

논문 2024-4-17 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2024.12.17>

# 실리콘 유연 소재와 압력센서 기반의 앉은 자세 분석 시스템 설계 및 구현

김대기\*, 이완직\*\*, 허석렬\*\*\*†

## Design and Implementation of a Sitting Posture Analysis System Based on Pressure Sensors and Flexible Silicone Materials

Dae-Ki Kim\*, Wan-Jik Lee\*\*, Seok-Yeol Heo\*\*\*†

### 요 약

현대 헬스케어 기술은 개인의 건강을 실시간으로 모니터링하고 개선하기 위해 발전하고 있으며, 그 중에서 압력센서를 활용한 신체 데이터 분석이 주목받고 있다. FSR 기반 압력센서는 낮은 민감도와 정밀도, 내구성 부족 등의 한계를 가지며 정밀한 데이터 분석에 제약이 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 실리콘 유연 소재를 활용한 다채널 압력센서를 설계하였으며, 네오프렌 소재와의 결합을 통해 기계적 강도를 높여 내구성을 개선하고자 하였다. 개발된 센서는 실험을 통해 압력 및 저항 변화에 대해 기존 센서보다 더 좋은 선형성과 넓은 센싱 범위를 갖는 것을 확인하였으며, 이를 기반으로 한 앉은 자세 분석 시스템을 구현하여 헬스케어 및 웨어러블 디바이스 분야에서의 실용 가능성을 확인하였다.

### Abstract

Modern healthcare technology is developing to monitor and improve a personal health in real time and among them, body data analysis using pressure sensors is attracting attention. FSR-based pressure sensors are limited by low sensitivity, poor precision, and insufficient durability, which restricts their use in precise data analysis. In this study, to overcome these limitations, we designed a multi-channel pressure sensor using silicone flexible material, and attempted to improve durability by increasing mechanical strength through combination with neoprene material. Experimental results demonstrated the sensor's linearity in pressure and resistance changes, as well as its wide sensing range than existing sensors. Furthermore, a sitting posture analysis system was implemented based on the designed sensor, demonstrating its practical applicability in healthcare and wearable device fields.

**한글키워드** : 사물인터넷, 압력센서, 앉은자세 분석, 유연실리콘소재, 센서 모니터링 시스템

**keywords** : IoT, Pressure Sensor, Sitting posture analysis, Flexible silicone material, Sensor Monitoring System

\* 브레인센스 대표

\*\* 부산대학교 IT융용공학과 교수

† 교신저자: 허석렬(email: syheo@pusan.ac.kr)

접수일자: 2024.12.02. 심사완료: 2024.12.09.

게재확정: 2024.12.20.

## 1. 서론

현대 헬스케어 기술은 개인의 건강을 실시간으로 모니터링하고 개선하는 방향으로 발전하고 있다. 특히 생활습관으로 인해 발생하는 다양한 신체적 문제를 예방하고, 해결하기 위한 IoT 기반 시스템이 주목받고 있다. 이러한 기술은 사용자의 사용자의 신체 데이터를 습득하고, 이를 기반으로 맞춤형 솔루션을 제공하는 것을 목표로 한다. 특히 압력센서는 헬스케어 분야에서 사용자의 신체 움직임과 자세 변화를 실시간으로 감지할 수 있는 중요한 센서 중 하나로 신체 데이터를 습득하기 위한 여러 가지 응용 분야에서 활용되고 있다[1-2].

FSR(Force-Sensitive-Resistor) 기반 압력센서는 간단한 구조와 낮은 비용으로 인해 널리 사용됐으나, 민감도와 정밀도가 낮고 반복적인 사용 시 내구성이 떨어지는 한계가 있다. 또한, FSR 센서는 저항 변화가 비선형적이며, 특정 범위에만 반응하는 특성을 가지기 때문에 정밀한 자세 분석을 위한 데이터 활용에 제약이 있다. 이에 따라 최근에는 유연성과 내구성이 뛰어난 실리콘 소재를 활용한 새로운 압력센서 개발이 활발히 이루어지고 있다[3].

본 연구에서는 기존 압력센서의 한계를 극복하고자 실리콘 유연 소재를 활용하여, 네오프렌을 접합한 다채널 압력센서를 개발하고, 민감도와 정밀도를 테스트해 보았다. 또한 앉은 자세 분석 시스템을 설계하고 구현하여 개발된 센서의 성능과 사용 가능성을 실험적으로 테스트하였다. 이를 통해 압력센서의 성능과 실용성을 평가하고, 나아가 헬스케어 및 스마트 디바이스 분야에서 활용될 가능성을 확인하였다.

