

기술논문

# 큐브위성 개발 동향 및 육군 활용 방안 제언

유승준<sup>1,2†</sup>, 송호섭<sup>2</sup>, 권오창<sup>1,3</sup>, 금기환<sup>2</sup>, 최호성<sup>1</sup>, 이재진<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 대한민국 육군

<sup>2</sup> 한국천문연구원

<sup>3</sup> 과학기술연합대학원대학교-한국천문연구원캠퍼스



Received: September 30, 2025

Revised: November 11, 2025

Accepted: November 12, 2025

† Corresponding author :

SeungJun Yoo

E-mail : ysj901@naver.com

Tel : +82-42-865-3291

Copyright © 2025 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

SeungJun Yoo

<https://orcid.org/0009-0005-5387-8321>

Hosub Song

<https://orcid.org/0000-0001-5371-7003>

Oh-Chang Kwon

<https://orcid.org/0009-0001-6290-8431>

Ki-Hwan Keum

<https://orcid.org/0009-0005-7004-0758>

Ho-sung Choi

<https://orcid.org/0009-0000-2615-2764>

Jaejin Lee

<https://orcid.org/0000-0002-3367-3346>

## A Survey on CubeSat Technology Trends and Military Applications for the Republic of Korea (ROK) Army

SeungJun Yoo<sup>1,2†</sup>, Hosub Song<sup>2</sup>, Oh-Chang Kwon<sup>1,3</sup>, Ki-Hwan Keum<sup>2</sup>,  
Ho-sung Choi<sup>1</sup>, Jaejin Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Republic of Korea Army, Gyeryong 32831, Korea

<sup>2</sup> Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 34055, Korea

<sup>3</sup> University of Science and Technology-Korea Astronomy and Space Science Institute,  
Daejeon 34055, Korea

## 요약

현대전에서 우주 영역의 군사적 중요성이 증대되는 가운데, 대한민국 육군은 우주력 확보에 있어 도전에 직면해 있다. 본 논문은 '육군우주작전 7대 능력' 중 위성통신과 위성정찰을 기준으로, 큐브위성이 비용 효율적이고 회복탄력성 높은 대안임을 분석한다. 특히 큐브위성 군집이 어떻게 전술급 정보·감시·정찰(intelligence, surveillance, and reconnaissance, ISR) 및 통신 중계를 위한 계층적·신속배치 능력을 제공하여, 육군의 작전 자율성과 정보 우위를 향상시킬 수 있는지 논증한다. 이를 바탕으로, 육군이 큐브위성을 핵심 자산으로 인식하고 체계적 도입 전략을 시급히 추진해야 함을 제언한다.

## Abstract

As the space domain becomes an increasingly critical theater in modern warfare, the Republic of Korea (ROK) Army is confronting significant challenges in establishing its foundational space capabilities. Satellite reconnaissance and communication capabilities are two key pillars of the ROK Army's '7 Major Space Operation Capabilities' framework. This framework posits that CubeSats offer a uniquely cost-effective, resilient, and responsive solution to bolster these specific capabilities. The analysis demonstrates how constellations of CubeSats can provide layered, rapidly deployable capabilities for tactical-level intelligence, surveillance, and reconnaissance (ISR) and secure communication relays. These capabilities significantly enhance the ROK Army's operational autonomy and information superiority. Based on this focused analysis, the paper concludes that the ROK Army must recognize CubeSats as pivotal assets and urgently pursue a systematic adoption strategy that integrates policy, technology, and human capital.

**핵심어** : 큐브위성, 육군우주력, 우주작전, 위성통신, 위성정찰

**Keywords** : CubeSat, army space power, space operations, satellite communication, satellite reconnaissance

## 1. 서론

북한의 군사 위협이 계속되고 미 중 패권 경쟁이 심화되는 가운데 현대전에서 우주 영역의 중요성은 그 어느 때보다 두드러지고 있다. 우주 영역의 핵심 자산인 위성은 전장의 모든 요소에 필수적인 핵심 인프라로 자리매김했으며, 우주 역량은 국가 안보 및 국방력의 결정적인 척도가 되었다[1,2]. 러시아-우크라이나 전쟁을 보면 위성을 통한 지휘통제와 감시정찰 능력이 전쟁의 결정적인 역할을 담당하는 등 우주의 군사적 활용이 더욱 증대되고 있다[3]. 이에 세계 각국은 우주력을 국가 안보의 핵심 요소로 인식하고 우주 군비경쟁에 더욱 박차를 가하는 것이 현실이다[1,4-6]. 미군은 우주사령부와 우주군을 창설하고 있으며, 중국은 전략지원군을 통해 우주 작전을 지원하고, 일본 역시 우주작전대를 창설하는 등 주요 국가들은 '우주'라는 절대고지 점령을 위해 군사 우주력을 강화하고 있다[1,4-6].

이러한 배경 속에서 경제성과 회복탄력성에 장점을 가지는 큐브위성(CubeSat) 기술이 국방 분야의 새로운 대안으로 급부상하고 있다. 큐브위성은 1999년 캘리포니아 폴리 테크닉 주립대학의 조르디 푸이그 수아리(Jordi Puig-Suari) 교수와 스탠퍼드 대학의 우주 시스템 개발 연구소(Space Systems Development Laboratory, SSDL)를 이끌었던 밥 트윅스(Bob Twiggs) 교수의 공동 연구의 산물로 교육 목적으로 제작된 초소형 위성이다[7,8]. 큐브위성의 규격은 1U(unit)당 크기를  $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$  및 무게는 2 kg 이하로 정하고 있다. 1U 외에도 2U, 3U, 6U에서 12U를 넘는 등 다양한 크기를 가지고 있다[7,8].

큐브위성은 표준화된 소형 플랫폼에 상용부품(commercial off-the-shelf, COTS)과 경량화된 임무 탑재체를 탑재하여 저비용으로 신속하게 개발 및 발사가 가능하다는 장점이 있다[7]. 이는 대규모 위성군(constellation) 구축을 통해 개별 자산의 파괴가 전체 시스템의 마비로 이어지지 않는 분산되고 복원력 높은(distributed and resilient) 우주 아키텍처를 구현할 수 있게 한다. 이러한 접근법은 기존 고가치 대형 위성이 단일 장애점(single point of failure, SPOF)으로 작용하는 취약점을 극복하고 다양한 전술적/전략적 임무를 수행할 수 있는 잠재력을 제공한다[1,9]. 전 세계 주요 국방 선진국들은 이미 큐브위성의 군사적 가치에 주목하여 정찰, 통신, 전자전, 우주 상황 인식 등 다방면으로 그 활용 가능성을 모색하고 있으며, 일부는 실질적인 군사 작전에 큐브위성을 통합하려는 노력을 가속화하고 있다[5,6]. 한국군 또한 '425 위성 사업'을 통해 정찰 위성을 확보하고[2,10], '초소형 위성체계 개발사업'을 추진하는 등 저궤도 위성 활용에 대한 노력을 기울이고 있다[2,11].

본 연구는 민간과 군의 큐브위성 개발 동향을 살펴보고 군사적 활용 방안을 모색하는 것을 목적으로 한다. 특히 우주전력의 최대 사용자이자 수요처인 대한민국 육군의 관점에서, 육군 우주작전 7대 능력 중에서 두 가지인 위성통신, 위성정찰 중심으로 큐브위성의 적용 가능성을 심층적으로 분석한다. 본 연구는 대한민국 육군의 미래 우주 역량 강화를 위한 실질적인 지침을 제공하고, 큐브위성 기술의 국방 분야 적용을 위해 학술적이고 정책적인 논의의 기반을 마련하는 데 도움이 될 것으로 기대된다.

## 2. 개발 동향

### 2.1 민간 동향

큐브위성이 교육용 또는 기술 시험용으로 주로 대학에서 제작되던 과거와는 달리, 민간 기업이 우주개발을 주도하는 뉴 스페이스 시대가 오면서 우주시장이 급격한 성장을 보인다[12]. Fig. 1에서 보인 것과 같이, 2010년대 초반까지 한 해에 수십 기 발사에 머물렀던 큐브위성은 2013년을 기점으로 그 수가 폭발적으로 증가하기 시작했다. 이는 우주산업 시장이 확대되고 발사 비용이 저렴해지면서 큐브위성 산업이 본격적인 성장기에 진입했음을 시각적으로 보여 준다.

