

논문 2024-19-13

주행안전성 평가 시나리오 구축을 위한 주행행태 매개변수 추출에 관한 연구

(A Study on The Extraction of Driving Behavior Parameters for the Construction of Driving Safety Assessment Scenario)

고민지, 이지연, 손승녀*
(Min-Ji Koh, Ji-Yoen Lee, Seung-Neo Son)

Abstract : For the commercialization of automated vehicles, it is necessary to create various scenarios that can evaluate driving safety and establish a data system that can verify them. Depending on the vehicle's ODD (Operational Design Domain), there are numerous scenarios with various parameters indicating vehicle driving conditions, but no systematic methodology has been proposed to create and combine scenarios to test them. Therefore, projects are actively underway abroad to establish a scenario library for real-world testing or simulation of autonomous vehicles. However, since it is difficult to obtain data, research is being conducted based on simulations that simulate real road. Therefore, in this study, parameters calculated through individual vehicle trajectory data extracted based on roadside CCTV image-based driving environment DB was proposed through the extracted data. This study can be used as basic data for safety standards for scenarios representing various driving behaviors.

Keywords : Autonomous Driving, Vehicle Trajectory Analysis, Image Analysis, Vehicle Safety Standard, Database

I. 서론

전 세계적으로 자율주행 시장규모는 '23년 1,701억 달러를 기록할 것으로 전망되며, '30년에는 연평균 성장률 38.8%로 성장하여 1조 8,084억 달러까지 성장할 것으로 전망하였다 [1]. 이처럼, 자율주행차 시장이 확대됨에 따라 국내 국토교통부에서는 모빌리티 혁신 로드맵을 통해 '27년 완전자율주행 승용차 출시계획을 수립하고 있는 등 적극적인 자율주행차 양산 및 상용화를 위한 노력이 이루어지고 있다 [2]. 하지만, 앞선 자율주행기술을 개발하여 차량을 생산하고 있는 한 제조사에서는 '19년 이후 4년간 736건의 교통사고가 발생하고 있으며, 충돌로 인한 사망사고까지 이어지고 있어 안전성에 대한 문제가 제기되고 있다 [3].

자율주행자동차가 상용화되기에 앞서 자율주행차량의 주행 안전성을 평가하기 위해서는 다양한 운전조건에서 운전자 행동의 확률적 분포가 중요하다 [4]. 따라서, 방대하고 다양한 시나리오 생성이 필요한바, 다양한 테스트 시나리오 라이브러리 데이터 시스템 구축이 필요하다. 차량의 ODD (Operational Design Domain)에 따라 차량 주행상태를 나타내는 다양한 매개변수를 가진 수백만개의 시나리오가 존재할 수 있으나, 이를 테스트하기 위한 시나리오를 생성, 조합

할 수 있는 체계적인 방법론은 제시되고 있지 않다. 이러한 이슈로, 일본에서는 SAKURA 프로젝트 [5], 영국의 Safety Pool과 같이 자율주행차량의 실주행 테스트나 시뮬레이션용 시나리오 라이브러리를 구축하기 위한 프로젝트가 활발히 진행되고 있다 [6]. 하지만 시나리오별 안전성 테스트를 위한 데이터 구축이 어려운 바, 실도로를 모사한 시뮬레이션을 기초로 연구를 수행하고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 자율주행차량의 주행 안전성 평가 시나리오를 구축하기 위해 국내 기 설치된 CCTV 영상을 활용하여 차량의 주행행태와 관련된 실제 데이터를 추출하는 방안을 제시하고자 한다.

II. 관련 연구 고찰

1. 주행안전성 평가 시나리오 관련

Kim et al. (2008)은 개별차량의 주행궤적 데이터를 이용하여 차량 추종 및 차로변경 이벤트 진행 중 각 차량 간 상충을 분석하여 교통안전도를 평가할 수 있는 기법을 제안하였다. 안전성 평가를 위해 주행패턴별 RSSM을 분석하였고, 그 결과 차로변경 이벤트 중 주행차로의 선행 차량이 가장 위험한 것으로 확인되었다 [7].

