2013학년도
기계설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 대형물류창고용 메카넘 휠 리프트 작업차

(Lift the wheel over a large warehouse in Mecca for car)

(2013년 3월 1일 ~ 11월 30일)

팀명: V.E (VISION ENGINEER)

기계공학 설계프로젝트 최종보고서를

붙임과 같이 제출합니다.

2013. 12

대구대학교 기계자동차공학부(기계공학전공)

제 출 문

대구대학교 기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계자동차공학부 설계프로젝트 과제 "**대형물류창고용 메카넘 휠 리프트 작업차** "의 결과보고서로 제출합니다. (과제기간 : 13. 03. 01 ~ 13. 11. 30)

2013. 11. 29

지도교수 : 남 진현 (인)

대표학생 : 박 준역 (인)

참여학생 : 김 낙영 (인)

남 경섭 (인)

이 동호 (인)

최 준용 (인)

보고서 작성 윤리 서약서

대구대학교 기계자동차공학부 학부장 귀하

본인은 보고서를 작성함에 있어 다음과 같이 연구 윤리 및 보고서 작성 윤리를 준수하였음을 서약합니다.

1. 본인은 다른 학생의 보고서를 복사(copy)하지 않았습니다.
2. 본인은 다른 사람의 보고서 내용 중 전부 또는 일부를 무단으로 도용하거나 인터넷에서 내려받기(download)하여 대체하지 않았습니다.
3. 본인은 보고서에 참고자료를 인용할 경우 원본의 출처를 반드시 표시하였습니다.

2013. 11. 29

대표학생 : 박 준역 (인)

참여학생 : 김 낙영 (인)

남 경섭 (인)

이 동호 (인)

최 준용 (인)

목 차

최종보고 요약문 ····· 1

제1장 과제내용 및 목표 ····· 4
제1절 목적 및 필요성 ····· 4
제2절 시장 및 특허조사 ····· 6
제3절 기대효과 및 활용방안 ····· 12

제2장 개념설계 및 상세설계 ····· 13
제1절 개념설계 ····· 13
제2절 해석 및 평가 ····· 17
제3절 상세설계 ····· 19

제3장 제작 ····· 27
제1절 공정도 ····· 27
제2절 제작 ····· 33

제4장 제어 ····· 37
제1절 주요구성 ····· 37
제2절 프로그래밍 ····· 41

제5장 결론 ····· 49
제1절 총평 및 보완점 ····· 50

참고문헌 ·····

최종보고 요약문

과제명	대형 물류창고용 메카넘 휠 리프트 작업차
팀명	V.E (VISION ENGINEER)
팀원	박준역, 김낙영, 남경섭, 이동호, 최준용
과제기간	20013 년 3 월 1 일 ~ 2013 년 11 월 30 일

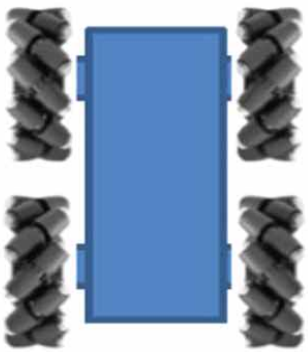
1. 개발내용 및 목표

일상생활에서 우리는 대형물류창고나 마트에서 물건을 운반할 때 사용되는 사다리나 지게차, 운반기 등을 쉽게 볼 수 있다. 이런 장비들은 사람이 직접 물건을 운반하는 것보다 동력과 인력이 줄어드는 것은 물론 작업의 효율을 높일 수 있다. 하지만 이러한 장비들은 위험성이 있고, 협소한 공간에서는 바퀴의 이동성이 불편한 점이 있다. 바퀴부분을 좀 더 혁신적으로 바꾸어 측면이동이 가능하게 하여 작업효율을 높일 수 있는 방안을 모색하는 것이 목적이다.

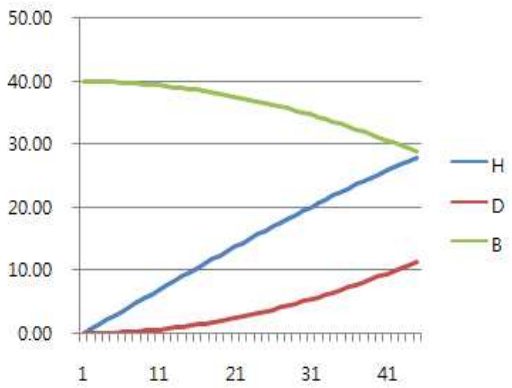
2. 개념설계 및 상세설계

메카넘 휠을 사용하여 작동을 할 때 구동 방식 및 방향을 나타내는 표이다.
상,하,좌,우,회전할 때 각각의 바퀴가 구동되어 4개의 모터를 필요를 함을 알 수 있다.

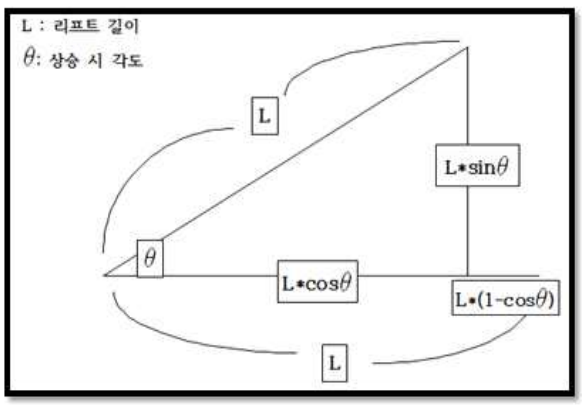
이동방향	메카넘 휠			
	FL	FR	BL	BR
↑	Forward	Forward	Forward	Forward
↓	Backward	Backward	Backward	Backward
←	Backward	Forward	Forward	Backward
→	Forward	Backward	Backward	Forward
↖	-	Forward	Forward	-
↗	Forward	-	-	Forward
↙	Backward	-	-	Backward
↘	-	Backward	Backward	-
↷	Forward	Backward	Forward	Backward
↶	Backward	Forward	Backward	Forward



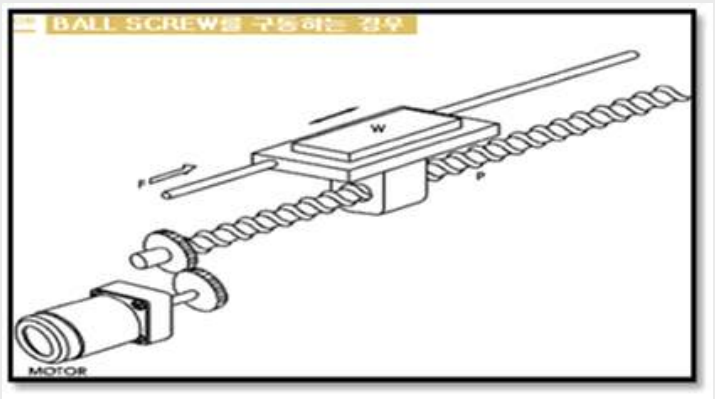
리프트가 최대로 올라가고 내려갈 때 데이터 시트이다.
각도의 최대치가 40도일 경우, 높이(h) = 25.71cm이며 리프트 길이(L)은 40cm로 결정했다.



가로축 θ 값 데이터에 대한 수치변화 그래프.

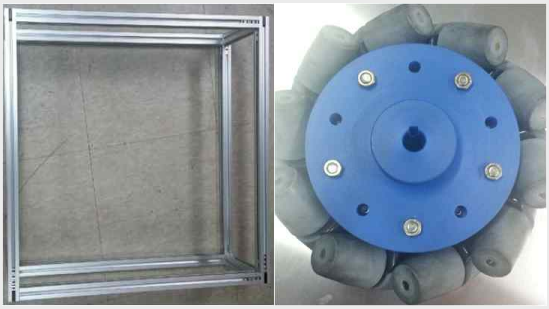


볼 스크류 사용으로 리프트 상하 구동을 제현하였다. 기어 및 체인으로 속도를 줄임과 동시에 동력전달과 안정성을 높였다.

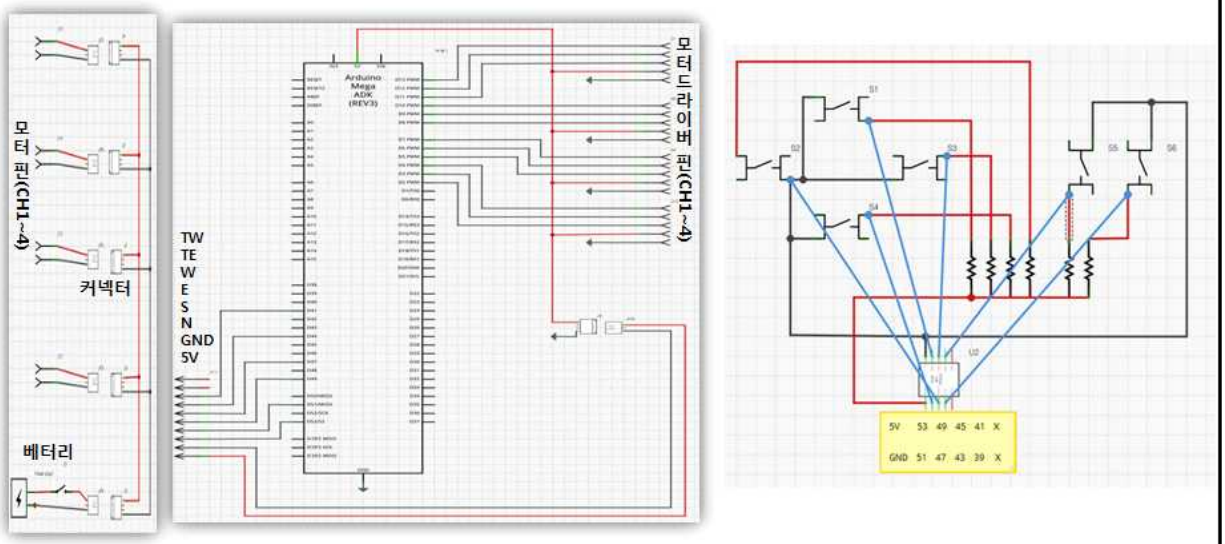


3. 제작

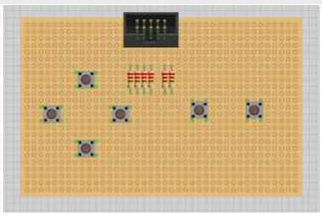
프로파일을 선정하여 크기를 4:1비율로 축소하여 외형 틀을 만들고, 바퀴 축과 감속기 부분을 연결하기 위한 연결부 허브를 외주에 맡겨 NC가공을 하였다. 프레임에 모터와 바퀴를 연결한 뒤 , 배터리와 모터 그리고 드라이버를 둘 공간을 확인 후 놓아 둔다. 바퀴 구동을 위해 드라이버 실험을 하는 도중 아두이노 부분 드라이버가 과전류로 인해 타버리는 현상이 일어나 다시 계산 및 검토를 하여 구입을 하였다. 리프트 부분 외형은 외주에 맡겨 알루미늄 재질로 공정을 하였다. 가공비가 비싼 것을 감안하여 밀링 및 조립은 되도록 이면 조원들이 했다. 리프트 대를 우선 알루미늄 3T로 자르고
환봉을 35cm 2개를 볼 스크류 마운트에 연결한다.



4. 시험 및 평가



아두이노 회로도이다. 먼저 배터리에서 나오는 12V로 바퀴를 구동시키고, 외부 건전지에서 나오는 5V로 바퀴를 제어하는데 쓴다. 제일 위쪽의 핀과 3번째 핀은 모터의 방향을 제어하고, 2번째 핀은 PWM 전원 장치이며, 마지막 핀은 그라운드로써 5V를 내보내는 역할을 한다.



N 앞으로. TE 오른쪽으로 회전.
S 뒤로. TW 왼쪽으로 회전.
E 오른쪽. LN 리프트 UP.
W 왼쪽. LS 리프트 DOWN.
N(E,W) 전방 대각선 이동.
S(E,W) 후방 대각선 이동.

최종 실험 및 구동에서는 스위치 6개를 사용하여, 운전자가 쉽게 원하는 구동을 할 수 있게 구현하였고, 성공적으로 완성하였다.

5. 결론

메카넘 휠(Mechanum Wheel) 사용 시 좁은 공간에서 측면이동을 할 수 있어서 양쪽으로 작업을 동시에 할 수 있고, 리프트 구동으로 인하여 높이 조절이 되어 물건을 운반할 수 있다. 따라서 시간 단축은 물론 작업 효율성이 높아진다.

전진과 후진을 반복하여 코너를 빠져나갈 필요 없이 제자리 회전으로 인해 바로 빠져 나갈 수 있으므로 작동조작을 줄일 수 있어서 전기소모량을 줄일 수 있다.

도서관, 공장, 백화점, 건설현장, 우주탐사로봇, 항공모함 등에서도 인테리어작업이나 페인트칠, 물건 운반 시 포괄적으로 이용될 수 있으며, 측면이동을 해야하는 곳에서 필요할 것 같다.

제 1장 과제내용 및 목표

제1절 목적 및 필요성

1-1. 과제개발의 목적

그림1-1 <좁은 공간 물류창고에서 작업>

일상생활에서 우리는 대형물류창고나 마트에서 물건을 운반할 때 사용되는 사다리나 지게차, 운반기 등을 쉽게 볼 수 있다. 이런 장비들은 사람이 직접 물건을 운반하는 것보다 동력과 인력이 줄어드는 것은 물론 작업의 효율을 높일 수 있다. 하지만 이러한 장비들은 위험성이 있고, 협소한 공간에서는 이동성이 불편한 점이 있다. 사다리같은 경우에는 낙상의 위험이 따르며, 물건을 운반하는데 시간이 걸린다. 또한 이동 시 직접 들고 해야하는데 번거로움이 있다. 그림 1-1과 같이 운반차는 많은 물건을 실어나르는 반면 바퀴의 이동성이 제한되어 협소한 공간에서는 작업에 어려움이 있다. 그리고 양쪽라인에서 동시에 작업이 불가능하다는 것이다. 따라서 사다리처럼 높은 곳에서 물건을 실어나를 수 있으며 바퀴부분을 좀 더 혁신적으로 바꾸어 측면이동이 가능하게 하여 작업효율을 높일 수 있는 방안을 모색하는 것이 목적이다.

1-2. 과제개발의 필요성

기존의 리프트 작업차의 바퀴는 구동되는 2개의 바퀴와 고정되어 있는 2개의 바퀴가 달려있다. 구동방식이 간단한 장점이 있지만 2개의 바퀴만 구동함으로 제자리 회전이 어렵고, 코너를 지날 시 뒷바퀴의 회전반경이 좁아진다는 단점을 가지고 있다. 대형물류창고에서 사용할려면 이동반경이 좁아야 하며, 조작이 간단하여야하고, 높은 곳에서 물건을 나를려면 높이 조절이 가능한 작업차가 필요하다. 이러한 대형물류 창고용 작업차에 리프트 형식으로 위·아래 운동이 가능하여 높은 곳에서 작업할 수 있게 리프트를 장착하고, 바퀴부분에 메카넘 휠(Mechanum Wheel)을 응용하여 제자리 회전은 물론 측면 이동도 가능하여 협소한 장소에서도 작업자가 작업을 할 수 있을 필요가 있다. 리프트는 볼 스크류를 사용하여 기어와 체인으로 연결부를 만들어 동력을 전달하며, 가벼운 알루미늄으로 제작을 한다.

1-3. 과제개발의 목표

본 연구에서는 대형물류창고에서 협소한 공간에서 활용적이고, 효율적으로 쓰일 수 있는 작업차를 만드는 것이 목표이다. 바퀴 구동을 위해 적합한 모터선정을 하고, 드라이버를 구입 후 아두이노 소스를 공부하여 전방향으로 이동이 가능하게 구현을 하는 것이다. 그리고 3D도면으로 상세하게 설계를 해봄으로써 CATIA 실력을 배양하고, ANSYS 해석 프로그램으로 하중이 실어졌을 시 처짐량과 응력을 비교해보는 것이 중요하다. 후에 리프트를 어떠한 방식으로 상하운동을 구현하는지 찾아본 후 조립 및 가공을 하는 것이다.
작동방식은 6개의 스위치 버튼을 이용해서 손쉽게 할 수 있게 할 것이다. 6개 스위치 버튼은 상하좌우, 회전 그리고 리프트 상하구현을 하도록 한다. 시제품은 full scale에 4:1 비율로 만든다. 시제품은 여러 분야에서 사용이 될 수 있을 것이며, 활용방안이 폭넓어 기대효과가 클 것으로 예상된다.

