사단법인 대한기계학회
The Korean Society of Mechanical Engineers

*대한기계학회 주최*

## 제10회 전국학생설계경진대회(2020년)

# 설계 최종 보고서

| 참가부 | 고등부 ( O ) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 참가분야 | 공모주제 ( O ) / 자유주제 ( ) | | | | |
| 참가팀명 | CNSA | | | | |
| 설계제목 | 노인을 위한 자세교정 의자 | | | | |
| 지도교수/교사 | (소속)충남삼성고 (성명) 이대석 (이메일) edaemanse@naver.com | | | | |
| 대표자 (신청인) | 성명 | 소속 | 연락처 (휴대폰) | E-mail | 주소 |
| | 조수빈 | 충남 삼성고등학교 | | | |

## 참가팀원 인적사항

| NO | 성명 | 소속 / 학년 | E-MAIL |
|---|---|---|---|
| 1 | 조수빈 | 충남 삼성고등학교 / 2학년 | csbin0830@naver.com |
| 2 | 정지우 | 충남삼성고등학교 / 3학년 | ashley019215@naver.com |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

# 설계 요약문

| | |
|---|---|
| 참가분야 | 공모주제 ( O ) / 자유주제 ( ) |
| 참가팀명 | CNSA |
| 설계제목 | 노인을 위한 자세교정 의자 |
| 대표자명 | 조수빈 |
| 요약문 | 이 설계는 노인분들을 위한 자세 교정 의자이다. 이 의자의 특징에는 두 가지가 있다. 첫 번째는 노인분들을 배려하는 발받침대와 벨트를 갖추고 있어 앉아있기 편하다는 점이고, 두 번째는 자세가 안좋아졌을 때마다 소리가 울려 즉각적인 피드백이 가능하다는 점이다.<br>노인분들이 어떻게 하면 바른 자세에 대해 의식을 가지고 유지할 수 있을지가 본 설계의 가장 중점적인 문제이다. 착좌부, 등받이, 팔꿈치에 각각 압력센서를 부착하여서 한쪽으로만 치우쳐지지는 않았는지 계속 확인하고 한쪽으로 치우쳐져서 자세가 안좋아졌다고 판단될 때에 즉각적으로 소리가 울리게 되면 바로 바른 자세로 고칠 수 있을 것이며 다시 소리가 나지 않게 바른 자세를 유지할 수 있도록 노력하게 한다. 본 설계의 진행 단계는 의자를 3D 프린팅을 통해 출력하고, 이 사이즈의 의자에 맞는 압전 센서를 구비하는 단계, 착좌부 빛 등받이, 팔받침대에 쓰일 압력센서가 최대로 얼마나 측정할 수 있는지 알아보는 단계, 압력센서가 측정한 값을 기준으로 기준 압력을 정해 그 이상의 압력이 측정되었을 때 소리가 울릴 수 있도록 만드는 단계, 착좌부, 등받이, 팔받침대 각각의 양쪽에 측정된 압력값이 특정 값 이상으로 커지면 소리가 울릴 수 있게 구성하는 단계, 마지막으로 각 단계를 거쳐 통합적으로 기능을 수행하게 되면 바로 바로 자세 피드백이 가능한 자세교정 의자를 완성하는 단계로 구성된다.<br>본 설계는 노인분들 뿐만 아니라 책상 앞에 앉아있는 시간이 긴 학생이나 회사원이 사용하기에도 좋다. 학생들이 사용할 때는 졸음을 방지하는 학습용 도로도 사용될 수 있다. 발받침대를 통해 조절이 가능하기 때문에 어린이들이 사용하기에도 좋다. 약 40% 이상의 노인들이 퇴행성 척추측만증을 겪고 있고 나이가 들면 오랜 시간 앉아있기 불편하기 때문에 본 설계를 실시한다면 노인분들이 보다 안전하고 건강하게 앉아있는데 큰 도움이 될 것이다. |
| 설계프로젝트의 입상 이력 | ※ 교외 출품실적이 있는 경우 작성<br>- 출품작명 :<br>- 출품대회명 :<br>- 수상 내역 : |

## 1. 설계의 필요성 및 목적

봉사활동으로 요양원을 자주 갔었는데, 할머니, 할아버지께서 오랜 시간 앉아있는 것을 힘겨워 하시고 하체에 힘이 약하신 분들은 종종 의자에서 떨어지는 경우를 보았다. 그리고 60세 이상 노인 600명 대상으로 조사한 결과 약 40%가 퇴행성 척추측만증을 겪고 있을 만큼 바른 척추 자세를 유지하는 것이 더욱 중요해졌다. 노인분들은 하체가 약한 경우가 많기 때문에 장시간 의자에 앉아있는데 무리가 덜 가도록 발받침대와 자세를 고정할 수 있는 벨트를 부착하여 노인분들이 자세를 교정하고 편안하게 의자를 사용하는 것을 돕는데 목적이 있다.