정승환 외 (2018)는 실도로 사고 데이터베이스를 활용하여 사고 상황을 시뮬레이션 방법을 적용하여 주행속도 예측의 관점으로 재구성하는 방법과 예측된 속도를 차대차 주행경로를 생성하고 시뮬레이션 및 실차 평가 시나리오로 활용하는

*Corresponding Author (snson@itskorea.kr)
Received: Nov. 28, 2023, Revised: Dec. 15, 2023, Accepted: Jan. 8, 2024.
M. J. Koh: ITS Korea (Senior Researcher)
J. Y. Lee: ITS Korea (Senior Researcher)
S. N. Son: ITS Korea (Executive Director, Ph.D.)
※ 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 자율주행기술개발혁신사업 (과제번호 : 22AMDP-C165730-02)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

절차를 제안하였다 [8].

채홍석 외 (2017)는 자율주행차량의 임시 운행 허가를 위한 평가시나리오를 개발하고, 고속주회로에서 자율주행차량의 실차실험을 통한 시나리오 안전성 평가를 수행하였다 [9].

Safety Pool은 테스트 시나리오를 공유할 수 있는 플랫폼을 구축하고 있으며, 인센티브 기반 공개 시나리오 저장소인 시나리오 데이터베이스를 개발하여, 광범위한 데이터베이스를 통한 시나리오를 제공하고 있다 [10].

그 외 국외에서는 다양한 시나리오 개발 및 데이터를 수집하기 위해 독일의 Pegasus와 KITTI, 미국의 NHTSA 자율주행시험 아키텍처 프로젝트 등 시나리오 데이터를 제공하기 위한 연구가 수행되고 있다.

2. 영상 데이터 추출 관련

영상인식을 통해 자동차의 종류를 구별해 내고, 문자인식을 통해 차량의 번호를 인식하는 연구는 교통 단속, 교통량 조사, 도난 차량 검거, 출입 차량 통제, 주차 시설 관리 등의 다양한 분야에 많은 연구가 이루어져 왔다 [11].

윤찬호 (2021)는 4개의 각도에서 촬영된 CCTV 영상을 활용하여 특정 구역 입출 시 통제에 필요한 인가/비인가 차량 인식 시스템을 연구하였다. 신경망 영상인식을 이용하여 CCTV 영상을 실시간 분석, 차량과 번호판, 사람에 대상을 트래킹하고 통합시스템과의 정보 매칭을 통해 인식결과를 획득하였다 [12].

김민정 외 (2019)는 ADAS 카메라를 이용한 영상기반 차량인식 기법을 이용하여 교통류를 추정하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 ADAS 카메라의 차량 인식 기법에 대한 거리오차를 분석한 후 미시적 시뮬레이션 VISSIM을 통해 현실적인 추정결과를 도출하였다 [13].

장진환 (2022)는 적외선 카메라로 촬영된 영상을 활용하여 고속도로 버스전용차로 단속시스템을 개발하였다. 이를 위해 승합 차량의 승차인원을 검지하기 위한 영상 처리 기법으로 YOLOv5 딥러닝 알고리즘을 사용하였으며, 번호판 인식은 Github 오픈 소스를 이용하여 개발하였다 [14].

3. 소결

자율주행 안전성 평가를 위해 시나리오를 제공 시스템 개발 연구가 다양하게 진행되고 있으나, 이는 실도로를 모사한 시뮬레이션 데이터 기반 데이터베이스를 구축하는 방식 위주로 이루어졌으며, 최근 실도로 기반으로 추출한 결과를 활용한 연구가 진행되고 있음을 확인하였다.

