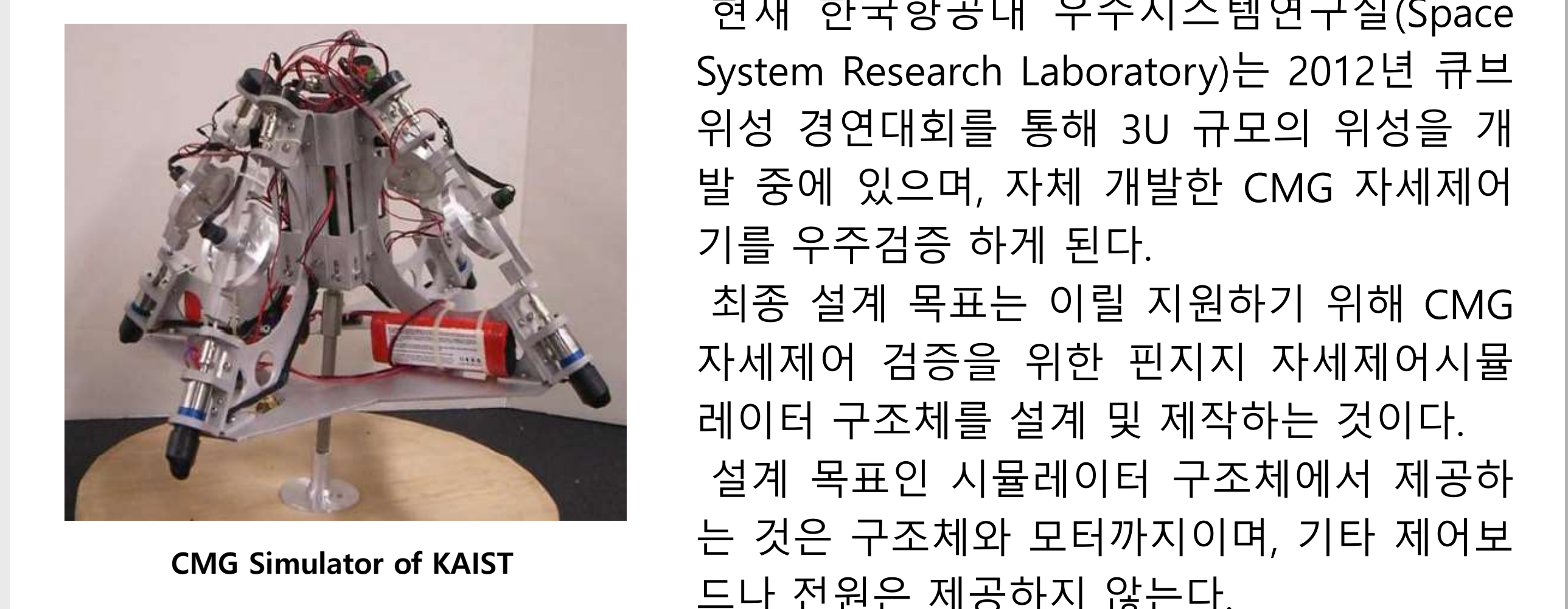


Purpose

이번 설계의 목적은 **짐벌(gimbal)각도를 조절할 수 있는** 핀지지 3축 자세제어 시뮬레이터 구조체를 개발 하는 것이다.



우주에서 위성들은 자세를 제어하기 위해 내부의 구동기를 이용하게 된다. 이러한 구동기의 종류에는 반작용 휠(Reaction Wheel), 모멘텀 휠(Momentum Wheel), MTQ(Magnetic Torquer)그리고 CMG(Control Momentum Gyro) 등이 있다. 이러한 자세제어 구동기들을 검증하기 위해 현재 다양한 종류의 시뮬레이터가 개발되었다. 크게 에어 베어링(Air Bearing) 방식과 핀지지(Pin Support) 방식으로 나뉘며, 우리가 개발하려는 쪽은 비교적 저렴한 비용으로 제작이 가능한 핀지지 방식이다.

