

# Development of Feature Extraction Algorithm for Finger Vein Recognition

Taehoon Kim<sup>†</sup> · Sangjoon Lee<sup>††</sup>

## ABSTRACT

This study is an algorithm for detecting vein pattern features important for finger vein recognition. The feature detection algorithm is important because it greatly affects recognition results in pattern recognition. The recognition rate is degraded because the reference is changed according to the finger position change. In addition, the image obtained by irradiating the finger with infrared light is difficult to separate the image background and the blood vessel pattern, and the detection time is increased because the image preprocessing process is performed. For this purpose, the presented algorithm can be performed without image preprocessing, and the detection time can be reduced. SWDA (Down Slope Trace Waveform) algorithm is applied to the finger vein images to detect the fingertip position and vein pattern. Because of the low infrared transmittance, relatively dark vein images can be detected with minimal detection error. In addition, the fingertip position can be used as a reference in the classification stage to compensate the decrease in the recognition rate. If we apply algorithms proposed to various recognition fields such as palm and wrist, it is expected that it will contribute to improvement of biometric feature detection accuracy and reduction of recognition performance time.

**Keywords :** Finger Vein Recognition, Feature Extraction, Node Extraction, SWDA, Pattern Recognition

## 지정맥 인식을 위한 특징 검출 알고리즘 개발

김 태 훈<sup>†</sup> · 이 상 준<sup>††</sup>

## 요 약

본 연구는 지정맥 인식에 중요한 정맥 패턴 특징검출을 위한 알고리즘이다. 특징검출 알고리즘은 패턴인식 시 인식결과에 많은 영향을 끼치므로 중요하다. 인식률은 손가락 위치 변화에 따라 기준도 변화되므로 저하되는 특징을 가지고 있다. 또한, 손가락에 적외선 광을 조사하여 획득한 영상은 영상 배경과 혈관 패턴을 분리하기에 어렵고, 영상 전처리과정을 수행하므로 검출시간이 증대되는 특징을 가지고 있다. 이를 위해, 제시하는 알고리즘은 영상 전처리과정이 없이 수행되어 검출 시간을 줄일 수 있고, 지정맥 영상에 SWDA(Shifted Waveform Data Analysis) 알고리즘을 적용하여 손가락 마디 위치 및 정맥 패턴 검출이 가능한 특징을 가지고 있다. 적외선 투과율이 낮아 상대적으로 어두운 정맥 영상도 검출 오류 최소화가 가능한 특징을 보였다. 또한, 손가락 마디 위치는 분류 단계에서 기준으로 활용하면 인식을 저하를 보완할 수 있는 특징을 가지고 있다. 추후 손바닥, 손목 등 신체 여러 인식분야에 제안하는 알고리즘을 적용한다면 생체 특징 검출 정확도 향상 및 인식 수행 시간 감소에 기여할 것으로 기대된다.

**키워드 :** 지정맥 인식, 특징 검출, 마디 검출, SWDA, 패턴 인식

## 1. 서 론

바이오 인식은 개인의 고유한 신체적 특징으로 사용자를 판별하는 인식 방법 중 하나이다. 신체부위를 이용하는 바이오

인식은 누구나 가지고 있는 보편성, 변하지 않고 변경 불가능한 영구성, 고유특성으로 구별이 가능한 유일성, 쉽게 확인 및 정량화 할 수 있는 획득성, 환경 변화에 영향을 받지 않는 정확성, 사용자의 거부감이 없는 수용성, 작위적인 부정사용으로부터 안전한 기만성과 같은 7가지 조건을 만족해야한다. 이 조건을 만족하는 지문, 홍채, 망막, 얼굴, 혈관 패턴 등이 바이오 인식 기술로 이용되고 있다[1, 2]. 최근, 바이오인식은 금융, 보안, 출입관리 등 광범위하게 사용되며, 적용 분야가 점차 확대되고 있는 추세다. 미국 시장조사기관인 Tractica는 전 세계 바이오인식 시장이 2015년 약 20억 달러 규모에서

※ 본 논문은 (주)코리센 기업의 지원을 받아 수행된 연구임.  
† 비 회 원 : 선문대학교 정보통신공학과 석사과정  
†† 정 회 원 : 선문대학교 스마트자동차공학부 조교수  
Manuscript Received : May 28, 2018  
First Revision : July 9, 2018  
Accepted : July 12, 2018  
\* Corresponding Author : Sangjoon Lee(mcp94lee@sunmoon.ac.kr)

연평균 25%씩 성장해 2024년에 약 150억 달러 규모로 성장할 것으로 전망하고 있다. 이에 따라, 바이오 인식 종류와 기술은 꾸준히 연구 및 개발되고 있다[3, 4].