## 2. 설계 핵심 내용

### (1) 설계 문제의 정의

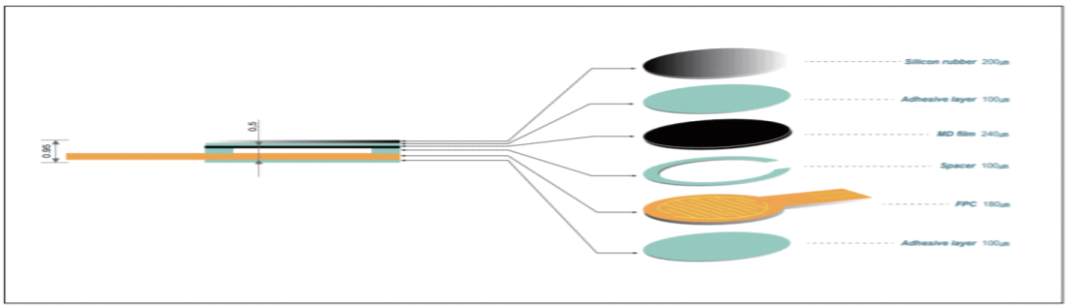
노인분들이 어떻게 하면 바른 자세에 대해 의식을 가지고 유지할 수 있을지가 본 설계의 가장 중점적인 문제이다. 그리고 바른 자세를 유지하는데 도움이 될 수 있는 편안한 환경을 제공하는 것도 중요하다. 시중에 나와있는 자세 교정용 의자와의 차별점과 더 나은 점을 알아내는 것 또한 중요하다.

### (2) 설계의 독창성 및 접근 방법

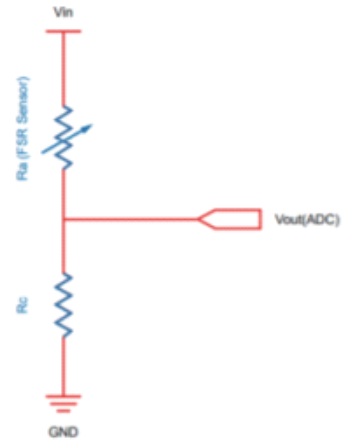
#### 1) 설계 방법 및 배경

본 설계는 노인분들을 위한 자세 교정용 의자에 관한 것이다. 자세 교정을 하기 위해선 먼저 현재 사용자의 자세가 어떤지 알 수 있어야 한다. 설계문제를 해결하기 위해 가장 쉬운 접근 방법이 사람이 의자에 앉아있을 때 생기는 압력을 압전센서를 통해 알아내어 수치를 분석하는 방법이라고 생각했다.

가장 핵심이라고 할 수 있는 FSR이란 Force Sensitive Resistor의 약자로 물리적인 힘, 무게 등에 따라 저항 값이 바뀌는 성질을 압전센서라고 알려있으며, 간단한 구조와 저렴한 가격, 그리고 얇은 기구적 특성으로 인해 많이 활용되고 있다. 하지만, 저울과 같이 정밀한 단위의 측정보다는 터치 센싱 및 무게에 반응하기 위한 목적의 애플리케이션에 적합하다. FSR의 원리에 대해 설명하자면, FSR은 몇 개의 레이어로 구성된 박막 형태의 센서이다. 가장 기본적인 FSR은 중간에 스페이서(Spacer)라고 하는 공간적인 갭을 만드는 레이어를 중앙에 두고 있다. 그리고, 이 스페이스 위아래로 회로가 인쇄되어 있는 레이어(FPC)와 전도성 물질로 코딩이 되어 있는 필름 레이어(MD film)가 배치된다. 그리고 위에서 힘이 가해지게 되면, FPC의 더 많은 부분이 MD film과 접촉을 하면서 센서의 저항 값이 줄어들게 된다.



힘에 따라 변하는 저항 값은 다음과 같이 간단한 회로 구성만으로 전압 측정이 가능하다.

