

# 다목적실용위성 2호기의 통신 부호화기 구현

\*이상택, 이종태, 이상규

한국항공우주연구원

e-mail : [stlee@kari.re.kr](mailto:stlee@kari.re.kr), [jtlee@kari.re.kr](mailto:jtlee@kari.re.kr)

## Implementation of Communication Unit for KOMPSAT-II

\*Sang-Taek Lee, Jong-Tae Lee, Sang-Gyu Lee

Korea Aerospace Research Institute

### Abstract

The Channel Coding Unit (CCU) is an integral component of Payload Data Transmission System (PDTS) for the Multi-Spectral Camera (MSC) data. The main function of the CCU is channel coding and encryption. CCU has two channels (I & Q) for data processing. The input of CCU is the output of DCSU (Data Compression & Storage Unit). The output of CCU is the input of QTX which modulate data for RF communication. In this paper, there are the overview, short H/W description and operation concept of CCU.

본 논문에서는 기 제작된 다목적실용위성 2호기 CCU에 관하여 입력 데이터의 처리과정, CCU의 역할, 운용방법등을 중심으로 소개한다.

표I. KOMPSAT-II Mission Profile

Resolution	PAN	1 m
	MS (4 Bands)	4 m
Swath	15 Km	
Data Rate(required)	Image	1.2 Gbps
	Overhead	0.4 Gbps

### I. 서론

다목적실용위성 2호기의 PDTS는 탑재체인 MSC가 우주에서 관측한 영상자료, 영상보조자료(Ancillary Data) 및 OBC Data를 CCSDS에 따라 X대역의 RF 링크를 통해 전송하는 역할을 수행한다.

다목적실용위성 2호기에서는 다음 표I과 같이 1호기와 비교하여 매우 우수한 공간분해능을 갖는 1M급 영상자료를 관측한다. 따라서 1호기와 비교하여 약 MSC 센서의 영상 데이터는 1 Gbps를 크게 상회하므로 대용량 데이터 처리 능력을 필요로 한다.

### II. CCU의 역할

PDTS는 그림1과 같이 크게 영상센서로부터 데이터를 입력받아 데이터를 압축, 저장하는 DCSU와 데이터를 지상으로 전송하기 위한 Data Link System(DLS)으로 구성된다.

DLS는 크게 채널 코딩을 수행 하는 Channel Coding Unit(CCU)와 RF 링크를 구성하는 QTx(트랜스미터)와 안테나 관련 유닛으로 이루어져 있다.

CCU는 Primary와 Redundancy 두개의 유닛으로 구성되어 있으며 각각의 유닛은 "cold-redundancy"에 따

라 PMU에 의하여 운용된다.

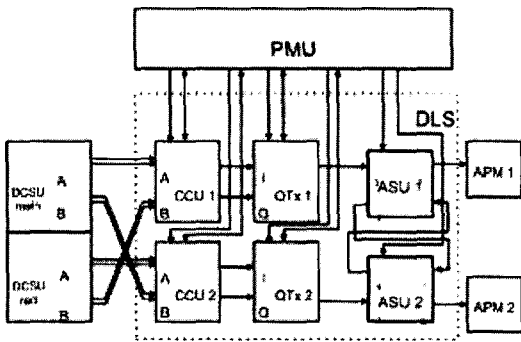


그림1. CCU in PDTS

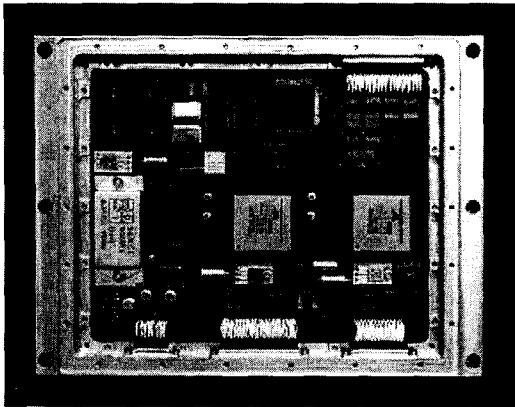


그림2. CCU

### III. Overview of CCU

#### 3.1 CCU의 인터페이스

CCU는 다음 그림 3과 같이 DCSU, QTX, PMU의 SBC, PMU의 THTM 4개의 인터페이스를 가지고 있다.

