

## 자율주행 기능 적용을 위한 정밀도로지도의 활용성 연구

오 중 민<sup>1</sup> · 한 광 진<sup>2</sup> · 최 윤 수<sup>3\*</sup> · 민 병 현<sup>4</sup> · 이 상 민<sup>4</sup>

<sup>1</sup>공간정보산업진흥원 품질관리처 처장

<sup>2</sup>(주)스타마타 대표

<sup>3\*</sup>서울시립대학교 공간정보공학과 교수

<sup>4</sup>서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정

## A Study on High Definition Road Map Usability for Application of Autonomous Driving Function

Jong-Min Oh<sup>1</sup> · Kwang-Jin Han<sup>2</sup> · Yun-Soo Choi<sup>3\*</sup> · Byeong-Heon Min<sup>4</sup> · Sang-Min Lee<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Head, Department of Quality Control, Spatial Information Industry Promotion Institute, Gyeonggi-do 13487, Korea

<sup>2</sup>Ceo, Co.Ltd Starnata, Gyeonggi-do 13439, Korea

<sup>3\*</sup>Professor, Department of Geoinformatics, University of Seoul, Seoul 02504, Korea

<sup>4</sup>Master's Course, Department of Geoinformatics, University of Seoul, Seoul 02504, Korea

### [요 약]

우리나라는 2020년 7월 한국판 뉴딜정책을 발표하며 제 4차 산업혁명을 대비하는 도로 관련 신산업으로 자율주행, 지능형 교통체계, 정밀도로지도 구축 등을 추진하였으나 최근 특정 환경에서 자율주행차에 부착된 카메라, GPS 등 차량의 센서가 인식하지 못하는 안전 이슈로 3차원 정밀도로지도에 대한 필요성이 증대되고 있다. 이처럼 높아지는 수요에 따른 정밀도로지도의 정확성 및 안전성 등은 지속적으로 개선되어야 하며 실증을 통한 활용성 검증이 필요한 실정이다. 본 연구는 국토지리정보원이 구축한 정밀도로지도 데이터를 자율주행차에 적합하도록 가공하여 그 활용성을 검증하고자 한다. 본 연구의 결과로 향후 정밀도로지도의 활용을 위하여 수요처와 제작기관간의 협업을 활성화하고, 의견을 조율해야 정밀도로지도 개발 방향 설정과 활용분야 확대에 도움이 될 것으로 예상된다.

### [Abstract]

South Korea announced the Korean version of the New Deal Policy in July 2020 and pushed for autonomous driving, intelligent transportation systems and high definition road maps as a new road-related industry in preparation for the fourth industrial revolution, but recently, the need for 3D high definition road map is increasing due to safety issues that are not recognized by sensors such as cameras and GPSs attached to autonomous vehicles in certain environments. The accuracy and safety of the high definition road map according to this increasing demand should be continuously improved, and usability verification through demonstration is necessary. This study aims to verify the utilization of high definition road map data established by the National Geographic Information Institute by processing it suitable for autonomous vehicles. As a result of this study, it is necessary to activate cooperation between demand sources and production agencies and coordinate opinions for the use of high definition road map in the future.

**색인어** : 자율주행, 도로 네트워크, 정밀도로지도, 정밀도로지도 데이터, 정밀도로지도 활용성

**Keyword** : Autonomous driving, Road network, High definition road map, High definition road map data, High definition road map usability

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2021.22.11.1893>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 23 August 2021; Revised 22 September 2021

Accepted 05 September 2021 October November

\*Corresponding Author; Yun-Soo Choi

Tel: +82-2-6490-5588

E-mail: choiys@uos.ac.kr

## I. 서론

정밀도로지도란 자율주행차량에 필요한 도로 내 차선, 도로 시설물, 안전표지 정보등을 포함하고 있는 3차원 전자지도이다 [1]. 현재 우리나라는 2020년 7월 한국판 뉴딜정책을 발표하며 도로와 자율주행차 관련 산업으로 지능형 교통체계, 정밀도로지도 구축, 자율주행차 등을 추진하였다. 이에 국토교통부는 2022년까지 전국 일반국도 약 14,000 km의 정밀도로지도 구축을 완료할 계획이며 기존의 고속국도와 주요도심에 구축된 6,000 km와 함께 약 20,000 km의 정밀도로지도가 구축되어 자율주행 시대의 핵심 기반 요소가 될 것으로 기대중이다[2].

또한 미국에서 발생한 자율주행차와 사람의 충돌사고로 자율주행 안전성에 의문이 제기되며, 자율주행차에 부착된 카메라, GPS 등 차량의 센서가 인식하지 못하는 다양한 환경에 따른 안전 확보 이슈로 3차원 정밀도로지도에 대한 필요성이 증대되고 있다[3]. 이러한 정밀도로지도를 활용하여 자율주행 차량 주변 환경의 정보를 가져와 자율주행의 판단, 제어에 사용할 수 있으며, 센서의 탐지 범위의외의 장소의 정보도 사용 가능하여 기존 센서 위주 인식 시스템의 한계를 보완하고 인식 성능을 향상할 수 있다[4].

그러나 정밀도로지도는 현재까지 도화작업에 있어 자동화가 아닌 인력으로 구축하는 제작 방식으로 정밀도로지도 데이터 내 세부객체의 일부는 오류사항을 지니고 있어 실제 활용에 있어 어려움을 겪고 있다.

또한 자율주행차량을 제작하는 자동차업체의 경우 정밀도로지도를 업체 자체에서 제작한 제품을 사용하기에 국가기관에서 제작되는 정밀도로지도는 공공데이터로서 활용성이 부족한 실정이다.