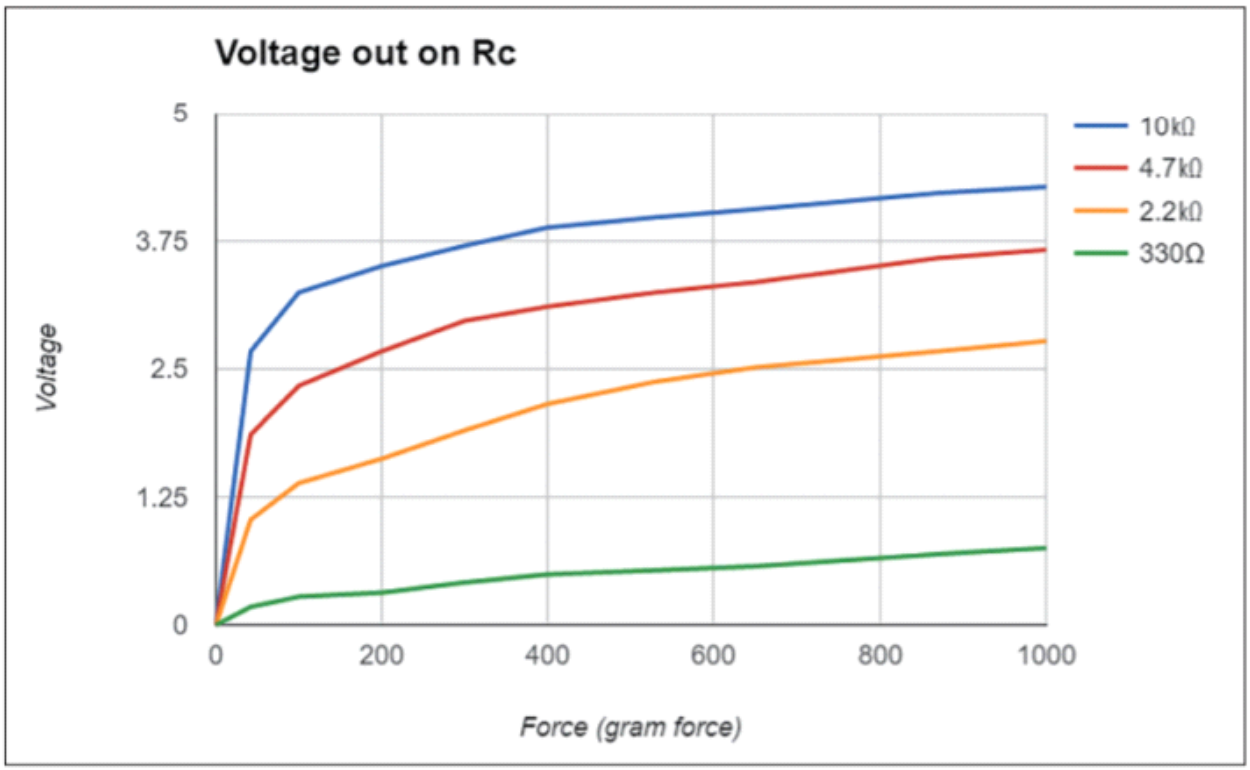


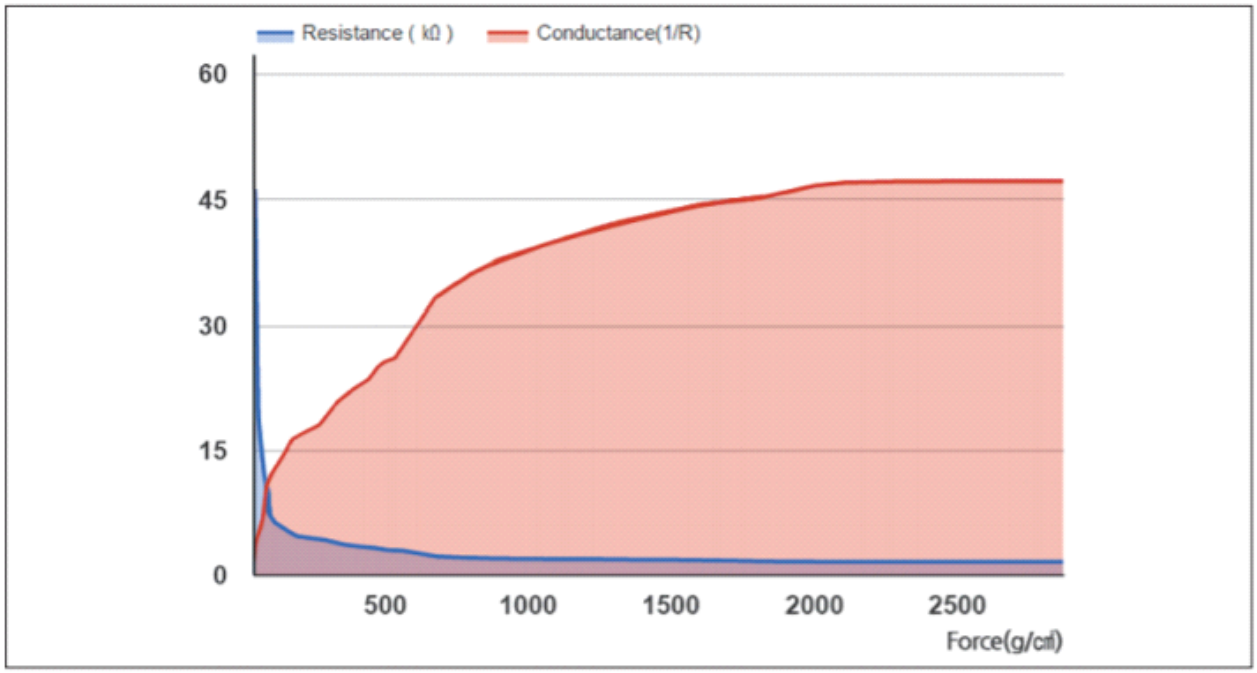

$$Vout = Vin \times \frac{Ra}{Ra+Rc}$$

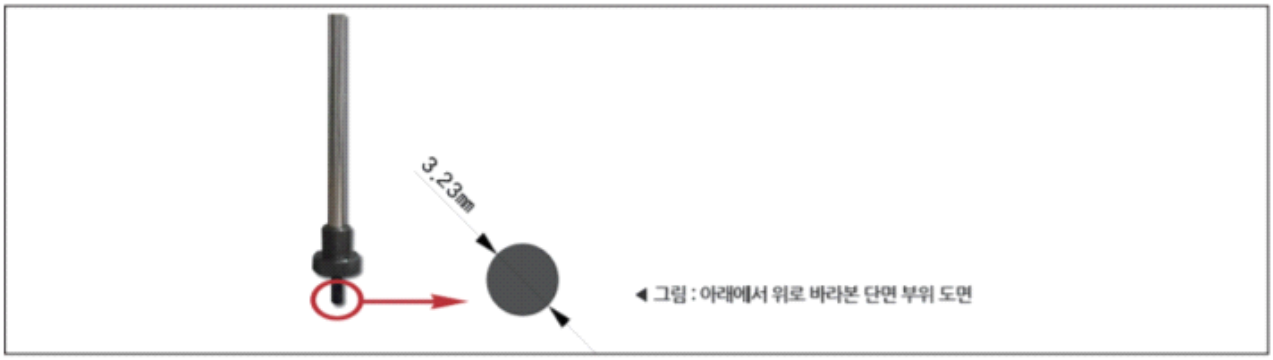
Rc는 전압 분배 법칙을 구현하기 위한 레퍼런스 풀 다운 저항으로, Rc 값을 높여주게 되면 낮은 무게의 해상도가 높아지며, Rc 값을 낮춰주면 높은 무게의 해상도가 높아진다. 힘에 따라 변하는 Ra 값은 아두이노에서 ADC (Analog to Digital Converter)기능을 통해 Vout 값을 구할 수 있다. 즉, Vout rkat을 통해서 센서에 가해진 힘의 양을 추정할 수 있다.

