

우주항공정책

2025 | 11

인사이드

Aerospace Policy Insights

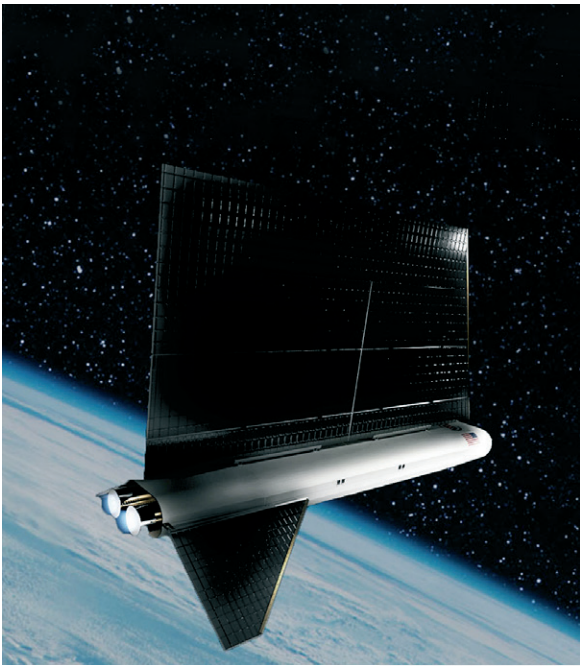
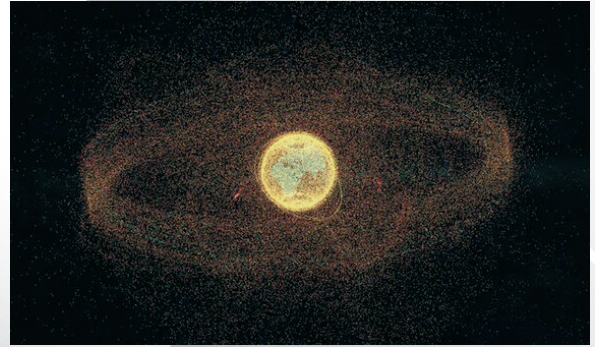
VLEO 위성 시장 동향과 정책 시사점

Contents

2025 | 11

세계 우주 동향

03



07

VLEO 위성 시장 동향과 정책 시사점

08

I. 서론

09

II. VLEO 위성 시장 현황

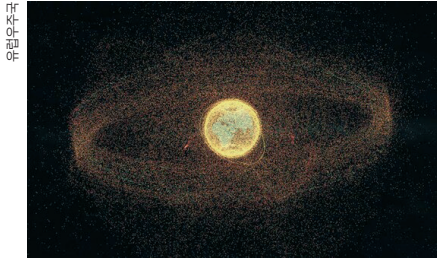
19

III. 시사점

요약

초저궤도(VLEO)는 저비용으로 초고해상도 영상 확보와 저지연 통신이 가능한 차세대 위성 시장으로 주목받고 있음. 글로벌 시장은 국방·정보 분야의 전략적 수요를 기반으로 초기 시장이 형성되고 있으며, 미국과 중국 등 국가를 중심으로 기술 실증 또는 상용화가 추진되고 있음. 특히, 미국 Albedo Space의 10cm급 상업용 영상 판매 허가는 군사 수준 정보의 민간 확산 및 지정학적 정보 패러다임의 변화를 시사함. 기술적으로는 대기 저항 극복을 위한 공기흡입식 전기추진(ABEP) 시스템과 내원자산소 소재 등 핵심 기술의 확보가 시장 진입의 관건으로 부상하고 있음. 국내는 비교적 우수한 위성 제조 기술과 민간 인프라를 갖추고 있으나, 핵심 추진 기술의 자립 기반은 다소 취약한 실정임. 본 보고서는 VLEO 시장 동향을 분석하고, 정책적 시사점을 정리하였음

“우주 주파수 수요 5.5배 증가…군집위성 조정 필요”



유럽우주국(ESA)이 10월 1일 공개한 우주 쓰레기 모델링 이미지. 가운데 큰 원이 지구이고, 작은 점 하나하나가 인공위성과 우주 쓰레기다.

지난 10월 7~8일 스위스 제네바에서는 위성 및 우주 산업 전문가들과 규제 당국 관계자들이 참여한 ‘2025 우주지속가능성포럼’(Space Sustainability Forum 2025)이 열렸다.

국제전기통신연합(ITU)이 주최한 이번 행사에서는 ▲군집위성 관리 ▲저궤도(LEO)에서 달로의 탐사 확장 ▲임무 성공·안보·지속가능성을 위한 핵심 요소로서의 ‘우주·주파수 상황인식’(Space and Spectrum Situational Awareness, S3A) 확보 ▲우주 회복탄력성 제고 등이 주요 의제로 다뤄졌다. 중국 신화통신 보도에 따르면 미국

국적의 도린 보그단-마틴(Doreen Bogdan-Martin) ITU 사무총장은 개회 연설에서 “지난 10년간 주파수 및 궤도 자원에 대한 요청이 5.5배 증가했다”라며 “이에 따라 우주 사용의 지속가능성에 대한 도전도 함께 커지고 있다”라고 밝혔다. 그는 “대규모 군집위성의 대규모 조정이 필요하다”라며 “엄격한 제출 절차와 양자 협의의 초기 과정부터 실질적 이행에 이르기까지 전 과정에서의 협력이 필수적”이라고 강조했다. 이어 “지구와 우주 공간의 주파수를 관리하는 관리자(stewards)로서 우리의 책임을 다해야 하며, 공정한 절차를 유지하고 궤도와 주파수 환경을 모두가 사용할 수 있도록 지켜야 한다”라고 덧붙였다. 패널 토론에서는 군집위성 운영사들이 우주 지속가능성을 촉진하기 위한 실효성 있는 국제 규칙과 제도 마련을 촉구했다. 중국의 초대형 군집위성 ‘궤왕’(Guowang)을 관리하는 ‘중국 위성 네트워크 그룹’(China Satellite Network Group Co., Ltd.)에서 스펙트럼과 궤도 자원 관리를 담당하는 징첸(Jing Chen)은 “빈번한 위성 발사, 궤도 변경 및 유지, 그리고 궤도 이탈(deorbiting)과정은 우주쓰레기뿐 아니라 다른 군집위성과의 충돌 회피까지 고려해야 한다”라고 지적했다. 그는 위성 운영자들이 상호 간 궤도를 조정하고, 서로의 고도를 일정 수준으로 분리하고(orbit layer isolation), 시스템 설계 시 능동적 충돌회피 기능을 포함해야 한다고 강조했다. 또한 “현재 상황에 부합하는 국제적 우주교통관리 규칙을 조속히 마련·개선해 우주 자산 운용의 안전을 보장해야 한다”라고 말했다. 토마스 라마나우스카스(Thomas Lamanauskas) ITU 부사무총장은 폐회 연설에서 “이번 포럼은 우주 지속가능성이 단순한 기술적 문제가 아니라는 점을 분명히 보여줬다”라며 “이는 지속가능한 발전, 기후행동, 교육, 안전을 위한 필수적인 전 지구적 공공재(global public good)”라고 강조했다.

국제전기통신연합, “우주용 주파수 경쟁 치열…국제협력 필요”

우주가 국제전기통신연합(ITU)의 핵심 의제로 부상할 것으로 보인다. 2027년 중국에서 열릴 차기 세계전파통신회의(WRC)에서 논의될 안건의 약 80%가 우주정책과 관련될 것이라고 ITU는 전망한다. 도린 보그단-마틴(Doreen Bogdan-Martin) ITU 사무총장은 9월 19일 미국 아메리칸대학교



도린 보그단-마틴(Doreen Bogdan-Martin) 국제전기통신연합(ITU) 사무총장이 9월 19일 미국 아메리칸대학교 로스쿨에서 열린 '통신·정보·인터넷정책 연구회의'(TPRC)에서 발언하고 있다.

