

캔위성을 이용한 다중위성 운용 및 광범위 데이터 수집

Capturing wide area data using Multiple Small Satellites

김상건*, 강민지, 오세성, 이우경

한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 위성전자시스템 연구실

초 록

캔위성은 대기권 내에서 낙하하며 실제 위성을 모사하는 초소형위성으로 저렴한 비용과 용이한 접근성으로 인공위성 시스템 교육과 실험 등에 있어서 많은 주목을 받고 있다. 이러한 점을 착안하여 Argos는 촬영위성과 통신위성 2기로 구성된 캔위성 시스템을 개발하였다. Argos는 해당지역의 영상을 수집하고 위성 간 통신을 하는 것을 주 임무로 하였다. 또한 자세데이터, 위치데이터, 온도, 압력을 수집하고 지상국으로 전송 하는 것을 부 임무로 하였다. Argos는 실제 발사된 이후 제한적인 임무를 수행하였고, 위성간의 통신으로 임무데이터를 지상국으로 전송하였다. 본 논문에서는 광범위 데이터 수집의 역할을 하는 Argos의 개발과정과 운용결과를 소개하고자 한다.

1. 서론

캔위성은 교육용 위성모사 프로그램에서 사용한 위성으로, 위성의 역할을 모사하는 구조계, 전력계, 데이터처리계, 통신계, 탑재체 등의 기능을 음료수 캔의 크기로 구현한 것이다. 대기권내에서 실제 인공위성의 임무를 모사하며 빠르고 용이한 접근성과 저비용이라는 특징을 갖는다. 본 연구에서는 이러한 점을 착안하여 다수의 촬영위성을 이용한 광범위 데이터 수집에 적합하게 캔위성을 제작하였다.

Argos(그리스 신화의 온몸에 눈이 달린 괴물)는 다수의 촬영위성이 초기목적이었으나 경연대회 참가를 목표로 하여 촬영위성과 통신위성 각 1 기씩 총 2 기를 제작하였다. 다수의 촬영위성이 전개 될수록 보다 넓고 정확한 영상정보를 얻을 수 있지만 2 기로도 본 연구를 입증할 수 있었다. 촬영위성에서 수집한 영상데이터를 통신위성으로 취합하여 통신위성이 지상국으로 송신하는 것이 Argos의 주 임무로 하였다. 또, 위성의 임무를 수행하는 해당지역의 환경인 온도, 기압, 고도, 조도를 측정할 수 있으며, 위성의 상태와 위치를 파악할 수 있도록 자세데이터와 GPS데이터, 전압/전류 값을 수신 받을 수 있다.

본 논문은 미래창조과학부와 KAIST 인공위성

센터에서 주최한 2015 캔위성 경연대회 경연 출품작인 Argos의 개발과정과 실제 운용결과를 나타낸다.

2. 설계 및 제작

2.1 개념 설계

본 논문에서 소개할 Argos의 임무는 그림 1에서 와 같이 2 기의 위성이 약 350m의 상공에서 낙하하며 임무를 수행하는 것이다. 주 임무는 영상데이터 통신으로 촬영위성에서 획득한 영상을 통신위성으로 송신하고, 통신위성은 수신한 영상데이터를 지상국으로 송신하는 것이다. 부 임무는 통신위성이 낙하하며 온도, 기압, 고도, 조도를 측정하여 지상국으로 송신하는 것이다. 이후 낙하산에 의한 감속된 속도로 안전하게 착지하여 회수 과정을 거쳤을 때 Argos의 임무는 종료된다.

이러한 임무를 수행하기 위하여 Argos는 그림 2와 같은 서브시스템으로 구성된다. Argos는 동일 예산에서 촬영위성과 통신위성 2 기를 제작, 운용하였다.

Argos는 대회 측에서 제시한 규격인 총량 1000g미만, 지름 10cm, 높이 20cm의 원통형 구조로 제작 되었으며 제원은 표 1과 같다.

