

Chapter

03

해상 위험 감시 및 대응 기술 동향

왕기철_한국전자통신연구원 책임연구원
김재인_한국전자통신연구원 책임연구원

기존의 해상 위험 감시 및 대응 기술은 5G 멀티 홉 통신 기술, 딥러닝 기반 객체 탐지, 드론 활용 구조 시스템 등을 활용하지만, 드론 운용 반경, 육상 이동 통신 기지국, 그리고 GPS에 과도하게 의존하여 실효성 있는 감시 및 대응을 지원하지 못하고 있다. 본 고는 해상 위험 감시 및 대응 기술의 최신 논문 및 특허 동향을 살펴보고, 해상 위험 감시 및 대응 기술이 제공해야 할 특성들에 따라 이들을 분석한다. 분석 결과에 따르면, 실효성 있는 해상 감시 및 대응을 위해 고고도 플랫폼을 도입해 감시 범위를 확장하고, 끊김 없는 통신 및 위치 파악을 지원하는 통합 시스템 개발이 필요하다.

I. 서론

해상 활동의 증가와 함께 해상 사고 위험 감시 및 위험 대응 기술에 대한 중요성이 커지고 있으나, 기존 해상 통신 및 감시 체계는 명확한 한계를 가지고 있어 이러한 한계들을 극복할 기술 개발의 필요성이 증가하고 있다. 특히, 넓은 바다에서 발생하는 조난 사고나 해상 위험은 신속한 탐지와 정확한 위치 파악이 생존과 직결되지만, 현재의 통신망은 해안 기지국 중심의 커버리지 제한으로 인해 먼 바다에서 끊김 없는 서비스를 제공하는 데에 어려움을 겪는다. 따라서 해상 위험을 효과적으로 감시하고 즉각적으로 대응하기 위해서는 기존의 한계를 극복할 수 있는 진일보한 감시 및 대응 기술과 촘촘한 통신 네트워크 아키텍처가 필요하다.

현재 해상 위험 감시 및 대응 기술은 좁은 대역폭, 높은 비용 그리고 해상 환경의 특수성

* 본 내용은 왕기철 책임연구원(☎ 062-970-6531, gcwang@etri.re.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

** 본 연구 논문은 한국전자통신연구원 연구운영지원사업의 일환으로 수행되었음 [26ZK1100, 호남권 지역산업 기반 ICT 융합 기술 고도화 지원사업]

***본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

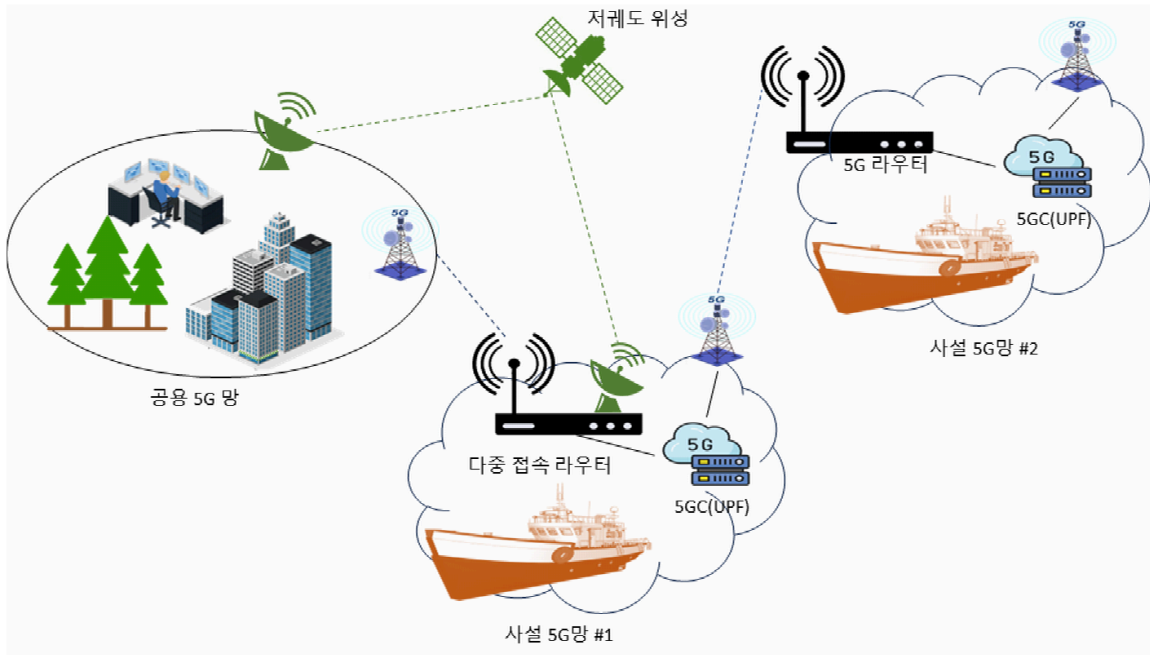
(파도, 윤슬 등)으로 인한 탐지 성능 저하라는 문제점을 가진다. 특히, 많은 기술이 드론이나 육상 기반의 LTE/5G 통신망에 의존하고 있어 기지국에서 멀어질수록 통신이 두절되거나 감시 범위가 제한되는 문제가 자주 발생한다. 또한, 소형 부유물이나 익수자와 같은 작은 표적은 가림 현상이나 배경 잡음으로 인해 탐지가 어려우며, GPS 신호나 지상 이동통신망에만 의존하는 위치 추적 방식은 정밀도와 신뢰성 측면에서 개선이 필요하다.

