

SAT-MTB dataset을 활용한 소형 객체 탐지 OBB 모델 성능 분석

김경서¹, 우수연², 정아람³, 최지우⁴, 한수정⁵

¹단국대학교 전자전기공학부 김경서

²경북대학교 전자공학부 우수연

³경북대학교 전자공학부 정아람

⁴ 이화여자대학교 휴먼기계바이오공학부 최지우

⁵한동대학교 ICT 창업학부 한수정

ginggseo0318@gmail.com, woosy123@knu.ac.kr, dkkfa22@naver.com ,
choijiw55@gmail.com, todls2454@naver.com

Performance Analysis of OBB Models for Small Object Detection Using the SAT-MTB Dataset

Gyeong-Seo Kim¹, SooYeon Woo², A-Ram Jung³, Jiwoo Choi⁴, Sujung Han⁵

¹Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Dankook University

²Dept. of Electronics Engineering, Kyungpook National University

³Dept. of Electronics Engineering, Kyungpook National University

⁴ Dept. of Mechanical and Biomedical Engineering, Ewha womans University

⁵AI Convergence Entrepreneurship, Handong Global University

요 약

본 연구의 목적은 **Oriented Bounding Box(OBB)**를 활용하여 위성 영상에서의 소형 객체 탐지 및 추적 성능을 향상시키고자 한다. 기존 연구에서는 Horizontal Bounding Box(HBB)를 주로 사용하였으며 이는 객체에 대해 부정확한 마진을 많이 남기는 한계가 있었다. 이러한 방식은 객체 탐지에서 낮은 정확도 결과로 이어진다. 본 연구는 **SAT-MTB dataset**의 Oriented Bounding Box(OBB)를 활용하여 객체의 회전 및 기울기를 정확하게 반영하였다. 본 연구에서 OBB를 반영한 **YOLOv8**, **YOLOv10**, **LSKNet**을 비교한 결과 가장 좋은 성능을 보인 모델은 YOLOv10이었고, Airplane class에서 좋은 성능을 보였다. 이처럼 각 모델의 탐지 정확도를 분석함으로써, 소형 객체 탐지 및 추적 성능 향상에 기여하고자 한다.

1. 서론

소형 객체 탐지 및 추적은 자율주행, 감시 시스템, 위성 영상 분석 등 다양한 분야에서 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 소형 객체는 크기가 작고 특히 위성 영상에서 배경과의 특징이 쉽게 구분되지 않기 때문에 탐지와 추적이 기술적으로 매우 어렵다.

이에 Oriented Bounding Box(OBB)를 활용해 객체를 탐지할 것을 제안한다. 기존 Horizontal Bounding Box (HBB)는 탐지 객체가 수직 수평의 직사각형으로 정의되기 때문에 <그림 1>의 (a)와 같이 객체가 아닌 부정확한 마진이 남는다는 한계가 있었다. 그에 반해 OBB는 객체의 기울기와 회전 정보를 반영하여 객체의 경계를 더 정확하게 설정할 수 있고, 이는 객체 탐지에서 탐지 정확도를 향상시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 위성 영상 기반의 다중 소형 객체 정보를 가진 SAT-MTB dataset[1]의 OBB 주석을 활용한다. YOLOv8[2], YOLOv10[3], LSKNet[4] 모델을 소형 객체 탐지를 위한 OBB 모델로 개선하여 객체 탐지 성능을 비교 분석할 것이다.



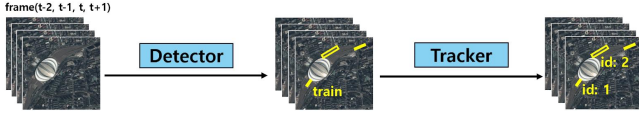
<그림 1> (a)HBB (b)OBB의 객체에 대한 바운딩 박스 마진

2. 본론

YOLO(You Only Look Once)는 1단계 탐지 모델로, YOLOv8은 분할형 head 구조를 통해 객체의 위치와 크기 등을 각각 출력하여 처리한다. 또한 앵커 프리 구조를 채택해 모델의 구조를 단순화하고, 이를 통해 추론 속도를 크게 향상시켰다. YOLOv10은 훈련 중 NMS 단계를 없애고 IoU를 포함한 이중 할당 방식을 사용해 높은 효율성으로 좋은 성능을 보인다. LSKNet은 객체의 주변 맥락 정보를 이용해

수용 영역을 동적으로 조절하는 모델이다. 따라서 세계의 모델을 OBB 객체 탐지 모델로 활용하고자 한다.

ByteTrack[5]은 탐지 기반의 Tracker로 신뢰 점수에 대해 2번에 걸쳐 ID 매칭을 진행하는 모델로 IDs의 성능을 크게 향상한 모델이다.



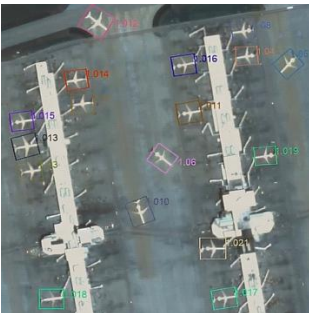
<그림 2> 탐지 기반의 추적 모델 진행 과정

<그림 2>에서 탐지 기반의 추적 모델의 진행 과정은 Detector에서 소형 객체 탐지를 먼저 진행한 후 Tracker에서 탐지된 객체와 frame 간의 관계를 파악하는 과정이다. 따라서 ByteTrack과 같은 추적 모델의 성능 향상을 위해서 탐지 모델의 성능 향상이 요구된다. 본 연구는 SAT-MTB dataset을 활용하여 YOLOv8, YOLOv10, LSKNet와 같은 OBB 탐지 모델의 성능을 비교 분석하고자 한다.