해외 사례로는 미국의 'Planet Labs'는 150기가 넘는 3U 큐브위성 'Dove' 군집을 운용하여, 전 지구를 매일 촬영하는 수준의 경이적인 재방문 주기를 달성했다[14]. 이는 단일 고성능 위성으로는 불가능한 방식으로, 군집을 통해 시시각각 변화하는 지상의 상황을 거의 실시간으로 파악하는 새로운 패러다임을 제시했다. 특히, Fig. 2에서 보듯이, 'Dove' 큐브위성이 북한 호도반도의 미사일 발사 장면을 포착한 것으로, 이는 큐브위성의 군사적·전략적 가치를 보여준 사례가 되었다.

'Spire Global'은 다양한 크기의 큐브위성 'Lemur' 위성 플랫폼을 개발하여 150여 기 이상 발사하였다. 광학 카메라 대신 AIS/ADS-B(automatic identification system/automatic dependent surveillance-broadcast) 수신기와 GNSS-RO 탑재체를 활용하고 글로벌 선박 및 항공 교통 추적, 기상 데이터를 수집하여 판매하는 데이터 비즈니스에 활용하고 있다[16].

국내 사례로는 '한국천문연구원'이 개발한 6U 큐브위성 'SNIPE(Small Scale magnetospheric and Ionospheric Plasma Experiment, 도요셋)'이 있다. SNIPE는 세계 최초의 초소형 큐브위성 4기 편대비행을 통해 우주날씨를 관측하는 도전적인 과학 임무를 수행하였다 [17,18]. '나라스페이스'의 16U 큐브위성 'Observer-1A'는 1.5 m급의 비교적 고해상도 영상을 제공하는 상업적 지구관측 서비스를 목표로 하고 있으며[19], 텔레픽스(TelePIX)의 6U 큐브위성 'BlueBon'은 AI(artificial intelligence) 온보드 프로세서를 탑재하여 촬영한 영상데이터를 위성에서 직접 처리함으로써 지상 전송 지연 시간을 개선하는 등 새로운 기술을 접목하고 있다[20].

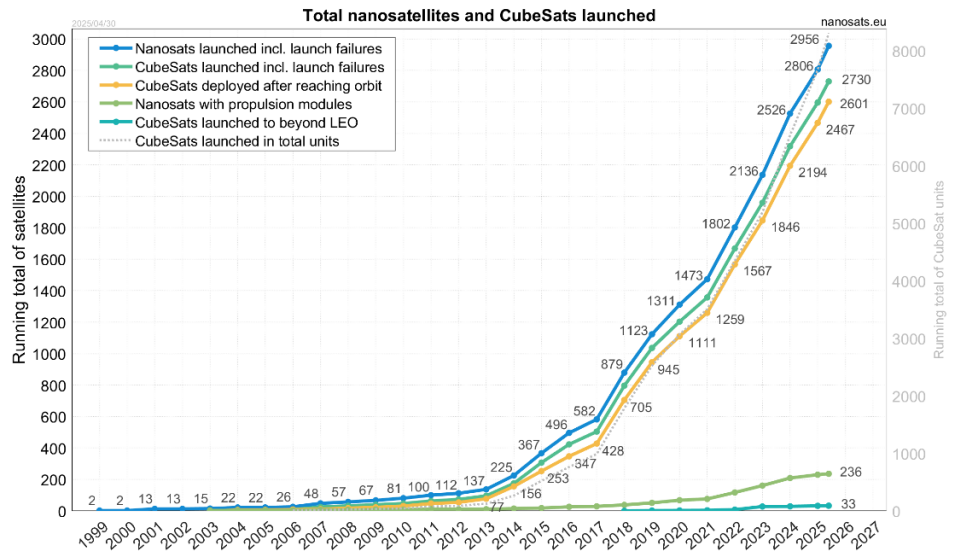


Fig. 1. Total nano-satellites and CubeSats launched [13].



Fig. 2. North Korean missile launch trajectory captured by Planet Labs' Dove satellite [15].

## 2.2 군 동향

큐브위성의 군사적 활용은 미군이 독보적이다. 미군의 큐브위성 활용 역사는 20년 이상을 거슬러 올라가는 장기적이고 체계적인 과정을 보여준다. 이는 단순히 저비용 위성을 운용하는 차원을 넘어, 큐브위성의 장점을 활용하여 미래 우주 아키텍처를 근본적으로 바꾸기 위한 전략적 로드맵에 따라 움직이고 있음을 시사한다[21].

미 육군 우주 및 미사일 방어사령부(United States Army Space and Missile Defense Command, SMDC)의 3U 큐브위성 'Gunsmoke-J 2'는 과거 미 특수작전사령부에서 성공적으로 운용한 'Prometheus Block 2' 위성을 기반으로 통신 모듈을 추가하여 지상 전술 제대에 직접 통신 및 데이터를 제공하기 위한 기술을 시험하였다[22].

우주개발국(Space Development Agency, SDA)의 LINC는 2기의 12U 큐브위성을 이용해 1,550 nm 파장의 광통신 터미널(optical communications terminal, OCT) 성능을 시험하였으며[23], 해군 정보전 센터(Naval Information Warfare Center, NIWC)의 LaCE(laser communications experiment)는 Fig. 3과 같이 2기의 6U 큐브위성으로 레이저 통신을 시험했다[24].

미 공군 연구소(Air Force Research Laboratory, AFRL)의 6U 큐브위성 Recurve는 여러 위성 노드(node)가 서로 직접 연결되어 정보를 중계하는 메시 네트워크의 동작을 시험하였다[26]. 미 우주군 시스템사령부(Space Systems Command, SSC)는 '전자광학/적외선 기상 시스템(EWS)' 기술 시연 프로그램의 일환으로 12U 큐브위성 'RROCI-2'로 구름 특성을 파악하는 등 기상 관측 능력을 확보하려 한다[27]. 또한, 미 공군 연구소(AFRL)의 12U 큐브위성 'ASCENT'는 큐브위성이 주로 운용되던 저궤도가 아닌, 훨씬 더 혹독한 환경의 지구정지궤도에서 운용된 첫 큐브위성이다[28]. 이 임무는 현재 성공적으로 종료되었으며 상용 기성 부품(COTS)의 생존 가능성은 예상을 뛰어넘는 수준으로 확인되었다.

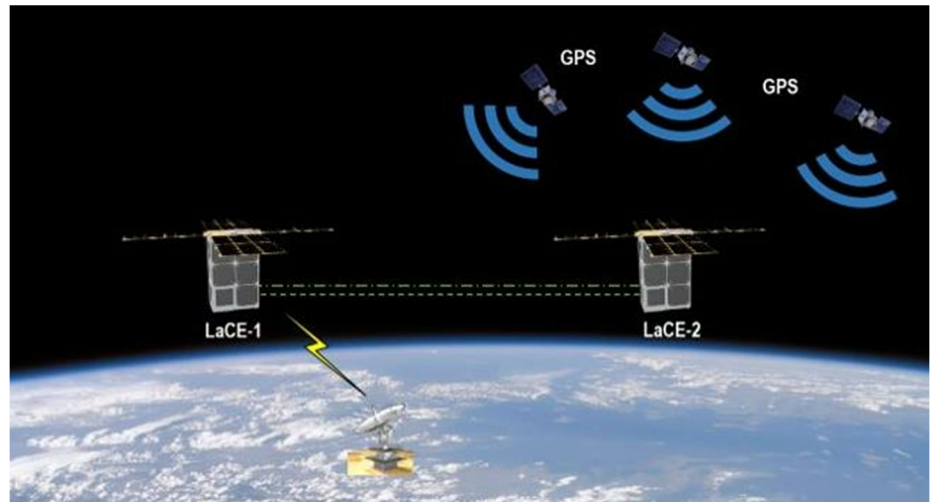


Fig. 3. The operational concept of the U.S. Navy's LaCE mission [25]. LaCE, laser communications experiment.

