

# 광용적맥파를 이용한 생체인식 보안시스템의 설계 및 구현

## (Design and Implementation of Biometrics Security System Using Photoplethysmogram)

김 현 기\*  
(Hyen-Ki Kim)

**요 약** 생체인식은 개인의 신체에서 얻어지는 고유한 특성을 특징점으로 잡아 인식하는 방법으로 분실할 위험이 없고 타인에 의한 위·변조의 위험성이 낮아 높은 보안성을 제공한다. 본 논문에서는 빠르고 편리하게 광학적으로 두 손가락 끝에서 정확한 심장박동 신호를 측정하여 생체인식에 적용할 수 있는 광용적맥파를 이용한 생체인식 보안시스템을 설계 및 구현하였다. 성능평가 결과, 본 논문에서 설계 및 구현된 개인인증을 위한 생체인식 보안시스템은 출입문의 개폐용으로 실험한 결과 평균 90.5%의 인식률을 나타내었다. 제안된 생체인식 보안시스템은 간단하게 손가락을 기계에 접촉하는 원터치 방식으로 원하는 생체 정보를 얻음으로써 시간적 편리성과 누구나 거부감 없이 쉽게 이용할 수 있는 장점이 있다.

**핵심주제어** : 센서, 광용적맥파, 심장박동, 개인인증, 생체인식, 보안시스템

**Abstract** Biometrics are methods of recognizing a person based on the physiological or behavioral characteristics of his or her body. They are highly secure with little risk of loss or falsification by others. This paper has designed and implemented a security system of biometrics by precisely measuring heartbeat signals at two fingertips and using a photoplethysmogram, which is applicable to biometrics. A performance evaluation has led to the following result. The security system of biometrics for personal authentication which has been designed and implemented by this study has achieved a recognition rate of 90.5%. The security system of biometrics suggested here has merits of time saving and easy accessibility. The system is touch-based and collects the necessary biometric information by simply touching the machine with fingers, so anyone can utilize the system without any difficulty.

**Key Words** : Sensor, Photoplethysmogram, Heartbeat, Personal Authentication, Biometrics, Security System

### 1. 서 론

현대 사회 전반에 걸친 온라인상의 생활권 확대로 개인 정보의 보안과 유지가 절실하게 요구된다. 이 요

구를 충족하기 위하여 다양한 방법의 사용자 인증 방법이 제안되었다. 그러나 키나 패스워드, PIN 방식의 인증 법은 타인에 의한 위·변조와 분실의 위험성을 동시에 갖고 있다. 반면 생체인식은 개인의 신체에서 얻어지는 고유한 특성을 특징점으로 잡아 인식하는

\* 국립안동대학교 멀티미디어공학과

방법으로서 분실할 위험이 없고 타인에 의한 위·변조의 위험성이 낮아 높은 보안성을 제공한다.

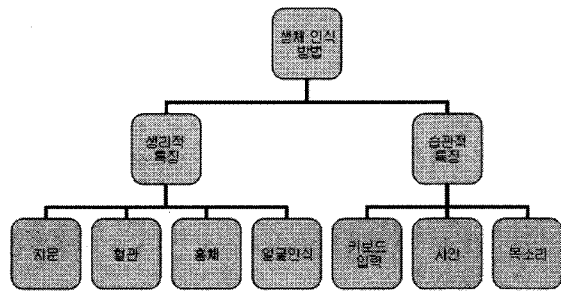
현재 지문이나 손모양, 혈관, 얼굴, 홍채, 서명, 음성 등의 다양한 생체 정보를 통한 인식방법이 연구 개발되고 있다. 이 중에서 지문이나 홍채, 얼굴, 서명 등의 방법들은 범인 검거, 은행 업무 등의 분야에서 활용 중에 있다. 그러나 지문 인식은 타인에 의한 위·변조의 위험성이 있고, 얼굴 인식은 조명이나 나이가 드는 등의 주변 환경 요인의 변화에 민감하여 정확도가 떨어질 수 있다. 또한 홍채나 안구를 이용한 인식은 기기에 민감한 눈을 직접 접촉하므로 질병에 대한 노출과 사용자의 거부감 등의 단점을 안고 있다. 이러한 단점들을 보완하고 보안성을 더 높이기 위해 두 가지 이상의 생체 정보를 동시에 적용하는 방법들이 고려되었다. 이러한 방법은 두, 세 가지의 생체 정보가 함께 제공되기 때문에 정확도나 보안성이라는 측면에 있어서는 향상을 가져온다. 그러나 각각의 정보를 인식할 수 있는 개별 시스템이 모두 요구되므로 높은 비용과 시스템의 대형화가 불가피하며, 획득된 생체 정보를 분석·비교·판단하는데 걸리는 시간이 상대적으로 길어져 사용자로 하여금 불편함을 느끼게 한다[1,2].

