

자율주행기술 및 서비스

Autonomous Driving Technology and Service



장정아



박동용

1. 서론

21세기 인터넷 IT 기업의 대명사인 구글은 Self-Driving Car를 개발하여 운전자의 조작없이 차량을 무인으로 고속으로 주행하는 등 정보통신기술과 자동차의 접목을 보여주었다. 이러한 무인자동차 기술에 대한 현실성은 구글과 같은 기업 외에도 미국의 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) Grand challenge 대회를 통해 그 가능성을 충분히 보여준 바 있다.

이러한 운전자의 조작이 없는 차량의 운행인 무인자동차 기술, 즉 자율주행(autonomous driving)의 개념은 첨단도로자동차시스템(Advanced Highway and Vehicle System)의 형태로 기존 지능형교통시스템(Intelligent Transport System, ITS) 분야에서도 이미 제시된 바 있었다. 기존 ITS 분야에서 제시하였던 자율운행의 개념은 군집운행(automated platoon)과 같이 협력형(cooperative)

교통흐름을 지향하고 있는 반면에 최근의 무인자동차들은 독립형 혹은 적은 차량대수의 상황에서 차량이 스스로 인지, 판단, 운행하는 형태를 띠고 있다. 이는 교통에서 이야기하는 체계 최적(system optimal) 상황의 자율 운행과 사용자 최적(user optimal) 상황의 자율 운행으로 대비되어 생각할 수도 있는 문제이다.

21세기의 정보통신 기술의 눈부신 발전과 그 속도를 비추어 볼 때 이러한 두 가지의 자율주행 형태는 결국 단일화된 하나의 서비스로 교통시스템에 변화를 줄 수 있을 것으로 예측할 수 있다. 예를 들어, 차량이 적은 구간 혹은 외부 환경 요인이 적은 구간은 차량 자체의 자율주행형태로 운행되고, 교차로와 같이 의사결정이 보다 복잡하게 필요한 구간에서는 협력적 형태의 자율주행기술이 요구될 것이다. 이러한 일련의 자율주행서비스는 기존 교통류의 흐름에 영향을 주어, 효율성과 안전성을 보다 증진시키는데 기여함으로써 현재의 교통문제의 해석과는 다른 양상을 보일 것으로 판단된다.

장정아 : 한국전자통신연구원 융합기술연구부 자율차-조선IT연구부, azang@etri.re.kr, 전화번호:042-860-5636, 팩스번호:042-860-1085
박동용 : 한국전자통신연구원 융합기술연구부 자율차-조선IT연구부, dykwak@etri.re.kr, 전화번호:042-860-5148, 팩스번호:042-860-1085

물론 교통이 운전자, 차량 그리고 도로의 3요소로 이루어져 있는 것처럼, 향후에 운행의 주체가 되는 운전자가 주행 조作的 과정을 100% 포기하여 자율주행시스템에 운행을 맡기는 형태로 시스템을 100% 모두를 신뢰하는 것은 SF 영화에서나 선보일 수 있는 먼 미래일 수 있다. 그러나, 부분적 혹은 특정 상황에서의 자율 주행은 분명히 실현될 것이고, 도입될 가능성은 지속적으로 요구될 것이다. 이러한 자율주행 개념의 교통시스템을 지속적으로 주목하여 보고 이를 교통기술과 정책 측면에서 고민해 볼 필요가 있다.

본 연구에서는 이러한 자율주행이라는 주제를 가지고, 최근 가장 활발히 연구가 진행된 관련 기술현황, 국내외 현황, 자율주행기술, 그리고 도로 인프라와의 융합을 위한 신규 IT접목 교통서비스를 제시하여 보고자 한다. 이러한 일련의 기술과 서비스에 대한 미래 시나리오의 현재의 첨단운전자 보조시스템(Advance Driver Assitance System) 측면의 운전자 경고(Warning, Alert) 이상으로 자율주행 개념의 도입을 위한 차량제어(Vehicle Control)가 가능하도록 하여 궁극적인 자율주행서비스가 실현되는데 중요한 시발점이 될 것으로 사료되는 바이다.

