

## 아두이노 센서 기반의 심전도 측정 장갑

함준성, 권혁준, 방용혁  
동서대학교 컴퓨터공학부

## Arduino-based Electrocardiogram measuring gloves

Jun-Sung Ham, Hyuk-Jun Kwon, Yong-Hyuk Bang  
Division of Computer Engineering, Dongseo University

본 논문에서는 겨울철 실외에서 활동을 하다가 급성 심장질환으로 쓰러져 적절한 응급조치를 취하지 못하는 상황을 예방하고자 장갑을 통해 심전도를 모니터링 할 수 있는 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 장갑을 통해 심전도를 측정하여 애플리케이션에서 모니터링하는 것을 기본으로 한다. 기존의 제한된 심전도 측정방식이 아닌 겨울철 필수 용품인 장갑을 이용해 Ag/AgCl 전극이 아닌 전도성 천을 사용한 전극을 심전도 측정 시스템에 적용하여 외출 시 실시간으로 심전도 신호를 얻어 내어 모니터링 할 수 있는 시스템이다. 이를 통해 긴급상황 일 때 재빠른 대처를 통하여 골든타임을 지킬 수 있어 사용자의 생명을 보호해줄 수 있도록 제작하였다.

## I. 서 론

현대사회가 급속한 발전을 이루고 의료기술 또한 발달하게 되었다. 이러한 발달은 인간의 평균 수명을 연장시키게 되었고 사람들은 늘어난 수명만큼 건강을 유지하기 위해 건강에 많은 관심을 가지게 되었다. 하지만 꾸준한 운동과 개개인에 맞는 식이요법으로 병을 극복하거나 건강을 유지하는게 아직 대부분이라 할 수 있다. 신체의 미세한 부분을 감지하고 이상증상을 확인하기 위해서는 아직 병원의 전문적인 진단이 필요로 하다.

특히 심장질환은 병원을 방문하여 전문 측정 기구를 통해 측정을 하고 의사의 전문적인 소견을 통해 환자의 심장상태를 알 수 있다. 심장질환의 경우 발병하는 나이대가 신체를 이미 오랫동안 사용해온 50대 이상에서 90%를 차지하고 있다[1]. 신체가 노화되어 가고 무리한 운동을 할 수 없어 신체를 건강하게 유지하기 어려운 노령기에 접어들게 되면 언제 어디서 급작스런 심장발작 또는 질환이 일어날지 누구도 알 수가 없다. 더욱이 심장질환은 상대적으로 기온이

낮아지는 11월, 12월과 같은 겨울철에 발병 가능성이 다른 계절에 비해 올라간다[2]. 그렇기에 심전도 측정 장갑을 통해 현재 착용자의 심전도를 장갑을 착용하고 있는 본인 또는 착용자의 보호자가 스마트 폰의 애플리케이션으로 실시간 모니터링이 가능하고 급작스런 심장발작이 일어나 사용자가 쓰러지게 되면 착용자의 현재위치를 기반으로 GPS 정보를 첨부해 보호자와 연계된 지역 응급센터에 SMS를 전송하게 된다.

심전도 측정 장갑은 추운 겨울철 노인 분들의 외출 필수 품목 중 하나인 장갑과 결합을 하여 상시 심장의 상태를 측정할 수 있어 본인 및 보호자에게 급작스런 심장발작에 대비해 발 빠른 대처를 통하여 골든타임을 지킬 수 있어 사용자의 생명을 보호하고자 제작하였다.

