

Remote Sensing

Ch. 2 Sensors (Part 3 of 3)

- 2.11 기상(Weather) 위성과 센서
- 2.12 육상관측(Land Observation) 위성과 센서
- 2.13 해양관측(Marine Observation) 위성과 센서
- 2.15 데이터 수신, 전송 및 처리

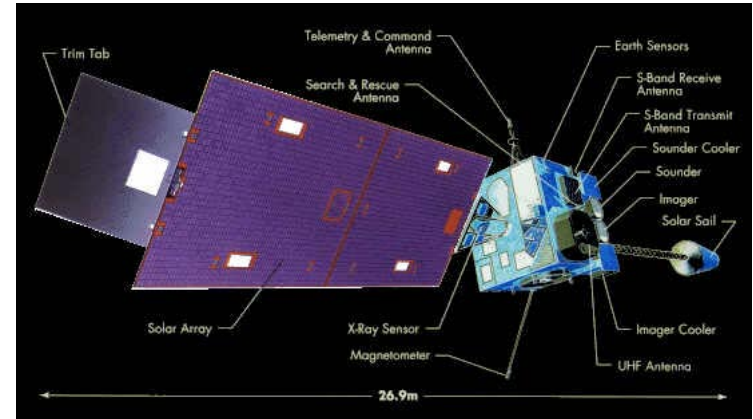
2.11 기상(Weather) 위성 및 센서

- 기상 모니터링 및 예측은 위성 RS를 활용한 최초의 민간 응용 (군대가 아닌) 프로그램 중 하나이다.
- **1960년**, 미국, **TIROS-1** (Television and InfraRed Observation Satellite-1) : 최초의 진정한 기상 위성.
- **1966년**, NASA, **ATS-1** (Applications Technology Satellite - 1) : 정지 궤도에서 30분 간격으로 지구 반구의 표면과 구름 덮임을 이미지로 제공. 처음으로, 기상 시스템의 발달과 움직임을 정기적으로 모니터링할 수 있게 됨.
- 오늘날, 몇몇 국가는 날씨와 기상 위성을 운영 중에 있으며, 이들은
 - 상당히 거친 공간 해상도(coarse spatial resolution) (육상을 관찰하는 시스템에 비해서) 를 가지며, 큰 면적의 범위를 커버한다.
 - 잦은 지구 표면의 관찰을 제공해 주는 매우 높은 시간 해상도(high temporal resolutions)로 인해서 대기의 습도 및 구름 범위로 부터 세계 기상 상태의 거의 연속적인 모니터링을 허용한다.
 - **GOES, NOAA AVHRR, DMSP, GMS, Meteosat etc.**

2.11 Weather Satellites/Sensors

GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) System

- 미국 국립 기상 서비스를 제공하기 위해 지구 표면과 구름 커버를 자주(**frequent**) 작은 축척(**small-scale**)의 이미징 목적으로 설계되었다. 기상 학자들에 의해 기상 감시 및 예측을 위해 20년 넘게 광범위하게 사용되었다.



- 적도 위의 36,000 km에 정지 궤도에 두 GOES 위성을 배치하여, 각각 지구의 약 3분의 1을 관측함. (1) 하나는 경도 75°W 에 있으며, 북미 및 남미 대서양의 대부분을 모니터링합니다. (2) 다른 하나는 경도 135°W 에 있으며, 북미와 태평양 분지를 모니터링합니다. 이들은 함께 경도 165°E 에서 20°W 를 커버하며, 다룹니다. 이 이미지는 미국 남동부의 일부와 포함하고, 많은 심각한 폭풍이 발생하여 발달하는 인접한 바다 영역을 커버한다.

- 북미와 남미의 GOES 전체 가시 이미지에서 다양한 구름 패턴 (중간규모의 뇌우와 " 쉼표 모양(**comma-shaped**) " 의 사이클론 폭풍)을 보여준다.



2.11 Weather Satellites/Sensors

- **GOES-1 (1975) ~ GOES-7 (1992)** : 시간의 **작은 비율** 동안만(~5%) 지구를 관찰
- **GOES-8 (1994) ~** : 거의 **지속적인 지구 관찰**, 더 자주 영상화 (**매 15 분마다**). 센서의 공간 및 복사 해상도의 개선과 함께 시간 해상도의 증가는 시기 적절한 정보와 기상 조건을 예측하기 위한 향상된 데이터 품질을 제공함.
 - 별도의 **영상화(imaging)** 장비와 **사운딩(sounding)** 장비가 있다.
 - **영상화장비(Imager)** : 태양 복사의 **반사** 및 **방출된 가시** 및 **IR** 감지하는 **5 채널** 구비. 적외선 기능은 낮과 밤 이미징할 수 있게 해준다. 센서 포인팅 및 스캔 선택 기능은 기상학자들이 개선된 단기 예보를 돕기 위해 특정 날씨 문제 지점을 모니터링 할 수 있게 해준다. 이미저 데이터는 **10 비트의 복사 해상도**를 가지며, 지구 표면의 로컬 사용자 단말기에 직접 전송 될 수 있다.
 - **사운딩장비(Sounder)** : **19 채널 (18개 열적외선 밴드 및 1개 가시대역)**. **8km 공간 해상도**와 **13-bits 복사 해상도**. 지표 및 구름-위 온도측정, 다단계 습기 프로파일 및 오존 분포 분석에 사용된다.

2.11 Weather Satellites/Sensors

GOES Imager Bands

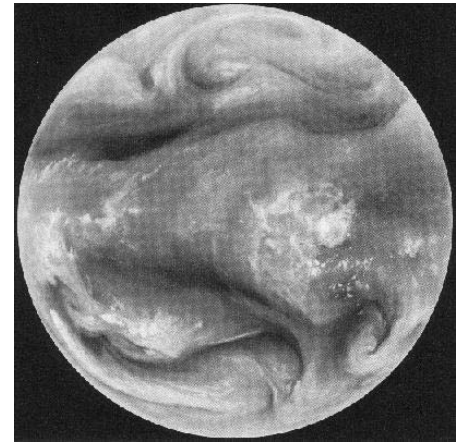
Band	Wavelength Range (μm)	Spatial Resolution	Application
1	0.52 - 0.72 (visible)	1 km	구름, 오염 및 안개 탐지, 심한 폭풍 식별
2	3.78 - 4.03 (shortwave IR)	4 km	밤 안개의 식별; 낮 동안의 물 구름과 눈 또는 얼음 구름 구분; 화재 및 화산을 검출; 밤 시간 동안 바다 표면 온도의 결정
3	6.47 - 7.02 (upper level water vapor)	4 km	중간 수준(mid-level)의 수분 함량과 이류(대기의 수평이동)의 영역을 추정; 중간 수준(mid-level)의 대기의 움직임 추적
4	10.2 - 11.2 (longwave IR)	4 km	구름 이동시키는 바람, 심한 폭풍과 폭우 식별
5	11.5 - 12.5 (IR window sensitive to water vapor)	4 km	낮은 수준의 수분의 식별, 해수면 온도의 결정, 공기 중 먼지와 화산재의 감지

2.11 Weather Satellites/Sensors



- 1996년 9월 미국 남동부와 바하마에 접근하는 **허리케인 프랜(Fran)**의 **적외선 이미지** (흰색은 가장 차갑고 높은 고도 구름입니다.)

* 수증기 이미지 : $6.7 \mu\text{m}$ 영역의 수증기에 의한 복사 에너지를 기록 할 수 있다. 이미지는 **열 적외선과 비슷하지만 덜 명확한 경계**를 보인다. 하루 동안 순환 패턴을 모니터링 함으로써, 날씨 지도의 빠른 업데이트를 허용하는 **대기 바람의 속도와 방향을 추정** 할 수 있다

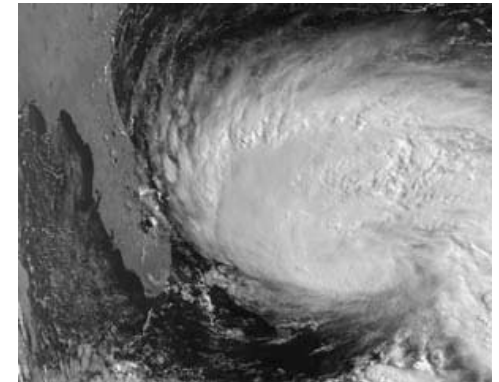


- **자연 컬러 이미지** (수증기 이미지와 같은 시간/위치) : 수증기 이미지가 대기 순환 패턴을 더 잘 표현함을 알 수 있다.

