

# 천리안 위성 비행소프트웨어 소개

강수연\*, 구철희\*\*, 박수현\*

\*한국항공우주연구원 위성비행소프트웨어팀

\*\*한국항공우주연구원 항공우주소프트웨어팀

e-mail:sykang@kari.re.kr

## Introduction to the COMS Flight Software

Soo-Yeon Kang\*, Cheol-Heo Koo\*\*, Su-Hyun Park\*

\*Satellite Flight Software Team, Korea Aerospace Research Institute

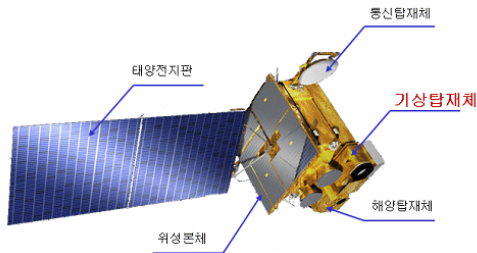
\*\*Aerospace Software Team, Korea Aerospace Research Institute

### 요 약

천리안 위성은 우리나라 최초의 정지궤도 복합 지구관측 위성으로 기상관측, 해양관측과 통신서비스 임무를 수행하는 중대형위성으로 2011년 6월 27일에 성공적으로 발사되어 약 6개월간의 시험운영기간을 거쳐 현재는 실시간 서비스를 제공하고 있다. 천리안 위성은 한국항공우주연구원(KARI) 총괄 주관하에 2003년 9월 개발을 시작으로 프랑스의 EADS-Astrium과 공동 개발되었다. 천리안 위성은 이미 EADS-Astrium에 의해 통신 위성 본체 플랫폼으로 우주 인증된 Eurostar3000(이하 E3000) 플랫폼을 근간으로 제작되었다. 본 논문에서는 천리안 위성 플랫폼 탑재컴퓨터에 탑재되어 위성체 전반을 운영하는 비행소프트웨어의 구성 및 기능에 대해 기술한다. 또한 기존의 EADS-Astrium사의 E3000 비행소프트웨어 생산라인을 바탕으로 천리안 위성 비행소프트웨어를 개발하기 위한 개발 절차 형상을 소개한다. 본 논문에서 기술한 재생산을 위한 개발 절차에 대한 접근 방법은 위성 임베디드 소프트웨어 시스템과 같은 mission critical 시스템이면서 이미 검증된 소프트웨어를 재사용하고 사용자의 요구사항을 만족시키기 위해 일부 기능을 변경 및 추가 개발하여 통합된 소프트웨어를 생산해야하는 소프트웨어 개발체계의 실질적인 한 예를 보여주고 있다.

### 1. 서론

천리안 위성은 지구적도 상공 36,000km 고도, 동경 128.2도에 위치하여 기상관측, 해양관측과 통신서비스 임무를 수행하는 우리나라 최초의 정지궤도 복합위성이다. 2003년부터 국가우주 개발 중장기 계획에 따라 교육과학기술부, 국토해양부, 방송통신위원회 공동사업으로 추진되었으며, 한국항공우주연구원(이하 KARI)이 총괄주관연구기관으로 개발에 프랑스의 EADS-Astrium사와 미국의 ITT사가 해외공동 협력 개발 업체로 참여하였다. 2010년 6월 27일 남미 프랑스령 기아나 꾸르 우주센터에서 아리안-5 발사체에 실려 성공적으로 발사되었다. 그림 1은 천리안 위성의 형상이다.



