

위성컴퓨터의 감시 및 재구성 회로 설계에 관한 연구

조영호*, 원주호*, 최재동*, 양군호*
한국항공우주연구원*

A study of monitoring and reconfiguration electronics design in space computer unit

Young-Ho Cho*, Joo-Ho Won*, Jae-Dong Choi*, Koon-Ho Yang*
Korean Aerospace Research Institute*

Abstract - This paper describes an MRE(Monitoring and Reconfiguration Electronics) which is in charge of SCU(Spacecraft Computer Unit) hardware failure monitoring as well as of protecting the satellite against system failures. To achieve it, MRE is designed that it is an independent function with respect to the rest of the SCU, that is, care is taken into account in order to minimize the interface(the failure propagation) between the MRE and the other SCU functions.

1. 서 론

위성의 가장 큰 제한 중에 하나는 발사하면 더 이상의 수리가 불가능하다는 것이다. 그래서 사용하는 위성의 부품 및 시스템에 대하여 신뢰성 검증이 지상에서 많이 이루어지고 있지만 모든 고장을 막을 수 있는 것은 불가능하므로 이에 대한 감시 및 대처하는 기능이 필요하다. 위성의 고장운영(fault management)은 탑재소프트웨어나 하드웨어로 구현하여 운영 중 시스템의 이상상황(anomaly)을 모니터링하고 이상상황이 발생한 경우 시스템이 안전하도록 설계해야 한다.

본 논문에서는 단일 프로세서를 가지고 개발하는 정지궤도위성의 모니터링 및 재구성 시스템의 설계를 소개하였다. 먼저 위성컴퓨터의 운영모드를 정의하였고 설계 요구조건들을 기술하였다. 그래서 정의된 운영과 요구조건을 기반으로 위성컴퓨터(SCU) 및 위성 시스템 레벨의 동작을 모니터링하여 문제가 감지될 경우 위성컴퓨터의 동작모드를 바꾸어 재구성하는 시스템 운영 개념을 설계하였다.

2. 본 론

2.1 위성컴퓨터 구조 및 감시 재구성 시스템 요구사항

국내정지궤도위성은 2대의 동일한 탑재컴퓨터가 외장형 형태의 잉여구조를 갖도록 설계되어 있다. 2대의 컴퓨터 모두 전원이 인가되어 동작하며 하나는 주(Prime) 탑재컴퓨터로 다른 하나는 부(Redundant) 탑재컴퓨터로 동작한다. 2대의 탑재컴퓨터는 IPL(Inter Processor Link)을 공유하여 상대방의 상태를 감시하고 만일 사용 중인 탑재컴퓨터에서 이상이 발생될 경우 내장된 하드웨어 관리 방안(FDIR)에 따라 자동적으로 재구성되어진다. 이러한 탑재컴퓨터의 동작 모드는 그림1과 같은 전이도를 갖고 운영된다.

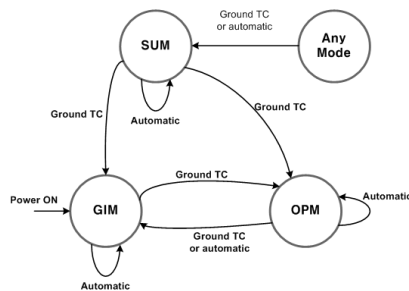


그림 1 컴퓨터 동작 전이도

각 모드에 주요 동작은 다음 표와 같이 정의되어 있다.

표 1 위성컴퓨터 모드별 동작

모드	동작
운영모드 (Operational Mode)	온-라인 상에 있는 위성컴퓨터로서 위성의 모든 운영이 정상으로 처리되며, 램에 존재하여 지상에서 프로그램 로딩 및 패치가 가능
지상간섭 모드 (Ground Intervention Mode)	전원인가 후 또한 위성컴퓨터 실패 후 기본 수행하는 기본 모드로서 롬에 상주. 지상과 링크는 이루어져 일부 TC/TM는 가능함. 그러나 자세제어, 배터리 운영 등은 동작하지 않음.
생존 모드 (Survival Mode)	위성 파워, 연료 소모는 최소화하고 간소화된 TC/TM 링크만 연결되며 또한 MRE도 동작하지 않는다. 다른 모드 전환은 지상국의 명령에 의해서만 가능.

상기 운영을 근거로 설계해야 할 MRE 보드에 대한 요구조건은 다음과 같다.