제2절 시장 및 특허 조사

기존의 작업차들과 메카넘 휠(Machanum Wheel)들의 종류에 대해서 찾아보았다. 리프트 경우에는 높은 곳에서 작업 시 필요되기 때문에 고소작업차들이 대부분이었고, 종류와 사용되는 장소 등 여러 가지 있다.

- 시장조사 현황

제품명 : HA15IP (굴절식 고소작업대)　　생산자 : (주) 유나 상사

이 작업차는 아래와 같은 특징이 있습니다. ① 전기식 작업차여서 매연, 소음이 적다. ② 360° 턴테이블 회전이 가능하다. ③ 4륜구동 방식 ④ 발판부분에 적재하중 감지 장치가 있다. ⑤ 작업을 할 수 있는 공간 거리가 넓다.

저희 메카넘 휠 리프트 작업차와 비교시 유사점에서는 360° 자체 회전을 하여 작업이 가능하다는 점과 4륜구동을 하여 바퀴 각각 구동할 수 있는 점 그리고 매연, 소음이 발생되지 않거나 적다는 점이다. 하지만 차별점에서는 굴절식이여서 작업 공간에 차이가 있다.

제품명 : MPL (유압식 직진 고소작업대)　　생산자 : (주) 유나 상사

이 작업차는 기존의 고소작업차형식보다 특이한 외형을 가지고 있다. ① 마스트가 이중으로 흔들림이 거의 없다. ② 15m~21.5m 까지 작업이 가능하다. ③ 2.1m 높이의 문 통과가 가능하다. 유사점에서는 저희의 시연 제품과 리프트 상하 방식, 유압식원리가 비슷하고, 높은 곳에서 작업이 수월한 점이다. 차별점은 저희는 시저형식 작업차이고 좌측장비는 직진형이다. 또한 높은 곳 작업 시 이동이 불가능하다는 것이다.

제품명 : UPRIGHT MX19 (시저 고소작업대)　　생산자 : ㈜ 리프트콜

다음 장비는 저희 과제작품에서 리프트 형식을 표현해주는 시저 고소작업차입니다. 이는 ① 작업자가 탈 수 있는 탑승함(작업대)을 승강시켜서 높은 장소에서의 공사, 점검, 보수작업 등을 안전하게 할 수 있다. ② 수직상승형인 시저형식이므로 탑승함, 조작장치, 선회장치 등을 갖추고 있는 기계장치로서 해당 탑승함이 봄 끝단에 고정되어 상시 수평을 유지해주는 것이 특징이다.

유사점은 구동방식이 유사한 것과 작업자가 탑승할 수 있는 공간이 넓다는 것이다. 차별점은 휠 부분이 메카넘 휠이 아닌 일반 바퀴를 사용한 것이고, 회전이 불가능하다는 것이다.

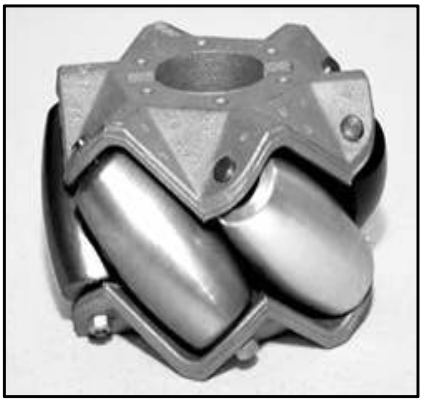
제품명 : SNAP-OUT 조립식 사다리 (작업용 사다리)　생산자 :㈜ 유나상사

이 장비는 사디리인데 다음과 같은 특징이 있습니다. ①조립식이여서 휴대가 간편하다. ② 원하는 위치에서 놓고 조립이 가능하다. ③ 사람이 직접 오르고 내리고 하기 때문에 위험성이 따를 수 있다. ④ 시간적면에서 작업 효율성이 뒤떨어진다.

⑤ 높이 조절이 가능하다. 그리고 저희와 유사점은 원하는 높이에 물건을 나를 수 있다는 점이고 차별점은 수동으로 사다리를 조립해야한다는 것이고, 이동이 제한된다는 것입니다.

※ 기타

메카넘 휠(Mechanum Wheel) 종류 및 사양



KORNYLAK

◇ 무게 : 3.17kg

◇ 직경 롤러 축이 합금 강철

◇ 권장 부하 용량 : 바퀴 개당 90kg

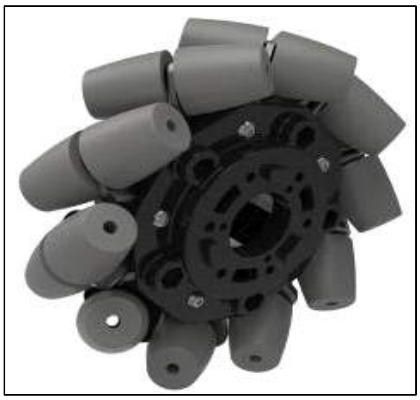
KORNYLAK

◇ 바퀴의 무게 : 1.13kg

◇ 사이드 플레이트 : 0.04“ 아연도금을 한 두꺼운 강철

◇ 롤러 : 회색 SBR 고무

◇ 부하하중 : 바퀴 개당 80kg



Vex pro

◇ 무게 : 0.56 kg

◇ 부하하중 : 바퀴 개당 90kg

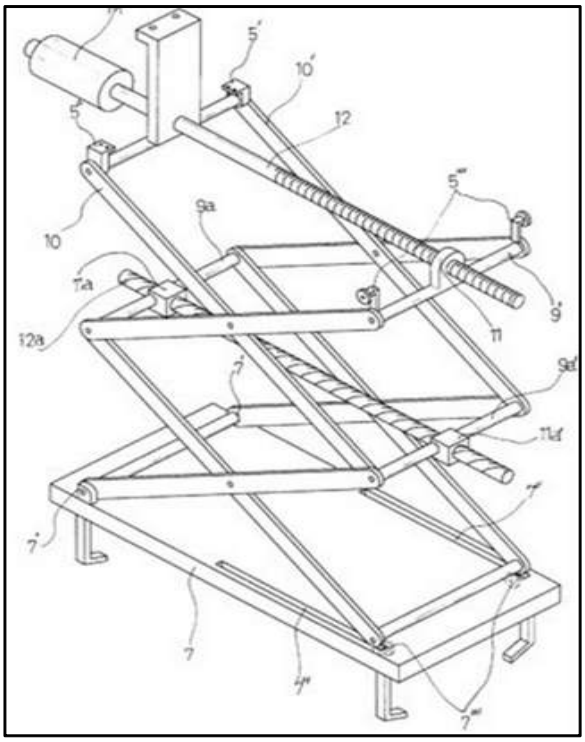
◇ 롤러 : ABS-PC 롤러 마운트 및 고무 롤러

◇ 크기 : 6″(15cm)

여러 가지 종류가 있는 메카넘 휠(Mechanum wheel) 바퀴는 해외에서 처음 발명이되었고, 현재 국내에서도 많은 업체가 있다. 하지만 저희에게 필요한 바퀴 무게, 사이즈를 고려했을 시 국내에서는 적합한 바퀴가 없었다. 따라서 해외 구매를 결정을 하였다.

- 특허조사 현황

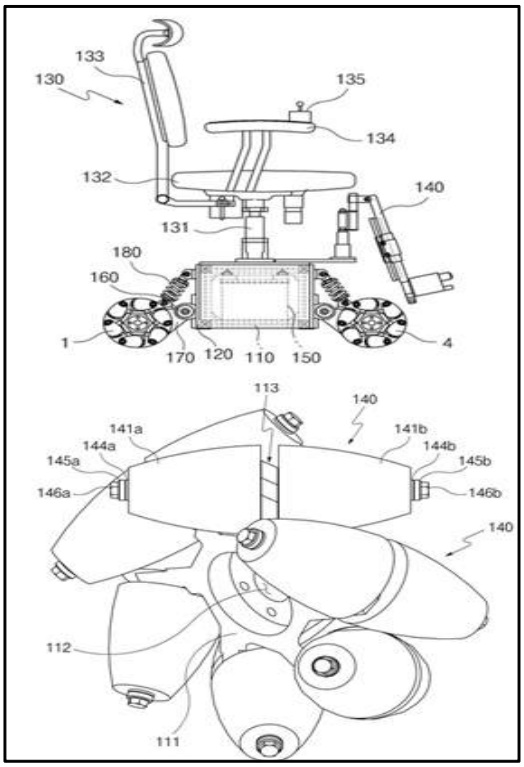
특허명	리프트를 가지는 전기 모노레일 운송장치		
출원번호	2020010007881	등록일자	2001.03.22
출원자	㈜금강오토텍	등록상태	등록



홀딩부(7)를 강판벨트(8)로 연결하여 이송부(4) 내에서 모우터(M)로 작동하는 벨트풀리(6)에 의해 승강되면서 철골구조물(2)로 설치한 브라켓트(3)의 레일(3′)를 따라 주행부(3′)로 주행되는 운송장치(1)이다. 상기횡봉(9′)의 중간상부로 고정시킨 스핀들(11)로 안내 나합된 정역 모우터(M′)의 메인 스핀들축(12)과 횡봉(9a)(9a′)의 스핀들(11a)로 나합 지지되는 스핀들축(12a)이 정역 회전하는 것에 의해 리프트(10)(10′)가 벨트(8)과 같이 신축 자재되게 한 것을 특징으로 하는 리프트를 가지는 전기 모노레일 운송장치.

키워드	홀딩부, 이송부, 레일
유사점	① 볼스크류를 이용하여 구동 한다는 점이 동일하다 ② 전기 모터를 사용 한다는 점이 동일하다. ③ 레일을 이용한다는 점이 유사하다.
차별점	① 기어를 사용 하지 않고 직결식으로 구동한다. ② 볼스크류를 한 개만 이용 한다. ③ 구동하는 볼스크류를 아랫부분에 장착 시킨다.
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)

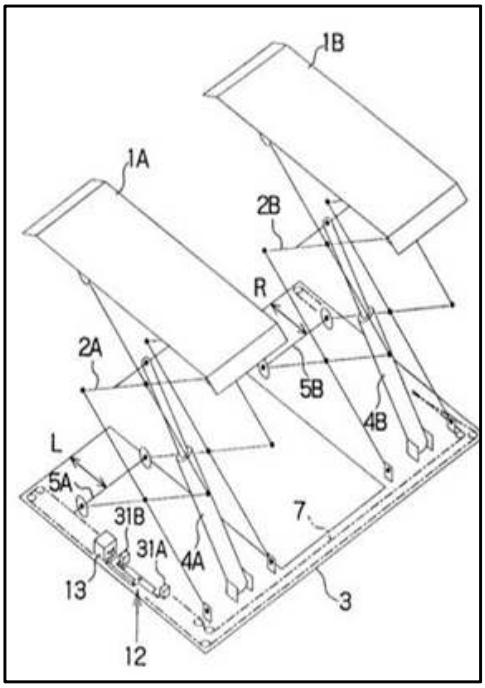
특허명	메카넘 휠		
출원번호	1020110116588	등록일자	2011년11월09일
출원자	㈜엔티렉스	등록상태	등록



본 발명의 특징에 따르면, 서로 독립된 복수 개의 구동모터가 구비된 운송장치의 각 구동모터에 개별적으로 장착되어 상기 운송장치를 전(全)방향으로 이동시키는 메카넘 휠에 있어서, 상기 구동모터의 구동축이 삽입되며, 고정되기 위한 구동축 체결공(112)이 중앙에 형성된 휠허브(111)와, 상기 휠허브(111)의 둘레에서 일정간격이 이격되어 방사형으로 연장 형성된다. 상기 휠허브(111)와 휠스포크(113)는 금속재질로써 일체형으로 형성되는 것을 특징으로 하는 메카넘 휠이 제공된다.

키워드	구동모터, 허브
유사점	① 메카넘휠 작동 방식이 동일하다. ② 각 파이프를 사용한다는 점이 동일하다.
차별점	① 서스펜스를 사용 하지 않는다. ② 웜기어드 모트가 아니고 DC기어드 모터를 사용한다. ③ 제어 방식이 다르다.
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)

특허명	자동차 정비용 리프트의 유압동조장치		
출원번호	1019990052065	등록일자	1999년11월23일
출원자	스기야스 고교 가부시키 가이샤	등록상태	등록



좌우의 차재대를 각각의 유압실린더로 승강하는 자동차정비용 리프트에 있어서, 좌우의 차재대의 승강에 따라 이동하는 와이어로프부재와, 와이어로프부재의 장력변화에 따라 좌우의 차재대의 고저차를 기계적으로 검출하는 검출기구와, 검출기구의 출력에 따라 좌우의 유압실린더의 압유를 같은 양으로 제어하는 밸브유닛으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유압동조장치.

키워드	구동모터, 허브
유사점	① 시저리프트 방식이 유사하다.
차별점	① 유압이 아닌 볼스크류를 이용하여 구동 시킨다. ② 와이어를 사용 하여 좌우 높이를 동일하게 올린다.
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)

제3절 기대효과 및 활용방안

본 과제는 시제품으로 제작이 된다면 많은 방면에서 좋다고 생각한다. 물류창고에서 물론 주제를 잡았으나 도서관이나 공장, 백화점, 건설현장, 우주탐사로봇, 항공모함 안에서 등 다양한 작업 공간에서 인테리어 작업, 페인트칠, 물건 운반 시 사용될 수 있다. 방향전환과 작동모드가 간편하고, 다양해서 작업자가 원하는 공간, 높이에 도달하여 동시에 양쪽 작업이 동시에 이루어 질 수 있으며, 시간 단축이 되고, 전진과 후진을 반복하여 코너를 빠져나갈 필요 없이 제자리 회전으로 인해 바로 빠져나가고 대각선 이동이 가능하여 작업의 효율성을 높인다. 3가지 측면에서 효과를 고려하자면 다음과 같다.

ⅰ 작업의 효율성

메카넘 휠(Mechanum Wheel) 사용 시 좁은 공간에서 측면이동을 할 수 있어서 양쪽으로 작업을 동시에 할 수 있고, 리프트 구동으로 인하여 높이 조절이 되어 물건을 운반할 수 있다. 따라서 시간 단축은 물론 작업 효율성이 높아진다.

ⅱ 에너지 소비 측면에서의 효율성

전진과 후진을 반복하여 코너를 빠져나갈 필요 없이 제자리 회전으로 인해 바로 빠져 나갈 수 있으므로 작동조작을 줄일 수 있어서 전기소모량을 줄일 수 있다.

ⅲ 여러 분야에서의 활용성

도서관, 공장, 백화점, 건설현장 등에서도 인테리어작업이나 페인트칠, 물건 운반 시 포괄적으로 이용될 수 있으며, 측면이동을 해야하는 곳에서 필요할 것 같다.

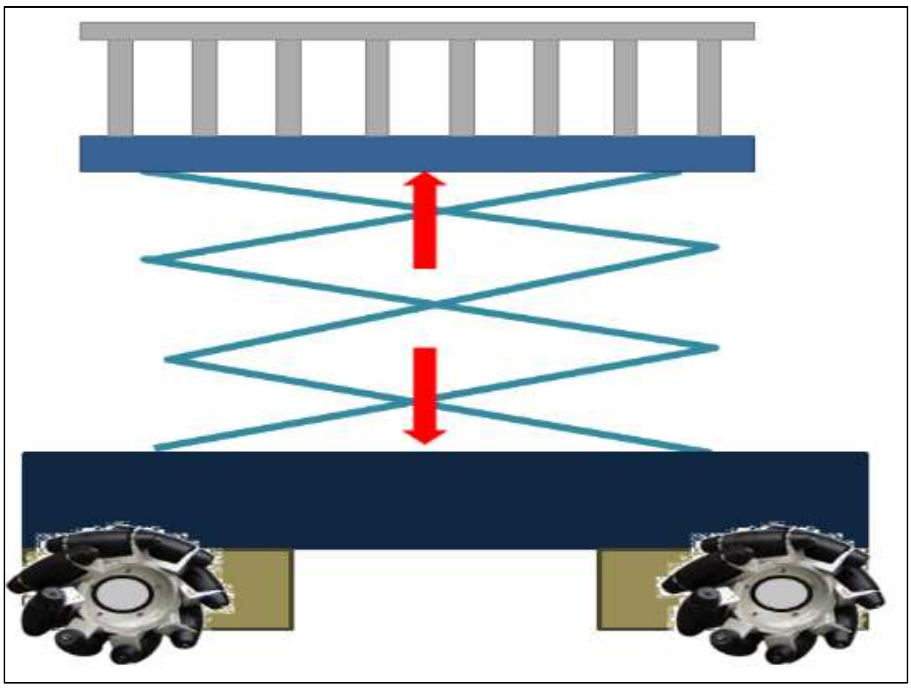
제2장 개념설계 및 상세설계

제1절 개념설계

1-1. 이론적 배경

기존의 물류운반기는 사람이 물류운반기에 탑승하여 핸들로 직접 조작하는 것인데, 우리가 만들고자 하는 물류운반기는 물건을 들고 운전자가 리프트 위에 타서 스위치로 메카넘휠 원리를 이용해 4방향을 자유자제로 이동하도록 한 뒤 원하는 위치로 가서 리프트 상하로 작동시켜 복잡한 공간이라도 자유자재로 움직도록 시스템을 프로그래밍 한다.

