

# 자율주행 시대를 대비한 도로의 역할

이기영

한국도로공사

## 요약

자동차의 끝없는 진화에 따라 자율주행 시대가 우리에게 점점 더 현실화 되고 있다. 그러나 자동차의 진화만으로 자율주행 시대가 무난히 열릴 것인가? 필자는 도로에서 발생하는 다양한 돌발적 상황을 고려한다면, 도로의 협력이 필연적이라고 본다. 본고에서는 자율주행차 시대를 수용하기 위한 도로시스템의 진화 방향을 전망해 보고, 자율주행이 우리 사회에 미치는 상징적이고 광범위한 영향력에 대해 논해 보고자 한다.

## I. 서론

우리는 1980년대에 이미 TV 프로그램이나 영화를 통해서 운전자와 대화를 나누는 인공지능을 가진 자동차를 접한 바 있다. 그 이후로 상상에 가까운 막연한 기대감은 있었지만, 자율주행이 이렇게 빠르게 다가올 것이라고는 전혀 예측하지 못했다. 향후 빠르면 5년, 늦어도 10년 이후에는 어떠한 형태로든 스스로 운전하는 자율주행차가 우리 앞에 등장할 것으로 전망된다.

자율주행차의 개발은 글로벌 자동차사의 미래의 존립여부를 결정하는 중요한 요소이기 때문에, 이들은 자율주행차 시장을 조속히 열기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 특히 자동차사의 이런 적극적인 투자가 자율주행차 등장을 촉발시키는 주요 원인으로 작용하고 있다.

자율주행차의 등장은 자연스럽게 도로분야의 변화를 요구할 것이다. 이상적인 도로조건하에서는 현재의 기술로도 자율주행을 실행하는데 큰 어려움은 없어 보인다. 그러나 도로에는 예기치 못한 돌발 상황(Incident Event)이 자주 발생하는데, 이 모든 상황을 자동차 기술만으로 극복한다는 것은 거의 불가능하다. 자율주행 기술에 대한 개발 속도를 높이고, 보다 경제적인 자율주행차를 생산하며, 사고위험을 최소화하기 위해서는 도로 시스템과의 협력은 필연적이다.

자동차와 도로분야는 인간의 이동을 지원하는 공동의 목표를

갖고 있으나, 그동안 상호 교류에 대한 경험과 노력이 거의 전무한 상황이다. 또한 현격한 기술력 차이로 인해 자율주행이라는 기술분야에 있어서는 상호 출발점이 매우 상이하다. 이것이 상호 협력을 추진하는데 있어 가장 큰 걸림돌이 되고 있다.

다만 자율주행차의 등장을 계기로 두 분야는 서서히 협력적인 관계로 변화될 것이다. 인간의 실수보다 기계의 실수는 사회적 수용성이 매우 낮은 만큼, 엄격한 기술적 완성도를 위해서는 도로시스템의 지원이 필연적일 수 밖에 없기 때문이다.

도로시스템은 전통적으로 인간을 대상으로 하여, 이들의 운전 행위를 지원하는 역할을 수행해 왔다. 그러나 자율주행차는 사람이 아닌 스스로 운전하는 기계이다. 기존 도로시스템으로 자율주행차라는 기계와의 협력을 도모할 수는 없으며, 따라서 새로운 도로시스템을 구상해야 할 시기에 와 있다.

본 논고에서는 이러한 자율주행 기술의 도입에 따라 필연적으로 요구되는 도로의 기능과 역할, 그리고 우리가 준비해야 할 세부 내용에 대해 상세하게 논해 보고자 한다. 또한 자율주행차를 수용하기 위해 필요한 도로시스템의 기능과 역할, 그리고 미래 발전 방향에 대해서도 논해 보고자 한다

## II. 자율주행차의 등장

자동차의 기술 개발 단계는 세계 여러 나라의 다수 기관 및 전문가에 의해 다양하게 정의되고 있는데, 통상 미국 도로교통안전국(NHTSA : National Highway Traffic Safety

표 1. 자율주행차의 분류(NHTSA)

| 레벨 | 자율주행 수준                         |
|----|---------------------------------|
| 0  | No-Automation                   |
| 1  | Function-specific Automation    |
| 2  | Combined-Function Automation    |
| 3  | Limited Self-Driving Automation |
| 4  | Full Self-Driving Automation    |

Administration)에서 제시한 5단계 분류 체계가 가장 널리 인용되고 있다.

NHTSA의 분류 체계를 보면, 레벨 2에서 부분적이고 국지적인 자율주행차가 개발되고, 레벨 3에서 비교적 교통류가 안정적인 고속도로에서 자율주행이 가능한 자동차가 개발되며, 마지막으로 이러한 기술을 토대로 레벨 4에서 운전자가 존재하지 않은 자율자동차가 등장함을 예고하고 있다.



