



Received: 2024/05/10  
Revised: 2024/05/20  
Accepted: 2024/06/13  
Published: 2024/06/30

**\*Corresponding Author:**

Jeongmu Lee  
E-mail: rktapuma@gmail.com

# 해양 유·무인 복합체계 발전방안 연구: 초연결 분야 기술을 중심으로

## A Study on the Development of the Manned-Unmanned Teaming: Focusing on the Hyper-connectivity Technology

이정무<sup>1\*</sup>, 박선준<sup>2</sup>

<sup>1</sup>해군 소령/서울대학교 공학석사

<sup>2</sup>해군 소령/국방대학교 무기체계공학석사

Jeongmu Lee<sup>1\*</sup>, Sunjun Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LCDR, ROK Navy/MS, Seoul National University

<sup>2</sup>LCDR, ROK Navy/MS, Korean National Defense University

### Abstract

본 논문에서는 해군의 해양 유·무인 복합체계 발전을 위해 상업용 저궤도 위성 사용과 mesh network 도입을 제안하였다. 2가지 방안은 유·무인 복합체계 간 초연결을 가능케 하여 통제함소와 이격거리의 제한없이 대용량 데이터를 실시간으로 소통하게 하고, 지휘통제의 물리적 한계를 극복하게 할 것이다. 이를 통해 궁극적으로는 유·무인 복합체계의 임무수행 능력을 극대화하는데 기여할 것이다.

This study proposed the use of commercial Low Earth Orbit satellite and the introduction of the Mesh network for the development of ROK Navy's Manned-Unmanned Teaming. Those two proposals will make it possible for the MUM-T to enable real-time communication of large amounts of data without limiting the distance from the control post, and overcome the physical limitations of command and control by enabling hyper-connectivity between manned and unmanned systems. Through this, it will ultimately contribute to maximizing the operation capability of the MUM-T.

### Keywords

해양 유·무인 복합체계(MUM-T),  
초연결(Hyper-connectivity),  
상업용 저궤도 위성(Commercial LEO),  
스타실드(Starshield),  
메쉬 네트워크(Mesh Network)

## 1. 서론

우리나라가 미래에 직면하게 될 국방환경은 세계 및 동북아 지역에서의 불안정성 증대, 과학기술의 발전에 따른 미래전 양상 변화 및 기술패권 심화, 북한 핵·미사일 위협 현실화, 2차 인구절벽에 따른 병역자원 부족 등 매우 도전적인 환경이 될 것으로 예상된다[1].

따라서 국방부에서는 이러한 도전적 요인들을 4차 산업혁명과 과학기술이라는 기회요인을 통해 극복하려는 ‘국방혁신 4.0’ 기본계획을 2022년에 발표하였으며, 5대 중점과 16대 과제를 선정하여 추진 중이다. 이 중에서 유·무인 복합전투체계 구축은 ‘국방혁신 4.0’의 핵심과제로, 각 군에서는 저마다의 작전 특성에 맞는 유·무인 복합체계를 발전시키기 위해 매우 활발하게 활동하고 있다.

해군 또한 해양 유·무인 복합체계를 통해 미래 해양전에서 승리하기 위해 ‘해양 유·무인 복합체계 발전계획’을 수립하였고 전투발전요소(DOTMLPL-P)의 모든 분야에서 체계 구축을 위해 노력하고 있다. 특히, 해양 유·무인 복합체계를 구성하는 기술을 초연결 분야와 초지능 분야로 구분하여 두 가지 기술군의 장기적인 기술발전과 획득에 자원과 노력을 집중하고 있다.

본 논문은 이러한 상황인식을 바탕으로 해양 유·무인 복합체계를 구성하는 핵심기술군 중 초연결 분야에 대한 기술적 완성도를 높일 수 있는 방안을 제시함으로써 해군의 해양 유·무인 복합체계 발전에 기여하는 것을 연구의 목적으로 한다.