본 논문은 정밀도로지도의 품질 고도화를 위해 구축된 데이터의 활용성 검증을 수행하고자 한다. 정밀도로지도 활용성 검증이란 정밀도로지도 정확성 및 안전성 등을 지속적으로 개선하기 위하여, 정밀도로지도를 자율주행차에 적합하도록 가공하여 그 활용성을 실증함으로써 정밀도로지도가 실제 자율주행에 효과적으로 적용될 수 있는지를 검증하는 것이다[3].

## II. 정밀도로지도 데이터의 활용성 검증 설계

### 2-1 정밀도로지도의 개요

정밀도로지도란 LiDAR, GNSS, 카메라 센서 등을 장착한 MMS(mobile mapping system) 장비로 구축한 전자지도로, 도로의 지형·시설 정보 등을 가지고 있어 단순 차량 네비게이션 지도 대비 방대한 정보를 가지고 있다[5]. 정밀도로지도는 단순 지리뿐만 아니라 항공, 군사 등의 다양한 분야 활용되며[6]-[8], 최근 제 4차 산업혁명의 주역으로 자율주행, 스마트시티 등 다양한 신산업 분야에 활용되고 있다[9]. 이러한 정밀도로지도는 표 1과 같이 총 14개의 레이어로 정보가 구성되어 자율주행을 지원한다[10].

표 1. 정밀도로지도 구성 레이어

Table 1. High definition road map layer

Layer name	Layer description
A1_NODE	Driving route node
A2_LINK	Driving route link
A3_DRIVWAYSECTION	Tunnel, bridge, driveway section
A4_SUBSIDIARYSECTION	Rest area, subsection
A5_PARKINGLOT	Parking lot
B1_SAFETYSIGN	Safetysign
B2_SURFACELINEMARK	Centerline, Surface line
B3_SURFACEMARK	Surfacemark
C1_TRAFFICLIGHT	Trafficlight
C2_KILOPOST	Kilopost
C3_VEHICLEPROTECTIONSAFET	Vehicle protection safety facility
C4_SPEEDBUMP	Speed bump
C5_HEIGHTBARRIER	Height limitation facility
C6_POSTPOINT	Postpoint

주행경로노드는 주행경로링크의 연결점을 기술한다. 주행경로링크는 주행경로의 일부분을 기술하며 특정차로에 대한 속성정보를 포함할 수 있다. 차도구간은 개념적으로 구분되는 도로의 일부분으로써, 하나의 차도구간에 대한 정보를 기술한다. 부속구간은 도로구간의 한 유형으로써 부속시설 형태의 구간을 의미한다. 주차면은 휴게소 및 졸음쉼터 안에 존재하는 주차면의 정보를 기술한다. 안전표지는 하나의 안전표지에 대한 공통 속성들을 기술하며, 상속을 통해 세부유형으로 구체화한다. 노면선표시는 안전표지의 세부유형으로서, 선으로 표시되는 노면표시를 기술한다. 노면표시는 안전표지의 세부유형으로서, 선 형태가 아닌 노면표시를 기술한다. 신호등은 교통안전시설로서의 신호등을 기술한다. 킬로포스트는 고속국도 등에 설치되어 있는 킬로포스트를 기술한다. 차량방호안전시설은 중앙분리대 및 가드레일 시설 등에 대한 정보를 포함한다. 이외에도 안전시설에 속하는 과속방지턱과 주행에 있어 높이제한을 부여하는 높이장애물, 그리고 신호등 및 표지등이 부착되어 있는 지주 등이 있다.

### 2-2 선행연구 고찰

정밀도로지도의 활용성을 검증하는 연구는 위치추정, 제어, 도로 경계 활용, 데이터 세부 객체, 데이터 모델 변환 등으로 나타났다. 논문[4]는 자율주행 자동차의 주요 기능인 위치추정과 제어를 구현하여 정밀도로지도 활용성을 검증하였으며, 논문[11]은 정밀도로지도 도로 경계의 공간정보를 이용한 지적조사 활용 가능성을 평가하였다. 논문[12]는 정밀도로지도 객체 검증을 실시하여 활용성을 검증하고, 논문[13]는 자율주행에서 이용되는 정밀도로지도 데이터 모델 간의 변환 방

안을 제시하였다. 논문 [14]는 자율주행자공차 실주행을 지원하기 위하여 국가기관인 국토지리정보원에서 제작한 정밀도로지도와 기관별로 구축되는 정밀도로지도를 비교하였다.

본 논문은 국가기관에서 구축하는 공공데이터인 정밀도로지도 활용을 위하여 실제 자동차 업계에서 사용하는 표준사양을 적용한 데이터의 활용성 검증을 수행하고, 이전에는 연구사례가 적은 가상 시뮬레이션 주행 환경구축이 가능한지 확인하였다.

**2-3 연구방법 및 검증 설계**

본 논문은 정밀도로지도의 품질 고도화를 위해 구축된 데이터의 활용성 검증을 수행하고자 한다. 이를 위하여 C-ITS 실증지구, 세종 지역의 일반국도와 영동, 중부, 중부내륙 지역 등의 고속국도를 범위로 지정하고 벡터 데이터, 점군 데이터, 영상 데이터 등의 구성을 가진 국토지리정보원 제공 정밀도로지도 데이터를 대상으로 설정하였다.

자율주행 자동차에 장착된 라이다/카메라/레이더 등의 환경 인식 센서로부터 수집된 주변 환경 정보와 정밀도로지도에 구축된 다양한 객체 정보의 융합을 통해 기존의 센서 단독 사용으로 인한 자율주행 기능 한계를 극복하고 고도의 자율주행 기능 구현을 위해서 다음과 같이 진행하였다.

