

기술 수준조사 및 분석을 통한 SAR(합성개구면 레이다) 핵심기술 개발방안 연구

A Study for Development Plan of SAR Core Technology Through Technology Readiness Level Survey and Analysis

곽 준 영*

Jun-Young Kwak

정 대 권**

Dae-Gwon Jeong

Abstract

SAR(Synthetic Aperture Radar) has the ability to generate high resolution images regardless of a weather condition(e.g. visibility good or poor and day or night, etc.). SAR is considered as one of the most important powers and needs for the future since it has been utilized in a number of important military fields such as early warning, urban defense, missile guidance system, etc. Additionally there are many civilian demands and applications in aviation, traffic control, earth and space explorations, weather forecast etc. This days, the ability to acquire and analyze information is needed to cope with the urgency of global politics and international changes. In this paper, technical survey and development review for SAR systems are investigated to derive the core and immature technologies of domestic defense industry.

Keywords : Synthetic Aperture Radar(합성개구면레이다), Technology Readiness Level(기술수준조사), MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit), Stockholm International Peace Research Institution(스톡홀름 국제평화연구소)

1. 서 론

영상레이다 또는 합성 개구면 레이다(SAR : Synthetic Aperture Radar)는 전자파를 이용하여 지표면 표적에 전자파를 방사하고 반사된 신호를 합성하여 표적에 대한 고해상도 영상 이미지를 얻는 레이다 기술이며,

단일 센서만을 이용하더라도 저해상도에서 고해상도의 영상 및 다양한 종류의 영상획득이 가능하여 센서의 활용성이 높다. 뿐만 아니라, 기상조건이나 주·야에 관계없이 고해상도 영상 이미지를 제공해 줄 수 있는 특징을 가지고 있으므로 항공운항, 관제, 지구 및 우주탐사, 기상 관측 등의 민수용 뿐 아니라 조기경보, 도시방어, 미사일 유도 등 군사적 목적으로도 그 필요성이 날로 증대되고 있다^{1~4)}. 그러나 EO/IR과 같은 광학장비와는 달리 영상을 수집하기 위하여 일정한 속도를 가지고 이동하여야 하며, 탑재 형태 및 크기에 따라 다양하게 분류되나, 대체로 SAR장비가

† 2011년 4월 13일 접수~2011년 6월 24일 게재승인

* 국방기술품질원(DTaQ)

** 한국항공대학교(Korea Aerospace University)

책임저자 : 곽준영(jykwak@paran.com)

탑재되는 플랫폼에 따라 위성용 SAR, 항공용 SAR로 분류된다.

항공기 탑재형은 필요시 수시로 임의지역에 대한 영상 관측이 가능한 적시성, 고입사각에 비해 고해상도의 영상획득, 획득 데이터의 회수가 용이한 장점이 있는 반면 저고도 운항으로 원거리의 표적 관측에 다소 제약이 따르고, 지구대기에 의한 항공기의 자세, 고도 및 속도의 불안정에 대한 보정 대책이 추가로 요구되는 등의 단점도 있다.

위성탑재형의 특징은 대기권 밖의 비행으로 자세가 안정되고, 관측지역의 제약이 없으나 궤도비행 주기에 의하여 원하는 시간에 관측하지 못하고 원거리 관측으로 인한 지구곡면 효과 보상의 필요 등과 같은 단점이 있다.

활용측면을 살펴보면, 군사 분야에서는 조기경보용 전략 영상정보 수집과 전장 감시용 전술 영상정보 수집 그리고 군사작전 정보 제공 등의 임무를 독자적으로 수행할 수 있으며, 군사표적의 경우 주로 전자파를 잘 반사하는 철 구조물로 만들어져 있기 때문에 강한 전자파 반사 특성을 보유하고 있으므로 SAR를 이용한다면 전천후, 광역 감시 및 정밀정찰 특성과 더불어 군사 표적 식별용으로도 많은 장점을 보유하고 있다. 또한 위성 SAR의 경우 위성의 반복주기 특성 및 고도 특성으로 지속적인 영상정보 획득이 가능하며 상대국과 외교상의 문제없이 정보를 획득할 수 있는 효과적인 정보획득 수단이기도 하다.

SAR의 운용 개념을 그림으로 요약하면 다음 Fig. 1과 같으며, 시스템 구성은 SAR센서를 탑재한 플랫폼의 원격조정을 위한 관제소 및 플랫폼에서 전송되는 영상신호의 수신·처리를 위한 지상체로 구성되어 있다.

2. SAR의 개발동향 및 기술수준분석

가. 선진국 개발동향 및 발전추세

1) 위성 SAR 체계

현재 운용 중인 위성 SAR체계는 대부분 원격탐사를 주목적으로 개발된 위성으로서 ERS-1/2, RadarSat-1/2, Envisat/esa, Cosmo-Skymed, TecSar- X, SAR-Lupe등이 운용중이며, 선진국을 중심으로 Terra SAR-X와 같은 전자식 능동위상배열(AESA : Active Electronically Scanned Array) 방식과 SAR-Lupe와 같은 기계적 빔조향 방식의 안테나를 개발하여 적용중에 있다⁷⁾.