## II. 본 론

## 2.1 심전도(Electrocardiogram, ECG)

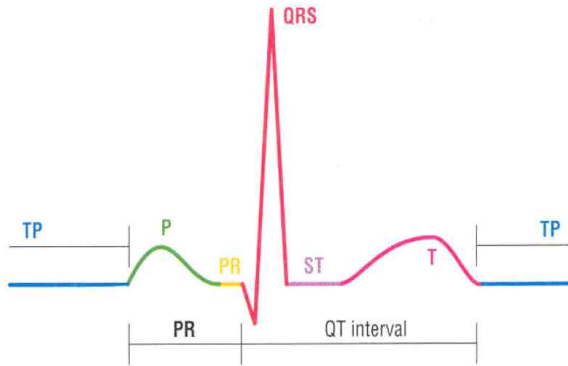


Fig 1. Electrocardiogram Waveform

측정 및 분석을 위한 척도가 되는 생체신호는 심전도란 심장이 수축함에 따라 심박동과 함께 발생하는 전위차를 파장형태로 기록한 것으로 심장의 비정상적인 리듬을 [3]. 심전도 파형은 심근세포의 탈분극과 재 분극에 의해 발생되며 P파, QRS군, T파가 차례로 나타난다. P파는 심방의 수축 시 발생하며, QRS군은 심실의 수축 시 발생하며, T파는 심실의 이완 시 발생한다. R파는 QRS군내에서 가장 높고 예리한 파형이며 심장의 활동 주기를 판단하는 기준 신호로 널리 사용된다. 그림 1은 심전도 신호에서 분석된 각각의 파형을 나타내었다.

### 2.1.1 심전도 전극



(a) Ag/AgCl (b) 전도성 천  
Fig 2. Electrocardiogram Waveform

Ag/AgCl 전극은 기존의 심전도 측정 시에 사용되어지는 전극이다. 내부의 수은이 없어 기준전극으로서의 안정성을 가지며 사용이 간편하다는 장점 있다. 하지만 측정 시 새로운 전극을 붙여야하는 일회성의 단점이 있다. 전도성 천은 Ag/AgCl 전극과 달리 재사용이 가능하며 휴대성이 좋아 일상생활 중에 사용이 가능하다. 장갑과 재질이 맞는 전도성 천을 사용하여, 심전도신호를 게측하였다.

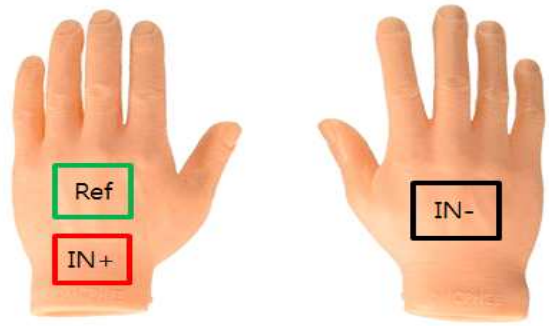


Fig 3. Electrode position

그림3은 전도성 천 전극 부착 위치 구성도이다. 전도성 천 전극을 왼손에 Ref, IN+를, 오른손에 IN-를 부착하여 심전도를 측정하는 시스템이다.

### 2.2 아두이노 구성



(a) PSL-IECG2 (b) HC-06 (c) Uno Board

Fig 4. Arduino Sensor

그림 4는 심전도 측정 장갑을 구성하는 하드웨어 부에서 사용되는 아두이노 센서들이다. 그림 4-a는 심전도를 측정할 수 있는 Physioblab사의 PSL-IECG2 센서이다. 그림 4-c는 Arduino Uno Board로 심전도 센서와 그림 4-b인 블루투스 모듈(HC-06)을 연결하여 기본적인 하드웨어를 구성한다. 블루투스 모듈은 심전도 센서에서 출력되는 데이터를 좀 더 빠르게 보내기 위해서 보드레이트를 115200으로 설정하였다.

### 2.3 전체 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 심전도 측정 장갑은 외출 시에 착용자의 심전도를 실시간으로 측정할 수 있도록 부착형 계측 모듈을 이용한 심전도 신호 측정부와 안드로이드 애플리케이션으로 구성된다. 신체의 심전도 측정부에서 심전도 신호를 측정을 하여 차동 증폭기(INA)를 통해 신호를 증폭시킨다. 이후, 증폭된 신호는 고역 통과필터(High Pass Filter), 반전 증폭기(Inverting Amp), 그리고 저역통과필터(Low Pass Filter)를 통해 흔들림과 잡음을 제거시킨다. 필터를 거쳐서 잡음이 제거 된 심전도 신호는 안드로이드 기반의 애플리케이션으로 심전도를 실시간으로 모니터링하고 위험상황일 때, 신속한 알람을 제공한다.

