도심 자율주행서비스 테스트를 통한 자율주행 기술개발 현황 및 5G연계 미디어의 역할

□ 최정단, 민경욱, 한승준, 성경복, 이동진, 최두섭, 조용우, 강정규 / 한국전자통신연구원

요약

고령인구의 증대 및 출생 인구의 감소로 과소지와 대중교통 취약지역이 확산되고 있다. 이러한 인구구조의 변화는 교통약자의 독립적 이동이 더욱 불편해지고, 물류의 수송이 어려워진다. 한편, 도심은 차량의 포화상태로 대기환경의 질이 나빠지고 도심도로는 주차장으로 변질될 뿐만 아니라, 운전자와 보행자 모두에게 안전의 위협이 되고 있다. 이러한 환경과 이동의 효율성을 극대화 하는 방안으로 친환경자동차와 자율주행기술의 접목이 연구개발 중이다. 자율주행기술은 자율주행차와 도로 인프라에 ICT가 융·복합되어 이동과 수송분야의 새로운 산업과 서비스 창출이 가능하다. 본 고에서는 교통약자의 이동과 물류의 수송을 지원하는 자율주행기술의 개발 동향을 살펴본다. 특히 광화문, K-City 등의 도심 자율주행서비스 테스트 경험을 통해 해결해야 하는 복잡한 도심 주행 환경의 인지와 교차로 및 합류로, 비정형 도로환경에서의 주행협상기술의 필요성을 소개한다. 도심의 주행 환경은 고속도로와 같은 자동차 전용도로와 달리, 신호등과 교차로, 2륜 이동체 및 버스 등이 다양하게 혼재된 것으로 인지 및 판단 기능의 고도화가 적극적으로 요구된다. 그리고, 다양한 자율주행서비스 시장을 확산하기 위해 요구되는 이동하는 공간과 시간을 메꿔줄 미디어 콘텐츠의 역할에 대해 설명하고자 한다.

I. 서 론

최근, 자율주행차는 제4차 산업혁명의 총아로 불릴 정도로 국내외에서 많은 관심과 다양한 기술개발이 진행되고 있다. 운전자의 안전운전을 지원하는 시스템 일부는 이미 제품으로 상용화되는 추세이다. 이러한 자율주행기술은 전자화된 자동차를 기반으로 운전자 대신 차량에 장착된 센서와 SW를 이용해서 교통법규를 지키고 교통상황에 적절히 대처하며 출발지에서 목적지까지 안전하고 편리하게 이동하는 융·복합적인 기술분야이다. 교통사고 저

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음.[19HS1400, 운전자 주행경험 모사기반 일반도로환경의 자율주행4단계(SAE)를 지원하는 주행판단엔진 개발

감과 이동효율성의 증대 및 교통약자의 이동편의성을 지원하는 등 사람의 이동 서비스(Maas: Mobility as a service)에서 최근에는 물류 등으로 확대되어 수송 서비스(Taas : Transportation as a service)에도 활발한 연구가 진행중이다. 국가의 사회적 편익 비용을 절감하기 위해 대중교통 소외지역 및 교통약자 계층의 이동성을 지원하기 위한 목적과 교통정체, 주차공간의 부족 등의 도시 문제 해결을 위해 다양한 차량 공유서비스 등이 실험 중이다.

차량 자체의 센서 의존도가 높은 기술 방식과 유도선 등의 도로 인프라 의존도가 높은 방식이 있으며, 유도선 방식이 우선적으로 시행되고 있다. 일본 산간지역의 여객 및 화물 수송을 위해 2017년 10개 지역에서 농수산물 직판장과 산지를 자율주행차로 운행하는 사업[1]이 시범서비스로 진행되고 있다. 관광지[2]에서는 카트가 정해진 노선을 따라 자율로 운행함으로써 관광객이 운전 책임으로부터 자유롭게 사진을 찍거나 이동할 수 있다. 반면에 차량 자체의 센서 의존도가 높은 자율주행연구는 개별 센서의 장단점을 보완하여 기술적 한계를 극복하기 위해 인공지능 기술을 비롯한 다양한 연구가 시도되고 있다. ETRI의 자율주행연구그룹에서도 이러한 자동차와 ICT를 융합하여 '자율적 이동성(mobility autonomy)'을 연구개발 중이다.

