
COSE474-2024F: Final Project Proposal

“CBAM과 FEM을 활용한 YOLO 기반 VisDrone 객체 탐지 성능 향상”

Youngmin Kim

1. Introduction

객체 탐지는 자율주행 및 감시 시스템 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 합니다. VisDrone 데이터셋은 드론 기반 이미지의 특성을 반영한 벤치마크로, 객체 크기와 밀집도, 환경의 다양성으로 인해 높은 난이도를 갖습니다. 이를 해결하기 위해 YOLO와 같은 최첨단 모델이 활용되고 있지만, 복잡한 장면이나 소형 객체에 대해 성능 한계가 존재합니다.

본 연구에서는 YOLO 모델에 CBAM(Convolutional Block Attention Module)과 FEM(Feature Enhancement Module)을 통합하여 이러한 한계를 극복하고자 했습니다. CBAM은 중요 특징에 대한 가중치를 부여하고, FEM은 다양한 스케일의 특징을 효과적으로 학습할 수 있도록 설계되었습니다. 본 연구의 주요 기여는 다음과 같습니다:

- YOLO 모델 구조 개선:** CBAM(Convolutional Block Attention Module)과 FEM(Feature Enhancement Module)을 YOLO 아키텍처에 통합하여, 공간 및 채널 수준에서의 중요한 특징 학습과 다중 스케일 특징 강화를 실현하였습니다.
- 효율적 학습 전략 제안:** 이미지 크기 확대, 반정밀도(Half-Precision) 학습, 데이터 증강 기법을 활용하여 드론 기반 객체 탐지 문제에 최적화된 학습 방법론을 개발하였습니다.
- 실험 및 성능 검증:** VisDrone 데이터셋에서의 정량적 평가(mAP, Precision, Recall) 및 정성적 분석을 통해 제안된 접근법의 우수성을 입증하였습니다. 특히 소형 객체와 복잡한 환경에서 성능이 크게 향상되었습니다.

2. Related Works

객체 검출 분야는 정확도와 속도를 동시에 추구하며 발전해 왔습니다. YOLO와 같은 단발(single-stage) 검출기는 실시간 성능을 제공하며 실용성을 강화해 왔습니다. 특징 맵 활용을 위한 어텐션 기법으로 SENet, CBAM 등 채널 및 공간 어텐션이 성능 향상에 기여했으며, FPN, BiFPN과 같은 멀티 스케일 기법은 다양한 크기의 객체 검출을 가능하게 했습니다. VisDrone과 같은 드론 영상 데이터는 복잡한 배경과 작은 객체로 인해 강건한 특징 표현이 요구됩니다. 이에 본 연구는 YOLO 모델에 경량화된 Feature

Enhancement Module(FEM)과 CBAM을 결합하여 드론 영상에서의 객체 검출 성능을 개선하는 방법을 제안합니다.

3. Methods

본 연구에서는 드론 영상 데이터셋(VisDrone)을 활용하여 객체 검출 성능을 개선하기 위한 방법을 제안합니다. 전체 파이프라인은 크게 데이터 전처리 단계와 모델 개선 단계로 나뉘며, 이를 통해 기존 YOLO 기반 모델 대비 정확도와 효율성을 높이는 것을 목표로 합니다.

- 데이터 전처리:** VisDrone 데이터셋은 드론 촬영 영상으로부터 다양한 객체(보행자, 차량, 자전거 등)를 포함하고 있으며, 각 이미지에 대해 경계상자(annotation) 정보가 제공됩니다. 본 연구에서는 YOLO 형식의 라벨로 변환하기 위해 별도의 전처리 스크립트를 개발하였습니다. 해당 스크립트는 다음 과정을 거칩니다.

1. 폴더 구조 생성:

dataset/train/images/,
dataset/train/labels/,
dataset/val/images/,
dataset/val/labels/ 등의 디렉토리 구조를 만들어 YOLOv8에서 요구하는 표준적인 폴더 구조를 갖추었습니다.

