

웨어러블 기기를 사용한 심정지 환자 지원 시스템의 설계 및 구현

장진수*, 이서준**, 이광인***, 이태노****

고려대학교 대학원 보건과학과 BK21플러스 인간생명-사회환경 상호작용융합사업단 석사과정*,

고려대학교 대학원 보건과학과 BK21플러스 인간생명-사회환경 상호작용융합사업단 박사과정**,

고려대학교 대학원 보건과학과 박사과정***,

고려대학교 대학원 보건과학과 BK21플러스 인간생명-사회환경상호작용융합사업단 보건정책관리학부 교수****

Design and Implementation of a Cardiac Arrest Supporting System Using Wearable Device

Jin-Soo Jang*, Seo-Joon Lee**, Kwang-In Lee***, Tae-Ro Lee****

BK21PLUS Program in Embodiment: Health-Society Interaction, Department of Health Science, Graduate School, Korea University, Master's Course*, BK21PLUS Program in Embodiment: Health-Society Interaction, Department of Health Science, Graduate School, Korea University, Doctor's Course**, Department of Health Science, Graduate School, Korea University, Doctor's Course***, BK21PLUS Program in Embodiment: Health-Society Interaction, School of Health Policy & Management, Korea University, Professor****

요 약 급성 심정지는 갑작스러운 심장 기능의 상실로 인하여 수 분 안에 뇌를 비롯하여 온 몸에 혈액 공급이 되지 않아 사망으로 이어지는 대표적인 중증응급질환이다. 특히 병원 밖에서 발생하는 병원의 심정지 환자는 생존율이 매우 낮다. 그 이유는 갑작스런 발병으로 인해 주변사람들이 심정지 환자라는 것을 인식하지 못할 뿐만 아니라 인식한다 하더라도 전문 의료지식이 없어 정확한 응급조치를 취하는 것이 어렵기 때문이다. 기존의 심정지 관련 연구는 대부분 심정지 발생 후의 치료법 방안에 집중되어 있었으나, 이는 근본적인 문제해결이 어려워 생존율을 높이는 데 한계가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 널리 보급된 스마트폰을 활용하여 급성 심정지 환자를 위한 알림, 사전예방, 응급조치 등의 기능을 갖춘 솔루션을 개발하였다. 이 솔루션을 활용하면 급성 심정지를 사전에 예방할 수 있고, 설사 발병한다고 하더라도 주변사람에게 신속하게 알려 최대한 골든타임(4분)을 지킬 수 있으며, 1차 발견자가 신속하고 정확한 심폐소생술을 실시할 수 있어 생존율을 한층 더 높일 것으로 기대한다.

주제어 : 급성 심정지 환자, 심폐소생술, 부정맥, 스트레스, 중증응급질환

Abstract Cardiac arrest is a serious intensive emergency disease that causes death within less than several minutes by depriving the body and brain of blood supply. Survival rate of cardiac arrest patients outside of hospitals is especially low. This is because pedestrians usually do not perceive the patient as a sick person, also, even if they do so, they have no medical knowledge to properly react to such emergency. The purpose of this study is to propose a solution that uses widely spread smart phones to alert pedestrians of the cardiac arrest patient, prevents cardiac arrest, and provides first-aid measures. By applying the proposed solution, cardiac arrest can be prevented in advance, pedestrians can be alerted to keep the golden time(4 minutes), and first witness can quickly proceed with CPR, ultimately enhancing the survival rate of the cardiac arrest patient.

Key Words : Cardiac Arrest patient, CPR, Arrhythmia, Stress, Intensive emergency disease.

Received 10 November 2016, Revised 30 December 2016
Accepted 20 January 2017, Published 28 January 2017
Corresponding Author: Tae-Ro Lee(Korea University)
Email: trlee@korea.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1738-1916

1. 서론

급성 심정지는 갑작스러운 심장 기능의 상실로 인하여 수 분 안에 뇌와 온 몸에 혈액 공급이 되지 않아 사망으로 이어지는 대표적인 중증응급질환이다. 급성 심정지 환자는 크게 두 가지 유형으로 분류할 수 있다. 즉, 병원 안에서 발생하는 병원 내 심정지(In-Hospital Cardiac Arrest, IHCA) 환자와 병원 밖에서 발생하는 병원의 심정지(Out-of-Hospital Cardiac Arrest, OHCA) 환자로 나눌 수 있다. 병원 내 심정지 환자는 주변 의료진에 의해 빠른 치료가 가능하지만, 병원의 심정지 환자의 경우에는 빠르고 정확한 치료가 이루어지기 어렵기 때문에 대부분 예후가 좋지 않다[1]. 국내 급성 심정지 환자 발생은 2006년 10만 명 당 37.5명에서 2013년 10만 명 당 46.8명으로 증가하였고, 2009년 119 구급일지를 바탕으로 후향적으로 분석한 전 국민 심정지 코호트 조사에 따르면, 병원 밖 심정지 환자 발생은 연간 약 2만 건 발생하는 것으로 나타났다[2, 3]. 이는 인구 10만 명 당 41명꼴로 발생한 것이다. 또한 병원 안에서 심정지로 인해 사망하는 환자를 포함한다면 훨씬 많은 환자들이 심정지로 인해 사망에 이르는 것을 알 수 있다. 병원 밖에서 발생한 심정지 환자들의 생존율은 2.4%에 불과하다[3]. 이는 선진국에 비해서 매우 낮은 수치이다.

외국의 경우, 미국은 급성 심정지(Sudden Cardiac Arrests : SCA) 환자가 연간 약 350,000만 명 발생하는데, 이중 생존율은 11.4% 정도로 우리나라에 비해 높은 생존율을 보인다[4, 5]. 스웨덴과 일본의 경우에 있어서도 심정지 환자들의 생존율은 각각 14.0%, 10.2%를 보이고 있어 미국보다도 생존율이 높은 것을 알 수 있다[4]. 더욱이 국내 심정지 환자는 회복된 후 뇌손상 정도가 경미하여 일상생활이 가능(Cerebral Performance Category[CPC] 1~2)한 상태로 생존한 경우는 0.66%이며, 이는 일본(6.1%), 미국(3.5%)에 비해 1/5, 1/10 수준에 불과하다[3, 6]. 매년 병원 밖에서 심정지 환자가 2만 명 발생하는데, 이 중 19,520 명이 사망하고 480 명만이 생존한다. 생존자 중 348 명은 뇌손상이 심하여 식물인간이거나 간병이 지속적으로 필요한 중태상태이며, 단지 132 명만이 스스로 기본생활이 가능한 상태로 회복되는 것이 국내 현실이다.

