

남극 트래버스 차량의 주행 환경 데이터 측정 기술 연구

Research on Driving Environment Data Measurement Technology
for Traverse Vehicles in Antarctica



2025. 02. 28.

한 국 해 양 과 학 기 술 원
부 설 극 지 연 구 소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “남극 트래버스 차량의 주행 환경 데이터 측정 기술 연구”과제의 (최종)보고서로 제출합니다.

2025. 2. 28.



연구책임자 : 윤 동 진

참여연구원 : 정 창 현, 김 형 권, 이 주 한
신 동 섭, 김 수 환, 최 형 규
김 형 준, 주 동 찬, 김 고 홍
전 성 준, 박 호 제, 김 홍 귀
한 상 우

보고서 초록

과제관리번호	PE24340	해당단계 연구기간	1년	단계 구분	1 / 1	
연구사업명	중 사 업 명					
	세부사업명	신진연구원 지원과제				
연구과제명	중 과 제 명					
	세부(단위)과제명	남극 트래버스 차량의 주행 환경 데이터 측정 기술 연구				
연구책임자	윤 동 진	해당단계 참여연구원수	총 : 15 명 내부 : 15 명 외부 : 명	해당단계 연구비	정부: 30,000 천원 기업: 천원 계: 30,000 천원	
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원부설 극지연구소 미래기술센터		참여기업명	해당없음		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :			
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :			
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)					보고서 면수	
- 주행 환경 데이터 측정 기술 : 운전자 보조 시스템 개발을 위해 센서 데이터를 수집·저장·처리하는 기술을 활용 - 설상 주행 차량 특성 파악 : 트랙형 차량의 주행 특성과 설상 환경에서의 적응성을 분석 - 운전자 보조 시스템 개발을 위한 필요 데이터 식별 : 설상 차량용 운전자 보조 시스템 개발을 위한 데이터 및 센서를 정의 - 주행 환경 데이터 수집장치 샘플 제작 및 시험: 데이터 수집장치를 설계·제작하고 시험 - 주행 환경 데이터 활용계획 수립: 수집된 데이터를 활용한 연구 및 자율주행 로드맵을 수립						
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	남극 트래버스, 운전자 보조 시스템, 센서융합, 자율주행, 주행환경 정보				
	영 어	Antarctic Traverse, Driver Assistance System (DAS), Sensor Fusion, Autonomous Driving, Driving Environment Information				

요 약 문

I. 제 목

- 남극 트래버스 차량의 주행 환경 데이터 측정 기술 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 연구 개발 목적
 - 남극 트래버스 차량의 주행 환경 데이터 수집을 위한 데이터 수집 장치(DAQ) 설계 및 샘플제작
- 연구 개발의 필요성
 - 극지연구소의 남극 내륙 진출 계획에 따라 남극의 연구 영역이 확대되고 있으며, 내륙 진출을 위한 트래버스의 중요성이 강조되고 있음
 - 트래버스 차량의 운전자는 거친 노면환경 및 고도로 집중해야하는 상황에 오랫동안 노출되어 지속적으로 높은 수준의 스트레스를 받게 됨
 - 이에 따라 운전자의 피로도를 경감시키고, 트래버스 효율을 높이기 위해 자율주행기반의 운전자 보조시스템의 개발이 필요
 - 자율주행을 실현하기 위해서는 다양한 센서들이 사용되며, 센서들이 대상 차량에 장착되어 수집한 데이터를 바탕으로 자율주행 알고리즘을 설계하므로 자율주행 기반의 운전자 보조시스템의 개발을 위해서는 실 주행환경에서 대상 차량의 센서 데이터를 수집 할 수 있는 데이터 수집 시스템 개발이 선행되어야 함.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 설상 주행 차량 특성 파악 및 운전자 보조 시스템 개발을 위한 필요 데이터 식별
 - 기술조사 및 운전자 인터뷰
 - 보유 장비 기술자료 검토
- 주행 환경 데이터 수집장치 샘플 제작 및 시험
 - 수집 데이터 유형 및 센서 선정
 - 데이터 수집장치 설계 및 제작

- 데이터 수집장치 시험 및 수정보완
- 주행 환경 데이터 활용계획 수립
 - 수집 데이터의 가시화 및 활용계획 수립
 - 데이터 통합 알고리즘 개발
 - 남극 트래버스 자율주행관련 연구 로드맵 작성

IV. 연구개발결과

- 남극 트래버스 차량용 운전자 보조시스템 개발에 필요한 센서 데이터 식별 완료
- 주행 환경 데이터 수집장치를 위한 센서선정 및 기구장치 설계
- 제작된 주행환경 데이터 수집장치 국내 데이터 취득 시험 및 데이터 분석 완료
- 주행 환경 데이터 활용계획 및 남극 트래버스 자율주행 연구 로드맵 작성 완료

V. 연구개발결과의 활용계획

- 남극현장에서의 시험평가 및 데이터 수집을 통해 확보된 주행데이터를 활용하여 자율주행 연구에 필요한 기술기반을 마련
- 외부 센서에 의한 데이터와 더불어 차량 플랫폼에서 얻을 수 있는 데이터(조향각, RPM 등)를 추가로 수집할 수 있는 기능을 추가하여 수집데이터의 범위 확대
- KPDC를 통해 자율주행 관련 국내 연구기관에 수집 데이터를 공유하여 극지 자율주행 연구 활성화

극지연구소

S U M M A R Y

I. Title

- Research on Driving Environment Data Measurement Technology for

II. Purpose and Necessity of R&D

- Purpose of the Research and Development
 - Design and prototype development of a data acquisition system (DAQ) for collecting driving environment data of Antarctic traverse vehicles.
- Necessity of the Research and Development
 - As the Korea Polar Research Institute (KOPRI) expands its inland Antarctic expedition plans, the importance of traverse vehicles is growing.
 - Drivers of traverse vehicles are exposed to harsh road conditions and must maintain high concentration for extended periods, leading to sustained high stress levels.
 - To reduce driver fatigue and enhance traverse efficiency, it is necessary to develop a driver assistance system based on autonomous driving technology.
 - Realization of autonomous driving requires various sensors, and autonomous algorithms are designed based on the data collected from these sensors mounted on the target vehicle.
 - Therefore, the development of a data acquisition system capable of collecting sensor data from actual driving environments must precede the development of autonomous driving-based driver assistance systems.

