

자율주행 차량 : 도로운영 주체와 도로관리자가 직면한 문제와 기회

Ana Luz Jimenez | Provincial Traffic Director in Sevilla, Traffic General Directorate, Ministry of Interior, Spain Spanish-speaking Secretary for PIARC Task Force B.2 Automated Vehicles¹⁾

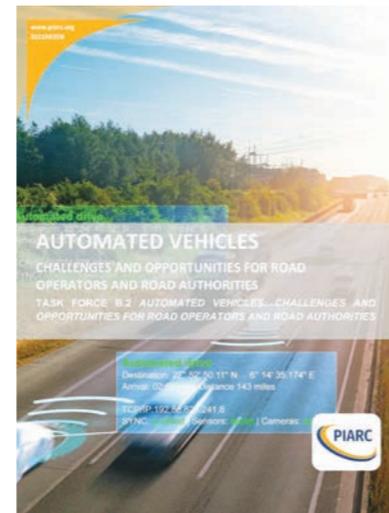
전 세계는 수년간 여러 단계의 자율주행 차량 테스트를 진행해왔다. 앞으로는 자율주행 차량은 디지털 맵에 전송된 데이터로 만들어진 디지털 인프라 트윈에 더 많이 의존하게 될 것이다.

이 시나리오는 최고의 도로시스템 성능을 구현하기 위하여 도로 관리자가 직면하는 이슈를 다룬다. 이에 따라 PIARC 내 Task Force B.2가 구성되었으며, 자율주행 차량의 영향이 도로운영 주체와 관리자의 관점에서 어떠한지 연구하기 시작했다. 이를 위하여 오스트리아, 남아프리카공화국, 이탈리아, 중국, 영국, 호주, 체코, 프랑스, 일본, 스페인, 대한민국, 캐나다 및 스웨덴의 전문가로 팀을 구성하였다.

물리적 인프라와 디지털 인프라

Task Force가 수행한 결과보고서는 물리적 인프라와 디지털 인프라에 대한 도로운영자의 영향과

〈그림 1〉 PIARC 기술보고서



책임을 고려하는 것에서부터 출발한다. 보고서에서는 원활한 군집주행을 위한 인프라 설계 변경 가능성 및 도로 표지판, 차선 표시, 정적 및 동적 신호와 도로 기하구조, 도시계획 및 유지관리 등과 같은 물리적 인프라 측면을 고려하였다.

〈그림 2〉 MUTCD에 따른 국가별 표지판 변형



먼저, 도로표지판은 운전자가 표지판을 인식하고 이해할 수 있는 능력과 관련 있기 때문에 도로안전에 중요한 부분이다. 운전자는 예상한 바와 정확히 일치하지 않더라도 친숙해 보이는 표지판을 인식하고 이해할 수 있어 상대적으로 적응이 용이하다. 하지만 기계의 경우 일반 운전자처럼 적응이 뛰어나지 않다. 자율주행 차량이 전 세계 시장을 대상으로 생산된다는 사실을 고려할 때 일관된 인식과 안전 성능을 보장하려면 교통 표지판과 도로표시의 일관성을 위한 국제적 노력이 상당히 필

〈그림 3〉 노면 표시 및 도로 표지 유지관리 문제



요하다고 할 수 있다. 이러한 조화를 위한 몇 가지 중요한 차이점과 이슈는 다음과 같다.

- 단위 : 미터법 vs 영국식 도량형
 - 일부 국가 도로표지판 단위 미표기
- 모양 : 다양한 경고를 표시하기 위하여 다이아몬드, 오각형, 삼각형 표지판 사용
- 색상 : MUTCD의 임시 신호체계의 경우 주황색을 사용하고, 비엔나 협약의 필수 정보 및 MUTCD의 추가 정보의 경우 파란색을 사용

교통 표지판 인식(TSR)은 '제한속도', '어린이 보호 구역', '방향전환' 등 차량이 도로에서 교통 신호를 감지할 수 있도록 돕는 기술이다. TSR은 교통 신호를 감지하고 인식하기 위하여 영상 처리 기술을 사용한다. 감지 기법은 일반적으로 색상기반, 모양기반 및 학습기반 방법으로 분류할 수 있

¹⁾ 본 기고문은 'PIARC Task Force B.2 자율주행 차량'에서 최근에 발간한 보고서의 내용으로 PIARC 웹사이트에서 확인할 수 있다. (Automated Vehicles - Challenges and Opportunities for Road Operators and Road Authorities) <https://www.piarc.org/en/order-library/35948-en-Automated%20Vehicles%20-%20Challenges%20and%20Opportunities%20for%20Road%20Operators%20and%20%20Road%20Authorities>

다. TSR은 주로 고정식 속도 표지판을 인식하기 때문에 일반적으로 도로전광표지(VMS)와 가변 표지판(CMS) 시스템을 인식하지 못한다.

