

모듈화 설계된 캔위성을 사용한 고효율 위성 시스템

1. 참가동기

기존부터 항공우주기술에 관심이 있었으며, 관련 자료들을 찾기도 하였다. 위성에 관련된 자료들을 서칭하는 과정에서 캔위성 체험·경연대회의 존재를 알게 되었다. 이를 통해 경연대회의 수상작을 보게 되었고, 재밌는 아이디어들로 본인의 위성을 제작하고 직접 확인해보는 것이 본 대회에서 얻을 수 있는 특별한 경험이라고 판단해 참가하게 되었다.

또한 위성(우주산업)은 국가, 기업, 기타 기관 등에서 지속적으로 관심이 높아지고 있는 분야이며 요구사항도 점점 다양해지는 만큼 우주산업 시장은 계속해서 성장하고 있다.



<그림 1>

하지만 비용적인 부담이 크기 때문에 실제로 활용이 쉽지 않은 것이 현실이다. 캔 위성 같은 나노 위성의 경우 비용적인 부담을 줄일 수 있다. 따라서 비용적인 부담을 최소화하여 소형 기업, 소형 기관에서도 쉽게 접근할 수 있는 위성을 제작하는 프로젝트를 진행하여 위성을 상용화할 수 있는 발판을 만드는 것이 최종 목적이다. 이를 통해

첫째, 위성 모듈화를 통한 비용 절감

둘째, 인공위성의 다양한 요구사항에 맞출 수 있는 유연한 플랜트

셋째, 개발 기간 문제 해결이 가능한 인공위성 시스템

넷째, 위성의 대중화 등의 효과 창출이 가능하다.

2. 팀 구성 및 역할

성명	소속 학과	역할	내용
정명훈	전자공학과	팀 리더	- PCB Artwork - Landing Module FW 구현
권오성	전자공학과	구조 설계 데이터 분석	- 위성 구조 3D 설계 - Custom Module FW 구현
정지민	전자공학과	SW 설계	- Common Module FW 구현

2.1 인원별 세부 개발 항목

정명훈

- 위성 PCB Artwork
- spec에 맞는 ARM Processor 선정 및 기술조사
- Landing Module FW 개발(M4 사용)
- 착륙 위치제어 알고리즘 개발
- 지상국 SW 개발
- 기술 조언

권오성

- 3D Print modelling Tool을 이용한 전반적인 위성의 구조 최적화 설계
- Custom Module 센싱 및 제어부분 구현(M1 사용)
- 착륙 위치제어용 낙하산 설계
- SOLIDWORKS를 통한 낙하산 공기역학 해석

정지민

- Cortex-M을 이용한 Common Module 구현(M7 사용)
- 위성의 동작 알고리즘 설계 및 FW 개발
- 지상국 통신 프로토콜 개발
- 지상국 SW 개발

3. 임무 목표

1957년 10월 4일 세계 최초의 인공위성인 [스푸트니크]가 발사된 지 68년이 지났다. 그간 인류의 인공위성 기술은 매우 가파르게 발전하였고 국가, 기업, 기타 기관의 인공위성 수요 또한 발맞춰 높아졌다. 하지만 기존 인공위성은 많은 고성능 센서를 탑재한 대형위성 위주로 설계가 이루어져 비용이 매우 비싸 자본이 충분하지 않은 소형 기업, 소형 기관은 인공위성 사용에 큰 어려움을 겪고 있다. 또한 기업의 인공위성 요구사항도 점점 다양해지고 있어 인공위성 개발 기간이 오래 걸리는 문제도 존재하기 때문에 인공위성을 모듈화해 공통된 모듈은 하나로 통합하여 사용하는 모듈화 캔 위성을 사용하여 하기(3.1)에 작성한 임무를 수행한다. 하지만 대회에서 발사는 1회만 진행되기 때문에 대회에서는 화산 위험징후 감지 위성만 시연한다.

3.1. 화산 위험징후 감지 위성

활화산의 불안 징후를 감지하여 해당 화산의 폭발이 임박했는지 데이터를 지속해서 Logging 하여 화산이 폭발하기 전 지역 주민이 대피할 수 있도록 하는 위성이다.

해당 캔 위성에는 화산에서 분출되는 다양한 가스의 농도를 측정해주는 모듈이 장착되어 화산 상공에서 낙하하며 각 가스의 농도를 측정한다. 그 후 착륙 모듈에 장착된 VL, IR 카메라를 사용하여 화산 상공의 모습과 화산지역의 온도를 측정한다. 그 후 비교적 온도가 낮은 지역으로 낙하산 줄을 조정하여 착륙을 유도하고 착륙한 뒤에는 메인 모듈에 내장된 IMU를 사용하여 화산지역의 지진파를 지속해서 측정한다.

