



#2022_제3회_MiliTECH_Challenge

Hemisphere shell passive wheel을 이용한
육상 및 공중에서 동시 운용가능한 쿼드로터 형상 설계 및 제작

2022-8 연구팀

방효충 교수님, 이호형, 이동우 멘토님
김민규 김민종 김상원 김재승 김현재



목차

A table of Contents

- #1. 연구 동기
- #2. 선행연구 조사
- #3. 형상 설계
- #4. 형상 분석
- #5. 시스템 구성
- #6. 결과 및 결론
- #7. 기대효과



연구 동기



- Quadrotor: 충전식 배터리를 이용하여 4개의 전동 모터로 구동하는 회전익 무인기
 - 민간, 군사 분야를 넘나들며 다양하게 활용, 이에 발맞춰 중요성이 증대되는 추세
 - Ex) 이라크 군사 작전, 러시아 - 우크라이나 전쟁에서의 적군 공습, 정찰 감시 등 임무 수행

Advantages

수직 이착륙

호버링
(Hovering)

3축 방향
자유로운 비행

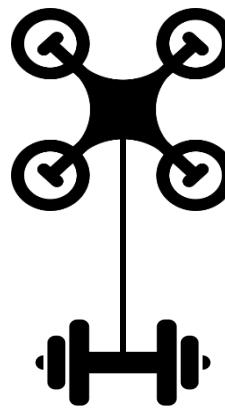
가벼운 무게,
높은 경제성

연구 동기

■ 퀄드로터의 한계점?



- 배터리 시스템의 한계
 - 적은 운용거리
 - 낮은 에너지 효율



- 운용 하중의 한계



- 충돌 내구성의 한계
 - 산지 지형과 같은 복잡한 지형에서 운용 어려움

Passive Wheel을 활용해 기존 큐드로터의 단점을 극복,
육상 및 공중에서 동시 운용 가능한 무인기 설계

선행연구 조사



Spherical shell

- Passive wheel을 이용해 육상 및 공중에서 운용
- 최대 4배 이상의 운용 거리, 6배 이상의 운용 시간
- 충돌 강건성

선행연구 조사



Spherical shell



Cylindrical shell

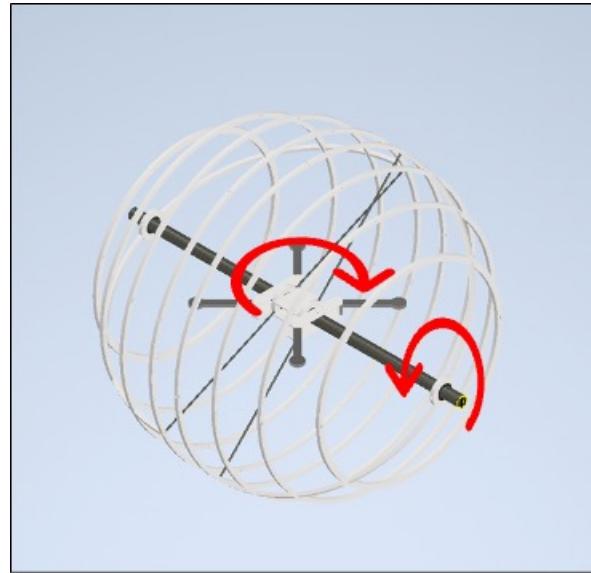
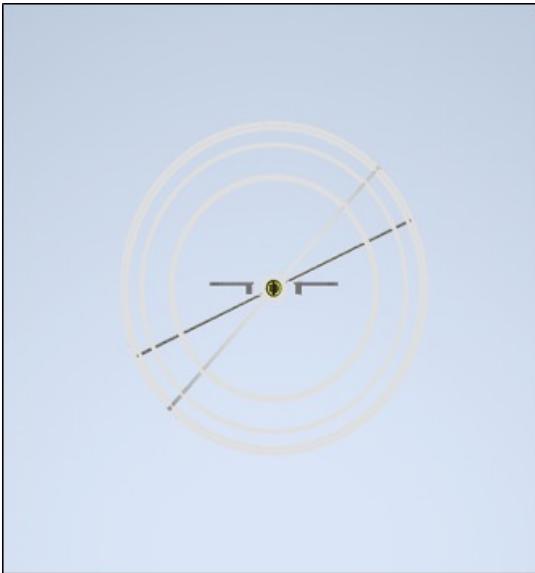
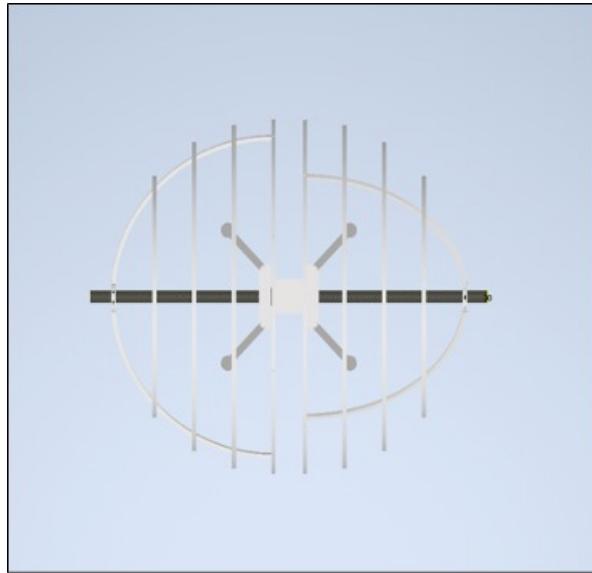
Advantages

