

작업자의 손 동작을 측정하기 위한 장갑형 센서 모듈 개발

박영식*, 이창혁*, 송영훈*
한국전기연구원*

Development of glove-type sensor module for measuring the movement of the worker's hand

Yeong-Sik Park*, Chang-Hyuk Lee*, Young-Hoon Song*
Korea Electrotechnology Research Institute*

Abstract - 본 논문에서는 산업근로 종사자들의 신체부담을 줄이기 위해 개발된 착용형(Wearable) 로봇에 사용될 장갑형 입력 장치 개발에 관해 서술되어있다. 장갑형 센서 모듈은 유연 소재(Flexible) 센서와 이를 검증하기 위한 소형 자기식 엔코더(Magnetic encoder) 그리고 다양한 압력 부위를 파악하기 위한 다중 압력센서로 구성되어 있다. 엔코더를 손가락 관절의 회전축에 맞춰 부착하기에는 손 동작에 방해가 되기 때문에 손등에 배치하고 정확한 각도 계산을 위해 4절 링크 구조를 이용하였다. 착용형 로봇을 입은 작업자 일반적인 동작 중 하나인 상사드는 동작을 행동 예시로 장갑형 센서 모듈로 손 모양 데이터를 수집하였으며, 이때 작업자의 행동과 손 동작을 비교 분석하였다.

위를 확인하여야 한다. 손가락 관절의 굽힘 정도를 알기 위해서 유연 소재 스트레치 센서를 사용하였고, 스트레치 센서를 보정하면서 손가락 상태를 정확하게 알기 위해서 소형 엔코더도 추가하였다. 그리고 손바닥에 다수의 압력센서를 부착하여 손 부위마다 작용하는 압력의 크기를 비교한다.

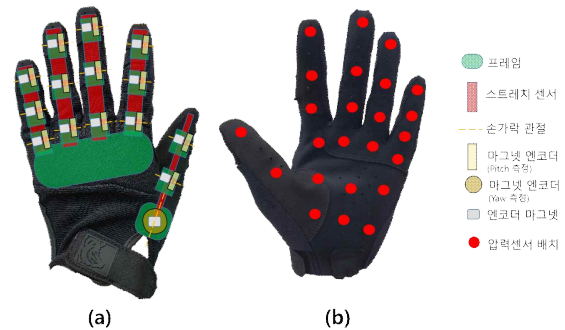
2.1.1 센서 배치

작업자가 파지 동작을 할 때 손등에는 장애물이 없으므로 손등에 센서들을 배치하였다. 엄지에는 2축 스트레치 센서와 3개의 엔코더, 나머지 손가락에는 1축 스트레치 센서와 3개의 엔코더를 부착하였다. 손바닥 면에는 24개의 압력센서를 배치하였다.

1. 서 론

AI 및 통신기술의 발달과 더불어 고령화·저출산이 가속화되면서 일손 부족·인건비 상승 문제를 초래하였고 자동화 및 로봇 시장이 활성화되고 있으며, 스마트 공장용·의료용·서비스용 로봇 등 다양한 분야에서 로봇이 활용되고 있다. 그중 근로자 산업재해를 사전 방지하기 위한 착용형 로봇의 개발도 활발하게 이루어지고 있다. 착용형 로봇의 경우 협업 로봇과 마찬가지로 사람과의 거리가 매우 가까우므로 안전 문제가 발생하지 않게 주의해야 한다. 안전 문제를 예방하기 위해서는 로봇이 착용자 또는 작업자의 의도 또는 행동 패턴을 미리 파악하는 것이 중요하며, 다양한 의도를 파악하기 위해서 착용자의 동작 분석이 필요하다. 착용자가 불편해하지 않으면서도 다양한 의도를 쉽게 파악하기 위한 수단으로는 근전도(EMG, Electromyography) 센서, 전도성 스트레치(Stretch) 센서, 모션 캡처(Motion capture) 장비 등이 있다. 하지만 근전도 센서의 경우 작업자의 땀으로 쉽게 미끄러져 데이터 정확성이 떨어질 수 있고, 모션 캡처 장비의 경우 정확도는 높지만, 장비가 설치된 곳에서만 사용할 수 있다는 단점이 있다. 하지만, 장갑형 센서 모듈은 작업자의 손가락 모양과 압력 정도를 입력으로 받을 수 있으며 다양한 동작의 파악이 가능하므로 다음 동작 또는 사용자의 의도를 파악하기에 적합하다.[1]

