

## 해외 적외선 관측위성 현황 및 영상활용

김응현\*, 임정흠\*\*, 김희섭\*\*\*, 김규선\*\*\*\*

# Foreign Development Status and Applications of Infrared Imaging Satellite

Kim, Eunghyun\*, Im, Jung-Heum\*\*, Kim, Hee-Seop\*\*\*, Kim, Gyu-Sun\*\*\*\*

### ABSTRACT

While the infrared imaging satellites with the several type were developed and operated in the foreign countries, we do not have the domestic infrared imaging satellite up to now. In the paper, the general characteristics of infrared and the applications of infrared image were introduced. Also the oversea development status of the infrared imaging satellite was surveyed and introduced to this paper. According to foreign status, the infrared image is utilized in various application including the forest fire monitoring, the volcano activity research, sea surface temperature measurement, land surface temperature calculation, the climate change research, and the environment monitoring. According to these trend the development of the domestic infrared imaging satellite in low earth orbit was required.

### 초 록

현재까지 국내에서는 적외선 관측위성을 보유하고 있지 않으나 해외에서는 다양한 형태의 적외선 관측위성이 개발되어 운용 중이다. 본 논문에서는 적외선의 일반적인 특성과 이에 따른 영상활용의 방안을 분석하였다. 아울러 적외선 관측위성의 해외 개발현황을 주요 위성 사례별로 조사하여 소개하였다. 해외의 경우 산불감시, 화산활동 연구, 해수면 온도 측정, 지표면 온도 측정, 기후변화 연구, 환경 감시 등 다양한 분야에서 적외선 영상이 활용되고 있다. 국내도 이러한 추세에 맞게 저궤도 적외선 관측위성의 개발을 추진해야 할 것이다

**Key Words :** Infrared(적외선), 활용(Application), 탑재체(Payload), 파장(Wavelength)

\* 김응현, 한국항공우주연구원 다목적실용위성3호사업단 다목적3호체계팀  
ekim@kari.re.kr

\*\* 임정흠, 한국항공우주연구원 다목적실용위성3호사업단 다목적3호체계팀  
jhim@kari.re.kr

\*\*\* 김희섭, 한국항공우주연구원 다목적실용위성3호사업단 다목적3호체계팀  
askhs@kari.re.kr

\*\*\*\* 김규선, 한국항공우주연구원 다목적실용위성3호사업단 다목적3호체계팀  
gskim@kari.re.kr

# 1. 서론

인공위성을 이용한 적외선 대역의 관측은 위성을 이용한 원격탐사가 시작된 초창기부터 있어왔다. 이는 적외선이 제공하는 정보가 사람의 눈으로 인지하는 가시광선 대역의 영상과는 다른 차별성을 줄 수 있기 때문이었다. 특히 기상위성의 경우 적외선 대역의 관측이 기상예보나 환경 변화에 대한 유용한 정보를 제공하는 분야였다. 이것은 주로 민간분야에서 이용하는 적외선 관측으로 관측대상에서 나오는 광 스펙트럼을 여러 개의 파장대역으로 분광해서 정보를 추출하는 방식이 적용되어 왔다. 이와는 달리 군사/보안분야에서도 적외선 관측이 시도되었는데, 이것은 분광을 통한 다양한 파장대역을 관측하기 보다는 관측대상이 주는 파장대역을 관측하여 필요한 정보를 획득하는 방식이었다. 예를들어 공장시설이 가동되는 경우 발생하는 열로부터 나오는 파장대역이나 항공기 엔진에서 발생하는 적외선 스펙트럼을 관측함으로써 군사적으로 유용한 정보를 추출할 수가 있었던 것이다.

현재 우리나라에서는 적외선 영상을 획득하는 인공위성이 개발되어 있지 않다. 다목적실용위성 1호와 2호에서 근적외선(Near Infrared) 관측을 하였지만 적외선 영상으로 활용될 수준은 아니었기 때문이다. 본격적으로 적외선 영상을 획득할 수 있는 탑재체가 실린 국내 위성은 2009년 발사 예정인 통신해양기상위성과 2012년 발사 예정인 다목적실용위성3A호로 보아야 할 것이다.

본 연구는 적외선 대역의 특성과 영상활용 방안에 대한 조사 결과를 담고 있으며 해외의 적외선 관측 위성 현황을 분석하여 국내 적외선 관측위성 개발 방향을 제시하고 하였다.

## 2. 적외선 관측의 특성 및 활용분야

### 2.1 적외선을 이용한 관측의 특성

적외선, 가시광선, 자외선 영역이 포함된 광 스펙트럼은 전자기 스펙트럼의 한 영역이다(그림1). 생명체

나 사물 모두 특정한 에너지를 방출하기 때문에 이러한 에너지에 대한 감지가 가능하다. 가령, 사람의 눈은 가시광선을 감지할 수 있으며, 피부를 통해 적외선 파장의 일부를 감지할 수 있다.

