

군집 드론과 딥러닝 기술을 활용한 항만 작업자 안전 모니터링 시스템 개발

조태현¹, 박광호², 박기범², 장준영³, 김시우², 문성태⁴

¹충북대학교 전자공학부 학부생

²충북대학교 지능로봇공학과 학부생

³충북대학교 정보통신공학부 학부생

⁴충북대학교 지능로봇공학과 교수

{jungsubond, samuel0007, pgb001020, junzero99, seeoo2003, stmoon}@cbnu.ac.kr

Development of a Port Worker Safety Monitoring System Using Swarm Drones and Deep Learning Technology

Tae-Hyeon Joe¹, Gwang-Ho Park², Gi-Beom Park², Jun-Yeong Jang³, Si-Wu Kim², Sung-Tae Moon²

¹Dept. of Electronics Engineering, Chung-Buk National University

²Dept. of Intelligent Systems & Robotics, Chung-Buk National University

³Dept. of Information and Communication Engineering, Chung-Buk National University

요 약

항만은 대규모 화물 처리와 물류 이동의 중심지로, 복잡한 작업 절차와 다수의 인력 및 장비가 투입되기 때문에 높은 수준의 안전 관리가 필요하다. 기존 항만 안전 시스템은 보안 인력과 고정형 CCTV를 통해 감시가 이루어지나, 고정된 시야와 높은 인력 비용으로 인한 한계가 존재한다. 본 연구는 군집 드론을 활용하여 작업자의 안전 준수 여부를 실시간으로 식별·감지하는 시스템을 개발하고, 항만과 유사한 환경을 시뮬레이션을 구축하여 교차 검증 및 적용 가능성을 평가한다. 이를 통해 항만 안전 관리의 효율성을 극대화하고 작업자의 안전을 강화하는 새로운 방안을 제시한다.

1. 서론

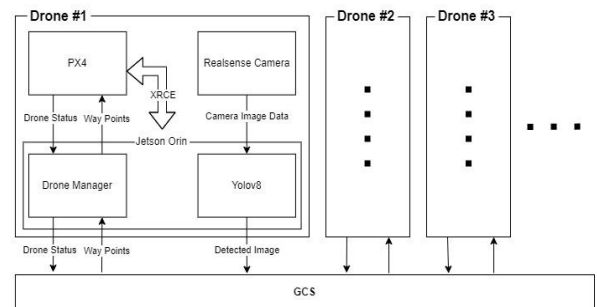
항만 환경 작업자의 안전 장비 착용을 감시하는 기존 안전 시스템은 CCTV에 의존하기 때문에 시야가 고정되어 넓은 범위를 효과적으로 감시하기 어렵다는 한계를 가지고 있다. 또한 지속적인 감시를 위한 많은 인력과 노동 부담이 요구된다.[1] 따라서, 본 논문은 넓은 범위를 효율적으로 감시할 수 있는 새로운 항만 안전 시스템을 제안한다.

제안하는 시스템은 여러 대의 드론을 효율적으로 활용하는 군집 드론 기술과 비전 인식 딥러닝 기술을 활용한다. 이를 통해, 넓은 범위에서 작업자의 안전 장비 착용 여부를 신속하게 판단할 수 있다. 안전 장비 미착용 작업자가 발견될 경우, 해당 정보는 지상 제어 시스템(Ground Control System, GCS)으로 전송되며, 관리자는 실시간으로 제공된 위치 정보와 사진을 바탕으로 신속하게 적절한 조치를 취할 수 있다. 또한, 본 연구에서는 실제 항만과 유사한 시뮬레이션 환경을 구축하여 실제 환경과 교차 검증하였다.

2. 제안하는 항만 안전 시스템

넓은 범위를 인력 노동 부담 없이 정찰하기 위해

제안하는 항만 안전 시스템은 XRCE-DDS 분산 시스템을 사용하여 PX4와 ROS2 Node 간의 연결을 지원하고 GCS와의 연동을 통해 가능하도록 하였다.[2] GCS는 군집 드론이 객체를 탐지하면 전체 군집 드론에게 정지 명령을 내린다. 전체 군집 드론은 정지 후 10초간 호버링하며 GCS에 이미지 데이터를 전송한다. 이 과정에서, 관리자는 GCS에 전송된 이미지만 확인하므로, 관리자가 지속적으로 CCTV를 관찰해야 하는 기존 항만 안전 시스템에 비해 노동 부담이 감소된다. 또한, 고정된 CCTV에 비해 군집 드론은 동적으로 움직이므로, 감시 범위와 구역의 변화를 줄 수 있다.



(그림 1) 군집 드론 정찰 시스템 구조도

3. 객체 탐지

안전 준수 탐지를 위한 객체 탐지 시스템을 구축하기 위해, 클래스 분류 기준을 Helmet, Vest, Safe, Danger 의 4 가지 카테고리로 설정하였다. 최종적으로, 전처리 및 튜닝을 통해 3 층 이하의 높이에서는 안정적인 탐지가 가능하도록 모델을 개선하였다. 그림 2 는 전처리 과정의 세부 단계를 나타낸다. 약 2,200 장의 원본 데이터를 Auto-Orient 와 Resize 와 같은 기본적인 전처리 과정을 수행하였다. 이후, 데이터셋의 다양성을 높이기 위해 Saturation, Brightness, Exposure, Grayscale, Rotation 의 Augmentation 기법을 적용하여 각 이미지에 랜덤 변형을 가하였다.