영상 추출과 관련해서는 CCTV를 포함하여 ADAS 카메라, 적외선 카메라 등 다양한 수단을 통해 차량 및 차량번호판 등을 인식하는 연구가 진행 중이며, 인식한 결과를 통해 교통량 조사, 교통 단속, 차량 통제 등 다양한 분야에서 활용되고 있는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 고속도로에 설치된 고정식 CCTV 데이터를 활용하여 실도로를 기반으로 데이터를 추출하고, 이를 DB화하여 데이터 범위를 제공할 수 있는 시스템에 대한 연



그림 1. 기흥 IC (왼쪽), 서초IC (오른쪽)
Fig. 1. Giheung IC (L), Seocho IC (R)

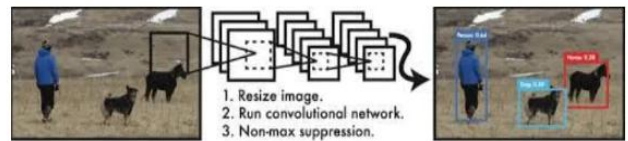


그림 2. YOLO 알고리즘
Fig. 2. Algorithm of YOLO

구가 이루어졌다는 점에서 기존 연구와의 차별성을 가진다.

III. 연구 방법론

1. 연구 범위

본 연구를 수행하기 위한 공간적 범위는 그림1과 같이 경부고속도로의 서초IC와 기흥IC를 선정하였다. 선정된 두 지점은 연속류의 합류부, 차량의 차로변경, 및 급정거 등의 다양한 주행행태가 나타날 수 있는 환경을 가지므로 분석에 적절한 구간으로 판단하여 연구의 공간적 범위로 선정하였다.

시간적 범위는 차량의 다양한 주행행태를 확인할 수 있도록 오전 침두시인 오전 7 ~ 8시 (1시간)로 하며, 2023년 10월 10일 데이터를 활용하였다.

2. 연구방법론

2.1 객체 인식 및 검출

영상에서 주행하는 이동 객체들을 검출하기 위하여 CNN (Convolutional Neural Network)을 기반으로 발전한 1단계 객체인식 알고리즘인 YOLOv7을 활용하였다. 해당 버전은 5FPS에서 160FPS 범위에서 속도와 정확도 모두 현재 개발된 검출기 성능을 능가하며 GPU V100에서 30FPS이상의 실시간 객체 검출기 중 가장 높은 56.8%의 정확도를 가지고 있다 [15].

YOLOv7 알고리즘을 통해 탐지하고자 하는 객체를 그리드 형태로 세분화하여 그림2와 같이 전체 이미지에서 예측할 수 있다. 본 알고리즘은 객체 검출의 개별적인 요소들을 단일 신경망으로 통합하여 객체를 빠르고 정확하게 탐지해 낸다는 장점이 있다 [16, 17]. 본 연구에서는 CCTV 영상을 활용하였으며, CCTV 영상의 프레임 속도는 29~32FPS이다.

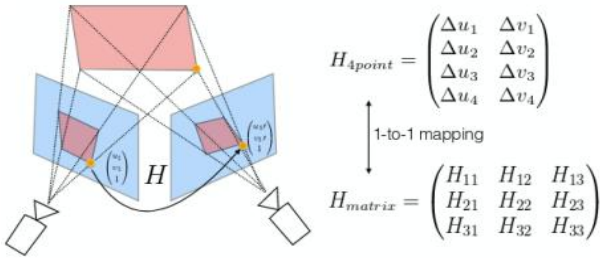


그림 3. Homography Matrix 방법론
Fig. 3. Homography Matrix



그림 5. 좌표 변환
Fig. 5. Coordinate Transformation



그림 4. 시점 변환
Fig. 4. Viewpoint Transformation

분석을 진행한 하드웨어 환경은 CPU Intel Xeon Gold 6226R 프로세서, RAM 64GB이며, 소프트웨어 환경은 Window 11, Web/WAS Server는 apache-tomcat-9.0.79, DB Server는 PostgreSQL 15에 해당한다.

