

정지궤도 기상위성 개발 현황 및 기술 동향

글 / 남 문 경 mgnam@kari.re.kr
한국항공우주연구원 통신해양기상위성사업단

기상자료의 포맷 규격화 및 자료 수신 장비의 표준화 등을 통하여 공조체제를 더욱 강화하고 있다.

1. 서론

한국항공우주연구원은 2008년 발사를 목표로 하여 정지궤도용 통신해양기상위성을 개발하고 있다. 본 위성은 임무 수행을 위하여 기상센서, 해양센서 및 통신탑재체가 탑재되는 전형적인 복합위성이다. 현재 개발하고자 하는 위성의 개념설계를 수행하여 해외 공동 개발 협력업체 선정을 위한 개발 제안요구서를 작성하는 시점에서 지금까지 전 세계적으로 운용되고 있는 정지궤도용 기상위성의 개발 현황 및 기술동향을 기술하고자 한다.

2. 세계의 정지궤도 기상위성 운영 현황

전 세계의 정지궤도 기상위성은 그림 1 과 같이 관측 망을 구성하고 있다. 위성 운용국가는 자국 및 인접국가 영역에 대한 기상관측뿐만 아니라 전 세계적으로 기상, 기후 재해에 대한 예방과 지구 환경 보존 차원에서 기상자료를 공유하며 운용협력 체제를 유지하고 있다.

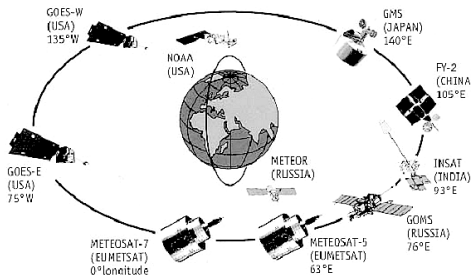


그림 1. 세계 정지궤도 기상위성 관측망

이를 위하여 1972년 위성 운용국간의 협의체인 CGMSG가 결성되었다. 한편 유엔의 WMO 산하에서는 위성 운용국가와 위성자료 활용국가가 총 망라된 정례회의가 운영되면서 기상자료 활용기법의 공유,

3. 정지궤도 기상위성 보유국 현황

3.1 미국

미국은 정지궤도 기상위성으로 아메리카 대륙의 동부 및 대서양 일부를 관측하는 GOES-East와 서부 및 태평양 일대를 관측하는 GOES-West 2기를 운영하고 있다. 현재 GOES-12호가 서경 75도(GOES-E), GOES-10호가 서경 135도(GOES-W) 적도 상공에서 작동하고 있으며 GOES-8호와 11호가 서경 105도 적도 상공에 대기모드로 배치되어 있다.

미국은 정지궤도용 및 극궤도용 기상관측 위성뿐만 아니라 이에 탑재되는 기상센서를 주도적으로 개발해오고 있으며 기상자료의 활용분야에서도 선도적인 역할을 하고 있다. 또한 향후 정지궤도용 및 극궤도용 기상위성의 통합 운용 시스템을 구축할 계획을 가지고 있다.

현재까지 GOES를 제외한 모든 정지궤도용 기상위성은 기상센서로서 영상기(Imager)만을 탑재하고 있지만 미국의 GOES 위성만이 유일하게 탑재기(Sounder)까지 탑재하여 활용 성능을 극대화시키고 있다.

3.2 유럽연합

유럽은 여러 국가가 콘소시움을 형성하여 자체적으로 기상관측 전용위성인 Meteosat 위성 시리즈 7기와 MSG 위성 시리즈를 개발하여 사용하고 있다. 1977년 Meteosat 1호가 발사된 이래 현재 Meteosat-7호는 동경 0도 적도 상공에서 유럽 및 아프리카대륙 상공의 기상관측을 수행하고 있으며 Meteosat-5호는 국제 기상관측 협력 프로그램의 일환으로 미국, 유럽 및 인도의 참여 하에 1998년부터 동경 63도 적도 상공에서 인

도양 영역의 기상 및 대기 관측업무를 담당하고 있다.

1986년 정부간 협정에 의해 설립된 유럽기상위성 기구(EUMETSAT)는 기존의 유럽우주기구(ESA)가 담당하였던 Meteosat 위성의 운영 및 자료 이용 등에 관련된 업무와 차세대 기상위성인 MSG 위성 시리즈의 개발, 운영 업무를 관장하고 있다. 현재 유럽 17개국이 가입되어 있으며, 본부는 독일의 Darmstadt 에 두고 있다.

유럽연합은 Meteosat 위성 시리즈의 후속으로 1990년대 중반부터 차세대 위성인 MSG 위성의 개발에 착수하여 2002년 MSG-1호를 발사 성공한 바 있으며 향후 10년 동안 3기를 더 발사, 운용될 예정이다. 유럽에서 사용되고 있는 모든 기상위성은 실린더형의 회전 안정화 방식 위성체를 채택하고 있다. 한편 Meteosat 위성 시리즈에는 3채널 영상기가 탑재되어 왔으나 2002년 발사된 MSG-1호 위성부터는 12채널의 영상기가 획기적으로 개발되어 탑재되었다.

3.3 일본

한국 기상청이 일기예보에 활용하고 있는 정지궤도 기상위성 GMS-5호는 최근까지 동경 140도 적도상공에서 지구를 바라보며 동남아시아, 호주, 서태평양 영역의 구름분포와 대기의 흐름 등을 관측하였다. 일본은 일찍이 1977년부터 기상전용 위성인 GMS 위성 시리즈를 미국으로부터 제작 구매하여 운영해 왔으나, 최근 GMS-5호의 기상 관측 수명이 종료되었음에도 불구하고 후속위성의 확보 계획에 차질이 발생하면서 2002년 6월부터 미국 NOAA로부터 GOES-9위성을 임대하여 동경 155도에서 기상관측을 수행토록 하며 GMS-5호는 기상자료 중계 용도로 사용하고 있다.

일본은 GMS 위성 시리즈의 후속으로 1999년 말 기상관측 및 항공기 통제를 위한 복합용도인 MTSAT-1 위성을 미국으로부터 제작 구매하여 자체 개발한 H-2 발사체로 발사하였으나 발사 자체에 실패하고 말았다. 그 이후 MTSAT-1R위성을 재 발주하였으나 제작상의 지연으로 2003년 초 발사 계획이 일년 정도 연기되어 있다. 한편 MTSAT-2 위성은 처음으로 일본 국내 위성제작 전문업체인 MELCO (Mitsubishi Electric Corporation)가 수주 받아 현재 개발 중에 있다.

3.4 인도

인도는 일찍부터 열악한 기상 정보통신망과 가뭄이나 홍수와 같은 극심한 자연재해에 대한 해결책으로 통신방송 및 기상관측 복합 용도의 정지궤도위성을 구상하게 되었다. 인도는 1980년대 초에 복합위성인 INSAT-1 시리즈 4기를 순차적으로 미국 업체로부터 제작 구매하였으나 이후 INSAT-2 시리즈 3기와 INSAT-3 시리즈 1기를 자체적으로 개발하여 현재 운용하고 있다. INSAT-2 및 INSAT-3 시리즈에는 3채널 영상기와 CCD 카메라가 자체적으로 개발되어 탑재되었다. 인도는 기상 자료의 활용에 있어서 인접 국가들과의 이해관계로 소극적이었으나 최근에는 미국과의 자료 공유 체제를 가동하고 있는 것으로 알려져 있다. 2002년 9월에는 소형 정지궤도 기상위성인 METSAT-1호가 발사된 바 있다.