지정맥 인식은 근적외선 광을 손가락에 조사하여 영상을 획득한 후, 특징 추출, 분류, 매칭 등과 같은 과정을 거쳐 사용자를 인증하는 바이오 인식 방법 중 하나다[5, 6]. 정맥 영상 획득 시 개인의 손가락 두께에 따른 적외선 투과율 차이, 주변 환경 잡음 및 조명이 균일하지 않은 상태로 획득한 영상은 영상 내에서 정맥과 배경 분리에 많은 어려움이 있고, 손가락 위치가 변하면 인식률이 저하되는 문제점이 있다[7]. 또한, 기존 마디검출에 유용한 DSTW(Down Slope Trace Waveform) 알고리즘은 신호의 기울기 값이 양에서 음으로 변하는 변곡점 검출이 용이한 장점을 가지고 있지만, 기울기 값이 음에서 양으로 변하는 변곡점을 검출하지 못하는 단점을 가지고 있다[8]. 이에 따라, 제안하는 알고리즘은 신호의 기울기 값이 음에서 양으로 변하는 변곡점과 신호의 기울기 값이 양에서 음으로 변하는 변곡점 둘 다 검출 가능한 특징을 가지는 SWDA 알고리즘을 개발 영상 전처리과정 없이 지정맥 영상에서 마디검출 및 배경과 잡음이 제거된 정맥 패턴만 분리가 가능한 특징을 가지고 있다.

## 2. 관련 연구

현재 생체 특징을 이용한 바이오 인식방법은 지문패턴을 이용한 지문인식[9]이 다양한 분야에 사용되고 있고, 홍채패턴을 이용한 홍채인식[10], 얼굴 크기 및 모양을 이용한 얼굴인식[11], EEG(electroencephalography)기반 뇌파를 이용한 뇌파인식[12], 정맥패턴을 이용한 정맥인식[13] 등이 있다. 이러한 신체 부위의 모양, 크기를 이용한 인식방법 외에도 사람의 행동 패턴, 목소리 등과 같은 행동학적 인식방법도 연구되었다.

바이오 인식 방법 중 지문인식은 개발비 및 활용도 측면에서 우수해 현재 다양한 분야에 사용되고 있다. 하지만, 지문인식은 땀, 먼지와 같은 외부 요인으로 인해 인식률이 저하되거나, 상처와 같은 변형이 발생하면 인식이 되지 않는 문제점을 가지고 있다. 또한, 지문은 젤라틴 등으로 복제가 가능하고, 위조, 변조가 다른 신체부위 보다 상대적으로 쉬운 점 때문에 개인 인증 및 보안이 중요한 곳에서는 문제가 될 가능성이 높다. 이에 따라, 지문인식의 단점을 보완하기 위해 홍채 인식이 개발되었고, 주목받는 바이오 인식 방법 중 하나다. 홍채는 갈을 확률이 지문과 비슷한 약 10억분의 1이고, 약 260개의 고유패턴이 있어 지문보다 안정적으로 인식 할 수 있는 특징을 가지고 있다[14]. 하지만, 홍채는 고해상도 사진으로 복제가 가능하여 보안이 취약해지는 문제점이 발견되었다. 앞선 바이오 인식방법의 문제점과 단점을 보완할 수 있는 정맥 인식 방법이 최근 주목받고 많은 연구가 진행되고 있다. 정맥은 갈을 확률이 약 32억분의 1로 지문, 홍채에 비해 상대적으로 낮은 확률을 가지고 있고, 지문, 홍채에 비해 상대적으로 위조, 변조 및 복제가 어렵다는 특징을 가

지고 있어 개인인증 및 보안이 중요한 곳에서 효율적으로 사용할 수 있다.

