www.osia.or.kr

OSIA S&TR Journal

ISSN 1738-9887 Vol. 30, No. 1, March 2017

02 권두언
장영민 회장/OSIA

03 Editorial
자율 주행 차량
윤명현 본부장/KETI

Article

04 자율주행자동차 관련 주요 업체 동향과 핵심 기술 동향
정구민 교수/국민대

08 자율주행차량용 라이다 센서의 기술동향
문연국 박사/KETI

16 자율주행자동차의 Connectivity 기술
임기택 센터장/KETI

23 자율주행을 위한 다중센서 기반 인공지능 기술
황영배 박사/KETI

30th OSIA
(사)개방형컴퓨터통신연구회
Open Standards & Internet Association

OSIA가 ICT 산업의 발전 및 연구개발 저변 확대에 기여할 수 있도록 체계 정비 및 활성화를 도모해 나갈 예정



OSIA 회장
국민대학교 교수
장 영 민

안녕하십니까? (사)개방형컴퓨터통신연구회(이하 OSIA) 회장 장영민입니다. OSIA는 민간 표준화전문 연구단체로서 1987년 설립된 이후 국내 정보통신 분야의 표준화 및 연구개발 활동 지원과 저변 확대를 위해 많은 노력을 기울여 왔습니다. 현대 사회에서 ICT 기술은 다양한 인문과학과 자연과학과의 융합을 통해 사회 전반으로 그 영향력을 확대해 나가고 있으며, 향후 ICT 및 ICT융합기술이 인류사회에 없어서는 안 될 공기와도 같은 존재가 될 것입니다. 따라서 ICT 및 ICT융합 기술 추세에 따라 OSIA도 그 본연의 역할을 충실히 해서 ICT 및 ICT융합 기술의 표준화 및 연구개발을 선도하는 역할을 강화할 필요가 있습니다.

2017년에는 OSIA의 존재 가치를 더욱 공고히 하고 OSIA의 역할 재정립을 통해 OSIA가 ICT 산업의 발전 및 연구개발 저변 확대에 기여할 수 있도록 체계 정비 및 활성화를 도모해 나갈 예정입니다. 학술 단체로서의 위상 정립을 위해 OSIA 주관 학술사업의 내실화를 위해 노력할 계획입니다. 이와 더불어, 표준연구 단체로서 OSIA의 근간이 되는 TA(Technical Assembly)의 재정립 및 활성화를 통해 최근 많은 관심을 받고 있는 AI, SDN, IoT, 빅데이터, 클라우드 등의 ICT 신기술 확산을 위한 기술과 표준화 기반을 마련하겠습니다.

본 Standards & Technology Review Journal(이하 S&TR Journal)에 소개되는 최신 국내·외 표준 및 관련 기술 동향이 정보통신 분야 연구개발자들에게 최신 정보를 제공하고 확산시킨다는 점에서 S&TR Journal은 OSIA에서 매우 중요하게 여기고 있는 사업 중 하나입니다. S&TR Journal의 완성도를 높이기 위해 많은 수고와 헌신을 아끼지 않고 해 주고 계시는 S&TR지 편집위원 여러분, 그리고 저자 여러 분들께 깊은 감사의 인사를 드립니다. 또한 이번 S&TR Journal 3월호에 최신 자율주행차량 기술 및 동향 관련 원고를 작성해 주신 저자 분들과 3월호의 편집을 담당해 주신 윤명현 본부장님께도 감사의 말씀 드립니다.

연 4회 발간되고 있는 OSIA의 S&TR Journal에 ICT 전문가 여러분들의 많은 관심과 참여를 부탁드리며, S&TR Journal이 우리나라 ICT 및 ICT융합 산업 발전에 기여할 수 있도록 노력하겠습니다. 감사합니다.

자율 주행 차량



전자부품연구원

윤 명 현

인공지능, IoT, Big Data, 로봇 기술 등 정보통신기술(ICT)의 눈부신 발전은 기술간의 융합을 통한 차세대 산업혁명, 소위 4차 산업혁명을 본격화하고 있다. 4차 산업혁명은 정보통신산업 뿐 아니라 모든 산업 전반에서 지능화, 자동화를 통해 인간의 생활과 환경을 변화시키고 있다. 특히 인간의 생활 및 안전과 밀접한 관계에 있는 자동차 분야에서 정보통신기술에 기반한 자율주행 기술의 발전은 자동차 자체의 변화뿐만 아니라, 교통 및 이동성의 변화, 차량 내부 공간의 변화, 운전시간에서 자유시간으로의 변화, 물류, 교통, 관광산업의 변화, 다양한 파생 서비스의 변화 등 다양한 변화를 만들어 낼 것으로 보인다.

현재 전세계에서 자율주행 자동차 개발경쟁이 뜨겁다. 벤츠, BMW, 현대 등 자동차 업체들 뿐만 아니라, 구글, 엔비디아 등 정보통신 업체들도 활발하게 연구중이다. 사실 자율주행 자동차 기술경쟁에서 가장 앞선 업체는 2010년에 이미 자율주행 자동차 개발 계획을 발표한 구글이다. 구글은 2014년에 자율주행 자동차 시제품을 공개한 바 있다. 그러나 현대, 벤츠, 테슬라 등 자동차 업체들도 2015년부터 한차선 자율주행을 중심으로한 부분 자율주행 기술을 상용화하고 있다. 또한 구글 웨이모, 우버 등 IT 및 서비스 업체들도 관련 경쟁에 가세하면서 시장 변화의 흐름을 가속화하고 있다.

자율주행 기술은 센서로부터 데이터를 수집하는 기술, 센서 정보와 지동 정보를 바탕으로 위치를 인식하는 기술, 도로와 주위 차량 정보를 바탕으로 운행 경로를 생성하는 기술, 운행 경로에 맞는 주행을 위해서 차량을 종방향, 횡방향으로 제어하는 기술로 나눌 수 있다. 본 호에서는 먼저 현재의 자율주행 자동차 관련 업체 및 기술 동향을 살펴보고, 자율주행 자동차용 라이다 센서 기술, Connectivity 기술, 마지막으로 인공지능 기술을 소개함으로써 자율주행 자동차 관련 핵심 기술들의 현황 및 최신 동향을 살펴보고 미래를 전망해 보고자 한다.

첫 번째 논문은 “자율주행자동차 관련 주요 업체 동향과 핵심기술 동향”으로 주요 자동차사들의 자율주행 차량 관련 동향과 관련 핵심 기술에 관해서 소개한다. 자율주행 알고리즘 및 자율주행 관련 주요 기술 동향을 정리하고 최근 주요 업체들의 자율주행 관련 동향에 관해서 정리한다.

두 번째 논문은 “자율주행자동차용 라이다 센서 기술 동향”으로 자율주행 자동차용 라이다 센서 기술 전반에 관해서 설명하고, 현재 라이다 센서 기술 응용 및 동향에 관해서 살펴본다. 그리고 향후 자율주행 자동차용 라이다 센서 기술 발전 방향에 관해서 논의한다.

세 번째 논문은 “자율주행 자동차용 Connectivity 기술”에 대한 것으로 WAVE 통신뿐만 아니라 LTE 등 이동통신 기술을 융합한 다양한 V2X 통신기술 및 서비스 기술의 개발 동향 관해서 알아보고 향후 전망에 관해서 논의한다.

마지막으로 네 번째 논문은 “자율주행을 위한 다중센서 기반 인공지능 기술”에 대한 것으로 최근 인공지능 기술의 발전, 특히 딥러닝 기술의 발전으로 괄목할만한 향상을 보이고 있는 다중센서에 기반한 자율주행 기술의 동향과 발전 방향에 대해서 논의한다.

훌륭한 원고를 제출하여 주신 저자분들께 감사를 드리며, 자율주행자동차 기술에 관심을 갖고 계시는 독자분들에게 관련 자료들이 도움이 되기를 기대한다.

자율주행자동차 관련 주요 업체 동향과 핵심 기술 동향

정구민, 박창우, 장재환, 오요한, 조현기
국민대학교 전자공학부

Abstract

최근 부분 자율주행 차량의 상용화와 더불어 다양한 차세대 자율주행차량이 선보이면서, 자율주행 시대를 앞당기고 있다. 벤츠는 자율주행 기술이 앞으로 사용자에게 공간의 자유와 시간의 자유를 주면서 생활의 편리함을 가져다 줄 것이라고 밝히기도 했다. 자율주행 센서의 저가화, 임베디드 슈퍼컴퓨터의 등장, 딥러닝 기술의 발달, 통신 및 네트워크 기술의 발달은 자율주행 기술의 발전을 가속화할 것으로 보인다.

I. 서론

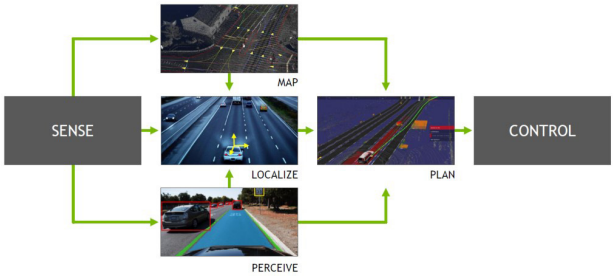
인공지능과 스마트카의 결합, 인식기술과 제어 기술의 결합 및 통신 기술의 융합은 4차 산업 혁명의 흐름에 따라서 다양한 사용 예를 제시해 줄 것으로 보인다. 자율주행차는 그 흐름의 대표적인 사례로 꼽히고 있다. 자율주행차는 자동차 자체의 변화뿐만 아니라, 교통 및 이동성의 변화, 차량 내부 인테리어의 변화, 운전 시간의 자유 시간으로의 변화, 차량 공간의 변화, 물류, 교통, 관광 산업의 변화, 다양한 파생 서비스의 변화 등 다 양한 변화를 만들어 낼 것으로 보인다. [1]-[6]

자동차사들은 2015년을 지나면서 다양한 부분 자율주행차량을 상용화하고 있다. 테슬라 모델 S와 모델 X를 비롯해서, 현대 제네시스 EQ900, G80, 벤츠 E 클래스 등이 한차선 자율주행을 중심으로 한 부분 자율주행 기술을 상용화하고 있다. 또한, 구글의 웨이모, 우버 등 IT 및 서비스 업체들도 관련 경쟁에 가세하면서 시장 변화의 흐름이 가속화되고 있다. [2][3][5][6]

현재 상용화된 부분자율주행 차량과 연구개발용 차량의 가장 큰 차이는 역시 자율주행용 센서와 슈퍼컴퓨터를 들 수 있다. 고급 연구 개발용 차량에 적용되어 있는 고가의 라이다(LiDAR) 센서, 정밀 GPS, 고성능 컴퓨터를 저가의 센서, 일반 GPS, 임베디드 보드화하고, 클라우드 및 통신 기술을 접목하는 것이 앞으로 자율주행 차량 진화의 중요한 요소가 될 것으로 보인다. [4]

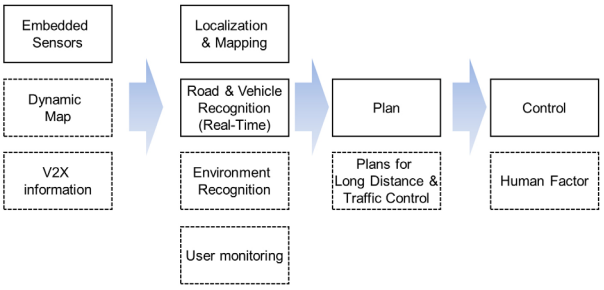
이 글에서는 주요 자동차사의 자율주행차량 관련 기술과 관련 핵심 기술에 대해서 정리해 본다. 2장에서는 자율주행 알고리듬을 간략하게 소개하고, 3장에서는 최근 주요 업체들의 자율주행차량 관련 동향을 정리한다. 4장에서는 자율주행 관련 주요 기술 동향을 정리하고, 5장에서는 결론과 함께 앞으로의 발전 방향을 요약한다.

II. 자율주행 알고리듬



〈그림 1. 자율주행 알고리듬 요약, 출처: 엔비디아〉

자율주행 알고리듬은 그림 1과 같이 대체로 센서로부터 데이터를 수집하는 단계, 센서 정보와 지도 정보를 바탕으로 위치를 인식하는 단계, 도로와 주위 차량 정보를 바탕으로 운행 경로를 생성하는 단계, 운행 경로에 맞는 주행을 위해서 차량을 종방향, 횡방향으로 제어하는 단계로 나눠 볼 수 있다.



〈그림 2. 자율주행 알고리듬의 진화 방향 [5]〉

앞으로 센서 인식 면에서는 실시간 동적 지도 정보와

V2X(Vehicle-to-Everything)기술을 바탕으로 한 도로 및 주변 차량에서부터의 정보가 차량 센서 정보를 보완해 줄 것으로 보인다. 인지 면에서는 사용자 모니터링을 통한 사용자 상태 파악 기술이 자율주행 기술과 접목될 것으로 보이며 날씨, 공사, 사고 등의 주변 정보 파악도 중요한 이슈가 될 것으로 보인다. [5]

또한, 단거리 주행이 아닌 장거리 운행의 효율성을 높이기 위한 플래닝 단계와 사용자 드라이빙 감성을 위한 기술도 중요한 요소가 될 것으로 전망된다.

III. 주요 업체들의 자율주행차 관련 동향

테슬라, 현대, 벤츠, 닛산 등은 2015년부터 부분 자율주행 기술을 상용화하고 있다. 이 차량들은 주로 카메라와 레이더 센서를 이용하여 한차선 자율주행을 구현하고 있다.[2][3] 벤츠 E클래스는 스테레오 카메라, 카메라, 레이더의 조합으로 부분 자율주행 기술을 구현하고 있다. 현재 상용화된 차량 중에서 가장 고성능의 센서를 사용하는 차량이다.



〈그림 3. 현대 제네시스 G80과 관련 국제 표준 [6]〉

그림 3은 현대 제네시스 G80 관련 적용 기술과 국제 표준 현황을 보여 준다. 앞으로 자동차사들은 고속도로 주행 지원 시스템(HDA, Highway Driving Assist), 혼잡 주행 지원 시스템(TJA, Traffic Jam Assist), 자동 긴급 제동(AEB, Autonomous Emergency Braking), 자율 주차(Automatic Parking)을 중심으로 자율주행 기술 관련 적용을 더욱 확대해 나갈 것으로 보인다.[6]

네트워크 면에서 유럽에서는 2018년부터 이콜(eCall, 긴급통화서비스)를 의무화하면서 차량 네트워크 장착을 시작하고 있다. 또한, 2014년부터 유럽 주요 자동차사를 중심으로 차량 원격 진단을 위한 차량용 클라우드 표준인 확장된 자동차(Extended Vehicle)표준 제정에도 나서고 있다. 이콜과 확장된 자동차 표준은 자율주행차를 원격에서 고장 진단하고 예측하게 되면서, 자율주행차량 상용화에 중요한 역할을 하게 될 것으로 보인다.

ADASIS(Advanced Driver Assistance System Interface Specification) 표준은 지도와 구동 시스템을 연결하는 표준으로 지도 차량의 위치를 파악한 후에 지도 정보를 바탕으로 구동 시스템을 최적화할 수 있게 한다.

자율주행 연구 개발 차량에서도 변화가 나타나고 있다. 고가의 정밀 라이다 센서, 정밀 GPS, PC 급 컴퓨터를 사용하던 기존 연구 개발 차량에서 벗어나서 상용화를 위한 새로운 플랫폼을 만들어 나가는 흐름과 더 많은 센서를 이용해서 인식을 강화해 나가는 흐름이다.



〈그림 4. 구글 무인차 프로토타입과 웨이모 자율차, 출처: 구글, 웨이모〉

최근 구글에서 분사한 웨이모는 기존 고가의 벨로다인 라이다 센서를 1/10가격으로 낮추고, 라이다 센서를 여러 대 배치한 새로운 형태의 연구개발 차량을 선보였다. 라이다 센서를 직접 제작하여 가격을 낮추고, 여러 대의 라이다를 배치하여 인식을 크게 강화한 점이 특징이다.

테슬라가 2016년에 새롭게 선보인 카메라 기반 완전자율주행용 센서 시스템도 기존 고가의 라이다 센서에 비해서 저가에 센서 시스템을 구현하면서도 8개의 카메라를 사용하여 인식을 크게 강화하였다.

우버의 자율주행택시는 7개의 라이다 센서, 20개의 카메라 등 많은 수의 센서를 사용하여 상용화와는 거리가 멀지만, 인식을 크게 강화하여 사람이 인식하는 듯한 수준의 운전을 목표하는 점이 특징이다.

이외에도 현대가 지난 CES 2017에 선보인 센서 시스템은 저가의 라이다 센서를 3개를 차량 내에 내장하여 센서가 밖으로 돌출된 부분이 없는 상용화에 가장 가까운 고도 자율주행 차량이라는 평가를 받기도 했다.