Table 1은 각 국가에서 운용중인 SAR 위성의 특성을 보여주는 표이며, 해상도 1m급을 통상 고해상도로 분류한다. 또한 위성 운용국가는 본문에서 언급되는 선진국 SAR의 기술수준과 관련이 있다. SAR 위성의 발전추세를 살펴보면 크기면에서는 대형 위성에서 소형 위성으로, 임무 측면에서는 다중 임무에서 단일 임무로, 개발에 소요되는 비용/기간측면에서는 고가격/장기간에서 저가격/단기간으로, 성능/무게측면에서는 저성능/고중량에서 고성능/저중량으로의 변화추이를 볼 수 있다. 즉 종합적으로 살펴볼 때 소형 및 경량화의 형태로 발전하는 추세로 볼 수 있다.

향후 위성 SAR의 경우 개발 및 활용을 위해 지속적인 연구와 활성화가 진행되고 있으며, 전천후 관측이 가능하다는 장점을 통해 활용 잠재성이 매우 크다고 볼 수 있다. 또한 다중주파수 영역에서 다중센서를 활용한 멀티센서 융합기술, 소형 감시정찰용 위성개발의 증가에 따른 개발비용 절감, 국가간의 상호협력을 통한 정보공유 및 위성제원의 향상에 따른 활용분야의 다양성 제공 등을 기대 할 수 있다.

2) 항공기 SAR 체계

항공기에 탑재되는 SAR의 경우, 기계적 빔조향방식의 장비가 주로 개발되었으며, 1m 미만의 해상도, GMTI(이동 표적식별기능) 및 실시간 신호처리 기능이 기본적으로 구현되고 있다. 특히 고주파 RF 부품기술

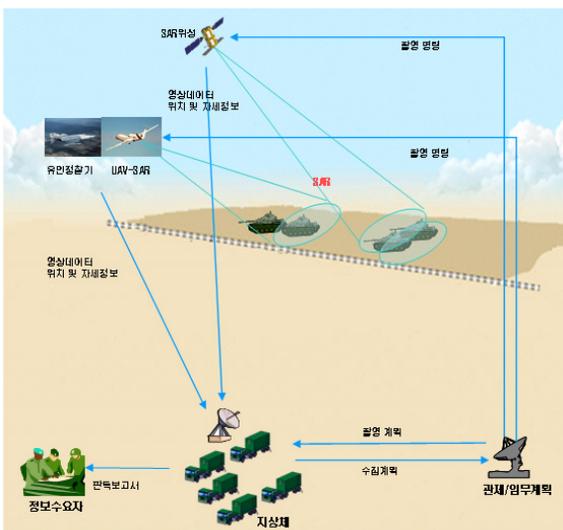


Fig. 1. Operational concept for sar

과 고속 신호처리 기술의 발전으로, 크게 소형 경량화(MiniSAR) 및 대형 다기능화(GlobalHawk ISS) 형태로 발전하는 추세에 있다.

Table 2는 현재 운용중인 항공탐재용 SAR의 현황이며, MiniSAR 및 I-Master 등은 Ku대역의 송신신호를 사용하여 소형화를 구현하였고, GlobalHawk 무인기에 탑재된 SAR장비는 다기능과 고성능화를 구현하였다. 또한 미공군의 경우 다중 플랫폼 레이다 기술을 적용한 프로그램(MP-RTIP : Multi Platform-Radar Technology Insertion Program)을 통하여 SAR 및 다양한 Radar체계에 적용 할 수 있는 기술을 개발 중에 있다.

Table 1. Properties for sar system about operational satellites in the world

국가	위성명	발사 시기	운영 주파수	해상도 (m)	관측폭 (km)	고도 (km)
미국	SEASAT	1978. 06	L 대역	25	100	800
	SIR-A	1981. 11	L 대역	38	50	260
	SIR-B	1984. 10	L 대역	25	20~40	200~400
	SIR-C/X	1994. 10	L/C/X 대역	30	15~100/40	225
중국	JianBing 5	2006. 04	L밴드 (추정)	5	100	629
유럽	ERS-1	1991. 06	C 대역	25	100	790
	ERS-2	1995. 04	C 대역	25	100	790
	ENVISAT	2002. 02	C 대역	30~1000	100~400	800
독일	SAR-Lupe	2006~07	X 대역	≤1, 3, 8	10	500
	TerraSAR-X	2006	X 대역	1, 3, 16	10~100	514
이탈리아	Cosmo SkyMed	2006~07	X 대역	≤1, 3, 10	40~200	619
이스라엘	TecSAR	2007	X 대역	≤1, 3, 8	5~51	550
러시아	Almaz-1	1991. 03	X 대역	15	20~45	275
	Kondor	2006	S 대역	1~3	-	550
캐나다	Radarsat-1	1995. 09	C 대역	10~100	5~170	790
	Radarsat-2	2006	C 대역	3~100	20~500	798
일본	JERS-1	1992. 02	L 대역	18	76	568
	IGS	2003. 03	X 대역	1~3	-	-
	ALOS 위성	2005. 말	L 대역	10~100	70~360	692
인도	RISAT	2006. 7	C	3~50	-	608
한국	KOMPSAT-5	2011.	X	1	-	550
아르헨티나	SOACOM-1	1996.	L	10	170	-