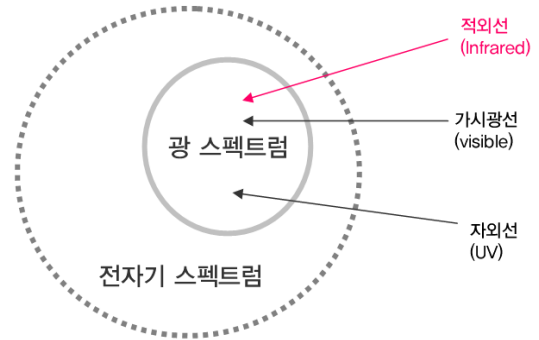


그림 1. 전자기/광 스펙트럼의 구성

적외선은 전자기파 스펙트럼 상에 가시광선대역과 극초단파 대역 사이에 위치하며 약 1 $\mu$ m에서 수백  $\mu$ m의 파장을 가진다. 파장대역이 넓고 가시광선과 극초단파의 특성이 혼재되어 있어 적외선을 분류하는 방법도 여러 가지가 있는데, 대략 다음과 같이 분류한다.

표 1. 전자기파의 분류 (참고문헌 1)

| Spectrum Name     | Spectrum Subname                  | Wavelength ( $\mu$ m) |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Ultraviolet (자외선) | Far ultraviolet (FUV)             | 0.01-0.20             |
|                   | Middle ultraviolet (MUV)          | 0.20-0.30             |
|                   | Near ultraviolet (NUV)            | 0.30-0.38             |
| Visible (가시광선)    | Violet                            | 0.38-0.45             |
|                   | Blue                              | 0.45-0.49             |
|                   | Green                             | 0.49-0.56             |
|                   | Yellow                            | 0.56-0.59             |
|                   | Orange                            | 0.59-0.63             |
|                   | Red                               | 0.63-0.76             |
| Infrared (적외선)    | Near infrared (NIR)               | 0.80-1.50             |
|                   | Short-wavelength infrared (SWIR)  | 1.50-3.00             |
|                   | Middle-wavelength infrared (MWIR) | 3.00-5.00             |
|                   | Long-wavelength infrared (LWIR)   | 5.00-15.0             |
|                   | Far infrared (FIR)                | 15.0-300              |
| Microwave (극초단파)  | Submillimeter                     | 0.01-0.10cm           |
|                   | Millimeter                        | 0.10-1.00cm           |
|                   | Microwave                         | 1.00-100cm            |

적외선은 일반적으로 다음과 같은 특징을 갖는다. 첫째, 가시광선 및 자외선 영역보다 파장이 길다. 둘째, 적외선은 열을 가지는 모든 물체에서 방출 또는 반사된다. 그림 2처럼 어떤 물체의 온도가 약 350K(77°C)인 물체는 최대 복사에너지의 파장이 8 $\mu$ m에 존재하게 된다. 30°C(약 300K)인 지상물체는 8~12 $\mu$ m의 LWIR에 존재하고 800K인 제트엔진의 배기화염은 3~5 $\mu$ m의 MWIR에 최대 복사에너지가 존재한다. 따라서 3~5 $\mu$ m의 파장을 관측하는 적외선 탑재체라면 비행기가 작동 중인지 아닌지를 영상으로 관측할 수가 있는 것이다.

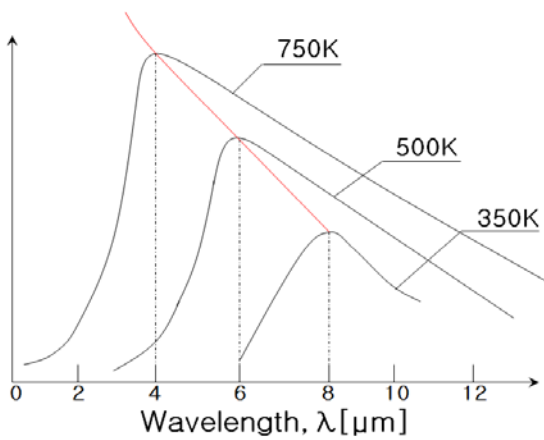


그림 2. 온도에 따른 최대 복사에너지의 파장

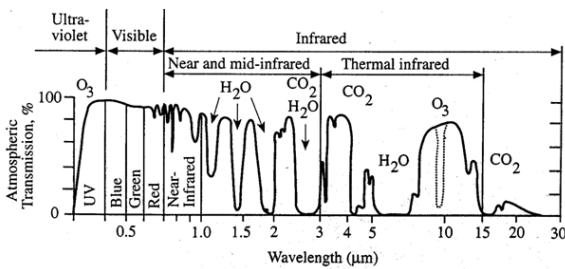


그림 3. 대기 중의 적외선창

셋째, 적외선의 또다른 특징으로는 대기 환경에 민감하다는 점이다. 그림 3처럼 파장에 따라 지구 대기를 투과하지 못하는 특성을 갖는다. 따라서 지구 대기 밖에서 위성으로 관측하지 못하는 파장대역이 존재하게 된다. 6~7 $\mu$ m의 적외선은 수증기에 의해 흡수되어 위성에서는 관측되지 않는 영역인 반면 3.5~4 $\mu$ m의 MWIR은 관측이 가능한 파장영역이다. 네 번째로 인공위성에서 지구를 관측하는 경우, 관측되는 적외선에는 지구나 지상의 물체에서 방출하는 적외선 이외에 태양빛이

