

재난유형별 최적 위성영상 분석을 위한 위성 궤도 시뮬레이션 연구 및 적용 : 태풍 미탁(2019) 사례

임소망^{1*} · 강기묵² · 황의호³ · 유완식⁴

Research and Application of Satellite Orbit Simulation for Analysis of Optimal Satellite Images by Disaster Type : Case of Typhoon MITAG (2019)

So-Mang LIM^{1*} · Ki-Mook KANG² · Eui-Ho HWANG³ · Wan-Sik YU⁴

요 약

재난·재해에 신속하게 대응하기 위하여 다양한 센서의 위성영상 활용이 가능한 뉴스페이스 시대가 열렸다. 국내·외 운용 중인 위성의 수가 늘어나고 위성 센서의 특성이 다양하므로, 재난유형에 최적화된 위성영상을 찾는 것이 필요하다. 재난 유형은 태풍, 호우, 가뭄, 산발 등으로 나누고 각 재난유형별로 위성의 궤도, 능동/수동 센서, 공간 해상도, 파장대, 재방문주기를 고려한 최적의 위성 영상을 선정하였다. 각 위성궤도 TLE(Two Line Element) 정보는 SGP4(Simplified General Perturbations version 4) 모델에 적용하여 위성궤도 시뮬레이션 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘은 위성 궤도를 10초 간격으로 시뮬레이션하고 각 센서의 입사각을 고려하여 정확한 관측영역을 선정하였다. 위성궤도 시뮬레이션 알고리즘을 2019년 태풍 미탁 사례에 적용하여 실제 촬영된 위성 리스트와 비교 및 분석하였다. 분석된 결과를 통해 재난 발생 지역의 촬영된 영상과 촬영 예정인 영상의 시간 및 영역을 수 초 이내 분석하여 재난 유형에 따른 최적의 위성영상을 선정하였다. 향후, 재난이 발생했을 때 위성영상을 신속하게 요청하고 확보할 수 있는 체계 구축에 기반이 되고자 한다.

주요어 : 재난 유형, 최적 위성영상, 위성궤도 시뮬레이션, 태풍 미탁

2022년 11월 25일 접수 Received on November 25, 2022 / 2022년 12월 23일 수정 Revised on December 23, 2022 / 2022년 12월 26일 심사완료 Accepted on December 26, 2022

* 본 연구는 행정안전부 재난안전 부처협력 기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다(20009742). 이에 감사드립니다.
1 K-water연구원 수자원환경연구소, 연구원 / Researcher, K-water Institute, Water Resources & Environmental Research Center

2 K-water연구원 수자원환경연구소, 선임연구원 / Senior Researcher, K-water Institute, Water Resources & Environmental Research Center

3 K-water연구원 수자원환경연구소, 수석연구원 / Head Researcher, K-water Institute, Water Resources & Environmental Research Center

4 K-water연구원 연구관리처, 선임연구원 / Senior Researcher, K-water Institute, R&D Management Dept

※ Corresponding Author E-mail: wish0625@nate.com

ABSTRACT

In order to promptly respond to disasters, the era of new spaces has opened where satellite images with various characteristics can be used. As the number of satellites in operation at home and abroad increases and the characteristics of satellite sensors vary, it is necessary to find satellite images optimized for disaster types. Disaster types were divided into typhoons, heavy rains, droughts, forest fires, etc., and the optimal satellite images were selected for each type of disaster considering satellite orbits, active/passive sensors, spatial resolution, wavelength bands, and revisit cycles. Each satellite orbit TLE (Two Line Element) information was applied to the SGP4 (Simplified General Perturbations version 4) model to develop a satellite orbit simulation algorithm. The developed algorithm simulated the satellite orbit at 10-second intervals and selected an accurate observation area by considering the angle of incidence of each sensor. The satellite orbit simulation algorithm was applied to the case of Typhoon Mitag in 2019 and compared with the actual satellite list. Through the analyzed results, the time and area of the captured image and the image to be recorded were analyzed within a few seconds to select the optimal satellite image according to the type of disaster. In the future, it is intended to serve as a basis for building a system that can promptly request and secure satellite images in the event of a disaster.

KEYWORDS : Disaster Type, Optimal Satellite Images, Satellite Orbit Simulation, Typhoon MITAG

서론

인공위성은 군사, 위성항법, 통신, 기상 뿐만 아니라, 재난 등 지구관측 목적의 다양한 분야에 걸쳐 활용되고 있으며(Lim *et al.*, 2014) 우주기술 발전으로 확보 가능한 국내외 위성 수가 증가하였다. 기존 위성영상정보는 센서의 종류, 분석, 재난과 위성영상 특성 매칭 등의 제약으로 재난 상황에서 제한적으로 사용되었다(Lim *et al.*, 2021). 최근 기후변화로 빈번히 발생하는 재난 대응에 신속히 대비하기 위하여 위성영상을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다. Lee *et al.*(2009)는 레이더 위성 영상을 활용하여 침수 피해 지역 파악 및 완화방안을 도출하기 위하여 실제 침수지역을 대상으로 레이더 위성영상의 침수피해 활용 가능성을 살펴보았다. 홍수범람 해석기법과 범람도 작성에 인공위성 사진을 이용하여 현실적인 범람도 작성 가능성을