그림 1. 자동차 레벨 2와 3의 주행 환경

자율주행의 초기 버전은 NHTSA에서 제시한 레벨 2의 자동차에서부터 시작된다고 볼 수 있다. 자율자동차는 운전대와 페달을 스스로 움직여 주행하며, 운전자는 만일의 사태에 대비해 전방을 주시하면서 수초 내에 위험 상황에 대처하도록 준비해야 한다. 레벨 2의 자율주행 조건은 “상당히 양호한 도로주행 조건하에서 운전자의 실시간 대기가 필요한 국지적 자율 주행”으로 정의할 수 있다. 여기서 상당히 양호한 도로 조건이란, 구간이면서 기상조건이 양호하고, 도로시설(차선, 노면 상태) 상태가 양호하며, 터널과 같이 위치기반 서비스가 어려운 구간이 없는 경우를 나타낸다.

레벨 2는 주행의 주도권이 운전자에서 자동차로 서서히 넘어가는 과도기적인 단계로 볼 수 있다. 따라서 레벨 2에서는 아직도 운전자의 역할이 매우 크다. 레벨 2의 자동차는 도로에서 발생하는 각종 돌발상황에 대해 능동적 대처가 매우 제한적이며, 따라서 시간공간적 제약이 많을 수밖에 없다.

레벨 3의 완성은 주행의 권한이 운전자에서 자동차 중심으로 전환되었음을 의미한다. 즉 자동차가 주행을 주도하게 된다. 운전자는 이제 독서를 하거나 간단한 일상 업무를 수행할 수 있게 된다. 그러나 여기에도 제약조건은 존재하는데, 운전자는 위급상황시 수초초 내에 운전이 복귀해야 하며, 레벨 3의 초기단계

에서는 자동차 전용도로와 같은 연속류에서만 자율주행이 가능하다.

마지막으로 레벨 4는 운전자 없이도 출발지에서 목적지까지 도달할 수 있는 완전 자동화된 주행기술을 말한다. 즉 공장 과학영화에서 보았던 운전자가 없이 주행하는 미래형 자동차를 말한다.

이러한 자동차를 중심으로 한 자율주행 분류체계는 도로 입장에서 보면 다소 아쉬운 점이 있는데, 예를 들어 레벨 3의 자율자동차 “주간 주행시”, “눈이 올 경우”, “야간 주행시”, “작업장 구간 주행시” 등 도로조건에 따라 전혀 다른 수준의 성능을 갖추어야 하기 때문이다. 따라서 자율주행을 자동차에 국한된 기술로 정의를 내리기 보다는 도로환경과 연계된 보다 종합적인 관점에서 새로운 정의를 내릴 필요가 있다.

### Ⅲ. 도로와 자동차의 협력

#### 1. 연계 필요성

자동차 분야는 현재의 도로시스템을 기반으로 하여 자율주행차를 개발하고 있기 때문에 아직까지는 도로분야에 대해 구체적인 요구사항을 제시하지 않고 있다. 도로분야 또한 자율자동차에게 무엇을 제공해야 할지 명확한 방향이 결정되지 않았다.

다만 현재까지 논의되고 있는 도로분야에서 지원해야 할 사항을 정리해 보면, 노면 관리, 도로시설물(차선 등) 관리, 시거와 연관된 기상 정보 제공, 도로 전방 상황 정보, 자동차 인지형 안내시설 설치, LDM(Local Dynamic Map) 구축 등으로 요약할 수 있다.

자율자동차는 분명 도로 위를 주행해야 함에도 자동차와 도로 분야간 구체적인 기술적 협력이 논의되지 않고 이유는 무엇일까? 몇 가지 주요 이유를 정리해 보면 아래와 같다.

첫째, 자동차와 도로간에는 IT관점에서 보면 기술적 격차가 엄연히 존재하며, 따라서 자동차사는 기술 협력에 대한 필요성을 현재로선 느끼지 못하고 있다. 또한 도로분야의 기술적 능력에 대한 의구심도 존재한다.

둘째, 자동차사는 현 도로를 전제로 하여 자율주행이 가능한 차량의 개발을 시도하고 있다. 따라서 지금보다는 다양한 도로 주행 환경에 적응하기 위한 자율주행 기술 개발을 수행하면서 점차적으로 도로에 요구사항을 전달할 것이다.

셋째, 도로분야 자체도 아직까지 자율주행을 위한 구체적인 준비가 되어 있지 않은 상황이다. 특히 다양한 수준의 지능을 가진 자율자동차들이 등장할 때, 이들을 어떻게 효과적으로 수

용할 것인지는 매우 어려운 문제이다. 현 도로는 인간이 인지하고 행동하는 것을 지원하기 위해 설계된 시스템이다. 기계를 위한 도로시스템은 아직까지는 상상하기 힘든 영역이다. 즉 자율주행시 도로가 어느 수준까지 개입하고 기여할 수 있는가에 대한 정의를 내리기는 매우 힘들다.

넷째, 자율주행중에 사고발생 시 도로가 연계되어 있을 경우, 그에 대한 책임 소재가 이원적(운전자와 자동차) 논점에서 다원적(운전자, 자동차, 도로)인 논점으로 확대될 수 있다. 이를 자동차사나 도로관리자가 수용하기에는 부담이 클 수밖에 없다.