또한, 자율주행기술은 안전하고 편리한 이동과 수송 자체의 서비스와 더불어 자율적으로 이동하는 공간과 시간을 활용한 가치의 재생산이 가능하다. 이동과 수송의 공간을 활용한 다양한 미디어의 연결, 미디어를 이용한 콘텐츠 개발 등은 자율주행이동서비스를 이용한 산업생태계간의 융합이 가능해진다. 다만, 이동 플랫폼에서 사용할 수 있는 에너지 자원의 한계와 통신의 대역폭, 보안 등의 해결해야 하는 문제는 여전히 남아 있다.

본 고에서는 운전자의 인식과 판단 오류, 행동 부주의를 극복하기 위한 자율주행시스템을 소개하고 도심에서의 테스트 현황과 이를 통한 문제점을 살펴본다. 특히, 다른 운전자와의 주행 협상을 위해서는 주행우선 순위에 기반하여 자차의 행동을 결정해야 한다. 이를 위해 인공지능기술을 활용하는 연구내용을 소개한다. 마지막으로 미디어와 콘텐츠의 활용에 대해 알아보고, 미래의 자율이동성에 대비하기 위해서는 지속적인 연구와 실패 및 도전이 필요하다는 결론을 맺고자 한다.

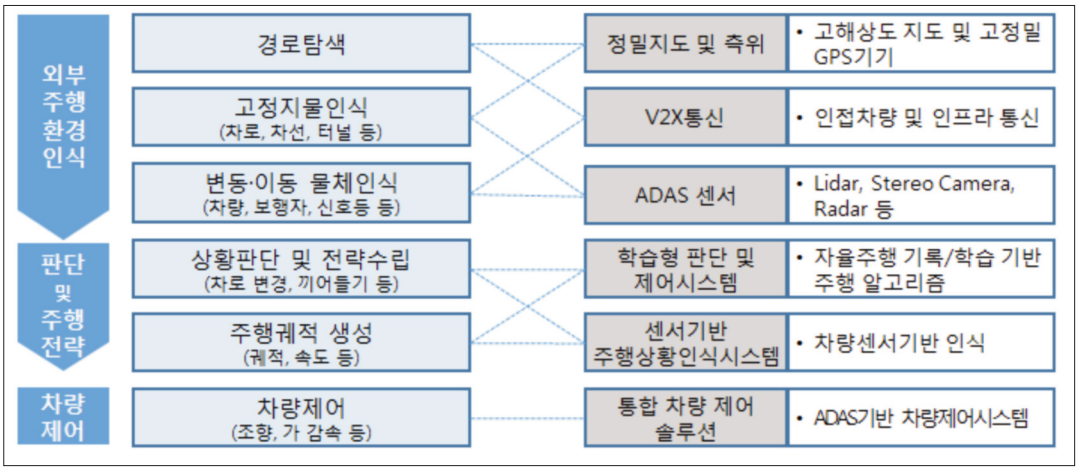
II. 도심 자율주행시스템 개요

자율주행시스템은 기본적으로 전자제어가 가능한 플랫폼을 기반으로 외부주행환경을 인식하는 시스템과 방향과 속도를 결정하는 판단과 주행전략시스템, 그리고 최종적으로 차량을 제어하는 시스템으로 구성되어 있다. 자율주행기능의 복잡도에 따라 자율주행기술의 단계가 나뉘어지며, 이러한 시스템을 구성하는 세부적인 방법은 개발팀 마다 중점적으로 사용하는 센서 시스템이나 접근 방법에 따라 다소 차이가 있다. 일반적으로 자율주행 시스템 및 환경 구축에 필요한 다양한 기술들이다.

