

생성형 대형 언어 모델(LLM) 활용 영상 데이터의 날씨 환경 자동 인식 및 분류 방법

¹주형진, ²송한빈, ^{3*}김시호

Generative LLM-based Automatic Classification and Annotation of the Weather environment in Image datasets

¹Hyeongjin Ju, ²Hanbin Song and ^{3*}Shiho Kim

요약

생성형 대형 언어 모델(LLM)을 활용하여 기후 환경을 포함하는 영상 데이터의 이미지-텍스트 쌍 데이터를 생성하는 방법을 제안하였다. 다양한 악천후 상황을 나타내는 이미지를 수집하고, 해당 이미지의 기후 조건을 텍스트로 설명하는 방법을 구현하였다. 제안하는 기술은 악천후 빈도와 자율주행 차량에 미치는 영향을 분석하여 자율주행 운행 가능 조건을 판단하는 데 필요한 악천후 조건을 정확하게 분류할 수 있도록 지원한다. 이를 통해 기상 데이터의 품질을 높이고 기상 예측 시스템의 성능을 향상해 자율주행 기술의 안전성과 신뢰성을 크게 향상할 수 있음을 입증하였다. 실험 결과, 제안한 방법이 Precision, Recall, F1-score의 세 가지 정량지표 모두 가장 높은 성능을 보였다. LLM을 활용한 이미지-텍스트 쌍 데이터 생성은 기상 데이터 품질과 자율주행 차량의 안전성을 크게 높이며 자율주행 기술 발전에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

Abstract

We proposed a method for generating image-text pair data of image data containing climatic conditions by utilizing a generative large language model (LLM). We collected images representing various severe weather conditions and implemented a method to describe the climatic conditions of the images with text. The proposed technique supports accurate classification of the severe weather conditions necessary to determine autonomous driving conditions by analyzing the frequency of severe weather and its impact on autonomous vehicles. This demonstrates that the quality of weather data can be improved, and the performance of weather prediction systems can be enhanced, significantly increasing the safety and reliability of autonomous driving technology. Experimental results showed that the proposed method achieved the highest performance across three quantitative metrics: Precision, Recall, and F1-score. The generation of image-text pair data using LLM is expected to greatly improve the quality of weather data and the safety of autonomous vehicles, playing a crucial role in the advancement of autonomous driving technology.

Keywords: Adverse Weather Environment, Autonomous Driving, Large Language Model, Computer Vision, Data Generation

¹ 연세대학교 IT 융합공학과/BK21 지능형반도체 IT 융합전공 대학원 석박사통합과정 (wngudwls000@yonsei.ac.kr)

² 연세대학교 IT 융합공학과/BK21 지능형반도체 IT 융합전공 대학원 석사과정 (thdgksqls369@yonsei.ac.kr)

^{3*} 교수이자 연세대학교 IT 융합공학과 교수 (shiho@yonsei.ac.kr)

I. 서론

최근 기후 변화로 악천후의 빈도와 강도가 증가하면서, 안전하고 효율적인 자율주행 시스템 개발의 필요성이 더욱 강조되고 있다. 자율주행 차량은 다양한 주행환경에서 안정적으로 동작해야 하며, 특히 악천후 상황에서의 인식과 대응 능력은 차량의 안전성과 직결된다. 눈, 비, 안개, 폭풍 등 다양한 악천후 조건은 자율주행 시스템의 센서와 알고리즘에 큰 도전 과제를 제시한다[1]. 이러한 도전 과제를 극복하기 위해서는 정확한 날씨 예측 및 분류가 필수적이며, 이를 지원하기 위한 학습 데이터 생성의 필요성이 점점 중요해지고 있다. 기존의 자율주행 시스템은 주로 특정 기상 조건에서 훈련된 데이터 세트를 기반으로 동작하였으나, 악천후 상황에서의 성능은 여전히 제한적이다. 이는 악천후 조건을 충분히 반영하지 못한 데이터 세트와 기계 학습 모델의 한계 때문에 발생한다[2].

