

# 손금과 정맥혈관 패턴매칭을 이용한 비접촉 출입 보안시스템 설계

김기중\*

## Design of a Contactless Access Security System using Palm Creases and Palm Vein Pattern Matching

Ki-Jung Kim\*

### 요약

본 논문에서는 라즈베리파이 기반으로 손바닥 정맥혈관 이미지를 획득하기 위하여 950nm파장을 가지는 근적외선 LED 광원 장치와 손금을 획득하기 위한 백색 LED 광원 장치를 가지는 시스템을 개발하였다. 또한 획득한 정맥 및 손금 이미지에 대하여 영상 전처리 과정(흑백화, 평활화, 이진화, 블러링, 세션화 등)을 통하여 정맥과 손금이 혼합된 위조 방지 및 보안이 강화된 고유 패턴이 추출 가능한 영상처리 기술을 구현하여 보안성이 강화된 시스템에서 활용할 수 있는 원천 기술을 확보하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we developed a system with a near-infrared LED light source with a wavelength of 950nm to acquire palm vein images and a white LED light source to acquire palm creases based on Raspberry Pi. In addition, we implemented a unique pattern-extractable image processing technology that can prevent counterfeiting and enhance security of mixed creases and palm prints through image pre-processing (Gray scaling, Histogram Equalization, Blurring, Thresholding, Thinning) for the acquired vein and palm images, and secured a source technology that can be used in a security-enhanced system.

### 키워드

Vein Recognition, Feature Extraction, Recognition Algorithm, Palm Creases, Raspberry Pi  
정맥 인식, 특징 추출, 인식 알고리즘, 손금, 라즈베리 파이

## 1. 서론

최근 정보통신 기술의 발전으로 인증키를 소유하지 않고도 인체의 생리학적 특성을 이용해 신원을 확인할 수 있는 생체인식 기술들이 각광 받고 있다[1-4]. 지문인식, 홍채인식 등은 대표적인 생체인식 방법으로

각각의 개인이 가지는 고유의 생체적 특성을 이용하여 인증하는 방식으로 사용되며 타인이 쉽게 도용할 수 없다는 장점을 가지고 있다.

그러나 지문인식이나 홍채인식의 단점은 생체적 특징이 외부에서 관찰이 가능하므로 이를 촬영하거나 복사하는 방법으로 타인의 위조 또는 도용의 가능성

\* 교신저자 : 화성의과학대학교 컴퓨터사이언스학과

• 접수일 : 2023. 12. 18  
• 수정완료일 : 2024. 01. 15  
• 게재확정일 : 2024. 02. 17

• Received : Dec. 18, 2023, Revised : Jan. 15, 2024, Accepted : Feb. 17, 2024

• Corresponding Author : Ki-jung Kim  
Dept. Computer Science, Hwasung Medi-Science University,  
Email : kjkim36@empas.com

이 높다는 문제를 가지고 있다. 지문의 경우는 지문이 많아서 없어지거나 패턴이 약해서 인식이 잘 되지 않는 문제가 있다. 또한, 홍채인식의 경우는 적외선 차단기능을 가진 선글라스를 착용하거나 태양빛과 같은 외부요인에 의해 인식에 영향을 받는 문제가 있다. 인체 외부의 생체특징을 이용하는 방법이 생체인식에 취약점이 있기 때문에 최근에는 혈관인식과 같이 인체 내부에 숨겨진 특징을 이용하는 보안기술이 연구 및 개발되고 있다[1-3].

특히, 혈관 인식의 경우 사람마다 각기 다른 혈관 패턴을 가지고 있고, 외부적 요소에 의해 변형된 위험이나 복제의 위험성이 상대적으로 낮기 때문에 생체인식 기술로 주목받고 있다. 주로 사용하는 혈관인식 부위는 손등, 손목, 손바닥, 손가락 등의 혈관을 이용하여 인식시스템을 주로 개발되고 있으며, 주로 이용된 인식 방법은 정맥영역과 배경영역이 뚜렷한 손등이나 손목혈관이 주로 사용되어 높은 인식률을 얻을 수 있다. 손목과 손등의 혈관이 높은 인식률을 얻는데는 유리하나 비교적 단순한 패턴으로 보안성이 떨어지는 단점도 있어 최근에는 손가락을 이용하는 지정맥 인식이나 손바닥 손금과 혈관을 조합하는 형태의 인식시스템이 연구되고 있다[4-5]. 본 연구에서는 보안성이 좀 더 강화된 인식시스템을 개발하기 위하여 손금과 손바닥 혈관(정맥)을 동시에 인식하는 복합생체인식 시스템을 개발하고자 한다.

