

대한기계학회 주최

제10회 전국학생설계경진대회(2020년)

설계 최종 보고서

참가부	고등부 (O)				
참가분야	공모주제 (O) / 자유주제 ()				
참가팀명	SWEET (Silver WhEElchair Transformation)				
설계제목	실버복지를 위한 휠체어 전용 탈부착 전동 모터 및 복합 기계장치 고안				
지도교수/교사	소속) 하나고등학교 (성명) 오나영 (이메일) ony914@hana.hs.kr				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	최윤서	하나고등학교			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	최윤서	하나고등학교 / 2학년	sallyyoonseo@naver.com
2	이지원	하나고등학교 / 2학년	jupiterjw@naver.com
3	김선아	하나고등학교 / 1학년	seona009@naver.com
4	곽동혁	하나고등학교 / 1학년	jadeking0308@gmail.com
5			
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 (0) / 자유주제 ()
참가팀명	SWEET (Silver WhEElchair Transformation)
설계제목	실버복지를 위한 휠체어 전용 탈부착 전동 모터 및 복합 기계장치 고안
대표자명	최윤서
요약문	현재 고령화 수준이 나날이 빨라짐과 동시에 노인들에 대한 복지가 대두되는 상황에서, 그들을 위한 이동수단이 다양하게 제시되고 있다. 이에 따라, 거동에 어려움을 가지고 있는 대부분 노인들은 휠체어를 이동수단으로 하고 있지만, 현재 판매되고 있는 휠체어들은 경제성, 접근성, 편의성, 공공성의 측면에서 뚜렷한 한계를 지니고 있어 이를 보완한 ‘휠체어 전용 탈부착 전동 모터 및 복합 기계장치’를 고안하였다. 본 기계 장치는 리튬이온 배터리, 초음파센서와 연동된 아두이노 센서, BLDC 모터(마찰 구동식 모터), 조이스틱을 이용한 조작 장치로 구성되어있다. 마찰구동식 모터가 모터의 표면과 바퀴가 맞닿아 직접적으로 바퀴를 회전시킬 수 있도록 하였고, 초음파센서가 내보내는 파동이 장애물을 만나면 반사되는 성질을 이용하여 얻은 거리 정보를 아두이노에 연결시켜 다가오는 장애물과의 충돌을 방지하였다, 또한, 조이스틱을 통한 조작을 가능하게 하여 기계에 익숙하지 않은 노인들도 간단하게 휠체어를 조작할 수 있게 설계하였다. 본 기계장치는 무게가 가볍고, 안정적이며, 탈부착이 간단하고, 노인에게 특화된 안전장치가 삽입되어 있다는 점에서 단지 편리할 뿐만 아니라 노인에게 특화되어 있다고 할 수 있다. 또한, 개인의 휠체어에 맞게 제작되는 것이 아니라 시중에 있는 대부분의 수동 휠체어에 사용될 수 있으므로 본 팀이 고안한 기계 장치는 공공성을 목적으로 사용될 수도 있다. 본 기계장치의 궁극적인 목적은 양로원, 실버타운 등의 공간에 비치해, 개개인이 장치를 소유하는 것이 아니라, 공유시스템을 통해 비용의 절감을 이루는 것이다. 이는 대다수의 노인들이 편리한 이동할 수 있도록 하여 그들의 삶의 질 향상에 기여할 것이다.

1. 설계의 필요성 및 목적

노령 인구의 증가에 따라, 노인의 거동 방법에 대한 고찰이 이루어지고 있다. 노인의 이동수단 중 가장 보편적인 수단인 수동 휠체어는 보호자의 도움이 필요하며 스스로 이동하기 위해서는 자신의 동력이 요구되기 때문에 뚜렷한 한계점을 지니고 있다. 이에 비해 전동휠체어는 이동이 간편하지만 가격에 대한 부담이 커 보편적인 이동수단이 되기에는 한계가 있다. 현재 시판되고 있는 전동휠체어 중, 가격적인 부담이 적고 가벼운 전동 휠체어 역시도 노인들에게 특화되어 있기보다는 거동이 불편한 장애인을 대상으로 하고 있는 경우가 대다수이다. 이 때문에 노인들이 사용하기에는 조립이 복잡하고 가격부담이 크다는 한계점이 존재한다. 따라서 본 팀은, 노인들이 사용하기에 적합하고, 그들에게 가격적 부담을 덜어줄 수 있는 탈부착 전동 기계장치를 고안하였다. 또한, 이동 중 발생하는 위험에 상대적으로 느리게 반응하는 노인을 위해 보호 장치가 될 수 있는 초음파 센서와 안전 벨트의 기능을 할 수 있는 발명품의 구조를 설계하였다. 본 기계 장치가 다른 탈부착 전동 기계장치와 다른 점은 1) 여러 종류의 휠체어와 호환이 가능하다는 점과, 2) 노인에게 특화되어 있다는 점이다. 이를 통해 궁극적으로 노인들이 기계 장치의 공유를 통해 누구나 쉽게 이동할 수 있게 하는 것이 목적이다.

