Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 24(2) 2021, pp.102-116 ISSN 1226-9719(Print)
https://doi.org/10.11108/kagis.2021.24.2.102 ISSN 2287-6952(Online)

정밀도로지도 제작을 위한 Web GIS 기반 HD Map 프로토타입 구축 연구*

권용하[1] · 정윤재[2] · 조현지[3] · 구본엽[4※]

A Study on Building the HD Map Prototype Based on Web GIS for the Generation of the Precise Road Maps*

Yong-Ha KWON[1] · Yun-Jae CHOUNG[2] · Hyun-Ji CHO[3] · Bon-Yup GU[4※]

요 약

4차 산업혁명의 대표라고 할 수 있는 자율주행차량의 안전한 운행을 위해서는 센서 기술, 소프트웨어 기술, 차량 기술 등 다양한 기술 조합이 필요하다. 자율주행차량은 차량 내에 탑재된 다양한 센서를 통해서 현재의 위치정보와 주변 상황을 인지하여 운전자에게 의존하지 않고 스스로 판단하고 주행하는 차량이다. 완전자율주행을 위해서는 완벽한 인지기술이 필요하고 정밀도로지도는 차선, 정지선, 신호등, 횡단보도 등에 대한 정보를 정밀하게 제공하고 있기 때문에 자율주행 차량에서 발생하는 인지 오차를 최소화시킬 수 있음으로, 신뢰성 있는 자율주행차량을 위해서는 도로 위 다양한 시설물들의 위치정보를 차량에 입력한 정밀지도 정보가 필수적이다. 본 연구에서는 정밀도로지도의 정의 및 필요성 국내외 동향을 분석하고 실제 운영되고 있는 대구광역시 자율주행 특화지역(수성의료지구, 약 24㎞)과 세종특별자치시 행복도시(약 33㎞), 서울대학교 시흥캠퍼스 FMTC(Future Mobility Technical Center) PG(Proving Ground)를 대상으로 국토지리정보원 MMS(Mobile Mapping System) 측량 성과물을 활용하여 정밀도로지도 서비스인 Web GIS 기반 HD(High Definition) Map 프로토타입을 구축하였다. 추후 연구에서는 본 연구에서 구축한 정밀도로지도 서비스를 자율주행차량 및 관제 시스템에 탑재 시켜 실시간 위치검증 및 위치보정 알고리즘의 성능 검증을 진행하고자 한다.

주요어 : HD Map, Web GIS, 자율주행, 정밀도로지도

2021년 06월 10일 접수 Received on June 10, 2021 / 2021년 06월 23일 수정 Revised on June 23, 2021 / 2021년 06월 23일 심사완료 Accepted on June 23, 2021

* 본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원에서 지원하는 산업기술혁신사업(20005705, 자율주행 AI 컴퓨팅 모듈 검증 및 차량실증기술 개발)의 일환으로 수행되었음

1 ㈜지오씨엔아이 공간정보솔루션센터 부장 General Manager, Spatial Information Solution Center, GEO C&I Co., Ltd.
2 ㈜지오씨엔아이 공간정보기술연구소 소장 CTO, Geospatial Research Center, GEO C&I Co., Ltd.
3 ㈜지오씨엔아이 공간정보솔루션센터 대리 Assistant Manager, Spatial Information Solution Center, GEO C&I Co., Ltd.
4 ㈜지오씨엔아이 공간정보솔루션센터 전무 CFO, Spatial Information Solution Center, GEO C&I Co., Ltd.
※ Corresponding Author E-mail: bygu@geocni.com

ABSTRACT

For the safe operation of autonomous vehicles, the representative technology of the 4th industrial revolution era, a combination of various technologies such as sensor technology, software technology and car technology is required. An autonomous vehicle is a vehicle that recognizes current location and situation by using the various sensors, and makes its own decisions without depending on the driver. Perfect recognition technology is required for fully autonomous driving. Since the precise road maps provide various road information including lanes, stop lines, traffic lights and crosswalks, it is possible to minimize the cognitive errors that occur in autonomous vehicles by using the precise road maps with location information of the road facilities. In this study, the definition, necessity and technical trends of the precise road map have been analyzed, and the HD(High Definition) map prototype based on the web GIS has been built in the autonomous driving-specialized areas of Daegu Metropolitan City(Suseong Medical District, about 24㎞), the Happy City of Sejong Special Self-Governing City(about 33㎞), and the FMTC(Future Mobility Technical Center) PG(Proving Ground) of Seoul National University Siheung Campus using the MMS(Mobile Mapping System) surveying results given by the National Geographic Information Institute. In future research, the built-in precise road map service will be installed in the autonomous vehicles and control systems to verify the real-time locations and its location correction algorithm.

KEYWORDS: HD Map, Web GIS, Autonomous Driving, Precise Road Map

서 론

자율주행차량은 차량의 안전기술인 지능형 운전자보조시스템(ADAS: Advanced Driving Assistant System)과 GNSS(Global Navigation Satellite System)와 카메라, 레이더, 라이다 등 다양한 센서들을 통합하는 전자 장비 등이 발전함에 따라 완전 자율주행인 레벨4를 향해 발전하고 있다(Na *et al.*, 2020). 자율주행 차량은 GNSS, 라이다, 레이더, 카메라 등 다양한 센서 기술들과 주행 경로상의 영상분석, 공간정보, 위험 여부를 판단하는 소프트웨어 기술, 차량을 제어하는 하드웨어 기술 등 다양한 분야의 기술들이 융합된 산업이다(Won *et al.*, 2020).

많은 국가와 기업들이 자율주행 산업을 주도하기 위해서 다양하고 복잡한 요구사항과 기능들을 통합하기 시작했고 우선적으로 수행이 가능한 형태의 자율주행 플랫폼을 개발하고 있다. 주변 인식, 차량제어, 영상분석, 공간정보 등 다양한 분야 전문가들의 공동 연구와 기술 개발로 인하여 바이두(Baidu)의 아폴로(Apollo), 인텔의 자율주행 플랫폼과 그에 특화된 자율주행 인공지능, 엔비디아의 드라이브 오토 파일럿, 퀄컴의 차량통신 기술과 같은 다양한 플랫폼이 연구개발되고 있지만, 차량의 센서와 알고리즘만으로는 주변 환경을 완벽하게 인지할 수 없기 때문에 센서들의 인지 사각지대를 보완하기 위해서는 정밀도로지도가 반드시 필요하다. 본 논문에서는 자율주행 Platform인 아폴로에서 적용하고 있는 HD(High Definition) Map OpenDrive Format으로 변환한 Web GIS 기반의 정밀도로지도 프로토타입을 구축하고자 한다.

