Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.54, NO.7, July 2017 https://doi.org/10.5573/ieie.2017.54.7.103
ISSN 2287-5026(Print) / ISSN 2288-159X(Online)

논문 2017-54-7-12

다중 생체신호 측정 웨어러블 디바이스 기반 환자 모니터링 시스템 설계

(Design of The Patient Monitoring System based on Wearable Device for Multi-biosignal Measurement)

이 민 혜*, 정 기 수**, 정 동 명***

(Minhye Lee, Gisoo Chung, and Dongmyong Jeong©)

요 약

병원 현장에서 환자 모니터링 시스템을 적용하기 위해서는 환자감시장치에서 기본적으로 다루고 있는 주요 생체신호의 측정과 데이터의 분석이 가능해야 한다. 본 논문에서는 이러한 요구사항을 수용하고자 심전도와 산소포화도 측정이 가능한 웨어러블 디바이스와 환자 모니터링 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 측정된 생체신호를 블루투스를 통해 간호스테이션 상의 서버로 전송되고 환자 모니터링 시스템에서 의료진이 확인할 수 있는 그래프 파형과 수치로 표현된다. 설계한 시스템을 통해 수집된 데이터와 기존 장비에서 얻어진 데이터를 비교하여 본 시스템의 유효성을 검증하였다.

Abstract

In order to apply the patient monitoring system to the hospital field, it is necessary to be able to measure and analysis data the major bio-signals that are basically covered by the existing patient monitoring system. We have implemented a wearable device and the patient monitoring system for measuring ECG and oxygen saturation. The implemented system transmits the measured bio-signal to the server on the nursing station via Bluetooth. It is represented by graph waveforms and numerical values that can be checked by the medical staff in the patient monitoring system. The validity of this system is verified by comparing the data collected through the designed system with the data obtained from the conventional equipment.

Keywords : ECG, SpO2, Bio-signal, Wearable device, Patient monitor

* 학생회원, *** 평생회원, 원광대학교 전자공학과 생체공학연구실(Institute of Biomedical Engineering Research, Department of Electronic Engineering, Wonkwang University)
** 정회원, 한국생산기술연구원(Korea Institute of Industrial Technology)
© Corresponding Author (E-mail : dmz@wku.ac.kr)
※ 본 논문은 한국생산기술연구원 기업주문형 생산기술 실용화사업 “웨어러블 다중 생체신호 측정 디바이스 및 환자 상태 통합 모니터링 기술 개발(JB170019)”의 지원으로 수행한 연구과제입니다.
Received ; February 16, 2017 Revised ; June 26, 2017
Accepted ; June 28, 2017

Ⅰ. 서 론

산업의 급속한 발전과 경제수준의 향상으로 삶의 질은 높아졌으나, 인구 고령화 현상과 사회적 스트레스, 부적절한 식습관, 휴식 부족 등은 우울증, 성인병, 만성질환과 같은 각종 질환을 초래하며 현대인들의 건강을 위협하는 가장 큰 요인이 되고 있다[1~2]. 건강에 대한 현대인들의 관심이 증가함에 따라, 종래에는 질병 발병 후 치료중심의 의료 서비스에서 예방과 관리 중심의 의료기술로 변화하고 있다. 의료 서비스에 대한 사회적

Copyright © The Institute of Electronics and Information Engineers.

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.

인식 변화는 근래 비약적으로 발전을 이룬 정보통신기술과 의료서비스의 결합을 통해 피트니스, 레저, 일상생활에 접목시킨 웨어러블 헬스케어 시장으로 확대되고 있다. 그러나 시장에 상용화 된 대부분의 웨어러블 제품은 착용자의 심박수, 운동량, 위치정보 등을 모바일 기기로 보여주는 단순 기능에 국한되고 있어 병원에서 사용하기는 어려움이 있다[3~5].

최근 병원에서는 간병이 필요한 환자와 가족들이 겪는 경제적 신체적 부담을 경감시키기 위하여, 의료기관 내의 간호 인력만으로 입원 환자에게 필요한 간호서비스를 제공하는 포괄 간호서비스가 시범 운영되고 있다[6]. 그러나 전문 간호 인력의 수급이 부족하여 자동으로 환자들의 건강상태를 파악하여 의료진에게 알려줄 수 있는 실시간 모니터링 시스템에 대한 필요성이 요구되고 있다.

