

다목적실용위성 2호 메모리 구조와 운영

이종태, 이상규, 이상택, 이도경
한국항공우주연구원 위성응용그룹
전화 : (042) 860-2524 / 팩스 : (042) 860-2605
H.P 번호 : 011-9805-7468

The Structure and Operation of KOMPSAT-II Memory

Jong-Taek Lee, Sang-Gyu Lee, Sang-Taek Lee, Do-Kyoung Lee
Satellite Application Department, Korea Aerospace Research Institute
E-mail : jtleee@kari.re.kr

Abstract

The KOMPSAT-II has a MSC(Multi-Spectral Camera) payload for earth observatory. The image data acquired during the pass over the Korean Peninsula can be sent to the ground station directly. But the image data out of the contact range should be stored temporarily for later transmission. The KOMPSAT-II has a device for this purpose called the DCSU(Data Compression and Storage Unit) and the DCSU also performs compression functions for saving storage space and transmission time to send image data to the ground station. In this paper, we'd like to introduce the DCSU memory structures and operation.

I. 서론

다목적실용위성 2호기는 지상관측위성으로 1 m급의 해상도를 가지는 Panchromatic 카메라와 4 개의 4 m 급의 해상도를 가지는 Multi-spectral 카메라를 가지고 있다. 지상국과의 직접 통신이 가능한 한반도 상공에서는 영상획득과 지상국으로의 자료전송을 동시에 수행하는 실시간 임무가 가능하지만, 지상국 교신 범위 밖의 관측 임무는 시간제어 방식에 의해 미리 올려진 명령어 집합을 가지고 임무를 수행하게 되며 획득한 자료를 위성에 임시로 저장할 장치가 필요해진다. 예외적으로 이러한 임시 저장장치가 없는 이스라엘의 EROS A1과 같은 위성도 존재한다.

다목적실용위성 2호기에는 자료저장 임무를 위하여, 위성의 저장공간과 지상국과의 통신시간을 줄이기 위해 압축기능을 함께 가지고 있는 DCSU (Data Compression & Storage Unit)을 가지고 있다. DCSU는 총 128 Bits의 초기 운용 가능한 저장공간을 제공하고 있으며, 자료에 대한 읽고/쓰기는 2 Mbits 크기의 Sector 단위로 파일 형태로 이루어진다. 하지만, 메모리 용량에 대한 관리는 8 Gbits 크기의 Cluster 단위로 이루어져 고장 난 메모리 영역에 대한 지상국의 교

체 작업은 Cluster 단위로 이루어진다.

본 논문은 다목적실용위성 2호기 DCSU의 메모리 구조 특징과 이의 운영방식에 대하여 소개하고자 한다.

II. DCSU 메모리

DCSU는 위성에서 획득한 자료를 압축하고 저장하기 위한 장치로 영상을 촬영하는 카메라와 자료전송을 위한 CCU(Channel Coding Unit) 사이에 위치해 있는 자료전송시스템(Payload Data Transmission Sub-system)의 한 부분이다. 각기 72 Gbits 크기를 갖는 메모리보드 두장으로 이루어져 총 144 Gbits의 메모리 용량을 가지고 있으며, 이중 16 Gbits은 우주환경 속에서 발생할 수 있는 메모리 결함에 대비한 예비영역이다. 예비장치는 다른 유닛처럼 별도의 Box 형태로 구성되어 있지 않았고 한 Box 내부에 예비 카드가 존재하는 Hot Redundant 형태로 되어 있다. 16 개의 클러스터로 이루어지는 128 Gbits가 실제 운영에 사용되어지는 메모리 크기이다. DCSU는 다목적실용위성 2호기에 실 있는 Panchromatic 카메라 6 개 채널과 Multi-Spectral 카메라 4 밴드 영역, 2 개 채널에서

Hot-Link 인터페이스를 통해 들어오는 영상자료를 1.6 Gbps 속도로 실시간 처리한다. 자료저장 공간의 절약과 지상국과의 전송시간을 단축하기 위해 만들어진 압축기능은 DCSU 입력단과 메모리 저장단 사이에 위치하며 필요에 따라 압축에 사용되어지는 파라미터들을 변경할 수도 있으며, 압축 자체를 생략할 수도 있다. 하지만 영상자료의 획득과 지상국으로의 자료전송이 동시에 실시간으로 이루어지는 Direct Imaging 경우에 있어서는 X-Band 전송대역의 한계로 인해 압축기능은 필수적이다.

