

웨어러블 헬스케어 환경에서 ECG 전기패턴 QRS을 이용한 급성 심장마비 예방 시스템

이주관* · 김만식* · 전문석**

Design of Acute Heart Failure Prevention System based on QRS Pattern of ECG in Wearable Healthcare Environment

Joo-Kwan Lee* · Man-Sik Kim* · Moon-Seong Jun**

요 약

본 논문은 웨어러블 시스템을 이용하여, ECG 전기 패턴을 QRS을 이용하여 급성 심장마비 예측 감지 시스템으로, 웨어러블 심장 이상 징후 감지 스마트 위치와, 이를 포함 하고 디지털 ECG (X, Y) 패턴 좌표 DB를 이용하여 비정상 패턴을 즉시 감지하고, 급성 심장마비 예방 시스템 및 그 방법을 보여준다. 특히, 디지털 ECG(X, Y) 패턴 정보를 이용한 이상 징후 유형과 대비하는 단계를 통해서 급성 심장마비 발생 시, 골든타임을 놓치지 않고 응급 처치할 수 있음을 보여 준다.

ABSTRACT

This paper proposed a heart attack predictive monitoring system using QRS pattern of ECG for wearable healthcare. It detects abnormal heart pattern with a ECG (X, Y) coordinate pattern DB on wearable monitoring smart watch. We showed the acute heart failure prevention system and method with a proposed scheme. Especially, It proved the method which can do first aid in gold time through abnormal heart analysis with a digital ECG(X, Y) pattern information when acute heart failure occurs.

키워드

Acute Heart Failure, Signal Processing Method, ECG, QRS Pattern, Wearable Device
급성 심장 마비, 신호 처리 기법, 심전도, QRS 패턴, 웨어러블 디바이스

1. 서 론

최근 갑자기 사망하는 사람이 많아지고 있다. 실제 50% 이상의 급성 심장마비 환자들은 평소 자신이 건강하다고 생각한다. 이러한 경우를 흔히 돌연사라고

한다. 평소 건강해 보이던 사람이 사전 징후 없이 갑자기 심장 이상증상이 발생하여 1시간 이내에 심장이 정지하기 때문에 언제 이런 돌연사가 발생하는지 미리 예측하는 것은 무척 어려운 일이다. 대략적으로 돌연사의 80~90%가 심장병에 의해 발생하고, 10~20%는

* 숭실대학교 컴퓨터학과
(jkleee0131@gmail.com, mansik@ssu.ac.kr)

** 교신저자 : 숭실대학교 컴퓨터학과

• 접수 일 : 2016. 09. 29
• 수정완료일 : 2016. 11. 13
• 게재확정일 : 2016. 11. 24

• Received : Sep. 29, 2016, Revised : Nov. 13, 2016, Accepted : Nov. 24, 2016

• Corresponding Author : Moon-Seong Jun
Dept. Computer Science & Engineering, Soongsil University,
Email : mjun@ssu.ac.kr

원인불명으로 사망하는데, 과로사 등을 예로 들 수 있다. 사망까지 이를 수 있는 급작스러운 심장 이상은 심장동맥의 동맥경화와 이로 인한 심근경색증, 심장마비. 부정맥, 심근염, 심근병증, 심장관막질환 등이 원인이 될 수 있으며, 특히 그중 심장동맥의 동맥경화와 이로 인한 심근경색증과 심장마비가 80%를 차지한다.

동맥경화에 의해 대략 30~40% 좁아진 심장혈관은 평소에는 별다른 증상을 일으키지 않지만, 심장마비를 일으킬 수 있는 대표적 질환인 심근경색증의 원인중 하나로, 심근경색증은 이렇게 좁아진 혈관 안쪽에 둘러붙어 있던 불순물이 터지면서 초래된다.