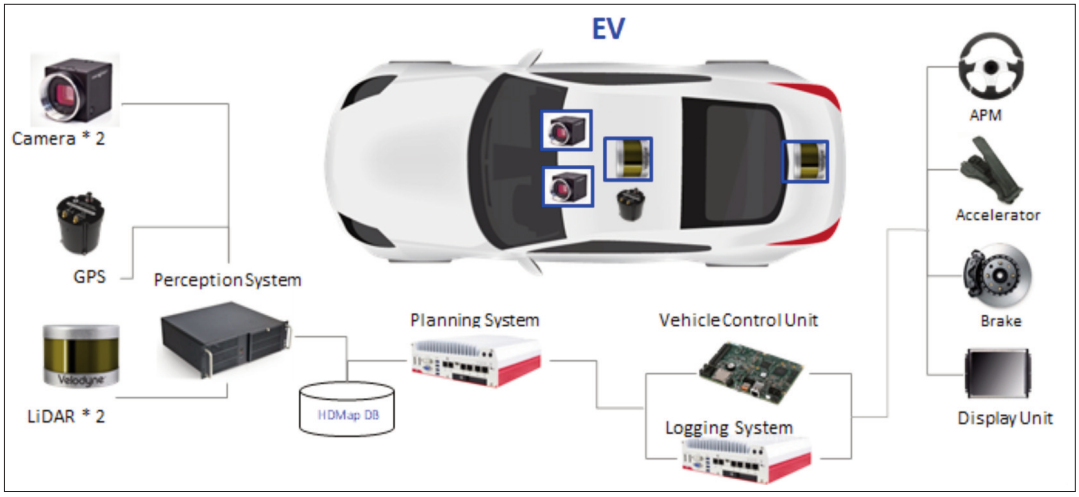
1. 도심 자율주행시스템 HW 시스템 구성도

자율주행시스템은 시스템이 수행하는 기능의 복잡도에 따라 최근에는 6단계로 나누고 있다. 0단계

1) '미치노예키', 출처: 국토교통성(2017년) 자료
2) 오키나와 섬에 위치한 코우리 오션타워



〈그림 1〉 자율주행시스템의 요구기능 및 세부기술 구조도(예)



〈그림 2〉 자율주행시스템의 차량센서 배치도 및 HW 구성도

는 운전자에게 모든 책임이 있는 단계이며, 최종 단계인 5단계는 모든 주행상황에서도 시스템이 대응하는 완전자율주행이 가능한 단계이다. 현재 상용화 수준은 2-3단계로 부분 자율주행기능이 지원되는 단계이며, 4단계는 정해진 장소와 시나리오를 시스템이 책임진다. 최종 5단계는 시스템이 폴트 상황에서도 운전자가 아닌 시스템이 대응하는 단계이다.

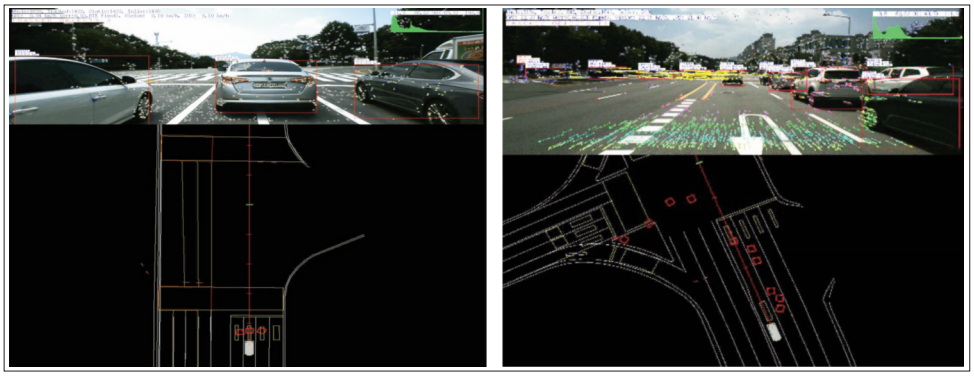
본 고의 테스트에서 도심 환경의 자율주행시스템은 제한된 시나리오를 기반으로 출발지에서 목적지까지 운전자의 개입이 전혀 없는 자율주행 3단계 수준을 다룬다. 신호등과 보행자 인지를 위한 영상 센서시스템에 주안점을 두고 있으며, 합류가 가능한 시점을 판단하기 위해 차량 측후방을 인지하는 라이다 센서를 융합하였다. 출발지에서 목적지까지의 경로계획 및 자동차선변경 등을 위해 정밀 맵을 사용하였다.