PMU의 SBC와 RS-422 인터페이스를 사용하여 CCU에 제어하는 명령어와 그와 관련된 데이터를 주고받는다. SBC의 THTM은 CCU를 On/off하며 상태정보를 수집하는 인터페이스이다.

CCU는 DCSU의 출력 데이터를 I, Q 두 개의 채널을 통하여 Hotlink 인터페이스를 사용하여 데이터를 입력받는다. 데이터를 입력 받은 이후 데이터는 암호화, 채널코딩 및 CCSDS Packetizing 과 같은 일련의 자료처리 과정을 수행하고 I, Q

두 개의 LVDS 인터페이스를 사용하여 출력한다.

입력 Hotlink 인터페이스 자료 전송률은 I, Q 채널 각각 138.51 Mbps이며, 출력 LVDS 인터페이스의 자료 전송률은 I, Q 채널 각각 160 Mbps이다.

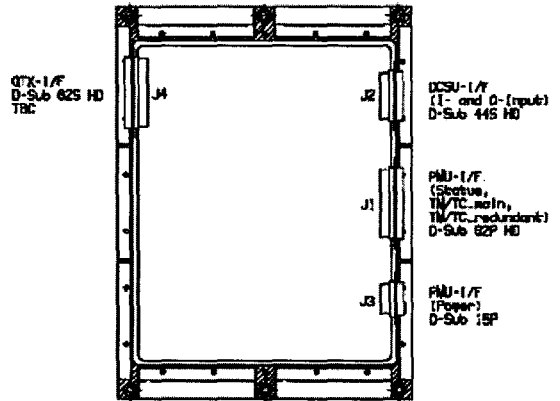


그림3. CCU의 인터페이스

#### 3.2 데이터 암호화

다목적실용위성 2호기에서는 1호기와 비교하여 매우 우수한 공간분해능을 갖는 1M급 영상자료를 관측한다. 이러한 지상관측 영상은 그 자체가 매우 중요한 정보가 되며 이에 따라 우수한 품질의 영상자료에 대한 보안의 문제가 발생한다. 따라서 2호기에서는 1호기와 달리 데이터의 암호화를 수행하여야 할 필요성이 제기 되었으며 이러한 보안 정책의 일환으로 위성 통신시스템에서 암호화를 수행한다.

이러한 암호화는 CCU에서 담당하였으며 CCU에서 데이터를 암호화 하는 방법은 DES 계열의 IDEA 알고리즘을 사용하였다. IDEA 알고리즘은 64 Bit 블록 암호화 방식으로 128 비트 비공개 Key를 사용하는 알고리즘이다.

CCU의서 암호화는 DEM(Data Encryption Module)에서 수행한다. DEM 입력되는 데이터는 64 비트 단위의 데이터 블록으로 나누어져 128 비트의 Key에 의해서 암호화된다.

64 비트 데이터 블록은 4개의 16 비트 블록으로 나누어지며 128 비트 Key에서부터 생성된 52 개의 16 비트 Key를 사용하여 8단계의 암호화가 이루어진다. IDEA 알고리즘은 DES 알고리즘과 같이 RSA와 같은 Private Key 알고리즘에 비하여 빠른 암호화가 가능하며 54 Bit Key를 사용하는 DES에 비해 강력한 암호화 성능을 가졌다.

암호화와 관련 CCU는 데이터 패킷에 "CCU Encryption Field"와 "Key Pair Number" 두 가지 데이터 영역을 CCU의 패킷 헤더에 구성하였다. "CCU Encryption Field"는 CCU에서 암호화를 수행했는가에 관한 2 비트 정보를 지상국으로 전달할 수 있다. 또한 사용한 암호열쇠에 대한 정보를 "Key Pair Number" 영역을 사용하여 지상국으로 전달한다. "Key Pair Number"는 역시 2비트 값으로 정의되며 이용 가능한 암호 열쇠의 위치 정보를 포함하고 있다.

