

# 통신해양기상위성의 기상 탑재체 접속장치 설계

채 태 병\*

## COMS(Communication, Ocean color & Meteorological Satellite) Meteorological Imager Interface Unit(MI2U) Design

Tae-Byeong Chae\*

### 요 약

통신해양기상위성은 기상 및 해양관측과 Ka-대역의 위성통신 서비스 제공을 주요 임무로 하는 정지궤도 위성이다. 이러한 임무 요구사항을 수행하기 위하여, 각 탑재 장치에서 요구하는 전기 및 기계 접속 요구사항을 수용할 수 있는 인터페이스 기능의 필요성이 대두되었다.

본 논문에서는 통신해양기상위성의 기상 탑재체 접속장치의 설계에 관하여 기술하고자 한다. 기상 탑재체 접속장치는 MIL-STD-1553 데이터 버스를 통하여 인공위성 본체를 제어하는 탑재컴퓨터와 기상탑재체 사이의 인터페이스 기능을 담당한다. 또한 전력조절기의 50V 출력을 기상 탑재체 요구 수준인 42V로 변환하는 전력 변환 기능과 탑재체에서 요구하는 인터페이스 및 통신 프로토콜을 수용하고 있다.

**Key Words** : geostationary; satellite; meteorological; payload; interface.

### ABSTRACT

The COMS(Communication, Ocean & Meteorological Satellite) is the geostationary satellite which will be performing three main objectives such as meteorological service, ocean monitoring and Ka-band satellite communications. In order to accomplish these missions, the COMS system needs to implement a specific electrical/mechanical interface functions which are requested by each payload units.

This paper describes a on-board interface hardware design for COMS Meteorological Imager(MI). The Meteorological Imager Interface Unit(MI2U) achieves, through MIL-STD-1553 system bus, the interface between the Spacecraft Computer Unit(SCU) and the instrument which is dedicated to MI. MI2U provides a necessary power input to MI from +50V Power Supply Regulator(PSR), and allows adaptation of the specific payload interfaces and protocol to COMS spacecraft.

### I. 서 론

통신해양기상위성(COMS:Communication, Ocean & Meteorological Satellite)은 기상 및 해양 관측과 Ka 대역을 이용한 통신 서비스 제공을 주요 임무로 하는 정지궤도 위성이다. 이들 주요

임무를 수행하기 위하여 각 탑재체 모듈에 해당하는 고유의 접속 장치의 필요성이 대두되었다. 특히, 기상 탑재체의 경우 다른 탑재체 모듈과 달리 42V 전원을 사용하며 큰 전력 소모가 요구될 뿐만 아니라, 기상탑재체 고유의 명령 및 원격 측정 데이터 접속 기능 및 제어 데이터 접속 기능의 필

\* 한국항공우주연구원 통해기체계팀(tbchae@kari.re.kr)

※ 본 연구는 과학기술부 통신해양기상위성 시스템 및 본체 개발 과제로 수행되었습니다.

요성이 대두되었다. 따라서, 시스템 설계에서 요구되는 전반적인 기계 및 전기적 접속 기능을 제공하기 위한 기상 탑재체 접속 장치, 일명 MI2U(Meteo. Imager Interface Unit) 모듈이 고안되었다.

## II. 기상탑재체(MI) 개요<sup>[1]</sup>

기상 탑재체(이하 MI)는 지구 지표면 및 대기로부터 복사되는 열원을 감지하여 이를 영상으로 환원하는 기상 관측 장치로서 1km의 해상도를 갖는 가시영역 채널과 4km의 해상도를 갖는 적외선 채널이 사용된다. MI는 매 30분 간격으로 전 지구 영역을 촬영할 수 있으며 60초 이내의 시간동안 최소 1000km × 1000km의 영역을 관측할 수 있다. 본 탑재체를 통해 구름의 고도, 구름의 이동, 지표와 해수면의 온도, 황사 정보, 수증기 정보를 통한 가습 강수량등을 관측할 수 있다.

