

천리안 위성 시스템 및 위성 개발

양 군 호

한국항공우주연구원
위성연구본부 정지궤도
위성 체계팀

I. 머리말

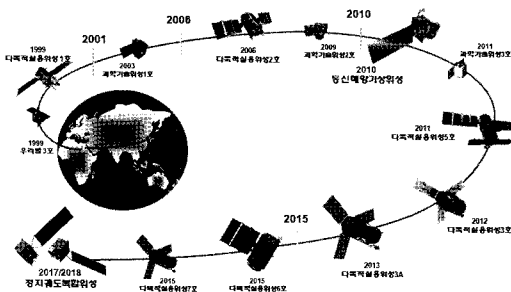
1992년 우리별 1호, 1993년 우리별 2호의 성공적인 발사를 시작으로 추진된 우리나라의 인공위성 개발은 그동안 국가 계획인 “우주 개발 중장기 계획”에 따라서 1999년 다목적 실용 위성 1호, 2006년 다목적 실용 위성 2호의 성공적 발사를 통하여 저궤도 실용급 위성을 국내 기술로 개발할 수 있는 수준에 이르렀다.

한편, 우리나라 정지 궤도 위성으로는 1999년 무궁화 위성 1호 발사를 시작으로 2010년 말에 발사된 무궁화 위성 6호까지의 5기의 무궁화 위성과 2004년 발사된 한별 위성 등이 있으나, 국내 업체들이 위성 통신 서비스를 위하여 해외로부터 구매한 위성들이어서 정지 궤도 위성 기술을 국내에 확보하기에는 한계가 있었다. 2000년에 “우주 개발 중장기 계획” 수정안을 수립하면서 정지 궤도 위성을 이용한 통신, 해양, 기상 임무에 대한 국가 수요가 강력하게 제기되어 정지 궤도 위성 기술 개발의 필요성이 크게 부각되었으며, 기획 연구 및 선행 연구를 거쳐서 드디어 2003년 9월에 천리안 위성(통신 해양 기상 위성) 개발 사업을 착수하게 되었다.

천리안 위성 개발 사업은 교육과학기술부, 국토해양부, 방송통신위원회 및 기상청이 참여하는 범부처 사업으로서 교육과학기술부는 시스템 및 위성 본체 개발 예산을, 국토해양부는 해양 관측 탑재체 개발 예산을, 방송통신위원회는 통신 탑재체 개발 예산을, 기상청은 기상 탑재체 개발 예산을 담당하였다. 한국항공우주연구원은 총괄 주관 기관으로서 전체 시스템 및 위성 본체 개발, 총조립 및 시험, 기상/해양 탑재체 및 지상국 개발 등을 수행하였으며, 공동 참여 기관으로서 한국전자통신연구원은 통신 탑재체 개발, 관제 시스템 개발 등을, 기상 연구소는 기상 자료 처리 시스템 개발을, 해양 연구원은 해양 자료 처리 시스템 개발을 수행하였고, 국내 업체들은 위성 본체 및 탑재체의 부분품 국산화 제작에 참여하였다.

그동안 축적된 저궤도 위성 경험, 인력 및 기술을 바탕으로 정지 궤도 위성 개발 경험이 풍부한 EADS Astrium과의 공동 개발을 통하여 천리안 위성 개발이 이루어졌으며, 설계 시에는 국내 인력이 공동 설계팀으로서 프랑스에 파견되어 참여하였고, 조립/시험 시에는 Astrium 인력이 공동 조립 시험팀으로서 한국항공우주연구원에 파견되어 국내 시설을 이용하여 조립/시험을 수행함으로써 정지 궤도 위성 개발 기술을 국내에 확보할 수 있는 중요한 계기가 되었다.

그동안 축적된 저궤도 위성 경험, 인력 및 기술을 바탕으로 정지 궤도 위성 개발 경험이 풍부한 EADS Astrium과의 공동 개발을 통하여 천리안 위성 개발이 이루어졌으며, 설계 시에는 국내 인력이 공동 설계팀으로서 프랑스에 파견되어 참여하였고, 조립/시험 시에는 Astrium 인력이 공동 조립 시험팀으로서 한국항공우주연구원에 파견되어 국내 시설을 이용하여 조립/시험을 수행함으로써 정지 궤도 위성 개발 기술을 국내에 확보할 수 있는 중요한 계기가 되었다.



