

## 인공위성 전력계 시뮬레이터의 표준화 모델 개발

정옥철, 이상욱, 김재훈  
한국전자통신연구원 위성관제기술연구팀

### Standard Model Development for EPS Simulator of a Satellite

Okchul Jung, Sanguk Lee, and Jaehoon Kim  
Electronics and Telecommunications Research Institute

#### ABSTRACT

In this paper, standard model for electrical power subsystem of a satellite simulator is presented and analyzed. The main purpose of standard model simulator is to promote platform independency, interoperability and reusability of simulation models. And, EPS simulator prototype model is proposed using the SMP2 standard.

#### 1. 서론

인공위성의 전력계는 위성에서 필요한 전력을 발생하고, 제어, 분배 및 저장함으로써 위성의 각 서브시스템과 탑재체가 주어진 임무를 수행할 수 있도록 전기 에너지를 공급한다. 이러한 위성 전력계의 성공적인 운용을 위해서는 개발 단계에서부터 철저한 분석을 통해 설계와 검증이 이루어져야 한다. 위성의 전력계 시뮬레이터는 전력계 알고리즘을 검증하고, 이상(Anomaly) 상태에서의 전력상황을 분석하여 능동적으로 대처하는 역할을 한다.<sup>[1]</sup>

일반적인 시뮬레이터는 특정 모델에 국한되어 개발되므로 그 활용도가 높지 않은 단점이 있다. 하지만 시뮬레이션 모델과 플랫폼 간의 인터페이스를 위한 표준규격이 만들어진다면 시뮬레이션 모델의 이식성과 재활용성을 높일 수 있어 소요되는 비용과 시간을 상당히 줄일 수 있다. 최근 유럽에서는 서로 다른 시뮬레이션 환경 및 운영 체제에서 모델 Portability를 향상시키고, 시뮬레이션 모델의 재사용성(Reusability)을 최대한 높이기 위한 방안으로 SMP2(Simulation Model Portability 2)를 개발하였다.<sup>[2]</sup> 본 논문에서는 위성 전력계의 각 구성요소를 분석하여 유럽의 시뮬레이션 모델 표준안인 SMP2에 근거한 인공위성 전력계 시뮬레이터 프로토타입(Prototype) 모델의 개발방안에 대해 살펴보았다.

#### 2. 전력서브시스템의 구성

위성의 전력서브시스템은 크게 전력을 생산하고 공급하는 태양 전지판과 구동장치, 전력을 저장하고 필요시 공급하는 배터리, 그리고 탑재체 및 Bus에 필요에 따라 전력을 분배하고 제어를 담당하는 전력 제어기로 구성된다.<sup>[3]</sup>

먼저, 태양 전지판(Solar Array)은 태양 에너지를 전기에너지로 변환시켜 위성의 Bus와 배터리에 필요한 전력을 공급해주는 역할을 한다. 태양 전지(Solar Cell)의 전력 특성은 태양 전지의 온도와 계절 변화, 일식 유무, 태양 각(Sun Angle)의 변동 및 수명에 따른 특성 커브에 따라 결정된다. 태양 전지판 구동기는 태양의 입사각을 최대로 유지하기 위해 태양 전지판을 구동시켜 생산전력을 극대화하는 장치로, 위성의 AOCS(Attitude & Orbit Control Subsystem)로부터의 태양 전지판 각도 신호를 입력받아 이에 대한 제어를 수행한다.

배터리는 태양 전지판에 의해 생산된 전력 중에서 일부를 저장하여 항상 완전 충전상태를 유지하고, 일식 또는 전이궤도의 경우와 같이 태양 전지판에 의해 생산된 전력이 탑재체 및 Bus에 의해 요구되는 전력보다 적을 경우, 안정된 전력을 공급하는 장치이다. 배터리의 충전효율은 셀의 온도, 배터리 충전전류 및 SOC(State of Charge)에 따라 달라진다. 대개 배터리의 충전효율은 충전전류가 클수록 높아지지만, 충전 시, 온도가 높아지거나 SOC가 커질수록 감소하는 특성이 있다. 최근에는 가벼우면서도 높은 효율을 갖는 리튬 이온 배터리에 대한 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

전력 제어기는 전력 조절 및 제어를 담당하는 부분으로 생산 전력량을 제어하는 장치, 충전 전력량을 제어하는 장치, 배터리의 기능을 제어하는 장치 등으로 구성된다. 또한, 부하장치들을 위한 전력 조절과정을 주 전력계 내에서 처리하느냐, 각 부하장

치에 맡기느냐에 따라 중앙조절방식과 분산조절방식으로 구분된다.

