

# 자율주행자동차 실주행 지원을 위한 표준 정밀도로지도 비교 및 활용 레이어 분석\*

원상연<sup>1\*</sup> · 전영재<sup>1</sup> · 정현우<sup>1</sup> · 권찬오<sup>1</sup>

## A Comparison of Korea Standard HD Map for Actual Driving Support of Autonomous Vehicles and Analysis of Application Layers\*

Sang-Yeon WON<sup>1\*</sup> · Young-Jae JEON<sup>1</sup>  
Hyun-Woo JEONG<sup>1</sup> · Chan-Oh KWON<sup>1</sup>

### 요 약

4차 산업혁명의 도래로 정밀도로지도는 미래형자동차, 물류, 로봇 등의 분야에서 자율주행의 위치결정을 위한 핵심 인프라로 자리잡고 있다. 특히, 자율주행자동차는 자기위치 결정뿐만 아니라 LiDAR, GNSS, Radar, 스테레오카메라 등 다양한 센서에서 감지하는 대상체의 정확한 위치결정을 위하여 정밀도로지도의 의존도가 더욱 증대되고 있는 실정이다. 현재 자율주행 및 C-ITS 기술이 현실화됨에 따라 정밀도로지도의 정밀한 위치정보에 대한 요구가 증가하고 있으며, 각종 변화정보의 감지 및 실시간 정보 융합에 따른 새로운 정밀지도 생성 기술 요구도 함께 증가하고 있다. 따라서 본 연구에서는 정밀도로지도와 관련된 국내·외 표준 및 관련된 제반 환경의 동향을 분석하고, 이를 기반으로 현재 정밀도로지도를 구축하는 기관별로 표준 정밀도로지도와 비교하여 활용성을 연구하였다. 또한 추가적으로 표준 정밀도로지도에 대하여 실제 자율주행자동차에 적용하기 위한 정밀도로지도를 재가공하여 활용성을 연구하였다. 연구 결과 표준 정밀도로지도는 항법 레이어 구축과 교통안전시설의 재가공이 필요하나 다양한 기관이 유용하게 활용할 수 있도록 구축되어 있음을 확인하였다. 향후 본 연구에서 제시한 결과를 기반으로 자율주행 협력모델에서 기관별 레이어 분류와 정의 등에 대하여 추가적인 연구가 진행된다면 보다 효율적인 정밀도로지도 및 도로 주변 공간정보가 구축 및 갱신이 이루어질 것으로 기대된다.

**주요어** : LDM, 자율주행자동차, 정밀도로지도, C-ITS

2020년 08월 07일 접수 Received on August 07, 2020 / 2020년 08월 26일 수정 Revised on August 26, 2020  
/ 2020년 08월 27일 심사완료 Accepted on August 27, 2020

\* 이 논문은 2020년도 정부(경찰청)의 재원으로 도로교통공단의 지원을 받아 수행된 연구임(POLICE-L-00003-02-410, IoT 기반 교통안전시설 정보제공 및 운영관리 기술개발)

1 주식회사 지오엔 책임연구원 Geo& Co., Ltd, Senior Research Engineer

\* Corresponding Author E-mail : wonjangkun@geospace.com

## ABSTRACT

By coming of the 4th industrial revolution era, HD map have become a key infrastructure for determining precise location of autonomous driving in areas of futuristic cars, logistics and robots. Autonomous vehicles have become more dependent on HD map to determine the exact location of objects detected by various sensors such as LiDAR, GNSS, Radar, and stereo cameras as well as self-location decisions. By actualizing autonomous driving and C-ITS technologies, the demand for precise information on HD map have increased. And also the demand for the creation of new information based on the convergence of various changes and real-time information have increased. In this study, domestic and international HD map standards and related environments have analyzed. Based on this, usability has researched which comparison with standard HD map established by various institutions. Additionally, usability of standard HD map have studied for applying actual autonomous vehicles by reworking HD map. By the result of study, standard HD map have well established to use by various institutions. If further research about layer classification and definition by institutions will carried out based on this study, it has expected that and efficient establishment and renewal of HD map will take place.

**KEYWORDS** : LDM, Autonomous vehicles, HD map, C-ITS

## 서 론

최근 4차 산업혁명이 도래함에 따라 자율주행과 관련된 AI, 로봇, 드론, 물류 등 첨단 기술의 개발이 전 세계적으로 빠르게 진행되고 있다(ETRI, 2018). 이런 세계적인 흐름에 발맞추어 우리나라도 2020년 7월 디지털 뉴딜·그린 뉴딜을 강력 추진하고 안전망 강화계획을 수립하는 등 「한국판 뉴딜 종합계획」을 발표했으며, 약 160조원의 예산을 투입하고 있다.

현재 우리나라 국토교통부의 책임운영 기관인 국토지리정보원은 자율주행자동차의 지원을 위한 LDM 플랫폼의 레벨 1~2에 해당하는 정밀도로지도를 2016년 시범구축을 시작으로 현재까지 지속적인 지도구축 및 개선을 수행하고 있다. 국토지리정보원은 최근 2024년까지 전국 고속국도, 일반국도, 특별시·광역시 도로 등을 대상으로 정밀도로지도 구축을 계획하고 있고, 2030년까지 전국 모든 도로(110,000km)에 대하여 정밀도로지도 구축을 계획하고 있다(NGII,

2015; NGII, 2016; NGII, 2018). 이와 동시에 국토교통부에서는 민간기업과 공공기관의 중복 투자 방지, 신속한 정보갱신 등 정밀도로지도 산업의 발전을 위하여 정밀도로지도 공동구축 협의체를 구성하고 운영을 계획하고 있다(Won *et al.*, 2019).

한편, 정밀도로지도는 미래형자동차, 물류, 로봇 등의 분야에서 자율주행의 정확한 위치결정을 위한 핵심 인프라로 자리잡고 있다. 특히, 자율주행자동차는 자기위치 결정뿐만 아니라 LiDAR, GNSS, Radar, 스테레오카메라 등 다양한 센서에서 감지하는 사물의 정확한 위치결정을 위하여 정밀도로지도의 의존도가 더욱 증대되고 있는 실정이다(KTB Investment & Securitis, 2017). 현재 자율주행 및 C-ITS 기술이 현실화됨에 따라 정밀도로지도의 정밀한 위치정보에 대한 요구도 증가하고 있으며, 각종 변화정보의 감지 및 실시간 정보에 대한 융합으로 새로운 정밀지도 생성 기술 요구도 함께 증가하고 있다(SPACEN, 2017; TTA, 2017; FROST & SULLIVAN, 2018; QYResearch, 2018). 이

