유헬스를 위한 생체신호 모니터링 시스템의 구현

김경호*, 박지호*, 박영식*, 황유민*, 김진영*

Implementation of Biosignal Mornitoring System for u-Health

Kyung Ho Kim*, Ji Ho Park*, Young Sik Park*, Yu Min Hwang*, Jin Young Kim*

요 약

유헬스는 정보통신기술과 생체의료기술을 융합하여 사용자에게 시간 및 공간적 제약이 없이 건강관리 및 의료 서비스를 제공하는 기술이다. 의사가 사용자의 건강상태를 원격으로 진단하기 위해서는 유헬스 기기의 생체신호 측정 기술과 측정된 생체 신호를 전송하는 통신 기술이 중요하다. 본 논문에서는 심전도측정센서, 영상모듈, GPS모듈, 통신모듈 및 MCU(Micro Controller Unit)를 이용하여 사람의 생체신호 중 심전도신호를 측정하여 영상 및 사용자의 위치정보를 무선으로 전송하는 생체신호 모니터링 시스템을 구현하는 과정을 소개한다.

Key Words : u-Health, ECG, GPS, Biosignal mornitoring, WLAN

ABSTRACT

As an integrated technology with IT and biomedical sciences, U-health offers various healthcare services without time and space limit. In order to make a proper diagnosis, doctors need two key technologies: biosignal measurement and high reliability communication technologies. In this paper, we introduce an implementation process of a bio signal system with using an electrocardiography(ECG) sensor, video, global positioning system(GPS), communication module and micro controller unit(MCU).

I. 서 론

유헬스(u-Health)는 '언제, 어디서나 존재한다' 라는 뜻의 라틴어 유비쿼터스(Ubiquitous)와 건강 또는 의료라는 뜻의 영어 헬스(Health)가 합쳐진 합성어로 정보통신기술과 생체의료기술을 융합하여 사용자에게 시간 및 공간적 제약이 없이 건강관리 및 의료서비스를 제공하는 기술이며, 건강 및 의료정보의 네트워킹이라 할 수 있다. 유헬스를 구현하기 필요한 기술로는 생체정보를 측정하는 감지기술(심전도, 혈압, 체온, 체중, 체성분, 호흡 등)과 측정된 정보를 분석하는 생체정보 분석기술(식이정보, 약복용정보, 수면모니터, 일상생활 모니터 등), 게이트웨이 플랫폼, 서비스 가이드라인, 용어, 시험/인증, 정보보호 등의 기술이 있다. 유헬스 표준과 관련하여 국제 표준화 기구는 IEEE 11073 Personal Health Devices(PHD) Work Group(WG), 국내 표준화 기구는 TTA 유헬스 프로젝트그룹(PG419)이 있으며, 만성질환관리와 노후생활관리, 건강 및 체력관리 등의 건강관리 사업 분야에 필요한 유헬스 기기나 유헬스 서비스에 대한 표준화 작업을 수행하고 있다[1].

전 세계적으로 심장질환으로 인한 사망자 수가 증가하고 있고, 사망원인의 높은 비중을 차지한다. 국내에서는 사망원인 중 심장질환이 차지하는 비율이 두 번째로 높았다. 특히 심장질환은 10년 전에 비해 사망원인 순위가 3위에서 2위로 상승했다[2]. 심장질환은 건강에 치명적인 악영향을 미치지만, 정기적인 건강검진 등을 통해 조기 진단이 가능하여 사망률을 낮출 수 있다. 임상에서 심장질환을 조기에 진단하는 검사방법 중에 가장 많이 사용되는 진단법은 심장의 전기적 활동을 파형으로 나타낸 심전도(electrocardiography, ECG)를 이용한 진단법으로 부정맥과 심장관상동맥질환을 진단하는데 많이 사용되고 있다. 심장질환을 진단하는 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT), 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI), 심장초음파(echocardiography) 등의 검사법과 비교하여, 심전도검사는 간단하고 가격이 저렴하며, 심장질환자들의 경과를 관찰하는데 유용한 장점이 있다.