## II. 시스템 구성

### 2.1 H/W 구성도

손바닥 정맥혈관 및 손금 인식기 시스템은 라즈베리파이 3+를 기반으로 설계하였다. 라즈베리파이는 그래픽 처리장치를 탑재한 고속프로세서(BCM2837)를 사용하고 있고, 영상촬영을 위한 CSI CAM포트를 지원하며, 이를 통해 8M 픽셀을 가지는 근적외선 영상을 촬영할 수 있다. BCM2837는 디스플레이를 위해 DSI DIP1 포트를 지원해 TFT LCD를 디스플레이 할 수 있고, 부가적으로 TV DAC 포트를 통해 아날로그 음성을 스피커를 통해 출력할 수 있다. 메모리 장치는 4GB의 DDR2와 SDRAM과 운영체제 및 프로그램을 저장하는 8MB의 Micro SD 카드로 구성되며, 주변장

치는 LAN 통신과 USB 통신을 위한 드라이버 칩인 LAN9514을 통해 유선데이터 통신을 제공한다[6-8].

전체적인 구성도는 그림 1과 같으며, 주요 입출력부는 다음 절부터 설명한다.

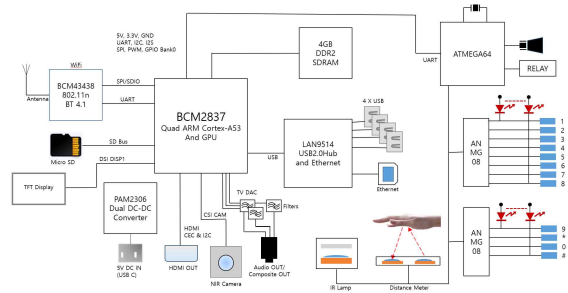


그림 1. H/W 구성도  
Fig. 1 H/W diagram

### 2.2 터치센서부

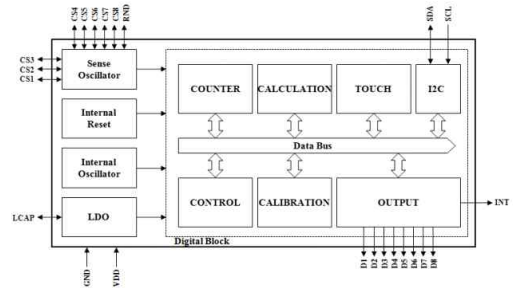


그림 2. ANMG08 터치컨트롤러의 내부 블록도  
Fig. 2 Internal block diagram of the ANMG08 touch controller

ANMG08은 8개의 터치입력을 가지는 정전형 터치 컨트롤러이며, 그림 2에서 보는 바와 같이 CS1~CS8 까지 8개의 정전입력을 받을 수 있도록 설계되었으며, 저항값 또는 캐패시터 값을 조정하여 감도를 조절할 수 있다.

본 연구에서는 그림 3, 4와 같이 각 숫자패널이 터치될 때 해당 불빛이 보이도록 LED 점등회로를 풀업 저항 대신 삽입하였다. 즉 CS1이 입력되면 D1이 H에서 L로 변하기 때문에 D1에 풀업된 LED1 점등되는 순서로 작동하고, 해당 패널에서 손가락을 떼면 D1은 L 상태에서 H로 변하기 때문에 LED1은 점등 상태에서 점멸상태로 바뀌도록 설계하였다.

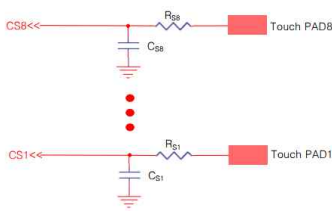


그림 3. 터치 컨트롤러의 입력회로  
Fig. 3 Input circuit of tTouch controller

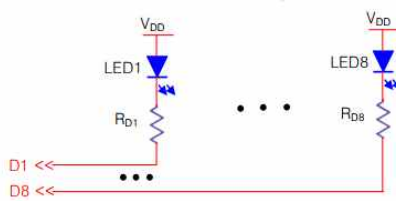


그림 4. ANMG08 출력포트의 LED 점등 회로  
Fig. 4 LED illumination circuit for ANMG08 output port

### 2.3 적외선 LED 광원장치

혈관을 촬영하기 위해서는 750~950nm의 파장을 가지는 근적외선이 필요하다. 근적외선을 조사하기 위한 광원에는 대표적으로 LED 광원과 레이저 광원을 사용할 수 있으나, 본 연구에서는 저렴하고 사용이 용이한 LED 광원을 사용하여 개발하였고, 구조는 방열을 위한 메탈PCB 위에 950nm의 파장을 가지는 700mW LED칩 12개를 배열하여 제작하였다.