먼저, 메카넘휠은 전체 구조의 최대 하중에 알맞은 모터의 동력을 선정해 모터를 선택한 뒤 모터와 구조제의 크기를 고려하여 바퀴 사이즈를 정한다. 리프트는 볼스크류의 원리를 이용하여 모터가 회전하게 되면 볼스크류도 같이 회전하여 리프트가 상하 수직으로 움직이게한다. 프로그래밍은 4개의 모터를 각각 구동 시켜 상단 오른쪽은 앞으로 상단 왼쪽은 뒤로, 하단 오른쪽은 뒤로, 하단 왼쪽은 앞으로 움직이도록 각 바퀴 당 붙은 DC모터의 방향을 제어 해주고 이와 동시에 리프트 모터도 방향을 제어 해준다. 속도는 DC모터의 주파수를 변화 해주면 각 모터의 속도제어가 된다.



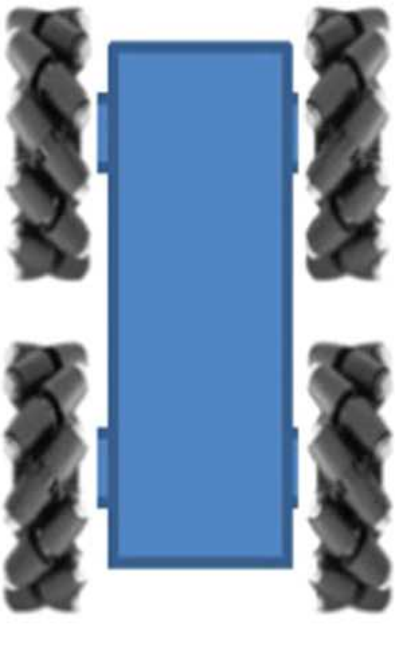
<그림 2.1.1 설계 개념도>

1) 메카넘 휠 원리

메카넘 휠 이란 비그트 아이론이라는 사람이 바퀴의 일종으로 전체 휠에 비스듬히 아이들 롤러를 장착하여 바퀴가 회전하는 방향이 아니라 대각선 방향으로 움직이도록 고안된 바퀴이며 회전하는 바퀴에 다시 아이들 롤러가 비스듬히 결합되면 회전 시 진행 방향은 각 바퀴의 대각선 방향의 합 벡터 방향으로 물체가 움직인다. 간략히 원리를 설명하자면, 왼쪽으로 움직이려면 상단 앞바퀴가 뒤로 움직이고 상단 오른쪽은 앞으로 하단 왼쪽바퀴는 앞으로 하단 오른쪽바퀴는 뒤로 움직이면 된다. 오른쪽으로 움직이려면 상단왼쪽바퀴는 앞으로 상단 오른쪽바퀴는 뒤로 하단 왼쪽바퀴는 두로 하단 오른쪽바퀴는 앞으로 움직이면 된다.

<그림 2.1.2 메카넘 휠>

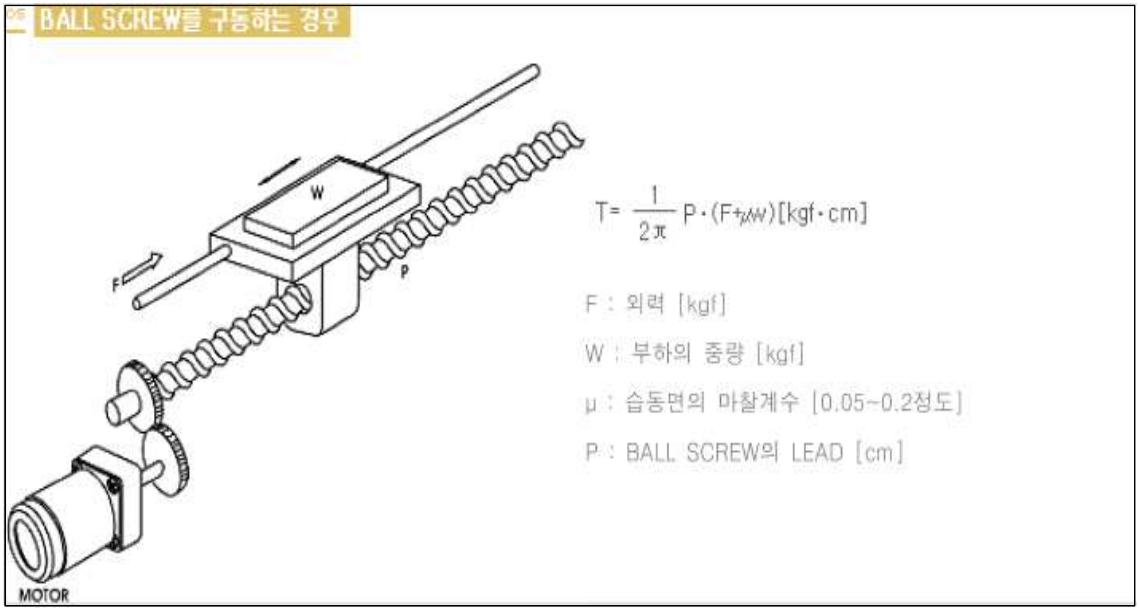
이동방향	메카넘 휠			
	FL	FR	BL	BR
↑	Forward	Forward	Forward	Forward
↓	Backward	Backward	Backward	Backward
←	Backward	Forward	Forward	Backward
→	Forward	Backward	Backward	Forward
↖	-	Forward	Forward	-
↗	Forward	-	-	Forward
↙	Backward	-	-	Backward
↘	-	Backward	Backward	-
↷	Forward	Backward	Forward	Backward
↶	Backward	Forward	Backward	Forward



<그림 2.1.3 메카넘 휠 원리>

2) 리프트 원리

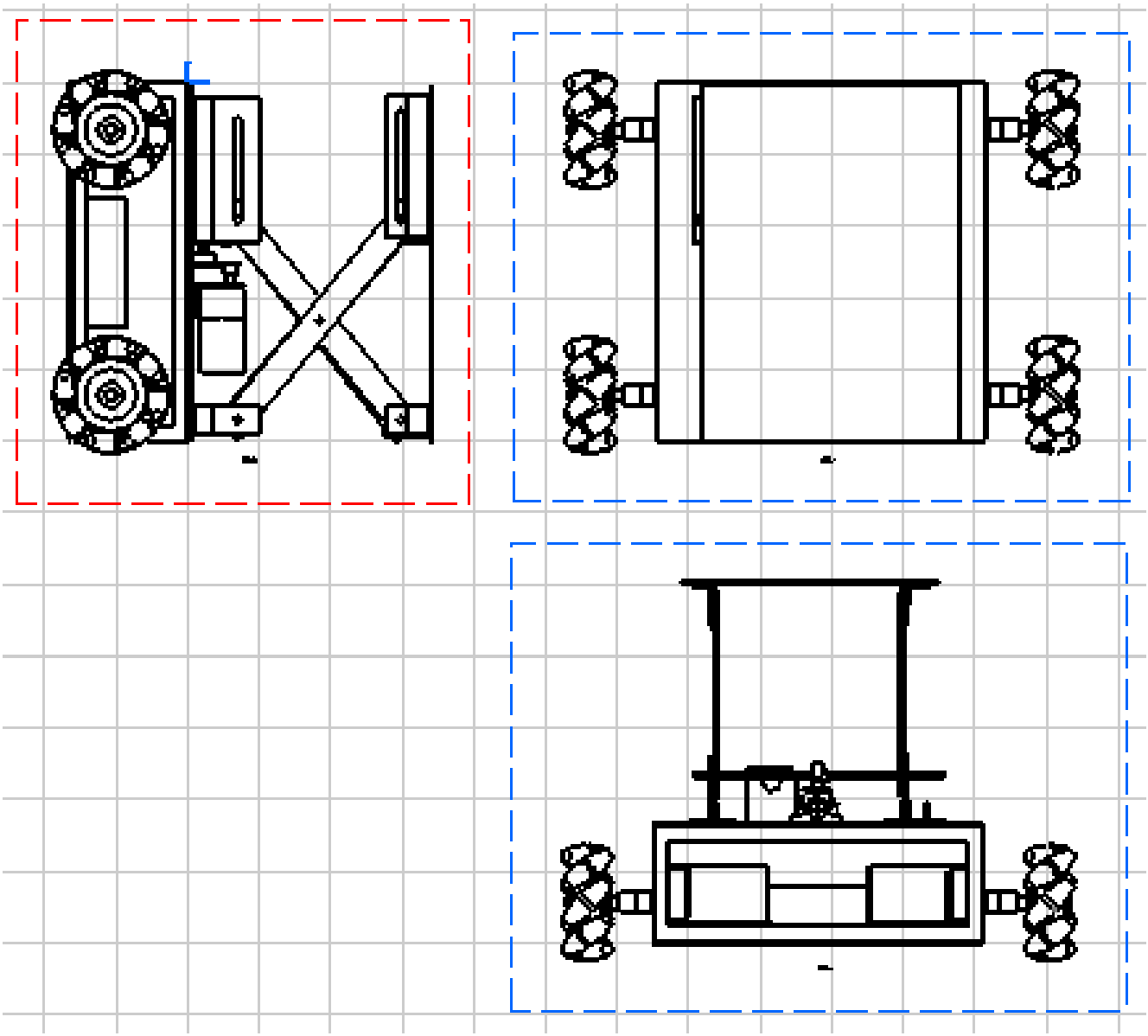
리프트는 상하 수직으로 움직여 높이를 높이고 낮출 수 있는 것이다. 볼스크류에 연결된 모터가 회전하게 되면 볼 스크류가 회전하게 되어 나사의 원리로 리프트에 움직이는 부분에 연결된 부분이 모터 방향에 따라서 앞뒤로 움직이게 된다. 앞으로 움직일 때는 리프트에 움직이는 부분이 앞으로 움직여 리프트 다리사이가 넓어져 리프트가 내려갈 것이다. 뒤로 움질일 때는 움직이는 부분이 뒤로 움직여 다리사이 부분이 좁아져 리프트가 올라갈 것이다.



<그림 2.1.4 볼 스크류 원리>

<그림 2.1.5 시제품 리프트>

3) 제품 조립도

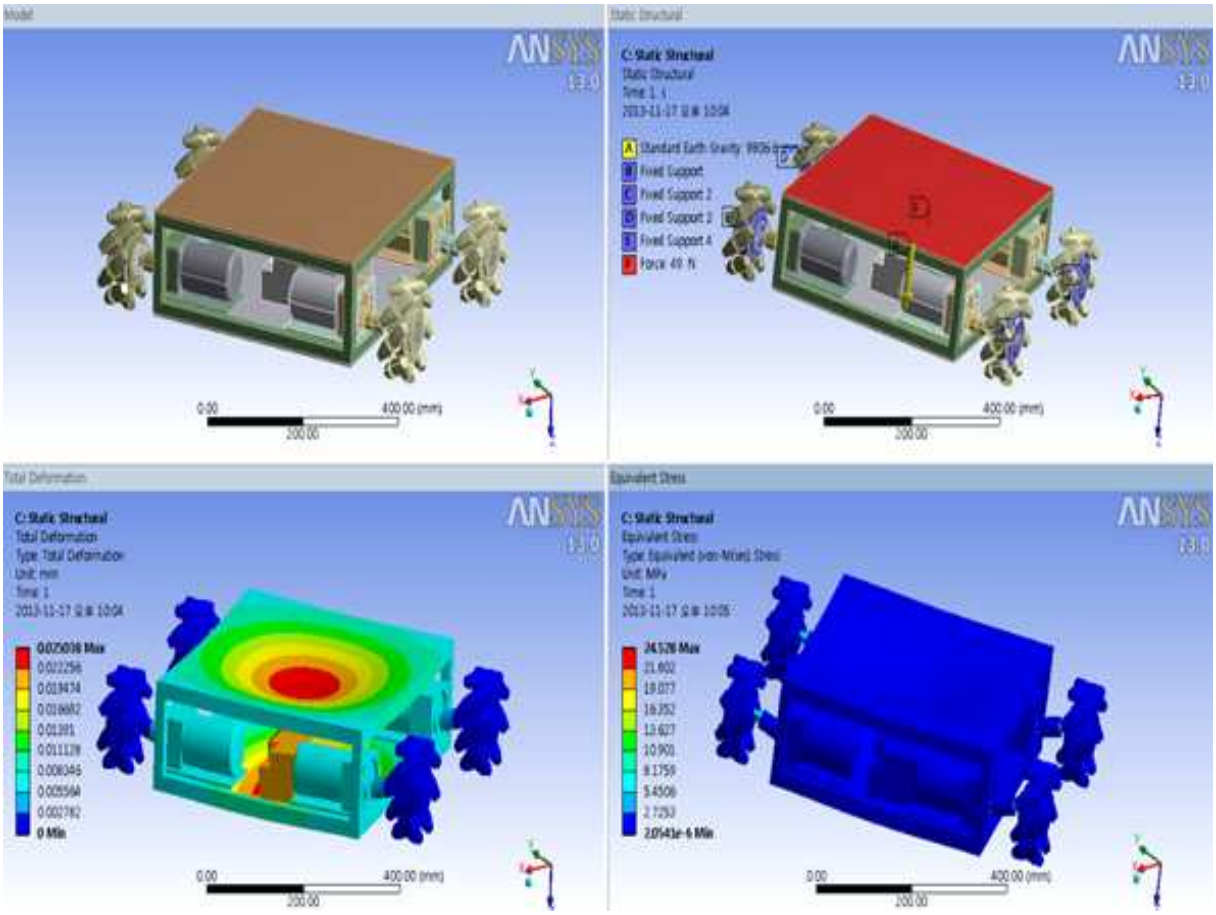


<그림 2.1.6 제품 조립도>

본 제품은 공간의 제한을 많이 받을 수 있는 좁은지역, 협소한 지역에서 자유로운 움직임이 가능하도록 메카넘 휠을 이용하여 구동부를 설계하였고, 적재물을 원하는 위치에 사용자의 요구에 따른 자동으로 움직임이 가능하도록 모터를 이용하여 볼스크류와 시저리프트를 연결, 구동이 가능하도록 설계되었다.