연구방법 및 선행연구 고찰

1. 정밀도로지도의 정의

종이지도, 디지털화된 항법 지도인 내비게이

TABLE 1. Map types for automobiles (HMG Journal, 2019)

	Navigation map	ADAS map	Precise map
Where to use	• Used for navigation	• Implement ADAS functions	• Maps for self-driving cars
Purpose	• Destination search • Route navigation	• Navigation based • Smart cruise control	• Accurate vehicle positioning • Reinforcing autonomous driving safety
Classification level	• Road unit classification	• Road unit classification	• Lane unit classification
Included information	• Include destination information	• Include road curvature and slope information	• Include information on lanes, traffic lights and signs

션, 최근 이슈로 부각된 정밀지도처럼 차량용 지도의 형태가 빠르게 진화하고 있다. 정밀지도는 항법지도보다 훨씬 정밀한 도로 정보를 가지고 있기 때문에 자율주행 시대를 맞이하기 위해서는 반드시 필요한 지도라고 할 수 있다. 차량용 지도는 크게 항법 지도와 ADAS 지도, 정밀지도로 나눌 수 있다. 항법 지도는 내비게이션에서 사용하는 지도의 형태이고 주로 목적지의 경로를 탐색하는 형태로 사용된다. ADAS 지도는 도로의 곡률과 경사 정보를 가지고 있고 내비게이션 기반의 스마트 크루즈 컨트롤과 같은 기술이다(Na *et al.*, 2016). 단순히 차량의 카메라와 레이더 기술로는 도로의 곡률에서 차량의 속도를 줄일 수가 없기 때문에 ADAS 지도를 통해서 속도를 줄일 수 있다(HMG Journal, 2019). 정밀지도는 항법 지도와 ADAS 지도보다 정밀한 도로, 차선, 신호등, 주변 정보를 담고 있기 때문에 차량의 자율주행을 위해선 필수적인 요소라 할 수 있다. 표 1은 차량용 지도의 형태를 나타내었다.

정밀도로지도는 GNSS, 라이다, 레이더, 카메라 센서들을 장착한 MMS(Mobile Mapping System)를 통해서 차선, 도로시설, 교통표지, 신호등, 지형의 고저, 도로의 곡선반경, 곡률 등과 같은 자율주행에 필요한 정보를 담고 있어 기존 수치 지도 및 내비게이션 지도와는 달리 신뢰성이 높은 지도이다(Park *et al.*, 2019). 초기 정밀지도는 국방, 항공, 국토 지리 등과 같은 분야에서 활용이 되었지만, 최근에는 활용성을 높여서 자율주행, 정밀전자지도, 스마트시티 등 다양한 분야에 핵심기술로 자리 잡고 있다. 자율주행차량의 성공적인 상용화를 위해서 차량과 통신, 도로의 인프라, 센서의 성능과 가격 등 갖추어야 할 다양한 요소들이 많지만, 특히 정밀도로지도의 필요성과 중요성이 더욱더 부각되면서 결국 정밀도로지도가 자율주행차를 안전하게 달릴 수 있게 하는 셈이다.

2. 정밀도로지도의 필요성

자율주행 기술은 Level1부터 Level5까지 분류되어 있고 Level이 올라갈수록 다양한 상황에서 사고가 나지 않도록 대처할 수 있는 자율주행 기술이 필요하므로 정확한 인지, 판단, 제어 프로세스가 필요하다. 인지 단계에서 미세한 오차가 발생할 경우 대형인명 사고로 이어질 수 있기 때문에 정확한 인지를 위해서 수많은 센서들 간의 유기적인 보완이 이루어져야 한다. 주변 환경을 인식하기 위해서 카메라, 레이더, 라이더를 기본적으로 사용하고 차량의 자세와 위치정보를 확인하고 보정하기 위해서 GPS를 활용한다(Kang and Madgy, 2020). 하지만 개별 센서로는 인지능력의 오차가 발생할 수 있다는 한계점들을 가지고 있다(Ha, 2017).

GPS의 경우 기후 또는 환경에 따라 성능발현에 상당한 제약을 받는다(Convergence Research Policy Center, 2020). 야간 또는 우천 시에 성능이 떨어지고 GPS 신호가 닿지 않는 지하 또는 고층 건물 밀집한 도심지 근처에서도 정확도가 떨어지는 단점이 존재한다(Park *et al.*, 2003). 고가의 장비를 제외하면 미터 수준의 오차가 발생하며 구름이 많은 날 인식률이 떨어질 수 있고 도심이나 터널 등 위성정보를 수신하기 어려운 지역에서 위치정보의 신뢰도가 떨어지는 문제가 있다(Jeong and Min, 2015).

TABLE 2. Pros/Cons of Sensors(Korea Institute of Science and Technology Information, 2017)

Types	Advantages	Disadvantages
Radar	• Detect distance and speed directly • Used in bad weather and at night • Intermediate range recognition	• Unable to recognize shape • Difficulty in recognizing the type of detection object • In case of diffuse reflection, the accuracy of information decreases
LiDAR	• Measure objects, obstacles, and positions using beams • Observe blind spots that radar cannot see	• Sensitive to weather and color of objects • Less durable and expensive • Limited installation due to wide viewing angle
Ultrasonic wave	• Low price and constant propagation speed • Short wavelength, high directivity and straightness	• Limitations in technical applications due to the short recognition distance • External interference and performance degradation during high-speed driving due to weather • Unable to detect objects in all directions
Camera	• Simultaneous recognition of objects like the human eye • Excellent object reading ability • Recognition of lanes and signs on the road surface	• Unable to measure distance and speed with objects • Poor performance at night and in bad weather • Weak cognition around blind spots