LED는 한곳에 집중적으로 모이는 것을 방지하기 위해 방사각이 120°가 되는 LED를 선택해 사용하였으며, LED 광원 앞쪽에 확산판을 설치하여 적외선 광이 골고루 피부에 조사되도록 구성하였다.

그림 5는 근적외선 LED 광원 장치를 제작하기 위한 회로로 12개의 적외선 LED와 4개의 백색LED로 구성하였다. 각각의 광원은 2개의 COMS-FET인 Q1과 Q2에 의해 온-오프 제어되고, 적외선 LED는 정맥혈관 촬영을 위한 광원이고 백색 LED는 손금을 촬영하기 위한 광원으로 사용된다.

### 2.4 거리센서

거리센서는 혈관을 촬영할 때 카메라와 피부사이 일정한 거리를 유지할 필요가 있는데, 이때 촬영에 필요한 거리를 측정하기 위해 광학식 거리센서를 장착하였다. 사용한 거리센서는 샤프에서 생산되는

GP2Y0A41SK0F 센서를 사용하여 제작하였다. 사용한 거리센서는 800nm의 파장을 가지는 적외선을 그림 6과 같이 방사하고 피부에 반사되어 돌아온 적외선을 받아 거리를 측정하는 센서이다. 최대 측정거리는 40cm이며, 거리에 대한 출력은 전압값으로 출력된다. 본 연구에서는 ATMEGA64에 있는 8비트 ADC에서 전압을 입력받아 거리를 환산하여 UART 통신을 통해 영상처리 장치로 전송하도록 구성하였다.

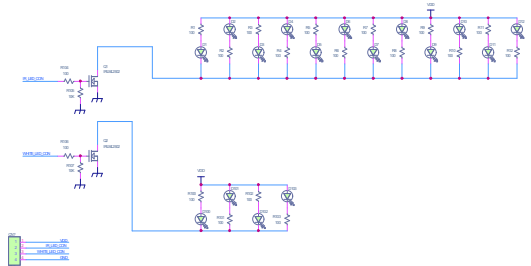


그림 5. LED 광원회로  
Fig. 5 LED Light source circuit

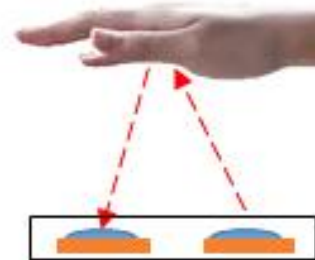


그림 6. 적외선 거리센서  
Fig. 6 Infrared distance sensor

### 2.6 외형 디자인개발

그림 7은 출입통제 보안시스템의 렌더링 그림으로 전면에 LCD창과 터치기능을 가지는 숫자판이 배열되어 있으며, 아래쪽에 위, 아래로 초승달 모양의 적외선 투과창이 설치되어있고 안쪽에 적외선 카메라의 창이 배치되어있다.



그림 7. 3차원 렌더링 디자인 도  
Fig. 7 Three-dimensional rendering design diagram

### III. 영상 처리부

#### 3.1 영상 전처리부

영상 전처리부는 영상 획득부에서 획득한 적외선 영역에서 얻은 손바닥 정맥패턴 영상과, 가시광선 영역에서 얻은 손금 영상을 인식부에서 사용하기 위하여 사용자 각각의 고유 패턴을 추출하는 과정이다. 전처리부에서는 정맥패턴과 손금패턴을 추출하기 위하여 그림 8과 같은 여러 단계의 전처리 과정을 거치는데 다음 절부터 각 단계별 처리 과정을 설명한다. 정맥패턴과 손금패턴의 전처리 과정은 동일하게 진행되었으며, 전처리부를 거친 영상은 최종적으로 패턴화된 데이터로 인식부의 입력으로 사용된다[9-10].