Table 2. Operational staes for aircraft with installed sar

국가	기종	형태	주요성능	기타
미국	RQ-4A (Global Hawk)	ASARS-2개조한 HISAR, EO/IR센서	광대역탐색 영상이나 협대역 고해상도스팟 영상제공	
	U-2S 정찰 항공기	ASAR-2 이미지 레이다	날씨, 주·야 간 불문하고, 실시간, 고해상도이미지 제공	ASARS-2A센서
	E-8 Joint STARS 항공기	SAR가 탑재된 X-밴드(8~10 GHz)측면 감시 레이다	이동타겟 및 공격통제, 계획, 섹터 서치 및 좁은 영역 타겟 분류, 광대역 감시, 고정 타겟지시	AN/APY-3/7
	RQ-1 프리데터 UAV탐재용	Ku-밴드 (12.5~18GHz) SAR/MTI레이더	표준중량이하의 시스템으로 Ku 밴드(16.4 중심주파수) 감시 레이다	TESAR 센서
	미공군 B-2 및 U-2S 고고도 감시정찰 항공기	X-band (8~12.5 GHz) SAR/MTI레이더	광대역 MTI, 협대역 탐색, 싱글빔 스캔, Strip, Spot 및 해안감시	AN/ZQP-181 및 ASARS
영국	무인기 및 소형항공기	J-band (10~20 GHz) SAR레이더	spotlight 및 search mode에서의 이동 및 고정 타겟 이미지 제공	STac SARTM
	초소형 무인기	X-band (8~12.5GHz) SAR	실시간 단순 영상 공급, 전천후 위치 인식, 이미지 분석 도구의 사용편리성이 제공	Nano SAR
영국	전술 무인기 및 유인 고정익	X-band (8 to 12.5GHz) GMTI/SAR센서	저비용, 전천후, 저무게 감시센서	PicoSAR
프랑스	Raphael SLAR2000	SLAR (SAR 기능포함)	탐지거리 : 80km 관측거리 : 40x2km 해상도 : 15m	Downlink 구성
	SWIFT SAR	SAR	주파수 : G/H대역 탐지거리 : 8km Swath 폭 : 4km	무인기 탑재
독일	무인기 CAMCOPTER S-100	X-band (8~12.5 GHz) GMTI/ SARSensor		PicoSAR (영국과 공동)
캐나다	IRIS	정략정찰/전술용 SLAR (SAR기능포함)	주파수 : 9.395Ghz 해상도 : 3x3m	Downlink 구성
	미공군 및 해병대 RF-4 감시정찰 항공기	X-band (8 to 12.5GHz) 감시 SAR	감시용 체계이며, 실시간, 고해상도, 일관성, X 밴드 레이다 이미지	SurSAR 센서
	항공기 레이다	레이더 이미지 프로세싱 체계	이동 및 고정타겟 의 장거리 레이다 중첩 이미지 생성	TriSAR 센서
스웨덴	ERICSSON SLAR	SLAR (해상감시)	주파수 : 9.4Ghz 빔폭 : 0.5도(H) 탐지거리 : 100m	
아르헨티나	SLAR (SAR기능포함)	전략정찰/전술용	주파수대역 : X대역(9.935GHz) 해상도 : 3x3m	

3) 선진국 발전추세 분석

SAR는 레이더에 비해 짧은 역사에도 불구하고, 실시간 및 고해상도 영상정보 획득을 위한 신호처리 기술, 안테나 기술, 센서의 경량화 및 고성능화기술로 급격히 발전하였다.

SAR 센서 성능을 향상시키기 위해 향후 요구되는 기술들로서는 다음과 같이 단일센서에 의한 다중모드 운용기술, 영상정보 융합기술, 10cm 이하급 표적식별을 위한 초광대역 펄스 생성기술, 다중주파수/다중편파 기술, 광대역 실시간 전송기능 및 온보드 처리기술, FOPEN(Foliage Penetration) 기술, LIDAR(Light Detection and Ranging) 기술, HDTV 및 FPA(Focal Plane Array) 기술, ACN(Airborne Communication Node) 기술 등이 있다. 따라서 전반적인 시각으로 볼 때 SAR 체계의 소형화를 위해서는 탑재체 질량을 줄여야하므로, 안테나의 크기를 줄여 경량화하고 송수신 모듈을 소형화하여 체계에 적용하는 추세로 나아가고 있음을 볼 수 있다⁸⁾.