2.11 Weather Satellites/Sensors

NOAA AVHRR

- 태양-동기화(sun-synchronous), 극 궤도(지구 위의 830-870 km) 을 따르며, 정지 궤도 기상 위성 (e.g. GOES)에 대한 보완적인 정보를 제공한다.
- 각각 글로벌 범위를 제공하는 두 개의 위성이 지구의 모든 지역에 대한 여섯 시간 이내의 데이터를 확보하기 위해 함께 작업. 하나는 이른 아침에 적도를 가로 지르며, 다른 하나는 오후에 가로 지른다.
- 주 센서인 **Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)**는 기상 및 소규모 지구 관측 및 정찰에 사용되고, 3000 km의 관측폭으로 EM 스펙트럼의 가시, 근 또는 중간 적외선 복사와 열 적외선 부분을 감지한다.



NOAA AVHRR Bands

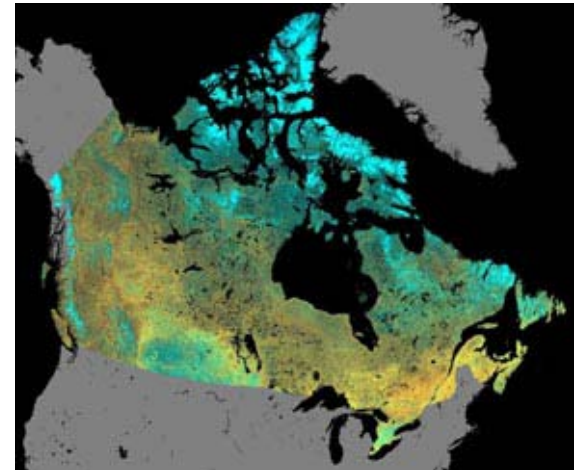
Band	Wavelength Range (μm)	Spatial Resolution	Application
1	0.58 - 0.68 (red)	1.1 km	cloud, snow, and ice monitoring
2	0.725 - 1.1 (near IR)	1.1 km	water, vegetation, and agriculture surveys
3	3.55 - 3.93 (mid IR)	1.1 km	해수면 온도, 화산 & 산불 활동
4	10.3 - 11.3(thermal IR)	1.1 km	해수면 온도, soil moisture
5	11.5 - 12.5(thermal IR)	1.1 km	해수면 온도, soil moisture

2.11 Weather Satellites/Sensors

NOAA AVHRR : 서로 다른 해상도 및 전송의 방법으로 **네 개의 작동 모드**로 데이터 취득 및 포맷 된다.

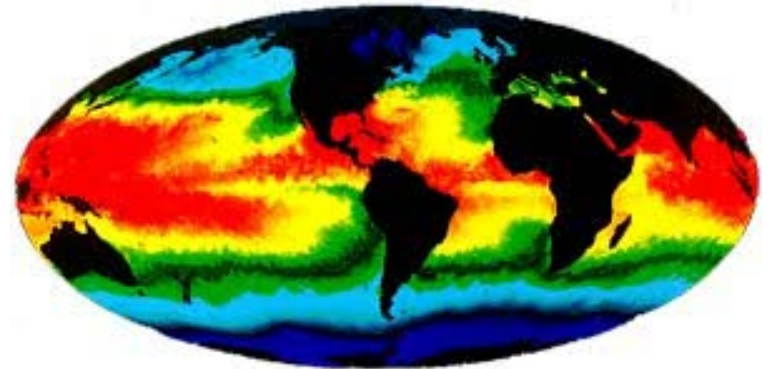
Format	Spatial Resolution	Transmission and Processing
APT (Automatic Picture Transmission)	4 km	저해상 직접 전송 및 표시
HRPT (High Resolution Picture Transmission)	1.1 km	고해상 직접 전송 및 표시
GAC(Global Area Coverage)	4 km	저해상 기록된 자료 (recorded data)
LAC(Local Area Coverage)	1.1 km	고해상 기록된 자료 (recorded data)

AVHRR 은 일반적인 육상 관측 센서보다 더 **낮은 공간 해상도**를 가지나, **해수면 온도의 매핑**과 **자연 식물 및 작물 상태**를 포함하는 **지역적, 소규모의 현상을 모니터링** 하는데 광범위하게 사용됩니다. **작은 축척의 분석** 및 다양한 **식생 분포의 매핑**을 허용하는 넓은 지역을 덮는 모자이크는 여러 AVHRR 데이터 세트로부터 생성 할 수 있다.



2.11 Weather Satellites/Sensors

NOAA/TIROS 해수면 온도 : 빨간색 높은 해수면 온도, 파란색은 낮은 해수면 온도를 나타냅니다.



NOAA/TIROS 식물 분포 : 여름 식생을 보여주는 북반구에 대한 적외선 컬러(false-color) 이미지의 모자이크.

2.11 Weather Satellites/Sensors

Other Weather Satellites

DMSP(방위 기상 위성 프로그램 Defense Meteorological Satellite Program) 시리즈

- 날씨 모니터링에 사용
- 2.7 km의 공간 해상도로, 3000 km의 관측폭으로 매일 두 번 촬영하는 **Operational Linescan System(OLS) 센서**를 갖고, **극 궤도(near-polar orbiting)**를 따른다.
- 두 넓은 대역 : 가시와 근적외선 밴드 (0.4-1.1 μm)와 열 적외선 밴드(10.0 ~ 13.4 μm)
- 센서의 흥미로운 기능은 매우 낮은 조명 조건에서 **가시영역 밤 시간 이미지**를 취득할 수 있는 기능입니다. 이 센서로, 큰 도시 중심의 (전형적인) **야간 조명**을 보여주는 지구의 이미지를 수집 할 수 있습니다.

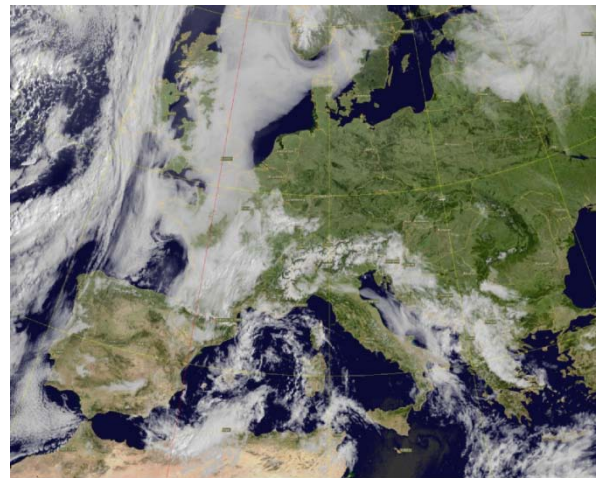
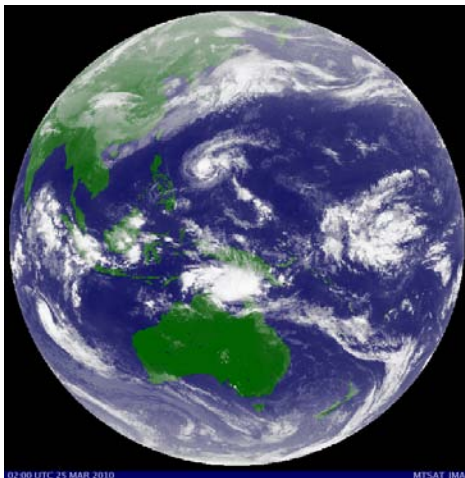


2.11 Weather Satellites/Sensors

Other Weather Satellites

GMS 위성 시리즈(Japan)와 **Meteosat** 위성들(유럽 공동체 컨소시엄)