반사된 적외선이 포함되어 있다. 따라서 가시광선에 가까운 근적외선에는 태양빛에 의한 영향이 많이 포함되어 있고 장파장쪽으로 갈수록 물체 고유의 적외선이 잘 관측될 수 있다. (표 2)

표 2. 적외선의 대기 투과 특성 (참고문헌 2)

| Wavelength( $\mu$ m) | Sky Transparency  | Sky Brightness |
|----------------------|---|----------------|
| 1.1-1.4              | high  | low at night   |
| 1.5-1.8              | high  | very low       |
| 2.0-2.4              | high  | very low       |
| 3.0-4.0              | 3.0-3.5 $\mu$ m: fair<br>3.5-4.0 $\mu$ m: high          | low            |
| 4.6-5.0              | low   | high           |
| 7.5-14.5             | 8-9 $\mu$ m: fair<br>10-12 $\mu$ m: fair<br>others: low | very high      |
| 17-40                | very low  | very high      |
| 330-370              | very low  | low            |

이상에서 나열한 적외선의 특성에 따라 적외선 관측 위성이 가지는 몇가지 한계가 있다. 첫째, 관측 복사 에너지가 매우 약해 적외선 검출기의 온도가 저온으로 유지되어야 한다. 따라서 위성은 극저온냉각기를 이용하여 적외선 검출기의 온도를 영하 200°C의 극저온으로 유지해주어야 한다. 이는 위성체의 구조 및 열설계를 어렵게 하는 요소 중의 하나이다. 둘째, 관측하는 대상의 온도 차이가 매우 작아 검보정이 어렵다. 셋째, 적외선 관측영상에 태양빛의 에너지가 포함되어 있거나 그림자가 있는 경우 영상 분석에 어려움이 있다. 넷째, 수면 관측의 경우 물의 소산 특성으로 인해 수면 상층부만 관측 가능하다.

## 2.2 파장대역별 영상 활용

앞에서 언급한 적외선의 특성은 영상 활용에도 직접적인 영향을 준다. 이는 관측 대상에 따라 방출하는 적외선 파장이 다르기 때문이다. 일반적으로 MWIR은 산불이나 화산 분출과 같은 상대적으로 높은 온도를 방출하는 현상이 일어나는 것을 구별하는데 이용된다.

반면에 LWIR은 300K 범위 내에서 관측대상물 간의 온도 차이를 구분하는데 적합하다. (표 3)

만약 여러 개의 파장대로 분광해서 관측을 한다면 관측 대상의 특성과 적외선 대기 투과 특성을 고려한 영상 활용이 필요하다. 기상위성의 적외선 파장대별 주요 응용분야를 보면 표 4와 같다.

표 3. MWIR과 LWIR 간의 활용 비교

| MWIR (3~5 $\mu$ m)   | LWIR (8~12 $\mu$ m)  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 산불 감지</li> <li>▪ 화산폭발 감시</li> <li>▪ 유정 혹은 석탄층의 화재 감시</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해수면온도 측정 (해류의 움직임 및 기후예측)</li> <li>▪ 해빙의 분포 관측 (충돌회피 및 환경변화 연구)</li> <li>▪ 구름층의 온도, 높이, 넓이 연구 (기후예측)</li> <li>▪ 지표면 온도 관측 (식물생장과 토지피복 연구)</li> <li>▪ 빙하 연구</li> <li>▪ 토양과 식물의 수분분포 연구</li> <li>▪ 에어로졸 및 대기 중의 수분량 연구</li> </ul> |

표 4. 기상위성의 파장대별 응용분야 (참고문헌 1)

| Wavelength( $\mu$ m) | Applications                  |
|----------------------|-------------------------------|
| 0.58-0.68            | Cloud mapping                 |
| 0.50-1.10            | Surface albedo mapping        |
| 0.725-1.0            | Surface boundaries            |
| 0.752-0.755          | Clear atmosphere              |
| 0.759-0.762          | Cloud height                  |
| 0.761-0.763          | Cloud height                  |
| 1.059-1.219          | Water vapor correction        |
| 1.548-1.70           | Snow/cloud discriminator      |
| 2.05-2.28            | Cloud particle size           |
| 3.55-3.93            | Water vapor correction        |
| 5.70-7.00            | Upper tropospheric wind field |
| 9.60-9.80            | Ozone total burden            |
| 10.30-11.3           | Thermal mapping               |
| 11.50-12.5           | Water vapor correction        |

### 2.3 분야별 적외선 영상 활용

적외선 영상을 이용하는 분야를 민간과 군사/보안

분야로 나누면 다음과 같다.

