

국방우주력 발전을 위한 해상기반 우주영역인식체계 활용방안 연구

A Study on the Utilization of the Maritime-based SDA(Space Domain Awareness) System for the Development of National Space Power

배학영**, 김주형***, 임종수****

Hackyoung Bae**, Juhung Kim***, Chongsu Lim****

ABSTRACT

In the era of space exploration, all-round efforts at the national level for the development of space power are continuing. Until now, Korea's space situation awareness has been led by three institutions: the Korea Astronomy & Space Science Institute, the Korea Aerospace Research Institute, and the Republic of Korea Air Force. So far there has been no discussion on maritime-based space awareness system. Currently, these institutions have raised the level of awareness of the space situation around the Korean Peninsula to a significant level through their own efforts. However, land-based space situation awareness that covers only over the Korean Peninsula reveals various limitations. First, omnidirectional search is impossible, and second, land-based radar requires high power for long-distance search, so there is an adverse effect on the human body due to high-power radio wave radiation. Third, since it is operated in a fixed position, it is less efficient than the radar operated at sea, so it is vulnerable to a surprise attack from the enemy. Contrary to the limitations of land-based SDA assets, sea-based SDA assets have the following advantages. First, it can be free from the burden of infrastructure construction, and second, it is not necessary to construct additional facilities for the radar system, so it is possible to reduce costs in connection with the facility construction problem. Third, the mobility of the detection coverage is guaranteed as it is not fixed in maritime usage. Such maritime-based SDA power can utilize the assets already possessed by the navy, and there are parts that need to be newly developed for better SDA in the future. Compared to the ground-based SDA system, which is difficult to properly build and requires a lot of budget, utilizing the 10 Aegis and KDDX ships that the Navy will have in the 2030s could be a very attractive option for the reinforcement of space power in Korea, where resources and time are limited.

초 록

우주대항시대를 맞이하여 우주력 발전을 위한 국가 차원의 전방위적 노력이 계속되고 있다. 지금까지 우리나라의 우주영역인식은 한국천문연구원, 항공우주연구원, 공군의 세 개 기관 주도로 이루어져 해상기반 우주감시에 대한 담론자체가 없었다. 현재 이들 기관은 각자의 노력으로 한반도 주변에 대한 우주영역인식의 수준을 상당한 수준으로 높여 왔다. 하지만 한반도 위만을 바라보는 육상기반 우주영역인식은 다양한 한계를 드러내고 있다. 첫째, 전방위 탐색이 불가하며 둘째, 육상기반 레이더는 장거리 탐색을 위해 높은 출력이 필요하므로 고출력의 전파 방사에 따른 인체 악영향이 있다. 셋째, 고정된 위치에서 운용하기 때문에 해상에서 운용하는 레이더보다 효율성이 낮아 적으로부터의 기습공격에 취약하다. 이러한 육상기반 우주감시자산의 제한점에 반해 해상기반 우주감시자산은 다음의 장점이 있다. 첫째, 기지건설에 따른 부담에서 자유로울 수 있고 둘째, 레이더 감시체계 구축을 위한 추가 시설건설이 불필요하여 시설문제와 연계하여 비용절감이 가능하다. 셋째, 해상용은 고정이 되지 않아 탐지 범위의 유동성이 보장된다. 이러한 해상기반 우주영역인식 전력은 해군이 이미 보유하고 있는 자산을 활용할 수도 있고, 앞으로 보다 나은 우주영역인식을 위해 새로이 발전시켜 나가야 하는 부분도 있다. 위의 장단점에서도 소개되었지만 하나를 제대로 구축하기도 힘들고 예산도 많이 소요되는 지상기반 우주감시체계에 비해, 해군이 2030년대에 보유하게 될 이지스함과 차세대 한국형 이지스구축함(KDDX) 함정 10여 척을 우주영역인식에도 활용하는 방안은 자원과 시간이 한정된 우리나라의 우주력 건설을 위한 매우 매력적인 선택이 될 것이다.

Key Words : 국방우주력, Space Domain Awareness(우주영역인식), Maritime-based Space Domain Awareness(해상기반 우주영역인식), Space Situational Awareness(우주상황인식), Space Surveillance Network(우주감시체계), Aegis Combat System(이지스 전투체계), Ballistic Missile Defense(탄도탄 방어)

* 이 논문은 2021년도 해양연구소 학술연구과제 지원을 받아 수행된 연구입니다.

** 배학영, 국방대학교(주저자, E-mail: baehackyoung@gmail.com)

*** 김주형, 대한민국해군(공동저자)

**** 임종수, 대한민국해군(교신저자, E-mail: won769@korea.kr)

I. 서론

지난 4월 중국의 하이난성 윈창기지에서 발사된 창정 5호는 중국의 우주정거장 건설에 필요한 모듈 부품을 하나씩 우주로 보내는 임무를 수행하다가, 통제를 벗어나 지구로 추락하는 사태를 촉발하였다.¹⁾ 최초 낙하위치와 관련하여, 우리 군은 美 연합우주작전센터(CSpOC : The Combined Space Operations Center)²⁾와 정보교환한 결과를 전파하였고, 과기부 산하 우주감시 전문기관인 한국천문연구원(이하 '천문연')에서 낙하와 관련 대응 하였다.

어떻게 보면, 외국(미국)과의 원활한 정보교환과 국내의 유관 기관과의 협조를 통해 잘 대응한 것으로 보이지만, 이 실전 대응은 우리 군의 우주위협대응에 대해 부족한 점을 여실히 드러내었다. 군 자체적으로 우주위협을 감시할 수 있는 자산이 전무하여, 외부의 정보에 100% 의존해 대응했던 것이다. 하지만 국내에서 우주영역인식에 대한 노력을 하지 않는 것은 아니다. 크게 3개 기관(한국천문연구원, 항공우주연구원, 공군)이 주도하여 우주영역인식을 추진하고 있다.

첫째, 한국천문연구원이 주도적으로 우주감시체계를 구축하여 운용 중이다. 대표적으로 독자 전자광학 감시시스템을 운영 중이다³⁾. 또한 우주정보 생성 및 우리나라 위성 충돌방지 연구, 우주물체 추락 시 위성추락상황실을 운영⁴⁾, 소행성 탐색 기초연구, 우주 위험 대응 시스템 개발 등을 추진하고 있다.

둘째, 항공우주연구원은 우리나라 국가위성의 대부분을 운영하고 있으며, 우주 잔해물과 위성의 충돌방지에 대한 많은 노하우를 가지고 관련분야 발전을 주도하고 있다.⁵⁾

셋째, 공군은 안보적 측면에서 가장 선도적으로 대응하고 있다. 1998년 3군 중 최초로 우주전담부서인 '우주무기과'를 신설하였고, 2002년 공군사관학교에 우주학과를 신설하여 군사적 안보 차원에서 우주를 인식하고 전력을 발전시켜왔다.⁶⁾ 2015년 우주정보상황실 창설하고 美 우주사령부가 운영하는 우주감시망(Space Surveillance Network) 내 생산되는 우주영역인식 정보 및 분석결과를 국내·외 관련 기관과 공유하는 창구와 같은 역할을 수행 중이다.⁷⁾ 올해(2022년) 국군 최초의 우주감시전력인 전자광학위성감시체계 전력화를 시작으로, 2020년대 중반 우주기상예경보체계, 고출력레이저위성추적체계, 레이더우주감시체계를 도입하여 우주감시체계를 구비를 계획하고 있다.

하지만 이러한 3개 기관의 모든 우주감시자산은 한반도 내의 지상기반 자산이며, 다음과 같은 제한사항이 있다.

첫째, 지상기반 우주감시체계는 감시영역이 협소하고 한정된 방향만 감시가 가능하다. 물론 지구가 자전하기 때문에 시간이 지나면 다른 영역감시가 가능하지만, 추락하는 소행성, 태양풍처럼 지속적인 관측이 필요한 사건에 많은 제약이 있다. 해외에 많은 지상기반 관측 시설을 설치하는 방안이 있지만 다른 국가에 우주감시장비 설치의 제한사항이 많으며, 관리도 어렵다. 하지만 우주영역인식 함정은 지구의 어디든 연결되는 바다를 통해 이동하면서 관측이 가능하다.

