

V2I 기반 협력 주행을 위한 실시간 다중 카메라 교통 분석 연구

장준혁, 장성현, 안병만, 장수현*
한국전자기술연구원

junjang9327@keti.re.kr, bman@keti.re.kr, jang.sh@keti.re.kr, *shjang@keti.re.kr

A Study on the Multi-Camera Traffic Analysis Technology for V2I based Cooperative Driving

Junhyek Jang, Seonghyun Jang, Byungman An, Soohyun Jang*
Korea Electronics Technology Institute

요 약

자율 주행 기술은 아직 도로 안전을 보장할 만큼 충분히 견고하지 않습니다. 가능한 사고를 줄이고 안전한 운전 경험을 지원하기 위해, 차량 대 인프라(V2I) 기반의 협력 운전이 필요합니다. 도로상의 인프라는 자율 주행 차량(AV)이 감지 범위를 벗어난 중요한 정보를 제공할 수 있습니다. 본 논문에서는 도로변 장치(RSU)에 이미 설치된 감시 카메라를 활용하여 V2I 협력 운전 프로토콜을 위한 교통 분석 알고리즘을 제안합니다. 제안된 알고리즘은 도로 위의 AV를 식별하고, 관찰된 도로 기반의 교통 메시지를 생성하여 AV가 더 안전한 결정을 내릴 수 있도록 돕습니다. 본 시스템은 실시간으로 작동하며, 대한민국 인천의 실제 도로에서 테스트되었습니다.

I. 서 론

다가오는 자율 주행 시대에는 효율적이고 안전한 운전 환경을 위해 V2I 기반의 협력 운전이 필요합니다. 감시 카메라가 장착된 지능형 RSU는 교통 상황을 관찰하고 분석하며, 다른 위성, 인프라 또는 차량과 통신하여 도로 효율성을 향상시킬 수 있습니다. 예를 들어, 교통사고가 발생했을 때 최초로 사고를 관찰한 지능형 RSU는 인근 인프라와 자율 주행 차량에 경고를 보내 구급차의 길을 터주고 우회로를 마련할 수 있습니다. 자율 주행 차량을 지원하기 위해 이미 설치된 도로 인프라를 활용하는 것은 비용 효율적이며 쉽게 구현할 수 있습니다 [1].

지능형 RSU를 만드는 데 있어서 하나의 도전 과제는 실시간 처리입니다. 사고는 순식간에 발생하며, 실시간 정보 공유는 1차 및 2차 사고를 예방하는 데 필수적입니다. 일반적인 RSU에서는 설치할 수 있는 장비의 크기가 제한적입니다. 엣지 컴퓨터, 통신 모듈, 보안 모듈과 같은 하드웨어는 크기가 최소화되어야 하며, 이는 곧 컴퓨팅 성능과 직결됩니다. 본 논문에서는 RSU에 설치할 수 있는 컴퓨터에서 실시간 애플리케이션을 지원할 수 있는 경량화된 교통 분석 알고리즘을 제안합니다. 제안된 알고리즘은 Fig.1과 같이 대한민국 인천의 실제 테스트 현장에서 테스트되었습니다.

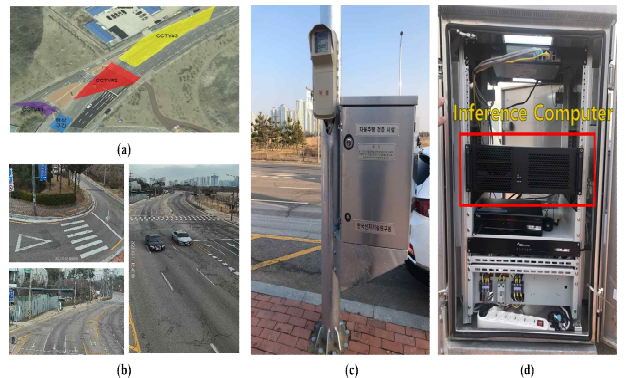


그림 1. (a) Bird-eye-view of the test site. (b) Sample image of surveillance cameras. (c) Traffic Analysis RSU. (d) Inside view of the RSU.

II. 본론

제안된 실시간 교통 분석 알고리즘은 객체 감지 및 추적, 자율 주행 차량(AV) 식별, AV 재식별, 교통 분석, 메시지 전송으로 구성됩니다. AV에게 유의미한 정보를 생성하기 위해서는 도로 위의 AV를 먼저 식별해야 하며, AV의 의사 결정 과정에 도움이 되는 맞춤형 정보만을 전송해야 합니다. 이 알고리즘은 실시간 요구 사항을 충족하기 위해 NVIDIA에서 개발한 DeepStream 파이프라인 내에 구현되었습니다.