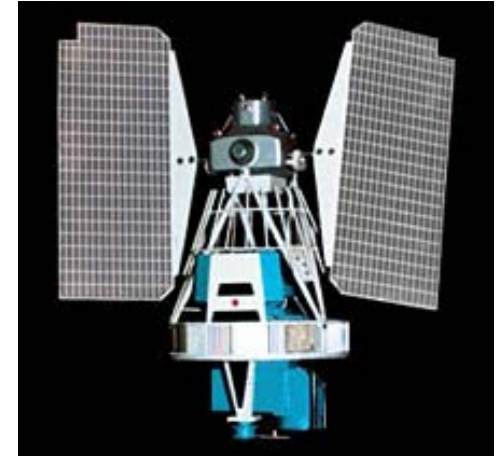
- 모두가 일본과 유럽의 적도 위에 각각 위치한 **정지 궤도** 위성이다.
- 둘 다 GOES 와 유사한 **30분 간격의 지구영상을** 제공합니다.
- **GMS** has **2 bands**: **0.5 to 0.75 μm (1.25 km resolution),**
10.5 to 12.5 μm (5 km resolution).
- **Meteosat** has **3 bands**: **visible band** (0.4 to 1.1 μm ; **2.5 km** resolution),
mid-IR (5.7 to 7.1 μm ; **5 km** resolution),
thermal-IR (10.5 to 12.5 μm ; **5 km** resolution).



2.12 육상 관측 위성/센서

Landsat

- 지구 표면을 모니터링하기 위해 특별히 설계된 최초의 위성인 **Landsat-1** 은 1972 년에 NASA에 의해 시작되었다. 처음 **ERTS-1(Earth Resources Technology Satellite-1)**로 지칭되던 **Landsat-1**은 무인 위성 플랫폼에서 **다중분광(multi-spectral)** 지구 관측 데이터를 수집의 가능성을 테스트하는 실험으로 설계되었습니다.



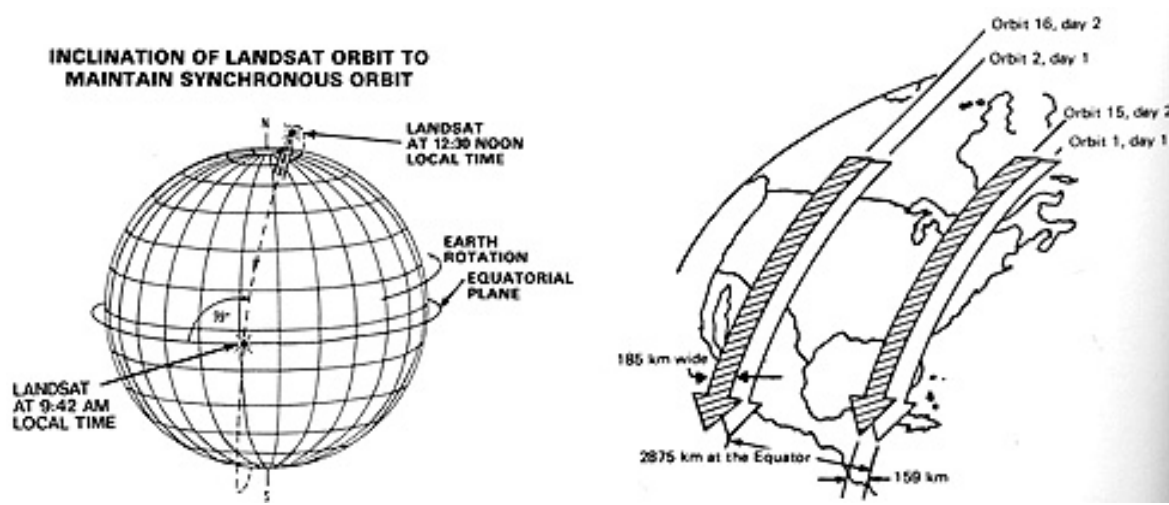
- **1985년**, 이 프로그램은 **상용화**되어, 민간 및 응용 프로그램 사용자에게 데이터를 제공하기 시작했다. 프로그램의 **긴 수명 덕분에 장기간 모니터링** 및 역사적 기록과 연구를 촉진하는 **지구 자원 데이터의 방대한 아카이브를** 제공하고 있다

- **Landsat의 성공은 다음의 여러 요인에 기인한다:**

- (1) 지구 관측에 적합하도록 짜여진 스펙트럼 밴드로 구성된 센서의 조합;
- (2) 기능하는 공간 해상도 ;
- (3) 적절한 면적의 범위 (관측폭과 재방문 기간).

2.12 Land Observation Satellites/Sensors

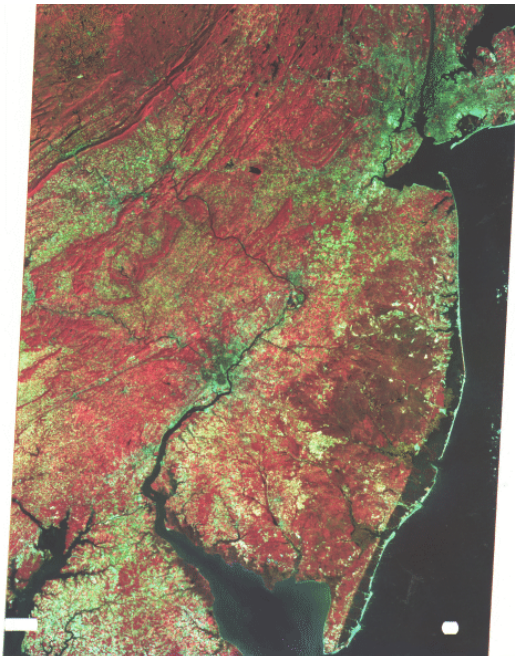
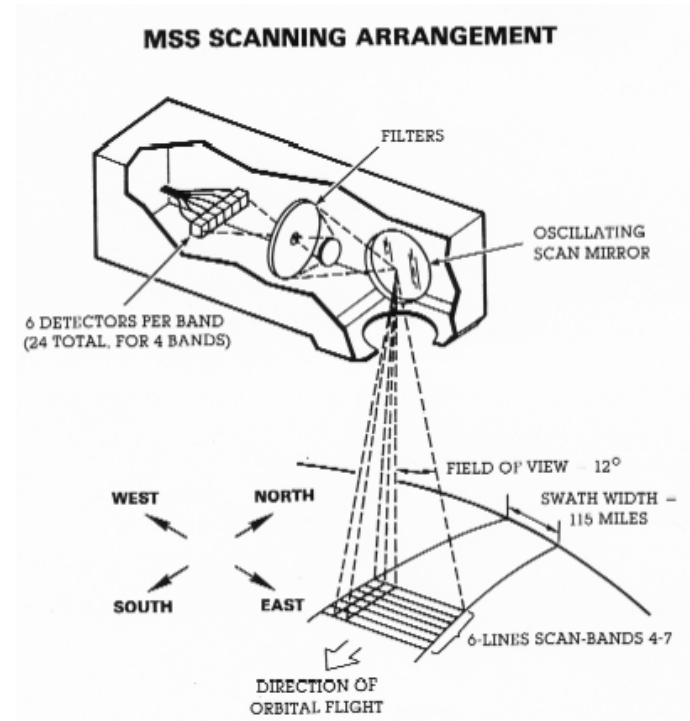
- 모든 Landsat 위성들은 **태양 동기화된 극 궤도**에 배치되고, 약 **700km** 고도에서 **16일** 정도의 **재방문** 기간을 가지며, 조명 조건을 최적화하기 위해 **적도를 아침 시간에** 지난다.



- Landsat 시리즈 위성들에 탑재된 센서들,
 - **Return Beam Vidicon (RBV) camera** systems
 - **MultiSpectral Scanner (MSS)** systems
 - **Thematic Mapper (TM)**.
- Landsat 초기에 주된 기기는 **MultiSpectral Scanner (MSS)**이었으나, 이후에 **Thematic Mapper (TM)**이 주로 사용되었다. 이 센서들은 **185km**의 넓은 **관측폭**으로 데이터를 수집하여, **185km X 185km** 로 정의되는 영상(**full scene**)을 얻게 해준다.

