



저궤도위성 탑재체기술과 국내개발

용상순 (한국항공우주연구원), 서준원 (김포대학)

I. 서론

1990년초 과학실험위성으로 시작된 우리나라의 인공위성 개발은 2010년 6월에 성공적으로 발사한 정지궤도 통신해양기상위성인 천리안위성까지 지속적으로 발전하고 있으며 상용위성인 다목적실용위성(아리랑위성) 시리즈는 1999년에 발사되어 2007년까지 운영되었던 아리랑 1호, 현재 운영되고 있는 2호에 이어 3호와 5호 등이 2012년과 2011년 발사를 목표로 개발하고 있다.

인공위성은 위성이 운영되는 고도에 따라 저궤도, 중궤도 그리고 지구의 자전속도와 동일하여 마치 정지한 것처럼 보이는 정지궤도 위성으로 나누어진다. 이러한 궤도는 위성의 임무 목적이나 지역, 정보의 시간해상도에 따라 결정되며 이에 따라 계획된 임무를 수행하게 된다. 그리고 인공위성의 정해진 임무를 수행하기 위하여 탑재체가 필요하게 된다. 즉, 통신을 위해서는 통신 탑재체, 지구관측을 위해서는 전자광학탑재체, 전파영상탑재체, 적외선카메라, 기상관측을 위해서는 기상탑재체 등 그 목적에 따라 탑재체가 필요하게 된다. 러시아나 미국과 유럽 등 우주개발

의 선진국에서는 1950년대부터 위성을 개발하여 여러 가지 목적의 수많은 위성을 개발하였고 현재까지도 활발히 진행하고 있다. 이에 비해 국내의 경우는 수km의 지상해상도를 갖는 전자광학카메라를 탑재한 우리별위성을 1992년에 발사한 이래 현재까지 약 20년 정도의 짧은 역사를 가지고 있으나 지구관측위성의 경우는 서브미터급의 실용위성을 국내에서 개발 중에 있다.

다시 설명하자면 탑재체는 인공위성을 구성하는 핵심부품 중의 하나이며 임무 자체를 수행하기 위해 개발되는 것이므로 탑재체를 위해 인공위성이 필요하다고 해도 과언이 아니다. 그래서 본고에서는 이러한 인공위성 탑재체의 구성과 연관 기술에 대해서 간단히 정리하고자 하였다.

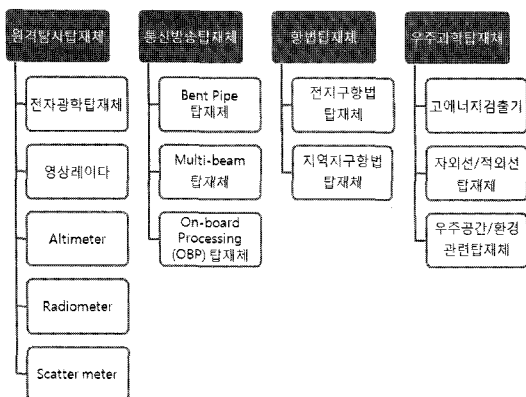
그리고, 탑재체 기술은 궤도별로 다양하며, 관련 분야도 물리, 전자, 기계, 항공과 천문우주 등 전체 이공학분야를 포괄한다. 이러한 탑재체들 가운데 우주에서 지구를 탐사한다는 의미로 위성원격탐사라 명명한 분야를 위한 탑재체는 과학기술의 발달과 더불어 더욱 상세한 정보를 빠른 시간에 습득 할 수 있게 되어 여러 분야로의 활용도가 높아져 수요가 증가하고 있으며 그 중

류도 또한 다양하다. 본 고에서는 원격탐사를 위한 탑재체들 가운데 광범위한 개발저변, 수신처리의 용이성, 운용의 간편성의 장점이 있으며 현재 국내 주도로 개발하고 있는 저궤도 전자광학 탑재체를 예로 들어 탑재체 시스템 개념과 설계, 그리고 개발하기위해 필요한 시설이나 장비 등 개발에 대한 이해를 돕기 위해 전반적인 기술적인 내용을 정리하였다. 마지막으로 위성 탑재체들에 대한 국내외 개발 동향을 정리하고 향후 전망으로 마무리 하고자 하였다.

II. 위성 탑재체 구성과 기술 분야

이미 서두에서 설명한 내용처럼 인공위성이 필요한 이유는 통신, 원격탐사나 우주과학 등 요구하는 목적에 따른 임무 수행이며 이를 위해서는 이에 부합되는 탑재체를 필요로 하게 된다. 탑재체는 임무특징에 따라 4가지로 분류할 수 있으며 그 아래 세부시스템으로 구성되어져 있으며 <그림 1>로 나타내었다.

다음에는 이러한 탑재체를 개발하기 위해서 필요한 주요 기술들을 간단하게 기술하였다.



<그림 1> 탑재체 임무특성에 따른 분류

■ 전자광학탑재체

- 고해상도 가시-근적외, 적외선 전자광학카메라 및 초미세분광 전자 광학 시스템 공학 기술 및 성능/환경 시험·검증기술
- 우주용 정밀/대구경 시스템 광학계 및 광구조 설계
- 초경량 고내구성 광학 및 구조 부품 가공/제작 기술
- 검출기 및 전자부 관련 설계/제작/시험기술
- 고속 데이터 처리/전송 기술 및 대용량 저장 기술

■ 영상레이더 탑재체

- 영상레이더 탑재체 설계를 포함한 위성체, 발사체 등을 망라한 체계 종합 기술
- 시험 지원 장비를 포함한 탑재체 시험평가 기술과 성능 보정 기술
- 안테나 및 송수신기를 포함한 초고주파 기술
- 탑재체 제어기, 펄스 생성/처리, 신호처리기를 포함한 신호 및 데이터 저장 및 처리 기술
- 탑재체의 구조 및 열 설계에 관한 기술
- 영상레이더 탑재체의 대용량 데이터 지상 전송 기술

■ 통신탑재체

- 위성궤도 및 주파수자원 확보를 위한 시스템 엔지니어링 기술
- 통신위성 탑재체 설계 기술 및 위성 탑재체 성능 평가 기술
- 전자기 적합성, 차체 적합성, PIM(Passive Intermodulation) 등 탑재체 차원의 환경시험을 포함한 기술

