

뉴스페이스 시대의 소형위성: 고장 원인 분석 및 체계적 품질관리 방안

승아현
국방기술품질원

Small Satellites in the New-Space Era: Analysis of Cause of Failure and A Method of Systematic Quality Management

A-Hyun Seung
Defense Agency for Technology and Quality(DTAQ)

요약 우주산업이 민간주도의 새로운 패러다임인 뉴스페이스로 전환되며, 발사체와 위성 기술의 혁신은 위성 발사 비용을 줄이고, 소형화 및 표준화를 가능하게 하였다. 이로 인해 소형위성의 수요가 폭발적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 그 결과로 통신 및 인터넷 서비스 제공, 지구 관측 및 모니터링, 항공 및 해상 교통관리 등 다양한 분야에서의 활용이 되고 있다. 소형위성의 고성능화, 대량생산화, 동시발사, 군집운용 등 사업성이 높아짐에 따라 소형위성의 수요가 더욱 증가할 것으로 예측된다. 하지만, 이러한 긍정적 변화에도 불구하고, 소형위성의 제한된 자원과 복잡한 기술적 특성 때문에 고장 위험성이 동반될 수 있음이 실제로 지적되고 있다. 특히, 상업 및 군사 분야에서 소형위성의 활용이 확대되면서, 소형위성의 고장이 초래하는 경제적, 안보적 손실의 가능성이 증대되었다. 본 논문은 이러한 문제점에 주목하여 소형위성의 주요 고장 원인을 체계적으로 분석하고, 이를 바탕으로 주요 고장 원인별 고장 발생을 최소화하기 위한 개발-운영 간 체계적인 품질 관리 방안에 대해 고찰하고자 한다.

Abstract As the space industry shifts to New-Space, a new paradigm led by the private sector, innovations in launch vehicles and satellite technology have reduced the cost of satellite launches, enabling miniaturization and standardization. As a result, the demand for small satellites is increasing, leading to their utilization in various fields, such as providing communication and internet services, Earth observations and monitoring, and air and maritime traffic management. The demand for small satellites is expected to increase as their business feasibility increases, such as high performance, mass production, simultaneous launches, and cluster operation of small satellites. On the other hand, despite these positive changes, small satellites have a risk of failure because of their limited resources and complex technical characteristics. In particular, as the use of small satellites has expanded in commercial and military fields, the possibility of economic and security losses caused by the failure of small satellites has increased. This paper focuses on these problems, systematically analyzes the main causes of failure of small satellites, and considers systematic quality management measures between development and operation to minimize the occurrence of failures by major failure causes.

Keywords : New-Space, Small-Satellite, Failure, Analyzing the Cause of Failure, Quality Management

*Corresponding Author : A-Hyun Seung(DTAQ)

email: dkgus4156@dtqa.re.kr

Received September 26, 2023

Accepted November 3, 2023

Revised October 25, 2023

Published November 30, 2023

1. 서론

우주산업은 지난 수십 년 동안 큰 변화를 겪어왔다. 초기의 우주탐사는 거대한 국가 프로젝트의 일환으로 시작되었으며, 그 대표적인 사례로 아폴로 프로젝트와 소련의 우주 탐사 미션을 들 수 있다. 이러한 초기 단계에서는 국가의 자원 및 연구력이 집중되어 우주를 탐사하고, 새로운 기술을 개발하는 데 큰 비용과 시간이 소요되었다. 그러나 시간이 흐르면서, 기술의 발전과 국가 간 협력, 그리고 민간 기업의 참여가 활발해지면서 우주산업의 패러다임이 서서히 바뀌게 되었다. 이 중에서도 가장 큰 변화는 '뉴스페이스'의 출현이다. 뉴스페이스는 고비용, 긴 개발기간, 정부 주도하의 전통적인 우주산업의 패러다임에서 벗어나 상업적, 창의적, 혁신적인 방법 기반 민간주도의 새로운 우주 산업 패러다임을 말한다[1]. 이러한 패러다임의 전환은 우주산업의 경제적 가능성을 확대시키는 동시에, 기술의 발전과 표준화를 가속화시켰다. 이런 변화의 중심에는 소형위성이 있다. 전통적인 위성에 비해 훨씬 경제적이면서도 고기능을 갖춘 소형위성은 다양한 분야에서 활용 가능성을 보이고 있다.