*센서 F_R 곡선(Force to Resistance Curve)

누르는 면의 넓이 : $8mm^2$ / 누르는 면의 재질 : 플라스틱 사출물

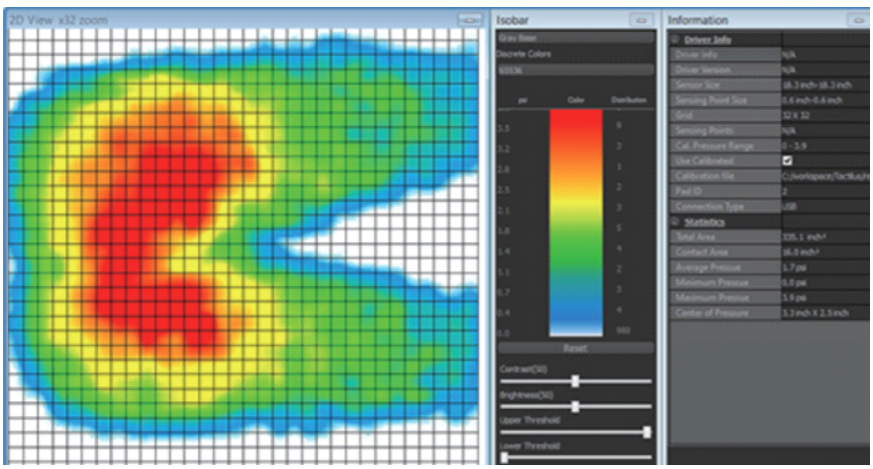




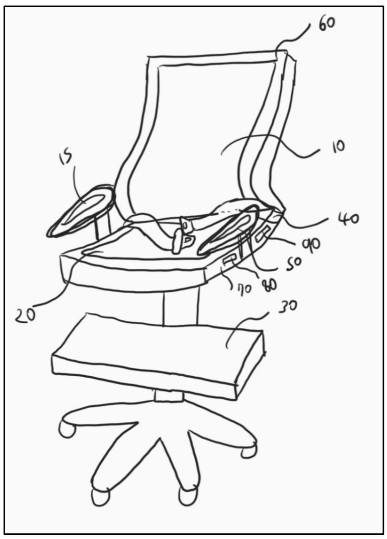

FSR은 얇고, 잘 휘어질 수 있는 장점이 있다. 또한, 작고 저렴하다는 이유로 다수의 센서를 활용한 연구 및 개발이 이루어지고 있다. 웨어러블 장치를 위한 입력장치, 디지털펜, 포스터치, 운전자용 버튼과 차량용 시트, 그리고 박막 키보드에 이르기 까지 실제로 많이 활용되고 있는 FSR 센서를 통해 더 빠르고 효율적인 시스템 구성을 해볼 수 있다. [그림 1]은 복잡한 매핑 데이터를 그래픽화한 것으로 FSR 센서를 활용한 사례이다.

[그림 1]

