

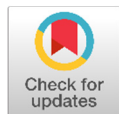
기술동향

SAR(Synthetic Aperture Radar) 영상 분석도구 개발기술 동향

이강진^{1†}, 전성경¹, 성석용¹, 강기묵²

¹(주)솔탑

²K-water연구원



Received: August 11, 2021

Revised: August 18, 2021

Accepted: August 18, 2021

†Corresponding author :

Kangjin Lee

Tel : +82-42-716-0286

E-mail : kjlee@soletop.co.kr

Copyright © 2021 The Korean Space Science Society. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Kangjin Lee

<https://orcid.org/0000-0001-8969-9169>

Seong-Gyeong Jeon

<https://orcid.org/0000-0002-2783-9936>

Seok-Yong Seong

<https://orcid.org/0000-0001-6827-2107>

Ki-mook Kang

<https://orcid.org/0000-0003-4970-4597>

Technology Trend in Synthetic Aperture Radar (SAR) Imagery Analysis Tools

Kangjin Lee^{1†}, Seong-Gyeong Jeon¹, Seok-Yong Seong¹, Ki-mook Kang²

¹SOLETOP, Co., Ltd., Daejeon 34051, Korea

²K-water Research Institute, Water Resources Satellite Research Center, Daejeon 34045, Korea

요약

합성 개구 레이더(SAR, synthetic aperture radar)는 주야간 및 기상 조건에 구애받지 않고 원하는 지점을 관측할 수 있다는 장점으로 인해 최근 그 수요가 점점 늘어나고 있다. SAR 위성으로 관측한 원시 데이터는 위성궤도보정, 방사보정, multi-looking, geocoding과 같은 전처리 과정이 필요하며, 사용자의 목적에 따라 물체 탐지, 변화탐지, DEM(Digital Elevation Model) 등 영상 활용을 하기 위해서는 추가적인 처리 과정이 요구된다. 이러한 전처리와 연산과정은 매우 복잡하며 많은 시간과 컴퓨팅 자원을 필요로 한다. 주로 SAR 영상을 활용하는 기관에서는 영상을 편리하고 쉽게 처리하기 위해 각 기관의 활용 목적에 맞는 분석 도구를 개발하여 사용 및 외부 수요자들에게 제공하고 있다. 본 논문에서는 국내외에서 이용하고 있는 대표적인 SAR 분석도구들의 기능 및 특성에 대해 소개하고자 한다.

Abstract

Recently, the synthetic aperture radar (SAR) has been increasingly in demand due to its advantage of being able to observe desired points regardless of time and weather. To utilize SAR data, first of all, many pre-processing such as satellite orbit correction, radiometric calibration, multi-looking, and geocoding are required. For analysis of SAR imagery such as object detection, change detection, and DEM(Digital Elevation Model), additional processings are needed. These pre-processing and additional processes are very complex and require a lot of time and computational resources. In order to handle the SAR images easily, the institutions that use SAR images develop analysis tools and provide users. This paper introduces the function and characteristics of representative SAR imagery analysis tools.

핵심어 : SAR(synthetic aperture radar) 영상 분석, SAR 영상 활용, SAR 영상 분석도구

Keywords : SAR (synthetic aperture radar) imagery analysis, SAR imagery utilization, SAR imagery analysis tools

1. 서론

합성 개구 레이더(synthetic aperture radar, SAR)는 능동(active) 센서로 위성 또는 비행체에서 지상과 해양으로 마이크로파를 순차적으로 쏘아 굴곡면에서 반사되어 돌아오는 미세한 시간차를 처리하여 지형도를 만들거나 지표물을 관측하는 레이더 시스템이다. 마이크로파 주파수대를 사용하기 때문에 수동(passive) 방식인 광학(optical) 센서의 가시/적외선 파장대와는 달리 주야간 및 기상 조건에 영향을 받지 않아 전천후 관측이 가능하다.

SAR의 개발은 군용 정찰장비로 개발되기 시작했으며, 점차 민간 분야로 영역을 넓혀가는 중이다. SAR는 관측하는 위치에 따라 센서를 비행 물체에 탑재하여 대기 중에서 지표면을 관측하는 방식, 위성에 탑재하여 우주에서 지구를 관측하는 방식, 지상에 센서를 설치하여 관측하는 방식으로 구분된다. Table 1은 2010년 이후 발사된 SAR 위성의 동향을 보여준다. 특별

Table 1. List of SAR satellites launched since 2010

Satellite	Country	Launch	Lifetime	Wave-length	Purpose
RISAT-1	India	2012	≥ 5 years	C	Land observation
KOMPSAT-5	South Korea	2013	≥ 7 years	X	Land observation
ALOS-2	Japan	2014	≥ 7 years	L	Land observation
Sentinel-1	Europe	2014	≥ 7 years	C	All-weather ocean and land high resolution multi-purpose observation
SAOCOM	Argentina	2018	≥ 5 years	L	Hydrology and land observation
RCM	Canada	2019	≥ 7 years	C	Multi-purpose SAR observation, especially for ice
NISAR	USA / India	2023 planned	≥ 3 years	L / S	High-resolution all-weather imagery of ocean and land, especially suited for soil moisture
BIOMASS	Europe	2023 planned	≥ 5 years	P	To quantify the forest biomass, the extend of forest and deforested areas and the delimitation of flooded forests
TanDEM-L	Germany	2023	≥ 5 years	L	All-weather land observation, including surveillance and emergency management
Capella	USA	2018	≥ 3 years	X	All-weather high-resolution land observation; sea-ice
ICEYE	Finland	2018	≥ 2 years	X	All-weather high-resolution land observation; sea-ice

SAR, synthetic aperture radar.

