

# SAR 지구관측 위성의 개발 동향

글/윤보열 byoon@kari.re.kr, 이광재, 김윤수, 김용승

한국항공우주연구원 우주응용센터 원격탐사그룹

## 초 록

SAR(Synthetic Aperture Radar, 이하 SAR) 위성영상은 광학 영상과는 달리 기상조건에 영향을 거의 받지 않아 대상지역의 주기적인 모니터링이 가능하며, 특정주파수 영역밴드에서는 지표면 투과탐지가 가능하여 재난, 재해, 국방, 환경 분야 등 점차 활용범위가 확대되고 있는 추세이다. 그간의 고해상도 광학위성영상의 기술 개발이 지속적으로 이루어진 상황이라면 그에 비해 영상처리절차가 비교적 까다롭고 복잡한 SAR 영상에 관한 기술개발은 영상 활용의 가치를 가늠해 볼 때 특히 국내 경우 많이 저조한 실정이다. 이와 같은 상황을 고려해 볼 때 현재 개발되고 앞으로 계획단계에 있는 SAR 지구관측 위성의 개발 동향을 파악함으로써 SAR 영상 활용기반구축 마련 및 장기적인 연구개발 계획수립에도 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 생각한다.

주제어 : SAR 영상, 주파수, SAR 지구관측 위성 개발, 활용기반구축

## 1. 서 론

SAR 지구관측 위성(이하 SAR 위성)의 개발은 해양 정보 수집을 목적으로 발사된 1978년 SEASAT을 시작으로 미국에 의해 주도적으로 연구되다가 1990년대에 접어들게 되면서 유럽, 일본, 캐나다에서 SAR 위성 개발에 박차를 가하기 시작했다. SAR 위성은 연구 및 활용목적에 따라 주파수 밴드, 공간 해상도, 편파특성, 관측범위 등을 기준으로 다양한 요구조건을 수용하여 개발되어왔다. 현재 개발 진행 중인 SAR 위성은 다음과 같다(표1). 주로 자연환경 감시 및 자원관리에 주 활용목적을 둔 위성은 C band와 L band 탑재센서를 개발하는 추세이고 공간 해상도의 정밀도를 기대하거나 국방활용에 초점을 두고 개발 중인 위성은 주로 X band 탑재센서 개발에 주력하고 있다. 또한 점차 위성 궤도의 정밀도 향

표 1. 현재 개발 완료 및 진행 중인 SAR 지구관측 위성

Satellite /Nation	launch date	band	pol.	Resol. (m)	Swath (km)
ALOS PALSAR/JP	'06.01	L	Full	7~100	20~350
JIANBING-5/CN	'06.04	L	-	5~20	40~100
SAR-Lupe/DE	'06.12	X	-	< 1	5.5~60
RISAT/IN	'07.01	C	Dual	3~50	30~240
TerraSar-X/DE	'07.02	X	Full	1~16	5~100
TECSAR/IL	'07.03	X	HH,HV,VHVV	< 1	-
Radarsat-2/CA	'07.03	C	Full	3~100	20~500
SAOCOM-1/AR	'07.10	L	Dual	10~100	35~360
COSMO-SkyMed/IT	'07.11	X	Full	1	10~200
TerraSar-L/DE	'08.08	L	Full	5~50	10~200
TanDEM-X/DE	'09.06	X	Full	1~16	5~100
MAPSAR/BR&DE	'11	L	Full	3~20	20~45

\* Nation의 경우 국가코드를 기준으로 작성

상 기술을 바탕으로 한 여러 개의 위성이 하나의 군(群)을 이루는 방식도 등장하여 재방문 주기를 증가

시커 감시능력의 극대화를 꾀하고자 하는 노력도 엿보인다. 다양한 사용자의 요구조건을 수용하기 위한 각국의 전문가로 구성된 실무그룹(Working group)을 조성하여 전 지구적인 규모의 검보정 사이트 구축 및 상호 기술공유 또한 활성화 되고 있는 추세이다.

## 2. SAR 위성 개발동향

### 2.1 ALOS PALSAR

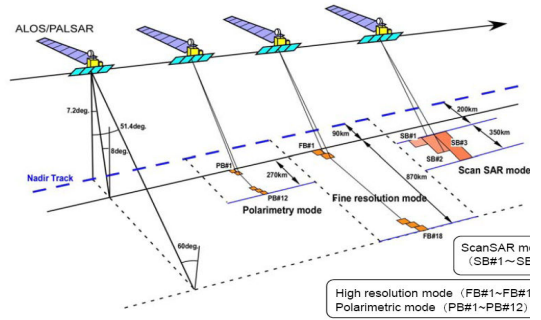
JAXA는 지난 2006년 1월 24일 지구관측 SAR 위성인 Advanced Land Observing Satellite(ALOS)를 H-IIA 로켓에 실어 발사하여 현재 임무를 수행하고 있다. ALOS는 총 3개 센서가 탑재되어 있으며 그 중 하나인 Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar(PALSAR) 센서를 통해 L band SAR 영상자료의 획득이 가능하다. PALSAR는 JAXA와 경제산업성(Ministry of Economy, Trade and Industry, METI)의 일본 자원 탐사용 관측 시스템 기구(Japan Resources Observation Systems Organization, JAROS)의 공동 연구로 개발되었다.

