사단법인 대한기계학회
The Korean Society of Mechanical Engineers

대한기계학회 주최

제10회 전국학생설계경진대회(2020년)

설계 최종 보고서

참가부	고등부 (O)				
참가분야	공모주제 (O) / 자유주제 ( )				
참가팀명	앤서				
설계제목	노인 환자 이송 시 2차 부상 방지를 위한 NCER(Non-contacted Exoskeleton Robot)				
지도교수/교사	(소속)인천과학예술영재학교 (성명)조대기 (이메일)hotkirara@ice.go.kr				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	탁건우	인천과학예술영재학교			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	김성년	인천과학예술영재학교/2학년	jordan6377@gmail.com
2	강한이	인천과학예술영재학교/2학년	hanigang10@gmail.com
3			
4			
5			
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 (O) / 자유주제 ( )
참가팀명	앤서
설계제목	노인 환자 이송 시 2차 부상 방지를 위한 NCER(Non-contacted Exoskeleton Robot)
대표자명	탁건우
요약문	근력증강 기술은 인간이 가지고 있는 근력을 보조하거나 더 큰 힘을 낼 수 있도록 도와주는 기술로써 산업, 군사, 재활 분야 등에 특화되어 연구 및 개발되고 있다. 이러한 근력증강 기술이 시급한 곳 중 하나가 바로 노인 및 환자를 이송하는 경우이다. 현재 환자 이송 시 2차 부상이 발생하는 경우가 많이 존재하는데 이를 방지하기 위해서는 보조인들의 근력 보조가 필요하다. 하지만 현재 개발되고 있는 외골격형 근력증강 시스템은 착용자와 외골격 구조가 닿기 때문에 생기는 마찰과 무게 등으로 인해 착용자에게 부담을 주는 단점이 존재한다. 따라서 비접촉식 외골격을 통해 이러한 단점을 보완하여 더욱 효과적으로 노인 환자 이송에 있어 2차 부상을 방지하도록 함이 본 설계의 목적이다. 본 장치는 장치 내부의 거리 센서로부터 인체와 거리 센서 사이의 거리 데이터를 취득하며 이 데이터를 기반으로 MATLAB에서 인체의 자세를 추정하는 알고리즘을 구현해 구동 모듈 내부의 인체의 움직임을 트래킹 해 관절 부위의 모터가 구동되어 1자유도 관절이 작동한다. 장치 설계 시 장치 내부에 장착 가능한 거리 센서 수의 한계가 존재할 것이다. 이는 인체의 자세를 추정하는 데에 있어 장애물로 작용하지만 한정된 개수의 센서로부터 얻은 데이터를 불연속적인 데이터로부터 그 점들을 지나는 함수를 추정하는 방법인 보간법을 사용해 적은 수의 거리 센서로부터 정확한 인체의 자세를 추정할 수 있게 할 것이다. 이 장치를 통해 비접촉식 외골격 로봇 기존의 외골격 로봇의 체결부에서 발생하는 마찰 등의 문제점을 해결할 수 있으며 이는 사용자의 외골격 로봇 착용감을 크게 개선해 줄 것이다. 더 향상된 착용감에 따라 사용자에게 가해지는 피로가 줄어들게 될 것이고 이는 외골격 로봇 사용에 있어 더 큰 효율을 가져와 줄 것이다. 이를 통해 노인 환자 이송에 있어 효과적으로 2차 부상을 방지하도록 할 것이다. 또 외골격 로봇이 다양한 분야에서 사용되고 있는 만큼 착용감의 개선과 인체에 가해지는 부담감의 감소는 외골격 로봇의 상용화에 기여할 것이며 일반인과 산업 현장 등에 있어서도 큰 도움을 줄 것이다.
설계프로젝트의 입상 이력	

1. 설계의 필요성 및 목적

외골격 시스템은 목적에 따라 근력증강 시스템과 근력보조 시스템으로 구분할 수 있다. 근력증강 시스템은 외골격을 사용하여 착용자의 힘을 증폭함으로써 사람이 수행하기 힘든 작업을 외골격의 고하중 동작성능을 통해 작업이 수행가능 하도록 한다. 이러한 시스템의 활용은 선박을 건조하거나 항공기를 만드는 공장현장에서 근로자가 무거운 물체를 나르거나, 전투현장에서 군인이 무거운 배낭을 메고 먼 거리를 이동하는 등의 일을 보조하여 생산성을 높이거나 전투력을 높이는 것을 생각해 볼 수 있다. 이러한 근력증강 시스템은 필요 시장인 산업, 군사, 재활 분야 등에 특화되어 시스템의 재질, 형태 및 구동 방식 등에 관한 연구 및 개발이 이루어지고 있다. 근력보조 시스템은 외골격이 착용자의 인체에 직접 적으로 힘을 보조해주기 때문에 착용자는 외골격에 의해 큰 힘을 낼 수 있도록 지원받는다. 이러한 외골격 시스템은 주로 노약자 또는 장애인과 같이 핸디캡을 가지는 사람들의 일상 생활을 위해 개발된다. 최근에는 딱딱한 재질이 아닌 직물 또는 유연 재질로 착용성과 사용자의 움직임을 방해하지 않도록 설계되어 활동성을 높인 근력보조 시스템이 연구되면서 특수분야가 아닌 일반인을 대상으로 일상생활에 근력 증강 기술이 적용될 것을 기대하고 있다.

근력증강 기술이 시급한 곳 중 하나는 노인 및 환자를 이송하는 경우이다.


그림 1,2.환자를 이송하는 간호사들

환자를 이송하는 경우 2차 부상이 발생하는 경우가 많은데, 이는 일반병원만이 아닌 요양병원, 양로원, 장애 시설 등에서 많이 일어난다. 이처럼 환자 이송 시 2차 부상 방지를 위해서는 보조인들의 근력을 보조해줄 필요가 있다.

착용형 근력증강 기술의 경우 외골격형 근력증강 시스템과 슈트형 근력증강 시스템으로 구분할 수 있는데 각각의 장단점은 다음 표와 같다.