따라서 본 논문에서는 빠르고 편리하게 광학적으로 두 손가락 끝에서 정확한 심장박동 신호를 측정하여 생체인식에 적용할 수 있는 광용적맥파(PPG : Photoplethysmogram)를 이용한 생체인식 보안시스템을 설계 및 구현하였다. 구현된 시스템은 손가락 끝에서 원하는 생체 정보를 얻음으로서 누구나 거부감 없이 쉽게 이용할 수 있는 장점을 갖는다. 또한 간단하게 손가락을 기계에 접촉하는 방식, 즉 원터치로 생체 정보를 얻을 수 있는 편리성과 심장박동이라는 한 가지의 정보만을 빠르게 비교·분석함으로써 시간적 편리성을 함께 제공한다.

본 논문은 다음과 같은 방식으로 기술하였다. 2장에서는 관련연구에 대하여 다루며, 3장에서는 광용적맥파 측정 시스템의 구성에 대해서 다룬다. 4장에서는 생체인식 보안시스템의 설계에 대하여 설명하며, 5장에 제안된 시스템의 구현 및 실험에 대하여 설명한다. 마지막으로 6장에 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

생체 인식은 개인의 신체적 특징 또는 습관적 특성을 특징 점으로 잡아 인식하는 방법으로서 개인을 식별할 수 있을 뿐 아니라 보안용 패스워드로 활용할 수 있다. 생체 인식은 분실할 위험이 없고 타인에 의한 위·변조의 위험성이 낮아 높은 보안성을 제공한다. 생체 인식 중에서 개인의 고유한 생체 정보인 생리적 특징으로 인식하는 방법으로는 지문, 혈관, 홍채 인식, 얼굴인식 등이 있다. 그리고 개인의 오랜 습관에서 비롯된 습관적 특징으로는 키보드 입력 패턴, 사인, 목소리 등이 있다. <그림 1>은 보안을 위한 생체 인식 방법의 예이다.



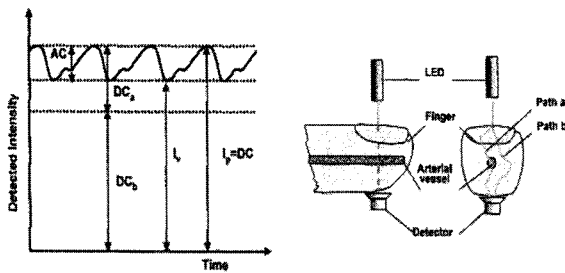
<그림 1> 생체 인식 방법의 종류

생체 인식 방법 중에서 지문이나 홍채, 얼굴인식, 서명 등의 방법들은 은행 업무, 경찰 업무의 범인 검거 등의 분야에서 활용 중에 있다. 그러나 지문 인식은 손의 상처 등으로 인한 인식 오류의 위험과 타인에 의한 위·변조의 위험성이 있고, 얼굴 인식은 카메라의 종류, 조명이나 얼굴의 각도에 따른 주변 환경 요인의 변화에 민감하여 정확도가 떨어질 수 있다. 또한 홍채나 안구를 이용한 인식은 기기에 민감한 눈을 직접 접촉하므로 사용자의 거부감 등의 단점을 안고 있다.

이러한 단점들을 보완하고 보안성을 더 높이기 위해 두 가지 이상의 생체 정보를 동시에 적용하는 방법들이 고려되었다. 이러한 방법은 두, 세 가지의 생체 정보를 함께 제공받아 이용하므로 정확도나 보안성이 향상될 수 있다. 그러나 각각의 정보를 인식할 수 있는 개별 시스템이 필요하여 높은 비용이 추가되며 시스템의 대형화가 불가피하다. 또한 제공받은 생체 정보 자료를 분석·비교·판단하는데 상대적으로 시간이 많이 걸리므로 사용자가 불편함을 느낄 수 있다.