그림 1에 다목적실용위성 전력서브시스템의 개략적인 구성을 나타내었다.<sup>[4]</sup> 그림에서 알 수 있듯이 태양 전지판에서 발생된 전력은 SAR(Solar Array Regulator)를 통해 전력 공급장치인 PCU(Power Control Unit)을 거쳐 배터리에 전달된다. 이때, 배터리로 충전되는 전류량 제어는 SAR로 입력되는 PWM(Power Width Modulation) 신호를 이용한다.

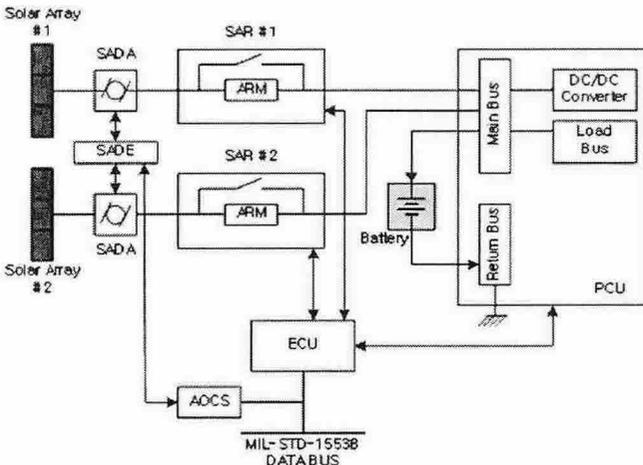


그림 1 다목적실용위성 전력서브시스템 개략도

### 3. Simulation Model Portability

European Space Agency(ESA)는 오랫동안 위성 관련 시뮬레이션 기법을 연구해 왔으며, 해석 및 엔지니어링 오퍼레이션 등을 포함하는 다양한 적용에 적합한 시뮬레이션의 개발을 시도하고 있다. 하지만 기존에 개발된 시뮬레이터는 특정 플랫폼 또는 특정 하드웨어 및 소프트웨어 환경에 적합하도록 설계되었기 때문에 다른 위성에 바로 적용할 수 없을 뿐만 아니라 해당 환경에서만 작동하는 한계가 있다. 결국, 각각의 프로젝트마다 개별적인 시뮬레이터를 개발해야 되는 문제점이 제기되었고, 개발 단계에서 소요되는 시간과 비용을 절감하기 위한 방안으로 모델 표준화에 대한 인식이 확산되었다. 이 중에서 특히 서로 다른 시뮬레이션 환경 및 운영 체제에서 모델 Portability를 향상시키고, 시뮬레이션 모델의 재사용성을 최대한 높이기 위한 방안으로 SMP2(Simulation Model Portability 2) 표준안이 제안되었다. 본 절에서는 SMP2 모델링의 주요 개념 및 구성, 그리고 관련 툴인 XSIM에 대해 간략하게 살펴보았다.

SMP2에 대한 연구는 앞에서 언급한 바와 같이 시뮬레이션 모델의 Portability 및 재사용성을 극대화하기 위한 표준안을 정의하고자 수행되었으며,

이전 버전인 SMP1은 European Space Operation Center의 Rosetta, Mars Express, Venus Express, Cryosat 등 여러 프로젝트의 시뮬레이터에 적용된 바 있다. 이러한 경험을 바탕으로 SMP1에서 제기되었던 문제점들을 보완하고, 최근 소프트웨어 개발방법론으로 많이 채택되고 있는 객체지향 및 컴포넌트 기반 설계기법을 충족하도록 하는 SMP2 표준안을 제시하였다.

SMP2의 기본적인 구조는 그림 2와 같이 시뮬레이션 환경을 제공하는 부분과 각각의 모델을 포함하는 부분으로 나눌 수 있다. 시뮬레이션 환경 부분에서는 시뮬레이션에 필요한 일반적인 사항들을 제공하는 역할을 담당한다. 여기에는 각종 정보 및 메시지를 나타내는 'Logger', 시간('Time Keeper')과 연계하여 인터페이스를 관리하는 'Scheduler', 시뮬레이션의 전반적인 이벤트를 관리하는 'Event Manager'가 포함된다. 그림의 화살표는 모델-모델 간의 인터페이스와 모델-시뮬레이션 환경과의 인터페이스를 나타내며, 이를 통해 각종 정보를 교환하게 된다. 특히, 인터페이스를 실행부분과 분리시킴으로써 향후 유지보수 및 확장을 용이하게 한다.