로스쿨에서 열린 '통신·정보·인터넷정책 연구회의'(TPRC) 연설에서 “우주 관련 서비스에 필요한 전파는 한정된 자원이며 경쟁이 치열하다”라며 “이를 관리하기 위해서는 국제적 협력이 필수적”이라고 강조했다. ITU는 위성통신과 관련된 주파수와 궤도를 국제적으로 배분하고, 국가 간 전파 간섭을 방지하는 역할을 맡고 있다. 쉽게 말해, 국가와 기업들이 마음대로 주파수를 쓰거나 위성을 띄우면 서로 간섭이 생기기 때문에,

ITU가 국제 규칙을 만들고 조정해 ‘교통정리’를 하는 것이다. 현재 ITU는 모바일 위성서비스(MSS)와 ‘다이렉트 투 셀’ 등을 위한 새로운 주파수 배정 문제를 논의 중이며, 장기적으로는 달 통신망 구축을 위한 기술적 기반 마련도 검토하고 있다. 보그단-마틴 총장은 인공지능(AI)도 ITU의 주요 과제로 떠오르고 있다고 지적했다. 그는 “ITU는 이미 140여 개의 AI 관련 국제표준을 제정했으며, 추가로 100여 개의 표준을 개발 중”이라고 소개했다. 보그단-마틴 총장은 ITU 역사상 첫 여성 사무총장이자 두 번째 미국인 수장으로, 2023년부터 조직을 이끌고 있다.

미 당국, “위성·주파수 규제 개혁 속도 낼 것”



미국 연방통신위원회(FCC) 로고.

미국 통신 당국이 인공위성과 주파수 관련 규제 개혁에 속도를 낼 전망이다. 중국과의 우주 개발 경쟁에서 우위를 잡기 위한 노력의 일환으로, 미국 연방통신위원회(FCC)는 10월을 “규제 혁신의 달”로 지정했다. 앞서 트럼프 미국 대통령은 지난 8월 13일 우주 관련 규제를 완화하는 행정명령에 서명했다. 브렌든 카(Brendan Carr) FCC 위원장은 최근 한 연설에서 소속 위원(commissioner)들의 투표가 진행될 두 가지 의제에 대해

설명했다. 첫 번째 의제는 모든 이슈를 별도로 심사하는 현재의 방식을 폐지하고, 표준화된 절차로 인허가를 빠르게 처리하는 ‘허가 공장식’(licensing assembly line) 절차를 도입하는 것이다. 위성이나 지상국 관련 신청 가운데 복잡하지 않은 일반적인 사안은 공익에 부합하는 것으로 간주해 신속히 승인하는 체계가 마련될 전망이다. 두 번째 의제는 고주파(마이크로파) 대역에서 운용되는 지상국 설치 규정을 개정하는 것이다. 이른바 ‘UMFUS’ (Upper Microwave Flexible Use Service)로 불리는 마이크로파 상부 대역의 주파수 이용 규칙을 개정해, 사업자들이 주파수를 보다 효율적으로 활용하고 승인 절차를 단순화할 수 있도록 하겠다는 것이다. FCC는 이번 조치를 통해 위성 산업의 급속한 성장세에 대응하고, 관련 사업자들의 시장 진입 장벽을 낮추는 효과를 기대하고 있다. 카 위원장은 “거절을 기본값으로 하던 현재 방식에서 승인을 기본값으로 하는 체계로 바꿀 것”이라고 했다.

중국, 미국에 ‘우주 교통’ 첫 연락…협력 시작되나



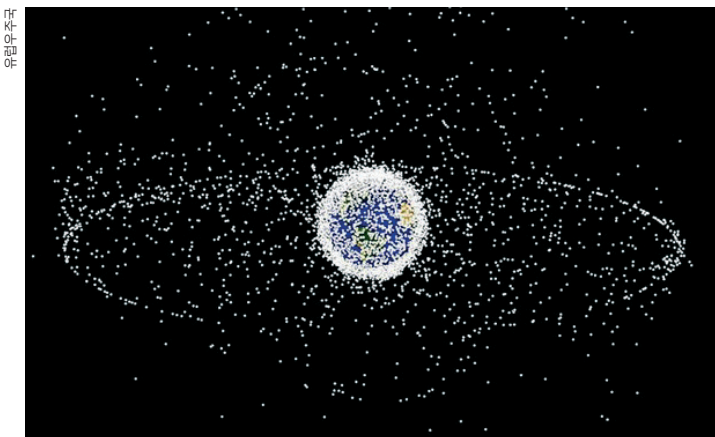
ESA Extras

앨빈 드루(Alvin Drew) NASA 우주지속가능성국장이 10월 2일 호주 시드니에서 열린 국제우주대회(IAC) 전체 세션에서 발언하고 있다.

중국이 최근 자국 위성과 미국 위성 간의 충돌을 피하기 위한 기동(maneuver)을 논의하기 위해 NASA에 먼저 연락을 취한 것으로 알려졌다. NASA는 우주 교통 관리(space traffic management) 분야에서 양국 간에 공식적으로 실시된 첫 번째 협력이라고 밝혔다. 지금까지는 이러한 상황에서 NASA가 중국 측에 먼저 충돌 가능성을 통보하고, 미국 위성이 회피 기동을 하는 방식으로 문제를 해결해 왔다. 앨빈 드루(Alvin Drew) NASA 우주지속가능성국장은 지난 10월 2일 호주

시드니에서 열린 국제우주대회(IAC) 전체 세션에서 “그동안 위성 간 충돌 위험(conjunction)이 예상될 때마다, 우리는 중국 측에 ‘충돌 가능성이 있다. 우리는 피하겠다. 당신들은 움직이지 말라’는 메시지를 중국에 일방적으로 통보하곤 했다”라고 말했다. 이어 “그런데 (이 발언을 하기 하루 전) 10월 1일, 중국 국가항천국(CNSA)이 처음으로 NASA에 먼저 연락을 해왔다”라며 놀라움을 표했다. 중국이 NASA에 보낸 메시지는 “두 나라의 위성이 충돌 가능성이 보인다. 당신들은 자세를 유지하라. 우리가 기동하겠다”라는 메시지였다. 드루 국장은 “이런 일은 이번이 처음”이라고 강조했다. 이를 두고 미국 내 전문가들은 적어도 우주 교통 관리 분야에서 양국 간 협력이 시작될 가능성을 조심스럽게 전망하고 있다. 스타링크를 포함해 미국 위성이 궤도에 있는 위성 대다수를 차지하고 있고, 중국은 자체 초대형 군집위성의 건설에 속도를 내고 있는 상황에서 양국 간 우주교통관리 협력은 불가피하다는 것이 전문가들의 분석이다. 단, 미국의 경우 2011년에 만들어진 ‘울프 개정안’(Wolf Amendment)에 따라 NASA를 비롯한 미국 정부의 자금이 투입되는 기관은 중국과 우주와 관련한 협력을 원칙적으로 할 수 없다. 따라서 양국 간 우주교통관리에 대한 협력이 본격화하려면 관련 법에 대한 개정이 필요하다.