## 3. 정맥 영상 촬영 장치

바이오 인식 장치는 사용자에게 심리적 거부감과 불안함을 주면 안 된다. 이에 따라, 측정부가 폐쇄적인 구조 보단 개방적 구조여야 상대적으로 사용자에게 심리적 거부감을 줄여 줄 수 있고, 테러의 위험에 노출될 가능성이 줄어든다.

본 연구의 실험에서 사용한 정맥영상촬영 장치 구조는 Fig. 1과 같이 구성되어 있다. 여러 개의 IR LED로 구성된 조명 보드가 측정부 양 옆에 배치되어 적외선이 손가락을 투과할 수 있도록 하고, NoIR 카메라로 정맥 영상을 획득한다. Fig. 2는 본 연구에서 사용된 정맥 특징추출 장치 사진이다.

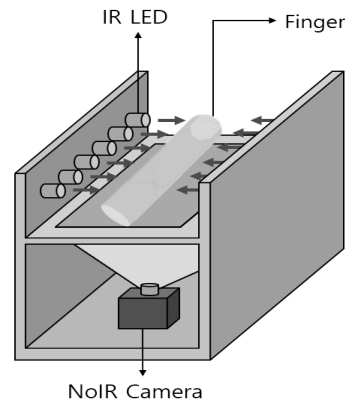


Fig. 1. Finger vein Imaging Device Structure



Fig. 2. Finger Vein Imaging Device

## 4. 정맥 영상 특징 추출 과정

손가락 정맥 영상 획득 시 적외선 광을 손가락에 투과하기 때문에 횡광도 차이로 배경은 밝게 혈관은 어둡게 보인다. 또한, 사용자 개인의 손가락 두께에 따라 적외선 투과율이 달라 손가락이 두꺼운 사람은 이미지가 전체적으로 어둡고, 손가락

이 얇은 사람은 이미지가 밝아 정맥 위치 확인이 어렵다. 기존 검출 알고리즘은 영상 전처리과정을 수행하므로 검출 시간이 증가되고, 조명이 불균일한 환경에서 획득한 영상은 지정맥 검출 오류가 발생하는 문제점이 있다. 제안하는 알고리즘은 전처리과정 없이 수행되어 검출 시간 감소 및 SWDA 알고리즘을 적용하여 조명이 불균일한 환경에서 획득한 영상도 지정맥 검출이 가능하고, 손가락 위치가 변하여도 손가락 마디로 기준점을 잡아 인식률이 저하되지 않는 특징을 가지고 있다. 알고리즘 수행과정은 획득한 지정맥 영상에서 혈관을 밝게 변환시켜주기 위한 픽셀 값 반전을 수행한 후, SWDA 알고리즘을 적용하여 원 이미지와 SWDA 결과 값 차이를 계산한다. 계산된 값은 마디 검출 알고리즘을 적용하여 마디 위치를 알 수 있고, 특징 검출 알고리즘을 적용하면 배경 및 잡음이 제거되고, 혈관 특징만 검출된 영상으로 재구성된다. Fig. 3은 제안하는 특징 검출 알고리즘 흐름을 보여준다.

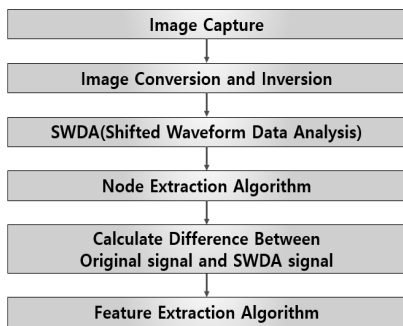


Fig. 3. Proposed Algorithm Flow Chart

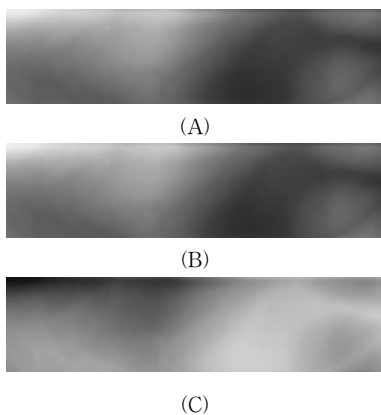


Fig. 4. Image Conversion Process. (A) Original Image, (B) Gray Scale Image, (C) Invert Image