둘째, 레이저 감시장비의 경우 대기의 영향을 많이 받는다.⁸⁾ 광학장비에 비해 정확하게 탐지가 가능하지만 대기에 방해물이 있을 경우 관측이 불가하다.⁹⁾ 이러한 장비는 이동을 통해 원활한 감시가 가능한 지역으로 이동이 필요하다.

셋째, 지상에 우주감시장비 설치가 어려워지고 있다. 2017년 경북지역에 THAAD를 배치할 때 고출력 레이더 장비 때문에 장소를 정하는데 있어 주민들이 인체 영향을 이유로 반대하여 배치 자체가 지연된 사실이 있다.¹⁰⁾ 지상에

주1) JEFFREY KLUGER, "A Massive Chinese Rocket Will Fall Uncontrollably Back to Earth Soon. It (Probably) Won't Land On You," Time, 2021.5.5.

주2) 미국 주도로 영국, 오스트레일리아, 캐나다와 함께 우주 물체를 감시하는 연합 우주작전센터이다. 다양한 소셜미디어를 통해 감시결과를 공유하고 있다. 캘리포니아주 반덴버그 공군기지에 위치해 있다

주3) J. Choi, J. H. Jo, H. S. Yim, E. J. Choi, S. K. Cho, and J. H. Park, "Optical tracking data validation and orbit estimation for sparse observations of satellites by the OWL-net," Sensors, pp. 1868-1889. 2018.

주4) 조중현·최영준·임홍서·최진·손주영·전현석·배영호·문홍규·김명진·박정현·임여명·김지혜·현성경, "국내 위성추락상황실 운영," 『통신위성우주산업연구회논문지』, 2013.

주5) 최준민, "우주 폐기물(쓰레기) 제거 방식에 대한 고찰," 『항공우주산업기술 동향』, 2016.

주6) 조준우·최성환·이성섭·박소라, "국방분야 우주상황인식 발전을 위한 민군협력 필요성 고찰," 『한국항공우주학회 2020 추계학술대회 논문집』, 2020.

주7) 이성섭·조태환·엄정식·홍찬민·이동규 "주요국 군사우주조직 분석 및 한국 공군의 발전방향," 『한국항공우주학회 2021년도 추계학술대회』, 2021.

주8) 임형철·박종욱·김동진·성기평·가능현, "감악산 SOLT 시스템을 이용한 우주잔해물 레이저추적 성능분석," 『한국항공우주학회지』, 2015.

주9) 조태환·이성섭, "광학 우주감시체계의 성능향상 방안," 『한국항공학회논문지』, 2021.

주10) 김경환·박효선, "THAAD 배치를 둘러싼 민군갈등에 관한 연구," 『위기관리 이론과 실천』, 2019.

서는 지역민의 반대로 분쟁의 가능성이 높아 장소선정에 어려움이 많다.

이렇듯 점증하는 우주위협 현실화에 우주영역인식 및 대응능력을 확충하고자 하는 작금의 현실에서 지상기반 우주영역인식 능력의 한계를 극복하고, 이미 현존/예정된 해상기반의 우주상황영역인식이 가능한 전력들의 활용방안을 제안하고자 한다. 지상기반 우주영역인식의 제한사항을 극복하고 궁극적으로 원하는 수준의 우주영역 인식능력을 확보하기 위해 현존하는 해양기반 우주감시 기술 및 전력은 무엇이 있고, 앞으로의 발전은 어떻게 이루어져야 할 것일까?¹¹⁾

이러한 질문에 대해 해답을 찾는 형식으로 본 논문은 진행될 것이다. 이를 위해 우주영역인식에서 독보적인 능력을 보유한 미국의 우주영역인식 능력과 발전방향을 분석하였다. 이를 통해 교훈을 도출하고, 자원과 시간이 제한된 우리의 현실에 맞는 한국형 해상기반 우주영역인식 전력의 발전 방향을 제시하고자 한다.

II. 미국의 우주영역인식체계

2.1. 美 우주감시체계(Space Surveillance Network)의 역사

미국 우주감시체계의 기원은 미소 냉전시대로 거슬러 올라간다. 미국은 소련이 발사하는 발사체의 추적을 위해 국가 우주감시 및 통제센터(National Space Surveillance Control Center, 이하 NSSCC)라는 기관을 만들어 우주물체 추적 프로젝트(Project Space Track)를 진행하였고, 1957년부터 위성추적의 역사를 시작하게 되었다. 아이젠하워 대통령이 집권하던 1960년대 초는 소련이 스푸트니크(Sputnik) 위성을, 미국은 그에 대응하여 벵가드(Vanguard) 위성을 쏘아 올리던 시절이었다.

미국은 10여 대의 슈미트(Schmidt) 광학망원경과 Minitrack이라는 전파통신 기반의 감시체계를 통해 우주의 위성들을

주11) 본고는 우리 해군이 2008년 꿈의 이지스 구축함인 세종대왕함을 인수하면서 우주로 시선을 확장해 나갔고, 2009년 북한의 대포동 미사일 감시작전을 시작으로 우주감시의 일환인 탄도미사일 방어작전을 수행하였음을 소개하고 강조하며 시작하고자 한다. 이러한 측면에서 미국의 탄도미사일 방어와 우주감시체계의 연관성에 대해 알아보고, 이를 통해 해군의 현 주소와 우주감시 기술 발전을 위한 로드맵을 제시하고자 한다.

추적할 수 있는 능력을 구비 했지만, 사전에 통신 주파수 정보를 알아야만 하는 한계 때문에 국제 공용 주파수를 사용하지 않는 소련의 위성과, 발생신호가 없는 수동형 위성은 감지할 수 없는 태생적인 한계를 가지고 있었다.¹²⁾

소련과의 미사일 개발 경쟁이 치열하던 시점에서 소련의 대륙간탄도탄 방어를 위해 설치된 레이더와 감시장비들은 우주물체를 활용하여 테스트에 임했고, 자연스럽게 위성 등의 우주물체 추적을 위한 데이터 축적 등 우주감시 분야에도 상당히 기여하게 되었다.

이렇게 할 수 있었던 이유는 대륙간탄도미사일(Inter Continental Ballistic Missile, 이하 ICBM)의 탄두부 자체가 지구의 저궤도(Low Earth Orbit, 이하 LEO) 영역까지 상승했다가 다시 하강하기 때문에 LEO 영역의 우주물체를 감지할 수 있는 기술이 ICBM의 정확한 추적에 고스란히 활용될 수 있었기 때문이다. 이러한 미 우주감시체계 개발역사는 북한의 탄도미사일 도발에 대응하기 위해 탄도탄 요격체계와 자체적인 우주감시역량을 함께 확충해 나가려는 현재의 우리에게 시사하는 바가 매우 크다.

그런 이유에서 미국의 우주영역인식은 필연적으로 군이 주도할 수밖에 없었다. 미 공군은 일명 ‘우주 울타리(Space Fence)’라는 VHF 대역의 우주감시체계 네트워크를 구축한 것을 시초로, 이후 위상배열 레이더, 우주감시위성 등 여러 센서와 융합·발전은 거듭하여 현재에 이르고 있다.

미국은 소련과의 우주개발 경쟁, 탄도탄방어체계 확보라는 두 가지 이유 때문에 우주영역인식에서 비약적인 발전을 이루어 왔다. 우리나라도 비로소 한·미 미사일지침 해제로 인한 본격적인 우주산업의 발전이 가능해진 상황에서, 북한 탄도탄 같은 직접적인 위협 뿐만 아니라 주변국의 잠재적인 위협 등을 고려하여 우주영역인식에 더 많은 발전이 시급한 상황이다.