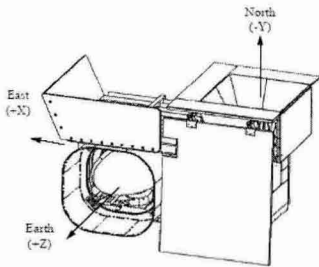


그림 1. 기상탑재체(MI)의 외형

MI는 크게 센서모듈, TCTM 접속 모듈, 전원공급모듈의 세부부분으로 나눌 수 있다.

센서모듈은 광학계, 스캐너, 냉각기 그리고 광학계 전자부로 나눌 수 있다. 원격 명령/측정 자료 접속 및 전원 공급 모듈은 기상탑재체 접속장치(이하 MI2U)로부터 공급되는 42V 입력을 이용하여 자체적으로 필요한 모든 2차 전원을 생성하고 운영에 필요한 명령, 제어, 데이터 처리 회로를 포함한다.

## III. 기상탑재체 접속장치(MI2U)의 개요

MI2U는 내부 데이터 전송채널인 MIL-STD-1553 데이터 버스를 통하여 인공위성의 탑재컴퓨터(SCU: spacecraft computer unit)와 MI 사이의 전기적 접

속기능을 제공하기 위한 모듈이다.

MI2U는 2가지의 주요 기능을 갖는다. 첫째는 인공위성의 전력공급장치(PSR:power supply regulator)에서 제공되는 +50V의 DC 전원을 MI에서 요구하는 +42V로 변환하고 이를 안정적으로 공급하는 것이고, 두 번째 주요 기능으로는 원활한 임무수행을 위하여 비행소프트의 요구에 따라 탑재체의 내부 구성을 재배치하기 위한 제어 명령을 전송하는 것이다<sup>[2]</sup>.

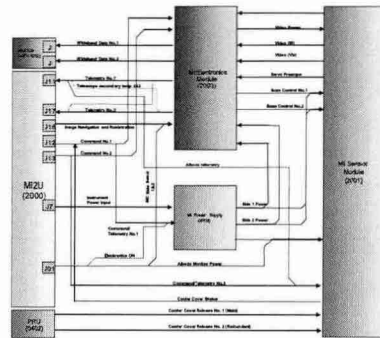


그림 2. MI와 MI2U의 접속도

MI2U는 발사를 포함한 전체 위성의 임무기간동안 동작하므로 이에 대한 부품 선정 및 유닛 수준의 신뢰도 특성 등의 고려가 요구된다.

본 유닛은 내부 잉여성(internal redundancy)를 갖도록 설계되며, 전력 공급 장치, 시스템 데이터 버스 제어기 및 TMTC 접속 기능은 2중화 구성을 갖도록 설계된다.

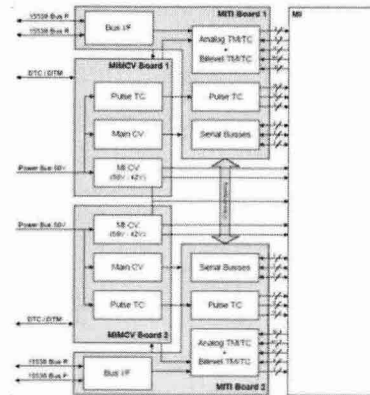


그림 3. MI2U의 내부 구성

## IV. MI2U 설계

### 1. MI2U 기계 접속 설계

MI2U는 그림 4에 보인 바와 같이, 2개의 커버부와 housing 모듈이 적층된 형태로 설계되었다. 적층된 구조물은 tie-rod를 이용하여 고정된다. 이는 열적 변형을 최소화하기 위한 것이다. 적층형으로 구성된 전체 모듈은 위성체 구조에 직접 고정된다. 또한 열 경로를 원활히 제공하기 위하여 전원 공급에 해당하는 MIMCV(MI main CV) 부분을 아랫면에, TCTM을 관찰하는 MITI 부분을 윗면에 각각 배치토록 하였다<sup>[3]</sup>.

