

자율주행 자동차를 위한 측위 보정 표지 연구*

전영재¹ · 박철우¹ · 원상연¹ · 이준혁¹*

A Study on Position Correction Sign for Autonomous Driving Vehicles*

Young-Jae JEON¹ · Chul-Woo PARK¹ ·
Sang-Yeon WON¹ · Jun-Hyuk LEE¹*

요 약

자율주행차량은 차량에 장착된 다양한 센서를 통해 주행환경을 인지하고 수집된 정보를 기반으로 판단 및 제어한다. 센서 기술 및 수집된 데이터를 처리하는 알고리즘의 발달로 자율주행기술의 수준은 향상되고 있으나 완벽한 자율주행기술의 구현에는 이르지 못하고 있는 한계점을 인프라를 중심으로 하는 자율협력주행을 통해 극복하려는 움직임을 보인다. 본 연구에서는 자율주행차량의 측위를 보정할 수 있는 인프라로서 기준을 제공하는 측위 보정 표지를 개발하였다. 우선 기존의 자율주행을 위한 측위 기술 현황에 대한 분석을 수행하였다. 다음으로 정사각형의 반사면 두 개로 구성된 1차 제작물과 각 반사면의 상하 길이를 늘인 2차 제작물에 대해 포인트 클라우드 개수를 측정하는 실험을 수행하였다. 실험 결과 1차 및 2차 제작물 모두 최소 15m 거리에서 시설물 라이다 센서로 인식할 수 있었고, 상하 길이를 확장한 2차 제작물이 1차 제작물보다 포인트 클라우드 개수도 더 많으며 시설물의 형상을 구체적으로 표현하는 것을 확인할 수 있었다.

주요어 : 자율주행, 자율주행 인프라, 자율협력주행, 센서 전용 물리 시설물, 측위 보정 표지

ABSTRACT

Autonomous driving vehicles recognize the surroundings through various sensors mounted on the vehicle and control the vehicle based on the collected information. The level of autonomous driving technology is improving due to the development of sensor technology and algorithms that process collected data, but the implementation of perfect autonomous driving technology has not been achieved. To overcome these limitations, through autonomous cooperative driving centered on infrastructure. In this study,

2023년 10월 25일 접수 Received on October 25, 2023 / 2023년 11월 24일 수정 Revised on November 24, 2023 / 2023년 12월 13일 심사완료 Accepted on December 13, 2023

* 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 22AMDP-C161924-02).

1 주식회사 지오앤 / Geo& Co. Ltd.

※ Corresponding Author E-mail:geo8487@geospace.com

developed a position correction sign that provides a reference for positioning of autonomous vehicles. First of all, an analysis was performed on the current status of positioning technology for autonomous driving. And measure the number of point clouds for the 1st sample consisting of two square reflective surfaces and 2nd sample that increased the vertical length of each reflective surface. Experimental results show that both primary and secondary products are installed at least 15 m apart It could be recognized as a sensor, and it was confirmed that the secondary production that increased the length of the top and bottom had a higher number of point clouds than the primary production and better expressed the shape of the facility.

KEYWORDS : *Autonomous Driving, Infrastructure of Autonomous Driving, Autonomous Cooperative Driving, Sensor Only Facility, Position Correction Sign*

연구 배경 및 목적

기존의 자동차는 이동을 위한 수단으로써 운전자가 자동차의 모든 부분을 제어하며 동작하는 개념이었으나, 최근에는 자동차의 여러 부분을 자동차 스스로 제어하는 스마트 자동차의 단계에 이르고 있으며, 이러한 발전 추세는 운전자의 개입을 최소로 하여 자동차 스스로 목적지까지 찾아가도록 하는 자율주행을 최종 목표로 한다(Jeong and Min, 2015).

자율주행차량은 차량에 장착된 다양한 센서를 통해 주행환경을 인지하고 수집된 정보를 기반으로 차량을 제어한다. 자율주행차량에 활용되는 대표적인 센서는 카메라, 라이다, 레이더이고, 이들 중 라이다는 현재의 자율주행차량 기술 발전을 선도하고 있다. 라이다 센서는 조도의 영향을 적게 받아 주야간의 성능의 차이가 적고 3D의 형태로 물체를 검지하며, 검지 정확도가 우수한 것으로 알려져 있다(Kim and Park, 2022a).

센서 기술 및 수집된 데이터를 처리하는 알고리즘의 발달로 자율주행기술의 수준은 향상되고 있으나 완벽한 자율주행기술의 구현에는 이르지 못하고 있어 이러한 한계점을 인프라를 중심으로 하는 자율협력주행을 통해 극복하려는 움직임을 보인다(Kim and Park, 2022b). 자율주행차량의 절대측위는 GNSS를 기반으로 수행하게 되나, GNSS의 오류를 보정하기 위하여 주변의

차선 및 표지판과 같은 도로시설물을 센서로 인식하고 상대측위를 통해 보정하는 과정을 거친다. 센서는 주변 환경 정보를 수집 및 검지하는 역할도 수행하지만 자율협력주행에 필요한 연속적 측위를 위한 참조시설물의 검지 역할도 수행한다고 할 수 있다.

