

영상레이더 자료처리를 위한 분산처리기술개발

Development of clustering technique
for synthetic aperture radar data processing



2016. 8. 31.

한국해양과학기술원
부설 극지연구소



1. 이 보고서는 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구 결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

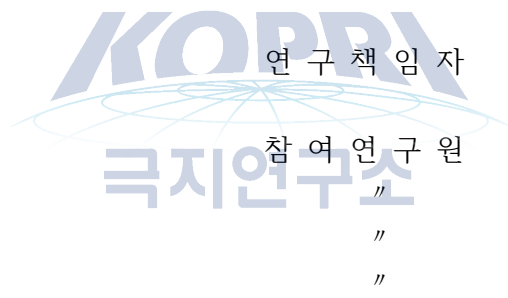


제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “영상레이더 자료처리를 위한 분산처리기술개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 8.



연구책임자 : 홍 상 훈
참여연구원 : 김 현 철
" : 지 준 화
" : 한 향 선
" : 현 창 욱

보고서 초록

과제관리번호	PE15360	해당단계 연구기간	2015.9.07. ~ 2016.08.31.	단계 구분	1 / 1
연구사업명	중 사 업 명	신진연구원 지원과제			
연구과제명	중 과 제 명	신진연구원 지원과제			
	세부(단위)과제명	영상레이더 자료처리를 위한 분산처리기술개발			
연구책임자	홍 상 훈	해당단계 참여연구원수	총 : 5 명 내부 : 5 명 외부 : 0 명	해당단계 연구비	정부: 30,000 천원 기업: 0 천원 계: 30,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	극지연구소 북극해빙예측사업단		참여기업명	-	
국제공동연구	-				
위 탁 연 구	-				
요 약				보고서면수	
<p>○ 연구개발의 목적 및 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인공위성 원격탐사 기반 극지연구에 필수적인 영상레이더(SAR: Synthetic Aperture Radar) 자료를 효과적으로 처리할 수 있는 자동/반자동 분산처리기술개발 - 인공위성 자료는 인간의 접근이 제한적인 곳에 대한 주기적이고 지속적인 관측 감시가 용이하므로 극지에서의 환경변화 감시 및 인프라 관리에 매우 효과적으로 활용 가능 - 특히 마이크로파 대역 전자기파 사용하는 인공위성 영상레이더 자료는 주야/기상 조건으로 인한 제약을 받지 않으므로 극지에서 다른 원격탐사 자료에 비해 더욱 유용하게 활용 가능 - 현재 총 11기의 지구관측용 인공위성 영상레이더 시스템이 운용되고 있으며 현재 아리랑 6호가 2019년 발사를 목표로 개발 중으로 영상레이더 자료 활용가능성이 증대될 전망이다 - 최근 영상레이더 자료의 특징은 대용량(1GB~100GB)이며 관측량도 많아 수동자료 처리에는 한계가 있어 체계적인 데이터베이스화 및 신속한 자료처리가 가능한 분산처리기술 개발이 필수적임 <p>○ 연구개발 성과 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 단일 리눅스 운영체제 워크스테이션 기반 영상레이더 자료 분산처리기술을 개발 - 아리랑 5호, TerraSAR-X 등 다양한 인공위성 영상레이더 자료를 지원하며 성능 시험 수행 - 영상레이더 자료 기반 위상간섭기법 기술 프로토타입 개발 완료 - 다중프로세서를 이용하는 분산처리기술이 자료처리시간을 획기적으로 단축할 수 있음을 확인 - 분산처리 프로세서와 병렬처리 프로세서 개수에 대한 최적화 시험 수행 - 미국 마이애미 대학, UNAVCO, WInSAR 컨소시엄 등과의 국제협력을 통한 영상레이더 자료 공유 및 분산처리기술 교류 체계 마련 - 인공위성 영상레이더 기반 극지 활용 연구 기반 마련 					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	인공위성, 영상레이더, 원격탐사, 분산처리, 자료처리, 빙권			
	영 어	Satellite, Synthetic aperture radar, Remote sensing, Clustering, Data processing, Cryosphere			

요 약 문

I. 제목

영상레이더 자료처리를 위한 분산처리기술개발

II. 연구개발 목적 및 필요성

- 본 연구는 인공위성 원격탐사 기반 극지연구에 필수적인 영상레이더 자료를 효과적으로 처리할 수 있는 자동/반자동 분산처리기술개발에 그 목적이 있음
- 인공위성 원격탐사 자료는 인간의 접근이 제한적인 공간에 대한 지속적인 관측 감시가 용이하므로 극지에서의 환경변화 감시 및 인프라 관리에 매우 효과적으로 활용 가능함
- 특히 마이크로파 대역 전자기파 사용하는 인공위성 영상레이더(SAR: Synthetic Aperture Radar) 자료는 주야/기상 조건으로 인한 제약을 받지 않으므로 극지에서 다른 원격탐사 자료에 비해 더욱 유용하게 활용 가능함
- 현재 운용되고 있는 지구관측용 인공위성 영상레이더 시스템은 총 11기이며 차세대 첨단기술을 탑재한 인공위성이 지속적으로 개발/발사될 예정임
- 우리나라도 영상레이더 센서를 탑재한 아리랑 5호가 2013년 8월 22일 발사되어 운용 중이며 아리랑 영상의 활용성 증대를 위한 '위성정보활용 종합계획'을 수립하여 발표, 실행 중에 있음
- 또한 현재 후속 영상레이더 위성인 아리랑 6호가 2019년 발사를 목표로 개발 중이어서 자료 활용가능성이 증대될 전망이다
- 최근 영상레이더 자료의 특징은 대용량(1GB~100GB)이며 관측량도 많아 수동자료 처리에는 한계가 있어 체계적인 데이터베이스화 및 신속한 자료처리가 가능한 분산처리기술 개발이 필수적임

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

□ 영상레이더 분석용 분산처리시스템 동향 파악

- 분산처리시스템 특성 분석을 위한 문헌조사 및 세부처리시스템 구성을 위한 개발언어 특성조사 등 영상레이더 분석용 분산처리시스템 동향 파악
- 영상레이더 처리소프트웨어 특성 분석 및 인공위성 영상레이더 시스템 현황 분석

□ 개발 전략 수립

- 영상레이더 자료처리 분산처리시스템의 개발 목표 선정 및 가용 자원 파악
- 다양한 인터프리터 프로그래밍 언어 (Perl, Python 등)의 비교 분석 평가 및 선정
- 공개용 분산처리시스템용 소프트웨어 조사 및 분석

□ 분산처리시스템 개발

- 극지역 영상레이더 자료를 포함한 기타 활용가능한 인공위성 자료 수집 및 구조 분석
- 국내외 공동연구자들의 자료 공유 네트워크 마련
- 체계화된 영상자료의 관리를 위한 데이터베이스화 구현 코드 작성
- 영상레이더 분석시스템 입력자료로의 변환을 위한 전처리 시스템 및 자료구조 표준화 코드 개발
- 빙하 이동, 화산, 지진 등 지표변위를 측정할 수 있는 위상간섭기법의 분산처리시스템 프로토타입 구현
- 해외공동개발 협력상대기관인 미국 마이애미 대학과 분산처리시스템 공동 분석 연구
- 마이애미 대학으로부터 이전 가능한 코드 및 기술 습득 적용

□ 테스트 및 보완

- 다양한 영상자료에 대한 테스트 실시 및 버그 수정 등 보완 작업 수행

IV. 연구개발 성과 및 결과

- 단일 리눅스 운영체제 워크스테이션 기반 영상레이더 자료 분산처리기술을 개발
- 아리랑 5호, TerraSAR-X, COSMO-SkyMed 등 다양한 인공위성 영상레이더 자료를 지원하며 성능 시험 수행 성공
- 영상레이더 자료 기반 위상간섭기법 기술 프로토타입 개발 완료
- 다중프로세서를 이용하는 분산처리기술이 자료처리시간을 획기적으로 단축할 수 있음을 확인
- 워크스테이션 프로세서 수와 자료처리 속도의 비례 관계 확인
- 28코어 워크스테이션에서의 분산처리 프로세서와 병렬처리 프로세서 개수에 대한 최적화 시험 수행 및 최적설정계수 결정
- 미국 마이애미 대학, UNAVCO, WInSAR 컨소시엄 등과의 국제협력을 통한 영상레이더 자료 공유 및 분산처리기술 교류 체계 확립



V. 연구개발결과의 활용계획

- 극지 빙하 이동속도 및 체적감소로 인한 지형 용기 탐지 등 원격탐사 연구에 활용
- 신속한 자료처리 결과물을 활용한 인프라 관리 기초 자료로 활용

VI. 기대성과

- 계산 시간이 많이 소요되며 처리과정이 복잡한 영상레이더 자료처리 효율화 증대
- 자동화/반자동화 처리시스템을 통해 수동 처리에서 발생할 수 있는 오류 최소화 기대
- 인프라 관리를 위한 신속한 기본 자료 처리 능력 확충 기대
- 개발된 기술의 이전 및 지원 등을 통한 관련 산업체 육성화 가능
- 다부처간/출연연간 융합기술연구 주제 발굴 가능

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구개발의 목적	1
제 2 절 연구개발 필요성	1
제 2 장 국내외 기술개발 현황	4
제 1 절 국내기술개발 현황	4
제 2 절 국외기술개발 현황	4
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	8
제 1 절 영상레이더 자료처리 소프트웨어 개요	8
제 2 절 영상레이더 인공위성 운용 현황	17
제 3 절 영상레이더 자료처리 분산처리시스템 구축	41
제 4 절 분산처리기술 개발 구현 및 시험	44
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도	55
제 1 절 연구개발목표 달성도	55
제 2 절 대외기여도	55
제 5 장 기대성과 및 활용방안	56
제 6 장 참고문헌	57

표 차 례

표 1. GAMMA 소프트웨어 패키지 및 용도	8
표 2. 영상레이더 자료처리 분야별 필요한 패키지 구성	9
표 3. 영상레이더 위성 운용 현황	18



그 림 차 례

그림 1. 미국 마이애미 대학교에서 운영 중인 고성능컴퓨팅시스템	5
그림 2. 영국 리즈 대학교에서 계획중인 고성능 대용량 영상레이더 처리시스템 개발 모식도	6
그림 3. e-GEOS사의 고성능컴퓨팅시스템 모식도	7
그림 4. MSP 패키지의 영상자료처리 흐름도	11
그림 5. ISP 패키지의 영상자료처리 흐름도	13
그림 6. 정사영상 제작 흐름도	14
그림 7. 차분위상간섭기법 영상자료처리 흐름도	14
그림 8. IPTA 패키지 자료처리 흐름도	16
그림 9. ERS-1 조립 장면 (출처: ESA)	19
그림 10. ESA ESTEC에서 ERS-2 조립장면 (출처: ESA)	19
그림 11. EnviSat 위성 (출처: ESA)	20
그림 12. 영상레이더위성으로 관측된 남극빙하이동속도 (출처: ESA)	21
그림 13. Sentinel-1A 위성 모식도 (출처: ESA)	22
그림 14. Sentinel-1A 모자이크 영상과 해빙이동감시 추출 (출처: ESA)	22
그림 15. 미국 나파밸리 지진으로 인한 지표변위 추출 (출처: ESA)	23
그림 16. JERS-1 모식도 (출처: JAXA)	24
그림 17. ALOS 위성 모식도 (출처: JAXA)	25

그림 18. 동일본 지진으로 인한 지표변위추출 (출처: JAXA)	25
그림 19. ALOS PALSAR 관측모드 (출처: JAXA)	26
그림 20. ALOS-2 위성 모식도 (출처: JAXA)	27
그림 21. 화산 분출로 인한 지표변위 탐지 사례 (출처: AXA)	27
그림 22. ALOS-2의 다양한 관측 모드 (출처: JAXA)	28
그림 23. RADARSAT-1 위성 모식도 (출처: MDA, CSA)	29
그림 24. RADARSAT-1 위성 관측 모드 (출처: DLR)	29
그림 25. 남극 모자이크 영상레이더 이미지 (출처: CSA)	30
그림 26. RADARSAT-2 위성 모식도 (출처: MDA)	31
그림 27. RADARSAT-2 위성 관측 모드 (출처: MDA)	31
그림 28. 남극지역에 대한 RADARSAT-2 모자이크 영상 (출처: MDA, Telesat)	32
그림 29. TerraSAR-X 위성 모식도 (출처: DLR)	33
그림 30. TerraSAR-X 관측 모드 (출처: DLR)	33
그림 31. Pack ice 지역에 갇힌 선박 감시 영상 (출처: DLR)	34
그림 32. TerraSAR-X와 TanDEM-X 편대 비행 모식도 (출처: DLR)	35
그림 33. 지표표고모형 영상 예시 (출처: DLR)	36
그림 34. 기존 지표표고모형과의 해상도 비교 영상 (출처: DLR)	36
그림 35. COSMO-SkyMed 위성 모식도 (출처: ASI)	37
그림 36. COSMO-SkyMed 편대비행 궤도 운영 모식도 (출처: ASI)	38
그림 37. 미국 나파밸리 지표변위에 대한 위상간섭기법 적용 결과 (출처: ASI)	38

그림 38. KOMPSAT-5 위성 모식도 (출처: KARI)	39
그림 39. KOMPSAT-5 위성관측 모드 (출처: KARI)	40
그림 40. 하와이 킬라우에아 화산 지역에 대한 위상간섭기법 적용 결과 (출처: KARI)	40
그림 41. 극지연구소 전산실에 위치한 영상레이더 분산처리시스템 1식	41
그림 42. 구축된 분산처리시스템 하드웨어의 중앙연산처리장치 정보	42
그림 43. 구축된 분산처리시스템 하드웨어의 물리적 메모리 정보	43
그림 44. 구축된 분산처리시스템 하드웨어의 하드디스크 정보	43
그림 45. 구축된 분산처리시스템 하드웨어의 운영체제 정보	43
그림 46. pbsnodes 명령어를 통해 확인된 클러스터 가능 노드 수	44
그림 47. showq 명령어를 통해 확인된 클러스터 가능 노드 수	45
그림 48. PBS 구동을 위한 코드	46
그림 49. 영상레이더 자료처리 코드	47
그림 50. process_kopri 순서도	48
그림 51. createCoregistrationList_gamma 순서도	49
그림 52. slc2igram_gamma 순서도	50
그림 53. 그린란드 Petermann 빙하 영상레이더 자료처리 결과	52
그림 54. 알래스카 영구동토 습지대 자료처리 결과	53
그림 55. 남극 난센빙봉 주변 영상레이더 자료처리 결과	54

제 1 장 서론

제 1 절 연구개발의 목적

본 연구개발의 목적은 위성 영상레이더의 효율적인 자료처리를 위한 분산처리기술개발에 있으며 이를 활용한 다양한 극지 및 지구과학 연구에 있음

제 2 절 연구개발 필요성

- 인공위성 원격탐사 자료는 극지 주변에 대한 지속적인 환경변화 감시와 인프라 관리에 매우 효과적으로 사용 가능함
- 특히 인공위성 영상레이더(SAR) 자료는 주야/기상 조건으로 인한 제약을 받지 않으므로 극지에서 유용하게 활용 가능함
- 현재 운용되고 있는 인공위성 영상레이더 시스템은 총 10기이며 차세대 첨단기술을 탑재한 인공위성이 계속 개발·발사 예정임
- 우리나라도 영상레이더 센서를 탑재한 아리랑 5호(2013. 8. 22. 발사)를 운용 중이며 미래창조과학부 및 한국항공우주연구원은 아리랑 영상의 활용성 증대를 위한 '위성정보활용 종합계획'을 수립하여 발표, 실행 중에 있음
- 최근의 영상레이더 자료의 특징은 대용량이며 관측량도 많아 수동자료처리에는 한계가 있음
- 이에 신속하고 효율적으로 영상레이더 자료를 데이터베이스화, 자료처리할 수 있는 자동/반자동 분산처리기술개발이 필요함

1) 기술적 측면

- 현재 10기의 영상레이더 인공위성 시스템이 운용중이며 후속 위성들이 계속 개발·발사될 예정임

※ 현재 운용되고 있는 영상레이더 인공위성 보유국 및 위성: 한국(KOMPSAT-5, 1기), 독일(TerraSAR-X, TanDEM-X, 2기), 이탈리아(COSMO-SkyMed, 4기), 캐나다(RADARSAT-2, 1기), EU(Sentinel-1, 1기), 일본(ALOS-2, 1기)

○ 이들 인공위성으로부터 관측된 영상들은 매우 방대하며 고용량일 뿐만 아니라 수명이 다하여 임무가 중단된 위성으로부터 관측된 영상들을 포함하면 그 양은 더욱 많음

○ 과거에는 활용할 수 있는 위성영상의 수가 제한되어 사용자에게 의한 개별 수동 처리가 가능하였지만 현재와 같이 다양한 종류의 방대한 양의 위성영상을 수동으로 관리, 처리하는데에는 한계가 있음

○ 일괄적으로 처리할 수 있는 부분은 자동화/반자동화하여 극지활용 및 원격탐사 기술 연구에 집중하는 것이 연구효율화를 극대화하는 것임

2) 경제.산업적 측면

○ 영상레이더 자료는 광학위성영상과는 달리 처리기술이 복잡하여 전문처리기술이 없는 일반 사용자들이 어려움을 겪고 있어 활용도가 다소 떨어짐

○ 자동/반자동화된 분산처리기술개발을 통한 핵심기술은 사용자의 활용도/편의성을 증대시켜 영상레이더 위성영상 판매시장의 활성화를 가져올 것임

○ 또한 기술이전 등을 통해 관련 산업의 발전에 기여할 수 있음

3) 과학적 측면

○ 장기적인 영상레이더 원격탐사 연구 수행을 위해 위성영상 처리 핵심기반기술 연구는 필수적임

○ 다중 프로세서를 이용한 분산처리기술개발은 준실시간 처리기술 시스템 개발 및 구축에 중요한 요소가 될 것임

○ 개발된 분산처리기술개발은 극지역 빙하 이동 속도 감시 및 grounding line 탐지에 활용 가능함

- 체계화된 처리시스템 구축은 극지활용을 위한 영상레이더 원격탐사 자료처리 신속성 및 효율성 증대를 가져올 것이며 다양한 과학적 연구를 위한 전처리 시스템으로 활용될 수 있음

4) 사회.문화적 측면

- 국가적으로 영상레이더 위성영상에 대한 관심이 증가하면서 실용화에 대한 요구가 증대되고 있음

- 이에 분산처리기술개발을 통한 자동화/반자동화처리 기반 기술 개발은 영상레이더 위성영상 실용화에 기여할 수 있음



제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내기술개발 현황

- 최근 국내에는 소수의 영상레이더 전문가들이 극지에 대한 활용 연구를 수행중이며 이를 위한 분산처리기술개발에 대한 필요성은 인지하고 있었으나 인력 및 연구비 등 개발 여건이 부족함
- 현재 연구소내 영상레이더 전문가에 의해 원시코드 형태의 기술개발이 진행 중이나 보다 체계적인 전략 및 계획을 통한 장기적인 기술 개발이 필요함
- 본 연구개발은 국내에서 이루어진 최초의 영상레이더 분산처리 기술개발 연구이며 향후 지속적으로 보완될 경우 독보적인 입지를 갖출 수 있다고 판단됨

제 2 절 국외기술개발 현황

1) 미국 마이애미 대학교

- 미국 플로리다주 마이애미에 위치한 마이애미 대학교에는 고성능컴퓨팅시스템 (High Performance Computing: HPC)을 운영하고 있으며 대학내 연구자들이 학술 목적으로 사용할 수 있게 운영 중임
- 특히 보유 중인 컴퓨팅시스템의 코어 수는 20,000개가 넘으며 독립적인 수퍼컴퓨터 수 대를 동시에 운용 중에 있어 매우 강력한 처리시스템을 보유 중임
- 특히 영상레이더 자료를 주로 사용하고 있는 Department of marine geosciences에서는 십여년 전부터 이미 고성능 컴퓨팅 시스템을 효율적으로 활용할 수 있는 분산처리기술을 도입, 개발함으로써 효율적인 연구를 수행 중임
- 현재 관련 연구자들이 다양한 자료를 편리하게 처리할 수 있는 처리기술 및 코드를 지속적으로 개발 유지 보수 중에 있으며 현재 다양한 분야에 공동연구를 수행 중인 그룹임



그림 1. 미국 마이애미 대학교에서 운영 중인 고성능컴퓨팅시스템

2) 영국 리즈 대학교

- 최근 영상레이더 자료의 공개화 정책을 내세우고 있는 유럽항공우주국의 Sentinel-1 자료를 보다 효율적으로 사용하기 위한 자동화 자료 처리 시스템 개발을 계획 중임
- 주 활용 연구 분야는 화산, 지진, 극지 빙하 연구 등이며 영상레이더 자료의 수신, 전처리, 자료 생산 등의 위성영상 수신 관제 시스템을 포함함
- 전세계적으로 수집되는 방대한 양의 Sentinel-1을 효율적으로 처리하기 위한 독자적인 분산, 병렬처리시스템을 개발하고 있으며 수 년 전부터 다른 위성 데이터 처리를 위해