2.2 차량 궤적 추출

고속도로의 CCTV 영상은 일반적으로 도로 우측방향, 3m 이상의 높이에서 수집된 영상이기 때문에 Side View이면서, 완전한 Top View도 아니다. 이에, CCTV 영상을 가지고 차량의 궤적을 추출하기 위해서는 데이터 전처리 작업이 필요하다.

그림3, 4와 같이 Homography Matrix는 두 개의 서로 다른 위치에서 촬영된 영상 (이미지) 사이의 관계를 표현하는 행렬이며, 측면으로 촬영된 이미지를 정면에서 본 이미지로 변환이 가능하다 [18].

따라서, 본 연구에서는 Homography Matrix를 활용하여, CCTV 영상에서 차량의 좌표와 궤적을 추출하였다. 먼저, 고속도로 CCTV 영상에서 차량의 궤적 추출 범위를 선정하기 위해 이미지 파일의 절대 좌표 4개를 선정하여 측면의 영상 이미지를 Top View로 변환하였다. 절대 좌표는 영상 내 불변하는 지점을 나타내며, 도로의 주행행태를 추출할 범위에 해당한다. 방향별 차량의 주행궤적을 확인할 수 있도록 방향별 길어깨 및 중앙분리대를 기준으로 절대 좌표를 선정하였다. 이미지 픽셀 좌표에 선정한 절대 좌표는 WGS84 좌표와 Homography Matrix를 계산하여 해당 도로를 Top View로 변환한 Polygon을 생성하였다.

생성된 Polygon의 지표를 위성지도에 올려, 실도로와 해당 도로를 매칭하였다. 그림5와 같이 추출되는 차량 궤적은 선정한 절대좌표에 해당하는 WGS84 좌표를 사용해 Homography Matrix를 계산하여 영상 주행궤적 좌표를

Top View로 변환하였다. 영상에서 주행하는 차량의 궤적은 영상 프레임마다 이미지 픽셀 좌표로서 도출된다. 도출된 이미지 픽셀 좌표는 Homography Matrix로 변환된 이미지에 매칭시켜 좌표 변환을 수행하였으며, 이를 통해 그림5와 같이 절대좌표 지점에 매칭된 WGS84 좌표로 변환하여 실 좌표로 변환하였다.

실좌표로 변환한 후 주행차로 구분을 위해 기준지도와 매칭하여 차로 중심선을 구분하였으며, 각 차로의 중심선을 시각화하여 차량 궤적 분석 시 차로 구분에 사용하였다.

IV. 매개변수 추출 결과

1. 매개변수 및 시나리오 정의

차량의 주행행태는 차로변경 (Cut-in), 급감속 및 급정지, 주행과 같은 세 가지 시나리오로 구분하였다. 변경하고자 하는 차로의 앞, 뒤 차량 간격이 5m인 상황에서 차량이 차로를 변경하는 경우를 차로변경 시나리오로 정의하였고, 초당 7.5km/h 이상 감속하는 경우는 급감속/급정지로 정의하였다. 그리고 두 상황을 제외한 경우를 주행으로 정의하여 시나리오를 구분하였다.

차량 주행행태를 나타내는 매개변수는 표1과 같이 Ego차량의 속도, 가속도, Ego차량과 주변차량의 상 속도, 상대 거리로 정의하며, 차로변경 시나리오의 경우 차로변경 시 입사각을 포함한다.

표 1. 매개변수
Table 1. Parameters

Parameter		unit
Velocity	Vertical	km/h
Acceleration	-	m/s ²
Relative Velocity	Vertical Front/Rear	km/h
Relative Distance	Vertical Front/Rear	m
Angle of Entry	-	°

표 2. 시나리오 건 수
Table 2. Number of Scenarios

	Seocho IC	Giheung IC
Scenarios	7,364	2,358
Drive	7,246	2,299
Cut-in	92	24
Sudden Stop	26	35

2. 주행행태 추출 결과

각 영상에서 발생한 시나리오는 표2에서 나타나는 것과 같이 서초에서 7,364건으로, 주행 7,246건, Cut-in 92건, 급감속/급정지가 26건으로 나타났다. 기흥에서는 총 2,358건으로 주행이 2,299건, Cut-in 이 24건, 급감속/급정지가 35건으로 나타났다. 해당 시나리오 발생 건수는 영상에서 추출된 데

이터 중 구조물로 인해 추출된 값에 이상이 있는 경우는 결측값으로 전체 데이터에서 제외하였다.