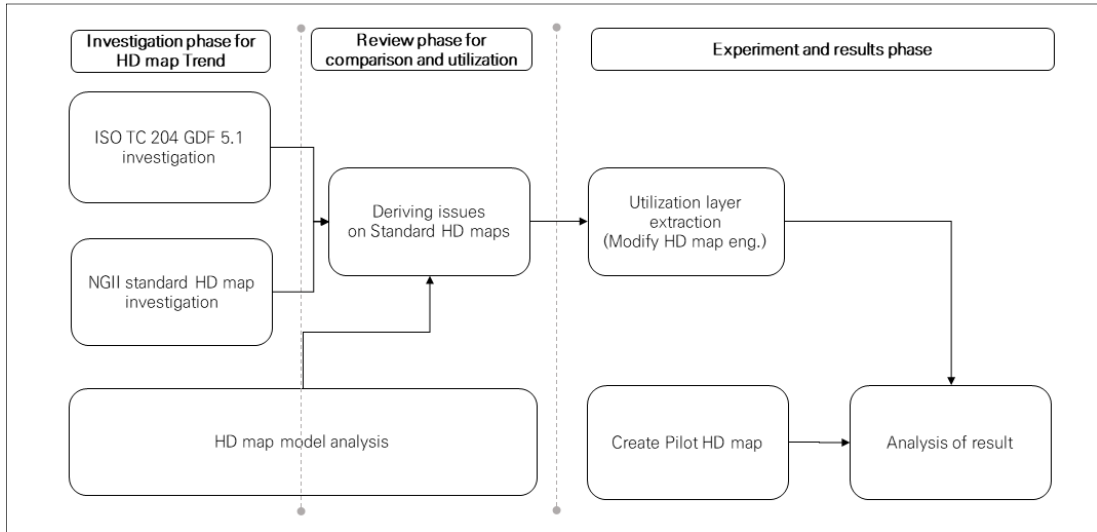


FIGURE 1. Flowchart of research process

와 관련하여 국내·외에서는 다양한 선행 연구 사례가 발표되고 있다. Lengyel and Szalay (2018)는 3차원 점군 데이터를 활용하여 자율주행자동차가 교통시설물의 인지를 위한 지도 생성에 관한 연구를 수행하였고, Seol *et al.* (2019)은 우리나라 정밀도로지도의 효율적인 갱신 체계 방안을 제시하기 위해 도로의 종류, 변화의 원인과 연간 변화율 등을 분석하고 정밀도로지도 관련 시스템과 갱신체계에 대하여 분석하였다. Park *et al.* (2019)은 자율주행 지원을 위한 정밀도로지도 갱신기술 평가방법을 제시하였고, Won *et al.* (2019)은 정밀도로지도 관련 국내·외 동향을 분석하고 국내 정밀도로지도 산업에서 민·관이 상생 협력할 수 있는 방안 등을 분석하였다. 하지만 여러 선행 연구 사례를 분석한 결과 표준 정밀도로지도를 활용하여 실제 자율주행자동차에 활용한 연구는 부족한 실정이었으며, 이에 본 연구에서는 그림 1과 같이 정밀도로지도와 관련된 국내·외 표준 및 관련된 제반 환경의 동향을 분석하고, 이를 기반으로 기 수립되어 있는 데이터 모델 및 정밀도로지도를 활용하여 실제 자율주행자동차에 적용하기 위한 정밀도로지도를 재가공하여 보았다. 그리고 도출된 결과를 기반으로 자율주행자

동차에서 주로 활용하는 레이어를 구분하여 비교분석하였다.

## 연구내용

### 1. 국내·외 정밀도로지도 현황조사

1) 국제 표준 ISO TC 204 GDF 5.1 조사  
 지능형 교통체계(ITS, Intelligent Transport System)에 대한 국제표준을 제정하는 표준화 기구인 ISO TC 204에서는 기존 도로 등에서의 내비게이션을 위해 GDF(Geographic Data File)라는 국제표준을 제정해 오고 있다. GDF는 도로 내비게이션, 일부 하천 등에 대한 정보와 교통체계와 관련하여 활용할 수 있는 주제도 등을 포함하여 기술하고 있다. GDF는 내비게이션을 위한 지도의 기본 데이터 모델부터 파일 기반의 인코딩까지 매우 방대한 내용을 포함하고 있다. 최근 C-ITS 개념의 도입, 자율주행자동차의 연구개발 확산 등이 진행됨에 따라 GDF도 지속적으로 업데이트 되고 있다. 특히, 최근 보완된 내용에 의하면 Belt feature를 정의하고 그림 2와 같이 Belt feature들로 공간적 구성을 하였다. Belt는 그 특징에 따라 RoadBelt, RoadBeltElement, IntersectionBelt, RoundaboutBelt,

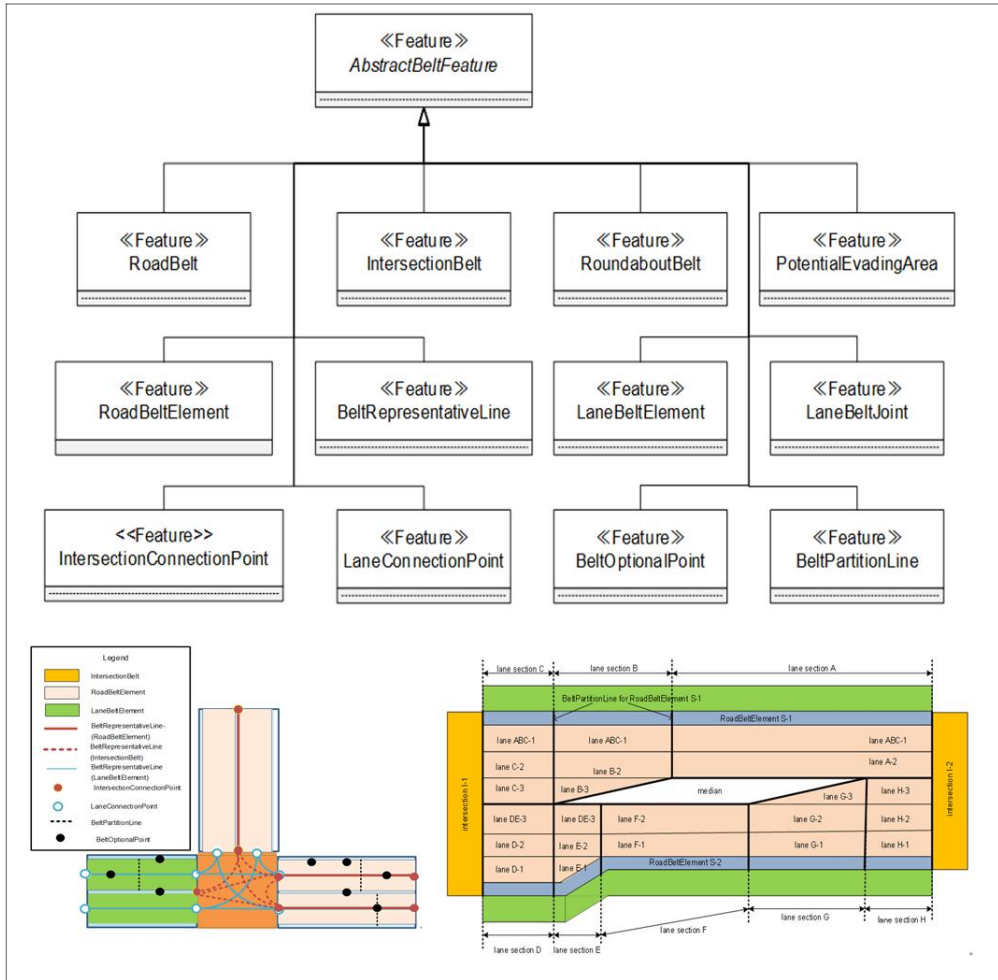


FIGURE 2. GDF 5.1 Belt data model(NGII, 2019)

