

기계 종합 설계 프로젝트 최종 보고서

과제명 : 자율운전 도서관 카트

팀명: 생각하는 사람

수업담당교수: 남진현 교수님

과제지도교수: 윤강섭 교수님

2013. 12

대구대학교 기계자동차공학부 기계전공

제 출 문

기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계자동차공학부 설계프로젝트 과제
'경사로를 쉽게 오르내리는 수동 휠체어'의
결과보고서로 제출합니다.
(과제기간 : 2013. 03. 06 ~ 2013. 12)

2013. 12

지도교수 : 남진현 (인)

대표학생 : 이근욱 (인)

참여학생 : 최양욱 (인)

왕본영 (인)

성정훈 (인)

정수철 (인)

목 차

최종보고 요약문	1
제1장 과제내용 및 목표	2
제1절 목적 및 필요성	2
제2절 과제의 목표	3
제3절 기대효과 및 활용방안	12
제2장 개념설계 및 최종설계	13
제1절 개념설계	13
제2절 상세설계	14
제3절 최종부품 선정 및 제원	27
제3장 제작	37
제1절 공정도	37
제2절 제작	40
제4장 문제점 분석 및 해결방안	44
제1절 문제점 분석	44
제2절 문제점 보완	45
제3절 최종형상	48
제5장 결론	49
제 1절 총평	49

최종보고 요약문

1. 과제명

자율 운전 도서관 카트

2. 연구개발목표

해마다 증가하는 도서관의 수에 비해 상대적으로 감소하고 있는 사서들의 업무의 편리성을 증가시키기 위해 본 프로젝트를 진행하려 한다. 2004년 이래로 전 지역에 관수가 크게 증가하고 있다. 그에 비해 도서관에서 업무를 보는 사서들의 수는 상대적으로 부족한 상황이다. 때문에 사서들의 업무 부담이 증가하게 되어 도서관을 이용하는 사람들에게 서비스를 제공할 기회가 줄어들었으며 본 프로젝트는 이 점의 개선을 목표로 하고 있으며 나아가 응용 방안도 고려함을 목표로 한다.

3. 연구개발 내용 및 범위

사서들의 업무에 사용되는 카트를 개조하여 자율 운전이 가능한 초음파 제어 동력 장치를 설계한다. 사서들의 움직임을 인식하여 반응할 수 있는 자율 운전 도서관 카트는 사서들이 업무를 보는 동안 최소의 인력을 사용하게 하며 사서들의 업무 중 배가 업무의 시간단축이 가능하게 설계한다. 나아가 도서관에서 운반에 사용되는 모든 카트를 고려하여 책뿐만 아닌 무거운 짐도 옮길 수 있도록 설계한다.

4. 연구결과

제작함에 있어 모터의 직결 연결을 채택함에 따라 모터의 성능에 비해서 더 큰 무게의 짐을 실을 수 없는 점을 알게 되었다. 이를 보완하기 위해 차후 제작에 있어서는 직결 연결을 피해야 함을 본 설계를 통해 알게 되었다. 또한 동력 장치 설계에 있어서 모터의 선정과 바퀴의 선정을 우선 시 해야 되는 점을 알아내었다.

5. 기대효과

본 제품을 도서관 카트로 제한시키는 것이 아니라 실내 및 실외 무거운 짐을 운반하는 카트가 사용되는 모든 장소에서 작업의 효율을 높일 수 있음을 기대할 수 있다.

제1장 과제내용 및 목표

제1절 목적 및 필요성

1. 과제개발의 목적 및 필요성

현대에 들어와 인류의 삶의 질 향상과 함께 복지의 관심을 기울이게 되고 여가 및 편리를 우선시 하게 되었다. 특히 도서관이 2000년도 이후로 꾸준한 관심 하에 수와 규모가 증가하고 있다. 그에 반해 전문성을 갖춘 도서관 사서의 부족문제가 거론되고 있는 시점이다.

우리나라의 사서 수는 2002년 기준으로 1900여 명 수준. 사서 한 명이 2만4000여 명의 주민을 위해 일하고 있는 셈이다. 이는 국제도서관협회연맹(IFLA) 기준에 30% 정도밖에 미치지 못하는 수치다.

사서는 도서관과 정보센터 등에서 업무를 수행하는 문헌정보전문가. 이들이 있어야 공공도서관의 정보가 제대로 분류돼 시민들에게 전달될 수 있다.

하지만 사서 수가 턱없이 부족한 탓에 도서관 서비스의 질마저 크게 낮아지고 있다. 지방의 일부 공공도서관에서는 아예 사서 없이 계약직 사원이 도서관을 관리하도록 한다.

옆의 사진은 도서관 이용자가 시험시간에 많이 몰림에 따라 중고생들의 출입을 통제하는 예를 보여주는 사진이다. 이처럼 도서관 이용자는 많아지지만 그에 필요한 적정 인력 부족으로 도서관을 이용하는 주민들에게 피해를 주고 있다.



<그림 1.1. 도서관 이용 불편사례>

항목	2010년		2011년		2012년		
	빈도	%	빈도	%	빈도	%	
직원	없음(확인 불가 포함)	1,476	44.0	1,328	38.3	1,420	36.9
	1인	1,243	37.2	1,609	43.6	1,736	43.9
	2인이상	631	18.8	627	18.1	796	20.1
	합계	3,349	100.0	3,464	100.0	3,951	100.0
	총 직원수(평균 직원수)			3,176명(1.1명)		3,849명(1.2명)	
자원봉사자	없음(확인 불가 포함)	1,169	34.9	1,092	31.6	1,196	30.3
	1인	464	13.6	431	12.4	495	12.5
	2인	322	9.6	326	9.4	433	11.0
	3인이상	1,404	41.9	1,616	46.7	1,827	46.2
	합계	3,349	100.0	3,464	100.0	3,951	100.0
총 직원수(평균 직원수)			20,130명(6.7명)		22,899명(6.6명)		
직원+자원봉사자	없음(확인 불가 포함)	1,369	40.6	264	7.3	209	5.3
	1인	271	8.1	766	22.1	871	22.0
	2인	339	10.1	608	14.7	610	16.4
	3인	232	6.9	291	8.4	384	9.7
	4인이상	1,148	34.3	1,646	47.6	1,877	47.6
	합계	3,349	100.0	3,464	100.0	3,951	100.0
총 직원수(평균 직원수)			23,306명(6.7명)		26,748명(6.8명)		

< 그림 1.2 도서관과 사서의 수 비율 >

위 <그림2> 기사는 2011년도 도서관 개수와 사서 관련 직종자들의 비율을 조사한 것으로 2010년도부터 2012년도 까지 퍼센트가 점점 줄어들고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 도서관의 개수는 증가하나 도서관 관련 직종자들은 도서관 수에 비해 턱없이 부족함을 보여 주고 있다.

위 <그림 3> 기사는 도서관 평균 장서 수를 나타내는 것으로 도서관의 규모가 점점 커지고 있음을 잘 알려주고 있는 자료이다.

이처럼 위에 모든 자료를 분석해 보면 도서관의 필요성과 규모, 수 등이 해가 거듭할수록 증가하고 있는 반면에 그에 맞는 적정 인력의 부족으로 인해 많은 개선이 필요한 시점이다.

그렇기 때문에 도서관의 복지 개선을 위해서 도서관 사서들의 업무를 편리하게 해결 방안을 찾아보았고 그중에서도 도서관 사서들의 수족이 되는 북 트럭(Book Truck)을 개선해 보기로 하였다.

북 트럭(Book Truck)은 도서관에서 없어서는 안 될 물건으로 사서들이 책을 정리 할 때 사용하는 물건으로 사서들의 주된 업무에서 도움을 주는 비중이 큰 도구이다. 이를 개선함으로써 사서들의 업무의 편리를 향상시켜 도서관을 이용하는 사람들에게 제공 될 서비스의 질을 높이게 됨을 목적으로 한다.



<그림 1.3. 도서관 도서 보유량>

제2절 과제의 목표

1. 과제의 목표

도서관 사서들의 업무 중에는 수서¹⁾, 배가²⁾, 대출 반납, 참고봉사 등이 있다.

그 중에서도 배가 업무 중에서 책을 정리하기 위해 북 트럭(Book Truck)에 싣고 서가까지 이동하는 경우가 많다. 도서관을 이용하는 사람들이 사용하고 반납해 놓은 책들을 정리하는 것은 사서의 주된 업무이다. 이러한 업무는 매우 빈번하게 일어나며 사서의 업무에서 큰 비중을 차지하고 있다. 목적에서도 언급했듯이 사서들의 업무 효율 증대로 인한 도서관을 이용하는 사람들의 서비스 질의 향상을 목적으로 두고 있기 때문에 사서의 업무를 편리하고 간단하게 만들 수 있게 도와주는 도구 설계를 목표로 한다.

그 도구 중에서도 사서 업무 중 큰 비중을 차지하고 있는 배가 업무에서 책의 운반을 편리하게 해주는 북 트럭(Book Truck)을 개선하여 힘을 들이지 않고 북 트럭(Book Truck)을 이동시킬 수 있는 무선, 무인력(無人力) 카트를 만들 것을 목표로 한다.

시중에 나와 있는 북 트럭(Book Truck)은 바퀴 4개의 인력(人力)의 힘을 이용한 책 이동

1) 수서 : 도서관의 장서 개발 정책과 자료를 구입하기 위한 관련 업무

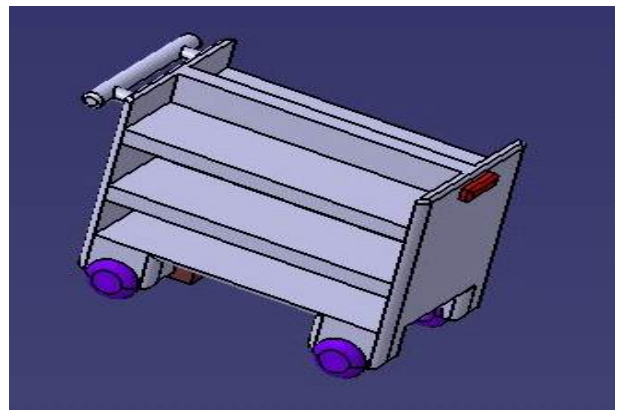
2) 배가 : 목록화 된 자료를 서가에 배열하는 것

도구 이다. 이 도구를 무인력(無人力) 카트로 만들기 위해 송수신 원리를 이용한 초음파 센서를 카트에 적용하여 송신기와 수신기의 거리차이를 감지하고 수신기를 가지고 있는 사람과 송신기를 설치한 카트가 일정 거리를 유지 할 수 있는 동력 카트를 설계 한다.

초음파 센서를 통해 정보를 수집, AVR 보드를 통해 프로그래밍 하고 모터드라이버를 통해 모터를 제어하여 카트(cart)를 이동시킨다. 또한 초음파 센서를 이용, 각도를 인식하여 수신기를 가지고 있는 사람과 방향을 일치시켜 카트가 90° 각진 코너(corner)에서도 이동 할 수 있게 한다.



< 그림 1.4 . 기존 북 트럭 제품 >



< 그림 1.5 . 설계 될 도서관 카트 >


2. 목표 수행을 위한 기존 조사

1) 시장조사


본 과제를 수행하기 위해서 기존의 시장제품 중 설계하려는 제품과 유사한 제품이 있는 지 알아 볼 필요가 있다고 판단하였다. 설계 후 완성 제품을 수정해야 하는 문제점이나 시장출시를 고려할 시에 문제가 되는 요소들을 미리 조사하여 미리 파악하고 피해서 설치하는 회피 설계를 하는 것이 중요하다고 판단하였기 때문이다.


기존 제품들과 설계 할 제품 사이에 외형 디자인상 유사한 부분, 제품 구동 방식, 시장 경쟁력이 있는 제품인지를 파악하여야 하기 때문에 기존 시장 제품 조사나 특허조사는 선행 되어야 할 과제이기 때문이다.

또한 완제품을 시장에 출시하고 법적으로 보호를 받기 위하여 특허 신청을 할 경우도 고려하여 특허 조사는 더 오랜 시간을 두고 꼼꼼히 시행 하였다. 기존에 나와 있는 특허 아이디어를 많이 조사하여 회피 설계 하여야 하며 또한 그 제품들을 통해서 더 나은 개선된 제품을 설계하기 위해서 시장 제품 조사와 특허 조사를 시행 하여야 했다. 도서관 카트 일명 북 트럭이라 불리는 제품에 대해서 외형 디자인과 그 제품들의 특징, 그 제품만의 기능, 성능 등을 파악해 보았으며 우리제품의 기술력과는 차별화 되는 것 인지를 파악하였고 특허 조사를 통해서 특허 제품의 핵심이 되는 기술력 문제 등을 분석해 보고 회피 방안을 마련해 보았다.