본 논문의 2장에서는 FSR 센서와 이를 응용한 관련 연구를 기술하고 3장에서는 본 연구에서 개발한 다채널 압력센서에 대한 주요 특성과 실험

결과를 설명하고 4장에서는 3장에서 개발한 다채널 압력센서의 활용성을 테스트하기 위한 앉은 자세 분석 시스템 설계와 구현에 대한 내용을 기술한다. 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구 과제에 대해 언급하였다.

## 2. 관련기술 및 연구

### 2.1 FSR 압력센서

FSR 압력센서[4]는 물리적인 힘, 무게 등에 따라 저항값이 바뀌는 성질을 이용한 센서로, 가변 저항의 역할을 하는 센서이다. 그림 1은 FSR 압력센서의 일반적인 구조를 나타낸다.

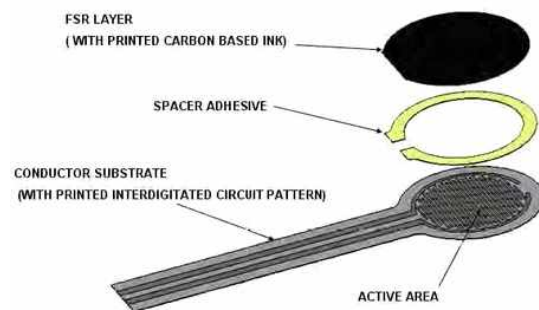


그림 1. FSR 압력센서의 구조  
Fig. 1. Structure of FSR Pressure Sensor

FSR 압력센서는 FSR Layer 부분에 폴리머 필름(PTF, Polymer-Thick-Film)과 전도성 잉크를 사용한다. 해당 부분은 회로가 인쇄되어 있는 FPC(Flexible-Printed-Circuit) 부분과 공간적인 차이를 만드는 Spacer를 사이에 둔 다층구조로 되어 있다. 센서에 압력이 가해지면 FSR Layer 부분과 FPC 부분의 접촉 면적이 늘어나면서 저항값이 줄어들게 된다. 즉, 전도성 잉크와 폴리머 필름으로 구성되어 있는 FSR Layer 부분이 FPC 부분과 접촉되는 면적에 비례한 가변저항의 역할

을 하며, 아래의 전압분배 식 (1)에 의해 값이 측정된다.

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_c}{R_a + R_c} \quad (1)$$

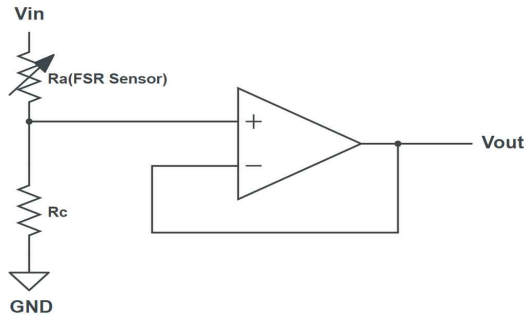


그림 2. FSR 압력센서 회로도

Fig. 2. Circuit of FSR Pressure Sensor

## 2.2 관련 연구

전도성 소재와 유연 압력센서는 IoT 기술과 융합되어 헬스케어, 스마트 웨어러블 디바이스 등 응용분야에서 폭 넓게 연구되고 있다. 특히 실리콘 및 탄소 복합소재를 활용한 유연 센서는 높은 민감도와 내구성 및 신축성을 바탕으로 기존 압력센서 기술의 한계를 극복하고자 하는 시도들이 활발히 이루어지고 있다.

Shin[5]은 전도성 카본과 실리콘을 이용하여 내구성이 뛰어난 전극용 박막을 개발하여 기존 고분자 기반 압전 소재의 공정 복잡성과 섬유 제품에 적용 시 세탁 내구성이 낮아 반복적인 사용의 제약의 문제를 개선하였다. Lee와 Kwon[6]은 용량형(Capacitive Type)의 압력 센서가 아닌 실리콘 압저항형 압력센서(Piezoresistive Pressure Sensor)를 활용하여 마이크로컨트롤러, UART 통신, LED 시각화를 통해 실시간 압력 상태를 모니터링하는 시스템을 구현하였으며, 다양한 환경에서 사용 가능한 범용 압력 모니터링 시스템의 가능성을 제시하였다. Hwang 등[7]은 전도성 실리콘과 탄소 소재를 기반으로 웨어러블

디바이스에 적용 가능한 단층 및 이중층 구조 전극을 설계하여 신호 대 잡음비(SNR)과 내구성, 생체 신호 측정을 시험하였다. 이 연구에서는 심전도(ECG)에 초점을 두며, 이 외 근전도(EMG), 뇌파(EEG) 등 다양한 생체 신호 측정의 응용 가능성을 제시하였다. Cho 등[8]의 연구에서는 실리콘-탄소나노튜브 기반 센서를 활용하여 웨어러블 디바이스인 셀프트레이너 피트니스 웨어를 개발하였으며, Kim 등[9]의 연구는 전도성 섬유와 전기용량성 압력센서를 결합하여 실시간으로 자세를 모니터링하고 교정하는 시스템을 구현하였다.