2. 설계 핵심 내용

(1) 설계 문제의 정의

한국소비자원의 전동휠체어를 3년 이상 탄 287명을 대상으로 한 설문조사에 따르면, 10명 중 4명은 기계 이용 중 사고를 경험했고 그 원인 중 대다수가 도로의 장애물에 부딪치거나 전동휠체어의 이용이 용이하지 않아서라고 대답했다. 노인들만을 대상으로 한 자료는 찾지 못했지만, 노인들을 대상으로 설문을 진행한다면 상대적으로 판단력이 둔감한 노인들은 사고 비율과 원인이 더 극심하게 나타날 것이라고 예상한다. 시판되고 있는 대다수의 전동휠체어는 가격부담이 크고 대부분 거동이 불편한 장애인들을 대상으로 판매되고 있어 노인층이 이용하기에 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 보호 장치가 부재하고 속도 조절이나 방향조절이 힘든 기존의 제품들은 자칫하면 큰 사고를 유발할 수 있으며, 노인의 자유를 제한하는 수단이 될 수 있다.

(2) 설계의 독창성 및 접근 방법

1) 설계 방법 및 배경

복합기계장치의 설계는 크게 하드웨어의 설계와 소프트웨어의 설계로 나누어 진행하였다. 하드웨어의 경우 실제 휠체어 크기에 맞는 기계장치를 제작하는 것이 비용적, 기술적 측면에서 학생 수준으로 불가능하다고 판단하여, Fusion 360를 이용하여 마찰구동식 모터를 비롯한 복합기계장치의 3D 모델링을 진행하고 회로를 설계하고자 하였다. 소프트웨어의 경우 아두이노를 이용해 초음파 센서로 제어 가능하며 조이스틱으로 조종하는 모터의 알고리즘을 설계하기로 하였다. 또, 이를 직접 휠체어에 적용해보지 못한다는 약점을 보완하기 위하여 과학상자를 이용해 휠체어를 대신할 차체를 제작하고 알고리즘을 확인해보기로 하였다.

(2.2.1-1) 하드웨어의 이론적 배경

-배터리

배터리로는 무게와 용량에서 큰 장점을 가지고 있는 리튬-이온 전지를 사용한다. 또한, 리튬-전지는 메모리 효과가 없어 완전히 방전시키지 않고 어느 정도 충전되어 있는 상태에서도 충전이 가능하다는 장점이 있다. 본 발명품에서는 리튬이온 전지 6개를 직렬로 연결하여 21.6V의 전지를 사용한다. 전지의 (+)극 쪽에는 저항을 연결한 후, 승압회로를 연결하는데, 이를 통해 전압을 24V까지 올린다. 승압회로로는 LM2577 승압형 DC/DC 변환 모듈을 사용한다. 또한, 회로 중간에 계전기를 전원버튼과 연결하여 고장이 검출되었을 때, 차단기를 작동할 수

있게 한다. 배터리의 (-)극 쪽에는 24V/35A용 배터리 관리 시스템(BMS)를 연결하는데, 이를 통해 과충전, 과열, 외부충격 등으로 인한 폭발 위험성을 제어한다. 전지의 충전은 시판 충전기를 사용한다. BMS로는 24V/35A용을 사용한다. 또한, 충전 포트는 병렬로 연결하는데, 이는 리튬 이온 전용 충전기를 사용할 수 있도록 한다. 충전 중 BMS가 작동하면, 방전 단자에 부하를 연결하여 방전하고, 방전 중 BMS가 작동하면 충전 단자에 충전기를 연결하면 된다. 이때는 Reset 스위치를 닫아서 충전 또는 방전을 하면 된다.

-아두이노

아두이노는 다양한 스위치나 센서로부터 입력 값을 받아들여 LED나 모터와 같은 전자 장치들로 출력을 제어함으로써 환경과 상호작용이 가능한 물건을 만들어 낼 수 있다. 본 제품에서 아두이노는 사용하는 조이스, 센서, 전원버튼으로부터 입력값을 받아들여 모터로 출력을 제어하는 본체로 사용된다.

-초음파 센서

사람의 귀로 들을 수 없는 20kHz 이상의 주파수인 초음파가 가지고 있는 특성을 이용한 센서이다. 초음파는 주파수가 높고 파장이 짧기 때문에 물체의 정확한 위치를 탐지할 수 있는 특징이 있고, 초음파 센서에 이용되는 파장은 매체의 음속과 음파의 주파수에 따라 결정된다. 초음파 센서는 초음파를 발생시키면 수신하는 시점을 측정할 수 있어 거리와 시간, 속력의 공식에 따라 시간과 초음파의 속도를 알 수 있으므로 거리를 계산할 수 있다. 트리거에서 발생한 초음파 신호는 물체에 닿으면 반사하는 성질을 갖기 때문에 에코에서는 초음파를 발생시킨 시점부터 수신될 때까지의 시간을 측정하여 계산한다.