Fig. 1은 최근 10년간 전체 발사된 위성 중 소형위성의 수를 분석한 자료다. 2013년 당시 130개의 소형위성을 발사하였으며, 이는 2013년도에 발사된 위성의 61% 비중을 차지하였다. 2022년에 발사된 소형위성의 수는 2402개로 당해연도에 발사된 위성의 96% 비중을 차지하고 있음을 확인할 수 있다[2].

소형위성 기술이 급속도로 발전하였고, 지구관측(환경 모니터링, 기상 예측 등), 통신, 과학연구(행성탐사 및 관측, 우주 물리학 연구 등), 국가안보(통신, 감시·정찰 등), 기술 시연 등의 목적으로 다양한 분야에서의 활용되고 있다. 데이터의 고정밀, 위성 운영간 탄력성 및 안정성, 다목적/다기능성 등 다양한 이점을 가지는 군집 위성기술 등이 개발·운영될 것으로 보아 향후 10년간 소형위성의 수요는 폭발적으로 증가할 것으로 예상된다[3].

그러나 이러한 이점에도 불구하고, 소형위성은 제한된 자원과 예산으로 개발되기 때문에 기술이 복잡해지고, 다양해진다면 그만큼 고장 위험이 증가될 수 있다. 위성 활용 분야의 다양화, 상업위성이 증가함에 따라 고장이 일어날 경우 경제적 손실 또한 증가하게 되며, 군사위성 등 특별한 요구사항이 있는 분야에서의 고장은 국방 안보 등에 심각한 문제를 야기할 수 있다. 소형위성의 활용도가 높아지는 만큼, 그 안정성과 품질 관리에 대한 연구의 필요성은 점점 더 커지고 있다.

본 논문은 이러한 시대적 변화와 소형위성의 중요성을 바탕으로, 그 특성에서 비롯되는 주요 문제점들을 깊이 있게 탐구하고자 한다. 특히 소형위성 개발·운영 간 발생했던 고장사례를 조사, 소형위성의 주요 고장 원인을 체계적으로 분석하며, 이를 최소화하여 소형위성의 안정적인 운영을 위한 품질관리 방안에 대해 논의하고자 한다.

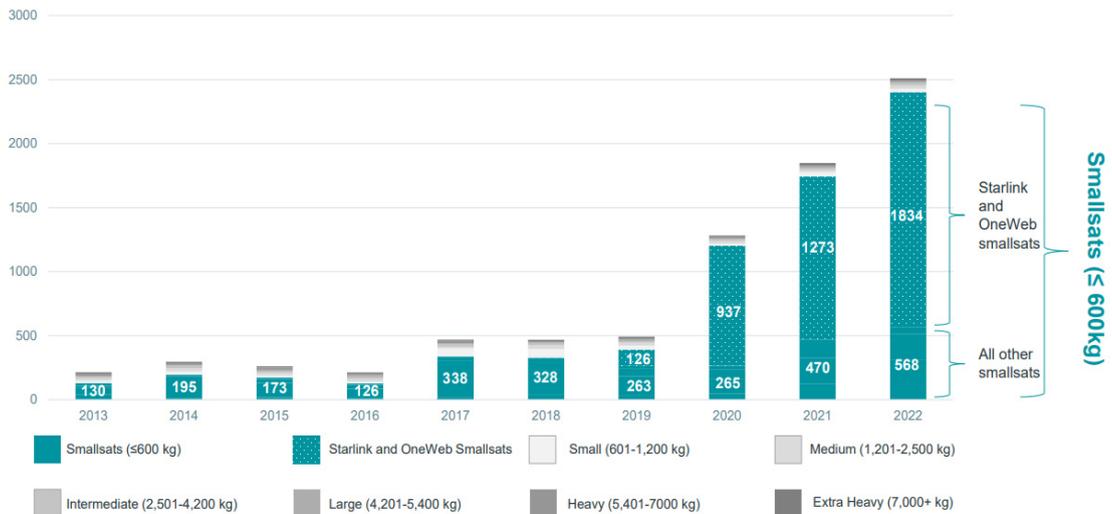


Fig. 1. Number of Spacecraft Launched over the past 10 years [2]