- 전기·기계 지상지원장비 설계 및 구축 기술
- 전자기 적합성(전도 방사성 시험, 전도 감응성 시험, 복사방사성 시험, 복사 감응성 시험), 자체 적합성 및 PIM 시험을 위한 환경 구축 및 시험 기술
- 중계기에 대한 무게와 부피를 줄이기 위한 부품의 MMIC(Monolithic Microwave Integ-rated Circuit)기술과 부품 및 중계기에 대한 전기적/기계적 성능 평가, 열 및 진동 시험 기술, 부품의 차폐기술, 시스템 레벨의 환경 및 성능 시험 기술
- 안테나의 반사판과 초점간의 정렬, 환경 및 성능 시험기술, 성능 향상을 위한 설계기술, 이중격자 반사판 설계 기술, 다중빔 안테나 설계 기술.
- 광역보정위성통신 시스템 기술 개발, 통합 측위 소프트웨어 기술, 통합보정 측위기술, 통합 무결성 감시기술 및 측위위성 제작 및 검증기술.

■ 항법탑재체

- 고정밀 시각동기원 제어기술이나 항법시스템 설계기술 등 시스템 기술
- 정밀시계기술, 항법신호 송수신 기술, 안테나 송수신기 기술 및 열제어기술
- 항법시스템 시험·평가 기술

■ 우주과학 탑재체

- 적외선 광학계, 적외선 검출기, 검출기 냉각 장치 기술
- 정밀 센서 보정 기술
- 다중 분광기술 (간접계 분광기술)
- 비구면 반사경 설계 및 제작 기술

- 수차보정 회절격자, 반사경 코팅 설계 및 제작 기술
- CCD(Charge coupled Device), MCT(HgCdTe) 등 검출기 및 검출기 신호 처리 기술
- 적외선, 원자외선 및 극자외선 표준 선원 및 검교정 기술
- 고에너지 입자검출기, 자기장측정기, 탐침 측정 기술

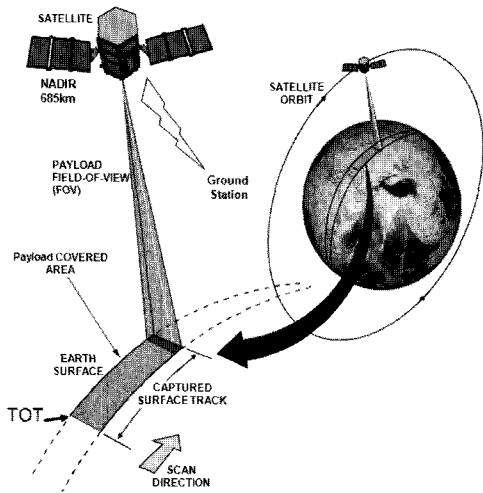
III. 전자광학탑재체 설계 및 개발

다음에는 앞에서 설명한 여러 탑재체 기술 가운데 지구온난화, 환경오염이나 오존층 파괴 등에 기인한 지구환경변화로 인해 발생하는 여러 재해와 지구의 사막화 또는 전쟁시 정밀관측 등 필요성이나 활용도가 증가하고 있는 저궤도 원격 탐사용 전자광학탑재체 시스템을 그 예로 하여 개념이나 필요한 개발기술 등을 다루고자 한다.

원격탐사용 전자광학탑재체는 활용정도를 고려하면 저, 중, 고해상도로 다양하게 요구되나 고해상도의 경우는 0.5m 이하의 작은 지상해상도의 정밀한 정보를 얻을 수 있는 대구경 고안정 저잡음의 탑재체를 요구하는 추세이다. 다음에는 이러한 전자광학카메라의 시스템 개념, 설계, 구성과 내부 기술뿐만 아니라 이를 조립, 정렬과 시험하기 위한 장비나 시설 등 개발에 필요한 전반 기술에 대하여 정리하였다.

1. 전자광학탑재체 시스템 개념

전자광학탑재체를 탑재한 대부분의 저궤도 지구관측위성은 400 km에서 800 km 정도의 고



<그림 2> 전자광학탐재체 임무수행개념

도에서 좋은 입력신호를 제공하는 조건인 지구-태양계도면과 지구-위성계도면이 이루는 각이 항상 일정한 태양동기궤도로 운영하게 된다. 예를 들어 다목적실용위성 2호의 경우는 685km 고도에서 경사 98.15도의 태양동기궤도이며 약 100분에 지구를 한바퀴 도는 속도로 하루에 약 열네번 지구를 공전한다. <그림 2>에 도식한 것처럼 이 공전주기동안 위성이 원하는 목표물 위치를 통과할 때 영상을 촬영하여 저장하거나 처리한 후에 지상국으로 실시간 전송하게 된다.

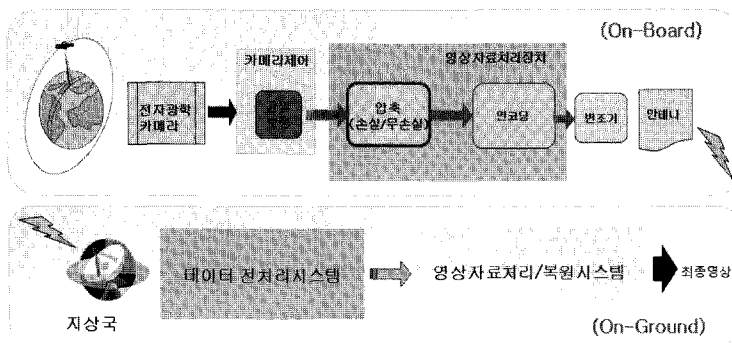
전자광학탐재체의 최종영상자료 생성까지의

과정은 <그림 3>에서 도식화한 개념으로 수행하게 된다. 원하는 지역을 요구되는 관측폭내 요구되는 크기(지상해상도)의 지구표면으로부터 반사된 광정보를 전자광학카메라에서 일차적으로 전자신호로 변환하여 탑재체의 임무를 시작하게 된다. 이 신호는 암신호보정, 균일보정 등 일련의 보정과정을 거친 후 영상자료처리장치로 전달되어져 보조정보와 함께 압축, 포맷, 암호화 등의 단계로 처리된다. 이후 정해진 방식으로 변조되고 나서 안테나를 통해 지상국으로 전달되어진다. 이렇게 전달된 탑재체 데이터는 지상국내 전자처리시스템을 통해 기본 자료로 재생된 후 영상자료처리와 복원시스템을 거쳐 최종영상자료가 최종사용자에게 전달되어진다.

