

도심지역 자율주행 자동차기술 적용을 위한 차량운행에 관한 연구

A Study on the Evaluation of Vehicle Operation Prior to Autonomous Vehicle Technology Deployment in Urban Area

장경진, 유송민
경희대학교 기계공학과

Kyung-Jin Chang(kyungjin@khu.ac.kr), Song-Min Yoo(smyoo@khu.ac.kr)

요약

자율주행자동차를 상용화하기 위해서는 모든 측면에서 안전성 테스트를 수행해야 한다. 자율주행자동차 기술의 구현을 고려할 때, 시내상황과 같은 복잡한 환경에서 발생할 수 있는 시나리오를 분석 할 필요가 있다. 자율 주행 차량이 기존의 교통 환경에서 정상적인 작동이 가능한지 여부의 평가도 중요하다. 또한 자율주행 자동차가 일반 차량과의 상호 작용을 검토하고, 도로에서 발생할 수 있는 사고에 대처할 필요가 있다. 본 연구는 도로환경에서 자율주행자동차의 평가 요소들을 기존의 ADAS와 같은 평가 프로토콜을 참고하여 자율주행 차량의 평가 방안을 모색하였다. 연구 결과는 다양한 기술 구현수준과 함께 다른 시험환경에 대한 자율 차량 평가 방법을 수립하는데 반영하고자 한다.

■ 중심어 : | 자율주행자동차 | 자율주행단계 | 평가등급 |

Abstract

In order for an autonomous vehicle to be commercialized, it is necessary to conduct a safety test for every aspect. Considering the implementation of the autonomous vehicles technologies to the highest level, it is necessary to analyze the possible scenarios in the most complex environment as in the urban area.

It should be confirmed whether autonomous vehicles can be operated with conventional traffic signal environment. It is also required to confirm the ability of autonomous vehicles in interacting with other vehicles, and coping with possible accidents on the road. In this study, the evaluation factors of autonomous vehicles in the road environment are selected by referring to the other evaluation protocols like ADAS. Study result would be reflected in establishing the autonomous vehicle evaluation method for different test environment along with various technology implementation level.

■ keyword : | Autonomous Vehicle | Level of Driving Autonomation | Evaluation Grade |

I. 서 론

자율주행자동차의 기술수준은 점진적 발전이 되고 있다. 일부 검증된 기술들은 현재 차량에 장착되어 시

판 되고 있으며, 선진국의 일부 기업에서는 완전한 자율 주행 자동차를 발표하여 시험 운영을 진행 중이다. 그러나 자율자동차의 주 기능들의 간헐적인 오작동으로 인한 사고발생 등 문제점이 발견되어 자율주행자동

차의 안전성 문제가 대두 되고 있다. 완전한 자율주행 자동차는 운전자의 개입이 있지 않기 때문에 오작동이 허용 될 수 없다. 따라서 안정성이 보장되는 data의 확보가 필요하다.

자율주행과 관련하여 판단, 예측 및 평가방법에 대한 다양한 연구가 진행 중에 있다.

이준형 외 1인의 논문에서는 잠재적 충돌 위험 상황을 고려하고 안전 주행 영역을 설정하여 자차량의 안전 주행 영역을 판단하고 차량을 제어하는 방법에 대해 연구하였다. 개발한 알고리즘을 확률적 거동예측을 이용한 모델 예측 제어 기법 기반 제어 알고리즘과의 성능 비교를 통해 성능의 유효성을 검증하였다[1].

유성현 외 3인의 논문에서는 차선변경 가능공간을 선정해주는 기술개발을 목표로 규칙(rule)을 통해 주변 교통상황을 모두 반영하면서 빠른 계산능력을 갖춘 TSK 퍼지로직을 적용해 최적의 차로변경 알고리즘을 개발하였다[2].

Naver LABS의 정성균 외 3인의 논문에서는 차선변경 가능여부 판단을 위해 이미지 기반의 차선변경 학습 알고리즘으로 인접차로의 점유상태를 판단하고, 정확한 이미지판단들을 ConvNet을 사용하여 많은 양의 훈련 데이터를 통해 이미지 특징들을 스스로 학습하는 연구를 발표하였다[3].