2. 도심 자율주행시스템의 장애물 검출 및 로컬라이제이션

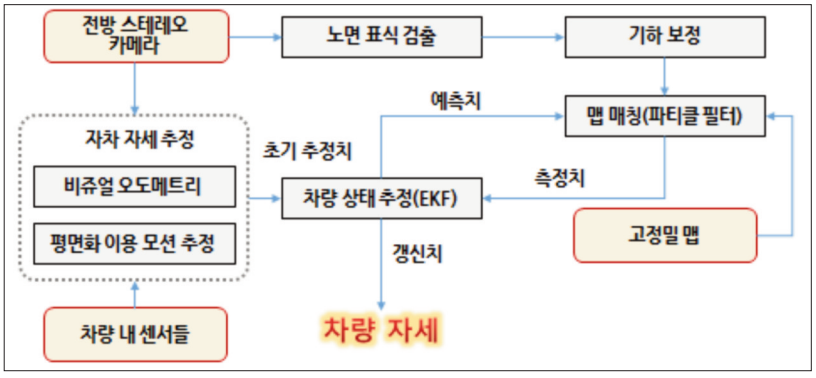
도심의 경우, 복잡한 물체들이 겹쳐 있으므로 객체를 주변 영역으로부터 분리하고 개별 객체의 위치와 움직임을 예측해야 한다. 뿐만 아니라, GPS의 정확도에 대한 신뢰성 수준이 낮아, 실제로는 성능 검증용으로 활용하고 정밀 맵 기반의 맵 매칭 기법으로 위치를 인식한다. 〈그림 3〉은 2대의 카메라 센서와 정밀맵을 기반으로 GPS를 대체하여 차량의 자세를 추정하고 위치를 인식하는 블록 다이어그램을 상세히 나타내었다. 정밀맵 기반 2대의 카메라를 이용하여 신호등의 현시정보를 인지한다. 뿐만 아니라, 도심의 자율주행시스템은 다양한 2륜 이동체, 보행자, 불법 주정차, 교차로, 합류로 등에서 다양한 연구가 필요된다.

3. 도심 자율주행시스템의 풀어야 문제점들

도심 자율주행시스템은 다양한 이동체와 더불어 교차로나 합류도로, 보행자와 신호등 등 도심의 주행 규칙에 대한 학습이 필요하다. 기존 자동차 전용도로에서 자율주행에서 사용된 정밀 맵 기반의 차로 중심선을 추종하는 기능과 차간 거리를 인식하



〈그림 3〉 객체의 검출 및 로컬라이제이션의 예(좌: 대덕연구단지, 우: 광화문)



〈그림 4〉 정밀맵 기반 차량의 자세와 위치 추정 알고리즘 구성 및 절차도

는 기능 등이 기본 기술로 활용된다. 차량 전방 위주로 주행 환경을 인식하던 것과 달리 측면부와 후면부까지 인식의 범위가 확장되어야 하고, 장거리 보다는 인식 해상도를 높여 작은 크기의 객체들도 인식해야 한다. 실시간으로 변화되는 도로 및 교통상황에 따라 다양한 주행 전략이 필요하며, 다른 도로 사용자와의 사회적 수용성 등이 해결되어야 한다.

실도로 테스트에서는 인식해야 하는 장애물의 종류가 실험도로에서 접하지 못하는 다양한 객체가 존재한다. 버스, 속도가 빠른 바이크, 차로에 배치된 화단들, 불법주정차 차량들, 도로에 내려 서 있는 보행자들 등이 그것이다. 뿐만 아니라 신호등의 경우에도 발광 방법에 따라 다양한 인식 오류가 발생되고 설치된 위치가 가로수나 전방 차량에 의해 가려진 경우 조금씩 이동을 통해 인식해야 하는 방법이 사용되었다. 이러한 기술적인 문제보다 더 풀기 어려운 문제점은 사회적 수용성이다.