"본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0146277)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다."
*광운대학교 전자융합공학과 유비쿼터스 통신 연구실 (gentle@kw.ac.kr, jihopark@kw.ac.kr, youngsik@kw.ac.kr, yumin@kw.ac.kr jinyoung@kw.ac.kr)
접수일자 : 2014년 5월 16일, 수정완료일자 : 2014년 5월 28일, 최종게재확정일자 : 2014년 6월 2일

표 1. 2012년 국내 사망원인 순위 (자료: 통계청, 2013)

순위	사망원인	구성비(%)
1	악성신생물(암)	27.6
2	심장질환	9.9
3	뇌혈관질환	9.6
4	고의적자해(자살)	5.3
5	당뇨병	4.3
6	폐렴	3.9
7	만성하기도질환	2.9
8	간질환	2.5
9	운수사고	2.4
10	고혈압성질환	2.0

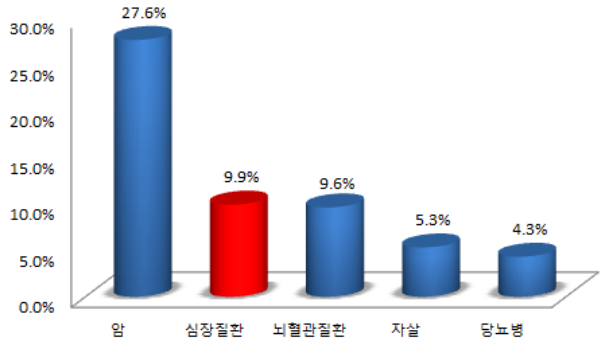

그림 1. 2012년 국내 상위 사망원인 (자료: 통계청, 2013)

본 논문에서는 심전도측정센서, 영상모듈, GPS모듈, 통신모듈 및 MCU(Micro Controller Unit)를 이용하여 사람의 생체신호 중 심전도신호를 측정하여 영상 및 사용자의 위치정보를 무선으로 전송하는 생체신호 모니터링 시스템을 구현하는 과정을 소개한다. Ⅱ장에서는 생체신호 모니터링 시스템 구현과 관련된 이론, Ⅲ장에서는 본 논문에서 제안하는 생체신호 모니터링 시스템의 구조도, Ⅳ장에서는 생체신호 모니터링 시스템의 구현 결과, 마지막으로 Ⅴ장에서는 결론을 내리며 끝을 맺는다.

Ⅱ. 관련 이론

1. 심전도신호

그림 2는 정상적인 심장박동을 나타낸 심전도신호의 파형이다. P파는 동방결절에서 발생한 전기적 자극이 심방으로 퍼져 심방의 탈분극이 일어나면서 수축할 때 나타난다. QRS파는 방실결절에 도달한 전기적 자극이 심실로 전달되어 심실이 수축할 때 나타난다. T파는 심실수축 후의 회복기를 나타낸다. 따라서 심장이 정상적으로 수축과 이완운동을 할 때, 그림 2와 같은 심전도신호가 주기적으로 반복되어 나타난다. 그렇기 때문에 R-R 간격은 심장박동의 한 주기라 할 수 있다[3].