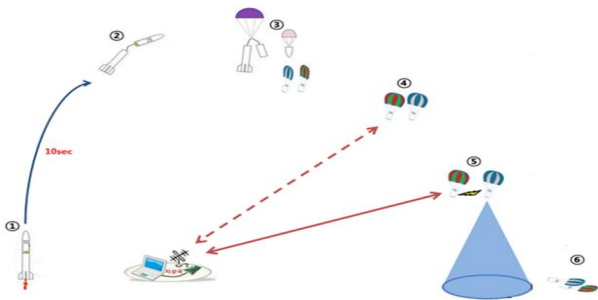


Fig 1. Concept of Operation of Argos

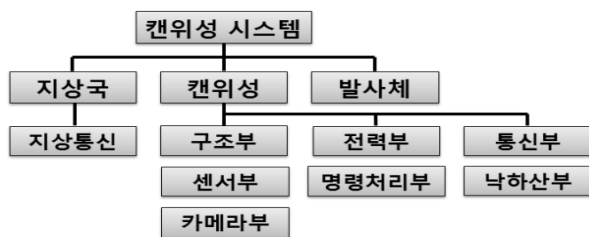


Fig 2. System Architecture of Argos

Table 1. Specification of Argos

	촬영위성	통신위성
Cansat Size	100×80(mm)	100×120(mm)
Weight	420(g)	520(g)

2.2 상세 설계

개념 설계를 바탕으로 브레드 보드에 Arduino를 사용하여 서브시스템별로 레벨 테스트를 수행하였다. 각 서브시스템의 레벨 테스트를 바탕으로 통합 프로그램을 구축하였으며, EM모델을 만드는 과정을 통해 요구조건의 검증을 통해 FM을 제작하였다.

2.2.1 구조부 및 낙하산부

캔위성의 구조부는 분리과정부터 지상 착지과정까지 캔위성에 전달되는 하중에 대하여 구조적 파손 없이, 캔위성 및 전자부품을 보호할 수 있어야 한다. 이를 위해서 구조부는 착륙 시 가해지는 충격에 대한 내구성을 갖춰야하며, 낙하산부는 자유 낙하하는 캔위성을 일정한 속도로 감속시켜 주어야 한다. Argos는 이때의 낙하속도를 2m/s로 설정하여 낙하시간을 가정하였고, 낙하산 설계

를 진행하였다. 대회 측이 제공하는 낙하고도인 350m에서 낙하한다고 하였을 때, 낙하산 전개 시까지의 시간을 5 초로 가정하였다. 또 낙하산 설계 시 2 기의 위성의 질량마진을 반영하였다.

낙하산은 폴리에스테르 재질의 다우다를 사용하여 Cross-type으로 제작하였고, 영킴이 적은 노끈과 터벅매듭을 통해 캔위성과 연결하였다.

그림 3은 제작한 PCB로 만든 Argos의 촬영위성과 통신위성의 실제구조 모습이다.

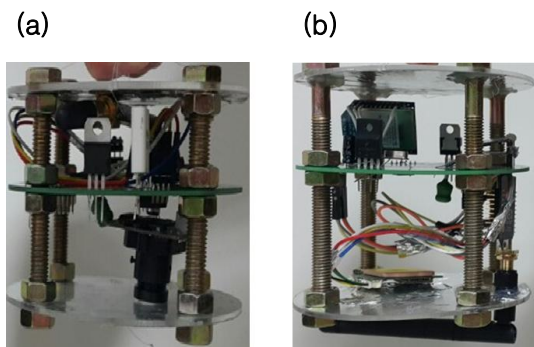


Fig 3. (a) Camera satellite

(b) Communication satellite

2.2.2 통신부

Argos 설계 시 위성의 고도는 350m, 낙하속도는 2m/s로 가정하였고, 대회가 주최되는 8월의 고층군의 평균 풍속은 2.2m/s인 것을 고려하면 Argos는 수평으로 약 385m를 이동하게 된다. 지상국과 발사장소의 거리마진을 100m로 가정하였을 때, 약 500m의 통신거리가 나온다. 또 위성 간 통신 설계 시에 2.2m/s의 맞바람을 가정하였을 때, 위성 간 통신거리는 약 770m의 통신거리가 나온다. 각각 통신거리의 최대마진을 1km로 설정하였을 때, Link Margin을 구하면 표 2와 같다. 지상국과 위성간의 통신 모두 Zigbee 모듈을 사용하였다. Zigbee 모듈의 주파수 대역은 2.4GHz인 UHF 대역을 사용하며, 최대통신거리는 약 1.6km이다.