따라서 자율주행 시스템이 다양한 악천후 상황을 효과적으로 인식하고 대응할 수 있도록 하는 방법론의 개발이 절실히 요구된다. 특히, 악천후 조건에서는 다양한 센서 데이터의 정확한 해석이 어려워지기 때문에, 이를 보완할 수 있는 추가적인 데이터와 학습 방법이 필요하다. 본 연구에서는 대형 언어 모델 (Large Language Model)을 활용하여 이미지-텍스트 쌍 데이터 생성 방법을 제안한다. 이 방법은 다양한 악천후 상황을 나타내는 이미지를 수집하고, 이에 상응하는 텍스트 설명을 자동으로 생성함으로써 이미지와 텍스트 간의 연관성을 강화하는 것을 목표로 한다[3]. 이를 통해 기계 학습 모델이 악천후 조건을 정확하게 분류하고 예측할 수 있도록 지원한다.

자율주행 시스템의 성능을 높이기 위해서는 다각적인 접근이 필요하다. 첫째, 다양한 악천후 상황에서 수집된 고품질의 데이터가 필요하다. 이는 실세계에서 발생할 수 있는 다양한 기상 조건을 반영한 데이터 세트를 구성함으로써 가능하다. 둘째, 이러한 데이터를 효과적으로 활용할 수 있는 학습 알고리즘이 필요하다. 대형 언어 모델은 이러한 요구를 충족시킬 수 있는 강력한 도구로, 이미지-텍스트 쌍 데이터 생성을 통해 기계 학습 모델의 학습 효율성을 높일 수 있다. 셋째, 자율주행 시스템의 센서와 알고리즘의 통합적인 개선이 필요하다. 센서 데이터의 정확한 해석과 이를 기반으로 한 실시간 대응 능력은 자율주행 차량의 안전성을 크게 높일 수 있다[4].

본 연구에서 제안하는 이미지-텍스트 쌍 데이터 생성 방법은 악천후 조건에서 자율주행 시스템의 성능을 높이기 위한 중요한 도구가 될 것이다. 이러한 방법론은 기상 데이터의 품질을 높이고, 기상 예측 시스템의 성능을 향상시키는 데에도 실질적인 이바지를 할 수 있다[5]. 궁극적으로, 자율주행 기술의 안전성과 신뢰성을 크게 향상해, 자율주행 차량이 다양한 주행환경에서 안정적으로 동작할 수 있도록 지원할 것이다[6].

II. 관련 연구

2.1 Adverse Weather Dataset

기후 변화로 악천후 조건에서 자율주행 시스템의 성능을 평가하고 개선하기 위해서는 다양한 기상 조건을 반영한 고품질 데이터셋이 필요하다. 이러한 데이터셋은 자율주행 차량이 다양한 환경에서 안정적으로 작동할 수 있도록 하는 데 중요한 역할을 한다. Canadian Adverse Driving Conditions Dataset (CADC)는 대표적인 데이터셋 중 하나로, 캐나다의 겨울철 다양한 악천후 조건에서 자율주행 데이터를 수집하여 구성되었다. 이 데이터셋은 8 대의 카메라, 라이다 및 GNSS+INS 시스템을 사용하여 수집된 7,000 프레임의 주석 데이터를 포함하고 있으며, 3D 객체 탐지 및 추적을 위한 라이다 프레임 주석을 제공한다[7]. DAWN Dataset은 실제 세계의 다양한 악천후 조건에서 수집된 이미지로 구성되어 있으며, 자율주행 차량의 객체 탐지 및 추적 알고리즘을 테스트하는 데 사용된다. 이 데이터셋은 1,000 개의 이미지로 구성되어 있으며, 각 이미지에는 객체 바운딩 박스가 주석 처리되어 있다[8]. ACDC Dataset은 다양한 악천후 조건에서의 자율주행을 위한 데이터셋으로, 네 가지 주요 기상 조건(비, 눈, 안개, 밤)에 대한 4,000 개 이상의 주석 이미지로 구성되어 있다. 이 데이터셋은 자율주행 시스템이 다양한 악천후

상황에서 객체 탐지, 세그멘테이션 및 추적 작업을 수행할 수 있도록 지원한다[9].