레이더(Radar)는 탐지물체의 종류를 인식하기 어렵고, 신호를 다시 흡수하는 과정에서 난반사가 일어날 경우 정보의 정확성이 훼손되기 때문에 레이더 역시 완벽하다고 할 수는 없다(Korean National Police Agency, 2018). 라이다(LiDAR: Light Detection And Ranging)는 악천후와 물체 색깔 등에 민감하며 내구성이 상대적으로 약하다는 단점이 있으며, 센서가 넓은 시야각을 요구하기 때문에 차량에 장착 시 디자인 측면에서 경쟁력이 다소 떨어질 수 있고 고가의 라이더 광원도 대중화에 한계를 가지고 있다 (Spatial Information Research Institute, 2017). 카메라는 비가 오는 날에 물웅덩이의 반사, 빛 번짐 등의 요인으로 인해 정상적인 인식이 어렵고 외부광원에 따라 이미지 밝기 범위가 달라지므로 어두운 밤에 인식률이 떨어진다. 이처럼 카메라는 야간 및 악천후에 성능이 떨어지고 가시거리 밖의 상황 인지능력이 약하다는 단점이 존재한다(Ahn *et al.*, 2018). 초음파(Ultrasonic wave)는 인식 거리가 15m 수준으로 짧아서 기술 적용 분야가 상대적으로 좁다(Kim *et al.*, 2016). 또한 날씨에 따른 외부간섭이 일어날 수 있고 고속주행 시 성능이 떨어진다는 단점이 있다(Lee and Kim, 2017). 또한 지향 각을 갖고 있기 때문에 모든 방향의 물체를 감지하지 못한다. 아울러 로프, 체인, 가느다란 돌출봉 등 전파가 반사될 수 없는 가는 형태의 물체와 겨울철 눈처럼 전파를 흡수하는 물체의 경우 난반사가 발생하여 정확도가 떨어질 수 있다(Zhao *et al.*, 2018). 표 2는 센서별 장단점을 정리하였다.

3. 정밀도로지도의 제작과정

자율주행 구현을 위해서는 기존 지도를 활용하는 것이 아니라 정밀한 지도 데이터가 포함된 새로운 형태의 정밀도로지도가 반드시 필요하다. 정밀도로지도 제작은 MMS(Mobile Mapping System) 측량, 유인 항공사진측량, 무인 항공사진측량 등 다양한 연구가 진행 중에 있지만 본 논문에서는 MMS를 활용하여 웹 기반의 정밀도로지도 프로토타입을 구축하였다. 정밀도로지도를 수집하기 위해서는 차량에 위치측정 및 지형지물 측량을 위한 카메라, LIDAR, GPS(Global Positioning System), IMU(Inertial Measurement Unit), DMI(Distance Measuring Instrument), INS(Inertial Navigation System) 등의 다양한 센서를 장착해서 자율주행에 필요한 도로 정보, 표지판 정보 등 세밀한 형태로 Database 화해야 한다(Spatial Information Industry Promotion Institute. 2017). MMS를 통해서 수집된 자료

TABLE 3. MMS components(Lee *et al.*, 2018)

GPS	• Measure the distance between the receiving point and the satellite, and estimate the location by intersecting the distance vector
IMU	• Inertial measurement device that can acquire accurate location information even in shaded areas
LIDAR	• Mounted on the roof of the MMS vehicle, it emits 1 million laser lights per second and measures the distance to the object through electromagnetic waves that hit the object and return
DMI	• Accurate mileage measurement by measuring the number of wheel revolutions
INS	• A device that obtains acceleration through a gyroscope, integrates it to calculate velocity, and integrates velocity to calculate moving distance. Unlike GPS, it is not affected by bad weather and climate.

는 가공되기 전의 Raw Data 형태이고 이 Data를 Information 형태로 가공하기 위해서는 상당한 기술력, 자본력, 시간 비용이 들어가는 대형 작업이기 때문에 국토지리정보원의 MMS 데이터를 직접 활용하였다. 표 3은 MMS 차량의 지형지물 측량 센서들과 위치 및 자세 측정 센서들의 설치 구성 내역이다.

정밀도로지도는 그림 1과 같이 계획수립, 측량, 지도 제작, 품질평가 단계를 걸쳐 제작이 진행된다(National Geographic Information Institute, 2021). 우선 노선계획 수립을 통해서 노선을 확인한 후 현장 답사를 시작으로 경로계획을 세운다. 차량 기반 MMS에 탑재되어 있는 센서로부터 입력되는 초기 데이터를 주변 상시 기준점을 통해서 데이터 보정 처리를 하고 현장 확인 후 GPS 음영지역이 발생할 수 있는 지역

FIGURE 1. Process for generating the precise road maps, captured from a figure in National Geographic Information Institute (2021)

에 대해서는 별도의 보정점 측량을 실시하여 2차 데이터를 처리한 후 레이저 스캔 자료와 촬영 영상 간의 이상이 없는지 확인한다. 차선, 신호등, 표지판 등 자율주행을 위해 필요한 구축 항목을 구분하는 작업이 필요하고 편집을 통해서 데이터 속성을 입력한다. 최종적으로 MMS 차량이 조사한 데이터를 후처리하고 필요한 정보를 추출해 지도 데이터로 가공하는 과정을 거쳐 고정밀 지도가 탄생한다.

4. 국내외 기술 동향

국토교통부 산하의 국토지리정보원은 “자율주행차 상용화 지원방안” 에 따라 정밀도로지도 고도화 및 DB 구축 작업을 진행 중에 있다(Kim, 2015). 구축된 정밀지도 DB는 완성차 업체 및 관련 민/관 기관, 벤처기업 등에 무상으로 제공하여 국내 자율주행차 기술 개발을 지원하고 있다. 정밀도로지도 구축에 막대한 금액과 시간이 필요한 만큼 현재는 국가 주도로 DB 구축이 진행되고 있고 네이버, 카카오, SKT, KT 등 인터넷 포털, 통신사들도 정밀도로지도를 구축할 전망으로 보인다(KTB Investment & Securities, 2017). 자율주행차량의 SW 핵심기술은 정밀지도에 있기 때문에 각 기업들은 다양한 서비스에 자사 내비게이션, 지도 서비스를 제공해 사용자를 늘리고 빅데이터를 확보하고 있다. 현대엠엔소프트는 2011년부터 국내 최초로 초정밀 지도 시스템을 구축하기 시작해서 자체 개발한 ADAS 지도를 자율주행용 고정밀도로지도로 양산하기 위해 개발에 주력하고 있다(Won *et al.*, 2019). 네이버는 자율주행 관련 기술에서 3차원 공간정보 시스템 전문업체인 에피폴라를 인수하여 정밀도로지도 고도화에 기여할 전망이다(Naver labs, 2017). 또한 최근에는 항공사진을 활용한 3D 고정밀 지도 제작 기술인 Hybrid HD Mapping을 고도화하면서 최대 오차범위를 16㎝보다 더 줄이는데 성공했다(Naver labs, 2021). SK텔레콤은 정밀도로지도 구축 후 커넥티드 카(Connected car) 시장에 진출할 것을 목표로 두고 있고 향후 티맵의 정확도를 위해서 글로벌 반도체 기업인 엔비디아와 협력해 티맵의 정확도를 높여서 자율주행 차량에 적용할 계획이다(News ROBOT, 2017).