그림 1 초음파 센서

왼쪽의 TRIG에서 초음파가 발생되고 오른쪽의 ECHO에서 반사되어 돌아오는 초음파를 받는 센서이다. 핀맵은 좌측부터 VCC, TRIG, ECHO, GND이며 측정범위는 2cm~4m이다. 사용 전압은 5V이다.

-모터

자전거나 이용되는 탈부착 전동 모터의 원리는 크게 허브 모터와 마찰 구동식 모터로 나뉜다. 하지만, 바퀴가 앞뒤로 달려 앞바퀴로는 방향을 조절하고 뒷바퀴로는 속력을 조절하는 자전거와는 달리, 휠체어의 경우 바퀴가 각각 좌우 양측에 달려 방향과 속도 조절을 한번에 한다. 따라서 현재 시중에 나와있는 휠체어용 탈부착 전동 모터의 경우, 자전거에 이용되는 방식과는 조금 다르게 양쪽 바퀴를 통째로 탈부착하여 전기 구동식으로 바꾸거나, 휠체어의 앞에 바퀴를 하나 더 만들어 기존의 바퀴는 속력을 조절하는 역할만 하고 새로운 바퀴를 이용해 자전거와 같은 방식으로 방향을 조절하는 방식, 또는 휠체어 뒤에 바퀴를 하나 더 부착하여 이로는 속력을 조절하고 기존의 바퀴를 물리적인 힘으로 직접 움직이며 방향을 조절하는 방식 등이 있다.

본 팀이 만들고자 하는 노인 대상의 휠체어 전용 탈부착 전동 모터의 경우, 앞서 설명한 여러 가지 목적에 부합하도록 다방면으로 생각한 결과, 현재 자전거에 이용되는 마찰 구동식 모터를 양측에 하나씩 부착하는 것이 가장 이상적이라고 생각한다. 양측에 마찰 구동식 모터를 각각 부착함으로써, 새로운 바퀴를 추가적으로 달지 않아도 방향과 속도 조절을 한번에 할 수 있으며, 크기와 무게적인 측면에서 부담스럽지 않고 탈부착이 용이하다. 구조는 자전거용 탈부착 모터 중 시제품 'add-e'의 구조와 원리를 참고하여 휠체어에 맞게 변형하고자 하였다.

시제품 'add-e'의 구조와 원리를 참고하였을 때에, 이 제품은 자전거 용도이기에 브라켓의 고정부와 먼 곳이 반작용 힘에 의해 위로 올라가 바퀴와 모터가 접하는 방식으로 구동되지만 본 팀에서 제작하고자 하는 모터는 양방향 회전이 가능한 모터를 제작하는 것이 목적이기에 때문에 바퀴와 모터가 비접촉식이 아닌 접촉식으로 구조물을 구현해야 했다. 일반 모터에 비해 효율성이 높고 속도 제어가 정밀한 모터를 선정하기 위해 BLDC 모터를 선정하였고, 모터 내부의 마모되기 쉬운 부분(Brush)을 제거해 내구성을 높이하고자 한다. 구체적으로 본 팀이 사

용하고자 한 outrunner(통돌이) BLDC의 경우, 모터의 표면과 바퀴가 맞닿아 그 마찰로 모터가 돌아감과 동시에 직접적으로 바퀴를 회전시킬 수 있다.

(2.2.1-2) 소프트웨어의 이론적 배경

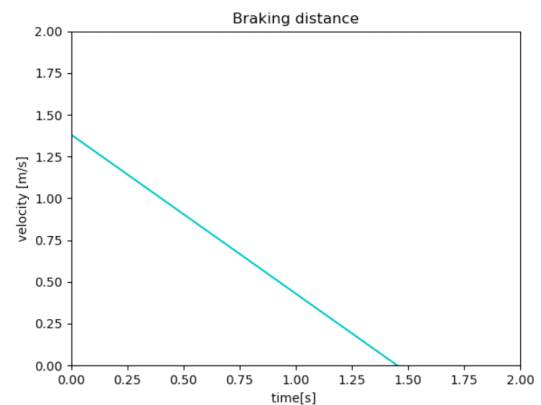
-속도

한국소비자원 기계금속팀의 '「전동휠체어」 품질비교시험 결과' 보고서에 의하면, 전동휠체어의 안전속도는 4.7~5.0km/h이라고 한다. 평균적인 보행속도가 약 4km/h인 것을 감안하여, 휠체어의 속도는 5km/h가 되도록 한다.

-제동거리

평지에서의 속도를 5km/h로 고정하고, 브레이크를 사용하여 정지할 때의 목표 제동거리를 현재 법적 규정에 맞게 1.0m로 설정하였다. 이러한 조건에서 등가속도 운동공식 ($2as = v^2 - v_0^2$)을 사용하면 브레이크의 제동 감속도는 $0.95m/s^2$ 여야 한다. 이는 이론값이기 때문에 실제 거동거리와는 오차가 있을 수 있으므로, 제동 감속도를 오차까지 감안하여 $1m/s^2$ 로 설정하였다.