특징	외골격형 근력증강 시스템	슈트형 근력증강 시스템
소재	알루미늄, 플라스틱 등	직물, 인공근육, 와이어, 공압튜브 등
무게 및 부피	무겁고 큼	가볍고 작음
최대 출력	근력의 1~10배	근력의 0~0.1배
관절구조 배치	단순함	복잡함
탈부착 용이성	어려움	간편함
주요 용도/응용	근력증강	근력보조

표 1. 외골격, 슈트형 근력증강 시스템

슈트형 근력증강시스템은 직물, 인공 근육, 와이어 공압튜브 등을 이용하는 방식으로 가볍고 착용이 간편한 것에 비해, 근력을 보조해 주는 양이 못하다. 외골격형 근력증강 시스템은 근력을 10배 가량 보조할 수 있어 환자를 이송하는 기구에 적합하지만, 착용자가 입었을 때 착용자와 외골격 구조가 닿는 부분에 하중을 주어 착용자에게 부담을 주는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 외골격형 근력증강 시스템의 단점을 보완하기 위해 착용 시 외골격 구조와 착용자가 닿는 부분을 없앤 비접촉 구동 외골격 로봇을 개발하고자 한다.

2. 설계 핵심 내용

(1) 설계 문제의 정의

현재 노인 환자에 있어 여러 문제가 존재하는데 그중 하나가 바로 노인 환자 이송에서의 2차 부상이다. 노인 환자 이송에서의 2차 부상은 의료진들의 근력 부족이나 실수가 원인이 되고 있으며 이에 따라 의료진들의 근력을 증강시키고 동시에 안정적이며 의료진에게도 부담이 가지 않는 장치가 필요하다. 현재 개발되고 있는 외골격형 근력증강 시스템의 문제점 중 크게 나타나는 것은 외골격 로봇의 틀과 사람 피부와의 마찰을 들 수 있다. 또 신체에 가해지는 부담이 크기 때문에 의료진이 장시간 활동함에 있어 제약이 존재한다. 현재 근력증강 시스템에는 외골격형과 슈트형이 존재하는데 외골격형은 큰 근력을 제공하지만 무게가 무거우며 착용이 불편하므로 쉽게 사용하지 못하는 단점이 존재하며 슈트형은 착용이 용이하고 무게가 가볍지만 큰 근력을 제공하지 못한다는 단점이 존재한다. 현재 이러한 문제점이 존재하기 때문에 위의 문제들을 효과적으로 해결할 수 있는 비접촉식 외골격 로봇이 개발은 적절하다고 생각이 든다.

(2) 설계의 독창성 및 접근 방법

1) 설계 방법 및 배경

노인 환자 이송 중 2차 부상 문제 방지를 위해 본 설계에서는 의료진들이 쉽게 착용해 근력증강 효과를 가져 올 수 있는 외골격 로봇을 통해 노인 환자의 이송 및 업무 과정에서의 안전성을 더욱 높이도록 하였다. 기존 근력증강 로봇에서 외골격형 시스템의 단점인 탈부착의 불편함과 슈트형 시스템에서 큰 근력을 제공해주지 못한다는 점을 보완하기 위해 비접촉식 외골격을 설계함으로써 두 근력 증강시스템의 단점을 해결하고 장점들을 얻을 수 있게 하였다.

2) 설계의 독창성

현재 외골격형 근력증강시스템과 슈트형 근력증강시스템 등 다양한 근력증강시스템이 존재하며 여러 분야에서 사람들을 보조하고 있다. 하지만 이들 근력증강시스템은 사용자에게 가해지는 부담의 측면에서 떨어지거나 실질적인 근력 보조에 있어 효율이 떨어진다는 점이 존재한다. 본 설계에서는 비첩촉식 외골격을 통해 두 근력증강시스템의 장점을 모두 취할 수 있도록 하였으며 사용자의 움직임을 인식해 사용자가 팔을 움직이는 방향으로 외골격을 움직여 근력을 보조한다. 외골격이 비접촉식으로 사용자의 움직임을 인식할 수 있도록 팔을 두르는 삼각형 위치에 존재하는 레이저 센서를 통해 각 센서로부터 신체까지의 거리를 인식해 데이터를 얻는다. 얻은 데이터를 바탕으로 레이저 삼각형의 외심과 보간법을 이용한 수학적 모델을 이용해 인체의 형상을 유추함으로써 더욱 효과적으로 움직임을 인식해 근력증강을 할 수 있다.

3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

비접촉식 외골격의 움직임에 있어 가장 중요한 것을 인체 형상을 인식하는 것이다. 본 설계에서 센서의 인식 정확도가 제약조건이 되는데 이를 해결하기 위해 초음파 센서와 레이저 센서 등 여러 센서 중 근거리에서도 정확하게 인식할 수 있으며 초음파 센서와 달리 서로 간섭이 없는 레이저 센서를 사용해 인체의 자세 인식을 더욱 잘 하도록 하였다. 레이저 센서의 개수를 늘리면 팔의 형상을 더욱 잘 인식하며 그에 따라 반응을 더욱 정밀하게 할 수 있을 것이지만 이로 인해 외골격 로봇의 가격이 높아질 것이며 이는 본 장치의 경제성을 낮춰 많은 병원에서 사용되지 않게 하므로 결과적으로 본 설계 목적의 실현에 제약조건으로 작용한다. 따라서 삼각형의 외심과 보간법을 이용한 수학적 모델을 통해 적은 수의 센서를 이용하더라도 인체의 움직임을 효과적으로 인식해 움직일 수 있도록 하였다. 외골격 로봇의 설계 비용에는 센서가 큰 비중을 차지할 것인데 위 방법을 통해 적은 수의 센서를 사용함으로써 본 설계의 경제성을 향상하도록 하였다.

(3) 설계 내용

설계는 비접촉 구동방식 외골격 로봇의 개발을 목적으로 한다. 이를 위해 필요한 설계의 세부 항목은 크게 네 가지로 나뉜다.

