

2013학년도 기계설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : Friction 매카니즘을 활용한 반구형 simulator
(2013년 3월 1일 ~ 11월 12일)

팀명: 오합지존

기계공학 설계프로젝트 최종보고서를
붙임과 같이 제출합니다.

2013. 11. 29

대구대학교 기계자동차공학부(기계공학전공)

제 출 문

대구대학교 기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계자동차공학부 설계프로젝트 과제
“사람의 힘이 필요없는 로봇 라인기”의 결과보고서로 제출합니다. (과
제기간 : 13. 03. 01 ~ 13. 11. 12)

2013. 11. 29

지도교수 : 남 진 현 교수님 (인)

대표학생 : 박 지 원 (인)

참여학생 : 정 우 진 (인)

차 기 욱 (인)

정 재 욱 (인)

김 유 석 (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.

대표학생 : 박 지 원 (인)

참여학생 : 정 우 진 (인)

차 기 욱 (인)

정 재 욱 (인)

김 유 석 (인)

목 차

최종보고 요약문	1
제1장 과제내용 및 목표	3
제1절 목적 및 필요성	7
제2절 과제의 목표	7
제3절 기대효과 및 활용방안	8
제4절 과제수행 일정	
제2장 개념설계 및 상세설계	9
제1절 개념설계	9
제2절 상세설계	13
제3절 해석 및 평가	18
제4절 설계 보완	23
제3장 제작	24
제1절 공정도	24
제2절 제작과정	28
제4장 시험 및 평가	36
제1절 시험 요구조건	36
제2절 시험결과	36
제5장 결론	38
제1절 문제점 분석 및 처리결과	38
제2절 총평	40
참고문헌	42
부록	
부록1 설계구성요소 요인 시험	43
부록2 현실적 제한요소 요약 제시	48
부록3 기타 부록	48

최종보고 요약문

과제명	Friction 매카니즘을 활용한 반구형 simulator
팀명	오합지존
팀원	박지원 , 차기욱, 정재욱, 김유석, 정우진
과제기간	13. 03. 01 ~ 13. 11. 12

1. 개발내용 및 목표

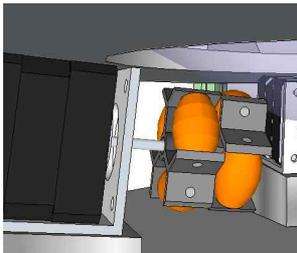
우리가 개발하고자 하는 구조물은 시뮬레이터로서 실제 모형과 비슷하게 구성되어 있어 실제의 상황을 인공적으로 만들어내어 훈련할 수 있는 장비이다.

현재까지 특허품으로는 유압식 시뮬레이터로 다수 등록되어 있으며 기존 시뮬레이터의 문제점을 분석하여 기존 시뮬레이터의 개선방향을 제시하고 새로운 시뮬레이터를 설계, 제작하는데 있다. 기존 시뮬레이터의 문제점은 유압식으로 되어있어 배관이 까다롭다. 그리고 Oil연소 가능성과 기계적 에너지를 펌프에서 유압으로 변경 시 에너지 손실이 있고, Oil의 온도 변화에 따라 기계 작동속도가 변화한다는 단점을 발견하고 이러한 단점을 개선하고자 마찰식 시뮬레이터를 제작하고자 한다

2. 개념설계 및 상세설계

기존의 시뮬레이터는 유압식으로 구성되어 있어 유압실린더에 Oil이 유입되면 실린더가 올라가고 내려가는 압력에 따라 시뮬레이터가 움직이는 원리로 사용되고 있다. 이러한 원리를 마찰식으로 개선하여 주면이 구형으로 되어 있고 탑승부 하방에 휠을 이용한 어셈블리가 설치될 것이다. 이 휠만 이용한 간단한 구조로서 자유자재로 회전하는 느낌을 구현할 뿐만 아니라 다양한 응용 시스템에도 이용할 수 있도록 부품선정 및 치수로 개념설계를 한다. 개념설계를 하면서 모터선정을 위한 토크 계산 및 구형구조물의 하중에 따른 변화량을 해석하였다.

3. 제작



개발을 하면서 중점사항은 구형구조물(아크릴)과 휠 어셈블리의 면이 만나는 부분이다. 정밀한 움직임을 위해서 슬립현상이 발생하지 않아야 하는데 이를 보완하기 위해서 물품을 재구입하여 여러 가지 시도를 하는데 있어서 시간낭비가 심했다. 결국 구형구조물의 외관에 마찰력을 높일 수 있도록 우레탄 코팅을 하여 문제점을 해결할 수 있었다.

설계도면을 따라 제작하였으며 기타 외주 가공은 기기를 대여하여 직접 만들어 제작 비용을 절감하였다. 제작 과정에서 지지대를 알루미늄으로 하여 타원형으로 제작하려 하였으나 제작과정에서 어려움이 있어 계획을 수정하게 되었고 sensor의 신호를 받는 부분에서 $\pm 2 \sim 3$ 정도의 오차가 발생하여 외주면을 고정하여 흔들림이나 비틀림을 방지할 수 있도록 하였다.

또한 모터와 아두이노, sensor, 조이스틱간의 회로구성에 대한 기본 지식이 부족하여 회로도를 구성하는 과정에서 납땀질이 제대로 되지 않아 회로간의 합선이나 간섭으로 인하여 기기부품의 고장이나 오류가 발생하였다. 그래서 교수님이나 관련 서적을 참고하여 기술학습을 하고 회로에 대한 이해를 통해 문제점을 해결하였다.

그리고 프로그램을 제작하면서 바이크나 비행시뮬레이터 등 프로그램을 제작하는데 있어서 상황에 맞는 여러 소스코드를 사용할 수 있도록 하였다. 하지만 C언어에 대한 기술적, 전문 지식이 부족하여 계획된 시간에서 초과하게 되었고 문제 해결을 위해 관련서적을 이용하여 문제해결을 하였다. 그 밖에도 브라켓을 재작하여 휠 어셈블리와 구형구조물과의 마찰 면적을 높일 수 있는 아이디어로 모터에 기울기를 줄 수 있는 가공을 실시하였다.

4. 시험 및 평가

일반적으로 실제 환경을 인공적으로 마찰력에 의해 운동이 구현되는 훈련목적의 시뮬레이터로서 360도 회전운동을 구현하고자 하였다. 통상의 180도 내에서 회전이 가능한 장비들과 달리 마찰식은 360도 회전이 가능하며 탑승자가 견딜 수 있는 한 무한한 360도 회전이 가능하다. 특히 비행 시뮬레이션 등에서 360도 Roll을 실감나게 체험해볼 수 있는 모션 마찰식 시뮬레이터를 제작하고자 하여 이 기준으로 신호의 입력에 따라 각도의 변화를 특정하고 평가할 수 있도록 진행하였다

5. 결론

본 기계종합설계 교과목을 통해 설계과제를 수행하면서 시뮬레이터라는 제품에 대해서 전반적인 조사를 하고 공부하며 학부과정에서 배웠던 공학적 지식을 기반으로 보다 많은 지식을 습득할 수 있었습니다.

먼저 시뮬레이터는 실제 모형과 똑같이 만들어진 조종실과 모션실로 구성되어 실제의 상황을 인공적으로 만들어내어 훈련할 수 있는 장비입니다. 시뮬레이터 내부는 조정장치, 운동구현 장치, 계기/스위치, 영상/음향장치로 구성되어 있으며, 시뮬레이터를 만들기 위해서 필요한 것은 하드웨어의 기계공학과 소프트웨어의 미디어&프로그램이 필요하다는 것을 알게 되었습니다. 또한 Washout 알고리즘을 이해하고 이러한 알고리즘에 따른 시뮬레이터의 구동을 해야되는대 못한점에 대한 안일한 생각을 가지고 있었다고 판단되었습니다.

마지막으로 다양한 S/W사용(Auto CAD, Ansys, Catia, Sketch up, Power Point 등)을 하면서 수행해야할 임무를 받아 설계와 해석까지 완벽하게 할 수 있게 되었습니다. 이제까지 수업시간에 배웠던 부분에 대해 전체적으로 복습할 수 있는 계기가 되었습니다. 하지만 과제를 진행하면서 부족함을 느꼈던 숙련도의 문제를 개선한다면 실제 기업에서 필요한 인재가 될 수 있을 것이라고 생각합니다.

설계하는 과정에서 물성치에 따른 응력 및 변위를 고려한 점, 여러 번의 시뮬레이션을 통해 도출한 최적화하는 과정은 현재 수행한 과제 말고 다른 부분에서도 완벽함을 만들 수 있다고 생각합니다. 지금보다 더 공학적인 생각을 깊게 해야 한다고 생각했습니다.

제 1장 과제내용 및 목표

제1절 목적 및 필요성

1. 과제개발의 목적

본 과제의 목적은 기존 시뮬레이터의 문제점을 분석하여 기존 시뮬레이터의 개선방향을 제시하고 새로운 시뮬레이터를 설계, 제작하는데 있다. 기존 시뮬레이터의 문제점은 유압식으로 되어있어 배관이 까다롭다. 그리고 Oil연소 가능성과 기계적 에너지를 펌프에서 유압으로 변경 시 에너지 손실이 있고, Oil의 온도 변화에 따라 기계 작동속도가 변화한다는 단점을 발견하였다. 또한 대부분의 시뮬레이터가 고가이기 때문에 경제적으로 접근이 어렵다. 이러한 문제점들은 유압방식의 시뮬레이터를 마찰방식의 시뮬레이터로 변경하여 개선이 가능하다고 판단하였고, 마찰방식의 시뮬레이터를 구현하기 위해서 모터를 사용한다. 배관을 필요로 하지 않는 모터를 사용함으로써 보다 안정적이고, 경제적 접근이 용이한 시뮬레이터를 구현하고자 한다.

2. 과제개발의 필요성

현재 전투기 1대를 띄우는 비용은 1000만원이지만 시뮬레이터 한 대 제작비용은 9억 원으로서 장기적 경제이익을 생각했을 때는 시뮬레이터의 개발이 대두되고 있다. 그래서 세계적으로 시뮬레이터 분야에 눈을 돌리고 있으며 시장규모를 4.5억 달러로 투자확장하고 있다. 이에 발맞춰 국내 시뮬레이터의 시장에서도 향후 5년 간 시장은 평균 9%이상으로 성장 할 것이라고 한다. 하지만 기존 유압식 시뮬레이터 방식에는 oil의 온도 변화에 따른 작동속도의 변화와 고가의 장비 등 여러 단점이 발견되고 있어 개발이 필요하다고 판단된다. 만약 마찰식 시뮬레이터를 사용하게 된다면 외주면이 구형으로 되어 있고 탑승부 하방에 휠을 이용한 어셈블리가 설치될 것이다. 이 휠만 이용한 간단한 구조로서 자유자재로 회전하는 느낌을 구현할 뿐만 아니라 다양한 응용 시스템에도 이용할 수 있다는 장점을 가지게 될 것이다.

3. 국내 기술 동향 및 수준

실시간 HILS(Hardware-in-the Loop Simulation) 관련 연구는 세종대학교 연구실이 1998년 이후로 관련 연구를 수행하여 왔으며, 실시간 HILS 기술에 대한 본격적인 연구는 1990년 대한항공이 비행훈련용 시뮬레이터개발을 공업기반기술개발과제로 착수하였던 것이 시작이라 여겨진다.

그 후 90년대 이후로 항공우주산업 계통에서 대한항공, 대우중공업, 삼성항공등이 항공기를 대상으로 비행훈련용 시뮬레이터들의 개발에 각각 참여하였고 원자력발전소 운전시뮬레이터, 전동차 운전훈련용 시뮬레이터, 전차 운전훈련용 시뮬레이터 등을 개발한 바 있다.

하지만 산업체나 정부산하 연구기관의 시뮬레이터 관련 연구는 학문적으로 뒷받침되지 못하였고, 체계적이지도 못해 그 기술 개발이 미미한 편이다.

4. 국내 / 외 관련 기술상태의 취약성

다음은 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 시뮬레이터의 사실성 및 완성도를 100으로 하여 국내의 기술들의 비교를 수치화 한 자료

핵심 요소기술	국내 기술수준	선진국 기술수준
배행특성 모델링	90	95
실시간 시뮬레이션	95	100
대기환경 모델링	80	90
지형 모델링	90	90
실시간 그래픽 솔루션	75	100
증강현실	80	90
훈련교과 편성	80	90

출처 : 무인기 비행 시뮬레이터 연구 / 산업자원부

5. 국내 /외 시뮬레이터 기업현황

국내 (주)도담시스템스는 국내외를 아우르는 독보적인 시뮬레이터 전문 기업으로, 한국 항공우주산업의 시뮬레이터 소프트웨어 핵심 인력들이 분사하여 200년에 설립되었다. 대전 유성구 대덕연구단지에 위치하고 있는 도담시스템스는 벤처기업으로 설립된 후 10년만에 괄목할 만한 성장을 이뤄내며 UAE등 해외 수출을 통해 글로벌 기업으로 자리 매김하고 있다.

도담시스템스의 전략기획담당 박진홍 이사는 “그 동안 level d급의 시뮬레이터는 전량 해외 수입에 의존해 왔었는데 우리 도담시스템스가 개발한 시뮬레이터로 뛰어난 기술력은 물론 해외업체 대비 60%이상 낮은 가격으로 공급을 받을 수 있게 되었다” 고 말했다.

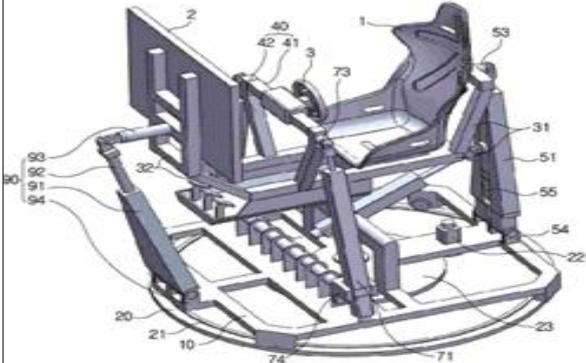
출처 : 모아진 임베디드월드 김현경 기자

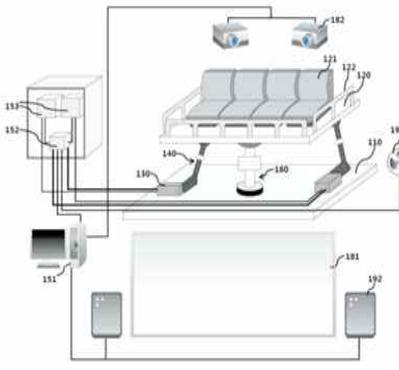
세계 최대의 모의조종훈련 시뮬레이터(SIMULATOR) 제작 및 조종훈련 전문기업인 캐나다의 CAE사가 국내에 본격 진출한다.

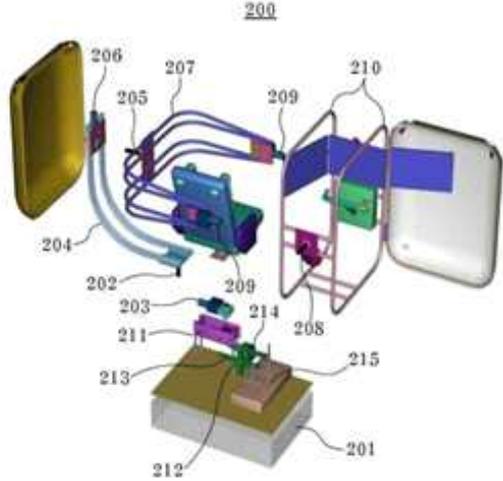
CAE는 지난 6월 18일 몬트리올 본사에서 발표된 보도 자료를 통하여 김포공항 인근의 항공산업단지 내에 모의조종훈련센터의 설립 절차에 이미 착수하였고 보잉 B737-800 기종의 시뮬레이터를 설치하여 금년 10월부터 국내의 저비용항공사의 조종사들을 우선 대상으로 하여 모의 조종 훈련 (Simulation Training)을 시작한다고 밝혔다.