유럽우주국, ‘우주 물체 위험도’ 정량화한다



ESA Extras

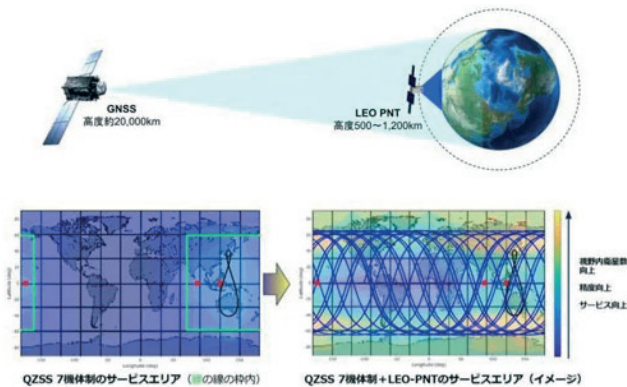
지구 주변 궤도에 있는 물체를 시각화한 그림.

우주 개발에 참여하는 정부와 기관이 늘어남에 따라, 궤도로 발사되는 우주 물체의 수도 기하급수적으로 증가하고 있다. 그리고 이는 우주 물체 간 충돌과 그로 인한 궤도 혼잡도 증가에 대한 국제적 우려로 이어지고 있다. 문제는 현재의 우려는 ‘궤도 물체의 증가’라는 단순한 사실에 기반하며, 물체의 형태나 크기, 상태 등에 따른 세분화되고 정량화된

위험도 기준이 부재하다는 것이다. 이에 유럽우주국(ESA)은 우주 물체의 (1) 크기(size), (2) 궤도 수명(lifetime in orbit), (3) 충돌 회피 능력(collision avoidance capability), (4) 폭발 예방을 위한 비활성화 조치(passivation measures), (5) 파편화 위험(Fragmentation risk)이라는 다섯 가지 요소를 기준으로 우주 물체의 위험도를 정량화하는 ‘우주 환경 건강 지표’(space environment health index)를 최근 개발했다. ESA는 다섯 요소를 종합적으로 평가해, 특정 미션이 우주쓰레기를 생성할 가능성, 생성된 우주쓰레기가 다른 위성과의 충돌 위험을 얼마나 증가시키는지, 그리고 200년 후 우주 환경에 통계적으로 어떤 영향을 미칠지에 대해 평가할 계획이다. 결과는 ESA가 매년 발행하는 ‘우주 환경 보고서’(Space Environment Report)를 통해 공개된다. 점수가 높을수록 환경에 부정적인 영향을 많이 준다는 의미이다. ESA는 10월 22일 성명에서 “지구 궤도의 혼잡과 오염도를 구체적으로 측정하기 위해서는 우리의 행동이 궤도 환경에 미치는 영향을 정량화할 수 있어야 한다”라며 지표 개발의 이유를 설명했다.

일본, GPS 보완할 저궤도 위성항법 개발한다

ArkEdge Space



일본이 현재의 중궤도(MEO) 기반 위성항법 시스템을 보완할 수 있는 저궤도(LEO) 기반 위성항법 기술을 개발하고 있다.

일본이 현재의 중궤도(MEO) 기반 위성항법 시스템을 보완할 수 있는 저궤도(LEO) 기반 위성항법 기술을 개발하고 있다. 보도에 따르면 기술 개발은 2025년 9월부터 2026년 3월까지 진행되며, 독립적인 저궤도(고도 500~1,200km) 기반 항법·위치·시간(LEO-PNT) 시스템에 필요한 신호 설계, 수신 기술 연구 및 시스템에 대한 연구가 현재 진행되고 있다. 중궤도 기반 GNSS 기술은 위성과 지구 간 거리가 상대적으로 멀어서 전파 방해나 스푸핑 공격에 상대적으로 취약하다. GNSS가 경제와 안보에 미치는 영향이 커지는 상황에서 이를 보완할 수 있는 저궤도 기반 시스템의 필요성이 제기된 배경이다. JAXA가 ArkEdge Space를 통해 개발하고 있는 시스템의 가장 큰 특징은 독립성이다. 기존의 중궤도 기반 GNSS를 보완하지만, 운용은 독립적으로 되기 때문에 GNSS가 공격받거나 기타 문제가 발생해도 이를 대체할 서비스를 저궤도 기반으로 제공할 수 있다. 보도에 따르면 ArkEdge Space 연구진은 C1 대역(5010-5030 MHz)과 C2-4 대역(5030-5250 MHz)을 포함한 C, S, L 주파수 대역을 이용하는 방안을 연구하고 있다.

일본이 현재의 중궤도(MEO) 기반 위성항법 시스템을 보완할 수 있는 저궤도(LEO) 기반 위성항법 기술을 개발하고 있다. 이를 위해 일본 우주항공연구개발기구(JAXA)는 초소형 위성 제작사 ArkEdge Space와 계약을 체결했다. 계약에 따라 ArkEdge Space는 2024년 10월부터 2025년 3월까지 기술 타당성 연구를 진행했고, 그 결과를 기반으로 현재는 초소형 위성

VLEO 위성 시장 동향과 정책 시사점

- 백기태 -



Redwire

미국 우주 인프라 기업
레드와이어(Redwire)가
개발한 초저궤도 위성
버스 '사브르셋'의 모습.

1. 문제제기

■ 초저궤도 위성은 고해상도 영상 제공 및 저지연 통신 등의 이점을 바탕으로 최근 위성분야에서 주요 이슈로 부상하고 있음

- VLEO 위성 시장이 초고해상도와 높은 재방문율 결합을 위한 틈새시장으로 부각되면서 여러 프로젝트들이 등장
 - VLEO 위성 시장의 최신 동향을 다각적으로 분석하고, 국내 현황을 반영한 정책 시사점 도출 필요
- 위성 데이터 수요는 이전보다 더 빠른 시의성과 더 높은 해상도를 요구하고 있으며, 대부분의 시스템은 30cm급 해상도를 새로운 표준으로 채택하고 있음
 - 민간 기업들은 비용 절감 등을 목적으로 위성 성능을 높이고 더 많은 위성을 발사하는 대신 기존 위성을 개선하여 고도를 낮추는 것을 선택하는 추세임

주요 지구관측 위성기업의 저궤도/초저궤도 운용 계획

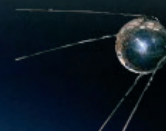
기업 명	위성 명	목표 해상도
Airbus	Pleiades NEO	15cm (후처리 기준)
Maxar	WorldView Legion	15cm (후처리 기준)
Planet	Pelican	30cm
BlackSky	Gen-3	35cm

2. 연구목적

■ 글로벌 VLEO 위성 시장 동향을 종합적으로 분석하고 국내 현황을 반영하여 정책적 시사점과 발전방향 제시

- VLEO 위성의 개념과 특성을 정의하고, 세계 시장 규모 및 기술적 트렌드, 주요 기업들의 동향 등을 분석함
 - 한국의 VLEO 위성 개발 현황과 대응 수준을 평가하여, 국가 연구개발(R&D) 및 산업 전략 측면에서 필요한 정책 방향을 도출하고 국가 차원의 연구개발 투자 및 제도 정비에 기여

고도 약 100~450km의 초저궤도(VLEO)가 고해상도 영상 확보와 통신 지연(latency) 최소화의 이점을 바탕으로 주목받고 있다.