그림 1. 심장 박동이 빨라지는 급성 심장마비
Fig. 1 Acute heart failure which makes heart beat fast

이렇게 혈관 안쪽의 불순물이 터지면 혈관 벽 내부의 성분이 혈액 성분에게 노출이 되고 응고 반응을 일으키면서 혈전을 만들게 된다. 이 혈전은 또 다시 혈액흐름을 방해하게 되어 혈액순환을 완전히 차단하게 된다. 이러한 심근경색증은 (그림 1)과 같이 평소에 심장질환이 없었거나 건강진단 때 정상적인 심전도 결과를 받은 사람에게도 갑자기 발생할 수 있다.

미래 유비쿼터스 시대를 열어가는 사물인터넷(IoT) 환경에서, 사용자가 의도 하지 않아도 유기적으로 타인 도움이 불가능한 본인 인증 서비스를 제공하기 위해, 생체정보 기반의 무자각/비개입형 웨어러블 본인 인증 및 디바이스 기술을 개발하는 것으로, 디지털화한 생체신호를 기반으로 인증 암호화 알고리즘을 설

계하여 비침습형/접촉형 센서 웨어러블 디바이스에 적용함으로써 신원확인, 전자지불, 스마트키 등의 서비스를 제공한다[1-7].

인간은 (그림 2)처럼 음식을 섭취하면, 미세한 전기를 발생하여 심장에 충격을 줌으로서 컴퓨터와 같이 심장 박동을 뛰게 하는 전력을 공급한다. 심전도 ECG(Electrocardiography)는 심장의 전기적 활성 파형을 측정할 값을 말하는 것으로, 이 전기는 주기적으로 전기를 생성하여 심장 수축을 유도함으로써 심장 박동을 조절하는 동방결절에서 생성된다.

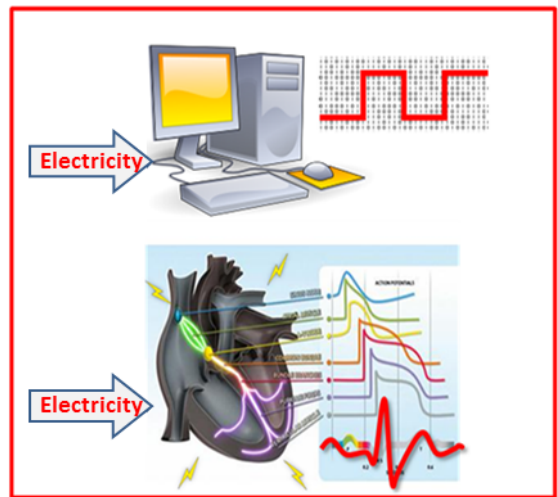


그림 2. 전기 충격에 의하여 발생하는 ECG 파형
Fig. 2 ECG wave generated by electronic shock

만약 이러한 심장에 전기적 문제가 발생하면 급성 심장마비를 일으킬 수 있다. 예를 들어 비정상적 전기적 심장신호는 심장을 급격하게 뛰게 만들어 신체와 뇌에 혈액과 산소를 전달하는 대신 경련을 일으키게 만든다.

II. ECG 전기 QRS 패턴

웨어러블 센서에서 얻은 ECG 파형 신호는 ECG 패턴 데이터베이스에서 추론 방법에 의하여 비교 분석하며, 시스템은 항상 손목에 차고 있기 때문에 항상 ECG를 분석하여, 비정상적인 파형이 발견되면, 주치

의에게 통보되고, 위급 상황이라 판단되면, 119 응급실에 연락하도록 함으로서 ECG 전기 QRS(QRS complex)패턴의 중요성을 보여 준다.

(그림 3) ECG 정보는 디지털 전기적 신호를 일정한 전압 레벨을 기준으로 이미지 처리되어 P 파형, Q 파형, R 파형, S 파형, 및 T 파형을 가지는 연속적인 ECG 패턴인 것을 특징으로 하는 웨어러블 심장 이상 징후 감지 스마트 위치에서 패턴을 비교 분석할 수 있다[8-11].