2. 소형위성 기본 구조

인공위성의 급(Class)은 주로 무게를 기준으로 정의하며, 일반적으로 500~600kg이하 급 위성을 소형위성으로 지칭한다. 소형위성의 구조와 기능은 그 용도와 임무에 따라 다르나 일반적으로 Fig. 2와 같은 주요 구성 요소들을 가진다. 위성 안테나(Antennas) 시스템은 지구와 신호를 송·수신하는데 사용되며, 위성의 작동 핵심인 명령 및 데이터 처리(Command and Data Handling) 시스템은 지상 원격 명령을 수신하고, 지상 원격 명령에 따라 위성 전체의 정보를 모니터링하며, 비행 소프트웨어의 동작 환경을 제공한다. 자세제어(Attitude and Orbit Control) 시스템은 자이로스코프, 자기장 센서, 로켓엔진 등으로 구성되어 있으며, 센서를 통해 위성의 위치를 모니터링, 추진기 및 기타 기동을 통해 위성의 위치와 방향을 미세 조정한다. 하우징(Housing)은 가혹한 우주 환경에서 견딜 수 있도록 위성의 뼈대 역할을 한다. 전력(Power) 시스템은 위성의 각 서브시스템에 전력을 공급하는 역할을 하며, 태양전지판, 배터리, 태양전력 조절기, 전력변환기, 전력분배기 등으로 이루어져 있다. 열제어(Thermal Control)시스템은 위성 내부의 온도 제어를 담당하며, 극심한 온도 변화로부터 위성 내부 전자부품들이 작동온도(-20℃~+80℃)를 벗어나지 않도록 제어한다. 트랜스폰더(Transponders)는 위성의 통신장비에 탑재되어 있는 장치로 안테나를 통해 수신된 신호를 다른 주파수로 변환, 증폭하여 다시 송신하는 역할을 한다[4].

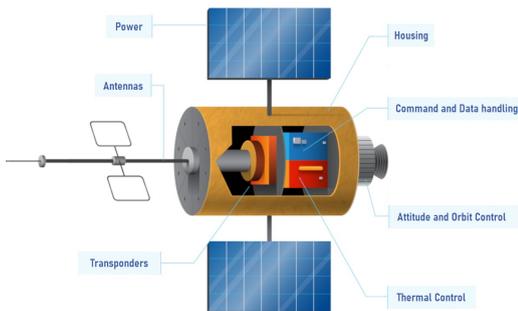


Fig. 2. A Generic diagram of a satellite [4]

3. 소형위성 고장 사례 분석

2000년부터 2022년까지 개발 및 운영되었던 소형위성 중 운영정보가 공개된 위성에 대한 고장사례들을 수

집 분석하였다. 소형위성에 대한 운영정보는 해당위성을 운영하는 기관의 웹사이트, 소형위성 데이터베이스 사이트(Nanosat Database, Saradata 등)[5,6], 실시간 위성 추적 사이트(n2yo.com)[7], ESA(유럽우주국)의 위성 정보 제공 사이트인 Eoportall [8]과 2019년에 NASA에서 발간한 소형위성의 미션실패율 보고서[9] 등을 통해 획득하였다. 총 1000종 이상의 소형위성에 대한 운영정보를 조사하였으며, 308건의 소형위성고장 사례를 수집하였다. 308건 중 26건은 발사체의 발사실패로 인해 소형위성이 운영되지 못한 사례로 확인되었으며, 해당 원인에 따른 고장은 소형위성보다는 발사체의 영향으로 판단됨에 따라 주요 고장원인 분석에서 제외하였다.

