



특집 04

# 다중 생체 신호 모니터링을 위한 웨어러블 헬스케어 디바이스 기술

임채영·김영환 (전자부품연구원), 김경호 (단국대학교)

- 목 차 »
1. 서 론
  2. 웨어러블 헬스케어 개요
  3. 웨어러블 헬스케어 국내외 기술현황
  4. 웨어러블 헬스케어 시스템
  5. 결 론

## 1. 서 론

우리나라는 건강 수명과 기대 수명의 차이는 10세 이상으로 나는 것으로 나타났으며 2011년 65세 노인층의 88.5%는 만성질환을 보유하고 있는 것으로 집계되었고, 2019년에는 65세 이상의 노인 인구가 전체 인구 중 14% 이상을 차지할 것으로 전망되고 있다<sup>[1]</sup>. 이에 전 세계적으로 건강관리 방식의 다양한 변화와 복지향상이 맞물려 IT 기술을 활용한 새로운 개념의 건강관리 서비스인 u-health 서비스에 대한 관심이 점차적으로 증가하고 있다. 이러한 현상을 반영하여 다양한 보건의료정책을 수립하고 있으며 또한 IT 분야에서도 U-헬스케어 영역에서 새로운 비즈니스 기회를 찾기 위해 웨어러블 헬스케어라는 영역에 대한 연구를 시도 중이다.

※ 본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가원의 산업융합원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음.[I0041108, 안전 안심 생활을 위한 직물형 플렉시블 플랫폼 집적 융합 모니터링 시스템 기술 개발]

웨어러블 기기는 사용자가 착용에 불편을 느끼는 단점이 있으나, 기술의 발달로 소형화 하여 휴대가 가능하며 시간과 공간 제약 없이 사용자의 생체 정보를 실시간 확인 할 수 있으므로 효과적인 정보를 수집할 수 있다는 장점이 있다. 또한 사용자 개인의 정보를 보다 정확하게 수집하여 맞춤형 서비스를 효율적으로 제공이 가능하다.

본 고의 구성은 다음과 같다. 2장에서 웨어러블 헬스케어의 개요와 중요성을 설명한 후, 3장에서는 국내외 기술 현황을 제시하며, 4장에서는 웨어러블 헬스케어 디바이스 시스템을 활용한 다중 생체 신호 모니터링 기술을 제시하고 5장에서는 주요 결과 제시하며 본 고를 마무리 한다.

## 2. 웨어러블 헬스케어 개요

U-health는 ubiquitous computing과 healthcare의 단어를 차용한 약어로서 국내 트렌드를 반영한 용어이다. 전통적인 보건 의료를 연결하여 시간이나 공

간의 제약없이 언제 어디서나 예방, 진단, 치료 및 사 후관리의 보건 의료 서비스를 제공하는 것으로 정의 될 수 있다. 외국에서는 u-health라는 용어 보다 e-health나 ICT in health 그리고 pervasivehealth 등 의 다양한 용어를 사용하고 있으며 각각의 용어는 약간의 의미차이는 있으나 전반적으로 종래의 보건 의료 영역에 IT(컴퓨팅, 센서등 무선 기술 및 유무선 네트워크)기술을 접목 하여 새로운 가치를 창출하 는데 주된 목적이 있다고 할 수 있다.

U-health 영역은 크게 3가지로 의료기관대 기관 그리고 의료기관내에서의 서비스를 제공하는 영역 으로 나누어지는데 주로 의료 정보화 사업(EMR, PACS HIS 등) 위주로 진행되고 있으며 스마트 기 기를 통한 근거리통신을 이용한 환자, 약품 그리고 자산관리들의 영역으로 확대되고 있다<sup>2)</sup>.

U-health 영역은 의료기관대 기관 그리고 의료기 관내에서의 서비스를 제공하는 영역으로 나누어지 며 이두 영역에서는 주로 의료 정보화 사업(EMR, PACS, HIS 등) 위주로 진행되며 스마트 기기를 통 한 근거리 통신을 이용한 환자, 약품 그리고 자산관 리들의 영역으로 확대되고 있다<sup>2)</sup>. 또 하나의 영역 으로 의료기관과 개인 간의 서비스영역이며 측정 장비에 대한 기술적인 보완과 네트워크의 신뢰성보 완이 필요한 영역이다.