이에 기존 시설물을 활용하여 자율주행차량을 위해서도 활용할 수 있도록 개선하는 방안과 자율주행차량만이 인식 가능한 새로운 형태의 시설물을 개발함으로써 기존의 일반 자동차는 물론 자율주행차량에 대해서도 안전한 주행을 보장할 수 있도록 하는 방안에 관한 연구가 필요하다(Jeon *et al.*, 2023).

안전운전을 보조하는 수준의 자율주행에서는 카메라, 라이다 등의 센서를 융합한 차량 주변의 객체 인지 기술이 중요하였으나, 운전자가 운전 개입하지 않는 Level 4 이상 고도의 자율주행을 위해서는 cm급의 위치정밀도를 가지는 측위 기술이 필요하다. 출발지와 목적지 사이의 정확한 경로를 설정하고 도로정보와 연계하여 원활한 주행을 하기 위해서는 ADAS 수준의 환경인지 센서만으로는 고정밀 측위가 어렵기 때문이다(Ki, 2022).

자율주행차량의 측위를 제공하는 방법으로는 정밀도로지도와 GNSS 등의 위치 측위 기술로 구분할 수 있다. 정밀도로지도는 차로 수준의 도로망 및 도로시설물 정보에 대해 높은 정밀도로 구축된 지도이다. 정밀도로지도에 구축된 정보는 자율주행차량의 차량 측위 보조, 경로 안

내, 차량 궤적 생성 등에 이용된다(Lee and Kim, 2022). 정밀도로지도는 미래형 자동차, 물류, 로봇 등의 분야에서 자율주행의 정확한 위치결정을 위한 핵심 인프라로 자리 잡고 있다. 특히, 자율주행차량은 자기 위치결정뿐만 아니라 라이다, GNSS, 레이더, 스테레오카메라 등 다양한 센서에서 감지하는 사물의 정확한 위치결정을 위하여 정밀도로지도의 의존도가 더욱 증대되고 있다(Won *et al.*, 2020).

위치 측위 기술은 자율주행 시스템에서 자율주행차량의 정확한 위치를 운전자와 시스템에 제공하는 기술로 자율주행에 있어 필수라 할 수 있는 기술이다. 자율주행차량의 위치와 방향을 제어하기 위해서 차선 단위의 위치 측위가 가능해야 하고 다양한 상황에서 정확한 위치정보를 제공할 수 있어야 하므로 자율주행 시스템에 관한 관심이 증대될수록 위치 측위와 같은 요소 기술에 관한 관심도 증대되고 있다(Woo, 2021).

본 연구에서는 자율주행차량을 위한 측위 보정에 도움을 줄 수 있는 측위 보정 표지 샘플을 제작하였다. 이와 더불어 현재 자율주행에 이용되는 측위 기술의 현황을 조사 및 분석하고, 측위 보정 표지의 원리를 소개하며 제작한 측위 보정 표지를 이용하여 라이다 센서를 통한 센서 인식 실험을 통해 실제 자율주행차량의 측위를 보정할 가능성을 모색해 보았다.

측위기술 현황 분석

자율주행차량은 인지(Recognition), 측위(Positioning), 자동제어(Automatic Control), 상황판단(Judgment), 주행계획(Route Planning)의 5가지 핵심기술을 바탕으로 스스로 주행에 대한 모든 것에 관여하는 시스템이다. 인지된 데이터를 기반으로 올바른 상황판단을 위해 정확한 측위 정보를 수집하여 시스템에 데이터를 제공함으로써 상황에 따른 주행계획을 정의하고 갱신할 수 있어야 한다. 위 5가지 핵심기술 중 측위는 자율주행차량 시스템에 위치정보를 제공하는 단계로써, 자율주행을 위해 차량의 위치정보를 차선 단위로 구분할 수 있어야 하고, 다양한 환경의 변화에서

도 방향, 속도, 고도 등 정확한 위치정보의 획득이 가능해야 한다. 이는 측위를 통해 자율주행 차량 시스템의 자동제어에 필요한 정보를 제공하기 위함이다(Woo, 2021).

1. 위성항법 측위 기술 현황

가장 일상적으로 쉽게 접할수 있는 측위기술은 위성 항법 시스템이다. 일반적으로 GNSS(Global Navigation Satellite System)/GPS(Global Positioning System)라는 이름으로 널리 알려져 있다. 이를 통해 전 세계 어디서든 인공위성을 이용하여 자신의 위치를 정확하게 측정할 수 있다. 이때 획득 가능한 위치정보로는 위도, 경도와 해발고도 그리고 신호의 세기가 있고, 이를 응용하여 방향각도와 속도의 획득이 가능하다.

위성 항법 시스템의 오차 측위를 보정하는 방법 중 상용서비스를 위한 자율주행차량 시스템에 최적화된 보정 방법으로 DGNSS(Difference GNSS) 기술을 활용한 연구가 주목을 받고 있다. DGNSS는 위성 시스템으로부터 수신된 위치 신호 데이터를 지상 시스템국인 기준국(Base Station), 측위점(Rover)을 이용하여 오차를 보정하는 방식이다. 상용 자율주행을 위한 DGNSS 기술 보정에는 방식에 따라 Network-RTK 방식과 DGPS 방식으로 구분한다(Woo, 2021).