3.5 중국

중국은 1994년 실험용으로 회전 안정화 방식의 정지궤도 기상위성 FY-2호를 자체적으로 개발하였으나 발사 준비과정에서 폭파되었던 경험이 있으며 FY-2A,B호는 1997년과 2000년에 각각 성공적으로 발사되었지만 부분적으로 고장이 발생하여 정상적인 운용에 제한을 받고 있는 것으로 알려졌다. 탑재된 영상기는 3채널로서 자체적으로 개발되었으며 향후 5채널로 확장될 예정이다.

3.6 러시아

러시아는 실험용으로 3축 자세제어 방식의 정지궤도 기상위성 GOMS을 자체적으로 개발하여 1994년 발사하였지만 부분적 고장이 발생하여 정상적인 운용에 제한을 받고 있는 것으로 알려졌다. 탑재된 영상기는 2채널로서 자체적으로 개발되었으며 향후 3채널로 확장될 예정이다. 러시아 GOMS 위성의 부분적인 작동과 중국 FY-2 위성의 발사 실패는 인도양 상공을 위성관측 공백지역으로 두게 되었으므로 전 지구 관측 측면에서 Meteosat-5호 위성이 동경 63도로 이동하게 된 계기가 되었다.

4. 정지궤도 기상위성 개발사

기상위성은 정지궤도용과 극궤도용으로 관측 센서의 발달과 함께 용도가 넓혀져 왔다. 미국의 기상위성은 NASA와 NOAA를 중심으로 기술이 개발되고 운영되면서 유럽 및 전 세계 기상위성의 개발 및

운용에 근간을 이루게 하였다.

1960년대 이전까지만 하더라도 필름을 장착한 카메라로 기상 영상을 찍는 수준이었다. 그러나 처음으로 필름을 소재로 쓰지 않는 Vidicon 카메라를 사용하여 구름을 찍을 수 있는 저궤도 위성 TIROS(Television Infrared Observation Satellite)가 1960년에 발사됨으로써 한번에 비교적 넓은 지역을 스캔할 수 있는 새로운 전기가 마련되었다. 이는 시리즈로 개발되면서 극궤도용 지구관측 및 기상관측 위성의 효시가 되었을 뿐만 아니라 정지궤도 기상위성인 GOES 위성의 태동을 가능하게 하였다.

이후 영상기술의 발달로 영상기가 등장하여 향상된 분해능으로 가시광선 영역(Visible Spectrum) 뿐만 아니라 열적외선 영역(InfraRed Spectrum)까지 영상을 찍을 수 있게 됨으로써 구름, 공기 온도, 바람 패턴에 관한 정보까지도 획득할 수 있게 되어 기상위성의 효용이 배가되기 시작하였다. 이러한 기술의 발달로 오늘날 극궤도 기상위성으로는 NOAA 시리즈가 지속적으로 개발, 운용되고 있다.

극궤도 위성에서는 운용 고도가 낮기 때문에 동일 분해능을 가진 관측 센서를 사용하더라도 지표면에서 1km 정도의 고해상도까지 구현이 가능하지만 궤도 특성상 일정한 지역을 지속적으로 관찰할 수 없는 한계가 있다. 이에 대한 상호 보완적 관계로 일정 지역의 상시 관측이 가능한 정지궤도 기상위성의 개발 기술이 정지궤도 우주환경에서도 고분해 성능이 발휘될 수 있는 기상 관측 센서의 개발과 더불어 발전되어 오고 있다.

미국의 정지궤도 기상위성은 1966년부터 NASA에 의하여 실험위성 ATS 및 SMS 시리즈가 개발 운영되다가 1970년대 중반 GOES(Geostationary Operational Environmental Satellite) 시리즈로 발전하여 GOES 4-7호의 1세대와 GOES 8-12호의 2세대의 개발,운용을 거쳐 현재는 GOES N-Q 시리즈에 대한 설계, 제작에 이르렀으며 차세대 기상위성 시리즈인 GOES-R 시리즈가 대폭적인 기술혁신을 전제로 개발 중이다.

미국 GOES 위성 시리즈의 개발 과정으로부터 파생되어 다른 나라에서도 정지궤도 기상위성을 자력으로 개발하여 운용하기에 이르렀으며 총체적인 정지궤도 기상위성의 발전 흐름은 그림 2 에서 보는 바와 같다.

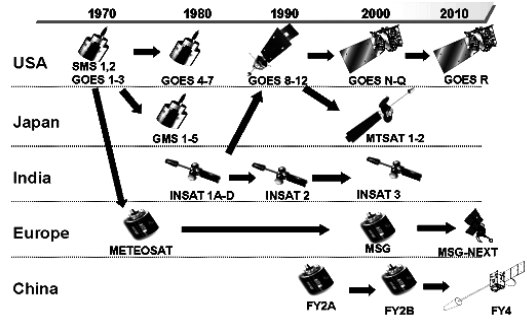


그림 2 기상위성 발전사

초기 기상위성은 실린더형의 회전 안정화방식 위성체 자체가 일정한 속도로 회전함에 따라 이에 부착된 영상기의 거울이 남북 방향으로만 이동하면서 전지구를 스캔하는 기술적으로 비교적 간단한 방식을 취하였다. 그러나 1980년대 초반 통신 방송 및 기상 관측을 위한 복합위성인 Insat-1 시리즈 위성 개발 사업을 통하여 충분한 전력 확보와 위성체 공간 활용이 용이한 박스형의 3축 자세 제어 방식의 위성체가 개발되었다. 한편 보다 풍부한 기상 관측 정보를 확보하기 위하여 대기 상태의 수직 성분 측정이 가능한 탐측기(Sounder)의 개발 필요성이 제기되어 현재로는 GOES 위성만이 장착하고 있지만 이의 기능이 입증되고 성능이 월등히 향상되면 필연적으로 모든 기상위성이 탑재할 것이며 영상기와 탐측기를 독립적이며 동시에 작동시키기 위해서도 위성체는 박스형의 3축 제어 안정화 방식을 채택할 것이다.

정지궤도용 기상위성은 관측 센서의 열적외선 채널 탐지 소자(Detector)가 안정된 성능을 발휘할 수 있도록 하기 위하여 센서 자체를 위성체의 냉각 공간에 위치시켜야 하며 이런 제한 때문에 위성체의 북쪽 패널에는 태양 전지판을 설치하지 못하는 특징이 있다. 미국 GOES 위성의 경우에는 영상기나 탐측기와 같은 기상 관측용 센서뿐만 아니라 여러 개의 우주 관측용 센서를 탑재하였지만 소요되는 전력은 한 쪽의 태양 전지판으로 충분하였다. 그 이후 인도 Insat 위성이나 일본 MTSAT 위성의 경우 기상 관측이외에 통신이나 항공관제와 같은 기능이 추가됨으로써 비교적 대용량의 전력이 요구되었지만 전력 생성시스템의 개선 및 고효율 태양전지의 개발로써 한쪽 면의 태양전지판을 사용해야만 하는 제한점을 극복하며 복합위성의 운용을 가능하

게 하였다. 최근 브라질에서도 MTSAT과 같은 용도의 기상관측 및 항공관제용의 복합위성을 수주하고자 한다.

