

## 지구관측위성 개발동향

글 / 김진희 kimjh@kari.re.kr, 황도순  
한국항공우주연구원 다목적위성사업단 위성기술실 위성본체그룹

### 1. 서론

현재 인류는 다양한 환경적 문제에 직면해 있다. 신문보도나 TV 화면을 통해 많이 알려져 있듯이 과도한 화석연료의 사용, 자원 개발을 통한 지표면의 변화, 물 사용량의 증가 등은 인류로 하여금 온실효과 및 지구전역의 기후변화(엘리뇨, 라니냐 등)를 경험하게 하고 있는 것이 현실이다.

이런 환경적 문제에 대한 현상파악 및 해결책의 마련을 위해 지구전역에 대해 장기간에 걸친 관측 자료가 필요하다. 이런 요구에 부합하는 것이 바로 위성을 이용한 지구관측이다.

표 1. 지구관측 분야

분야	세부내용
대기관측	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대기습도 및 온도 측정</li> <li>- 대기 풍향 측정</li> <li>- 구름 입자 분포 측정</li> <li>- 구름 형태, 양 및 상층부 온도 측정</li> <li>- 오존 측정</li> <li>- 에어로졸 분포 측정</li> <li>- 지구복사 측정</li> </ul>
육지관측	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지도 제작 및 도시 계획</li> <li>- 토양의 수분함유율 측정</li> <li>- 작물 현황 관측</li> <li>- 지표면 온도 측정</li> <li>- 알베도 및 지구반사율 측정</li> </ul>
해양관측	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양색 및 해양생태 관측</li> <li>- 조류 관측 및 파고 측정</li> <li>- 해양풍 관측</li> <li>- 해양 표면온도 측정</li> </ul>
눈 및 빙하 관측	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 빙하층 관측</li> <li>- 해양 빙하 특성 관측</li> </ul>
지구 중력 및 자기분포 측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구중력 측정</li> <li>- 자기분포 측정</li> </ul>

지구관측위성이란 지구상공의 궤도에서 지구 표면, 대기, 해양 등을 관측하는 위성을 의미한다. 현재의 지구관측위성은 표 1과 같은 다양한 분야에서 그 역할을 수행하고 있다.

위성을 이용한 지구관측의 역사는 1960년 4월 TIROS (Television Infrared Observation Satellite)-1 위성으로부터 전송된 TV용 지구사진으로부터 출발하였다. 위성에서 관측된 지구의 영상(그림 1)으로부터, 인류는 위성을 이용한 지구관측이 갖는 의미와 향후 발전가능성에 대해 주목하기 시작하였다[1].

TIROS 위성의 성공을 바탕으로 한 1964년 8월 NIMBUS-1호 위성의 발사를 기점으로 NIMBUS 위성계획이 시작되었다. NIMBUS 위성은 세계 기상연구를 위해 TIROS 위성의 후속 기술시험위성으로서 계획되었으며, 지표면관측 및 대기관측 등 새로운 원격탐사의 장을 제시하였다.

본격적인 지구관측위성으로는 미국의 LANDSAT 이 효시라고 할 수 있다. LANDSAT 위성은 NIMBUS 위성을 바탕으로 개발되었으며, 1972년 발사된 LANDSAT -1호는 지구상공 910km의 고도에서 103분의 주기로 지구궤도상에서 관측을 수행하였으며, 흑백 40m 그리고 컬러 79m의 해상도를 갖는 탑재체를 보유하였다[2].