1. 거리 센서와 모터를 활용한 1자유도 비접촉식 구동모듈 하드웨어 구성
2. 거리 센서 기반의 인체 자세 추정 알고리즘 개발
3. 구동 모듈 내부에 있는 인체의 자세 추정 테스트
4. 구동 모듈 내부에 있는 인체의 움직임 트래킹

1자유도 비접촉식 구동모듈 하드웨어의 구성은 그림과 같다.

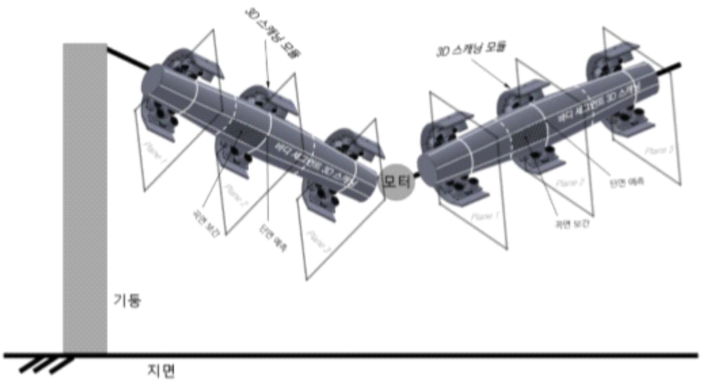


그림 3.하드웨어 구성 개념도

1) 거리 센서와 모터를 활용한 1자유도 비접촉식 구동모듈 하드웨어 구성

거리 센서가 포함된 여러 개의 3D 스캐닝 모듈을 이어 붙여 구동 모듈 내부에 있는 인체의 자세에 대한 거리 데이터를 취득할 수 있도록 하였다. 또한 1자유도 모델을 구현하기 위해 팔꿈치 관절 위치에 모터를 연결한다. 전신의 외골격 로봇을 제작하는 것은 여러 한계가 존재하기 때문에 팔을 선행 연구로 진행하였고 팔에 작용하는 하중을 전달할 수 있는 기둥에 구동 모듈을 고정한다.

외골격 로봇의 모터는 기존 DC모터의 소음을 줄이고 경량화된 BLDC 모터를 사용하였다. 모터는 팔꿈치 부근 하박에 고정시키며 기어박스를 통해 모터가 신체에 가깝게 위치해 더욱 안정적이게 하였다. 또 하박 골격 내부에 모터의 회전부를 고정시켜 상박과 하박 사이의 간격을 좁혀 팔이 더욱 편리하게 들어

갈 수 있도록 설계하였다.

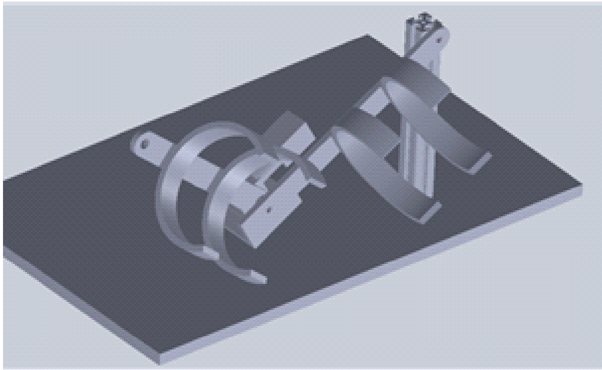


그림 4.외골격 로봇의 3D 모델(정면)

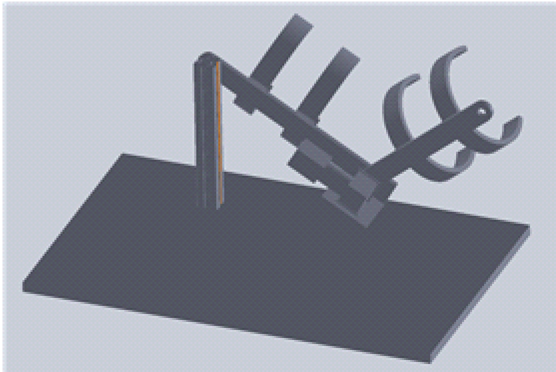


그림 5.외골격 로봇의 3D 모델

외골격을 구성하는 센서 프레임에는 레이저 센서를 고정하기 위한 고정부와 프레임 하박과의 연결부로 구성되어있으며 센서 프레임의 내경은 성인의 팔의 두께와 레이저 센서의 측정 가능 범위를 고려하여 설계하였다. 센서 프레임에는 총 3개의 센서를 고정할 수 있게 설계하였으며 추후 실험을 통해 사람의 팔 형상을 유추할 수 있으며 개수를 최소한으로 하는 가장 효율적인 개수를 찾을 것이다. 센서 프레임은 외골격 하박에 3개가 연결되어 총 9개의 센서로 팔의 형상을 유추하도록 설계하였다.

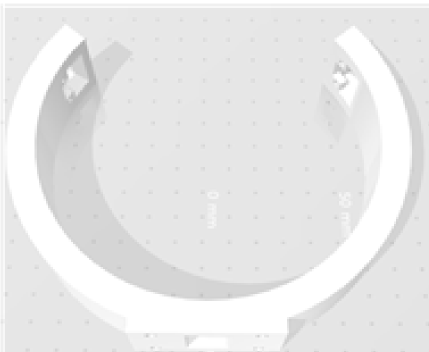


그림 6.센서 프레임

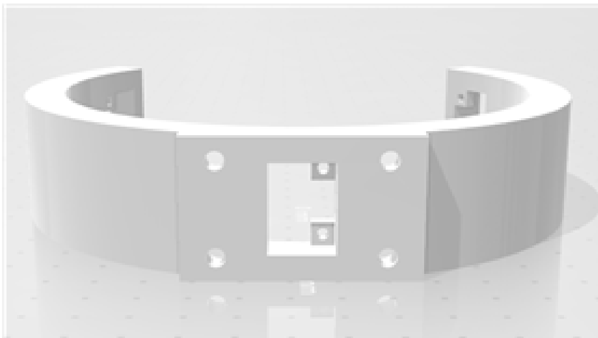


그림 7.센서 프레임 (정면)