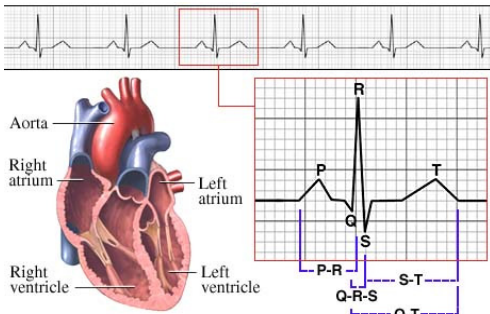


그림 3. ECG 패턴 분석
Fig. 3 ECG patterns analysis

(그림 3)에서 심장은 1분에 70~100번 주기로 ECG 파형을 형성한다. 우심방의Sinus Node에서 전기를 발생하면, 우심방, 좌심방에 혈액을 심실에 보낸다 (그림 4)와 같은 P-파형을 생성하게 된다. 심장에서 가장 중요한 QRS-파형은 심실에서 폐정맥과 대동맥으로 전달하는 펌프 힘을 의미한다. 좌심실에서 대동맥을 통해서 온몸에 산소를 공급하는 혈액을 공급함으로써 생명의 에너지를 만들게 된다.

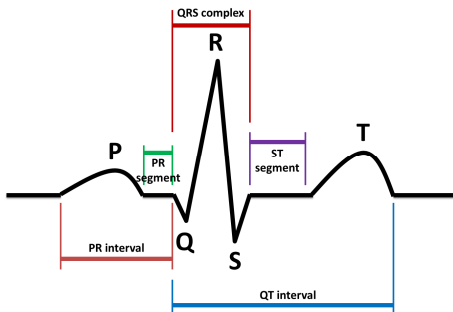


그림 4. ECG 그래프
Fig. 4 ECG graph

심장 부정맥 원인은 QRS-파형의 비정상적인 구조를 나타나게 된다. 이러한 형상에서 심장마비를 감지할 수 있게 된다. 심장에서 발생하는 전류가 두뇌에 공급되지 못하는 경우, 두뇌는 컴퓨터 기억장치 Format상태로 기억 내용을 백지상태로 손상되는 생물인간에 되게 된다.

(그림 5)는 디지털 ECG 좌표를 이용한 급성 심장마비 예방 시스템은, 디지털 ECG 전기적 신호를 획득하는 단계, 상기 디지털 ECG 전기적 신호를 처리하여 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보를 생성하는 단계, 상기 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보가 정상 징후를 이탈하는지 여부를 감지하는 단계, 상기 정상 징후를 이탈하는 경우 상기 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보를 이상 징후 유형과 대비하는 단계, 및 상기 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보가 심장마비 전조 증상으로 판정되는 경우 상기 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보를 지인과 병원에 알람하는 단계를 포함한다.

(그림 5)는 Sinus Node에서 발생된 전기 에너지를 QRS 동등한 에너지를 보여 주고 있다. 발생된 전압 에너지는 심장 좌심실에 항상 같은 크기 에너지를 주기 때문에, QRS의 값으로 모든 사람을 구분할 수 있는 ID 형태를 보여 주고 있다.

QRS 값은 좌심실에서 대동맥으로 전달하는 파형의 크기는 다양한 형태에서 동등한 값을 갖게 되는 값을 보여 주고 있다. 흥분하는 경우, R값은 0.761, Q값은 -0.052, S값은 -0.410, QRS값은 0.299.정산적인 경우, R값은 0.621, Q값은 -0.051, S값은 -0.271, 동등한 QRS값은 0.299을 보여 주고 있다.

개인식별 정확성은 QRS의 확인 확률을 통해서 동등함을 보여 주고 있으며, 개인인증 방법으로 이용할 수 있을 보여 주고 있다 [12-15].