### 3. 큐브위성 육군 활용 방안

앞서 큐브위성의 개념과 기술적 발전, 그리고 국내외의 성공적인 운용 사례를 살펴보았다. 이를 통해 큐브위성이 지닌 경제성, 강건성, 유용성의 잠재력을 확인하고, 특히 미국을 중심으로 이러한 잠재력을 어떻게 실제 군사 임무에 적용하고 있는지 알아보았다. Table 1은 육군 우주작전 7대 능력[29]을 기준으로, 각 분야별 큐브위성의 구체적인 활용 방안과 전략적 기대 효과를 종합적으로 정리하였다. 이는 큐브위성이 육군의 전력 증강에 어떻게 기여할 수 있는지를 한눈에 보여준다. 본 절에서는 육군 우주력 운용의 핵심 틀인 육군우주작전 7대 능력 중, 위성통신과 위성정찰을 중심으로, 큐브위성이 각 기능별 능력을 어떻게 획기적으로 향상시킬 수 있는지 그 구체적인 활용 방안을 논하고자 한다.

#### 3.1 위성통신 분야

위성통신(satellite communication)이란, 우주 공간의 통신위성을 매개로 지상의 여러 지점 간 무선통신을 수행하는 능력이다. 지상 중심의 전술정보통신체계는 산악 및 도심 지형에서의 가시권 확보 제한에 따른 송수신 저하, 적 위협에 대한 생존성 문제 등 명확한 한계를 지닌다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 큐브위성은 기존의 대형 통신위성(Army Navy and Air-force Satellite Information System - II, ANASIS-II 등)이 제공하는 고속·광대역 백본 네트워크를 보완하는 강건하고 신뢰성 있는 통신 능력을 제공하는 데 핵심적인 역할을 수행할 수 있다.

##### 3.1.1 지상전투부대를 위한 데이터 중계 임무 및 전술적 엷지 네트워크 확장

Army TIGER 4.0, 웨리어플랫폼과 같은 미래 전투체계는 최전선의 개별 전투원, 드론, 센서 등 모든 요소를 연결하는 것을 목표로 한다[30]. 이들 말단 전투 요소들에게는 고품질 영상 같은 대용량 데이터 전송보다 저용량 데이터의 신뢰성 있는 연결성 보장이 더 중요하다. 즉,

**Table 1.** CubeSat utilization for the 7 ROK army space operation capabilities

Capabilities of army space ops	Key roles	Expected effects
Satellite communication	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tactical data relay</li> <li>• Building a mesh network</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolving communication shadow areas</li> <li>• Maximizing network robustness</li> </ul>
Satellite reconnaissance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High-revisit imagery intelligence</li> <li>• Precise tracking of signals intelligence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizing surveillance and reconnaissance gaps</li> <li>• Accelerate the operational tempo</li> </ul>
Satellite navigation (positioning, navigation, timing, PNT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Providing alternative navigation (A-PNT)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Securing the ability to respond to enemy GPS jamming/spoofing attacks</li> </ul>
Satellite operations	(For CubeSat operation) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation of small distributed ground stations</li> <li>• AI-based autonomous operation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensuring ground station survivability and minimizing data reception delays</li> <li>• Efficient control of large satellite constellations with minimal manpower</li> </ul>
Space forces lift	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asset replenishment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapid replacement and restoration of lost space assets</li> <li>• Maintaining high system resilience</li> </ul>
Space control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutralize enemy assets</li> <li>• Protect friendly assets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Securing the ability to threaten enemy assets</li> <li>• Ensuring the survivability of friendly assets</li> </ul>
Space domain awareness	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Space environment observation</li> <li>• Space object monitoring and tracking</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Early detection and warning of threatening space environments and proximity maneuvers</li> </ul>

Adapted from [29].

ROK, Republic of Korea; AI, artificial intelligence; GPS, global positioning system.

위치나 생체신호, 문자 명령 등 수백 B에서 수 kB 수준의 데이터를 강한 신호와 낮은 지연시간으로 끊김 없이 주고받는 것이 핵심이며, 나아가 어떠한 위협 속에서도 중계 위성이 생존하여 통신을 지속하는 능력이 필수적이다.

이러한 군사적 요구사항에 대해, 저궤도 큐브위성 군집은 이러한 협대역 사물인터넷 (narrowband internet-of-things, NB-IoT) 형태의 통신을 광범위한 지역에 제공하는 데 최적화된 플랫폼이다[31]. 미국 특수작전사령부는 2013년 현장 요원의 휴대용 단말기로 오디오, 비디오 및 데이터 파일을 전송하는 초수평선 통신 지원용 1.5U 큐브위성 프로메테우스 (prometheus)를 성공적으로 운용하여 군사적 활용성을 입증한 바 있으며[32], 상업 시장에서는 Astrocast, Kepler communications 등 수많은 기업이 빠르게 성장하는 IoT 및

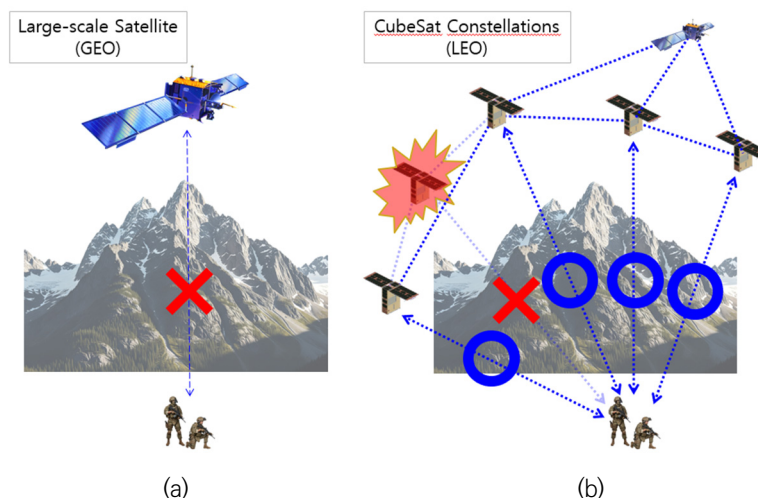
M2M(machine-to-machine) 시장을 선점하기 위해 큐브위성 군집을 구축하고 있어 해당 기술의 경제성과 실용성이 이미 검증되었음을 보여준다. 기술적으로도 저궤도 큐브위성 군집은 지상의 단말기와 위성 간 직접 통신(direct-to-satellite)에 필수적인 짧은 지연시간(low latency)과 높은 링크 가용성(link availability)을 제공하는 데 가장 효과적인 해결책으로 평가 받는다[33,34]. 특히, Fig. 4에서 묘사된 것처럼 단일 대형위성으로는 연결이 어려운 산악이나 도심지의 분리된 전투원들 간 직접통신(device-to-device, D2D)을[35,36], 저궤도 큐브위성으로 중계하면 다양한 통신 각도, 적은 신호 손실과 낮은 지연시간 등의 장점을 통하여 통신 음영지역을 해소하고, 소부대 전투의 생존 가능성과 효율성을 극대화할 수 있다[37].

### 3.1.2 위성 간 통신(inter-satellite links)을 통한 메시 네트워크 구축

위성 군집의 진정한 가치는 지상국의 제약을 벗어나 우주 공간에서 위성 간 메시(mesh) 네트워크를 구축할 때 발휘된다. 이 네트워크의 가장 큰 장점은 높은 생존성에 있다. 앞선 Fig. 4에서 묘사되었듯이, 군집 내 위성 하나가 적의 공격이나 고장으로 파괴되더라도, ISL(inter-satellite links)을 통해 다른 위성으로 통신 경로를 즉시 우회하여 전체 네트워크는 중단 없이 임무를 수행할 수 있다.

위성 간 통신은 크게 전송방식에 따른 분류와 궤도 구성에 따른 분류로 구분할 수 있다. 전송 방식에 따른 분류는 전통적인 RF(radio frequency, 무선 주파수) 방식과 차세대 기술인 FSO(free space optics, 자유공간 광통신, 즉 레이저 통신) 방식으로 나눌 수 있다. Table 2는 보안성, 통신 간섭, 대역폭 등 주요 항목별로 두 방식의 기술적 장단점을 명확하게 비교하여 보여준다. 궤도 구성에 따른 분류는 궤도와 궤도 면의 구성을 조합하여 나눌 수 있다.

