

# 도로정책 Brief

5

May 2019

No. 139

## 이슈&칼럼

첨단 기술이 융합된 미래도로의 교량

## 해외정책동향

호주 뉴사우스웨일스주(NSW)의 2056 교통망 계획  
미국의 전기자동차 보급 현황과 전망  
교통안전 개선에 대한 새로운 접근

## 기획시리즈 : 미래 사회와 교통 ⑥

이동의 가치가 변하는 시대

## 간추린소식

국토연구원-국토교통부 도로국 도로정책간담회 개최

## 용어해설

BIM



이슈&amp;칼럼

## 첨단 기술이 융합된 미래도로의 교량

66 미래의 도로 교량은 4차 산업혁명 기술과의 융합을 통해 스마트 교량으로 진화할 것이며, 건설 및 유지관리의 생산성과 효율성도 크게 향상될 것으로 기대된다. 99



**길 흥배**

한국도로공사 초장대교량연구단 연구위원

### 도로 환경 변화

4차 산업혁명의 핵심기술인 사물인터넷(Internet of Things, IoT), 로봇, 3D 프린팅, 빅데이터, 인공지능의 개발이 본격화되고 적용이 확산됨에 따라 모든 산업 분야에 근본적인 변화를 불러일으키고 있으며, 연관된 신산업 분야도 창출되고 있다. 도로 분야에서는 이들 핵심기술과 함께 넓은 범주에서 4차 산업혁명 기술로 포함되는 자율주행차가 가까운 시일 내에 상용화가 될 것으로 예상되며, 상용차의 군집주행(Truck Platooning) 관련 기술 개발도 활발하게 이루어지고 있다. 이들 첨단 기술은 도로의 건설, 운용 및 시설물 관리에 혁신적인 변화를 초래할 것이다.

도로를 포함한 건설산업 분야에서는 4차 산업혁명 첨단 기술과 함께 3차원 건설정보모델링 기법인 BIM(Building Information Modeling)의 융합을 통해 생산성과 효율성 향상 등을 도모하기 위한 노력이 활발하게 진행되고 있다. 국토교통부도 건설산업에 BIM, 드론, IoT, 빅데이터 등의 첨단기술 융합을 통해 건설산업의 패러다임을 변화하기 위한 스마트건설 기술 활성화 로드맵을 2018년에 발표하였으며 대형 국가연구과제로 추진 중이다. 또한 도로의 관리주체들도 첨단 기술을 활용해 건설과 유지관리 효율성 향상을 위한 노력을 기울이고 있다. 첨단 기술의 융합은 도로 시설물 중 가장 고도의 기술력이 필요한 교량의 생애주기 전 단계에 걸쳐 도입되고 있다.

### 건설 기술 혁신

3차원 시각화 모델을 활용하여 각종 시설물의 설계-건설-유지관리에 걸친 전주기의 각종 데이터를 생성 및 관리하고, 프로젝트 참여자 사이의 공유를 통해 생산성 향상을 위한 3차원 BIM 기술이 다양하게 개발 및 적용되고 있다. 건축물 및 플랜트 건설 분야에서 시작되어 다양한 건설산업 분야로 확대 적용 중인 3차원 BIM은 건설 산업의 미래에 가장 큰 영향을 미칠 기술로 꼽히고 있으며, 정부의 방침에 따라 일정 규모 이상의 공공 공사에는 적용이 의무화되고 있다. 도로건설 분야에서는 입체 구조물인 교량에 3차원 BIM의 적용이 가장 활발하게 이루어지고 있다. BIM 모델을 이용하여 각종 부재의 시공과 장비의 작업성을 사전에 시뮬레이션해보고, 사물인터넷 기술을 활용하여 현장에서 측정된 데이터와 각종 정보를 모델에 반영하여 건설을 관리하는 것이 미래 교량 건설의 한 모습이 될 것이다. 3차원 BIM을 확대 적용함에 따라 대부분의 신설 교량에는 설계 및 건설 정보가 담긴 디지털트윈(Digital Twin)이 만들어질 것이다. 디지털트윈은 유지관리 단계로 이관되어 교량의 점검, 보수, 보강 등의 정보를 지속적으로 축적하고 관리하기 위한 교량 유지관리시스템으로 활용될 것이다.

3차원 설계데이터를 활용하여 소형 구조체나 부품, 실물 모형을 적층으로 만들어 내는 3D 프린팅 기술도 건설산업 분야에서 주목하는 4차 산업혁명 기술 중 하나이다. 합성수지, 고무, 고분자 물질 등이 3D 프린팅의 재료로 주로 활용되지만, 콘크리트와 같은 기존의 건설재료를 활용한 3D 프린팅 건설 관련 연구개발이 우리나라뿐만 아니라 기술 선진국을 중심으로 다양하게 수행되고 있다. 스페인, 중국, 미국 등에서는 3D 프린팅을 이용하여 소형 콘크리트 교량을 이미 건설하였으며, 네덜란드에서는 2018년에 강재 교량을 건설하였다. 3D 프린팅 기술을 활용하면 기존 건설 기술로는

구현하기 어려웠던 다양한 형상을 보다 용이하게 구현할 수 있으며, 구조적으로 최적화된 형상을 구현할 수 있다. 향후 건설에 적합한 재료의 개발과 응용이 활성화되고 프린팅 장비의 대형화와 비용의 문제가 해결되면 보다 폭 넓게 교량 건설에 활용될 수 있을 것이다.

### 교량 스마트화

교량의 손상이나 결함은 차량 주행과 이용자의 안전에 큰 영향을 주므로 각 도로관리 주체는 시설물의 유지관리 관련 법률과 시행령, 지침 등에 따라 정기적으로 교량의 상태를 점검하고 있다. 그러나 손상을 적절한 시기에 인지하지 못하는 경우도 있으며, 점검이나 보수를 위해 교량의 통행을 전면 차단해야 하는 경우도 종종 발생한다.

스마트 교량은 유무선 센서, 통신, 네트워크 등의 사물인터넷 기술과 인공지능 등을 이용하여 교량의 상태와 건전도에 대한 정보를 자동으로 측정하고 예측해서 도로관리자나 주행 차량에 관련 정보를 전달할 수 있는 교량을 일반적으로 의미한다. 또한 구조적인 문제가 발생하는 경우 스스로 감지하고, 균열을 스스로 보수할 수 있는 자기치유형(Self-healing) 콘크리트나 도장과 같은 스마트 재료도 스마트 교량의 주요 요소가 될 것이다.

센서와 정보통신기술을 이용한 교량 관리는 20여 년 전부터 장대 케이블 교량을 중심으로 시작되었다. 서해대교, 영종대교, 이순신대교와 같은 주요 케이블 교량에는 100여 개 내외의 센서와 데이터 처리 및 분석 시스템으로 구성된 구조물 건전도계측시스템(Structural Health Monitoring System)을 설치하여 케이블이 받는 힘과 같은 교량의 건전도에 관련된 값들을 실시간으로 측정하고 있다. 서해대교 계측시스템은 2015년 낙뢰로 인한 화재사고 전후에 교량의 구조적 상태와 케이블 파단에 따른 구조계의 변화를 실시간으로 파악할 수 있게 해주었다. 홍콩, 중국, 미국, 유럽을 중심으로 수백 개의 센서로 구성된 계측시스템이 주요 교량에 운영되고 있다.