III. Contents and Extent of R&D

- Identification of Vehicle Characteristics on Snow Terrain and Required Data for Driver Assistance System Development
 - Technical investigations and driver interviews
 - Review of technical documentation of available equipment
- Prototype Development and Testing of Driving Environment Data Collection Device
 - Selection of sensor types and data to be collected
 - Design and fabrication of the data acquisition device

- Testing, validation, and refinement of the device
- Establishment of Data Utilization Plan
- Visualization and planning for the use of collected data
- Development of a data integration algorithm
- Development of a research roadmap for autonomous traverse vehicles in Antarctica

IV. R&D Results

- Successfully identified sensor data required for the development of a driver assistance system for Antarctic traverse vehicles
- Selected sensors and designed mechanical components for the data acquisition system
- Completed domestic field testing and data analysis using the fabricated data acquisition system
- Finalized data utilization plan and roadmap for autonomous traverse vehicle research in Antarctica

V. Application Plans of R&D Results

- Utilize driving data collected through field tests in Antarctica to establish a technical foundation for autonomous driving research
- Expand the scope of collected data by adding capabilities to gather vehicle platform data (e.g., steering angle, RPM) in addition to external sensor data
- Share the collected data through KPDC with domestic research institutes to promote polar autonomous driving research

C O N T E N T S

Chapter 1 Introduction	1
1. Overview	1
2. Research Content and Implementation System	3
Chapter 2 Current R&D Status in Korea and Other Nations	6
1. Domestic Technology Development Status	6
2. International Technology Development Status	7
Chapter 3 R&D Implementation Contents and Results	9
1. Driving Environment Data Measurement Technology	9
2. Analysis of Characteristics of Snow Terrain Vehicles	12
3. Identification of Required Data for Driver Assistance System Development	15
4. Prototype Development and Testing of Driving Environment Data Collection Device	18
5. Establishment of a Plan for Utilizing Driving Environment Data	29
Chapter 4 R&D Goal Achievement and External Contribution	32
Chapter 5 Application Plans of R&D Results	33
Chapter 6 References	34

목 차

제 1 장 서론.....	1
제 1 절 과제 개요.....	1
제 2 절 연구내용 및 추진 체계.....	3
제 2 장 국내외 기술개발 현황.....	6
제 1 절 국내 기술개발 현황.....	6
제 2 절 국외 기술개발 현황.....	7
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과.....	9
제 1 절 주행 환경 데이터 측정 기술.....	9
제 2 절 설상 주행 차량 특성 파악.....	12
제 3 절 운전자 보조 시스템 개발을 위한 필요 데이터 식별.....	15
제 4 절 주행 환경 데이터 수집장치 샘플 제작 및 시험.....	18
제 5 절 주행 환경 데이터 활용계획 수립.....	29
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도.....	32
제 5 장 연구개발결과의 활용계획.....	33
제 6 장 참고문헌.....	34

그 림 목 차

그림 1 상용차량의 자율주행을 위한 주요 구성	3
그림 2 남극 트래버스 주요 장비	3
그림 3 주행 환경 데이터 수집용 센서 및 수집데이터 예시	4
그림 4 연구개발 추진체계	5
그림 5 극지연구소 무인지상차량(GENTU)	6
그림 6 영상, 조작 성능 테스트를 위한 소형로봇 플랫폼	6
그림 7 휠-트랙 구동 아이디어 검증을 위한 구동 모듈 샘플	6
그림 8 남극 트래버스용 트랙터와 썰매 구성	7
그림 9 트랙터 및 썰매의 자유물체도	7
그림 10 선두 추종 제어 구조도	7
그림 11 챌린저 차량 및 센서 장착 형상	7
그림 12 스노모빌에 의한 눈보라, 보행자에 대한 센서 데이터	8
그림 13 운전자 보조 시스템 개발을 위한 센서 설치 예	10
그림 14 대한민국 극지연구소 K루트 탐사팀 탐사선단 차량 구성	13
그림 15 LiDAR센서의 거리 측정 원리	16
그림 16 LiDAR센서를 활용한 주행가능 영역 탐색	17
그림 17 3D-LiDAR 샘플 데이터	20
그림 18 센서 라인업별 수직분해능 비교	20
그림 19 LiDAR 스캐너 전방 스캔 범위	21
그림 20 피칭 상황에서의 스캔범위	21
그림 21 스테레오 카메라를 활용한 맵핑	22
그림 22 기구장치 설계 결과	23
그림 23 제작 완료된 주행환경 데이터 수집장치	24
그림 24 ROS2 rviz2 센서 데이터 시각화	25
그림 25 데이터 수집 소프트웨어	25
그림 26 차량의 천장에 설치된 주행데이터 수집장치	26
그림 27 차량 내부에 설치된 PC 및 전원장치	26
그림 28 수집 데이터 분석	27
그림 29 주행 궤적 데이터	27
그림 30 주행궤적 데이터(구글맵 오버레이)	28
그림 31 주행환경 데이터 수집 경로 계획	29
그림 32 남극 트래버스 자율 주행 연구 로드맵	31

표 목 차

표 1 수집데이터 예시	4
표 2 운전자 보조 시스템 개발을 위한 배경기술	9
표 3 주행환경 데이터 수집을 위한 주요기술 - 센서기술	9
표 4 주행환경 데이터 수집을 위한 주요기술 - 데이터 저장 기술	10
표 5 주행환경 데이터 수집을 위한 주요기술 - 데이터 처리 기술	10
표 6 주행환경 데이터 수집을 위한 주요기술 - 데이터 분석 기술	11
표 7 애커만 조향 방식을 가진 차량의 전륜 휠 조향각 차이	13
표 8 차동 조향 방식의 조향각 다이내믹 모델	14
표 9 운전자 보조 시스템 종류	15
표 10 데이터 수집 일정계획 및 세부내용	29
표 11 수집데이터 종류 및 센서 설정	30
표 12 수집 데이터 활용 방안	30