[그림 1] 국가 우주 개발 중장기 계획(위성 개발 분야)

II. 천리안 위성 시스템

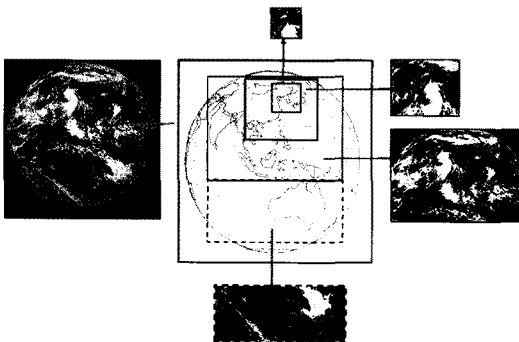
천리안 위성은 하나의 위성으로 기상 관측, 해양

관측 및 위성 통신의 3가지 임무를 수행하는 정지 궤도 복합 위성이다.

기상 관측 임무는 지구(full disc), 북반구, 남반구, 아시아/태평양 지역, 한반도 등의 다양한 지역의 기상을 관측하여 국제 사회의 기후 연구에 공조하며, 우리나라에 발생하는 황사, 집중 호우, 폭설, 태풍 등의 악기상을 조기에 정확하게 관측, 예보하는 것이다. 기상 관측을 수행하는 탑재체는 가시 대역 1채널(해상도 1 km), 적외 대역 4채널(해상도 4 km)이 있어 밤낮 구분없이 24시간 기상 관측을 할 수 있다.

해양 관측 임무는 한반도 주변과 중국/일본의 바다(2,500 km×2,500 km 영역)의 해색(ocean color)을 관측하여 해양 오염 물질 현황 및 이동 경로, 적조 탐지 등의 해양 환경 감시와 해류 순환, 어장 정보 등의 해양 생태계 정보 생성 등이다. 해양 관측을 수행하는 탑재체는 세계 최초의 정지 궤도 해양 관측 탑재체로서 8개의 가시 대역 채널(해상도 500 m)이 있으며, 하루에 1시간 간격으로 8회 관측을 수행할 수 있어서 저궤도 위성 관측으로는 규명하기 어려운 조석 현상 등 단기간에 일어나는 해양 현상을 연구하는데 매우 효과적이다.

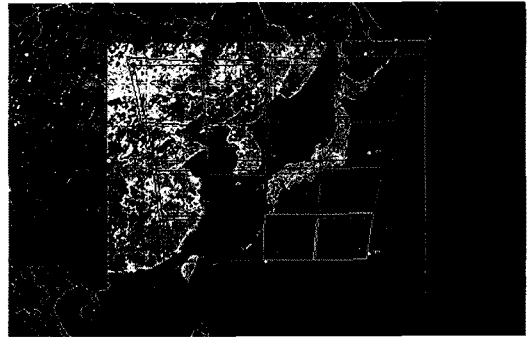
위성 통신 임무는 Ka 대역 증계기를 국내 기술로 개발하여 우주에서 성능을 검증하는 것과 HDTV, 3D TV 전송 등 광대역 멀티미디어 시범 서비스와 재난 비상 통신 등 공공 통신 서비스에 활용하는 것이다.



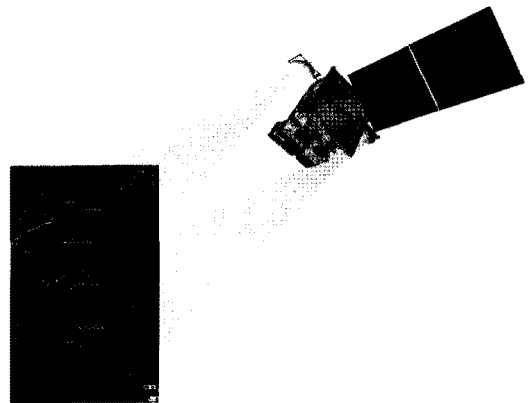
[그림 2] 기상 관측 영역

Ka 대역 위성 통신 시스템은 총 4개 채널 중 3개 채널(예비 채널 1개)을 운용하며, 위성의 동/서쪽에 장착된 안테나로 남/북한에 서비스를 제공한다.