2. 센서 융합 측위 기술 현황

위성항법시스템을 이용한 측위 시스템의 경우 다양한 오차 요인과 제약요건으로 인해 다양한 센서들을 이용한 측위 방법에 관한 연구가 지속되어 왔다. 대다수의 차량용 위치 측위 시스템은 GNSS만을 이용하여 자신의 위치를 측정한다. 이 경우 터널이나 건물 밀집 지역과 같이 GNSS 정보를 신뢰할 수 없거나 신호가 미약한 지역에서는 관성항법을 이용한 추측항법(DR, Dead Reckoning)이 주로 사용된다. 추측항법은 이미 위치를 알고 있는 한 점에서 속도와 방향각을 이용하여 차량의 새로운 위치를 계산하

는 방법으로 위치를 계산하게 된다. 그러나 DR의 핵심을 이루는 관성항법장치(IMU, Inertial Measurement Unit)는 시간에 따른 관성 오차를 포함하는데 고정밀의 IMU는 고가의 가격대를 형성하여 상업용으로 사용하기에는 무리가 있어 저렴한 가격의 IMU를 사용해야 한다. 이로 인해 IMU의 시간에 따른 관성 오차가 누적되어 측위 정확도가 저하되는 단점이 존재한다.

또한 GNSS/DR 시스템에 다양한 센서를 융합하여 차량의 위치정보를 결정하는 방법에 관한 연구도 이루어지고 있는데, 이때 위치결정에 도움이 되는 랜드마크의 3차원 위치정보가 포함되어 있어야 차량의 위치정보 결정에 도움을 줄 수 있다. GNSS/DR 정보에 부가적으로 사용되는 정보로 카메라, 라이다, 레이더 등 다양한 복합센서 정보를 사용할 수 있으나 주로 영상센서를 통한 복합센서 이용 방법이 연구되었다. 영상센서를 결합하는 기술은 카메라를 통해 들어오는 영상에서 교통표지판, 노면표시, 신호등을 인식하고 시스템에 탑재된 고정밀지도의 절대좌표와 비교하여 주기적으로 GNSS/DR 시스템의 시간에 따른 위치오차를 보정할 수 있고, 시스템의 구성이 간단하며 필요로 하는 영상센서의 가격도 저렴하여 경제성 측면에서 우수하다는 장점이 있다. 반면, 안개, 폭우, 강설 등의 시야 확보가 어려운 악천후 상황에서는 영상센서의 사용이 제한될 수 있어 라이다, 레이더 등의 센서를 추가할 필요가 있다(Jung and Min, 2015).

3. 기타 측위 기술 현황

기타 자율주행을 위한 측위 기술로는 QR코드를 기반으로 하는 스마트코드 표지(그림 1)가 있다. 3M에서 개발한 해당 제품은 자율주행차량이 판독할 수 있는 스마트코드를 교통표지판에 설치하여 코드 내에 정확한 GNSS 좌표를 삽입하여 전달하거나, 교통표지판 정보 등을 확인할 수 있다. 3M의 스마트코드는 가시광선 영역에서 높은 투명도를 가지는 재료와 근적외선 영역에서 투명도가 낮은 재료를 사용하여 일반 표지판과 바코드를 함께 표현한다. 해당 표지를 일반 카메라로 보았을 때는 도로표지판처럼 보이나, 적외선 센서를 이용하여 볼 때 일반 센서로는 보이지 않던 QR코드를 확인할 수 있다. 적외선 카메라가 장착된 차량은 운전자가 전통적인 도로표지판을 읽을 수 있는 거리와 유사한 거리에서 2D 바코드를 판독할 수 있다. QR코드를 통해 표지판의 메시지, 정밀 GNSS 좌표, 표지판 설치 및 유지보수 날짜 등의 중요한 데이터를 전달할 수 있다. 특히 표지판 위치의 GNSS 좌표를 제공함으로써 현재 자율주행차량의 측위를 바로잡는 데에 도움을 줄 수 있다(Snyder *et al.*, 2018).

4. 자율주행을 위한 측위 기술 현황 요약

앞서 언급했던 자율주행을 위한 측위 기술 현황을 분석해 보았다. 각 기술의 특징과 단점을 요약하여 나타내면 표 1과 같다.



FIGURE 1. 3M Smart Code Sign using QR Code

TABLE 1. Characteristics and disadvantages of positioning technology for autonomous driving

	GNSS	DGNSS	DR	Complex Sensor	Smart Code
Characteristics	Position measurement using multiple satellite navigation devices simultaneously	Error correction of location signal using base station and rover	Calculate the new position of the vehicle using the speed and direction angle from the known point	Determine location information using various sensors such as image, lidar, and radar	Inserting a QR code that can be detected by an infrared sensor into a shape similar to a regular sign
Disadvantages	Accuracy is reduced due to ground, satellite and atmospheric errors	Difficult positioning when signal is poor between base station and rover	Decreased accuracy due to accumulation of inertial errors in IMU	The use of video sensors is limited in bad weather situations	Additional sensor (infrared camera) required