2.2. 미 우주감시체계(Space Surveillance Network) 현황 및 발전추세

지금은 엘론 머스크의 SpaceX社와 제프 베조스의 블루 오리진社가 촉발시킨 새로운 우주경쟁시대를 맞아 우주물

주12) Muolo, Maj Michael J. (December 1993). "Space Handbook - A War Fighter's Guide to Space". One. Maxwell Air Force Base: Air University Press.

상업적으로 제대로 활용하기 위한 학술적 노력과 각종 연구/개발 인프라가 기하급수적으로 확충되고 있는 시기이다. 미국은 우주에 가장 많은 자산을 보유하고 있고, 우주의 기상에 따라 가장 영향을 많이 받는 국가이다. 그래서 우주상황을 24시간 빈틈없이 감시하기 위해 다양한 자산을 세계의 여러 장소에 배치하고 있다.

전 세계에 걸쳐 (미국 안보 이익과 관련 없는) 우주물체정보 서비스를 제공하고 있는 미국의 우주감시체계(Space Surveillance Network)는 약 30개의 지상 기반 레이더 및 광학망원경, 그리고 궤도에 있는 6개의 위성을 통해 수집된 데이터를 연동/분석할 수 있는 형태로 지휘 및 통제체계가 구축되어 있다. 레이더는 추적레이더(Tracking Radar), 탐지레이더(Detection Radar), 영상레이더(Imaging Radar) 등으로 사용 목적에 따라 역할이 구분되어 있다. 각각에서 수집된 정보는 미 우주군 예하의 연합우주작전센터(CSpOC : The Combined Space Operations Center)에서 종합하여 궤도정보 분석 및 충돌위험성 정보 등을 제공하는데 활용한다.¹³⁾

한 가지 주목할 점은, 이러한 자산 모두를 미 우주군에서 직접 운영하는 것이 아니라는 점이다. 일부는 타 기관에서 운용하거나 타국에서 운용하고 있는 장비로부터 획득한 정보를 융합하고 있는데, 이렇게 운영기관에 따라서 크게 전용센서(Dedicated Sensor), 보조센서(Collateral Sensor), 기여센서(Contributing Sensor) 세 종류로 구분한다. 전용센서(Dedicated Sensor)와 보조센서(Collateral Sensor)는 미 전략사에서 직접 지휘통제하며, 기여센서(Contributing Sensor)는 미 우주군이 아닌 타 기관이 운영하는 장비의 정보를 연합우주작전센터(CSpOC)에 제공하는 형태로 운용되고 있다. 전용센서와 보조센서의 차이점은 <표 2-1>에서 기술한 전용센서는 우주감시를 전담하도록 설계된 반면, 보조센서는 탄도탄 조기경보 등 다른 목적으로 설계되었지만 필요시마다 우주감시를 위한 정보를 제공할 수 있는 센서들을 통칭하며, 탄도탄 조기경보가 주 임무인 보조센서 현황은 <표 2-2>와 같다.¹⁴⁾

주13) CSpOC은 1960년대부터 우주물체를 추적해 온 미 우주영역인식체계의 중심기관으로, 우주영역을 보호하는데 있어 미국과 동맹국 간의 조정과 협력을 강화하기 위해 기존의 합동우주작전센터(Joint Space Operations Center, JSpOC)에서 영국, 캐나다, 호주와 함께 운영하는 형태로 2018년에 확대 개편되었다.

<표 2-1> 우주감시체계(SSN) 전용센서 현황

센서	위치	배치 연도	배치 형태
GEO-DSS ¹⁵⁾	• Socorro, New Mexico	1980년대초	광학망원경
	• 영국령 Diego Garcia • 하와이 마우이섬		
MOSS ¹⁶⁾	스페인 Moron 공군기지	1998년	광학망원경
AFSSS ¹⁷⁾ (Space Fence)	• 송신 3개소(미 본토) • 수신 6개소(미 본토)	1961년 운영개시, 2013년 중단	VHF 송/수신 안테나
	• Kwajalein Atoll, 마셜제도 • 호주 서부	2020년	S-Band 안테나
AN/FPS-85 PAR	미 플로리다 Eglin 공군기지	1969년	위상배열 레이더

<표 2-2> 우주감시체계 보조센서로 활용되고 있는 탄도미사일 방어체계(BMD)용 레이더 현황¹⁸⁾

센서	위치	배치/성능개량 연도
COBRA DANE	알래스카 Shemya 섬	• 1997년 최초 운용 • 2004년 BMD 업그레이드 완료
PAVE PAWS	캘리포니아 Beale / 메사추세츠 Cape Cod 공군기지	• 1980년 EWR 운용시작 • 2005년 업그레이드
	영국 Fylingdales	• 1963년 EWR 운용시작 • 2007년 업그레이드
BMEWS ¹⁹⁾	그린란드 Thule 공군기지	• 1960년 EWR 운용시작 • 2009년 업그레이드
	알래스카 Clear 공군기지	• 1961년 EWR 운용시작 • 2012년 업그레이드
PARCS ²⁰⁾	미 Cavalier 공군기지	• 1977년 운용시작 • 1993년 업그레이드
Ascension Radar	대서양 Ascension 섬	• 1961년 미 본토 우주발사체 추적지원 시설로 운영시작

이렇게 우주군에서 운용하는 장비의 역할, 형태 및 운영기관에 따라 분류한 우주감시자산 현황은 아래의 그림과 같다.

주14) Chatters, Edward P., et al. "Space Surveillance Network." AU-18 Space Primer, Air University Press, 2009, pp. 249-58, <http://www.jstor.org/stable/resrep13939.26>.

주15) Ground-based Electro-Optical Deep Space Surveillance, 지상 기반 전자광학 심우주 감시체계

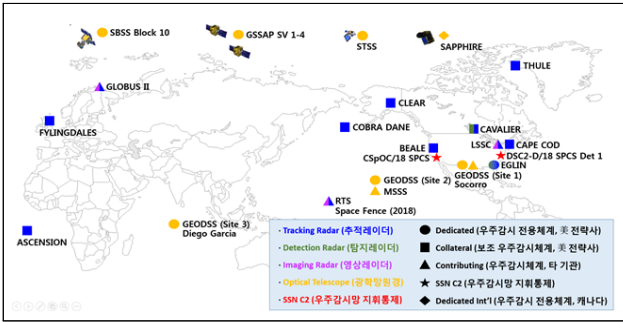
주16) Moron Optical Space Surveillance, 모론(Moron) 광학우주감시체계

주17) Air Force Space Surveillance System, (미) 공군 우주감시체계

주18) 출처 : OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE, Missile Defense Review, 2019.

주19) Ballistic Missile Early Warning System, 탄도탄 조기경보체계

주20) Perimeter Acquisition Radar Attack Characterization System, 주변 획득 레이더 공격 특성 분석 시스템



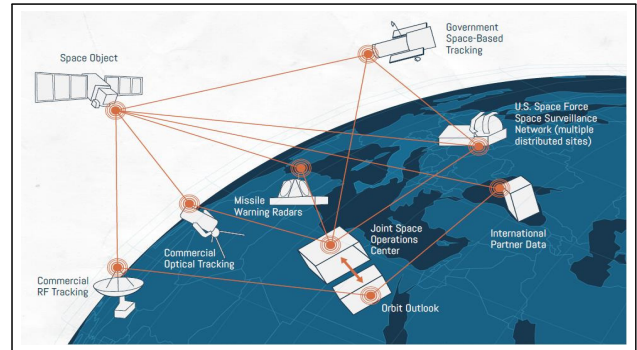
〈그림 2-1〉 미 우주감시체계(Space Surveillance Network)