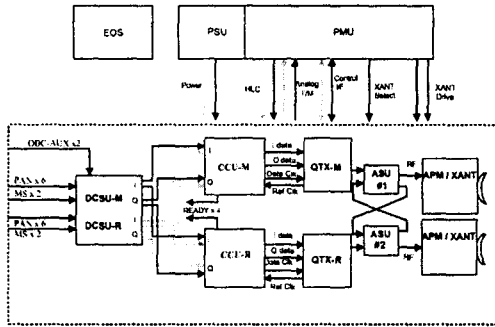


그림 1 다목적실용위성 2호기 자료전송시스템
Fig. 1 KOMPSAT-II PDS

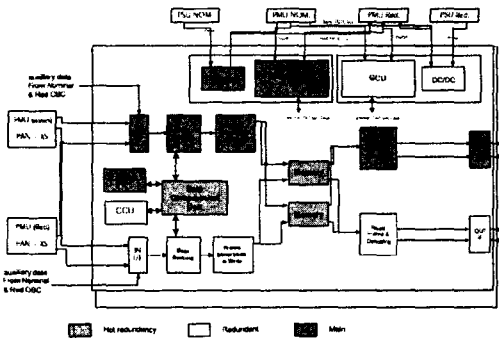


그림 2 DCSU 블럭도
Fig. 2 DCSU Block Diagram

다목적실용위성 1호기에서는 위성자료를 각기 임의의 크기로 분할된 메모리에 저장하고 읽기와 쓰기 포인터를 조정하여 임무를 수행한 반면, 다목적실용위성 2호기는 카메라에서 얻은 영상자료와 위성본체 컴퓨터에서 RS-422 인터페이스를 통해 들어오는 백업용 위성자료들을 모두 파일형태로 저장하게 된다. 카메라 영상은 총 8 개 입력채널을 통해 DCSU에 들어오게 되고 각기 하나의 파일을 생성하게 되며 한 임무실행도중 생성된 파일들은 풀더라는 개념이 도입되어 한꺼번에 읽어 들일 수 있는 기능도 제공한다. 하나의 파

일에 대하여 Offset과 크기를 가지고 특정 부분만을 읽어 들일 수도 있다.

파일은 8 개의 클러스터가 모여 만드는 섹터단위로 저장되며, 클러스터는 그림 3과 같이 4 개의 2 Gbits 메모리 모듈과 이를 제어하는 하나의 MING2 ASIC (Application Specific Integrated Circuit)으로 구성되어 있다. MING2 ASIC은 메모리 입출력 및 관리를 담당하고 있으며, 내부적으로는 그림 5와 같이 쓰기과 읽기, Refresh가 반복되어지는 임무를 수행한다.

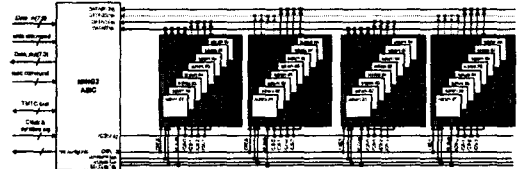


그림 3 Cluster의 구성 블럭도
Fig. 3 Cluster Configuration

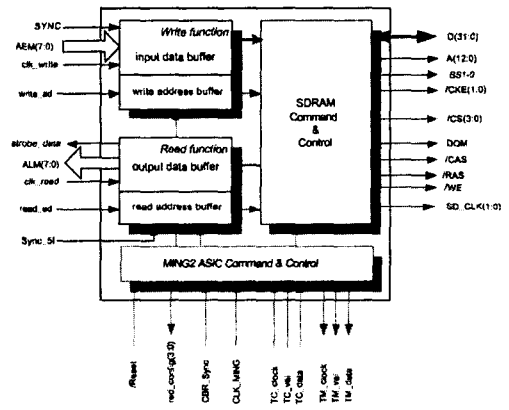


그림 4 MING2 기능 블럭도
Fig. 4 MING2 Functional Block Diagram

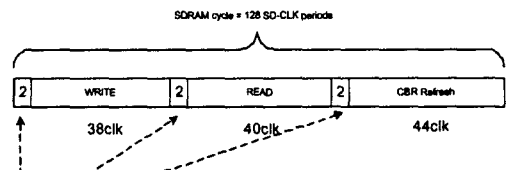


그림 5 SDRAM 프레임 구조
Fig. 5 SDRAM Frame Format

우주환경에 따른 저장된 자료의 손상을 방지하고자 메모리 영역은 RS(255, 239) Check Symbol로 보호되어져 있어 255 Bytes 안에 8 Bytes 이내의 오류를 검

출하고 정정하게 된다. 자료가 메모리에 저장되고 읽어 들어지는 최소 단위는 1024 Bytes 크기의 Frame이며, 이 Frame을 구성할 때 Frame CRC와 함께 4 개의 RS 부호가 같이 계산되어 저장되어진다. 파일을 읽어 들이는 과정에서 RS 부호가 해석되어지고 정정작업이 이루어지며, Frame CRC와 File CRC가 변질되었는지 확인하여 상태정보에 표시되어진다. 여기서 말하는 RS 부호는 대기권 전송을 위해 채널 코딩 중 사용되는 RS(255, 233)과는 다른 DCSU 내부 코딩 방식이다..