출처 : CAD&Graphics 2012년 7월호

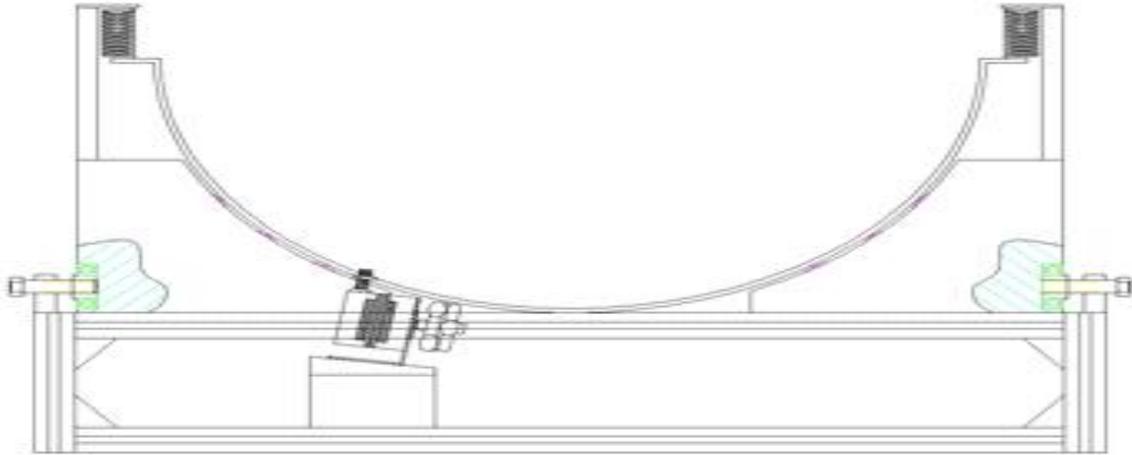
6. 특허분석

특허명	모션 시뮬레이터 (MOTION SIMULATOR)		
출원번호	대한민국 1020120037723	등록일자	2012년 04월 12일
출원자	주식회사 모션디바이스	등록상태	등록
도면 및 요약	 <p>간단한 구조에 의해 5 자유도 운동이 가능하며 내구성을 향상시킬 수 있는 모션 시뮬레이터</p> <p>최대 5 자유도 운동이 가능한 모션 시뮬레이터를 구현함으로써 사용자에게 보다 현실감 있는 가상 환경을 체험할 수 있도록 하는 효과가 있다. 5 자유도 운동이 가능하면서도 지지부재를 지지하는 링크부에 큰 토크 및 비틀림이 작용하는 것을 방지하여 내구성을 향상시킬 수 있다.</p>		
키워드	시뮬레이션, 지렛대, 모터		
유사점	자유로운 움직임을 목적으로 구현		
차별점	롤링 및 피칭 회전 가능		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)		

특허명	모션 시뮬레이터 (MOTION SIMULATOR)		
출원번호	대한민국 1020100053590	등록일자	2010년 06월 07일
출원자	(주) 엔투스	등록상태	공개
도면 및 요약	 <p>일반적인 AC모터를 서보 모터처럼 동작시켜 제조 비용을 절감할 수 있는 모션 시뮬레이터</p> <p>2개의 아암만 사용하고도 3개 이상의 아암을 사용하는 것처럼 다양한 동작을 수행할 수 있는 모션 시뮬레이터를 제공할 수 있으므로, 구동부의 개수를 2개로 줄일 수 있는바 제조 비용을 절감 할 수 있는 장점이 있다.</p>		
키워드	시뮬레이션, 영화, 아암, AC모터		
유사점	각도 제어, 회전 각도 센서 이용		
차별점	아암형태의 구조물		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)		

특허명	모션 시뮬레이터 (MOTION SIMULATOR)		
출원번호	대한민국 1020070115065	등록일자	2007년 11월 12일
출원자	김옥근	등록상태	등록
도면 및 요약	 <p>상하기울기회전 도중 좌우 기울기회전이 동시에 수행될 수 있고, 상하 요동이 가능한 시뮬레이터(SIMULATOR)에 관한 것으로, 시뮬레이터에 있어서, 조종실 케이스에 설치된 조종의자측을 좌우수평회전시키는 기능, 상하기울기회전시키는 기능 및 좌우기울기회전시키는 기능이 구비되어 있되, 상기 조종의자의 하부 일측에 설치된 상하요동축; 상기 상하요동축을 중심으로 지렛대 운동을 하는 지렛대; 상기 지렛대의 일측에 연결되어 상기 조종의자측을 지지하기 위한 지지케이스 및; 상기 지렛대의 타측에 연결된 추를 포함하며, 소정 모터의 동력으로 상기 지렛대를 운동시켜 상기 조종의자측을 상하로 요동시키는 것을 특징으로 한다.</p>		
키워드	시뮬레이션, 지렛대, 모터		
유사점	기울기 회전, 모터 동력을 사용한 구동		
차별점	지렛대를 이용한 구동		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)		

제2절 과제 의 목표



현재 시뮬레이터에서 사용하고 있는 유압식을 마찰식으로 변경한다. 휠 어셈블리 기능으로 유압식 시뮬레이터의 Oil로 발생하는 단점을 개선해서 효율성을 높인다. 또한 기존의 유압식일 경우 구형구조물을 사용하지 않아 움직임에 한계가 있다. 하지만 구형구조물을 이용하여 비행시뮬레이터로 이용할 경우, 3차원으로 구동이 가능하기 때문에 실제 비행 조작에서 느끼는 것과 같도록 자유로운 움직임을 구현할 수 있다. 또한 시뮬레이터의 구조적 단순화를 통해 관리의 효율성을 높여 부품으로 인한 결함 및 이상을 쉽게 확인할 수 있다.

제3절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

시제품을 비행 시뮬레이터로 이용할 경우, 실제 항공기를 이용한 훈련과 달리 시간과 기상상태에 상관없이 훈련이 가능하다. 그리고 프로그래밍을 통하여 제어방식의 변경이 가능하기 때문에 다양한 훈련을 할 수 있다. 특히, 실제 항공기로 실시할 수 없는 여러 가지 까다로운 비행 상황에 대한 훈련을 실시 할 수 있다는 것이 장점이다. 또한 일반적으로 부피가 큰 유압식을 사용하지 않아 공간의 제약에서 자유로우며, 가속도 sensor의 각도와 조이스틱 좌표의 조합으로 제어하기 때문에 정확한 움직임이 가능하다.

2. 과제의 실용성

- ▶ Omni wheel 휠을 사용하여 마찰에 의한 마모성을 줄인다.
- ▶ 볼 캐스터를 설치하여 시뮬레이터를 고정하면서 흔들림을 방지한다.
- ▶ 중력 가속도 sensor를 이용하여 구의 위치를 정확하게 파악하고 그 값을 이용하여 시뮬레이터가 일정 반경 내에서 움직일 수 있도록 한다.

3. 과제외 경제성

- ▶ 유압식을 사용하지 않아 유압기 안으로 이물질이 들어가 교체해야 되는 상황을 방지할 수 있다.
- ▶ 부피가 작지 않아 쉽게 만들어 보관하기 용이하다.

제4절 과제 수행 일정

No.	성명	담당	수행역할
1	박지원	자료수집	시작품 제작
2	정우진	자료정리	문서 및 보고서 작성
3	정재욱	자료수집	파트 구입
4	차기욱	정보수집	시작품 설계
5	김유석	정보수집	프로그래밍

세부과제 및 주요내용	추진일정										비고
	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
주제도출	■										
문헌조사	■										
제품설계	■										
부품선정	■										
혈(토크) 계산	■										
CAE 해석	■										
제품 제작				■							
제품 수정				■							
회로도 제작				■							
프로그래밍				■							
보고서 작성				■							
제품 평가				■							

제2장 개념설계 및 상세설계

제1절 개념설계

1. 이론적 배경

제품을 기존의 사각 구조가 아닌 구형 구조로 제작하여 제품에 작용하는 응력을 다방면으로 분배, 구형구조물을 이용하여 넓은 각도를 이용하여 자유로운 움직임을 구현, 마찰력을 이용하여 속도 및 안전성 향상

※ 보완점 : 마찰력을 이용할시 슬립(slip)현상이 발생하여 정확한 각도가 나오지 않는 단점을 보완하겠다.

※ 슬립 현상 (slip)

어느 금속의 결정이 다른 결정에 대하여 일부가 불가역적인 전단 변위를 함으로써 소성변형을 하는 과정을 말하며, 이것은 어느 한정된 결정 방향으로 생기는 것이며 일반적으로 특정한 결정면에서 이루어진다. 때에 따라서 슬립은 전위 현상을 포함하는 것을 필요조건으로 할 때도 있다. 미끄럼이라고도 한다.

※ 마찰에 따른 각도 측정

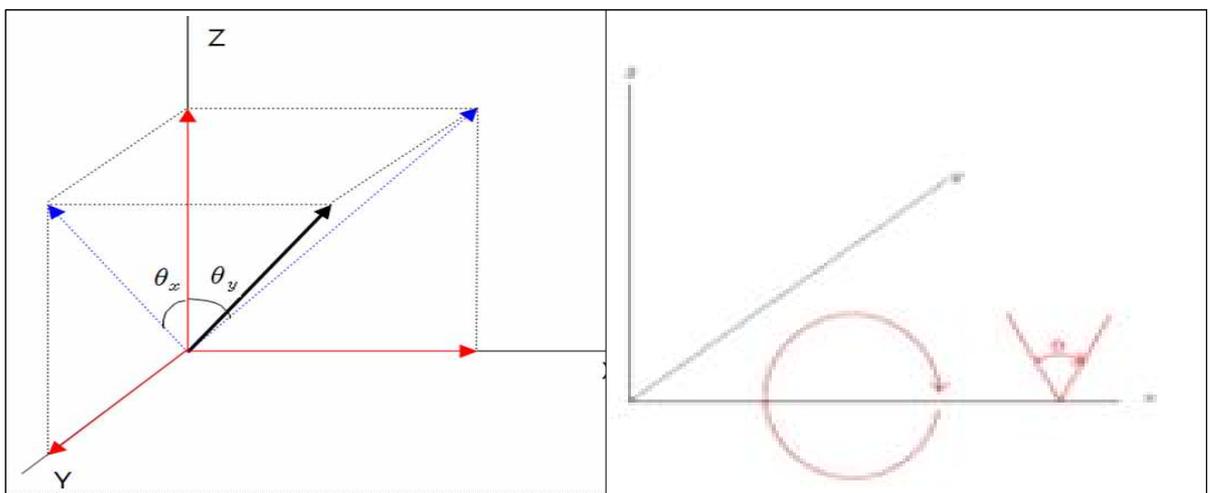
Motor가 Omni wheel에 힘을 주었을 때 Omni wheel이 구조물과 만나 구조물을 움직인다. 이때 움직임의 각도를 정확하게 알기 위해서는 각속도 sensor를 통해 각속도 sensor에 나오는 값을 읽고 원하는 각도를 알아낸다.

측정을 위해서는 각속도 sensor가 구형구조물의 중심에 위치해야 한다.

※ 각속도 sensor (angular velocity sensor)

단위 시간당의 각 변위를 측정하기 위한 sensor이다.

각속도는 회전각의 시간 미분이기도하기 때문에 각속도 sensor와 회전각 sensor는 공통되는 바가 많다. 또 속도 sensor의 다수는 각속도 측정에 이용할 수 있다. 일반적으로는 인코더형의 sensor가 많이 사용된다.



2. 실시간 시뮬레이터의 설계 인자

실시간 마찰식 시뮬레이션을 위한 시스템의 설계 시 우선적으로 고려해야 할 사항은 응용 분야이다. 이는 전체 시스템의 구성과 형태, 개발비용 및 목표 사양이 응용 분야에 따라 크게 달라지기 때문이다. 선진국의 시뮬레이터는 시스템의 개발, 위험하고 제한적인 상황에서의 운전자와 상호 작용 연구, 지능형 수송시스템의 개념 연구 등의 응용 분야에 따라 시뮬레이터의 구성과 성능을 달리하고 있다

시뮬레이터의 유효성을 좌우하는 현실감의 확보 여부는 운전자에게 전달되어지는 각종 큐의 견실도에 좌우되며, 운전자의 제어 응답과 큐를 생성하는 각종 서브시스템의 관계에 의해 결정된다. 따라서 시뮬레이터를 설계함에 있어서 시뮬레이션 요소를 정의하고, 상호 작용하는 관계를 면밀히 검토하는 것은 대단히 중요하다. 운전자의 조작 행위를 검출하고 이를 입력신호로 하여 동력학 시뮬레이션을 수행하며, 이를 통해 산출된 구조물의 위치, 회전, 속도 및 가속도 등의 해석 결과를 다양한 큐를 생성하는 경로에 전달한다. 각 서브시스템 및 시스템 통합에 있어서 고려해야하는 중요한 시뮬레이션 요소는 다음과 같다.

실시간 시뮬레이션 시스템

시뮬레이터에 탑승한 운전자가 운전 중 조작하는 조향 휠 로부터 입력을 받아 실시간으로 운동을 예측하고, 그 결과를 시각, 운동시스템에 전달하여 필요한 시각 및 운동 큐를 생성케 하는 실시간 시뮬레이션 시스템은 시뮬레이터의 핵심 요소이다.

운동 시스템

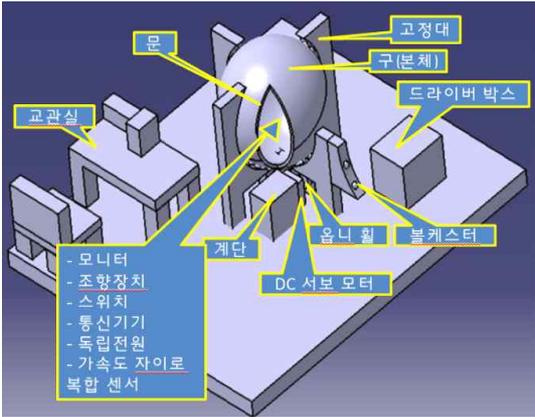
각속도 및 선형 가속도를 통하여 느끼는 승차감 및 조정간 등을 재현하는 것이 운동 시스템이다. 그러나 운전자의 감각으로 느끼는 운동시스템의 높은 민감도에 의해 자칫 하면 운전자 기능과의 상충 및 멀미 등의 역효과를 가져올 수 있으므로 시뮬레이터에서 운동시스템의 포함 여부는 신중히 고려해야 한다.

운동시스템의 개발에 있어서 우선적으로 고려할 사항은 이의 기구학적 설계이다. 대규모 시뮬레이터의 경우 6자유도 운동을 생성하는 Stewart 플랫폼을 토대로 레일을 이용하여 운동범위를 넓히고 있으나, 적용 목적에 따라 제한된 자유도를 갖는 구조의 운동 플랫폼도 이용되고 있으므로 재현하고자 하는 시나리오, 운동범위, 적용목적에 따른 구조를 면밀하게 검토하여 설계하여야 한다.

운동 플랫폼의 운동을 정확히 제어하여 제한된 운동범위 내에서도 실제와 유사한 운동을 생성하고, 시나리오를 정확하게 재현하기 위해서는 우수한 성능을 가진 구동로직이 필요하다. 구동 로직은 두 가지로 구분할 수 있는데, 첫 번째는 운동 플랫폼의 제한된 운동영역 안에서도 실제와 유사한 차량의 운동을 운전자가 경험할 수 있도록 새로운 운동 큐를 생성하는 Washout 알고리즘이다. 이는 운동 플랫폼의 물리적인 한계 내에서 운동을 제한하는 것과 운전자에게 전달되는 운동 큐를 운동 감지 영역 내로 유지시키는 역할을 한다. 두 번째 로직은 Washout 알고리즘으로부터 나오는 플랫폼의 목표 운동을 제어하여 정확하게 재현하는 제어알고리즘이다.

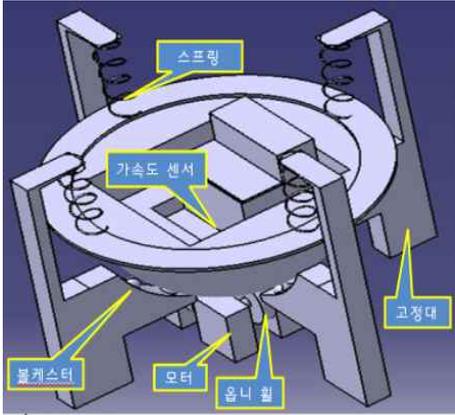
설계프로젝트 개념설계 스펙정리표 (Full-scale 제품 기준)

팀 명 : 오합지존 . 주 제 : Frictional Force Motion Smulator .