2.12 Land Observation Satellites/Sensors

- MSS는 지구 표면에서 EM 방사선을 4개의 스펙트럼 대역에서 감지한다. 각 밴드는 약 60 X 80m의 공간 해상도와 6 비트의 복사 해상도를 가지고 있다. 감지는 회전하는 거울(oscillating mirror)을 사용하여 선 스캔 장치로 수행된다. 여섯 개의 스캔 라인은 스캐닝 미러의 서쪽에서 동쪽으로의 훑음으로 동시에 수집됩니다.



- MSS Bands 4 : Blue
- MSS Bands 5 : Green
- MSS Bands 7 : Red

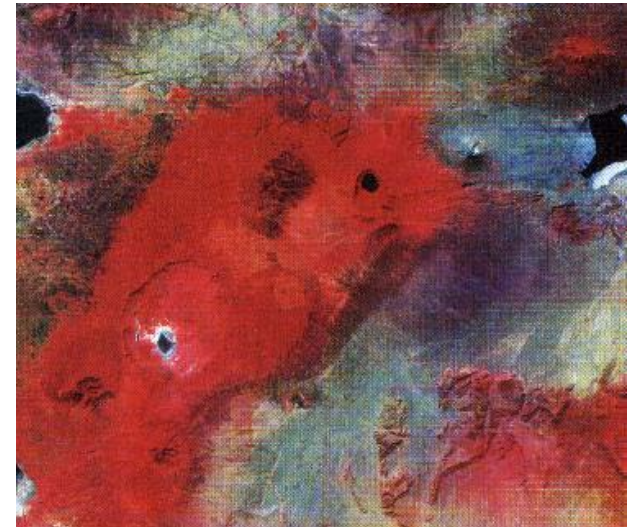
MSS Bands

Channel		Wavelength Range (μm)
Landsat 1,2,3 (79m resolution)	Landsat 4,5 (82m resolution)	
MSS 4	MSS 1	0.5 - 0.6 (green)
MSS 5	MSS 2	0.6 - 0.7 (red)
MSS 6	MSS 3	0.7 - 0.8 (near infrared)
MSS 7	MSS 4	0.8 - 1.1 (near infrared)

2.12 Land Observation Satellites/Sensors

- **Return Beam Vidicon (RBV):** 이 센서는 비디오 카메라와 유사하며 Landsat 1,2,3 밴드에서 사용되었다. RBV는 MSS보다 높은 지상 해상도의 장점을 가지며 높은 해상도(30m) 전색성(panchromatic) (단일 밴드) 이미지를 제공했다. 해상도 30m급 TM 7 밴드의 출현으로 RBV 시스템은 Landsat 3 이후에는 사용되지 않았다.

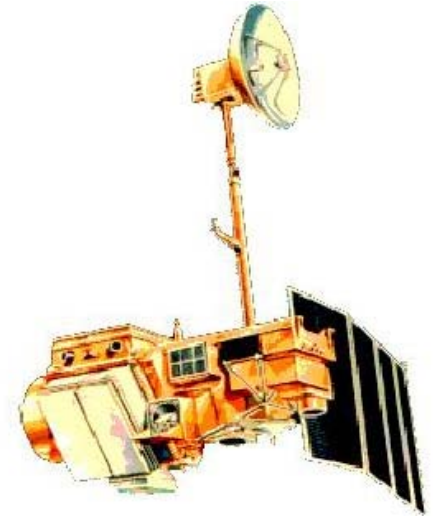
- 표준 RGB 배열: Landsat MSS bands 4, 5, 와 7 는 Color Infrared photographs 에 사용되는 에너지 레벨에 해당한다. 이 세 대역을 조합함으로써 False Color Composite이 만들어지며, 이를 통해서 CIR photography 를 흉내 낼 수 있다. MSS 밴드의 강도들은 다음과 같다: MSS band 4 = Blue, MSS band 5 = Green, MSS band 7 = Red



Rift Valley of Kenya & Tanzania
- dry season

2.12 Land Observation Satellites/Sensors

- **MSS** 데이터의 정기적인 수집은 **1992년에 중단**되었으며, MSS를 대체한 **TM** 데이터의 사용이 **Landsat 4** 부터 시작되었다.
- **TM** 센서는 **MSS** 센서에 비해 여러 가지 **향상된 기능**을 제공합니다:
 - (1) **높은 공간(30m) 및 복사(8 비트) 해상도**
 - (2) **미세한 스펙트럼 대역 (MSS의 4개 밴드에 대 7개 밴드),**
 - (3) **밴드 당 감지기(detrector)의 개수의 증가 (TM의 16개(열 채널은 제외) 대 MSS의 6개**



Landsat 4

- **16 스캔(열 밴드는 4 개) 라인**은 스캐닝 거울의 앞으로(서쪽에서 동쪽으로) 훑음과 역으로(동쪽에서 서쪽으로) 훑는 자동 거울을 사용하여, 각 **스펙트럼 밴드를 동시에** 수집한다. MSS와의 차이는 **체류 시간(dwell time)**을 증가시키고 데이터의 **기하학적 및 복사의 무결성을 향상**시킵니다.
- TM의 **공간 해상도는 30 m, 열 적외선 밴드는 120 m**, 이며, 모든 채널은 **256 개의 숫자(8 bits)** 대역으로 기록된다.

2.12 Land Observation Satellites/Sensors

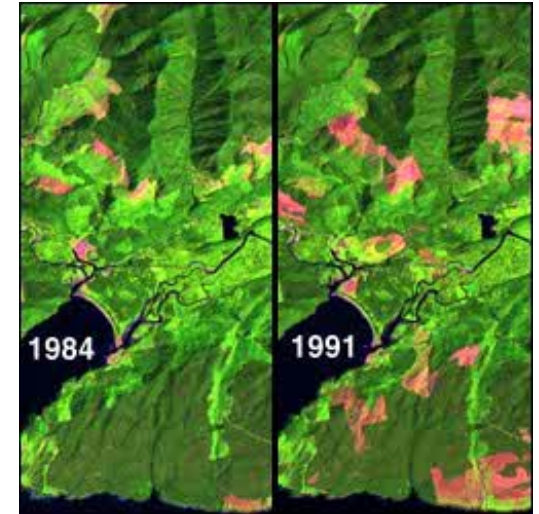
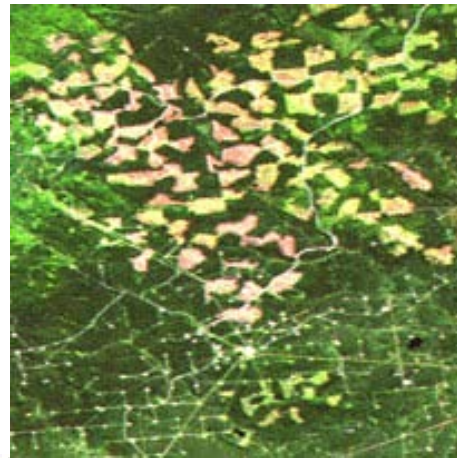
TM Bands

Channel	Wavelength Range (μm)	Application
TM 1	0.45 - 0.52 (blue)	토양/식물 식별(soil/vegetation discrimination); 해안 물 매핑(coastal water mapping); 침엽수/낙엽수 구분(deciduous/coniferous differentiation)
TM 2	0.52 - 0.60 (green)	건강한 식물로부터의 녹색 반사율 매핑
TM 3	0.63 - 0.69 (red)	식생(vegetated) vs. 비-식생(non-vegetated)과 식물 종 식별 (plant chlorophyll absorption)
TM 4	0.76 - 0.90 (near IR)	식물 종류, 건강, 생물량(biomass) 식별; 수체 묘사(water body delineation); 토양수분(soil moisture)
TM 5	1.55 - 1.75 (short wave IR)	토양과 식물의 습도에 민감; 눈과 구름 덮인 지역의 구분
TM 6	10.4 - 12.5 (thermal IR)	열 복사와 관련된 식물 스트레스와 토양 수분 구분; 열 매핑 (도시, 물)
TM 7	2.08 - 2.35 (short wave IR)	광물과 암석 종류의 구분 ; 식물의 수분 함량에 민감;