기존 자율주행을 위해 활용되는 측위 기술 중 우선 GNSS의 경우 복수의 위성항법장치로부터 위치오차를 보정할 수 있는 특징이 있으나, 지상 오차, 위성 오차, 대기 오차 등이 존재하여 정확도가 저하될 우려가 있다. 또한 익히 알려진 바와 같이 고층 건물 밀집 지역, 고가도로 하부 등의 음영지역에서는 GNSS 신호가 단절되어 일시적으로 정확한 측위를 제공할 수 없다는 단점 또한 존재한다. DGNSS 기술은 위성에서 수신된 위치 신호 데이터를 기준국, 측위점을 이용하여 오차를 보정한다는 특징이 있으나, 기준국과 측위 기기 간 통신상태가 불량할 시 위치보정이 어렵고, GNSS와 마찬가지로 음영지역에서 신호가 단절된다는 단점 역시 존재한다. 추측항법은 기지점에서 IMU가 제공하는 속도와 방향각을 이용하여 차량의 위치를 계산한다는 특징이 있으나, IMU 역시 관성 오차가 누적되므로 그 정확도가 점차 저하된다는 단점이 있다. 마지막으로 복합센서를 이용하여 측위를 보정하는 방법은 GNSS 및 IMU 외에도 자율주행 차량에 장착되는 센서 중 주로 영상센서를 이용하여 특정 랜드마크를 인식하여 위치정보를 결정한다는 특징이 있으나, 악천후 상황에서는 영상센서로 랜드마크를 인식하는 데에 한계가 있어 그 사용이 제한적이라는 단점 역시 존재한다.

위에서 분석한 바와 같이 자율주행차량을 위한 기존의 측위 기술에서는 한계가 존재한다. 이러한 한계를 극복하고 정확한 측위를 제공하기 위해서 본 연구에서는 기존의 측위 기술 현황 중 복합센서를 이용한 측위 기술에 주목해 보았다. 악천후에서 사용이 제한적인 영상센서

대신 기상 상황의 영향을 받지 않고 정확한 위치를 제공할 수 있는 라이다 센서를 이용하고, 기존에 존재하는 시설물을 랜드마크로 활용하는 대신 측위 보정을 위한 기능만을 수행하는 랜드마크, 즉 측위 보정 표지를 제작하여 인식하는 방법을 통해 자율주행차량에 더욱 정확한 측위를 제공하는 방법을 제시하고자 한다.

측위 보정 표지 제작 및 센서 인식 실험

1. 측위 보정 표지 설계

자율주행을 위한 신규 도로 인프라는 그 종류에 따라 개선 물리 시설물과 센서 전용 물리 시설물로 구분된다. 개선 물리 시설물은 기존의 도로교통 시설물로 활용되고 있는 시설물 중 원래의 설치목적은 훼손하지 않는 범위 내에서 일부 재질 및 형태를 변경함으로써 시인성과 센서의 검지 성능을 향상한 시설물이다. 센서 전용 물리 시설물은 기존의 도로교통 시설물로 제작된 적이 없으며, 자율주행차량에 탑재되는 센서에 대한 시인성을 강화하기 위해 새롭게 개발되는 시설물로 자율주행차량의 센서에서만 인지되는 모양 및 패턴을 통해 자율주행차량의 안전주행을 지원하는 도로교통 시설물로 기존 차량 운전자의 운행에 있어 위화감을 주지 않아야 한다는 조건이 있다(Jeon *et al.*, 2022).

측위 보정 표지는 자율주행차량에 장착되는 라이다 센서를 통해 인식하기 때문에, 상기한 자율주행을 위한 신규 도로 인프라 중 센서 전

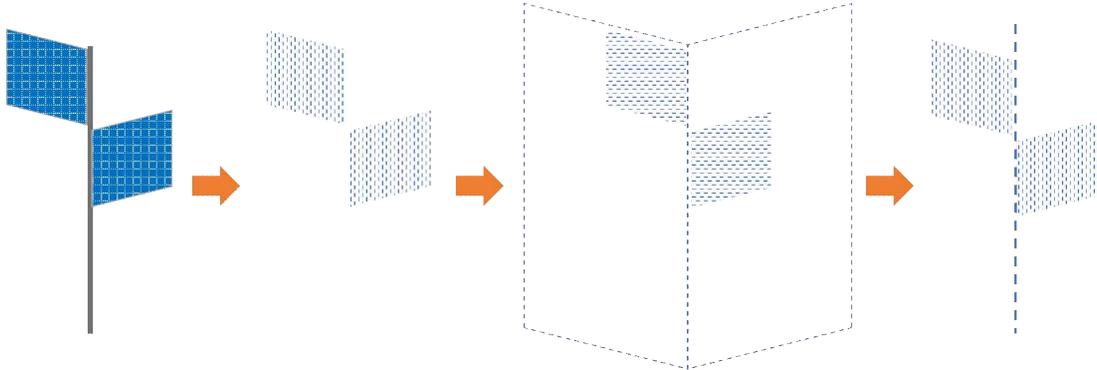


FIGURE 2. Principle of recognition of positioning sign

용 물리 시설물로 분류된다. 측위 보정 표지는 앞서 언급한 자율주행을 위한 측위 기술을 이용한 측위 보정이 불가능한 상황에 도달하기 이전에 정밀도로지도상의 위치와 자율주행차량의 실제 주행 위치 간에 차이가 있을 때 그 차이를 보정할 수 있는 기준을 제공하는 장치이다.

