

도로는 더 이상 길이 아니다 데이터와 인공지능이 흐르는 사회적 인프라

정광복 | 재단법인 자율주행기술개발혁신사업단 사업단장

1. 기술의 진보 앞에서 도로정책은 무엇을 준비해야 하는가

자율주행 기술은 오랫동안 '미래 기술'의 상징처럼 여겨졌지만, 이제는 일상을 바꾸는 구체적 변화의 동력으로 자리 잡고 있다. 차량 스스로 주변을 인지하고 판단해 주행하는 능력은 단순한 산업 혁신을 넘어 국가 교통 체계 전체의 구조 전환을 이끌고 있다. 특히 한국은 세계적으로 드물게 자율주행 기술 개발, 도로 인프라 고도화, 제도 정비를 동시에 추진하는 국가로 평가된다. 이는 국가 차원의 전략 의지가 결합되지 않고서는 만들어지기 어려운 흐름이다.

그러나 기술의 발전 속도에 비해, 도로정책이 변화에 얼마나 선제적으로 대응하고 있는가라는 질문에는 여전히 명확한 답을 못 내고 있다. 지금까지의 도로정책은 주로 차량의 안전한 이동을 위한 구조적 개선, 교통 혼잡 완화, 노후 시설 유지관리 등 전통적 목표 중심이

었다. 하지만 자율주행 시대에는 이러한 접근만으로는 충분하지 않다. 도로는 단순한 아스팔트 구조물이 아니라, AI가 판단하고 학습할 수 있는 정보가 흐르는 플랫폼이기 때문이다.

즉, 도로정책은 '차량이 이동하는 공간'을 넘어 '데이터가 생산·공유·활용되는 지능형 네트워크'로 재정의되어야 한다. 이러한 인식 변화 없이는 자율주행 기술이 아무리 고도화되어도 실질적 사회적 효과를 만들어 내기 어렵다.

2. AI 기반 자율주행 기술의 변화 도로를 바라보는 새로운 관점

자율주행 기술의 핵심은 센서가 수집한 방대한 데이터를 AI가 실시간으로 통합 처리하는 능력에 있다. 카메라, 라이다, 레이더 센서에서 들어오는 정보는 수백 미터 앞의 차량 흐름, 보행자의 움직임, 신호 변화, 도로

파손, 심지어 도로 가장자리의 위험 요소까지 탐지한다. AI는 이 정보를 바탕으로 단순한 판단을 넘어, 사고 가능성을 예측하고 최적 경로를 선택하며 주변 차량과의 상호작용까지 고려한다.

초기 자율주행은 이러한 기능을 모듈별로 분리해 처리했다. 인지-판단-제어의 구조적 분리 방식은 기술적 안정성을 제공했지만, 복잡한 도심 환경에서는 한계가 컸다. 이에 따라 최근에는 자율주행 업계가 파운데이션 모델(ADFM)을 중심으로 기술 구조를 재편하고 있다.

파운데이션 모델은 하나의 대규모 신경망이 도로 상황 전체를 종합적으로 이해하고 판단하는 방식이다. 대규모 영상·주행 데이터로 사전 학습된 모델은 도심 환경의 미세한 변화에도 적응하고, 새로운 지역에서도 빠르게 일반화된 주행 능력을 발휘한다. 이 변화는 도로 정책에 매우 중요한 시사점을 던진다.

“AI가 신호와 차선을 ‘인식’하는 데
그치지 않고 도로가 가진 데이터를 ‘해석’하고
‘예측’하는 단계에 들어섰다.”

이는 곧 도로 인프라가 AI 학습과 판단에 최적화된 구조를 갖추어야 한다는 의미이며, 기존 도로정책이 상정해온 '정적인 도로 환경'의 개념을 근본적으로 흔드는 변화이다.

3. 통신 인프라의 확장 도로는 거대한 신경망이 된다

자율주행차는 차량 자체의 AI만으로는 완전한 안전을 보장하기 어렵다. 신호등 고장, 사각지대의 보행자, 급정거 차량, 급격한 기상 변화 등은 차량 내부 센서만으





로는 한계가 있기 때문이다. 이러한 간극을 메우는 것이 도로 기반 통신 인프라(V2X)이다.

DSRC는 차량과 차량, 차량과 인프라 간에 1,000분의 1초 단위로 메시지를 주고받을 수 있어 충돌 방지 시스템의 핵심이 된다. 응답 지연이 거의 없다는 특성은 교차로·고속도로 합류부 등 사고 위험이 높은 지점에서 특히 효과적이다. 5G·6G 기반 C-V2X는 도로 전체를 실시간 관제망과 연결시키는 기술이다. 신호 운영, 교통 정보, 긴급차량 경로 우선권 등 기존 교통관제 체계를 AI 관제와 하나로 통합하는 디지털 도로 운영 방식을 가능하게 한다.

