

이상 영역 기반 Unknown Object 탐지 기법

김 환, 박현희*
명지대학교

{ hwan1103, hhpark* }@mju.ac.kr

Anomaly Area based Unknown Object Detection method

Hwan Kim, Hyunhee Park *
Myongji Univ.

요 약

본 논문은 UAV 의 계산량을 줄이면서 에너지 효율을 증가시키는 이상 영역 기반의 unknown object 탐지 모델을 제안한다. 이 모델은 도로상의 이상 영역을 피하는 차량의 행동을 활용하여 unknown object 를 탐지한다. 이는 밀집도 기반 ROI 방법론을 사용하며, 효율적인 객체 탐지를 위해 ResNet 과 Faster R-CNN 과 같은 기술을 통합한다. 제안된 방법은 기존 탐지 모델의 높은 계산 요구사항을 해결하고 자율 주행 차량 및 교통 시스템의 안전성과 효율성을 개선할 것으로 기대된다. 향후 연구에서 제안한 방법론의 효과를 평가하기 위한 시뮬레이션과 검증을 통해 평가할 계획이다.

I. 서 론

최근 발전하고 있는 자율 주행 차량 기술은 도로 안전성 및 교통의 효율성을 혁신적으로 증진시키는 데 기여하고 있다. 이 기술의 효과적인 적용을 위해서는 지능형 교통 체계(Intelligent Transportation System, ITS)와의 결합이 필수적이다.[1] ITS 의 구성 요소 중 하나인 무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)는 상공에서 도로 상황을 효율적으로 수집하는 능력을 가지고 있다. 이를 통해, 차량이 밀집된 지역과 도로 위의 미확인 물체 (unknown object) 등의 문제를 식별할 수 있다. 이러한 정보는 UAV로부터 자율 주행 차량에게 V2X(Vehicle to Everything) 통신을 통해 전송될 수 있으며, 이는 교통 관리 및 안전 운행에 중요한 데이터를 제공한다. 하지만 기존의 unknown object 탐지에 대한 연구에 따르면 미확인 물체를 탐지하는 것에는 높은 계산량을 요구하는 것으로 알려져 있다. 이것은 UAV 환경에서의 에너지 효율성을 고려할 때 중요한 문제로 남아있다.

본 논문에서는 위의 문제를 해결하기 위해 이상 영역 기반의 unknown object 탐지 모델을 제안한다. 차량들이 회피하는 이상 영역에서만 unknown object 탐지를 수행하는 것으로 UAV 의 계산량을 줄이며, 에너지 효율을 증가시킬 수 있다.

II. 본론

본 논문에서는 차량들이 도로 위의 unknown object 를 인식할 경우 이것을 회피하는 특징을 이용한다. 그림 1 과 같이 차량들이 도로 위의 특정 영역을 회피하는 경우 차량들의 밀집도가 낮아지게 되며 이러한 영역을 이상 영역이라고 판단한다.[2] 즉, 이상 영역 기반의 unknown object 탐지 모델은 밀집도 기반의 ROI (Region of Interest)를 이용하여 이상 영역을 식별하고, 이를 통해 unknown object 를 탐지하는 과정으로 구성된다.

