

다목적 실용위성의 전력계 제어장치를 위한 프로세서 모듈 개발

조영호, 이한석, 심재선  
한국항공우주산업, 부천대학, 삼척대학

Processor Module Development for KOMPSAT2 EPS Control Unit

Cho Youngho, Lee Hanseok, Shim Jaesun  
Korea Aerospace Industries, Bucheon College, Samcheok University

**Abstract** - This paper present design and specification of the EPS(Electronic Power Subsystem) Control Unit of the KOMPSAT2 spacecraft. we designe ECU with the 80386 processor and compare KOMPSAT-2's performance with KOMPSAT-1's.

1. 서론

국내에서는 상용위성에 대한 요구가 커지면서 독자적인 위성 개발을 위해 필요한 핵심 기술에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다. 특히 임무가 복잡하고 다항해짐에 따라 이를 처리해야 하는 복잡해져서 이를 처리해야 하는 탑재컴퓨터의 기능이 더욱 고성능화 할 필요성이 증대되고 있다. 이러한 위성용 탑재 컴퓨터에 대한 개발 기술은 고 신뢰도의 위성 개발을 위해 반드시 필요한 소 요 기술로서 위성 개발 선진국들 내에서도 기술 이전을 기피하고 있는 첨단 선도 기술이다.

국내에서의 위성용 탑재 컴퓨터 개발은 1989년 영국 Surrey 대학과 공동으로 개발한 우리별 1호에서부터 시작되었다. 이 컴퓨터는 80C186 CPU를 사용한 것으로 우리별 2호기에도 동일하게 적용되었다. 우리별 2호기 개발 과정에서 부 컴퓨터로서 80C960 RISC(Reduced Instruction Set Computer) CPU를 사용한 탑재컴퓨터가 KAIST에서 개발되었으며, 우주에서의 운영결과에 따라 우리별 3호의 주 컴퓨터로 사용되었다[1]. 다목적 실용위성 1호기에서 80C186 CPU를 사용하여 임무를 수행하였다.

는 Remote Drive Unit(RDU) 탑재 컴퓨터, 전력계와는 EPS Control Unit(ECU) 탑재 컴퓨터, 원격 측정 명령계와는 On-Board Computer(OBC) 탑재 컴퓨터가 MIL-STD-1553B 데이터 버스와 연결되어 있다. 반면에 각 서브시스템의 구성품들은 각 서브시스템의 탑재 컴퓨터와 시리얼 라인으로 연결되어 있다. 자세제어계는 자세제어와 관련된 S/W처리 및 자세제어 센서 및 구동장치를 제어한다. 전력계는 전력제어 및 분배, 태양전지판 전계 및 구동 그리고 열 제어 S/W를 처리한다. 원격측정 명령계는 지상국과의 송수신 위성 자료의 처리, 저장 1553B 데이터 제어등의 기능을 수행한다[3].

본 논문에서는 위성용 탑재 컴퓨터 개발을 위해 다목적 실용위성 개발을 통해 해외에서 습득한 기술을 바탕으로 16비트 80C186 CPU를 사용한 기능형 개발 모델을 개발하였는데 이를 바탕으로 좀더 성능이 개선된 32비트 80386 CPU를 사용한 개량형 모델을 설계하였는데 이를 소개하고자 한다.

2. ECU 프로세서 모듈 설계

KOMPSAT-2에 사용되는 ECU은 마이크로프로세서 기반의 제어유닛으로써 80386DX(12MHz) CPU 아키텍처를 갖는다. 설계 초기에 여러 가지 CPU가 고려대상이 되었지만 1호기 CPU(186)의 heritage를 충분히 활용할 수 있다는 점을 고려하여 80386으로 KOMPSAT-2 CPU를 선정하였다. ECU 어드레스 및 메모리 맵은 표 1과 같다. 즉, EDAC(Error Detection And Correction) 기능을 갖는 512 KByte의 SRAM과 386 KByte의 EEPROM을 내장하고 있다.

EEPROM에는 Flight Software(FSW)가 저장되어 있으며, ECU가 Power on 상태가 되면 FSW가 RAM으로 전송되어 미션을 수행하게 된다. SRAM 영역에는 Payload 및 위성체의 여러유닛들과의 인터페이스를 위한 1553B 버스 데이터를 위한 공유영역(128KB)을 갖는다. 탑재컴퓨터는 FSW를 통한 타이밍 동작을 위하여 타이머0(1125Hz), 타이머1(100Hz) 두 개의 PIT(Programmable Interval Timer) 기능을 제공하며, 내장된 PIC(Programmable Interrupt Controller)를 이용하여 정의된 16개의 인터럽트 제어를 수행하게 된다. 탑재컴퓨터는 time service를 위한 클럭생성기능, FEP(Front End Processor) 기능, 시간동기기능을 수행할 수 있다. 클럭생성으로는 14.985MHz 및 24MHz의 오실레이터를 분주하여 탑재컴퓨터에 사용되는 모든 클럭을 생성하며, FEP가 내장된 DPLL을 이용하여 GPS 1Hz와 탑재컴퓨터 내부에서 생성되는 1Hz의 동기클럭을 갖게 된다. 탑재컴퓨터는 고장이 발생하였을 때를 대비