헬스케어영역에서 웨어러블 헬스케어의 활용성 은 이미 사용자에게 편의성을 제공하면서 실시간으 로 건강상태를 모니터링하기 위한 웨어러블 헬스케 어 시스템에 대한 개발이 많이 진행되고 있다<sup>3-7)</sup>.

센서가 내장된 웨어러블 헬스케어 디바이스 형 태는 Ring, wrist watches, Chest bands, 혹은 Smart shirts, Shoes에 생체 신호 모니터링을 위한 센서를 내장하며 다소 정확한 데이터를 얻을 수 있는 반면 착용에 따른 불편함을 사용자가 감수해야하는 장단 점이 있다. 그러나 향후 측정 장비의 기능이 보완된 다면 웨어러블 헬스케어 서비스가 삶의 질을 높여

줄 것이다.

### 3. 웨어러블 헬스케어 국내외 기술 현황

현재 헬스케어 영역에서 웨어러블 시스템의 국 내외 기술 현황은 다음과 같다. 생체 신호 모니터링 을 위한 웨어러블 헬스케어 시스템은 주로 심장의 전기적 활동 신호 모니터링 기기 위주로 시장이 형 성되어 있으며 용도별로는 생체 신호 모니터링용, 운동량 측정을 통한 체중관리 및 운동평가 그리고 건강 및 안전 감시용등으로 구분되고 있다<sup>8,9)</sup>.

국내에서는 연세대학교 의류 과학연구소 스마트 의류 기술개발 사업단에서 환경신호 및 착용자의 생체신호를 모니터링하고 음악 감상기능이 있는 스 마트 스포츠웨어를 개발한 바 있다. 한국전자통신 연구원(ETRI)에서는 의복형 생체신호 모니터링 시 스템인 ‘바이오셔츠’를 개발하여, 심전도 및 가속도 신호를 측정하고, 무선 전송할 수 있는 생체신호 처 리 모듈을 구성하였고, 생체신호 처리 모듈로부터 전송된 생체정보는 인체통신 기술을 통해 UMPC로 전달되어 화면에 보이게 된다.

KAIST에서는 직물회로보드 제작 기술을 응용 한(그림 2)과 같은 ‘스마트 파스’를 개발하였다. 직



(그림 1) ETRI의 바이오셔츠(출처=ETRI)



(그림 2) KAIST의 스마트 파스(출처=KAIST)

물 위에 전극 및 회로 기관을 직접 인쇄할 수 있는 P-FCB(Planar Fashionable Circuit Board)기술로 건강관리 칩과 플렉시블 배터리를 부착함으로써 편의성과 착용감을 확보해 간편하게 심전도와 심혈관 임피던스 변화를 동시에 측정할 수 있다<sup>[10]</sup>.

국외미국의 경우 Medtronic사는 환자가 집이나 직장에서 심장박동의 데이터를 의사에게 보내는 환자 모니터링 시스템인 CareLink 시스템을 개발하였고, 많은 다른 업체들도 의료기관 사무실이나 병원을 직접 방문하지 않고도 집에서 진단을 받을 수 있는 의료 모니터링 장치를 개발하였다. Textronics사는 금속/고분자 혼합물 기반의 직물 전극과 신호선을 이용하여 심박측정 및 전송 기능을 갖는 의복 개발 및 상용화 하였으며, 착용자가 심박을 측정, 손목에 부착된 모니터를 통해 신호를 전송할 수 있도록 고안된 지능형 스포츠 의류는(그림 3)과 같다

독일의 Adidas사는 의류 내에 내장된 탄소코팅 및 금속 라미네이팅 직물 전극을 통하여 심박을 측정하고 무선으로 단말기에 전송하는 의복을 개발하였다. 또한 심박수센서, 보폭센서를 융합한 형태의(그림 4)와 같은 miCoach라는 제품을 개발함으로써 이동거리와 심박수의 동시 모니터링을 통해 실