나. 국내개발 현황

1) 연구개발 현황

국내에서는 다목적 실용위성개발사업의 시리즈로 항우연이 주관한 광학 탑재위성을 중심으로 다목적 실용 위성 1, 2, 3호를 개발하여 왔으나, 최근 국가적인 필요성에 따라 SAR를 탑재한 다목적 실용위성 5호(MS-SAR)개발사업이 진행되어 발사 대기중에 있다. SAR 탑재체는 X 밴드의 다중 편파 위상배열 안테나를 이용하여 다중편파 영상모드 기능을 가지고 있으며, 요구에 따라 고해상도, 표준영상 모드 및 광역 영상모드로 운용하며, 모드에 따라 관측폭과 해상도를 가변 할 수 있다.

항공기 SAR 분야에서도 국과연에서 최초로 개발된 KOMSAR이후로 중고도 무인기 SAR 관련 기술이 국방관련 산·학·연 연구소 뿐만 아니라 민수의 각 분야에서 활발하게 연구가 진행 중이다.

한 예로 민수분야의 경우 요동보상기술을 구현하기 위해 국내에서는 처음으로 위치정보시스템(GPS)과 고정밀 관성항법장치(INS) 센서를 사용하였으며, 스마트 무인기 Class B급에 탑재 가능한 90kg 중량의 SAR센서 연구 등 각 분야에서 활발하게 연구가 진행 중이다. 특히 국방 분야의 경우, 국방 중장기계획에 의거 산·학·연 및 군 관련 전문 연구기관을 통하여 중요 핵심기술을 개발하기 위하여 기초, 응용, 시험과제로

세분화하여 지속적으로 연구 중에 있다. 일부 핵심기술이 개발되었지만, 아직도 개발 및 확보해야할 기술이 많이 있다. 현재 국방 분야에 선정된 관련 핵심기술로는 고속수신 및 근실시간 영상처리/판독 기술(응용/시험), 공통 개구면 다기능 위상배열 안테나용 실시간 지연 위상 변위기 연구(기초), 광역 고해상도 영상 형성기술(응용), 실시간 3차원 정밀표적 추출 및 매칭기술(시험), 영상 레이더용 표적 자동식별 기술(응용/시험), 위성용 경량화 SAR 안테나 기술(응용/시험), 표적 및 환경 신호 특성 분석 및 생성 연구(기초), 항공용 고출력 경량 SAR 안테나 기술(시험), 해상감시용 ISAR 기술((시험), FOPEN SAR 기술 개발(응용), SAR 탐색기용 표적탐지/추적기술(응용), SAR의 잠수함 탐지를 위한 항적 모델링 기술(응용), 무인 정찰기 SAR기술(시험), 수중감시용 LIDAR 기술(응용) 등이 있다.

다. 국내·외 기술수준 분석결과

현재 세계 주요 국가들에 대한 국방과학기술 수준과 국가별 기술순위 파악, 세계 주요 국가들과 비교한 우리나라의 국방과학기술 수준 평가, 국방 과학 기술 정책 및 국방연구개발 방향수립을 위한 목적으로 국내·외 기술수준을 파악하기 위한 기초자료로서 조사를 실시하였다.

1) 조사대상 국가 선정

16개 국방기술 주요 조사 대상 국가 선정은 SIPRI¹⁾ 연감 및 CIA²⁾ World Factbook 자료를 근간으로 선정하였으며, 국방비 지출기준 12개국을 우리나라를 비롯한 12개국과 기타 국방기술 선진국인 이스라엘 등 4개 국이다²⁾.

가) 주요 조사내용은 우리나라를 포함한 선진 국방 기술 보유 16개국을 대상으로 국가별 13개 무기 체계 분야와 8대 전력분야에 대한 기술수준 및 기술수준 조사 결과를 토대로 국가별 상대적인 기술 순위를 판정하였다.

나) 조사방법으로는 최고 기술 보유국가 기술수준

1) SIPRI : Stockholm International Peace Research Institution (스톡홀름 국제평화연구소)

2) CIA : Central Intelligence Agency(미중앙정보국)

을 1.0으로 했을 때 조사대상 국가의 자국 개발능력을 고려한 기술수준을 상대적인 숫자(0.0~1.0)로 지수화하여 산·학·연·군 전문가를 대상으로 2 라운드 델파이 설문조사, 전문가 그룹토의와 인터뷰를 통한 심층조사를 수행하였다.

다) 선정기준은 국방 전력 및 국방 무기체계 분야로 구분하고, 16개 국방기술 주요 조사 대상 국가를 선정하였으며, 국방비 지출기준 12개국, 국방기술 선진국 4개국을 기준으로 하였다.

