

재난전조감지를 위한 위성센서 기술요구조건 분석

우한별* · 주영도** · 최명진*** · 장수민****

Analysis about technology requirements for Development of Disaster Detecting Satellite Sensor

Han-Byol Woo* · Young-Do Joo** · Myung-Jin Choi*** · Su-Min Jang****

요 약

인간의 화석연료 사용, 도시화, 경작 등으로 인해 온실가스의 농도는 계속 증가하여 기후변화가 나타나고 있는 추세이다. 이로 인해 20세기는 재난의 발생이 돌발적이고 대형화되고 있으며, 피해 규모 역시 점차 증가하는 실정이다. 따라서 과거와 다른 양상의 신종 재난에 대해 국토를 보존하고 국민의 생명과 재산을 보호하기 위해서는 재난탐지위성(탑재체) 개발이 시급히 요구된다. 본 논문에서는 불규칙한 미래재난에 대해 광역적이고, 한국지형에 최적화된 재난 관측과 재난발생 시 신속한 선제 대응을 위한 기술개발 연구를 수행하고자 한다. 이를 위해 재난 탐지 특화 탑재체 설계를 위해 10개의 재난 유형별 위성영상 활용 사례를 바탕으로 테크트리를 작성하고 국외의 유사 활용위성센서인 Landsat-8, Worldview-3, ALOS-2를 참고하여 재난탐지에 최적화된 위성 센서 기술요구조건을 분석하였다.

ABSTRACT

Since concentration of greenhouse gas increases continuously from human's fossil fuel use, urbanization, and cultivation, it is trend that climate change is appearing. In Addition, in 20th century, occurrence of disaster is accidental and huge, and damage level also increases gradually. Therefore, in order to preserve the territory and to protect people's life and property against new type disasters, disaster detection satellite (payloads) development is required urgently. In this paper, we conduct a research and development for the prompt preemptive action when occurred a disaster, in particularly, about the disaster observation optimized at Korea's geographical features for the irregular future disasters. For the payload design which is specialized detect disasters, we create a tech tree of satellite imagery applications based 10 disaster types, and analyze the satellite sensor technologies referred to Landsat-8, Worldview-3 and ALOS-2.

키워드

Sensing of Disaster Sign, Disaster Detection Satellite, a Containment Action, Tech Tree
재난 전조 감지, 재난 탐지 위성, 선제 대응, 테크 트리

* (주)인스페이스(hbwoo@inspace.re.kr)

** 교신저자 : 강남대학교 컴퓨터미디어공학부

*** (주)인스페이스(prime@inspace.re.kr)

**** (주)인스페이스(smjang@inspace.re.kr)

• 접수일 : 2015. 09. 16

• 수정완료일 : 2015. 11. 13

• 게재확정일 : 2015. 11. 23

• Received : Sep. 16, 2015, Revised : Nov. 13, 2015, Accepted : Nov. 23, 2015

• Corresponding author : Young-Do Joo

Dept. of Computer Engineering/Media Information Engineering, Kangnam University

Email : ydjoo@kangnam.ac.kr

I. 서론

인간의 화석연료 사용, 도시화, 경작 등으로 인해 온실가스의 농도는 계속 증가하고 있는 추세이며 이로 인해 20세기의 기후변화를 초래하게 되었다. 육지와 해양표면 기온은 상승하였고, 지역적인 강수 패턴도 변하게 되었다[1]. 이러한 기후변화 현상으로 인해 재난의 발생은 돌발적이고 대형화되고 있으며, 피해 규모도 점차 증가하는 실정이다. 또한 동시 다발적으로 발생하는 국지성 피해는 점차 광역적인 피해를 유발하며, 이는 한정된 피해조사 인력이 전수조사를 하는 데에 걸리는 시간의 한계성에 따라 더욱 정확한 피해조사가 어려워므로 최종 산출된 피해 추정액에 대한 신뢰성이 높지 않은 실정이다[2]. 따라서 이러한 재난의 전조감지를 위해서는 광역적이고 지속적인 국토 모니터링과 사전 분석이 선행되어야 하며, 피해 발생 시 무엇보다 신속하고 정확한 피해조사가 수행되어야 한다.

최근 IT 기술의 발달과 과학기술의 고도화는 재난 관리 분야에 있어서 효율적이고 선진화된 피해조사 기술개발의 필요성을 더욱 증대시켰다. 특히 원격탐사 기술은 과학기술의 발달과 더불어 고해상도 위성영상의 취득 및 분석을 통한 활용을 가능하게 하였으며, 점차 사회 여러 분야에서 그 활용 범위를 넓혀가고 있다. 그 중에서도 광역적 피해지역에 대해 이를 활용하는 연구가 국외에서 활발하게 이루어지고 있는데, 방재 선진국인 미국, 일본, 유럽에서는 다양한 위성영상 자료를 방재 분야에 활용하고 있고, 지속적인 활용 연구를 진행하고 있다. 우리나라도 이를 위해 고해상도 영상 확보를 위한 기술 개발의 일환으로 다목적 실용위성 2/3/5호가 발사되어 운영 중이며, 적외선 센서를 탑재한 다목적 실용위성 3A가 2015년에 발사되었다. 하지만 대부분의 국내연구는 피해지역 식별 및 면적 산출에 있어 수동적인 방법을 지향하고 있으며, 적시성이 요구되는 재난 모니터링 및 분석을 위한 위성영상의 획득에는 어려움이 있다.

