

MIL-STD-1553B 버스를 이용한 통신해양기상위성의 시스템 버스 설계 및 분석

論 文
57-7-25

COMS System Bus Design and Analysis using MIL-STD-1553B

曹 永 鎬[†]
(Young-Ho Cho)

Abstract - In this paper, we design COMS system bus that the 1553 Data Bus is able to link all the units of the satellite managed by the SCU using one Prime Data Bus and on Redundant Data Bus. Also we analyze MIL-STD-1553B bus load and relevant exchange memory budgets in system bus of the COMS satellite. This data is used in the satellite mission and software design by system engineer.

Key Words : COMS(Communication, Ocean, Meterological Satellite), SCU(Space Computer Unit), MIL-STD-1553B, TC(Telecommand), TM(Telemetry)

1. 서 론

우주개발 초기 단계인 1950년대 말과 1960년대에는 대부분의 위성이 이를 발사할 수 있는 발사체 능력과 위성능력 한계로 소형위성으로 제한되었으나, 이후 발사체의 발사 능력 증가 및 위성기술의 발전과 함께 위성의 규모도 점차적으로 증가하였다. 또한 통신 산업이 발달함에 따라 상용위성에 대한 요구가 커지면서 국내에서도 독자적인 위성 개발을 위해 필요한 핵심 기술에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다[1-3]. 그러나 최근 선진 국가들이 우주관련 첨단기술에 대한 기술전수 규제 및 독점화가 심화되고 있어 기술 도입비용이 선진 몇몇 업체에 의해 상당히 고가로 결정되고 있으며, 특히 미국의 911 테러와 이라크공격 이후 테러위협이 계속되고 있는 상황에서 우주관련 기술 이전이 점점 더 어려워지고 있다. 향후 세계는 우주를 선점하는 국가의 시대가 될 것이라는 전망이 지배적이므로 한반도 주변국들의 우주개발 경쟁도 더욱 심해지고 있는 상황이며 국내에도 우주관련 기반 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

국내 최초 정지궤도 개발위성인 통신해양기상위성은 2009년 발사되어, 고도 36,000km 상공에서 위성통신, 해양관측 및 기상관측서비스의 복합임무를 수행하도록 설계하고 있다. 특히 기상분야의 국내독자 위성확보와 세계 최초로 정지궤도 해양센서를 활용함으로써 국가 기상 재난 조기 예측체계를 구축하고, 해양자원의 관리 및 해양 환경보존을 통한 국민의 복지증대를 위하여 개발하고 있다. 통신해양기상위성은 내부적인 전기구조는 DHS(Data Handling System) 시

스템, TCR(Telemetry Command and Ranging) 시스템, EPS(Electrical Power System) 시스템, AOCS(Attitude Orbit Control System) 시스템, MODCS (Meteorological and Ocean Data Communication Subsystem) 시스템 그리고 탑재(MI, GOCI, KA band) 시스템으로 크게 6가지 시스템 블록으로 구분된다[4]. 모든 시스템들은 DHS시스템 내에 위성의 탑재컴퓨터인 SCU 의하여 제어 및 모니터링 되고 있는데 이는 자체 운영 소프트웨어 알고리즘과 지상국의 운영에 의하여 수행되도록 설계하였다. 탑재컴퓨터가 모든 시스템들을 제어하고 상태에 대한 정보 획득은 시스템 버스를 통하여 이루어지고 있으며, 또한 이러한 동작들은 탑재컴퓨터의 운영 소프트웨어에서 정해진 주기적 테스크 수행방식으로 행하여지게 되어있다[4-5].