라) 조사를 위한 사전 조사 자료 작성은 각 국에서 개발된 대표적인 무기체계의 성능 및 자국 개발 능력 등 자료 조사를 통하여 전문가 설문조사 시 기초자료로 제공하고, 1차 설문조사(평가)를 위해 분야별 전문가들이 각 국의 대표적인 무기체계의 주요 성과와 자국 개발능력 등을 참고하여 해당분야 기술 수준평가(수준지수)를 수행하였다. 1차 평가결과의 분포도와 수준별 평가 사유를 종합하여 제시 및 사전자료에 대해 전문가 의견을 반영하여 보완하였다⁹⁾.

2) 조사결과

감시정찰분야는 레이다, SAR, 전자광학, 수중감시, 전자전으로 세분화하여 조사하고 가중치 부여 및 통계 처리후 순위를 결정하였다.

* 감시정찰센서체계의 기술수준은 레이다/SAR 분야 55%, 전자광학분야 30%, 수중감시분야 15%의 가중치를 적용하여 산출하였다.

가) 국가순위 분석

감시정찰센서체계의 경우 한국의 기술수준은 선진국 대비 72.6%(’10년 16개국 국가별 국가수준조사결과)이며, 순위는 12위 수준이고, 기술수준은 스웨덴과 한국은 선진권에 근접한 중상위권이다.

선진국의 순위는 미국, 러시아, 프랑스, 독일, 영국 순이며, 분야별 한국의 순위는 다음과 같다.

- 레이다/SAR 분야 : 선진국 대비 69.7%, 13위
- 전자광학분야 : 선진국 대비 79.1%, 10위
- 수중감시분야 : 선진국 대비 70%, 10위 수준

다음 도표는 2009년 및 2010년도 조사 결과를 비교한 자료이다.

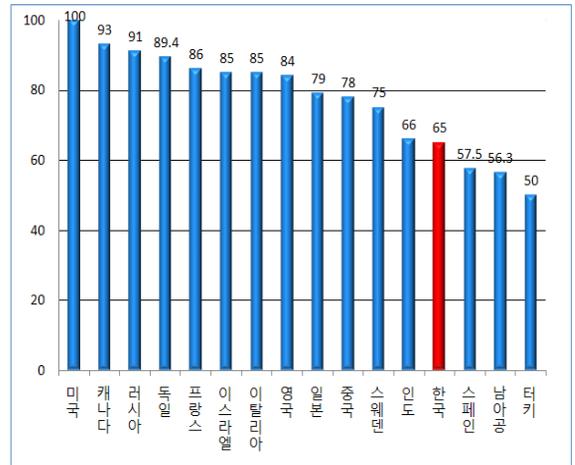


Fig. 2. Result for technology readiness level in 2009 year

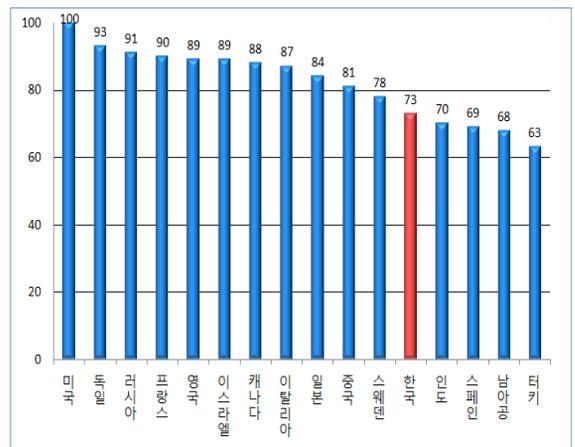


Fig. 3. Result for technology readiness level in 2010 year

도표에서 알 수 있듯이 상위 선진국의 기술수준은 미국을 기준으로 100으로 할 때 독일 및 영국이 약간의 순위 변동은 있었으나, '09년도 및 '10년도의 국가별 순위는 크게 차이가 나지 않았다. 한국과 근접한 인도의 경우 이스라엘과의 합작 SAR 위성개발을 하여 운영 중이며, 한국 역시 다목적 실용위성 5호 사업에서 기술 획득 및 보유로 상호 비슷한 기술력을 보유하고 있는 것으로 보인다.

'09년도 및 '10년도의 결과는 일부 참여 전문가의 변동에 기인하여 일부 국가순위에도 영향을 주었을 것으로 판단이 된다.

나) 기술력 분석

최고의 기술 선진국인 미국은 체계설계, 핵심 구성품, 운용 소프트웨어 및 체계통합의 독자 개발이 가능하며 현재 운용되고 있는 위성 및 항공기용 감시 정찰 체계의 성능도 최고 수준인 반면, 국내의 기술수준은 설계, 체계종합, 신호처리 전 분야에 걸쳐서 매우 미비하나, 다목적 실용위성개발을 통하여 국내 위성 SAR 기술의 많은 부분을 확보하였다. 또한 기 확보된 위성 체계, 제작기술을 적절히 활용 및 1~2회의 추가개발을 통하여 국내기술의 자립도 가능할 것으로 판단된다. 그리고 중고도 무인기의 항공 SAR장비가 개발 중인 점을 고려할 때 항공 SAR 핵심기술 역량은 확보하고 있으며, 향후 10년 이내 개발이 이루어 질 것으로 판단 및 분석되었다.

