

# MIT-BIH 데이터베이스 기반 ECG 생체신호 시각화 분석을 위한 기술

김종욱\*, 이명진\*\*, 고헌만\*\*, 소경영\*

## 요약

이 논문에서는 심장이상 관리와 심혈관 위험 평가를 위해 임상 관련성과 연관지어 주요한 요소와 원인을 파악하는데 필요한 심전도(ECG) 데이터의 시각화 분석을 위해 경험한 기술을 소개한다. 특히, MIT-BIH ECG 데이터베이스를 기반으로 복잡한 ECG 데이터를 시각화하여 다양한 차트, 그래프로 표현할 수 있는 접근방법을 소개한다. 이러한 경험 기술 소개를 통해 많은 연구자들은 ECG 데이터베이스를 보다 쉽게 접근할 수 있고 다양한 형태로 시각화된 ECG 데이터의 의미를 직관적으로 이해할 수 있다.

키워드 : 심전도, 데이터 시각화, 우분투 리눅스, Physionet MIT-BIH

## Technique for the ECG Bio-sounds Visualization Analysis Based on the MIT-BIH Database

Jong-Wook Kim\*, Myoung-Jin Lee\*\*, Kwang-Man Ko\*\*, Kyoung-Young So\*

## Abstract

This work introduces techniques experienced for the electrocardiogram(ECG) visual analysis, able to characterize the major parameters and events with clinical relevance for heart failure management and cardiovascular risk assessment. In particular, it includes approaches for ECG data visual processing such as the variable charts, graphs base on the complex MIT-BIH ECG database. Through the experienced this works of ECG database visualization, so many researcher more easily access the complex ECG database and can intuitionally understand the meanings via a variable ECG visualized data.

Keywords : Eletrocardiogram, Data Visualization, Ubuntu Linux, Physionet MIT-BIH

## 1. 서론

※ Corresponding Author : Kwangman Ko

Received : February 29, 2016

Revised : April 26, 2016

Accepted : April 28, 2016

\* Jeonbuk National University Division of Convergence Technology Engineering

Tel: +82-63-270-4768, Fax: +82-63-270-4768

email: [kyso@jbnu.ac.kr](mailto:kyso@jbnu.ac.kr)

\*\* Sangji University School of Computer and Information Engineering

Tel: +82-33-730-0486, Fax: +82-33-730-0480

email: [kkman@sangji.ac.kr](mailto:kkman@sangji.ac.kr)

\*\*\* Sangji University School of Computer and Information Engineering

최근에는 U-health 또는 E-health 등으로 인해 심전도에 대한 관심이 더욱더 증가되고 있으며 사람의 생존상태, 스트레스 상태 등을 직간접적으로 알려줄 수 있는 의미 있는 자료로 활용되고 있다. 또한 모바일환경에서 원격장치로 ECG 신호를 비롯한 다양한 생체신호를 수집, 의사에게 전달하여 진단을 받고 환자에게 피드백을 해줄 수 다양한 저가형의 소형 심전도 측정

Tel: +82-33-730-0486, Fax: +82-33-730-0480

email: [kkman@sangji.ac.kr](mailto:kkman@sangji.ac.kr)

장비가 실생활에서 활용되고 있다[1].

심전도(Electrocardiogram; ECG)[2]란 심장이 수축함에 따라 심박동과 함께 발생하는 전위차를 곡선으로 기록한 것이다. 심장은 자동적, 율동적인 수축을 한다는 점에서 생체내의 다른 부분의 근육에 비해 특이하다. 심장근육의 수축은 생명체의 전기를 공급하는 발전기와 같다. 즉, 수축을 일으키는 원동력이 심방의 동방결절에서 발생하는 미세한 전류인 것이다. 미약한 전류가 심장근육을 통과하면서 신체 내에 전류가 흐르게 되고, 이 전류를 신체의 표면에서 기록할 수 있게 된다. 이를 기록하는 장치를 심전도계(Electrocardiography)라 하고, 이 기록을 심전도라 한다.

