# LiDAR 기반의 자율주행차량을 지원하는 도로안전시설물 개선 기술 개발

**박범진** KICT 도로교통연구본부 연구위원

## 자율주행차량과 LiDAR

차량이 스스로 주행하는 자율주행은 차량에 설치된 센서를 통하여 도로와 주변을 인식하고, 인식된 정보를 기반으로 차량을 안전하게 제어하는 기술이다. 현재 자율주행기술은 차량 제조 및 전장 업계, IT 업계 등이 기술 발전을 주도하고 있다(KICT, 2021). 자율주행차량(Autonomous Vehicle, 이하 AV)에서 운전자 눈의 역할을 수행하는 센서는 영상, 라이다(Light Detection And Ranging, 이하 LiDAR), 레이더, 적외선 등 다양하게 존재하나, 현재는 영상과 LiDAR가 자율주행 기술 발전을 주도하고 있다. LiDAR는 3D 형태로 주변 인식이 가능하며, 타 센서들에 비하여 주간 뿐만 아니라 야간의 시인성이 우수한 것으로 알려져 있다(Kim, 2021). 특히, LiDAR는 레이저를 도로안전시설물에 직접 조사(Irradiation)하여 시설물의 거리와 크기 등을 검지하기 때문에 도로안전시설물의 재질, 모양 등을 변경하면, LiDAR가 시설물을 인식하는 데 도움을 줄 수 있다(Kim, 2021). 대한민국 정부는 협력(Cooperate)을 자율주행 구현을 위한 전략으로 삼아 AV의 상용화 시점을 2027년으로 설정하였다. 전문가들은 미래 자율협력주행에서 도로안전시설물을 AV와 협력하는 대상들 중에 하나로 본다. 즉, 미래의 도로에서는 도로안전시설물이 설치 목적과 역할에서 벗어나, 자율주행에 대응하는 새로운 설치 목적과 역할을 담당할 것으로 예상한다. 본 연구에서는 LiDAR의 검지성능을 향상시키는 도로안전시설물 개발 사례를 소개하고자 한다. 더불어, LiDAR가 어떤 방식으로 자율주행제어에 기여하는가에 대한 설명과 함께 검지특성 기반의 도로안전시설물 개선의 필요성과 도로안전시설물의 향후 개발방향을 예측하였다.

## 왜 LiDAR인가? (LiDAR는 도로안전시설물 개선으로 자율주행차량 지원이 용이한 센서)

LiDAR는 1990년대 GNSS(Global Navigation Satellite System)기술이 발전하면서 범용적으로 활용하기 시작되었고, 이를 소형화하여 AV에 사용하게 되었다. 가장 널리 사용되는 ToF(Time of Flight) 방식의 LiDAR는 검지하고자 하는

| 자율주행차량의 주요센서 | 영상 | LiDAR | 레이더 |
|---|---|---|---|
| 영향요인 | • 이미지해상도(화소수)<br>• 픽셀분해능력<br>• FoV(Field of View)<br>• 셔터방식<br>• 인식알고리즘의 성능<br>• 물체와의 거리<br>• 조도, 눈/비 등 기상환경 | • 레이저 채널수와 출력 강도<br>• 물체 반사면 입사각<br>• 물체와의 거리<br>• 물체 반사면 도료 및 코팅재료<br>• 눈/비 등 기상환경 | • 시야각<br>• 산란되는 주변 물체와 주변 환경 |

표 1 AV 주요 센서별 영향요인 분석표(출처 : KICT, 2021)