## 3. 다채널 압력센서 하드웨어 개발 및 구현

### 3.1 다채널 압력센서 설계

본 연구에서는 표 1에 보인 FSR 압력센서의 문제점을 해결하고자 실리콘 유연 소재 전도성 패드 및 다채널 압력센서 회로를 설계하고 개발하였다.

표 1. 기존 FSR 압력센서의 문제점

Table 1. Problem of FSR Sensor

순번	문제점
1	반복적인 굽힘, 스트레칭에 취약
2	특정 범위에만 반응하며 저항 변화의 비선형적인 특성
3	접촉 면적이 불균형할 경우 불안정해지는 저항값

본 연구에서 FSR 압력센서의 FSR Layer 부분에 사용되는 폴리머필름과 전도성 잉크 대신 실리콘 폴리머, CNT 파티클 등을 사용하여 실리콘 기반 전도성 패드를 만들어 탄성, 복원력, 기계적 강도를 높이고자 하였다. 그림 3에 본 연구에서 개발한 FSR 압력센서의 구조를 나타내었다.

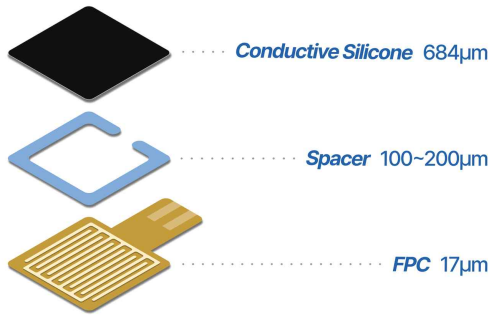


그림 3. 본 연구의 실리콘 기반 FSR 압력센서의 구조  
 Fig. 3. The structure of the silicone-based FSR pressure sensor in this study

또한, 동일 면적에서 최대한 많은 접점을 만들어 센싱의 효율성을 높이고자 FPC 부분의 회로의 여러 디자인을 설계하였다. 그림 4는 FPC 부분의 회로의 여러 디자인을 설계한 것이다.

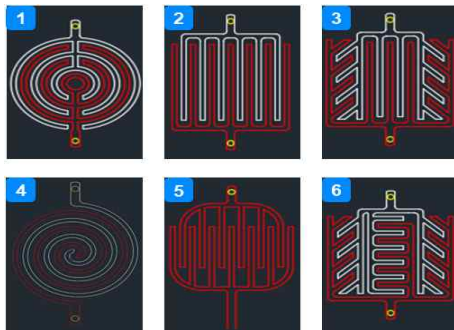


그림 4. FPC 부분의 회로 디자인  
 Fig. 4. Circuit Design of FPC Parts

### 3.2 다채널 압력센서 테스트

각 센서 간 간섭을 최소화하기 위해 200 × 200mm의 전체 테스트 회로의 크기에 16.2mm의 크기의 셀을 동일 간격으로 8×4 배열로 배치하여 다중 셀을 구성하였다. 테스트 회로에서 사용된 디자인은 그림 4의 1~4번 디자인이다. 압력

센서의 민감도와 정밀도를 측정하기 위해 10g, 20g, 50g, 100g, 200g, 500g의 M1급 분동을 사용하였다. 민감도는 아래의 식 (2)를 통해 계산되며, 입력 변화에 대한 출력 변화의 크기를 측정하는 것이다.

$$\text{민감도 (Sensitivity)} = \frac{\Delta R}{\Delta F} \quad (2)$$

정밀도는 동일 입력에 대해 출력이 얼마나 일관된 값을 보이는지를 측정하는 것이다. 민감도와 정밀도를 측정하기 위한 테스트 보드와 실리콘 패드 사이의 간격과 풀업저항은 없으며, 센서에 스코프미터를 직접 연결하여 저항값을 측정하였다. 또한 정밀한 분석을 위해 실리콘 패드 단독만 사용하는 경우와 실리콘 위에 네오프렌 (Neoprene)을 부착한 경우를 나누어 테스트를 진행하였다.

그림 5의 그래프에서 Sensor\_1~4는 테스트 보드에서 사용되는 1~4번 디자인의 센서이며, 무게가 측정되지 않을 때의 저항값은 ∞이며, 그래프에서는 최대 저항값과 동일하게 100KΩ으로 나타내었다.