광용적맥파는 심장 박동에 따라 혈관 내의 혈액량의 변화를 빛의 흡수, 반사, 산란을 이용하여 측정하는 신호로서 의료용으로 맥박과 산소포화도를 측정하는데 이용되고 있다. PPG는 혈동맥혈이 산소포화도를 측정하는데 널리 사용되어 왔다. 흔히 두 개의 다른 파장의 빛을 손톱에 조사시키고 투과되어 나온 빛을 측정한다. PPG 신호는 심장박동과 동기하여 가장 뚜렷한 파형이 나타난다. 심장박동을 측정하는 광학적 검출방식은 혈액의 헤모글로빈과 상관이 좋은 광을 피부에 가까운 동맥혈에 조사하여 검출하는 방법이며, 기계적 변환방식은 피부에 전달되는 맥박을 압전소자, 반도체 압력 센서 등 압력변환 센서를 통해 심장박동을 검출하는 방법이다[3,4].

적외선과 같은 광을 손가락 끝이나 손목 부근에 주입한 후 반사되어 나오는 파형을 의미한다. 광전용맥파 측정은 광의 침투 및 투과가 용이하여야 하므로 피부의 두께가 얇은 손가락에서 주로 측정한다. 손가락 내의 혈류량은 심장 박동에 따라 변화하게 되는데, 이때 손가락에 빛을 조사하면 손가락을 투과한 빛에서 AC성분이 나타나게 된다. 이러한 신호를 PPG(Photo Plethysmogram)라고 한다. 이때 PPG 신호의 분당 피크 수를 측정하여 맥박도 얻을 수 있다. 아래의 <그림 2>는 광학적 센서를 이용한 PPG 신호 측정을 보여준다.

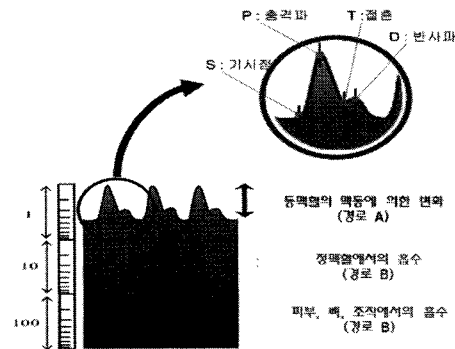


<그림 2> LED와 PD를 이용한 광학적 PPG 측정

PPG 신호를 얻기 위한 광학적 센서단으로 광원단에는 LED를, 측정단으로는 PD(Photo Detector)를 사용하여 간단하면서 저렴한 구성이 가능하다. 사람의 심장박동은 개인 고유의 유전적 소인과 개인이 처한 주변 환경 소인에 의해 만들어지는 복합적 고유산물로 타인에 의한 도용이 불가능하므로 높은 신뢰도와 보안성을 갖는다[5,6].

### 3. 광용적맥파 측정 시스템의 구성

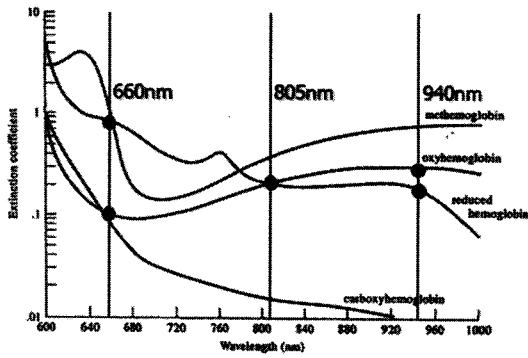
본 연구에서는 심장 박동을 측정하기 위해 광학적 검출 방법을 이용하였다. 이를 위해 광용적맥파의 측정이 필요하게 된다. 일반적으로 광용적맥파는 조직에서 광흡수도의 변화를 측정하게 된다. 측정하고자 하는 조직에 광원과 광검출기를 부착하여 피부를 투과, 산란하는 빛의 강도를 측정한다. 광검출기에 측정되는 광강도는 조직의 구성 및 심장박동에 의해 변화한다. 심장박동에 의해 발생하는 일반적인 광용적 맥파의 파형은 <그림 3>과 같이 피부, 뼈, 조직, 정맥혈 및 비맥동 동맥혈에 의한 DC 성분과 동맥혈의 맥동에 의해 변화하는 AC 성분으로 나뉘어진다.