본 고는 위에서 언급한 문제 해결을 위한 최신 기술 동향을 세 개의 주요 장으로 나누어 기술한다. II장에서는 5G 기반의 멀티 홉 연결, 우주, 공중, 지상, 해양을 모두 커버하는 5G 통합 아키텍처 그리고 딥러닝 기반의 소형 객체 탐지 기술 등에 관한 논문 동향을 분석한다. III장에서는 무인기와 공기 부양 장치를 통합하여 장기 임무를 지원하는 시스템, 24시간 임무를 지원하는 승강형 드론 충전 시스템 및 익수자 구조 등 실제 등록되거나 출원된 특허 기술들을 살펴본다. IV장에서는 앞서 다룬 기술들을 위협 감시 범위, 정확성, 추적성, 위치 정확도, 통신 지속성이라는 5가지 핵심 지표를 기준으로 비교 분석하여 기술적 시사점을 도출한다. V장에서는 본 고의 결론을 내린다.

II. 해상 위험 감시 및 대응 기술 논문 동향

Horsmanheimo 등은 해상 환경에서 5G 통신의 짧은 커버리지 한계를 극복하기 위해 다중 홉 5G 네트워크와 위성 통신을 결합한 새로운 테스트베드 구축 및 평가 결과를 제시하였다[1]. 이 논문은 육상의 공용 5G망, 해상 선박의 사설 5G망 그리고 저궤도 위성을 연결하여 연안에서 멀리 떨어진 해역까지 끊김 없는 통신을 확장하는 실증 과정을 다룬다. 특히, 특수한 안테나 장비나 과도한 전력 소비, 극단적으로 높은 안테나 없이도 기존의 5G 기술을 활용하여 최대 9km까지 해상 커버리지를 넓힐 수 있음을 보여준다. [그림 1]은 위성, 공용 5G망, 선박 내 사설 5G망을 이용한 다중 홉 연결을 통해 원거리 해상 영역까지 5G 통신 범위를 확장하는 것을 보여준다.

Zhang 등은 기존의 평면적인 해상 통신망을 넘어 우주(위성), 공중(고고도 비행 플랫폼), 지상(육상 기지국), 해양(해수면 선박)을 3차원으로 통합한 SAGOI-Net(Space-Air-Ground-Ocean Integrated Network) 아키텍처를 제안하였다[2]. 이 기술은 해상 조난 감시 및 자율 운항과 같은 고품질 서비스를 만족시키기 위해 사용자의 실시간 위치와 시시각각으로 변하는



(자료) S. Horsmanheimo et al., "Maritime Multi-Hop Communication Over 5G Networks: A Maritime Testbed Implementation and Evaluation", Proc. of 2025 Joint EuCNC/6G Summit, Poznan, Poland, 2025, pp.500-505. 재가공

[그림 1] 공용 5G망, 사설 5G망, 위성을 활용한 해상 통신 범위 확장 방안

무선 링크 상태를 파악한다. 이후에 서비스 수준에 따라 요구되는 데이터 전송량이나 최대 허용 지연시간을 만족시킬 수 있도록 최적의 자원을 자동으로 계산하고, 요구 조건에 부합하는 위성-고고도 비행 플랫폼-기지국 혹은 선박 간의 연결 경로와 대역폭을 실시간으로 계산하여 자동으로 구성한다. [그림 2]는 SAGOI-Net의 다중 홉 5G 테스트베드 아키텍처 구조를 보여 준다.

Yin 등은 광활한 해상에서 생존자나 소형 부유물과 같은 소형 표적을 탐지하는 것에 특화된 딥러닝 기술들을 심도 있게 분석하였다[3]. 이 논문은 해상 소형 표적 탐지의 주요 장애 요인인 가림 현상, 낮은 해상도, 배경 잡음 등을 해결하기 위해 문맥 정보 활용, 다중 스케일 학습, 앵커-프리 탐지, 어텐션 메커니즘 등 6가지 핵심 기술 전략을 도출하였다. [그림 3]은 이러한 소형 수면 객체 탐지 기술을 분류한 것이다. [그림 3]에서 문맥 정보 활용은 표적 주변의 환경 정보를 함께 분석하여 작은 물체를 추론하는 방식이고, 다중 스케일 학습은 다양한 크기의 이미지 특징 맵을 활용해 아주 작은 표적도 놓치지 않게 하는 방식이다. 표적 중심점 기반 방법은 미리 정의된 박스(Anchor) 없이 표적의 중심점 등을 예측하여 계산 효율을