제 1 장 서론

제 1 절 과제 개요

1. 배경 및 필요성

- 극지연구소의 남극 내륙 진출 계획에 따라 남극의 연구 영역이 확대되고 있으며, 내륙 진출을 위한 트래버스의 중요성이 강조되고 있음
- 트래버스 차량의 운전자는 거친 노면환경 및 고도로 집중해야하는 상황에 오랫동안 노출되어 지속적으로 높은 수준의 스트레스를 받게 됨
- 이에 따라 운전자의 피로도를 경감시키고, 트래버스 효율을 높이기 위해 자율주행기반의 운전자 보조시스템의 개발이 필요
- 자율주행을 실현하기 위해서는 다양한 센서들이 사용되며, 센서들이 대상 차량에 장착되어 수집한 데이터를 바탕으로 자율주행 알고리즘을 설계하므로 자율주행 기반의 운전자 보조시스템의 개발을 위해서는 실 주행환경에서 대상 차량의 센서 데이터를 수집할 수 있는 데이터 수집 시스템 개발이 선행되어야 함.

가. 기술적 측면

- 자율주행 차량을 개발하기 위해서는 실환경에서 획득한 센서 데이터 세트가 필수적이며, 이러한 센서 데이터를 활용하여 주행에 필요한 다양한 알고리즘을 개발하고 검증함
- 장거리의 내륙 진출루트에 대한 연속적인 환경데이터 축적은 자율주행 연구 이외에 다른 연구분야에서도 데이터들의 새로운 상관관계를 도출할 수 있는 기초적인 자료가 될 수 있음

나 경제·산업적 측면

- 접근이 어려운 극지역에서의 주행환경 데이터를 취득하기 위해서는 긴 시간과 많은 비용이 소모되므로 취득한 데이터의 공유를 통해 다른 연구자들의 비용절감
- 미국 Cold Regions Research and Engineering Laboratory에서는 극지역의 트래버스에서 효율적인 트래버스를 위해 유인의 선두 차량을 추종하는 무인 후행 차량과 트레일러의 동역학 모델개발 등 관련 연구를 최근까지 수행하고 있음

다 과학적 측면

- 급변하는 기후변화, 해수면 상승 등으로 인하여 극지에 대한 연구 필요성이 높은 상황이지만 척박한 환경으로 인하여 연구 활동의 무인화, 자동화에 대한 수요가 증대되고 있음. 이에 대응하기 위해서는 실상 환경에서의 무인 이동 기술에 대한 체계적인 접근이 필요
- 눈, 사스트루기, 빙하 표면등 다양한 지면조건에 강인한 자율주행 알고리즘의 개발은 비슷한 환경에 노출되는 우주탐사 로버에 활용될 수 있어 상호보완적인 연구로써 활용 가치가 높음

라 사회·문화적 측면

- 글로벌 자동차 업계의 화두인 자율주행기술을 극지 과학 연구에 접목하는 연구를 수행하여 대한민국의 과학 기술수준의 위상을 제고하고 극지연구활동 홍보에 활용할 수 있음

2. 연구 목표

가. 설상 주행 차량 특성 파악 및 운전자 보조 시스템 개발을 위한 필요 데이터 식별

- 기술조사 및 운전자 인터뷰
- 보유 장비 기술자료 검토

나. 주행 환경 데이터 수집장치 샘플 제작 및 시험

- 수집 데이터 유형 및 센서 선정
- 데이터 수집장치 설계 및 제작
- 데이터 수집장치 시험 및 수정보완

다. 주행 환경 데이터 활용계획 수립

- 수집 데이터의 가시화 및 활용계획 수립
- 데이터 통합 알고리즘 개발
- 남극 트래버스 자율주행관련 연구 로드맵 작성



제 2 절 연구 내용 및 추진 체계

1. 연구 내용

가. 설상 주행 차량 특성 파악 및 운전자 보조 시스템 개발을 위한 필요 데이터 식별

○ 기술조사 및 운전자 인터뷰

- 상용차량의 운전자 보조시스템 기술을 분석하여 설상이동차량에 적용할 수 있는 기술을 식별하고 수집하여야 하는 데이터를 분석
- 실제 차량을 운행하는 운전자와의 인터뷰를 통해 설상 주행차량의 특성을 파악하고 필요한 운전자 보조시스템의 유형에 대한 의견 수집



그림 1 상용차량의 자율주행을 위한 주요 구성

○ 보유장비 기술자료 검토

- 남극 트래버스에서 주로 사용되는 트랙형 차량의 주행특성을 파악하고 수집해야 하는 주요 데이터 항목 식별
- 차량 자체에서 수집가능한 데이터 식별 및 데이터 획득 방안 확인

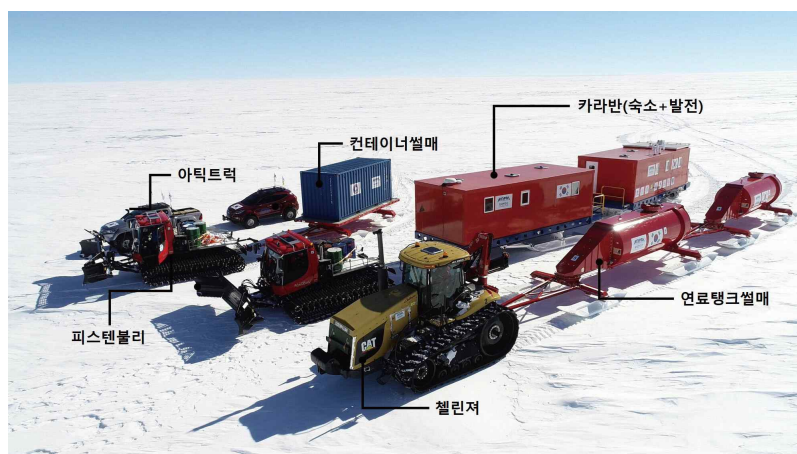


그림 2 남극 트래버스 주요 장비

나. 주행 환경 데이터 수집장치 샘플 제작 및 시험

○ 수집 데이터 유형 및 센서 선정

- 운전자 보조시스템의 개발에 필요한 환경 데이터 중 중요도, 우선순위, 난이도등을 종합적으로 고려하여 수집데이터 항목을 선정하고 필요한 센서를 선정