PALSAR는 일본의 첫번째 지구관측 위성인 JERS-1의 탑재체인 SAR 시스템을 도입하여 개발되었다. 현재 운용되고 있는 SAR 위성 중 유일하게 Full polarimetry (multi-polarization) 자료를 제공하여 지질구조와 암반의 분포 등을 분석하고, 정확도가 개선되어 자원탐사나 기타 다양한 목적에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 광범위한 자연 재해와 같이 긴급하게 요청되는 재난/재해분야에도 유용한 정보 제공역할을 담당할 수 있을 것이다. 주요 영상관측 모드는 다음과 같다(그림 2).



자료 : <http://alos.jaxa.jp>, 2004

그림 1. View of ALOS



자료 : PALSAR Reference Guide 3<sup>rd</sup> Edition, 2006

그림 2. Observation mode of PALSAR

High resolution mode는 정상적인 운용상황에서 대부분을 차지하는 모드로 최대 지상해상도가 7m이며 JERS-1의 18m 공간해상도에 비해 정밀하다. 이 모드는 두 가지로 나뉘며 첫 번째로 HH 또는 VV 편파인 single polarization(FBS:High Resolution Mode, Single Polarization)과 HH+ HV 또는 VV + VH로 나타나는 dual polarization(FBD : High Resolution mode, Dual Polarization)이 있다.

ScanSAR mode에서 JERS-1의 경우 고정된 35° 각으로 75km의 관측폭을 가지나 PALSAR의 경우 70km 관측폭으로 3~5회의 off-nadir angle의 전환이 가능하여 250km(70×3)에서 350km(70×5)의 넓은 면적이 관측가능하다. 하지만 해상도는 high resolution 모드에 비해 저감된다.

Polarimetry mode는 JERS-1의 경우 수평성분의 편파특성(HH)만을 가진 영상을 제공했으나, PALSAR의 경우 수평, 수직 성분의 편파정보(HH, VV)를 나타낼 수 있다. 또한 다중편파모드를 제공하고 있다. 이는 하나의 편파정보가 전파되면 수평성분과 수직성분의 편파정보가 동시에 반사되어 다양한 정보를 얻을 수 있게 된다. 추가로 PALSAR는 수평에서 수직편파로 전환이 가능하며, 역으로 각각의 방사파에 대해서 동시에 반사로 나뉘어져 quad 편파정보를 제공하는 full 편파모드가 제공된다. L band SAR 영상을 통해 다양한 편파모드가 제공될 경우 SAR 영상을 통한 분류기법의 정확도는 크게 향상되며 특히 식생 분포 밀도가 높은 지역에서 활용가치는 더욱 부각된다.

## 2.2 TerraSAR-X

TerraSAR-X는 독일에서 민관합동 (Public Private Partnership, PPP)으로 제작된 최초의 위성으로 독일 항공우주센터(DLR)와 유럽의 위성시스템 개발을 담당하는 유럽항공우주방위산업체 (European Aeronautic Defence and Space Company, EADS) Astrium社가 우주선 설계 및 개발에 공동출자하였다. EADS Astrium GmbH社는 2001년에 Inforterra GmbH라는 자회사를 설립하여 TerraSAR-X 자료의 독점 이용이 가능하도록 하였다. Inforterra GmbH社는 TerraSAR-X 자료의 민간수요에 대비한 상업용 마케팅 분야를 전담하고, 활용을 위한 자료기반의 지정정보(geo-information) 성과물 및 그로 인한 부가서비스 창출을 담당하고 있다.

TerraSAR-X는 2006년 10월 31일 Dnepr-1로켓에 실려 발사되고 나서 몇 주간의 초기운용 임무를 수행한 후 2006년 12월말 고해상도 레이더 자료를 사용자들에게 제공할 수 있도록 계획되었으나 현재 발사가 2007년 2월 27로 연기된 상태이다.