히 주목할 만한 점은 최근 초소형 SAR 위성의 개발이 증가하고 있다는 것이다. 초소형 SAR 위성은 대부분 군집 형태로 운영이 되는데, 초소형 군집위성은 상대적으로 높은 시공간 해상도를 갖고 있어 물체의 식별이나 모니터링에 유용하다는 장점이 있다. 반면에 촬영범위가 상대적으로 좁기 때문에 이동하는 물체의 경로 추적이나 넓은 범위에서 발생하는 변화는 분석하기 어렵다는 단점도 있다[1]. 현재 개발 중인 대표적인 초소형 SAR 위성으로는 ICEYE와 Capella 위성이 있다. ICEYE는 18개의 군집위성으로 구성되며, 선박탐지를 주 목적으로 한다[1,2]. Capella 위성은 36개의 군집위성으로 구성되며, 1시간 단위의 짧은 재방문시간을 이용하여 변화탐지를 주 목적으로 한다[2,3].

SAR 위성의 경우, 해상도를 향상시키기 위해 저고도의 극궤도 위성이 대부분이며, 그에 따라 위성이 이동하면서 관측하고자 하는 목표 지점을 촬영하는 방식을 따르게 된다. 위성의 자세와 관측 모드 등 여러 상황에 따라 관측되는 영상의 상태가 제각각이기 때문에 일반적으로 사용자에게 익숙한 ground range와 진북 방향으로 고정된 정사영상으로 변환해주는 작업이 필요하다. 또한 지형을 반영하기 위한 보정 작업, 위상 정보의 적용 유무 등에 따라 결과 영상은 달라지게 된다. 하지만 위성궤도보정, 방사보정, multi-looking, geocoding과 같은 전처리 작업은 일반 사용자들에게는 굉장히 어려운 작업이고, 각 단계별 결과를 해석하는 방법도 전문적인 지식을 토대로 오랜 경험과 노하우가 바탕이 되어야 한다. 이에 따라 전세계의 SAR 영상을 활용하는 기관에서는 SAR 영상을 손쉽게 처리하고 분석할 수 있는 분석 도구를 개발하여 이용하고 있다.

본 논문에서는 국내외 대표적인 SAR 영상 분석도구들의 개발 현황 및 활용 범위 등에 대해 살펴보고자 한다. SAR 영상에 대한 수요가 증가하고 있지만, 현재까지 국내에서 개발하여 사용 가능한 SAR 위성은 다목적실용위성 5호(아리랑 5호)가 유일하다. 향후 국내에서도 차세대 중형위성 5호(수자원위성)와 같은 중형급(500 kg급) 위성뿐만 아니라, 초소형 위성에도 SAR 센서를 탑재할 것으로 예상된다. 앞으로 국내에도 SAR 영상의 공급이 더욱 활발하게 이루어짐에 따라 빠른 시간 안에 보다 효율적인 영상 활용을 위해 자체 기술을 통한 영상분석도구의 개발도 병행되어야 할 것이다. 본 논문을 통해 향후 국내 SAR 위성 영상 분석도구를 개발하는 데 있어 여러 대표적인 SAR 영상분석도구의 주요 기능 및 특징을 파악하는 데 도움이 되길 기대한다.

2. SAR 분석 도구의 필요성

일반적으로 SAR 영상은 위성으로부터 관측한 원시 데이터(raw data)를 지상국에서 수신하고 전처리 과정을 거쳐 SLC(Single Look Complex) 혹은 GRD(Ground Range Detected) 데이터와 같은 Level 1 영상으로 일반 사용자에게 제공된다. 사용자는 제공된 Level 1 데이터를 이용하여 각자의 활용 목적에 맞게 추가적인 처리 과정을 수행한다. SAR 영상을 분석하고 응용하는 것에 있어서 가장 많이 쓰는 것은 SAR 영상에서 후방산란계수를 도출하여 그 값을 이용하는 것이다. 후방산란계수 값은 물체의 반사도에 따라 다른 값을 갖기 때문에 금속 탐지, 선박 탐지 및 분류 등 물체를 탐지하는 분야에서 많이 쓰인다. 뿐만 아니라 홍수 피해 탐지, 해양 기름 유출 측정 등 재난/재해 모니터링에도 쓰이고 있다.

후방산란계수를 도출하는 과정은 각 위성마다 SAR 영상을 측정하는 방법 및 관측모드 등에 따라 조금씩 다르지만 기본적으로 위성궤도보정, 방사보정, multi-looking, geocoding의

과정을 거친다. 위성 궤도 보정(satellite orbit correction)은 SAR 영상을 찍은 위성의 궤도 정보를 정확한 값으로 보정하여 위성의 위치에 따른 상대적인 SAR 데이터의 오차를 줄이는 작업이다. 방사보정(radiometric calibration)은 SAR 영상의 픽셀값이 후방산란계수값을 나타낼 수 있도록 보정해주는 작업이다. 기본적으로 Level 1 SAR 영상은 방사 보정이 되어 있지 않아 방사적 편향이 심한데, 방사 보정은 이러한 편향을 보정하고 정확한 후방산란계수값을 구하기 위해 필수적인 과정이다. 또한 다른 프로세스로 처리된 SAR 영상과 비교하려면 보정 후 영상을 비교해야 정확한 비교를 할 수 있다. 단일로 관측한 SAR 영상은 Speckle Noise가 심하여 그로부터 산출한 후방산란계수는 오차가 크다. 이를 보정하기 위하여 SAR 영상을 다중으로 사용하여 평균을 취해 잡음을 제거하는 방식으로 보정을 하는데, 이를 multi-looking이라 한다. Multi-looking의 경우, 해상도는 떨어지는 효과가 있지만 필터링(speckle filtering)과 달리 후방산란계수의 값이 유지되는 경우가 많다. 반대로 필터링의 경우, 해상도는 유지하지만 후방산란계수의 값의 정확도가 달라진다. SAR 영상 분석에서는 해상도보다 후방산란계수의 정확성을 더 요구하기 때문에 대부분 multi-looking의 방식을 선호한다. 지오코딩(geocoding)은 변환된 후방산란계수값을 보정하기 위하여 지상의 관측정보를 활용하여 후방산란계수값을 업데이트 하는 식으로 그 값을 보정하는 작업이다. 이와 같이 SAR 영상을 활용하기 위해서 여러 전처리 과정을 거친 후에 사용자가 확인할 수 있는 후방산란계수 값이 도출된다. 앞선 내용과 같이 SAR 영상의 활용을 위해서 행해야 하는 전처리가 상당히 많고, 각 과정에서도 SAR 영상의 상태에 따라 세부적으로 나뉘어서 처리해야 하는 복잡함과 어려움이 있다. 뿐만 아니라 전처리 과정은 긴 시간과 많은 자원을 필요로 한다. 이러한 전문성을 요구하는 과정들은 진입장벽이 높기 때문에 SAR 영상을 활용하기 원하는 사용자 측면에서 SAR 영상 분석 및 활용에 큰 부담을 가지게 된다. 많은 기관에서 이런 단점들을 보완하고, SAR 영상처리 과정을 단순화하기 위해 분석도구를 개발 및 배포하고 있으며, 사용자 친화적인 UI 형태로 개발함으로써 편리하게 작업할 수 있도록 하여 SAR 영상의 활용을 촉진하고 있다.

