

과학기술위성 2호 운영개념

이승현*, 금정훈**, 박종오***, 심은섭****

STSAT-2 Operations Concept

Seung-Hun Lee*, Jung-Hoon Keum**, Jong-Oh Park***, Eun-Sup Sim****

Abstract

In this study, the operations concept of STSAT-2 which will be launched by KSLV-1, the first Korean Space Launch Vehicle, from Naro is explained. The major tasks of STSAT-2 is acquiring Lyman-alpha images of Sun by LIST (Lyman-alpha Imaging Solar Telescope) payload and the exact position of the satellite by calculating distance between STSAT-2 and SLR (Satellite Laser Ranging) ground stations using SLR (Satellite Laser Ranging) payload. Also spacecraft technology verification is performed.

초 록

본 논문에서는 전남 고흥의 외나로도에서 국내 최초의 소형 발사체(KSLV-1)에 의하여 발사될 과학기술위성 2호의 임무 수행을 위한 운영 개념을 설명하였다. 과학기술위성 2호의 주요임무는 주 탑재체인 진공자외선 카메라를 통하여 태양의 Lyman-alpha 이미지 촬영, 부 탑재체인 레이저 반사경을 이용하여 위성의 정확한 위치 측정에 있다. 또한 위성본체의 신기술 검증도 수행하게 된다.

키워드 : 과학기술위성 2호(STSAT-2), 운영개념(operations concept)

1. 서 론

과학기술위성 2호는 국내에서 최초로 개발되는 국내 소형 발사체(KSLV-1)에 의하여 국내 발사장(외나로도)에서 발사될 순수 국내 기술로 개발되는 100kg급 소형위성이다[1]. 과학기술위성 2호 시스템은 위성본체, KSLV-1 발사체, 그리고 지상국으로 구분되며 진공자외선 태양카메라

(LIST: Lyman-alpha Imaging Solar Telescope)가 주 탑재체로, 레이저 반사경(SLR: Satellite Laser Ranging)이 부 탑재체로 장착된다[2].

과학기술위성 2호를 통하여 다음의 임무를 수행한다. 주 탑재체인 진공자외선 태양카메라를 활용하여 태양의 진공자외선 복사 변화 모델을 개발하며, 태양활동을 관측한다. 그리고 부 탑재체인 레이저 반사경을 이용하여 과학기술위성 2

* 과학기술위성그룹/slee@kari.re.kr

** 과학기술위성그룹/jhkeum@kari.re.kr

*** 과학기술위성그룹/jopark@kari.re.kr

**** 과학기술위성그룹/esim@kari.re.kr

호의 위치를 측정, 정밀 궤도 결정에 활용한다. 또한 소형 위성본체 개발 기술을 통하여 핵심 위성기술을 연구한다. 본 논문은 과학기술위성 2호의 초기 발사부터 궤도 진입, 그리고 탑재체를 이용한 임무수행의 과정을 설명한다. 그리고 과학기술위성 2호의 임무 수행을 효율적으로 나타내기 위해 운영 모드를 정의하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 먼저 발사체 발사 전부터 위성이 임무를 수행하기 까지의 시간 흐름에 따라 구분되는 Phase에 대해 설명한다. 그리고 운영 모드에서는 과학기술 위성 2호의 임무수행을 완수하기 위해 위성의 상태에 따른 모드를 정의, 설명하였으며 3장에서 결론을 맺는다.

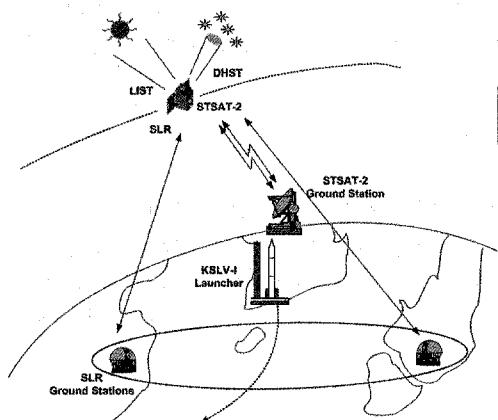


그림 1. 과학기술위성 2호 시스템

2. 본 론

2.1 Phase Overview

Phase는 위성이 발사되기 전부터 시작하여 운영 궤도에 발사되어 정상 임무를 하기까지의 시간의 흐름에 따라 구분된 단계이다.

