

객체지향기법을 이용한 다목적 실용위성 전력계 시뮬레이터 설계

정규범, 이상욱*, 조성기*, 김재훈*, 한경민, 최용규**
우석대학교, *한국전자통신연구원, **(주) 태림전자

Design of Power Subsystem Simulator for KOMPSAT Using Object Oriented Methods

Gyu Bum Joung, Sanguk Lee*, Sungki Cho*, Jae Hoon Kim*,
Kyoungmin Han, and Young Kyu Choi**

*Woosuk University, **Electronics and Telecommunications Research Institute,
and ***Taelim Electronics Co. Ltd.

ABSTRACT

In this paper, electrical power subsystem(EPS) simulator for KOMPSAT 2 has been analyzed designed and simulated by object oriented design(OOP) method. To design EPS simulator, the EPS modules, which modeled solar array, solar array regulator, deployment device controller, battery, power control unit, and EPS control unit, are modeled. To verify the EPS simulator, the modules has been simulated. By OOP designs, the EPS simulator is very powerful because this method is applicable to design other EPS simulator.

1. 서 론

위성의 전력계 서브시스템은 전력의 발생, 제어, 분배 및 저장의 역할을 함으로서 위성의 각 서브시스템과 탑재체가 기능을 하도록 전기 에너지를 공급하는 역할을 한다.^[1] 위성체는 궤도환경, 탑재체 운용에 따라서 전력의 공급과 사용이 다양하므로 위성 전력계 서브시스템은 이를 고려하여 설계되며 전력을 제어한다. 그러나, 예기치 못한 이상현상(Anomaly)이 발생할 수 있으므로 전력상황을 확인하고 효과적으로 대처하기 위하여 전력계 시뮬레이터가 필요하다.^[1]

다목적 실용위성 1호^[2]의 경우 현재 한국전자통신 연구원에서 개발하여 현재 운용 중에 있으며 현재에는 다목적 실용위성 2호에 대하여 다목적 실용위성 1호의 단점을 보완하고 개발 시 재사용 등의 장점을 가지도록 객체지향 기법을 이용한 시뮬레이터를 개발 중에 있다.

본 논문은 다목적 실용위성 2호의 위성 시뮬레이터 중 전력계 모델링 및 설계에 대한 전력계 시뮬

레이터로 객체지향 기법을 이용하여 설계하였다.

객체지향 기법의 설계는 향후 위성 시뮬레이터 제작 시 위성이 바뀌어도 대부분의 모듈을 재사용할 수 있어서 최소한의 수정만으로 시스템을 재설계할 수 있는 장점이 있다. 또한, 시스템의 변경사항이 있을 때에도 해당하는 부분만 수정할 수 있어서 많은 장점이 있다.

논문 구성은 크게 전력계 서브시스템 주요부분 모델분석에 근거한 객체지향기법을 활용한 설계와 설계된 모듈의 시뮬레이션으로 나뉘어진다. 시뮬레이션 결과는 다목적 실용위성 2호 전력계 시뮬레이터의 모듈설계가 잘 이루어졌음을 보여준다.

2. 전력계 서브시스템의 객체지향 설계구성

그림 1은 전력계 서브시스템 시뮬레이터 모델의 Overall Class Diagram을 나타낸 것이다. 그림 1에서 보는바와 같이 EPS관련 Class는 태양전지판(Solar Array : SA), SAR(Solar Array Regulator), PCU(Power Control Unit), 배터리, DDC(Deployment Device Controller)의 모델링 결과를 구현하는 K1SA, K1SAR, K1PCU, K1Battery, K1DDC 모듈과 각 모듈의 Class들간의 관계가 나타나고 있다. 그림 1에서 각 Class들은 Port Class를 통해 Command와 TM(Telemetry)을 주고받아 시뮬레이션을 수행함을 보여주고 한다.

이때 각 Class는 외부변수를 얻기 위하여 관련 모델로부터 함수를 호출하는 기능을 한다. 즉, K1SA Class는 KSun, KTime, KORbit, KAttitude의 모델로부터 관련함수를 호출하여 수행하며 K1SAR Class는 KSun, KTime, KORbit, KAttitude의 모델외에 K1SA, K1PCU Class로부터도 관련함수를 호출하여 시뮬레이션을 수행한다는 것을 보여준다.