출처 : 종령 최성환, 「초소형위성」 운영 간 공군 우주정보상황실 협업 방안, 제6회 초소형위성 워크숍, 2021.7월

이미 2만개가 훨씬 넘는 우주물체를 식별하여 추적, 관리하는 상황에서, 미국이 계속해서 우주영역 인식능력을 확충하기 위해 노력하는 이유는 본격적인 우주개발로 인해 끊임없이 확산되는 50 만개 이상의 우주쓰레기 때문이다. 자칫 궤도로 진입하는 ‘지뢰’와 같은 크고 작은 파편들을 적시에 회피하지 못하게 되면 천문학적인 비용을 들여 개발해 소아 올린 민간의 고가치 위성들이 피해를 입는 상황이 발생하기 때문이다. 하지만 민간기업 자체에서 운용하는 체계적인 우주영역인식 자산은 아직 존재하지 않으며, 민간기업에서 자신들의 위성궤도 및 이동정보를 우주군 18우주대대(18th Space Control Squadron)에 알려주고, 다시 종합된 정보를 받는 수준에서 자신들의 위성이 다른 위성과의 충돌하는 것을 방지 수준에서 관리하고 있다.²¹⁾

미 방위고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, 이하 DARPA)의 Orbit Outlook(이하 O2)이라는 이름의 프로젝트는 위성이 위협에 처한 시기를 빨리 판단하기 위해 더 다양한 자산으로부터 더 많은 데이터를 더 자주 업데이트 함으로써 기존의 SSN의 한계를 개선하는 것을 목표로 하는 프로그램이다.²²⁾ O2 프로그램은 세 가지 요소로 구축하는 것을 목표로 하는데, 첫째는 다양한 데이터 유형을 제공할 수 있는 다양한 위치에 설치되어 운용 중인 새로운 망원경 및 레이더를 기존 네트워크에 포함하는 것, 둘째는 새로운 망원경 및 레이더로부터 네트워크를 데이터를 취합할 수 있는 중앙 데이터베이스를 구축하는

것, 셋째는 데이터가 정확한지 확인할 수 있는 검증 프로세스를 구축하는 것이다. 미국은 이렇게 O2를 통해 다양한 지리적 위치에서 더 많은 센서정보를 온라인으로 가져오기 위해 민간, 학계 및 업체를 참여시키려 하고 있다. 아래의 그림은 미국이 앞으로 우주영역인식에 활용하려는 상용자산, 정부자산, 국제적 파트너 자산과 그 연동체계의 개념을 나타낸다.



〈그림 2-2〉 미국의 우주영역인식(Space Domain Awareness) 개념도²³⁾

출처 : USSPACECOM WHITE PAPER(13 Nov 20)

이 프로그램을 통해 구축하고 있는 대표적인 체계가 Space View 프로그램이다. 지난 몇 년간 성장해온 민간 아마추어 우주 커뮤니티에 축적된 정보들은 데이터의 형식 차이로 인해 SSN에 직접적으로 공유시킬 수가 없어 수동으로 융합해야만 했다. 이러한 문제를 극복하기 위해 아마추어 천문학자들이 관측한 정보를 SSN으로 바로 전달할 수 있는 인프라를 구축하기 위해 노력하고 있다. 또한 기존의 SSN을 유지하고 지속적 성능개량에 노력하는 것은 천문학적 예산이 들기 때문에 전 세계에 분포하고 있는 관측자산의 통합은 앞으로 펼쳐질 초연결 시대의 시대상을 반영하고 있는 일석이조의 프로젝트임에 틀림없다.²⁴⁾

우리나라는 미국과 같이 많은 자원을 투자하여 전 세계에 걸친 우주영역인식체계를 구축할 자원도, 지원도, 시간도 충분하지 않다. 이제 막 자체적인 우주감시체계를 확충하고자 하는 우리나라는 미국이 진행하고 있는 가용자산의 네트워크화 및 데이터 융합이라는 발전추세를 반드시 참고해야한다. 그런 측면에서 원하는 지역 어디에서든 우주영역인식을 지원할 수 있

주21) <https://www.spacex.com/updates/> (검색일 : '22. 4.4.)

주22) <https://www.darpa.mil/program/orbitoutlook>

주23) USSPACECOM WHITE PAPER ON (13 Nov 20)

주24) <http://iconnect007.com/printfn/print.php?cdrID=98531> (검색일 : '22. 2.18.)

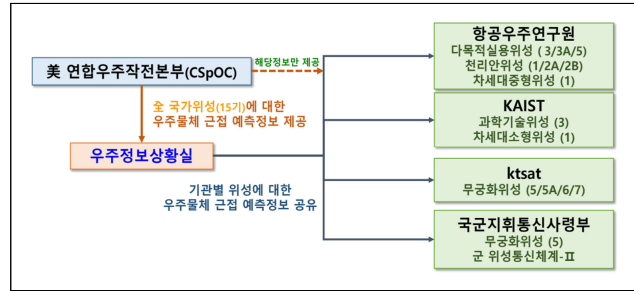
는, 이미 구비되어 있고 또 방위력 개선사업으로 확보가 계획되어 있는 해양기반의 자산은 우주영역인식능력을 확충시키고자 하는 현 시점에서 매력적인 옵션이 아닐 수 없다.

III. 우리나라의 우주영역인식 능력

3.1 공군 우주정보상황실의 역할

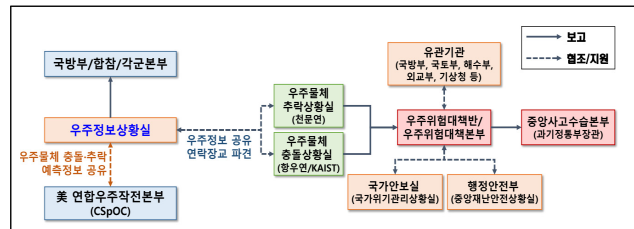
우주위협 감시와 관련하여 우리나라는 2014년 개정된 우주개발진흥법 및 동법 시행령 의거 한국천문연구원 산하에 우주위협감시센터가 운영되고 있다. 이곳에서는 우주위협 관련 대내·외 환경변화와 관계 기관의 요구 분석, 우주위협 정책 정보의 확산, 우주위협 관계 기관의 네트워크 강화 등 업무수행을 통해 국내·외 연구자 및 정책 고객에 대한 지원과 Think-Tank의 역할을 수행하고 있다.²⁵⁾

공군은 지난(2022년) 1월 전자광학위성감시체계(Electro Optical Satellite Surveillance, 이하 EOSS)의 전력화를 통해 군 자체적인 우주감시체계 구축의 첫발을 내딛었다. 한편, 공군이 2015년에 구축한 우주정보상황실은 세계에서 최고의 우주영역인식(SDA) 자산을 가진 미군으로부터 정보를 직접적으로 제공받아 가공·평가하여 군 내부에 전파하는 역할을 하고 있다. 보다 정확히는 우리나라에서 운용하는 위성 에 대한 우주물체 근접 예측정보를 美 연합우주작전본부(18 우주대대 협조)에서 수신한다. 이렇게 미국으로부터 받은 정보를 이용해 위성의 안전한 운용 정보를 국내 위성운영기관(항우연, KAIST, KTSAT, 국군지휘통신사령부)과 공유하고 협력을 통해 위성충돌 상황을 예방 및 대응하게 된다. 이러한 우주영역인식 및 대응체계는 아래와 같다.



〈그림 3-1〉 공군의 위성안전 협력 체계²⁶⁾

이와 별도로 국가차원에서 우주재난 관련 정보수집 및 대응절차는 다음과 같다. 위성충돌·추락 등 위기상황 발생 시 국가 우주재난 대응은 과학기술정보통신부(우주위협대책반/우주위협대책본부) 주관으로 시행이 되며, 군에서는 우주정보상황실을 중심으로 과기정통부 및 국내·외 유관기관 협조하여 대응에 참여한다. 최근에는 2021년 중국의 텐궁1호 추락과 관련해 우주물체 추락대응 훈련을 실시한 바 있다.