위성은 한 번 발사하면 더 이상 수정이 불가능하기 때문에 시스템에 대한 정확한 동작과 상태들에 대한 모든 정보를 탑재컴퓨터 혹은 지상국이 파악하고 있어야 한다[7-8]. 그러므로 탑재컴퓨터와 각 서브시스템간의 통신버스인 시스템버스가 매우 중요하다. 그래서 본 논문에서 MIL-STD-1553B 버스를 이용하여 마스터 시스템인 탑재컴퓨터와 슬레이브 시스템인 각 서브시스템과의 이중적인 구조를 갖는 시스템 버스형태를 제시하였다. 또한 제시된 시스템 버스에 위성의 운영상 발생할 수 있는 최대 통신 시나리오를 근거로 하여 사용되어지는 데이터양을 파악하였고, 또한 이것을 처리하기 위하여 얼마나 시스템 버스가 전담(load)하는지와 필요한 데이터 메모리 공간 대한 분석을 수행하였다. 즉, 통신해양기상위성에서 사용되는 TC(TeleComand)와 TM(TeleMetry)의 종류를 분류하였으며, 이에 따른 각 시스템 별로 양을 산출하였다. 그리고 이러한 데이터를 근거로 시스템 버스인 MIL-STD-1553B 통신 방식의 종류에 따른 전체 요구되는 메모리량을 계산하였으며 또한 프로세서가 MIL-STD-1553B 버스의 교환 메모리(exchange memory) 액세스 시간을 근거로 프로세서가 TC/TM을 처리하기 위하여 필요한 시간을

* 교신저자, 正會員 : 韓國航空宇宙연구원 先任연구원 · 工博

E-mail : y2haha@kari.re.kr

接受日字 : 2008年 1月 29日

最終完了 : 2008年 5月 7日

계산함으로서 전체 운영 프로그램 작성에 필요한 데이터를 제시하였다.

2. 통신해양기상위성 시스템 버스 설계

2.1 통신해양기상위성의 기능별 구조

인공위성은 임무수행 기능을 담당하는 탑재체(payload)와 이를 지원하는 본체(bus)로 크게 분류가 된다. 이러한 통신해양기상위성은 그림 1과 같이 주요 기능에 따른 서브시스템으로 분류되면 각각의 요구사항에 맞게 독립적인 설계된 후 조립하여 완성되어진다. 각 서브시스템들을 간략히 요약하면 다음과 같은 기능들을 가지고 있다[4].