해외에서는 환자의 건강 상태를 원격으로 진단 할 수 있는 모니터링 시스템 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 모바일 디바이스를 통해 서버로 전송된 환자의 생체정보를 의료진이 열람하여 응급상황에 대비할 수 있는 위프로(Wipro)의 맞춤형 실시간 모니터링 서비스 'Connected Healthcare', 붕대에 탑재된 생체인식 센서를 통해 건강 상태를 측정할 수 있는 SecuraTrac의 'SecuraPatch', 앱에서 수집된 사용자의 의료정보를 병원에 원격으로 전달하는 애플(Apple)의 'HealthKit' 등이 그 예이다. 국내에서도 원격 의료 서비스에 대한 법안을 모색하고 있으나 바로 추진하기는 어려운 실정이다[7~8].

환자의 검진에는 심전도, 산소포화도, 체온, 혈압과 같이 개인 고유의 생체정보가 내재되어 있는 생체신호가 요구되며, 이러한 생체정보의 처리 기술과 빅데이터 기반의 분석 및 응용 기술을 필요로 한다. 그러나 환자 모니터링 시스템에 관한 의료기기 인증 기준과 생체신호 보안 기술은 아직 미흡하여 의료 현장 적용을 위해서는 지속적인 기술개발이 요구되고 있다[9].

의료원에서는 환자의 생체신호를 측정하기 위해 각종 전극과 센서를 환자의 피부에 붙이고 다수의 케이블을 의료장비와 연결하는 방법을 사용하고 있다. 이러한 방법은 측정 도중 자유롭게 몸을 움직일 수 없어 환자의 활동에 구속을 주고 스트레스를 받게 된다. 대부분의 센서 장비들은 피부 접촉 시 이물감을 동반하며 장시간 계측 특성에 따라 정확성이 떨어지게 감소되어 연속 생체신호 모니터링이 어려운 한계성을 가진다[10~11].

따라서 베드사이드에서 고정식으로 측정하는 환자감시장치와는 달리 병원에서 요구되는 시스템은 환자가 생리활동, 재활훈련 등을 위한 이동 중에도 지속적으로 생체신호의 측정할 수 있는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 생체신호 측정 모듈이 부착 된 의복 형태의 웨어러블 디바이스(CWD)와 착용자의 건강 상태를 실시간으로 확인할 수 있는 환자 모니터링 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 측정된 생체신호를 블루투스를 통해 간호스테이션 상의 서버로 전송하며 전송된 생체신호 데이터는 환자 모니터링 시스템에서 의료진이 확인할 수 있는 그래프 파형과 수치로 표현 된다. 설계한 시스템을 통해 수집된 데이터와 기존 측정 장비에서 얻어진 데이터를 비교하여 본 시스템의 유효성을 검증하였다.

Ⅱ. 본 론

1. 전체 시스템

모니터링 시스템을 적용하기 위해서 의료현장에서 필요한 요구사항은 다음과 같다.

① 각 생체신호 장비의 상호 연결 문제
 - 심전도, 산소포화도, 체온, 혈압
② 환부에 따라 다르게 적용되는 생체신호 측정 위치
③ 병실 인원수용이 가능한 빅데이터 기반서버 구축
⑥ 모니터링을 통한 업무 편의성 증대 및 시간 절감

위와 같은 병원 내 애로사항을 블루투스를 이용한 무선통신 기술을 통하여 해결하고자 의복형 웨어러블 디바이스를 이용하여 무구속 상태에서 환자의 생체신호를 측정할 수 있는 환자 모니터링 시스템을 설계하였다.

시스템의 구성은 센서와 모듈이 내장된 의복형 웨어러블 디바이스와 생체신호 데이터(심전도, 산소포화도)를 무선으로 수집, 서버에 전송하여 화면에 표시하기 위한 모니터링 시스템으로 구성되어진다. 이에 대한 시스템의 전체 블록도를 그림 1에 도시하였다.