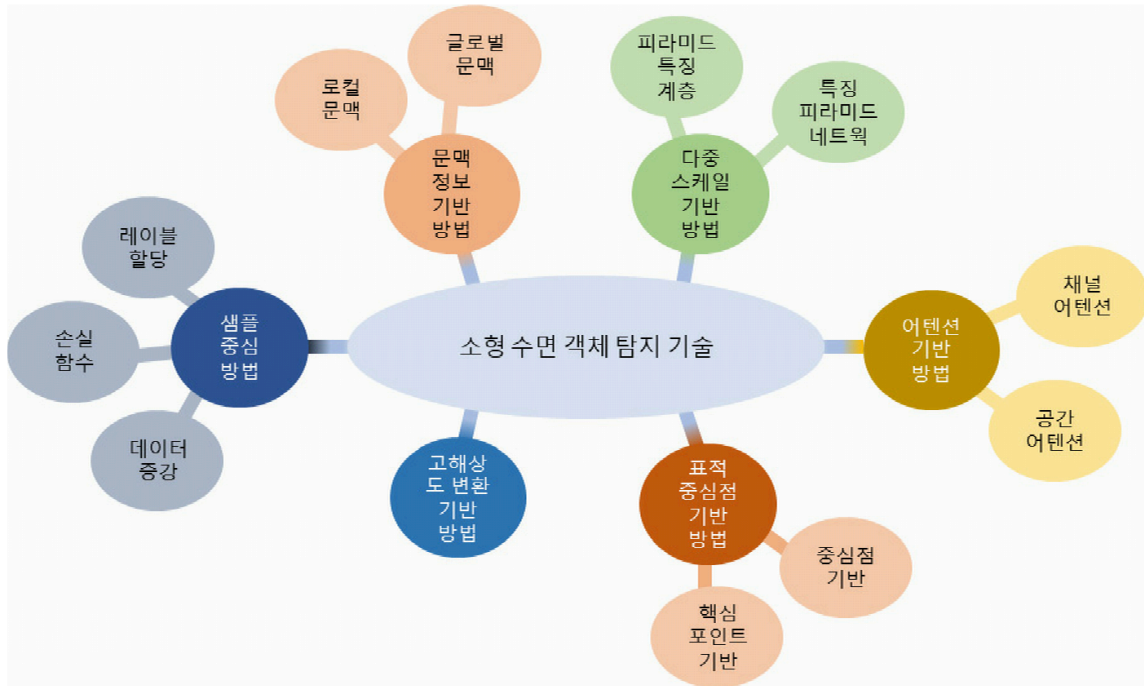


(자료) Y. Zhang, P. Zhang, C. Jiang, S. Wang, H. Zhang and C. Rong, "QoS Aware Virtual Network Embedding in Space-Air-Ground-Ocean Integrated Network", IEEE Trans. Serv. Comput., 17(4), 2024, pp.1712-1723. 재가공

[그림 2] SAGOI-Net의 다중 흡 5G 테스트베드 아키텍처 구조

높이는 방식이고, 어텐션 기반 방법은 바다의 배경 잡음(파도 등)은 무시하고 표적 등 중요한 부분에만 집중하도록 가중치를 주는 방식이며, 샘플 중심 방법은 표적 데이터 부족 문제를 해결하기 위해 데이터 증강 등을 활용하는 방식이다.

Bai 등은 해상 무인 플랫폼(Unmanned Surface Vehicle)이 악천후나 야간 환경에서도 선박과 부표 같은 표적을 정확히 탐지할 수 있도록 가시광 영상과 적외선 영상을 결합한 다중 분광 객체 검출 모델을 제안하였다[4]. 제안된 모델은 가시광 영상과 적외선 영상을 각각 처리하는 듀얼 스트림 백본 구조를 통해 물체의 시각적 윤곽, 질감 정보, 색대비와 열적 대비 정보를 동시에 추출하여 상호 보완적으로 활용한다. 또한, 추출된 이종 특징들은 넥(Neck) 단계에서 효과적으로 융합되어 크기가 다른 다양한 물체들의 특징을 잘 잡을 수 있도록 하였다. 마지막으로, 학습 시에는 일대일 헤드와 일대다 헤드를 모두 학습시키고,