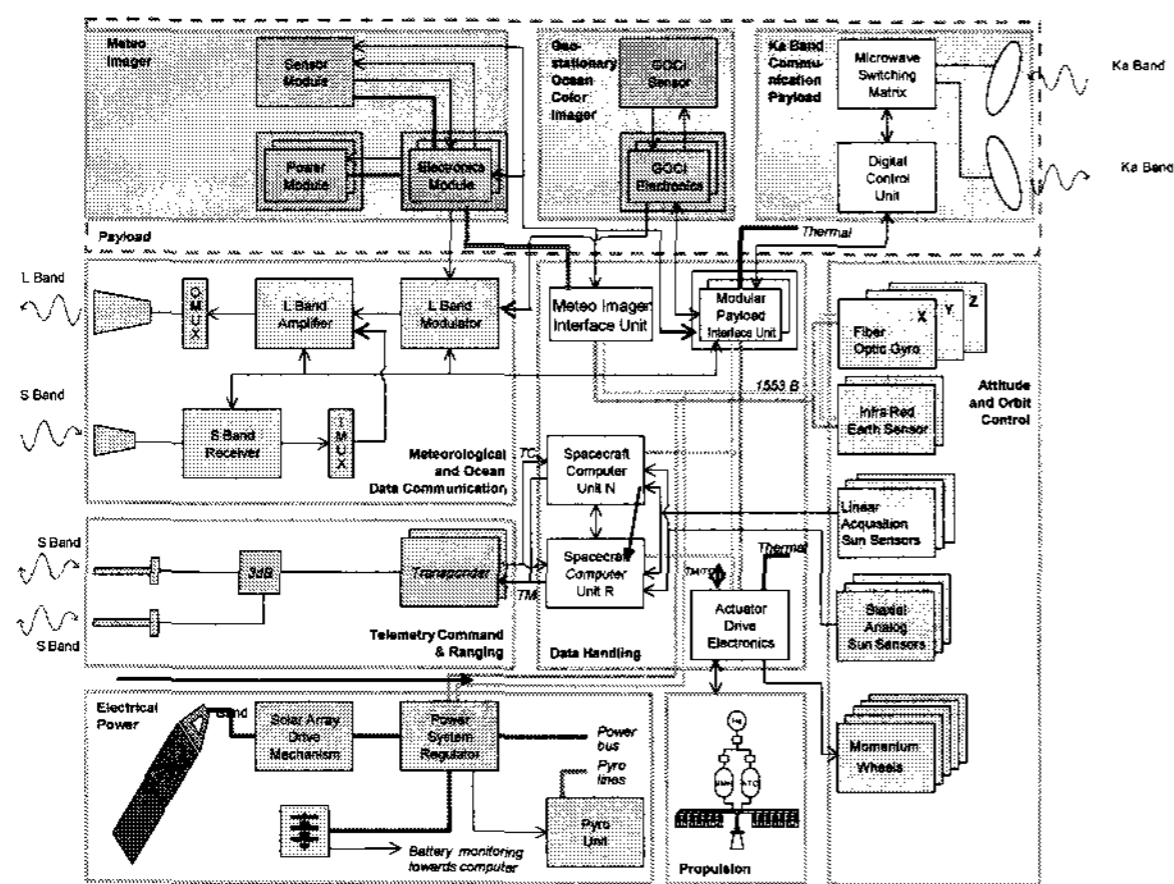


그림 1 통신해양기상위성 기능 구조 블록도
Fig. 1 COMS functional architecture block

[DHS(Data Handling System) 서브시스템]

DHS 서브시스템의 주요 기능은 첫째로 지상국으로부터 온 TC를 받아 디코딩해서 각 해당 서브시스템에 분배하여 위성이 정상동작을 할 수 있도록 제어하는 것이다. 이러한 커맨드 프로세싱은 CCSDS 프로토콜을 따르며 프레임 길이와 구조는 커맨드 링크를 최적화 할 수 있도록 설계하였다. 둘째로 위성이 얻은 여러 가지 상태 데이터를 포맷팅하여 지상국에 전달하는 것이다. 마지막으로 위성에 문제가 발생 시 빠른 위성 시스템의 재구성을 위한 FDIR(Failure Detection Isolation and Recovery) 기능을 갖도록 설계하였다.

[EPS(Electrical Power System) 서브시스템]

EPS 서브시스템은 태양의 빛이 있는 동안 태양전지판에 의하여 전력을 공급하며, 이 전력은 전력 공급 레귤레이터(PSR)에 2중 절연된 완전조절 방식으로 버스 전압이 50[Vdc]±1% 내에 유지하도록 조절된다. 또한 태양의 빛이 없는 동안에는 배터리에서 공급되면 이 전력은 배터리 방전 레귤레이터에 의하여 조절되어 원하는 조건을 만족하도록 설계하였다.

[AOCS(Attitude Orbit Control System) 서브시스템]

AOCS 시스템은 비행 자세 안정성을 유지하면서 위성의 임무를 최적으로 수행할 수 있게 하는 시스템이다. 통신해

양기상위성의 AOCS는 전이궤도와 정지궤도에서 요구된 자세를 제공하기 위해 다양한 센서로부터 자세를 결정하고 휠이나 추력기를 이용해서 자세를 제어할 수 있도록 적절한 마진을 포함한 안정도를 확보한 제어명령을 생성하는 시스템이다. 특히, 태양 전지판이 남쪽패널에만 장착된 비대칭 구조로 인해 발생하는 모멘텀으로 인해 하루에 두 번씩 휠 모멘텀을 제거하는 임무를 수행하며, 기상/해양/통신 탑재체 운영을 동시 지원하기 위한 요구사항을 만족하기 위해 고성능광학자이로 센서, 태양전지판구동모터의 운용방식, 휠의 제로영역 특성들을 고려하여 설계된 시스템이다.

[TCR/MODCS 서브시스템]

TCR은 통신해양기상위성과 지상의 통신을 담당하는 부분으로써 2개의 S밴드 안테나와 2개의 S밴드 트랜폰더로 구성하였다. 주 임무는 지상국에서 보낸 명령어를 받아서 복조기를 거쳐 위성의 탑재컴퓨터인 SCU에 전해주는 것과 SCU로 받은 데이터를 변조기를 거쳐 지상으로 내려 보내는 역할을 한다. MODCS는 통신해양기상위성의 두 탑재체인 GOCI/MI와 지상국과의 통신을 담당한다. S밴드 안테나와 L밴드 안테나 그리고 수신기 단과 복조기 등으로 구성되어 있다. 주 임무는 GOCI와 MI의 미가공 데이터를 L밴드에 실어서 지상국으로 내려 보내는 역할과 지상국으로부터 가공된 MI 데이터를 S밴드 안테나를 통하여 받아서 지상의 최종 사용자에게 전달해주는 역할을 한다.