〈그림 5. 우버 자율주행 택시와 현대 아이오닉 자율주행 차량, 출처: 우버, 현대〉

IV. 주요 핵심 기술

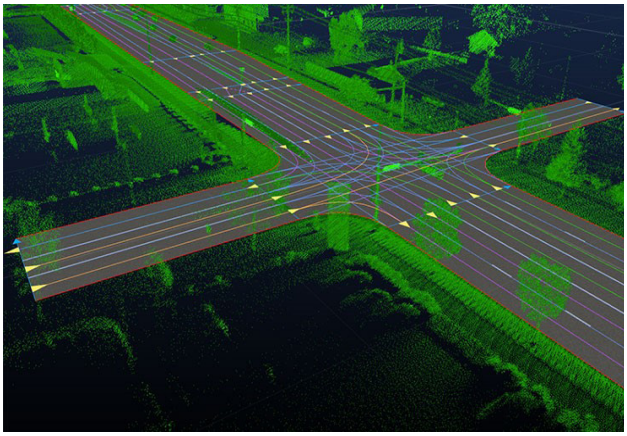
자율주행차의 핵심 기술로는 자율주행용 센서 기술, 정밀 지도 관련 기술, 인공지능 기술, 통신 및 네트워크 기술 등을 들 수 있다. [5]

자율주행용 센서 기술로는 스테레오 카메라, 라이다, 레이더 기술 등이 사용된다. 슈퍼컴퓨터의 발달로 카메라 영상 처리 기술이 발달하면서 스테레오 카메라의 적용이 늘어나고 있다. 테슬라는 새로운 자율주행 시스템에 8개 카메라를 적용하기도 했다. 라이다 센서는 아직 상용화된 차량에 적용되지는 않고 있지만, 가격이 점차로 낮아지고 있어서 상용화에 근접해 갈 것으로 생각된다. CES 2017에서는 저가의 고정형 라이다를 선보인 콰너지를 비롯해서 콘티넨탈, 발레오, 파이오니아 등 여러 업체들이 다양한 라이다 센서를 선보이기도 했다.



〈그림 6. CES 2017에 전시된 콰너지와 벨로다인의 라이다 센서〉

10cm에서 20cm 정도의 오차를 갖는 정밀지도는 차량의 위치 파악, 차선 파악 등을 위해서 자율주행에 매우 중요한 기술이다. 정밀 지도 구축과 더불어서 실시간으로 도로 상황을 알려 줄 수 있는 동적 맵의 구현도 중요한 이슈가 되고 있다. 히어, 톰톰 등 주요 지도사들은 정밀지도 구축을 위해서 노력하고 있으며, 국내에서도 관련 연구가 진행되고 있다. 또한, 고가의 정밀 GPS를 대체하기 위하여 비전 기반의 위치 인식 기술도 제시되고 있다.



〈그림 7. 지도 업체 히어의 정밀지도 사례, 출처: 히어〉

딥러닝 기술의 발달로 인공 지능 기술도 자율주행 차량의 진화에 큰 역할을 하게 될 것으로 보인다. 현재 딥러닝 기술은 인식 기술뿐만 아니라 차량 제어에 적용하는 연구개발도 이루어지고 있으며, 사용자 모니터링, 정밀지도 등에도 응용될 것으로 보인다.



〈그림 8. CES 2017, 엔비디아의 인공지능 기반 사용자 모니터링 제시〉

통신 및 네트워크 기술도 자율주행 기술 발전에 중요한 요소이다. 차량 간 통신, 차량-도로 간 통신을 통해서 다양한 데이터를 실시간으로 얻어서 운행의 안전성과 편의성을 높일 수 있을 것으로 보인다.



〈그림 9. 발레오 익스트라뷰(XtraVue), 출처: 발레오 〉

V. 결론

최근 업체들이 고도자율주행(SAE 레벨 4) 수준 차량의 시범 주행을 선보이면서, 자율주행 관련 기술의 발전이 궤도에 올랐음을 알리고 있다. 다만, 이 기술들의 상용화에는 더 많은 시간이 걸릴 것으로 생각된다. 자율주행 센서의 저가화, 인공지능의 발달, 슈퍼컴퓨터의 발전, 통신 및 네트워크 기술의 진화는 앞으로 자율주행 시대를 앞당기는 데 큰 역할을 하게 될 것으로 전망된다.

주요 업체들이 자율주행의 진화목표로 주문형 교통 시스템을 제시하고 있는 점도 눈여겨 볼 필요가 있다. 자율주행은 자동차 관련 산업뿐만 아니라, 교통, 운수, 물류, 배송, 서비스 등 일상 생활전반적인 변화를 가져올 것으로 생각된다. 앞으로 우리나라 관련 업체들의 좋은 성과를 기대해 본다.

Acknowledgement

이 논문은 국가기술표준원의 국가표준기술력향상사업인 '자율주행 실용화를 위한 ADAS 기술 표준기반 구축과제'의 지원으로 작성되었습니다.

References

[1] 정구민, 이태양, 박창우, 김평수, 구글/애플/우버/테슬라의 등장에 따른 스마트카 시장 변화와 자동차사의 대응 방향, 정보와 통신, 4월호, 2016

[2] 정구민, 콘셉트는 다르지만 목표는 완전 자율 주행, 테크엠, 2월호, 2017

[3] 정구민, 누구나 자율주행 쓴다 시장 확대 분수령, 테크엠, 1월호, 2017

[4] 정구민, 비슷해지는 주요 업체의 자율주행 진화 방향과 미래 이동성, 테크엠, 3월호, 2017

[5] 정구민, 자율주행 핵심 기술 어디까지 왔나, 테크엠, 4월호, 2017

[6] 정구민, 오요한, 장재환, 제네시스 G80으로 보는 차세대 스마트카 기술과국제표준, 오토저널, 제 38권 제 8호, 2016

Biographies



정구민

1995년: 서울대학교 제어계측공학과 공학사
1997년: 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
2001년: 서울대학교 전기컴퓨터공학부 공학박사
2001년 ~ 2004년: ㈜네오엠텔 기반기술팀장
2004년 ~ 2005년: SK텔레콤 터미널 개발팀 과장
2005년 ~ 현재: 국민대학교 전자공학부 교수
2015년 ~ 현재: 국가기술표준원 자동차전기전자 및 통신전문위원회, 위원장
2016년 ~ 현재: 한국자동차산업협회 IT와자동차융합연구회, 위원장
2013년 3월 ~ 현재: 국민대학교 인피니언 센터 센터장
2015년 3월 ~ 현재: 국민대학교 현대 오딘센터 센터장
주요 관심분야: 스마트카, 차량용 임베디드 시스템, 오토사, 자율주행
e-mail: gm1004@kookmin.ac.kr



박창우

2012년: 국민대학교 전자공학과 공학사
2014년: 국민대학교 전자공학과 공학석사
2014년 ~ 현재: 국민대학교 전자공학과 박사과정
주요 관심분야: 스마트카, 차량용 임베디드 시스템, 오토사, 자율주행
e-mail: high1117@nate.com



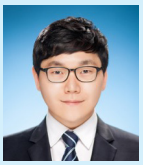
장재환

2016년: 국민대학교 전자공학과 공학사
2016년 ~ 현재: 국민대학교 전자공학과 석사과정
주요 관심분야: 스마트카, 차량용 임베디드 시스템, 오토사, 자율주행
e-mail: wvdresscom@naver.com



오요한

2016년: 국민대학교 전자공학과 공학사
2016년 ~ 현재: 국민대학교 전자공학과 석사과정
주요 관심분야: 스마트카, 차량용 임베디드 시스템, 오토사, 자율주행
e-mail: oyhan@naver.com



조현기

2016년: 국민대학교 전자공학과 공학사
2016년 ~ 현재: 국민대학교 전자공학과 석사과정
주요 관심분야: 스마트카, 차량용 임베디드 시스템, 오토사, 자율주행
e-mail: khanel111@hotmail.com

자율주행차량용 라이다 센서 기술동향

문연국
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

Abstract

라이다(Light Detection and Ranging: LiDAR) 센서는 초기 위성, 해양 및 대기 관측 연구를 위해 사용되었고 이후 차량에 부착하는 자율 주행 자동차의 핵심 센서로 발전하고 있다. 최근 스마트카 산업에서 자율주행 자동차와 무인 자동차의 상용화 시점과 더불어 폭발적인 성장이 예상되며, 라이다 기술의 핵심 기술 확보를 통해 선발 업체들과의 기술격차를 좁히고, 세계시장 진입에 필요한 요소기술과 IPR 확보가 필수적이다. 본 고에서는 라이다 센서의 전반적인 이해와 동향 파악을 통해 현재 자율주행차량용 라이다 센서 기술 발전 방향을 살펴본다.

I. 서론

라이다(Light Detection and Ranging: LiDAR)란 고출력의 레이저빔을 이용하여 물체에 반사되어 돌아오는 레이저 펄스의 시간을 측정하여 거리정보를 획득하는 기술이다. 초기 라이다 기술은 3차원 GIS(Geographic Information System) 정보 구축을 위한 지형 데이터를 구축하고 이를 가시화하는 형태로 발전되어 건설, 국방 등의 분야에 응용되었고, 최근에는 지상에서는 원거리 거리 측정, 자동차 속도 위반 단속 등을 위한 간단한 형태의 라이다 센서 기술을 비롯하여 3차원 영상 복원을 위한 레이저, 스캐너, 미래 무인자동차를 위한 3차원 영상 센서의 핵심 기술로 활용되면서 그 중요성이 점차 증가되고 있다.

자동차용 라이다는 주행중인 차량이 앞 차와의 충돌을 피하거나 또는 충격을 최소화할 수 있도록 차간 거리를 실시간으로 측정하여 경고 또는 차량 자동 제어를 할 수 있도록 하는 장치로써 9대 국가전략 프로젝트로 선정(2016년 8월)된 자율주행자동차의 차량거리 센서 시스템의 8대 부품(라이다/레이다(RADAR), 영상센서, 통신, 3D맵 등)의 가장 필수적인 부품이다.

자율주행자동차를 중심으로 차량 및 보행자의 안전과 고도화된 자율주행자동차의 성능을 위하여 차량 주변 환경에 대한 3차원 좌표를 고속으로 획득하는 라이다 기술의 중요성이 부각되고 있으며, 이에 따라 관련 기술에 대한 이해와 동향파악이 필요하다.

본 고에서는 라이다 센서의 핵심 요소기술인 레이저 모듈, 광학계, 발광 및 수광 모듈, 라이다 전용 칩 등 라이다 센서에 대한 전반적인 이해와 기술동향 파악을 통해 현재 자율주행차량용 라이다 센서의 발전 방향을 살펴본다.

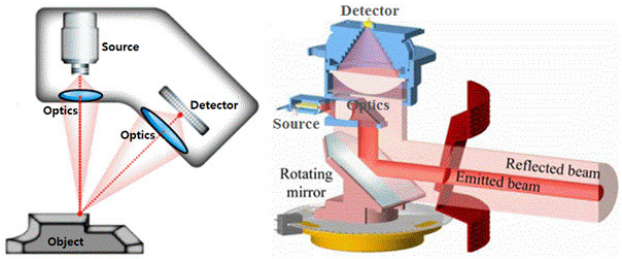
II. 자율주행차량용 라이다 기술

기존 라이다 기술은 기상 관측 및 거리 측정을 목적으로 주로 연구됐다. 하지만 최근에는 위성에서의 기상 관측, 무인 로봇 센서, 그리고 자율주행 차량용 센서 및 3차원 영상 모델링을 위한 기술들이 연구되고 있다.

〈표 1. 라이다(LIDAR) 기술 종류〉

라이다 기술	내용
Elastic-Backscatter LIDAR	레이저 파장의 변화 없이 입자들의 운동량에 따라 back scattering되는 빛의 spectral broadening 특성을 이용하여 대기 중의 aerosol 및 구름의 특성 측정 등에 활용되는 기술
Raman LIDAR	분자 에너지 상태에 따라 분산되는 레이저 빛의 주파수 변화 및 Raman band 내의 세기 분포 분석을 통하여 대기 중의 수증기 및 온도 분포 등의 측정에 활용되는 기술
Differential-absorption LIDAR(DIAL)	각기 다른 레이저 파장을 가지는 레이저 빔들에 대하여 측정 대상 물질의 흡수 차이를 이용하여 대기 오염 물질 등의 농도 분포를 측정할 수 있는 기술
Doppler LIDAR	Doppler 효과에 의한 레이저 빔의 미세한 주파수 변화를 측정하여 바람 등의 속도를 측정하는 기술
Laser Rangefinder	물체로부터 반사되는 레이저 빔의 수신 시간을 측정하여 거리를 측정하는 가장 간단한 형태의 라이다 기술
Imaging LIDAR	레이저 빔의 진행 방향에 대한 거리 정보를 포함하여 공간에 대한 영상 모델링이 가능한 기술로써 Laser rangefinder 기술을 기반으로 point-scanning을 통하여 point cloud 정보를 수집하거나 광각의 flash-laser에 대하여 반사되는 레이저 빛을 다중 배열 수신 소자를 통하여 수집함으로써 3차원 영상 구현이 가능한 기술

표1에서는 기본적인 라이다 기술의 종류와 기술 내용을 담고 있다. 라이다 기술은 지구과학 및 우주 탐사를 목적으로 발전해 왔지만, 최근 자동차의 안전 주행 및 자율 주행에 대한 수요가 늘어남에 따라 자동차 차량거리 제어와 전방 주시에 라이다 기술이 적용되고 있다. 이에 적용되는 라이다 기술은 Laser Rangefinder와 Imaging LIDAR이 대표된다.

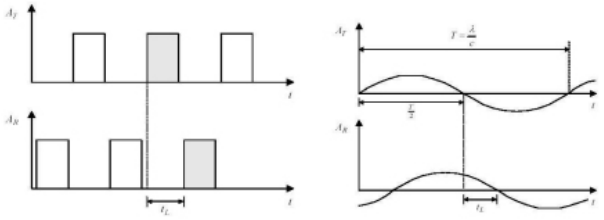


〈그림 1. 무회전 라이다(LIDAR) 구성(좌)과 회전형 라이다(LIDAR) 구성(우)〉

무회전 라이다와 회전형 라이다 기술의 기본적인 구성은 그림 1과 같다. 라이다 기술의 구성은 크게 Source, Optics, 그리고 Detector로 구분된다.

- Source: 변조된 레이저 빔을 광학계를 통해 균일한 패턴의 레이저 빔을 발광하도록 구성된 모듈로써 광원인 LD(Laser Diode), 레이저 변조 신호를 제어하는 Illumination Board 및 광학계 등으로 구성
- Optics: Source 및 Detector의 시야각 확보 및 정밀한 각 해상도를 확보하기 위해 레이저 발광 분포 균일화, 빔 정형 비율, 수광 시 빔의 집광력 등 광학적 특성을 고려한 광학 렌즈, 거울, 프리즘 등으로 구성
- Detector: 반사되어 돌아오는 다수의 레이저 점군을 인식하는 PD(Photodiode) Array, 반사되어 돌아오는 빛을 집광하기 위해 사용되는 광학계, PD Array에서 전송된 신호를 처리하는 신호처리부, 발광 모듈과의 동기 및 수광 센서 모듈 제어를 위한 제어부 등으로 구성

자율주행차량용 라이다 기술에서 시간 및 거리측정 방식은 레이저 신호의 변조 방식에 따라 Direct Pulsed 방식과 CW(Continuous Wave)방식으로 구분된다.



〈그림 2. Direct Pulsed 방식(좌)과 CW 방식(우)의 거리 측정 원리〉

그림 2은 Direct Pulsed 방식과 CW방식의 측정원리를 나타낸다.

Direct Pulsed 방식은 펄스 신호를 방출하여 물체로부터 반사된 펄스 신호들이 Detector에 감지되는 시간을 측정하여 거리 정보를 획득하는 원리이다. 레이저 펄스 신호는 높은 에너지의 10ns 이하의 펄스폭을 갖는 단일 펄스 레이저 포인트 빔을 방사하여 10^{-12}초까지 분해가 가능(Resolving picosecond)해 cm급의 정확도를 구현한다. 높은 에너지의 레이저 펄스신호 사용으로 CW방식과 비교해 상대적으로 먼 거리(수십에서 수백 미터)의 물체 측정 가능하다. 따라서 높은 거리 정확도와 먼 거리의 물체 측정이 가능하여 주로 외부에서 사용하는 라이다에 적용되는 변조 방식이다.

CW방식은 특정 주파수를 가지고 연속적으로 변조되는 레이저 빔을 방출하고, 물체들로부터 반사되어 돌아오는 신호의 위상 변화량을 측정하여 시간 및 거리 정보를 획득하는 원리이다. CW는 약 10MHz~100MHz의 변조된 신호 레이저 빔을 연속적으로 방사하여 대상지역의 평균적인 특성을 측정하는 데 편리하고, 세밀한 측정이 가능하다. Direct Pulsed 방식과 CW 방식의 Photo diode material, Emitting Waveform, Wavelength 등을 비교하여 표 2에 나타냈다.