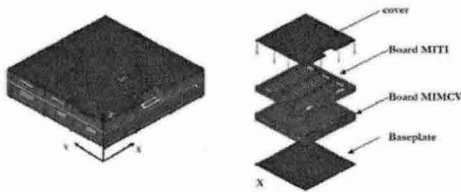


그림 4. MI2U의 기계 구성도

MI2U 구조 설계검증을 위한 해석 결과를 그림 5~그림 6에 도시하였다<sup>[4]</sup>.

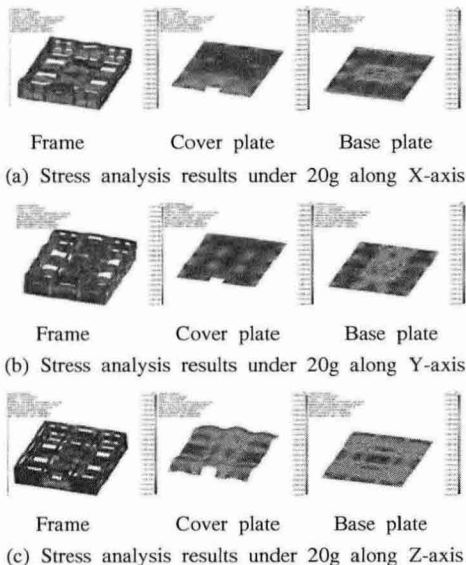


그림 5. Stress analysis result

그림 5는 MI2U housing 에 대한 stress 해석 결과를 나타낸다. 발사환경에서 housing의 충격량을 최대 20g 로 가정하여 해석한 것으로 그 결과를 정리하면 표 1과 같다.

표 1. Stress 해석 결과

	20g on X-axis	20g on Y-axis	20g on Z-axis	Margin of Safety
Frame (AA6082)	4.4MPa	4.5MPa	8.5MPa	MS = 27
Cover (AA2618A)	1.6MPa	0.8MPa	5.4MPa	MS = 68
Base Plate (AA2618A)	0.9MPa	0.6MPa	2.4MPa	MS = 155

MI2U 설계 요구사항과 같이, 최악의 조건을 20g로 고려할 경우 모든 방향에서의 Margin of safety는 양호한 마진을 갖고 있음을 확인하였다.

### 2. MI2U 전기 접속 설계

MIMCV(MI Main CV) 부는 cold-redundancy 개념으로 설계되었다. 이 부분은 전력조정기(PSR)에서 공급되는 50V의 1차 전원을 이용하여 크게 3가지 기능을 수행한다.

- MI에서 요구하는 42V의 2차 전원으로 변환
- MI2U에 사용되는 모든 2차 전원 생성
- 기상 관측 임무를 위해 요구되는 다양한 탑재체 내부 구성 변경을 위한 펄스형 명령 지원

각각의 기능은 탑재컴퓨터에서 전달되는 직접 명령(Direct TC) 또는 1553 명령에 의하여 제어되며 그에 해당하는 상태데이터를 1553 데이터 버스 또는 matrix 접속 회로를 통해 탑재컴퓨터로 전달한다.

MITI(MI TC/TM Interface)부 역시 cold redundancy 형태로 설계되었다. MITI의 주요기능은 MIL-STD-1553 버스접속기능, A/D 변환기능, TC/TM 접속 및 직렬 데이터 접속 기능 지원 등이다.

MITI는 26V 레벨의 총 31개의 펄스 명령(PTC: pulse commands)과 2개의 IMC(image motion compensation) 아날로그 신호를 MI로 전달한다. 아울러, MI 상태 관측을 위한 총 36개의 bi-level TMs, 41개의 differential voltage TMs, 4개의 analog servo errors signals, 1개의 thermistor temperature TM을 탑재컴퓨터에 측정 및 전달한다.