1. VLEO 위성의 정의 및 특징

■ VLEO의 정의: 고도 약 100~450km 사이의 매우 낮은 지구궤도

- 기존 저궤도(약 500~2,000km)보다 훨씬 지구와 가까운 영역으로 사실상 대기권 가장자리에 위치한 궤도
 - VLEO를 유럽방위청(EDA)은 250~350km, 유럽우주국(ESA)은 100~450km로 정의하고 있으며 통상적으로 250~350km 고도가 가장 많이 사용됨

■ VLEO의 환경적 특성

- 기존 저궤도에서의 우주 방사선, 고진공 및 열환경 외에도 인공위성에 영향을 주는 여러 환경적 특성이 나타남
 - 잔류 대기 밀도가 높아 약 300km 이하에서는 지속적인 저항으로 인해 궤도 감쇠가 빠르게 진행되어 위성 수명이 크게 제한될 수 있음
 - 대기 조성 중 원자산소의 농도가 높아 위성 외피 및 센서 표면에 산화·부식·열화 현상을 유발함

■ VLEO 위성 운용의 장점

- **초고해상도 지구관측** 동일한 카메라 성능으로도 훨씬 높은 해상도 영상 확보가 가능
- **영상 획득 주기 개선** 공전 주기 단축 및 데이터 전송 지연 감소로 시의성 향상
- **저지연 통신 및 데이터 전송** 지상과 물리적 거리가 짧아 신호 전송에 걸리는 시간이 적음
 - 낮은 latency는 위성 인터넷, 실시간 영상중계 등에 유리, 군용·재난 통신과 같은 시간 민감도가 높은 분야에서 큰 강점
- **비용 절감** 해상도 향상을 위해 기존의 소형화된 플랫폼으로 동일 임무 수행이 가능하여 위성 제조·발사 비용 절감이 가능
 - 동일 해상도 성능을 위한 광학구경을 줄일 수 있고, 방사선 환경이 덜 가혹하여 상대적으로 저렴한 상용 부품 활용이 가능
 - 궤도 투입에 필요한 로켓 성능이 낮아 소형 발사체 등 발사 옵션의 다양화와 비용 절감이 가능
- **자정작용 궤도** 높은 대기저항으로 인해 임무가 종료된 위성은 수주에서 수개월 내에 자연적으로 궤도를 이탈하여 대기권에서 소멸

■ 주요 기술적 과제

- **높은 대기 저항과 위성 수명 단축** 궤도상 대기잔류물이 존재하여 위성에 지속적인 공기 저항을 가하기 때문에 주기적인 궤도 보상(maneuver)이 필요
 - 300km대 고도의 위성만 하더라도 대기 마찰로 궤도 유지가 어려워 위성 수명이 크게 단축되며 상시적인 궤도 유지 능력이 필수적임
- **첨단 추진 시스템** 기존 화학추진이나 일반 전기추진만으로는 한계가 있어 공기흡입식 전기추진(ABEP) 등 혁신적인 기술 개발 필요
 - ESA는 VLEO용 공기흡입 추진, 보호 소재, 정밀 항법제어 기술 개발 등 아이디어 공모
- **내환경 소재 및 열제어 기술** 원자상태의 산소(ATOX)가 존재하여 위성 표면을 서서히 부식시키는 문제가 있으며, 고도가 낮아 방사선 환경은 양호한 대신 열변화와 충격 진동 등 다른 스트레스 요인이 큼
 - 내마모·내열 코팅 등 특수 소재 개발과, 공기역학적 설계로 저항을 줄이는 위성 형상 설계 기술이 필요할 수 있어 기술적 진입장벽으로 작용
- **위성 운용상 제약** 낮은 고도로 인해 링크 예산(link budget)은 유리하지만 가시권(visibility)이 감소하고, 위성 속도가 빠르고 통신 선도 짧아져 연결 성공률 저하 위험이 존재(더 많은 지상국 네트워크 필요)
 - 전용 지상국 네트워크 구축에 많은 시간과 막대한 비용이 소요됨

지상 통신 가용성: VLEO에서의 가시권 감소



Novaspac, Earth Observation Data & Services Market (2024)

■ VLEO 위성 운용의 핵심 과제

- VLEO 환경은 지상 접근성, 영상 해상도, 통신 효율 측면에서 탁월한 장점을 가지지만 대기저항과 열·화학적 열화로 인한 수명 단축 문제가 존재
 - ① 저항 감쇠형 구조 설계
 - ② 지속추진기술 확보
 - ③ 내환경 소재 및 열제어 기술 개발

초저궤도의 주요 특성 및 대응방향

구분	주요 특성	영향	대응 방향
대기 밀도	높음	궤도 수명 단축, 감쇠 가속	지속추진 기술, 저항 저감 설계
원자산소	고농도	표면 산화·열화	보호코팅, 내열소재 개발
열환경	급격한 온도 변화	구조체 열피로, 변형	능동 열제어 시스템
방사선	상대적 저감	전자기기 안정성 향상	Shielding 최적화
통신거리	짧음	저지연 데이터 전송	지상국 확충, 군집 네트워크
궤도 감소	자연 감쇠	우주잔해 감소	수명 설계 제어

2. VLEO 위성 시장 동향¹⁾

■ VLEO: 고해상도·고재방문율 결합을 위한 틈새시장

- 상업용 위성 영상 가치(매출)의 약 80%는 고해상도(1~5m GSD)와 초고해상도(1m 이하 GSD)에서 발생하며 주요 고객은 정부 부문임
 - 글로벌 경쟁 심화와 거의 무료로 제공되는 정부 위성 영상과의 차별화를 위해 위성 사업자들은 다음의 2가지 전략을 채택
 - 1) 대형 위성을 도입하여 해상도를 향상(고 CAPEX·소수 위성 전략)
 - 2) 위성 궤도를 낮춰 해상도를 향상(저 CAPEX·다수 위성 전략)
- VLEO(초저궤도, 100~450km)가 해상도와 재방문율을 동시에 충족할 수 있는 대안으로 주목받기 시작
 - 일반적으로 250~350km를 목표 고도로 설정
 - 전용 VLEO 설계 위성은 대기 밀도가 높은 환경을 고려해 공기역학적 구조, 공기흡입 엔진 등을 적용

초저궤도 지구관측 위성의 장단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> • 근접성 덕분에 고해상도 및 향상된 품질 확보 • 대형 위성 대비 저비용 	<ul style="list-style-type: none"> • 대기 저항으로 인한 수명 단축 • 궤도 유지에 더 강력한 추진력과 많은 발사 필요 • 난류로 인한 안정성 저하 및 광학 품질 악화

■ 글로벌 VLEO 위성 시장 동향 및 전망²⁾

- 전 세계 VLEO 위성은 2024년 약 10여기 수준에서 2030년 누적 626기에 이를 것으로 전망됨
 - 누적 투자액 또한 2024년 170억 달러 수준에서 2030년 3,580억 달러 수준에 달할 것으로 예상됨

1] Novaspace, Satellite to be Built and Launched, (2024).

2] Juniper Research. (2024). Global VLEO satellites market 2024–2030. Juniper Research Limited.