구체적인 자율주행 개념이 정립되지 않은 현 시점을 감안할 때, 상호간 이해 부족, 기술력의 차이, 책임소재의 불분명 등의 이유는 두 분야간의 교류를 상당 기간동안 지연시킬 것이다.

이러한 상황임에서도 불구하고 왜 자율주행시 도로의 적극적인 참여가 필요한가? 주요 사유를 정리해 보면 아래와 같다.

첫째, 향후 도로에는 자율주행 자동차만이 존재하는 것은 아니며, 도로체계는 모든 유형의 차량을 관리하고 보호해야 하는 의무가 있다. 특히 자율자동차는 여러 등급의 지능을 갖게 될 것이며, 도로는 일반차와 다양한 수준의 자율자동차를 동시에 관리하는 다중 구조의 교통관리체계를 확보해야 하는데, 자동차와의 직접적인 연계 없이는 비효율적으로 운영될 수밖에 없다.

둘째, 도로에는 무수히 다양하고 복잡한 돌발 이벤트가 발생하는데, 이 모든 상황을 차량 자체의 기술만으로 극복하기에는 기술적, 비용적 한계에 도달할 수 밖에 없다. 따라서 다양한 이벤트에 효과적으로 대응하기 위해서는 도로와 자동차간 협력은 필수적이다.

셋째, 자율자동차의 시거는 매우 중요한 요소인데, 탑재된 비전시스템의 성능이 아무리 뛰어나도 수 km 전방의 도로상황을 인지하는 것은 불가능하다. 따라서 도로시스템을 이용하여 도로 전방의 상황을 충분히 인지시켜 주는 것은 자율자동차의 주행에 상당히 필수적인 사항이다. 그래야 운전자에게 장시간의 편안한 휴식을 제공할 수 있다.

넷째, 현재의 도로 상태가 자율주행이 가능한지에 대한 판단은 자율자동차 뿐만 아니라 도로 또한 자체적인 판단기준을 갖고 있어야 한다. 이 부분은 추후 민감한 쟁점 사안이 될 수 있다.

다섯째, 자율주행 시 기계적 에러, 운전자 대기 태만 등의 사유로 인해 긴급 상황이 발생할 경우 바로 대형사고로 이어질 수 있기 때문에, 도로는 이에 대한 대비 체계를 갖추어야 한다. 따라서 자동차와의 직접적인 연계 없이는 효과적인 대응에 한계를 가질 수밖에 없다.

여섯째, 자율주행차를 얼마나 가볍게 설계할 수 있는가는 전적으로 도로와의 연계수준에 달려 있다. 각종 비싼 센서를 탑재한 자율주행차는 대내외적으로 경쟁력을 상실할 수밖에 없다.

도로의 지원 범위에 따라 자율자동차의 경쟁력이 결정될 것이다.

지금까지 상호 교류가 안되는 이유, 상호 교류를 해야 하는 이유를 정리해 보았다. 필자의 눈에는 시간이 다소 필요하겠지만, 상호간에 요구사항이 점점 늘어나게 되면서 가까운 시일내에 협력의 장이 형성될 것이라 예상된다.

## 2. 자율주행 도입 시나리오

〈그림 2〉는 필자가 향후 자율주행 도입에 대한 시나리오를 전망해 본 것이다. 시나리오는 크게 5단계 정도로 진행될 것으로 예상되며, 각 단계별로 세부 내용은 아래와 같다.

① 자율주행차 개발 : 자동차사는 다소 국지적이고 제한적인 자율주행이 가능한 레벨 2의 자율주행차를 개발하여 도로주행을 시도할 것이다.

② 법·제도 정비 : 자율주행의 주요 관련자인 정부(도로운영자), 자동차사, 보험사, 경찰 등에 의해 관련 법·제도가 정비될 것이다. 여기에서의 초점은 어떠한 도로조건에서 자율주행을 허용할 것인지, 자율주행차의 고의 또는 실수로 인한 위험을 전을 어떻게 단속할 것인지, 사고시 책임소재에 대한 해석 장치

### ① 자율주행차 개발

- (1) 자동차사 : 최고급 사양의 자동차에 적용
- (2) 레벨 2의 자율주행차 개발 (레벨 3도 일부 포함)

### ② 자율주행관련 법·제도 정비

- (1) 관련 법제 정비 (도로법, 도로교통법 등)
- (2) 자율주행도로 설치 및 운영 기준 정립
- (3) 자율주행차 성능 검증 및 면허권 부여
- (4) 사고시 책임소재에 대한 법률적 해석 장치 마련

### ③ 자율주행차 단독 주행

- (1) 제한된 도로구간, 도로환경에서만 가능
- (2) 자율주행차의 Performance에 대한 도로 운영자 및 경찰의 모니터링 요구 증가 예상

### ④ 도출된 제반문제를 고려한 법·제도의 재정비

- (1) 자동차사 : 도로시설 보완 및 연계 지원 요청 (안전성 강화 및 차량가격 절감)
- (2) 도로운영자 및 경찰 : 자율주행차에 대한 개별단위 모니터링 요구 (운전자 상시 주시 여부, 위반 여부)
- (3) 보험사 : 자율주행 결과에 따른 책임소재 재협상

### ⑤ 도로와 연계된 자율협력주행 시행

- (1) V2X기반 도로-자동차간 개별적 정보교류체계
- (2) 도로 : 다원적 관점의 교통관리체계 구축
- (3) 경찰 : 도로시스템과 연계된 단속 체계 도입

그림 2. 자율주행 도입 시나리오

를 마련하는 것이다. 또한 인간이 아닌 자율주행차에게 면허권을 발급해야 하는 제도적 장치의 마련도 필요하다.