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 3축 회전 → 육상에서 자유로운 이동 • 대칭적인 3차원 구조 및 회전
→ 충돌 시 안정성 확보 | <ul style="list-style-type: none"> • 단순한 형상 → 제작 및 유지보수 이점 • 높은 구조적 안정성(강건) |
|--|---|

Disadvantages

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Joint에 하중이 집중 → 약한 내구도 • 하나의 Joint 파괴 시 전체 형상에 영향 (항력 증가) | <ul style="list-style-type: none"> • 1 축 회전 → 육상에서 제한적인 거동 • 1 축 회전 & 비대칭적 형상
→ 장애물 충돌 시 유연한 대처 불능 |
|--|--|

형상 설계



비행 안전성
증대

내구성 확보

항력에서의
이점 유지

설계한 Hemisphere shell (Autodesk Inventor 2023)

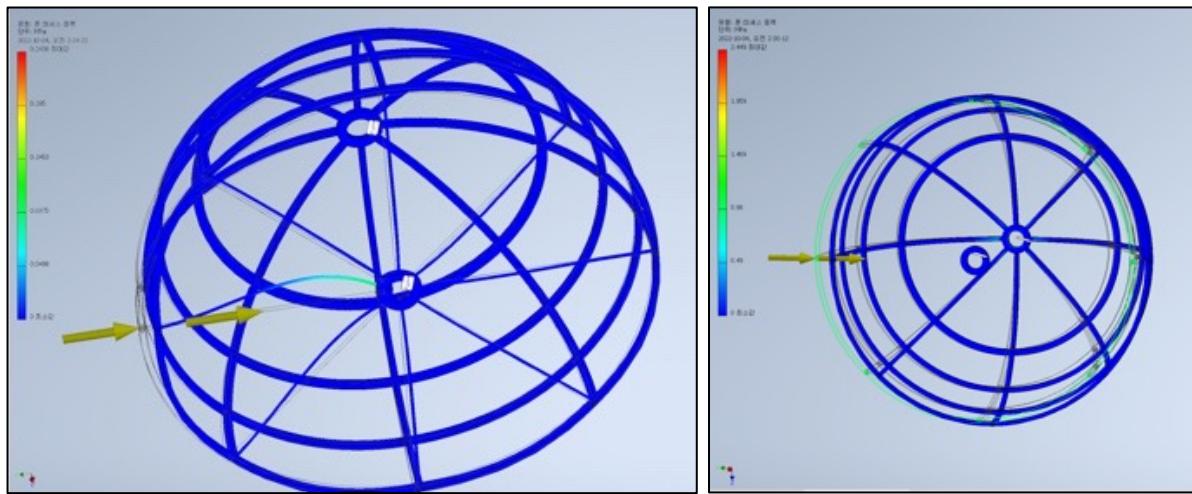
- 여러 동심원(Ring) 중첩
- 대칭적인 구조
- 2개의 독립적인 Hemisphere shell
 - 제어 시 이점(자유로운 이동)
 - 충돌 시 높은 안정성 유지