외골격 구조의 원형 고리에 부착할 센서를 정하는 과정에서 초음파 센서와 레이저 센서의 두 가지 센서를 비교, 분석하였다. 초음파 센서의 경우 3cm 이내의 거리 측정 시 오차가 크게 나타났으며 초음파를 이용한다는 특징으로 인해 인접한 초음파 센서와 간섭이 일어나 데이터 측정에 있어 정확한 값을 구할 수 없다는 단점이 존재했다. 이에 따라 레이저 센서를 이용해 데이터를 측정하였으며 실제 측정 결과 5~200mm 이내의 거리가 측정됨을 학인했다. 이후 1개의 센서를 이용한 측정, 여러 개의 센서를 이용한 측정, 실시간으로 데이터를 받아 그래프를 그리는 과정을 진행하였다.
거리 센서 기반의 인체의 자세 추정 구상도는 다음과 같다.

2) 거리 센서 기반의 인체 자세 추정 알고리즘 개발
아두이노를 이용하여 여러 개의 거리 센서 데이터를 취득한다. 이를 바탕으로 인체의 자세를 함수로 나

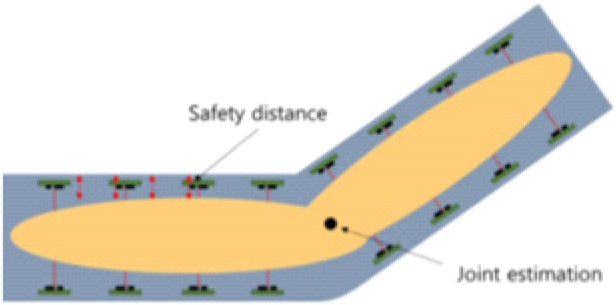


그림 8.거리 센서 내에 위치한 인체의 자세 추정 개념도

타내고 자세를 추정하는 알고리즘을 MATLAB을 이용하여 개발한다.

외골격 로봇과 팔의 비접촉 상태를 유지하기 위해 로봇의 센서 프레임에 거리센서를 부착하여 팔과 프레임 사이의 거리를 측정한 후 이를 인체 자세를 보간법을 통해 추정한다. 인체 자세를 추정하기 위해서는 여러 개의 센서를 통해 팔까지의 거리를 측정해야 한다. 초기 모델에서는 일자형의 프레임에 초음파 센서를 장착해서 팔까지의 거리를 측정한 뒤 MATLAB을 통해 이를 보간해 팔의 형태를 추정하고자 하였다.

```
%%
%기존 데이터를 다 삭제하는 명령
clc
clear alll
close all

%
sensor_data = [20.5, 13.2, 14.6, 18.6]; %mm
dist_data = [0 50 100 150]; %mm
xq = 0 : 10 : 150;
vq1 = interp1(dist_data,sensor_data,xq);
vq2 = interp1(dist_data,sensor_data,xq,'splineinterpolation');

%그래프 그리기(plot)
plot(dist_data, sensor_data);
hold on %그래프 여러개를 겹처서 그릴 경우 사용
plot(xq, vq1)%1차원 보간
hold on
plot(xq, vq2)%스플라인 보간
grid on
axis equal
title('Interpolation') %제목
xlabel('sensor location (mm)') % x축
ylabel('sensor data (mm)') %y 축
```

그림 9.1차원과 스플라인 보간법 적용

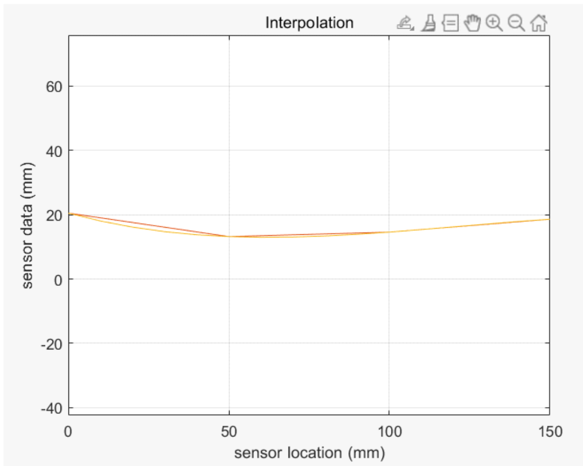


그림 10.임의의 값을 대입한 결과

가장 먼저 MATHLAB을 이용하여 주어진 값에 대해 보간법을 적용하여 그래프를 그리는 알고리즘을 개발하였다. 센서는 50mm 간격으로 4개가 배열되어 있다고 가정하였고, 임의의 거리를 대입하였다. 1차원 보간법과 스플라인 보간법을 모두 적용하였다. 1차원 보간법으로 각각의 점을 직선으로 이었고, 스플라인 보간법으로 사람의 팔 형상 같이 부드러운 곡선으로 보간하였다.

```
int trig[]={2, 4, 6, 8};
int echo[]={3, 5, 7, 9};
float distance[]={0, 0, 0, 0};
unsigned long duration[]={0, 0, 0, 0};
void setup() {
  Serial.begin(9600);

  for (int i=0; i<4; i++)
    {
      pinMode(trig[i], OUTPUT);
      pinMode(echo[i], INPUT);
    }

}

void loop() {
  for (int i=0; i<4; i++)
    {
      digitalWrite(trig[i], LOW);
      digitalWrite(echo[i], LOW);
      delayMicroseconds(2);
      digitalWrite(trig[i], HIGH);
      delayMicroseconds(10);
      digitalWrite(trig[i], LOW);
       duration[i] = pulseIn(echo[i], HIGH);
      distance[i] = duration[i] / 29.0 / 2.0;
    }
```