해외에서는 Here(Here, 2020)라는 회사가 2010년부터 정밀지도를 개발하기 시작하여 북미, 서유럽, 아시아 지역에 방대한 지도 데이터베이스를 보유하고 있고 현재 세계 전역으로 시장을 확대하고 점유율을 높여가고 있다. 고정밀 지도의 안정성을 유지하기 위해서 매일 엄청난 양의 지도 데이터를 수집하고 매우 정밀한 공정을 통해 오차를 최소화하고 있다. Here의 장점은 방대한 지도 데이터베이스와 고수준의 Mapping 기술, 완성차 업체와의 협력관계를 기반으로 빠르게 시장을 점유할 수 있다는 점이다(Hyundai MnSoft, 2019). TomTom은 Close Loop라는 시스템을 통해서 세계 최대 자동차 기업에 고정밀 지도 플랫폼 서비스를 진행하고 있다(TomTom, 2020). 차량에 탑재된 센서를 통해 주변의 교통상황을 감지하고 클라우드 서버에 데이터를 자동으로 업로드 하여 고정밀 지도에 실시간으로 교통상황을 반영시킨다. 이처럼 실시간 교통상황을 데이터화하는 것은 TomTom의 가장 큰 경쟁력이라고 할 수 있다.

글로벌 기업도 차세대 지도를 제작하기 위한 매핑기술 개발에 투자를 강화하고 있다. 미국 구글의 자동차 기업인 웨이모(Waymo)는 LIDAR 기반의 고정밀 지도 개발에 집중하고 지도의 활성 범위를 미국 전역 25개 도시 이상으로 확대하는 프로젝트를 진행하고 있으며, 자체 개발한 고정밀 지도를 통해서 도로에 대한 지도 정보를 지속적으로 업데이트시킨 뒤 보행자나 차량 등 움직이는 물체의 데이터 처리에 집중하면서 위급 상황에 대비하고 있다 (MBN News, 2021). 중국의 통신장비 기업인 화웨이(Huawei)도 베이징, 상하이 등 4개 도시의 일반도로에 고정밀 지도 서비스를 제공한다고 발표했고 중국의 아크폭스가 출시한 자율주행 전기차 알파S에 화웨이가 개발한 고정밀 지도를 탑재하기도 하였다 (MBN News, 2021). 일본

의 소프트뱅크는 고정밀 정밀지도를 개발하기 위해서 일본 국토지리원 측위 거점의 2.5배에 달하는 측위 거점 3,300개를 확보하였으며, 인공위성과 지상 측위 거점을 이용해 사물의 위치 오차를 3㎝ 이내로 줄인 위치정보 서비스를 개발했고 하반기에 자율주행 차량에 활용할 계획이다 (MBN News, 2021). 자율주행차량의 레벨이 높아질수록 디지털 지도의 중요성은 더욱 부각되고 있다. 따라서 고정밀 지도가 강력한 플랫폼이 될 수 있기 때문에 빅테크 기업들이 막대한 시간과 비용을 들여서 독자개발을 진행하고 있다(KISA, 2021).

정밀도로지도 시스템 분석

1. 프로토타입 테스트베드 환경

본 논문에서는 자율주행 및 관제 지원을 위한 정밀도로 지도 서비스 테스트베드를 구축하고자 한다. 실제 MMS를 통해서 수집된 도로 정보를 Mapbox(mapbox, 2020)의 지도 서비스와 연계를 통해서 도로 정보 및 표지정보를 웹 관제 시스템에서 모니터링할 수 있도록 구축하였다.

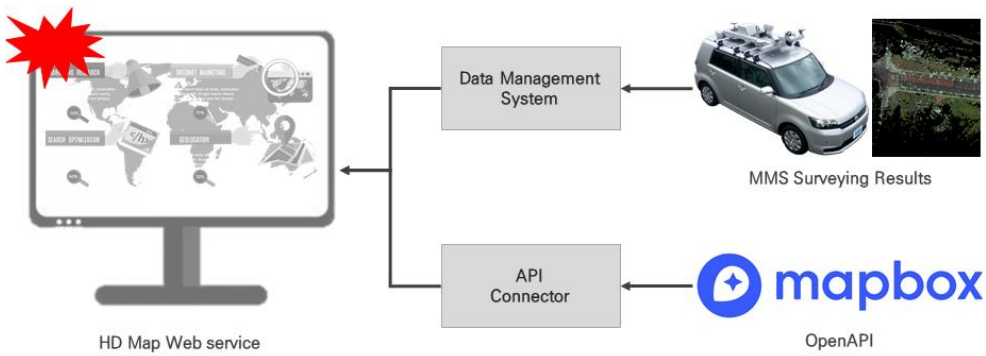

FIGURE 2. Concept diagram for building the map service test bed

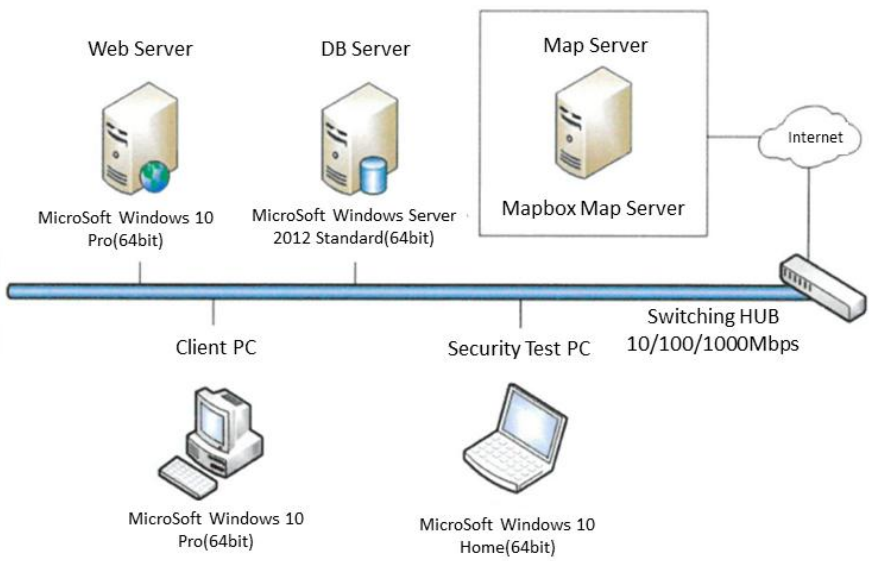

FIGURE 3. Concept diagram showing the system configuration

TABLE 4. Details of the server system

No	Role	OS	CPU	Mem	Storage	Pre-Requisite
1	Web server	MS Windows 10 Pro(64bit)	Intel Core i7-6700@3.40Ghz	16GB	1.9TB	• Apache Tomcat 9.0.41 • GeoServer 2.14.4 • JDK 1.8.0_271-b09
2	DB server	MS Windows Server 2012 Standard(64bit)	Intel Xeon E3-1231 v3 @3.40Ghz	64GB	2TB	• PostgreSQL 10.15
3	Map server	Mapbox Map Server				
4	Client PC	MS Windows 10Pro(64bit)	Intel Core i7-6700@3.40Ghz	16GB	2TB	• Google Chrome
5	PC for security test	MS Windows 10Home(64bit)	Intel Core i7-8656U@1.80Ghz	16GB	512GB	

그림 2는 웹 기반의 지도 서비스 테스트베드 구축을 위한 개념도를 나타내었다.