한편 최근에는 우주 공간에서의 능동 냉각(Active Cooling) 기법이 개발되어 구현될 전망이다. 관측 센서모듈 내부에서 능동냉각 기법으로 탐지 소자의 온도를 자체적으로 제어할 수 방법이 제안됨으로써 센서의 탑재 위치에 대한 제약이 해소되고 위성체에 태양전지판을 양쪽으로 부착할 수 있게 되어 대용량의 전력 발생이 가능해 질 것이다. 기존의 정지궤도 통신방송 위성이 전형적으로 위성체의 양방향으로 태양전지판을 보유하고 있으므로 궁극적으로는 이들 위성에 기상 관측 센서를 위치에 구애받지 않으며 추가로 탑재함으로써 자연적으로 통신방송 및 기상 관측용 복합위성이 출현하게 될 것이다. 참고적으로 2004년 발사 예정인 일본의 MTSAT-1R 위성에 탑재될 영상기에는 능동냉각기(Active cooler)가 정지궤도용으로 처음 개발되어 장착되어 있다. 하지만 보완책으로 기존의 수동 방열시스템이 설계되어 있을 뿐만 아니라 태양전지판은 여전히 위성체의 한쪽 패널에만 설치되어 있다. 또한 미국에서 2012년 이후 발사 계획으로 현재 개발 중인 차세대 기상위성인 GOES-R 시리즈 위성에 능동 냉각기가 내장된 기상 관측 센서의 설치 여부가 주목된다.

한편 태양풍이 한쪽면의 태양전지판에만 작동함으로써 위성체에 야기되는 토크의 불균형을 해소하기 위하여 태양전지판 반대편에는 Solar sail boom이 설치되어 있으며 그럼에도 불구하고 발생하는 토크의 잔여 불균형에 대하여 미세 조종할 수 있는 Trim tab이 태양전지판 끝단에 부착되어 있는 형태가 또한 기상위성의 진형이라고 할 수 있다. 그러나 solar sail boom 조차도 기상 관측 센서의 방열시스템에 무시하지 못할 정도의 방해 요소가 된다고 검증되어 2004년 발사예정도로 개발되고 있는 GOES-N호부터는 Solar Sail Boom과 Trim Tab을 장착하지 않고도 태양풍에 의한 토크 불균형을 위성체 자체의 자세제어용 하드웨어 및 소프트웨어로 제어할 수 있도록 설계되었다. 그림3은 GOES 8-12호의 개략도로써 태양전지판 끝단에 Trim tab이 보이며 그 반대편에 Solar sail boom이 보인다. 영상기와 탐측기는 이들의 방열판이 Solar sail boom쪽으로 방향을 잡도록 설치되어 있다.

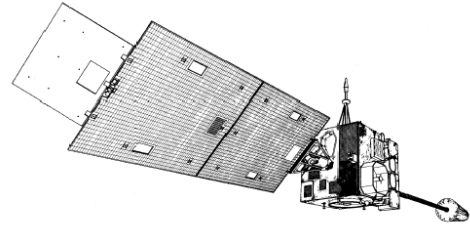


그림 3. GOES-2세대 기상위성 전개형상

그림 4에서는 이상에서 언급한 기상위성의 기술 변천 추세를 기상위성의 스케치와 함께 정리하였다.

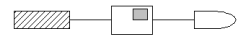
*** Spin 형 위성체**

- Spin 형 위성체에 Imager 고정 부착
- 위성체 회전 => 지구스캔 => 짧은 관측시간
- 간단, 효율적
- Sounder 부착불가
- 전력생성량 제한



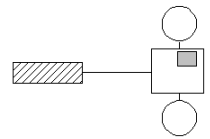
*** 3축 안정화형 위성체 w/1 solar panel & solar sail**

- Imager & Sounder 독립 운용가능
- 기상센서위치 제한
- 비교적 대용량 전력생성 가능
- 위성체의 공간활용가능 => 복합용도 가능



*** 3축 안정화형 위성체 w/1 solar panel**

- Solar sail 없이 태양풍 밸런스 가능한 자세제어 구현



*** 3축 안정화형 위성체 w/2 solar panel**

- 능동 냉각기의 개발 => 센서모듈내의 자체적 방열시스템 구현
- => 센서의 자유로운 공간배치 가능
- => 전력대용량 통신위성에 기상센서 추가 탑재 개념 구현
- => 복합위성의 진형

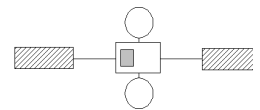


그림 4. 정지궤도 기상위성 기술 변천 추세

5. GOES 기상위성 개발 기술 현황

미국의 GOES 프로그램으로 불리는 정지궤도 기상위성은 SMS-1, 2호 이후 지금까지 시리즈로 개발되면서 2001년 7월 GOES-12호를 발사하기에 이르렀다. 개발체계로는 NASA가 NOAA(기상청 포함)로부터 사용자 요구사항을 받아서 제작회사에게 위성체 제작 및 발사운역을 맡주고 감리를 수행한 후 정지궤도상에서 사용자인 NOAA에게 인도한다. 관측 센서는 센서 제작회사와 별도 계약을 맺어 납품받아 위성체 제작사에 공급하고 있다. 표 1에서는 GOES위성의 개발 현황을 보여주고 있다.

표 1. GOES 기상위성 개발현황

구분		발사 년도	위성체	관측장비
GOES 1세대	GOES 1-3	1975/ 1977/ 1978	실린더형 회전 안정화 방식	VISSR
	GOES 4-7	1980/ 1981/ 1983/ 1987		VISSR/ Sounder (일체형)
GOES 2세대	GOES 8-12	1994 1995 1997 2000 2001	박스형 3축 안정화 방식	Imager/ Sounder (분리형)
GOES 후속세대	GOES-N,O	2004/05 예정		
	GOES-P,Q	2007/10 예정		
GOES 3세대	GOES-R	2012이후		ABI/ABS (분리형)

GOES 1세대에서는 처음에는 영상기만을 탑재하였지만 GOES-4호에서부터는 정지궤도에서 대기층의 수직방향 온도 및 수분을 측정할 수 있는 탐측기를 탑재하여 3차원 공간적인 구름층의 고도 및 온도를 측정하여 기상 예측의 정확성을 높일 수 있는 가능성을 시도하였다. 또한 구름의 영상자료로 구름의 이동, 바람의 방향 및 속도를 측정할 수 있게 되었다. 그러나 이 때까지도 위성체 자체는 실린더형으로 영상기와 탐측기가 일체형으로 하나의 유닛속에서 작동되고 있었다. GOES-7호에는 선박이나 비행기의 조난시 구조 시스템의 중계 역할을 할

수 있는 기능이 추가되었다.

미국 기상위성의 두 번째 시리즈인 GOES 8-12호는 위성체 및 기상센서의 기술 혁신으로 활용 면에서 큰 발전을 이루게 된다. 탐측기의 기능이 보장되면서 영상기와 탐측기를 독립적으로 운용할 필요성이 대두되어 각각의 센서에 자체적인 스캔용 거울 구동시스템을 개발, 설치하고 이에 따라 위성체도 실린더 형에서 3축 자세안정화 방식의 박스형태를 채택하게 되었다. 그 당시 위성 제작회사인 SS/L은 인도로부터 3축 자세 안정화 방식의 정지궤도 통신방송 및 기상관측을 위한 복합위성을 수주하여 제작하였던 경험이 있었지만 GOES 위성체는 인도의 Insat 위성체와는 달리 두개의 관측 센서가 독립적이고 동시에 작동하면서 요구되는 성능을 발휘할 수 있도록 소위 정밀 영상위치 시스템(Image Navigation and Registration)을 지원하여야 하며 관측센서 자체도 정지궤도 우주환경에 적합하도록 개발되어야 하였으므로 엄청난 어려움을 겪었다. 결국 미국 NOAA는 GOES-8호 확보 계획에 차질이 생기면서 급기야는 작동 수명이 종료된 GOES-7호를 대체하기 위하여 유럽의 Meteosat-3호를 미국 상공으로 임대하여 기상 서비스를 유지하는 지경에 이를 정도로 예상하지 못하였던 엄청난 기술적인 어려움을 겪으면서 예산과 시간을 투자하였다.