재난의 전조감지 및 피해분석을 위해서는 거시적 관점에서 미시적 관점까지 다양한 관점에서 지구 모니터링 및 피해 추정을 수행해야 하므로, 원격탐사를 활용한 연구가 반드시 수행되어야 한다. 특히, 불규칙한 미래재난에 대비한 방재 대책으로 위성영상자료를

활용한 광역 재난 관측 및 사후 모니터링의 필요성은 더욱 대두되고 있다.

전 지구적으로 발생하는 재난의 대형화 및 돌발성과 함께, 한반도에서의 집중호우, 태풍, 폭설, 가뭄, 지진, 화산, 지반변위 등 과거와 다른 양상의 신종 재난에 대해 국토를 보존하고 국민의 생명과 재산을 보호하기 위해서는 재난탐지위성(탐재체) 개발이 시급히 요구된다. 따라서 본 논문을 통해 불규칙한 미래재난에 대해 광역적이며 한국지형에 최적화된 재난 관측과 재난발생 시 신속한 선제 대응을 위한 기술개발 연구를 수행하고자 한다. 대부분의 재난은 전조현상 후에 발생하기 때문에, 전 지표면에서 발생하는 이상 징후의 모니터링을 통해 재난의 발생 시기 및 피해 범위를 예측할 수 있다면 선제적 재난대응을 통해 상당량의 경제적·인명적 피해를 감소시킬 수 있다.

본 논문에서는 재난 탐지 특화 탐재체 설계를 위해 10개의 재난 유형별 위성영상 활용 사례를 바탕으로 테크트리를 작성하고 국외의 유사 활용위성체인 Landsat-8, Worldview-3, ALOS-2를 참고하여 재난탐지에 최적화된 위성 센서 기술요구조건을 분석하였다 [8-10].

II. 재난 유형별 테크트리 작성

재난탐지 위성센서의 기술요구조건을 제시하기 위한 최적의 센서 특성을 도출하기 위해 국내외 주요 재난 관측위성 프로그램의 기술 특성을 바탕으로 지반변위, 화산, 지진, 산사태, 산불, 홍수, 태풍, 폭설, 기름유출, 가뭄으로 구분된 10가지 재난별 테크트리 작성을 수행하였다. 특히, 이 테크트리는 위성과 위성센서를 분리하여 상세 내용을 작성하였다.

2.1 지반변위

지반변위를 관측하기 위해 동일한 지역에 시기가 다른 2장의 SAR 영상의 위상차를 이용한 InSAR(Interferometric SAR, 차분간섭기법)기법이 활용되고 있다. InSAR를 이용하여 지표 변위를 추적/감시하기 위한 용도로 L밴드에 대한 관심 또한, 높아지는 추세이다[3].

2.2 화산

화산은 재난 발생 전, 재난 발생 시, 재난 발생 후로 재난 발생 범위가 넓으며, 활용할 수 있는 센서의 범위가 다양하다.

분화 전 화산은 화산 내 마그마의 움직임으로 인하여 부피가 팽창하고 지형의 모습이 변형된다. SAR 센서를 통해 폭발 전에 지표가 약간 융기되었을 때 압력이 상승한 것을 확인할 수 있으며, 지반변위와 마찬가지로 지표변위에 해당함으로 InSAR 기법 또한, 활용될 수 있다. 긴밀도가 높은 L-band SAR를 활용하는 것이 C-band SAR를 활용하는 것보다 안정적인 결과를 나타낼 수 있다.

화산활동이 일어나면 분화 지점 부근의 강한 상승 기류에 의한 단열 팽창으로 화산재 구름이 형성된다. 이는 적외선 센서로 관측되며, 적외선 차분 영상의 경우 적외선 영상보다 더 선명한 화산재 구름을 관측할 수 있다.

국가기상위성센터에서는 백두산 화산감시를 위해 화산 활동 전, 화산 활동 시, 화산 활동 후 3단계로 나누고, 이를 세분화하여 위성자료를 분석하고 있다.(표 1)

2.3 지진

지진은 재난 발생 후 재해 평가 및 건축물, 교량, 댐, 도로 등의 복구 지원을 위해 고해상도 광학센서를 활용하며, Multispectral과 Panchromatic 모드를 모두 지원하는 것이 적합하다. SAR 센서 또한, 지진 발생 전후를 비교하거나 단독 영상을 통해 피해 평가 및 탐지에 활용될 수 있다. 지반변위와 마찬가지로 지진은 지표변위 현상이기 때문에 InSAR 기법을 활용하여 모니터링 및 분석할 수 있다.

2.4 산사태

산사태 피해 평가 및 피해 복구를 지원하기 위해 고해상도 광학 센서가 가장 적합하며, 구름이 있는 지역은 Fine-mode의 SAR 센서를 이용하는 것이 적합하다. 광학영상은 단일 및 입체 영상의 가시적인 해석, 반자동의 픽셀 기반 영상 분류, 반자동의 객체 기반 영상 분류, 변화탐지 기법, 광학영상 간의 상관관계 등을 통해 산사태 지역 지도화 등을 수행할 수 있다. 또한, 지형, 지질, 암석, 토지이용 등과 같은 사면의 불안정 요소의 분포를 확인하는 간접적인 매핑 기

법으로도 활용할 수 있다[4].

