

악의 조건의 실도로에서 고정밀 측위 성능을 평가하기 위한 주행 보조 시스템과 이를 통한 주행 환경 분석 방법

서우창, 양은주, 이성윤 김봉섭, 윤경수*

*지능형자동차부품진흥원

wcseo@kiapi.or.kr, ejyang@kiapi.or.kr, sylee@kiapi.or.kr, bskim@kiapi.or.kr, *kadbonow@kiapi.or.kr

Driving assistance system for evaluating of high-precision positioning performance on real roads under bad conditions and a method for analyzing driving environment based the system

Seo Woo Chang, Yang Eun Ju, Lee Sung Yoon, Kim Bong Seob, Yoon Kyung Soo*

*Korea Intelligent Automotive Parts Promotion Institute

요 약

다양한 악의 조건을 가진 실도로에서의 고정밀 측위 기술 성능을 평가하기 위해 운전자별 주행 패턴에 따른 시험 오차를 최소화할 수 있는 주행 보조 시스템을 통해 주행 시나리오 또는 정적/동적 환경에서도 반복적이고 일관성 있는 성능 평가 방법을 제시한다. 또한 실도로 주행 기반 성능을 분석하기 위한 기준 좌표와의 오차와 동적이고 다양한 주행 환경 정보를 함께 취득하도록 하여 환경과 오차가 발생한 연관성까지 상세한 분석 방법을 제시한다.

I. 서 론

운전자의 개입 없이 주행가능한 Lv.4 이상의 자율주행을 위해 센서, 제어 알고리즘, 차량 통신 등 여러 기술 분야에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. 그 중, 센서 융복합을 통해 차선 기반의 자차 위치를 인식할 수 있는 고정밀 측위 기술은 자율주행제어 및 자율주행 서비스를 위해 필수적으로 전제되어야 하는 기술 조건인 만큼 매우 중요한 연구 분야이다[1]. 이를 위해 실내 연구 환경 또는 LOS 환경의 주행시험장 뿐만 아니라 다양한 악의 조건을 가진 실도로에서의 고정밀 측위 기술 성능을 평가하는 연구도 동시에 비중있게 다룰 필요가 있다[2]. 이때 정확히 차선 중심을 주행하는 자율주행차량으로 시험한다면 고정밀 측위 기술의 성능 평가를 위한 주행 시나리오(주행 조건, 주행 구간 등) 또는 정적(지형, 구조물 등)/동적 환경(인접 차량 타입, 날 등)에서의 성능 평가가 가능하지만, 현실적으로 악의 조건을 갖춘 모든 실도로에서 자율주행으로 시험하는 것은 분명히 한계가 있다. 따라서 대부분 실도로 주행 시험의 경우 운전자가 주행할 수 밖에 없는 환경이므로 본 논문에서는 운전자의 운전 습관/패턴/트래픽 상황 등으로 발생할 수 있는 측위 오차를 최대한 배제하고 실도로의 시험에서 차선 중심을 주행하여 평가의 일관성과 반복성이 보장 가능한 방법을 제시하여 실차기반 측위 성능 평가 신뢰도를 향상시키고자 한다.

II. 본론

1. 악의 조건 실증 구간 환경 분석

본 연구는 자차 위치 인식에 대해 2가지 이상의 악의적 환경 조건을 포함하는 곳을 실증 구간으로 선정하였으며, 상하행 고도 및 측위 환경이 상이한 복층 해상 교량, GNSS 신호가 차폐되는 터널/지하차도, 횡풍의 영향을 많이 받는 해상 교량, 그리고 고층 건물이 밀집한 도심로(센텀시티) 일부가 포함되어 있다. 부산광역시의 벡스코역에서 감천지하차도까지 약 60km 왕복 구간이 실증 도로에 해당하며, 표 1과 같이 전체 실증 구간 중 약 76.7%인 46km 구간이 측위를 위한 악의적 조건을 갖춘 환경이다.