308건의 소형위성 고장 사례 중 발사체에 의한 발사 실패로 소형위성이 운영되지 못한 사례 26건을 제외한 282건에 대해 고장원인을 분석하였으며, 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 분석 결과에 따르면, 통신문제에 따른 고장이 56.4%(159건)로 가장 많은 비중을 차지하였으며, 자세제어 문제에 따른 고장이 16.0%(45건)로 두 번째로 많은 비중을 차지했다. 그 다음으로는 부품 자체 결함, 부품 간 연동 오류 등의 장비문제(12.4%(35건)), 전력 공급 문제(11.7% (33건)), 발사체와의 분리 실패(3.5%(10건)) 순으로 고장이 많이 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

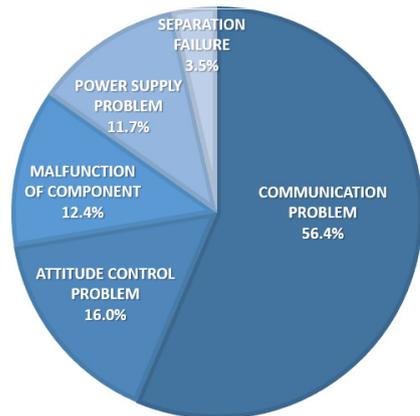


Fig. 3. Results of failure cause analysis

282건의 고장사례에 대해 우주개발 초창기(2000년~2012년)시기와 최근 10년(2013년~2022년)의 시기로 구분하여 고장 데이터를 분석해보았으며, 각 시기 별 발생한 고장원인 비율은 Fig. 4와 같다.

우주개발 초창기에 발생한 고장 사례는 88건, 최근 10년 간 발생한 고장 사례는 194건으로, 두 시기 모두 앞선 전체기간의 분석 결과와 동일하게 통신문제에 따른

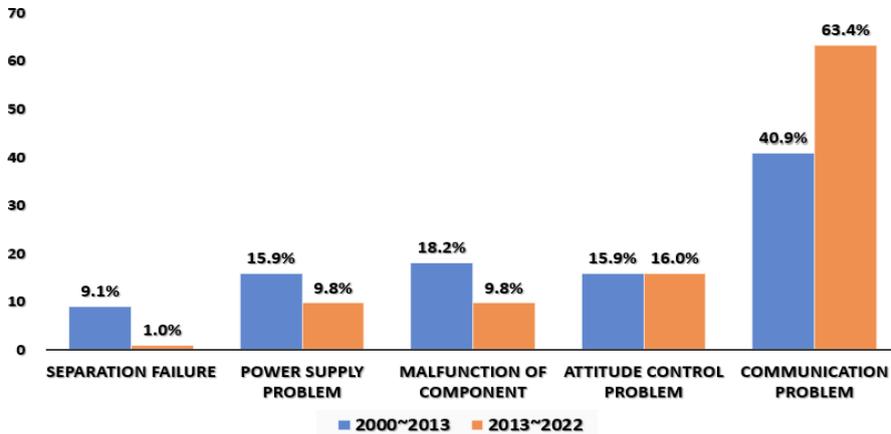


Fig. 4. Percentage of failure casues by period

결함이 가장 많이 발생하였다. 자세제어문제에 따른 고장은 두 시기 모두 약 16%로 비슷한 비율로 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이 외 나머지 원인(장비문제, 전력공급문제, 분리실패)에 따른 고장의 경우, 우주개발 초창기에는 43.2%로 고장 발생 비중이 비교적 높았으나, 최근 10년간 발생한 비율은 20.6%로 발생 비율이 현저히 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 위성 개발 간 수많은 실패 경험을 바탕으로 장비문제, 전력공급문제, 분리실패에 대한 전문적인 기술력과 문제 해결능력 확보를 통해 고장 발생을 최소화할 수 있는 충분한 능력을 갖추고 있음을 함의한다.

안타깝게도, 본 분석 자료는 위성 발사 및 운영 경험이 많은 우주 선진국 위주의 사례를 바탕으로 도출된 결과다. 우리나라의 우주경험은 상대적으로 낮은 상태이나 최근 소형위성 분야의 연구개발에 투자가 확대되면서 기술력을 향상시키고 있다. 과거 우주선진국의 고장사례를 바탕으로 소형위성 개발·운영 간 고장위험을 체계적으로 관리한다면, 국제 시장에서 충분한 경쟁력을 갖출 수 있을 것이다.