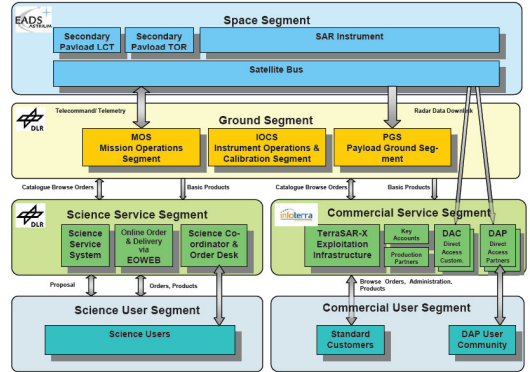
자료 : <http://www.terrasar.de>, 2006

그림 3. View of TerraSAR-X

TerraSAR-X의 주요 임무는 크게 두 가지로 나뉘질 수 있는데, 첫째로 다중모드의 X band SAR 자료를 기반으로 한 과학 분야 활용에 기여하는 것으로 수문학, 지질학, 기후학, 해양학, 환경 및 재해 모니터링, 지도제작 등에 활용될 수 있도록 지원하는 것이다. 두 번째로 유럽 내 상업용 지구관측(Earth observation, EO) 시장의 기틀을 마련하여 향후 영상을 통한 이익을 통해 EO 산업의 재정지원이 뒷받침 될 수 있도록 상업적 측면의 활용을 도모하는 것이라 할 수 있다.

TerraSAR-X는 X band SAR 자료를 제공할 계획

으로, 관측모드는 중해상도의 polarimetric imaging 모드부터 고해상도 모드까지 다양하게 활용될 수 있도록 설계되어 총 4가지 모드로 나뉜다. 높은 azimuth 해상도를 제공하기 위해 짧은 안테나 시스템을 적용하였지만 펄스반복주파수(pulse repetition frequency, 이하 PRF)는 증가하여 최대 관측폭은 제한된다.



자료 : Buckreuss S., et al., 2006

그림 4. TerraSAR-X System Overview

표 2. TerraSAR-X Priority class

Priority	Priority Class	Application Class
9	top	mission
8	high+	near real time applications
7	high	ground truth during acquisition
6	medium+	InSAR
5	medium	weekly observation
4	medium-	multi-frequency/multi-sensoral
3	low+	monthly observation
2	low	multi-parameter
1	low-	seasonal observation
0	background	mission

자료 : Roth A., 2004

TerraSAR-X 영상의 제공은 고해상도 SAR 위성영상의 시작을 알리는 첫 주자로 항공탐재 고해상도 SAR 영상이 지닌 단점을 보완할 수 있을 것으로 기대된다.

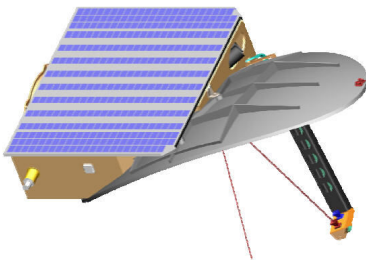
표 3. TerraSAR-X Imaging Characteristics

Product	Scene size Ra × Az [km]	Incidence angle[°]	Max. quad. resolution Ra × Az [m]	NESZ [dB]
Single pol stripmap	30 × 50	20 ~ 45	3.3 × 3.3	< -19
Dual pol stripmap	15 × 50	20 ~ 45	6.6 × 6.6	< -19
Single pol spotlight	10 × 10	20 ~ 55	2.2 × 2.2	< -19
Dual pol spotlight	10 × 10	20 ~ 55	4.4 × 4.4	< -19
Single pol high res spotlight	10 × 5	20 ~ 55	1.3 × 1.3	< -19
Dual pol high res spotlight	10 × 5	20 ~ 55	2.7 × 2.7	< -19
ScanSAR	100 × 150	20 ~ 45	17.6 × 17.6	-
Quad pol stripmap	15 × 50	20 ~ 45	6.6 × 6.6	< -16
Twin pol	30 × 50	20 ~ 45	9.5 × 9.5	-
Complex ScanSAR	100 × 150	20 ~ 45	17.6 × 17.6	-

■ : Experimental only  
 자료 : www.caf.dlr.de, 2006

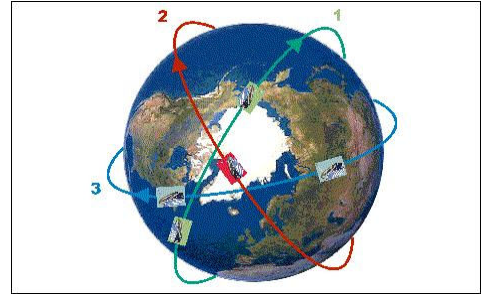
### 2.3 SAR-Lupe

SAR-Lupe 위성은 독일 국방부와 국방 과학조달 연방사무소의 계획으로 운용될 SAR 영상을 제공하는 군사용 정찰위성이다. 총 5개의 동일한 위성으로 구성되어 있으며 6개월 간격으로 발사될 예정이다. 1m 미만의 고해상도 SAR 영상을 독일 군부대에 2007년부터 10년간 제공할 수 있도록 설계 되었으며 신속한 자료 수집을 위해 최적의 3개 궤도에 5개의 위성이 위성군을 이루어 운용될 예정이다.