[탑재체(Payload System) 서브시스템]

COMS는 기상, 해양 관측 및 Ka Band 위성 통신으로 구성된 3가지 주요 임무를 수행하는 위성이다. 이러한 임무를 만족시키기 위해 통신해양기상위성은 3개의 탑재체가 있는 각각의 주요임무는 다음과 같다.

표 1 탑재체 수행 임무

Table 1 Mission of payloads

탑재체	수행 임무
기상 임무 (Meteo Imager)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 연속적인 기상데이터 추출 ✓ 폭풍, 홍수, 황사등과 같은 특별한 기상의 조기 발견 ✓ 해수면 온도 및 구름의 장기적인 변화에 대한 데이터 추출
해양 임무 (Geostationary Ocean Color Imager)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 한반도 주변 해양환경관측 ✓ 어장정보 생성(Chlorophyll등) ✓ 해양 생태계의 장/단기 변화 관측
통신 임무 (Ka band)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 최신 위성통신기술의 궤도상 성능검증 ✓ 광대역 멀티미디어 통신서비스의 실험

2.2 MIL-STD-1553B 버스를 이용한 시스템 버스 설계

위성 컴퓨터인 SCU은 지상국으로부터 전송 받은 명령들을

시스템 버스를 통하여 해당 프로세서로 분배하고 또한 위성체 센서들로부터의 데이터와 위성체 상태 데이터를 수집하여 지상으로 송신함으로써 위성체가 동작되어진다. 그러므로 위성체를 제어하고 상태를 모니터링하기 위해서 시스템 버스에 오동작 및 통신 불능상태가 발생하면 위성 임무 수행 단축에 중요한 요소가 된다. 그래서 통신해양기상위성의 시스템 버스 구조는 이중으로 구성하여 주(primary) 시스템 버스의 오류 발생에 대하여도 잉여(redundancy) 시스템 버스가 정상적으로 작동함으로써 전체 위성체의 성능에 전혀 영향을 끼치지 않게 하였다. 이러한 이중적인 구조는 위성체를 구성하는 다른 대부분의 부분품에 대하여도 동일하게 적용된다. 즉, 주 유닛과 동일한 잉여 유닛을 별도로 가짐으로써 주 유닛의 오류를 잉여 유닛으로 보상한다. 이때 적용되는 잉여 유닛은 박스 단위에서 완전히 동일하거나 내부적으로 이중적 설계를 하거나 혹은 다수의 유닛을 사용하는 경우 부가적으로 하나의 유닛을 더 배치함으로써 오류 방지를 구현한다. 그래서 통신해양기상위성의 시스템 버스는 MIL-STD-1553B를 이용하여 그림 2처럼 주 MIL-STD-1553B 버스와 잉여 MIL-STD-1553B 버스 구성되어 2중 구조를 갖도록 설계 하였다. 또한 SCU는 버스 컨트롤러로 동작하여 시스템버스의 모든 동작을 운영하도록 하였으며, 그 외 장비들은 서브스크라이브(subscriber)로 동작되어 SCU의 운영에 따라 동작하도록 설계하였다. SCU는 버스와 비 크로스스트랩(cross-strap)인 단일 연결 구조를 갖고 다른 서브스크라이브 장비들은 크로스스트랩 구조를 갖도록 설계함으로써 오류 발생 시 위성 전체에 미치는 영향을 최소화 시켰다.