## 2. 해군의 해양 유·무인 복합체계

해군이 정의한 해양 유·무인 복합체계는 “수상, 수중, 공중 전 영역에서 초연결, 초지능을 기반으로 유인 전력과 무인전력을 효과적으로 통합운용하여 작전 및 임무수행 능력을 극대화하는 체계”이다[2].

해양 유·무인 복합체계의 기본 운용개념은 인명피해 및 전력손실 위험이 높아 유인전력으로 임무수행이 제한되는 작전에 무인전력을 적극적으로 투입하여 해군의 방책 선택의 폭을 넓히고, 광해역·접적해역·저수심 등 아 해군에 전통적으로 불리하였던 작전 환경에 무인전력을 활용함으로써 작전적 제한사항을 극복하는 것이다[2]. 이러한 기본 운용개념 하에서 무인전력은 향후 대함작전은 물론, 대잠작전, 기뢰대항작전, 상륙작전, 항만방호작전 등 대부분의 해군작전에서 유인전력과 통합되어 시너지 효과를 발휘할 것이다.

한편, 이러한 해양 유·무인 복합체계의 최종상태는 최고 수준의 자율화 및 통신 기술을 적용하여 유인전력의 개입을 최소화하고, 무인전력의 군집기동을 통해 복합 전투임무를 수행함으로써 최단시간에, 최소 피해로, 최대효과를 달성하는 것이다.

하지만, 현재 해양 유·무인 복합체계의 기술성숙도는 무인체계를 함정에 탑재하여 인간의 원격통제 하에 통신거리권 내에서 전투지원임무를 수행하는 수준에 그치고 있다. 따라서 해군에서는 상술한 최종상태를 달성하기 위하여 3단계의 발전방향을 구상하였으며 세부내용은 Table 1과 같다. 발전방향에 따르면 단계가 올라갈수록 원격통제에서 자율형으로(자율화 수준), 1:1 통신에서 多:多 통신으로(통신수준) 발전하게 된다.

**Table 1.** 해양 유·무인 복합체계 3단계 발전계획[2]

구분	1단계 (~2020년대 후반)	2단계 (~2030년대 중반)	3단계 (~2030년대 후반)
자율화 수준	원격통제형 무인체계	반자율형 유·무인체계	자율형 유·무인 복합체계
통신수준	1:1	1:多	多:多
임무	유인전력에 탑재하여 유인전력 통제 하 전투지원임무 수행	유인전력이 통제 하 반자율 기동으로 제한된 작전임무 수행	자율 군집기동이 가능한 유·무인 복합 전투임무 수행

## 3. 해군의 해양 유·무인 복합체계 건설을 위한 초연결 분야 요구사항 및 향후 계획

3장에서는 2장에서 개괄한 해군의 해양 유·무인 복합체계 발전방향이 정상적으로 추진되기 위해 초연결 분야에서의 기술적 요구사항은 무엇인지 분석하고, 이러한 요구사항을 충족하기 위한 군의 향후 계획은 무엇인지 알아봄으로써 뒤이은 4장(해양 유·무인 복합체계 초연결 분야 발전방안)의 논리적 배경을 제공한다.

### 3.1 초연결 분야 요구사항

현재 해군에서 운용하는 무인전력은 무선통신에 의해 통제되고 있다. 따라서 무인전력의 작전반경은 무선통신 통달거리 내로 제한되는데, 이는 미군이 인공 위성을 이용하여 세계 각지에서 운용되는 UAV를 미국 본토에서 통제하는 것과 많은 차이가 존재한다.

해군이 갖고 있는 이러한 통신수단의 제한사항은 유·무인 복합체계의 시너지 효과를 저하시킨다. 육상 통제소에서 무인전력을 운용할 경우 항만방호작전과 같은 제한적인 형태의 작전만 가능하고, 유인함정에서 무인전력을 운용할 경우 통제 유지를 위해 유인함정이 무인전력 임무구역에 근접할 때 적에게 노출될 가능성이 높아지기 때문이다.