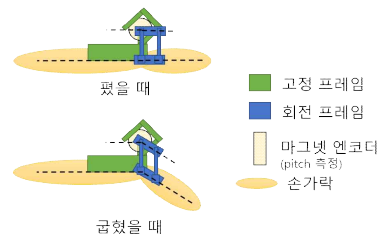
장갑형 센서 모듈로는 구조체 타입(Structural Type)과 유연한 타입(Flexible Type)이 있다.[2] 구조체 타입은 정확한 동작 파악이 되지만 부피가 크기 때문에 작업에 불리하다는 단점을 가진다. 유연한 타입의 경우 가볍고 부피가 작지만 정확한 동작을 파악하기 어렵다. 이를 해결하기 위하여 유연한 타입과 구조체 타입을 융합한 장갑을 개발하고 성능 개선에 사용한다. 그리고 작업자 동작 파악에 적합한 장갑형 센서 모듈의 구조를 결정하는 것을 목표로 한다.



<그림 1> (a) 손등 센서 배치, (b) 손바닥 센서 배치

2.1.2 엔코더 측정 모듈

손가락 관절의 정확한 각도 측정을 위해서 4절 링크 구조를 채택하였다. 손가락과 평행한 하부 프레임을 측면에 부착하고 관절 각도를 측정하기 위한 상부 프레임을 소형 마그네틱 엔코더 고정 프레임과 연결하였다. 손가락을 폼 때와 굽혔을 때 모두 손가락과 평행을 이루므로 관절 각도를 측정할 수 있다.

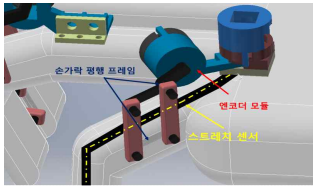


<그림 2> 손가락 관절 각도 측정을 위한 4절 링크 구조

2. 본 론

2.1 하드웨어 구성

작업자가 사용하는 손 모양 종류에는 어떤 것이 있는지, 또 어떠한 강도로 표현이 되는지를 확인하기 위해서는 최대한 많은 센서를 부착하고 동작 실험을 통해 활성화되는 센서와 부착 부



〈그림 3〉 센서 모듈 디자인

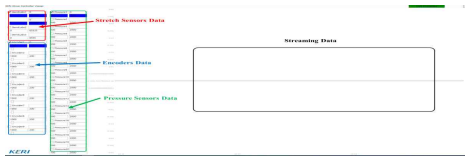
2.2 모듈 제작 및 장갑 성능 시험

2.2.1 시스템 구성 및 제작품

장갑 최적화에 센서가 많이 사용되므로, 다중 데이터를 고속으로 처리 가능한 CAN(Controller Area Network) 통신을 이용하였다. 손등에 제어기가 고정되어 있고 각 센서에서 얻은 데이터를 유선으로 PC에 스트리밍(Streaming)한다.