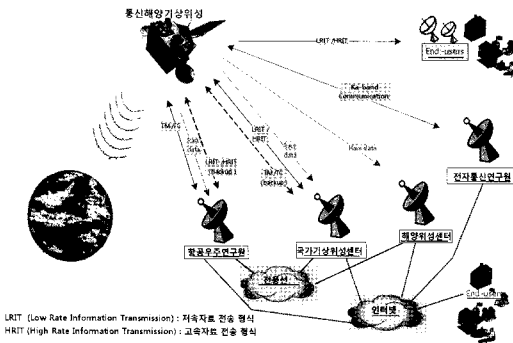
천리안 위성이 3가지 임무를 수행하므로 관련 지상 시스템도 다양하게 구성되며, 천리안 위성 시스템 전체의 구도를 나타내는 것이 [그림 5]이다. 위성 관측은 한국항공우주연구원의 관제소에서 수행하며, 기상 자료는 기상위성센터에서 위성으로부터 영상을 수신하여 처리한 후, 위성고 지상망을 통하여 사용자에게 분배된다. 해양 자료는 해양 위성 센터에서 위성으로부터 영상을 수신하여 처리한 후, 지상망을 통하여 사용자에게 분배된다. Ka 대역 위성 통신 품질 측정 및 시험은 전자통신연구원의 시험 지구국에서 수행



[그림 3] 해양 관측 영역



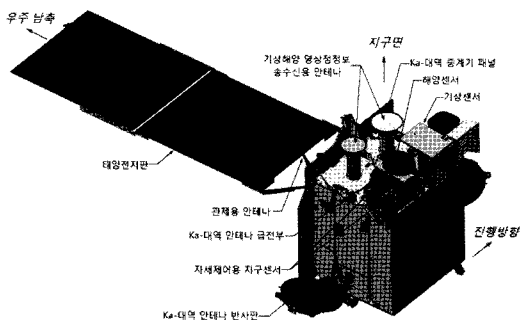
[그림 4] Ka 대역 위성 통신 서비스 영역



[그림 5] 천리안 위성 시스템 구성도

한다. 천리안 위성의 지상국 간에는 전용선으로 연결하여 위성 운용을 위하여 상호 필요한 자료들을 전송할 수 있게 되어 있다. 또한 안정된 임무 수행을 위하여 위성 부관제 기능을 기상위성센터에, 기상 및 해양 자료 수신/전처리 back-up 기능을 한국항공우주연구원에 설치하였다.

천리안 위성은 3축 안정화 방식의 위성으로서 동경 128.2도상의 정지 궤도에 위치하고, 운용 수명은 7년, 발사 중량은 2,460 kg, 발생 전력은 수명 말기에 2.7 kW이며, 궤도상에서 운용될 때의 천리안 위성 형상은 [그림 6]과 같다. 기상 및 해양 탑재체는 위성의 지구 방향면에 장착되었으며, Ka 대역 통신 안테나는 위성의 동서 방향에 설치되었다. 기상/해양 영상 자료 송수신 안테나는 지구 방향면에 위치하였



[그림 6] 천리안 위성의 궤도상 형상

으며, 자세 제어 센서인 지구 센서는 높은 해상도가 요구되는 해양 탑재체에 근접하게 설치를 하였다. 그리고 일반적인 통신 위성과는 달리 태양 전지판을 남쪽 방향에만 설치하였는데, 그 이유는 기상/해양 탑재체의 좋은 성능을 위하여 매우 낮은 온도 제어가 필요한데, 북쪽 방향에 태양 전지판을 설치하면 태양빛을 받아서 기상/해양 탑재체 방열판 주변에 온도가 상승하여 기상/해양 탑재체 성능을 저하시키기 때문이다.

