

지구관측위성 현황 조사

신재민*, 김희섭**, 김응현***, 임정흠****

Survey of Earth Observation Satellite State

Jae-Min Shin*, Hee-Seob Kim**, Eung-Hyun Kim***, Jung-Heum Im****

Abstract

On the basis of sensor types, satellites can be classified by two types, which are optical observation satellite and radar observation satellite. A satellite type is selected according to the specific mission. Optical observation satellite is more appropriate for getting high geometric resolution images and radar observation satellite is more appropriate for getting images independent of weather condition. the more a demand of satellite increases, the more an importance of information increases. Therefore, development trend and state of earth observation satellite are surveyed and described in this paper. In the future, domestic development of satellites will be planned considering trend of satellite technologies.

초 록

지구 관측 위성은 크게 광학 관측 위성과 레이더 관측 위성으로 분류할 수 있다. 위성의 형태는 임무의 종류에 따라 결정된다. 광학 위성의 경우 높은 지상 해상도가 요구되는 경우 적당하며, 기상 조건에 관계없이 영상을 얻기 위해서는 레이더 관측 위성이 적합하다. 국내에서도 정보의 중요성이 증가됨에 따라 위성의 필요성이 증가되었다. 이러한 이유로 본 논문에서는 지구 관측 위성의 개발 동향 및 현황을 기술하였다. 이러한 위성 기술의 추세를 고려하여 국내 위성 개발이 계획되어야 할 것이다.

키워드 : 지구 관측 위성(earth observation satellite), 광학 관측(optical observation), 레이더 관측(radar observation), 합성 개구면 레이더(synthetic aperture radar)

1. 서 론

지구 관측 위성의 임무는 위성에 장착된 탑재체에 의해 결정된다. 지구 관측에 사용되는 탑재

체는 작동 방식에 따라 크게 수동형 센서와 능동형 센서로 구분된다. 수동형 센서는 대상물로부터 나오는 방사 에너지를 측정하여 영상정보를 획득하는 센서로 대부분의 광학 센서들이 이에

* 다목적위성체계그룹/jmshin@kari.re.kr

*** 다목적위성체계그룹/ekim@kari.re.kr

** 다목적위성체계그룹/askhs@kari.re.kr

**** 다목적위성체계그룹/jhim@kari.re.kr

속한다. 능동형 센서는 수동형 센서와 달리 위성에서 신호를 생성하여 이를 관측 대상에 보내 반사되어 되돌아오는 신호를 이용하여 영상 정보를 추출하는 센서로 레이더가 능동형 센서에 속한다. 일반적으로 능동형 센서는 수동형 센서보다 기상 환경 등의 외부 영향을 받지 않고 관측을 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 반면에 수동형 센서는 능동형 센서보다 동작이 간단하고 에너지 소모가 작다는 장점을 가지고 있다.

대부분의 지구 관측 위성은 광학 탑재체나 레이더 탑재체를 이용하여 지구 관측을 수행한다. 현재 지구 관측을 수행하고 있는 대표적인 광학 관측 위성으로 미국의 Landsat과 IKONOS-2, 프랑스의 SPOT-5 위성이 있으며, 레이더 위성으로 캐나다의 RADARSAT-1과 유럽의 ENVISAT 등이 있다.

국내의 경우 광학 관측 위성으로 다목적실용 위성 1호가 1999년 12월 성공리에 발사되어 운영되고 있으며, 다목적실용위성 2호가 2004년 발사를 목표로 설계, 제작, 시험되고 있다. 향후 2015년까지 국가 중장기 우주개발 계획에 의해 많은 지구 관측 위성이 개발될 예정이며 다목적실용위성 5호의 경우 레이더 위성으로 설계될 예정이다.

본 연구에서는 국내의 지구 관측위성 분야 기술 변화를 조사하고 이를 토대로 향후 지구 관측 위성의 개발 방향을 살펴보았다.

2. 합성개구면 레이더 원리

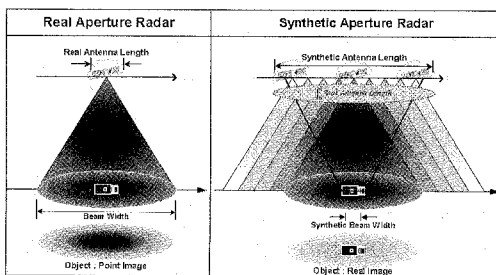


그림 1. 합성개구면 레이더 원리

합성개구면 레이더의 기본 원리는 그림 1과 같이 나타난다. 합성 개구면 레이더는 위성 이동 중에 획득한 영상 정보를 합성하여 해당 구간에 대형 안테나를 이용하여 영상을 얻는 것과 동일한 효과를 얻도록 하고 있다.

