

족저압 측정 시스템을 위한 다채널 섬유 커패시티브 압력매트센서 개발 연구

조은혜¹, 김대겸², 장승완², 호종갑², 왕창원¹, 김영³, 민세동^{1,2}순천향대학교 의료IT공학과¹순천향대학교 컴퓨터학과²순천향대학교 웰니스융합기술 연구소³

Development of Multi-channel textile capacitive mat sensor for plantar pressure measurement system

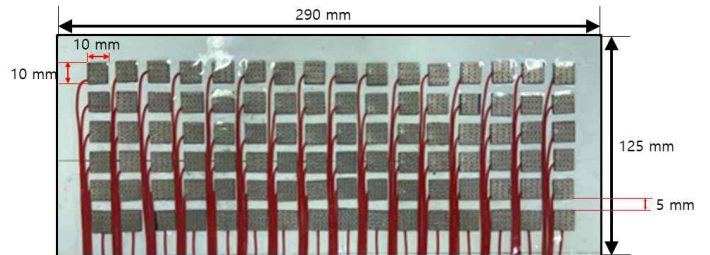
Eun Hye Jo¹, Dae Gyeom Kim², Seungwan Jang², Jong Gab Ho², Changwon Wang¹, Young Kim³, Se Dong Min^{1,2}Department of Medical IT Engineering, Soonchunhyang University¹Department of Computer Science, Soonchunhyang University²Wellness Convergence Technology Center, Soonchunhyang University³

Abstract - 본 논문에서는 족저압 측정 및 실시간 족저압 모니터링이 가능한 시스템을 개발하기 위한 기초 연구로서 다채널 섬유 커패시티브 압력매트센서를 개발하고 개발한 압력 센서에 대한 성능평가를 진행하였다. 입력매트센서에서 각 섬유 압력센서는 10 mm x 10 mm의 크기를 가지며, 96개의 채널(16열 x 6행)로 이루어져 있다. 개발한 센서의 압력 값을 확인하기 위해 아날로그 멀티플렉서를 사용하였고, 센서로부터 압력 데이터를 수집하기 위해 커패시티브 원리를 이용하였다. 이후 개발한 압력센서의 성능평가를 위해 반복성과 선형성 평가 실험을 진행하였다. 그 결과, 개발한 센서의 반복성과 선형성을 확인하였지만, 인체에서 발생하는 미세한 떨림으로 인한 오차가 존재하였다. 향후 연구에서는 본 연구에서 얻은 결과를 토대로 측정 무게의 범위를 넓히고, 인장기를 사용하여 인체의 떨림으로 인한 오차를 배제시킨 후, 다채널 섬유 커패시티브 압력매트센서를 개발하여 족저압 측정 및 디스플레이 시스템을 구현할 예정이다.

ϵ_0 (진공 상태의 유전율), ϵ_r (유전체의 유전율), A(도체 평판의 면적)은 일정하지만 d(도체판 사이의 거리)가 변화하므로 C(커패시턴스)의 값을 통해 압력을 감지할 수 있다.

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} [pF] \quad (1)$$

96채널의 센서는 각각 10 mm x 10 mm의 크기를 가지며, 5 mm 간격으로 그림 1과 같이 16열 x 6행으로 배치하였다.



〈그림 1〉 개발된 다채널 섬유 커패시티브 압력 센서

1. 서 론

족저압은 발의 전체 압력과 발의 특정 부위에 가해지는 압력을 확인할 수 있는 생체신호로서, 다양한 분야에서 관심을 가지고 인체의 균형 및 신체 질병 상태와 족저압 간의 상관관계를 조사하는 측정 대상 중 하나이다[1,2]. 신체 질병 상태와 족저압 간의 상관관계를 조사하는 연구의 예로는 만성 요통 환자와 뇌졸중 환자를 대상으로 족저압을 측정하여 족저압과 해당 질병 간의 유의성을 확인한 연구가 있다[3,4]. 또한, 인체의 비만, 척추후만증, 뇌졸중, 요통 등과 같은 질병은 인체의 불안정성을 초래할 수 있는데, 이러한 질병을 가진 사람은 질병으로 인하여 생긴 인체의 변화가 족저압의 변화로 나타나기 때문에 족저압 관찰은 중요하다[3-6].