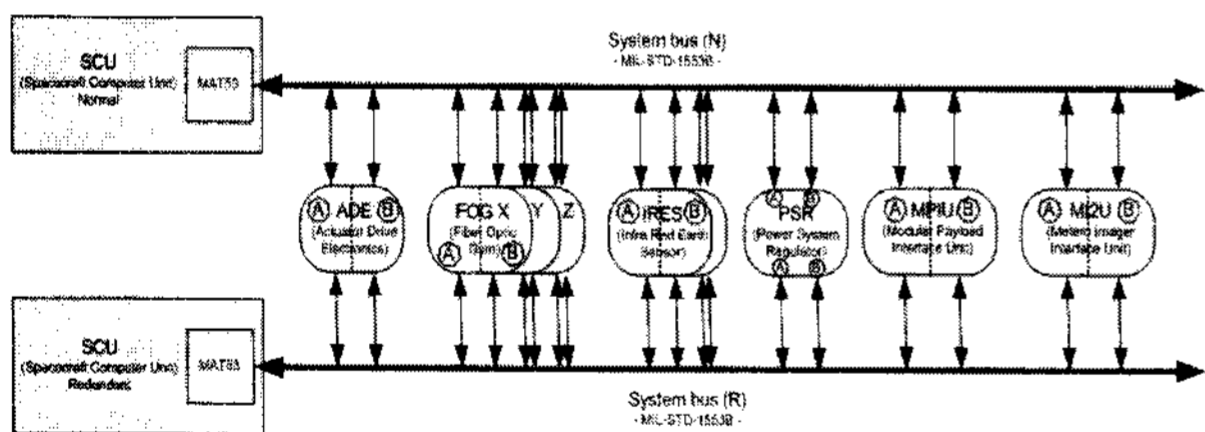


그림 2 COMS 시스템 버스 구조
Fig. 2 COMS System bus architecture

SCU에 사용되는 MIL-STD-1553B 버스 컨트롤러는 MMS사에서 설계한 MAT53 컨트롤러로서 유럽의 EUROSTAR 3000 위성에서 위성용으로 검증된 칩이다. 이 컨트롤러는 내부에 프로세서와 인터페이스를 위하여 교환 메모리로 64K 워드를 가지고 있으며 SEU(Single Event Upset) 대처를 위하여 메모리에 EDAC(Error Detect and Correct)기능을 가지고 있다. 이 칩을 동작하기 위하여 마이크로 코드가 필요하기 때문에 실제 메모리에는 통신의 데이터와 코드를 저장하기 위한 공간이 필요하다. 그래서 통신해양기상위성의 서브시스템들에 사용되는 명령어(TC : telecommand)와 원격정보(TM: telemetry)의 총 양은 64K 워드보다 작아야 하는 제약 조건을 갖는다.

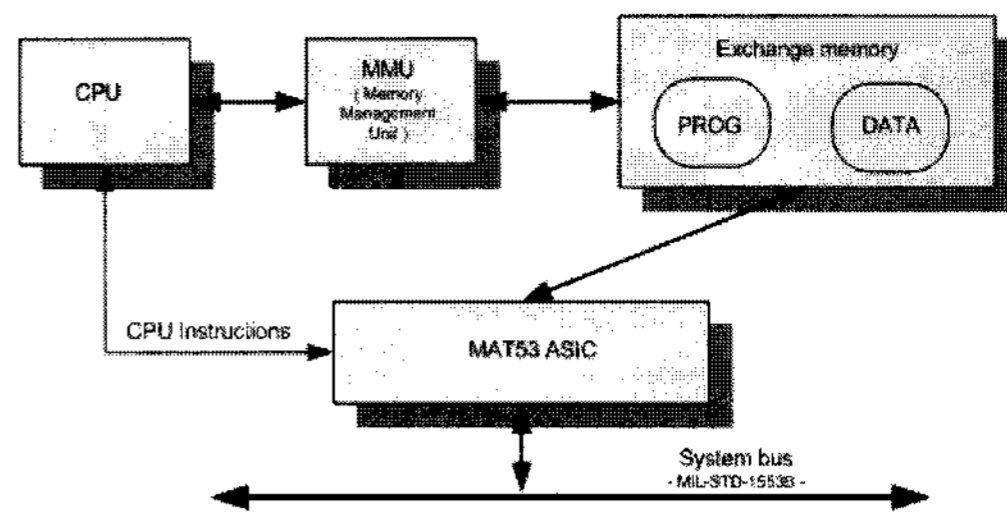


그림 3 프로세서와 MAT53 연결 블록도
Fig. 3 Processor and MAT53 interconnection block

그리고 각 서브시스템들은 서브스크라이브 즉 RT (Remote Terminal)로 동작하여 위성의 컴퓨터인 SCU에 의하여 운영 및 필요한 상태를 보내게 된다. 이 역시 EUROSTAR 3000에서 가능 및 안정성이 검증된 ASP20 RT1553 ASIC으로 구현하여 안정성을 확보하였다.