따라서 제동거리 1.0m는 휠체어가 앞의 물체를 인식하여 정지해야 하는 최대 거리로, 이보다 작은 거리의 값을 이용하여 초음파 센서가 인식하여 자동으로 정지하는 거리값을 설정하고자 한다.



- 초음파 센서의 거리 인지

초음파 센서는 파동이 물체에 반사되어 다시 돌아오는 시간을 통해 물체와의 거리를 계산하는 원리이다. 휠체어의 제동거리를 1.0m라고 할 때, 물체를 인지하는 시간도 고려하여 초음파 센서가 반응해야 하는 물체와의 거리를 계산하면 대략 1.03m이다. 하지만 이론값과 일치하도록 초음파센서를 설계하면, 도로 위에서 어떤 변수가 생길지도 모르고, 노인들 역시 갑작스러운 정지에 대비할 시간이 부족할 수 있기 때문에, 물체가 1.5m 안으로 들어오면 정지를 할 수 있도록 설계하였다.

2) 설계의 독창성

본 팀은 탈부착이 가능한 탈부착 전동 휠체어 동력기기를 제작하기 위해, 기존에 자전거에 동력을 더해주는 자전거 전동 모터에 영감을 얻었다. 수동으로 사람이 페달을 밟아 움직이는 자전거에 탈부착으로 전동 모터를 장착하여 동력을 보조 받는 원리와 같이, 휠체어에 탈부착 가능한 전동 동력 보조 기기를 휠체어의 형식에 맞게 설계를 하면 충분히 효과가 있을 것이라고 판단했다. 휠체어라는 특성에 적합하도록, 측정범위가 최대 4m인 초음파센서를 아두이노와 연결하여 주변의 위험 요소를 감지 할 수 있게 하는 초음파센서를 연결하였으며 급정지 시에 몸의 반응을 보호 가능한 디자인으로 설계하여 시판되고 있는 장애인을 대상으로 한 조립식 전동 휠체어와 노인이 사용할 때의 이질감을 줄였다. Nahum Driver, Todo Drive와 같은 조립식 전동 휠체어는 개개인의 수동 휠체어의 맞추어 제작되거나, 탈부착 하는 과정이 힘들어 공용화되기 힘들다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 공공의 이용이 가능하게 해 실버복지에 특성화될 수 있도록 하는 것에 초점을 맞춰 설계하였다.

3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

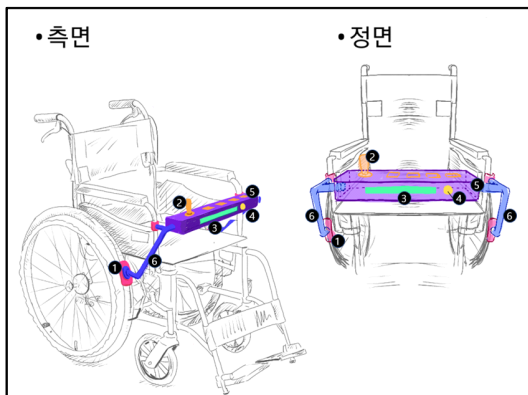
BLDC 모터의 경우 역방향 회전의 제어가 매우 복잡하여, 학생 수준에서는 BLDC 모터의 양방향 제어를 설계하는 것이 불가능하다고 판단하였다. 따라서 모터 회전에 대한 하드웨어와 소프트웨어의 설계는 BLDC 모터를 기준으로 설계를 하지 못하고 일반 DC 모터를 기준으로 설계하기로 하였다. 또한, 실제 휠체어에 쓰일 BLDC 모터에 의한 휠체어의 속력은 5km/h로 설정하였지만, 속력의 세부적인 제어는 직접 해보지 못한다는 제약도 뒤따른다.

본 설계를 진행하게 된 가장 큰 이유 중 하나는 개당 수백만원을 호가하는 비싼 전동 휠체어에 비해서 경제적인 이득을 보기 위함이었다. 아두이노 보드와 초음파 센서, 마찰 구동식 모터인 BLDC 모터를 이용해서 최소한의 조작용을 사용한 동력 장치를 제작하고, 본체는 가볍고 상대적으로 저렴한 알루미늄을 이용하여 브라켓 부분과 본체 부분을 제작한다면 분명 최소 수백만원의 전동 휠체어보다는 경제성을 지닐 것이라 생각했다. 또한, 기존의 한 휠체어에 특화되어 고정된 조립식 전동 모터와는 달리 본 설계는 공용이 이용할 수도 있기 때문에 공급 대비 사용하는 인원을 생각한다면 결과적으로 실버복지적인 차원에서 비용은 훨씬 절감할 것이다.