(그림 1) 천리안 위성 형상

천리안 위성은 총 중량 2.5톤의 중대형 위성으로 실제 임무 수명(운영기간)은 7년으로 기상 탑재체, 해양 탑재체

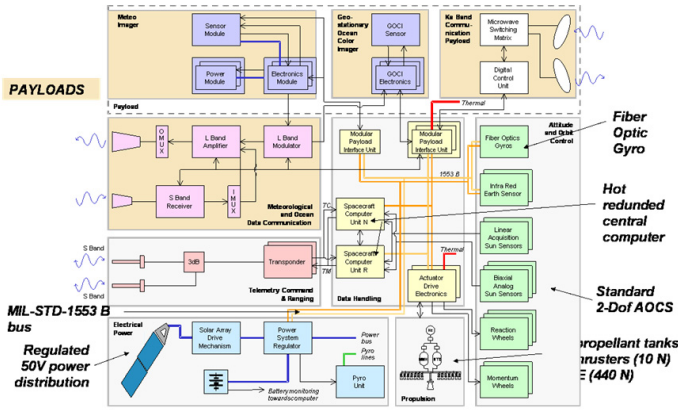
와 통신 탑재체를 보유하고 있는 복합 지구관측 위성이다. 기상탑재 시스템은 고해상도의 다중 채널을 이용하여 기상현상 연속 감시 및 기상요소 산출 분석과 태풍, 집중호우, 황사등 위험 기상률 조기 탐지하며 장기간의 해수면 온도, 구름 자료를 통한 기후변화 분석을 수행한다. 해양 탑재 시스템은 세계 최초로 개발된 정지궤도 해양관측 시스템으로 한반도 주변 해역 해양환경 및 해양생태를 감시하는 역할과 해양의 클로로필 생산량 및 어장정보를 생성하는 역할을 한다. 통신탑재 시스템은 국내개발 Ka 밴드 통신 탑재체를 사용하여 광대역 위성 멀티미디어 시험 서비스를 실시하여 국내 통신 중계기 기술을 검증하는 임무를 갖고 있다.

본 논문에서는 상기 임무를 수행하기 위한 천리안 위성의 전반적인 시스템 아키텍처와 컴퓨터 구조를 기술하고 컴퓨터상에 탑재되어 위성의 전반적인 제어와 운영을 수행하는 임베디드 소프트웨어인 천리안 위성 비행소프트웨어의 아키텍처와 기능을 소개한다. 또한 기존의 EADS-Astrium사의 E3000 비행소프트웨어 생산라인을 바탕으로 천리안 위성 비행소프트웨어를 개발하기 위한 개발 절차 형상을 기술한다.

### 2. 천리안 위성 시스템 및 컴퓨터 구조

천리안 위성은 이미 EADS-Astrium에 의해 통신 위성 본체 플랫폼으로 우주 인증된 E3000 플랫폼을 근간으로

지구 관측 임무를 수행 및 지원하기 위한 특정 장치들이 추가로 구성되었다. 그림 2는 천리안 위성 시스템 아키텍처를 보여주고 있다. 위성의 제어를 총괄하는 컴퓨터 장치인 SCU(Spacecraft Computer Unit)와 대부분의 주변 장치들과는 시스템 버스인 MIL-STD-1553 버스와 연결되어 있으며, 일부 아날로그 센서(태양센서)의 경우는 SCU와 직접 연결된 구조이다.



(그림 2) 천리안 위성 시스템 아키텍처

SCU와 MIL-STD-1553 버스로 연결된 장치는 ADE5, PSR, Gyro, 지구센서, MPIU와 MI2U장치이다. 관성센서인 Gyro와 지구센서는 직접 시스템 버스에 연결되고 그 외의 센서등, 구동기, 탑재체들은 직접 시스템 버스로 SCU에 연결되지 않고 각각의 접속 장치를 통해 SCU에 연결된 구조이다. ADE5는 추진기, 휠, 모터등을 관장하는 구동 접속장치, PSR은 전력 공급 장치를 관장하는 접속장치, MPIU는 통신 중계기와 해양 탑재체 사이에 LSSB(Low Speed Serial Bus)로 연결된 접속장치이며 MI2U는 기상 탑재체와 연결된 접속장치이다. SCU는 각각의 접속장치로 명령을 송신하고 탑재체를 혹은 센서들로부터의 획득된 데이터는 접속장치를 통해서 수신하므로써 SCU 관점에서는 모든 장치들을 개별적으로 관리하지 않고 접속장치를 관리하는 방법으로 설계되었다.