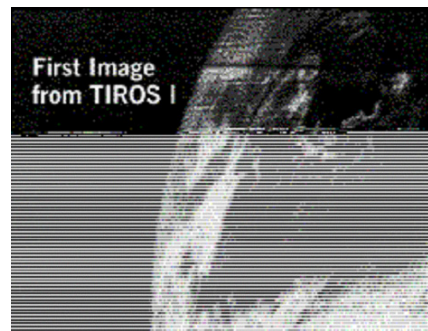


그림 1. TIROS-1 위성의 첫 번째 지구촬영 영상

표 2. 2002 발사된 주요 지구관측위성

위성	발사기관	발사일
ENVISAT	ESA(유럽)	2002/03/01
GRACE	NASA(미국)	2002/03/17
Aqua	NASA(미국)	2002/05/04
SPOT-5	CNES(프랑스)	2002/05/04
FY-1D	NRSCC(중국)	2002/05/15

LANDSAT 위성 시리즈 이외에 지금까지 개발되어온 주요 지구관측위성으로는 프랑스의 SPOT 시리즈, 인도의 IRS 시리즈와 최근 발사된 미국의 고해상도 상용위성인 IKONOS, Quick Bird, OrbView 위성 등이 있으며, 레이더 관측위성으로는 1978년 발사된 미국의 SEASAT 위성 이후 캐나다의 RADARSAT, 유럽의 ERS 및 ENVISAT, 일본의 JERS 등이 대표적이다[3].

우리나라의 경우 1999년 지구관측위성인 다목적실용위성 1호(흑백해상도 6.6m)를 성공적으로 발사하여 운영중이며, 2004년 발사를 목표로 다목적실용위성 2호(흑백해상도 1m, 칼라해상도 4m)를 개발 중에 있다.

그리고, 전 지구적 환경보호라는 대명제하에 국제협력에 의한 지구관측위성 개발계획이 추진되고 있다. 지구관측 자료의 교환, 탑재체(센서) 및 위성의 공동개발 등이 폭 넓게 행해지고 있으며, 유럽우주기구(ESA)의 환경관측위성 ENVISAT 이나, 미국과 일본 등이 공동개발한 열대 강우량관측위성(TRMM)이 그 대표적인 사례다. 보다 효과적인 협력체계를 구축하기 위하여, 지구관측위성위원회(CEOS, Committee on Earth observation satellites)[1] 등을 통해 전 지구적 환경관측임무 등이 계획되고 있다.

2002년 현재 약 60여 기의 지구관측위성이 지구상에서 운용되고 있으며, 또한 향후 15년 내로 300여개의 탑재체를 운용하는 90여기의 관측위성이 계획되어 있다. 2002년 발사된 주요 지구관측위성을 표 2에 나타내었다[1].

## 2. 관측위성 탑재체

### 2.1 탑재체의 작동 원리에 따른 분류

관측위성 탑재체는 센서의 작동 원리에 따라 수

표 3. 파장별 관측위성 탑재체 분류

주파수 영역		파장범위	
영역	약어	시작	끝
자외선 가시광선	UV	~0.01 $\mu$ m	~0.40 $\mu$ m
	VIS	~0.40 $\mu$ m	~0.75 $\mu$ m
적외선	NIR	~0.75 $\mu$ m	~1.3 $\mu$ m
	SWIR	~1.3 $\mu$ m	~3.0 $\mu$ m
	MIR	~3.0 $\mu$ m	~6.0 $\mu$ m
	TIR	~6.0 $\mu$ m	~15.0 $\mu$ m
마이크로파	FIR	~15.0 $\mu$ m	~0.1cm
	MW	~0.1cm	~100cm

동형 센서와 능동형 센서로 구분된다. 수동형 센서는 대상물이 반사하는 빛의 방사(radiation)를 측정하여 영상 정보를 추출하는 센서로서 대부분의 광학 센서들이 이에 속한다. 한편 능동형 센서는 수동형 센서와 달리 위성으로부터 발생한 신호를 관측 대상에 보내 반사되어 돌아오는 신호를 측정한다. 대표적인 능동형 센서는 레이더 등이 있으며 능동형 센서는 수동형 센서보다 외부의 영향을 받지 않고 관측을 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 방사파장에 따른 분류는 표 3에 나타내었다.