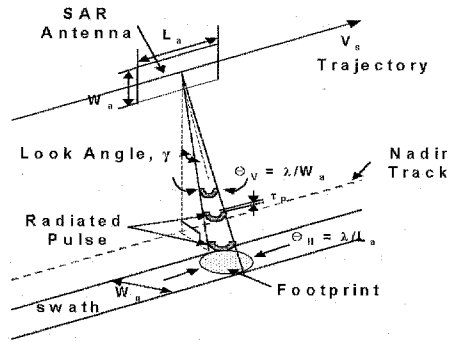


그림 2. 측면 관측 레이더의 간략화된 기하학

탑재체와 지구의 상대속도: V_{st}

지시각 및 펄스주기: $\gamma = \eta$ and τ_p

수직·수평 빔폭: $\theta_V = \frac{\lambda}{W_a}$ and $\theta_H = \frac{\lambda}{L_a}$

그림 2는 측면 관측 실 개구면 레이더(Side-Looking real-Aperture Radar: SLAR)의 간략화된 기하학적 구조이다. 이러한 기하학적 구조에서 수직 지시각(pointing angle or look angle) γ 는 특정 관심점에서 지구표면에 대한 직교방향과 레이더 빔 사이의 입사각 η 와 동일하다.

레이더는 전자기 에너지의 펄스들을 전파하고 되돌아온 반사파들은 표본추출되어 시간간섭 신호처리를 통해 영상 형성을 위한 정보로 사용된다.

레이더 관측폭의 중심으로부터 경사거리를 R_m 이라고 하면 다음과 같은 관계식으로 지상 관측 폭이 정의된다.

$$W_g \approx \frac{\lambda R_m}{W_a \cos \eta}$$

지상거리에서의 레이더 해상도는 시스템이 분리할 수 있는 두 점간 최소 분리거리(minimum range separation)로 정의된다.

$$\delta R_g = \frac{c}{2B_R \sin \eta}$$

여기에서 B_R 은 전송 펄스의 주파수 대역폭이다. 이 해상도는 실제적인 제약조건 내에서 펄스의 대역폭을 증가시킴으로써 향상시킬 수 있다.

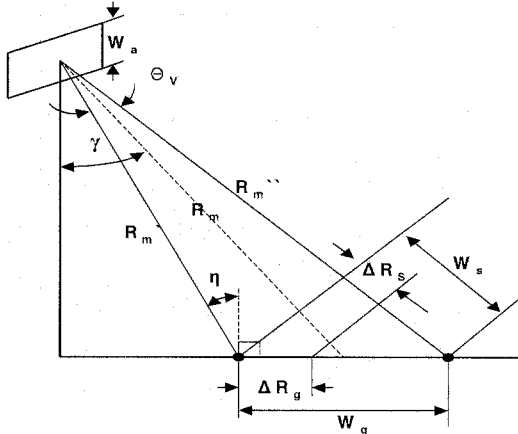


그림 3. 지상관측폭과 레이더 빔폭을 도시한 레이더 기하학

더 먼 거리의 펄스 반사파의 앞쪽 가장자리(leading edge)의 도착시간이 보다 가까운 거리의 반사파 뒤쪽 가장자리의 도착시간보다 느릴 때는 레이더 반사 신호의 시간 내력(time history)에서 각 점들을 구분할 수 있다.

레이더 펄스의 시간 길이(time extent)를 τ_p 라 할 때 분해가능한 두 점의 최소 분리 거리는 다음과 같다.

$$\Delta R_g = \frac{\Delta R_s}{\sin \eta} = \frac{c\tau_p}{2\sin \eta}$$

여기에서 ΔR_s 는 경사방향 해상도이며 c 는 광속이다.

적절한 해상도 ΔR_g 를 얻기 위해 필요한 펄스 주기 τ_p 는 매우 짧은 시간 간격이기 때문에 펄스당 에너지가 약해진다. 그래서 수신 신호의 신뢰성을 유지할 수 있도록 충분한 신호대잡음비(SNR)를 위해서는 많은 펄스열을 압축하여 사용한다. 이런 펄스 압축 기법의 사용으로 고해상도 영상의 획득이 가능해진다.

수신한 펄스를 정합 필터링해서 얻을 수 있는 거리 해상도는 다음과 같다.

3. 지구관측위성 개발 동향

3.1 광학 위성 동향

적외선 및 가시광선 부분을 이용한 지구 관측은 인간의 육안으로 관측한 경우와 유사하기 때문에 지구 관측 위성 개발 초기부터 활발하게 적용되고 있다.

열적외선을 관측하는 기술은 물체의 열전도 및 저장 능력에 따라 주·야간의 표면 온도특성이 다르게 나타나는 성질을 이용하여 물체를 식별한다. 이러한 기술은 해수의 수온변화, 화산이나 산불지역, 공장이나 발전소 등의 배수 지점 감시에 널리 활용되고 있다.