II. 태동기- 국내외 사례

1. 개요

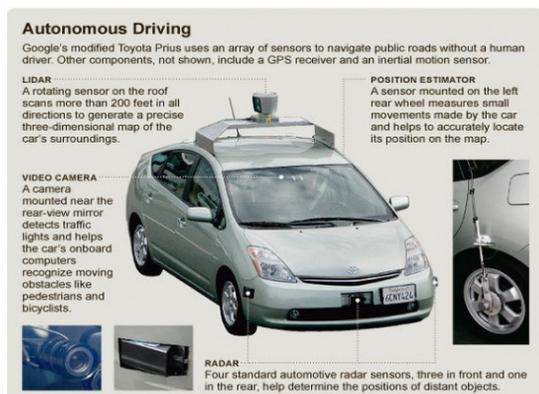
현재 자율주행과 관련한 분석은 분석자의 의도에 따라 그 구분이 매우 달라질 수 있으며 본 고에서는 이에 대한 현황 기술 분류를 Wikipedia에서 제시된 형태로 설명하고자 한다¹⁾. 자율주행과 관련하여는 크게 3가지 형태, 즉 완전 자율형(Fully autonomous), 인프라 연계형(Pre-built infrastructure), 운전자 보조형(driver-assistance)로 구분할 수 있다. 완

전자율형태의 경우는 인프라시설의 도움 없이 차량 스스로 운행하는 형태이다. 인프라 연계형태는 특정 문제의 상황을 풀기 위해(예로 캠퍼스지역, 자동발렛파킹 유도지역 등) 인프라에 설치된 기술을 활용하는 형태이다. 운전자 보조형태는 완전 자율주행이 목적이 아니지만 향후에는 그러한 서비스의 일부로서 사용이 가능하며, 현재는 운전자의 의사결정의 보조로 사용가능한 기술로 크루즈컨트롤(cruise control) 이 그 예이다.

2. 완전 자율형 주행(Fully autonomous driving)

1) 도로상의 자동차

구글의 무인 자동차는 2010년 10월 23만 km를 사고없이 주행하였다²⁾. 또한 유럽의 EUREKA Prometheus Project (1987-1995)에서는 교통 혼잡상황에서 주행할 수 있는 쌍둥이 로봇 차량 VITA-2와 VaMP를 주행한 바 있다. VIAC (VisLab Intercontinental Autonomous Challenge)에서 2010년 7월 26일부터 10월 28일까지 이탈리아부터 중국 상하이까지 15,000km를 운전자 없이 주행하였다³⁾. <그림 1>은 구글의



<그림 1> 구글의 무인자동차

1) http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge
 2) http://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html?_r=1&hp=&pagewanted=all
 3) http://vislab.it/Projects/view/32/VisLab%27s_adventure_on_the_Silk_road

무인자동차의 기술을 보여준다. 차량에는 Lidar, 비디오카메라, 정밀측위장치, 레이더 등의 센서들을 탑재하였고 이를 기반으로 주행상황을 검지하여 무인주행이 가능토록 하였다.

2) 로봇개념의 자동차

미국의 DRAPA가 주관하는 Grand Challenge 는 특정 코스를 무인으로 차량이 자율로 주행하여 off road를 포함한 목적지까지 도달하는 것을 목표를 두고 있다. 2004년 첫 경주에서는 100여개 팀, 2005년은 5개 팀이 11.78km의 코스를 완주하고, 2007년의 Urban Challenge 는 96km 시내 코스에 대하여 교통법규를 준수하면서 6시간 이내에 도착하는 것을 목적을 두어 경기를 진행하였다. 그 결과 CMU (Carnegie Mellon University)의 Tartan Racing 팀이 4시간 10분 만에 도착하여 우승을 하였고, Stanford와 Virginia Tech에서 정해진 시간에 완주 하였다.