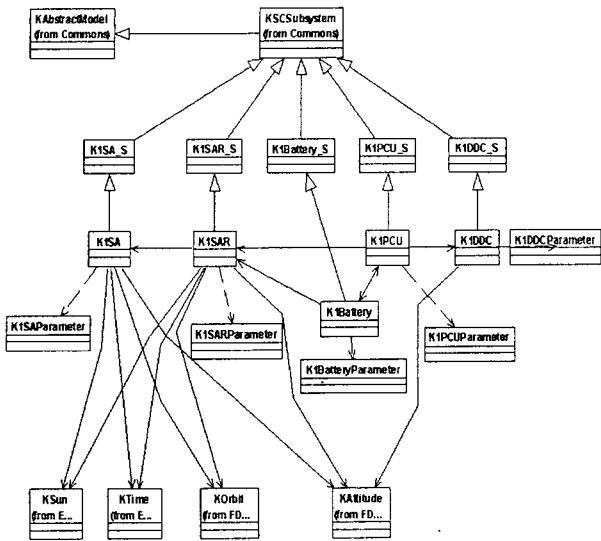


그림 1 다목적 실용위성 2호기 시뮬레이터 전력계 구조

3. 전력계 서브시스템의 각 모듈 설계

그림 1의 전력계 서브시스템은 각각 기능에 따라 모듈별로 설계하였고 본 절에서는 각 모듈의 설계에 대하여 자세히 다룬다.

3.1 KISA 모듈

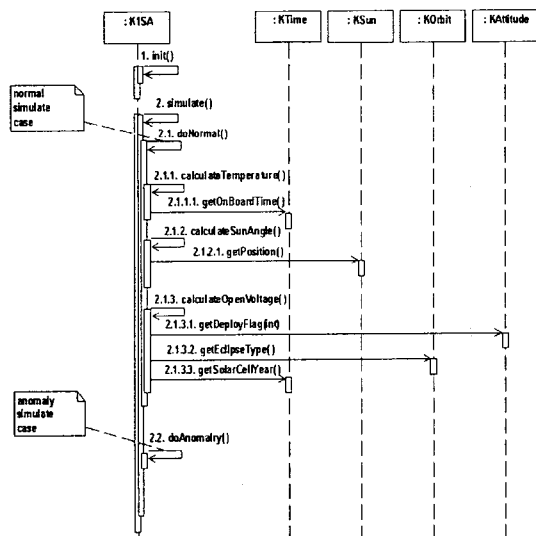


그림 2 KISA Module Sequence Diagram

그림 2는 EPS Model 중 태양전지판을 모델링한 KISA 모듈에 대한 Sequence Diagram을 나타낸다. KISA 모듈의 실행순서는 위에서 아래로 차례대로 수행하지만 그림 2에서와 같이 normal simulate case와 anomaly simulate case를 구분해서 하나의 Sequence Diagram에 표현했다. KISA Model 객체가 생성되면 init 함수를 실행하여 초기

화를 하고 simulate가 호출되면 Anomaly 상태에 따라 doNormal()이나 doAnomaly()를 수행한다.

그 다음으로 KTime의 getOnBoardTime()을 통해 onBoardTime을 구하고 calculateTemperature()를 수행하여 SA의 온도를 구한다. KSun의 getPosition()을 통해 calculateSunAngle()로 Sun Angle을 구하고 KISA의 주 함수인 calculateOpenVoltage()를 수행한다. Open Voltage를 구하는데 필요한 값들을 KAttitude의 getDeployFlag(), KOrbit의 getEclipseType(), KTime의 getSolarCellYear()를 통해 구한다.

Solar Array는 실제 위성 양쪽에 두 개의 윙(Wing)로 구성되어 있으므로 시뮬레이터에서도 두 개의 객체를 생성해서 실행할 수 있도록 구현되었다. KISA 모듈에서는 태양전지의 최대전압을 구하게 되는데, 태양전지판의 최대전압은 위성의 사용기간에 따른 방사능 효과, 구조물 변화정도, 온도변화에 따라 달라지게 된다. 따라서 KISA 모듈에서는 이를 고려하여 모듈을 설계하였다.