가시광선 영역을 관측하는데 사용하는 광학 탑재체는 크게 스캔 방식과 푸쉬부름 방식이 있다. 1970년대 지구 관측 위성의 경우 스캔 방식의 다대역 스캐너가 주로 사용되었지만, 다대역 스캐너의 경우 스캔 거울 등이 쉽게 마모되거나 고장나는 단점을 가지고 있어서 현재 푸쉬부름 방식이 많은 위성에 적용되고 있다. 푸쉬부름 방식의 광학 탑재체에 사용되는 CCD는 매우 작은 실리콘 칩으로 빛에 민감하며, 짧은 시간동안 들어오는 빛에 비례하여 전기적 충전을 수행한다. 위성체는 CCD에 충전된 값을 이용하여 영상 정보를 지상에 송신한다.

관측 대상을 식별하기 위해 요구되는 공간 해상도는 단위 길이 당 검출 소자의 개수에 의해 결정되며, 공간해상도는 위성의 영상 품질과 직접적으로 관계된다. 표 1은 주요 광학 관측 위성의 공간 해상도 및 관측폭이다. 초기 수십미터의 해상도에서 1m급 해상도로 광학 탑재체 성능이 발전되었음을 알 수 있다.

표 1. 광학 관측위성 성능 변화

Satellite	Launch Date	Spatial Resolution	Swath Width
Landsat-1	1972.07.23	80m	185km
Landsat-4	1982.07.16	30m	185km
Spot-1	1986.02.22	10m	117km
IRS-1A	1988.03.17	36m	2×74km
IRS-1C	1995.12.28	6m	70km
Landsat-7	1999.04.15	13m	185km
Ikonos-2	1999.09.24	1m	11-13km
Spot-5	2002.05.04	2.5m	60km
KOMPSAT-2	2004.Planned	1m	15km
Ikonos-3/4	2004.Planned	0.5m	-

표 2. SAR 관측위성 성능 변화

Satellite	Launch Date	Spatial Resolution	Swath Width
Seasat	1978.06.27	25m	100km
Kosmos 1870	1987.07.25	25-30m	20-35km
Almaz-1	1991.03.31	13-20m	2×172km
ERS-1	1991.07.17	30m	100km
JERS-1	1992.02.11	18m	75km
ERS-2	1994.04.21	30m	100km
Radarsat-1	1995.11.04	25-100m	100-170km
Envisat	2002.03.01	27m	100km
Radarsat-2	2003	3-100m	10-500km
ALOS	2003	10m	70km
TerraSar	2006	1-15m	55-100km

3.2 SAR 위성 동향

레이더 신호를 이용한 지구 관측 위성은 위성에서 생성된 인위적인 전파신호를 이용하여 물체를 탐지한다. 이러한 방법은 위성 영상을 얻는데 위성 자체 에너지를 사용하므로 광학 위성과는 달리 밤낮으로 지구 관측을 수행할 수 있다.

위성에서 생성되어 지상 관측대상에 반사되어 되돌아온 레이더 신호는 센서와 목표물 사이의 기하학인 관계, 관측 대상의 기하학적 형태, 표면 거칠기, 수분 함량과 같은 변수들에 의해 영향을 받으며, 육안으로 보는 영상과 달리 위성체와 대상사이의 거리 정보를 제공하므로 후처리 과정을 통해 유용한 정보로 변환시켜야 한다.

초기의 항공기 탑재 레이더 원격탐사 시스템은 측면 관측 레이더로서 한쪽 방향을 지향하고 관측을 수행한다. 그러나 이러한 방법의 경우 공간 해상도가 안테나 크기에 의해 반비례하기 때문에 고해상도의 영상을 얻기 위해서는 매우 큰 안테나가 요구되었다. 이러한 점을 개선하기 위하여 합성 개구면 레이더 (SAR) 기술이 개발되었다. 표 2는 주요 SAR 관측 위성의 공간 해상도 및 관측폭을 보여준다. 초기 20m 수준의 해상도에서 3m급의 해상도로 SAR 탑재체 개발이 수행되었음을 알 수 있다.

3.3 광학 위성과 SAR 위성 비교

지구 관측 위성에 사용되고 있는 광학 탑재체와 SAR 탑재체의 가장 큰 차이점은 전자는 수동형 센서이고 후자는 능동형 센서라는 점이다. 이러한 이유로 SAR 위성의 경우 기상 환경에 영향을 받지 않고 전천후로 지구 관측을 수행할 수 있다는 장점과 전파의 투과 특성으로 인하여 지표면 아래에 대한 정보를 얻을 수 있다. 그림 4는 기상 환경에 따른 광학 위성 영상과 SAR 위성 영상의 비교 결과이다.