국토부에서 시행하는 '자율주행임시운행허가'는 연구목적용으로 일반도로에서 운행할 기본기능에 대한 테스트이다. 허가된 자율주행차량은 "임시자율주행자동차"임을 명시해야 하며, 이렇게 명시된 차량은 오히려 다른 도로 사용자로부터 공격을 받는다. 일반 운전자보다 안전한 주행임에도 불구하고 후방 차량은 경적음을 울리거나, 일반 운전자 차량이 자율주행차량의 경로에 끼어들기를 시도한다. 여전히 자율주행차량은 출발이 다소 늦거나, 합류 교차로에서 머뭇거림, 또는 차로에 조금이라도 내려선 보행자가 차로밖으로 벗어나기를 기다리는 등의 운전 기술에서는 초보 운전자 수준이다. 테스트가 많이 일어나는 해외의 경우에는 자율주행시험 자체를 거부하는 시민도 생길 정도이다. 오히려, 도로를 공유하는 다른 도로사용자에게는 불편을 야기하고 교통정체를 발생시킬 수도 있다. 이러한 사회적 수용성 해결을 위해서는 도로 인프라와 융합을 통한 기술의 고도화와 더불어 과감한 테스트가 가능하도록 정책적 뒷받침이 요구된다.

Ⅲ. 자율주행 인공지능 기술과의 융합

현재까지 운전자의 개입이 필요없는 완전자율주행차의 경우는 특정 경로나 특정 지역을 중심으로 한정된 환경에서 개발 및 테스트되는 단계이다. 그러나, 자율주행 분야는 시간 변화에 따른 도로와 교통환경이 복잡하고 불확실성이 높기 때문에, 안정적인 서비스를 제공하기 위해서는 다양한 경우에 대한 학습이 요구된다. 인공지능엔진 개발과 함께 이를 테스트하기 위한 참값 데이터 세트가 필요하다.

자율주행 시험 허가를 획득한 구글(waymo)의 경우, 최근 1000만 마일(1,610만 km) 주행에 성공했지만, 피닉스시에서 시행된 실제 상용서비스인 '웨이모 원'은 합류로 등의 교차로에서 머뭇거리거나 진입 시점을 결정하기까지 많은 어려움이 있다는 후기가 있다. 이러한 테스트를 통해 주행 레코드와 사용자의 만족도를 높일 수 있는 데이터를 수집하여 다양한 도로 및 교통 환경에서 발생될 수 있는 돌발상황 대응을 위한 사전학습이 가능하다.

자율주행학습용 데이터 세트는 주행 영상과 영상에서의 차량이나 보행자 등의 위치와 속성에 대한 참값(ground truth) 정보를 포함한다. 영상으로부터 객체의 위치를 검출하기 위해 주로 딥러닝(DNN: Deep Neural Network)을 사용한다. 또한 주변 차량의 위치정보와 센서정보를 융합, 주변 차량의 미래 위치 정보를 예측하는 DRNN(Deep Recurrent Neural Network) 등이 연구 중이다.

이러한 자율주행 인공지능 기술을 위하여 다양한 센서들로부터 수집된 빅데이터를 공개하고 있으며,

주로 딥러닝 인식용 데이터 셋이 가장 많다. 실환경 데이터 구축 비용을 절감하기 위해 게임환경과 같은 가상환경도 고려되고 있다.