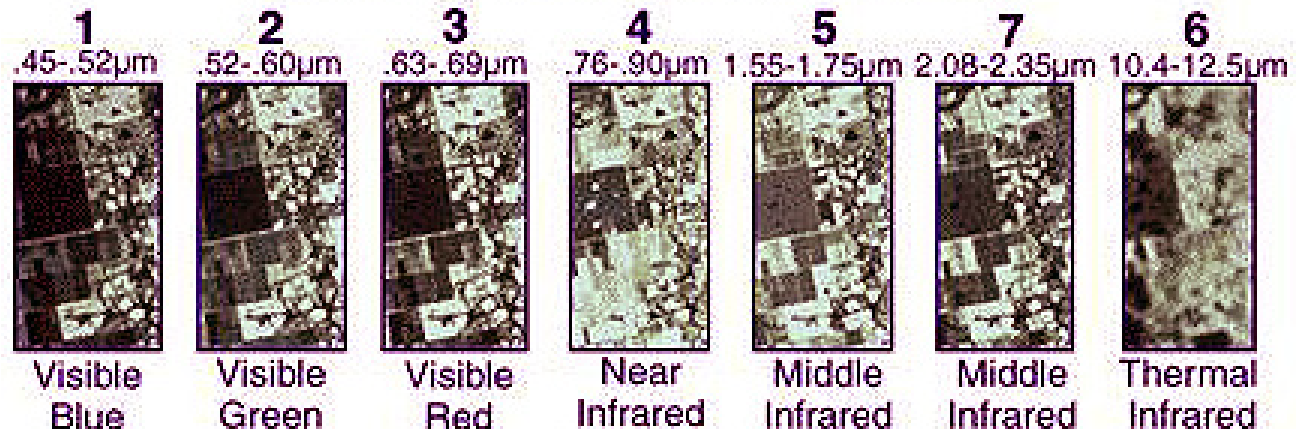
2.12 Land Observation Satellites/Sensors

- TM 및 MSS 센서로부터의 데이터가 모두 **자원 관리, 매핑, 환경 모니터링 및 변화 감지(예, 숲 벌목 감시)** 와 같은 다양한 응용에 사용된다.

- Landsat TM의 **높은 공간해상도와 분광해상도**는 캐나다, 북부 앨버타의 침엽수 숲에 수확 영역 (clearcuts)를 명확히 묘사 함을 가능케 함을 알 수 있습니다.

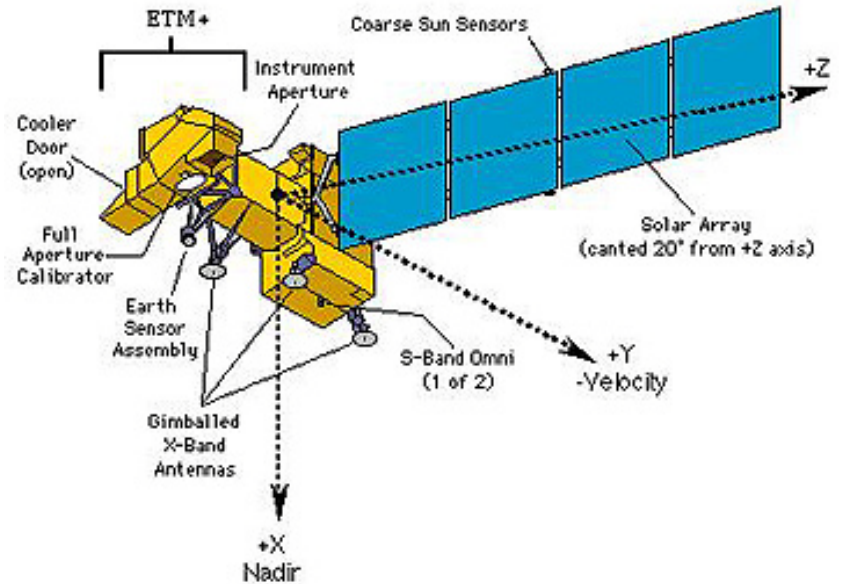


A scene in Florida



2.12 Land Observation Satellites/Sensors

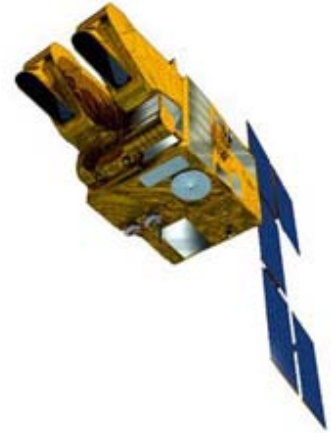
- Landsat 7 에는 Enhanced Thematic Mapper (ETM+) 하나만을 탑재하고 있다. ETM+ 는 7 TM bands (열(thermal) 밴드[6]는 60 m 해상도) 뿐 아니라, 15 m 해상도의 panchromatic 밴드를 포함하고 있다.



- Sioux Falls 의 일부를 보여주는 Landsat 7 panchromatic 이미지의 일부분에서 개별 건물을 식별 가능함을 확인할 수 있다.

2.12 Land Observation Satellites/Sensors

SPOT (Système Pour l'Observation de la Terre / Earth-observing Satellites)



- 스웨덴과 벨기에의 지원으로, 프랑스에 의해 설계 및 발사된 지구 관측 영상 위성의 시리즈로서, 1986년에 발사된 SPOT-1 이후, 매 3~4 년 마다 후속 위성이 발사되고 있다.
- 모든 위성은 지구 위의 약 **830km 고도**에서 **26일**의 궤도 주기로 **태양 동기화된, 극 궤도**를 따른다. 그들은 **적도**를 지역 태양시간 오전 **10시 반** 주변에 지난다.
- SPOT는 지구 관측 데이터의 **상용 공급**을 위해서 설계되었고, **트랙방향(along-track)** (또는 **pushbroom**) 스캐닝 기술을 사용하는 **최초**의 위성이었다.



2.12 Land Observation Satellites/Sensors

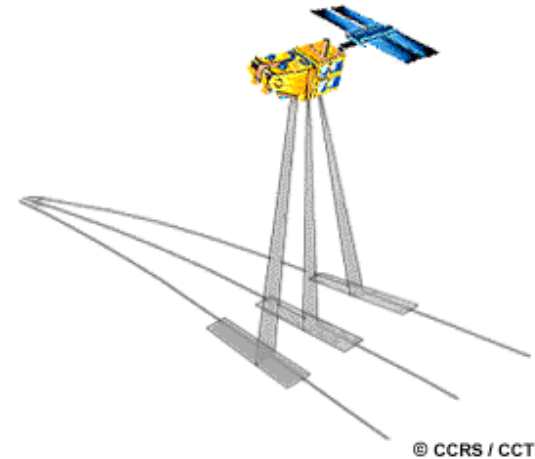
- SPOT 위성은 각각 **독립적으로** 또는 **동시에** 운영 할 수 있는 **high resolution visible high resolution visible** 을 **쌍으로** 보유하고 있습니다. 각 HRV는 높은 공간 해상도의 **단일 채널 panchromatic (PLA)** 모드 또는 낮은 공간 해상도의 **3 채널 다중 스펙트럼 (multispectral) (MLA)** 모드로 감지할 수 있다.
- 각각의 트랙방향 스캔 HRV 센서는 **4개의 선형 배열 감지기들**로 구성 : **10m의 공간 해상도로 panchromatic** 모드로 기록하는 **6000 개의** 감지기 배열, 및 **20m 공간 해상도로 세 개의 멀티 스펙트럼 밴드** 각각에 대한 **3000 개의** 감지기 배열. 두 모드의 관측폭은 천저점에서 모두 **60 Km** 이다.