심장이 활동하는 동안의 전기적 자극을 기록한 그래프를 심전도(ECG 또는 EKG: Electro-cardiogram)라고 하며 일반적으로 12 유도(lead)를 사용하여 기록한다. 안정 시 심장근육 세포의 안쪽은 음전극(negative charge)을, 바깥쪽은 양전극(positive charge)의 분극상태를 유지한다. 이러한 분극상태는 소듐( $\text{Na}^+$ )이 세포막으로 이동하면서 깨지게 되어 탈분극(depolarization)이 시작되고, 이때 심근의 수축이 일어나게 된다. 심전도 상에는 구별할 수 있는 세 가지 파장이 형성된다. P파는 SA node를 통해 심방에서 전달된 자극이 심방을 탈분극시키면서 나타나는 파장이다. P파는 약 0.08초 정도 소요되며, P파가 시작되고 약 0.1초 후 심방은 수축한다. QRS파는 심실의 탈분극시 나타나며, 심실수축 이전에 실행되어진다. 또한 QRS 파가 복잡하게 나타나는 것은 심근 및 심장 전도계의 구조적 특징 때문이고 소요시간은 약 0.008초이다. T파는 심실의 재분극(repolarization)시에 나타나며 약 0.16초 정도 소요된다. 재분극은 탈분극보다 천천히 진행되어, QRS파 보다 길게 벌어지고 진폭도 보다 낮게 나타난다. 또한 심방의 재분극은 크기가 작고 큰 QRS파에 가려져 나타나지 않는다[3].

이러한 ECG 생체신호를 활용하여 다양한 인간의 상태를 포착할 수 있으며 특히, 심장의 이상 징후를 이해하는데 매우 중요하게 활용되고 있다. 하지만 이러한 이상징후는 계속해서 나타나기 보다는 24시간 이상의 장시간의 ECG 생체신호 분석을 통해서 확인할 수 있지만, 획득되는

많은 ECG 생체신호 데이터를 사람이 세밀하게 분석하는 것은 매우 비효율적이므로 ECG 신호를 자동적으로 분석해 주는 시스템이 필요성에 따라 다양한 분석 방법 및 도구 등이 제시되어 왔다[4,5,6].

하지만 실제로 헬스케어 및 인간의 생체신호 분석을 통한 다양한 연구결과물을 도출하기 위해 많은 ECG 생체신호와 같은 많은 데이터의 수집이 지속적으로 필요하지만, 연구자를 만족할 만한 수준의 양적인 생체신호를 확보하기 매우 어려운 환경이다. 이를 극복하기 하고 많은 연구자의 생체신호 확보 편리성을 높이기 위해 Physionet에서는 인간의 다양한 생체신호를 데이터베이스로 구축하여 많은 연구자에게 다양한 포맷과 이를 처리할 수 있는 공개소프트웨어를 지원하고 있다[7].

본 논문에서는 국내 및 전세계적으로 활용도 및 기여도가 매우 높은 Physionet에서 제공하는 다양한 생체신호 데이터베이스의 지원에도 불구하고 실제로 많은 연구자가 접근하여 활용하기 매우 어려운 상황을 완화하기 위해, ECG 데이터베이스를 중심으로 데이터베이스 설치 및 관련 소프트웨어 기능의 활용방법을 소개한다. 특히, 국내의 많은 관련 연구자의 예로내용인 ECG 데이터베이스로부터 리눅스 환경에서 다양한 ECG 그래프, 차트 등을 생성할 수 있는 실제적인 방법의 소개를 통해 관련 연구자의 편리성을 높이고 시행착오를 줄이는데 기여하고자 한다.

