

# 다목적 실용위성 2호 고해상도 카메라의 시스템 설계 System Design of the MSC for KOMPSAT-2

김 영수, 오 경환, 백 홍열

Young-Soo Kim, Kyoung-Hwan Oh, and Hong-Yul Paik  
한국항공우주연구원

## 논문 초록

고해상도 카메라가 다목적 실용위성 2호의 탑재체로서 한국항공우주연구원에서 개발되고 있다. 이 카메라에는 Ground sample distance (GSD)가 1m에 달하는 PAN (panchromatic channel)과 GSD 4m인 MS (Multi-Spectral channel)가 있다. 이 목표를 성취하기 위하여 탑재체와 위성체의 요구조건들을 설정하고 그에 따른 설계작업이 현재 진행 중이다. 탑재체는 광학부, 기계부, 전자부, 자료전송부들로 구성되어 있는데, 각 서브시스템간에 상충되는 점들을 전체 시스템 측면에서 분석, 판단, 조정하고 또한 위성체와의 접속도 원활하게 진행시키고 있다. 실제로 광학 설계, Sun shield 등에서 여러 가지의 설계 중에서 최적의 방안을 선택하는 데 시스템 측면에서 고려가 되었었다. 본 논문에서는 이러한 시스템 측면에서의 고해상도 카메라의 요구조건과 기본설계에 대해 발표한다.

## 1. 개 요

위성용 고해상도 카메라는 작은 지상 해상도를 가진 영상을 제공하여 지리정보 체계를 위한 자료 확보, 국내외 영토의 전산화 구축, 국토의 균형적 개발 등에 이용될 수 있다. 또한, 다양한 파장 영역에서의 영상을 추가함으로써 재해 감시 및 방재, 자원 감시 등의 원격 탐사에 유용하게 사용될 것이다.

다목적 실용위성 2호에 탑재될 과학관측용 고해상도 카메라 (MSC: Multi-Spectral Camera)는 고해상도의 영상과 여러 파장 영역에서의 영상을 제공하게 될 것이다. 이 고해상도 카메라는 우주환

경에서 목표 수명과 성능을 만족하도록 설계 및 제작되어야 하며, 위성 본체에 탑재되어 발사 후 궤도상에서 성공적으로 임무를 수행하여야 한다. 고 해상도 카메라의 개발 기술은 대구경 정밀 광학과 기계기술, 고집적 전자기술, 고속 데이터 전송기술, 신소재 기술, 우주기술 등이 어우러지는 복합기술임과 동시에 시스템 엔지니어링 기술이다. 그러므로 카메라의 개발에서부터 궤도 운영까지 전 개발과정이 순조롭게 진행되도록 시스템 측면에서 원활한 연구 개발이 수행되도록 한다.

## 2. 시스템 요구 조건

고해상도 카메라의 시스템 연구 개발 측면에서는 각 부분체 간의 상관성과 합리성을 체계적으로 점검 분석하고 유기적으로 조정한다. 그리고 위성체와 탑재체(카메라) 간의 접속을 위해 위성체 시스템 및 개발 주체들과 긴밀하게 협력한다. 이를 위하여 위성의 임무 운영 요건을 파악하고 이에 따른 카메라의 성능에 미치는 영향을 분석하여 상호 보완 및 조정한다.

### 2.1 다목적 실용위성 2호의 임무 운영 요건

고해상도 카메라의 성공적인 임무 수행을 위해서는 다목적 실용위성 2호의 임무 운영 요건을 고려하여야 한다. 이 위성체는 다목적 실용위성 1호와 비슷한 궤도운영의 특성을 갖는다. 그 임무운영 요건은 다음과 같다.

- 운영 궤도는 경사각 98.13°의 태양동기 원형궤도를 갖고,
- 운영 고도는 685 km,
- 임무수행 시간은 한반도 통과시간으로 오전 10시 50분,
- 한반도를 매일 방문할 수 있도록 위성

표1. 고해상도 카메라의 성능 요구 사항

구 분	목 표 성 능
지상 해상도 (GSD)	Pan : 1 m ( 고도 685Km ) MS : 4 m ( 고도 685Km )
관측 파장	Pan : 500~900 nm MS : 4 bands (450~520nm, 520~600, 630~690, 760~900)
Swath Width	Pan : 15 Km 이상 MS : 15 Km 이상
수 명	3 년
신뢰도	0.9 @ EOL (duty cycle이 궤도당 20% 이상일 때)
임무 시간(Duty Cycle)	20% per orbit
신호대 잡음비 (SNR)	100 이상
MTF	PAN 채널 : ≥ 15% MS 채널 : ≥ 20%
Distortion	2% over the entire FOV
On-Board Calibration	가능
메모리 용량	≥90 GBits @BOL, ≥64 Gbit @ EOL
Downlink Data Rate	300 Mbps 이상
Dynamic Range	10 bit
무게	120 Kg 이하
소모 전력(Peak Power)	320 W 이하
Encryption	가능

체는  $\pm 56^\circ$  tilting 기능을 갖도록 되었으며,

- In-track 및 cross-track의 촬영 기능을 갖는다.