LaneBeltElement, LaneBeltJoint, PotentialEvadingArea, BeltRepresentativeLine, BeltOptionalPoint, Intersection Connection, LaneConnectionPoint, BeltPartitionLine이라는 Feature들로 세분화 된다(NIPA, 2017; NIA, 2018; STEPI, 2018).

2) 국외 정밀도로지도 모델 조사

해외의 지도제작 회사 중 하나인 TOMTOM에서는 레이어 개념을 기반으로 자율주행지원을 위한 정밀도로지도를 구성 및 구축하고 있다. TOMTOM에서는 기존 내비게이션에서 활용되

던 Road Model과 차로수준의 정밀도를 지원하기 위한 HD Lane Model, 그리고 상위의 개념에서 차량위치의 결정을 지원할 수 있는 HD Localization Model을 개념적으로 구분하여 지도를 구축하고 있으며, 그림 3은 이를 개념적으로 도식화 한 것이다(Mirae Asset Daewoo Research, 2017; Mirae Asset Daewoo Research, 2018).

또 하나의 유명 지도 회사인 HERE에서도 Lane model을 채택하여 정밀도로지도의 일부 분으로 구축하고 있으며, 그림 4와 같이 ISO

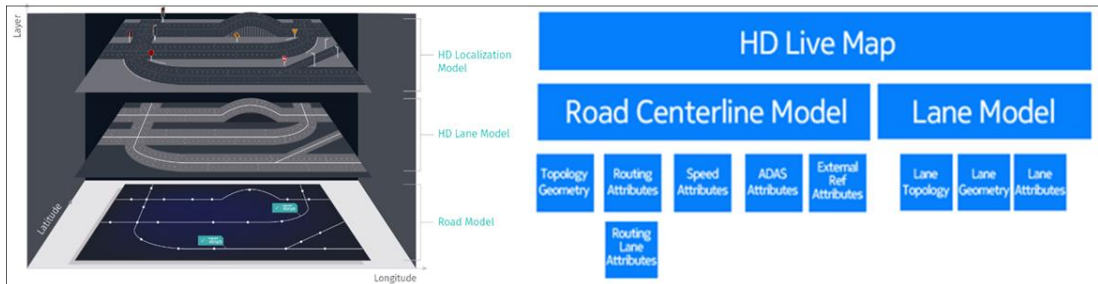


FIGURE 3. HD Live map established by TOMTOM(NGII, 2019)

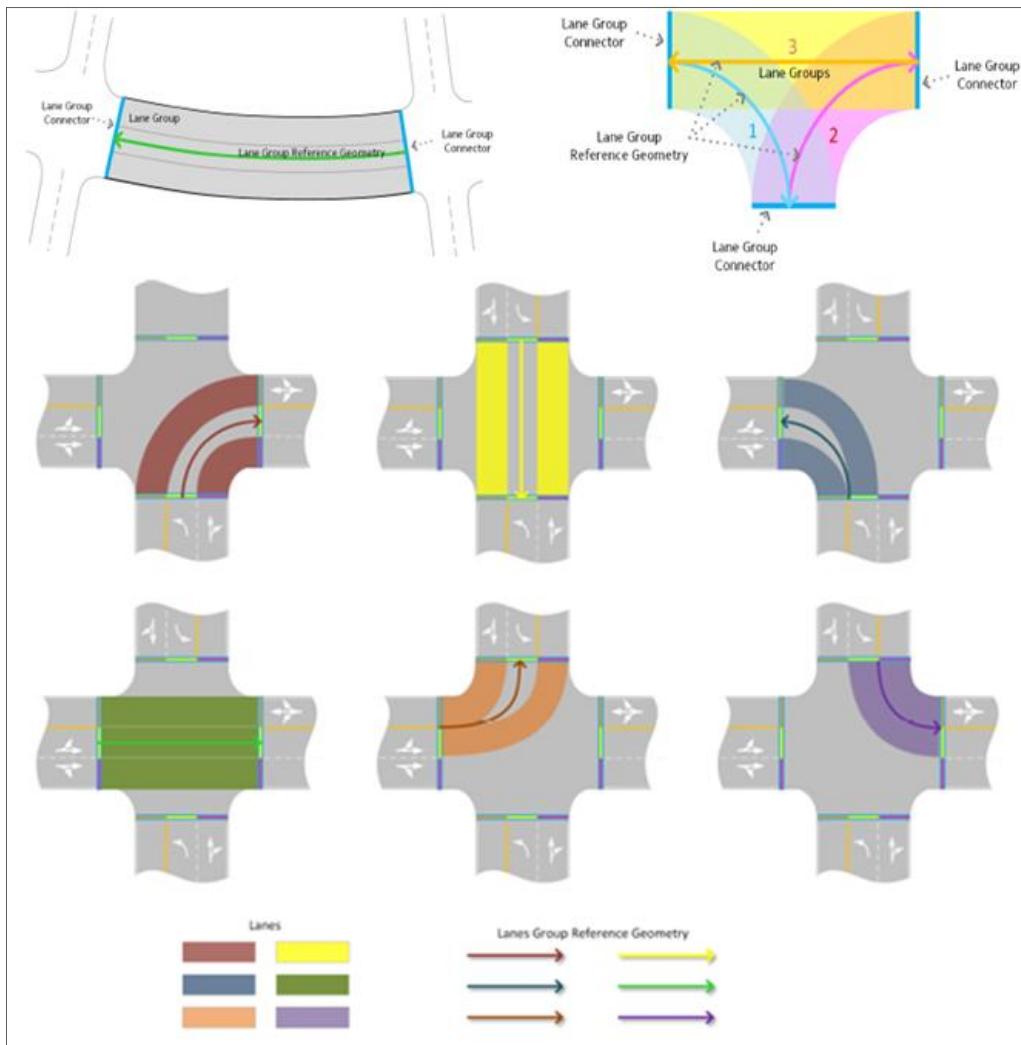


FIGURE 4. Lane Groups established by HERE(NGII, 2019)

TC 204 GDF 5.1의 Belt개념과 유사한 Lane Group이라는 개념을 이용하여 도로의 공간적인 구조를 표현하고 있다(KITA, 2017; LX, 2017).