그러나 교량 계측시스템은 설치와 운용에 많은 예산과 전문 인력을 필요로 하여 일반 교량으로 확대되지 못하고 케이블 교량으로 설치가 제한된 실정이다. 미래의 자율주행차 기반 도로네트워크에서는 교량의 건전도 관련 정보를 도로관리자뿐만 아니라 V2I(Vehicle to Infrastructure)를 통해 차량에 실시간으로 전달할 수 있는 스마트 교량이 보다 광범위하게 요구될 것이다. 또한 노면 결빙 및 마찰계수, 강풍과 같이 자율주행차량의 주행 조건에 큰 영향을 주는 교량상의 환경적인 요소들도 측정되어 전달하여야 한다. 이를 위해서는 하나의 센서로 다양한 정보를 수집할 수 있는 저비용 다기능

센서, 소요되는 전원을 스스로 공급할 수 있는 에너지 자립형 센서 등이 개발되어야 한다. 또한 센서에서 측정된 다양한 정보를 수집, 분석하고 유의미한 정보를 빠른 시간 내에 도출하기 위한 빅데이터, 인공지능 기술도 접목되어야 한다.

### 스마트 유지관리

현재 국내에는 21,000여 개의 도로교가 있으며, 향후 10년 이내에 절반 이상의 교량이 30년 이상의 노후시설물로 분류될 것이다. 이들 노후교량의 안전성과 사용성(Serviceability)을 확보하기 위해서는 지속적인 점검과 유지관리가 필수적이다. 현재는 교량기술자가 구조물에 최대한 접근해서 육안관측이나 비파괴 시험을 수행한 후, 이상 유무를 점검하고 있다. 그러나 교량 내부의 협소한 부위나 고소(高所) 교량 같은 경우에는 접근이 어려워 실질적인 점검과 유지관리가 이루어지지 않는 경우도 있다.

교량의 유지관리의 효율성 제고에도 4차 산업혁명의 첨단 기술이 활용되고 있다. 디지털 카메라, 열화상 카메라, 비파괴 검사장비 등을 탑재한 자율주행 드론이나 로봇을 활용하여 접근이 어려운 부위의 점검과 손상을 조사하기 위한 기술이 다양하게 개발되고 있다. 특히 인텔(Intel)과 같은 글로벌 업체들도 관심을 갖고 자율주행 드론을 이용한 교량 점검 기술을 개발하고 있어, 배터리 용량 제한 등의 기술적인 문제가 해결되면 교량의 유지관리 현장에 폭 넓게 활용될 것이다.

### 결어

미래의 도로 교량은 4차 산업혁명 기술과의 융합을 통해 스마트 교량으로 진화할 것이며, 건설 및 유지관리의 생산성과 효율성도 크게 향상될 것으로 기대된다. 스마트 교량은 손상, 노면상태 등을 스스로 인식하고, 차량이나 관리자한테 정보를 실시간으로 전달할 수 있는 기능을 갖게 된다. 교량의 설계, 건설 및 유지관리에 관련된 모든 정보는 디지털트윈과 연계되어 지속적으로 관리될 것이다. 교량의 스마트화는 자율주행자동차가 운행하는 미래도로의 안전성 및 사용성 확보에 크게 기여할 것이다.

스마트 교량을 실현하기 위해서는 교량 엔지니어들이 4차 산업혁명에 따른 기술 변화를 적극적으로 수용해야 하며, 타 분야 엔지니어들과의 소통과 협업이 필요하다. 또한 현재는 교량 관리 주체에서 아웃소싱 등을 통해 필요 기술을 주로 개발하고 있지만, 향후에는 혁신적인 기술과 아이디어를 보유한 스타트업 기업들이 스마트 교량 관련 기술을 개발하고 제공할 수 있는 생태계의 구축과 정책적인 지원이 활발해져야 한다. 🍌

# 호주 뉴사우스웨일스주(NSW)의 2056 교통망 계획

배윤경 국토연구원 책임연구원

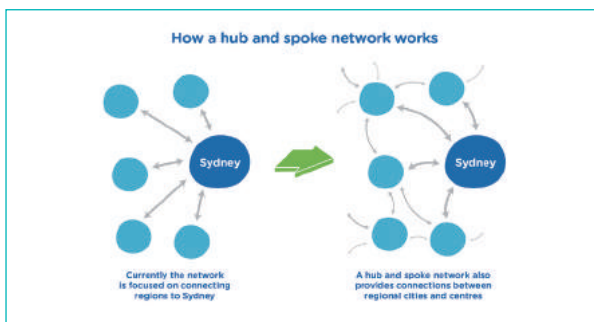
## 미래교통전략 수립

시드니와 오스트레일리아 남동부 주인 뉴사우스웨일스주(NSW)의 미래교통전략 2056(Future Transport Strategy 2056)에서는 향후 40년의 교통전략을 수립하였다. 주요한 내용은 뉴사우스웨일스주(NSW)와 시드니(Greater Sydney) 지역의 장래 인프라와 교통서비스 계획을 포함하고 있다. 미래교통전략 2056에는 교통서비스 제공, 정책수립, 투자 등에 관한 내용을 포함하고 있으며, 혁신적인 교통망과 빠르게 변화하는 기술 등에 대응하는 계획안을 수립하였다.

## Hub and Spoke

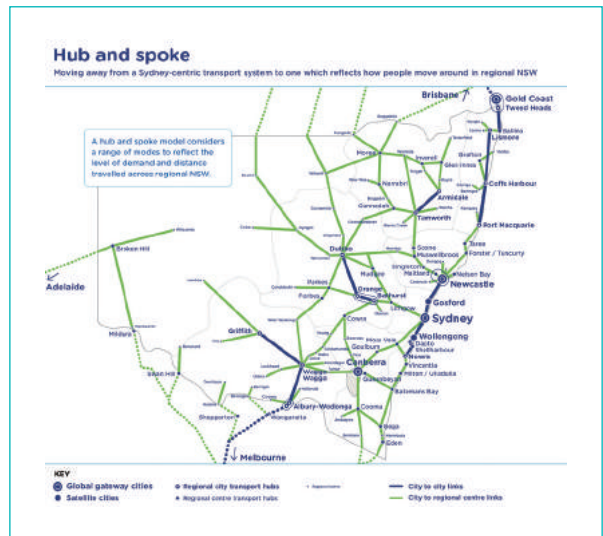
장래 교통망 계획에서는 시드니에 집중되는 형태보다는 지역간 연결을 중요시하는 ‘Hub and Spoke’의 네트워크를 중요하게 제시하였다. 현재의 교통망이 시드니와 다른 지역간의 연결에 중점을 둔 반면, 장래에는 시드니 외의 지역간 연결을 중요하게 고려하였다.

### ▶ Hub & Spoke 의 개념도



이에 따라 2056년 Hub and Spoke 형태의 네트워크 연결망은 전체적인 개념하에 지역 교통망 특성을 적용하여 반영하였다. 동일한 기본적인 원리를 적용하여 지역특성에 적합하게 계획된다. 기본적 원리는 연결성(connectivity), 유연성(flexibility), 효율성(efficiency), 접근성과 형평성(access and equity), 적절성(legibility and timeliness), 정확한 정보의 제공(provision of accurate information)과 안전성(safety)이다.