정밀도로지도 자율주행 활용성 검증을 위하여 데이터 변환 처리와 전송 처리에 있어 표준 사양을 적용하여 검증하였으며 제공된 점군데이터와 자율주행 차량에 장착된 라이다 정보를 활용한 측위 추정 방법을 구현하였다. 또한 자율주행 제어 기능의 활용성을 검증하고자 정밀도로지도의 정보를 표준 사양에 따라 변환하고 이를 제어 기능에 결합하여 성능을 확인하였다.

또한, 정밀도로지도의 활용으로 구축된 다양한 객체 정보들을 지수와 참값으로 활용하여 이를 활용 및 계산하여 디지털 도로 네트워크 모델링을 수행하고, 이를 참값삼아, 가상 주행 시뮬레이션 환경 구축에 활용 가능 여부를 확인할 수 있었다.

또한 정밀도로지도에 구축되는 몇몇 세부 객체의 경우 속성정보의 혼재, 중복성, 참조 실패 등의 오류사항으로 인한 실 자율주행 적용에 어려움을 겪고 있어, 위 검증 과정에서 정밀도로지도 세부객체의 개선점을 도출하였다.

**2-4 활용성 검증을 위한 장비 제원 및 처리 프로그램**

**1) 검증용 차량 시스템 구성**

표 2는 자율주행 측위 기능 활용성과 자율주행 제어 기능 활용성 검증용 차량 시스템의 구성에 해당한다. 센서부, 조작부, 연산부 별 주요사양을 기입하였다.

- MMS 데이터 수집 및 처리
- 도로/환경 특징과 속성의 추출 및 처리
- 도로 네트워크 모델링을 위한 정보 추출

**표 2. 검증용 차량 시스템 구성**

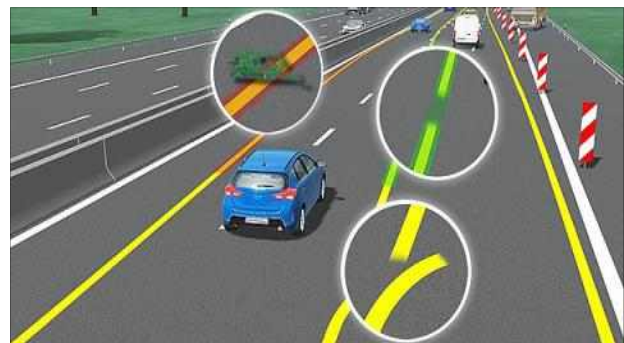
**Table 2. Vehicle system configuration for verification**

System	Item	Main specifications
Car platform	Car	- ACC w/ stop & go - Highway driving Assist
Sensor	Lidar	○ 32 Ch. 3D Lidar - Detection range: 200m - Vertical FoV: +15° to -25° - Horizontal FoV: 360° ○ 16 Ch. 3D Lidar - Detection range: 100m - Vertical FoV: +15° to -15° - Horizontal FoV: 360°
	Camera	○ Front camera - Detection distance: 150m (VD@day) - Detection target: LD, VD, PD - incl. ADAS features ○ 360° Camera - Photo: 18MP - Video: 16MP@30fps / 5MP@100fps
	Rader	○ Front radar - Multi-mode - Long Range: 174m, ± 10° - Mid Range: 60m, ± 45° - incl. ADAS features
	GNSS/INS	○ Integrated inertial navigation - GNSS + RTK + IMU + FOG - Multi-constellation, Multi-band - Centimeter-level positioning accuracy
Control	Driving	- Drive-by-wire retrofit kit
Calculating	GPU Computer	○ Industrial GPU computer - Intel xeon architecture - 2x GPU support

**2) 데이터 처리 프로그램 및 가상 주행 시뮬레이션 틀**

정밀도로지도 객체 변환 작업 등 도로 네트워크 모델링을 위한 데이터 사양 적용성을 검증하고자 자체 개발한 데이터 처리 프로그램의 주요 기능은 다음과 같다.

- 도로 네트워크 모델링 : OpenDRIVE, Road5, Shapefile, Lanelet, User-specific format
- 지원 파일 형식 간 변환



**그림 1. Carmaker를 활용한 가상 주행 환경 개발 사례**  
**Fig. 1. Development case use of virtual driving environment using carmaker**

가상 주행 시뮬레이션 툴로는 독일 IPG Automotive Gmbh사의 CarMaker를 이용하였다. 해당 툴은 승용차 및 경량 차량의 테스트를 위한 시뮬레이션 솔루션으로, 가상환경에서 전체 주변 환경을 포함한 실제 테스트 시나리오의 구현이 가능하다. 또한 지능형 운전자 모델, 상세 차량 모델 및 도로 및 교통을 위한 모델로 구성되어 가상 주행 환경을 통해 차량의 다양한 테스트 환경을 제공한다. 그림 1은 CarMaker에서 주행 환경을 구축하고 노선을 인지하는 센서와 검증용 차량을 기반으로 제어 대상을 시뮬레이션하는 예시이다.

### III. 정밀도로지도 활용성 검증 및 검증 결과

#### 3-1 정밀도로지도 자율주행 활용성 검증

자율주행 자동차에 장착된 라이다, 카메라, 레이더 등의 환경 인식 센서로부터 수집된 주변 환경 정보와 정밀도로지도에 구축된 다양한 객체 정보의 융합을 통해 자율주행 기능 구현에 활용 가능 여부를 확인하고자 하였다.