서초IC와 기흥IC에서 발생한 시나리오에서 관측된 각 매개변수의 분포를 그림6과 같이 비교하였다. 히스토그램을 활용하여 지점별 매개변수의 확률분포를 확인하였다. 주행을 제외한 시나리오를 상황 발생으로 판단하여 주행상황을 제외하였으며, Cut-in 및 급정거/급정지 시나리오 발생 시 추출된 속도, 가속도, 상대속도, 상대거리에 대한 매개변수를 추출하여 분포를 확인하였다.

Cut-in 시나리오 발생 시에서는 속도와 가속도를 제외하고 상대속도, 상대거리가 두 장소에서 비슷한 패턴으로 발생함을 확인하였다. 급정거/급정지 시나리오 발생에서는 서초IC에서 상대적으로 편차가 크게 나타나는 것으로 확인되었다. 기흥IC에서는 시나리오 발생 시 속도 및 가속도가 더

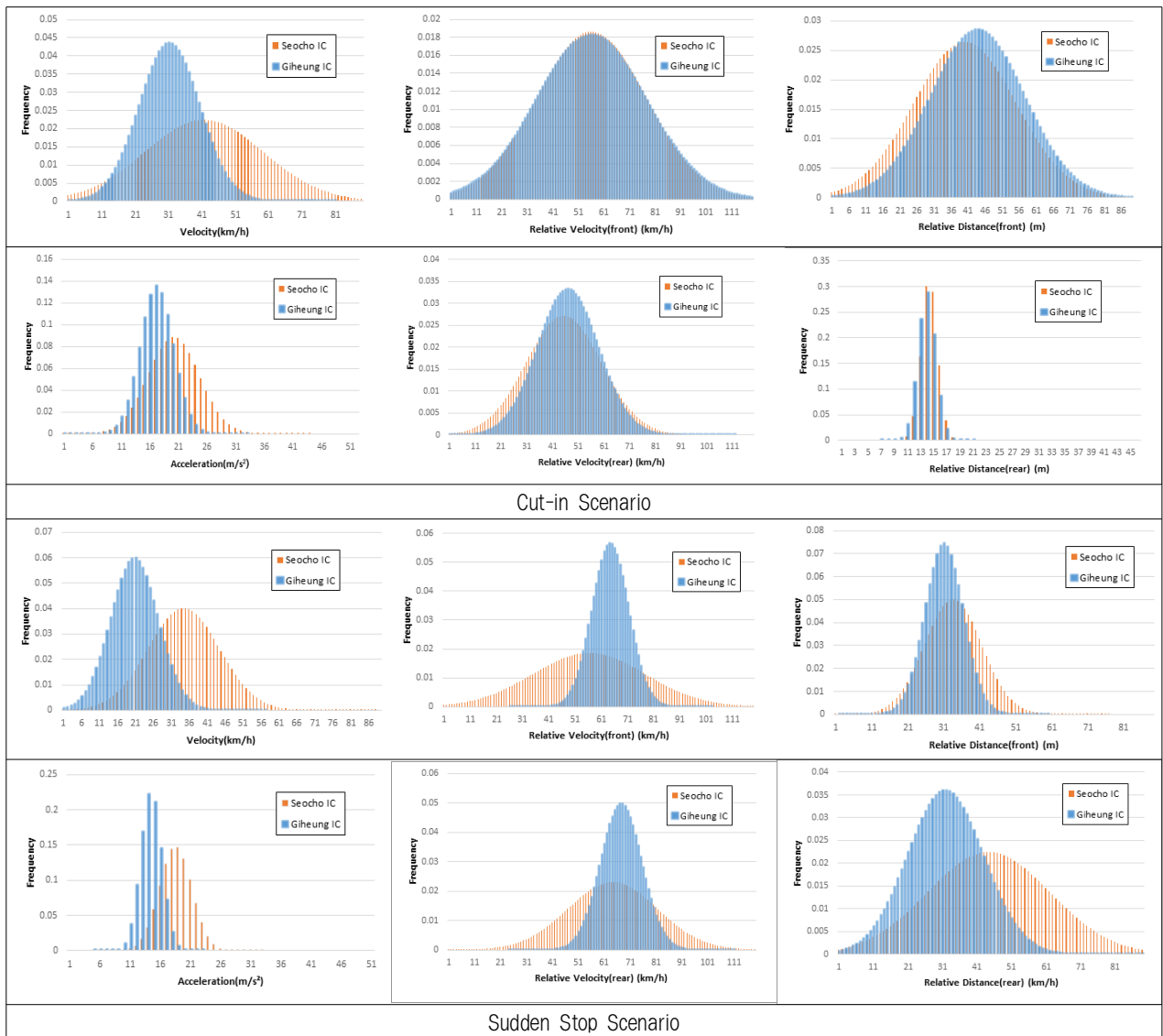


그림 6. 시나리오별 매개변수 분포
Fig. 6. Distribution of Parameter

표 3. 시나리오별 매개변수
Table 3. Parameters for each Scenario

Seocho IC					
Scenario	Parameter	mean	std	max	min
Drive	Velocity	42.45	15.62	115.07	4.72
	Acceleration	12.12	3.49	26.99	2.14
Cut-in	Velocity	30.48	17.63	90.60	4.23
	Acceleration	9.28	4.47	25.54	1.43
	Relative Velocity (Front)	-4.81	21.27	35.98	-60.24
	Relative Velocity (Rear)	-15.52	14.59	16.85	-52.38
	Relative Distance (Front)	20.07	16.64	80.76	2.53
	Relative Distance (Rear)	3.43	1.24	5.53	0.79
	Angle of entry	12.92	4.92	19.49	1.43
Sudden Stop	Velocity	23.60	9.94	50.58	7.48
	Acceleration	7.64	2.63	14.54	3.15
	Relative Velocity (Front)	-4.53	21.01	76.43	-42.47