또한, 통제소와 무인전력 간 무선통신이라는 단일 통신수단을 사용하고 있어 통신 두절 시 대체 방안이 없다.

따라서 향후에는 ① 무인전력의 작전반경을 획기적으로 확장할 수 있는 위성통신으로 통신수단을 변경하고, ② 통제소와 무인전력 간 통신이 두절되더라도 군집 무인전력 내에서 다중 통신중계를 통해 임무를 지속할 수 있는 네트워크 구축이 필요하다.

### 3.2 초연결 분야 향후 계획

Table 1과 3.1절에서 알 수 있듯이 해양 유·무인 복합체계의 초연결 분야에서 위성을 이용한 무인전력 통제는 핵심 요구사항이다. 이는 2020년부터 ANASIS-II라는 군사 통신 전용위성을 운용하고 있는 한국군의 상황을 고려하였을 때 ANASIS-II를 이용하여 무인전력을 통제하면 해결될 문제로 인식될 수 있다.

하지만 ANASIS-II가 정지궤도 위성이라는 점에서 무인전력 통제에 사용되는데 다음과 같은 제한사항이 존재한다. 첫째, 안테나 크기에 대한 제한이다. 정지궤도 위성에 사용되는 통신 안테나는 이동 간 지휘 통제(C2 OTM : C2 on the move) 시 정지궤도 위성을 지속 지향해야 하므로 360° 회전이 가능한 기계식 접시형 안테나를 사용한다. 이는 상대적으로 크기 제약이 덜한 유인 함정에서는 제한사항으로 작용하지 않지만, 3톤 수준의 USV 또는 중소형 UAV에는 설치가 제한된다. 둘째, 통신용량과 전송속도의 제한이다. 대역폭이 한정된 ANASIS-II는 함참, 육·해·공군 및 해병대의 여단급 이상 제대에서 운용되어 무인전력 통제에 필요한 대역폭 추가 할당이 제한된다. 이는 향후 무인전력에서 수집한 방대한 정보를 유인전력에 전송하는 정보유통 행위를 불가능하게 할 수 있다[3]. 셋째, 과도한 통신 지연시간(RTT: round trip time)이다. 정지궤도 위성은 약 36,000 km의 고고도에서 운용되므로 지구와 통신 시 평균 통신 지연시간이 500 ms 이상 발생한다[4]. 이는 군사작전 간 실시간으로 무인전력을 통제해야 하는 점을 고려할 때 매우 취약한 부분이라고 할 수 있다.

상술한 문제점들로 인해 군 내외에서는 유·무인 복합체계 통제를 위한 수단으로 저궤도 위성 도입을 주장해 왔다[5]. 저궤도 위성을 이용할 경우의 이점은 다음과 같다. 첫째, 위성통신 안테나 크기가 정지궤도 위성 대비 획기적으로 줄어들어 유인함정보다 소형인 무인전력에도 탑재가 가능하다. 이것이 가능한 이유는 정지궤도 위성과 저궤도 위성의 운용방식 차이에서 기인하는데, 정지궤도 위성은 약 36,000 km 고도에서 운용되기 때문에 위성 1기가 지구 면적의 약 34 %를 커버할 수 있지만 저궤도 위성은 300 km - 2,000 km에서 운용되기 때문에 저궤도 위성 1기는 지구 면적의 약 2 %만 커버 가능하다. 따라서 이러한 단점을 극복하기 위해 저궤도 위성은 군집으로 운용되고[6], 저궤도 위성의 군집운용으로 인해 사용자 부문(user segment)에서는 동시에 다수의 저궤도 위성에 노출될 수 있으며, 이는 저궤도 위성용 안테나가 특정 위성을 지속적으로 추적해야 하는 기계식 접시형 안테나를 더 이상 필요로 하지 않고 전자식 빔 조향 안테나(ESA, electronically steerable antenna/VCTS, variable inclination continuous transverse stub) 등과 같은 평면 패널 안테나(flat panel anten-

na)를 사용할 수 있는 환경을 제공하기 때문이다[7]. 전자식 빔 조향 안테나는 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 차량에도 부착할 수 있을 만큼 크기가 작기 때문에 무인전력이 위성에 기반한 통제를 가능하게 하는 핵심 요소라고 할 수 있다.