<그림 3> 광용적맥파의 신호 성분

여기에서 조직에서 일어나는 혈관의 혈류와 용적 변화는 심장 박동변화와 동일하므로 동맥혈의 맥동에 의한 AC 신호를 추출하여 심장 박동을 검출할 수 있다. 광용적맥파 신호는 심장박동을 나타내 주는 신호이기도 하지만, 심장박동은 호흡신호와도 연관되어 있다. 호흡신호는 숨을 들이쉬면 폐 압력이 감소하게 되고 이로 인해 심장혈액이 증가하게 된다. 심장혈액이 증가함으로 인해 심장활동이 증가하게 되고 더불어 혈압 증가 및 세동맥에 혈류량이 증가하게 된다. 반대로 날숨의 경우 폐압력이 증가하고, 이로 인해 심장혈액이 감소하여 심장활동이 감소하게 되어 혈압감소 및 세동맥 혈류량이 감소하게 된다.

<그림 4>는 헤모글로빈에 대한 흡광 계수를 보여준다.



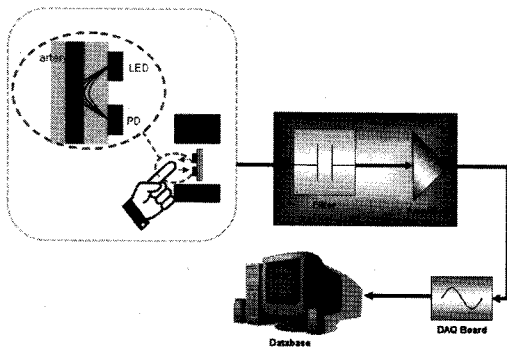
<그림 4> 헤모글로빈에 대한 흡광 계수

헤모글로빈 및 생체 조직에서의 광강도는 식(1)과 같이 Beer-Lambert 법칙에 의해 계산된다.

$$I_t = I_0 \times 10^{-adc} \quad (1)$$

여기에서  $I_t$ 는 투과/반사광의 강도,  $I_0$ 는 입사광의 강도,  $a$ 는 조직의 광학적 흡수계수,  $d$ 는 조직의 두께,  $c$ 는 조직의 농도를 나타낸다.

<그림 5>는 광용적맥파를 측정하기 위한 PPG 측정 시스템의 구성도이다.

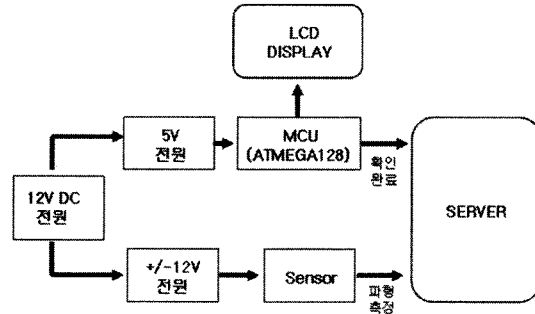


<그림 5> PPG 측정 시스템의 구성도

심장 박동 및 호흡신호를 측정하기 위한 검출기로는 FDS100(Thorlabs) 포토 다이오드를 사용하였다. 사용된 광원의 중심 파장은 660nm이며, 7mW의 광출력을 갖는다. 또한 광원부 및 검출기의 크기가 2.7mm×3.2mm로 컴팩트한 센서부의 제작이 가능하다. 포토 다이오드를 통해 측정된 광용적맥파는 광신호가 미약 광이므로 증폭기를 거쳐 PC에서 신호처리를 한다.

#### 4. 생체인식 보안시스템의 설계

본 연구에서 설계된 광용적맥파를 이용한 개인인증을 위한 생체인식 보안시스템의 블록다이어그램은 <그림 6>과 같다.

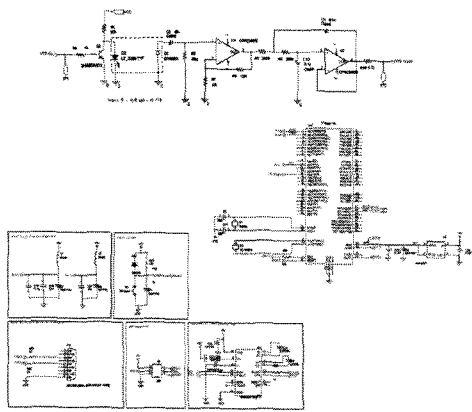


<그림 6> 개인인증을 위한 생체인식 보안시스템의 블록다이어그램

본 연구에서 설계한 생체인식 보안시스템의 동작원리는 다음과 같다.