또한 GOES-8호에는 지상이나 해상에 설치되어 있는 강수량, 조류 계측기 등의 장비로부터 정보를 받아 관련 활용기관으로 전송하는 자료수집 기능이 추가되었다.

GOES-9호는 1995년 발사되어 서경 135도에서 운용 중 1998년 여름 모멘텀 휠의 원활유누수 현상이 감지되어 1997년 발사되어 서경 105도에서 보관 중이던 GOES-10호로 긴급 대체되었다. GOES-9호는 현재 일본 기상청에서 임대하여 GMS-5위성의 관측임무를 대행하고 있다.

GOES-10호는 발사 후 초기 단계에서 태양전지판이 정상 방향으로 회전하지 않는 중대한 결함이 발생하였다. 지상관제를 통하여 위성체를 180도 회전시킨 후 태양전지판을 역방향으로 회전시켜 정상적인 전력 생성이 가능토록 하여 현재 운용중이다. 이에 따라 영상기나 탐측기로부터의 영상자료 정보를 최종 사용자가 정상적으로 활용할 수 있도

록 지상시스템의 자료처리 소프트웨어와 위성체의 관련 소프트웨어에 세밀한 수정이 있었다. 이러한 과정을 통하여 위성 운영을 위한 지상 시스템이 상당히 보장되었다.

5.1 GOES 기상위성 최우선순위 요구사항

미국 NOAA와 기상청은 GOES 2세대 위성을 운용하면서 인식하게 된 결점으로부터 2010년에서 2025년까지 운용할 차세대 정지궤도 기상위성의 개발에 대하여 아래와 같은 최우선 순위의 요구사항을 제시하면서 운용요구문서(Operational Requirement Document : ORD)를 발표하였다. 대표적인 요구 사항은 표 2와 같다.

○ 춘, 추분 식기간 및 전후에도 작동할 수 있을 것. 기존의 GOES 위성은 식기간 및 식기간 전후 3-4시간은 지구를 관측하지 못하므로 약천후 기상과 겹칠 경우에는 긴급한 자료의 확보에 막대한 지장을 초래한다.

○ 영상기(Imager) 정보의 시간 분해능을 높일 것. 전 지구를 15분 이내에, 그리고 북미대륙을 매 5분마다 관측 가능하게 하고, 또한 약기상 예상시 1000 × 1000km 이상의 지역을 매 30초마다 관측할 수 있도록 하여 종관 규모의 변화를 모니터링 함으로써 전지구 예측 수치모델과 특정 지역 예측 수치 모델의 성능을 향상시킬 수 있다. 또한 급격히 변하는 Mesoscale 규모의 변화를 모니터링 함으로써 기상 레이더가 커버하지 못하는 지역에서도 경보시간을 단축시킬 수 있다.

○ 영상기 정보의 공간 분해능을 높일 것. 가시광선 채널에 대하여는 0.5km, 적외선 채널에 대하여는 2 km의 분해능을 보유할 것. 지상의 기상 레이더로 탐지되지 않는 지역에서도 약천후에 대한 조기에보가 가능해 진다.

○ 탐측기(Sounder)의 관측 범위를 넓힐 것. 한 시간 이내에 최소한 12000 × 12000km 범위를 관측할 수 있는 성능을 보유함으로써 매 시간 미 대륙 및 주변 해양에 대하여 구름으로부터 생성되는 부가물들을 산출해 낼 수 있다.

○ 천둥이나 태풍과 같은 약기상에 대하여 제한된 시간내에 국지적 영상을 제공할 수 있을 것. 짧은 기간동안 수분마다 수집하는 국지적인 영상은

빠르게 형성되는 폭풍 등을 모니터하며 이의 방향이나 강도를 예측하는데 도움을 준다. 현재의 GOES 영상기 운영 방식은 미 대륙권내에서 발생하는 폭풍 형성 등에 대비하기 위한 신속하게 갱신된 영상과 통상적인 일기 예보를 위한 북반구에 대한 자료를 동시에 제공할 수 없다. 따라서 중규모의 격심한 폭풍 형성과 북반구 기상 패턴의 Synoptic Views사이의 상충되는 요구를 해결하기가 어렵다. 따라서 현재보다 획기적으로 다양한 정보를 수집할 수 있는 영상기의 스캔 방식이 요구된다.

○ 관측 지향도를 높일 것. 특히 영상기의 경우 지표면 위치와 기상영상이 정확히 매핑 되기 위해서는 관측 지향도가 상당히 중요하지만 GOES 2세대 위성에서는 정확도가 만족스럽지 못하여 지상국에서 오퍼레이터가 오차를 수정하기 위한 추가적 작업을 주기적으로 수행하고 있는 실정이다.

5.2 GOES 기상위성 기술적 지원사항

기상위성의 운용측면에서의 요구사항 이외에도 위성체와 관측 센서의 개발에서 기술적으로 지원해 주어야 할 사안으로 다음과 같은 요소를 들 수 있다.

○ 영상기의 빠른 스캔 속도로 수집되는 방대한 정보량을 지상국으로 최대한 빨리 보내기 위해서 On-board Data Processing 및 Screening의 최신 기술이 적용되어야 한다.

○ 가급적 지상의 지원 기능 없이도 궤도상에서 궤도결정 및 위치유지를 처리할 수 있는 Autonomy 기법이 적용되어야 할 것이다.

○ Battery Power Management 시스템이 개선되어 식기간에도 위성운용에 상당한 제한이 없어야 한다.

○ 관측 센서의 기술도 상당히 발전하여 고해상도의 자료를 신속하게 수집할 수 있는 기능이 구현되어야 할 것이다. 이는 Focal Plane Array 기술의 적용으로 가능해질 것이며 이를 위해서 탐지 소자(detector)에 대한 능동 냉각 기술이 전 수명동안 신뢰할 수 있음이 완전히 입증되어야 한다.

○ 종래의 Filter Wheel 타입에서 Spectrum Interferometer 형 탐측기의 개발로 수백 채널에서 수천 채널의 사용이 가능토록 하여 탐측기 데이터의 활용 가치를 높여야 할 것이다.