그림 11.초음파 센서 4개 데이터 측정

```
while 1
    i=2;
    d1(i)=fscanf(s2, '%d');
    d2(i)=fscanf(s2, '%d');
    d3(i)=fscanf(s2, '%d');
    d4(i)=fscanf(s2, '%d');

    d1_filtered(i) = (tau*d1_filtered(i-1) + t_s*n(i))/(t_s + tau);
    d2_filtered(i) = (tau*d2_filtered(i-1) + t_s*n(i))/(t_s + tau);
    d3_filtered(i) = (tau*d3_filtered(i-1) + t_s*n(i))/(t_s + tau);
    d4_filtered(i) = (tau*d4_filtered(i-1) + t_s*n(i))/(t_s + tau);
    sensor_data = [d1_filtered(i), d2_filtered(i), d3_filtered(i), d4_filtered(i)];
    dist_data = [0 50 100 150];
    vq2 = interp1(dist_data,sensor_data,xq,'splineinterpolation');

    plot(dist_data, sensor_data);
    hold on %그래프 여러개를 겹처서 그릴 경우 사용
    plot(xq, vq1)%1차원 보간
    hold on
    plot(xq, vq2)%스플라인 보간
    grid on
    axis equal
    title('Interpolation') %제목
    xlabel('sensor location (mm)') % x축
    ylabel('sensor data (mm)') %y 축

    i++
end
```

그림 12.로우패스필터 적용 후 그래프 추정

아두이노를 이용하여 4개의 초음파 센서값을 측정하는 코드 또한 제작하였다. 이를 매트랩에서 읽어 들이고 사람의 팔 형상을 추정하고자 하였다. 하지만 초음파 센서 자체의 문제로 값이 튀는 문제가 발생하였다. 때문에 low pass filter를 적용하여 튀는 센서값을 제외하고 유의미한 센서값만 고려하였다. 이를 바탕으로 실시간으로 사람의 팔 형태를 추정하는 알고리즘을 개발하였다.

초음파 센서의 값에 Low pass filter를 적용하였으나 실제로 사용하기에는 어려움이 있었다. 이웃한 초음파 센서 사이 간섭이 발생하고 굴곡이 있는 사람의 팔 표면까지의 거리를 정확하게 측정하지 못하였다. 따라서 근접 감지를 위한 레이저 ToF센서인 vl6180x를 사용하기로 하였다. 아주 좁은 광소스를 사용하기 때문에 가까이 있는 물체의 거리를 측정하기 좋고, 이웃한 센서 간의 간섭이 전혀 발생하지 않는다. 또한 측정 가능한 범위도 5mm~200mm로 인체 자세 추정에 사용하기에 좋은 측정 범위를 가지고 있었다. 초음파 센서와 마찬가지로 여러 개의 센서값을 받기 위한 코드를 제작하였다. 코드에는 각 센서별로 주소값을 지정하여 총 6개의 센서의 데이터를 실시간으로 받을 수 있도록 하였다.

```
Serial.println("Start Sensor 0");
digitalWrite(enablePin0, HIGH);
delay(50);
sensor0.init();
sensor0.configureDefault();
sensor0.setAddress(address0);
Serial.println(sensor0.readReg(0x212),HEX);
sensor0.writeReg(VL6180X::SYSRANGE__MAX_CONVERGENCE_TIME, 30);
sensor0.writeReg16Bit(VL6180X::SYSALS__INTEGRATION_PERIOD, 50);
sensor0.setTimeout(500);
sensor0.stopContinuous();
sensor0.setScaling(RANGE);
delay(300);
sensor0.startInterleavedContinuous(100);
delay(100);
```

그림 13.ToF 센서 데이터 측정

```
#include <Wire.h>
#include <VL6180X.h>

#define RANGE 1

#define address0 0x20
#define address1 0x22
#define address2 0x24
#define address3 0x26
#define address4 0x28
#define address5 0x30


int enablePin0 = 11;
int enablePin1 = 10;
int enablePin2 = 9;
int enablePin3 = 6;
int enablePin4 = 8;
int enablePin5 = 7;


VL6180X sensor0;
VL6180X sensor1;
VL6180X sensor2;
VL6180X sensor3;
VL6180X sensor4;
VL6180X sensor5;
```

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();

  pinMode(enablePin0,OUTPUT);
  pinMode(enablePin1,OUTPUT);
  pinMode(enablePin2,OUTPUT);
  pinMode(enablePin3,OUTPUT);
  pinMode(enablePin4,OUTPUT);
  pinMode(enablePin5,OUTPUT);

  digitalWrite(enablePin0, LOW);
  digitalWrite(enablePin1, LOW);
  digitalWrite(enablePin2, LOW);
  digitalWrite(enablePin3, LOW);
  digitalWrite(enablePin4, LOW);
  digitalWrite(enablePin5, LOW);