### ▶ 2056년 NSW 지역의 ‘Hub & Spoke’



뉴사우스웨일스주(NSW) 정부는 ‘Hub and Spoke’ 개념을 지지할 수 있는 안전하고 생산적인 네트워크를 구축하기 위한 장기적 목표를 수립하고, 신규건설, 개량 등 투자를 위한 장기적 계획도 수립한다. 장래 교통망 전략수립 과정에 위에 제시된 기본적인 원칙하에 도로계획안, 통합적인 연결(corridor)계획, 지역개발계획, 신호운영계획 등 중앙정부와 지자체간의 협동으로 이루어진다.

## Greater Sydney 지역의 장래 교통망

세 개의 대도시로 이루어진 Greater Sydney 지역의 장래 교통망 계획은 교통수단을 이용하여 30분 안에 사람들이 필요로 하는 지역까지 접근이 가능하도록 하는 것을 목표로 한다. 통합적인 교통망은 사람과 물자의 이동을 도와주고, 인프라 투자, 서비스 계획, 토지이용 계획 등과 같은 내용을 포함한다. 도로와 철도망 계획은 뉴사우스웨일스주(NSW) 지역으로의 연결을 중요하게 다루고 있다.

지역간 연결 계획과 함께 수단간, 권역간 계획을 세부적으로 수립하여 제시하였다. 세부계획안은 10년 내로 초기에 진행되어야 할 부분을 구분하여 우선순위에 따라 계획 내용을 분류하였다.



▶ Greater Sydney의 장래 세부 교통망 계획

세부 계획안	내용
대도시로의 연결망 계획 (The Greater Sydney City-shaping network)	<ul style="list-style-type: none"> <li>주요한 도시간의 연결뿐만 아니라 대도시 중심으로 접근성을 용이하게 하기 위한 교통서비스를 제공</li> <li>30분 안에 대도시 접근이 가능하도록 계획</li> </ul>
장래 전략적 도로망 계획 (Future strategic road network in Greater Sydney)	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로, 대중교통, 승용차, 물류 등의 장래계획뿐만 아니라 항구에서의 수단간 연계 계획도 포함</li> <li>커넥티드 카와 자율주행차의 새로운 기술 소개</li> </ul>
대도시내에서의 교통망 계획 (City-serving network in Greater Sydney)	<ul style="list-style-type: none"> <li>대도시 중심에서 10km 이내에 통행수요가 높은 지역에서 효율적 교통서비스 제공</li> </ul>
도심접근 네트워크 (Centre-serving network)	<ul style="list-style-type: none"> <li>저밀도 지역에 거주하는 사람들에게 출근, 통학 등을 위한 접근성을 제공하기 위하여 수요응답형 서비스, 자전거 서비스 등을 계획</li> </ul>
물류 네트워크 (Freight network)	<ul style="list-style-type: none"> <li>무역관문, 물류지역, 서비스 지역 등을 연결하는 전략적 물류망 수립</li> <li>안전하고, 효율적이고, 신뢰성 있는 고용량 네트워크</li> </ul>
자전거 네트워크 (Growing Greater Sydney's Bicycle network)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Greater Sydney 지역에서 주중 1100만 승용차 통행은 10km보다 짧고, 버스 통행의 40%는 5km보다 짧기 때문에 이를 자전거 통행으로 전환시키는 계획</li> </ul>

시드니의 전략도로망계획의 경우, 장래 전략도로망은 도로, 대중교통, 자가용, 화물 등을 포함하여 도로에서의 이동을 제시하고, 전략물류망은 주요한 도시 도로망을 사용할 수 있게 하며 항구와 터미널로부터 연결을 포함하고 있다.

미래 이동성

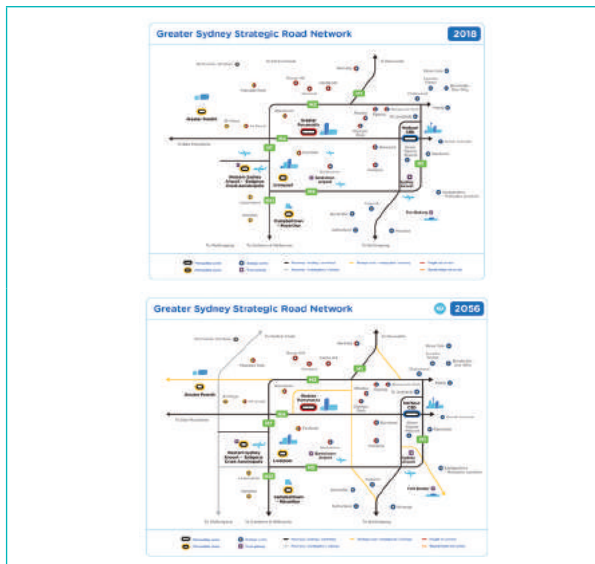
교통망 계획뿐만 아니라 기술발전이 따른 변화를 예측하고 대응하는 전략을 제시하였다. 다양한 기술발전으로 인해 이용자의 이동성은 증가하고, 교통서비스 공급의 범위는 확장하였다. 또한 기술발전 속도를 예측하여 미래 자율주행차 수요에 대응한 준비를 하였다. 2017년에는 NSW 정부에서 자율주행관련 법안이 통과되어 단계별로 진행하고 있다.

NSW에서는 이용자 편의, 안전, 효율화를 위하여 지속적으로 시스템을 자동화하고 있다. 새로운 기술과 장래 개발을 위해 만들어진 물리적, 디지털 자산들과 자율주행차량을 위해 필요한 도로 인프라 등이 그 예시이다. 또한 도로 네트워크 효율성을 위하여 첨단 교통관리시스템을 도입하고, 모든 NSW 고속도로를 ‘Smart Motorways’화 하려고 있다.

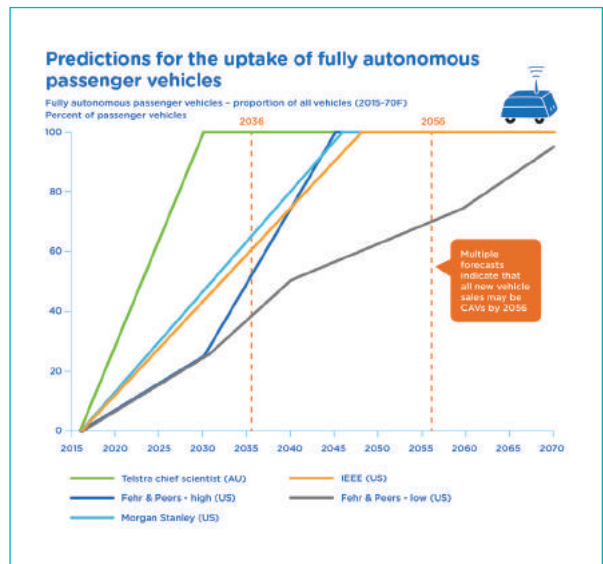
우리나라에서도 장래 도로망 계획을 수립하고, 단계별로 전략을 수립하고 있다. 또한 기술발전이 대비한 준비도 진행하고 있다. 하지만 호주의 장래 2056 교통망 계획처럼 장기간의 일관된 계획과 사전준비 과정은 우리나라의 계획수립 과정에서도 참고할 만한 부분이다. 🍀

배운경 \_ ykbae@krihs.re.kr

▶ 2018년과 2056년의 Greater Sydney 전략도로망



▶ 커넥티드 카와 자율주행차 이용 예측



# 미국의 전기자동차 보급 현황과 전망

이주용 The University of Texas at Austin 박사과정

## 전기자동차 기술과 보급 현황

내연기관 자동차의 대체제로서 주목받고 있는 전기자동차는 특히 대기오염 저감효과로 인해 시장의 주목을 받고 있다. 대도시에서 발생하는 대기오염물질 중 지상교통부문에서의 배출량이 전체의 70~80%<sup>1)</sup>를 차지하는 실정으로, 내연기관에서 전기자동차로의 전환은 대기질 향상과 국민의 건강 증진을 위해 필수적이다.