#### 2.1.1 광학 탑재체

다대역 스캐너(Multi-Spectral Scanner, MSS)는 1970년대부터 80년대까지 개발된 위성에 널리 사용된 센서로 초기의 LANDSAT 위성에 사용되었다. MSS는 광학장치, CCD(Charge-Coupled Device) 검출기, 필터, 스캔 거울로 구성되어 있으며 검출기를 이용하여 각 주파수 성분을 추출할 수 있지만 스캔 거울 등이 쉽게 마모되거나 고장이 나는 단점을 가지고 있다. 이러한 이유로 현재 pushbroom 방식의 스캐너가 널리 사용되고 있다. 탑재체에 사용되는 CCD는 매우 작은 실리콘 칩으로 빛에 민감하며, 짧은 시간동안 들어오는 빛에 비례하여 전기신호를 발생시킨다. 탑재체의 성능을 나타내는 공간 해상도는 위성의 궤도, 고도, 탑재체의 초점거리 및 CCD의 픽셀(pixel) 수 등에 의해 결정된다. 광학 탑재체는 필터를 이용하여 특정 주파수 성분만을 획득할 수 있는 장점을 가지고 있다.

#### 2.1.2 레이더(Radar)

레이더를 이용하여 획득되는 영상 신호는 일반적인 광학 센서에 의해 얻어지는 영상신호와 달리 자료 처리과정을 거쳐야만 물리적 의미가 파악될

표 4. 관측 특성에 따른 탑재체 분류

번호	분류
1	Atmospheric chemistry instruments (대기화학조성 관측 탑재체)
2	Atmospheric temperature and humidity sounders (대기온도 및 습도 관측 탑재체)
3	Cloud profile and rain radars (구름 분포 및 강우 관측 탑재체)
4	Earth radiation budget radiometers (지구복사 관측 탑재체)
5	High resolution optical imagers (고해상도 광학 탑재체)
6	Imaging multi-spectral radiometers(vis/IR) (지구대기와 표면 관측 탑재체)
7	Imaging multi-spectral radiometers (passive microwave) (전천후 지표면 관측 탑재체)
8	Imaging microwave radars (레이더이용 관측 탑재체, SAR)
9	Lidars (레이저 이용 관측 탑재체)
10	Multiple direction/polarization instruments (다기능/편광 관측 탑재체)
11	Ocean color instruments (해양관측 탑재체)
12	Radar altimeters (지구표면 형상분포 측정 탑재체)
13	Scatterometers (해양 표면 풍향/풍속 측정 탑재체)
14	Gravity, magnetic field, and geodynamic instruments (지구자장 및 중력 측정 탑재체)

수 있다. 레이더 기술은 제 2차 세계대전 전후로 많은 발전이 이루어졌으며 위성에서의 응용은 1970년대 SAR(Synthetic Aperture Radars) 기술에 의해 급진적인 발전이 이루어졌다. 초기의 RAR(Real Aperture Radar)는 안테나의 크기에 의해 빔 폭이 결정이 된다는 특징을 가지고 있었다. RAR를 사용하는 경우 빔 폭에 의해 공간 해상도가 결정이 되므로 고해상도의 영상 신호를 얻기 위해서는 대형 안테나가 요구되었다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 작은 안테나로 대형 안테나의 효과를 갖도록 하는 SAR 기술이 개발되었다. SAR 기술은 각 구간에서의 수신된 전파 신호를 이용하여 대형 안테나를 사용한 경우와 동일한 성능을 갖도록 한다.

SAR 위성은 안테나로부터 방사되는 전파 신호를 관측 대상에 투사하고 대상물로부터 되돌아오는 반사 신호를 수신하여 영상 데이터를 만든다. 이러한 특징으로 인하여 SAR 위성은 기상환경에 영향을 받지 않고 전천후로 관측을 수행할 수 있다.

## 2.2 탑재체의 특성에 따른 분류[1]

현존하거나 개발예정인 지구관측위성의 탑재체는 관측특성에 따라 표 4와 같은 14개의 군으로 나눌 수 있다.