국내 의료가 국제적인 수준으로 발전한 것과는 달리 심정지 환자의 생존율은 선진국들에 비해 너무 낮기 때

문에 관련 전문가들의 많은 연구가 절실히 요구된다. 심정지 환자의 생존율이 낮은 것은 바로 뇌생존(Brain survival)과 관련되어 있는데, 우리나라의 경우 병원으로 옮겨진 환자들 대부분이 뇌기능 상실로 인하여 사망하는 경우가 매우 많다. 왜냐하면 심정지 환자들이 회복해서 뇌에 혈액을 공급해야만 하는 골든타임은 불과 4분밖에 되지 않는데 비해 환자를 병원까지 이송하는데 걸리는 시간이 훨씬 더 많이 소요되기 때문이다. 만약 4분이 지나면 산소 공급을 받지 못한 뇌가 기능을 상실하기 시작하기 때문에 병원에 옮겨져 치료를 받더라도 사망할 확률이 급격히 높아진다[7]. 그리고 회복을 하더라도 평생 장애를 갖고 살아가야 할 확률 또한 매우 높다. 4분이라는 골든타임은 119응급의료체계의 평균 출동시간 약 7.5분에 비하면 크게 부족한 시간이다[8]. 따라서 1차 발견자의 침착하고 올바른 심폐소생술(CPR, Cardiopulmonary Resuscitation)이 심정지 환자의 생명을 살리는데 결정적인 역할을 한다고 볼 수 있다. 실제로 심정지 환자 중 일반인에 의해 심폐소생술을 받은 환자는 2.1%에 불과하다고 한다[9]. 최근 심폐소생술에 관한 연구결과에 따르면 흉부 압박만으로도 심정지 환자에게 많은 도움이 되는 것으로 나타났다[10]. 따라서 심폐소생술에 대한 전문적인 지식을 갖춘 의료진이 아니어도 심폐소생술을 할 수 있도록 도와줌으로써 심정지 환자의 생존율을 한층 더 높일 수 있다.

최근 심정지 관련 연구에 따르면, 심정지의 사전 징후로 알려진 심실세동, 심실빈맥과 같은 부정맥 외에, 심정지 발생 한 달 전 또는 일주일 전 또는 하루 전에 흉통, 호흡곤란 등과 같은 사전징후가 발생하는 것으로 밝혀졌다[11, 12]. 이와 같은 심정지 사전징후가 발생했을 때 전문 의료진에게 진찰을 받도록 환자에게 권고함으로써 심정지 발생을 사전에 예방할 수 있다. 일반인들은 자신에게 심정지 발생은 일어나지 않을 것이라고 생각할지 모르지만 심정지 발생은 누구에게나 갑작스럽게 다가올 수 있는 죽음의 질병이다. 그러므로 심정지가 발생하기 전에는 사전에 예방하고 심정지가 발생한 후에는 신속하고 정확한 처치가 가능한 시스템을 구축하여 심정지를 체계적으로 대비하는 것이 필요하다. 특히, 심정지 환자의 80%는 기존의 심장질환이 있는 환자들에게서 발생하기 때문에 심장질환(관상동맥질환)이 있는 환자들은 더욱 더 심정지 발생에 대비할 필요가 있다[13].

최근 들어, 의료와 IT기술의 융합은 세계적으로 높은 관심을 받고 있다. 과거에는 환자들이 병원에서 검사를 받고 관리를 받아야 했지만, IT기술이 발달하면서 휴대용 개인건강기기를 활용하여 언제 어디서나 의료진에게 관리를 받을 수 있게 되었다. 이는 소형 의료용 센서와 통신기술의 발달로 인해 언제 어디서나 건강 데이터를 환자와 의료인 간에 서로 주고받을 수 있는 환경이 구축되었기 때문에 가능한 것이다. 이러한 기술을 활용한 모바일 헬스(m-health)는 BASN(Body Area Sensor Network)를 통하여 환자의 건강데이터를 수집하고, 실시간으로 분석하며, 질병을 사전에 예방하는 의료시스템이다[14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. 세계적으로 모바일 헬스(m-health)에 대한 관심이 높아지고 있는데, 그 이유는 스마트 폰의 보급과 관련이 있다. 국내의 스마트 폰 보급률은 2015년 7월 기준 83%에 달한다는 조사 결과가 있으며, 이는 10명 중 8명 이상이 스마트 폰을 사용하는 것으로써 세계적으로 매우 높은 수치이다[23]. 스마트 폰의 보급이 늘어나면서 자연스럽게 웨어러블 헬스케어 시장도 성장하고 있는데, 세계 웨어러블 기기 시장은 2012년부터 2017년 사이 약 6년 동안 4000%성장이 기대되어진 대[24, 25]. 스마트 폰과 웨어러블 기기의 보급률이 증가하면서 누구나 쉽게 저렴한 가격으로 건강관리 서비스를 받을 수 있게 되었다.

기존의 심정지 관련 연구는 대부분 119 응급치료의 질을 향상시키는 방안, 병원 이송 후 치료에 관한 연구들이 대부분이었다[26, 27, 28, 29]. 그러나 이와 같은 치료도 빠른 심폐소생술이 동반되지 않는다면 심정지 환자의 특성상 환자 생존에 큰 도움이 되기는 어렵다. 최근 국내에서는 이와 같은 문제점을 해결하는 방안으로 m-health를 이용하려는 시도를 보이고 있다. 국내의 연구는 스피커폰기능을 이용한 의료지도를 통해 119구조대가 의사들의 지시에 따라 응급처치를 함으로써 초기 응급처치의 효과를 높이는 방안에 대한 연구[30]를 했고, 해외에서는 스마트 폰 영상을 통해 심폐소생술을 조언해줌으로써 심폐소생술의 횡수를 맞추는 방안[31, 32], 알맞은 깊이를 압박하는 방안[33]에 대한 연구들이 있었다. 그러나 이런 연구들이 확실한 해결책은 되지 못한다. 왜냐하면 심정지 환자가 발생한 급박한 상황에서 애플리케이션을 실행하여 훈련을 받고 심폐소생술을 실시할 경황이 없기 때문이다. 그러므로 심정지 발생 후 처치도 중요하지만, 사

전징후를 사전에 감지하여 심정지 발생을 예방하는 것이 더 효과적이고 실효성이 높다.

따라서 본 연구는 심정지 환자들의 사전 징후를 감지하여 위험상태를 환자 자신은 물론 가족과 의료진에게 알려서 치료를 받도록 권고하고, 심정지가 발생한 후에는 즉각적으로 119 구조대에 구조 요청함과 동시에 소리 알림을 통해 주변 사람에게도 구조요청을 한다. 그리고 1차 발견자에게 심폐소생술을 효과적으로 실시할 수 있게 도와줌으로써 심정지 환자의 치료가 즉각적이고 정확하게 이루어지도록 지원하는 시스템을 설계 및 구현하였다.