활요 중에 있음

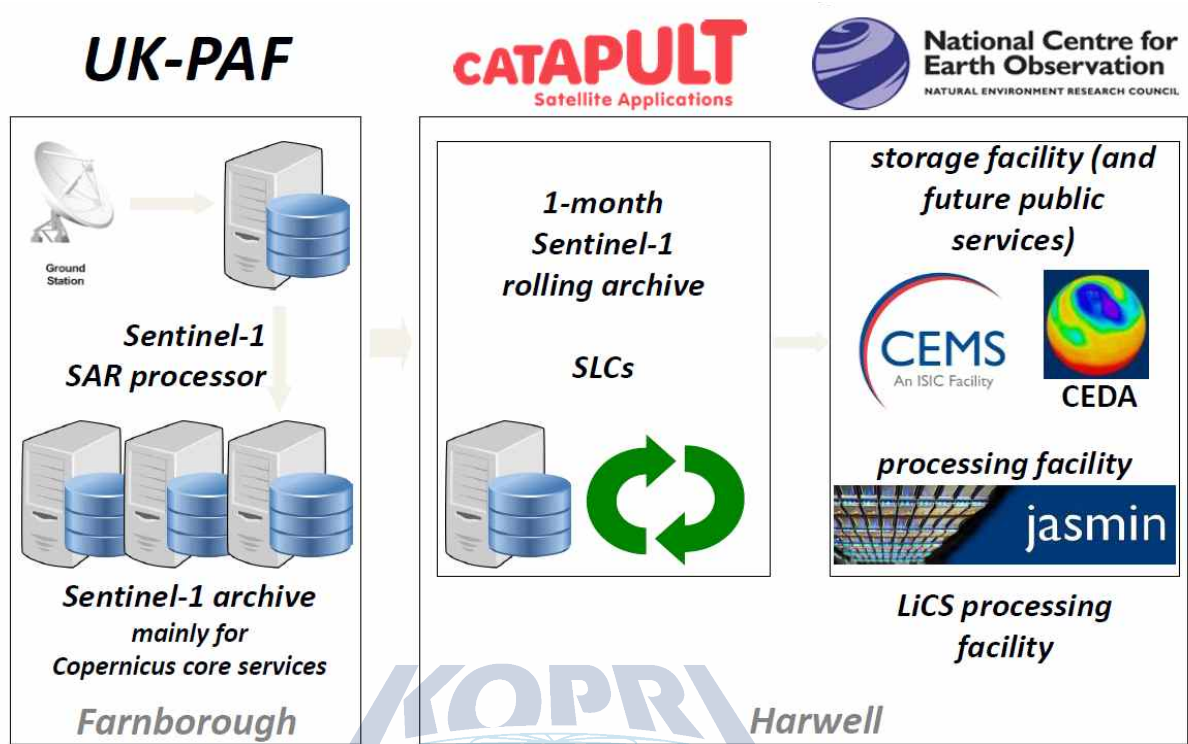


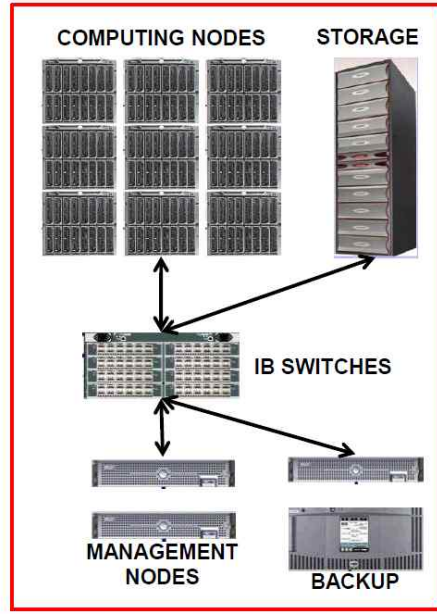
그림 2. 영국 리즈 대학교에서 계획중인 고성능 대용량 영상레이더 처리시스템 개발 모식도

3) 이탈리아 e-GEOS

- 이탈리아 영상판매 및 컨설팅 업체인 e-GEOS사의 고성능컴퓨팅시스템으로 이탈리아 전역에 대한 화산, 지진, 산사태 등 다양한 지구조학 및 변위의 주기적 감시를 위한 용도로 사용 중임
- 자동화된 처리시스템으로부터 추출된 다양한 주제도를 이용하여 국토의 효율적 관리에 사용 중임

Processing technology

- Robust persistent scatterer interferometry algorithms and automatic processing chains to minimize manual intervention
- Parallel sw implementation
- High performance computer (HPC) systems
- Passing to worldwide projects could probably make convenient to exploit cloud solutions



e-geos
AN ASI / TELESPAZIO COMPANY

All rights reserved © 2014 e-GEOS

그림 3. e-GEOS사의 고성능컴퓨팅시스템 모식도

극지연구소

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 영상레이더 자료처리 소프트웨어 개요

1) GAMMA 소프트웨어

가. 소개

GAMMA 소프트웨어는 항공기 혹은 위성 영상레이더 자료의 위상간섭기법(InSAR), 차분 위상간섭기법(DInSAR) 자료처리용 프로그램이다. 이를 통해 원시자료처리로부터 다양한 지구관측 연구를 위한 지표표고모형, 지형변위지도, 토지피복도 등의 제작이 가능하다. GAMMA 소프트웨어는 패키지별로 개발 구성되어 있으며 각 패키지의 용도는 다음의 표와 같다.

표 1. GAMMA 소프트웨어 패키지 및 용도

모듈패키지	약어	용도
Modular SAR Processor	MSP	영상레이더 원시자료 처리 패키지
Interferometric SAR Processor	ISP	위상간섭기법(InSAR) 자료처리 패키지
Differential Interferometry and Terrain Geocoding	DIFF&GEO	차분위상간섭기법(DInSAR) 자료처리 및 정사영상 자료처리 패키지
Land Application Tools	LAT	분류, 필터링, 통계, 다중편광영상처리 패키지
Interferometric Point Target Analysis	IPTA	고정산란체위상간섭기법 자료처리 패키지

이 외에도 레이더 신호의 도플러 운동에 따른 왜곡 보정 자료처리를 위한 motion compensation package (MOCOM)이 있다. GAMMA 소프트웨어를 통한 중간 및 최종 생성 파일의 자료 가시화를 위한 다양한 소프트웨어가 DISP 패키지에 포함되어 있다. 또한 DISP 패키지를 통해 각종 처리영상들을 SUN raster (*.ras) 혹은 비트맵 (*.bmp) 포맷 형태로 저장가능하다. 단독 혹은 여러 패키지 조합을 통해 다양한 영상레이더 분야에 활용할 수 있으며 다음 표에서 대표적인 처리 결과에 필요한 패키지 구성 및 입력 자료를 정리하였다.

표 2. 영상레이더 자료처리 분야별 필요한 패키지 구성

처리 분야	패키지 구성	입력 자료	처리결과 생성물
SAR 자료 생성	MSP	원시 자료	Single Look Complex 자료 Amplitude 자료
정사영상 제작 및 영상 정합	GEO	Single Look Complex 자료 Amplitude 자료 Digital Elevation Model 자료	정사영상
위상간섭도, 차분위상간섭도 및 정사영상 제작	ISP + DIFF&GEO	Single Look Complex 자료 Digital Elevation Model 자료	위상간섭도 긴밀도 진폭크기영상 지형고도 차분위상간섭도 지표변위지도
SAR 자료 생성, 위상간섭도, 차분위상간섭도 및 정사영상 제작	MSP + ISP + DIFF&GEO	원시 자료 Digital Elevation Model 자료	위상간섭도 긴밀도 진폭크기영상 지형고도 차분위상간섭도 지표변위지도
자료통계 분석, 토지피복 제작, 필터링 등	LAT	모든 종류의 이진(binary) 자료	부가가치생성물
고정산란지표변위 분석	ISP + DIFF&GEO + IPTA	Single Look Complex 자료 Digital Elevation Model 자료	시계열 고정산란변위지도

나. 하드웨어 조건

GAMMA 소프트웨어는 유닉스 혹은 리눅스 환경에서 동작하지만 윈도우 환경에서도 사용가능하다. 특히 리눅스 시스템에서 사용하는 것을 강력히 권장하며 GTK 툴킷 (버전 2.8.12 이상)을 포함하는 어떠한 리눅스 배포판에서도 사용할 수 있다. 리눅스 시스템에서는 32비트 및 64비트 중앙연산처리장치 시스템을 지원하며, 유닉스와 윈도우 시스템에서는 32비트로 동작한다. 이 외에도 맥 OS 시스템에서도 사용가능하다.

3 GHz 이상의 처리속도를 가지는 중앙연산처리장치가 권장되며, 200 GB 이상의 하드디스크 용량이 요구된다. 하지만 최근의 영상레이더 자료는 예전과 달리 크기와 양적인 측면에서 매우 방대하므로 보다 많은 스토리지가 요구된다. 하드디스크로의 입출력 과정이 많으므로 높은 전송속도를 가지는 SATA(Serial-ATA) 방식의 디스크가 보다 좋은 성능을 보인다. 또한 2-3 GB의 낮은 메모리에서도 작동할 수 있도록 소프트웨어가 고안되었지만 최근 영상의 크기를 고려할 때 수십기가의 메모리 사용이 권장된다.



다. 패키지 구성

- MSP

MSP(Modular SAR Processor)는 항공기 및 위성레이더 센서에서 취득한 원시자료로부터 영상레이더 자료를 생성하는 시스템이다. 원시자료로부터 경사거리 좌표를 갖는 single look complex (SLC) 혹은 multi-look intensity (MLI) 영상을 생성할 수 있다. 처리과정에는 반사계수 보정 및 위상간섭도 영상처리를 위한 위상 보존과정이 포함된다. 주요 구성 패키지는 크게 다음과 같다.

: 원시자료로부터 GAMMA 소프트웨어 포맷으로의 변환 모듈

: 전처리 및 자료 상태 확인 모듈

: Range compression

: 도플러 중심 주파수 계산을 위한 auto-focusing 모듈

: Azimuth compression

: 자료 가시화를 위한 multi-look 후처리 모듈

MSP 패키지 사용을 위한 영상 처리 흐름도는 그림 1과 같다. 위성영상레이더에 비해 왜곡이 큰 항공기용 motion compensation을 위해서는 추가 모듈이 요구된다.

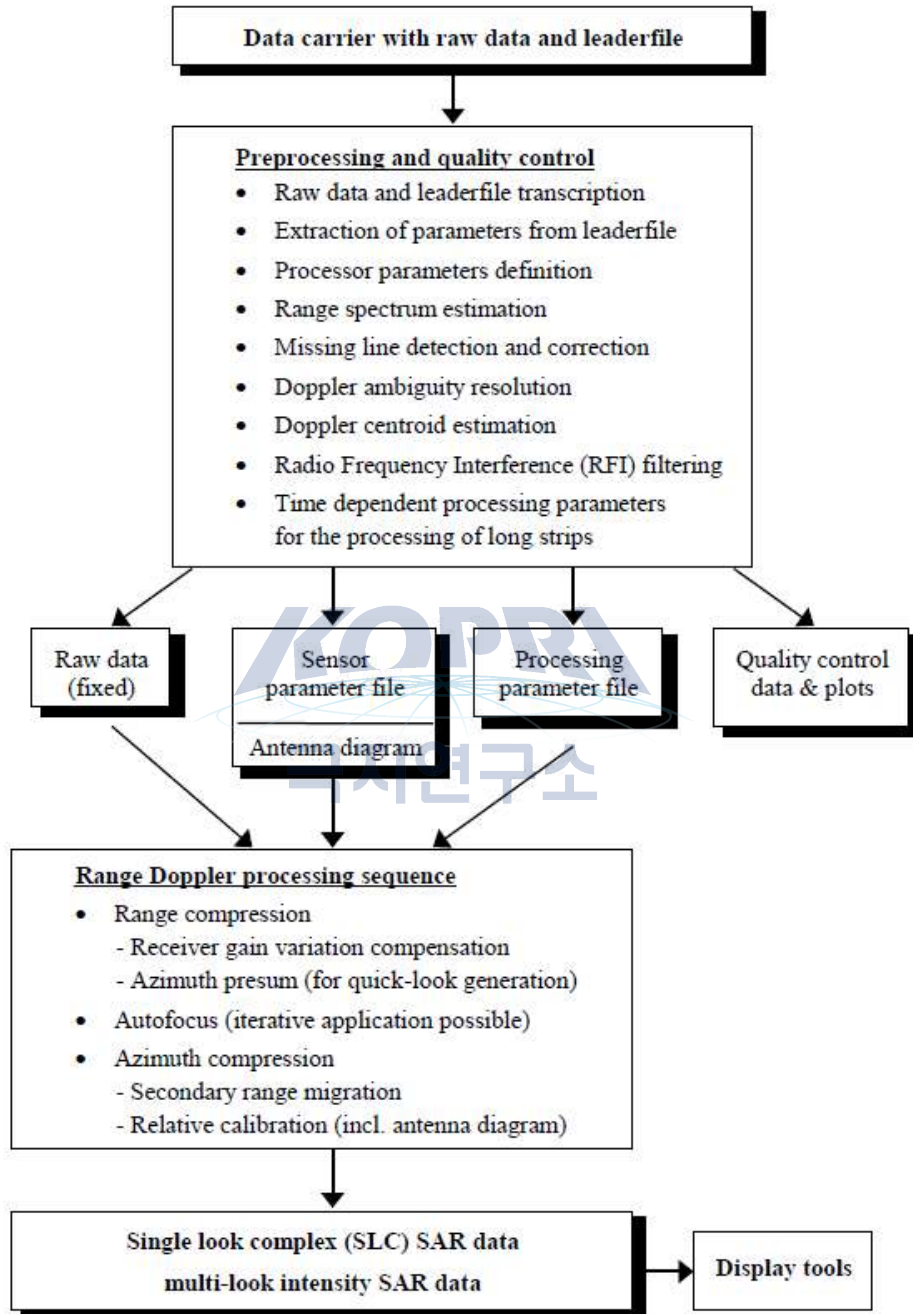


그림 4. MSP 패키지의 영상자료처리 흐름도

- ISP

Interferometric SAR Processor (ISP) 패키지는 위상간섭도, 지형고도, 긴밀도, 차분위상간섭도 제작에 필요한 모든 알고리즘 및 과정을 제공한다. 또한 지표, 빙하의 이동속도 및 변위 정도를 포함하는 추적알고리즘도 제공한다. 다음은 ISP 패키지에 포함되는 다양한 기능들이다.

- : 위성궤도로부터 두 위성 사이의 공간 기선 거리 계산 모듈
- : 두 영상레이더 자료의 정밀 정합 계산 및 샘플링 모듈
- : 위상간섭도 제작 모듈
- : 공통 스펙트럼 추정 및 필터링 모듈
- : 지구 곡률에 따른 위상 왜곡 보정 모듈
- : 두 영상레이더 자료사이의 상관관계 계산 모듈
- : 신호대잡음비 증폭을 위한 필터링 모듈
- : Phase unwrapping 모듈
- : 지상기준점을 이용한 공간 기선 거리 정밀도 향상 모듈
- : 지형 고도 제작 모듈
- : 영상레이더 자료 내삽 모듈

아래 그림은 전형적인 위상간섭기법 처리 과정을 도시한 것으로 수 십개의 프로그램들로 구성되어 매우 복잡하게 이루어져 있다. 따라서 다수의 영상레이더 자료 처리를 위해서는 Perl 또는 Python과 같은 interpreter 언어를 이용한 자동/반자동 시스템 개발이 필수적이다.

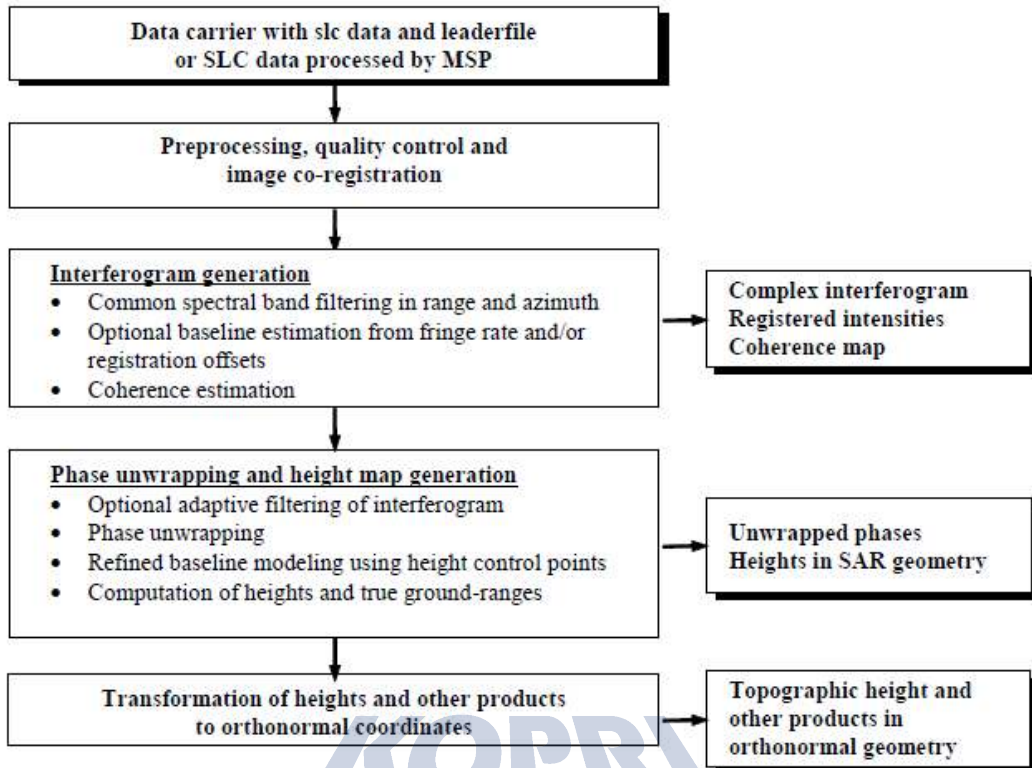


그림 5. ISP 패키지의 영상자료처리 흐름도

극지연구소

- DIFF&GEO

Differential Interferometry and Geocoding (DIFF&GEO) 패키지는 차분위상간섭 기법 자료처리뿐만 아니라 경사거리-도플러 좌표에서 실제 지도좌표계로의 정사영상 제작을 가능하게 해주는 패키지이다. Geocoding 과정은 2-pass 차분위상간섭도 제작에 필수적으로 사용되므로 한 패키지에 다소 상이한 처리소프트웨어가 통합되어 있다.

Geocoding은 영상좌표계에서 실제 지도좌표계로의 변환과정을 포함한다. 영상레이더자료로부터 생성된 각종 결과물을 다른 종류의 지도와 비교 분석을 위해서 반드시 필요한 과정이다. 지표면의 변위를 계산하기 위한 차분위상간섭기법 적용을 위해서는 실제 지도좌표계의 수치표고모형을 경사거리-도플러 좌표계로 변환하는 inverse geocoding 단계가 요구된다.

그림 3과 4는 DIFF&GEO 패키지의 정사영상 제작과 차분위상간섭도 제작에 대한

자료처리 흐름도이다. 차분위상간섭도 제작을 위해 사용되는 지형고도자료는 기존에 구축되어 있는 지형고도지도를 이용하여도 되고, 경사거리-도플러 좌표계로 제작된 위상간섭도 기반 고도자료를 이용하여도 무방하다. 차분위상간섭도 제작을 위해 2-, 3-, 4-pass 차분위상간섭기법이 지원되고 있다 (그림 4). DIFF&GEO 패키지를 이용하기 위해서는 ISP 모듈이 필수적으로 요구된다.

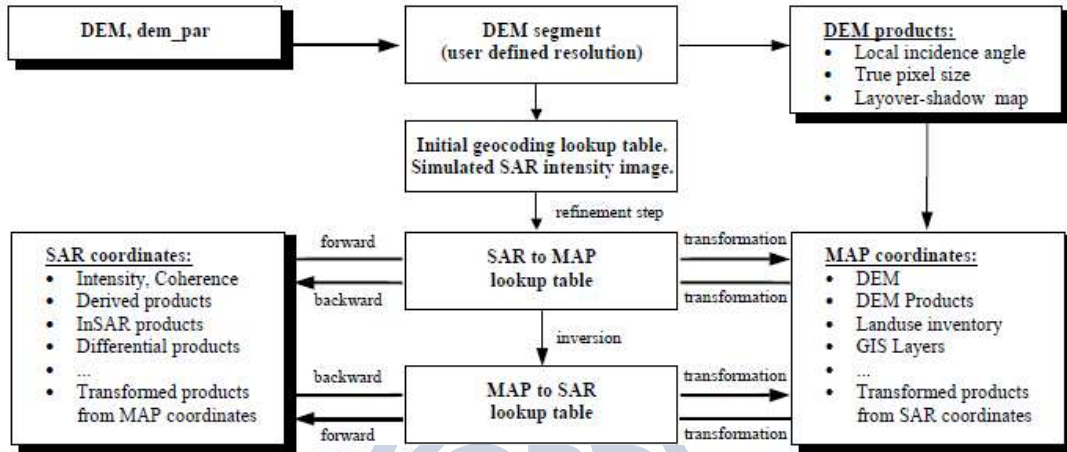


그림 6. 정사영상 제작 흐름도

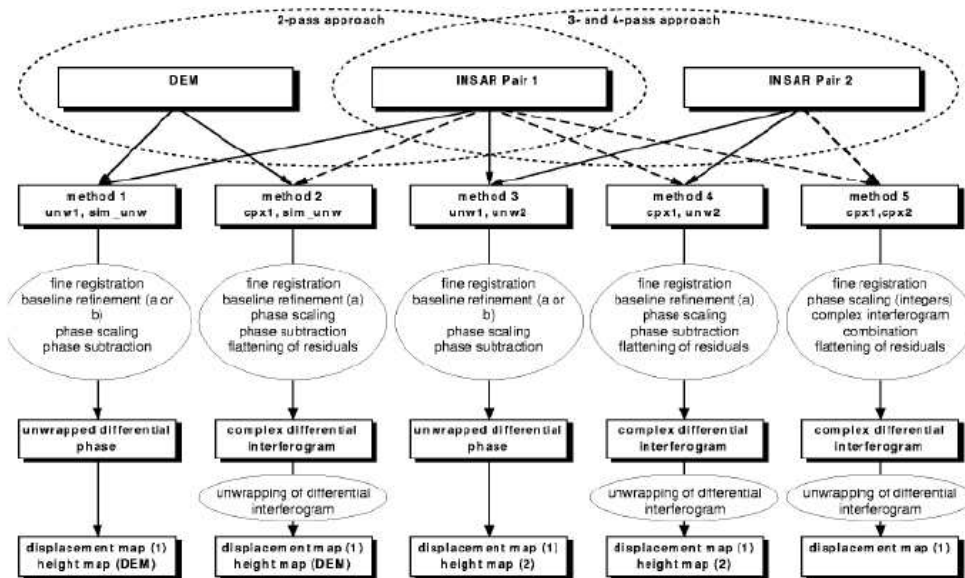


그림 7. 차분위상간섭기법 영상자료처리 흐름도

- LAT

Land Application Tool은 육상 활용을 위한 영상레이더 처리 결과물의 이차 분석을 위한 다양한 처리모듈을 제공한다. 또한 필터링, 자료 시각화, 영상변수 추출 등 다양한 프로그램도 포함한다. 이 외에도 통계분석, 토지피복분류, 영상 모자이크 등도 함께 지원한다.

: parameter estimation

: 테스트 베드 분석

: 필터링

: 영상 분류

: 자료형 변환

: 효율적인 자료 가시화

: 영상 모자이크

: 다중편광분석도구



- IPTA

Interferometric Point Target Analysis 패키지는 기존의 위상간섭기법 및 차분위상간섭기법이 일정 면적에 대한 이차원 계산법을 제공하는데 반해 점원에 대한 시계열 변위 분석을 처리할 수 있는 도구이다. 일반적으로 20-30장의 많은 수의 영상레이더 자료가 요구되며 지표 변위 모형에 맞게 반복 연산을 수행하는 것이 특징이다. 이차원적 이진자료를 이용하는 것이 아닌 점원 단위의 위치 정보를 이용하므로 자료처리량을 획기적으로 줄일 수 있으나 자료처리과정이 상대적으로 복잡하다. 그림 5는 IPTA 패키지 자료처리과정을 요약한 것이다.