마지막으로 각 모듈에서 수집된 데이터를 기반으로 메인 컴퓨터가 화산 분화 가능성을 대략 연산한 뒤 각 센서 수치와 함께 안전한 곳에 있는 지상국으로 데이터를 보내주어 지질학자가 해당 데이터를 정밀 분석하여 해당 화산의 분화 가능성을 최종적으로 산출할 수 있다.

3.2. 군사 동향 정찰 위성

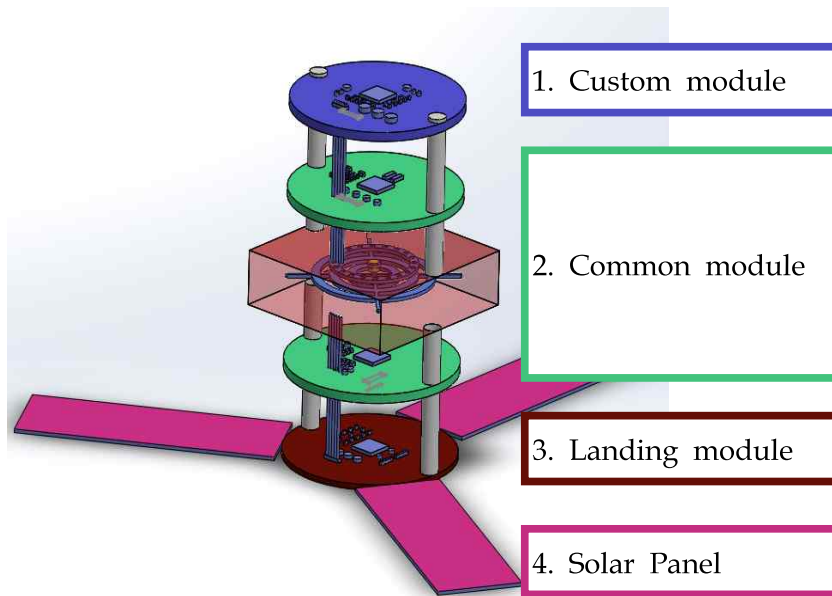
적국의 핵실험 유무 및 군사적 움직임을 관측하기 위해 최상단 모듈을 방사능 측정 센서와 풍향 풍속 센서가 장착된 모듈로 교체한 뒤 캔 위성을 발사하여 핵실험 유력 장소 상공 방사능 농도를 측정한다. 동시에 착륙 모듈에 장착된 IR/VL 카메라를 사용하여 지표의 온도, 이미지를 보고 핵실험 유무를 판단할 수 있다.

착륙한 뒤에는 화산 위험 징후 감지 위성과 동일하게 메인 모듈에 내장된 IMU를 사용하여 지진파를 지속해서 감지하기 때문에 추가적인 핵실험 여부도 판단할 수 있는 위성이다. 또한 같은 위성을 원전 사고 현장에 발사한다면 방사성 물질의 피해 범위를 산출할 수도 있다

4. 개념설계 및 개발방안

4.1.1 Cansat 구조(초안)

Can 위성을 3개 모듈로 나누어 각각 Custom Module, Common Module, Landing Module로 나누어 설계한다.



<그림 4-1>

1. Custom module

임무요구사항에 맞게 설정된 커스텀 보드이며, 각종 센서들이 탑재돼 탈부착 형식으로 만약 다른 임무가 필요하다면 Custom module을 교체해 유연한 임무 수행이 가능하다.

