

선박 성능 검증을 위한 객체 탐지 기반 예인 수조 안전 시스템

김민석, 송재민, 한승주, 이유철*
동국대학교 정보통신공학과

batandy@dongguk.edu, 222449@dgu.ac.kr, tmdwn0324@dongguk.edu, *yulee@dongguk.edu

Object Detection Based Towing Tank Safety Systems for Ship Performance Evaluation

Min Seok Kim, Jae Min Song, Seung Joo Han, Yu-Cheol Lee*
School of Information Communication Engineering, Dongguk University

요 약

본 논문은 객체 탐지와 추적을 활용하여 전차 운행 중 작업자나 보행자의 안전 확보와 더불어 비상 상황 발생 시 실시간 탐지 및 알람을 통한 긴급 대처가 가능한 예인 수조 안전 시스템에 관한 것이다. 수조 현장에서 선박 성능을 위해 예인 전차가 정지 또는 이동 중에 장착된 고정형 카메라를 통해 획득한 영상을 분석하고 위험 상황을 인식하여 알람을 발생시킨다. 실제 활용도를 높이기 위하여 인식하는 객체와 상황을 Drowning, Human, Swimming 으로 구분하고, 실제 수조에서 획득한 영상을 사용하여 시험 검증을 통해 제안한 안전 시스템의 성능을 검증하였다.

I. 서 론

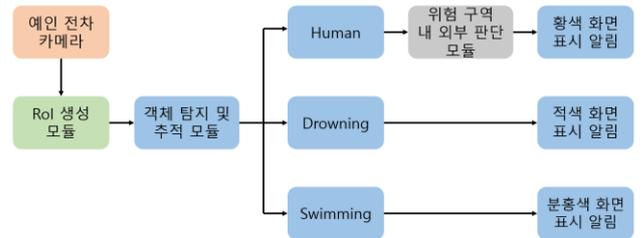
실제 선박 제조 전에 설계된 선박의 성능을 확인하기 위해 동일한 형상으로 축소된 모형선을 제작하고, 이를 예인 수조에서 사용하여 해상에서의 설계된 선박의 저항 및 추진 성능, 조종 및 내항 성능을 예측하고 평가한다[1]. 예인 수조에는 예인 전차 원격 정지 시스템, 전차 위치 검출용 지그 등과 같은 기본적인 설비가 설치되어 있지만 이러한 안전설비는 주로 예인 전차의 운용을 위한 것이며, 작업자나 보행자와 같은 사람을 위한 안전설비는 충분히 제공되지 못하는 것이 현실이다.

본 논문에서는 예인 전차에 장착된 카메라 영상에 주요한 감시영역을 설정하고, 실시간 객체 탐지 추적 기능을 구현하여 위험 상황이 감지되었을 때 알람을 제공할 수 있는 안전 시스템을 개발하였다. 제안된 시스템이 예인 수조 안전 시스템에 적용됨을 통해 위험 상황을 인식하고, 긴급 대처가 가능하도록 한다. 이는 수조 현장에서 근무하는 작업자나 보행자의 안전을 보장할 수 있어, 그 활용도가 높을 것으로 기대된다.

II. 객체 탐지 기반 안전 수조 시스템

본 연구에서는 실시간 객체 탐지 추적 기능을 활용하여 예인 수조의 안전성을 강화하는 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 두 가지 핵심 기능으로 구성되어 있다. 첫째, 예인 전차를 둘러싼 위험 구역을 설정하고, 이 구역 내에서 사람이 감지될 경우 경보를 발생시키는 기능이다. 둘째, 사람이 예인수조에서 수영 혹은 익사 중 인지를 판별하는 기능이다. 본 안전 시스템의 구성 모듈과 작동 과정은 그림 1 과 같다.