[표 1. 악의조건 공간 정보 분석]

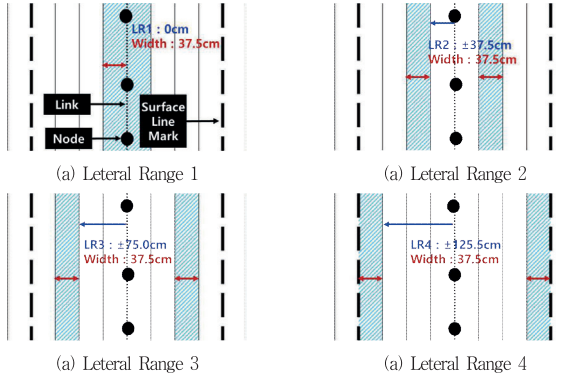
구분	시설명	길이(km)	폭(m)	높이(m)	제한속도
터널	천마터널	3.28	19	4.4	70kph
지하차도	신선대지하차도	1.8	20	4.35	60kph
톨게이트	천마TG	-	-	-	-
	감만TG	-	-	-	-
	영도TG	-	-	-	-
	광안대교TG	-	-	-	-
고가교	남향교	1.25	18.5	-	-
	부산향대교접속교	3.3	18.6	-	-
	대연교	0.36	8.5	-	-
해상교량	남향대교	1.9	18.5	-	80kph
	부산향대교	3.36	18.6	-	80kph
	광안대교(접속교)	5.8	25	-	80kph
	광안대교(현수교)	0.9	25	-	80kph
	광안대교(트러스교)	0.72	25	-	80kph

2. 실차 기반 측위 성능 평가를 위한 주행 보조 시스템

실증 구간에서 주행 기반 측위 성능을 평가하기 위해 기준 좌표를 사용하여 오차 정도를 분석하는 것이 가장 일반적으로 제시하는 방법이다. 성능 평가 결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해 기준 좌표의 정확도를 검증하는 것은 물론, 특정 운전자의 주행 성향(예를 들면, 차선에 근접한 편향 주행)으로 인해 발생하는 측위 오차 및 인식 오류(자차 위치 인식 또는 차선 위치 인식)를 최소화하기 위해 차선 중심에 맞추어 주행이 가능하도록 하여 시험 과정에 대한 신뢰성을 높일 필요가 있다.

본 연구는 RT3000(OxTS) 장비의 기준 좌표를 사용하였으며, 이는 실도로 주행 시에도 종/횡방향 오차범위 이내(10cm)의 정밀도를 보장한다는 것을 전제로 하였다. 횡방향 오차 평가를 위해 운전자가 차선 중심에 맞추어 주행할 수 있도록 정밀도로지도의 링크(차선 중심 선, Link)와 차선(노면 선, Surface Line Mark)을 레퍼런스로 사용하였고, 종방향 오차 평가를 위해

노드(링크의 시작과 끝 점)를 레퍼런스로 사용하였다. 본 논문에서 제시하는 시스템은 그림 2와 같이 도로폭의 규격에 따라 적절한 횡방향 주행 범위 (Lateral Range, LR)를 LR1~4로 나누어 운전자가 LR1의 상태를 유지하며 주행할 수 있도록 가이드를 제시함과 동시에 주행 시 LR 정보와 영상 데이터를 함께 취득하여 누적된 데이터 분석에 활용하도록 하였다.

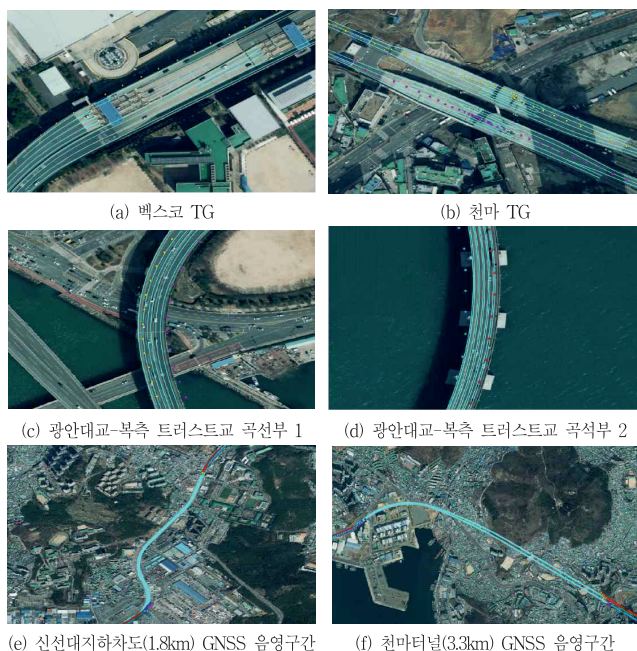


[그림 2. Lateral Range 레벨 기준 예시(도로폭이 3m인 경우)]

또, 기준 좌표와 주행 경로 전방 노드와의 거리와 평가 대상이 되는 측위 장치와 동일한 전방 노드와의 거리를 실시간으로 추출하여 두 거리가 50cm 이하 충족 여부를 평가하도록 하였다.