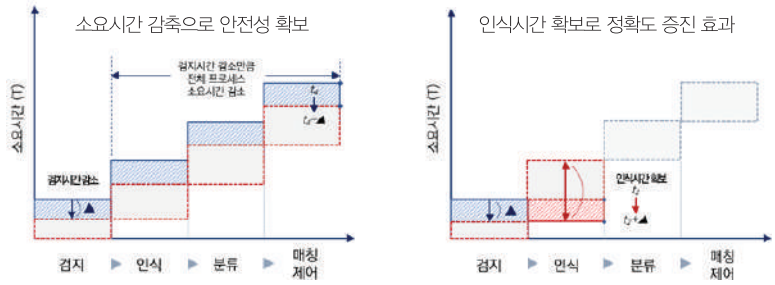


그림 1 LiDAR 측면의 도로안전시설물 개선 기대효과(출처 : KICT, 2021)

| 인식 시설물 | 공개 DB명 | 비고 |
|---|---|---|
| 방호울타리 | Cityscapes, SYNTHIA, BDD100K, ApolloScape | 도로법(국토교통부) 관리 |
| (임시)방호울타리 | NuScene | |
| 도로표지 | BDD100K , WAYMO Open Dataset, 자율주행 협의체 | |
| 도로표지 지주 | BDD100K , Cityscapes, ApolloScape, 자율주행 협의체 | |
| (임시)교통콘 | BDD100K, ApolloScape, NuScene | |
| 시선유도봉 | BDD100K, ApolloScape, NuScene | |
| 가로등(지주) | BDD100K | |
| 연석 | BDD100K, SYNTHIA, 자율주행 협의체 | |
| 차선 | Cityscapes | 도로교통법(경찰청) 관리 |
| 교통안전표지 | BDD100K , WAYMO Open Dataset, Cityscapes, 자율주행 협의체, AI Hub Open Data | |

표 2 자율주행 공개 DB 상의 센서 인식 시설물 현황(출처 : KICT, 2021)

물체를 향해 레이저를 조사하고, 조사한 레이저가 물체에 반사되어 돌아오는 비행시간으로 물체와의 거리를 측정한다. 이러한 원리로 인하여 측정하고자 하는 물체에 따라 검지성능이 달라질 수 있다. 표 1은 현재의 AV에서 가장 많이 활용되는 센서별로 센서에 영향을 미치는 요인을 분석한 표다. LiDAR는 조사하는 레이저의 물체 반사면 입사각, 물체 반사면의 도료와 코팅재료 등이 검지성능에 영향을 미치는 요인이다.

'AV 지원 도로안전시설물'의 의미가 AV가 안전한 주행을 위하여 지금보다 정확하고, 빠르게 도로안전시설물을 검지하도록 지원해야 한다는 의미로 해석된다면, 표 1의 영향요인으로 알 수 있듯이 영상 등의 타 센서보다는 LiDAR를 대상으로 도로안전시설물을 개선할 때 효과가 클 것이다. LiDAR를 대상 센서로 도로안전시설물을 개선한다면, 그림 1과 같은 효과를 기대할 수 있다. 그림 1의 X축을 AV의 거동단계(검지→인식→분류→매칭→제어)로 구분한다면, LiDAR를 활용한 'AV 지원 도로안전시설물'은 검지시간을 감소하는 효과(그림 1의 좌)를 얻을 수 있다. 단축된 검지시간은 거동단계의 총 시간을 단축시킬 수 있으며, 그림 1의 우와 같이 인식 단계에서 정확성을 높일 수 있는 시간을 벌어주는 효과가 예상된다.

## 어떤 도로안전시설물을 개선할까?
## (자율주행차량이 검지하는 도로안전시설물)

현재 도로에는 각각의 설치 목적을 갖는 무수히 많은 도로안전시설물이 존재한다. 따라서, LiDAR의 검지성능을 향상시키는 데 적절한 도로안전시설물을 선택하는 것은 어려운 일이다. 이에 현재 AV가 인식하는 도로안전시설물을 조사(Research)하였다. 현재, 센서가 시설물을 인식하고 있다는 의미는 시설물이 자율주행기술 구현에 일정부분 역할을 이미 수행하고 있다는 것으로 판단하였기 때문이다. 표 2는

자율주행 발전을 위해 공개하는 Global DB에서 찾은 LiDAR가 인식하고 있는 도로안전시설물 종류이다.