독일 국방부에서는 2006년 3월 European Land-Robot Trial(ELROB)을 통해 원격으로 자동으로 운행하는 로봇개념의 차량을 시연하였다. 특히 스위스의 스마트팀인 SmartTer⁴라는 외부환경에서 자율 운행 및 매핑하는 차량을 개발하여 시연하였다. 이러한 무인 자동차들의 운행 시연은 우리나라에서도 2010년 현대자동차 주관의 “무인자동차 경진대회”가 개최되었고, 한양대학교



〈그림 2〉 Stanford 대학 무인 자동차¹⁾



〈그림 3〉 PRT 사례

팀이 우승한 바 있고, 이러한 시연 대회를 통해 많은 국내 연구진들의 기술도 매우 높음을 확인할 수 있었다.

3. 인프라 연계형 주행(Pre-built infrastructure based driving)

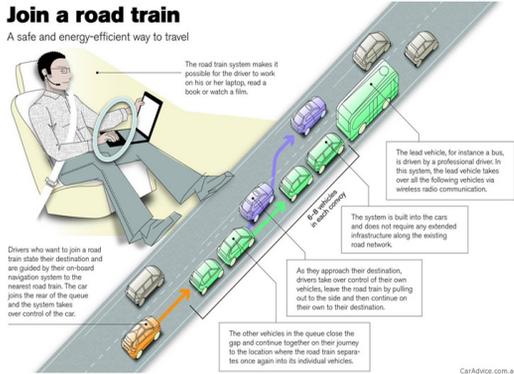
1) 신교통시스템

자동운전궤도시스템(Automated Guideway Transit, AGT)와 같은 신교통시스템에서 운전자 없는 자율주행이 이루어진다. 이러한 신교통시스템은 AGT 이외에도 모노레일, 자기부상식, 호출버스, 듀얼모드버스, PRT(Personal Rapid transit) 등이 있을 수 있으며 특정궤도내를 운전자 없이 자율로 운행하는 특성을 가지게 된다. 이에 따라 궤도에 해당하는 인프라의 설치 및 운영에 있어 자율운행 개념이 수반된다.

2) 자동운전도로(Automated highway systems)

자동운전도로시스템(Automated highway systems)은 1997년 미국의 캘리포니아 주와 카네기멜론 대학에서 그 시연을 보인바 있으며 주된 개념은 군집주행이다. 동시적인 차량의 가감속제어를 통해 차량간격을 줄여 군집운행을 진행함으로써 연료와 공기저항을 줄이고, 혼잡을 줄이는데 기여할 수 있다. 유사한 크루즈컨트롤 시스템이 벤츠, BMW, 폭스바겐, 도요타 등의 자동차에 장착

4) <http://smart-team.ch/>



〈그림 4〉 SARTRE 프로젝트

되어 있다. 또한 EC 지원의 SARTRE Project (Safe Road Trains for the Environment)가 2009년 9월부터 3년간의 과제로 진행되고 있다.⁵⁾

4. 운전자 보조형 주행(driver-assistance driving)

차선이탈경고시스템(Lane Departure Warning System), 충돌방지시스템, 나이트비전과 같은 센서기반의 운전자 보조시스템 등이 있다. 또한 안티록 브레이킹 시스템(Anti-lock braking system), 전자안전제어(Electronic Stability Control), 구동력제어장치(Traction control system), DSR(Dynamic steering response)와 같은 차량 애츄에이터 연계 시스템이 상용화 되어 있다. 또한 지능형주차보조시스템(Intelligent Parking Assist System) 기술은 도요타에서 2004년 선보인 이후 현재까지 많은 자동차 회사들이 기술 신뢰도를 높이기 위한 연구들을 진행하고 있는 상황이다.