그림 6은 MIMCV 중 MICV 에 대한 상세 블록도를 나타낸다. 전력소모를 가능한 줄이기 위하여

non-isolated DC/DC 전력변환기를 적용하여 50V의 1차 전원으로부터 42V의 2차 전원을 생성 및 공급토록 한다<sup>[5]</sup>.

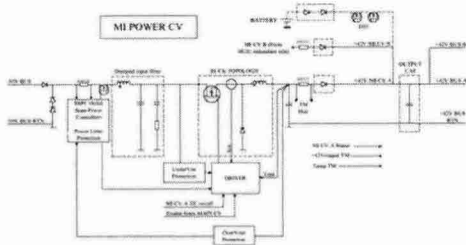


그림 6. MI 전력 변환기의 구성

MI 전력 변환기는 높은 전력효율을 위하여 “BUCK converting” 기법을 적용하였다. 그림 6의 구성을 통해 42V의 2차 전원선에서 최대 16.4A의 전류를 구동 및 공급할 수 있었다. 그러나 MI2U 내부에서 발생하는 열 제한사항을 고려하여 최대 정상상태 전류 레벨을 9.7A로 제한하였다.

또한, 각 MI 전력 변환기는 임무 말기(EOL:end of life)를 고려할 때 ORING 다이오드 다음 단에서 41V~43V의 출력력을 유지하기 위하여 약 42.2V 로 정류된다.

이로부터 MI에서 소모되는 총 전력은 약 405[Watts] 정도이며 EOL 시점에서의 MI 운영을 고려할 때 적절한 수준임을 확인할 수 있었다.

전원선 보호를 위한 수단으로 SSPC(solid-state power converter) 회로가 사용되었다. 일반적으로 전원선을 보호하기 위하여 퓨즈 또는 전류 제한회로 등이 사용되고 있으나, MI CV 특성상 9.7A 정도의 높은 전류레벨이 발생되므로 50%의 derating 을 고려하여도 약 20A 정도의 용량을 갖는 퓨즈가 요구되며 이는 인공위성의 접속 요구 규격에 부합하지 않는 것이었다. MI CV에 사용된 SSPC의 경우, 과전류가 발생할 때 자동적으로 차단되어 MI 로의 2차 전원 공급을 중지시키므로 퓨즈를 사용한 전원선 보호 방법과 유사한 효과를 얻게 된다.

또한, MI 탑재체의 내부 단락의 경우 MI CV 로 부터 최소 9.7A 이상의 과전류가 순간적으로 유입되어 탑재체가 손상될 가능성이 있다. 이 경우 MI 내부에 내장된 퓨즈를 끊기 위한 수단으로 배터리 전원을 사용하도록 하였다. 이는 기존의 설계 개념에서 이 정도의 큰 전류 용량을 발생시

킬 수 없기 때문이다. 배터리 전원의 On/Off 명령은 MIn CV가 On 상태인 경우만 동작하도록 하였다<sup>[5]</sup>.

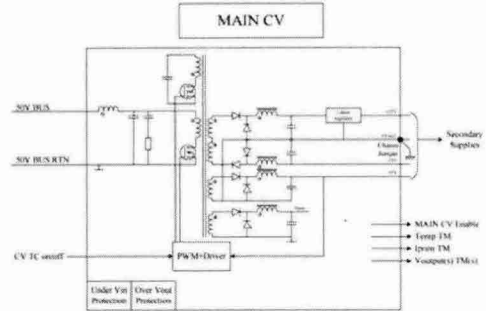


그림 7. 주 전력 변환기의 구성

그림 7은 MI2U Main CV의 구성을 도시한 것이다. 이 DC/DC 변환기는 MI2U 내부에서 사용되는 2차 전원을 생성 및 공급하는 기능을 수행한다.