③ 자율주행차 단독 주행 : 도로에 소수나마 자율주행차가 등장할 것이며, 제한적이거나 자율주행이 시도될 것이다. 여기서 도로는 말 그대로 지원자의 역할을 수행하게 된다. 이를 통해 여러 유형의 장점과 단점이 도출될 것이며, 도로와 본격적인 협력 방안이 논의되기 시작할 것이다.

④ 법·제도의 재정비 : 이 단계에서는 여러 논의가 진행될 수 있는데, 자동차는 더 많은 자율권을, 도로운영자(경찰 포함)는 더 보수적인 관리권을 주장함으로써 상당 부분 마찰이 발생할 수 있는 단계이다. 이러한 복잡한 논의를 거쳐 제도의 재정비가 진행될 것이다.

⑤ 자율협력주행 시행 : 여기서의 핵심 쟁점은 도로와 자동차가 어느 수준까지 시스템적으로 연계되느냐에 대한 문제이다. 필자는 앞에서도 언급한 경제적이면서 효율적인 자율주행을 위해서는 도로와 자동차가 시스템적으로 협력하는 주행체제로 연결되어야 한다고 판단된다.

## IV. 도로시스템 개발 방향

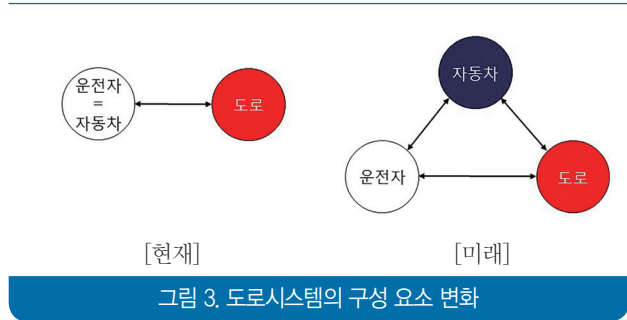
### 1. Autonomous ITS

도로는 IT기술이 결합된 지능형교통시스템(ITS : Intelligent Transportation System)을 활용하여 교통관리를 시행하고 있는데, 현재 차세대 시스템인 C-ITS(Cooperative ITS)의 개발이 진행되고 있다. C-ITS는 도로와 차량(V2I, Vehicle to Infrastructure), 차량과 차량(V2V, Vehicle to Vehicle)을 실시간으로 연결해 주는 정보통신체계를 보강한 시스템을 말한다.

자 그렇다면 도로와 자동차가 협력하는 자율주행체계에 대해 우리는 어떠한 정의를 내려야 할까? 자율협력주행 도로시스템은 “도로와 자율자동차간 정보적 또는 기계적 결합(이는 레벨 4의 자동차)을 통해서 자율주행이 시행되는 도로시스템”으로 정의할 수 있다.

자율주행차의 등장이 도로시스템에 어떠한 영향을 주게 되는 것일까? 먼저 도로시스템의 구성 요소의 변화를 보면 보다 쉽게 이해할 수 있다. 현 도로시스템은 기본적으로 사람에 의해서 판단하고 주도되는 시스템으로, 도로와 자동차는 이에 협조하는 역할을 수행하고 있다.

그렇다면 자율주행체제는 어떠한가? 주행의 주체가 인간에서 자동차로 변하게 된다. 이는 도로에서의 주행행위가 인간과 인간의 관계가 아닌, 시스템과 시스템과의 관계로 변화됨을 의미



한다. 이는 개념적으로 기존 ITS와는 완전히 다른 관점에서 자율주행을 바라보아야 하는 가장 핵심적인 요소이다.

기존 도로시스템이 운전자와 도로와의 이원적 체계로 구성되었다면, 초기 자율주행은 자동차, 운전자, 도로가 포함된 삼원적 구조로 구성되며, 자율주행이 고도화될수록 자동차와 도로와의 이원적 관계로 변화하게 된다. 특히 초기 자율주행에서는 운전자와 자동차의 역할이 명확히 구분되며, 상호 보완적이면서도 경쟁적인 역할을 수행하게 된다. 도로 또한 운영자(인간)가 아닌 자동화된 시스템이 그 역할을 서서히 대체하게 될 것이다. 즉 자율주행의 성공여부는 사람과 사람보다는 시스템과 시스템의 연계가 더 안전하고 효율적인가에 대한 물음을 채워 나가는 과정에서 해답을 얻을 수 있을 것이다.