자료 : Martin Braun H., et al., 2006

그림 5. View of SAR-Lupe



자료 : www.ohb-system.de, 2006

그림 6. Three orbital planes of the SAR-Lupe constellation

또한 프랑스의 Helios-II 위성 자료와 상호 공유하기 위한 협약이 체결된 상태로 유럽의 정찰력은 향후 SAR-Lupe, Helios-II, COSMO-SKYMED, TerraSAR-X 자료를 보유하게 되면서 전성기를 맞게 될 것이다. SAR-Lupe의 영상 관측모드는 두 가지로 구분 되는데 첫 번째 spot-light mode의 경우 영상 내 고정 검출 시간을 증가시키기 위해 고정된 안테나가 부착된 위성인 경우 위성 진행방향을 조향하여 고해상도 영상을 획득할 수 있는 방식을 이용했다. 위성 진행방향으로 공간해상도가 증가하여 1m 이하의 5.5km × 5.5km의 관측범위를 제공할 수 있게 된다. 두 번째로 strip map mode는 고정된 안테나 각을 통해 관측하게 되며 60km × 8km 관측범위를 가진 영상이 제공될 예정이다.

### 2.4 RISAT

RISAT(Radar Imaging Satellite)는 ISRO(Indian Space Research Organization)에서 기 운용되고 있는 광학 IRS 위성과는 다르게 새롭게 개발되는 C band SAR 영상을 제공하는 위성이다. 주된 활용분야는 인도 우기(雨期) 동안의 홍수 피해 등 농지 모니터링을 위해 개발되었다.

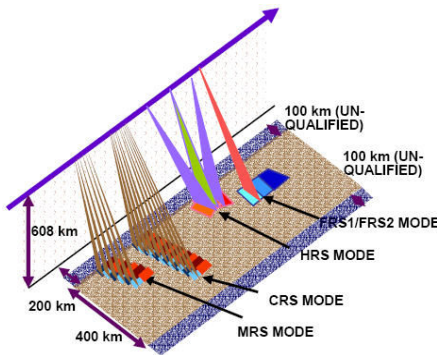
RISAT 또한 멀티모드(Fine Resolution Stripmap Mode-1, Fine Resolution Stripmap Mode-2, Medium Resolution ScanSAR Mode, Coarse Resolution ScanSAR Mode, High Resolution Spotlight Mode)로 지구상공 608km의 태양동기 궤도에서 재방문주기 16일을 기준으로 운용된다.

표 4. RISAT Image modes

Image Mode	FRS-1	FRS-2	MRS	CRS	HRS
Resolution	3m	12m	25m	50m	2m
Swath	30km	30km	120km	240km	10km
Polarization	Co/Cross	Quad	Co/Cross	Co/Cross	Co/Cross
Chirp bandwidth (MHz)	75	37.5	18.75		225
PRF	3500 Hz ± 200 Hz		3000 Hz ± 200 Hz		
MAX Data rate (Mbit/s)	556 (S)	564	142 (S)	739 (S)	
@ 3 bit BAQ for HRS @ 6 bit BAQ for rest of modes	1112 (D)		284 (D)	1478 (D)	

■ : Experimental only, S: Single pol., D: Dual pol.

자료 : Misra T., et al., 2005



자료: Misra T., et al., 2005

그림 7. Illustration of Modes of Operation of RISAT

## 2.5 TECSAR

이스라엘 국방부(Ministry of Defense, MoD)의 기술실험 임무를 위한 최초의 소형 레이더탑재 위성(위성체 중량: 300kg, 센서 중량: 100kg)으로 국유 회사인 IAI(Israel Aircraft Industries Ltd.)사에서 설계 및 개발을 담당하였다. 저궤도(Low Earth Orbiting, LEO)위성으로 다양한 촬영 모드를 제공한다. 총 4개의 영상촬영 모드로 나뉘지게 되는데 첫 번째로 3개의 전자빔을 조향하여 관측대상지역에 각 빔에 해당하는 관측범위를 생성하여 광범위 탐지가 가능한 Scan SAR 모드가 있다. 이 방식은 각 빔에 해당하는 범위사이에 고정 검출 시간이 분리됨에 따라 해상도가 20m로 줄어드는 경향이 있지만 관측 폭은 100km 이상 면적을 포함할 수 있다.

두 번째로 위성체 지향의 변화가 없도록 지상 궤적과 평행을 유지하면서 영상을 수집하는 Strip SAR 모드가 있다.