III. 천리안 위성 버스 시스템

천리안 위성의 버스 시스템은 Astrium사의 정지 궤도 위성 모델인 Eurostar 3000 모델을 근간으로 개발되었으며, 기능에 따라 구조계, 전력계, 자세 제어계, 원격 측정 명령계, 추진계, 열 제어계, 비행 소프트웨어 등으로 세분화될 수 있다.

구조계는 위성의 뼈대가 되는 부분으로서, 격자형 중심 구조물과 발사체와 연결되는 어댑터 링, 통신 중계기 및 위성 장비들이 장착되는 남북 패널, Ka-대역 안테나가 장착되는 동서 패널, 기상/해양 탑재체 및 자료 송수신 안테나, 지구 센서 등이 장착되는 지구 방향 패널로 구성된다. 발사 하중으로부터 기상/해양 탑재체를 보호하고 궤도상에서 열 변형 영향을 최소화시키기 위하여 기상/해양 탑재체와 위성 지구 패널 사이에 복합 소재의 정밀 구조물을 설치하였다.

전력계는 위성에 필요한 전력을 안정적으로 공급하는 부분으로서 태양 전지판, 배터리, 전력 조절기 및 전력 분배 장치 등으로 구성되며, 2장의 패널로 된 태양 전지판에는 고효율의 GaAs 태양 전지 셀을 설치하였고, 리튬 이온 배터리를 이용하여 경량화하였으며, 배터리 최대 방전량은 75 % 이하이다.

자세 제어계는 왜란으로부터 위성 자세를 유지시키는 부분으로서, 지구 센서, 태양 센서, 자이로, 반작용 휠 등으로 구성된다. 천리안 위성의 자세 제어

는 기상/해양 관측 영상 품질 때문에 일반 통신 위성의 자세 제어보다 정밀한 성능이 요구되어 순간 지향 정밀도가 4.5초간 약 1/2000° 이하가 된다. 반작용 휠에서 발생하는 미소 진동이 위성 구조물을 통하여 기상/해양 탑재체에 전달됨에 따른 기상/해양 관측 영상 품질 저하를 방지하기 위하여 반작용 휠에 댐퍼를 설치하였다. 또한 기상/해양 탑재체의 극저온 환경을 위하여 남쪽에만 태양 전지판을 설치함에 따른 위성 비대칭 형상으로 자세 왜란이 증대되었다. 이렇게 증대된 왜란에 대응하기 위하여 반작용 휠의 용량을 키우고 휠 오프로딩 시점을 최적화하는 설계를 적용하였다. 해양 영상 관측 시간 30분 동안에는 태양 전지판 회전을 정지시켜 태양 전지판 구동에 따른 왜란을 제거하였으며, 해양 영상을 지상으로 보내는 30분 동안에 태양 전지판 회전을 2배로 하여 태양 전지판과 태양과의 각도를 유지할 수 있게 하였다.

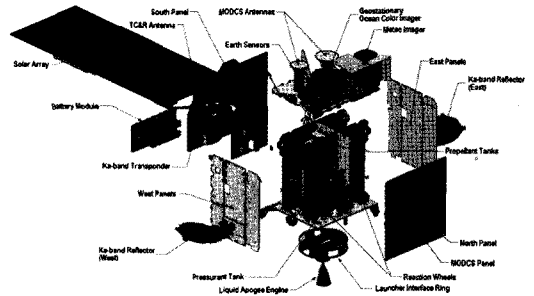
원격 측정 명령계는 위성의 두뇌에 해당하는 부분으로서 탑재 컴퓨터와 주변 전자기와 지상국으로부터의 명령을 수신하고 위성 상태 정보를 지상국으로 보내주는 RF 중계기 및 안테나로 구성되어 있다. 원격 측정 명령계 안테나는 무지향성 안테나로서 지구 방향과 지구 반대 방향에 각각 장착되어 위성이 어느 자세로 되더라도 지상국과의 교신이 가능하도록 되어 있다.

추진계는 위성을 정지 궤도로 진입시키고, 정지 궤도에서 위성의 궤도 조정 및 자세 제어에 사용되는 부분으로서, 액체원지점 엔진, 14개의 이원 추진 추력기, 산화제 탱크 및 추진제 탱크로 구성되어 있다.