〈그림 3-2〉 공군 우주정보상황실에서 관여하는 우주재난 대응체계²⁷⁾

이처럼, 우주위협에 대해 군에서 대응을 하는 핵심기구가 되는 공군 우주정보상황실의 상황은 아쉽게도 우주물체를 식별할 수 있는 자산 1개를 겨우 확보한 상태라 대부분 미국에서 주는 정보를 가공하여 확인하고, 군내 및 유관기관에 단순 공유하는 실정이다. 지상기반 우주상황인식 자산의 한계를 미국의 연합자산정보로 임시적으로 극복하고 있는 상황인 것이다.

이제 관건은 이제 전자광학위성감시체계를 구축한 상태에서 미국의 사례와 같이 앞으로 계속 늘어나게 될 다양한 센서로부터 들어오는 정보를 어떻게 융합하고 가공하는 체계를 구축할 것인가 하는 부분일 것이다.

주25) 한국천문연구원(www.kasi.re.kr/kor/research/pageView/313) '우주위협 감시센터'(검색일 : '22. 3.17.)

주26) 최성환, “‘초소형위성’ 운영 간 공군 우주정보상황실 협업 방안,” 제6회 초소형위성워크숍('21.7.1~2.)

주27) 최성환, “‘초소형위성’ 운영 간 공군 우주정보상황실 협업 방안,” 제6회 초소형위성워크숍('21.7.1~2.)

3.2. 우주위협 대응을 위한 지휘통제체계

미국의 탄도탄 방어를 위한 지휘통제체계인 C2BMC²⁸⁾의 주요 기능은 탄도미사일 방어작전을 지휘하고, 통제하며, 전장상황을 공유하고 작전 계획을 발전하는 것으로 위성을 이용한 LINK-16 (SAT-J) 기반의 체계이다. 전장상황인식을 지원하고, 탄도미사일 궤적을 계산하여 표적을 추적 및 관리하며, 탐지체계(AN/TPY-2, UEWR 등)를 통제한다. 또한 교전 진행사항을 모니터링하고 필요시 추가적인 발사를 통제하며 탄도미사일 방어요소 간 데이터를 공유하는 임무를 수행한다.

우리나라 또한 KTMO Cell(Korea Theater Missile Operation Cell)에서 이와 같은 아키텍처로 한국형 미사일 방어체계(KAMD : Korea Air and Missile Defense)를 발전시키고 있다. 우주영역인식은 탐지장비 간의 연동, 데이터의 통합/분석, 지휘결심 체계 등과 연동이 가능한 체계의 동시적인 발전이 없이는 불가능하다. 하지만 지금의 우리나라는 미국에서 제공하는 제한된 자료를 가지고 분석하는 정보 융합체계와, 북한의 탄도탄 방어에만 특화된 KTMO-cell을 운용하고 있어 포괄적인 우주영역인식과 대응에 제한되는 상황이다.

우리나라도 탄도탄방어를 위한 탐지체계 및 지휘통제체계가 아닌 자체적인 우주감시체계를 구축하여 우리의 안보를 위협하는 적성 우주물체에 군사력을 투사하기 위해서는 반드시 제반 정보를 종합적으로 융합하고 분석할 수 있는 체계 구축을 위한 작업을 근시일 내에 시작해야 한다.

IV. 해상기반 우주영역인식체계의 필요성과 발전방향

4.1. 육상기반 우주감시레이더의 한계

육상기반 조기경보/우주감시 레이더는 여러 가지 제한사항이 있다.

첫째, 전방위 탐색이 불가능하다는 것이다. 육상기반 장거리 탐색레이더는 위협지역을 향해 대형안테나를 1면 또는 2

면만 고정 설치한다. 따라서 현재의 위상배열 레이더 기술을 고려할 때(1면당 약 120도 전후의 탐색범위) 고정형으로 전방위를 탐색하는 것이 불가능하다.

물론 우리나라에 설치된 그린파인 레이더 또한 동일한 제약사항을 보유하고 있으며, 그린파인 레이더는 감시각도 변경이 가능하나 변경을 위해 많은 시간이 소요된다.

둘째, 육상기반 레이더는 장거리 탐색을 위해 높은 출력이 필요하므로 고출력의 전파 방사에 따른 인체 악영향 등 운용자의 생명을 위협할 수 있다. 고출력으로 인한 전파간섭이 발생하며, 다양한 환경적인 문제 유발이 우려된다. 따라서, 인구가 밀집한 지역에 설치할 수 없으며, 주로 해안가, 고지대 또는 적국과의 접경지역 등 불가피하다. 일반적으로, 최소 탐지고도를 3도 이상으로 조정하여 인근지역에 전파로 인한 영향을 최소화하고, 지표면에 의한 반사를 적게 하여 운용하기 때문에 저고도 탐지가 일부 제한된다.

셋째, 육상기반 레이더는 고정된 위치에서 운용하기 때문에 해상에서 운용하는 레이더보다 효율성이 낮아 적으로부터의 기습공격에 취약하다. 아무리 성능이 우수한 레이더 일지라도 전파의 기본특성인 직진성과 지구의 곡률 특성에 따라서 일정 거리를 이격하여 있는 경우 지표면 탐지가 불가능하다. 결국 표적 거리가 멀어질수록 표적 고도가 높아 탐지가 가능한 것이다. 미국은 이러한 육상에서 운용하는 탄도탄 감시자산의 단점을 누구보다 잘 알고 있었고, 그리하여 이러한 육상기반 자산의 단점을 보완하기 위해 해상기반 탄도탄 및 우주감시 자산을 발전시켰다.

4.2. 해상기반 감시체계의 장점

미국은 앞에서 언급한 지상기반 탄도탄 및 우주감시체계의 단점을 보완하기 위해 해상기반 감시체계를 발전시켜 왔다. 해상기반 우주 및 탄도탄방어 자산은 다음과 같은 장점이 있다.

첫째, 기지건설에 따른 부담에서 자유로울 수 있다. 육상기반 레이더의 설치에서 가장 중요한 것이 입지이다. 탐지에 최상의 조건을 갖춘 곳을 정해야 하나, 최근에는 인근 주민들의 민원과 항의로 그 입지를 선정은 쉽지 않다. 또한, 해당지역의 보상에 있어서도 협상이 쉽지 않은 상황이다. 해상에 함정에 레이더를 설치하면 입지에 대한 고려가 필요 없는 것이다.

주28) Command, Control, Battle Management, and Communications

둘째, 해상기반 체계는 레이더 감시체계 구축을 위한 추가 시설건설이 불필요하다. 레이더는 1개의 장비가 아니다. 실제 전파를 방사하는 레이더는 물론, 장비의 전원을 공급하는 전원장치, 지휘통제 시설, 인근 기지경계를 위한 인원과 시설까지 다양한 추가시설이 필요하다. 하지만 함정에 레이더를 설치하면 이러한 추가시설이 필요없이 함정의 전원과 C2체계를 그대로 운용하면 된다.

셋째, 위의 추가 시설문제와 연계하여 비용절감이 가능하다. 함정을 건조하기 위한 예산은 이미 반영이 되어있고, 여기에 우주 및 탄도탄을 추적하기 위한 장비만 추가로 장착하면 되면 엄청난 예산을 절약할 수 있다. 총수명주기적 관점에서 운용유지비도 함정의 다양한 장비를 공유함으로써 절약이 가능하다.

넷째, 해상용은 고정되지 않아 탐지 범위의 유동성이 보장된다. 육상기반 레이더는 각도 및 위치가 고정되어 변경이 어렵다. 또한 지구 곡면률에 따라 원거리 탐지도 많이 제한된다. 하지만 해상용은 이동 및 각도 변화가 자유로워 음영구역없이 운용이 가능하다.

4.3. 미국의 해상기반 감시체계

미국은 이러한 해상기반 우주감시 및 탄도탄방어체계의 효과성을 전력으로 발전시켜왔다. 해상기반의 감시체계는 현재 하와이 진주만에 배치되어 작전임무를 수행 중인 해상기반 X-Band 조기경보레이더(Sea Based X-Band RADAR, 이하 SBX 레이더)와, 해군 이지스 전투체계를 탑재한 함정에서 운용 중인 SPY 레이더가 있다.²⁹⁾

먼저 SBX 레이더는 해상에 배치하는 X-Band 조기경보레이더로, 2003년 1월 미국이 5만 톤급 러시아제 오일 플랫폼(해저에서 석유와 천연가스를 시추, 생산을 위해 필요한 인원과 장비를 수용하는 해상에 설치되는 이동용 구조물)을 구입하여 2005년 4월 텍사스의 인겔사이드 조선소에서 X-band 레이더(보잉社와 Raytheon社 제작)를 설치하였다.