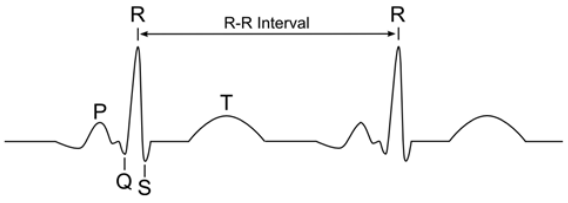

그림 2. 심전도신호의 파형

표 2. 심전도신호의 파형 특징

파형	심장활동상태	소요시간(초)
P파	심방탈분극	0.05-0.12
QRS파	심실탈분극	0.06-0.12
T파	심실재분극	0.10-0.25

심전도신호의 R-peak를 검출하는 방법으로는 심전도신호의 경사를 구하여 R-peak를 검출하는 Pan-Tompkins 알고리즘 방식이 있다[4]. 그림 3은 Pan-Tompkins 알고리즘을 이용해 R-peak를 검출하는 방법을 나타낸 것이다. 대역통과필터를 통해 심전도신호의 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 심전도신호의 QRS파의 경사정보를 측정하고, 모든 경사정보를 제곱하여 고주파 성분을 강조하고, 파형의 성분정보를 추출하고, 이를 통해 임계값을 설정하고 임계값을 통해 심전도신호의 QRS파의 신호성분을 검출한다[5].
대역통과필터는 저역통과필터와 고역통과필터가 순차적으로 구성되어 있으며, 심전도신호의 저주파대역 및 고주파대역의 잡음을 제거하는 역할을 한다. 식 1과 식 2는 저역통과필터와 고역통과필터를 Z-변환을 통해 수식적으로 나타낸 것이다.

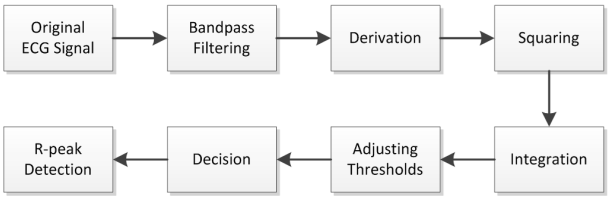

그림 3. 심전도신호의 R-peak 검출 알고리즘

$$H(Z)=\frac{Y(Z)}{X(Z)}=\frac{(1-Z^{-6})^2}{(1-Z^{-1})^2} \quad (1)$$

$$H(Z)=\frac{Y(Z)}{X(Z)}=\frac{(-1+32Z^{-16}+Z^{-32})}{(1-Z^{-1})} \quad (2)$$

위 식 1과 식 2에서 $H(Z)$는 필터이고, $X(Z)$는 필터링 전의 심전도신호, $Y(Z)$는 필터링 후의 심전도신호이다. 대역통과필터는 심전도신호의 정확한 검출을 위하여 필수적이다. 식 1과 식 2로부터 잡음이 제거된 심전도신호의 QRS파의 경사정보를 얻을 수 있다. QRS파의 경사정보는 Q파와 S파의 음수의 정보도 포함하고 있어, 이를 양수화하기 위해 식 3과

같이 제곱연산을 한다.

$$Y = (X)^2 \quad (3)$$

식 3에서는 X는 제곱연산 전의 심전도신호이고, Y는 제곱연산 후의 심전도신호이다. 식 3을 통해 심전도신호의 QRS파의 경사정보가 제곱연산이 되어 고주파성분이 강조되고, 다음 단계에 사용할 적분기에 적합한 파형으로 변환된다. 적분기는 식 4와 같이 표현할 수 있다.

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{1}{N}[Z^{N-1} + Z^{N-2} + \cdots + Z + 1] \quad (4)$$

식 4에서 $X(Z)$는 식 3에서 제곱된 심전도신호, $Y(Z)$는 적분된 심전도신호이고, N은 적분구간 대역의 샘플수이다. 적분구간 대역이 너무 넓으면 적분된 파형은 QRS파와 T파가 합쳐진 파형이 될 것이고, 적분구간 대역이 너무 좁으면 QRS파는 한 개가 아닌 여러 개의 최고점을 갖는 파형이 될 것이다. 따라서 N의 값을 결정하는 것이 매우 중요하며, N은 가장 큰 QRS파의 구간 대역과 거의 비슷하게 결정해야 한다. 임계값은 식 4의 Y의 최대값과 평균값을 이용하여 결정하며, 이를 통해 심전도신호의 R-peak를 검출할 수 있다.