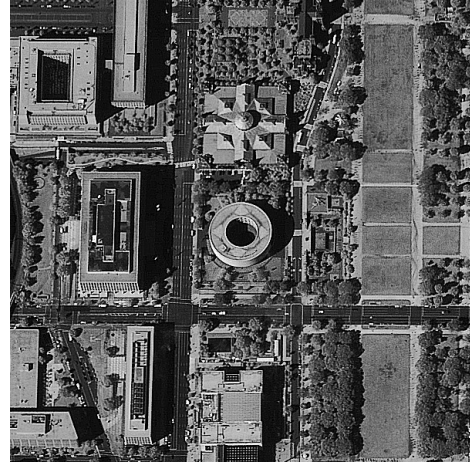


그림 2. 1m IKONOS[4]

## 3. 관측 위성 개발동향

### 3.1 광학 관측 위성

광학 관측 위성의 성능은 크게 주파수 해상도, 공간 해상도 및 관측폭(swath width)에 의해 결정된다. 주파수 해상도가 높은 광학 탑재체의 경우 동일한 사물에 대하여 많은 정보를 추출할 수 있으므로 사물을 구분하는데 용이하며 이러한 이유로 국토 관리, 농업 및 군사 분야에 널리 사용되고 있다. 1970년대 이후 다대역 스캐너가 개발되어 사용되고 있으며, 현재 초광대역(hyper-spectral) 센서가 개발되어 지구관측 분야에 활용되고 있다.

현재 초광대역 탑재체인 Hyperion은 NASA의 new millenium 시리즈 중 하나인 EO-1의 탑재체로 사용되고 있으며 0.4부터 2.5 $\mu$ m의 주파수 대역을 220개 채널로 나누어 관측 대상의 주파수 응답을 관측한다.

공간 해상도는 대상물의 크기와 관련된 해상도로서 공간 해상도가 높은 센서는 작은 물체를 쉽게 식별할 수 있다. 1990년대 개발된 위성의 경우 10m 내외의 공간 해상도를 가지고 있으며 현재 개발되어 운영중인 IKONOS의 경우 1m 해상도의 영상을 얻을 수 있다. 그림 2는 1m 해상도의 위성 영상을 보여주고 있다.

위성 저장 장치의 저장 능력과 관측폭, 공간 해상도, 주파수 해상도는 서로 밀접한 관련을 가지고 있다. 대부분의 경우 데이터 저장 장치의 한계와 데이터 전송 능력의 한계로 인하여 공간 해상도가 높

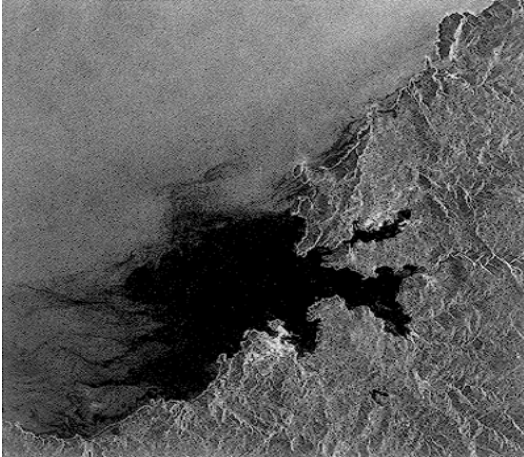


그림 3. SAR - ERS-1[5]

거나 주파수 해상도가 높은 탐재체를 사용하는 경우 상대적으로 좁은 영역에 대해서만 관측 데이터를 저장할 수 있다.

### 3.2 SAR 위성

SAR 위성은 광학 관측 위성과 달리 전천후 관측이 가능하며, 광학 관측 위성과 상호 보완적으로 활용 가능하여 최근에 많은 연구가 진행되고 있다. 대표적인 SAR 위성인 RADARSAT은 1995년 발사되어 원격 관측 정보를 전세계 사용자에게 제공하고 있다. RADARSAT은 45km에서 500km의 관측 폭을 가지고 있으며 10m~100m의 공간 해상도와 20°~50°의 경사각으로 관측을 수행할 수 있다.