A-DInSAR(Advanced Differential Interferometric SAR) 기법으로 특정 속도로 느리게 진행되는 산사태를 분석할 수 있으며, 파장이 긴 L밴드를 활용하는 것이 유용하다.

표 1. 국가기상위성센터 백두산 화산감시

Table 1. Detecting volcano of baekdusan at national meteorological satellite center

Pre-volcano	Soil arching caused magma intrusion	DIFSAR(Differential interferometry SAR) change detection + MERIS, MODIS, COMS MI + Electro Optical stereo
	Blow of gas, Heat anomaly, A volcanic earthquake	ERS, MetOp, GOMES, Envisat SCIAMACHY, Detection of SO2 based on Numbus TMOS Detection of Heat anomaly based on ASTER, MODIS image
Active volcano	Monitoring of lava, Prediction damage	IFSAT Phase coherence + Multispectrum Image + stereo DEM
	Detection of Ash column	Detection of Ash column stereo based on Multi angle image scanner/radiometer (MISR, AATSR Envisat, ASTER ERS)
Post-volcano	Damage prediction, Restore	High resolution EO Image analysis

2.5 산불

SAR 센서는 산불피해 지역 탐지에 유리하며, 특히 산림지역에 효율적이다. 산불로 인하여 피해를 입은 산림지역은 후방산란 값이 증가하는 것으로 관측되었다[5]. 그러나 식생 및 농업 지역이 드물면 그 분석의 정도가 어려워진다.

기상청에서는 Aqua/Terra MODIS 영상을 활용하여 산불을 분석한다. 한반도의 산불을 실시간으로 탐지/모니터링하고, 이에 대한 정보를 제공하기 위해

MODIS 열적외선 채널에서 감지한 절대 밝기온도(K)를 기준으로 화염단계 및 연기단계의 산불을 탐지한다.

2.6 홍수

SAR 신호는 물과 육지 사이에서 경계를 뚜렷하게 구분하며, 수동센서인 광학위성과는 달리 홍수가 발생하고 있는 기간 동안 실시간으로 홍수를 관측할 수 있다. 식생에서의 홍수 발생 시 SAR 센서로 관측하는 것이 가장 유리하며 35°이하의 입사각에서 가장 잘 관측된다. C밴드 SAR와 X밴드 SAR의 경우 L밴드 SAR보다 파장이 짧아 식생에서의 홍수 관측은 유용하지 않다.

2.7 태풍

태풍으로 인한 피해 평가와 복구 지원을 위해 고해상도 광학 위성을 우선으로 활용하며, SAR 센서 또한, 구조적인 피해를 결정하거나 변화담지를 수행하여 피해분석에 활용한다.

2.8 폭설

폭설의 경우 재난 발생 전 대응기초자료 작성을 위한 위험지도와 재난 발생 후 피해 규모 산출을 위해 가시광선, SWIR, 초분광, 열 채널의 위성영상이 활용된다.

광학센서를 이용한 적설탐지는 가시채널을 사용하기 때문에 낮 시간대에 구름이 없는 경우 활용할 수 있으며, 마이크로파 채널을 이용한 적설탐지는 공간분해능이 낮아 적설역 탐지 시 과대/과소 추정 가능성이 높다[6]. SAR 센서로 관측은 눈과 빙하 그리고 젖은 눈과 마른 눈을 구별하는데 사용될 수 있다. 또한, 중적외 스펙트럼에서의 구름은 부수적인 양의 에너지를 반사 또는 방출하지만, 눈에 의한 반사 및 방출은 급격하게 감소한다는 성질을 이용하여 구름과 눈을 구별한다. 극초단파 영역을 이용하여 파장의 길이에 따라 적설깊이, 함수량, 적설상대에서 물의 양과 그 존재여부를 추정하는 것이 가능하다.

2.9 기름유출

기름유출의 경우 SAR영상과 광학영상이 가장 많이 활용되었다.

가시 채널은 낮 시간 동안만 관측 가능하며, 구름에

의해 관측이 제한될 수 있다. 광학, NIR, SWIR의 수동센서로 관측한 영상에서 기름처럼 보이는 양상이 해초, 태양광 반사, 구름의 그림자에서 나타날 수 있다.

TIR 파장대 중 기름유출을 관측하는데 가장 많이 사용되는 영역은 7.0-14.0 μ m이다. TIR 채널에서는 방출율과 온도가 중요한 인자인데, 유출된 기름의 TIR 방출율이 바닷물보다 낮기 때문에 동일한 온도에서 더 적은 빛을 방출한다. 따라서 빛을 온도로 변환할 때 기름은 더 낮은 온도를 가지게 된다. 이 방법은 주로 밤에 촬영된 영상에서 기름을 구별할 때 활용된다[7].

기름유출은 기상에 영향을 받지 않고 관측되어야 하기 때문에 SAR 센서가 가장 적합하다. SAR 센서는 유출된 기름이 해수 표면에 얇은 기름막을 형성함으로써 주변 해역에 비해 거칠기 정도가 작아져 대상물의 거칠기에 따라 다르게 반응하는 산란강도에 의하여 정보를 제공한다. 또한, 수평 또는 수직으로 편광된 마이크로파를 송신하는데 수직편파(VV)로 관측한 SAR 영상은 기름유출 표면과 주변의 영향을 받지 않은 수면의 대비를 잘 보여준다.

