

# 손목형 생체신호수집 장치에 대한 연구

## A Study on Wrist Band Type Vital Sign Acquisition Device

김 희 훈\* · 김 경 호\*  
(Hee-Hoon Kim · Kyung-Ho Kim)

**Abstract** - In this study, we proposed a new method that can be measure ECG (Electrocardiography) and PPG (Photoplethysmography) in realtime on the site of the wrist for check the state of health in daily life. For convenience measurement of ECG the lead I method was used on the wrist, and omit the reference junction ECG I was measured in the right hand and the left hand of the potential difference. Then the measured electrocardiogram was amplified by the differential amplifier and the signals were passed HPF, LPF, and BPF filters. For removing the PPG's noise from the Motion artifact and temperature, we apply the reflective photoelectric volume pulse wave measurement method using green LED as a light source. The circuits was designed to be able to check the waveform using higher active amplification method at weak signals. For the validation of our device, the measured signals were compared with E2-KIT on same time. The results shows that the error does not exceed the maximum one, most of the data is confirmed to be issued Peak inspection of the same number.

**Key Words** : Wrist band type, Real-Time, ECG, PPG

### 1. 서 론

현재 사회는 저조한 출산률과 사망률로 인하여 점점 고령화 사회가 되어가고 있다. 이에 따라 평균수명이 늘어나게 되면서 웰빙과 건강에 사람들의 관심 또한 더욱 높아지고 있다. 하지만 수명이 늘어나고 일자리 부족과 빈곤 또한 늘어나면서 잘못된 식습관과 운동부족, 스트레스로 각종 질병 및 비만이 점점 문제화 되고 있다. 각종 질병중에서도 생활습관병(성인병)의 발병이 점점 가속화되고 발병률도 상승하고 있다. 성인병 종류로는 당뇨병, 고지혈증, 심근경색증, 뇌졸중 등 종류가 다양한데 이중에서도 심장질환을 가진 사람은 갑작스런 심장마비로 인한 돌연사의 위험이 있다. 심근경색이나 부정맥, 협심증, 심부전, 뇌졸중의 주요 원인은 고혈압인데 현재 고혈압의 유병률이 계속하여 증가하는 추세이다. 건강을 위해 고혈압이나 합병증 등을 초기에 진단하여 지속적으로 관리가 필요하다.

이로 인해 인터넷, 휴대폰 등의 정보통신 네트워크를 이용하여 언제 어디서든 의사와 연결되어 실시간으로 진단 및 응급처치 등을 가능하게 해주는 Ubiquitous Healthcare (U-Health)가 사회적 이슈로 떠오르고 있다. 스마트폰의 보급이 늘어남에 따라 네

트워크 사용이 쉬워지고 이를 통해 스마트 헬스케어 등장하였다. 이를 응용하여 2000년대에 들어서 다양한 생체신호를 측정 및 파악 기술을 옷과 팔찌, 시계, 신발등에 접목시켜 다양한 웨어러블(Wearable) 디바이스가 제작 되었다. 헬스케어 기능 이외에도 결제 기능, 개인 인증 기능, 스마트폰 보조 기능 등도 접목하여 다양한 상품이 출시되고 있다. 현 사회는 U-헬스케어의 시장 규모가 국내나 세계에서 모두 상승세를 이루고 있다. 현재 가장 큰 스마트폰 시장이 거의 포화 상태가 되어 점차 시장의 한계점이 보이게 되면서 다양한 글로벌 기업들과 대기업들에서도 U-헬스 관련 프로젝트 등을 발표하며 관심을 표현하고 연구를 진행하며 시장이 확대됨에 따라 트렌드에 맞춰 본 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 웨어러블 디바이스가 가장 먼저 보편화되고 시계, 팔찌, 아대등으로 다양하게 제작 가능한 손목에서 생체신호를 측정하도록 장비를 개발함으로써 심전도(ECG)와 광전용적맥파(PPG)의 파형을 수집한 뒤 각 생체신호의 Peak점을 검출하여 심박수와 맥박을 측정하도록 하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 심전도(ECG) 측정

심장자극전도계의 어느 부분이 탈분극이나 재분극 되면 그 심근세포의 외부는 음이나 양전하를 띠는데 이 때의 전압차를 가지는 각 부분 사이에서 전류가 발생하여 각 신체표면으로 전도되어

† Corresponding Author : Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Dankook University, Korea.