	Relative Velocity (Rear)	-15.52	14.59	16.85	-52.38
	Relative Distance (Front)	20.07	16.64	80.76	2.53
	Relative Distance (Rear)	3.43	1.24	5.53	0.79
Giheung IC					
Scenario	Parameter	mean	std	max	min
Drive	Velocity	24.48	24.70	119.53	0.35
	Acceleration	7.35	7.36	34.53	0.14
Cut-in	Velocity	20.13	9.13	44.04	1.85
	Acceleration	6.05	2.87	12.848	0.536
	Relative Velocity (Front)	-5.11	21.27	48.978	-41.371
	Relative Velocity (Rear)	-14.14	11.70	23.25	-28.12
	Relative Distance (Front)	22.61	13.64	60.756	2.505
	Relative Distance (Rear)	2.88	1.35	5.25	0.42
Sudden Stop	Velocity	9.60	6.65	36.52	0.24
	Acceleration	3.34	1.73	9.127	0.034
	Relative Velocity (Front)	3.30	6.94	19.372	-13.104
	Relative Velocity (Rear)	6.42	7.86	22.65	-11.55
	Relative Distance (Front)	9.97	5.27	20.928	1.332
	Relative Distance (Rear)	14.73	10.87	41.91	1.75

낮게 분포하는 것으로 나타났고, 서초IC에서 상대적으로 상황 발생 시 속도가 빠른 것으로 나타났지만, 급정거/급정지 시나리오 발생 시에 앞·뒤 차량 간의 속도 차이는 기흥IC에서 더 높게 나타났다. 또한, 급정거/급정거 시 기흥IC보다 서초IC에서 앞·뒤 차량 간의 거리가 더 긴 것으로 나타났다. 이와 같이, 각 시나리오 발생 시 두 지점의 매개변수 분포를 확인하였고, 각 영상에서 추출한 매개변수에 대한 통계를 표3과 같이 추출하였다.