세 번째로 특정 목표지점에 대해 위성 제어를 통해 검출 시간을 증가시킨 Spot SAR 모드가 있다. azimuth 해상도를 크게 향상시킨 영상을 제공하며 range 해상도는 입사각에 따른 주파수 대역폭의 보정을 통해 산출이 가능하다. 해상도의 손실 없이 multi-look imaging을 위한 사선방향에서의 영상 수집이 가능하여 각기 다른 사선방향에서 관측된 Spot SAR 모드 영상을 이용하여 multi-look 영상을 확보할 수 있게 된다.

네 번째로 전자빔 조향을 통해 Spot mode 관측범위의 한계를 극복할 수 있도록 개발된 방식으로 Mosaic SAR 모드가 있다. range 방향에서 레이더 빔이 스캔하는 동안 azimuth 방향으로 스트립 라인을 따라 위성이 진행하므로 Scan SAR 모드의 관측 폭을 가지는 동시에 Spot SAR 모드의 해상도를 기대할 수 있다.



자료 : S. Dreizin, et al., 2004

그림 8. View of TECSAR

## 2.6 RADARSAT-2

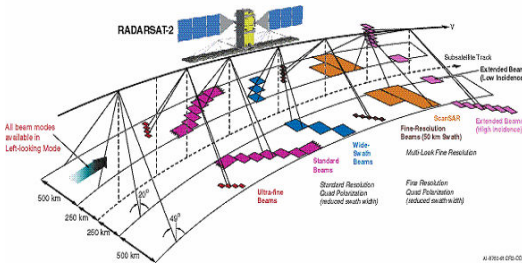
1995년 11월 RADARSAT-1이 발사된 이후 캐나다 우주국(Canadian Space Agency, CSA)은 MDA(MacDonald Dettwiler and Associates Ltd.)를 선정하여 RADARSAT-2 개발을 본격적으로 시작하였다. CSA는 기 구축된 RADARSAT-1 지상시스템과 RADARSAT-2 시스템이 통합환경에서 구동될 수 있도록 MDA에 요구하여 개발중에 있다. 대부분의



SAR 위성 수명을 보통 5년 정도로 설정하는데 비해 RADARSAT-2의 경우 최소 7년으로 설정한 것이 주목할 점이다.

RADARSAT-2는 3가지 종류의 편파모드(dual pol, co-pol, cross-pol)를 제공하며, 고해상도(3m) 단일편파채널을 제공한다. 또한 amplitude와 phase 자료에서도 full 편파모드(quad pol)를 제공하여 상업목적의 활용 가치는 충분하다고 할 수 있다.

또한 가능성을 두고 있는 것이 현재 운용되고 있는 RADARSAT-1과 적정 기선거리로 배치운용될 경우 Tandem cross-InSAR (Interferometry SAR) 자료의 획득이 가능하여 정밀지형변위 등의 측정이 가능하게 된다.



자료 : www.radarsat2.info

그림 9. RADARSAT-2 Imaging Modes

표 5. RADARSAT-2 Products

Beam Mode	Nominal Swath Width	Approximate Resolution: Rng x Az	Approximate Incidence Angle
Fine	50 km	8 x 8 m	30° - 50°
Standard	100 km	25 x 26 m	20° - 49°
Wide	150 km	30 x 26 m	20° - 45°
ScanSAR Narrow	300 km	50 x 50 m	20° - 46°
ScanSAR Wide	500 km	100 x 100 m	20° - 49°
Extended Low	170 km	40 x 26 m	10° - 23°
Extended High	75 km	18 x 26 m	49° - 60°
Fine Quad-pol	25 km	12 x 8 m	20° - 41°
Standard Quad-pol	25 km	25 x 8 m	20° - 41°
Ultra-Fine	20 km	3 x 3 m	30° - 40°
Multi-Look Fine	50 km	8 x 8 m	30° - 50°

자료 : www.radarsat2.info

## 2.7 SAOCOM-1

아르헨티나 우주국(CONAE)은 1996년에 SAR 위성 개발에 착수하여 1999년까지 다양한 활용분야의 사용자와 회의를 거듭하여 요구사항을 정리하고 발전시켰다.

1A와 1B로 구성되어 있는 SOACOM-1 위성은 일반적인 국가재난사태인 홍수 피해나 산림이 우거진 지역에 활용되기 위해 L band를 선정하였고, 영상의 공간 해상도는 10m이며, 2m 깊이의 지표투과력을 보유했다. 또한 과학 분야뿐만 아니라 농업, 해양 분야에도 활용하고자 다중편파 특성을 갖춘 운용모드를 채택하였다. 관측범위를 증가시키고 높은 재방문주기를 제공하기 위해 두 가지 촬영 모드 (Stripmap & ScanSAR)와 left, right looking 방식이 가능하도록 설계하였다.

