

모바일 건강관리를 위한 웨어러블 심전도 측정 시스템 구현

김성우*, 신승철**

*동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

** (주)솔미테크

e-mail: libero@deu.ac.kr, coppulso@solmitech.com

Realization of a Wearable ECG Monitoring System for Mobile Healthcare

Seong-Woo Kim*, Seongcheol Shin**

*Dept of Computer Software Engineering, Dong-Eui University

**Solmitech Co., Ltd.

요 약

본 논문에서는 장시간 동안 모바일 기기를 통하여 건강관리를 할 수 있는 웨어러블 심전도 측정 시스템의 구현에 대하여 기술한다. 웨어러블 심전도 측정 시스템은 1-6-채널의 심전도를 측정하여 블루투스 통신으로 모바일 기기로 전송하기 위한 심전도 측정기와 모바일 기기에서 측정된 신호를 실시간으로 보여주는 앱으로 구성된다. 구현한 웨어러블 시스템을 이용하여 일상생활 및 수면동안의 심전도와 맥박 및 스트레스의 변화를 관측할 수 있고, 특히 심장의 이상으로 인한 부정맥 신호를 실시간으로 관찰하는 데 구현한 시스템이 매우 유용한 것으로 파악되었다.

1. 서 론

심장은 우리 몸에서 제일 중요한 신체기관으로서 이상이 있으면 생명에 직접적으로 영향을 주지만, 이런 심장질환 증상은 평상시 잘 나타나지 않아서 지속적이고 체계적인 건강관리가 중요하다. 전 세계 사망 원인 1위가 심장질환으로 전 세계 사망자 10명 중 3명이 여기에 해당하며, 10명 중 7명은 심장질환을 잘 모르는 경우가 많다. 국내에서는 통계청 2016년 사망원인통계에 따르면 악성신생물(암) 다음으로 심장질환의 발병률이 높으며 우리나라 사망원인의 2위를 차지하고 있다. 심장질환은 돌연사의 70~80%를 차지하고 있고, 최근에는 40대 이하 젊은 층에서의 발생이 증가하고 있는 추세로서 지속적으로 심장의 상태변화를 추이하고 관리하여 예방하는 것이 최선의 방법이므로 언제 어디서나 이를 관리하기 위한 실시간 건강관리 기술 및 시스템의 구현이 필요하다[1]. 또한 측정된 심전도 데이터로부터 다양한 건강콘텐츠를 산출하여 사용자에게 유용한 건강정보를 제공해 주는 것이 매우 필요하다[2].

심전도를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 시스템으로는 Imec社의 심전도 모니터링 장치[3]와 Zephyr社의 Bio Patch[4], AliveCor社의 Kardia Mobile[5] 등의 제품이 판매되고 있다. Imec社의 심전도(ECG) 모니터링 제품은 긴 와이어를 사용하여 심전도를 측정하여 사용하기가 매우 불편하다. Zephyr社의 Bio Patch 제품은 소형화 패치형 제품으로 가슴에 부착하여 사용하나 심전도(ECG) 데이터

를 메모리에 저장하여 관리센터로 보낸 후 결과를 메일을 통하여 전달받는 형태로 구성되어 있어 사용자가 실시간으로 자신의 심장의 건강상태를 확인할 수 없는 단점이 있다.



(그림 1) 심전도 모니터링 장치들

AliveCor社에서는 스마트폰과 연동하여 음파를 통하여 1-채널 심전도를 측정할 수 있는 제품인 휴대용 심전도 측정기 Kardia Mobile를 출시하여 판매하고 있으나, Kardia Mobile 제품은 음파를 이용하여 측정데이터를 스마트 기기로 전송하여 스마트 기기와 측정기 사이의 측정 거리가 5cm 미만인 단점이 있고 손으로 잡고 측정하여 운동이나 기타 활동시에 사용하기에는 부적당하다.

Polar社에서는 운동시 맥박을 실시간을 측정할 수 있는 가슴 벨트형 맥박 측정기 Smart Bluetooth Heart Rate Sensor(H6 XS-S)를 판매하고 있으나 이들 기기들은 맥박 정보만 보여주어 심전도 파형분석을 통한 부정맥 감지 등을 할 수 없는 단점이 있다[6]. Fukuda Denshi社에서는 패치형 전극센서를 사용하는 Holter EKG를 판매하고 있으나, 이 기기에서는 심전도 신호를 측정하여 플래시 메모

리에 저장하는 형태로 구성되어 실시간 심장질환 감시용으로 사용하기에는 부적당하다[7].

따라서 본 논문에서는 심전도 신호를 스마트 기기의 앱을 통하여 실시간으로 관측할 수 있고, 장시간 측정이 가능한 웨어러블 심전도 측정 시스템을 활용한 모바일 건강관리 방법에 관하여 기술한다.