3. 개발목표 및 방안

가. 기술분야별 개발목표

현재 국내 SAR 체계의 기술개발을 위한 분야별 요구되는 중·장기 기술에 대한 정량적인 목표치의 제시는 어려우나, 정성적인 기술요구도는 다음과 같다^[5].

1) 안테나 분야

- T/R 모듈 관련기술은 중장기적으로 다기능 MMIC와 LTCC 패키징 기술을 활용한 고집적 TR 모듈기술, 고효율(저전력/저발열)의 소형 경량 TR 모듈기술
- 다채널 안테나 구현 관련기술은 2채널 도파관 안테나 설계 기술, 다양한 형태의 다채널 안테나 설계 기술, 채널간 균형이 뛰어난 광대역 다채널 안테나 구현 기술
- 복사소자 설계 관련기술은 도파관 슬롯 배열 복사소자 설계 기술, 안테나 형태에 따른 복사소자 설계 기술, 광대역, 고효율(고이득)의 경량 복사소자 기술
- 빔 조향 관련기술은 TR 모듈을 이용한 전기적 빔 조향 기술, 고 집적된 TR 모듈을 이용한 빔 운용 구현기술
- 급전 관련기술에는 도파관 급전기 설계 기술, 다양한 형태의 안테나에 적용 가능한 광대역 급전 기술, 격리도가 뛰어난 저손실/광대역 급전 기술
- 고치수 안정화 안테나 설계 및 정렬기술에는 망

소재 및 CFRP 스킨 블레이드 형태의 전개형 파라볼라 안테나의 고치수 안정화 안테나 설계와 장착 및 정렬기술

- 고정/전개 구조물 기구설계 관련기술에는 수동형 힌지메커니즘을 이용한 태양전지판, 안테나 등의 전개기술, 우주용 전개 및 고정 메커니즘 기술
- 구조 및 열 해석 관련기술에는 위성용 SAR 안테나 구조 및 열 설계/해석 기술이 있다.

2) 송신기분야

- 광대역 파형발생 관련기술에는 광대역 신호생성/모듈화/소형화 및 인증검증 기술, 고신뢰성/초소형 단일칩(최대 1GHz 이상) 기술
- 고안정 주파수 합성기 설계/제작 관련기술에는 소형화를 위한 저전력 설계(소모전력 감소 설계) 기술, 우주환경조건에 맞는 핵심부품(OCXO)검증 기술
- 고효율 송신기 기술에는 TWTA 개발 및 기술, 소형 고효율 저발열 T/R 모듈 및 소형 고효율 SSPA 기술, 극소형 다중 대역 저 발열 T/R 통합 모듈(공냉식) 기술
- 주파수 상향변조기술에는 소형화/저전력화 설계 기술, 내장용 극소형 저전력 T/R 통합모듈 기술이 있다.

3) 수신기분야

- 다중수신채널 구현기술에는 T/R모듈과 연계하여 채널간 자동 위상조정 및 보정기술, GMTI 기능 구현을 위한 동일 특성의 다중 수신채널 구현 기술
- 넓은 동적 범위 수신기 설계기술에는 다중밴드 수신용 레이더 수신기 기술, 내장형 극소형 저전력 T/R통합 모듈 기술
- 광대역 영상신호 수신기술에는 고해상도 광대역 영상신호 수신용 Deramp 수신구조 기술, 저전력 고안정의 파형 발생기술, 내장형 극소형 저전력 T/R통합 모듈 기술
- 이동형 송수신기술에는 안테나 빔조향 기술 및 역도플러 처리 기술, 스트립 및 스팟 모드 실시간 처리기술
- 주파수 하향변조기술에는 주파수 합성기의 상향기 및 하향기를 패키지화하여 one 보드 혹은 one chip 기술, 내장형 극소형 저전력 T/R 통합하는

모듈 기술이 있다.

4) 데이터링크분야

- X-밴드전송 설계기술은 수신반경 2000km 이상의 X-밴드 안테나 설계 및 송신기 설계 기술
- 데이터 처리기 및 저장기 기술에는 비행모델(FM)급 데이터 처리기 H/W 및 S/W 설계기술
- 데이터 링크기술에는 데이터링크 버짓 분석 및 요구규격 도출과 관련된 기술, 레이더 영상자료 고속 전송을 위한 데이터링크 시스템 설계기술, 레이더 영상자료 고속 전송을 위한 데이터링크 시스템 개발 및 시험기술이 있다.