3. 국내외 SAR 영상 분석 도구 및 활용 현황

SAR 영상 분석도구는 다양한 방식으로 제공되는데, 일반적으로 목적에 맞는 분석도구를 개발하여 설치 프로그램을 제공한다. 사용자는 각자 PC에 분석도구를 설치한 후 SAR 영상을 수집하여 분석하게 되는데, 이는 PC 성능에 따라 처리 속도가 차이가 난다는 단점이 있다. 또 다른 방법으로 클라우드 서비스를 이용한 플랫폼 제공이 있다. 클라우드 서비스 플랫폼은 기본적으로 사용자 개인의 PC 환경에 구애받지 않고 데이터 수집 절차도 필요하지 않다는 장점이 있으나, 여전히 대용량의 SAR 영상을 이용한 많은 전처리 과정을 거쳐야 하는 어려움이 존재한다. 현재까지 클라우드 플랫폼은 아직 많이 사용되고 있진 않지만, 각 분야에서 클라우드 서비스가 활성화됨에 따라 SAR 분석도구 또한 클라우드 플랫폼으로 많이 개발되고 있다. 클라우드 서비스를 이용한 대표적인 분석도구로 HyP3(Hybrid Pluggable Processing Pipeline)와 Capella가 있다.

본 장에서는 국내외 SAR 영상 처리 및 분석을 위해 개발된 분석 도구 중 주로 이용되고 있는 6개의 분석 도구에 대해 소개하고자 한다. Table 2는 각 도구에 대한 일반적인 특성을 요약하여 정리하였으며, 각각의 도구에 대한 상세한 설명은 별도로 기술한다.

Table 2. The characteristics of 6 SAR imagery analysis tools

Name	Company	Country	Utilization	Access
HyP3	ASF/DAAC	USA	· Radiometric terrain correction · Interferometric SAR · Change detection	A limited amount of processing for a user per month
GAMMA	GAMMA	Switzerland	· DEM · Displacement maps · Land use maps	Commercial
SNAP S1TBX	ESA	Europe	· Calibration · Speckle filtering · Co-registration · Orthorectification · Mosaicking · Data conversion · Polarimetry · Interferometry	Free
ENVI SARscape	L3Harris	USA	· Flood mapping · Dem extraction · Change detection · Displacement map · Ship detection · Persistent scatters · Image geocoding	Commercial
ISCE	JPL, Stanford Univ.	USA	· Earthquakes · Volcanism · Mountain building · Micro-plate tectonics	Members only
PG- STEAMER	Pixoneer	South Korea	· Land cover map · Disaster analysis · Terrain information	Application dependent; Free for non-profit

SAR, synthetic aperture radar; ASF, Alaska Satellite Facility; DAAC, Distributed Active Archive Center; HyP3, Hybrid Pluggable Processing Pipeline; DEM, Digital Elevation Model; SNAP, SeNtinel's Application Platform; S1TBX, Sentinel-1 ToolBoX; ENVI, Environment for Visualizing Images; ISCE, InSAR Scientific Computing Environment; JPL, Jet Propulsion Laboratory; PG-STEAMER, Pixoneer Geomatics Software Tools for Exploitation And Management of Earth Resources.

3.1 ENVI (Environment for Visualizing Images)

ENVI(Environment for Visualizing Images)는 L3Harris에서 자료 처리 및 분석 플랫폼으로 위성 영상을 처리하고 분석하는 목적으로 개발하였다. ENVI는 각종 기본 기능 및 add-on

모듈을 통해 기타 영상 및 레이다, 라이다 등의 데이터 처리도 지원하며, 사용자가 최선의 결정을 내리는 데 필요한 정확한 정보를 제공한다. 이미지 분석가, GIS 전문가 및 과학자가 지리 공간 이미지에서 신뢰할 수 있는 정확한 정보를 추출하는 데 사용된다. 멀티 스펙트럼, 하이퍼 스펙트럼, 열, LiDAR 및 SAR를 포함한 모든 유형의 데이터를 지원하며, 별도의 프로그래밍이 필요 없이 직관적인 도구와 워크 플로우를 통해 사용자들이 딥러닝에 액세스할 수 있다는 장점이 있다.