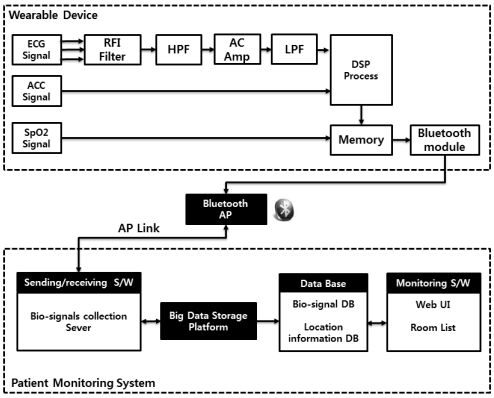


그림 1. 시스템의 전체 블록도
Fig. 1. Block diagram of patient monitoring system.

2. 다중 생체신호 측정용 웨어러블 디바이스

의복형 웨어러블 디바이스는 생체신호를 측정할 수 있는 센서, 데이터 신호처리 및 무선통신을 담당하는 모듈 회로부, 이들을 내장하는 의복으로 구성된다[4]. 전도성 섬유를 의복에 재봉하여 습식 센서 전극으로 인한 문제점과 회로 사이에 존재하는 신호선 처리를 해결하고 있다. 직조된 건식 센서전극의 감도를 높이기 위해 전도성 섬유 위에 물을 뿌리거나 신축성 있는 원단으로 강한 압박을 주어 신체에 밀착시키 때문에 환자의 심신과 환부를 고려해야하는 병원에서 사용하기는 어려운 점이 많다.

따라서 병원환자의 환부를 고려한 의류 디자인과 최적화된 생체신호 측정 위치를 발굴하고 이동 중에도 생체신호를 측정하여 간호스테이션 상의 서버로 전송이 가능한 통합 모듈을 설계하여야 한다.

가. 의복형 웨어러블 디바이스

설계된 CWD는 생체신호 측정 센서 및 모듈의 내장 시 환자와 포괄 간호 인력의 의료 행위에 해가 되지 않아야 한다.

환자의 환부를 고려하여 의복의 면적을 최소화하고, 간호 인력이 환자를 검진할 때 방해가 되지 않도록 그림 3과 같이 CWD를 설계하였다.

심전도 센서가 부착되는 위치는 표준 사지유도에 기반하여 양쪽 가슴 밑, 오른쪽 가슴에 각각 센서를 장착하되 가장 노이즈가 적은 부위를 채택하였다.

심전도 센서에서 측정된 데이터를 생체신호 측정 모듈에 전송하기 위한 통신회로로 한국생산기술원에서 개발한 디지털실을 이용하였다.

통신회로로 사용된 디지털실은 전도성이 좋은 구리 소재를 사용하여 7.5Ω 이하의 낮은 저항성으로 전도성이 높으며, 70Mbps의 전송속도를 가진다. 최종 커버링 공정을 거친 디지털실은 직경 ϕ300μm 이하로 유연성이 좋고 재봉이 가능하기 때문에 의복형 웨어러블 디바이스에 사용하기 적합하다[12].

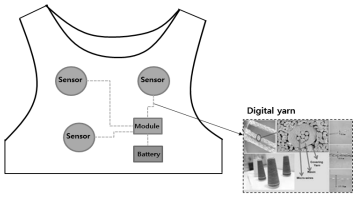


그림 3. 디지털실을 이용한 의복형 웨어러블 디바이스 (CWD)
Fig. 3. Clothing-type wearable device(CWD) using digital yarn.

나. 생체신호 측정 센서 및 통합 모듈

병원에서 심전도 측정에 사용되는 일회용 Ag-AgCl 전극은 부착 면에 하이드로 겔이 도포되어있는 습식 센서로서 피부에 밀착력이 좋아 동잡음에는 강하지만, 장시간 사용 시 가려움증이나 염증 반응을 유발시킨다[4]. 또다른 문제점으로 의복 내 직접 센서를 재봉하게 되면 굴곡 있는 피부에 밀착하기 위하여 압박복 형태로 제작해야 하므로 신축성이 없어서 환자에게 적용하기는 쉽지 않다.

따라서 24시간 신체에 밀착되어도 불편함이 없으며 환자의 생체신호를 장시간 계측할 수 있는 건식 타입의 심전도 전극을 그림 4, 그림 5와 같이 설계하였다.