현재 자율주행 자동차의 기술들이 개발되어 지고 있으나 완제품의 시판을 위하여 평가방법이 필요하다. 일부 국가에서는 자율주행 자동차의 기술단계를 분류를 실시하고 있다. 또한 자국의 도로에서 자율주행자동차의 시험을 실시하고 있으며, 자율주행자동차가 주행할 수 있는 관련 법안을 개정하면서, 본격적인 기술평가 기반을 마련하고 있다. 국내에서는 일부구간에 한하여 자율주행자동차를 시험할 수 있는 장소가 지정되었으나 선진국에 비하여 시험할 수 있는 장소가 협소한 실정이다. 이러한 여건의 개선과 함께 기술단계의 분류 및 평가방법의 체계를 조속히 구축하여 국제기술을 선도하는 것이 필요하다.

본 연구는 차량추종모델을 기반으로 자율주행 초기 단계 적용 상황에 대한 영향을 분석하고자 가장 복잡한 지역인 도심지역에서의 운용상황에 시뮬레이션 하였다. 이 결과를 통하여 향후 자율주행자동차의 평가방안 제

정에 기여하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 자율주행의 단계

자율주행자동차 상용화의 조기실현을 어렵게 하는 대표적인 원인은, 비 자율주행 차량과 동시에 주행이 이루어지는 경우 안전성이 보장되기 어렵기 때문이다. 이러한 것을 고려할 때 자율주행자동차는 일반 차량의 규칙을 지키면서 운행을 시작하는 것이 바람직하다[4].

자율주행자동차의 기술적 단계를 설정하고, 단계별로 기술 수준을 끌어올리고 문제점을 보완하며 일반 차량과 운행 시 기술적, 제도적으로 안정감을 증대시켜, 주행 안전성을 보장도 도모하고자 하고 있다.

자율주행자동차의 단계별 분류법으로 미국자동차기술학회(Society of Automotive Engineers, 이하 SAE)의 5단계 분류방법이 있다[5]. 해당 기준들은 운전자가 주행에 참여하는 정도, 즉 운전자에게 부담되는 부하를 기준으로 설정되어 있다[표 1].

표 1. Classification of autonomous of SAE

Level	SAE
0	No automation
1	Drivers Assistance
2	Partial Automation
3	Conditional Automation
4	High Automation
	Full Automation

자율주행단계의 설정은 시대 기술을 반영함과 동시에 앞서 말한 운전자에게 부담되는 운전 및 그에 대응하는 차량의 주행의 간섭정도에 대해 결정된다.

0단계는 오직 운전자의 판단과 조작으로 주행하는 기존의 주행방식을 뜻하며 1단계부터 자율자동차의 개념을 반영한다. 1단계는 현재 많은 부분 상용화되어 있고 평가방안을 갖추고 있는 기술들이다. 운전자에게 단지 경고만을 제공하거나 편의를 제공하는 단계이다. 해당 단계에서 최종적인 결정이나 조작은 결국 운전자에게 부담되는 단계로 차량에 의한 강제성을 전혀 갖고 있지

않다. 2단계는 앞서의 단계를 조합하거나, 약간의 조작을 차량에서 지원한다. 현재 많은 연구가 진행되고 있으며, 차량을 긴급히 제동하거나(AEBS), 차로를 유지하며 주행(SCC)하는 기술들이 이에 해당된다. 운전상황에서 운전자의 부주의함을 예방하기에 실용적인기술이지만 2단계까지는 주행의 책임은 운전자에게 결정된다.

3단계부터는 일부구간운행을 운전자의 조작 없이 주행하는 일반적인 자율주행자동차의 범주에 속한다. 현재 국내에서는 일반인이 운행할 수 없으며, 일부 연구기관에서 국가의 허가 하에 가능한 단계이다. 운전자는 손발을 자유로이 주행외적인 일이 가능하나, 차량의 호출에 대응이 가능해야 하며, 이러한 부분에서도 많은 연구와 법규를 준비하고 있다.

2. 국내외 자율주행 평가 동향

자율주행자동차 평가는 제한된 시설 내에서 설정 가능한 시나리오를 통해 테스트하는 방법과 허가된 일반도로에서 발생 가능한 상황을 반복적 주행을 이용한 평가 방법을 들 수 있다. 전자의 경우 안전이 보장된 상태에서 다양한 시나리오를 반복적으로 평가 할 수 있다. 미국의 미시건 대학 부지내의 M-City는 자율주행자동차의 안전성 평가를 위해 특정 상황을 설정하고 반복해서 시험이 가능하게 구성하였다. 국내에서도 교통안전공단은 자율주행자동차 실험도시인 K-City를 착공하였다.