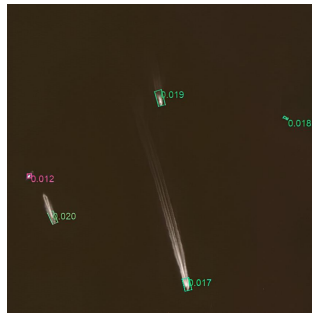
SAT-MTB dataset은 249개의 위성 비디오로 Airplane, Ship, Train, Car class로 나누어져있다. 각 Class 내 세부 범주가 나누어져있으며 이 중 해당 논문의 실험에서는 OBB annotation을 가지는 범주만을 선택하였다. Dataset은 6:4로 Train, Validation set을 나누어 실험하였다. 이 Dataset에 대해 모델은 Epoch 100번, Batch size 4번으로 학습시켰다. 모델에 대한 평가지표는 mAP를 사용하였다.

| mAP50 | All | Airplane | Ship | Train |
|---------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| YOLOv8 | 0.404 | 0.962 | 0.248 | 0.0008 |
| YOLOv10 | 0.441 | 0.983 | 0.299 | 0.0406 |
| LSKNet | 0.422 | 0.907 | 0.357 | 0.002 |

<표 1> OBB 탐지 모델의 성능 지표 (mAP50 기준)



<그림 3> Airplane 탐지 결과



<그림 4> Ship 탐지 결과

<표 1>에서 SAT-MTB dataset[1]의 Airplane의 경우, 다른 class보다 상대적으로 픽셀 크기가 크고, 시각적 특징을 더 포함하고 있기 때문에 세 가지 모델이 모두 0.90을 능가했다. 그 중 YOLOv10은 0.983으로 타 모델보다 높은 성능을 기록했다. 반대로 모든 모델에서 Ship과 Train Class의 성능은 0.40에 미치지 못하는 낮은 성능을 보인다. 그 이유는 SAT-MTB의 논문에서도 언급된 바와 같이, Ship과 Train Class의 변동 사항이 많아 탐지하기 어려운 특성을 갖기 때문이다. 또한 Train Class는 종횡비가 극단적인 경우가 존재하며 다른 Class보다 적은 샘플 분포를 갖고 있기 때문이다.

결론적으로 All Class에 대한 성능을 비교하면 YOLOv10이 0.441로 성능이 가장 우수하다. 이는 YOLOv10의 NMS-Free 구조가 SAT-MTB의 인접

하거나 겹치는 객체를 탐지하는 데 타 모델보다 유리하기 때문이다. 따라서 후속 소형 객체 추적 연구에서 탐지 모델로 YOLOv10을 사용하는 것은 적절하다.

3. 결론

본 연구는 위성 영상에서 소형 객체 탐지 및 추적 성능을 향상시키기 위해 Oriented Bounding Box(OBB)를 활용한 다양한 모델을 비교 분석하였다. SAT-MTB dataset을 기반으로 YOLOv8, YOLOv10, LSKNet 모델을 실험한 결과, YOLOv10이 전반적으로 가장 우수한 성능을 나타냈으며 특히 Airplane class에서 높은 정확도를 기록했다. 반면, Ship과 Train class서는 모든 모델에서 성능이 저조하게 나타났다. 이 이유를 분석함으로써 객체의 크기, 배경과의 명확한 경계, 종횡비 등이 OBB객체 탐지에 주요한 역할을 하는 것을 파악했다.

앞으로의 연구에서는 위의 연구 결과를 바탕으로 YOLOv10의 강점을 바탕으로 Ship과 Train class의 성능을 더욱 개선하는 방향으로 진행될 예정이다. 이러한 성능 향상은 추적 기술로의 확장을 통해 위성 및 항공 산업에서 더욱 정교한 소형 객체 탐지 및 추적 시스템 구축에 기여할 수 있을 것이다.

“본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.”

참고문헌

[1] S. Li et al., "A Multitask Benchmark Dataset for Satellite Video: Object Detection, Tracking, and Segmentation," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 61, pp. 1-21, 2023.

[2] Ultralytics, "Ultralytics," GitHub repository, <https://github.com/ultralytics/ultralytics>, 2024.

[3] Ao Wang, Hui Chen, Lihao Liu, Kai Chen, Zijia Lin, Jungong Han, and Guiguang Ding. Yolov10: Real-time end-to-end object detection. arXiv preprint arXiv:2405.14458, 2024.

[4] Yuxuan Li, Xiang Li, Yimian Dai, "LSKNet: Large Selective Kernel Network for Remote Sensing Object Detection," *ICCV*, Paris, 2023, pp. 1284-1293.

[5] Yifu Zhang, Peize Sun, Yi Jiang, Tao Kong, Weiwei Feng, Wenyu Liu, "ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box," *ICCV*, Montreal, 2021, pp. 154-164