제시(Park and Kim., 2011)하였다. Park(2016)은 Kompsat-5 SAR(Synthetic Aperture Radar) 자료를 이용하여 수체 탐지의 새로운 알고리즘을 제안하여 홍수 탐지 가능성을 보였다. Han (2017)은 Kompsat-5 위성 영상의 InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) 기법을 이용하여 DEM 추출 및 지반침하 등 재난 모니터링 가능성을 제시하였다. 인공위성영상(Sentinel-1 SAR 영상 및 PlanetScope 광학영상)과 CCTV, 드론 영상으로부터 생성한 지형자료를 동시에 활용하여 태풍 콩레이에 의한 경북 영덕군의 침수피해지역을 판별 및 검증하여 침수흔적도 작성시 위성영상의 활용 가능성을 확인하였다(Kim *et al.*, 2019). 위성영상에서 유도된 강우 자료와 글로벌 지형자료를 이용하여 미계측 지역에 있는 홍수터의 홍수를 정량적으로 분석하기 위해 GRM(Grid based Rainfall-runoff Model) 모델과 G2D(Grid based 2-dimensional land surface flood Mode) 모델

을 이용하여 분석하였고 미계측 지역의 홍수량을 평가 활용에 기반이 되었다(Choi, *et al.*, 2020).

위성영상을 재난에 적용하기 위해 위성궤도 시뮬레이션 연구는 다음과 같이 수행되었다. Lee *et al.*(2003)은 RADAR 시스템과 SGP4 모델을 이용하여 저궤도 위성의 실시간 궤도를 결정하였다. Lim *et al.*(2014)는 TLE를 이용하여 상태벡터를 가정하고 비행역학 시스템을 통해 우주물체 궤도 예측 정밀도를 개선하였다. 이후, SGP4 모델과 고정밀 궤도 전파 모델의 결과를 비교하여 TLE의 여러 불확실성에 대해 분석하였다. Cho *et al.*(2017)은 과거 TLE 정보들을 이용한 보상기법을 적용하여 새로운 TLE를 생성하여 SGP4 모델의 장기 궤도 예측 오차를 감소시켰다. 국립재난안전연구원은 Terra/Aqua/MODIS, Suomi-NPP, LANDSAT-8 위성 영상 수신 처리 배보 시스템의 활용방안을 제시하고 재난 대응 및 분석을 위한 인공위성 활용체계를 구축하였고(2016), 국내외 위성영상을 활용하여 재난 피해정보 산출 기술 고도화와 재난 발생 및 긴급 상황 등 현업을 지원하기 위한 상황정보분석센터 활용방안을 제시하였다(2016). 이후 2018년도에는 LANDSAT-8 위성 정보의 재난안전분야 활용을 위한 수급 및 분석 체계를 도출하고 2021년에는 기개발 위성자료 분석 기술에 대한 현행화와 신규 위성 자료 조사를 통한 수급 인프라 구축 기반을 마련하였다.

이처럼 재난 발생 시 위성영상의 활용도가 높아지고 있으며 위성영상의 신속 확보를 위하여 재난유형별(태풍, 홍수, 산불 등) 위성영상 활용범위 및 적시성 향상기술이 개발되어야 한다. 하지만 각각의 위성 사이트에서 따로 검색하는 시스템 또는 위성 8종을 대상으로 한 시스템 등으로는 한반도에서 발생한 재난에 대하여 적시에 대응하기 한계가 있다. 본 연구에서는 행정안전부에서 분류한 재난 유형에 따라 재난의 예측과 탐지, 사후처리를 위한 위성영상자료 확보를 위하여 전 세계 지구관측 위성을 대상으로 탑재된 센서들의 궤도, 공간 해상도, 파장대 등의 위성 특성을 분류하여 최적 위성을 선정하였다. 선정한 최적 위성의 위성궤도를 수집하고 분석하여 지구 주위를 궤도 운동으로 회전하는 위성의 위치를 계산하였다. 해당 재난 지역의 촬영 시간을 예측할 수 있도록 위성궤도 시뮬레이션 알고리즘을 연구하여 태풍 미탁 사례에 적용하였다. 본 연구를 통하여 재난 발생 지역의 위성 영상 확보를 위해 촬영된 영상과 미래시점의 촬영 예정인 영상의 촬영 예정 시간 및 영역을 수 초 내 분석하여 최적 위성영상 확보에 기반이 되고자 한다.

방법 및 결과

1. 재난유형별 최적 위성영상 선정

TABLE 1. Types of natural disasters and administrative departments

Field	No.	Disaster Type	administrative departments
Natural Disaster	1	Drought	Ministry Joint
	2	Space Weather Disaster	Ministry of Science and ICT
	3	Natural space object fall, collision	
	4	Landslide	Korea Forest Service
	5	Red tide	Ministry of Oceans and Fisheries
	6	Tide, ebb and flow	
	7	Flood damage (typhoon, flood)	
	8	Earthquake	Ministry of the Interior and Safety
	9	Large volcanic eruptions	
	10	Lightning	
	11	Cold wave	
	12	Heat wave	Ministry of Environment
	13	Algal bloom	