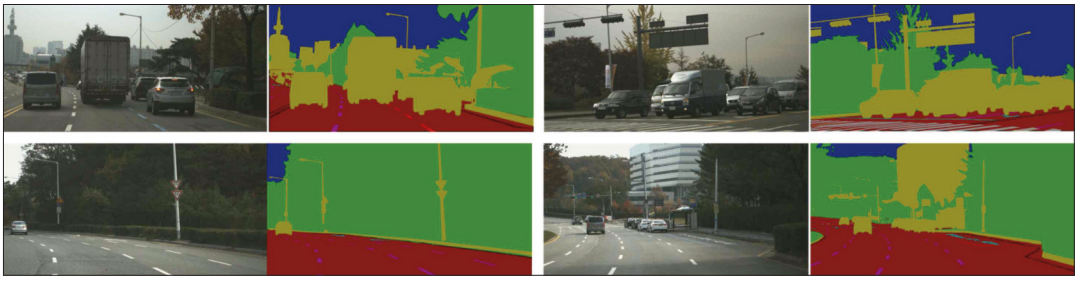
1. 주행영상정보의 의미분석을 위한 데이터 셋

최근 주행 영상의 세밀한 분석을 위해 영상을 픽셀단위로 분할하여 의미 이해를 위한 시멘틱 세그멘테이션 기술 적용을 위한 데이터 세트를 구축하였다. 대전시내 영역을 포함하여 고해상도 영상을 이용하고, 8개의 의미그룹(평지, 노면표식, 휴먼, 차량, 공사중, 객체, 자연, void)으로 구성된 총 50종의 환경 클래스로 분류하였다. 각 픽셀에 해당 클래스에 해당하는 숫자(0~49)를 부여하여 저장한다.

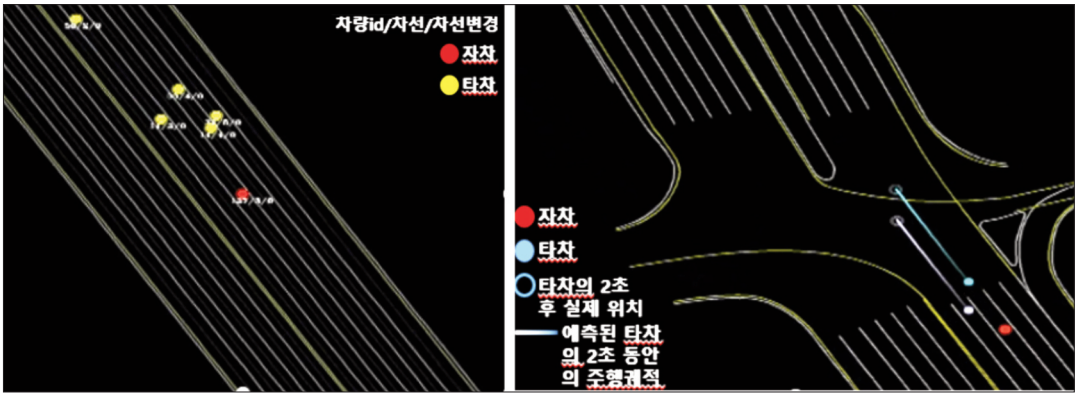
이러한 데이터는 1장의 데이터 셋을 만들기 위해 많은 시간이 소요되어 일부는 공개된 데이터 셋을 활용하거나, 상이한 데이터 셋을 부분적으로 구축하여 학습해야 하는 단점이 있다. 최근에는 데이터 표준 모델을 정의하고, 수요하는 기관과 관리하는 기관, 구축하는 기관이 상호 컨소시엄 또는 협력의 형태로 구성하여 데이터를 공동 공유 및 배포활용하는 체계가 시도되고 있다.

2. 주행궤적 데이터 셋

자차 주변의 타차량 주행궤적 데이터를 효과적으로 표현하고 공유하기 위한 주행궤적 데이터 셋을 구



〈그림 5〉 픽셀단위의 의미분석을 위한 주행환경 데이터 셋 (예)



〈그림 6〉 타차량 주행궤적 데이터와 2초후 타차량 움직임 예측에 활용된 IRL 개선결과(예)

축하고 모델링 하였다. 수집 데이터의 각 프레임별 차량의 위치를 표한하기 위해 프레임 번호별로 차량의 위치를 기록한다. 각 차량을 구별하기 위하여 전처리를 거친 차량ID를 기반으로 고유번호를 부여한다. 주행궤적 데이터 셋은 자차 차량의 행동을 학습하기 위한 학습 전단계 데이터로 활용한다. 자차 차량의 행동은 차선 변경, 합류, 교차로 통행 등을 포함한다. 〈그림 6〉은 수집된 자차 주변의 타차량 주행궤적 데이터의 표현과 정밀맵 기반 역강화학습(IRL: Inverse Reinforcement Learning)을 도입하여 타차량의 2초 후 움직임을 예측한 결과 영상 예이다.