그림 1 에 제시된 관심 영역(Region of Interest, RoI) 생성 모듈은 영상 내에서 특정 RoI 를 지정하여 위험 구역을 설정하는 방식으로 구현되었다. 이 과정에서 중복



<그림 1. 객체 탐지 기반 예인 수조 안전 시스템>

지정을 배제하기 위하여 입력된 영상의 명칭을 이용하여 사전에 지정된 RoI 파일의 존재 여부를 확인한다. 만약 해당 파일이 존재하지 않는 경우, 사용자는 마우스 클릭을 통해 새로운 위험 구역을 설정하게 되며, 이때 추출된 좌표 값은 영상의 명칭을 반영한 텍스트 파일 형식으로 저장된다.

그리고 객체 탐지 모듈은 지정된 RoI 내에서, 예인 수조 내에서 수영 또는 익사 중인 사람이 있는지 여부를 식별한다. 실시간 경보가 요구되는 안전 시스템의 특성상, 빠른 처리 속도와 높은 정확성을 갖춘 YOLOv5 모델을 검출기의 기본 학습 모델로 채택하였다[2]. 또한, 식별 후 추적 모듈은 탐지된 객체가 기존에 검출된 대상과 동일한 것인지를 판단하는 역할을 한다. 이는 동일한 객체가 위험 구역에 다중 접근 시 중복된 경보 발생을 방지하기 위해 제작된 기능이다.

추적 모듈의 구현에는 'SORT(Simple Online and Real-Time Tracking)' 알고리즘[3]이 적용되었다. 이 알고리즘은 Kalman Filter 를 기반으로 하여 객체의 움직임을 실시간으로 추적한다. Kalman Filter 는 예측된 객체의 위치와 센서정보를 통합하여 객체의 위치를 추정하여 보다 정확한 위치 추정을 도출할 수 있다.



<그림 2. 위험 상황 감지 예: 위험 구역 침입(왼쪽), 익사(가운데), 수영(오른쪽)>

객체 탐지 및 추적 모듈에 의해 사람이 검출되었을 때, 위험 구역 내 외부 판단 모듈은 객체의 정확한 상대 위치를 결정하기 위해 사각형 형태의 검출된 객체의 경계 정보를 사용한다. 경계 정보의 최하단 중앙 지점을 객체의 위치로 간주하고, 이 지점의 좌표를 추출한다. 추출된 좌표가 사전에 지정된 RoI 내에 위치할 경우, 객체가 위험 구역 내에 있는 것으로 판단한다. 반대로 객체의 위치 좌표가 RoI 외부에 위치할 경우에는 객체가 위험 구역 밖에 있는 것으로 간주된다.

안전 시스템의 정보는 위험 구역 내에서 사람이 감지되었을 경우와 수조에서 수영 중이거나 익사 중인 사람이 감지되었을 때로 구분되어 신호를 발생한다. 위험 구역 내에서 사람이 감지된 상황에는 황색의 화면을 통한 시각적 경보를 제공한다. 예인 수조에서 수영 중인 사람이 감지되었을 때와 익사 중인 사람이 감지되었을 때는 각각 분홍색과 적색 화면으로 경보를 나타낸다.

경보 화면에 대한 구체적인 예로써 그림 2 는 예인 수조 환경에서 실시간 영상 입력을 기반으로 한 사람이 탐지되었을 때, 위험 구역 내/외부 판단, 그리고 경보 발생 기능을 보여준다. 하늘색과 노란색으로 표시된 경계 정보는 검출된 사람과 RoI 영역을 각각 나타낸다. 또한 예인 수조에 직접 접근이 불가능하여 외부 영상 자료를 활용하여 익사 상태와 수영 상태의 구분된 경보를 나타낸 것이다.

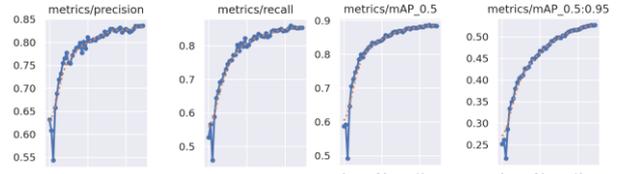
III. 실험 결과

본 연구에서 모델 학습에 활용된 이미지 데이터셋은 다음과 같이 구성되었다: Roboflow 에서 제공받은 'Drowning' 및 'Swimming' 관련 이미지 약 17,000 장, Kaggle 에서 수집된 'Human' 관련 이미지 약 6,000 장, 그리고 한화오션 예인 수조에서 촬영 된 이미지 약 4,000 장을 사용하였다.