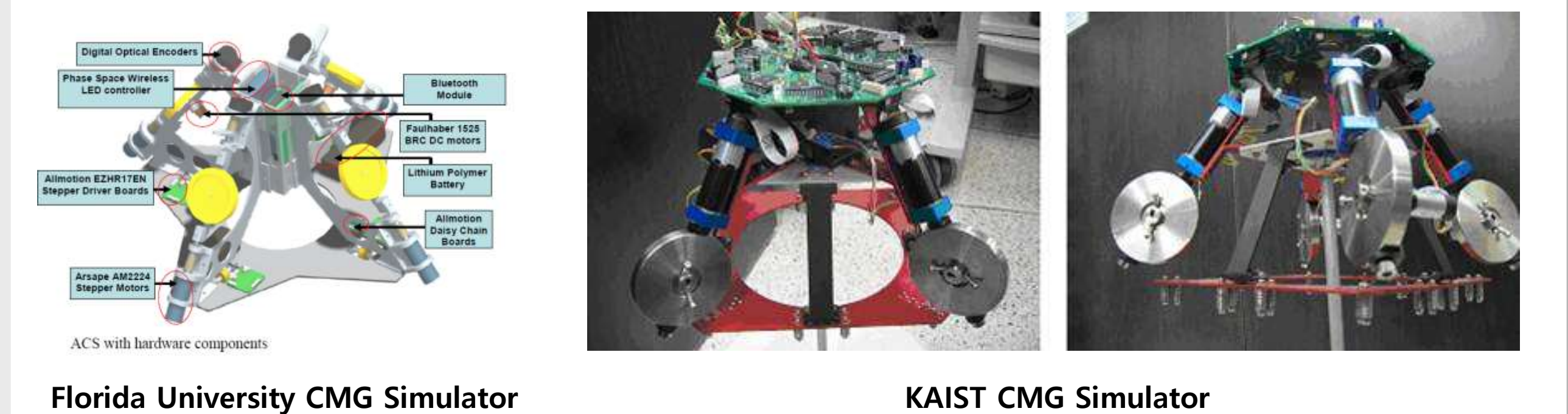


Methods

앞서 우리는 핀지지 시뮬레이터를 설계하기로 하였으며, 에어 베어링 방식과 핀지지 방식의 장단점은 다음과 같다.

표 1. 에어 베어링방식과 핀지지 방식의 장단점 비교		
	장점	단점
에어 베어링 (Air-Bearing)	<ul style="list-style-type: none">발생마찰 거의없음넓은 회전속도 가능낮은 마찰열높은 내구성	<ul style="list-style-type: none">높은 제작 비용제작시 높은 수준 기술 요구순수공기 주입요구
핀지지 (Pin Support)	<ul style="list-style-type: none">저렴한 제작비용간단한 구조 제작가능실용 및 교육용 적합	<ul style="list-style-type: none">핀과 구조사이 마찰대형화 제작 어려움

이를 보게 되면 현재 제한된 예산에서 한정된 기술로 제작이 가능한 것은 핀지지 시뮬레이터란 것을 확인 할 수 있게 된다. 다음은 실제 핀지지를 이용해 개발된 CMG 시뮬레이터를 보면 다음과 같다.

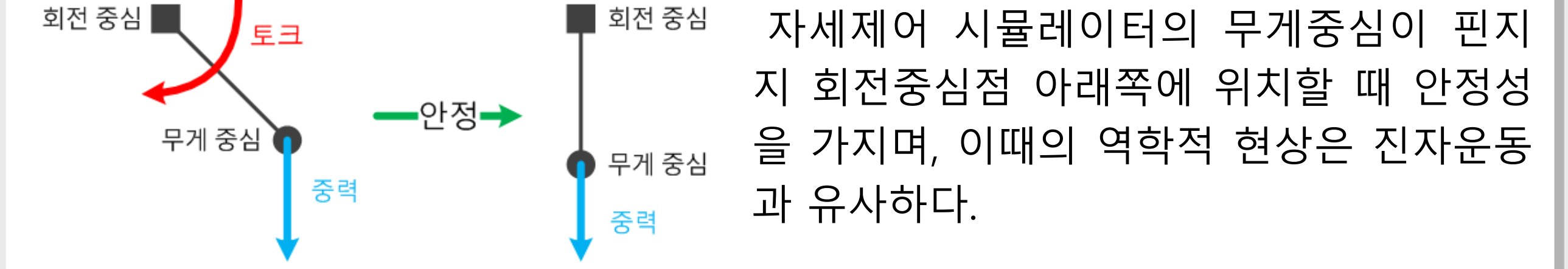


두 학교 모두 네 방향으로 지지대를 뺀어 Wheel을 장착할 수 있도록 하였다. 차이를 들자면 KAIST의 경우 제어 보드를 위쪽으로 올려 놓았으며, Florida University 경우는 제어보드를 구조 아래쪽으로 위치한 것이다. 또한 기타 여러 논문과 자료들을 통해 설계를 위한 주요한 제한조건 및 요구조건을 결정하면 다음과 같다.