(3) 설계 내용

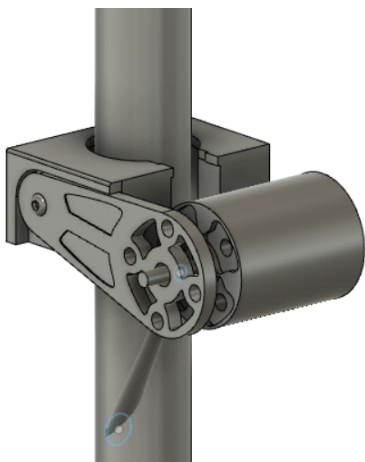
(2.3.1) 하드웨어

-복합기계장치 모델링



▲아이디어 스케치

다음은 모든 설계를 시작하기에 앞서 가장 먼저 그려본 전체적인 기계장치 모양에 대한 아이디어 스케치 그림이다. 이를 바탕으로 후의 모든 설계를 진행하였고, 부품별 구체적인 설계와 코딩이 어느정도 완료된 후, Fusion 360 프로그램을 이용하여 더욱 세부적인 모델링을 진행하였다. 이에 대한 결과물은 최종 결과물에 첨부하였다.



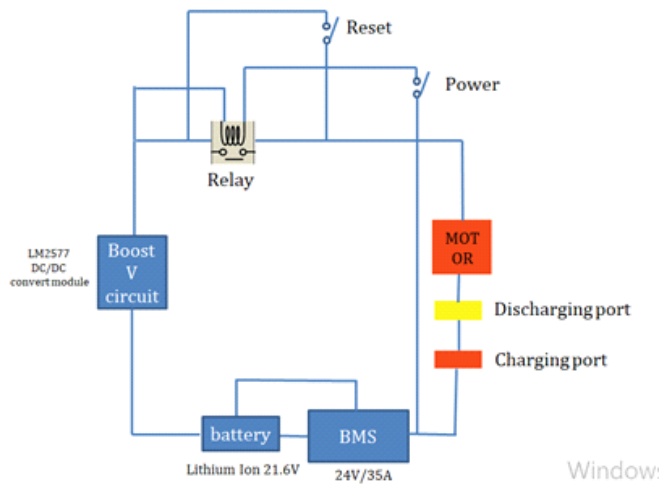
-모터

본팀에서 설계하는 기계장치의 모터와 휠체어의 물리적인 마찰이 일어나는 모터 부분의 하드웨어적인 설계가 중요하다고 생각되어, 모터 부분을 우선적으로 설계하였다.

모터가 회전하면 작용반작용에 의해 모터의 회전방향과 반대방향으로 모터에 힘이 가해져 바퀴와의 마찰면이 떨어질 수가 있다. 이를 방지하기 위해 모터와 기기의 다리를 연결하는 지지대를 단단하게 설치하여 모터가 양방향으로 회전하더라도 위치에서 벗어나지 않게 하였다. 다만 이 경우에는 모터가 휠체어 바퀴와 항상 접촉하므로 바퀴가 조금 더 빠르게 닳을 수 있다는 단점이 있다.

-배터리

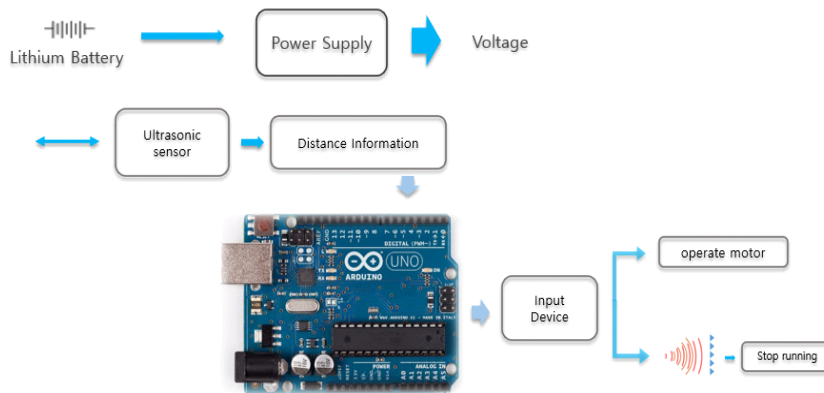
다음은 배터리의 이론적 배경을 종합하여 설계한 배터리 중심의 회로도이다.



Window:

-복합기계장치 전부분의 회로 설계

다음은 본팀에서 설계하고자 하는 복합기계장치 전부분의 모식적인 회로도이다.