로세서 코어를 탑재하고 있는 SCU의 가장 중요한 보드로서 MA3-1750 프로세서(1MIPS/8MHz 클럭), 512Kw RAM, 128Kw EEPROM, 64Kw Exchange RAM, 내부 버스인 BIM 제어기, 시스템 버스제어기, IPL 제어기로 구성된다. Hot-Standby 잉여구조를 갖는 SCU는 on-line SCU와 off-line SCU 사이에 IPL(Inter-Processor Link) 연결을 통해 특정 중요한 위성 상태 데이터와 명령을 off-line SCU로 전송하며 또한 off-line SCU로부터 정의된 상태 데이터를 주기적으로 수신한다. TIF(Transponder I/F) 보드는 지상으로 부터의 명령 수신과 위성체 데이터를 지상으로 전송을 담당하는 장치이며 SAE/DTC 보드는 아날로그 태양센서 데이터 획득과 내부 장치들로의 직접 명령 처리를 담당하고 있다. MRE는 SCU의 이상 상태를 모니터링하고 문제 발생시 SCU를 리셋하고 재구성할 수 있는 장치로써 SCU와는 별개로 전력을 공급 받으면서 최대한의 안정성 있는 위성 운영을 보장하고 있다.

### 3. 천리안 위성 비행소프트웨어

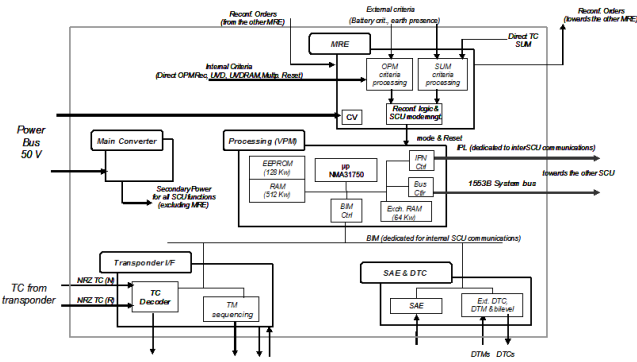
천리안 위성 비행소프트웨어 구조는 E3000 비행소프트웨어 구조에 기반으로 객체지향방법으로 설계되었으며 Ada 언어를 이용하여 프로그래밍되었다. 천리안 비행소프트웨어는 크게 RAM에서 수행하는 RAM 소프트웨어와 PROM에서 수행하는 PROM 소프트웨어로 나눌 수 있다. RAM 소프트웨어는 운영모드(OPM)와 준비모드(SBM)를 운영하는 소프트웨어로서 위성 운영동안 재 프로그래밍되어 재 적재가능하며 PROM 소프트웨어는 지상간섭모드(GIM)와 생존제어모드(SCM)를 운영하는 소프트웨어가 구현되어 있으며 위성 발사 후에는 변경이 불가능하다.

#### 3.1 RAM 소프트웨어 아키텍처

RAM 소프트웨어는 그림 4과 같이 커널, 서비스, 응용 계층들로 구성된 계층적 구조를 갖고 있다. 커널 계층은 기본 태스크 관리, 주기적인 이벤트 태스크 활성화, 전역 메모리 관리등을 수행하는 모듈들로 구성되며 서비스 계층은 TM/TC, 장치 관리 및 처리, 마스터 스케줄, 감시 매커니즘등과 같은 일반적인 서비스를 제공하는 모듈들로 구성된다. 응용 계층은 자세제어 결정 알고리즘과 모드 관리, 전력 공급 시스템 관리, 추진 시스템 관리, 탑재체 관련 명령 및 감시, 열 제어 및 감사와 같은 기능의 상위 레벨 응용 프로그램들을 포함하고 있다.