TABLE 2. Types of social disasters and administrative departments

Field	No.	Disaster Type	administrative departments
Social Disaster	1	Large-scale human accidents at the workplace	Ministry of Employment and Labor
	2	information and communication	Ministry of Science and ICT
	3	GPS radio wave interference	
	4	Metro accident	
	5	High-speed railway accident	Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
	6	Large-scale collapse of multi-dense buildings	
	7	land freight transport	Financial Services Commission
	8	Computational Finance	
	9	livestock disease	Ministry of Agriculture and Forestry
	10	Accidents at games and concert halls	Ministry of Culture, Sports and Tourism
	11	Correctional facilities disasters and accidents	Ministry of Justice
	12	Infectious diseases	Ministry of Health & Welfare(MW)
	13	health care	
	14	Forest fire	Korea Forest Service
	15	electrical energy	Ministry of Trade, Industry and Energy
	16	Crude Oil Supply and Demand	
	17	Dam collapse	Ministry of Trade, Industry and Energy / Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
	18	Multi-dense facility large fire	National Fire Agency
	19	Neighboring countries radioactive leak	Nuclear Safety and Security Commission
	20	Nuclear safety	Nuclear Safety and Security Commission / Ministry of Trade, Industry and Energy
	21	marine guide boat disaster	Korea Coast Guard
	22	large-scale marine pollution	Ministry of Oceans and Fisheries
	23	Marine Ship Accident	
	24	Common area disaster	
	25	Hazardous Chemical Spill Accidents	Ministry of Environment
	26	large-scale water pollution	
	27	drinking water	
	28	Fine particulate matter	

행정안전부에서는 재난 및 안전관리 기본법에 따라 재난은 국민의 생명·신체 및 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로 정의하였다. 또한, 자연재난 13개(표 1)의 유형과 사회재난 28개(표 2)의 유형으로 구분하였고 유형별 관리부처를 지정하였다.

그중에서 위성영상자료를 활용한 관측 측면에서 적용 가능한 재난 유형은 주로 가지적으로 확인이 가능한 자연재난이 해당되며, 사회 재난 중 산불, 수질/해양오염, 댐 붕괴, 대형사고/화재 등 총 25종의 재난 분야를 대상으로 위성 분석이 가능할 것으로 예상하였다. 특히, 광학/SAR

등의 극궤도 위성으로 풍수해(태풍, 홍수), 가뭄, 산불을 중심으로 재난 피해 모니터링이 최적화된 위성영상을 선정하였다.

탑재한 센서의 정보제공 능력에 따라 인공위성의 종류를 분류할 수 있으며, 이에 따라 임무의 대상 범위가 결정된다. 재난관측에 이용될 수 있는 대표적인 탑재체의 종류는 극궤도 위성에서 크게 광학(Optical)과 SAR(Synthetic Aperture Radar)로 분류할 수 있고, 탑재체가 갖는 기본 특성(궤도, 공간 해상도, 파장대 등)에 따라 제공 정보의 종류가 분류된다. 광학 센서의 경우 일반적으로 태양복사 및 지구복사 에너지에 의

TABLE 3. Main characteristics of satellites equipped with representative optical sensors

Satellite (Sensor)	Main Target	Observation object and field of application.	band wavelength
KOMPSAT-2B (GOCI-2), COMS (GOCI), Sentinel-3 (OLCI), JPSS-1 (VIIRS), CBERS-4A (WFI)	Ocean (water)	Ocean colors, sea-surface temperature, coastal zone monitoring, oceanography, hydrology	VIS, NIR, TIR
Terra/aqua (MODIS), PROBA-1 (CHRIS), Meteor-M (MSU-MR)	Atmosphere	Cloud cover, atmospheric science & application	VIS, NIR
CBERS-4 (MUX), KOMPSAT-2B (GOCI-2), Meteor-M (MSU-MR), RESOURCESAT-2 (AWIFS), NPP/JPSS-1 (VIIRS), Landsat 8 (TRIS), Terra (ASTER)	Land surface	Land use/cover, geology, urban, topography, surface temperature, earth resources, cartography, natural disaster monitoring & management	VIS, NIR, SWIR, TIR
VENUS (VSC), Amazoniz-1 (WFI-2), RESOURCESAT-2 (AWIFS), Pleiades 1A (HiRI), PROBA-1 (CHRIS)	Vegetation	Vegetation/crop monitoring, forest mapping, agriculture science	VIS, NIR, SWIR, TIR

존하여 수동적으로 반사하거나 방사된 에너지 정보를 반영하는 영상 자료를 획득할 수 있어 중·광역 일대의 지구 표면 상태를 관측하는 데 유용하게 사용할 수 있다. 광학 센서의 제원 및 인공위성 고도에 따라 영상 자료의 공간 해상도가 결정되고 최근 고해상도(수~수십 cm)의 화질을 제공할 수 있는 광학 센서를 탑재한 인공위성들이 발사되었다. 광학 센서의 경우 태양복사 및 지구복사 에너지 파장 영역 중 가시광선-근적외선-단파 적외선-열적외선(VNIR(Visual and Near Infrared Ray)-SWIR(Short Wave Infrared Ray)-TIR(Thermal Infrared Ray)) 파장대 영역의 분광 정보를 제공할 수 있는 다중 밴드들로 구성되어 있다(Lim *et al.*, 2021). 적외선 영역(IR, Infrared Ray)의 정보를 획득할 수 있는 다중 광학 센서의 경우, 육안(가시광선 영역(VIS, Visible))으로 쉽게 구분하지 못했던 지표 특정 대상 및 물질 탐지 등의 변화를 감지하여 분석에 유용하게 사용된다. 광학

센서를 탑재한 위성의 경우에는 지구의 표면, 해양, 대기, 식생 등의 상태를 관찰하고자 하는데 주요 임무를 포함하는 경우가 많아서 지진, 산사태, 홍수, 태풍, 가뭄, 산불, 폭설, 가뭄, 기름 유출 등 다양한 자연 및 사회 재난·재해 상황의 관측에 유용하게 이용된다. 대표적인 광학 센서를 탑재한 위성의 미션에 따라 주 관찰 대상, 적용 분야, 대표 밴드 파장대역 정보를 조사하였다(표 3).