도로 인프라는 통신 기능을 내장한 구조물로 전환되어야 한다. 통신 장비, 엣지 컴퓨팅, 센서가 교차로·터널·회전부 등 고위험 지점에 전략적으로 설치되어야 한

다. 이러한 변화는 도로 관리 주체의 업무 구조 자체를 재편할 수밖에 없을 것이다.

결과적으로 통신 인프라는 자율주행차의 '시각'을 확장시키는 기능뿐 아니라, 도로 자체를 하나의 살아있는 네트워크로 만드는 핵심 자원이 된다.

4. 맵의 시대에서 데이터·AI 중심 도로운영 시대로

자율주행 기술의 발전 과정에서 한 축을 담당해온 것이 HD 지도이다. 고정밀 지도는 차선 위치, 표지판, 신호등, 경사, 곡률 등 도로의 정밀 정보를 포함해 안정적 주행을 지원해왔다. 그러나 파운데이션 모델 시대에는 HD 지도 의존도가 크게 줄어들고 있다.

AI가 도로 환경을 실시간으로 인식하고 필요 데이터를

자체적으로 생성하는 능력이 향상되면서, 도로정책도 기존의 '정적 정보(지도) 유지관리 중심 접근'에서 벗어나, 실시간 데이터 기반 도로 운영 체계로 전환해야 한다.

이때 중요한 것이 두 가지다. AI가 도로를 이해하기 위해서는 표준화된 데이터, 결측 없는 정보, 실시간 업데이트가 필수적이다. 이는 기존 도로관리 시스템의 방식을 근본적으로 바꾸는 일이다. 또한 AI 기반 자율주행 시스템은 도로 운영의 패턴을 학습하기 때문에, 정체 발생 가능 구간을 사전에 예측하거나 사고 위험도를 자동 산출하는 기능이 가능해진다. 이러한 구조에서는 도로가 능동적으로 스스로를 관리하는 시스템으로 진화할 것이다.

5. 자율주행 시대 도로정책의 3대 전환 과제

하나, 도로 안전 기준의 'AI 적합성' 재정립

현재의 도로 안전 기준은 모두 '사람의 인지과 반응'을 기준으로 설계되어 있다. 하지만 AI는 전혀 다른 방식으로 도로를 인식한다. 사람은 색 대비·형태·직관으로 신호와 차선을 해석하지만 AI는 영상 픽셀 단위의 패턴과 수학적 확률로 신호를 인식한다.

따라서 차선 두께, 도색 반사율, 표지판 규격, 도로조명의 밝기 같은 요소들도 AI 인식 기준에 맞추어 재설계될 필요가 있다. 특히 야간·눈길·안개 등 비정형 환경에서의 인식을 향상은 정책적 개입 없이는 달성하기 어렵다.

둘, 법·제도의 근본적 재정비

자율주행이 본격적으로 확산되는 과정에서 제기되는 법적 논점은 기존의 '운전자 책임'이라는 단일한 틀로

는 해결할 수 없다. 사고가 발생했을 때 책임을 누구에게 어떻게 묻는가의 문제는 훨씬 복잡한 구조를 띠기 때문이다. 자율주행차의 주행은 차량 제조사와 소프트웨어 개발사, 통신 인프라 운영자, 도로 데이터를 제공하는 기관 등 여러 주체가 공동으로 작동시키는 시스템에 기반한다. 따라서 사고 원인이 소프트웨어 오류인지, 차량 하드웨어 결함인지, 통신 장애인지, 혹은 잘못된 도로 데이터인지에 따라 책임의 주체가 달라질 가능성이 크다.

여기에 더해 자율주행차는 지속적인 소프트웨어 업데이트를 통해 기능이 변화하는 특성이 있다. 이 경우, 업데이트 이전과 이후의 성능 차이가 사고에 어떤 영향을 미쳤는지, 업데이트 제공자의 책임 범위는 어디까지인지 등 새로운 법적 해석이 필요하다. 또한 사고 조사와 책임 규명을 위해 필수적인 자율주행 데이터—예를 들어 영상 기록이나 주행 로그—는 어떤 형식으로, 얼마 동안, 어떤 기관에 의해 보관해야 하는지에 대한 기준도 명확히 확립되어 있지 않다.