2. 관련연구

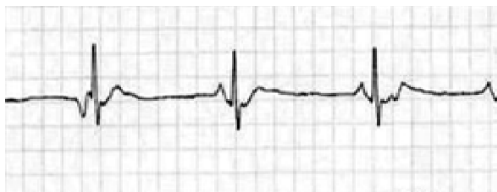
2.1 급성 심정지(Sudden Cardiac Arrest)

급성 심정지는 심장이 갑작스럽게 동작을 멈추는 상태로 뇌와 다른 신체 기관에 혈액 공급이 중단된다. 그러므로 급성 심정지가 발생한 후, 수분 안에 치료를 하지 않는다면 죽음에 이를 수 있는 매우 치명적인 응급질환이다. [Fig. 1]과 [Fig. 2]에서 보는 바와 같이 부정맥이 발생할 때, 심장박동은 너무 빠르거나 너무 느리게 뛰어서 불규칙적인 리듬을 갖는다. 이렇게 불규칙적인 리듬을 갖고 있는 심장 질환자들은 급성 심정지가 발생할 확률이 매우 높다. 심정지의 발생 원인으로는 대표적으로 심실세동, 관상동맥질환, 스트레스 등이 꼽힌다. 실제로 심정지 환자의 대부분은 초기 심전도가 심실세동, 심실빈맥 등의 부정맥으로 나타난다고 한다[34]. 최근 발표한 논문에서 의하면 심정지 환자의 약 50%가 사전징후로서 4주전부터 최소 하루 전에 흉통이나 호흡곤란을 느끼는 것으로 나타났다[12].

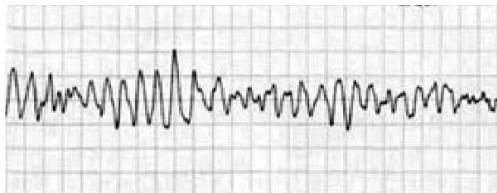
한편, 최근 들어 m-health를 활용하여 심정지 환자를 효과적으로 치료하는 것을 도와주는 연구들이 진행되고 있다. 2015년 미국심장협회는 심폐소생술 가이드라인을 통해 심폐소생술 훈련 시에 흉부압박의 깊이, 속도의 권고사항에서 구조자의 집중력을 높일 수 있도록 시각적, 청각적 안내를 고려하도록 권고하고 있으며, 최근에 몇몇 연구들은 스마트 폰 및 스마트 와치와 같은 피드백 장비를 이용한 심폐소생술을 시행하고 있다[31, 32, 33]. 즉, 스마트 장치의 화면과 음향을 이용하여 흉부 압박의 속도 및 깊이 등에 대한 정보를 제공함으로써 심폐소생술

의 효과를 극대화 하려는 연구들이다. 또한 휴대폰의 스피커폰 기능을 사용하여 심정지 환자 발생을 신고한 1차 발견자에게 심폐소생술을 교육하고, 그대로 실시하도록 함으로써 심폐소생술의 초기 효과를 높이려는 연구도 있다[30].

이렇듯 기존의 연구들은 심정지 환자가 발생한 후에 조치를 취함으로써 그 효과가 매우 낮고, 심정지 환자인지 발작 환자인지 알 수 없는 측면도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 심정지 환자가 발생하기 전에 사전징후를 감지하여 조기에 발견하고 예방한다면 더 효과적으로 환자의 생명을 구할 수 있을 것이다.



[Fig. 1] Normal ECG



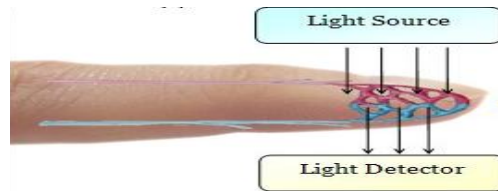
[Fig. 2] Ventricular Fibrillation ECG

2.2 PPG(Photo Plethysmo Graphy) 센서

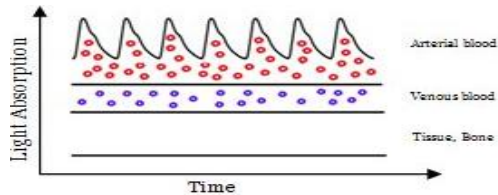
PPG 센서는 혈관에 흐르는 혈류량을 측정하여 심박 활동에 관련된 정보를 추출하는 장치로 [Fig. 3]과 같이 Light Source(LED 전구)와 Light Detector(광 검출기)로 구성되어 있으며, Light Source에서 나온 적외선과 같은 광을 손가락 끝이나 손목 부근에 비추 후 반사되어 나오는 빛을 Light Detector가 감지하게 된다. 감지되는 빛의 양은 시간의 흐름에 따라 인체의 혈류량이 변하는 것과 비례하여 나타난다. 그래서 결국 [Fig. 4]에서 보는 바와 같이 시간의 변화에 따라 파형을 형성한다. 이것은 비침습적인 방법으로 생체신호를 측정함으로써 환자에게 압박감을 주지 않으면서 지속적으로 측정이 가능하고, 측정 결과는 건강이나 질병을 판단할 수 있는 중요한 지표로 사용되며, 나아가 심혈관계의 질병을 예측하는데 활용

할 수 있다.

기존의 PPG 센서는 적색 광을 많이 사용하였으나, 최근에는 정확도가 더 높은 녹색 광을 사용한 펄스센서를 많이 이용하고 있다[35]. 최근 연구에 의하면, 심장박동을 측정하는데 있어 녹색 광을 사용한 PPG 센서가 ECG 센서만큼 심박변화를 측정하는데 정확하다는 결과가 있었다[36]. 만약 정확성이 확보된다면 녹색 광을 사용한 PPG 센서는 ECG 센서의 약점이었던 부착의 불편함을 해결함으로써 앞으로 웨어러블 기기로 널리 사용될 것으로 예상된다.