Table 2. Link Margin Analysis

Frequency	2.4GHz
Tx Power	18dBm
Tx Antenna gain	2.1dBi
Distance	1km
Rx Antenna gain	2.1dBi
Rx Sensitivity	-100dBm
Space loss	-100.054dB
Fade Margin	22.146dB

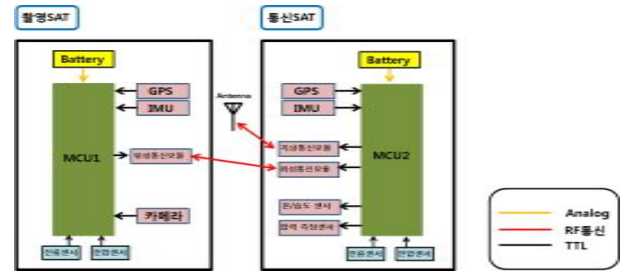


Fig 5. System Interface of Argos

2.2.3 전력부

전력부는 Argos의 임무수행 시간동안 필요로 하는 전력을 공급하는 역할을 한다. 3.7V 450mAh 리튬폴리머전지 2 개를 직렬 연결하여 7.4V를 공급하고, 레귤레이터를 통해 각 센서들의 요구전압인 5V, 3.3V의 안정된 전압을 공급할 수 있도록 설계 하였다. 그림 4를 보면 Argos의 전력분배선도를 알 수 있다.

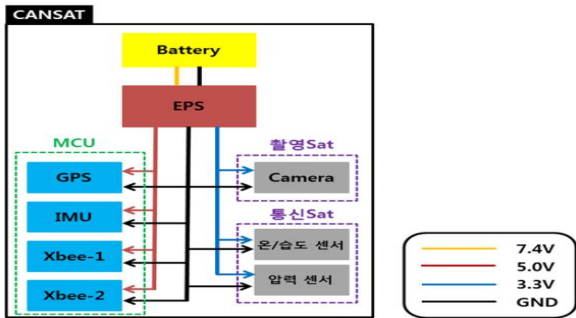


Fig 4. Electric Power Interface

2.2.4 센서부

센서부는 Argos의 부 임무 수행에 필요한 온도, 기압, 고도, 조도 센서를 탑재하였고, Argos의 위치와 자세 같은 기본적인 상태를 파악하기 위하여 GPS, IMU, 전류/전압 센서를 탑재하였다.

2.2.5 명령 및 데이터 처리부

Argos는 Atmega 2560을 MCU로 구성하였으며, 센서 및 카메라로부터 전달받은 데이터를 송수신하고 각 서브시스템을 제어한다. Argos의 명령 및 데이터 처리부는 그림 5와 같이 서브시스템을 제어한다. 또한 통신부와의 RF통신 인터페이스의 통신 속도는 9600bps이다.

2.2.6 카메라부

Argos는 VC0706 카메라 모듈을 사용했으며, MCU와 UART 통신을 한다. 대회 규정인 약 350m의 고도에서 운용 예정으로, 10초의 시간 마진을 주어진 장의 사진을 찍으며 SD카드에 저장한다.

그림 6은 카메라 Snap Shot Test 과정으로, VC0706과 컴퓨터가 RS232 통신을 한다. VC0706 Command Tool을 이용한 Snap Shot 이다.



Fig 6. VC0706 Command Tool

2.2.7 지상국

Argos의 지상국은 Zigbee의 수신단과 지상국의 노트북의 Matlab을 이용하여 구성하였다. 지상국의 모습은 그림 7과 같다.

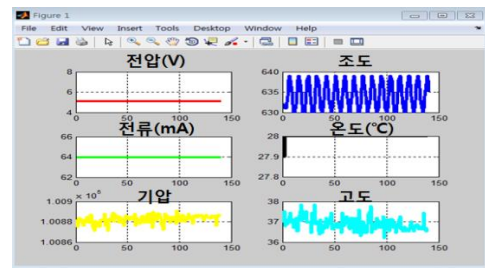


Fig 7. Ground Station View

3. 운용결과

발사 전날 (2015년 8월 5일), 갑작스런 과전류로 인해 IMU가 고장이 나서 사용하지 못하였다. 하지만 ‘위성 간 통신’ 이 주 임무였던 만큼, 촬영위성의 온도, 기압센서의 데이터 값을 통신위성으로 송신하는 것은 변함이 없고, 고장난 IMU는 탑재체에서 제외하기로 수정하였다. 통신 위성에서 나머지 GPS, 아날로그 센서부는 수신된 정보와 통합하여 지상국으로 송신하도록 제작하였다. 발사 당일 탑재체의 구성을 변경하여 지상국은 기존의 Matlab이 아닌 그림 8과 같은 터미널 창에 Telemetry로 대체하였다.