제2절 해석 및 평가

2-1. 본체 구조 해석



<그림 2.2.1 본체 구조해석>

	고정PART(FIX)
모든 휠	4EA

	주어진 힘(FORCE)
본체	중력+리프트 무게 = 약 49N

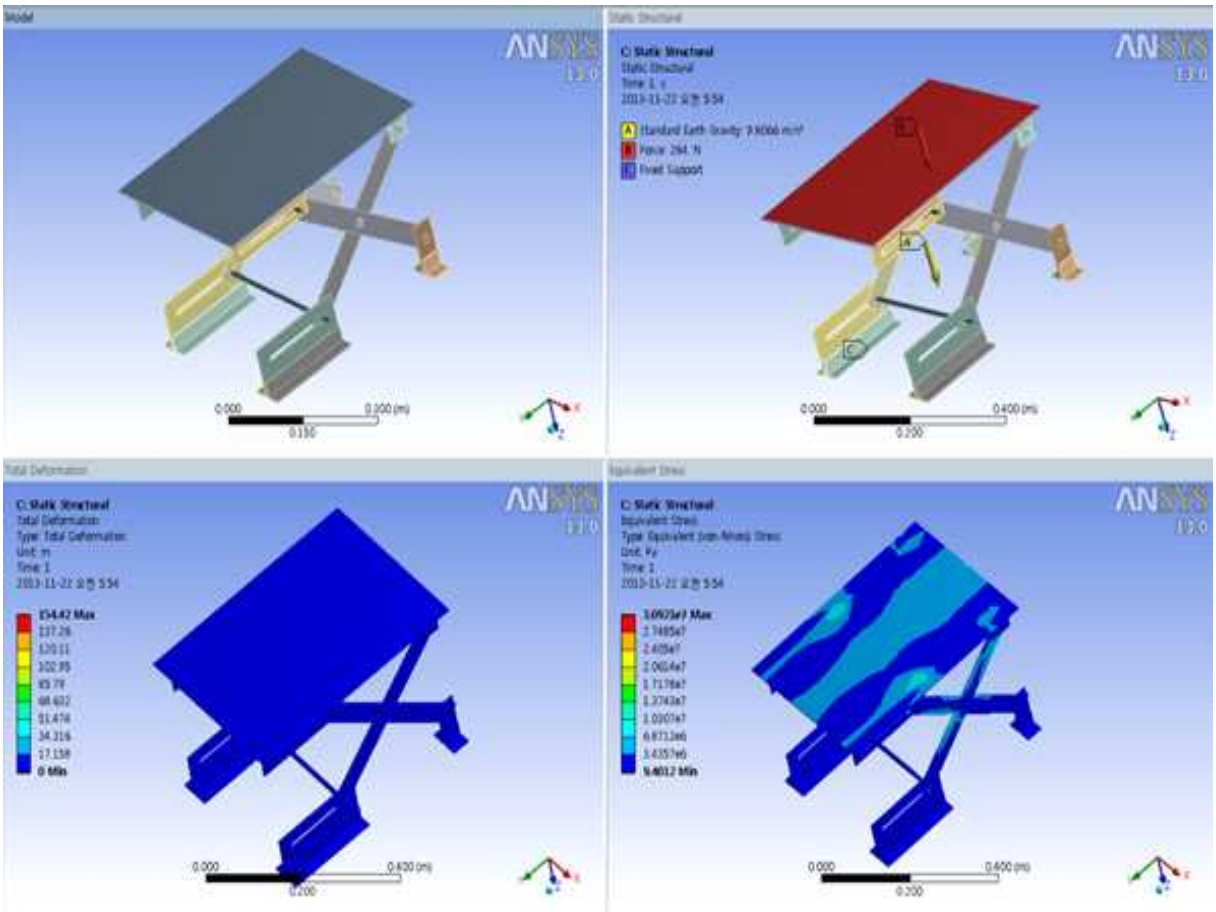
	최대변형량
윗판	0,025mm

	최대응력
휠 축	5.45 e-6 (mpa.mm)

<표 2.2.1 본체 구조해석>

<그림 2.6 본체 해석>과, <표 2.1 본체 구조해석>에서 본체에 주어지는 힘이 어떻게, 얼마나 작용하는지 알 수 있다. 휠 축 부분에 힘이 가장 많이 가해졌지만 휠과 지지축의 강성이 좋아 처짐량이 적은 것을 알 수 있다.

2. 리프트 구조 해석



<그림 2.2.2 리프트 해석>

	고정PART(FIX)
밑판	1EA

	주어진 힘(FORCE)
본체	중력+적재물 무게 = 약 284N

	최대변형량
리프트 다리	0mm

	최대응력
윗판	6.87e-6 (mpa.mm)

<표 2.2.2 리프트 구조해석>

<그림 2.7 리프트 해석>과, <표 2.2 리프트 구조해석>에서 리프트 윗판과 리프트 다리에에 주어지는 힘이 어떻게, 얼마나 작용하는지 알 수 있다. 리프트 윗판에 힘이 가장 많이 가해졌지만 리프트 윗판 밑판과 리프트 다리의 강성이 좋아 처짐량이 적은 것을 알 수 있다.

제3절 상세설계

설계를 진행하는 순서로 메카넘 휠을 적정 속도로 동작할 수 있는 모터와 필요한 용량의 배터리를 선정한 후, 기본 구조제와 리프트 설계 순으로 진행하였다. 모든 선정 과정에는 계산을 통해 필요한 부품을 선별하였으며 내용은 다음과 같다.

3-1. 모터 설계

모터를 선정하기 위해서는 토크 값과 동력이 필요하기 때문에 계산 값을 구해야 한다. 토크는 주요부하토크와 필요가속토크가 있다. 필요가속토크를 구하기 위해서는 회전시속도가 필요함으로 회전 시 속도를 구하였다. 마지막으로 동력을 구하여 제품의 사양에 맞는 모터를 선정하였다.

1) 제작품의 전체 무게 : 30kg

2) 회전속도

$$\text{회전시속도}$$
$$V = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \text{에서 } N = 40\,rpm$$
$$V = \frac{\pi \times 150 \times 40}{1000 \times 60} = 0.314\,m/s$$

<수식 2,3.1 회전속도 식>

3) 베어링 개수 : 바퀴 당 1EA
=안쪽 HUB 베어링1EA, 바깥쪽 1EA

4) 정지 -> 정격 운전의 가속까지 걸리는 시간 : 2초

5) 계산식
- 1. 주요 부하토크(Torque)

$$F_s(\text{정지상태의 힘}) = \mu \times m \times g$$
$$= 0.35 \times 30 \times 9.8$$
$$= 102.9\,N$$

$$\text{부하토크} : F_s \times r = 102.9 \times 0.075$$
$$= 7.71 N \cdot m$$
$$= 78.67\,kgf \cdot cm$$
$$\div 4(\text{개당})\, 19.66\,kgf \cdot cm$$

<수식 2.3.2 주요 부하토크 계산 식>

- 2. 필요 가속토크(Torque)

$$F_d(\text{감가속상태 시 힘}, \triangle t = 2\text{초})$$
$$= m \times a \ = m \times \frac{\triangle v}{\triangle t}$$
$$= 30 \times \frac{0.314}{2} = 4.71\ N$$

$$\text{필요가속 토크} : F_d \times r = 4.71 \times 0.075$$
$$= 0.353\,N \bullet m$$
$$\div 4\,(\text{개당})\ 0.088\,kgf \bullet cm$$

<수식 2.3.3 필요 가속토크 계산 식>

- 3. 모터 1개당 요구 토크(Torque)

$$\text{모터의 토크}\,(T)$$
$$T_t = (F_s + F_d) \times \text{휠의 반지름}$$
$$= (4.71 + 102.9) \times 0.075$$
$$= 8.070\,N \bullet m$$
$$= 82.35\,kgf \bullet cm\text{에서}$$

$$\text{휠 개당 걸리는 모터 토크}(\div 4) = 20.58\,kgf \bullet cm$$

$$\text{안전계수 1.5 곱한 값} : 30.88\,kgf \bullet cm$$

<수식 2.3.4 모터 1개당 요구 토크 계산 식>

- 4. 모터 1개당 요구 동력(Power)

$$\text{모터의 출력}$$
$$P = \text{힘} \times \text{속도}$$
$$= 107.61 \times 0.314$$
$$= 33.78\,W$$

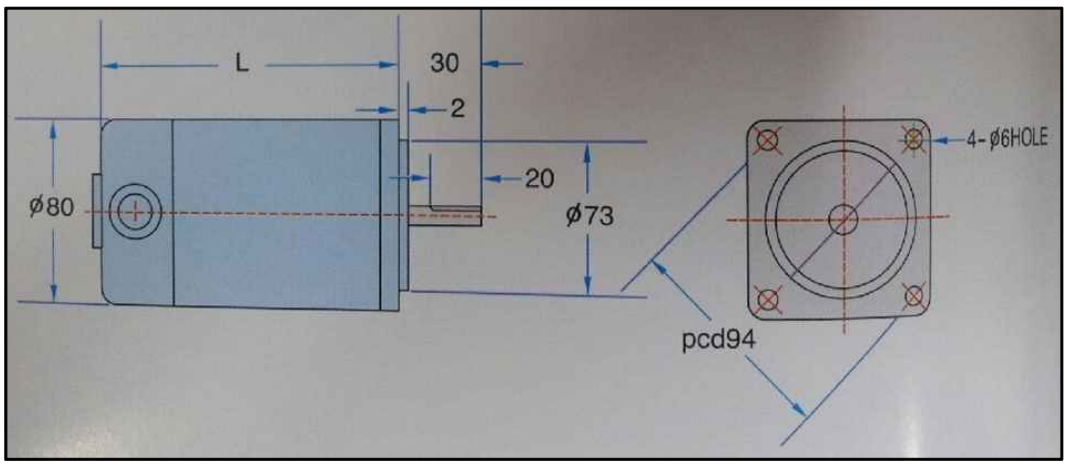
$$\text{휠 개당 걸리는 모터출력}(\div 4) = 8.44\,W$$

<수식 2.3.5 모터 1개당 요구 동력 계산 식>

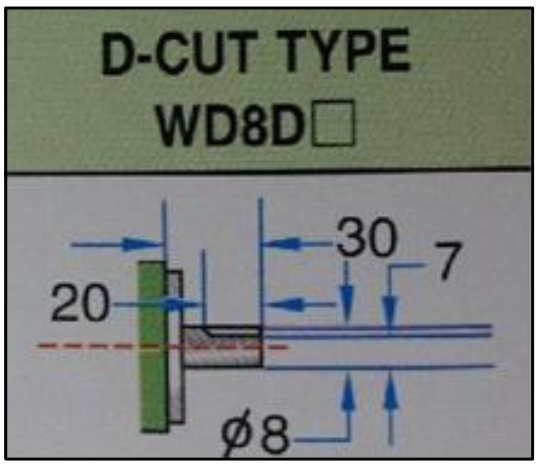
- 5. 모터 선정

● Motor 모델명 : WD8S1240 (DC 기어드 모터)
● 감속기 모델 및 감속비율 : K8G75C
● 기어비 : 1 : 75
● 회전수 N (rpm) : 3000 rpm => 40 rpm
● 정격토크 : 1.3 kgf*cm
=> 출력토크 : 입력(정격)토크*감속비(G)*감속효율(η)
: 1.3*75*0.66 = 64.35$kgf \times cm$

● 모터 출력 : 40 W
● voltage : 12v
● 감속효율 : 66%
● 출력동력 : 감속비(G)*입력동력*감속효율(μ)
: 40*75*0.66 = 1980w
● 전류 : 4.7 A



<그림 2.3.1 모터 전체 도면>

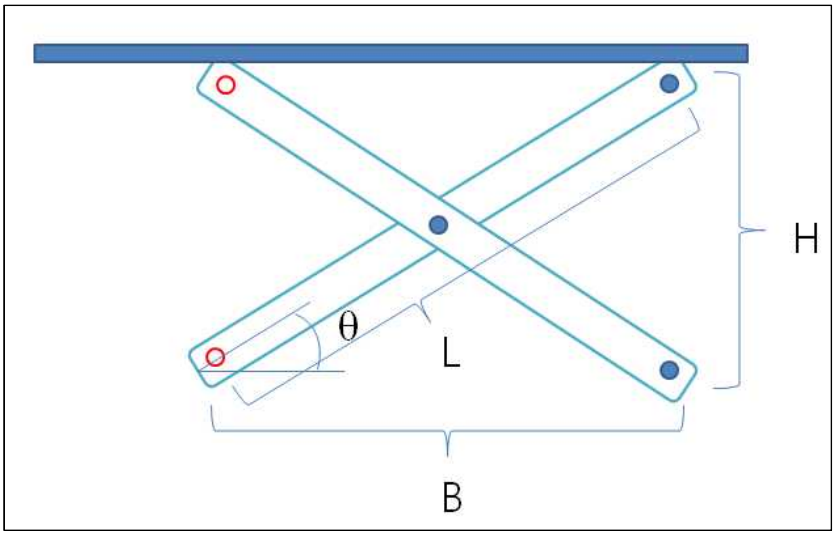


<그림 2.3.2 모터 축 도면>

<그림 2.3.3 선정 모터>

3-2. 리프트 설계

리프트 설계는 최소 높이와 최대 40도일때의 최대 높이 때의 리프트와 다리사이의 거리를 리프트 다리 기준으로 설계했다. 판을 50x50으로 선정 하였기 때문에 최대 적정 다리의 길이를 계산을 통해 40cm로 정했고 직각삼각형의 성질과 삼각함수를 이용하여 다리사이의 길이(B) 와 리프트높이 (H), 리프트 각도(⊖)를 이용하여 구하였다. 계산 결과를 보면 θ값이 커짐에 따라 리프트 최대 높이는 증가지고 다리사이의 길이는 좁아짐을 알 수 있다.



<그림 2.3.4 리프트 계산>

θ	H	Δ	B
0	0.00	0.00	40.00
1	0.70	0.01	39.99
2	1.40	0.02	39.98
3	2.09	0.05	39.95
4	2.79	0.10	39.90
5	3.49	0.15	39.85
6	4.18	0.22	39.78
7	4.87	0.30	39.70
8	5.57	0.39	39.61
9	6.26	0.49	39.51
10	6.95	0.61	39.39
11	7.63	0.73	39.27
12	8.32	0.87	39.13
13	9.00	1.03	38.97
14	9.68	1.19	38.81
15	10.35	1.36	38.64
16	11.03	1.55	38.45
17	11.69	1.75	38.25
18	12.36	1.96	38.04
19	13.02	2.18	37.82
20	13.68	2.41	37.59
21	14.33	2.66	37.34
22	14.98	2.91	37.09
23	15.63	3.18	36.82
24	16.27	3.46	36.54
25	16.90	3.75	36.25
26	17.53	4.05	35.95
27	18.16	4.36	35.64
28	18.78	4.68	35.32
29	19.39	5.02	34.98
30	20.00	5.36	34.64
31	20.60	5.71	34.29
32	21.20	6.08	33.92
33	21.79	6.45	33.55
34	22.37	6.84	33.16
35	22.94	7.23	32.77
36	23.51	7.64	32.36
37	24.07	8.05	31.95
38	24.63	8.48	31.52
39	25.17	8.91	31.09
40	25.71	9.36	30.64

<그림 2.3.5 리프트 최대 높이 선정 >

3-3. 배터리 설계

전력이 필요한 모터(휠에 사용되는 모터 4EA, 볼스크류 구동 모터 1EA)의 총 전류의 합이 23.5A이므로 18AH의 베터리로 약 45분간 구동이 가능하게 설계하였다.

- 전압 : 12V
- 모터 사양 : 4.7A
- 모터 4EA : 4.7x5 = 23.5A
- 구동시간 약 45min 고려

<그림 2.3.6 배터리 선정 >

3-4. 기본 구조제 설계

기본 축이 되는 축은 알루미늄 프로파일을 사용하였고, 판형 구조재로 알루미늄 판을 사용했다. 구조제 각각의 물성치를 이용하여 알루미늄 프로파일의 처짐량과 굽힘강도, 2차모멘트를 구하였고, 알루미늄 판의 처짐량과 최대전단응력을 계산하였다.

- 1. 알루미늄 프로파일

- 재질 : 알루미늄
- 인장강도 : $290\,N/mm^2$
- 항복응력 : $241\,MPa$
- 축(4EA)이 받는 무게는 윗판 무게와 리프트 무게, 모터 무게를 고려하여 5kg이라고 하였다.

$$E = 70.408\,kgf/cm^2$$
$$A = 2.3076\,cm^2$$
$$\sigma = 0.295\,kgf/cm^2$$
$$\sigma = E \times \epsilon \Rightarrow \epsilon = \frac{\sigma}{E} = 0.00418cm$$
$$\delta = \frac{FL}{AE} = \frac{(5kg \div 4개) \times 40cm}{2.3076cm^2 \times 70.408kgf/cm^2} = 0.3077cm$$

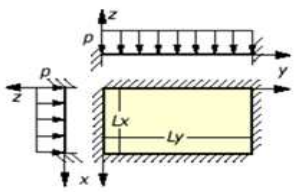
<수식 2.3.6 처짐량 계산 식>

$$\text{알루미늄비중량} : 2.7 \times 10^{-3} kgf/cm^3$$
$$w = 4.5 \times 4.5 \times 2.7 \times 10^{-3} = 0.0546kgf/cm$$
$$Z = (a^2 - b^2) \div 6a = 0.33cm^3$$
$$M = \frac{0.0546}{8} \times 50^2 = 17.0625kgf \cdot cm$$
$$\sigma = \frac{M}{Z} = 51.704kgf/cm^2$$
$$2\text{차모멘트} : (a^2 - b^2) \div 12 = 8.25cm^4$$

<수식 2.3.7 2차 모멘트 계산 식>

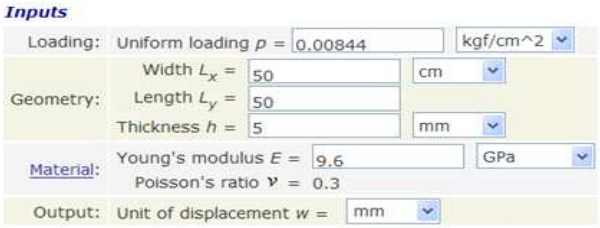
- 2. 알루미늄 판

- 재질 : 알루미늄
- 인장강도 : $0.15kgf/cm^2$
- 항복응력 : $0.09kgf/cm^2$
- 판의 무게 = 2kg
- 리프트+모터 무게 =1kg
- 판의 너비 50cm * 50cm
- 판의 처짐량과 최대 응력



탄성계수 $E = 97892.7564\,kgf/cm^2$

단면적 $A = 2500cm^2\,(50cm \times 50cm)$



Displacement

$$w_{\max} = w(L_x/2, L_y/2) = c_1 \frac{pMin(L_x, L_y)^4}{Eh^3}$$

where values of c_1 are listed in the following table.