전송방식에 따른 분류를 살펴보면, RF 방식은 빔이 넓어 정밀한 지향이 필요 없고 기술 성숙도가 높다는 장점이 있지만, FSO 방식에 비해 속도가 느리고 보안에 취약하며 주파수 간섭 문제가 발생할 수 있다. 반면, FSO 방식은 나노미터 단위의 짧은 파장의 레이저를 사용하므로



**Fig. 4.** Comparison of satellite communications: large-scale satellites vs. CubeSat constellations. Adapted from [35–37]. (a) Communication limitation due to coverage gaps(shadow zones) of a GEO large scale satellite, (b) Mitigation of coverage gaps(shadow zones) and enhanced resilience using a LEO CubeSat constellation.

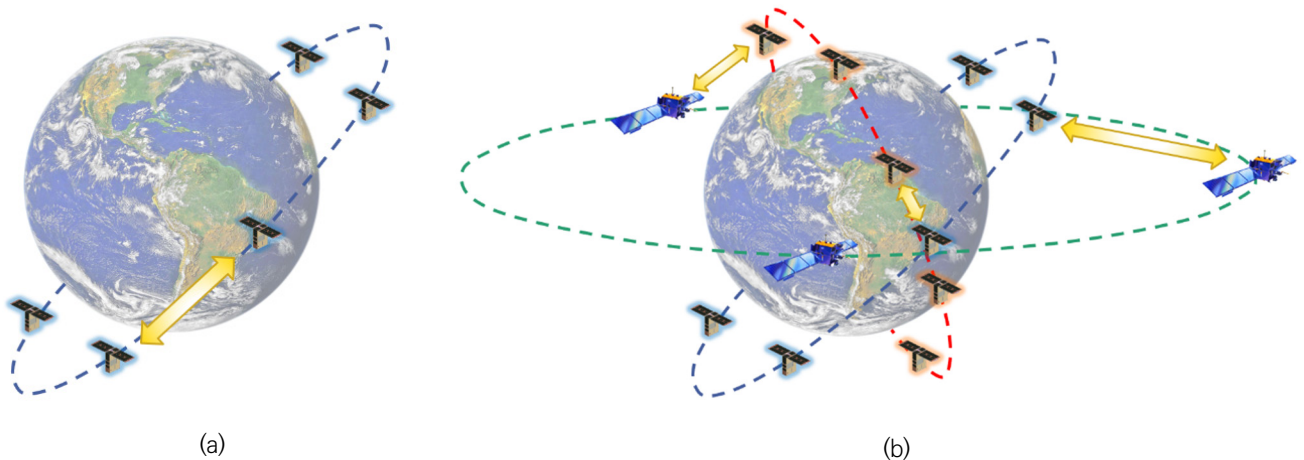
**Table 2.** Comparison of RF and FSO Communications [38]

Characteristic	FSO	RF
Security	Very difficult to intercept due to high directivity	Easy to intercept
Interference	No interference due to narrow beam width	Severely degrades performance
Antenna size	Smaller antenna size due to smaller wavelength	Much bigger antenna size due to much larger wavelength
Bandwidth	In THz	In GHz
Power consumption	More received power for a given transmitted power	Less received power for a given transmitted power

RF, radio frequency; FSO, free space optics.

초고속·대용량 데이터 전송이 가능하고 빔 확산이 적어 도·감청이 거의 불가능하며 주파수 할당이 필요 없다. 그러나 나노 라디안(nrad) 수준의 초정밀 지향·포착·추적(pointing acquisition tracking, PAT) 기술이 요구되는 높은 기술적 난도가 존재한다[38].

궤도 구성에 따른 분류는 Fig. 5와 같이 크게 ‘동일 궤도, 동일 궤도면(same orbit and same orbital plane)’ ISL과 ‘다 궤도, 다 궤도면(multi orbit and multi orbital plane)’ ISL로 나눌 수 있다. ‘동일 궤도, 동일 궤도면’ ISL은 Fig. 5의 (a)와 같이 같은 궤도 및 궤도면 위에서 같은 속력으로 비행하는 위성 간 연결을 의미한다. 두 위성이 마치 열차처럼 같은 경로를 앞뒤로 나란히 움직여서 비행하므로 통신 연결이 비교적 쉽다. ‘다 궤도, 다 궤도면’ ISL은 Fig. 5의 (b)와 같이 서로 다른 궤도와 궤도면 위를 각각 움직이는 위성 사이의 연결을 의미하며, 위성의 공전 방향이 서로 같은 경우와 다른 경우 모두 포함한다. 이 경우 입체적인 메시 네트워크를 운영할 수 있어 통신 생존성이 극대화되지만 각 위성 간 속도, 고도, 방향 등이 모두 달라 매우 정교한 기술이 요구된다[39].



**Fig. 5.** Comparison of orbital configurations. Adapted from [39]. (a) same orbit and same orbital plane ISL., (b) multi orbit and multi orbital plane ISL.

큐브위성의 구조적 한계를 생각해 볼 때 '다 궤도, 다 궤도면 FSO ISL' 은 매우 도전적인 개념이 되겠으나 개발 단계에서 임무와 궤도에 맞는 RF 통신으로 한정한다면 큐브위성에서 ISL은 불가능한 개념이 아니다. 한국천문연구원원의 SNIFE는 6U의 큐브위성에 위성 운영 및 관제용 UHF(ultra high frequency, 초고주파), 임무 데이터 수신용 S-band와 더불어 보조통신용 이리듐(iridium) 모듈을 탑재하여 다 궤도, 다 궤도면 RF ISL을 일부 구현, 큐브위성의 ISL 가능성을 입증하였으며[40], 일부 해외 큐브위성에서도 이리듐 통신을 성공한 사례가 있다[41].

덴마크의 GomSpace사는 'GomX-4' 임무를 통해 6U 큐브위성 2기 간에 자사의 Nano-Com SDR(소프트웨어 정의 라디오)과 S-band 안테나를 사용하여 ISL을 시연하였다. 이 임무는 최대 4,500 km 거리의 통신을 목표로 설계되었으며, 초기 운용 단계에서 750 km 거리의 링크를 안정적으로 구축하는 데 성공하였다. 탑재된 SDR 시스템의 이론상 최대 전송 속도는 6-7.5 Mbps이며, 실제 시연은 1 Mbps의 속도로 데이터 전송이 이루어졌다[42,43]. 더 나아가 영국의 'Sky and Space(SAS)' 사는 3U 큐브위성 3기를 이용하여 음성 통화, 인스턴트 메시징, 이미지 전송 등 실제 양방향 위성간 통신 서비스의 성능 시험을 완료하며, 큐브위성 군집을 통한 데이터 중계의 실용성을 입증하였다[44,45].

## 3.2 위성정찰 분야

위성정찰(satellite reconnaissance)이란, 우주에 기반을 둔 인공위성에서 기상, 지형, 특정 활동 등의 정보를 탐지, 수집, 추적하여 제공하는 능력이다. 다수의 큐브위성 군집은 광범위한 지역을 지속적으로 감시하며 이상 징후를 먼저 포착하는 '팁(tip)' 역할을 수행하고 이를 바탕으로 고해상도 위성의 정밀 감시를 유도하는 '큐(cue)'를 제공한다. 감시 공백을 메우고 제한된 정찰자산을 가장 효율적으로 활용하여 작전 템포를 가속하는 '팁 앤 큐(tip-and-cue)' 개념 수행이 가능해져 고성능 중대형 위성과 큐브위성 간 강력한 상호보완적 역할을 수행할 수 있다.