SAR 센서는 장파장 전자기파를 방출하고 되돌아오는 신호를 사용하여 대상의 정보를 획득한다. 대기의 효과 및 요소를 투과하는 주파수 대역별 장파장 밴드 정보를 활용하여 고해상도의 대상 표면, 위치, 형태 등의 정보를 측정 및 관측하므로 중·광역 지역에 제약 없이 영상정보를 획득할 수 있어 산사태, 홍수, 지진, 등의 재난 모니터링에 유용하다(Lim *et al.*, 2021). 대표적인 SAR band의 위성 주파수, 파장대, 주요 위성, 주 관찰대상, 적용 분야 정보를 조사하

TABLE 4. Main characteristic information for each representative SAR band

Band	satellite frequency	wavelength band	main satellites	Observation object and field of application.
X-band	8~12GHz	25~37.5mm	TerraSAR-X, TanDEM-X, COSMO-SkyMed, KOMPSAT-5	reconnaissance and cartography, Surface monitoring, DEM production
C-band	4~8GHz	3.75~7.5cm	RADARSAT, Sentinel, ERS-1, RISAT-1	Soil surface moisture, flood, drought, groundwater, heavy snow, crop yield, snow characteristics, vegetation, ocean observation
L-band	1~2GHz	15~30cm	SMAP, ALOS, PALSAR, RISAT-3	Forest - arable land - soil surface, Observation of ice sheets and glacial dynamics

었다(표 2).

위성의 궤도에 따라 관측주기, 영상 해상도 등이 결정되므로 관측대상(재난 유형)별로 활용 가능한 위성이 달라질 수 있다. 고해상도 위성 영상을 제공하는 극궤도 위성은 지구의 전 지역에 대해서 관측할 수 있는 장점이 있으나 재방문 주기에 따라 동일지역을 시간 단위로 자주 관측할 수 없는 단점이 있다. 정지궤도 위성은 지구의 자전주기와 함께 공전하면서 동일지역을 높은 시간 해상도로 감시할 수 있어 풍수해 등 재난 상황을 연속 감시할 수 있는 장점이 있으나, 극궤도 위성에 비교해서 공간 해상도가 낮아 재난 상황의 상세분석은 어려운 단점이 있다. 대체로 기상, 해양관측 중심으로 개발되고 있으며, 한반도를 포함한 동아시아를 감시할 수 있는 정지궤도 위성으로는 우리나라 최초의 정지궤도 기상위성인 COMS(Communication, Ocean and Meteorological Satellite)와 후속 정지궤도 기상위성인 GK-2A(GEO-KOMPSAT-2A), 일본의 Himawari-8가 있다.

이러한 다중 위성별 센서들의 특징(공간 해상도, 관측 폭, 재방문 주기, 파장대별 밴드 특성 등)을

분석하고 WMO-OSCAR(World Meteorological Organization-Observing Systems Capability Analysis and Review tool)에서 총 732개의 위성을 통해 가용 가능한 위성을 조사하였다. 위성의 특성, 운영기관, 자료배포정책, 접근성, 유/무료 여부에 따라 가용위성을 선별하였다. 선별된 위성 정보 중 TLE 확보 가능 여부, 재방문 주기 등을 고려하여 최적 위성영상을 선정하였다. 재난유형별로 가용한 무료/상용 지구관측 위성을 선정한 결과 가뭄은 다중밴드 영상의 밴드 조합을 통하여 가뭄 지수를 산정할 수 있어야 하기 때문에 다분광 광학 위성과 광역관측 위성이 적합하다. 산불은 피해 현황을 준-실시간으로 모니터링이 가능하도록 레이더 위성과 사후 피해 면적을 산출하기 위해 광학 위성이 유용하다. 태풍에는 경로 모니터링 및 예측을 위한 광역관측이 필요하기 때문에 기상위성이 적합하다. 그리고 홍수에는 비구름을 뚫는 레이더 위성을 사용해야 준-실시간으로 홍수 모니터링이 가능하기 때문에 SAR 고해상도 위성과 사후 피해면적 산출을 위해 광학 위성이 적합함을 알 수 있다(그림 2).

Disaster Type	Free Distribution Earth Observation Satellite	Commercial Earth Observation Satellite
Typhoon	Landsat-8 GK2A, COMS, Himawari-8, Suomi NPP	
Flood	Sentinel-1 A/B Sentinel-2 A/B	K-5, CSK PlanetScope, K-3, K-3A
Drought	MODIS Terra/Aqua, Landsat-8	
Forest fire	Sentinel-1 A/B Sentinel-2 A/B GK2A, COMS, Himawari-8	TSX, TDX, CSK PlanetScope, WorldView-4
etc	Sentinel-1 A/B(Earthquake/Marine pollution, Ship accident) Sentinel-2 A/B(Earthquake/Tsunami/Red tide)	WorldView-4(Earthquake)

FIGURE 1. List of optimal satellite images for each type of disaster

2. 위성궤도 분석 및 시뮬레이션 알고리즘

TLE 정보는 시간에 따른 궤도정보(Ephemeris)를 SGP4 모델에 맞게 그림 2와 같이 두 줄의 데이터로 표현한 평균 궤도요소이며(Cho *et al.*, 2017) CelesTrak(<https://celestrak.com/>)에서 관리하여 온라인으로 수집할 수 있다. 일반적으로 초소형위성 등에서 적용하고 있는 궤도 예측 및 탑재 궤도전파기는 미국의 합동 우주 전략센터(JSPOC, Joint Space Operations Center)에서 전 세계의 불특정 다수를 대상으로 배포하고 있는 TLE 정보를 활용하고 있다(Cho *et al.*, 2017).