점원을 이용한 고정산란체간섭기법의 장점은 두 영상레이더 사이의 상관관계, 즉 긴밀도가 매우 좋지 않은 경우에도 다량의 시계열 자료 분석을 통하여 점 단위의 지표변위를 효과적으로 추출할 수 있다는 것이다. IPTA 패키지에서 중요한 부분은 다량의 시계열자료에 대한 정확한 정합을 통한 후보 점원들을 추출하는 것이며 이는 기존

패키지와의 상호작용을 통해 효과적으로 추출할 수 있다.

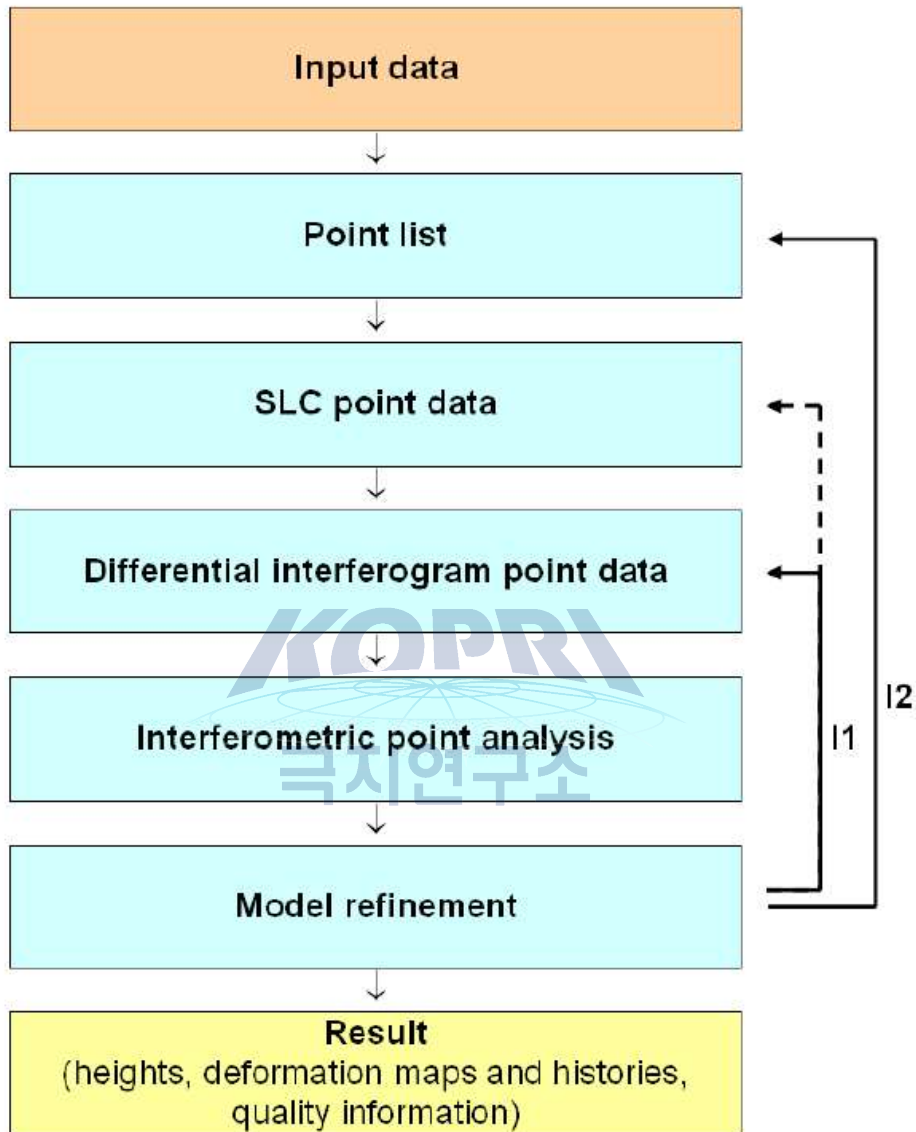


그림 8. IPTA 패키지 자료처리 흐름도

- DISP

Display Tools and Utilities 패키지는 다양한 영상레이더 처리과정을 통해 얻어진 결과물을 화면 혹은 이미지 파일로 표출하는 도구로서 각 패키지의 번들로 구성되어 있다. DISP를 통해 이미지로 표출할 수 있는 자료는 다음과 같다.

- : 원시자료, 1 byte 이진 자료
- : single look complex, multi-look intensity 자료
- : 위상간섭도, unwrapped phase, 긴밀도
- : 좌표계를 가지는 지형고도자료
- : 지표 변위를 나타내는 차분위상간섭도
- : unwrapping 자료처리를 위한 flag 편집도
- : 8-, 24-bit SUN raster 및 비트맵 자료

제 2 절 영상레이더 인공위성 운용 현황

1) 영상레이더 위성 현황 분석

영상레이더 위성은 크게 단기 임무 중심형 위성과 장기 임무 중심형 위성으로 나뉘어진다. 단기 임무 중심형 위성은 SIR-C, SRTM 등과 같이 특정 임무를 수행하기 위해 단기간 동안 운영하는 것이며, 장기 임무 중심형 위성은 약 5-7년의 운용을 고려하여 지구관측을 수행하는 것이다. 본 보고서에서는 장기 임무 중심형 위성을 중점적으로 조사하였으며 표 1과 같다.

가. ERS-1/2

ERS-1은 유럽항공우주국(ESA)가 운용한 최초의 지구관측 프로그램으로 특히 해양, 해빙, 육상생태, 지질, 산림, 해저지형, 기상 등의 관측 목적으로 설계되었다. ERS-1에는 영상레이더(SAR) 뿐만 아니라 레이더 고도계 등도 함께 탑재되었으며 2000년에 임무가 종료되었다.

ERS-2는 ERS-1의 후속위성으로 대기오존관측 등 부가적인 임무를 수행하였다. 기본적으로 ERS-1과 유사한 제원을 가지나, 위성기술의 발전으로 보다 진보된 탑재체가 포함되었다. 위성의 임무는 2011년에 종료하였으나 16년 동안의 방대한 지구관측 자료는 아직까지도 유용하게 활용되고 있다. ERS-1/2의 가장 큰 특징은 1일/3일의 짧은 시간간격을 갖는 위상간섭기법의 실험에 있다. 이를 통해 항공기뿐만 아니라 수직으로 다양한 지구관측정보를 넓은 지역에 대해 추출할 수 있게 되었다.

표 3. 영상레이더 위성 운용 현황

위성	발사년도	재방문주기 (day)	주파수 (GHz)	관측폭 (km)
ERS-1	1991	35	5.3	100
ERS-2	1995	35	5.3	100
EnviSat	2001	35	5.3	100-500
Sentinel-1A/B	2014/2016	12	5.405	20-400
JERS-1	1992	44	1.275	85
ALOS	2006	46	1.270	40-350
ALOS-2	2014	14	1.2	25-350
Radatsat-1	1995	24	5.3	10-500
Radatsat-2	2007	24	5.3	50-500
TerraSAR-X	2007	11	9.65	3-300
TanDEM-X	2010	11	9.65	3-300
COSMO-SkyMed	2007/2007/ 2008/2010	16	9.6	10-200
KOMPSAT-5	2013	28	9.66	5-100



그림 9. ERS-1 조립 장면 (출처: ESA)



그림 10. ESA ESTEC에서 ERS-2 조립장면
(출처: ESA)

나. EnviSat (Environmental Satellite)

EnviSat은 유럽항공우주국(ESA)가 운용한 지구관측 프로그램으로 다양한 스케일로 지구 환경에 대한 감시와 연구가 주요 목적이다. 주요활용 목적은 대기, 지질, 산림, 기상, 기후, 빙권 등 매우 다양하다. ERS위성과 마찬가지로 영상레이더 탑재체 이외에도 고도계, 오존감시장치 등이 탑재되어 임무 종료시까지 다양한 지구관측 연구를 수행하였다. 특히 ERS-2/EnviSat의 다른 주파수간 위상간섭기법을 수행함으로써 고도가 평탄한 지대에 대한 초고정밀 지표변위관측연구를 수행한 바 있다. 2012년 약 12년간의 지구관측 임무를 종료하였으며 방대한 자료가 현재까지도 유용하게 활용되고 있다.



그림 11. EnviSat 위성 (출처: ESA)

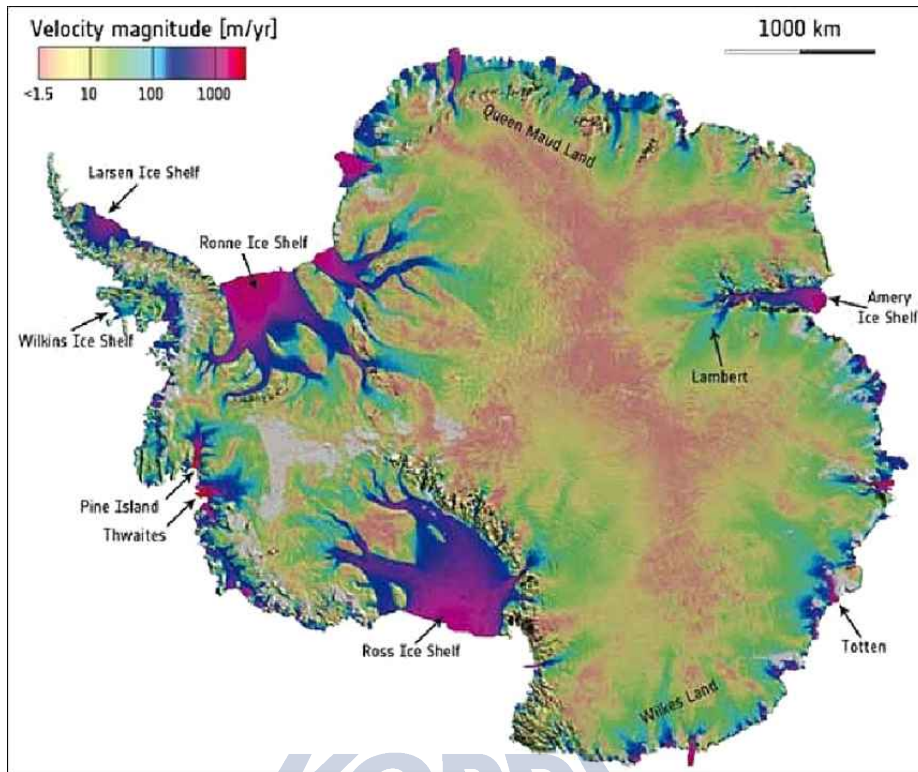


그림 12. 영상레이더위성으로 관측된 남극빙하이동속도 (출처: ESA)

다. Sentinel-1A/B

Sentinel-1 위성은 EC(European Commission)이 지원하는 유럽항공우주국(ESA)의 지구환경감시관측프로그램인 Copernicus의 우주 관측 콤포넌트에 의해 개발된 첫 번째 위성이다. 첫 번째 위성이 영상레이더 탑재체가 운용되었다는 점은 영상레이더가 가지는 지구관측 활용성의 장점을 아주 잘 반영하고 있다. 2014년과 2016년 두기의 동일한 위성이 발사되어 운용되고 있으며, ESA의 무료 자료 배포 정책에 의하여 매우 양질의 자료를 지구과학 목적에 활용할 수 있다.

위성 운용의 목적은 유럽지역의 환경 감시 및 지구관측이지만 기본적으로 전지구를 관측하여 운용중이다. 특히 극지역에 관측 빈도수가 높아 극지에서 유용하게 사용할 수 있다. 기본관측모드인 Interferometric Wide 모드는 광대역 지역을 TOPS 모드로 관측하여 지구변위정보를 매우 정밀하게 광역적으로 추출할 수 있어 지질학, 화산학, 빙하학 등에 매우 유용히 활용할 수 있다. 또한 12일의 짧은 재방문 주기의 장점으로 해빙 지도, 지진 감시 등에도 유용하게 활용되고 있다.



그림 13. Sentinel-1A 위성 모식도 (출처: ESA)

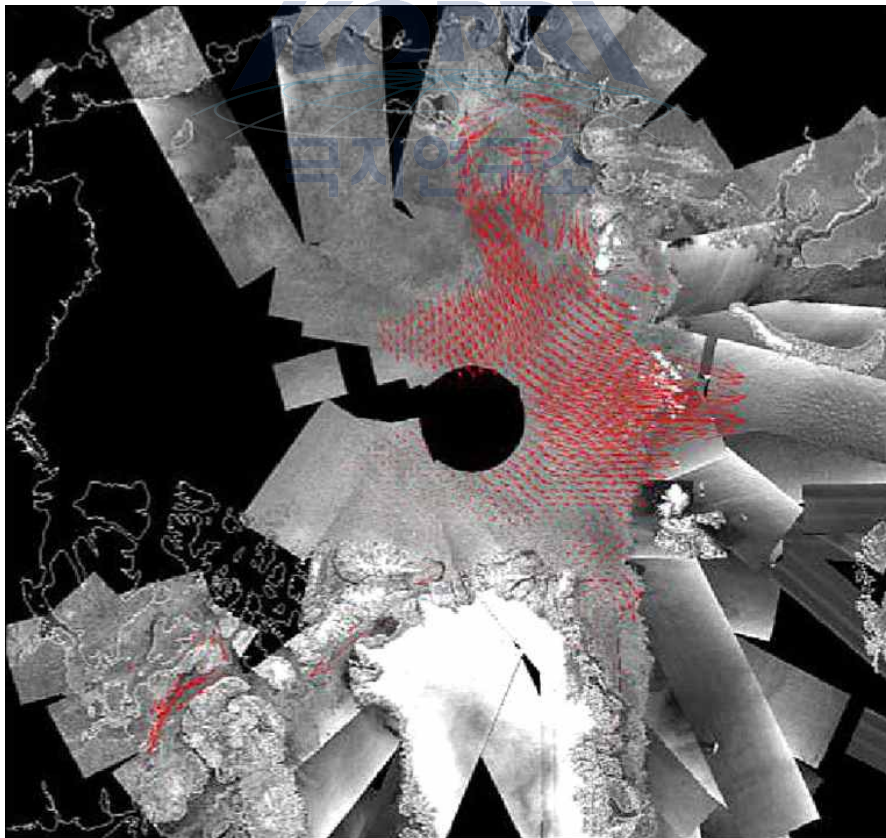


그림 14. Sentinel-1A 모자이크 영상과 해빙이동감시 추출 (출처: ESA)

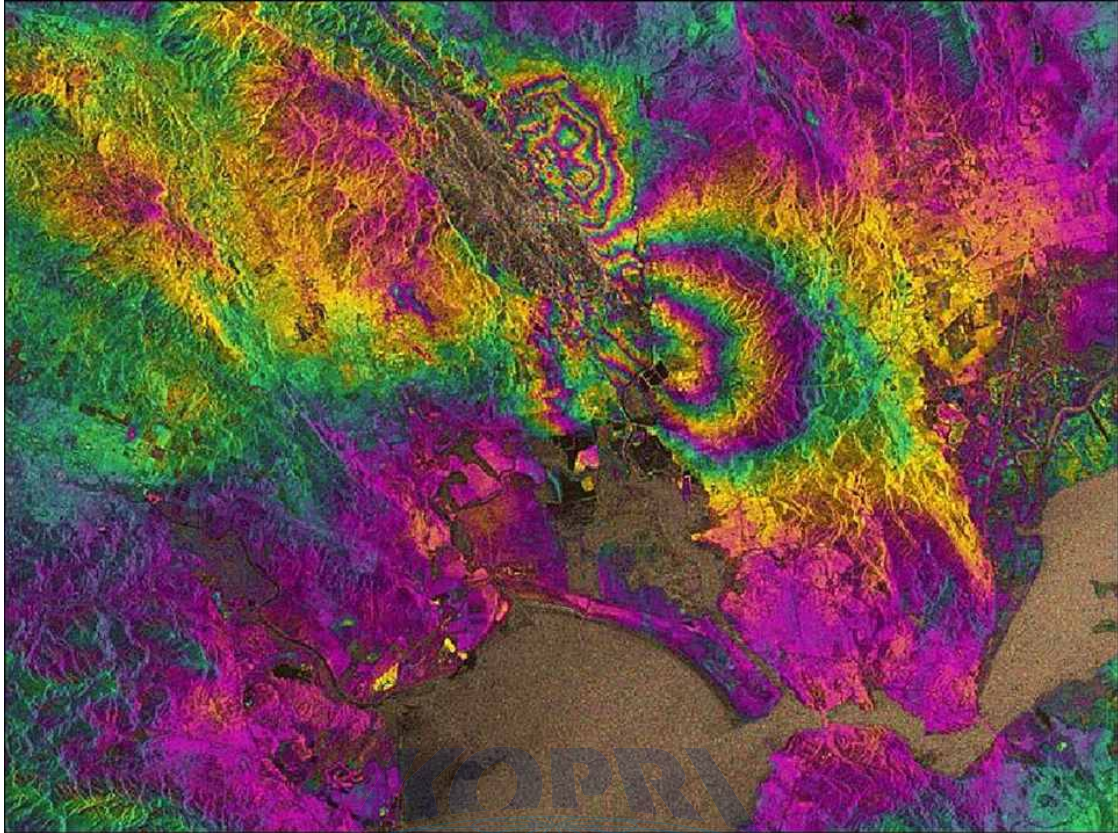


그림 15. 미국 나파밸리 지진으로 인한 지표변위 추출 (출처: ESA)

라. JERS-1

JERS-1 (Japan Earth Resources Satellite)은 1992년부터 1998년까지 운용된 위성으로 L-밴드 위성이다. 주요 임무는 자원관측을 목적으로 하는 영상레이더 및 광학 전지구관측으로 지질구조, 농업, 산림, 연안지역, 환경 감시, 재해재난 관측 등 다양하게 활용되었다. 영상레이더의 관측폭은 75 km, 평균입사각은 38.5도이며, 18 m의 공간해상도를 갖는다. 기존 C-밴드 위성에 비해 장파장의 L-밴드를 사용하므로 기상 상태의 영향을 비교적 덜 받고, 투과깊이가 커 수목에 대한 영향을 줄일 수 있다. 광학 밴드의 경우 경사방향으로 관측하여 입체영상을 제작할 수 있게 설계되었다. 1993년 5-8밴드 이상으로 4개 밴드에 대한 관측이 중단되었다.



그림 16. JERS-1 모식도 (출처: JAXA)

극지연구소

마. ALOS

ALOS(Advanced Land Observing Satellite)는 일본항공우주청(JAXA)이 발사한 지구관측위성이다. JERS-1과 마찬가지로 L-밴드 영상레이더를 탑재하고 있으며 PALSAR라고 불리운다. 이 외에도 PRISM, AVNIR-2의 광학 센서들이 탑재되어 있다. PRISM(Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping) 센서를 이용하여 정확한 입체지도제작능력을 수행할 수 있으며 이를 통해 지표표고모형을 추출하였다. AVNIR-2(Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)는 토지피복도 제작에 유용한 광학 및 근적외선 센서를 탑재하고 있다. 영상레이더 탑재체인 PALSAR(Phase Array type L-band synthetic Aperture Radar)는 재해재난 연구에 매우 많이 이용되었으며 현재까지도 활발히 이용되고 있는 자료이다.

위성 주요 임무는 육상지역의 지도제작 및 전지구 단위의 재해재난 감시이며 이 외에도 자원탐사 목적에도 활용되었다. 2006년에 발사된 ALOS는 2011년에 임무가 종료되었다. ALOS 위성의 운용모드는 고해상도 모드, 스캔모드, 다중편파모드 세 가지로 운영되었으며 각각 다른 관측폭과 해상도를 제공한다.



그림 17. ALOS 위성 모식도 (출처: JAXA)

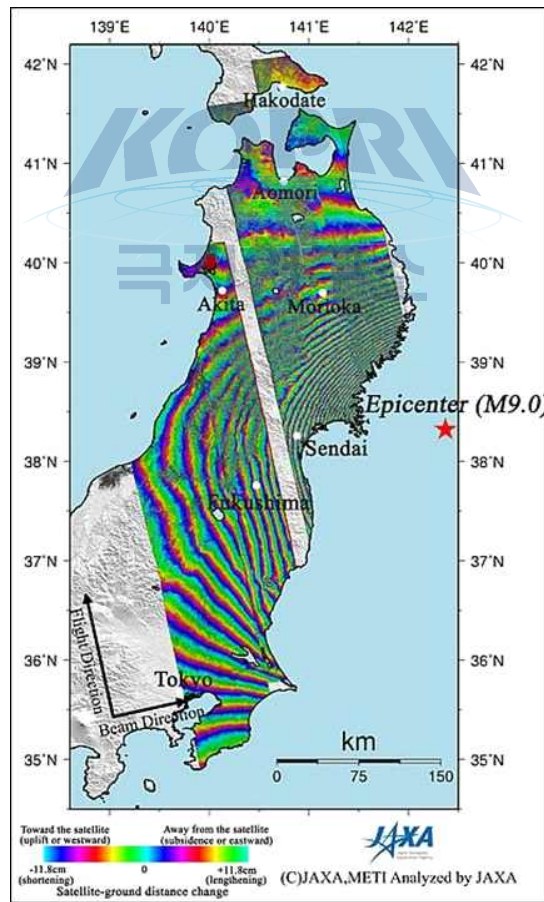


그림 18. 동일본 지진으로 인한 지표변위추출 (출처: JAXA)

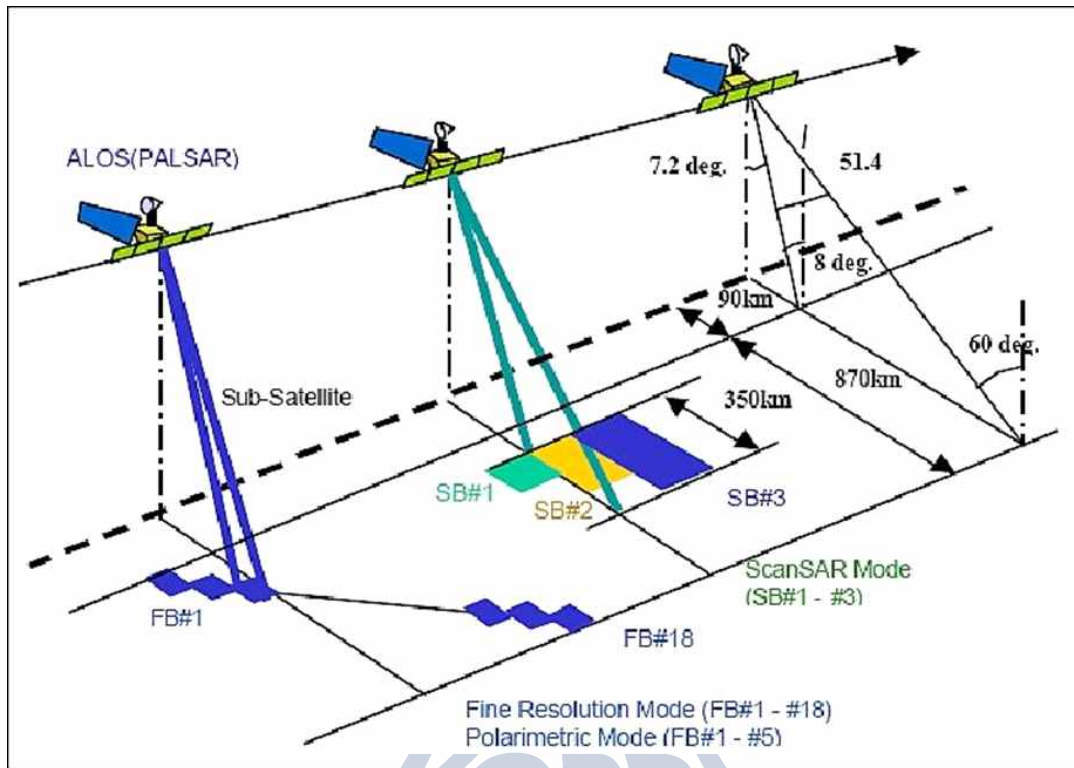


그림 19. ALOS PALSAR 관측모드 (출처: JAXA)

바. ALOS-2

ALOS-2(Advanced Land Observing Satellite-2)는 일본항공우주청(JAXA)이 발사한 ALOS 위성의 후속 지구관측위성이다. 주요 임무는 ALOS 위성과 마찬가지로 전 지구 지도제작, 재해재난 관측, 환경감시, 국지적 관측 등이다. ALOS 위성과 동일하게 L-밴드를 가지는 영상레이더 탑재체를 가지고 있지만, 광학 센서는 빠져 있다. 광학 센서는 후속 ALOS-3에 탑재될 예정이다.