### 3.2.1 영상정보(imagery intelligence, IMINT) 수집 능력의 양적·질적 확대

미국의 상용위성 'Dove'는 3U급 위성임에도 3 m급 광학영상 촬영을 훌륭히 수행하고 있으며[46], 농업분야 연구에서는 3-4 m급 해상도의 영상으로 마을의 시설, 도로, 숲의 경계 등은 충분히 판독 가능하다고 분석하고 있다[47]. 따라서 큐브위성을 통한 감시정찰을 통해 비슷한 규모인 적 부대 지휘소나 시설의 대략적인 위치와 현황, 이동 여부에 대해 관측하는 데 부족함이 없을 것이다. 이러한 큐브위성은 단순히 여러 기를 띄우는 '군집(constellation)'을 넘어, 정교하게 제어되는 '편대(formation)'로 운용할 경우 그 진정한 능력이 발휘된다. 편대 비행은 Fig. 6과 같이 종대 편대(along-track formation)와 횡대 편대(cross-track formation)로 나눌 수 있다[48]. 위성들을 동일 궤도상에 일렬로 배치하는 종대 편대비행은 특정 지역 및 시간대의 재방문 주기를 수십-수분 단위로 단축해 이동형 미사일 발사대(transporter erector launcher, TEL)와 같은 시간 민감성 표적의 이동 경로를 추적하거나 변화를 탐지하는 데 결정적인 역할을 할 수 있다. 반면, 여러 궤도면에 위성을 배치하는 횡대 편대비행은 한 번에 더 넓은 지역을 촬영하여 감시 효율을 극대화함으로써 기존 고해상도 위성의 좁은

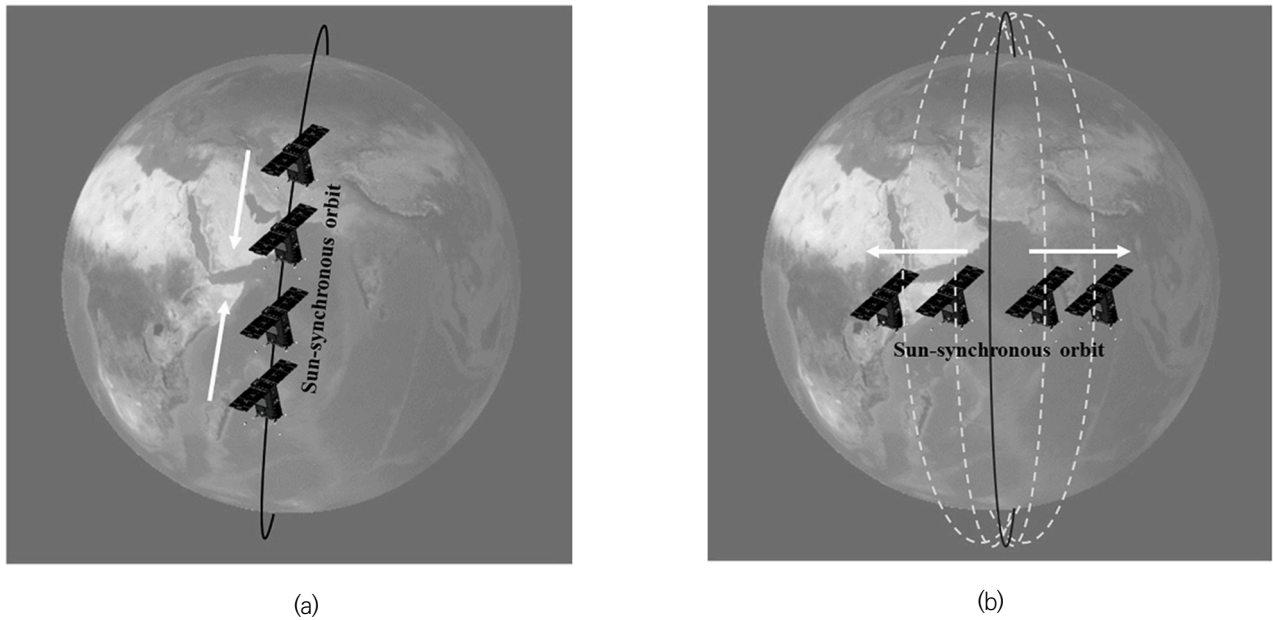


Fig. 6. Conceptual diagrams of (a) along-track formation (not to scale) and (b) cross-track formation flying (not to scale) [48].

촬영 범위를 보완할 수 있을 것이다. 나아가, 이렇게 다수 위성이 서로 다른 각도에서 촬영한 영상들을 종합하면 3차원 정밀 지형 정보(3D mapping)를 생성하거나 미세한 변화를 자동으로 탐지하는 등 기존의 단일 위성으로는 불가능했던 다차원적인 정보 생성이 가능해진다[49].

### 3.2.2 신호정보(signals intelligence, SIGINT) 수집 능력의 정밀성과 지속성을 확보

SIGINT 임무는 크게 적의 통신을 감청하는 COMINT(communications intelligence)와 레이더 등 비통신 전파를 수집/분석하는 ELINT(electronic intelligence)로 구분할 수 있다[50]. 두 임무 모두 영상으로는 확인할 수 없는 고가치의 무형 정보를 얻을 수 있다. 이는 정보의 직접적인 분석을 통한 도·감청은 물론이고 신호원 위치 추정이 가능하다는 장점이 있다. 큐브 위성 '군집'의 가장 큰 장점은 다중 동시 수신에 의한 정밀한 신호원 위치 추정 능력에 있다. 이러한 위치추정 방식의 대표적인 원리는 Fig. 7에 묘사된 TDOA(time difference of arrival)와 FDOA(frequency difference of arrival)로 설명할 수 있다. TDOA는 Fig. 7의 (a)와 같이 동일한 신호가 여러 위성에 도달하는 시간 차이를 측정하여 위치를 특정하는 방식이며, FDOA는 Fig. 7의 (b)와 같이 위성의 상대 속도에 따라 달라지는 주파수 차이를 분석하여 신호원의 위치를 계산하는 원리이다. HawkEye 360은 분산 배치된 3-4기의 위성을 편대로 운용하여, 시간차(TDOA)나 주파수 차이(FDOA)를 분석해 지상 신호원의 위치를 수 km 오차 범위 내로 정확하게 식별해내는 서비스를 제공한다[51]. 여기에 더해, 'Lemur' 큐브위성 군집을 운용하는 Spire Global은 선박(AIS) 및 항공기(ADS-B) 추적을 넘어, RF 스펙트럼 모니터링을 통한 포괄적인 신호정보 서비스를 제공한다. Spire는 4-16U의 위성 플랫폼을 사용하여 VHF(very high frequency), UHF, L-band 등 넓은 대역의 RF 신호를 탐지하고 위치를 특정할 수 있으며, 특히 GPS(global positioning system) 재밍 및 스푸핑 신호 탐지와 같은 군사적으로 매우 중요한 정보를 제공하는 능력을 갖추고 있다[16].

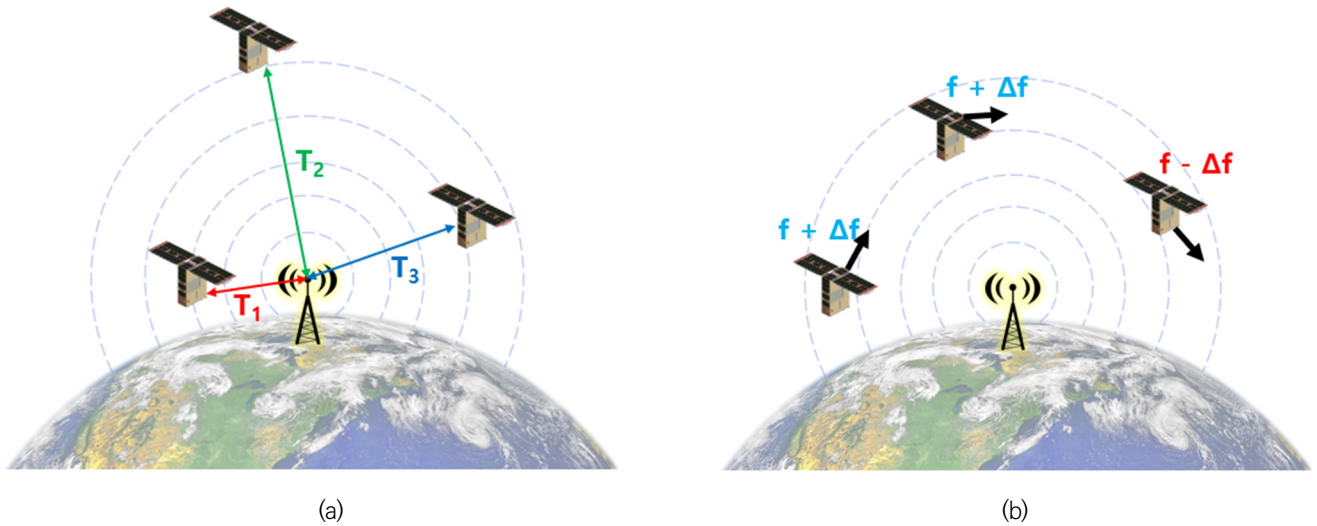


Fig. 7. Comparison of TDOA and FDOA. Adapted from [50]. (a) TDOA, time difference of arrival, (b) FDOA, frequency difference of arrival.

