

큐브위성의 전력시스템 설계를 위한 소프트웨어 테스트베드 설계

이성준^{1†}, 임남규², 이선영², 백진성², 박희망², 김준석³

조선대학교 기계시스템·미래자동차공학부¹, 조선대학교 기계시스템공학과² · 메카트로닉스공학과³

Development of the software testbed for designing the electrical power system of the CubeSat Satellite

Seongjun Lee^{1†}, Namgyu Lim², Sunyeong Lee², Jinsung Baek², Huimang Park², Junseok Kim³
Chosun University

ABSTRACT

본 논문에서는 소형 큐브위성의 전력시스템 구성품의 용량 및 위성의 운용로직을 설계할 수 있는 소프트웨어 테스트베드 설계 방법을 제시한다. 기존 초소형 인공위성 시스템 설계를 위한 소프트웨어가 개발되어 상용품으로 판매되고 있으나, 주로 자세제어 시스템의 제어기 설계를 위해 소프트웨어가 사용되고 있고, 텍스트기반 복잡한 구조로 되어있어 본 논문의 목적인 전력계 구성품 용량 및 운용로직을 설계하는데 이를 활용하기 어려운 측면이 있었다. 따라서 본 논문에서는 전력시스템의 구성품들을 전력 및 에너지 방정식으로 모델링하여 Matlab/Simulink에서 이를 구현함으로써 가독성을 높여 시스템 설계 및 분석 시간을 줄일 수 있는 소프트웨어 테스트베드 설계방법을 제시한다. 제안된 소프트웨어 테스트베드를 이용한 3리터 사이즈의 소형 큐브위성 시스템의 구성품 용량 및 운용로직 설계 결과를 본 논문에서 제시한다.

1. 서론

KMSL 큐브 위성(CubeSat)은 가로, 세로가 10mm이고, 높이가 30mm인 3리터 사이즈의 과학 실험용 초소형 인공위성으로서 전력계 시스템은 그림 1과 같이 구성된다. KMSL 큐브 위성은 우주환경에서 에너지발생과 전원공급을 위한 전력계, 자세제어계, 통신계 및 명령 및 데이터처리계(OBC, On board computer)의 필수 전장품 외에 2개의 과학 임무 장치가 탑재되어 있다. 초소형 인공위성의 발사 제한조건으로 인해 위성 제품의 형상 및 사이즈가 제한되기 때문에 위성내 탑재된 과학임무 장치의 실험을 위해서는 제한된 에너지 생성량 대비 최적 운용로직 설계가 필요하다. 또한 전력계 내의 컨버터 용량 및 에너지 저장장치인 배터리의 용량 설계가 운용 로직에 의해 결정되기 때문에 용량 선정과 운용로직 설계를 연동 수행할 수 있는 방법이 필요하다. 기존 소형위성에 대한 개발 소프트웨어가 상용품으로 판매되고 있으나 주로 위성의 자세제어 알고리즘 개발용으로 사용되고 있고, 텍스트기반 복잡한 함수 구조로 구성되어 있어

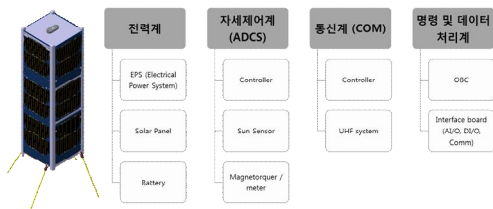


그림 1. KMSL 큐브위성의 전력시스템 구성도/시스템 구성도

본 논문의 목적인 전력계 구성품 용량 및 운용로직을 설계하는데 활용하기 어려운 측면이 있었다[1]. 따라서 본 논문에서는 전력시스템의 용량 및 로직설계 측면 설계를 용이하게 하기 위한 소프트웨어 테스트베드 구축방법을 제시한다. 전력시스템 구성을 전력 및 에너지 방정식에 기반한 기능모델(functional model)로 구성하였고, 위성 전체의 운용로직은 Matlab Stateflow로 작성하여 로직 설계의 개발 시간을 줄이고, 개발하고 있는 소프트웨어에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 제안된 방법을 이용한 조선대학교의 KMSL 큐브셋 인공위성의 전력계 구성품 용량설계 결과 및 위성 운용로직 설계결과를 제시한다.