3. 시스템 버스 트래픽(traffic) 분석

통신해양기상위성의 소프트웨어는 미리 정해진 시간에 스케줄링되어 운영되며 또한 앞 장에서 언급했듯이 설계된 버스 시스템의 하드웨어 특성상 버스를 액세스하기 위하여 사용할 프로그램이나 데이터의 총 양은 64K 워드보다 작아야 하는 제약 조건이 있다. 그래서 본 장에서는 설계된 버스 시스템이 이러한 조건에 합당한지 검증하기 버스 트래픽을 분석하고자 한다. 그림 2의 설계된 구조를 보면 SCU 하나는 그에 상응하는 시스템 버스 하나에 연결되어 동작함으로써 MIL-STD-1553B 버스의 분석은 한 시스템 버스만 수행하여 동일하게 나머지에 적용해도 무방하다.

3.1 가상 시스템 버스 운영 시나리오

시스템 버스의 트래픽을 분석하기 위해서는 SCU가 가장 많이 버스시스템을 액세스할 때인 최악의 경우(worst case) 고려하여 분석해야 한다. 그래서 통신해양기상위성의 경우 시나리오를 보면 표 2와 같이 서브스크라이브의 동작이 발생할 경우이다.

표 2 버스 운영 시나리오
Table 2 System bus operating scenario

서브스크라이브	ADE	ADE	FOG	FOG	IRES	IRES
라이브	A	B	A	B	A	B
상태	동작	동작	동작	대기	동작	동작
서브스크라이브	PSR	MPIU	MPIU	MI2U	MI2U	
라이브	A	B	A	B		
상태	동작	동작	대기	동작	대기	

또한 운영 소프트웨어는 몇 가지 정해진 시간에 따라 각 서브시스템들에게 명령어를 보내고 또한 필요한 상태를 요

청하기 때문에 시스템 버스 액세스도 이에 맞추어 이루어지고 있다. 그러므로 소프트웨어에서 사용되고 있는 태스크 주기의 종류를 살펴보면 50Hz(VHF : Very High Frequency), 10Hz(HF : High Frequency), 1Hz(NF : Normal Frequency) 그리고 1/10Hz(LF : Low Frequency)가 있다. 이외에 지상국에서 요구에 따라 생기는 동작과 또한 위의 주기에 동기되지 않고 수행하는 비동기 태스크들로 구성되어 있다. 위의 운영 시나리오에 따라 소프트웨어가 주기에 따라 사용되는 여러 가지 동작들을 살펴보면, 표 3은 데이터 통신이 1번 교환으로 이루어지는 단순 프로토콜인 경우이고 표 4는 데이터 통신이 2번의 교환에 의해서 이루어지는 복합 프로토콜에 대한 서브시스템들의 TC/TM의 개수이다[5].

표 3 단순 프로토콜인 경우 TM/TC

Table 3 TM/TC for simple protocol

서브스크라이브	50 Hz		10 Hz		1 Hz		1/10 Hz	
	TM	TC	TM	TC	TM	TC	TM	TC
FOG A	0	3	9	0	6	0	24	0
IRES A	0	0	5	0	5	0	0	0
IRES B	0	0	5	0	5	0	0	0
Total	0	3	19	0	16	16	24	0

표 4 복합 프로토콜인 경우 TM/TC

Table 4 TM/TC for complex protocol

서브스크라이브	50 Hz		10 Hz		1 Hz		1/10 Hz	
	TM	TC	TM	TC	TM	TC	TM	TC
ADE5 A	0	0	21	5	131	0	61	0
ADE5 B	0	0	21	0	131	0	62	0
PSR A	0	0	1	0	63	0	90	0
MPIU A	0	0	0	17	49	34	427	0
MI2U A	0	0	1	3	57	0	24	0
Total	0	0	44	25	431	34	664	0

또한 주기가 느린 데이터에 대한 특정 부분만 지상국에서 빨리 확인하고자 할 경우에 사용되는 Dwell 채널이 5Hz 주기로 8개가 있다. 이것은 1Hz에 40개의 동작이 이루어진 것과 같다. 또한 비동기적으로 버퍼를 통하여 이루어지는 것 10개와 직접 액세스하는 1개로 이루어졌다.