정밀도로지도 테스트베드는 웹 서버, DB 서버, 지도 서버로 크게 구성되어있다. 웹 기반의 정밀도로지도 테스트베드 환경을 위해서 웹 서버를 설치하였고 도로 및 시설물 정보 등을 저장하기 위해서 DB 서버를 구성하였다. 또한, 정밀지도 서비스를 제공받을 수 있도록 Mapbox 지도 서버를 구성하였고 다양한 웹 환경에서의 테스트를 진행하기 위해서 보안성 시험용 PC를 구축하였다. 그림 3은 정밀도로지도 구축 시스템의 H/W 구성도이고 표 4는 구성된 서버 시스템의 세부 내역이다. 현재 자율주행 차량이 하반기에 개발 완료될 예정이기 때문에 자율주행 차량과 관제 센터에 직접 설치하여 운용할 수 없는 상황이다. 그렇기 때문에 우선적으로 웹 환경에서 자율주행에 필요한 도로 정보와 시설물 정보를 국토지리정보원과 실제 측량을 통해서 정밀도로지도 DB를 구축할 수 있었다. 추후 자율주행 차량 개발이 완료되면 실제 차량과 관제 시스템에 정밀도로지도를 탑재시켜서 다양한 검증을 진행할 예정이다.

2. 프로토타입 시스템 구현

기존 논문들은 정밀도로지도 제작에 필요한 다양한 도로 정보, 차선 정보, 교통시설물 정보를 포함 시키지 않거나 짧은 거리의 실 환경 테스트에서 구현한 논문에 반해(Kim *et al.*, 2017), 본 연구에서 개발한 Web GIS 기반 정밀도로지도는 실제 도로 위에서 운행이 가능한 자율주행 차량을 대상으로 하여 도로 정보, 차선 정보 및 교통시설물 정보를 실시간으로 알려줄 수 있도록 시스템을 구현하였다. 자율주행 차량이 허가된 도로 위를 이동하면서 실시간으로 HD Map을 통해서 도로 위치 정보와 주변 환경을 인식하여 자율주행이 가능하도록 설계하였다. 실도로 구축지역은 대구광역시 자율주행 특화지역(수성의료지구, 약 24㎞)과 세종특별자치시 행복도시(약 33㎞)를 대상으로 하였고 국토교통부 국토지리정보원 MMS 측량 성과물을 활용하였다. 하지만 본 연구에서 자율주행 차량의 실주행 테스트는 연구범위에서 제외된다. 다수 기업들의 기술 개발이 아직 자율주행차량에 최적화되지 않아서 실도로 주행 테스트가 어려운 상황이다. 따라서 이번 연구범위는 Web 기반의 자율주행 정밀지도 프로토타입 구축만을 진행하도록 한다. 실증 차량의 자율주행 및 관제 운영을 Web 서비스 형태로 제공하기 위해서 개발 툴은 Eclipse와 언어는 Java를 사용하였다. 정밀도로지도는 자율주행에 필요한 도로 · 차선정보와 교통시설물 및 교통안내 정보를 공간정보 기반의 SHP 파일로 구축하였다. 웹 또는 모바일 등 다양한 디바이스에서 활용하기 위하여 개방형 공개 표준인 GeoJSON 포맷으로 변환하고, 자율주행 프로토타입 및 관련 데이터에 활용할 수 있는 OpenDrive 포맷으로 변환하여 시스템을 구축하였다(OpenDrive, 2020). 그림 4는 자율주행 지원 Web 서비스 개념설계도이다. MMS 측량을 통해 획득한 고정밀 맵 및 이벤트

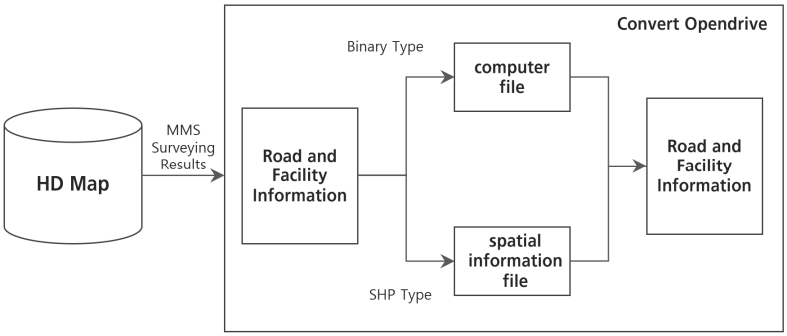

FIGURE 4. Conceptual design of autonomous driving supporting web service

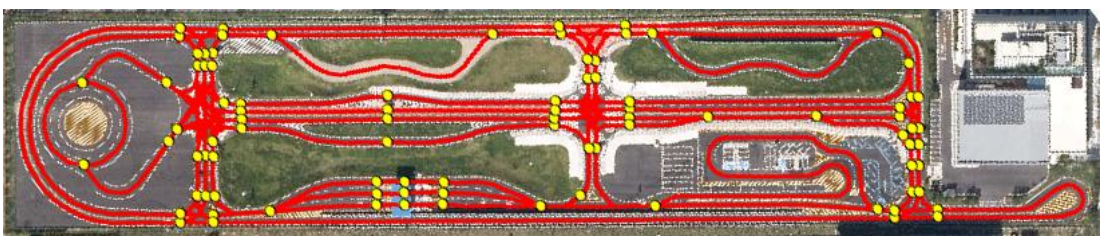

FIGURE 5. HD Map design(Siheung Campus)

데이터를 기반으로 위치정보와 속성정보를 결합한 도로(중심선, 차선, 정지선, 유도선 등) 및 시설물(교통안내표지, 신호기 등) 데이터를 구축하였다. 구축된 공간 데이터는 공간 DBMS인 PostGIS에서 오픈소스 GIS 소프트웨어 서버인 GeoServer를 거쳐 Web 상에 표출시켰다.