Main CV는 약 12W 이하의 저전력 변환기에 해당하므로, 1A 용량의 외부 퓨즈를 사용하여 전원선을 보호하였다. +15V의 2차 전원선은 linear post regulator를 채용하여 1553 데이터 통신중에도 안정적인 1553 데이터 버스 전류를 공급토록 하였다.

그림 8은 펄스 명령 생성기의 구성을 나타낸다. 이 회로는 50V의 1차 전원으로부터 약 100msec 폭을 갖는 26V 레벨의 펄스 명령을 발생시키는 기능을 수행한다. 총 31개의 펄스 명령이 생성되며, 이중 13개의 펄스 명령은 “critical PTC” 또는 “secured PTC”로 사용된다.

이 13개의 펄스 명령은 2개의 명령을 통해서만 동작 가능하다. 즉, 내부 FPGA에서 구동되는 “Arm” 과 “Fire” 형태의 독립적인 명령으로 동작된다<sup>[5]</sup>.

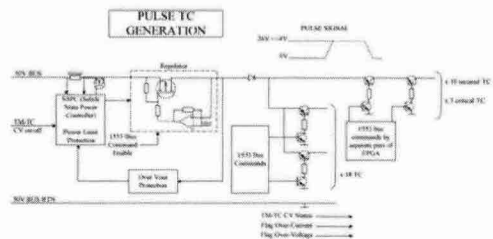


그림 8. 펄스 명령 생성기의 구성

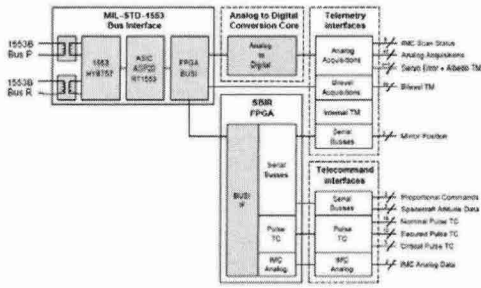


그림 9. MITI 부의 구성도

MITI 부는 Main CV 로부터 공급되는 2차 전원을 이용하여 동작된다. 이중화 구성 사이의 cross-strapping은 MI 내부 구성에 따라 구현되었다. 하나의 보드에 이중화 형태로 설계되었지만, nominal 과 redundancy 부분은 전기적으로 완전히 분리토록 하여 failure propagation 을 배제하였다.

MITI 총 31개의 펄스 명령 신호, 위성의 자세 정보 데이터, 탑재체의 mirror position 명령 및 proportional 명령등을 SBIR (Serial Bus Interface & Ramp) FPGA를 통하여 발생시킨다. 또한, IMC 아날로그 데이터, IMC source selection, 42V bi-level 명령을 생성하는 기능을 갖는다.

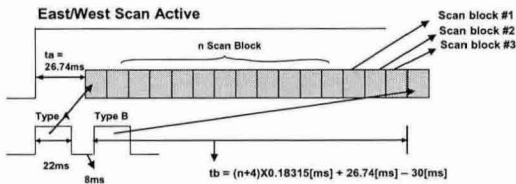


그림 10. OBT 와 자세 정보에 대한 타이밍 다이어그램

MI를 통해 획득된 영상 데이터는 탑재체 전송 장치를 통해 지상으로 전송된다. 임무 운영 개념에 따라 지상으로 전송된 데이터는 고유의 처리 프로그램을 이용하여 영상 보정등의 후처리 과정(post processing) 을 거치게 되며, 이 과정에서 데이터의 획득 시간 및 그에 해당하는 위성의 자세 정보가 요구된다<sup>6)</sup>.

그림 10은 위성의 탑재 시간(OBT:on-board time) 과 자세 정보에 대한 타이밍 다이어그램을 나타낸다. OBT는 탑재컴퓨터 내부의 20MHz 기준 클럭 으로부터 발생하는 총 32bit 정보 중 23bit 만을 사용하며, 정밀도는 약 100msec에 해당한다. 자세 정

보는 100msec 주기로 표본화되는 FOG(fiber optic gyro) 센서와 IRES(infra-red earth sensor)의 출력을 hybrid 형태로 재구성한다. 자세 정보 데이터는 각 x, y, z 축에 대하여 32bit 로 할당된다.