3.2 시스템 버스 트래픽 분석

MAT53 칩의 프로세싱 시간은 동작 형태 즉 TM, TC, 단순, 복합 등에 따라 다르다. 표 5는 ATB(Avionics Test Bench)에 설치되는 시스템에서 측정하였을 때 동작 타이밍 시간이다. 표 3과 표 4의 TM/TC의 수와 표 5에 정의된 프로세싱 시간을 이용하여 각 주기와 동작 종류에 따른 타이밍 시간을 계산하면 표 6과 같다.

표 6을 이용하여 모든 TC/TM의 운영하는데 소요되는 하드웨어 시간을 계산하면

$$(540 \times VHF + 20627 \times HF + 134411 \times NF + 180552 \times LF) \times 10^{-6} \quad (3.1) = 0.386[\text{sec}]$$

과 같이 계산되어진다. 그러므로 worst case를 고려하여 버스 점유율은 39%정도 됨을 알 수 있다.

표 5 MAT53 칩의 프로세싱 시간

Table 5 MAT53 processing time

[μsec]

동작 종류	Asynchronous	VHF (50Hz)	HF (10 Hz)	NF (1 Hz)	LF (1/10 Hz)
TC	177	180	184	187	N/A
단순 TM	130	131	132	133	136
복합 TM	260	262	263	265	267
Dwell	N/A	N/A	N/A	253	N/A
On request	N/A	N/A	N/A	265	N/A

표 6 타이밍 여유도

Table 6 The overall budget in processing time

동작 종류	VHF (50Hz)	HF (10Hz)	NF (1Hz)	LF (1/10Hz)
단순 TC	540	0	0	0
단순 TM	0	2508	2128	3264
복합 TC	0	4600	6358	0
복합 TM	0	11572	114215	177288
Dwell	0	0	10120	0
On request	0	0	1590	0
HF buffered TC	0	1770	0	0
Asynchronous	0	177	0	0
Total exchanges	540	20627	134411	180552

MAT53의 칩은 1553B 통신을 수행하기 위하여 칩을 구동시키는 마이크로코드가 필요하다. 그러므로 메모리에 소비는 프로그램과 데이터양의 합이 될 것이다. 또한 주기에 따라 메모리 할당이 바뀌는 것이 아니라 프로그램과 데이터의 교환 형태에 따라 수행되어져 한다. 그래서 MAT53의 데이터쉬트를 참고로 하여 각 형태에 따라 메모리 소요량을 계산하였다.

[TC인 경우]

MIL-STD-1553B의 TC를 처리하는 경우 다음과 같은 식에 근거하여 메모리가 소요된다.

$$\begin{aligned} \text{ProgArea} &= 9 \times N_{\text{cmd}} \\ \text{DataArea} &= 4 \times N_{\text{cmd}} \end{aligned} \quad (3.2)$$

여기서 N_{cmd} : TC의 수

식 (3.2)를 이용하여 사용되어지는 명령어에 대한 메모리량을 계산하면 다음과 같다.

표 7 명령어인 경우 소요 메모리량

Table 7 Memory budget in command

	50Hz	10Hz	1Hz	1/10Hz	합계
TC 수(N_{cmd})	3	25	34	0	
Prog Words	27	225	306	0	558
Data Words	12	100	136	0	248

[단순 TM인 경우]

MIL-STD-1553B가 단순 획득을 처리하는 경우 다음과 같은 식에 근거하여 메모리가 소요된다.

$$\begin{aligned} \text{ProgArea} &= 21 \times N_{\text{acq}}/4 \\ \text{DataArea} &= 6 \times N_{\text{acq}}/4 \end{aligned} \quad (3.3)$$

여기서 N_{bacq} : 단순 획득의 수

식 (3.3)을 이용하여 사용되어지는 단순 TM에 대한 메모리량을 계산하면 다음과 같다.