III. 자율주행기술

1. 자동차 제어 기술

자동차 제어 기술은 차내망 통신 기술을 이용하

여 차내의 각종 구성요소로 전달하는 기술로서 브레이크, 스티어링휠, 엑셀레이터 등의 각종 차량 구동 장치를 애츄에이터로 기계적인 제어기술과 전자식 제어기술인 X-by-Wire 기술이 있다. 이중 능동적 안전문제(Active Safety)와 차량의 지능화, 연비 개선 등에 획기적 도움이 되는 것으로 Throttle-by-Wire, Brake-by-Wire, Steer-by-Wire, Shift-by-Wire 등의 X-by-Wire 기술은 주목할 만한 기술이다(자동차부품연구원, 2007). 최근 전기자동차, 연료전지자동차 등의 자동차의 변화에 X-by-wire 기술은 자동차의 거동이나, 주위 상황을 상세하게 파악하는 감지기술에 더해 조향, 제동과 엔진 토크 등을 정밀하게 제어 가능하므로, 높은 신뢰성과 내구성을 겸비한 제품들의 기술개발이 고도화되고 있다. 이러한 기술들은 궁극적으로 도로교통기술에 영향을 미치며 다양한 능동적 안전서비스 및 자율주행기술의 실현을 앞당기게 될 것으로 보인다.

2. 차량용 센서 기술

실시간 데이터는 운행 차량 내의 정보와 도로인프라환경하에서의 정보로 구분이 가능하다. 센서 정보 수집, 처리, 가공기술의 단계별로 센서종류별 기술과, 각 센서의 신호처리 및 제어 기술, 센싱정보의 가공기술 등이 존재한다. 차량의 자율주행을 위해서는 다양한 센서들의 활용 및 사용이 가능하다. 예를 들어 차량에 탑재된 형태로 LIDAR 센서, 레이더센서, 영상센서, 초음파센서, GPS(Global Positioning System, GPS), 조향각센서 등이 존재한다. 최근에는 이러한 센서들이 융합 센서 형태의 연구 및 상용화가 활발히 추진되고 있다. 또한 도로 인프라 환경하에서는 기존 ITS에서 널리 활용된 지점검지기술과 구간검지기술이 있으며, 각 세부 센싱기술들은 융·복합검지 형태로 진화되어 서로 상호적으로 활용되고 있는 실정이다.

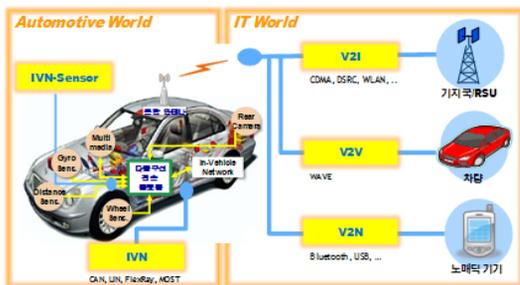
5) <http://www.sartre-project.eu/en/Sidor/default.aspx>

3. 차량 통신 기술

자율주행 서비스의 필수 요건은 실시간성이 확보되고 신뢰성이 보장된 통신이 되어야 한다는 것이다. 즉, 다수의 차량에 대하여 무선 통신을 이용하여 차량과 차량(V2V) 또는 차량과 도로 상의 기지국간(V2I)의 네트워크를 자율적으로 형성하는 차세대 네트워크 기술이 요구된다. 이러한 기술은 다양한 무선 통신 기술이 활용될 수 있다. 이러한 통신기술 중에 최근 각광을 받고 있는 것은 WAVE(Wireless Access in Vehicle Environment) 기술로서, V2V와 V2I가 지원이 가능한 기술이다. 이러한 상용화가 가능한 도로 통신기술에 대하여 다양한 자율주행 서비스에서도 구현이 가능할 것으로 보인다. 또한 최근 크게 이슈화되고 있는 <그림 5>와 같은 V2X 통신기술 개발을 통해 도로-차량-단말기에 적용 가능한 모든 형태의 통신 방식을 구현이 가능하며 이를 적용한 자율주행서비스 적용이 가능할 것으로 보인다.