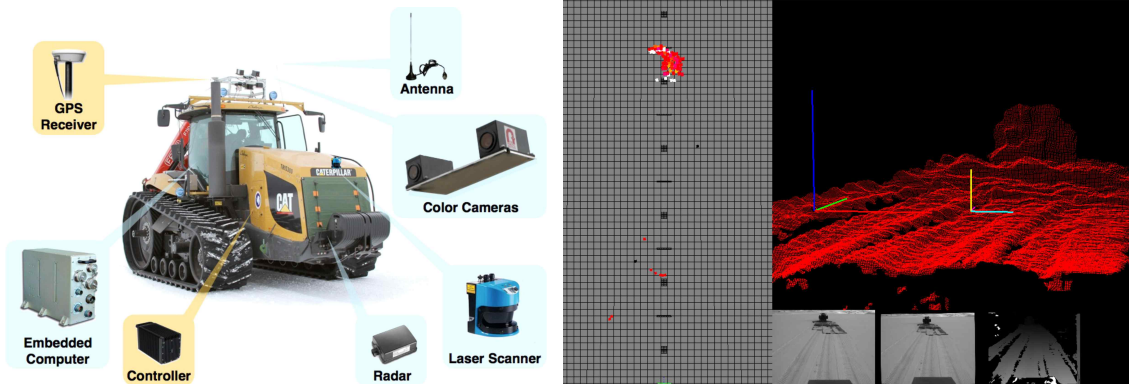


그림 3 주행 환경 데이터 수집용 센서 및 수집데이터 예시

○ 수집 데이터 예시

항목	센서	활용예	주요제품
위치정보	관성항법센서	- 차량의 주행경로 - 차량의 거동(Roll, Pitch, Yaw)	
장애물정보	스테레오 카메라	차량 전방의 장애물 및 지형 데이터 취득	
장애물정보	레이저 스캐너 (LiDAR)	차량 전방의 장애물 및 지형 데이터 취득	
기상정보	온습도 센서	차량 주변 온도 측정	

표 1 수집데이터 예시

○ 주행 환경 데이터 수집 장치 샘플 제작 및 시험

- 선정된 센서 데이터 수집을 위한 하드웨어 및 OS를 선정하고 센서별 인터페이스, 데이터 형태 및 용량, 데이터 시간 동기화 방안을 고려하여 데이터 수집 장치 설계 및 샘플 제작
- 제작된 주행 환경 데이터 수집 장치의 테스트를 통해 남극 환경에서 설상이동차량 적용 가능여부 판단

다. 주행 환경 데이터 수집 계획 수립

- 남극 환경에서의 데이터 수집 계획 수립
 - 시험과정에서 수립된 주행 환경 데이터를 분석할 수 있는 가시화 방안을 마련하고 수집된 데이터의 활용 계획을 수립
 - 주행 환경 데이터 수집 장치 샘플의 시험 결과를 분석하고 남극 현장의 설상 주행차량에 적용하기 위한 수정보완 계획 수립
- 남극 트래버스 자율주행관련 연구 로드맵 작성
 - 관련 연구동향에 대한 조사와 관련 전문기관과의 자문을 통해 극지연구소 남극 트래버스 자율주행 연구에 대한 연구 로드맵 작성