ENVI의 SARscape는 SAR 영상 분석을 위한 SARscape analytics toolbox 모듈을 지원한다. SARscape analytics toolbox는 홍수탐지, 선박탐지, 변화탐지 등 SAR 영상을 활용한 12가지 응용 및 분석법을 하나의 GUI로 처리할 수 있도록 만들어진 모듈이다(Fig. 1). 일반적인 SAR 영상 처리는 많은 세부적 조정과 처리 순서가 중요하지만, 이 모듈을 통하여 사용자는 복잡한 처리과정을 직접 구성하지 않고, 손쉽게 목적에 맞는 처리과정을 진행할 수 있다. 또한 몇 가지 옵션을 변경하여 추가적인 목표에 따른 처리를 수행할 수 있다[4]. ENVI는 Windows 또는 Linux 운영 체제 기반이며, 최소사양으로 8 GB 이상의 RAM과 4코어 이상의 CPU를 권장한다.

3.2 GAMMA

GAMMA가 개발하고 관리하는 상용 소프트웨어로 SAR 데이터에서 DEM(Digital Elevation Model), 변위 맵 및 토지 이용 맵과 같은 최종 산출물을 산출할 수 있는 전체 처리 프로세스를 지원한다. 특별히 Fig. 2와 같이 SAR 영상의 interferometric 프로세싱 목적으로 개발되어 여러 모듈이 포함되어 있으며, 각 모듈은 구조화된 코드로 구성되어 있다. 프로그램은 커맨드 라인 상에서 개별적으로 실행될 수 있으며 스크립트를 통해 자동화하여 효율적으로 처리할 수도 있다. GAMMA에서 적용 가능한 위성 데이터로는 AR ERS-1/2, JERS-1, SIR-C/X-SAR, RADARSAT-1/2, ENVISAT ASAR, ALOS PALSAR, TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed 등이 있으며, 위성영상을 활용하기 위한 주요 기능은 Table 3과 같다[5,6]. GAMMA는 UNIX 운영 체제 기반이며, PC/LINUX 및 PC/NT와 함께 워크스테이션에서 실행 가능하다.

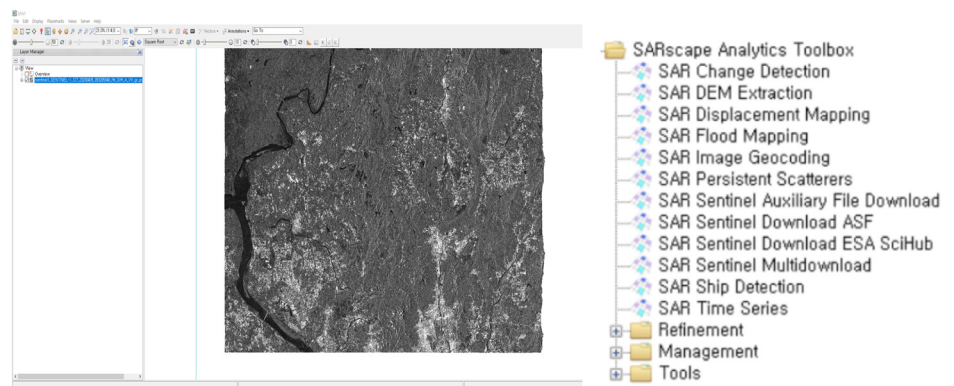


Fig. 1. Analysis of SAR imagery observed by Sentinel-1. The ENVI SARscape allows users to easily display, monitor and automatically extract information from SAR data. SAR, synthetic aperture radar; ENVI, environment for visualizing images.

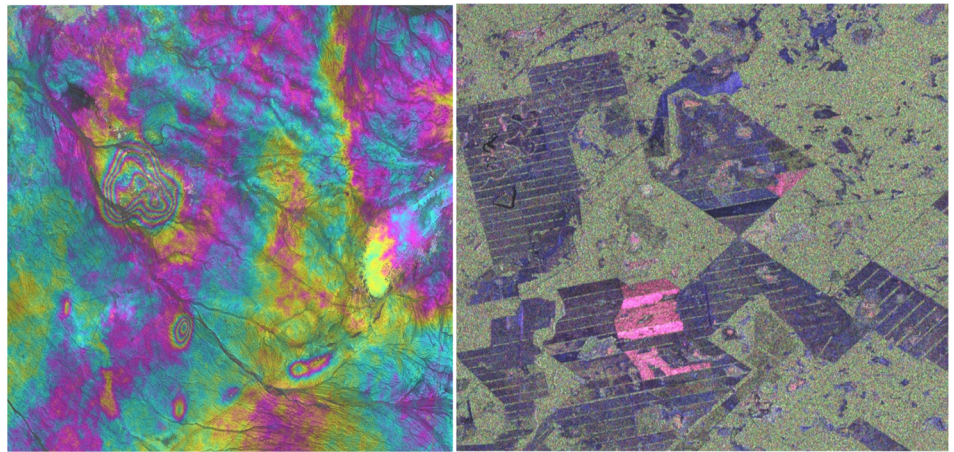


Fig. 2. Results of SAR processing using GAMMA. Sentinel-1 interferogram over oil fields in Yibal, Oman (left) and SAOCOM-1A Pauli decomposition of TOPS(Terrain Observation with Progressive Scans) acquisition over Formosa province, Argentina (right). SAR, synthetic aperture radar.

Table 3. The key features of GAMMA

Function	Description
Modular SAR Processor (MSP)	· Range compression with optional azimuth prefiltering · Autofocus · Azimuth compression · Multi-look post processing
Interferometric SAR Processor (ISP)	· Precision registration of interferometric image pairs · Adaptive filtering of interferograms · Phase unwrapping · Generation of topographic height
Differential Interferometry and Geocoding Software (DIFF & GEO)	· Differential interferometric processing · Required for 2-pass differential interferometry
Interferometric Point Target Analysis (IPTA)	· Surface deformation histories, terrain heights, and relative atmospheric path delays · Optimal match to the observed interferometric phases
Land Application Tools (LAT)	· Filtering · Classification · Visualization · Mosaicking
Geocoding and Image Registration Software (GEO)	· Generate multi-look intensity image (MLI) in slant range geometry · Co-register multiple images in slant range geometry · Display and raster file generation tools
Display Tools (DISP)	· Single look complex and detected multi-look intensity SAR images · Interferograms, unwrapped phase, and interferometric correlation · Display and editing of phase unwrapping flag files

SAR, synthetic aperture radar.