체계적 평가를 위해 자율주행평가시설을 개발하고 있으나, 제한된 시설에서의 평가는 일반 차량과 혼재되어 주행하는 예측 불가능한 시나리오를 구현하기에 어려움이 존재한다. 자율주행자동차에 기대하는 운전자가 인지하지 못하는 돌발적인 상황 및 일반차량들과의 발생하는 상호작용에 대한 테스트는 현재의 교통 환경에서 평가할 수밖에 없다.

일반도로에서의 테스트는 이미 몇몇 국가에서 시행되어지고 있다. 기존의 자율주행자동차의 평가, 보험 및 일부기준을 만족하면, 심사를 거쳐 자국내의 허용된 구간의 도로에서 테스트가 가능하다. 국내의 경우 고속도로 1구간, 일반국도 5개간을 신설하였다.

미국 네바다의 경우 시험섹터를 4가지 지형조건으로 분류하였다. 주간(州間)고속도로, 주 고속도로, 도시환

경, 비포장(또는 표시해제)도로 의 4가지로 분류하면서 해당 지형에서 평가 가능한 요소들에 대해 언급하였다.

본 연구는 SAE, 네바다 시험섹터 분류에서 아이디어를 얻었으며, 자율주행자동차의 일반도로 평가는 평가요소들을 정립하고, 평가요소를 포함하는 구간을 찾아야 한다는 가정 하에 시작하였다.

3. 주행기술별 평가

첨단 운전자 지원 시스템(Advanced Driver Assistance System, 이하 ADAS)의 평가기술들은 다년간 개발되어 왔다. 신차안전성평가를 통해 시판하는 자동차들에 점차적으로 안전장치 장착을 권장하며, 일부기술에 한하여 의무 장착하기에 이르렀다.

본 연구에서 기술 적용 지역에 따른 자율주행기술 평가인자를 ADAS 평가방법을 참조하여 작성하였다. 자율주행자동차는 기존의 ADAS 기술들을 근거하여 접근하였으며, 자율주행자동차가 갖는 특이성을 고려하였다.

국내의 ADAS의 평가방법은 국제기준에 대응하면서 국내에 맞춰 적용하고 있다. 능동형안전장치와 수동형 안전장치로 구분하며, 본 논문에서는 능동형에 초점을 두었다. 기술별 인자에 대하여 3절에서 후술하였다.

4. 차량추종이론

차량추종모델(car following model)은 연이어 주행하는 두 차량 간 가·감속도, 차 두 간격, 속도 등의 변화 상태 및 상호 관계식을 규명하기 위해 개발된 분석기법을 말한다[6]. 기본 개념은 아래와 같다.

- (1) 민감도와 인지반응시간의 관계의 상태 규명
- (2) 민감도 : 운전자에 따라 자극에 반응하는 정도
- (3) 인지반응시간($t+T$)=민감도(a) \times 자극(t)

여기서 t : 자극이 발생한 시점(앞차의 감속 시점)

T : 인지반응시간

x : 차량의 위치

n : 차량의 순번

각 차량의 위치

$$x_n(t) - x_{n+1}(t) = T\dot{x}_{n+1}(t) + \frac{x_{n+1}^2(t+T) - x_{n+1}^2(t)}{2x_{n+1}(t+T) + L} - \frac{\dot{x}_n^2(t)}{2x_n(t)}$$

임의의 시점 t는 앞선 차량과 뒤따르는 차량이 연이어 주행하기만 하는 시점이므로 가속도는 뒤따르는 차량에서도 같다(그림 1).