V. 결론

1. 결론

본 연구에서는 자율주행차량의 주행 안전성 평가시나리오를 구축하기 위해 서초IC와 기흥IC의 노변 CCTV 영상을 활용하여, 차량 궤적을 추출하고 주행행태와 관련된 매개변수를 추출해 범위 값을 확인하였다.

이렇게 추출한 데이터는 실제로 환경 및 주행행태를 반영할 수 있기에, 자율주행차의 안전성 평가 시나리오를 위한 기반 데이터로 활용이 가능하다.

또한, 데이터를 통해 확인한 주행행태의 범위 값으로 각 시나리오에 대한 안전성 평가시나리오를 도출할 수 있을 것으로 판단되며, 시나리오별 주행행태의 안전성을 판단할 수 있는 범위를 확인할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 평가를 통해 추후 안전기준 수립에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

이를 위해서는 본 연구에서 활용된 고정식 CCTV를 포함하여, 국가 CCTV 망 연계 등 다양한 영상데이터의 취득을 통해 더 많은 데이터가 구축되어야 하며 누적된 데이터를 통해 활용도 높은 시스템으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 향후 연구과제

본 연구는 고속도로 노변 CCTV 영상을 활용하여 주행행태 분석을 수행하였으나 몇 가지 연구의 한계가 존재한다.

우선, 국가 CCTV는 계속 고정되어 있지 않고, 각도가 변경되거나 확대 및 축소하는 등 CCTV 화면에 변동이 생겨 지속적이고 규칙적인 데이터 취득의 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 영상 인식방식 등의 기술 고도화로 데이터를 구득하는 방안, 혹은 고정된 영상을 DB와 연계하는 등의 방법을 통해 지속적인 데이터를 구득할 필요가 있다.

또한, 본 연구에서는 추출 가능한 매개변수 다섯 가지를 통해 두 지점의 CCTV 영상을 활용한 주행행태를 분석하였다. 추후, 다양한 지표 및 다양한 지역의 CCTV 영상분석을 통해 누적된 데이터를 활용하여 의미 있는 값을 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

마지막으로, 본 연구에서는 일반적인 교통상황에서의 주행행태 특성만을 파악하였지만, 다양한 데이터가 누적된다면, 이를 바탕으로 교통사고 발생 등과 같은 유고 상황 발생에 대한 영상을 통해 교통사고 발생 지점을 찾기 위한 돌발상황 시나리오 임계점 분석이 가능할 것으로 기대된다.