- 8개의 Spoke로 연결
 - 하중 분산
 - 구조적 강건성 확보

- 2축 회전 가능
- Yawing
 - 육상에서 제자리 회전 이동
- Pitching
 - 험난한 육상 지형에서도 이동

형상 분석

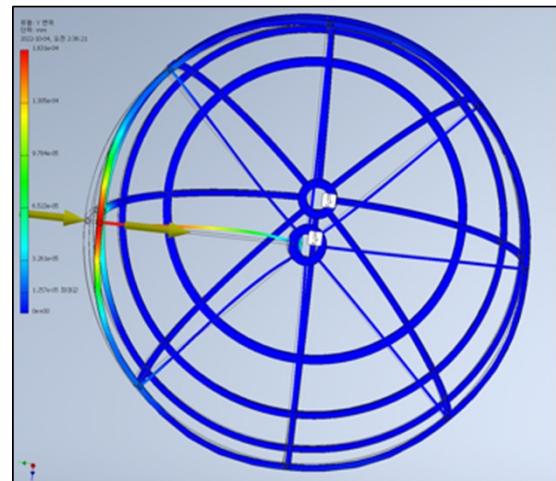
Von mises 응력 결과



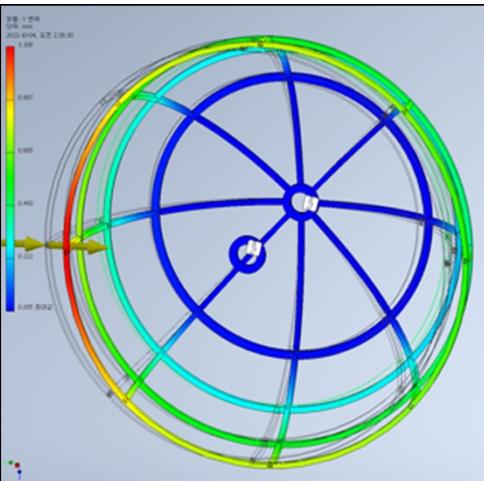
	Spoke	Spoke X	배율
최대 응력 (MPa)	0.2438	2.449	10.04

- 16개의 교차하는 동심원을 통해 Shell 구현
- 교차하는 동심원이 서로를 지지
- 회전축과 Shell 사이 직선형 Spoke 연결
- 자전거 바퀴살 형상
- 직선형 Spoke를 통한 응력 분산
 - 충돌 및 육상 이동시 효과적으로 충격 분산
 - Shell의 내구도 향상

형상 분석

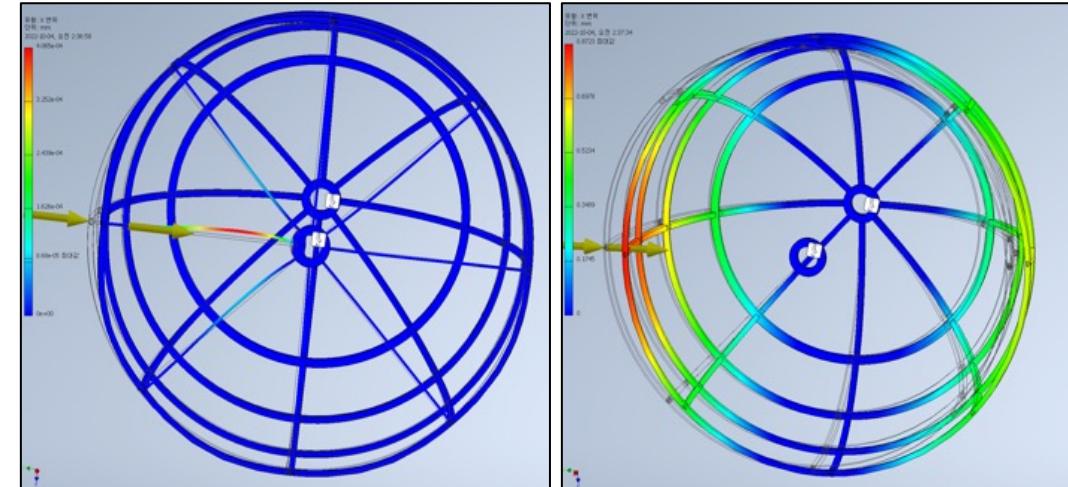


x축 변위 결과



y축 변위 결과

	Spoke	Spoke X	배율
최대변위 (X, mm)	4.065e-4	0.8723	2145.88
최대 변위 (Y, mm)	1.631e-4	1.108	6793.38