(그림 3) Tetronics의 Heart Zone™ Training (출처=Tetronics)

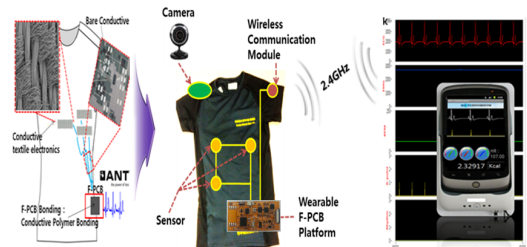


(그림 4) 아디다스의 miCoach smart fitness (출처 = Adidas)

시간 운동코치도 가능하게 하였으며, 응용 프로그램과 연동하여 개인 트레이너로서의 역할도 수행이 가능한 시스템을 개발하였다.

#### 4. 웨어러블 헬스케어 시스템

본고는 앞에서 언급한 웨어러블 헬스케어 디바이스의 보완하기 위하여 전도성 섬유를 이용한 직물 전극을 통해 일상생활 중에서도 사용자의 생체 신호를 모니터링하기 위한 웨어러블 헬스케어 시스템에 관한 것이다. 시스템 구성도는(그림 5)와 같다. 생체 신호를 측정하기 위한 전도성 섬유기반의 직물 전극과 신호처리를 위한 웨어러블 헬스케어 시스템이 내장된 의복을 착용하고 활동하면서 다중 생체 신호를 지속적으로 모니터링 할 수 있는 것으로 직물전극을 통해 사용자의 건강상태를 모니터링 할 수 있게 된다. 개발된 스마트 의복은 F-PCB기반 생체신호 획득 모듈이 내장되어 전극과 피부 사이의 임피던스 변화에 비교적 덜 민감한 계측기로 설



(그림 5) 시스템 구성

〈표 1〉 플랫폼의 하드웨어 사양

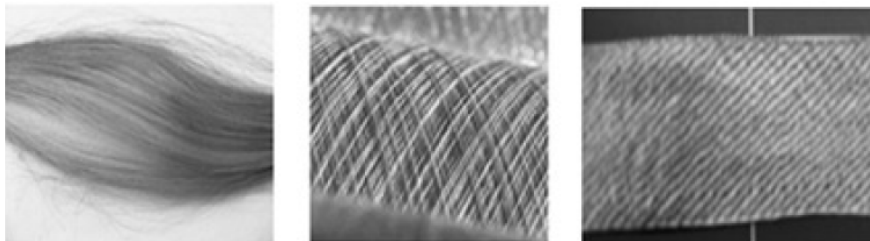
다중생체신호 모니터링 플랫폼	
Processor	PIC18F4523
Analog Amp	TVL2201 (Military Spec.)
Accelerometer sensor	ADXL345(Digital sensor, ±2g, ±4g, ±8g, ±16g)
Power	DC 3.3V
Size	65×25(mm)

게하여 전극-피부 임피던스의 크기를 감소시켰으며, 심장의 전기적 활동 신호와 체온 및 운동량 및 자세 측정과 근피로도의 주파수 특성을 고려한 통합 시스템을 설계 하였다.

무선통신은 ANT+ 프로토콜을 적용하여 저전력, 멀티포인트 무선 통신이 가능하도록 구성하였으며 이는 기존의 홀터의 기능을 웨어러블 헬스케어 디바이스에서도 가능토록하기 위하여 제안되었다. <표 1>은 구현된 F-PCB 기반 플렉시블 플랫폼의 하드웨어 사양을 나타내었다.

#### 4.1 다중생체 신호를 측정을 위한 전도성 섬유 및 직물 전극

전도성 섬유는 섬유 한가닥 한가닥에 금속 박막을 형성시킴으로써 섬유 특징을 가지면서 금속 특성이 부여된 소재이다. 본 고에서 사용된 전도성 섬유는 (그림 6)과 같이 스테인레스 박막을 형성시켜 만든 SUS316L 모노 필라멘트로 직경은 12um이고, 필라수는 1000filax2ply, 전기적 특성은 4Ω/m이다.