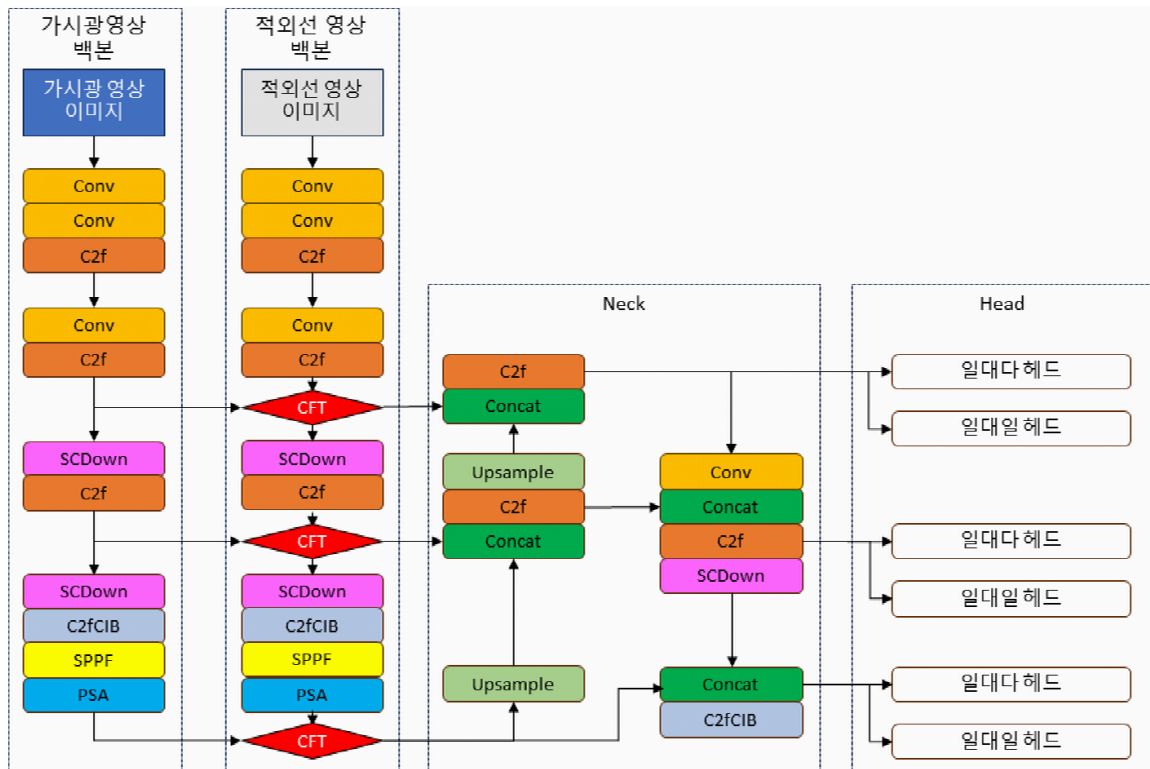


(자료) J. Yin, G. Xu, N. Wang, N. Wang and Z. Zhang, "A Survey of Small Sea-Surface Target Detection for Maritime Search and Rescue", IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., 27(1), 2026, pp.211-231. 재가공

[그림 3] 해상 탐색 및 구조를 위한 소형 수면 객체 탐지 기술 분류

추론 시에는 일대일 헤드만 동작하도록 해서 겹치는 박스가 덜 만들어지도록 하였다. [그림 4]는 위에서 언급한 광학 및 적외선 영상 기반 해상 객체 식별 방법을 보여준다. 이 방식은 실험을 통해 다양한 해상 시나리오에서 기존 단일 모달리티 기반 모델들보다 우수한 강인함과 정확도를 입증하였다.

Martinez-Esteso 등은 드론 항공 영상을 활용한 해상 수색 및 구조 작업을 위해 고려할 사항들을 식별하고, 수색 및 구조를 지원하기 위한 최신 컴퓨터 비전 기술 동향을 체계적으로 정리하였다[5]. 이 논문은 해상 환경의 특수성으로 인한 난제들, 즉 파도, 윤슬(Glint), 작은 표적 크기 등이 조난자 탐지를 어렵게 만든다는 점을 지적하고, 이를 해결하기 위한 기술을 분류, 분할, 검출, 추적의 네 가지 관점에서 분석하였다. 또한, 실제 조난 데이터 확보의 어려움을 극복하기 위한 합성 데이터 생성 기술의 중요성을 강조하며, 현재 공개된 데이터셋과 성능 평가 지표들을 비교하였다.



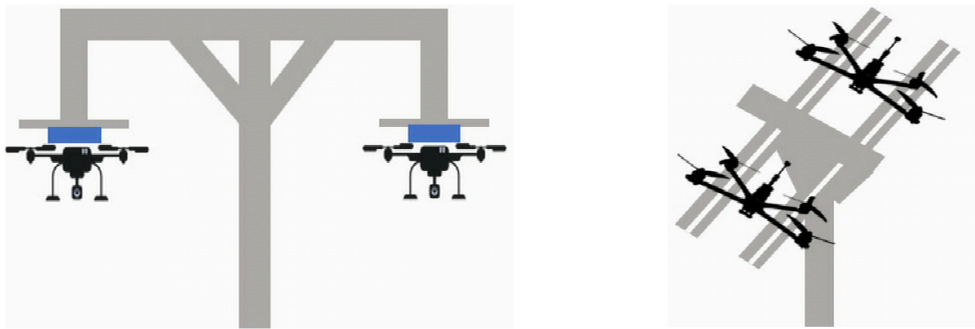
〈자료〉 X. Bai, Z. Zhang and X Xu, "Advanced multispectral detection of maritime targets for unmanned ocean surveillance", Ocean Eng., 329, 2025, Article 121185. 재가공

[그림 4] 광학 및 적외선 영상 기반 해상 객체 식별 방법

III. 해상 위험 감시 및 대응 기술 특허 동향

화물 운송 및 장기 체공 임무를 위해 모터로 구동되는 무인기와 양력을 제공하는 공기 부양 장치를 결합한 하이브리드 시스템에 관한 특허가 등록되었다[6]. 이 시스템은 기존 일반 상업용 무인기가 가진 짧은 체공 시간이라는 치명적인 한계를 공기 부양 장치의 강력한 부력을 통해 극복하여 장시간 비행이 가능하도록 설계되었다. 즉, 이 시스템은 공기 부양 장치가 제공하는 지속적인 고도 유지 능력과 무인기 특유의 정밀 위치 제어 능력을 동시에 활용하여 넓은 해역을 효과적으로 커버할 수 있다. 이 기술을 해상 관제 혹은 해상 위험 감시에 활용하면 감시 범위와 감시 운영 시간의 증대가 기대된다.