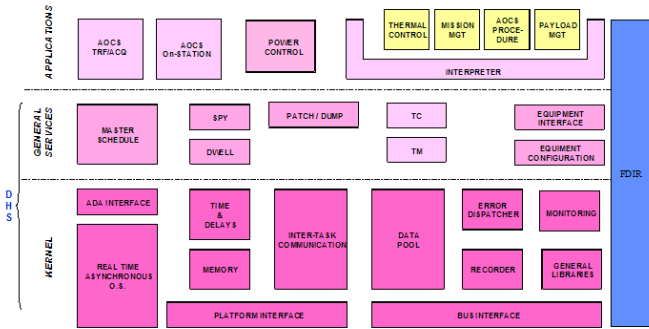
응용계층의 모든 모듈들과 일반 서비스 계층의 대부분의 모듈들은 서로 직접적인 인터페이스를 갖지 않도록 독립적으로 구성되었다. 서로 계층간의 통신은 하위 레벨 계층을 통하여 이루어진다.

소프트웨어 구조에서 또 다른 중요한 특징은 기능들 별로 메모리를 분리하여 사용한다는 것이다. 이는 수행 이미지 파일 생성시에 설정된 파일의 정보를 이용하여 링크한다. 이는 특정 소프트웨어 내에서의 메모리 오류가 다른



(그림 3) SCU 아키텍처

그림 3은 SCU 아키텍처를 보여주고 있다. VPM은 프



(그림 4) RAM 소프트웨어 아키텍처

소프트웨어 영역으로 전과되지 못하도록 함으로써 오류 제한 장치와 같은 기능을 제공한다고 볼 수 있다.

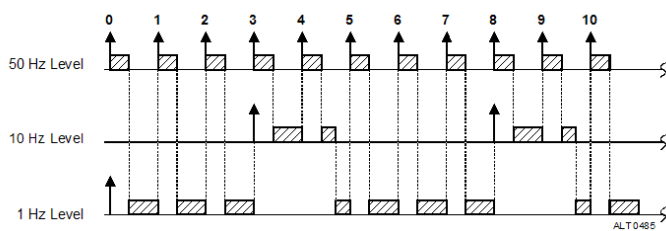
### 3.2 PROM 소프트웨어 아키텍처

PROM 소프트웨어는 위성 조립 및 통합시험과 발사 준비를 위해 지상에서 활성화되는 기본 소프트웨어로 위성의 정상운영에서는 사용되지 않으며, 비상 상태 발생시 위성 생존을 위한 생존제어모드를 수행한다.

SCU에 전원이 인가되면 PROM 소프트웨어는 새로운 RAM 소프트웨어를 적재할 수 있는 RAM 적재기능을 수행할 수 있으며, 발사 직전에 최종 소프트웨어 버전이 RAM 적재기를 통해 RAM에 적재된다. RAM 소프트웨어는 이상 상태 감시와 재배치를 포함한 모든 서비스 동작을 포함하고 있다. 그러나 위성의 매우 중요한 이상 상태가 발생할 경우에는 자동적으로 혹은 지상명령에 의해 PROM 소프트웨어에 있는 생존제어 모드가 수행되어진다. 생존제어 모드에서는 탑재체 전원을 끄고 히터를 재구성, 자세제어는 태양을 지향, 최소한의 배터리 충전과 방전을 관리하고 지상과의 송수신을 하도록 한다.

### 3.2 소프트웨어 스케줄링

실시간 소프트웨어의 가장 중요한 요구사항은 모든 태스크들이 최악의 수행시간에도 마감시간 내에 완료됨을 보장하는 것이다. 이를 위해서는 효율적인 태스크 전환 방법과 잘 구성된 우선순위 스케줄링 방법을 필요로 한다. 이를 위해서 수행 빈도에 따라 태스크의 우선순위를 다음과 같이 4개 레벨로 나누어 그림 5와 같이 소프트웨어 실행 스케줄을 설계하였다.