한편, 차선 표시는 자율주행 차량이 도로 위 차로 위치를 유지하는 중요한 기본 요소 중의 하나이다. 하지만 현재의 차선 표시는 자율주행 차량의 요구사항을 완전히 충족시키지 못하고 있다. 예를 들어, 차선 표시가 없는 다양한 도로 상황(도로 공사, 요금소 등)이 있기 때문이다.

노변 기지국(Road-side units, RSUs) 역시 랜드마크 정보를 제공하는 데 사용할 수 있다. QR코드, Wi-Fi, DSRC 등의 랜드마크 정보가 있는 정적 또는 전자 표지판을 제공해 자율주행차량을 지원할 수 있다.

TSR 시스템의 중요한 요인에는 표지판을 볼 수 있는 위치, 근접성 및 적용 가능성이 있다. TSR 시스템은 차량과 관련된 표지판만 읽어야 한다. 일부 현장 테스트 결과, 특정 도로에 적용하는 제한 속도 표지판과 같이 자율주행차량이 주행 가능한 도로나 차로에 적용할 수 없는 표지판을 TSR 시스템이 인식하는 경우가 있었다.

인프라 설계 및 유지관리 전략

일부 예측에 따르면, 일반 차량이 없다고 가정했을 때 자율 군집 주행은 차로별 용량을 40%까지 늘릴 수 있다.

도로설계 변경을 통한 지정된 차로 내 군집주행은 도로 구조물 안전을 개선할 수 있다. 이는 다른 차량의 움직임을 보다 더 예측 가능하게 하며 군집주행의 속도를 더 일정하게 만들 수 있다. 군집주행을 원활하게 하는데 도움이 될 수 있는 설계 변

경에는 추월차로 확장, 램프 가속 차로 수정, 램프 미터링 및 보다 넓은 노면 표시 등이 있다. 도로용량은 제한적이기 때문에 도로운영 주체는 일반차량 전용 차로를 고려하는 등 공공의 이익을 위하여 균형 있게 발전시켜 나가야 한다.

높은 단계의 자율주행차량은 도시계획을 통해 지역사회가 개발되는 측면에서 도전과 기회를 제공한다. 도시가 확장됨에 따라 자율주행은 보다 편리하고 편안한 주행이 가능하여 긴 통근 시간을 덜 지루하게 만든다. 또한 자율주행은 도시 밀집 상황에서 주차 수요를 줄어줄게 하여 주택, 보행자, 보도, 녹지 등을 위한 개발이 가능할 수 있다.

반면, 대중교통 측면에서 저속 전기 자율주행 서틀은 대중교통을 확장하여 기존 시스템이 잘 닿지 않는 지역으로의 이동성을 개선할 수 있다. 도로 운영 주체는 새로운 인프라와 대중교통의 투자를 계획하는데 있어서 CV(Connected Vehicle) / AV(Autonomous Vehicle) 영향 분석을 적용해야 한다.

유지관리 전략과 관련하여 TSR 시스템의 효과와 정확성은 설치각도의 틀어짐, 파손 등에 따라 성능 저하 등 가시성에 영향을 준다.

디지털 맵

디지털 인프라는 디지털 맵, GPS, 데이터를 중요한 영역으로 인식한다. “연결(connectivity)”이란 네트워크를 통해 ICT 단말기가 차량을 연결하는 것을 의미한다. 현재의 자율주행 기술은 주로 자

율주행 차량 내부의 센서를 기반으로 하기 때문에 한계가 많다. 인프라간 연결은 운행속도, 보행자 유무, 자전거, 주차된 차량 등 다양한 이유로 인하여 고속도로와 일반도로로 나눠서 고려해야 한다. 특히, 고속도로에 필요한 사항으로는 예측정보 제공 서비스, 도로상의 장애물 정보, 혼잡 정보, 요금소 정보 등이 있다.