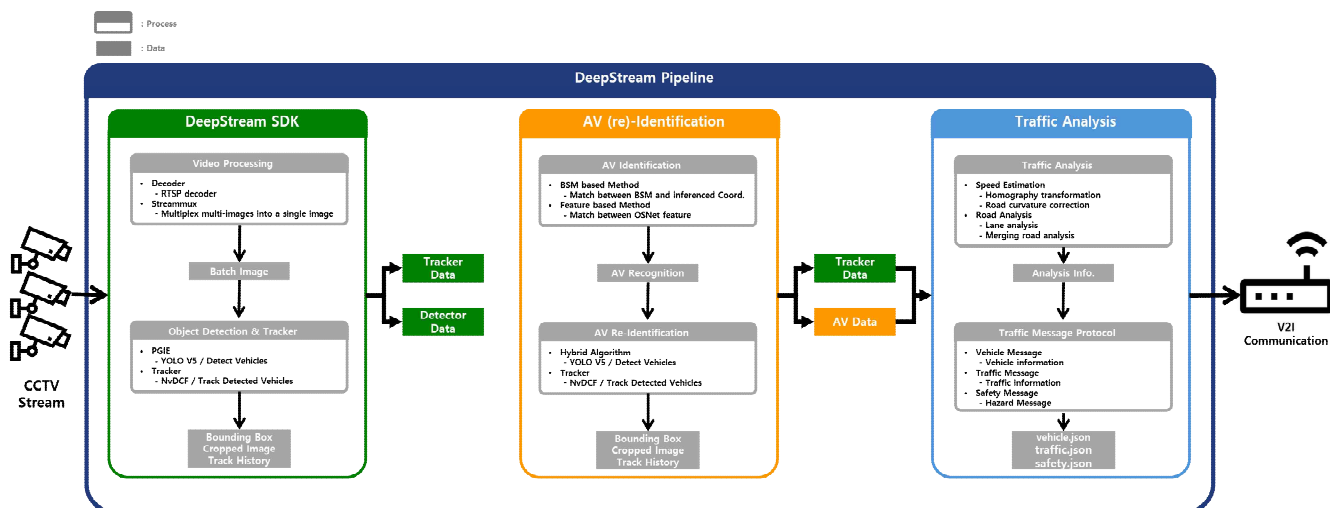


그림 2 Traffic analysis algorithm in DeepStream pipeline

DeepStream 은 NVIDIA 에서 제공하는 비전 인공지능(AI) 애플리케이션용 SDK 입니다. 이 SDK 를 사용하면 사용자가 비디오를 스트리밍하고 실시간으로 AI 모델을 실행할 수 있습니다. 연구 목적으로, 저희 팀은 DeepStream 파이프라인을 구축하고 그 안에 분석 알고리즘을 구현했습니다. 세 개의 감시 카메라 비디오는 RTSP 형식으로 파이프라인에 스트리밍되며, 배치된 이미지는 단일 이미지로 다중화됩니다. 그런 다음, 딥러닝 모델이 다중화된 이미지에서 추론되어 특징 정보를 추출합니다.

이미지가 다중화된 후, 객체 감지 모델은 도로 위의 차량을 감지합니다. YOLOV5 [2]는 실시간을 지원할 수 있기 때문에 객체 감지 모델로 사용됩니다. 객체 감지 모델은 34,000 장의 이미지로 구성된 사용자 지정 데이터셋으로 학습되었습니다. 이 데이터셋은 실제 테스트 현장의 감시 카메라 이미지로 만들어졌습니다. 그 후, 객체 감지 결과는 각 차량의 고유한 추적 ID 를 통해 추론된 정보 이력을 관리하기 위해 트래커를 사용하여 추적됩니다. NVIDIA 에서 개발한 NvDCF 가 트래커 알고리즘으로 사용되며, 이는 매우 가볍고 가려짐에 대해 강건합니다.

