
PPG 측정에 의한 개인 인증 방법

김신자* · 이영우**

Individual verification method by PPG measurement

Sheen-Ja Kim* · Young-Woo Lee**

요 약

사람의 심박동은 심장 상태와 구조, 나이 등의 여러 요소에 의하여 고유한 특성을 갖는다. 본 논문에서는 심박동의 고유 특성을 이용한 개인 인증 방법을 제안하였다. 이 고유 특성은 LD와 PD를 이용, 광전용적맥파(PPG, Photo Plethysmogram)를 측정함으로써 얻었다.

ABSTRACT

Individual heartbeat has specific character by a condition of heart, structure, age, and so forth. On this paper, We propose that individual verification method using specific character of heartbeat. This character are obtained by measure PPG(Photo Plethysmogram) using LD and PD.

키워드

PPG(Photo Plethysmogram), biometrics, individual verification, heartbeat

I. 서 론

정보통신 인프라의 확장에 따라 인간의 생활권은 오프라인에서 온라인으로 빠르게 확장중이다. 이 과정에서 비대면이라는 사이버상의 특징을 이용하여 타인의 신원을 위장·도용하여 개인의 정보 안전에 위험 요소가 되고 있다.

이를 막기 위해 현재 가장 보편화 된 사용자 인증 방식으로는 키나 패스워드, PIN 방식이 있다. 그러나 이러한 방식 역시 타인에게 노출될 위험이 크다는 단점을 안고 있다. 이에 따라 단조로운 패스워드 방식에서 벗어나 개인 고유의 생체 정보를 활용함으로써 분실의 위험성

이 적고 타인에 의한 위·변조의 가능성을 낮춘 보안 방법들이 등장하기 시작하였다.

현재 지문, 손모양, 혈관, 얼굴, 홍채, 서명, 음성 등의 다양한 생체 정보를 활용한 인식 방법이 연구 되고 있으며, 이 중에서 지문, 홍채, 얼굴, 서명 등의 생체 정보를 활용한 인식 방법들은 범인 검거, 은행 업무 등의 분야에서 널리 활용 중에 있다.

그러나 지문을 이용한 인식은 타인에 의한 위·변조의 가능성이 크고, 얼굴 인식은 조명 변화 또는 나이에 따른 변화 등, 주변 환경 요소에 민감하게 반응한다. 또한 홍채나 안구를 이용한 인식 방법은 기기에 민감한 눈을 직접적으로 접촉함으로써 질병에 대한 노출과 사용

* 목원대학교 대학원 박사과정

** 목원대학교 전자공학과 교수

자의 거부감을 일으킬 수 있는 등의 단점을 갖는다[1-2].

이러한 단점을 최소화 할 수 있는 방법으로서 심박동을 이용한 인식 방법이 제안되었다. 사람의 심전도(ECG, electrocardiogram)는 심장 상태와 구조, 나이 등의 여러 요소에 의해서 개인마다 차이가 생긴다. 또한 잃어버릴 염려가 없고 타인에 의해서 도용될 염려가 거의 없다는 장점을 갖는다.

심전도의 파형은 심방에서 수축이 일어날 때의 P파, 심실의 수축에 의한 QRS파, 그리고 다음 수축을 준비하기 위한 불응기 T파로 구분된다. 각 파형의 포인트 사이에는 시간적으로 주기성을 갖으며 이러한 주기성과 각 파형 사이의 시간을 특징화 하여 개인 식별이 가능하다[3-5].

본 논문에서는 ECG 외에 사람의 심박동을 측정할 수 있는 또 하나의 방법인 PPG를 사용하여 개인 인증 방법의 적용 가능성을 생각해 보았다.

II. 광전용적맥파

(PPG, Photo Plethysmogram)

심장이 수축하면서 좌심실에서 박출되는 혈액이 말초로 이동하거나 이완기에 말초에서 심장쪽으로 부분적인 혈액 흡입 등의 현상에 의하여 혈액부피의 변화가 일어난다. 이러한 미소한 혈액량의 변화를 광학적으로 측정하는 것을 광전용적맥파(PPG)라고 한다.

피부에 발광부와 광검출부를 부착, 투과 또는 반사되는 빛의 강도를 측정하면 출력신호는 심박동 주기에 따라서 변화한다. 이 출력신호 중에서 DC 성분을 제외한 AC 성분이 바로 PPG 신호이다. 또한 PPG 신호의 분당 피크수를 측정하면 맥박 또한 얻을 수 있다.