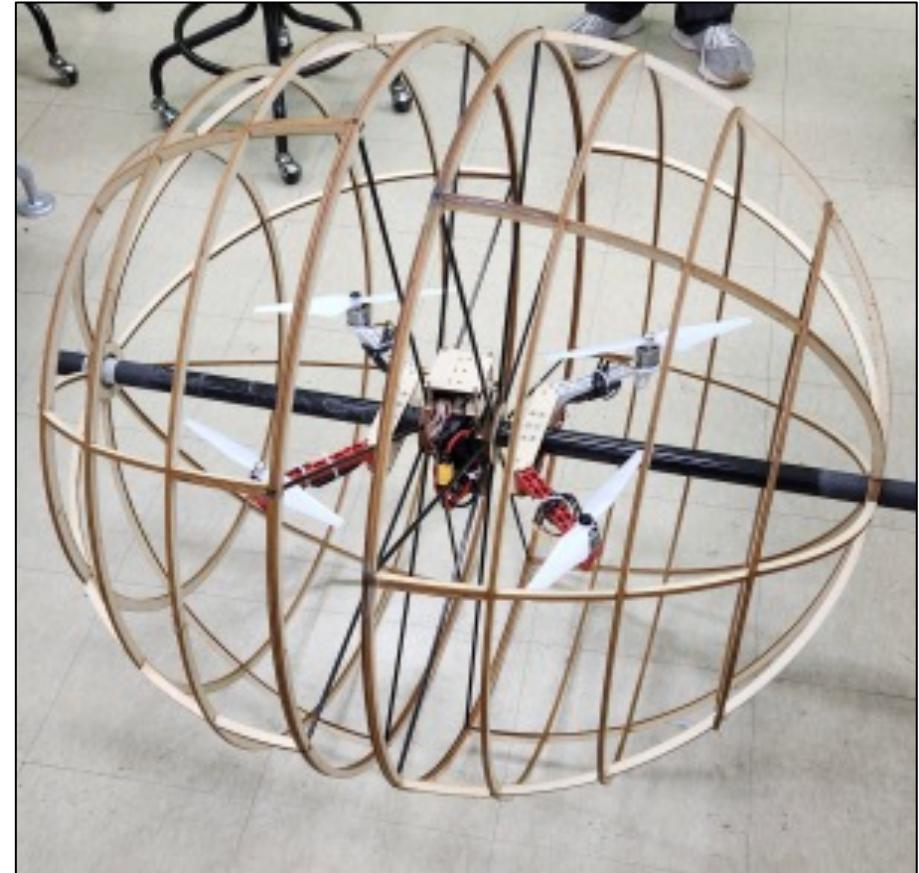
y축 변위 결과

- 직선형 Spoke가 joint에 집중되는 하중 분산
- 동시에 회전축과 Shell의 뒤틀림 억제
 - Spoke가 전체적인 형상의 뒤틀림 억제