2006년 공식적으로 미사일방어체계의 일부로 임무를 수행하였으며, 2012년 12월 12일 북한의 은하 3호 발사를 시작으로 북한의 탄도미사일 발사 위협이 증가할 때마다 한반

도 인근으로 이동하여 감시임무를 수행한 전력이 있다. 반잠수가 가능한 선체에 레이돔을 설치한 타워를 올려놓은 형태로 자체 추진이 가능하며, 거친 해상환경에서(약 15m)에서도 안정적으로 작전수행이 가능하다.

SBX 레이더는 대형 수송함에 탑재되어 있어 전 세계 어느 곳으로든 이동(최대 이동속도 8kts)하여 탄도미사일을 탐지할 수 있다. X-band 주파수를 사용함으로써 정밀성이 매우 높아 탄도미사일의 탄두와 기만체(Decoy)를 구분할 수 있으며, 탄도미사일의 중간 비행단계에서 요격이 가능하도록 요격미사일을 유도할 수 있는 기능도 탑재되어 있다.

SBX는 안테나 면적 384㎡, 방사소자 4만 4천개, 출력 12MW이며, AESA(Active Electronically Scanned array)를 사용하며, 미 MDA는 탄도미사일의 탄두 크기인 RCS 0.1㎡의 표적을 2천km 이상에서 탐지할 수 있는 것으로 발표했다. 레이더 성능확인을 위한 시운전에서 SBX는 야구공(RCS 0.1㎡) 크기의 표적을 약 4,000km에서 탐지 추적하였으며, 실제 성능은 더욱 우수한 것으로 추정된다.



〈그림 4-1〉 SBX 레이더

수송함의 크기는 전장 116m, 전폭 63m, 높이는 레이돔까지 85.3m이며, 배수량은 5 만톤에 이른다. 축구장보다 더 큰 규모의 선체에는 레이더를 운용하고, 이러한 설비와 다양한 부수 시설, 교전통제를 위한 통신설비 등이 빠짐없이 구비 되어 있으며, 약 85명이 운용하며 최대 60일까지 작전임무 수행이 가능하다.³⁰⁾

또 다른 해상기반 감시체계는 이지스 전투체계를 탑재한 함정에서 운용중인 SPY 레이더이다. ‘신의 방패’라고 불리

주29) Missile Defense Agency History Office, “A Brief History of the Sea-based X-Band Radar-1,” 2008.

주30) www.missiledefenseadvocacy.org

우는 이지스 전투체계는 항공기에 의한 공격뿐 아니라 미사일 등과 같은 다양한 위협에 대응하기 위한 새로운 통합 전투체계로 개발되었다.

SPY 레이더의 원래 목적은 러시아의 순항미사일에 대응하기 위해 개발되었는데 그 능력이 강력하여 대공용으로 개량되었고, 이제는 탄도미사일 방어 능력까지 확보하였다. 이를 위해 H/W, S/W적으로 뒷받침하기 위해 이지스 전투체계를 탄도미사일 탐지, 추적용으로 개조하여 BMD 3.6이라는 프로그램으로 운용하였다. 또한 BMD 3.6을 이용하여 SM-3를 운용토록 개발하였고, 일본의 콩고급 이지스 구축함이 이를 적용하였다.

우리나라의 세종대왕급 이지스 구축함은 대공용 이지스 전투체계인 Baseline 7.1R을 적용하여 탄도미사일을 탐지·추적이 가능하다. 미국은 또한 탄도미사일의 탐지능력을 극대화하기 위하여 SPY 레이더의 수신단, 즉 신호처리단(인간의 뇌와 같은 역할을 하는 체계)을 다임무 신호처리장치(Multi-Mission Signal Processor, 이하 MMSP)로 개량하였다. 또한, SM-3가 탄도미사일을 대응할 수 있도록 무장통제체계 성능을 향상시켰다.

대공용 전투체계와 대탄도미사일 전투체계를 별도로 운용되던 미국의 이지스 전투체계는 IT 기술의 발전과 더불어 발전하면서 Baseline 9에서 부터는 IAMD(Integrated Air and Missile Defense)라는 기능으로 두 가지 임무를 동시에 수행가능토록 발전하였다. 또한 SPY 레이더의 성능을 개량하여 수동형 위상배열 레이더에서 능동형 위상배열 레이더인 AN/SPY-6 AMDR(Active Missile Defense Radar)로 개발을 진행 중에 있으며, Baseline 10(BMD Baseline 6을 포함)으로 최신화 하여 이지스 구축함(DDG-51 Flight 3)을 2023년에 미 해군으로 인도할 예정이다.

이러한 이지스체계는 처음 탄도탄 탐지 및 추적에 고안이 되었지만, 탄도탄의 궤적이 대기권 밖이다 보니 위성의 활동 범위와 같아 위성의 탐지 추적의 기능도 갖게 되었다. 미국의 이지스함의 SPY 레이더 및 이지스 어쇼어 레이더는 탄도탄 감시·추적·식별을 넘어 저궤도의 다양한 위성을 감시·추적·식별에 활용되고 있다.

4.4. 우리나라의 해상기반 우주영역 인식체계 발전방향

우리 해군은 2008년³¹⁾ 이지스구축함 1번 함인 세종대왕함을 인수하여, 3척을 운용하고 있다. 이 함정들은 애초의 도입배경인 북한의 대탄도탄작전에 추가하여, 다양한 우주영역인식분야에서 활약을 하고 있다. 특히 세종대왕급 이지스구축함은 수차례의 소프트웨어 성능개선을 통해 인공위성을 탐지·추적할 수 있도록 그 능력이 크게 향상되면서 이지스함의 레이더를 이용한 해상기반의 우주감시 역량을 축적할 수 있게 되었다. 구체적으로, 인공위성을 탐지·추적하는 훈련을 정례화하여 2017년부터 2020년까지 총 200여회 이상의 훈련을 실시하였으며, 이를 통해 확보한 인공위성 궤도 정보는 데이터링크를 통해 타 함소와 정보교환이 가능함을 확인하였다. 세종대왕급 이지스구축함은 S-band 대역의 수동위상배열 레이더를 보유중으로, 현재 하드웨어 성능개량에 대한 검토가 이루어지고 있으며, 차기 도입 예정인 이지스구축함에는 기존의 SPY-1D 레이더의 성능개량 여부에 많은 관심이 집중되고 있다.

성능개량 대상 레이더는 미국의 Arleigh Burke Flight III급에 장착되는 능동위상배열레이더 SPY-6 AMDR(Air and Missile Defense Radar)과 알래스카 Shemya섬 LRDR(Long Range Discrimination Radar)을 함상형으로 개량한 SPY-7이 가능한 대안이다. 이러한 능동위상배열 레이더는 수동위상배열레이더에 비해 효율이 우수하고, 소형화됨에 따라 현 수동위상레이더보다 약 3~6배의 성능향상을 가져올 수 있어, 세종대왕급 이지스구축함의 탄도탄 방어 및 우주감시 능력 확보를 위해 충분히 고려해야 하는 대안이다. SPY-7 레이더는 이미 개발된 기술로 미국이 스페인에 수출 예정인 육상용 이지스 어쇼어에 적용 예정이며 함정 성능개량과 병행한다면 2030년 대 초반에는 확보 가능한 전력으로 판단된다.