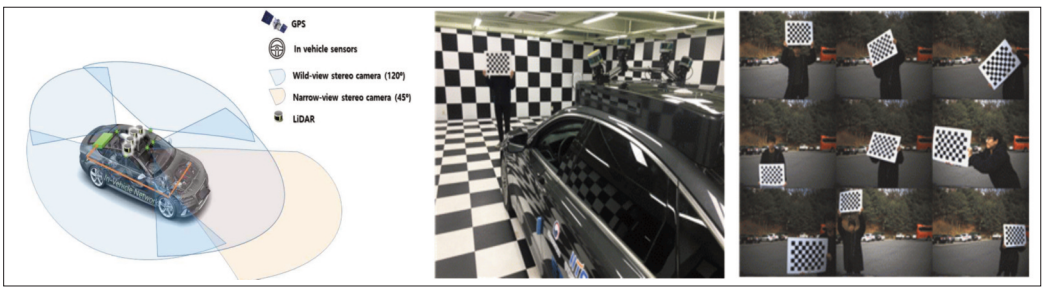
3. 전방위 주행환경 데이터 셋

차량에 탑재된 다수의 센서를 사용하여 차량 주변 환경을 효과적으로 표현하고 공유하기 위해 데이터 셋 모델을 개발하였다. 차량 전방위의 환경을 수집하기 위해 5쌍의 스테레오 카메라와 4개의 라이다 센서, 차량내부센서, GPS 센서를 사용해 차량의 주위를 표현하였다. 이종의 센서로부터 수집된 정보를 동기화 저장하여 사용이 용이하도록 표현해야 한다. 또한, 영상의 경우 각 카메라의 내부 파라미터와 스테레오 카메라간의 외부 파라미터를 동시에 저장하여 데이터 셋을 활용하려는 사용자가 직접 캘리브레이션을 변경하여 실험 할 수 있도록 하였다.

Ⅳ. 결 론

도심 자율주행서비스에 특화된 장애물 검출 및 로컬라이제이션 등의 주요기술과 다양한 도로 및 교통 환경을 학습하기 위한 학습용 주행데이터 셋을 구축하는 것에 관해 서술하였다. 인식용 영상 데이터 셋과 주행궤적 데이터 셋을 구축하여 다양한 인공지능 기술에 접목한 결과도 나열하였다. 장애물 인지 및 주행전략 수립 부분에서 수집된 데이터 셋을 활용하여 인공지능 알고리즘을 적용하였으며, 대덕연구단지와 광화문의 실도로 테스트 결과를 나타내었다. 그리고, 다양한 기술의 현재 상황, 기술적으로 해결해야할 문제점과 정책과 더불어 풀어야 할 사회적 수용성 문제를 살펴보았다.

자율주행서비스 시장 확대는 자율이동성을 활용하는 이동과 수송의 편리함과 동시에, 안전한 이동공간으로서 편의서비스와 엔터테인먼트의 확대가 가능하다. 이를 위해 이동하는 시간과 공간에서의 컨텐츠 제공과 미디어 접목이 요구된다. 다양한 자율주행서비스의 형태는 택시 및 공유, 다목적 셔틀로 확대되고 사용자와의 인터페이스를 위한 콘텐츠



〈그림 7〉 차량 전방위 영상수집을 위한 센서 구성 및 캘리브레이션 중간과정(예)

와 미디어의 역할이 확대될 수 있다. 서비스를 통해 생산되는 사용자의 데이터는 또다른 소유 주체에 따라 긴급구난이나 재난 등의 필수적인 데이터서비스로 재생산 될 것이다.

완벽한 완전자율주행서비스가 상용화 되기까지는 상당한 시간이 필요함에도 불구하고, 자율주행서비스에 대한 미래는 필연적이다. 안전하고 편리한 미래의 자율이동성에 대비하기 위해서는 지속적인 연구 시도와 실패 및 도전이 필요하다. 향후에는 도심의 자율주행서비스 뿐만 아니라, 교통약자 및 대중교통취약지 거주민의 자유로운 이동을 위해 차선이 명확하지 않은 도로 등에서도 주행이 가능하도록 기술을 고도화 해야 한다. 이러한 다양한 테스트를 위해 필요한 시뮬레이션 SW를 연구하는 등의 지속적인 연구개발을 통해 신뢰성 높은 완전자율주행서비스가 가능할 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] S-J.Han, Robust Ego-motion Estimation and Map Matching Technique for Autonomous Vehicle Localization with High Definition Digital Map, IEEE ICTC 2018(2018), pp. 630-635.