제품명	비행 시뮬레이터
개념 설계안 및 기능 요약	<p>일반적인 운동구현 시스템을 이용한 시스템으로 급격한 기동이 필요하지 않은 항공기 시뮬레이터에 사용한다. 또한 넓은 각도를 이용하여 자유로운 곡선움직임으로 운동영역을 넓혀 운동감을 구현하여 조정사가 비행할 때와 비슷한 환경을 구현한다.</p> 
필수스펙 # 1.	구 : 2m
필수스펙 # 2.	베이스 : 높이 = 3~5m / 가로, 세로 = 4~5m
필수스펙 # 3.	모터 : DC서보모터
필수스펙 # 4.	디스플레이 : LED Display
필수스펙 # 5.	자체독립전원 (충전방식 구가 x, y, z=0 일때, 구 하단 중심 점점에 전류 인가 하여 충전)
필수스펙 # 6.	모터, 서버 및 기타 장비전원 (외부전원을 바로 직접적으로 공급)
필수스펙 # 7.	무게 : 총 무게 : 1~2 ton / 구 무게 : 0.5 ton
필수스펙 # 8.	유효각 : 360
필수스펙 # 9.	
필수스펙 # 10.	

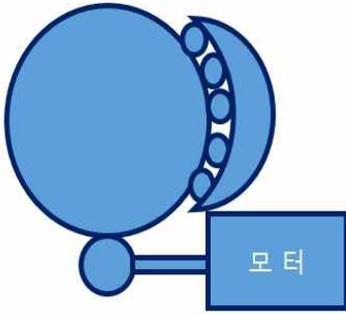
설계프로젝트 개념설계 스펙정리표 (시연용 제작품 기준)

팀 명 : 오합지존 . 주 제 : Frictional Force Motion Smulator .

제품명	비행 시뮬레이터	Full-scale 대비 차이점/변경점
<p>개념 설계안 및 기능 요약</p>	<p>제품으로 만들기 전 구에 달린 휠을 이용하여 비행 시뮬레이터에 적합한 지를 간단히 보여주는 프로토타입으로서 자유곡선으로 움직인다</p> 	<p>Full :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 전방향 360° 2. 내부 - 조정간 3. Z축 회전가능 <p>Real</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ± 20° 이상은 제한 2. 외부-조이스틱 3. 제자리 회전불가
시연스펙 # 1.	구 : 350mm	
시연스펙 # 2.	두께 : 3T	
시연스펙 # 3.	한계 하중 : 3~8kg	
시연스펙 # 4.	재질 : 원목 - 크기 : 500 X 500 X 500 (mm)	
시연스펙 # 5.	모터 : 스텝핑모터	
시연스펙 # 6.	제어 : 조이스틱	
시연스펙 # 7.	전원 외부전원	
시연스펙 # 8.	유효각 : 360°	
시연스펙 # 9.	총무게 : 15~25kg	
시연스펙 # 10.		

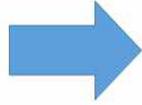
제2절 상세설계

1. 시스템 착안

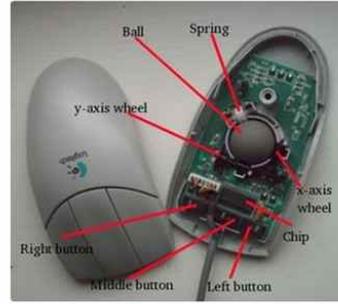


착안

마찰력을 이용하여 넓은 각도를 줄수 있는 시뮬레이터

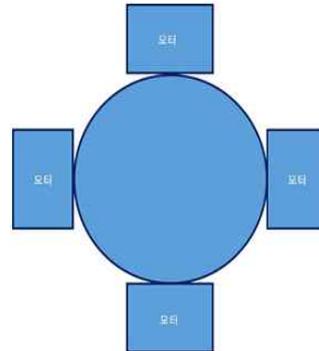
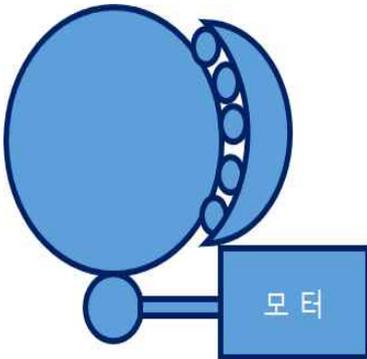


현실적인 대안



원리

볼 마우스의 원리를 이용한 바퀴 구현



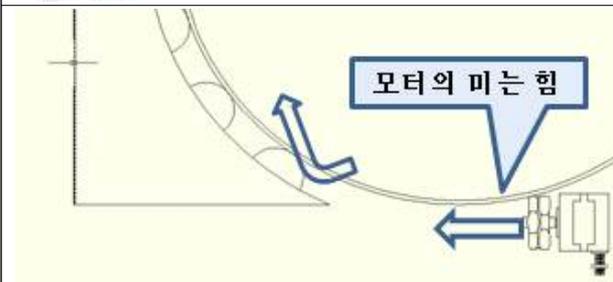
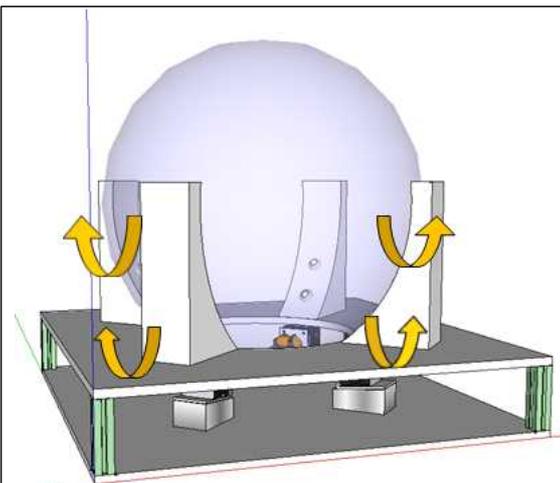
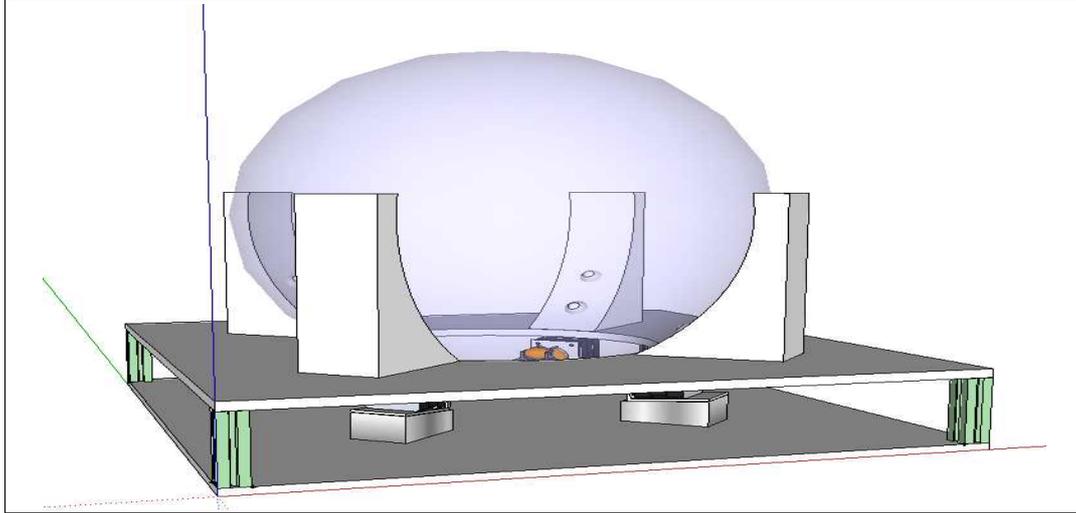
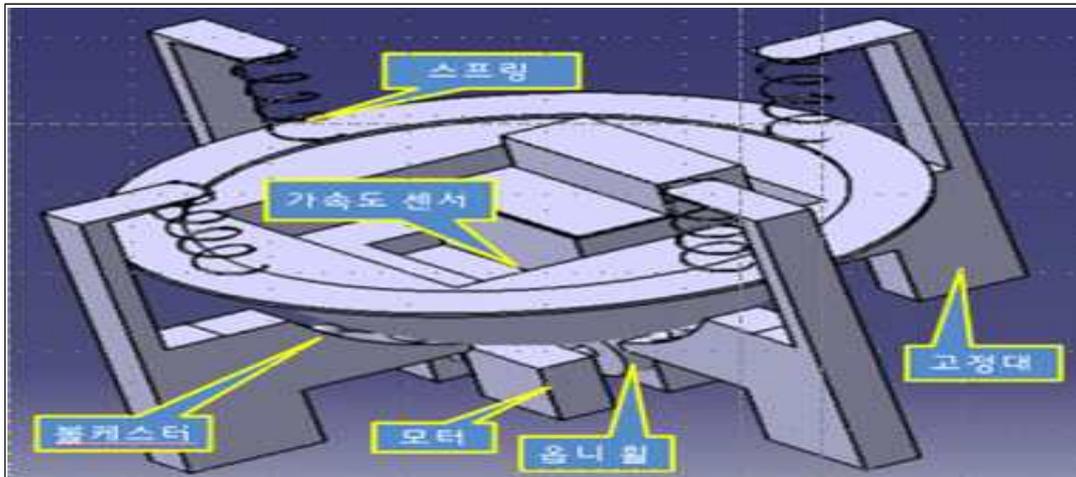
대략적인 구현

3. 제품 도면

▶ CAD도면

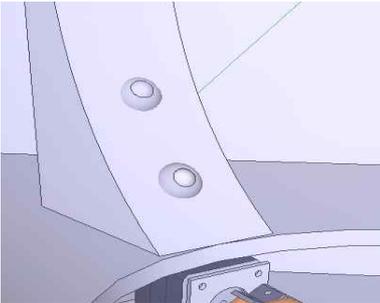
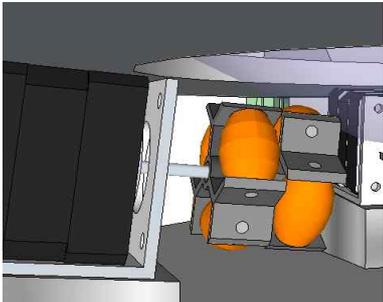
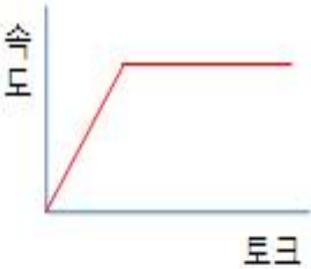
	지지대	
	가로	150mm
	세로	150mm
	높이	120mm
	호 반지름	203mm
	반구	
	직경	440mm
	두께	3mm
	날개	20mm
	베이스	
	가로	515mm
	세로	515mm
높이	80mm	
전체 크기		
가로	515mm	
세로	515mm	
높이	292mm	

▶ CATIA를 이용한 3D모델링



볼 캐스터와 지지대가 버티는 하중을 제외한 하중을 휠에 분산시켜 구와 옴니휠 사이에 모터의 힘을 이용한 마찰력을 증대 하여 전방향 360°, Z축 회전을 한다

4. Motor 토크 계산

대 상	계 산
 <p data-bbox="352 611 604 645">블캐스터 토크손실</p>	$\mu mg = 0.002 \times 3 \times 9.8$ $\therefore \mu mg \times r = 0.588 \times 0.02 = 0.01176$
 <p data-bbox="373 999 584 1032">주요 부하 토크</p>	$Mg \times L \times \sin \theta = F \times R$ $\therefore F = \frac{Mg \times L \times \sin \theta}{R}$
 <p data-bbox="373 1397 584 1431">필요 가속 토크</p>	$I \frac{dw}{dt} = F \times R$ $I = M \times L^2 = 3 \times 0.2^2$ $\therefore F = I \times \frac{\frac{1}{6} - 0}{1s} \div 0.2 = 0.1$
<p data-bbox="336 1626 620 1659">모터1개당 요구 토크</p>	$T_{tot} = 0.15 + 0.01176 + 0.1 = 0.26176$ $T_{tot} \div 2 = 0.13 \times 1.5 (\text{안전 계수}) = 0.19632$

5. 부품선정

부품	SPEC
	<p>UNO R3</p> <p>Atmega328 micro controller 입력전압 7~12V 14 Digital I/O Pins (6 PWM outputs) 6 Analog Inputs 32k Flash Memory 16Mhz Clock Speed</p>
	<p>3축 가속도 sensor</p> <p>아날로그 출력형 3축 +3/-3g 측정영역</p>
	<p>스테핑모터 드라이브</p> <p>규격 : 50 * 20(mm)</p>
	<p>조이스틱</p> <p>조이스틱 쉘드 PCB 메모리푸쉬버튼 - 12mm square 미니 푸쉬버튼 6-pin header 8-pin header 규격 : 85 * 55(mm)</p>
	<p>스테핑모터</p> <p>스텝부 선단각 :1.8도 2상 정격전압 : 12V 정격전류 : 0.33A 홀딩 토크 : 2.3kg*cm 규격 : 45 * 45 (mm)</p>

부품	SPEC
	<p>볼캐스터</p> <p>볼 : 1/4" 총 높이 : 9mm 노출된 볼 : 1.5mm 총 지름 : Φ12 자체 중량 : 6g, 정지하중 : 20Kg 사용하중 : 10Kg</p>
	<p>아크릴반구</p> <p>지름 : Φ400 mm 두께 : 3T 안쪽에서 버티는 힘 : 5~8Kg</p>
	<p>Omni wheel</p> <p>재질 : 플라스틱 합성고무 지름 : Φ40 폭 : 16mm 중량 : 15g</p>
	<p>스프링</p>

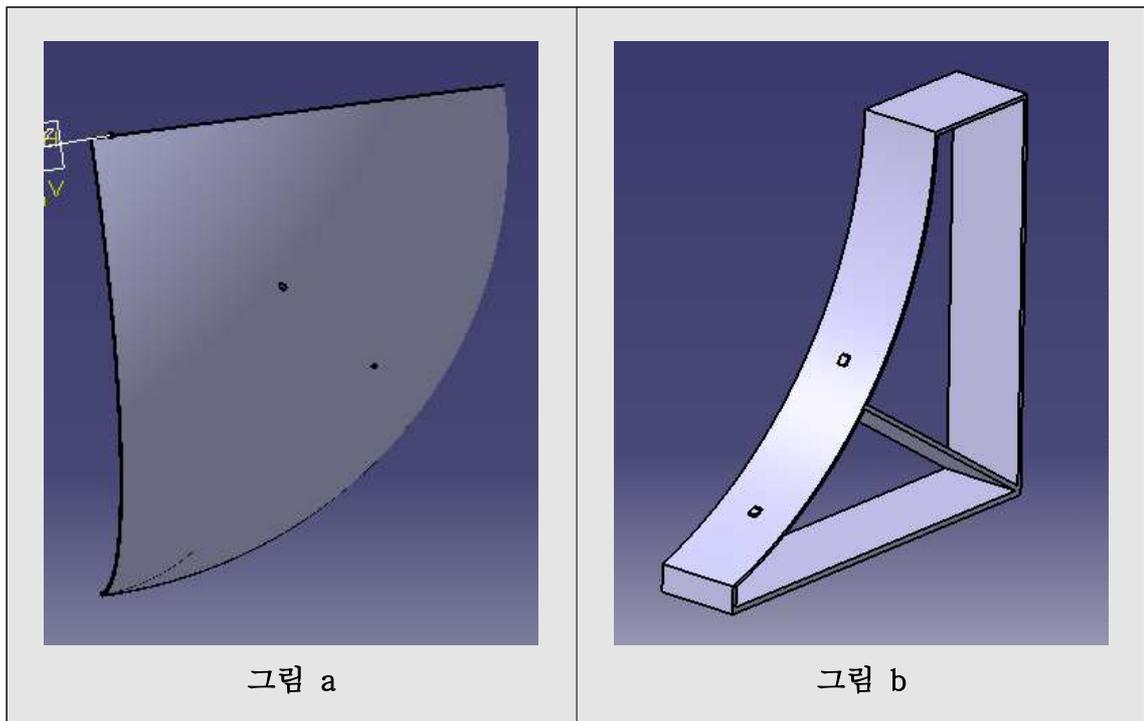
	상세 설명
<p>1. 상세 설계 도면</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 최종적인 조립도 도면을 CAD를 이용하여 완성. - CAD를 이용하여 지지대, 베이스커버, 모터 브라켓설계. - 조립이 필요한 부품의 규격에 따른 설계.
<p>2. 부품 구입</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 인터넷을 이용한 부품구매로 원가 절감 효과. - 다양한 스펙을 가진 부품 중 최적의 부품 선정.