## 2.2 목표 성능

이러한 위성체의 운영요건을 고려하여 고해상도 카메라의 목표 성능이 결정되었으며, 설계가 진행되고 있다. 고해상도 카메라의 목표 성능은 표1과 같다.

## 2.3 운영 모드

고해상도 카메라는 다음과 같은 운영모드들을 갖는다.

- Imaging Mode with no transmission and while transmission to GS

- Transmitting Mode of Stored Images
- Survival Mode
- Stand-by Mode
- Outgassing Mode
- Calibration Mode

## 3. 시스템 설계

### 3.1 설계 사항

시스템설계는 도출된 시스템 기술요구 조건을 분석하고, 각 부분체에 기술 요구 조건을 할당하여 그 합리성, 부분체 간의 상관성, 위험분석 사항들을 검토한다. 검토사항을 구체적으로 보면, 부분체 규격, 운영 개념, 소프트웨어 요구조건, 인터페이스 요구 규격, 임무 및 요구조건 분석,

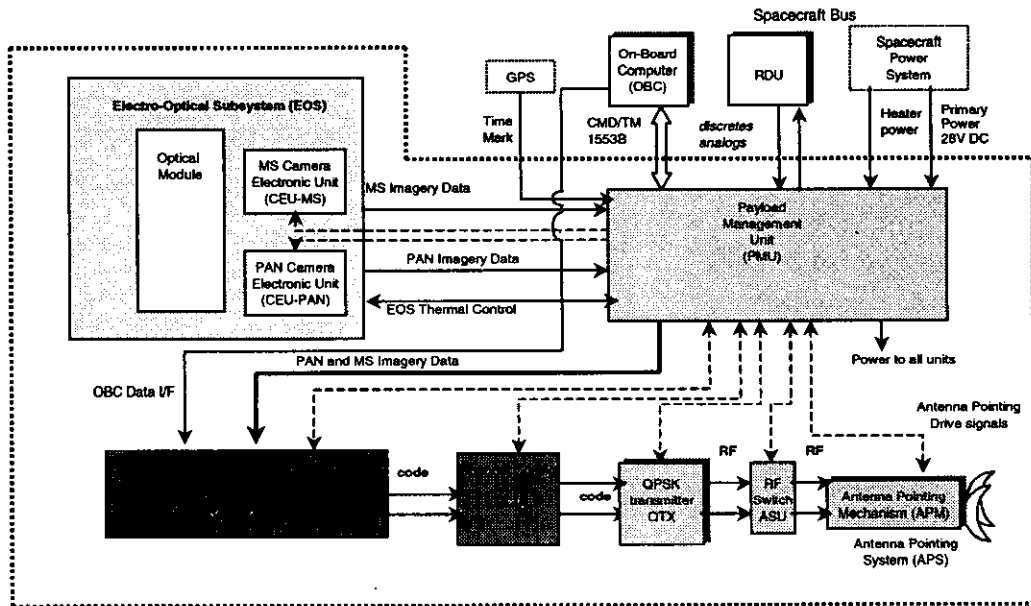


그림 1. 고해상도 카메라의 기능적 블록 다이어그램

성능 분석, 요구조건을 부분체에 할당하여 성능조율, 신뢰도 분석, 질량 특성, 전자기 규격 분석, 표준화 방안, 위험도 분석, 품질인증 방안, 환경 규격, 개발 일정, 탑재 규격, 성능과 환경 시험계획 수립 등이 있다.

예비 설계 단계에서는 부분체 간의 조립성, 호환성, 형상간 상이성, 공정의 적합성을 검토한다. 그 내용으로는, 부분체 규격의 조율, 선택사항 연구, 부분체 배치, 열제어 특성, 전자기 설계, 전력 분배 및 접지 특성, 재질과 부품의 목록, 신뢰도 파악, 시험장비 파악, 성능과 환경 시험 규격 등이다. 예비설계의 결과가 도출되면 이에 대한 시스템 성능분석, 설계 및 설계 변경을 검토하고 관리한다. 현재 고해상도 카메라는 예비설계를 마치고 상세설계 중이다.

### 3.2 기능

고해상도 카메라는 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 영상을 획득하여 전자신호로 바꾸는 전자광학부, 영상자료를 지상으로 내려 보내는 자료 전송부, 탑재체를 제어하는 탑재체 제어부의 세 부분으로 구성되어 있고, 그 외에 지상시험을 지원하는 지상지원장비가 있다. 그림1에 카메라의 기능적 블록 다이어그램을 도식했다.