2.10 가뭄

토양수분을 측정할 경우 깊은 토양층으로부터 에너지가 방출되고 적은 에너지가 식생에 의해 흡수 및 반사되기 때문에 L밴드(1GHz-3GHz)가 가장 적합하다.

위성영상을 통해 얻을 수 있는 NDVI(: Normalized Difference Vegetation Index, 정규화식생지수)는 식생의 분포 및 활성화를 나타내는 지수로 식물 고유의 분광반사 특성을 이용한다. 식물의 잎에 함유된 클로로필은 0.45-0.67 μ m의 파장대를 강하게 흡수하여 가시 영역의 적밴드에서 낮은 반사율을 가지고, 0.74-1.3 μ m의 근적외 영역에서 강한 반사율을 가지고 있다. 따라서 가시광선의 적밴드와 근적외 밴드의 연산을 통해 NDVI를 산출할 수 있다¹⁾. NDVI값이 낮게 산출될 경우, 그 지역은 가뭄 가능성이 있다고 보며, 가뭄분석 및 평가 시 기타 가뭄지수와 비교 및 검증하여 활용한다.

10가지의 재난 유형별 특성을 조사한 결과, 재난

1) Drought information in KMA
(http://www.kma.go.kr/weather/lifenindustry/life_jisu.jsp)

유형별로 특화된 센서가 존재하였으며, 이를 고려하여 국내 재난 실정에 부합하도록 위성센서 개발 방안을 제시하여야 한다(표 2).

표 2. 재난탐지 위성센서의 주요 기술요구조건

Table 2. Major technical requirement of satellite sensor for disaster detection

	optic	IR	Hyper spectral	SAR		
				X-band	C-band	L-band
ground deformation				√	√	√
volcano	√	√	√			√
earthquake	√					√
landslide	√				√	√
forest fire		√	√			
flood	√					√
typhoon	√	√				
heavy snow		√	√			
oil spill		√			√	
drought						√

III. 재난탐지 위성센서 성능 요구사항 정의

3.1 재난탐지 위성센서의 운용 개념

재난탐지 위성센서의 성능 요구사항을 정의하기 앞서, 위성의 운용 개념을 정의하였다. 임무 개념 분석에 따라 관측정확도(Resolution)가 높고 집중 감시가 가능한 저궤도 유사 관측위성의 임무구조와 운용 영역을 정의한다. 저궤도 유사 위성은 관측정확도가 높은 반면 연속 감시 특성이 부족하므로 임무구조, 운용영역, 관측각 등과 같은 운용 개념을 최적화하여 적용해야만 한다.

3.2 광학 및 적외선 센서 성능 요구사항 정의

유사 활용이 가능한 광학 및 적외선센서 방식의 관측임무를 수행하는 위성의 센서 성능 요구조건을 분석하여 광학, 적외선 재난탐지 위성센서의 성능 요구사항을 도출한다.

3.2.1 Landsat-8(미국)

미국에서 2013년에 발사한 Landsat-8은 재난탐지 위성센서와 유사한 관측임무를 수행하며, 광학/적외선 센서를 모두 장착하여 높은 관측 정확도로 임무를 수행한다. 또한 정밀한 광학 및 적외선 광학관측을 위하여 광학센서 OLI(Operational Land Imager)와 광학영상 보정을 위한 적외선 센서 TIRS(Thermal Infrared Sensor)를 적용하였다. OLI와 TIRS 센서의 획득데이터는 하나로 통합되어 처리되며 두 영상의 관측영상을 상호 보정용으로 사용한다.

광학 OLI센서의 성능 요구조건은 표 3과 같다.

표 3. 재난탐지 유사 활용위성센서(광학/적외선)의 성능 요구사항 1-1 : Landsat-8 광학 OLI 센서

Table 3. Technical requirement of similar satellite sensor for disaster detection 1-1 : Landsat-8 optical OLI sensor

Special Band	Wavelength	Resolution
Band 1-Coastal/Aerosol	0.433-0.453 μ m	30m
Band 2-Blue	0.450-0.515 μ m	30m
Band 3-Green	0.525-0.600 μ m	30m
Band 4-Red	0.630-0.680 μ m	30m
Band 5-Near Infrared	0.845-0.885 μ m	30m
Band 6-SWIR	1.560-1.660 μ m	30m
Band 7-SWIR	2.100-2.300 μ m	30m
Band 8-Panchromatic	0.500-0.680 μ m	15m
Band 9-Cirrus	1.360-1.390 μ m	30m

Landsat-8의 적외선 TIRS 센서는 열적외선 신호를 이용하여 OLI 센서에서 획득한 영상의 보정용으로 야간 촬영 및 투과성이 좋은 영상을 획득한다.

재난탐지 유사 활용위성(Landsat-8)의 적외선 TIRS 센서 성능 요구조건은 표 4와 같다.