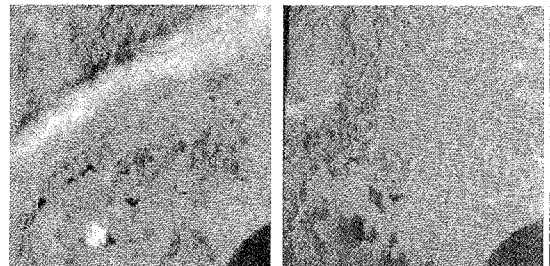


그림 4. 좋지 못한 기상환경에서의 EO와 SAR 영상

그림 5는 광학 위성과 SAR 위성으로 촬영하여 전파의 투과특성을 확인할 수 있는 결과이다.

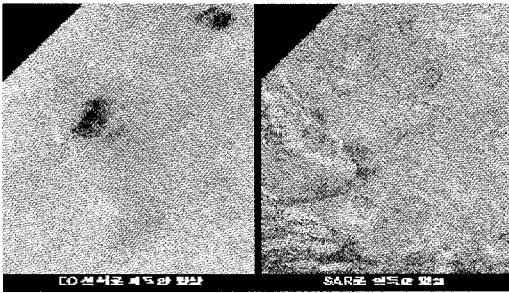


그림 5. SAR위성 이용한 지표면 아래 영상획득

SAR 위성의 유용성은 매우 광범위 하지만 아직까지 광학 위성에 의한 자료보다 해상도가 떨어지며 시각적인 자료의 분별력이 떨어지기 때문에 두 가지 위성의 자료를 복합적으로 사용하는 것이 효과적이다. 그러기 위해서는 각 위성파 자료의 특성을 이해해야 할 것이다. 표 3은 광학 위성파와 레이더 위성의 주요 특성 비교표이다.

4. 관측 위성 기술 현황

4.1 광학 관측 위성

현재 광학위성에서 가장 큰 관심을 갖는 영역은 가시광선영역과 근적외선을 포함하는 파장영역을 이용하는 기술이다. 이 분야의 핵심 기술은 크게 두 가지로 요약된다. 하나는 지상의 물체 중 얼마나 작은 것을 볼 수 있는가를 평가하는 공간해상도 관련 기술과 다른 하나는 파장 영역을 얼마나 세분하여 관측할 수 있는가를 평가하는 분광해상도 관련 기술이다.

공간해상도가 높은 영상 자료는 군사적인 목적 외에도 토목공사, 도시관리, 농경지관리 등에 활용되고 있다. 분광해상도 영상은 공간해상도 영상자료와 결합하여 영상 특성의 정밀 분석에 활용된다.

해외 선진국들의 기술 현황을 살펴보면 미국의 경우 광학 부문에서 세계 최고의 기술 수준을 보유하고 있으며 군사적 목적의 Key Hole 위성의 탑재체는 1피트 이하의 초고해상도를 갖고 있

는 것으로 알려지고 있으며, 적외선 감시 능력도 보유하고 있다. 1994년에 1m 기준의 해상도를 갖는 위성 영상의 국제 산업화에 대한 승인으로 관련 업체 활성화 도모하고 있으며 현재 상업용 위성인 IKONOS 탑재체는 1m급 영상을 제공한다.

표 3. SAR/광학 위성 특성 비교

특성	레이더 위성	광학 위성
전력	많은 전력 요구됨	레이더 위성에 비해 작음
궤도	Dawn-Dusk	Sun Synch.
파장	C, S, L, X-band 등	가시광 영역 및 적외선 또는 자외선
표적 반사율	높은 반사율	일반표적과 유사
수증기 영향	흡수율 낮음	흡수율 높음
투과력	있음	없음
해상도 결정 요인	안테나 크기, 펄스대역폭	렌즈 크기, 탐지거리
영상 형성면	경사면상	관측방향의 직각면
운영 시야각	10°~50°	40°~90°
영상형성 시간	수초~수십초	매우 작음
성능양호지역	수평선 근처	직하점
영상 왜곡	지면에 누운 것처럼 보임	정상적으로 보임
그림자 방향	SAR 빔 방향	태양광 방향
자세 정확도 영향	비교적 작음	CCD에 따라 다르나 비교적 큼
송수신 에러율	어느 정도 높아도 무관	매우 낮아야 함
증폭기 특성	작은 동작범위에서 높은 선형성 필요	넓은 동작범위 필요
가공 용이성	비교적 용이 (전자파 파장 수분의 1)	매우 고난도 (광학파장의 수분의 1)
최대탐지 거리	RF 출력 및 안테나 크기에 의한 제한	대기 투과시 감쇠에 의한 제한

프랑스의 경우 군사적 목적으로 개발된 Helios 위성의 탑재체는 1m급의 해상도를 가지고 있으

며, 상업용 위성인 SPOT의 탑재체는 2.5m급 영상을 제공하고 있다. 현재 유럽의 경우 미국과의 경쟁을 염두하여 타 위성업체들과 병합 움직임이 활발히 이루어지고 있다.