표 2. 미국 기상청의 GOES 운용 요구사항 일람표

NWS GOES Requirements		Current	Threshold	Goal
Operate sensors through eclipse and keep-out-zones		No	Yes	Yes
Resolve climatic, synoptic, and mesoscale imaging conflict		No	Yes	Yes
Improve temporal and spatial resolution of imager	spatial	vis 1 km	0.5 km	0.2 km
	IR	4 km	2 km	0.5 km
	temporal	Full disk every 3 hours CONUS every 15 minutes	Full disk every 15 minutes CONUS every 5 minutes	Full disk every 15 minutes CONUS every 1 minutes
Improve spatial coverage of sounder		3000×3000 km per hour	12000×12000 km per hour	Full disk per hour
Number of imager channels		5	8	19
Navigation - daytime		6 km	0.5 km	0.2 km
Backup		2 weeks, if stored on orbit Otherwise 6-9 months	2 hours - imagery 2 days - products	As seamless as possible
Sounder observational accuracy	temperature	2 °K per 3-5 km	1 °K per 1 km	0.5 °K per 1km
	humidity	±20 %	±10 %	±5 %
Improve sounder resolution		10 km	10 km	2 km
Recover time after maneuvers		2-3 hours	1 hours	5 minutes
Growth (power & weight)		None	5 %	25 %

이와 같은 요구사항에 부합하기 위하여 NOAA는 제 3세대 격인 GOES-R 시리즈의 개발을 계획하며 우선적으로 2000년 3월과 2001년 1월 각각 Advanced Baseline Imager (ABI)와 Advanced Baseline Sounder (ABS)의 기술 개발 요구사항 (Technical Requirement Document: TRD)을 문서로서 제시하였다. ABI는 현재 Ball Aerospace, ITT와 Raytheon에서 개념설계가 진행 중에 있으며 표3에서 보는바와 같이 기존 영상기의 5채널에 비하여 최대 19 채널까지 요구되고 있다.

NOAA는 기존의 탐측기 활용 경험을 바탕으로 온도와 습도의 정확한 연직분포, 구름 최고 고도의 정확한 산출, 기후 변화에 영향을 주는 유동가스의 집중과 분포의 감시, 해수면 온도의 보다

정확한 산출 등을 위하여 열적외선 밴드의 거의 전 구간에 걸친 정확한 관측이 필요하다고 판단하였다. 이에 기술적으로는 다채널에서의 영상자료를 수집하기 위한 Micheson Interferometer와 지상에서 온도 및 습도 수직 분포를 유출해 내는 복원 시스템(Retrieval system)이 적용되는 ABS의 개발을 요구하게 되었다. 표4에서는 기존의 탐측기 성능과 ABS의 요구수준을 비교하였다. 그러나 ABS의 개발에는 열적외선 밴드에서 사용되는 탐지 소자의 성능 보장을 위한 냉각시스템이 확보되어야 할 뿐만 아니라 방대한 센서 자료의 전송 및 가공된 자료의 재분배 방식 등이 기존의 위성체 및 지상시스템과 유기적으로 연관되어 있으므로 차세대 고성능 기상 관측 장비인 GIFTS (Geostationary Imaging Fourier Transform Spectrometer) 개발 프로그램으로부터 일부 기술을 적용할 것인지 다른 방법을 동원할 것인지 개발 방향의 결정을 보류하고 있는 실정이다.

표 3. GOES I 시리즈 Imager와 ABI 요구성능 비교

성능	현존 Imager	ABI
채널수	5개	8~19개
해상도	Vis	1 km
	IR	4 km
전구 관측시간	30분	15분
정확도	Vis	3% at 100%albedo
	IR	less than 1 °K
위치유지능력	less than 4 km	less than 1 km

표 4. GOES I 시리즈 Sounder와 ABS 요구성능 비교

성능	현존 Sounder	ABS
채널수	19개 (filter wheel 형)	~1400개(interferometer 형)
수직 해상도	3~5 Km	1 Km
수평 해상도	30 Km	10 Km
온도 측정 정확도	20 % 1°K	10 % 1°K
상대습도 정확도	20%	10%
전구관측시간	16 시간	1 시간
위치유지능력	less than 10 km	less than 2.5 km

5.3 고성능 관측 장비 GIFTS 개발

미국 NASA에서는 21세기 New Millenium Project의 일환으로 산학연 합동으로 GIFTS개발 프로그램을 수행 중에 있으며 2006년 발사 목표

로 현재 상세설계 검토회의(CDR)를 마친 상태이다. GIFTS는 정지궤도에서 대기관측에 사용하고 자 하는 Interferometer 형 Spectrometer로서 전지구를 18분, 미국 대륙을 4분, 1500 × 1500 km 영역을 30초 만에 관측할 수 있는 고성능을 보유하고 있는 획기적인 기상 관측 장비이다. 표 5는 유사 관측 장비와의 성능비교를 보이고 있다. GIFTS 개발 프로그램에는 부수적으로 수반되는 고속 자료처리 기법, 자료 압축기법, 자동 위치유지 기법, 고성능 능동 냉각기법 등과 같은 기술 요소의 개발도 포함되어 있다. 또한 GIFTS로부터 방대한 자료를 지상으로 전송하기 위해서는 55 Mbps의 속도가 요구되므로 기존의 S밴드 주파수 대역을 사용하기가 불가능하므로 X 밴드를 사용할 계획이다. 지상에서는 스펙트럼을 통하여 획득된 원시자료로부터 3차원 공간상의 온도, 습도, 바람 등 기상자료를 도출할 수 있는 복원 시스템이 개발되어야 한다. 이에 따라 기존의 GOES 기상위성 시스템과는 상당히 차별화된 자료 전송체계와 지상 자료처리 시스템이 구축되어야 한다.

표 5. GOES Sounder 성능 비교

성능	현존 Sounder	ABS	GIFTS
채널수	19	1452	1724
detector 수	4	256	16384
수평해상도	30km	10km	4km
관측시간 (북미대륙)	~ 42분	~ 20분	~ 7분
전송속도	원시자료 40kbps 가공자료 2.1 Mbps	10 Mbps	55 Mbps
성능지수	1	4	66

NASA는 2006년 발사하여 미국 대륙상공에서 1년간 시험 평가를 수행한 이후 5~7년 동안 인도양 상공에서 기상 관측 임무를 수행할 계획이다. 현재의 GIFTS 개발 프로그램은 향후 GIFTS를 탑재한 기상 관측 위성을 실용화하기 위하여 기상 관측 신기술과 더불어 위성시스템 및 지상시스템의 총체적 개발 1단계로 개발개념의 구현 및 검증을 목표로 하고 있다. 이에선 최신 관측기술이 원활히 작용되기 위하여 필수적으로 개발 적용된 부속 기술의 검증도 포함된다. 이 중에는 특히 기상자료의 신속한 On-board 자료처리 기법과 자료 압축을 위한 소프

트웨어 로직 및 하드웨어의 검증과 운영시스템 (Operation System) 검증을 하게 된다. NASA는 GIFTS 개발 프로그램이 성공하게 되면 차세대 위성 시리즈인 GOES-R에 GIFTS나 GIFTS개발 기술이 적용된 ABS를 탑재할 구상을 가지고 있다.

5.4 기상 관측 자료 송수신 체계 보강

기상 관측 센서로부터 관측 데이터를 받아서 지상에서 가공, 처리한 이후 위성을 통하여 사용자에게 재분배되는 과정은 거의 실시간으로 운용되어야 한다. 기상자료 사용자의 요구사항이 고도화됨에 따라 센서 채널수의 증가, 분해능의 향상, 관측주기의 단축 등으로 인하여 자료 수집량이 극도로 증가하게 되므로 이의 실시간 처리를 위해서는 상당히 빠른 데이터의 전송속도가 요구된다. 그림5에서는 개발년도 별 기상위성의 자료 전송 속도의 증가 추세를 보여주고 있다.