- 위성의 컴퓨터는 표1과 같이 선택할 수 있는 모드는 동작모드, 생존모드 그리고 지상간섭모드 전환이 되어야 한다.
- MRE는 전기적으로 또한 열적으로 위성컴퓨터의 다른 전자 부분과 분리되기 위하여 별도의 전원을 사용하며 인터페이스 신호들은 최소화 하여 설계함으로 상호 고장 전파가 되지 않도록 했다.
- MRE는 각 컴퓨터에 장착되어 있으며 2개가 있으면 모두 전원이 인가되어 고장감시 및 시스템 재구성을 수행한다. 하지만 한쪽이 재구성을 수행하면 다른 쪽 재구성 메카니즘을 비활성화(deactivation)가 자동적으로 된다. 그러므로 두 개의 재구성이 충돌하는 등의 오동작을 방지하였다.
- MRE에 의하여 감시될 고장들을 정의하고 고장종류에 따라 재구성 동작은 생존모드(Survival Mode)와 운영모드(Operational Mode)가 수행되며 이들의 조합으로 지상간섭모드(Ground Intervention Mode)가 만들어진다. 그리고 재구성 로직에 의한 동작 이벤트는 위성컴퓨터 프로세서 모듈에 전달하여야 운영 소프트웨어의 동작을 결정하게 한다.
- 재구성 동작은 각 모드별 활성화(activation)/비활성화가 가능하면 이러한 정보들은 탑재소프트웨어에 의해서 읽을 수 있어야 한다. 또한 이 정보는 지상으로 전달할 수 있다.
- 고장 감시를 위한 소스 신호들로부터 유도된 기준 신호들은 탑재소프트웨어로 허용(enable)/금지(inhibit)가 가능하며 이에 대한 상태정보는 다시 탑재소프트웨어에 전달되어 지상으로 전달된다. 그러나 다른 탑재컴퓨터에 있는 MRE의 기준 신호들에 대해서는 허용/금지하는 것은 불가능하고 단지 상태정보만 알 수 있도록 함으로 상호 설정에 충돌을 방지하였다.
- 초기 상태는 생존모드 기준신호는 허용이고 동작모드 기준 신호는 금지되어 있다.
- 지상 명령으로 동작모드 활성화가 가능하며 또한 지상 특수 명령으로 소프트웨어 개입 없이 즉시 생존모드 진입이 가능하도록 설계 하였다.

2.2 감시 및 재구성 시스템 설계

2.1 절에 언급된 운영 요구사항을 충족시키기 위하여 MRE의 구성을 그림 2와 같이 구성하였다.

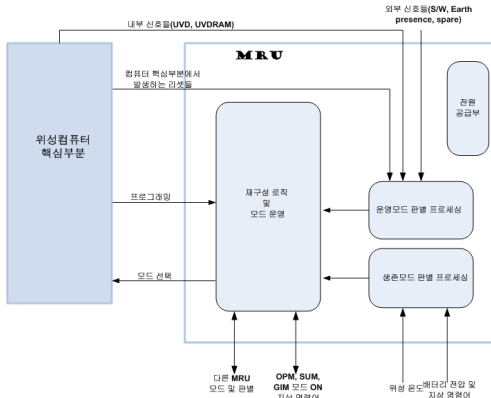


그림 2 MRE 기본 구조

고장 판별 기준을 결정하는 일은 원하는 값 범위를 설정하고 그 범위를 벗어날 때 허용할 수 있는 조건을 설정하는 것이다. 최소한의 감시항목을 이용하여 정밀하게 고장을 판별하도록 기준 범위를 좁게 하면서, 기대하지 않는 고장을 감지하도록 넓게 절충하는 작업이 필요하다. 모드 선택의 기준이 되는 신호들을 정의하여 획득해야 한다. 획득된 신호가 고장신호인지 판별하기 위하여 발생여부 혹은 크기가 있고 또한 발생의 수 혹은 시간에 따라 행하여진다. 이러한 운영 모드 판별부는 그림 3과 같이 구성하였다. 신호 획득은 위성컴퓨터 내에서 오는 내부 신호와 외부에서 오는 신호들로 분리하였다. 그래서 외부에서 오는 아날로그 신호들은 1KHz 저역통과여파기로 설계하였다. 특히 외부 신호는 시험을 위하여 시험신호를 입력할 수 있도록 하였으면 이러한 신호들은 OR게이트로 연결하였다. 또한 획득된 신호들이 적절한 지 판별하기 위하여 문턱조건, 신호특성별 유효 조건 등을 만족시키도록 하였다. 각 신호들은 탑재소프트웨어에 의하여 마스크 레지스터를 통하여 선택 및 해제 할 수 있도록 하였다. 그리고 이러한 상태들은 내부 상태 레지스터를 통하여 또한 탑재소프트웨어 및 지상국에서 알 수가 있게 설계하였다. 만족된 신호가 하나라도 있으면 각 해당되는 생존모드(SUM) 혹은 동작모드(OPM) 트리거 신호가 발생하게 되어 있다.