(a) 기계식 접시형 안테나 (b) 전자식 빔 조향 안테나

Fig. 1. 기계식 접시형 안테나와 전자식 빔 조향 안테나 형태 비교

둘째, 위성통신 지연시간이 획기적으로 감소하고 데이터 전송속도가 현저히 증가한다. 저궤도 위성의 통신지연시간은 25 ms로 정지궤도 위성의 지연시간인 500 ms는 물론, 광케이블의 70 ms보다도 낮은 수준이다. 이는 저궤도 위성이 300 km - 2,000 km의 낮은 고도에서 운용되어 전파 왕복시간이 짧기 때문이다[8].

데이터 전송속도의 경우 Space X사의 사례를 보면 50 Mbps - 150 Mbps 수준으로 한국의 평균 인터넷 속도보다 빠른 인터넷 서비스를 제공하고 있다[9].

정지궤도 위성과 저궤도 위성의 비교와 관련된 이상의 논의를 표로 정리하면 Table 2와 같다.

Table 2. 정지궤도 위성과 저궤도 위성 비교

구분	위성 고도 (km)	통신 지연시간 (ms)	위성 1기당 지구 coverage	한반도 전역 운용을 위한 위성 소요수량
정지궤도 위성	36,000	500	34 %	1기
저궤도 위성	300 - 2,000	25	2 %	최소 17기

상술한 상황인식을 바탕으로 방위사업청에서는 저궤도 위성을 자체 개발하기 위해 저궤도 위성체계 양자암호 기술, 저궤도 위성용 레이저 통신기술, 저궤도 우주기반 자율/분산 네트워크 기술 등 저궤도 위성통

신체계와 관련한 기술들을 핵심기술 및 미래도전 국방과학기술로 지정하여 자체 연구개발에 노력하고 있다[11].

이러한 R&D 활동을 미루어 보았을 때 우리군도 유·무인 복합체계의 통제와 데이터 전송에 저궤도 위성 통신체계를 활용하기 위해 군용 저궤도 위성통신체계 확보를 중·장기적으로 추진할 것으로 예상된다.

#### 4. 해양 유·무인 복합체계 초연결 분야 발전방안

본 장에서는 3장에서 확인한 해군의 해양 유·무인 복합체계 초연결 분야 발전계획에 대한 평가 및 개선 필요사항을 도출하고, 도출된 개선 필요사항에 대해 미 해군 5함대 예하 TF 59<sup>1)</sup>의 사례를 참고하여 발전 방안을 제시한다.

##### 4.1 평가 및 개선 필요사항

해군의 해양 유·무인 복합체계 초연결 분야 발전계획 핵심은 군용 저궤도 위성통신체계 확보라고 할 수 있다. 하지만 군용 저궤도 위성통신체계는 다음의 두 가지 측면에서 한계가 예상된다.

첫째, 데이터 속도의 제약이다. 우리 군이 추진했던 군 위성통신 사업의 사용자 범위는 무궁화 2호부터 ANASIS-II에 이르기까지 모두 3군 공통이었다. 따라서 향후 군용 저궤도 위성통신체계가 확보되더라도 이는 3군 공통으로 사용될 가능성이 높다. 미래에는 해군뿐 아니라 육군과 공군, 해병대 역시 무인전력을 광범위하게 사용할 것으로 예상되기 때문에 군용 저궤도 위성통신체계가 글로벌 상용 저궤도 위성통신 사업자와 같이 수백 개 단위의 군집위성을 운용하지 않는 이상 데이터 속도의 제약이 발생할 것이고, 이로 인해 해양 유·무인 복합체계의 원활한 작전운용에 영향을 줄 것으로 예상된다.