$\text{Max}(L_x/L_y, L_y/L_x)$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞
c_1	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267	0.0277	0.0284

Hence, w_{max} = 0.594895905626 mm ≈ 0.595 mm

The formula is valid for most commonly used metal materials that have Poission's ratios around 0.3. In fact, the Poisson's ratio has a very limited effect on the displacement and the above calculation normally gives a very good approximation for most practical cases. The coefficient c_1 is calculated by the

Stress

$$\sigma_{\max} = \sigma(\text{center of long edge, near surface}) = c_2 \frac{pMin(L_x, L_y)^2}{h^2}$$

where values of c_2 are listed in the following table.

$\text{Max}(L_x/L_y, L_y/L_x)$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞
c_2	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000

Hence, σ_{max} = 2.54760291828 MPa ≈ 2.55 MPa

The formula is valid for most commonly used metal materials that have Poission's ratios around 0.3. The coefficient c_2 is calculated by the polynomial least-square curve-fitting.

<그림 2.3.7 알루미늄 판의 처짐량과 최대 응력>

● 최대 전단응력

윗판

$A = 2500cm^2\,(50cm \times 50cm)$

$\sigma_x = \frac{P}{A}(P = 5kg)$식에서 $\frac{5}{2500}$

$= 2 \times 10^{-3} kgf/cm^2$

최대전단응력 $\tau_{\max} = \frac{\sigma_x}{2} = 1 \times 10^{-3} kgf$

아랫판

$A = 2500cm^2\,(50cm \times 50cm)$

$P = 30kg$일 때

최대전단응력 $\tau_{\max} = \frac{\sigma_x}{2} = 6 \times 10^{-3} kgf/cm^2$

<수식 2.3.8 최대 전단응력 계산 식>

3-5. 전체 설계

1. 전체 도면

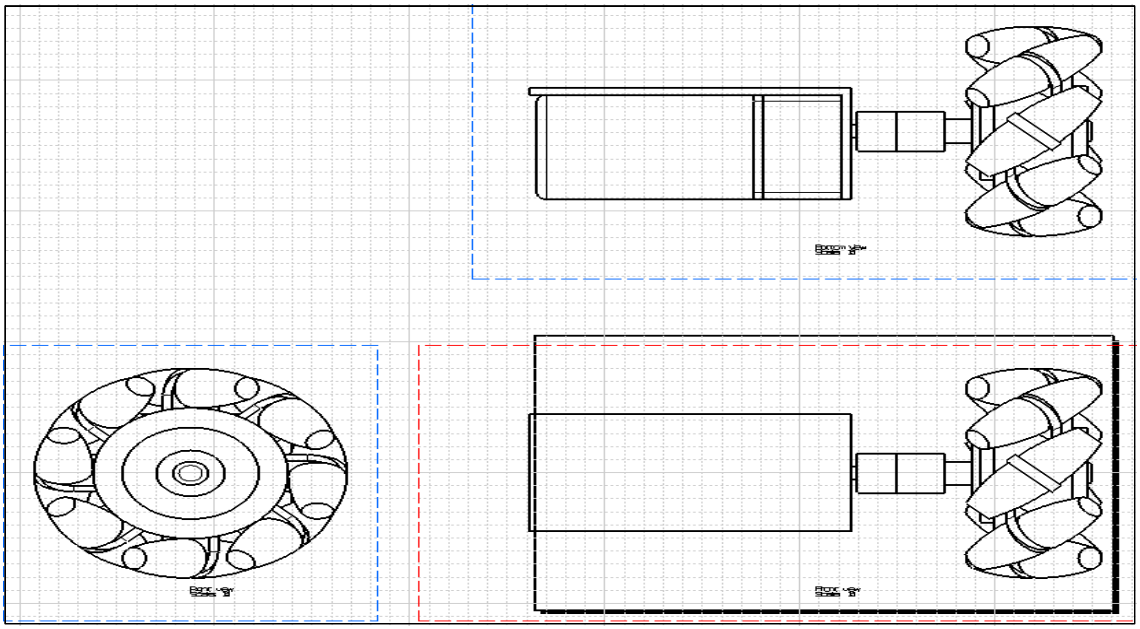
<그림 2.4.1 전체도면>은 설계제품의 전체 모습이며 전체 제품 사이즈는 가로46cm 세로 50cm 높이 80cm 이다. 모터와 배터리, MCU를 본체 안쪽에 위치시키고, 윗 판에는 리프트를 구동하는 모터와 볼 스크류, 리프트를 위치했다. 바퀴와 축, 커플링, 모터, 모터 마운트를 각각 연결하여 밑판 위쪽으로 부착하였으며 알루미늄프로파일과 바퀴를 지면과의 높이차를 고려하여 모터마운트를 설계 및 조립하였다. 리프트 구조에서 볼 스크류가 구동할 수 있는 고정 축과 시저 리프트 다리를 고정 핀으로 연결하여 구동이 가능하도록 설계하였다. <그림 2.4.1 전체도면>에서 획기적인 메카넘 휠을 장착하고, 모터 동력을 이용한 리프트 최대 높이를 보여줌으로써 외형상 조화가 잘 되어 있다. 초기 안에서는 작키2개를 사용해서 리프트를 구상한 것이 전체 외형에 어울리지 않았으며, 구조해석을 하는데 있어서 문제점이 발생되었는 것을 알고 변경하였다.

<그림 2.3.8 전체도면>

제 3장 공정도 및 제작

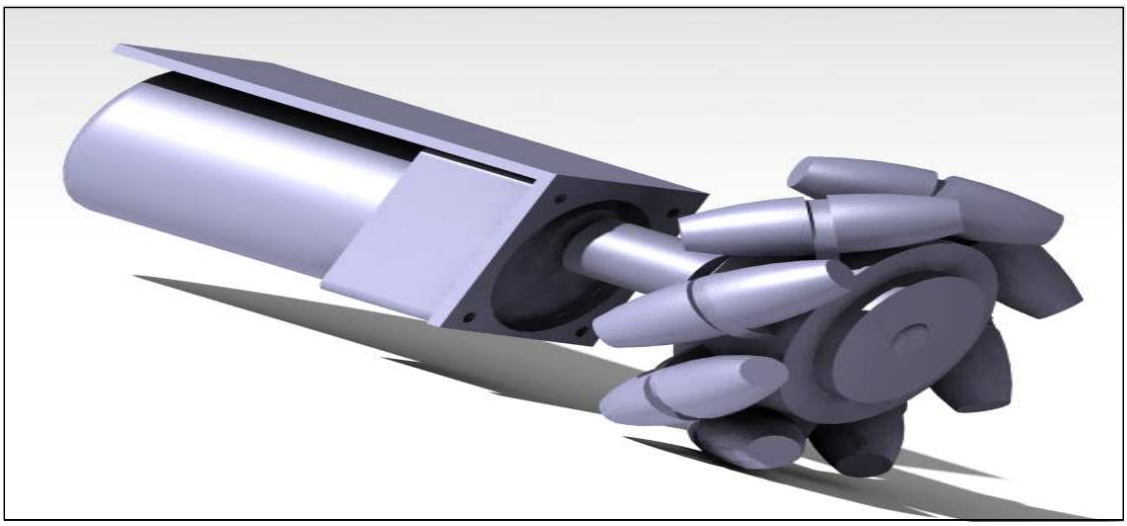
제1절 공정도(Computer work)

1-1. 메카넘 휠(Mechanum Wheel)



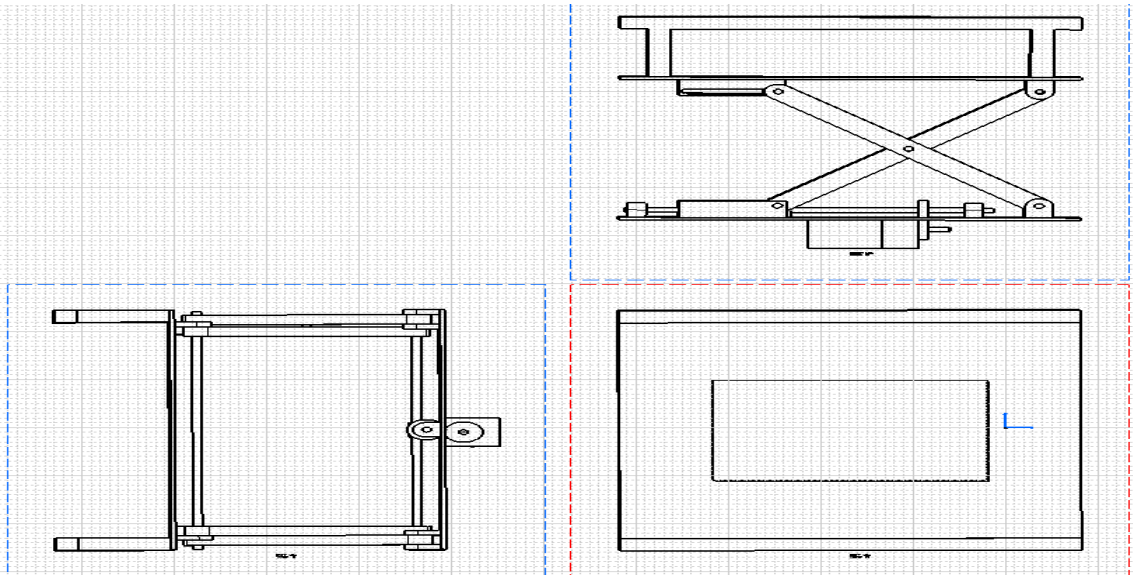
<그림 3.1.1> 2D 도면

그림 3.1은 모터와 바퀴의 축연결 한 것을 2D도면으로 전면도와 측면도 윗면도이다.



<그림 3.1.2> catia 3D 도면

그림 3.2는 2D도면을 3D로 전환한 모습이다. 모터와 바퀴의 축연결 부분은 나타내는 모습이다.

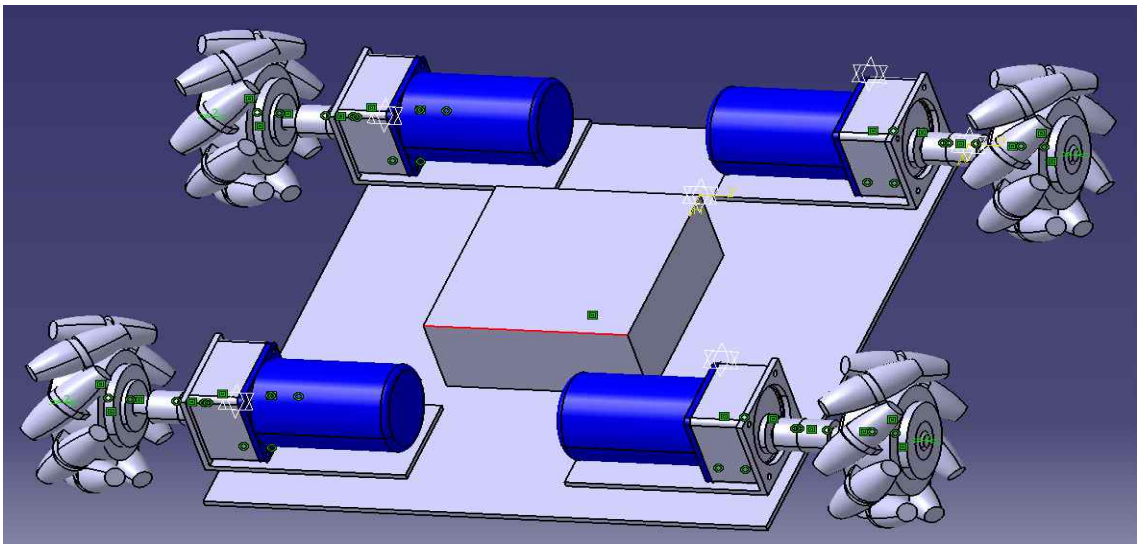


<그림 3.1.3> 리프트 2D도면

그림 3.3은 리프트 부분을 2D도면으로 전면도와 측면도를 나타낸 것이다.

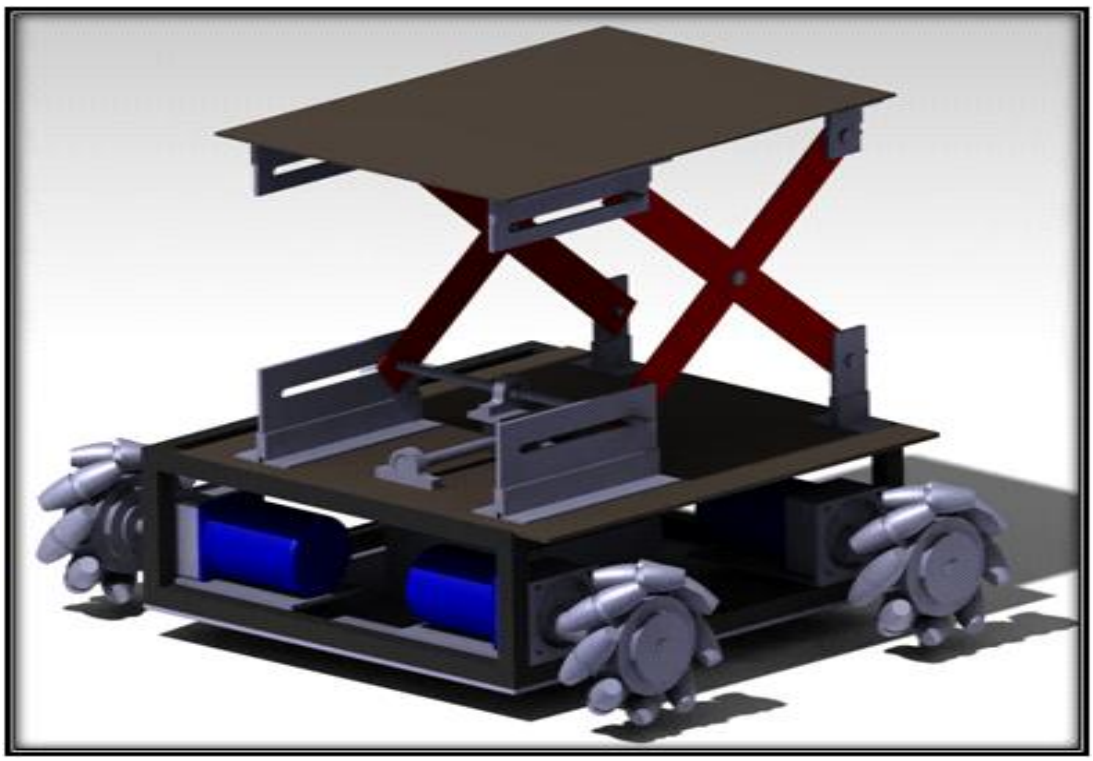
<그림 3.1.4> 리프트 3D도면

그림 3.4는 3D도면 CATIA로 설계하여 실질적인 외형을 나타낸 것이다.



<그림 3.1.5> 프로파일 내부설계

그림 3.5는 CATIA를 이용하여 프로파일 내부를 설계한 모습으로써 4개의 모터와 바퀴가 프레임에 부착된 모습을 설계하였다.

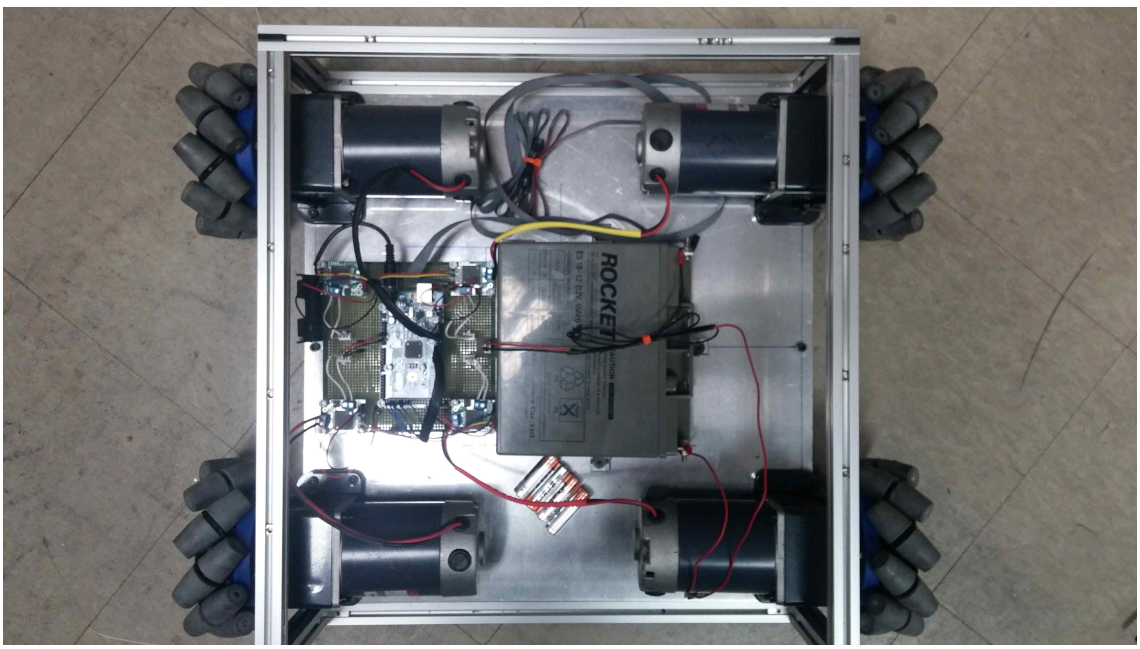


<그림 3.1.6> 최종 모습

그림 3.6은 CATIA를 이용하여 대형물류운반기를 최종적으로 설계한 모습이다.