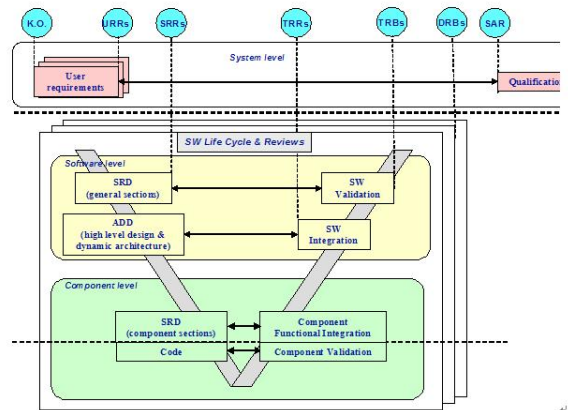


(그림 5) 소프트웨어 스케줄링 기본 원리

50Hz 레벨에서는 태양전지판 구동 명령과 같은 입/출력 동작이 수행되고 10Hz 레벨에서는 센서와 구동기 정보 획득과 처리, 자세제어 단기 제어와 그 외에 이 주기에 수행되는 응용프로그램이 수행된다. 1Hz 레벨에서는 대부분의 위성 정보 획득과 제어, 자세제어 정상 모드 제어, 비상 상태 감시와 조치, 명령 해독 및 전달, 대부분의 응용 프로그램들이 수행된다. 1/10Hz 레벨에서는 빈도가 낮은 정보 처리와 일부 응용프로그램이 수행된다. 추가적으로 텔레메트리 포매팅은 2Hz 주기로 동기화되어 처리되어지며 메모리 스크리빙과 자동 테스트는 백그라운드 태스크로 수행된다. 이들 백그라운드 태스크는 소프트웨어의 무결성을 보장하며 오류 탐지 및 교정(EDAC)을 사용하여 한 개의 이벤트 업셋을 검출 및 정정하며 두 개의 이벤트 업셋을 검출한다.

### 4. 천리안 위성 비행소프트웨어 개발 방법론

천리안 위성 비행소프트웨어는 군 소프트웨어 개발 규약인 MIL-STD-2167A와 유사한 그림 6과 같은 V-사이클 개발 방법론에 따라 개발되고 인증되었다.

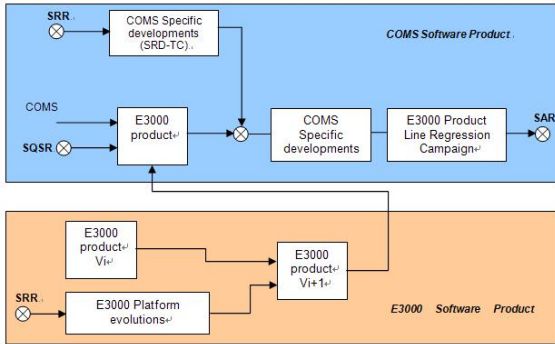


(그림 6) 소프트웨어 개발 및 인증 절차

이 방법론은 Stentor와 Intelsat X 프로그램에서 이미 사용되었으며, 이어서 E3000 프로그램에서도 완전하게 검증되었으며 또한 체계적으로 문서화된 Heritage를 제공하였다. EADS-Astrium사는 동시에 다수의 소프트웨어 개발 및 생산을 위해 Heritage 재사용을 위한 개발 방법론을 정의하고 개발 프로세서로 생산라인에 적용하였다. 이는 이미 검증된 결과물을 재사용함으로써 신뢰성을 극대화하고 동시에 다수의 프로젝트를 수행가능케 함으로써 생산성의 극대화를 가져왔다.