민간에서는 크게 지구탐사 목적과 재해방지 목적, 천문관측의 활용이 있다. 지구탐사 목적으로 적외선 영상을 사용하면 다양한 적외선 파장대역에서 나온 영상을 합성하여 컬러 지도를 제작하거나 수증기의 증발 과정 및 토양 수분의 함량 등을 분석하여 기상의 변이 등을 연구할 수 있다. 또한 산림을 포함한 생물 자원의 상태 평가나 광물 매장량 탐사, 해양자원 및 해류 조사, 방사능 오염 측정 등과 같은 다양한 연구에 활용이 가능하다. 재해방지의 목적으로 적외선 영상을 활용할 수도 있는데, 열상 화상을 획득할 수 있는 적외선의 특성 상 산불과 화산 폭발 탐지에 매우 유용하다고 할 수 있다. 또한 파장에 따른 정보를 취합하면 적조 현상 탐지나 기름유출 감시에도 활용이 가능하다. 최근 천문 분야에서는 생명체의 존재가 가능한 행성을 찾기 위한 노력이 많이 진행되고 있는데, 기존의 가시광선 영역의 영상에서는 관측이 어려웠던 행성이나 별이 탄생하는 지역의 온도가 낮은 별을 적외선 파장대역의 영상을 이용하여 관측하려는 노력이 진행되고 있다. 그림 4는 우주를 가시광선 영역에서 보았을 때와 적외선 영역에서 보았을 때의 차이를 보여준다.

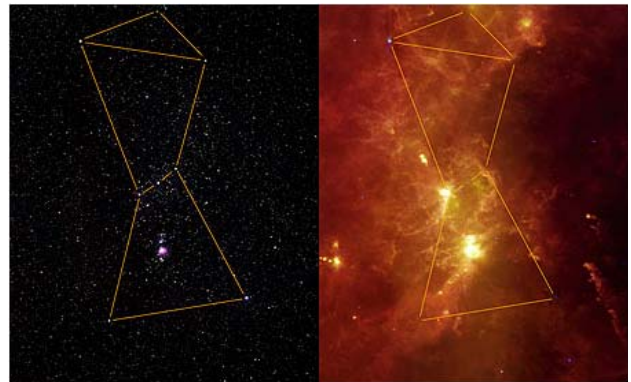


그림 4. 가시광선 영상(좌)와 적외선 영상(우) 비교

열적외선 파장대역의 영상은 군사분야에서 활용성이 높은 부분이다. 적외선 영상과 가시광선 영상을 함께 사용하면 영상의 관독성능을 향상시킬 수 있으면 관독의 신뢰성을 극대화할 수 있다. 또한 적외선 관측은 관측대상물 자체의 열을 감지할 수 있으므로 야간과 같은 조명이 열악한 경우에도 영상촬영이 가능하여 주야간에 걸친 지속적인 감시에 매우 효과적이다.

## 2.4 탑재체 간의 비교

적외선을 관측하는 인공위성 탑재체를 가시광선 대역을 관측하는 탑재체, SAR 탑재체와 비교하면 표 5와 같다.

일반적으로 적외선 영상은 가시광선 영상과 비교해서 해상도 면에서 상대적으로 많이 떨어진다. 이는 적외선 파장이 가시광선보다 길기 때문에 나타나는 현상이다. 그러나, 가시광선이 주로 태양빛에 의해 반사된 광 스펙트럼을 관측하여 영상을 얻을 수 있는 반면에 적외선은 열을 가지는 모든 물체에서 방사되기 때문에 야간이나 해무, 열은 구름이 낀 상황에서도 촬영이 가능하다는 장점이 있다. 또한 적외선은 공간 분해능 이외에 열적 분해능 기능도 가지고 있기 때문에 인접한 물체간의 열적 특성 차이나 잠열 분석이 가능한 정보를 제공할 수 있다.

표 5. 인공위성 탑재체 간의 비교

| 종류   | 장점   | 단점  |
|------|--|---|
| 가시광선 | <ul style="list-style-type: none"> <li>인간의 눈에 가까운 우수한 해상도와 색깔 제공</li> <li>디지털 자료 획득 및 데이터 베이스 구축 용이</li> <li>장시간 보관/처리 가능</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>주간만 사용 가능</li> <li>복합/고난도 기술 필요</li> <li>대용량의 데이터 처리 필요</li> </ul> |
| 적외선  | <ul style="list-style-type: none"> <li>주야간 사용 가능</li> <li>은폐/업폐 표적식별 가능</li> <li>데이터 처리 용이</li> <li>관측물의 온도차 감지 가능</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>가시광선 영상에 비해 해상도 미흡</li> <li>냉각장치로 인해 광학에 비해 부피/무게 증가</li> </ul>    |
| SAR  | <ul style="list-style-type: none"> <li>주야간 전천후 사용 가능</li> <li>장거리 광범위 지역 정찰</li> <li>이동표적 식별 가능</li> <li>데이터 처리 용이</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>전파 방해에 취약</li> <li>고출력, 고가의 장비 필요</li> <li>전문 관독 시스템 필요</li> </ul> |