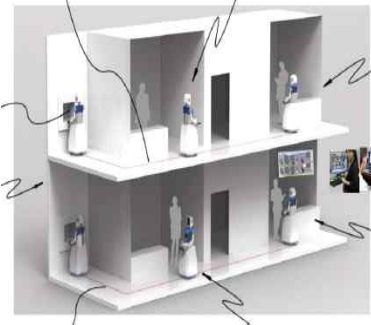
제품명	'북키퍼(BOOK KEEPER) '		
품종	북트럭	출시국	SEOUL, Korea
생산자	코아스 웰	출시년도	2011년 3월
사진 및 요약	 <p>대학도서관 및 공공 도서관은 한정된 공간에 많은 사람들이 몰려 바이러스 및 세균에 노출되기 쉽다. 또한 어린이 도서관은 면역력이 약한 어린이들이 주로 이용해 위생에 더욱 각별한 주의가 요구되는 곳이다. 그러나 일반 책 소독기는 한 번에 1권 만을 소독할 수 있고, 여러 대를 둘 경우 공간도 많이 차지해 실제 도서관에서 사용하기에는 많은 불편이 따랐다.</p> <p>이번에 출시되는 북키퍼는 이러한 단점을 해결하기 위해 북트럭에 소독기를 접목, 40~50권의 책을 운반하는 동안 한 번에 소독할 수 있도록 개발한 제품이다. 하이서울 컴퍼니 협업 제품 개발 프로젝트를 통해 선보이는 이 제품은 바이오미스트의 친환경 소독기술을 응용해 만들어졌다.</p>		
키워드	소독기, 신개념 북트럭, 책의 보관 및 운반		
유사점	북트럭의 외형적인 모양 및 기능 설계 하고자 하는 디자인의 모양이 비슷하고 북트럭의 기능이 유사하다. 단 이 제품은 세균제거를 위한 소독기를 접목 하고 있는 제품이고 설계하려는 제품과는 관련있지 않다.		
차별점	설계하고자 하는 자율 운전 도서관 카트는 자동식으로 센서를 이용, 동력을 이용하여 사서들의 편리를 덜어주기 위한 제품이다. 시중에 나와 있는 북키퍼 라는 제품과는 확연히 다르다.		
출처	Global News Network 'AVING' 홍혜은 기자(www.aving.net)		

제품명	'Overlab the book truck'		
품종	북트럭	출시국	Korea
생산자	조선대 학생들	출시년도	2008,11
사진 및 요약	<p>(광주=연합뉴스) 송형일 기자 = 조선대는 6일 한국철강협회와 한국금속가구 협동조합연합회가 주최한 제10회 스틸가구디자인공모전에서 제품실내디자인학과 3학년 최으뜸(22),이정아(21)씨가 공동으로 출품한 'Overlab the book truck'이 금상을 받았다고 밝혔다.</p> <p>수상 작품은 도서관에서 반납된 책을 운반하는 '북트럭'으로 운반량에 따라 양쪽에서 힘을 가해 선반 크기로 조절할 수 있고 사용하지 않을 때는 완전히 포개 보관하기에 편리하도록 설계됐으며 스틸의 특성을 잘 살렸다는 평가를 받았다.</p>		
키워드	선반크기 조절, 재질 스틸		
유사점	북트럭의 외형적인 모양 및 기능 설계 하고자 하는 디자인의 모양이 비슷하고 북트럭의 기능이 유사하다.		
차별점	설계하고자 하는 자율 운전 도서관 카트는 자동식으로 센서를 이용, 동력을 이용하여 사서들의 편리를 덜어주기 위한 제품이다. 위에 나와 있는 제품은 선반의 크기를 조절 할 수 있는 공간의 효율을 높이기 위해 제작된 제품이다.		
출처	<저작권자(c)연합뉴스>		


제품명	퍼시스 북트럭 : TPA1001		
품종	북트럭	출시국	Korea
생산자	퍼시스	출시년도	-
사진 및 요약	 <p>KC인증, 친환경 인증을 받은 제품 선반모양이 경사져 있으며 고강도 라운딩 처리 캐스터(스토퍼)기능이 추가되어 있다. 퍼시스 기업에서 만들어낸 북트럭 사무용 가구로서 시중에 가치있는 가구로 평가 받는다. 퍼시스 북트럭 : TPA1001 KC인증필 유무 KC 인증 필함 색상 : BE 치수 : 891(W)*483(D)*1078(H) mm 주요소재 : 목재,스틸,베이스</p>		
키워드	선반의 모양, 라운딩 처리, 캐스터		
유사점	북트럭의 외형적인 모양 및 기능 설계 하고자 하는 디자인의 모양이 비슷하고 북트럭의 기능이 유사하다. 캐스터(스토퍼)기능 사용하려는 소재		
차별점	설계하고자 하는 자율 운전 도서관 카트는 자동식으로 센서를 이용, 동력을 이 용하여 사서들의 편리를 덜어주기 위한 제품 위 제품은 양산형 가구 생산 기업에서 만들어 내는 사무용 가구 제품 설계하려는 자율 운전 도서관 카트는 기존 제품보다 상위 기술이 사용된 제품이다.		
출처	http://www.emart.com/display/item.do?method=getItemInfoViewDtl&item_id=E000033518031&ctg_id=6510694&emid=search		

제품명	전동카트 운반차		
품종	전동 카트	출시국	SEOUL, Korea
생산자	케이티에스	출시년도	2012 . 8. 30
사진 및 요약	 <p>케이티에스(www.ekts.co.kr)는 8월 30일부터 9월 1일까지 3일간 일산 킨텍스에서 열리는 '2012 시니어 & 장애인 엑스포(SENDEX 2012)'에 참가해 360도 회전운전 가능한 친환경 전동카트 운반차를 선보였다.</p> <p>(사진설명: 케이티에스의 전동카트 운반차)</p> <p>국내 최초 로드 셀(Load-cell) 기술을 적용한 지능형 전동식 운반차로, 손잡이에 가해지는 힘으로 작업자의 행동 의지를 읽고 작업자가 원하는 방향과 속도로 움직여준다. 전동식으로 작동해 소음이 없고 제자리 360도 회전 기능 및 BLDC 모니터 2개를 채용해 좌우 독립 구동이 가능하다.</p> <p>또한 최대 적재량 300Kg, 8시간의 충전으로 약 12km 연속 주행을 할 수 있다. 전자식 안전 브레이크도 탑재해 위험한 상황에서는 자동으로 멈추며, 안전한 작업환경을 제공한다.</p>		
키워드	전동카트, 로드 셀(Load-cell) 기술, 360도 회전 기능 및 BLDC 모니터 2개를 채용해 좌우 독립 구동		
유사점	전동식 모터의 힘으로 제어 한다 좌우 제어가 가능하다 브레이크를 탑재해 위험한 상황에서는 자동으로 멈춤 충전식		
차별점	설계하고자 하는 제품은 제자리 360도 회전기능 및 좌우 독립 구동이 가능하다 로드셀 기술을 이용해 지능적인 제어가 가능한 반면 설계하고자 하는 제품은 초음파를 이용한 통신으로 제어를 한다.		
출처	Global News Network 'AVING' 이효동 기자(www.aving.net)		

2)특허조사

특허명	물품 자동 운반시스템 (Goods auto transporting system)		
출원번호	대한민국 1020100056850	등록일자	2011년 12월 22일
출원자	(주)퓨처로봇	등록상태	거절결정(일반)
도면 및 요약	 <p>상기 운반로봇이 이동하는 경로의 바닥면 또는 천정에 랜드마크(선형 또는 스타게이저 또는 기타 통신(FR)장치)가 설치되고, 상기 운반로봇에는 이 랜드마크를 인식하면서 이 랜드마크를 따라 이동되도록 하는 인식센서가 마련된 것을 특징으로 하는 물품 자동 운반시스템. 상기 운반로봇은 전방의 장애물 유무를 감지하기 위한 초음파센서와 장애물의 위치/거리를 인식하기 위한 레이저센서 및 충돌을 방지하기 위한 충돌방지센서가 더 구비된 것을 특징으로 하는 물품 자동 운반 시스템.</p> <p>물품 자동 운반시스템은 중앙통제실에서 원격 제어가 가능함은 물론 자체적으로도 자율 구동 및 사람의 형상을 한 친근한 외형과 상황 인지/판단, 얼굴 캐릭터, 목소리로 사람과 커뮤니케이션이 가능한 HRI(Human-Robot Interaction) 감성 서비스 기능을 탑재한 운반로봇을 마련하고, 이 운반로봇이 동일 층 또는 서로 다른 층에 위치해 있는 물품선적부와 물품하역부 사이를 왕복 이동하면서 소정의 물품을 운반할 수 있도록 함으로써, 기존의 비좁은 공간에서도 별도의 확장 공사 없이 물품의 안정적인 운송이 가능하게 됨은 물론 원격 제어에 의한 그 관리 및 통제가 용이하며, 또한, 사람 형상 캐릭터를 통해 사람들에게 친근감을 제공할 수 있는 동시에 홍보물 등을 상영 또는 부착하여 다양한 홍보 기능도 도모할 수 있도록 하는 등의 효과를 얻는다.</p>		
키워드	도서관 카트, RF-ID		
유사점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 센서 , 제어 부를 이용(초음파, 레이저) 2. 정해진 루트로 통해서만 이동 가능 3. 자동으로 움직임 4. 장애물 또는 위치/거리 인식 가능 		
차별점	<p>설계하고자 하는 제품은…….</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 프로그래밍이 상대적으로 간단 2. 비용절감 		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)		

특허명	무선 조작 시스템을 이용한 골프 카트		
출원번호	대한민국 1020040098490	등록일자	2006년 06월 02일
출원자	주식회사 브이씨텍	등록상태	등록결정(일반)
도면 및 요약	<p>본 발명은 배터리(20)에 의해 구동되는 모터(30)의 회전에 의해 바퀴(60)를 구동시키는 골프 카트에 있어서, 유도체 감지 센서(103), 회전각 측정용 로터리 엔코더(100)에서 감지한 정보를 입력하는 중앙제어장치(10); 상기 중앙제어 장치(10)를 조작하기 위한 신호 수신기(40) 또는 수동 조작 판넬(50); 중앙제어장치(10)로부터 제어된 신호에 의해 구동되는 모터(30) 및 이에 연결된 바퀴(60)로 구성된 무선 조작 시스템을 이용한 골프 카트를 제공하는 것이다. 또한 상기 유도체 감지 센서(103)는 골프 카트의 운행 방향, 거리, 장애물 등의 정보를 감지하고, 회전각 측정용 로터리 엔코더(100)는 앞바퀴의 회전방향 및 회전각을 측정하여 중앙제어장치(10)로 신호를 입력 및 피드백 시킴을 특징으로한다.</p> <p>본 도면에 나타난 바와 같이, 본 발명의 골프 카트는 그 중앙에 중앙제어장치(10)를 탑재하고 있고, 이 중앙제어장치(10)는 유도체 감지 센서(103)로부터 골프 카트의 운행방향, 거리, 장애물 등의 정보를 입력시킨 후 이를 다시 원격 신호 송수신 장치를 통해 원격 조작자에게 전달하고 원격 조작자는 필요한 구동 제어 방법을 중앙제어장치(10)에 피드백 시켜 지시한다.</p>		
키워드	조작 시스템, 카트		
유사점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 모터를 이용한 구동방식 2. 센서를 이용한 제어 		
차별점	설계하고자 하는 제품은..... <ol style="list-style-type: none"> 1. 방향조절 자동화 2. 초음파 센서를 이용한 통신 3. AVR을 통한 프로그래밍 		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)		

특허명	안정성과 편의성이 향상된 전동 무빙 카트		
출원번호	대한민국 1020090067240	등록일자	2012년 03월 29일
출원자	주식회사 로보피아	등록상태	등록결정(재심사후)
도면 및 요약	 <p>본 발명은 중공의 제1 본체(111)와 상기 제1 본체(111)로부터 일측으로 연장된 관상의 제2 본체(115)로 이루어지는 본체부(110)와, 상기 본체부(110)에 구비되며 구동부(120)의 모터(127)와 전기적으로 연결되는 배터리와, 상기 제2 본체(115)의 하부로 구비되는 하나 이상의 캐스터(119)와, 상기 캐스터(119)로부터 이격되어 상기 제2 본체(115)의 하부로 설치되며 모터(127)와 휠(123)을 구비한 구동부(120)와, 상기 제1 본체(111)에 구비되며 상기 구동부(120)에 전기적으로 연결되어 운전 명령을 입력하는 조작부(130)와, 상기 제2 본체(115)의 상부로 구비되는 적재부(140)를 포함하는 안정성과 편의성이 향상된 전동 무빙 카트(100)에 관한 것으로 파지가 편리하고, 파지한 후 부분적인 동작만으로 속도 조절이 가능하며, 속도가변이 이중 구조로 되어 있으므로 미세한 속도 조절이 가능하며 최대 속도를 조절할 수 있어 안전성과 편의성이 증대되며, 적재물이 많아 시야가 가려지는 경우에도 운전이 가능하며, 적재부의 설치 개수와 높이 조절이 가능한 효과가 있다.</p>		
키워드	전동, 카트		
유사점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 제어를 통한 모터 구동 2. 모터를 이용하여 편리한 이동 가능 3. 안정성 		
차별점	설계하고자 하는 제품은……. <ol style="list-style-type: none"> 1. 무인 조종이 가능하다. 2. 방향 전환 자동화 3. 충돌방지 		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)		

특허 조사 결과 기존의 특허들 중에서 설계하려는 제품과 중복되는 특허들은 보이지 않았다. 자율운전 도서관 카트가 설계 된다고 해도 목표를 이루는데 있어서 문제점이 없을 것으로 판단된다.

제3절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

도서관 사서들의 업무 중 배가 업무의 효율을 극대화 시킬 수 있다.

책을 정리하는 과정에 많은 시간이 소비되게 된다. 이때 많은 양의 책을 무인력(無人力) 도서관 카트를 사용하여 이동 시키게 되면 업무 시간 단축을 기대 할 수 있다. 사서의 배가 업무 시간이 단축된다는 것은 사서의 업무 효율이 개선됨을 의미하고 이는 사서 업무 중 도서관을 이용하는 사람들에게 도움을 주는 참고 봉사 업무 시간이 증가됨을 의미한다. 이로서 도서관 사서의 업무의 효율을 증대 시키고 도서관을 이용하는 사람들에게 제공될 서비스의 질을 높이자는 처음 목적을 이룰 수 있게 된다.

또한 도서관의 도구가 향상되어 사람의 힘을 덜 사용하게 되면 많은 인력을 요구 하지 않기 때문에 공공도서관 및 사설도서관에서도 적은 수의 사서로도 질 높은 서비스를 제공 할 수 있을 것이라 기대된다.

현 시점에서 다가오는 미래에는 삶의 질이 향상되고 산업 전반에서 무인력 시스템들이 들어 설 것이다. 이때 각 국가의 복지 수준 판단 기준의 하나인 도서관 서비스 쪽에서도 예외는 아닐 수 없다.

따라서 OECD 가입국 중 도서관 복지 수준이 낮은 대한민국이 복지 강국으로 나아가기 위한 하나의 발판이 될 것이라 기대한다.

2. 활용방안

무인력(無人力) 도서관 카트에서 더 나아가 산업 전반적으로 사용되는 모든 카트 종류에서도 개발 하려는 기술력을 결합한다면 큰 파급 효과를 얻을 수 있을 것이다.

예를 들어 일반적인 공장에서 무거운 물품을 운반 할 때 수레를 이용하여 이동 시키는 경우가 많다.

이때 무인력 도서관 카트 방식의 초음파 센서를 통한 카트 제어 기술을 이용한다면 무거운 짐을 쉽게 운반 할 수 있으며 많은 양의 짐도 한 번에 운반 할 수 있어 업무 효율의 큰 효과를 보이게 될 것이다.

이는 모든 산업 분야에서의 업무 효율을 나타내며 즉 큰 파급 효과를 낸다고 볼 수 있다.

산업 전반적으로 걸쳐 모든 포장된 공장 내에서의 짐 운반이 편리해 질 것이고 기능을 더 개선하여 타이어, 진동의 문제로 인해 생기는 노이즈 현상으로 인한 초음파센서 신호 교환의 방해 문제를 해결한다면 포장된 바닥이나 도로 뿐만이 아닌 비포장도로나 지면이 일정하지 않은 바닥에서도 무거운 짐을 효율적으로 이동 시킬 수 있어 큰 이익을 얻을 것이다.



