

거미 모사 초고감도 센서와 인공지능을 활용한 작업자 손목 부하 측정 및 경고 시스템

김나경 · 신채림 · 하정석 · 최용환*

신라대학교

Ultra-sensitive, Spider Inspired Sensor and Artificial Intelligence Analysis for Recording of Wrist Load and Warning System

Kim Nahyeong · Shin Chaerim · Ha Jeongseok · Yong Whan, Choi*

Silla University

E-mail : abcd@effff.kmaritime.ac.kr / defg@effff.kmaritime.ac.kr

요 약

본 논문은 손목에 가해지는 부하를 측정하기 위한 초고감도 센서와 신호 분석 시스템을 개발한다. 초고감도 센서는 거미의 기관을 모사하여 제작되며, 손목에 부착되어 측정된 신호는 FFT (Fast Fourier Transform) 과 퍼지 시스템을 이용하여 분석된다.

ABSTRACT

In this paper, we develop an ultra-sensitive sensor and signal analysis system to measure the load on the wrist. The ultra-sensitive sensor inspired by the organs of a spider is manufactured and the measured signal attached to the wrist is analyzed using FFT (Fast Fourier Transform) and a fuzzy system.

키워드

스마트 센서, 부상 방지, 신호 분석

1. 서 론

최근 사람의 건강 상태나 질병을 측정하기 위한 센서 시스템이 활발하게 연구되고 있다. 맥박을 측정하기 위한 압력 시스템이나 땀의 성분을 측정하는 등의 연구가 보고되었다. 그 중 거미의 기관을 모사하여 초고감도 특성을 나타내는 센서가 발표되었다. 이 센서는 기존의 스트레인 센서에 비해 감도가 수천 배 더 높으며 10 nm 의 매우 작은 진동도 감지할 수 있다. 또한, 반응 속도가 매우 빨라 목소리와 바이올린의 진동을 감지할 수 있음을 보였다. 그리고 제작 방법이 매우 간단하여 다양한 산업에 쉽게 적용할 수 있는 가능성을 보였다. 본 연구에서는 뛰어난 특성을 보이는 거미 모사 초고감도 센서를 작업자 손목 부하 측정 및 경고 시스템에 적용하고자 한다.

템에 적용하고자 한다.

치위생 분야에서 시술자는 장시간의 시술 치료에 의해 손목 부상 위험이 매우 높다. 특히, 초음파를 이용하는 장비를 사용하는 경우가 많으며 이로 인한 부상을 방지하는 것이 매우 중요하다. 그러나 정확히 방지할 수 있는 방법에 대해서는 연구가 부족한 현실이다. 시술자 행동 지침서에 특정 각도나 자세로 오랫동안 작업할 시 위험하다는 내용이 있기는 하나 실험적으로 정확히 측정되거나 연구되지 않았다.

본 연구에서는 거미의 기관을 초고감도 센서를 실제 시술자에 적용하여 각 자세와 진동으로 인한 부하를 수치화한다. 또한, 수치화된 데이터를 분석할 수 있도록 FFT(Fast Fourier Transform)을 이용해 신호처리를 하며 퍼지 계층적 클러스터링 기법을 통해 정상/위험 신호를 구분하여 시술자에게 알

* corresponding author

림을 주는 시스템을 개발한다.

II. 거미 모사 초고감도 센서

거미는 생물체 중 두 번째로 진동을 잘 감지할 수 있다. 이는 거미 다리에 있는 기관 덕분인데, Slit organ 이라 하며 외부에서 전해지는 자극을 증폭시키는 작용을 한다. 이 현상에 주목하여 제작되는 센서는 크랙을 활용하여 거미의 기관을 모사한다. 거미의 Slit Organ과 크랙은 형태적으로 유사하며, 응력 집중으로 인해 외부 자극을 증폭하게 된다. 이 센서는 폴리머와 금속 박막의 이중층으로 이루어져 있으며 스트레인 센서의 형태를 띠고 있다. 기존의 스트레인 센서에 비해 감도를 나타내는 게이지 팩터가 약 4000 이상으로 수천배 더 높은 값을 나타낸다. 또한, 10 nm 진폭의 매우 작은 진동을 측정할 수 있으며 최근 4000 Hz의 높은 주파수도 측정할 수 있음이 보고되었다.