2.2 Large Language Model

대형 언어 모델(LLM)은 자연어 처리(NLP)에서 혁신적인 발전을 이루고 있으며, 다양한 응용 분야에서 강력한 성능을 보여주고 있다. 주요 연구로는 GPT가 있다. OpenAI의 GPT 시리즈는 LLM의 대표적인 예로, GPT는 광범위한 텍스트 데이터를 학습하여 인간과 유사한 텍스트 생성 능력을 보여준다. 특히 GPT-4는 오류 탐지, 데이터 보완, 스키마 매칭 및 엔터티 매칭 작업에서 우수한 성능을 보인다[10][11][12][13]. OpenAI의 CLIP (Contrastive Language- Image Pre-training)은 이미지와 텍스트 쌍을 사용하여 학습된 모델로, 이미지와 텍스트 간의 연관성을 이해하고 다양한 시각적 인식을 수행하는 데 강력한 성능을 보인다. CLIP은 다양한 이미지-텍스트 데이터셋을 통해 학습되었으며, 이미지 캡셔닝, 객체 인식 등의 작업에서 뛰어난 성능을 보인다[14]. LLaVA (Large Language and Vision Assistant)는 언어와 시각 정보를 결합하여 다양한 작업을 수행할 수 있는 모델로, 이미지 캡셔닝, 시각적 질문 응답(VQA) 등에서 뛰어난 성능을 보인다. LLaVA는 텍스트와 이미지를 동시에 처리할 수 있는 능력을 갖추고 있으며, 다양한 멀티모달 응용 프로그램에서 유용하다[15]. GEMINI는 언어와 시각 정보를 결합하여 다양한 작업을 수행할 수 있는 멀티모달 모델로, 이미지와 텍스트 데이터를 동시에 처리하여 더 정교한 인식을 가능하게 한다. GEMINI는 특히 자연어 설명을 통해 시각적 데이터를 이해하고 분석하는 데 뛰어난 성능을 보인다[16].

2.3 Image-Text Pair Generation

이미지-텍스트 쌍 데이터 생성은 기계 학습 모델이 다양한 기상 조건을 더 잘 인식하고 예측할 수 있도록 지원한다. 주요 연구로는 Image-to-Image Translation이 있다. 악천후 조건에서 촬영된 이미지를 맑은 날씨 이미지로 변환하는 방법을 제안하였다. 이를 통해 이미지 번역 품질을 개선하고, 세그멘테이션 및 깊이 추정 등의 다운스트림 작업의 정확성을 높일 수 있다[17]. GAN-Based LiDAR Translation은 GAN을 사용하여 LiDAR 데이터를 악천후 조건으로 변환하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 데이터 증가뿐만 아니라 주행 시뮬레이션에도 유용하며, 다양한 기상 조건에서 LiDAR 데이터를 생성할 수 있다[18].

III. 연구 방법

3.1 데이터 수집 및 전처리

본 연구에서는 ACDC Dataset[9]을 사용하여 자율주행 시스템의 성능을 평가하고 개선하기 위한 데이터를 수집하고 전처리한다. ACDC Dataset은 다양한 기상 조건에서 자율주행 차량의 주행 환경을 시뮬레이션하기 위해 설계된 고품질 데이터셋이다. 데이터셋의 클래스는 Night, Rain, Snow, Fog로 4개이며, 각 클래스에 대해 Clear 이미지도 제공하므로 총 5개의 클래스로 분류할 수 있다. 각 클래스에는 객체 탐지(Object Detection), 의미적 분할(Semantic Segmentation), 팬옵틱 분할(Panoptic Segmentation)을 위한 주석이 포함되어 있어 다양한 기계 학습 모델을 훈련시키는 데 매우 유용하다.