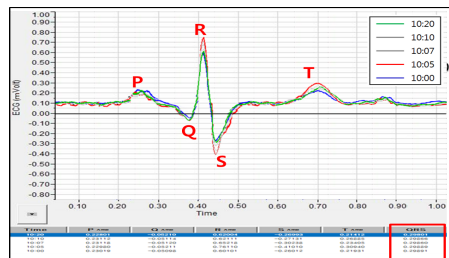


그림 5. ECG PQRST 패턴 분석
Fig. 5 ECG PQRST pattern analysis

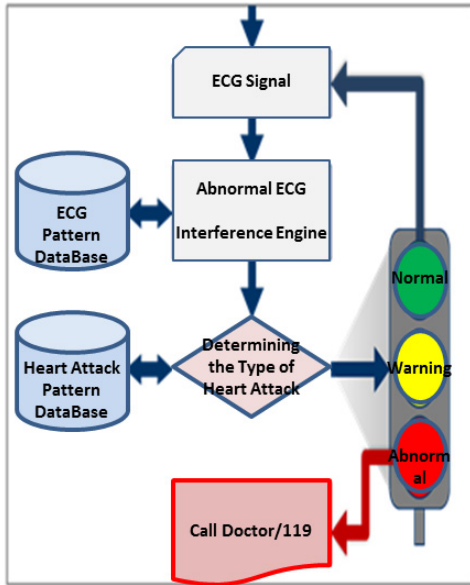


그림 6. 비정상적 ECG 패턴 탐지 구조
Fig. 6 Abnormal ECG pattern detection structure

(그림 6)은 스마트 워치의 아날로그 ECG 파형 전체를 저장하는 방법에서 디지털 방법으로 시간 축 X-좌표와 심장 전압 축 Y-좌표(가령, ECG PQRST (X, Y) 좌표)로 처리하고 이를 웨어러블 스마트 워치에 DB 저장함으로써, 최소한의 메모리 용량과 간단한 프로그램으로도 전술한 디지털 좌표를 처리 저장함으로써 즉시 심장 이상 징후를 감지/경고하는데 있다.

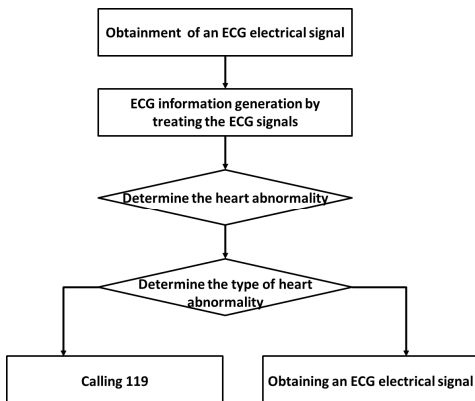


그림 7. 비정상적 ECG 패턴 탐지 알고리즘
Fig. 7 Abnormal ECG pattern detection algorithm

(그림 7)은 디지털 ECG 좌표를 이용한 급성 심장마비 예방 시스템은, 디지털 ECG 전기적 신호를 획득하는 단계, 상기 디지털 ECG 전기적 신호를 처리하여 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보를 생성하는 단계, 상기 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보가 정상 징후를 이탈하는지 여부를 감지하는 단계, 상기 정상 징후를 이탈하는 경우 상기 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보를 이상 징후 유형과 대비하는 단계, 및 상기 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보가 심장마비 전조 증상으로 판정되는 경우 상기 디지털 ECG (X, Y) 패턴 정보를 지인과 병원에 알람하는 단계를 포함한다.