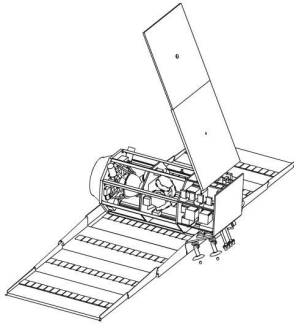
표 6. Instrument specifications for standard beams

Frequency (MHz)	1275	
Max. Bandwidth (MHz)	50	
Transmit Power (Kw)	4.1	
Antenna looking angle	Leftside (default)	
NEσ0	<-25 dB	
Cross Pol. Isolation	> 25 dB	
Digitization	8 bits	
Polarization	Single or Double	Quad.
Operation modes	Stripmap & ScanSAR	Stripmap
Stripmap High Resolution	< 10m x 10m	< 10m x 10m
Stripmap Mid Resolution	> 25m x 25m	-
Stripmap High Resolution Swath	> 60 km	> 30 km
Stripmap Mid Resolution Swath	> 60 km	-
ScanSAR Narrow	50m x 50m	-
ScanSAR Wide	100m x 100m	-
ScanSAR Narrow Swath	> 170 km	-
ScanSAR Wide Swath	> 320 km	-
Number of possible beams	-	6 Beams
Operation time per orbit	15 minutes	5 minutes
Available illumination range	-	> 170 km
Transmission	HH or VV	Alternating HH and VV
Reception	HH or VV (Single) HH & HV or VV&VH (Double)	HH&HV and VV&VH

자료 : Giraldez A., 2003

영상정보의 질을 높이기 위해 채택한 두 가지 방법 중 하나는 두 개의 동일한 위성을 left 또는 right

looking 방식의 촬영이 가능하도록 개발하여 재방문 주기가 적도부근에서 거의 2일로 설정될 수 있도록 하였고, 두 번째로 이탈리아 우주국(ASI)과 2000년에 수립한 상호 계약체결을 통해 ASI에서 개발 중인 4개로 구성된 COSMO-SkyMed(X band SAR)와 정보 공유가 가능해졌다. 이를 바탕으로 재방문 주기는 12시간으로 감소되었고, 두 기관에서 보유한 X, L band 정보를 통해 효과적인 재난 모니터링이 가능하게 되었다.

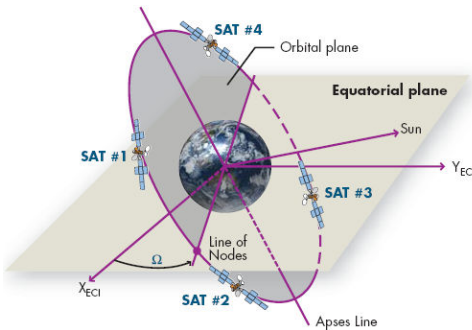


자료 : www.conae.gov.ar , 2006

그림 10. View of SAOCOM

## 2.8 COSMO-SkyMed

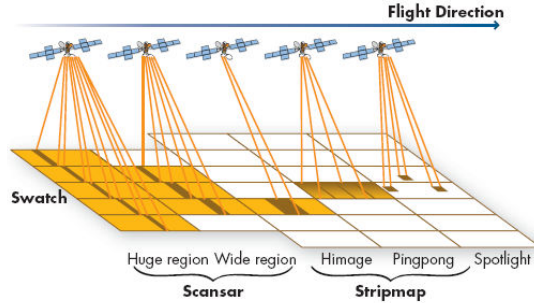
COSMO-SkyMed(Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation)는 ASI(Agenzia Spaziale Italiana)와 이탈리아 국방부의 지원으로 개발되어 총 4개의 위성으로 구성되어 있다(그림 11참조). 국방 및 도시 분야(공공, 상업용)의 활용을 목표로 하고 있다.



자료 : Fagioli S., et al., 2006

그림 11. COSMO-SkyMed spacecraft constellation

X band SAR 영상을 제공할 예정이며 특이한 점은 3개의 광학센서가 탑재되어 있어 고해상도 흑백, 중해상도 다중분광, 중저해상도 초분광 영상을 제공할 수 있게 된다. 또한 전술한 바와 같이 아르헨티나와 지구 관측 재난관리시스템에 관한 동의안(SIASGE)을 체결하여 SAOCOM 위성과의 상호 정보를 공유할 수 있게 되었다.