2. 무선 근거리 통신망

IEEE 802.11 표준 기반의 무선 근거리 통신망(Wireless Local Area Network, WLAN) 방식은 안정적이고 고속의 점-대-점(point-to-point) 및 점-대-다중점(point-to-multipoint) 통신을 제공한다. 다수의 사용자가 동일한 주파수 대역을 사용하여 통신을 할 때, 사용자 간의 간섭을 최소화하기 위해, IEEE 802.11 표준에서는 확산 스펙트럼(spread spectrum) 기술을 채택했다. IEEE 802.11 표준에서는 WLAN을 위한 세 개의 비상호운용기술을 제안한다. 주파수 도약 확산 스펙트럼(Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS), 직접 수열 대역 확산(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) 및 1-2Mbps의 데이터 전송속도를 갖는 적외선(Infrared, IR) 방식이 IEEE 802.11 표준에서 제안하는 기술 방식이다. Wi-Fi라고도 부르는 DSSS 변조 기법을 사용한 IEEE 802.11b 표준은 11Mbps의 최대 데이터 전송속도를 갖고, 2.4GHz의 주파수 대역을 사용한다. 또한, 현재 사용중인 IEEE 802.11a 및 IEEE 802.11g 표준 기술은 54Mbps의 최대 데이터 전송속도를 지원한다. 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 변조기법을 적용한 IEEE 802.11a 표준 방식은 5GHz의 주파수 대역을 사용하는 반면, 향상된 WLAN 방식으로 알려진 IEEE 802.11g 표준 방식은 DSSS 변조기법을 적용하여, 2.4GHz의 주파수 대역에서 동작한다. 다중 입출력(Multiple Input Multiple Output, MIMO) 기술 기반의 IEEE 802.11n 표준 방식은 최대 600Mbps까지 데이터 전송 속도를 향상시킬 수 있다. WPA-2라고 알려진 IEEE 802.11i 표준 기술은 고급 암호화 표준(Advanced Encryption Standard, AES)을 사용하여 WLAN의 사이버 보안을 강화했다. WLAN의 구축은 유선 LAN과 비교하여 설치가 간단하고, 저렴하며 편리한 이동성 등의 다양한 이점을 제공한다[6].

표 3. WLAN의 비교

구분	주파수 대역	최대 데이터 전송률
IEEE 802.11	2.4GHz	1~2Mbps
IEEE 802.11b	2.4GHz	11Mbps
IEEE 802.11a	5GHz	54Mbps
IEEE 802.11g	2.4GHz	54Mbps
IEEE 802.11n	2.4GHz	600Mbps
IEEE 802.11ac	2.4GHz, 5GHz	1Gbps 이상

3. Global Positioning System(GPS)

Global Navigation Satellite System(GNSS)는 전세계 위성항법시스템을 뜻한다. 미국의 Global Positioning System (GPS), 유럽의 GALILEO, 러시아의 GLONASS, 일본의 QZSS, 중국의 IRNSS, 중국의 Beidou가 이에 속한다. GPS는 초기에 미국 국방부에 의해 군사용으로 개발되어 사용되었으며, 2000년대 이후부터는 민간용으로도 사용되고 있다. 고도 20,200km 상에서 GPS 위성은 12시간의 주기로 원형 궤도운동을 하고 있다. GPS 위성은 현재 24개의 주위성과 6개 이상의 예비위성도 함께 운용되고 있다[7]. GPS를 이용하면 전 세계 어디에서나 위치, 속도 및 시간에 대한 정보를 획득할 수 있고, 위치기반서비스(Location based service, LBS) 등의 분야에서 널리 활용되고 있다.