데이터셋은 클래스별로 1,000개의 이미지를 제공하며, Clear 이미지는 4,000개의 이미지를 제공한다. 실험에서는 Night 클래스를 제외하고, 3,000개의 Clear 이미지와 각 1,000개의 Rain, Snow, Fog 이미지를 사용하였다. 이러한 선택은 다양한 악천후 조건에서 자율주행 시스템의 성능을 평가하는 데 필요한 충분한 데이터를 제공하면서도 데이터셋의 크기를 관리할 수 있게 유지하기 위함이다. 그림 1은 ACDC Dataset의 예시 이미지를 보여준다.



Figure 1. Example images of ACDC dataset (a: night, b: rain, c: fog, d: snow)

그림 1. ACDC Dataset 예시 (a: night, b: rain, c: fog, d: snow)

3.2 프레임워크

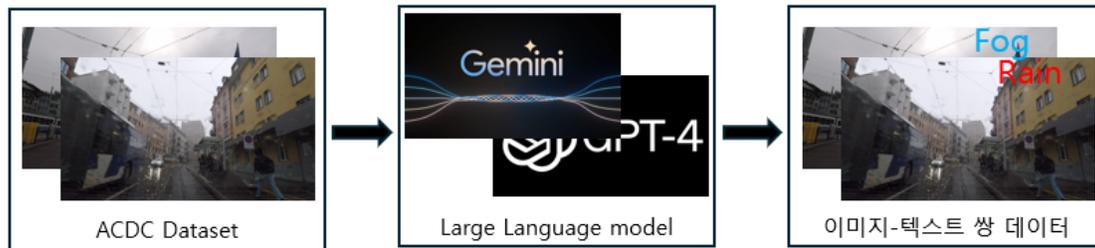


Figure 2. Image-text pair data generation framework

그림 2. 이미지-텍스트 쌍 데이터 생성 프레임워크

본 연구에서 제안하는 이미지-텍스트 쌍 데이터 생성 프레임워크는 그림 2에 나타나 있다. 이 프레임워크는 자율주행 시스템이 다양한 기상 조건에서 안정적으로 작동할 수 있도록 지원하는데 목적이 있다. ACDC 데이터셋에서 각 클래스의 이미지를 하나로 통합하여 대형 언어 모델(LLM)에 입력으로 넣는다.

다음으로 해당 이미지에 대하여 날씨를 묻는 말을 작성하여 LLM에 입력으로 넣는다. 이때 질문의 형식을 정하는 것이 성능에 상당한 영향을 미친다. 단순히 날씨 정보를 알려달라는 질문을 입력으로 넣는다면 본래 정해진 클래스와는 다른 클래스가 출력될 수 있기 때문이다. 예를 들어 ACDC 데이터셋의 클래스에는 없는 Cloudy, Overcast와 같은 출력이 생성될 수 있기 때문에 질문에 Ground Truth로 지정한 클래스로 출력해달라는 내용이 포함되어야 한다.

적절한 형식으로 질문을 작성하여 입력하면, 해당 이미지에 대한 클래스를 LLM이 쌍으로 출력하여 데이터를 생성한다. 이 과정에서 LLM의 출력을 검토하고, 필요한 경우 추가적인 전처리 단계를 거쳐 최종 데이터를 생성한다. 이러한 접근 방식은 이미지와 텍스트 간의 연관성을 강화하여 기계 학습 모델이 다양한 기상 조건을 더 잘 인식하고 예측할 수 있도록 지원한다. 그림 2는 이미지-텍스트 쌍 데이터 생성 프레임워크를 시각적으로 보여준다.

IV. 실험 및 평가

본 연구에서는 이미지-텍스트 쌍 생성의 성능을 정량적으로 평가하였다. 이를 위해 다양한 대형 언어 모델(LLM)을 사용하였으며, 구체적으로 GPT-4o, LLaVA-1.6-mistral-7b, LLaVA-1.5-7b, LLaVA-1.5-13b 모델을 활용하였다. 이 섹션에서는 각 모델을 사용하여 ACDC 데이터셋에 대해 생성한 이미지-텍스트 쌍의 결과를 비교하고 분석한다.

먼저, GPT-4o를 사용하여 ACDC 데이터셋에 대한 이미지-텍스트 쌍을 생성하였다. 표 1은 GPT-4o를 사용한 이미지-텍스트 쌍 생성 결과를 보여준다. 다른 모델들을 사용한 결과는 VII. 부록에 제시되어 있다.