하지만, 족저압을 측정하기 위해서는 족저압을 측정하는 장치인 Force Plate를 사용해야 하는데, 이 장치는 정확한 지면반력 값을 측정하지만, 고가의 장비라는 한계점이 있다[7].

따라서 본 논문에서는 저렴한 전도성 섬유를 기반으로 족저압을 측정할 수 있는 다채널 커패시티브 압력매트센서와 측정된 족저압을 모니터링할 수 있는 시스템을 개발하기 위한 기초 연구로서 개발된 센서의 반복성과 선형성을 평가하기 위한 실험을 진행하였다.

2. 본 론

2.1 다채널 섬유 커패시티브 압력매트센서 개발

족저압을 측정하기 위해 전도성 섬유를 기반으로 다채널 커패시티브 압력매트센서를 개발하였다. 개발된 센서는 커패시티브 원리인 식 1을 기반으로 압력을 측정한다. 압력이 가해졌을 때

2.2 족저압 측정 시스템 개발

시스템 블록도는 그림 2와 같이 구성하였다. 96개의 채널을 가진 섬유 압력센서의 압력 값을 획득하기 위해서 16개의 Input과 1개의 Output을 가진 아날로그 멀티플렉서 74HC4067PW(nexperia, Netherlands)를 사용하였다. 또한, 개발된 센서로부터 압력 데이터를 획득하기 위해 Arduino Due(Arduino, Italy)를 사용하였다. Arduino Due의 Digital Output을 통해 섬유 커패시티브 센서가 충전되었다가 방전되는 시간 동안 변수를 증가시켜 이 변수의 값을 압력 값으로 사용하였다. 이후, 신호 잡음을 제거하기 위해 MAF(Moving Average Filter)로 전처리하였으며 MAF의 윈도우 크기는 10으로 설정하였다. 전처리된 데이터는 Serial 통신을 통해 C# 기반으로 개발된 모니터링 시스템으로 송신하여 디스플레이 하였다. Baud rate는 115200이며, Sampling Rate는 2.5 Hz로 데이터를 수집하였다.

2.3 다채널 매트센서 성능평가 프로토콜

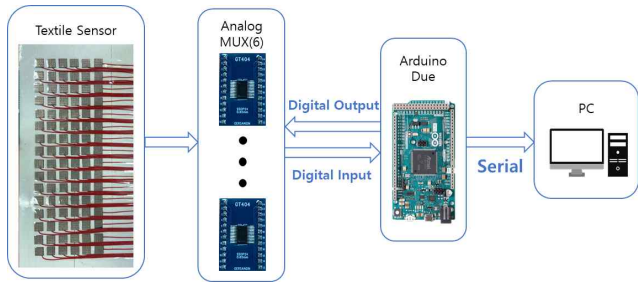
본 논문에서 개발한 센서의 성능을 평가하기 위해 2가지 실험을 진행하였다.

(실험 1) 섬유 커패시티브 센서의 반복성을 확인하기 위해, 96개 채널 중 하나의 채널에 50 g의 무게를 가진 분동을 5초 동안 올려 놓은 후 5초간 내려놓았다. 위 동작을 100회 반복하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 섬유 커패시티브 압력센서를 이용하여 압력 측정이 가능한지 확인하기 위해 다채널 섬유 커패시티브 압력센서를 개발하여 센서의 반복성과 선형성 특성을 평가하기 위해 성능평가 실험을 진행하였다. 실험 결과, 센서가 가진 반복성과 선형성 특성을 확인할 수 있었다.

향후 연구에서는 위에서 실험한 성능평가를 바탕으로 족저압 측정 및 디스플레이 할 수 있는 시스템을 개발하고 상용 force plate를 통해 족저압 측정 성능평가를 진행하고자 한다.



〈그림 2〉 족저압 측정 시스템 블록도

(실험 2) 다채널 섬유 커패시티브 센서의 선형성을 확인하기 위해 10 g 무게의 분동부터 10 g씩 증가시키며 50 g 무게의 분동까지 총 5가지의 무게를 측정하였다. 이를 위해 사용한 분동은 10 g, 20 g, 50 g 무게의 3가지 분동을 사용하였고, 30 g의 경우 10 g과 20 g를 사용하여 측정하였고, 40 g의 경우 20 g 2개를 사용하여 측정하였다.