우리 해군은 2030년대 초반 전력화를 목표로 확보 추진 중인 차세대 한국형 구축함(KDDX)에 통합마스트 스타일의

주31) 2008년 미국은 고장난 정찰위성(U-193)을 이지스함에 탑재한 SM-3 해상 탄도탄 요격 유도탄을 이용하여 격추하는 데 성공했다. 이 요격이 우리에게 주는 함의는 위성요격의 의미도 있지만, 요격하기 위해서는 그 이전 단계에서 표적에 대한 탐지와 추적을 해상기반 우주감시체계로 실시 하였다는 것이다. 다시 말해 미 이지스함은 당시 U-193을 사전 탐지, 추적, 요격까지 모두 해상기반 우주감시체계 및 요격체계로 운용했다는 것이다.

SPY-6 AMDR과 동등한 수준의 한국형 AMDR을 개발하여 탑재·운용할 예정이다. 이 또한, 우수한 성능의 레이더 성능 덕분에 우주감시능력을 보유한, 우주영역인식을 지원할 수 있는 함정으로 분류될 예정이다. 따라서 2030년 중반이 되면 이지스구축함과 KDDX 등 총 12척의 함정을 통한 해상 기반 우주감시 능력을 갖추 수 있게 될 것이다. 정말 긍정적인 점은, 우주감시 레이더를 별도로 확보하기 위한 비용이 전혀 들지 않으며, 방위력 개선사업 계획에 따라 기 추진중인 함정 건조 비용으로 확보가 가능하여 경제적으로 효율성이 매우 높다는 점이다. 육상기반 대비 해상기반의 우주감시 자산은 기동성뿐만 아니라 다양한 체계(이지스체계, 탄도탄 요격체계, 대탄도탄요격유도탄 등)와 통합적으로 운용이 가능한 종합무기체계이다. 이러한 장점을 활용한다면 북한의 탄도탄대응 뿐 아니라, 우주영역인식, 주변국의 우주위협 대응, 우주작전 지원 등 다양한 우주 관련 기능을 종합적으로 수행하는 무기체계로의 발전이 가능하다.

이지스구축함과 KDDX가 우주감시를 위한 전력으로 운용될 수 있는 것은 변함없는 사실이지만, 그 함정들의 주 임무는 북한의 위협이 지속되는 한 여전히 탄도탄 방어일 것이다. 따라서 이지스구축함 및 KDDX와 별개로, 지구를 약 100분에 1회의 주기로 공전하면서 전 세계를 이동하는 저궤도 위성을 효과적으로 운영하고, 관제하면서 또한 위협에 대응하기 위한 복합 체계를 만들 것을 함께 제안한다. 이러한 체계는 다음과 같이 우주 감시레이더, 우주감시/추적장비 등을 갖추어야 한다.

첫째, L-Band 레이더가 필요하다. S-Band와 X-Band는 이미 KDDX 건조 사업에 반영되어 진행 중이어서 크게 문제가 되지 않는다. 그러나 우주감시를 위한 능력 확보를 위한 L-Band 레이더는 추가개발 및 확보하거나 외국 감시레이더를 구매하여 확보가 필요하다.

둘째, 우주물체 식별 및 우주감시·추적장비인 전자광학 위성감시체계가 필요하다. 인공위성 잔해물과 위성 주변의 위협은 지구를 공전하면서 우리나라 상공을 지나지 않아 탐지에 어려움이 있다. 해상기반 전자광학장비를 통해 전 세계 어디에서든 감시가 가능한 체계 구축이 필요하다.

셋째, 레이저 기반 우주물체 감시·추적기술이 필요하다. 2021년 1월 국방과학기술연구소(이하 국과연) 방산기술센터와 한화시스템은 레이저 기반 우주물체 감시·추적 핵심기술 개발 계획을 발표하였다.³²⁾ 한화시스템은 KDDX 전투체

계 개발업체로 우주물체 감시·추적 핵심기술과 연계한 기술 개발에 어려움을 없을 것으로 예상된다. 함정의 개념설계와 건조기간을 고려하여 지금부터 함정 건조의 일부가 되도록 소요를 제기하면, 10여년 후인 2030년대 중반 이후에는 전력화되어, 해상에서 위성에 대한 관제와 우주감시가 가능하고 이를 목록화할 수 있는 체계구축이 가능할 것으로 기대된다. 해상에서의 기동성이라는 장점을 활용하여, 해상 우주물체 감시·추적 장비를 해양정보함, 상륙함 등의 대형함정에 설치하면 함정 전투체계와의 연동을 통해 우주상황 정보를 수집하며, 전파할 수 있는 능력 구축이 가능하다.

넷째, 국방과학기술연구소에서 핵심기술로 개발하고 있는 기술인 양자레이더³³⁾와 광자레이더³⁴⁾ 기술을 우주감시체계에 활용할 필요가 있다. 광자레이더는 기술발전추세를 고려하면 향후 10년 내 현 AESA 레이더 체계를 준용하면서도 주파수 대역을 다양하게 사용할 수 있을 정도로 발전될 것으로 판단된다. 이에 따라 현재 개발되고 있는 다기능레이더(Multi Function Radar, 이하 MFR)을 탑재하게 될 울산급 Batch-III/IV는 2030년대 후반에 광자레이더 기반으로 성능개량 시 주파수 변조가 자유로워져 L-Band, S-Band, UHF 등의 우주감시가 가능한 주파수 대역과 출력을 확보하게 될 것으로 기대한다.

이상으로 해상기반 우주감시전력으로 활용할 수 있는 현재의 체계와 앞으로 발전방향에 대해 논하였다. 위에서 논한 바들을 토대로 간단하게 우주영역인식능력 발전 로드맵을 그려보면 <표4-1>과 같다. 기본적으로 우주영역인식 전력이라는 점에서는 지상이든 해상이든 상호간 수집된 정보를 통합하고 분석할 수 있는 전력도 함께 고려해야 한다. 또한 해상기반의 우주인식영역체계는 기본적으로 지상에서 검증된

주32) 방위사업청, “레이저 기반 핵심기술로 우주 감시, 추적 능력을 확보한다.” 대한민국 정책브리핑, 2021.01.27.

주33) 양자레이더는 얽힌 광자쌍을 생성하여 광자쌍 중 하나는 표적으로 보내고 다른 하나는 양자메모리에 보관한 후 수신한 광자들과의 양자 상관관계를 측정, 이용함으로써 표적의 신호 대 잡음 비를 증대시킨다. 기존의 고출력 레이더나 고출력 레이저와 달리 양자레이더가 사용하는 얽힌 양자의 에너지는 단일 광자 수준으로 매우 낮아 상대에게 탐지되지 않는다. 국방과학기술연구소(www.add.re.kr/board?menuId=MENU02754&siteId=SITE00002)

주34) 광자레이더 기술은 레이저 신호원을 이용하여 고주파수·고해상도의 RF신호를 대기 중으로 방사하여 스텔스 표적 탐지와 기존 레이더 대비 높은 정확도를 확보할 수 있는 첨단 레이더 기술이다. 광자레이더는 광소자 기반 이어서 무게와 전원을 크게 줄일 수 있다. 무인기 등의 소형 플랫폼 적용 시 다중빔·다중 대역을 이용한 다중임무의 동시 수행이 가능하다. 국방과학기술연구소(www.add.re.kr/board?menuId=MENU02755&siteId=SITE00002)

다양한 우주감시체계를 해상플랫폼에 적재하여 이동식으로 운용하는 개념이므로 지상에서 운용하며 검증된 우주감시체계를 함정 플랫폼에 탑재 하는데 필요한 시간과 연구개발 속도를 고려한 로드맵이 필요하다.