4. 소형위성 고장 원인 분석

4.1 통신문제 원인

통신문제는 소형위성에서 가장 흔하게 발생하는 결함으로 비교적 낮은 예산과 빠른 개발 주기로 인해 더 자주 발생하고 있다. 특히 초소형 위성용 컴포넌트 및 시스템 소형화 기술의 발전으로 최근 많이 발사되고 있는 100kg이하 급의 초소형위성 경우, 자세제어 기능이 미

탐재된 경우가 대다수로, 자세회복 불가에 따른 통신 문제가 빈번히 발생하고 있다. 위성이 궤도에 진입한 후 안테나가 제대로 펼쳐지지 않거나 위성 안테나의 지향성이 잘못되어 있는 경우 지상국과의 통신이 불가능해질 수 있으며, 안테나, 트랜스폰더, 통신기기 등의 하드웨어 결함, 위성 통신시스템을 제어하는 소프트웨어의 버그, 통신시스템의 과부하, 전력문제 등 소형위성 자체에서 발생하는 원인과 다른 위성이나 지상기지와의 주파수 간섭에 따른 통신 품질 저하, 지상기지와 다른 네트워크 또는 컨트롤 타워와의 연결 문제 등 인터페이스 간 발생하는 원인들이 있다.

이 외에도 위성이 궤도에 진입하는 과정 또는 궤도 운영 중 자연적인 우주환경(우주 방사선 등) 또는 인공 우주 쓰레기와의 충돌로 인한 안테나의 물리적 손상으로 통신 실패가 발생할 수 있으며, 최근 군사적인 임무 수행을 위한 소형위성 개발이 활발해짐에 따라 암호화 문제로 인한 데이터 수신 실패할 가능성도 대두되고 있다.

4.2 자세제어문제 원인

위성의 자세제어가 원활하지 못하면 통신 장애 발생, 목표에 대한 정확한 관측 불가 등 일부 임무 수행에 있어 어려움이 발생할 수 있다.

자세제어 문제는 센서 및 추력시스템 문제, 소프트웨어 버그, 통신지연, 모델링 오차 등 다양한 요인으로 발생할 수 있다. 자세를 결정하기 위한 자이로스코프, 자기장 센서 등의 오류나 고장이 발생하게 되면 위성의 자세 추정이 어려워지며 이로 인해 자세제어 정밀도가 떨어질 수 있으며, 자세를 조정하기 위해 사용되는 추력기나 반동 휠 등의 장비 자체 결함, 장비제어 알고리즘 오류 등

으로 인해 자세 제어에 문제를 일으킬 수 있다. 이외에도 지상과의 통신 지연으로 인해 현재의 자세 정보가 지연되어 전달되거나 자세 제어 명령이 지연되어 전달될 경우 위성의 자세제어에 영향을 줄 수 있으며, 설계 시 발사 과정에 겪은 높은 가속도와 진동 등에 대한 위성의 동역학 모델링의 오차로 인해 예상치 못한 자세 오차가 발생할 수 있다.

4.3 전력공급문제 원인

위성 운영 간 전력공급 문제가 발생할 경우 위성은 통신, 데이터 수집 등의 주요 기능이 크게 손상될 수 있으며, 최악의 경우 위성 작동이 영구적으로 중단된다. 위성의 전력공급 문제는 전체 임무수행에 큰 영향을 미칠 수 있으므로, 위성의 안정적인 운영에 있어서 전력공급관리는 매우 중요한 요소다.

전력공급문제의 주요 요인으로는 배터리의 제조 불량이나 설계 오류로 인한 배터리의 고장 또는 성능 저하, 위성 내부 회로나 컴포넌트의 결함으로 인한 과전류 등 전력 소모가 예상보다 높아짐에 따른 위성의 배터리 수명 단축 등이 있다. 위성 내 열관리가 원활히 이루어지지 않을 경우, 배터리나 전력 관련 장비의 온도가 급상승하여 전력시스템에 고장이 발생할 수도 있다. 또한, 궤도에 진입한 후 태양 전지판 전개 되지 않거나, 위성의 자세가 정상적으로 제어되지 않아 태양 전지판이 태양을 향하지 않는 경우, 우주 환경에서의 방사선 또는 우주 먼지 등에 의한 태양 전지판 손상 등 태양 전지판의 작동 문제로 인해 충분한 전력을 생성하지 못할 경우 전력공급문제가 발생할 수 있다.