전기자동차는 배터리에 저장된 전력으로 모터를 구동하는 순수전기차(Battery Electric Vehicle)와 순수전기차의 동력 계통에 더해 내연기관까지 갖추고 있는 플러그인 하이브리드차(Plug-in Hybrid Vehicle)로 분류할 수 있다.

특히, 플러그인 하이브리드차의 경우 배터리의 전력이 모두 소진되더라도 내연기관으로 운행을 계속할 수 있다는 장점이 있다. 내연기관으로 전력을 생산하여 모터를 구동하는 일반 하이브리드 차량과 수소전지를 사용하는 수소전지 차

동차의 경우 이 글에서는 전기자동차로 분류하지 않도록 하겠다.

2019년 현재 미국에서 판매되고 있는 대표적인 전기자동차는 아래의 표와 같으며, 아직 시장 초기 단계의 낮은 보급률과 배터리의 높은 가격 등의 이유로 내연기관 차량에 비하면 가격이 높은 편이다. 배터리 가격의 하락(현재 kWh당 \$200)과 정부보조금(텍사스 주정부는 차량당 \$2,500의 보조금 지급) 등이 가격 하락을 부추기고 있으나, 장거리 주행이 가능한 전기자동차의 경우 경쟁 내연기관 차종에 비해 비싼 상황이다.

소비자의 관점에서 보자면 전기자동차가 연료 효율성에서 이점을 갖고 있으며 에너지 생산 단가가 낮은 미국에서는 특히 그 효과가 극대화될 수 있다. 하지만 동시에 국토면적이 넓은 미국에서 자유롭게 통행하기 위해서는 충전소의 보급과 주행거리 증가라는 문제를 해결해야 한다.

### ▶ 미국 시장에서 판매되고 있는 대표 전기자동차 (2019년도)

	제조사&모델	최저가 (세금 미포함)	연비	전기 주행거리	배터리 충전시간
내연기관	포드 Fusion	\$ 23,735	11 km/l	-	-
	혼다 Accord	\$ 24,615	14 km/l	-	-
	현대 Sonata	\$ 23,220	12 km/l	-	-
	도요타 Camry	\$ 24,865	14 km/l	-	-
플러그인 하이브리드차	포드 Fusion Energi	\$ 35,490	18 km/l	32 km	7 hr. (110 V) / 2.5hr.(220V)
	혼다 Clarity Plug-inHybrid	\$ 34,295	18 km/l	76 km	12 hr. (110 V) / 2.5hr.(220V)
	현대 Sonata Plug-inHybrid	\$ 34,135	17 km/l	43 km	8.7 hr. (110 V) / 2.7hr.(220V)
	도요타 Prius Prime	\$ 28,220	23 km/l	40 km	5.5 hr. (110 V) / 2.1hr.(220V)
순수전기차	혼다 Clarity Electric	\$ 37,515	49 km/l 상당	143 km	19 hr. (110 V) / 3.5hr.(220V) / 0.5hr.(440V)
	테슬라 Model S	\$ 75,700	44 km/l 상당	381-507 km	72 hr. (110 V) / 7.8hr.(220V) / 1.3hr.(440V)
	테슬라 Model 3	\$ 45,200	55 km/l 상당	401-499 km	77 hr. (110 V) / 8.5hr.(220V) / 1.3hr.(440V)
	포드 Focus Electric	\$ 29,995	45 km/l 상당	161 km	20 hr. (110 V) / 3.5hr.(220V) / 0.5hr.(440V)
	현대 Ioniq Electric	\$ 30,735	58 km/l 상당	200 km	24 hr. (110 V) / 4hr.(220V) / 0.5hr.(440V)

출처 : <https://www.kbb.com/car-values>

**미래 전기자동차 보급 전망**

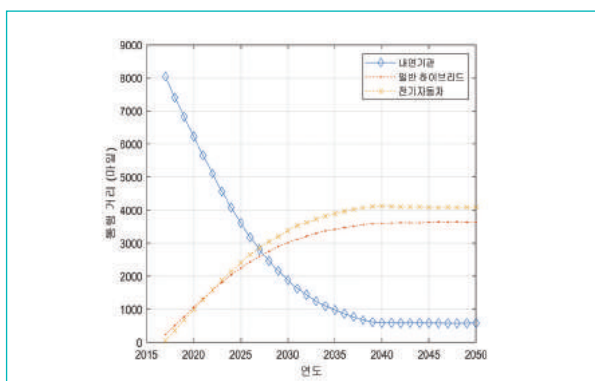
제조사들이 보다 효율적이고 더 먼 거리를 주행할 수 있는 전기자동차를 판매하거나, 정부보조금이 대폭 인상되지 않는 한, 미국의 전기자동차 보급은 단기간에 이루어지지 않을 것으로 예상된다. 실제로 2018년도에 미국에서 판매된 차량 중 약 2%만이 전기자동차인 점도 이러한 예측을 뒷받침한다.<sup>2)</sup> 전기자동차의 성장 가능성이 높은 만큼 언젠가는 내연기관 차량을 대체할 것으로 예상되지만, 시장 초기 단계의 적은 표본 수로 향후 미래를 예측한다는 것은 힘들다고 할 수 있다.

그럼에도 불구하고 다양한 연구자들이 향후 미국 시장에서의 전기자동차 보급 전망을 분석하였는데, 그 중에서 Quarles(2018)<sup>3)</sup>의 결과를 인용하고자 한다. 2017년도에 1,414명의 미국인을 대상으로 설문조사를 수행하였으며, 설문내용은 향후 신규 차량 구입 의향, 구입 시 고려하고 있는 동력 계통, 그리고 통행 행태에 관한 것이었다. 설문 결과를 바탕으로 2050년까지 매해 각 응답자가 신규 차량을 구입할 확률과, 구입한다면 어떤 차량을 구입하고, 얼마나 이용하게 될 것인지에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션에 따르면 내연기관 차량의 통행거리는 줄어드는 반면, 전기자동차의 통행량은 늘어나서, 미국에서는 2027년에 전기자동차의 이용량이 내연기관 차량의 이용량을 능가할 것으로 예측하고 있다. 전기자동차를 선호하는 이유로는 낮은 유지비를 꼽았으며, 친환경적이고 소음/진동이 적다는 의견이 많았다. 반면, 충전 시간과 주행거리에는 아직 부정적인 여론이 많았다. 일반 하이브리드 차량의 통행량도 지속적으로 증가하여, 2030년대 이후에는 기존 내연기관 차량으로 이루어지던 통행이 전기자동차와 일반 하이브리드 자동차로 대체될 것으로 전망된다.