일본의 SIP-adus(관계부처 간 전략적 혁신 추진 프로그램 : 통합 서비스를 위한 자율주행의 혁신)는 네트워크를 통해 신호등 정보를 제공하고 있다. 실제로 일반도로의 경우 역광 등 다양한 상황으로 인하여 차량 내부에 장착된 카메라를 통해 100% 신호상황 감지를 할 수 없기 때문에 신호등 상태파악이나 돌발상황 감지에 있어서 네트워크를 활용하는 것이 우수한 사례로 꼽힌다.

네트워크 연결성

사용별로 네트워크 연결성이 요구하는 사항은 다르기 때문에, 어떤 통신 방법을 이용해야 할지 판단해야 한다. 다음의 기준에는 연결을 활용하는 사례에 대한 각기 다른 성능 요건이 있다.

〈그림 4〉 노면 표시 및 전용 차로(일본)



- 확실성 : 정보의 정확도가 완전한 상태로 통신하는지 여부
- 지연시간 : 데이터 송·수신의 지연
- 데이터 전송 속도(Mbps)

C-ITS의 통신 방법은 단거리 통신, 장거리 통신 및 광대역 방송으로 분류된다.

디지털 맵은 그래픽 요소와 전자 정보를 결합하여 인프라의 물리적 환경을 가상 현실로 표현한 것이다.

자율주행 차량을 안전하고 효율적으로 운영하는 방법은 다음과 같다.

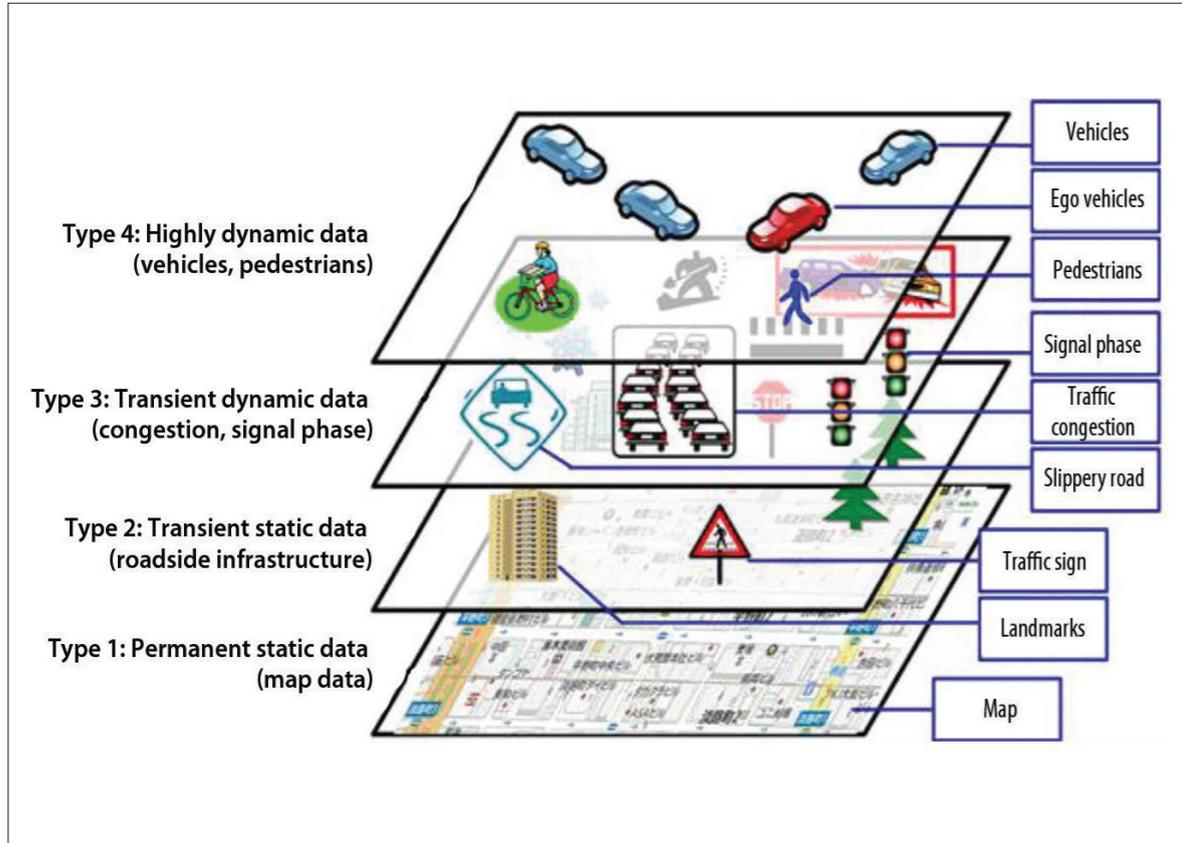
- 네비게이션 : 차량의 목적지와 관련하여 실시간으로 차량의 위치 파악
- 도로 위 자율주행 차량의 위치 : 차로 내에서 차량의 위치 안내
- 도로 주행 : 다른 차량과 보행자의 상대적 위치 파악 및 충돌을 피하기 위한 주행 방법

여러 국가에서는 디지털 매핑에 대한 다양한 표준을 사용하고 있다. 따라서 유럽 집행위원회에서는 INSPIRE라는 프로그램을 통해 디지털 매핑의 표준화를 목표로 하고 있다.