[2] J. Levinson, M. Montemerlo, and S. Thrun, “Map-based precision vehicle localization in urban environments,” Robotics: Science and Systems, vol. 4. 2007. p.1-8.

[3] J. Levinson, and S. Thrun, “Robust vehicle localization in urban environments using probabilistic maps,” in Proc. Robotics and Automation, 2010, pp. 4372-4378.

[4] H. Sobreira, et al., “Map-matching algorithms for robot self-localization: a comparison between perfect match, iterative closest point and normal distributions transform,” Journal of Intelligent & Robotic Systems, Jan., 2018, pp. 1-14.

[5] S-J. Han and J.Choi, “Real-time precision vehicle localization using numerical maps,” ETRI Journal, vol. 36, no. 6, 2014, pp. 968-978

[6] Lee et al., DESIRE: distant future prediction in dynamic scenes with interacting agents, CVPR 2017.

필 자 소 개

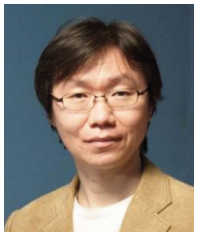
최 정 단

– 1992년 : 중앙대학교 공과대학 전자계산기학과 학사
– 1995년 : 중앙대학교 공과대학 컴퓨터공학과 컴퓨터그래픽스 석사
– 2004년 : 충남대학교 이과대학 비젼 및 컴퓨터그래픽스 박사
– 주관심분야 : 2D 영상 분석 및 3D 데이터 비쥬얼라이제이션, 자율이동체 IT융합분야

민 경 욱

– 1996년 : 부산대학교 전자계산학과 학사
– 1998년 : 부산대학교 전자계산학과 석사
– 2012년 : 충남대학교 컴퓨터공학과 박사
– 2001년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
– 주관심분야 : 자율주행, 지능형자동차, 데이터베이스

필자소개



한승준

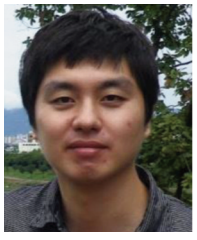
– 1998년 : 부경대학교 제어계측공학과 학사
– 2000년 : 부산대학교 전자공학과 석사
– 2000년 ~ 2010년 : ㈜제이티 기술연구소
– 2011년 ~ 2011년 : 한국과학기술원 항공우주공학과 연구원
– 2012년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 연구원
– 주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전 및 머신런닝

성경복

– 2002년 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학 학사
– 2004년 : 한국과학기술원 전산학 석사
– 2004년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 SW콘텐츠연구소 지능로보틱스연구본부 자율주행시스템연구그룹 선임연구원
– 주관심분야 : 자율주행, 시뮬레이션, 머신러닝 기반 제어시스템

이동진

– 2008년 : 단국대학교 컴퓨터과학과 학사
– 2013년 : 과학기술연합대학원대학교 컴퓨터공학과 석사
– 2015년 : 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정 수료
– 2008년 ~ 2010년 : 삼성 에스원 연구원
– 2013년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 자율주행시스템연구그룹 선임연구원
– 주관심분야 : 딥러닝 기반 객체 검출 기술, 영상 처리, 컴퓨터 비전



최두섭

– 2006년 : 고려대학교 전자공학과 학사
– 2008년 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사
– 2014년 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
– 2014년 3월 ~ 2017년 1월 : 삼성전자 DMC연구소, VD 사업부
– 2017년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 자율주행시스템연구그룹
– 주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비젼

조용우

– 2012년 : 부산대학교 전자전기공학과 학사
– 2014년 : 포항공과대학교 전자전기공학과 석사
– 2016년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원
– 주관심분야 : 자율주행자동차 인식, 판단 기술

필 자 소 개

강 정 규

– 2012년 : 한국과학기술원(KAIST) 전자공학과 학사
– 2014년 : 한국과학기술원(KAIST) 전자공학과 석사
– 2014년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 SW콘텐츠연구소
– 주관심분야 : 영상인식 및 이해기술, 로봇 및 차량 AI 기술