공개 DB(표 2)를 분석해보면, AV는 반복적인 설치패턴을 갖는 시설물(차선, 지주), 주행에 필요한 의미 전달정보제공을 위한 시설물(도로표지, 교통안전표지), 그리고 AV 주행 시, 어떤 상황에서도 지켜야할 경계를 알려주는 시설물(도로 중앙선과 보도구분 방호울타리, 보도구분 연석) 등의 고정시설물과 단기 공사구간 혹은 사고와 같은 이벤트 발생 시 AV가 알아야하는 임시 시설물(교통콘) 등이 현재 주요하게 인식하고 있다.

## 도로안전시설물 개선 사례는?

본 연구는 이벤트 발생 시 AV의 주행안전성을 향상하기 위한 목적으로 사고·공사 시의 이벤트 발생 시에 임시적으로 설치되는 교통콘을 AV 지원을 위한 도로안전시설물 개선사례로 선정하였다. LiDAR의 검지성능을 향상시키기 위하여 교통콘의 모양, 재질, 배치 등을 그림 2와 같이 개선하였다. 모양은 기존의 원뿔기둥 형태에서 레이저의 반사를 극대화시키기 위한 삼각 평면모양으로 개선하였다. 이는 결과적으로 교통콘의 모양(그림 2의 하단)은 사람 운전자에게도 이질감이 없으며, 기존 교통콘의 설치 목적을 그대로 계승하였다고

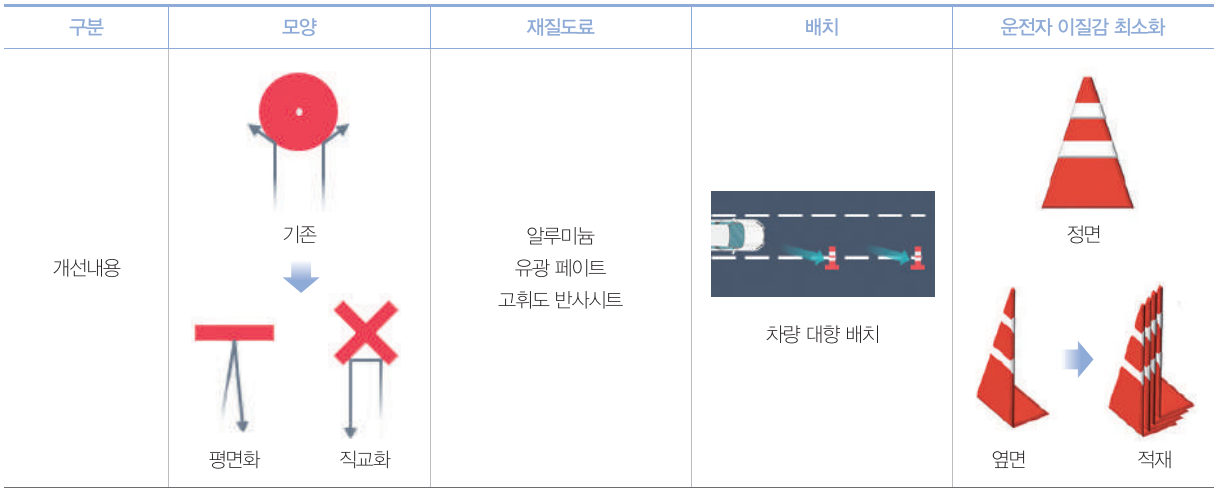


그림 2 교통콘의 개선 내용(출처 : KICT, 2021)

| 구분 | | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 맑은날 | 기존 교통콘(개) | 32.0 | 15.8 | 11.4 | 7.6 | 3.7 |
| | 개선 교통콘(개) | 39.7 | 32.0 | 17.1 | 11.1 | 6.1 |
| 강우 20mm/h | 기존 교통콘(개) | 8.3 | 16.8 | 11.1 | 7.1 | 3.1 |
| | 개선 교통콘(개) | 20.7 | 30.8 | 18.6 | 11.7 | 7.0 |
| 강우 50mm/h | 기존 교통콘(개) | 8.0 | 8.7 | 3.5 | 2.7 | 1.5 |
| | 개선 교통콘(개) | 15.7 | 23.8 | 10.6 | 5.0 | 2.7 |

표 3 교통콘 Numbers of Point Cloud(출처 : KICT, 2021)

그림 3 LiDAR가 보는 미래도로의 시설물 예시

볼 수 있다. 재질 및 도료는 알루미늄에 유광페인트로 도색하고, 흰색의 고휘도 재귀반사시트를 사용하였다. 또한 공사구간의 설치 시 차량과 대향할 수 있도록 배치하여 기존의 교통콘과 성능을 비교하여 보았다.