본 논문의 구성은 제2장에서 생체신호 연구자들이 매우 관심을 갖고있는 Physionet 데이터베이스 구조와 연관된 소프트웨어 도구에 대해 소개한다. 제3장에서는 ECG 데이터를 시각화 하기 위해 설치해야할 소프트웨어와 실제로 리눅스 환경에서 ECG 데이터로부터 다양한 차트와 그래프를 생성하는 과정을 4가지로 분류하여 소개한다. 마지막으로 제4장에서 결론과 향후 연구방향에 대해 기술한다.

## 2. Physionet

### 2.1 PhysioBank

Physionet은 생리학적 신호에 대한 연구 자원을 지원하는 곳으로 생리학적 신호가 기록된 컬

렉션인 PhysioBank[8] 및 관련 오픈소스 소프트웨어인 PhysioToolkit[9]을 지원한다.

PhysioBank는 생체신호와 연관된 대규모의 데이터들을 생물의학 연구 단체의 연구 목적을 위하여 디지털 기록으로 바꾸어 보관하고 있는 저장소로서 현재 건강한 사람들과 그리고 급성 심장사, 울혈성 심부전, 간질, 보행 장애, 불면증, 그리고 노화를 포함하는 주요 공중 보건 질환을 가지고 있는 다양한 조건의 환자들로부터 얻은 다중변수의 심폐, 신경, 그리고 다른 생물의학적 신호들에 대한 데이터베이스를 확보하여 무료로 다운로드 할 수 있는 70개 이상의 데이터 보관하고 있다.

실제로 PhysioBank에서는 [표 1]과 같은 다양한 생체신호를 데이터베이스로 구축한 후 다수의 연구자가 무료로 접속한 후 이를 활용할 수 있도록 제공하고 있다..

<표 1> PhysioBank 데이터베이스 종류

PhysioBank Database
Multi-Parameter Databases
ECG Databases
Interbeat(RR) Interval Databases
Other Cardiovascular Databases
Gait and Balance Databases
Neuroelectric and Myoelectric Databases
Image Databases
Synthetic Data

<Table 1> PhysioBank Database

PhysioBank ECG 데이터베이스는 [표 2]과 같이 세분화하여 제공하고 있으며 현재까지 전 세계적으로 MIT-BIH Arrhythmia Database 대한 접근 및 호응이 가장 좋다.

<표 2> MIT-BIH ECG 데이터베이스

MIT-BIH ECG Database
Arrhythmia Database
Noise Stress Test Database
Atrial Fibrillation Database
ECG Compression Test Database
Long-Term Database
Malignant Ventricular Arrhythmia Database
Normal Sinus Rhythm Database
ST Change Database
Supraventricular Arrhythmia Database

<Table 2> MIT-BIH ECG Database

## 2.2 PhysioToolkit

PhysioToolkit은 생리학적 신호 처리 및 분석을 위한 대규모 라이브러리 소프트웨어이다. 통계 물리학 및 비선형 역학에 근거한 고전적인 기술과 새로운 방법을 모두 사용하여 생리학적으로 중요한 이벤트 감지하고 대화형 디스플레이와 신호의 특성, 새로운 데이터베이스의 생성, 생리학적 신호 그 밖의 신호의 시뮬레이션, 정량적 평가 및 비교 분석법, 비평형 및 비정상적 과정을 분석한다. WFDB는 PhysioToolkit의 라이브러리로서 PhysioBank 데이터를 효과적으로 사용하기 위한 라이브러리로서 데이터베이스에서 사용되는 다양한 형식의 파일을 읽고 쓸 수 있는 함수들의 집합이다. PhysioBank의 데이터를 직접 조작하기 위해서 C, C+, Fortran으로 작성된 프로그램에서 사용가능하며 WFDB-SWIG 패키지를 사용하면 Perl, Python, C#, Java, PHP, Ruby, TCL, Lisp에서도 사용할 수 있다. 또한 데이터 시각화, 데이터 마이닝, 데이터 가져오기 및 내보내기, 비식별화, 신호 처리와 자동 분석을 위한 75개의 어플리케이션을 제공한다. 특히, WAVE는 파형 데이터를 관찰하고 대화형 분석을 위한 소프트웨어로서 이식성이 뛰어난 C언어로 작성되었으며, GNU/Linux, MacOS/X, Windows를 포함한 일반적인 플랫폼에서 사용가능하다.