표 4. 재난탐지 유사 활용위성센서(광학/적외선)의 성능 요구사항 1-2 : Landsat-8 적외선 TIRS 센서

Table 4. Technical requirement of similar satellite sensor for disaster detection 1-1 : Landsat-8 infrared OLI sensor(Optical/Infrared)

Special Band	Wavelength	Resolution
Band 10-LWIR	10.30-11.30 μ m	100m
Band 11-LWIR	11.50-12.50 μ m	100m

광학 OLI 센서의 획득데이터와 열적외선 TIRS 센서의 영상은 동일지역의 관측을 통하여 OLI 센서의 높은 관측정확도와 TIRS의 고투과성 특성을 이용하여 영상을 보정하고 고품질의 관측 영상을 획득한다.

3.2.2 WorldView-3(미국)

미국에서 2014년에 발사한 WorldView-3는 재난탐지 위성센서와 유사한 관측임무를 수행하며, 광학/적외선센서(WV-3 Imager, SWIR센서)를 모두 장착하여 관측 정확도가 높다. 또한 CAVIS(: Clouds, Aerosol, Vapors, Ice and Snow)센서를 추가로 장착하여 CAVIS band를 이용한 구름, 태풍, 화산증기, 얼음, 눈과 같은 특정 식별항목 관측을 수행한다. WorldView-3의 센서는 다중 센서방식을 적용하여 31cm급 흑백(Panchromatic), 1.24m급 컬러(Multi-spectral), 3.7m급 적외선(SWIR, Short Wave Infrared), 30m급 CAVIS를 관측한다.

WorldView-3(광학/SWIR/CAVIS)의 센서별 성능 요구사항은 표 5와 같다.

표 5. WorldView-3 위성센서(광학/SWIR/CAVIS) 기술사항
Table 5. Technical requirement of WorldView-3 (Optical/SWIR/CAVIS)

Contents	
Space agency	DigitalGlobe
Weight	2,800kg
Orbital period	97min
lifespan	7.25years
Resolution	0.31m(Pan), 1.24m(MS), 3.70m(SWIR), 30m(CAVIS)

Wavelength range	Panchromatic	450-800 nm
	8 Multispectral	400 nm - 1,040 nm
	8 SWIR	1,195 nm - 2,365 nm
	12 CAVIS Bands	405 nm - 2,245 nm

3.3 SAR센서 성능 요구사항 정의

유사 활용이 가능한 SAR(:Synthetic Aperture Radar) 센서 방식의 관측임무를 수행하는 위성의 센서 성능 요구조건을 분석하여 SAR 재난탐지 위성센서의 성능 요구사항을 도출한다.

3.3.1 ALOS-2(일본)

일본에서 2014년에 발사한 ALOS-2는 재난탐지 위성센서와 유사한 관측임무를 수행하며, L-band SAR 센서(PALSAR-2 : Phase Array L-band SAR)와 광학센서 모두 장착하여 재난탐지 유사 활용임무를 수행한다. 재난탐지 유사 활용위성(SAR 센서) ALOS-2 PALSAR-2 센서의 성능 요구조건은 표 6과 같다.

이때, SAR 센서 기반 재난탐지 유사 활용위성센서 ALOS-2 PALSAR-2는 추가 성능 요구조건을 가지는데, PALSAR-2 시스템은 그림과 같이 안테나 서브시스템(ANT)과 전기적 장치(ELU : ELectric Unit)의 2개의 서브시스템으로 구성되어 있다. 표 7은 PALSAR-2 센서의 추가 기술 요구사항을 나타낸다.

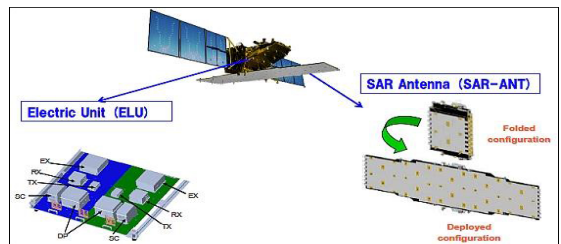


그림 1. SAR 센서 기반 재난탐지 유사 활용위성센서 : ALOS-2 PALSAR-2 센서의 구성

Fig. 1 SAR sensor-based similar satellite sensor for disaster detection : Composition of ALOS-2 PALSAR-2 sensor

표 6. 재난탐지 유사 활용위성센서(SAR)의 성능 요구사항 : ALOS-2 PALSAR-2 센서

Table 6. Technical requirement of similar satellite sensor(SAR) for disaster detection : ALOS-2 PALSAR-2 sensor

Parameter \ Mode	Spotlight	Stripmap			Scan SAR
		Ultra-fine	High-sensitive	fine	
Frequency	1257.5MHz	1257.5MHz or 1236.5, 1278.5MHz, selectable			
Incidence angle	8° to 70° range				
Bandwidth	84MHz	84MHz	42MHz	28MHz	14MHz
Ground resolution	3m(rg) × 1m(az)	3m	6m	10m	100m
Swath	25km(rg) × 25km(az)	50km	50km (FP:30km)	70km (FP:30km)	350km 5looks
Polarization	SP	SP/DP	SP, DP, FP, CP	SP, DP, FP, CP	SP, DP
NESZ	-24dB	-24dB	-28dB	-26dB	-26dB
S/A: range	25dB	25dB	25dB FP: Co-pol: 23dB FP: X-pol: 15dB	25dB FP: Co-pol: 20dB FP: X-pol: 10dB	25dB
S/A: azimuth	20dB	25dB	20dB	23dB	20dB