3.2 KISAR 모듈

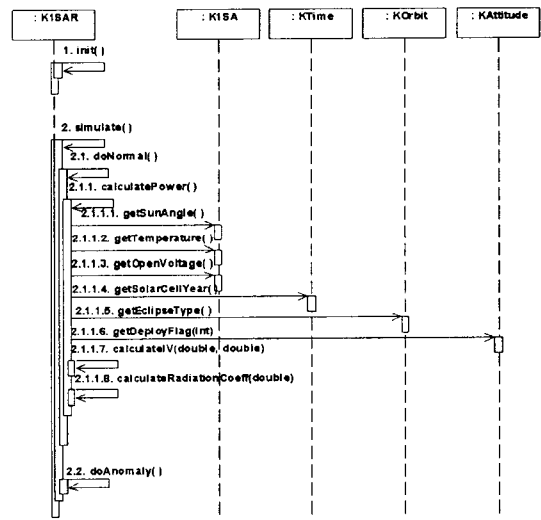


그림 3 KISAR Module Sequence Diagram

그림 3은 EPS Module 중 위성의 궤도환경에 따라 태양전지판에서 생성된 전기에너지의 정도에 따라 배터리의 충전전 전류를 조절하는 SAR를 모델링한 KISAR 모듈에 대한 Sequence Diagram을 나타낸다. KISAR 모듈의 실행순서는 위에서 아래로 차례대로 수행하지만 그림 3과 같이 normal simulate case와 anomaly simulate case를 구분해서 하나의 Sequence Diagram에 표현했다. KISAR Model 객체가 생성되면 init 함수를 실행하여 초기화를 하고 simulate가 호출되면 Anomaly 상태에

따라 doNormal()이나 doAnomaly()를 수행한다.

그 다음으로 태양각을 결정해주는 KSun의 getPosition()을 통해 calculateSunAngle()로 Sun Angle을 구하고 태양각을 고려하여 K1SAR의 주 함수인 calculatePower()를 수행한다. 또한, K1PCU Class를 통해 SAR의 출력전압인 busVoltage를 받아들이고 기타 필요한 데이터들을 각각의 모델들로부터 받아들여 calculatePower()를 수행하게 된다.

SAR 모듈도 두 개의 SA를 입력으로 하므로 두 개가 필요하므로 시뮬레이터에서도 두 개의 객체를 생성해서 실행할 수 있도록 구현되었다.

한편 SAR의 동작은 배터리 전압 PCU의 전력상황 SA의 영향이 고려하여, SAR의 입출력 전압 및 전류에 대한 결과를 시뮬레이션해 주어야 한다. 따라서, 이들을 구하는 데 필요한 태양전지의 온도, 방사능 효과, 사용기간에 따른 모델링 결과도 포함되어 있다.

3.3 K1Battery 모듈

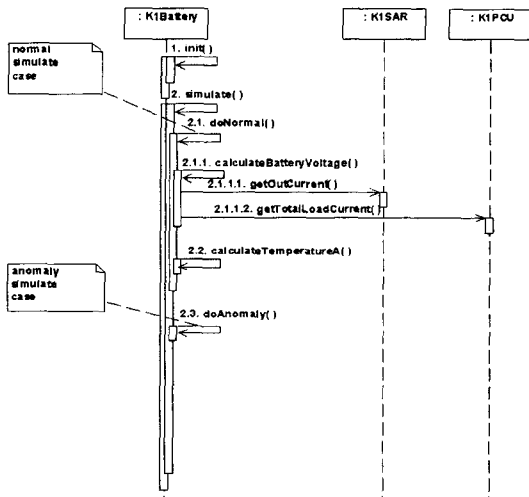


그림 4 K1Battery Model Sequence Diagram

그림 4는 EPS 모듈 중 배터리의 특성을 모델링한 K1Battery 모듈에 대한 Sequence Diagram을 나타낸다. K1Battery 모듈 역시 실행순서는 위에서 아래로 차례대로 수행하지만 그림 4에서와 같이 normal simulate case와 anomaly simulate case를 구분해서 하나의 Sequence Diagram에 표현했다. K1Battery Model 객체가 생성되면 init 함수를 실행하여 초기화를 하고 simulate 함수가 호출되면 Anomaly 상태가 나타났는지의 여부에 따라 doNormal()이나 doAnomaly()를 수행한다.