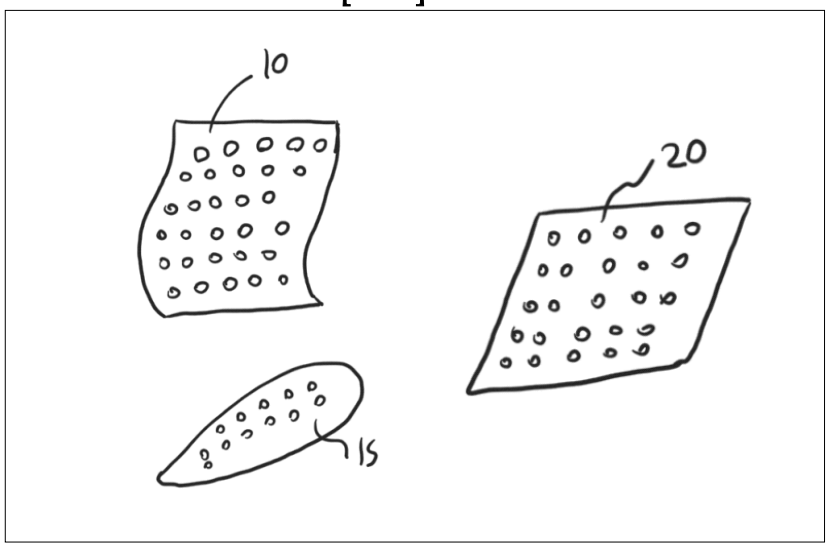


문제 해결 방법을 토대로 설계를 했을 때, [도1]에서 등받이 압전센서(10), 팔꿈치 압전센서(15), 엉덩이 압전센서(20)을 통해 몸이 의자에 닿아 압력이 가해졌는지 확인하고, 이를 통해 현재 자세를 측정할 수 있게 한다. [도2]에서 등받이 압전센서(10)는 원형 압전센서를 5행 6열로 배열하여 허리가 등받이에 잘 붙어있는 지 확인할 수 있게 한다. 팔꿈치 압전센서(15)는 원형 압전센서를 6행 2열로 배열하여 팔꿈치의 압력을 확인할 수 있다. 이때 양쪽 팔꿈치의 압력 중 한쪽이 지나치게 압력이 셀 때 한쪽으로 자세가 기울어진 것임을 확인할 수 있게 한다. 마지막으로 착좌부 센서(20)은 원형 암전센서를 5행 5열로 배열하여 앉아있을 때 어느 쪽으로 압력이 크게 가는지 확인할 수 있다. 이때 한쪽으로 압력이 쏠릴 경우, 다리를 꼬고 있을 가능성이 크며 자세가 올바르지 못한 상태임을 확인할 수 있게 된다. 바른 자세를 유지하기 위해서 바른 자세를 유지하기 쉬운 환경을 조성하는 것도 중요하다. [도1]에서 조정할 수 있는 발받침대(30)를 의자에 연결하여 의자에 앉아있을 때 다리에 무리가 가지 않도록 사용자의 다리길이에 맞추어 조절할 수 있게 한다. 벨트(40)은 하체에 힘이 부족한 노인분들이 의자에 오랫동안 앉아 자세를 유지할 수 있도록 돕는 장치이다. 또한 팔받침대(50)을 통해 팔을 편안히 놓을 수 있게 만들었고, 등이 닿는 부분이 곡선 처리되어 허리에 무리가 덜 가게 만든 등받이(60)가 있다. 본 설계는 노인분들이 바른 자세를 유지하여 척추측만증을 예방하는데 주 목적이 있다. 바른 자세를 유지하기 위해 스위치(80)을 통해 스피커(90)을 껐다 켤 수 있게 하는데, 스위치를 켤 경우 스피커에서 현재 자세가 한쪽으로 많이 쏠리거나, 다리를 꼬고 있거나, 허리가 휘었을 경우 경고음이 울리게 하여 즉각적으로 자세를 교정할 수 있도록 하였다.

[도 1]




[도 2]

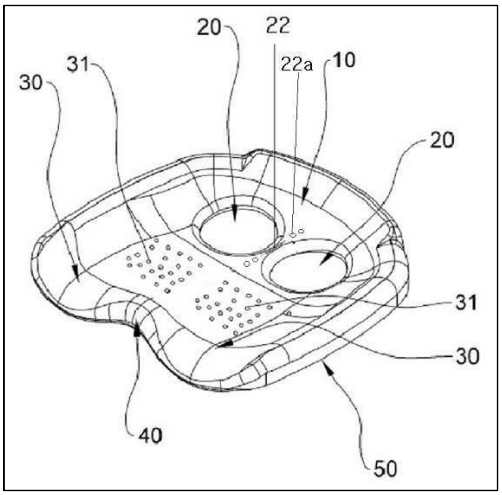



## 2) 설계의 독창성

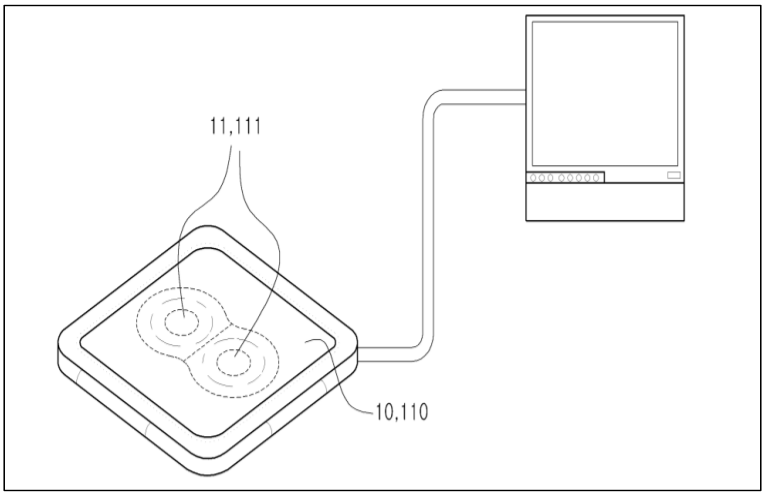
이미 시중에 나와 있는 자세 교정용 의자들은 많이 있다. [도3]과 같이 보통 자세 교정용 의자들은 센서를 통해 자세를 측정하기 보단 자세 교정에 도움이 되는 형태로 의자가 만들어져 판매되고 있다. 하지만 이런 의자들의 경우, 사용자가 의식하고 제품이 의도한 대로 바른 자세를 유지하며 앉지 않고 다리를 꼬거나 등받이에 등을 붙이지 앉게 된다면 효과가 없을 것이다. [도4]와 같이 방석형으로 되어 자세를 확인할 수 있는 장치가 있다. 하지만 착좌부의 압력만 가지고 바른 자세인지 아닌지 판단하기엔 한계가 있을 것이다. 센서를 통해 자세를 확인할 수 있는 IoT 자세교정의자도 있다. 하지만 이 의자의 경우 나중에 확인하여 본인의 자세가 어떠했는지 파악할 수 있는 형태로, 즉각적인 피드백을 보이는 본제품과는 달리 노인분들께서 일일이 확인하는데 어려움이 있을 것이다. 따라서 본 고안은 센서를 통해 정밀하게 사용자의 자세를 파악하기 위해 착좌부 뿐만 아니라 등받이와 팔꿈치 부분에도 센서를 부착하였으며, 어르신들이 사용하기 편하시도록 자세가 안좋아질 때마다 바로바로 즉각

적인 피드백이 가능하도록 하였다. 또한 노인분들이 의자를 편안하게 앉도록 돕기 위해 조정이 가능한 발받침대와 벨트가 있다는 점에서 노인분들에게 훨씬 적합한 의자라고 생각한다.