WFDB 라이브러리는 PhysioBank 데이터베이스에서 사용되는 형식의 파일을 읽고 쓸 수 있는 함수의 집합으로서, ANSI/ISO C, K&R C, C++, Fortran으로 작성된 프로그램에서 사용가능하며 사용자의 편리성을 위해 데이터베이스를 다운로드할 필요 없이 응용프로그램을 링크할 수 있으며, 이를 위해서는 libcurl 패키지를 설치해야 한다. 마지막으로, WFDB 어플리케이션에서는 신호 처리 및 자동 분석을 위한 상호 운영 가능한 명령어 라인 도구들이 지원되고 있다.

## 3. MIT-BIH 기반 ECG 생체신호 시각화

### 3.1 WFDB 소프트웨어 및 WAVE 설치

MIT-BIH ECG 생체신호 데이터베이스[10] 내용을 시각화하기 위해 우선적으로 리눅스에서

WFDB 설치되어야 한다. 이를 위해, WFDB 설치에 필요한 필수 패키지 설치와 같은 환경설정과 설치 및 검증 단계로 진행된다. 우선적으로 WFDB 설치전 리눅스 필수 패키지를 설치한다.

-WFDB는 GCC와 curl, expat 패키지를 필수로 요구한다. 각 리눅스 배포판에 대한 패키지 설치시 관리자 권한으로 접속한다.

-Fedora, Red Hat, CentOS 등 그 밖의 RPM 기반 리눅스 배포판의 경우

```
#yum -y install gcc curl-devel
expat-devel
```

-Debian, Ubuntu, Mint 등 그 밖의 Debian 기반의 리눅스 배포판의 경우

```
#apt-get -y install gcc
libcurl4-openssl-dev libexpat1-dev
```

이러한 과정을 통해 리눅스 배포판의 종류와 특성에 따라 설치환경 구성을 완료하게 되면 WFDB를 다운로드하고 설치과정을 진행한다.

WAVE는 32비트 시스템에서만 사용할 수 있으므로 64비트 시스템에서 사용하기 위해서는 별도의 설치과정을 거쳐야 하며 WAVE를 사용하기 위해서는 GUI 시스템이 필요하다. WAVE 설치시 WFDB 소프트웨어 패키지 설치 이후에 진행하며 WAVE는 기본적으로 설치과정이 Fedora를 기준으로 되어있으므로 그 밖의 RPM 기반 리눅스 배포판의 경우는 다음과 같은 과정을 통해 안정적으로 설치할 수 있다.

WAVE 설치: #/install-wave32

Debian, Ubuntu, Mint 등 그 밖의 Debian 기반의 리눅스 배포판의 경우는 설치시 다음과 같은 별도 과정이 필요하다.

[단계1]64비트 버전을 제거한 후 32비트 버전으로 설치한다.

```
#apt-get remove -purge
libcurl4-openssl-dev
#apt-get autoremove
```

[단계2] 환경설정에서 i386 추가

```
#dpkg --add-architecture i386
```

[단계3] WAVE 설치 및 실행시 필요한 패키지를 설치한다.

```
#apt-get install xview-clients:i386
xviewg:i386 xviewg-dev:i386 xbitmaps
#apt-get install libcurl4-openssl-dev:i386
build-essential gcc-multilib
#apt-get install xfonts-100dpi xfonts-75dpi
[단계 4] WAVE를 설치 후 재부팅.
```

```
#!/install-wave -q
#reboot
```

### 3.2 ECG 생체신호 시각화

MIT-BIH ECG 생체신호 데이터베이스로부터 원본 데이터를 읽어들이 6가지 소프트웨어중 본 논문에서 WAVE, pschart, psfd 소프트웨어에 대해 시각화 실험을 진행하였다.