기타 이스라엘, 일본, 인도, 중국, 러시아 등이 광학 탑재체 개발능력을 가지고 있으며 해상도는 대체적으로 수m 수준이다. 또한, 말레이시아, 싱가포르, 베트남 등은 우리별 1, 2, 3호와 같은 방식의 소형위성 공동 개발 후 독자 개발을 통한 개발 능력 확보를 추진 중이다.

4.1.1 IKONOS

세계 최초의 1m급 상업용 위성인 IKONOS는 미국 Space Imaging사에 의해 개발되어 1999년 9월 24일 발사되어 운영되고 있다. 현재 한반도는 물론 전 세계 영상을 촬영하여 이를 송신하고 있으며 높은 해상도로 인하여 대축적 지도 제작이 가능하게 되어 위성영상 지도제작 분야의 비약적인 발전이 이루어졌다. 그림 6은 1m 해상도의 IKONOS 위성 영상이다. IKONOS의 탑재체 주요 사양은 다음과 같다.

발사일	1999년 9월 24일		
궤도	태양동기(sun-synchronous)		
구분	탑재체		
영상	해상도	관측폭	대역
Panchromatic Image	1m (관측각 26° 이내)	11 km (수직방향)	0.45 - 0.90 μm
Multi-spectral Image	4m (관측각 26° 이내)	11 km (수직방향)	1: Blue 0.45-0.52 μm 2: Green 0.52-0.60 μm 3: Red 0.63-0.69 μm 4: NearIR 0.76-0.90 μm

앞서 언급한 바와 같이 광학 위성에서 가장 큰 관심 영역 중에서 하나는 파장영역을 얼마나 세분하여 관측할 수 있는가하는 분광 해상도 영상이다. 높은 분광해상도의 영상 정보는 지표면

의 구성물질의 특성과 현재의 상태에 대한 정보를 제공한다.

분광 해상도를 높이기 위해서는 0.4~2.5 μm 파장 영역전체를 최소 수십 nm 이하로 나뉘어 연속적으로 관측하는 기술이 필요하다.

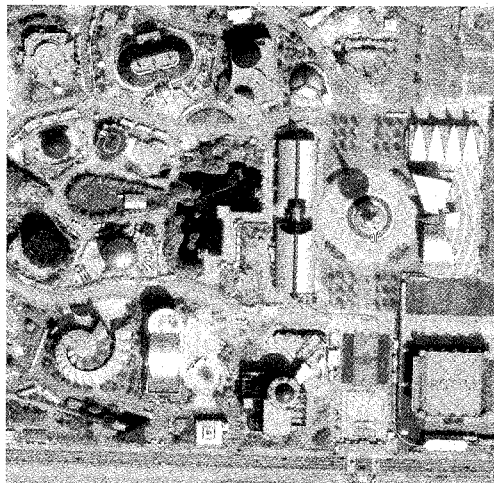


그림 6. 1m급 해상도 영상(IKONOS)

현재 미국에서는 항공기시스템인 AVIRIS (최대 10nm 분광해상도의 224개 밴드로 0.4~2.5 μm 영역관측)를 이용한 시험적 단계를 거쳐 현재 초기모델인 EOS-AM1 인공위성에 40~50nm 분광 해상도를 갖으며 50개 밴드를 측정 할 수 있는 MODIS/ASTER 센서를 탑재하여 운용하고 있다.

초광대역 분석은 OH 를 갖는 점토광물 종류와 Fe⁺²/Fe⁺³를 갖는 금속광물의 구분에 특히 유용할 것으로 알려지고 있다. 그러나 초광대역 분석을 통하여 광물이나 암석을 구분하는데 필요한 대부분의 분광특성은 실내실험을 통하여 이미 얻어졌으나, 실제 자연계에 적용하는 데는 아직 많은 문제점을 갖고 있다.

근본적인 문제점은 실내에서 실험을 통하여 얻어진 결과와 실제 자연계에서 얻어진 결과가 같지 않다는 점이다. 이러한 원인은 첫째 실제 자연계의 구성물질은 불균질하며, 둘째 대기에 의한 영향이 시간에 따라 변화되기 때문이다. 이와 같은 제약 조건들이 많이 존재하기 때문에 자

료 획득에 있어서 다양한 자연 환경에 강인한 기술에 대한 개발이 연구되고 있다.

4.2 SAR 위성

광학센서의 유용성도 다양하지만 야간과 기상 조건이 좋지 못하면 자료를 얻기 힘든 문제점은 시시각각 변화하는 지구의 환경을 감시하고 분석하는데 어려움을 주고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 사용되기 시작한 SAR 위성의 활용이 적극적으로 고려되고 있다.