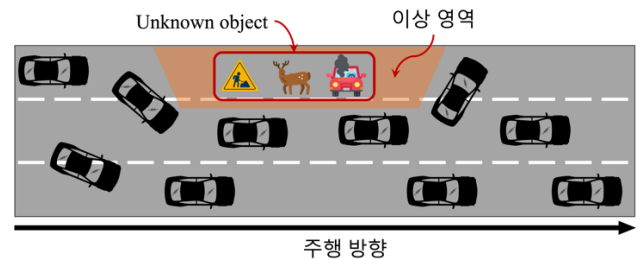


그림 1 시스템 시나리오

Unknown object 탐지는 unlabeled 객체를 탐지하는 것을 의미한다. 일반적으로 unlabeled 객체는 차량의 사고 현장, 도로 보수 작업을 위한 트럭, 야생 동물 등이 있다. 이러한 객체들은 이상 영역을 형성하는 주된 원인으로 적용한다. 대표적인 unknown object 탐지 모델은 UnSniffer, Detic, GOOD 모델들이 있다. [3][4][5] 이러한 모델들은 UAV 같은 임베디드 환경에서 실행 시 매우 무거운 모델 구조로 구성되어 있다. 하지만 UnSniffer[3] 같은 경우 일반화된 객체 신뢰도 (Generalized Object Confidence, GOC)를 이용하여 known object 와 unknown object 를 탐지한다. GOC 는 각각의 모든 object 를 탐지하는 것이 아닌 known/unknown object 만 판별하기 때문에 빠른 대응이 가능하다는 장점이 있다.

그림 2 는 본 연구에서 제안하는 이상 영역 기반의 unknown object 탐지 기법을 나타낸다. Density ROI 단계에서는 밀집도 기반 ROI 를 통해 이상 영역을 탐지한다. 이 과정에서 시점 $n(n \in N)$ 에서 3 개의 frame n_0, n_t, n_T 를 추출하여 군집화를 수행한다. 이 때 n_0, n_t, n_T 는 시점 n 에서 처음, 중간, 마지막 frame 을 의미한다. 시점 n 에서 N 시점 까지 시간이 지남에 따라 동일한 위치에서 반복적으로 높은 밀집도를 보이는 영역을 이상 영역으로 식별한다. 일반적으로 차량으로 식별되는 object 는 이상 영역이 있을 경우 차선을 이동하거나 회피하는 등의 행동을 한다. 그렇기 때문에 일반적인 도로에서는 특정 위치에 지속적으로 높은 밀집도를 보이지 않는 특징을 이용할 수 있다.

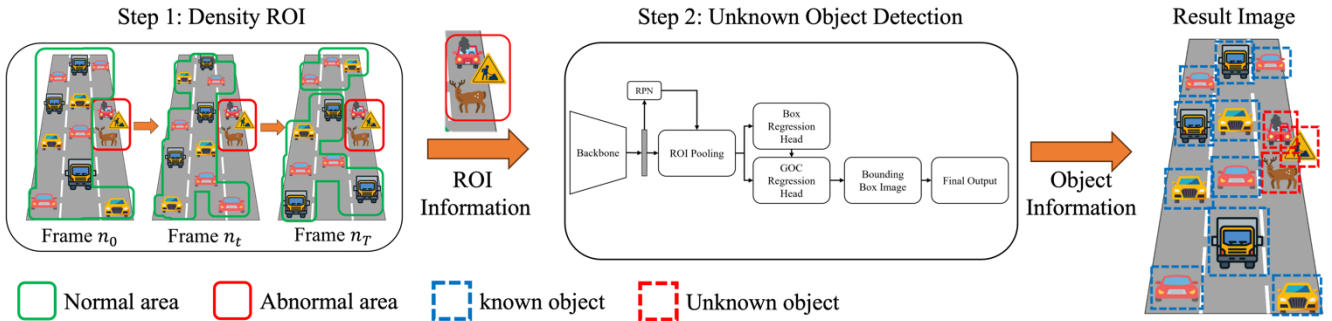


그림 2 시스템 모델

ROI 로 처리된 이후 Unknown Object Detection 단계에서는 이상 영역으로 탐지된 ROI information 이 unknown object 탐지 모델로 전달된다. 이 모델은 ResNet[4]을 backbone layer 로 사용하는 모델로 구성된다. ResNet 모델은 신경망에서 발생할 수 있는 기울기 소실 및 발산 문제를 해결한 구조로써 전이 학습에서 다수 이용된다. 기울기의 소실 및 발산 문제는 skip connection layer 를 적용하여 해결하게 되며, 이를 통해 네트워크의 학습 효율성이 향상된다. Backbone layer 의 결과물은 RPN (Region Proposal Network) block 과 ROI Pooling 에 입력 데이터로 사용된다. RPN 은 Faster R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network) 모델[7]에서 도입된 네트워크로, 객체 검출 과정에서 후보 영역을 생성하는 역할을 한다. 이후 backbone layer 의 출력 정보와 RPN 을 거친 후보 영역을 결합하여 ROI Pooling 을 거친 데이터를 기반으로 bounding box 와 object 를 분류하는 함수에 입력된다. 이 과정을 통해 box regression head, GOC regression head 로 데이터가 전달된다. Box regression head 에서는 ROI Pooling 을 통해 얻은 데이터를 사용하여 known object 의 bounding box 를 조절한다. 이 과정은 이미지 내의 객체 위치와 크기를 정확하게 파악하는데 중요한 역할을 한다. GOC regression head 는 이미지 내 객체의 수를 추정하는 역할을 하며, 이 과정을 통해 known/unknown object 를 구분한다.