상업용 드론이 지상에 완전히 착륙할 필요 없이 고지대에 설치된 승강형 도킹 스테이션에서



(a) T자형 드론 충전 기술

(b) 레일형 드론 충전 기술

〈자료〉 A2Z Drone Delivery, Inc., Method for automatically recharging commercial drone systems from an elevated drone docking station, US Patent 12,258,153, issued Mar. 25, 2025, 재가공

[그림 5] 승강형 드론 배터리 충전 시스템 특허 기술

자동으로 배터리를 충전하는 시스템에 관한 특허가 등록되었다[7]. 이 시스템은 마모되기 쉬운 기계적 가동 부품을 최소화한 설계를 적용함으로써 해상의 염분이나 거친 환경에서도 높은 내구성을 유지한다. 특히, 이 시스템은 드론이 여러 도크를 순차적으로 이동하며 에너지를 보충할 수 있게 하여 기존 드론의 제한적인 임무 반경을 크게 확장하는 기반을 제공한다. [그림 5]와 같이, 이 특허는 T자형 거치대를 이용하여 드론을 충전하거나, 레일형 거치대를 이용하여 드론을 충전하는 실시 예를 제시하였다.

익수자 발생 시 발견자가 이를 관제 서버에 알리고, 관제 서버는 인근 선박에 출동 지시를 내리며, 출동한 선박에서 드론을 이륙시켜 인명을 구조하는 기술을 다루는 특허가 출원되었다 [8]. 현장에 도착한 드론은 구조 대상의 위치와 상태를 영상으로 전송하고, 자동 팽창 튜브를 정확한 위치에 투하하여 생존율을 높인다. 관제 서버와 구조 선박의 단말 간에는 LTE나 5G 통신망을 사용하지만, 선박과 드론 간의 통신 방식은 명확하지 않아 WiFi 사용이 추정된다. 이 기술은 원거리 해상에서의 통신 커버리지 제한이나 구조 대상의 위치 정보 부재 등 실효성 측면에서 일부 한계점이 있다.

LiDAR와 카메라 등의 센서를 탑재한 드론이 해상 환경 정보를 수집하고 분석하여 선박의 안전 운항을 가이드하는 장치 및 방법에 관한 특허가 출원되었다[9]. 이 특허에서 드론의 데이터 수집부는 해상 장애물을 탐지하고, 내장된 AI 알고리즘은 이를 분석하여 부유물인지 고정물인지 판별하며 이동 경로를 예측한다. 분석된 정보와 권고 항로 데이터는 통신 인터페이스를 통해 선박의 전자 장치로 직접 전송되어 운항 경로 수정에 활용된다. 이를 통해 선박은

사전에 위험 요소를 파악하고 장애물을 회피하여 보다 안전한 항로를 설정할 수 있다.

별도의 앱 설치 없이 사용자의 스마트폰과 SMS(Short Message Service) 문자 메시지를 활용하여 선박의 정밀한 위치를 파악하는 기술이 특허로 출원되었다[10]. 구조 시스템에서 선박에 위치 좌표 수집에 대한 동의 요청을 SMS로 보내고, 이 요청에 동의한 선박은 GPS로 파악한 위치를 지속적으로 전송한다. 구조 시스템은 수신한 선박의 위치를 기록하고, 더 이상 위치 정보를 수신하지 못할 때 이전에 수신한 위치들에 근거하여 사고가 발생한 선박의 현재 위치를 추정한다. 구조 시스템은 사고 선박의 추정된 위치 좌표를 기반으로 가장 가까운 위치에 있는 구조선에 사고 선박의 위치로 출동을 지시할 수 있다.

IV. 해상 위험 감시 및 대응 기술 비교 분석

본 장에서는 II장과 III장에서 설명한 해상 위험 감시 및 대응 기술들을 비교하기 위해 임의의 해상 위험 감시 및 대응 기술이 갖추어야 할 바람직한 특성들을 식별하였다. 먼저, 위험 감시 범위는 감시 및 대응 기술이 위험을 감지할 수 있는 거리의 범위를 나타낸다. 두 번째, 위험 감지 정확성은 감시 및 대응 기술이 위험으로 판단한 정보의 정확성을 나타낸다. 세 번째, 위치 정확도는 감시 및 대응 기술이 파악한 선박 혹은 해상 장애물의 위치 정보가 정확한지를 나타내는 특성이다. 네 번째, 목표에 대한 추적성은 감시 및 대응 기술이 선박 혹은 해상 장애물을 감지한 후에 이 목표물에 대한 추적을 지속적으로 유지할 수 있는지를 나타내는 특성이다. 마지막으로 지속적인 통신 서비스는 감시 및 대응 기술이 위험에 처한 사람 혹은 선박과 해상 관제 센터 간에 지속적인 통신을 제공하여 필요한 데이터를 상호 교환할 수 있는지를 나타내는 특성이다. [표 1]은 앞에서 언급한 해상 위험 감시 및 대응 기술의 바람직한 특성들을 이용하여 II장과 III장에서 설명한 해상 위험 감시 및 대응 기술들을 분석한다.

Horsmanheimo의 방법[1]은 해상에서의 선박과 선박 간 통신은 물론 선박과 지상 서버 간의 통신을 끊김 없이 제공하기 위한 수단을 제공하므로, 해상 위험에 대한 감시 및 대응 기술을 가지고 있지 않다. 따라서, 이 방법에서 해상 위험을 감시하려고 한다면, 공중 무인 이동체, 무인 이동체 이착륙 및 관제 시스템 그리고 무인 이동체 영상을 활용한 감시 및 대응 시스템을 위성과 선박에 구현해야 한다.