도로 측면에서의 디지털 트윈은 도로와 표지·표시·구조물·배수로·가드레일 등 다양한 도로부속물에 대한 디지털 모델을 기반으로 한다.

위성 항법 시스템(GNSS)은 위성에서 전송하는 신호를 이용하여 수신기가 장착된 차량의 위치를 판단하는데 사용한다. GNSS는 차량에서 위성까지의 가시거리에 의존하기 때문에 차량이 터널 내에

〈그림 5〉 정밀지도 기반의 동적 정보 시스템(LDM)의 종류



있으면 위성과의 연결이 끊기고 차량과는 더 이상 통신할 수 없으므로 해당 위치도 확인할 수 없다. 따라서 자율주행에 필요한 정확도는 자동화 수준에 따라 달라진다.

디지털 인프라는 자율주행 시스템이 요구하는 도로 환경을 디지털로 표현한 것이다. 여기에는 차량과 인프라 간 연결, 디지털 맵, 첨단도로관리 시스템(RMS)과의 연결 등이 있다. 모든 도로가 동일한 서비스 범위 또는 품질을 제공하기는 어려울

것이며 도로에 따라 다른 수준이 제공될 것이다. 데이터 활용 측면에서 자율주행 차량과 관련된 데이터 교환이 가능하려면 국가적 차원의 법률 제정도 필요하다. 이때 개인정보보호 및 보안과 관련된 문제도 함께 고려하여야 한다.

도로운영 주체와 도로관리자에게 미치는 영향

현재 도로 운영자에게 예상되는 시나리오는 주로 다양한 형태의 모델링 또는 예측을 기반으로 한

다. 최근에 차량과의 상호 작용이 복잡해지고 새로운 연구가 진행됨에 따라, 일부 영역에서는 사전 예측이 보다 현실적이며 적절한 수준의 예측으로 바뀌고 있음을 알 수 있다.

한편 자율주행차량의 운영에서 다양한 관계자의 책임과 의무 관련하여 여전히 이슈가 되는 문제들이 있다. 예를 들면, 운전자와 소유자, 차량 제조업체, 도로 운영자 등의 책임과 의무이다. 일반적으로 대다수 연구 결과에 따르면, 지속적인 디지털 발전에 따르는 도로교통 시스템의 영향은 여전히 불분명하다.

인적 요인 및 미래 진화

마지막으로 안전과 관련된 인적 요인을 고려할 경우, “인간보다 자동화된 시스템이 더 잘할 수 있는 것은 무엇인가”, 그리고 “인간이 자동화된 시스템보다 더 잘할 수 있는 것은 무엇인가”와 같은 두 가지 질문을 해볼 수 있다.

결론적으로 자율주행 차량(최소 SAE 레벨 3, 4 및 5수준)은 대부분 국가에서 아직 테스트 단계에 머물러 있다. 자율주행차량도 실제로 많은 상황에서 운전가가 직접 차량을 제어해야 한다. 특히, 레벨 3에서는 차량 스스로의 비상 대응(fall-back)이 어렵지만, 레벨 4, 5 수준까지 더 높은 단계로 나아가려면 인프라의 지원이 일부 필요할 것으로 보인다. 여기에는 철저한 유지관리, 차선표시, 네트워크 제공 등이 핵심이 될 것이다.

교통 혼잡에 미치는 영향과 관련해서, 자율주행 차량의 낮은 보급률에서는 혼잡 해소가 그리 크지 않은 것으로 나타났으나 2050~2055년까지는 자율주행 차량의 보급 확산으로 인하여 혼잡 해소에 상당히 긍정적일 것으로 전망하고 있다.

이번 호의 도로월드와이드 1, 2는 PIARC(세계도로협회) 보고서를 번역한 내용입니다. 자세한 내용은 본문에 밝힌 보고서를 참고하시기 바랍니다.