3. 측위 성능 평가를 위한 주행 환경 분석 방법

본 연구는 실증 도로 주행상황에서 종방향 및 횡방향 측위 정밀도가 50cm 이하가 되는 것을 목표로 하고 있다. 주행 보조 시스템은 서로 다른 운전자가 시험을 진행하여도 일관성 있도록 주행 상태를 유지하기 위한 정보를 제공할 뿐만 아니라, 실차 기반 성능을 분석하기 위해 기준 좌표의 오차 정보와 주행 환경 정보를 함께 취득하도록 하였다. 따라서 측위 정보의 평균 오차만 측정하여 평가하는 것이 아니라 그림 3과 같이 악의 조건 구간(표1), 상행/하행 구분, 주행 날짜/시간/날씨 구분, 그리고 영상 데이터를 통해 주행 시 인접차량의 타입 등 주행 환경에 따른 측위 오차



[그림 3. 악의적 환경의 측위 오차 분포 분석]

정도를 상세하게 분석할 수 있도록 하였다. 이를 통해 평가하고자 하는 측위 기술이 측위 오차가 크게 발생한 구간에 대해 구체적인 주행 환경과 상황을 데이터로 제시하여 기술 개선 및 향상에 기여하고자 한다.

III. 결론

본 논문에서는 차량을 비롯한 도로에서 주행하는 측위 장치의 성능을 평가하기 위한 시험절차 및 시나리오를 실도로에서 반복 주행 시험할 경우, 일관성을 보장 가능한 방법을 제안하였고, 해당 기법이 적용된 주행 보조 시스템을 통해 취득된 데이터를 기반으로 주행 환경을 분석하는 방법도 함께 제시할 수 있었다.

현재는 누적된 분석 정보를 기반으로 도로 폭에 따라 균등한 비율로 LR을 산정하였지만, 본 연구를 고도화하여 주행 환경 정보에 따라 오차가 큰 구간이나 상황에서 LR이 동적으로 설정될 수 있도록 하여 주행 상황에 따른 정보 제공이 가능하도록 다양한 동적 환경이 존재하는 실도로 주행 시험의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

또한 LR 정보의 구분과 취득을 통해 차량의 주행 방향/속도/주행 도로의 곡률 등에 따라 차선 변경 시 데이터 변화 추이를 상세하게 분석하는 것이 가능하므로 실시간 차선 변경에 대한 자차 위치 인식 기술 및 차선 기반 자율주행서비스의 고도화에도 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2025년 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 자율주행기술개발혁신사업(과제명 : 악의 조건 주행 환경에서 연속 대응 가능한 Hyper 차차 위치 인식 기술 개발, 과제번호 : 20018198) 연구지원에 의해 수행됨

참 고 문 헌

- [1] 사의환, 최경수, 김성진, “자율주행 차량용 복합측위 모듈의 실차 성능 평가 방안 연구” 제어로봇시스템학회 하계학술대회, 2021
- [2] 서상원, 이명수, 한종호, 윤하늘, 우동균, 조봉균, “GNSS 음영지역 내 지형적 악의조건에 대한 자차위치 평가방법에 관한 연구,” 한국자동차 공학회 추계학술대회, 2024
- [3] 김민우, 문상찬, 주다니, 이진기, 김병수, 이순걸, “영상에 의한 DGPS기반의 LDWS 오작동 주행 평가,” 한국자동차공학회 춘계학술대회, 2013
- [4] 사의환, 최민경, 최경수, 김성진, 이정욱, 최동걸, “도로 내 정밀도로 지도 속성을 갖는 객체 인지를 이용한 자율주행 차량 측위 연구,” 한국산학 기술학회논문지 제26권 제1호, 2025