< 그림 6. 비포장 도로 카트 사용의 예 >



< 그림 7. 포장 도로 카트 사용의 예 >

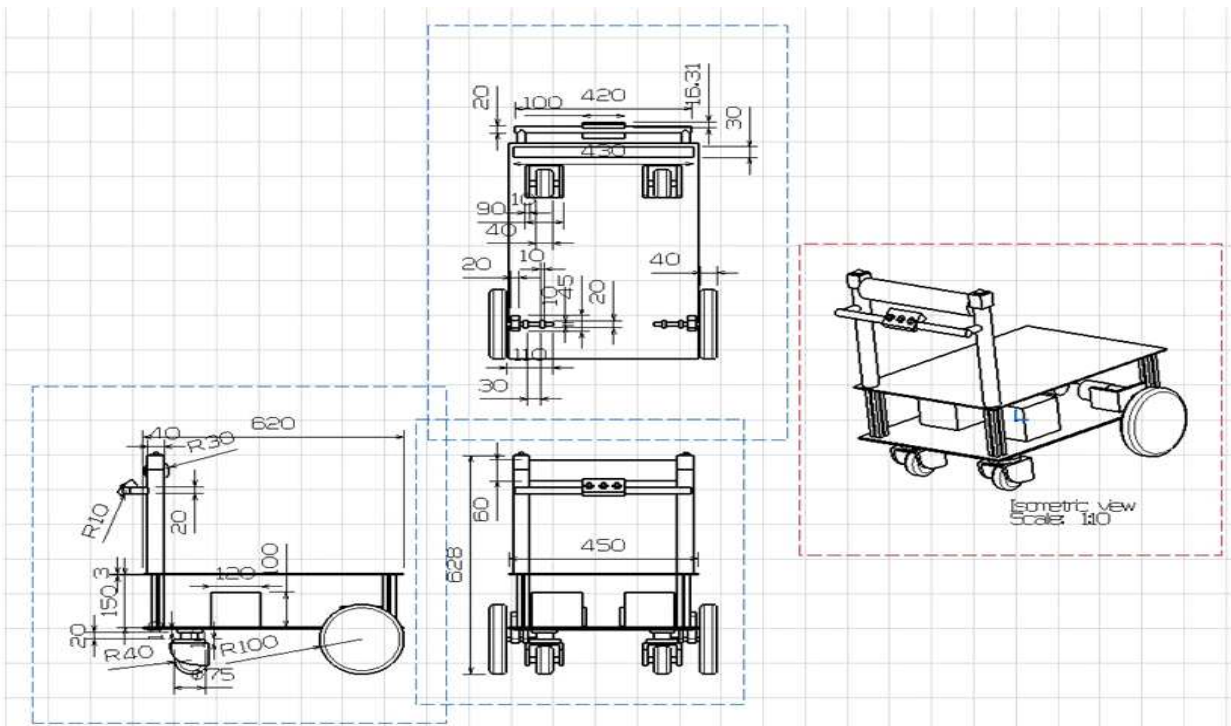
제2장 개념설계 및 최종설계

제1절 개념설계

1. 이론적 배경

현재 우리나라는 시민에 대한 복지가 발달함에 따라 도서관 수가 증가하고 있다. 뿐만 아니라 장서 또한 증가하고 있는데 반해 사서의 수는 턱없이 부족함을 알 수 있다. 한명의 장서 수 증가와 사서 수 부족에 따라 사서 한 명당 운반해야 될 장서의 무게가 증가 할 것이다. 현재 도서관에서 일반적으로 사용하는 카트는 수동 카트(북트럭) 이며 장서를 많이 적재 할수록 사서의 인력 소모는 커지게 된다. 또한 기능이 없는데 반해 가격은 비싸다. 본 과제는 이러한 점을 보완하여 자율운전 도서관 카트를 개발하여 도서관 사서의 업무 부담을 줄이는 것이 목적이다. 자율운전 도서관 카트를 사용하게 되면 인력소모는 줄이는데 반해 소음이 유발 될 수 있으나 모터 설계를 통해 소음을 최소화 하는 방법을 찾아내 소음유발이 적고 도서관 사서의 효율적인 업무를 위한 설계를 하여 현 우리나라 실태에 맞는 도서관 카트를 개발할뿐 더러 도서관, 물류창고 등 응용 가능하도록 설계를 하여 다양성 또한 갖추고자 함을 알리는 바이다.

2. 제품 초기 도면



<그림 2.14 초기 구상 제품 CATIA 2D도면>

자율운전 도서관카트 손잡이 부분에 제어부를 설치하여 조작이 용이하며 간편하도록 한다. 감속기 축과 뒷바퀴를 직결하고 배터리를 균형에 맞추어 양쪽에 각 하나씩 설치하며 초음파

센서는 오퍼레이터를 인식하기 용이하도록 오퍼레이터 허리높이에 맞추게끔 설치하고 초음파 센서는 오퍼레이터가 가지고 있는 발신기를 통해 통신한다. 모터는 소음유발이 적은 BLDC모터를 사용하고 바퀴도 소음을 적게 발생시키는 고무 통바퀴를 사용, 프로그래밍은 AVR로 제어하고 프레임은 가볍고 강도가 강한 알루미늄 프로파일을 사용한다.

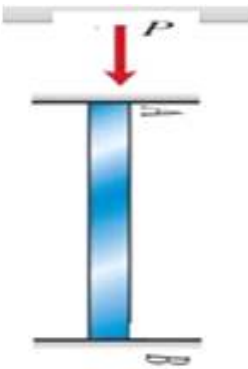
제2절 상세설계

1. 프레임

1) 빔 해석(프로파일 A6N01-T5 - 20mm)

▶ 수직 하중

- 역학적 계산



- 탄성 계수 : $703604.187 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$
- 항복 강도 : $2651.262 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$
- 최대 강도 : $2957.177 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$
- 최대 지지하중 : 3869.25 kg_f
- 탄성 영역의 최대 지지하중 : $\sigma(\text{항복강도}) \times A = 3869.25 \text{ kg}_f$
- 실제 하중을 고려한 최대 변형량 : δ

<그림 15.2>

$$\delta = \frac{FL}{AE} \quad (F: \text{하중}, L: \text{빔 길이}, A: \text{단면적}, E: \text{탄성계수})$$

$$= \frac{5 \text{ kg}_f \times 15 \text{ cm}}{1.4594 \times 703604.187 \text{ kg}/\text{cm}^2} = 7.3 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

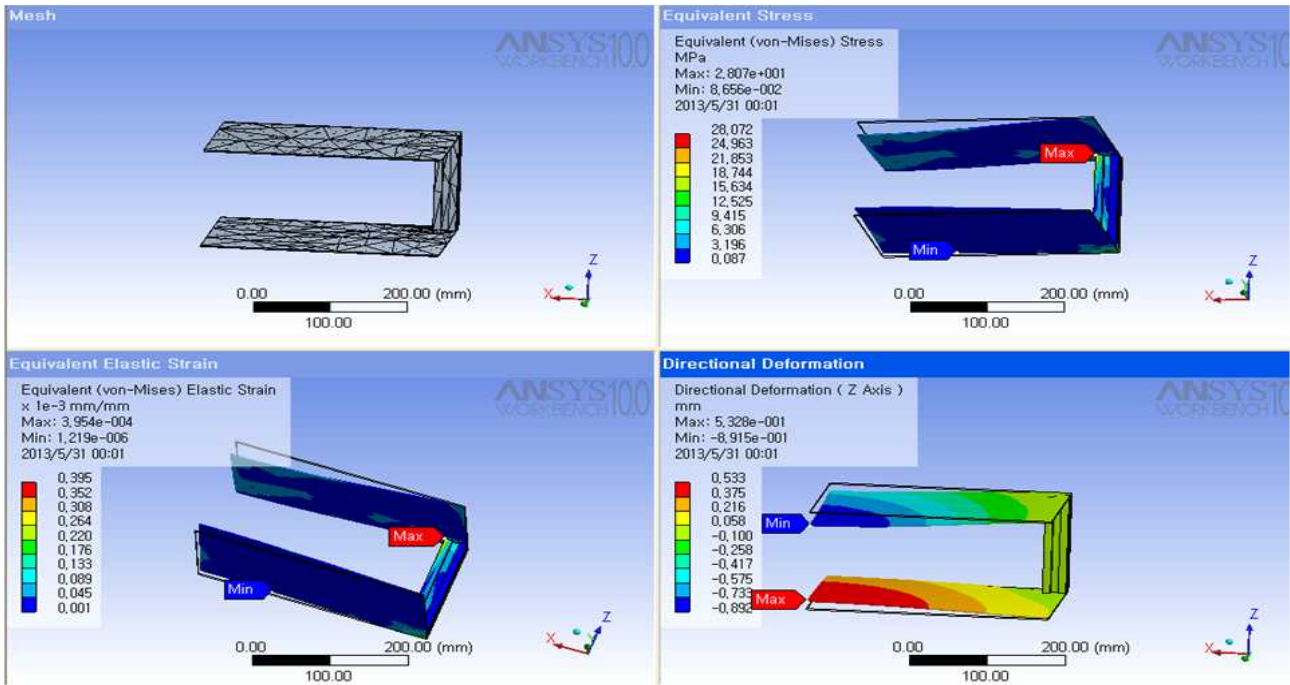
프로파일이 수직으로 하중을 받을 시에 최대 지지 하중은 3869.25kgf로 카트에 책을 신을 책의 총 무게가 25kg 이므로 프로파일의 최소 사양 20mm가 충분하다.

- CAE 해석(검증 및 구조해석)

가용하중	구속 조건	물성치	Mesh	변형량(mm)
25kgf	빔의 끝단	Al(알루미늄)	1000	Max : 5.328e-001 Min : -8.915e-001

<표 2.8 알루미늄 판과 축 연결부 CAE해석 요약>

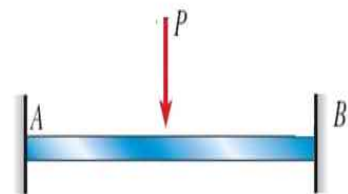
가용하중은 책의 무게와 카트 무게를 합한 최대 무게 25kgf 를 주었으며, 해석 결과로 보아 보의 끝단에 $2.807 \times 10^1 \text{ MPa}$ 로 가장 많은 스트레스를 받는다. 이유로는 판을 직접 적으로 받히고 하중을 받기 때문으로 판단된다. 변형률로는 $5.328 \times 10^{-1} \text{ (mm)}$ 로 판의 중심 부분에 가장 많은 변형이 일어난다. 자중과 책의 무게 총 25kg의 무게를 받고 있는 아래판 부분에 분



<그림 2.16 알루미늄 관과 축 연결부 CAE 해석>
 포하중을 가하였기 때문에 중간 부분에서 가장 큰 변형량이 발생함을 볼 수 있다.

▶ 수평하중

- 역학적 해석



<그림 2.17>

- 집중하중 조건에서의 처짐량 : Y

$$Y_{\max} = \frac{Wl^4}{384EI} \quad (W: \text{하중}, l: \text{빔 길이}, E: \text{탄성계수}, I: \text{2차단면 모멘트})$$

$$E = 0.72 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2, \quad F = \frac{Wl}{2} \quad (W: \text{하중}, l: \text{빔 길이})$$

$$I = \frac{1}{12}(b_2h_2^3 - b_1h_1^3) + b_1h_1^3 = \frac{b_2h_2^3}{12}$$

$$Y_{\max} = \frac{\frac{20}{64} \times 64^4}{384 \times 0.72 \times 10^6 \times \frac{16}{12}}$$

$$\therefore Y = 0.014 \text{ cm}$$

보의 최대 처짐이 0.014cm 로 거의 변형을 하지 않으므로 프로파일 사용이 충분하다.

- 수치 해석

빔의 면적의 1/4로 잘라서 사용하여 계산 수치의 4배를 하여 하나의 빔의 수치를 나타낸다. 여기서 면적에 따라 면적의 수치를 1, 0.8, 0.5, 0.3, 0.2, 0 으로 세분화 하여 나눈다.

$$\text{결과 적으로 } I = 0.57343 \text{ cm}^4$$

$$A = 1.468 \text{ cm}^2$$

$$\text{합계} = 1.4594 \text{ cm}^2$$

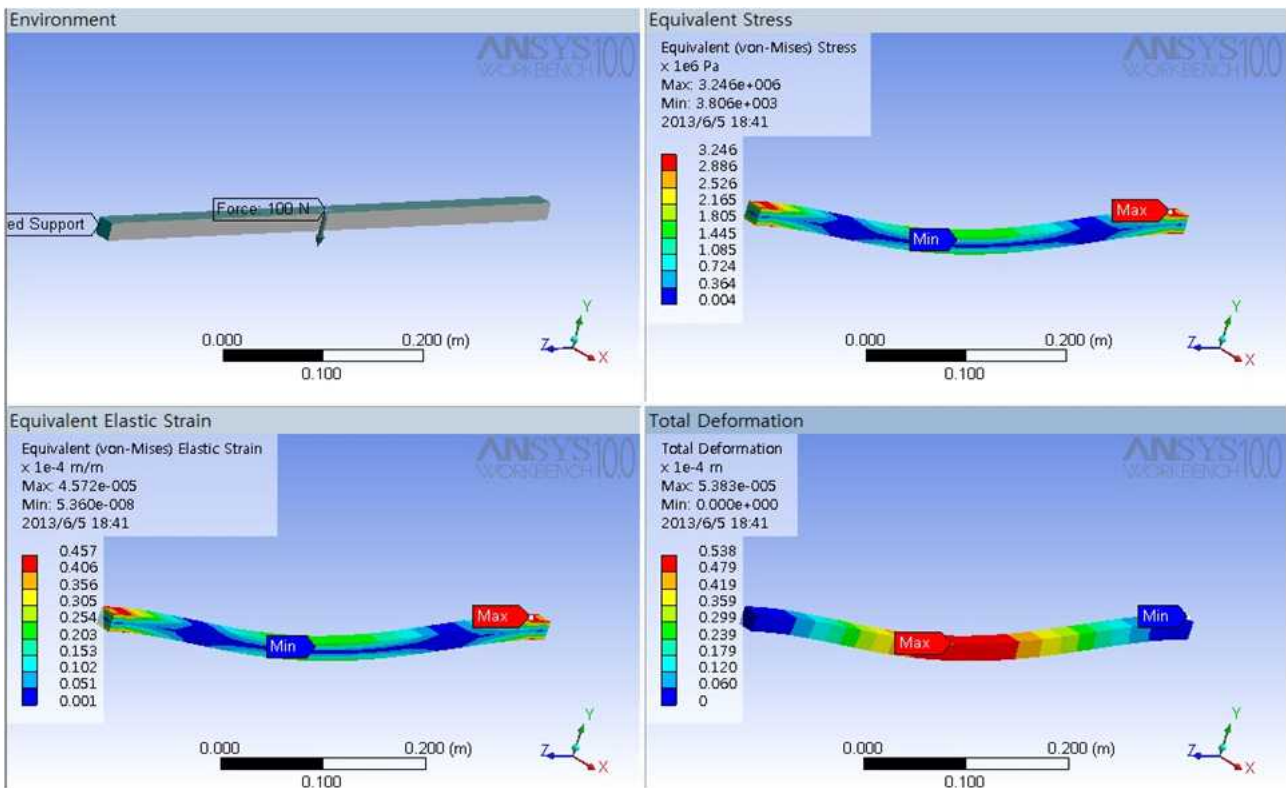


<그림 2.18 프로파일 1/4 Symmetric >

0.95	0	0	0.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.000	0.000	0.003	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
0.85	0	0	0.2	0.5	1	0.5	0	0	0.5	1				0.000	0.000	0.001	0.004	0.007	0.004	0.000	0.000	0.004	0.007	
0.75	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1				0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	
0.65	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1				0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	
0.55	0	0	0	0	1	0.5	0	0	0.5	1				0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.002	0.003	
0.45	0	0	0	0.5	1	1	1	1	1	1				0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
0.35	0.3	0.5	0.8	1	0.5	0	0	0	0.5	1				0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	
0.25	1	1	1	0.8	0	0	0	0	0.2	0.3				0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.15	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0				0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.05	0	0	1	0.3	0	0	0	0	0	0				0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