필자는 C-ITS에 자율주행 개념이 포함되었다고 판단하지는 않는다. C-ITS에서는 어디까지나 주행의 주체는 인간이며, 시스템은 이들을 보조하는 역할수행에 초점이 맞추어져 있기 때문이다. 자율주행이 적용된다는 것은 도로시스템의 주체가 운전자에서 서서히 자동차로 이동된다는 것을 의미한다. 즉 운전을 위해 필요한 모든 판단은 인간에서 시스템으로 서서히 전이된다. 즉 교통정보를 공유하는 주체도 운전자 아닌 시스템 간에 주고 받는 체계로 전환된다. 이러한 이유로 자율주행을 인간이 중심이 되는 C-ITS가 담아내기에는 한계가 존재한다.

이러한 관점에서 자율주행이 시행되는 도로시스템을 3세대인 A-ITS(Autonomous ITS)로 정의하고자 한다. 즉 이를 레벨 2 이상의 자율주행차에 대한 관리가 가능한 도로시스템으로 정의하고자 한다. 3세대인 A-ITS는 운전자를 운전으로부터 해방시키는 단계이며, 다양한 형태의 무인 운전이 시도되는 단계이다.

A-ITS는 자율주행을 수용하기 위해 자동화 시스템으로의 진화를 추구한다. 즉 인간의 판단이 아닌 기계적 판단을 중심으로 한 도로시스템이 출현하게 되는 것이다. A-ITS의 개발 초기에는 도로와 자동차가 어떻게 협력할 것인가를 고민하겠지만, 최종적으로는 이 둘을 어떻게 하나의 시스템으로 설계할 것인가를 고민하게 될 것이다.

A-ITS는 C-ITS에서 개발중인 V2X 정보통신 기술을 보다

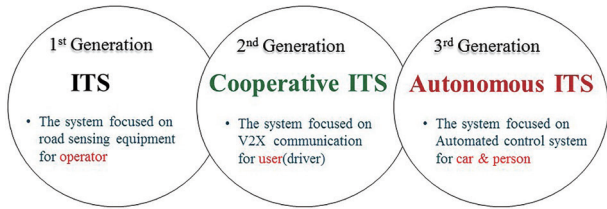


그림 4. ITS의 진화 전망

진화시켜 도로와 자율자동차와의 긴밀한 결합을 유도할 것이다. A-ITS가 고도화될수록 도로와 자동차는 하나의 결합된 시스템으로 구현될 것이다.

A-ITS를 구성하는 4대 요소는 주행 주체(D), 자동차(V), 도로(I), 제어조건(C)이다. 이 4가지 요소의 조합에 따라, A-ITS는 다양한 레벨의 시스템으로 구현될 것이며, 따라서 기존 ITS보다 매우 고도화된 구상과 설계가 필요하다.

도로(I)와 자동차(V)는 각자 독립적으로 운영되는지, 상호 연계되어 운영되는지, 아니면 시스템적으로 결합되어 있는지에 따라 다양한 형태의 자율주행 도로시스템이 구현될 것이다. 즉 자동차(V)와 도로(I)는 상호 독립적인 역할의 수행부터 시작하여, 상호 시스템적인 연계를 통해 긴밀한 하나의 시스템으로 연결되는 형태로 발전할 것이다.

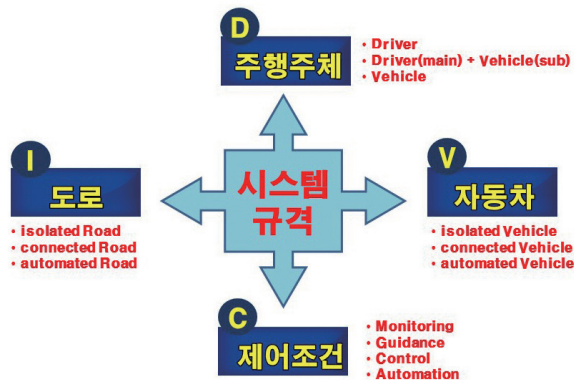


그림 5. A-ITS의 구성 요소

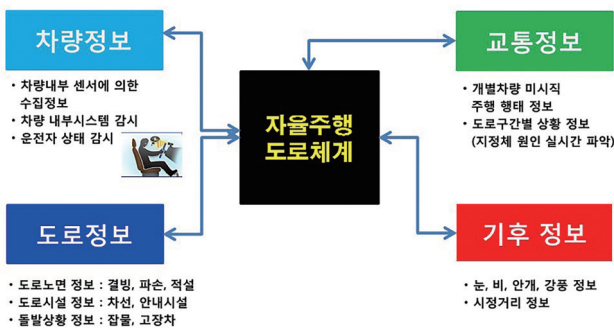


그림 6. A-ITS의 정보수집 영역

주행 주체(D)의 경우, 자율 주행권을 운전자와 자동차가 어떤 수준으로 분담하여 역할을 수행하느냐에 따라 시스템의 수준이 결정된다. 초기에는 인간의 관여가 높을 것이고, 시스템이 고도화될수록 인간의 역할은 축소될 것이다. 제어조건(C)은 자동차의 자율주행에 도로가 어느 수준까지 관여하는가에 따라 달라진다. 초기에는 모니터링에서부터 시작하여 후후 제어적 관계로 진화될 것이다.