ALOS 위성과 주요 차이점은 재방문 주기로서 기존의 46일보다 훨씬 짧은 14일이다. 또한 우향 관측만 가능하던 것과는 달리 좌우향 양방향 관측으로 긴급재난이나 극지관측에 유용하게 활용될 수 있다. 관측 모드도 Spotlight, Stripmap, ScanSAR 세 가지를 지원하며 각각의 해상도는 1 m, 3 m, 6 m, 10 m, 100 m로 매우 다양하다. L1, L2 밴드를 가지는 GPS 수신기를 탑재하여 보다 정밀한 위성궤도로 비행할 수 있으며 4개의 편파모드를 모두 지원하고 있다. 특히 빠른 재방문 주기와 장파장 센서를 통해 위상간섭기법의 활용가능성을 획기적으로 증대시켰다는 평가를 받고 있다.



그림 20. ALOS-2 위성 모식도 (출처: JAXA)

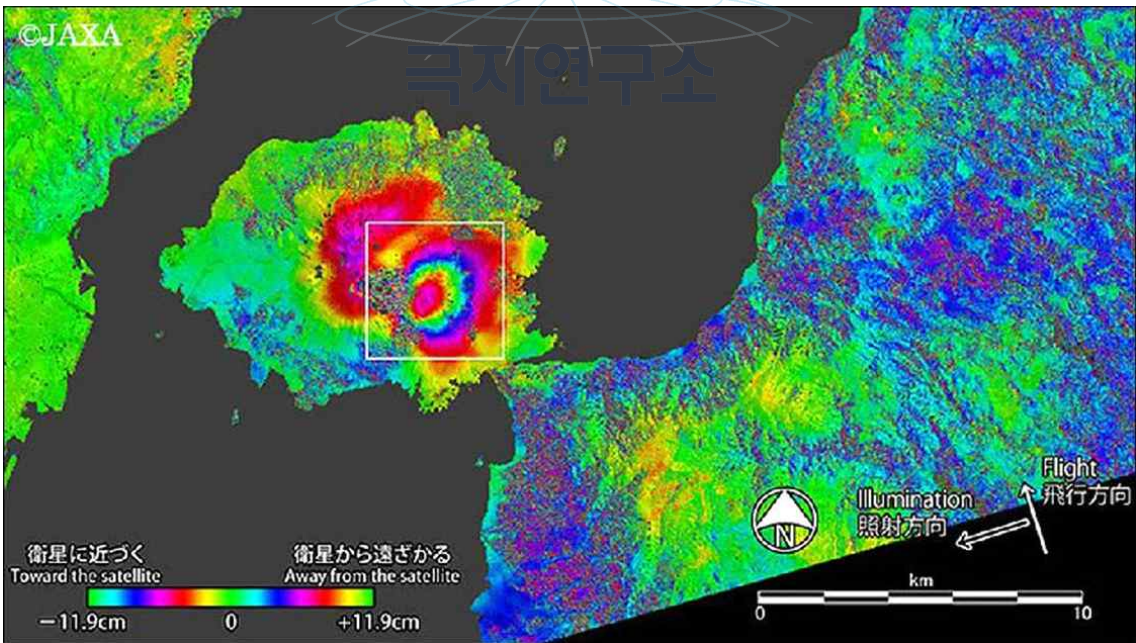


그림 21. 화산 분출로 인한 지표변위 탐지 사례 (출처: AXA)

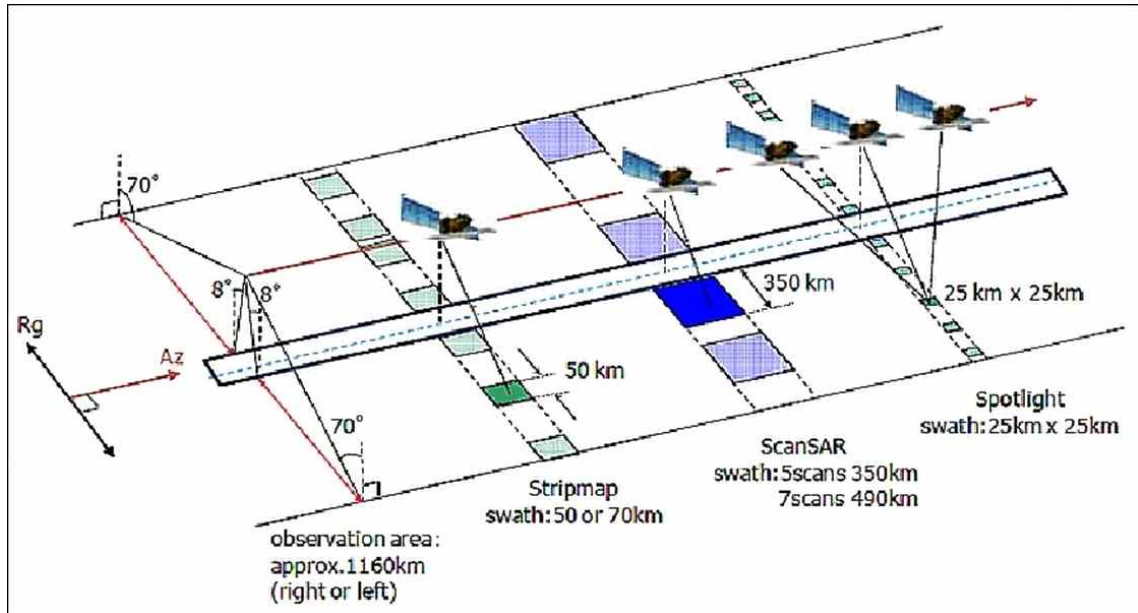


그림 22. ALOS-2의 다양한 관측 모드 (출처: JAXA)

사. RADARSAT-1

RADARSAT-1은 최초의 캐나다 지구관측위성으로 다른 위성과는 달리 상용위성으로 개발되었다. 주요 임무는 전지구의 환경변화 관측 및 천연자원탐사가 목적이다. 영상레이더 관측 위성은 상업적이나 과학적으로 매우 유용하게 사용되므로 재해재난 관리, 위상간섭기법 적용, 농업 활용, 지도제작, 수문학 연구, 산림학, 빙하학, 지도 제작, 연안 관리 등 다양하게 활용되었다.

1995년에 발사된 RADARSAT-1은 2013년에 임무를 종료할 때까지 17년동안 전지구에 대한 시계열 관측 자료를 제공하였다. 특히 다양한 빔모드 관측을 지원함으로써 관측 대상에 따라 모드를 선택할 수 있었으며, 좌향관측이 가능하여 남극지도를 작성하는데 매우 유용하게 활용되었다. RADARSAT-1 위성은 C-band(5.3GHz, 5.66cm 파장), HH 편광모드로 관측하며, 다양한 범위의 입사각과 관측폭을 가진 모드를 지원한다. 관측시간은 각 궤도에서 최대 28분이며, 데이터 저장을 위해서 2개의 데이터 저장장치를 갖추고 있다.

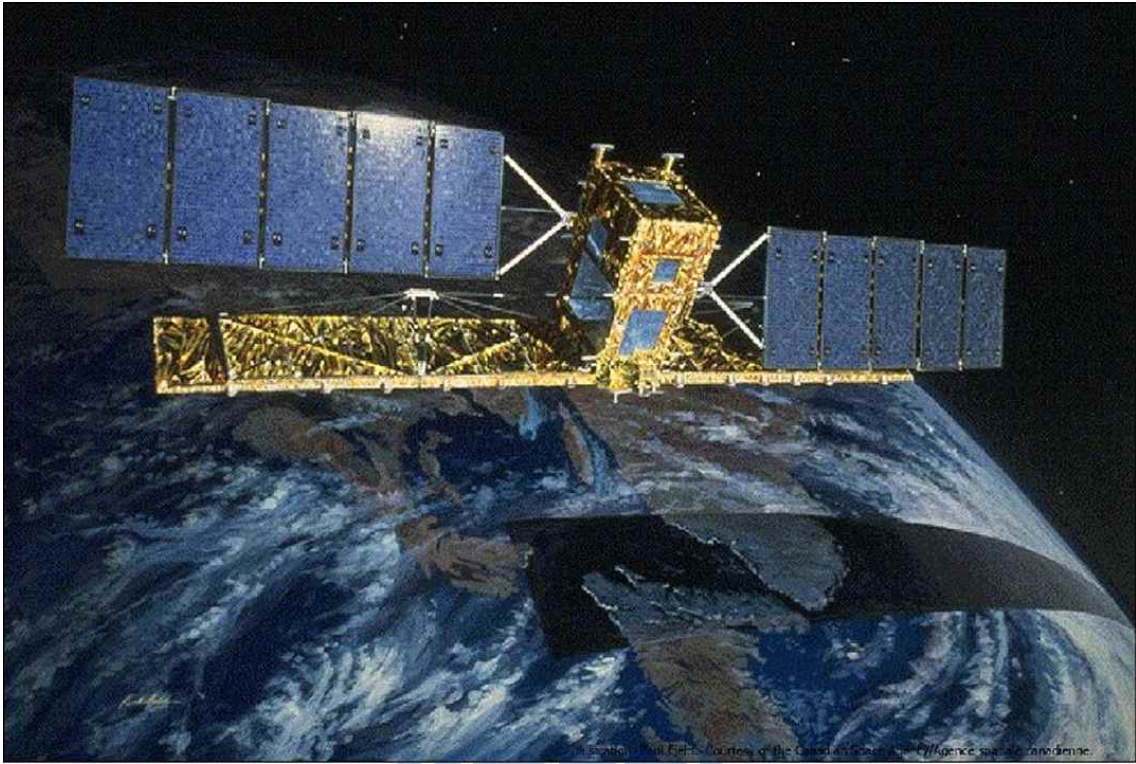


그림 23. RADARSAT-1 위성 모식도 (출처: MDA, CSA)

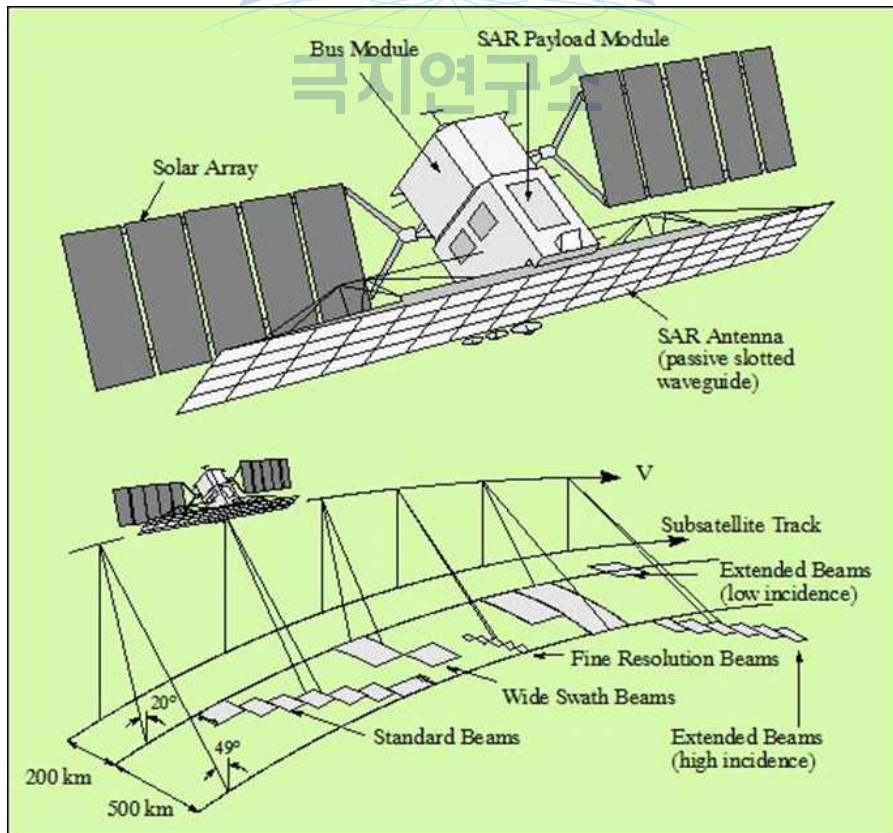


그림 24. RADARSAT-1 위성 관측 모드 (출처: DLR)

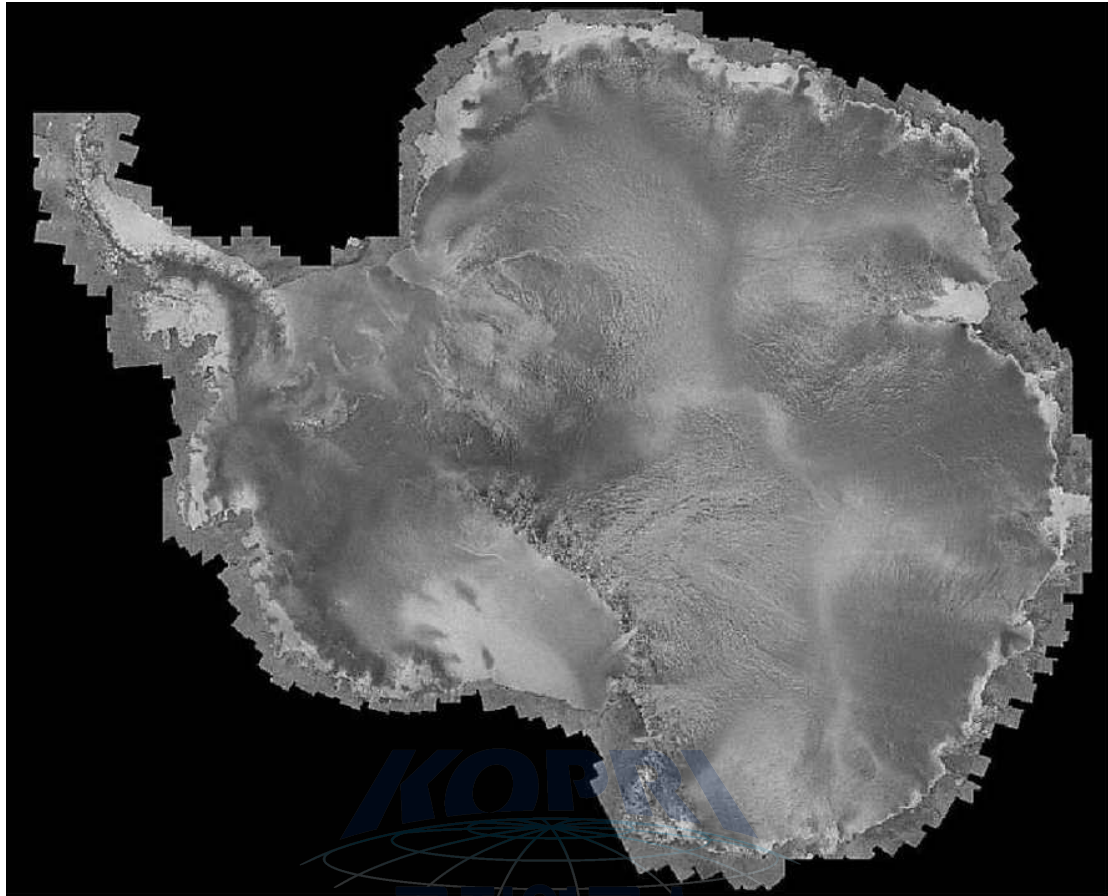


그림 25. 남극 모자이크 영상레이더 이미지 (출처: CSA)

아. RADARSAT-2

2007년 12월에 발사된 RADARSAT-2는 캐나다항공우주국(CSA)와 관련 민간기업인 MDA(MacDonald Dettwiler Associates Ltd.)와의 공동합자에 의해 개발된 지구 관측위성이다. 기존의 RADARSAT-1 관측위성의 임무를 유사하게 수행하며, 특히 환경감시, 천연자원 관리, 해양 및 연안에서의 선박감시 또는 유류유출 감시 등이 주요 임무이다. 4개의 다중편파모드를 지원하는 최초의 C-밴드 위성으로 GPS 안테나를 탑재함으로써 20 m 이내의 오차를 가지는 위치정보를 제공하고 있다. RADARSAT-1 위성과 마찬가지로 상요위성으로 운용중이며 좌향, 우향 관측이 가능하다.

RADARSAT-2는 C-밴드를 사용하며, 고해상도, 초고해상도, 표준, 광범위, 광대역, 등 다양한 모드로 운용된다. 이 중 초고해상도 모드는 3m의 해상도를 제공한다.



그림 26. RADARSAT-2 위성 모식도 (출처: MDA)

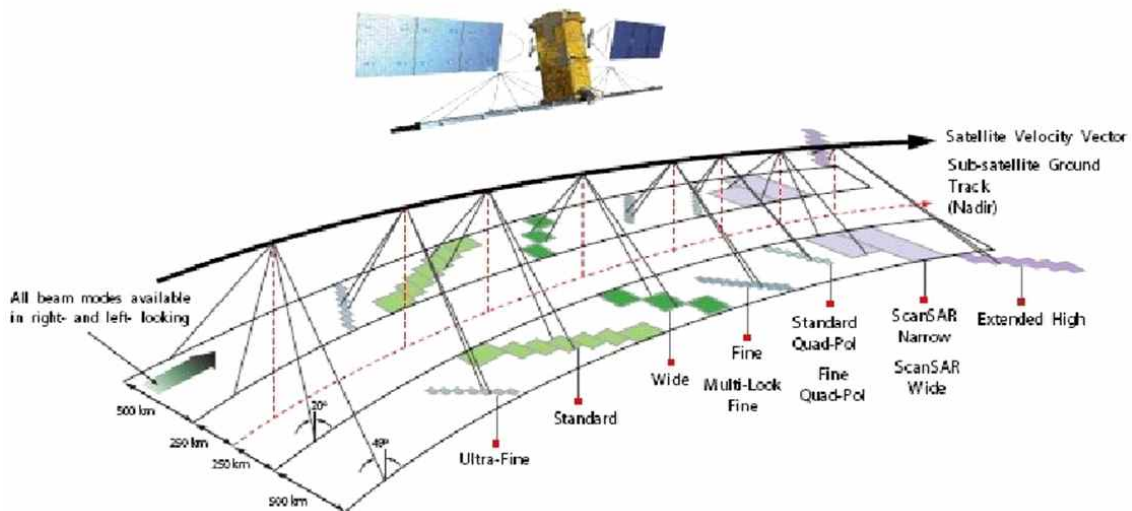


그림 27. RADARSAT-2 위성 관측 모드 (출처: MDA)

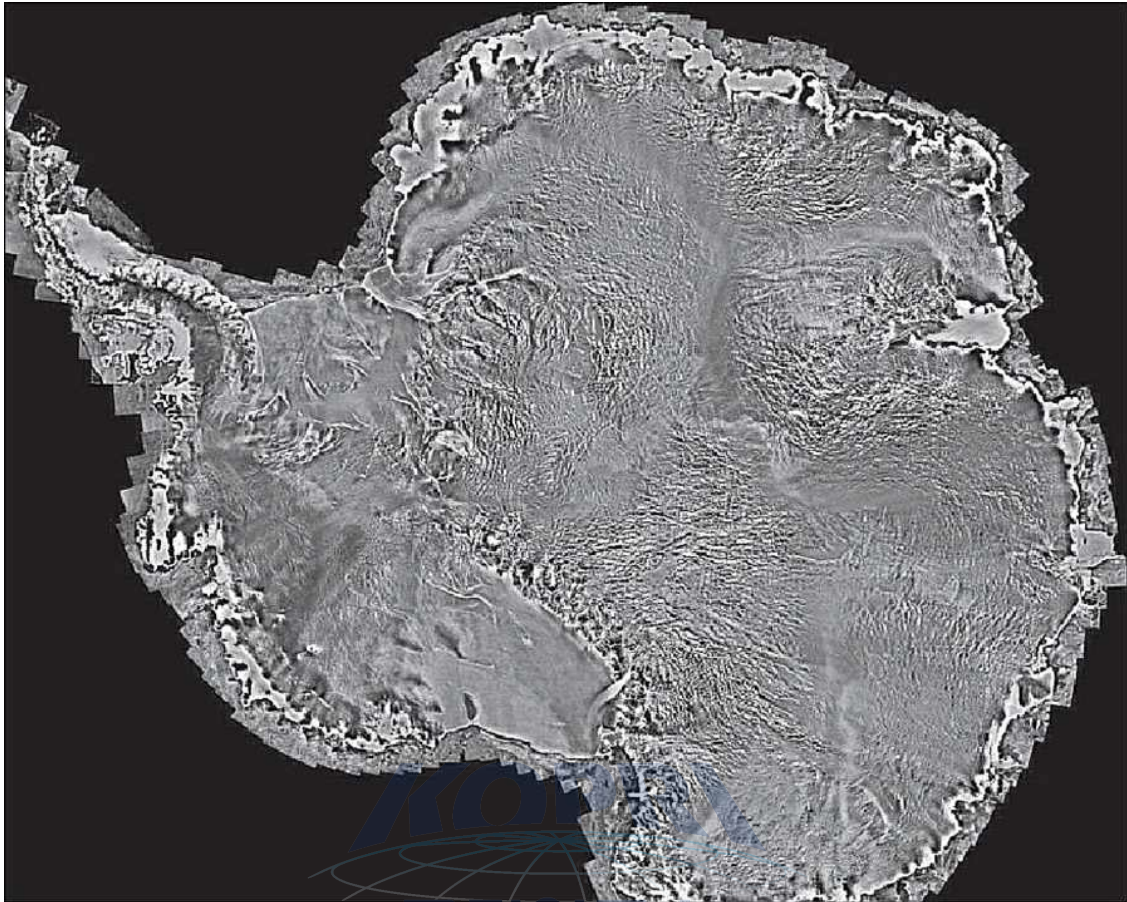


그림 28. 남극지역에 대한 RADARSAT-2 모자이크 영상 (출처: MDA, Telesat)

자. TerraSAR-X

TerraSAR-X 위성은 독일의 첫 번째 영상레이더 위성으로 2007년에 발사되어 운용 중이다. 독일항공우주국(DLR)과 유럽 최고의 민간 위성 기업인 EADS Astrium이 공동 출자하여 개발한 위성이다. X-밴드 시스템으로 SIR-C(Shuttle Imaging Radar-C)와 SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)을 토대로 개발되었으며 4개의 다중편파 모드를 지원한다. 주요 임무는 1 m 급의 초고해상도 영상 제공이 목적이며, 군사/안보, 지도제작 등의 목적과 더불어 지질, 수리, 해양, 환경, 재해재난 감시 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 특히 해류나 차량 이동 속도 감시에 활용도가 높은 ATI 모드로도 활용될 수 있다. 관측 모드는 크게 3가지로 spotlight, stripmap, scansar 모드로 운영 중이다. 재방문주기는 11일로 위상간섭기법을 이용한 지구관측에 잘 활용할 수 있도록 안정적으로 궤도를 운용 중이다.