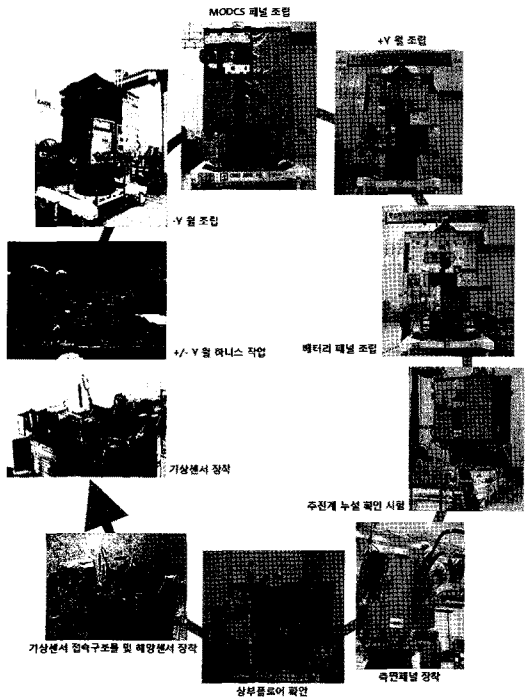
[그림 7]은 천리안 위성 버스 시스템의 구성을 보여주고 있다.

천리안 위성의 조립 및 시험은 2007년 7월부터 한국항공우주연구원 시설을 이용하여 국내 인력과 Astrium 인력의 공동팀에 의하여 수행되었다.

남/북 패널에 Ka-대역 통신 중계기 및 위성 장비들을 장착하고 하니스로 연결하는 작업을 시작으로



[그림 7] 천리안 위성 버스 시스템 분해도



[그림 8] 천리안 위성 조립 진행 절차

장비 탑재가 완료된 패널들이 위성 중심 구조물에 조립이 되었으며, 위성 버스 구조물 조립이 완료된 후에는 기상 탑재체, 해양 탑재체들이 장착되었다. 또한 태양전 지판, 동/서 Ka-대역 안테나들을 위성 구조물에 탑재하는 작업이 이어져 2008년 12월에 총 조립이 완료되었다.

총조립이 완료된 천리안 위성은 태양 전지판 및

안테나 전개 시험, 발사 환경 시험, 궤도 환경 시험 등을 통하여 천리안 위성의 발사 하중에 대한 설계 여유 확인, 발사체와 분리 후 태양 전지판 및 안테나 전개 기능, 궤도 환경에서의 위성 성능 등을 철저히 확인하였다.

천리안 위성의 총 조립 및 시험을 수행하기 위하여 한국항공우주연구원은 대형 정밀 조립동을 건설하고, 발사 환경 시험을 위하여 3개의 가진기를 하나로 묶어서 연동시키는 가진 시스템을 구축하였으며, 궤도 환경 시험을 위한 대형 열 진공 챔버(내경 8 m, 길이 10 m)를 국산화 개발하였다. 천리안 위성의 총 조립 및 시스템 시험을 한국항공우주연구원의 시설을 이용하여 수행함으로써 국내에서 최초로 정지 궤도 위성의 조립/시험에 대한 경험 및 기술을 확보할 수 있었다.