자율주행을 위한 도로의 주요 모니터링 영역은 <그림 6>과 같이 4개로 구분된다.

- 차량 정보 : 차량내부 센서에 수집된 데이터의 도로 정보화, 운전자 행태에 대한 모니터링 정보
- 도로 정보 : 노면, 차선, 돌발장애물, 도로지원시설 등에 대한 상태 정보
- 교통 정보 : 개별차량 주행 상태 정보, 도로 구간별 소통상황 정보
- 기후 정보 : 눈, 비, 안개, 강풍, 시정거리 등 날씨 정보

## 2. Autonomous ITS 개발 방향

이제 A-ITS의 효율적인 구축을 위해 도로분야에서 조속히 준비해야 할 사항을 정리해 보고자 한다.

첫째, 자율주행을 위한 도로와 자동차의 역할 분담에 대한 중장기 로드맵을 수립해야 한다. 즉 다양한 레벨의 자율주행차를 도로가 어떻게 수용하고 협력할 수 있는지에 대한 청사진을 제시해야 한다.

둘째, 도로에 자율주행 차량이라는 새로운 존재가 출현하는 만큼, 도로는 일반 차량과 자율 차량을 효과적으로 관리하여 서로 조화로운 주행이 이루어지도록 다차원 개념의 교통관리체계를 정립해야 한다.

셋째, 자율주행 협력체계는 시스템의 설치 및 운영비용에 있어 경쟁력을 갖도록 개발되어야 한다. 차량의 비용적 경량화는 국제적 경쟁력을 갖추기 위한 필수 조건이며, 자동차분야 스스로가 기술적 해법을 찾는 것도 중요하지만, 도로 또한 차량에 부착된 센서를 최대한 어떻게 줄여줄 수 있는가를 고민해야 한다.

넷째, 도로는 최적의 도로, 노면 상태를 언제나 완벽한 형태로 유지하기 위해서 USN기반 첨단 모니터링, 유지관리 기술을 확보해야 한다. 인간이 질병이 생겼을 때 신경 조직에 의해 이를 바로 알 수 있듯이, 유비쿼터스 모니터링 체계를 구현해야 한다.

다섯째, 도로는 실시간 대응 능력 강화를 위해 로컬 단위에서 직접 대응하는 분산형 교통관리체계를 갖추어야 한다. 자동차와 도로의 연계는 실질적으로 상호 필요성을 인정해야 성립되는 것으로, 가장 중요한 기능인 시스템의 실시간 운영성을 확보해야 한다. 즉 서로가 필요한 정보를 실시간으로 제공해야 진정한

표 2. ITS의 상세 분류

| 등급 | 도로시스템    |                | 대상자율<br>자동차<br>(NHTSA) | 허용되는 자율주행 방식       |                            |                              |                 |
|----|----------|----------------|------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|
|    |          |                |                        | 도로조건               | 기후조건                       | 차량 기능                        | 운전자             |
| 1  | ITS      | -              | Level 0                | 일반 도로              | -                          | -                            | 직접 주행           |
| 2  | C-ITS    | -              | Level 1                | 일반 도로              | -                          | 부분적인<br>자동차 자체 대응            | 직접 주행           |
| 3  | A-ITS(S) | L<br>(low)     | Level 2                | 연속류<br>본선 특정구간     | 이상적 기후조건                   | 차로변경불가                       | 수초내<br>반응토록 대기  |
| 4  |          | M<br>(medium)  |                        | 연속류<br>본선 특정구간     | 이상적 기후조건                   | 차로변경 일부가능<br>(주행속도는 주변 순응속도) | 수초내<br>반응토록 대기  |
| 5  | A-ITS(H) | L              | Level 3                | 연속류<br>본선 전체 구간    | 이상적 기후조건                   | 차로변경가능<br>(추월행위 가능)          | 수초내<br>반응토록 대기  |
| 6  |          | M              |                        | 연속류<br>전체 구간       | 이상적 기후조건<br>(야간 가능)        | 연결로,<br>톨게이트 구간<br>주행 가능     | 수분내 반응<br>토록 대기 |
| 7  |          | H<br>(high)    |                        | 연속류, 준연속류<br>전체 구간 | 준 이상적 기후조건<br>(약한 비, 눈 가능) | 교차로 신호<br>대응 가능              | 수분내 반응<br>토록 대기 |
| 8  |          | S<br>(special) |                        | 시가지<br>도로구간        | 불안정한<br>기후조건 가능            | 보행자, 신호,<br>돌발대응 가능          | 수분내 반응<br>토록 대기 |
| 9  | A-ITS(F) | H              | Level 4                | 모든 도로에서<br>가능      | 기후조건 제한없음                  | 스스로 주행                       | Free            |
| 10 |          | S              |                        | 3차원<br>공간에서도 가능    | 기후조건 제한없음                  | 스스로 주행                       | Free            |

한 협력관계가 형성되는 것이다.