- 3축 제어를 위한 구조를 제공해야 한다.
 - 최적의 구현 조건을 위해 휠 지지의 각도를 변화할 수 있어야 한다.
 - 시뮬레이터 무게중심은 핀 회전 중심보다 아래 또는 일치하여야 한다.
 - 모터 제어 없이 시뮬레이터 스스로 균형을 잡을 수 있어야 한다.
 - 시뮬레이터 균형을 보정할 수 있어야 한다.
 - 전체 구조의 크기는 50 x 50 x 50 cm
 - 전체 구조의 무게는 3 kg 이하로 제작해야 한다.
 - 150만원 이하로 제작해야 한다.

위의 제한조건 및 요구조건은 KAIST를 방문하여 문의한 내용과 Florida University CMG Simulator 논문을 참고한 것을 바탕으로 결정하였다. 실제 제작되는 시뮬레이터 구조의 형상과 개념 또한 두 대학의 시뮬레이터를 기본으로 하여 설계되었음을 밝힌다.

1) 무게중심과 회전중심



2) 휠 지지축의 각도변화

설계되는 시뮬레이터의 가장 특징적인 부분은 바로 휠 지지축의 각도를 변화할 수 있는 점이다. 각도의 변화를 통해 매우 세밀하게 무게 중심점을 이동할 수 있으며, 이를 통하여 회전 중심점과 무게 중심점의 위치를 조절할 수 있다.



표 2.사용되는 모터 규격

항목	EC 20(BLDC)	012 SR(DC)
제조사	Maxon	FAULHABER
질량	15 g	-
축 형태	단축 (양축으로 변경 가능)	단축
커넥터 형태	FPC (Flexible Printed Circuit)	-
최대 속도	9,540 rpm	6,900 rpm
정격 토크	3.27 mN·m	6.31 mN·m
MOQ	1 EA	1 EA
헤리티지	NASA Rover Clyde Space	-

2) 시뮬레이터에 사용되는 모터

시뮬레이터는 CMG 검증을 지원하기 위해 CMG와 동일하게 한 방향당 DC 모터 1개, BLDC 모터 1개가 들어간다.



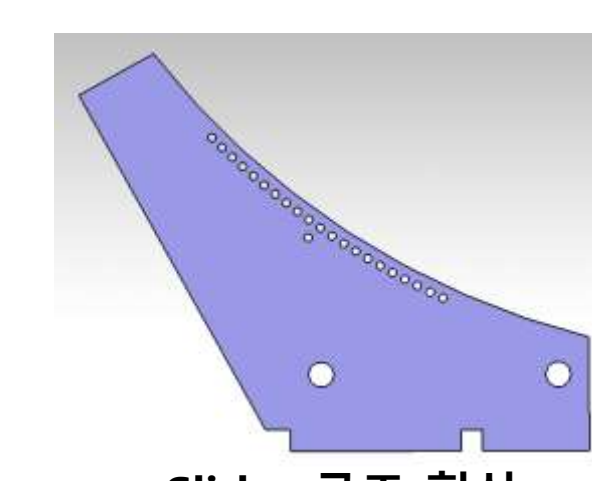
EC 20



012 SR

Results

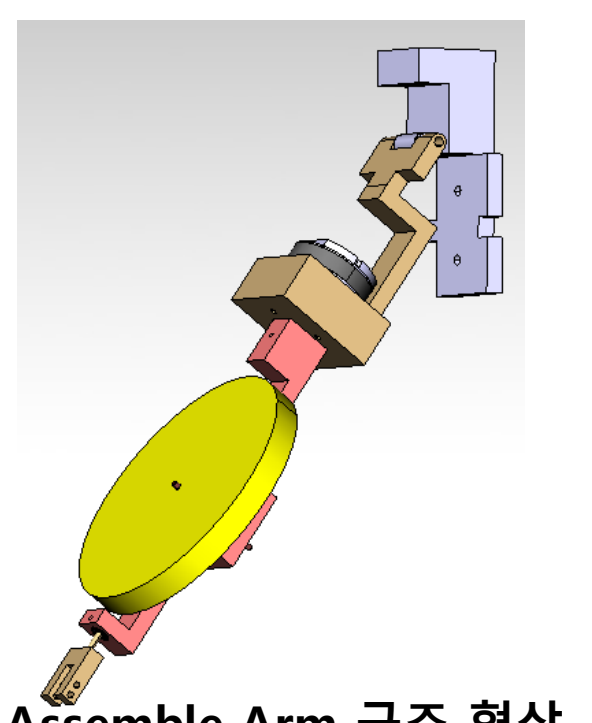
1) 구조 설계 : Slider (x4)



Slider 구조 형상

앞서 설명한 휠 지지축의 각도 변화를 위해 특별한 구조가 필요하였다. 이 구조는 1'씩 조절할 수 있게 설계하였다. 조작 가능한 각 변위는 45'~65'까지 이며, 이론적으로 최적각도는 54.7'이므로 특별 마킹을 하였다.