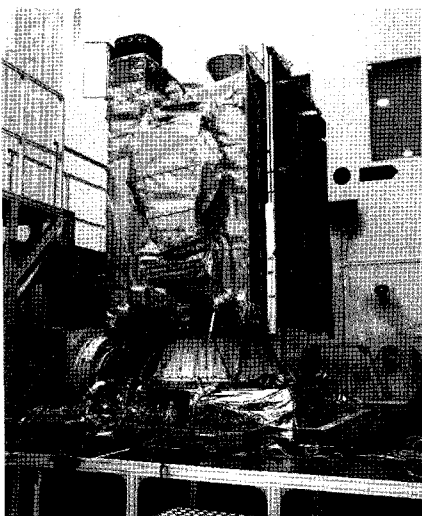
IV. 천리안 위성 발사 및 초기 운용

2010년 2월 선적전 검토 회의(pre-shipment review meeting)를 통하여 모든 사항들을 최종 점검한 후에,

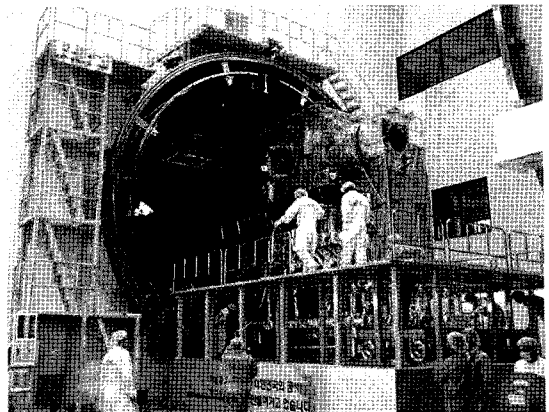
2010년 3월에 천리안 위성을 발사장인 남미 프랑스령 기아나의 쿠루 우주센터로 운송하였다.

천리안 위성의 발사체는 아리안-5 발사체로서 96%의 높은 발사 성공률을 보유하고 있으며, 정지 궤도 위성을 2기를 동시에 발사할 수 있는 능력을 갖고 있어서 하나의 페어링 내에 Arabsat-5A 위성이 상단에, 천리안 위성이 하단에 위치하여 동시에 발사되었다. 또한 쿠루 우주센터는 북위 5도에 위치하여서 적은 에너지로 적도면상의 정지 궤도에 위성을 발사할 수 있으며, 발사 가능 각도도 102도로 매우 넓어서 발사장으로서의 최고의 조건을 갖추고 있다.

천리안 위성과 시험 장비들은 안토노프 수송기를 이용하여 발사장으로 운송하였으며 쿠루 우주센터에 도착한 천리안 위성은 최종 성능 확인 시험을 거친 후에 위성체 내에 연료를 주입하는 작업이 이루어졌다. 발사 준비를 모두 완료한 천리안 위성은 아리안-5 발사체 1단의 상단부에 조립이 되었고, 그 위에 Arabsat-5A가 조립된 페어링이 덮여졌다. 발사체와 위성체 간의 접속 작업 및 시험이 수행된 후에 발사체와 위성이 발사대로 이동되었다. 발사체 가압제인 헬륨의