SGP4(Simplified General Perturbations) 알고리즘은 케플러의 행성 운동법칙(Kepler's laws of planetary motion)에 따라 인공위성이 지구 주위를 궤도 운동하는 궤도 방정식을 기본으로 한다. 지구 주위를 도는 인공위성은 지구의 중력장, 대기에 의한 항력의 영향으로 궤도 위치가 변화하게 되며 이러한 영향을 간략하게

SGP4 모델로 적용하였다. 위성궤도 시뮬레이션은 TLE(Two Line Element) 정보를 이용하는 SGP4(Simplified General Perturbations version 4) 모델에 적용하였다. TLE 정보를 이용하여 SGP4 모델에 적용한 위성궤도 시뮬레이션은 그림 3과 같은 알고리즘으로 이루어진다.

궤도 예측을 위하여 재난 유형, 분석 영역, 시간 범위를 설정하여 대상 위성 정보의 TLE 정보를 전달받는다. 전달받은 TLE 정보를 SGP4 알고리즘에 설정하기 위하여 EpochTime으로부터 수집한 위성 궤도정보와 위성 메타데이터를 기반으로 TLE 정보의 EpochTime으로부터 우주 공간에서의 표준 시간을 적용하기 위하여 Julian일을 계산하여 SGP4 알고리즘에 설정한다. 궤도 예측 결과는 지구중심관성 좌표계(ECI, Earth-Centered Inertial)로 출력되어 위성궤도를 계산하고 2D/3D 지도에 표출하기 위해서 지구 중심고정 좌표계(ECEF, Earth-Centered Earth-Fixed) 좌표계로 변환한다. 계산된 궤도