정밀지도 구축을 위해 시흥시 서울대학교 미래모빌리티센터 자율주행차량 FMTC PG 내

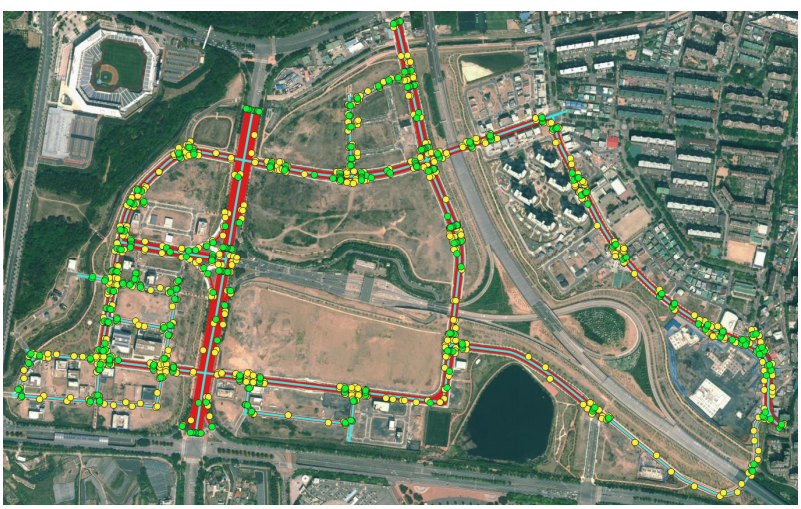

FIGURE 6. HD Map design(Daegu, Sejong)

FIGURE 6. Continued

MMS 장비를 사용하여 정밀지도를 구축 중에 있으며 QGIS 지리 정보체계 응용 프로그램을 사용하여 그림 5와 같이 정밀지도 데이터를 Plot 시켜서 지도 설계를 진행하고 있다. 대구시와 세종시의 정밀도로지도 역시 동일한 방법으로 초기 설계를 진행한 후 도로 정보, 차선 정보, 교통시설물 정보, 교통안내 정보 등을 포함 시켜 그림 6과 같이 정밀도로 지도를 구축하였다.

정밀도로지도 DB구조는 도로 정보, 차선 정보, 교통시설물 정보, 교통안내 정보 등을 포함하였다. 우선적으로 Line은 지도상의 직선 및 곡선 형태로 되어있고 도로의 이름, 도로의 번호, 도로 위치 등의 정보를 포함하고 있다. 또 다른 형태의 Line은 차선번호, 차선길이, 고유중심선 번호, 정지선 종류 등의 차선정보를 중심으로 테스트베드를 구축하였다. 교통시설물과 교통안내 정보 또한 아래의 테이블 내용의 형태로 정밀도로지도를 구성하였다. 표 5에서부터 표 8까지 Map DB 정보를 설계하여 구축하였다.

TABLE 5. HD Map road information

type	code	name
line	HDUFID	unique identification number
	ROADNO	road number
	ROADNM	road name
	ROADCD	road type
	ROADTYPE	road classification
	SPEED	speed limit
	LENGTH	road length
	MIDST	one-way traffic
	TOLLLINK	with or without median
	REGIONCTP	road location_state
	REGIONSIG	road location_ city, district
	REGIONEMD	road location_eup, myeon, dong
	REGIONLI	road location_ree
	SAFEZONE	protected area
	ROADSTATE	with or without pavement
	DATE	last modified date
	REMARK	remark

TABLE 6. HD Map lane information

type	code	name
line	HDUFID	unique identification number
	LINKID	unique center line number
	LNGROUP	group by car
	LANENO	lane number
	LNLENGTH	lane length
	STOPCD	stop line type
	SIGNCD	color lane type
	EXLANE	only lane classification
	BLSTYLE	bus only lane classification
	BLTIME	bus lane time
	FROMNODE	point-in-time node ID
	TONODE	endpoint node ID
	DATE	last modified date
	REMARK	remark

TABLE 7. HD Map transportation facility information

type	code	name
point	HDUFID	unique identification number
	TYPE	facility type
	CODE	facility classification
	X	position_X
	Y	position_Y
	DATE	last modified date
	REMARK	remark

TABLE 8. HD Map traffic information

type	code	name
point	HDUFID	unique identification number
	NODEID	guidance information type
	NOTETYPE	guidance information classification
	X	position_X
	Y	position_Y
	DATE	last modified date
	REMARK	remark

MMS 내 정보를 분석하여 도로 정보, 차선 정보, 시설물 정보를 지도 위에 매핑하고 각 도로 정보와 차선 정보는 라인형태로 구성하였다. 시설물 정보, 교통안내 정보는 도로의 내부와 외부에 걸쳐서 노란색과 초록색의 점의 형태로 구현하였다. MMS 측량 성과 데이터 및 이를 GIS 응용프로그램(QGIS)을 통해 가공하여 정밀도로지도로 구축하는 세부 작업 과정은 그림 7과 같다. 측량데이터와 실제 영상과의 정합성을 확인한 후 MMS의 line 정보로부터 도로 중심선 및 유도선 등을 Digitizing하고 point 정보를 추출하여 시설물, 교통안내 객체를 생성시켰

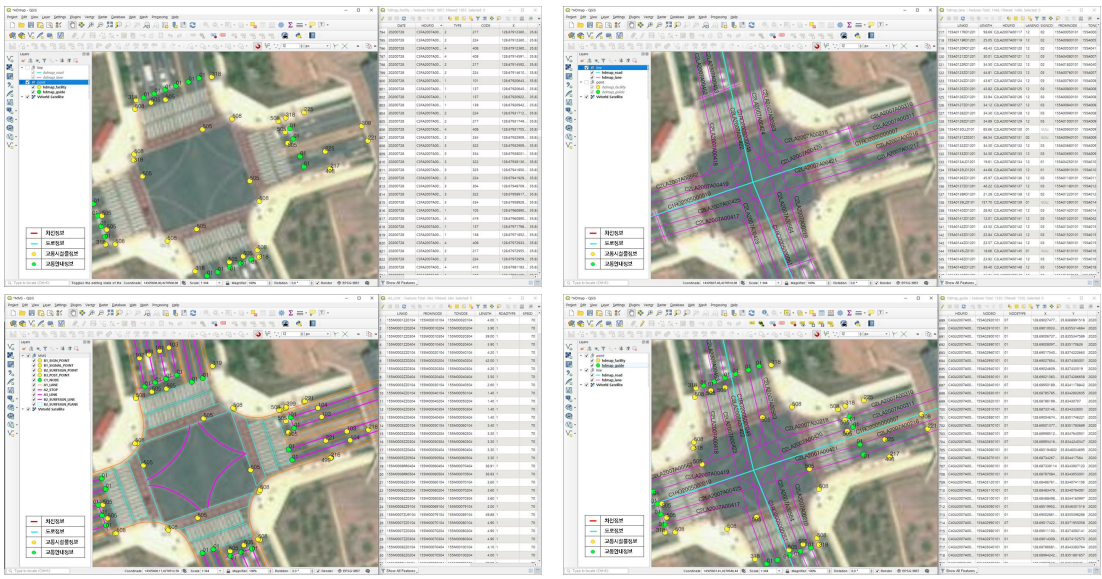

FIGURE 7. HD Map interface usign the MMS surveying results

FIGURE 8. HD Map prototype based on web GIS

다. 좌표를 통한 정위치 편집을 완료하고 각 레이어의 테이블 명세서를 근거하여 속정 정보를 부여시키고 검수 작업을 통해 Web GIS 상에 최종 업로드 하였다.