4.1 이미지 변환 및 반전

획득한 정맥 영상은 상대적으로 혈관이 어둡고, 배경이 밝게 나타난다. RGB 형식의 정맥영상은 Gray Scale 변환 후, 전체 영상 픽셀 값을 반전시키면 혈관은 상대적으로 밝고, 배경 및 잡음은 어둡게 재구성된다. Fig. 4A는 Fig. 2와 같은 정맥영상 취득 장치에서 원본영상을 3-Channel Gray Scale 정맥영상 원본이고, Fig. 4B는 1-Channel Gray Scale로 변환

된 영상이다. 육안으로 달라진 점은 없지만 이후 수행 과정에서 메모리사용 감소 및 수행시간 단축 가능한 특징을 가지고 있다. 마지막으로 Fig. 4C는 Fig. 4B 이미지의 전체 픽셀 값을 반전시켜 재구성한 영상이다.

4.2 SWDA(Shifted Waveform Data Analysis) 알고리즘

Fig. 5는 SDWA 알고리즘 예시를 나타내고, Fig. 6은 SWDA 알고리즘에서 신호의 기울기가 양수에서 음수로 바뀌는 피크 지점(변곡점)을 찾는 방법을 나타낸다. Fig. 5에서 초록색선은 SWDA 알고리즘 결과 값을 나타내고, 파란색 선은 원신호  $x(n)$ 을 나타낸다. 보라색 선은 SWDA 알고리즘 결과 값과 원신호의 차이를 나타낸다. 두 신호간의 차이에서 피크 지점을 계산하여 원신호의 피크 지점을 획득 할 수 있다. 이때, 신호의 특성을 Fig. 6과 같은 형태로 구분하여 검출한다.

Fig. 7은 마디 검출 기준 위치에 관한 것이고, Fig. 8은 SWDA 알고리즘 적용 방향에 관한 것을 나타낸다. SWDA 알고리즘은 마디 검출 과정을 위해 Fig. 7에서 보이는 것과 같이  $y_c$ 를 기준으로 1번만 수행된다. 또한, 특징 검출 과정을 위해 Fig. 8A에서 보이는 것과 같이 x축을 기준으로  $X_n$ 번, Fig. 8B에서 보이는 것과 같이 y축을 기준으로  $Y_n$ 번만큼 수행한다.

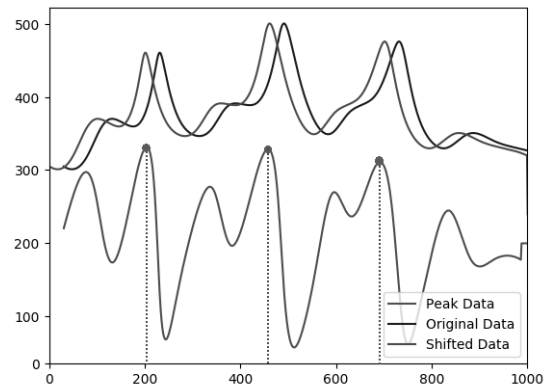


Fig. 5. SWDA Algorithm Example

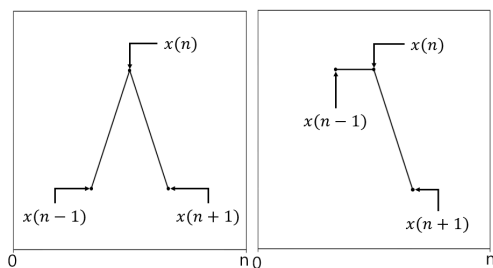


Fig. 6. Two Types of Peak Point Depending on SWDA and Original Signal

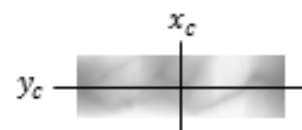


Fig. 7. Node Extraction Reference Position

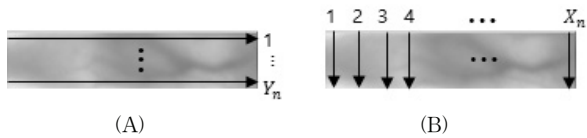


Fig. 8. Direction and Number of SWDA Algorithm Application  
(A) Applied by x Axis, (B) Applied on the y Axis

4.3 마디검출 알고리즘

사람 손가락은 엄지손가락을 제외한 검지, 중지, 약지, 새끼손가락에 마디가 2개씩 있다. 영상처리를 통해 2개의 마디 위치를 계산할 수 있도록 한다.