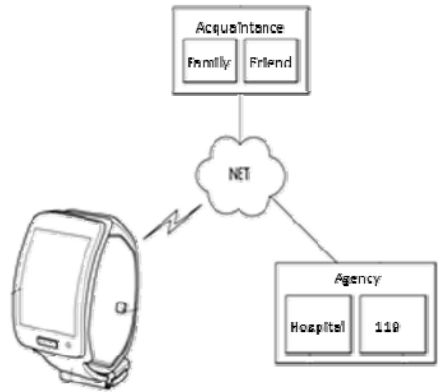


그림 8. 웨어러블 디바이스 기반의 비정상적인 ECG 패턴 탐지 시스템
Fig. 8 Abnormal ECG pattern detection system based on wearable device

(그림 8)에서 정상적인 경우, 웨어러블 스마트 워치의 ECG DB 패턴 High-Low 안에 감지되지만, 비정상인 경우, ECG PQRST (X, Y) 좌표 처리하고, High-Low 패턴 및 이상 징후 ECG (X, Y) 좌표와 비교하여 심장의 정상 (X, Y) 좌표가 High-Low 패턴 이탈 징후 여부를 판단하며, 이상 징후 유형에 해당하는 경우 심장마비 전조 증상인 ECG Yellow 패턴 유형과 유사한지 혹은 급성 심장마비 증상인 ECG Red 패턴 유형과 유사한지를 다시 판단하여 전자의 경우 병원에 ECG 정보를 제공하고, 119 긴급 앰블런스(소방서)에 ECG 정보를 제공하는 디지털 ECG 좌표를 이용한 급성 심장마비 예방 시스템을 보여 주고 있다.

III. ECG 이탈 패턴 비교분석

(그림 9)는 정상적인 ECG 파형 패턴을 보여 주고 있으며, (그림 10)는 계단을 뛰고 난 후, 2배 빨라지는 파형을 볼 수 있다. 자율신경계에서 발생하는 ECG 에너지는 일전하며, 파형의 크기는 항상 같은 구조를 발생함을 보여 주고 있다. 정상적인 건강한 사람을 일정한 파형을 보여 주고 있으며, 심장에 문제가 있는 경우, 이탈되는 경우에 경고가 발생하게 된다.



그림 9. 정상적인 ECG 파형 패턴
Fig. 9 Normal ECG signal pattern



그림 10. 뛰고 난 후, 빨라지는 ECG 파형
Fig. 10 Fast ECG signal pattern after exercising

(그림 11)은 ECG 파형으로 디지털 값은 P(3,2), Q(18, -5), R(22, 15), S(25, -12), T(22, 15), 및 T(36, 4)으로 나타낼 수 있다. 디지털 ECG 파형으로부터 추출되는 ECG 패턴의 특징점을 추출하고 이를 좌표 값으로 나타냄으로써, 좌표 값을 통해 사용자의 건강 상태를 판단할 수 있고, 이상 징후 유형 DB의 각 기준 패턴과 대비하여 정상인지, 병원의사의 진료가 필요한지 혹은 위급상황으로 즉시 응급 처치가 필요한지 판단을 위한 정보로 이용될 수 있다.

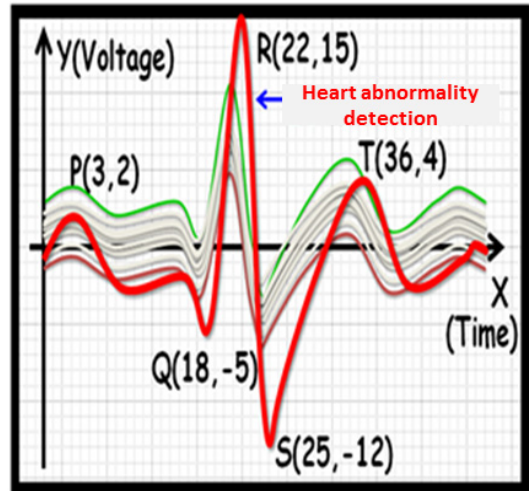


그림 11. 정상적인 ECG 패턴 이탈한 심장 이상 징후

Fig. 11 An abnormal ECG pattern violating normal ECG patterns

심전도 ECG파형을 규칙적으로 저하는 패턴 데이터베이스를 만든 후, ECG 이탈패턴이 감지되는 경우, 심장마비 형태로 분류하여, 주치의에게 자동 통보되며, 긴급 상황일 경우, 119 출동에 자동 연락되어 병원 응급실로 연경 생명을 구할 수 있는 시스템을 보여 주고 있다.