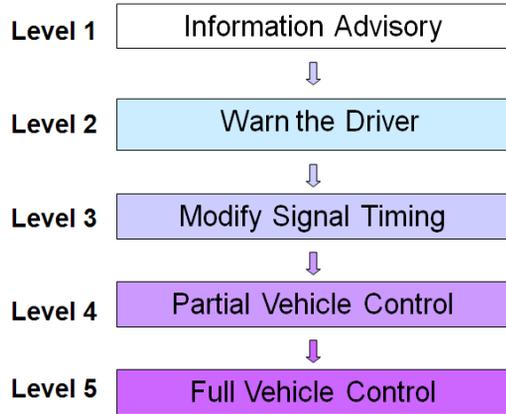
4. 서비스 기술

차량의 제어, 데이터의 실시간 수집 그리고, 신뢰성이 확보된 통신기술이 수반된다면 이를 도로위를 운행하는 운전자 혹은 차량에게 서비스의 제공이 가능하다. <그림 6>은 미국의 CICAS (Cooperative Intersection Collision Avoidance



출처: 광동용, 2009

<그림 5> V2X통신기술의 개념



출처: Mike Schagrin, 2005

<그림 6> 서비스의 제공단계 유형

System) 프로젝트⁶⁾에서 서비스 설계를 위해 개념을 제시할 때 사용된 교통서비스 제공수준에 따른 프로세스이다. 이중 1단계는 현재 ITS에서 활용되고 있는 실시간 교통정보제공서비스가 해당된다. 2단계의 경우는 실시간 안전정보제공 예를 들어 교차로 충돌경고 등이 해당된다. 3단계의 경우 CICAS에서 진행하였듯이 신호기 정보의 변경 등의 운전자 측면에서의 제어 전략을 의미한다. 4단계는 부분적인 차량의 제어를 의미하며 특정 차량에 대한 가감속 제어를 통한 적정속도 유지 등의 기술이 해당될 수 있다. 5단계는 궁극적으로 완전 차량 자율 주행을 의미한다. 이러한 각 단계에 해당되는 교통서비스는 다양한 기술들이 접목하여 적용될 수 있으며 이는 궁극적으로 도로교통시스템의 운전자나 운영자에 대한 변화를 가져오게 되고 교통분야의 혁명이 이루어질 수도 있다고 본다.

IV. 자율주행 서비스의 미래시나리오

1. 개요

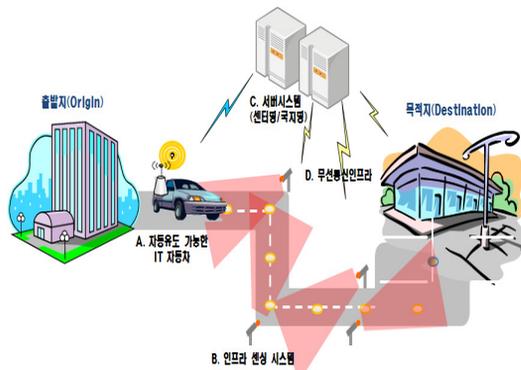
자율주행 서비스는 운전자가 아닌 시스템에 주

6) www.its.dot.gov/cicas

행상황을 제어하는 체제로 고안전성과 고신뢰성이 확보되어야 가능하다. 본 장에서는 차량자율주행 서비스를 개별차량 중심의 서비스와, 연속된 차량들을 동시에 고려한 서비스로 나누어 서술한다.

2. 개별차량 중심 자율주행 서비스

차량 중심으로 도로환경에 대한 센싱 및 차량 조향·가속 제어를 통한 자율주행 차량으로 차량 단독형 서비스 시나리오가 가능하다. 특히 제한된 환경하에서 시스템(예를 들어, 주차장의 자동주차시스템, 컨테이너 부두에서의 차량운행 등)의 운용은 합리적으로 수행이 가능할 것으로 보인다. <그림 7>은 'IT융합 기반 차량자동유도서비스'에 대한 예로 첨단화된 도로인프라 환경(B. 인프라 센싱시스템과 C. 서버시스템)과, 자동차의 적절한 센서 및 제어 시스템(A. 자동유도 가능한 IT 자동차)을 통하여 V2I 통신기술(D. 무선통신인프라)을 통해 차량이 장애물 및 다른 차량과의 충돌을 피하면서 출발지에서 목적지까지 자율주행이 이루어지는 서비스이다. 일종의 주차장 등에서의 자동화된 무인발렛파킹 시스템 개발이 그 예가 될 수 있다.