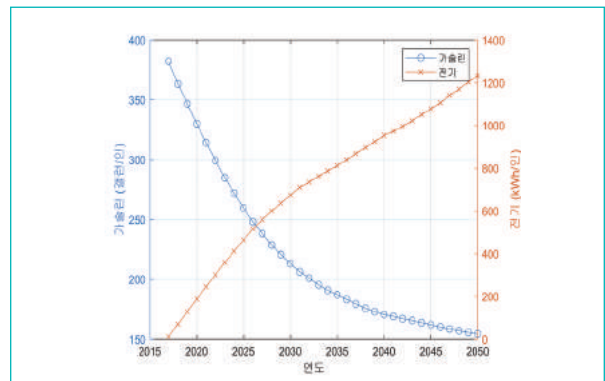
내연기관 차량의 감소와 전기자동차의 통행량 증가는 교통부문에서의 에너지 사용량에도 변화를 일으킬 것으로 예

**▶ 동력 계통에 따른 인당 통행량**



상된다. 내연기관 차량의 감소와 함께 가솔린 소모량도 감소할 것으로 예상되는 반면, 전기자동차가 많아짐에 따라 전기 사용량은 늘어날 것으로 분석되었기 때문이다. 만일 교통부문의 주 에너지원이 가솔린에서 전기로 전환된다면 안정적인 에너지원의 확보와 더불어 에너지 정책의 수정 및 개정 등 국가적인 노력이 수반되어야 할 것이다.

**▶ 교통부문에서 1인당 가솔린과 전기 사용량의 변화**



**결론**

미국은 세계에서 가장 큰 자동차 시장 중 하나로 미국 시장에서 나타나는 변화는 곧 세계 곳곳에 영향을 미칠 가능성이 높다. 특히 새로운 자동차의 등장과 보급은 일상생활과 밀접한 연관을 갖고 있는 만큼 많은 변화를 야기할 것이다. 전기자동차 충전소의 효율적인 배치가 필요하며, 충전 소요 시간과 주행거리 증가를 위한 기술적 도전을 넘어서야 할 뿐만 아니라, 대기오염 물질의 배출이 차량의 배기가스에서 전기자동차를 구동하기 위해 필요한 전력을 생산하는 발전소로 전환되는 미래를 맞이할 가능성이 높다. 전기자동차는 배기가스 배출이 없는 대신, 구동에 필요한 전력을 생산하는 발전소의 역할이 커지는 만큼 에너지 효율성과 대기오염물질 배출의 변화를 주의 깊게 살펴볼 필요가 있다. 또한, 수소 전기자동차의 장점들이 전기자동차의 단점을 보완할 여지가 있으므로 두 신기술의 상호보완적인 발전도 기대된다. 🌱

이주용 \_jylee3302@utexas.edu

\* 본 원고는 Dr. Kockelman(The University of Texas at Austin)와 공동연구 결과를 정리한 것임

- 1) Pandey, A., Pandey, G., & Mishra, R. K., 2016, Tailpipe emission from petrol driven passenger cars. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 44, 14-29.
- 2) <https://evadoption.com/ev-market-share>
- 3) Quarles, N. T., 2018, Americans' plans for acquiring and using electric, shared, and self-driving vehicles and costs and benefits of electrifying and automating US bus fleets

# 교통안전 개선에 대한 새로운 접근

임현섭 국토연구원 연구원

교통안전 프로그램과 기술에 대한 대규모 투자가 이루어지고 있지만 교통사고는 지속적으로 높은 사회적 비용을 발생시키고 있다. ‘Vision Zero’와 같은 야심찬 교통안전 목표를 달성하기 위해서는 교통위험에 영향을 미치는 요인에 대한 최신 연구결과를 살펴보고 새로운 안전개선 전략의 구상이 필요하다.

교통안전에 대한 오래된 개선전략은 개별 교통사고 자체에 집중하여 청소년 및 노년 운전자, 안전벨트 미착용 및 산만운전 등의 운전자 특성에 기인한 사고요인과 도로 및 차량의 설계와 같은 공학적 성능요인 개선에 중점을 두어왔다. 그러나 최근 여러 연구에서 교통안전에 대한 새로운 관점으로 위험 요소로서의 통행노출(총 차량통행거리 등)을 인식하며 멀티모달 구축계획을 통한 차량통행 감소, 효과적인 운송비용 책정 정책, 교통수요관리(TDM) 프로그램에 대한 전략 접근 필요성이 강조되고 있다.

본고에서는 VTPI(Victoria Transport Policy Institute)에서 제시한 해외 교통안전 최신현황 및 교통안전 영향요인에 대한 새로운 관점과 전략방안을 소개하고자 한다.

## ▶ 교통 안전에 대한 이전 패러다임과 새로운 패러다임

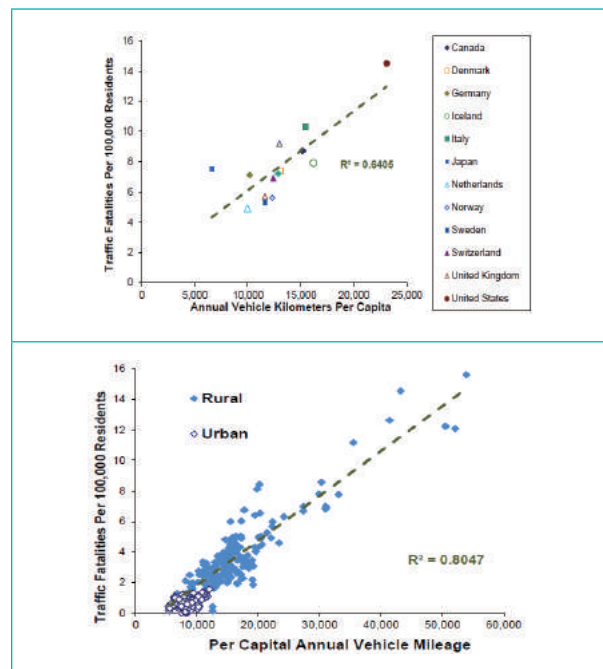
구분	과거	신규
목표	차량통행 안전개선	전체 교통시스템 안전개선
위험 측정	거리당 측정된 직접적인 사용자 위험 (예: 천억 차량-마일당 사망자수 등)	인당 거리로 측정된 타 도로 이용자의 위험을 포함한 종합 위험
해결 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로 및 차량 디자인 개선</li> <li>등급별 라이선스</li> <li>노년층 운전 테스트</li> <li>안전벨트 및 헬멧착용 요구</li> <li>산만운전 방지 캠페인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>걷기, 자전거 타기 및 대중교통 개선</li> <li>도로, 주차, 연료 및 보험료 책정 개혁</li> <li>연결성이 강화된 완전도로</li> <li>교통수요관리 프로그램</li> </ul>
분석 범위	프로그램 비용 및 교통안전 편익	사회, 경제, 환경에 대한 전체 영향

출처 : Litman, 2019

## 교통위험에 대한 새로운 이해

인구통계적, 지리적, 경제적 요인들이 교통사고율에 영향을 미치지만 사망사고율은 인구당 차량통행거리에 증가하는 경향이 있다. 주요 OECD 국가 중 미국은 십만명당 교통사망자수와 인당 연간 차량통행거리가 가장 높다. 미국 내 지역별 인당 연간 차량통행거리와 십만명당 교통사망자수도 동일한 비례 경향성을 보이는데, 이는 사고발생의 기회가 되는 차량통행 노출빈도 증가가 교통안전에 부정적으로 작용함을 의미한다.