SAR 위성에 의해 얻어지는 관측 데이터는 농업, 홍수, 산림, 지리, 해양, 환경 및 지도 제작 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 특히 SAR 위성의 경우 데이터 처리를 하여야만 물리적인 의미를 찾을 수 있으므로 활용분야에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 그림 3은 SAR 위성 활용분야 중 하나인 해양 오염을 촬영한 결과이다. 위성에서 방사하는 전파 신호와 대상에 반사되어 위성체에 들어오는 신호의 주파수 특성과 시간 지연 등의 정보를 이용하여 영상 처리한 결과이다.

## 4. 향후 관측 위성 개발

광학 관측 위성 개발은 기존의 임무를 연속적으로 수행하면서 동시에 보다 효율적인 임무를 수행하기 위한 탐재체 개발과 위성 본체 개발에 집중되고 있

다. 지구 전역 관측을 위하여 공간 해상도를 향상시키면서 이와 동시에 넓은 관측폭을 갖도록 탐재체 및 영상저장 시스템이 개발되고 있다. 또한 특정 지역에 대한 정밀 관측을 수행하기 위하여 공간 분해능이 높은 탐재체 개발과 주파수 해상도 및 분광분해능이 높은 초광대역 탐재체 개발이 진행되고 있다.

SAR 위성은 전세계적인 위성 영상 활용을 위하여 사용자 요구에 적합한 대역폭 및 해상도를 갖도록 개발이 이루어지고 있으며, 다양한 분야에서 활용하기 위하여 10m급 해상도에서 3m급 해상도의 위성 개발이 진행 중이다. 2004년 발사 예정인 RADARSAT-2는 3m급의 영상을 획득할 수 있도록 개발되고 있다. 또한, SAR 위성의 경우 광학 관측 위성과는 달리 자료처리가 필수적으로 요구되며 이러한 이유로 자료처리 및 활용에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다.

또한 다양한 임무를 수행하기 위해 새로운 방식의 레이저 탐재체(Lidars, LIght Dection And Ranging instruments) 등도 개발되고 있으며, 향후 수 년 내로 첫 모습을 나타낼 전망이다.

그림 4는 위성 개발 현황을 보여주는 그림으로 네 개의 그룹으로 위성 개발이 진행되고 있음을 보여준다.

LANDSAT 위성 계열과 같이 넓은 지역을 관측하기 위하여 낮은 공간 해상도와 큰 관측폭을 갖는 위성, 높은 주파수 해상도를 가지고 있는 위성, 주파수 해상도는 낮지만 높은 공간 해상도를 가지고 있는 위성 및 레이더 위성 등으로 분류된다. 표 5는 이미 발사되거나 향후 계획 중인 10m 이하 해상도를 갖는 주요 저궤도 지구관측위성의 현황을 나타낸다.

현재 우리나라의 경우 1m급 해상도를 갖는 광학 관측 위성 개발이 수행 중에 있으며, 향후 3m급 SAR 위성인 다목적실용위성 5호를 개발할 예정이다.

## 참고문헌

1. Earth Observation Handbook, CEOS, 2002
2. 세계 우주개발 현황 및 전망, 한국항공우주연구원, 2003
3. 세계의 항공우주산업, 한국항공우주산업진흥협회, 2002
4. [http://www.spaceimaging.com/gallery/first\\_image/chips/hirshorn.htm](http://www.spaceimaging.com/gallery/first_image/chips/hirshorn.htm)
5. <http://esapub.esrin.esa.it/eoq/eoq44/images>