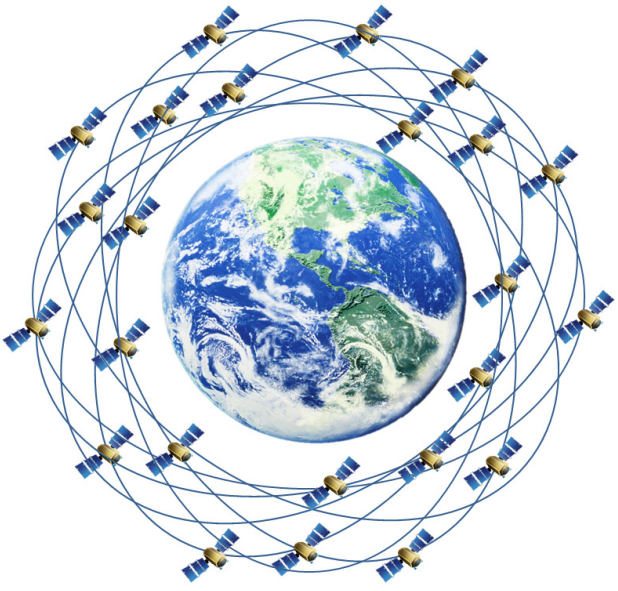

그림 4. GPS 위성의 분포

Ⅲ. 생체신호 모니터링 시스템의 구조도

그림 5는 본 논문에서 제안하는 생체신호 모니터링 시스템의 구조도이다. 생체신호센서는 사용자의 생체신호정보, GPS 센서는 사용자의 위치정보, 카메라 센서는 사용자의 시각적 상태를 각각 실시간으로 측정한다. 측정된 정보는 MCU에서 수집되고 각각의 데이터를 처리하여, 통신모듈을 이용하여 PC로 전송하게 된다. PC에서는 MCU에서 전송된 데이터들을 처리하여 실시간으로 사용자의 생체신호를 모니터링하게 된다.

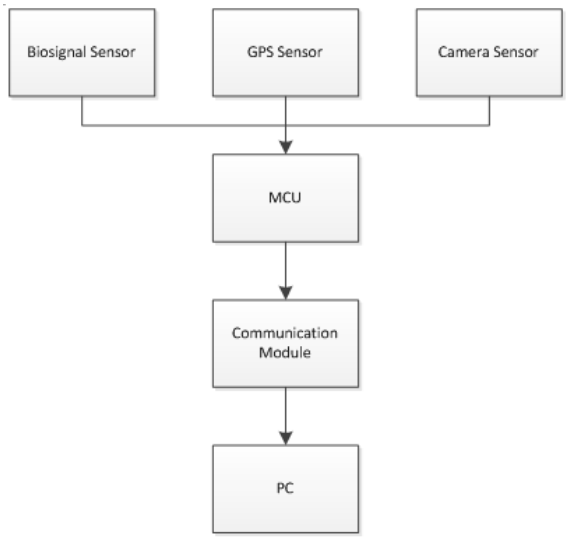

그림 5. 생체신호 모니터링 시스템의 구조도

Ⅳ. 생체신호 모니터링 시스템의 구현

이번 장에서는 본 논문에서 제안한 생체신호 모니터링 시스템의 구현에 대한 내용에 대해 다룬다. 생체신호 중에 심전도를 모니터링 하는 시스템이며, MCU는 Arduino Mega 2560을 사용했고, 통신모듈은 Wi-Fi 방식의 모듈을 사용했으며, PC에서는 MFC를 이용하여 제작된 MCU로부터 수신받은 데이터를 처리하는 소프트웨어를 이용하여 구현했다. 그림 6은 본 논문에서 구현한 시스템의 전체 동작도이다.

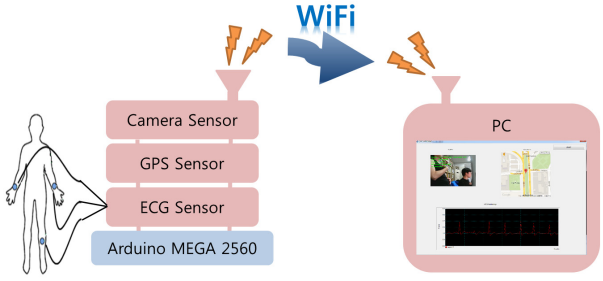

그림 6. 구현한 생체신호 모니터링 시스템의 동작도

그림 7은 본 논문에서 구현한 생체신호 모니터링 단말기를 보여준다.