그 다음으로 주 함수인 calculateBatteryVoltage()를 수행하는 데 이 함수는 수행되는데 있어서

K1SAR Class의 getOutCurrent() 함수와 K1PCU Class의 getTotalLoadCurrent() 함수를 호출하여 계산을 수행한다.

Battery 유닛은 하나이므로 시뮬레이션도 하나로 구현되어 있다. 하지만 그림 4에서와 같이 K1SAR 모델로부터 Out Current를 받아들이는데 SAR 모델은 두 개로 구성되어 있으므로 K1Battery 모델에서는 이 두 개의 SAR 모델로부터 데이터를 각각 받아들여 이를 합산하여 계산을 한다.

3.4 K1PCU 모듈

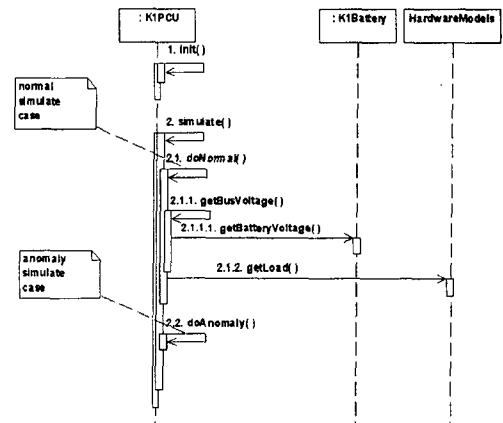


그림 5 K1PCU Module Sequence Diagram

그림 5는 EPS Module 중 PCU의 특성을 모델링한 K1PCU 모듈에 대한 Sequence Diagram을 나타낸다. K1PCU 모듈 객체가 생성되면 init 함수를 실행하여 초기화를 하고 simulate가 호출되어 시뮬레이션이 수행된다.

K1PCU의 주 기능은 ECU로부터 위성체의 각 부하에 대한 전원의 공급이나 차단 명령을 받아서 부하에 전류를 공급하고 차단하며, 원격측정된 데이터를 ECU에 공급하는 장치이다. 전력을 사용하는 각 모델들은 PCU를 통해 자신의 전원 상태를 받아 작동을 결정하고 PCU는 모든 모델의 사용 전력량을 받는다. 이렇게 구한 전력량과 Battery 모델로부터 Battery Voltage를 받아 Total Load Current를 계산한다.

3.5 K1DDC 모듈

그림 6은 EPS Module 중 DDC를 모델링한 K1DDC Model에 대한 Sequence Diagram을 나타낸다.

K1DDC Model 객체가 생성되면 init 함수를 실행하여 초기화를 하고 simulate가 호출되어 시뮬레이션이 수행된다. K1DDC의 주 기능은 command