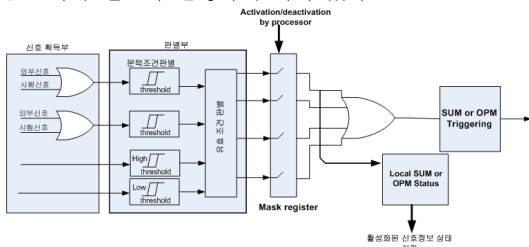


그림 3 모드 판별 프로세싱 구조

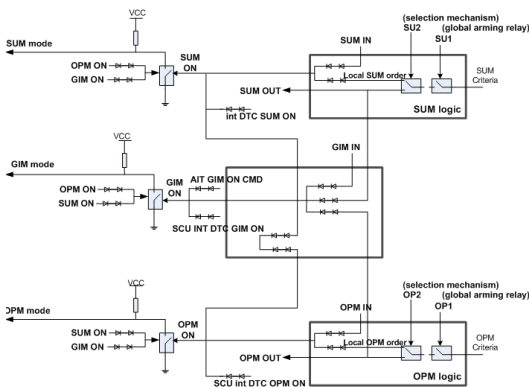


그림 4 재구성 로직 및 모드 발생기

모드 판별 프로세싱에 의하여 발생된 모드 트리거 신호는 재구성 로직 및 모드선택에 인가되어 동작하게 되는데 기본적인 개념 구조는 그림 4와 같다. 모드 판별 프로세싱으로부터 인가된 신호들은 탑재소프트웨어와 SU1/OP1에 의하여 활성화 및 비활성화가 가능하면 한쪽의 MRE가 세팅되면 전기적으로 다른 쪽의

MRE의 SUM 및 OPM의 SU1/OP1은 비활성화가 되어 동시에 동작되는 것을 방지할 수 있다. 재구성 로직의 활성화 트리거 신호는 프로세서부에서 그림 5와 같이 15ms의 구형파로 나오면 3ms후에 비활성화 트리거 신호가 타이머를 이용하여 자동적으로 동작하도록 설계하였다. 생존 모드인 경우에는 자기 자신의 로직 뿐 아니라 동작모드 로직도 비활성화 시킨다.

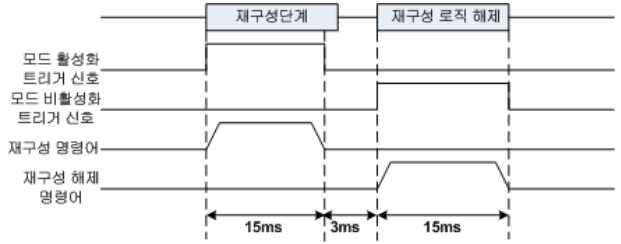


그림 5 모드 트리거 신호 타이밍

또한 상대 MRE가 OPM 모드나 SUM 모드가 선택 시 자동으로 자신은 GIM모드로 선택되게 된다. SU2/OP2에 의하여 출력행태가 외부 즉 다른 MRE의 SUM IN 혹은 OPM IN의 입력이 될 수가 있으며 아니면 자기 자신이 될 수 있다. 그림 6은 이러한 MRE를 운영 방법에 대한 흐름을 나타낸 것이다. 모든 운영은 one-shot 구조로 한 번 SUM 모드로 가면 지상국에 의하여 재 설정하여 운영하는 개념으로 설계하였다.

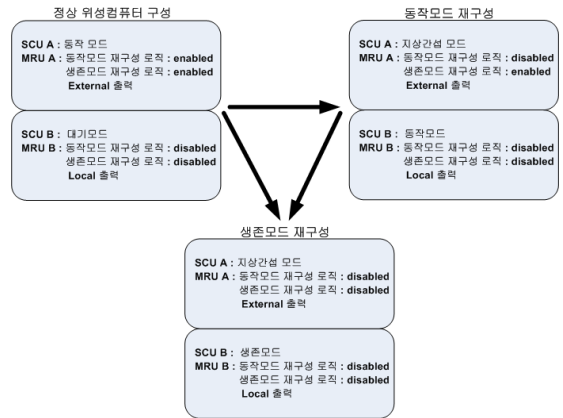


그림 6 MRE 재구성 운영

3. 결 론

본 논문은 정지케도위성 컴퓨터의 고장진단 및 재구성에 관한 개념과 설계방향을 기술하였다. 위성 컴퓨터의 모드를 분류하였고 운영에 필요한 요구사항들을 제시하였다. 이를 근거하여 기본 설계방향 및 재구성 운영 방향을 제시하였다. 향후 재구성에 필요한 고장 신호들의 정의 및 선택 기준에 대한 연구가 수행되어야 하며 재구성 로직에 대한 회로 로직 설계 및 시뮬레이션에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

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

[참고 문헌]

- [1] 조영호 외, “KOMPSAT2 탑재컴퓨터 설계, 성능 분석 및 시험”, 대한전기학회 논문지, 2000-2003, 2004.
- [2] 조영호 외, “통신해양기상위성의 탑재컴퓨터 설계”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 401, 2008.
- [3] 조영호 외, “다목적 실용위성의 전력계 제어장치를 위한 프로세서 모듈 개발”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 용평, D. 2999 - 2222, 2003.
- [4] “COMS System CDR presentation materials”, Astrium 2007.
- [5] “EUROSTAR 3000 SCU DESIGN REPORT”, EUR3-NT-SCU-0077-MMV, Astrium, 2005.