2. Common module

위성 임무수행에 필요한 공통적인 요소가 들어있으며, 통신부, 제어부, 전원부 등이 포함

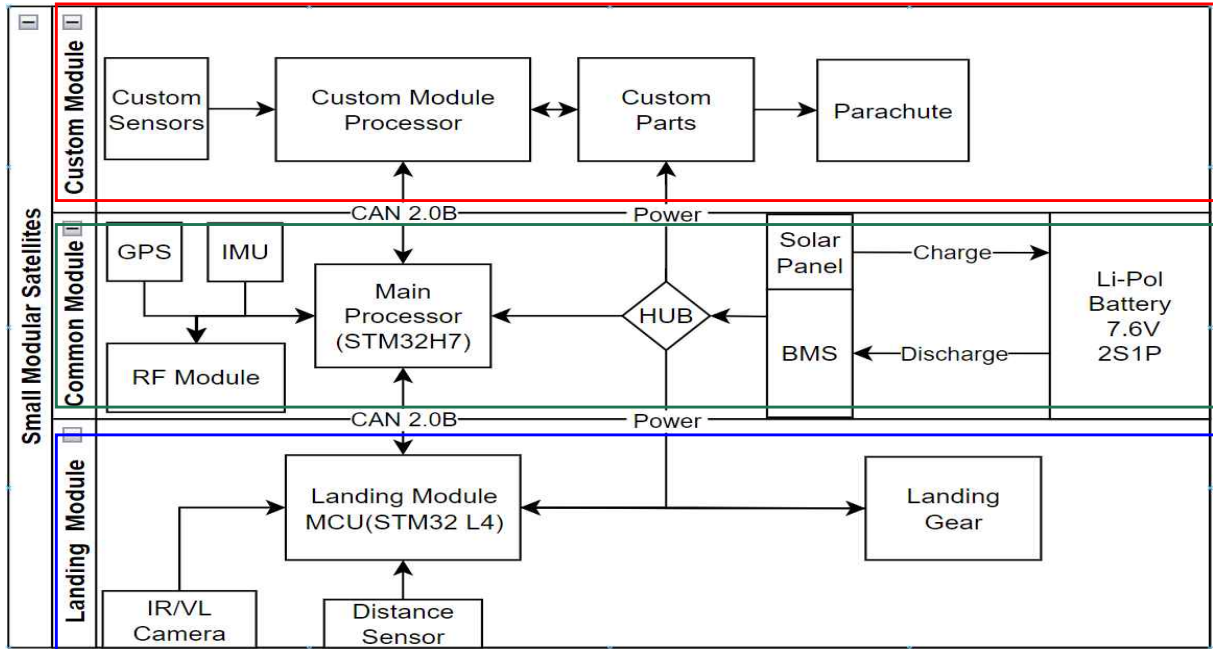
2. Reaction Wheel

Common module에 포함되며 관성모멘트를 사용하여 위성의 Z축(Yaw) 자세 제어를 하는 부분(태양전지판 효율을 높이기 위해 사용된다.)