Table 1. Results of creating image-text pairs using GPT-4o

표 1. GPT-4o를 사용한 이미지-텍스트 쌍 생성 결과

		Prediction					Recall
		Clear	Fog	Rain	Snow	Cloudy	
Ground Truth	Clear	2978	18	2	0	2	0.993
	Fog	0	1000	0	0	0	1
	Rain	0	0	1000	0	0	1
	Snow	0	0	21	979	0	0.979
Precision		1	0.982	0.978	1	0	

실험 과정에서 적절한 질문 형식을 사용하여 클래스를 제한하였음에도 불구하고 Cloudy와 같은 Out-of-Distribution 클래스를 출력으로 생성한 것을 확인할 수 있었다. 이는 모델이 예상하지 못한 출력을 생성할 가능성이 있음을 시사하며, 질문 형식의 중요성을 강조한다. 그림 3은 GPT-4o 모델이 다른 클래스로 잘못 예측한 이미지이다. 그림 3의 이미지들은 다른 모델의 실험에서도 공통적으로 접치는 잘못된 예측을 하는 이미지들이다. 이는 LLM이 공통적으로 정확한 클래스로 분류하기 어려워하는 이미지가 있다는 것을 보여준다. 해당 이미지들은 이미지에 여러 클래스가 혼합된 것으로 나타난다. 예를 들어, 비가 오면 동시에 안개가 낄 수 있기 때문에 기상현상이 동시에 일어나 LLM이 하나의 정확한 클래스로 분류하기 어려운 것으로 판단된다.

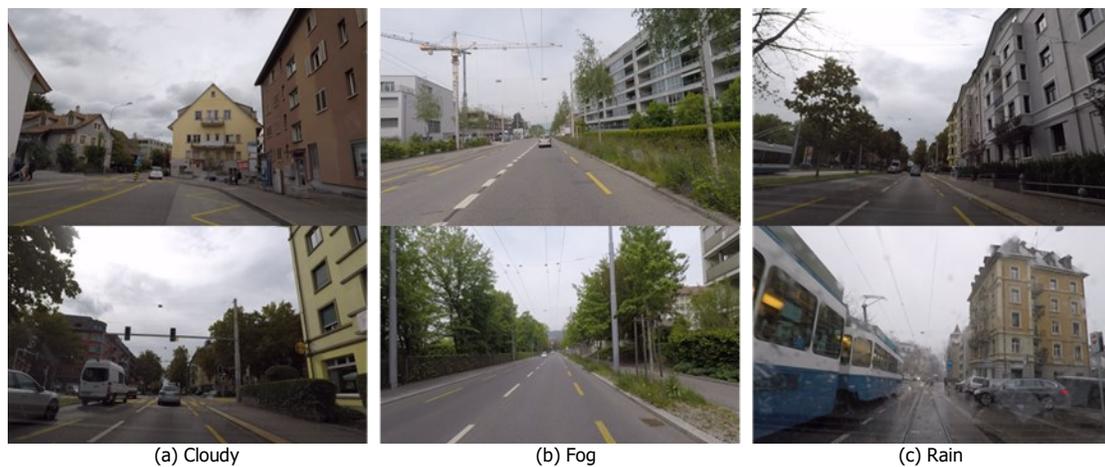


Figure 3. Example of an incorrectly predicted image from a GPT-4o

그림 3. GPT-4o의 잘못된 예측 이미지 예시

다음으로, GPT-4o, LLaVA-1.6-mistral-7b, LLaVA-1.5-7b, LLaVA-1.5-13b 모델을 사용하여 생성한 이미지-텍스트 쌍의 결과를 비교하였다. 표 2는 생성된 이미지-텍스트 쌍에 대한 Recall, Precision, F1-Score를 비교한 결과를 보여준다. 실험 결과, GPT-4o가 모든 지표 측면에서 가장 우수한 성능을 보이는 것으로 나타났으며, 이는 모델이 더 정확하게 클래스를 예측할 수 있음

의미한다. 다른 모델들의 생성 결과를 살펴보았을 때, GPT-4o 보다 클래스를 잘못 생성한 경우가 많았고, LLaVA-1.5-7b 모델은 새로운 클래스를 출력하는 모습을 보였다.