  delay(1000);
```

```
Distance0: 54   Distance1: 81   Distance2: 116  Distance3: 110  Distance4: 83   Distance5: 19
Distance0: 56   Distance1: 83   Distance2: 117  Distance3: 109  Distance4: 80   Distance5: 20
Distance0: 58   Distance1: 86   Distance2: 115  Distance3: 110  Distance4: 81   Distance5: 19
Distance0: 56   Distance1: 81   Distance2: 118  Distance3: 108  Distance4: 81   Distance5: 19
Distance0: 58   Distance1: 85   Distance2: 119  Distance3: 110  Distance4: 81   Distance5: 19
Distance0: 56   Distance1: 86   Distance2: 118  Distance3: 111  Distance4: 79   Distance5: 20
```

그림 14-16.6개의 ToF 센서 데이터 수신

모델제작 후 실제 취득한 데이터를 바탕으로 인체의 자세를 추정하는 데 삼각형의 외접원과 외심을 이용하였다. 각각의 센서 프레임에서는 120도 간격으로 세 개의 센서가 부착되어 있으며 내부에 있는 인체의 팔까지의 거리를 측정한다. 센서는 직선거리를 측정하므로 세 개의 센서값을 통해 인체 표면의 세 점을 도출할 수 있다. 즉 팔꿈치를 원점으로 하는 3차원 좌표에서의 각 센서가 인식한 지점을 얻게 되는 것이다. 사람 팔의 단면을 원이라 가정하면 팔의 단면은 도출한 세 점을 꼭짓점으로 갖는 삼각형의 외접원이 되고 팔의 중심은 외접원의 중심이 된다. 사람의 팔의 중심을 구하는 과정에 있어 세 좌표값을 통해 구하는 식을 유도하여 사용하였다. 실제 팔의 단면은 원이 아닌 타원이지만 여러 실험을 통해 실제 팔의 중심과 세 점의 외접원으로 도출된 중심이 거의 일치한다는 사실을 확인하였다.

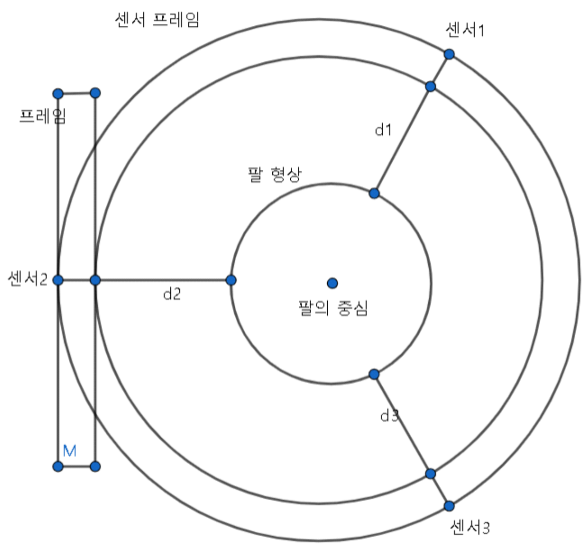
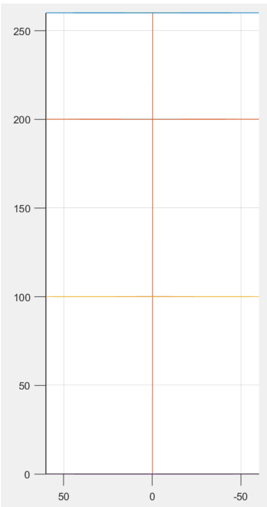
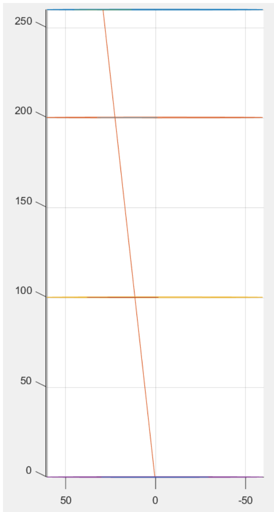


그림 17.프레임의 단면도

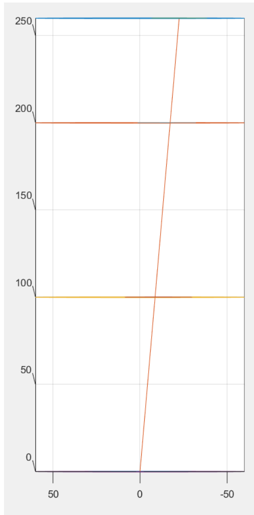
각각의 점들을 좌표로 변환할 때 모터의 위치를 원점으로 설정하였다. 팔꿈치의 중심과 센서 프레임의 중심을 동일선상에 놓일 수 있도록 설계하였으므로 (60, 0, 0)으로 나타낼 수 있다. 센서 프레임에서의 측정값을 바탕으로 공간 상에 팔꿈치와 두 개의 센서 프레임에 있는 팔의 단면을 원으로 가정해 그 중심과 반지름을 구하여 원을 그렸다. 앞에서 구한 3개의 원의 중심을 이용해 각 점으로부터 거리가 가장 가까운 직선을 생성한 후 그 직선에 손목에 해당하는 좌표에 중심을 놓고 주어진 손목 데이터를 이용해 원을 그려 총 4개의 원을 생성했다. 이렇게 생성된 4개의 원으로 이웃한 두 개의 원을 각각 밑면으로 가지는 원뿔대를 만들어 팔의 형상을 만들었다.



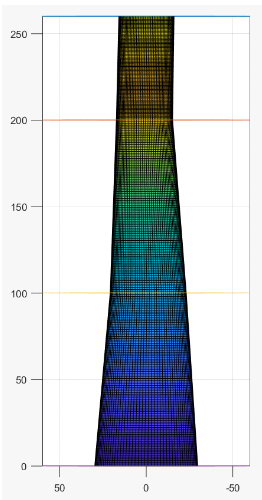
기본 팔의 중심선



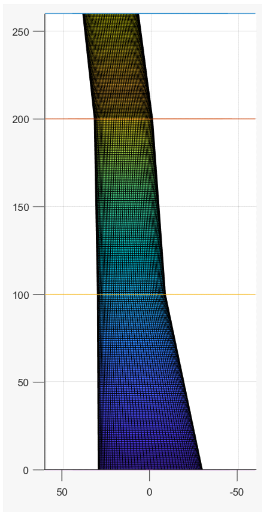
위로 올린 팔의 중심선