정밀도로지도를 활용한 자율주행 기능은 경로계획(Path Planning), 측위(Localization), 지도 정보 융합(HD Map Fusion) 등의 여러 가지가 있으나, 국토지리정보원 제공 정밀도로지도 데이터의 검증에 가장 적절한 것으로 판단되는 측위 기능과 지도 정보 융합을 통한 제어 기능을 중심으로 검증을 수행하였다.

상기에서 결정한 측위 기능과 제어 기능의 개별 성능 자체(측위 성능, 측위 오차, 제어 성능, 제어 오차 등)는 정밀도로지도의 검증에 적절하지 않으므로 측위 및 제어 기능의 기본 성능을 구현 및 확인하면서 각 기능 구현을 위한 정밀도로지도의 가공 과정에서 필요한 객체 데이터의 유/무 및 적절성을 확인하였다.

또한 각 자동차 업계에서는 사용하는 정밀도로지도는 표준 사양에 기반하여 자체 제작하지만 본 연구에서는 국토지리정보원에서 구축된 표준화되어 있지 않은 정밀도로지도를 자동차업계에서 사용하는 표준사양에 맞게 변환하는 개발로, 직접 제작비용을 들이지 않고 국가 공공데이터를 활용하는 방안을 제시하였다.

##### 1) 데이터 변환 처리 표준 사양 적용성 검증

정밀도로지도 활용성을 검증하기 위해 자율주행 측위 및 제어 기능을 적용하려면, 제공받은 데이터의 변환이 필요한데, 이 과정에서 변환할 형태에 따라 정밀도로지도의 적절성이 달라질 수 있다. 하지만 각 개발기관의 시스템에 따라 변환 사양이 상이하고 공개되지 않아 자동차 제조업체(OEMs) 및 부품 공급 업체(Suppliers)를 중심으로 한 자동차 업계 표준 사양에 따라 이를 변환하였고, 이 과정에서의 정밀도로지도 활용성 검증을 수행하였다.

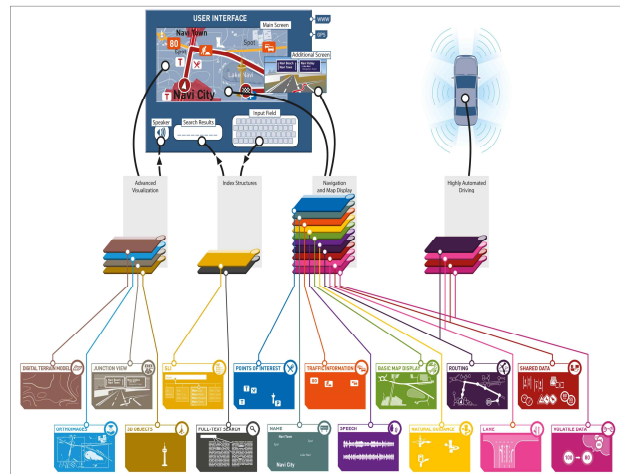


그림 2. Navigation data standard 구성  
Fig. 2. Navigation data standard configuration

사용된 사양은 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS; advanced driver assist system) 기능부터 고도 자동 주행(HAD; highly automated driving)기능에 적용할 수 있는 NDS(navigation data standard)이다.

현재 자동차 업계에서 전세계 지도 데이터의 표준 사양으로 적용되고 있고, 독일에 위치한 NDS association에서 2008년 설립 이후 현재까지 제/개정중으로 유럽, 북미, 일본을 중심으로 한국 및 중국을 포함하여 여러 자동차 제조사(OEMs), 시스템/솔루션 공급사, 지도 데이터 공급사들이 참여하고 있다.

##### 2) 데이터 전송 처리 표준 사양 적용성 검증

전 단계를 통해 정밀도로지도로부터 변환 처리된 데이터를 기존의 측위 및 제어 기능에서 사용하기 위해 데이터 전송 사양으로 ADASIS(advanced driver assistance systems interface specifications) 사양에 따라 적용하였다. 해당 사양은 자동차 업계에서 전세계 지도 데이터 전송의 표준 사양으로 적용되고 있고, 벨기에에 위치한 ADASIS AISBL에서 현재까지 제/개정중으로 유럽, 북미, 일본을 중심으로 한국 및 중국을 포함하여 여러 자동차 제조사(OEMs), 내비게이션 시스템 제조사, ADAS 공급사, 지도 데이터 공급사들이 참여하고 있다.

##### 3) 자율주행 측위 기능 활용성 검증

정밀도로지도의 활용성을 판단하기 위해 널리 쓰이는 방식 중 제공된 점군데이터와 자율주행 차량에 장착된 라이다 정보를 활용한 측위 추정 방법을 구현하여 검증하였다.

그림 3과 같이 제공된 점군데이터를 재가공하여 Pre-built Map을 생성하고 이를 자율주행 차량에 장착된 라이다로부터 수신된 점군의 특징을 실시간 비교하여 차량의 Pose를 추정하는 방식으로 그림 4와 같이 일정 프레임 이상 누적하여 점군특징을 비교하였다.



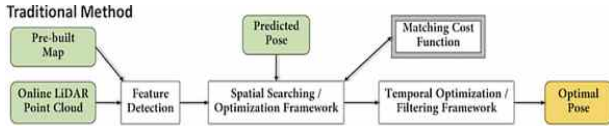


그림 3. 라이다 정보를 이용한 자율주행 측위 기술  
 Fig. 3. Autonomous driving positioning technology using lidar information



그림 4. 측위 기능 활용성 검증 : 차량 Pose 시각화  
 Fig. 4. Positioning function usability verification: vehicle pose visualization

이때 제공된 정밀도로지도 점군데이터는 해당 측위 기능 활용에 적용하여 그림 6과 그림 7과 같이 차량 측위 추정 결과 그래프를 도출하였다.