그림 7은 천리안 위성 비행소프트웨어 개발 접근 방법론을 보여준다. 이미 검증된 E3000 비행소프트웨어 생산라인의 재사용 모듈(E3000 Product Vi)들과 변경이 필요한 내용은 SRR(Software Requirement Review) 절차를 통해 변경된 내용(E3000 Platform evolutions)을 통합하여 새로운 E3000 product Vi+1 버전을 생산한다. 이는 천리안 위성 비행소프트웨어 생산라인의 근간(E3000 product)이 되며 천리안 위성 비행소프트웨어를 위해 새로이 개발

된 모듈들(COMS Specific development, SRD-TC)과 병합되어 천리안 위성 비행소프트웨어(COMS Specific development)가 생산된다. 이렇게 생산된 소프트웨어는 Regression 검증시험을 거쳐 검증된 최종의 소프트웨어 버전이 되며 SAR(Software Acceptance Review)를 통해 최종 사용자에게 납품되어진다.



(그림 7) 천리안 위성 비행소프트웨어 개발 흐름

### 5. 결론

본 논문에서는 우리나라 최초의 정지궤도 복합 지구관측 위성인 천리안 위성의 비행소프트웨어의 구성 및 기능을 기술하였고 또한 기존의 EADS-Astrium사의 E3000 비행소프트웨어 생산라인을 바탕으로 천리안 위성 비행소프트웨어를 개발하기 위한 개발 절차 형상을 설명하였다. 이러한 개발 절차 형상은 위성 임베디드 소프트웨어 시스템과 같은 mission critical 시스템이면서 이미 검증된 소프트웨어를 재사용하면서 사용자의 요구사항을 만족시키기 위해 일부 기능을 변경 및 추가 개발하여 통합된 소프트웨어를 생산해야하는 생산라인의 실질적인 한 예를 보여주고 있다.

현재 한국항공우주연구원에서는 천리안 위성의 임무가 끝나는 2018년 천리안 위성 임무를 연계할 수 있는 후속 정지궤도 복합위성 개발 사업을 수행하고 있다. 후속 정지궤도 복합위성은 천리안 위성을 근간으로 하여 관측위성의 임무에 적합한 정지궤도 위성 플랫폼 설계 및 개발이 진행되고 있다. 국내 위성개발에서도 같은 플랫폼을 채택하여 다수의 프로젝트가 동시 개발되고 있는 실정에서 개발 비용, 시간, 인력등을 고려할 때 재사용에 대한 개발 절차 형상에 대한 연구를 수행하여 각 개발 환경에 적합한 개발 절차를 정의하고 채택, 적용하여 효율적인 재사용 개발 절차의 확립이 필요하다. 이때 이미 검증된 소프트웨어가 있는 경우는 소프트웨어 구조와 같은 내부적인 내용과 및 개발 조직 및 개발 환경과 같은 외부적인 내용에 대한 철저한 분석을 통해 재사용의 활용도를 높이는 것이 중요하며 새로운 플랫폼을 위해 새로이 설계 및 개발되는 소프트웨어의 경우는 재생산성을 위해 필요한 요소들에 대한 충분한 연구가 이루어지고 해당 연구 결과가 소프트웨어 설계 단계부터 고려된다면 재생산성에 극대화를 가져올 수 있을 것이다.

### 참고문헌

[1] Soo-Yeon Kang, et al. "The on-board software for meteo imager images planning management in COMS", International Symposium on Remote Sensing 2010, Jeju, Korea.

[2] Soo-Yeon Kang, et al. "The COMS Telecommand Processing in the flight software", International Telecommunication Energy Conference 2009, Incheon, Korea.

[3] Soo-Yeon Kang, et al. "IP function development in COMS Flight Software", International Symposium on Remote Sensing 2007, Jeju, Korea, pp.171-174.

[4] Soo-Yeon Kang, et al. "Flight Software Validation and Verification Process for GEO Satellite", 우주과학회 2006년 가을학술발표회

[5] Soo-Yeon Kang, et al. "MI2U Control Flight Software Design and Development in COMS", International Symposium on Remote Sensing 2006, Busan, Korea.