2. 웨어러블 심전도 측정 시스템

실험에 사용한 웨어러블 심전도 측정기는 <그림 2>과 같다. 1-채널과 3-리드(6-채널) 심전도 측정기를 사용하였으며, 각 기기는 한번 완전 충전으로 24시간 또는 48시간 동안 스마트 기기 앱과 연동하여 심전도를 연속으로 측정할 수 있다[8].



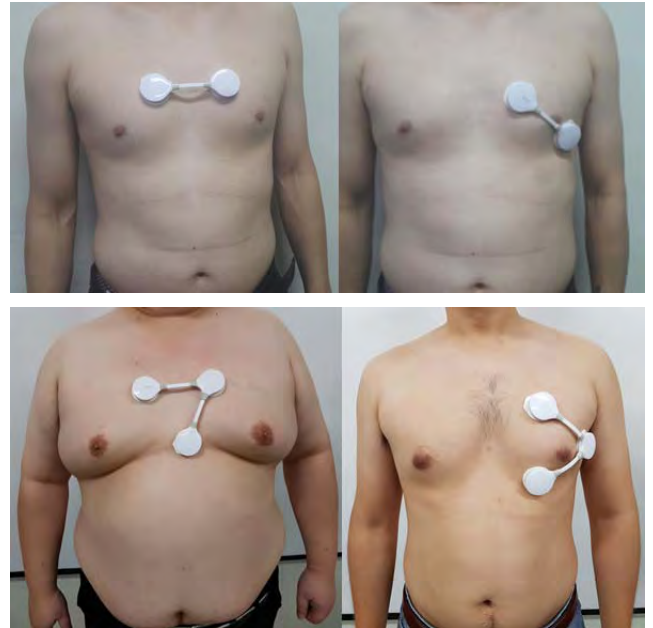
(그림 2) 웨어러블 심전도 측정기

웨어러블 심전도 측정기의 상세한 사양은 <표 1>에서 보인다. 1-채널 심전도 측정기의 경우 무게가 27g 으로 매우 가볍고 한번 충전으로 24시간까지 연속으로 심전도를 측정할 수 있어서 일상생활에서 사용하기에 편리하다. 3-리드 심전도 측정기는 1-채널 측정기에 비해 다소 무거우나 6-채널의 심전도를 관찰할 수 있는 장점이 있다.

<표 1> 웨어러블 심전도 측정기 사양

항목	사양 (1-채널/3-리드 심전도 측정기)	
크기	W 145mm, L 40mm/125mm, H 12mm	
무게	27g/45g	
신호 측정	심전도	1/6-채널
	샘플링	250 SPS
	필터 범위	0.5~40 Hz
	연속 저장	24/48 hours
전원	소비 전력	70mW
	배터리	Li-Poly 3.7VDC, 500/1,000mAh
통신 방식	USB 충전	5V DC, 1A
	데이터 통신	Bluetooth 2.1/4.0
연동 소프트웨어	전송거리	< 10m
	APP	Happ+ (Android / iOS)
	PC S/W	RefitPatch Viewer V2.x
저장 방식	RPD, CSV	

심전도 측정기를 착용한 형태를 <그림 3>에서 보인다. 심장 근처의 위치에 그림에서와 같이 부착하고 실험하였다. 일반적인 심전계의 경우 전극을 양 손목에 붙이나 실험에 사용한 심전도 측정기의 경우 리드의 위치가 심장 근처의 가슴부근이다. 표준 심전계의 심전도와 유사한 파형을 관측하기 위해서는 <그림 3>의 왼쪽과 같이 심전도 측정기를 부착하는 것이 좋다. 반면 오른쪽의 경우에는 표준 심전도와 파형의 차이가 약간 있더라도 좀더 착용감이 좋고 활동 시에 편안함을 느낄 수 있다.



(그림 3) 웨어러블 심전도 측정기 착용 형태 (위: 1채널, 아래: 3-리드(6-채널))

웨어러블 심전도 측정기와 연동하여 사용되는 모바일 앱은 Happ+로 안드로이드 기기와 iOS 스마트 기기 모두 지원하고, 구글 플레이 스토어와 애플 앱 스토어에서 쉽게 검색하여 설치할 수 있다. 웨어러블 심전도 측정기와 모바일은 블루투스 무선통신으로 연결된다. 심전도 측정기가 블루투스 2.1과 4.0을 둘 다 지원하기 때문에 대부분의 스마트 기기와 블루투스 Dongle을 이용한 PC 프로그램과도 쉽게 연동될 수 있다.