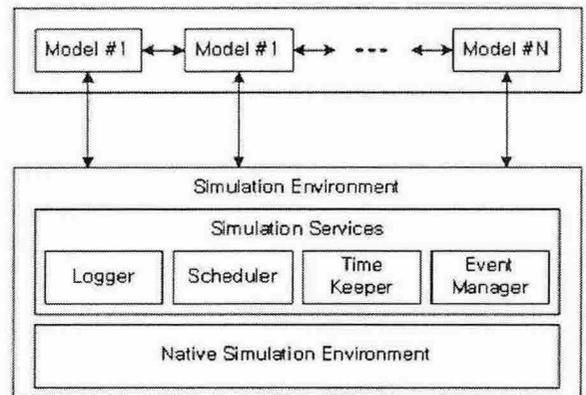


그림 2 SMP2의 기본 구조

그림 3에는 전력서브시스템 중에서 태양 전지판에 대한 SMP2 모델링 절차를 예시하였다. 먼저, 첫 번째 단계는 모델링하고자 하는 대상을 취급하는 과정으로 주어진 시스템을 분석하여 정의하게 된다. 두 번째 단계는 시뮬레이션 시스템의 플랫폼 독립 모델(Platform Independent Model)을 나타내는데, 카탈로그(Catalogue) 파일에서 모델 스펙을 정의하게 된다. 그림에 나타난 바와 같이 기본 모델로부터 추가의 인터페이스 및 상속성을 고려하여 상세한 모델이 작성됨을 알 수 있다. 또한, 이렇게 작성된 카탈로그 파일들을 이용하여 서로 결합하게 된다. 끝으로, 세 번째 단계는 플랫폼 특정 모델(Platform Specific Model) 부분으로, C++과 같은 언어를 이용하여 SMP2 모델을 구현하는 과정이다.

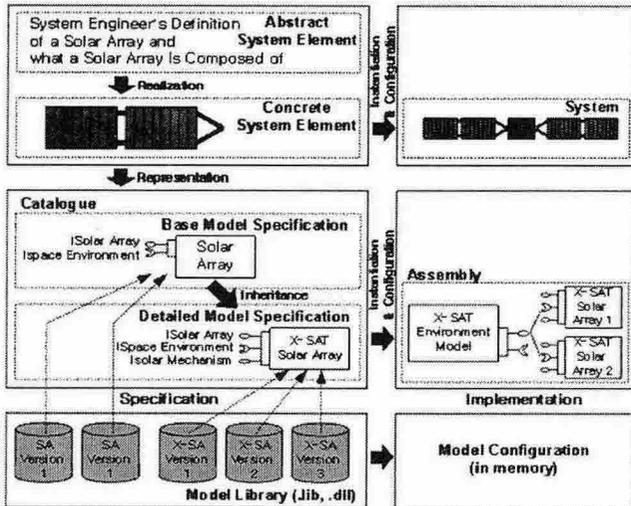


그림 3 SMP2 모델링 절차 예제

#### 4. SMP2을 이용한 전력계 시뮬레이터 Prototype 모델 개발

본 절에서는 지금까지 살펴본 SMP2 표준안을 이용하여 전력서브시스템 시뮬레이터의 프로토타입 모델을 작성하고자 한다. 이를 위해 2절에서 살펴본 다목적실용위성의 전력서브시스템을 간략화하여 모델링 대상으로 선정하였다. SMP2 표준안에서는 보다 빠른 프로토타입 모델 개발을 지원하기 위해 XML(eXtensible Markup Language)을 기반으로 한 'XSIM' 소프트웨어를 제공하고 있다.<sup>[5]</sup> 그림 4에 XSIM을 이용한 시뮬레이션 개발 주기를 나타내었다. 개발 주기는 그림에 나타낸 바와 같이 크게 설계 단계, 개발 단계, 통합 단계, 실행 단계로 나눌 수 있다. 설계 단계에서는 카탈로그 파일을 작성함으로써 모델을 정의하고, 개발 단계에서는 해당 코드를 생성하고 컴파일한다. 통합 단계에서는 앞에서 작성된 모델들을 연결하고 구성하여 최종 실행 단계에서 시뮬레이션을 수행한다. 또한, 표준안 적합성 판정을 위해 유효성 검사도 포함된다.