HRV Mode Spectral Ranges

Mode/Band	Wavelength Range (μm)
Panchromatic (PLA)	0.51 - 0.73 (blue-green-red)
Multispectral (MLA)	
Band 1	0.50 - 0.59 (green)
Band 2	0.61 - 0.68 (red)
Band 3	0.79 - 0.89 (near infrared)

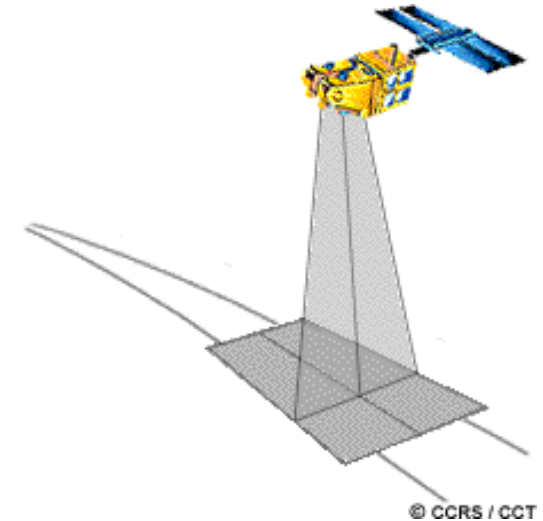
2.12 Land Observation Satellites/Sensors

- 센서의 시야각(viewing angle)은 위성의 수직(천저점 nadir) 트랙의 양쪽을 보도록 조정할 수 있습니다. 이는 위성의 **재방문 능력(revisit capability)**을 향상시킬 수 있으며, 천저점 이외(off-nadir)의 영역을 바라볼 수 있게 해준다.
- 이러한 천저점(nadir)에서 27° 까지를 가리키도록 하는 센서의 기능은, SPOT이 **950 km**의 **관측폭**으로 갖게 하며, **어떤 위치도 주당 여러 번 방문** 할 수 있게 해준다.
- 센서가 천저점에서 떨어진 지점을 바라보면, **관측폭은 60~80km**에 이르며, 이는 **구름 없는 장면**을 얻을 기회를 증가시키며, 특정 위치를 **모니터하는 능력을 향상시킬** 뿐 아니라, **입체 영상을 획득**할 기능도 제공 해준다.
- 이러한 기울인 시야 능력은 **적도 영역 재방문 주기를 3일로 증가** (26일 궤도주기 동안 7회) 시키며, **45°의 위도 지역**은 극을 향할수록 궤도 경로의 수렴 때문에 **더 자주** (26일 간 11회) 이미징할 수 있습니다.



2.12 Land Observation Satellites/Sensors

- 두 HRV 센서를 천저점의 **인접한 지상 관측폭**을 지정하여, **117km** (두 관측폭 사이 3km 중복)의 **넓은 관측폭**으로 이미징 할 수 있다. 이 동작 모드에서, **전색성(panchromatic)** 또는 **다중 스펙트럼(multispectral)** 데이터 중 한가지로만 가능하며, 둘을 동시에 할 수는 없습니다.
- 다른 우주 광학 센서에 비한 **SPOT의 장점들**. (1) **높은 공간 해상도** (2) **방향전환가능(pointable)** 센서는 그 인기에 대한 주된 이유. (3) **적외선 컬러 이미지를 표시에 적합한 3 밴드 다중분광 데이터와 다중분광 데이터의 공간 세부 사항을 "선명하게"**하는 데 사용할 수 있는 **전색(panchromatic) 밴드**.
- SPOT 은 위성 데이터의 **적시성과 비용의 이점**을 유지하면서, **공간 세부 사항을 필요로 하는 응용 프로그램** (예: **도시 맵핑**)에 적절하다. **작은 모니터링을 필요로 하는 응용 프로그램(농업, 임업)**에 SPOT 센서가 적절하며, SPOT에서 제공되는 **입체 영상은 매핑 애플리케이션에서 위성 데이터로부터 디지털 고도 모델 (Digital Elevation Models : DEM)**을 구하는데 중요한 역할을 하고 있다.





2.12 Land Observation Satellites/Sensors

IRS (Indian Remote Sensing)

IRS 위성 시리즈는 Landsat MSS/TM 센서와 SPOT의 HRV 센서 모두의 기능을 결합하였다. 시리즈의 세 번째 위성, IRS-1C, 1995년 12월에 발사되었으며, 세 가지 센서가 있다:

- (1) a single-channel panchromatic (**PAN**) **high resolution** camera
- (2) **중간 해상도** 4-channel Linear Imaging Self-scanning Sensor (**LISS-III**)
- (3) **저 해상도** 2-channel Wide Field Sensor (**WiFS**)

Sensor	Wavelength Range (μm)	Spatial Resolution	Swath Width	Revisit Period (at equator)
PAN	0.5 - 0.75	5.8 m	70 km	24 days
LISS-III				
Green	0.52 - 0.59	23 m	142 km	24 days
Red	0.62 - 0.68	23 m	142 km	24 days
Near IR	0.77 - 0.86	23 m	142 km	24 days
Shortwave IR	1.55 - 1.70	70 m	148 km	24 days
WiFS				
Red	0.62 - 0.68	188 m	774 km	5 days
Near IR	0.77 - 0.86	188 m	774 km	5 days



2.12 Land Observation Satellites/Sensors

- 높은 공간 해상도뿐만 아니라, 센서는 입체 영상화를 가능하게 트랙방향으로 26° 까지 조종 할 수 있으며, SPOT 처럼 재방문 기능을 향상(5일정도로) 시켰다. 이 고해상도 자료는 도시 계획 및 매핑 응용 프로그램에 유용합니다.
- 4개의 LISS-III 다중 분광 밴드는 Landsat 위성의 TM 밴드 1 ~ 4 과 유사하며 식물의 구분, 토지 커버 매핑 및 천연 자원 관리에 우수하다.
- WiFS 센서는 NOAA AVHRR 밴드와 유사하며, 공간 해상도와 범위가 지역 규모(regional scale)의 식물 모니터링에 유용합니다.



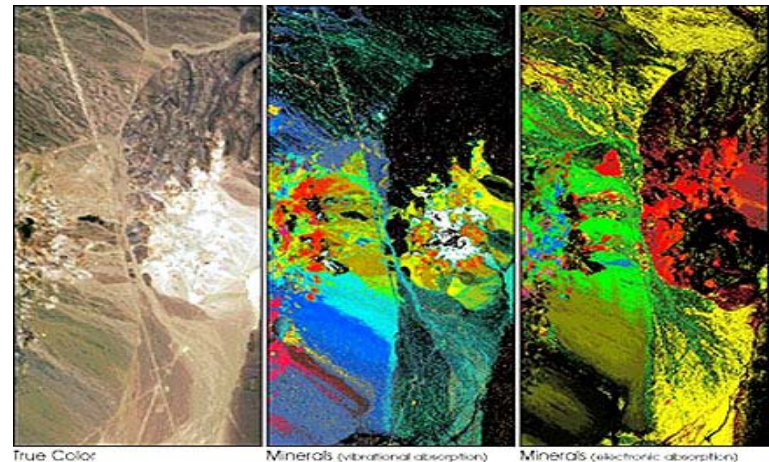
2.12 Land Observation Satellites/Sensors

초분광(hyperspectral) 위성

초분광(hyperspectral) 원격탐사 센서는 가시와 IR 파장영역을 **200개 이상**의 스펙트럼 채널을 동시에 기록 할 수 있는 CCD 장치로 구성된 특수 감지기 시스템으로 반사된 복사를 취득한다. **0.01 μm (10 nanometer)** 간격의 **샘플링**으로, **스펙트럼 서명 (spectral signature)**을 근사하는데, 히스토그램과 같은 넓은 밴드보다 **거의 연속적인 좁은 대역**으로 데이터로 표시할 수 있습니다. 이러한 자세한 정보로, 개별 물질 또는 클래스를 검출하고 식별 할 수 있는 능력이 크게 향상된다.

JPL에서 개발된 **AVIRIS**(Airborne Visible/InfraRed Imaging Spectrometer)는 **0.38 ~ 2.5 μm** 의 범위에 **224** 채널을 가지고 있으며, 두 분광 위성 **Hyperion** 과 **Proba**는 현재 궤도 상에서 이러한 기능을 보여주고 있다.