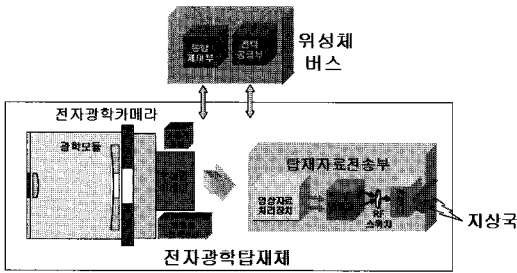
상기에 설명한 임무수행개념이나 영상자료생성 개념을 다양하고 심도있게 분석하고 정리하여 전자광학탐재체 시스템 설계 초기단계인 요구조건 생성부터 정확하게 정의하고 이를 고려하여 개발을 진행하게 된다.

2. 전자광학탐재체 구성 및 기술

개념설명에서 표현된 내용처럼 전자광학탐재체는 영상정보가 있는 광신호를 전자신호로 변



<그림 3> 전자광학탐재체 영상자료생성 개념

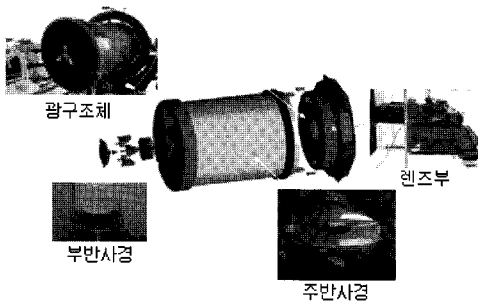


<그림 4> 전자광학탑재체 시스템 구성

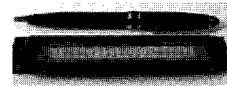
환하는 전자광학부와 변환된 전자신호를 지상국까지 전달하기 위한 탑재자료전송부로 구성되며 <그림 4>에 도식화하였고 다음부터 각 서비스시스템에 대해서 간단하게 기술하였다.

전자광학부는 광학신호를 다루기 위해 필요한 반사경과 렌즈 등 광학부품과 이를 지지하여 주는 광구조체로 이루어진 광학모듈(<그림 5>)과 초점면에서 입력되는 광신호를 전자신호로 바꾸어주는 CCD 검출기(<그림 6>)와 이를 구동하기 위한 전자부로 이루어진 초점면어셈블리가 있으며(<그림 7>), 열제어, 초점제어와 위성체와 통신하여 명령을 받고 원격데이터를 제공하는 카메라제어부가 있다.

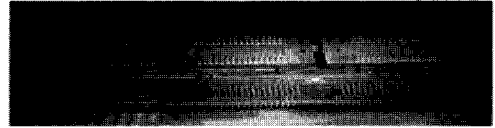
위성용 전자광학부를 개발하기 위하여 필요한 기술을 부품별로 간단하게 정리하면 다음과 같으며 각 국가의 전자광학부에 대한 기술력은 이러한 기술들을 최상으로 구현하느냐를 기준으로



<그림 5> 광학모듈 구성



CCD 검출기

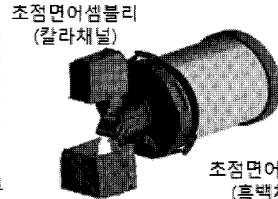


CCD 검출기 모듈

<그림 6> CCD 검출기



카메라제어부



초점면어셈블리 (칼라채널)

초점면어셈블리 (흑색채널)

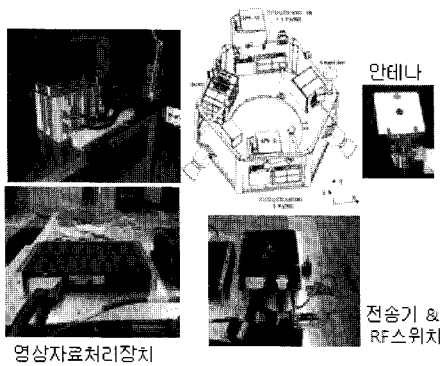


<그림 7> 카메라전자부 구성

평가할 수 있다.

- 반사경은 고정밀 기술, 대구경 기술, 경량화 기술이 필요
- 광구조체는 열·습도에 대해 고안정화 기술, 경량화 기술, 고강도 기술이 필요
- 초점면어셈블리는 고속처리 기술, 저잡음 기술, 고효율 기술이 필요

탑재체자료전송부는 전자광학부에서 디지털화된 신호를 입력과 출력간의 차이를 극복하기 위하여 사용되는 압축, 데이터 저장, 자료 보호를 위한 암호화와 국제 표준인 CCSDS 포맷으로 인코딩하는 영상자료처리장치와 포맷된 자료를 L 밴드, X 밴드 등 요구되는 주파수 대역에서 QPSK, BSK 등으로 변조하여 주는 전송기와 변



(그림 8) 탑재체자료전송부 구성

조된 신호를 지상국으로 전달하여 주는 안테나로 구성되어진다.

- 영상자료처리장치는 고속처리기술, 대용량 저장기술, 저전력 기술, 저잡음 기술, 고효율기술이 필요
- 전송기는 고이득 기술과 열적 안정성 기술이 필요
- 안테나는 고이득 기술, 경량 기술, 저교란력 기술이 필요

3. 전자광학탑재체 개발장비 및 시설

실질적으로 전자광학탑재체 개발을 위해서는 다음 그림과 같은 과정을 거쳐 최종 시험검증이 완료된 비행모델이 완성된다.

상위 탑재체 시스템 규격이 결정되면, 이 규격은 서브시스템이나 부품 레벨의 요구규격으로 만들어져 이 레벨로 설계, 제작된다. 이렇게 제작된 부품이 요구되는 시험을 거쳐 비행모델로 검증받으면 광학모듈의 조립과 정렬을 위한 준비를 마치게 된다.

