

# Soft Robot Prosthetic Hand

21 서정근 (기계) 22 한혁규 (새내기)

## 초록

의수(Prosthetic Hand)는 사고나 질병, 전쟁 등으로 절단된 손을 보완, 대체하기 위하여 장착하는 대체물이다. 현대에 들어 다기능·고성능의 의수가 등장하기 시작했으며 고무나 실리콘을 써서 진짜 육체에 가깝게 만들게 되었다. 소프트 로봇(Soft Robot)은 연체동물처럼 부드러운 재질로 제작된 로봇을 통칭한다.

우리 팀은 소프트 로봇의 유연한 재질과 부드러운 움직임이 인간의 몸의 움직임을 표현하기에 적합하다고 생각했다. 그 중 가장 복잡하고 다채로운 운동이 이루어지는 인간의 손을 대체할 수 있는 소프트 로봇 의수를 제작해 보고자 하였다.

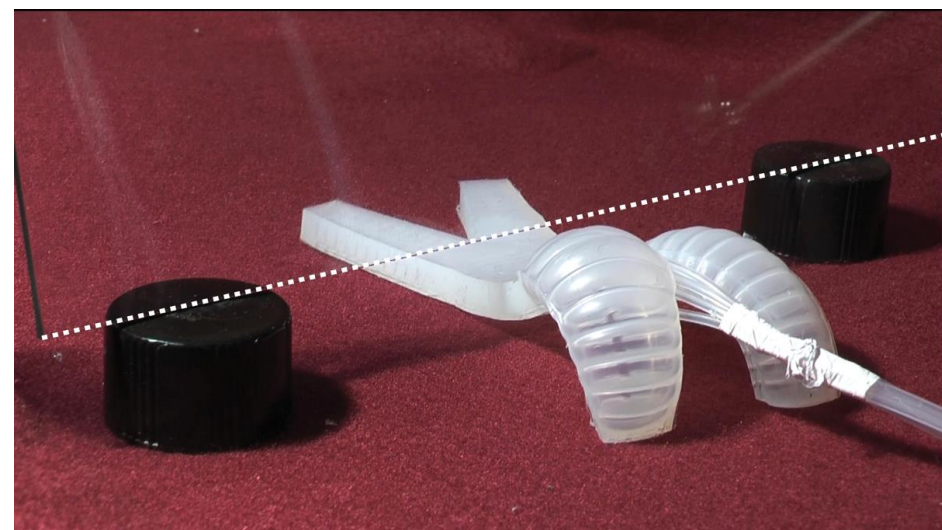
우리 팀이 제작한 의수는 크게 소프트 로봇 의수와 이를 제어할 센서가 달린 장갑으로 구성되어 있다. 몰드에 굳힌 실리콘과 공기 펌프를 이용해 공압 구동 방식의 손가락을 제작해 사용하였으며, 로봇과 장갑에 달린 센서를 통해 소프트 로봇 손가락을 제어하였다.

이를 통해 조작자의 손가락을 모방하는 소프트 로봇 의수를 완성하였다. 다양한 모양과 표면을 가진 물체들을 모두 최적의 형태로 잡을 수 있었다.

## 이론적 배경

### • 소프트 로봇(Soft Robot)

정해진 환경에서 작업하는 산업용 로봇에서 로봇의 활동 영역이 점점 더 복잡하고 다양한 비정형 환경으로 확장되고 있다. 이러한 비정형 환경에서 로봇이 동작하기 위해서는 외부 환경에 대응할 수 있는 기술들이 필요하다. 이에 강체 시스템에 기반을 둔 기술들로는 대응할 수 있는 환경 조건이 유한하기 때문에 여전히 로봇의 동작 환경이 확장되는데 어려움이 있다. 이와는 달리 생물들은 신체 구성 물질과 구조의 유연성을 바탕으로 다양하고 가변적인 자연 환경에 적응하고 있다. 생물들이 가진 연성 기반 적응성에 착안하여 부드러운 소재를 로보틱스에 활용하고자 하는 움직임으로 소프트 로봇의 시대가 시작되었다.