3) 국내 표준 정밀도로지도 조사

우리나라에서 대외적으로 공유하고 있는 정밀도로지도의 데이터 모델은 국토지리정보원에서 구축하고 있는 것이 유일하며, 2019년에 정밀도로지도의 데이터 모델이 개선되어 정밀도로지도를 제공하고 있다(NGII, 2019).

국토지리정보원에서 제공하는 표준 정밀도로지도는 다음의 세 가지로 정의할 수 있다.

첫째, 차로수준의 도로지도를 기술하기 위한 핵심 클래스, 속성 및 이들 사이의 개념적 관계를 정의한다.

둘째, 도로주변의 표지 및 시설들의 종류 및 위치에 대한 클래스 및 이들 사이의 개념적 관계를 정의한다.

셋째, 상기 클래스들에서 활용되는 코드리스트를 정의한다.

그림 5는 국토지리정보원에서 제공하는 표준 정밀도로지도의 데이터 모델을 나타낸 것이다.

앞서 국제 표준인 ISO TC 204 GDF 5.1 Lane 모델을 참고하여 국외 자율주행자동차 탐

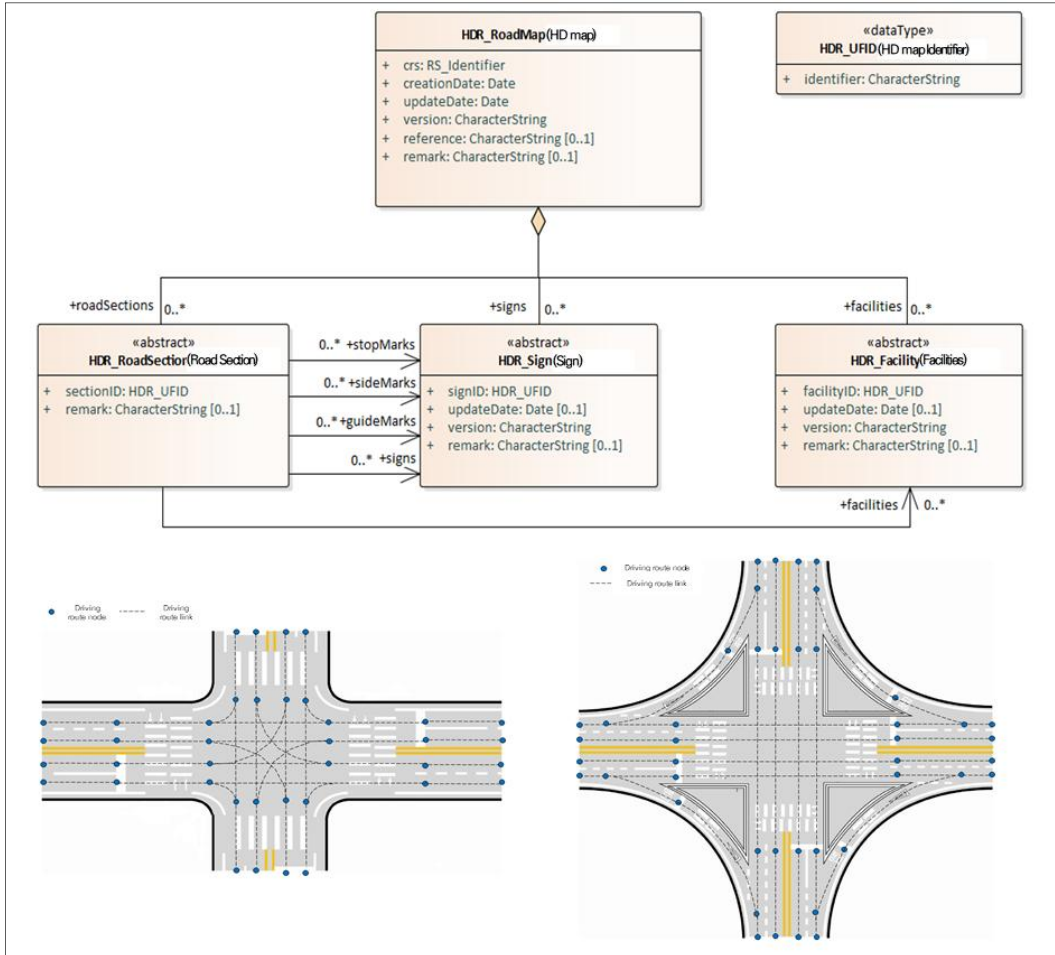


FIGURE 5. HD map of NGII(NGII, 2019)

TABLE 1. A comparison of various HD maps

Division	TOMTOM	HERE	NGII(2019)
HD Lane	O	O(Belt)	O
Sign	O(polygon)	O(polygon)	△(point)
Navigation map	O	O	

재용 정밀도로지도와 국토지리정보원의 표준 정밀도로지도의 주요 특징들을 표 1과 같이 간략히 정리하였다. 국외 자율주행자동차 탑재용 정밀도로지도는 실제 자율주행자동차의 주행을 위해 항법지도가 별도로 존재하고 있으며, 교통안전표지의 경우 면 형태로 제공하고 있다. 그에 비하여 국토지리정보원의 표준 정밀도로지도의 경우 항법지도는 존재하지 않으며, 교통안전표지의 경우 점 형태로 구축되어 있다.

## 2. 기관별 표준 정밀도로지도 활용 레이어 검토

본 연구에서는 현재 국가에서 제공하는 표준 정밀도로지도의 활용성을 분석하기 위하여 한국도로공사, 한국국토정보공사, 지자체 및 연구원의 자율주행자동차 등에서 주로 활용하는 레이어를 분석하였다.

표준 정밀도로지도에서 활용하는 레이어 분석을 위하여 지난 3년간 각 기관별 정밀도로지도 구축 사업마다 구축 레이어들을 검토하였고, 주로 공통적으로 활용하는 레이어들을 분류하였

다. 그림 6은 각 기관별로 구축하고 있는 정밀도로지도의 특징들을 표현하였다. 표준 정밀도로지도의 경우 2019년 이후 휴게소와 졸음쉼터를 추가하여 데이터 모델을 개정하였으나, 아직 일부 구간만 반영되어 있기 때문에 본 연구에서는 국토지리정보원에서 무료로 제공하는 2019년 이전의 정밀도로지도를 대상으로 분석하였다. 한국도로공사의 경우 2018년 정밀도로지도 활용 서비스 모델 개발 사업에서 구축한 정밀도로지도 활용 레이어를 본 연구에 분석하였다. 한국국토정보공사의 경우 2017년 MMS를 활용한 정밀 도로대장 구축 레이어를 분석하였다. 지자체의 경우 2020년 각 지자체에서 운영하는 자율주행서플에 탑재되는 정밀도로지도 레이어를 본 연구에 분석하였다. 분석 레이어 중 표지판, 신호등 등 도로교통안전시설물은 각 기관별로 구축은 하고 있지만 데이터 형태가 서로 상이하여 신규구축을 하고 있기 때문에 본 연구에서 제외하였다.