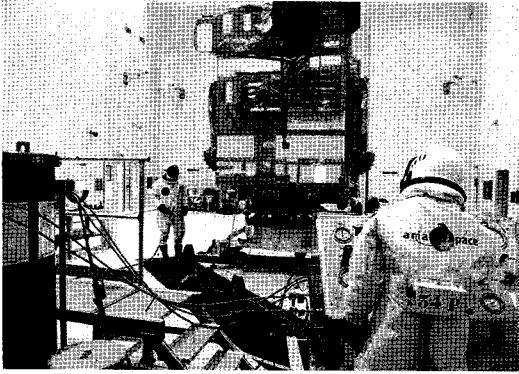


(a) 천리안 위성 진동 시험



(b) 천리안 위성 열 진공 시험

[그림 9] 천리안 위성 발사 및 궤도 환경시험



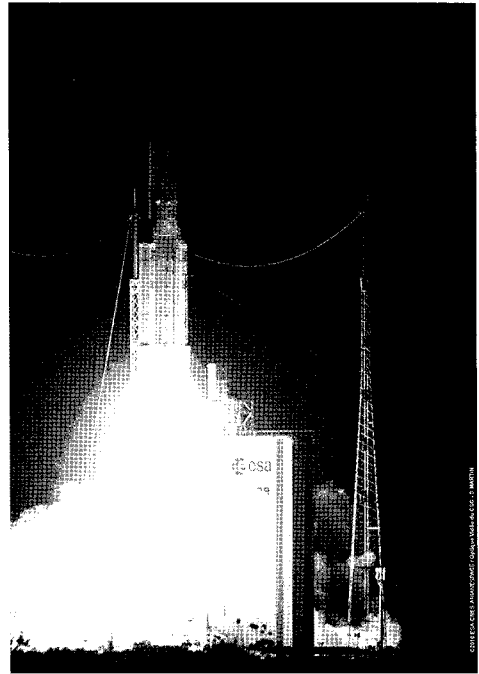
[그림 10] 천리안 위성에 연료 주입 작업



[그림 11] 발사체 1단에 조립된 천리안 위성

누출 현상으로 2차례 발사가 연기되었지만 2010년 6월 27일의 3번째 발사 시도에서 성공적으로 발사가 이루어졌다. 발사 후 33분에 천리안 위성이 발사체로부터 성공적으로 분리되었다는 정보를 발사체로부터 받았으며, 그로부터 5분 뒤에 호주 동가라에 있는 지상국으로부터 천리안 위성과의 첫 교신이 성공했다는 소식을 접했다.

전이 궤도에서의 전력 공급을 위한 태양 전지판

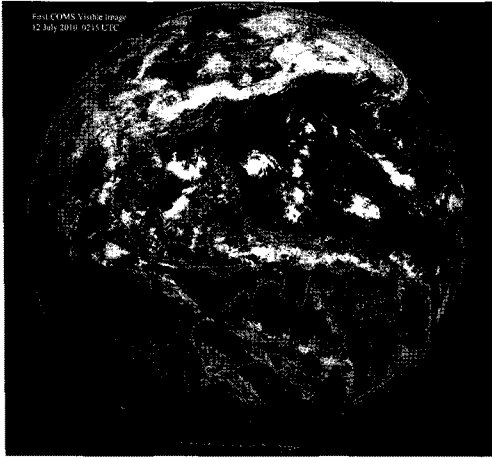


[그림 12] 천리안 위성 발사 장면

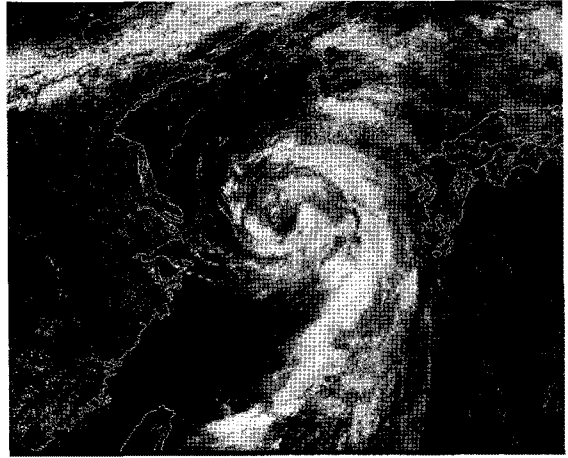
의 부분 전개 이후에 3회에 걸친 위성의 액체 원지점 엔진 분사를 통하여 천리안 위성은 정지 궤도에 들어갔으며, 태양 전지판의 완전 전개, 동서 안테나 전개가 이어서 수행되었다. 초기 운용 준비가 완료된 천리안 위성은 궤도 조정 후에 2010년 7월 5일에 운용 궤도인 동경 128.2도에 진입하였다. 이후 약 7개월간의 궤도상 시험을 수행하여 위성, 기상 탑재체, 해양 탑재체 및 통신 탑재체의 기능 및 성능 등이 요구 조건을 만족함을 확인하였으며, 본격 서비스 준비 기간을 거쳐서 2011년 4월부터 기상, 해양 및 통신의 본격 서비스가 시작되었다.

V. 맺음말

천리안 위성의 개발은 여러 가지 면에서 의의가 있다고 할 수 있다. 기상 관측에 있어서는 그동안 일본 위성 자료에 의존하던 위치에서 세계 7번째 독자