라이다 기술은 레이저 스캐닝 방식에 따라 2D 레이저 스캐너와 3D 레이저 스캐너, 그리고 3D Flash 라이다 기술이 있다.

2D 레이저 스캐너는 회전방식을 이용하여 레이저 빔의 진행 방향을 포함하는 특정 평면에서의 영상 정보를 수집한다. 시스템 구성은 거리 측정기와 같이 단일 레이저와 단일 수신소자로 구성되며, 회전을 위한 모터가 추가된다.

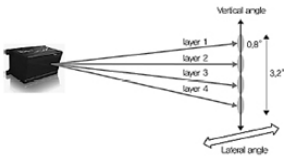
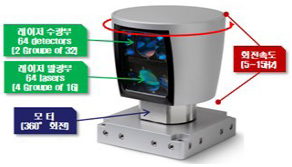
〈표 2. Direct Pulsed 방식과 CW(Continuous Wave) 방식 비교〉

	Direct Pulsed	Continuous Wave
Photo diode material	Near-infrared detectors (InGaAs)	CMOS or Other Integrating detectors or sensors (silicon based)
Emitting Waveform	Single pulsed signal (~10ns)	Modulated signal (10MHz~100MHz)
Wavelength	Infra-red light (905nm~1550nm)	Visible or near infra-red Light(850nm)
Detecting Principle	Amplifying	Integrating
Environment	Outdoor	Indoor
Operating Distance	Long range (Tens to Hundreds of meters)	Short range (4~5meters)

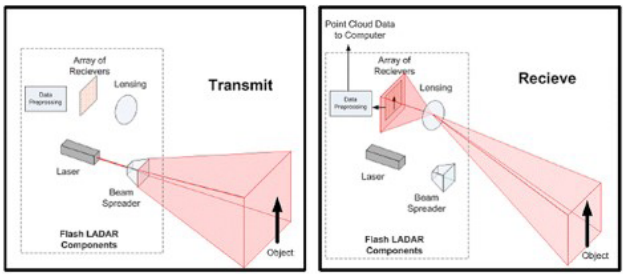
회전 방식의 3D 레이저 스캐너는 다수의 레이저 및 수신소자를 이용하여 특정 방향의 시야각(FOV, Field of View)에 대해 동시 측정이 가능하도록 하고, 회전 스캐닝을 통해 3D

영상 수집이 가능하다. 3D 레이저 스캐너는 넓은 시야각 확보를 위하여 많은 수의 레이저 및 수신소자가 필요하고, 비교적 고난이도의 패키징 기술이 요구되지만 현재 상용화된 소자들을 활용하여 구현할 수 있는 장점을 갖고 있기 때문에 자율주행차량용 라이다 기술에 가장 많이 적용되고 있다.

〈표 3. 2D & 3D 레이저 스캐너 기술〉

2D 레이저 스캐너	3D 레이저 스캐너
	
〈2D Laser Scanner 시스템 구성〉	〈3D Laser Scanner의 Multi-Layer 기술〉
	
〈2D Laser Scanner 수집 영상 정보〉	〈Velodyne사의 3D Laser Scanner 구조〉

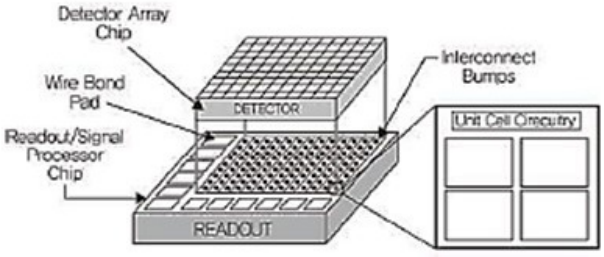
3D Flash 라이다 기술은 단일 레이저 빔을 광 시야각으로 확장하여 조사하고, 반사되는 레이저 빔을 다중 배열 수신 소자를 통하여 수신함으로써 일반적인 비디오카메라와 같이 실시간 영상 정보를 수집하는 기술이다. 3D Flash 라이다 및 시스템 내 FPA(Focal Plane Array)는 2D 디지털 카메라와 유사하게 동작하지만, 3D depth 및 Intensity 데이터를 동시에 얻는 점에서 차이를 갖고 있다.



〈그림 3. 3D Flash 라이다 기술 기본 원리〉

그림 3에는 3D Flash 라이다 기술의 기본 원리가 나타나 있다. Source는 단일 레이저와 Beam spreader로 구성되며 Detector는 렌즈를 통해 수광한 빛을 FPA로 수신하는 구조로 구성된다.

3D Flash 라이다의 핵심 기술은 FPA(Focal Plane Array)라고 불리는 다중 배열 수신 소자이다. FPA는 Photo diode 배열을 통해 광전 변환된 아날로그 신호를 증폭하여 신호처리가 가능한 신호로 출력하는 ROIC(Readout Integrated Circuit)로 구성된다. FPA 구조는 그림 4에서와 같이 수 Micro 크기의 Photo diode들이 배열 형태로 집적된 Detector에서 각 Photo diode로부터 선을 뽑아 Bus 형태의 구조로 제작된다.



〈그림 4. FPA(Focal Plane Array) 구조〉

FPA는 각 행 별로 순차적으로 동작하기 때문에 하나의 행이 빛을 수신하는 동안 다른 행들은 동작하지 않아 빛의 낭비가 심하고, 지속적인 레이저 발광 시 수신 Delay 및 수신단의 발열 등의 문제를 갖고 있다.

현재 상용화된 회전 방식의 3D 레이저 스캐너 기술은 광 시야각을 확보하는 데 유리하지만 수직 방향의 해상도가 낮고, 소형화에 어려움을 갖고 있다. 이에 반해 3D Flash 라이다는 높은 해상도와 넓은 시야각을 위한 Detector가 개발된다면, 3D 레이저 스캐너에서 소요되는 회전 또는 레이저 스캐닝 과정을 생략할 수 있어 소형 집적화가 가능하다.

III. 자율주행자동차를 위한 라이다 적용 동향



〈그림 5. 성능 보완을 위한 센서 장착 차량〉

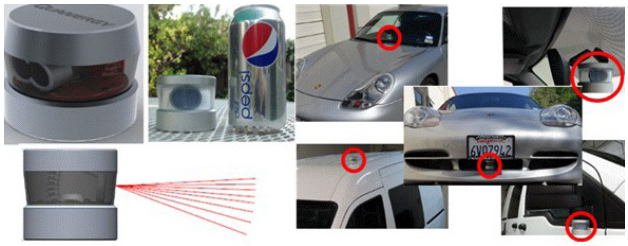
상용차에 필요한 자율주행 기능을 구현하기 위해서 라이다 센서는 자동차 디자인에 영향을 주지 않는 소형이면서 눈에 잘 띄지 않는 디자인으로 개발이 요구되고 있다. 따라서 라이다 센서 개발 회사들은 성능이 떨어지더라도 크기가 작고 차량에 이질감없이 장착되는 형태의 디자인을 고려해 센서를 개발하고 있다. 센서의 크기가 작아지면서 성능이 제한되는 문

제는 차량의 여러 위치에 센서를 장착하여 사각지대 및 성능이 저하되는 부분을 최소화해 해결하고 있다. 성능을 일부 희생하면서 소형, 저가격의 센서를 개발하고, 자동차의 디자인을 고려하는 이유는 현재 완성차 업체가 먼 미래의 완전 자율주행 기술보다는 차세대 ADAS를 위한 기술을 먼저 적용하고 싶어하기 때문이다. 비교적 저가의 라이다 센서를 활용하여 초기 시장 진입 비용에 대한 상승을 억제하며 최종적으로는 조기에 성공적인 상업화가 진행될 수 있도록 노력하고 있다.

최근 상용화된 라이다 제품들은 대부분 차량용으로 3D 레이저 스캐닝 방식 기반으로 제작되어 있으며, 대표적으로 Velodyne사의 HDL-64E, Quanergy사의 Mark-VIII, IBEO사의 ScaLa B2, SICK사의 LD-MRS가 있다.

Velodyne사의 HDL-64E의 경우, 레이저 출력부는 16개의 레이저를 포함한 4개의 그룹으로, 레이저 수신부는 32개의 수신 소자를 포함한 2개의 그룹으로 구성되어 있다. 시야각의 경우, 수평으로 360° 회전 스캐닝을 지원하고, 0.4°의 수직 해상도 및 24.8°의 수직 시야각을 지원한다. 초당 프레임을 결정하는 Spin Rate은 5 ~ 15Hz를 선택할 수 있도록 지원하나 Spin Rate(Hz)이 빨라질수록 총 Point 수가 줄어드는 Trade-off 특성을 가지고 있다. 최대 측정 거리는 도로의 경우 10%의 반사율로 50m까지 측정 가능하고, 자동차나 사물의 경우 80%의 반사율로 120m까지 측정 가능하다. 레이저 출력부는 905nm 파장대역에서 10ns의 Pulse width로 레이저를 발광하고, Class 1- Eye safety을 지원한다.

기존 고가의 Velodyne사의 라이다는 모듈별로 구현되어 있는 반면, 상용 제품의 경우 센서 및 프로세서들을 칩으로 집적화 하여 저가격화 및 소형화에 초점을 맞춘 것이다.



〈그림 6. Quanergy사의 Mark VIII 시스템 구조(좌) 및 차량 설치 모습(우)〉

Quanergy사의 Mark-VIII는 레이저 출력부 및 수신부는 각각 8개의 레이저와 수신 소자로 구성되어 있으며, 시야각의 경우 수평 360° 회전 스캐닝을 지원하고, 0.1°의 수직 해상도 및 20°(+3°/-17°)의 수직 시야각을 지원한다. 최대 측정 거리는 도로의 경우 10%의 반사율로 100m 측정하며, 사물 및 차량 등의 경우 80% 반사율로 300m 측정 가능하다. 초당 프레임을 결정하는 Spin Rate은 10 ~ 30Hz까지 지원하고 있으며, 크기가 음료수캔 보다 작아 차량 내부 및 외부 등 어느 위치에든 설치가 용이하다. Laser 출력부는 905nm 파장대역에서 10ns의 Pulse width로 Laser를 발광하고, Class 1-Eye safety을 지원한다.

IBEO사의 ScaLa B2 라이다는 수평 시야각 145, 0.25°의 수직 해상도를 지원하고, 초당 25 Hz의 Spin Rate을 지원하며, SICK 사의 LD-MRS 라이다는 수평 시야각 85°, 0.125°/0.25°/0.5° 선택적 수직 해상도를 지원하고, 초당 12.5 Hz ~ 50Hz 까지 선택 가능한 Spin Rate을 지원한다. Multi-layer 기술을 적용한 IBEO사의 Mark VIII 및 SICK 사의 LD-MRS 라이다는 각각 무회전 방식으로 4-layer 레이저 빔을 이용하여 3.2°의 수직 시야각을 구성하고 있으며, 두 제품 모두 최대 측정 거리는 도로의 경우 10%의 반사율로 50m 까지 측정 가능하고, 자동차나 사물 등 반사율이 높은 사물의 경우 최대 150m (IBEO) 및 250m (SICK) 까지 측정 가능하다. IBEO사의 경우 8-layer 기술을 적용하여 6.4°의 수직 시야각과 110°의 수평 시야각을 지원하는 제품도 존재한다.

SICK사의 경우 다양한 종류의 2D & 3D 레이저 스캐너를 제공하고 있고, 현재는 차량용 라이다 보다는 공장, 물류, 공정 자동화 산업 분야에 맞는 저사양의 레이저 스캐너를 중점적으로 제공하고 있다. IBEO 사의 제품은 ADAS 시스템과 접목하여 자율 주행 자동차용 라이다 제품의 대량 생산을 목표로 저사양의 ScaLa 최신 제품을 Valeo 사와의 협업을 통해 공개하였다.

Velodyne과 Quanergy 이외에 Continental, Osram 등 여러 기업들이 보급형 라이다 출시 경쟁에 뛰어들었다. 규모의 경제 및 사양에 따라 가격은 천차만별이나 개당 천 달러 아래로 가격이 내려오는 시점이 확산의 분기점이 될 전망이며, 일단 분기점을 넘으면 가격은 개당 150 달러 아래로 빠르게 하락 할 수 있을 것으로 보인다.

Velodyne사는 Ford의 퓨전 하이브리드 차량 외관 A필러에 Puck을 탑재한 모습을 선보였다. 이 라이다는 100m 거리를 감지하며 360°의 수평 시야각, ±15°의 수직 시야각을 제공한다. 이번에 선보인 Puck모델은 자율주행차의 상용화를 위해 센서의 크기를 줄이고 더 정교해진 성능을 가지고 있는 것으로 알려졌다.



〈그림 7. Velodyne Puck이 부착된 Ford사의 차량 정면 모습(좌), 측면 모습(우)〉

Quanergy사는 자신들의 모델인 S3를 선보였다. S3는 안전하고 자율적인 자동차를 위한 컴퓨터 보조 인식에 사용되는 세계 최초의 고체 3D 라이다 센서로써 레이저, 수신기, 신호 프로세서 간의 상호작용을 통해 초당 50만 포인트의 클라우드 데이터를 생성하며, 최대 200m까지 물체를 높은 해상도로 스캔할 수 있다. 이 소형 라이다 센서는 차량 전방과 측면 감지를 실시하고, 광범위한 차량 주변환경을 실시간 3D View로 파악한다. 그리고 물체를 감지, 분류 및 추적하여 컴퓨터가 운전자가 사고를 피하거나 운전 태도를 안전하게 지킬 수 있도록 돕는 기능을 수행한다.



〈그림 8. Quanergy사의 S3(좌), 헤드램프 통합 모델(우)〉



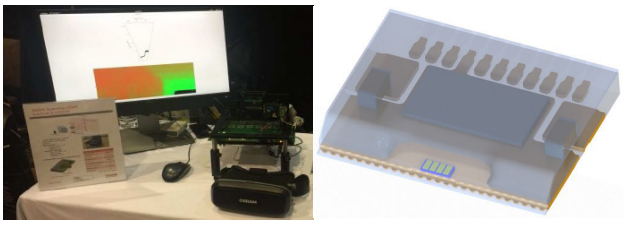
〈그림 9. Continental사의 3D Flash 라이다〉

이러한 장점을 가진 S3는 헤드램프 생산 메이커인 Koito사의 헤드램프에 내장되어 발표되었으며, 자율주행차의 상용화를 가속화할 수 있을 것으로 보인다.

Continental사의 3D Flash 라이다는 최대 200m 거리에서 수 cm까지의 차량 주변 환경을 완벽한 3D 모델로 구성해 초당 30회의 주기로 제공할 수 있는 성능으로, 차량 주변 모니터링과 관련해 엄격한 요건을 이상적으로 충족할 수 있다. 오늘날 사용하고 있는 많은 스캐너 부품에 비해 고해상도 3D Flash 라이다는 단 2개의 핵심 부품으로 구성되어 있으며, 실시간으로 3D 머신비전 정보를 확보하고 처리한다. 카메라 플래시처럼 최대 200m가 넘는 거리의 차량 주변 환경을 스캔하는 펄스 레이저와 고집적 수신기 칩(highly integrated receptor chip)이 동작한다. Continental사의 고해상도 3D Flash 라이다의 대량 생산은 2020년에 시작될 예정이다.

Osram은 Innoluce(Infineon이 인수)와 개발한 보급형 고정식 4채널 라이다를 전시하였는데 차량 지붕에 장착되는 기존 모델과 달리 소형으로 제작돼 헤드램프 하단에 부착가능하며, 회전식이 아닌 고정식이기 때문에 내구성 또한 높은 특징을 지니고 있다.

라이다 내부에 있는 레이저 다이오드의 최대 광출력은 30A에서 85W이며, 5ns이하의 펄스폭을 가지고 있다. Osram에 따르면 대량생산 시 현재 개당 8천달러에 달하는 라이다 가격을 100~150달러로 낮출 수 있다고 하며 현재 샘플제작 단계로 출시는 2019년에 예정되어 있다.



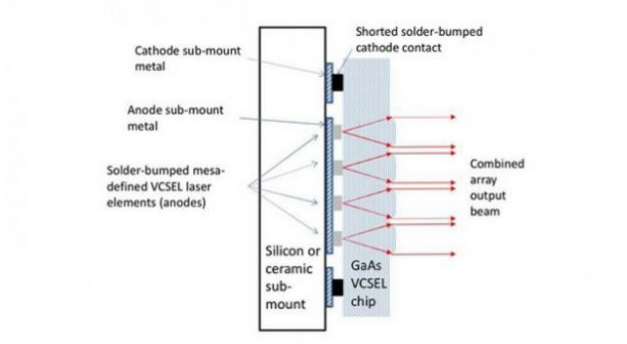
〈그림 10. Osram사의 라이다 모습(좌), 프로토타입 모형(우)〉

TriLumina사는 256픽셀 3D라이다 솔루션을 출시했다. LeddarTech사의 LeddarCore ICs가 장착된 TriLumina의 광학 모듈로 구동되는 라이다 솔루션을 통해 차세대 ADAS(첨단운전자지원시스템)와 자율주행차 기술에 적용할 수 있다.