(그림 6) SUS316L 필라멘트(좌), SUS316L 실(중), SUS316L 직물전극(우)

이와 같은 전도성 섬유를 이용하여 면상(조직)으로 직물전극을 구성하였다. 체표면과의 접촉, 이질감을 고려하여 심전도, 근전도, 체온등의 생체신호를 측정하기 위해서 능직으로 직물전극을 구성하였고, 직물 전극의 외부의 압력 정도에 따라서 그 특성이 크게 변하므로 압력 센서를 활용하여 전극에 미치는 압력을 의복압의 최대 허용치로 유지하였다.

#### 4.2 다중생체 신호 획득을 위한 알고리즘 설계

건식 직물 전극을 이용한 웨어러블 헬스케어 시스템은 호흡에 의한 기저선 변동 잡음, 주변 장치들의 영향이나 사용자의 움직임에 의해 발생하는 근 잡음으로 인해 생체 신호를 분석하는데 있어 많은 어려움이 있기 때문에 이에 대한 적절한 잡음 제거 없이는 정확한 건강 진단 및 분석이 어렵다. (그림 7)에서는 심전도 신호의 기저선 변동을 최소화 하고 최종적으로 잡음이 유입 되어도 R점이 검출되는 것을 보여주고 있다. 베이스라인의 신호를 표준화하는 과정을 거쳐 다양한 잡음을 제거하기 위한 대역 통과필터를 적용하고 정확한 R점검출을 위한 20차 narrow band pass filter와 50point smoothing 후 문턱치를 기반한 R점을 검출하면 정확한 R점 검출한다. 검출된 데이터로 심실의 신호에서 부정맥 리듬을 검출 검출할 수 있으며 획득한 RR간격으로 500ms 이상은 SR신호로 그 이하는 VT리듬으로 분류하여

부정맥의 리듬을 분류한다.

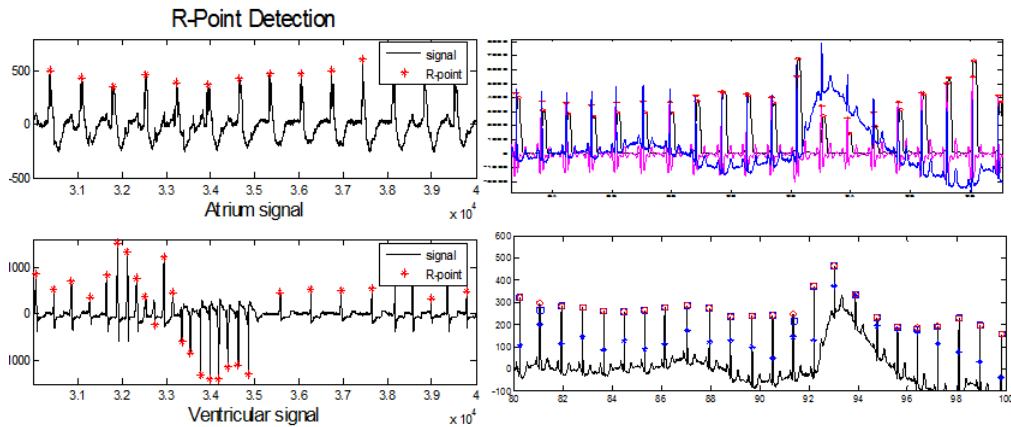
제안한 알고리즘을 이용하여 R 파를 검출한 결과 mit-bih arrhythmia database 에서 제공하는 부정맥 데이터중 r-point가 뒤집히는 부정맥이 섞여있는 신호 210번 같은 경우에도 본 연구에서 제안한 알고리즘을 적용하였을때 r-point를 검출할 수 있다. 제안한 알고리즘으로 r-point 검출 성능을 평가하기 위하여 심전도 신호에서 직접 검출한 r-point를 기준으로 정하고 <표 2>와 같이 오차율을 계산하였다. FN은 R파가 존재 하지만 검출하지 못한 비트의 개수를 의미하며, FP()는 r-point가 존재하지 않는데 검출한 비트의 개수를 의미한다. 총 61088개의 심전도 비트에 대해서 61028개의 비트를 정확히 검출하였으며, FP는 68개, FN은 58개로 개의 오류비트가 발행하였다.