[Fig. 3] Fundamentals of PPG Sensors

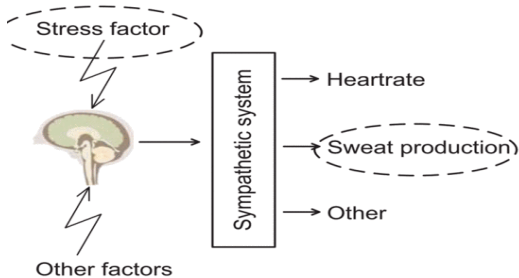


[Fig. 4] Blood Signal Measurement through PPG Sensor

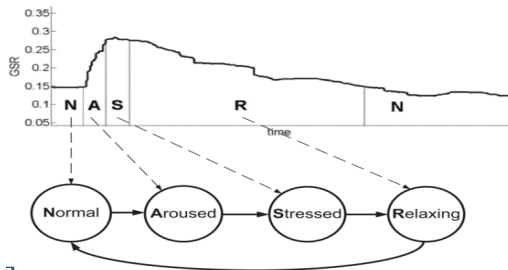
2.3 GSR(Galvanic Skin Response)센서

GSR(Galvanic skin response) 센서는 피부의 전기 전도도를 측정하는 기기로, 두개의 전극 사이에 아주 약한 전류가 지속적으로 흐르고 있을 때 전기적 저항의 변화를 기록한 것이다. [Fig. 5]와 같이 피부의 땀샘(Sweat gland)이 교감신경계(Sympathetic nervous system)의 통제 하에 있기 때문에, 피부의 전기 전도도는 피검사자의 심리적 신체적 각성 상태를 나타내는 척도로 쓰이고 있다. 일반적으로 스트레스는 [Fig. 6]과 같이 정상 상태에서 흥분 상태를 거쳐 스트레스 상태, 이완기 상태로 단계적으로 진행하며, 이 단계에 맞추어 전기 전도도는 흥분상태에서 상승하여 스트레스 상태일 때 가장 높은 값을 갖고 이완기 상태에서 낮아진다. 이러한 기능을 갖춘 GSR 센서를 이용하여 스트레스를 감지하는 연구들이 있

고, 더 나아가서는 감정을 측정하고 감정에 따라 분위기를 바꾸는 감성조명 시스템에 대한 연구, e-learning을 받는 학생들의 심리상태를 평가하는 연구 등 다양한 분야에서 활용되고 있다[37, 38, 39]. 따라서 본 연구에서도 스트레스가 심장박동에 영향을 미치고, 심정지의 주요 원인 중 하나이기 때문에 스트레스를 감지하기 위해 GSR 센서를 활용하였다.



[Fig. 5] Reaction between Stress and Autonomic Nervous System

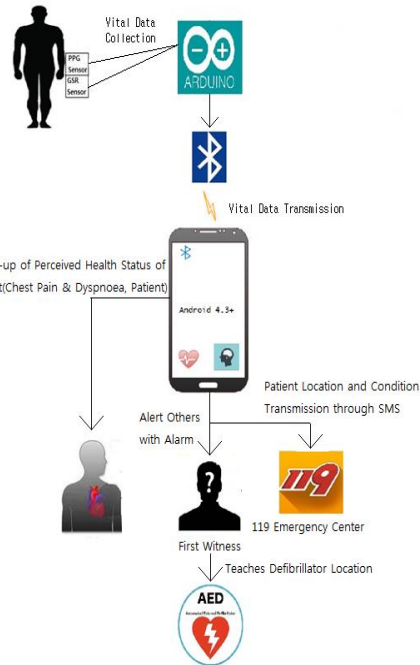


[Fig. 6] Stress Signal

3. 시스템 설계

3.1 전체 시스템 구성

[Fig. 7]은 심정지 예방 및 처치 시스템의 전체 구성도이다. 제안한 시스템은 크게 웨어러블 기기부분과 애플리케이션(스마트 폰에 탑재) 부분으로 구성하였다. 웨어러블 기기 부분은 아두이노 마이크로컨트롤러와 두개의 센서(PPG와 GSR 센서)로 구성되었다. 애플리케이션 부분은 심정지 환자의 사전징후(심정지 상태 포함)에 따라 심정지 예방이나 응급처치를 정확하게 실시하도록 도와준다.



[Fig. 7] Overall System Architecture

3.2 웨어러블 기기

웨어러블 기기는 생체정보 측정센서(PPG, GSR 센서)로부터 생체 데이터를 수집하고, 수집한 데이터를 분석하여 심정지 사전징후가 발견되면 분석결과 값을 블루투스 모듈을 통해 스마트폰으로 전송하는 기능을 수행한다. 이를 위해 기기를 센서, 아두이노(Arduino), 블루투스 모듈로 구성하였다.

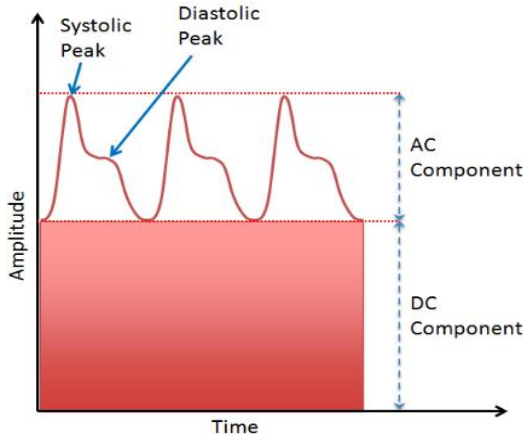
3.2.1 센서

센서는 PPG센서와 GSR 센서를 사용하였다. PPG센서는 사용자의 혈류량을 감지하는 장치인데 감지 결과는 [Fig. 4]에서 보는 바와 같이 시간에 따른 파형으로 나타나며, 이 센서를 통해 검출된 파형은 아두이노에서 분석하여 부정맥을 판단하게 된다. GSR 센서는 피부 전기 전도도의 변화를 측정하며 역시 아두이노에서 분석하여 스트레스 상태를 파악한다.

3.2.2 아두이노

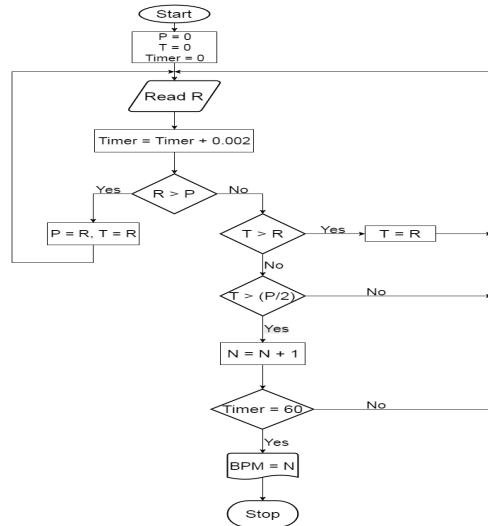
아두이노는 센서(PPG 센서, GSR 센서)가 생체신호를 측정할 수 있도록 컨트롤하고, 센서로부터 수집된 데이터를 분석하며, 분석결과 부정맥으로 판명되면 블루투스를 통해 그 결과(부정맥, 스트레스 정보)를 스마트폰으로 전송한다.

분석은 심박 수(BPM)를 계산하고, 심박 수가 적정 심박 수(당당의사의 처방) 보다 적거나 많은 경우 부정맥으로 판단한다. PPG 센서의 감지신호는 일반적으로 [Fig. 8]과 같으며, 가장 높은 값인 수축기 피크 값(Systolic Peak)과 이완기 피크 값(Diastolic Peak)이 있다.