4.4 장비문제 원인

위성의 목적 및 기능에 따라 다양한 부품들이 탑재되며, 복잡하게 연결되어 작동된다. 부품 자체의 결함, 부품 간 연동·통신 오류 등의 장비문제가 발생할 경우 전체 시스템에 영향을 미칠 수 있다.

센서 보정의 오류나 부품 자체의 하드웨어 결함으로 인해 데이터가 잘못 수집되거나 전송될 수 있는데 이는 제조과정에서의 결함, 우주환경에서의 물리적 손상, 또는 낮은 품질의 부품 사용 등 여러 원인에 기인할 수 있다. 또한, 라디에이터의 결함, 열 관리 시스템의 오류로 인해 위성 내부의 온도가 불안정함에 따라 부품의 운영 가능한 온도 범위를 벗어나게 되면 해당 부품 자체에 결함이 발생하여 작동하지 않을 수 있다. 부품 간 연동·통신 문제가 발생하는 요인으로는 연결 부품의 물리적 손

상, 커넥터 체결 불량, 부품 간 소프트웨어 호환성 문제, 위성 내 정보 교환을 위한 데이터 버스의 오류 또는 고장 등이 있다.

본 논문에서 제시한 4가지 고장문제 원인 이 외에도 다른 위성이나 우주 쓰레기와의 충돌, 우주 방사선에 의한 고장, 지상제어단에서의 실수나, 통신과정에서의 사람에게 의한 실수도 고장의 원인이 될 수 있지만 해당 원인에 대한 정보를 수집하기는 매우 제한적이었다. 따라서, 본 논문에서는 4가지 주요 고장문제에 대한 원인 외 다른 고장원인에 대한 분석은 수행하지 않았다.

5. 고장원인 별 품질관리 방안

위성의 품질관리는 위성의 안정적인 운영과 장기적인 성능 보존을 위한 중요한 활동으로 설계, 성능검증, 발사, 운영단계 전반에 걸쳐 이루어진다.

설계단계에서 품질관리는 위성의 목적과 임무에 따라 요구사항이 명확하게 설정되었는지, 설계가 적절한지를 검토, 시뮬레이션을 통한 성능 예측·검토하며, 제조단계에서는 고품질의 재료를 사용하여 위성을 제작했는지 검토하고, 품질 검사를 실시하여 불량품을 미리 제거한다. 성능검증 단계에서는 진동, 온도, 압력 등 다양한 우주환경에서 안정적으로 운영 가능한 지 성능을 검증하며, 통합 테스트를 통해 모든 하드웨어와 소프트웨어가 올바르게 통합되어 정상적으로 운영되는지 검증한다. 운영 단계에서는 모니터링 및 보정, 업데이트를 통한 유지관리를 수행한다.

5.1 통신문제 품질관리

통신 문제를 최소화하기 위해 설계 단계에서는 우주환경에서 이미 검증된 통신기술과 프로토콜을 사용하였는지를 검토하여 위험을 최소화하며, 통신 시스템이 일부분 고장나더라도 전체 시스템이 정상 작동할 수 있도록 고장허용성 알고리즘 적용여부를 검토한다. 필요시, 중요한 하드웨어와 소프트웨어에 중복 설계를 적용해 하나가 실패하더라도 다른 하나가 그 기능을 대신 수행할 수 있도록 예방 설계되었는지 검토한다. 성능검증 단계에서는 안테나의 방향성, 이득, 효율, 송·수신기의 효율, 파워 레벨, 오차율 등 장비에 대한 테스트 수행하여 성능을 검증하며, 신호 대 잡음비를 측정하여 통신에 대한 품질 평가, 할당된 주파수대역에서의 데이터 전송 효율성 평가 등을 수행하여 통신 링크를 검증한다. 또한, 실제 운영

환경을 모방한 시뮬레이션 테스트를 통해 시작부터 운영까지 전 과정에 대한 통신 성능을 검증한다. 발사 전에는 모든 통신 장비의 연결 상태 및 소프트웨어를 최종 점검하며, 통신 장애가 발생할 경우를 대비한 백업 채널, 자동 복구기능 등 비상 계획과 절차를 마련한다. 위성이 궤도에 올라간 후에도 실시간으로 통신 성능을 모니터링하고 필요한 수정사항이나 업데이트를 진행하여 위성이 효과적으로 통신할 수 있도록 보장한다.