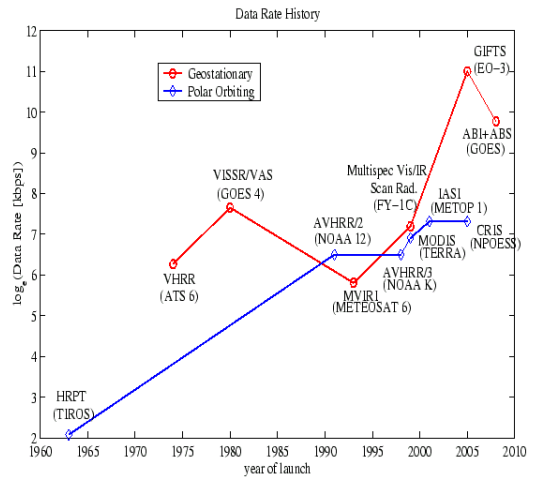


그림 5. 기상위성의 영상자료 전송 속도 증가 추이

정지궤도 기상위성의 자료 전송체계에는 안전성이 보장되어야 함으로 센서데이터 및 가공된 데이터의 지상송신은 거의 강우 감쇠효과가 없는 낮은 주파수 대역인 L 대역, 즉 1670 ~ 1698 MHz 주파수 대역을 사용하며 가공된 데이터를 위성을 보내기 위해서는 S대역, 즉 2025 ~ 2035 MHz 주파수 대역을 사용하도록 국제적으로 규정되어 있다. 그러나 일반적으로 할당된 전 주파수 대역폭을 사용할 수 없으므로 한정된 주파수 대역폭 내에서 최대한의 전송속도를 구현할 수 있는 방법이 구현되어

야 한다. 이를 위해서는 주파수 변조방식이나 편파 방식뿐만 아니라 자료의 송수신 끝단이 되는 위성체, 지상국, 자료 활용국 각각의 안테나 및 송수신 장비에 미치는 영향까지도 고려하여야 한다. 만약 한정된 주파수 대역폭에서 최대의 전송속도를 구사하기가 어려울 경우에는 데이터를 송신하기 전에 데이터 압축기법을 사용하여 전송속도를 낮출 수 있는 방법을 모색하든지 불가피한 경우 원론적으로 과도한 데이터양의 근본 원인이 되는 관측 센서의 성능 요구조건을 완화하여야만 한다.

GOES I-M위성의 경우 영상기 관측 데이터와 탐측기 관측데이터를 1670 ~ 1698 MHz대역에서 5.8 MHz 대역폭을 사용하여 각각 2.934 Mbps와 0.7 Mbps의 속도로 지상국으로 전송하고 있다. 또한 지상으로부터 받은 가공된 데이터는 4.8 MHz 밴드폭 내에서 2.374Mbps의 속도로 사용자에게 중계하고 있다. 그러나 NOAA는 GOES-R의 경우 ABI, ABS와 같은 고성능 관측 센서로부터 방대한 자료를 송수신하여야 하므로 기존의 L, S밴드 주파수 대역을 사용하는 것이 불가능하다고 판단하고 있다. NOAA는 ABI 관측 데이터와 ABS 관측 데이터를 각각 24 Mbps, 64 Mbps로 지상국으로 전송하며 지상에서 가공된 ABI데이터는 8 Mbps로, ABS데이터는 64 Mbps 혹은 1/4로 압축하여 16 Mbps로 사용자에게 전송하는 안을 상정하여 2001년 7월 자국내 주파수 관리국에 표6과 같은 내용으로 주파수 사용 신청을 하였다. 표 6에서 보는 바와 같이 X밴드를 사용하여 위성과 지상국간의 송수신을 수행하며 가공된 ABS 데이터는 위성에서 압축하여 L밴드로 이용자에게 송신하고자 하는 안을 1안으로 채택하고 있다. 이는 GOES위성 자료의 이용자로 하여금 기존의 수신 장비 시스템을 최대한 활용하도록 하고자 하는 배려인 셈이다.

현재 개발되고 있는 GIFTS의 경우 엄청난 자료의 양으로 기존의 S 밴드폭을 유지할 수 없으므로 위성 자체에서 관측데이터를 우선적으로 압축한 이후에 X 밴드에서 55 Mbps의 속도로 전송하고자 설계하고 있다. 더 나아가서 NASA에서는 그림 6에서 보는바와 같이 Ku 밴드에서 120 Mbps의 속도로 센서데이터를 지상으로 전송하고 지상에서 가공된 데이터는 대부분 지상망을 활용하고 일부 데이터만을 상업위성을 통하여 중계하는 방식에 대하여 연구하고 있다.

표 6. GOES-R 주파수 신청 내역

대역명	용도	주파수 대역	주파수 대역폭	변조방식	전송속도
X	센서데이터 지상으로 송신(1안)	8215 - 8400 MHz	64.8 MHz	OQPSK	90 Mbps
Ku	센서데이터 지상으로 송신(2안)	18.1 - 18.3 GHz	64.8 MHz	OQPSK	90 Mbps
X	가공데이터 위성으로 송신(1안)	8175 - 8215 MHz	40 MHz	8-PSK	83.3 Mbps
S	가공데이터 위성으로 송신(2안)	2025 - 2110 MHz	30 MHz	16-QAM	83.3 Mbps
L	가공데이터 지상으로 송신(1안)	1683 - 1698 MHz	15 MHz	16-QAM	41.7 Mbps
L	가공데이터 지상으로 송신(2안)	1683 - 1704 MHz	21 MHz	8-PSK	43.7 Mbps
X	가공데이터 지상으로 송신(2안)	7450 - 7550 MHz	40 MHz	8-PSK	83.3 Mbps

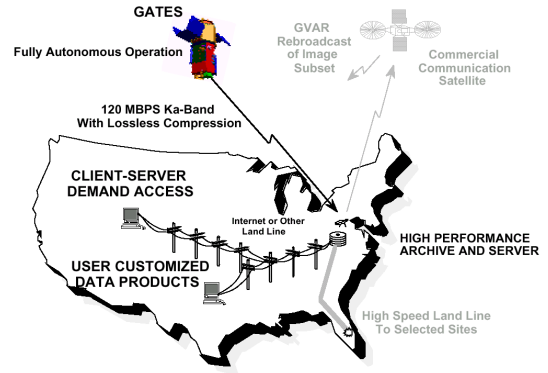


그림 6. 차세대 기상시험위성 GATE의 자료전송 및 재분배 시스템

5.5 GOES-N 시리즈 개발

미국 NOAA 및 NASA는 차세대적인 GOES-R 시리즈를 개발함에 있어서 GOES 2세대인 GOES-8호의 무리한 개발 경험을 바탕으로 하여 보다 철저한 준비과정을 거치기로 결정하였다. GOES-R 시리즈가 개발 완료할 때까지는 현재의 위성체와 관측 센서의 성능을 부분적으로 개선하여 GOES-N, O, P, Q를 발사하기로 하고 현재 Boeing이 GOES-N, O를 제작중이다. 그러나 GOES 2세대 위성들의 궤도

상 수명, ABI, ABS 의 개발 계획, GOES-N,O,P의 발사 성공여부 등과 연동하여 GOES-Q의 제작 여부는 유동적이다. 그림 7과 그림 8은 능동 냉각기의 탑재 여부에 따른 GOES-R 위성의 개념도를 보여주고 있다.

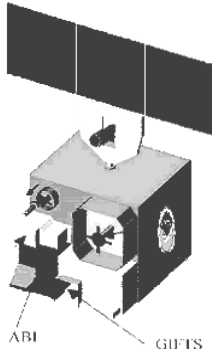


그림 7. GOES-R 개략도(능동 냉각기 미탑재 경우)

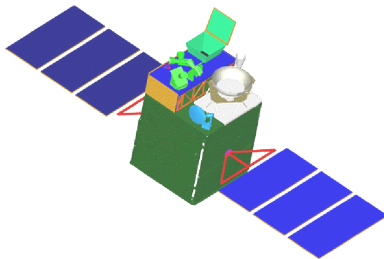


그림 8. GOES-R 개략도(능동 냉각기탑재 경우)

현실적으로 2004년에 발사될 GOES 2세대의 후속 위성인 GOES-N, O 의 특성을 보면 2001년에 발사되었던 GOES-12를 포함한 GOES 2세대위성에 비하여 다음과 같이 월등히 개량된 면을 볼 수 있다.