표 1. ECG PQSRT 기반의 이상징후 탐지
Table 1. Abnormality detection based on ECG PQRST data

P Amp.	Q Amp.	R Amp.	S Amp.	T Amp.	Diagnosis
0.004	0.001	0.010	-0.002	0.004	Normal
0.005	-0.003	0.009	-0.004	0.005	Normal
0.001	0.002	0.004	-0.005	0.006	Normal
0.002	-0.005	0.015	-0.012	0.004	Abnormal
-0.001	-0.002	0.007	-0.006	0.003	Normal

(표 1)은 ECG 정상적인 패턴과 비정상적인 급성 심장마비 예측을 보여 준다. QRS가 정규 파형을 이루며, Normal구조를 이루는 시험 결과를 보여 주고 있으며, 본인의 확인 할 수 있는 개인식별구조 99.09% 평가를 통해서 심장마비 사전 예정정보를 보여 주고 있다.

IV. 결 론

본 논문에서 심장 파형에서 얻어지는 디지털 결과는 웨어러블 장치에 쉽게 저장할 수 있으며, Machine Learning 알고리즘을 이용하여 개인인증 256비트 키를 생성함으로써 사물인터넷 시대 중요한 역할을 할 것이다.

센서를 이용한 바이오 프로세서 Simband는 심장파 인간 두뇌에 존재하는 디지털 량을 중심으로 심장마비와 치매 현상을 초기에 발견할 수 있는 바이오 산업에 중요한 산업으로 발전하게 될 것이다.

급성 심장마비가 발생되면, 5분 내에 심폐 소생술이 수행되어야 한다. 심장마비가 발생하면 심장이 멈추기 때문에 뇌에 산소 공급이 중단되고, 뇌가 버틸 수 있는 시간은 불과 몇 분이기 때문에 골든타임 내에 응급처치가 이루어져야 한다.

사용자의 심장 건강 상태에 따라 변경되는 반복적인 심장 생체 전압 정보를 이용하여 정상적으로 학습하고, 급성 심장마비를 예측하고 감지하는 시스템에 있어서, 상기 시스템은 상기 사용자의 팔에 탑재되어 상기 사용자의 심장 생체 전압정보를 제공하는 복수의 웨어러블 심장 이상 징후 감지 스마트 워치를 이용하여, 웨어러블 심장 이상 징후 감지 스마트 워치는, 심장 생체 전압 정보를 이용하여 생체 전압(X, Y) 패턴정보를 제공하고, (X, Y)패턴 정보는 시간축 X-좌표와 심장 전압축 Y-좌표로서 ECG PQRST (X, Y)좌표를 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 ECG 좌표를 이용한 급성 심장마비 예방 시스템을 보여준다.

결론적으로, 디지털 ECG 코드는 차세대 정보보호 시대면 개인식별인증서로서 충분한 방법으로 이용 가능한 방법으로 대두되고 있음을 증명된다.

감사의 글

서울 강남성모병원 카톨릭대학교 의과대학 박종민 교수에게 많은 심장 임상시험 의학 정보 도움에 감사 드립니다.

이 논문은 2016년도 미래창조과학부의 재원으로 IITP의 지원을 받아 수행된 디지털 심장 ECG 코드를 이용한 개인 인증 시스템 개발연구 사업임