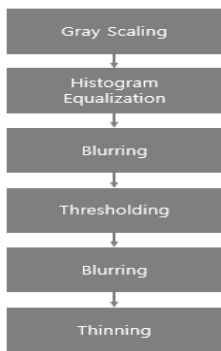
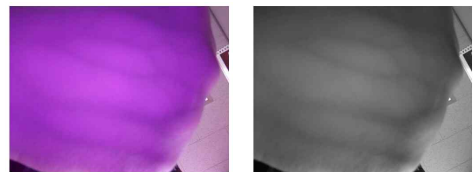


그림 8. 영상 전처리 과정  
Fig. 8 Image preprocessing

#### 3.2 영상 흑백화(Gray Scaling)

영상 흑백화란 입력된 영상의 모든 픽셀을 흑(0)과 백(255) 사이의 값으로 영상을 변환하여 흑백변환 과정을 의미한다. 영상을 흑백 처리하는 이유는 알고

리즘에서 사용되는 데이터양을 줄여 연산속도를 개선할 수 있고, 메모리를 효율적으로 사용할 수 있기 때문이다. 흑백영상의 픽셀 값은 RGB의 세 채널로 구성된 컬러 영상에서 각 픽셀들의 채널단위 평균값을 구하는 방법으로 계산한다. 그림 9(a)는 카메라를 통해 입력된 원본 영상으로 RGB 3채널에 대한 영상데이터를 가지며, 그림 9(b)는 그림 9(a)의 원본영상을 흑백화 변환과정을 거친 영상으로 세 채널의 평균값에 대한 데이터를 가지는 0에서 255로 변환한 흑백영상이다.



(a) (b)

그림 9. 정맥혈관 영상의 이진화 변환 (a) 원본 정맥혈관 영상, (b) 흑백 영상

Fig. 9 Binarization of vein images (a) original vein image, (b) gray scaling image.

#### 3.3 영상 평활화(Histogram Equalization)

영상 평활화는 영상 내의 밝기나 대조를 조정하여 특징이 더 잘 보이도록 처리하는 과정이다. 평활화를 수행하기 위해서는 이미지 내의 히스토그램을 계산하고, 히스토그램의 누적 분포 함수(Cumulative Distribution Function, CDF)를 계산해야 한다. CDF는 이미지 내의 모든 픽셀에 대한 밝기 값을 누적하여 그래프로 표현한 것으로 CDF는 식 (1), (2), (3)과 같은 수식으로 정의된다.

$$p(g) = \frac{h(g)}{w \times h} \quad \dots (1)$$

$$cdf(g) = \sum_{0 \leq i \leq g} p(i) \quad \dots (2)$$

$$H(x,y) = round(cdf(f(x,y))) \times L_{max} \quad \dots (3)$$

식 (1)은 정규화된 히스토그램을 계산하는 수식이요, 식 (2)는 누적분포함수를 계산하는 수식, 식 (3)은 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 입력영상 f(x,y)에 대한

평활화를 적용한 영상인  $H(x,y)$ 를 계산하는 수식이다. 평활화가 적용된  $H(x, y)$ 는 밝기나 대조가 개선되어 영상 내의 세부 정보가 더 잘 보이게 되며, 정규화된 히스토그램은 평활화 이전의 히스토그램과는 달리 픽셀값이 고르게 분포되어 있어 영상 분석에 더욱 용이하다. 그림 10(a)는 평활화를 미 적용한 영상으로 혈관과 피부의 경계가 불분명 한데 반해 그림 10(b)는 평활화를 적용한 영상으로 혈관과 피부의 경계가 평활화 적용 시 더 뚜렷해짐을 알 수 있다.

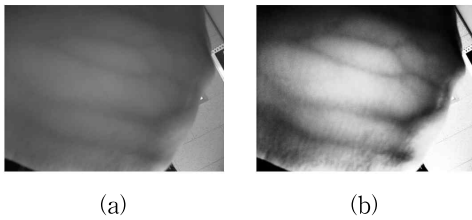


그림 10. 평활화 적용 여부, (a) 평활화 미 적용 영상 (b) 평활화 적용 영상

Fig. 10 With and without equalization, (a) image without equalization (b) image with equalization

### 3.4 이진화(Thresholding)

영상 이진화는 입력 영상의 각 픽셀값을 일정 임계값을 기준으로 0 또는 255로 치환하는 과정이다. 이진화는 이미지 내에서 특정 물체의 경계를 강조하거나 영상 내에서 특정 정보를 추출하는 데 사용될 수 있으며, 정맥 영상에서는 배경(피부, 배경)과 정맥을 구분하기 위해 이진화를 수행하였다. 이진화 변환 방법으로는 Otsu's, Yen's, Kapur's, Global, Adaptive, Adaptive\_Gaussian 등이 있다. 본 연구에서는 적응 가우시안 C(Adaptive Gaussian C)를 사용하였다.