[표 1] 해상 위험 감시 및 대응 기술 비교

바람직한 특성 해상 위험 감시 및 대응기술	위험 감시 범위	위험 감지 정확성	목표에 대한 추적성	위치 정확도	지속적인 통신 서비스
Horsmanheimo의 방법[1]	해당 사항 없음	해당 사항 없음	해당 사항 없음	해당 사항 없음	5G 통신(싱글홉, 멀티홉, 위성)
Zhang의 방법[2]	해당 사항 없음	해당 사항 없음	해당 사항 없음	해당 사항 없음	우주(위성), 공중(고고도 비행 플랫폼), 지상(기지국), 해양(선박) 통합 네트워크
Yin의 방법[3]	감시 플랫폼에 좌우	멀티 모달 정보 활용을 통해 증가	멀티 모달 정보를 통해 증가	해당 사항 없음	해당 사항 없음
Bai의 방법[4]	감시 플랫폼에 좌우	다중 분광 객체 검출을 통해 증가	다중 분광 객체 검출을 통해 증가	해당 사항 없음	해당 사항 없음
Martinez-Esteso의 방법[5]	감시 플랫폼에 좌우	데이터 합성에 의한 많은 데이터 학습을 통해 증가	데이터 합성에 의한 많은 데이터 학습을 통해 증가	해당 사항 없음	해당 사항 없음
무인기와 공기 부양 장치를 함께 이용한 방법[6]	무인기의 운용 범위에 의해 좌우	무인기 센서 및 AI 성능에 의해 좌우	무인기 센서 및 AI 성능에 의해 좌우	무인기 센서와 GPS를 이용한 위치 추정	해당 사항 없음
자동화된 드론 도킹 및 충전을 이용한 방법[7]	드론 임무 반경 및 도킹 스테이션 설치 위치에 의해 좌우	해당 사항 없음	해당 사항 없음	해당 사항 없음	해당 사항 없음
드론 활용한 익사자 구조 지원 방법[8]	이동 통신 커버리지에 좌우	신고자에 의해 좌우	신고자에 의해 좌우	GPS 정보	LTE, 5G
드론 및 AI 활용 장애물 회피 항로 설정 지원 방법[9]	드론의 감시 범위에 의해 좌우	안전 운항 지원 시스템의 AI 모델, 학습 데이터에 의해 좌우	안전 운항 지원 시스템의 AI 모델, 학습 데이터에 의해 좌우	LiDAR와 GPS를 이용한 위치 추정	해당 사항 없음
스마트폰 SMS를 통한 선박 위치 파악 방법[10]	이동 통신 커버리지에 좌우	GPS 정보	GPS 정보	GPS 정보	LTE, 5G

〈자료〉 한국전자통신연구원 자체 작성

Zhang의 방법[2] 역시 해상의 위험 및 사고를 감시하기 위한 우주, 공중, 지상, 해양 통합 네트워크 구조를 제안하고 있어서 해상의 위험 감시 및 대응에 필요한 기술들을 제공하지 않는다. 이 시스템에서 해상 위험 감시 및 대응에 필요한 특성들을 제공하기 위해서는 각 통신 계층 구조의 플랫폼인 위성(우주), 고고도 비행 플랫폼(공중), 지상(기지국), 선박(해양)에 영상을 활용한 감시 및 대응 시스템을 구현해야 한다.

Yin의 방법[3]은 넓은 해상에서 작은 해상 객체들을 탐지하고 식별하기 위한 인공지능 기법들을 심층적으로 조사했기에 기본적으로 해상 위험 감시를 위한 특성들을 다루고 있다. 그러나 이 방법에서는 해상 위험 감시를 위한 비행 플랫폼을 특정하지 않아서 감시 범위는

플랫폼에 따라 달라지며, 위험 감지의 정확성이나 추적성 등은 단일 모달 정보가 아닌 멀티 모달 정보를 활용함으로써 크게 향상된다. 그러나, 이 방법은 해상 객체의 위치 정확도와 지속적인 통신을 보장하기 위한 방법을 제시하지 않는다.

Bai의 방법[4] 또한 해상 감시를 위한 비행 플랫폼을 제시하지 않기에 해상 감시 범위는 채택하는 비행 플랫폼에 의해 좌우된다. 반면, 이 방법은 다중 분광을 활용하여 주야에 상관 없이 해상 객체를 식별하고 추적할 수 있으므로, 위험 감지 정확성과 목표 추적성이 크게 향상된다. 또한, 이 방법도 해상 객체에 대한 위치 정확도와 지속적인 통신을 확보할 수단이 없다.

Martinez-Estesos의 방법[5]도 해상 감시의 범위는 해상 감시 목적으로 운영하는 비행 플랫폼에 따라 달라진다. 이 방법은 해상에서의 위험 감지 정확성과 목표 추적성을 향상시키기 위해서 데이터를 많이 확보해야 한다고 주장하고 있으며, 이를 위해 기존 데이터의 합성을 통해 많은 데이터를 확보하라고 조언하고 있다. 반면, 해상 객체에 대한 위치 정확도와 지속적인 통신을 확보하려는 방법은 제시하지 않았다.