그림 3 은 학습된 모델의 성능 평가 지표들을 시각화한 것이다. 학습 횟수인 에폭(Epoch)은 총 50 회로 설정하였다. 각 그래프는 정밀도, 재현율, mAP@0.5, mAP@0.5:0.95 를 나타낸 것으로 모두 3 번째 에폭에서 크게 감소하였지만 이후 점진적으로 증가하여 결과적으로 모두 높은 수준의 값을 달성하였다.

그림 4 는 모델 학습을 마친 후 얻은 각 클래스에 대한 혼동 행렬(Confusion Matrix)이다. 이 행렬은 분류 모델의 성능을 평가하는 데 사용되는 도구로, 행은 실제 클래스를 열은 모델에 의해 예측된 클래스를 나타낸다. 행렬의 각 셀에 기록된 값은 해당 클래스에 대한 예측 결과의 확률이나 비율을 나타낸다.

객체와 상황인식에 대한 혼동 행렬 분석을 통해 'Drowning', 'Human', 'Swimming' 각 클래스에 대해 각각 89%, 85%, 89%의 진양성(True Positive, TP) 비율을 확인할 수 있었다. 본 연구의 실험 결과를 통해



<그림 3. YOLOv5 모델 학습 후 출력된 정밀도, 재현율 및 mAP 그래프>

	True			
Predicted	Drowning	Human	Swimming	background
Drowning	0.89		0.03	0.40
Human		0.85		0.14
Swimming	0.03		0.89	0.47
background	0.08	0.15	0.08	

<그림 4. 객체와 상황 별 학습모델의 혼동 행렬>

제안된 방법이 실제 수조 안전 시스템에 적용 가능한 잠재력을 확인할 수 있었다.

IV. 결론 및 차후 계획

본 연구에서는 카메라 영상을 활용하여 사람이 예인 수조에 빠진 상황을 탐지하고, 해당 사람이 수영 중인지 또는 익사 위험에 처해 있는지를 판단하기 위한 수조 안전 시스템에 관한 것이다. 실제 구현을 위해 실시간 객체인식 학습 모델인 YOLOv5 알고리즘을 적용하였다. 또한, 관심 영역 설정과 객체 추적 기능을 추가하여 수조 환경에서 객체와 상황의 인식 성공률을 높일 수 있었다. 이에 대한 실제 수조 환경 시험 검증을 통해 수조에서 작업자 및 보행자의 안전을 확보하고, 물에 빠지는 긴급 상황에 신속하게 대응하며 예방할 수 있는 안전 수조 시스템 구축 가능성을 확인할 수 있었다.

향후 연구로는 객체의 전역 위치를 추종 기능을 구현하여, 객체의 다양한 상황에 보다 정확하게 대응할 수 있도록 제안된 기술을 발전시킬 예정이다. 이는 수중에 사람이 빠지더라도 객체가 수중에 잔류하는 지와 수영을 통해 자력으로 탈출하는지 등을 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2023 년도 동국대학교와 (주)한화오션의 산학연계로 진행된 캡스톤디자인 수업의 일환으로 수행된 결과입니다.

참 고 문 헌

- [1]Li, Guang Nian, and Xin Guo, "Design on the testing system of the towing tank," Advanced Materials Research 217, pp. 1026-1031, 2011.
- [2]Redmon, Joseph, et al., "You only look once: Unified, real-time object detection," Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 779-788, 2016.
- [3]Bewley, Alex, et al., "Simple online and realtime tracking," Proc. of IEEE International Conference on Image Processing, pp. 3464-3468, 2016.