본 고에서 제안한 방법은 심전도 R파를 검출하는데 우수한 성능을 보인다. <표 2>에서 보듯이 205번과 208번의 경우 FP와 FN의 beat가 많다. 그러나 이 신호들은 신호 자체가 워낙 잡음이 심하여 본 논문에서 제안한 알고리즘 뿐만 아니라 다른 알고리즘의 경우에도 정확도가 떨어지는 편이다. 그 결과 특징점 검출은 우수 성능을 확인할 수 있으며, 제안한 알고리즘은 웨어러블 헬스케어 디바이스에 적합한

<표 2> MIT-BIH ARRHYTHMIA DATABASE에서 검출된 r-peak

#Tape	Total beat	FP (beat)	FN (beat)	TP (beat)	De (%)	Se (%)	P+ (%)
100	2273	0	0	2273	0,00	100,00	100,00
101	1865	1	2	1865	0,00	99,89	99,95
102	2187	0	0	2187	0,00	100,00	100,00
103	2084	0	0	2084	0,00	100,00	100,00
104	2229	1	5	2228	0,00	99,78	99,96
105	2572	8	24	2564	0,01	99,07	99,69
106	2027	0	9	2027	0,00	99,56	100,00
107	2136	0	1	2136	0,00	99,95	100,00
108	1763	1	5	1762	0,00	99,72	99,94
109	2532	0	0	2532	0,00	100,00	100,00
111	2124	0	1	2124	0,00	99,95	100,00
112	2539	0	0	2539	0,00	100,00	100,00
113	1795	0	0	1795	0,00	100,00	100,00
114	1879	11	4	1868	0,01	99,79	99,41
115	1953	0	0	1953	0,00	100,00	100,00
116	2412	1	0	2411	0,00	100,00	99,96
117	1535	0	1	1535	0,00	99,93	100,00
118	2278	0	0	2278	0,00	100,00	100,00
119	1987	3	0	1984	0,00	100,00	99,85
121	1863	0	0	1863	0,00	100,00	100,00
122	2476	2	0	2474	0,00	100,00	99,92
123	1518	1	0	1517	0,00	100,00	99,93
124	1619	2	0	1619	0,00	100,00	99,88
202	2136	2	0	2134	0,00	100,00	99,91
205	2656	9	0	2647	0,00	100,00	99,66
208	2995	11	4	2984	0,01	99,87	99,63
209	3005	1	0	3004	0,00	100,00	99,97
210	2273	14	2	2641	0,01	99,92	99,47
total	61088	68	58	61028	0,00	99,91	99,89

DETECTION ERROR RATE(%)= FP+FN/TOTAL BEATS\*100  
 SENSITIVITY(%) = TP/TP+FN\*100  
 POSITIVE PREDICTIV(%)= TP/TP+FP\*100



(그림 7) BSP 과정 이후 r-point 검출과정

해결책이 될 것이다.

## 5. 결론

개인형 U-헬스케어 서비스에서 핵심적인 역할을 할 것으로 예상되는 웨어러블 기기에 대한 중요성이 높아지고 있음에도 불구하고, 이에 대한 연구가 U-health 서비스 관련 연구에서 차지하는 비중은 아직까지는 낮은 상황이다. 물론 웨어러블 기기에 대한 연구가 존재하기는 하지만, 의학이나 공학적인 분석이 대부분으로 주로 성과에 초점을 맞추고 있다<sup>[1]</sup>.

본 고에서는 스마트 타입의 의복으로 직물 전극으로 구성되었으며 탈부착이 가능한 플렉시블 PCB를 개발하여 다중생체신호를 획득하였고, 획득한 다중 복합 생체신호와 추가적으로 획득한 정보를 기반으로 상황인지 및 응급상황을 판별할 수 있는 알고리즘을 개발하여 적용하였다. 또한 건강 관련 데이터는 개인 정보이기 때문에 외부로 전송시 일정 수준의 암호화가 반드시 필요하기 때문에 개인형 U-헬스케어 서비스에서 개발된 웨어러블 헬스케어 기기는 개인화된 서비스 제공을 특징으로 함에 따라 생체신호 전송을 위한 ISO/IEEE 11073 프로토콜을 적용하여 보안에 신경써서 원활한 연결을 지원하도록 하였다.