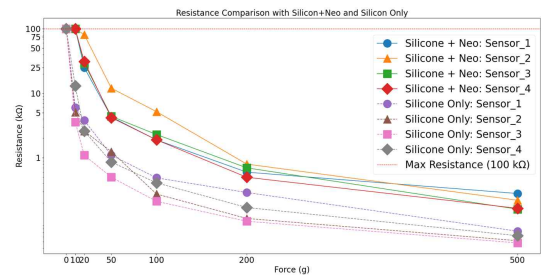


그림 5. 실리콘 패드와 실리콘+네오프렌 저항 비교  
 Fig. 5. Resistance Comparison Between Silicone Pad and Silicone+Neoprene

저항값은 센서별 디자인에 실리콘 패드 단독과 네오프렌을 부착한 경우 2가지에 대해서 3회 테스트하여 평균값을 도출하고 반올림하였다.

실리콘 패드만 단독으로 사용한 경우와 실리콘 패드에 네오프렌을 접합한 경우 모두 공통적으로 저항의 감소가 뚜렷하게 보였으며, 압력이 50g 이상이 되면 저항 감소가 완만해지며 수렴하는 형태를 보였다. 10g에서 200g 구간에서는 유사한 로그 스케일의 선형성이 나타났다.

실리콘 패드에 네오프렌을 접합한 경우가 동일한 압력에서 더 높게 나왔는데, 이는 네오프렌의 압축에 따른 전도 경로 차단 효과와 물리적 완충 특성에 의해 나타난 것으로 판단된다. 실리콘 패드만을 단독으로 사용한 경우보다 200g 이상의 무게에서 저항값의 센서별 차이가 적어 안정적이었으며, 실리콘 패드만 사용한 경우는 낮은 무게에도 측정이 가능한 높은 민감도를 보였다.

이후 마이크로컨트롤러를 통한 센싱 과정에서 실리콘 패드의 저항 변화에 따른 출력 전압이 효과적으로 반영되고, 압력에 비례하는 선형적인 전압을 생성하고자 풀업 저항을 탐색하였다. 각 센서별로 측정된 실리콘 패드의 저항값을 이용하여 식 (1)에 따른  $V_{out}$ 을 계산하였다.

풀업저항을 탐색하기 위한 10가지 대표 저항들을 설정하고, 선형성 점수를 계산하여 적절한 풀업저항을 선정하고자 하였다.  $\sigma \Delta V_{out}$ 은 선형성 점수이며 아래의 식 (3)을 통해 계산된다. 압력 값은 [10g, 20g, 50g, 100g, 200g, 500g]이며,  $V_{out,i}$ 은  $i$ 번째 압력 값에서의 출력전압을 의미하며,  $\Delta V_{out,i}$ 는 연속된 압력 값 사이의 출력 전압 변화량을 나타낸다.  $\mu \Delta V_{out}$ 은 출력 전압 변화량의 평균값이며  $n$ 은 출력 전압 변화량의 개수이다.  $V_0$ 는 0이다.

$$\Delta V_{out,i} = V_{out,i} - V_{out,i-1}$$

$$\mu \Delta V_{out} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta V_{out,i} \quad (3)$$

$$\sigma \Delta V_{out} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta V_{out,i} - \mu \Delta V_{out})^2}$$

선형성 결과의 경우 0에 가까울수록 표준편차가 작아 선형성이 우수하다고 판단하였다. 저항이 낮을수록 선형성 점수는 0에 가깝게 나와 선형성이 높은 적절한 풀업저항이라고 판단하였으나, 너무 낮은 저항의 경우 본 실험 환경의 최댓값인 500g에 대해서 최대 전압까지 도달하지 못하였다. 따라서 일부 선형성을 포기하더라도 최대 전압(5V)에 안정적으로 도달하면서도 출력 범위 내에서 압력 변화를 충분히 반영할 수 있는  $2.2K\Omega$  과  $3K\Omega$  을 적절한 풀업저항이라고 판단하였다. 그림 6은 선정한 풀업저항에 따른  $V_{out}$ 에 대한 두 경우의 결과 그래프이다.