5.2 자세제어문제 품질관리

자세제어 문제를 최소화하기 위해 설계 단계에서는 우주환경에서 검증된 고품질 및 고신뢰성의 자이로스코프, 액추에이터, 모터 등의 센서와 부품들을 선정하고, 개발된 자세제어 알고리즘을 다양한 시뮬레이션 환경에서 테스트를 진행하면서 자세제어 알고리즘의 정확성을 확인한다. 성능검증 단계에서는 자세제어에 필요한 센서 및 부품단위의 성능 테스트를 수행하여 각 센서, 부품들의 정확성과 반응성을 검증한다. 진동시험을 수행하여 발사시 발생하는 진동에 의한 자세제어 시스템의 영향을 확인하며, 온도·진동시험을 통해 우주환경과 유사한 조건에서 부품의 안정성을 확인하며, 비행 소프트웨어 통합 테스트 등을 통해 실제 우주 비행환경에서의 작동을 시뮬레이션하여 전체 자세제어 시스템의 성능을 검증한다. 운영단계에서는 지속적으로 자세제어 상태를 모니터링하고, 자세제어에 관련된 데이터를 기록·분석하여 장기적인 성능 변화나 문제를 파악하고, 필요 시 센서 오차 보정, 알고리즘 튜닝 등 자세제어 보정 등을 수행한다.

5.3 전력공급문제 품질관리

전력 공급 문제를 최소화하기 위해 설계단계에서는 충분한 전력 용량과 위성 운영 환경에서의 내구성 및 안정성의 확보, 태양 전지판을 통한 재충전이 가능하도록 배터리가 설계되었는지 검토해야한다. 위성 내 구성요소에 대한 전력 분배가 효율적인지, 배터리 과충전 또는 과방전 방지를 위한 보호회로 설계가 적용되었는지, 배터리 과열 예방을 위한 열 관리 시스템 설계가 적절한지 등의 검토를 수행한다. 또한, 가능한 최고의 성능을 낼 수 있는 태양 전지판의 방향 각도의 최적화 방안을 마련한다. 성능검증 단계에서는 전력시스템에 부하를 가해 극한 상황에서도 안정적으로 작동하는지 확인하며, 장기운용시험을 통해 배터리 및 전력 시스템이 목표 수명 동안 지속적으로 작동할 수 있는지 확인한다. 발사 전에는 배터리 및 전력 시스템의 품질을 재점검하며, 예상치 못한 전력

문제에 대비한 시나리오를 준비한다. 위성 운영 간 실시간으로 전력 상태를 모니터링 하며, 긴급 상황에서는 절전모드를 활성화 하거나, 비상용 전력을 사용 할 수 있도록 조치하여 전력 공급 문제를 최소화한다.

5.4 장비문제 품질관리

장비문제에 따른 고장을 최소화하기 위해 설계 단계에서는 위성의 목적과 임무에 따라 설정된 요구사항을 구현 가능하도록 장비가 설계되었는지, 고 품질, 고 신뢰성의 센서 및 부품들을 선정하여 위험을 최소화하였는지, 부품 간 호환성, 인터페이스의 문제가 없는지 등의 검토를 수행한다. 또한, 각 부품의 세부 사양, 작동 방식, 제약 조건 등을 철저히 문서화하여 부품 간 연동 문제 발생시 참조할 수 있도록 한다.