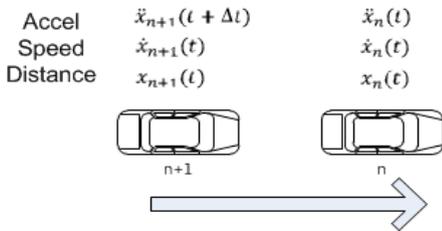


그림 1. Car-Following Model

$$x_n(t) - x_{n+1}(t) = T\dot{x}_{n+1}(t) + L$$

$$\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t) = T[\ddot{x}_{n+1}(t+T)]$$

따라서 시점 (t+T)에서 (n+1)번째 차량의 가속도는 다음과 같다.

$$\ddot{x}_{n+1}(t+T) = \frac{\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)}{T}$$

III. 연구방법

본 연구는 자율주행자동차 기술 적용 지역에 관한 연구로, 해당 지역에서 자율주행자동차를 효과적으로 평가하는 것에 목적이 있다. 인자들의 선정 기준은, 앞서 설명한 자율주행자동차 단계의 목표(운전자의 부하정도, 자동차의 관여정도)를 충족하면서, 기존의 주행기술 평가방법을 근간으로 하는 인자들로 선정하였다[표 2].

1. 도로의 형태별 필요 인자

도로는 그 목적에 따른 다양한 형태를 가지고 있다. 도로와 도로가 겹치지 않게 지하도를 파거나 고가도로를 건설할 수도 있지만 비용이나 주변 환경 등의 이유로 대부분 교차로가 형성되며, 도로와 도로를 잇는 분

기점이 생기게 된다. 이러한 다양한 형태의 도로를 자율주행자동차가 통과하는 상황을 인자로 선정하였다.

표 2. Evaluation factors

Level	Road way	Environment	Technology
1	Highway	One-way road	ACC, LDWS, BSD, TSR, LKAS
2	Ring road	Down town, Congestion	(Combined)
3	Street, Intersection, Entrance ramp	Traffic control device	(Automated driving)
4	Unpaved way	Permitted turns, School zone	(Highly Automated driving)

고속도로와 같은 직선형태의 도로는 자율주행자동차 등급 2단계 이전에는 큰 의미가 없지만, 3단계 이상의 국도, 교차로, 입차 교차로 등 복잡한 주행형태를 요구할 때는 자율주행자동차가 해당 구간의 통과하는데 아무런 지장이 없음을 보여야 한다. 도로의 형태, 차로 수, 설계속도 등 다양한 인자가 자율주행자동차를 평가하는 인자로 사용가능하다.

2. 도로의 주변 환경 인자

도로의 형태상 특징 외에도 환경적인 요소 또한 자율주행자동차를 평가할 때 필요한 인자가 될 수 있다. 도로의 주변 환경에 따른 혼잡도부터 주로 통행하는 차량의 형태나 발생 가능한 사고의 형태까지 자율주행자동차 기술 평가 지역에 인자로 사용가능하다[7].

3. 주행 기술별 인자

기 개발되어있는 ADAS의 기술별 평가 항목들을 자율주행자동차의 평가 인자로 활용가능하다. 큰 범위에서 자율주행자동차는 앞선 기술들을 포함하며, 실제도로에서 해당 장치들의 능력을 발휘하여야 한다. 먼저 해당 주행 기술들을 단계에 맞는 매칭이 필요하다.

0단계는 차선이탈경보장치(LDWS), 사각지대감시장치(BSD)등이 속하며, 해당 장치들은 경고 수준으로 운전자에게 지원 하는 단계로, 운전자가 차량의 제어권을 가지고 있기 때문에 자율주행 자동차의 단계 목표에 부합하기에 어려운 단계이다. 1단계는 일부주행기능을 사람을 대신하여 수행하는 단계이다. 차간거리유지장치(ACC)는 운전자의 가·감속을 대신해주며, 차선유지장

치(LKAS)는 차량이 차로를 이탈하지 않도록 돕는다. 2 단계는 두 가지 이상의 기능을 동시에 제어 한다. 이후 3단계는 현재 개발 중인 구글카, 테슬라 자동차등과 같은 제한된 자율주행자동차들을 이으며, 4단계는 완전한 자율주행자동차이다.

이처럼 각 단계별로 제어권과 운전자의 부하에 따라 기능들을 분류 할 수가 있다. 그리고 각 장치별로 차량을 평가하는 방법들은 이미 개발되어 있거나, 개발 중에 있으며, 해당 요소들을 통해 평가기술 개발을 진행 할 수 있다.

4. 교통모형 가정

연구를 위한 시뮬레이션 모델은 기술적용 시 파급효과 확인이 목적이며, 복잡한 실제 교통상황을 전반적인 가정을 통해 간략화 하였다.