표 7. SAR 센서 기반 재난탐지 유사 활용위성센서 : ALOS-2 PALSAR-2 센서 추가 기술 요구사항

Table 7. SAR sensor-based similar satellite sensor for disaster detection : Additional technical requirement of ALOS-2 PALSAR-2 sensor

	Standard
Radar carrier center frequency	1,236.5, 1,257.5, 1,278.5MHz(Selectable)
Band, wavelength	L-band, 229cm

PRF(Pulse Repetition Frequency)	1,500 to 3,000Hz
Range of bandwidths	14, 28, 42, 84MHz
Polarization	Single, dual, full, compact(compact polarization is an experimental mode)
Look direction	Right or left
Beam steering range	Elevation:±30°, Azimuth:±3.5°
Antenna width, length	2.9
Incidence angle	8° to 70°
Range resolution, azimuth resolution	3m, 6m, 10m, 100m, 1m, 3m, 6m, 10m, 100m
Peak power radiation	3.3kW with 3/5 aperture in Spotlight and Ultra-fine mode 6.1kW with full aperture in High-sensitive, Fine and ScanSAR mode
Mass of the SAR antenna	547.7kg
Mass of the SAR ELU	109.1kg(ELU controls all SAR signal generations and beam management)

SAR 센서의 경우 신호의 Polarization 특성에 따라 관측 방식이 달라지고 획득된 영상 데이터의 정보가 차이가 난다. 다수 Polarization이 수행되면 관측 정확도를 높일 수 있다. SAR 센서 기반 재난탐지 유사 활용위성센서 ALOS-2 PALSAR-2의 Polarization 모드는 아래와 같이 4가지로 구분되며, 각 모드별 송수신 특성은 그림 2와 같은 Polarization 성능 요구조건을 가진다.

- SP : Single Polarization
- DP : Dual Polarization
- FP : Full Polarization(쿼드)
- CP : Compact Polarization(실험 모드)

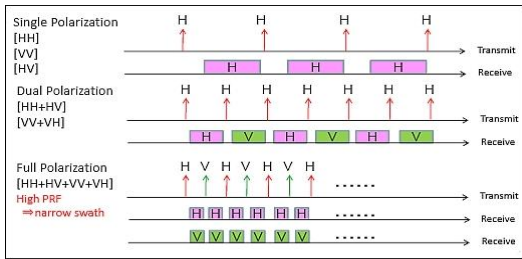


그림 2. SAR 센서 기반 재난탐지 유사 활용 위성센서 : ALOS-2 PALSAR-2의 Polarization Mode

Fig. 2 SAR sensor-based similar satellite sensor for disaster detection : Polarization mode of ALOS-2 PALSAR-2

3.4 재난탐지 위성개발을 위한 주요 개발 요구조건

유사 활용 위성인 Landsat-8과 WorldView-3를 토대로 광학 및 적외선 방식의 재난탐지 위성센서의 성능 요구사항을 아래와 같이 정의하였다.

표 8. 재난탐지 위성센서(광학/적외선 방식) 성능 요구조건 정의

Table 8. Performance requirement of satellite sensor for disaster detection(Optical/Infrared)

	Optic sensor	IR sensor
Sensor	optic : PAN(Panchromatic) optic : MS(Multi-Spectral)	optic : IR(Infrared)
Swath Width	30km	30km
Resolution (optic)	Panchromatic : ≤0.5m Multi Spectral : ≤2.2m	Infrared : ≤ 5.5m

또한 ALOS-2의 센서 성능 요구 조건을 분석한 토대로 SAR의 재난탐지 위성센서의 성능 요구사항을 아래와 같이 정의하였다.

SAR 센서는 band 특성에 따라 X-band, C-band, L-band SAR 센서로 구분되며, 각 센서는 표 9와 같은 특성을 갖는다.

표 9. 파장별 SAR 센서의 특성 비교

Table 9. Characteristic comparison of SAR sensor by wavelength

	Characteristic
Wavelength	L-band > C-band > X-band
Transmissivity	L-band > C-band > X-band
Accuracy	X-band > C-band > L-band

첫 번째로 L-band의 경우, 파장의 길이가 길어 투과율이 가장 높고, 구름, 비, 나뭇잎, 나뭇가지 등을 모두 투과하여 지표상에서 반사된다. 높은 투과율 특성 때문에 주야간 진천후 특성뿐만 아니라 숲과 같은 반투과 지역의 지표 관측이 가능하다. 대표적인 L-band SAR 위성은 일본의 ALOS-2 위성이다. 그 다음은 SAR 센서에서 사용하는 파장 중에 가장 파장 길이가 짧은 X-band이다. X-band는 파장이 짧아 구름, 비 등에서는 굴절 및 반투과 효과가 일어나기 때문에 주, 진천후 관측 특성은 부족하지만 수풀, 식물 등의 직접적인 관측이 가능하고 관측 정확도가 높다 (그림 3). 국내 위성 중, 기 발사되어 운용 중인 다목적실용위성 5호와 향후 발사 예정인 다목적실용위성 6호가 X-band SAR 센서를 적용하여 개발될 예정이다.