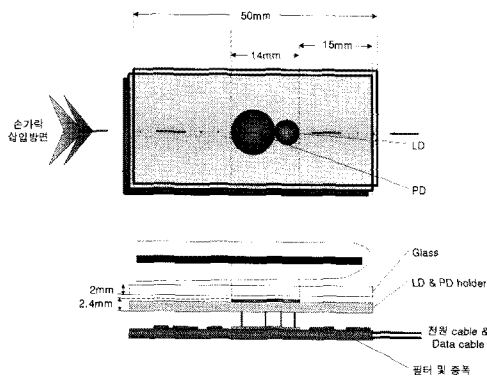
메인 전원(12V DC)이 인가되면 센서부에는 +12V/-12V 전압이 OPAMP에 인가되고, MCU(Main Control Unit)에는 5V 전압이 인가되도록 한 후, 센서부에 손가락을 올려놓는다. 그러면 센서부의 레이저 다이오드(Laser Diode)에서 레이저가 손가락에 있는 혈맥을 투과하게 된다. 센서부의 포토 다이오드(Photo Diode)가 혈맥의 맥박을 파형으로 추출하게 된다. 서버에서 추출된 맥박 파형을 수치값으로 저장한다. 기존에 저장된 인물의 데이터일 경우에는 서버에서 MCU로 동일 인물이라는 값을 전달하게 된다. LCD 디스플레이 모듈에서 본인 인증여부와 해당 인물의 영문이름이 디스플레이 되게 된다. 동일 인물이 아닌 경우에는 해당 문구를 LCD에 디스플레이 하게 된다.

<그림 7>은 개인인증을 위한 생체인식 보안시스템의 PPG 신호 측정 회로도이다. 포토 다이오드를 통해 측정된 신호의 분석을 위해 PC를 이용하여 DAQ 장치(NI사의 BNC-2090)를 구성하였다. PC를 이용한 분석을 위해 LabVIEW (National Instruments Inc.)를 이용하여 수집, 분석 프로그램을 작성하였다.



<그림 7> 개인인증을 위한 PPG 신호 측정 회로도

본 연구에서의 광용적맥파를 이용한 생체인식 보안 시스템의 센서부의 구조도는 <그림 8>과 같다.

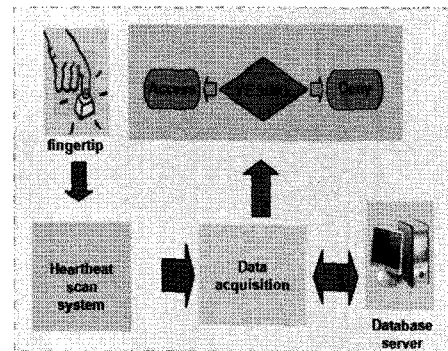


<그림 8> 센서부 구조도

## 5. 구현 및 실험

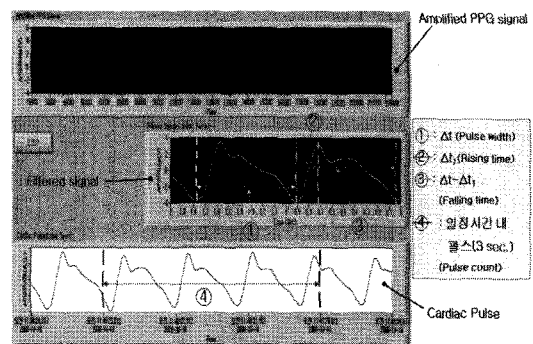
심장박동 측정을 이용하여 생체인식을 위한 시스템은 <그림 9>와 같다. 먼저, 광원과 광검출기로 구성된 측정 센서단을 사용하여 손에서 PPG 신호를 획득한다. 획득된 신호는 DB 서버(다수의 측정 결과가 필요한 경우) 또는 MCU(소수의 측정 결과만을 요하는 경우)로 전송되어 일련의 알고리즘을 통해 고유의 특징점들을 추출하게 된다. 특징점 추출 알고리즘은 1차적으로 개인마다 펄스폭이 차이가 생기는 점을 이용하여 시간 단위에서 값을 측정하였다. peak to peak의 값과 valley to valley의 값, 그리고 valley와 peak 사