AI가 도로를 이해하기 위해서는 표준화된 데이터, 결측 없는 정보, 실시간 업데이트가 필수적



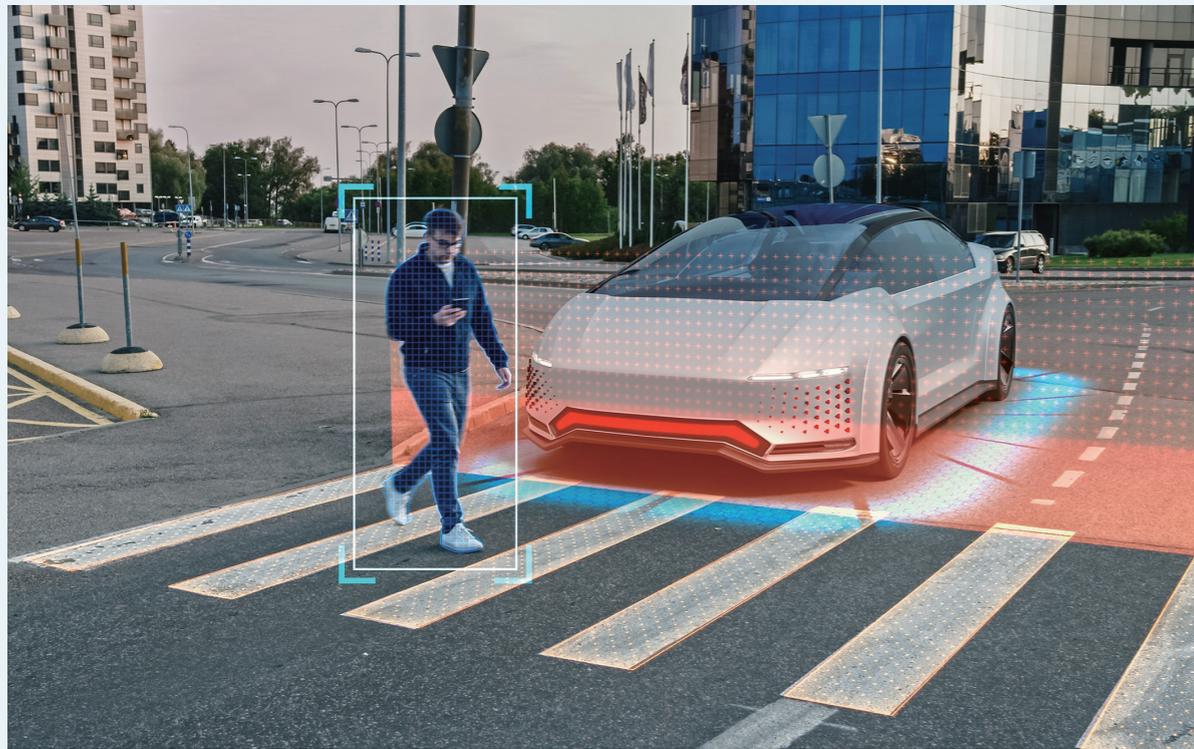
이러한 법·제도적 공백이 해소되지 않는다면 기업은 예측 불가능한 법적 위험을 감수해야 하므로 자율주행 서비스를 확대하기가 어렵고, 산업 발전의 속도 역시 정책적 제약에 가로막혀 정체될 가능성이 크다. 결국 자율주행 기술의 안정적 도입과 생태계 형성을 위해서는 책임 구조와 데이터 관리 기준을 포함한 법·제도의 체계적 정비가 필수적인 전제조건이라 할 수 있다.

셋, 데이터·통신 기반 도로 거버넌스 재구성

자율주행 시대의 핵심은 도로·차량·도시가 분리된 요소가 아니라 하나의 거대한 데이터 생태계로 유기적으로 연결되는 데 있다. 그러나 현재와 같이 공공기관, 지자체, 민간 기업이 각각의 데이터만을 보유하고 개별적으로 운영하는 방식으로는 이러한 통합적 체계를 구

축하기 어렵다. 자율주행이 안정적으로 작동하기 위해서는 도로 인프라 데이터, 차량 운행 데이터, 교통 관제 정보, 도시 운영 데이터가 서로 연동되어야 하며, 이를 단일 기관이 독립적으로 관리하는 구조에서는 실질적 통합이 불가능하다.