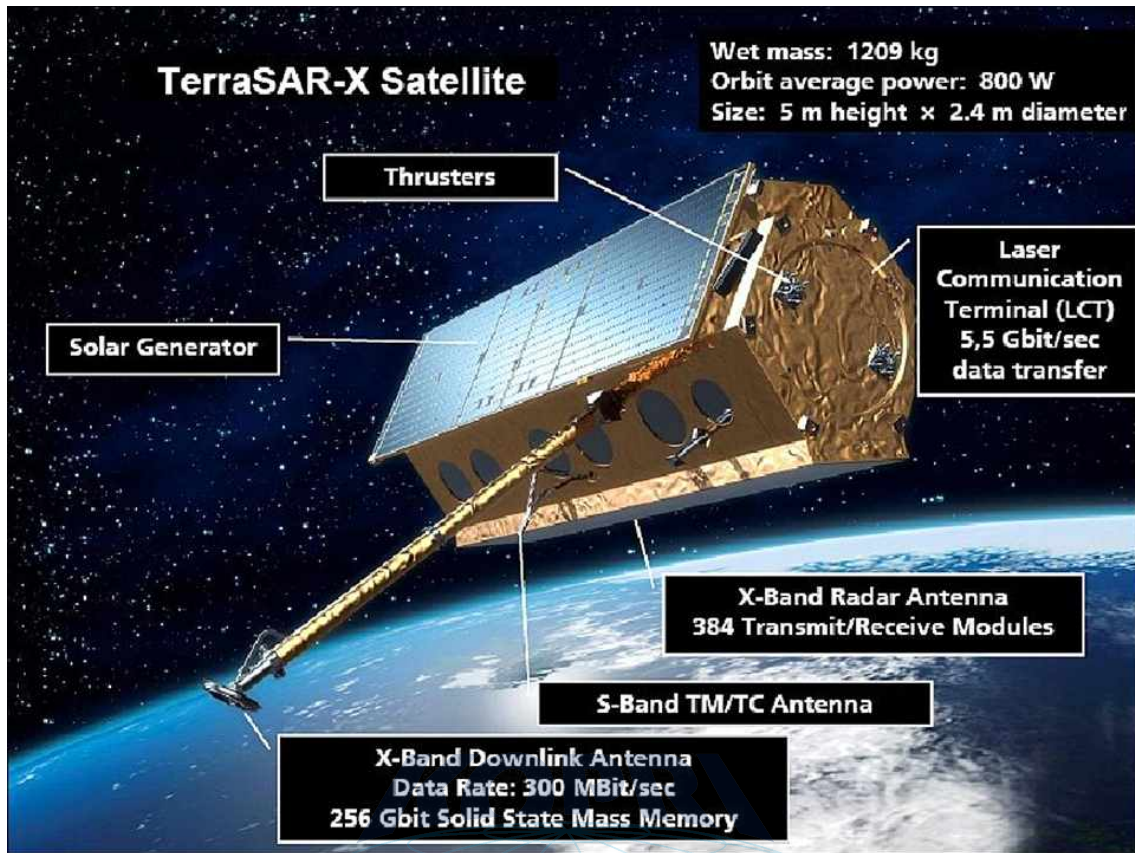


그림 29. TerraSAR-X 위성 모식도 (출처: DLR)

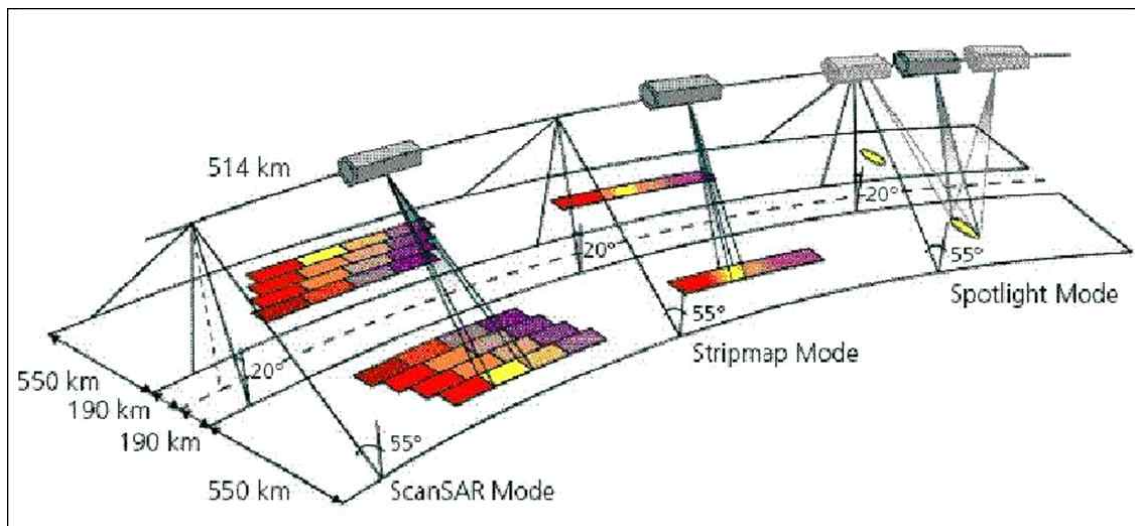


그림 30. TerraSAR-X 관측 모드 (출처: DLR)

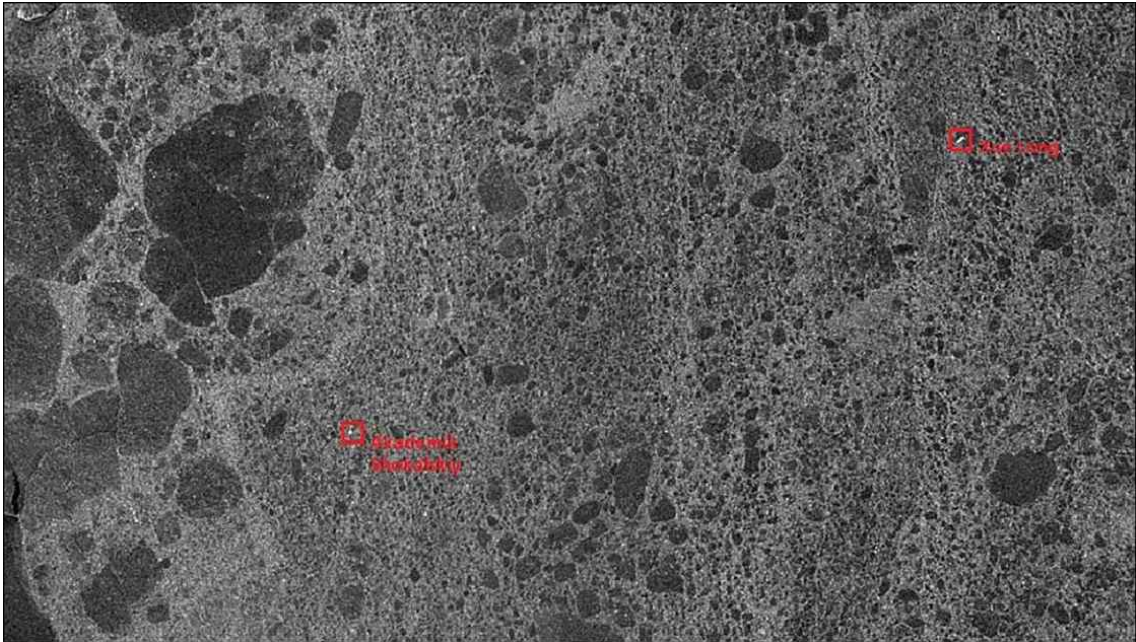


그림 31. Pack ice 지역에 갇힌 선박 감시 영상 (출처: DLR)

차. TanDEM-X

TanDEM-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement) 위성개발은 독일항공우주국(DLR)과 유럽우주기업인 EADS Astrium GmbH 및 Infoterra GmbH간 공공-민간기업간의 파트너십 계약하에 진행되었다. TerraSAR-X와 쌍둥이 위성으로 거의 동일한 성능을 보이며 주요 임무는 전지구의 고해상도 고정밀 3차원 지표표고모형 획득이다. 헬릭스 궤도 개념을 도입하여 매우 근거리에서 편대비행하여 관측시간에 따른 위상간섭도의 긴밀도 저하를 최소한으로 하였다. 전지구 지형표고모형 관측을 위하여 2010년에 발사하여 운영 중인 TanDEM-X는 주요 임무 수행을 위해 3년을 소비하였으며 이후에는 해양, 수리, 지형학, 지질, 화산 등 다양한 지구관측 위성 임무를 수행할 것이다.

두 위성의 편대 비행으로 다양한 관측 모드를 지원하며 이전에는 수행할 수 없었던 다양한 과학, 공학적 위성활용성을 평가 중이다. 또한 매우 정밀한 위성궤도로 운용중이므로 기존의 위성과는 달리 매우 정밀한 지도 제작이 가능하다. TerraSAR-X와 마찬가지로 재방문 주기는 11일이며 4가지의 다중편파모드로 관측할 수 있다.

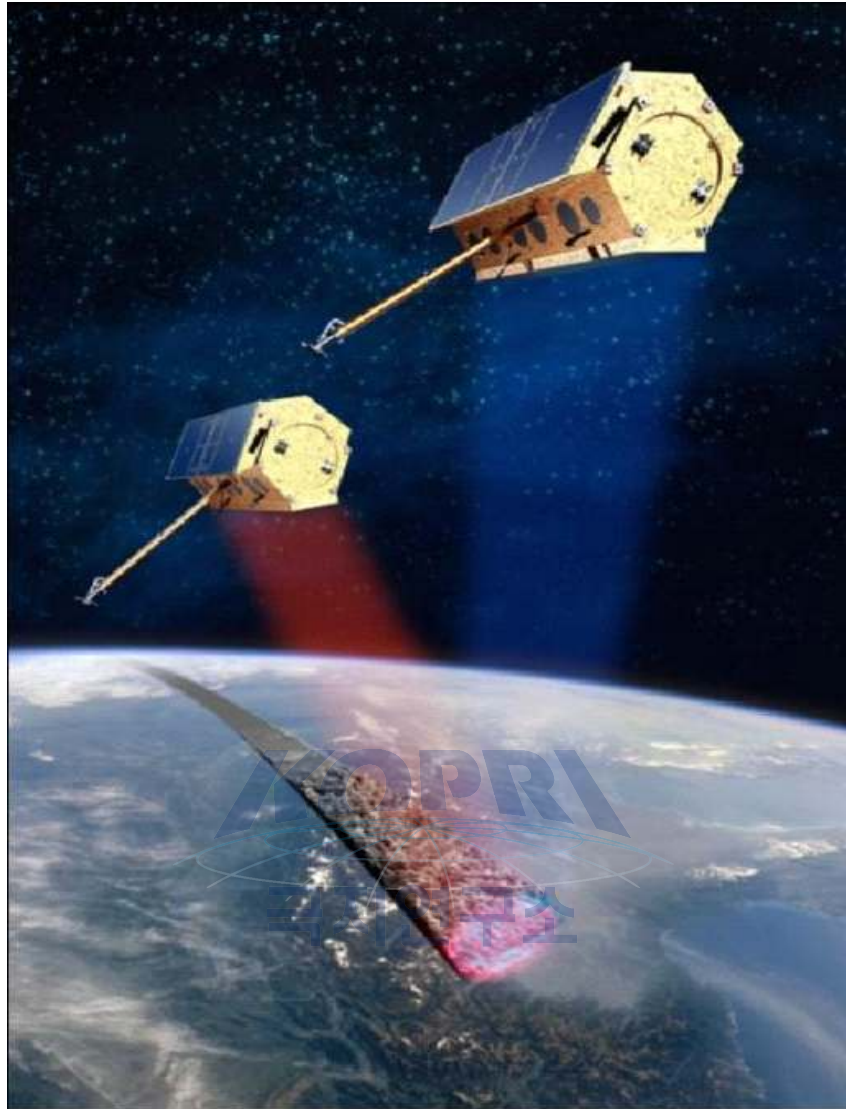


그림 32. TerraSAR-X와 TanDEM-X 편대 비행 모식도 (출처: DLR)

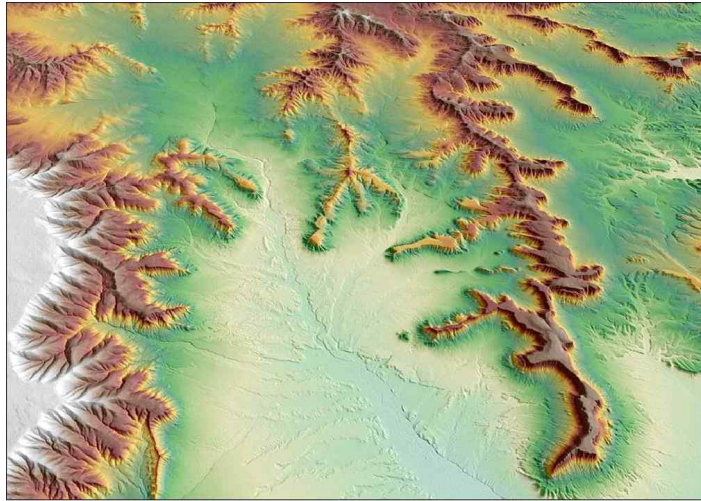


그림 33. 지표표고모형 영상 예시 (출처: DLR)

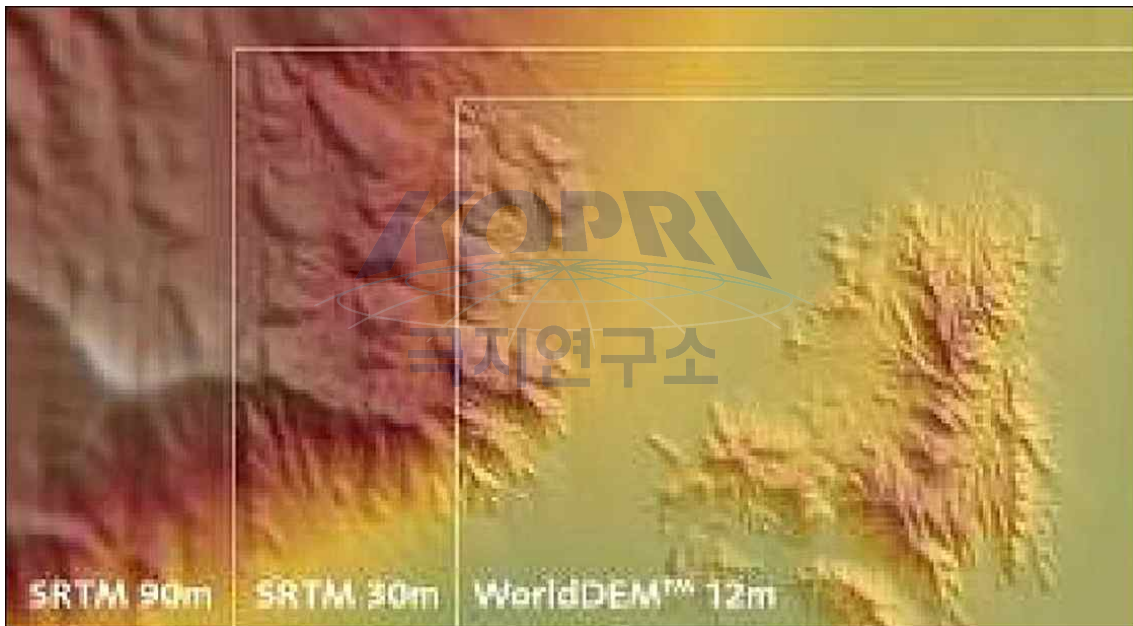


그림 34. 기존 지표표고모형과의 해상도 비교 영상 (출처: DLR)

카. COSMO-SkyMed

COSMO-SkyMed(Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation)는 이탈리아 항공우주국에서 개발한 4기의 편대비행 영상레이더 위성이다. 9.6 GHz 대역의 X-밴드 영상레이더를 탑재하고 있으며 4기의 편대비행을 통해 매우 신속한 재방문 관측을 수행할 수 있다. 첫 번째 위성은 2007년 6월 7일, 두 번째 위성은 2007년 12월 8일, 세 번째 위성은 2008년 10월 24일, 네 번째 위성은 2010년 11월 5일에 발사하였다. 주요 임무는 국방/안보, 홍수, 가뭄, 산사태, 화산,

지진 등 재해 관측, 농업, 산림, 환경, 지질, 빙권 관측 등 과학 목적 등 매우 다양하다.

짧은 재방문 주기로 단파장 영상레이더임에도 불구하고 매우 훌륭한 위상간섭기법 영상을 제공할 수 있어, 화산, 지진, 빙하 등에 활용도가 매우 높다. Spotlight, Stripmap, Scansar의 총 3개 관측모드를 지원하며 최근 광대역 모드를 추가하여 해상에서의 선박감시 능력 등에 장점을 더하고 있다. 관측폭은 10 km에서 200 km까지 지원하며 해상도에 따라 달라진다. 단일 편파 혹은 이중 편파로 관측 가능하나, 이중 편파의 경우 위상간섭기법 적용에 다소 제한적이다.

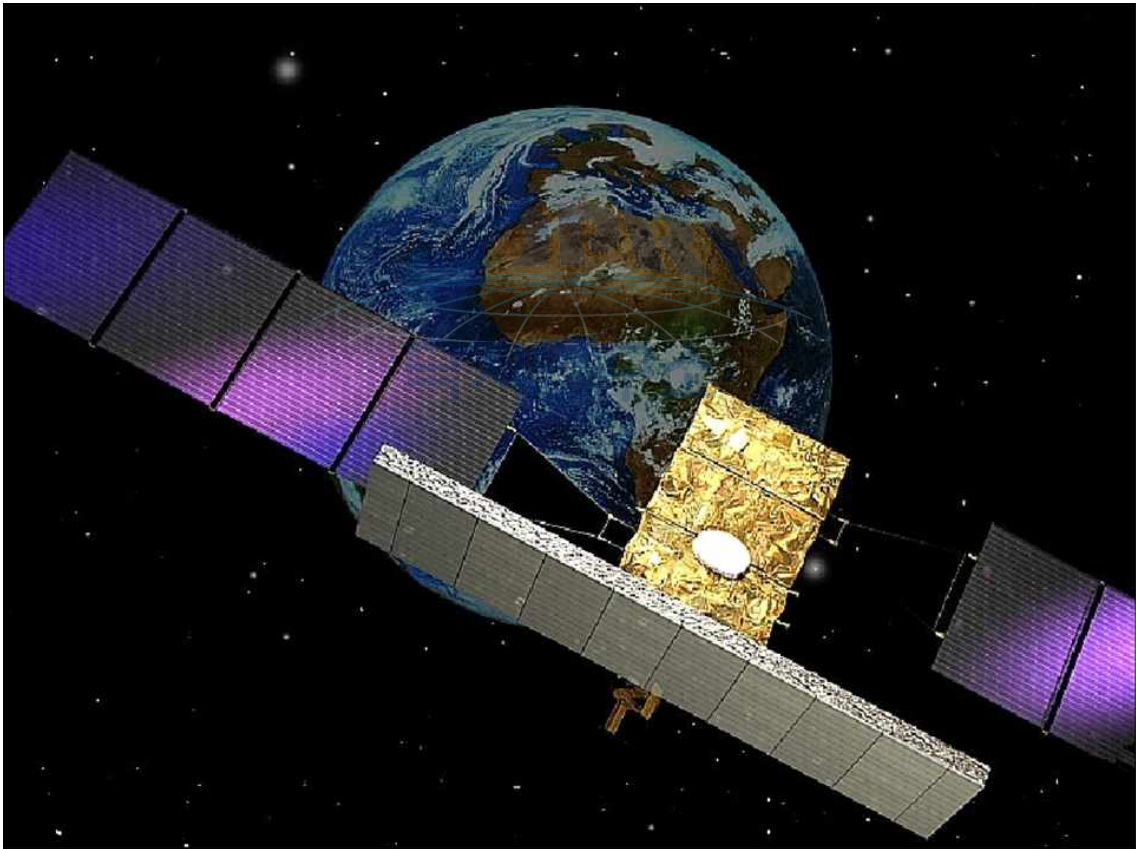


그림 35. COSMO-SkyMed 위성 모식도 (출처: ASI)