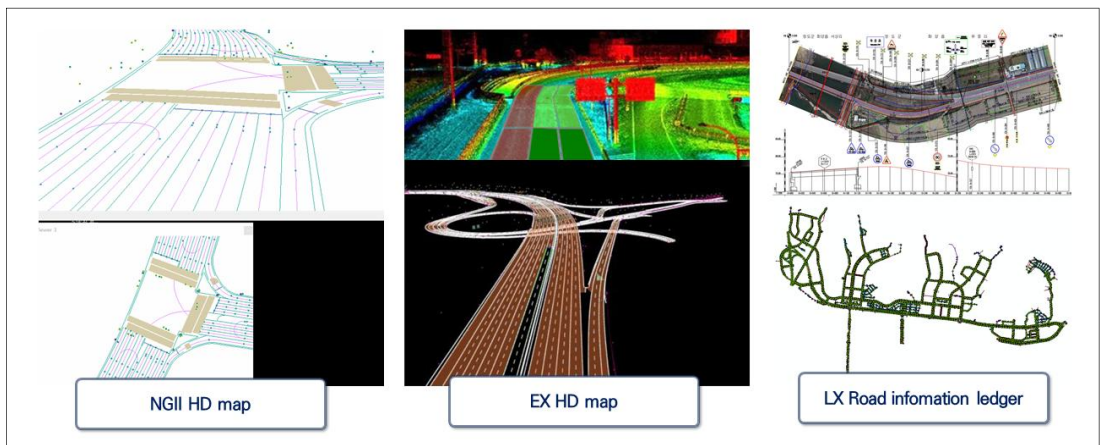


FIGURE 6. Type of HD map



### 3. 표준 정밀도로지도 활용을 통한 자율주행 자동차용 정밀도로지도 구축 실험

본 연구에서는 추가적으로 국토지리정보원에서 제공하는 표준 정밀도로지도를 활용하여 실제 자율주행자동차에 적용하기 위한 자율주행자동차용 정밀도로지도를 재가공하여 보았다. 그

리고 도출된 결과를 기반으로 자율주행자동차에서 주로 활용하는 레이어를 구분하여 결과를 분석하였다.

실험지역은 정밀도로지도의 데이터 모델이 2019년 이전과 이후를 동시에 확보할 수 있는 지역을 대상으로 고려하였으며, 향후 실제 자율

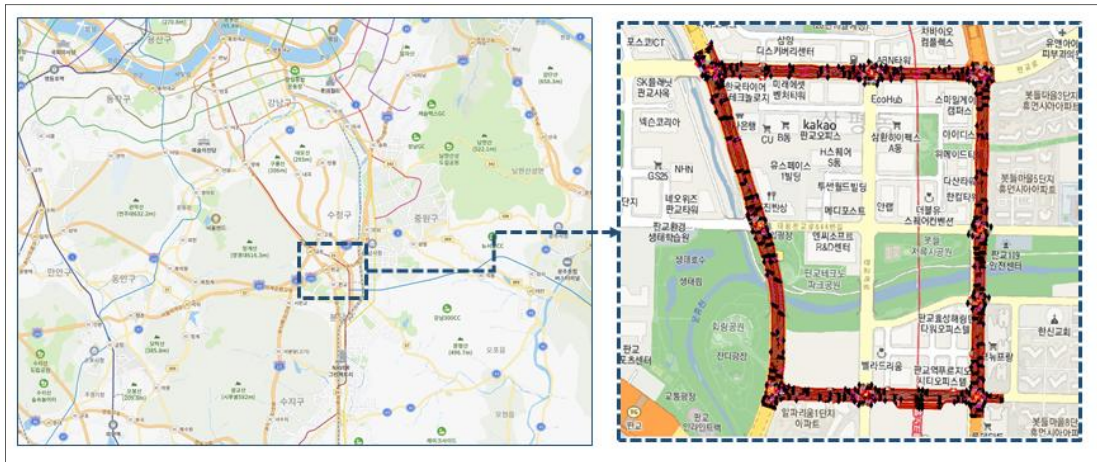


FIGURE 7. HD map test area

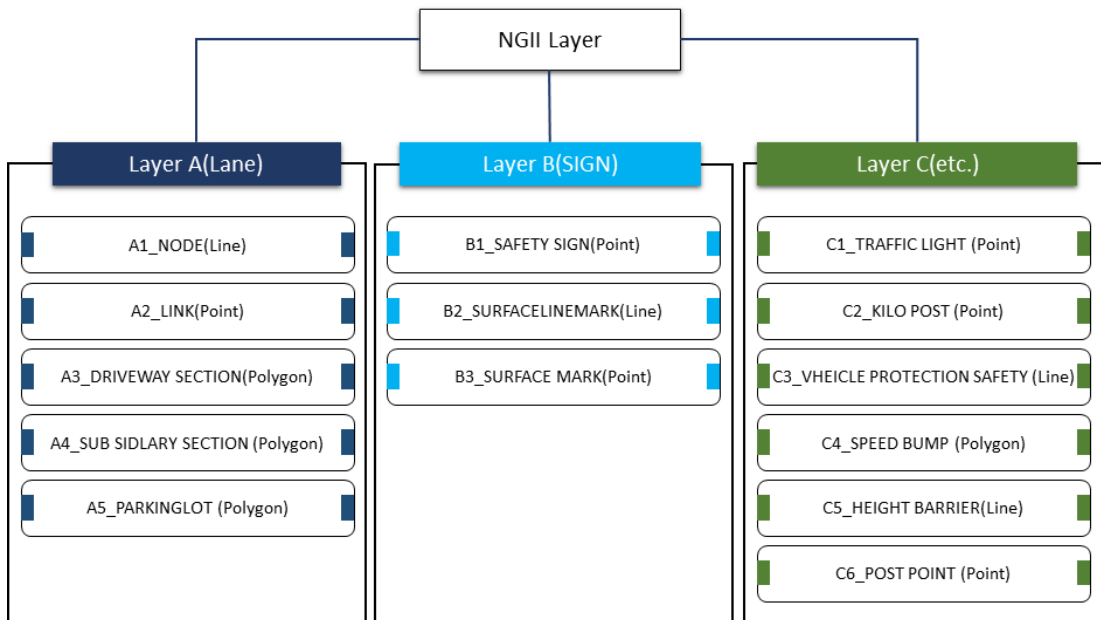


FIGURE 8. HD map layer established by NGII(2019 Data model)