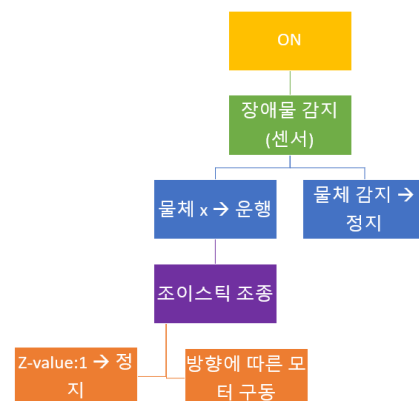
(2.3.2) 소프트웨어

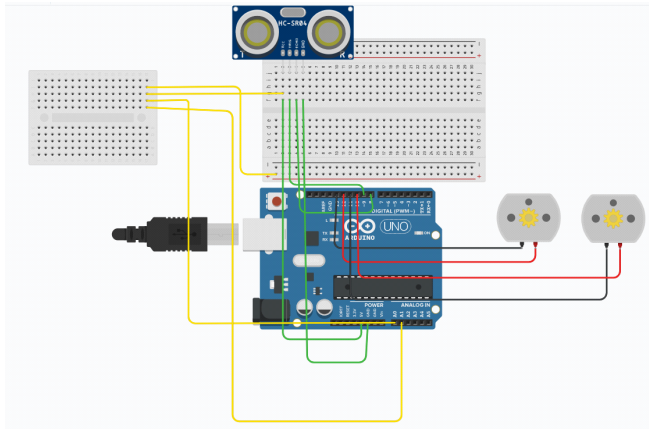
-알고리즘의 설계

전체적인 복합 기계장치의 작동 알고리즘은 다음과 같다. 아두이노와 초음파 센서를 활용하여 거리를 측정하여 측정 값에 따라 물체의 운행과 정지를 결정하는 과정이다. 이후로 진행할 회로 연결과 코딩은 차체 모형에 적용시킬 내용이지만, 실제품과의 차이는 초음파센서의 거리값만 있을 것이라 예상한다.

2.2.1-2에서 언급하였듯이, 실제품에선 제동거리를 고려하여 설정한 초음파 센서의 물체 인식을 통한 정지 기준 거리값은 1.5m이지만, 아두이노와 과학상자로 제작하는 모형은 거리를 0.5m로 줄여 코딩하였다.

<휠체어 전용 탈부착 전동 모터 및 복합 기계장치의 작동 알고리즘>





-아두이노 회로 연결도 및 코드 설계

본 제품의 방향제어는 조이스틱을 통해 입력값을 받아 그 값을 바탕으로 DC모터를 제어하는 방식으로 이루어진다. 아두이노 조이스틱은 총 5개의 핀이 있는데 5V, GND, 그 외에 x축으로 이동하는 양 VRx, y축으로 이동하는 양 VRy, Z축방향인 SW가 있다. 본 제품 및 모형 제품에서는 SW핀을 사용하지 않는다. 조이스틱은 위치 감지되면 저항값이 0~1023의 값을 변화한다. 조이스틱으로부터 시리얼 방향값을 받아 DC모터의 순방향회전과 역방향 회전을

제어하였다. x축방향에서는 값이 0일 때, 13High, 12Low가 순방향, 1020이상일 때 13Low, 12High가 역방향 회전 하도록 설정하였고, y축 방향에서는 0일 때, 11High, 10Low가 순방향, 1020 이상일 때, 11Low, 10High가 역방향 회전하도록 하였다. 따라서 대각선의 위치가 감지되면 저항값이 1과 1020사이의 값으로 변화하고 이때, x축 방향과 y축방향의 두 값을 모두 인식하여 모터 1과 2를 제어하는 것에 있어서 더욱 간단하고 효율적인 방법을 선택했다.

초음파 센서는 초음파 센서의 송신부(Trig)에서 일정한 시간의 간격을 둔 짧은, 초음파 펄스를 방사하고, 대상물에 부딪혀 돌아온 에코 신호를 수신부(Echo)에서 받아, 이에 대한 시간차를 기반으로 거리를 산출한다. 1cm를 이동하는데 걸리는 거 다음과 같은 식으로 구한다.

$$t = \frac{2L}{V_s} \quad (L=\text{물체와의 거리}, V_s=\text{음속})$$

따라서, $t = 2 * 0.01 / 340 = 58.824\mu s$ 로, 초음파가 1cm를 이동하는데 걸리는 시간은 약 $29\mu s$ 가 걸린다. 따라서 초음파와 반사된 물체 사이의 거리는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\text{거리(cm)} = \text{duration} / 29 / 2 \quad (\text{duration은 왕복에 걸린 시간})$$

코드는 다음과 같은 방법으로 작성되었다.

먼저, trig핀을 출력핀으로, echo 핀을 입력핀으로 설정한다. trig핀에서 초음파를 발사하고 그 초음파가 돌아올 때까지 기다린다. 만약 장애물에 닿아서 다시 echoPin으로 돌아왔다면 그 동안의 시간을 duration에 저장한다. Duration을 연산하여 센싱한 r리 값을 distance에 저장한다. 위의 식을 바탕으로 받은 값을 통해 계산된 distance값을 시리얼 모니터에 출력한다. 초음파센서를 통해 측정된 장애물의 거리가 500m이상일 때는 모터가 조이스틱을 통한 모터제어가 가능하지만 50cm이하의 거리에서 장애물이 감지된 경우에는 모터제어가 불가능해진다.


```

#define trigPin 9

#define echoPin 8

int x= A0;
int y= A1;
int a;
int b;

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

    pinMode(trigPin, OUTPUT);

    pinMode(echoPin, INPUT);

    pinMode(13, OUTPUT);
    pinMode(12, OUTPUT);
    pinMode(11, OUTPUT);
    pinMode(10, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
}

void loop()
{

    a=analogRead(x);
    Serial.print("x:");
    Serial.println(a);
    b=analogRead(y);
    Serial.print("y:");
    Serial.println(b);

    long duration, distance;

    digitalWrite(trigPin, LOW);

    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(trigPin, HIGH);

    delayMicroseconds(10);

    digitalWrite(trigPin, LOW);

    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

    distance = duration * 17 / 1000;
    
```

```

if (distance >= 50 || distance <= 0)
{
    Serial.println("거리를 측정할 수 없음");
    if(a==0)
    {
        digitalWrite(13,HIGH);
        digitalWrite(12,LOW);
    }
    else digitalWrite(13,LOW);

    if(a>1020)
    {
        digitalWrite(12,HIGH);
        digitalWrite(13,LOW);
    }
    else digitalWrite(12,LOW);

    if(b==0)
    {
        digitalWrite(11,HIGH);
        digitalWrite(10,LOW);
    }
    else digitalWrite(11,LOW);

    if(b>1020)
    {
        digitalWrite(10,HIGH);
        digitalWrite(11,LOW);
    }
    else digitalWrite(10,LOW);

}

else

{

    Serial.print(distance);

    Serial.println(" cm");

}

delay(500);

}