측위 보정 표지를 라이다 센서로 올바르게 인식하기 위해서는 측위 보정 표지를 구성하는 두 날개가 각각 두 개의 평면으로 인식되어야 한다는 전제조건을 필수로 한다. 이때 중첩되는 부분이 있으면 두 개의 평면이 별도의 평면으로 인식되지 않을 가능성이 있어 두 평면이 구분되도록 설계해야 할 필요가 있다. 두 평면이 이루는 각도를 180도로 하면 평면이 두 개가 아닌 한 개로 인식될 수 있다. 정면을 180도 이하로 할 때 두 평면이 안으로 좁혀지는 구조가 되기 때문에 센서가 시설물을 지나가면서 제대로 인식하기 어려울 수 있다. 그러한 이유로 인해 정면이 180도 이상이 되면서도 두 평면이 하나의 큰 평면으로 인식되거나 두 평면이 중첩되어 나타나지 않도록 이상적인 각도를 고려하여 두 면의 각도가 240도가 되도록 설계하였다. 패널의 가로 길이는 23cm로 선정하였는데, 이는 전체 시설물의 좌우 폭이 교통안전표지 중 보조표지 기준에 따라 40cm를 넘지 않도록 설계하였기 때문이다.

측위 보정 표지의 원리를 소개하자면, 우선 자율주행차량에 장착된 라이다 센서를 통해 측

위 보정 표지 시설물을 인식한다. 이때 Point Cloud 중 특정한 Intensity를 갖는 부분을 시설물로 인식하게끔 한다. 다음으로 시설물을 구성하고 있는 두 평면을 이루는 고유한 값이라 할 수 있는 평면의 법선벡터를 계산한다. 인식된 Point Cloud는 각각이 절대좌표를 갖고 있으며 인식된 부분의 Point Cloud의 최적 평면의 방정식을 통해 평면의 법선벡터를 도출할 수 있다. 또한 두 평면의 법선벡터의 외적을 구함으로써 두 평면의 교선의 방향벡터를 도출함으로써 특정한 위치를 나타내는 고유한 직선의 도출이 가능하다. 측위 보정 표지에서 고유한 위치를 도출하는 원리는 그림 2에서 보는 바와 같다.

각 평면의 법선벡터를 구하기 위해 우선 각 포인트 클라우드가 이루는 최적 평면의 방정식을 도출해야 할 필요가 있다. 3차원 공간상에서 평면의 방정식은 $Z=aX+bY+c$ 로 정의된다. 여기서 X, Y, Z 는 해당 평면을 지나는 한 점의 좌표이고, a 는 평면의 방정식의 X 계수, b 는 평면의 방정식의 Y 계수, c 는 평면의 방정식의 상수항을 각각 의미한다. 여기서 a, b, c 가 평면의 법선벡터를 구성하는 성분이고, 이를 구하면 고유한 평면의 방정식을 도출할 수 있다. 시설물에서 한쪽 날개에 위치하는 포인트 클라우드를 구성하는 점들 모두가 한 평면상에 있다고 가정할 때 모든 점을 대입하여 평면의 방정식의 성분을 구할 수 있다. 이때 사용할 수 있는 방법이 Gauss-Markov 관측 방정식이다.

평면을 지나는 각 점의 좌표는 각각 (X_1, Y_1, Z_1) , (X_2, Y_2, Z_2) , ... (X_n, Y_n, Z_n) 으로 표현할 수 있다. 이를 3차원 공간에서의 평면의 방정식에 대입하여 행렬로 나타내면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Z = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ \dots \\ Z_n \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ X_n & Y_n & 1 \end{bmatrix}, \xi = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

평면의 방정식에 따라 각 행렬 간의 관계를 나타내면 다음과 같다.

$$Z = A\xi$$

구하고자 하는 것은 평면의 법선벡터의 성분인 (a, b, c) 이므로 이를 구하기 위한 행렬식을 나타내면 다음과 같다. 아래 수식에서 A^T 는 A 의 전치행렬을, A^{-1} 은 A 의 역행렬을 각각 의미한다. 행렬식을 계산함으로써 각 평면을 구성하는 포인트 클라우드로부터 최적 평면의 방정식을 도출할 수 있다.

$$\xi = (A^T A)^{-1} (A^T Z)$$

다음 과정으로 두 평면의 교선의 방정식을 도출하는 과정을 소개한다. 측위 보정 표지를 이루는 두 날개로부터 도출되는 두 평면의 교선이 측위 보정을 위한 기준의 역할을 한다. 3차원 공간상에 위치하는 두 평면의 방정식을 각각 $Z=a_1X+b_1Y+c_1$, $Z=a_2X+b_2Y+c_2$ 라 가정한다. 여기서 두 평면의 법선벡터는 각각 $v_1=\langle a_1, b_1, 1 \rangle$, $v_2=\langle a_2, b_2, 1 \rangle$ 로 정의된다. 공간상에서의 두 평면의 교선은 두 평면을 구성하는 법선벡터의 외적으로 정의되며 다음의 수식을 통해 도출할 수 있다.

$$v_1 \times v_2 = \begin{vmatrix} i & j & k \\ a_1 & b_1 & 1 \\ a_2 & b_2 & 1 \end{vmatrix} = \langle b_1 - b_2, a_1 - a_2, a_1 b_2 - a_2 b_1 \rangle$$

위의 과정을 거쳐 두 평면으로부터 도출한 교선의 방정식은 하나의 고유한 직선의 형태로 나타나므로 이를 참조함으로써 자율주행차량의 측위를 바로잡을 수 있는 기준이 될 수 있다.