설계된 건식 심전도 전극은 가로 52mm, 세로 35mm, 오차율 ±0.5mm의 크기로 전극과 의복 간 스냅 단추를 이용하여 탈 부착하는 형태이다. 생체신호를 계측하는 접촉면은 금속 플라즈마 코팅이 된 전도성 섬유를 이용하여 피부 마찰과 접촉력을 고려하였으며, 특수코팅 처리로 내구성을 향상시켰다. 심전도 전극을 통해 측정된 생체 신호는 의복형 웨어러블 디바이스에 재봉 된 디지털실에 의하여 통합모듈에 전달된다.

산소포화도(SpO_2)는 Heal Force사의 Prince 100H의 프로토콜 및 내부기능을 변경하여 측정된 데이터를 통합모듈로 받아들여 블루투스를 통해 모니터링 시스템으로 전송한다.

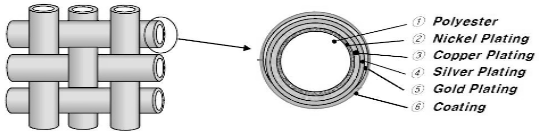


그림 4 건식 심전도 전극의 구조
Fig. 4. Structure of Dry-type ECG electrodes.

그림 5 건식 심전도 전극과 산소포화도(SpO_2) 측정장치
Fig. 5. Dry-type ECG electrodes and Oximeter.

통합모듈은 심전도와 HRV를 측정하기 위한 신호처리 회로 및 데이터 획득 회로, 무선 데이터 송·수신부를 포함하고 있으며 MCU는 EFM32GG995(ARM7 Cortex M3)를 사용하고 있다. 심전도 측정을 위한 하드웨어의 신호처리 블록도를 그림 6과 같이 나타내었으며, 심전도 샘플링 주파수는 250Hz, 통신속도는 115,200bps로 데이터를 3초마다 1패킷 전송한다. 또한, 수집한 데이터를 모니터링 시스템으로 무선 전송을 하기 위하여 Bluetooth V3.0을 탑재하였다.

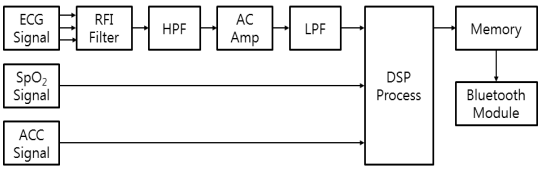


그림 6. 통합모듈의 신호처리 블록도
Fig. 6. Signal processing block of integrated module.

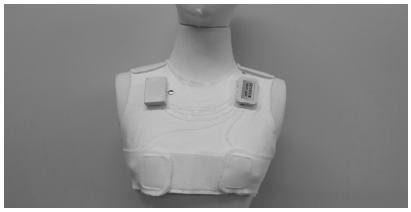


그림 7. 의복형 웨어러블 디바이스(CWD)의 착용 모습
Fig. 7. Appearance of Clothing-type wearable device.

다. 환자 모니터링 시스템

일반적으로 한 병실에는 5~8명의 인원을 수용 할 수 있으며 대형 병원의 경우는 이러한 병실이 병동 단위로 구성되기 때문에 환자 모니터링 시스템을 적용할 경우 적게는 50명, 많게는 100명이 넘는 환자들의 건강상태를 계속 관리할 수 있어야 한다.

설계된 CWD에서 측정한 생체신호를 모니터링 시스템에 전송하기 위하여 SENA사의 Parani MSP1000 블루투스 AP(Access Point)를 사용하였다. CWD에서 측정된 생체신호는 블루투스 AP에서 수신하여 서버에 저장된다. 블루투스 AP를 통해 서버에 전송된 환자들의 생체신호를 그림 8과 같이 모니터링 시스템에서 실시간으로 확인이 가능하도록 설계하였다.

본 시스템은 의료진이 시스템 화면 상에 여러 환자의 건강상태를 확인할 수 있도록 그림 9과 같이 환자의 심전도 파형을 실시간으로 나타내고, 산소포화도와 맥박을 수치로 표시하였다. 의료진의 편의를 고려하여 CWD의 착용 여부, 신호 끊김, 심전도 파형에 따른 응급 상태 알림 등의 기능도 구현하였다.

설계된 모니터링 시스템은 기존 웨어러블 헬스케어 장치의 1:1 건강관리 시스템에서 탈피하여 다수의 피측정자에게서 수집된 다중 생체신호를 모니터링 시스템을 통하여 한눈에 확인 할 수 있다는 장점을 갖도록 설계 하였다.