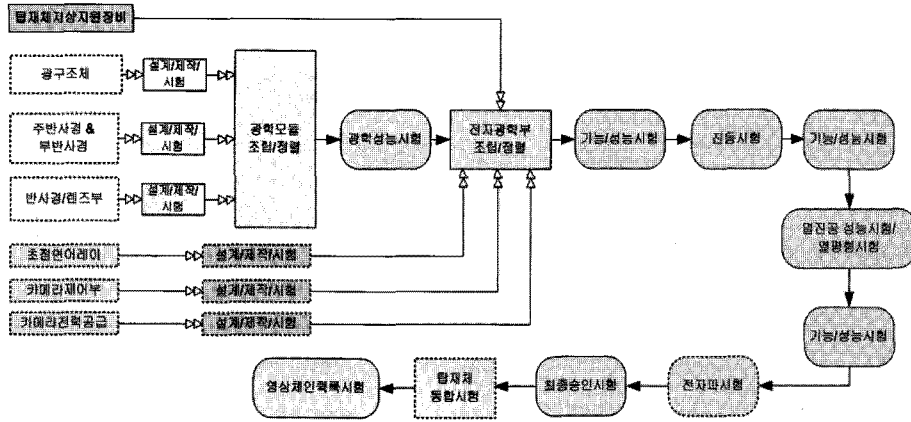
우선적으로 10,000 또는 100 class 이하의 청정도를 유지하는 청정시설과 조립/정렬/시험

을 위한 시험대자체가 외부 진동외란으로 인한 영향이 없도록 특수 제작된 장비와 시설을 구축하여 정밀성을 보장한다. 이러한 환경 하에서 아래 그림의 대형정밀평면경(Flat Mirror)과 파면 측정센서(WFS, Wave Front Sensor)로 광구 조제와 반사경의 정밀 조립과 정렬을 수행하게 되며, 그 첫단계로 주반사경의 성능과 광축 등을 측정후에 부반사경, 삼반사경 또는 렌즈 등을 단계별로 조립하며 초점면에서 파면오차 성능을 측정하여 최상의 성능을 갖도록 조립/정렬하여 광학모듈을 완성한다.

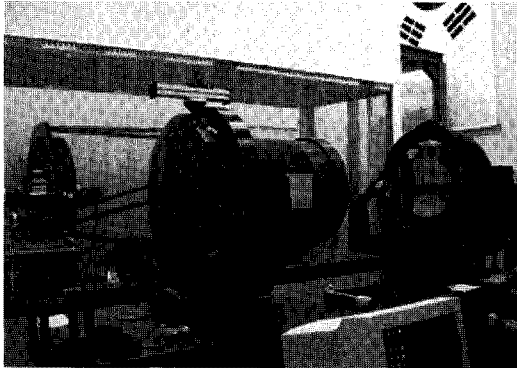
완성된 광학모듈은 카메라전자부의 초점면어셈블리와 조립하여 최상의 초점면에 위치하도록 정렬하게 된다. 이때 아래 그림과 같은 대형시준기(Collimator)와 정밀조정이 가능한 대형 짐벌(Gimbal), 육축 머니플레이터(Manipulator) 등을 사용하여 정렬한다.

상기의 정렬 과정을 수차례 반복하여 전자광학카메라가 최상의 성능이 결과될 때 이 단계가 완료된다. 이후에는 위성 회사별 또는 위성 사업별로 상황에 따라 순서의 차이는 있으나 <그림 9>에서 보여 준 것처럼 우주에서 겪게 될 여러 단계의 우주환경시험을 수행하게 된다. 첫 번째로 <그림 12>의 시험시설과 치구 등을 이용하여 발사환경인 진동시험을 수행한다.

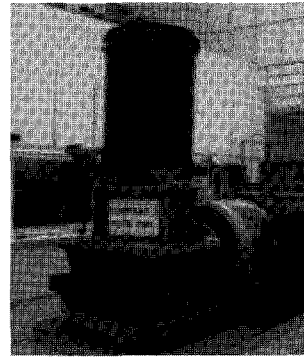
진동시험 후 전자광학카메라를 기능시험과 정렬상태 점검시험을 통해 이상 유무를 확인하게 된다. 이후에는 우주환경 하에서 정상기능이나 성능의 변경 여부를 확인하기 위한 열진공시험을 수행하게 된다. 전자광학카메라가 우주에서 겪게 되는 진공하에서의 열변환 환경을 모사하며 성능시험을 수행한다. 그 때문에 열진공챔버 뿐만 아니라 성능시험을 위하여 열센서나 특수 치구 등 여러 사전준비와 적분구(integrating



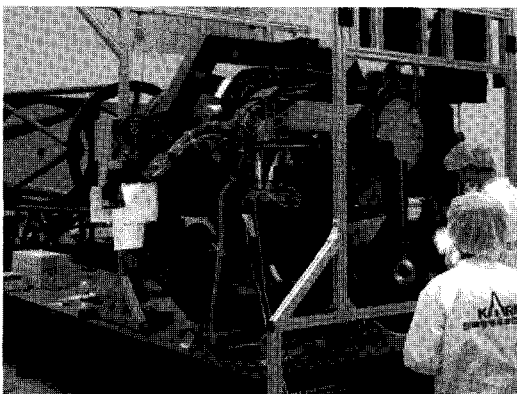
〈그림 9〉 전자광학탑재체 개발 절차 블록도



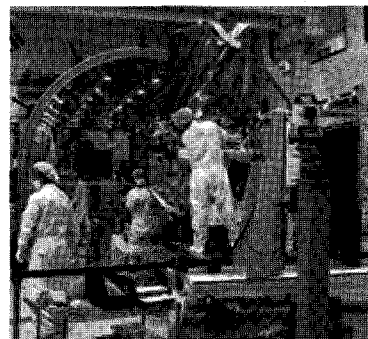
〈그림 10〉 광학모듈 조립/정렬/시험 장비/시설



〈그림 12〉 진동시험시설

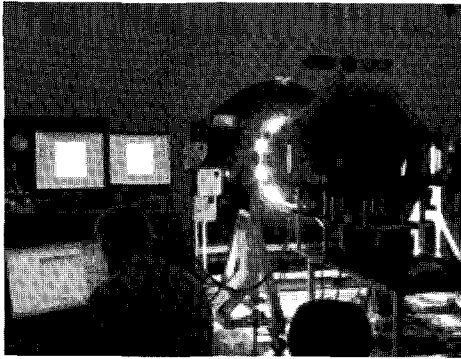


〈그림 11〉 전자광학카메라 조립/정렬/시험 장비/시설 (sphere) 등 성능시험 시 필요한 장비들에 대한 사전점검이 필요하다.