[Fig. 8] Signal Measurement through PPG Sensor

심박 수는 1분 동안에 수축기의 피크 값이 몇 개인지를 의미하며 찾아내는 알고리즘은 [Fig. 9]와 같다. 여기서 수축기 피크 값을 P, 이완기 피크 값을 T라고 하고, Timer Interrupt 함수를 사용하여 PPG 센서가 0.2초 간격으로 혈류의 양을 측정하며, 측정값을 R이라 하자. 초기 입력신호 R은 P값과 비교하여 큰 경우에는 수축기 피크 값을 향해 상승하는 상태이며, R값이 P값에 비해 작은 경우에는 수축기 피크 값을 지나 하강하는 상태를 의미한다. 또한 [Fig. 8]에서 보는 바와 같이 이완기 피크 값을 지나면 일시적으로 상승하는 것을 알아내기 위해 P의 값을 T에 저장한 후 입력신호 R과 T값을 비교한다. R값이 크면 일시적으로 상승하는 경우이고, 그 반대인 경우에는 계속 하강하는 상태가 된다.

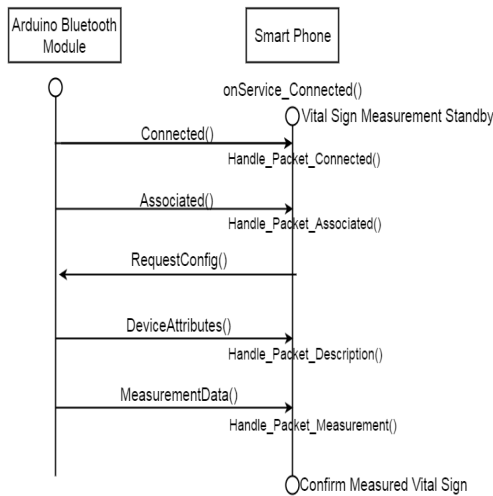


[Fig. 9] Heart Rate Calculation Flowchart(Heart Rate)

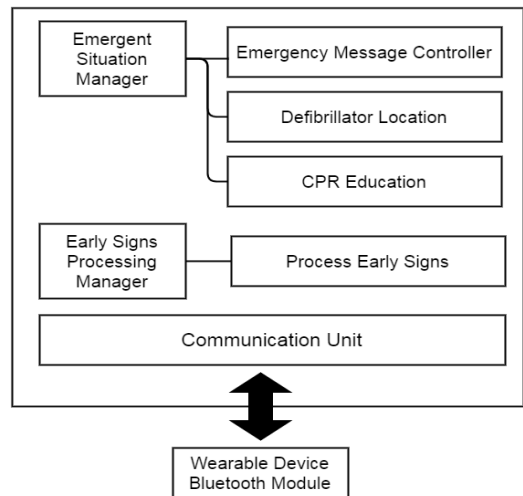
이 알고리즘을 통해 분당 맥박수를 측정할 수 있다. 이때 맥박수가 정상 범위인 60회에서 100회 사이 범위 안에 들어오면 정상 심박, 그렇지 않으면 부정맥 신호가 검출되는 것으로 판단할 수 있다. 한편 환자의 활동에 따라 맥박수가 변하게 된다. 즉 환자의 활동이 많으면 심장박동이 빨라져서 맥박수가 많아지게 되고 활동이 적으면 그 반대 현상이 일어난다. 이것을 고려하여 휴식 상태, 걷기 상태, 달리기 상태 모드를 설정하도록 하였다.

3.2.3 블루투스 모듈

블루투스 모듈은 아두이노에 의해 처리된 결과(부정맥, 스트레스)를 스마트폰으로 전송하는 기능을 담당한다. [Fig. 10]은 아두이노 블루투스 모듈과 스마트폰의 연결되는 과정을 나타내는 Sequence Diagram이다. 먼저 스마트폰은 Manager 함수를 시작하면서 아두이노의 연결 요청을 대기한다. 아두이노가 블루투스 연결을 시도하는 Connect 메시지를 전송하고, 스마트폰이 메시지를 수신하면, Application_Activity 상태가 된다. 아두이노와 스마트폰 간에 연결 상태가 되면, 아두이노는 Association Request 메시지를 보내고, 이어서 스마트폰은 아두이노의 configuration 정보를 요청한다. 아두이노는 configuration 정보를 전송하여 연결 설정을 완료한다. 연결 되면, 아두이노는 측정된 생체정보를 스마트폰으로 전송한다.



[Fig. 10] Transmission Protocol Between Bluetooth and Smart phone



[Fig. 11] Smart Mobile Device Structure

3.3 스마트 모바일 장치

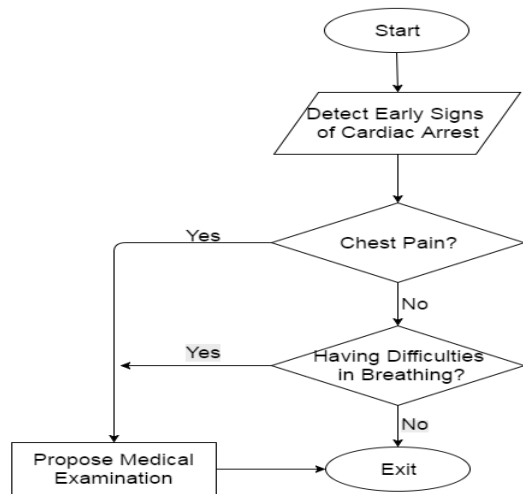
스마트 모바일 장치는 가장 널리 사용되고 있는 스마트폰을 사용하며, 웨어러블 기기로부터 전송된 데이터(부정맥, 심정지, 스트레스)에 따라 적합한 조치를 취하는 기능이 있다. 이러한 기능을 수행하기 위해 [Fig. 11]에서 보는 바와 같이 응급상황 매니저, 사전징후 처리 매니저, 통신 매니저로 구성하였다.

3.3.1 응급상황 매니저

응급상황 매니저는 심정지 환자가 발생하였을 때 즉시 실행되어 환자의 구조가 신속 정확하게 일어나는 모듈로 Emergency Message Controller, CPR 교육 DB, 제세동기 위치 DB로 구성하였다. Emergency Message Controller는 자동적으로 환자의 질병정보(심정지)와 GPS 위치정보를 119구급대로 SMS 메시지 형태로 전송한 후 “비상 음”을 크게 발생시켜 주변 사람들에게 알려 도움을 받는다. CPR교육 DB는 1차 발견자에게 심폐소생술 가이드라인에 맞춰 교육을 실시하고 환자에게 효과적으로 심폐소생술을 실시할 수 있도록 박자에 맞춰 지속적으로 소리를 낸다. 제세동기 위치 DB모듈은 “중앙응급의료센터”가 제공하는 제세동기 위치 DB를 활용하여 1차 발견자에게 제세동기의 위치를 제공한다. 1차 발견자가 CPR교육을 받으면서 제세동기의 위치를 동시에 알 수 있도록 스마트 폰의 화면을 분할하여 사용한다.