둘째, 군용 저궤도 위성통신체계 운용범위(coverage)의 제약이다. 해군은 현재 다국적군 평화활동의 일환으로 청해부대가 아덴만 해역에서 임무수행 중이고, 과거에는 아라우 부대가 필리핀 해역에서 인도적 평화유지작전을 수행하였으며, 림팩, 탈리스만 세

이버, 코브라 골드 등의 정기적인 연합훈련도 활발히 수행 중이다. 또한, 유사시 말라카 해협·대만 해협 등 대한민국의 핵심 해상교통로가 위협받을 경우 해군의 작전반경 확대가 예상된다. 즉, 현재 광활한 인도 태평양 해역 전반에서 해군의 작전과 훈련이 이루어지고 있으며, 미래에는 해당 해역에서 무인전력을 탑재한 유인함정의 활동이 더욱 증가할 전망이다.

하지만, 미래의 군용 저궤도 위성체계는 한반도를 넘어서 인도 태평양 해역까지를 그 운용범위로 포함하지 않거나, 포함하더라도 능력이 제한될 가능성이 높다. Table 2에서도 알 수 있듯이 한반도 전역에서 운용하기 위한 저궤도 위성 수는 17기 남짓임에 반해 글로벌 저궤도 위성통신을 제공하고 있는 OneWeb의 저궤도 위성 운용대수가 634대임을 고려하였을 때 군용 저궤도 위성체계가 인도 태평양 해역까지 운용범위를 넓히기 위해서는 수백여 개의 군집위성이 필요할 것으로 예상되기 때문이다. 따라서 미래 군용 저궤도 위성체계의 예상되는 한계점인 데이터 속도와 운용범위의 문제를 해결하기 위해 해군에서는 군용 저궤도 위성체계와 병행하여 상용 저궤도 위성을 사용하는 것이 필요하다. 한편, 3.1절에서 언급한 바와 같이 통제함소와 무인전력과 통신이 두절되더라도 군집 무인전력 내에서 다중통신 중계를 통해 임무를 지속할 수 있는 네트워크 구축과 관련된 구체적인 방안 마련 또한 요구된다.

따라서 이하에서는 군용 저궤도 위성통신체계와 병행하여 상업용 저궤도 위성을 사용하는 방안과, 무인전력 내 네트워크 구축을 위한 mesh network<sup>2)</sup>를 도입하는 방안 등 두 가지를 해군의 해양 유·무인 복합체계 초연결 분야의 발전방안으로 제시한다.

##### 4.2 상업용 저궤도 위성 사용

현재 해군이 해양 유·무인 복합체계의 지휘통제와 데이터 송수신에 사용 가능한 상업용 저궤도 위성 사업 현황은 Table 3와 같다.<sup>3)</sup>

<sup>2)</sup> Mesh network란 그물 형태로 망을 구성하는 방식으로 각 노드 간 직접적(direct), 다변화적(dynamical), 비계층적(non-hierarchical)으로 연결되어 특정 노드와 노드 간 단절이 발생하더라도 다른 경로를 통해 정보를 교환하는 방법이다.

<sup>3)</sup> 상업용 저궤도 위성 사업자와 관련 국내기업은 제외하였다. 그이유로 첫째, 현재 상업용 저궤도 위성을 운용 중인 국내기업이 존재하지 않으며, 둘째,

<sup>1)</sup> 2021년 미 5함대사 예하에 창설된 TF로 해양 유·무인 복합체계의 기술연구 및 운용을 지원하는 임무를 수행한다. 전 세계 최초로 5함대사 작전구역에서 USV와 UAV를 유인전력에 통합하여 운용하고 있다.