각 OBT 정보와 자세 정보는 비행소프트웨어를 통해 포맷된 후 탑재컴퓨터에서 MI2U로 전달된다. 이 과정에서 88bit의 제한된 길이를 갖는 총 2개의 패키지가 생성되며 각 패키지의 구성은 다음과 같다.

- Packet A (memory load address A) :1bit for packet type (A type), 23 bits time stamp, 32 bits X attitude, 32 bits Y attitude
- Packet B (memory load address B) :1bit for packet type (B type), 23 bits time stamp, 32 bits Z attitude, 32 bits Y attitude.

여기서,

- ▷ Time stamp: 19LSB of on-board-time followed by 4 bits coding the 100ms period count.
- ▷ 32 bits X attitude: hybridized gyro/IRES.
- ▷ 32 bits Y attitude: hybridized gyro/IRES.
- ▷ 32 bits Z attitude: hybridized LIASS/IRES.

이 정보들은 MI2U의 내부 레지스터에 저장되며, 탑재체에서 발생하는 EW(east-to-west) scan active 신호의 rising edge에 동기를 이루며 MI로 전송된다. 이때, 탑재체 요구사항에 따라 패키지 A 와 패키지 B 정보는, 그림 10과 같이 22msec의 주기를 갖도록 설계되며 두 패키지 사이의 지연시간은 8msec로 설계되었다. MI 로 전달된 후, 패키지 A 정보는 영상 정보 프레임의 header 부분에, 패키지 B 정보는 trailer 부분에 자동적으로 배치되며 이는 MI를 통해 내부적으로 수행된다.

총 88bit 길이를 갖는 2개의 패키지 정보를 전달하기 위하여 6개의 16bit길이를 갖는 명령이 100msec 주기로 수행되어야 한다. 할당된 OBT 와 자세정보를 모두 전달하기 위한 최소 시간은 약 400msec 가 소요된다.

EW scan active 신호로부터 패키지 A 까지의 지연 시간은  $t_{A,MI}=26.74ms$  이며 패키지 B 까지의 지연시간은 약  $t_{B,MI}=26.74-30+(n+4)*0.18315ms$ (n=number of active scan data blocks for one image line) 정도이다. 최소 크기의 영상, 즉 1000km × 1000km 를 고려할 경우 n = 437 이며  $t_{B,MI}=77.5msec$  이므로, 패키지 A 와 B 의 정보가 동일한 영상 데이터 프레임이 배치될 때 상호 중첩되거나 충돌할 가능

성은 없는 것으로 분석되었다.

그림 11은 MI2U의 아날로그 접속도를 나타낸다. EMC 관점에서 아날로그 채널의 CM (common mode), DM(differential mode) 및 harness coupling 특성을 분석하여 다른 인접한 접속 채널로의 영향성 유무를 검증하였다. MI2U의 경우 모든 아날로그 채널은 single-ended 형이므로 CM 만을 고려한다[7].

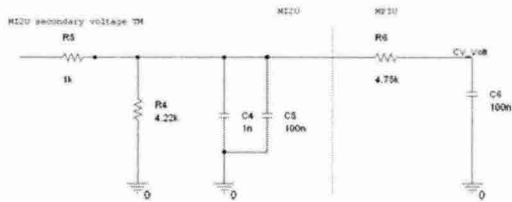


그림 11. MI2U 아날로그 접속도

그림 12와 그림 13은 CM 및 harness coupling 특성을 해석한 것이다. CM의 경우, PSR의 동작 주파수인 100kHz에서 약 -85.6dBV이므로 영향성은 미약한 것으로 분석되었다.