[도 3]




[도 4]




### 3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

첫 번째로, 압전센서의 배열이 사용자의 압력을 통한 자세를 측정하기에 어려움이 있을 수 있다는 제약조건이 있다. 그리고 만약 다리를 의자위에 올려 가부좌 자세를 했을 경우 바른 자세를 유지했음에도 불구하고 한쪽 발이 아래로 가 압력이 한쪽으로 쏠리게 나타날 수 있다는 제약조건이 있다. 이런 제약 조건을 해결하기 위해선 최대한 많은 실험을 통해 가부좌 자세를 했을 경우 생기는 압력차이 값을 구하고 이를 고려하여 소리가 나도록 할 수 있다. 이런 기능을 추가하기 위해서는 가부좌 자세인지 확인할 수 있게 하는 장치가 필요할 것 같다.

두 번째로, 자세가 올바르지 않은 상황에는 여러 가지 경우가 있는데 각각의 경우에 대해 분류하여 사용자에게 음성으로 알리는 방식이 제약조건이다. 착좌부에서 한쪽 압력이 크게 나와 있다면 다리를 꼬고 있을 가능성이 높은 것이고, 등받이에서 한쪽 압력이 크게 나와 있으면 척추가 휘어있는 상태일 가능성이 높다. 팔받침대에서 한쪽 압력이 크게 나와 있다면 몸이 한쪽으로 기울어진 상태이므로 각각의 상황들을 상세히 구분하는 것은 어려울 것이라고 예상된다. 따라서 각 측정 센서마다 압력차이가 클수록 경고음이 크게 나오는 방식으로 대체하는 것이 좋을 것 같다.

본 설계기술은 압전센서를 잘 활용하고 데이터 분석만 잘 해낸다면 충분히 잘 사용될 수 있는 기술이기에 경제적 부담이 적다고 생각한다. 따라서 본 아이디어가 실현된다면 사회적으로도 경제적으로도 부담이 되지 않으며 자세 교정에 있어서 큰 효과를 거둘 수 있을 것이라고 예상한다.

## (3) 설계 내용

실제 의자 사이즈로 제작하여 사람이 직접 앉아보고 실험을 할 수 있다면 좋겠지만, 현실적 어려움 때문에 주요 기능만을 수행할 수 있는 프로토타입을 제작하여 설계를 진행하였다.

첫 번째 단계는 200*200*200 사이즈의 의자를 3D 프린팅을 통해 출력하고, 이 사이즈의 의자에 맞는 압전 센서를 구비하는 단계이다.

두 번째 단계는 착좌부 및 등받이에 쓰일 40mm 압력센서가 최대로 얼마나 측정할 수 있는지 알아보는 단계이다.

세 번째 단계는 압력센서가 측정된 값의 중간 정도 되는 값을 기준으로 그 이상의 압력이 측정되었을 때 소리

가 울릴 수 있도록 만드는 단계이다.

네 번째 단계는 착좌부와 등받이에 각각 40mm 사각형 압력센서가 2개씩 쓰이기 때문에 둘 사이 측정된 압력값이 특정 값 이상으로 커지면 소리가 울릴 수 있게 구성하는 단계이다. 팔받침대는 한쪽 팔 당 3개의 원형 압력센서를 측정하므로 같은 위치에 있는 압력센서에서 둘을 비교했을 때 특정 값 이상으로 커지면 소리가 울릴 수 있게 한다.

각 단계를 거쳐 통합적으로 기능을 수행하게 되면 바로 바로 자세 피드백이 가능한 자세교정 의자가 완성된다.

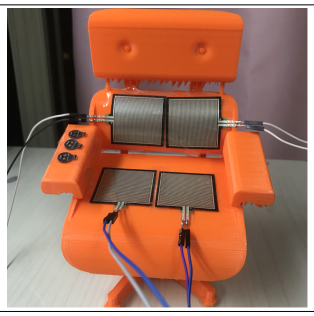
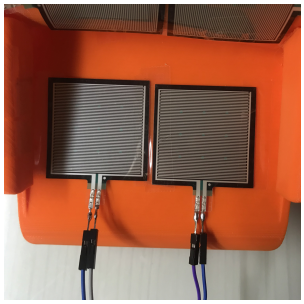
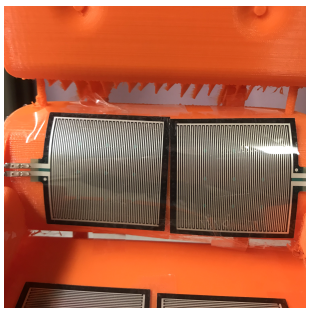
## 3. 설계 수행 일정

| 설계 진행 내용 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 자세 교정용 의자 설계 | | | | | | |
| 부품 준비 | | | | | | |
| 압전센서 실험 | | | | | | |
| 의자 제작 | | | | | | |
| 데이터 처리 방법 | | | | | | |
| 산출물 사용 후 피드백 | | | | | | |
| 최종 산출물 제작 | | | | | | |