- Pre-Launch Phase: 위성 발사 장소에서부터 시작되며 발사되기 전의 모든 처리(이동, 조립, 검사)를 포함한다.
 - Launch Phase: 위성 발사 카운트다운부터

시작되면 위성체는 Launch 모드를 수행한다.

- Early-Operation Phase: 발사체를 통하여 궤도에 진입한 위성이 발사체로부터 분리되는 순간부터 시작되며 위성체는 Initial Deployment 모드를 수행한다. 이때 위성은 회전속도를 줄여 자세를 안정화 한 다음 태양 전지판을 사용할 수 있도록 태양을 지향한다. 위성본체 및 탑재체의 기본 동작시험이 수행된 후 Mission Phase로 이동한다.

- Mission Phase: 위성의 임무를 수행하기 위한 모든 처리를 포함하는 단계이다. 위성의 상태를 기록하여 이상이 있을 시 이를 해결하며, 탑재체의 운영을 위한 일정과 자료의 전송을 수행한다.

2.2 운영 모드

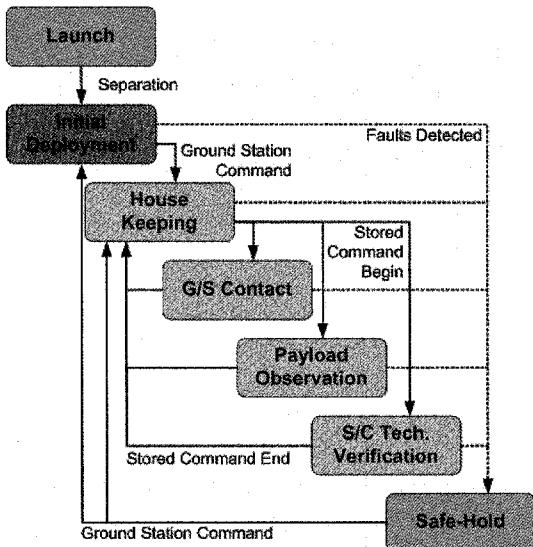


그림 2. 운영 모드 흐름도

그림 2는 위성 모드 전이를 설명하는 도식도이다. Launch 모드와 Initial Deployment 모드는 위성이 초기 발사되어 정상 운영되기 전까지의 단계를 나타내며, 그 이후에 진행되는 모든 모드

는 Mission Phase에 해당한다. 위성체는 특정 임무를 수행하지 않는 경우 House Keeping 모드에서 위성의 상태를 점검하며 정해진 일정에 따라 위성의 임무를 수행한다. 크게 구분되어 지는 위성의 임무는 다음과 같다. 지상국 접속을 통한 자료 전송과 스케줄 수신을 위한 G/S Contact 모드, 탑재체의 운영을 위한 Payload Observation 모드, 그리고 위성체 기술 검증을 위한 S/C Tech. Verification 모드가 있다. 임무 수행을 위한 모드 외에 위성 운영 시 문제가 발생하면 이를 해결하기 위한 Safe-Hold 모드가 있다. 표 1은 과학기술위성 2호의 운영모드를 간략히 설명한다.

표 1. 과학기술위성 2호의 운영 모드

모드 / 서브모드	설명
Launch	발사
Initial Deployment	감속 자세 획득 태양 전지 전개 초기 테스트
House Keeping	Spacecraft House Keeping
Ground Station Contact	자료 전송
Payload Observation	Quiet Sun 태양 관측
	Explosive Event 태양 관측
	Flat 태양 관측
	Dark 카메라 보정
	Standard Star 카메라 보정
	SLR 레이저 반사경 운영
S/C Tech. Verification	위성 기술 검증
Safe-Hold	Power Saving 심각도 낮음
	Spinning 심각도 중간
	Power Shutdown 심각도 높음
	LIST-Safe 진공자외선 카메라의 오류

○ Launch 모드는 발사체의 카운트다운부터 시작되며 위성체와 발사체가 분리되는 순간 Initial Deployment 모드로 전환된다. Launch 모

드에서 위성은 전원이 꺼진 상태로 위성에 실려 궤도에 진입된다.