이의 상승시간을 주 특징점으로 측정하였다. 이러한 시간 개념의 특징점은 같은 사람의 경우에도 운동 상태에 따라 그 값이 달라질 수 있기 때문에 정규화 작업의 일환으로 펄스폭 대비 상승시간의 비를 계산하여 특징점으로 추가하였다. 그 결과 백분율로 환산하였을 때 그 오차율은 최대 1.5%의 범위를 넘지 않는 것을 확인 할 수 있었다. 추출된 특징점들은 서버에 저장되어, 저장된 데이터를 기반으로 하여 새로 입력되는 값을 비교·분석하게 된다. 일련의 알고리즘을 통하여 비교·분석된 데이터는 저장된 데이터와 새 입력 값 사이의 일치 여부를 알려주며, 그 결과에 따라서 접근하고자 하는 보안시스템에 접근 가능하거나 거부되게 된다.



<그림 9> 개인인증 시스템의 구성도

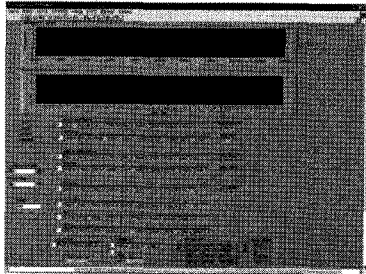
이 때, 광용적맥파를 측정하는 광원으로는 LD와 LED, 모두 사용이 가능하며 본 연구에서는 660nm LD(Thorlabs. INC)를 사용하였으며 광을 받아들이는 수광부로는 Photo Diode(Thorlabs. INC)를 사용하였다. <그림 10>은 측정된 PPG 신호를 분석하는 프로그램(LabVIEW)을 나타낸다.



<그림 10> PPG 신호 분석 프로그램(LabVIEW)

앞의 그림에서  $\Delta t$ 는 펄스폭,  $\Delta t_1$ 은 상승시간,  $\Delta t - \Delta t_1$ 은 하강시간, ④는 일정시간내 펄스의 수를 나타낸다.

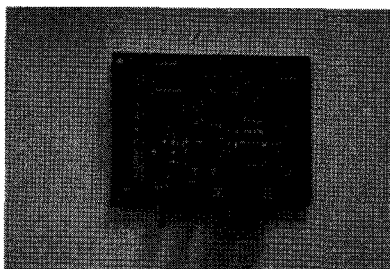
<그림 11>은 피실험자로 부터 측정된 PPG 신호 및 데이터 분석 화면을 나타낸다.



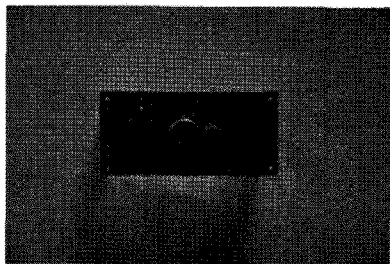
<그림 11> 피실험자의 PPG 신호 및 데이터 분석 화면

<그림 11>은 실제 측정된 화면을 보여준다. DAQ 보드를 통해서 얻어진 신호와 필터링을 거친 신호를 그래프로 보여주며 특징점 추출 알고리즘에 의해 수행된 값들을 표시하고 있다. 특징점은 1차적으로 개인마다 펄스폭이 차이가 생기는 점을 이용하여 시간 단위에서 값을 측정하였다. 이러한 시간 개념의 특징점은 같은 사람의 경우에도 운동 상태에 따라 그 값이 달라질 수 있기 때문에 정규화 작업을 필요로 한다.

<그림 12>는 본 연구에서 설계 및 구현 한 광용적 맥파를 이용한 생체인식 보안시스템의 메인 MCU 보드와 센서 보드의 시제품을 보여주고 있다.



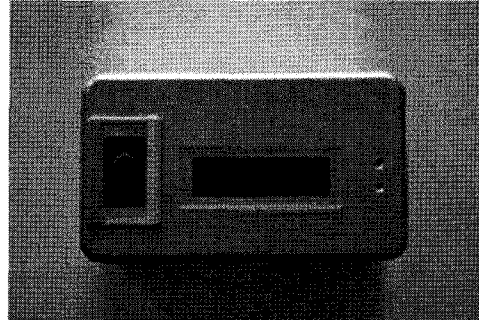
(a)



(b)

<그림 12> MCU 및 센서 보드 시제품

<그림 13>은 본 연구에서 구현된 생체인식 보안시스템의 통합 시제품을 보여주고 있다.