3. Landing module

위성이 공중에서 임무 수행을 마친 뒤 지상에 착륙하기 직전 지상과의 거리값을 받아오며 안전한 착륙이 가능하게 도움을 주는 모듈

4.1.2 Cansat Block Diagram

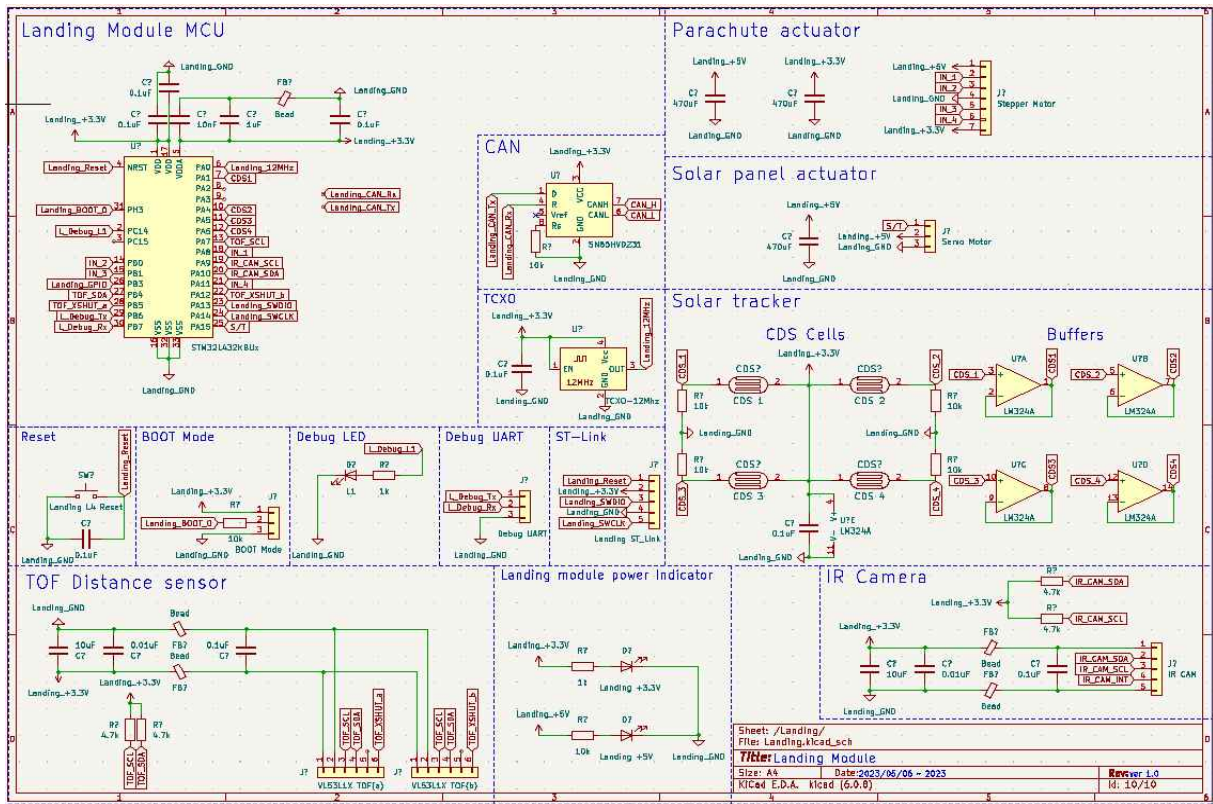


<그림 4-2> Red : (A), Green: (B), Blue :(C)

Block diagram description:

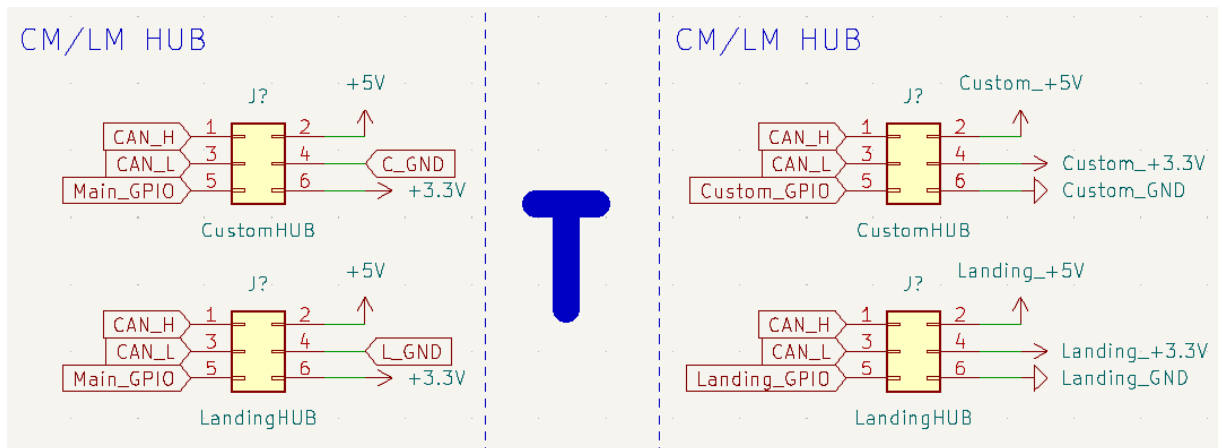
1. 위성은 (A): Custom Module, (B): Common Module, (C): Landing Module로 3개로 모듈화 되어 나뉜다.
2. 모든 임무는 그림의 가운데 위치한 (B) 모듈을 사용하며 용도에 맞게 A를 커스텀 하여 사용한다.
3. 각 (A), (B), (C) 모듈 사이에 통신은 CAN 2.0B를 사용하여 통신한다.
4. 전원은 (B) 모듈 내부에 배터리를 내장하고 있으며 태양전지판을 사용하여 충전한 뒤 BMS와 Power HUB를 통해 (A), (C) 모듈로 나뉜다.
5. Li-Pol 배터리 특성상 특정 전압 이하로 방전이 되면 배터리 수명이 급격하게 떨어지기 때문에 배터리 관리 모듈인 BMS를 사용하여 배터리 전압이 일정 수준 이하로 떨어지는 걸 방지한다.
6. 태양전지판에서 생산된 전력으로 내부 배터리를 충전하며 만약 내부 배터리 레벨이 낮다면 BMS가 HUB를 통해 각 모듈로 가는 전력을 제어하여 절전모드로 빠진 뒤 배터리 레벨이 일정 이상으로 회복되면 다시 정상 가동을 시작한다.
7. (A), (C) 모듈에서 들어온 여러 데이터를 (B) 모듈이 해석, 연산하여 작업을 수행한다.
8. 지상국과의 통신은 (B) 모듈에 내장된 RF 모듈(433MHz 1W)을 사용하여 통신한다.