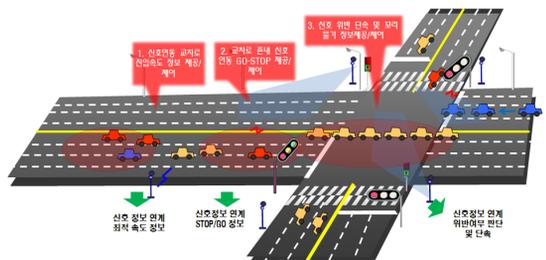
<그림 7> 개별차량 중심 차량자율운행서비스 사례

3. 연속적 차량운행 중심 자율주행 서비스

1) 교차로 구간

교차로지역은 교통사고의 40%가량이 발생하는 중요한 교통안전지점이자 운전자 의사결정지점이다. 미국의 CICAS, 유럽의 SAFESPOT⁷⁾, CVIS(Cooperative Vehicle Information System)⁸⁾ 등의 운전자 교차로경고시스템 등은 최근 수년동안 V2I, V2V등의 무선통신을 통하여 운전자의 안전을 도모하고자 한 프로젝트이다. 이러한 교차로에서의 상충이 최소화되도록 교차로 운영자가 차량별로 우선권 제어나 차량자율주행제어가 가능할 수도 있다.

몇 가지 예를 들어 살펴보면 <그림 8>에서 제시한바와 같이 접근하는 신호등의 신호정보를 미리 알고 있을 경우, 이러한 잔여 녹색시간이나 적색시간을 고려하여 진입하는 차량의 위치별로 진입 속도제어 정보를 제공하고, 이를 토대로 차량별로 개별적 제어가 가능하다. 또한 교차로의 반경내의 차량의 경우 지능형자동차에서 제공하는 stop and go system에 대한 차간간격 유지 및 제어가 가능하다. 그리고, 교차로내에서는 신호위반 단속이나, 꼬리물기 정보제공 및 차량의 강제적 제어가 가능할 수도 있다. 이러한 사례들은 개별차량의 수cm 내의 위치오차를 가진 위치인식기술과, 개별차량별로 시스템 보안을 고려한 개별통신기술 그리고, 실시간성 및 신뢰성 99%이상이 보장된 안정화 기술이 요구된다.



<그림 8> 교차로구간에서의 차량자율운행 서비스 사례

7) <http://www.safespot-eu.org/>

8) <http://www.cvisproject.org/>

2) 일반도로 구간

교차로 이외의 일반도로구간에서 이용할 수 있는 서비스는 구간을 운행하는 사용자 및 운영자의 요구에 따라 서비스 시나리오의 설계 및 기술에 대한 시스템의 실현이 가능하다. 그 중 강제적 자율주행 제어서비스나, 혹은 서비스 지역 내를 정의하여 그 구간만을 자율주행하는 형태의 서비스가 가능할 것으로 보인다.

먼저, 운전자가 경고를 받아 차량을 운행하는 것 이상의 도로 구간 내 서비스는 강제적 제어가 요구되는 형태가 있다. 그러한 예 중 하나가 경찰청의 음주운전자 차량에 대한 강제적 제어나, 혹은 도난 차량에 대한 강제적 자율운행 제어 등이 가능할 것으로 보인다. 둘째로, 서비스 지역 내에서 가능한 미래 서비스 형태로, 차량공유서비스나 공사장 동적 관리 서비스 등이 있을 수 있다. 전기자동차를 대상으로 최근 이슈화된 차량공유서비스는 서비스를 제공받고자하는 사용자까지 특정 경로 구간을 무인 자율주행차량 형태로 자동차를 서비스하여 줄 수 있다면 효과적으로 차량 공유서비스의 확대에 기여할 것으로 상상하여 본다. 또한 공사장 근처의 교통지체 및 사고안전을 해결하기 위한 방안으로도 차량자율주행서비스가 활용될 수 있을 것이다.