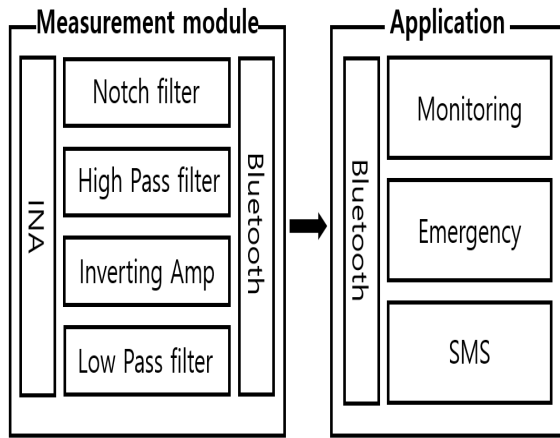


Fig 5. Overall system configuration diagram

그림 5는 구현된 시스템의 측정모듈부와 스마트폰 애플리케이션부의 시스템 구성도를 나타낸다.

### III. 실험 및 결과

#### 3.1 전극 계측 성능 평가

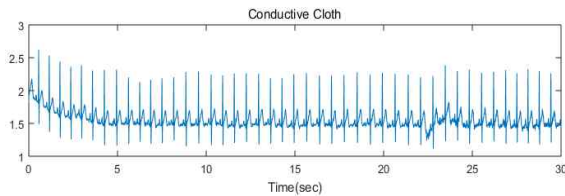


Fig 6. Conductive cloth

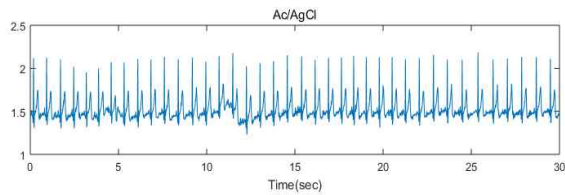


Fig 7. Ag/AgCl electrode

그림 6은 전도성 천을 이용하여 손등의 심전도 신호를 출력한 그래프이다. 그림 7은 Ag/AgCl 전극을 사용하여 측정한 손등의 심전도 신호이다. 다른 두 종류의 전극을 이용해서 출력된 심전도 신호를 비교 해본 결과 출력된 심전도 신호의 파형차이는 크게 다른 점이 없는 것이 확인되었다. 그렇기 때문에 본 논문에서는 전도성 천을 이용한 전극으로 심전도 측정 장갑의 실험을 진행하였다.

#### 3.2 제품 구현



Fig 4. Example of ECG measuring gloves

본 논문에서는 기존의 Ag/AgCl 전극으로 측정한 심전도 신호와 장갑형태의 심전도 측정 시스템으로 측정한 심전도 신호를 비교 분석을 하기 위하여 피지오랩사의 PSL-IECG2와 DAQ키트를 사용하였다.

이 실험은 심전도 측정 장갑에서 모니터링 되는 심전도 신호와 팔목부분에서 기존의 심전도 측정방식 대로 얻어낸 심전도 신호를 비교하기 위함이다.