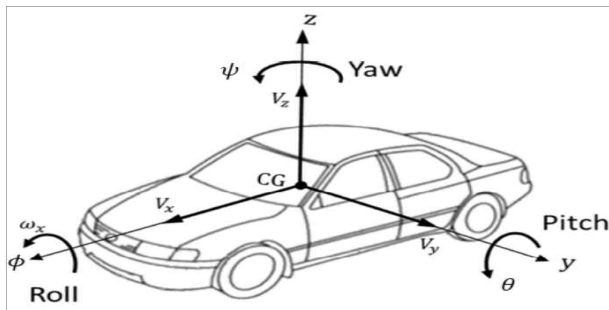


그림 5. 차량 자세결정 변수  
 Fig. 5. Car attitude variable

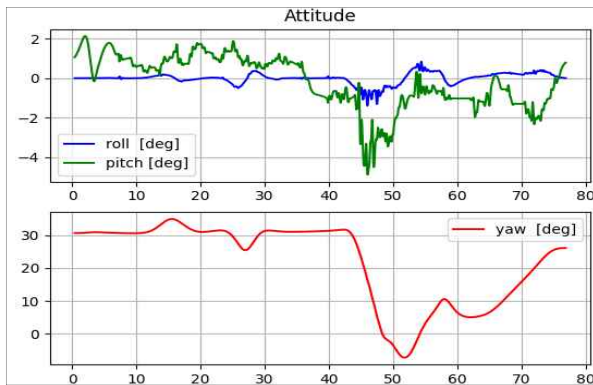


그림 6. 측위 기능 활용성 검증 : 차량 자세결정 결과 그래프  
 Fig. 6. Positioning function usability verification: vehicle attitude result graph

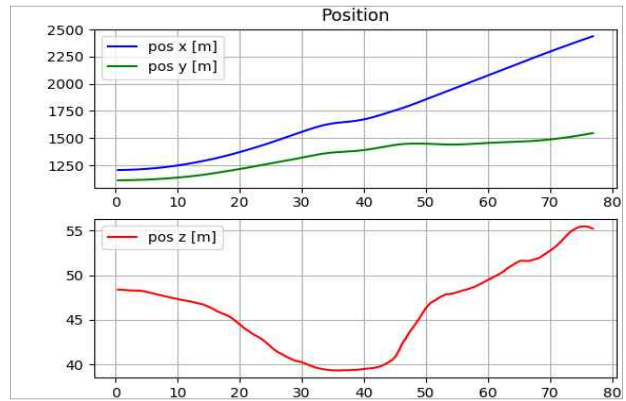


그림 7. 측위 기능 활용성 검증 : 차량 위치 결과 그래프  
 Fig. 7. Positioning function usability verification: vehicle position result graph

그림 6의 X축은 시간(분)을 의미하고, Y축은 자세결정에 있어 변수를 의미한다. 자세결정의 변수는 그림 5와 같이 자세결정에 있어 roll은 차체가 X축 중심으로 회전하는 정도를, pitch는 차체가 Y축 중심으로 회전하는 정도를, yaw는 Z축 중심으로 회전하는 정도를 의미한다. 결과 그래프의 roll, pitch, yaw 세 변수의 값이 동일 시간대비 변동 추이가 유사하며 40분 이후 변동성이 큰 공통점을 가지고 있다.

그림 6에서 40분 이후 큰 변동성은 평탄치 않은 도로에 기인하며 이는 그림 7의 차량 위치 결과 그래프에서도 확인할 수 있었다. 40분 이후 차량의 위치변수인 X,Y,Z 좌표 모두 변동성이 큰 것을 확인하였다.

#### 4) 자율주행 제어 기능 활용성 검증

자율주행차량은 GNSS 수신기 끊겼을 경우, 안정적인 운행에 영향을 주어 안전문제를 야기할 수 있다. 정밀도로지도도를 사용해서 자율주행차량을 제어한다면 자율주행 차량의 센서 등이 천재지변으로 인하여 수신기 끊겼을 경우에도 최대한 안전하게 차량의 제어가 가능하다.

차량의 종/횡방향 제어 등의 성능과 활용성을 연결하는 대신, 수요처의 다양한 제어 기능 개발의 필요 요소에 대한 사양을 충족할 수 있음을 검증하는 방안으로 정밀도로지도의 정보를 표준 사양에 따라 변환하고 이를 제어 기능에 결합하여 성능을 확인하면서 개별 세부 객체에 대한 검증을 수행하였다.

이러한 과정에 잔여거리, 도로 곡률, 목표 속도 설정 등의 제어 사용 가능한 정보들을 계산할 수 있었다.

이를 해당 기능에 적용함으로써 정상 동작하는 것을 확인하였으며, 실제 정밀도로지도로 차량 제어 기능에 활용하는 인자들의 산출이 가능한 결과중 하나인 도로 곡률의 계산 결과를 그림 8에 제시하였다.

그림 8의 X축은 시간(분)이며 Y축은 도로곡률을 의미한다. 그림 6과 그림 7의 동일 도로 환경에서 주행을 진행하였으며 40분 이후 도로곡률 변동성이 큰 것을 확인할 수 있었다. 제공된 정밀도로지도는 표준 사양 변환 이후 해당 제어 기능 활용에 적용 가능하였다.