E-mail: dkuhealth@dankook.ac.kr

\* Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Dankook University, Korea.

Received : August 24, 2015; Accepted : September 19, 2015

진다. 이 전위차를 신체 표면에 부착한 전극을 이용하여 기록하는 것이 심전도이다.

심전도는 비침습적이며 반복적으로 측정이 가능하며 비용도 저렴한 장점이 있어 심장을 검사 할 때 널리 이용되고 있다. 하지만 일반적인 심전도 검사는 검사 전에 자극적인 음식과 운동을 피하고 안정을 취해야 하며 털이나 모발이 많은 경우 부분적인 면도도 필요하며 전기의 전도 향상을 위해 젤리 등을 몸에 바르기도 한다. 또한 많은 양의 전극을 몸에 부착하고 측정을 한다. ECG 측정시에는 보통 1회용 젤형 습식전극이나 집계형의 건식전극을 사용하는데 습식전극의 경우 시간이 지날수록 젤이 마르고 고형화 되기에 짧은 시간동안만 사용이 가능한 소모성이고 건식전극은 외부요인을 많이 받아 깔끔한 파형을 취득하기가 어렵다는 단점들이 있다.

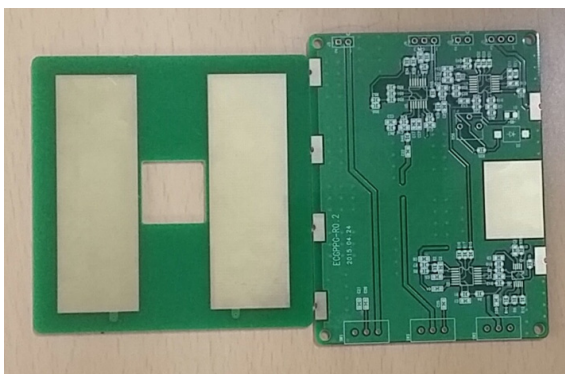


그림 1 PCB 도금 전극  
Fig. 1 Plated electrodes of the PCB

본 연구에서는 활동 중에도 손목에서 생체정보를 실시간으로 측정해야 하는 목적으로 그림 1과 같이 제작한 PCB 기판에 직접 도금을 시켜 전극으로 피부와 직접 맞닿도록 하여 측정하도록 하였다. ECG측정 방식으로는 표준유도, 사지유도, 흉부유도 등이 있는데, 표준유도 방식에서 리드 I 측정 방식은 오른손과 왼손의 전위차를 이용하여 ECG를 측정하는 방법이다. 손목에서 ECG를 측정하기에 가장 적합하다 판단되어 리드 I 방식을 사용하여 ECG를 측정하도록 설계하였다. 또한 손과 발, 심장 등에 전극을 부착하면 활동에 불편함이 생기기에 오른발에 부착하는 접지 전극을 생략하여 오른손과 왼손, 두 곳에서의 전극으로만 심전도를 측정할 수 있도록 하였다. 하지만 기준점점을 생략하고 왼손과 오른손 두 곳에서의 접점에서만 전위를 측정하기에 공통 모드 입력전압 범위를 넘어가거나 직류 오프셋 전압이 존재하게 되면 증폭되어질 수 있다는 오류 가능성이 있다. 해서 두 가지의 데이터를 고역통과필터를 통과시켜 공통 모드 입력전압 범위의 중간에 강제로 위치시키고 오프셋 전압을 0에 가깝게 한다. 다음으로 저역통과필터를 통과시켜 차동증폭기의 포화를 막는다. 본 연구에서는 실시간으로 활동 중에도 생체신호를 취득 할 수 있어야 하기에 많은 잡음이 발생 할 수밖에 없다. 그렇기에 증폭과 전처리 필터링을 통해 잡음을 제거하여도 잡음이 남기에 증폭시킨 신호를 1~45Hz 대역의 대역통과필터를 다시 한 번 통과시켜 증폭과 전처리 후에