〈그림 4〉 장갑형 센서 모듈



〈그림 5〉 센서 데이터 스트리밍용 UI(User Interface)

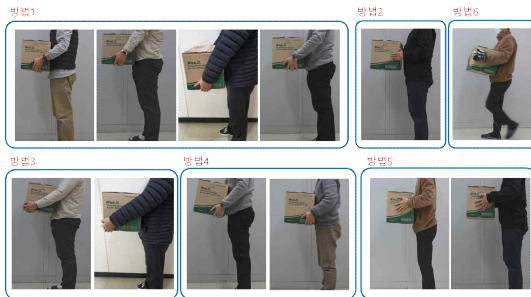
2.2.2 데이터 수집 및 분석

작업자의 행동 중 포장 상자 드는 작업을 대표 행동으로 선정하였다. 그리고 장갑형 센서 모듈을 착용한 상태에서 포장 상자를 들고 지정된 장소에 두는 것을 수행하였다. 상자는 4.6kg의 일반적인 손잡이가 없는 종이상자를 사용하였다.



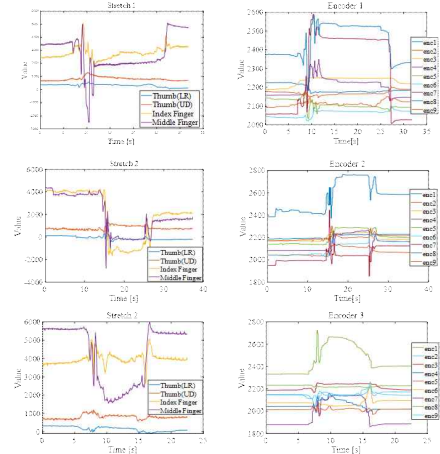
〈그림 6〉 데이터 수집에 사용한 포장 상자

상자를 잡고 이동할 때, 사람과 상황에 따라, 잡는 방법이 크게 6가지로 나누어졌으며 모양은 그림 7에 정리하였다.



〈그림 7〉 상자를 잡는 다양한 방법

동작은 '상자쪽으로 이동-앉기-손을 뺀 상자 잡기-상자 들기-놓을 곳으로 이동'으로 이루어졌으며 이때, 스트레치 센서와 엔코더 데이터를 정리한 결과는 그림 8과 같다.



〈그림 8〉 손 동작 데이터 수집 결과

센서와 실험 횟수가 많기에 일부 데이터를 차출하였다. 상자에 손잡이가 없으므로 상자 밑으로 손가락을 넣을 타이밍에 검지, 중지와 엔코더 4, 5, 7, 8이 빠르게 변화하였다. 그리고 변화가 줄어드는 시점과 상자를 드는 시점이 비슷하다. 변화 크기는 엄지는 변화가 적고, 검지가 가장 변화가 크다. 중지는 사람마다, 그리고 드는 방식에 따라 변화 편차가 존재하지만 검지 흐름과 유사하다.

3. 결 론

유연 소재 스트레치 센서 5개, 소형 마그네틱 엔코더 15개, 압력 센서 24개, 4절 링크 구조를 이용하여 장갑형 센서 모듈을 개발하였고, 개발품을 이용하여 손동작 데이터를 수집하고 작업자가 포장 상자를 들 때의 손 상태를 확인하였다. 또한 얻은 데이터를 이용하여 작업자의 행동을 구분 지을 수 있는 최소한의 센서의 종류와 위치를 파악했다. 이는 센서의 수를 줄여 가격 실용성을 가지면서, 작업에 불편함을 최소화했다. 해당 센서 모듈은 착용형 로봇용에 그치지 않고, 협업 로봇 사용자나 VR 컨트롤러(Controller)로 사용할 수 있다.

추후에는 취득한 센서 데이터를 활용하여 사용자 의도 파악에 관한 연구를 진행할 계획이다.

감사의 글

이 연구는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회의 지원을 받아 수행된 한국전기연구원 기본사업(No. 22A01024)

참고 문헌

- [1] 김남호, "자이로센서를 이용한 장갑형 무선마우스 개발", 한국해양정보통신학회논문지, 제13권, 제8호, 1721-1728, 2009
- [2] 박용수, "웨어러블 컴퓨터용 장갑형 손동작 입력 시스템의 보정", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 제17권, 7호, 209-216, 2000