## 4. 설계 결과물

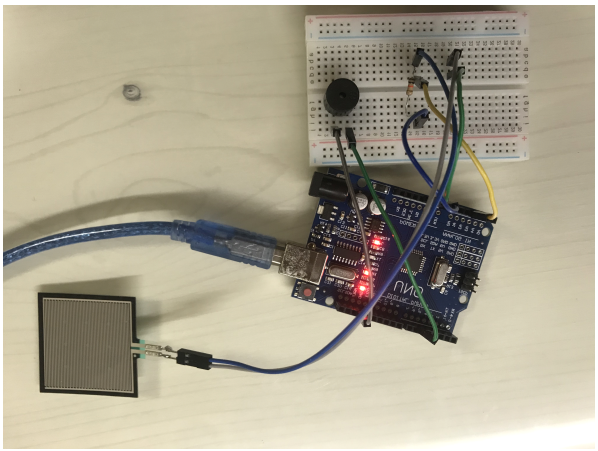
### (1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

설계를 진행하는데 있어서 본격적인 상품화에 앞서 성능을 검증 및 개선하기 위해 핵심 기능만 넣어 제작한 기본 모델인 프로토타입을 제작했다. 의자는 3D프린터를 통해 200*200*200 사이즈로 출력하였다. 발받침대는 실제 의자 사이즈의 제품을 만들 때 기능을 추가하면 되므로 프로토타입에는 넣지 않았다. 의자의 전체적인 외관은 [사진 1]과 같이 출력하였고 등받이와 팔 받침대를 갖추고 있는 구조이며 착좌부, 등받이, 팔 받침대의 압력센서를 모두 부착한 전체적인 모습이다. 가장 중요한 압력센서는 프로토타입으로 제작한 의자의 사이즈에 맞추어 착좌부 센서는 [사진 2]와 같이 2개의 40mm 사각형 압력센서를 이용하였다. 등받이 센서 또한 [사진 3]과 같이 2개의 40mm 사각형 압력센서를 이용하였다. 팔받침대 센서는 [사진 4]와 같이 3개의 FSR 원형 압력센서를 이용하였다

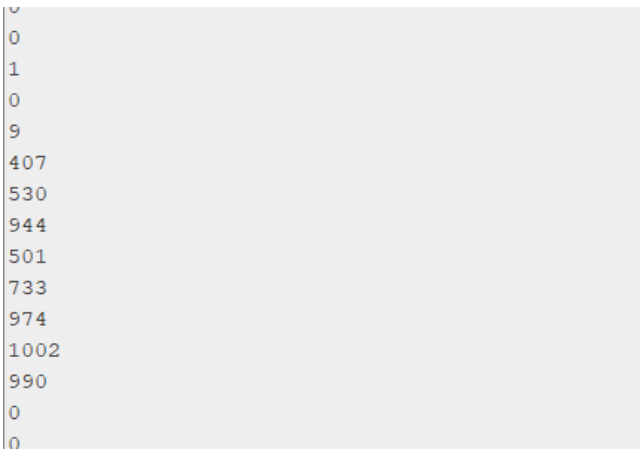
| 사진 1 | 사진 2 |
|---|---|
|  |  |
| 사진 3 | 사진 4 |
|  | |

어느 수준의 압력 이상이어야 소리가 날지 정하기 위해 실험을 진행하였다. 아두이노 회로는 [사진 5]와 같이 구성하였다. 압력센서를 누르고 이를 시리얼 모니터를 통해 관찰한 결과 가장 세게 누를 때 대략 1000 정도의 숫자가 나온다는 것을 알 수 있었다. 그래서 그 수의 절반인 500정도의 숫자가 기준값을 하기에 적절하다고 생각을 했고, 압력이 500보다 크면 피에조 스피커에서 경고음이 울리도록하는 코딩을 [사진 7]과 같이 구성하였다.

[사진 5]



[사진 6]



[사진 7]

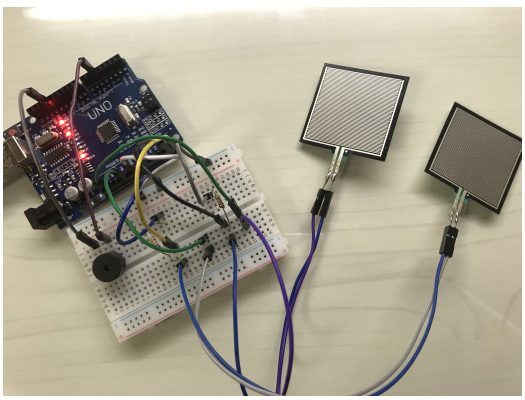
```
int SensorPin = 2;
int buzzer = 5;
int tones[]={440,494};

void setup(){
 Serial.begin(9600);
 pinMode(buzzer,OUTPUT);
}
void loop(){
 int SensorReading = analogRead(SensorPin);
Serial.println(SensorReading);
if (SensorReading > 500){
  for(int i=0; i<2; i++){
    tone(buzzer,tones[i]);
    delay(500);
  }
}

  else{
  noTone(buzzer);
  }
}
```

다음으로 좌좌부를 기준으로 압전센서 2개를 부착하고 양쪽에 압력 차이가 클 때 소리가 나도록 실험을 진행하였다. 아두이노 회로는 [사진 8]과 같이 구성하였다. 소리가 나기 시작하는 압력 차이의 기준을 가장 세게 했을 때의 압력의 반 정도인 500으로 정하였고 [사진 9]와 같이 코딩을 하였다.