개발되었다. BIRD는 2001년 인도의 PSLV 발사체를 이용하여 고도 568km, 적도통과지방시 오전 10시30분인 태양동기궤도에 성공적으로 진입하였다. 2004년 2월부터는 자이로의 고장으로 인해 부분적인 임무만 수행하고 있다. BIRD 위성에는 MWIR (3.4~4.2 $\mu$ m)과 열적외선(8.5~ 9.3 $\mu$ m) 대역을 사용하는 HSRS (Hotspot Recognition System)과 근적외선(0.84~0.90 $\mu$ m) 범위를 관측하는 WAOSS-B (Wide-Angle Opto-electronic Stereo Scanner)가 탑재되어 있다. BIRD의 지상해상도는 근적외선이 185m, MWIR과 열적외선에서는 370m이다. HSRS의 지상해상도는 기존의 MODIS나 AVHRR보다 향상된 것으로 MODIS보다 1/7 넓이 영역의 열점에 대한 감지가 가능하게 해주었다. (그림 6)

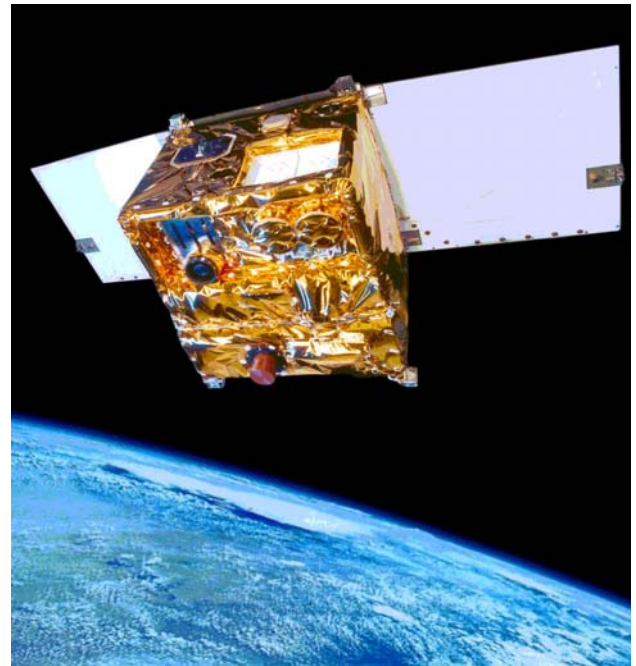


그림 5. BIRD 위성 형상도

## 3. 해외의 적외선 관측위성 현황

### 3.1 BIRD (Bi-spectral Infrared Detection)

BIRD는 독일의 DLR에서 개발한 소형위성으로 화재나 화산활동과 같은 고온 현상을 관측하는 것을 목표로

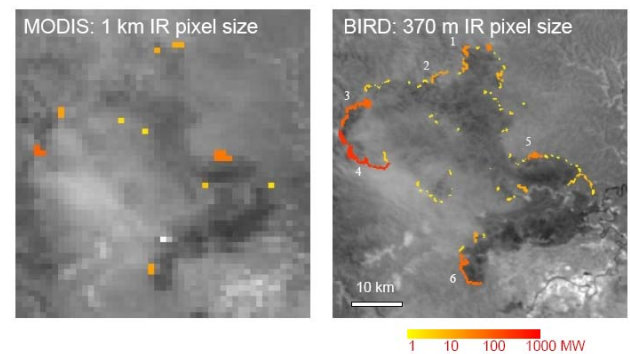


그림 6. MODIS(좌)와 BIRD(우) 영상 비교



그림 7. HRSRS(좌)와 WAOSS-B(우)

### 3.2 MODIS

MODIS(Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer)는 미국 NASA에서 개발한 탑재체로 1999년에는 Terra 위성, 2002년에는 Aqua 위성에 실려 고도 705km인 태양동기궤도로 발사되었다. Terra는 오전 10시 30분에 적도를 통과하는 오전궤도이며 Aqua는 오후 1시 30분에 적도를 통과하는 궤도를 갖고 있다. MODIS의 주요 임무는 지구의 구름 분포변이와 전지구적인 복사에너지 전달과정의 변화를 관측하는 것으로 이를 위해 0.4~14.4 $\mu$ m까지의 광범위한 파장대역을 36개의 채널로 관측하며 적외선 영역에서는 1km의 GSD를 제공한다.

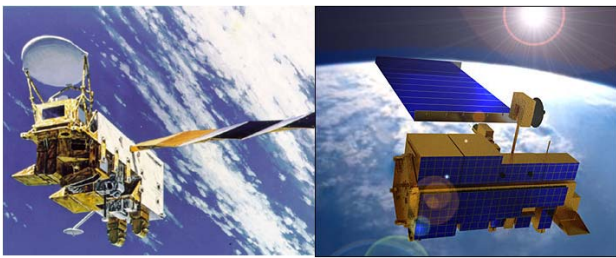


그림 8. Aqua(우) 위성과 Terra(좌)

표 6과 같이 많은 파장대역에 걸친 정보를 종합하여 MODIS는 다양한 영상자료를 생성한다. 적외선 영상이 제공하는 몇가지 예를 보면 다음과 같다.