따라서 데이터 기반 도로운영 체계를 구축하기 위해서는 몇 가지 근본적 변화가 필요하다. 우선, 다양한 기관이 생산하는 데이터가 서로 호환될 수 있도록 상호 운용성이 보장되어야 한다. 또한 공공과 민간이 어떤 방식으로 데이터를 공유하고 활용할 것인지에 대한 명확한 프로토콜이 마련되어야 하며, 데이터 활용이 확장될수록 발생할 수 있는 보안·프라이버시 문제를 해결하기 위해 안전한 표준 체계가 구축되어야 한다. 더 나아가 지역별·기관별로 분산된 데이터를 국가 차원에서



통합적으로 관리하고 운영할 수 있는 국가 통합 교통 데이터 플랫폼이 필수적이다.

이러한 거버넌스 체계가 갖춰지지 않는다면 자율주행은 각 도시에서의 단편적인 실험을 넘어서지 못하고, 국가 전체의 교통 혁신으로 확장되기 어렵다. 결국 자율주행의 성공은 기술 자체뿐 아니라 이를 지탱하는 데이터 생태계의 통합 수준에 달려 있다고 할 수 있다.

6. 미래 도로의 모습 ‘시 네트워크’로서의 도로

미래의 도로는 더 이상 차량 이동을 위한 단순한 기반 시설에 머물지 않는다. 도로는 인공지능이 지속적으로 학습하는 공간이자, 방대한 데이터가 끊임없이 흐르는 통신망이며, 나아가 도시 전체의 운영을 가능하게 하는 핵심 플랫폼으로 자리 잡게 된다. 이러한 변화 속에서 도로는 자체적으로 위험 신호를 감지하고 운전자나 차량 시스템에 실시간으로 경고를 보내는 능동적 구조로 발전한다.

신호 체계와 교차로 운영 역시 AI 기반 관제 시스템과 긴밀히 연동되면서, 전체 차량 흐름이 자동으로 조정되고 도심 내 교통 효율이 극대화될 것이다. 보행자, 자전거, 대중교통과의 통합 안전 체계도 마련되어 교통약자 보호가 강화되며, 도로 노면 상태를 스스로 측정하고 이상 징후를 조기에 감지해 유지관리 시점을 예측하는 지능형 관리 체계가 구축될 것이다.

궁극적으로 미래의 도로는 차량과 도로, 도시 운영 시스템이 하나의 네트워크로 연결되는 통합 생태계를 형성한다. 이는 단순히 기술적 진보가 이뤄진 공간이 아니라, 사람 중심의 안전을 확보하면서도 교통 운영의 효율성을 극대화하는, 국가적 경쟁력을 뒷받침하는 중요한 자산으로 기능하게 될 것이다.

7. 자율주행은 기술의 문제가 아니라 도로정책의 과제다

자율주행 시대의 도래는 단순히 새로운 기술을 도입하는 수준을 넘어, 도로정책이 전제로 삼아온 철학 자체를 다시 묻는 계기가 되고 있다. 기존의 도로는 차량이 이동하는 물리적 기반시설로 인식되었지만, 자율주행이 본격화되는 환경에서는 도로가 국가 교통 운영을 총괄하는 일종의 ‘두뇌’와 같은 역할을 수행하게 된다. 이때 인공지능은 단순한 보조 기능을 넘어 사회적 안전을 지키는 새로운 파트너로 자리매김한다.

이러한 변화 속에서 도로정책은 네 가지 핵심 방향으로 재편될 필요가 있다. 먼저, 도로를 단순한 구조물이 아니라 데이터가 흐르고 AI가 판단하는 스마트 네트워크로 재정의해야 한다. 이어서 통신과 데이터 기반으로 도로운영 체계를 전면적으로 재구성해, 차량과 도로, 관제 시스템이 실시간으로 연결되는 현대적 교통 운영 체계를 갖추어야 한다. 또한 AI가 정확하게 도로 환경을 인지하고 판단할 수 있도록 인식 기반 안전설계 표준을 새롭게 확립하는 일도 필수적이다. 마지막으로, 책임 구조, 데이터 활용 규정, 사업자 권한과 의무 등 자율주행 생태계를 뒷받침할 법·제도의 혁신적 정비가 따라야 한다.

결국 자율주행 기술의 발전은 거스를 수 없는 흐름이며, 정책의 가장 중요한 역할은 이 기술이 사회 전체의 이익으로 순환될 수 있도록 ‘도로’라는 공공 기반을 새롭게 설계하는 일이다. 따라서 자율주행 시대의 도로정책은 기술 변화를 뒤따라가는 소극적 대응으로는 충분하지 않다. 기술이 나아가야 할 방향과 사회가 달성해야 할 목표를 먼저 제시하는 선도적 정책으로 나아가야 할 것이다. 🇰🇷