○ Initial Deployment 모드는 위성체와 발사체가 분리될 때 위성체에 부착된 스위치가 켜지면서 시작된다. 먼저 발사체로부터 분리될 때 발생한 회전을 줄이기 위해 역회전 한 뒤, 적정 회전속도 이하로 되면 태양 전지판이 충전 가능하도록 태양을 지향하기 위한 자세를 취한다. 그 후에 태양 전지판을 전개하여 위성에 필요한 전력을 충전한다. 태양 지향의 자세 획득까지는 위성운영에 필요한 최소한의 부분(FASS, FOG, RWA, MTQR, NMAG, OBC, 통신모듈, 전력모듈)만 동작시켰으나, 태양 전지판 전개 후 탑재체를 비롯하여 위성본체의 다른 부분까지 전원을 공급하여 동작 여부를 시험한다.

○ House Keeping 모드는 위성체가 특정 임무를 수행하지 않을 때 대기하고 있는 상태이며 위성체의 상태를 점검한다. 이 모드에서 위성은 3축 제어를 사용하여 태양을 바라본다. 주 탑재체의 상태는 다음과 같다. 셔터가 닫힌 상태로 CCD의 온도 저하를 막기 위해 히터를 가동하며, 컨트롤러는 히터를 제어한다.

○ G/S Contact 모드에서 위성체는 위성체의 상태 자료(Status of Health)와 주 탑재체로부터 얻은 태양관측 자료를 지상국에 전송한다. 이 모드에서 위성은 3축 제어를 사용하여 지구를 바라본다.

○ Payload Observation 모드는 크게 주 탑재체인 진공자외선 태양카메라와 부 탑재체인 레이저 반사경의 임무수행으로 나눌 수 있다. 그럼 3은 위성체가 Day Light일 경우 진공자외선 태양카메라의 임무를 수행하고 일식일 경우 지상국을 바라보며 레이저 반사경 임무를 수행하는 것을 나타낸다. 진공자외선 태양카메라와 레이저 반사경은 각각 위성체의 반대편에 위치하며 동시에 운영되지 않는다.

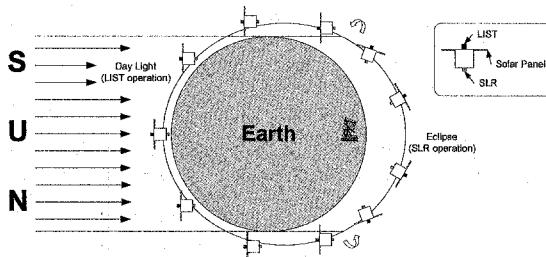


그림 3. 탑재체 운영도

탑재체의 임무수행을 위한 Payload Observation 모드는 표 1과 같이 주 탑재체에 5가지, 부 탑재체에 1가지 서브모드로 구성된다.

Quiet Sun과 Explosive Event는 실제 태양의 진공자외선 영역의 태양 전체 원반을 관측하는 모드이다. Quiet Sun은 상대적으로 활동성이 약한 Quiet Region의 관측을 목표로 하며 셔터의 노출을 1초로 정하여 촬영한다. Explosive Event는 활동성이 강한 Active Region의 관측을 목표로 셔터의 노출을 0.1초로 정하여 관측한다. 이러한 관측 데이터의 효용성을 높이기 위해 Flat, Dark, 그리고 Standard Star 모드를 두어 필터의 효율변화를 측정하고 관측결과를 보정한다. 이들 서브모드 사이의 상태 전환은 그림 4에 나타난다. 여기에서 Standby는 주 탑재체의 임무수행을 위한 대기상태를 의미하며 위성본체의 House Keeping 모드 상태와 같은 의미이다. 이 모드에서 셔터는 닫혀 있으며 CCD의 전원은 켜져 있다. 그리고 진공자외선 태양카메라를 제어하는 컨트롤러는 히터를 제어한다.