I= 0.57343 cm4
 A= 1.468 cm2
 Spec 1.4594 cm2

- CAE 해석 (검증 및 구조해석)
 윗보

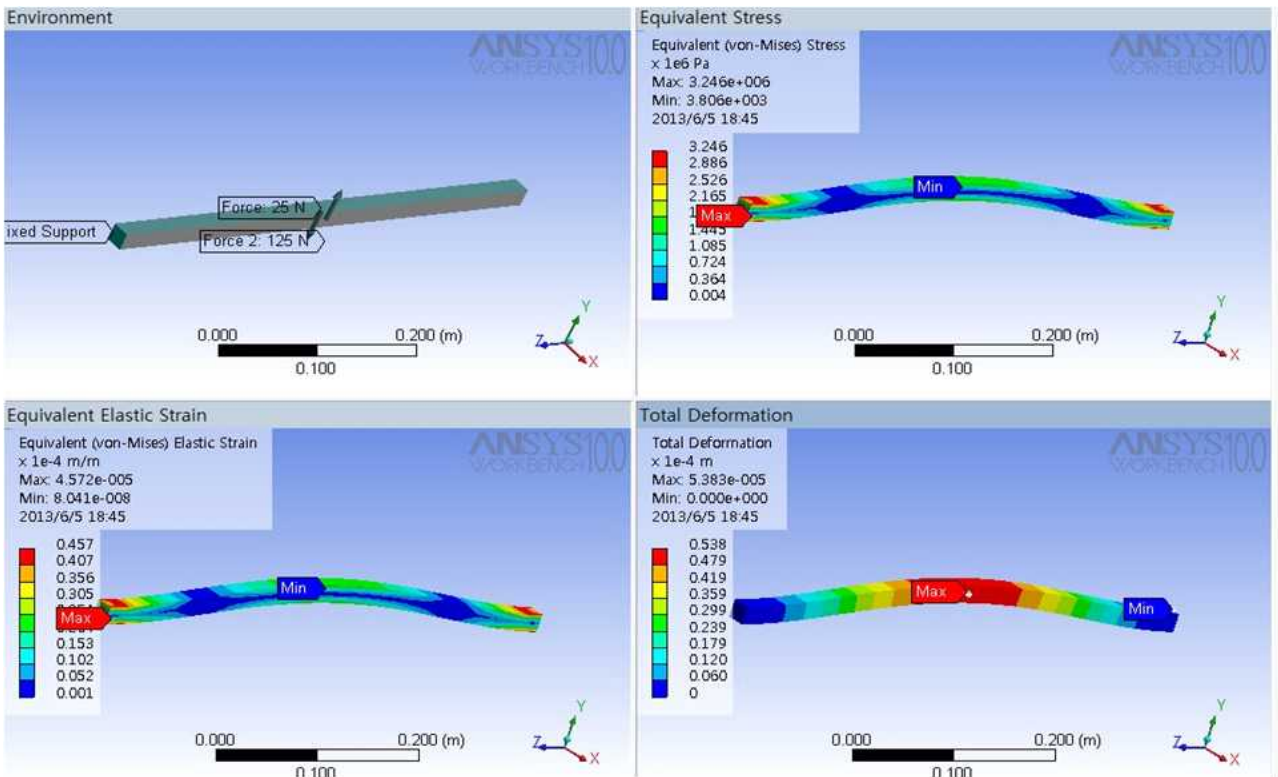


가용하중	구속 조건	물성치	Mesh	변형량(x1e-4m)
100N	빔의 끝단	Al(알루미늄)	1000	Max : 5.383e-005 Min : 0.000e+000

보의 처짐량을 해석하는데 있어서 가장 극한의 상황을 고려하여 윗 보에 실질적으로 4군대로 나누어 힘을 받지만 가장 긴 부분인 64cm에서 가장 큰 힘으로 집중하중을 주었을 경우 처짐량을 판단함으로 안정성을 평가해 보았다. 그 결과 양옆을 고정시키고 자중인 책의 무게인 20kg정도의 힘이 가해졌을 때 가장 큰 stress는 3.246e-006 e6pa로 나왔고 가장 큰 변형량은 가운데 부분에서 5.38e-005xe-4m로 나타났다.

위 CAE 프로그램을 통해 해석해 본 결과 가장 극한의 경우를 생각하여 힘을 주었을 경우에도 변형량의 값이 너무나도 작게 나와 제품의 형상에 문제를 일으키지 않는다. 따라서, 위의 스펙으로 시연제품을 완성하여도 문제가 없다는 결론이 나오게 된다.

아랫보



가용하중	구속 조건	물성치	Mesh	변형량(x1e-4m)
100N	빔의 끝단	Al(알루미늄)	1000	Max : 5.383e-005 Min : 0.000e+000

보의 처짐량을 해석하는데 있어서 가장 극한의 상황을 고려하여 윗 보에 실질적으로 4군대로 나누어 힘을 받지만 가장 긴 부분인 64cm에서 가장 큰 힘으로 집중하중을 주었을 경우 처짐량을 판단함으로 안정성을 평가해 보았다. 그 결과 양옆을 고정시키고 자중인 책의 무게인 20kg정도의 힘과 아래 판 부분에 들어가게 되는 배터리와 모터 등 5kg의 무게가 더해져 총

25kg의 무게가 가해졌을 때 가장 큰 stress는 $3.246e-006$ e6pa로 나왔고 가장 큰 변형량은 가운데 부분에서 $5.38e-005$ xe-4m로 나타났다.

CAE해석을 통해 보면 윗 보는 아래쪽으로 휘는 반면에 아래 보는 위쪽으로 휘는 것을 볼 수 있다. 이것은 자중의 무게가 지면으로부터 반작용의 힘을 받고 있어 위쪽으로 더 휘어 지게 되는 것이다.

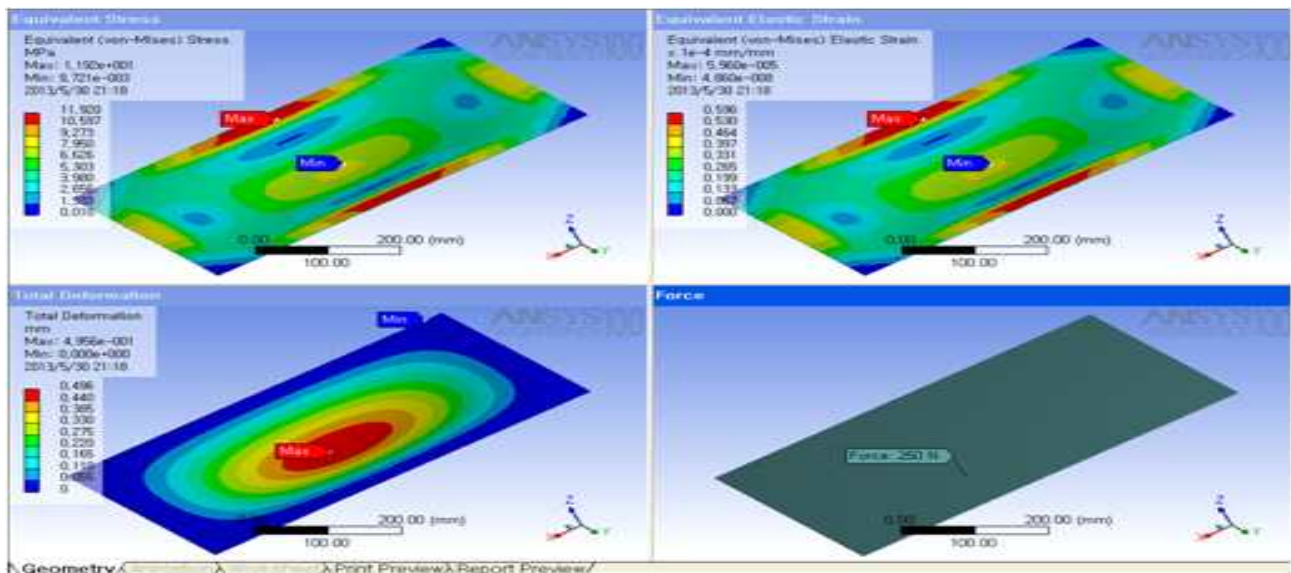
결론적으로는 위 CAE 프로그램을 통해 해석해 본 결과 가장 극한의 경우를 생각하여 힘을 주었을 경우에도 변형량의 값이 너무나도 작게 나와 제품의 형상에 문제를 일으키지 않는다. 따라서, 위의 스펙으로 시연제품을 완성하여도 문제가 없다는 결론이 나오게 된다.

2)알루미늄 판 해석(AL5052-H32)

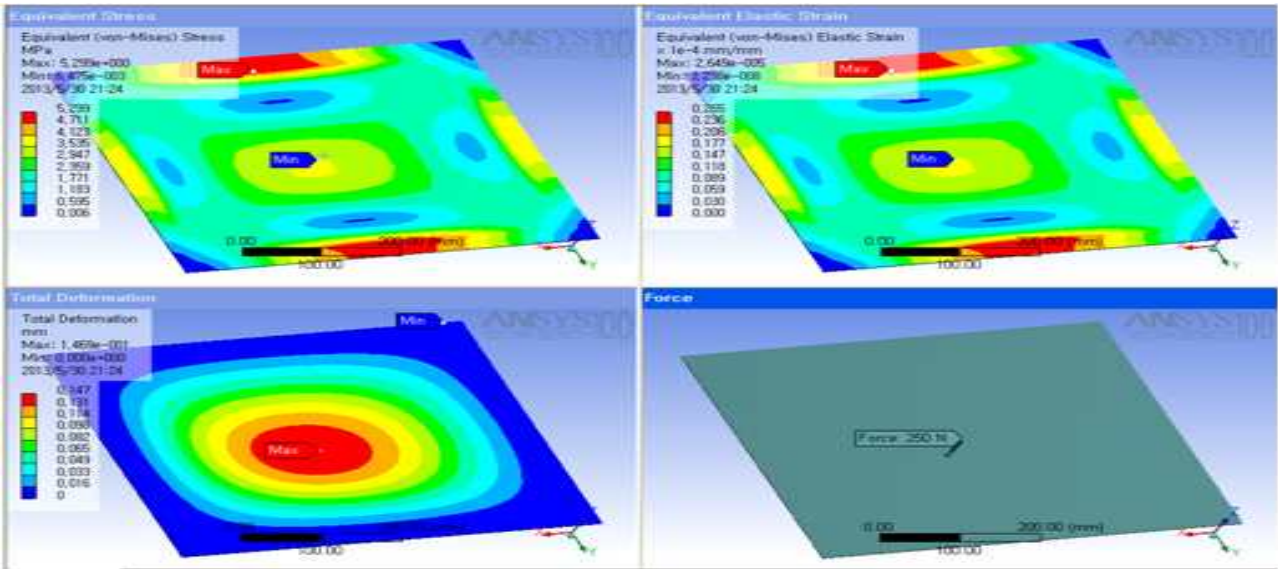
- 탄성계수 : $731901.349 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$
- 항복강도 : $1988.447 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$
- 최대강도 : $2345.347 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$

- CAE 해석

2mm



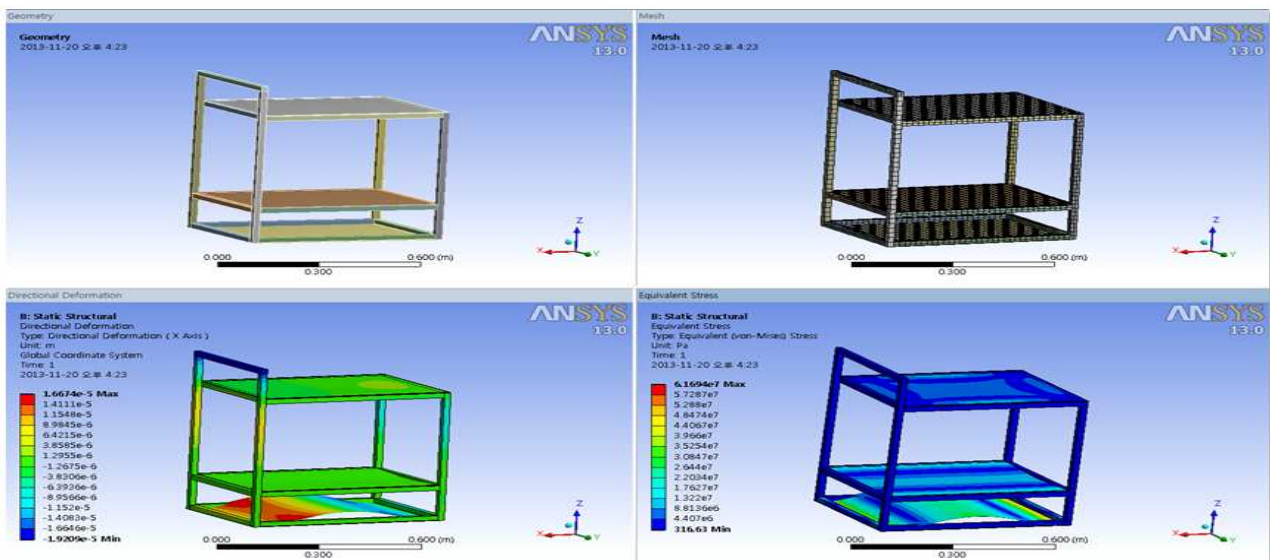
3mm



	stress(Mpa)	strain(x1e-4 mm/mm)	deformation(mm)
2mm(Max)	1.192e+ 001	5.960e-005	4.956e-001
3mm(Max)	5.299e+ 000	2.649e-005	1.469e-001

CAE를 이용하여 판을 해석하였을 때 4면을 고정시켜 놓고 판위에서 분포하중을 주었을 경우 결과 값을 보면 2mm 와 3mm일 경우 각각 최대 처짐량이 4.956e-001 와 1.469e-001로 나타난다. 두 개의 값을 절대적으로 비교해 보면 약 3배 이상 차이가 나서 많은 차이를 보이지만 제품을 만드는데 있어서 힘을 버티는 용도로는 2mm를 사용한다고 하여도 문제가 없는 처짐량 임을 볼 수 있다. 따라서 상대적으로 가격이 저렴한 2mm를 사용하는 것이 효율 면에서 큰 이득을 볼 수 있다.