○위성체에 의한 외란에 대하여 센서의 Mirror 운동을 자동적으로 보상함으로써 보다 안정된 기상 자료를 획득할 수 있다

○위성체가 Solar Sail 없이 동적 균형을 유지할 수 있도록 하여 센서의 냉각판에 대한 열적 영향을 제거하여 센서의 성능을 높였다.

○태양전지판과 배터리의 전력량을 높여 식기간에도 센서를 작동할 수 있도록 하여 태풍과 같은 비상시에도 영상자료 손실을 방지할 수 있다.

○탑재 컴퓨터에 의한 향상된 자동 처리기법으로 지상에서의 업무가 상당히 줄어들었다.

○ 6개월마다 위성체의 방향을 조정하여 센서 방열판에 대한 태양광선의 침투를 방지함으로써 센서의 성능을 향상시켰다.

○ 센서류 특히 광학장비는 온도의 변화에 민감하므로 가급적 위성본체와 단열되어야 한다. 센서류를 Optical Bench 위에 설치하도록 설계하여 보다 엄격한 열제어 수단이 강구되었다.

○ 정밀 영상 고정시스템의 성능을 개량하기 위하여 Star Tracker가 설치되었다.

6 정지궤도 기상위성 개발 업체 현황

6.1 위성체(spacecraft) 제작업체

6.1.1 Space Systems/Loral (SS/L; 미국)

SS/L은 전신인 Ford Aerospace에서 1970년대 중반 실용급 정지궤도 기상위성을 처음으로 개발한 이래 1990년대 기상위성의 전형이 된 3축 자세방식의 GOES위성 시리즈의 개발을 비롯하여 총 13기를 제작한 경력이 있으며 현재는 2004년 발사 예정인 일본 MTSAT-1R 위성을 제작 중에 있다. 특히 SS/L은 INSAT-1 위성 시리즈 개발 사업을 통하여 3축자세 안정화 방식의 위성체를 기상위성용으로 처음 도입하였고 통신방송기상위성과 같은 복합기능의 위성체를 처음으로 개발하는 등으로 기상위성 개발 기술을 주도해 오고 있다. SS/L이 제작, 납품한 정지궤도 기상위성은 표7 과 같다.

표 7. SS/L 정지궤도기상위성 및 통신방송기상위성 제작실적

위성명	발사시기	발주처	특징
GOES 1,2,3	1975/ 1977/ 1978	미국 NOAA	최초의 실용급 정지궤도 기상위성 회전 안정화 방식 기상위성
INSAT 1A,1B, 1C,1D	1982/ 1983/ 1988/ 1990	인도	최초의 3축 자세 제어방식 정지궤도기상위성 최초의 통신방송기상 복합기능의 정지궤도기상위성
GOES 8-12 (I-M)	1994/ 1995/ 2000/ 2002	미국 NOAA	전형적인 3축 자세제어방식 정지궤도기상위성
MTSAT -1, 1R	1999/ 2004예정	일본	3축 자세제어 방식의 복합기능 정지궤도 기상위성 (기상관측 및 항공통제 임무)

6.1.2 Boeing Satellite Systems (BSS;미국)

BSS는 전신인 Hughes Corporation 에서 1970년대 중반 이후 일본 기상청으로부터 수주 받아 회전 안정화 방식의 정지궤도 기상위성 GMS 시리즈를 제작한 바 있으며 또한 1980년대 미국의 기상위성인 회전 안정화 방식의 GOES위성 시리즈를 제작하여 NOAA에 제공하였다. 또한 BSS는 현재 미국 NOAA로부터 수주 받아 GOES-13(N), 14(O)호를 3축 자세제어 안정화 방식 위성체로 제작 중에 있다. 특히 BSS가 현재 제작하고 있는 GOES-13, 14 위성체는 기존의 GOES 8-12 시리즈에 비하여 성능이 상당히 보장되었다. BSS가 제작, 납품한 정지궤도 기상위성은 표8과 같다.

표 8. BSS의 정지궤도 기상위성 제작 실적

위성명	발사시기	발주처	특징
GMS 1,2,3,4,5	1977/1981/1984/1989/1995	일본 기상청	회전 안정화 방식 정지궤도 기상위성
GOES 4,5,6,7	1980/1981/1983/1987	미국 NOAA	회전 안정화 방식 정지궤도 기상위성
GOES N,O (13,14)	2004 이후	미국 NOAA	고성능 3축 자세제어방식 정지궤도 기상위성

6.1.3 Indian Space Research Organization (ISRO;인도)

ISRO는 인도의 우주개발을 담당하고 있는 국가기관으로서 현재 정지궤도용 3축 자세제어 방식의 통신위성, 기상위성 및 통신방송기상 복합위성을 자체적으로 설계, 제작하고 있다. ISRO의 정지궤도 기상위성 제작 실적은 표9와 같다.

표 9. ISRO의 정지궤도 기상위성 및 통신방송기상위성 제작 실적

위성명	발사시기	발주처	특징
INSAT 2A,2B,2E	1992/1993/1999	인도	통신방송기상 복합위성
INSAT 3A	2003	인도	통신방송기상 복합위성
INSAT 3D	2004 예정	인도	기상위성
METSAT 1	2002	인도	초소형 기상위성

6.1.4 Alcatel Space (프랑스)

Alcatel Space는 정지궤도용 기상위성과 관련하여 1974년 발사된 Meteosat-1호부터 Meteosat-7호 까지와 2002년 발사된 Meteosat Second Generation (MSG) 1호를 주 계약자로서 설계, 제작, 조립한 바 있으며 MSG-2,3호도 개발 예정이다. 최근 Alcatel은 MSG-4 위성 제작에 대해서도 주계약자로 지정된 바 있으며 정지궤도 기상위성 제작 실적은 표 10과 같다. 그러나 유럽의 Meteosat 시리즈나 MSG 시리즈는 회전 안정화 방식을 취하고 있는 실린더형 기상관측 전용 위성이다.

표 10. Alcatel의 정지궤도 기상위성 제작 실적

위성명	발사시기	발주처	특징
Meteosat 1-7	1977/1981/1988/1989/1991/1993/1997	유럽연합	회전 안정화 방식 정지궤도 기상위성
MSG-1	2002		
MSG-2,3	2004이후		
MSG-4	2007이후		

6.1.5 Mitsubishi Electric Corporation(MELCO; 일본)

MELCO는 다량의 실험용 정지궤도 통신위성과 저궤도용 관측위성을 주계약자로 조립한 바 있으며 2002년 호주로부터 대용량의 정지궤도 통신위성 OPTUS-C1을 수주 받아 제작 납품한 바 있다. 정지궤도 기상위성과 관련하여 현재 3축 자세제어 방식의 기상관측 및 항공통제용 복합위성인 MTSAT-2위성을 고유의 정지궤도용 통신위성 모델을 개조하여 개발하고 있는 중이며 2004년 발사 예정이다.