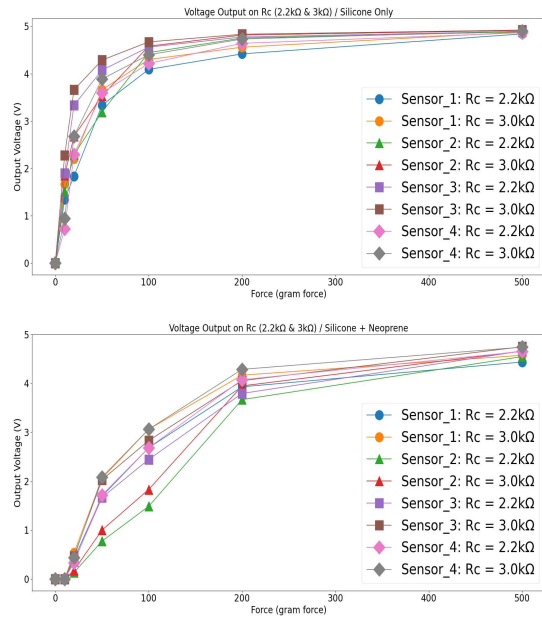


그림 6. 실리콘 패드와 실리콘+네오프렌의 풀업저항에 따른 전압 출력 비교  
Fig. 6. Voltage Output Comparison Based on Pull-Up Resistance Between Silicone Pad and Silicone+Neoprene

다음으로 센서의 측정 범위를 확인하기 위한 테스트를 진행하였다. 테스트는 실리콘 패드의 끝부터 각 분동을 전체 경로로 밀면서 탐색하는 방식으로 진행했다.

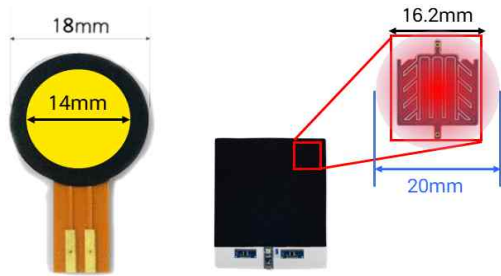


그림 7. 실리콘 유연 소재 기반 압력 센서 측정 범위 및 비교

Fig. 7. Measurement Range and Comparison of Silicone Flexible Material-Based Pressure Sensor

그림 7은 [10]의 RA18 압력센서와 본연구의 압력센서를 비교한 내용이다. 센서의 크기가 비슷한 비교군을 설정하여 센서의 측정범위를 비교했다. RA18 압력센서의 경우 압력을 인식하기에 가장 적합한 영역인 Prime Sensing Zone(센싱 영역)과 압력이 인식될 수 있지만 편차가 있어 다소 부정확한 영역인 Intermediate Zone(간섭 영역)을 모두 포함하는 센싱영역은 14mm이다.

반면에 실리콘 전도성 패드 기반 압력센서는 각 셀의 크기가 16.2mm이지만, 자체적인 테스트 결과 약 20mm의 지름을 가진 원 영역만큼 센싱이 가능하였다.

기존의 압력센서는 해당 포인트에 터치가 되지 않으면 센싱이 되지 않는 이산적인 형태라면, 실리콘 유연 소재 전도성 패드 기반 압력센서는 주변 범위에도 작은 수치값이 센싱되어 정밀하게 눌러는 위치를 예측할 수 있는 연속적인 형태를 가진다. 이 데이터는 인공지능 학습의 입력으로 사용될 시 기존의 FSR 압력센서의 센싱값보다 정밀한 세부 정보를 제공할 수 있다.

즉, 판단 기준에 대하여 기존 FSR 센서는 눌림의 여부, 센서값의 변화가 주로 사용되었다면, 본연구에서 개발한 압력센서는 기존의 판단 기준에 작은 수치값을 통한 위치와 작은 변화에 대한

값을 얻어 예측하고, 해당 값을 사용하여 더 나은 데이터를 인공지능에 제공할 수 있다는 것이다.

## 4. 앉은 자세 분석 시스템 설계 및 구현

### 4.1 앉은 자세 분석 시스템 구성

3장에서 설명한 유연 소재 기반의 압력센서의 기능을 시험하기 위해, 본 논문에서는 유연 소재 압력센서를 활용한 앉은 자세 분석 시스템을 설계하여 구현하였다. 그림 8은 전체적인 앉은 자세 분석 시스템의 구성과 데이터 흐름을 도식화한 것이다.

그림 8에서 사용자의 앉은 자세 데이터는 압력센서에 의해 측정된 후, 인터넷을 통해 분석 서버로 전송된다. 서버에 전송된 자세 데이터는 서버의 DB에 저장됨과 동시에 인공지능 모델에 입력되어 사용자의 자세를 판별하며, 분석 결과는 다시 사용자의 모바일 애플리케이션에 전달된다. 사용자는 자신의 자세에 대한 상세한 분석 정보를 모바일 애플리케이션으로 확인할 수 있으며, 잘못된 자세에 대한 경고는 압력센서 시스템의 물리적인 진동으로 전달받을 수 있다.