References

- [1] M. Tawfik and K. Hany, "Human identification using QT signal and QRS complex of the ECG," *Online J. The Online Journal on Electronics and Electrical Engineering*, vol. 3, no. 1, 2011, pp. 1-5.
- [2] S. Saechia, J. Koseyaporn, and P. Wardkein. "Human identification system based ECG signal," *2005 IEEE Region 10 Conf., Melbourne, Australia*, Nov. 2005, pp. 1-4
- [3] A. Jain, B. Ruud, and P. Sharath, *Biometrics: personal identification in networked society*. MA, USA: Springer Science & Business Media, 2006.
- [4] T. Shen, W. Tompkins, W. Tompkins, and Y. Hu, "One-lead ECG for identity verification. In *Engineering in Medicine and Biology*" *24th Annual Conf. and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society EMBS/BMES Conf.*, Houston, USA, Oct. 2002.
- [5] S. Asrael, M. Irvine, A. Cheng, M. Wiederhold, and B. Wiederhold, "ECG to identify individuals," *Pattern recognition*, vol. 38, no. 1, 2005, pp. 133-142.
- [6] G. Kim and J. Han, "Chronic Disease Management using Smart Mobile Device," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, Apr. 2014, pp. 335-342.
- [7] Y. Jeong, Y. Kim, and G. park, "An Efficient m-Healthcare Service Model using RFID Technique," *J. of the Korea Institute of*

Electronic Communication Sciences, vol. 13, no. 11, 2015, pp. 149-156.

- [8] Y. Wang, F. Agrafioti, D. Hatzinakos, and K. N. Plataniotis, "Analysis of human electrocardiogram for biometric recognition," *EURASIP J. on Advances in Signal Processing*, vol. 2008, no. 19, 2008, pp. 1-11.
- [9] M. Tawfik, H. Selim, and T. Kamal, "Human identification using time normalized QT signal and the QRS complex of the ECG," *In Communication Systems Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP), 2010 7th Int. Symp. on IEEE*. Northumbria University, Newcastle upon Tyne, United Kingdom, July. 2010, pp. 755-759.
- [10] J. Partínez, R. Almeida, S. Olmos, A. Rocha, and P. Laguna, "A wavelet-based ECG delineator: evaluation on standard databases," *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol. 51, no. 4, 2004, pp. 570-581.
- [11] R. Elabunde, *Cardiovascular physiology concepts*. PA, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
- [12] K. Nlataniotis, D. Hatzinakos, and J. Lee, "ECG biometric recognition without fiducial detection," *In 2006 Biometrics Symp.: Special Session on Research at the Biometric Consortium Conf.*, Baltimore, USA, Aug. 2006, pp. 1-6.
- [13] Y. Singh and P. Gupta, "ECG to individual identification. In Biometrics: Theory, Applications and Systems," *Biometrics Theory, Applications and Systems 2008. 2nd IEEE Int. Conf.*, Hyatt Regency Crystal City, USA, Sept. 2008, pp. 1-8.
- [14] B. Vuksanovic and M. Alhamdi, "Analysis of Human Electrocardiogram for Biometric Recognition Using Analytic and AR Modeling Extracted Parameters," *Int. J. of Information and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 6, 2004, pp. 428-433.
- [15] S. Yoon and G. Kim, "Personal Biometric Identification based on ECG Features," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 3, 2015, pp. 521-526.

저자 소개

이주관(Gil-Dong Hong)



2008년 상명대학교 소프트웨어공학과 졸업(공학사)

2010년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)

2012년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 수료(박사수료)

2014년 ~현재 싸이버빈 재직중

※ 관심분야 : ISMS, 보안 컨설팅, 생체인증

김만식(Dong-Sun Hong)



2010년 안양대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

2012년 Towson Univ 대학원 Computer Science 학과 졸업(공학석사)

2014년 ~현재 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정

※ 관심분야 : 정보보호, 핀테크, IoT 보안

전문석(Dong-Sun Hong)



1987년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(공학사)

1986년 University of Maryland 대학원 Computer Science 졸업(공학석사)

1989년 University of Maryland 대학원 Computer Science 졸업(공학박사)

1991년 ~현재 숭실대학교 컴퓨터공학과 교수

1991년 ~현재 영문지 편집이사

※ 관심분야 : 정보보호, PKI, Mobile Security, 차세대 개인정보인증, 바이오 비대면 인증, 컴퓨터 통신분야