남은 잡음을 잡아내어 제거하도록 하였다. 이렇게 증폭과 필터를 거친 데이터를 CPU로 전송하여 Signal Express 소프트웨어를 사용하여 RAW 데이터로 가공하여 저장 한 뒤 가공한 데이터를 우리 눈으로 확인 가능한 ECG파형으로 변환하여 최종적인 ECG 신호를 취득하게 된다. 아래의 그림 2는 본 연구에서의 ECG 측정 시스템을 블록 다이어그램화 한 것이다.

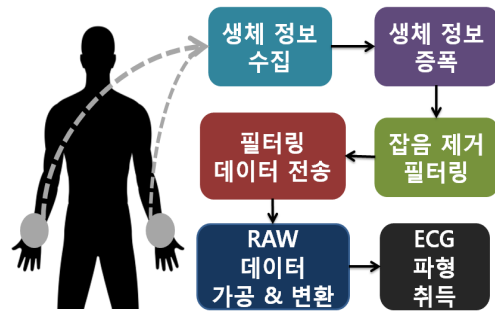


그림 2 ECG 측정 시스템  
Fig. 2 ECG measurement system

### 2.2 광전용적맥파(PPG) 측정

우리 신체는 온몸에 혈관이 퍼져있어 머리나 손은 물론 발까지도 혈관이 뻗어있다. 심장이 펌프질을 반복하며 생긴 압력으로 온몸에 뻗어있는 혈관들을 돌며 혈액이 순환을 하는데 이때의 압력은 손가락이나 발가락 끝에 있는 모세혈관까지도 전해진다. 반복되는 심장박동에 맞춰 손가락의 모세혈관에서도 동맥혈량이 증가와 감소를 반복하는데 손가락에 광원을 조사하여 혈액이나 뼈, 조직세포 등에서 흡수한 광원을 제외한 광량이 투과 혹은 반사되어 광원 수신부로 들어가게 된다. 광수신부에서 받아 들인 광원의 양은 혈량을 제외한 것들은 거의 변화가 없기에 혈량에 비례하게 된다. 즉, 광수신부에서 받아 들이는 광원의 양은 혈량이 흡수한 광원의 양에 따라 변화하므로 광수신부에서 수집한 광원의 양을 측정하여 혈량 변화를 측정한다.

광전용적맥파의 측정 방법으로는 투과형과 반사형으로 나눌 수 있는데 투과형 방식은 빛을 조사하였을 때 앞서 설명한대로 빛이 혈액, 뼈, 조직세포 등에 흡수된 후 남은 투과한 빛을 발광부 맞은편의 수광부에서 수집하여 맥파를 측정하는 방식이다.

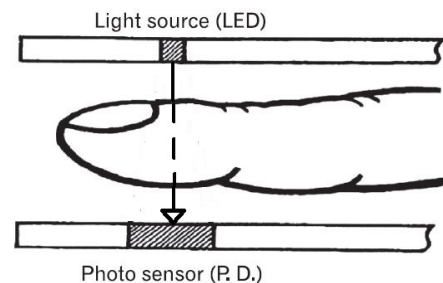


그림 3 투과형 맥파 측정  
Fig. 3 A transmission pulse wave measurement

반사형 방식은 광원을 조사하였을 때 흡수된 광원을 제외한 혈액에 반사되어 되돌아 오는 빛을 발광부 옆에 수광부를 위치시켜 수집한다. 이 때 혈량이 많으면 흡수되는 광원이 많아 반사광원이 적어지고 혈량이 적으면 흡수되는 광원이 적어지므로 반사되는 광원은 늘어나게 된다. 하지만 반사되는 광원의 양은 투과되는 광원보다 상대적으로 적어 투과형 방식에 비해 신호가 작아 더 많은 증폭을 필요로 하지만 본 연구에서는 광원이 투과하기에 두터운 손목에서 맥파를 측정하기에 반사형 방식을 사용하였다.