2. 큐브위성 소프트웨어 모델 설계

소프트웨어 테스트베드의 구성은 그림 2~3과 같다. 위성의 전력시스템은 식 (1)과 같은 전력방정식으로 모델링하였고 이를 기반으로 그림 3과 같은 전방향 접근방식의 소프트웨어 테스트베드를 제작하였다[2]. 이때 위성의 부하장치인 과학임무장치, 자세제어계, 통신계, 명령 및 데이터처리계의 출력 사양은 표 1과 같다.

$$\eta_{sar} P_{solar} = \eta_{bat} P_{bat} + \eta_{con} (P_{payload} + P_{com} + P_{adcr} + P_{obc}) \quad (1)$$

이때, η 는 효율, P 는 전력을 나타낸다. 아래 첨자는 sar은 태양전지 레귤레이터, bat은 배터리, con은 부하전원 공급을 위한 DC-DC 컨버터, payload는 과학 임무장치, adcr은 자세제어계, OBC는 온보드 컴퓨터를 나타낸다.

식 (1)의 부하장치는 그림 4과 같이 Matlab Stateflow를 이용한 온보드 컴퓨터 (OBC)에 구현될 소프트웨어 로직을 이용하여 온/오프되어 기능이 동작하게 된다. 큐브셋 전력시스템의 기본 운영 전략은 기본적으로 그림 4에 나타나

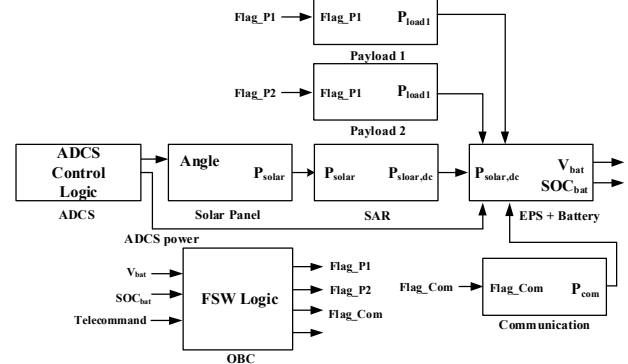


그림 2. 전방향 접근 방식의 시스템 모델

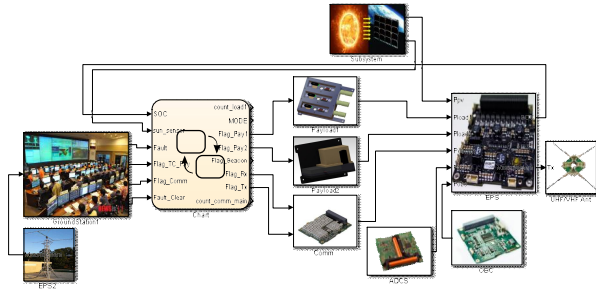


그림 3. MATLAB/Simulink 모델

표 1. 큐브위성의 부하장치 전압 및 소모전력

구분	전압(V)	소모전력(W)	부하조건	
통신	VHF/UHF transceiver/Ant	3.3/7.4	Rx : 0.4, Tx : 4	조건동작
탑재	Payload I	7.4	29.6 (Peak)	조건동작
	Payload II	5	3	조건동작
자세 제어	ADCS	3.3 / 5	1	연속
	Analog Sun Sensor	3.3 / 5	0.01	연속
	Nadir Sensor	3.3	0.13	연속
명령 처리	OBC(On-Board Computer)	5/ 3.3	3	연속

있는 상태 천이도에서 확인할 수 있고, 수립된 운용 로직에 따라 큐브셋이 운전될 때 전력계(EPS)가 처리해야 전력 및 에너지 용량을 설계할 수 있다.