2. 추진체계

가. 미래기술센터-남극내륙연구사업단-데이터연구지원실간 협력 하여 과제 수행

나. 극한지에서 로봇 운영 경험이 있는 기관들로부터 기술 자문 수행

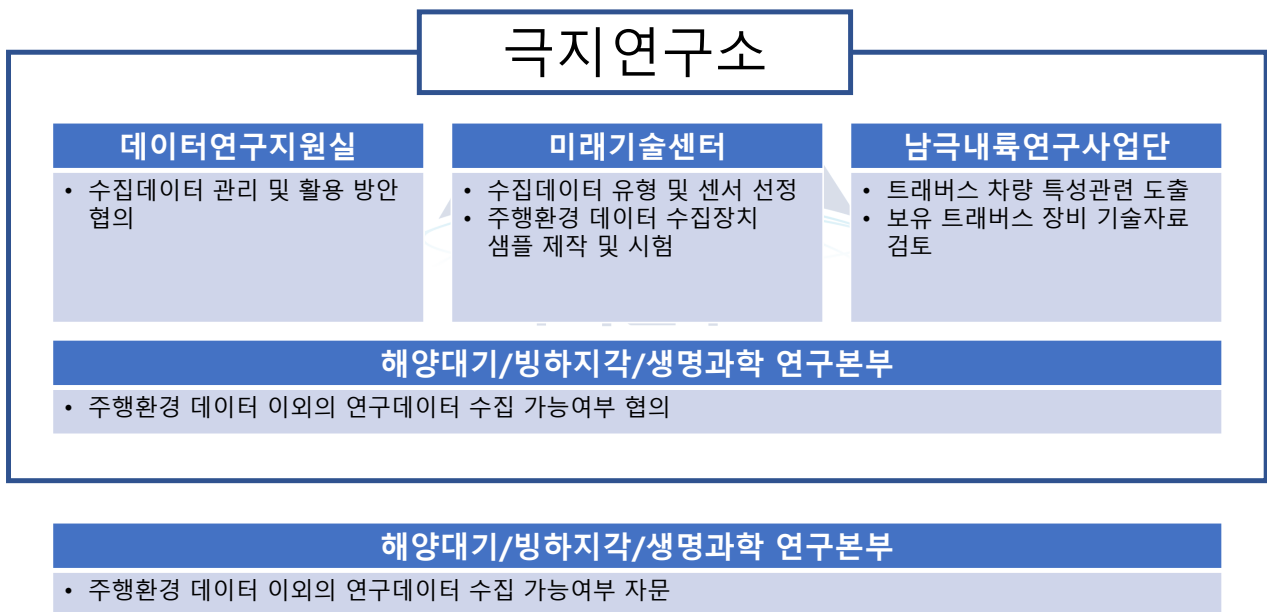


그림 4 연구개발 추진체계

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술개발 현황

1. 중형 사이즈 무인지상차량(UGV) 개발 및 남극 현지 시험

- 미래기술센터에서 2018년도부터 극지 탐사용 무인차량을 제작하여 2019-2020 남극 하계 시즌에 브라우닝패스 구간 크레바스 탐사에 활용



그림 5 극지연구소 무인지상차량(GENTU)

- 설계 과정에서 도출되는 파라미터인 Weight, Ground clearance, Wheel size 등과 탐사 과정에서의 무인지상차량 성능과 관련된 Velocity, Duration, Range, Path-following tolerance 와 같은 데이터 확보는 진행하고 있음
- 단 로봇의 주행영상이나 설면의 형태에 대한 주행 환경에 대한 데이터는 확보하지 못함

2. 소형 사이즈 육상 로봇 기획 연구 및 샘플 제작 시험

- 한국과학기술연구원(KIST)과 공동으로 소형 사이즈의 육상 로봇에 대한 기획 연구를 수행하였으며 기획 연구 아이디어 검증을 위한 샘플 플랫폼 제작



그림 6 영상, 조작 성능 테스트를 위한 소형로봇 플랫폼



그림 7 휠-트랙 구동 아이디어 검증을 위한 구동 모듈 샘플

- 소형 사이즈의 이동 로봇 플랫폼 샘플로써 제작되었으며 설상에서의 테스트는 미완료 상태
- 모든 육상로봇 샘플은 플랫폼의 주행성능 검증을 위하여 제작 되었으며 주행환경에 대한 정보를 수집할 수는 없음

제 2 절 국외 기술개발 현황

□ 미국, Cold Regions Research and Engineering Laboratory(CRREL)

- 선행차량을 따라가는 자율주행 개발을 위해 트랙터와 썰매의 동역학 모델에 대한 연구 수행

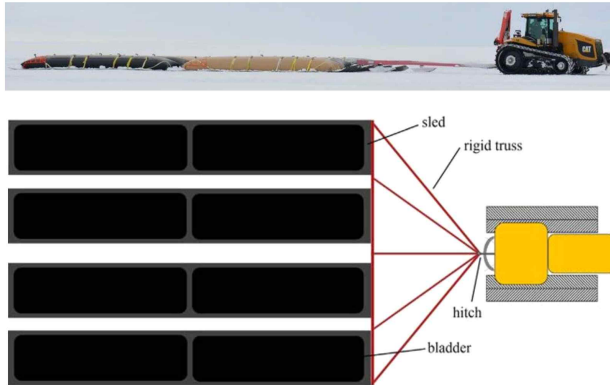


그림 8 남극 트래버스용 트랙터와 썰매 구성

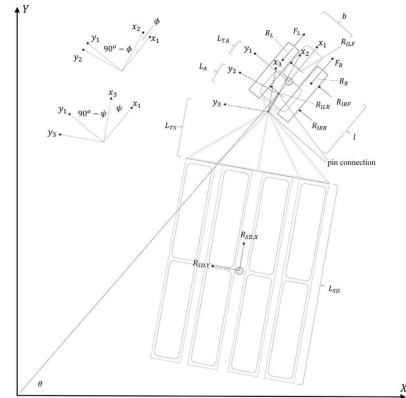


그림 9 트랙터 및 썰매의 자유물체도

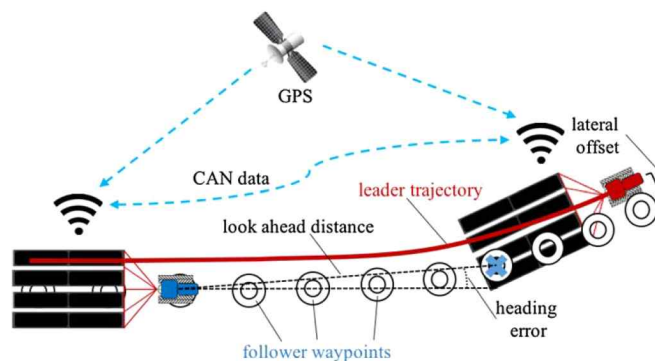


그림 10 선두 추종 제어 구조도

□ 미국, Robotics Institute Technical Report Carnegie Mellon University

- 챌린저 트랙터에 다양 센서를 부착하여 자율주행에 필요한 데이터를 획득하고 획득된 데이터를 평가함
- 근거리 보행자, 근거리/원거리 선행 차량, 지면, 선행차량의 눈보라등 다양한 데이터를 획득하고 평가함



그림 11 챌린저 차량 및 센서 장착 형상

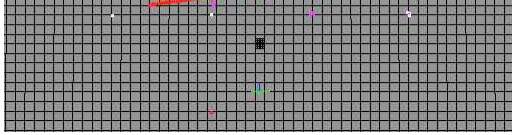


그림 12 스노모빌에 의한 눈보라, 보행자에 대한 센서 데이터

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 주행 환경 데이터 측정 기술

- 자동차-IT 융합 분야 중에서 운전자 보조 시스템은 센서 및 카메라에서 감지한 외부 환경정보를 바탕으로 운전자로 하여금 적절한 조치를 취하게 하거나, 자동적으로 차량을 제어하여 보다 안전한 운전 환경을 구축함으로써 차량사고에 의한 피해를 최소화 혹은 차단하는 다양한 시스템을 말함
- 운전자 보조 시스템의 개발을 위해서는 다양한 배경기술들이 사용됨