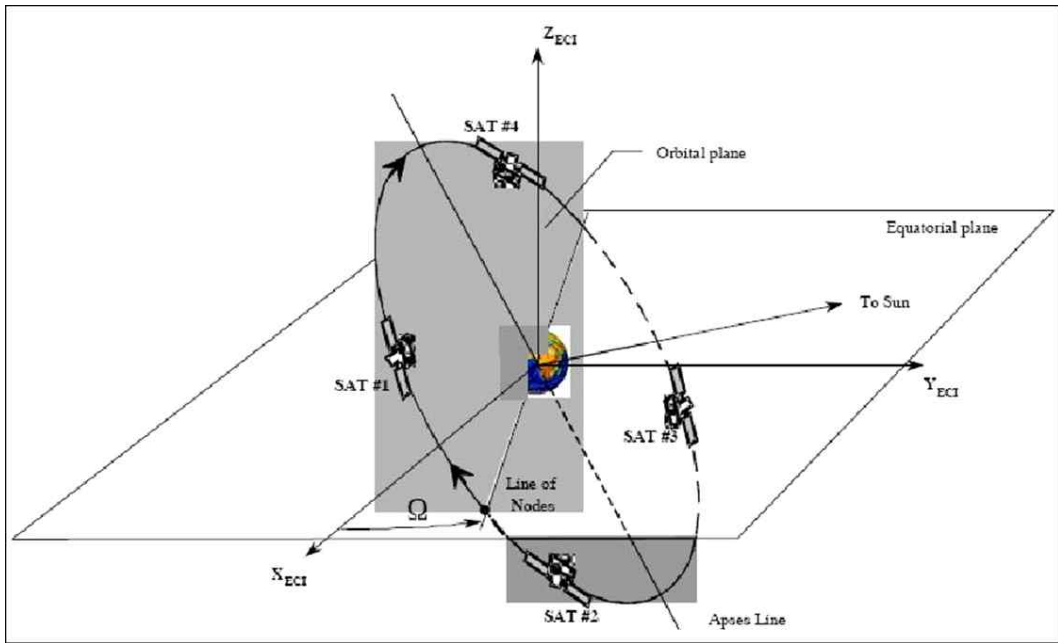


그림 36. COSMO-SkyMed 편대비행 궤도 운영 모식도 (출처: ASI)

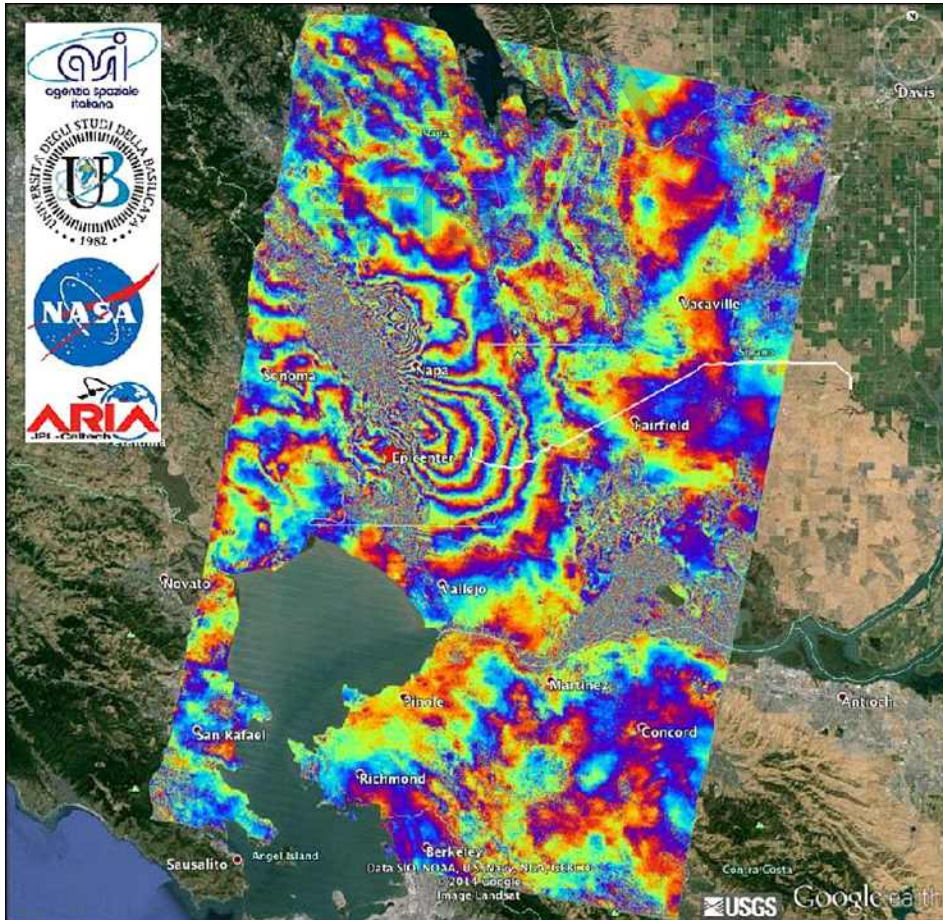


그림 37. 미국 나파밸리 지표변위에 대한 위상간섭기법 적용 결과 (출처: ASI)

타. KOMPSAT-5

KOMPSAT-5(KOrea Multi-Purpose SATellite-5) 위성은 대한민국 교육과학기술부에 지원 아래 한국항공우주연구원(KARI)에 의해 개발된 X-밴드 영상레이더 위성이다. 주요 임무는 GIS, 해양, 육상, 재해재난, 환경 감시 등의 목적인 GOLDEN 이다. Spotlight, stripmap, scansar의 3가지 모드를 지원하며, 관측폭은 각각 5, 30, 100 km이다. HH, HV, VH, VV 중 하나만 선택할 수 있는 단일편파모드이며 재방문주기는 28일로 다소 길어 위상간섭기법에 제한적이다. 현재는 각 모드를 조금씩 개선한 7개 모드로 운용중이다.

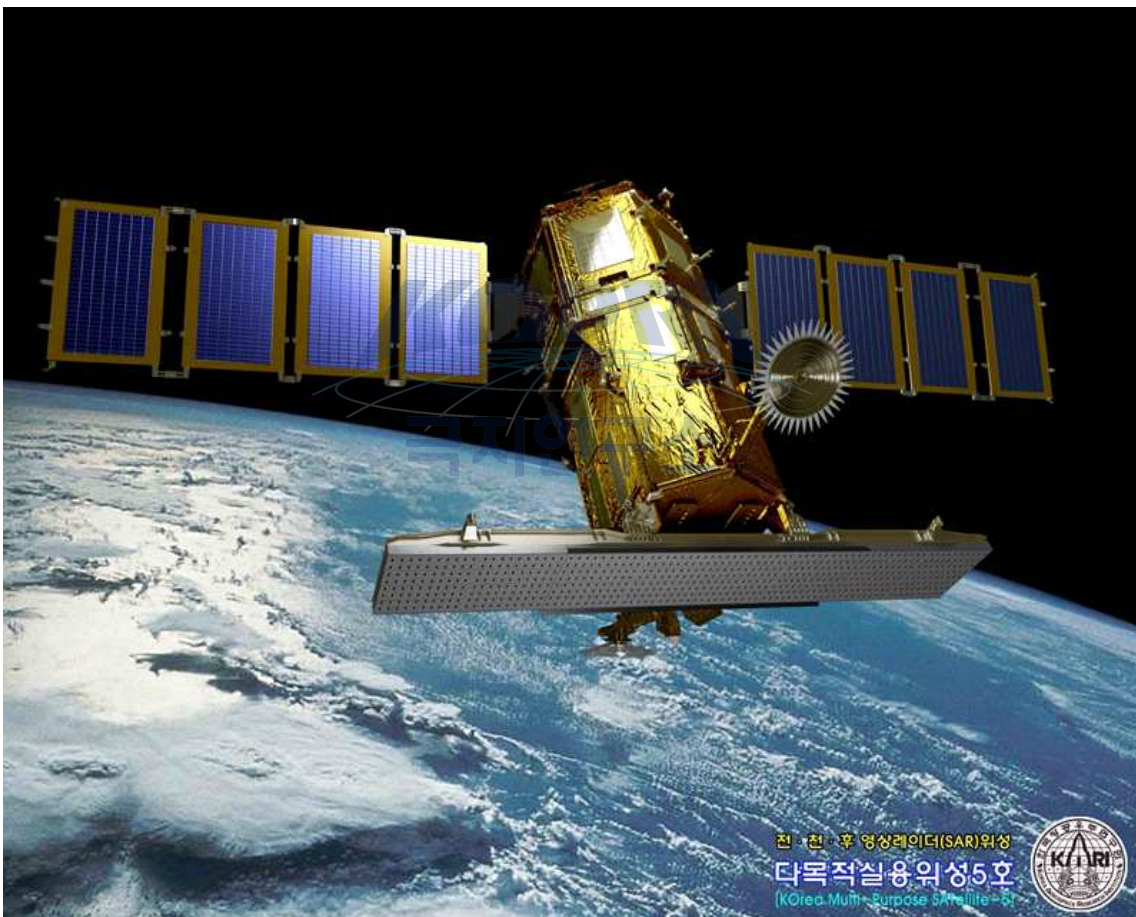


그림 38. KOMPSAT-5 위성 모식도 (출처: KARI)

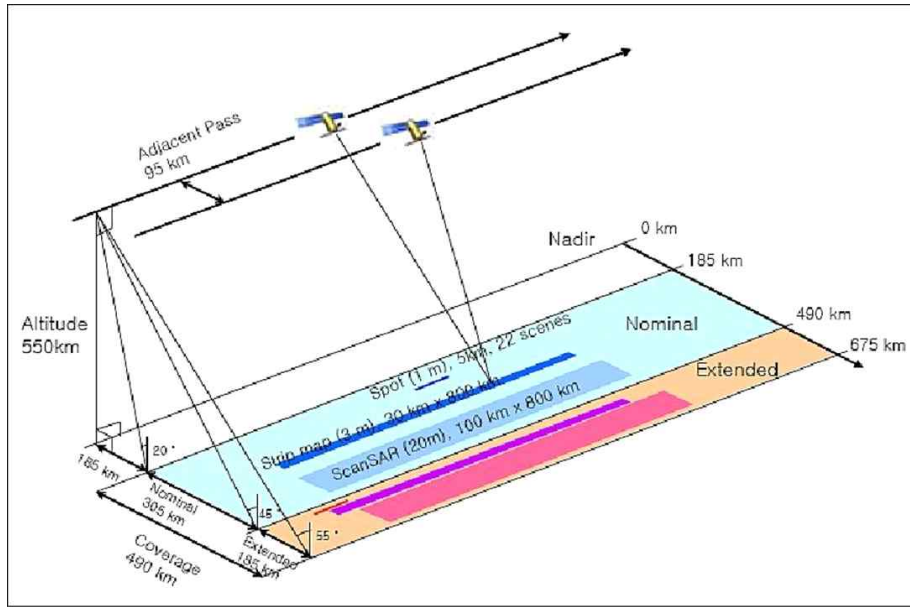


그림 39. KOMPSAT-5 위성관측 모드 (출처: KARI)

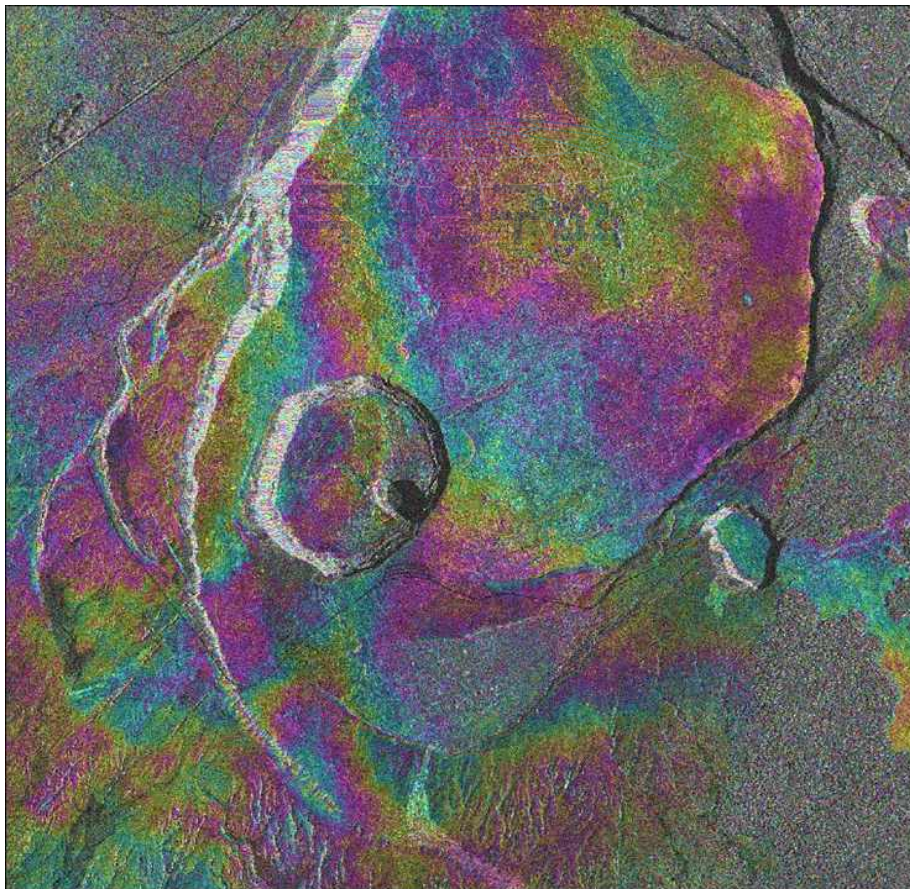


그림 40. 하와이 킬라우에아 화산 지역에 대한 위상간섭기법 적용 결과 (출처: KARI)

제 3 절 영상레이더 자료처리 분산처리시스템 구축

본 연구개발과제를 통하여 극지연구소내 최초의 영상레이더 자료처리 분산처리시스템 중 하드웨어 1단을 구축하였다. 분산처리시스템은 일종의 클러스터링으로 다량의 워크스테이션 및 서버의 중앙처리연산장치를 동시에 사용하여 방대한 계산 처리량을 효율화하는 것을 일컫는다. 비록 연구개발비의 제한으로 인하여 본 연구개발에서는 28코어의 매우 적은 중앙처리연산장치를 가진 워크스테이션 기반 처리시스템을 구축하였다. 향후 지속적인 연구개발투자를 통하여 최소 200~300 코어 기반 처리시스템을 갖게 된다면 방대한 양의 영상과 극지역에 대한 자료처리 효율화를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.



그림 41. 극지연구소 전산실에 위치한 영상레이더 분산처리시스템 1식

```

sxb733@neptunus:~ - Xshell 4
파일(F) 편집(E) 보기(V) 도구(T) 장(W) 도움말(H)
새로 만들기  다시 연결
1 neptunus x
//neptunus/home/sxb733[836] cat /proc/cpuinfo | more
processor       : 0
vendor_id     : GenuineIntel
cpu family    : 6
model        : 63
model name    : Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2697 v3 @ 2.60GHz
stepping     : 2
microcode    : 0x31
cpu MHz      : 1200.265
cache size   : 35840 KB
physical id  : 0
siblings    : 14
core id     : 0
cpu cores   : 14
apicid     : 0
initial apicid : 0
fpu        : yes
fpu_exception : yes
cpuid level : 15
wp         : yes
flags      : fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush dts acpi mmx fxsr sse sse2 ss ht tm pbe syscall nx pdpe1
gb xdtscpl lm constant_tsc arch_perfmon pebs bts rep_good nopl xtopology nonstop_tsc aperfmperf eagerfpu pni pclmulqdq dtes64 monitor ds_cpl vmx smx est tm
2 sse3 fma cx16 xtpr pdcm pcid dca sse4_1 sse4_2 x2apic movbe popcnt tsc_deadline_timer aes xsave avx f16c rdrand lahf_lm abm ida arat epb pln pts dtherm
cpu_shadow vmmi flexpriority ept vpid fsgsbase tsc_adjust bmi1 avx2 smep bmi2 erms invpcid cqm xsaveopt cqm_llc cqm_occup_llc
bogomips     : 5189.87
clflush size : 64
cache alignment : 64
address sizes : 46 bits physical, 48 bits virtual
power management:

processor       : 1
vendor_id     : GenuineIntel
cpu family    : 6
model        : 63
model name    : Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2697 v3 @ 2.60GHz
stepping     : 2
microcode    : 0x31
cpu MHz      : 1200.062
cache size   : 35840 KB
physical id  : 1
siblings    : 14
core id     : 0
cpu cores   : 14
apicid     : 32
initial apicid : 32
fpu        : yes
fpu_exception : yes
cpuid level : 15
wp         : yes
flags      : fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush dts acpi mmx fxsr sse sse2 ss ht tm pbe syscall nx pdpe1
gb xdtscpl lm constant_tsc arch_perfmon pebs bts rep_good nopl xtopology nonstop_tsc aperfmperf eagerfpu pni pclmulqdq dtes64 monitor ds_cpl vmx smx est tm
2 sse3 fma cx16 xtpr pdcm pcid dca sse4_1 sse4_2 x2apic movbe popcnt tsc_deadline_timer aes xsave avx f16c rdrand lahf_lm abm ida arat epb pln pts dtherm
cpu_shadow vmmi flexpriority ept vpid fsgsbase tsc_adjust bmi1 avx2 smep bmi2 erms invpcid cqm xsaveopt cqm_llc cqm_occup_llc
bogomips     : 5203.78
clflush size : 64
cache alignment : 64
address sizes : 46 bits physical, 48 bits virtual
power management:

processor       : 2
vendor_id     : GenuineIntel
cpu family    : 6
model        : 63
model name    : Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2697 v3 @ 2.60GHz
stepping     : 2
microcode    : 0x31
cpu MHz      : 1200.062
cache size   : 35840 KB
physical id  : 0
siblings    : 14
core id     : 1
cpu cores   : 14
apicid     : 2
initial apicid : 2
fpu        : yes
fpu_exception : yes
cpuid level : 15
wp         : yes

```

그림 42. 구축된 분산처리시스템 하드웨어의 중앙연산처리장치 정보

```

sxh733@neptunus: ~ - Xshell 4
//neptunus/home/sxh733[842] cat /proc/meminfo
MemTotal:      131919076 kB
MemFree:       3660100 kB
MemAvailable:  129586560 kB
Buffers:       244 kB
Cached:        121689668 kB
SwapCached:    43468 kB
Active:        60767052 kB
Inactive:      61188420 kB
Active(anon):  117396 kB
Inactive(anon): 344948 kB
Active(file):  60649636 kB
Inactive(file): 60843472 kB
Unevictable:   45888 kB
Mlocked:       45888 kB
SwapTotal:     67108860 kB
SwapFree:      66569700 kB
Dirty:         12 kB
Writeback:     0 kB
AnonPages:     276460 kB
Mapped:        47488 kB
Shmem:         185960 kB
Slab:          4950620 kB
SReclaimable: 4763180 kB
SUnreclaim:   187440 kB
KernelStack:  16896 kB
PageTables:    18792 kB
NFS_Unstable:  0 kB
Sockets:       0 kB
WritebackTmp:  0 kB
CommitLimit:  133068396 kB
Committed_AS: 3104600 kB
VmallocTotal: 34359738367 kB
VmallocUsed:   519968 kB
VmallocChunk: 34292119552 kB
HardwareCorrupted: 0 kB
AnonHugePages: 149504 kB
HugePages_Total: 0
HugePages_Free: 0
HugePages_Rsvd: 0
HugePages_Surp: 0
Hugepagesize: 2048 kB
DirectMap4k:  191384 kB
DirectMap2M:  3901440 kB
DirectMap1G:  132120576 kB
//neptunus/home/sxh733[843]

```

그림 43. 구축된 분산처리시스템 하드웨어의 물리적 메모리 정보

```

sxh733@neptunus: ~ - Xshell 4
//neptunus/home/sxh733[845] df -h
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
/dev/mapper/centos-root 215G 127G 88G 60% /
devtmpfs        63G   0 63G  0% /dev
tmpfs           63G  84K 63G  1% /dev/shm
tmpfs           63G 282M 63G  1% /run
tmpfs           63G   0 63G  0% /sys/fs/cgroup
/dev/sdb1       22T  7.9T  15T  36% /scratch
/dev/sda2       497M  154M  343M  31% /boot
/dev/sda1       200M   9.5M  191M   5% /boot/efi
172.16.201.14:/STORAGE2 15T  278G  14T  2% /STORAGE2
172.16.201.17:/STORAGE1 48T  40T  7.7T  84% /STORAGE1
tmpfs           13G  16K  13G  1% /run/user/42
tmpfs           13G  4.0K  13G  1% /run/user/516
//neptunus/home/sxh733[846]

```

그림 44. 구축된 분산처리시스템 하드웨어의 하드디스크 정보

```

sxh733@neptunus: ~ - Xshell 4
//neptunus/home/sxh733[850] cat /etc/redhat-release
CentOS Linux release 7.2.1511 (Core)
//neptunus/home/sxh733[851]

```

그림 45. 구축된 분산처리시스템 하드웨어의 운영체제 정보

구축된 하드웨어의 각종 정보를 그림과 같이 도시하였으며 구체적인 정보를 간략히 정리하면 다음과 같다.