성능 검증 단계에서는 각 센서의 정밀도, 반응 시간, 오차범위 등을 확인하여 센서의 품질 상태를 점검하며, 연동되는 부품들 간의 통합 테스트를 통해 호환성, 인터페이스 간 문제를 확인한다. 극한 우주환경에서 운영 가능성과 센서의 수명을 확인한다. 위성 운영 간 센서 데이터를 지속적으로 모니터링하여 이상 징후를 조기에 감지하고, 필요 시 소프트웨어 업데이트를 통해 센서 오류값 보정 및 개선 등 정기적으로 센서 데이터의 품질 관리를 통해 센서 오류로 인한 위성의 고장을 예방한다.

6. 결론

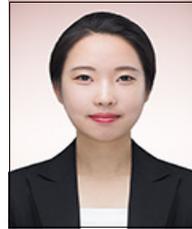
소형위성 수요의 급증은 우주산업에 새로운 기회를 제공하면서도, 동시에 다양한 도전과제를 던져주고 있다. 소형위성의 자원의 제한과 기술의 복잡성은 소형위성의 고장 발생에 대한 잠재적인 가능성을 내포하고 있기 때문에 소형위성의 안정적인 운영을 위해서는 체계적인 품질관리가 무엇보다 중요하다. 본 논문에서는 소형위성의 고장 위험성에 주목하여 지금까지 개발 및 운영되었던 소형위성의 운영 정보를 조사, 다양한 고장사례를 수집, 분석하였다. 더불어 이러한 고장 원인에 따른 고장 발생을 최소화하기 위한 개발 및 운영 간 체계적인 품질 관리 방안을 도출하였습니다. 이를 통해 위성 개발 및 운영 간 발생할 수 있는 고장 문제를 예방은 물론, 소형위성의 안전성과 신뢰성을 높이는데 도움이 될 것으로 기대한다.

본 논문에서 제안한 품질관리 방안은 일반적인 소형위성 프로젝트에서 발생할 수 있는 고장들에 대한 포괄적인 품질관리 프로세스로, 특정 상황에 대한 최선의 해결

책이 아니며, 실제 프로젝트에 적용하기 위해서는 프로젝트의 고유한 특성과 요구사항 등을 고려하여 해당 프로젝트에 적합한 지침을 개발해야 할 필요가 있다. 또한, 품질관리 전문가, 위성개발·운영에 경험이 많은 전문가의 지식과 경험, 전문적인 통찰력을 활용하여 프로젝트별 최적의 품질관리 방안을 마련할 필요가 있다. 향후에는 위성부품 별 품질관리 체크리스트, 품질관리 절차서 등을 마련하기 위한 연구, 우주제품 품질관리 인력 확보 및 교육·관리방안에 대한 연구를 수행하여 소형위성의 품질관리 분야에 대한 전문성을 더욱 향상시킬 수 있도록 기반을 마련할 필요가 있다. 앞으로도 소형위성의 품질관리에 대한 다양한 연구와 노력을 지속적으로 수행, 소형위성 기술의 성능과 안정성을 더욱 높일 수 있기를 바란다.

승 아 현(A-Hyun Seung)

[정회원]



- 2018년 2월 : 충남대학교 항공우주공학과 (학사)
- 2020년 2월 : 충남대학교 대학원 항공우주공학과 (추진및공력학석사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

항공우주공학, 우주발사체, 인공위성

References

- [1] H.J. Ann, H.J. Park, H. Lee, S.H. Oh, "A Study on the Status of Domestic Space Industry and Policy Challenges Responding the New Space era", Science and Technology Policy Institute, Republic of Korea, p.253, December 2019.
- [2] A BryceTech Publication, "Smallsats by the Numbers 2023", Survey Report, BryceTech, USA, p.6, August 2023.
- [3] J.M. Lee, C.H. Choi, "Small Satellite", Technology Report, KISTEP, Republic of Korea, p.11~15, November 2020.
- [4] Space Foundation Editorial Team, "The Space Briefing Book : Satellites", Technology Report, Space Foundation, USA, p.18, February 2021.
- [5] www.nanosats.eu
- [6] www.seradata.com
- [7] www.n2yo.com
- [8] www.eoport.org
- [9] S.A. Jacklin, "Small-Satellite Mission Failure Rates", National Aeronautics and Space Administration (NASA), USA, p. p.44, March 2019.