## ▶ OECD 국가 및 미국 내 차량주행거리와 교통사고 사망률

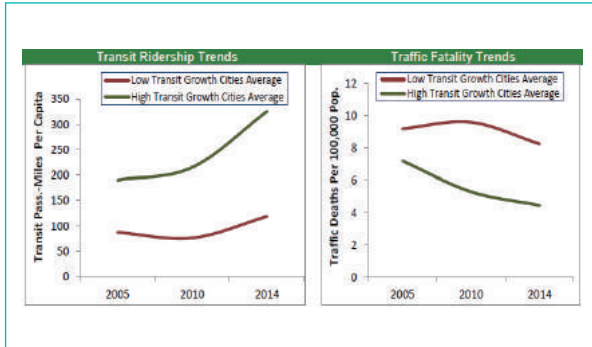


출처 : Litman, 2019

교통수단별 사망사고율은 수단별 특성에 따른 상이한 양상을 보인다. 대중교통은 거리당 사망사고율과 통행당 사망사고율이 매우 낮은 것으로 나타났고, 이륜차 이용 사망사고율은 매우 높은 것으로 나타났다. 대중교통 개선은 교통안전성을 향상시키는 것으로 나타났다. 미국 내 대중교통 이용률 고성장도시(덴버, 로스앤젤레스, 포틀랜드, 시애틀)



### ▶ 미국 대중교통 이용률과 교통사고 사망자수



출처 : Litman, 2019(APTA, 2016 재인용)

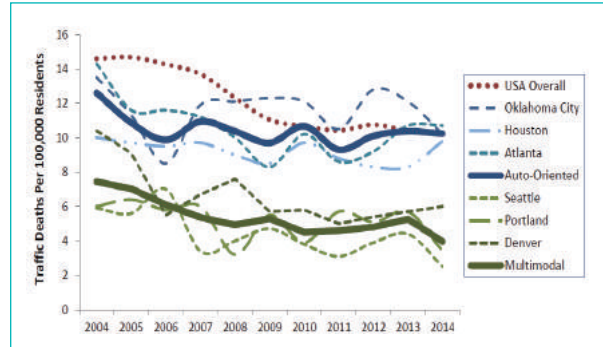
와 저성장도시(클리블랜드, 달라스, 휴스턴 밀워키, 레드라인)를 비교하면, 고성장도시들이 훨씬 높은 인당 사망사고율 감소를 나타냈다. 이는 대중교통 사용 증가가 전체 교통 안전을 향상시키는 경향이 있음을 보여준다.

최근 연구들은 통행료 및 연료비 상승과 같은 가격정책이 교통사고 발생률을 감소시킨다고 보고 있다. 14개 선진국 대상 종합연구에서는 휘발유 가격이 10% 감소하면 도로교통사고 사망자수는 2.19% 증가하는 것으로 나타났다(Ahangari, et al., 2014). 도시지역 인당 사고율은 직주균형, 다중심구조 설계, 인구밀도의 증가와 스포츠 현상의 방지, 교통네트워크의 연결성 개선, 대중교통시설의 증가, 분리된 등급별 간선도로체계를 갖추도록 낮아지는 것으로 나타났다(Najaf, et al., 2018). 이는 위와 같은 토지이용 상황이 인당 차량통행과 통행속도를 감소시키기 때문이라고 생각된다.

### 새로운 교통안전 전략

먼저 대중교통의 서비스 개선이 필요하다. 추가 노선제공, 배차빈도 증대, 배차간격 감소, 정류소 정비, 제공차량 개선, 정보제공시스템 구축 등을 통해 대중교통의 서비스 이용을 장려하고 이를 통해 승용차를 이용한 차량통행을 직접적으로 감축시킬 수 있을 것이다. 1%의 대중교통 이용률 증가는 일반적으로 1%의 차량통행 감소 효과가 있는 것으로 나타났다(ICF, 2010). 또한 다인승차량과 버스에 통행우선권을 제공하여 차량통행의 감소와 대중교통 및 차량공유를 장려하는 경우, 통근통행 사고율을 10~30% 감소시키고 전체 사고율을 1~5% 감소시키는 것으로 나타났다(Evans and Pratt, 2005). 또한, 보도 및 횡단보도 개선, 정류소 환경개선, 자전거 전용도로 구축 등의 환경개선을 통해 도보 및 자전거 통행자의 인구당 교통사고율 감소를 유도할 수 있을 것으로 보인다. 비용정책 측면에서는 도로관리비용 및 탄소세 부과 개념의 연료세 인상, 혼잡비용 부과, 거리기반

### ▶ 미국 도시별 교통수단 구성에 따른 교통사고 사망 추세



출처 : Litman, 2019

차량보험료와 등록세 도입 등으로 교통수요를 관리하고 교통안전 개선을 유도한다. 장기적 전략으로 멀티모달 구축에 의한 안전 영향이 고려된 교통계획을 지원하여 차량통행과 사고건수의 저감을 유도할 수 있다. 미국 내 멀티모달교통체계를 강화한 도시들(47%)은 기존 차량중심 도시들(19%)에 비해 교통사고 사망률이 크게 감소하였다.

이용 교통수단의 전환을 유도하고 적합한 통행속도 설정과 설계를 통해 사고 빈도 및 심각도 저감을 목적으로 연결성이 강화된 완전도로를 구축하는 것도 가능하다. 보행자의 편리성을 최대한 강조하여 보행자, 자동차, 자전거 통행간의 조화를 추구하는 완전도로의 특성상 상대적 교통약자인 보행자 안전확보에 유리할 것이다.

### 시사점

교통안전 개선을 위한 정책 고려 시, 개별 운전자의 운전특성에 집중하고 개별 사고 위험수준 감소를 목적으로 한 기존 정책시행과 별개로, 잠재적 교통사고가 발생할 수 있는 다양한 차량통행환경에 대한 운전자 및 통행자의 노출빈도 자체를 경감시키는 교통시스템 관리와 정책 시행이 요구된다. 🍀

임현섭\_hsim@krihs.re.kr

### 참고문헌

1. Todd Litman, 2019, "A New Traffic Safety Paradigm", VTPI
2. Hamed Ahangari, Jason Outlaw, Carol Atkinson-Palombo and Norman Garrick, 2014, "An Investigation into the Impact of Fluctuations in Gasoline Prices and Macroeconomic Conditions on Road Safety in Developed Countries,"
3. Pooya Najaf, Jean-Claude Thill, Wenjia Zhang and Milton Greg Fields, 2018, "City-level Urban Form and Traffic Safety: A Structural Equation Modeling Analysis of Direct and Indirect Effects,"
4. ICF, 2010, Current Practices in Greenhouse Gas Emissions Savings from Transit: A Synthesis of Transit Practice, TCRP 84
5. John E. Evans and Richard H. Pratt, 2005, Vanpools and Buspools; Traveler Response to Transportation System Changes, Chapter 5, TCRP Report 95

# 이동의 가치가 변하는 시대

이기영 한국도로공사 연구위원

## 머리말

4차 산업혁명 시대가 점점 더 다가오고 있다. 5G, 인공지능, 사물인터넷 기술은 교통체계에도 접목되어 혁명적인 이동서비스를 창출하게 될 것이다. 특히 융복합 기술이 결합된 자율주행차는 이동의 가치를 변화시키는 촉매제가 될 것이다.

이번 호에서는 4차 산업혁명 시대의 도래에 따라 이동의 가치 및 이동서비스가 어떻게 변화되는지에 대해 살펴보고자 한다. 또한 미래 교통사업에 대한 변화 방향을 전망해 보고, 우리가 무엇을 준비해야 하는가에 대해 논해 보고자 한다.