## 4. 육군 큐브위성 확보를 위한 발전 방향

앞선 장에서는 큐브위성의 특성과 이를 활용한 국방력 강화 방안을 구체적으로 분석했다. 그러나 이러한 잠재력이 실질적인 전투력으로 온전히 발현되기 위해서는, 이를 뒷받침하는 정책적 의지와 기술적 역량, 그리고 전문인력의 확보라는 세 가지 핵심 요소가 반드시 병행되어야 한다. 따라서 본 장에서는 우리 군이 초소형위성을 효과적으로 활용하기 위해 나아가야 할 향후 발전 방향을 정책, 기술, 인력 양성의 세 가지 측면에서 제시하고자 한다.

### 4.1 정책적 발전 방향

우주자산의 군사적 필수재(必須財)라는 인식 제고가 시급하다. 우주력은 더 이상 특정 군이나 기관의 전유물이 아니며, 전 영역 작전을 포함한 모든 군사 활동의 승패를 좌우하는 핵심 요소임을 명확히 인식해야 한다. PNT(positioning, navigation, timing) 단말기의 최대 수요자가 육군이듯, 우주 데이터의 가장 큰 수요자 역시 육군이다. 직접 우주자산을 운용하며 얻는 경험과 데이터, 노하우 없이는 결국 우주자산을 보유한 군, 기관에 종속되게 되어 미래 우주전에서 모든 면에서 뒤처질 수밖에 없다. 또한, 육군의 독자적인 우주 연구개발 역량을 확보하기 위한 '싱크탱크'의 강화가 필요하다. 미군이 교육사령부(Training and Doctrine Command, TRADOC)와 미래사령부(futures command), 각군의 연구소 같은 전문 조직을 통해 우주와 관련한 새로운 작전 개념과 장비, 기술을 발전시켰듯이, 육군 역시 미래혁신연구센터의 예하에 우주 관련 전문 부서를 확대하거나 교육사령부의 우주연구조직 추가 편성하는 등의 방안을 적극 검토해야 한다. 이러한 조직은 육군을 위한, 육군의 현실적인 작전 요구에 기반한 우주 기술 소요를 창출하고, 자체적인 연구 및 자산 개발을 주도하는 싱크탱크 역할을 수행해야 한다. 결국, 내부 인식을 혁신하고 미래를 설계할 조직적 역량을 갖추는 것은, 육군이 미래 우주력의 '수요자'가 아닌 '주도자'로 서기 위한 가장 시급하고 핵심적인 초석이다.

## 4.2 기술적 발전 방향

큐브위성의 군사적 효용성을 극대화하기 위해서는 다음과 같은 핵심 기술 분야의 지속적인 연구개발 및 확보가 필요하다. 대표적으로 본체의 전력계에는 초소형 플랫폼의 제한된 면적에서 고성능 탑재체를 운용하고 임무 수명을 연장할 수 있는 최대 전력 생산 및 관리가 가능해야 한다. 이를 위하여 고효율의 다중 접합 태양전지기술, 고밀도 배터리, 지능형 전력관리 기술 등이 필요하다. 탑재체 중 통신계에서는 FSO 기반의 ISL을 위한 초정밀 지향, 포착, 추적 기술과, 통신 두절 상황에서도 데이터를 안정적으로 전송하기 위한 지연 및 장애 내성 네트워크(delay tolerant network, DTN 등) 기술 등이 필요하다. 광학계에서는 위성의 물리적인 크기의 한계를 극복하고 군사적으로 활용성 높은 고해상도 영상을 확보하기 위한 기술이 필요하다. 구경 확보를 위한 전개형 망원경기술이나 메타물질 기반 평면 렌즈기술 등이 필요하다. 이러한 핵심 기술들은 큐브위성의 물리적 한계를 '극복'하는 것을 넘어, 기존의 대형 위성체계가 제공하지 못했던 저비용 고효율을 만족하면서 '신속성'과 '회복탄력성'이라는 비대칭 전력을 육군에게 제공하는 기술적 기반이 될 것이다. 육군은 이 기술들을 미래의 필수 작전요구성능(required operational capability, ROC)으로 인지하고, 다양한 시도를 통해 국내 전문기관 및 민간의 개발 역량을 선제적으로 이끌어내는 역할을 수행해야 한다.

## 4.3 전문인력 양성 방향

이러한 정책적, 기술적 발전을 실현하고 지속하기 위한 핵심 동력은 결국 '사람'이다. 육군이 군 우주력의 '주도자(leader)'가 되기 위해서는 장기적인 관점의 전문인력 양성이 무엇보다 중요하다. 이를 위해, 우주항공청, 한국항공우주연구원, 한국천문연구원 등 국내 최고의 전문기관에 장교 및 부사관 인력을 적극적으로 파견하고 위탁교육을 정례화하여, 위성의 기획, 설계, 개발, 관제 및 운용에 대한 실질적인 노하우를 체계적으로 습득해야 한다. 이렇게 습득한 지식을 바탕으로 군사적 활용 방안에 대한 연구를 수행하고 논문 등으로 축적하여, 군 내부의 전문성을 높여야 한다. 특히, 경험과 지식을 갖춘 박사급 핵심 인재의 확보와 양성이 시급하다. 세계 최초의 나노위성 편대비행에 성공한 'SNIPE(도요새)' 프로젝트의 경우, 발표된 논문들을 기준으로 볼 때 탑재체 및 프로젝트 총괄, 위성 본체 개발 등 핵심적인 역할을 소수의 박사급 연구 인력들이 주도했음을 알 수 있다. 이는 복잡한 위성 시스템 개발에 있어 깊이 있는 전문 지식을 갖춘 인재 한 명의 역량이 얼마나 큰지를 보여주는 동시에, 우리 육군 역시 우주력 강화를 위해 '능력 있고 경력 있는' 박사급 인재 확보가 절실하다는 반증이다. 따라서 정책이나 전력분야에서 근무하는 인원 외에도 우주 분야에 대한 장기적인 비전을 가진 다수의 인원을 선발하여 국내외 대학 및 연구기관에서 석·박사 학위 과정을 이수하도록 지원하는 양성 정책 확대가 반드시 필요하다.

## 5. 결론

현대전의 패러다임은 지상, 해상, 공중을 넘어 우주와 사이버 영역까지 확장되었으며, 미래 전장의 승패는 이 모든 영역의 힘을 얼마나 유기적으로 통합하여 운용하는지에 달려있다. 특히 우주 영역은 더 이상 작전을 지원하는 보조적인 공간이 아닌, 전쟁의 승패를 좌우하는 결

정적인 영역(decisive area)으로 그 중요성이 비할 데 없이 커졌다. 미군이 합동 전 영역 지휘 통제(Joint All-Domain Command and Control, JADC2)와 다영역작전(multi-domain operations, MDO)을 통해 우주력 기반의 군사혁신을 주도하는 현실 속에서, 우주력의 확보는 국가안보를 위한 선택이 아닌 필수 과제가 되었다.

이러한 시대적 요구에도 불구하고, 대한민국 육군의 현실은 우주력의 최대 수요자이면서도 그 역량은 여전히 해외 자산에 대한 의존과 지상 중심의 사고에 머물러 있는 취약한 상태이다. 통신 재밍, 스푸핑과 같은 전자전 위협에 상시 노출되어 있으며, 군 정찰위성을 직접 통제하지 못하여 획득된 정보를 최전선의 전술 제대까지 실시간으로 전달할 데이터 중계 능력의 공백은 여전히 심각한 문제로 남아있다. 이를 극복하기에 수천억 원의 비용과 10년에 가까운 시간이 소요되는 전통적인 위성 개발 방식만으로는, 급변하는 위협에 신속하고 유연하게 대응하기에는 명백한 한계가 존재한다.