그림 8. 환자 모니터링 시스템 UI
Fig. 8. User interface of patient monitoring system.

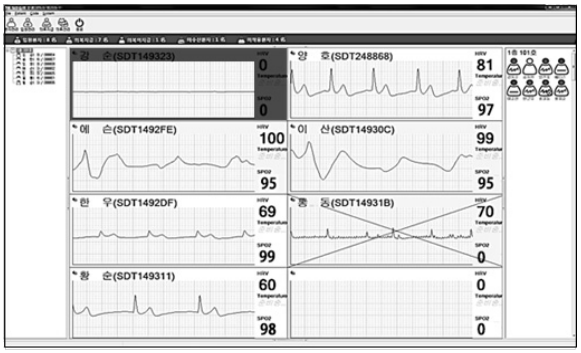


그림 9. 환자 모니터링 시스템의 동작 화면
Fig. 9. The screen of a patient monitoring system.

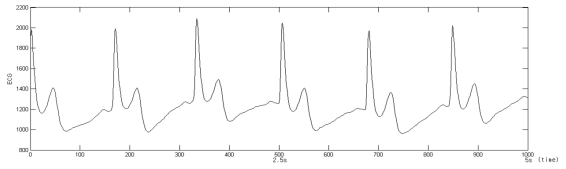
Ⅲ. 실험 및 결과 고찰

설계한 시스템의 테스트를 위하여 포괄병동과 유사한 구조의 테스트베드를 구성하여 60~80대 고연령층 남성 15명을 대상으로 심전도를 측정하여 생체신호 데이터를 수집하였다.

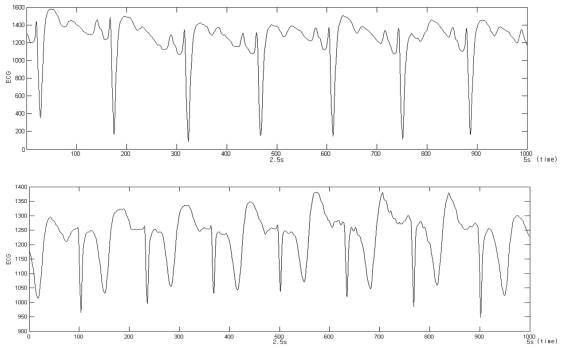
심전도 데이터는 심전도 전극을 통해 받아들인 신호를 통합모듈에서 250Hz의 샘플링을 거쳐 서버로 전송하고 MATLAB을 이용하여 파형으로 복원하였다. 블루투스를 이용하여 서버로 전송 중에 손실데이터가 없는지 확인하고 환자 모니터링 시스템과 홀터모니터의 심전도 파형을 비교하였다.

통계분석은 SPSS for Windows (version 18.0, SPSS Inc., Chicage, IL, USA)를 이용하였다. Wilcoxon signed rank test를 통해 두 군 간의 정확도를 비교하였으며 $P<0.05$인 경우를 유의성으로 판단하였다.

환자 모니터링 시스템 서버에 저장된 심전도 신호를 MATLAB 그래프로 복원한 결과, 그림 10와 같은 심전도 파형을 얻을 수 있었다. 실험군은 심장에 이상이 있는 피측정자를 대상으로 측정하였으며 그림 10-(a)의 파형과 달리 그림 10-(b)의 파형들은 모두 각각의 다른 이상 심전도 파형을 나타내고 있음을 확인 하였다.



(a) 정상인의 심전도 파형(normal ECG)



(b) 심장에 이상이 있는 사람의 심전도 파형 (heart problem ECG)

그림 10. MATLAB으로 복원한 환자의 심전도 파형
Fig. 10. ECG of patient restored to MATLAB.

서버로 전송된 데이터를 그래프로 복원하였을 경우, 위와 같은 결과를 통하여 데이터 전송에 문제가 없음을 확인하고 그림 10-(a)와 같이 심전도 데이터를 환자 모니터링 시스템 상에 출력하였다. 보다 정확한 측정을 위하여 병원에서 사용되고 있는 홀터 모니터 장비로 측정된 동일한 피측정자의 심전도를 그림 10-(b)에 나타내었다. 모니터링 시스템과 홀터 모니터의 심전도 파형을 대조한 결과 두 시스템의 파형이 일치함을 확인할 수 있었다.