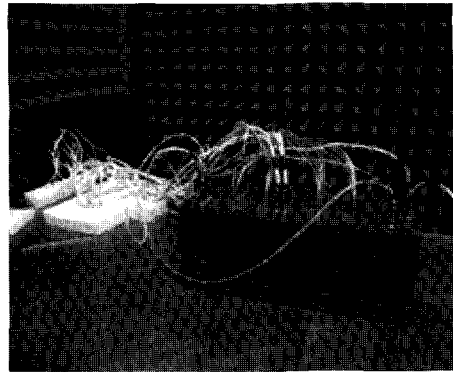


〈그림 13〉 열진공 시험 시설

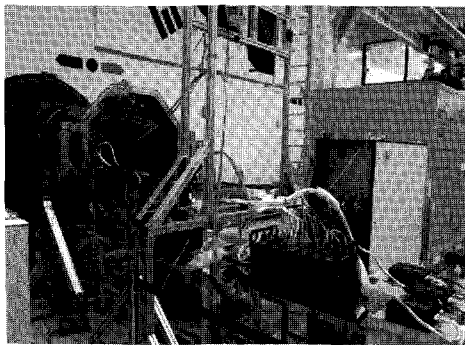
다음 열진공환경에서 성능점검이 완료된 후에는 대형 적분구를 이용한 선형성, 균일성 등 일부 성능시험과 분광 등 특성보정을 위한 시험들을



〈그림 14〉 기타 성능시험 & 특성보정

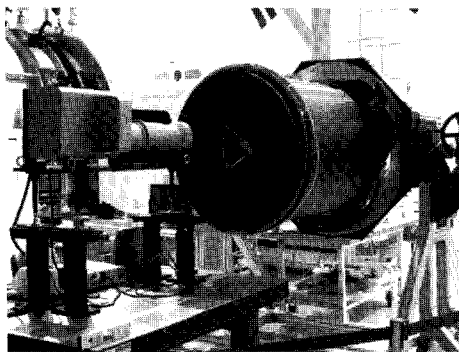


〈그림 17〉 전자파시험 장비 및 시설



〈그림 15〉 전자광학탐재체 통합시험

아래 그림과 같이 수행하며, 이 단계를 끝으로 전자광학부 단계의 시험은 마무리 되고 〈그림 15〉와 같이 탐재체 레벨의 통합기능시험을 수행하여 최종적으로 전자광학탐재체의 이상유무를 확인한다.



〈그림 16〉 탐재체 영상체인 기록시험장비

이러한 공식적으로 필요한 모든 시험을 완료한 후 우주에서 실제로 송신되는 영상출력과 영상이상 유무 등을 확인하기 위한 킥북시험을 수행하며 〈그림 16〉과 같다.

그 외에 우주에서 전자파환경에 노출되어도 정상동작을 하는지 확인을 위한 전자파시험이 있다. 전자광학카메라의 경우는 전자파 영향의 근원이 되는 카메라전자부 전자파 시험결과를 토대로 분석으로 검증하는 경우가 많다.

IV. 개발 동향 및 전망

우리 나라는 향후 2015년에는 세계 10위권의 선진우주국에 진입한다는 목표를 설정하고, 우주 개발에 대한 국가적 차원의 정책추진방향과 함께 단계별 기술개발분야 및 전략에 대한 “우주개발중장기기본계획”을 수립하여 실천 중에 있다. 특히, 위성체 분야는 2015년까지 국내에서 수요가 예상되는 통신방송위성(무궁화위성) 5기, 다목적 실용위성(아리랑위성) 7기, 그리고 과학위성 7기 등 총 19기의 위성을 개발하고 국제공동위성개발사업에 주도적으로 참여하기 위한 기술개발 우선순위와 목표를 제시하고 매진중에

었다.

1992년 9월 실험용 소형 과학위성인 우리별 1호로 시작한 국내 위성 개발사는 1993년에 우리별 1호 개발중에 획득한 기술을 활용해 우리별 2호를 국내에서 개발하여 발사 성공하였고, 방송통신위성의 경우도 1995년에 우리나라 최초의 상용 방송통신 위성인 무궁화위성을 발사하여 운용을 시작하였다. 상용 지구관측 실용위성인 아리랑위성은 1994년에 개발 착수하여 1999년에 발사 성공하여 지구관측을 시작하였다. 위성체 소요의 증가에 따른 개발 계획도 증가되었으며 이와 함께 국내 개발도 점차 증가되는 추세로 진행되고 있다. 더불어 탑재체 개발에 대한 관심도 고조되어 과학위성에 탑재되는 우주과학탑재체와 천리안1호의 실험용 통신탑재체와 아리랑3호에 탑재체인 전자광학탑재체도 국내 주도로 개발되어지고 있다. 다음에는 이러한 국내외 개발현황과 전망을 기술하였다.

1. 국외동향

다음 <표 1>에는 국외위성 탑재체 별로 진행되고 있는 개발동향에 대해서 간단히 정리하여 현재 국외 기술력 수준이 어느 정도인지도 파악하고자 하였다.

전자광학 탑재체의 경우는 1m 이하의 해상도 성능을 갖도록 하는 것이 추세이고, 이러한 고성능 전자광학카메라 관련 기술은 기술이전을 통제하고 있으며, 대부분의 국가들은 개발기술을 철저히 비밀로 보호하고 있다. 최근까지 발사되어 운영되고 있는 고해상도 카메라의 개발 현황을 다음 표로 정리하였다.