배경기술	설명
인간-기계 상호작용	운전자 보조 시스템은 운전자의 인지적 감각적 한계를 보완하기 위한 시스템으로, 시스템은 사용자와 직관적으로 상호작용해야 하며, 정보 제공방식이 과부하를 초래하지 않아야 함
제어이론	차량의 모델에 기반하여 차량의 종/횡방향에 대한 속도, 가속도 제어기술이 필요 기타 차량의 여러 구성요소를 제어하기 위한 다양한 하드웨어 및 제어 기법이 사용
센서퓨전	LiDAR, 카메라, GNSS, IMU센서들의 다양한 정보를 환경인식에 적합하도록 융합하는 기술
환경인식	차량의 주변에 대한 정보를 통해 차량주변의 환경을 인식하여 장애물 회피, 경로생성등을 수행
인간의 인지 및 반응	인간의 여러 감각채널을 통해 정보를 전달하여야 하므로 이를 고려한 설계 필요 선택 옵션이 증가함에 따라 반응시간이 길어지므로 직관적인 UX/UI개발 필요

표 2 운전자 보조 시스템 개발을 위한 배경기술

- 이러한 운전자 보조 시스템의 개발을 위해서는 차량이 운행하게 될 주변환경에 대한 지면환경, 장애물 등에 대한 데이터를 측정하여 배경자료로 활용해야함
- 주행 환경 데이터 수집을 위한 핵심요소에 대한 주요기술은 다음 표와 같음

종류	주요 기능	장점	단점
카메라	차선, 신호등, 표지판, 차량, 보행자 인식	높은 해상도, 색상 정보 제공	조명 변화, 날씨에 민감함
LiDAR (Light Detection and Ranging)	3D 공간 데이터 획득, 장애물 탐지	높은 정밀도, 거리 측정 정확	비용이 높고, 악천후에서 성능 저하
레이더	차량 및 장애물 거리·속도 측정	날씨 영향 적음, 실시간 속도 측정 가능	해상도가 낮아 형태 구분 어려움
초음파 센서 (Ultrasonic Sensor)	근거리 장애물 감지 (주차 보조)	저속 환경에서 유용, 비용 저렴	감지 범위 짧고, 고속 주행에 부적합
GNSS 및 IMU (Inertial Measurement Unit)	차량 위치 및 이동 추적	장거리 이동 시 위치 정확	실내·고층 지역에서 오차 발생

표 3 주행환경 데이터 수집을 위한 주요기술 - 센서기술



그림 13 운전자 보조 시스템 개발을 위한 센서 설치 예

종류	주요 기능	장점	단점
로컬 스토리지 (On-board Storage)	차량 내부 저장장치(SSD, HDD)를 이용한 데이터 저장	실시간 저장 가능, 인터넷 연결 불필요	저장 용량 제한, 데이터 백업 필요
클라우드 스토리지 (Cloud Storage)	5G/LTE를 통해 원격 서버에 데이터 저장	무제한 확장 가능, 중앙 집중식 관리	네트워크 지연 발생 가능, 보안 이슈
엣지 컴퓨팅 (Edge Computing)	차량 내 장치에서 일부 데이터 실시간 처리 후 저장	데이터 전송 부담 감소, 반응 속도 향상	고성능 컴퓨팅 장치 필요
분산 데이터베이스 (Distributed Database)	여러 서버에 데이터를 분산 저장하여 병렬 처리	대용량 데이터 관리 가능, 빠른 검색 속도	시스템 구축 비용이 높음

표 4 주행환경 데이터 수집을 위한 주요기술 - 데이터 저장 기술

종류	주요 기능	장점	단점
센서 퓨전 (Sensor Fusion)	여러 센서 데이터를 융합 하여 정확한 환경 인식	데이터 신뢰도 향상, 오차 보정 가능	복잡한 알고리즘 필요
데이터 필터링	센서 오차 및 노이즈 제거	측정값 정확도 향상	연산량이 많음
데이터 압축 및 인덱싱	저장 공간 절약, 검색 속도 향상	데이터 처리 속도 향상	압축률에 따라 데이터 손실 가능

표 5 주행환경 데이터 수집을 위한 주요기술 - 데이터 처리 기술

종류	주요 기능	장점	단점
머신러닝 기반 예측 (LSTM, XGBoost 등)	차량의 주행 패턴 분석 및 위험 예측	사고 예방 가능, 데이터 학습 가능	대량의 학습 데이터 필요
딥러닝 (Deep Learning, CNN, RNN)	객체 탐지 및 주행 경로 예측	높은 정확도, 자동 피처 학습	고성능 GPU 필요
빅데이터 분석 (Hadoop, Spark 등)	대규모 주행 데이터를 분석하여 도로 패턴 예측	트래픽 분석 및 경로 최적화 가능	연산 비용이 큼

표 6 주행환경 데이터 수집을 위한 주요기술 - 데이터 분석 기술



제 2 절 설상 주행 차량 특성 파악

- 본 절에서는 남극 트래버스에서 활용되는 차량의 측성에 대해 파악하고 운전자 보조시스템 개발을 위해 고려해야 할 사항에 대해 확인하고자 한다.
- 남극에서 화물운송등의 트래버스 활동을 하는 세계 각국의 선단을 살펴보면 대부분 트랙형 차량(Tracked Vehicle)을 주로 사용한다. 이는 트랙을 사용하는 차량의 특성이 눈과 얼음이 대부분인 남극 환경에 적합하기 때문이다. 일반적으로 문명권의 포장된 도로에서 사용되는 차륜형 차량(Wheeled Vehicle)과 험지에서 주로 사용되는 트랙형 차량의 특성은 다음과 같다.