시스템 구성



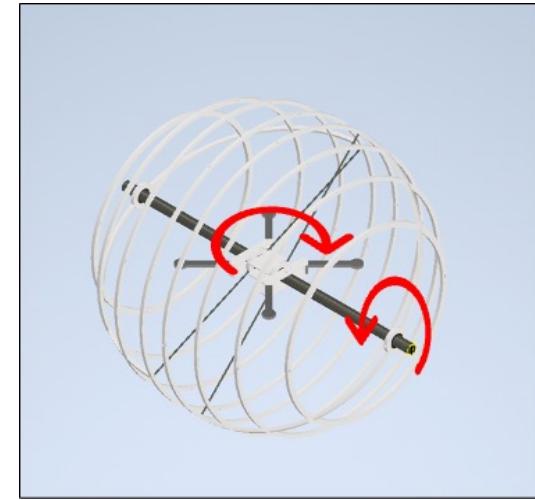
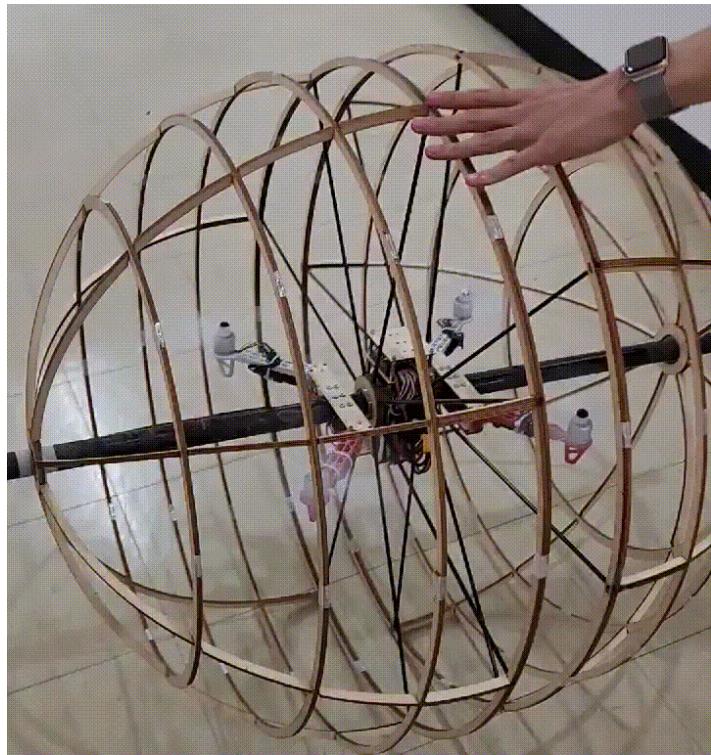
항전장비	Naza m V2
통신장비	Futaba r7008sb
모터	PolyTronics S2312 (920KV)
변속기	PolyTronics MR-X3 (40A)
배터리	EP Power 6s Lipo (2500mah)



완성된 Quadrotor
(Hemisphere shell passive wheel을 부착한 형태)