위성본체에 상관없이 탑재체에 문제가 발생할 경우를 대비해 LIST-Safe 서브모드를 정의한다. 이 서브모드에서 셔터는 닫혀 있으며 CCD의 전원은 차단된다. 그리고, 진공자외선 태양카메라의 온도저하를 막는 히터는 켜져 있으며 진공자외선 태양카메라의 컨트롤러가 히터를 제어한다.

그림 4는 진공자외선 태양카메라의 세부운영을 나타낸다.

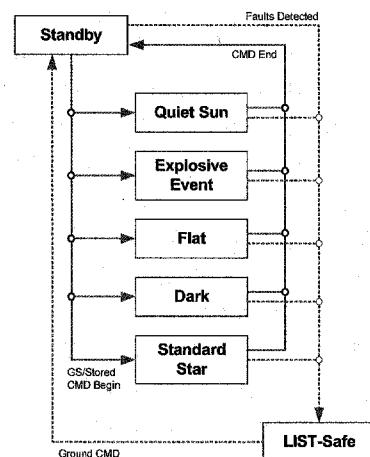


그림 4. 진공자외선 카메라의 세부운영

부 탑재체인 레이저 반사경의 동작원리는 그림 5와 같다. 레이저 반사경 지상국에서 발사한 레이저가 부 탑재체인 레이저 반사경에 반사되어 레이저 반사경 지상국에 되돌아 올 때의 시간 차이 정보를 이용하여 위성과의 거리를 계산한다. 중국과 일본에 위치한 레이저 반사경 지상국을 이용할 예정이며 위성체가 지상국으로부터 레이저 반사/감지각도 이내에 위치할 때에만 유효하며 그림 6은 이를 설명한다.

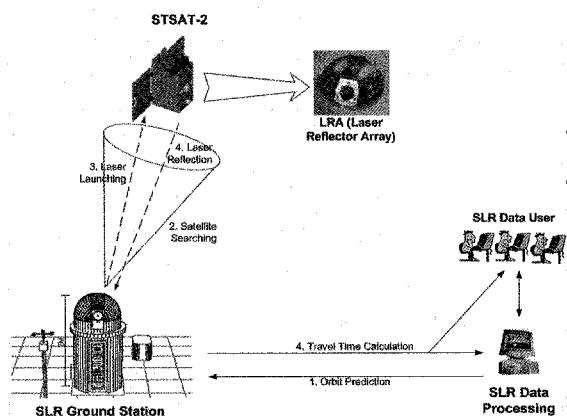


그림 5. 레이저 반사경 운영 흐름도

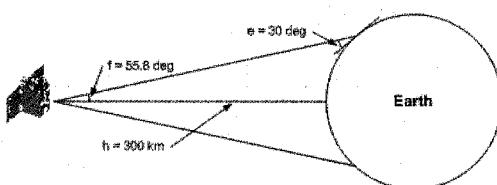


그림 6. 레이저 반사경 운영 조건

○ Spacecraft Tech. Verification 모드는 위성체 기술을 시험하기 위한 모드이다. 이때 수행되는 임무는 펄스형 플라즈마 추력기와 복합소재 태양 전지판 실험이다.

○ Safe-Hold 모드는 위성에 발생한 문제의 심각도에 따라 Power Saving, Spinning, 그리고 Power Shutdown 서브모드로 나뉘어 진다. 표 2는 위성체가 Safe-Hold 모드 중 세가지의 서브모드로 전환되기 위한 조건을 설명한다. 아래로 내려갈수록 발생한 문제의 심각성이 높음을 의미하며 그 서브모드의 문제가 해결되면 컨트롤러의 프로그램에 의해 윗 서브모드로 이동한다. 가장 위에 위치한 Power-Saving 서브모드에서 다른 모드로의 전환은 지상국으로부터의 명령을 통해 이루어지며 표 5에 설명된다.

표2. Safe-Hold 모드의 조건

모 드	서브모드	조 건		
		EPS	ACS	CDS
Safe-Hold	Power-Saving	< 26V	시나리오 오류 OBC 오류	Task SW 오류 OBC 오류
	Spinning	< 23V	Gyro 오류	OBC 정지
	Power Shutdown	< 19V	N/A	N/A

3. 결 론

본 논문에서는 과학기술위성 2호의 운영개념 설계를 통하여 임무수행을 위한 위성체와 탑재체의 운영을 효율적으로 나타내고자 하였다. 그리고 운영 모드에 따른 위성의 서브시스템 상태도 알아보았다.