차량추종이론을 기본으로, 국내 도로의 일반적인 주행속도인 60km/h이며, 운전자의 기본적인 인지반응시간을 2.5초를 바탕으로 차량이 끼어들기가 가능한 허용 차간거리는 2.5초로 가정하였다. 교통량은 600대/h ~ 1200대/h의 범위에서 관측하였다.

상기조건만으로는 일정한 차간간격만 발생하기 때문에 추종모델에서 각 차량의 민감도(α)를 2.5초를 평균으로 하는 정규분포를 갖는 난수로 제공하여 진입가능한 차간거리의 발생 정도를 확인하는 것으로 결과를 평가 하였다.

IV. 연구결과

자율주행자동차의 평가에서 각 등급을 단계별로 통과하여 실시한다. 허가된 지역에 구간별로 등급을 지정하여, 안전이 보장된 상황을 전제로 평가 차량이 구역을 통과한다. 이때, 자율주행자동차는 가장 낮은 등급 구간을 해결함으로써 다음 등급 구역을 통과할 권한이 주어지게 된다.

1. 지역 선정 및 평가

자율주행자동차 기술 단계별로 등급을 지정한다. 세 분류로는 도로형태, 환경, 주행기술로 나뉜다. 낮은 등

급의 평가는 안전을 위주로, 높은 등급의 평가는 일반 주행 차량과 상호 안전성 평가를 적용한다.

반복적인 평가를 통해 선정된 지역을 기준이상으로 통과하면 다음 등급을 평가 할 권한을 획득한다.

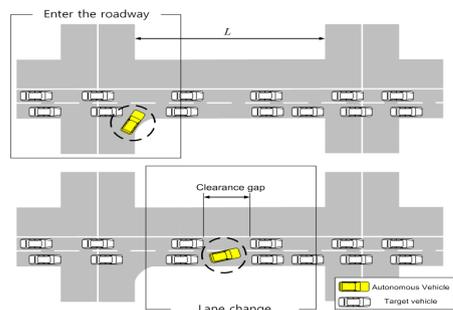
2. 평가 예시

상위 등급의 구간 평가는 매우 다양한 상황들을 준비해야 한다. 다양한 케이스를 제시하여 자율주행자동차가 갖춰야 할 능력을 보여줘야 한다. 또한 평가는 일반인이 운전하는 차량의 능력을 자율주행자동차가 가능 한지 여부를 판단할 수 있어야 한다.

다음 예시는 일반 주행 중에 흔히 볼 수 있는 상황으로, 국내 도심지 교차로 상황을 가정하였다. 도로 계획 시 교차로의 간격은 교통상황, 시설비용, 및 지역경제에 큰 영향을 끼친다. 자율주행자동차를 기존의 규칙에서 적용 하였을 때 변화되는 것을 판단하고자 한다. 예시의 2개의 교차로를 통해 주 주행로를 교차해서 지나갈 때 교차로의 다양한 인자에 따라 자율주행자동차가 통과하는데 문제없는지 평가를 하고자 한다. 이는 어느 정도 숙련된 운전자라면 충분히 해결할 수 있는 주행이다.



(a)



(b)

그림 2. Roadway application of autonomous vehicle evaluation

예시의 적용지역의 상황은 다음과 같다[그림 2].

- 1) 차량은 2개의 교차로를 통과해야 한다.(도로형태)
- 2) 주 교통로는 일반적인 시가지의 교통량을 가지고 있다(도로환경).
- 3) 차량은 우회전으로 주 교통로를 진입하여, 차선변경 후 좌회전을 실시한다.

도로의 구조시설에 관한 규칙[8]에서는 두 교차로간의 최소 간격을 설계속도와 차로수를 통해 설정하고 있다(Eq. 1).

$$L = a \times V \times N \quad (1)$$

L: 교차로간 최소간격,
a: 상수(시가지1, 지방2,3),
V: 설계속도,
N: 차로수

표 3. Example value of evaluation

Type of roadway	Two Intersections	
	Lane	N=2
Environment	Urban	a=1
	Design speed	60 Km/h
How to drive	Enter the roadway	
	Lane change	
Traffic volume	1000 vehicle/hour	

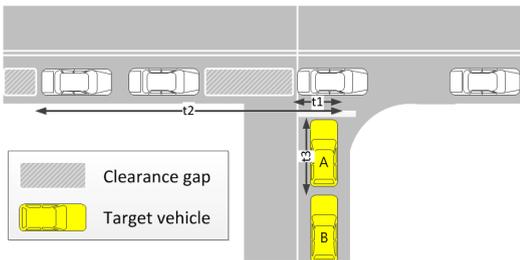


그림 3. Vehicle entry delay time

평가에서 사용되는 주요인자는 지연시간(q) 값으로 결정된다. 차량진입과 차선변경에는 도로환경, 차량의 진입능력에 따라 결과적으로 지연시간의 차이를 비교한다. 주 교통로로 진입시의 발생하는 지연시간은 [그림 3]과 같이 발생한다. 평가목적 외 예외적인 상황은 제외하였다.