CPU : 28 코어, 2.6GHz

메모리 : 128 GB

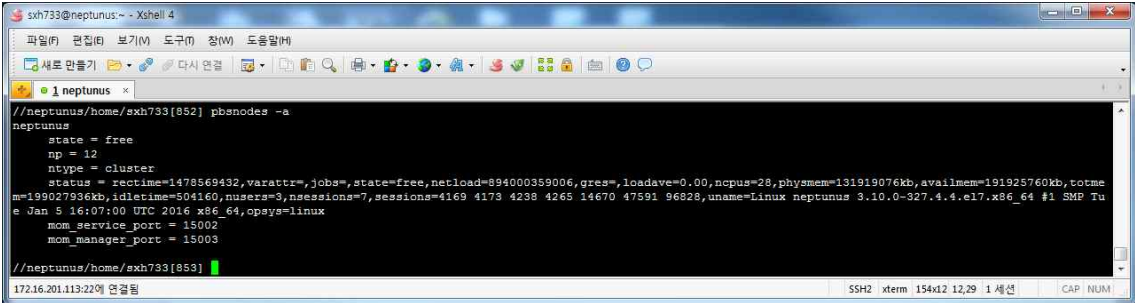
하드디스크 : OS (512 GB), 스토리지 (22 TB)

운영체제 : CentOS 7.2

제 4 절 분산처리기술 개발 구현 및 시험

1) 분산처리소프트웨어 설치

분산처리시스템 구현을 위해서 Portable Batch System (PBS) 설치가 요구된다. 기본적으로 Portable Batch System는 컴퓨터 소프트웨어의 이름을 일컫는 것으로서 가용한 컴퓨팅 환경에서 작업 순서를 각 중앙연산처리장치에 할당하는 역할(Job scheduling)을 한다. 1991년 미국항공우주국 업무를 위해 계약프로젝트로 개발되었으며 MRJ Technology Solution이 주 계약업체였다. 현재 세 가지 종류의 소프트웨어가 이용가능하며 OpenPBS, TORQUE, PBS Professional이 그것들이다. 이와는 별개로 상용소프트웨어인 LBS 등도 있다. 본 연구개발과제에서는 공개소프트웨어인 TORQUE를 활용하였으며 아래는 현재 설치되어 있는 분산처리소프트웨어의 이용가능 노드수를 나타내는 것이다.



```
ssh733@neptunus: ~ - Xshell 4
//neptunus/home/ssh733[852] pbsnodes -a
neptunus
state = free
np = 12
ntype = cluster
status = rectime=1478569432,varattr=,jobs=,state=free,netload=894000359006,gres=,loadave=0.00,ncpus=28,physmem=131919076kb,availmem=191925760kb,totme
m=199027936kb,idletime=504160,nusers=3,nsessions=7,sessions=4169 4173 4238 4265 14670 47591 96828,uname=Linux neptunus 3.10.0-327.4.4.el7.x86_64 #1 SMP Tu
e Jan 5 16:07:00 UTC 2016 x86_64,opsys=linux
mom_service_port = 15002
mom_manager_port = 15003
//neptunus/home/ssh733[853]
172.16.201.113:22에 연결됨 SSH2 xterm 154x12 12,29 1 세션 CAP NUM
```

그림 46. pbsnodes 명령어를 통해 확인된 클러스터 가능 노드 수

```

sxh733@neptunus:~ - Xshell 4
파일(F) 편집(E) 보기(V) 도구(T) 창(W) 도움말(H)
새로 만들기  다시 연결
neptunus x
//neptunus/home/sxh733 [854] showq
ACTIVE JOBS-----
JOBNAME      USERNAME    STATE  PROC  REMAINING      STARTTIME

0 Active Jobs  0 of 12 Processors Active (0.00%)
               0 of 1 Nodes Active (0.00%)

IDLE JOBS-----
JOBNAME      USERNAME    STATE  PROC  WCLIMIT        QUEUE TIME

0 Idle Jobs

BLOCKED JOBS-----
JOBNAME      USERNAME    STATE  PROC  WCLIMIT        QUEUE TIME

Total Jobs: 0 Active Jobs: 0 Idle Jobs: 0 Blocked Jobs: 0
//neptunus/home/sxh733 [855]
172.16.201.113:22에 연결됨
SSH2 xterm 154x20 20,29 1 세션 CAP NUM

```

그림 47. showq 명령어를 통해 확인된 클러스터 가능 노드 수

2) 분산처리소프트웨어 구동을 위한 코드 작성

분산처리시스템 설치만으로는 각 실행 명령을 중앙연산처리장치에 할당할 수 없다. 이를 위해서는 분산처리하고자 하는 모든 명령어에 대한 할당 코드를 작성하여 주어야 하는데, 영상레이더 처리에 대한 지식이 없으면 불가능한 작업이다. 아래 그림은 수많은 분산처리 할당 코드 중 하나를 나타내는 것으로 다양한 센서 및 처리과정에 따라 코드를 작성하여 주었다.

극지연구소

```

svh733@neptunus ~ - Xshell 4
파일(F) 편집(E) 보기(V) 도구(T) 창(W) 도움말(H)
새로 만들기 | 다시 연결
neptunus x
#####
use Env qw( INT_SCR INT_BIN USER HOSTNAME NOTIFICATIONEMAIL QUEUENAME );
use lib "$INT_SCR"; ##### Location of Generic.pm
use Getopt::Long;
use Generic;
use POSIX ":sys_wait_h";
use File::Basename;
require "UtilLib_RSMAS.pl";
require "Glob.pl";

@args = @ARGV;

$submit=1;
$email=0;

GetOptions('h' => \$help, 'submit!' => \$submit, 'email' => \$email );

###Usage info/check
sub Usage{
print STDERR "usage: createBatch.pl INFILE \n";
print STDERR "\n";
print STDERR " options: \n" ;
print STDERR " INFILE : File with the commands to run in the batch job (i.e. vex2roi_pac.pl --slcs --azfilt PO_IFGRAM_HawaiiRsatD1_SO_06
0726-080222_0033 )\n";
print STDERR " --email : send notification e-mail after completion\n";
print STDERR " --nosubmit : creates sunBatch.sh but jobs are not submitted\n";
print STDERR "\n";
print STDERR " example: createBatch.pl /RAID6/sbaker/SO/HawaiiRsatD1/run_sa \n";
print STDERR "\n";
print STDERR " The files created are job001.sh, job002.sh, ...jobXXX.sh and submitted to the server\n";
print STDERR "\n";
exit 1;
}

$help == 1 and Usage();
@args >= 1 or Usage();
Log("createBatch_PBS.pl",@args);

#####
&CommandLineArgs2DirFilesStrings(@ARGV);
if (@CommandStrings) { &ReadCommandLineArgs(@CommandStrings) }
#die "TEMPLATE:<Templatefile> COMMANDS: <@CommandStrings> DIRS:<@DIRS> FILES:<@FILES> STRINGS:<@STRINGS>\n";
#####

$infile = $FILES[0];
($infile, $workDir) = fileparse($infile);
chdir $workDir;

open(INF,$infile) ; @i=<INF> ; close(INF) ; $number="@i."" ;

$count = 001 ; $count = sprintf("%03d", $count);
$jobfile = "job$count.sh";
$batchScript = "runBatch.sh" ;
@jobs = ();
$walltime or $walltime = "7:00";
$projectID or $projectID = "insarlab";

`rm -f z_output* job*.sh`;

#### LOOP TO CREATE SCRIPTS FOR EACH JOB ####
foreach $line (@i) {
@toks = split(// , $line);
if (@toks[1] =~ "/" ){ $NAME = basename(@toks[1]); # FA 9/2009: put nothing in z_output string if first field is a long directory path
} else {
$NAME = @toks[1];
}
print "Writing batch script $jobfile $ID\n";
for ($NAME) {
s/\s+//;
s/\s+$///;
}
open(JOBFILE,">$jobfile");
printf JOBFILE "#! /bin/bash\n" ;
printf JOBFILE "#PBS -N $NAME\n" ;
printf JOBFILE "#PBS -o z_output $NAME.o\n" ;
printf JOBFILE "#PBS -l nodes=1\n" ;
printf JOBFILE "#PBS -e z_output $NAME.e\n" ;
printf JOBFILE "#PBS -q general\n" ;
}
}
172.16.201.113:22에 연결됨 SSH2 xterm 154x78 78,76 1 세션 CAP NUM

```

그림 48. PBS 구동을 위한 코드

```

//neptunus/home/sxh733/development/rsmas insat/sources/roipac/INT_SCR[865] ls
adapt_filt.pl          down2raw_Alos_list.py          link_to_odimage.pl          process_stack.pl
add_rmw.pl            down2s1c_Alos2_list.py        list1gram.pl               process_topo.pl
add_s1mask2mask.pl    down2raw_Csk_list.py          LL2UTM.pl                  PROC_FILES
addtile2jpg.pl        down2raw_Env.pl               load_od.pl                 project2web.py
adjustBurst_gamma.py  down2raw_Ers_granule.pl       load_remote_tape.pl        publishweb.pl
adjust_geocode.pl     down2raw_Ers_list.py         look.list.pl               qdel_list.pl
arclist_PRC.pl        down2raw_Jers_granule.py      look.pl                    radar2geo.pl
atn_model.pl          down2raw_Jers_list.py         makeCoregistFiles.pl      radar2geo.pl.yf
autoFocus.pl          down2s1c_Alos2_list.py        make_cor.pl                radarsisismodel.pl
arzfilt.pl            down2s1c_Alos2_orbit.pl       makedem_noel.pl           ratio.pl
baseline_choice.list.pl down2s1c_Alos2WD_list.py      makedem.pl                raw2ampintcor_jers.pl
baseline_choice.pl    down2s1c_Alos2WD_orbit.pl     makedem.py                raw2ampintcor.pl
baseline_comparison.pl down2s1c_Csk_list.pl          make_diffgram_v2.1.pl     raw2s1c.configfile
baseline_falk.pl      down2s1c_Csk_orbit.pl         make_geomap.list.pl       raw2s1c_oid.pl
baseline.list.pl      down2s1c_Kmpe5_list.py        make_geomap.pl            raw2s1c.pl
baseline.pl           down2s1c_Kmpe5_orbit.pl       make_los.pl               Raw2S1c.py
baseline.pl.org       down2s1c_Rsat2_list.py        make_los.pl.orig          read_CB03.pl
baseline_Rsat2.pl     down2s1c_Rsat2_orbit.pl       make_mask_coh_area.pl     read_in_VDF.pl
beta2s1gamma.pl       down2s1c_Sen_list.py          make_mask.pl              README_Bench
blank.txt             down2s1c_Sen_orbit.pl         make_offset_figure.pl     README_export
bridge.pl            down2s1c_Tdm_list.py          make_offset.pl            README_falk
bridge.pl.org         down2s1c_Tdm_orbit_delete.pl  make_orm2.pl              README_other_scripts
byteswap_gammadir.pl down2s1c_Tdm_orbit.pl         make_orm_modified.pl     README_process_2pass
byteswap_roi_pacdir.pl down2s1c_Tsx_list.py          make_orm.pl               README_suggestions
CalBaseline.pl       down2s1c_Tsx_orbit.pl         makeproc.pl               README_versions
calc_squint.pl       ers2rec.pl                    make_raw_envi_cat.pl      read_par.pl
calcGeo.py           extract_ProjectName.pl        make_raw_envi.pl          read_VDF.pl
change_img.pl        extractProjectName.pl         make_raw_jers.pl          rect.pl
checkBurstOverlap_gamma.py extractSubset.pl             make_raw_multiformat.pl  RELEASE_NOTES
checkBurstOverlap_gamma.py extractSVFromgammaparfile.pl make_raw.pl                removeAtmModel.pl
checkDownForMultipleFiles_Tsx_granule.py extractSVFromparfile.pl    make_sim_optic.pl        removeModel.pl
checkDownForMultipleFiles_Tsx_list.py fastflat.pl                  make_sim_opt.pl          remove_tilt.pl
check_hdr_SVtimes.pl file2jpg.list.pl              make_sim.pl               remove_tilt.pl.2006.03.07
checkORegist.pl     file2jpg.pl                   mask_int.pl                renameSLCdirs.pl
check_quota.py      file2ras.pl                   mask_tmw.pl                RenameSLC03.py
chpserlpath.pl     file2ras1.pl                  Math                       RenameSLCtsx.py
c1eandir.pl         filter.pl                      mxd.pl                    renameS0dirs.pl
clearcpmask.pl     find affine.pl                 mergeArclist.pl           renameS0dirs.plold
clearmask.pl        convertSLCRsat2.pl            messageRsmas.py           replace_coregistered_files.py
convertSLCRsat2.pl  copy_filetree.pl              messageRsmas.pyc           replace_mag.pl
copy_filetree.pl    Copy_master.py                 montage_files.pl           resamp.pl
Coregist_all_To_masterDate.py coregist_gamma.s1c.pl        morph.pl                   rescale_topo.pl
Coregist_gamma.s1c.pl coregist_ifgram.pl            moveAlos.py                ResetRaw.pl
Coregist_ifgram.pl  coregist_igrans.pl            moveL0Alos2WD_gamma.py    roi_pac2gamma_datafile.pl
Coregist.pl         coregist.pl                    moveL0Alos_granule.py     roi_pac2gamma_parfile.pl
CoregistS1C4Alos2WD_DEMassist_gamma.py coregistS1C4Sen_DEMassist_gamma.py coregistS1C4Sen_DEMassist_fine_gamma.py coregistS1C4Sen_DEMassist_gamma.py coregistS1C_DEMassist_gamma.py coregistS1C_DEMassist_gamma.py coregistS1C_gamma.py coregist_s1c.pl CoregistToMasterDate.py CorrectStateVel_J.pl cpENvisat cpERS cpx2rmq.pl cpxnormalize.pl createAdjustBurstList.py createBaselineList.pl createBatch_LSP.pl createBatch_PBS.pl createBatch_PBS.pl.kopri_160721 createBatch.pl create_b1_list.pl createCoregistrationList_gamma.py createCoregistrationList.pl createCoregistrationList.py createOffsetList.pl create_rdcDEM4Alos2WD_gamma.py create_rdcDEM_gamma.py cull_offset.pl Date date2Jul.pl default_J.raw.rsc
Coregist_all_To_masterDate.py
Coregist_gamma.s1c.pl
Coregist_ifgram.pl
Coregist_igrans.pl
Coregist.pl
CoregistS1C4Alos2WD_DEMassist_gamma.py
CoregistS1C4Sen_DEMassist_gamma.py
CoregistS1C4Sen_DEMassist_fine_gamma.py
CoregistS1C4Sen_DEMassist_gamma.py
CoregistS1C_DEMassist_gamma.py
CoregistS1C_DEMassist_gamma.py
CoregistS1C_gamma.py
Coregist_s1c.pl
CoregistToMasterDate.py
CorrectStateVel_J.pl
cpENvisat
cpERS
cpx2rmq.pl
cpxnormalize.pl
createAdjustBurstList.py
createBaselineList.pl
createBatch_LSP.pl
createBatch_PBS.pl
createBatch_PBS.pl.kopri_160721
createBatch.pl
create_b1_list.pl
createCoregistrationList_gamma.py
createCoregistrationList.pl
createCoregistrationList.py
createOffsetList.pl
create_rdcDEM4Alos2WD_gamma.py
create_rdcDEM_gamma.py
cull_offset.pl
Date
date2Jul.pl
default_J.raw.rsc
down2raw_Alos_list.py
down2s1c_Alos2_list.py
down2raw_Csk_list.py
down2raw_Env.pl
down2raw_Ers_granule.pl
down2raw_Ers_list.py
down2raw_Jers_granule.py
down2raw_Jers_list.py
down2s1c_Alos2_list.py
down2s1c_Alos2_orbit.pl
down2s1c_Alos2WD_list.py
down2s1c_Alos2WD_orbit.pl
down2s1c_Csk_list.pl
down2s1c_Csk_orbit.pl
down2s1c_Kmpe5_list.py
down2s1c_Kmpe5_orbit.pl
down2s1c_Rsat2_list.py
down2s1c_Rsat2_orbit.pl
down2s1c_Sen_list.py
down2s1c_Sen_orbit.pl
down2s1c_Tdm_list.py
down2s1c_Tdm_orbit_delete.pl
down2s1c_Tdm_orbit.pl
down2s1c_Tsx_list.py
down2s1c_Tsx_orbit.pl
ers2rec.pl
extract_ProjectName.pl
extractProjectName.pl
extractSubset.pl
extractSVFromgammaparfile.pl
extractSVFromparfile.pl
fastflat.pl
file2jpg.list.pl
file2jpg.pl
file2ras.pl
file2ras1.pl
file2ras.pl
filter.pl
find affine.pl
convertSLCRsat2.pl
copy_filetree.pl
Copy_master.py
coregist_gamma.s1c.pl
coregist_ifgram.pl
coregist_igrans.pl
coregist.pl
coregistS1C4Alos2WD_DEMassist_gamma.py
coregistS1C4Sen_DEMassist_gamma.py
coregistS1C4Sen_DEMassist_fine_gamma.py
coregistS1C4Sen_DEMassist_gamma.py
coregistS1C_DEMassist_gamma.py
coregistS1C_DEMassist_gamma.py
coregistS1C_gamma.py
coregist_s1c.pl
CoregistToMasterDate.py
CorrectStateVel_J.pl
cpENvisat
cpERS
cpx2rmq.pl
cpxnormalize.pl
createAdjustBurstList.py
createBaselineList.pl
createBatch_LSP.pl
createBatch_PBS.pl
createBatch_PBS.pl.kopri_160721
createBatch.pl
create_b1_list.pl
createCoregistrationList_gamma.py
createCoregistrationList.pl
createCoregistrationList.py
createOffsetList.pl
create_rdcDEM4Alos2WD_gamma.py
create_rdcDEM_gamma.py
cull_offset.pl
Date
date2Jul.pl
default_J.raw.rsc
link_to_odimage.pl
list1gram.pl
LL2UTM.pl
load_od.pl
load_remote_tape.pl
look.list.pl
look.pl
makeCoregistFiles.pl
make_cor.pl
makedem_noel.pl
makedem.pl
makedem.py
make_diffgram_v2.1.pl
make_geomap.list.pl
make_geomap.pl
make_los.pl
make_los.pl.orig
make_mask_coh_area.pl
make_mask.pl
make_offset_figure.pl
make_offset.pl
make_orm2.pl
make_orm_modified.pl
make_orm.pl
makeproc.pl
make_raw_envi_cat.pl
make_raw_envi.pl
make_raw_jers.pl
make_raw_multiformat.pl
make_raw.pl
make_sim_optic.pl
make_sim_opt.pl
make_sim.pl
mask_int.pl
mask_tmw.pl
Math
mxd.pl
mergeArclist.pl
merge_TSX_SLC.pl
messageRsmas.py
messageRsmas.pyc
montage_files.pl
morph.pl
moveAlos2WD_gamma.py
moveAlos.py
moveL0Alos_granule.py
moveL0Alos_list.py
moveL0Csk_granule.py
moveL0Csk_list.py
moveL0Cak.py
moveL0Env.pl
moveL0Ers.pl
moveL0Jers_granule.py
moveL0Jers_list.py
moveL0.pl
moveL0.py.kopri
moveRSAT2.pl
moveSLCtsx.pl
moveTSX.pl
mph2ght.pl
multipleJobs.pl
new
newleandir.pl
new_out.pl
obsolete_Coregist_DEM_based
offset.gmt
offset.pl
offsets2gmtminmaxmean.awk
orbit_client.pl
orig2down_Alos2_granule.py
orig2down_Alos2_list.py
orig2down_Csk.py
orig2down_Kmpe5_granule.py
orig2down_Kmpe5_list.py
orig2down_Sen_granule.py
orig2down_Sen_list.py
orig2down_Tdm_granule.py
process_stack.pl
process_topo.pl
PROC_FILES
project2web.py
publishweb.pl
qdel_list.pl
radar2geo.pl
radar2geo.pl.yf
radarsisismodel.pl
ratio.pl
raw2ampintcor_jers.pl
raw2ampintcor.pl
raw2s1c.configfile
raw2s1c_oid.pl
raw2s1c.pl
Raw2S1c.py
read_CB03.pl
read_in_VDF.pl
README_Bench
README_export
README_falk
README_other_scripts
README_process_2pass
README_suggestions
README_versions
read_par.pl
read_VDF.pl
rect.pl
RELEASE_NOTES
removeAtmModel.pl
removeModel.pl
remove_tilt.pl
remove_tilt.pl.2006.03.07
renameSLCdirs.pl
RenameSLC03.py
RenameSLCtsx.py
renameS0dirs.pl
renameS0dirs.plold
replace_coregistered_files.py
replace_mag.pl
resamp.pl
rescale_topo.pl
ResetRaw.pl
roi_pac2gamma_datafile.pl
roi_pac2gamma_parfile.pl
roi_pac.help
roi.pl
roi_prep.pl
run_focus.pl
runJobs.py
select_baseline.pl
selectmodel.pl
selectPairs_Coregist.py
SelectPairs.pl
selectPairs.py
select_PRC_date.pl
send_email.pl
shiftMaster.py
shift_of_master.py
simmask2radar.pl
simPhase4Alos2WD_gamma.py
simPhase4Sen_gamma.py
simPhase_gamma.py
slc2igramdone.pl
slc2igramfilt.pl
slc2igram_gamma.py
slc2igram.pl
snaphu.pl
S02roi_pac2.pl
S02roi_Pac.pl
S0help.pl
sortTwoDataSets.pl
sortTwoGammaDataSets.pl
split_igramJobs_done.py
state_vector.pl
stf_dop.list.pl
stf_dop.pl

```

그림 49. 영상레이더 자료처리 코드

또한 분산처리하고자 하는 모든 기능들이 Perl이나 Python과 같은 인터프리터 언어들로 구동될 수 있도록 되어 있어야 하므로 기존의 roi_pac을 이용한 코드 이외에 gamma 소프트웨어 구동을 위한 코드를 작성하였다. 모든 코드 작업은 미국 마이애미 대학과 공동으로 이루어졌기 때문에 저작권도 함께 공유 중이다.

현재까지 작성된 모든 코드들은 아래의 순서도를 통해 정리할 수 있으며 세부 모듈

들은 각각의 코드들을 통해 분석 가능하다.