본 고에서의 연구개발이 기존의 병원이나 의료기관에만 국한 되어 있던 u-Healthcare 분야의 한계에서 벗어나 보다 폭넓은 서비스 제공을 위한 기반 기술의 활성화가 될 수 있으리라 기대한다.

### 참 고 문 헌

[1] Korean Statistical Information Service. Available at : [http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList\\_01List.jsp?vwcd=MT\\_ZTITLE&parentId=A Sept](http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parentId=A Sept)

ember 23,2013

[2] 이선희 외, "노인환자를 대상으로 모바일폰을 이용한 U-Health 시험 서비스 구축 연구 - 혈당 및 심전도 측정을 중심으로," 대한의료정보학회지, 제 11권, 2005.

[3] V.M. Jones, H. Mei, T. Broens, I. Widya, and J. Peuscher, "Context aware body area networks for telemedicine," in: 8th Pacific Rim Conference on Multimedia, 2007.

[4] V. Shnayder, B. Chen, K. Lorincz, T.R.F. Fulford-Jones, and M. Welsh, "Sensor networks for medical care," In Proc. 3rd International Conference on Embedded Networked Sensor systems, 2005.

[5] B. Zhou, C. Hu, H. Wang, and R. Guo, "A wireless sensor network for pervasive medical supervision," in: International Conference on Integration Technology, 2007, pp. 740-44.

[6] P. Iso-ketola, T. Karinsalo, J. Vanhala, "HipGuard: A wearable measurement system for patients recovering from ahip operation," Proceedings of the Pervasive Computing Technologies for Healthcare Conference, Feb. 2008.

[7] H. Yan, Y. Xu, M. Gidlund, and R. Nohr, "An experimental study on homewireless passive positioning," 2008 Second International Conference on Sensor Technologies and Applications SENSORCOMM, 2008, pp. 223-28.

[8] Wearable Systems: Global Market Demand Analysis, 2nd Edition, Volume II: Biophysical Monitoring Solutions, VDC, 2005.

[9] Chae Young Lim, Kuk Jin Jang, Hyun-woo Kim, and Young Hwan Kim, "A Wearable Healthcare System for Cardiac Signal Monitoring Using Conductive Textile Electrodes", 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS, July, 2013

[10] Long Yan, Joonsung Bae, Seulki Lee, Binhee Kim, "A 3.9mW 25-electrode reconfigured



thoracic impedance/ECG SoC with body-channel transponder" Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers (ISSCC), 2010 IEEE International, Feb. 2010

[11] ECG생체신호측정을 위한 실용적 u-헬스케어 의복 개발 한국의료학회지, 제31권 제2호 292-299



**김영환**

이메일 : yhkim93@keti.re.kr

- 2002년 성균관대학교 컴퓨터공학(석사)
- 2011년 숭실대학교 컴퓨터공학(박사)
- 2003년~현재 전자부품연구원 메디컬IT융합연구센터 팀장
- 관심분야: 웰니스, 헬스케어, 스마트 섬유, 클라우드 컴퓨팅

**저자약력**



**임채영**

이메일 : lcy@keti.re.kr

- 2009년 단국대학교 전자공학과(학사)
- 2011년 단국대학교 전기전자공학과(석사)
- 2009년~현재 전자부품연구원 메디컬IT융합연구센터
- 관심분야: U-Healthcare, 생체계측신 호처리, 의료통신



**김경호**

이메일 : dkuhealth@dankook.ac.kr

- 1996년 일본 慶應義塾大學 理工學研究科(석사)
- 1999년 일본 慶應義塾大學 理工學研究科(박사)
- 2000년~2006년 삼성종합기술원 전문연구원
- 2006년~현재 단국대학교 전자공학과 교수
- 관심분야: 생체계측, 제어, U-헬스