2. 측위 보정 표지 제작 및 라이다 센서를 통한 인식 실험

측위 보정 표지 1차 제작물은 지주에 반사지를 부착한 패널 형태의 날개를 장착하여 시설물 인지 시 교선의 도출이 가능하도록 교차 평면의 포인트 클라우드를 획득할 수 있도록 제작하였다. 최초 설계 형태로 제시한 세 가지 안 중 1차 제작물은 첫 번째 안에 따라 제작하였다. 두 번째나 세 번째 안의 경우 면이 중첩되는 부분이 있어 형상을 원활하게 인식하지 못할 우려가 있어서 첫 번째 안만을 고려하여 제작하였다. 2차 제작물은 라이다 센서의 위아래로 퍼져나가는 성질을 고려하여 첫 번째 안에서 상하 길이를 30cm로 늘린 형태로 제작하였고, 기존 운전자의 시야에 이질감을 주지 않도록 청색 반사지를 사용하여 제작하였으며, 두 평면이 이루는 각도가 1차 제작물과는 반대로 자율주행차량이 바라보는 방향을 기준으로 120도 각도를 이루도록 제작하였다. 그림 3의 왼쪽 사진은 측위 보정 표지의 1차 제작물을, 오른쪽 사진은 2차 제작물을 각각 나타내고 있다.

제작한 측위 보정 표지의 라이다 센서 인식 정도를 확인하기 위한 목적으로 라이다 센서와 시설물 간 떨어진 거리에 따라 포인트 클라우드가 획득되는 정도에 대한 실험을 수행하였다. 장치는 지상고 2m 위치에 설치하였고, 라이다 센서는 실제 차량에 설치하는 것과 유사하게 상단 187.2cm, 하단 69.5cm의 두 위치에 설치하였다. 사용한 라이다 센서는 Velodyne 사의 Ultra Puck 라이다로 총 32채널로 구성된 제품이다.

1차 제작물에 대한 실험은 일정 거리에서 획득되는 포인트 클라우드의 개수 및 채널 수를 산정하는 방식으로 진행하였다. 1~10m 간격의 근거리 구간에서는 1m 간격으로, 15~50m 간격의 원거리 구간에서는 5m 간격으로 포인트

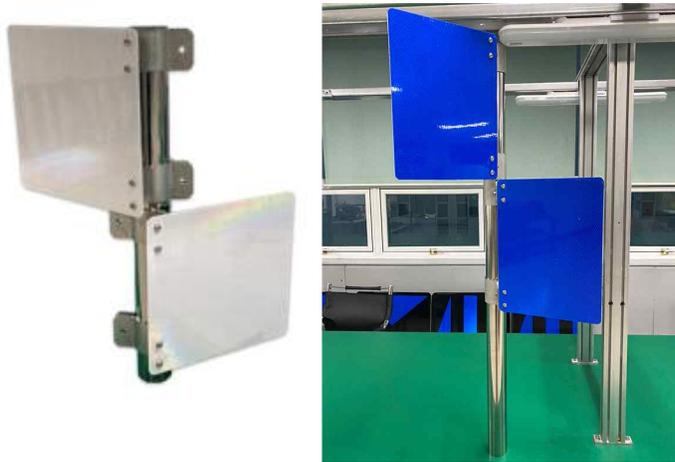


FIGURE 3. Sample of positioning sign

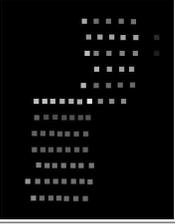
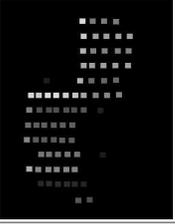
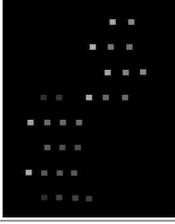
클라우드를 획득하였다. 단, 포인트 클라우드의 개수(Number of Point Clouds, NPC)가 20 미만일 경우에는 시설물의 원활한 인식이 불가

능한 상태라 판단하여 제외하였다. 구간별 획득한 포인트 클라우드의 형상을 시각화하여 나타낸 결과와 각각의 NPC는 표 2에서 보는 바와

TABLE 2. Figure of Acquired Point Clouds(1st Sample)

Distance	1m	2m	3m	4m	5m
Figure					
NPC	160	162	118	107	69
Distance	6m	7m	8m	9m	10m
Figure					
NPC	82	65	51	53	48
Distance	15m				
Figure					
NPC	32				

TABLE 3. Figure of Acquired Point Clouds(2nd Sample)

Distance	1m	2m	3m	4m	5m
Figure					
NPC	188	201	215	198	175
Distance	6m	7m	8m	9m	10m
Figure					
NPC	131	125	102	75	63
Distance	15m				
Figure					
NPC	20				

같다.