무인기와 공기 부양 장치를 함께 이용한 방법[6]은 시스템의 비행 및 방향 제어를 무인기가 수행하므로, 해상 감시 범위에 활용될 때 감시 범위는 무인기의 운용 범위에 의해 좌우된다. 이 방법에서 위험 감지 정확성과 목표 추적성은 무인기가 가진 센서들(광학센서, 적외선 센서, GPS 등)과 AI 성능에 의해 좌우된다. 마지막으로, 위치 정확도는 무인기의 센서들과 GPS 정보를 결합하여 제공이 가능하나, 원거리 및 근거리 해상에서 지속적인 통신을 제공하기 위한 방법은 제시되지 않았다.

자동화된 드론 도킹 및 충전을 이용한 방법[7]은 해상 위험 감시 및 대응을 위한 특성을 포함하고 있지 않지만, 해상 위험 감시 및 대응 활동을 하는 무인기의 임무 시간이나 임무 반경을 크게 확장하는 데 활용될 수 있는 기술이다. 즉, 이 기술을 해상 기지국이나 해상 부표 등에 적용하면 사람의 개입 없이 드론의 24시간 지속적인 해상 감시가 가능해진다. 따라서 이 방법의 위험 감시 범위는 도킹 스테이션들의 설치 위치 및 드론의 임무 반경에 의해 좌우된다. 반면에, 이 방법은 해상의 위험 감시 및 대응에 필요한 특성들과 끊임 없는 통신 서비스를 제공하지 않는다.

드론을 활용한 익수자 구조 지원 방법[8]은 익수자를 목격하고 신고한 사람의 감시 범위에 의해 위험을 감시하는 범위가 정해진다. 이 방법에서는 또한 익수자를 목격하여 신고하고

관제 센터와 지속적으로 연락을 취하는 신고자에 의해 위험 감지 정확성 및 목표 추적성이 좌우되며, 익수자의 위치는 신고자의 휴대폰 GPS 위치를 근거로 산정된다. 마지막으로, 통신 지속성은 LTE와 5G 통신의 커버리지에 의해 좌우된다.

드론 및 AI 활용 장애물 회피 항로 설정 지원 방법[9]은 선박에 탑재된 드론의 운영 범위에 의해 감시 범위가 정해진다. 선박 내 시스템은 드론 영상과 LiDAR 정보를 분석하여 해상의 위험 객체들을 식별하므로, 시스템에서 동작하는 AI 모델 및 학습 데이터에 의해 위험 감지 정확성과 목표 추적성이 결정된다. 이 방법은 해류, 풍속, 풍향 등을 고려하여 감지된 해상 객체들의 예상 경로를 추정하고, 이들의 위치는 LiDAR 정보와 선박의 GPS 정보를 함께 활용하여 획득한다. 그러나, 이 방법은 관제 센터 혹은 해상 객체와의 통신을 수행하지 않는다.

스마트폰 SMS를 통한 선박 위치 파악 방법[10]은 선박 내의 이동 통신 사용자가 자신의 GPS 정보를 구조 시스템에 보내도록 동의하면, 선박의 운항 동안의 위치 정보를 지속적으로 받아서 사고를 당하면 대략적인 사고 위치를 추정할 수 있게 된다. 따라서, 이 방법의 감시 범위는 이동 통신의 커버리지가 되고, 사용자의 GPS 신호의 수신 여부에 따라 위험을 감지하고, GPS 신호를 기반으로 위치 추적을 한다. 또한, 이 방법의 통신 지속성은 LTE나 5G와 같은 이동 통신 기술의 커버리지에 의해 좌우된다.

위의 분석 내용들을 검토해 보면 다음의 시사점을 얻을 수 있다. 먼저, 대부분의 방법이 광범위한 해상 지역의 위험 감시 및 대응을 위해 필요한 감시 범위에 있어서 드론의 운영 범위나 LTE 혹은 5G와 같은 이동 통신 기술의 커버리지에 의존한다. 따라서 기지국을 탑재한 무인 비행선이나 5G 위성과 같은 넓은 감시 범위를 제공할 수 있는 비행 플랫폼을 이용해서 해상 감시 범위를 크게 높여야 한다. 두 번째, 현재 위험 감지 정확성과 목표에 대한 추적성은 시각 센서 기반의 AI 기술을 활용하거나 GPS에 의존하는 두 가지 형태로 제공되고 있으나, 선박의 AIS(Automatic Identification System) 정보와 VDES(VHF Data Exchange System) 정보도 같이 활용하면 더 정확하고 입체적인 감지 및 추적을 할 수 있다. 선박들의 AIS 데이터를 축적하여 학습하면, 선박들의 항행 상태 변화, 장기적 의존성, 선박 간 상호작용을 파악하여 선박의 궤적 예측 및 이상 행동 탐지를 통한 선박 간 충돌 회피가 가능하다[11]. 유사하게 VDES의 축적된 데이터를 학습해도 선박의 이동 경로 예측, 이상 행동 탐지 및 선박간 충돌 위험 파악이 가능하다. 또한, AIS와 VDES 메시지는 본질적으로 방송되는 특성을 가지므로, 대칭키 및 지연된 키 공개를 이용하여 메시지의 무결성 검증 및 발신자 인증을 제공할 필요가