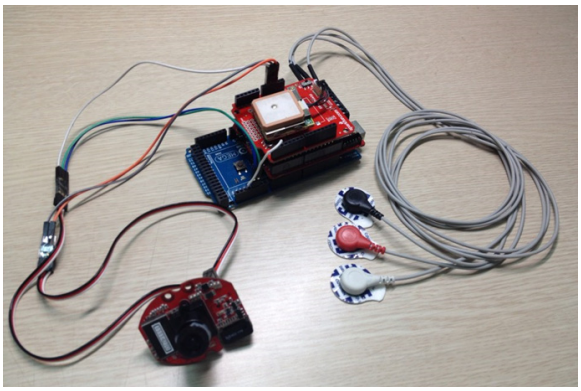

그림 7. 생체신호 모니터링 단말기

심전도센서는 심전도를 한번 측정할 때, 5byte, GPS센서는 위치정보의 위도 및 경도를 측정하기 위해 총 19byte, 카메라센서는 영상처리에 11kbyte의 데이터가 필요하다. 한번 전송할 때 사용되는 심전도 데이터의 프레임길이는 90byte, GPS 데이터의 프레임길이는 19byte, 영상 데이터의 프레임길이는 11kbyte이다. 각각의 데이터를 하나의 프레임으로 전송하게 되는데, 이때 데이터의 전송속도는 약 2.6Mbps이다. 그림 8은 MCU에서 수신된 데이터를 PC에서 처리한 결과이다. 실시간으로 사용자의 영상정보, 위치, 심전도 상태를 확인할 수 있다.

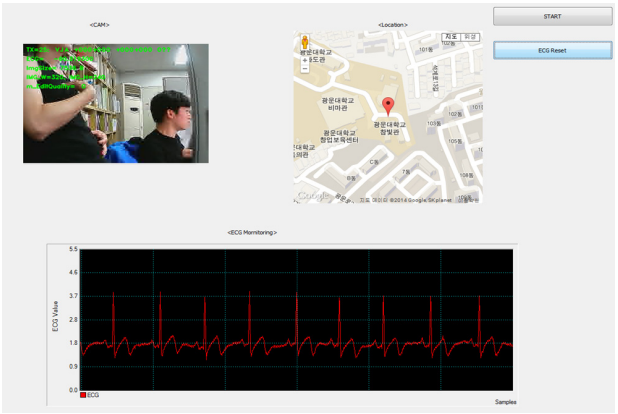

그림 8. 생체신호 모니터링 시스템의 구현 결과

그림 9는 심전도가 정상인 사용자의 심전도 모니터링 결과, 그림 10은 심장질환이 있는 사용자의 심전도 모니터링 결과를 각각 보여주고 있다.