〈그림 11. TriLumina사 차량용 라이다〉

신뢰성 높은 고성능, 저가 시스템을 개발함으로써 현재의 자율차량용 전시 프로그램에 사용되는 고비용에 부피가 큰 스캐닝 라이다를 소형의 견고한 저가 패키지 내의 고해상도 장거리 센서로 대체하여 소형화와 저비용에 초점을 맞춘다.



〈그림 12. TriLumina사 256 Pixel 3D Solid-State 라이다 시스템 구성〉

TriLumina사 광학 모듈은 back-emitting, Flip-chip VCSEL Arrays와 구동 드라이버 회로를 탑재하여 광학 모듈의 효율성을 높였고, LeddarCore ICs로 빠른 프로세스 신호

처리를 구현해 신호 처리 사양을 높였다.

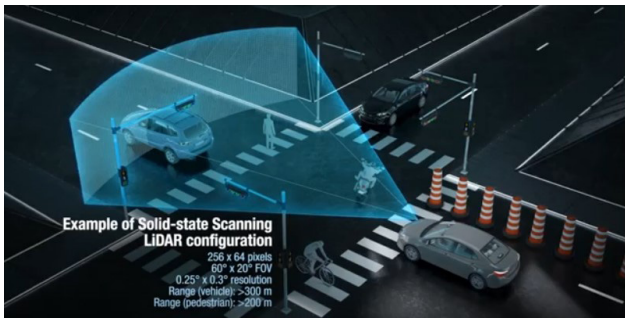
MAGNA사는 CES 2017에서 INNOVIZ사와 협업하여 개발한 실시간 3D remote sensing이 가능한 Solid-State 라이다 프로토타입 데모 버전을 공개했다.



〈그림 13. MAGNA사와 Innoviz사의 Solid-State 라이다 프로토타입 〉

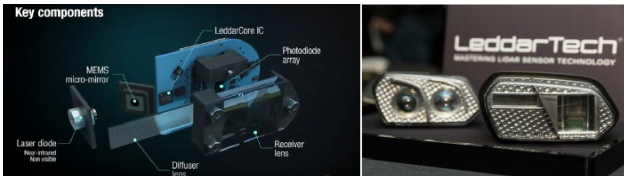
프로토타입 버전은 100x25도 FOV 사양에 초당 25 프레임 속도로 차량 주변의 정밀한 실시간 이미지들을 생성하기 위해 3D remote sensing을 적용했다. 최대 감지 거리 200m 사양에 Remote sensing 기능을 통해 차량의 환경을 실시간으로 정확하게 파악할 수 있어 크기와 비용을 대폭 줄였다.

LeddarTech사는 차세대 LeddarCore IC를 기반으로 한 2D 및 3D 고해상도 라이다 솔루션을 선보였다. 가격, 해상도, 그리고 고성능에 초점을 둔 LeddarTech사의 라이다 솔루션은 최대 512X64 픽셀로 120X20도의 FOV(Field of View) 사양으로 최대 200m의 보행자와 최대 300m의 차량을 감지할 수 있는 측정 거리 사양을 제공한다.



〈그림 14. LeddarTech사 라이다 솔루션 구성〉

LeddarTech사의 라이다 솔루션은 Laser 다이오드 펄스 신호를 Single Axis Micro-Mirror를 통해 Diffuser 렌즈로 보내 신호를 방출하는 방식이다. 반사되어 돌아온 신호를 수광하여 LeddarCore IC를 통해 디지털화 시킨다.



〈그림 15. LeddarTech사 Solid-State Scanning 라이다 구조〉

이와 함께 2D 및 3D Flash 라이다도 함께 선보였다. 32x8 픽셀로 60x16도의 FOV 사양을 갖췄다. 수평 및 수직 resolution은 1,9x2도로 Detector array에서 3D Matrix 생성을 위해 각각의 수평 신호를 검출하는 솔루션을 채택했다.

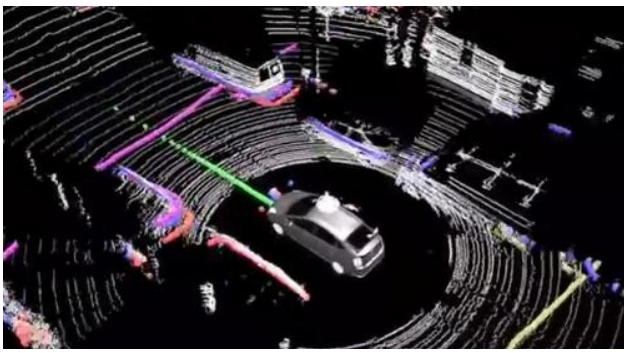
HOKUYO사의 라이다 Scanning range finder 제품은 30m 범위에 270도 scanning 범위를 갖고 있다.



〈그림 16. HOKUYO사 Scanning range finder 제품〉

실외 환경에 적용 가능한 제품으로 0.25도의 Angular Resolution 사양을 갖고 있다. 또한, 무게와 크기를 최적화하여 W60 X D60 X H87 mm 크기에 370g으로 최소화했다. 25msec/scan 사양으로 범위 내 정밀한 측정이 가능하며 USB2.0 인터페이스를 통해 시스템 연동이 가능하다. 전력 소비 측면에서 8W이하의 소비전력으로 저전력 시스템 구현이 가능하도록 했으며 EW버전을 통해 Ethernet 인터페이스 연동이 가능하도록 지원하고 있다.

Denso는 TriLumina사와 라이다 시스템 개발 협력을 통해서 ADAS와 자율주행 자동차에 적합한 고성능과 높은 데이터 처리속도를 갖는 라이다 개발을 진행한다. TriLumina사의 Solid-state 라이다 제품과 DMS(Driver Monitoring System)을 추가하여 통합 자율주행 라이다 시스템 개발에 나섰다.



〈그림 17. Denso사 자율주행 Sensing Monitoring〉

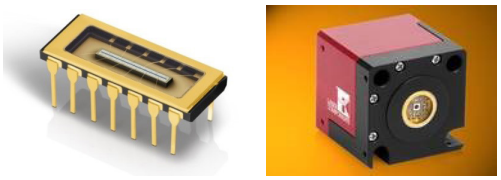
Denso는 가격 경쟁력을 갖춘 광원 source 솔루션과 TriLumina의 고성능 라이다 제품을 결합하여 ADAS와 자율주행 자동차 부품의 선두 공급자로 나설 계획이다.

Ibeo사는 거울 회전 방식 라이다 센서 모듈을 활용하여 시장을 주도 중에 있다. 현재까지 LUX와 ScaLa 2가지 모델을 개발하였으며 두 모델 전부 3.2°의 수직 시야각과 함께 약 150m까지의 측정거리를 가지고 있다. LUX의 경우, 110°의 수평 시야각을 가지고 있으며, ScaLa는 145°의 수평 시야각을 가지고 있다. 특히 ScaLa는 다중 평면 방식의 거리 측정, 물체 추적 및 분류의 특성을 가지고 있어 ADAS 연구 및 개발에 큰 도움이 되고 있다.



〈그림 18. Ibeo사의 Lux(좌), ScaLa(우)〉

Laser Components사는 라이다 모듈에 적용가능한 수광센서인 APD(Avlanche Photodiodes) 부문을 선도하고 있는 기업이다. 실리콘 APD array는 ToF방식의 거리 계산에 사용되는 센서이며 저잡음, 고감도의 성능을 가지고 있다. 이러한 APD array는 800~900nm 대역의 파장에 적합하며 이들을 사용하여 module을 설계하여 빠르고 안정적인 레이저 감지에 사용할 수 있다.



〈그림 19. Laser Components사의 실리콘 APD arrays(좌), APD module(우)〉

IV. 결론

글로벌 IT 업계와 완성차 업계들은 모두 자율주행자동차 기술을 차세대 핵심기술로 여기고 있다. 그 이유는 자율주행 기술이 단순히 운전이 필요없도록 하는 기술이 아니라 인류 문명에 큰 영향을 끼칠 기술이기 때문이다.

자율주행자동차 기술에 항상 빠지지 않으면서 가장 빠르게 변하고 있는 기술이 바로 3D 라이다 센서 기술이다. 항공, 위성 및 우주 분야에 적용되는 라이다 센서의 경우 특수 목적에 맞게 소량으로 개발되므로 제품 단가보다는 개발비의 비중이 높지만, 미래의 자율주행자동차 및 3D 카메라를 위한 라이다 센서의 경우 대량 생산이 가능하고 다양한 디자인 요구 조건을 만족해야 하므로 보다 저가격화 및 소형화가 필요하다. 이처럼, 자율주행차 또는 드론과 같은 무인기기 응용산업에서 라이다 기술은 시장의 요구에 맞춰 기틀을 잡아가고 있다.

CES 2017에서 공개된 라이다의 최신 기술 트렌드는 상용화를 위해 대량생산이 가능하도록 라이다의 저가격화 및 소형화에 집중하고 있고, 기존 모듈 형식으로 구성되었던 라이다 센서 및 프로세서를 하나의 칩으로 집적화 하여 소형화 시킨 라이다 제품들이 공개되고 있다. 이러한 상황에서 라이다 기술에 효율적인 투자와 저변 확대를 통해 국산 라이다 개발에 성공하고 이것이 라이다의 국내 생산으로 이어진다면, 라이다 업계뿐만 아니라 라이다용 반도체 칩과 플랫폼 선점은 물론 세계적인 경쟁력 확보와 우위를 점할 수 있게 될 것이라 기대된다.

Acknowledgement

이 논문은 산업통상자원부 및 KEIT의 산업융합기술 산업핵심기술개발 사업(산업융합)의 연구결과로 수행된 연구임 (10060150, 360° 실시간 감시가 가능한 3D Laser 스캐닝 기반 차량용 저가격·소형 LIDAR 시스템 기술 개발)

References

[1] http://www.rieglusa.com/careers/index.html
[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar
[3] https://www.e-education.psu.edu/geog481/l1_p4.html
[4] http://www.lidar-uk.com/
[5] “라이다(LiDAR) 기술동향과 산업 전망”, 이규택, 이건재, 문연국 MAY 2016 VOL 16-05 KEIT PD ISSUE REPORT
[6] “라이다 센서 기술 동향 및 응용”, 김종덕, 권기구, 이수인 (2012), 2012 Electronics and Telecommunications Trends
[7] “LiDAR 기술개발 추이 및 시장현황”, 박세환 (2013), 전자정보센터(EIC) 산업기술보고서
[8] “Global LiDAR Market (Product Type, Application, End User & Geography) Size, Share, Global Trends, Company Profiles, Demand, Insights, Analysis, Research, Opportunities, Report, Segmentation and Forecast 2013 ~ 2020”, 2015.2, Allied Market Research
[9] “자율주행차의 핵심 기술로 주목받는 자동차용 센서 시장전망과 개발동향 및 참여업체 사업전략”, 2015.8, IRS Global
[10] http://dsp-book.narod.ru/RSAD/C1828_PDF_C03.pdf
[11] http://www.advancedscientificconcepts.com/
[12] http://www.velodynelidar.com/

[13] http://www.quanergy.com/
[14] http://www.ibeo-as.com/
[15] https://www.sick.com/

Biographies



문 연 국

1998년 : 인하대학교 전자공학과 학사
2000년 : 인하대학교 전자공학과 석사
2014년 : 고려대학교 BMT 박사
2000년 ~ 2005년 : 삼성전자 선임연구원
2005년 ~ 현재 : 전자부품연구원 책임연구원
주요 관심분야 : 라이다 센서, 라이다 칩, 무선복합측위, 측위용 반도체
e-mail : ykmoon@keti.re.kr

자율주행자동차의 Connectivity 기술

임기택
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

Abstract

최근 활발하게 개발되고 있는 자율주행자동차의 안전성 증대와 보급 확대를 위하여 WAVE 통신뿐만 아니라 LTE 등과 같은 이동통신을 융합한 다양한 V2X 통신 기술 및 서비스 개발이 활발히 진행되고 있다. V2X 통신 기술은 고속으로 자율주행중인 자동차에 주변 차량 정보, 돌발 정보 및 사고 정보 등 중요 교통정보를 실시간으로 전송하기 위한 무선통신으로써, 차량간(Vehicle-to-Vehicle), 차량-인프라간(Vehicle-to-Infrastructure), 차량-보행자간(Vehicle-to-Pedestrian) 및 차량-Home간(Vehicle-to-Home) 통신 등 교통 분야의 IoT 통신으로 다양한 안전, 편의 서비스를 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 고에서는 다양한 V2X 통신 기술 개발 동향에 대해서 알아보고 향후 방향에 대해 논의 한다.

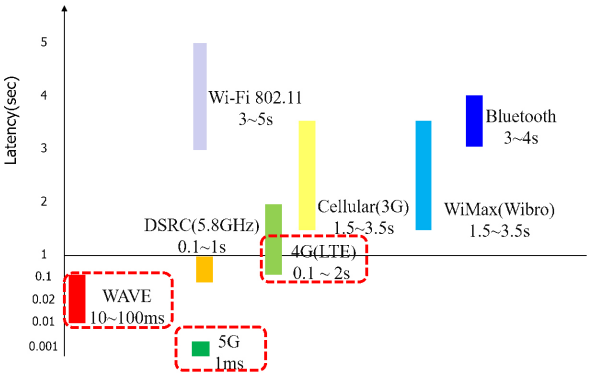
I. 서론

자동차는 언제나 사고 발생 가능성에 노출되어 있으며, 이는 사람의 생명과 직접적인 관계가 있기 때문에 자동차 제조업체들은 사고를 줄이고 안전하게 목적지까지 이동할 수 있는 자율주행자동차 개발을 활발하게 진행하고 있다. 대부분 카메라, Lidar, Radar 등 다양한 고급 센서들을 활용하여 자율주행자동차를 개발하고 있으나 이들 센서는 탐지 거리가 짧고 악천후 시 탐지율이 현저히 떨어지며 가격이 비싸다는 것 등 다양한 어려움이 존재하고 있다. 구글의 자율주행자동차와 테슬라의 오토파일럿 자동차 등의 사고를 보면 알 수 있듯이 도로변 시설물들과의 실시간 통신을 통하여 교통정보를 제공받으면 훨씬 더 안전한 자율주행자동차가 개발될 것으로 기대되고 있다. 따라서 자율주행자동차가 주행하면서 도로 인프라 및 다른 차량과 지속적으로 상호 통신하면서 교통상황 등 각종 유용한 정보를 교환 및 공유할 수 있도록 하는 V2X 통신이 주목받고 있다. 이는 자동차끼리 직접 또는 거리에 설치되어 있는 인프라와 전방 교통정보, 차량 접근, 추돌 가능성 등의 정보를 주고받고 사고가 예측될 시 자동차를 제어한다는 점에서 사고를 예방하거나 연속 사고 발생을 막는데 효과적이라 할 수 있다. V2X 통신 기술은 자율주행자동차의 핵심 기술 중 하나로서 이를 통해 자동차는 단순한 개인의 이동수단이 아니라 사회적 인프라로써의 역할도 수행하게 된다. 또한 교통흐름을 원활히 하여 에너지 절약과 환경보호 효과까지 제공한다.



〈그림 1. V2X 통신 기술 기반 서비스〉

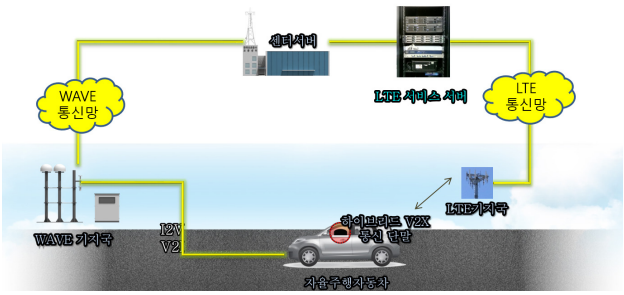
최근 그림 2에서와 같이 V2X 통신으로 WAVE, LTE 및 5G 통신이 거론되고 있는데, WAVE 통신기술은 실시간성, 신뢰성 및 보안성이 높고 실시간 V2V 통신이 가능해 교통사고 예방을 위한 안전데이터 전송에 유리하며, LTE 및 5G 등 상용 이동통신은 넓은 통신 거리, 빠른 전송속도의 장점으로 넓은 범위에서의 미디어 데이터 전송에 유리하다. 미국, 유럽 및 국내에서는 상시연결성 제공을 위해 WAVE 통신과 이동통신을 융합한 하이브리드 V2X 통신 시스템을 개발하여 각 통신의 장점을 최대한 활용하는 방향으로 진행하고 있다.