주간 영상은 250~1000m, 야간 영상은 1000m의 해상도를 가지는 구름 분포 영상을 제공한다. 구름의 광학 두께, 구름의 열역학 상태, 구름층의 높이와 온도 등과 같은 정보를 포함한 영상을 낮에는 1~5km의 해상도로 제공한다. 식생과 지표면의 상태와 작황 정보를

알 수 있는 영상, 1km 해상도의 영상으로 산불과 같은 대형 화재 정보를 제공할 수 있다. 또한 0.3~0.5 $^{\circ}$ C의 정확도를 갖는 해수면 온도 등도 제공한다.

표 6. MODIS의 파장별 응용분야 및 요구사항

| Primary Use                               | Band | Bandwidth             | Spectral Radiance |
|---|------|-----------------------|-------------------|
| Land/Cloud/Aerosols Boundaries            | 1    | 620-670 nm            | 21.8              |
|   | 2    | 841-876 nm            | 24.7              |
|   | 3    | 459-479 nm            | 35.3              |
| Land/Cloud/Aerosols Properties            | 4    | 545-565 nm            | 29.0              |
|   | 5    | 1230-1250 nm          | 5.4               |
|   | 6    | 1628-1652 nm          | 7.3               |
|   | 7    | 2105-2155 nm          | 1.0               |
| Ocean Color/Phytoplankton/Biogeochemistry | 8    | 405-420 nm            | 44.9              |
|   | 9    | 438-448 nm            | 41.9              |
|   | 10   | 483-493 nm            | 32.1              |
|   | 11   | 526-536 nm            | 27.9              |
|   | 12   | 546-556 nm            | 21.0              |
|   | 13   | 662-672 nm            | 9.5               |
|   | 14   | 673-683 nm            | 8.7               |
|   | 15   | 743-753 nm            | 10.2              |
|   | 16   | 862-877 nm            | 6.2               |
| Atmospheric WaterVapor                    | 17   | 890-920 nm            | 10.0              |
|   | 18   | 931-941 nm            | 3.6               |
|   | 19   | 915-965 nm            | 15.0              |
| Surface/Cloud Temperature                 | 20   | 3.660-3.840 $\mu$ m   | 0.45(300K)        |
|   | 21   | 3.929-3.989 $\mu$ m   | 2.38(335K)        |
|   | 22   | 3.929-3.989 $\mu$ m   | 0.67(300K)        |
|   | 23   | 4.020-4.080 $\mu$ m   | 0.79(300K)        |
| Atmospheric Temperature                   | 24   | 4.433-4.498 $\mu$ m   | 0.17(250K)        |
|   | 25   | 4.482-4.549 $\mu$ m   | 0.59(275K)        |
| Cirrus Clouds WaterVapor                  | 26   | 1.360-1.390 $\mu$ m   | 6.00              |
|   | 27   | 6.535-6.895 $\mu$ m   | 1.16(240K)        |
|   | 28   | 7.175-7.475 $\mu$ m   | 2.18(250K)        |
| Cloud Properties                          | 29   | 8.400-8.700 $\mu$ m   | 9.58(300K)        |
| Ozone                                     | 30   | 9.580-9.880 $\mu$ m   | 3.69(250K)        |
|   | 31   | 10.780-11.280 $\mu$ m | 9.55(300K)        |
| Surface/Cloud Temperature                 | 32   | 11.770-12.270 $\mu$ m | 8.94(300K)        |
|   | 33   | 13.185-13.485 $\mu$ m | 4.52(260K)        |
| Cloud Top Altitude                        | 34   | 13.485-13.785 $\mu$ m | 3.76(250K)        |
|   | 35   | 13.785-14.085 $\mu$ m | 3.11(240K)        |
|   | 36   | 14.085-14.385 $\mu$ m | 2.08(220K)        |

### 3.3 DSP (Defense Support Program)

DSP는 미사일이나 핵폭발의 징후를 조기 감지하기 위한 군사적 목적으로 1970년대부터 미국에서 개발되었다.

현재 이 위성은 3세대 위성까지 개발되었으며 주로 정지 궤도나 고도가 높고 이심율이 큰 타원궤도에서 운용되고 있다. 이 위성에는 SWIR와 MWIR을 관측할 수 있는 적외선 탑재체가 장착되어 있다. DSP는 최근 SBIRS (Space Based Infrared Systems)로 계승되어 운용되고 있다. DSP 3세대 위성의 경우 무게 약 2355kg, 길이 33ft, 직경 14ft의 대형위성이다.