개선된 교통콘의 LiDAR의 검지성능 향상을 판단하기 위하여 LiDAR의 성능지표인 NPC(Numbers of Point Cloud)를 측정하여 성능검증을 수행하였다. 결과는 표 3과 같다. 여기서, NPC는 LiDAR가 물체에 조사한 레이저가 물체에 반사되어 돌아온 레이저의 개수를 의미한다. 따라서 NPC가 높을수록 물체를 정확하게 인식할 수 있다.

맑은날과 강우시 모두, 개선된 교통콘이 기존의 교통콘보다 평가한 모든 거리에서 더 많은 NPC가 관측되었다. 특히, 이러한 결과는 강우시에 개선의 효과가 큰 것으로 분석되었다. 강우 시에는 맑은 날에 발생되는 NPC의 차이보다 더 많은 차이가 발생되었기 때문인데. 예를 들어 강우 20mm/h의 상황에서 20m 거리에서 측정한 NPC는 기존 교통콘은 16.8개인 반면에 개선 교통콘의 경우, 30.8개가 관측된다. 이러한 결과는 LiDAR가 일반 교통콘에 비하여 개선 교통콘의 검지가 보다 용이한 것을 의미하며, 앞서 언급한 LiDAR측면의 도로안전시설물 개선 효과를 실제로 기대할 수 있음이 확인되었다.

## 앞으로 도로안전시설물은?

전문가들은 완전한 자율주행기술의 상용화시기에 대한 이견은 있지만, 결국 AV의 상용화는 이루어질 것으로 본다. 도로안전시설물도 이러한 AV의 발전에 발맞춰서 발전해야 할 것이다. AV 보급은 일반운전자가 압도적으로 많은 시기(Short Term)를 거쳐, 일반운전자와 AV가 도로상에 비슷하게 주행하는 시기(Mid Term)와 일반운전자보다 AV가 많아지는 시기(Long Term)로 흔히 구분된다. 이에 따라 도로안전시설물도 Short Term 시기에는 현재의 도로안전시설물의 역할을 계승하면서 부분적으로 개선하는 방향으로 자율주행을 지원해야 하며, Long Term을 대비하여 기존의 도로안전시설물의 사람 운전자 지원이 아닌 전적으로 AV의 지원을 위한 가상시설물(가칭)의 개발과 설치도 고려해야 한다. 그림 3은 LiDAR가 인식하는 미래도로와 시설물의 모습이다. 좌측 그림은 현재 악천후 시에 사람 운전자의 시야이며, 그림 3의 우측은 LiDAR가 인식하는 미래도로이다. 우측 그림에는 좌측 그림에 존재하지는 않지만(사람은 보이지 않지만) 존재하는 시설물(가운데 마름모 Cloud Point)도 있고, 사람이 보는 모양과 LiDAR가 보는 모양이 다른 시설물(갈매기모양 Cloud Point)도 있으며, 비가 올 때 LiDAR에만 선명한 교통콘(삼각형 Cloud Point)도 있다. 이러한 변화는 미래에 도로주행의 주체가 사람에서 기계로 전환됨에 따라 새롭게 요구되는 역할을 반영한 것으로 자율주행 센서의 작동원리와 활용에 대한 연구를 통해 자율주행의 안전도를 제고할 것으로 기대된다. K

참고자료

- 한국건설기술연구원(2022), 자율주행차량의 주행안전성 확보를 위한 도로시설물 기술개발 최종보고서
- Kim Jisoo, et al., 2021, Performance of Mobile LiDAR in Real Road Driving Conditions, Sensors, MDPI