SAR를 운용함에 있어서 가장 큰 이점은 전자파를 사용하는 능동 센서이기 때문에 기상상태 변화에 관계없이 영상 자료의 수집을 할 수 있다는 것이다. 또한 하나의 해상도로 고정되어 있는 광학 센서와는 달리 운용 모드가 다양하기 때문에 관측시에 사용자의 요구에 따라서 여러 종류의 해상도와 다양한 크기로 영상 자료를 수집할 수 있다.

이런 SAR의 특징으로 인해서 다른 센서들과 달리 지속적이고 사용자의 요구에 따른 다양한 자료의 수집이 가능하여 국가적인 차원의 국토관리나 재난 감시 및 예보와 국가 안보와 관련한 정보 수집과 같은 활용분야에 효과적으로 이용될 수 있다.

현재 SAR 위성의 경우 높은 고해상도의 영상을 얻기 위해서는 X-band를, 투과력이 요구되는 분야에서는 L-band가 탑재체 주파수 대역으로 사용되고 있다. 낮은 주파수 대역을 사용하는 경우 전파의 투과력이 향상되어 은폐물이나 고대유적 탐지 분야에 적용가능하며, 실제 위성에서 현재 사용되지는 않고 있으나 P-band의 주파수를 쓰는 SAR 기술도 항공기에 탑재하여 시험 개발 중이다.

레이더 기술은 1950년대 합성개구면 레이더 기술이 개발되기 이전부터 항공기와 선박에 적용되어 왔으며, 1차 세계대전과 2차 세계대전을 통해서 급진적인 발전이 이루어졌다. 1951년 Good year Aircraft Corporation의 Carl Wiley에 의해 최초로 SAR 개념이 개발되어 1953년 일리노이드 대학에서 최초로 과학적인 실험이 수행되었으며

이후 미육군지원하에 미시건 대학 주도로 SAR 기술에 대한 연구가 수행되었다. 최초의 SAR 시스템은 X-band 시스템으로 미국방성 지원하에 개발이 되었으며 1960년대 이후 NASA 지원하에 민간 부문에 적용을 위한 SAR 시스템 개발이 이루어졌다.

해외 선진국들의 기술 현황을 살펴보면 미국의 경우 군사용으로 걸프전에 활약한 Lacrosse의 공식 해상도 1.5m이다. EU의 경우 비용대 효과를 중시하여 공동 개발이 이루어지고 있으며 독일은 SAR-Lupe, 프랑스는 Pleiades를 개발 중이다. 캐나다의 경우 8m 수준의 Radarsat-1호를 개발하였으며 현재 3m급 해상도의 2호를 개발 중이다. RADARSAT-2호는 1995년 발사되어 운영 중인 RADARSAT-1의 임무를 연속적으로 수행하고 보다 진보적인 기술을 적용하여 합성 레이더 영상을 제공하기 위하여 CSA를 주축으로 개발되고 있는 위성으로 2004년 발사 예정이다. 10-500 km의 swath에 대하여 3-100미터 해상도의 영상을 제공한다.

Radarsat-2호는 Radarsat-1호기와 달리 전 극성 (HH, HV, VH, VV) 영상을 제공한다. 또한 좌·우측 관측이 가능하기 때문에 개방문 기간을 단축하였다. 특히 다중 극성 영상을 제공함으로써 표면의 특성을 보다 정확하게 구별하는 것이 가능하게 되었고, Onboard GPS를 탑재하여 비행 궤도를 정확하게 해석할 수 있도록 하였으며, 별센서를 탑재하여 위성의 자세 정밀도가 향상되었다.

4.2.1 RADASAT-1

RADARSAT은 광학 관측 위성이 달리 마이크로파를 방출하여 지구로부터 반사되는 에너지를 감지하는 방식으로 영상 정보를 수집하므로 기상과 무관하게 지표면의 정보를 수집할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 현재 운영되고 있는 RADARSAT-1의 경우 동시에 다중 편파에 의한 반향 신호를 수집할 수 있기 때문에 작물의 종류에 따른 편파 특성을 얻을 수 있다. 이런 정보의 확장은 가시광선 영역에서 볼 수 없었던 대상물에 대한 분석적인 정보를 다양하게 축적하여 부

가가치가 큰 정보로 만들 수 있게 한다.

RADARSAT-1은 최고 해상도 8m 정도로 8개 운영모드로 영상을 수집할 수 있으며, 3m의 해상도를 가지는 2호가 2004년 발사에 예정이다. 그림 7은 8m 해상도의 RADARSAT-1 위성 영상이다.

RADARSAT-1의 탑재체 주요 사양은 다음과 같다.