4.1과정을 수행하여 변환된 영상은 Fig. 7의  $y_c$  위치와 같은 성분인  $(x_0, y_c), (x_1, y_c) \dots (x_n, y_c)$ 에 SWDA 알고리즘을 적용하여 SWDA 알고리즘 결과 값을 얻는다. 이후, Fig. 7의  $x_c$  위치를 기준으로 왼쪽에서 Fig. 6과 같은 특성을 가지는 값 중 큰 값의 위치를 계산하고,  $x_c$  위치를 기준으로 오른쪽에서도 같은 과정을 수행하여 마디 위치를 계산한다.

4.4 원 신호와 SWDA 결과 값의 차이 계산

원 신호는 다음 과정에 필요한 값을 취득하기 위하여 SWDA 알고리즘 수행결과 신호와 차이를 계산한다. 이때, 원 신호와 SWDA 알고리즘 결과 값의 차이 계산은 4.2 과정을 반복한 회수만큼 수행한다.

4.5 특징검출 알고리즘

4.4 과정에서 계산된 값은 문턱 값을 설정하고, Fig. 9와 같은 특성을 가지는 성분인 최고점의 픽셀 값을 0(white)으로 변환한다. Fig. 9는 과정 4.4에서 계산한 두 신호의 차이에서 최고점 특성을 나타낸다. 변환된 값은 검은색 배경에 x축 벡터와 y축 벡터로 영상을 재구성할 수 있다. 이때, 혈관 특징은 x축 벡터와 y축 벡터의 합성벡터로 검출할 수 있다.

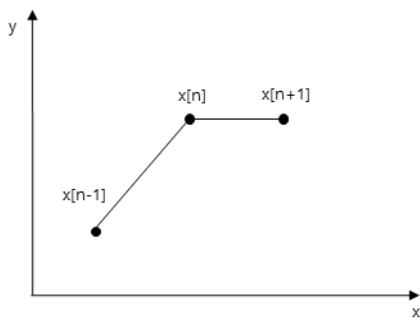


Fig. 9. Characteristics of Peak Point in Two Signal Differences

5. 실험

제안하는 알고리즘은 CPU 1.2GHz 쿼드코어, 1GB 메모리 환경의 라즈베리파이 3b에서 Python 2.7로 성능 평가를 진행하였다. 또한 샘플 사진은 100명의 양쪽 검지, 중지, 약지손가

락을 각각 10번씩 촬영하여 취득하였다. 실험은 총 3가지 실험을 하였다. 첫 번째 실험은 Table 3에서 보이는 것과 같이 특징검출 알고리즘이 혈관 패턴을 정확히 검출하였는지 정확도를 확인하기 위한 실험을 진행하였다. Fig. 10과 11은 특징검출 알고리즘의 성능 확인 결과를 나타낸다. 첫째로 임의로 생성한 선(시점: (10, 10), 종점: (60, 40), 색: 125 (0~255사이의 수), 굵기: 1)은 특징검출 알고리즘을 수행하여 Fig. 10D와 같은 결과를 얻었다. 원본 이미지는 51개의 픽셀로 이루어져 있으며, 특징검출한 결과도 51개로 100%의 정확도를 얻을 수 있었고, 길이와 Gray Scale값이 다른 여러 개의 선으로 구성된 Fig. 11D와 같은 원본 이미지로 실험한 결과는 총 픽셀 수 399개, 특징 검출된 픽셀수 389개로 97.5%의 정확도를 보였다. 이에 따라, 지정맥 영상으로 특징검출을 수행했을 때, 신뢰도 높은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