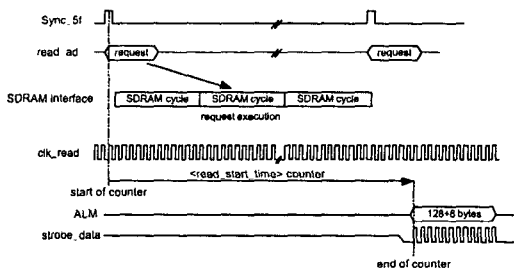


그림 6 읽기 기능
Fig. 6 Read Function

DCSU는 메모리 소자로 SDRAM을 사용하는 관계로 일정시간 마다 기억자료를 재생해주는 Refresh 기능을 사용하고 있지만, 궤도상 발생할 수 있는 SEU 확률을 고려하여 다목적실용위성 1호기와 같이 저장되어 있는 자료를 주기적으로 불러와 오류를 정정하고 다시 저장하는 Scrubbing 기능은 없다.

DCSU의 주요 특징들을 정리한다면 표 1.과 같다.

표 1 . DCSU 메모리 주요특징

구 분	내 용
메모리 용량	144 Gbits (예비 16 Gbits 포함)
기억 소자	SDRAM
보드 수	2 장 (각 72 Bits)
클러스터 수	18 개 (예비 2 개 포함)
자료저장 방식	파일 형식
파일 최소단위	섹터 (2 Mbits)
메모리 입출력단위	프레임 (1024 Bytes)
EDAC	RS(255,239), Frame CRC, File CRC

III. 예비 클러스터의 사용

결함이 있는 메모리 영역은 DCSU가 자체적으로 제공하는 메모리 테스트 기능을 이용하여 확인할 수 있으며, 자체 테스트 이후 자동으로 시행되어지는 섹터

단위로의 메모리 재구성과 지상국 명령을 통한 클러스터 단위로의 메모리를 재구성을 통해 최소 8 클러스터를 가지고 64 Gbits 용량을 설정하여 임무에 사용할 수 있다. 메모리 테스트를 비롯한 DCSU 자체 테스트의 결과는 GCU (General Control Unit)의 데이터 영역에서 특정 번지를 Dump해서 받아볼 수 있다.

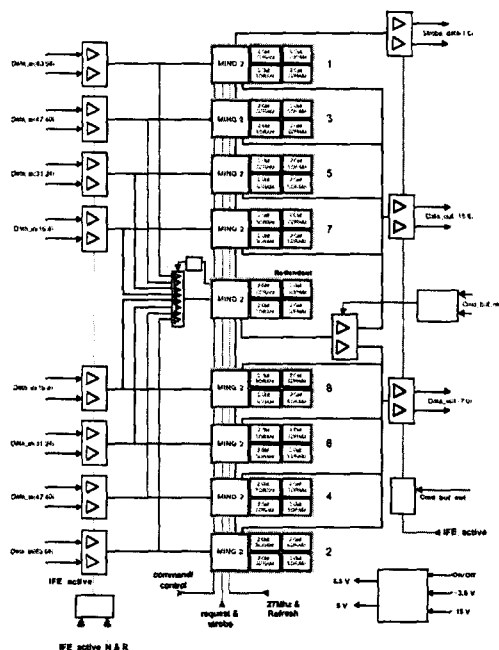


그림 7 메모리 보드의 구성
Fig. 7 Memory Board Configuration

메모리를 실제적으로 구동하고 관리하고 있는 MING2 ASIC은 다목적실용위성 2호기 개발기간과 위험도를 줄이고자 프랑스 ALCATEL SPACE 사에서 개발되어 있는 ASIC을 사용하였으며, 다른 보드에 존재하는 결함 클러스터까지도 대체할 수 있도록 설계를 변경하여 Redundancy를 크게 증가시켰다. 그림 8.과 같이 중간에 있는 MING2 9 번째 ASIC은 앞단에 MUX 회로를 두어 임의의 주소를 받아들일 수 있도록 보드를 구성하였다.

DCSU는 메모리 보드에 전원이 들어올 때마다 GCU 안의 구성표에 따라 메모리를 구성하며, 이 구성표는 지상국에서 필요에 따라 바꿀수가 있어 메모리 자체 테스트 이후 불량 섹터가 많은 클러스터를 제거하는 작업에 사용된다.