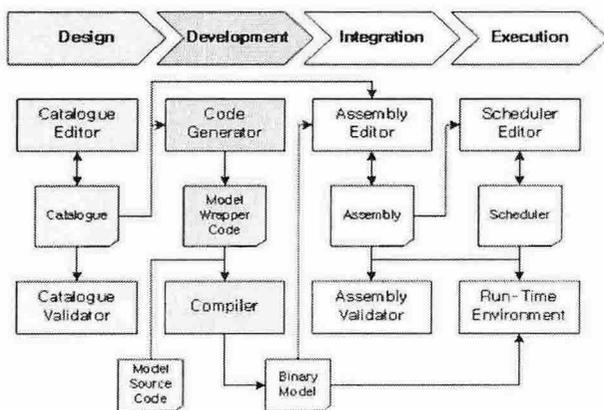


그림 4 XSIM을 이용한 시뮬레이션 개발 주기

그림 5에는 전력계 시뮬레이터 표준화 모델 프로토타입을 위한 전체적인 구성을 예시하였다. 그림에 나타난 바와 같이 총 6개의 모델로 이루어져 있으며, 모델-모델 및 모델-시뮬레이션 환경간의 인터페이스는 화살표로 표시하였다. AOCs 모델에서는 현재의 궤도 상태에 따라 태양 전지판의 각도, Eclipse 여부 등을 관리하며, ECU 모델에서는 배터리 및 버스의 전력 상황을 입력받아서 SAR의 통류율(Duty Ratio)을 조절하는 역할을 수행한다. EPS 시뮬레이터 프로토타입은 XSIM 소프트웨어를 활용하였으며, 특정 부분에 대해서는 표준안을 따라 XML로 직접 작성하였다.

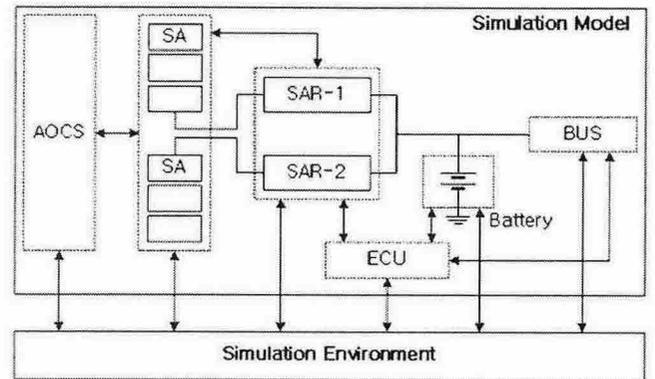


그림 5 EPS 시뮬레이터 프로토타입 구조

#### 5. 결론

본 논문에서는 전력계 시뮬레이터의 표준화 모델을 개발하기 위한 일반적인 사항에 대해 살펴보았다. 먼저, 다목적실용위성의 전력서브시스템의 구성 및 기능을 분석하였고, 현재 유럽에서 적용하고 있는 SMP2 기법에 대해 알아보았다. 또한, SMP2 표준안에 따라 전력계 시뮬레이터의 프로토타입 모델을 작성하기 위한 전체 구조를 제시하였다. SMP2 기법은 서로 다른 시뮬레이션 환경 및 플랫폼에서도 모델의 재사용성 및 Portability가 보장되므로 이를 활용할 경우 시뮬레이터 개발 및 유지보수에 있어 유연성이 더욱 증대될 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] 정규범 외, 다목적 실용위성 전력계 모델 분석 및 설계에 관한 연구, 최종보고서, 한국전자통신연구원, 2001.
- [2] SMP 2.0 Handbook, EGOS-SIM-GEN-TN-0099, Issue 1, Revision 0, 2004.
- [3] 장영근, 이동호, 인공위성 시스템, 경문사, 1997.
- [4] KOMPSAT Critical Design Audit Data Package, Electrical Power Subsystem, 1996, KARI.
- [5] <http://portal.vega.de/smp>