<그림 13> 개인인증을 위한 생체인식 보안시스템의 통합 시제품

본 시제품은 출입문의 개폐용으로 제작한 것으로 개인의 심장박동을 측정하여 개인 인증 여부를 판별하게 된다.

실험은 10명의 피실험자로부터 심장 박동 신호를 측정하여 얻었다. PPG 신호를 얻기 위한 피실험자의 총 수는 10명이며, 모두 5번씩 측정하였다. 측정 전 오실로스코프를 통해 심박 파형의 안정화 정도를 확인하였으며 각 측정 샘플 사이마다 휴식기를 두어 PPG 신호를 안정화 시켰다. 각 피실험자들의 모든 측정 화면으로부터 특징값을 계산하였으며 총 평균값만을 정리하여 <표 1>에 나타내었다.

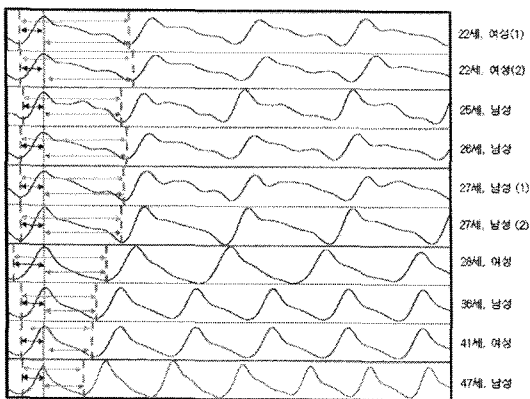
<표 1> 심장박동 특징값

피실험자	펄스폭 ( $\Delta t$ )	상승시간 ( $\Delta t_1$ )	하강시간 ( $\Delta t - \Delta t_1$ )
22세, 여성(1)	0.86	0.18	0.68
22세, 여성(2)	0.88	0.19	0.69
25세, 남성	0.73	0.16	0.57
26세, 남성	0.85	0.19	0.66
27세, 남성(1)	0.79	0.17	0.61
27세, 남성(2)	0.75	0.17	0.58
28세, 여성	0.70	0.21	0.49
36세, 남성	0.56	0.18	0.38
41세, 여성	0.53	0.17	0.36
47세, 남성	0.50	0.16	0.34

<표 1>로부터 각 피실험자들의 심박동 데이터 사이

에 차이가 존재함을 알 수 있었다. 펄스폭( $\Delta t$ )와 하강 시간( $\Delta t - \Delta t_1$ )의 경우, 25세 피실험자를 제외하고 생각하면 전반적으로 나이가 많은 피실험자 일수록 값이 작아지는 것을 알 수 있었다. 그에 비해 상승시간( $\Delta t_1$ )은 나이가 많아짐과는 무관하게 거의 비슷한 분포를 가졌으며 오히려 28세 여성의 경우에서 가장 큰 값을 나타내었다. 25세 피실험자의 경우는 확인이 불가능하였지만 28세 피실험자의 경우에서 과거 질병 사례가 있었던 것으로 미루어 볼 때, 건강 상태나 체질, 습관 등에 의하여 펄스폭과 상승시간 등에 차이가 생기는 것을 확인하였다. 피 실험자 중에서 같은 나이와 같은 성별(22세 여성, 27세 남성)의 경우에도 개인마다 데이터의 차이가 존재함을 알 수 있다. 따라서 개인식별은 펄스폭, 상승시간, 하강시간, 일정시간 내의 펄스 수 등을 모두 고려하여 판별한다.

<그림 14>는 각 피실험자 별 측정된 PPG 신호를 보여준다. 그림에서 화살표로 표시된 특징값 외에도 각 펄스의 모양이 눈에 띄게 다름을 알 수 있다. 25세에서 27세 피실험자들의 경우 최대 피크점 외에도 피크 포인트가 여러 개 확인되며 28세 여성과 36세 남성의 경우 최대 피크점 외의 피크가 존재하기는 하나, 그 변화량에 있어서 상대적으로 약한 것을 알 수 있다. 이러한 사실을 바탕으로 각 피크점 사이의  $\Delta$ 값과 펄스 진폭의 크기 등의 특징값들을 세분화하여 고려할 경우 더 다양한 개인 특성값을 얻을 수 있을 것이다.