3.3.2 사전징후 처리 매니저

사전징후 처리 매니저는 웨어러블 기기로부터 심정지의 사전징후(부정맥, 스트레스)를 수신하면 실행되는 모듈로서 Push Message Controller를 포함한다. Push Message Controller는 [Fig. 12]에서 보는 바와 같이 환자 자신이 답하도록 질문을 스마트 폰 화면에 보여준다. 메시지를 보내면서 심정지의 사전 징후로 알려진 흉통이나 호흡곤란이 있다면 즉시 의료진에게 진찰받기를 권고한다.



[Fig. 12] Cardiac Arrest Early Signs Processing Flowchart

4. 시스템 구현 결과

4.1 시스템 구현 환경

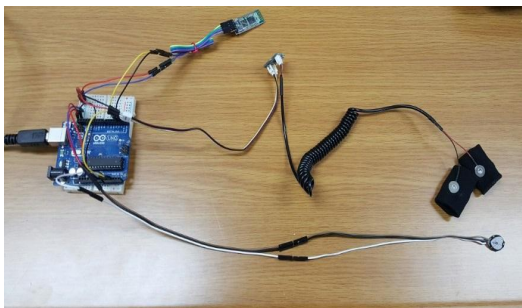
제안한 시스템의 구성요소는 <Table 1>과 같다. 센서는 PPG 센서와 GSR 센서 모두 Grove 타입을 사용하였다. 마이크로 컨트롤러는 아두이노 우노를 사용하였고, 스마트 모바일 기기는 안드로이드 젤리빈 버전의 OS를 탑재한 갤럭시 넥서스를 사용하였다. 개발 언어는 Sketch, XML을 사용하였다.

<Table 1> System Requirements

Item	Specification
PPG(Photo.Plethysmography) Sensor	PPG Sensor(Arduino Pulse Sensor C77)
GSR(Galvanic Skin Response) Sensor	GSR Sensor(Grove GSR Sensor)
Micro Controller	Arduino Uno
Smart Mobile Device	Galaxy Nexus(SHW-M420S), OS Version 4.1.1
Program Language	Arduino code in C and Android Application GUI in XML, Functionality in Java

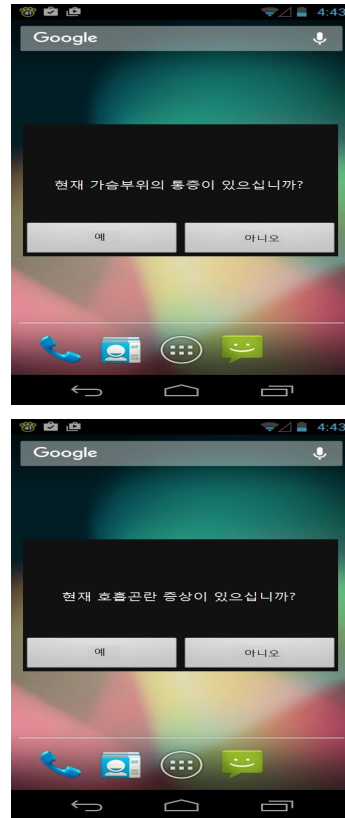
4.2 시스템 구현 결과

웨어러블 기기는 아래 [Fig. 13]과 같이 프로토타입을 구현했다. 2개의 센서, 아두이노 컨트롤러, 블루투스 모듈로 구성되어 있으며 항상 환자의 몸에 부착하고 생활하게 된다. 센서는 각각 부정맥과 스트레스를 감지하고, 이를 아두이노 컨트롤러에서 분석하여 사전에 설정된 정상범위(의사의 권고사항)를 벗어나면 분석결과를 블루투스를 통해 스마트 폰으로 전송한다.



[Fig. 13] Prototype of Wearable Device

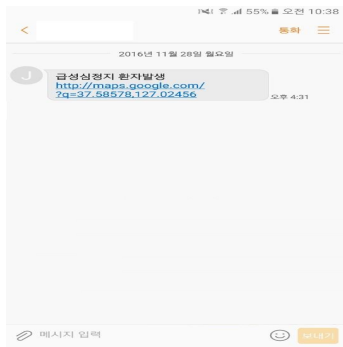
웨어러블 기기로부터 전송된 분석결과는 스마트 모바일 장치에 의해 응급상황인지 사전징후인지에 따라 애플리케이션이 자동적으로 실행된다. [Fig. 14]는 사전징후(부정맥)가 발견된 경우 환자에게 통증과 호흡곤란을 묻는 스크린 샷이다.



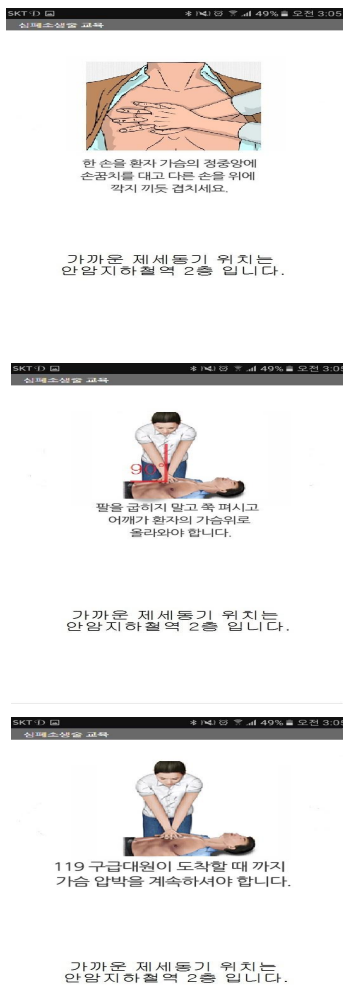
[Fig. 14] Screen Shot of Questionnaire Pop-up When Early Signs of Cardiac Arrest is Detected

응급상황(심정지)인 경우는 우선 주변사람에게 알리기 위해 “알림 음”을 크게 내면서 119 구급대에 환자의 위치와 구조 요청 문자를 전송한다. 구조 요청 문자 메시지는 [Fig. 15]와 같이 환자 발생과 GPS위치를 함께 알린다.

이어서 1차 발견자로 하여금 응급조치를 정확하게 취할 수 있도록 [Fig. 16]에서 보는 바와 같이 심폐소생술을 도와주면서 제세동기 위치를 알려준다.