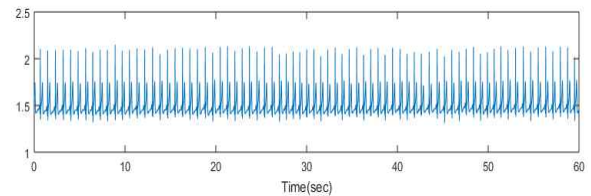


Fig 8. ECG Signal of the wrist

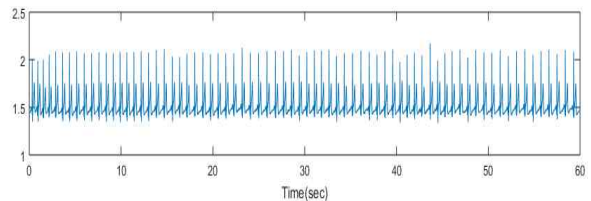


Fig 9. ECG Signal on back of the hand

그림 8와 그림 9는 0.3Hz의 고역통과필터로 고주파를 차단, 50Hz의 저역통과필터로 저주파를 차단시키고 초당 2000개의 Sampling Frequency로 60초 동안 팔목과 손등에서 측정한 심전도 신호이다.

위의 그래프를 통해 심전도 신호가 팔목과 손등에서도 정상적으로 잡히는 것을 볼 수 있다.

### 3.3 애플리케이션 구현



Fig 10. Application Monitoring



Fig 11. Emergency SMS

그림 10은 스마트폰의 애플리케이션에서 심전도 신호를 받아서 실시간으로 모니터링하는 그림이다. 블루투스로 통신하는 과정에서의 지연시간으로 인하여 약 0.5초 후에 그래프가 표시가 되지만 지연시간으로 인해 심전도 신호에 변형이나 영향은 없다. 그림 10에서 모니터링되는 심전도 신호의 밑 부분에 그려지는 그래프는 실시간으로 받아오는 심전도 신호의 R-peak를 그려내는 그래프이다. R-peak란 심전도 신호에서 P파 이후에 이어지는 최초의 하향파인 Q파의 뒤에 이어지는 최초의 상향파인 R파만을 표기한 그래프이다[4]. 그림 11은 긴급 상황일 때 보호자와 지역 응급센터에 전송되는 SMS의 예시이다. 그림과 같이 착용자의 GPS위치를 받아서 SMS에 첨부한 후에 전송을 한다. 착용자의 스마트폰의 GPS센서를 기반으로 위치정보를 받아오기 때문에 GPS가 받아지지 않는 곳이어도 LTE통신으로 GPS를 받아오도록 하였다. 응급상황일 때 SMS를 발송하는 기준은 현재 심정지 상태로 심전도 그래프가 나타나지 않을 때를 기준으로 한다. 하지만 심정지 상태를 구현하는 방법을 아직 찾지 못하여 애플리케이션 내에서 버튼을 구현하여 심정지 상태로 만든다고 가정하여서 버튼 입력시 문자가 발송하는 것을 확인하였다.

#### 3.3.1 아두이노 코드

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(2, 3);

union packet1{
    int16_t data;
    byte partData[2];
};

union packet1 pecg;
union packet1 pecga;
union packet1 pecgb;
union packet1 pecgc;

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    mySerial.begin(115200);
}

void loop() {
    Serial.println(analogRead(A0));
    pecg.data = analogRead(A0);
    pecga.data = analogRead(A0);
    pecgb.data = analogRead(A0);
    pecgc.data = analogRead(A0);
    mySerial.write(0xff);
    mySerial.write(0x01);
    mySerial.write(pecg.partData[1]);
    mySerial.write(pecg.partData[0]);
    mySerial.write(pecga.partData[1]);
    mySerial.write(pecga.partData[0]);
    mySerial.write(pecgb.partData[1]);
    mySerial.write(pecgb.partData[0]);
    mySerial.write(pecgc.partData[1]);
    mySerial.write(pecgc.partData[0]);
    mySerial.write(0xFF);
    delay(3);
}
```

Fig 12. Arduino Code

그림 12는 아두이노 코드 부분이다. 심전도 신호를 받을 데이터 변수를 설정하고 setup부에서 시리얼 통신을 초기화한다. 그다음 loop문에서 블루투스 시리얼 통신으로 통해 심전도 데이터를 전송한다.

#### 3.3.2 안드로이드 코드

스마트폰 애플리케이션은 안드로이드 스튜디오를 사용하여 제작하였으며, 그래프함수는 외부 라이브러리인 MPAndroidChart를 이용하여 실시간 그래프를 구현하였다.

그림 13은 아두이노에서 블루투스 시리얼 통신을 통해 보내진 심전도신호를 스마트폰 애플리케이션에서 수신하고 그래프를 그리는 코드이다. 심전도 신호를 바이트 배열로 수신을 하여서 그래프를 그릴 수 있는 함수에 첨부하여 심전도 신호를 실시간으로 모니터링 할 수 있게 하였다.