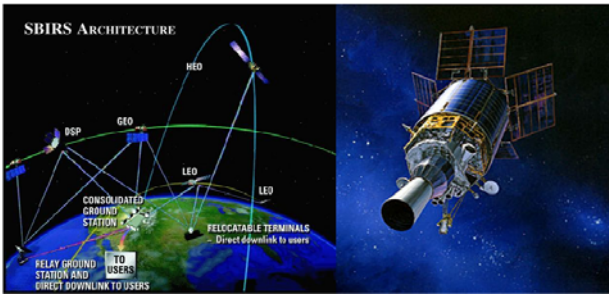


그림 9. SBIRS 구조(우)와 DSP 위성(좌)

이후에도 2007년까지 촬영을 계속해오고 있었으나 2008년부터는 운용되지 않고 있다.



그림 10. MTI 위성 형상도

### 3.4 STSS

STSS(Space Tracking and Surveillance System)는 DSP와 동일한 임무목적으로 미국에서 개발되었으며 SBIRS의 일부로 운용되고 있다. DSP와의 차이점은 임무궤도가 저궤도이며 20여기의 위성군으로 구성된다. 주계약자는 Northrop Grumman이고 SWIR과 MWIR 파장을 관측하는 적외선 탑재체 개발은 Raytheon에서 담당한다.

### 3.5 MTI (Multi-spectral Thermal Imager)

미국에서 발사된 MTI 위성의 임무는 대량살상 무기를 생산할 수 있는 공장시설을 감시할 수 있는 컬러 영상 및 열상의 처리 기술을 개발하는 것이다. 이를 위해 가시광선부터 TIR (Thermal Infrared) 까지 15개의 파장대역을 관측할 수 있는 탑재체를 싣고 있다. 이 탑재체는 12km의 관측폭을 가지고 가시광선 영역에서는 5m의 GSD를 제공하며 적외선 영역에서는 20m의 GSD가 가능하다. 위성의 궤도는 575km 고도와 오후 1시의 적도통과지방시를 가지는 태양동기궤도로 전체 무게는 587kg, 크기는 높이 2.4m, 직경 1.4m이다. 2000년 3월에 발사된 위성은 임무기간 3년이 종료된

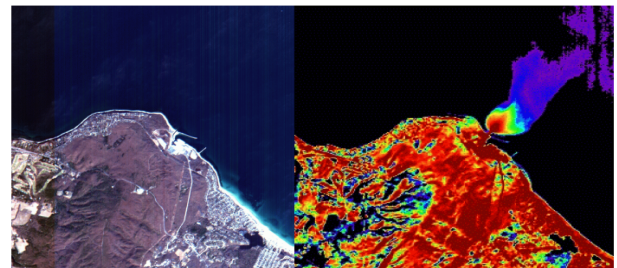


그림 11. MTI에서 제공한 True Color 영상(좌) 열상(우)

MTI는 낮과 밤 모두 영상획득이 가능하며 기존의 군사적인 목적 이외에도 기름과 화학약품유출, 호수나 강의 열폐수 방류, 삼림의 상태와 화산활동을 감시하는 데까지 자료를 제공하였다. 또한 이 위성은 각 축에 대해  $\pm 50^\circ$ 까지 빠르게 tilt할 수 있는 고기동 성능을 가지고 있다.

### 3.6 TSX-5

TSX-5는 2000년에 발사된 미국의 실험위성으로 항공기를 탐지하기 위한 적외선 탑재체를 가지고 있다. 이 적외선 탑재체는 MWIR 대역을 연속적으로 관측해서 관측 영상간의 차이를 분석하여 항공기의 움직임을 탐지하는 기술을 실험하였다. 위성의 궤도는 근지점 410km이고 원지점이 1750km인 타원궤도로 궤도경사각은 69도이다.



그림 12. TSX-5 위성 형상도



그림 13. Helios-2A의 위성 형상도

### 3.7 Helios-2A

Helios-2A는 프랑스에서 개발한 정찰위성으로 680km의 태양동기궤도로 2004년에 발사되었다. 위성의 탑재체는 가시광선과 적외선 모두 관측할 수 있는 것으로 알려져 있다. 그림 8을 보면 프랑스의 SPOT-5와 유사한 것을 알 수 있는데 동일한 플랫폼을 사용한 것으로 알려져 있다. 무게는 약 4200kg으로 매우 큰 대형위성이며 지상 해상도가 수십cm인 고정밀관측위성이다. 이 위성 개발에는 EADS Astrium과 Thales Alenia가 참여하였고 적외선 검출기는 프랑스 Sofradir의 SATURN SW가 사용된 것으로 알려져 있다.

### 3.8 JWST

JWST(James Webb Space Telescope)는 차세대 우주망원경(Next Generation Space Telescope)로도 불리며 미국 NASA, 유럽의 ESA(European Space Agency)와 CSA(Canadian Space Agency)가 공동으로

개발 중인 초대형 우주망원경이다. 이 망원경은 기존의 허블 우주망원경을 대체하기 위한 것으로 적외선 영역을 주로 관측하는 망원경이다. 이는 우주 탄생의 시작인 빅뱅 직후의 은하와 별의 생성과정을 관측하기 위한 것이다. 또한 태양계의 행성의 물리적 및 화학적 특성을 관측하여 생명의 기원에 대한 연구를 하기 위한 것이다. 이를 위해 약 6.6m의 주경을 가지고 있으며 무게는 약 6,200kg이 될 것으로 예상되고 있다.