3) 최종 프레임 형상 해석



	Deformation(m)
알루미늄 판(2T)/프로파일(20mm)	최대:1.67e-5(m)
	최소:1.29e-6(m)

ANSYS를 통해 최종 프레임 형상에서 변형 량이 거의 없음을 확인 할 수 있다. 그러나 구동 시 변형이나 해석에 대한 기술적 오차가 있을 수 있다고 판단하여 각 알루미늄 판의 중심에 추가 보를 보강 시켜 안정성을 더욱 향상 시켰다.

2. 구동부

1)모터 및 감속기 설계

-모터선정을 위한 시연용 기초 데이터

① 제작품의 전체 질량

(시연용 sclae)

- 책 0.5kg x 10권 = 5kg

- 부재[모터(1EA 1.5kg)x2, 배터리(1EA 3.0kg)x2, 책장, 알루미늄] = 20kg

- 총 25kg

② 운동 부품의 종류, 개수 및 마찰계수(미끄럼 마찰계수 또는 굴림 저항계수)

- 모터+감속기, 우레탄 바퀴 2EA ($\mu = 0.2$)

③ 베어링 부품의 개수 및 부담 하중

- 베어링 2EA(부담 하중 4550N)

④ 정격 운전 상태의 속도 또는 회전속도

- 회전속도 : 3000rpm의 모터를 30 비율의 감속기를 쓰면 100rpm

- 바퀴 직경(15cm), 원주길이($\pi D = 0.471m$)

- 분당 이동 거리 : 100rpm x 0.471 = 47.1m

- 운전 상태의 속도 : 47.1m ÷ 60(s) = 0.785m/s

⑤ 정지 → 정격 운전의 가속, 감속 시간

- 가속, 감속 시간 : 2(s)

-주요 부하토크

$$F_f = \mu mg = 0.2 \times 25 \times 10 = 50N$$

$$T_f = F_f r = 50 \times 0.075 = 3.75N-m$$

$$Power = F_f v = 50 \times 0.471 = 23.55 W$$

마찰력은 50N 이고 토크는 3.75Nm 이고 도서관카트의 필요 동력은 23.55W이다

-필요 가속 토크

$$\sum F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F_d = 25 \times \frac{0.471}{2} = 5.888N$$

$$F_{tot} = 55.888N$$

$$T = 55.888 \times 0.075 = 4.1916N \cdot m$$

-모터 1개당 요구 토크

$$\text{모터 1개당 필요가속토크} = 2.0958N \cdot m$$

$$T = 21.364kg_f \cdot cm$$

-모터 1개당 요구 동력

$$Power = F_f v = 50 \times 0.471 = 23.55 W / 2 = 11.775 W$$

-감속비 선정을 위한 설계

감속비 : 30

감속비 효율 : 73%

$$T_G = 1.27 \times 30 \times 0.73 = 27.813kg_f \cdot cm$$

필요 가속 토크를 출력시키기 위해 알맞은 요구 값을 산출한 뒤 감속기 선정

2) 배터리

전압: 12V 용량: 18AH를 선정해 완충 후 3시간 반~4시간 사용 가능 하도록 계산

3) 바퀴 설계

사용 장소가 도서관임을 고려해 소음이 적은 바퀴를 조사 후 설계한다.

-앞바퀴(캐스터): 소음이 적고 회전이 용이한 인라인 캐스터 바퀴 선정

-뒷바퀴: 마찰력이 높으며 필요 토크를 출력하기 위해 바퀴 지름을 15~20cm 선정

3. 제어부

1) 초음파 센서

초음파 위성(USAT-Ultrasonic SATellite)의 위치 인식 원리

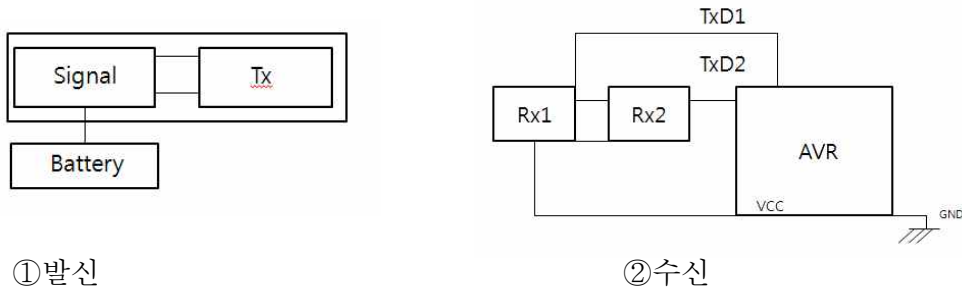
USAT은 발신기에서 초음파를 출력해주며 수신기에서 이를 검출하여 각각의 발신기와의 거리를 수신기 스스로 인식한다. 따라서 이동 체에서 또 다른 무선전송 방식의 시스템 지원 없이 실시간 위치 자료를 USAT를 통해 획득 가능하도록 설계되어 있다.

USAT은 수신기에서 각각의 거리를 인식하고, 인식된 거리 정보를 기반으로 발신기와 수신기가 이루는 각도를 삼각법을 이용하여 계산해 산출 하도록 한다. 수신기 출력은 기본적으로 9V이다. 수신기 출력은 시리얼 포트가 정상 연결 후 자동 반복 출력 된다. 즉, 별도의 요청명령 전송 없이 수신기 본체가 반복적으로 자신의 거리를 인식한다. 수신기에 전원이 투입되면 하이퍼 터미널 연결 시, 터미널 화면에서 ASCII코드로 측정된 실시간 거리 및 좌표를 확인할 수 있다. 전체적으로 발신기-수신기간 별도 동기화 신호 방식을 채택, 기능을 내장하고 있다. 방송기가 동기화를 주관하여 운영하게 되며, 수신기에는 동기화 신호 수신을 위해 안테나가 내장되어 있다.

방송기의 기능

무선 전파가 발신되어 수신기로 보내지고 또한 발신기 케이블로 발신기에 각각에 동기화 신호가 전송된다. 이로 인해서 초음파의 발신부와 수신부가 떨어져 무선으로 되어 있어도 서로의 거리를 인식하여 USART(통신)을 통해 MCU(AVR)로 전송하게 된다.

송수신

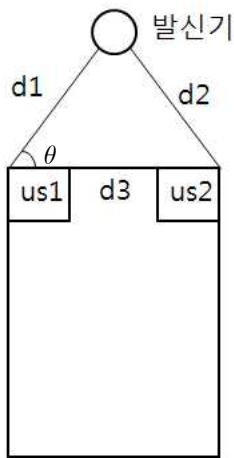


구동 원리

기본적으로 발신기와 수신기는 초음파센서로 무선으로 되어있으며, 작업자가 발신기를 손에 들고 다니면서 카트를 조종하게 된다. 작업자가 들고 있는 발신기의 신호를 카트에 설치 되어 있는 수신기가 신호를 받아들여 작업자로 인식하여 거리를 0.6s 마다 체크 그 거리에 따른 동작을 하게 된다.

발신기와 수신기의 거리가 800mm ~2000mm, theta가 74도 이상의 범위 안에 있을 시 전진하게 된다. 800mm 이하로 카트가 들어왔을 경우 멈추게 되어 작업자의 안전과 함께 책 또는 물건을 옮길 수 있도록 설정되어 있다. 방향 전환조건은 800mm 이하의 거리에서 카트가 멈춰 있을 때, theta가 95도 이상이 되었을 경우 왼쪽으로 회전 65도 이하가 되었을 경우 오른쪽으로 회전하게 된다. 좁은 공간에서의 회전을 위해 110도 이상 55도 이하가 되었을 경우 카트가 제자리에서 180도 회전이 가능하다.

계산식, 각도 증명



d_1, d_2, d_3 의 값을 알고 있으므로 삼각법을 이용하여 θ 값을 계산한다.

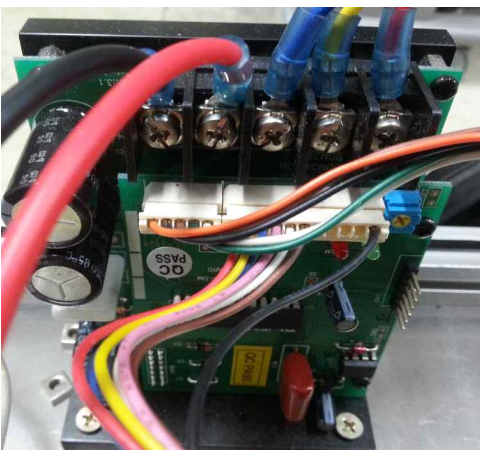
$$d_2^2 = d_1^2 + d_3^2 - 2d_1d_3\cos\theta$$

$$\theta = -\cos^{-1} \frac{(d_2^2 - d_1^2 - d_3^2)}{2d_1d_3}$$

이때, $d_1 = 811, d_2 = 811, d_3 = 450$ [mm]로

$\theta = 74^\circ$ 이상일 때 전진하게 된다. 여기서 발신기와 카트와의 거리는 800 mm 이다.

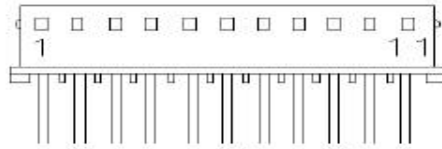
2)MOTOR DRIVE(SBDM-25A)



최대 허용 전류는 25A 까지 가능하며 입력전압의 범위는 DC 12V ~ 24V \pm 10% 이다. 드라이버의 모터속도 제어 범위는 300~3000RPM까지 이며, 회전속도 설정방법으로는 외부 속도 설정기, D/A 변환기, PWM 신호를 이용하여 설정이 가능하다. 또한 드라이버 자체에서 보호기능으로 인해 과부하, 오결선, 모터이상일 때 자동으로 정지 해주는 기능이 있다.

U/I 기능으로는 Dir. Out, ALARM Out, SPEED Out, ALARM RESET, 회전방향, Brake, Run/Stop, SPEED 등이 존재한다.

User Interface



No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
기능	COM (검정)	Dir Out (녹색)	Alarm Out (보라)	Speed Out (주황)	Alarm Reset (회색)	F/R (갈색)	BRK (흰색)	R/S (분홍)	GND (파랑)	Speed (노랑)	+5V (빨강)

②Dir. Out	- CW 로 회전시 HIGH, CCW로 회전시 LOW 출력이 된다.
③ALARM Out	- 과부하 오결선 모터이상시 경고 신호 출력한다.
④SPEED Out	- 모터의 회전수를 모니터하고자 할 때에 사용한다.
⑤ALARM RESET	- ALARM이 발생한 경우 Alarm Reset(5)에 GND(1)를 접촉하면 해제된다.
⑥회전방향	- F/R(6) 단자를 GND(1)와 접촉시 시계방향(CW), 비접촉시 반시계방향(CCW)
⑦Brake	- Brk(7) 단자를 GND(1)와 접촉시 Free, 비접촉시 Brak - Motor의 3상단자를 단락시켜 다이내믹 브레이크를 걸어서 빨리 정지 시킨다.
⑧Run / Stop(A)	- R/S(8)단자를 GND(1)와 접촉시 Run, 비접촉시 Stop
⑨⑩⑪SPEED	- 아날로그 전압을 인가하면 모터의 속도를 조정할 수 있다. - 외부에서 전압을 인가하는 경우 최대 5V 이하로 해야한다.

Motor 제어

기본적으로 모터제어에 사용 되는 단자 ①,⑥,⑦,⑧ 단자만을 사용한다. ①+⑦+⑧ 접촉 후 속도 가변 저항 시계방향으로 증가 시 모터는 CCW 회전을 하게 되며, ①+⑦+⑧+⑥ 접촉 후 속도 가변 저항 시계방향 증가 시 CW 방향으로 회전을 하게 된다.

AVR 128 보드에서 Port B의 PB4(OC0)와 PB7(OC2)와 ⑩단자와 드라이버를 각 각 연결하여 8-bit PWM 제어를 한다. (이때 PWM 값의 범위는 0~255까지 이며, 최대속도 일 때 PWM 펄스 신호는 255이다.) 또한 ⑩번 Speed 단자와 드라이버 간에 연결 시 포토커플러(PC817)를 이용하여 노이즈를 없앤다.

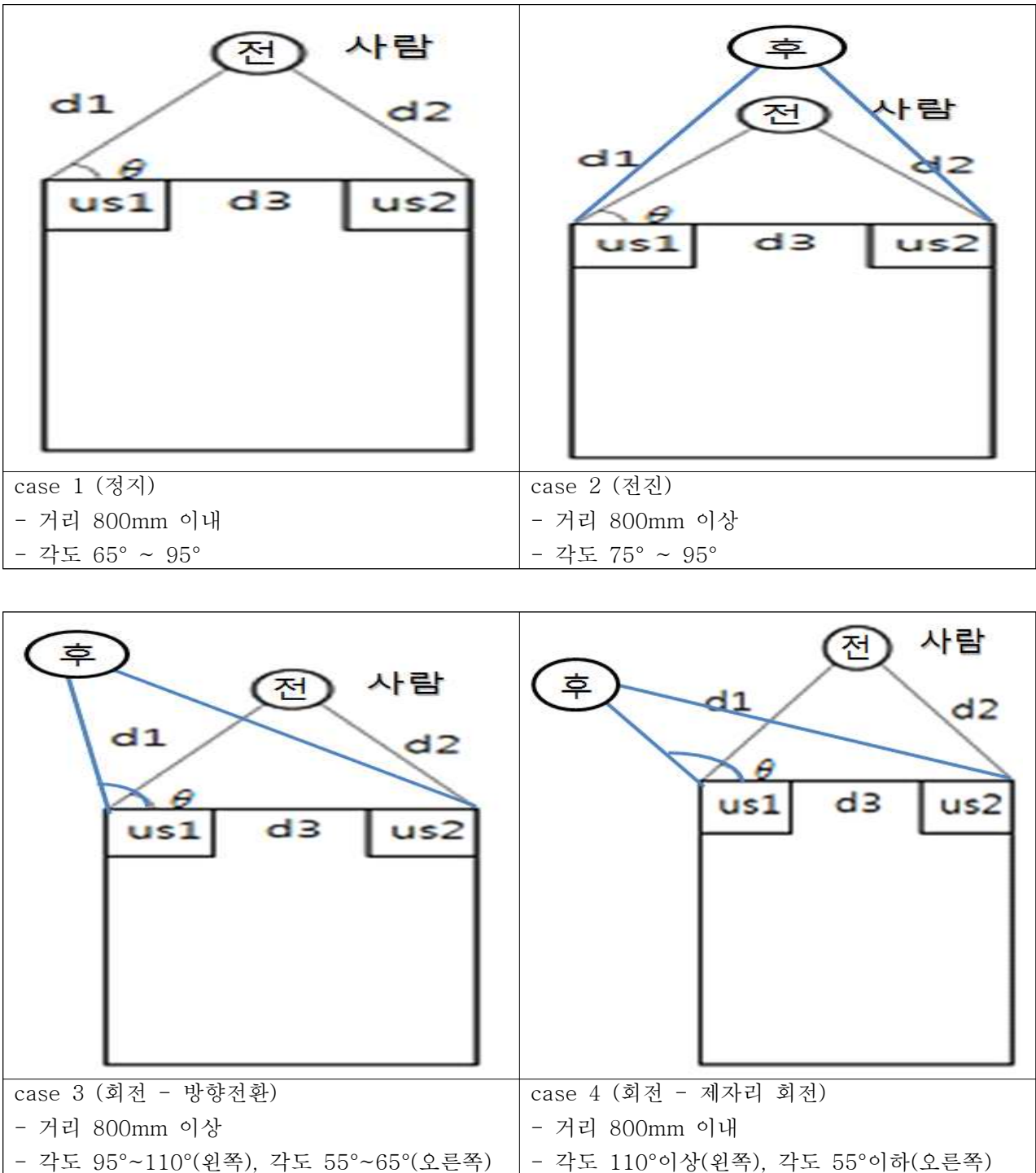
PORT A	PA5(F/R)	PA6(BRK)	PA7(R/S)
CW	1	0	1
CCW	0	0	1
CW(STOP)	1	0	0
CCW(STOP)	1	0	0

위의 방식을 ATmega 128의 동작 소스로 구성 해보면(PORTA의 모터)로 구성되어 진다.