3.3 HyP3 (Hybrid Pluggable Processing Pipeline)

HyP3(Hybrid Pluggable Processing Pipeline)는 ASF(Alaska Satellite Facility) DAAC (Distributed Active Archive Center)에서 만든 오픈소스 툴로 사용자 맞춤형 SAR 프로세싱을 제공한다. HyP3는 최대 월 단위 처리 서비스를 제공하며, 현재 베타 상태로 접근이 제한되어 있다. HyP3는 ASF의 데이터 검색 도구인 Vertex에 통합되어 있어 사용자가 지구상의 관심 영역을 쉽게 선택할 수 있으며, 사용 가능한 SAR 영상을 찾아 방사선 측정 지형 보정(RTC), 간접계 SAR(InSAR), 변화 탐지 처리를 수행한다(Fig. 3). 빠른 결과 생성을 위해 각각의 처리는 AWS 클라우드 컴퓨팅을 활용하여 병렬로 수행되며, 처리과정에서 사용자가 최종 산출물을 정의할 수 있는 옵션을 제공한다. 또한 Vertex UI 외에도 프로그램 액세스와 HyP3를 사용자 워크플로우에 구축할 수 있는 RESTful API 및 Python 소프트웨어 개발자 키트(SDK)를 제공한다. HyP3는 SAR 처리에 대한 많은 지식을 가지고 있지 않아도 사용자가 이 용함에 있어서 입력 데이터와 옵션만 설정하면 쉽게 처리된다는 장점이 있다. 일본 PALSAR RTC의 co-registered 세트와 같은 UTM 좌표계로 투영된 co-registered 이미지셋은 모두 분석 가능하며, ASF DAAC에 의해 보관 및 배포된다[7,8].

3.4 ISCE (InSAR Scientific Computing Environment)

ISCE(InSAR Scientific Computing Environment)는 객체 지향 언어를 기반으로 NASA의 JPL(Jet Propulsion Laboratory)과 스탠포드 대학교가 협업하여 개발하였다. 사용자의 편의성, 효율성, 유연성, 확장성을 고려하여 SAR Processing 환경을 구축하였으며, 입력 데이터 형식은 GDAL(The Geospatial Data Abstraction Library) format뿐 아니라 TIFF, GeoTIFF, ENVI,

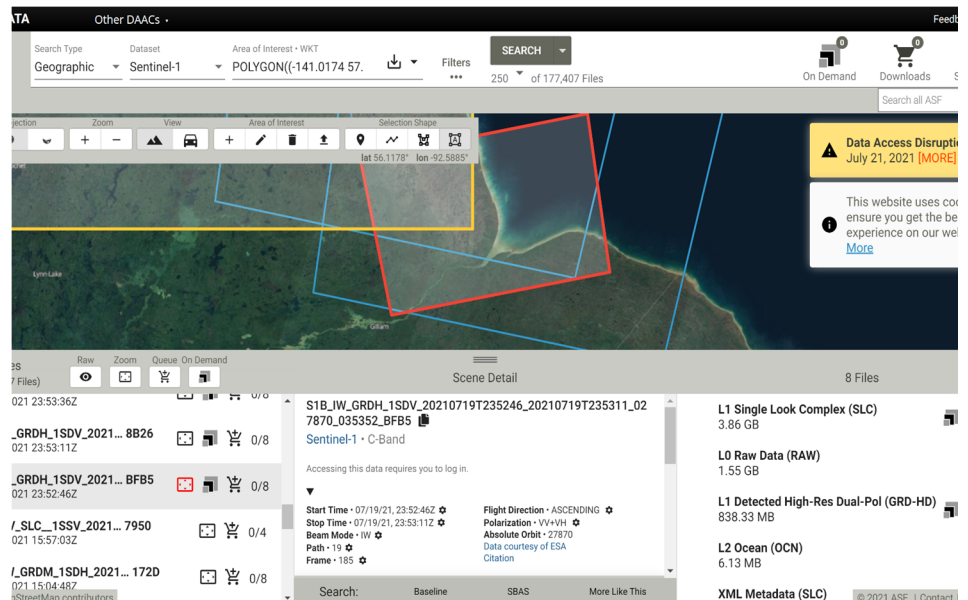


Fig. 3. On demand processing in Vertex which is ASF's data search portal. Vertex is the easiest way to use HyP3 and provides a friendly interface. ASF, Alaska Satellite Facility; HyP3, Hybrid Pluggable Processing Pipeline.

NetCDF, HDF5 등을 지원한다. 프레임 워크는 파이썬 기반이며, 소스코드는 처리 엔진을 통해 입출력 동작을 분리하여 구성된다. 이를 통해 입력 데이터에 대한 유연성과 확장성이 향상되며, 새로운 데이터 형식 및 센서를 사용할 때 소스의 수정이 필요한 상황에서 프로그램에 미치는 영향이 적다는 장점이 있다. ISCE에서는 ALOS, ERS, ENVISAT, Cosmo-SkyMed, RadarSAT-1, RadarSAT-2 및 TerraSAR-X 등의 위성 데이터를 처리할 수 있으며, Fig. 4와 같이 주로 InSAR 분석을 수행한다. ISCE는 최근 Sentinel-1A SAR 데이터(stripmap 및 TOPS(Terrain Observation with Progressive Scans) 모드)를 처리하기 위한 구성 요소와 TOPS 모드 데이터를 처리하기 위한 새로운 워크플로우가 개발되어 추가되었다. ISCE는 리눅스, 유닉스, MacOS 등 다양한 운영체제를 기반으로 동작한다[9].