참 고 문 헌

- 백명진, 금정훈, 심은섭, “과학기술위성 2호 위성체 시스템”, 추계항공우주학회, pp. 216-219, 2003.
- STSAT-2 Preliminary Design Review Data Package, 한국항공우주연구원, 2003.

표 3. 운영모드에 따른 서브시스템 설명

Mode / Submode		Spacecraft				LIST			
		Description	ACS	EPS	CDS	Description	Shutter	CCD	LCON
Launch		Power OFF				Power OFF			
Initial Deployment	Despinning	Despinning	Despinning	H/W control	Built-in test	-	Power OFF	Power OFF	Power OFF
	Attitude Acquisition	-	Sun (3-Axis)	H/W control	Bus control	-			
	Solar Panel Deployment	-	Sun (3-Axis)	S/W control	Bus control	-			
	Initial Test (Payload)	-	Sun (3-Axis)	S/W control	Bus control	Turn ON			
	House Keeping		Spacecraft House keeping	Sun (3-Axis)	S/W control	Bus control	Standby		
Ground Station Contact		Data U/L & D/L	Earth	S/W control	Bus control	Standby	Power ON	Heater Control	LIST Control
Payload Observation	Quiet Sun	-	Fine Sun	S/W control	Bus control	Sun Observation			
	Explosive Event	-	Fine Sun	S/W control	Bus control	Sun Observation			
	Flat (Zenith/Nadir)	-	Zenith/Nadir	S/W control	Bus control	Calibration			
	Dark	-	-	-	-	Calibration			
	Standard Star	-	Star	S/W control	Bus control	Calibration			
Safe-Hold	SLR	-	Earth	S/W control	Bus control	Standby	Heater ON	Power OFF	Heater Control
	S/C Tech Verification		-	-	-	Standby			
	Power Saving	-	Sun (3-Axis)	Power Saving	Bus control	-			
	Spinning	-	Sun (1-Axis)	RW, FOG OFF	Bus control	-			
	Power Shutdown	-	Random	Shutdown	-	-			
LIST-Safe		S/C Normal	-	-	-	-			

표 4. 운영모드에 따른 세부 서브시스템 설명

Operation Mode	Spacecraft										Payload	
	ACS				CDS			CMS			EPS	
	PDU 1/2	PD 1/2	BM 1/2	PSU 1/2	SPR 1/2	PDTx 1/2	Rx 1/2	TX 1/2	DEMOD 1/2	MOD 1/2	MMU 1/2	LIST
Launch												SLR
Initial Deployment	Pre-contact	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Initial Contact	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Attitude Acquisition	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Solar Panel Deployment	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Initial Test	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
S/C House Keeping	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
G/S Contact	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Payload Observation	LIST	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	SLR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
S/C Tech. Verification	PPT	✓	✓								✓	✓
	Composite Solar Panel	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Safe-Hold	Power Saving	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Spinning	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Shutdown											✓

표 5. 과학기술위성 2호 N² 차트

Mode / Submode	Launch	Initial Deployment				H/K	G/S Contact	Payload Observation	S/C Tech Verification	Safe-Hold		
		Despinning	Attitude Acquisition	Solar Panel Deployment	Initial Test					PS	SP	PSD
Launch	1	S										
Initial Deployment	Despinning	2-1	SR									
	Attitude Acquisition		2-2	G								
	Solar Panel Deployment			2-3	G					C-1 C-2 C-3		
	Initial Test				2-4					C-1 C-2 C-3		
	H/K					3	SCB	SCB	SCB	C-1 C-2 C-3		
G/S Contact						SCE	4			C-1 C-2 C-3		
	Payload Observation					SCE				C-1 C-2 C-3		
	S/C Tech Verification					SCE			6	C-1 C-2 C-3		
Safe-Hold	PS			G	G	G	G			7-1 BB-1		
	SP									G	7-2 BB-2	
	PSD										BA	7-3