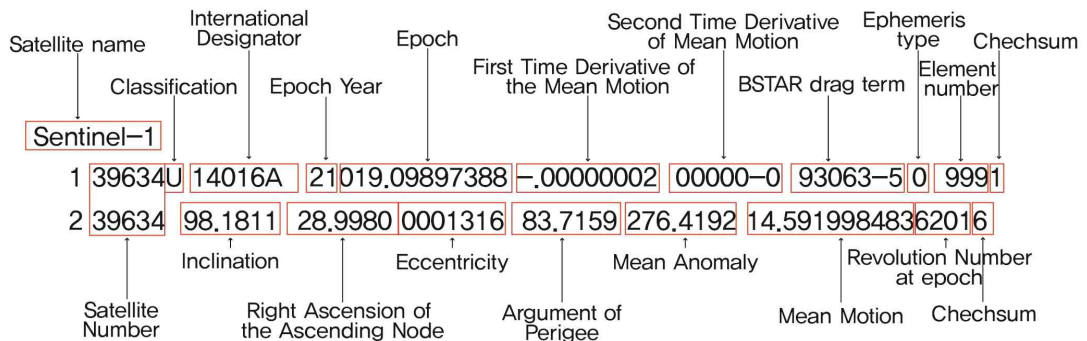


FIGURE 2. Definition of TLE mean orbital element

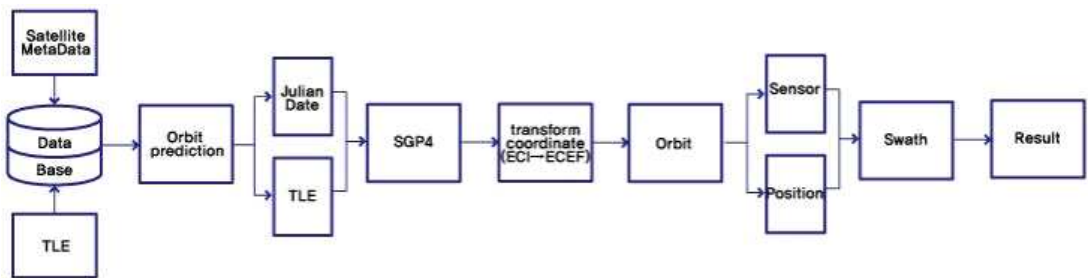


FIGURE 3. Satellite Orbit Simulation Algorithm

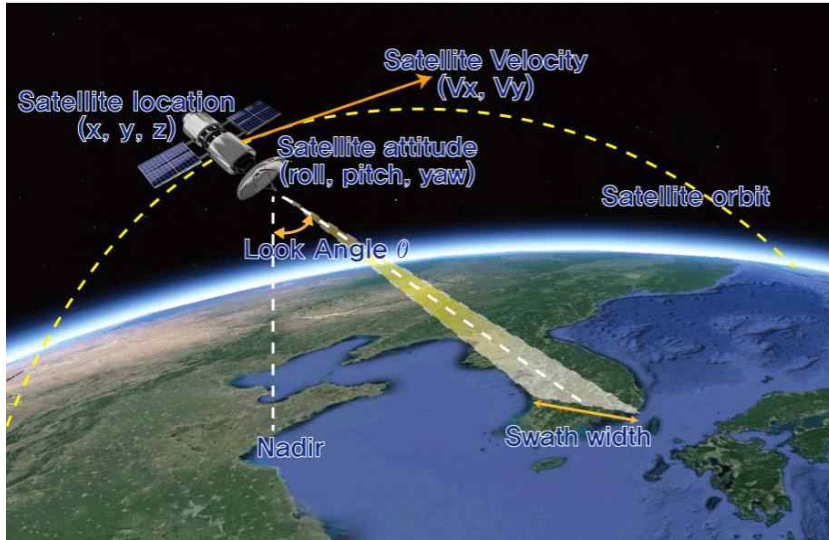


FIGURE 4. Observation Area Calculation Conceptual Diagram

예측정보를 기반으로 궤도 예측 지점에서의 운동 방향을 계산하고 위성의 위치와 방향값으로 지표면의 촬영각(Look Angle)을 계산한다. 위성의 촬영각은 위성 좌표에서 지구 중심으로 직하점과 카메라가 지향하는 방향의 사이각으로 궤도의 위치에서 위성의 센서 촬영각(Look Angle)을 이용하여 거리 방향(Range direction)으로 방위각(Azimuth angle)으로 회전하여 촬영 중심점을 계산하고, 촬영 중심점 좌표로부터 위성 진행 방향의 좌우 지표 거리(Swath) 범위의 촬영 영역을 산출한다. 다음 궤도 지점에서 같게 촬영 중심점과 Swath의 영역을 산출한다. 현재 궤도점과 다음 궤도점에서 계산한 Swath를 범위 영역으로 관측 범위를 산출하고 재난 지역이 겹치는지 계산하여 겹칠 때 대한 분석 결과를 도출하고 산출 개념도는 그림 4와 같다.

3. 위성궤도 시뮬레이션 알고리즘 태풍 미탁 사례 적용 및 결과

2019년도에 발생하였던 제18호 태풍 미탁(MITAG)은 2019년 9월 28일 발생하여 10월 3일에 소멸하였고 필리핀, 대만, 중국, 대한민국에 영향을 미쳤다. 최저 기압은 965hPa로 10

분 평균 최대 풍속은 KMA 기준 37m/s, 1분 평균 최대 풍속은 45m/s로 태풍 미탁의 영향으로 2019년 10월 2일 대한민국 경상북도 울진군의 일강수량이 332.9mm를 기록하였다. 강풍과 폭우로 인한 산사태와 침수가 많이 발생하여 2019년 피해가 가장 큰 태풍이었으며 예상 경로와 실제 경로가 달라 더 큰 피해가 발생하게 되었다. 경상북도 울진군은 동경 129° 4' ~ 129° 29', 북위 36° 38' ~ 37° 8'의 경상북도 최동북단에 위치한다. 태풍 미탁은 울진에 큰 피해를 주었다. 위성궤도 시뮬레이션 알고리즘을 이용하여 태풍 미탁 사례에 적용하였다. 재난 유형은 홍수로 설정하고 시뮬레이션 기간은 10월 1일~14일, 분석 범위는 129° 20' 24" ~ 129° 26' 52", 36° 53' 51" ~ 37° 1' 45"로 설정하였다(그림 5).

재난 유형과 날짜, 위치를 설정하고 2020년도 TLE 정보를 이용한 위성궤도 시뮬레이션 알고리즘 적용 결과는 다음 그림 6과 같다.

2019년도 10월 2일 오전 10시 태풍 미탁이 울진 지역에 발생했을 당시 전후의 위성 영상 확보를 위하여 위성 궤도 알고리즘 시뮬레이션(틸트 각도 적용)에 적용한 결과 Sentinel-1A/B, Landsat 8, MODIS, Planet Scope, Landsat

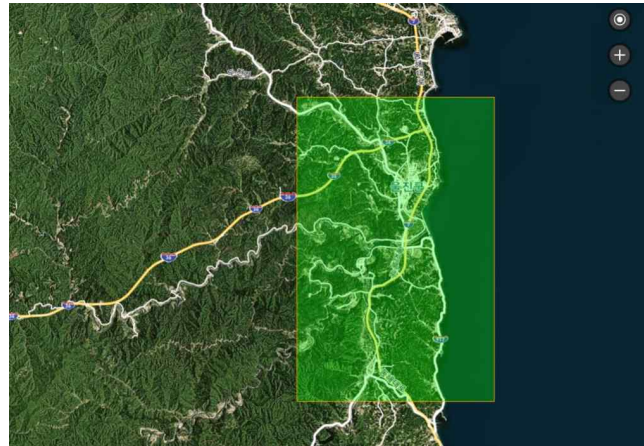
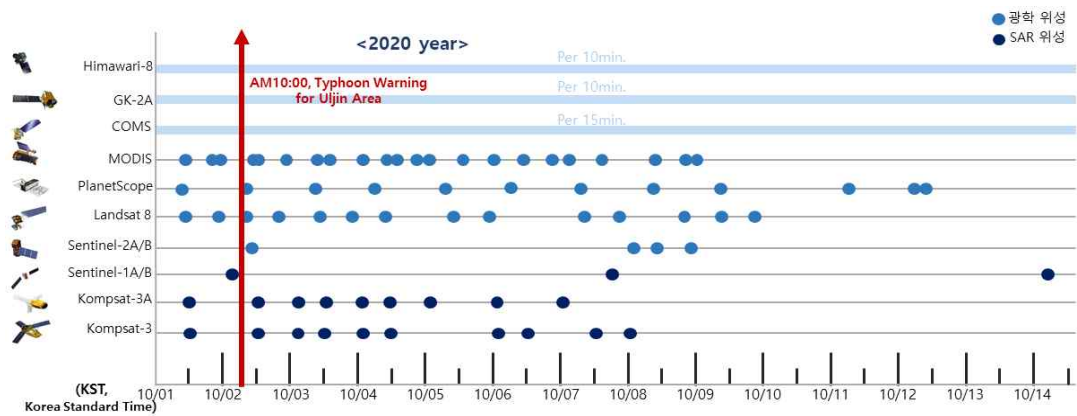
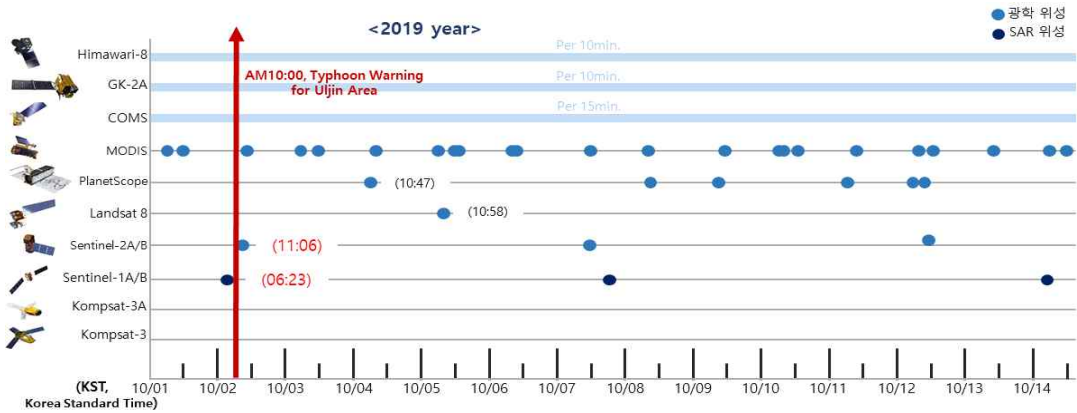