WAVE는 파형 분석 및 조작을 할 수 있는 뷰어로서 X11 서버에 의해 제어되는 모든 디스플레이에 대해서 WFDB 레코드를 표시하는데 사용한다. 서버 내에 있는 원본 데이터 레코드를 읽어들이 파형을 표시하기 위해 우선적으로 (그림 1)과 같은 실제 명령어를 통해 MIT-BIH ECG 데이터를 다운로드한 결과는 (그림 2)와 같다.

(그림 1) MIT-BIH ECG 다운로드 명령어 예

```
root@server:~# wget -r -np http://physionet.org/physiobank/database/mitdb/
```

(Figure 1) Example of MIT-BIH ECG Data Download Instruction

(그림 2) MIT-BIH ECG 데이터 다운로드 결과

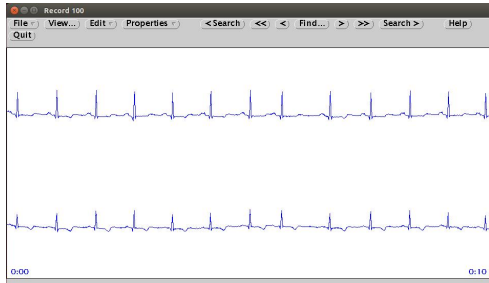
```
root@server:~/usr/local/database
root@server:~/usr/local/database# ls
100.dat 106.he 114.dat 122.atr 203.he 213.dat 222.atr 233.he
100.he 107.dat 114.he 122.dat 205.atr 213.he 222.dat 234.atr
100.he 107.dat 115.atr 122.he 205.dat 214.atr 222.he 234.dat
101.atr 107.he 115.dat 123.atr 205.he 214.dat 223.atr 234.he
101.dat 108.atr 115.he 123.dat 207.atr 214.he 223.dat ahtmlst
101.he 108.dat 116.atr 123.he 207.dat 215.atr 223.he ahtmlst
102.atr 108.he 116.dat 124.atr 207.he 215.dat 228.atr backup
102.dat 109.atr 116.he 124.dat 208.atr 215.he 228.dat cullist
102.he 109.dat 117.atr 124.he 208.dat 217.atr 228.he dbcal
103.atr 109.he 117.dat 200.atr 208.he 217.dat 230.atr dblist
103.dat 111.atr 117.he 200.dat 209.atr 217.he 230.dat esclist
103.he 111.dat 118.atr 200.he 209.dat 219.atr 230.he index.html
104.atr 111.he 118.dat 201.atr 209.he 219.dat 231.atr local.css
104.dat 112.atr 118.he 201.dat 210.atr 219.he 231.dat nhtmlst
104.he 112.dat 119.atr 201.he 210.dat 220.atr 231.he nhtmlst
105.atr 112.he 119.dat 202.atr 210.he 220.dat 232.atr pipe
105.dat 113.atr 119.he 202.dat 212.atr 220.he 232.dat pipe
105.he 113.dat 121.atr 202.he 212.dat 221.atr 232.he tpe
106.atr 113.he 121.dat 203.atr 212.he 221.dat 233.atr wfdbcal
106.dat 114.atr 121.he 203.dat 213.atr 221.he 233.dat
root@server:~/usr/local/database#
```

(Figure 2) Result of MIT-BIH ECG Data

WFDB 최초 설치시 자동으로 설정된 경로 (/usr/local/database)에 원본 데이터를 저장한

후 `wave -r record[+record...][options...]` 명령어 형식으로 MIT-BIH ECG 100번 레코드를 분석하기 위해 `#wave -r 100 &` 명령어를 실행시킨 결과는 (그림 3)과 같다.