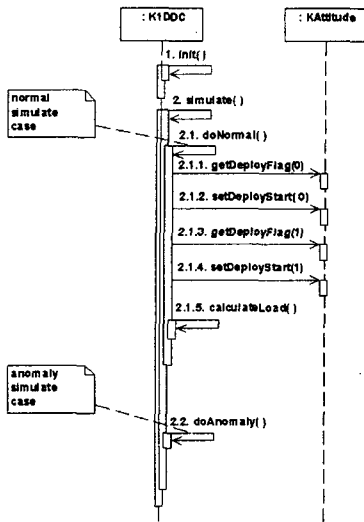


그림 6 K1DDC Module Sequence Diagram

에 따라 Solar Array를 전개시키는데 있다. 또한 이 모델은 시뮬레이션을 하는 동안 오직 한번 밖에 수행되지 않는다. 먼저 K1PCU 모델로부터 모델의 전원스위치 상태를 체크한 후 deploy command가 내려오면 KAttitude 모델의 setStartDeploy() 함수를 호출하여 Deploy 상태를 시뮬레이션한다. 그리고 현재 전개중이라는 상태값을 저장하고 있다. 다시 이 모델이 호출되면 상태값을 확인하여 전개중이거나 전개가 완료 되었을 때 아무것도 수행하지 않게 된다. KAttitude 모델에서 전개에 관한 시뮬레이션이 모두 끝나면 K1DDC 모델의 setDeployEnd() 함수를 호출하는데 이때는 상태값이 전개완료로 변경된다. 이로써 K1DDC의 임무는 모두 끝나게 된다. 물론 이 모델 역시 전력을 사용하는 하드웨어 모델이므로 소비되는 전력이 calculateLoad() 함수를 통해 계산되며 여기서 계산된 값은 PCU 모델에서 참조한다.

4. 전력계 서브시스템 모듈 시뮬레이션 결과

제3절에서 모델링한 모듈 중 본 절에서는 SA와 SAR 모듈에 대한 시뮬레이션 내용을 살펴보기로 한다.

그림 7은 SA의 최대전압인 Open voltage를 EOL(End of Life)인 year 3에서 K1SA 모듈을 시뮬레이션한 것이다. 여기서, 시뮬레이션은 식(Eclipse) 직후부터 시뮬레이션 한 것으로 Open Voltage가 변동하는 것은 식기간 직후 부터 SA의 온도가 별하기 때문이다.

그림 8은 SAR 전압전류 특성인 V_I 커브 특성을 BOL, 온도 28° 에서 시뮬레이션 한 것이다. 그림 8의 커브는 모델링 전의 V_I 커브를 잘 반영하고 있다.

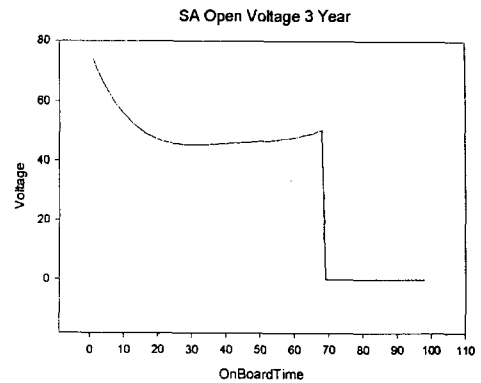


그림 7 K1SA Open Voltage 3 Year 시뮬레이션 결과

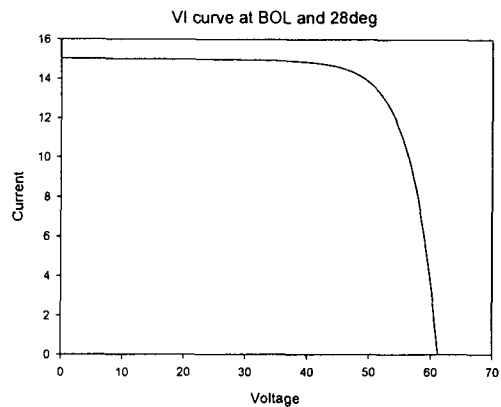


그림 8 K1SAR V_I 커브 시뮬레이션 결과

5. 결 론

본 논문에서는 다목적 실용위성 2호에 대하여 전력계 서브시스템의 분석 및 객체지향 프로그래밍을 위한 구조의 설계를 하고 각 모듈 중 K1SA 모듈, K1SAR 모듈에 대하여 모델의 타당성을 검증하기 위한 테스트를 실시하였다. 테스트 결과 각 모델은 전력계 서브시스템의 모델 특성을 잘 반영함을 확인할 수 있었다. 여기서, 다목적 실용위성 2호에서 아직 결정되지 않은 부분은 실용위성 1호를 기준으로 해석하여 추후 실용위성 2호 확정시 활용할 수 있도록 하였다.

본 논문은 한국전자통신연구원의 위탁연구과제로 수행된 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 정규범, 이상욱, 최완식, 다목적 위성 태양전지 모델링 및 해석, 전력전자공학회 학술대회, 1997년 7월
- [2] 한국항공우주연구원, KOMPSAT II, System Design Review, Electrical Power Subsystem, 2000.