결과 및 결론

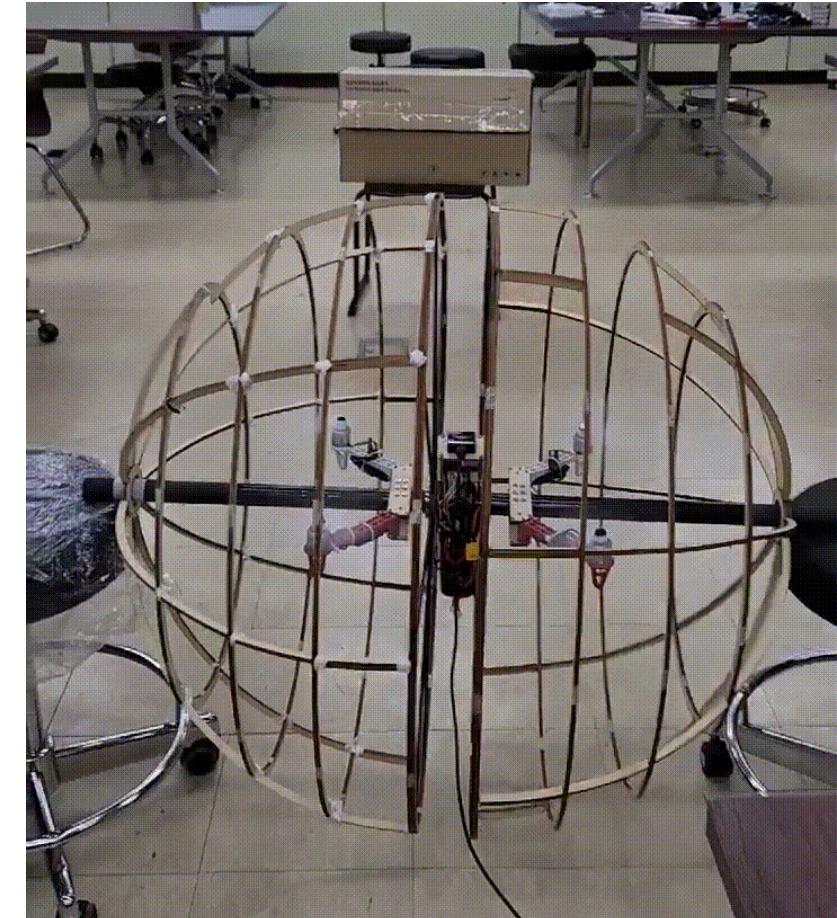
육상 주행



- 2개의 대칭적 & 독립적 Hemisphere shell
-> 육상에서 자유로운 기동
- Yawing
 - 제자리 회전 이동
- Pitching
 - 전, 후진 이동
- Rolling
 - 대칭적인 형상을 통해 미세조정 가능

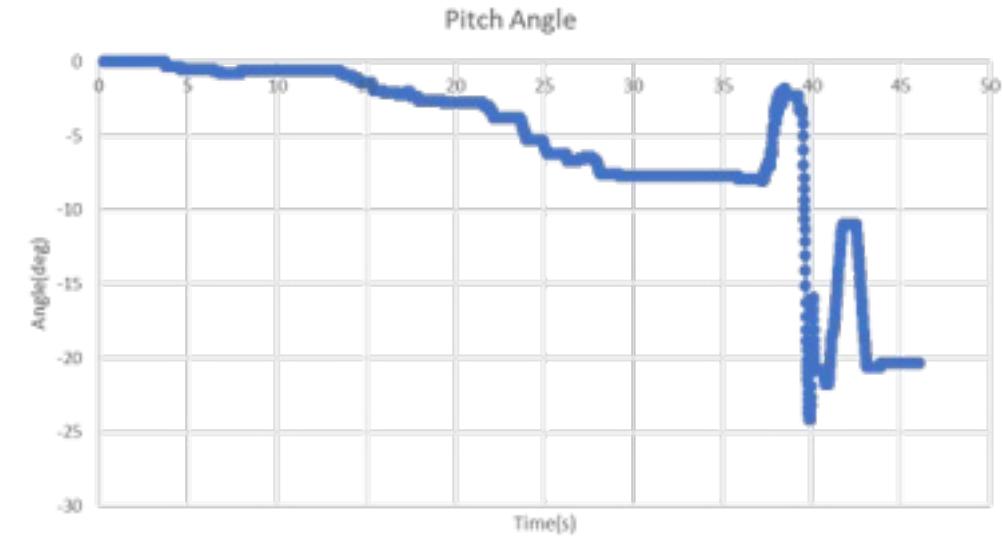
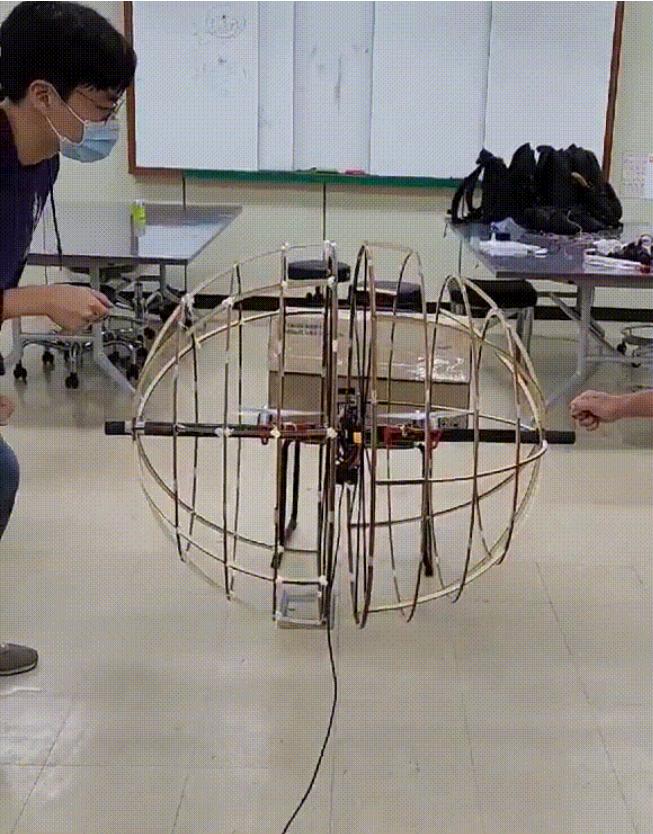
결과 및 결론