4.1.3 Landing Module HW



<그림 4-3>

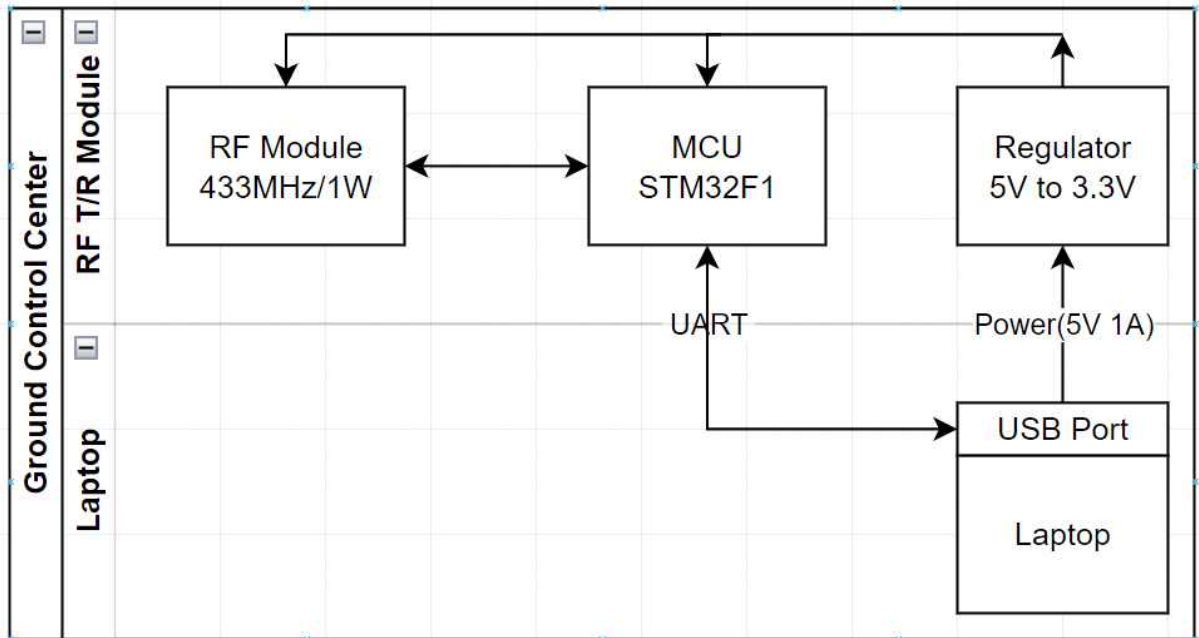
모든 모듈은 위 그림 4-3(3개 모듈 중 Landing Module 회로도) 같이 직접 PCB를 설계하여 부품이 실장 된다.



<그림 4-4>

모듈별 전원 공급 및 통신은 그림 4-2와 같이 핀 헤더를 사용하여 공급/통신되며 만약 배터리 전력이 부족할 시 BMS에서 N-Ch MOSFET를 이용하여 모듈별 전원을 On/Off 할 수 있다(절전모드)

4.2.1 지상국 Block Diagram



<그림 4-5>

Block diagram description:

1. 지상국은 RF Module을 사용하여 데이터를 수신한다.
2. 수신받은 데이터는 MCU를 통해 Parsing/Processing 되어 UART를 통해 Laptop으로 전달된다.
3. 가공된 데이터를 전달받은 Laptop에서 GUI를 사용하여 데이터를 가시적으로 보여준다.
4. Laptop의 USB Port를 통해 전원을 공급받으며 내부 레귤레이터를 통해 3.3V로 강압된 후 내부 모듈에 분배된다.

4.2.2 지상국 기능

MCU를 통해 처리된 데이터를 UART로 수신하여 수신된 값을 GUI를 통해 그래프로 보여줘 해당 값을 지질학자가 전문 분석하여 화산의 위험징후를 최종적으로 판단하는데 도움을 준다. 또한 위성의 위치, HW 상태 등 여러 가지 항목이 모니터링 되기 때문에 위성의 수명을 예측할 수 있다.

5. 관측데이터 활용방법

Common Module에는 온도, 습도, 위성 자세(IMU), 위성 위치(GPS), 태양의 위치를 파악할 수 있는 센서(CDS)와 함께 태양을 추적하기 위해 위성의 동체를 회전시키는 리액션 휠(Reaction wheel)이 부착된다.

먼저 대기 중의 온도와 습도를 파악하여 지상국에 데이터를 송신하여 지상국에서는 해당 지역의 현재 온도와 습도를 파악할 수 있다. 위성 자체 내에서 현재 위성의 자세 데이터를 수집하고 태양의 위치를 CDS 셀로 파악한다. 파악된 태양의 위치로 위성이 바라보는 면을 리액션 휠(Reaction wheel)을 사용하여 위성의 자세와 각도를 조절한다.

위성의 IMU 센서를 이용하여 평시의 위성 X, Y, Z를 저장하고 계속해서 감지하며 대지의 떨림, 흔들림을 X, Y, Z축의 변화로 감지하여 화산지역의 지진파를 감지한다. 그리고 위성의 위치를 GPS로 지상국과 통신하고 착륙 후에 목표지역 내 어디에서 임무를 수행하는지 지상국은 파악할 수 있다.