〈그림 2. 다양한 V2X 통신 종류〉

본고를 통해 하이브리드 V2X 통신 기술의 동향을 살펴볼 것이다. 본고는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 하이브리드 V2X 통신을 위한 WAVE 통신 및 이동통신의 동향을 설명하고, 3장에서는 국내외 하이브리드 V2X 통신 기술 개발 및 사업화 동향을 소개한다. 그리고 4장에서 결론을 내린다.

II. 하이브리드 V2X 통신 개요



〈그림 3. WAVE, LTE 통신 융합의 하이브리드 V2X 통신 구조〉

그림 3은 WAVE 통신과 LTE 통신을 융합한 하이브리드 통신 시스템의 구조를 나타낸다. WAVE 통신과 LTE 통신을 모두 지원하는 하이브리드 V2X 단말기를 통해 WAVE 통신 기지국 및 LTE 기지국과 통신을 할 수 있게 된다.

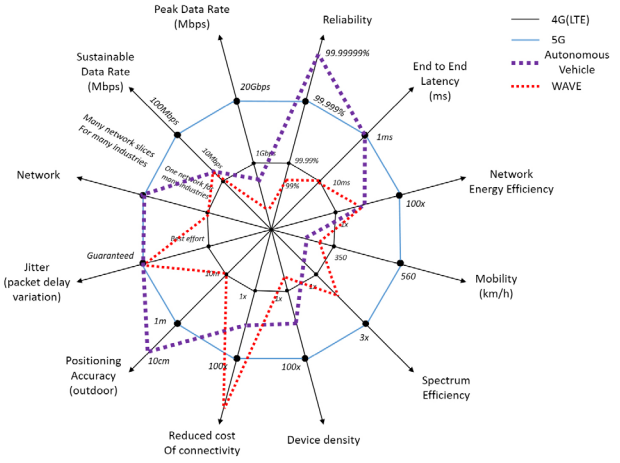
미국, 유럽, 일본 및 국내에서는 자율주행자동차의 연구에서 WAVE 통신과 이동통신의 융합의 필요성을 제기하고 관련 프로젝트를 진행하였으며 이를 위해 ISO/IEC 21217 : ITS-CALM Architecture 등의 국제 표준 아키텍쳐 초안을 완료하였다. 또한, 미국의 Connected Vehicle Pilot Deployment, 유럽의 Autonet2030, Compass4D 등의 사업에서 하이브리드 V2X 통신을 기반으로 통신 시스템 및 다양한 서비스를 개발, 시험하고 있다.

하이브리드 V2X 통신에 널리 사용되는 WAVE 통신, LTE 등 이동통신 기술을 비교하자면, WAVE 통신은 V2V 통신을 실시간으로 지원할 수 있고, 미국, 유럽 및 국내 등 다양한 시범사업을 진행하고 있어 현재 적용가능한 유일한 통신이라 할 수 있다. LTE 통신은 보다 넓은 범위의 고용량 데이터 통신이 가능해 실시간성이 없는 편의서비스 등에 적합하다 할 수 있겠다.

〈표 1. 하이브리드 V2X 통신별 사양 비교〉

구분	IEEE802.11p (WAVE)	LTE	5G
주파수	5.855~5.925GHz	1.8/2.1/2.6GHz	28GHz (예상)
통신거리	1km	10km	1km
Datarate	최대 27Mbps	100~450Mbps	10~50Gbps
이동속도	최대 200km/h	350km/h	1,000km/h
통신방식	1:1, 1:n, Broadcast	1:1	1:1
V2X 통신	V2V / V2I	V2I (Rel 14에서 V2X 가능)	V2V / V2I
전송지연	≤10ms	100ms ~ 2s	1ms
컨텐츠	안전 데이터	미디어	미디어
신뢰수준	High	Medium	Medium
보안수준	High	High	High
표준화	2010년 표준화	2010/2013년 표준화(Rel 14는 2017년 예상)	2020년 예상
장점	• 실시간 V2V 통신 가능 • 본사업 가능한 상태 • 무료 안전서비스 제공 가능	• 넓은 범위의 고용량 데이터 통신 가능 • 사용자 휴대폰으로 서비스 제공 가능	• 실시간 V2V 통신 가능 • 고용량 데이터 전송 가능 • 사용자 휴대폰으로 서비스 제공 가능
단점	• 1km의 좁은 통신범위 • 별도의 단말기 필요 • 200여대 동시 접속 지원	• 도로교통서비스 적용 검증 필요 • LTE-V2X 표준화 진행 중 • 유료 서비스 제공	• 표준화 진행 중 • 도로교통서비스 적용 검증 필요 • 1km의 좁은 통신범위 • 유료 서비스 제공
상용화 시기	• '17년 미국 NHTSA의 신규 차량 의무장착 법제화 완료 예상 • '18년 본격적 상용화 예상	• 음성/데이터 통신은 이미 상용화 • LTE-V2X : '20년 예상	• 5G-V2X : '22년 예상
발전방향	• 무료로 안전 서비스를 제공하면서 1ms 이내의 전송 지연, 100Mbps 이상의 전송 데이터율, 1,000대 이상의 동시 접속을 지원하는 WAVE2 개발 필요	• 수 km의 넓은 통신 범위를 활용한 자율주행자동차 안전/편의 서비스를 제공하는 것으로 발전할 것으로 예측되며, WAVE 통신과의 융합으로 전방위적인 자율주행 서비스 제공이 가능해질 것임	

자율주행자동차에 적용될 V2X 통신 기술의 사양을 도식화하면 아래의 그림과 같이10cm 이하의 측위 오차, 1ms 이하의 지연시간, 99.99999%의 신뢰성, 수백Mbps의 전송속도 등을 지원해야 한다.



〈그림 4. 하이브리드 V2X 통신별 사양 비교〉

WAVE 통신은 통신망 사용이 무료이므로 매우 저렴한 통신 비용, 통신 jitter가 없으며 10Mbps의 지속적 전송속도, 높은 스펙트럼 효율하는 장점을 갖고 있으며, legacy LTE 통신은 이동속도, peak 전송속도 이외에는 장점이 없는 것으로 보인다. 그에 반해 5G 통신은 측위 정확도를 제외한 거의 모든 사양을 만족할 것으로 예측된다.

이제부터는 하이브리드 V2X 통신을 구성하는 WAVE 통신과 LTE 등 이동통신에 대해 자세하게 알아보기로 하겠다.

1. WAVE 통신 기술

현재 하이패스와 같은 과금체계용으로 널리 사용되고 있는 DSRC는 최대 160km/h의 속도로 최대 1Mbps의 전송속도, 약 100m 전후의 최대 통신 거리를 지원하여 짧은 거리 내에서 도로변의 기지국과 차량 단말 사이에 무선으로 정보를 주고받는 목적으로 개발되었다.

그러나, 최근 지능형 교통시스템 및 자율주행자동차 개발이 본격화되면서 도로변 기지국과 차량 단말기 사이에 주고받는 정보의 양이 많아지고 보다 빠른 속도와 더 넓은 거리의 통신을 원하게 되었을 뿐만 아니라 차량단말기와 차량 단말기 간, 즉 차량 간 통신에 대한 필요성이 대두되었다.

DSRC 규격 태스킹 그룹인 ASTM(미국 시험재료협회, American Society for Testing and Materials) international은 DSRC가 갖고 있던 장점은 그대로 살리면서 ITS 환경에 따른 여러 요구사항을 부합시킬 차세대 DSRC 기술을 모색하였다. 여러 통신방식을 검토한 결과, Wi-Fi 기술 규격인 IEEE802.11p를 기반으로 열악한 전원 노이즈 및 까다로운 차량 내 전파환경 등을 만족시키는 IEEE802.11p라는 새로운 규격을 2010년에 만들었다.

〈표 2. 차세대 ITS 서비스에 대한 통신 요구사항 및 필수사항〉

서비스 구분	통신 기능 요구사항	통신 성능 요구 사항					
		차량 속도	통신 거리	정보 형태	데이터 전송 속도	링크 접속 시간	PER
다차로 무정차 ETC	• V2I 통신기능 • 보안 및 인증 기능	최대 200km/h	30m 이내	텍스트	1Mbps 이상	100msec 이내	10% 이하
교통정보 수집 및 제공	• V2I 통신기능 • 차량정보 수집 기능 • 교통정보방송 기능	최대 200km/h	1km 이상	텍스트 이미지 동영상	3Mbps 이상	100msec 이내	10% 이하
C&R 서비스	• V2I 통신기능 • 셀간 핸드 오버 기능	최대 200km/h	1km 이상	텍스트 이미지 동영상	10Mbps 이상	100msec 이내	10% 이하
차량 안전	• V2I/V2V 통신기능 • 차량 안전 메시지 생성 기능	최대 200km/h	1km 이상	텍스트	3Mbps 이상	100msec 이내	10% 이하
공통 및 필수사항	• V2I/V2V 통신 기능 • 보안 및 인증 기능 • 셀간 핸드 오버 기능	최대 200km/h	1km 이상	텍스트 이미지 동영상	최소 10Mbps	100msec 이내	10% 이하

서비스 관련 규격은 이와는 별개로 IEEE Vehicular Technology Society(VTS)에서 IEEE1609라는 규격으로 2006년부터 제정작업을 진행하고 있으며, IEEE1609.2,3,4 규격은 2016년 3월에 재개정되었다. IEEE1609는 자원 관리, 보안, 네트워크, 멀티채널 동작에 대한 기술을 각각 1609.1,2,3,4에 나누어 담고 있는데, 앞서 설명한 IEEE802.11p와 IEEE1609 규격을 합쳐 통칭 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)라 호칭하고 있다. 미국에서는 5.9GHz DSRC, 유럽에서는 ITS-G5라 불리기도 하며, 대동소이한 규격으로 볼 수 있다.

IEEE802.11p 규격을 따르는 무선통신은 제어 채널(CCH, Control Channel), 서비스 채널(SCH, Service Channel)로 구성되며, 제어 채널은 1대의 기지국에서 여러 대의 단말기 혹은 1대의 단말기에서 여러 대의 단말기로 정보를 전송하는 broadcast 통신, 낮은 latency로 실시간 차량 안전에 특화된 정보같이 비교적 짧고 높은 우선순위를 요구하는 데이터 송수신을 위해 필요한 채널을 의미한다. 서비스 채널은 무정차요금징수, 인터넷 접속과 같은 기지국과 차량 단말기, 차량 단말기 간 양방향 통신을 위한 채널로써, 제어 채널과 달리 대용량의 데이터를 비교적 전송 시간의 제약없이 통신하기 위한 채널이다.

WAVE 통신 기술은 IEEE802.11a 규격을 근간으로 하고 있으나, 차량을 주요 target으로 제정되었기 때문에 아래와 같은 차별성을 갖고 있다.

● 고속 이동 시 빠르고 안정적인 접속

- WAVE 통신 규격은 최대 200km/h에서도 데이터 통신이 가능하도록 채널 대역폭을 10MHz로 절반으로 줄였으며, 이는 데이터 전송속도를 절반으로 줄이는 대신 통신의 신뢰성을 높이고 채널 점유 경쟁을 줄이고자 함이었다. 또한 초기 접속 시 보안에 관련된 프로토콜을 별도로 정의하여 IEEE802.11a에서 필요로 하는 인증 절차를 생략하여 빠른 접속이 가능하다.

● 필드형 데이터 통신 및 통신 반경의 증가

- Wi-Fi는 주로 실내용으로 대체로 고정된 환경에서의 빠른 데이터 전송을 하는 것이 목적이라면, WAVE 통신은 시시각각 변화되는 도로 환경에서 Wi-Fi에 비해 속도는 느리지만 한번 통신 시 정확하게 전달하는 것이 목표이며, ITS 환경에서의 요구사항을 반영하여 LOS가 보장되는 환경에서 최대 1km까지 지원하도록 통신 반경 범위를 개선하였다.

● 차량간(V2V) 통신 지원

- 모바일 Wi-MAX/Wibro나 LTE 등 WAVE 규격과 비슷하거나 오히려 우수한 전송속도를 갖는 통신 방식들이 존재하는 것은 사실이나, 이들 통신 방식 규격들은 모두 WAVE 통신과 달리 차량간(V2V) 통신을 지원하지 못하는데, 구현 방식별로 호환성을 유지하기가 매우 어려워 해외는 물론 국내에서도 시장 경쟁력을 하락시키기 때문이다.

● OFDM 변조방식

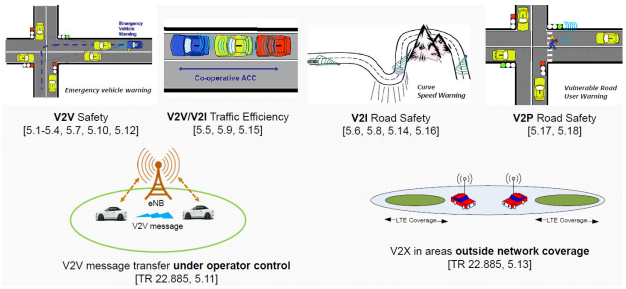
- 일반적인 도심환경이나 옥외환경에서의 전파는 일직선으로 도착하는 직접파보다는 건물이나 지형지물에 반사되어 도착하는 많은 반사파로 구성되어 있다. 이러한 다중반사파에 의한 multipath fading 현상은 고속으로 갈수록 간섭 등 여러가지 문제점을 발생시키는데, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 복잡하고 규모가 큰 통신시스템을 필요로 하게 되며, 이 역시 주파수 효율성이 떨어지는 등 심각한 성능 열화를 야기시킨다. 이를 해결하기 위한 OFDM 기술은 무선 랜, 모바일 WiMAX, LTE 등 전송속도가 10Mbps 이상인 고속 무선 이동통신에 사용되고 있으며, WAVE 규격에서도 OFDM 기술을 사용한다.

2. LTE 통신 기술

LTE Release 12/13의 D2D 기술은 700MHz 대역의 낮은 주파수에서 동작하고 VoIP 서비스가 주요 서비스이며, 최대 60km/h의 저속에서 동작하며 기기 연결의 밀도가 매우 낮다는 한계가 존재하고 있다. 따라서 고속에서 low latency를 지원하는 LTE-V2X 기술의 표준화를 3GPP에서 진행하고 있다.

LTE 기반 V2X 통신 기술에 대한 표준은 3GPP Release14 버전에서 작업중에 있으며, 우선적으로 2016년 9월에 LTE-V2V에 대한 표준화가 완료되었으며, 최종적인 LTE-V2X에 대한 표준화는 2017년에 완료될 예정이다.

LTE-V2X 기술은 화웨이, 노키아, 퀄컴 등 통신기술 기반 글로벌 기업 등에서 꾸준히 관심을 가지며, 표준화 활동이나 ITS 세계대회 참여 등 connected car 기술 개발에 적극 나서고 있는 상황이다. 국내의 경우 LG전자가 2015년 3GPP 표준총회에서 LTE 기반 V2X 표준 기술을 주도하는 주관사로 선정되는 등 차량통신 표준기술 관련 국제 리더십을 이어나가고 있다.



〈그림 5. 화웨이에서 시연한 6가지 Use Cases〉

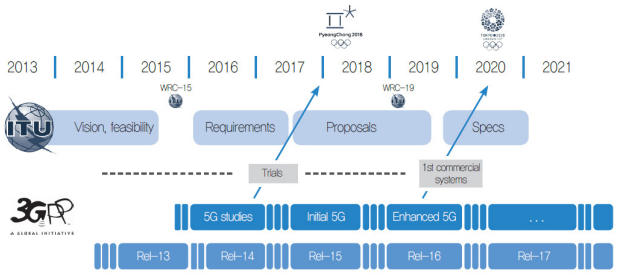
화웨이는 중국 최대 자동차회사인 상하이자동차와 지난 2015년 4월에 난징 ITS AP 포럼에서 6가지 use case의 데모를 보였으며, 항저우에 Ecosystem을 위한 실증단지를 운영하고 있다. 또한 2015년 6월에 Vodafone, Land Rover와 영국의 Gaydon에서 데모 및 시험을 하였다.

노키아는 지난 2015년 11월에 독일에서 컨티넨탈, 프라운호퍼 ESK와 제휴하여 LTE 기반 차량간 통신을 시연하였는데, 기지국에서 차량상황, 도로상황에 대한 정보를 전송하고 차량에서는 이를 받아 CAN을 통해 차량을 제어하였다. 노키아의 mobile edge computing(Liquid App)을 이용하여 지연시간을 단축하였는데, 차량간의 직접 통신은 아니나 Liquid App을 이용하여 차량간 통신 시 지연시간을 단축한 것과 부품제조사와 협업하여 실체 차량을 제어한 것이 다른 시연과 차별화된다 할 수 있다.