(a) 모니터링시스템 상 피측정자의 이상 심전도 (heart problem ECG to patient monitoring system)

(b) 홀터 모니터 상 피측정자의 이상 심전도 (heart problem ECG to Holter monitoring system)

그림 11. 설계한 환자 모니터링 시스템과 홀터모니터 장비의 심전도 파형 비교
Fig. 11. Comparison of ECG signals between Designed monitoring system and Holter monitoring system.

피측정자 15명의 심박 수를 각각 홀터모니터와 CWD로 5분간 측정하여 비교한 결과를 표 1과 같이 나타내었다. 측정한 평균 심박 수는 홀터모니터에서 75.2회, 모니터링 시스템에서 79.3회로 피측정자 15명의 데이터를 통계처리한 결과, $P<0.002$ 오차범위 내의 결과로 본 실험 데이터의 유의성을 확인할 수 있었다. 평균 산소포화도는 계측장비의 데이터를 그대로 입력받아 출력하기 때문에 표 2에서 나타낸 바와 같이 97.6%으로 동일하였다.

표 1. 홀터모니터와 환자모니터링시스템에서의 평균 심박수 비교
Table1. comparison analysis of Heart Rate of the holter monitor and patient monitoring system.

Group	N	Holter-monitor	Monitoring System (CWD)	P value
heart rate	15	75.2	79.3	0.002

표 2. 산소포화도 장비와 환자모니터링시스템에서의 평균 산소포화도 비교
Table2. comparison analysis of Oxygen Saturation (SpO_2) of the Oximeter(Prince 100H) and patient monitoring system.

Group	N	Prince 100H	Monitoring System (CWD)	P value
SpO_2 (%)	15	97.6	97.6	NS

Ⅳ. 결 론

병원에서 요구되는 환자 모니터링 시스템에서 심전도 파형의 원 데이터 구현은 가장 큰 중요성을 갖는다. 의료진은 심전도 파형의 피크치 간격, 크기, 형태, 주기에 따라 빈맥, 부정맥과 같은 심장질환을 확인하게 된다. 따라서 본 연구에서는 의복형 웨어러블 디바이스를 통해 수치화 된 심전도 데이터를 무선으로 서버에 전송하고, 복원된 파형을 홀터 모니터링 장비와 비교하여 설계한 시스템의 신뢰성을 확인하였다.

또한, 산소포화도 측정 장비에서 측정 된 산소포화도가 통합모듈을 거쳐 서버와 모니터링 시스템 상에 왜곡없이 정상적으로 전송되고 있음을 확인할 수 있었다.

그러나 본 논문에서는 사용된 클립형 산소포화도 측정기는 손가락 말단에 착용하여 동잡음이 문제되므로 움직임이 적은 귀나 이마 부위로 센서를 이동시킬 필요가 있는 것으로 평가되었다. 또한, 설계한 환자 모니터링 시스템은 심전도와 산소포화도만을 측정하기 때문에 병원에서 환자감시장치의 용도로 쓰이기 위해서는 체온, 혈압에 대한 추가 개발이 요구되어 2차 개발을 준비 중에 있다.

환자 모니터링 시스템의 개발 핵심은 신뢰성이 있는 계측과 전송, 감시, 경고에 있기 때문에 심전도의 파형 및 기타 생체신호들의 이상 유무를 컴퓨터가 자체적으로 판단하고, 이상 있는 환자를 화면상에 알람과 함께 띄워 보여줄 수 있어야한다. 설계한 시스템에서는 심전도 파형과 심박수가 설정범위를 벗어나면 응급알림을 경보와 화면에서 적색 점멸로 알려주고 있으나, 추후 심전도 분석을 통하여 부정맥 등을 분석하고 진단할 수 있는 통합 시스템으로의 개발이 필요하다.

지속적인 연구를 통하여 환자 모니터링 시스템이 상용화 단계까지 개발된다면 병원 의료 인력 부족 문제를 해결하고 의료 업무의 효율성과 병원 합리화에 효과적인 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 멀지 않은 시기에 5G 이동통신망과 더불어 사전예방 및 응급상황 대처를 통한 효율적인 국민 복지분야의 원격진료 및 의료서비스 개발의 기반기술로 활용이 가능하여 환자의 진료와 삶의 질 향상에 도움을 줄 것으로 기대하고 있다.