**Table 3.** 상업용 저궤도 위성통신 사업자 비교[11]

구분	OneWeb	Space X	Telesat Lightspeed
궤도 운용대수	634대 (2023. 5. 20.)	<b>5,800대</b> (2024. 4. 27.)	3대 (2024. 4. 27.)
발사계획	648대	<b>12,000대</b>	198대
운용고도	1,207 km	<b>550 km</b>	1,325 km
데이터 속도	하향 50 Mbps 상향 25 Mbps	<b>하향 220 Mbps 상향 50 Mbps</b>	하향 50 Mbps 상향 10 Mbps
지연시간	50 ms	<b>15 ms - 40 ms</b>	N/A
빔 운용범위	4,300,000 km <sup>2</sup>	<b>920,000 km<sup>2</sup></b>	5,360,000 km <sup>2</sup>
주파수	Ku/Ka	<b>Ku/Ka</b>	Ka/Ka

현재 운용하고 있는 저궤도 위성 수를 고려하였을 때 해군이 선택 가능한 위성통신 사업자는 OneWeb 과 Space X로 압축할 수 있다. 이 두 기업을 데이터 속도, 운용범위, 보안성 측면에서 비교한 결과는 다음과 같다.

4.2.1 데이터 속도

데이터 속도 면에서 우위를 보이는 업체는 Space X 이다. Space X는 하향링크와 상향링크 모두 OneWeb 에 비해 2~4배 빠른 속도로 통신한다. 통신속도에서의 이러한 우위는 추후 유·무인전력 간 고용량의 영상 자료를 지연 없이 송·수신 가능토록 할 것이다.

4.2.2 운용범위

Table 3에서 확인할 수 있는 저궤도 위성 1기 당 빔 운용범위는 OneWeb > Space X 순이다. 하지만, 저궤도 위성은 군집으로 운용되기 때문에 저궤도 위성 1기가 비추는 지구 면적보다 저궤도 위성군이 global coverage를 확보하고 있는지 여부가 더욱 중요하다. 이러한 측면에서 Space X는 지구국의 도움 없이 인접한 위성 간 레이저 신호로 링크되어 가장 빠른 경로를 찾아 사용자와 통신함으로써 global coverage를 확

국가 주도로 '29년 이후 저궤도 위성통신을 운용할 계획이지만[13], 운용대수, 운용범위, 데이터 속도 등 구체적인 계획은 미정이기 때문이다.

보하였다. 반면 OneWeb의 저궤도 위성군은 위성 간 링크 기능이 없기 때문에 전 세계에 44개의 지구국을 설치하여 운용하고 있다. 이러한 한계로 인해 OneWeb은 러시아, 중국 및 태평양 일부 해역에서 서비스가 제한되는 단점이 있다. 즉, global coverage 측면에서 우위에 있는 위성통신 사업자는 Space X 라고 할 수 있다.

4.2.3 보안성

보안성을 정성적으로 평가하는 선택적인 방법 중 하나는 실제 군사용으로 문제없이 사용되고 있는 지 여부일 것이다. 이러한 측면에서 앞선 위성통신 사업자는 Space X이다.

Space X는 기존에 운용 중인 상용 저궤도 위성 인 프라를 이용하여 사용자 부문에서 보안을 위한 추가적인 단말 설치 없이 데이터 암호화를 통해 저궤도 위성과 사용자 간 군사자료 전송 및 지휘통제가 가능하도록 하는 위성통신 서비스인 Starshield를 미군 및 미 정부에 제공하고 있다. TF 59는 실제로 Fig. 2와 같이 Starshield를 통해 해당 부대가 운용하고 있는 무인전력과 데이터 통신 및 지휘통제를 수행하고 있으며 사이버 공격이나 해킹 등의 사고는 보고된 바 없다.