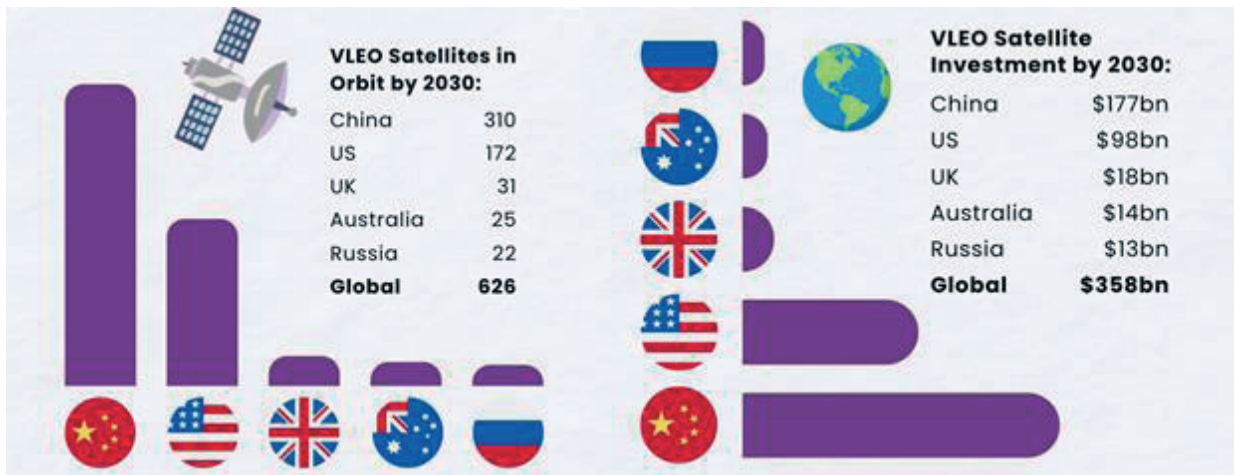
지역별 VLEO 위성 발사 전망(2024-2030)



Juniper Research 홈페이지

- 미국과 중국이 해당 시장을 주도하고 있으며, 2030년 VLEO 위성 발사 중 약 70% 이상을 양국이 차지할 것으로 전망됨

주요국 VLEO 위성 발사 및 투자 전망(2024-2030)



Juniper Research 홈페이지

■ 상업용 VLEO 위성 플랫폼 현황³⁾

- 일부 지구관측 위성 사업자(예: Satellogic, Planet)는 해상도 향상을 위해 점진적으로 위성 궤도를 낮추는 전략을 추진
 - '24년 초 SpaceX는 스타링크 위성군 궤도를 340~360km로 낮추려 했으나 FCC에서 불허

3] Novaspaces, Satellite to be Built and Launched, (2024).

VLEO 위성 시장 동향과 정책 시사점

- 주로 정부 주도 프로젝트(중국 등) 또는 민간 위성 사업자(미국, 유럽 등)의 독자적 프로젝트로 국한됨
- 다수의 기업이 VLEO 전용 위성군 계획을 발표했으나, 현재까지 대부분 실증단계에 머무르고 있음

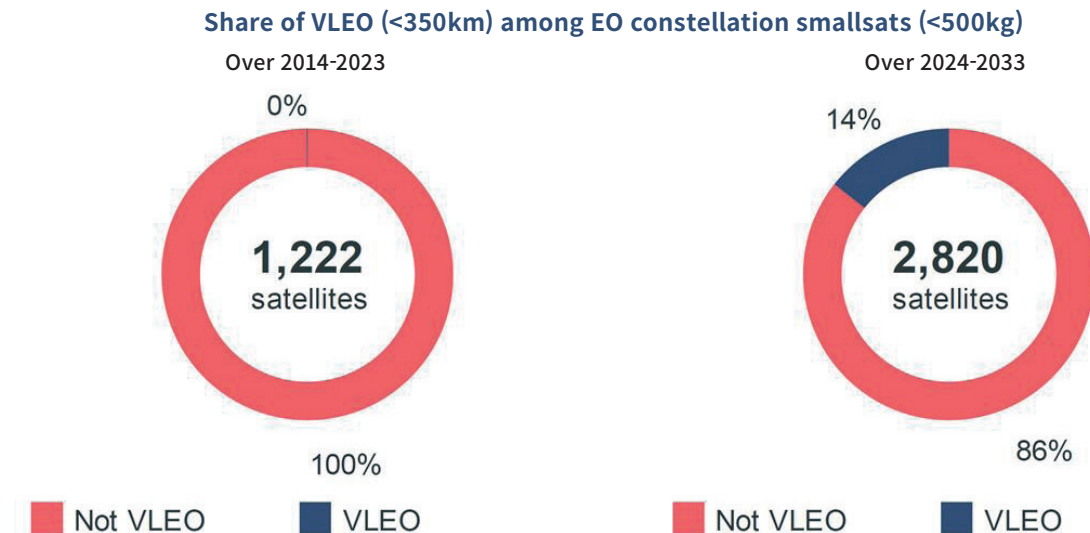
VLEO 전용 위성 플랫폼

ANNOUNCED VLEO CONSTELLATION DEDICATED PLATFORMS				
Platform name	Manufacturer	Announced in	Announced customers	Orbital altitude (km)
Phantom	RedWire	2024	ESA	<300
SabreSat	RedWire	2024	DARPA	>150
StingRay	EOI Space	2023	Proprietary constellation	~250
Pleiades Neo Next	Airbus	2024	Proprietary constellation	TBA
Pelican	Planet	2021	Proprietary constellation	~325
TBA	CASIC	2023	Proprietary constellation	TBA

Novespace, Satellite to be Built and Launched, (2024).

- 지구관측 소형위성 중 VLEO에서 운용되는 위성의 비중이 '24~'33년까지 약 14%까지 증가할 전망이다
- 이는 일부 국가 또는 기업들이 VLEO를 활용하여 초고해상도 시장에 진입하려하기 때문

VLEO 지구관측 소형위성 전망



Novespace, Satellite to be Built and Launched, (2024).

■ 글로벌 VLEO 위성 기업 현황

- **전문 VLEO 위성 개발 기업** 처음부터 VLEO 시장을 목표로 설립된 스타트업으로 기술적 혁신을 통해 시장을 선도
- Albedo, EOI Space: 각각 10cm, 15cm급 초고해상도 영상 시장을 목표로 미 국가정찰국(NRO)과 같은 핵심 정부기관과의 초기 연구개발 계약을 통해 기술력을 입증하고 이를 바탕으로 상업시장에 진출

- 기존 LEO 위성의 VLEO 전환** 기존 LEO 위성영상 및 통신시장 기업들이 VLEO라는 흐름에 대응하기 위해 사업 모델을 전환
 - Planet, BlackSky: 이미 다수의 저궤도 위성을 운용하며 축적한 데이터와 고객 기반, 군집 위성 운용 노하우를 보유하고 있음
 - 기존 위성(SkySat, Gen-2)의 운용 고도를 점진적으로 낮추거나, 차세대 위성(Pelican, Gen-3)을 VLEO 환경에 최적화하여 설계하는 방식으로 시장 변화에 유연하게 대응
- VLEO 플랫폼 및 인프라 제공** VLEO 위성 개발 및 운용에 필요한 핵심 기술이나 플랫폼을 제공하여 시장 전체에 성장을 촉진
 - Redwire: VLEO 전용 위성 표준 플랫폼 Phantom을 개발, 유럽시장을 목표로 벨기에에서 제작됨
 - 공기역학적 설계를 통해 추진제 요구량을 줄여 최대 5년의 임무 수명과 50kg의 탑재체 수용 능력을 목표로 함
 - ESA 기술 실증 미션인 Skimsat의 주계약자로 선정되어 Phantom 플랫폼을 공급하는 등 구체적인 사업성과를 통해 기술 신뢰도를 높이고 있음

■ 국내 VLEO 위성 기업 현황

- 기존 LEO 위성의 VLEO 전환** 일부 시장 보고서에서 세트렉아이의 SpaceEye-T 위성을 30cm급 VLEO 위성⁴⁾으로 분류하고 있으며, 한화시스템은 최근 'ADEX 2025'에서 15cm급 VLEO SAR 위성 계획을 발표
 - 한화시스템은 '23년 1m급 SAR 위성 발사 이후 0.5m 및 0.25m급 SAR 위성을 개발 중이며, 400km 이하 궤도에서 15cm급 해상도 달성을 목표로 개발 중