본 논문은 이러한 한계를 극복하기 위한 가장 현실적이고 비용 효율적인 대안으로서 큐브위성을 제시하며, 특히 육군우주작전 7대 능력 중 핵심인 위성통신과 위성정찰 분야를 중심으로 그 역할과 장점이 명확하다는 것을 확인했다. 큐브위성은 단순히 '작고 저렴한 위성'이 아니다. 이는 '경제성'을 바탕으로 한 낮은 진입 장벽, '다수'의 위성을 통한 '회복탄력성' 확보, 그리고 '신속하고 유연한' 전력 투사라는, 기존의 우주력과는 다른 차원의 비대칭적 우위를 제공한다. 이는 마치 소수의 고가 전투기나 공격헬기를 보완하여 압도적인 수량으로 적을 무력화시키는 저비용 드론 군집과 같은 전략적 가치를 지닌다. 이처럼 본 논문이 제기하는 문제 의식과 그 대안의 핵심 논리는 Table 3과 같이 기존 패러다임과 새로운 패러다임의 비교로 압축할 수 있다.

따라서 우리 육군은 미래 전장에서의 생존과 승리를 위해, 큐브위성을 국방력 강화의 핵심 수단으로 인식하고 적극적으로 도입해야 한다. 앞서 4장에서 제안한 바와 같이, 이를 위해서는 정책, 기술, 인력의 모든 차원에서 체계적인 발전이 병행되어야 한다. '완벽한 위성 하나'를

**Table 3.** Comparison of military utility: conventional satellites vs. CubeSat constellations

Criteria	Single large-scale satellite (legacy)	CubeSat constellation (proposed)
Development time / cost	Avg. 8+ years / hundreds of billions of KRW per unit [2]	Avg. 3-5 years / billions to tens of billions of KRW per unit [8,11]
Resilience	Highly vulnerable as a single point of failure [1,9]	Highly robust through distributed architecture [1,9]
Impact of loss	Catastrophic; capability is irreplaceable [1,9]	Limited; capability is rapidly replenishable [1,9]
Tactical responsiveness	Primarily supports national/strategic-level missions [1,10]	Direct support to tactical echelons under army control [1,11]

KRW, Korean Won.

기다리는 전통적 접근을 넘어, '충분히 좋은 다수의 위성'을 점진적으로 운용하며 경험과 데이터를 축적하는 패러다임의 전환이야말로 대한민국 육군이 미래 우주력을 확보하는 데 있어 필수적인 과정이 될 것으로 생각한다.

## 감사의 글

본 연구는 육군 우주정책연구 과정의 성과를 바탕으로 수행되었으며, 한국천문연구원이 총괄하는 국방과학연구소 미래도전국방기술 연구개발사업 '긴급대응 광역 감시정찰 큐브펀대위성 개발' 사업의 지원을 받아 진행되었습니다. 이에 깊은 감사를 드립니다.

## References

1. Song T, Military Role of Space Assets and U.S. Space Strategy: Implications for Korean Space Policy Major (International Issues Analysis, Washington, DC, 2023).
2. Joint Government Departments, The 4th Basic Plan for Space Development Promotion (Joint Government Departments, Sejong, Korea, 2022).
3. Choi S, Analysis and aspects of space warfare in the Russia-Ukraine war (Russian invasion of Ukraine) and considerations for space technology development, J. Space Technol. Appl. 2, 169-186 (2022). <https://doi.org/10.52912/jsta.2022.2.2.169>
4. Kim S, China's Space Expansion and the New Space Competition between the US, China, and Russia (National Assembly Library, Seoul, Korea, 2023).
5. Samson V, Cesari L, Global Counterspace Capabilities: An Open Source Assessment (Secure World Foundation, Washington, DC, 2025).
6. National Air and Space Intelligence Center, Competing in Space, US Air Force Public Affairs, PAIRS 2023-1117, 2023.
7. The CubeSat Program, CubeSat Design Specification Rev. 14.1 (California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA, 2022).
8. National Aeronautics and Space Administration, CubeSat 101: basic concepts and processes for first-time CubeSat developers, NASA Headquarters, NP-2017-10-2470-HQ, 2017.
9. Choi HH, A new way of war for America's great power competition: mosaic warfare: a future warfare concept combining various elements, including unmanned systems for resilience, Def. Technol. 540, 108-117 (2024).
10. Ministry of National Defense and Defense Acquisition Program Administration, Our military's fourth reconnaissance satellite successfully launched, further tightening our surveillance network against North Korean provocations (2025) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148942220>
11. Defense Acquisition Program Administration, Kill chain and MDA core, micro-satellite system development in progress! (2025) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156682663&pWise=sub&pWiseSub=C2>
12. Lim CH, Small satellite market trends and strategic implications, Aerospace 1-11 (2020).

13. Nanosats Database, Total nanosatellites and CubeSats launched (2025) [Internet], viewed 2025 Jul 23, available from: [https://www.nanosats.eu/img/fig/Nanosats\\_total\\_2025-04-30\\_large.png](https://www.nanosats.eu/img/fig/Nanosats_total_2025-04-30_large.png)
14. Planet Labs, Our constellations: powering the next era of Earth intelligence (2025) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.planet.com/our-constellations/>
15. Doman M, North Korean missile launch, seen as warning from Kim Jong-Un to US, captured in rare satellite image (2019) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.abc.net.au/news/2019-05-06/north-korean-missile-launch-captured-in-rare-satellite-image/11082622>
16. Spire Global, Lemur: a flexible & proven space platform (2025) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://spire.com/space-services/lemur-space-platform/>
17. Lee J, Sohn J, Park J, Yang TY, Song HS, et al., SNIPE mission for space weather research, *J. Space Technol. Appl.* 2, 104-120 (2022). <https://doi.org/10.52912/jsta.2022.2.2.104>
18. Song H, Park J, Lee J, Yang TY, Sohn J, et al., Topside ionosphere during the Mother's Day superstorm as observed by multiple LEO spacecraft, including SNIPE, *Space Weather*. 23, e2025SW004470 (2025). <https://doi.org/10.1029/2025SW004470>
19. Cho SH, Naraspace, Korea's first self-developed commercial micro-satellite launch success (2023) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.yna.co.kr/view/AKR20231113039500017>
20. Cho SH, 'Blue carbon observation satellite' Bluebone's first high-resolution photo released (2025) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.yna.co.kr/view/AKR20250529045800017>
21. Nayak M, Deterring aggressive space actions with cube satellite proximity operations: a new frontier in defensive space control, *Air Space Power J.* 31, 92-102 (2017).
22. Cutshaw J, Army launches second Gunsmoke-J demonstration satellite (2021) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: [https://www.army.mil/article/244571/army\\_launches\\_second\\_gunsmoke\\_j\\_demonstration\\_satellite](https://www.army.mil/article/244571/army_launches_second_gunsmoke_j_demonstration_satellite)
23. U.S. Department of Defense, Space development agency successfully launches first missions (2021) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2678303/space-development-agency-successfully-launchesfirst-missions/>
24. NIWC Pacific, Nanosatellite mission yields key insights for warfighter capabilities (2025) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.niwcpacific.navy.mil/Media/Press-Releases/Article/4223309/nanosatellite-mission-yields-key-insights-for-warfighter-capabilities/>
25. Stanko S, Frey D, Ruvalcaba J, Burk S, Klaren D, et al., Laser crosslink experiment: a mission overview, in 38th Annual Small Satellite Conference, Logan, UT, 3-8 Aug 2024.
26. Dailey J, AFRL spacecraft Recurve launches on Virgin Orbit Space Force mission (2022) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.afrl.af.mil/News/Article->