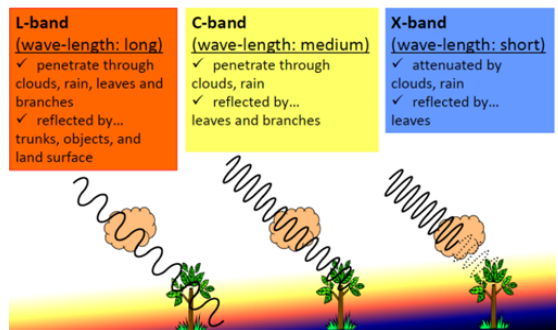


그림 3. 파장별 SAR 센서의 관측 특성

Fig. 3 Observational characteristic of SAR sensor by wavelength

관측정확도가 높고 투과성이 낮은 X-band 재난탐지 위성센서의 성능 요구사항은 표 10과 같이 정의하였다.

표 10. X-band SAR 방식 재난탐지 위성센서의 성능 요구조건 정의

Table 10. Performance requirement of X-band SAR sensor satellite for disaster detection

	Standard
Operation mode	High Resolution(Spot)/Standard Resolution(Strip)/Wide Resolution(Scan)
High Resolution	≤0.5m(Swath≥5km)
Standard Resolution	≤3m(Swath≥30km)
Wide Resolution	≤20m(Swath≥100km)
SAR bandwidth	≥500MHz
Polarization Mode	HH,VV,HV,VH(Single) / HH+HV, VV+VH(Dual)

또한 관측정확도가 낮고 투과성이 높은 L-band 재난탐지 위성센서의 성능 요구사항은 표 11과 같이 정의하였다.

표 11. L-band SAR 방식 재난탐지 위성센서의 성능 요구조건 정의

Table 11. Performance requirement of L-band SAR sensor satellite for disaster detection

	Standard
Operation mode	High(Spot)/Standard(Strip)/Wide(Scan)
High Resolution	≤3m(≥25km)
Standard Resolution	≤3/6/10m (Swath≥ 50/50/70km)
Wide Resolution	≤100m(Swath≥350km)
SAR bandwidth	84MHz(High), 84/42/28MHz(Standard), 14MHz(Wide)
Polarization Mode	HH, VV, HV, VH(Single) / HH+HV, VV+VH(Dual)

재난탐지 위성센서 개발 추진 방안 및 전략을 수립하기 위하여 다양한 재난유형을 분석(테크트리 작성)

하여 재난탐지에 최적화된 기술요구조건을 정의하였다. 이번 장에서는 정의된 기술요구조건에 따른 개발 방안과 전략을 정의하여 위성을 이용한 재난탐지라는 목적을 달성할 수 있도록 개발 방안을 도출한다. 앞에서 정의한 것처럼 재난탐지에 최적화될 수 있도록 저궤도 SAR 위성을 기반으로 개발 추진 방안을 정의하였으며, 1,500kg급 중대형 위성에 맞추어 요구조건 및 구성을 정의하였다.

재난탐지 위성개발을 위한 주요 개발 요구조건은 표 12와 같다.

표 12. 재난탐지 위성센서 주요 개발 요구조건

Table 12. Major development requirement of satellite sensor for disaster detection

	Standard
Operation mode	SAR : High(Spot)/Standard(Strip)/Wide(Scan) Optic : Pan/MultiSpectral/IR
Resolution(Spot)	≤0.5m(Swath≥5km)
Resolution (Stripmap)	≤3m(Swath≥30km)
Resolution(Scan)	≤20m(Swath≥100km)
Resolution(optic)	≤0.5m(Pan), ≤2.2m (Multi Spectral), ≤5.5m(IR)
SAR bandwidth	≥500MHz
Range	20°~50 degree
SAR Polarization (Single)	HH,VV,HV,VH(Single) / HH+HV, VV+VH(Dual)
Mission time (SAR image acquisition)	per orbit 1xxsec
Digital process	SAR : BAQ compressed file / CCSDS Source packet formatting Optic/IR : Discrete Wave Transform, Bit Plane Encoder compressed file / CCSDS Source packet formatting
Data processing system I/F	4Gbps(1Gbps / channel)

IV. 결론

본 논문에서는 재난탐지에 적합한 위성센서의 기술 사양과 개발 방안을 도출하기 위하여 아래와 같은 연구를 수행하였다.

첫째, 재난탐지 특화 탑재체 설계를 위한 재난요소별 위성활용 시나리오 작성을 위해 테크트리를 작성하였다. 관련 위성의 활용사례를 바탕으로 지반변위, 화산, 지진, 산사태, 산불, 홍수, 태풍, 폭설, 기름유출, 가뭄의 10가지 재난에 대한 테크트리를 작성하였다. 재난유형별 발생원인, 발생형태, 피해결과 등이 상이하기 때문에 테크트리 작성을 통해 도출된 재난유형별 최적의 탐지센서는 매우 다양하였고, 이는 국내 재난 실정을 반영하여 재도출하여야 할 것으로 판단된다.

둘째, 재난탐지 위성센서의 운용 개념을 수립하였다. 첫 번째로 위성궤도별 임무분석에 따라 정지궤도 위성과 저궤도 위성의 관측 특성을 분석하였으며, 재난탐지에 적합한 궤도는 저궤도 위성으로 정의하였다. 두 번째로 위성센서 방식별 임무 개념을 분석하여 센서방식을 광학, 적외선, SAR방식으로 분류하였으며, 재난탐지 유사 활용위성들의 센서방식에 따른 임무와 운용 개념을 조사하였다.