Adaptive\_Gaussian\_C는 픽셀값을 기준으로 주변 픽셀들의 가우시안 분포에 따른 가중치 합으로 임계값을 결정하는 방법이며 이 방법은 밝기 변화 혹은 노이즈 등의 영향을 상대적으로 적게 받아 안정적이며 동적으로 임계값을 결정하기 때문에 변화하는 환경에서 사용하기 적당하다. Adaptive\_Gaussian\_C는 식 (4)와 같은 수식으로 정의 된다.

$$T(x,y) = \text{mean}(x,y) - C \quad \dots (4)$$

수식에서  $T(x, y)$ 는 해당 위치  $(x, y)$ 의 임계값을 나타내며,  $\text{mean}(x, y)$ 는 해당 위치의 가우시안 윈도우

함수를 사용하여 계산된 주변 픽셀 값의 가중평균을 나타내며,  $C$ 는 임계값 조정상수로 가중평균에서 빼줌으로써 임계값을 조절한다.

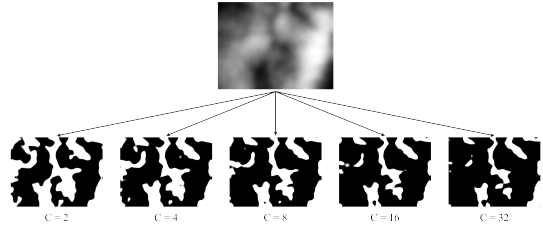


그림 11. 임계값 조정상수 C에 따른 출력 영상 비교  
Fig. 11 Comparison of output images as a function of threshold scaling constant C

그림 11은 임계값 조정상수 C에 따른 출력 영상의 변화를 비교한 그림으로, C의 값이 클수록 더 정확한 정맥혈관을 추출하나 얇은 혈관은 추출하지 못하며, 값이 작을수록 얇은 혈관까지 모두 추출하지만 노이즈에 취약함을 알 수 있다. 본 연구에서는 특징점이 손실없이 가장 잘 확인되는 C=8로 설정하여 시험하였다.

### 3.5 블러링(Blurring)

영상 블러링은 영상 내의 노이즈나 잡음을 제거하거나 경계 검출을 부드럽게 처리하는 등의 목적으로 사용된다. 블러링은 주로 필터링(Filtering) 기법을 이용하여 구현되는데, 필터는 입력 영상의 픽셀값을 조정하여 출력 영상을 생성한다. 이때 필터의 크기와 형태 가중치 등은 사용하는 알고리즘과 영상처리의 목적에 따라 다양하게 결정된다. 정맥영상처리에는 정맥이 아닌 노이즈를 제거하기 위해서 블러링이 사용되는데, 대표적인 필터로는 평균 필터(Mean Filter), 중간값 필터(Median Filter), 가우시안 필터(Gaussian Filter) 등이 있으며, 본 연구에서는 이 중 성능이 우수하다고 알려진 가우시안 필터를 사용하였다. 가우시안 필터(Gaussian Filter)는 입력 영상의 주변 픽셀들의 값을 가중 평균화하여 블러링을 수행하는 방식이며, 가우시안 필터를 수식으로 표현하면 식 (5)와 같다.

$$G_{\sigma}(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad \dots (5)$$

가우시안 필터  $G(x,y)$ 를, 좌표  $x,y$ 와 표준편차  $\sigma$ 를 사용하여 나타내었으며, 그림 12는 필터의 크기는  $9 \times 9$ ,  $\sigma=1$ 의 조건일 때 위 수식의 결과로 추출한 2차원 가우시안 마스크의 예시이다.