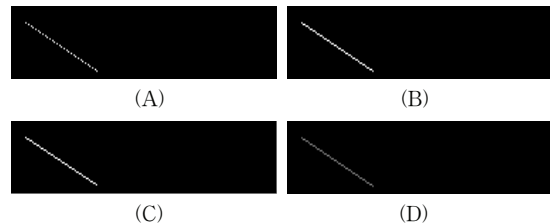


Fig. 10. Line Test Results-(1) (A) Results based on x Axis, (B) Results based on y Axis, (C) The Result of Combining Two Results, (D) Original Image

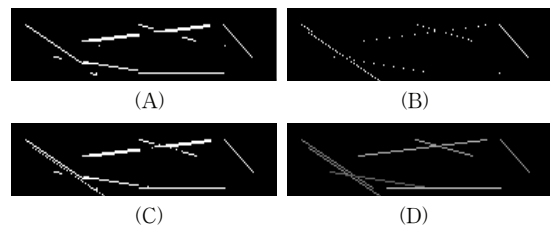


Fig. 11. Line Test Results-(2) (A) Results based on x Axis, (B) Results based on y Axis, (C) The Result of Combining Two Results, (D) Original Image

두 번째 실험은 동일한 샘플 사진으로 증강현실(AR) 알고리즘[15], Zhang-Suen 세선화 알고리즘[16] 및 제안하는 알고리즘의 수행시간 비교를 진행하였다. 수행 시간은 Table 1과 같이 증강현실(AR) 알고리즘을 적용했을 때 1.55초, Zhang-Suen 세선화 알고리즘을 적용했을 때 1.35초, 제안하는 알고리즘을 적용 했을 때 1.02초가 걸린다는 것을 알 수 있었다. 제안하는 알고리즘은 증강현실(AR) 알고리즘을 적용 했을 때보다 34.19%, Zhang-Suen 세선화 알고리즘을 적용 했을 때보다 20.31%의 개선된 결과를 나타낸다.

Table 1. The Comparison of Time

Algorithm	AR	Zhang-Suen	Proposed
Time(sec)	1.55	1.28	1.02



마지막 실험은 약 300장의 샘플 사진으로 제안하는 알고리즘의 부분 별 수행시간을 확인하였다. 수행시간은 마디 검출 과정과 특징 검출과정 두 가지 과정까지 소요되는 시간을 확인하였고, 동일한 과정에서 샘플 사진에 따라 약간의 수행시간 차이도 알 수 있었다. 그 결과는 Table 2에서 나타낸다.

Table 2. Execution Time by Process

Process	Time	Min(sec)	Max(sec)
Node Detection		0.81	0.88
Feature Extraction		0.99	1.06

### 6. 결 과

Table 3은 정맥이미지 원본, 증강현실(AR) 알고리즘을 적용한 결과, Zhang-Suen 세선화 알고리즘 및 제안하는 알고리즘 특징 검출 결과 이미지를 나타낸다. Table 3의 2열은 원본사진을 나타내고, 3열은 증강현실(AR) 알고리즘을 적용한 결과를 나타낸다. 4열은 제안하는 알고리즘의 특징검출 결과를 나타낸다. 마지막으로 5열은 Zhang-Suen 세선화 알고리즘을 적용한 결과를 나타낸다. 제안하는 알고리즘의 결과는 증강현실(AR) 알고리즘과 Zhang-Suen 세선화 알고리즘을 사용한 결과보다 노이즈가 적고, 정맥 혈관 패턴만 추출할 수 있는 특징을 보인다.

제안하는 알고리즘의 검출 결과는 위치, 크기, 색이 다른 여러 개의 선으로 이루어진 영상으로 실험한 결과 97%이상의 정확도를 보여 신뢰도 높은 알고리즘으로 증명되고, 기존 알고리즘보다 34.19%, 20.31%의 수행속도가 개선됐다. 또한, 마디 위치 검출 알고리즘을 수행하여 얻은 결과는 손가락 위치 변화에 따른 인식률 저하에 대한 문제점을 보완 할 수 있을 것으로 판단된다. 추후 손목, 손바닥 등 신체부위를 이용하는 인식분야에 제안하는 알고리즘을 적용한다면 생체 특징 검출 정확도 및 검출 수행시간 감소에 기여할 것으로 기대된다.