**Fig. 2.** TF 59 인원이 ROC(Robot Operation Center)에서 Starshield를 이용하여 무인전력과 정보교환 및 지휘통제하는 모습[13]

또한, UAV를 탑재하여 운용하고 있는 미 5함대사의 유인함정 역시 UAV 운용 시에는 Starshield와 연결할 수 있는 안테나를 갑판에 전개하여 언제, 어디서든, 무인전력이 얼마나 이격되어 있든, 보안에 문제 없이 Starshield를 통해 무인전력을 지휘통제하

고 있다. TF 59의 이러한 사례는 무인전력을 통제함에 있어 작전보안이 확립된 가운데 초연결 기술을 통해 무인전력이 통제될 수 있음을 증명한 단적인 사례라고 할 수 있다.

한편, Space X는 Starshield의 운용목적을 “미국과 동맹국에 와해적 우주력 제공”이라고 밝혔으며, 파트너 국가의 위성과 레이저 통신을 통한 상호운용도 가능하다고 하는 등[15] 미국의 동맹국에 Starshield 서비스를 개방할 용의가 있음을 시사하였다.

해양 유·무인 복합체계에 상업용 저궤도 위성을 활용하는 방안과 관련하여 이상의 논의를 종합하면 Space X가 제공하는 Starshield를 군용 저궤도 위성 과 병행 사용하는 방안이 가장 효과적이라고 할 수 있다. Starshield가 데이터 속도와 운용범위, 보안성 측면에서 타 위성통신 사업자에 비해 상대적으로 우위에 있음은 물론, 추후 우리군의 저궤도 군사위성과 Starshield와의 상호운용을 통해 한·미 연합작전 시 시너지 효과를 발휘할 수 있기 때문이다.

#### 4.3 Mesh network 구축

유인전력과 무인전력 간 지휘통제와 데이터 송·수신에 위성통신을 주 통신수단으로 사용하더라도 무선통신의 사용을 완전히 배제할 수는 없다. 그 이유는 첫째, 군사작전 수행에 있어 주 통신망 두절에 대비한 부 통신망이 항상 준비되어 있어야 하기 때문이다. 둘째, 저궤도 위성신호 송·수신용 안테나 설치가 제한되는 소형 무인전력의 경우 무선통신이 지휘통제를 위한 단일 수단이기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제의 해결을 위해 인접한 무인전력들이 무선통신에 의해 상호 연결되어 있는 mesh network를 대안으로 제시한다.

Mesh network가 구축되면 통제함소와 특정 무인전력과의 위성통신이 두절되었을 때, 혹은 위성 안테나를 설치할 수 없는 소형 무인전력을 통제하고자 할 때 통제함소와 위성통신이 유지되고 있는 주변의 다른 무인전력을 통신중계소로 활용하여 이들을 우회 통제할 수 있으며, 실제로 TF 59에서는 Fig. 3의 SILVUS라는 무선통신 장비를 무인전력에 설치하여 mesh network를 구성 및 운용 중이다. SILVUS를 통해 구성된 무인전력 간의 mesh network를 시각화한 화면은 Fig. 4와 같다.



Fig. 3. Mesh network 관련 무선통신 장비(SILVUS)[15] (통신대역: 300 MHz - 6 GHz, 통신속도: 최대 100 Mbps)

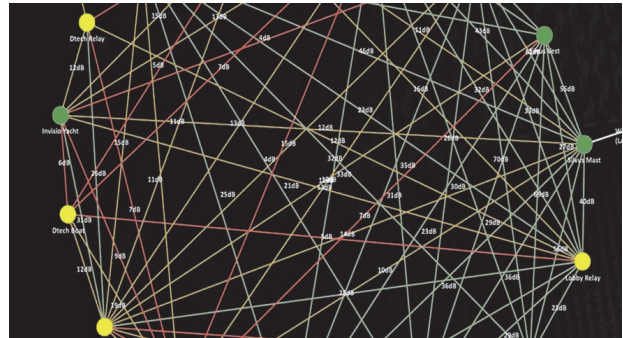


Fig. 4. TF 59의 Mesh network 시각화 화면[16]

Mesh network가 도입된다면 무인전력 통제 시 위성통신 두절에 대한 철저한 대비는 물론 위성 안테나를 설치할 수 없는 소형 무인전력에 대한 통제 역시 위성을 사용한 것과 같은 효과를 얻을 수 있을 것이다.