Table 2. Compare the results of creating image-text pairs using multiple LLMs

표 2. 여러 LLM 을 사용한 이미지-텍스트 쌍 생성 결과 비교

Model	Recall	Precision	F1-Score
LLaVA-1.6-mistral-7b	0.936	0.753	0.835
LLaVA-1.5-7b	0.938	0.640	0.761
LLaVA-1.5-13b	0.930	0.731	0.819
GPT-4o	0.993	0.792	0.881

V. 결론

본 연구는 대형 언어 모델(LLM)을 활용하여 악천후 상황에서 자율주행 차량의 안전성과 신뢰성을 높이기 위한 이미지-텍스트 쌍 데이터 생성 방법을 제안하였다. ACDC 데이터셋을 사용하여 다양한 기상 조건에서 수집된 이미지를 기반으로 텍스트 설명을 자동 생성함으로써 이미지와 텍스트 간의 연관성을 강화하였다. 이를 통해 기계 학습 모델이 다양한 악천후 조건을 정확하게 분류하고 예측할 수 있도록 지원하였다.

실험 결과, GPT-4o 모델이 가장 우수한 성능을 보였으며, 높은 Precision 과 F1-Score 를 기록하였다. 이는 대형 언어 모델을 활용한 이미지-텍스트 쌍 생성 방법이 기상 데이터의 품질을 향상시키고 자율주행 시스템의 안전성을 크게 증대시킬 수 있음을 시사한다. 특히, 질문 형식의 중요성이 강조되었으며, 적절한 질문 형식을 사용하여 모델의 성능을 더욱 개선할 수 있음을 확인하였다.

결론적으로, 본 연구는 LLM 을 활용한 이미지-텍스트 쌍 데이터 생성 방법이 자율주행 기술 발전에 중요한 이바지를 할 수 있음을 입증하였으며, 다양한 기상 조건에서도 안정적이고 안전한 자율주행 시스템을 구현하는 데 필수적인 데이터와 학습 방법을 제공하였다. 앞으로도 이러한 연구가 지속해서 발전되어 자율주행 기술의 안전성과 신뢰성을 더욱 향상시키기를 기대한다.

VI. 감사의 글

이 논문은 2024 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00236245, 악천후/비정형 환경변화에서의 Seamless 자율주행을 위한 인지/판단 AI SW 핵심기술 개발)

VII. 참고문헌

- [1] Zang, Shizhe, et al. "The impact of adverse weather conditions on autonomous vehicles: How rain, snow, fog, and hail affect the performance of a self-driving car." IEEE vehicular technology magazine 14.2 (2019): 103-111.
- [2] Jones, Erick C., and Benjamin D. Leibowicz. "Contributions of shared autonomous vehicles to climate change mitigation." Transportation Research Part D: Transport and Environment 72 (2019): 279-298.
- [3] Barnard, Melody, et al. "Posing questions and policy suggestions: autonomous vehicles & climate change." Driving Assessment Conference. Vol. 10. No. 2019. University of Iowa, 2019.
- [4] Heiberg, Samantha, et al. "Environmental impact assessment of autonomous transportation systems." Energies 16.13 (2023): 5009.
- [5] Hula, Aaron, et al. "The environmental potential of autonomous vehicles." Road Vehicle Automation 4. Springer International Publishing, 2018.

[6] Kopelias, Pantelis, et al. "Connected & autonomous vehicles–Environmental impacts–A review." *Science of the total environment* 712 (2020): 135237.

[7] Pitropov, Matthew, et al. "Canadian adverse driving conditions dataset." *The International Journal of Robotics Research* 40.4-5 (2021): 681-690.

[8] Kenk, Mourad A., and Mahmoud Hassaballah. "DAWN: vehicle detection in adverse weather nature dataset." *arXiv preprint arXiv:2008.05402* (2020).