```

private final Handler mHandler = new Handler() {
    @Override
    public void handleMessage(Message msg) {
        switch (msg.what) {
            case MESSAGE_STATE_CHANGE:
                if (D) Log.i(TAG, "MESSAGE_STATE_CHANGE: " + msg.arg1);
                switch (msg.arg1) {
                    case BluetoothChatService.STATE_CONNECTED:
                        setStatus(getString(R.string.title_connected_to, mConnectedDeviceName));
                        mConversationArrayAdapter.clear();
                        break;
                    case BluetoothChatService.STATE_CONNECTING:
                        setStatus(getString(R.string.title_connecting));
                        break;
                    case BluetoothChatService.STATE_LISTEN:
                    case BluetoothChatService.STATE_NONE:
                        setStatus(getString(R.string.title_not_connected));
                        break;
                }
                break;
            case SEND_DATA:
                try {
                    byte[] temp = (byte[]) msg.obj;
                    addEntry(temp);
                } catch (Exception e) {
                    //e.printStackTrace();
                }
                break;
            case MESSAGE_DEVICE_NAME:
                // save the connected device's name
                mConnectedDeviceName = msg.getData().getString(DEVICE_NAME);
                Toast.makeText(getApplicationContext(), "Connected to "
                        + mConnectedDeviceName, Toast.LENGTH_SHORT).show();
                break;
            case MESSAGE_TOAST:
                Toast.makeText(getApplicationContext(), msg.getData().getString(TOAST),
                        Toast.LENGTH_SHORT).show();
                break;
            case 1024:
                addEntry2((double[]) msg.obj);
        }
    }
};

```

Fig 13. Android Application Code

#### IV. 결 론

본 논문에서는 심전도 센서와 겨울철 필수용품인 장갑을 연동하여 겨울철 노인 분들의 외출 시 심전도를 실시간으로 모니터링하고 응급상황이 발생할 경우에 신속한 대처가 이루어질 수 있도록 애플리케이션을 통해 모니터링을 한다. 기존의 심전도 측정은 전문 의료기관 또는 전문 의료기기를 통해 측정을 할 수 있었고, 지속적인 측정이 불가하였다. 지속적인 측정을 하기 위해서는 행동적인 부분에 제약이 걸린다. 심전도 측정 장갑은 외출 시에 애플리케이션과 연동을 통해 급성 심장 질환에서 골든타임을 지킬 수 있어 착용자에게 안심을 줄 수 있을 것이다. 향후에는 장갑의 표면에 전도성 천과 전도성 에폭시 접착제를 사용하여 장갑을 착용하였을 때 이질감을 덜 느낄 수 있도록 구성하고자 한다. 그리고 블루투스 모듈에서 와이파이모듈을 사용해 주변의 와이파이기에 접근하여 착용자가 스마트폰이 없어도 심전도 데이터를 보호자에게 전달 할 수 있도록 할 계획이다.

#### 감사의 글

본 논문은 2018년도 동서대학교 사회맞춤형산학협력선도대학사업(LINC+사업) 캡스톤디자인 지원프로그램의 지원을 받았습니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Health Insurance Review and Evaluation Institute. (2016).
- [2] Health Insurance Review and Evaluation Institute. (2016).
- [3] Encyclopedia of Life Science, Y. H. Kang, published 2008.02.19
- [4] The Great Encyclopedia of Nursing Science , published 1996.03.01