발사일	1995년 11월 4일		
궤도	태양동기(sun-synchronous)		
SAR 주파수	5.3 GHz (C-Band)		
구분	탑재체		
모드	탐지각	해상도	관측폭
Standard	20~49	25m	100
Wide Swath(1)	20~31	48m	165
Wide Swath(2)	31~39	32m	150
Fine Resolution	37~48	8m	45
Extended (H)	50~60	25m	75
Extended (L)	10~23	35m	170
Scan SAR (narrow)	20~40	50m	305
Scan SAR (wide)	20~49	100m	510

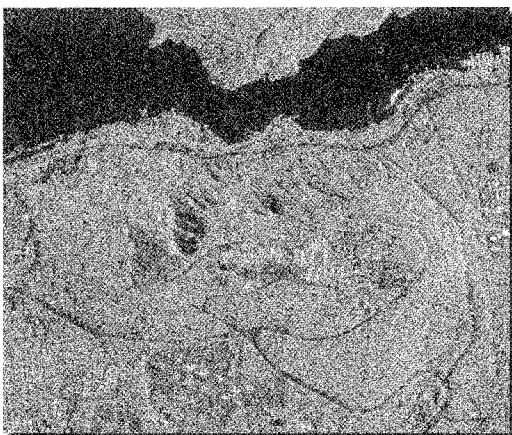


그림 7. 8m급 해상도 SAR 영상(RADARSAT-1)

5. 국내 관측 위성 개발 현황

우리나라의 경우 1992년 8월에 발사된 우리별 1호를 통하여 해상도 4km/400m의 카메라 탑재한 위성을 국내 최초 발사하였으며, 1993년 9월 발사된 우리별 2호에는 국내 제작된 해상도 2km/200m의 면적용 CCD 카메라를 탑재하여 발사하였다.

1999년 5월에 발사한 우리별 3호에는 해상도 13.5m, 폭 50km의 MEIS (Multi-Spectral Earth Imaging System) 탑재체를 장착하였으며, 1999년 미국의 TRW사와 공동 개발한 다목적실용위성1호는 해상도 6.6m급의 전자광학 탑재체를 장착하였으며, 현재 다목적실용위성2호 사업을 통해 이스라엘 ELOP사와 공동으로 해상도 1m급의 탑재체를 개발 중에 있다. 적외선 탑재체는 지상 및 항공용으로 독자기술 확보 상태이며 향후 기상 위성 등에 사용될 예정이다.

표 4. 국내 광학 탑재위성

	위성명	발사 년도	관측 대역	해상도 획갈	비고			
실용 위성	다목적 실용위성1호 (KOMPSAT-1)	1999.12	흑백	6.6m	공동개발 (미국 TRW)			
			라디오 메타기능	1km				
과학 위성	다목적 실용위성2호 (KOMPSAT-2)	2004년	흑백 /칼라	1m /4m	국내주도 개발			
			우리별 1호	1992.7		흑백 /칼라	4km /400m	공동개발 (영국 Surrey대)
			우리별 2호	1993.9		흑백 /칼라	2km /200m	독자개발
	우리별 3호	1999.5	칼라	13.5m	공동개발 (남아공 Stellenbo sch대)			

SAR 분야의 경우 국방과학연구원을 중심으로 위성 SAR 사업인 탑재체 응용연구를 통해 위성 SAR 체계 설계 기술 확보에 대한 연구가 1996년부터 1999년까지 탑재체 및 지상 수신 처리기 설

계 기술 중심으로 수행되었으며, 현재 관련 기술을 통해 SAR 정찰위성 기획연구 및 고해상도의 소형 SAR 설계/제작/시험을 진행 중이다. 또한 미국 록히드 마틴사로부터 항공 SAR 관련 기반 기술 교육을 이수하여 상당한 기술력을 확보하고 있다. 학계의 경우 포항공대 전자과 특화센터를 중심으로 SAR 관련 기초 연구가 수행되고 있으며, 서울대 연세대 등을 통해 SAR 관련 자료 활용 분야에 대한 연구가 진행 중이다. 표 4는 국내 광학 탑재 위성에 대한 자료이다.

5.1 KOMPSAT 1호

우리나라 최초의 지구 관측 위성인 아리랑 1호는 1999년 발사되어 현재 한반도 관측 임무와 해양 관측, 이온 측정, 고에너지 입자 측정 등의 과학 실험을 수행하고 있다. 주요 탑재체는 EOC (Electro-Optic Camera), LRC (Low Resolution Camera), 이온 측정기, 고에너지 입자 측정기 등이 있다.

발사일	1999년 12월		
궤도	태양동기(sun-synchronous)		
고도 및 경사각	685km and 98.13°		
구분	탑재체		
모드	해상도	관측폭	밴드
EOC Pan.	6.6m	17km	0.51~0.73 μ m
OSMI Multi-spectral	0.85 km	800km	0.40~0.90 μ m

EOC는 한반도 지도 제작을 주목적으로 설계되었으며 6.6m의 지상 해상도를 가지고 있다. LRC는 해양 관측 및 광대역 관측 임무 수행을 주목적으로 만들어졌으며, 해양 관측에 주로 사용되고 있다. 이외에도 과학실험을 위해 이온층 관측, 방사선측정을 하며 획득한 자료를 이용하여 대기오염감시, 국토개발 및 도시계획 등의 분야에서 사용되고 있다.