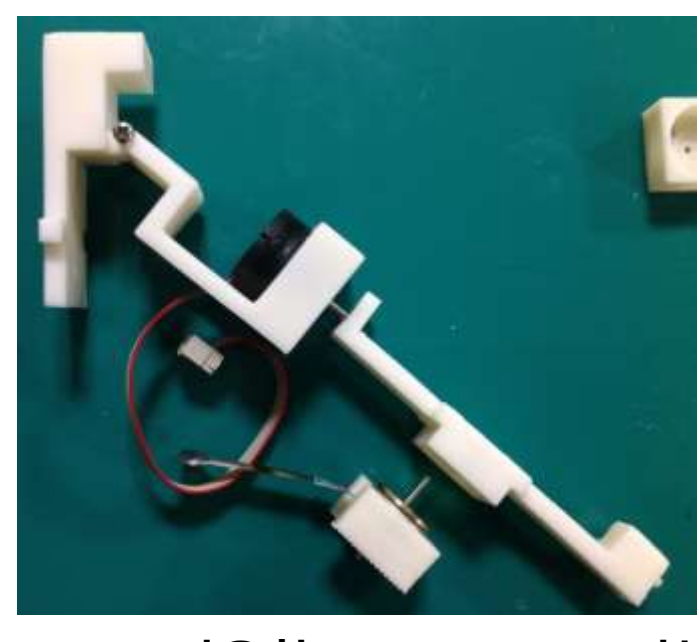
2) 구조 설계 : Assemble Arm



Assemble Arm 구조 형상

Wheel과 DC모터 BLDC 모터를 마운트 한 형상으로 Main Mast에 고정되는 힌지가 회전 가능하다. 중심 Slider의 각도에 맞게 움직임이 가능하다. Wheel 역시 좌우로 움직임이 가능하여 3축 제어가 가능하다.

3) 3D Printer 를 이용한 모델링 제작 및 시험



3D Print 이용한 Arm Mockup 형상

실제 금속가공에 앞서서, 3D printer를 이용하여 Mockup 형상을 제작하였다. 3차원 형상의 이해를 돕고 CAD를 이용한 가상 모델링작업을 실제 플라스틱으로 차체 제작 함으로서 구조적으로 예상치 못한 결함이 발생하는 여부를 파악하였다.

4) 전체 모델 렌더링 형상



전체 설계 형상 렌더링 결과

표 3. 설계 요구조건과 규격 결과

항목	요구조건	설계 결과
무게	> 3 kg	2.3 kg
크기	> 40x40x40cm	35x35x29.4cm
가격	> 150 만원	149.1 만원
각도	조절 여부	45 ~ 64'
회전중심	회전중심	6.20cm
형상중심	> 형상중심	6.14cm

전체 모델의 각 부분에 해당하는 재질을 어노다이징하여, 실제 형상과 최대한 비슷하게 렌더링을 하였다. 그 결과는 좌측 그림과 같다. 최종 설계된 규격은 위 표와 같으며, 처음 설정하였던 설계 제한조건 및 요구조건 만족을 하였다.

5) 남은 작업 순서

현재 금속가공이 필요한 부품은 제작 업체에 맡겨 가공 중에 있다. 가공 중인 모든 부품들이 도착하게 되면 최종 조립 후 전체 구조의 균형을 맞추는 작업을 진행하게 된다. 정밀하게 제작된 부품이라도 가공 공차 및 알 수 없는 오차들이 존재할 것이기 때문이다. 균형조정을 위해 바닥 원판의 끝 단에 10' 간격으로 작은 구멍을 뚫어 높였으며 여기에 부가적인 하중을 더하여 균형을 잡게 된다.

Conclusions

지금 시점에서는 완전히 완성된 모델이 나오지 않았으며, 1주일 안에 완성된 실제 모델을 볼 수 있을 예정이다. 자체적으로 제작한 CMG 알고리즘 시뮬레이터 구조를 제작하며 필요한 지식과 기술을 습득할 수 있었으며. 이를 이용하여 다양한 종류의 CMG 알고리즘을 검증 할 수 있게 될 것으로 기대한다.