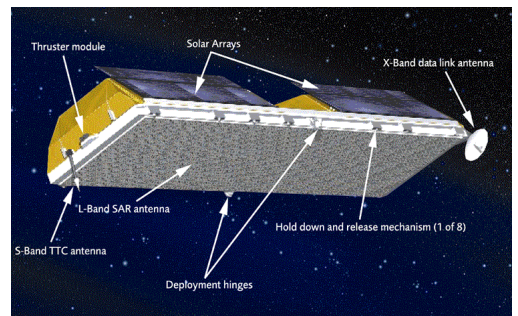


자료 : Fagioli S., et al., 2006

그림 12. COSMO-SkyMed SAR Sensing Modes

## 2.9 TERRASAR-L

TerraSAR-L은 당초 TerraSAR-X의 보조용으로 개발되었으나 TerraSAR-X가 본격적인 개발단계에 들어서게 되면서 TerraSAR-L은 ESA의 지구 관측프로그램의 일환으로 제안되어 현재 시스템 검토과정과 탑재체 보정에 관한 상세화 요구정의 상태에 접어들었다. 또한 프랑스국립우주연구소(CNES)와 협조하여 초소형 위성과의 위성군(constellation)을 이루는 방식도 논의되고 있는 상태이다.



자료 : Torres R., et al., 2004

그림 13. Annotated view of TerraSAR-L

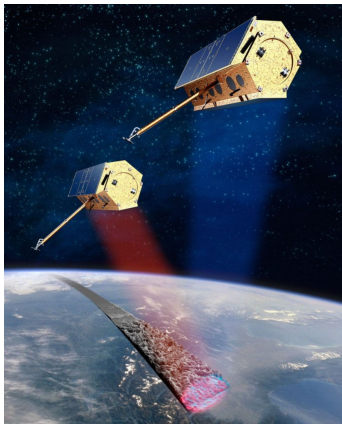
표 7. Nominal TerraSAR-L Imaging Modes

Mode	Inc. Angle	Resolution azi x rg	Swath Width	Rad. Accuracy	NESZ
Quad Pol Stripmap	20-36°	5 x 9 m	40km	1 dB	-30 dB
Dual Pol Stripmap	20-45°	5 x 9 m	70km	1 dB	-30 dB
Interferometric Stripmap	20-45°	5 x 5 m	70km	1 dB	-30 dB
Dual Pol Wideswath	20-45°	50 x 50 m	>200km	1.5 dB	-30 dB
Interferometric Wideswath	20-45°	20 x 9 m	>200km	2 dB	-27 dB
Wave	20-45°	5 x 9 m	20x20km	1 dB	-30 dB

자료 : Schättler B., et al., 2004

### 2.10 TanDEM-X

2009년 발사 예정인 TanDEM-X는 TerraSAR-X와 거의 동일하게 제작될 예정으로 TerraSAR-X/TanDEM-X의 탠덤 대형(tandem formation)을 이루면서 운용되어 전 지구면적의 수치표고모형(DEM)을 12m 해상도(2m 수직오차 정확도)로 획득가능한 시간이 불과 2년 6개월밖에 걸리지 않게 된다.



자료 : <http://www.terraSar.de>, 2006

그림 14. View of TanDEM-X

### 2.11 MAPSAR

브라질(INPE)과 독일(DLR)이 공동으로 개발중인 소형위성(532kg) MAPSAR (Multi-Application Purpose SAR)는 L band SAR 센서를 탑재하여 주

임무로 자원 관리, 모니터링, 평가에 활용할 전망이다. 다중 해상도(4m, 10m, 20m)로 운용되며 단일 편파모드(SPM), 이중편파모드(DPM), 쿼드편파모드(QPM) 영상을 제공할 계획이다(표8참조).



자료 : Schroder R., 2006

그림 15. View of MAPSAR

표 8. Selection of MAPSAR radar modes

Parameter	HR Mode SPM		MR Mode DPM		LR Mode QPM	
	near	far	near	far	near	far
Access region						
Resol. Range [m]	4.7	3.1	10	10	20	20
Resol. Azimuth [m]	3.1	3.1	10	10	20	20
Incidence angle [°]	20.3	47.6	20.0	48.1	20.0	36.8
Ground swath width[km]	38.3	20.5	45.1	35	43.4	28
PRF [Hz]	2650	2718	2660	2680	5320	5320
Pulse bandwidth [MHz]	85	85	42.5	21.25	21.25	21.25
Sampling freq. [MHz]	96	96	2x48	2x24	2x24	2x24
Pulse length [μs]	25	25	10	10	10	10
Data rate [Mbit/s]	262	300	267	300	247	249
RF peak power [W]	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Average DC power [W]	-490	-500	-440	-440	-440	-440
NESZ [dB]						
Image center	-23.6	-19	-28.9	-25.4	-34.6	-33.3
Image edge	-17.0	-18.3	-19.9	-23.3	-26.6	-30.9

자료 : Schroder R., et al., 2006

또한 다중편파특성, 스테레오 촬영, 간섭특성을 가진 고해상도 L band SAR 영상 획득이 가능하여 아마존 지역 및 아한대산림지역 연구에 적합하다. MAPSAR의 당초 계획은 상업적 측면을 배제한 공익목적으로 개발되었고, 2011년에 발사계획에 있다.