제3절 해석 및 평가

1. Material 정의

Material - 철
철의 최대 주응력 : $355 \times 10^6 pa$ 철의 밀도 : $7850 kg/m^3$

2. 해석 문제 정의



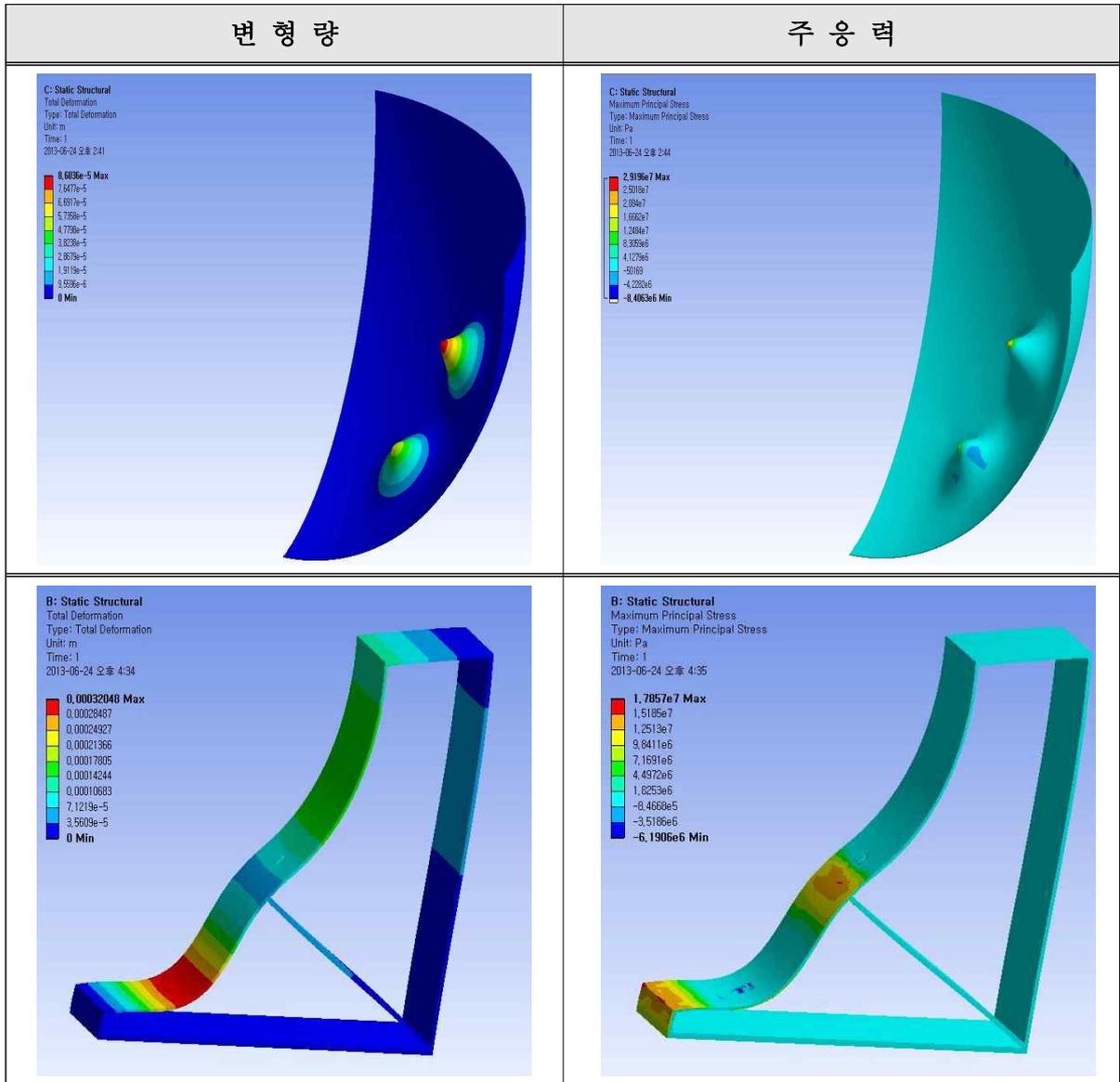
- Full scale일때 Modeling 및 해석 조건으로 한다.
- 그림 a는 구형 구조물을 1/8로 하여 해석한다.
- 그림 b(지지대)의 Body를 해석 Target으로 한다
- 그림 a와 b를 Ansys를 이용하여 최대주응력과 변형량을 해석한다
- 재료는 철을 이용한다.
- 해석시 그림a는 볼캐스터와 만날 때의 충격으로 그림b는 구형구조물이 위에서 응력을 가했을 때의 변형을 측정한다
- 제품은 Steel Model로 해석한다.
- 주변 환경 조건은 무시한다(온도, 진동 등).

3. Ansys를 이용한 구조해석 (두께의 변화에 따른 지지대 변형량)

▶ 해석조건(1)

반지름1 (m)	반지름 (m)	두께 (m)	밀도 (kg/m^3)	무게 (kg)	1/8구무게 (kg)	내부구조물 무게(800/8)(kg)
1	0.9975	0.005	7850	245.87	30.73	100

▶ 해석결과(1)

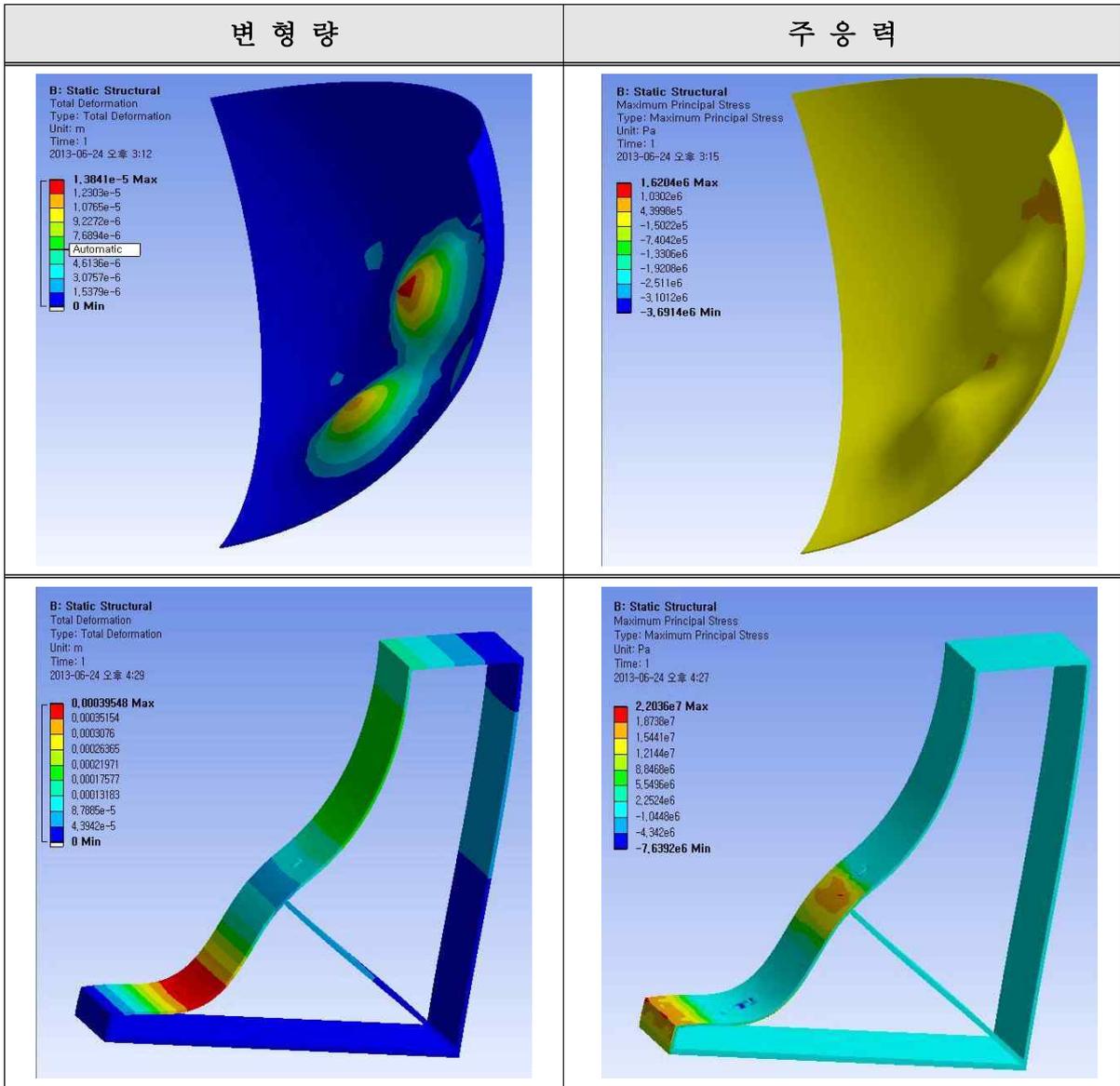


총 무게 (kg)	받는총힘 (N)	볼캐스터 개당 받는 힘 (N)	최대 주응력 (pa)	최대 변형량 (mm)	지지대 최대 주응력 (pa)	지지대 변형량 (mm)
130.73	1282.50	641.25	29,190,000	0.08	17,857,000	0.00032

▶ 해석조건(2)

반지름1 (m)	반지름 (m)	두께 (m)	밀도 (kg/m^3)	무게 (kg)	1/8구무게 (kg)	내부구조물 무게(800/8)(kg)
1	0.995	0.01	7850	490.52	61.31	100

▶ 해석결과(2)

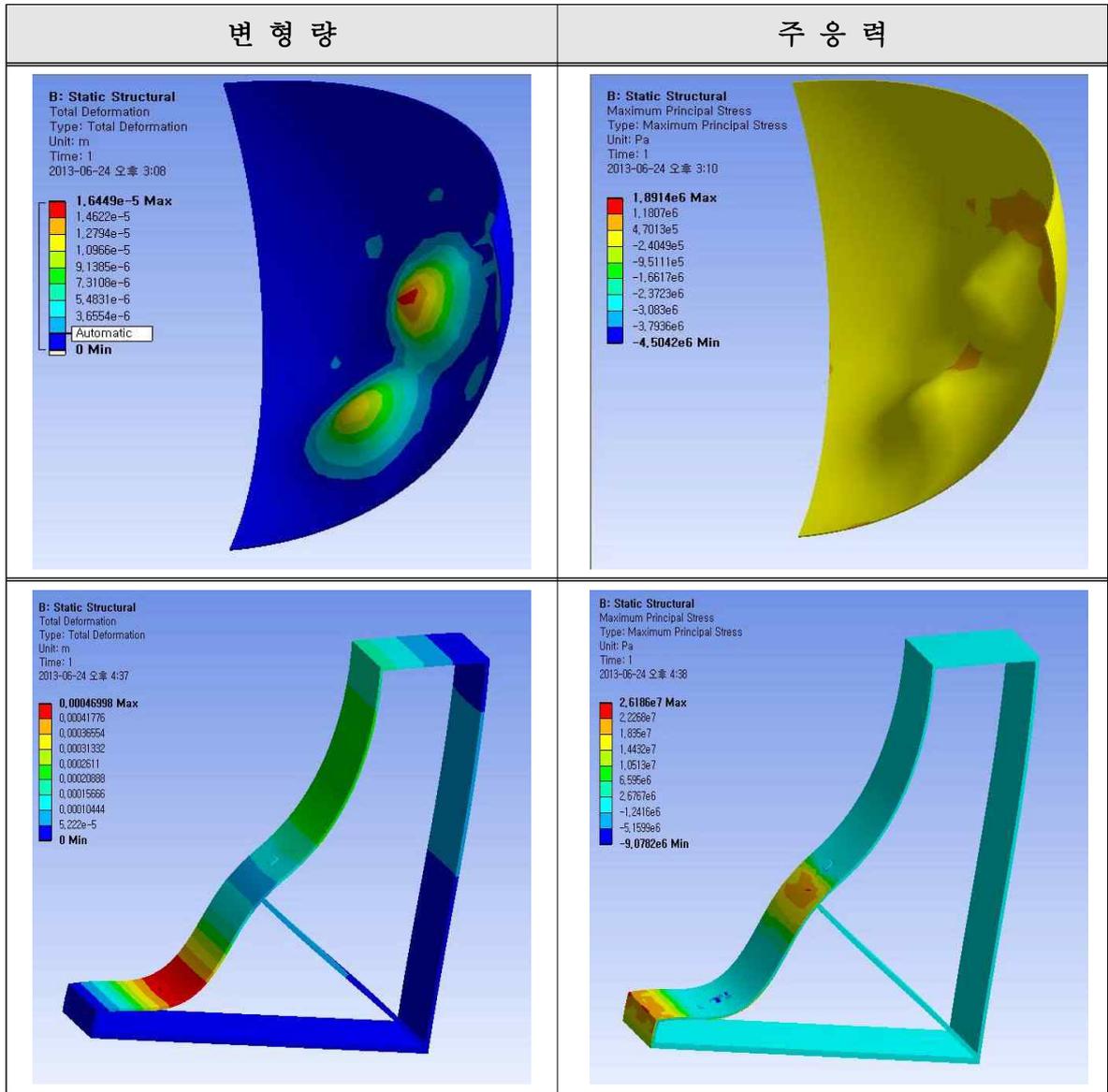


총 무게 (kg)	받는총힘 (N)	볼캐스터 개당 받는 힘 (N)	최대 주응력 (pa)	최대 변형량 (mm)	지지대 최대 주응력 (pa)	지지대 변형량 (mm)
161.31	1582.50	791.25	1,620,000	0.014	22,030,000	0.00039

▶ 해석조건(3)

반지름1 (m)	반지름 (m)	두께 (m)	밀도 (kg/m^3)	무게 (kg)	1/8구무게 (kg)	내부구조물 무게(800/8)(kg)
1	0.9925	0.015	7850	733.94	91.74	100

▶ 해석결과(3)

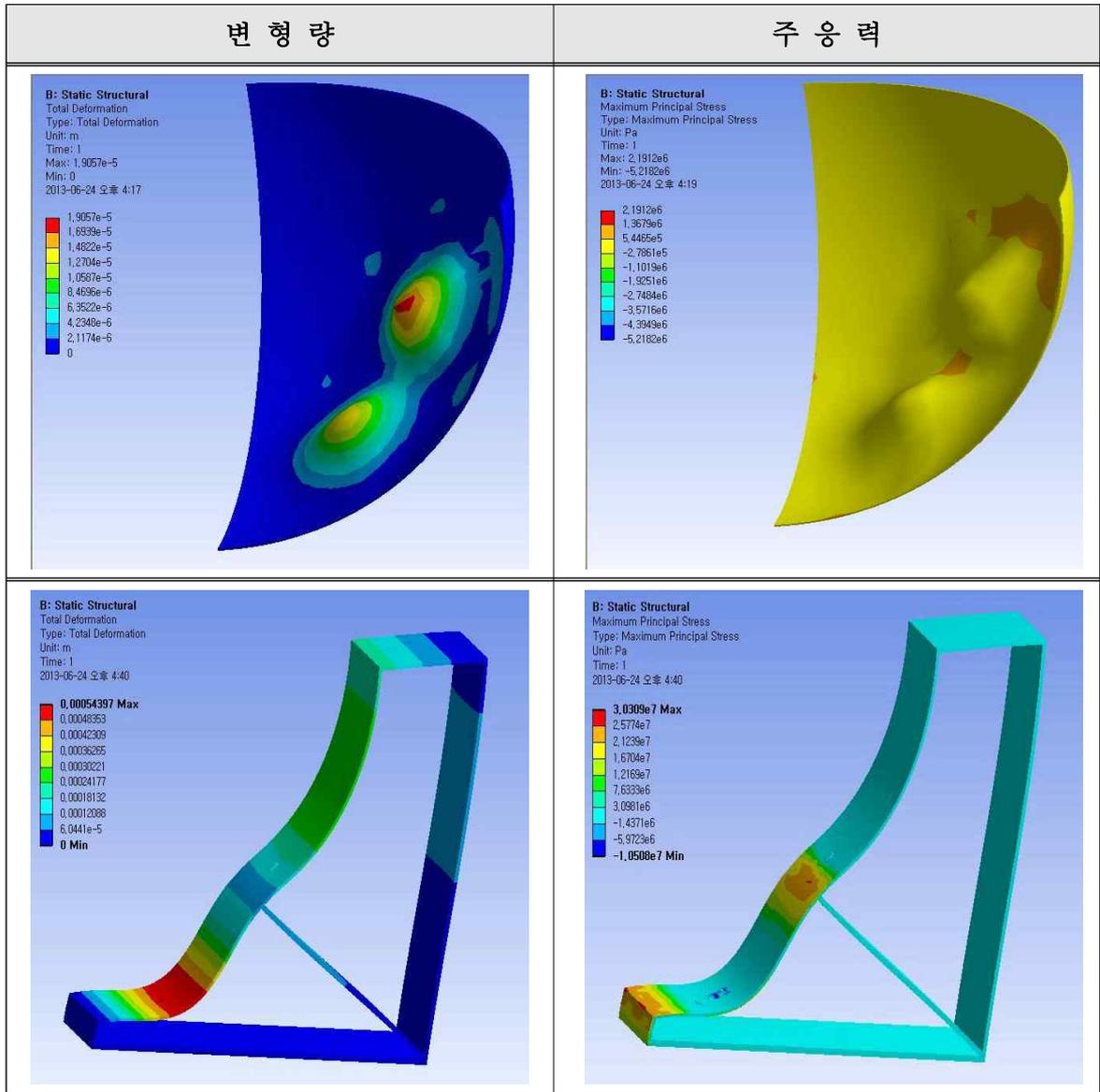


총 무게 (kg)	받는총힘 (N)	볼캐스터 개당 받는 힘 (N)	최대 주응력 (pa)	최대 변형량 (mm)	지지대 최대 주응력 (pa)	지지대 변형량 (mm)
191.74	1880.99	940.50	1,891,000	0.016	26,186,000	0.00047