3. 5G 통신 기술

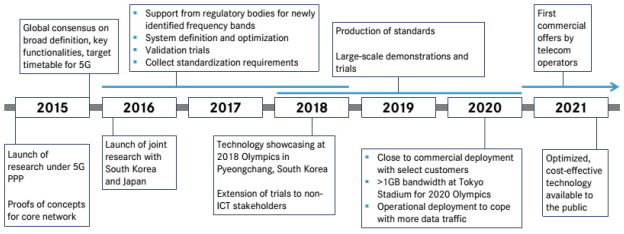
국내의 KT는 5G 기술을 통해 connected car 기반 자율주행자동차를LTE 위한 초고속 무선 데이터 전송을 이룰 수 있도록 2018년 평창올림픽에서 시범서비스를 수행하고, 비슷

한 시기에 상용화를 시작할 것이라고 발표하였지만, 구체적인 5G-V2X 서비스 제공을 위한 개발 계획은 아직 미정인 상태이다.



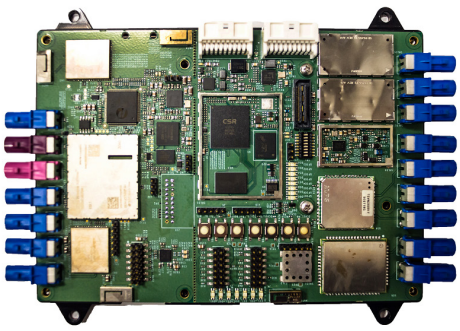
〈그림 6. 5G 통신 기술 표준화 로드맵〉

1Gbps 이상의 초고속 통신이 가능한 5G 통신이 계획대로 2019년 세계 표준 확정 후 2020년 상용화된다면 connected car 및 V2X 기술은 5G 통신이 유리할 것으로 보이며, 3GPP LTE Release 15 버전의 표준화가 완료되는 시점인 2020년 이후에 상용화 및 차세대 이동통신 기술로 자리잡을 것으로 예측된다.



〈그림 7. 5G-V2X 표준기술 로드맵〉

퀄컴은 connected car의 첨단 통신기술의 융합을 위해 WAVE 통신을 포함하고 LTE 등의 이동통신 및 GNSS, Wi-Fi, Bluetooth Low Energy 등의 통신 기술을 가변적으로 사용할 수 있는 connected car 레퍼런스 플랫폼을 출시할 예정인데, 이 플랫폼은 기술발전에 따른 확장성이 고려되는 등 차후 차량통신 기술로 편입이 예상되는 5G 통신기술까지 지원 가능할 것으로 예측된다.



〈그림 8. 퀄컴의 Connected Car Reference Platform〉

III. 하이브리드 V2X 통신 개발 동향

교통사고의 저감을 위해 조기에 WAVE 통신 시스템을 2020년까지 전국의 고속도로에 구축하며, 향후 6~7년 후에 고속도로 전용차선, 캠퍼스 도로 등 특정 구간에서 상용화 예정인 자율주행자동차 등을 위해 이동통신과의 융합형 하이브리드 V2X 통신 기술로 진화할 것으로 예상된다. WAVE 통신 기반 V2X 통신 기지국을 전국 고속도로에 구축하고 교통안전 서비스를 제공하여 교통사고를 저감 시킴으로써 국민 안전을 보장하는 차세대 교통 기간망을 구축한 후, 현재 전국적으로 구축되어 있는 LTE 망을 이용하여 대용량 교통정보 기반 교통 서비스를 제공함에 따라 경제성 면에서도 효용성이 높을 것으로 예측된다.

고속으로 주행하는 자율주행자동차에 실시간 교통정보를 전송하기위한 상시연결성, 신뢰성 등의 확보를 위해 다양한 통신 방식의 융합이 필요한 것에 대해 글로벌 선진국을 중심으로 하이브리드 V2X 통신 개발 및 서비스 시행에 대한 공감대가 형성되고 있다.

유럽의 ITS 단체인 ERTICO에서 C-ITS 서비스를 위한 기술 가이드에서 WAVE 통신 단독 구축보다는 이동통신과의 융합을 통해 경제성, 안전성, 신뢰성 및 편의성을 확보하도록 하이브리드 V2X 통신 검토를 권고하고 있다. 또한 미국도 다양한 대형프로젝트와 시범사업에서 하이브리드 V2X 통신 기반 시스템 및 서비스 개발을 진행하고 있으며, 국내에서도 하이브리드 V2X 통신을 활용한 기술 개발을 진행하고 있다.

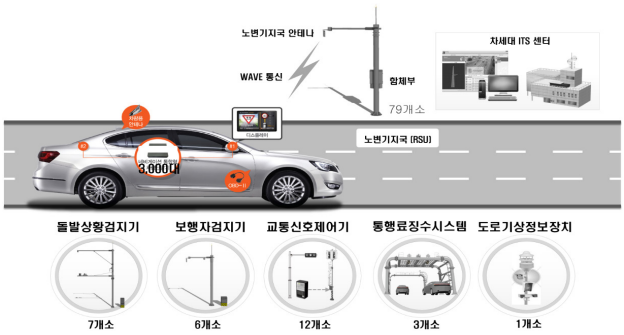
미국은 CVRIA(Connected Vehicle Reference Implementation Architecture) 등 여러 프로젝트를 토대로 정부에서 의회로 지난 2015년 7월에 Report to Congress를 제출하였는데, 안전관련 서비스의 제공을 위해 현재 적용 가능한 WAVE(5.9GHz DSRC) 통신 기술을 활용하되, 짧은 지연시간과 빠른 접속이 필요하지 않은 소통 정보 제공, 길 찾기 서비스 등의 편의 관련 서비스는 이동통신 등 다른 통신수단의 적용이 가능하도록 하였다.

〈표 3. 국내외 하이브리드 V2X 통신 프로젝트〉

국가	프로젝트 제목	비 고
미국	• CV Field Infrastructure Footprint Analysis (AASHTO, 2016.1)	WAVE, 4G
	• A Multi-Scale Spatiotemporal Perspective of Connected and Automated Vehicles: Applications and Wireless Networking (Ford Motor Company, 2015.8)	WAVE, Cellular
유럽	• C-ITS Platform Final Report (EU, 2016.1)	WAVE, Cellular
	• Guide about technologies for future C-ITS service scenarios (ERTICO, 2015.3)	WAVE, Cellular
	• Declaration of Amsterdam (2016.4)	Hybrid
	• Cooperative ITS Corridor Joint Deployment (2014~2017)	WAVE, 3G, 4G

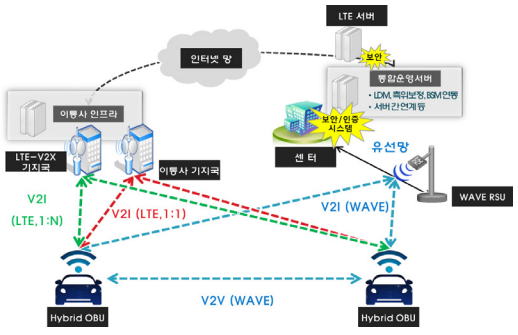
유럽	• Tomorrow's Elastic, Adaptive Mobility (TEAM) (2012.11~2016.10)	WAVE, 4G
	• Compass4D (2013.1 ~ 2015.12)	WAVE, 3G, 4G
	• The Dutch hybrid testbed for C-ITS development, testing and deployment	WAVE, 4G, 5G
	• Scoop@F (2016.1 ~ 2018.12)	WAVE, 3G, 4G
	• CONVERGE (2012.8 ~ 2015.10)	WAVE, Cellular
	• ECo-AT (2013. ~ 2017.)	WAVE, Cellular
	• FOTSis (2011.4 ~ 2014.9)	WAVE, Cellular
	• AUTONET2030 (2014.1 ~ 2017.6)	WAVE, Cellular
일 본	• SIP – Automated Driving System	Cellular
한 국	• 자율협력주행 도로시스템 구축	WAVE, LTE

국토교통부는 스마트하이웨이사업에서의 개발 결과물의 실제 도로 시범적용 하여 교통사고 감축을 위한 차세대 ITS의 다양한 안전서비스를 실제 도로에서 검증하고, 차질 없는 차세대 ITS 도입을 위한 법제도 정비를 위해 대전-세종 구간의 87.8km 구간에서 15가지의 서비스를 시범적용하는 C-ITS 시범사업을 진행하였다.



〈그림 9. C-ITS 시범사업 시스템 구성〉

스마트하이웨이사업의 후속사업으로 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 과제를 2015년부터 시작하였는데, 주관인 전자부품연구원과 SK텔레콤, ㈜이씨스 및 ㈜카네비컴이 WAVE 통신과 LTE 통신을 융합한 하이브리드 V2X 통신 기반의 통신 시스템을 개발하고 있다. 개발하고 있는 하이브리드 V2X 통신 시스템을 서울TG-신갈IC-호법IC 구간에 설치하여 2018년 평창올림픽에서 자율주행자동차와 지능형 도로시스템이 융합한 서비스를 시연할 계획이다.



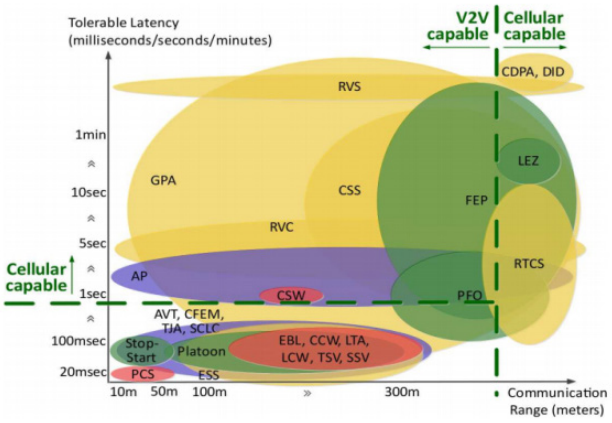
〈그림 10. 자율협력주행 도로시스템용 하이브리드 V2X 통신시스템〉

유럽은 오스트리아 비엔나에서 네덜란드 로테르담까지의 도로에 도로 작업 알림서비스, PVD(Probe Vehicle Data) 서비스를 하이브리드 V2X 통신 기반으로 제공하는 시범사업을 진행하고 있으며, TEAM, Compass4D, Scoop@F, CONVERGE(Communication Network Vehicle Road Global Extension) 및 Autonet2030 등 대부분의 대형 사업에서 하이브리드 V2X 통신을 사용하거나 권고하고 있다.



〈그림 11. Tomorrow's Elastic, Adaptive Mobility(TEAM)〉

미국의 포드자동차에서 2015년에 발표한 논문에서는 NHTSA(미국 도로교통안전국)에서 정의한 C-ITS 안전서비스들의 요구사항을 분석하고, 통신채널 당 처리용량, 통신범위, 지연시간 등을 고려하여 각 서비스에 적합한 통신방식을 제안하였다.



〈그림 12. 통신사양별 서비스 제안〉

IV. 결론

자율주행자동차의 안전 주행을 위해 실시간 교통정보를 전송하기위한 상시연결성, 신뢰성 등의 확보를 위해 WAVE 통신, 4G 및 5G 통신 등 다양한 통신 방식의 융합이 필요한 것에 대해 세계적으로 공감대가 형성되었으며, 미국, 유럽 및 한국을 중심으로 활발하게 하이브리드 V2X 통신 개발 및 서비스 시행이 진행되고있다.

WAVE 통신은 실시간성, 신뢰성 및 보안성이 상대적으로 높아 실시간 교통 안전데이터 전송에 매우 유리하며, 이동통

신은 통신거리, 대용량 데이터 전송에 유리하여 1km 이내의 실시간 안전서비스는 WAVE 통신, 수 km 이상의 고용량 고속 편의서비스는 이동통신을 사용하는 것이 가장 효율적일 것으로 생각된다.

자율주행자동차의 안전한 주행, 도로 용량 증대 등의 기본적인 목표를 생각한다면, 우선적으로 상용화 가능한 상태에 있는 WAVE 통신 기반 V2X 통신 기지국을 전국 고속도로에 구축하고 교통안전 서비스를 제공하여 교통사고를 저감 시킴으로써 국민 안전을 보장하는 차세대 교통 기간망을 구축한 후, 현재 전국적으로 구축되어 있는 LTE 망을 이용하여 대용량 교통정보 기반 교통서비스를 제공한다면 기술, 산업적 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 보인다.

안전한 자율주행 교통 인프라 구축을 위해 정부의 주도아래 산·학·연이 협력하여 자율주행자동차를 위한 하이브리드 V2X 통신 기술 및 시스템 개발을 수행해야 할 것으로 생각되며, 특히 100Mbps 이상의 Next WAVE 통신 기술 및 차량 내 다양한 무선통신을 통합할 수 있는 SDR 기반의 다종 통신 프로토콜 지원 가능 하이브리드 V2X 통신 플랫폼 기술 개발 등에 선택과 집중을 해야할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업(1615009062)의 세부과제인 “하이브리드 V2X 통신시스템 개발” 과제의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

[1] 임기택, 신대교, 장수현, 손광준, “차량용 통신 시스템 기술 동향 및 시사점,” PD 이슈 리포트, 2016년 8월.
[2] “자동차전용도로 자율주행 핵심기술개발사업 예비타당성 보고서,” 한국과학기술기획평가원, 2016년 5월.
[3] 임기택, “Connected and Automated Vehicle용 WAVE 통신 개발 동향,” 2017 마이크로파 및 밀리미터파 워크숍, 2017년 3월.
[4] “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 2차년도 보고서,” 국토교통부.
[5] 조순기, “C-ITS(Connected Vehicle) 동향 및 단말 확대방안,” 2017년 3월.
[6] 차세대 ITS 홈페이지, “www.c-its.kr”.

Biographies



임 기 택

1994년: 한양대학교 전자공학과 학사
1996년: 한양대학교 전자공학과 석사
2013년: 한양대학교 전자컴퓨터공학부 박사수료
주요 관심분야: C-ITS 및 자율주행자동차 전장시스템, V2X 통신
e-mail: limkt@keti.re.kr

자율주행을 위한 다중센서 기반 인공지능 기술

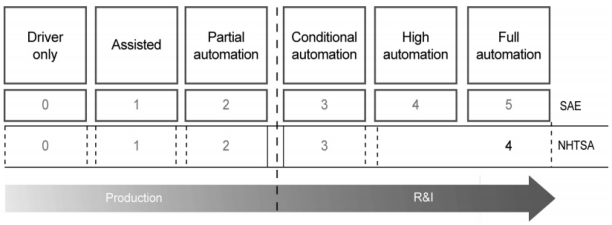
황영배, 윤명현
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

Abstract

최근 자율주행 기술은 인공지능의 발달과 맞물려서 많은 관심을 받고 있으며, 많은 자동차 업체들이 자율주행 기술 개발을 위한 로드맵을 발표하고 있다. 자율주행 기술 중에서도 센서로부터 정보를 입력 받아서 주변의 환경을 인지하고, 이를 통해 차량을 제어하는 기술은 자율주행을 위해 필수적인 기술로써 최근에는 딥러닝의 발전으로 인해서 기존대비 많은 성능이 향상되었다. 본 고에서는 이러한 다중센서에 기반하여 자율주행차에 적용될 수 있는 인공지능 기술 동향에 대해서 알아보고, 앞으로의 인공지능에 기반한 자율주행 기술의 발전 방향에 대해서 논의한다.

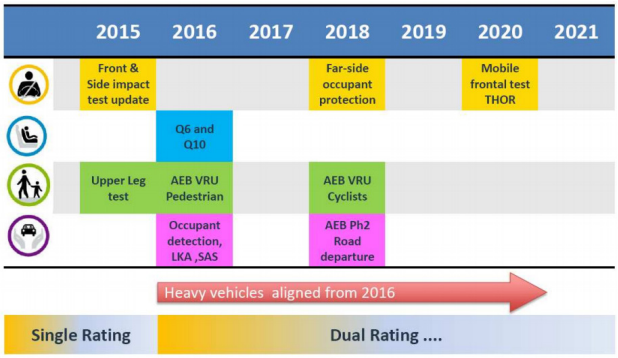
I. 서론

자율주행 자동차란 스스로 주변 환경을 인지하고 위험을 판단하여 목적지까지 주행이 가능한 자동차로, 2025년에는 약 420억 달러 규모로 성장하고 2035년에는 1,200만 대 이상의 완전자율주행 자동차가 판매될 것으로 예상된다. 자율주행 기술은 크게 5단계 (NHTSA 기준, SAE 기준으로는 6단계)로 분류되며[1], 현재 상용화된 기술은 차선이탈경고(Lane Departure Warning)/전방충돌경고(Forward Collision Warning)/고속도로 운전지원 시스템(Highway Driving Assist System)과 같이 1~2 단계에 머물러 있다. 3단계 기술부터 운전자의 개입 없이 자동차가 스스로 차선을 변경하고, 추월하며, 차선이 보이지 않거나 기상환경이 악화될 경우 운전자의 개입이 필요하게 된다.



〈그림 1. 자율 주행 자동차 단계별 구분 [2]〉

현재 유럽에서 출시되는 차량은 Euro NCAP에 의해 자동 긴급제동(Autonomous Emergency Brake)와 LDW 항목을 필수적으로 검증하고 있으며, 앞으로 다양한 자율주행 요소기술 또는 운전자보조시스템 기술들이 안정성 평가 항목에 추가될 계획이다.