2차 제작물에 대한 실험 역시 일정 거리에서 획득되는 포인트 클라우드의 개수 및 채널 수를 산정하는 방식으로 진행하였다. 1차 제작물 때와 마찬가지로 1~10m 간격의 근거리 구간에서는 1m 간격으로, 15~50m 간격의 원거리 구간에서는 5m 간격으로 포인트 클라우드를 획득하였고, NPC가 20 미만일 경우에는 시설물의 원활한 인식이 불가능한 상태라 판단하여 제외하였다. 구간별 획득한 포인트 클라우드의 형상을 시각화한 결과와 각각의 NPC는 표 3에서 보는 바와 같다.

표 2와 표 3에서 보는 바와 같이 두 개의 반사면이 라이다 센서를 통해 인식되는 것을 확인하였고, 해당 반사면들을 구성하는 포인트 클라

우드로부터 반사면에 대한 평면의 방정식 두 개를 각각 도출하고, 두 평면의 방정식으로부터 교선의 방정식을 도출함으로써 측위 보정 표지가 참조하는 유일한 지점을 지시할 수 있고, 자율주행차량에서 이를 참조할 수 있도록 함으로써 측위 보정을 위한 기준을 제공할 수 있다.

실험 결과 분석

획득된 포인트 클라우드의 형상을 보았을 때 1차 제작물과 2차 제작물 모두가 1m에서 10m 구간에서는 포인트 클라우드가 시설물의 형상을 비교적 제대로 표현하고 있다. 그러나 15m 이상 거리가 벌어지면 시설물의 형상이 제대로 나타나지 않아 대상에서 제외하였다. 이에 따라

시설물을 인식할 수 있는 최대 거리는 15m 이하로 판단되며, 15m 범위에서 시설물을 인식하고 자율주행차가 이에 따라 측위를 보정할 수 있어야 할 것으로 보인다.

포인트 클라우드의 개수를 보면 반사면이 더 넓은 2차 제작물로 실험 시 포인트 클라우드의 개수가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 라이다 센서의 특성상 레이저가 상하로 퍼져나가기 때문에 상하로 긴 반사면을 가진 2차 제작물에서 더 많은 채널을 감지할 수 있기 때문으로 추정된다. 자율주행차량의 라이다 센서가 시설물을 더 쉽게 인식하게 하기 위해서는 반사면을 상하로 길게 제작하는 방법이 가장 적합할 것으로 보이나, 인식률을 높이기 위해 상하 길이를 무한히 늘리기는 현실적으로 어려우므로, 기존 도로시설물의 설치 기준에 맞추어 라이다 센서가 인식할 수 있도록 적절한 반사면 높이를 결정해야 할 것으로 보인다.

또한 1차 제작물에서 실험 시 일부 면이 접하는 부분에서 포인트 피치(pitch)가 부정확하게 나오는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 라이다 조사각과 반사면의 반사각 조합으로 인한 현상으로 예상된다. 2차 제작물 테스트 수행 때에는 위의 현상이 반대 면에서 발생한 것으로 확인되었다. 측위 보정 표지가 정확한 기준을 도출하기 위해서는 반사면으로부터 정확한 평면의 방정식을 도출할 수 있어야 한다. 그러나 이러한 점들은 반사면으로부터 정확한 평면의 방정식을 도출하는 과정에서 오차를 발생시킬 수 있을 것으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 기존의 자율주행을 위한 측위 보정 기술 현황을 우선 분석하였고, 기존 측위 보정 기술 중 복합센서 방식의 연장 개념으로 라이다 센서를 이용하여 측위 보정을 위한 기준을 제공하는 측위 보정 표지를 설계하였고, 해당 측위 보정 표지를 실제로 제작하여 라이다 센서를 통해 인식되는 정도에 대한 실험을 수행하여 그 결과를 분석하였다.

측위 보정 표지가 원활하게 역할을 수행하기 위해서는 자율주행차량이 시설물을 올바르게 인식할 수 있는 적절한 거리를 결정하고 해당 거리에서 원활하게 인식할 수 있도록 적절한 인식 거리 내에서 시설물을 인지하고 그에 따른 동작을 수행할 수 있도록 하는 시설물 인식 알고리즘에 대한 고려가 필요하다.

측위 보정 표지의 설치 위치에 대한 고려 역시 필요하다. 우선 측위 보정 표지를 GNSS 신호 음영지역 직전에 설치하여 자율주행차에 측위를 보정하기 위한 기준을 제공하는 기능을 수행함으로써 자율협력주행에 도움을 주는 방안을 고려하고 있다. 그러나 교통의 흐름과 같은 자율주행차량의 주행환경을 고려하여 설치 위치를 결정해야 할 것으로 예상된다.