```

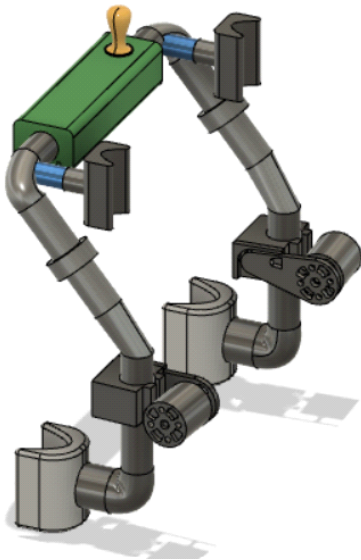
3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
배터리, 아두이노, 모터의 1차 설계 마무리						
복합 기계장치 설계 (전체적인 설계)						
설계 세부사항 마무리 (계산 등)						
모형 제작 및 구동 시연						
설계 보완 및 보고서 정리						

4. 설계 결과물

(1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

(4.1.1) 하드웨어



다음은 복합기계장치의 최종 설계 3D 모델링 결과물이다. 기계장치와 휠체어와의 접합부는 총 4군데이며, 장치의 다리는 부분별로 두께에 차이를 두어, 보면대 길이 조정의 방식과 같이, 길이를 조절할 수 있도록 설계하였다.

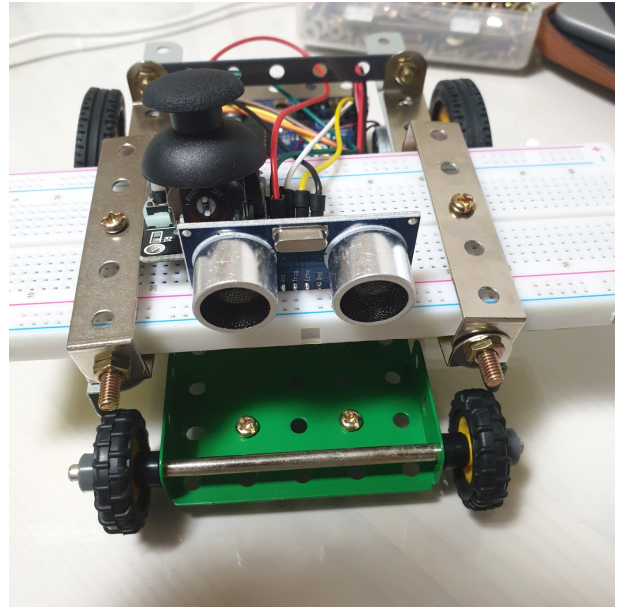
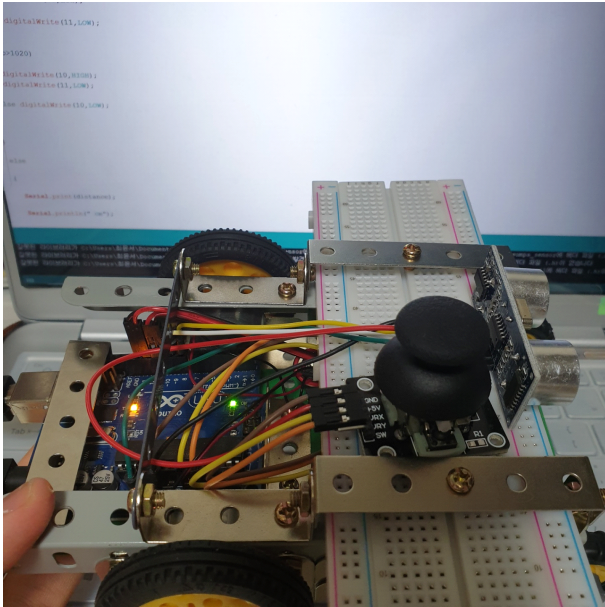
(4.1.2) 소프트웨어

다음과 같이 과학상자를 이용해 차체 모형을 구현해보았고, 이에 설계한 아두이노를 적용하여 코딩 결과물을 확인해보았다.

