

초소형 인공위성 구조체

발표자: 안찬영*, 김윤지, 유승준, 차재엽 (6분반)

지도교수 : 정해도

* 팀장: 010-7497-8006, cosmic_void@pusan.ac.kr

제품개발의 목표

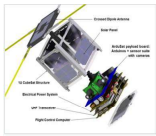
- 초소형 위성 구조체 경량화 최적 설계
- 인공위성 목적의 다양성에 따른 범용성 있는 골조형 구조 설계
- 요구조건 만족하면서, 기존 모델 대비 30-40% 무게 경량화 목표
- 제한 무게 내에서 탑재 모듈 비중을 증가 후, 위성의 성능 향상 목표

제품개발의 필요성

- 임무 수행 능력 향상을 위한 12U 규모의 인공위성 필요성 증가
- 위성 무게 경량화로 상당한 비용을 절감할 수 있음.
- 최소한의 안전성을 유지한 구조체의 경량화를 통한 무게 대비 성능 효율을 증대 시키는 연구 필요

1. 선행 연구 조사

A) Cubesat이란?



- Cubesat 초소형 인공위성
- 10cm*10cm*10cm의 1U를 적층
- 1U, 3U, 6U, 12U
- 1U 질량 < 1.33kg
- 낮은 비용으로 다양한 임무 수행

B) 필요성



- 큐브셋은 기존 위성과 비교하여 개발에서 발사까지 드는 비용이 2500분의 1 정도임.
- 발사 비용(1억 원/1kg)이 적은 강점이 있어 시장 규모 증가
- 1U ~ 6U급 위성에 비해 12U급 위성은 개발 초기 단계
- 12U 구조체 경량화를 통한 무게 대비 성능 효율 연구 필요

C) CubeSat 제작 제약 조건

- 발사 가능한 치수 : 최대 246mm*246mm*340mm
- 단일 파트 별 고유진동수 > 90Hz
- 진동시험, 가속도 시험 등 수행

2. 제품 개발 과정

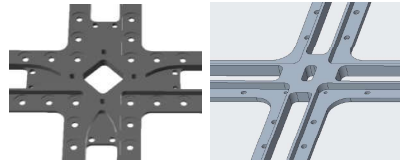


- 1. 자료조사 및 분석**
 - 초소형 인공위성 구조체의 이해
 - 개발현황 조사, 요구조건 파악
- 2. 예비 설계**
 - 다양한 경량화 방법 고안
 - CAD 모델링
- 3. 상세설계**
 - Modal 및 Random Vibration 분석
 - 무게 절감 및 변형에 따른 강성 확인
 - 해석 결과에 따른 모델 수정
 - 구조체 최소화화를 위한 반복 수정
- 4. 성능평가**
 - 기존의 초소형 인공위성과 비교분석
 - 경량화에 따른 안전성 최종평가

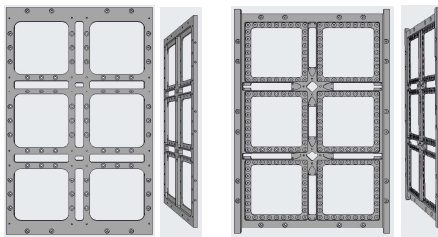
3. 제품 개발

3.1 모델링

- 구조적 안정에 영향을 주지 않는 구간 제거
- Front, Back, Top 두께를 줄여, ANSYS 해석 진행
- trial and error 방식으로 경량화 수행
- 구조 안정성을 위한 중간 지지대 제작
- 모듈을 장착하기 위한 구멍 삽입
- 무게 절감, 다양한 프로젝트 적용 극대화

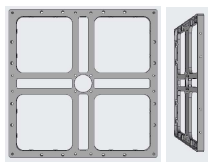


▲ 구조체의 중간 지지대

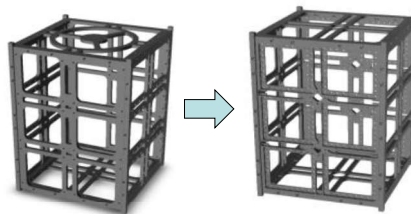


▲ FRONT

▲ BACK



▲ TOP

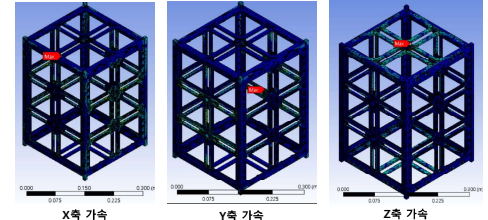


<최종 모델링>

3.2 구조해석(ANSYS)

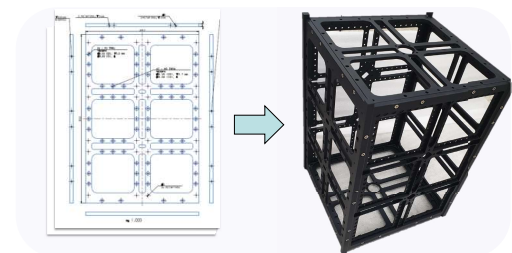
최소 주파수(모드 1)	MoS(x,y/z)	(kg)	초안	수정1	수정2	수정3	
초안	637.19Hz	0.24/0.34/1.7	Front	0.470	0.449	0.310	0.331
수정1	550.36Hz	-0.17/2.77/0.85	Back	0.607	0.599	0.591	0.431
수정2	374.97Hz	-0.02/0.5/-0.07	Top	0.428	0.360	0.202	0.215
수정3	392.53Hz	2.07/3.6/1.79	Total	2.916	2.891	2.207	1.955

- 기존 모델 경량화 진행, 3가지 수정 모델 완성함
 - 모드 별 최소 주파수가 모두 100Hz를 초과하여 안전 범위에 속함
 - 허용 하중 276MPa, 안전율 4에 따른 MoS 결과, 수정 3 모델이 모든 축에서 기존 이상의 값을 보이며 이는 다른 모델에 비해 높은 수치임
 - 기존 모델 대비 MoS 값은 x축에서 8.625배, y축에서 10.588배 증가함
 - 수정 3 모델의 총 무게는 기존 모델의 67%인 1.955kg임
- > 따라서, 초소형 인공위성에서 요구되는 안전성 조건을 만족하며 34%의 경량화가 적용된 수정 3 모델을 채택함



▲ Random Vibration Analysis (ANSYS)

4. 최종 결과물



<경량화 작업을 마친 최종 인공위성 구조체>

- 3kg에서 2kg으로 무게 경량화 성공
- 경량화에 따른 안전성 및 적합성 평가 - 합격
- 경량화를 통한 경제적인 비용 절감

결과 및 기대효과

- 개선 결과, 무게 34% 감량 및 MoS 8~10배 증대
- 무게 감소로 인한 비용 절감
- 기존 내부 모듈과 호환 가능한 홀로 인한 높은 범용성
- 넓어지는 초소형 인공위성 시장에서, 다양한 기능 구현이 가능한 경쟁력 있는 구조체 개발
- 경량모델의 표본으로서 12U보다 작은 위성에도 경량화 형상 적용 가능

참고문헌

- A. Toorian et al., "The cubesat approach to space access," in 2008 IEEE Aerospace Conference, pp. 1-14, Big Sky, MT, USA, 2008.
- NASA. CubeSat 101; NP-2017-10-2470-HQ; NASA, Headquarters/Media Fusion: Washington, DC, USA, 2017.
- NASA. Outgassing Data for Selecting Spacecraft Materials.
- NASA, GSFC-STD-7000A