References

- [1] NIPA, ICT Global Market Analysis, 2023.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Mobility Innovation Roadmap, 2022.
- [3] <https://www.autoherald.co.kr/news/articleView.html?idxno=50594>
- [4] S. Feng, X. Yan, H. Sun, Y. Feng, H. X. Liu, "Intelligent Driving Intelligence Test for Autonomous Vehicles with Naturalistic and Adversarial Environment," Nature Communications, Vol. 12, No. 1, pp. 748, 2021.
- [5] H. Nakamura, H. Muslim, R. Kato, S. Préfontaine-Watanabe, H. Nakamura, H. Kaneko, H. Imanaga, J. Antona-Makochi, S. Kitajima, N. Uchida, E. Kitahara, K. Ozawa, S. Taniguchi. "Defining Reasonably Foreseeable Parameter Ranges Using Real-world Traffic Data for Scenario-based Safety Assessment of Automated Vehicles," IEEE Access, 10, pp. 37743-37760, 2022.
- [6] E. Esenturk, A. G. Wallace, S. Khastgir, P. Jennings, "Identification of Traffic Accident Patterns Via Cluster Analysis and Test Scenario Development for Autonomous Vehicles," IEEE Access, 10, pp. 6660-6675, 2022.
- [7] J. H. Kim, T. J. Song, C. Oh, N. M. Sung, "Methodology for Evaluating Collision Risks Using Vehicle Trajectory Data," Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 26, No. 5, 2008. (in Korean)
- [8] S. Chung, J. M. Ryu, N. Chung, M. Yu, M. S. Pyun, J. B. Kim, "A Study on Development of High Risk Test Scenario and Evaluation from Field Driving Conditions for Autonomous Vehicle," Korean Auto-Vehicle Safety, Vol. 10, No. 4, pp. 40-49, 2018. (in Korean)
- [9] H. S. Chae, Y. H. Jeong, M. S. Lee, J. K. Shin, K. S. Yi, "Development and Validation of Safety Performance Evaluation Scenarios of Autonomous Vehicle," Journal of Auto-vehicle Safety Association, Vol. 9, No. 1, pp. 6-16, 2017. (in Korean)
- [10] <https://www.safetypool.ai/>
- [11] J. H. Cho, H. K. Yang, "A Car License Plate Recognition Using Colors Information, Morphological Characteristic and Neural Network," The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 5, No. 3, pp. 304-308, 2010. (in Korean)
- [12] C. H. Yoon, "The study of Authorized / Unauthorized Vehicle Recognition System using Image Recognition with Neural Network", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 15, No. 2, pp. 299-306, 2020. (in Korean)
- [13] M. J. Kim, D. H. Jung, H. G. Kim, "A Study on Estimation of Traffic Flow Using Image-based Vehicle Identification Technology," The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems, 2019.
- [14] J. Jang, "Freeway Bus-Only Lane Enforcement System Using Infrared Image Processing Technique," The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 21, No. 5, 2022. (in Korean)
- [15] C. Y. Wang, A. Bochkovskiy, H. Y. M. Liao, "YOLOv7: Trainable Bag-of-freebies Sets New State-of-the-art for Real-time Object Detectors," In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 7464-7475, 2023.
- [16] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, R., Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-time Object Detection," In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 779-788, 2016.
- [17] K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun "Deep Residual Learning for Image Recognition," Proceedings of IEEE Conference of Computer Vision and Pattern Recognition, 2016.
- [18] S. J. Ha, J. H. Hyun, S. W. Han, S. H. Jang, "A Study on Global Coordinate Generation Technology for Detecting High-precision Traffic Data," Information & Communications Magazine, pp. 1,173-1,175. 2021. (in Korean)

Min-Ji Koh (고민지)

2020 Transportation Engineering from Keimyung University (B.S.)
 2021 Transportation Engineering from Keimyung University (M.S.)
 2021~Senior Researcher, Industry Promotion Office, R&D Center (ITS Korea)

Career: 2021~Senior Researcher, ITS Korea

Field of Interests: ITS (Intelligent Transport Systems), Autonomous Driving

Email: kohminji@itskorea.kr

Ji-Yeon Lee (이지연)

2015 Urban Planning & Transportation from Kyonggi University (B.S.)
 2019 Transportation management from University of Seoul (M.S.)
 2015~Senior Researcher, Industry Promotion Office, R&D Center (ITS Korea)

Career: 2015~ Senior Researcher, ITS Korea

Field of Interests: ITS (Intelligent Transport Systems), Autonomous Driving

Email: olwldus2@itskorea.kr

Seung-Neo Son (손승녀)

2004 Transportation Engineering from Myungji University (M.S.)
 2010 Transportation Engineering from Myungji University (Ph.D.)
 2010~ Executive Director, Industry Promotion Office (ITS Korea)

Career: 2010~ Executive Director, ITS Korea

Field of Interests: ITS (Intelligent Transport Systems), Autonomous Driving

Email: snson@itskorea.kr