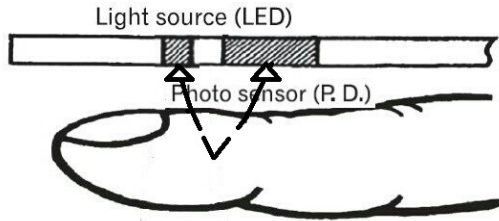


그림 4 반사형 맥파 측정

Fig. 4 Reflective Pulse Wave Measurement

혈액의 적혈구는 녹색광은 흡수하지만 적색광은 반사하는 특성을 가지고 있다. 반사형 방식에는 적외선 940nm파장, 가시광선의 660nm 파장(적색광), 530nm 정도의 녹색광 3가지 중에서 적색광이 적합할 수도 있으나 투과형에 비해 신호가 미약한 반사형 이기에 잡음이 매우 치명적이다. 또한 모세혈관에 비해 혈류량이 많은 요골동맥쪽에서 맥파를 측정하기에 움직임의 영향을 덜 받고 온도의 영향도 적은 녹색광을 사용하였다.

### 2.3 측정 실험 및 장비

본 연구에서는 개발한 생체정보 수집장치와 비교를 위해 비교장비를 함께 착용하고서 동시에 측정을 하였다. 비교장비는 KTMED사의 E2-KIT를 사용하여 비교심전도와 비교맥파를 측정하였고 NATIONAL INSTRUMENTS사의 NI-DAQ을 연결해 데이터를 수집하여 Signal Express 프로그램으로 샘플링하였다. 우선 생체수집장치를 한쪽 손목에 착용하여 연결한 뒤 다른 한손을 생체수집장치의 발광부와 도금부분에 올린다. 심전도는 손목에 맞닿아 있는 도금부와 다른 한손이 닿아 있는 도금부를 통하여 양쪽 손의 전위차를 이용하여 측정한다. 맥파는 생체수집장치 양면에 모두 발·수광부가 탑재되어 있어 양손 모두에서 측정할 수 있게 되어있다. 비교장비는 전극을 양쪽팔과 오른쪽 발목에 부착하고 연결하여 비교심전도를 측정하였고 생체수집장치를 착용한 손목의 손가락에 맥파측정장비를 착용하여 비교맥파를 측정하였다. 생체정보 수집장치 측정 실험을 위해 피험자군을 건강한 남성 5명을 대상으로 하여 진행하였다. 또한 5명 모두에게 제작장비를 왼쪽 손목에 착용하도록 통일화 시켜 실험하였다. 모든 장비를 착용한 상태에서 1분 10초간 측정하여 앞뒤로 5초씩의 데이터를 절삭한 뒤 남은 1분의 데이터만을 사용하였다. 실험 진행 순서는 측정 전에 피험자를 10분간 안정을 취하게 하고 피험자의 왼쪽 손목에 생체정보 수집장치를 착용시키고 연결한다. 다음으로 비교장비의 습식전극을 양팔과 오른쪽발목에 부착시켜 연결

하고 왼쪽손가락에 비교장비의 광전용적맥파 측정장비를 착용시킨다.

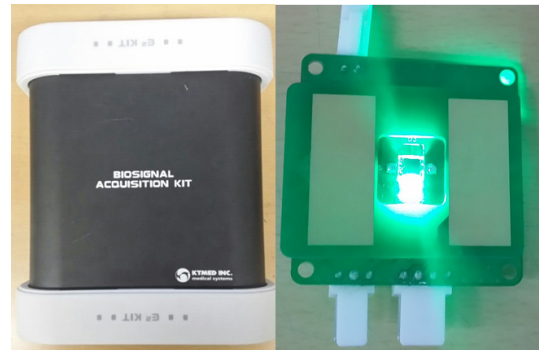


그림 5 E2-KIT와 제작 디바이스

Fig. 5 E2-KIT and production devices

마지막으로 오른손가락 두 개를 각각 제작 장비의 발광부와 도금부에 맞닿도록 하였다. 모든 장비의 연결 상태를 확인 한 후 측정을 시작하여 타이머로 1분 10초간 측정한 뒤 데이터를 저장하고 다시 타이머를 맞춰 손목과 맞닿아 있는 맥파 수집장치와 비교맥파 측정 장비의 데이터를 1분 10초간 수집하여 저장한다.