여섯째, 자율주행의 효율성을 위해 객체지향형 유비쿼터스 정보통신체계 기술을 확보해야 한다. A-ITS는 정보를 단순히 교환하는 수준이 아니라, 레벨 4의 자율자동차를 수용하기 위해서는 기계적 상호 연결까지도 검토되어야 한다. 따라서 완성도 높은 개별성에 기초한 V2X기반 통신기술을 확보해야 한다.

일곱째, 자율주행으로 인해 발생하는 각종 이벤트에 대해 원인 규명 및 책임 소재를 명확히 할 수 있는 진단체계를 준비해야 한다. 자율주행 시 사고의 원인 및 책임소재를 규명하는 것은 힘든 작업이나, 이 문제가 해결되지 않고서는 자율주행 상용화에 있어 가장 큰 장애물로 작용할 수 있다.

여덟째, 자율주행 차량을 위한 제도적 뒷받침이 준비되어야 한다. 자율주행 허가 제도의 도입 등 법률적, 제도적 장치를 마련해야 한다. 관련 기술 개발 및 실험 주행에 필요한 법률적 제도를 마련하고, 테스트베드를 설치하여 운영해야 한다.

아홉째, 세계적인 시스템 표준화 작업에 동참해야 하며, 더 나아가서는 이를 선도해야 한다. 이는 세계 시장 진출을 위해서 매우 중요한 사안이며, 세계 시장 선점의 시발점이다.

마지막으로 정보 보안에 대한 문제의 해결이다. 개인 정보 보호도 중요하지만, 자율주행 중에 시스템이 해킹을 당한다면 대형 사고로 이어질 수 있다. 따라서 시스템 보안 문제는 매우 중

요하게 다루어져야 한다.

### 3. Autonomous ITS의 세분화

이제 자율협력 주행이라는 관점에서 자율주행 도로시스템을 정의해 보고자 한다. 즉 기존 시스템에 자율주행이라는 영역을 포함시켜 도로시스템에 대한 지능화 등급을 재구성하고자 한다.

도로는 그 등급과 유형에 따라 교통관리에 대한 난이도가 상이하하다. 즉 고속도로와 같은 연속류 보다는 시가지 도로와 같은 단속류의 경우에는 보행자까지 포함하여 보다 복잡한 이동 구조를 가지며, 따라서 교통관리측면에서 보다 더 어려운 조건을 갖게 된다.

따라서 도로분야는 등급과 유형을 기준으로, 자동차분야는 NHTSA의 분류체계를 기준으로, 이 둘을 결합시켜 A-ITS의 세부 영역을 구분해 보고자 한다. A-ITS는 크게 기술적 난이도에 따라 3개의 세부 단계로 구분할 수 있다.

- A-ITS(S)  
: A-ITS with Semi-automated function
- A-ITS(H)  
: A-ITS with Highly-automated function
- A-ITS(F)  
: A-ITS with Fully-automated function

A-ITS(S)는 다소 시공간적으로 제한된 자율주행이 허용되는 도로시스템을 말한다. 자율주행 차량은 제한적인 조건하에서만 자율주행이 가능하며, 다만 운전자는 운전이 완전히 자유롭지는 않아 항상 주행에 개입할 준비가 되어 있어야 한다. 즉 주행 상태가 좋은 도로환경에서만 제한적 자율주행이 가능하며, 운전자는 지속적으로 전방을 주시해야 한다. 단 이 도로는 미시적 모니터링을 통해 자율주행차를 지원하는 역할을 수행한다. A-ITS(S)는 주변 교통류와의 순응성을 고려하여 A-ITS(S)-L과 A-ITS(S)-M으로 구분된다.

A-ITS(H)는 다양한 도로환경에 대한 극복을 통해 보다 고차원적인 자율주행 기술이 가능한 도로시스템을 말한다. 특히 자율주행시 운전자의 개입은 최소화되며, 운전자는 운전 외에 다른 업무나 휴식을 취할 수 있게 된다. 이 단계에서는 조건이 다소 좋지 않은 환경에서도 자율주행이 가능하며, 다양한 군집주행 형태도 등장할 것이다. 도로시스템은 자율주행에 적극적인 개입을 통해 주행상태를 모니터링하고 필요시 자율주행 행위에 직접 관여하게 된다. 이 시스템은 자율주행이 가능한 대상 도로 유형이나 기후 등 도로조건에 따라 4개로 세분화된다.

A-ITS(F)는 기본적으로 운전자라는 개념이 존재하지 않는다. 즉 출발지에서 목적지까지 인간에 의한 운전행위는 존재하지 않으며, 무사고 무정체 도로교통 환경이 구현된다. 이 단계에서 도로 시스템의 궁극적인 비전과 목표가 실현될 수 있을 것이다. 이 단계는 주행가능한 공간을 대상으로 2차원과 3차원으로 나누어 세분화된다.