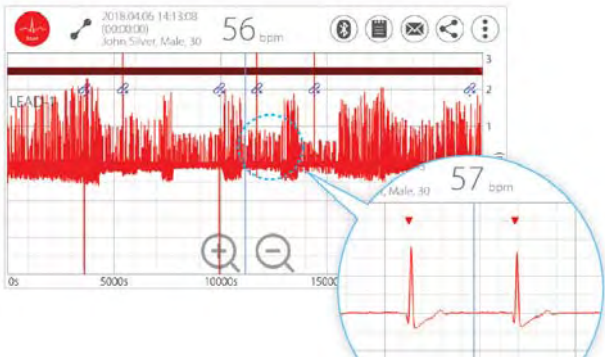
(그림 4) 모바일 앱 (Happ+)

웨어러블 심전도 측정기를 착용하고 모바일 앱을 실행하여 실시간 심전도를 파형을 관측하면서 일상생활에서 지속적으로 심전도를 측정하였다. 모바일 앱에서는 측정기와와의 블루투스 통신이 끊길 경우 앱 화면에서 통신 단절 표시가 나타나도록 하였고, 측정기와 다시 무선통신 연결이 되면 측정기에서의 심전도 데이터를 받아서 다시 그려준다.

3. 모바일 심전도 모니터링

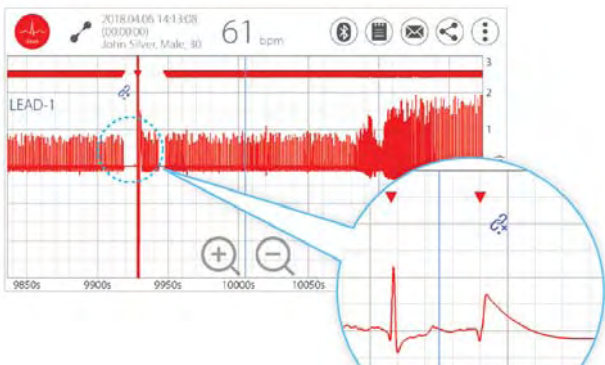
웨어러블 심전도 측정기와 모바일 앱을 연동한 실험은 10명의 피험자를 대상으로 진행하였다.

<그림 5>에서는 6시간 10분 동안 측정한 심전도 신호를 보인다. 심전도 신호의 크기를 전체적으로 시간대별로 보면 커졌다가 작아졌다가 하는 변화를 볼 수 있다. 구간을 확대해서 보면 1-채널 심전도가 정확하게 측정된 것을 볼 수 있다.



(그림 5) 장시간 심전도 측정 데이터

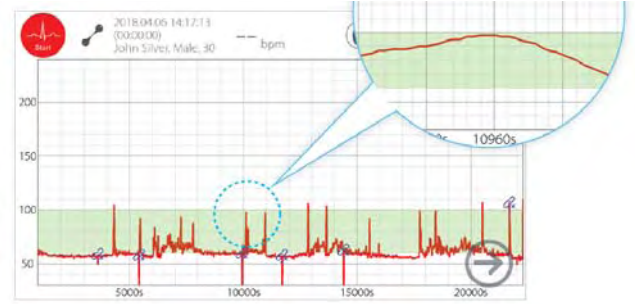
웨어러블 심전도 측정기와 모바일 앱 사이의 블루투스 무선통신이 단절된 경우에는 <그림 6>에서와 같이 통신단절 마크가 표시되어 있다. 대부분의 경우 측정기와 스마트 기기와의 거리가 멀어지거나 집안에서 방벽에 의하여 통신 단절이 일어난다. 측정기와 스마트 기기와의 거리가 실내에서 대략 10미터 이내가 되면 다시 통신이 연결되고 모바일 앱에서 심전도 데이터를 다시 표시한다.



(그림 6) 블루투스 통신단절

<그림 7>에서는 측정한 심전도를 기반으로 산출한 맥

박의 변화 그래프를 보인다. 6시간 동안의 맥박 변화를 보면 특이하게 갑자기 피크가 나타나는 부분이 있는 것처럼 보이나 실제로 이 부분을 확대해 보면 맥박이 서서히 빨라졌다가 다시 원래 상태로 감소하는 것을 볼 수 있다. 그래프에서 맥박 값이 0으로 나오는 부분은 무선통신 단절로 인해 발생하는 부분이다. 각 부분에 통신단절 마크가 표시되어 있는 것을 확인할 수 있다.