<그림 3.1.7> 모터와 바퀴축 위치 선정

그림 3.7은 CATIA도면을 토대로 실제 위치를 선정하는 것이다.

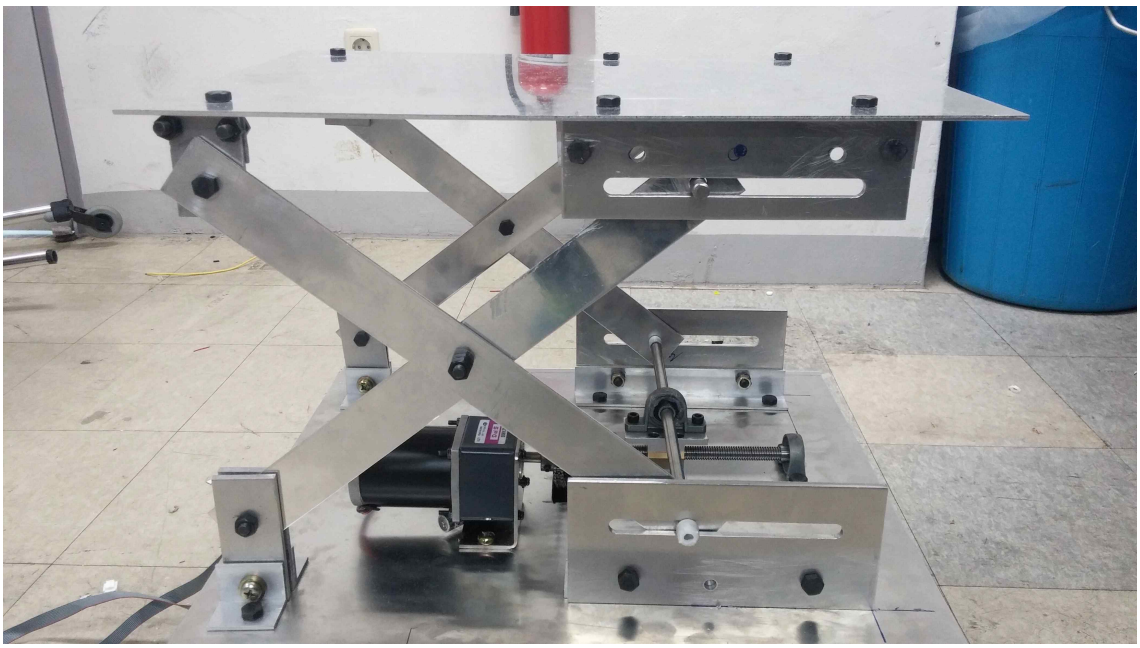


<그림 3.1.8> 리프트를 제외한 모습

그림 3.8은 내부 모습이며, 프로파일과 바퀴, 배터리, MCU를 모두 결합한 모습이다.

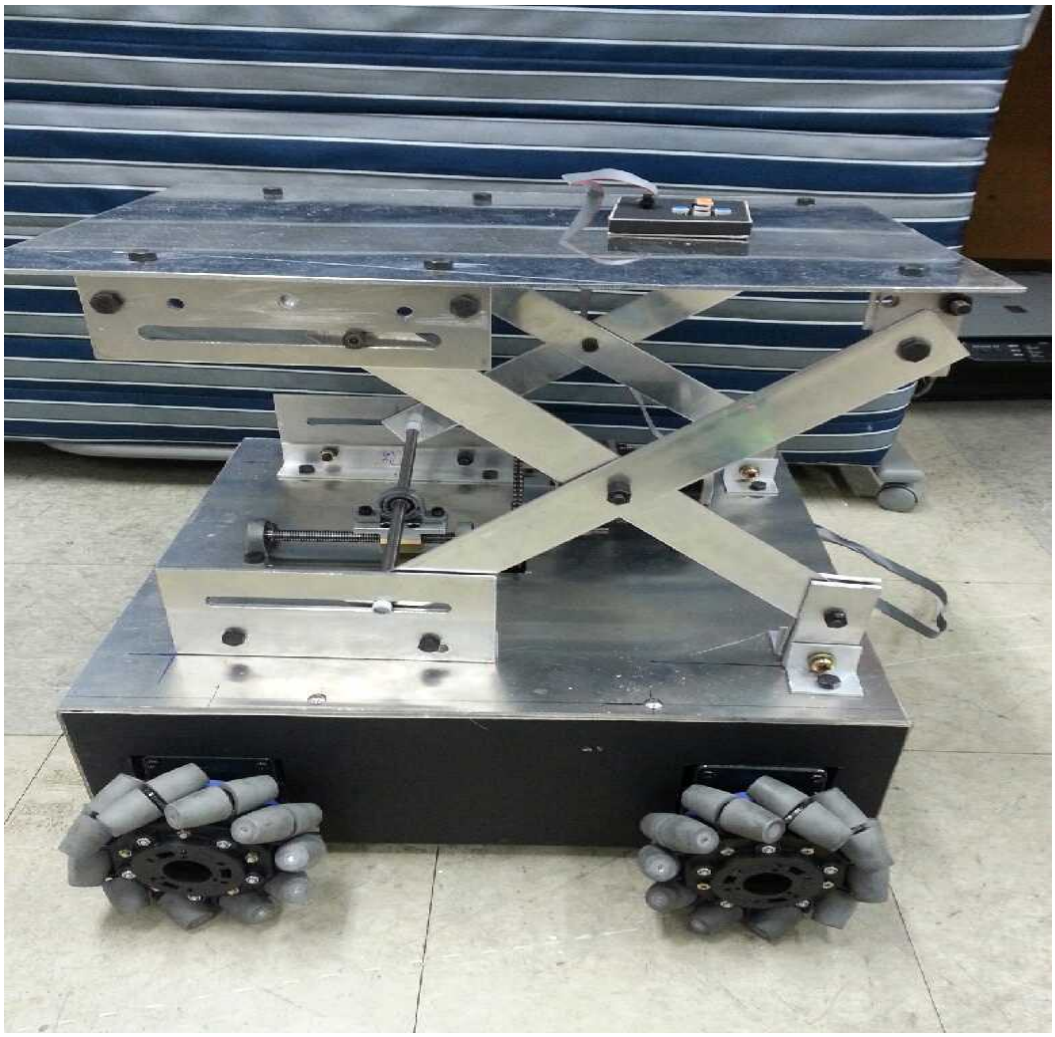
<그림 3.1.9> 볼 스크류와 모터 연결

그림 3.9는 볼 스크류와 리프트 모터를 체인과 톱니로 연결한 것이다.



<그림 3.1.10> 리프트 외형

그림 3.10은 리프트의 외형을 완성한 모습이다.



<그림 3.1.11> 최종모습

그림 3.11은 모든 부분 부품들을 제작 및 설계한 최종 완성본이다.

제2절 제작(Manufacture)

1. 제작 일정 및 제작과정

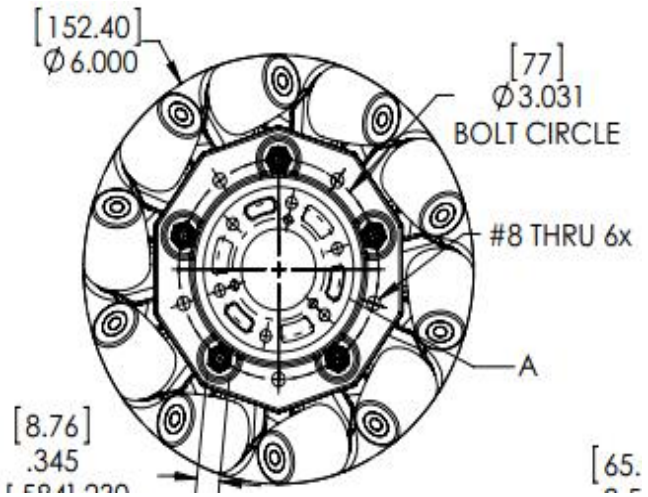
제작 일정	제작 과정
7/3 - 7/15	메카넘휠 선정 및 구매
9/4 - 9/11	허브 제작
9/12 - 9/15	프로파일 구매 및 제작
9/17 - 9/30	알류미늄 판 선정 및 구매
10/1 - 10/30	리프트 뼈대 알류미늄판 해석 및 제작

1. 메카넘 휠 선정 및 구매

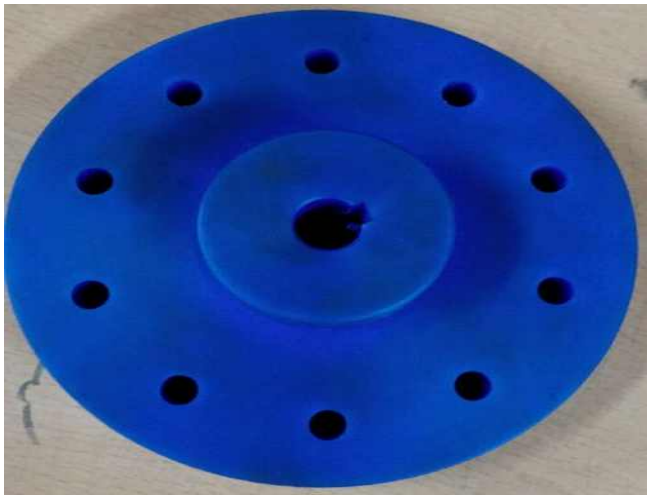
NT-REX	VEX-PRO
가격 : 50만원 (4EA) 크기 : 외경 10인치 재질 : 알루미늄&고무 정격하중 : 50kg 개당 롤러개수 : 12개	가격 : 17만원 (4EA) 크기 : 외경 6인치 재질 : 플라스틱&고무 정격하중 : 25kg 개당 롤러개수 : 10개

NT제품과 VEX제품을 비교 하였을 때 NT제품이 더 좋은 능력을 보여주나 우리가 설계한 용량에 비해 높은 오버스펙과 높은 가격으로 인하여 VEX의 제품을 선택 하였다.

2. 허브 제작



(그림 4.1)



(그림 4.2)

그림 4.1의 캐드 도면을 가지고 외주업체로부터 MC나일론 소재를 이용 하여 총 4개의 허브를 제작 하였다.

3. 프로파일 구매 및 제작

3-1 프로파일 구매

모터의 크기 배터리의 규격에 맞는 가로 46cm 세로 50cm 높이 26cm의 프로파일을 구매함.

3-2 프로파일 제작

초기단계 (그림 4.2)

최종 (그림 4.2.1)

그림 4.2는 초기단계로서 각 알류미늄을 통한 틀이였다. 공간의 비효율성 무게 강도의 단점으로 그 단점을 보완한 알류미늄 프로파일을 통하여 최종 제작 하였다.

4. 알류미늄 판 구입 및 제작

4-1 알류미늄 판 구입

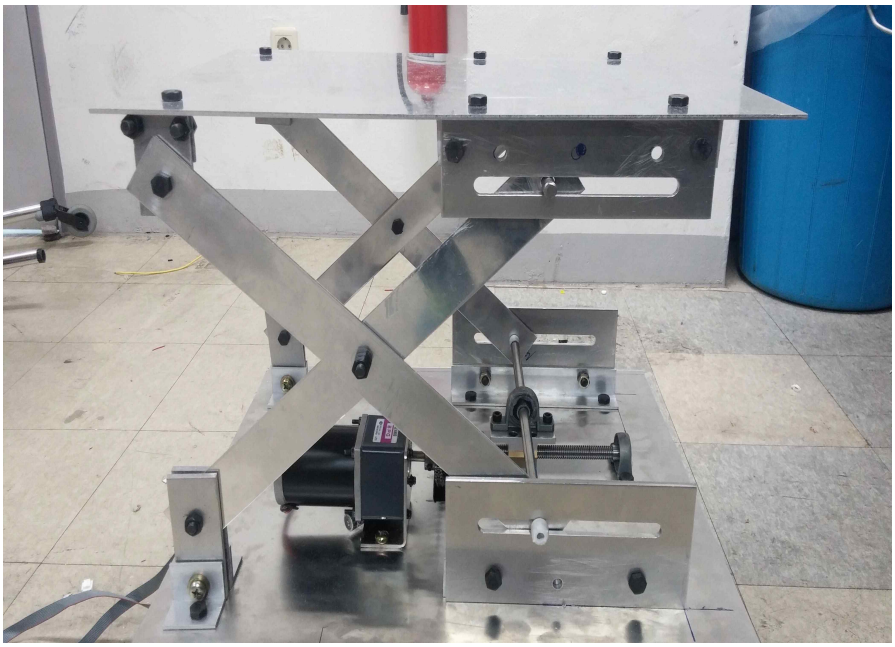
(그림 4.3)

(그림 4.3)과 같은 3T 알류미튬판 (500*460 1개 460*460 1개 300*300 1개)을 구입

4-2 알류미늄 판 제작

알류미늄 판을 프로파일 위에 고정 시키기 위하여 각 끝 단면으로부터 1cm의 간격을 두고 8mm드릴을 이용 하여 각각 4개의 구멍을 뚫음.

5. 리프트 뼈대 알류미늄 판 구매 및 제작



4T 짜리의 알루미늄 판을 구매 후 해석을 통한 도면을 토대로 외주 업체에 절단 및 절곡을 통하여 제작된 판을 조립한 모습이다.

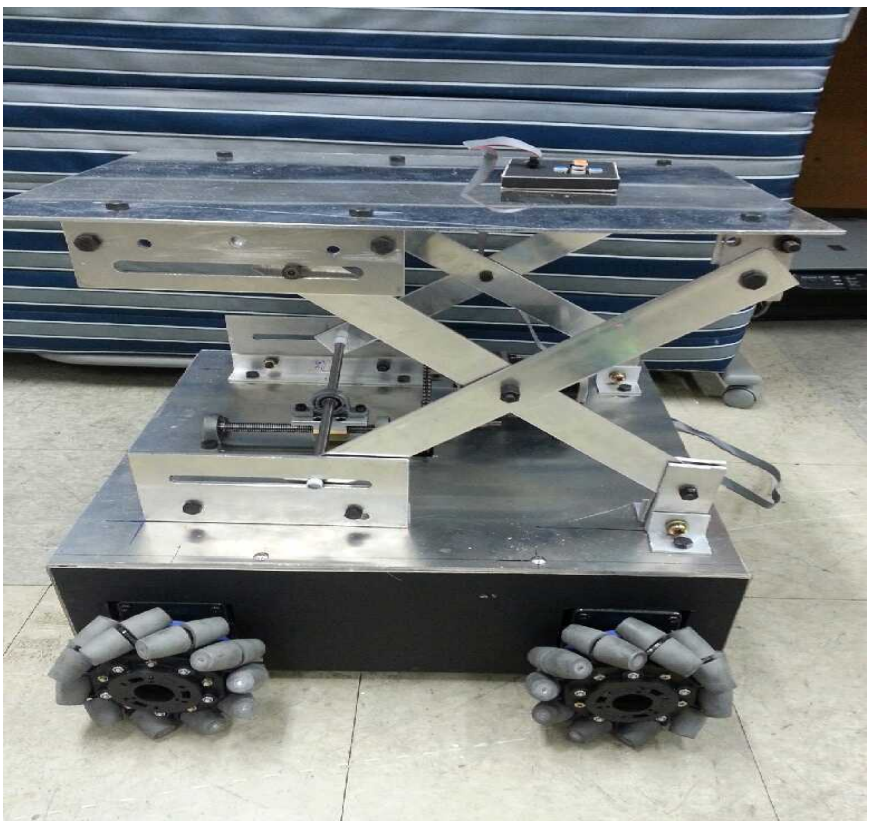
<그림 4.4> 리프트 외형

6. 환봉 고정

지름이 1cm인 환봉을 구매 후 베어링에 결합 시켜 볼 스크류 위에 결합 시킨 모습이다.
이때 베어링에 고정된 환봉이 좌우로 움직이는 문제점을 압축 튜브를 통하여 고정 시켰다.