5) 신호처리분야

- 펄스 생성/처리기술에는 광대역 펄스생성(600MHz/800MHz/1GHz) 기술
- 신호처리기술에는 실시간 영상형성기술/실시간 GMTI(신호처리 능력 : 300G FLOPS/1T FLOPS) 기술
- 영상탐지기술에는 신호기반의 2채널 GMTI기술, 다채널 STAP(Space Time Adaptive Processing) 기술
- 영상 형성기술에는 고해상도(Spotlight 모드)알고리즘 구현기술, 알고리즘 정확도 향상, 온보드 실시간 처리 성능향상 기술
- 요동보상기술에는 GPS/IMU기반 요동보상, 실시간 1차 요동보상기술, 0.1m 급 해상도 제작에 필요한 정밀요동 보상 기술이 있다.

6) 영상형성 및 처리

- 직저장 관리기술은 장기적으로 채널당 640Mbps CCSDS/복호화/복원 처리기술
- 영상 분석 및 판독기술에는 다중센서 융합기술, PSInSAR 기술, 표적의 DB 구축기술
- DB 관리기술에는 대용량 영상 압축기술, 고속 검색 기술, 고속 영상 데이터 전송 기술 및 다중 센서 DB 표준화기술 등이 있다.

중·장기적인 관점에서 국방핵심기술은 개발의 중요도, 탑재용 플랫폼의 전력화시점 등 관련 무기체계의 우선순위를 정하여 개발하므로, 국방무기체계의 감시정찰분야 기술로드맵을 참고문서로 활용되어야 될 것이다.

나. 개발방안

국방분야의 SAR체계 개발을 위한 최적의 방안은 국방사업과 관련된 중고도 무인정찰기사업, 다목적 실용위성 SAR 사업, KOMSAR 사업 등으로 축적된 기술을 활용하여 핵심기술은 정부 혹은 산·학·연에서 연구개발하여 국산화함으로써 장기적으로 SAR 기술을 확보하는데 있으며, 세부적인 기술은 다음과 같다.

1) 안테나 기술

고해상도 영상 획득을 위해 광대역의 주파수 응답 특성을 만족하고, 플랫폼에 장착하여 다양한 SAR 운용모드에 따라 동작되도록, 소형·경량 및 항공·우주 환경에 적합한 안테나의 설계 및 제작에 관련된 기술로서, 국내기술수준은 선진국 대비 70%(10년 수준조사 결과)이다. 선진국의 경우 전자적 빔 조향을 위한 제어 및 전력 공급과 같은 하부 장치로 인해 시스템이 커지는 단점을 보완하기 위한 모듈의 소형화 및 경량화, 보정 기법의 효율을 높이는 기술이 연구 중이며, 국내에서는 능동형 소자를 탑재한 안테나의 경우, 다목적 실용위성 및 과학위성 사업을 통해 축적된 국내 기술을 바탕으로 우주 열 진공 환경에서의 안정성 확보를 위한 임무장비들의 열 설계, 열 제어기술 및 현재 진행중인 중고도 무인정찰기 SAR사업을 통해 수동형 위상배열 안테나를 국산화하고, 다목적 실용위성 SAR사업을 통해 해외협력으로 능동 위상배열 안테나 기반기술을 확보하여, 고 정밀 위성 SAR 센서 기술 개발시 능동위상 배열안테나 설계를 정부 주관으로 수행한다. 또한 장기에 위성용 경량화 SAR 안테나 기술을 산·학·연 주관으로 확보하여 소형위성에 적용하는 방안을 제안하며, 세부 요소기술 개발방안은 다음과 같다.

고치수 안정화 안테나 설계 및 정렬기술의 경우, 실용위성 5호 위성의 해외협력개발을 통해 발사 및 궤도환경에서 구조건전성 확보를 위한 설계기술 및 무중력 상태를 고려한 안테나 장착/정렬 기술을 확보하고, 실용위성 5호 사업을 통해 고정/전개 구조물 기구 설계기술을 확보하며, 전개형 파라볼라 안테나, 그물망 형태의 트러스 전개구조물에 대해서는 국내의 기초기술 기반이 취약하여 연구개발이 필요하다. 또한 향후 개발이 필요한 기술로는 냉각을 위한 안테나 복사소자와 T/R 모듈 배치 기술, T/R 모듈 안정화를 위한 냉각 기술, 능동형 SAR 안테나 성능 검증을 위한 측정기술 등이 있다.

2) 광대역 송·수신기 기술

시스템이 요구하는 침투 전력의 초고주파 신호를 안테나로 공급하여 방사하는 송신기술과 안테나에서 수신된 미약한 신호를 증폭하고 하향 주파수로 변환하는 수신기술을 통합한 기술로서, 선진국 대비 75%(‘10년 수준조사 결과) 기술수준이다.