그림 8. 앉은 자세 분석 시스템 구성

Fig. 8. Sitting Posture Analysis System Configuration

### 4.2 분석 서버 시스템 구현

측정된 센서 데이터는 분석 서버를 통해 데이터베이스에 저장된다. 서버는 Node.js Express 프레임워크를 사용하여 제작하였으며, 서버는 수

신된 센서 데이터를 구분자(,) 기준으로 문자열 파싱하여, 이를 객체(Object) 형태로 NoSQL 기반의 MongoDB에 저장한다.

인공지능 기반의 분석을 위해, 서버는 데이터를 인공지능 모델의 입력으로 사용될 파생 매개변수들로 생성하여 DB에 함께 저장한다. 이후 서버는 인공지능 모델의 결과를 바탕으로 바른 자세의 점수 및 비율을 계산하고, 해당 값은 Web-App 기반의 애플리케이션 형태로 실시간 시각화를 수행한다.

본 논문에서는 개발 언어의 통일성과 개발 기간의 단축을 위해 HTML, CSS, SCSS, Javascript 기반의 웹을 제작하고, 실시간으로 변화하는 동적 웹을 구현하고자 EJS 템플릿을 사용하였다. 제작된 웹은 Flutter를 통해 웹뷰로 보여지며, 크로스 플랫폼 개발을 통해 개발의 효율성을 향상하고자 하였다.

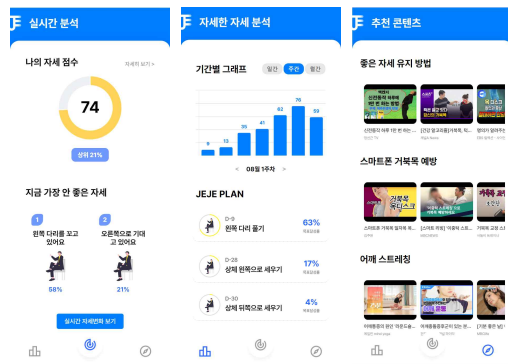


그림 9. 분석 서버의 웹 기반 사용자 인터페이스  
Fig. 9. Web-based User Interface of the Analysis Server

그림 9는 분석 서버의 자세 정보를 보여주는 웹 기반의 사용자 인터페이스를 보여주는데, 사용자는 이를 통해 본인의 자세에 대한 평가와 통계 정보 등을 확인할 수 있다.

### 4.3 자세 분석 AI 모델 개발

인공지능 모델을 개발하기 위해 14,000개의 자세 데이터를 수집하였고, 모델의 평가를 위한 3,500개의 추가 데이터를 수집하였다. 인공지능 모델의 훈련 방법은 지도학습이며, 데이터를 수집하면서 데이터 라벨링을 함께 진행하였다.

자세 모델은 총 7가지로 분류하였고, 자세별 2,000개의 데이터를 수집하였는데, 논문의 7가지 자세 모델은 표 2에 나타내었다.

표 2. 앉은 자세 모델 분류  
Table 2. Sitting Posture Model Classification

번호	자세 모델
1	올바른 자세
2	상체를 앞으로 숙인 자세
3	상체를 뒤로 기댄 자세
4	상체가 왼쪽으로 기울어진 자세
5	왼쪽 다리를 꼬고 앉은 자세
6	상체가 오른쪽으로 기울어진 자세
7	오른쪽 다리를 꼬고 앉은 자세

인공지능 모델의 원시 매개변수로는 32개의 압력센서 데이터와 센서별 기본 위치 좌표를 사용했다. 표 3은 원시 매개변수를 바탕으로 계산되는 파생 매개변수들을 정리한 내용을 보여준다.

표 3. 인공지능 모델의 파생 매개변수 리스트  
Table 3. List of Derived Parameters of AI Models

번호	파생 매개 변수 목록
1	무게 중심의 X, Y 좌표
2	센서 데이터의 무게 총합
3	센서 데이터의 분산 값
4	무게 중심 변화율
5	압력 밀집도
6	무게 중심 X, Y의 가중치
7	좌우 압력 값의 차이
8	센서 간 변화 기울기

본 논문에서는 해당 원시 매개변수와 파생 매개변수들을 바탕으로 인공지능 시스템을 설계하

였는데, 표 4에는 논문에서 사용한 인공지능 시스템에 대한 세부 내용을 정리하였다.

표 4. 인공지능 시스템 세부 내용  
Table 4. AI System Details

목차	세부 내용
데이터 형태	시계열 데이터(센서데이터)
데이터 개수	학습 데이터 : 14,000개
	평가 데이터 : 3,500개
기초 모델	1D CNN
학습 방법	데이터 라벨링을 통한 지도학습
정규화 방식	StandardScaler
군집화 방식	K-means Algorithm Clustering

7가지 자세 데이터의 군집을 확인하기 위하여 K-means Algorithm을 사용하였다. 또한 PCA 주 성분 분석을 통해 데이터의 보존율을 확인하였다. 그림 9는 군집화의 결과와 주성분 비율을 분석한 결과이다.