<그림 5-1>

Custom Module A의 경우 화산지역에서의 임무 수행을 목표로 하고 있으므로 SO2 센서, 일산화탄소 농도 센서, 이산화탄소 농도 센서, 메탄알 농도 센서, 미세먼지 농도 센서, 유기화합물 농도 센서가 부착된다. 평상시 휴화산의 데이터를 감지하여 평시 데이터를 지상국에 저장한다.

일정 데이터를 수집했다면 위성을 수거하고 이후에 화산의 활동이 의심될 때, 혹은 일정 주기로 측정이 필요한 경우 다시 위성을 발사하여 모듈에 부착되는 각각의 센서에 해당하는 기체 혹은 먼지의 데이터를 감지하여 지상국에 데이터를 전송하고 지상국에서 이전에 수집된 평시의 데이터와 비교하여 현재 휴화산의 활동량 변화와

활동 가능성을 파악할 수 있다. 또 Landing Module에 탑재된 IR 이미지를 이용하여 위성이 낙하함과 동시에 화산지역의 분화구와 그 주변의 대지의 지열 이미지를 파악할 수 있다.



<그림 5-2>

Custom Module B의 경우 정찰위성으로 동작하기 때문에 Landing Module에 탑재되는 IR 이미지를 도출하는 카메라를 통해서 사람의 움직임이나 공장 가동 시에 발생하는 열을 적외선으로 감지하여 사용자에게 데이터를 전송하고, VL 이미지를 촬영하는 카메라를 사용하여 높은 고도에서 정찰하고자 하는 지역을 탐색할 수 있다. 또 방사능 농도 센서를 사용하여 현재 정찰하고자 하는 지역에서 방사능이 발생하는가, 혹은 핵을 사용한 실험 및 활동을 진행하고 있는지 위성의 정찰을 통해서 전송받은 데이터를 이용하여 지상국에서 비교 분석하여 결론을 도출할 수 있다.

Landing Module의 경우 Commom Module과 같이 다목적 위성에 공통으로 들어가는 부분이다. IR 이미지와 VL이미지 카메라가 탑재되고 현재 위성과 대지의 거리를 파악하기 위한 적외선 센서가 부착된다. 위성이 착지하게 될 대지의 상태를 지상국에 전송하고 착지할 때 위성의 안정적인 착지를 위해서 적외선 센서를 이용한다.

6. 일정 및 비용 추산

6.1. 캔위성 제작일정

No.	수 행 내 용	개발일정(월)			
		5	6	7	8
1	Small Modular Cansat 아이디어 제안				
2	Small Modular Cansat 세부 내용 기획				
3	Small Modular Cansat 개발 방향 확립				
4	Small Modular Cansat 공통 모듈(B) 개발 시작				
5	Small Modular Cansat 공통 모듈(B) Test Case 작성 시작				
6	Small Modular Cansat 공통 모듈(B)제작 완료				
7	Small Modular Cansat 공통 모듈(B) Test Case 작성 완료				
8	제작 완료된 Module(B) T/Cs 수행(Quality Assurance 진행)				
9	공통 모듈(B) T/Cs 결과 분석(모두 Pass 면 No. 11 실행)				
10	공통 모듈(B) Failed 항목 Debug 진행				
11	화산 위험징후 탐지용 Custom Module 개발 시작				
12	화산 위험징후 탐지용 Custom Module Test Case 작성 시작				
13	화산 위험징후 탐지용 Custom Module 제작 완료				
14	화산 위험징후 탐지용 Custom Module Test Case 작성 완료				
15	제작 완료된 Custom Module T/Cs 수행(Quality Assurance 진행)				
16	Custom Module T/Cs 결과 분석(모두 Pass 면 No. 18 진행)				
17	Custom Module Failed 항목 Debug 진행				
18	Small Modular Cansat 모델 제작 완료				
19	Small Modular Cansat 모델 Full T/Cs 진행				
20	Small Modular Cansat 모델 Failed 항목 Debug 진행				
21	Cansat 경연대회 경연 및 Project 마무리				

6.2. 위성 제작비 세부 내용(예상)