발사 후, 지상국과 통신위성은 약 2분간 통신이 지속되었다. 지상국과 통신은 단절 되었지만 낙하 동안 촬영위성과 통신위성의 위성 간 통신은 이루어졌다.

촬영위성의 SD카드에는 낙하산 전개 후 10초마다 찍은 사진이 20장 저장되어있었다. 그림 9는 Argos가 수집한 촬영정보를 구글에서 얻은 위성사진과 비교한 것이다.

Argos의 전반적인 임무 수행여부는 표 3과 같다.

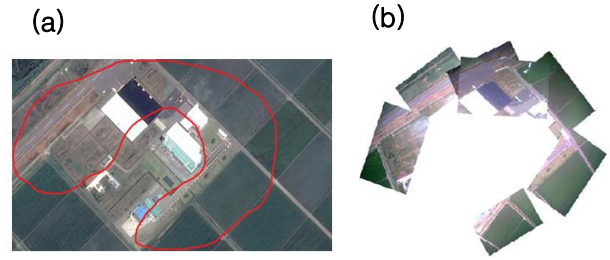


Fig 9.(a) Google's Satellite Picture

(b) Argos's Picture

Table 3. Mission Analysis

통신위성 지상국 Downlink	2분 후 단절
위성 자세데이터 획득 및 전송	과전류 고장
위성 기본 상태정보 전송	○
위성 부 임무 데이터 전송	○
위성 2기 제작 및 분리	○
영상데이터 SD카드 저장	○
위성 간 통신	영상데이터 통신만 실패

4. 결론

본 논문은 다수의 촬영위성을 이용한 광범위 데이터 수집이라는 목표를 가지고 설계, 제작된 Argos의 설계과정과 운용결과를 나타내었다.

경연대회 당일 예상치 못한 고장으로 초기 목표를 이루지 못하였지만, 설계와 제작과정부터 실제 운용결과를 통해 광범위 데이터 수집이라는 Argos의 임무수행 가능성을 입증하였다.

접근하기 어려운 재난지역의 빠른 접근과 지구와 유사한 대기를 가진 화성탐사 분야에 빠른 반응성, 매우 낮은 가격과 가벼운 무게라는 장점으로 새로운 가능성을 가지게 될 수 있을 것이라고 생각한다.

후 기

본 논문은 미래창조과학부, KAIST 인공위성연구센터에서 주관하고 한국항공우주연구원에서 후원하는 2015 캔위성 경연대회로부터 지원받았으며, 이에 감사드립니다.

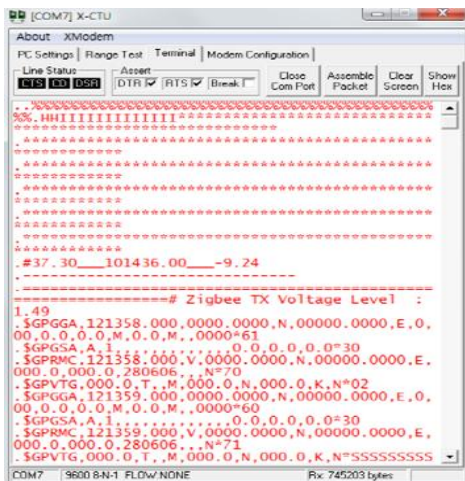


Fig 8. Argos Telemetry

참고문헌

- [1] http://cansat.kaist.ac.kr/04_01.php
- [2] F.Gustafsson, "Particle filter theory and practice with positioning applications" IEEE Aerospace and Electronic Systems, magazin vol. 25, no.7 july 20120 part 2:tutorials.
- [3] 문종근, 박형준, 안채익, 김승조, 정인석, 김유단, Nov, 2006, "초소형 인공위성 캔셋 시스템의 개발" KSAS 2006
- [4] <http://cafe.naver.com/arduinostory>