마지막으로, 재난탐지 위성센서 성능 요구사항을 제시하였다. 성능 요구사항을 수립하기 위하여 앞서 정의한 재난탐지 위성센서의 운용개념에 따른 기술 요구사항들을 유사 활용위성들의 기술사항 분석을 통해서 도출하였다. 첫 번째로 광학/적외선 방식의 재난탐지 유사 활용위성의 센서 성능 요구사항을 조사하고 두 번째로 SAR(L-band SAR와 X-band SAR)방식의 재난탐지 유사 활용위성의 센서 성능 요구사항을 조사하여 재난탐지 위성센서의 성능 요구사항을 도출하였다. 광학/적외선센서의 성능 요구사항은 흑백(Panchromatic), 컬러(Multi-Spectral), 적외선(Infrared)등으로 센서방식을 정의하여 각 각 흑백 0.5m, 컬러 2.2m 적외선 5.5m의 관측정확도를 기준으로 성능 요구사항을 정의 하였으며, SAR 센서의 경우에는 X-band는 0.5m~20m, L-band는 3m~100m급의 관측정확도를 기준으로 성능요구사항을 정의하였다.

감사의 글

본 연구는 국민안전처 국립재난안전연구원의 지원("재난전조감지를 위한 위성센서 개발 및 실험동 운영을 위한 기획연구", "NDMI-주요-2014-11-02")에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

Reference

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change 2013: The Physical Science Basis," *Working Group 1 Technical Support Unit*, vol. 36, no. 1, Sept., 2013.
- [2] T. Kim, G. Kim, G. Nam, J. Shim, W. Choi, and M. Cho, "Development of Natural Disaster Damage Investigation System using High Resolution Spatial Images," *Journal of Korea Spatial Information Society*, vol. 12, no. 1, 2010, pp. 57-65.
- [3] B. Lim and O. Ahn, "A Study on R&D Policy Implications and Future Challenges usin SWOT Analysis and Technology-Trends Analysis in SAR Satellite Field," *J. of the Korea Aerospace Research Institute*, vol. 11, no. 1, 2013, pp. 122-141.
- [4] V. Tofani, S. Segoni, A. Agostini, F. Catani, and N. Casagli, "Technical Note : Use of remote sensing for landslide studies in Europe," *Nat. Hazards Earth. Sci.*, vol. 13, no. 2, 2013, pp. 299-309.
- [5] S. Kim, "Forest fire detection in Kangwon Province using RADARSAT-1 SAR data," *The Korean Society of Remote Sensing*, 2009, pp. 309-313.
- [6] J. Lee, M. Ahn, and J. Jeong, "Study on Snow Detection using The 3.7 μ m image data of GEO Meteorological Satellites," *The Korean Meteorological Society*, 2007, pp. 136-137.
- [7] API TECHNICAL REPORT 1144, "Remote Sensing in Support of Oil Spill Response," *American Petroleum Institute*, 09, 2013.
- [8] S. Jang, Y. Chung, S. Lee, and H. Yoon, "Route Tracking of Moving for Floating Debris using LEO Mobile Satellite Service," *J. of the Korea Institute of Electronic*

Communication Sciences, vol. 7, no. 1, 2013, pp. 101-106.

- [9] S. Jang and H. Yoon, "A Study on Characteristics of Floating Debris Movement in Nakdong River Basin using Field Survey and Location Tracking Model," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 1, 2014, pp. 467-474.
- [10] S. Jang, Y. Chung, and H. Yoon, "A Study on Occurrence Characteristics of beach litter from Nakdong river estuary to Geoje sea area," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 1, 2013, pp. 281-287.

저자 소개



우한별(Han-byol Woo)

2009년 공주대학교 지리학과 졸업(이학사)
 2011년 공주대학교 대학원 지리정보학과 졸업(이학석사)

2011년 한국항공우주연구원 연구원
 2013년 ~현재 (주)인스페이스 위성활용사업부 팀장
 ※ 관심분야 : 위성통신시스템, GIS/RS



주영도(Young-Do Joo)

1983년 한양대학교 전자통신공학과 졸업(공학사)
 1988년 미국 Univ. of South Florida 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

1995년 미국 Florida State Univ. 대학원 전산학과 졸업(공학박사)
 1996년~2000년 KT 통신망 연구소 연구팀/실장
 2000년~2005년 시스코 시스템즈 코리아 상무
 2005년~2006년 화웨이 기술 코리아 부사장
 2007년~현재 강남대학교 컴퓨터미디어공학부교수
 ※ 관심분야 : 스마트 네트워크, 미래 인터넷, 네트워크 보안, 통신망 관리, 지능형시스템



최명진(Myung-jin Choi)

2000년 숭실대학교 수학과 졸업(이학사)
 2002년 카이스트 대학원 응용수학과 졸업(이학석사)

2007년 카이스트 대학원 응용수학과 졸업(이학박사)
 2009년 과학기술연합대학원대학교 위성시스템 및 활용공학과 겸임교수
 2007년 ~현재 한국항공우주연구원 선임연구원
 2012년 ~현재 (주)인스페이스 대표이사
 ※ 관심분야 : 위성통신시스템, 응용수학



장수민(Su-Min Jang)

2015년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

2015년 ~현재 (주)인스페이스 위성활용사업부 사원
 ※ 관심분야 : GIS/RS