4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0002	0.0011	0.0018	0.0011	0.0002	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0002	0.0029	0.0131	0.0215	0.0131	0.0029	0.0002	0.0000
1	0.0000	0.0011	0.0131	0.0585	0.0965	0.0585	0.0131	0.0011	0.0000
0	0.0001	0.0018	0.0215	0.0965	0.1592	0.0965	0.0215	0.0018	0.0001
-1	0.0000	0.0011	0.0131	0.0585	0.0965	0.0585	0.0131	0.0011	0.0000
-2	0.0000	0.0002	0.0029	0.0131	0.0215	0.0131	0.0029	0.0002	0.0000
-3	0.0000	0.0000	0.0002	0.0011	0.0018	0.0011	0.0002	0.0000	0.0000
-4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4

그림 12. 2차원 가우시안 필터( $9 \times 9$ ,  $\sigma=1$ )  
Fig. 12 Two-dimensional Gaussian filter ( $9 \times 9$ ,  $\sigma=1$ )

본 연구에서는 입력 영상의 노이즈를 제거하기 위하여 2번의 블러링을 사용하여 구현하였다. 평활화를 진행한 후 1차 블러링을 적용하고, 이진화 시행 후 추출된 영상에 대하여 2차 블러링을 하여 조금 더 선명한 영상을 얻을 수 있었다

그림 13 과 14는 1차 및 2차 블러링의 표준편차 ( $\sigma$ )에 따른 최종 추출 이미지를 비교한 그림으로 2차 블러링까지 했을 때 조금 더 선명한 영상을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 본 연구에서는 정맥 패턴의 정보가 가장 근사하게 나타나는  $\sigma=8$ 로 설정하여 시험하였다.

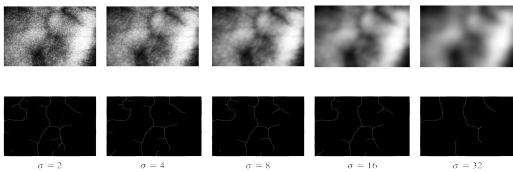


그림13. 표준편차  $\sigma$ 의 변화에 따른 1차 블러링 결과  
Fig. 13 Comparison of primary blurring results as a function of standard deviation( $\sigma$ )

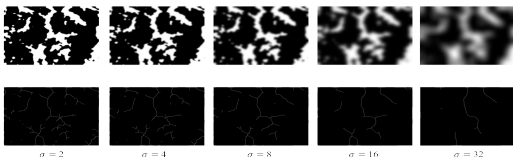


그림 14. 표준편차  $\sigma$ 의 변화에 따른 2차 블러링 결과  
Fig. 14 Comparison of secondary blurring results as a function of standard deviation( $\sigma$ )

### 3.6 세션화(Thinning)

영상 세션화는 영상의 굵은 선들을 하나의 얇은 선으로 변환하는 과정을 말하는 것으로 정맥 패턴은 무작위적으로 분포된 점들의 집합이기 때문에 이를 선으로 추출함으로써 정맥 패턴의 형태와 위치 정보를 간결하게 표현할 수 있다. 간결하게 정리된 데이터는 기존 데이터에 비해 메모리 효율이 높으며, 처리속도를 향상시킨다. 또한, 정맥 패턴은 손가락이나 팔의 움직임 등에 따라 모양이 변형될 수 있는데, 선 정보는 변형이 적고 안정적이기 때문에 분석 및 인식 정확도 측면에서 유리하다. 세션화에는 다양한 알고리즘이 사용되는데, 본 연구에서는 가장 대중적으로 사용되고 빠르다고 알려진 ZHANG-SUEN 알고리즘을 사용하였다[11].

그림 15(a)는 결과 비교를 위하여 손금 영상과 정맥혈관 영상을 각각 촬영하여 영상을 매칭한 후 흑백화한 영상이고, 그림 15(b)는 확보된 영상에 대하여 본 연구에서 사용한 영상 전처리 단계를 모두 거쳐 출력된 손금과 정맥 패턴 영상이다.

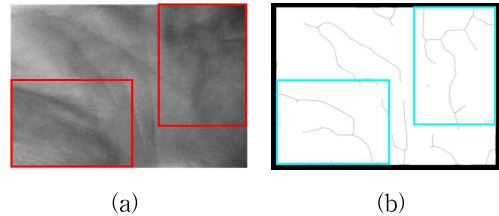


그림 15. (a) 손금과 정맥 원본 영상, (b) 전처리 후 손금과 정맥 혈관이 합성된 세션화 이미지  
Fig. 15 (a) Original image of palm and veins, (b) synthesized thinning image of palm creases and veins after preprocessing.