(그림 3) MIT-BIH ECG 데이터 WAVE 결과



(Figure 3) Result of MIT-BIH ECG Data WAVE

pschart는 WFDB 레코드에 대한 고품질의 포스트 스크립트 포맷의 파일을 생성하는 소프트웨어로서 원본 데이터를 서버에 받지 않고 Physiobank의 데이터를 직접 가져와 출력하므로 다운로드 없이 `pschart [ [ options ... ] script ... ]` 명령어를 사용한다. 이 과정에서 pschart는 분석할 레코드와 시간을 script 파일에 입력해두어야 하며, 실제로 100번 레코드를 0초부터 10초까지의 내용을 출력하기 위한 script의 내용은 (그림 4)와 같으며 스크립트 파일 위치에서,

```
# pschart -a atr -c "" -C -E -G -CG 1.5
5 -Cs 0 0 0 -H -l -P 300x250 -m 20 20 5 5
-M -n 0 -S 4 2 -t 25 -T "" -v 10 -w 0.5
script > pschart.ps
```

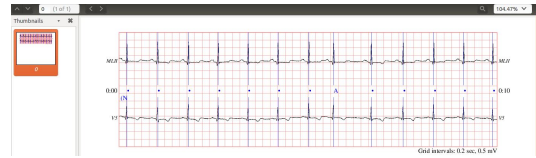
명령어를 사용하면 포스트 스크립트 파일을 생성할 수 있으며 출력을 pschart.ps로 지정하였으므로 (그림 5)와 같은 pschart.ps 파일이 생성된다.

(그림 4) pschart를 위한 스크립트 설정



(Figure 4) Configuration of script for pschart

(그림 5) MIT-BIH ECG Data에 대한 pschart 결과



(Figure 5) pschart Result of MIT-BIH ECG Data

psfd는 pschart와 마찬가지로 서버 내에 원본 데이터를 다운로드하지 않고 Physiobank의 데이터를 직접 가져와서 `psfd [ [ options ... ] script ... ]` 형식으로 명령어를 사용하며, 분석할 레코드와 시간을 script 파일 (그림 6)과 같이 설정한다.

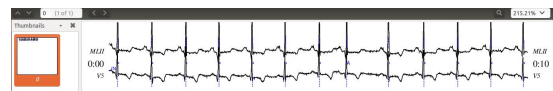
(그림 6) psfd를 위한 스크립트 설정



(Figure 6) Configuration of script for psfd

실제로 `#psfd -a atr -c "" -C -E -G -Cs 0 0 0 -H -l -P 300x250 -m 20 20 5 5 -M -n 0 -S 2 2 -t 13 -T "" -v 10 -w 0.5 script > psfd.ps`를 통해 (그림 7)과 같은 psfd.ps 파일을 생성한다.

(그림 7) MIT-BIH ECG Data에 대한 psfd 결과



(Figure 7) psfd Result of MIT-BIH ECG Data

#### 4. 결론 및 향후연구

본 논문은 헬스케어 분야에서 다양한 심전도 데이터를 활용하여 심장, 심혈관 등에 대해 의미 있는 중요한 정보로 활용하고 있는 상황에서, 실제 심전도 데이터에 쉽게 접근할 수 없는 연구자들에게는 만족할만한 수준의 양적인 생체신호를 확보하기 매우 어려운 환경이다. 이를 극복하기 하고 많은 연구자의 생체신호 확보 편리성을

높이기 위해 Physionet에서는 인간의 다양한 생체신호를 데이터베이스로 구축하여 많은 연구자에게 다양한 포맷과 이를 처리할 수 있는 공개 소프트웨어를 지원하고 있다. 하지만 Physionet에 대한 신뢰성과 다양성에도 불구하고 데이터에 대한 접근성은 매우 어려운 상황으로서 후속 연구자들에게 보다 용이하게 PhysioBank에 접근하여 시각적으로 심전도 데이터를 확인할 수 있는 경험적인 자료 및 정보가 매우 열약하다.