번호	품명	용도	수량	단 가(원)	금 액(원)
1	PCB(인쇄회로기판)	Main Borad (4Layer)	3	50,000	150,000
2	BNO085	IMU/P와 S파 감지	1	26,854	26,854
3	NEO-M9N-00B	GPS	1	39,133	39,133
4	MH-Z19B	CO2 Sensor	1	42,500	42,500
5	DHT22	Temp/Hum/수증기 Sensor	1	8,800	8,800
6	DGS-SO2	아황산가스 Sensor	1	67,000	67,000
7	BME280	기압 Sensor	1	37,500	37,500
8	MLX90640	IR Camera	1	120,000	120,000
9	GDK101	Gamma Sensor	1	50,000	50,000
10	STM32H7	Common Module MCU	1	27,463	27,463
11	STM32L4	Landing Module MCU	1	10,500	10,500
12	STM32F1	Custom Module MCU/지상국	2	2,400	4,800
13	필라멘트	3D Printer 재료	-	0(학교 무상 제공)	0
14	M3 서포트 등	구조물 지지대	-	50,000	50,000
15	배터리, 전지판 등	전력부	-	50,000	50,000
16	낙하산	낙하속도 감속	1	15,000	15,000
17	기타 부속품	기타 수동, 능동 소자	-	70,000	70,000
18	자세제어 액츄에이터	위성 Z축 제어	1	30,000	30,000
합계:					799,550원

7. 프로젝트 관리

7.1. 일정 관리 위험도 관리계획

수 행 내 용	추진일정				기 간 (주)
	5	6	7	8	
위성 아이디어 확정					5/8~5/14
파츠 별 구현 방법 서칭					5/8~5/14
위성 아이디어 구체화					5/15~5/21
위성 개발 방향 확립					5/22~5/28
기능 선별 후 최적화					5/29~6/4
구체화된 아이디어 구현방법 서칭구현					5/29~6/4
구체화된 아이디어 구현 시작					6/5~6/11
각 모듈별 기능 시험					6/12~6/18
각 모듈별 기능 시험					6/19~6/25
각 모듈별 기능 시험					6/26~7/2
위성 프로토타입 제작 완료					7/3~7/9
1차 QA					7/10~7/16
1차 기능 시험 및 디버깅					7/10~7/16
2차 QA					7/17~7/23
2차 기능 시험 및 디버깅					7/17~7/23
최종 위성 제작 완료					7/24~7/30
예비기간					7/31~8/6
발표					8/7~8/13

7.2. 일정 관리 위험도 관리계획(세부)

연구실을 적극 활용, 주말 제외 매일 오후 18:00~22:00 공동 작업시간으로 정하여 작업하며, 해당 주차에 맞는 수행내용을 공유, 수정 및 개선사항 조율하기 위해 매주 목요일에는 weekly를 진행한다. 또한 빠르게 위성 프로토타입 제작을 끝마쳐 일정 후반부에는 디버깅 및 QA를 통해 성능 개선 및 시스템 안정화에 힘쓴다.

- 개발환경 관리계획

학교 내 소속되어 있는 연구실을 공통 작업공간으로 사용하여 작업하며, Weekly와 같은 회의는 학교 연구실과 학교 내 비어있는 강의실에서 진행한다. 제작 도구 및 장비 등은 연구실 내 갖춰져 있는 것을 적극적으로 활용한다. 개인이 소지한 개인부품(센서 모듈)등도 필요시 프로토타입을 완성하기 이전 테스트 단계에 사용한다.

- 기술적 위험도 관리계획

센서의 경우 서적을 참고하거나 오픈소스를 통해 동작 시연을 먼저 진행하고, 그 후 사용하는 MCU에 맞게 porting 하여 사용할 계획이다. 통신 및 제어 기술 등의 경우 다양한 강의 영상을 통하여 학습할 계획이다. 프로토타입이 제작되면 지속적인 디버깅과 QA를 통해 오차 및 문제들을 해결한다.

- 비용 위험도 관리계획

비용 위험도 관리를 위해 제작 도구와 기타 수동/능동 소자, 필라멘트, 서포트 같은 부품의 경우 연구실에 갖춰져 있는 것으로 사용한다. 더해 연구실 지원금으로 일부 해결하며 추가로 구매가 필요한 도구와 장비 등은 추후 선발되었을 시 창작임무 구현비를 통하여 사용한다.