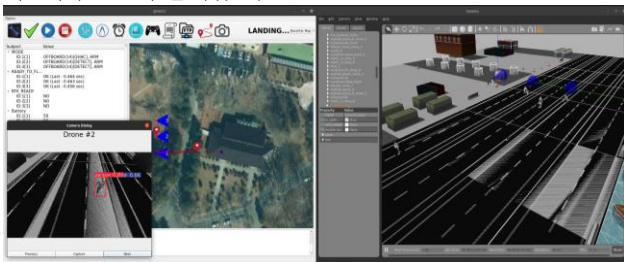
이 과정을 통해 데이터셋의 크기를 약 3 배로 증대시켜 training set(6,402 장), testing set(186 장), validation set(548 장)으로 나눴다. 최종적으로 확장된 데이터셋을 기반으로, 학습 파라미터로는 epochs=100, batch size=32, 이미지 크기(imgsz)=640 을 적용하고 객체 탐지에 적합한 YOLOv8 시리즈 중 하나인 yolov8n.pt 모델을 활용하여 파인튜닝(Finetuning)을 진행하였다.



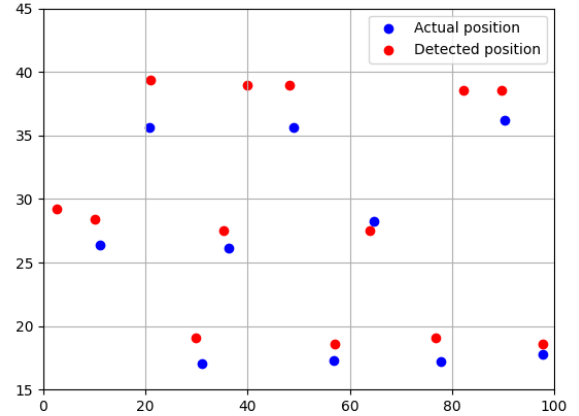
(그림 2) 안전 장비 미착용 탐지(좌), 안전 장비 착용 탐지(우)

4. 실험 결과

Gazebo 환경에서 울산항 달포부두를 모방한 시뮬레이션 환경을 구축하고 Gazebo 에서 제공하는 드론 모델을 사용하여 시뮬레이션 상에서 검증을 진행하였다. 시뮬레이션에서는 총 3 대의 드론을 동시 운영하였으며, 실제 항만과 비슷한 환경을 구축한 후 10 명의 탐지 대상을 배치하였다. 군집 드론은 직선으로 비행하면서 비행 중 사람이 탐지되면 그 자리에서 정지하여 10 초 간 호버링하며 탐지 위치를 지도에 표시하는지 여부를 확인하였다.



(그림 3) 3 대 동시 비행 시뮬레이션 동작 사진



(그림 4) 탐지 대상 실제 위치와 탐지된 위치

실험 결과, 총 10 명의 탐지 대상은 탐지하였지만 탐지 대상이 없는 경우에도 탐지가 되는 경우가 존재하였다. 또한 실제 객체 위치와 지도 상에 표시한 위치는 평균 3.73m 의 오차를 보였다.

총 객체 (명)	탐지한 객체(명)	오탐 (명)	미탐 (명)	평균 오차 (m)
10	13	3	0	3.73

(표 1) 탐지 결과

5. 결론

본 연구에서는 기존 항만 환경 작업자 안전 관리 시스템을 개선하기 위해 군집 드론과 딥러닝 기반 객체 탐지 기술을 결합한 시스템을 제안하였다. 카메라와 딥러닝 모델을 탑재한 여러 대의 드론이 협력하여 넓은 항만 지역을 효율적으로 정찰하는 시스템을 구축하였다. 결과적으로 작업자의 안전 장비 착용 여부를 신속하게 탐지하고, 항만 안전 감시 능력을 향상시킬 수 있다.

향후 연구에서는 다양한 항만 환경에서의 적용성과 고층에서의 작은 객체 탐지 성능을 개선하는데 중점을 둘 예정이다. 안전 준수 이외의 화재 감시가 가능한 모델을 탐지하여 항만 화재 사고 예방도 가능하게 할 것이다.

※ 본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업(스마트해상물류 x ICT 멘토링)을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] 이유진, 손하영, 최계원, 이순교, 박재현. (2021-06-16). 항만 CCTV 영상을 이용한 딥러닝 기반의 객체 검출. 한국통신학회 학술대회논문집, 제주.
- [2] 이현규, 임경훈, 신요한, 문성태. 군집 드론을 위한 PX4-ROS2 통신 시스템 개선. 한국항공우주학회 학술발표회 초록집. 제주. 2023. P379-380