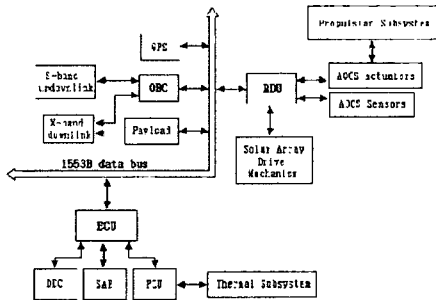


그림 1. 다목적 실용위성의 전기적 구조의 개괄도

Figure 1. Electric Structure of KOMPSAT-2

다목적 실용위성은 MIL-STD-1553B 데이터 버스와 주요 서브 시스템인 자세제어계, 전력계, 원격측정 명령계의 탑재 컴퓨터와 모듈방식으로 연결되어, 자세제어계와

하기 위하여 자체 전원을 사용하고 있는 Watch dog timer(WDT)기능을 내장하고 있어서 고장상황을 항상 감시할 수 있도록 하였으며, 또한 외부 redundant 구조를 채택하여 한쪽의 탑재컴퓨터에 고장이 발생할 시에는 자동적으로 혹은 지상에서 강제적으로 다른 쪽 탑재 컴퓨터를 사용할 수 있도록 하였다.

표 1. 메모리 구조 및 I/O 맵

Table 1. Memory structure and I/O Map

ADDRESS (HEX)	I/O	ADDRESS (HEX)	MEMORY
00000 H	UART 1 GSE Interface	00000 H	
01000 H	UART 2 Spare		
02000 H			RAM
02800 H			
03000 H			512K BYTES
04000 H	INTERRUPT CONTROLLER		
05000 H	PIT CONTROL	60000 H	128K BYTES
06000 H	EDAC & DPLL (FEP)		"SHARED RAM"
07000 H	MIL-STD-1553B BCRT CNTRL		FOR 1553
08000 H	WDT	80000 H	
09000 H			SPARE
0A000 H	ANALOG INPU	A0000 H	
0B000 H	BILEVEL I/O		EEPROM
0C000 H	Spare		
0D000 H	EPS SERIAL I/		384K BYTES
0E000 H	Spare		
0F000 H	Spare		
0FFF0 H		FFFFF H	

ECU는 전력계 서브시스템을 구성하는 유닛중 하나로 아래와 같은 기능을 담당하며 구성하는 보드는 EEPROM/POWER, CPU, CPU I/O&WDT, CLOCK GENERATOR, SERIAL INTERFACE, BILEVEL INTERFACE, ANALOG CONTROL, ANALOG INPUT BOARD 8장으로 이루어져 있으며 2개의 모듈로 구성되어 있다. 그리고 하나의 모듈에 전원이 공급될 경우 또 다른 모듈은 전원이 단전되어있는 Cold Redundancy 구조를 가진다. Fig. 2.3.1과 같이 각 보드마다 제각기 고유 기능을 지니고 있으며 서로 조합하여 하나의 기능을 하기도 한다.

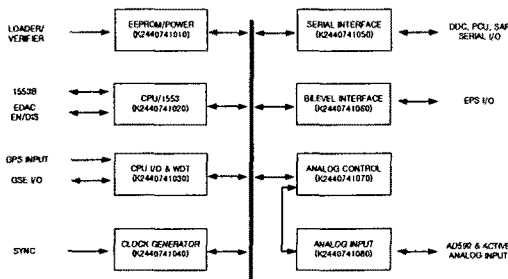


그림 2. ECU 구조  
Figure 2. ECU Block Diagram

각 보드의 명칭 및 기능은

○ EEPROM/POWER

- 실행 프로그램 및 데이터 저장을 위한 512K 바이트 EEPROM(실장용량 : 384KB)
- 16 비트 데이터 버스와 인터페이스를 위한 192K 워드 배열
- 소프트웨어 탑재 및 수정 보완과 제작 보드의 입증을 위한 인터페이스 회로
- PC 및 ECU 어드레스 버스로부터 메모리 접근을 위한 디코더 회로
- +5V, ±15V 입력전원의 In-rush current 제한을 위한 필터 회로 제공

○ CPU/1553

- 80386 마이크로프로세서 : 12 MHz, 16 비트 데이터 버스,
- 듀얼 MIL-STD-1553B 인터페이스
- 에러 검사 및 보정(EDAC) 기능이 부가된 512K 바이트 RAM
- 16레벨의 소프트웨어 프로그래밍 및 하드웨어 인터럽트 처리