최종적으로 생성되는 Result Image 는 정상 차량과 이상 영역 내의 unknown object 를 구분하여 bounding box 정보를 출력한다. 이 정보는 UAV 에서 자율주행 차량으로 V2X 통신을 통해 전달된다. 이를 통해 이상 영역 내의 unknown object 를 효과적으로 탐지하며, 도로의 효율성과 자율주행 차량의 안전성을 향상시킬 수 있다.

이상 영역 기반 unknown object 탐지 기법 도로 상의 object 의 밀집도를 분석하여 이상 영역을 식별하고 known/unknown object 를 분류한다. 이는 unknown object 를 탐지하는데 불필요한 이미지 데이터에 의해 정확도가 저하되는 문제를 해결할 수 있다. 또한 이상 영역으로만 식별되는 데이터만 사용하여 모든 데이터를 사용할 때에 비해 더 빠른 처리 속도를 기대할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 이상 영역 기반의 unknown object 탐지 기법을 제안한다. 이상 영역은 도로상에서 상대적으로 높은 밀집도가 지속적으로 관찰되는 영역을 의미한다. 이 과정에서 멀리 떨어져 있는 도로상에서 주행하는 차량들에게 사전 경고를 송신할 수 있으며, unknown object 를 탐지할 때 정제된 데이터를 사용할 수 있다는 이점이 있다. 이러한 접근 방식은 ITS 을 운용할 때 긍정적인 영향을 보일 것으로 예상된다.

본 논문의 향후 연구 계획으로는 실제 제안 기법의 효율성을 평가하기 위해 시뮬레이션을 개발할 계획이다. 이를 통해 기존 unknown object 탐지 모델과의 비교 분석 및 검증을 진행함으로써 성능 평가를 진행한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C2005705, 분산머신러닝 기반 지능형 플라잉 기지국을 위한 AI-MAC 프로토콜, No. 2021-0-00990, 설명가능한 인공지능 기반 무선랜 네트워크 시스템 고도화 핵심 기술 연구)

참고 문헌

- [1] Hamid Menouar, Ismail Güvenc, Kemal Akkaya, A. Selcuk Uluagac, Abdullah Kadri, and Adem Tuncer. "UAV-enabled intelligent transportation systems for the smart city: Applications and challenges." *IEEE Communication's Magazine* 55.3 (2017): 22-28
- [2] 김환, 김지하, 박현희. "UAV 를 활용한 통합 시맨틱 객체 인식 기반 도로 밀집도 이상 영역 탐지." *한국통신학회 추계종합학술발표회*. 2023.
- [3] Wenteng Liang, Feng Xue, Yihao Liu, Guofeng Zhong, Anlong Ming. "Unknown Sniffer for Object Detection: Don't Turn a Blind Eye to Unknown Objects." *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2023.
- [4] Xingyi Zhou, Rohit Girdhar, Armand Joulin, Philipp Krähenbühl, Ishan Misra. "Detecting twenty-thousand classes using image-level supervision." *European Conference on Computer Vision*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2022.
- [5] Huang, Haiwen, Andreas Geiger, and Dan Zhang. "Good: Exploring geometric cues for detecting objects in an open world." *arXiv preprint arXiv:2212.11720* (2022).
- [6] Kaiming He, Xiangyu ZHhang, Shaoqing Ren, Jian Sun. "Deep Residual Learning for Image Recognition." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016.
- [7] Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, Jian Sun. "Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks." *Advances in neural information processing systems* 28 (2015).