FIGURE 5. Satellite Orbit Simulation Analysis Scope



Satellite orbit simulation results using TLE information in 2020



actual imaging satellite results

FIGURE 6. Satellite orbit simulation results and actual imaging satellite results

8, Sentinel-2A/B, Kompsat-3A, Kompsat-3 위성 영상이 확보 가능했다. 실제 촬영되었던 위성으로는 발생 전 MODIS, Sentinel-1A/B, 재난 발생 후 MODIS, Sentinel-2A/B 위성으로 2019년 10월 2일 오전 06시 23분에 촬영된 Sentinel-1A/B와 당일 오전 11시 06분에 촬영된 Sentinel-2A/B 위성이 확보되었다. 위성 궤도 시뮬레이션의 결과와는 다르게 Kompsat-3A, Kompsat-3 위성 영상은 촬영되지 않음을 확인할 수 있었다. 실제 위성 영상 리스트와 위성 궤도 시뮬레이션을 적용한 리스트를 비교해본 결과 10월 01일부터 재난 발생 전의 시뮬레이션 결과가 6종의 위성(MODIS, Planet Scope, Landsat 8, Sentinel-1A/B, Kompsat-3A, Kompsat-3)에서 9장 촬영 가능하였고 실제 위성 촬영 리스트는 2종의 위성(MODIS, Sentinel-1A/B)에서 3장이 촬영되었다. 재난 발생 후부터 10월 05일까지 시뮬레이션 결과는 6종의 위성(MODIS, Planet Scope, Landsat 8, Sentinel-2A/B, Kompsat-3A, Kompsat-3)에서 29장 촬영 가능했으며 실제 촬영 결과는 3종의 위성(Planet Scope, Landsat 8, Sentinel-2A/B)에서 6장이 촬영되었다. 실제 촬영된 영상보다 시뮬레이션 결과 재난 발생 전후 확보 가능한 수가 3종의 위성에서 최대 29장을 추가 획득 가능함을 알 수 있었다.

결론 및 토의

본 연구는 재난유형별로 최적 위성영상을 분류하고 위성궤도 시뮬레이션 알고리즘을 실제 태풍 미탁 사례에 적용하였다. 실제 촬영되어 획득된 위성 영상 리스트와 위성궤도 시뮬레이션 알고리즘을 적용하여 획득 가능한 위성 영상 리스트를 비교 분석하였다. 본 연구의 연구성과는 다음과 같다.

첫째, 광학 센서 위성의 주 관찰대상, 적용 분야, 대표 밴드 파장대역 정보와 SAR band 위성의 위성 주파수, 파장대, 주요 위성, 주 관찰대상, 적용 분야 정보를 조사하고 다중 위성별 센서들의 특징(공간 해상도, 관측폭, 재방문

주기, 파장대별 밴드 특성 등)을 분석하여 재난 유형 별로 가용한 무료/상용 최적 지구관측위성을 선정하였다.

둘째, SGP4 모델에 TLE 정보를 이용하여 실시간 위성궤도 시뮬레이션 알고리즘을 태풍 미탁 사례에 적용하였다. 실제 촬영된 위성 영상 리스트와 비교 분석하여 위성궤도 시뮬레이션을 통하여 기존 촬영 영상 대비 획득 가능한 위성 영상이 3종의 위성과 29장을 추가로 획득 가능함을 확인하였다.

본 연구를 통하여 기존 제한적으로 사용되었던 재난 상황에서 최적 위성 영상을 선정하여 위성 활용 가능성을 증가시켰다. 또한, 각 위성 별로 사이트에 접속하여 위성 영상을 확인해야 했으나 위성 궤도 시뮬레이션 알고리즘 개발을 통하여 위성 영상의 촬영 지역 예측으로 위성 영상 확보 시간을 단축하고 확보 가능한 장수도 증가할 것으로 생각된다. 다만, 본 연구의 연구 성과는 다음과 같은 한계점을 갖고 있다. TLE 정보가 온라인으로 연결되어 실시간 업데이트되기 때문에 같은 조건으로 다른 날짜에 시뮬레이션 하게 된다면 다른 결과가 나타날 수 있고 과거 일정으로 위성궤도 시뮬레이션 분석을 실행해도 결과가 실제 위성 궤도와 차이를 보일 수 있다. 위와 같은 성과와 한계점을 보완한다면 이후 재난이 발생하였을 때 위성 영상을 활용하는 빠른 대응을 위하여 위성 영상의 신속 확보가 가능할 것으로 생각한다. [KAGIS](#)

REFERENCES

- Cho, D.H., S.H. Han and H.D. Kim.. 2017. New TLE generation method based on the past TLEs. Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences. 45(10):881-891 (조동현, 한상혁, 김해동. 2017. 과거 TLE정보를 활용한 새로운 TLE 정보 생성기법. 한국항공우주학회지. 45(10): 881-891).
- Choi, Y.S., J.H. Kim and J.S. Kim. 2020.