[Fig. 15] Emergency Location Notification message



[Fig. 16] CPR Education and Defibrillator Location Indication Screen Shot

5. 결론 및 향후 연구과제

급성 심정지는 갑작스러운 심장 기능의 상실로 인하여 수 분 안에 뇌와 온 몸에 혈액 공급이 되지 않아 사망으로 이어지는 대표적인 중증응급질환이다. 그 중 병원 외 심정지 환자의 경우에는 빠르고 정확한 치료가 이루어지기 어렵기 때문에 대부분 예후가 좋지 않다. 심정지는 갑작스럽게 발생하는 질환이면서 소위 골든타임도 약 4분가량 밖에 되지 않기 때문에 생존율은 매우 낮다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 웨어러블 기기를 이용한 급성 심정지 환자 지원 시스템을 설계 및 구현하였다. 웨어러블 기기를 이용하여 생체 데이터를 수집하고 분석하여 이상이 있을 경우 스마트폰으로 분석결과를 전송한다. 분석결과는 2가지로 나타나는데 사전징후와 심정지이다. 심정지의 사전징후가 발견되면 환자 자신에게 다시 증상(통증, 호흡곤란)을 확인해서 증상이 있으면 환자에게 치료를 권고하고, 심정지가 발생했다면 주변사람에게 알리기 위해 “알림 음”을 크게 내면서 119 구급대로 환자의 위치정보와 구조요청 문자를 발송한다. 이어서 1차 발견자에게 심폐소생술을 정확하게 실시할 수 있도록 교육과 동시에 주변에 비치된 제세동기의 위치를 알려준다. 그런 다음 심폐소생술을 지속적으로 수행할 수 있도록 1분에서 60회 정도의 박자를 소리로 내줌으로써 환자의 생존율을 높일 수 있다.

이 솔루션을 활용하면 급성 심정지를 사전에 예방할 수 있고, 설사 발병한다고 하더라도 주변사람에게 신속하게 알려 최대한 골든타임(4분)을 지킬 수 있으며, 1차 발견자가 신속하고 정확한 심폐소생술을 실시할 수 있어 생존율을 한층 더 높일 것으로 기대한다.

본 연구의 제한점은 급성 심정지 환자 지원 시스템을 설계 및 구현을 하였지만 급성 심정지 환자에게 적용하는 것이 매우 어려울 뿐만 아니라 의료법 등 여러 가지 제약이 있어 실제로 필드에서 성능평가를 하지 못한 점이다. 향후 시스템을 더 소형화하고 적합한 방법을 찾아 성능평가를 함과 동시에 성능을 개선하는 연구를 할 계획이다.

REFERENCES

[1] Hyun Joo Kang, Jin Hee Jung, Eun Kyung Eo,

- Hyun A Bae, "Original Articles : A Retrospective Analysis to Determine Criteria for Termination of Resuscitation (TOR) for a Patient with an Out-of-Hospital Cardiac Arrest (OHCA) who Presents at the Emergency Department (ED)", *The Korean Society of Emergency Medicine*, Vol.21 No.5, 546-553, 2010.
- [2] Ro YS, Shin SD, Song KJ, Lee EJ, Kim JY, Ahn KO, Chung SP, Kim YT, Hong SO, Choi JA, Hwang SO, Oh DJ, Park CB, Suh GJ, Cho SI, Hwang SS, "A trend in epidemiology and outcomes of out-of-hospital cardiac arrest by urbanization level: a nationwide observational study from 2006 to 2010 in South Korea", *Resuscitation*, Vol.84, No.5 : 547-557, 2013.
- [3] SD Shin, "The Report of Cardiac Arrest Cohort. Ministry of Health and Welfare", *Korean Center for Disease Control and Prevention*, Vol.11, No 2, 2009
- [4] Roger, V. L., A. S. Go, D. M. Lloyd-Jones, E. J. Benjamin, J. D. Berry, W. B. Borden, D. M. Bravata, S. Dai, E. S. Ford, and C. S. Fox, "Heart Disease and Stroke Statistics-2012 Update-a Report from the American Heart Association", *Circulation*, Vol.125 No.1: 188-197, 2012.
- [5] Nichol G, Thomas E, Callaway CW, Hedges J, Powell JL, Aufderheide TP, et al, "Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest incidence and outcome", *JAMA*, Vol.300, No.12: 1423-31, 2008.
- [6] Grenvik, A., & Safar, P, "Brain failure and resuscitation", *Churchill Livingstone*, 1981.
- [7] Won, J. S., & Go, D. Y, "Veridication on Golden Time of Cardiac Arrest", *Korean review of crisis and emergency management*, Vol.12, No.7, 131-148, 2016.
- [8] Koh, B. Y., & Park, Y. S, "Clinical Characteristics and Prehospital care in Prehospital Cardiac Arrest Patients by Paramedic's Reports", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.11, No.4, 1540-1546, 2010.
- [9] Choi, J. A, "Result of Out-of-Hospital Cardiac Arrest Surveillance. 2006-2010", *Public Health Weekly Report, KCDC*, Vol.5, No.41, 777-82, 2012.
- [10] Rea, T. D., Fahrenbruch, C., Culley, L., Donohoe, R. T., Hambly, C., Innes, J., & Eisenberg, M. S, "CPR with chest compression alone or with rescue breathing", *New England Journal of Medicine*, Vol.363, No.5, 423-433, 2010.
- [11] KI LEE, HS Oh, "Concept Analysis of Cardiac Arrest : Identifying the Critical Attributes and Empirical Indicators", *The Korean Academic Society of Adult Nursing*, Vol.26, No.5, 573-583, 2010.
- [12] Marijon, E., Uy-Evanado, A., Dumas, F., Karam, N., Reinier, K., Teodorescu, C., ... & Chugh, S. S, "Warning symptoms are associated with survival from sudden cardiac arrest", *Annals of internal medicine*, Vol.164, No.1, 23-29, 2016.
- [13] Zipes, D. P., & Wellens, H. J, "Sudden cardiac death", *Circulation*, Vol.98, No.21, 2334-2351, 1998.
- [14] Chiti, F., Fantacci, R., Archetti, F., Messina, E., & Toscani, D, "An integrated communications framework for context aware continuous monitoring with body sensor networks", *IEEE Journal on selected Areas in Communications*, Vol.27, No.4, 379-386, 2009.
- [15] Wood, A. D., Stankovic, J. A., Virone, G., Selavo, L., He, Z., Cao, Q., ... & Stoleru, R, "Context-aware wireless sensor networks for assisted living and residential monitoring" *IEEE network*, Vol.22, No.4, 26-33, 2008.
- [16] Lee, S. J., Sim, H. J., Lee, A., & Lee, T. R, "The Design of Maternity Monitoring System Using USN in Maternity Hospital" *Journal of Digital Convergence*, Vol.11, No.5, 347-354, 2013.
- [17] Cho, G. Y., Lee, S. J., & Lee, T. R, "Research on Enhancing Reliability of IT Convergence Technology Applied Emergency Management Information System" *Journal of Digital Convergence*, Vol.11, No.10, 395-401, 2013.
- [18] Kim, D. S., Lee, S. J., & Lee, T. R, "Development of Smart Phone Application With Spectrometer for u-Health Service" *Journal of Digital Convergence*, Vol.11, No.7, 261-269, 2013.
- [19] GJ Kim, JS Han, "Chronic Disease Management using Smart Mobile Device" *Journal of Digital*