본 논문에서는 국내 및 전세계적으로 활용도 및 기여도가 매우 높은 Physionet에서 제공하는 다양한 생체신호 데이터베이스의 지원에도 불구하고 실제로 많은 연구자가 접근하여 활용하기 매우 어려운 상황을 완화하기 위해, ECG 데이터베이스를 중심으로 데이터베이스 설치 및 관련 소프트웨어 기능의 활용방법에 대한 경험적인 내용을 소개한다. 특히, 국내의 많은 관련 연구자의 애로내용인 ECG 데이터베이스로부터 리눅스 환경에서 다양한 ECG 그래프, 차트 등을 생성할 수 있는 실제적인 방법의 소개를 통해 관련 연구자의 편리성을 높이고 시행착오를 줄이는데 기여하고자 한다.

향후에는 이러한 ECG 데이터의 시각화를 빅데이터 플랫폼 환경과 연동하여 개발자가 편리하게 데이터를 확인하고 분석 엔진을 개발할 수 있는 환경을 구축할 것이다.

References

[1] J. Henriques, T. Rocha, S. Paredes, R. Cabiddu, D. Mendes, R. Couceiro, P. Carvalho, "ECG analysis tool for heart failure management and cardiovascular risk assessment," Int'l Conf. Health Informatics and Medical Systems(HIMS2015), pp.195-200, July 2015.

[2] Electrocardiography, <http://https://en.wikipedia.org/wiki/Electrocardiography>

[3] Welcome to ECGpedia, [http://http://en.ecgpedia.org/wiki/Main\\_Page](http://http://en.ecgpedia.org/wiki/Main_Page)

[4] A. Jonathan Garza, B. Sishir Subedi, C. Yuntian Zhang and D. Hong Lin, "A Web-Based System for EEG Data Visualization and Analysis," Int'l Conf. Health

Informatics and Medical Systems(HIMS2015), pp.119-124, July 2015.

[5] Andrew V. Poliakov, Evan Albright, Kevin P. Hinshaw, David P. Corina, George Ojemann, Richard F. Martin, James F. Brinkley. "Server-based Approach to Web Visualization of Integrated Three-dimensional Brain Imaging Data," Journal of the American Medical Informatics Association, Vol. 12, No. 2, pp.140-151, Mar 2005.

[6] Lourenco, A., Placido da Silva, H., Carreiras, C., Priscila Alves, A., L. N. Fred, A. "A web-based platform for biosignal visualization and annotation," Multimedia Tools and Applications, Vol. 70, No. 1, pp.433-460, May 2014.

[7] Physionet, <http://www.physionet.org>

[8] Physiobank, <http://www.physionet.org/physiobank>

[9] PhysioToolkit, <http://www.physionet.org/physiotool>

[10] MIT-BIH ECG Database,

김 종 욱



1981년 2월 : 한국외국어대학교 스웨덴어학과(학사)  
 2007년 8월 : 전남대학교 경영학과(석사)  
 2016년 1월 현재 : 전북대학교 융합기술공학과(박사과정)

2000년 ~ 2005년: 회사명

2016년 ~ 현재: 전북대학교 융합기술공학과 박사과정

관심분야 : 정보보호(Information Protection), 소프트웨어공학, 정보보안, 임베디드시스템

### 고 광 만



1998년 2월 : 동국대학교 컴퓨터공  
학과(공학박사)

1998년 3월 ~ 2001년 8월 : 광주여  
자대학교 컴퓨터학과 전  
임강사

2001년 09월 ~ 현재 : 상지대학교  
컴퓨터정보공학부 교수

방문연구 : QUT(2003, 호주), UQAM(2008, 캐나다),  
UC Irvine(2010, 미국)

관심분야 : Energy-aware Compiler Technology,  
Mobile Cloud Computing

### 소 경 영



2000년 8월 : 원광대학교 컴퓨터공  
학과(공학박사)

1991년 12월 ~ 현재 : 전북대학교  
융합정보기술학부 교수

관심분야 : 소프트웨어공학 및 프로그래밍언어론.