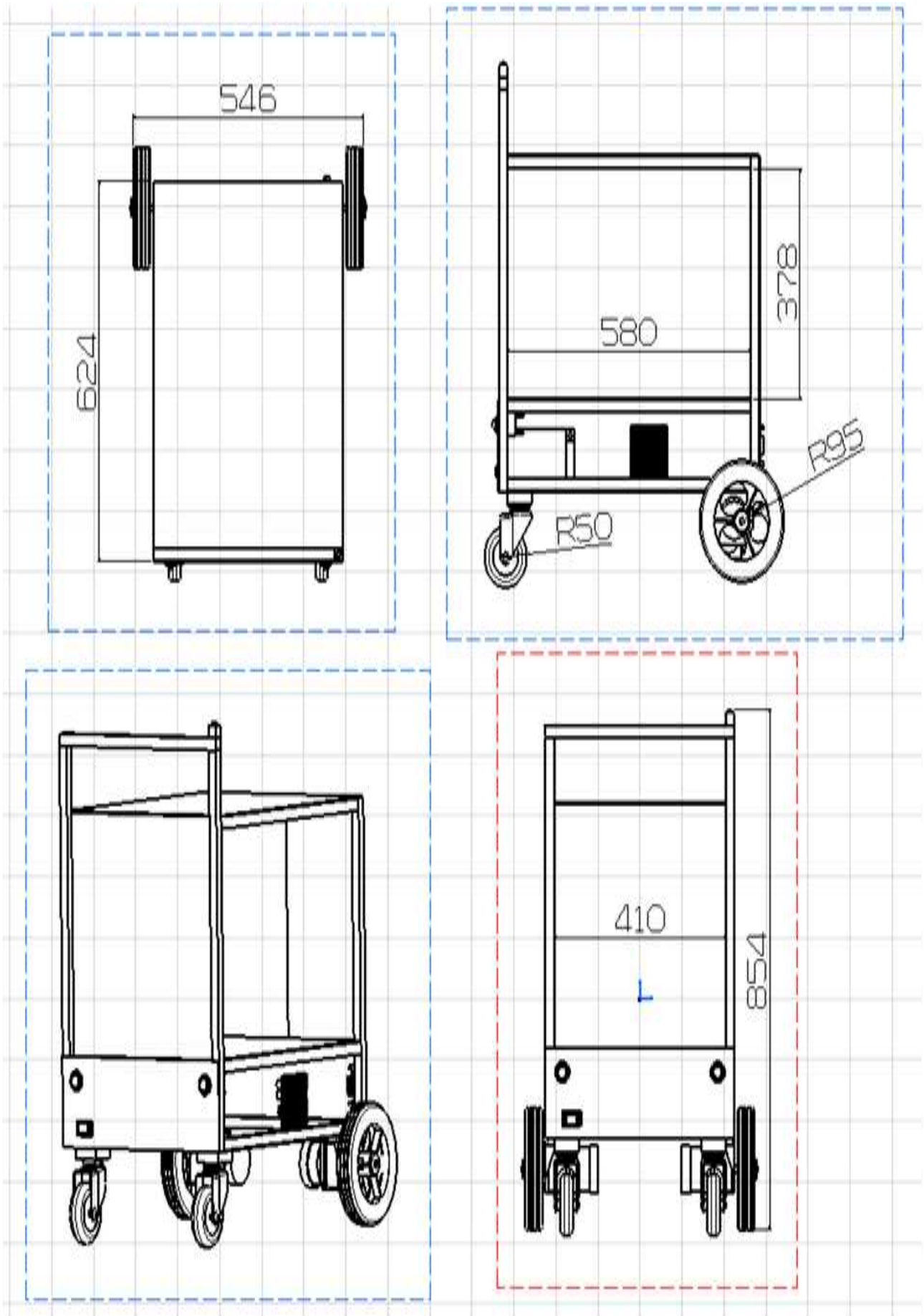
구동 실험

처음 조건에서 속도 변화 실험을 위해 OCR0(PWM신호)를 최대로 한다. 이후 원하는 속도에 따른 OCR0(PWM 신호)를 입력하여 육안과 오실로스코프를 이용하여 파형에 따른 속도변화를 측정한다. 모터가 2개이므로 각 각의 모터가 동일한 조건에서 똑같이 구동하는지 측정하여 PWM 신호에 속도 변화 차이를 비교한다.

구동 방식

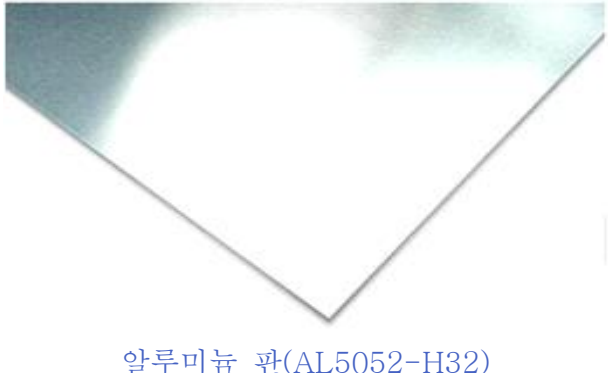
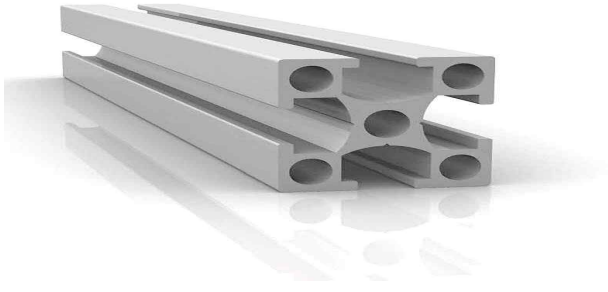


최종 도면




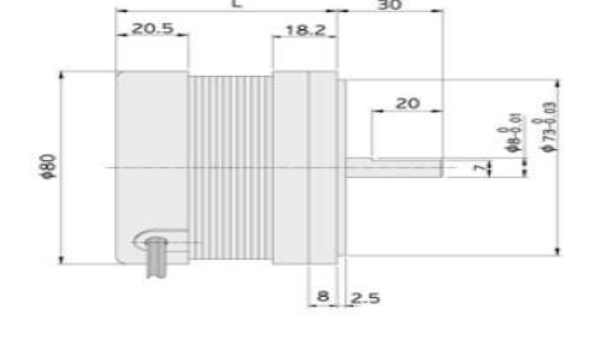
제3절 최종부품 선정 및 제원

1. 프레임 최종 선정

	
<p>알루미늄 판(AL5052-H32) 탄성계수: $713801 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 항복강도: $1988.477 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 최대강도: $2345.347 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$</p>	<p>프로파일(A6N01-T5) 탄성계수: $703604.187 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 항복강도: $2651.262 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 최대강도: $2957.177 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$</p>

구조해석을 통한 결과와 가격 및 효율성 측면을 고려했을 때 알루미늄 판(2T)와 프로파일(20X20)을 선정

2. 모터 선정(BLDC 모터)

	
<p>BLDC모터(BD80-N012050)</p>	

MODEL	Rated						Weight (kg)	Length L (mm)
	Voltage (V)	Output (W)	Current (A)	Speed (RPM)	Torque (kgf-cm)	Rating		
BD80-N012020	12	20	2.1	3000	0.63	cont	1.4	52.7
BD80-N012040	12	40	4.2	3000	1.27	cont	1.5	62.7
BD80-N012050	12	50	5.3	3000	1.59	cont	1.6	72.7

2절 모터 설계에서 12V 40W $1.59 \text{ kg}_f \cdot \text{cm}$ 의 모터를 선정해도 무방하나 향후 활용방안을 고려하고 40W와 50W, 60W의 가격 차이가 거의 나지 않았고 안전계수를 고려해 12V 60W의 모터를 선정

3. 감속기 선정



감속기(K6G□B.C)

감속기→ ↓MODEL	3	3.6	5	6	7.5	9	12.5	15	18	25	30	36	50	60	75	90	100	120	150	180	
K6G□B,C	81%									73%			66%								
K7G□B,C																					
K8G□B,C																					
K9G□B,C																					

모터와 같은 규격의 감속기를 선정하고 설계에 나온 결과 값에 따라 감속비30 효율73% 감속기를 선정

4. 바퀴 선정






일반적으로 플라스틱 바퀴에 비하여 표면이 부드럽고 깔끔하여 쿠션이 있어 바닥의 눌림이나 자국이 생기지 않으며 구동할 때 소음이 극히 적은 편

마찰력이 높으며 필요 토크를 출력하기 위해 바퀴 지름을 19cm 선정

5. 배터리 선정

	<p> 품명:ES18-12 전압:12V 용량:18,000mAh(18AH) 크기:181mm(길이), 76mm(폭),167mm(높이) 중량:6.0kg cyclic use:14.4~15.0V 3.75A MAX(initial current) </p>
---	--

6. 초음파 센서 선정

		
수신부	방송부	발신부
Response Time	$150\text{ms} \times 2(\text{왕복거리}) = 300\text{ms}$ 단위로 거리 응답, 수신기가 2개가 동기화 되어 있으므로 600ms 마다 신호를 출력	
Resolution	Display unit 1 mm Repeatability 10 ~ 100mm (static)	
Power Supply	발신기 9 ~ 12 VDC 수신기 9.0 VDC (안정화전압 중요)	
Ultrasonic Freq.	25 kHz	
RF	315 MHz (ASK TYPE)	
Output	각 각의 수신기에서 인식된 d1, d2 값 삼각법을 이용한 한 꼭지점의 각도	

프로그램 소스 <AVR studio>

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000UL
#include <avr/interrupt.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <util/delay.h>

#define USART0 ((unsigned char)0)
#define USART1 ((unsigned char)1)
#define CH1_CW PORTB = 0b11111010 // 정 방향 모터 제어
#define CH2_CW PORTA = 0b11111011
#define CH1_CCW PORTB = 0b11111011 // 역 방향 모터 제어
#define CH2_CCW PORTA = 0b11111010
#define CH1_BRK PORTB = 0b11111111 // 모터 브레이크
#define CH2_BRK PORTA = 0b11111111
#define CR 0x0d
#define LF 0x0a
#define LENGTH_RX_BUFFER 20
#define LENGTH_TX_BUFFER 20

int USART1_send(char data, FILE *stream);
int USART1_receive(FILE *stream);
int USART0_send(char data, FILE *stream);
int USART0_receive(FILE *stream);

volatile signed char rx1_buffer[LENGTH_RX_BUFFER], tx1_buffer[LENGTH_TX_BUFFER];
volatile unsigned char rx1_head=0, rx1_tail=0, tx1_head=0, tx1_tail=0;

volatile unsigned char
rx0_buffer[LENGTH_RX_BUFFER], tx0_buffer[LENGTH_TX_BUFFER];
volatile unsigned char rx0_head=0, rx0_tail=0, tx0_head=0, tx0_tail=0;

static FILE
usart0_stdio=FDEV_SETUP_STREAM(USART0_send,USART0_receive, _FDEV_SETUP_RW);
unsigned char fld[9][7], one1,one0;
unsigned char k1,k0; // field no
unsigned char nb=0; // bytes in field
```

```

unsigned char field_no1,field_no0;
volatile int    duty1,duty2;
unsigned int    sensor, mode=0;
int i, j, roll, ax, ay, az, gx, gy, d1,d2, temp, theta, leng, delta;;
double ftheta;

void lf() { putchar(CR); putchar(LF); }
ISR(TIMER0_OVF_vect)          // 타이머/카운터 0 (8bit)
{
    OCR0=duty1;                // 모터 1 PWM
    if(d1<800){mode=1;}        // 초음파와 발신기1 의 거리가 800mm 이하일 때 모드
1
    else if(d2<800){mode=1;}  // 초음파와 발신기2 의 거리가 800mm 이하일 때 모드
1
    else if (theta>=70)        // 각도가 70도 이상이 되었을 때 모드2, 도중 95도
이상이
    {                            되면 모드 3으로 변환
        mode=2;
        if(theta>=95)
        {
            mode=3;
        }
    }
    else if(theta>=95){mode=3;} // 각도가 95도 이상이 되면 모드 3
    else if(theta<=65){mode=4;} // 각도가 65도 이하가 되면 모드 4
}
ISR(TIMER2_OVF_vect)          // 타이머/카운터 2 (8bit)
{
    OCR2=duty2;                // 모터 2 PWM
    if(mode==1)                // 모드 1 : 정지
    {
        duty1=0;
        duty2=0;
        CH1_BRK;
        CH2_BRK;
        if(theta>=110)         // 모드 1 : 정지 (각도가 110 도 이상일 때 제자리 회전)
        {
            CH1_CW;
            CH2_CCW;
            duty1 = 50;
            duty2 = 35;
        }
    }
}

```

```

    }
    else if(theta<=55)// 모드 1 : 정지 (각도가 55 도 이하일 때 제자리 회전)
    {
        CH1_CCW;
        CH2_CW;
        duty1 = 35;
        duty2 = 66;
    }
}
else if(mode==2) // 모드 2 : 전진
{
    CH2_CW;
    CH1_CW;
    duty1=130; // duty가 다른 이유: 양쪽의 모터 드라이브의 PWM이 다르기
               때문에 속도를 맞춰주기 위함
    duty2=114;
}
else if(mode==3) // 모드 3 : 우측 회전
{
    CH1_CW;
    CH2_CW;
    duty1=80;
    duty2=32;
}
else if(mode==4 // 모드 4 : 좌측 회전
{
    CH2_CW;
    CH1_CW;
    duty1=40;
    duty2=64;
}
}

int main(void)
{
    //volatile char buf[100], buf0[100];
    unsigned char buf_idx = 0, buf0_idx = 0;

    cli();
    sei();