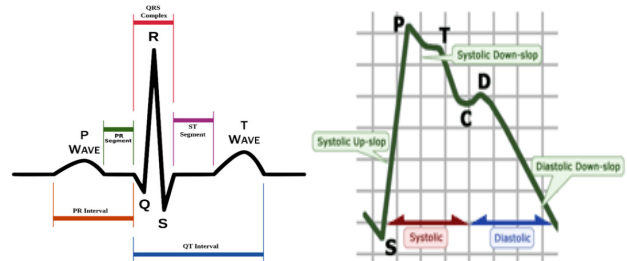


그림 6 ECG & PPG의 파형과 각 Peak 점

Fig. 6 Each waveform and Peak points of ECG & PPG

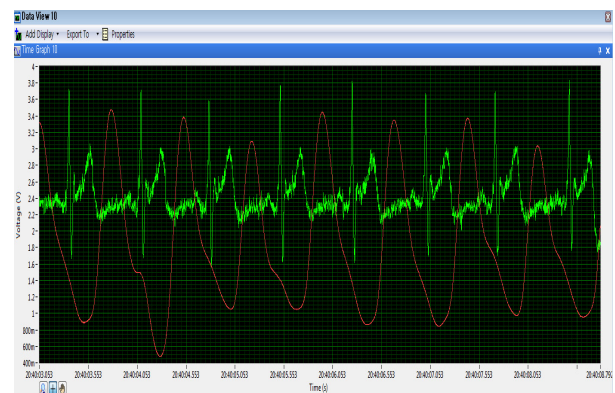


그림 7 제작장비로 측정된 ECG와 PPG

Fig. 7 ECG and PPG is measured by the production equipment

2.4 생체정보 측정 데이터

그림 7은 본 연구에서 제작한 생체정보 수집장치로 측정된 데이터를 샘플링하여 나타낸 파형의 모습이다. 그림 6과 비교하여 보면 ECG와 PPG 모두 유사한 파형의 모습을 나타내며 ECG의 P, Q, R, S, T 그리고 PPG의 S, P, T, C, D의 각 Peak점이 검출되어 있다는 것을 확인할 수 있다.

그림 8은 비교장비인 E2-KIT로 측정된 ECG파형(좌측 그림)과 제작장비를 사용하여 측정한 ECG RAW데이터를 Origin 프로그램을 사용하여 파형(우측 그림)으로 나타내어 비교한 그림이다. 그림 8에서 확인할 수 있듯이 동시간대에 ECG의 각 Peak점이 검출되어 유사한 파형의 모습을 볼 수 있다.

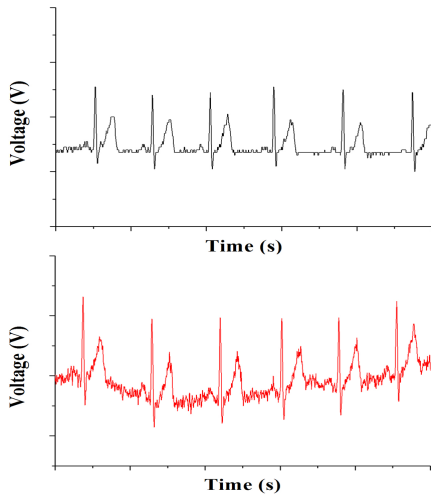


그림 8 비교장비(좌)와 제작장비(우)로 측정된 ECG 파형  
 Fig. 8 Each of the ECG waveforms measured by the comparison devices and making devices