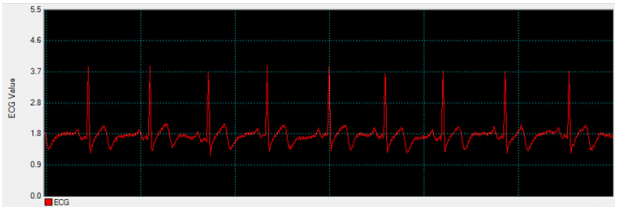

그림 9. 심전도 모니터링 결과 : 정상

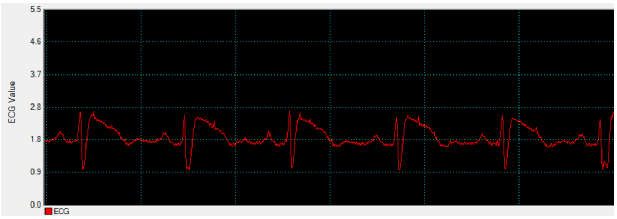

그림 10. 심전도 모니터링 결과 : 심장질환

V. 결 론

본 논문에서는 사람의 생체신호 중 심전도 신호를 모니터링하는 시스템을 구현했다. 제안한 시스템은 단순히 생체신호를 측정하는 기능뿐만 아니라, 사용자의 실시간 상태를 확인할 수 있는 영상정보, 사용자에게 응급상황이 발생했을 때, 긴급 처치 및 구조를 위한 위치정보를 무선으로 전송하는 기능을 추가하여 유헬스 서비스에 응용이 가능하다. 본 논문에서는 생체신호 모니터링 단말기와 PC간의 무선통신을 통해 생체신호 모니터링 시스템을 구현했고, 추가적으로 다양한 스마트기기나 웨어러블기기 등과 연동하여 유헬스 서비스를 제공하는데 응용도 가능하다. 본 논문에서는 심전도신호만을 이용하여 생체신호 모니터링 시스템을 구현했지만, 좀 더 발전된 유헬스를 위한 생체신호 모니터링 시스템을 구현하기 위해서는 한 종류의 생체신호 뿐만 아니라 다양한 생체신호를 측정하는 기술 및 처리기술, 데이터 전송의 신뢰성 확보, 유헬스 서비스 응용 등에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] D. Yoo, “ICT expert interview: u-Health,”TTA Journal, vol. 145, no. 1, pp. 28-33, Jan. 2013.

[2] 2012년 사망원인통계, 통계청, pp.6-9, Sep. 2013.

[3] C. Ye, B. V. K. V. Kumar, and M. T. Coimbra, “Heartbeat classification using morphological and dynamic features of ECG signals,”IEEE Transaction on Biomedical Engineering, vol. 59, no. 10, pp. 2930-2941, Oct. 2012.

[4] J. Pan and W. J. Tompkins, “A real-time QRS detection algorithm,”IEEE Transaction on Biomedical Engineering, vol. BME-32, no. 3, pp. 230-236, Mar. 1985.

[5] P. S. Hamilton and W. J. Tompkins, “Quantitative investigation of QRS detection rules using the MIT/BIH arrhythmia database,”IEEE Transaction on Biomedical Engineering, vol. BME-33, no. 12, pp. 1157-1165, Dec. 1986.

[6] P. P. Parikh, M. G. Kanabar, and T. S. Sidhu, “Opportunities and challenges of wireless communication technologies for smart grid applications,”in proceeding of IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp. 1-7, Minneapolis, USA, July 2010.

[7] B. H. Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, Global Positioning System: Theory and Practice, Springer-Verlag, Feb. 2001.

저자

김 경 호(Kyung Ho Kim) **준회원**

・2013년 2월 : 광운대학교 전파공학과 학사졸업

・2013년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 석박사통합과정

<관심분야> : WBAN, 가시광 통신, 디지털통신, 5G 이동통신

박 지 호(Ji Ho Park)

・2014년 2월 : 광운대학교 전자융합공학과 학사졸업

・2014년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 석박사통합과정

<관심분야> : WBAN, LBS, 가시광통신, 5G 이동통신

박 영 식(Young Sik Park) **준회원**

・2013년 2월 : 광운대학교 전파공학과 학사졸업

・2013년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 석박사통합과정

<관심분야> : 위치공학, 가시광 통신, 협력통신

황 유 민(Yu Min Hwang) **준회원**

・2012년 2월 : 광운대학교 전파공학과 학사졸업

・2012년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 석박사통합과정

<관심분야> : 5G 이동통신, 협력통신, 인지무선통신

김 진 영(Jin Young Kim) **종신회원**

・1998년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학박사

・2001년 2월 : SK텔레콤 네트웍연구소 책임연구원

・2001년 3월~현재 : 광운대학교 전자융합공학과 교수

<관심분야> : 다지털통신, 가시광통신, UWB, 부호화, 인지무선통신, 4G 이동통신