적외선 대역의 대구경 카메라는 미국을 비롯한 선진국에서는 국가안보 분야에 활용되고 있

<표 1> 고해상도카메라의 개발 현황

위성	운영기관	공간해상력 (홀백/칼라)	발사일
IKNOS2	Space Imaging	1m/4m	1999년
QuickBird2	DigitalGlobe	0.61m/2.44m	2001년
EROS-A1	IAI	1.8m/-	2001년
SPOT5	CNES	2.5m/10m	2002년
Orbview3	ORBIMAGE	1m/4m	2003년
EROS-B1	IAI	1m/-	2003년
IGS-1A	Japan	1m/4m	2003년
IGS-3A	Japan	1m/4m	2006년
RESUS-DK	Russia	1m/2m	2006년
KOMPSAT2	KARI	1m/4m	2006년
IGS-4A	Japan	0.6m	2007년
Worldview1	DigitalGlobe	0.5m	2007년
GeoEye1	Geoeeye	0.4m	2008년
CartoSat2A	India	1m	2008년
IGS-5A	Japan	0.6m	2009년
CartoSat2B	India	1m	2010년
Worldview2	DigitalGlobe	0.4m	2009년

며 관련 기술에 대해서는 공개조차 기피하고 있다. 이와 유사한 기술을 활용하는 기상위성은 미국에서 1966년 발사한 ATS 이래 최근까지 160여개의 기상위성이 발사되어 운영 중에 있다. 그 중 28개는 정지궤도기상위성으로 미국의 GOES 시리즈가 있으며, 유럽기상기구(EUMETSAT)에서 현재 운용중인 METEOSAT 시리즈와 후속 모델로 MSG (Meteosat Second Generation) 라는 차세대 기상위성으로 운용중에 있다. 일본의 GMS나 MTSAT과 인도의 INSAT 등이 기상위성이며, 그 외 저궤도 기상위성은 미국의 NOAA, DMSP, TRMM, EOS-AM(Terra) 위성 외에 러시아, 유럽 국가 등이 운영하고 있다.

전파를 사용하여 촬영을 수행하는 영상레이다(SAR) 탑재체는 초창기 행성이나 달 탐사 등에 사용하다가 최근 20년 사이에는 지구관측에 널

〈표 2〉 전파영상탐재체의 개발 현황

위성	운영기관	밴드/해상도	발사일
ALOS PALSAR	Janpan	L/7-100m	2006년
JIANBING5	China	L/5-20m	2006년
SAR-Lupe	Germany	X/<1m	2006년
RISAT	India	C/3-50m	2007년
TerraSAR-X	Germany	X/1-16m	2007년
TECSAR	Israel	X/<1m	2007년
Radarsat-2	Canada	C/3-100m	2007년
SAOCOM-1	Argentina	L/10-100m	2007년
COSMO-Sky Med	Italy	X/1m	2007년
TerraSAR-L	Germany	L/5-50m	2008년
TanDEM-X	Germany	X/1-16m	2009년

리 활용이고 있으며, 주야 전천후로 영상정보 획득이 가능하여 국가안보 목적으로 활용하는 정책을 취하고 있다. 특히, 캐나다나 유럽연합처럼 영토가 넓거나 기상상태가 안 좋아 광학탐재체 만으로는 원하는 영상을 제대로 얻을 수 없는 경우에 그 활용이 커서 수요가 증가하고 있으며 그 현황은 간단하게 <표 2>에 정리하였다.

통신위성의 경우는 기술이 안정화 되어감에 따라 표준화 및 수명연장을 통해 경제성을 향상시키는 정책을 취하고 있으며, 미국의 경우 넓은 지역에 인구가 분산되어 있는 지리적 특성을 고려하여 원격 의료, 원격 교육, 기타 공공 목적의 서비스를 고려하여 통신위성을 확보하여 운영하고 있는 반면 일본의 경우 일련의 기술개발 목적의 위성발사를 통해 능동형 위상 배열 안테나 기술 등을 선점하는 정책을 취하고 있다.

우주과학탐재체는 미국, 일본, 유럽을 비롯한 선진국에서는 막대한 예산과 인원을 투자하여 대형 우주망원경을 개발하여 자국의 과학기술 우위를 과시하는 정책을 취하고 있으며 진행중인 대표적 우주관측프로그램은 NASA의 Great Observatory로 허블우주망원경, CGRO

(Compton Gamma-Ray Observatory), Chandra x-ray observatory, SST (Spitzer Space Telescope) 등의 우주망원경이 포함되었으며, 다음 프로그램으로 차세대 우주망원경, SIM (Space Interferometry Mission), Constellation-X Observatory, TPF (Terrestrial Planet Finder) 등으로 진행중에 있다. 이외에도 NASA가 지원하는 SMEX (Small Explorer), UNEX (University Explorer) 등의 프로그램을 통해 중소형 우주관측탐재체를 수시로 발사하고 있다.

2. 국내동향

국내에서는 1992년 9월 실험용 소형 과학위성인 우리별 1호가 발사한 이래 이듬해인 1993년에 우리별 1호 개발을 통해 획득한 기술을 활용해 우리별 2호를 국내에서 개발하여 발사 성공하였다. 방송통신위성의 경우도 수요가 급증하며 1991년부터 본격적으로 무궁화사업을 시작하여 1995년에 우리나라 최초의 상용 방송통신 위성을 발사하여 운용을 시작하였다. 상용 실용급 위성인 아리랑위성은 1994년에 1호 개발을 착수하여 1999년에 발사성공으로 지구관측을 시작하였다.

현재까지 개발 발사된 국내 지구관측용 위성은 실용급위성과 과학연구위성으로 대별되며 각 위성에 탑재된 전자광학카메라를 <표 3>에 정리하였다.

아리랑위성은 시리즈는 더 향상된 성능을 갖는 3호와 3A호에 개발 중에 있으며, 세트렉아이(주)에서는 말레이시아와 아랍연합로부터 전자광학카메라가 장착된 위성 사업을 수주, 발사에 성공하여 그 후속사업을 진행 중에 있다.