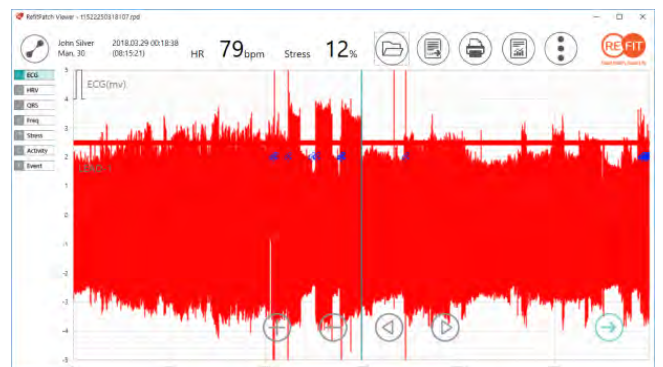


(그림 7) 맥박 변화 그래프

4. 심전도 분석을 통한 건강관리

본 논문에서의 모바일 건강관리 시스템에서는 모바일 앱에서 분석하기 어려운 여러 가지 건강관리 콘텐츠를 보여줄 수 있는 PC 기반 프로그램을 구현하였다. Windows OS V10 환경에서 C# 언어로 개발하였으며, Happ+ 앱에서 저장된 심전도 데이터와 가속도 데이터를 확인할 수 있고, 맥박 변화, 스트레스 변화, QRS complex 확인 등 다양한 기능들이 추가되어 있다.

<그림 8>에서는 구현한 PC용 분석 프로그램에서 한 피험자가 00시 근처에서 측정을 시작하여 8시간 15분 동안 측정된 데이터를 보여준다. 피험자는 1~2시간가량 깨어 있다가 잠이 들었고, 아침 7시경에 다시 일어났다. 장시간의 심전도를 작은 화면에 보이고 있어서 파형의 형태는 보이지 않는다.



(그림 8) PC용 분석 프로그램에서의 피험자 실험 데이터

<그림 9>에서는 수면동안 변화하는 피험자의 심전도 크기를 보인다. 심전도의 크기가 대략 15~25분 간격으로 커졌다 작아지기를 반복하는 것을 볼 수 있다. 작아진 구

간에서도 약 3~4분 동안은 신호의 크기가 더 작아지는 것을 확인할 수 있다.



(그림 9) 심전도 크기 변화분석

<그림 10>에서는 측정된 심전도 신호를 더 확대하여 나타내었다. 그림에서와 같이 피험자의 경우에는 심전도가 일정하게 나타나지 않고 뒤집혀서 나타나는 PVC(Premature Ventricular Contraction) 부정맥이 나타남을 확인하였다. 이러한 부정맥은 수면동안 계속해서 나타났으며 구간별로 심하거나 약하게 나타나는 것을 반복하였다.



(그림 10) 부정맥 검출

<그림 11>에서는 HRV(Heart Rate Variability) 기반으로 산출한 스트레스 정도 값을 보이고, <그림 12>에서는 3-리드 심전도 측정기를 사용하여 6-채널 심전도를 측정할 예를 보인다. 1-채널 심전도보다 더 다양한 각도에서 심장의 변화를 살펴볼 수 있는 장점이 있다.



(그림 11) 스트레스 정도 측정



(그림 12) 3-리드(6-채널) 심전도 측정

5. 결 론

웨어러블 심전도 측정기와 모바일 앱을 활용하여 장시간 동안 심전도 측정을 통한 건강관리를 할 수 있는 모바일 건강관리 시스템의 구현에 대하여 기술하였다. 본 논문에서의 모바일 건강관리 시스템은 특히 부정맥이 있거나 심장질환이 의심되는 일반인들이 실시간으로 자신의 심전도를 관찰하면서 어떤 상황에서 심장의 이상 현상이 나타나는지를 확인할 수 있도록 피드백을 줌으로써 그러한 상황이 반복되지 않게 건강관리를 할 수 있도록 도와준다. 또한 24/48시간 동안 연속적으로 심전도를 측정하여 수면시간을 포함한 일상생활에서의 건강상태의 변화를 알 수 있도록 하여 스스로 건강관리를 할 수 있도록 도와줄 수 있다. 심장수술을 한 환자의 경우에는 재활운동을 할 때 구현한 시스템을 활용하여 위험상황을 감시하면서 운동을 할 수 있고 등산이나 야외 활동 시에도 유용하게 활용할 수 있다. 이러한 모바일 건강관리 시스템에 대한 연구는 향후 고령화 사회가 진행됨에 따라 지속적으로 증가할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 김성우, 신승철, "심전도 측정을 이용한 모바일 헬스케어 시스템 개발", 한국정보통신학회논문지, Vol. 18, No. 8, 2014
- [2] G. E. Billman, "Heart Rate Variability – A Historical Perspective", Frontiers in Physiology, vol. 2, no. 86, 2011
- [3] <https://www.imec-int.com/en/wearables>
- [4] <https://www.zephyranywhere.com/>
- [5] <https://www.alivecor.com/>
- [6] <https://www.polar.com/en>
- [7] http://fukuda.com/products_category/holter/
- [8] 솔미테크 홈페이지, www.solmitech.com