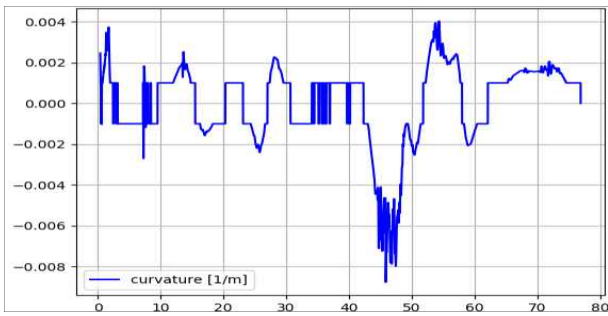


그림 8. 정밀도로지도 재가공을 통한 도로 곡률 계산  
 Fig. 8. Calculation of road curvature through reprocessing of high definition map

3-2 정밀도로지도 활용성 확대방안 검증

자율주행 자동차 탑재 외의 정밀도로지도 활용 방안으로 정밀도로지도에 구축된 다양한 객체 정보들을 활용한 도로 네트워크 모델링을 제안하였고, 이를 통해 가상 주행 시뮬레이션 환경 구축에 활용 가능 여부를 확인하고자 하였다.

정밀도로지도를 활용한 도로 네트워크 모델링의 검증은 현재 국내 자동차 업계에 가장 많이 쓰이는 가상 주행 시뮬레이션 툴 중 하나인 앞서 소개한 CarMaker 제품을 사용하였다.

도로 네트워크 모델링 사양은 자율주행 연구기관에서 많이 사용하고 있는 VIRES Simulationstechnologie GmbH 사의 OpenDRIVE 사양과 상기 시뮬레이션 툴 공급업체인 IPG Automotive GmbH 사의 Road5 사양 두 가지를 대상으로 수행하였다. 가상 주행 시뮬레이션 환경 구축에 사용되는 사양 두 가지를 대상으로 하여 정밀도로지도의 정보 가공 과정에서 필요한 객체 데이터의 유/무 및 적절성을 확인하였다.

1) 도로 네트워크 모델링을 위한 데이터 변환 처리

국가기관에서 제작한 공공데이터인 정밀도로지도를 활용하여 가상 주행 시뮬레이션 환경을 구축할 수 있음을 검증하기 위해서 두 가지 사양의 도로 네트워크 모델링을 위한 데이터 변환 처리이후 정밀도로지도의 객체 변환 작업을 수행하였다.

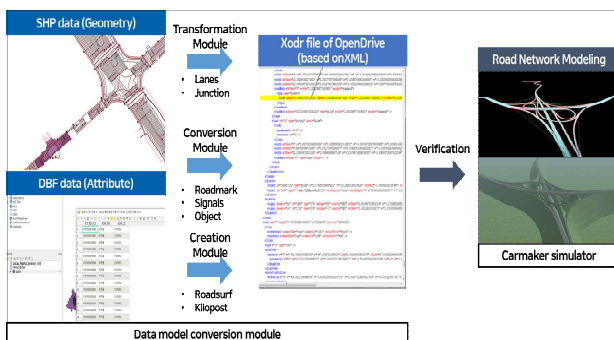


그림 9. 도로 네트워크 모델링을 위한 정밀도로지도 데이터 변환  
 Fig. 9. Data transforming of high definition map for road network modeling

제공되는 정밀도로지도 데이터는 NGII HD map으로 항법 맵에서 이용되는노드-링크 체계 중심의 데이터 모델링 방식이지만, OpenDRIVE는 정밀도로지도를 객체 중심 모델링 방식으로 상이한 데이터 모델을 가지고 있어 그림 9와 같이 데이터변환 과정 이후 재구성 및 재배치 과정을 거쳐야한다.

2) OpenDRIVE 및 Road5 사양 도로 네트워크 모델링

개별 모델링 사양에서 요구하는 속성값들에 대한 정보를 정밀도로지도의 객체 정보로부터 추출한뒤 CAD 시스템을 사용하여 벡터화된 3D 지도를 생성한다. 이러한 도로 네트워크 모델링 과정은 그림 10과 같다. 해당 모델링 방법으로 그림 11과 같이 도로 네트워크를 생성하고 그림 12와 같이 재구성 및 재배치를 진행하였다.



그림 10. 도로 네트워크 모델링 과정  
 Fig. 10. Road network modeling process

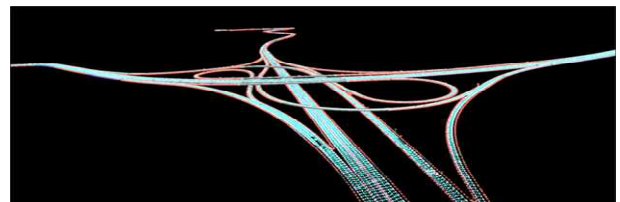


그림 11. 정밀도로지도 객체 변환을 통한 도로 네트워크 생성  
 Fig. 11. Road network creation by conversioning high definition map object

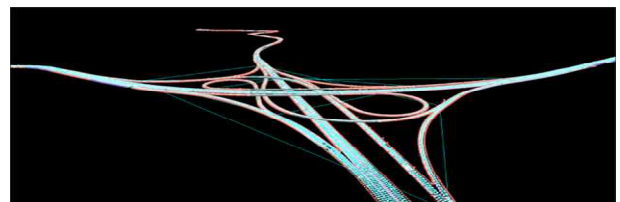


그림 12. 도로 네트워크의 재구성 및 재배치  
 Fig. 12. Road network resegmentation and rearrangement



그림 13. 도로 네트워크 모델 생성 - 여주 JC 주변 도로  
 Fig. 13. Road network model creation - roads around Yeosu JC