표 8 단순 TM 인 경우 소요 메모리량

Table 8 Memory budget in simple acquisitions

	50Hz	10Hz	1Hz	1/10Hz	합계
단순 TM 수(N_{bacq})	0	19	16	24	
Prog Words	0	100	84	126	310
Data Words	0	29	24	36	89

[복합 획득인 경우]

MIL-STD-1553B가 복합 획득을 처리하는 경우 다음과 같은 식에 근거하여 메모리가 소요된다.

$$\begin{aligned} ProgArea &= 21 \times N_{bacq} / 2 \\ DataArea &= 6 \times N_{bacq} / 2 \end{aligned} \quad (3.4)$$

여기서 N_{bacq} : 복합 획득의 수

식 (3.4)를 이용하여 사용되어지는 단순 획득에 대한 메모리량을 계산하면 다음과 같다.

표 9 복합 획득인 경우 소요 메모리량

Table 9 Memory budget in complex acquisitions

	50Hz	10Hz	1Hz	1/10Hz	합계
복합 TM 수 (N_{bacq})	0	44	431	664	
Prog Words	0	462	4526	6972	11960
Data Words	0	132	1293	1992	3417

표 7부터 표 9에 계산 결과를 이용하여 총 소요 메모리량을 계산하면

총 프로그램 워드	=	12827 [word]
총 데이터 워드	=	3754 [word]
프로그램 + 데이터	=	16581 [word]
사용가능한 메모리	=	64000 [word]
메모리 소요율	=	25.91 [%]

이다. 즉, 통신해양기상위성의 현재 할당된 TC/TM을 가지고 3.1에서 언급한 최악의 가상 시나리오를 가지고 필요한 소요 메모리는 총 16581워드이고 사용률은 25.91%이다.

4. 결 론

중국의 첫 유인우주선 선저우 5호 (2003년 10월 16일)의 우주비행 성공으로 중국의 우주개발이 본격화되고 있다 또한 이에 따라 일본은 미사일 방어망 구축을 현실화할 것을 촉구함과 동시에 독자적인 유인 우주비행에 대해 적극적인 노력을 기울일 것을 주장하는 등 일본과 중국의 우주개발 경쟁이 고조되고 있는 실정이다. 국내에서 많은 우주개발 정책들이 발표되어 현재 국내에도 위성에 대한 연구가 활발히 되고 있다. 본 논문에서 국내 최초 정지궤도 위성에 사용되고 있는 시스템 버스구조를 설계하였고 이에 대하여 트래픽 분석을 수행하였다. 분석 결과 통신해양기상위성에서 사용되는 TC/TM을 가지고 최악의 경우의 버스운행을 가정하여 버스 동작 시간은 약 35%를 점유하면서 운영 되고 있다. 또한 메모리는 143678워드를 차지하여 전체 메모리의

25.91%를 차지하고 있다. 그러므로 설계된 구조의 버스는 트래픽 문제에 제한을 받지 않음 알 수 있고 또한 이 데이터를 근거로 향후 소프트웨어 개발에 필요한 기본 자료가 될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 “통신해양기상위성 시스템 및 본체 개발사업” 개발과제로 교육과학기술부지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 장영근 외, “인공위성 시스템”, 동문사, 1999.
- [2] 조영호 외, “KOMPSAT2 탑재컴퓨터 설계, 성능 분석 및 시험”, 대한전기학회 논문지, 2000-2003, 2004.
- [3] 조영호 외, “다목적 실용위성의 전력계 제어장치를 위한 프로세서 모듈 개발”, 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, 용평, D. 2999 - 2222, 2003.
- [4] “COMS System CDR presentation materials”, Astrium 2007.
- [5] “COMS TMTC Allocation” COMS.BG.00018.DP.T.ASTR, KARI, 2006
- [6] “EUROSTAR 3000 SCU DESIGN REPORT”, EUR3-NT-SCU-0077-MMV, Astrium, 2005.
- [7] Wiley J. Larson and James R. Wertz, Space Mission Analysis and Design Second Edition, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [8] Vincent R. Lalli, Robert E. Kastner and Henry N. Hart, Trainin Manual for Elements of Interface Definition and Control, NASA reference publication, 1997

저 자 소 개



조 영 호 (曹 永 鎭)

1973년 8월 1일생. 1996년 성균관대 공대 전기공학 졸업. 1998년 성균관대 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동대학원 전기전자컴퓨터공학부 졸업(박사). 2006년~현재 한국항공우주연구원 선임연구원

Tel : 042-860-2748

E-mail : y2haha@kari.re.kr