○ 구동력

구분	차륜형 차량	트랙형 차량
지면 접촉면적	좁음 (타이어 크기에 따라 결정)	넓음 (트랙 전체가 접촉)
구동계 (트랜스미션)	수동(MT), 자동(AT), CVT, DCT 등 다양한 변속기 사용 고속에서 낮은 기어비 사용	유압식 트랜스미션 (Hydrostatic Transmission) 모든 속도에서 일정한 기어비 사용
견인력	상대적으로 낮음	높은 견인력 제공 (특히 눈, 진흙, 모래에서 유리)
구름 저항	낮음 (도로 환경에 따라 다름)	높음 (지면과의 접촉 면적이 커서 마찰 증가)

○ 조향

구분	차륜형 차량	트랙형 차량
조향 방식	앞바퀴 또는 모든 바퀴를 회전시켜 방향 전환 (Ackerman Steering)	양쪽 트랙의 속도 차이를 이용한 차체 선회 (Differential Steering)
회전 반경	비교적 크며 속도에 따라 변함	제자리 회전 가능 (Zero Turning Radius)
선회 시 미끄러짐	타이어 접지력이 낮은 환경에서 언더스티어 또는 오버스티어 발생 가능	트랙이 지면을 긁으며 선회하므로 미끄러짐이 적음

○ 주행안정성

구분	차륜형 차량	트랙형 차량
횡방향 안정성	고속 코너링 시 롤링(Rolling) 발생 가능	트랙이 넓게 분포되어 롤링이 적음
지형 적응성	포장도로에서 우수한 안정성	험지 및 경사로에서 우수한 안정성

○ 연료효율성

구분	차륜형 차량	트랙형 차량
구름 저항	낮음	높음
마찰 손실	적음	높음
고속 주행 연료 소모	상대적으로 적음	속도가 증가할수록 연료 소비 증가
오프로드 주행 연료 소모	연료 소모량이 크게 증가	저속에서 일정한 연료 소비율 유지



그림 14 대한민국 극지연구소 K루트 탐사팀 탐사선단 차량 구성

- 트랙형 차량과 차륜형 차량의 가장 큰 동역학적 특징은 조향 방식에 있다. 일반적인 차륜형 차량은 애커만 조향(Ackerman Steering) 방식을 사용한다. 애커만 조향은 차량이 회전할 때, 모든 바퀴가 동일한 회전 중심을 공유하도록 조향각을 조정하는 방식이다. 이를 통해 내측 바퀴와 외측 바퀴의 조향 각의 차이를 최적화 하여 타이어의 마찰과 마모를 최소화하고, 차량이 자연스럽게 회전할 수 있도록 한다.
- 애커만 조향의 메카니즘은 아래와 같다. 여기서 횡방향 힘이 없어서 후륜에서 슬립이 발생하지 않는다면 선회 중심은 후륜 구동축의 연장선상에 위치하게 된다. 이때 전륜 양측 바퀴가 슬립이 발생하지 않고 차량이 회전하기 위해서는 전륜 내측 바퀴의 조향각과 전륜 외측 바퀴의 조향각에는 차이가 발생하게 된다.

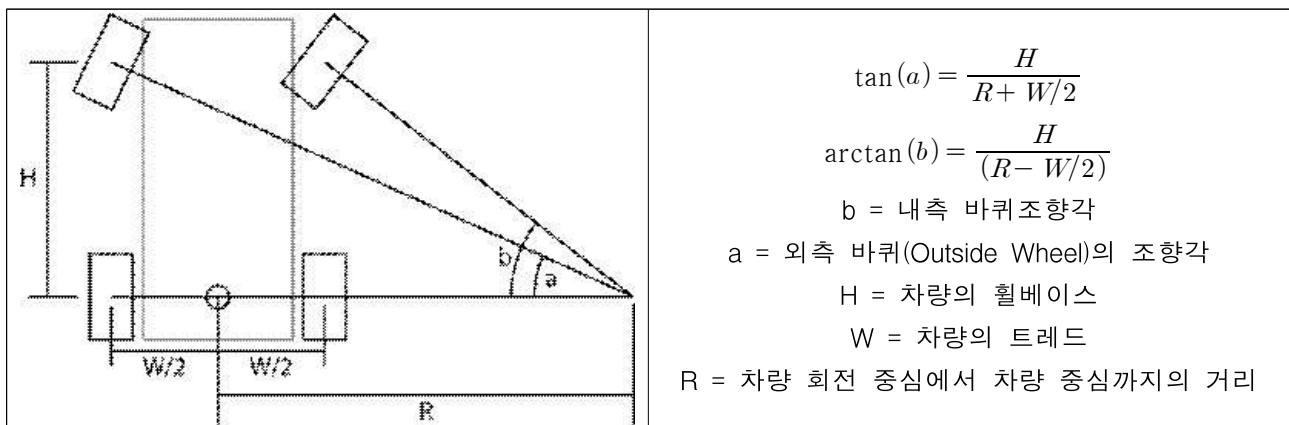


표 7 애커만 조향 방식을 가진 차량의 전륜 휠 조향각 차이

- 이와 달리 트랙형 차량, 흔히 무한궤도 차량이라고 불리는 유형의 차량을 차륜형 차량과

달리 양쪽 궤도의 속도차를 이용하여 방향을 바꾼다. 조향 방식은 차동조향, 클러치-브레이크조향 방식이 대표적이다. 다음은 차동조향 방식의 조향각 수학적 모델이다.