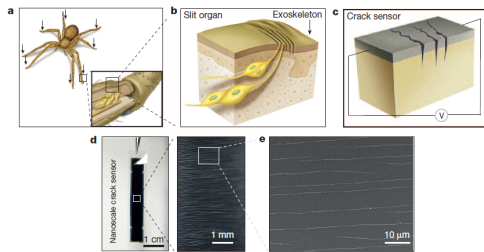


그림 1. 거미 모사 센서의 개략도 (a, b, c) 와 실제 사진 (d) 와 크랙 확대 이미지 (e)

III. 센서 신호 분석

센서는 저항의 변화로 측정을 하게 된다. 측정된 데이터는 단순히 외부의 자극에 따라 변형의 정도를 나타내게 되며 실제 손목 등에 가해지는 부하를 수치화하기 위해서는 신호 처리 과정이 필요하다. 치위생 분야의 기술자는 초음파를 이용하는 장비를 많이 사용하기 때문에 진동 신호를 분석하는 것이 중요하게 되며, 주파수에 따른 진폭을 추출할 수 있어야 한다. 이 방법으로는 FFT (Fast Fourier Transform) 이 가장 많이 사용된다. 사용되는 센서는 기존 기술에 비해 감도가 매우 높기 때문에 아두이노 만으로도 충분히 미세한 진동 감지가 가능하며, 파이썬 언어를 이용하여 분석하고자 한다.

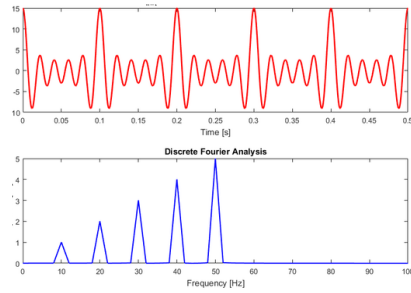


그림 2. FFT 변환 예

FFT를 이용하여 분류된 데이터는 실제 시술자에 어느만큼의 영향을 미치는지에 대해 분류할 필요가 있다. 본 연구는 실제 시술자의 손목에 부착해 신호를 측정하며 증상을 기록한다. 기록된 증상과 신호를 비교하여 정상/비정상 신호를 분류하게 되며 이 때 퍼지 시스템 기법을 사용하게 될 것이다.

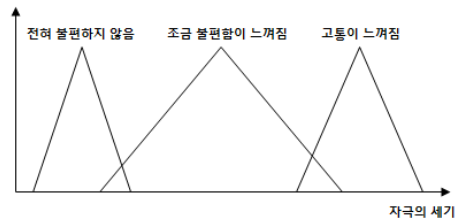


그림 3. 퍼지 시스템 활용 분석 예

IV. 결 론

현재 본 연구는 개발 단계에 있으며 센서 개발과 제작까지는 완료되었으나 센서 신호 분석 부분은 예정 중인 부분이다. 이 연구는 실제 작업자가 느낄 수 있는 부분을 정확하게 수치화하여 알림을 줄 수 있는 시스템으로써 중요하게 작용하게 될 것이며 다양한 분야에 적용될 수 있다.

Acknowledgement

이 논문은 2021년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2019R1G1A1100679)

References

- [1] D. Kang, P. V. Pikhitsa, Y. W. Choi, C. Lee, S. S. Shin, L. Piao, B. Park, K. Suh, T. Kim & M. Choi, "Ultrasensitive mechanical crack-based sensor inspired by the spider sensory system," *Nature* Vol. 222, pp. 516, Dec. 2014.