- 어노테이션 변환:** VisDrone의 주어진 .txt 어노테이션 파일을 읽어, 각 객체의 좌표를 YOLO 형식(정규화된 중심 좌표와 폭·높이 정보)으로 변환하였습니다. 이 과정에서 필요 없는 클래스나 에러 라인을 무시하고, 채널 수와 크기를 고려하여 정규화 연산을 수행하였습니다. 또한 멀티프로세싱을 통해 변환 속도를 개선하였습니다.

- 이미지 복사 및 정리:** 변환된 어노테이션에 대응하는 이미지 파일을 목적지 디렉토리로 병렬 처리(멀티프로세싱)하여 복사함으로써 대용량 데이터 처리 시간을 단축하였습니다.

이와 같은 전처리 과정을 통해 VisDrone 데이터셋을 YOLO 호환 형식으로 효율적으로 준비하였으며, 이는 본 연구에서 제안하는 모델 개선 방법을 안정적으로 적용하고 평가할 수 있는 기반이 됩니다.

2. 모델 구조 개선 전처리 완료된 데이터셋을 활용하여, 본 연구는 YOLOv8n과 같은 경량 Backbone을 기본으로 하여 Neck 구간에 Feature Enhancement Module(FEM)과 CBAM(Convolutional Block Attention Module)을 적용하였습니다.

- Feature Enhancement Module(FEM):** FEM은 입력 특징 맵의 채널 수를 줄이고(group convolution을 사용) 3×3 , 5×5 커널을 통해 다중 스케일 특징을 추출한 뒤 병합합니다. 이를 통해 연산량 증가를 최소화하면서 풍부한 공간적 정보를 얻을 수 있습니다. 이후 Batch Normalization과 CBAM을 적용하여 특징 맵을 한번 더 정제합니다.
- CBAM 적용:** CBAM은 채널 및 공간 어텐션을 모두 고려하는 모듈로, 중요한 채널 및 영역에 집중하도록 유도합니다. 이를 통해 모델이 객체 위치와 형태 정보를 더 정확히 반영할 수 있으며, 특히 드론 영상에서 빈번히 나타나는 작은 객체 검출에 유리한 특성을 갖습니다.
- 최종 Detection Head:** FEM과 CBAM을 통해 강화된 특징 맵은 YOLOv8 Detection Head에 전달되어 최종적으로 객체 위치와 범주를 예측합니다. 이는 기존 YOLO 모델 대비 더욱 정교한 특징 표현을 기반으로 동작하므로, mAP, Recall, Precision 등 평가 지표에서 향상된 성능을 나타낼 수 있습니다.

Algorithm 1 VisDrone to YOLO Format Conversion

```

VisDrone dataset      ( $A_{train}, A_{val}, I_{train}, I_{val}$ )
YOLO-formatted dataset Initialize directories:
dataset/{train, val}/{images, labels}
Define  $C = \{1 \mapsto 0, \dots, 10 \mapsto 9\}$  Class mapping
 $S \in \{train, val\}$   $a \in A_S$  Process annotations
 $(x, y, w, h, k)$  in  $a$   $k \in C$   $x_c \leftarrow (x + w/2)/W$ 
Normalize coordinates  $y_c \leftarrow (y + h/2)/H$ 
 $w' \leftarrow w/W$ ,  $h' \leftarrow h/H$  Write  $(C[k], x_c, y_c, w', h')$  to
output Copy image from  $I_S$  in parallel

```

Algorithm 2 Enhanced YOLO Training with FEM

```

Base weights  $W$ , Dataset  $D$ , Epochs  $E$  Trained weights
 $W_{final}$  Initialize model with  $W$  Add FEM to model
neck Enable mixed precision training  $e = 1$  to  $E$  batch
( $X, Y$ ) in  $D$  Apply augmentations to X Forward pass
through enhanced model Compute loss and backpropagate
Update learning rate Evaluate on validation set
return  $W_{final}$ 

```

4. Experiments

본 장에서는 제안한 모델의 성능을 검증하기 위한 실험 방법 및 결과를 제시합니다. 실험은 드론 영상 객체 검출

분야에서 널리 쓰이는 VisDrone 데이터셋을 활용하였으며, 데이터 전처리 방법, 모델 학습 설정, 그리고 성능 평가 방식을 설명합니다.