2.4 실험 결과

표 1은 섬유 커패시티브 센서의 반복성을 평가하기 위한 실험 결과이다. 분동을 올려놓지 않았을 때의 센서의 baseline, 50 g 분동을 올려놓았을 때 측정된 압력 값, 무게를 올려놓았을 때 baseline으로부터 상승한 압력 값에 대한 평균(AVG)과 표준편차(SD)를 구하였고, 표준편차는 ±10 PPS(Pulse Per Second)보다 작게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

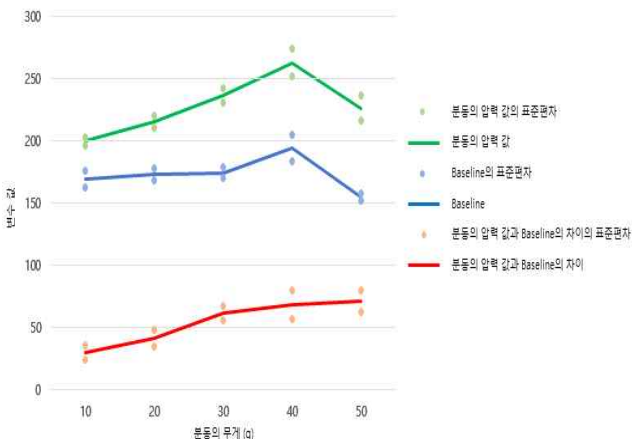
〈표 1〉 커패시티브 압력센서 반복성 성능평가

(단위 : PPS)

| | AVG | SD |
|---|--------|-------|
| a | 151.96 | ±3.14 |
| b | 218.63 | ±7.86 |
| c | 66.67 | ±8.25 |

- a) 분동을 올려놓지 않았을 때의 센서의 압력 값
- b) 50 g의 분동을 측정된 압력 값
- c) 무게를 올려놓았을 때 baseline으로부터 상승한 압력 값

그림 2는 섬유 커패시티브 센서의 선형성을 평가하기 위한 실험의 결과이다. 분동의 무게가 증가할수록 수집된 압력 값은 증가하는 추세를 보였고, 무게를 올려놓았을 때 baseline으로부터 상승한 압력 값 또한 증가하는 것을 알 수 있었다.



〈그림 3〉 커패시티브 압력센서 선형성 성능평가

감사의 글

“이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 바이오·의료기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임” (NRF-2015M3A9D7067388).

“이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임” (NRF-2018R1D1A1B07050037).

[참고 문헌]

- [1] 임재현, & 고효은. “정적 기립 자세에서 족저압 분포와 척추 정렬과의 상관관계 연구”. 대한고유수용성신경근축진법학회지, 12(1), 13-17. (2014).
- [2] 노정석, & 김택훈. “Paotec System 을 이용한 족저압 측정의 신뢰도”. 한국전문물리치료학회지, 8(3), 35-41. (2001).
- [3] 공재철, 문수정, 조동찬, 고연석, 송용선, & 이정환. “만성 요통 환자의 골반지표와 발의 생체역학적 특징 연구”. 동의생리병리학회지, 26(1), 81-87. (2012).
- [4] 양대중, 박승규, 강정일, & 박성빈. “뇌졸중 환자에서 자세정렬변화가 족저압 및 균형에 미치는 영향”. 대한물리치료학회지 (JKPT), 26(4), 226-233. (2014).
- [5] Gravante, G., Russo, G., Pomara, F., & Ridola, C. “Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform”. Clinical biomechanics, 18(8), 780-782. (2003).
- [6] 문형훈, 정석률, 박상서, 김보경, & 박윤진. “교정운동 프로그램이 척추후만증 환자의 척추만곡 구조 및 족저압에 미치는 영향”. 한국운동역학회지, 24(2), 103-109. (2014).
- [7] 김유석, 최현진, 정경도, & 공경철. “인체공학적인 커널밀도함수를 이용한 족저압 분포 추정”. 대한기계학회 춘추학술대회, 1502-1507. (2016).