- Display/Article/3083678/afrl-spacecraft-recurve-launches-on-virgin-orbit-space-force-mission/
27. Orion Space Solutions, Arcfield's Orion Space Solutions revolutionizes real-time weather data collection with innovative RROCI sensor (2022) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://orion.arcfield.com/press-releases/orion-space-solutions-revolutionizes-real-time-weather-data-collection-with-innovative-rroci-sensor>
  28. Perkins J, AFRL's Ascent satellite marks end of mission objectives (2022) [Internet], viewed 2025 Jul 16, available from: <https://www.afrl.af.mil/News/Article-Display/Article/3191028/afrls-ascent-satellite-marks-end-of-mission-objectives/>
  29. Republic of Korean Army, 7 Army Space Operations Capabilities, in 7th Army Power Forum, Seoul, Korea, 18 Nov 2021.
  30. Kim J, Park S, Cha J, Kim Y, Future tactical communication system development plan, *J. Converg. Inf. Technol.* 11, 14-23 (2021). <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2021.11.06.014>
  31. Jung S, Oh M, Lee S, Ryu J, Trends in Satellite IoT Technology Based on CubeSat, *Aerosp. Magaz.* 17, 49-57 (2023).
  32. SpaceNews, Developers of USSOCOM Prometheus reconnaissance satellite receive award (2016) [Internet], viewed 2025 Jul 17, available from: <https://spacenews.com/developers-of-ussocom-prometheus-reconnaissance-satellite-receive-award/>
  33. Capez GM, Henn S, Fraire JA, Garelo R, Sparse satellite constellation design for global and regional direct-to-satellite IoT services, *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.* 58, 3786-3801 (2022). <https://doi.org/10.1109/TAES.2022.3185970>
  34. Burleigh SC, De Cola T, Morosi S, Jayousi S, Cianca E, et al., From connectivity to advanced Internet services: a comprehensive review of small satellites communications and networks, *Wirel. Commun. Mob. Comput.* 2019, 6243505 (2019). <https://doi.org/10.1155/2019/6243505>
  35. Kwon KS, Heo JW, Hwang KM, Lim CM, Ryu HG, The analysis of channel characteristics on downtown of Daejeon for K band satellite communication, *J. Korea Inst. Mil. Sci. Technol.* 17, 620-628 (2014). <https://doi.org/10.9766/KIMST.2014.17.5.620>
  36. Lu JS, Han X, Bertoni HL, The influence of terrain scattering on radio links in hilly/mountainous regions, *IEEE Trans. Antennas Propag.* 61, 1385-1395 (2013). <https://doi.org/10.1109/TAP.2012.2231919>
  37. Borek R, Woźnica J, Malawski M, The satellite constellations in the respond to the governmental and military technological requirements of the current space communication trends, *Def. Sci. Rev.* 11, 114-133 (2021). <https://doi.org/10.37055/pno/148151>
  38. Chaudhry AU, Yanikomeroğlu H, Free space optics for next-generation satellite networks, *IEEE Consum. Electron. Mag.* 10, 21-31 (2020). <https://doi.org/10.1109/MCE.2020.3029772>
  39. Cha HS, Kim JM, Lee JH, Ko YC, A survey on inter-satellite links for low-Earth orbit satellite network, *J. Korea Inst. Commun. Inf. Sci.* 47, 1508-1518 (2022). <https://doi.org/10.7840/kics.2022.47.10.1508>

40. Song H, Lee J, Yi Y, Feasibility study of communication access via iridium constellation for small-scale magnetospheric ionospheric plasma experiment mission, *J. Astron. Space Sci.* 39, 109-116 (2022). <https://doi.org/10.5140/JASS.2022.39.3.109>
41. Riot VJ, Simms LM, Carter D, Lessons learned using iridium to communicate with a CubeSat in low earth orbit, *J. Small Satell.* 10, 995-1006 (2021).
42. Alminde L, Bisgaard M, Portillo IA, Gornland TA, Smith D, et al., GOMX-4: demonstrating the building blocks of constellations, in 31st Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, Logan, UT, 5 Aug 2017.
43. Pérez LL, Koch P, Smith D, Walker R, GOMX-4, the most advance nanosatellite mission for IOD purposes, in The 4S Symposium, Funchal, Portugal, 4 Aug 2018.
44. Sweeting MN, Modern small satellites-changing the economics of space, *Proc. IEEE.* 106, 343-361 (2018). <https://doi.org/10.1109/JPROC.2018.2806218>
45. Sanchez H, McIntosh D, Cannon H, Pires C, Sullivan J, et al., Starling1: swarm technology demonstration, in 32nd Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, Logan, UT, 4 Aug 2018.
46. Li J, Knapp DE, Schill SR, Roelfsema C, Phinn S, et al., Adaptive bathymetry estimation for shallow coastal waters using Planet Dove satellites, *Remote Sens Environ* 232, 111302 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111302>
47. Jang MW, Chung HH, Lee SH, Choi JY, A study on surveying techniques of rural amenity resources using internet high-resolution image services-mainly on Google Earth, *Rural Plann.* 15, 199-211 (2009).
48. Song Y, Park SY, Lee S, Kim P, Lee E, et al., Spacecraft formation flying system design and controls for four nanosats mission, *Acta Astronaut.* 186, 148-163 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.05.013>
49. Bhushan S, Shean D, Alexandrov O, Henderson S, Automated digital elevation model (DEM) generation from very-high-resolution Planet SkySat triplet stereo and video imagery, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 173, 151-165 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.12.012>
50. O'Donoghue NA, *Emitter Detection and Geolocation for Electronic Warfare* (Artech House, Norwood, MA, 2019).
51. Sarda K, CaJacob D, Orr N, Zee R, Making the invisible visible: precision RF-emitter geolocation from space by the HawkEye 360 pathfinder mission, in 32nd Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, Logan, UT, 4 Aug 2018.

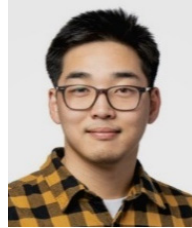
## Author Information

**유 승 준** ysj901@naver.com



건국대학교 전기공학 학사를 취득하였으며 아주대학교 정보통신대학원 석사과정 중에 있다. 현재 육군에서 근무중이며 한국천문연구원에 파견되어 육군 우주정책 장교로서 큐브위성 개발에 참여하고 있으며, 큐브위성의 군 활용방안을 연구하고 있다.

**금 기 환** peterkeum@kasi.re.kr



2022년 York University(캐나다)에서 우주과학 석사학위를 취득하였으며, 2022년부터 2024년까지 캐나다의 MDA Space社에서 원자로 발전기 응용 로봇 연구 과제에 참여하였다. 2024년부터 한국천문연구원에서 큐브위성 개발 과제에 참여하고 있다.

**송 호 섭** hssong@kasi.re.kr



충남대학교 대학원 우주지질학과에서 2019년 우주지질학 석사학위를 취득하고, 동 대학원에서 2023년 우주지질학 박사학위를 받았다. 석박사 학위기간 동안 도요셋 프로젝트의 과학 탑재체 및 이리듬 통신 모듈 개발에 참여하였다. 현재는 한국천문연구원에서 박사 후 연구원으로서 큐브위성 개발 및 전리권 관측 데이터 분석 연구를 하고 있다.

**최 호 성** armyspace.hschoi@army.mil.kr



과학기술연합대학원 우주과학 박사를 취득하였으며, 육군본부 정책실에서 육군우주정책 발전을 위해 일하고 있다.

**권 오 창** kunieec@kasi.re.kr



육군사관학교 전자공학 학사를 취득하였으며 UST-한국천문연구원에서 석사과정 중에 있다. 현재 육군 위탁생으로 우주환경이 초소형 위성에 미치는 영향을 주제로 연구 중에 있다.

**이 재 진** jilee@kasi.re.kr



KAIST에서 2002년 물리학 박사학위를 받았다. 2004년부터 2006년까지 UC Berkeley Space Sciences Lab.에서 박사후 연구원으로, 2006년부터 2007년까지 KAIST 인공위성연구소에서 근무하였으며, 2007년부터 지금까지 한국 천문연구원에서 근무하고 있다. 과학 기술중형 로켓 II, 우리별 3호, 다목적실용위성 1호, 과학기술위성 1호, 3호 등 국내 과학 탑재체 개발에 참여하였으며, 우주환경에 대한 연구를 진행하고 있다. 현재 도요셋 프로젝트 연구책임자로 활동하고 있다.