그림 1은 손가락 끝에서 측정된 PPG 신호를 보여준다. 광원으로 LD를 사용하고 측정단으로 Photo Diode를 사용하여 구현하였다. 이 때, 조직에서 투과된 광강도는 Lambert-Beer의 법칙에 의하여 다음과 같다.

$$I_t = I_0 \times 10^{-adc}$$

I_t 는 투과 또는 반사되는 빛의 강도, I_0 는 입사되는 빛의 강도, a 는 조직의 광학적 흡수계수, d 는 광경로, c 는 조직의 농도이다[6].

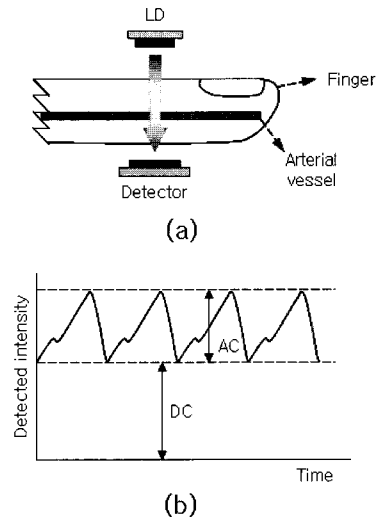


그림 1. LD와 PD를 이용한 PPG 측정
Fig. 1 PPG Measurement using LD and PD

III. 개인 인증 시스템의 구성

다음의 그림 2는 PPG 신호를 이용한 개인 인증 시스템의 개념도이다.

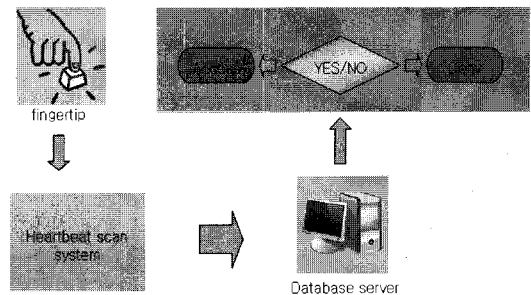


그림 2. PPG 신호를 이용한 개인 인증 개념도
Fig. 2 Schematic of individual verification using PPG signal

광원과 광검출기로 구성된 장치에 손가락을 가져다댄다. 그러면 장치에서 PPG 신호 측정을 하게 되고 측정된 신호는 DB server로 전송이 된다. server로 전송된 신호는 일련의 과정을 거치면서 고유 특성을 위한 특징점을 추출한다. 이렇게 추출된 정보는 다시 server에 저장된다. 그 후, 다시 입력 장치에 의해 정보가 들어오

면 앞에서 설명된 과정을 거치는데, 이 때는 추출한 정보를 저장하는 것이 아니라 이미 저장되어 있는 정보와 정확도를 비교·분석함으로써 입력자를 인증하는 시스템이다.

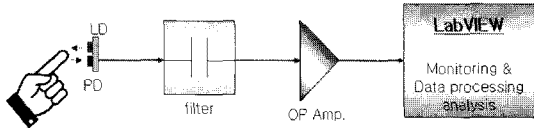


그림 3. 신호처리 구성
Fig. 3 Configuration of signal processing

그림 3은 신호처리 시스템의 구성도이다. 손가락 끝에서 LD와 PD를 통해 측정된 미세한 신호는 OP Amp.를 통해 증폭과정을 거친다. 그 후 불필요한 잡음을 제거하는 필터링 과정을 거친 후, 데이터 처리 장치인 PC로 전송된다. 획득된 데이터의 monitoring 및 processing 에는 LabVIEW를 이용하였다.

IV. 실험 및 결과

본 실험에서는 PPG를 측정하기 위해서 광원으로는 660nm 대역의 파장을 갖는 Laser Diode와 광검출부로는 Photo Detector를 사용하였다.

LD와 PD를 통해서 발생한 신호는 회로 내에서 간단한 필터링 과정과 OP Amp.를 이용한 증폭 과정을 거친다. 증폭된 신호를 획득하기 위해서 NI (National Instrument) 사의 BNC-2090을 사용하였다.

또한 NI 사의 LabVIEW 8을 이용하여 획득한 신호를 모니터링하고 잡음을 줄였다.