6.2 탑재체(Instrument) 제작업체

6.2.1 ITT (미국)

ITT는 미국의 극궤도 기상위성 NOAA 시리즈와 정지궤도 기상위성 GOES 시리즈에 기상 관측 센서를 1980년부터 독점적으로 공급해 오고 있다. 특히 GOES 시리즈의 경우 향후 2012년 차세대 고성능 기상센서 ABI, ABS가 개발될 때까지 발사될 GOES-13,14,15 호에도 제공하기로 되어 있다. 한편 인도의 INSAT-1 시리즈 위성과 일본의

MTSAT-1,2호에도 납품한 바 있다. ITT의 기상 센서는 5채널로서 가시광선 채널과 열적외선 채널에서 각각 1 km, 4 km의 해상도를 보유하고 있다.

6.2.2 Raytheon (미국)

Raytheon은 주로 저궤도용 관측센서 및 Deep Space 관측용 센서를 개발하고 있다. 특히 저궤도용 지구관측 센서인 MODIS와 해양센서인 SeaWiFS는 성능이 아주 우수한 것으로 입증되고 있다. 정지궤도용으로는 일본 GMS 시리즈에 5채널 기상센서를 개발하여 탑재한 바 있으며 현재는 2004년 초에 발사 예정인 MTSAT-1R 위성에 탑재하기 위하여 5채널 기상센서 JAMI (Japanese Advanced Meteorological Imager)를 개발 중이다. JAMI는 가시광선 채널과 열적외선 채널에서 각각 0.5 km, 2 km의 우수한 해상도를 낼 수 있으며 관측 방식이나 탐지소자의 배열 등이 특이하다.

Raytheon은 일본 기상위성용 센서 JAMI를 개발함에 있어서 상당한 초기 개발비를 투입하였다. JAMI는 성능이 우수하다고 평가되고 있으나 최종 지상 인수시험에서 하자가 발생하여 MTSAT-1R 위성예의 탑재 및 위성 조립시험 일정을 고수하는 것이 불가능해져 위성 발사 자체의 연기를 초래한 바 있다. JAMI는 종래의 3축 자세제어용 기상위성에 독점적으로 제공된 ITT 기상센서에 비하여 여러 가지로 신기술이 적용되었으므로 2004년 발사 이후 성능 평가가 주목된다.

6.2.3 SAC (인도)

인도의 SAC(Space Applications Center)은 ISRO 내의 센서개발 센터로서 INSAT-2 및 INSAT-3 시리즈에 탑재된 3 채널 기상센서와 CCD 카메라를 개발하였다. 센서의 성능은 가시광선 대역은 해상도 2km, 열적외선 대역은 해상도 8km 수준이며 CCD 카메라의 해상도는 1 km 정도이다. 그러나 저궤도용 해양센서는 성능이 우수하여 가시광선 대역의 8채널을 보유하며 해상도가 360 m 정도이다.

6.2.4 Atrium (프랑스)

Astrum은 유럽 기상위성 및 관측위성의 대부분에 센서를 공급할 정도로 위성시스템 보다도 센서 개발에 더욱 많은 실적을 내었다. 특히 2002년 발

사된 정지궤도용 기상위성 MSG-1 위성에 제공된 기상센서 SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager)는 12채널로서 가시광선 대역에서 1km 해상도, 열적외선 대역에서 3km 해상도를 보유한 우수한 센서이다. 그러나 구조상 회전안정화 방식의 기상위성에만 탑재될 수 있는 형상을 가지고 있다. Astrum은 SEVIRI와 함께 지상 영상처리 시스템을 개발하여 유럽연합의 운용자 사이트에 구축하였다.

7. 결론

세계적으로 정지궤도 기상위성을 운용하고 있는 나라는 미국, 유럽연합등 몇 개 국가에 국한되어 있으며 이들 국가들은 모두 자체적으로 위성시스템과 기상센서를 개발하여 발사, 운용하고 있다. 이 중에서도 미국의 GOES위성, 유럽연합의 MSG위성, 일본의 MTSAT위성, 인도의 Insat위성은 실용급이라 할 수 있으며 중국 FY-2위성과 러시아의 GOMS위성은 실험급 수준이라고 볼 수 있다.

미국의 GOES위성은 유일하게 기상센서로서 영상기이외에도 탐측기를 장착하여 운영하고 있으며 인도의 Insat위성과 일본의 MTSAT위성은 전형적인 복합위성이다. 실용급 위성중에서 유럽의 MSG 위성은 유일하게 실린더형 회전안정화 방식 위성체를 사용하고 있으며 나머지는 모두 박스형 3축 자세안정화 방식의 위성체를 사용하고 있다. 일본은 처음으로 자체 기술로 기상위성을 개발하고 있다.

기상센서 영상기에 관련한 지난 약 25년간 3-5 채널을 채택하여 활용해오다가 유럽에서 2002년 발사된 MSG-1호에 처음으로 12채널 센서 SEVIRI가 Astrum사에 의해 개발되어 탑재되었다. 미국은 2012년까지 5채널 영상기를 고수하기로 하며 현재 12채널 이상을 보유하는 고성능 영상기와 Interferometer형 탐측기를 개발 중에 있다. 특히 일본 MTSAT-1R에 탑재될 5채널 영상기인 JAMI는 Raytheon사에서 개발되고 있는 센서로서 처음으로 능동냉각기가 부착되며 탐지소자의 구성 및 스캔 방식이 특이하여 2004년 발사 이후 성능이 주목된다. 현재까지 미국 GOES 위성예 탑재된 영상기는 가시광선 채널 1km, 열적외선 채널 4km의 거리해상도를 보유하고 있으며 유럽 MSG위성의 SEVIRI는 가시광선 채널 1 km, 열적외선 채널 3km의 해상도를 보유하고 있지만 성능이 완전히

입증된 상태는 아니다. 일본 MTSAT-1R 위성의 JAMI는 가시광선 채널 0.5km, 열적외선 채널 2km의 해상도를 목표로 설계되었지만 아직까지 우주 공간에서 측정되지 않은 상태이다.

항우연이 개발하고자 하는 통신해양기상위성은 복합위성으로서 3축 자세제어 방식의 박스형 위성체를 채택하여야 하므로 개발 협력 업체로서는 가급적이면 동종의 기상위성 개발 경험이 있는 업체가 바람직하다. 처음으로 확보하게 될 통신해양기상위성과 이에 탑재될 영상기는 해외의 관련 기술동향과 추세에 맞추어 개발될 수 있도록 사용자 요구 사항이 도출되어야 할 것이다. 기상센서의 성능은 기상데이터의 전송체계 및 이에 수반되는 위성체, 지상시스템 및 사용자의 자료 수신시스템에도 관련이 있으며 특히 국제적으로 기상위성용으로 할당된 자료 송수신 주파수 대역인 L 및 S 대역의 활용을 감안하여 규정되어야 함을 유의할 필요가 있다.

참고문헌

1. United States General Accounting Office, "GAO 1997 Report on GOES Planning", 1997
2. National Weather Service, "Operational Requirements Document for the Evolution of Future NOAA Operational Geostationary Satellites", 1999
3. NOAA/NESDIS, "GOES Advanced Baseline Imager Technical Requirements Document", 2000
4. NOAA/NESDIS, "GOES Advanced Baseline Sounder Technical Requirements Document", 2001
5. Raytheon, JAMI Information Documents
6. Astrium, SEVRI Information Document
7. SS/L, GOES I-M Databook
8. BSS, GOES-N,O Information Documents
9. Home page of Office of System Development in the NESDIS, NOAA