## 3. 결론

SAR 위성은 현재 위성 개발 및 활용에 있어서 지속적인 활성화가 진행되고 있고, 전천후 관측이 가능



하다는 장점을 통해 재난/재해 분야에 앞으로도 활용 잠재성이 매우 크다고 할 수 있다. 현재 계획단계에 있는 많은 SAR 위성들의 특징을 요약해 본다면 첫째, 다양한 주파수 밴드 영상의 개발이 이뤄지고 있고 그에 따른 추가적인 현상으로 영상 획득 원리가 다른 광학영상과의 상호 활용을 도모하는 프로그램들이 속속 등장하고 있다. 이를 통해 앞으로 많은 이질성을 띠는 서로 다른 자료와의 융합기술에 관한 연구, 즉 멀티센서(Multi-Sensor) 융합기술에 대한 연구는 점차 증가될 것으로 생각한다.

두 번째로 소형위성개발이 점차 증가하고 있다는 점이다. 비용의 절감 효과도 거둘 수 있으며 각종 새로운 기술의 도입에 유연하게 대처할 수 있을 것으로 기대된다.

세 번째로 위성개발 국가 간의 상호협력을 통해 계약결절 국가 간의 정보를 공유하게 되면서 재방문 주기가 이전에 운용되었던 위성들에 비해 크게 향상된 양상을 보여주고 있다. 일례로 COSMO-SkyMed의 경우 재방문 주기가 불과 몇 시간 단위로 긴급 촬영이 요구되는 국가 위기/재난 상황에 위성의 활용도가 높아질 수 있으며 향후 실용적인 활용분야별 모니터링 연구에 긍정적인 효과를 거둘 수 있을 것으로 생각된다.

네 번째로 위성의 제원이 향상 되면서 그에 따른 다양한 영상 촬영모드의 제공은 필수요구 조건으로서, 활용분야의 다양성을 제공할 수 있게 되며 영상 수요 및 활용이 더욱 증가되기 위한 기반 마련의 계기가 될 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. Buckreuss S., Muhlbauer P., Mittermayer J., Balzer W., Werninghaus R., "The TerraSAR-X Ground Segment", Proceedings of EUSAR 2006, Dresden, Germany, 2006
2. Dreizin S., Sharay Y., "High Accuracy Horizontal Scanner operating in X band for the Measurement of a spaceborne Synthetic Aperture Radar (SAR) Antenna", 2004
3. Fagioli S., Capuzi A., Leonardi R., Angino G., "COSMO-SKYMED: THE ITALIAN CONTRIBUTION TO THE FRENCH-ITALIAN INTERGOVERNMENTAL AGREEMENT ON EARTH OBSERVATION", Alcatel Telecommunications Review - 2nd Quarter, 2006
4. Giraldez A. "SAOCOM - 1 ARGENTINA L BAND SAR MISSION OVERVIEW", Papers from the Coastal and Marine Applications of SAR Symposium, 2003
5. Martin Braun H., Kicherer S., "External Calibration for CRS-1 and SAR-Lupe", Proceedings of EUSAR 2006, Dresden, Germany, 2006
6. Misra T., Rana S. S., Bora V. H., Desai N. M., Rao C. V. N., Rajeevjyothi, "SAR Payload of Radar Imaging Satellite (RISAT) of ISRO", Proceedings of EUSAR 2006, Dresden, Germany, 2006
7. Misra T., Rana S. S., Shankara KN., "SYNTHETIC APERTURE RADAR PAYLOAD OF RADAR IMAGING SATELLITE (RISAT) OF ISRO", Proceedings of the XXVIIIth URSI General Assembly, New Delhi, India, 2005
8. PALSAR Reference Guide 3rd Edition, ERSDAC, 2006, pp.1~57
9. Roth A., "Announcement of Opportunity", Science Team Meeting, DLR, 2004
10. Roth A., Braun Gerald, Schreier Gunter, Werninghaus R., "TerraSAR-X Science Plan", DLR, 2004
11. Schättler B., Fritz T., Eineder M., Breit H., Zink M., "The TerraSAR-L Basic Product Tree", IGARSS '04. Proceedings, Vol. 7, 2004, pp. 4539~4542
12. Schroder R., Puls J., Hajnsek I., Jochim F., Bueso-Bello J., Datashvili L., Baier H., Silva M., Paradella W., "The MAPSAR Mission: Objectives, Design And Status", Proceedings of EUSAR 2006, Dresden, Germany, 2006
13. Torres R., Lokas S., Möller H. L., Zink M., Simpson D. M., "The TerraSAR-L Mission and System", IGARSS '04. Proceedings, Vol. 7, 2004, pp. 4519~4522
14. <http://www.radarsat2.info>
15. <http://www.terrasar.de>
16. <http://www.ohb-system.de>
17. <http://www.conae.gov.ar>