3.5 PG-STEAMER(Pixoneer Geomatics Software Tools for Exploitation And Management of Earth Resources)

PG STEAMER(Pixoneer Geomatics Software Tools for Exploitation And Management of Earth Resources)는 국내 기업인 픽소니어에서 개발한 원격탐사 자료에 대한 처리, 분석, 가공 및 출력을 위한 전문적이고 통합적인 소프트웨어 솔루션으로 별도의 모듈이 없는 하나의 통합 패키지로 구성되어 있다. 다양한 종류의 위성 영상자료, 벡터자료를 읽어 들일 수 있

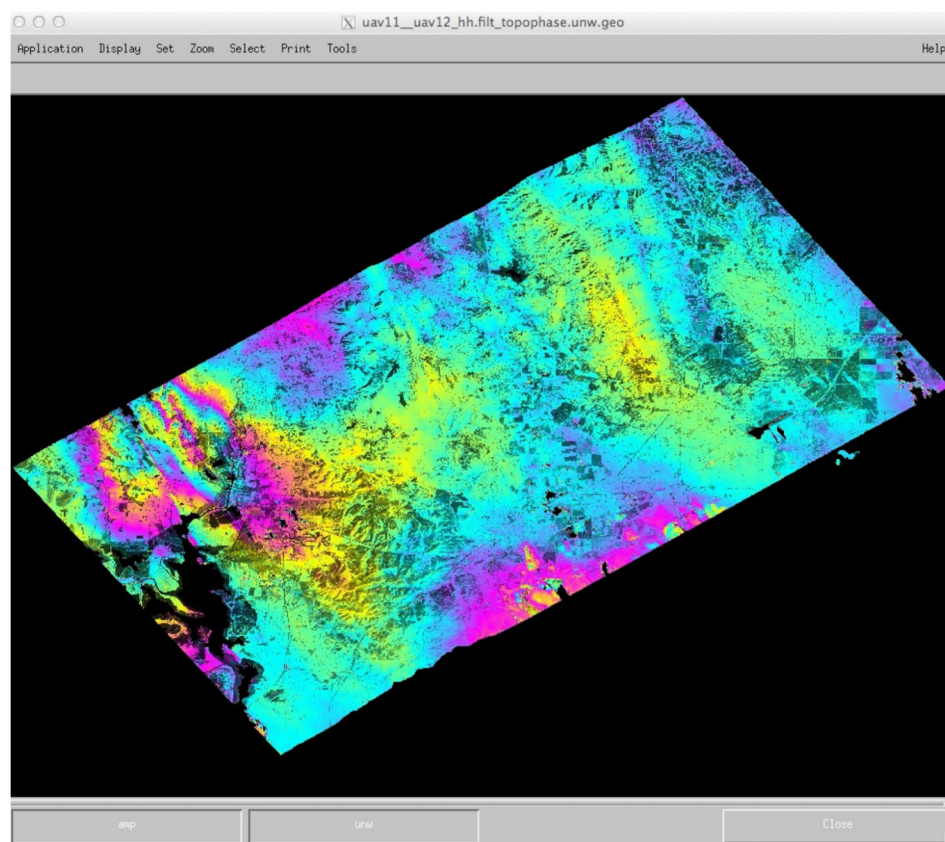


Fig. 4. Visualizing the output products of an UAVSAR interferogram on August 24, 2014. The strong fringe caused by the South Napa earthquake is shown in ISCE. ISCE, InSAR Scientific Computing Environment. UAVSAR, Uninhabited Aerial Vehicle Synthetic Aperture Radar.

으며, 주요 기능으로 위성영상으로부터 정보를 추출하기 위한 기하보정, 정사보정, 모자이크, 분류 등의 각종 영상처리 및 분석기능, DEM 생성, 3차원 영상분석, 위성영상 지도 제작, GIS 기능 등을 제공한다. 테라바이트(TB) 이상의 대용량 위성영상 데이터를 실시간으로 육안 분석할 수 있고, 또한 PG-STEAMER 4.0 버전부터 실시간 프로세싱(RTP, real time processing)이 가능하다. Fig. 5에서 볼 수 있듯이 아이콘 기반의 사용자 인터페이스로 사용자가 메뉴를 선택하는 데 있어 매우 직관적이며, 또한 RTP 기법을 적용하여 초보자도 쉽게 사용을 할 수 있도록 구현되었다. PG-STEAMER의 주요 상세 기능은 Table 4와 같다[10].

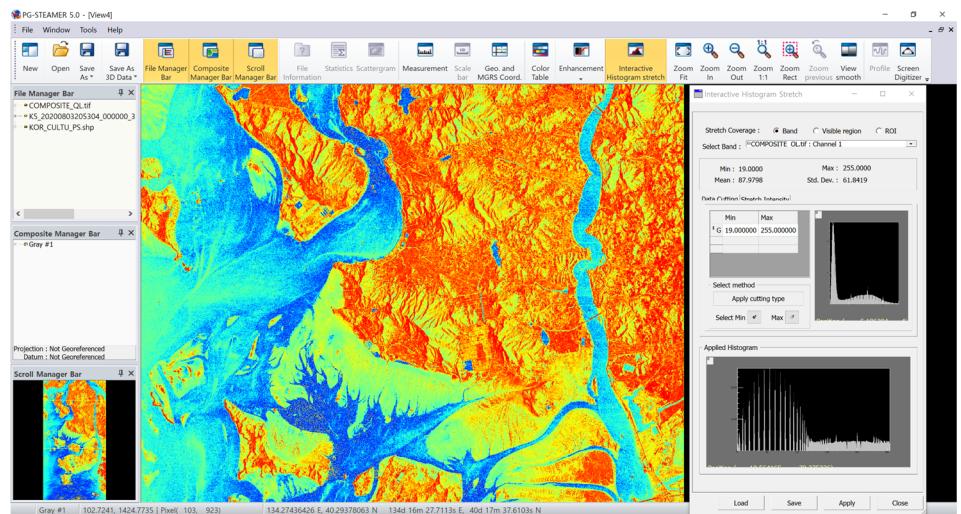


Fig. 5. Image processing of a sample SAR imagery observed by KOMPSAT-5. PG-STEAMER has robust image processing tools that are easy to use interface and functionality. SAR, synthetic aperture radar. PG-STEAMER, Pixoneer Geomatics Software Tools for Exploitation And Management of Earth Resources.