## 5. 결론

본 연구에서는 해군의 해양 유·무인 복합체계 발전을 위한 방안으로 초연결 기술 분야에서 상업용 저궤도 위성 사용과 Mesh network 도입을 제안하였다. 상업용 저궤도 위성 사용과 관련해서는 정책적 제언에 그치지 않고 해군이 선택 가능한 상용 저궤도 위성통신 사업자들을 데이터 속도, 운용범위, 보안성 측면에서 비교 분석함은 물론, 실제 군 사용 사례를 통해 구체적이고 신뢰도 있는 발전방안을 제시하였으며, mesh network 도입과 관련해서는 위성통신 안테나를 설치할 수 없는 무인전력에 대한 통제 방안을 제시하였다.

이상의 두 가지 방안은 유·무인 복합체계 간 초연결을 가능케 하여 향후 유·무인 복합체계의 임무수행능력을 극대화하는데 기여할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 국방부, “2022 국방백서,” p. 107, 2023.
- [2] 해군본부, “22년 해양 유·무인 복합체계 종합발전 대토론회,” 발표자료(유튜브 공개자료) p. 8, 2022.
- [3] 이민우·정규필·김상희, “22-미래 해군 위성통신 발전방안 연구,” 아주대학교 산학협력단, p. 87, 2022.
- [4] 이민우·정규필·김상희, “22-미래 해군 위성통신 발전방안 연구,” 아주대학교 산학협력단, p. 10, 2022.
- [5] 한명수·안병오, “최근 민간 저궤도 위성통신 개발동향과 군 위성통신체계 발전방안,” 국방논단, 제1912호, p. 10, 2022.
- [6] 한명수·안병오, “최근 민간 저궤도 위성통신 개발동향과 군 위성통신체계 발전방안,” 국방논단, 제1912호, p. 4, 2022.
- [7] Gupta, Ustav, et al. “Modern Flat Panel Antenna Technology for Ku-/Ka-Band User Terminals in LEO Satellite Communications Systems,” *Microwave Journal* 64.9, 2021.
- [8] 한명수·안병오, “최근 민간 저궤도 위성통신 개발동향과 군 위성통신체계 발전방안,” 국방논단, 제1912호, p. 3, 2022.
- [9] 정보통신기획평가원, “지구 상공의 ‘위성 그물망’ 저궤도 위성 인터넷 기술 동향,” *주간기술동향*, p. 6, 2021.
- [10] 국방기술진흥연구소, “23-27 국방기술기획서,” 2023.
- [11] 조용원, “상용 저궤도(LEO) 위성통신 군사적 활용방안,” 한국해군과학기술학회 학술대회 발표자료, p. 9, 2023.
- [12] 관계부처 합동, “제4차 우주개발진흥기본계획(안),” 2022.
- [13] Justin Katz, “Accenture demos data vis, C2 for multiple USVs during Navy’s Digital Horizons exercise,” *Breaking Defense*, December 16, 2022, <https://breakingdefense.com/2022/12/accenture-demos-data-vis-c2-for-multiple-usvs-during-navys-digital-horizons-exercise/> (검색일: 2024. 4. 30.)
- [14] Space X, “Starshield: Supporting National Security” [www.spacex.com/starshield](http://www.spacex.com/starshield) (검색일: 2024. 4. 30.)
- [15] Silvus Technologies, “Streamcaster Radios: The First and Still the Most Advanced Tactical MIMO Radios,” <https://silvustechnologies.com/products/streamcaster-radios/> (검색일: 2024. 4. 30.)
- [16] TF 59 소개자료, p. 6, 2023.