3. 모의실험 결과

본 논문에서 제안된 소프트웨어 테스트베드를 이용한 KMSL 큐브위성의 운용로직에 따른 전력 및 에너지 분배 제어결과는 그림 5와 같다. 큐브셋 위성이 600km 상공에서 B-dot 제어[3]를 통해 인공위성의 회전 각속도를 3deg/s 이하로 제어하는 경우에 대한 태양전지로부터 발생하는 전력을 사전 시뮬레이션하여 입력하였다. 이때 위성의 과학임무장치(payload)가 동작되고 있고, 또한 100초 주기마다 10초간 비콘 신호를 송신하는 조건에 대한 부하조건을 설정하였다. 시뮬레이션으로부터 위성 운용 제어로직에 의한 배터리 및 부하전력의 결과 및 지면제한으로 인해 표시하지 않은 컨버터가 처리해야 할 전력을 확인할 수 있다. 본 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 소프트웨어 테스트베드를 이용하여 구성품의 용량 및 제어로직을 설계할 수 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 KMSL 큐브 위성 전력시스템의 운용 로직을 고려한 구성품의 용량 선정할 수 있는 소프트웨어 테스트베드 설계 방법을 제시하였다. 제안된 소프트웨어 테스트베드를 이용하여 제한된 에너지 발전량으로부터 큐브 위성이 정상적인 임무를 수행할 수 있는 운용로직을 설계할 수 있고, 향후 최적 운전로직 및 보호로직을 설계하여 위성 지상검증을 진행할 예정이다.

감 사

“이 논문은 조선대학교 『2017학년도 학부생 새싹형 연구인재 지원프로그램(학부 장학금 사업)』의 지원을 받아 연구되었음”

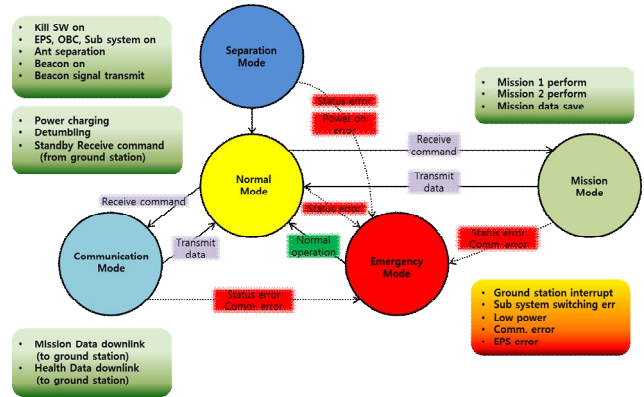


그림 4. 위성 운용모드 상태천이도

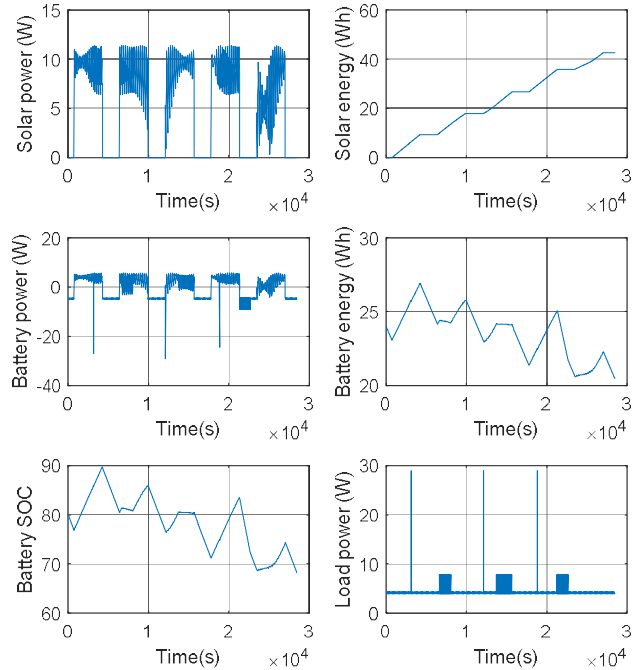


그림 5. 임무장치 동작조건에 따른 위성 제어 로직에 따른 전력분배결과

참 고 문 헌

- [1] SCT Academic Edition, <http://www.psatellite.com/products/sct/sct-academic-edition>
- [2] J. Hou and X. Guo, "Modeling and simulation of hybrid electric vehicles using HEVSIM and ADVISOR," 2008 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Harbin, 2008, pp. 1-5.
- [3] 이순철, 김세호, 정동원, "큐브위성 VisionCube의 B-dot 시분할 Detumbling의 시뮬레이션을 이용한 검증", 2017 한국항공우주학회 춘계학술대회 논문집, pp. 605-607.