## 이동의 가치 변화

이동이란 사회적 활동을 수행하기 위한 일련의 지원행위라고 볼 수 있다. 이동자는 통행목적과 소득수준에 따라 이동수단을 선택하게 되며, 교통사업자는 이동자의 요구에 맞추어 나름대로 경쟁력 있는 이동서비스를 제공하여 왔다. 그러나 미래에는 기존의 가치 외에도 “서비스로서의 이동”, “사회적 활동이 가능한 이동” 등 새로운 가치가 더욱 더 부각될 것이다.

먼저 “서비스로서의 이동”이란 이동자가 자신의 이용수단을 찾아가는 개념이 아닌 이동수단이 자신에게 찾아오는 개념의 이동서비스를 의미한다. 즉 교통사업자가 제공하는 영역 내에서 적절한 이동수단을 선택하는 것이 아닌, 이동자가 원하는 이동서비스가 개인맞춤형으로 제공됨을 의미하는 것이다. 우리가 알고 있는 MaaS(Mobility as a Service)가 대표적인 사업모델일 것이다. 찾아오는 서비스의 개념에는 통합 서비스, 공유 서비스, 비대면 서비스, 개인맞춤형 서비스 등의 가치가 포함되어 있다.

“사회적 활동이 가능한 이동”이란 사회적 활동의 단절이 없는 이동서비스가 제공된다는 것을 의미한다. 자동차로 이동할 때는 음악을 듣거나 스마트폰을 보는 등의 제한된 활동만이 가능할 뿐 일상적인 사회적 활동은 거의 불가능하다. 그러나 스스로 움직이는 자율주행차라는 정보디바이스가 출현하게 되면, 자동차는 사회적 활동이 가능한 공간으

로 변모하게 된다. 따라서 이동이라는 행위가 사회적 활동에 전혀 부담을 주지 않는 시대가 열리게 되는 것이다.

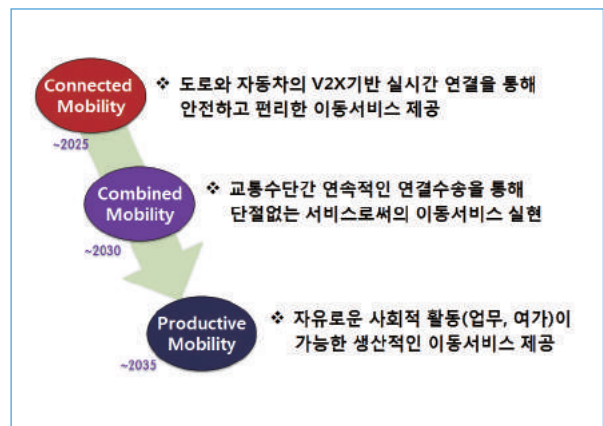
## 미래 이동서비스

앞에서 언급했듯이 미래의 이동은 이용자의 니즈에 부응하는 맞춤형 서비스와 사회적 활동이 가능한 서비스의 가치가 무엇보다도 중요하게 평가된다. 이동자는 5G, 사물인터넷을 활용하여 자신이 선택할 수 있는 모든 이동정보를 취득하게 되며, 자신에게 더 높은 만족을 주는 찾아오는 서비스를 선택하게 될 것이다. 편리한 이동을 원하는 이동자는 개인맞춤형 이동서비스를, 업무를 수행하고 싶은 이동자는 미디어 서비스가 가능한 이동서비스를 선택하게 될 것이다.

이러한 고도화된 이동서비스는 단독으로 만들어 나갈 수 있는 것이 아니다. 자동차사, ICT사 등 타 분야와의 적극적인 협력을 통해서 같이 구상하고 같이 만들어 가야만 구현 가능한 고차원의 서비스인 것이다.

미래의 이동서비스를 성공적으로 완성하기 위해서는 자율주행차의 역할이 매우 중요하다. 자율주행차는 타 교통수단의 강력한 경쟁자이면서도 타 교통수단을 지원하며, 교통수단과 교통수단을 연결하는 가교의 역할을 수행하게 될 것이다. 도로뿐만 아니라 철도, 항공 등 기존 교통수단 또한 자율주행차와의 협력모델을 구상해야 할 것이다.

## ▶ 도로부문 이동서비스의 진화



도로부문의 이동서비스는 크게 3단계에 걸쳐 점진적으로 진화하게 될 것이다. 먼저 도로-자동차간 본격적인 연결이 시도하는 Connected Mobility가 개발되고, 뒤이어 타 교통수단과의 연결을 통해 단절없는 연결수송체계인 Combined Mobility가 개발될 것이다. 마지막으로 완전자율차의 등장에 따라 도로 내에서 자유로운 사회적 활동이 가능한 생산적인 이동서비스인 Productive Mobility가 완성될 것이다.

## 미래 교통사업 방향

우선 자동차사가 미래를 어떻게 준비하고 있는지 살펴보고자 한다. 자동차사들이 자율주행차, 전기차 등 자동차 개발에만 집중하고 있다고 생각한다면 큰 오산이다. 포드자동차는 이미 정보 및 운송사업으로의 진출을 선언했다. BMW 또한 장기적으로 자사중심의 이동사회를 만들기 위해 “통합 이동서비스”를 제공하는 회사로의 변신을 준비하고 있다. 현대자동차 또한 통합 이동서비스를 위해 다양한 기관과의 협력체계를 강화하고 있다.

자동차사는 고령화, 카 셰어링 확산, 환경 규제, VR 확산 등의 사회적 현상을 고려할 때, 이제 더 이상 자동차를 제조하는 것만으로는 생존이 어렵다는 것을 인지하고 있다. 글로벌 산업의 총아인 자동차분야도 이러한 획기적 변신을 준비하고 있는 상황에서, 모든 산업분야에서의 대변혁은 필연적으로 일어나게 될 것이다.

교통사업 또한 향후 커다란 변혁을 맞이할 수 밖에 없다. 특히 자동차와 ICT 분야가 이동서비스 산업으로의 진출을 준비하고 있는 만큼 보다 치열한 경쟁관계가 형성될 것이다. 교통사업자는 이들과 경쟁하면서, 한편으로는 협력적 이동서비스 모델을 개발하면서 미래를 준비하게 될 것이다.

향후 무한 경쟁시대를 준비해야 하는 교통분야의 사업적 대응방향은 크게 6가지 정도로 요약해 볼 수 있다.

첫째, 교통사업자는 현재 각자가 담당하고 있는 역할에 안주해서는 안되며, 백지상태에서 미래의 역할을 재검토해야 한다. 이동에 대한 기본 가치가 변하는데 현재의 내 영역이 미래에도 그대로 보존된다는 것은 희망사항에 지나지 않는다.

둘째, 교통사업자는 이동과 정보를 융합한 교통정보사업에 적극적인 투자와 참여가 필요하다. 미래의 이동자는 어떤 이동수단을 선택할 것인가를 고민하는 것이 아니라 어떤 이동정보서비스를 선택할 것인가를 먼저 고민하게 될 것이다. 즉 제공되는 정보서비스에 의해 이동수단이 결정되는 시대가 도래할 것이다.

셋째, 생산적 이동을 지원하는 이동서비스 형태로 진화해 나가야 한다. 이동중에도 업무, 쇼핑, 여가 등 다양한 사회적 활동을 지원할 수 있는 이동서비스를 제공해야 한다. 사회적 활동의 제약을 최소화한 이동서비스를 제공하는 교통사업자가 강력한 경쟁력을 갖게 될 것이다.