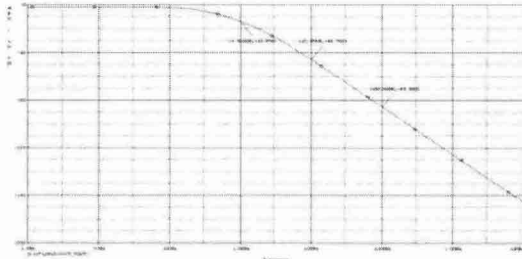


그림 12. MI2U 아날로그 채널의 Common mode 특성

Harness coupling 특성은 최대 -31dBV로서 인접한 채널로의 결합 정도는 EMC 측면에서 고려할 경우 허용 가능한 수준인 것으로 분석되었다.

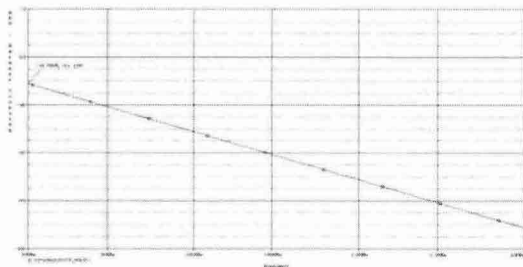


그림 13. MI2U 아날로그 채널의 Harness Coupling 특성

## V. 결론

지난 2005년 8월부터 개발에 착수한 통신해양기상위성은 국내에서 개발되는 최초의 정지궤도위성으로, 24시간 기상 및 해양관측과 통신서비스 제공을 주요 임무로 하고 있다. 본 위성에는 기상관측과 해양관측을 위한 광학카메라가 탑재되고 순수 국내기술로 개발된 통신 중계기가 실리게 된다. 기상 관측 탑재체(MI)의 해상도는 가시영역은 1km이며 적외선영역은 4km로 구름의 고도, 구름의 이동, 지표와 해수면의 온도, 황사 정보, 수증기 정보를 통한 가능 강수량 등을 관측할 수 있다.

기상 탑재체 고유의 기계적/전기적 접속 요구사항을 수용하고 충분한 제어 및 관리 기능을 확보하기 위한 일환으로 기상 탑재체 접속장치(MI2U)를 개발하였다.

본 논문에서는 본 접속 장치의 설계 개념 및 동작 개념을 소개하고 각 설계 과정에서 수행된 설계 검증 결과를 기술하였다.

현재 개발모델(EM:engineering model) 제작이 완료되었으며, 기상 탑재체와의 전기 접속 성능을 평가하기 위한 MI-MI2U coupling 시험을 계획 중이다.

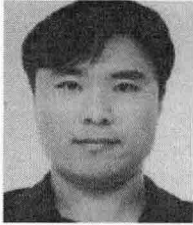
## 참고문헌

- [1] MI Technical Description, "COMS.TN.00033. DP.T. ASTR 2/0", 2005.
- [2] MI2U Design Description, "COMS-MI2U-DA-DA0020052-V-ASTR 00/01", 2006.
- [3] MI2U Mechanical ICD, "COMS-MI2U-NT-DA0020377-V-ASTR", 2006.
- [4] MI2U Mechanical Analysis Report, "COMS-MI2U-AM-DA00230378-C-ASTR", 2006.
- [5] MI2U Electrical ICD, "COMS.MI2U.ICDE. DA0020051.V. ASTR", 2006.
- [6] TCR DHS Design Description for COMS, "COMS.DDD. 00001.DP.T.ASTR", 2006.
- [7] COMS DHS Interface Compatibility Check, "COMS.TN.00015.DP.T.ASTR", 2006.

## 저 자

---

채 태 병(Tae-Byeong Chae)



1993년 2월 : 단국대학교 전자  
공학과 졸업

1995년 2월 : 단국대학교 전자  
공학과 석사

1995년 3월~현재 : 한국 항공  
우주연구원 선임연구원

<관심분야> 전자공학, 위성통신공학, 초고주파공학