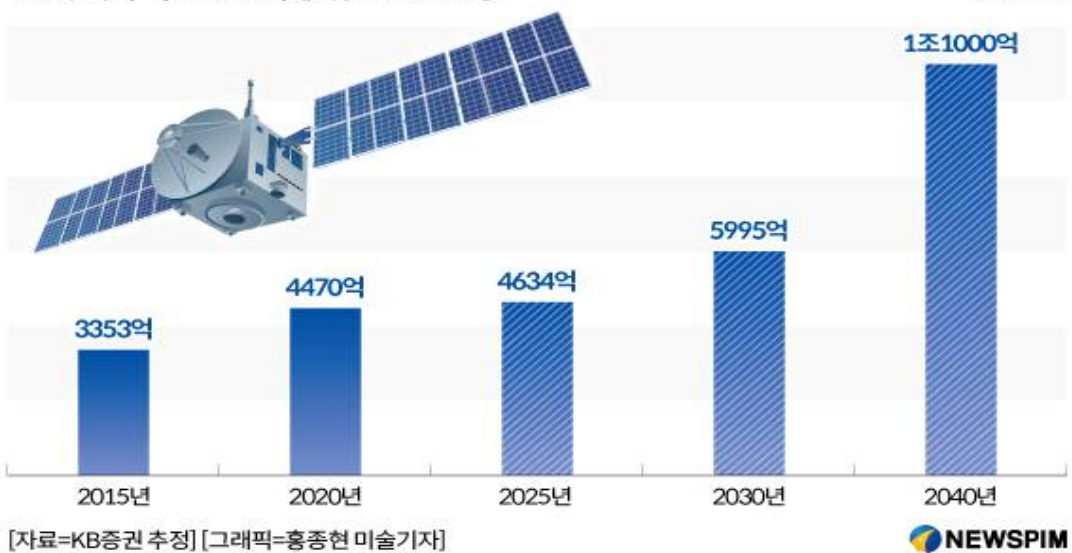
8. 성과물 홍보방법

우리의 Cansat은 HW 단에서 모듈화 설계되어 있으므로 발사하면 할수록 비용이 절감된다는 장점이 있다.

예를 들어 사람의 접근이 제한되는 화산지역의 위험징후를 탐지해야 할 때 우리 Cansat을 발사한다면 인명피해 없이 화산 위험징후를 자유롭게 탐지할 수 있으며, 만약 위험하지 않은 지역으로 판단 될 때 위성을 다시 회수하여 다른 화산 위험징후 탐지에 그대로 사용할 수도 있고 Custom Module만 교체해 준다면 전혀 다른 임무에 투입될 수 있다.

결과적으로 위성의 필요 용도가 달라짐에 따라 다른 위성을 개발하거나 구입할 필요 없이 Custom Module에 필요로 하는 데이터 관련 센서 혹은 모듈을 교체하여 부착해 주기만 한다면 해당 위성 하나만으로 다목적 운용이 가능하다. 즉 위성 개발 비용이 기존에 비해 아주 큰 폭으로 절감할 수 있다.

전세계 우주산업 시장규모 및 전망



<그림 9-1>

따라서 앞으로 우주 관련 시장이 급격하게 성장한다고 예측되는 현재 모듈화 위성을 공장에서 자동차를 생산하듯 대량 생산하고 Space-X의 재활용 로켓과 같은 기술과 융합된다면 위성 발사 비용이 기존에 비해 현저하게 저렴해질 것이라 예상되며 이로써 우리 Cansat은 비용 효율적인 해결책으로 많은 기업과 기관에 매력적인 선택이 될 것입니다.

이러한 장점을 유튜브, 인스타그램과 같은 SNS를 통해 대대적으로 홍보한다면 앞으로 대한민국은 우주 강국이 되며 지금까지 존재한 적이 없던 위성과 로켓을 대량 생산하는 대기업을 보유한 세계 유일의 나라가 될 수 있을 것이다.

9. 의견 기술

1. 위성을 설계하는데 지원되는 지원금이 더욱 높아져 수준이 높은 위성을 설계할 수 있으면 좋을 것 같습니다.
2. 더욱 강력한 로켓을 사용하여 더 높은 고도에서 전개되어 다양한 임무가 수행 가능하면 좋겠습니다.
3. 참가인원을 5명으로 늘려 더욱 전문화된 개발을 할 수 있는 환경이 만들어진다면 좋을 것 같습니다.

10. 참고문헌

[모듈화 소형위성의 Data Bus 표준화 방안 연구](#)

[CPU 없는 자가 동력 태양광 트랙커 시스템](#)

[캔 위성 대회를 위한 HW/SW 설계 및 구현](#) - KAIST 인공위성연구센터

PCB 설계기술 - 정성인

STM32F103 정복 - 윤덕용

CanSat 나만의 인공위성 프로젝트 - 대학우주공학컨소시엄

[나노 위성 및 마이크로 위성 시장](#) - 연구개발특구진흥재단

[지진을 이용한 화산감시](#) - 강원대학교 지구물리학과

[Landsat 열영상을 이용한 백두산 화산 분화 예지에 관한 연구](#)

[대기오염물질 정의](#) - 대한민국 환경부

모두의 아두이노 환경 센서 - 로니킴