실제 복합기계장치에서의 모터 구동방식인 마찰구동식으로 는 운행하지 못하고 바퀴에 DC 모터를 직접적으로 연결하여 제작하였기에, 모형 제작을 통해 모터 부분의 구동을 확인하지는 못하였지만, 초음파 센서의 인식을 통해 정지하는 것과 조이스틱의 조종을 통한 방향 조절에 대한 코드 검증을 완료하였다.

(2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

본 팀이 고안한 기계장치는 크게 두 가지의 장점을 가진다. 하나, 사용방법이 간편하다. 본 기계는 일체화된 알루미늄의 가벼운 본체를 사용하여 휴대가 간편하고, 탈부착과정이 매우 간단하다. 또한 조이스틱을 이용하여 조작하기 때문에 노인들이 사용하기에 아무 무리가 없다. 둘, 기존에 상용화되고 있는 전동휠체어에는 없는 실버복지적인 측면이 강화된 보호장치를 내포하고 있어, 안전한 사용이 가능하다. 초음파 센서를 활용하여 물체의



운행과 정지를 결정해주는 과정을 통해 노인은 안전한 주행을 할 수 있으며 급정지 시에 안전벨트 역할을 하는 디자인을 하고 있어 안정성을 더한다.

하지만, 일체형 구조로 만들어 편의성을 높이고 간단한 탈부착 방법을 선택했지만 이에 따라 모든 휠체어 모델에 맞지는 않을 수 있다는 한계점이 있다. 본체와 연결되는 다리 부분의 길이 조절을 가능하게 하여 보편적인 휠체어와는 호환 가능하도록 설계했지만, 특수적으로 제작된 휠체어나 보편적이지 않은 디자인을 가진 휠체어의 경우 본 팀이 제작한 휠체어가 호환되지 않을 것이다. 만약 일체형으로 제작된 본 팀의 기계장치가 실용화되어 특수 디자인의 더 많은 수요가 요구된다면, 본체와 다리를 잇는 접합부, 브라켓과의 연결부를 분리가 가능하고 각도가 조절 가능하게 제작한다면 같은 구성으로 디자인을 수정하여 어떤 휠체어에도 호환되게 할 수 있을 것이라고 예상된다.

5. 활용방안 및 기대효과

본 팀이 설계한 기계장치는 특별한 휠체어를 위해 주문 제작되어진 시스템이 아닌, 다리 의 길이를 임의적으로 조정하여 어느 휠체어에나 접합이 가능하도록 설계했기 때문에 공용화되어 실버복지의 효과를 극대화 시킬 수 있다는 기대효과를 지니고 있다. 서울 시내에 '따릉이' 가 설치되어 사람들이 자전거를 공용으로 필요한 곳에서 이용하는 것처럼, 상대적으로 가격도 저렴하고 사용도 용이한 본 팀의 기계장치는 개인 수동 휠체어에 필요한 때에 복합장치를 달아 이용하거나 실버 복지 센터에 구비해놓는 방식으로 개인의 휠체어와 일대일로 대응하는 장치가 아닌 공공장치로 이용할 수 있다는 점에서 적은 공급으로 많은 사람이 이용할 수 있다. 정책적 지원이 더해진다면, 많은 노인이 저렴한 가격으로 편리하게 이동할 수 있는 복지 시스템을 구축할 수 있을 것이라고 기대된다.

<참고문헌>

- 남기태, 홍응표, 류제청, 문무성. "수전동휠체어 제어용 조이스틱 개발." 한국재활복지공학회 학술대회 논문집 . (2014): 283-285. Tallino, Patrick 2017, Power add-on device for manual wheelchair, US9775755B2
- 한국과학기술원, 수동 휠체어에 탈부착 되는 전동 보조기, 공개번호 10-2018-0113008, 출원일자 :2017.04.05. 등록일자 :2019.04.22

- ㈜ 컨트롤웍스, 자전거의 전기 구동 장치, 공개번호 10-2017-0002078, 출원일자 : 2015.06.29. 등록일자 : 2017.06.16.
- ㈜ 네오엘에프엔, 휠체어와 구동장치의 결합구조, 공개번호 10-2016-0122456, 출원일자 : 2015.04.14, 등록일자 : 2017.01.12.
- 한국소비자원 기계금속팀. (2011). 전동휠체어 품질 및 안전성 시험결과 보고서. 시험결과보고서, (), 1-19.
- 전남대학교산학협력단, 탈부착이 가능한 전동 휠체어의 구동장치, 등록번호 10-1606200, 출원일자 : 2014.11.24. 등록일자 : 2016.03.18.
- 토도웍스 주식회사, 휠체어 수동 및 전동 전환장치, 공개번호 10-2019-0102579, 출원일자 : 2018.02.26. 등록일자 : 2020.02.12
- <https://www.instructables.com/id/Friction-drive-build-for-bikes/> (검색 일자: 2020.05.13.)