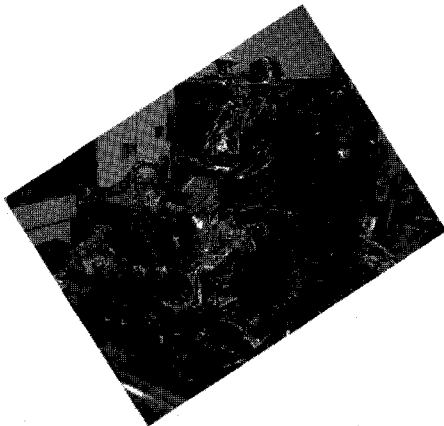
영상레이더(SAR) 탐재체는 유사 공통기술인

〈표 3〉 국내 위성용 전자광학탑재체 현황

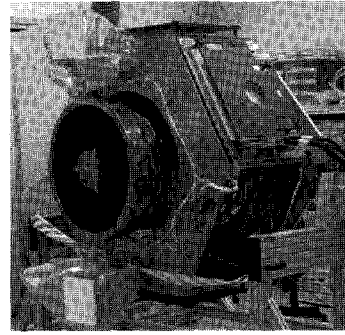
	위성명	해상도 (축백/칼라)	발사년	비고
실용 위성	아리랑1호	6.6m	1999년	공동개발 (미국 TRW)
	아리랑2호	1m/4m	2006년	공동개발 (이스라엘 ELOP)
	아리랑3호	서브미터급	2012년	국내주도개발
	아리랑3A호	서브미터급	2013년	국내주도개발
과학 위성	우리별1호	4km/400m	1992년	공동개발 (영국 Surrey대)
	우리별2호	2km/200m	1993년	독자개발
	우리별3호	13.5m	1999년	공동개발 (남아공 Stellenbosch대)

레이다 개발을 1989년부터 착수하여 2차원, 3차원 레이더 기술의 국내개발 성공을 토대로 1995년부터 개발을 착수하여 진행하고 있으며 현재 이탈리아의 TASI사와 공동개발을 통해 습득한 SAR를 탑재체한 아리랑 5호를 2011년 발사 예정으로 개발을 진행하고 있다.

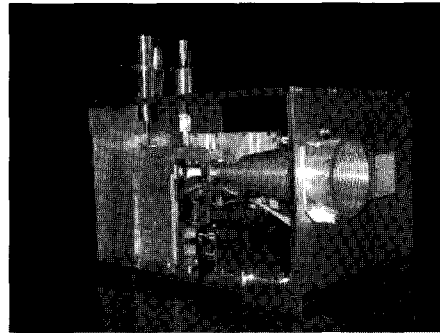
우주과학탑재체는 명칭된 이름처럼 우리별의 실험위성시리즈부터 저에너지입자검출기, 고에너지입자검출기, 우주방사선시험장치, 정밀자기장측정기 등이 탑재되었으며, 과학위성1호에는 원격외선분광기, 우주환경측정장비, 과학위성2



〈그림 18〉 아리랑 1호 전자광학탑재체



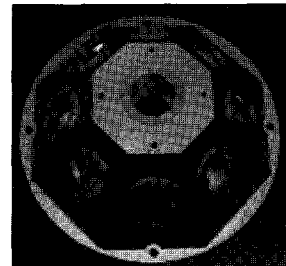
〈그림 19〉 아리랑 2호 전자광학탑재체



〈그림 20〉 과학위성2호 라이오미터(DREAM)

호에는 마이크로파 복사계 시스템 (라디오미터), 레이저 반사경이 되었고, 과학위성 3호에는 다목적 적외선 영상시스템과 소형영상분광기가 탑재되어 2011년 발사예정이다.

통신탑재체는 한국통신 주관으로 1995년부터 발사된 무궁화 1, 2, 3호 사업을 통해 구매하였지만 제작기간동안 다수의 업체 및 연구기관이

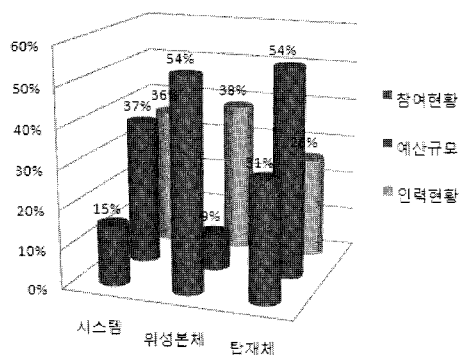


〈그림 21〉 과학위성2호 레이저반사경

참여하여 기술이전 교육을 받았다. 통신탑재체 핵심부품과 시스템 기술은 전자통신연구원을 중심으로 지난 10여 년간 개발하여 Ka 대역이나 Ku 밴드대역의 통신탑재체의 검증모델 기술을 확보하고 위성부품 제작사를 통해 실용기술을 개발하여 2010년에는 국산화 개발한 Ka대역(20GHz~30GHz) 통신탑재체를 통해기에 탑재하여 성공리에 발사 후 운용중에 있다. 이를 통해 우리나라의 통신위성 독자개발기술 확보와 세계 최고수준의 국가 우주기술 우수성이 입증하는 계기가 되었으며 국가적으로 Ka대역이라는 신규 주파수자원을 확보하여 신규 멀티미디어 위성통신서비스를 창출할 기회를 갖게 되었다.

국내 위성산업을 포함한 우주산업의 현황을 파악하기 위하여 2009년에 조사된 국내 우주산업실태조사 결과는 <그림 22>와 같다.

여기서 위성산업현황은 시스템, 위성본체와 탑재체 세부부분으로 나뉘어 조사되었고, 탑재체의 경우는 많은 예산이 소요되나 참여현황이나 인력현황은 위성본체나 시스템에 비해 낮은 수준임을 확인하였다. 이 결과는 또한 그 외에 조사된 수출대비 수입비가 약 6.7%로 22.4%의 시스템에 비해 많은 부분이 수입에 의존되고 있다는 사실과도 동일한 의미이다. 이번 조사결과를 통해



<그림 22> 국내우주산업실태 조사 현황

탑재체 분야에 더 많은 기업 또는 기관이 참여하게 된다면 관련 인력도 증가되고, 자연스럽게 수출도 증가될 수 있음을 예측할 수 있었다.

3. 향후 전망

현재 우리나라 인공위성 분야의 기술수준은 미국, 러시아, 유럽국가 연합(프랑스, 영국, 독일, 이태리 등), 일본, 캐나다 등의 선진국은 물론 인도, 이스라엘, 브라질, 인도네시아 등의 후발 우주개발국가보다도 시작이 늦어 낙후되어 있으며 탑재체 부분에 대해서는 더욱 어려운 실정이다. 그러나 우리별이나 과학위성과 같은 소형 위성 개발시 습득한 우주과학탑재체 기술과 무궁화위성과 같은 대형 통신 방송위성 개발을 통한 습득한 통신탑재체 부품 제작기술, 국내 위성수요의 자체조달과 해외시장진출의 기반조성을 위한 위성 국산화기술 확보를 목표로 진행되었던 아리랑 위성을 통해서 습득한 전자광학탑재체 기술들이 기반이 되어 국내 개발 역량을 넓혀가고 있다.