AV 식별 알고리즘은 또한 객체 감지 결과에서 실행되어 해당 차량이 AV 인지 아닌지를 결정합니다. 우리 시스템은 AV 로부터 GPS 좌표와 차량 색상 등의 정보를 포함한 기본 안전 메시지(BSM)를 수신합니다. 경계 상자에서 픽셀 좌표는 호모그래픽 변환을 사용하여 GPS 좌표로 변환되며, 잘려진 이미지에서 특징 추출기를 사용하여 차량의 색상을 추론합니다. AV 식별 알고리즘은 추론된 정보와 수신된 BSM 정보를 일치시켜 AV 인지 여부를 결정합니다 [3]. 통신 오류가 발생한 경우, OSNet [4] 기반 알고리즘이 별도로 실행되어 AV 를 식별합니다. OSNet 모델은 테스트 사이트에서 수집된 19,000 장의 이미지로 구성된 사용자 지정 데이터셋으로 학습되었습니다. OSNet 은 잘려진 이미지와 AV 이미지 모음을 각각의 특징 벡터로 인코딩합니다. 그런 다음, 두 특징 벡터 간의 유사성을 측정하여 잘려진 이미지가 AV 인지 여부를 결정합니다.

AV 가 식별되면, AV 는 호모그래픽 프로젝션과 딥러닝을 사용한 하이브리드 방법 [5]을 통해 카메라 사이에서 재식별됩니다.

딥러닝 추론 단계가 완료된 후, 교통 분석 모듈은 대상 AV 에 적합한 안내 메시지를 생성합니다. 차량의 추적 이력 데이터를 사용하여 차량의 속도를 추정합니다. 속도 추정 중에는 호모그래픽 변환을 사용하여 픽셀 좌표를 GPS 좌표로 변환합니다. 차량의 속도를 추정하기 전에 도로의 곡률로 인한 영향을 고려하여 차량이 이동한 거리를 조정해야 합니다. 차량이 도로에서 위치한 위치에 따라 이동한 거리를 각각 조정합니다.

또한, 우리 분석 알고리즘은 사각지대에서 접근하는 차량이나 도로에서 정체된 차량과 같은 잠재적인 위험을 감지합니다. 교통 분석이 완료되면 개별 차량 정보와 잠재적 위험 정보를 포함한 분석된 정보가 json 형식 [3]으로 형식화되어 대상 AV 로 전송됩니다.

III. 결론

제안된 알고리즘은 RSU 에 설치된 감시 카메라를 사용하여 도로 위의 AV 를 위한 지원 교통 메시지를 실시간으로 생성합니다. 저희 팀은 실제 테스트 현장에서 V2I 기반의 협력 운전 시나리오에서 그 기능을 입증했습니다. 개발된 교통 분석 시스템은 지하 자율 발렛 주차 서비스와 같이 실시간 비디오 분석이 필요한 다른 서비스에도 적용될 수 있습니다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부의 2021 년 자율주행기술개발혁신사업인 '차량 보안 위협 방지를 위한 공격 대응 및 지능형 RSU 기술 개발'(제 2021-0-01277)의 지원을 받았습니다.

참 고 문 헌

- [1] Chen, Rui, et al. "Smart Roads: Roadside Perception, Vehicle-Road Cooperation and Business Model." arXiv preprint arXiv:2312.09439 (2023).
- [2] G. Jocher, A. Chaurasia, A. Stoken, J. Borovec, NanoCode012, Y. Kwon, K. Michael, TaoXie, J. Fang, Imyhyx, Lorna, Yifu, Zeng, C. Wong, A. V, D. Montes, Z. Wang, C. Fati, J. Nadar, Laughing, UnglvKitDe, V. Sonck, Tkianai, yxNONG, P. Skalski, A. Hogan, D. Nair, M. Strobel, and M. Jain, "Ultralytics/yolov5: V7.0 - yolov5 sota realtime instance segmentation," Zenodo, 22-Nov-2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3908559>. [Accessed: 29-Mar2023].
- [3] Jang, Junhyek, et al. Re-ID Technology for V2I Based Cooperative Driving Protocol. 4 July 2023, <https://doi.org/10.1109/icufn57995.2023.10200144>. Accessed 26 Feb. 2024.
- [4] Zhou, Kaiyang, et al. "Omni-scale feature learning for person re-identification." Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. 2019.
- [5] J. Jang, J. Baek, K. Lim, Y. Ro, S. Yoon, and S. Jang, "A study on V2I based cooperative autonomous driving," 2023 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC), 2023.
- [6] SAE Cooperative Driving Automation (CDA) Committee. "SAE J3216 Taxonomy and Definitions for Terms Related to Cooperative Driving Automation for On-Road Motor Vehicles." SAE International (2020).al (2020).