## 4. 설계 연구

이러한 탑재체와 위성체의 요구조건을 기본으로 고 해상도 카메라의 개념설계를 비롯하여 세부설계 작업에 들어갔다. 설계하는 도중에 선택을 하여야하는 설계 사항들이 종종 발생한다. 여러 가지의 측면을 고려하고 시스템 측면에서 기술적 사

항들을 연구 종합하여 최선의 선택을 결정한다. 이러한 연구 사항들 중 대표적인 몇 가지를 기술하였다.

### 4.1 광학계 설계 연구

광학계는 PAN과 MS의 두 가지 센서를 수용하도록 설계되었다. 여러 가지의 설계 방안이 마련되었었으며, 그 중에서 두 가지 설계방안이 최종적으로 검토되었다. 첫 번째 방안은 동일한 광학계를 이용하는 설계 방안 (단초점 광학계)이고, 두 번째는 서로 다른 결상계를 가진 광학계의 방안 (양초점 광학계)이었다.

두 광학계를 비교, 검토한 결과가 표2에 있다. 단초점 광학계는 광학 설계가 용이한 반면에 양초점 광학계는 설계가 복잡해지고 무게가 증가하는 단점이 있다. 그러나 MS의 SNR이 좋고 전력소비가 적다는 장점 때문에 양초점 광학계를 선택하게 되었다.

표 2 단초점 광학계와 양초점 광학계의 비교

항목	단초점 광학계	양초점 광학계
초점거리	PAN과 MS가 동일	PAN과 MS가 다름
광학적 특성	설계가 용이하다	설계가 복잡하다 MS의 SNR이 좋다
구조적 특성	간단하다. 가볍다	복잡하다. 무겁다
전력소비	많다	적다

### 4.2 Radiometric resolution 연구

Radiometric resolution은 원래 화소 하나당 8bit로 개념을 잡았으나 10bit로 향상

시키는 방안이 연구되었다. 그 장단점이 표3에 제시되었다. 10bit의 설계는 전자 부품을 더 많이 사용해야하고 전력소모가 많아지는 단점에 비해 설계가 간단해지는 장점이 더 큰 것으로 판명되어서 10bit/화소를 이용하기로 결정되었다.

표 3 8bit과 10bit 비교

	8 bit / 화소	10 bit / 화소
장점	데이터의 크기가 작음 Line rate 높일수 있음 DCSU와 접속설계가 간단함	설계가 간단함
단점	설계가 복잡함	전자 부품이 많아짐 전력 소모가 커짐

#### 4.3 태양광 차단 연구

다목적 실용위성 2호의 궤도 중에 태양광이 직접 MSC의 광학부에 일부 조사되는 시간이 있는 것으로 분석되었다. 이러한 경우에 광학부의 온도가 올라가서 성능에 영향을 미칠 수 있게된다. 이것을 방지하기 위해 주로 세가지 방안이 논의되었다. 위성의 자세를 조정하는 방안, 외부 태양광 차단장치를 붙이는 방안, 내부 태양열 차단장치를 붙이는 방안이다.

일반적으로는 외부 태양광 차단장치를 이용하는 방안이 많이 이용되나, 다목적 실용위성 2호의 경우 RF 안테나의 발신 범위에 지장을 주게되고 위성의 조립시험시에 문제점이 지적되었다. 위성의 자세를 조정하는 방안은 구조적인 차단장치를 붙이지 않아서 위성의 무게가 증가하지는 않으나 위성의 자세제어가 복잡해진다.

따라서 광학부의 경통 내부에 태양광을 제한하는 차단장치를 설치하는 방안이 고

려되었다. 이 방안은 광학부의 구조 변경을 필요로 하나, 위성체의 설계 변경이 필요 없고 위성체의 형상에는 변동이 없게 된다.

#### 5. 결론

다목적 실용위성 2호에 탑재될 과학관측용 고해상도 카메라는 원격탐사를 위해 유용하게 사용될 것이다. 이 고해상도 카메라는 우주환경에서 목표 수명과 성능을 만족하도록 설계 및 제작될 것이다. 이를 위해서 카메라의 개발에서부터 궤도 운영까지 전 개발과정이 순조롭게 진행되도록 시스템 측면에서의 개발도 계속 수행될 것이다.

앞으로의 계획은 지속적으로 시스템 엔지니어링의 임무와 연구를 수행하여, 요구사항에 부합되도록 점검하고, 부분체 간의 상관성, 위험분석 사항들을 검토한다. 또한 성능 분석 및 조율, 신뢰도 분석, 위험도 분석, 성능과 환경 시험계획 수립 등을 수행한다. 이를 위해서 상세설계를 점검하고 제작을 시행하고 검수, 조립 시험한다.

#### 참고 문헌

1. 백홍열 외24인, 2000, 과학관측용 고해상도 카메라 개발사업, 과학기술부 (제3차년도 연차보고서), N99230.
2. Contract for the Satellite Multi-Spectral Camera (MSC) System for the KOMPSAT-2 Program, 1999, KARI-99-T07.
3. Preliminary Design Review of the Multi-Spectral Camera Program, 2000, Electrooptics Industries LTD.