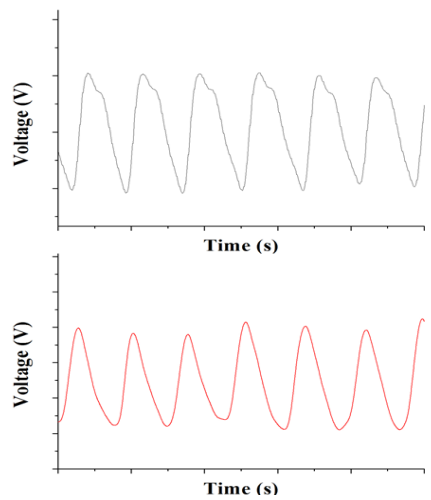


그림 9 비교장비(상)와 제작장비(하)로 측정된 PPG 파형  
 Fig. 9 Each PPG waveform measured by the comparison devices and making devices

그림 9는 비교장비(상단 그림)와 제작장비(하단 그림)로 측정된 각각의 PPG파형을 비교한 그림이다. PPG 파형도 ECG파형처럼 동시간대에 PPG의 각 Peak점이 검출 되어 유사한 모습의 파형을 보이고 있으나 두터운 손목에서 맥파를 측정하는데다 반사형 측정 방식을 사용하여 신호가 미약하기에 축소된 파형의 모습에서는 각 Peak점을 뚜렷하게 확인하기는 어려웠다. 또한 그림 8과 그림 9를 보면 약간의 밀림 현상이 보이는데 이는 각 소프트웨어에서 데이터를 처리하는데 걸리는 시간이 달라 생긴 오차로 생각 된다.

표 1 ECG R Peak 검출 횟수 비교

Table 1 Comparing the number of the detected ECG R Peak

실험군	비교장비 ECG R Peak 검출수	제작장비 ECG R Peak 검출수
피험자 I	90	90
피험자 II	70	71
피험자 III	80	80
피험자 IV	72	72
피험자 V	77	78

표 2 PPG P Peak 검출 횟수 비교

Table 2 Comparing the number of the detected PPG P Peak

실험군	비교장비 PPG P Peak 검출수	제작장비 PPG P Peak 검출수
피험자 I	90	91
피험자 II	71	71
피험자 III	81	81
피험자 IV	72	72
피험자 V	77	78