〈표 4-1〉 우주영역 인식능력 발전 로드맵

구분	현재	2030년대	2040년대
지상	전자광학 위성감시체계	레이더 우주감시체계 고출력레이저 위성추적체계	
		S-Band R/D (이지스구축함)	S-Band R/D (KDDX) L-Band R/D
해상		전자광학 위성감시체계 다중 Band 광자/양자 R/D (KDDX/FFG)	
정보융합	우주 COP (비실시간)	우주정보 융합체계 (실시간)	

V. 결론

지금까지 우리나라의 우주영역인식은 한국천문연구원, 항공우주연구원, 공군의 세 개 기관 주도로 이루어져 해상기반 우주감시에 대한 담론자체가 없었다. 현재 이들 기관은 각자의 노력으로 한반도 주변에 대한 우주영역인식의 수준을 상당한 수준으로 높여 왔다. 하지만 한반도 위만을 바라보는 육상기반 우주영역인식은 다양한 한계를 드러내고 있다.

첫째, 전방위 탐색이 불가하며 둘째, 육상기반 레이더는 장거리 탐색을 위해 높은 출력이 필요하므로 고출력의 전파 방사에 따른 인체 악영향이 있다. 셋째, 고정된 위치에서 운용하기 때문에 해상에서 운용하는 레이더보다 효율성이 낮아 적으로부터의 기습공격에 취약하다.

이러한 육상기반 우주감시자산의 제한점에 반해 해상기반 우주감시자산은 다음의 장점이 있다. 첫째, 기지건설에 따른 부담에서 자유로울 수 있고 둘째, 레이더 감시체계 구축을 위한 추가 시설건설이 불필요하여 시설문제와 연계하여 비용절감이 가능하다. 셋째, 해상용은 고정이 되지 않아 탐지 범위의 유동성이 보장된다.

이러한 해상기반 우주영역인식 전력은 해군이 이미 보유

하고 있는 자산을 활용할 수도 있고, 앞으로 보다 나은 우주영역인식을 위해 새로이 발전시켜 나가야 하는 부분도 있다. 위의 장단점에서도 소개되었지만 하나를 제대로 구축하기도 힘들고 예산도 많이 소요되는 지상기반 우주감시체계에 비해, 해군이 2030년대에 보유하게 될 이지스함과 KDDX함정 10여 척을 우주영역인식에도 활용하는 방안은 자원과 시간이 한정된 우리나라의 우주력 건설을 위한 매우 매력적인 선택이 될 것이다.³⁵⁾

우주개발에 미국과 같이 많은 예산을 할당하고, 전 세계의 다양한 지역을 사용할 수 없는 우리나라의 현실을 감안할 때 해상기반 우주감시체계는 좋은 선택지가 될 것이다. 해군이 중심이 되어 레이더 기반 우주감시자산을 구축하고, 공군이 중심이 되어 우주정보를 통합·분석하는 체계를 구축하면 이것이 바로 효율성을 고려한 합동성 강화일 것이다.

이 논문도 한계는 있다. 첫째, 상위 기획문서와 궤를 같이 하지 못하고 있다. 이제 막 작성된 합참 차원의 『합동우주전략서』³⁶⁾, 현재 검토중인 국방부 차원의 『국방우주전략서』 등을 고려한 정책적 제언이 되지 않아 현재 진행중이고 검토중인 정책과 거리감이 발생할 수 있다. 하지만 이러한 제한점은 오히려 앞으로 작성될 각종 우주 관련 전략서, 정책서에 해양기반 우주영역인식 자산이 추가되는데 참고가 될 수 있다.

둘째, 기술적으로 접근한 발전방향이 아니다. 본 논문은 현재까지 미 우주군과 해군의 발전추세를 여러 문서를 통해 분석하여 발전방향을 제시하였다. 그리하여 기술적인 정밀 분석을 하지 못한 점이 제한점이다.

이러한 제한점을 극복하고 앞으로 더 연구해 나가야 할 분야는 아래의 두 가지로 요약된다. 첫째, 현재 국방부, 합참, 각 군에서 나오고 있는 우주 전략 및 전력건설 관련 기획문서를 참조하여 신뢰성 있고, 정부의 발전방향과 발걸음을 같이 할 수 있는 분석이 필요하다.

둘째, 기술적인 깊은 이해를 바탕으로 둔 발전방향 제시이다. 미래의 신 전장영역에서의 군의 역할을 분석함에 있어서 과학기술 및 발전추세를 이해하지 못하고 발전방향을 제시하는 것은 매우 위험하다. 우주관련 기술 및 해군함정 탑재 센서의 기술적 이해를 바탕으로 보다 정확한 예측 및 분석이 필요하다.

주35) 배학영, “우주전장시대 해군력 발전방향,” 『국방연구』, 2021.

주36) 합참차원의 “합동우주전략서”는 합동참모회의를 통과하여 2022년에 발간 배포됨

참고문헌

- 1) 국방과학연구소(www.add.re.kr). '미래기술 - 양자레이더, 광자레이더' (검색일 : '22. 2.16.)
- 2) 김경환·박효선, "THAAD 배치를 둘러싼 민간갈등에 관한 연구," 『위기관리 이론과 실천』, 2019.
- 3) 방위사업청, "레이저 기반 핵심기술로 우주감시, 추적능력을 확보한다," 대한민국 정책브리핑, 2021.01.27.
- 4) 배학영, "우주전장시대 해군력 발전방향," 『국방연구』, 2021.
- 5) 이성섭·조태환·엄정식·홍찬민·이동규 "주요국 군사우주조직 분석 및 한국공군의 발전방향," 『한국항공우주학회 2021년도 추계학술대회』, 2021.
- 6) 임형철·박종욱·김동진·성기평·가능현, "감악산 SOLT 시스템을 이용한 우주잔해물 레이저추적 성능분석," 『한국항공우주학회지』, 2015.
- 7) 조준우·최성환·이성섭·박소라, "국방분야 우주상황인식 발전을 위한 민간협력 필요성 고찰," 『한국항공우주학회 2020 추계학술대회 논문집』, 2020.
- 8) 조중현·최영준·임홍서·최진·손주영·전현석·배영호·문홍규·김명진·박장현·임여명·김지혜·현성경, "국내 위성추락상황실 운영," 『통신위성우주산업연구회논문지』, 2013.
- 9) 조태환·이성섭, "광학 우주감시체계의 성능향상 방안," 『한국항공학회논문지』, 2021.
- 10) 최성환, "'초소형위성' 운영 간 공군 우주정보상황실 협업 방안," 제6회 초소형위성워크숍(21.7.1~2.)
- 11) 최준민, "우주 폐기물(쓰레기) 제거 방식에 대한 고찰," 『항공우주산업기술동향』, 2016.
- 12) 한국천문연구원(www.kasi.re.kr/kor/research/pageView/313) '우주위험감시센터'(검색일 : '22. 3.17.)
- 13) Chatters, Edward P., et al. "Space Surveillance Network." AU-18 Space Primer, Air University Press, 2009, pp. 249-258, (<http://www.jstor.org/stable/resrep13939.26>.)
- 14) JEFFREY KLUGER, "A Massive Chinese Rocket Will Fall Uncontrollably Back to Earth Soon. It (Probably) Won't Land On You," Time, 2021.5.5.
- 15) J. Choi, J. H. Jo, H. S. Yim, E. J. Choi, S. K. Cho, and J. H. Park, "Optical tracking data validation and orbit estimation for sparse observations of satellites by the OWL-net," Sensors, pp. 1868-1889. 2018.
- 16) Missile Defense Agency History Office, "A Brief History of the Sea-based X-Band Radar-1," 2008.
- 17) Muolo, Maj Michael J. (December 1993). "Space Handbook - A War Fighter's Guide to Space". One. Maxwell Air Force Base: Air University Press.
- 18) OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE, Missile Defense Review, 2019.
- 19) USSPACECOM WHITE PAPER ON (13 Nov 20)
- 20) <https://www.missiledefenseadvocacy.org> (검색일 : '22. 2.10.)
- 21) 국방과학연구소 홈페이지 (www.add.re.kr/board?menuId=MENU02755&siteId=SITE00002)(검색일 : '22. 2.10.)
- 22) <https://www.darpa.mil/program/orbitoutlook> (검색일 : '22. 3.16.)
- 23) (<http://iconnect007.com/printfn/print.php?cdrID=98531>) (검색일 : '22. 2.18.)