▶ 해석조건(4)

반지름1 (m)	반지름 (m)	두께 (m)	밀도 (kg/m^3)	무게 (kg)	1/8구무게 (kg)	내부구조물 무게(800/8)(kg)
1	0.99	0.02	7850	976.13	122.02	100

▶ 해석결과(4)

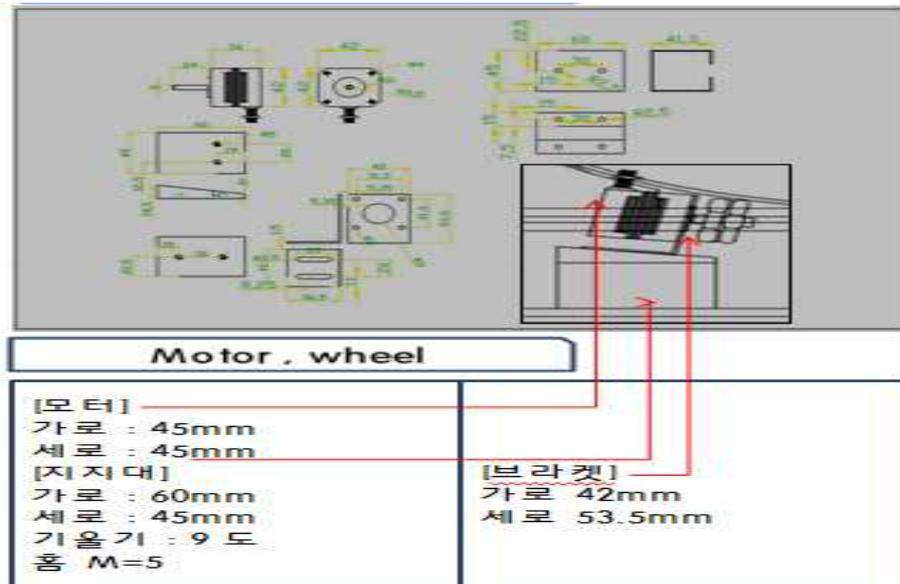


총 무게 (kg)	받는총힘 (N)	볼캐스터 개당 받는 힘 (N)	최대 주응력 (pa)	최대 변형량 (mm)	지지대 최대 주응력 (pa)	지지대 변형량 (mm)
222.02	2177.98	1088.99	2,190,000	0.019	30,309,000	0.00054

- ▶ 구의 두께가 증가할수록 무게가 증가되어 변형량 또한 증가한다.
- ▶ 구의 두께가 증가할수록 무게가 증가되어 최대 주응력 또한 증가한다.
- ▶ 구의 두께가 증가할수록 무게가 증가되어 볼캐스터가 받는 힘 또한 증가한다.

제4절 설계보완

1. 설계보완 요구사항



- ▶ 모터의 바닥면과 지면이 평행할 때 구와의 충분한 접촉이 이루어지지 않음
- ▶ 휠과 반구 사이의 슬립 현상 발생
- ▶ 반구의 동작 제어가 불가능

2. 설계보완 방법

1) 각도블럭



- ▶ 반구와 옴니휠이 닿는 면적을 최대한 넓히기 위해 각도블럭 이용
- ▶ 휠과 반구의 마찰 면적이 증가하기 때문에 슬립현상 감소
- ▶ 반구의 동작 제어가 가능함
- ▶ 앞으로 조정 할 수 있게 직선형 홈을 구성하여 가공 하였다.