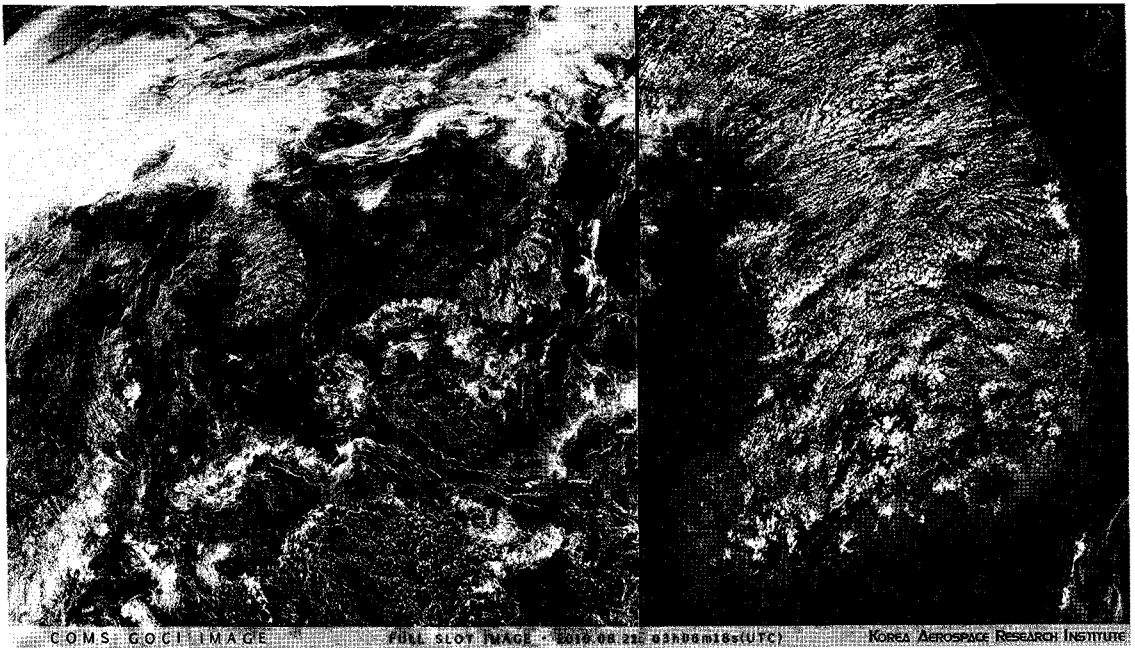


(a) 최초의 기상 영상(2010.7.12)



(b) 태풍 덴무 관측(2010.8.10)

[그림 13] 천리안 위성 기상 영상



[그림 14] 천리안 위성 해양 영상

기상 위성 보유국이 되어 악기상에 대한 신속하고 정확한 예보가 가능하게 되었다. 해양 관측에 있어서는 세계 최초로 정지 궤도에서의 해양 관측 능력을 갖게 되어 단기간에 발생하는 해양 현상 연구에

우리나라가 선도적인 역할을 할 수 있게 되었다. 위성 통신에 있어서는 통신 중계기 및 안테나를 국내 기술로 국산화하여 우주에서 성능을 검증함에 따라 세계 10번째로 통신 위성 자체 개발 능력을 보유하

게 되었다. 또한 천리안 위성 개발을 통하여 그동안 국내에 확보된 저궤도 위성 기술을 정지 궤도 위성 기술로의 확장이 이루어졌으며, 이렇게 확보된 정지 궤도 위성 개발 기술을 근간으로 2017년 기상 위성

발사, 2018년 해양/환경 복합위성 발사를 목표로 2011년 하반기부터 정지궤도 복합위성 개발이 착수 될 계획이다.

≡ 필자소개 ≡

양 군 호



1985년 2월: 서울대학교 기계공학과 (공학사)

1987년 2월: 한국과학기술원 기계공학과 (공학석사)

1996년 2월: 한국과학기술원 기계공학과 (공학박사)

1985년 2월~1990년 8월: (주) LG전자 영상미디어연구소 4연구실 주임연구원

1990년 9월~1996년 2월: 한국과학기술원 기계공학과 연구조교

1996년 3월~2003년 2월: 한국항공우주연구원 위성사업부 통신위성연구그룹 선임연구원

2003년 3월~2011년 1월: 한국항공우주연구원 통신해양기상 위성사업단 동해기체계팀 책임연구원(팀장)

2011년 1월~현재: 한국항공우주연구원 위성연구본부 정지궤도 위성 체계팀 책임연구원(팀장)