넷째, 교통사업자는 타 분야와의 협력에 앞서 “Intermodal Mobility”라는 전략적 사업모델을 구상해야 한다. 여기에는 도로, 철도, 항공 등 여러 교통시설이 포함되어야 하며, 터미널 또는 교통시설간 교차점을 중심으로 상호 연계성, 연결성을 확보하기 위한 사업을 구상해야 한다.

다섯째, 자동차사, ICT분야와 공동으로 광역개념의 이동서비스 사업모델을 개발하고 이에 주도적으로 참여해야 한다. 단순히 우호적, 협력적인 수준이 아닌 생존을 위해 절대적 협력자를 찾아야 하며, 이들과 새로운 이동서비스를 같이 만들고 이동자의 선택을 이끌어 내야 한다.

여섯째, 자율주행차라는 정보디바이스와의 직접적인 연결을 시도해야 한다. 자율주행차는 움직이는 집, 움직이는 사무실, 움직이는 상점으로 사회적 공간이 움직이는 시대의 주역으로 성장할 것이다. 미래의 이동은 자율주행차가 핵심적인 역할을 수행하게 되며, 이와 밀접하게 연결된 기업만이 미래의 이동서비스를 주도하게 될 것이다.

## 맺음말

안전하고 빠른 이동, 지불된 비용대비 만족도가 높은 이동의 가치는 영원히 존재하는 불변의 가치일 것이다. 그러나 미래의 이동자는 각자의 요구에 응답하는 서비스개념의 이동의 가치와 활동에 구애를 받지 않은 생산적인 이동의 가치를 더 높게 평가할 것이다.

미래의 교통체계는 이동 중인 인간의 사회적 활동에 더 이상 제약을 주지 않은 이동서비스를 제공하게 될 것이다. 이동이라는 행위에 새로운 가치를 부여하는 것, 이것은 소비재로서의 교통사업 구조를 생산적 구조로 일시에 전환시키는 기회를 제공하게 될 것이다.

어느덧 미래 사회와 교통이란 주제로 연재를 시작한 지 여섯달이 지났고, 이 원고를 끝으로 긴 여정이 끝나게 되었다. 그 동안 미래 사회와 기술 변화, 도로 및 교통체계 변화, 도로의 진화 과정, 교통부문 비즈니스 모델, 초기 자율주행 시대 준비, 이동서비스의 변화와 대응 등의 다양한 이슈들을 다루어 보았다. 이번 연재가 미래를 고민하는 전문가에게 조금이나마 도움이 되었으면 하는 바람을 끝으로 기고를 마치하고자 한다. 🍀



## 간추린 소식



## 국토연구원-국토교통부 도로국 도로정책간담회 개최

국토연구원과 국토교통부 도로국은 5월 15일(수) 국토연구원 대회의실에서 도로정책간담회를 개최하였다. 양 기관은 2019년 업무계획 및 중점 추진과제를 상호 공유하고 미래 도로정책 발굴을 위한 아이디어 제안과 토론의 시간을 가졌다. 이번 간담회에는 국토교통부 장영수 도로국장과 이용용 도로정책과장 등 도로국 관계자와 국토연구원 강현수 원장, 이상준 부원장과 이춘용 본부장, 고용석 센터장을 비롯한 국토인프라연구본부원들이 참석하였다. 국토연구원 고용석 도로정책연구센터장은 유료도로 정책 및 제도개선, 친환경차 도입에 따른 新교통세 도입, 도로방재 닥터(Doctor) 제도 도입, 비법정도로의 통합조정방안 마련 등 도로정책 환경 여건 변화에 따른 새로운 정책과제를 제안하였다. 종합토론에서 장영수 국토부 도로국장은 도로연구에 있어 국토연구원에서 수행하는 공간계획들과 연관된 도로계획이 국토연구원의 강점이며 향후 연구에 반영되길 기대한다고 밝혔다. 강현수 국토연구원장은 국토연구원 내 타 본부와와의 협업으로 공간구조와 연계된 도로정책으로 연구방향을 모색하겠다고 하며, 간담회에서 제안된 아이디어들을 크고 작은 과제로 발전시켜 도로정책 발전에 도움이 되도록 노력하겠다고 화답하였다. 🍀



## 용어해설



## BIM

BIM(Building Information Modeling)은 BIM은 자재, 공정 및 공사비 등이 입력된 3차원 입체모델로 시뮬레이션을 통해 설계, 시공 및 유지보수 등을 수행, 오류·결함을 최소화하여 생산성을 배가할 수 있고 유지보수·안전관리 프로그램 등의 기초자료로 사용될 수 있는 “Big Data”이다. BIM은 기획단계에서는 노선, 환경 및 경제성 등 타당성 검토, 설계단계에서는 공법선정, 가상 시뮬레이션 등 설계완성도 극대화에 활용될 수 있다. 시공단계에서는 정밀 시공, 공정관리 및 투명한 사업비 집행이 가능하며, 유지관리 단계에서는 시설물 점검·진단시 자재, 사용연한 등 속성정보를 제공한다.

BIM 기술의 활용으로 기존의 2차원 도면 환경에서는 달성이 어려웠던 기획, 설계, 시공, 유지관리 단계의 사업정보 통합관리를 통해, 설계 품질 및 생산성 향상, 시공오차 최소화, 체계적 유지관리 등이 이루어질 것으로 기대되며, 이와 같은 이유로 선진 국가의 정부 및 건설회사에서도 BIM 기술을 도입하고자 많은 노력을 기울이고 있다. 우리나라의 경우, 건축분야 중심으로 활용 중이나, 건설 프로세스 전반에 적용되기 보다는 설계 과정에 국한하여 부분적으로 적용되고 있다. 최근에는 ‘스마트 건설기술 로드맵(2018)’ 수립을 통해 BIM의 전면 활용을 꾀하고 있으며, 우선적으로 일정 규모 이상의 도로사업에 BIM 설계를 의무화하고 공공사업 전반에 단계적으로 확대 적용할 계획을 갖고 있다. 🍀

## 참고문헌

1. 국토교통부 보도자료, 2015.1.22
2. 국토교통부, 2018, 스마트 건설기술 로드맵
3. 이강원, 손호웅, 2016, 지형 공간정보체계 용어사전

## 도로정책연구센터 홈페이지(www.roadresearch.or.kr)

홈페이지를 방문하시면 도로정책Brief의 모든 기사를 볼 수 있습니다. 또한 센터관련 주요 공지사항과 다양한 도로관련 정책 자료도 서비스 받으실 수 있습니다. 홈페이지에서 구독신청을 하시면 메일링서비스를 통해 매일 도로정책Brief를 받아 볼 수 있습니다. ▶ 홈페이지 관련 문의 : 관리자(road@krihs.re.kr)

## 도로정책Brief 원고를 모집합니다.

도로 및 교통과 관련한 다양한 칼럼, 소식, 국내외 동향에 대한 여러분의 원고를 모집하며, 소정의 원고료를 지급합니다. 여러분의 많은 관심 부탁드립니다.

▶ 원고투고 및 주소변경 문의 : 044-960-0269

- 발행처 | 국토연구원    • 발행인 | 강현수
- 주소 | 세종특별자치시 국책연구원로 5    • 전화 | 044-960-0269    • 홈페이지 | www.krihs.re.kr    www.roadresearch.or.kr

※ 도로정책Brief에 수록된 내용은 필자 개인의 견해이며 국토연구원이나 도로정책연구센터의 공식적인 견해가 아님을 밝힙니다.