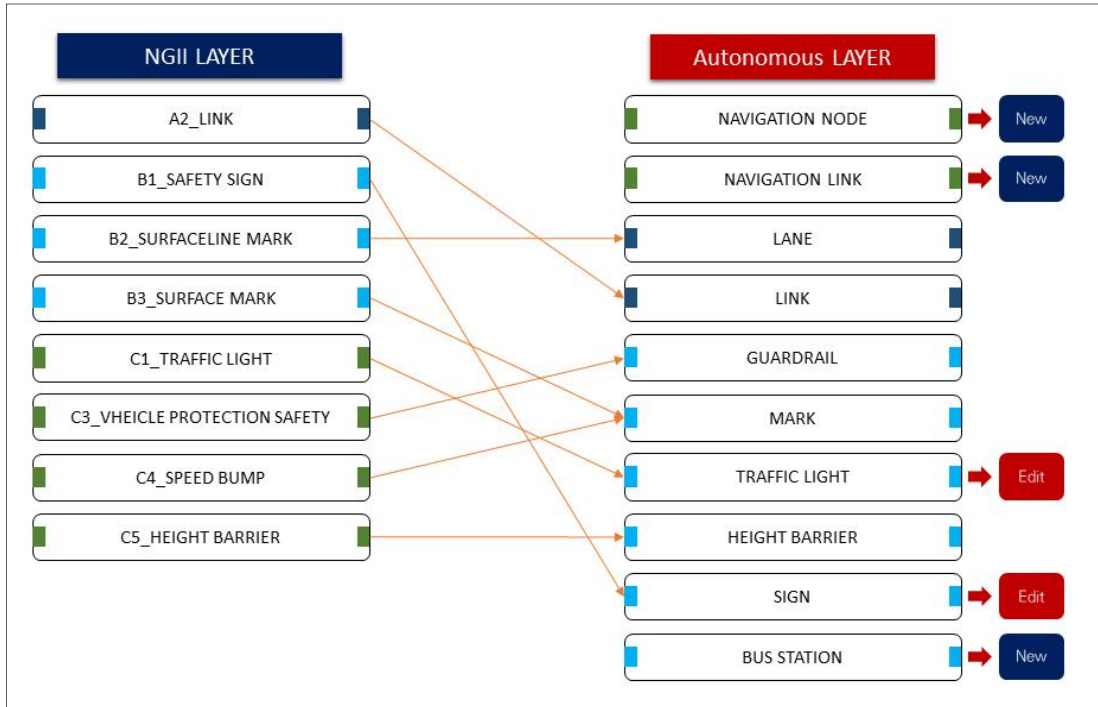


FIGURE 9. Layer matching for HD map production experiment

주행자동차에 정밀도로지도를 탑재하여 실험할 수 있는 인프라가 충분한 지역을 선정하였다. 따라서 본 연구에서는 그림 7과 같이 현재 자율주행서플을 시험운영하고 있는 경기도 성남시에 위치한 판교 테크노밸리 지역을 선정하였으며, 실험에 활용한 표준 정밀도로지도는 2019년 이전 데이터 모델이 적용된 정밀도로지도이다.

그림 8은 2019년 이전 데이터 모델을 2019년 데이터 모델로 변환하여 Layer A(차선), Layer B(안전표지), Layer C(시설물) 등의 레이어별로 분류하여 나타낸 것이다. Layer A는 주행경로 노드, 링크, 주행구간, 부속구간, 주차슬롯 등으로 구분되며, Layer B는 안전표지, 노면선표지, 노면표지 등으로 구분된다. Layer C는 신호등, 킬로포스트, 차량방호안전시설, 과속방지턱, 높이장애물, 지주 등으로 구분하였다.

자율주행자동차 활용 레이어들은 지자체와 연구원에서 보유하고 있는 자율주행서플에 주로 활용되는 Layer들로 구성하였으며, 그림 9와

같이 표준 정밀도로지도에서 제공하는 레이어들과 매칭하여 실험을 수행하였다. 특히, 항법 레이어의 경우 자율주행자동차의 진행과 방향성을 위해 필요한 레이어로 항법 노드와 링크 등의 추가 구축이 필요하며, 신호등과 교통안전표지의 경우 선과 면 형태로 수정이 필요하였다. 버스정거장의 경우 지자체에서 운영하는 자율주행서플에 필요하여 추가적으로 포함한 레이어이다.

## 결과 및 고찰

### 1. 기관별 정밀도로지도의 활용 레이어 비교 및 분석 결과

본 연구에서는 현재 국가에서 제공하는 표준 정밀도로지도의 활용성을 분석하기 위하여 다양한 기관에서 활용하는 레이어를 표 2와 같이 정리하여 분석하였다. 분석결과 한국도로공사의 정밀도로지도와 한국국토정보공사 도로대장은 도로 위 시설물과 도로 선형위주로 레이어들을

TABLE 2. Analysis of NGII HD maps application by organization

Upper category	Mid-category	Detail category	NGII(2019)	EX(2018)	LX(2017)	Municipal government
Lane	Restriction Line	Center Separation Line	0			0
		U-turn Area Lane	0			0
		Lane	0	0	0	0
		Bus Lane	0	0	0	0
		Restriction of Course Change Line	0			0
		Changeable Lane	0	0	0	0
	Road Boundary Line	Road Edge Area Line	0			
		No-parking Area Line	0			
		No Stopping and Parking Area Line	0			
	Stop Line	Traffic Stop Line	0			
		Crosswalk Stop Line	0			
	Centerline	Lane Centerline	0		0	
	Lane Surface	Lane Surface			0	
	Convenient and management Facilities	service Area	Service Area	In Progress	0	0
Ramp(Increasing Speed Lane)			In Progress	0		0
Parking Lot Boundary			In Progress	0	0	0
Rest Area		Ramp(Increasing Speed Lane)	In Progress	0		0
		Rest Area	In Progress	0	0	0
		Ramp(Decreasing Speed Lane)	In Progress	0		0
		Parking Lot Boundary	In Progress	0	0	0
Toll Gate		Ramp(Increasing Speed Lane)	In Progress	0		0
		Toll Gate		0		0
		Concrete Barrier	0	0	0	0
Road Facilities	Center Strip	Anti-jaywalking Barrier	0	0	0	0
		Center Strip Opening	0	0	0	0

구축하고 있다. 각 지자체의 자율주행서플에 탑재되는 정밀도로지도는 자율주행을 위한 차선정보, 대상물의 위치결정을 위한 도로 주변 정보와 주요 시설물 정보 레이어를 구축하고 있다. 반면에 국토지리정보원의 표준 정밀도로지도의 경우 다양한 기관들이 활용할 수 있도록 도로 위 대부분 시설물에 대하여 공간정보가 구축되어 있다.

한편, 최근 보완된 2019년 데이터 모델이 적용된 표준 정밀도로지도의 경우 기존에 제외되었던 휴게소, 졸음쉼터까지 포함하였다. 따라서 레이어의 연계성 및 활용성을 분석하였을 때 다양한 기관이 유용하게 활용할 수 있도록 구축되어 있음을 알 수 있다.