본 논문에서는 Mapbox를 이용하여 정밀도로지도 정보를 레이어화 하고 각종 인터페이스를 구성하여 서비스를 구현하였다. 정밀도로 관련(도로, 차선, 주변 표지) 데이터는 MMS를 통해서 실제 도로의 정보를 추출하여 Mapbox에 등록하여 사용하였다. Mapbox에서 구현할 지도의 Style을 3가지 형태로 설정이 가능하다. 부가기능으로는 도로 정보, 차선 정보, 도로시설물 정보, 교통안내 정보 등을 분류하여서 레이어를 볼 수 있도록 인터페이스를 구현하였고 또한 NavigationControl을 적용하여 확대 및 축소할 수 있도록 구현하였다. 그림 8은 세종시 행복도시의 실 환경 도로의 정밀도로지도 프로토타입 시스템 화면을 나타내었다. 자율주행에 필요한 도로 정보와 시설물 정보는 국토지리정보원에서 제공받았고 추가적으로 도로 표지판, 시설물 정보 등의 다양한 세부 정보는 측량을 통해서 더욱 더 정밀한 정밀도로지도 DB를 구축할 수 있었다. 향후 자율주행 차량 및 관제 시스템에 탑재한 후 정밀도로지도의 실시간 위치 오차 검증 및 보정 알고리즘에 관한 추가적인 연구를 진행할 계획이다.

결 론

본 논문에서는 실제 도로로 이용하고 있는 시흥, 세종, 대구의 3개 지역을 선정하여 시스템을 구축하였다. 자율주행에 필요한 도로 정보 및 주변 시설물 정보는 국토지리정보원에서 제공받았고 추가적인 측량을 통해서 더욱 더 정밀한 정밀도로지도 DB를 구축하였다. 도로와 차선, 시설물 등 도로의 다양한 정보를 Layer 별로 정의하는 계층별 HD Map을 SHP 포맷으로 구축하고, 이를 네트워크 환경에서 활용할 수 있는 GeoJSON 포맷과 자율주행 Platform 및 관련 데이터에 활용할 수 있는 OpenDrive 포맷으로 변환한 정밀지도 프로토타입을 구축하였다.

프로토타입은 아폴로 플랫폼 기반으로 개발을 진행하였고 자율주행 차량에 활용할 수 있는 정밀도로지도 형태이다. 현재 아폴로를 기반으로 정밀도로지도를 구축하였기 때문에, 다양한 자율주행 Platform에 활용하기에는 다소 미비한 점이 있을 수 있다. 향후 실 테스트용 자율주행 차량 개발이 완료되면 관제 시스템과 자율주행 차량에 정밀도로지도를 탑재시켜서 자율주행차

량과 정밀지도의 실시간 위치를 검증 및 보정 알고리즘을 통한 보정 효과에 대한 테스트와 검증을 진행하고자 한다. KAGIS

REFERENCES

Ahn S.Y., J.H. Min , Y.I. Lee, K.H. Kwak. 2018. A robust method for lane detection at day/night time with 3D LIDAR and camera. Proceedings of The Institute of Electronics and information Engineers, pp. 912-915 (안성용, 민지홍, 이영일, 곽기호. 2018. 센서 융합 기반의 주/야간 환경에 강인한 차선인식 기법 연구. 대한전자공학회 학술대회: 912-915쪽).

Convergence Research Policy Center. 2020. Convergence research review, 6:6-8 (융합연구정책센터. 2020. 융합연구리뷰, 6:6-8).

Ha S.T. 2017. Trends of the precise road maps for supporting autonomous driving technology. TTA(Telecommunications Technology Association) Journal 173:23-28 (하상태. 2017. 자율주행 지원을 위한 고정밀지도 기술동향. TTA 저널 173:23-28).

Here. 2020. Real Time Maps & Map Data. https://www.here.com/platform/mapping/map-data (Assessed June 10, 2021).

HMG(Hyundai Motor Group) Journal. 2019. Why precise road maps are needed in the era of autonomous driving? http://www.hyundai-mnsoft.com/KR/aboutus/pressreleases/detail_index.mms?idx=165&category=404042&from=all (Assessed June 10, 2021).

Hyundai MnSoft. 2019. Introduction to Hyundai MnSoft. http://www.hyundai-mnsoft.com/KR/aboutus/pressreleases/detail_index.mms?idx=205&category=404041&from=all (Assessed March 3, 2021).

Jeong J.S. and J.D. Min. 2015. Trends of precise positioning technology for automobiles. Information and Communications Magazine 32(8):38-44 (정재승, 민정동. 2015. 자동차용 정밀 측위 기술 동향. 한국통신학회지 32(8):38-44).

Kang, Y. and A. Madgy. 2020. HiDaM: A unified data model for high-definition (HD) map data. IEEE International Conference on Data Engineering Workshops(ICDEW): 26-32.

Kim, B.K., C.H. Lee, S.R. Kwon, C.Y. Jung, C.H. Chun, M.W. Park and Y.C. Na. 2017. A development of the automous driving system based on a precise digital map. Journal Of Auto-Vehicle Safety Association. 9(22):6-12 (김병광, 이철하, 권수림, 정창영, 천창환, 박민우, 나용천. 2017. 정밀 지도에 기반한 자율주행 시스템 개발. 자동차안전학회지 9(22):6-12).

Kim, K.U., Y.J. Moon, S.A. Cho and J.D. Lee. 2016. A fundamental research on public perceptions on ethics, legal and social acceptance of autonomous vehicles (AV). The Korea Transport Institute, pp. 13-16 (김규옥, 문영준, 조선아, 이종덕. 2016. 자율주행자동차 윤리 및 운전자 수용성 기초연구. 한국교통연구원, 13-16쪽).