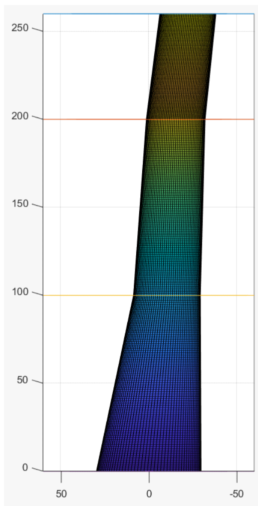
아래로 내린 팔의 중심선



기본 팔의 형상 (우측면)

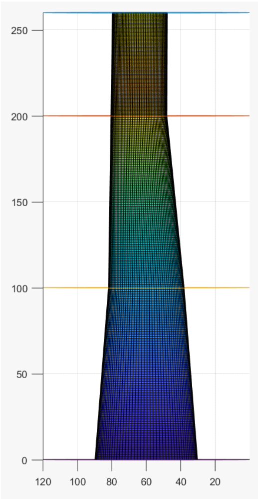


위로 올린 팔의 형상 (우측면)

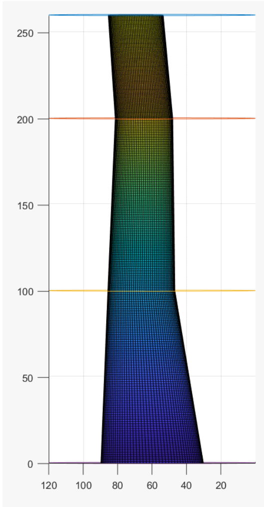


아래로 내린 팔의 형상 (우측면)

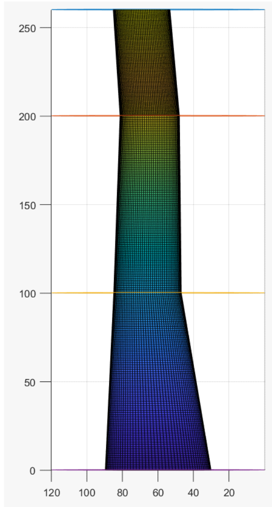
외골격의 모터의 움직임은 센서 프레임의 중심을 잇는 직선을 기준 직선으로 해 앞에서 생성한 3개의 원의 중심을 이용해 각 점으로부터 거리가 가장 가까운 직선과의 각도를 측정한다. 이후 측정한 각도를 아두이노로 보내 엔코더를 이용해 측정한 각도만큼 이동하여 그 각도만큼 모터를 회전시켜 인체의 움직임을 따라 움직여 근력을 보조할 수 있도록 작동한다.



기본 팔의 형상 (윗면)



위로 올린 팔의 형상 (윗면)



아래로 내린 팔의 형상 (윗면)

그림 18-26.자세별 팔의 중심선 및 형상

3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
비접촉식 외골격 구조 3D 모델링						
보간법을 이용한 인체 형상 인식						
인체 형상 인식을 기반으로 한 외골격 움직임 알고리즘 개발						
외골격과 인체 형상 인식 알고리즘으 테스트 및 개선						

4. 설계 결과물

(1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

최종 결과물의 형상

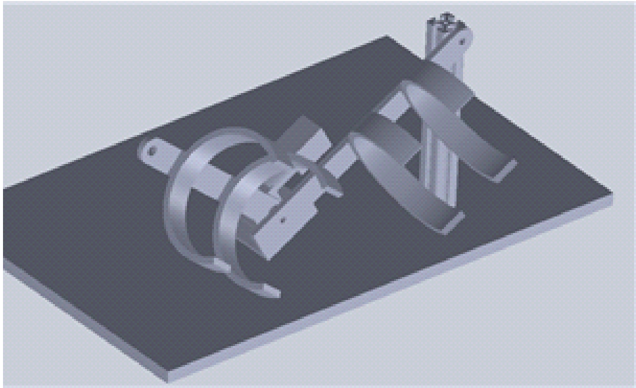


그림 27.외골격 로봇의 3D모델

위는 최종 결과물의 설계 모델이다. 이는 SOLIDWORKS를 통해서 프레임 부분을 구현한 것이다. 센서를 부착하기 위한 센서 프레임과 관절 부분의 모터 부착 부위가 그려져 있다.

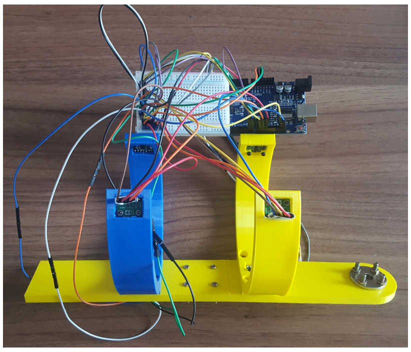


그림 28.센서를 부착한 프레임

그림 29.모터와 엔코더

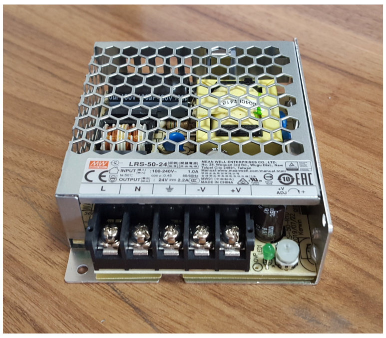


그림 30.파워서플라이

위는 거리 센서가 부착된 동작하는 프레임으로 거리 센서를 통해 팔의 각 부분까지의 거리를 인식하고 그를 통해 팔의 위치를 추정한다. 파워 서플라이는 모터에 동력을 제공해 움직일 수 있도록 한다.

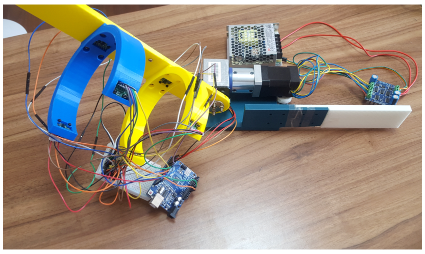


그림 31.외골격의 형상1

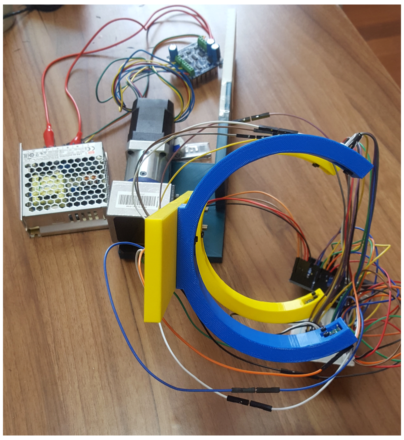


그림 32.외골격의 형상2

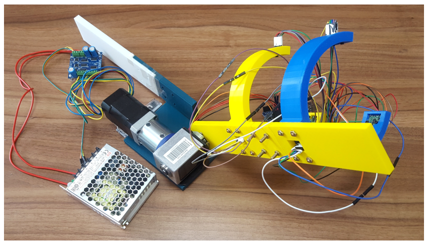


그림 33.외골격의 형상3

최종 결과물의 작동 원리

1) 외골격 로봇을 착용 시 외골격 로봇의 센서 프레임에 설치된 거리 센서들을 통해 팔의 위치를 파악함.

2) 로봇을 착용한 팔을 움직일 시 거리 센서와 팔과의 거리가 변화하고 측정한 데이터를 바탕으로 인체의 형상을 모델링 후 이를 통해 팔의 위치 변화를 인식함.

3) 부착된 모터를 통해 팔의 이동 각도만큼 외골격 로봇을 움직여 팔과 거리 센서와의 거리가 유지되도록 함. 이를 통해 동작을 수행.

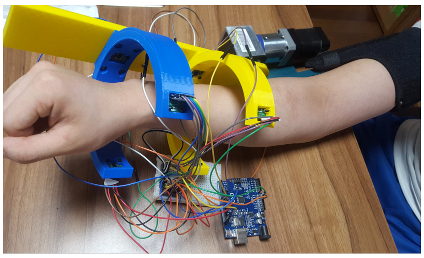


그림 34.외골격 착용 모습1

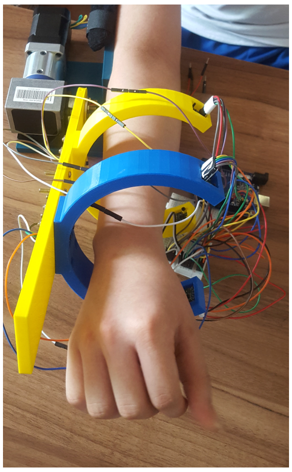


그림 35.외골격 착용 모습2