2. 자율주행자동차 탑재를 위한 표준 정밀도로

지도 활용 실험 결과

국토지리정보원에서 제공하는 표준 정밀도로 지도를 활용하여 실제 자율주행자동차에 적용하기 위한 자율주행자동차용 정밀도로지도를 재가공한 결과 표준 정밀도로지도에서 도로 형상을 나타내는 레이어들은 자율주행자동차에서 그대로 활용 가능하나 도로교통시설물은 재가공하였다. 항법 레이어의 경우 신규 구축을 하여 해당 차선 레이어에 속성을 매칭하여 구축하였다. 항법 레이어는 자율주행자동차의 진행과 방향성을 위해 필요한 레이어이며, 도로교통시설물 레이어는 자율주행자동차의 맵 매칭을 위해 필수적인 레이어이지만 자율주행자동차 제조사마다 선호하는 구축형태가 다르다.

구축 실험 결과 그림 10과 같이 2가지 유형으로 구분할 수 있었다. 유형 1은 도로형상정보

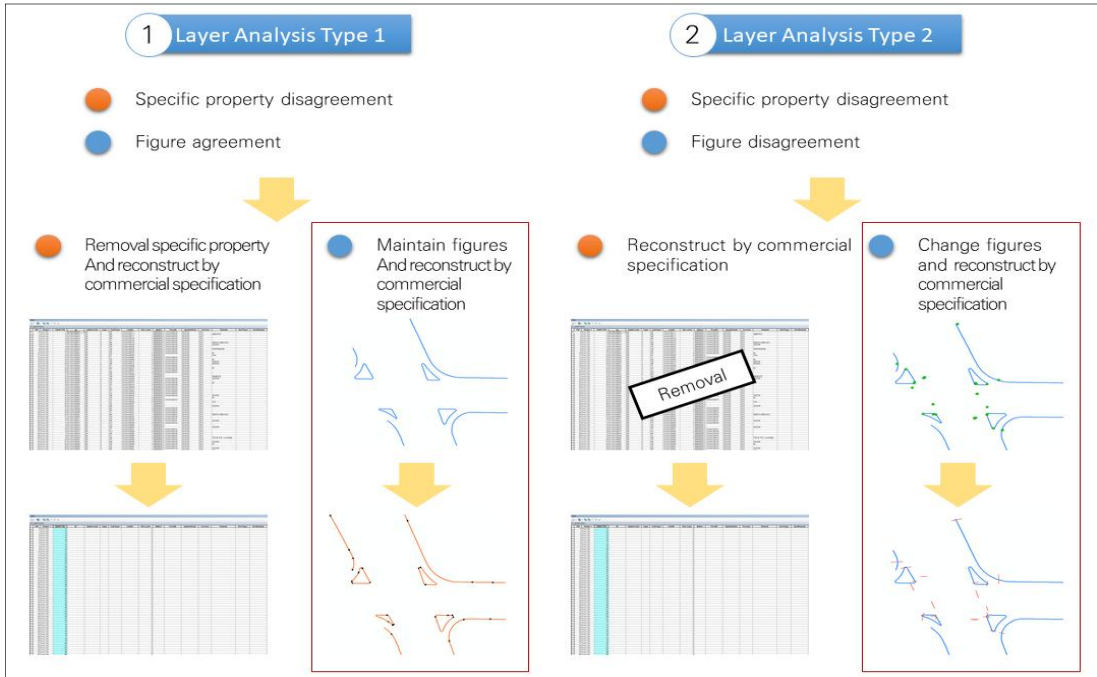


FIGURE 10. HD map editing test results of autonomous vehicles

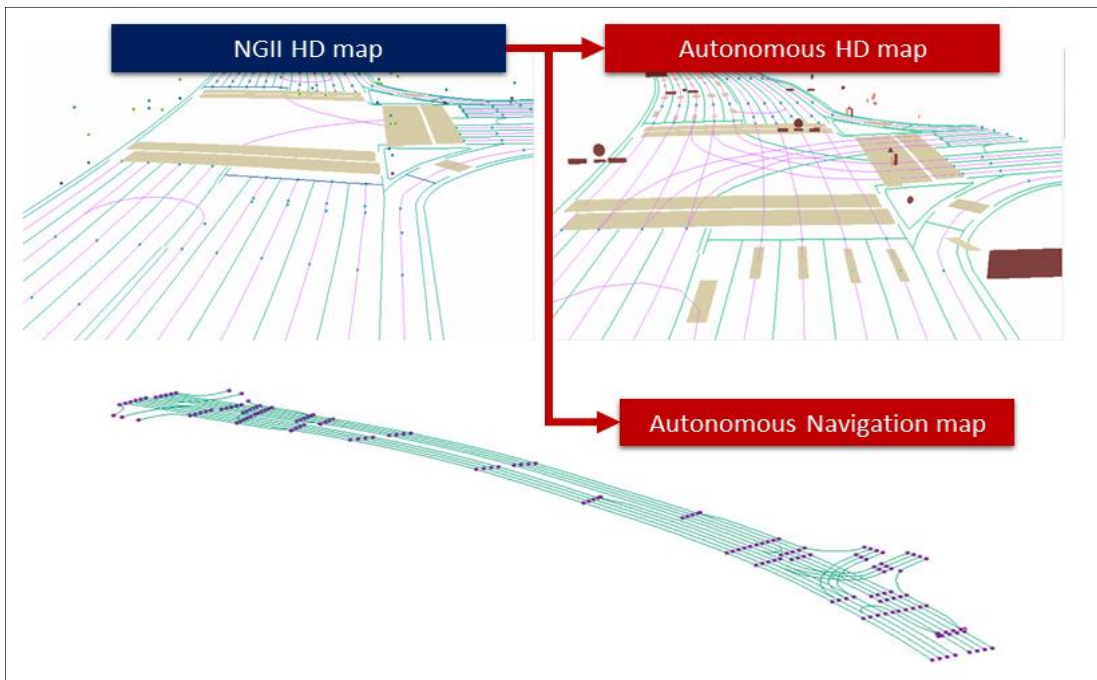


FIGURE 11. HD map test results of autonomous vehicles

이며 도로형상은 일치하지만 세부 속성은 재편집을 수행하였다. 하지만 향후에는 점차적으로 자율주행자동차에도 표준 정밀도로지도를 가공 없이 그대로 활용하려는 추세이기 때문에 항법 레이어 형상의 신규 구축과 항법 레이어 속성 매칭만 추가 구축하면 될 것으로 사료된다. 유형 2는 안전표지 및 주요시설물 정보이다. 안전표지의 경우 도형형상과 세부 속성이 불일치하므로 신규 제작하여야 한다. 또한 안전표지 및 도로주변 시설물 정보의 경우 자율주행자동차에서는 사물의 매칭이나 맵 매칭에 활용되기 때문에 자율주행자동차 제조사들마다 구축방법이 다양하며, 관리 주체도 경찰청이므로 표준 정밀도로지도의 레이어 포함에 대해 제고할 필요가 있다.