[9] Sakaridis, Christos, Dengxin Dai, and Luc Van Gool. "ACDC: The adverse conditions dataset with correspondences for semantic driving scene understanding." *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*. 2021.

[10] Radford, Alec, et al. "Improving language understanding by generative pre-training." (2018).

[11] Radford, Alec, et al. "Language models are unsupervised multitask learners." *OpenAI blog* 1.8 (2019): 9.

[12] Brown, Tom, et al. "Language models are few-shot learners." *Advances in neural information processing systems* 33 (2020): 1877-1901.

[13] Achiam, Josh, et al. "Gpt-4 technical report." *arXiv preprint arXiv:2303.08774* (2023).

[14] Radford, Alec, et al. "Learning transferable visual models from natural language supervision." *International conference on machine learning*. PMLR, 2021.

[15] Liu, Haotian, et al. "Visual instruction tuning." *Advances in neural information processing systems* 36 (2024).

[16] Reid, Machel, et al. "Gemini 1.5: Unlocking multimodal understanding across millions of tokens of context." *arXiv preprint arXiv:2403.05530* (2024).

[17] Xia, Youya, et al. "Image-to-image translation for autonomous driving from coarsely-aligned image pairs." *2023 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)*. IEEE, 2023.

[18] Lee, Jinho, et al. "Gan-based lidar translation between sunny and adverse weather for autonomous driving and driving simulation." *Sensors* 22.14 (2022): 5287.

VIII. 부록

Table 3. Results of creating image-text pairs using LLaVA-1.6-mistral-7b
 표 3. LLaVA-1.6-mistral-7b 를 사용한 이미지-텍스트 쌍 생성 결과

		Prediction					Recall
		Clear	Fog	Rain	Snow	Cloudy	
Ground Truth	Clear	2965	30	1	0	4	0.988
	Fog	6	994	0	0	0	1
	Rain	1	6	993	0	0	1
	Snow	0	37	193	770	0	0.979
Precision		1	0.998	0.932	0.837	1	

Table 4. Results of creating image-text pairs using LLaVA-1.5-7b
 표 4. LLaVA-1.5-7b 를 사용한 이미지-텍스트 쌍 생성 결과

		Prediction						Recall
		Clear	Fog	Rain	Snow	Cloudy	Rain_Snow_Fog	
Ground Truth	Clear	2768	1	1	0	230	0	0.993
	Fog	0	1000	0	0	0	0	1
	Rain	0	121	870	3	5	1	1
	Snow	0	9	34	957	0	0	0.979
Precision		1	1	0.884	0.961	0.997	0	

Table 5. Results of creating image-text pairs using LLaVA-1.5-13b
표 5. LLaVA-1.5-13b 를 사용한 이미지-텍스트 쌍 생성 결과

		Prediction					Recall
		Clear	Fog	Rain	Snow	Cloudy	
Ground Truth	Clear	2665	333	0	0	2	0.993
	Fog	0	1000	0	0	0	1
	Rain	0	106	894	0	0	1
	Snow	0	42	19	939	0	0.979
Precision		1	1	0.675	0.979	1	

저자소개



주형진 (*Hyeongjin Ju*)

2023 년 3 월 연세대학교 IT 융합공학과/BK21 지능형반도체 IT 융합전공 대학원 석박사통합과정

관심분야: 자율주행, 인공지능, 컴퓨터 비전



송한빈 (*Hanbin Song*)

2023 년 3 월 연세대학교 IT 융합공학과/BK21 지능형반도체 IT 융합전공 대학원 석사과정

관심분야: 인공지능, 자율주행, 컴퓨터 비전



김시호 (*Shiho Kim*)

2011. ~ 현재 : 연세대학교 IT 융합공학과 교수
 대학원 연구실: Seamless Trans-X Lab(www.stl.yonsei.ac.kr), Director
 미래형자동차 핵심기술 R&D 전문인력양성 사업 (센터장)
 모빌리티시스템융합 협동과정(현대자동차그룹 대학원 계약학과) 주임교수