3) 고속도로와 같은 연속류 구간

고속도로와 같은 고속의 통제된 구간의 경우는 현재 스마트하이웨이 사업과 같은 통신-자동차간의 연계통신 기술의 발전된 형태로 몇 가지 자율주행서비스가 가능할 것으로 보인다. 예를 들어 톨게이트 진입에 대한 자율주행유도 서비스, 자율주행차로에서의 군집운행, 서비스 차로이용에 따른 강제적 차로이용제어 서비스, 구간별 속도제어서비스, 주행로 이탈제어서비스, 램프구간에 대한 진출입 차량자율주행서비스 등이 그 사례가 될 수 있다. 이러한 서비스들은 기존의 운전자 경고 알림 이상으로 차량을 직접적으로 가감속 및 조향을 제어하여 차량을 안전하고 효율적으로 운행하도록 도와주는 서비스의 형태가 된다.

V. 제언

정보통신기술의 교통분야의 접목으로 이미 많은 변화와 혁명은 시작이 되었다. 본 고에서는 이중에서도 자율주행기술과 서비스에 대하여 생각해보고 교통전문가로서 공동으로 고민해볼 수 있는 몇 가지 의견들을 제시하였다. 기술이 인간의 풍요와 만족을 다 충족해줄 수는 없다. 그러나 기술의 발전을 간과하다가 기술이 인간을 지배하도록 진행되도록 하면 안되는 것은 자명한 일이다.

2000년 초 GPS의 SA 오차의 해제로 GPS를 활용하는 교통정보기술, 네비게이션 및 텔레매틱스 기술과 시장은 급성장하였다. 또한 최근의 DGPS/RTK 등의 기술의 고도화로 차로 구분이 가능한 위치인식기술이 구현되고 있으며, 이러한 위치측위기술은 차량의 수 cm내의 제어가 가능케 하는 기본 기술이 될 것이다. 또한 차량 간의 통신, 차량과 인프라와의 통신은 고신뢰성이 확보되어가고 있으며 이는 운전자가 차량을 운행하는 측면뿐만 아니라, 운영자 측면에서 차량의 자율주행 기술 또한 가능하도록 고려할 수 있게 되었다.

그러나, 여기서 기술의 발전으로 다양한 자율주행 서비스가 가능하더라도 사람-도로-차량의 3요소인 교통공학 측면에서 세가지의 고려는 지속적으로 이루어져야 한다. 먼저 사람에 대한 문제로 무인 교통환경/유무인 운전자 복합 환경 등의 고려가 필요하다. 또한 도로의 지능화에 따른 안전성과 효율성 두가지 목적을 최적화된 상태로 취하는 것이 중요하다. 마지막으로 차량들은 전기자동차, 친환경차량 등의 차량자체의 변화에 따른 교통에 미치는 영향을 지속적으로 추적하여 이를 반영한 교통서비스 전략이 요구된다.

교통공학도로서, 교통전문가로서 우리는 SF 영화에서 흔히들 제시하였던 자율주행 교통서비스가 가져올 미래에 대하여 차근차근 준비하고 인간을 풍요롭게 할 미래상을 제시함으로써 그 전문성을 공고히 할 것을 기대하는 바이다.

참고문헌

1. 곽동용(2009), 차량 네트워킹 기술, KRNET 발표자료.
2. 한국특허정보원(2009), IT융합 기반 차량자 동유도 기술 특허 분석보고서, 한국전자통신 연구원.
3. 자동차부품연구원 미래형자동차 사업단(2007), X-by-Wire 기술개발, 부산테크노포럼 발표 자료.
4. Mike Schagrin, Cooperative Intersection Collision Avoidance Systems Initiative 발표자료, ITS Joint Program Office U.S. Department of Transportation, 2005; website: <http://www.its.dot.gov/press/ppt/cicaspresentation.ppt>