PPG 신호를 얻기 위한 피실험자의 총 수는 6명이며 26세 남성 피실험자를 제외하고는 모두 3번씩 측정하였다. 측정 전 오실로스코프를 통해 심박 파형의 안정화 정도를 확인하였으며 각 측정 sample 사이마다 휴식기를 두어 PPG 신호를 안정화 시켰다.

다음의 그림 4는 각 피실험자들 중 25세 남성 피실험자의 PPG 측정 화면을 보여준다. 25세 남성 역시 3번에 걸쳐 PPG sample을 측정하였으며 그림 4는 그 중에 한 sample만을 보였다.

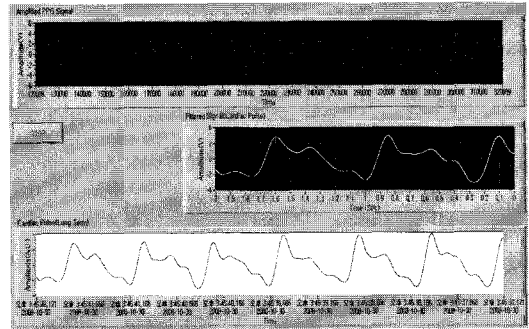


그림 4. 측정된 PPG 화면 (25세, 남성)
Fig. 4 Measured PPG screen (age 25, male)

표 1은 그림 4로부터 계산된 25세 남성 피실험자의 심박동 특징값이다. 총 3번의 측정으로 얻어진 sample들의 값과 평균값을 나타내었다. Δt 는 PPG 신호로부터 얻어진 펄스 하나의 폭(pulse width), $\Delta t1$ 은 최대 피크점까지 도달하는 시간(rising time), $\Delta t-\Delta t1$ 는 최대 피크점으로부터 펄스 끝단까지의 시간(falling time)이다.

표 1. 심박동 특징값 (25세, 남성)
Table. 1 Heartbeat characteristic value(age 25, male)

	Δt	$\Delta t1$	$\Delta t-\Delta t1$
Sample 1	0.67/0.68	0.17/0.16/0.16	0.5/0.52
Sample 2	0.78/0.75	0.16/0.17	0.62/0.58
Sample 3	0.76/0.73	0.16/0.15/0.17	0.6/0.58
Total average	0.73	0.16	0.57

위의 표 1과 같이 각 피실험자들의 모든 측정 화면으로부터 특징값을 계산하였으며 총 평균값만을 정리하여 다음의 표 2로 나타내었다.

표 2. 심박동 특징값 (all experimental objects)
Table. 2 Heartbeat characteristic value (all experimental objects)

	Δt	$\Delta t1$	$\Delta t-\Delta t1$
25세, 남성	0.73	0.16	0.57
26세, 남성	0.83(0.85)	0.19(0.19)	0.64(0.66)
27세, 남성(1)	0.79	0.17	0.61
27세, 남성(2)	0.75	0.17	0.58
28세, 여성	0.7	0.21	0.49
36세, 남성	0.56	0.18	0.38

26세 남성 피실험자의 특징값에서 괄호 안의 값은 총 5번의 sample 측정 후에 얻어진 값의 평균값이다. 3번에 걸쳐 얻은 값과 크게 차이가 없음을 확인할 수 있다.

그림 5는 표 2를 바탕으로 얻은 그래프이다.

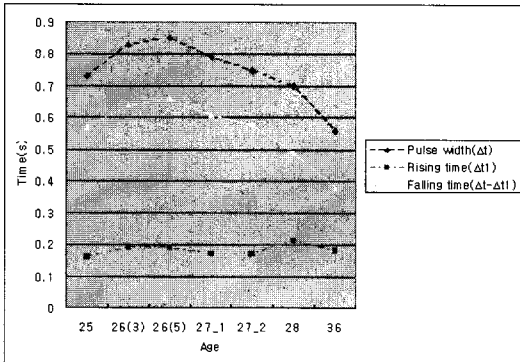


그림 5. 나이에 따른 심박동 데이터
Fig. 5 Heartbeat data by age

표 2와 그림 5로부터 각 피실험자들의 심박동 데이터 사이에 차이가 존재함을 알 수 있었다. pulse width(Δt)와 falling time(Δt-Δt1)의 경우, 25세 피실험자를 제외하고 생각하면 전반적으로 나이가 많은 피실험자 일수록 값이 작아지는 것을 알 수 있었다. 그에 비해 rising time(Δt1)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 rising time 등에 차이가 생기는 것으로 사료된다.