지금까지 기존 도로시스템에 자율주행기술을 접목하여 ITS 분야를 크게 10개의 세부 단위로 분류해 보았다. 자율주행 도입은 오히려 ITS에 구체적인 목표와 방향성을 제시하는 순기능이 존재하는 만큼 조속히 상세 개발 로드맵을 개발할 필요가 있다.

## V. 결론

자율주행 도입의 효과는 크게 3가지 측면에서 발생한다. 첫째, 자율자동차와 도로의 결합을 통해 도로의 영원한 숙제인 안전성, 이동성, 편의성 등의 전통적 가치를 극대화 할 수 있다. 둘째, 도로라는 공간을 생산성 있는 공간으로 변화시켜 새로운 부가가치를 생산하는 공간으로 변화시킨다. 셋째, 자율주행으로 인해 거대한 새로운 시장이 형성되어 막대한 경제적 파급효과가 기대된다.

자율주행은 도로라는 세상과 단절된 공간을 세상과 연결해 주는 새로운 기회를 제공하게 된다. 도로라는 공간을 활동 공간으로, 생산성 있는 공간으로 변화시킬 수 있는 가장 좋은 계기

가 바로 자율주행의 도입이다. 자율주행차는 이동중인 상황에서도, 인간에게 사회적 행위를 단절없이 수행할 수 있는 기회를 제공한다. 즉 도로라는 공간이 이동의 수단이 아닌 목적 자체를 수행하는 공간이 될 수 있음을 의미한다.

자율주행으로 인해 가져 올 도로시스템의 혁신적 변화를 정리해 보면 아래와 같다.

첫째, 가장 중요한 개념적 전환은 인간을 운전에서 해방시킬 수 있다는 점이다. 운전은 즐거움이기도 하지만 노동 행위로도 볼 수 있다. 따라서 인간에게 운전 행위에 대한 선택권을 부여한다는 것은 도로의 가치를 더 높여 줄 수 있는 계기를 제공한다.

둘째, 운전자의 미숙한 운전, 불법 행위, 무리한 운전 행위 등 주요 운전자 사고 요인을 제거함으로써, 사고 감소 효과를 기대할 수 있다는 점이다. 즉 사고 원인의 주 요인으로 운전자 요인을 70~80% 수준으로 보고 있는데, 이를 원천적으로 제거할 수 있는 기회를 제공한다.

셋째, 수송 경쟁력을 강화할 수 있다. 버스, 화물차와 같은 운송업자의 경우, 비슷한 성능을 가진 대형 차량을 군집주행하게 함으로써, 인건비, 연료 및 오염물질을 줄일 수 있어 수송 경쟁력을 획기적으로 강화시킬 수 있다.

넷째, 자율주행을 통해서 도로용량을 기존보다 획기적으로 증가시킬 수 있어 도로 인프라 구축 비용을 대폭적으로 감소시킬 수 있게 된다. 또한 인프라 중심의 투자방식을 IT중심의 기술적 투자방식으로 전환시킬 수 있다.

다섯째, 자율주행은 기존 자동차 및 도로 시장 외에도, 자율주행체계라고 하는 새로운 시장을 창출하게 된다. 따라서 사회 전반에 걸쳐 큰 영향을 줄 것으로 전망된다.

자율주행 도로체계는 인간을 운전에서 해방시켜 다른 활동을 수행하게 함으로써 단절된 도로공간을 열어 새로운 사회적 부가가치를 창출하고, 무사고, 무정체라는 궁극적인 이동 목표를 달성하며, 자율주행이라는 새로운 사업 영역을 창조함으로써 혁명적인 사회적 변화를 주도하게 될 것이다.

지금까지 향후 자율주행 기술의 발전을 전망해 보고, 이를 수용하기 위한 도로시스템의 발전 방향을 살펴 보았다. 즉 A-ITS에 대한 개발 방향을 전망해 보고, 성공적인 자율주행이 도로에서 구현되기 위해 준비해야 할 사항에 대해 다양한 관점에서 검토해 보았다.

자율주행의 실용화는 단순히 똑똑한 차량이 도로를 등장하게 되는 단순한 사회 현상이 아니다. 우리는 새로운 사회적 가치를 재정립하고, 새로운 성장 동력을 얻기 위해 다가오는 자율주행 시대를 차분히 열어가야 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 한국교통연구원의, 고속 군집주행 지원 시스템 개발 기획보고서, 발주 : 국토교통부- 국토교통과학기술진흥원, 2013.
- [2] 이기영, ITS의 발전과 자율주행 실현 전망, 도로학회지 제 16권 제4호, 한국도로학회, 2014.

## 약 력



이 기 영

1993년 한양대학교 교통공학과 공학사  
1995년 한양대학교 교통공학과 공학석사 (교통계획)  
2006년 한양대학교 교통공학과 공학박사 (교통공학)  
1995년~현재 한국도로공사 도로교통연구원  
교통연구실 수석연구원  
관심분야: ITS, C-ITS, 자율주행, 교통정보, 교통운영,  
교통안전