- Convergence, Vol.12, No.4, 335-342, 2014.
- [20] Chung-Geon Song, Keun-Ho Lee, "Design of Authentication System using Biometrics for U-Healthcare Environment in M2M", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol.3, no.2 : 13-17, 2012.
- [21] In-Kyu Seo, Sang Ho Lee, "An Efficient Hospital Service Model of Hierarchical Property information classified Bioinformatics information of Patient", *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol.5, no.4 : 17-23, 2015.
- [22] Yoon-Su Jeong, "A Study of An Efficient Clustering Processing Scheme of Patient Disease Information for Cloud Computing Environment", *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol.6, no.1 : 33-38, 2016.
- [23] KT Economy & Management Research Institute, "Mobile Trend Prospect 2015", 2015
- [24] Wilkins, M., "Global Wearable Device Sales by Type: 2012 to 2017", *Strategy Analytics*, 2013
- [25] Seong-Hoon Lee, Dong-Woo Lee, "A Study on u-Health Fusion Field based on Internet of Thing", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol.7, No.4 : 19-24, 2016.
- [26] EK Jung, HW Yun, "The Effectiveness of Quality Control of 119 Emergency Medical Services on Survival Rate of Cardiac Arrest Patients", *The Korean Journal of Health Service Management*, Vol.7, No.1, 21-34, 2013.
- [27] Nielsen, N., Wetterslev, J., Cronberg, T., Erlinge, D., Gasche, Y., Hassager, C., ... & Pellis, T, "Targeted temperature management at 33 C versus 36 C after cardiac arrest", *New England Journal of Medicine*, Vol.369, No.23, 2197-2206, 2013.
- [28] DS Park, "The Physical Characteristics of 119 EMTs and a Comparison of the Quality in Chest Compressions according to Posture in Pregnant Women Cardiac Arrest", *Journal of Digital Convergence*, Vol.13, No.11, 197-204, 2015.
- [29] HS Jun, HS Sohn, "Effect of cardiopulmonary resuscitation(CPR) education performed by health teachers on middle school students", *Journal of Digital Convergence*, Vol.13, No.10, 385-395, 2015.
- [30] SY Park, CW Kim, SJ Lee, DH Lee, JH Lim, SE Kim, "Original Articles : Effects of the Mobile Phone Speaker Function on the Dispatcher-assisted Layperson Performance of Early Phase Cardiopulmonary Resuscitation", *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol.24, No.6, 636-643, 2013.
- [31] Engan, K., Hinna, T., Ryen, T., Birkenes, T. S., & Myklebust, H, "Chest compression rate measurement from smartphone video" *Biomedical engineering online*, Vol.15, No.1, 95, 2016.
- [32] YJ Tak, "Effect of Musical Rhythm on the CPR education of Adolescent" *Journal of Digital Convergence*, Vol.12, No.2, 417-421, 2014.
- [33] Boussen, S., Ibouanga-Kipoutou, H., Fournier, N., Raboutet, Y. G., Llari, M., Bruder, N., ... & Behr, M, "Using an inertial navigation algorithm and accelerometer to monitor chest compression depth during cardiopulmonary resuscitation", *Medical engineering & physics*, 2016.
- [34] MG Lee, SJ Kim, DH Choi, DH Jun, BD Yoo, DP Lee, "Outcome of Nontraumatic Prehospital Cardiac Arrest" *JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY OF EMERGENCY MEDICINE*, Vol.13, No.4, 428-433, 2002.
- [35] Lee, J., Matsumura, K., Yamakoshi, K. I., Rolfe, P., Tanaka, S., & Yamakoshi, T, "Comparison between red, green and blue light reflection photoplethysmography for heart rate monitoring during motion", In 2013 35th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (EMBC) (pp. 1724-1727), IEEE, 2013.
- [36] Lu, G., Yang, F., Taylor, J. A., & Stein, J. F, "A comparison of photoplethysmography and ECG recording to analyse heart rate variability in healthy subjects", *Journal of medical engineering & technology*, Vol.33, No.8, 634-641, 2009.
- [37] Bakker, J., Pechenizkiy, M., & Sidorova, N, "What's your current stress level? Detection of stress patterns from GSR sensor data", In 2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining Workshops (pp. 573-580), IEEE, 2011.

- [38] Han, Y. O., & Kim, D. W., "Sensitivity illumination system using biological signal", The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences, Vol.9, No.4, 499-508, 2014.
- [39] Handri, S., Yajima, K., Nomura, S., Ogawa, N., Kurosawa, Y., & Fukumura, Y., "Evaluation of Student's Physiological Response Towards E-Learning Courses Material by Using GSR Sensor", In Computer and Information Science (ICIS), 2010 IEEE/ACIS 9th International Conference on (pp. 805-810), IEEE, 2010.

장 진 수(Jang, Jin Soo)



- 2015년 2월 : 삼육대학교 응용컴퓨터학과 졸업
- 2015년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 일반대학원 보건과학과 석사과정
- 관심분야 : u-Healthcare, Bio-Informatics, Health Information Technology
- E-Mail : runmc@korea.ac.kr

이 서 준(Lee, Seo Joon)



- 2013년 2월 : 고려대학교 보건행정학과 졸업
- 2013년 3월 ~ 2015년 2월 : 고려대학교 일반대학원 보건과학과 (보건학 석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 일반대학원 보건과학과 박사과정
- 관심분야 : u-Healthcare, Bio-Informatics, Health Information Technology, Bio-medical Engineering
- E-Mail : richardlsj@korea.ac.kr

이 광 인(Lee, Kwang In)



- 2012년 8월 : 연세대학교 보건대학원 보건정책관리학 전공(보건학 석사)
- 2015년 2월 ~ 현재 : 고려대학교 일반대학원 보건과학과 박사과정
- 관심분야 : U-Healthcare, Hospital Information System, Healthcare Management, IOT, Augmented Reality
- E-Mail : leekiplus@gmail.com

이 태 노(Lee, Tae Ro)



- 1984년 2월 : 광운대학교 전산학과 (이학사)
- 1989년 8월 : 경희대학교 교육대학원 전산학 전공(교육학 석사)
- 2001년 2월 : 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학 박사)
- 2005년 9월 ~ 2006년 8월 : Visiting Professor of Griffith University
- 1996년 9월 ~ 현재 : 고려대학교 보건과학대학 보건정책관리학부 교수
- 관심분야 : Hospital Information System, u-Healthcare, MIS, Signal Processing
- E-Mail : trlee@korea.ac.kr