Kim, Y.S. 2015. We' ll open the safe and convenient autonomous driving car era: support plan for the commercialization of autonomous driving car. Transportation Technology and Policy 12(3):7-13 (김용석. 2015. 안전하고 편리한 자율주행자동차 시대를 열겠습니다. 자율주행자동차 상용화 지원방안. 교통 기술과 정책 12(3):7-13).

Korea Institute of Science and Technology

Information. 2017. Report on cognitive sensor technology status and market forecast for autonomous vehicles, pp.17-20 (한국과학기술정보연구원. 2017 정보분석 보고서: 자율주행차용 인지센서 기술현황 및 시장전망. 2017 정보분석 보고서, 17-20쪽).

Korea Internet & Security Agency. 2021. Geolocation industry trend report, pp. 1-10 (한국인터넷진흥원. 2021년 위치정보 산업 동향 보고서, 1-10쪽).

Korean National Police Agency. 2018. Final report on standardization plan for traffic safety facility information, pp.8-11 (경찰청. 2018. 교통안전시설물 정보 표준화 방안 연구 최종보고서, 8-11쪽).

KTB Investment & Securities. 2017. Key to autonomous driving: precise maps, p. 60 (KTB 투자증권. 2017. 자율주행의 핵심. 정밀 지도, 60쪽).

Lee K.D., S.H. Jung, K.H. Lee, Y.S. Choi and M.S. Kim. 2018. Mobile mapping system development based on MEMS-INS for measurement of road facility. Journal of the Korean Society of Surveying, Photogrammetry and Cartography. 36(2): 75-83 (이계동, 정성혁, 이기형, 최윤수, 김만식. 2018. 도로시설물 계측을 위한 MEMS-INS 기반 모바일매핑시스템(MMS)개발. 한국측량학회지. 36(2):75-83).

Lee S.J. and S.H. Kim. 2017. Rear-side square surveillance system and rear camera communication in ECU. Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference, pp.124-125 (이승진, 김상훈. 2017. ECU 내부에서의 후측면 사각 감시 시스템과 후방 카메라 통신. 한국정보처리학회 학술대회논문집, 124-125쪽).

MapBox. 2020. Maps and location for developers. https://www.mapbox.com (Accessed June 10, 2021).

MBN News. 2021. Naver in competition for high precise maps. https://www.mk.co.kr/news/it/view/2021/05/495761 (Accessed June 10, 2021).

Na W.B. and J.I. Lee, C.W. Park and H.C. Lee. 2016. A study of designing integrated scenario for testing ADAS. Proceedings of The Korean Society Of Automotive Engineers, pp.1243-1248 (나원빈, 이주인, 박창우, 이형철. 2016. ADAS의 실험 및 검증을 위한 통합 평가 시나리오 연구. 2016 한국자동차공학회 춘계학술대회, 1243-1248쪽).

Na Y.S., S.K. Kim, Y.S. Kim, J.Y. Park, J.M. Jeong, K.C. Jo, S.J. Lee, S.J. Cho, M.H. Sunwoo and J.M. Oh. 2020. HD map usability verification for autonomous car. Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers 28(11):797-808 (나유승, 김상권, 김영수, 박준용, 정지민, 조기춘, 이성진, 조성진, 선우명호, 오종민. 2020. 자율주행 자동차를 위한 정밀도로지도 활용성 검증. 한국자동차공학회지 28(11):797-808).

Naver labs. 2017. Precise 3D technology can reduce the gap between space and people. https://www.naverlabs. com/storyDetail/32 (Assessed June 10, 2021).

Naver labs. 2021. Naver labs open dataset. https://www.naverlabs.com/datasets (Assessed June 10, 2021).

News ROBOT. 2017. SKT had the contract with NVIDIA for developing automonous vehicles. http://www.irobotnews. com/news/articleView.html?idxno=10638 (Assessed June 10, 2021).

NGII(National Geographic Information Institute). 2021. Precise road map. https://www.ngii.go.kr/kor/content.do?sq=210 (Assessed June 10, 2021).

OpenDrive. 2020. ASAM OpenDRIVE. https://www.asam.net/standards/detail/opendrive/ (Assessed June 10, 2021).

Park Y.K., W.P. Kang, J.E. Choi and B.J. Kim. 2019. A study on the evaluation of real-time map update technology for automated driving. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies. 22(3):146-154 (박유경, 강원평, 최지은, 김병주. 2019. 자율주행 지원을 위한 정밀도로지도 갱신기술 평가를 위한 기준 도출 연구. 한국지리정보학회지 22(3):146-154).

Park W.Y., J.S. Kim, Y.B. Kim and K.S. Back. 2003. Accuracy analysis of positioning supplementary control point with the RTK-GPS and RTK-GPS/GLONASS. Journal of Korean Society for Geospatial Information Science 11(1):61-69 (박운용, 김진수, 김용보, 백기석. 2003. RTK-GPS와 RTK-GPS/GLONASS에 의한 도근점 측위의 정확도 분석. 대한공간정보학회지(지형공간정보). 11(1):61-69).

Spatial Information Industry Promotion Institute. 2017. Development and verification of rapid detection technology of road change for supporting autonomous driving, p.90 (공간정보산업진흥원. 2017. 자율주행 지원을 위한 도로변화 신속탐지 기술개발 및 실증 기획연구보고서, 90쪽).

Spatial Information Research Institute. 2017. National spatial information standardization study - Establishment of standardization road map in autonomous driving digital map, pp.7-8 (공간정보연구원. 2017. 국가공간정보 표준화 연구- 자율주행 디지털 맵 분야 표준화 로드맵 수립, 7-8쪽).

TomTom. 2020. HD Map. https://www.tomtom.com/products/hd-map/ (Assessed June 10, 2021).

Won S.Y., J.Y. Moon, S.Y. Yoon and Y.S. Choi. 2019. The future direction of HD map industry development plan and governance. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies. 22(3):120-132 (원상연, 문지영, 윤서연, 최윤수. 2019. 정밀도로지도 산업발전 방향 및 대응방안 연구. 한국지리정보학회지. 22(3):120-132).

Won S.Y., Y.J. Jeon, H.W. Jeong and C.O. Kwon. 2020. A comparison of Korea standard HD map for actual driving support of autonomous vehicles and analysis of application layers. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 23(3):132-145 (원상연, 전영재, 정현우, 권찬오. 2020. 자율주행 자동차 실주행 지원을 위한 표준 정밀도로지도 비교 및 활용 레이어 분석. 한국지리정보학회지 23(3):132-145).

Zhao, J., B. Liang and Q. Chen. 2018. The key technology toward the self-driving car. International Journal of Intelligent Unmanned Systems 6(1):2-20. KAGIS