Table 4. The key features of PG-STEAMER

Function	Description
Catalog	· View metadata from raster (xdm, jpeg, bmp, tiff, MrSID, JPEG2000) and Vector (xvc, dxf, shp, dgn, xyz) · Preview data file (raster, vector) · Export to HTML file from metadata
Image Composer/Analyzer	· Open multiple datasets in multiple coordinate system · Auto-warping and mosaic with raster and vector bands · Statistics (histogram, scattergram) · Vector file overlay
Vector Composer	· Support DXF, DGN, SHP, and XVC file · Coordinate conversion from vector file · Interactive histogram stretch

Table 4. Continued

Function	Description
3D Composer	· Interactive 3D view · Path analysis · Line of sight analysis
Map Composer	· Auto gridding for map image · Vector overlay on map image · Tile printing for big workspace
Tools & Utilities	· Mosaic images · Convert map projection · Coordinate conversion · Image local warping
Image Processing	· Geometric correction · Auto GCP(ground control point) matching · Orthorectification GCPs & RPC · Spatial filtering
DEM Tools	· Stereo DEM generation/upgrade · DEM generation from vector generation · DEM from XYZ · DEM interpolation

3.6 SNAP S1TBX (SeNtinel's Application Platform Sentinel-1 ToolBoX)

SNAP(SeNtinel's Application Platform)은 ESA가 개발한 공개 소프트웨어로서 SAR와 광학위성을 포함한 Sentinel 위성 시리즈에서 얻은 자료를 처리하는 여러 개의 Toolbox로 이루어져 있다. S1TBX(Sentinel-1 ToolBoX)는 주로 Sentinel-1A/B 영상과 간섭기법을 처리하기 위한 프로그램으로 대중적으로 쓰이고 있는 SAR 분석 도구 중 하나이다. SAR 영상처리에 필요한 calibration, speckle filtering, coregistration, orthorectification, mosaicking, data conversion, polarimetry, interferometry 등 대부분의 처리과정을 진행할 수 있으며, 자체적으로 그래프, 통계, 도수분포와 같은 분석과 지도/비지도 분류도 제공하고 있다. Fig. 6은 Sentinel-1 위성영상을 이용한 전처리 프로세싱의 모습을 보여준다. 한편, SNAP은 단순한 SAR 영상처리 외에도 Graph Builder와 같은 흐름도 방식의 자료처리 기법을 제공한다. Graph Builder는 사용자의 목적에 맞추어 기본 처리과정을 구성하고, 사용자의 요구에 따라 별도의 처리 또한 손쉽게 추가하여 분석할 수 있다. 또한 DEM 자동다운로드 및 모자이크 등을 포함한 편리한 기능을 탑재했다. 그 밖에도 SNAP을 통해 처리한 SAR 영상을 타 분석 도구나 위성자료의 파일형식으로 변경하여 내보낼 수 있다. 이처럼 SNAP은 타 위성 자료를 처리할 뿐 아니라, 타 분석도구의 전처리 과정 역할도 수행할 수 있다. SNAP은 Windows, Unix, MacOS 등 다양한 운영체제를 기반으로 동작하며, 최소 사양으로 8 GB 이상의 RAM과 4코어 이상의 CPU를 권장한다[11].

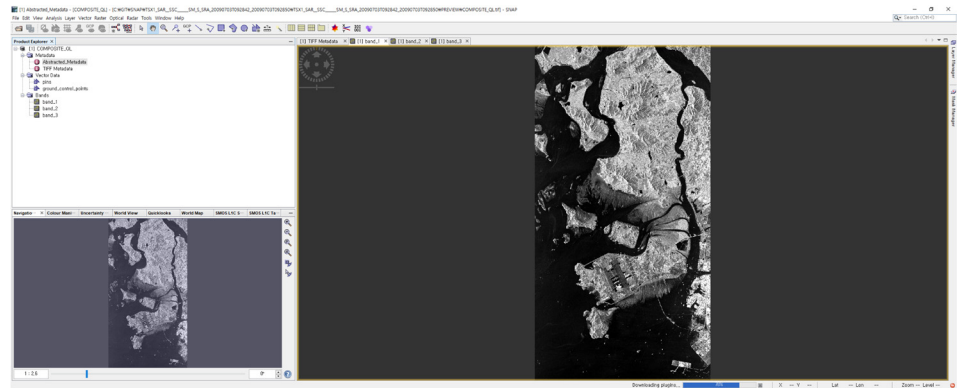


Fig. 6. Analysis of Sentinel-1 SAR imagery using SNAP. SAR, synthetic aperture radar; SNAP, SeNtinel's Application Platform.

4. 결론 및 제언

지금까지 SAR 영상분석도구는 기본적인 SAR 처리 및 시각화에서부터 간섭계 및 시계열 분석에 이르기까지 각각의 목적에 맞게 다양하게 개발이 되어오고 있다. 하지만 SAR 영상분석도구는 기본적으로 진입장벽이 높기 때문에 많은 사용자들이 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 최대한 극복하기 위해 향후 개발되는 도구들은 목적에 맞게 정의하고 패키징화 하여 제공이 되어야 할 것이다. 또한 사용자가 이해하기 쉽고 다루기 용이하도록 UI를 구성하는 것도 매우 중요하다. 한편, SAR 영상은 기본적으로 용량이 크기 때문에 원활한 분석 및 활용을 위해서는 저장용량, 메모리, GPU 등 하드웨어 성능도 충분히 뒷받침되어야 할 것이다.