그림 15의 (a) 및 (b)에서 왼쪽 박스는 손금 패턴을 오른쪽 박스는 정맥 패턴으로 영상 전처리 알고리즘을 적용 후 그림 15(b)와 같이 패턴화되어 손금과 정맥 패턴이 개인별 복합생체 신호를 얻을 수 있음을 보여주고 있다.

## IV. 결론 및 후속 연구 계획

본 연구에서는 손금과 정맥혈관 패턴 매칭을 이용한 강화된 보안시스템 개발하기 위하여 라즈베리파이

3+ 기반으로 손금과 정맥 패턴 영상 획득할 수 있는 시스템을 950nm 근적외선 LED 광원을 이용하여 구현하였다. 근적외선 영역에서 얻은 정맥혈관 영상 및 가시광선 영역에서 얻은 손금 영상을 개인별 고유한 패턴을 추출하기 위하여 영상 흑백화, 평활화, 이진화, 블러링, 세션화 등의 영상 전처리 과정을 거쳐 최종적으로 손금과 정맥 혈관이 합성된 세션화 영상을 확보하였고, 손금과 손바닥 정맥 패턴이 혼합된 개인별 패턴을 이용하여 위조 방지 및 보안이 강화된 영상처리 기술을 구현할 수 있음을 확인하였다. 또한 입력 영상의 노이즈를 제거하기 위하여 평활화를 진행한 후 1차 블러링을 적용하고, 이진화 시행 후 추출된 영상에 대하여 2차 블러링을 하여 조금 더 선명한 영상을 얻을 수 있음을 확인하였다.

구축된 이미지 취득 장치와 영상 전처리 과정을 통하여 확보된 개인별 손금 및 정맥 패턴은 후속 연구를 통하여 출입통제 시스템 등으로 활용할 수 있도록 사용자 등록, 인식부 알고리즘, 외부 공격이나 해킹으로부터 방어할 수 있는 데이터 암호화 기술 등을 적용하여 시스템의 완성도를 높일 계획이다. 또한 정맥 혈관 획득 및 영상 처리기술을 활용하여 의료용 정맥 혈관투영기 개발 등의 영역으로의 확장 가능성이 있을 것으로 기대된다.

## References

[1] S. Kim and W. Kim, "User Identification Method using Palm Creases and Veins based on Deep Learning," *J. of Broadcast Engineering*, vol. 23, no. 3, 2018, pp. 395-402.

[2] K. Ryu, "A Design of Palm Vein Authentication Algorithm Based on Biometric Date," Master's Thesis, *Soongsil University Graduate School*, 2020.

[3] P. Wang and D. Sun, "A research on palm vein recognition," *IEEE 13th Int. Conf. on Signal Processing (ICSP)*, Chengdu, China, Nov. 2016, pp. 1347-1351.

[4] D. Jeong, J. Cho, and G. Kim, "Research commuter terminal system using finger vein," *Proc. of the Korean Institute of Information and Commucation Sciences Conf.*, Jeju, Korea, Oct. 2016, pp. 672-673.

[5] K. Kim, "The Lines Extraction and Analysis of The Palm using Morphological Information of The Hand and Contour Tracking Method," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 243-248.

[6] Y. Kim, H. Kim, H. Nam, N. Lee, and Y. Ko, "A Study on the Autonomous Driving Algorithm Using Bluetooth and Rasberry Pi," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 4, 2021, pp. 689-698.

[7] H. Lee and Y. Park, "A Study of Attendance Check System using Face Recognition," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 6, 2022, pp. 1193-1198.

[8] W. J. Lee and Y. H. Lee, *Raspberry Pi Home IoT*, Seoul: Icbang, 2022

[9] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing 4th Ed.* New York: Pearson, 2017.

[10] M. K. Sarker, M. Song, H. Lee, and Y. Park, "Real-Time Vehicle License Plate Detection Based on Background Subtraction and Cascade of Boosted Classifiers," *The J. of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 39C, no. 10, 2014, pp. 909-919.

[11] S. Sonil, R. Chadha, and S. Kaur, "A Review Paper on Thinning of Image Using Zhang and Suen Algorithm and Neural Network," *J. of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, vol. 18, no. 2, Mar-Apr. 2016, pp. 48-51.

## 저자 소개

### 김기중(Ki-Jung Kim)



1990년 원광대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1998년 원광대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2005 ~ 현재 화성의과학대학교 컴퓨터사이언스학과 교수

※ 관심분야 : 임베디스시스템, 공장자동화