현재 국내 개발 기술수준은 탑재체 분야에 따라 차이가 있으나 우주과학탑재체나 중, 고해상도 전자광학카메라의 경우는 국내자체 또는 국내주도로 개발할 수 있는 능력은 충분히 보유하고 있다고 판단되며, 특히 일부 정밀기계 및 전자분야 제조기술은 국제적으로도 인정을 받고 있다. 그러나 아직은 설계기술, 초정밀/고신뢰 제작기술 및 시험기술에서 연구 개발하여야 할 내용들이 많이 있다. 그리고 탑재체 개발 기술수준을 논할 때 가장 중요한 요소는 시스템 통합능력이며 소요되는 수많은 부품을 자체적으로 모두 개발한다는 것 보다는 오히려 수출규제 문제에 따른 전략적 부품이나 선진국과 경쟁력이 있

는 품목에 대해서만 개발하고 나머지 품목은 구매를 통해 확보하여 전략적이고 효율적으로 탑재체 시스템 개발 능력을 확보하는 것이 바람직하며 아리랑 위성의 탑재체는 이런 형태로 개발 중이다.

우리 나라의 전반적인 탑재체 개발 부품레벨의 기술수준은 선진국 대비 중간정도이나 국내 주도 개발과 핵심부품 개발을 병행하여 기술수준을 향상하여 국내 소요를 위해 필요한 탑재체의 자체 조달뿐만 아니라 수출까지도 가능한 경쟁력을 갖도록 노력 중이다.

V. 결론

이제 위성탑재체를 통해서 얻어 지는 각종 서비스는 우리 일상생활에 없어서는 안될 중요한 부분이 되어가고 있다. 이들 서비스는 위성통신 방송탑재체, 위성위치측정시스템(GPS) 탑재체에 의한 배, 항공기 및 자동차의 항행을 위한 위치, 속도 및 시간 정보제공, 그리고 기상탑재체에 의한 날씨예보 등을 포함한다. 또한, 지구관측탑재체를 통해 제공된 정보는 지구의 온난화 현상, 삼림 황폐화, 사막화의 증가, 오존층의 상태, 농사 작황 현황 그리고 질병뿐만 아니라 기후, 해양 및 지표면에서의 변화를 정확하게 감지 및 관찰할 수 있어 지금 현재 지구에서 무슨 일이 일어나고 있는지를 보여 준다. 더욱이 위성탑재체 기술은 혹독한 우주환경에서 높은 신뢰도를 갖고 작동되어야 한다. 따라서, 여러 분야의 과학 및 기술을 조합하는 대단히 정교하고 고유한 기술이라 할 수 있으며 이러한 기술을 개발하고 증진하는 노력은 재료, 컴퓨터, 전자공학, 통신 및 정보처리와 같은 분야의 새로운 산업기술을 유발

할 수 있다. 이는 이러한 기술을 사용하여 새로운 산업분야를 도출할 것이 기대된다.

국내의 위성탑재체분야는 아리랑위성을 통해 확보된 대구경 고정밀 전자광학탑재체, 과학실험용으로 개발된 여러 가지 우주과학탑재체와 정지궤도 위성인 무궁화나 통해기를 통해 개발된 통신탑재체에 대한 기술력이 있는 단계이지만 주로 시스템을 통합하는 체계종합기술이며 세계적으로는 중간 단계 정도의 수준으로 평가되었다. 이를 극복하고 도약하기 위하여서는 기초연구나 중점연구를 통해 중요한 핵심기술을 확보하여 현재 기술의 수준을 높일 뿐만 아니라 산업체로 전파하는 과정이 꾸준히 이루어진다면 국내 위성의 탑재체 수급뿐만 아니라 수출까지도 확대가 가능하여 우주로 향하는 미래 기술의 선도자가 될 것으로 기대한다.

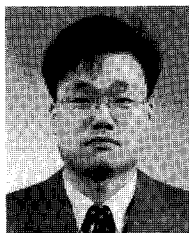
참고문헌

- [1] 교육과학기술부, 국가우주기술전략지도: “탑재체분야” 2008.
- [2] 과학기술부, 국가우주기술전략지도 2단계: 핵심별 기술지도, “위성탑재체기술” 2002. 12.
- [3] Wiley J.Larson and James R Wertz, “Space mission Analysis and Design”, 2nd ed. Micrsim inc, 1992.
- [4] 연정흠, 김성희, 고대호, 이승훈, 용상순, “환경감시탑재체 개발 동향”, 항공우주산업기술동향 7권1호, pp.79-88, 한국항공우주연구원, 2009.
- [5] 장홍술, 이웅식, 정대준, 육영춘, 이덕규, 이승훈, “고해상도 과학탑재체용 광구조 부품 국내기술 동향”, 항공우주산업기술

동향 5권2호, pp.51-57, 한국항공우주연구원, 2007.

- [6] 윤보열, 이광재, 김윤수, 김용승, “SAR 지구관측 위성의 개발 동향”, 항공우주산업 기술동향 4권2호, pp.40-48, 한국항공우주연구원, 2006.
- [7] 교육과학기술부, 2009년 우주산업실태조사, 2009.
- [8] <http://www.kari.re.kr/>
- [9] <http://geoeye.com/>
- [10] <http://www.wikipedia.org/>
- [11] <http://satrec.kaist.ac.kr/>

저자소개



용 상 순

1989년 광운대학교 전자공학과 공학사
 1991년 광운대학교 전자공학과 공학석사
 2008년 충남대학교 전자공학과 공학박사
 1991년~2008년 2월 한국항공우주연구원 선임연구원
 2008년 3월~현재 한국항공우주연구원 책임연구원
 2006년 11월~현재 한국항공우주연구원 팀장

주관심 분야 : 인공위성, 우주용 탑재체, 전자광학탑재체, 탑재체자료처리/전송시스템



서 춘 원

1988년 2월 광운대학교 전자공학과 공학사
 1990년 2월 광운대학교 전자공학과 공학석사
 1997년 2월 광운대학교 전자공학과 공학박사
 1998년 3월~2000년 2월 한국폴리텍 I 대학 전자과 전임강사
 2000년 3월~현재 김포대학 유비쿼터스IT과 부교수

주관심 분야 : 영상통신시스템, 패턴인식, 스테레오비전 시스템