2022년부터 본격적으로 개발될 예정인 차세대중형위성 5호는 세계 최초 중형급 C-밴드 SAR 위성으로 수자원/수재해 활용산출물 생성을 통해 수자원분야 위성활용 미래기술을 선도할 것으로 기대된다. 차세대중형위성 5호의 주된 목적은 1) 홍수, 토양수분, 가뭄 등 수량 중심의 수자원변동 모니터링, 2) 수자원시설물 안정성 분석 및 시계열 감시, 3) 레이더를 활용한 환경/생태 분야 모니터링이다. 본 논문에서 소개한 주요 SAR 영상 분석 도구들의 구조 및 기능을 참고하고 장점들을 모아 수자원/수재해 분야 맞춤형 분석 도구를 개발한다면 국내뿐 아니라 전세계적으로 SAR 위성 영상을 활용하는 데 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 환경부 한국환경산업기술원의 수요대응형 물공급서비스 연구사업(20190026500 03)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Kim Y, Kang K, A study on the utilization of SAR microsatellite constellation for ship detection, Korean J. Remote Sens. 37, 627–636 (2021). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.3.21>

2. Paek S, Balasubramanian S, Kim S, Weck O, Small-satellite synthetic aperture radar for continuous global biospheric monitoring: a review, *remote Sens.* 12, 2546-2577 (2020).
<https://doi.org/10.3390/rs12162546>
3. Capella Space, Visualizing a changing world (2021) [Internet], viewed 2021 Aug 17, available from: <https://www.capellaspace.com/>
4. l3harrisTM, ENVI® SARscape® products (2021) [Internet], viewed 2021 Jul 20, available from: <https://www.l3harrisgeospatial.com/Software-Technology/ENVI-SARscape>
5. GAMMA Remote Sensing, The GAMMA Software (2021) [Internet], viewed 2021 Jul 20, available from: <https://www.gamma-rs.ch/software>
6. GAMMA Remote Sensing, GAMMA Software (2021) [Internet], viewed 2021 Jul 20, available from: https://gamma-rs.ch/uploads/media/GAMMA_Software_information.pdf
7. Alaska Satellite Facility [ASF], ASF Hyp3 (2021) [Internet], viewed 2021 Jul 20, available from: <https://hyp3-docs.asf.alaska.edu/>
8. Hogenson K, Arko SA, Buechler B, Hogenson R, Herrmann J, et al., Hybrid pluggable processing pipeline (HyP3): a cloud-based infrastructure for generic processing of SAR data, *Proceedings of the 2016 AGU Fall Meeting, San Francisco, CA, 12-16 Dec 2016.*
9. Rosen PA, Gurrola E, Sacco GF, Zebker H, The InSAR scientific computing environment, *Proceedings of the EUSAR 2012: 9th European Conference on Synthetic Aperture Radar, Nuremberg, 23-26 Apr 2012, 730-733.*
10. Pixoneer, PG-STEAMER (n.d.) [Internet], viewed 2021 Jul 20, available from: <https://www.pixoneer.co.kr/products/pg-steamer/pg-introduce/>
11. European Space Agency [Esa] Tutorials, [Internet], viewed 2021 Jul 20, available from: <http://step.esa.int/main/doc/tutorials/>

Author Information

이강진 kjlee@soletop.co.kr



경희대학교 우주탐사학과에서 우주기상으로 박사학위를 취득하였으며, 2016년부터 2019년까지 한국전자통신연구원 재직하며 후속 정지궤도 기상위성 지상국 개발 사업에 참여하여 우주기상자료처리시스템 개발을 담당하였다. 현재는 (주)솔탑에서 수자원 SAR 위성, 후속

해양탐재체 개발, 차세대 기상기후 관측위성 등에 관련된 연구, 기획 및 관리 업무를 수행하고 있다.

성석용 syseong@soletop.co.kr



공주대학교 대기과학과 이학사를 취득하고, 대기환경모델링 연구실에서 석사과정 진행 중이며 현재 수료상태이다. 2016년부터 (주)솔탑에 입사하여 2019년까지 후속 정지궤도 기상위성(천리안 2A호) 지상국 개발 사업의 기상 알고리즘 모듈화/표준화 및 테스트베드 서버 운영/

관리 업무를 수행했다. 이후 현재까지 천리안 2A호 위성 지상국 시스템 유지보수, 공군기상단 극/저궤도 위성을 이용한 구름연직분포 연구, 수자원 SAR 위성, 후속 해양탐재체 개발 등의 업무를 수행 중이다.

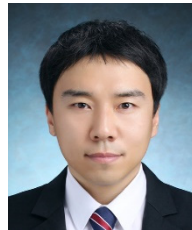
전성경 sgjeon@soletop.co.kr



경희대학교 우주탐사학과에서 우주기상으로 석사학위를 취득하고, 2018년부터 동 대학에서 박사과정을 진행 중이다. 현재는 우주기상분야에 딥러닝을 적용하는 연구를 진행 중이다. 2021년부터 (주)솔탑에 입사하여 AI 기반 위성영상활용 연구 기획 및 수자원 SAR 위성 관련 업무

를 수행 중이다.

강기묵 mook0416@kwater.or.kr



서울대학교 지구환경과학부에서 인공위성지구물리 전공으로 박사학위를 취득하였으며, 2018년부터 2019년까지 서울대학교 기초과학연구소에 재직하며, SAR 위성영상 활용기술 연구를 수행하였다. 2019년부터 K-water연구원 수자원위성(차세대중형위성 5호) 탐재체 핵심기

반기술 및 재난상황시 위성영상 활용기술 등에 관련된 연구를 수행하고 있다.