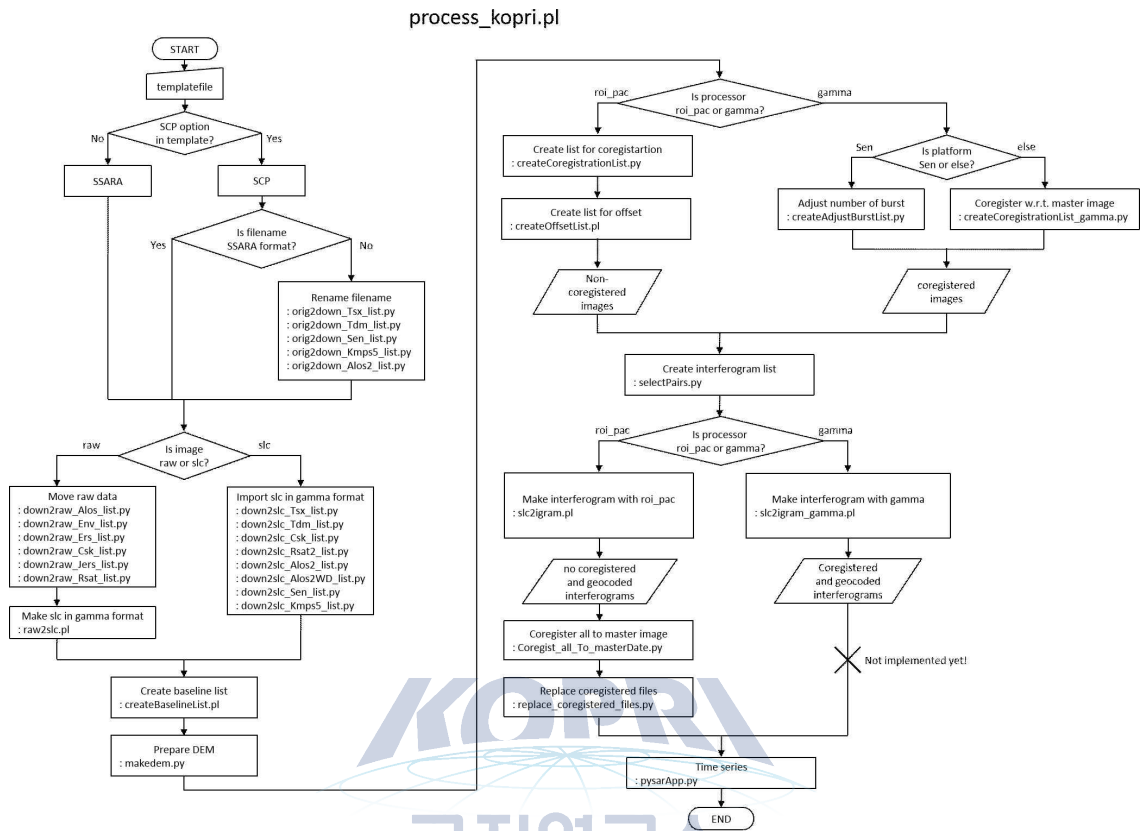


그림 50. process_kopri 순서도

createCoregistrationList_gamma.py

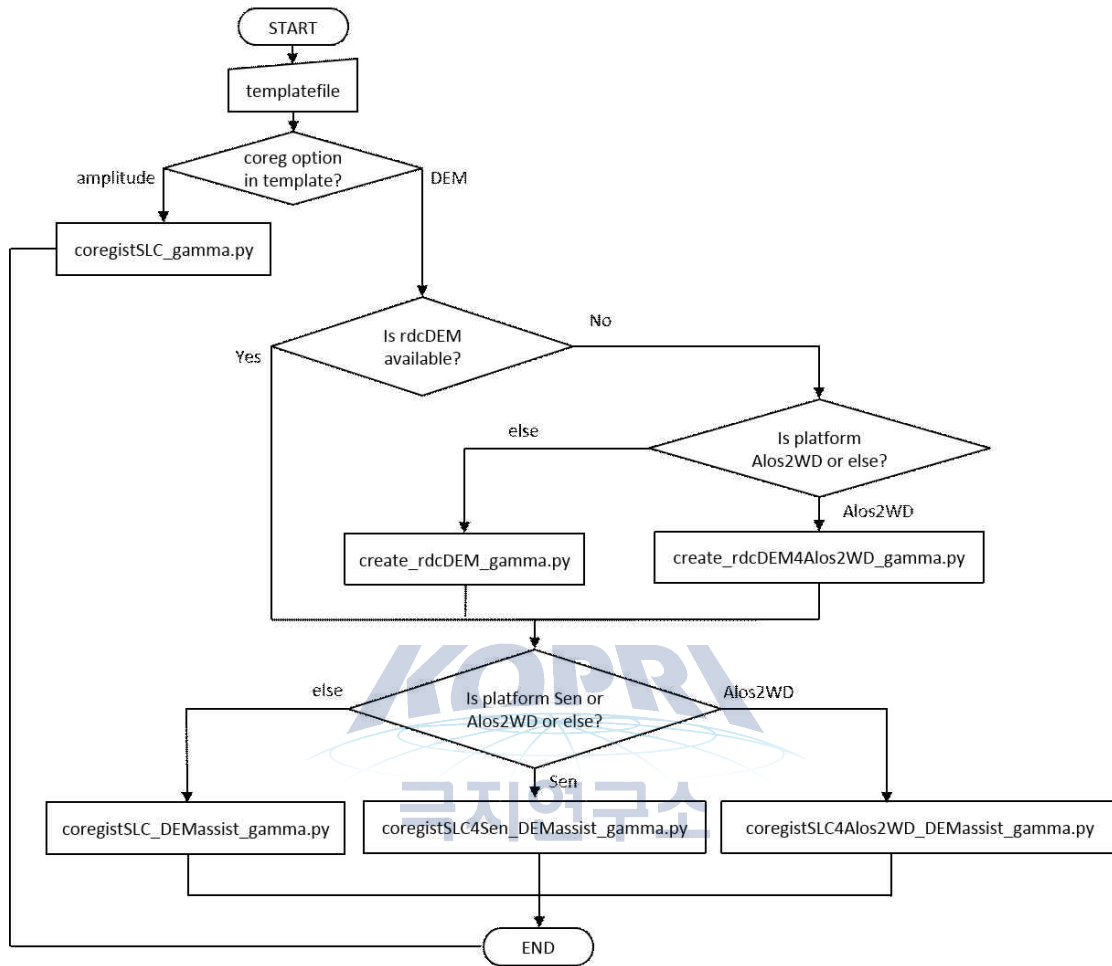


그림 51. createCoregistrationList_gamma 순서도

slc2igram_gamma.py

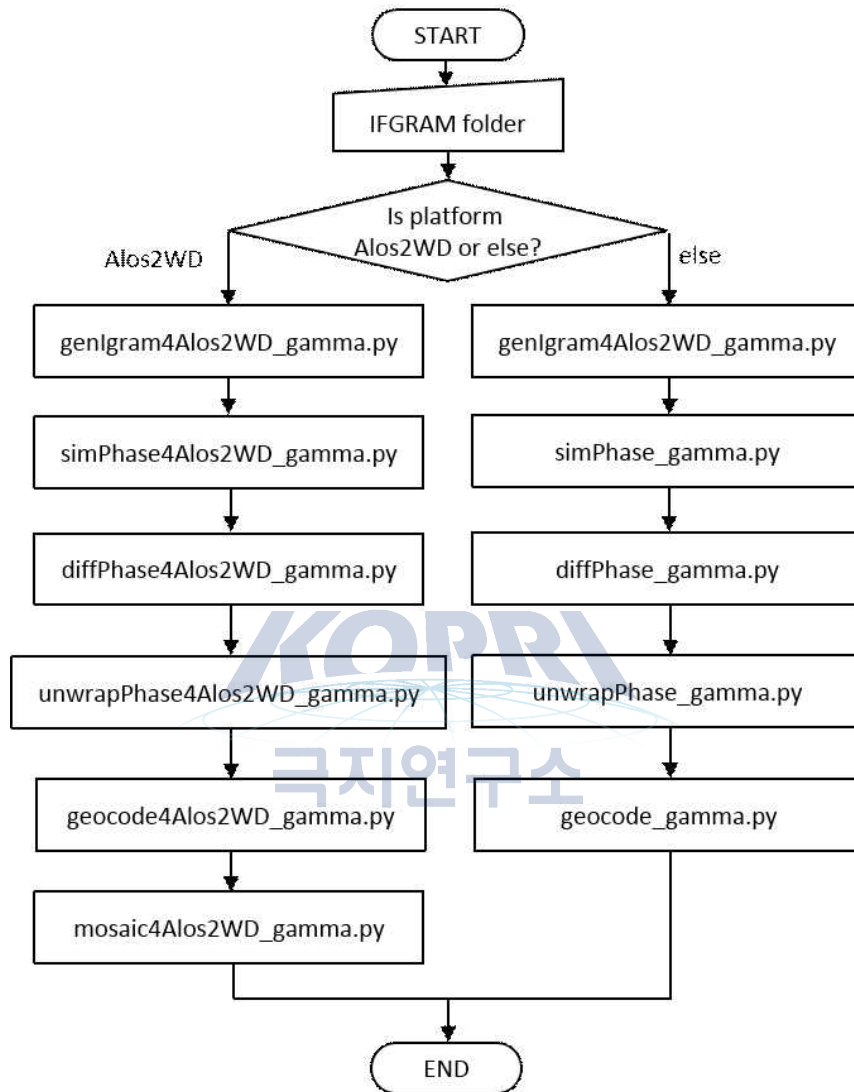


그림 52. slc2igram_gamma 순서도

3) 분산처리소프트웨어 시험

개발된 분산처리시스템을 이용하여 영상레이더 자료 처리를 위한 다양한 시험을 수행하였다.

: 두 영상간 정합 (coregistration) 수행 시간

- 분산처리시스템 미사용시 4846 초
- 분산처리시스템 사용시 1722 초

분산처리시스템 사용시라도 사용되는 중앙연산처리장치의 performance를 고려하여 노드 수를 결정하여야 하며 모든 노드를 사용시 오히려 수행 시간이 감소되는 것을 발견하였다.

: 두 영상간 차분위상간섭도 (differential interferometric processing) 수행 시간

- 분산처리시스템 미사용시 224016 초
- 분산처리시스템 사용시 37963 초

차분위상간섭기법 적용의 경우 독일항공우주국 TerraSAR-X를 이용한 그린란드 빙하 지역 변위추출을 실험하였으며 분산처리시스템 사용시 훨씬 빨리 처리됨을 알 수 있었다. 제한된 중앙연산처리장치가 더 확장된다면 보다 빠른 연산처리가 가능할 것으로 판단된다.

: 중앙연산처리장치 활용 노드 수 결정 시험

- node 개수 (6) 1784 초
- node 개수 (12) 1539 초
- node 개수 (12), ppn (4) 2460 초
- node 개수 (24) 1893 초
- node 개수 (24), ppn (2) 1893 초
- node 개수 (24), ppn (4) 1647 초
- node 개수 (24), ppn (8) 2611 초

중앙연산처리장치 활용 노드 수 결정을 위하여 다양한 변수를 설정하여 처리속도를 계산해 보았다. 계산 결과 본 연구개발을 통해 설치된 시스템에서는 12개의 노드가 가장 좋은 성능을 보여주는 것으로 확인되었다. 향후 여러 대의 분산처리시스템을 운용할 경우 동일한 방법으로 다시 성능테스트를 수행할 필요가 있다고 판단된다.

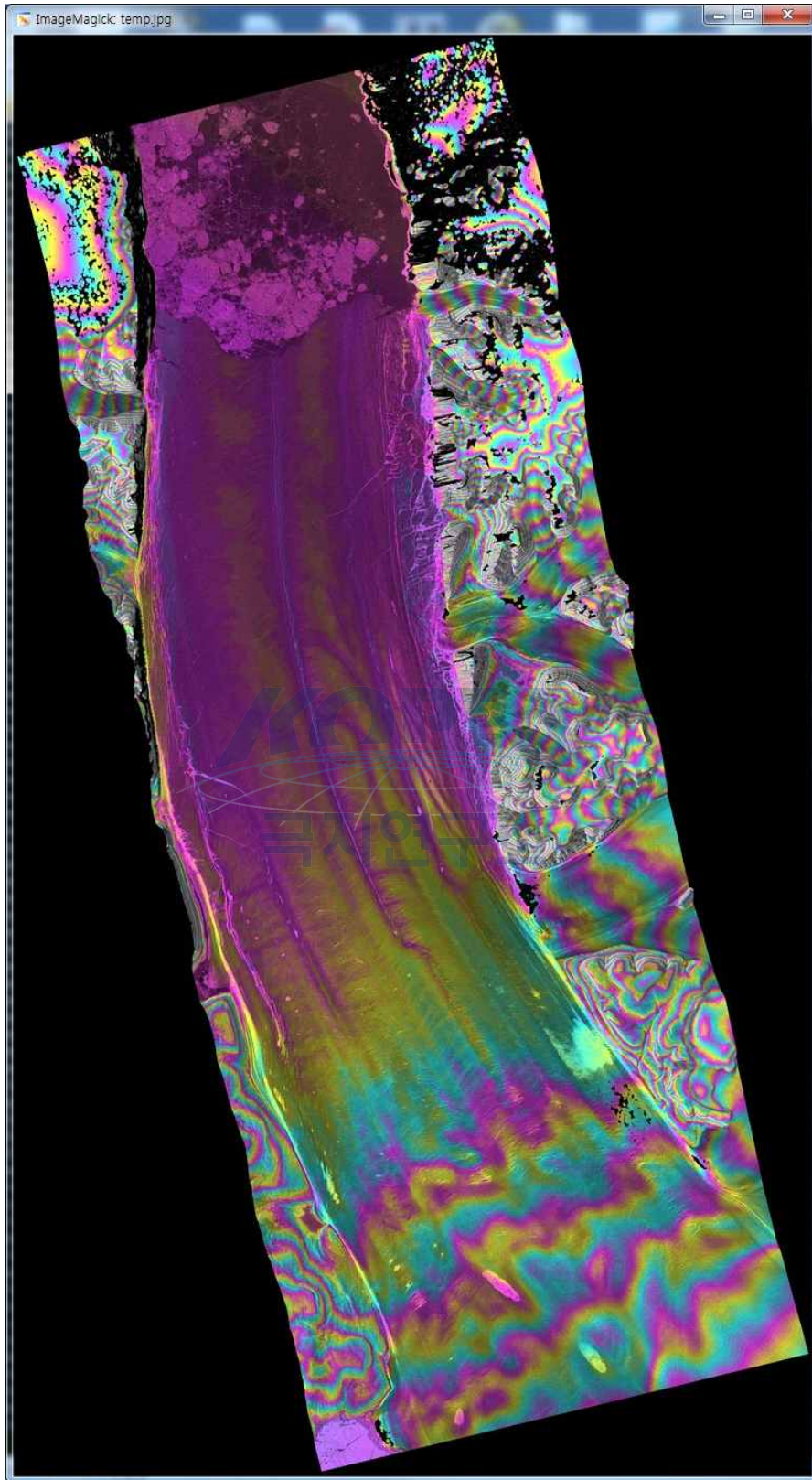


그림 53. 그린란드 Petermann 빙하 영상레이더 자료처리 결과



그림 54. 알래스카 영구동토 습지대 자료처리 결과

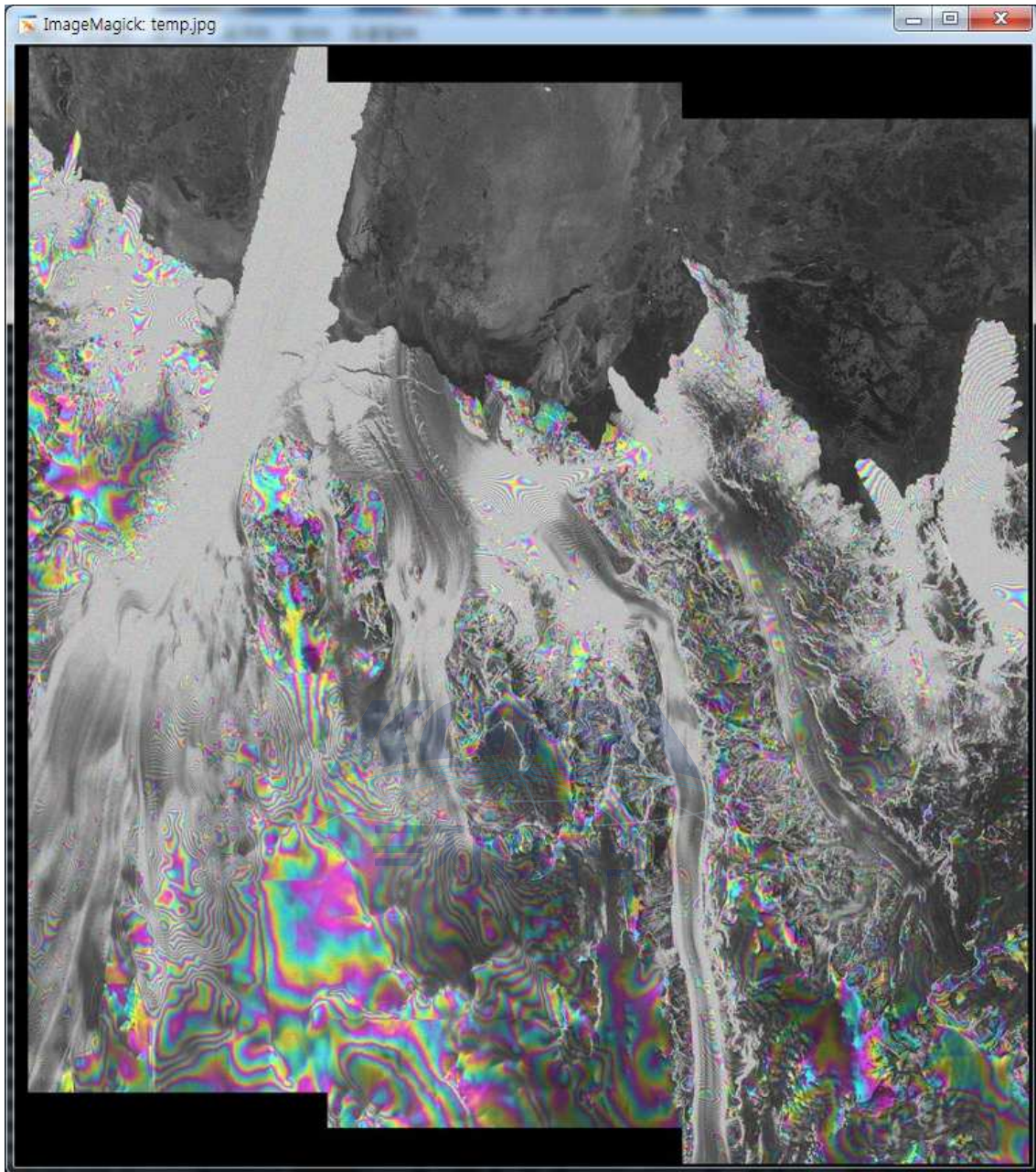


그림 55. 남극 난센빙봉 주변 영상레이더 자료처리 결과

위 그림들은 개발된 분산처리시스템을 이용하여 얻어진 결과물을 나열한 것이다. 현재 다양한 센서들을 지원하고 있으며 시스템개발과는 별개로 개발된 것들이며 향후 지속적인 관심과 연구개발투자가 이루어진다면 보다 많은 다양한 센서를 지원할 수 있을 것이라 판단된다.

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

제 1 절 연구개발목표 달성도

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위	연구 비중 (%)	달성도 (%)
1차년도 (2015)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 영상레이더 분석용 분산처리시스템 개발 ○ 분산처리시스템 기반 영상레이더 자료 전처리 시스템 및 위상간섭기법 처리 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 영상레이더 분석용 분산처리시스템 동향 파악 - 분산처리시스템 개발 전략 수립 	5	100
		<ul style="list-style-type: none"> - 개발용 언어 평가 및 선정 - 오픈소스 분산처리시스템 분석 	5	100
		<ul style="list-style-type: none"> - 주요 위성영상레이더 영상 수집 및 분석 	10	100
		<ul style="list-style-type: none"> - 수집된 자료의 데이터베이스화 코드 작성 	10	100
		<ul style="list-style-type: none"> - 영상레이더 자료 전처리 시스템 구축 	30	100
		<ul style="list-style-type: none"> - 위상간섭기법 처리 시스템 구축 	30	100
		<ul style="list-style-type: none"> - 개발 시스템 테스트 및 보완 	10	100

제 2 절 대외기여도

극지연구소 및 국내 최초로 영상레이더 자료처리를 위한 분산처리시스템을 소규모로나마 개발 구축함으로써 향후 영상레이더 자료처리 효율화 및 활성화에 많은 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다.

또한 향후 아리랑 5호, 6호 등 다양한 국내 위성영상레이더 자료처리에 있어 큰 도움이 될 것으로 판단하며 이들 자료를 이용한 다양한 극지 활용 및 지구과학 연구 발전에 기여할 것으로 판단한다.

미국 마이애미 대학과 공동연구개발을 수행함으로써 향후 지속적인 공동연구에 대한 발판을 마련하였으며 또한 극지 위성원격탐사 연구 개발국가로서 세계적인 연구기관과의 발전된 형태의 연구개발사업에 참여할 수 있을 것으로 기대한다.

제 5 장 기대성과 및 활용방안

본 연구과제를 통해 얻어진 기술 개발을 통해 범용적인 자료 분석 처리 시스템이 구축되었으며 자료처리 시간이 획기적으로 단축되었다. 최근 인공위성 영상레이더 자료의 활용도가 과거 10년전에 비해 매우 커졌으며 향후 발사계획 중인 나라도 다수에 속한다. 또한 관련기술의 발전으로 인해 자료의 수적으로나 양적으로나 크게 증가하였다. 따라서 본 연구개발과제를 통해 영상처리 계산 시간이 많이 소요되며 처리과정이 복잡한 영상레이더 자료처리 효율화 증대가 가능할 것으로 판단된다. 또한 자동화/반자동화 처리시스템을 통해 수동 처리에서 발생할 수 있는 오류를 최소화할 수 있을 것으로 기한다. 기지 주변 인프라 관리를 위한 신속한 기본 자료 처리 능력도 함께 확충될 것으로 기대된다. 하지만 근본적으로 방대한 양질 즉, 고해상 혹은 광대역 혹은 사용자 목적에 최적화된 위성영상의 수급이 필요하며 기관간 협력 및 수급을 위한 재원이 필요할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구과제를 통해 개발된 분산처리기술 개발은 효율적인 전산처리를 수행할 수 있는 기본핵심과제로서 향후 대형과제 수행시 활용성이 매우 크다 할 수 있다.

과거와는 달리 인공위성의 개발 성공 여부와는 달리 위성영상의 활용도가 주목받게 됨에 따라 영상활용도를 극대화할 수 있는 개발된 기술의 이전 및 지원 등을 통해 관련 산업체 육성화가 가능할 것으로 판단되며 다부처간/출연연간 융합기술연구 주제 발굴을 통해 효율적인 국토관리에도 효과적으로 활용될 것으로 기대한다.

본 연구개발 과제를 통해 개발된 영상레이더 분산처리시스템은 극지 빙하 이동속도 및 체적감소(mass balance)로 인한 지형 용기 탐지 등 원격탐사 연구에 활용될 것이며 앞서 기술한 바와 같이 신속한 자료처리 결과물을 활용한 인프라 관리 기초 자료로도 활용될 수 있으리라고 본다. 또한 자료의 원활한 수급이 가능한 경우 아라온 쇄빙연구선 운항 경로에 대한 해빙자료를 신속이 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

제 6 장 참고문헌

위성레이더 영상을 활용한 3차원 재난관측 모듈 개발, 국립방재연구원, 2012.

영상레이더 위상간섭기법을 이용한 연안 수치 표고 모형 제작 연구, 홍상훈, 연세대학교 대학원, 2006.

GAMMA Software Documentation, <http://www.gamma-rs.ch>

Amelung, F., D. L. Galloway, J. W. Bell, H. A. Zebker, and R. J. Laczniak, "Sensing the ups and downs of Las Vegas: InSAR reveals structural control of land subsidence and aquifer-system deformation", *Geology*, 27(6), 483-486, 1999

Amelung, F., S. Jonnson, H. A. Zebker, and P. Sgall,, "Widespread uplift and 'trapdoor' faulting on Galapagos observed with radar interferometry", *Nature*, 407, 993-996, 2000

Amelung, F., S.-H. Yun, T. R. Walter, P. Segall, and S.-W. Kim, "Stress control of deep rift intrusion at Mauna Loa Volcano, Hawaii", *Science*, 316(5827), 1026-1030, 2007

Hanssen, R.F., *Radar Interferometry: Data interpretation and error analysis*, Kluwer Academic Publishers, 2001