- Inundation analysis on the flood plain in Ungauged Area using satellite rainfall and global geographic data: In the case of Tumen/Namyang Area in Duman-gang (Riv.). *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 23(1):51-64 (최윤석, 김주훈, 김지성. 2020. 위성강우와 글로벌 지형 자료를 이용한 미세 측 지역 홍수터 침수모의 : 두만강 도문/남양 지역을 중심으로. *한국지리정보학회지*. 23(1):51-64).
- Han, S.G. 2017. Accuracy evaluation of DEM produced by using KOMPSAT-5 InSAR image. *Journal of Cadastre & Land InformatiX*. 47(2):39-47 (한승희. 2017. KOMPSAT 5호 InSAR영상을 이용한 DEM제작 정확도 평가. *지적과 국토정보*. 47(2):39-47).
- Kim, S.H., S.K. Lee, T.W. Kim and D.K. Kim. 2019. Estimation of flooded area using satellite imagery and DSM terrain data. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*. 19(7):471-483. (김수현, 이상구, 김태웅, 김동균. 2019. 인공위성 영상과 지형자료를 동시에 활용한 침수지역 판별. *한국방재학회논문집*. 19(7):471-483).
- Lee, J.K., S.S Lee, J.C Yoon and K.H Choi. 2003. Real-time orbit determination of low earth orbit satellites using RADAR system and SGP4 model. *Journal of Astronomy and Space Sciences*. 20(1):21-28 (이재광, 최규홍, 이성섭, 윤재철. 2003. RADAR 시스템과 SGP4 모델을 이용한 저궤도 위성의 실시간 궤도결정. *우주과학회지*, 20(1):21-29).
- Lee, M.J., S.J. Myeong, S.W. Jeon and J.S. Won. 2009. Identification of flooded areas and post-flooding conditions: developing flood damage mitigation strategies using satellite radar imagery, *Journal of Environmental Policy*. 8(2):1-23 (이명진, 명수정, 전성우, 원중선. 2009. 레이더 위성영상을 활용한 침수피해 지역 파악 및 완화방안 연구. *환경정책연구*. 8(2):1-23).
- Lim, H.J., O.C. Jung and E.W. Jung. 2014. A study on enhancement of orbit prediction precision for space objects using TLE. *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*. 42(3):270-278 (임현정, 정옥철, 정대원. 2014. TLE를 이용한 우주물체 궤도예측 정밀도 향상 연구. *한국항공우주학회지*. 42(3):270-278).
- Lim, H.J., O.C. Jung and E.W. Jung. 2014. A study on orbit model difference for TLE prcision analysis. *Proceeding of The Korean Society for Aeronauticla and Space Sciences Conference* pp.868-871. (임현정, 정옥철, 정대원. 2014. TLE 정밀도 분석을 위한 궤도 모델 비교 연구. *한국항공우주학회 학술발표회 초록집* pp.868-871).
- Lim, S.M., K.M. Kang and W.S. Yu. 2021. A study on selection of optimal satellite imagery by disaster type. *Proceedings of Korea Water Resources Association* pp. 279. (임소망, 강기목, 유완식. 2021, 재난 유형별 최적 위성 영상 선정에 관한 연구. *한국수자원학회 2021년도 학술발표회* pp.279).
- National Disaster Management Research Institute. 2016. Improvement of demand and supply of satellite imagery and development of application systems for disaster management. (국립재난안전연구원. 2016. 재난분야 위성영상 수급개선 및 활용 체계 구축기술 개발.)
- National Disaster Management Research Institute. 2016. Development of fundamental technologies for disaster analysis and application based on mid-resolution satellite imagery. (국립재난안전연구원. 2016. 중해

상도 위성영상을 활용한 재난분석 활용 기반 기술 개발(I)).

National Disaster Management Research Institute. 2018. Development of monitoring and application emthods on disaster risk of Korean peninsula using the archived satellite data. (국립재난안전연구원. 2018. 위성 아카이브 영상을 이용한 한반도 재난이력 모니터링 및 활용체계 구축.)

National Disaster Management Research Institute. 2021. Development of the multi-satellite information supply and demand system for disaster safety management. (국립재난안전연구원. 2021. 재난안전 다중

위성정보 수급체계 구축기술 개발.)

Park, K.B. and S.W. Kim. 2011. Study of make inundation map using satellite photograph at urban river. Journal of the Environmental Sciences. 20(2):199-205 (박기범, 김성원. 2011. 위성사진을 이용한 도시하천 홍수범람도 작성에 관한 연구. 한국환경과학회지. 20(2):199-205).

Park, S.E. 2016. Detection of water bodies from Kompsat-5 SAR data. Korean Journal of Remote Sensing. 32(5):539-550 (박상은. 2016. Kompsat-5 SAR 자료를 이용한 수체 탐지. 대한원격탐사학회지. 32(5):539-550). **KAGIS**