한화시스템의 VLEO UHR SAR 위성 목업

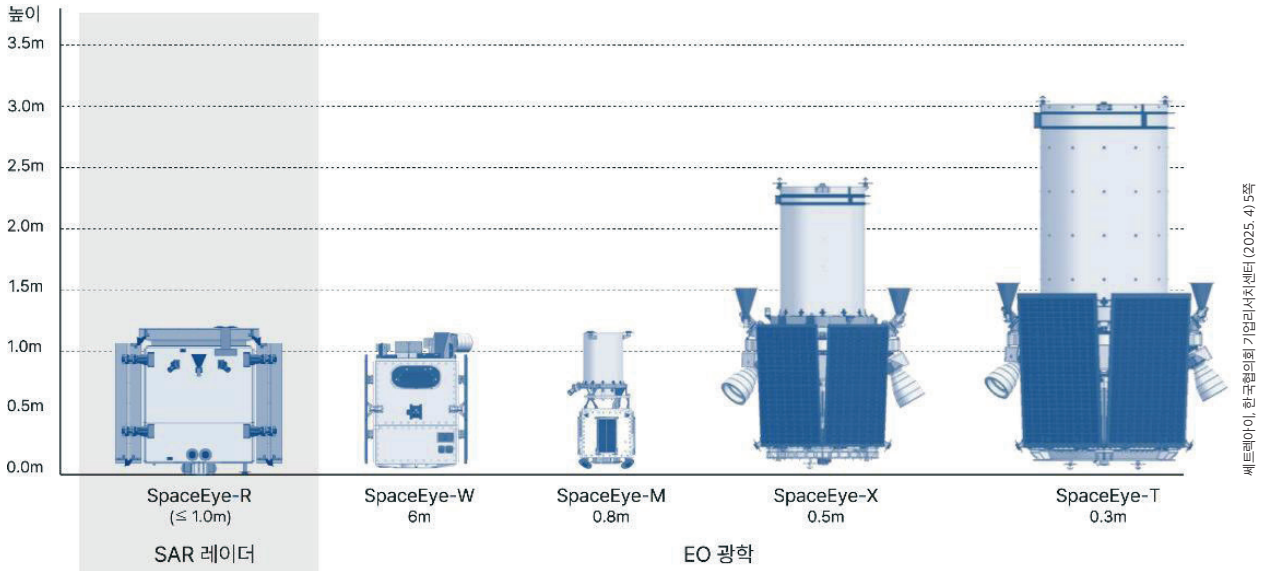


4] Novaspaces, Earth Observation Data & Services Market (2024).

VLEO 위성 시장 동향과 정책 시사점

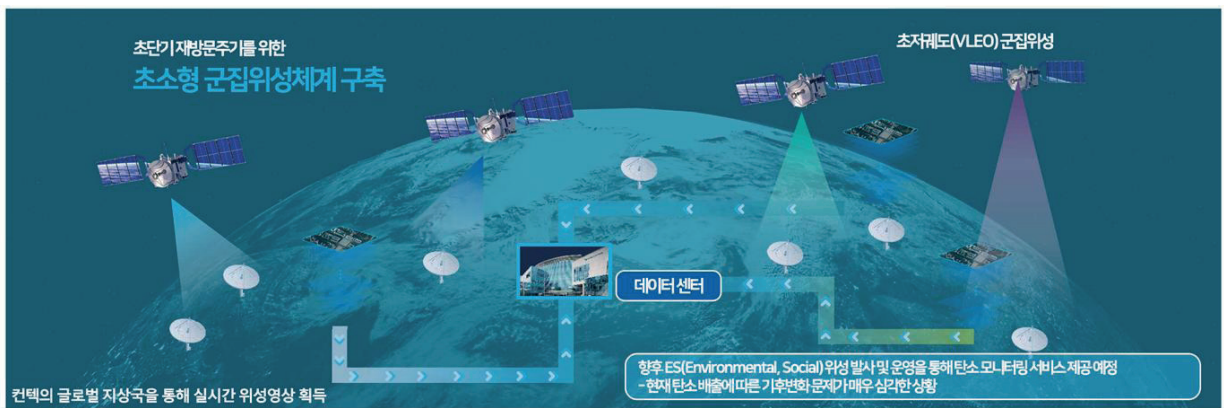
-세트렉아이는 최근 초저궤도(VLEO) 위성 운용에 필요한 우주복합환경 저항성 재료 및 시험 기법 개발 등 관련 연구에 관심 표명

세트렉아이의 위성 포트폴리오



- **VLEO 위성 전문 개발 기업** 컨텍과 그 자회사인 CSO는 해외 정부기관과의 협력을 통해 30기 VLEO 초소형 군집위성을 개발 중임
 - 200~300km 초저궤도에서 운영되는 30cm급 위성 탑재 카메라 (CSO-60)를 개발 중이며 '26년 비행 모델 발사 계획
 - 차세대 제품(CSO-110) 15cm급 위성 카메라는 '30년 발사를 목표로 개발 중임

CSO의 초저궤도 군집위성 계획



3. VLEO 위성 시장 분석

■ 글로벌 시장 규모 및 성장률 전망의 불확실성

- **시장 전망의 혼란** 초저궤도 위성 시장은 아직 초기 단계로 시장조사 기관별 예측치가 극명한 편차를 보이며 높은 불확실성 노출
 - 핵심 구현 기술의 상용화 여부 및 시점에 대한 가정이 기관별로 상이하기 때문으로 현재 기술의 물리적, 경제적 한계를 반영해야 함
- **조건부 미래 시장** 검증된 비즈니스 모델이 아닌 주요국 정부 프로그램에 의존하거나 기술적 돌파구에 대한 기대에 기반한 조건부 미래 시장임을 시사
 - 2030년 초반 시장 규모 역시 15억 달러에서 58억 달러까지 큰 격차를 보이고 있으며 상당 부분은 미국, 중국 등 대규모 프로젝트에 의존
- **투자 동향** 기술적 불확실성에도 불구하고 글로벌 투자는 증가할 것으로 전망
 - 상업용 위성 데이터의 초고해상도와 높은 재방문율이 새로운 표준이 되고 있으며, 이를 비교적 낮은 비용으로 달성할 수 있는 대안이 되고 있기 때문
 - 투자 초점은 VLEO 데이터 서비스와 같은 최종 어플리케이션이 아닌 추진체, 플랫폼, 신소재 등 핵심 구현 기술에 집중되고 있음

■ 주요 플레이어 동향 및 경쟁 구도

- **참여 주체** Thales Alenia Space, Airbus 등 전통적 우주기업과 Redwire, Albedo, LeoLabs 등 혁신 기술 스타트업이 혼재해 경쟁하는 구도 형성
- **기술개발** 기업들은 450km 이하 고도에서의 운용을 목표로 추진 시스템, 저항을 줄이는 신소재 고성능 탑재체 개발에 집중
 - Redwire가 미국 기반의 SabreSat과 유럽 기반의 Phantom 등 VLEO 전용 위성 플랫폼을 개발 중이며, 유럽우주국(ESA)의 기술검증 임무인 Skimsat의 주계약자로 선정되는 등 시장을 선도
- **국가 차원의 참여** 중국의 CASIC 미국의 국방고등연구계획국(DARPA) 등 국가 차원의 참여가 활발하며 이는 VLEO 기술의 상업적 목적과 군사적 목적을 동시에 가지는 이중용도(dual-use) 기술임을 보여줌