있다[12]. 세 번째, 선박이나 해상 객체의 위치 추정을 제공하는 시스템들은 주로 GPS에 의존하고 있으며 일부는 LiDAR 센서를 같이 운영하고 있다. 따라서, 기존의 센서들에 더해 레이더, 광학센서 그리고 운항하는 선박들의 AIS 및 VDES 정보를 같이 고려하면 해상의 선박들에 대해 보다 정확한 위치 추정이 가능하다. 네 번째, 기존 대부분의 방법이 해상 선박 혹은 관제 센터와의 통신을 위해 LTE나 지상 5G와 같은 지상 이동 통신에 의존함으로써 해안에서 멀어질수록 통신을 수행하기 어렵다. 따라서, 해상에 있는 부표를 활용한 해상 기지국 설치, 무인 비행선을 이용한 비행기지국 설치, 5G 위성 운용 등을 통해 쓸기 없는 통신 서비스를 제공할 필요가 있다. 마지막으로, 기존의 해상 위험 감시 및 대응 기술은 필요한 특성 중에서 일부만을 제공하거나 일부 특성들의 가용성이 제한되어 실효성이 떨어진다. 따라서, 해상 위험 감시 및 대응을 위한 모든 특성을 높은 가용성으로 제공하는 통합 시스템을 개발할 필요가 있다.

V. 결론

본 고에서는 위성, 고고도 비행 플랫폼, 육상 기지국, 해상 선박, 선박 간 사설 5G 통신 등을 결합한 하이브리드 통신망 기술, 멀티모달 센서를 활용한 악천후 속 객체 탐지 기술, 장시간 임무 수행을 위한 공기 부양 장치 결합 및 해상 충전 기술 그리고 드론 기반의 해상 구조 지원 및 항로 장애물 안내 기술 등에 대한 논문과 특허 기술들을 다루었다. 본 고의 분석을 통해 발견된 핵심 내용은 대부분의 현존 기술이 드론의 운용 반경이나 육상 기지국의 통신 커버리지에 지나치게 의존하고 있어 광범위한 해상 위험 감시 및 대응에 한계가 있다. 또한, 시각 정보나 GPS에만 의존하는 방식은 정밀도가 떨어지므로, 선박의 AIS 및 VDES 정보를 융합하여 탐지 및 추적의 정확성을 높여야 한다는 점이 파악되었다. 아울러 현재 기술들은 해상 위험 감시와 지속적인 통신 서비스를 동시에 만족시키지 못하는 경우가 많아 해상 전역에서의 실효성이 부족한 것으로 파악되었다. 향후 연구로는 무인 비행선이나 5G 위성과 같은 고고도 플랫폼을 도입하여 감시 범위를 획기적으로 넓히는 기술 개발과 쓸기 없는 통신, 정밀한 위치 추적 그리고 정밀 감시를 동시에 제공하는 통합 시스템 개발이 필요하다.

● 참고문헌

- [1] S. Horsmanheimo et al., "Maritime Multi-Hop Communication Over 5G Networks: A Maritime Testbed Implementation and Evaluation", Proc. of 2025 Joint EuCNC/6G Summit, Poznan, Poland, 2025, pp.500-505.
- [2] Y. Zhang, P. Zhang, C. Jiang, S. Wang, H. Zhang and C. Rong, "QoS Aware Virtual Network Embedding in Space-Air-Ground-Ocean Integrated Network", IEEE Trans. Serv. Comput., 17(4), 2024, pp.1712-1723.
- [3] J. Yin, G. Xu, N. Wang, N. Wang and Z. Zhang, "A Survey of Small Sea-Surface Target Detection for Maritime Search and Rescue", IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., 27(1), 2026, pp.211-231.
- [4] J. P. Martinez-Esteso, F. J. Castellanos, J. Calvo-Zaragoza, A. J. Gallego, "Maritime search and rescue missions with aerial images: A survey", Comput. Sci. Rev., 57, 2025, Article 100736.
- [5] X. Bai, Z. Zhang and X. Xu, "Advanced multispectral detection of maritime targets for unmanned ocean surveillance", Ocean Eng., 329, 2025, Article 121185.
- [6] La Poste, Unmanned aerial system and aerostatic device integrated in this system, US Patent 12,371,163, issued Jul. 29, 2025.
- [7] A2Z Drone Delivery Inc., Method for automatically recharging commercial drone systems from an elevated drone docking station, US Patent 12,258,153, issued Mar. 25, 2025.
- [8] 주식회사 포드림, 드론을 이용한 구조 방법 및 시스템, 특허출원번호 10-2023-0046542, 출원일 2023년 4월 10일.
- [9] S. J. Han, Drone Device For Ship Navigation Guidance and Driving Method Thereof, US Patent 18/824,855, filed Sep. 4, 2024.
- [10] I911 International Inc., System For Accurate Location Estimation of a Water Vessel, US Patent 2021/043,696, filed Jan. 9, 2025.
- [11] Z. Xie, E. Tu, X. Fu, G. Yuan and Y. Han, "AIS Data-Driven Maritime Monitoring Based on Transformer: A Comprehensive Review", Proc. of Int'l Joint Conf. on IJCNN, Rome, Italy, 2025, pp.1-8.
- [12] M. Lee and J. Lee, "Secure Maritime VHF Broadcast Authentication Using TESLA: Design, Simulation and Implementation Insights", IEEE Access, 13, 2025, pp.201508-201526.