(그림 4.5)

7.최종 결합



프로파일 겉 부분은 하드보드지로 붙여 내부를 안보이게 하였다 최종 완성본이다.

(그림 4.6)

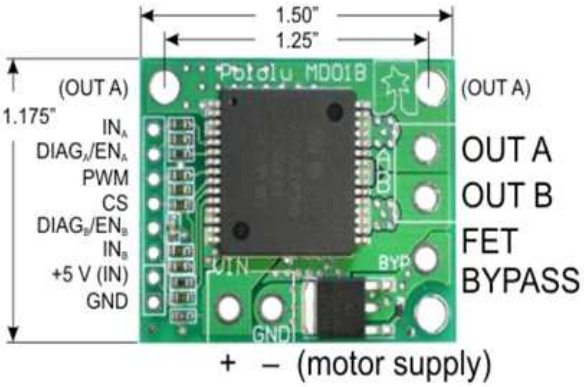
제 4장 제어

제1절 MCU 선정

<table>
<tr><th colspan="2">메인보드 선정</th></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Aduino UNO R3</td><td>Aduino MEGA 2560 R3</td></tr>
<tr><td>Operating Voltage : 5V
Input Voltage (recommended) : 7-12V
Input Voltage (limits) : 6-20V
Digital I/O Pins : 14(of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins : 6
DC Current per I/O Pin : 40 mA
DC Current for 3.3V Pin : 50 mA
Flash Memory : 32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM : 2 KB(ATmega328)
EEPROM : 1 KB(ATmega328)
Clock Speed : 16 MHz</td><td>Operating Voltage : 5V
Input Voltage (recommended) : 7-12V
Input Voltage (limits) : 6-20V
Digital I/O Pins : 54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins : 6
DC Current per I/O Pin : 40 mA
DC Current for 3.3V Pin : 50 mA
Flash Memory : 256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM : 8 KB
EEPROM : 4 KB
Clock Speed : 16 MHz</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aduino MEGA 2560 선정 이유:
PWM제어와 방향제어를 각각 4개를 해야해서 포트의 수가 부족하기 때문에 기본적인 uno보다는 mega 적합하다고 생각해서 선택하였다. 또한 초보자도 쉽게 제어 할 수 있는 플렛폼 이므로 사용 하였다.</td></tr>
</table>

제2절 주요부품 선정

2-1. 모터 드라이버 선정



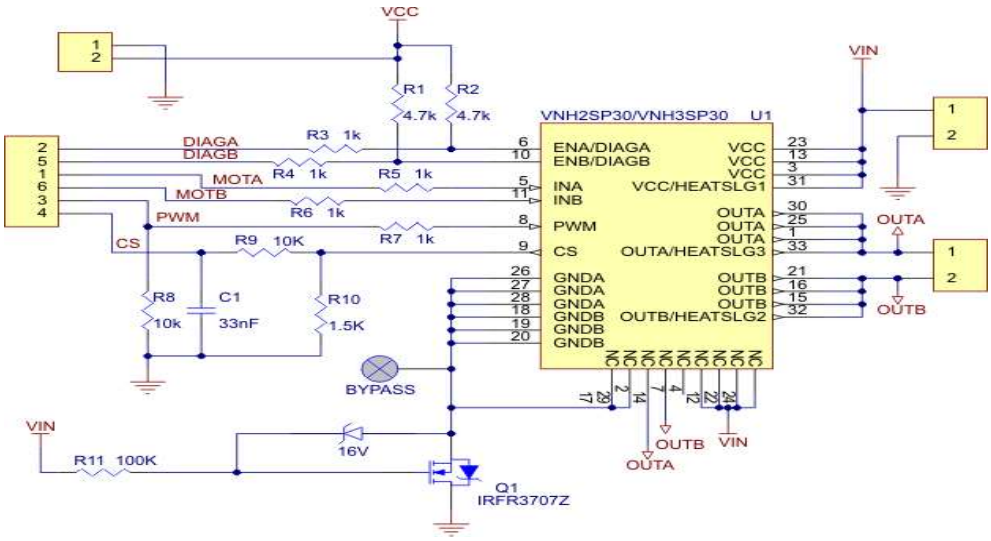
<그림 4.2.1> 모터 드라이버

- 본 제품은 브러쉬 DC모터의 양방향 속도 제어가 가능한 VNH3SP30 모터 드라이버 IC를 탑재한 보드로 5.5v ~ 16V에서 동작하며 연속으로 9A 전류를 공급이 가능하다 (피크시 30A)
- 역전압, 저전압, 과전압, 과전류에 대한 빌트인 보호기능을 가지고 있다
- 본 보드는 풀업저항, 전류제한 저항, reverse battery 보호를 위한 FET를 장착하고 있다
- 전류 센싱 기능은 VNH3SP30에서는 지원하지 않는다. (VNH2SP30에서 지원)
- INA와 INB는 각각의 모터의 방향을 제어한다.
- H브릿지 회로를 사용
- PWM핀은 모터를 on/off 시킨다. PWM핀은 LOW로 만들어져 있어, 모터 드라이버 출력은 기본으로 off된다.

INA	INB	기능
LOW	HIGH	시계방향으로 회전
HIGH	LOW	반시계 방향으로 회전
LOW	LOW	모터 정지
HIGH	HIGH	모터 정지
무시	무시	모터 정지

<표 4.2.1> 아두이노 동작 시트

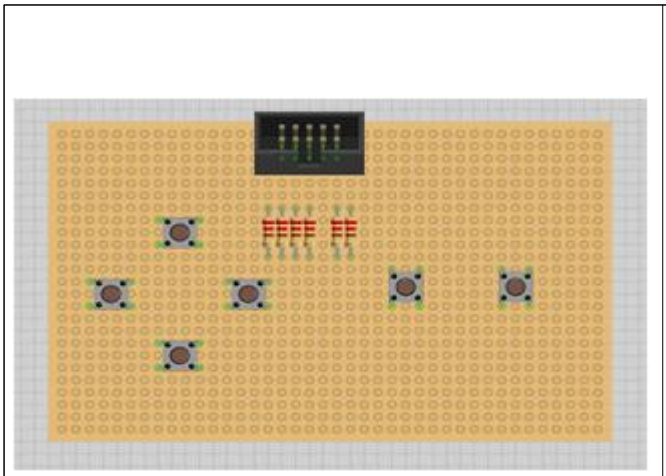
선정이유 : 우리 모터의사양이 12V에 4.7A 이기 때문에 4A~8A에 맞는 모터드라이버가 시중에 없어서 9A인 이 모터 드라이버를 선정하게 되었다.

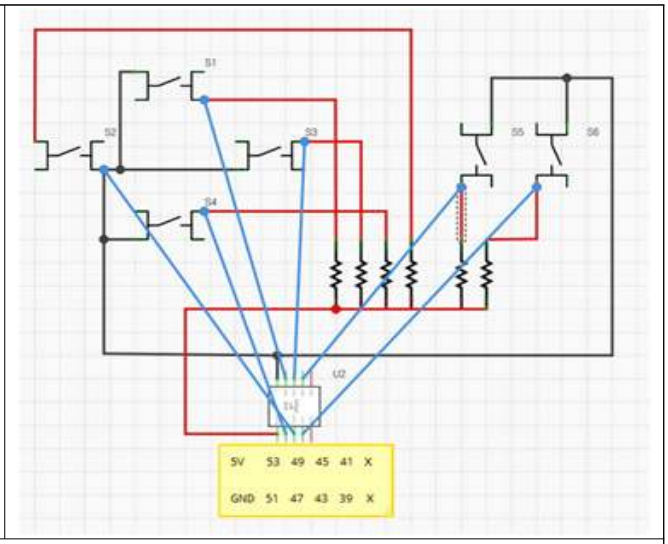


<그림 4.2.2> 데이터 시트

2-2. 스위치 설계

무선제어로 할 생각이 였으나 제어에 어려움이 있어 간단한 유선으로 스위치를 설계를 하였다. 또한 푸시 버튼을 이용하여 앞, 뒤, 오른쪽, 왼쪽, 대각선, 회전, 리프트를 제어 하였다. 앞, 뒤, 오른쪽, 왼쪽 버튼을 다이아몬드 형식으로 놓고 회전과 리프트 버튼은 따로 옆에 나란히 배치 하였다. 회전과 리프트 제어는 회전버튼을 누름과 동시에 오른쪽버튼을 같이 누르면 오른쪽으로 돌고 왼쪽버튼을 같이 누르면 왼쪽으로 돌게된다. 리프트는 리프트버튼을 누름과 동시에 위쪽버튼을 같이 누르면 위로 올라가고 아래쪽버튼을 누르면 아래로 리프트가 내려간다.

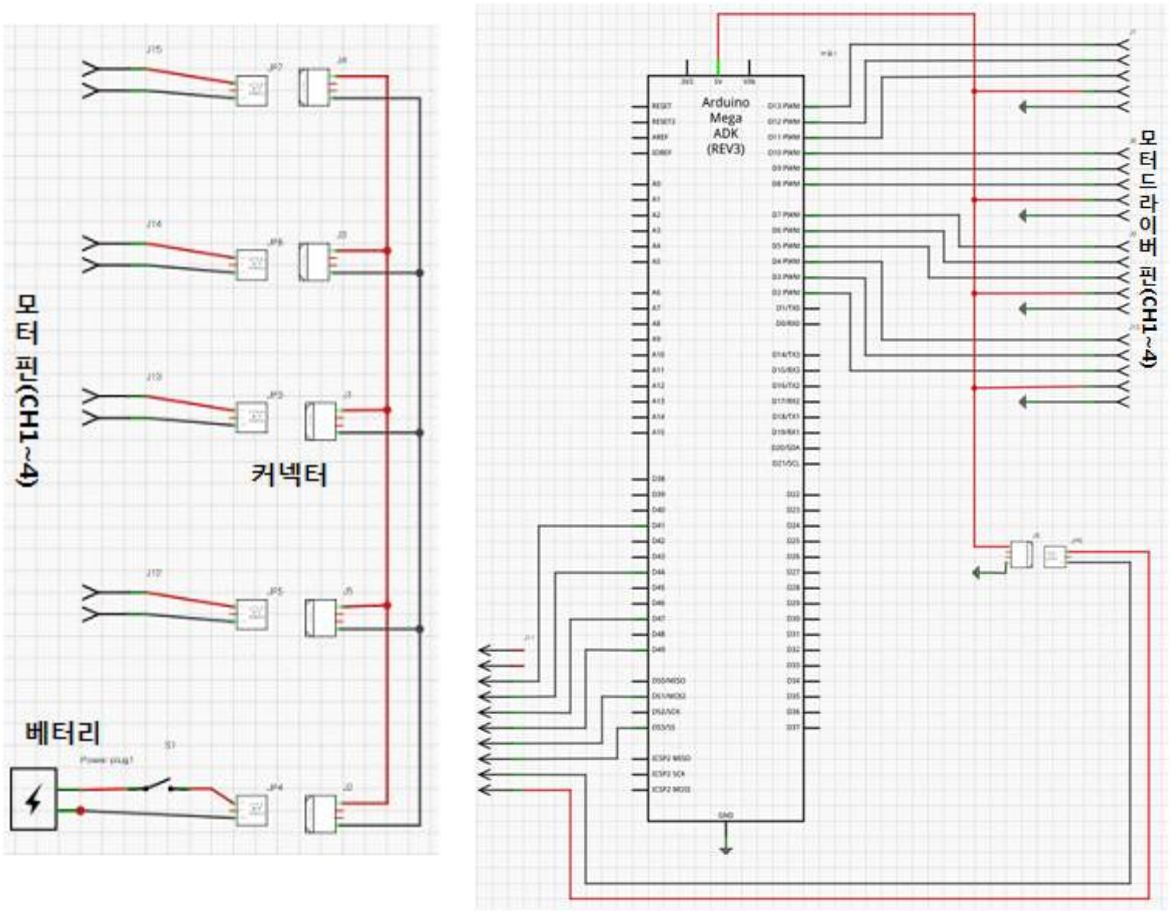




N : 앞으로	**S** : 뒤로
E : 오른쪽	**W** : 왼쪽
NE : 오른쪽 위 대각선	**NW** :왼쪽 위 대각선
SE : 오른쪽 아래 대각선	**SW** : 왼쪽 아래 대각선
turnR : 오른쪽회전	**turnL** : 왼쪽회전
liftU : 리프트 올리기	**liftD** : 리프트 내리기

<표 4.2.2> 스위치 설계

2-3. 아두이노 연결 회로도



<그림 4.2.3> 연결 회로도

먼저 배터리에서 나오는 12V로 바퀴를 구동시키고 외부 건전지에서 나오는 5V로 바퀴를 제어하는데 쓴다. 스위치에 각 버튼을 누르게되면 아두이노로 신호가 들어가고 다시 그 신호는 나와서 모터 드라이버핀이 연결된 곳으로 들어가게 되어 PWM과 모터의 방향을 제어를 한다. 또한 모터드라이버의 MOTOR SUPPLY + -단자를 베터리와 연결하여 베터리로부터 12V를 얻어 모터에 구동하는데 쓴다.