6. 향후 관측 위성 개발 방향 분석

광학 관측 위성 개발은 전 지구 관측을 위하여 공간 해상도를 향상시키면서 동시에 넓은 관측폭을 갖도록 탑재체 및 데이터 저장 시스템이 개발되고 있다. 또한 특정 지역에 대한 정밀 관측을 수행하기 위하여 공간 분해능이 높은 탑재체 개발과 주파수 분해능이 높은 Hyper-Spectral 탑재체 개발이 진행되고 있다.

또한 SAR 위성의 개발이 빨라지고 있으며 위성 운영도 더욱 다양화 될 것이다. 광학 위성파 SAR 위성의 영상 자료는 상호보완적으로 이용이 가능하다. 이론적으로 SAR 위성 영상은 사용자가 원하는 어떤 시간에도 관측 임무를 수행할 수 있으나 광학에 비해 영상의 질이 저하되는 문제점이 있다. 그러나 정밀한 광학 영상의 획득으로 두 영상 자료의 병합은 새로운 위성 영상 자료의 활용 분야를 개척하게 할 수 있을 것이다.

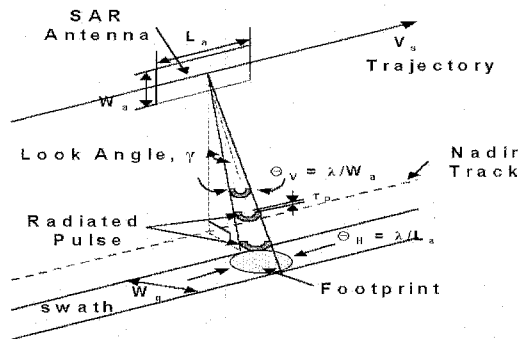


그림 8. 관측 위성 개발 분포

그림 8은 지구관측위성 개발 분포도이다. 우측 상단의 공간 분해능이 낮지만 관측폭이 큰 위성군은 전 지구 지역에 대한 관측을 수행하는데 유리하여 기존 관측 지역에 대한 연속적인 정보를 확보할 수 있다는 이유로 개발되고 있으며, 군사 위성 등의 목적을 위해서 그림 8에서 좌측 하단의 관측폭은 작지만 공간 해상도가 높은 위성이 개발되고 있다.

SAR 위성 개발은 전 세계적인 위성 영상 활용을 위하여 사용자 요구에 적합한 관측폭 및 해

상도를 갖도록 위성 개발이 이루어지고 있으며, 다양한 분야에서 활용하기 위하여 10m급 해상도에서 3m급 해상도 SAR 위성 개발이 진행 중이다. 2004년 발사 예정인 RADARSAT-2는 3m급의 영상을 획득할 수 있도록 개발되고 있다. 또한, SAR 위성의 경우 광학 관측 위성 데이터와 달리 복잡하고 방대한 데이터 처리가 필수적으로 요구되며 이러한 이유로 데이터 처리 및 활용에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다.

우리나라의 경우 현재 경제적, 사회적, 군사적 목적에서 고해상도의 광학 탑재체 및 레이더 위성 개발이 요구되고 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 광학 관측 위성의 경우 1m급의 해상도를 갖는 위성 개발과 SAR 위성의 경우 X-band를 이용한 수 m급의 SAR 위성 개발이 개발 사업의 대상으로 될 가능성이 크다.

현재 광학 관측 위성 관련하여 다목적실용위성 1호와 다목적실용위성 2호 개발사업을 통하여 많은 기술 축적이 이루어질 것으로 예상되며, 국가중장기 개발 목표에 부합하는 위성 기술을 확보할 가능성이 커지고 있는 반면에 SAR 위성의 경우 아직 많은 부분에 있어서 경험이 부족하며 이를 극복하기 위해서는 국제적 협력이 절실히 요구되고 있다.

정보화 사회가 진전될수록 지구 자원에 대한 관심이 더욱 증대될 것이고 이에 따라 전 지구관측을 통하여 축적된 자료가 국가간 부의 척도를 작용될 가능성이 점점 커지고 있다. 이러한 이유로 전 세계적으로 지구관측 위성에 대한 관심이 꾸준히 증가될 것으로 예상된다.

4. 세계의 항공우주 산업, 한국항공우주진흥협회, 2001년.

참 고 문 헌

1. H. J. Kramer, Observation of the Earth and Its Environment, Springer, 2002.
2. John C. Curlander and Robert N. McDonough, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
3. 차세대 위성시스템 설계기술 연구(I), 한국항공우주연구원, 2002년.