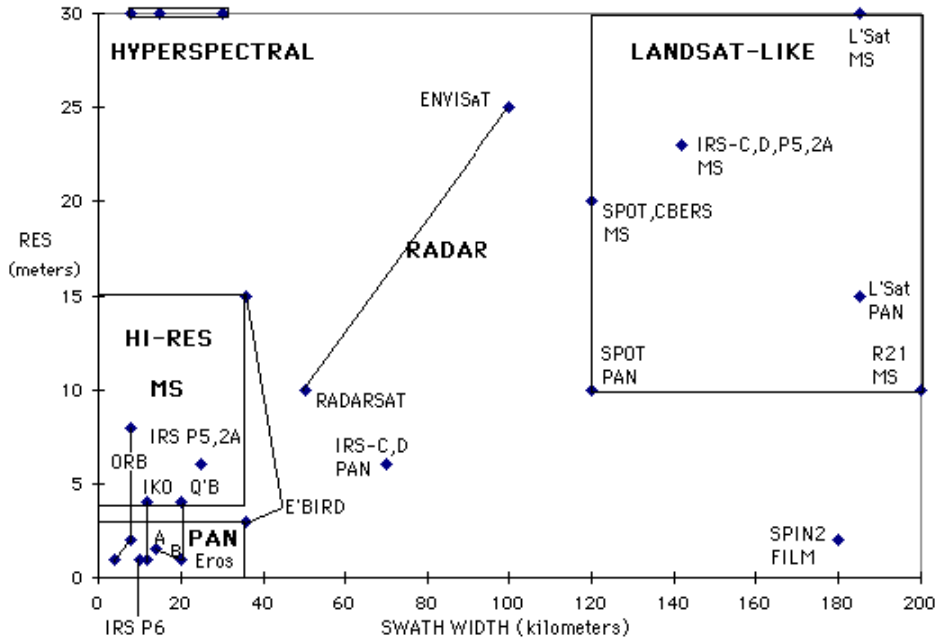


그림 4. 관측위성 개발분포

표. 5 . 관측 위성

위 성	발사일	궤도	무게	해상도
SPOT 1(프랑스)	1986	825Km, 98.7°	1830Kg	pan 10m/ms 20m
SPOT 2(프랑스)	1990	820Km, 98.7°	1870Kg	pan 10m/ms 20m
SPOT 3(프랑스)	1993	820Km, 98.7°	1907Kg	pan 10m/ms 20m
IRS 1C(인도)	1995	817Km, 98.6°	1250Kg	pan 5.8m
RADARSAT 1(캐나다)	1995	792Km, 98.6°	2749Kg	Radar 9-100m
ADEOS(일본)	1996	797Km, 98.6°	3560Kg	pan 8m/ms 16m
Resurs(러시아)	1996	250Km, 82.5°	6300Kg	2-8m
Early Bird(미국)	1997	470Km, 97.3°	317Kg	pan 3m/ms 15m
IRS 1D(인도)	1997	736/825Km, 98.6°	1200Kg	pan 5.8m/ms 23m
IRS P4(인도)	1997	817Km, 98.6°	922Kg	pan 2.5m
SPOT 4(프랑스)	1998	820Km, 98.7°	2500Kg	pan 10m/ms 20m
IKONOS 2(미국)	1999	680Km, 98.1°	720Kg	pan 1m/ms 4m
LANDSAT 7(미국)	1999	705Km, 98.2°	1973Kg	pan 15m/ms 30m
KOMPSAT 1(한국)	1999	685Km, 98.1°	510Kg	pan 6.6m
EROS-A1(이스라엘)	2000	480Km	270Kg	pan 1.8m
EO-1(미국)	2000	705Km, 98.7°	563Kg	pan 10m/ms 30m/hsi 30m
Quick Bird 2(미국)	2001	600Km, 52°	816Kg	pan 0.6m/ms 2.5m
SPOT 5(프랑스)	2002	820Km, 98.7°	2600Kg	pan 2.5m/ms 20m/r 10m
OrbView 3(미국)	2003	470Km, 97.29°	-	pan 1m/ms 2.5m
Rocsat 2(대만)	2003	891Km, 98.99°	764Kg	pan 2.5m
EROS-B1(이스라엘)	2003	600Km	300Kg	pan 0.82m
ALOS(일본)	2004	700Km, 98.2°	3850Kg	pan 2.5m/ms 10m/r 10m
KOMPSAT 2(한국)	2004	685Km, 98.1°	800Kg	pan 1m/ms 4m
RADARSAT 2(캐나다)	2004	798Km, 98.6°	2200Kg	Radar 3m