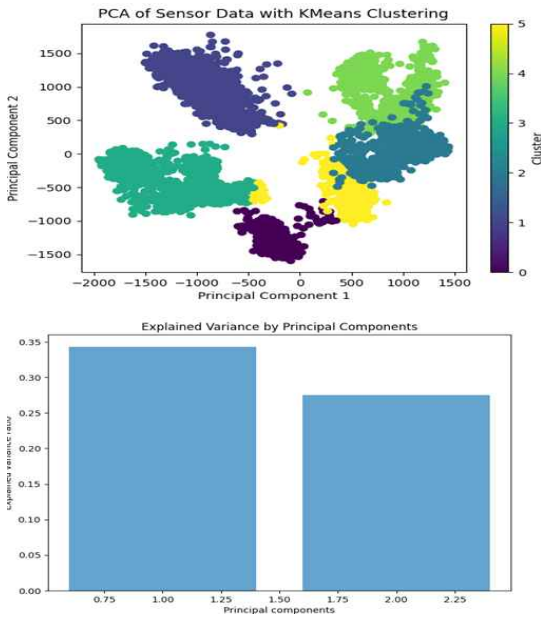


그림 10. 자세 데이터 군집화 결과 및 주성분 비율  
Fig. 10. Posture Data Clustering Results and Principal Component Ratio

데이터 클러스터링과 주성분 비율 분석을 통해 과생 매개변수가 데이터를 약 60% 정도 보존하는 것을 확인하였고, 비교적 적합하다고 판단하였다.

본 논문에서는 “모델 학습-모델 생성-모델 평가”의 과정을 거쳐 인공지능 모델을 개발하고, 평가까지 수행하였다. 수집된 14,000개의 데이터 세트는 7:3 비율로 나누어 학습과 평가를 진행하였다. 총 50회의 학습을 진행하였고, 그림 11과 같이 99.75%의 정확도를 확인할 수 있었다.



그림 11. 인공지능 학습 평가 결과  
Fig. 11. AI Learning Evaluation Results

또한 추가로 수집하였던 3,500개의 테스트 데이터로 인공지능 모델을 재평가하였다. 그림 12는 테스트 데이터에 의한 평가 및 비율 결과를 보여주며, 표 5에는 자세 판별이 잘 이루어지는 자세와 잘 이루어지지 않은 자세에 대한 분류를 정리하였다.

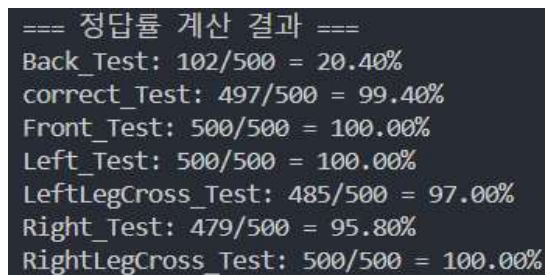


그림 12. 테스트 데이터에 의한 평가 및 비율 결과  
Fig. 12. Evaluation and Ratio Results by Test Data



표 5. 판별이 잘 되는 자세와 그렇지 않은 자세 분류

Table 5. Classification of Postures that are Well-discriminated and Postures that are not

분류	자세 모델
판별이 잘 되는 자세	올바른 자세
	상체를 앞으로 숙인 자세
	오른쪽 다리를 꼬고 앉은 자세
	상체가 왼쪽으로 기울어진 자세
	왼쪽 다리를 꼬고 앉은 자세
판별이 잘 되지 않는 자세	상체가 오른쪽으로 기울어진 자세
	상체를 뒤로 기댄 자세

한 사용자와 조건에서 검증하고, 이를 통해 데이터의 일반화와 분석 모델의 신뢰성을 향상시키고자 한다. 또한, 다양한 인공지능 모델을 기존 시스템에 적용하여 데이터를 분석하고, 각 모델의 성능을 비교함으로써 분석 정확도를 향상시키고, 더욱 정교한 자세 분석과 사용자 맞춤형 피드백 시스템을 구축할 계획이다.