〈그림 2. 2020년까지의 Euro NCAP 안정성 평가 로드맵 [3]〉

인공지능은 자율주행 자동차에서 주로 '인지 기능'을 담당하고 있으나, 인공지능이 인지에만 국한되는 것은 아니며 센싱/측위/제어를 위해서도 사용될 수 있다. 최근의 Facebook의 딥러닝 기반의 얼굴 인식 기술은 사람보다 높은 인식률을 보여 큰 반향을 일으켰으며, 센싱 기술에 속하는 영상 기반 깊이 추정 기술의 경우, 딥러닝 기반의 실시간 깊이 추정 기술이 앞으로 LiDAR의 역할을 하게 될 것으로 전망된다.

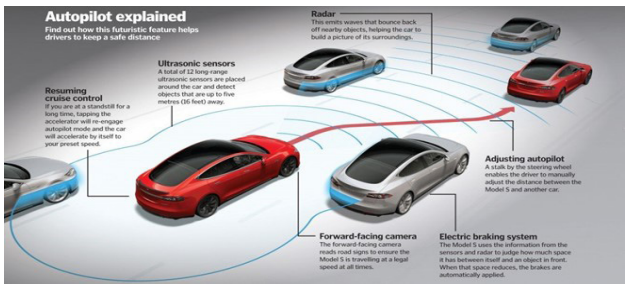


〈그림 3. 자율주행 자동차의 4가지 요소 기술〉

II. IT/자동차 기업의 자율주행 기술 개발

구글의 경우 2014년에 자체개발 2인승 완전 자율주행차를 공개하였으며, 2020년 실용화를 목표로 LG, Bosch, 현대차,

아우디, GM, Honda 등과 협력/제휴하고 있다. 테슬라의 경우 딥러닝 기술을 이용하여 8대의 카메라 (360도 시야각), 레이다, 초음파 센서 정보를 융합한 형태의 상용 오토 파일럿 기술[4] 개발하고 있다. 현재 오토파일럿 기술은 레벨 2 자율주행 기술로, 모델 S부터 자동차선 변경, 자동 주차, 크루즈 컨트롤, 주차장/차고에서 자동차를 불러오는 기능의 4가지 기능을 표준 기능으로 탑재하고 있다. 테슬라의 경우 자율주행 기능이 소프트웨어 업데이트를 통해 이루어진다.



〈그림 4. Tesla의 자율 주행 자동차에 탑재되어 있는 다양한 기능〉

이스라엘의 모빌아이는 현재 자율주행, 운전자 보조 시스템 시장에서 가장 널리 사용되고 있는 단안 카메라 기반 솔루션을 제공하는 기업으로, 영상 기반 전방충돌경고, 보행자충돌경고, 차선이탈경고 모듈 등을 판매하고 있다. 딥러닝(CNN, RNN) 기술을 사용하며, 수백 명의 엔지니어가 다양한 상황에서 수집한 정보를 분석/재학습하여 성능을 향상 시키고 있다. 대형 차량을 위한 전후방 보행자 인식에 특화된 '모빌아이 쉴드 플러스' 도 판매하고 있다.

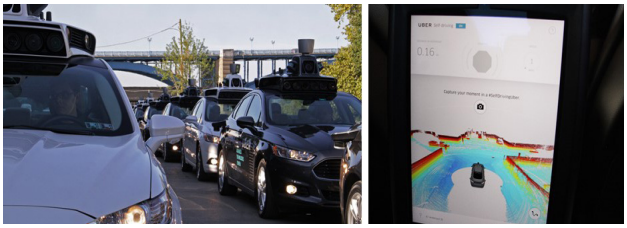


〈그림 5. Mobileye에서 판매하고 있는 ADAS 솔루션(좌)과 시판용 제품(우)〉

벤츠의 경우 2014년 자율주행차 쿠레 235i를 공개하였으며, LiDAR, 카메라, 초음파 센서 정보와 인공 지능 기술을 융합하여 네바다 주에서 세계 최초로 자율주행 상용차 운행 면허를 발급 받았으며, 스테레오 카메라/LiDAR/레이더 센서를 이용하여 다양한 상황 인지 수행한다.



〈그림 6. 벤츠의 차량 검출과 스틱셀 기반 동적 객체 검출 수행 결과〉



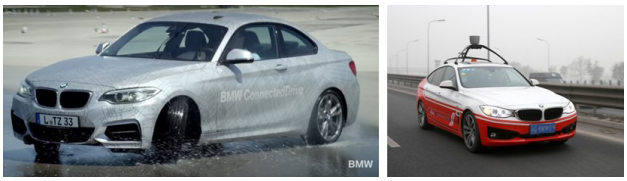
〈그림 7. Uber의 자율주행 차량들(좌)와 자율 주행 모드 화면(우)〉

Bosch는 주로 테슬라에 자율주행 부품을 제공해 왔으며, 동시에 지난 5년간 자율 주행 자동차를 개발하여 2016년 10월에 the ITS World Congress에서 첫 번째 자율 주행 차량을 공개하였다. 세부적인 기술이 공개되진 않았지만 테슬라 모델 S에 자체 개발한 부품, 소프트웨어를 사용하여 시연을 한 것으로 예상된다.



〈그림 8. Bosch의 자율주행 차량 프로토타입〉

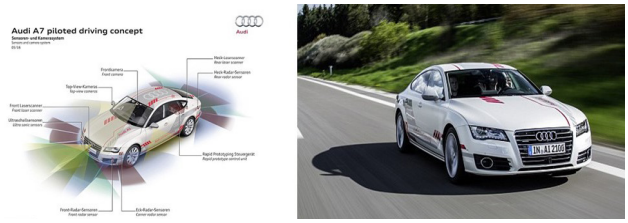
독일의 BMW 역시 Daimler와 함께 오랜 기간 동안 자율주행 시스템 및 운전자보조시스템을 연구해왔으며, 서킷 주행이 가능한 자동 드리프트 자동차(M235i), 자율주행차(BMW6), 다양한 운전자보조시스템을 가진 BMW7 시리즈 등을 개발하였다. 2015년에는 중국의 Baidu (연구 책임자: Andew Ng.)와 함께 중국 도로 환경에 적합한 자율 주행 기술 개발하였고, 최근에는 모빌아이 및 인텔과 파트너쉽 제휴를 하였으며, 앞으로 5년 이내 상용 자율주행 차량을 판매할 계획이라고 발표하였다.



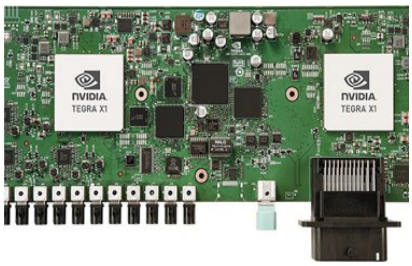
〈그림 9. BMW의 세계 최초의 자율 드리프트 기술(좌)와 Baidu와 공동 개발한 자율주행 차량(우)〉

독일의 아우디 역시 자율주행 기술의 선두 그룹 중 하나로, 최근에는 단순히 충돌을 방지하고 회피하는 수준을 넘어 '사

람처럼 운전하는 자율주행' 기술에 대한 연구를 수행하고 있으며, 차선 변경 전 미리 변경 할 차선 근처로 가서 '앞으로 차선을 변경 할 것이라는 암시'를 주는 기술을 개발하고 있다.



〈그림 10. 아우디의 자율 주행 차량 컨셉(좌)와 자율주행 기능이 탑재된 A7〉

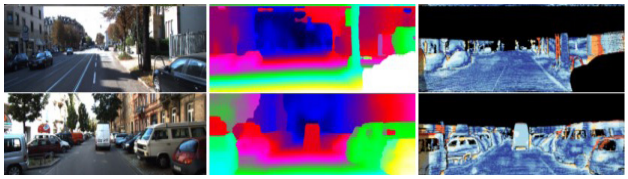


〈그림 11. NVidia의 자율 주행 자동차을 위한 Drive PX2 모듈〉

이 외 엔비디아, LG 전자, 포드, 볼보, 도요타, 콘티넨탈, 혼다, 닛산과 같은 기업에서도 자율 주행차를 개발하고 있으며, 공통적으로 상황 인지를 위한 인공지능 기술이 핵심 기술로 포함되어 있다.

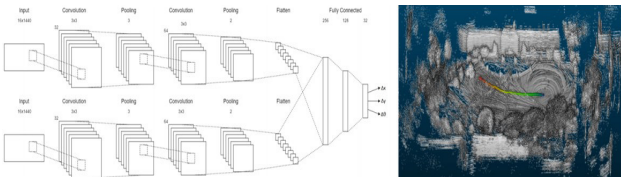
III. 센싱을 위한 인공지능 기술

인공지능 기술의 발달로, LiDAR, IMU와 같이 고가의 센서가 담당하던 역할을 영상 정보기반 알고리즘을 이용하여 대체할 수 있게 되었다. 깊이 추정 분야의 경우, 2015년 딥 러닝 기반 스테레오 정합 기술이 처음 소개된 뒤[5] 다양한 후속 연구가 진행되었으며 최근 캐나다 토론토 대학에서 딥 러닝을 이용하여 실시간으로 고성능의 깊이 영상을 획득할 수 있음을 보였다.



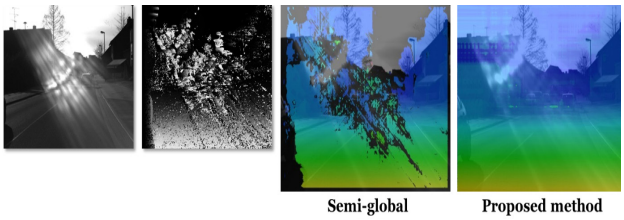
〈그림 12. 딥 러닝 기법을 통해 실시간으로 획득한 깊이 영상(가운데)과 에러 맵(우측), 토론토대학 [6]〉

자동차의 자세 정보를 추정하는 기술은, 최근 논문이 출판되었으며 딥러닝을 이용하여 LiDAR 센서 정보로부터 차량의 움직임을 추정하는 방법을 제안하였으나 아직 실제 상황에 사용될 수 있을 만큼 기술이 발전하진 않았다.



〈그림 13. 카메라 자세 추정을 위한 CNN 네트워크(좌)와 움직임 추정 결과(우), 오리곤 주립 대학 [7]〉

광주과학기술원에서는 딥러닝 기술 대신 랜덤 포레스트 기반의 기계 학습 방법을 사용하여, 도로 주행환경이나 악천후 환경과 같이 기존 깊이 추정 알고리즘이 동작하지 않는 상황에서 강건한 깊이 추정 알고리즘을 제안하였다.



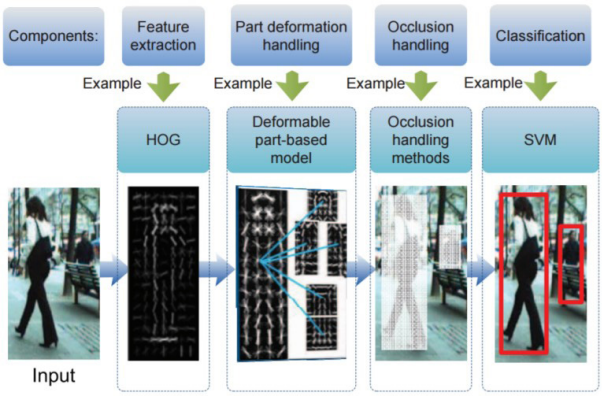
〈그림 14. 야외 환경 변화에 강건한 신뢰척도 기반 깊이 추정 방법 [21]〉

IV. 인지를 위한 인공지능 기술

인지 기술은 크게 보행자/차량/차선/표지판을 검출하는 검출 기술, 그리고 차량/보행자를 추적하는 추적 기술, 추적된 정보를 이용하여 충돌을 예측하는 기술, 측위 정보(현재 차선 및 위치)와 함께 경로를 계획하는 기술로 구분될 수 있다. 객체 검출 기술의 경우, 딥러닝 기반의 알고리즘이 범용 데이터베이스에서 가장 좋은 성능을 보이고 있으며, 차량(약 90%), 보행자(약 70%), 차선(95%) 정도의 검출 성능을 보인다. 차선 검출을 제외한 성능 평가는 컴퓨터 비전 분야에서 널리 사용되는 KITTI benchmark를 이용하였으며, 평가를 위해 다양한 상황/환경(날씨/주야간)에서의 영상을 제공한다.
(http://www.cvlibs.net/datasets/kitti)

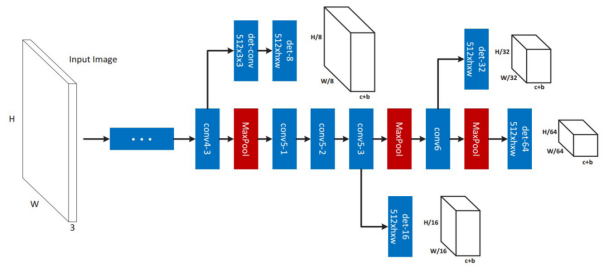
전통적인 기계 학습 방식은 Histogram-of-Oriented Gradient (HOG)와 같은 특징량을 영상에서 추출하고 분류기를 학습해서 검출하는 방식이었다면, 딥러닝 기반 학습 방식은 회선 계층(convolutional layer)에서 자동적으로 특징량이

추출되고, 외형 변화(deformation)에 강건하게 검출이 될 수 있다는 장점이 있다.

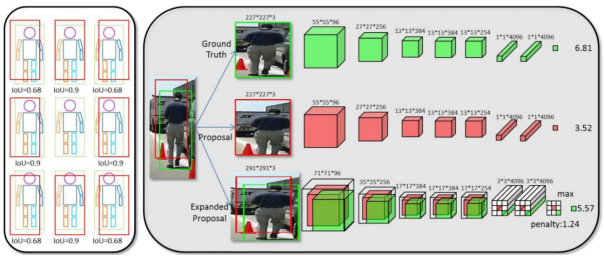


〈그림 15. 전통적인 객체(보행자) 검출 접근 방법: 영상으로부터 특징량을 추출하고 분류기를 이용하여 보행자를 검출하는 접근하는 방법을 가짐 [8]〉

딥 러닝 방법의 물체 검출 기법은 학습 데이터에 따라 특징량이 다르게 추출되기 때문에 전통적인 방법과 달리 특정 물체에 한정된 응용을 갖지 않는 특징이 있으며, 최근 ECCV에서 발표된 통합 다중 스케일 딥러닝 기법은 다양한 객체(보행자/차량/Cylist)에 대해 세계 최고 수준의 검출 성능을 보여준다. 핵심 아이디어는 아래 그림과 같이 검출이 최종적으로 한 번만 수행이 되는 것이 아니라 여러 개의 검출 계층이 회선 계층 중간 중간에 삽입되어 있는 것이다.



〈그림 16. 딥 러닝 기술을 이용한 파트 기반 보행자 검출, 홍콩중문대 [9]〉

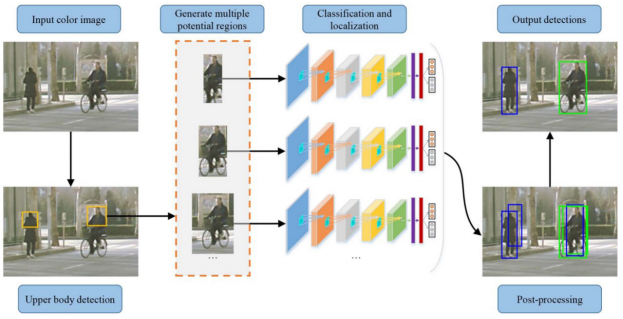


〈그림 17. 딥 러닝 기반의 통합 다중 스케일 학습 방법 [10]〉



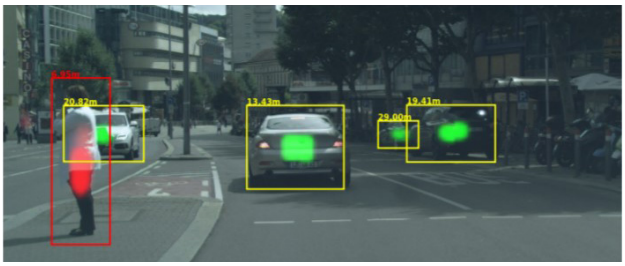
〈그림 18. 딥 러닝 기반의 실시간 보행자 검출 결과, 구글 [11]〉

최근 칭화대에서 상반신 검출-프로포절 생성 2단계에 걸친 딥 러닝 기술을 통해 보행자와 자전거 주행자를 동시에 검출하는 방법 제안하였다.