먼저 A차량이 주 교통로에 진입하기 위해서는 [그림 3]의 t1이 발생한다. 주 교통로에 자신이 끼어들 수 있는 간격이 발생할 때까지 걸리는 시간이다.

$$q_A = t_1$$

정제가 지속적으로 발생하여 후방차량부터는 다음과 같이 지연시간q값을 나타낸다.

$$q_B = t_1 + t_2 \quad (t_2 > t_3)$$

만일 $t_2 < t_3$ 일 때에는 다음 차량변경 가능 공간(clearance gap)을 탐색하여 지연시간(q) 값이 증가한다.

차선변경시의 지연시간은 시작과 끝에 대한 설정을 명확히 할 필요가 있다. 목적차량이 변경차선에 진입시작부터, 차량이 진입 후 교통류가 안정될 때까지를 지연시간으로 설정하였다[그림 4].

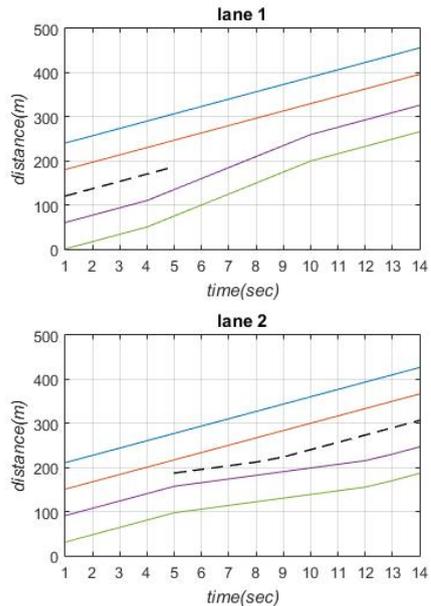


그림 4. Lane change delay time

상세한 값을 예시로 보강하면[표 3], 도심지의 2차로

를 가지는 설계속도 60 km/h의 두 교차로 사이의 최소간격은 120 m가 될 수 있다. 최초에 2차선에 끼어들어서 좌측의 차선 변경을 완료할 때 이동거리가 120 m로 제한될 때 자율주행자동차는 해당경로 주행을 성공해 낼 수 있는지를 평가 할 수 있다.

[그림 5]는 설계속도 60km/h에서 차량 모델 200대의 환경에서 각각의 교통량에 따른 차선 변경가능성과 그때 1대의 차량이 변경 시 걸리는 지연시간을 도표로 나타내었다. 정체구간에서(교통량 1200 이상) 도표상으로 극단적으로 표현되었지만, 시뮬레이션의 특성으로 인해 정체구간의 지연시간은 균일하지 않은 분포를 나타내었다.

교통류 끼어들기 연구에 따르면, 차로 변경 시 차간간격(초)의 경우 85 % 운전자를 기준으로 선두차량과 1.88 sec, 후미차량과 1.63 sec를 갖는 것으로 나타났다[9]. 즉 변경차로에 3.51 sec 이상의 차간간격이 있어야 끼어들 수 있다.

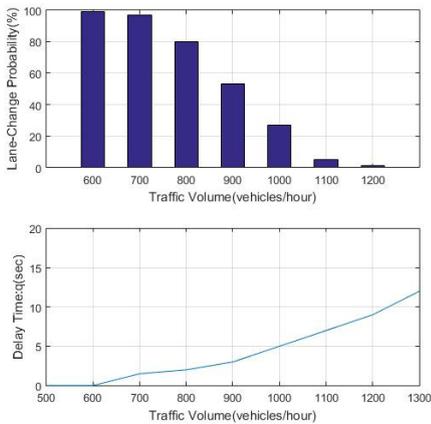


그림 5. Lane change probability

주 주행차로의 교통량(q)이 1000 대/h, 6 m의 승용자동차를 기준으로 균일한 간격으로 차량이 분포했을 때, 차간간격은 3.23 sec로 불가능하다. 하지만 교통의 간격이 균등할 수 없기 때문에 끼어들기가 가능해진다.