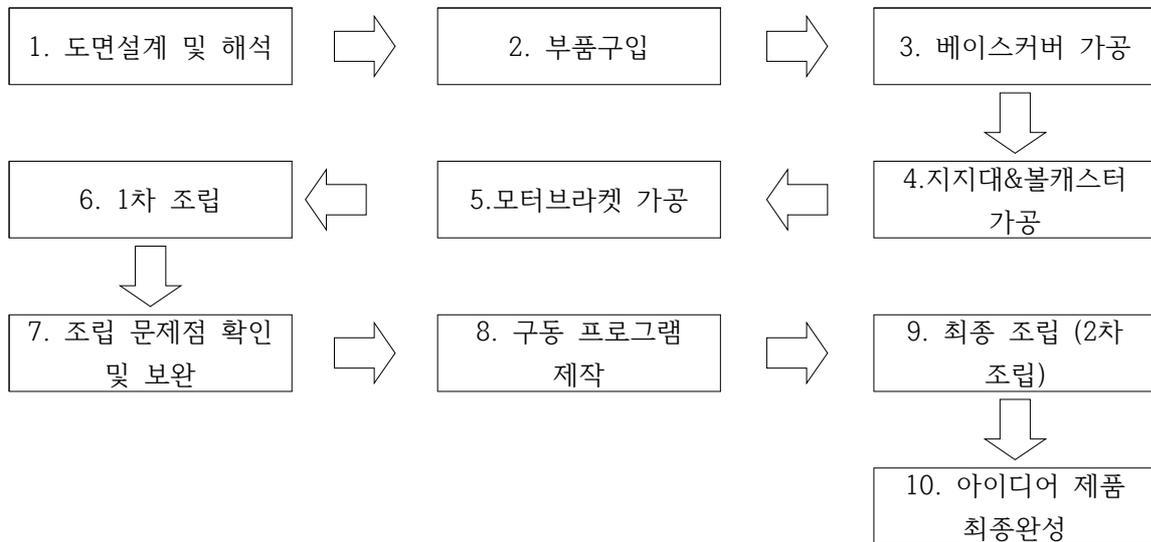
2) 모터브라켓



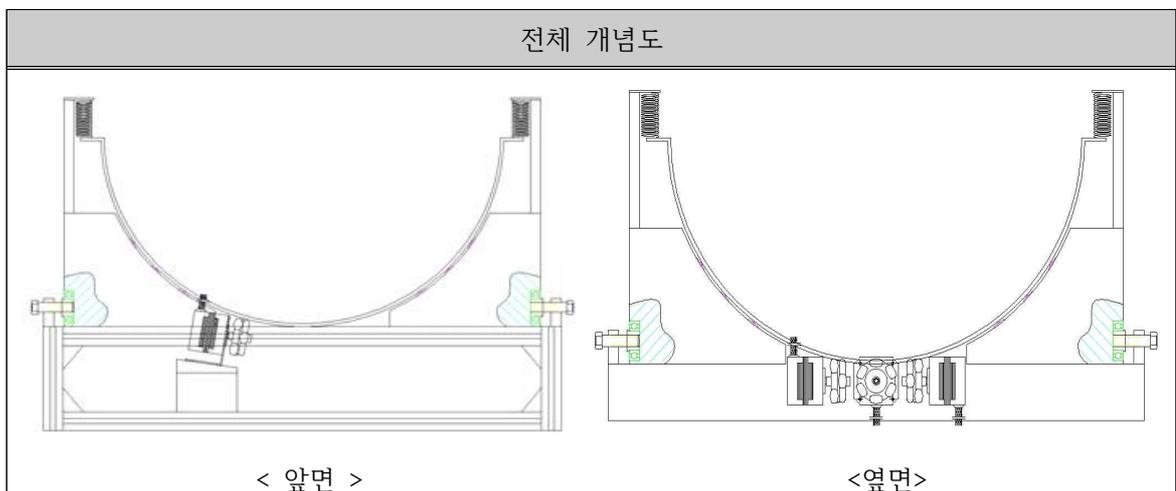
▶ 모터 위치를 미세 조정하기 쉽도록 가공

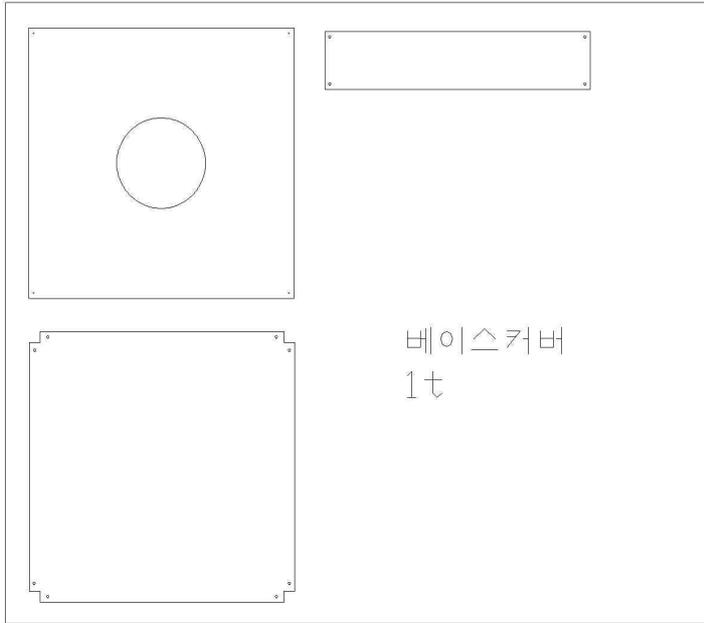
제3장 제작

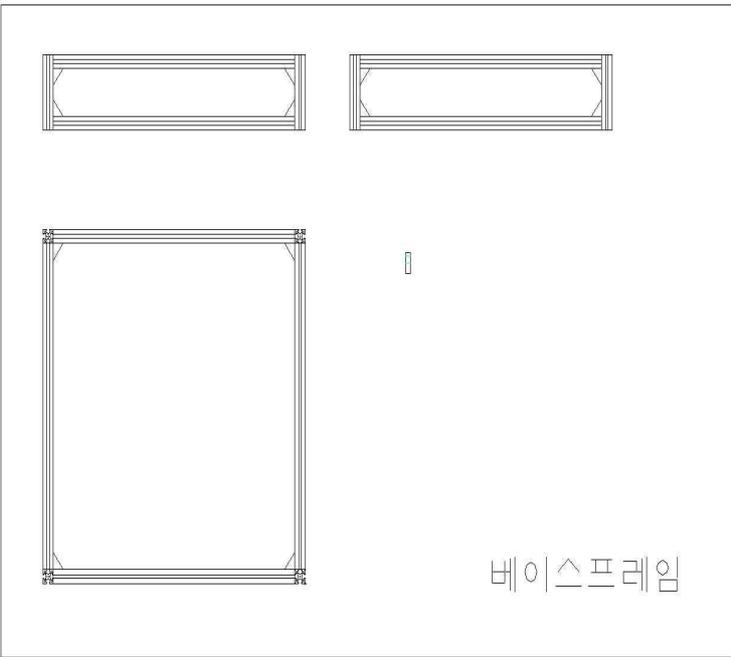
제1절 공정도

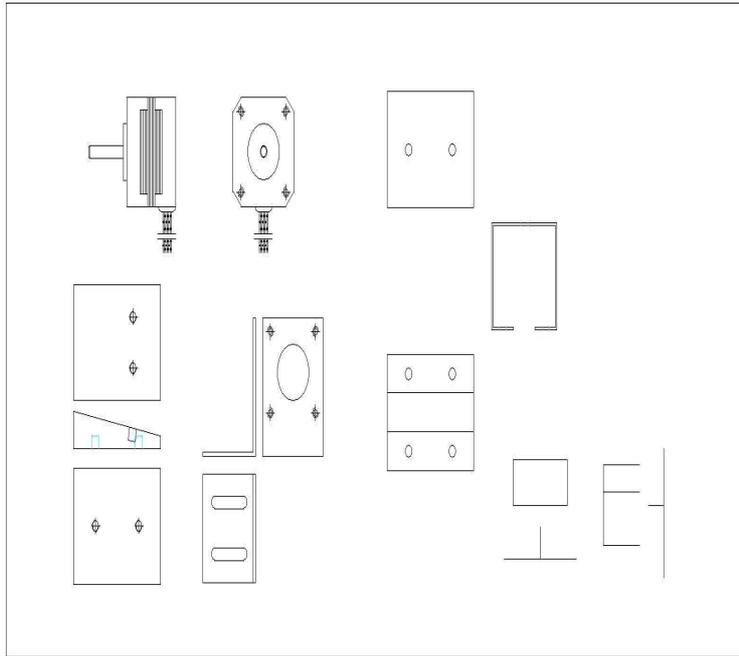


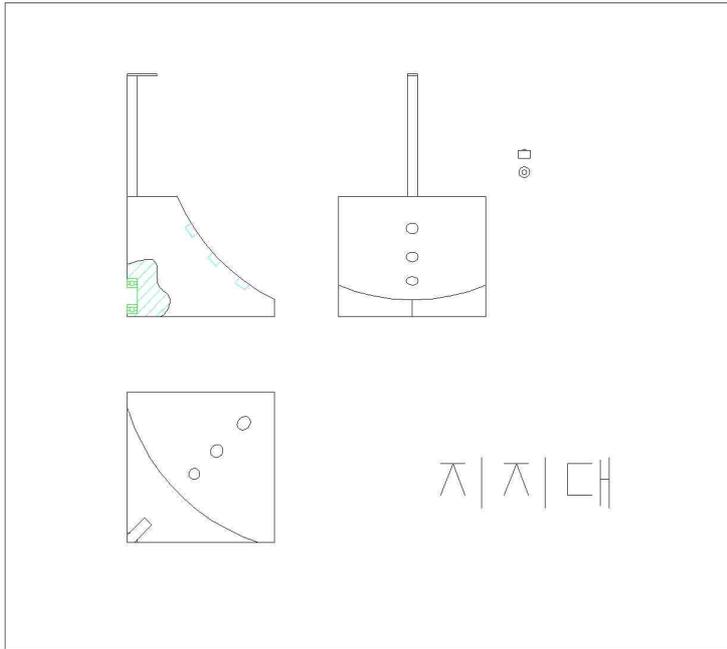
1. 형상 도면 설계

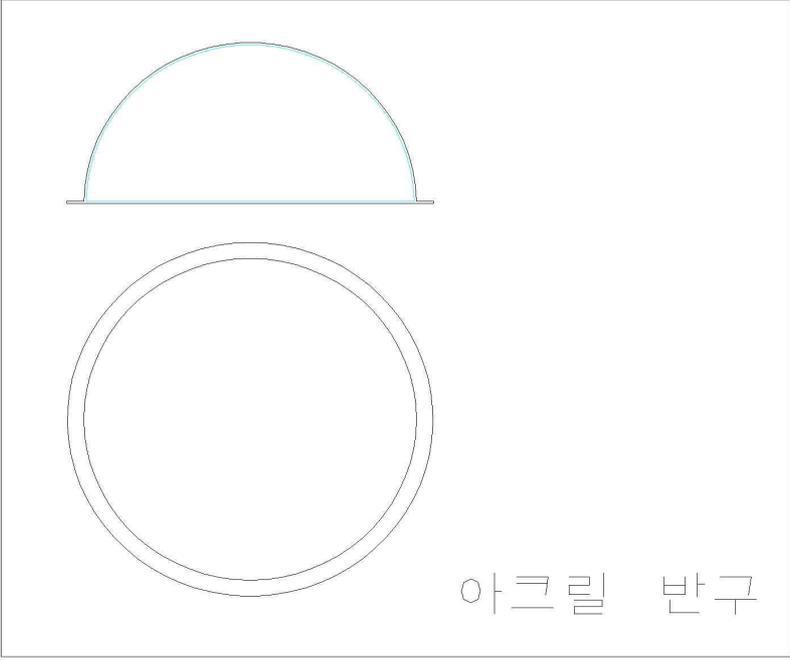


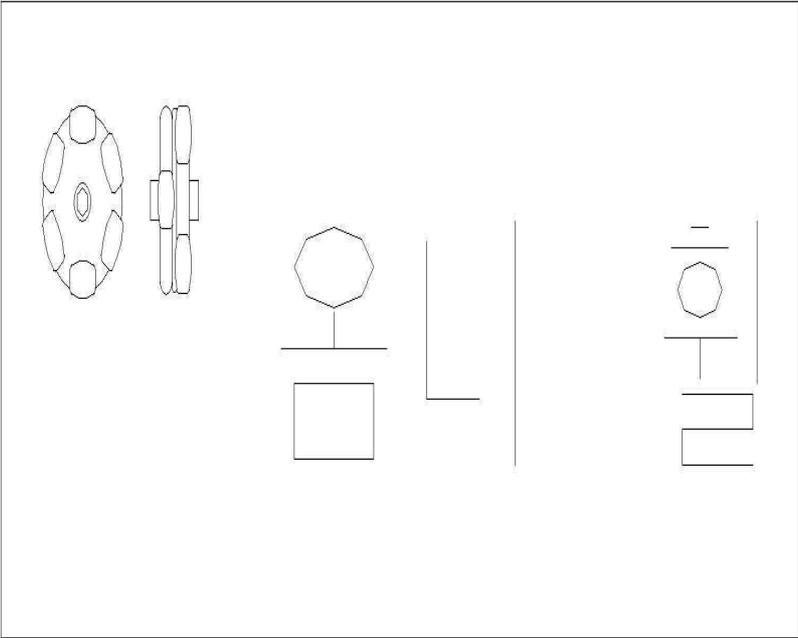
부 품 명	SPEC
 <p style="text-align: center;">베이스커버 1t</p>	<p>[베이스커버] 가로 : 515mm 세로 : 515mm [메인 홀] 반지름[r]= $\Phi 130$ [지지대 홈] 호(r)=$\Phi 2.5$ 호의 길이 :30mm [프레임 결합 홈] 지름 $\phi_c = \Phi 2.5$ 베이스 커버 두께 1t</p>
<p>재질 : 45c 철판 (1 t) (1) 홈을 내서 베이스 프레임과 결합시켜 고정 (2) 커버에 지지대를 고정</p>	

부 품 명	SPEC
 <p style="text-align: center;">베이스프레임</p>	<p>[베이스 프레임] 가로 : 515mm 세로 : 110mm [탭] M=10 높이 :30mm</p>
<p>(1) 프로파일에 사각 너트를 4개 넣어서 베이스 프레임 고정 (2) 브라켓으로 베이스 프레임을 고정시켜준다</p>	

부 품 명	SPEC
	<p>[모터] 가로 : 45mm 세로 : 45mm</p> <p>[지지대] 가로 : 60mm 세로 : 45mm 기울기 : 9 도 홈 M=5</p> <p>[브라켓] 가로 42mm 세로 53.5mm</p>
<p>(1) 베이스 커버 위에 모터, 브라켓, 지지대를 결합 (2) 지지대 각도 : 9도 (아크릴 구와의 마찰을 높인다) (3) 모터와 Omni wheel을 결합은 6각 허브를 이용</p>	

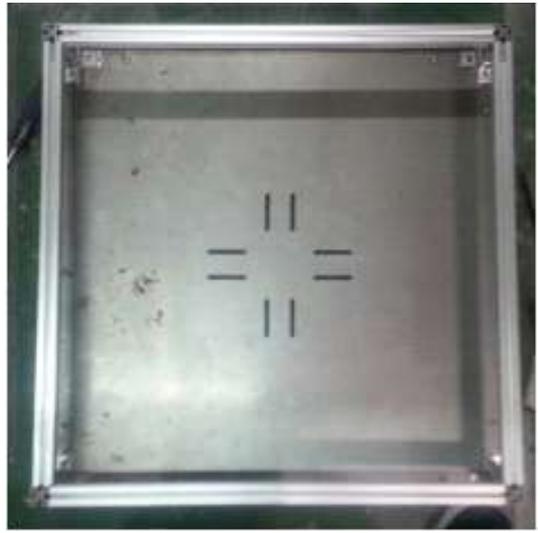
부 품 명	SPEC
	<p>[지지대] (알루미늄 20t) 가로 : 150mm 세로 : 242mm</p> <p>[볼캐스터] 지름 $\Phi 12$</p>
<p>(1) 볼 캐스터 넓이가 지름이 $\Phi 12$이기 약간의 오차를 주어서 매몰식으로 지지대에 결합시킨다. (2) 스프링과 아크릴 원구를 연결 (구형 구조물을 잡아주도록 스프링을 이용)</p>	

부 품 명	SPEC
 <p style="text-align: right;">아크릴 반구</p>	<p>[아크릴 반구] 반지름[r]: $\Phi 220$ 길이 : 440mm 두께 : 3t</p>
<p>(1) 아크릴 반구는 지름 $\Phi 400$ mm이고 두께가 3T인 반구를 구입한다. (2) 지지대의 스프링과 결합시키는 홈을 생성한다</p>	

부 품 명	SPEC
	<p>[Omni wheel] 재질 : 플라스틱 합성고무 지름 : $\Phi 40$ 폭 : 16mm 중량 : 15g</p>
<p>Omni wheel와 모터와 연결하여 구형구조물과 접촉시킨다.</p>	

제2절 제작과정

1. 구조물 가공



a. 베이스 커버가공

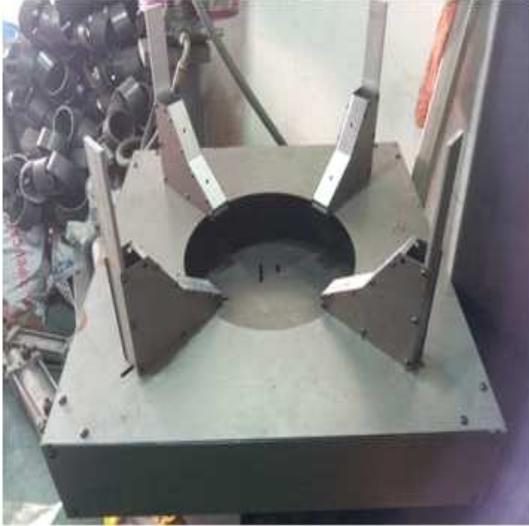


b. 지지대 & 볼캐스터 가공



c. 모터브라켓 & 모터 지지대 가공

2. 구조물 및 부품 조립



d. 지지대 및 모터 조립

a) 철판: 가로515mm, 세로 515mm, 알루미늄 프로파일 : 폭20mmx20mm 길이 515mm
1번 구조물 가공에서 베이스 커버 가공은 철판(45c)과 알루미늄 프로파일로 기본적인 베이스 틀을 만들었다. 그리고 지지대와 모터 브라켓 조립을 위한 직선형 홈을 구성하였다.

b) 알루미늄 지지대 : 가로 150mm 세로 242mm 두께 2mm, 볼캐스터 : $\varnothing 12$
지지대 가공에서는 원형으로 가공하여 구의 무게를 받쳐줄 볼 캐스터를 장착할 예정이었지만 원형 가공이 현실적으로 불가능 하여 2단 계단식으로 지지대를 가공 및 조립을 하였고, 볼 캐스터의 경우 볼 캐스터와 반구의 접촉을 원활 하게하기 위해서 높낮이가 조절 가능한 나사식으로 조립 하였다.

c) 모터 브라켓 : 가로 42mm 세로 53.5mm, 모터 지지대 : 가로 60mm 세로 45mm 5°
모터 브라켓 제작시 반구와 옴니휠의 접촉을 원활 하게하기 위하여 기울기가 9도인 각도 블록을 이용 하였다. 그리고 모터 지지대는 모터의 위치가 앞뒤로 조정 할 수 있게 직선형 홈을 구성하여 가공 하였다.

d) 마지막으로 구조물과 반구, 옴니휠 그리고 볼캐스터의 접촉이 원활하게 될 수 있는 적절한 위치를 찾아 세부 조정 하였다.

3. 프로그래밍

a. 특정 각도에 도달하기 전까지 지속적인 동작가능

```
#include<MsTimer2.h>
#define msDelay 1
int x, y, z, x1, y1, z1;
const byte PIN_ANALOG_X = 0;
const byte PIN_ANALOG_Y = 1;

void clock()
{
  Serial.print("accelerations are x1, y1, z1: "); // 가속도 x,y,z를 PC에
  표시
  Serial.print(" ");
  Serial.print(x1, DEC); // X 축의 가속도 값을 10진으로 PC에 전송

  Serial.print(" "); // 표시값의 중간에 공백을 추가
  Serial.print(y1, DEC); // Y 축의 가속도 값을 10진으로 PC에 전송

  Serial.print(" "); // 표시값의 중간에 공백을 추가
  Serial.println(z1, DEC); // Z 축의 가속도 값을 10진으로 PC에 전송
}

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // 직렬포트를 9600 bps로 설정
  pinMode(2, OUTPUT); // 2번 핀은 방향전환 핀으로 사용합니다.
  pinMode(3, OUTPUT); // 3번 핀은 스텝 핀으로 사용합니다.
  pinMode(4, OUTPUT); // 4번 핀은 방향전환 핀으로 사용합니다.
  pinMode(5, OUTPUT); // 5번 핀은 스텝 핀으로 사용합니다.
  pinMode(6, OUTPUT); // 6번 핀은 방향전환 핀으로 사용합니다.
  pinMode(7, OUTPUT); // 7번 핀은 스텝 핀으로 사용합니다.
  pinMode(8, OUTPUT); // 8번 핀은 방향전환 핀으로 사용합니다.
  pinMode(9, OUTPUT); // 9번 핀은 스텝 핀으로 사용합니다.

  MsTimer2::set(100,clock);
  MsTimer2::start();
}
```

```

void loop() {
  x = analogRead(2);      // A0 핀의 값을 아날로그로 읽는다
  y = analogRead(3);      // A1 핀의 값을 아날로그로 읽는다
  z = analogRead(4);      // A2 핀의 값을 아날로그로 읽는다
  x1 = (x-340)*9/7;
  y1 = (y-340)*9/7;
  z1 = (z-340)*9/7;

  if(x1<40 & x1>-40){
    if(analogRead(PIN_ANALOG_X)<500 )
    {
      digitalWrite(4, LOW);
      digitalWrite(5, HIGH);
      delayMicroseconds(msDelay);
      digitalWrite(5, LOW);
      delayMicroseconds(msDelay);

      digitalWrite(6, HIGH);
      digitalWrite(7, HIGH);
      delayMicroseconds(msDelay);
      digitalWrite(7, LOW);
      delayMicroseconds(msDelay);
    }

    if(analogRead(PIN_ANALOG_X)>600)
    {
      digitalWrite(4, HIGH);
      digitalWrite(5, HIGH);
      delayMicroseconds(msDelay);
      digitalWrite(5, LOW);
      delayMicroseconds(msDelay);

      digitalWrite(6, LOW);
      digitalWrite(7, HIGH);
      delayMicroseconds(msDelay);
      digitalWrite(7, LOW);
      delayMicroseconds(msDelay);
    }
  }
}

```

```

if(y1<40 & y1>-40){
  if(analogRead(PIN_ANALOG_Y)<500 )
  {
    digitalWrite(2, LOW);
    digitalWrite(3, HIGH);
    delayMicroseconds(msDelay);
    digitalWrite(3, LOW);
    delayMicroseconds(msDelay);

    digitalWrite(8, HIGH);
    digitalWrite(9, HIGH);
    delayMicroseconds(msDelay);
    digitalWrite(9, LOW);
    delayMicroseconds(msDelay);
  }
  else if(analogRead(PIN_ANALOG_Y)>600)
  {
    digitalWrite(2, HIGH);
    digitalWrite(3, HIGH);
    delayMicroseconds(msDelay);
    digitalWrite(3, LOW);
    delayMicroseconds(msDelay);

    digitalWrite(8, LOW);
    digitalWrite(9, HIGH);
    delayMicroseconds(msDelay);
    digitalWrite(9, LOW);
    delayMicroseconds(msDelay);
  }
}
}

```

타이머 카운터를 이용하여 현재의 각도를 Display하면서 시뮬레이션이 가능.

b. 조이스틱 좌표와 반구의 각도가 일치할 때 까지 동작가능

```
#include<MsTimer2.h>
#define msDelay 100
int xs,ys,zs,xj,yj,zj;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);      // 직렬포트를 9600 bps로 설정
  pinMode(2, OUTPUT); // 2번 핀은 방향좌회 핀으로 사용합니다.
  pinMode(3, OUTPUT); // 3번 핀은 스텝 핀으로 사용합니다.
  pinMode(4, OUTPUT); // 4번 핀은 방향좌회 핀으로 사용합니다.
  pinMode(5, OUTPUT); // 5번 핀은 스텝 핀으로 사용합니다.
  pinMode(6, OUTPUT); // 6번 핀은 방향좌회 핀으로 사용합니다.
  pinMode(7, OUTPUT); // 7번 핀은 스텝 핀으로 사용합니다.
  pinMode(8, OUTPUT); // 8번 핀은 방향좌회 핀으로 사용합니다.
  pinMode(9, OUTPUT); // 9번 핀은 스텝 핀으로 사용합니다.
}

void loop()
{
  xs = (analogRead(2)-340)*9/7;    // A0 핀의 값을 아날로그로 읽는다
  ys = (analogRead(3)-340)*9/7;    // A1 핀의 값을 아날로그로 읽는다
  zs = (analogRead(4)-340)*9/7;    // A2 핀의 값을 아날로그로 읽는다

  xj = analogRead(0)-512;
  yj = analogRead(1)-512;

  if (abs(yj-ys*17)<5 && abs(xj-xs*17)<5) delay (500);
  else if(yj>ys*17)
  {
    digitalWrite(2, LOW);
    digitalWrite(3, HIGH);
    delayMicroseconds(msDelay);
    digitalWrite(3, LOW);
    delayMicroseconds(msDelay);
    digitalWrite(8, HIGH);
    digitalWrite(9, HIGH);
    delayMicroseconds(msDelay);
    digitalWrite(9, LOW);
    delayMicroseconds(msDelay);
  }
}
```