반도체 송수신모듈(TRM : Tranceiver/Receiver Module) 설계/제작/시험 기술은 소형/경량 TR 모듈 설계/제작/시험기술 확보를 위해서는 핵심 소자기술에 대한 의존성이 높으므로 전략적 성장 정책이 필요하다. 또한 고효율 증폭기는 수출제한 품목으로서 선진국에서 기술이전을 기피하고 있으며, 대량생산을 위해서는 재료비의 의존도가 높으므로 반도체 증폭기 설계기술은 정부기관 및 산·학·연 공동연구를 통해 국내 개발하여 국산화할 필요가 있다. 반도체 송신 증폭기(SSPA)의 국내 설계/제작 기술은 확보하고 있으나, 핵심소자의 산·학·연 주관의 국산화 개발이 필요하며, 영상 획득을 위한 수백 MHz~수 GHz 수신기 설계기술은 체계 개발 착수 전 관련 부족기술(영상 획득을 위한 수백 MHz~수 GHz 수신기 설계기술 등)을 산·학·연 공동연구 및 선행연구를 통하여 확보가 필요하다.

3) 영상 신호발생/처리/형성/분석 기술

신호의 증폭, 여과, 변조, 복조, 등화 등의 신호처리 기술과 수신된 정보로부터 영상정보를 추출하고 분석하는 기술로서, 선진국 대비 68%(‘10년 수준조사 결과)의 기술수준이다.

고해상도 영상 신호발생/처리/형성 및 분석기술은 민간사업을 통해서 위성과 항공기 SAR 탑재체와 SAR, ISAR 신호처리에 대한 연구가 진행 중이며, 또한 항공기용 SAR 신호처리의 핵심기술인 요동 보상기술과 위성용 SAR 신호처리의 핵심 기술인 RCMC(Range Cell Migration Correction) 기술에 대한 새로운 알고리즘과 구현기술을 개발하여 초고해상도 영상을 구현할 수 있는 연구개발이 추진 중에 있으므로 중고도 무인 정찰기용 SAR 기술은 MS-SAR 위성탑재체 및 신호처리 연구결과를 활용하여 설계 및 시험 시제를 제작하며, 위성 SAR의 경우 GMTI 모드가 현재 미 개발되어 있으므로 개발을 추진하여 기술 확보가 필요하다.

ISAR 기술은 항공 SAR 장비 개발 경험과 전자파 특화연구센터에서 수행한 ISAR 분야 신호처리기술을 바탕으로 장기에 기술을 확보하며, 또한 다중주파수 다중편파기술을 개발하여 다양한 표적 인식처리정보를

생성하는 SAR 기술의 확보가 요구된다.

4. 결론

최근 SAR 기술은 능동 위상배열 안테나를 이용한 다중 영상 모드, 다중주파수/ 다중편파, 집중조사 모드 기술을 이용하여 초고해상도의 표적 식별능력을 향상시키고 있으며, 정밀한 고도 정보를 추출하기 위해 인터페로메트리를 이용한 입체 영상기술이 개발 중에 있다. 또한 탑재체 질량을 줄이기 위한 소형 경량 안테나 및 송수신 모듈의 소형화 기술, 초고속 데이터 전송기술, 초고속 온보드 SAR 프로세서 및 이동표적 탐지(GMTI)기술 등으로 기술이 발전하는 추세이나, 복합센서와의 상호 보완적 운용을 위하여 SAR 뿐만 아니라 EO/IR 영상 정보와의 데이터 융합 기술은 선진국 대비 국내 기술기반이 취약한 편이다.

국방분야 혹은 민간분야에서의 우위 기술에 대해서는 상호 Spin on/Spin off의 개념하에 기술을 공유하며, 또한 부족기술의 확보 및 핵심기술 개발을 위해서는 SAR 공통 기반기술을 바탕으로 정부연구기관 및 산·학·연의 상호협력 및 공조체제가 요구된다.

References

- [1] 국방기술품질원, “국방과학기술수준조사서”, Vol. 3, 감시정찰무기체계, pp. 145~338, Mar. 2007.
- [2] 국방기술품질원, “16개 국가 국방과학기술 순위 조사보고서”, DTaQ-09-1952R. Jun. 2009.
- [3] 국방기술품질원, “국가순위조사결과서”, Mar. 2010.
- [4] 국방기술품질원, “국방과학기술조사서”, 제3권 감시정찰, 제3장 SAR 체계, pp. 163~237, Nov. 2010.
- [5] 2010 국방분야 SAR 전문가 Workshop 결과 보고서, Mar. 2010.
- [6] 곽준영, “SAR 동향보고서”, 국방기술품질원, 제23호, Mar. 2010.
- [7] 항공우주산업기술동향 4/2, pp. 40~48, 2006.
- [8] 장성호 외, “항공우주 기술산업동향_무인항공기 임무장비 개발동향”, 제2권 제1호, pp. 152~158, 2004.
- [9] 고흥석, 전상배, “국방기술수준조사의 이해와 실무”, 형설출판사, pp. 11~57, Jan. 2010, pp. 159~268, Jan. 2011.