■ 주요 제약 요인(공급 및 환경 측면)

- **물리적 한계** 높은 대기저항과 원자산소로 인한 부식 문제
- **규제 장벽** 주파수 할당, 궤도 슬롯 조정 등 복잡한 국제 규제와 우주교통관리(STM) 체계 수립의 시급성
 - * '24년 초 SpaceX 스타링크 위성군 궤도를 340~360km로 낮추려했으나 FCC에서 불허
- **경제성 문제** 높은 초기 투자비용과 대규모 군집위성 운용을 위한 검증된 비즈니스 모델의 부재
 - 초고해상도와 재방문율을 동시에 충족할 수 있는 낮은 CAPEX의 대안으로 추진되고 있으나, 기술 장벽 등으로 인해 오히려 더 높은 CAPEX가 발생할 수 있음

■ 주요 기술적 난제

- **대기저항 및 궤도 감쇄** 고도가 낮아질수록 대기저항이 지수함수적으로 증가하여, 궤도 유지를 위해 지속적 추력 생성이 필수적임
 - 국제우주정거장(ISS)의 경우 고도를 350km에서 400km로 올리는 것만으로 연간 연료 소모량을 8,600kg에서 3,600kg으로 줄일 수 있었음
 - '22년 경미한 G1 등급의 지자기 폭풍으로 대기 밀도가 약 50% 증가하자 갓 발사된 38기 스타링크 위성이 안전모드에서 추진모드로 전환되지 못해 궤도 상승에 실패하고 재진입한 사례가 있어 VLEO 운용의 위험성을 보여줌
- **원자산소 부식** 대기의 최대 96%를 차지하는 원자산소가 강한 반응성으로 대부분의 위성 표면 소재 태양전지, 광학 센서 등을 빠르게 부식시키고 성능을 저하
 - Toray, Airbus 등에서 개발 중인 고가의 특수 내산소성 코팅 및 신소재 개발과 우주 환경 검증이 필수적이며 이는 위성 개발 비용과 복잡성을 가중시킴
- **전력, 열, 통신의 상충관계** 강력한 전기추진 시스템을 구동하기 위해서는 대형 태양전지판이 필요하지만 이는 대기저항을 증가시켜 더 많은 추력을 요구
 - 짧은 공전주기와 좁은 지상 적용범위로 인해 지상국과의 교신 가능 시간이 짧아 대용량 데이터 다운링크를 위해서는 전 세계에 분산된 방대한 수의 지상국 네트워크가 필요하며 이는 막대한 인프라 투자비용을 야기

■ 핵심 구현 기술의 성숙도 평가

- **추진 시스템** 현존기술로는 홀 추력기 등 고효율 전기추진 시스템이 고려되나 많은 양의 추진제를 탑재해야 하므로 위성의 수명이나 탑재체 중량을 제한
 - 차세대 기술로 대기분자를 추진제로 활용하는 대기흡입전기추진(ABEP)은 VLEO 구현을 위한 핵심기술로 평가되지만 아직 우주에서 검증된 바 없는 낮은 TRL 단계의 기술로 상용화까지 10년 이상 소요 전망
- **탑재체** 소형 SAR 탑재체의 경우 높은 전력 소모, 발열 문제, 안테나 크기 확보 등의 기술적 난제가 있으며, ICEYE, Capella Space, 지구관측 위성의 경우 Albedo, EOI Space 등이 시장을 주도
 - 지상국 통신 병목 현상을 해결하기 위해 위성 내에서 데이터를 자체 처리하는 기술이 필수적이며 우주 등급의 내방사선 AI 프로세서가 필요하나 상용 칩에 비해 수세대 뒤떨어진 성능을 보임
- **COTS 부품** 상용 기성품을 활용하는 것이 위성 제작 비용을 획기적으로 절감할 수 있어 VLEO 비즈니스 모델에 핵심적인 역할을 함
 - COTS 부품은 우주 방사선에 취약하여 높은 신뢰도 확보를 위해서는 고비용의 추가 검증, 차폐 설계, 시스템 이중화가 필요하며 이는 COTS 부품 사용으로 얻는 비용절감 효과를 상쇄시킴

■ 초고해상도 지구관측(EO) 시장 분석

- **10cm 해상도 시대** VLEO는 기존에 수십억 달러 규모의 군사위성만이 가능했던 10cm 광학 영상 해상도를 상업적으로 구현할 가장 현실적인 경로임
 - 미국의 Albedo Space는 10cm 해상도 영상 판매에 대한 라이선스를 획득했으며, 2025년 첫 위성 발사를 계획하고 있음

- 수요 및 활용 분야** 국방·정보, 정밀 농업, 도시 계획, 보험 등 다양한 분야에서 고해상도 영상 수요가 증가하고 있음
 - 10cm 해상도는 기존의 차량 수량 파악을 넘어 ‘차종 식별’까지 가능하게 하며, 전력선 등 인프라 정밀 감시, 자율주행차용 3D 지도 제작 등 새로운 분석시장을 창출할 잠재력을 가짐
- 항공/드론 영상과의 경쟁** VLEO는 전 지구적 커버리지, 접근 불가 지역 촬영 가능, 주기적 재방문 등의 강점을 가짐
 - 좁은 촬영 폭(Swath)으로 인한 낮은 확장성(10cm 위성 40기가 30-50cm 위성 4기의 촬영 면적과 유사), 구름 등 기상 조건의 제약, 광범위한 선형 인프라(송유관, 전력망) 감시에는 비효율적인 한계
 - 항공/드론의 경우 온디맨드 촬영이 가능하고, 7.5-15cm급의 더 높은 해상도가 가능, 기상 제약이 적어 다수의 상업 분야에서는 여전히 합리적인 대안
- 지정학적 함의** 10cm급 상업 영상의 등장은 정보 패러다임의 전환을 의미
 - 강대국의 정보 독점을 약화시키고, 소규모 국가나 비국가 행위자 등 다양한 주체에게 전례 없는 정보 접근성을 제공하여 전통적 주권 개념에 도전
 - 우크라이나 전쟁에서 증명되었듯 분쟁 감시의 투명성을 높이고 군축 협정 검증에 기여할 수 있지만, 적대 세력의 정찰 및 표적 식별 수단으로 악용될 위험 내포

■ 초저지연 통신 시장의 가능성

- 6G 비전** VLEO 군집위성은 6G 비지상 네트워크(NTN: Non Terrestrial Network)의 핵심 구성요소로, 광범위한 커버리지와 초저지연 통신을 제공할 것으로 기대
 - 이론적으로 LEO보다 낮은 지연 시간을 구현하여 초고신뢰·초저지연통신 서비스(원격 수술, 클라우드 게이밍 등)를 가능하게 할 잠재력이 있음
- 현실적인 비즈니스 모델의 부재** LEO 대비 VLEO가 제공하는 근소한 지연 시간 단축이 필수적인 상업적 활용 사례나 검증된 비즈니스 모델이 부재함
 - 해상·항공 통신, 원격 IoT, 재난 대응 등 현재 논의되는 대부분의 6G NTN 시나리오는 LEO나 고고도 무인기(HAPS)로도 충분히 서비스 가능
 - 위성 NTN의 핵심 시장은 여전히 정보 소외 지역의 디지털 격차 해소 및 백홀 제공에 있으며, 이 시장은 이미 스타링크, 원웹 등 LEO 사업자들이 선점하고 있음(VLEO만의 차별화된 경쟁 우위가 불분명함)