그림 11은 최종적으로 표준 정밀도로지도를 자율주행자동차에 적용하기 위한 정밀도로지도를 재가공한 결과를 비교한 것이다. 표준 정밀도로지도와 비교하여 주요 표지정보(안전, 노면)에 대하여 면형으로 표현한 것이 큰 차이점이며, 교차로에 유도선을 추가 하였다. 또한 자율주행자동차가 주행할 수 있도록 항법지도를 추가하였다.

## 결 론

본 연구에서는 정밀도로지도와 관련된 국내·외 표준 및 관련된 제반 환경의 동향을 분석하고, 이를 기반으로 현재 정밀도로지도를 구축하는 기관별로 표준 정밀도로지도와 비교하여 활용성을 연구하였다. 또한 추가적으로 표준 정밀도로지도에 대하여 실제 자율주행자동차에 적용하기 위한 정밀도로지도를 재가공하여 활용성을 연구하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 표준 정밀도로지도는 다양한 기관들이 활용할 수 있도록 도로 위 대부분의 공간정보가 구축되어 있었고 레이어의 연계성을 검토하였을 때 다양한 기관이 유용하게 활용할 수 있도록 구축되어 있음을 확인하였다.

둘째, 표준 정밀도로지도를 실제 자율주행자동차용 정밀도로지도로 재가공한 결과 도로 형상을 나타내는 레이어들은 자율주행자동차에서

그대로 활용 가능하나 도로교통시설물은 재가공하여야 한다. 그리고 항법 레이어의 경우 신규 구축을 하여 해당 차선 레이어에 속성을 매칭하여야 한다.

셋째, 안전표지 및 도로주변 시설물 정보의 경우 자율주행자동차에서는 사물의 매칭이나 맵 매칭에 활용하기 때문에 자율주행자동차 제조사들마다 구축방법이 다양하며, 해당 관리기관도 경찰청 및 지자체이므로 표준 정밀도로지도의 레이어에 포함하는 것을 제고할 필요가 있음을 확인하였다.

향후 본 연구에서 제시한 결과를 기반으로 자율주행 협력모델에서 LDM 플랫폼에 탑재될 때 각 레이어들의 명확한 담당기관별 분류와 정의 등에 대하여 추가적인 연구가 진행된다면 보다 효율적인 정밀도로지도 및 도로 주변 공간정보가 구축 및 갱신이 이루어질 것으로 기대된다.



## REFERENCES

Electronics and Telecommunications Research Institute. 2018. Definition maps and autonomous driving technology. p.17 (한국전자통신연구원. 2018. 정밀 맵과 자율주행 기술. 17쪽).

FROST&SULLIVAN. 2018. Global autonomous driving market outlook. p.82.

Korea Land and Geospatial Informatix Corporation. 2017. Geo-spatial, Safety belt for autonomous driving. p.63 (한국국토정보공사, 2017, 공간정보, 자율주행의 안전벨트. 63쪽).

Korea International Trade Association. 2017. Policy and industry trends of European autonomous vehicles. p.8 (한국무역협회. 2017. 유럽의 자율주행차 정책 및 산업 동향. 8쪽).

KTB Investment & Securities. 2017. Key

- to autonomous driving: Definition maps. p.60 (KTB 투자증권. 2017. 자율주행의 핵심: 정밀 지도. 60쪽).
- Mirae Asset Daewoo Research. 2017. Autonomous vehicle, dreams 'Reality' . p.70 (미래에셋대우. 2017. 자율주행차, '현실' 을 꿈꾸다. 70쪽).
- Mirae Asset Daewoo Research. 2018. Main trends and industrial investment strategy 2018: Automation. pp. 105-115 (미래에셋대우. 2018. 2018 핵심 트렌드 및 산업별 투자전략: 자율주행. 105-115쪽).
- National Geographic Information Institute. 2015. A study on pilot project for HD maps construction. p.400 (국토지리정보원. 2015. 자율주행차 지원 등을 위한 정밀도로 지도 구축방안 연구 및 시범구축 사업. 400쪽).
- National Geographic Information Institute. 2016. A study on pilot project for HD maps enhancing. p.664 (국토지리정보원. 2016. 자율주행차 지원 등을 위한 정밀도로 지도 고도화 방안 연구 및 시범구축 사업 664쪽).
- National Geographic Information Institute. 2018. Research report on HD maps link efficiency and update. p.714 (국토지리정보원. 2018. 정밀도로지도 연계 효율화 연구 및 구축갱신 연구보고서. 714쪽).
- National Geographic Information Institute. 2019. Data model for high definition road map. p.66 (국토지리정보원. 2019. 정밀도로 지도 데이터 모델. 66쪽).
- National Information Society Agency. 2018. Case study on commercialization of autonomous vehicles in major countries. p.31 (한국정보화진흥원. 2018. 주요국 자율주행차 상용화 입법 추진 사례. 31쪽).
- National IT Industry Promotion Agency. 2017. Improvement of domestic autonomous vehicle industry through domestic and foreign trends. p.13 (정보통신산업진흥원. 2017. 국내·외 동향을 통해 살펴본 국내 자율주행차 산업의 개선점. 13쪽).
- Park, Y.K., Kang, W.P., Choi, J.E., and Kim, B.J. 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).
- QYResearch. 2018. Global HD Map market size, status and forecast 2018-2025. p.96.
- SPACEN. 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).
- SCIENCE & TECHNOLOGY POLICY INSTITUTE. 2018. Policy issues of commercialization of autonomous vehicles. p.31 (과학기술정책연구원. 2018. 자율주행차 사업화의 쟁점과 정책 과제. 31쪽).
- Seol, J.H., Lee, W.J., Choi, Y.S., and Jeong, I.H. 2019. A Study on the renewal system of domestic high definition maps. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 22(3): 133-145 (설재혁, 이원중, 최윤수, 정인훈. 2019. 우리나라 정밀도로지도의 갱신체계에 관한 연구. 한국지리정보학회지 22(3):133-

- 145).
- Telecommunications Technology Association. 2017. Trend of HD maps technology for autonomous driving. pp. 23–28 (한국정보통신기술협회, 2017, 자율주행 지원을 위한 고정밀지도 기술 동향. 23–28쪽).
- Lengyel, H, and Szalay, Z. 2018. Classification of traffic signal system anomalies for environment tests of autonomous vehicles. *Production Engineering Archives*. 19(3): 43–47 (Accessed June 22, 2018).
- Won, S.Y., Moon, J.Y., Yoon, S.Y., and Choi, Y.S. 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 산업 발전 방향 및 대응방안 연구. *한국지리정보학회지* 22(3):120–132). **KAGIS**