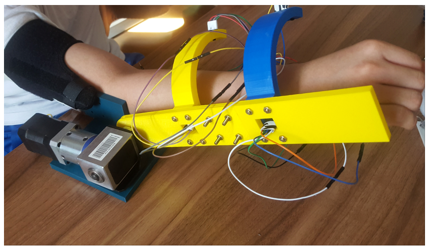


그림 36.외골격 착용 모습3

(2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

우리의 최종설계 결과물은 기존의 외골격 로봇들과는 다르게 로봇과 직접 접촉하지 않고도 로봇을 장착한 팔을 움직여서 로봇을 동작할 수 있다. 기존의 외골격형 근력증강 시스템과 슈트형 근력 증강 시스템은 각각 사용자에게 가해지는 부담의 측면에서 떨어지거나 실질적인 근력 보조에 있어 효율이 떨어진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 우리는 위와 같은 장치를 설계하였다. 최종 결과물은 로봇의 외골격과 착용자의 팔이 닿지 않는다는 특징이 있다. 이는 본 로봇의 장점으로 착용자와 외골격 구조가 닿는 부

분에 하중을 받아 착용자에게 부담을 주는 기존 장치의 단점을 없애고 접촉면과의 마찰도 일어나지 않아 착용 시 불편함을 줄일 수 있다. 외골격 로봇은 기본적으로 외골격 로봇을 사용하면 하기 힘들거나 어려운 일을 쉽게 수행하기 위해 사용되므로 사용 시의 효율성과 편안함을 고려하였다. 또 인체 형상 인식을 삼각형의 외심을 이용하는 수학적 모델을 제시하여 인체의 동작을 세 개의 센서만으로 수행해낼 수 있는 새로운 자세 추정 알고리즘을 제시하였다는 점에 의의가 존재한다. 이 장치는 일자유도 외골격 로봇이라는 단점 또한 존재하는데 이는 기존의 장치를 응용해 모터와 센서 등을 추가하여 자유도를 늘려서 발전시킬 수 있을 것이다.

5. 활용방안 및 기대효과

비접촉식 1자유도 외골격 장치를 제작하고 이를 다른 로봇들에 적용해 기존의 인체와의 체결부가 존재하던 외골격 로봇의 단점이던 체결부에서 발생하는 마찰, 축 불일치 등의 문제를 해결하고 착용감이 개선된 비접촉 외골격 로봇을 개발, 연구에 큰 도움을 줄 수 있을 것이다. 본 설계는 비접촉식 외골격 로봇의 개발을 통해 요양병원, 양로원, 장애 시설 등에서 많이 일어나는 노인 환자 이송 시의 2차 부상을 방지하는데 사용될 수 있을 것이다. 노인은 자신의 신체를 자유롭게 제어함에 어려움이 있으며 이에 따라 노인 환자 이송에 있어 다양한 변수가 존재하며 2차 부상이라는 결과를 초래할 수 있다. 본 장치를 통해 간병인들의 근력을 보조하여 실버복지에 있어 2차 부상 위험을 방지할 것이며 무거운 짐을 옮기는 간병인의 근력을 보조함으로써 복지의 효율을 더욱 높일 것으로 기대된다. 또 센서의 개수를 줄이면서도 효율적인 인체 인식을 통해 경제성을 확보하므로 본 장치가 더 많은 장소에서 실버복지를 위해 활약할 수 있을 것으로 보인다.

<참고문헌>

1) 이동우, 정준영, 김배선, 손용기. 2017 착용형 근력증강 기술 동향. 한국전자통신연구원

2) E.Zhang, J.Mai, Y.Liu, Q.Wang. 2018. 비접촉 정전식 센싱방법을 사용하여 forearm 의 움직임을 인식하는 연구. , "Forearm Motion Recognition With Noncontact Capacitive Sensing", frontiers in Neurorobotics."

3) J. Yun, S. Lee, 2014, 적외선 센서와 머신러닝을 사용하여 인체의 움직임과 방향을 인식하는 연구. "Human Movement Detection and Identification Using Pyroelectric Infrared Sensors", sensors,