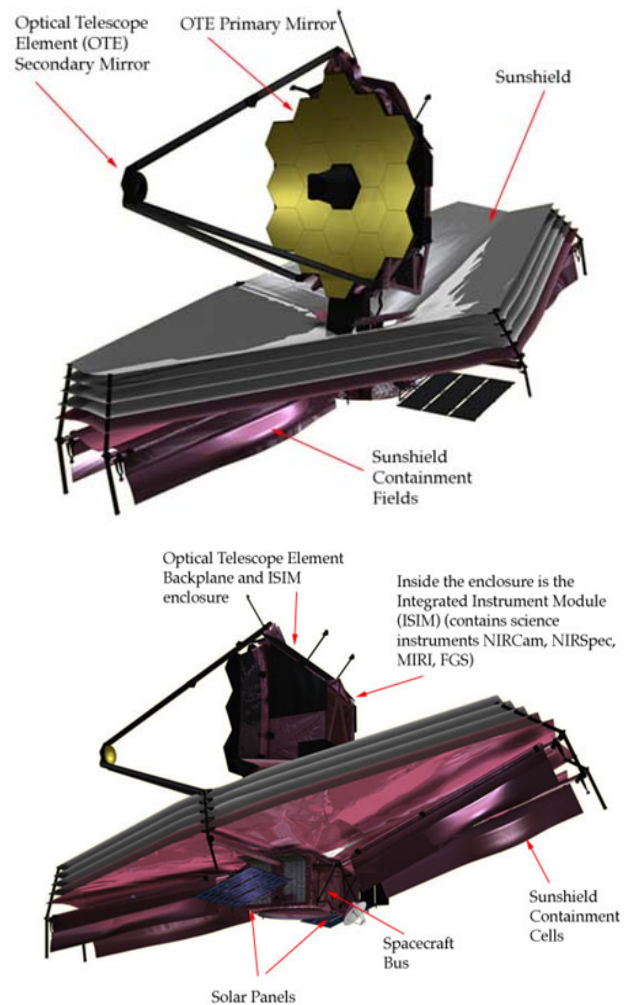


그림 14. JWST의 전면(상)과 후면(하)

JWST의 관측 파장은 0.6~27 $\mu$ m 사이에 위치하며, JWST는 영하 233도 이하의 극저온에서 태양, 지구로부터의 복사에너지를 배제시킨 상태에서 관측해야 한다. 따라서 JWST의 궤도는 지구로부터 약 150만 km 떨어진 태양-지구 간의 라그랑지 포인트 L2에 위치할 것이다.



## 4. 결 론

지금까지 적외선의 특성과 그에 따른 영상활용, 해외 적외선 관측위성의 개발현황을 소개하였다. 국내의 위성 중에서는 본격적인 적외선 탑재체를 보유한 위성은 현재까지 발사되지 않았다. 다만 통신해양기상위성, 다목적실용위성3A호 개발을 통해 적외선 탑재체가 장착된 위성을 발사할 예정이다. 또한 과학위성 3호에는 적외선 망원경을 탑재하여 우주관측을 시도할 예정이다. 적외선 관측은 기존의 가시광선 대역 관측이나 SAR 탑재체와는 다른 특징을 가지고 있으며 영상 활용도 측면에서도 다양한 수요를 만족시킬 수 있다는 장점이 있다. 특히 적외선 관측한 관측대상의 온도 차 정보와 고해상도의 가시광선 영상을 함께 이용하면 영상의 품질을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 해외의 개발 현황을 보면 민간에서 이용하는 위성은 많은 파장대역을 관측하는 반면 군사분야에서는 관측대상의 특성에 맞는 파장대역을 집중적으로 관측하는 경향을 보인다.

향후 국내에서 저궤도 지구관측위성에 탑재할 적외선 탑재체를 개발한다고 하면 관측대상이 무엇 인지를 명확히 하는 임무분석이 있어야 할 것으로 보인다. 또한 현재까지 국내에서는 MODIS와 같이 광 스펙트럼을 분광하여 다수의 파장대역을 관측하는 탑재체를 개발한 경험이 없으므로 이 분야에 대한 적극적인 개발 노력이 추가될 필요가 있다.

## 참고문헌

1. Chen, H. S., *Space Remote Sensing Systems : An Introduction*, Academic Press Inc., 1985, pp.9-49.
2. Jensen, J. R., *Introductory Digital Image Processing*, 1996.
3. Craig Underwood, "Low-Cost Satellite Infrared Imager Study", University of Surrey, 2004.
4. Kramer, H. J., *Observation of the Earth and Its Environment: Survey of Missions and Sensors*, 4th edition, Springer, 2002.