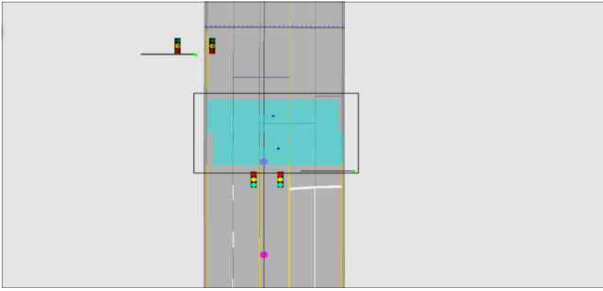


그림 19. 노면표시 - 검증 과정  
 Fig. 19. B3\_SURFACEMARK - verification process

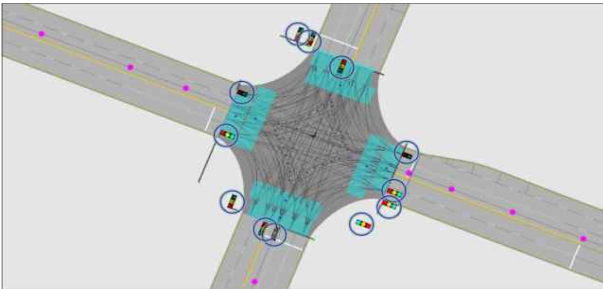


그림 20. 신호등 - 검증 과정  
 Fig. 20. C1\_TRAFFICLIGHT - verification process

노면표시는 노면표시형태, 규제표시유형, 지시표시유형 등으로 그림 19와 같이 검증하였고 그림 20은 신호등을 검증하는 과정이다.

지주는 지주유형을 나타내는 속성을 기준으로 그림 21과 같이 검증을 진행한 결과 그림 22처럼 안전표지, 신호등의 객체 ID가 서로 다른 지주를 참조하는 오입력이 존재하였다.

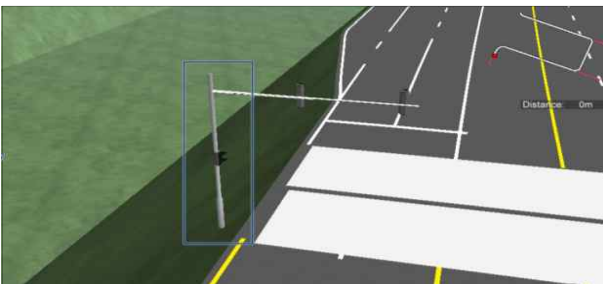


그림 21. 지주 - 검증 과정  
 Fig. 21. C6\_POSTPOINT - verification process

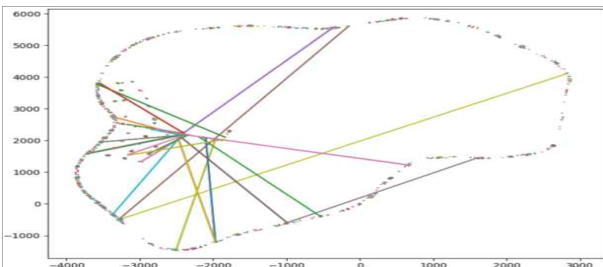


그림 22. 지주 - 참조 오류로 인한 오연결  
 Fig. 22. C6\_POSTPOINT - misconnection due to reference error

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토과학기술진흥원의 지원으로 수행되었으며(과제번호 21NSIP-B145070-04), 국토지리정보원의 자료를 활용하였습니다. 연구의 자료를 제공해 주신 국토지리정보원 관계자분들께 깊이 감사드립니다.

## V. 결론

본 연구는 정밀도로지도의 품질 고도화를 위해 구축된 데이터의 활용성 검증을 수행하였다. 제공된 점군데이터와 자율주행 차량에 장착된 라이더 정보를 활용한 측위 추정 방법을 구현하는 자율주행 자동차의 측위 기능 활용성 검증의 경우 특이 문제점은 없었으나 라이더는 전자파 대신 빛인 레이저 펄스를 사용하기에 정밀도로지도 점군데이터의 내용 중 리턴 펄스(Return Pulse)의 강도는 필수 정보에 해당하므로, 이에 대한 활용성 확대를 위해서는 측정 장비나 처리 주체에 의한 영향을 최소화할 수 있도록 범위와 축척 인수(Scale Factor) 및 환경 정보를 규정하여 제공하는 것이 도움이 될 것으로 보인다.

자율주행 제어 기능의 활용성을 검증하고자 정밀도로지도의 정보를 표준 사양에 따라 변환하고 이를 제어 기능에 결합하여 성능을 확인한 결과 정밀도로지도의 정보를 표준 사양에 따라 변환하고 이를 제어 기능에 결합하였으며 특이 문제점은 없었으나 각 세부 객체별 검증 결과를 도출하였다. 또한 정밀도로지도를 활용하여 자동차 업계의 개발 영역에 활용 가능한 가상 주행 환경을 구축할 수 있음을 확인하였다.

정밀도로지도의 자율주행 활용성과 정밀도로지도 활용성의 확대방안을 검증하는 과정에서 개별 세부 객체의 검증 결과를 개선점을 중심으로 정리하였다. 제공된 정밀도로지도는 표준 형식으로 도로 네트워크 모델링 생성에 적용이 가능하였으며, 향후 자동차 업계의 가상 주행 환경을 통한 시험/검증 수행의 자동화 추세가 확장됨에 따라 활용 가능성이 높다고 판단된다.

현재 정밀도로지도를 활용하는 수요처의 요구사항은 아직 미정립 상황으로 검증 신뢰성 확보를 위하여 자동차 업계 표준 사양들을 활용하여 객관성을 확보하고자 하였다. 또한 정밀도로지도 데이터 세부 사양에 대한 명확한 정의가 제공되어야 수요처 활용 확대가 가능할 것으로 판단된다.