그림 6은 각 피실험자별 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 Δ값과 펄스 진폭의 크기등의 특징값들을 세분화하여 고려할 경우 더 다양한 개인 특성값을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

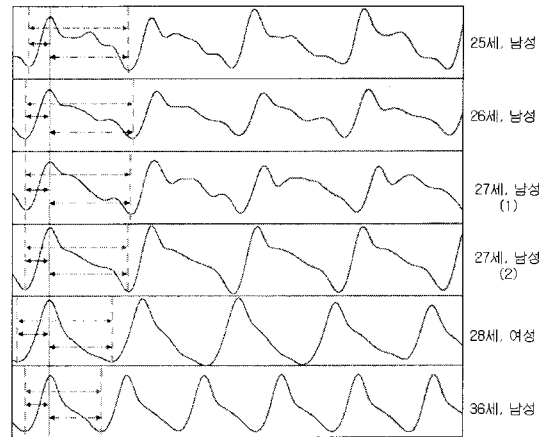


그림 6. 측정된 PPG 신호
Fig. 6 Measured PPG signal

V. 결 론

본 논문에서는 PPG 신호를 이용한 생체인식 방법을 제안하고 그 가능성을 알아보았다. PPG 신호를 측정하기 위한 센서단은 660nm LD와 PD로 구성하였으며, 측정된 신호는 LabVIEW를 이용하여 monitoring 및 processing하였다.

총 6명의 피실험자로부터 PPG 신호를 측정하였으며 각기 3번의 sample을 측정하고 총 평균값을 계산하였다. 계산된 값으로부터 피실험자들의 심박동 특징값 사이에 차이가 존재함을 확인할 수 있었다. 그 중에서 다른 20대 초반 실험자들에 비하여 좁은 펄스폭을 갖는 25세 남성 피실험자와 전체 펄스폭은 비슷하지만 rising time이 상대적으로 긴 28세 여성 피실험자의 경우, 과거 가졌던 병력이나 개인의 건강 특성, 운동 성향 등에 의하여 생기는 차이로 추정된다. 따라서 같은 나이 대에 분포하는 피실험자 이더라도 개인의 상태에 따라서 충분히 다른 심박동 데이터 값을 나타낼 것으로 기대된다.

앞의 결과를 바탕으로 차후 Pulse Height, Peak Threshold, Cardiac Period, Peak Width 등의 PPG 특징점들을 수치적으로 계산할 수 있는 프로그램을 수행할 예정이며, 동시에 연령별 피실험군의 확대와 각 피실험자의 주기적 관찰에 의하여 평균값을 산출할 계획이다. 그에 따라서 PPG 신호를 이용, 생체인식 시스템에의 적용이 가능할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] 장재득, 최송인. 생체 인식 기술/표준화/시장 동향 분석. IITA기술정책정보단.
- [2] 문기영. 생체인식 기술현황 및 전망. TTA journal. No. 98.
- [3] Steven A. Israel, John M. Irvine, Andrew Cheng, Mark D. Wiederhold, Brenda K. Wiederhold. ECG to identify individuals. Pattern Recognition 38. 133-142. 2005.
- [4] Gerd Wübbeler, Manuel Stavridis, Dieter Kreiseler, Ralf-Dieter Boussejot, Clemens Elster. Verification of humans using the electrocardiogram. Pattern Recognition Letters 28. 1172~1175. 2007.2008.
- [5] Foteini Agrafioti, Dimitrios Hatzinakos. Fusion of ECG sources for human identification. ISCCSP. 12-14 March. 1542~1547.
- [6] 정동근, 김광년, 연규선, 최병철, 서덕준. 광전용적맥파를 이용한 요골동맥 맥파 검출. Korean Journal of Life Science. Vol.13. No.1. 42~46. 2003.

저자소개

김신자(Sheen-Ja Kim)



2004.2. 목원대학교 전자공학과
공학사
2006.8. 목원대학교 전자공학과
공학석사

현재 목원대학교 전자공학과 박사과정
※관심분야: biomedical photonics

이영우(Young-Woo Lee)



1990.2. 일본 게이오대학 전기공학과
박사
1990.3.~1992.3. 독일 막스플랑크
연구소 연구원

1992.3.~현재 목원대학교 전자공학과 교수
※관심분야: 광계측 및 센서, biomedical photonics