공중 비행



결과 및 결론

장애물 충돌



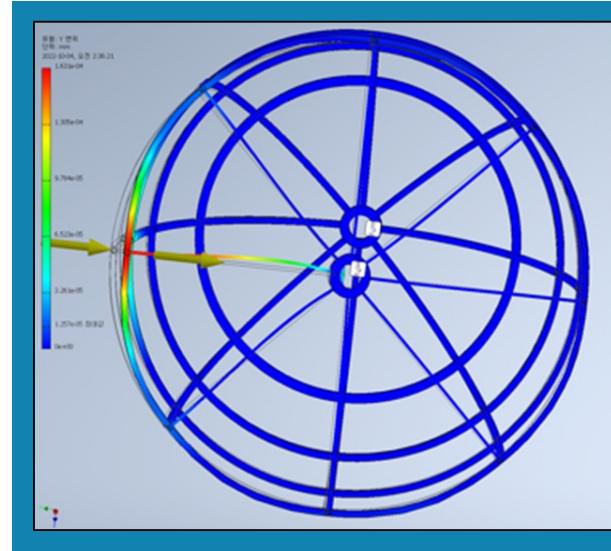
- 육상 및 공중 이동 중 장애물에 능동적으로 대응 가능
- 공중 이동 중 접촉한 장애물에 대해 Shell이 회전하면서 25도 이내의 작은 각도 변화만으로 대응

결과 및 결론



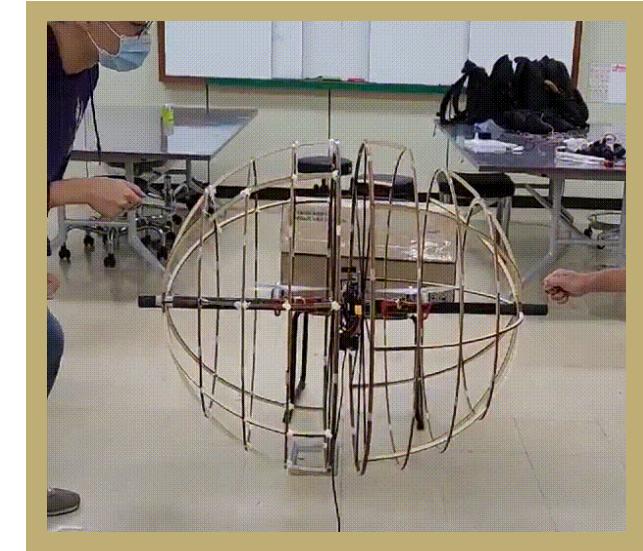
새로운 형상 제안

- 선행 논문의 단점들을 보완하고 장점들을 극대화한 새로운 형상 제안 및 설계
- 2 개의 독립적인 Hemisphere shell passive wheel 제시



형상 분석 및 검증

- 설계한 형상에 대한 Von mises 시뮬레이션 진행, 분석 및 검증
- 실물 형상 제작



실험적 증명

- 2개의 독립적인 Hemisphere shell을 통해 육상 및 공중환경에서 자유롭게 운용이 가능함을 실험을 통해 증명
- 2가지 환경에서 주행 시 충돌하는 장애물에 대해 강건함을 증명

기대 효과

저피탐작전 등 다양한 특수 작전수행 가능



군 임무와 더불어 야산 고립 및 산불과 같은 재난 상황에서도 범용적으로 활용 가능



- 육상 및 공중을 통해 이동 가능
 - 기존 무인기 대비 경로 선택의 제약을 받지 않음
 - 다양한 경로를 통해 목표 접근 가능
 - 기존의 퀘드로터 대비 더 넓은 운용 반경
- 장애물 충돌에서의 강건성
 - 장애물이 많은 산지 환경을 통해 목표에 접근 가능



경청해 주셔서 감사합니다.