〈그림 19. 딥 러닝 기반 보행자 및 자전거 보행자 동시 검출 기술, 칭화대 [12]〉

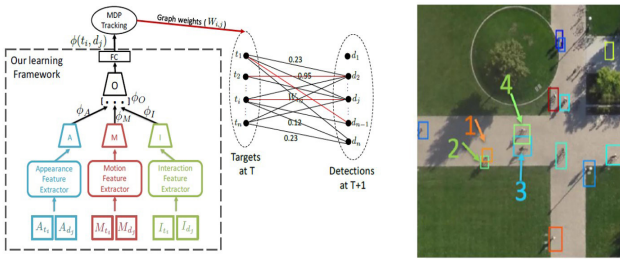
이와 유사하게 보행자와 차량을 동시에 검출하는 방법을 스웨덴의 칼머 기술 대학에서 발표하였다.



〈그림 20. 딥 러닝 기반 보행자 및 차량 검출 기술, 칼머 기술 대학, 스웨덴, 2016〉

최근 컴퓨터 비전 학회(CVPR)에 발표된 딥 러닝 기반 차선 검출 기술은 99% 이상의 정확도[13]를 보여주고 있으며, 딥 러닝 기술이 물체 검출과 같이 상위 레벨 기술뿐만 아니라 low-level 문제에서도 좋은 성능을 보임을 확인하였다.

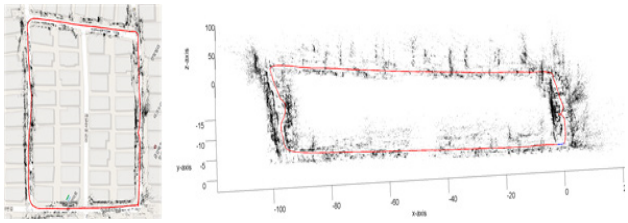
스탠포드대학교에서는 객체의 외형, 움직임, 상호작용 정보를 딥러닝 기술로 학습하여 기존의 다중객체추적 기술과 접목시키는 기술을 발표하였으며[14] 해당 기술은 객체 검출의 성능을 향상 시키며 각 객체들의 행동이나 움직임을 예측하기 위한 객체의 인덱스 정보, 위치, 속도, 이동 경로 정보 추정이 가능하다.



〈그림 21. 딥 러닝 기반 다중객체추적 방법, 스탠포드대학교 [14]〉

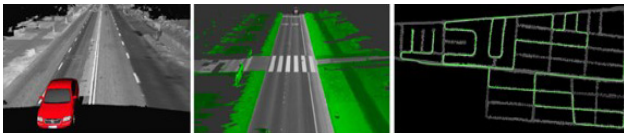
V. 측위를 위한 인공지능 기술

측위 기술은 차량의 이동 방향과 속도를 추정하는 기술로, 차량의 충돌, 경로 계획, 차선 이탈과 같은 인지 기술과 밀접한 관계가 있다. 측위를 위한 센서로는 GPS, 카메라, LiDAR 등이 있다. GPS는 도심환경 및 실내에서 심각한 오차가 발생하며 카메라 또는 LiDAR 기반의 방법은 오차 누적 문제가 있다. 전자부품연구원에서는 카메라 기반의 오차 누적 문제를 해결하기 위한 순차적 베이시안 필터링 방법을 제안하였다 [15]. 이 방법에서는 단일 카메라를 사용할 경우 발생하는 프로세스 모델과 관측 모델 사이의 독립성을 보장할 수 있는 기법을 제안하였고, 키프레임 기반의 카메라 자세를 추정하기 위하여 키프레임이 아닌 모든 관측치를 이용하여 보정할 수 있는 방법을 제안하여 성능을 우수성을 보였다.



〈그림 22. 구글지도와 정렬된 카메라 자세 추정 및 지도 작성 결과(좌), 3차원 지도 작성 결과 (우)〉

측위 기술은 차량의 이동 방향과 속도를 추정하는 기술로, 차량의 충돌, 경로 계획, 차선 이탈과 같은 인지 기술과 밀접한 관계가 있다. 자율 주행을 위해서는 전통적 GPS 기반의 측위 보다 훨씬 정밀한 차선 레벨의 측위가 필요한데, 이를 위해 고성능의 DGPS를 사용할 수도 있고 아니면 영상 기반의 인공지능 기술을 이용하여 차량의 위치를 판단할 수도 있다. 구글의 경우 측위를 위해 LiDAR/IMU/GPS를 융합하여 지도를 만들고, 지도 정보와 LiDAR 센서와의 정합을 통해 차량의 위치를 계산하는 접근 방법을 가진다.



〈그림 23. 지도 작성(좌), 바닥면 추출 결과(가운데), 차량의 위치 추정 결과 (우)〉

Daimler의 경우 고속도로 파일럿 시스템을 개발하였는데, 이는 도로를 스캔하며 GPS, 정밀지도, 예측시스템을 이용한 자율주행 시스템을 개발하였다. 아직 측위 기술은 인공지능보다는 센서 기술에 의존하고 있으며, 만약 개발이 된다면 다음 그림과 같이 다양한 장소에서 촬영된 영상을 학습하여 딥러닝 네트워크를 생성하고, 영상 정보만을 이용해 측위 정보 추정할 것으로 예상된다.



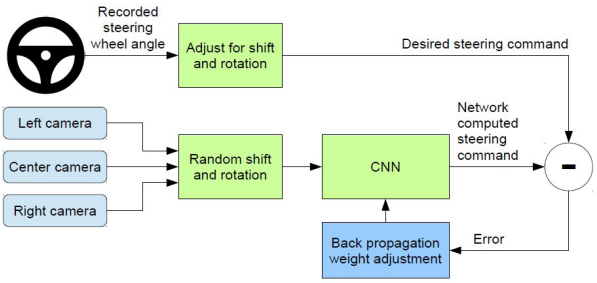
〈그림 24. 딥러닝 기반의 측위 시스템 예시〉

측위 기술 자체를 딥러닝 기술을 이용하여 풀고자 한 연구 사례는 아직 알려지지 않았으나, 다음과 같이 의미론적 분석을 통해 카메라의 자세 및 3차원 구조를 더 잘 복원하고자 하는 연구는 진행되고 있다. 이를 Semantic SLAM[16]이라 하며 관련 연구는 영국의 Imperial College에서 가장 활발히 진행되고 있으며, SLAM의 localization 기술이 측위와 밀접한 관련이 있다.

VI. 차량 제어를 위한 인공지능 기술

최근 NVidia에서 자율주행을 위한 인지/측위/제어 기술을 단일 네트워크를 사용하여 한 번에 학습하고자 하는 연구를 진행 중이며, '모든 차량에 인공지능이 탑재된 슈퍼 컴퓨터를 탑재하여 자율주행을 하도록 만드는 것'을 목표로 개발하고 있다. NVidia의 자율주행을 위한 인공지능 플랫폼인 Drive PX2는 초당 24조번의 고속 병렬 연산능력과 복수

의 카메라와 센서에서 제공하는 데이터를 처리하는 딥러닝을 10와트의 전력소비로 구동가능하게 하였다. 총 3대의 카메라와 사용자의 조향 정보를 이용하여 Convolutional Neural Network(CNN)을 학습하는 End-to-End 방식[17]의 접근 방법 제안하였지만, 이와 같은 "Imitation Learning"은 다양한 상황에 대처할 수 있는 일반화 능력이 떨어진다는 단점이 있어서, 규칙 기반의 방식이 함께 사용되어야 할 것으로 판단된다. NVidia의 DAVE-2[16]는 End-to-End의 자율주행기술로 영상으로부터 조향 정보를 바로 예측하는 접근 방법을 가진다. 실제 학습은 가운데 카메라를 기준으로 수행되며, 좌/우측 카메라는 다른 시점에서의 정보를 제공해서 차가 잘 못 제어되지 않도록 해주기 위해 사용된다.

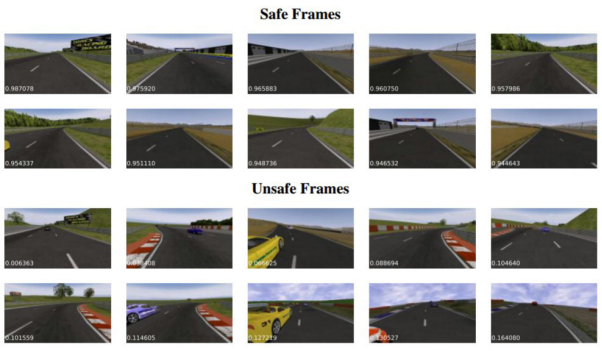


〈그림 25. NVidia의 End-to-End 기반 통합 자율 주행 시스템, DAVE-2, [18]〉



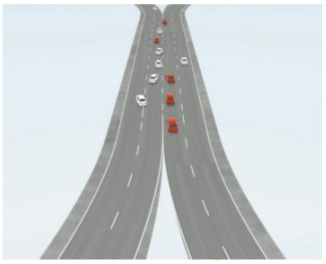
〈그림 26. NVidia PX2의 라이브 데모 장면〉

최근 뉴욕 대학교의 연구진들은 다양한 상황에서 보다 쉽고 안전하게 의사결정을 내릴 수 있는 신경망 기반의 Safety Policy 제안[19]하였다. NVidia와 유사하게 End-to-End 구조의 네트워크를 설계하였고, '전문 운전자'의 주행 정보를 'reference policy'로 삼아 해당 운전자의 운전 형태를 모사하는 'Imitation Learning' 접근 방법을 가진다.



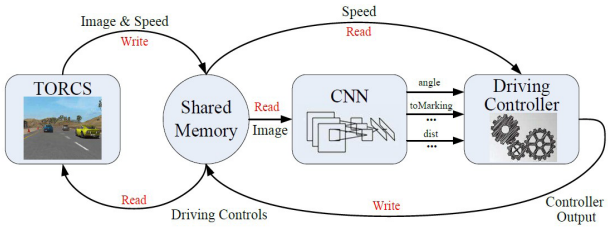
〈그림 27. 입력 영상에 대한 Safety Policy 측정 결과, 뉴욕대 [19]〉

실제 주행환경에서의 의사 결정은 주변 차량의 의사/의도에 따라 달라질 수 있으므로, 모빌아이에서는 딥 강화학습 기반 인공지능 기술을 이용한 Multi-agent 기반 최적화 방법을 제안[18]하였다. 다른 차량과의 통신을 통해 차량 합류 지점에서 사고 방지하기 위한 기술로 가속, 감속, 합류, 차선변경의 결정을 다른 차량과의 negotiation을 통해 내린다.



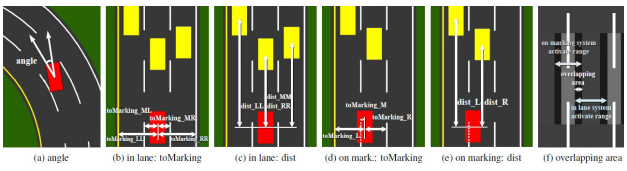
〈그림 28. 도로 합류 상황에서 agent기반 차량 제어, 모빌아이 [20]〉

최근 프린스턴 대학 연구진들은 딥 러닝 기술을 이용하여 차량의 자율주행과 직접적으로 연관된 주변 환경 정보(차선/차량방향/주변차량)를 얻는 Direct Perception 방식의 DeepDrive 기술 제안하였다.



〈그림 29. DeepDrive 자율주행 개념, 프린스턴 [17]〉

"Direct Perception"이라고 명명한 이 방법은 아래 그림과 같이 주어진 센서 데이터로부터 (차량 비디오 게임) 총 13개의 Indicator를 배우도록 CNN을 학습시켰다.



〈그림 30. DeepDrive 기반 자율주행 시 발생가능 상황〉

VII. 결론

인공지능 기술은 자율주행 자동차의 성능을 올리기 위한 핵심 기술로 전통적인 자동차 기업뿐만이 아니라 IT 기업들도 인

공지능 기반 소프트웨어나 플랫폼 등을 통해서 미래 자동차 시장을 선점하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 기존의 자율주행차를 위한 인지 기술도 인공지능 기술이라고 볼 수 있지만, 최근에 급격하게 연구되고 있는 딥러닝 기술을 통해 영상과 다양한 센서에 기반한 지능의 수준이 크게 향상되었고, 실제 상용화에 가까운 기술을 만들 수 있는 가능성을 보이고 있다. 센싱과 인지 관점에서는 기존의 연구를 좀 더 정확하면서도 더 넓은 범위 및 종류에 대한 인지가 가능해질 전망이며, 측위 기술도 인공지능 기술이 접목되어 더 효과적인 활용이 가능해질 것이다. 최근의 자율주행차에 관련된 연구는 다중 센서 정보를 이용하여 직접 자동차를 제어하는 기술에 큰 관심을 보이고 있으며, 현재의 자율주행차는 센싱과 인지된 정보에 기반하여 사람이 정해놓은 규칙에 따라 차량을 제어하지만, 앞으로는 중간 단계를 최소화함으로써 좀 더 사람에 가까운 차량 운전이 가능해질 것으로 기대된다.

Acknowledgement

이 논문은 2016년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 10063436, 최대 측정거리 50m급 CMOS 기반 차량용 ToF 센서, 송수신 광학계 및 신호처리원천기술개발)

References

[1] "지능형 안전 자동차의 기술개발 동향", 이재관, 이인식, 2006
[2] EPoSS (2015). "European Roadmap Smart Systems for Automated Driving". EPoSS. 2015. 4
[3] EURO NCAP, http://www.euroncap.com
[4] Tesla Autopilot, https://www.tesla.com/ko_KR/autopilot?redirect=no
[5] J. Zbontar and Y. LeCun, "Computing the Stereo matching cost with a convolutional neural network," in IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2015
[6] W. Luo et al., "Efficient deep learning for stereo matching," in IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016
[7] A. Nicolai et al., Deep Learning for Laser Based Odometry Estimation, RSS, 2016
[8] W. Ouyang and X. Wang, "Joint Deep Learning for Pedestrian Detection", IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2013
[9] Z. Cai et al., A Unified Multi-scale Deep Convolutional Neural Network for Fast Object Detection, in European Conference on Computer Vision (ECCV), 2016
[10] Y. Tian et al., Deep Learning Strong Parts for Pedestrian Detection, ICCV 2015
[11] A. Angelova et al., "Real-Time Pedestrian Detection with Deep Network Cacades", in British Machine Vision Conference (BMVC), 2016
[12] X. Li et al., A Unified Framework for Concurrent Pedestrian and Cylist Detection, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, 2016
[13] A. Gurghian et al., DeepLanes: End-to-End Lane Position Estimation using Deep Neural Networks, in IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016
[14] A. Sadeghian et al. Tracking The Untrackable: Learning To Track Multiple Cues with Long-Term Dependencies, arXiv, 2017
[15] J. Kim et al., Bayesian Filtering for Keyframe-based Visual SLAM, IJRR 2015.
[16] R. F. Salas-Moreno, Dense Semantic SLAM, PhD Thesis, 2014
[17] Chenyi Chen, Ari Seff, Alain Kornhauser, Jianxiong Xiao, DeepDriving: Learning Affordance for Direct Perception in Autonomous Driving, The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2015
[18] Mariusz Bojarski, Davide Del Testa, Daniel Dworakowski, Bernhard Firner, Beat Flepp, Prasoon Goyal, Lawrence D. Jackel, Mathew Monfort, Urs Muller, Jiakai Zhang, Xin Zhang, Jake Zhao, Karol Zieba, End to End Learning for Self-Driving Cars, arXiv:1604.07316v1, 2016
[19] Jiakai Zhang and Kyunghyun Cho, Query-Efficient Imitation Learning for End-to-End Autonomous Driving, arXiv, 2016
[20] Shai Shalev-Shwartz, Shaked Shammah, Amnon Shashua, Safe, Multi-Agent, Reinforcement Learning for Autonomous Driving, arXiv:1610.03295v1, 2016
[21] Min-Gyu Park and Kuk-Jin Yoon, "Leveraging stereo matching with learning-based confidence measures," in IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2015

Biographies



황영배
2001년 : KAIST 전기 및 전자공학 전공 학사
2003년 : KAIST 전기 및 전자공학 전공 석사
2009년 : KAIST 전기 및 전자공학 전공 박사
주요 관심분야 : 자율주행차, ADAS, 컴퓨터 비전, 영상인식
e-mail : ybhwang@keti.re.kr



윤명현
1982년 : 경북대학교 전자공학 학사
1984년 : KAIST 원자력공학 석사
1994년 : Iowa State University 전자공학 박사
2001년~2009년 : 전자부품연구원 u임베디드연구센터 센터장
2009년~2012년 : KEIT 홈네트워크/정보가전 PD
2013년~현재 : 전자부품연구원 정보통신미디어연구본부 본부장

www.etri.re.kr



미래를 창조하는
ICT Innovator

ICT Innovator, For a Great Tomorrow

ETRI의 최첨단 기술은
새로운 영역과 새로운 가치를 만들어내고 있습니다.
꿈꾸는 모든 것을 현실로 구현하는 기술,

ETRI의 첨단ICT기술은
창조경제를 견인하는 성장동력입니다.

ETRI 40th Anniversary 1976 - 2016