■ 국방 및 정보 분야 활용

- 전략적 이점** 지상에 더 근접하여 고품질의 신호정보(SIGINT) 및 영상정보(IMINT) 수집이 가능
 - 대기저항을 이용한 신속한 궤도 변경이 용이하고, 다른 LEO 자산보다 낮은 고도에서 운용되어 생존성 측면에서 일정한 이점을 가짐
- 정부 주도의 초기 시장 형성** 미군 및 정보기관은 VLEO 기술의 가장 중요한 초기 고객임
 - Albedo Space의 계약, DARPA의 ABEP 기술 개발 프로그램(Otter) 지원 등 정부의 선제적 투자가 VLEO 기술의 위험을 낮추고 상업 시장으로의 확산을 견인하는 역할 수행

■ 한국의 VLEO 역량 진단

- **정부 정책** 2032년 달 착륙, 2045년 화성 탐사, 차세대 발사체 개발 등 거시적 목표에 집중, VLEO가 명시적 우선과제는 아니나 최첨단 EO 및 통신 역량 확보를 위한 하위기술로 간주
- **국내 기술 수준** 미국, 유럽, 중국 등 우주강국들과 기술 격차가 존재, ABEP는 물론 고성능 홀 추력기 등 첨단 전기추진 기술 기반이 취약하여 구조적 약점으로 작용될 수 있음
 - 발사체 또한 고위도에 위치한 지리적 한계로 인해 발사 효율이 낮아, 고성능 발사체 및 위성 추진기술에 대한 의존도가 높음
- **국내 산업 역량** 세트렉아이는 세계적 수준의 중소형 EO 위성 제작 기술을 보유하고 있으며 한화시스템, LIG 넥스원은 SAR 탑재체 개발을 주도, 소형화 기술을 축적함
 - 컨텍의 전세계 지상국 네트워크는 VLEO 시장에서 강점이 될 수 있으며, 자회사 CSO를 통해 이미 VLEO 초고해상도 군집위성 개발을 진행 중
 - 텔레픽스가 NVIDIA 칩 기반 온보드 AI 프로세서를 우주에서 검증한 사례는 상용기술의 우주 적용 가능성을 보여줌

■ 전략적 위협 및 기회요인

- **기술 종속성 및 수출통제** 핵심기술을 확보하지 못한 채 시장에 진입할 경우 첨단 추진 시스템, 내방사선 반도체 등 핵심 부품의 해외 의존도가 심화될 수 있음
 - 이러한 핵심 부품들은 미국의 국제무기거래규정(ITAR) 및 수출관리 규정 (EAR) 등에 따른 엄격한 수출통제 대상이며, 고성능 전기추진 시스템의 경우 ITAR에 따라 통제됨
- **산업 강점의 활용** 국내 중소형위성 개발 기업과 지상국 네트워크 기업 등이 이미 VLEO 초고해상도 위성 시장에 진입하였으며, 반도체, AI 등 인접 산업 강점이 독자적 우주용 AI 프로세서 개발 등에 활용될 수 있음

■ 과제 및 제언

- **구현기술 선점** 대규모 독자 고위험 군집위성 구축 계획을 발표하기보다 VLEO 생태계에 필수적인 핵심 부품 및 서브시스템 분야에 R&D 역량을 집중할 필요
 - 내원자산소 신소재 및 코팅, 내방사선 AI 프로세서, 초소형 SAR 탑재체 등의 기술을 국가 전략 기술로 지정하여 집중 육성 필요
- **산업 역량 활용** VLEO 시장은 저비용으로 최대한 성능을 끌어내는 것이 핵심인 분야로 국내 산업 역량을 활용하여 비용 절감을 모색하는 것이 필수적임
 - 이미 한화시스템, 세트렉아이, 컨텍, CSO 등이 VLEO 시장에 진출한 상황으로 전략적 투자, 공동 개발 등을 추진하여 개발 기간 단축 및 기술 내재화가 필요
- **VLEO 생태계 조성** 미국 DARPA 챌린지 모델 등을 참고하여 고위험 ABEP 기술 개발을 추진, 초고해상도 영상의 수출 및 국내 활용이 가능하도록 관련 법제를 정비
 - 국내 민간 VLEO 위성이 발사되었을 때, 이를 제대로 활용할 수 있도록 정부 및 공공기관과의 유기적인 협력 채널을 확보하고 민간의 초고해상도 영상 판매 등과 관련된 법제를 사전적으로 정비하여 산업 기반을 확보해야 함
 - VLEO 궤도의 운용 위험성과 위성 수 증가를 고려할 때, STM 표준 수립 및 데이터 공유 체계 구축 등 논의를 주도하여 책임 있는 우주활동 국가로서의 위상을 제고하고, 향후 국내 민간위성이 활동할 규제 환경을 유리하게 조성해야 함

출처

1. Albedo Space. (n.d.). Technical specifications. <https://albedo.com/>
2. CSO Co., Ltd. (2025, September 14). Redefining Earth observation with cutting-edge camera systems for small satellites. SpaceNews. <https://spacenews.com/cso-co-ltd-redefining-earth-observation-with-cutting-edge-camera-systems-for-small-satellites/>
3. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). (n.d.). Otter. <https://www.darpa.mil/research/programs/otter>
4. Duffy, R. (2021, December 15). Albedo granted NOAA license to sell 10 cm satellite imagery. Payload. <https://payloadspace.com/albedo-granted-license-10cm-imagery/>
5. European Space Agency (ESA). (2018, March 5). World-first firing of air-breathing electric thruster. https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/World-first_firing_of_air-breathing_electric_thruster
6. European Space Agency (ESA). (2021, March 19). VLEO for telecommunications. ESA Connectivity. <https://connectivity.esa.int/projects/vleo-telecommunications>
7. Fang, T.-W., et al. (2022). Space weather environment during the SpaceX Starlink satellite loss in February 2022. Space Weather, 20(11), e2022SW003193. <https://doi.org/10.1029/2022SW003193>
8. Huawei Technologies Co., Ltd. (n.d.). Very low Earth orbit satellite networks and 6G connectivity. <https://www.huawei.com/en/huaweitech/future-technologies/very-low-earth-orbit-satellite-networks-6g>
9. Juniper Research. (2024). Global VLEO satellites market 2024–2030.
10. Novaspace. (2024a). Earth observation data & services market. <https://nova.space/hub/product/earth-observation-data-services-market/>
11. Novaspace. (2024b). Satellites to be built & launched 2024. https://nova.space/hub/wp-content/uploads/2024/09/Sats_Built_Launched_2024-Extract-1.pdf
12. Redwire Space. (n.d.-a). Phantom: European VLEO platform. <https://redwirespace.com/capabilities/phantom/>
13. Redwire Space. (n.d.-b). SabreSat. <https://redwirespace.com/capabilities/sabresat/>
14. Research and Markets. (2025, August 1). Very low Earth orbit (VLEO) satellite global market forecasts 2025–2034. Business Wire. <https://www.businesswire.com/news/home/20250801265288/en/Very-Low-Earth-Orbit-VLEO-Satellite-Global-Market-Forecasts-2025-2034>
15. U.S. Government Publishing Office. (n.d.). Code of Federal Regulations, Title 22, § 121.1 - The United States Munitions List. <https://www.ecfr.gov/current/title-22/chapter-I/subchapter-M/part-121/section-121.1>
16. 컨택. (2023. 11). IR-BOOK.
17. 씨트렉아이 & 한국협의회 기업리서치센터. (2025. 4.). 씨트렉아이 기업 분석 보고서.