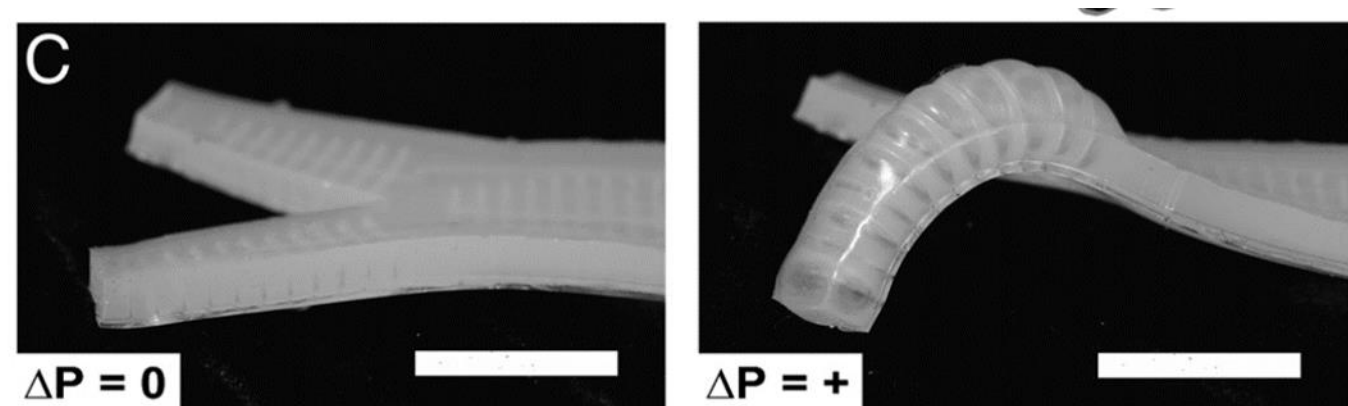


### • 구조 설계 및 제조

소프트 로봇의 구조 설계 및 제조는 기존의 강체 기반 로봇을 제작하는 데 사용하는 공정과는 다른 방식으로 진행된다. 소프트 로봇의 대부분의 구조는 몰드 성형을 통해 생산된다. 3D 프린터를 이용하면 복잡한 형상을 갖는 몰드의 생산 시간이 상대적으로 짧으면서 생산 단가가 낮은 장점이 있어 소프트 로보틱스에서는 3D 프린팅 몰드를 주로 사용한다.

### • 구동기

소프트 로보틱스에서 사용하는 구동 방식은 크게 세 가지로 공압 구동, 모터-와이어 구동, 지능 재료를 이용한 구동이 있다. 그 중 공압 구동 방식은 외부 장치에서 압력을 조절하면 로봇 구조 내부의 공기 통로를 통해서 분산되어 있는 각 부분의 에어 챔버들의 부피 변화가 일어난다. 그리고 이 부피 변화를 통해 구조 전체에 구동력을 전달하고 움직임을 생성한다. 이때 에어 챔버의 위치, 물성, 두께의 변화와 구속 장치의 추가 등을 통해 구조의 변형을 제어한다.