오른쪽의 첫번째 이미지는 맵핑 지역을 **자연 컬러 버전**으로 표현해서 보여주고 있고, 중앙의 이미지는 **특정 광물(minerals)**이 반사하는 에너지 파장대역의 좁은 밴드들을 활용하였으며, 오른쪽 이미지는, **전자 흡수(electronic absorption)** 정도를 표시합니다.





2.12 Land Observation Satellites/Sensors

Did You Know?

Landsat 이름은 계획 단계에서부터, 주로 해양 응용 목적으로 계획된 Seasat 이라는 또 다른 위성 프로그램과 구분하는데 사용되었다. 첫 번째 Seasat 위성은 1978년에 성공적으로 시작되었지만, 불행히도 99일 만 운영되었다. 비록 위성은 단명하고 Seasat 프로그램이 중단되었다 하더라도, 우주에서 **첫 번째 레이더(RADAR) 이미지**의 일부를 수집하였으며, 이는 **위성레이더(RADAR) 원격탐사**에 대한 관심을 높이는 데 도움이 되었다. 오늘날, 여러 레이더 위성이 운영 또는 계획 중에 있다.

- 원래 MSS 센서의 밴드번호(4, 5, 6, 7)는 **RBV**(Return Beam Vidicon) 센서의 3 밴드 후에 할당하며 정해졌다. 그러나, RBV 센서의 기술적 오작동과 **Landsat-4**의 출시와 함께 탑재 대상 위성 센서에서 빠짐으로써, **MSS 밴드**에 **1-4**의 번호가 다시 지정되었다. TM 센서의 경우, 각 밴드의 파장 범위를 보면, **TM6**과 **TM7**이 파장 증가의 측면에서 순서가 바뀌어 있음을 알 수 있는데, 이는 TM7 채널이 원래 시스템 설계 과정에 **늦게 추가**되었기 때문이었다. ^^

2.12 Land Observation Satellites/Sensors

Quiz Landsat TM 센서의 데이터가 원래의 MSS 센서의 데이터보다 유용하다고 간주 될 수 있는 이유를 설명하시오.

ANS TM 자료의 면적 범위는 거의 MSS 자료와 동일하지만, TM이 더 높은 공간, 분광, 그리고 복사 해상도를 제공합니다.

- **공간 해상도**가 80m에 비해 **30m**이며, 따라서, TM 데이터에서 감지 가능한 공간 세부사항(spatial detail)의 수준이 더 낮다.
- TM는 특정 응용 프로그램, 특히 **식물 구별**을 위해 스펙트럼 상에서 **더 좁고, 더 나은 곳에 위치한, 더 많은** 스펙트럼 채널을 가진다.
- 또한, 데이터 기록에 있어서 6 비트에서 **8 비트**로의 증가는 데이터의 **복사 해상도**의 4 배 증가를 나타낸다.

그러나, 이는 TM 데이터 MSS 데이터보다 "더 나은" 것을 의미하지는 않는다. 사실, MSS 데이터는 여전히 사용되며, 많은 응용에 뛰어난 데이터 소스를 제공한다. 원하는 정보를 MSS 데이터로부터 추출 될 수 없는 경우라면, 아마도 TM 데이터의 높은 공간, 분광 및 복사 해상도는 더 유용 할 수 있다.





2.13 해양 관측 위성/센서

지구의 해양은 지구 표면의 3분의 2 이상을 커버하며, 기후 시스템에서 중요한 역할을 한다. 또한 오염과 인위적 재해에 취약한 생물과 천연 자원이 풍부하게 포함되어 있습니다.

Nimbus

- 1978년에 발사된 Nimbus-7 위성은, 특히 지구의 바다와 수자원 모니터링을 위한 **Coastal Zone Color Scanner (CZCS)** 센서를 탑재했다. 이 센서의 주요 목적은 특히 **연안 지역에서 바다 색과 온도를** 관찰이며, 바다의 상층부 오염 물질을 검출하기에 충분한 공간 및 분광 해상도로 물속의 부유 물질의 성질을 결정하는 것이었다.
- **Nimbus** 위성은 **955km의 고도**에서 태양 동기화된 극 궤도(**near-polar orbit**)를 따른다. 적도 횡단 시간은 **상승 패스 때는 현지 정오**이며, **하강 패스 때는 현지 자정**이다. 궤도의 반복주기로 **6일** 마다 또는 **83회 궤도**마다 전세계를 커버하게 된다. CZCS 센서는 가시, 근적외선과 열 부분의 스펙트럼에 **6 개의 밴드**를 가지며, **1566 km 관측폭**과, 천저점에서 **825m의 공간 해상도**로 데이터 수집한다.



2.13 Marine Observation Satellites/Sensors

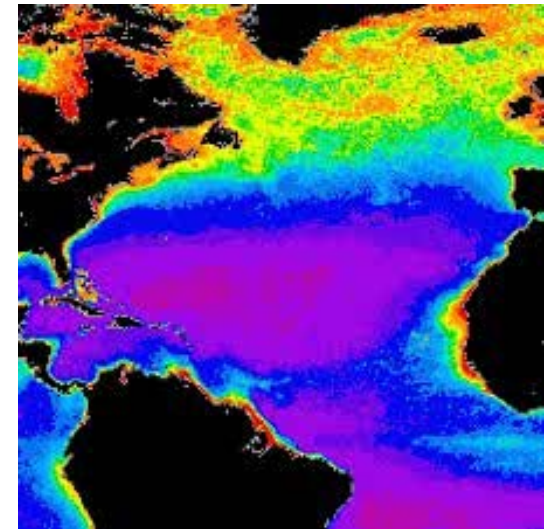
CZCS Spectral Bands

Channel	Wavelength Range (μm)	Primary Measured Parameter
1	0.43 - 0.45	엽록소 흡수
2	0.51 - 0.53	엽록소 흡수
3	0.54 - 0.56	Gelbstoffe (노란색 물질)
4	0.66 - 0.68	Chlorophyll concentration
5	0.70 - 0.80	물 표면 식물
6	10.5 - 12.50	물 표면 식물

- CZCS 센서의 첫 4 개 밴드는 매우 좁으며, 물에 식물성 플랑크톤의 농도(phytoplankton concentrations)와 기타 부유 입자(suspended particulates)에 의한 물의 반사율의 차이에 대한 자세한 구별을 할 수 있도록 최적화되었다.

• 오른쪽 이미지에서 높은 식물성 플랑크톤의 농도가 녹색-노란색-붉은색으로 표시됩니다: 블루 마젠타 색상은 낮은 농도를 나타낸다. 특히, 남아메리카 아마존 강과 같은 낮은 위도의 주요 배출 지역에서 해안을 따라 높은 식물성 플랑크톤의 농도가 보여짐을 주의해보시오.

• 밴드 5는 물 표면의 식물을 검출뿐만 아니라, 다른 밴드의 정보를 처리하는데 앞서서 땅에서의 물을 구별하는 데 사용되었다. CZCS 센서는 1986년에 가동을 정지했다





2.13 Marine Observation Satellites/Sensors

MOS

- 첫번째 **Marine Observation Satellite(MOS-1)**는 1987년 2월 일본에 의해 시작되었으며, 1990년 2월에 그 후속인, **MOS-1B**, 가 뒤를 따랐다.

이 위성은 세 개의 서로 다른 센서들을 탑재했다 :

4-채널 Multispectral Electronic Self-Scanning Radiometer (**MESSR**),

4-채널 Visible and Thermal Infrared Radiometer (**VTIR**), 및

2-채널 Microwave Scanning Radiometer (**MSR**).