○ CPU I/O & WDT

- EGSE와의 데이터 송수신을 위한 RS-232/RS-422 인터페이스(19200 Baud)
- EGSE 인터페이스 기능은 지상 시험 과정에서만 가능
- GPS 1 Hz 동기 클럭 수신
- ECU 전원인가 시 리셋 신호 발생
- WDT(Watch Dog Timer) Reset 기능

○ CLOCK GENERATOR

- ECU에 필요한 각종 클럭 발생 : 405, 230.5, 202.5, 1.125, 1.0(KHz), 100.0, 10.0, 4.0, 1.0(Hz)
- GPS 1Hz 기준 주파수에 동기된 클럭 발생
- 온도 보상 오실레이터 회로(14.985MHz)

○ SERIAL INTERFACE

- CPU 데이터 버스로부터 시리얼 데이터 수신 후 PCU, SAR, DDC에 시리얼 명령 제공. 각 유닛별 클럭, 데이터, 래치 시리얼 3개 신호를 출력
- PCU, SAR, DDC로부터 텔레메트리를 수신하여 CPU 데이터 버스에 시리얼 명령을 전송
- CPU의 어드레스 버스 및 제어 신호를 이용, 명령 및 텔레메트리 디코딩 수행

○ BILEVEL INTERFACE

- ECU 외부로부터 바이레벨 입력 신호를 수신하여 CPU에 전송하며 CPU로부터 바이레벨 출력 신호를 수신 후 필요 채널에 신호 제공
- 저항 절연 방식의 텔레메트리 입력
- 출력 신호에 대한 전원 Safe 기능 제공

○ ANALOG CONTROL

- A/D 컨버터, 샘플/홀드 및 멀티플렉서 제어를 통한 텔레메트리 입력 조절
- 레벨 2 멀티플렉서 방식에 의한 최대 256개의 입력 신호 제어 가능

- 프로그램 가능한 이득 조정회로 제공
- 프로그램 가능한 옵셀 조정회로 제공
- 옵셀 조절용 기준 전압 제공을 위한 전원 회로 제공
- CPU 보드의 어드레스 버스, 데이터 버스, 제어 신호와 인터페이스

[참 고 문 헌]

- [1] 김기형 외, "소형 위성의 제어를 위한 컴퓨터 시스템의 설계 및 구현", J. Astron Space Science 12(2), S52-S66, 1996.
- [2] Wiley J. Larson and James R. Wertz, Space Mission Analysis and Design Second Edition, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [3] KOMPSAT-2 Equipment Specification For EPS Control Unit, KARI, 2002.
- [4] 80386 Data Sheet, Intel, 2000.

○ ANALOG INPUT

- 위성의 온도 측정을 위한 수동 아날로그 전류 입력 48 채널 제공
- 능동 아날로그 전압 입력 32 채널 제공
- 온도 센서 전원 공급용 아날로그 스티뮬러스 출력 전압 6 채널 제공
- 어드레스 디코딩 회로에 의한 입력 채널 선택 가능.
- 리턴던시 입력 신호 제공 및 공급 전원 필터링
- ±15Vdc로부터 ±12.5Vdc 전원 생성

3. 검토 및 결론

KOMPSAT-2에 사용되는 80386 CPU의 성능비교를 위해 수행한 시험결과를 표 1에 보였다. 비교대상인 CPU는 KOMPSAT-1에 사용되었던 80186 CPU이며 벤치마크 소프트웨어로는 Integer 성능비교를 위한 Queen, Logic 성능비교를 위한 Dhrystone 그리고 Floating Point 성능 비교를 위해서 Clinpack 소프트웨어를 사용하였다.

표 2. 프로세서 성능 비교

Table 2. Comparison of processor performances

Benchmarking Software	KOMPSAT-1 (80186-12)	KOMPSAT 2 (80386-12)	Remark
Queen	2.0540(1.00)	1.1860(1.732)	Integer
Dhrystone	2.7040(1.00)	1.5880(1.703)	Logic
Clinpack	6.3300(1.00)	4.0460(1.565)	Floating Point
Total	11.0880(1.00)	6.8200(1.625)	

표의 숫자는 해당 소프트웨어의 평균 실행 시간이며 괄호 안의 숫자는 80C186 CPU의 성능을 1로 가정했을 때, 상대적인 성능을 나타낸 것으로 KOMPSAT-2에 사용되는 CPU 80386-12 KOMPSAT-1에 사용된 CPU보다 약 1.625배의 성능향상이 있다는 것을 알 수 있다.

본 논문에서 ECU 탑재될 프로세서 모듈에 대한 설계 및 성능을 검토하였다. KOMPSAT 2 버스에는 동일한 3개의 프로세서가 탑재됨으로 역시 같은 성능의 향상이 이뤄질 것으로 보며 향후 실제 우주환경에서 설계된 프로세서가 임무를 수행할 수 있는지 검증을 위하여 환경 시험이 이루어져야 할 것으로 사료된다.