<그림 14> 피실험자 별 심장박동 신호

출입문 개폐용 시제품의 성능평가 결과, 본 논문에서 구현된 개인인증을 위한 생체인식 보안시스템을 이용하여 피실험자 별로 20회의 개인인증 실험을 한

결과, 인식률은 표2와 같다.

<표 2> 생체보안 시스템의 개인인증 인식률

피실험자	실험 회수	피실험자 별 평균 인식률(%)
22세, 여성(1)	20	90
22세, 여성(2)	20	95
25세, 남성	20	80
26세, 남성	20	95
27세, 남성(1)	20	85
27세, 남성(2)	20	90
28세, 여성	20	95
36세, 남성	20	90
41세, 여성	20	95
47세, 남성	20	90
평균		90.5

<표 2>로부터 피실험자 별로 20회의 실험결과 평균 90.5%의 인식률을 나타냄을 알 수 있다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 광용적맥파를 이용하여 정확한 심장 박동 신호를 측정하여 개인식별을 할 수 있는 생체인식 보안시스템을 설계 및 구현하였다.

본 논문에서 구현된 생체인식 보안 시스템은 누구나 빠르고 편리하게 손가락 끝을 기계에 접촉하는 원터치 방식으로 생체 정보를 얻을 수 있는 편리성과 심장박동이라는 절대 고유의 정보만을 빠르게 비교·분석함으로써 누구나 거부감 없이 쉽게 이용할 수 있는 장점이 있다.

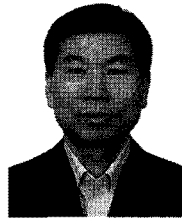
피실험자들의 심박동 신호를 측정하여 실험한 결과, 피실험자들의 데이터 사이에 차이가 존재함을 알 수 있었고, 펄스폭과 하강시간의 경우, 전반적으로 나이가 많은 피실험자 일수록 값이 작아지는 것을 알 수 있었다. 또한, 구현된 생체인식 보안시스템의 시제품을 이용하여 피실험자 별로 개인인증 실험을 한 결과, 개인인증 인식률은 평균 90.5%를 얻었다.

앞으로 개인인증 인식률을 향상시키기 위해서는 심장 박동을 이용한 보안 시스템의 신뢰도와 측정 정밀도 향상 및 지속적인 업그레이드가 요구된다. 또한,

초저전력 MCU의 전력 효율을 증대시키기 위한 알고리즘 구현도 함께 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] 최경택, 박강령, 김재희, "Biometric System에서의 Privacy 보호 기술," 정보보호학회지, 제15권 제6호, pp. 19-30, 2005.
- [2] 박승환, "생체신호의 인식기술," 정보처리학회 논문지, 제6권, 제4호, pp.44~52, 1997
- [3] 허영정, 윤길원, "광용적맥파(PPG)를 이용한 호흡수 측정에 있어서 동잡음을 이용한 정확도 향상," 한국센서학회 센서학회지, Vol. 17, No. 6, pp. 447-453, 2008.
- [4] S. Rhee, "Design and analysis of artifact-resistant finger photoplethysmographic sensors for vital sign monitoring," PhD Thesis, 2000.
- [5] A. Ogawa, Y. Konish, and R. Shibasaki, "Identification of Human Activity Modes with Wearable Sensors for Autonomous Positioning System," Geoinformation Forum Japan, 2002.
- [6] Y. Xiong and F. Quek, "Hand motion gesture frequency properties and multimodal discourse analysis," Int. J. of Computer Vision 69(3), pp. 353~371, 2006.



김 현 기 (Hyen-Ki Kim)

- 정회원
- 경북대학교 전자공학과 공학사
- 경북대학교 전자공학과 공학석사
- 경북대학교 전자공학과 공학박사
- 한국전자통신연구원 선임연구원
- University of Washington 방문교수
- 국립 안동대학교 멀티미디어공학과 교수
- 관심분야 : 생체인식, 멀티미디어시스템 및 응용

논문접수일 : 2010년 09월 01일  
1차수정완료일 : 2010년 11월 21일  
2차수정완료일 : 2010년 12월 13일  
게재확정일 : 2010년 12월 15일