MOS Visible/Infrared Instruments

- **MESSR** 밴드는 **Landsat MSS** 센서의 스펙트럼 범위와 매우 유사하고 **해양 환경의 관찰**뿐만 아니라 **육상 응용**에도 유용하다. MOS 시스템은 약 **900km** 고도에서 궤도를 따르며, **17일의 재방문** 기간을 가진다

Sensor	Wavelength Ranges (μm)	Spatial Resolution	Swath Width
MESSR	0.51 - 0.59	50 m	100 km
	0.61 - 0.69	50 m	100 km
	0.72 - 0.80	50 m	100 km
	0.80 - 1.10	50 m	100 km
VTIR	0.50 - 0.70	900 m	1500 km
	6.0 - 7.0	2700 m	1500 km
	10.5 - 11.5	2700 m	1500 km
	11.5 - 12.5	2700 m	1500 km



2.13 Marine Observation Satellites/Sensors

SeaWiFS

- **SeaStar** 위성에 탑재된 **SeaWiFS** (Sea-viewing Wide-Field-of View Sensor)는 바다 모니터링을 위해 설계된 고급 센서입니다.
- 이는 다음과 같은 **특정 성분 감지**와 **각종 해양 현상 모니터링**을 위한 맞춤형의 매우 좁은 파장 범위의 **8 개의 스펙트럼 밴드**로 구성되었다 : **바다 기본 생산(ocean primary production)** 및 **식물성 플랑크톤 프로세스**, **기후 과정에 해양 영향** (축열 및 에어로졸의 형성), **탄소, 황, 및 질소의 사이클 모니터링** 등.

• 궤도 고도는 **705 km** 이며 적도 횡단 시간은 로컬 **오후 12시**. 각 밴드에 사용할 수 있는 공간 해상도와 관측폭의 두 조합이 :

(1) **고해상 모드 : 1.1 km** (at nadir) over a swath of **2800 km**,

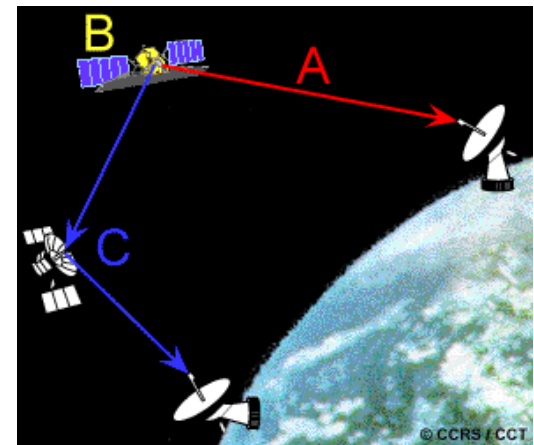
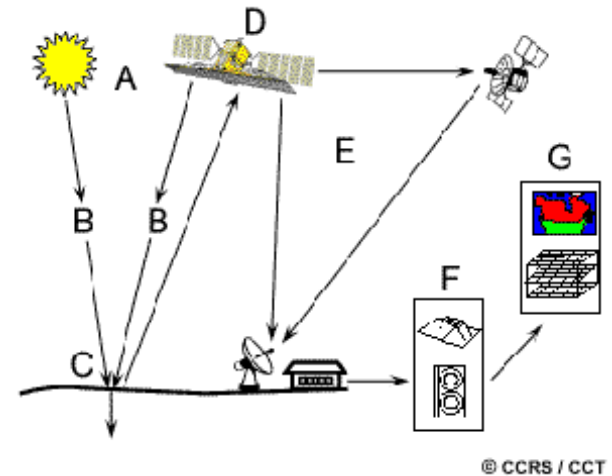
(2) **저해상 모드 : 4.5 km** (at nadir) over a swath of **1500 km**.

SeaWiFS Spectral Bands

Channel	Wavelength Ranges (μm)
1	0.402 - 0.422
2	0.433 - 0.453
3	0.480 - 0.500
4	0.500 - 0.520
5	0.545 - 0.565
6	0.660 - 0.680
7	0.745 - 0.785
8	0.845 - 0.885

2.15 Data Reception, Transmission, and Processing

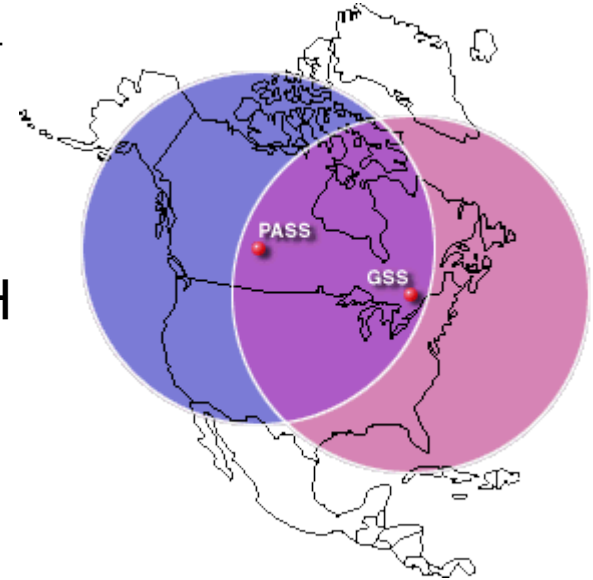
- 위성은 운영기간 동안 계속 궤도에 머물기 때문에 위성 플랫폼에서 수집 된 데이터는 전자적으로 지구로 전송해야 합니다.
- 인공 위성에 의해 수집 된 데이터를 지표로 전송하기 위한 세 가지 옵션이 있습니다.
 - (1) 위성의 시선에 **Ground Receiving Station (GRS)** 이 있을 경우(A)에 데이터는 직접 지구로 송신 될 수 있다.
 - (2) 위성에 데이터를 기록 해 놓고(B), 나중에 GRS 로 전송.
 - (3) 정지 궤도에 있는 **통신 위성**의 시리즈로 구성된 추적 및 데이터 중계 위성 시스템 (Tracking and Data Relay Satellite System : **TDRSS**) (C)을 통해 데이터는 **GRS**로 중계될 수 있다. 데이터는 적절한 GRS 도달 할 때까지 하나의 위성으로부터 다른 것에 전송된다..





2.15 Data Reception, Transmission, and Processing

- 캐나다 CCRS 에서는 두 개의 **지상 수신국**을 운영 - 하나는 Gatineau, Quebec (**GSS**) 에 , 또 다른 하나는 Prince Albert, Saskatchewan (**PASS**) 에 위치한다.
- 이 캐나다 지상국에 대한 커버영역 동그라미를 결합하며, **거의 모든 캐나다 뿐만 아니라 미국 대륙의 대부분**을 지나는 위성으로부터 실시간 또는 기록 된 데이터의 수신이 가능하다.
- 데이터는 원시 디지털 형식으로 GRS에서 수신됩니다. 그런 다음, 필요한 경우, 영상을, 체계적인, 기하학적인, 및 대기 왜곡을 교정하기 위해 처리 될 수 있고, 표준화된 포맷으로 변환 될 수 있다. 데이터는 테이프, 디스크 또는 CD와 같은 저장 매체의 형태로 기록됩니다. 데이터는 일반적으로 대부분의 수신 및 처리 기관에 보관하고, 데이터의 전체 라이브러리는 정부 기관 또는 각 센서의 아카이브에 대한 책임이 있는 상업 회사에 의해 관리됩니다.





2.15 Data Reception, Transmission, and Processing

- 많은 센서들의 경우 취득한 후 가능한 한 빨리 데이터를 필요로 할 때 **빠른 턴어라운드(quick-turnaround)** 이미지를 고객에게 제공 할 수 있다.
- 실시간 처리 시스템은 데이터 수집 후 수 시간 내에 하드 카피 또는 소프트 카피 (디지털) 형식의 낮은 해상도의 이미지를 생성하는 데 사용됩니다. 이러한 이미지는 다음 팩스로 또는 최종 사용자에게 디지털로 송신될 수 있다. .
- 이런 유형의 고속 데이터 프로세싱이 유용한 하나의 응용은 북극 항해 선박에 얼음을 통과하는 가장 쉬운/가장 안전한 루트에 대한 항로 결정을 신속하게 하기 위해 현재 얼음 조건을 평가할 영상을 제공하는 것이다. 예를 들어, 항공 시스템에서 이미지의 실시간 처리는 바로 현장에서 산불 소방수들에 열 적외선 이미지를 전달하기 위해 사용된다.
- **낮은 해상도의 빠른-처리 이미지**는 구매하기 전에 보관 된 이미지를 미리 보는데 사용됩니다. 이러한 유형의 데이터 제품의 공간적 및 복사적 품질은 저급하지만, 데이터의 전체 품질, 커버리지 및 구름의 양이 적절한 지를 보장하는 데 유용하다.