### References

- [1] Eun Kim, The probability of iris-like '1 billionth' ... Security pass? Steal from my body [Internet], [http://www.dt.co.kr/contents.html?article\\_no=2018032102101832816001&ref=nave](http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2018032102101832816001&ref=nave).
- [2] Naver knowledge encyclopedia, Biometrics [Internet], <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3473651&cid=58439&categoryId=58439>.

Table 3. Feature Extraction Algorithm Comparison

Image Number	Original Image	Vein pattern acquired with Augmented Reality(AR) algorithm	Vein pattern acquired with Zhang-Suen Thinning algorithm	Vein pattern acquired with SWDA algorithm
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

[3] NewsWire, Tractica, Biometric market forecasts to \$ 14.9 billion in 2024 [Internet], <http://www.newswire.co.kr/news/Read.php?no=792234>.

[4] Unan Lee, Korea Future Technology Education, Seminar on Industry through Biometrics Technology [Internet], <http://www.gukjenews.com/news/articleView.html?idxno=725583>.

[5] Eui Chul Lee, Hyeon Chang Lee and Kang Ryoung 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, 2009.

[6] Yuhang Ding, Dayan Zhuang, and Kejun Wang, "A study of hand vein recognition method," in *Proceedings of the IEEE International Conference Mechatronics and Automation*, pp.2106-2110, 2005.

[7] Eui Chul Lee, "A Method for Improving Vein Recognition Performance by Illumination Normalization," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.17, No.2, pp.423-430, 2013.

[8] J. Kim, M. Kim, I. Won, S. Yang, K. Lee, and W. Huh, "A biomedical Signal Segmentation Algorithm for Event Detection Based on Slope Tracing," *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.*, pp.1889-1892, 2009.

[9] Hyun Kim and Hakil Kim, "Rotation-Scale-Translation-Intensity Invariant Algorithm for Fingerprint Identification," *The Institute of Electronics Engineers of Korea - S*, Vol.35, No.6, pp.838-850, 1998.

[10] Woo-Suk Yang. "Biometric Personal Identification Using Iris Image," *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.7, No.6, pp.73-82. 2007.

[11] Myung-Hyun Yoo, Jeong-Seon Park, Sang-Woong Lee, Hyong-Chol Choi, and Seong-Whan Lee, "The State of the Art and the Prospects for the Face - based Biometrics," *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol.19, No.7, pp.22-31, 2001.

[12] Jason Kim and Saewoom Lee, "Trend and prospect of telebio recognition technology using bio-signals," *Review of KIISC*, Vol.26, No.4, pp.41-46, 2016.

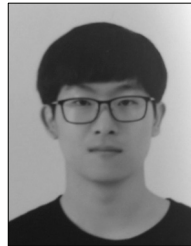
[13] Heesung Kim, Junhee Cho, "A Method for Finger Vein

Recognition using a New Matching Algorithm," *Journal of KIISC : Software and Applications*, Vol.37, No.11, pp.859-865, 2010.

[14] Mingoo Kang, "Design of Image Recognition Module for Face and Iris Area based on Pixel with Eye Blinking," *Journal of Internet Computing and Services*, Vol.18, No.1, pp.21-26, 2017.

[15] Ju-won Lee and Byeong-ro Lee, "ROI Extraction and Enhancement for Finger Vein Recognition," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.19, No.4 pp.948-953, 2015.

[16] HeeKyung Kim, Seungmain Lee and Bongsoon Kang, "Enhanced Vein Detection Method by Using Image Scaler Based on Poly Phase Filter," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.22, No.5, pp.734-739, 2018.



### 김 태 훈

<https://orcid.org/0000-0002-8568-9833>

e-mail : xogns43@hanmail.net

2017년 전문대학교 정보통신공학과(학사)

2017년~현 재 전문대학교

정보통신공학과 석사과정

관심분야 : 임베디드시스템, 의료신호처리,

영상처리



### 이 상 준

<https://orcid.org/0000-0002-9829-4822>

e-mail : mcp94lee@sunmoon.ac.kr

2001년 명지대학교 제어계측공학과(학사)

2005년 명지대학교 전자공학과(석사)

2011년 연세대학교 전기전자공학부(박사)

2014년~현 재 전문대학교

스마트자동차공학부 조교수

관심분야 : 임베디드시스템, 의료신호처리, 패턴인식, 영상처리