측위 보정 표지를 구성하는 두 날개가 적절하게 인식되기 위한 각도 역시 고려해야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 두 반사면의 정면이 180도 이상이 되면서도 두 평면이 하나의 큰 평면으로 인식되거나 두 평면이 중복되어 나타나지 않도록 이상적인 각도를 고려하여 1차 제작물에서는 두 면의 각도가 240도가 되도록, 2차 제작물에서는 반대로 두 면의 각도가 120도가 되도록 설계하였다. 두 개의 날개가 하나의 평면으로 인식되지 않도록 하면서도 자율주행차량이 이동하는 과정에서 원활하게 시설물을 인지할 수 있는 각도에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

또한 인식되는 채널 수를 증가시키기 위해 시설물 형태의 적절한 변경 또한 필요할 것으로 예상된다. 시설물을 구성하는 날개의 가로 23cm 세로 23cm의 크기는 현재 사용 중인 도로표지의 규격을 고려하여 그와 유사한 크기가 되도록 설계한 것이다. 자율주행차량에 장착되는 라이다 센서는 여러 개의 채널로 구성되어 상하로 퍼져나간다는 성질이 있으므로 이를 고려하여 세로 길이를 30cm로 늘린 2차 제작물에서는 1차 제작물보다 포인트 클라우드의 개수가 더 늘어났고, 이를 통하여 반사면의 평면의 방정식을 더욱 정확하게 도출할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 면이 접하는 부분에서 발생하는 부정

확한 포인트에 대해서는 정확한 평면의 방정식을 도출하기 어렵게 만들 수 있어 이에 대한 보정 내지는 제거 과정이 선행되어야 할 것으로 추측된다.

향후 연구과제로는 라이다 센서를 이용하여 실제 측위 보정 표지를 인식하고 앞서 제시한 측위 보정 원리를 이용해 측위 보정 표지로부터 기준 역할을 할 수 있는 직선의 도출 및 도출된 기준 직선을 이용한 자율주행차량의 실제 측위 보정에 관한 연구를 수행해야 할 것으로 예상된다. 

REFERENCES

- Jeon, Y.J., C.W. Park, J.W. Kim and J.H. Lee, 2022. Study on the Material Characteristics of Improved and Virtual Facility for Autonomous Vehicles. The Journal of the Korea Contents Association, 22(12):171-179 (전영재, 박철우, 김진우, 이준혁, 2022. 자율주행차를 위한 개선 및 가상 시설물의 재질 특성 연구. 한국콘텐츠학회지 22(12):171-179).
- Jeon, Y.J., J.W. Kim, C.O. Kwon and J.H. Lee, 2023. Deriving the Role of Sign Facilities Recognized by Autonomous Vehicles. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 26(1):1-10 (전영재, 김진우, 권찬오, 이준혁, 2023. 자율주행차량이 인식 가능한 표지 시설의 역할 도출. 한국지리정보학회지 26(1):1-10).
- Jeong, J.S. and J.D. Min, 2015. Trends in Precision Positioning Technology for Automobiles, Information and Communications Magazine, 32(8):38-44 (정재승, 민정동, 2015. 자동차용 정밀 측위 기술 동향. 한국통신학회지(정보와통신) 32(8):38-44).
- Ki, S.C., 2022. Precision map technology trends for highly autonomous driving, Location Information Industry Trend report, Korea Internet and Security Agency (기석철, 2022. 고도자율주행을 위한 정밀지도 기술동향, 위치정보산업 동향보고서, 한국인터넷진흥원).
- Kim, J.Y. and B.J. Park, 2022a. A Study of LiDAR's Detection Performance Degradation in Fog and Rain Climate, Journal of Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 21(2):101-115 (김지윤, 박범진, 2022a. 안개 및 강우 상황에서의 LiDAR 검지 성능 변화에 대한 연구, 한국ITS학회논문지, 21(2):101-115).
- Kim, J.Y. and B.J. Park, 2022b. A Research of Factors Affecting LiDAR's Detection on Road Signs: Focus on Shape and Height of Road Sign, Journal of Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 21(4):190-211 (김지윤, 박범진, 2022b. 도로표지에 대한 LiDAR 검지영향요인 연구: 도로표지의 모양과 높이를 중심으로, 한국ITS학회논문지, 21(4):190-211).
- Lee E.I. and D.H. Kim, 2022. Serialization Method for large spatial data transmission of High Definition Map. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 25(4):32-48 (이은일, 김덕호, 2022. 정밀도로지도의 대용량 공간데이터 교환을 위한 직렬화 기법 설계, 한국지리정보학회지 25(4):32-48).
- Snyder, J., D. Dunn, J. Howard, T. Potts and K. Hanse, 2018. "Invisible" 2D Bar Code to Enable Machine Readability of Road Signs - Material and Software Solutions, 3M Transportation Safety Division
- 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):1-20 (원상연, 전영재, 정현우, 권찬오. 2020. 자율주행자동차 실주행 지원을 위한 표준 정밀도로지도 비교 및 활용 레이어 분석. 한국지리정보학회지 23(3):132-145).

Woo, S.B., 2021, Location Determination Technology Trends for Autonomous Driving, Information and Communications Magazine, 38(12):23-28 (우상봉, 2021. 자율주행을 위한 위치 측위 기술 동향, 한국통신학회지 (정보와통신) 38(12):23-28). **KAGIS**