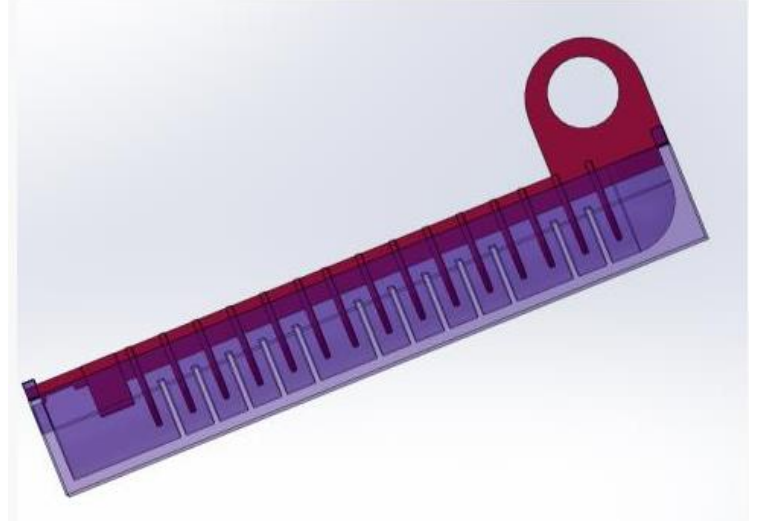
### • 공압 구동 소프트 로봇

사람의 관절은 회전과 함께 미끄러짐 운동이 일어나 로봇과 사람의 운동의 특성이 달라 사용자가 불편함과 고통을 느낄 가능성이 있다. 또한 금속 로봇은 오작동 혹은 사람의 부주의로 인해 사용자에게 치명적인 위해를 입힐 수 있지만, 소프트 로봇은 무겁지 않고 오작동의 경우에도 그 부드럽고 유연한 특성 덕분에 위험 없이 안전하여 재활 또는 치료에 사용 가능하다. 또한 사람의 손과 같이 소프트 로봇은 물건을 잡을 때 접촉이 면과 면으로 만나는 가변적인 에어리어 컨택을 통해 어떠한 물건도 그 물건에 최적화된 접촉면으로 잡을 수 있다. 또한 보다 자유로운 설계와 구동이 가능하다는 특성 덕분에 사람의 팔의 자유도 7 혹은 그 이상으로 자유도를 높인 움직임이 가능하다.

## 로봇 구조

### • 손가락 제작

3D 프린터로 출력한 몰드에 실리콘(ecoFlex0030)을 부어 손가락을 제작하였다. 손가락 내부에는 공간을 만들어 공기가 들어갈 수 있도록 했다.

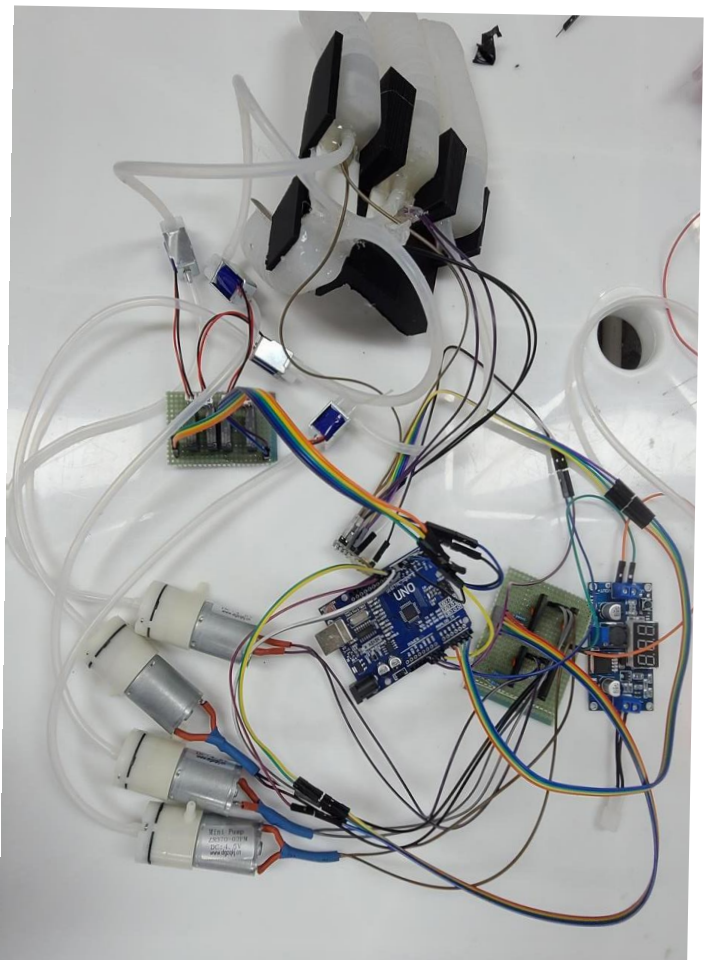


### • 구동부 제작

실리콘 손가락에 2 way 솔레노이드 밸브, 4.5V DC 공기 펌프를 실리콘 파이프(3φ)를 이용하여 연결해 공압 액추에이터를 구성하였다. 펌프를 통해 공기를 주입하고, 솔레노이드 밸브를 이용해 공기를 배출한다.

