - 1757, 2012.

[6] Y. Lu, S.J Xie, S. Yoon, J.C Yang, and D.S Park, "Robust finger vein ROI localization based on flexible segmentation," Sensors,

vol. 13, no. 11, pp.14339-14366, October, 2013.

[7] R. Gonzales and R. Woods, “Digital Image Processing”, Addison-Wesley Publishing Company, pp. 443 - 452, 1992,

## 저자약력

**이 주 원 (Ju-Won Lee) [정회원]**

- 2003년 2월 : 국립경상대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : 안동과학대학교 의료공학과 부교수

<관심분야>
의용전자, 휴먼컴퓨터 인터페이스, 지능제어

**이 병 로 (Byeong-Ro Lee) [정회원]**

- 1999년 2월 : 국립경상대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 전자공학과 교수

<관심분야>
신호처리, 전자응용시스템