    DDRA=0xFF;

```

```

DDR0=0xFF;
DDR1=0xFF;
DDR2=0x00;

stdin=stdout=stderr=&usart0_stdio;

UCSR0B=0x98; UBRR0H=0; UBRR0L=8; //RXCIE1 TXCIE1 UDRIE1 RXEN1 TXEN1
        UCSZ12 RXB81 TXB81
UCSR1B=0x98; UBRR1H=0; UBRR1L=8; //RXCIE1 TXCIE1 UDRIE1 RXEN1 TXEN1
        UCSZ12 RXB81 TXB81
TCCR0 = 0b01101101; //128분주비 (고속 PWM 모드)
TCCR2 = 0b01101100;

TIMSK=0x41;
//타이머/카운터0, 타이머/카운터2 발생하는 오버 플로우 인터럽트를 개별적으로 허용

while(1)
{
    ftheta = acos((double)((double)d1*d1+(double)leng*leng-(double)d2*d2)/
        (double)(2.0*(double)d1*leng)); // 발신부와 수신부의 거리를 받아드려
        각도를 계산하도록 하는 식
    theta = (int)(180.0f*ftheta/M_PI); // 각도 값을 정수로 변환
}
} //main

// 인터럽트에 의한 문자 전송 호출
int USART0_send(char data, FILE *stream)
{
    while((tx0_head+1==tx0_tail) || ((tx0_head==LENGTH_TX_BUFFER-1) &&
(tx0_tail==0)));
    tx0_buffer[tx0_head] = data;
    tx0_head = (tx0_head==LENGTH_TX_BUFFER-1) ? 0 : tx0_head+1;
    UCSR0B = UCSR0B | 1<<UDRIE0; // 보낼 문자가 있으므로 UDRE1 빔 인터럽트 활성화
    return data;
}

// USART0 UDR empty interrupt service
ISR(USART0_UDRE_vect)
{
    UDR0 = tx0_buffer[tx0_tail];
    tx0_tail = (tx0_tail==LENGTH_TX_BUFFER-1) ? 0 : tx0_tail+1;
}

```

```

    if( tx0_tail==tx0_head) // 보낼 문자가 없으면 UDRE1 빔 인터럽트 비활성화
    UCSR0B = UCSR0B & ~(1<<UDRIE0);
}

// 인터럽트에 의한 문자 수신 호출
int USART0_receive(FILE *stream)
{
    unsigned char data;
    while( rx0_head==rx0_tail ); // 수신 문자가 없음
    data = rx0_buffer[rx0_tail];
    rx0_tail = (rx0_tail==LENGTH_RX_BUFFER-1) ? 0 : rx0_tail + 1;
    return data;
}

// USART0 RXC interrupt service
ISR(USART0_RX_vect)
{
    one0=UDR0;
    if(one0==' ')
    {
        str0[k0]=0x00;
        if(field_no0==0) { d2=atoi(str0); }
        k0=0; field_no0++;
    }
    else if(one0==CR)
    {
        k0=0; field_no0=0;
        leng=370;
    }
    else if(one0==LF) { /* no processing, 삭제하면 안됨 */ }
    else { str0[k0++]=one0; }
}

// USART10 receive char check
int USART0_rx_check(void) {return (rx0_head != rx0_tail) ? 1 : 0;}

// 인터럽트에 의한 문자 전송 호출
int USART1_send(char data, FILE *stream)
{

```

```

// txbuffer[] full, 한 개라도 빌 때까지 기다림
while((tx1_head+1==tx1_tail)||((tx1_head==LENGTH_TX_BUFFER-1)&&(tx1_tail==0))
);
tx1_buffer[tx1_head] = data;
tx1_head = (tx1_head==LENGTH_TX_BUFFER-1) ? 0 : tx1_head+1;
UCSR1B = UCSR1B | 1<<UDRIE1; //보낼 문자가 있으므로 UDRE1 빔 인터럽트 활성화

return data;
}

// USART1 UDR empty interrupt service
ISR(USART1_UDRE_vect)
{
    UDR1 = tx1_buffer[tx1_tail];
    tx1_tail = (tx1_tail==LENGTH_TX_BUFFER-1) ? 0 : tx1_tail+1;
    if( tx1_tail==tx1_head) //보낼 문자가 없으면 UDRE1 빔 인터럽트 비활성화
    UCSR1B = UCSR1B & ~(1<<UDRIE1);
}

// 인터럽트에 의한 문자 수신 호출
int USART1_receive(FILE *stream)
{
    unsigned char data;
    while( rx1_head==rx1_tail ); // 수신 문자가 없음
    data = rx1_buffer[rx1_tail];
    rx1_tail = (rx1_tail==LENGTH_RX_BUFFER-1) ? 0 : rx1_tail + 1;

    return data;
}

// USART1 RXC interrupt service
ISR(USART1_RX_vect)
{
    volatile unsigned char data;
    one1=UDR1;
    if(one1==' ')
    {
        str1[k1]=0x00;
        if(field_no1==0) { d1=atoi(str1); d1_ok=1; }
    else { /*삭제안됨*/ }
        k1=0; field_no1++;
    }
}

```

```

    }
    else if(one1==CR)
{
    k1=0; field_no1=0;
    }
    else if(one1==LF) { /* no processing, 삭제하면 안됨 */ }
    else { str1[k1++]=one1;}