다음은 메모리 클러스터를 구성하는 알고리즘이다.

```

FOR i = 1 to LOGICAL_AREA_NB (?)
  FOR J = 1 to B
    Looking for an unused cluster of rang J (over each memory card)
    If found
      Configure the cluster with "Active", "logical adr = i", "rank = J".
    Else
      Looking for an unused redundant cluster.
      If found
        Configure the cluster with "Active", "logical adr = i", "rank = J".
      Else
        Invalid configuration
      End if
    End if
  End for
End for
  
```

이 알고리즘에 따르면 결합이 있는 클러스터는 예비 클러스터로 할당이 되어 물리적인 위치에 의한 보드가 아닌 논리적인 메모리 보드영역을 생성한다. 만일, 보드 1 에서는 세 번째 클러스터가 결합이 있고, 보드 2 에서 여섯 번째 클러스터가 결합이 있는 경우에 알고리즘을 적용하면 그림 9.와 같이 할당되어진다.

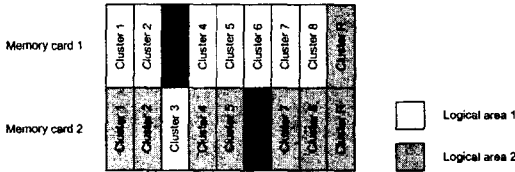


그림 8 클러스터의 구성 예(I)
Fig. 8 Cluster Configuration(I)

위에서 보듯이 클러스터 1 에서 8 까지는 그 하위 주소를 임의로 바꿀 수가 없으며, 물리적인 클러스터 위치에 관계없이 보드가 다르더라도 첫 번째 논리영역을 먼저 할당함을 알 수 있다.

또 다른 예로, 보드 1 에서는 세 번째와 일곱 번째 클러스터에 결합이 발생하고, 보드 2 에서는 여섯 번째 클러스터에 이상이 있을 경우에는 이미 예비 클러스터의 개수 2 개를 초과하는 오류가 발생한 상황으로 전체 128 Gbits 메모리를 다 사용할 수 없으며, 64 Gbits 영역만이 사용 가능해진다. 그림 10.에 클러스터 배치에 대한 설명이 나와 있다.

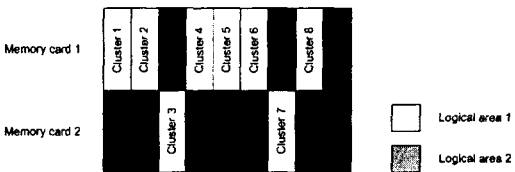


그림 9 클러스터의 구성 예(II)
Fig. 9 Cluster Configuration(II)

DCSU는 데이터를 하나의 섹터에 저장하는데 8 개의 클러스터를 사용함으로 7 개의 클러스터만을 사용

하는 경우, 자료의 중간 데이터가 사라지는 현상이 생김으로 의미가 없어진다. 또한 이 64 Gbits 메모리 용량은 다목적실용위성의 임무수행을 위한 요구조건을 만족하는 값이다.

이런 방법으로 DCSU는 불량 클러스터가 10 개를 넘지 않는다면 요구조건을 만족하는 것으로 되어있다. 다만, 그림 11.과 같이 동일한 칸에서의 오류가 2 번 이상 발생한 경우라면 비록 결합이 있는 클러스터의 수가 10 개 이하 이더라도 전체 메모리 영역에 대한 사용이 불가능해지는 경우가 발생한다. 하지만, 클러스터 1 에서 8 까지의 전체 임무수행 기간, 3 년간, 신뢰도는 0.859765 정도로, 그림 11.과 같은 조합을 무시하더라도 4 개의 클러스터가 고장이 날 확률은 0.000386 정도로 전체 DCSU 신뢰도 요구조건 0.97 에 영향이 거의 없다고 판단 할 수 있다.

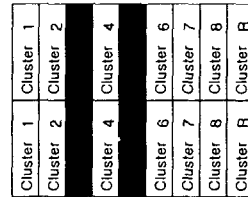


그림 10 4 개 클러스터 불량량의 최악조건
Fig. 10 Worst Case of 4 Bad Cluster

IV. 맺음말

자료저장장치는 위성뿐만 아니라, 각종 항공기, 발사체를 비롯한 로켓 등의 통신에 사용되고 있는 확장성이 매우 큰 장치이다. 본 논문에서는 다목적실용위성 2호기의 탑재체 자료저장장치에 대한 특징을 살펴보고 그에 따른 운영 방식을 고찰하였다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] L. Girard, DCSU Operational Handbook, 15/05/2003.
- [2] G. Salanie, DCSU Interface Data Sheet, 23/09/2003.
- [3] DCSU Design Team, DCSU Architectural & Technical Description, 16/05/2003

본 논문은 과학기술부지원하고 있는 과학관측용 고해상도카메라 개발사업의 연구개발 결과입니다.