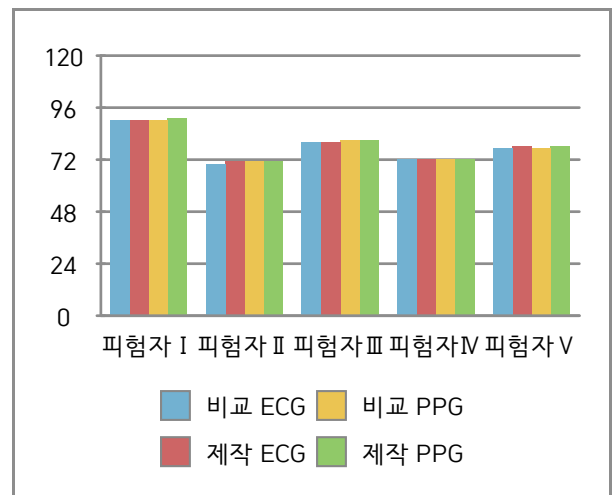


그림 10 ECG & PPG 비교 그래프  
 Fig. 10 ECG & PPG comparison graph

제작장비로 측정된 데이터에서 ECG의 R Peak와 PPG의 P Peak를 기준으로 잡고 1분 내에 몇 회의 Peak 점이 검출 되는 지를 아래에 표와 그래프로 나타내었다. ECG와 PPG 모두 동일한 횟수 혹은 1회의 차이가 있었다. 1회의 검출 횟수 차이가 나타나는 이유는 앞서 설명한대로 소프트웨어의 데이터 처리 속도가 달라 생긴 오차로 인하여 시작점 혹은 끝지점에서 Peak 점이 다른 한쪽은 포함되었으나 다른 한쪽은 포함되지 못해 생긴 차이로 보인다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 실시간으로 자신의 건강상태를 체크하고 관리하도록 두 가지의 생체신호 ECG와 PPG를 손목에서 함께 수집할 수 있는 장비를 개발하였다. 표준유도 I 방식으로 심전도 데이터를 수집하여 샘플링 한 결과 ECG의 각 Peak점이 검출되는 것을 확인하였다. PPG 또한 녹색광을 이용한 반사형 측정 방식으로 취득한 데이터를 증폭, 샘플링하여 각 Peak점의 검출을 확인하였다. 손목에서 간편하게 심전도와 맥파를 측정이 가능하지만, 현재 개발된 수준에서는 동잡음에 대한 대책까지는 진행되어 있지 않다. 또한 손목형 측정장치에서는 단순히 센서로서 신호취득에 지나지 않아 향후 개발해야할 부분으로 손목형장치에서 신호처리가 가능하게 하여야 한다.

향후에는 ECG와 PPG 뿐만 아니라 체온, 근전도, 스트레스 지수 등등 다른 생체정보들도 함께 수집할 수 있는 연구와 수집한 생체정보를 이용하여 다양한 분야에서의 적용을 위한 연구를 진행 할 계획이다.

### 감사의 글

이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2010-0025109)

### References

[1] Seung-Chul Shin, Dong-Jun Kim, Kyung-Ho Kim "A Study on Sensing System of Sleeping ECG Using a Textile-based Electrode", Conference on Information and Control System (CICS 2010), pp. 278-279, Oct. 2010.

[2] Dong-Ki Hong, Kyung-Ho Kim "A Study on Wrist type ECG Measurement Device Using Textile-based Electrode", Information and Control Symposium (ICS 2014), pp. 35-36, 2014.

[3] K.Y. Chang, H.C. Ko, J.J. Lee, Y.R. Yoon "The Verification of Photoplethysmography Using Green Light that Influenced by Ambient Light", the official journal of the Korean Society of Medical & Biological Engineering, vol.

35, No. 5, pp. 125-131, 2014.

[4] Min-Ho Kim, Tae-Wook Kim, Sung-Hwan Jang, Da-Hee Ban, Byung-Seok Min, Sung-Oh Kwon "Noise-Robust Algorithm for PPG Signal Measurement", The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences(J-KICS), Vol. 38C, No. 12, 2013.

[5] Chung-Luyl Lee, Ji-Min Yoon, Kyung-Ho Kim "A study on Wavelength in the motion state of comparative noise in accordance with PPG", The Korea Society of Computer and Information Summer Conference(KSCI 2012), Vol. 20, No. 2, pp. 233-234, 2012.

[6] In-Hui Lee, Chang-Jin Choi, Chul-Min Kim, Sang-Ah Yoon, Ji-Young Hong, Ja-Yeon Kim "The Examination of the Acute Vascular Changes Due to Smoking Using Second Derivative of Photoplethysmogram", The Korean Academy of Family Medicine, Vol. 31, No. 9, pp 679-687, Sep 2010.

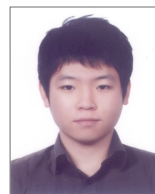
[7] Hong-Yeop Kim, Kyung-Ho Kim "Comparative Studies on the Measurement of Photoelectric Plethysmography between Reflection and Transmission", KIEE Summer Conference 2010, pp. 1948-1949, July 2010.

[8] Korea Health Industry Development Institute, <http://www.khidi.or.kr/kps>

[9] National health information portal, <http://health.mw.go.kr/HealthPromotionArea/HealthInfo/View.do?idx=1020&subIdx=3&searchCate=&searchType=&searchKey=&pageNo=>

[10] American Heart Association, <http://www.heart.org/>

### 저 자 소 개



**김 희 훈 (Hee-Hoon Kim)**

2015 : 단국대학교 전자공학과 학사.  
2015 ~ 현재 : 단국대학원 전자전기공학 석사 과정



**김 경 호 (Kyung-Ho Kim)**

1996: 일본 게이오대학 공학석사.  
1999: 일본 게이오대학 공학박사.  
2006 ~ 현재: 단국대학교 전자공학과 교수