    return data;
}

// USART1 receive char check
int USART1_rx_check(void)
{
    return (rx1_head != rx1_tail) ? 1 : 0;
}

```

제3장 제작

제1절 공정도

1. 공정도

1.도면설계	프레임 도면 설계
2.프레임 재료 선정	구조해석을 통한 재료 선정
3.프레임 조립	프레임 조립
4.중간 조립	알루미늄 판/프레임/바퀴 결합
5.조립 문제점 분석 및 고찰	바퀴 파손에 및 보의 처짐 분석
6.알루미늄 판 가공	제어 부 알루미늄 판 자체 가공
7.제어 부 조립	배터리/AVR보드/모터드라이버 등 결합
8.추가 기능 보완	USB포트/충전단자 설치
9.외형 디자인 작업	카트 외형 디자인 및 책장 디자인 구상 및 작업
10.문제점 분석 및 고찰	부품 완전 고정 및 비상정지 버튼 고안
11.최종 조립	구동 부, 제어 부, 프레임 최종 조립
12.제품 완성	제품 완성 및 최종 시험



2. 공정 상세 설명

공정 과정	상세 설명
1.도면설계	제품의 프레임 및 제어, 구동 부를 조립하기 위해 CATIA를 이용해 설계 하였다.
2.프레임 재료 선정	ANSYS를 통해 프레임과 알루미늄 판의 규격,재질 등을 비교하여 가격이 비교적 저렴하고 강도가 좋은 알루미늄 재질의 프레임 재료를 선정하였다.
3.프레임 조립	알루미늄 판 구입 후 부품과 결합을 위해 자체 가공을 통해 drilling하였고 제어 부에 AVR보드,모터드라이버,배터리 등 부품들이 들어갈 공간을 충분히 확보하였고 2층의 경우 책의 높이와 길이를 고려해 제어 부 보다 더 넓은 공간을 확보하였다. 프로파일의 연결은 braket을 이용해 연결 하였다.
4.중간 조립	중간조립을 통해 부품과 프레임을 연결 하였다. 모든 부품들과 프레임의 1차 조립은 자체가공을 통해 체결하였다.
5.조립 문제점 분석 및 고찰	구동시험에서 바퀴와 Braket의 파손이 있었고 원인은 바퀴와 Braket은 구조해석을 통해 선정하지 않았기 때문이라고 판단하여 강도가 높은 바퀴재질과 Braket 선정하였으며 바퀴 허브 제작에 고충을 겪어 외주가공을 결정 및 시행하였다.
6.알루미늄 판 가공	제어부가 완전한 고정이 될 수 있도록 알루미늄 판을 자체 가공 하였으며 제어부의 부품들이 움직이지 않도록 설계 및 제작
7.제어 부 조립	배터리/AVR보드/모터드라이버 등 완전 고정
8.추가 기능 보완	편리한 프로그래밍 수정을 위해 USB포트를 설치 하였고 충전 시 배터리를 들어 내서 충전하지 않도록 충전 단자를 설치 하였다.

9.외형 디자인 작업	아크릴 판 등을 통해 외형 디자인을 구상 및 설계 하였고 책장을 2칸으로 분리 하여 도서관 카트의 효율성을 높였다.
10.문제점 분석 및 고찰	오작동 시 비상 정지할 수 있는 버튼이 필요하다고 판단 하여 비상정지 버튼 설치하였고 외형 디자인 또한 도서관에서 사용 한다는 점을 고려해 도서관 카트의 외형을 갖추도록 디자인 하였다.
11.최종 조립	아크릴 판, 하드보드지, 우드 락을 이용해 디자인부분을 최종적으로 조립하였고 제어 부에서는 전선이 많은 점을 고려해 단선이 일어나지 않도록 정리 및 고정 하였다.
12.제품 완성	제품이 최종 완성 되었고 안전성에 대한 문제점이 없음을 확인하였고 향후 다양한 용도를 위해 개발할 예정이다.

제2절 제작

1. 일정 계획 수립

(1)전체 일정

세부 과제 및 주요내용	추진 일정 (월)										비고
	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
아이디어 도출 및 프로젝트 후보 선정 - 브레인스토밍 / 후보 정리	■										
시장 조사 및 특허 조사 - 설문 조사 / 특허 비교 분석		■									
개념 설계 및 상세 설계 - 도면 작업/ 모터, 프레임 해석			■								
제품 제작 및 수정 - 부품 조립/ 프로그래밍						■					
최종 보고서 작성									■		

(2)제작 일정

공정 부분		추진 일정(주차)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
바퀴부	계획			■								
	실행			■								
	수정·보안			■								
동력부	계획	■										
	실행	■										
	수정·보안											
센서부	계획		■									
	실행		■									
	수정·보안			■								
프레임부	계획						■					
	실행						■					
	수정·보안						■					
회로부	계획						■					
	실행						■					
	수정·보안						■					

2. 제작 과정

1)프레임 제작

제작 사진	설명
	<p>1차 조립에서 먼저 프레임 조립부터 실시하였다. 프로파일 기둥사이 에는 Braket을 통해 연결을 하였다. 그러나 구동 시험에서 Braket 파손이 일어났고 원인은 Braket 의 재질과 강도는 해석 하지 않았기 때문이라고 판단하여 더 강도가 높은 braket으로 교체하였다. 자세한 원인과 수정방안은 제4장 문제점 분석 에서 나타내었다.</p>
	<p>자체 가공을 통해 알루미늄 판을 제작 하였다. 2D 기초 도면을 토대로 부품 및 바퀴를 연결할 Hole을 Drilling 하였다.</p>
	<p>다음 사진은 알루미늄 판의 처짐을 고려하고 안정성을 향상시키기 위해 추가 보를 결합 하였다.</p>

2) 구동 부 제작

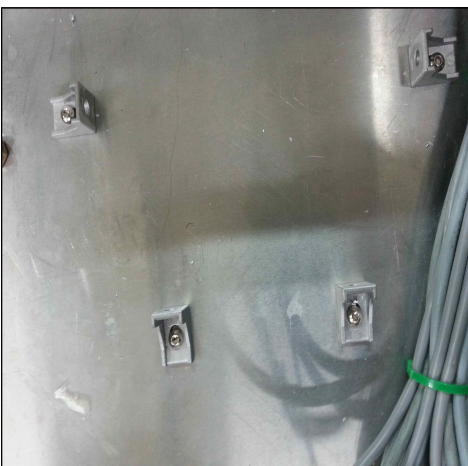


바퀴와 모터 축을 연결하는 허브를 자체 가공을 통해 만들었으나 오차가 심하고 재질을 고려하지 못하여 2번의 바퀴 파손이 일어났다. 자세한 원인 분석은 제4장 문제점 분석 에서 나타내었다.

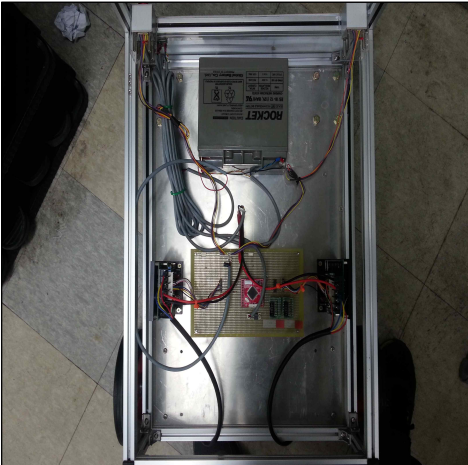


왼쪽에 보이는 사진은 최종으로 선정한 바퀴이다. 바퀴와 모터 축을 연결하는 허브는 자체 가공에 있어서 기술적 문제가 있다고 판단하여 외주가공을 결정하여 외주가공이 끝난 후 바퀴와 모터 축을 결합시켰다.

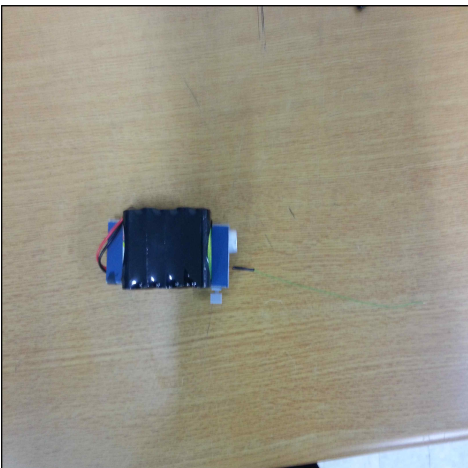
3) 제어 부 제작



배터리의 경우 다른 부품에 비해 질량이 크므로 완전한 고정 틀을 만들지 않으면 좌우로 움직이게 되고 이러한 문제가 구동시 오차를 야기 시킬 수 있으므로 배터리를 고정시킬 틀을 Bracket을 이용해 자체 제작 하였다.



1차적으로 제어부의 배터리, AVR보드, 모터드라이브를 알루미늄 판과 체결 시켰다. 전선 정리, 초음파 센서의 위치등을 고안하여 수정한 사항이 제4장 문제점 분석에서 제시 되었다.



작업자가 몸에 지니게 될 리모컨이다. 아크릴 판을 이용해 디자인 하였고 ON/OFF가 가능하도록 스위치를 결합 하였다.

4)1차 조립



1차 조립이 완료 되었으며 구동 시험을 통해 문제점을 분석하고 외부 디자인을 구상하여 최종 조립 전 제작 과정을 수립하였다. 또한 문제점을 지속적으로 분석하여 제품에 적용될 수 있도록 하겠다.

제4장 문제점 분석 및 해결 방안

제1절 문제점 분석

자율운전 도서관 카트의 제작 과정을 프레임, 구동 부, 제어 부 로 나누어 제작하였다. 제작에 있어서 팀의 목표는 외주가공 없이 자체가공으로 제작을 완성하는 것이었다. 프레임 의 경우 구조해석을 통해 재료를 선정하고 문제점이 없음을 확인 하였고 알루미늄 프로파일의 특성상 조립이 용이했다. 구동 부에 있어서 모터 축과 바퀴를 직결 연결하는데 고충을 겪었으며 2번의 실패 끝에 완성하였다. 제어 부의 경우 프레임과 결합은 쉬웠으나 프로그래밍 상 오차 로 인해 제품이 한 번씩 오작동을 하였고 계속해서 프로그래밍을 수정해 나갔다.

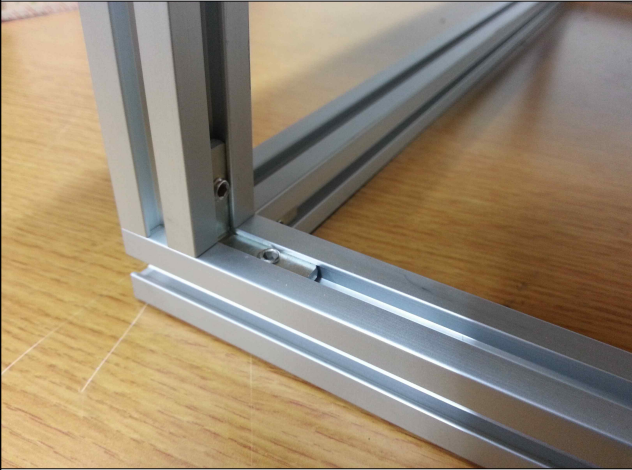
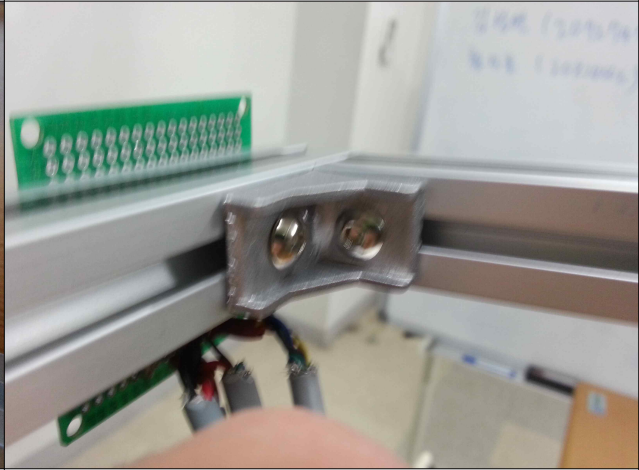
㉠프레임: 프레임의 경우 ANSYS를 통한 구조해석으로 재료 선정 및 규격을 선정했고 프로파일 특성상 쉽고 정확하게 조립이 가능했다. 그러나 Bracket을 선정 하는데 있어서 구조해석을 하지 않았으므로 강도 까지 고려하지 못했다. 구동시험에서 Bracket파손이 일어났고 원인은 무거운 무게에 비해 약한 Bracket재질이라 판단하여 강도가 높은 Bracket으로 교체하여 재 조립 일정을 수립하고 실행하였다.

㉡구동 부: 양쪽 모터의 축을 수평선상에 일치시키기 위해 모터와 프레임을 연결하는데 있어서 도면을 토대로 신중하게 제작 하였다. 문제점은 바퀴에서 일어났다. 구조해석을 하는데 바퀴의 재질을 고려하지 않았기 때문에 1차바퀴 파손이 일어났다. 또 바퀴와 모터를 연결 하는 허브를 자체 가공을 통해 밀링 하였고 자체가공을 통한 밀링이 정밀 하지 못하여 구동시험에서 제품이 일직선으로 움직이지 못함을 확인하였다. 또한 이 과정에서 2차적으로 바퀴와 허브가 파손되었다. 바퀴 선정에 있어서 강도가 높고 안정성이 높은 고무 통 바퀴를 선정하였고 허브의 경우 정밀한 자체가공이 어렵다고 판단 외주가공을 의뢰하여 최종 체결 하였다.

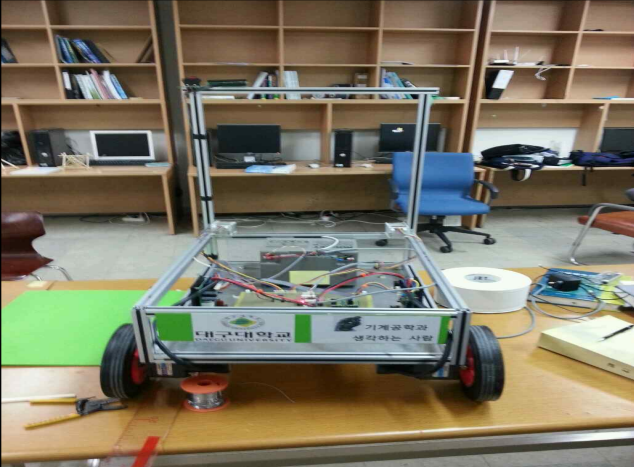
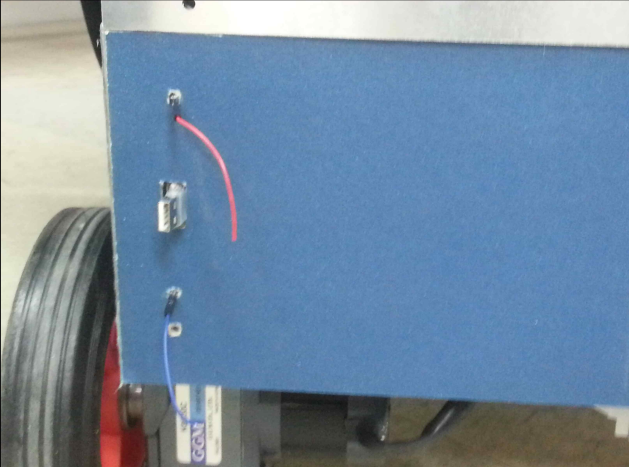
㉢제어 부: 제어부의 경우 제품과 제어 부 부품을 연결하는 작업은 신속하게 이루어 졌으나 프로그래밍 상 오차로 인한 오작동의 문제가 있어 수시로 소스를 수정하여 구동 시험을 계속 하였고 현재 가장 안정성이 높은 소스를 적용 시켰다. 또한 적은 확률로 오작동을 일으킬 수 있다고 판단하여 비상정지 스위치를 설치하였다.

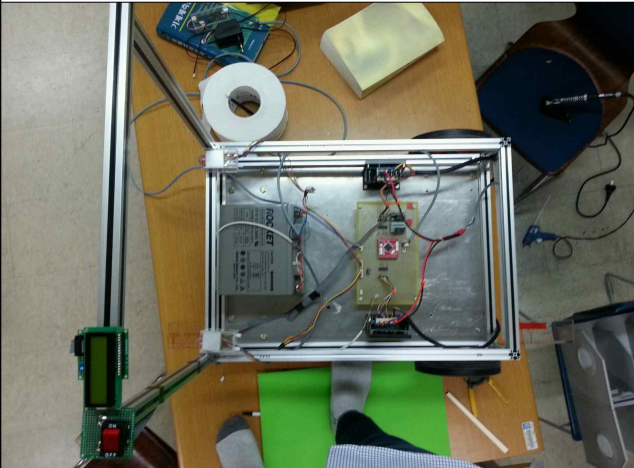

㉣기타: 도서관에서 사용될 점을 고려하여 디자인을 장소에 맞게 변경하였고 책장 또한 이전 보다 상대적으로 더 많은 책을 실을 수 있도록 구상 및 적용 하였다. 이후 제품의 기능 수정을 위한 편의 기능을 설치하였다. 예를 들면 USB포트 충전단자 등이 있다.

제2절 문제점 보완

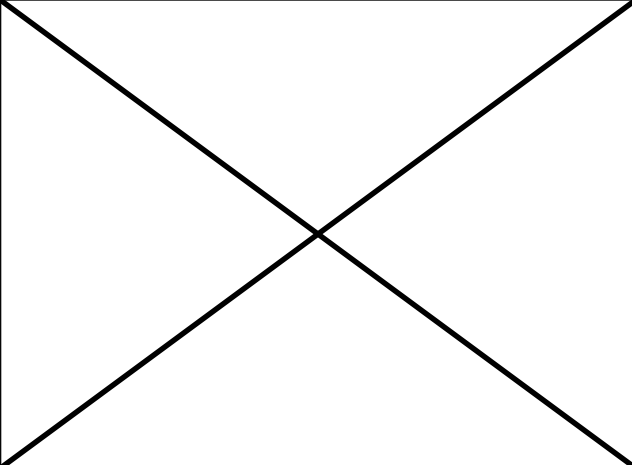
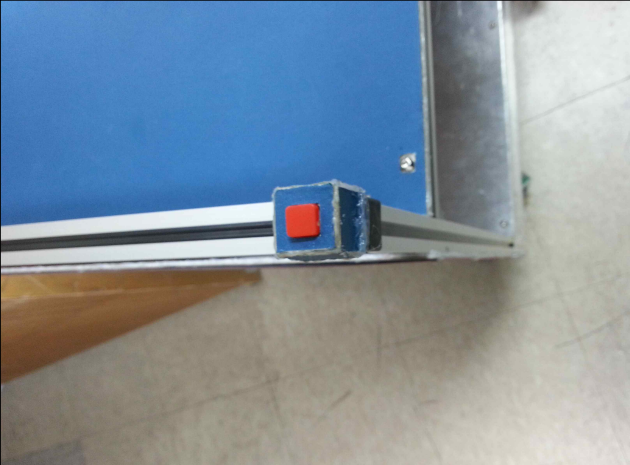
기존	수정안
	
<p>강도가 약한 Bracket. 중량을 버티지 못하고 파손되었다.</p>	<p>강도가 높은 Bracket 교체</p>

기존	수정안
	
<p>바퀴의 재질을 고려하지 않고 자체 가공한 허브 제작에서 오차가 심해 바퀴의 중심이 파손되었다.</p>	<p>바퀴 재질을 교체하고 허브를 외주가공 하였다.</p>

기존	수정안
	
<p>수정을 위한 편의기능이 없어 제품의 성능 수정 시 불편함이 있었다.</p>	<p>USB포트를 통해 프로그래밍 수정이 용이해졌고 충전단자를 따로 빼내어 충전이 용이해졌다.</p>

기존	수정안
	
<p>1차 조립 후 책장의 형상이 없고 구동시 프레임에 진동이 일어나 오작동을 일으킴</p>	<p>프레임 최종 조립의 모습이며 추가 보를 설치해 구동 시 진동에 의한 오류가 일어나지 않도록 하며 책장의 기능을 수행할 수 있도록 칸을 분리하였다.</p>

기존	수정안
	
<p>기존의 ON/OFF 스위치의 경우 선이 바깥으로 나와 있어 지지분해 보였으며 프로파일에 고정하여 불안정 하고 완전한 고정이 되지 않았다.</p>	<p>수정 후 ON/OFF스위치 앞면 왼쪽 하단에 버튼만 보이도록 완전 고정하였으며 기존보다 더 깔끔하고 안정성 있음을 확인 할 수 있다.</p>

기존	수정안
	
<p>기존에는 비상 스위치가 없으므로 오작동시 ON/OFF버튼을 통한 강제 종료를 해야 하는 고충이 있었음</p>	<p>제품의 앞면 오른쪽 위에 작업자가 손쉽게 닿을 수 있는 위치에 비상정지 스위치를 설치하였으며 제품이 오작동을 일으킬 시 쉽게 누를 수 있다. 비상정지 버튼을 누르게 되면 제품은 작동을 멈추며 프로그램은 Reset되어 재실행 된다.</p>

제3절 최종형상

최종으로 구상된 CATIA 3D도면



공정도와 문제점 분석을 통해 만들어진 제품완성 모습



제5장 결론

제1절 총평

프로젝트의 시작은 도서관에서 일하는 여성 도서관 사서들의 업무 효율을 편리하게 하기 위해 시작 되었다. 본 과제를 수행하기 위해 자료를 수집하던 중 도서관의 관수가 2004년도 이래로 꾸준히 상승함을 보였다. 하지만 도서관 사서 수는 거의 증가 하지 않았으며 사서1인당 담당해야 하는 업무의 량이 크게 증가함을 알게 되었다.

이에 도서관 사서의 업무효율 상승을 목적으로 본 프로젝트를 시작 하게 되었고 결과 적으로 업무의 시간 단축, 적은 노동 등의 결과를 얻을 수 있는 자율 운전 도서관 카트를 완성 하게 되었다.

개발성 및 상품성

시장조사 과정에서 시중에 나와 있는 카트는 30~45만 원대 다양한 가격 분포를 나타낸다는 것을 알게 되었다. 본 프로젝트의 결과물은 총 제작비 60만 원대에 자율 운전 도서관 카트이다. 동작의 정밀성을 위해 고성능의 초음파를 지원받아 설계를 하였지만 시중에는 값싼 초음파 센서들도 많이 볼 수 있었다. 저가의 초음파 센서도 약간의 수정을 통해 본 제품에 사용된 초음파의 성능을 낼 수 있으며 프로그래밍을 통해 얼마든지 구동 원리를 실행시킬 수 있다. 또한 특허조사를 통해 본 제품과 관련된 특허들은 없다는 것을 확인하였기 때문에 기존에 나와 있는 제품들과 시장경쟁에 있어서 우위를 점할 수 있다고 생각된다.

제품의 성능

처음 설계 당시 실 모델로 제작함을 목표로 하였고 60kg정도의 무게를 실을 수 있는 도서관 카트를 제작하기로 하였다. 완성 제품의 성능은 60kg이상의 무게도 거뜬히 실어 나를 수 있었다. 단 지면이 평탄하지 않는 곳에선 초음파 신호 간의 심한 노이즈가 발생되어 제품이 작업자를 따라오지 못하고 오작동을 일으키는 경우를 발견하였다.

본 제품은 기대 효과에서 언급했듯이 다양한 장소에서 사용됨을 큰 목표로 하였기 때문에 이러한 점을 보완해야 된다.

어떠한 것을 배우게 되었나?

제품을 설계하고 나서 보니 제작 과정의 많은 어려움 등을 알게 되었다.

우선 동력모터를 사용하는 제품은 동력모터와 바퀴를 우선적으로 선정해야 차후 제작에 있어서 막힘이 없어짐을 알게 되었고 모터를 직결 연결함으로 인해서 모터의 성능에 비해 적은 물건을 실을 수밖에 없다는 비효율성을 알게 되었다. 또한 센서를 사용한 제품에서 정밀도를 높이는 것은 많은 어려움이 있다는 점을 알게 되었다.