REFERENCES

[1] Kim H. W., Byun S. H., Park H. J., Lee S. H., Jung Y. S., Cho W. D., “Advanced u-Healthcare Service using A Multimodal Sensor in Ubiquitous Smart Space”, Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 46(2), pp. 27-35, 2009.

[2] Kang B. K., Yoo S. K., “A Study on Performance Evaluation for Electrocardiography Signal Measurement Electrode based on Conductive Fabric”, Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 50(2), pp. 210-220, 2013.

[3] Lee S. H., Ryu G. T., “The Implementation of Wireless Bio-signal Monitoring System for U - healthcare”, Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 49(2), pp. 82-88, 2012.

[4] Lee M. H., Chung G. S., Joo M. I., Jeong D. M., “A Study on the Remote Monitoring System using Smart garment”, 2016 IEIE 70th Summer Conference, pp. 1054-1057, Jeju Ramada Hotel, Korea, 2016.

[5] Hwang J. H., Kim S. J., Jeong D. U., “Implementation of the ECG and Plethysmograph Monitoring System for Home Healthcare”, 2008 KIICE 23th Spring Conference, pp. 662-665, Chosun University, Korea, 2008.

[6] Shin S. R., Park K. Y., “Comparing Satisfaction with Nursing Care and Factors Relevant to Hospital Revisit Intent among Hospitalized Patients in Comprehensive Nursing Care Units and General Care Units”, J Korean Acad Nurs Adm, Vol. 21(5), pp. 469-479, 2015.

[7] Korea Internet & Security Agency, CONEX, “US telemedicine market outlook and service status”, Global Information Communication (ICT) · Broadcast Trend Report, Korea Internet & Security Agency, No.109, pp. 1-4, 2014.

[8] Cho S. E., Lee S. J., Lee I. H., Jeong J. H., “Spread of Wellness Care and the Medical System in the Future”, Policy Research Report, Ministry of Science, Ministry of Science, ICT and Future Planning, pp. 55-66, 2015.

[9] Kim J. C., Yoo S. K., “Design of Real-time Vital-Sign Encryption Module for Wearable Personal Healthcare Device”, Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 50(2), pp. 221-231, 2013.

[10] Kim J. D., Kim K. J., Chung G. S., Lee J. H., Ahn J. H., Lee S. G., “The Mobile Health-Care Garment System for Measurement of

Cardiorespiratory Signal", The KIPS Transactions : Part A, Vol. 17-A(3), pp. 145-152, 2010.
[11] Lee M. H., "Design of unconstrained pulse wave remote sensing system for realization of u-healthcare", master's thesis, Wonkwang University, pp. 19, 2010.
[12] Joo M. I., Kim H. C., Chung G. S., "A Study on Telemedicine System based on Smart garment", journal of multimedia information system, Vol. 17(3/4), 2013.

저 자 소 개

이 민 혜(학생회원)
2010년 군산대학교 컴퓨터정보 공학과 학사 졸업
2012년 원광대학교 전자공학과 석사 졸업
2017년 원광대학교 전자공학과 박사과정 수료
<주관심분야 : 생체공학 및 의용전자, 헬스케어, 통합의학, 영상처리, 에너지의학>

정 동 명(평생회원)-교신저자
1985년 원광대학교 전자공학과 학사 졸업
1987년 인하대학교 대학원 전자공학과 석사 졸업
1993년 인하대학교 대학원 전자공학과 박사 졸업
1992년～2014년 원광대학교 전자공학과 교수
2014년～2016년 전북대학교 식품공학과 박사과정 수료
2016년～현재 심신통합면역연구소 소장
<주관심분야 : 생체공학 및 의공학, 통합의학,심신의학, 에너지의학, 심신통합면역학>

정 기 수(정회원)
1988년 경희대학교 섬유공학과 학사 졸업
1991년 경희대학교 섬유공학과 석사 졸업
2000년 독일 Stuttgart 공정공학과 박사 졸업
2001년～2006년 한국생산기술연구원 선임연구원
2007년～현재 한국생산기술연구원 수석연구원
<주관심분야 : 헬스케어, 웨어러블 디바이스>