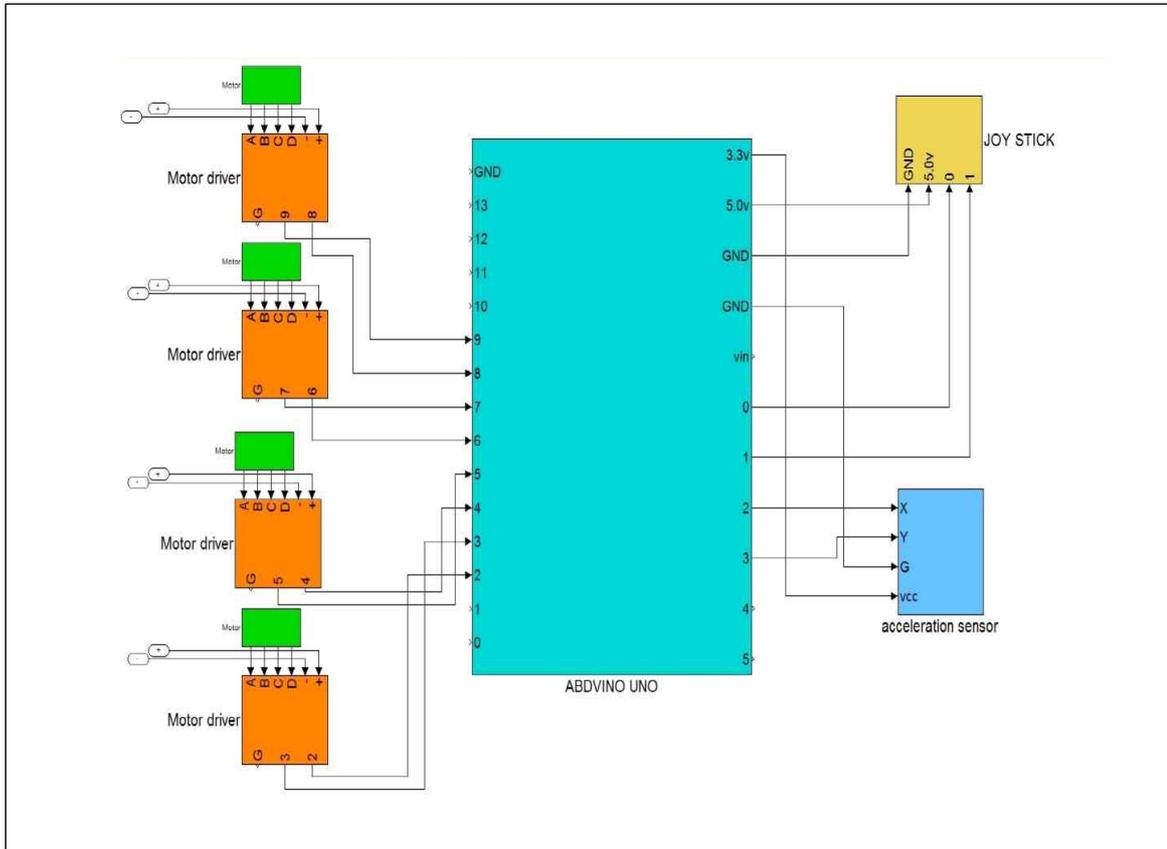
```

else if(yj<ys*17-5)
{
digitalWrite(2, HIGH);
digitalWrite(3, HIGH);
delayMicroseconds(msDelay);
digitalWrite(3, LOW);
delayMicroseconds(msDelay);
digitalWrite(8, LOW);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(msDelay);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(msDelay);
}
if(xj>xs*17)
{
digitalWrite(4, HIGH);
digitalWrite(5, HIGH);
delayMicroseconds(msDelay);
digitalWrite(5, LOW);
delayMicroseconds(msDelay);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(7, HIGH);
delayMicroseconds(msDelay);
digitalWrite(7, LOW);
delayMicroseconds(msDelay);
}
else if(xj<xs*17-5)
{
digitalWrite(4, LOW);
digitalWrite(5, HIGH);
delayMicroseconds(msDelay);
digitalWrite(5, LOW);
delayMicroseconds(msDelay);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(7, HIGH);
delayMicroseconds(msDelay);
digitalWrite(7, LOW);
delayMicroseconds(msDelay);
}
}

```

각도센서를 이용하여 특정 각도에 도달할 때까지 작동. 조이스틱 정위치 시 원점 복구

4. 회로도



5. 센서값 출력

지면과 수평일 때 x=0도

```

accelerations are x1, y1, z1: 0 1 100
accelerations are x1, y1, z1: 2 2 99
accelerations are x1, y1, z1: 1 2 100
accelerations are x1, y1, z1: 1 2 96
accelerations are x1, y1, z1: 2 1 99
accelerations are x1, y1, z1: 1 2 99
accelerations are x1, y1, z1: 0 1 99
accelerations are x1, y1, z1: 2 2 97
accelerations are x1, y1, z1: 1 2 99
accelerations are x1, y1, z1: 0 0 99
accelerations are x1, y1, z1: 3 3 96
accelerations are x1, y1, z1: 1 1 96
                    
```

지면과 수평일 때 x=9도

```

accelerations are x1, y1, z1: 90 -2 16
accelerations are x1, y1, z1: 95 0 16
accelerations are x1, y1, z1: 90 -1 16
accelerations are x1, y1, z1: 92 -1 15
accelerations are x1, y1, z1: 90 -1 16
accelerations are x1, y1, z1: 88 -1 15
accelerations are x1, y1, z1: 88 1 12
accelerations are x1, y1, z1: 93 -3 20
accelerations are x1, y1, z1: 93 1 14
accelerations are x1, y1, z1: 87 -1 15
accelerations are x1, y1, z1: 92 -1 16
accelerations are x1, y1, z1: 87 -1 15
accelerations are x1, y1, z1: 88 -2 16
                    
```

제4장 시험 및 평가

제1절 운용 및 시험 요구조건



최종조립 제품

- 가. Motor와 연결된 Omni wheel이 구형 구조물과 접촉면을 넓게 해서 마찰이 잘될수 있도록 한다.
- 나. 가속도 센서가 구형 구조물 중심에 위치하여 가속도 센서의 불필요한 움직임을 막아준다.
- 다. 구형 구조물의 무게를 너무 가볍게 하지 않아 충격으로 인한 흔들림을 줄여준다.

실험 순서
1. 가속도 센서를 이용한 중심 원점 위치 확인
2. x축 y축 방향으로 컨트롤러 방향과 아크릴 반구의 회전운동 확인
3. 50°,25°로 이동하였을때 가속도센서를 이용한 각도확인 시간측정
4. 50°,25° 이동 후 가속도 센서를 이용하여 자동 원점지점 복구시간 측정

제2절 시험결과

delay 300, 최대각도(50도)

구분	작동 시간(초)	복구 시간(초)
전	2s	2.5s
후	2s	2.5s
좌	2s	2.5s
우	2s	2.5s
전좌	1.8s	2s
전우	1.8s	2s
후좌	1.8s	2s
후우	1.8s	2s

delay 200, 최대각도(50도)

구분	작동 시간(초)	복구 시간(초)
전	1.8s	2s
후	1.8s	2s
좌	1.8s	2s
우	1.8s	2s
전좌	1.5s	1.8s
전우	1.5s	1.8s
후좌	1.5s	1.8s
후우	1.5s	1.8s

delay 100, 최대각도(50도)

구분	작동 시간(초)	복구 간(초)
전	1.5s	1.8s
후	1.5s	1.8s
좌	1.5s	1.8s
우	1.5s	1.8s
전좌	1.3s	1.5s
전우	1.3s	1.5s
후좌	1.3s	1.5s
후우	1.3s	1.5s

delay 1, 최대각도(50도)

구분	작동 시간(초)	복구 시간(초)
전	1.5s	1.8s
후	1.5s	1.8s
좌	1.5s	1.8s
우	1.5s	1.8s
전좌	1.3s	1.5s
전우	1.3s	1.5s
후좌	1.3s	1.5s
후우	1.3s	1.5s

delay300 25도

구분	작동 시간(초)	복구시간(초)
전	1.5s	2s
후	1.5s	2s
좌	1.5s	2s
우	1.5s	2s
전좌	1.3s	1.8s
전우	1.3s	1.8s
후좌	1.3s	1.8s
후우	1.3s	1.8s

delay200 25도

구분	작동 시간(초)	복구시간(초)
전	1.3s	1.8s
후	1.3s	1.8s
좌	1.3s	1.8s
우	1.3s	1.8s
전좌	1s	1.5s
전우	1s	1.5s
후좌	1s	1.5s
후우	1s	1.5s

delay100 25도

구분	작동 시간(초)	복구 시간(초)
진	1s	1.3s
후	1s	1.3s
좌	1s	1.3s
우	1s	1.3s
전좌	0.8s	1s
전우	0.8s	1s
후좌	0.8s	1s
후우	0.8s	1s

delay1 25도

구분	작동 시간(초)	복구 시간(초)
진	1s	1.3s
후	1s	1.3s
좌	1s	1.3s
우	1s	1.3s
전좌	0.8s	1s
전우	0.8s	1s
후좌	0.8s	1s
후우	0.8s	1s

시험 결과 분석

delay를 빠르게 주어도 적정 delay 이상으로 높일 경우 휠과 반구의 슬립현상이 일어나 원하는 각도에 도착하는 시간은 변하지 않는다.

더욱이 반구와 휠과의 떨림 현상으로 인해 원하는 각도에 오더라도 노이즈 현상이 발생 한다.

결론 : 가장 적절한 delay는 300일 때 노이즈 현상이 가장 적었고 휠과 반구의 슬립이 가장 적은 실험 결과가 나타났다.

제5장 결론

제1절 문제점 분석 및 처리결과

시뮬레이터 제작단계에서 여러 가지 문제점이 발견됨. 설계 단계에서 설정된 모터의 토크와 하중간의 오차로 인하여 마찰이 발생하여야 하는 접촉면에서 슬립이 일어났으며, 정밀하지 못한 가공으로 인하여 제품 조립 시 어려움을 겪었음.

1. 지지대 및 볼캐스터

(1) 문제점

구형 구조물을 이용한 시뮬레이터를 제작할 때 아크릴 반구와 적재물의 하중이 지지대와 휠 어셈블리에 하중을 분배하기 위해서 지지대를 타원형으로 제작하려 하였으나 여건상 제작이 어렵다.

(2) 처리결과

지지대의 타원형 대신 직선상의 두 구조물을 140°의 각도로 맞춰서 결합하였다.

2. 제품(아크릴 반구)의 무게중심.

(1) 문제점

반구의 재질을 가벼운 아크릴로 선택하여 움직임의 효율을 높이려 하였지만, 너무 가볍고 매끄러운 아크릴 반구는 휠과의 마찰부족으로 슬립현상이 발생하였다. 그로인하여 무게중심을 유지할 수 없었음.

(2) 처리결과

지지대와 아크릴 구를 연결하는 스프링을 설치하여 흔들림을 방지하였음. 그리고 구의 중심에 2Kg의 무게를 가지는 추를 설치하여 무게중심을 유지할 수 있었음.

3. 스텝핑 모터 프로그래밍

(1) 문제점

스텝핑 모터와 휠 어셈블리를 결합했을 때 모터와 휠과의 마찰력으로 스텝핑모터의 속도가 느려졌었다.

(2) 처리결과

모터와 휠과의 마찰력을 고려한 속도조절 프로그래밍을 한다.

5. 옴니휠의 마찰 문제

(1) 문제점

볼 캐스터와 지지대가 버티는 하중을 제외한 하중을 휠에 분산시켜 구와 옴니 휠 사이에 모터의 힘을 이용한 마찰력을 증대하며 옴니 휠의 상하좌우 모두 굴러갈 수 있는 방식으로 움직임에 방해가 줄이고자 하였으나 아크릴 반구의 외주면과 휠의 마찰력이 크지 않아 정확한 동력전달이 되지 않았다.

(2) 처리결과

아크릴 반구의 외주면에 코팅을 하여 마찰력을 증대시킨다.

▷ 외주면 코팅을 위한 시장조사



품목 : E.V.A (압축 스펀지)
규격(mm) : 330 × 490
두께(mm) : 2T



품목 : 우레탄 스프레이
(기계적 부품의 부식 및 미끄럼 방지)



품목 : 스프레이 체인
(빙판길 차량의 미끄럼 방지)

압축 스펀지를 할 경우 옴니휠의 장점이 부각되지 않았고 체인 스프레이일 경우 슬립현상을 방지 할 수 없었다. 우레탄 스프레이 4겹으로 코팅하여 사용했다.

6. 스프링 고정문제

(1) 문제점

진동으로 인하여 가속도 센서가 고정되어 있지 않기 때문에 아크릴반구가 지정된 각도를 유지할 수 없었음. 해결방안으로 스프링을 사용하여 고정을 하였지만, 스프링의 강성이 너무 강하여 구동에 어려움을 겪음.

(2) 처리결과

스프링 대신 고무줄로 대체.

제2절 총평

1. 시뮬레이터의 발전방향

첫째, 시뮬레이터 하부 체계의 부품 국산화율을 높여야 한다, 현재 국내에서 영상생성기와 프로젝터 등의 핵심 장비는 대부분 해외에서 도입하고 있다. 국내 업체에서는 국내 기술로 해외 장비보다 저렴한 영상생성기 등을 개발 중에 있으나 아직 개발이 완료되지 않은 상태이다. 해외 생산 부품의 경우 원활한 부품 수급에 차질이 생기거나, 고가의 부품 비용을 지불하고 장비를 운용해야 하는 경우가 생길 수 있다.

둘째, 미래 환경에 대비하여 성공적인 수행체계를 구축할 수 있도록 시스템 간 연동이 필수적인 요소가 되어야 할 것이다.

첨단 네트워크 장비로 공간, 거리, 시간에 무관하게 복합적으로 결합한 체계를 구축하여야 한다.

셋째, 시뮬레이터는 실제 장비와 수명을 같이하여 장기간 사용되는 장비로서 연구개발사업 외에 이후 성능 개량사업도 게을리 하여서는 안 될 것이다.

넷째, 적정한 성능의 시뮬레이터를 소요에 맞게 제출하여서 사업 초기단계에서 제안요구서에 정확한 요구사항을 반영해야 할 것이다. 즉 등급별로 분류하고 활용성 정도를 고려하여 적절하게 등급을 조정해야 할 것이다.

2. 과제 후 느낀점

본 기계종합설계 교과목을 통해 설계과제를 수행하면서 시뮬레이터라는 제품에 대해서 전반적인 조사를 하고 공부하며 학부과정에서 배웠던 공학적 지식을 기반으로 보다 많은 지식을 습득할 수 있었습니다.

먼저 시뮬레이터는 실제 모형과 똑같이 만들어진 조종실과 모션실로 구성되어 실제의 상황을 인공적으로 만들어내어 훈련할 수 있는 장비입니다. 시뮬레이터 내부는 조정장치, 운동구현 장치, 계기/스위치, 영상/음향장치로 구성되어 있으며, 시뮬레이터를 만들기 위해서 필요한 것은 하드웨어의 기계공학과 소프트웨어의 미디어&프로그램이 필요하다는 것을 알게 되었습니다.

제품 준비 및 선정하는 과정에서 기존에 사용하는 유압식을 개선하여 소음, 관리의 편리성, 복잡한 구조 그리고 새로운 동력전달 방식을 이용한 시뮬레이터를 찾기 위해 노력했습니다. 학부과정에서 배웠던 지식들을 이용하여 아이디어를 구현하기에는 다소 부

족함을 많이 느꼈습니다. 특히관련 자료와 다양한 논문을 참고하고 주변의 업체에서 몇 가지를 문의하면서 아이디어를 도출한 결과 마찰력과 옴니 휠을 이용해 새로운 시뮬레이터를 만들면 되겠다고 생각했습니다. 새로운 아이디어를 도출하는 과정에서 다양한 동력전달, 새로 알게 된 수많은 부품을 통해 아직 저희가 알고 있는 부분은 빙산의 일각이라는 것을 깨닫게 해주었습니다.

제품 설계하는 과정에서 아쉬웠던 점은 CAE시간에 배운 해석 방법을 제대로 수행하지 못한 점입니다. 원하는 부분을 디자인하고, 아주 작은 접점에 대한 제약조건을 주는 것에서 저희의 부족함을 느꼈습니다. 그리고 실제 만들어질 full-scale에서 구상했을 때, 재료에 대한 선정, 내부의 프레임 선정 등 세밀한 부분에 대해서는 어려움을 느꼈습니다.

하지만 아이디어를 준비단계에서 설계하는 과정까지 수많은 시행착오를 통해 정보 탐색 및 정리, 브레인스토밍을 통해 수많은 아이디어 생각, 새로운 아이디어 도출, 다양한 S/W사용(Auto CAD, Ansys, Catia, Sketch up, Power Point 등)을 하면서 수행해야할 임무를 받아 설계와 해석까지 완벽하게 할 수 있게 되었습니다. 이제까지 수업시간에 배웠던 부분에 대해 전체적으로 복습할 수 있는 계기가 되었습니다. 하지만 과제를 진행하면서 부족함을 느꼈던 숙련도의 문제를 개선한다면 실제 기업에서 필요한 인재가 될 수 있을 것이라고 생각합니다.

설계하는 과정에서 물성치에 따른 응력 및 변위를 고려한 점, 여러 번의 시뮬레이션을 통해 도출한 최적화하는 과정은 현재 수행한 과제 말고 다른 부분에서도 완벽함을 만들 수 있다고 생각합니다. 지금보다 더 공학적인 생각을 깊게 해야 한다고 생각했습니다.