차량모델은 MATLAB을 이용하여 Gaussian 차량분포를 2차선을 생성하고, 해당 교통량에서 차량변경까지 걸리는 시간을 확인하였다.

차간간격이 3.23 sec의 평균값을 가지는 정규분포에

서 3.51 sec 이 넘는 경우는 44%이며, 최초의 진입 이후 끼어들기에 기다리는 시간은 반복 실시하였을 때 평균 7초로 계산되었다. 60 km/h의 속도로 7초를 진행하면 117 m 를 진행하게 된다. 즉 두 교차로 간의 거리가 120 m라면 대상차량은 이론상의 초기의 조건달성이 (우회전진입 후 차선 변경하여 좌회전) 가능하다.

V. 결론

일반적인 운전자의 차선변경 기준을 만족하는 자율주행자동차는 현재 도로의 기준을 만족하는 조건을 갖춘다. 그러나 자율주행자동차는 일반운전자보다 더 개선된 요구조건을 가능케 하고, 이를 만족하는 조건의 기술력을 확보해야하는 근거를 마련할 수 있었다. 나아가, 높은 단계의 자율주행 차량이 주행하게 되는 인프라를 설계할 때 기존의 도로 설계조건을 변경하여 적용할 수 있다.

예시의 주행기술 측면의 평가는 차선 변경시도를 위해 차선변경종료 차선의 차량의 흐름을 파악해야 하며, 측후방의 차량에게 진입을 위한 정보를 전달하는 것도 필요하다. 차선 변경 시 후방교통의 흐름을 방해하지 않는 능력까지 요구된다. 평가예시에서는 일반 주행의 최소값으로 보수적인 계산을 하였다. 자율주행자동차의 장점인 통행량 증대의 특징을 평가에 적용하기 위함이다.

이러한 자율주행자동차의 평가인자들을 개발함에 따라 차량의 인자별 요구조건을 단계별로 설정 가능하게 하고, 자율주행 등급에 해당하는 도로설계까지 모색할 수 있다.

참고 문헌

- [1] 이준형, “전방향 주변 차량의 확률적 거동 예측을 이용한 모델 예측 제어 기법 기반 자율주행자동차 조향 제어,” 제어로봇시스템학회논문지, 제21권, 제3호, pp.199-209, 2015.
- [2] 유성현, “퍼지로직을 적용한 가변적 주행환경에서의 최적 차로변경 가능공간 선정 알고리즘 개발,” 대한전

자공학회 학술대회, pp.1804-1807, 2016.

- [3] S. G. Jeong, "End-to-end Learning of Image based Lane-Change Decision," 2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2017.
- [4] 이기영, "ITS의 발전과 자율주행 실현 전망," 한국도로학회, 제16권, 제4호, pp.5-13, 2014.
- [5] SAE International, "SAE J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems," 2014.
- [6] 원제무, *교통공학*, 박영사, 2003.
- [7] S. M. Yoo, "Decision-Making Procedure for Urban Autonomous Vehicle Driving Encountering an Unexpected Obstacle," International Research Council on Biomechanics of Injury, IRC-A-16-44, pp.81-82, 2016.
- [8] 국토교통부, 도로의 구조시설에 관한 규칙 해설, 2013.
- [9] 김경희, "연속교통류에서의 끼어들기행태분석 및 모형 개발," 대한교통학회지, 제22권, 제6호, pp.145-157, 2004.

저 자 소 개

장 경 진(KyungJin Chang)

정회원



- 2011년 2월 : 경희대학교 기계공학과(공학사)
- 2013년 2월 : 경희대학교 기계공학과(공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 기계공학과 박사과정

〈관심분야〉 : 첨단안전자동차, 자율주행자동차, 신경망

유 송 민(Songmin Yoo)

정회원



- 1982년 2월 : 서울대학교 기계공학과(공학사)
- 1990년 2월 : UC Berkeley(공학박사)
- 1992년 ~ 현재 : 경희대학교 기계공학과 정교수

〈관심분야〉 : 정밀가공, 공정진단 및 신경망응용, 지능형 자동차