제3절 프로그램 소스

```
//방향과 PWM 핀번호 지정
int inB_ch1_pin = 13;
int pwm_ch1_pin = 12;
int inA_ch1_pin = 11;

int inB_ch2_pin = 10;
int pwm_ch2_pin = 9;
int inA_ch2_pin = 8;

int inB_ch3_pin = 7;
int pwm_ch3_pin = 6;
int inA_ch3_pin = 5;

int inB_ch4_pin = 4;
int pwm_ch4_pin = 3;
int inA_ch4_pin = 30;

int inB_lift_pin = 32;
int pwm_lift_pin = 2;
int inA_lift_pin = 34;

//button_pin 아두이노 핀번호 지정
int buttonN_pin = 53;
int buttonS_pin = 51;
int buttonE_pin = 49;
int buttonW_pin = 47;
int buttonT_pin = 45;
int buttonL_pin = 43;

//ButtonState 변수 지정
int buttonStateN;
int buttonStateS;
int buttonStateE;
int buttonStateW;
int buttonStateT;
int buttonStateL;

//변수들 입력 출력 설정
void setup(){
  Serial.begin(9600);//시리얼 모니터
```

```
  pinMode(pwm_ch1_pin, OUTPUT);
  pinMode(inA_ch1_pin, OUTPUT);
  pinMode(inB_ch1_pin, OUTPUT);

  pinMode(pwm_ch2_pin, OUTPUT);
  pinMode(inA_ch2_pin, OUTPUT);
  pinMode(inB_ch2_pin, OUTPUT);

  pinMode(pwm_ch3_pin, OUTPUT);
  pinMode(inA_ch3_pin, OUTPUT);
  pinMode(inB_ch3_pin, OUTPUT);

  pinMode(pwm_ch4_pin, OUTPUT);
  pinMode(inA_ch4_pin, OUTPUT);
  pinMode(inB_ch4_pin, OUTPUT);

  pinMode(inB_lift_pin, OUTPUT);
  pinMode(pwm_lift_pin, OUTPUT);
  pinMode(inA_lift_pin, OUTPUT);

  pinMode(buttonN_pin, OUTPUT);
  pinMode(buttonS_pin, OUTPUT);
  pinMode(buttonW_pin, OUTPUT);
  pinMode(buttonE_pin, OUTPUT);
  pinMode(buttonT_pin, OUTPUT);
  pinMode(buttonL_pin, OUTPUT);
}

//앞으로 가는 방향 goN에 설정 ch1:앞 ch2:앞 ch3:앞 ch4:앞
void goN(){
    digitalWrite(pwm_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch1_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch2_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch3_pin, LOW);
```

```
    digitalWrite(pwm_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch4_pin, LOW);
}
//오른쪽으로 가는 방향 goW에 설정 ch1:앞 ch2:뒤 ch3:뒤 ch4:앞
void goE(){
    digitalWrite(pwm_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch1_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch2_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch2_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch3_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch3_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch4_pin, LOW);
}
//왼쪽으로 가는 방향 goW에 설정 ch1:뒤 ch2:앞 ch3:앞 ch4:뒤
void goW(){
    digitalWrite(pwm_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch1_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch1_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch2_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch3_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch4_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch4_pin, HIGH);
}
```

```
//뒤로 가는 방향 goE에 설정 ch1:뒤 ch2:뒤 ch3:뒤 ch4:뒤
void goS(){
    digitalWrite(pwm_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch1_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch1_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch2_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch2_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch3_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch3_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch4_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch4_pin, HIGH);
}

//오른쪽 대각선 앞으로 가는 방향 goNE에 설정 ch1:앞 ch2:X ch3:X ch4:앞
void goNE(){
    digitalWrite(pwm_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch1_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch4_pin, LOW);
}

//왼쪽 대각선 앞으로 가는 방향 goNW에 설정 ch1:X ch2:앞 ch3:앞 ch4:X
void goNW(){
    digitalWrite(pwm_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch2_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch3_pin, LOW);
}
```

```
//오른쪽 대각선 뒤으로 가는 방향 goSE에 설정 ch1:X ch2:뒤 ch3:뒤 ch4:X
void goSE(){
    digitalWrite(pwm_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch2_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch2_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch3_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch3_pin, HIGH);
}

//왼쪽 대각선 뒤으로 가는 방향 goSW에 설정 ch1:뒤 ch2:X ch3:X ch4:뒤
void goSW(){
    digitalWrite(pwm_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch1_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch1_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch4_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch4_pin, HIGH);
}

//오른쪽 회전하는 방향 turnR에 설정 ch1:앞 ch2:뒤 ch3:앞 ch4:뒤
void turnR(){
    digitalWrite(pwm_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch1_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch2_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch2_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch3_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch4_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch4_pin, HIGH);
}
```

```
//왼쪽 회전하는 방향 turnL에 설정 ch1:뒤 ch2:앞 ch3:뒤 ch4:앞
void turnL(){
    digitalWrite(pwm_ch1_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch1_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch1_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch2_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch2_pin, LOW);

    digitalWrite(pwm_ch3_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch3_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_ch3_pin, HIGH);

    digitalWrite(pwm_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_ch4_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_ch4_pin, LOW);
}

//리프트 위로 올리는 방향 liftU에 설정
void liftU(){
    digitalWrite(pwm_lift_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_lift_pin, LOW);
    digitalWrite(inB_lift_pin, HIGH);
}

//리프트 아래로 내리는 방향 liftD에 설정
void liftD(){
    digitalWrite(pwm_lift_pin, HIGH);
    digitalWrite(inA_lift_pin, HIGH);
    digitalWrite(inB_lift_pin, LOW);
}

//모든 모터 끄기 off에 설정
void off(){
    digitalWrite(pwm_ch1_pin, 0);
    digitalWrite(pwm_ch2_pin, 0);
    digitalWrite(pwm_ch3_pin, 0);
    digitalWrite(pwm_ch4_pin, 0);
    digitalWrite(pwm_lift_pin, 0);
}
```

```
//메인 루프
void loop(){
    //button_pin을 buuonState로 지정시켜 디지털신호로 읽는다
    buttonStateN= LOW; buttonStateN= digitalRead(buttonN_pin);
    buttonStateS= LOW; buttonStateS= digitalRead(buttonS_pin);
    buttonStateE= LOW; buttonStateE= digitalRead(buttonE_pin);
    buttonStateW= LOW; buttonStateW= digitalRead(buttonW_pin);
    buttonStateT= LOW; buttonStateT= digitalRead(buttonT_pin);
    buttonStateL= LOW; buttonStateL= digitalRead(buttonL_pin);

    //시리얼 모니터 설정
    Serial.print(buttonStateN);
    Serial.print(buttonStateS);
    Serial.print(buttonStateE);
    Serial.print(buttonStateW);
    Serial.print(buttonStateT);
    Serial.println(buttonStateL);
    //만약 회전버튼과 리프트버튼이 눌러지지 않았을 경우 goN~goSW를 실행한다

    if ( buttonStateT == LOW && buttonStateL == LOW ) {
        if ( buttonStateN == HIGH && buttonStateS == LOW && buttonStateE == LOW
            && buttonStateW == LOW) { goN(); delay(50); off(); }
        else if ( buttonStateN == LOW && buttonStateS == HIGH && buttonStateE == LOW
                && buttonStateW == LOW ) { goS(); delay(50); off(); }
        else if ( buttonStateN == LOW && buttonStateS == LOW && buttonStateE == HIGH
                && buttonStateW == LOW ) { goE(); delay(50); off(); }
        else if ( buttonStateN == LOW && buttonStateS == LOW && buttonStateE == LOW
                && buttonStateW == HIGH ) { goW(); delay(50); off(); }
        else if ( buttonStateN == HIGH && buttonStateS == LOW && buttonStateE == HIGH
                && buttonStateW == LOW ) { goNE(); delay(50); off(); }
        else if ( buttonStateN == HIGH && buttonStateS == LOW && buttonStateE == LOW
                && buttonStateW == HIGH ) { goNW(); delay(50); off(); }
        else if ( buttonStateN == LOW && buttonStateS == HIGH && buttonStateE == HIGH
                && buttonStateW == LOW ) { goSE(); delay(50); off(); }
        else if ( buttonStateN == LOW && buttonStateS == HIGH && buttonStateE == LOW
                && buttonStateW == HIGH ) { goSW(); delay(50); off(); }
    }
    //만약 회전버튼 계속 누루고 리프트버튼은 누르지않는 경우 turnL, turnR을 실행한다
    else if ( buttonStateT == HIGH && buttonStateL == LOW) {
        if ( buttonStateN == LOW && buttonStateS == LOW && buttonStateE == HIGH
            && buttonStateW == LOW ) { turnL(); delay(50); off(); }
        else if ( buttonStateN == LOW && buttonStateS == LOW && buttonStateE == LOW
            && buttonStateW == HIGH ) { turnR(); delay(50); off(); }
```

```
    }
    //만약 리프트버튼을 계속 누루고 회전버튼 누르지않는 경우 liftU, liftD을 실행한다
    else if ( buttonStateT == LOW && buttonStateL == HIGH) {
          if (   buttonStateN == HIGH && buttonStateS == LOW && buttonStateE == LOW
                && buttonStateW == LOW ) { liftU(); delay(50); off(); }
          else if (   buttonStateN == LOW && buttonStateS == HIGH && buttonStateE == LOW
                && buttonStateW == LOW) { liftD(); delay(50); off(); }
    }
}
```

제 5장 결 론

제1절 총평 및 보완점

총평

김낙영 : 처음에는 ROTC 5명이서 팀을 이루어 같이 마음맞는 사람끼리 하기 때문에 일이 훨씬 쉽게 풀리고 하는 일도 척척척 해나갈줄 알았다. 하지만 마음 맞는 사람끼리 하는게 오히려 단점이 되었다. 서로의 마음을 생각하다보니 냉정하게 대하기도 힘들고 사적인게 많이 개입이 되기 때문에 더욱 힘들었다. 이러다보니 일 진행속도는 늦어지고 서로 사이에 벽이 생기고 속에 쌓이는것은 많아졌다. 그러나 단점만 있었던것은 아니다. 서로의 마음이 맞기에 한번 마음이 잘맞아 버리면 일 진행 속도가 매우 빠르게 진행되고 그러한 점 때문에 불가능할 것 이라고 생각했던 우리의 제품 완성이 가능하게 되었던 것이다. 여기서 가장 중요하게 배웠던점은 믿음이라고 생각한다. 서로가 하는일에대해 믿고 자신의 일에 집중을 하는 것이 일의 효율성을 높여 준다는 것을 깨달았다. 비록 상이나 칭찬은 듣지는 못했지만 후회는없다. 왜냐하면 우리는 그만한 노력을 했으며 노력 과정에서 깨달은 것이 많으니 그것이 최고의 상이라고 생각된다.

이동호 : 일단 우리 초기에 생각 해왔던 대로 완성을 할 수 있어서 우리는 만족을 했다. 하지만 최종 발표 때 교수님께서 너무 기초적인 것만 했다는 지적을 해주셨을 때 우리가 학부 4년 동안 많은 것을 배우지 못하고 우리의 실력이 부족한 것을 가슴깊이 느꼈다. ROTC라는 변명도 되지 않는 이유로 우리가 너무 늦장을 부린 것에 대해 후회한다. 1학기 때부터 확고한 목표를 가지고 만들었다면, 지금보다 훨씬 좋은 제품을 만들지 않았을까 생각한다. 설계프로젝트를 하면서 동료들과의 호흡도 중요하다는 것을 느꼈다. '나 혼자 하면 되겠지'라는 생각과 의견이 맞지 않았을 경우 '쟤는 왜 나랑 생각이 달라?'라는 이기적인 생각을 하면 안된다는 것을 느꼈다. 끝으로 이런 설계수업이 많이 생겼으면 좋겠다. 이론으로만 배운 것은 언제 어떻게 사용해야 되는지 잘 모른다. 하지만 이런 설계수업을 하면 물건을 사는 것부터 시작하여 이론은 완벽한데 제품을 설계하면 여러 가지 문제점이 보이기 때문에 많이 접해봤으면 좋겠다. 1년 동안 정말 뜻깊었고 재미있었다. 후회는 남지만 노력을 했기 때문에 성과 있는 수업이였다고 생각한다.

최준용 : 보다 소형화 되고 공간의 제약을 덜 받는 제품이 각광받는 시대가 계속되고 있다. 따라서 좁은 공간에서도 자유자제로 운동이 가능한 제품이 필요하다고 생각되어 기존 제품에서 문제점을 파악하여 제작하게 되었다.

남경섭 : 이번 프로젝트를 통해서 우리가 과연 지원금 내에서 팀원들끼리 원하는 제품을 만들 수 있는지 궁금했고, 약간의 두려움이 있었다는 것은 사실이었다. ROTC 동기들과 같은 조였지만, 바쁜 일정을 소화해내면서 각자의 역할분담을 잘 해줘서 '대형물류창고 메카넘 휠 리프트 작업차'라는 주제에 걸맞는 제품을 만들었다. 비록 4:1 축소 시제품이었지만 만약 실제로 상품화된다면 여러 분야에서 사용이 될 것이라는 확신이 든다.

박준역 : 처음이자 마지막인 장기프로젝트인 설계프로젝트를 하면서 얼마나 잘 만들 수 있을지가 높은 관심사였다. 하지만 프로젝트를 시작하면서 팀원끼리 다른 의견으로 인한 문제점 화합 등에 대하여 더 많이 깨우치게 되었고, 회사로 나아갔을 때 개인이 아닌 팀원으로써 해야 할 부분과 도리에 대해 많은 것을 이번 프로젝트를 통해 알 수 있었다. 또한 프로젝트를 진행하면서 정확한 수치와 계산이 없이 제작에 들어가면 문제점과 오류를 깨달았고, 한편으로 조금 더 열심히 잘 할 껄 하는 생각이 들었지만, 최종 시제품을 만들고 나서 조원들에게 고마움을 남기고 싶다.

보완점

김낙영 : 우리의 아이디어는 축소판이기 때문에 보안할 점이 많다. 우선 유선에서 무선으로 바꾸어야하며 센서를 장착하여 주위 물건에 부딪히지 않도록 해야하며 프로파일 밑바닥이 지면과 좀더 떠야하며 바퀴에는 스프링을 달아서 충격흡수와 여러 장애물에 걸리지 않도록 해야한다.

이동호 : 보안점은 리프트에 수평을 맞추지 못 한 것과 스위치를 바로 무르면 작동이 되지 않는 것을 고치고 싶다. 우리의 아이디어가 축소된 제품이기 때문에 full-size에서는 유압식 리프트를 쓸 것이기 때문에 상관은 없지만 지금 완벽한 것을 만들지 못 한것에 대해 아쉽다.

최준용 : 우리가 제작한 제품은 현제 개발화 단계이므로 보완이 필요한 부분이 몇가지 있다. 그 중 하나로 바퀴의 크기로 인하여 본체와 지면의 높이차가 작아 턱을 넘기가 쉽지 않다. 실용화 된다면 이러한 문제점을 고쳐 개선해야 할 것이다.

남경섭 : 시제품이라서 소형의 크기인 바퀴를 사용해서 지면과의 높이를 고려한 후 프레임을 제작하였다. 다음 기회가 있다면 메카넘 휠을 사용하여 세그웨이에 적용하면 어떨까 하는 생각을 해보았다. 리프트 부분에 약간 미흡한 점이 있었는데 환봉이 고정이 되지 않아서 모터 구동을 하면서 동시에 올라가지 않고 기울어지거나 하는 문제점이 발생되었다. 지지부를 좀 더 고정을 해서 더 나은 리프트 구동을 할 필요를 느꼈다.

박준역 : 우리 만든 제품은 소형화로 만든 것이기에 실제 사용하기에는 문제점이 발생하는 것이 당연하다. 잘못된 작동으로 인해 벽에 부딪치는 현상과 바퀴들과의 프로그램 마찰(lack)을 줄이기 위한 노력이 필요하며, 조원들과 비슷한 생각중 하나가 리프트 상하 움직임이 좀 더 수평적, 안정적으로 실현되었으면,,하는 아쉬움이 남는다.

참고 문헌

1. http://www.vexrobotics.com/vexpro/ (Mechanum wheel 관련)
2. 기계설계 이론과 실제 5판 (홍장표 저 | 교보문고 | 2009.07.30.)
3. 아두이노 쿡북 제 2판 (마이클 마골리스 저 | JPUB | 2009.11.10.)
4. 특허청 - (www.kipo.go.kr)

[부록]

부록 1. 설계구성요소 요약 제시표

구 분		적용 내용	적용 여부	적용
설계구성요소	설계 목표 설정	고객의 수요 파악, 설계 목표 설정과정과 내용을 기술한다. **-과제 필요성, 목적, 목표 제시**	○	1.1-1절 1.1-2절 1.1-3절 pp. 4~5
	합성	설계 과제에 사용한(적용된, 필요한) 여러 가지의 요소기술들의 합성내용을 기술한다. **-메카님 휠과 리프트 구동 합성**	○	2.1절 pp. 14~16
	분석	시장성을 포함한 경제성 분석, 기존제품의 기술과 설계과제에 적용한 기술 분석, 기존제품의 디자인과 설계과제에 적용한 디자인 분석 또는 기존제품의 활용상 편이성과 설계과제에 적용한 제품의 편이성을 비교 분석하여 기술한다. **-시장조사, 특허조사**	○	1.2절 pp. 6~11
	제작	mockup(모형)제작, prototype(시제품) 제작에 관한 내용을 기술한다. **-제작 및 3D 도면 제시**	○	3.1절 pp. 27~32
	시험	시제품 성능시험에 사용한 기술과 방법, 사용기구 등을 기술한다. **- MCU, ANSYS 해석**	○	2.2절 pp. 17~18 4.2절 pp. 38~48
	평가	시제품의 시험한 결과를 당초 예측대비 평가와 기준제품의 성능, 디자인, 활용성 등을 평가한 내용 기술한다. **-결과 및 총평 제시**	○	5.1절 5.2절 pp. 49~50

※ 종합설계의 경우 6가지 설계구성요소(목표설정, 합성, 분석, 제작, 시험, 평가)의 내용 모두가 빠짐없이 설계보고서에 포함되어 있어야 한다.

부록 2. 현실적 제한조건 요약 제시표

구 분		적용 내용	적용 여부	적용
현실적 제한조건	원가	원가를 비롯한 경제성을 고려한 제조원가 분석, 개발경제성 분석 등 기술한다.	×	
	안전성	안전설계, 인간중심 설계(ergonomic design) 등을 고려하여 설계 제작하였음으로 활용에 있어 안전함을 기술한다.	○	2.1절 2.2절 pp. 17~18
	신뢰성	설계한 내용을 신뢰성 평가를 통하여 믿을 수 있다는 내용을 기술한다.	○	4.3절 pp. 41~48
	윤리성	기술자윤리, 직업윤리 등을 고려하여 설계한 내용을 기술한다.	×	
	미학	단순히 예쁜 것이 아닌 의미 있는 미 즉, 철학적인 미를 추구하는 내용이나 소비자의 감성이나 산업디자인 측면 고려하여 설계한 내용을 기술한다.	○	2.3절 pp. 26
	사회에 미치는 영향	제작된 작품이 사회에 끼치는 영향력과 환경에 미치는 영향을 기술한다. 친환경적 설계, 지적재산권, 정부규정. 환경오염물질 배출 등을 고려한 내용을 기술.	○	1.3절 pp. 12

※ 최대한 다수의 현실적 제한요건(원가, 안전성, 신뢰성, 윤리성, 미학, 사회에 미치는 영향, 환경, 산업표준 등)이 설계에 고려되어야 하며, 종합설계의 경우 적어도 4가지 이상이 반드시 설계보고서에 포함되어야 한다.