마지막으로 지도교수님의 많은 배려와 도움 그리고 저희들과 함께 생각해주셔서 저희가 생각했던 부분보다 더 고차원의 과제 설계 및 해석을 할 수 있었습니다. 기계종합설계 (2) 과정을 마치며, 책에서 배울 수 없는 다양한 경험을 직접 배울 수 있어 정말 뜻깊은 과제였습니다.

[참고문헌]

- 1) 무인기 비행 시뮬레이터 연구 / 산업 자원부
- 2) CAD&Graphics
- 3) 기계요소설계
- 4) 기계공학영어사전
- 5) 배테랑들도 놀란 시뮬레이터, emersonprocess management
- 6) ARC, Operator Training Simulators Global Market Research Study, 2013
- 7) 월간 '임베디드월드' 7월호, 국산화 바람, etnews.com 2008/08/01
- 8) 가상현실기술 동향 과개발전략, 비아이알, 2006년정보통신연구진흥원
- 9) 국회도서관 학술논문 <http://www.nanet.go.kr>
- 10) 한국특허정보원 특허정보검색서비스 <http://www.kipris.or.kr>
- 11) 학술연구정보서비스 <http://www.riss.co.kr>

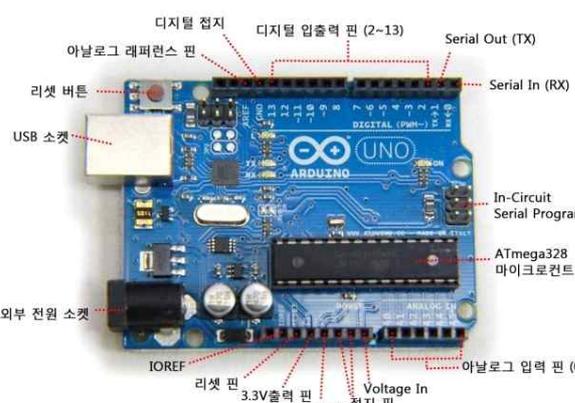
부록

부록1 설계구성요소 요인 시험

가. 아두이노[Arduino]

아두이노는 오픈소스를 기반으로 한 단일 보드 마이크로 컨트롤러이다. AVR을 기반으로 한 보드로 이루어져 있고 최근에는 Cortex-M3를 이용한 제품(Arduino Due)도 있음, 소프트웨어 개발을 위한 통합 환경(IDE)이 있다. 아두이노는 다수의 스위치나 센서로부터 값을 받아들여, LED나 모터와 같은 외부 전자 장치들을 통제함으로써 환경과 상호작용이 가능한 물건을 만들어 낼 수 있다. 또한 플래시, 프로세싱, Max/MSP와 같은 소프트웨어를 연동할 수 있다.

아두이노의 가장 큰 장점은 마이크로컨트롤러를 쉽게 동작시킬 수 있다는 것이다. 일반적으로 AVR 프로그래밍이 WinAVR로 컴파일하여, ISP장치를 통해 업로드를 해야하는 등 번거로운 과정을 거쳐야하는데 비해, 아두이노는 컴파일된 펌웨어를 USB를 통해 업로드를 쉽게 할 수 있다. 또한 아두이노는 다른 모듈에 비해 비교적 저렴하고, 윈도를 비롯해 맥 OS X, 리눅스와 같은 여러 OS를 모두 지원한다. 아두이노 보드의 회로도가 CCL에 따라 공개되어 있으므로, 누구나 직접 보드를 직접 만들고 수정할 수 있다.

제품	spec
	<ul style="list-style-type: none"> -Microcontroller ATmega328 -Operating Voltage 5V -Input Voltage (recommended) 7-12V -Input Voltage (limits) 6-20V -Digital I/O Pins 14 -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) -SRAM 2 KB (ATmega328) -EEPROM 1 KB (ATmega328) -Clock Speed 16 MHz

적용

- 조이스틱 신호와 가속도 신호를 받아 비교 분석하고 모터와 같은 외부 전자 장치들을 통제함으로써 환경과 상호작용이 가능한 물건을 만들어 낼 수 있다.

나. 옴니휠[omni wheel]

옴니휠은 상하좌우 모두 굴러갈수 있는 방식으로 3PCS & 4PCS를 장착하여 제품 본체를 회전하지 않아도 상하좌우로 이동이 가능한 기능성바퀴이다.

제품		spec
		지름 : Φ40 폭 : 16mm 중량 : 15g

적용

- 상하좌우 움직임이 가능한 형태로 구형 구조물의 자유로운 움직임에 대한 효율을 높여줄 것이다.

다. 조이스틱[joy stick]

위치 표시표의 이동 방향을 지정하기 위해 임의의 방향에 그 점을 가지고 갈 수 있는 스틱이나 손잡이. 스크린상의 점(dot)을 이동시키는 데 이용된다.

제품	spec
	- 조이스틱 쉘드 PCB - 메모리푸쉬버튼 - 12mm square - 미니 푸쉬버튼 - 6-pin header - 8-pin header - 규격 : 85 * 55(mm)

적용

- 조이스틱에서 이동방향에 대한 신호와 움직임 신호를 아두이노에 전달하고 이 신호에 따라 스테핑 모터가 구동될 것이다.

마. 볼 캐스터[Ball Caster]

금형 적치 및 이동대,콘베어 자유 이송 라인등에서 회전체의 원활한 회전 및 소음감소로 무거운 물건의 반송이나 이동시킬 때에 사용하며 철제이외에 세라믹제나 플라스틱제도 수많이 만들어 지고 있다.

라. 스프링[spring]

▷ 스프링 재료

종류	규격번호	기호	용도	비고
스프링 강재	KS D 3701	SPS	일반용	열간 가공
경강선	KS D 3510	SW	일반용	냉간 가공
피아노 선	KS D 3 5 7 9	SWO	일반용,내피로	냉간 가공
스테인리스강선	KS D 3535	STS	일반용, 내열,내식	냉간 가공

▷ 스프링 재료에 따른 스프링 상수

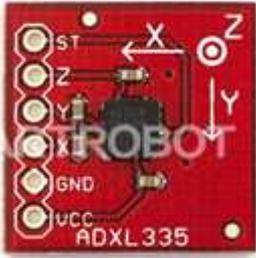
재료	$G[kgf/mm^2]$	$E[kgf/mm^2]$
경강선	$8 \times 10_2$	$21 \times 10_2$
피아노선	$8 \times 10_3$	$21 \times 10_3$
오일템퍼선	$8 \times 10_3$	$21 \times 10_3$
스테인레스강선	$7.2 \times 10_3$	$19 \times 10_3$
황동선	$4 \times 10_3$	$10 \times 10_3$
양백선	$4 \times 10_3$	$11 \times 10_3$
인청동선	$1.3 \times 10_3$	$10 \times 10_3$
베리튬동선	$1.5 \times 10_3$	$13 \times 10_3$

적용

- 구형구조물의 진동과 모터로 인한 비틀림을 줄여줄 것이다.

마. 3축 가속도 센서[sensor]

3축 가속도 모듈은 x, y, z좌표의 3좌표에 가해지는 가속도를 감지하는 센서를 묶어놓은 것으로, 해당 모듈을 특정 방향으로 움직이면 x,y,z축에 가해지는 가속도를 추출해서 데이터로 출력한다.

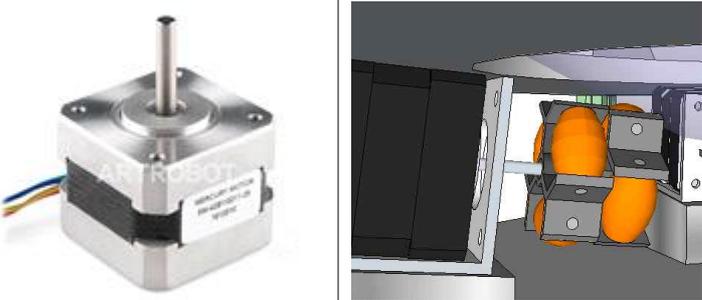
제품	spec
	<ul style="list-style-type: none"> - 1.95 V to 3.6 V supply voltage - 1.6 V to 3.6 V interface voltage - $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$ dynamically selectable full scale - Output Data Rates (ODR) from 1.56 Hz to 800 Hz - 12-bit and 8-bit digital output

적용

센서에서 3좌표에 대한 위치 신호를 받아 구형구조물이 시뮬레이션으로 작동할 시 현재 위치에 대한 움직임을 확인시켜 줄 것이다.

바. 스텝핑모터[stepping motor]

펄스 신호에 의하여 회전하는 모터로, 1펄스마다 수도에서 수십 도의 각도만 회전한다. 펄스 모터 또는 스텝 모터라고도 한다. 회전자는 영구 자석으로 원둘레상의 4상 코일에 1상 또는 2상씩 순차적으로 전압을 인가함에 따라 일정 각도씩 회전한다.

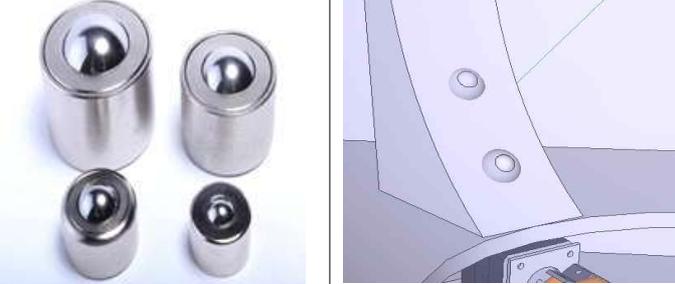
제품	spec
	<ul style="list-style-type: none"> - 스텝부 선단각 : 1.8도 2상 - 정격전압 : 12V - 정격전류 : 0.33A - 홀딩 토크 : 2.3kg*cm - 규격 : 45 * 45 (mm)

적용

- 아두이노에서 들어오는 펄스 신호에 의해 모터에 달려있는 휠을 회전시켜 구형 구조물을 움직인다.

바. 볼 캐스터[Ball Caster]

금형 적치 및 이동대, 콘베어 자유 이송 라인등에서 회전체의 원활한 회전 및 소음감소로 무거운 물건의 반송이나 이동시킬 때에 사용하며 철제이외에 세라믹제나 플라스틱제도 수많이 만들어 지고 있다.

제품	spec
	<ul style="list-style-type: none"> - 조이스틱 쉴드 PCB - 메모리푸쉬버튼 - 12mm square - 미니 푸쉬버튼 - 6-pin header - 8-pin header - 규격 : 85 * 55(mm)

적용

지지대에 볼캐스터가 위치하여 모터에 가해지는 구형구조물의 하중을 분산하며 구조물의 원활한 회전을 도와준다.

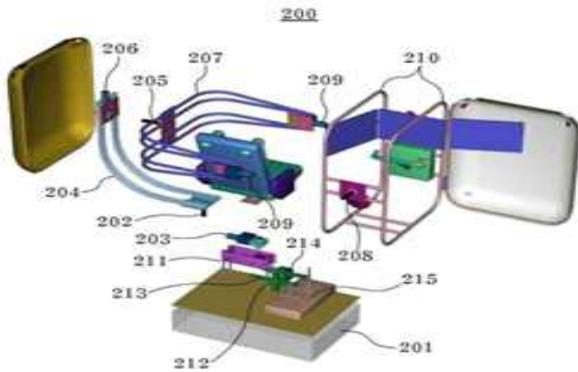
부록2 현실적 제한요소 요약 제시

- 1) CAD, CATIA, ANSYS 등 프로그램 활용 불편
- 2) 메카니즘을 이용한 프로그래밍 기초 지식 부족
- 3) 제품을 가공 및 조립할 공구와 기술부족
- 4) 자금의 부족으로 인한 각 부품들의 소형화 및 대체품 결여
- 5) 각 조원들의 개인 시간의 할애 불균등화

부록3 기타 부록

시뮬레이터의 특허조사

	<table border="1"> <tr> <td>Int. CL</td> <td>G09B 9/00(2006.01) G09B 5/02(2006.01) A63G 31/16(2006.01)</td> </tr> <tr> <td>출원번호(AN)/일자(AD)</td> <td>1020100053590 (2010.06.07)</td> </tr> <tr> <td>출원인</td> <td>(주)엔투스</td> </tr> <tr> <td>등록번호(GN)/일자(GD)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>공개번호(OPN)/일자(OPD)</td> <td>1020110133920 (2011.12.14)</td> </tr> </table>	Int. CL	G09B 9/00(2006.01) G09B 5/02(2006.01) A63G 31/16(2006.01)	출원번호(AN)/일자(AD)	1020100053590 (2010.06.07)	출원인	(주)엔투스	등록번호(GN)/일자(GD)		공개번호(OPN)/일자(OPD)	1020110133920 (2011.12.14)
Int. CL	G09B 9/00(2006.01) G09B 5/02(2006.01) A63G 31/16(2006.01)										
출원번호(AN)/일자(AD)	1020100053590 (2010.06.07)										
출원인	(주)엔투스										
등록번호(GN)/일자(GD)											
공개번호(OPN)/일자(OPD)	1020110133920 (2011.12.14)										
<p>발명의 효과 :</p> <p>>> 일반적인 AC모터를 서보 모터처럼 동작시켜 제조 비용을 절감할 수 있는 모션 시뮬레이터</p> <p>2개의 아암만 사용하더라도 3개 이상의 아암을 사용하는 것처럼 다양한 동작을 수행할 수 있는 모션 시뮬레이터를 제공할 수 있으므로, 구동부의 개수를 2개로 줄일 수 있는바 제조 비용을 절감할 수 있는 장점이 있다.</p>											



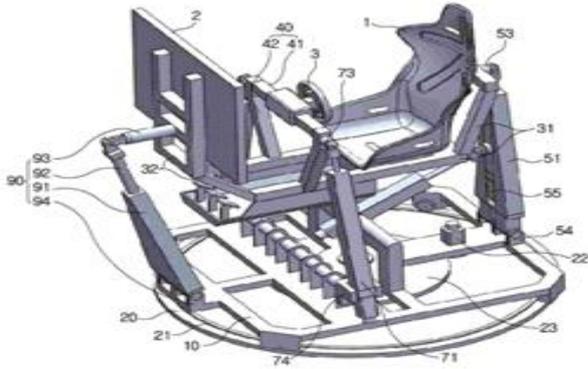
Int. CL	G09B 9/20(2006.01) G09B 9/08(2006.01)
출원번호(AI)/일자(AD)	1020070115065 (2007.11.12)
출원인	김육근
등록번호(GN)/일자(GD)	1009508120000 (2010.03.25)
공개번호(OPN)/일자(OPD)	1020090046944 (2009.05.15)
공고번호(PN)/일자(PD)	(2010.04.02)

발명의 효과 :

>> 상하기울기회전 도중 좌우기울기회전이 동시에 수행될 수 있는 시뮬레이터

상하기울기회전과 좌우기울기회전이 동시에 수행될 수 있으므로, 특히 비행기 시뮬레이션에서 기수를 상승 또는 하강 중에 회전동작이 가능하게 되어 탑승자는 실제와 같은 체감 효과를 얻을 수 있다.

상하요동이 가능하므로, 비행기의 요동 및 자동차의 요동을 실감나게 구현



Int. CL	G09B 9/00(2006.01) A63G 31/16(2006.01) A63B 22/16(2006.01)
출원번호(AN)/일자(AD)	1020120037723 (2012.04.12)
출원인	주식회사 모션디바이스
등록번호(GN)/일자(GD)	1011982550000 (2012.10.31)
공개번호(OPN)/일자(OPD)	
공고번호(PN)/일자(PD)	(2012.11.07)
국제출원번호(FN)/일자(FD)	
국제공개번호(FON)/일자(FOD)	

발명의 효과 :

>> 간단한 구조에 의해 5 자유도 운동이 가능하며 내구성을 향상시킬 수 있는 모션 시뮬레이터

최대 5 자유도 운동이 가능한 모션 시뮬레이터를 구현함으로써 사용자에게 보다 현실감 있는 가상 환경을 체험할 수 있도록 하는 효과가 있다. 5 자유도 운동이 가능하면서도 지지부재를 지지하는 링크부에 큰 토크 및 비틀림이 작용하는 것을 방지하여 내구성을 향상시킬 수 있다.