### 3.3 CCSDS Packetizing

CCU의 CCSDS 패킷은 버전1에 근거한 변형된 형태의 Telemetry를 사용한다. 재 수정된 주된 이유는 280Mbps의 전송률로 전송되는 MSC 영상데이터 및 보조데이터를 RF 링크의 대역폭 322.5 MHz에 맞추어 패킷타이징하기 위하여 패킷 헤더와 RS부호화 블록에 점유되는 오버헤드를 줄이기 위하여 전송프레임의 구조를 변경할 필요했기 때문이다.

CCU에서 사용되는 CCSDS 패킷타이저 모듈은 CCU의 CCC(CCU제어부)에서 입력되는 데이터를 기반으로 MSC영상 데이터를 기반으로 하는 RS 부호화된 CCSDS 패킷을 구성한다.

### 3.4 채널 코딩

위성과 지상국사이의 RF 링크를 통하여 자료전송 과정에 데이터가 잡음에 오염되면, 지상에서 이 정보를 복원하는데 어려움이 발생한다. 이를 방지하기 위하여, 위성에서 미리 자료를 부호화하여 전송하면, 자료전송 오차를 낮출 수 있다. 즉 이러한 통신 채널의 오류 확률을 낮추어 개선하는 부호화를 채널 코딩이라 하는데 CCU 본연의 목적은 이러한 채널코딩에 있다고 할 수 있다. 다목적 실용위성 2호기의 CCU에서는 채널코딩으로 1호기와 같이 CCSDS에서 권장하는 RS 부호화를 사용한다. 다만, MSC의 영상 데이터의 증가에 따라 1호기에서 사용된 RS(255, 223) 부호화를 5모듈로 확장하여 중첩하는 방식으로 RS 부호화를 수행한다 즉 5개의 부호화기를 병렬구조로 사용하여 동시에  $223 \times 5 = 1115$  바이트의 데이터를 부호화 하며  $32 \times 5 = 160$  바이트 크기의 신드롬을 사용한다.

### 3.5 CCU Pipeline

CCU Pipeline은 CCU에서 수행하는 자료처리 과정인 데이터의 암호화, CCSDS 패킷타이징, RS 부호화

와 같은 일련의 자료처리과정 설계한 모듈을 말한다. Pipeline은 크게 자료처리 모듈과 제어모듈 그리고 데이터 입출력 모듈로 구성된다. 자료처리 모듈은 CCSDS Packetizer, 암호화기, RS 부호화기로 이루어졌다. 각 자료처리 모듈사이에는 FIFO를 버퍼로 하여 일련의 자료처리과정이 가능하도록 설계되었다.

Pipeline을 제어함으로써 실질적인 자료처리과정을 수행하는 CPC(CCU Pipeline Controller)는 CCU의 제어명령을 받아 연속적으로 이루어지는 데이터 처리 과정을 수행함으로써 CCU의 제어부는 외부 PMU의 제어에 따라 CCU 내부 제어에 전념하도록 부하를 줄여준다.

CCU에는 I, Q 두개의 데이터 처리 Pipeline이 존재하며 각각의 Pipeline은 독립적으로 동작한다.

### 3.6 CCU Emergency

CCU는 Full Redundancy를 가지도록 설계 되었다. 즉 그림 1에서와 같이 CCU는 Primary와 Redundant 두개의 CCU가 존재하며, 또한 CCU와 연결되는 PMU, DCSU, QTX, Power Supply와 CCU는 Primary-Primary, Redundant- Redundant, Primary-Redundant, Redundant- Primary의 조합을 갖도록 교차 연결되어 있다. 따라서 어느 한 부분품의 파손 및 오동작으로 인한 CCU의 오류를 막도록 설계되었다.