### • 측정 및 제어

로봇에 부착된 센서를 통해 로봇 손가락의 구부림 정도를 측정하고, 조작자의 장갑에 부착된 센서를 통해 조작자 손가락의 구부림 정도를 측정한다. 아두이노 두개를 아두이노 블루투스 모듈(ZS-040)을 이용하여 조작자의 Master 모듈에서 센서 값을 로봇의 Slave 모듈로 전송하도록 하였다. 로봇과 장갑의 플렉스 센서 값을 필터링하고 상댓값으로 비교할 수 있도록 하여 둘의 각도를 비슷하게 유지하도록 제어 알고리즘을 구성하였다.



### • 외골격 및 형태 구성

소프트 로봇 손가락을 3D 프린팅 한 손바닥 및 손등 모양 프레임에 부착하여 로봇의 골격을 구성하였다. 총 네 개의 손가락 모양 소프트 로봇이 활용되었으며, 엄지손가락을 나머지 세 손가락에 수직하게 설계하여 물건을 더 수월하게 잡을 수 있도록 하였다.



## 결과

엄지 손가락과 다른 세 개의 손가락이 공압에 의해 구부러지며 사람의 손가락과 비슷한 운동을 할 수 있음을 확인하였다.

종이컵과 같은 원통형 물체, 둥근 공과 같은 구형 물체 등을 실제 사람과 유사하게 잡았다. 또한 직육면체와 같은 각진 물건 역시 어떠한 방향에서도 잡을 수 있었으며, 그립 방향을 조절하면 스스로 최적의 접촉면으로 물건을 잡을 수 있다. 손가락 하나가 종이컵 약 10개 정도의 무게를 들어올릴 수 있을 정도의 악력을 내었고, 손가락 여러 개를 사용하여 물체를 잡거나 그 접촉면적을 넓게 하여 잡으면 더 강한 힘을 내었다.

## 최종 목표

### • 소프트 로봇의 자유도 추가

제작된 로봇은 일부만 공압 구동 소프트 로봇으로 이루어져 있으며, 구동 범위도 손목 위에 한정되어 있다. 제대로 로봇 의수의 역할을 하기 위해선 엄지 손가락의 자유도 추가와 전완부의 유연한 구동, 그리고 절단된 팔에 고정할 수 있는 고정 장치를 제작할 것이다.

### • 구동 및 제어 방식

실리콘 고무를 이용한 방식은 내구성이 약해 부하가 크게 자주 작용하는 의수에는 적용하기에는 부적합하다. 최종적으로는 튼튼하고 변형이 적은 소재를 적용해 제작하는 것이 목표이다.

다른 사람의 조종이 아니라 착용자의 의지로 움직이기 위해서는 근전도 신호 등의 신경신호를 읽는 고성능의 의수 제어 방식의 추가가 필요하다. 소프트 로봇 특성상, 로봇 운동 모델링이 어렵다. 즉, 손가락 움직임의 제어가 어렵다. 인간 손가락 처럼 로봇의 제작을 인간의 손가락 뼈 골격과 같은 linkage에 힘줄을 붙여 손가락을 제작하는 것을 시도할 것이다.

### • 정리

높은 자유도를 가지고 있다는 소프트 로봇의 장점을 이용해 기존의 의수보다 더욱 부드럽고 유연하며, 인체의 운동과 더욱 유사한 의수를 제작하고자 하는 것이 최종 목표이다.