[사진 8]




[사진 9]

```
int SensorPin = 4;
int SensorPin2 = 5;
int buzzer = 5;
int tones[]={440,494};
void setup(){
 Serial.begin(9600);
 pinMode(buzzer,OUTPUT);
}
void loop(){
 int SensorReading = analogRead(SensorPin);
 int SensorReading2 = analogRead(SensorPin2);
Serial.print("SensorReading:")
Serial.print(SensorReading)
Serial.print(",  SensorReading2:")
Serial.println(SensorReading2)

if (SensorReading-SensorReading2 > 500 or SensorReading-SensorReading2 < -500){
  for(int i=0; i<2; i++){
    tone(buzzer,tones[i]);
    delay(500);
  }
}
  else{
  noTone(buzzer);
  }
}
```

[사진 10]과 같이 가운데에 중심을 잘 맞추어 사람이 앉아 두 압력센서 사이의 측정된 압력 값의 차이가 500보다 작을 때에는 소리가 울리지 않는다. 반면에 [사진 11]과 같이 자세가 안좋아져서 한 쪽으로 기울어지게 되어 두 압력센서 사이의 측정된 압력 값의 차이가 500보다 클 때에는 소리가 울리게 된다. 위 상황에서 압력 값을 시리얼 모니터로 출력한 결과는 사진 [12]와 같다. 마지막에서 네 번째 줄처럼 두 압력센서 사이의 측정된 압력 값의 차이가 500보다 큰 상황이 바로 [사진 11]과 같은 상황이다.

| [사진 10] | [사진 11] |
|---|---|
| | |

[사진 12]

```
SensorReading:973,  SensorReading2:968
SensorReading:974,  SensorReading2:959
SensorReading:974,  SensorReading2:939
SensorReading:974,  SensorReading2:904
SensorReading:975,  SensorReading2:879
SensorReading:973,  SensorReading2:816
SensorReading:975,  SensorReading2:745
SensorReading:974,  SensorReading2:670
SensorReading:974,  SensorReading2:537
SensorReading:976,  SensorReading2:255
SensorReading:964,  SensorReading2:0
SensorReading:0,  SensorReading2:972
```

## (2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

본 설계는 일단 발받침대와 벨트를 통해 노인분들이 장시간 앉아있는데 편안하게 하며, 자세가 안좋아졌을 때마다 즉시 자세를 고칠 수 있어 즉각적인 피드백이 가능하고, 그 결과 의자에 앉아있을 때 계속해서 좋은 자세를 유지할 수 있게한다는 장점이 있다. 또한 꼭 노인분들이 아니어도 키가 작은 어린이가 사용하기에도, 책상 앞에 앉아있는 시간이 길어 자세가 안좋아지기 쉬운 학생이나 직장인들이 사용하기에도 좋다고 생각한다.

하지만 본인의 자세가 바뀔 때마다 소리가 나는 것이 거슬리는 사람이 있을 수도 있다. 이러한 점을 보완하기

위하여 스위치를 켰을 경우에만 소리가 울리도록 하여서 문제점을 완화하려고 노력했다.

본 설계를 실제로 구현함에 있어서도 어려운 원리를 사용하거나 비싼 부품이 들어가지 않기 때문에 실제 제품을 만들어서 판매하는 상용화 가능성이 높다.

## 5. 활용방안 및 기대효과

무엇보다도 이 의자는 노인분들이 사용하기 편한데에 중점을 두었기에 이 의자의 벨트와 발 받침대, 그리고 등을 받쳐주는 구조물을 통해 노인분들이 장시간 앉아있어도 불편하지 않도록 돕는데 큰 효과가 있다. 또한 다른 제품들과는 달리 스피커를 통해 자세가 안좋아졌을 때 바로바로 피드백하여 자세를 교정할 수 있으므로 좋은 자세를 유지하는데 큰 도움이 될 것이다. 본 설계는 노인분들 뿐만 아니라 장시간 앉아서 근무하는 회사원, 공부하는 학생들이 사용하기에도 좋을 것 같다. 학생들이 사용할 때는 몸의 기울어짐 정도에 따라 일정한 정도 이상을 도달했을 때 졸고있는 상태일 수도 있으므로 경고음이 울리게 하여 잠을 깰 수 있게 하는 학습용도로도 사용될 수 있을 것 같다. 어린이들이 사용할 때에도 발받침대 조절을 통해 편안하게 의자에 앉아있을 수 있도록 도울 수 있다. 약 40% 이상의 노인들이 퇴행성 척추측만증을 겪고 있고 나이가 들면 오랜 시간 앉아있기 불편하다. 따라서 본 설계를 실시한다면 노인분들이 보다 안전하고 건강하게 앉아있는데 큰 도움이 될 것이다.

## <참고문헌>

건양대학교 산학협력단(2014). 방석형 자세교정 시스템.
동아대학교 산학협력단(2020). 자세교정 IoT 의자 시트.
이민수(2017). 스마트 자세교정 의자.
㈜ 메카솔루션. 마블덱스 필름형 압력센서 길라잡이.