CCU내부에서는 이와는 별도로 Single Event Upset을 막기 위하여 EDAC(Error Detection And Correction)이 사용되었다. EDAC은 다음그림과 같이 8bit data에 대하여 5bit check word를 사용하여 모든 single error를 발견하여 수정 할 수 있으며 모든 double error를 찾아내며 일부의 triple error를 찾아낼 수 있다.

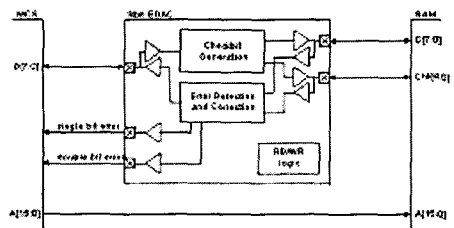


그림4. CCU의 EDAC

또한 Watchdog Timer를 사용하여 S/W Crash를 찾아낸다. 만약 Watchdog Timer가 S/W malfunction 발생 찾아내면 CCU를 리셋한다.

CCU의 전력계에는 Inrush current limiter가 입력되는 전류의 피크 값이 3.0A이하로 제한하여 CCU를 보호하도록 설계되었다.

#### IV.CCU의 환경 시험

CCU는 진동시험, 충격시험, 열진공 시험, EMI/EMC 등과 같은 환경시험을 수행하였다.

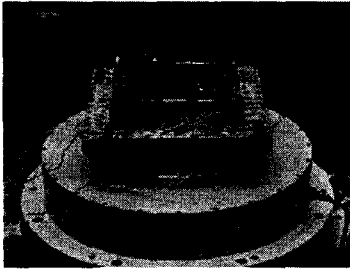


그림5. CCU 진동시험

CCU의 검증을 위하여 다음과 같은 검증장비(EGSE)가 사용되었다.

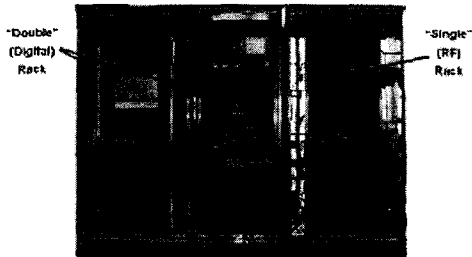


그림6. CCU 검증장비

환경 시험시 소모 전력의 | 특이 사항이 발견 되었는데 CCU는 스텐바이 모드에서 5W, 디폴트 모드에서 8.9W 그리고 전송모드에서는 암호화를 수행여부와 이 때 사용되는 암호 열쇠의 종류에 따라 낮은 엔트로피를 갖은 암호 열쇠의 경우 14W, 높은 엔트로피를 가진 정상적인 암호 열쇠의 경우에는 23.5W의 전력 소모를 보이고 있다.

또한 CCU는 입력전력을 24V~38V로 선택 될 수 있는데 입력 전력에 따라 소모 전력의 변화된다. 현재 실험치는 32V의 입력 전력에 최소 전력 소모를 보이고 있다.

#### V. 결론

CCU는 현재 모든 환경 시험을 마치고 DLS의 부분품으로써 조립되어 있다. 조립된 CCU는 DLS의 부분품으로써 위성 자료의 지상 전송을 위한 기능을 시험하게 된다.

#### 【참고 문헌】

1. KOMPSAT-II MSC Payload Equipment Specification
2. CCITT T.81, "JPEG Standards"
3. CCSDS 701.0-B-2, "Advanced Orbiting Systems, Networks, and Data Links: Architectural Specification," Nov., 1982,
4. CCSDS 101.0-B-3, "Telemetry Channel Coding"
5. CCSDS 101.0-B-3, "Packet Telemetry"
6. Shu Lin/Daniel J. Costello, JR., "Error Control Coding". Prentice-Hall, 1983

본 논문은 과학기술부, 산업자원부, 정보통신부가 지원하고있는 다목적실용위성개발사업의 연구개발 결과입니다.