이 논문은 부산대학교 기본연구 지원사업(2년)에 의하여 연구되었음

### 참 고 문 헌

#### 4. 결론 및 향후 과제

압력센서로 많이 사용되는 FSR 센서는 낮은 민감도와 정밀도, 내구성 부족 등의 한계를 가지고 있어서 정밀한 데이터 분석에 제약을 가진다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 실리콘 유연 소재를 기반한 다채널 압력센서를 설계하고, 이를 평가하기 위한 테스트 시스템으로 앉은 자세 분석 시스템을 구현해 보았다. 실험을 통해 개발한 센서의 압력 및 저항 변화에 대한 선형성을 확인하였으며, 특히 실리콘 유연 소재의 넓은 센싱 범위를 확인하여 미세 압력에 대한 더 정밀한 데이터를 획득할 수 있게 되었다. 또한 실시간 센서 데이터를 기반으로 하여 앉은 자세 분석 시스템을 구현함으로써 다양한 응용에서 사용 가능성을 확인하였다.

추후 연구에서는 다양한 소재를 부착하여 센서의 성능을 더욱 심층적으로 평가하고, 분동 대신 다양한 실생활 조건을 반영한 평가를 통해 센서의 응용 가능성을 확장할 것이다. 또한 더 많은 표본 데이터를 수집하여 센서의 성능을 다양

- [1] Sabah Abdulazeez Jebur, Shifaa Naeem Mazkhor, "Development of Smart Healthcare Monitoring System Based on IoT", AIP Conference Proceedings, Vol. 3079, 060001, 2024. DOI: 10.1063/5.0201958.
- [2] KPMG Korea, "Future Industrial Trends Seen Through CES 2024", KPMG Industry Insights Report, presented at CES 2024, Jan 2024.
- [3] Young Jung, "Wearable High-sensitivity Flexible Pressure Sensor Made Using Silicon Elastomer Containing Carbon Nanotubes", Graduate School of Mechanical Engineering, Pusan National University, 2017. DOI: 10.23172/pusan.000000120435.21016.0000275
- [4] Force Sensing Resistor®, INTERLINK ELECTRONICS, <https://www.interlinkelectronics.com/force-sensing-resistor>
- [5] Tae Ho Shin, "A Study on the Electrode Conductive Thin Film Silicone Textile Using Black Carbon", Proceedings of the KICS Fall Conference 2022, Vol. 2022 No. 2, pp. 393-394, Nov 2022.
- [6] Young Tae Lee, Ik Hyun Kwon, "Development of Pressure Monitoring

- System Using Silicon Pressure Sensor”, Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 17, No. 4, pp. 76-78, Dec 2018.
- [7] Do Hyun Hwang, Hyun Mok Park, Kyung Hwa Chang, Sun Woo Hong, Na Yun Cho, Ji Hun Han, Sang Chul Lee, Jong Pil Jeong, Ki Chang Nam, “Wearable Electrode Using Carbon and Conductive Silicon”, Journal of Electrical Engineering & Technology (JEET), pp. 391-392, Oct 2021.
- [8] Seong-Hun Cho, Kyung-Mi Kim, Ha-Kyung Cho, You-Seuk Won, “Development of Self-trainer Fitness Wear Based on Silicone-MWCNT Sensor”, Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 19, No. 7, pp. 493-503, Jul 2018. DOI: 10.5762/KAIS.2018.19.7.493.
- [9] HoonKi Kim, HyungSoo Park, JiWon Oh, “Implementation of Real-time Sedentary Posture Correction Cushion Using Capacitive Pressure Sensor Based on Conductive Textile”, Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 27, No. 2, pp. 153-161, Feb 2022. DOI: 10.9708/jksci.2022.27.02.153.
- [10] Marveldex Pressure Sensor FSR RA18, <https://mdex-shop.com/>.

저 자 소 개



김대기(Dae-Ki Kim)

2022.09-2023.02 부산대학교 산학협력단 참여연구원  
 2023.11-현재 브레인센스 대표  
 2024.2 부산대학교 IT응용공학과 졸업  
 2025.3 부산대학교 IT응용공학과 석사과정 입학예정  
 <주관심분야> 나노 센서, IoT, AI



이완직(Wan-Jik Lee)

1992.2 경북대학교 통계학과 졸업  
 1994.2 경북대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2007.2 경북대학교 컴퓨터공학과 박사  
 1997.3-2006.2 밀양대학교 정보통신학과 교수  
 2006.3-현재 부산대학교 IT응용공학과 교수  
 <주관심분야> IoT, 통신프로토콜, AI



허석렬(Seok-Yeol Heo)

1986.2 경북대학교 전자공학과 졸업  
 1991.2 경북대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2008.2 경북대학교 컴퓨터공학과 박사  
 1992.3-2006.2 밀양대학교 컴퓨터공학부 교수  
 2012.9-2013.8 Univ. of Texas at Dallas 방문 교수  
 2006.3-현재 부산대학교 IT응용공학과 교수  
 <주관심분야> IoT, 딥러닝, 빅데이터