1. 데이터셋 및 전처리

VisDrone 데이터셋은 복잡한 도시 환경에서 촬영한 드론 영상을 포함하고 있으며, 다양한 크기와 형태의 객체들이 등장합니다. 본 연구에서는 YOLO 형식 어노테이션을 사용하기 위해 자체 개발한 전처리 스크립트를 통해 VisDrone의 주어진 어노테이션과 이미지를 YOLOv8 표준 디렉토리 구조(train/images, train/labels, val/images, val/labels)로 변환하였습니다. 이 과정에서 멀티프로세싱을 활용해 처리 속도를 높였고, 추후 재현을 위해 전처리 완료된 데이터셋을 압축 백업한 뒤 필요할 때마다 병렬 압축 해제를 통해 신속히 복원할 수 있도록 구현하였습니다.

2. 컴퓨팅 자원 정보

- **운영 체제:** 64비트 운영 체제, x64 기반 프로세서
- **프로세서:** AMD Ryzen 7 7800X3D, 8코어, 4.20 GHz
- **RAM:** 32GB (31.2GB 사용 가능)
- **GPU:** NVIDIA GeForce RTX 4080

2. 모델 구조 및 학습 설정

기본 모델인 YOLOv8n의 Neck 부분에 Feature Enhancement Module(FEM)과 CBAM을 적용했습니다. FEM은 다중 스케일 특징 추출로 공간 정보를 확보하고 채널 축소와 그룹 컨볼루션으로 연산량을 줄였으며, CBAM은 채널·공간 어텐션으로 중요 특징에 집중하도록 했습니다.

학습은 half precision 모드와 Mosaic, Mixup 등의 Augmentation을 적용했으며, 이미지 해상도 1024, Batch Size 16, Epoch 30으로 진행했습니다.

3. 성능 평가 지표 및 비교 실험 성능 평가는 mAP(Mean Average Precision), Precision, Recall 등을 활용하였습니다. 특히 mAP@[0.5:0.95]는 다양한 IoU 임계값에서의 전반적인 검출 성능을 종합적으로 확인할 수 있어, 제안한 기법(FEM+CBAM)과 Baseline(YOLOv8n) 간의 성능 차이를 명확히 보여줍니다. 비교 대상은 다음 두 가지입니다.

- **Baseline:** FEM 및 CBAM 적용 전의 순수 YOLOv8n 모델
- **FEM+CBAM:** FEM과 CBAM을 모두 적용한 제안 모델

이러한 단순 비교를 통해 제안한 모듈 추가가 실제 성능 개선으로 이어지는지 명확히 확인할 수 있습니다.

4. 실험 결과

본 절에서는 기본 YOLOv8n 모델(Baseline)과 제안한

FEM+CBAM 적용 모델의 학습 과정 및 최종 성능을 비교한 결과를 제시합니다. 이를 위해 학습 및 검증 손실, 지표 변화를 나타내는 학습 곡선과 클래스별 Precision-Recall 곡선을 포함한 총 네 개의 결과 그래프를 활용하였습니다. 추가적으로 정량적 및 정성적 결과를 기반으로 제안 방법의 성공 요인을 논의합니다.

4.0.1. 정량적 결과 및 비교

Precision-Recall 곡선: figure 1과 figure 2는 각각 Baseline 모델과 FEM+CBAM 적용 모델의 최종 Precision-Recall 곡선을 나타냅니다. 이를 통해 두 모델 간 성능 차이를 다음과 같이 확인할 수 있습니다:

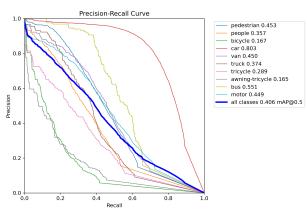


Figure 1. pr-curve before tuning

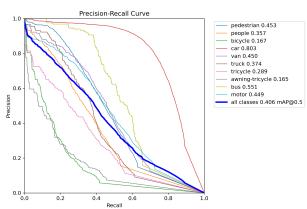


Figure 2. pr-curve after tuning

Baseline 모델과 FEM+CBAM 적용 모델의 Precision-Recall 곡선 분석 결과입니다:

Baseline(YOLOv8n) 모델은 복잡한 드론 영상 환경으로 인해 일부 클래스에서 낮은 Precision 또는 Recall을 보였으며, mAP@0.5가 0.301로 측정되어 VisDrone 데이터셋의 난이도를 반영했습니다. FEM+CBAM 적용 모델은 동일한 학습 조건에서 전반적인 Precision-Recall 특성이 개선되었습니다. 특히 car, bus 등 뚜렷한 형태를 가진 객체 클래스에서 성능이 크게 향상되었고, mAP@0.5가 0.406으로 0.105 포인트 상승했습니다. 이는 특징 맵 강화와 주의 메커니즘을 통해 모델이 중요한 영역과 채널에 더 집중한 결과로 분석됩니다.

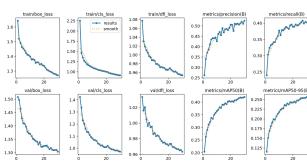


Figure 3. Learning curves before tuning

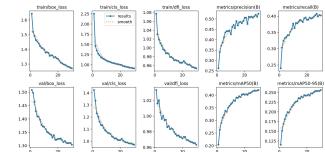


Figure 4. Learning curves after tuning

4.0.2. 정성적 결과 및 비교

정성적 분석을 통해 두 모델의 탐지 결과를 비교한 결과는 다음과 같습니다:

- Baseline 모델은 작은 객체와 밀집된 환경에서 탐지 실패 사례가 많았으며, 일부 객체에서 잘못된 클래스를 예측하는 경우가 빈번했습니다.
- FEM+CBAM 적용 모델은 객체 경계 및 클래스 예측의 정확도가 눈에 띄게 개선되었습니다. 특히, 다양한 환경에서의 작은 객체 탐지가 Baseline 대비 크게 향상되었습니다.

4.0.3. 제안 방법의 성공 요인 및 논의

성공 요인: 제안한 FEM과 CBAM 모듈의 성공은 다음 요인에 기인합니다:

- **FEM:** 다중 스케일 특징을 효과적으로 학습하여 소형 객체 탐지 성능을 개선.
- **CBAM:** 채널 및 공간 어텐션을 통해 중요한 특징에 집중, 모델의 특징 표현력을 향상.

제한점: - FEM과 CBAM의 추가로 인해 학습 시간이 증가하며, 메모리 사용량이 늘어났습니다.

5. Conclusion

본 연구는 YOLOv8n 모델에 Feature Enhancement Module(FEM)과 Convolutional Block Attention Module(CBAM)을 결합하여 드론 영상 객체 검출 성능을 개선했습니다. VisDrone 데이터셋 실험 결과, 기존 모델 대비 mAP@0.5가 0.105 포인트 상승했으며, 특히 차량과 버스 클래스에서 높은 성능을 보였습니다. 이는 FEM의 다중 스케일 특징 맵 강화와 CBAM의 어텐션 기법이 효과적으로 작용한 결과이며, Half Precision 학습 등으로 연산 효율성도 유지했습니다. 향후 Transformer 구조나 NAS 기법 적용을 통해 추가적인 성능 향상이 가능할 것으로 기대됩니다.

6. Reference

- [1] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time

Object Detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 779–788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>

- [2] Bochkovskiy, A., Wang, C., & Liao, H. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*. <https://arxiv.org/abs/2004.10934>
- [3] Woo, S., Park, J., Lee, J.-Y., & Kweon, I. S. (2018). CBAM: Convolutional Block Attention Module. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 3–19. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01234-2_1
- [4] Zhu, P., Wen, L., Bian, X., Ling, H., & Hu, Q. (2018). Vision Meets Drone Object Detection in Image Challenge Results. *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, 263–279. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11009-3_38
- [5] Du, D., et al. (2019). The VisDrone Benchmark: The Vision Meets Drone Object Detection and Tracking. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)*, 42(8), 2021–2039. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2020.3007741>