구축되는 정밀도로지도의 각종 객체 속성은 관련 기술개발이 진행되고 수요가 확대됨에 따라 요구 사양은 지속적으로 변경될 것으로 예상된다. 이를 대비하여 수요처와 제작기관간의 협업을 활성화하고, 의견을 조율해야 향후 정밀도로지도 개발 방향 설정과 활용분야 확대에 도움이 될 것으로 판단된다.



참고문헌

[1] NGII, A study on the construction of high definition road map for the support of autonomous vehicle, National Geographic Information Institute, pp. 33-71, 2015.

[2] NGII Press Release. High definition road map`expansion leads to the era of autonomous cooperation driving [Internet]. Available: <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156413866>

[3] J. M. Oh, Y. H. Song, Y. J. Ko, and Y. M. Sin, “Usability verification direction of high definition road map”, in *Proceeding of the Korean Society for Geospatial Information Science*, Korea, pp. 44-49, 2019.

[4] Y. S. Na, S. K. Kim, Y. S. Kim, J. Y. Park, J. M. Jung, K. C. Jo, S. J. Lee, S. J. Cho, M. H. Sunwoo, and J. M. Oh, “ HD Map usability verification for autonomous car”, *The Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 28, No. 11, pp. 797-808, November 2020. <http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2020.28.11.797>

[5] Y. Kang and A. Madgy, “HiDAM : Aunified data model for high-definition map data”, IEEE, International conference on data engineering workshops, pp. 26-32, 2020. <http://dx.doi.org/10.1109/ICDEW49219.2020.00-11>

[6] H. Park, “Study on the korean accuracy standards setting of digital map for the construction and utilization of precise geospatial information”, *The Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 31, No. 6-1, pp. 493-502, 2013. <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2013.31.6-1.493>

[7] D. H. Lee and J. H. Kwon, “ A study on the possibility of large scale 3D numerical mapping using drone images”, in *Proceeding of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography Conference*, Korea, pp. 84-87, 2019.

[8] D. Y. Hwang, I. J. Kang, D. H. Park and J. Y. Kim, “Accuracy assessment of large-scale digital map using low-cost UAV”, in *Proceeding of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography Conference, Korea*, pp. 207-209, 2016.

[9] H. G. Sief and X. Hu, “Autonomous driving in the iCity-HD maps as a key challenge of the automotive industry”, *The Journal of Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp.159-162, 2016. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.02.010>

[10] NGII, High definition road map construction manual, National Geographic Information Institute, 2019.

[11] B. K. Lee and H. G. Park, “ Review of high definition road map utilization for cadastral resurvey project”, *The Journal of the Korean Cadastre Information Association*, Vol. 20, No. 1, pp. 97-107, April 2018. <https://doi.org/10.46416/JKCIA.2018.04.20.1.97>

[12] J. M. Oh, Y. H. Song, Y. M. Shin, S. P. Hong, and Y. J. Ko, “ A study on the object improvement direction through verification of map usability with precision”, in *Procedding of the Korean Society of Surveing, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography Conference*, Korea, pp. 85-87, 2020.

[13] M. H. Lee, I. S. Jang, and M. S. Kim, “A study on data model conversion method for the application of autonomous driving of various kinds of HD Map”, *The Journal of Cadastre and Land Information*, Vol. 51, No. 1, pp. 39-51, June 2021. <https://doi.org/10.22640/lxsiri.2021.51.1.39>

[14] S. Y. Won, Y. J. Jeon, H. W. Jeong, and C. O. Kwon, “ A comparison of korea standard HD map for actual driving support of autonomous vehicles and analysis of application layers”, *The Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 23, No. 3, pp. 132-145, August 2020. <https://doi.org/10.11108/kagis.2020.23.3.132>



**오종민(Jong-Min-Oh)**

2008년 : 서울시립대학교 대학원 (공학석사-공간정보공학)  
2021년 : 서울시립대학교 대학원 (공학박사-공간정보공학)

2005년~2012년: 한진정보통신 기술연구소 과장  
2012년~현 재: 공간정보산업진흥원 품질관리처 처장  
※ 관심분야 : GNSS, 공간정보(Geospatial Information), 데이터 품질관리(Data QC) 등



**한광진(Kwang-Jin-Han)**

2007년 : 한양대학교 대학원 (공학석사 - 자동차공학)  
2012년 : 한양대학교 대학원 (공학박사 - 자동차공학)

2018년~2018년: 한양대학교 미래자동차공학과 연구교수  
2016년~현 재: 주식회사 스타마타 대표  
※ 관심분야 : 디지털 트윈(Digital Twin), 가상 시뮬레이션(Virtual Simulation), 자율주행(Autonomous Driving) 등



**최윤수(Yun-Soo Choi)**

1986년 : 서울시립대학교 대학원 (공학석사)  
1992년 : 성균관대학교 대학원 (공학박사-토목공학)

1991년~2001년: 국립한경대학교 토목공학과 교수  
2001년~현 재: 서울시립대학교 공간정보공학과 교수  
※ 관심분야 : GNSS, 공간정보(Geospatial Information), 데이터 품질관리(Data QC) 등



**민병현(Byeong-Heon Min)**

2019년 : 서울시립대학교 대학 (공학사-토목공학)

2020년~현 재 : 서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정  
※ 관심분야 : GNSS, 공간정보(Geospatial Information), 데이터 품질관리(Data QC) 등



**이상민(Sang-Min Lee)**

2017년 : 한국교통대학교 대학 (공학사-컴퓨터정보공학)

2021년~현 재: 서울시립대학교 스마트시티학과 석사과정  
※ 관심분야 : GNSS, 공간정보(Geospatial Information), 데이터 품질관리(Data QC) 등