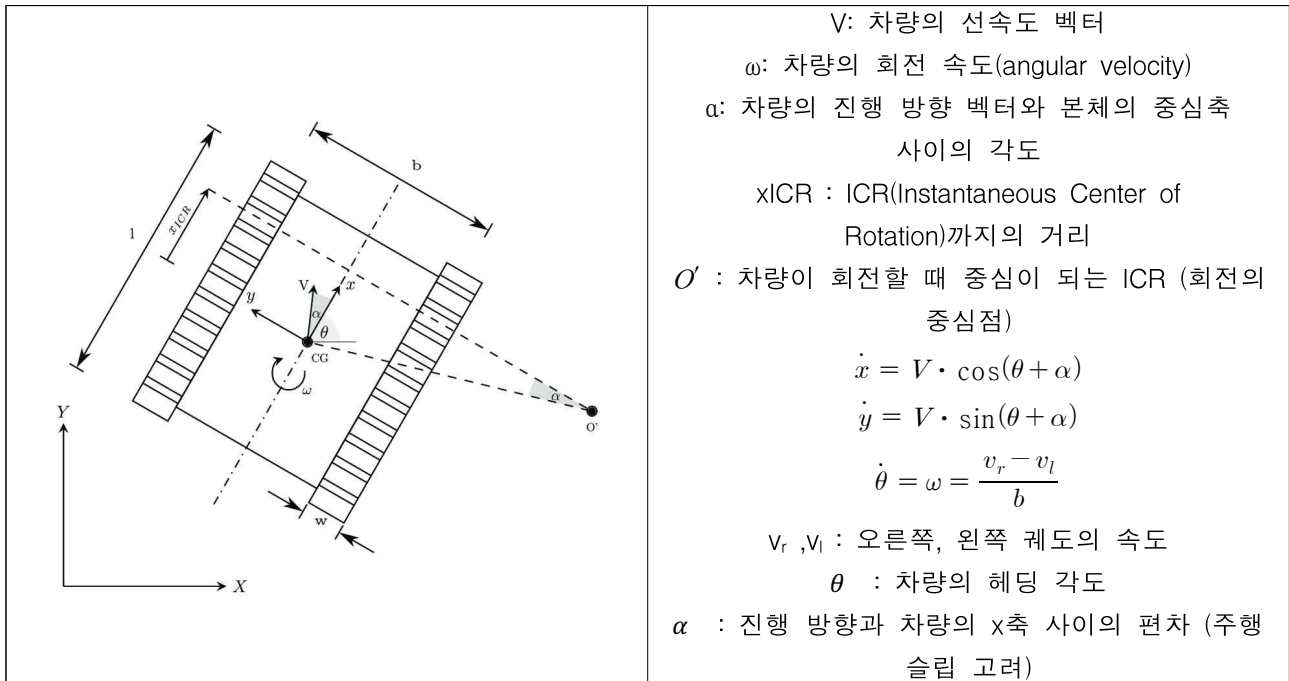


표 8 차동 조향 방식의 조향각 다이내믹 모델

- 이와 같이 트랙형 차량은 회전시 궤도가 미끄러 지면서 움직이기 때문에 순수회전 조건이 거의 성립하지 않는다. 이에 따라 트랙형 차량을 제어하기 위해서는 슬립효과를 고려한 비선형 모델이 필요하게 되고 이는 제어로직의 복잡도가 올라가는 악영향을 끼친다. 또한 슬립에 의한 마찰손실로 에너지 효율이 떨어진다.
- 하지만 트랙형 차량은 차륜형 차량과 달리 지면과의 접촉면이 더 넓기 때문에 접지압 (pressure per unit area)이 낮다. 따라서 눈, 진흙, 모래 같은 연약 지반에서도 침하가 적고 부양력이 뛰어나며 이에따라 견인력 또한 차륜형 차량보다 크다. 이러한 특성으로 인해 눈과 얼음이 많은 극지방의 트래버스에서는 트랙형 차량을 주로 사용한다.

제 3 절 운전자 보조 시스템 개발을 위한 필요 데이터 식별

- 본 절에서는 일반적인 상용차량에 적용된 운전자 보조시스템(DAS, Driver Assistance Systems)에 대해 알아보고 남극 트래버스 차량에 적용이 가능한 기능을 식별하고자 한다.
- 자동차 제조사들은 운전자의 안전과 편의성 향상을 위해 다양한 운전자 보조시스템들을 연구개발하고 있으며 근래에는 더욱 정교하고 신뢰성 높은 보조기능들을 제공하고 있다. 근래에 적용되고 있는 대표적인 운전자 시스템의 종류와 기능은 다음과 같다.

종류	기능
전방 충돌 방지 보조, FCA (Forward Collision-Avoidance Assist)	전방 차량/보행자와의 충돌 위험 감지 시 경고 또는 자동 제동
차로 유지 보조, LKA (Lane Keeping Assist)	차선 이탈 감지 시 경고 또는 조향 보조로 차로 유지
스마트 크루즈 컨트롤, SCC (Smart Cruise Control)	앞차와의 거리 유지하며 속도 자동 조절
후측방 충돌 방지 보조, BCA (Blind-spot Collision-Avoidance Assist)	차선 변경 시 후측방 차량 감지 및 경고/제동
고속도로 주행 보조, HDA (Highway Driving Assist)	고속도로에서 차로 유지 + 정속 주행 + 앞차 추종 통합 제어
주차 충돌 방지 보조, PCA (Parking Collision-Avoidance Assist)	주차 중 후방 장애물 감지 시 경고 및 자동 제동
스마트 주차 보조, SPA (Smart Parking Assist)	자동으로 주차 공간 탐색 및 주차/출차 지원

표 9 운전자 보조 시스템 종류

- 이러한 일반적인 차량에 적용되는 운전자 보조시스템 기술을 참고하여 남극의 트래버스 차량에 필요한 운전자 보조시스템을 식별하기 위해 실제 남극 환경에서 차량을 운행하는 운전자와의 인터뷰를 진행하였다.

일시 : 2024. 06. 00

인터뷰 대상 : 남극 내륙연구 사업단 000

- 남극의 극한 환경에서 피스텐볼리를 운전할 때 가장 도전적인 부분은 무엇인가요?

전방 지형 파악의 어려움, 기상변화의 예측 불가능

- 장시간 운전 시 가장 피곤한 요소는 무엇이며, 이를 개선하기 위한 보조 시스템이 있다면 어떤 것이 효과적일까요?

능동형 서스펜션 시트: 충격과 진동을 최소화해 운전자 피로도 감소

주의 집중 감지 시스템: 눈 깜빡임, 시선 추적, 얼굴 각도 분석으로 졸음 감지

- 내비게이션 시스템이나 GPS 기능이 트래버스에서 얼마나 중요한 역할을 한다고 생각하시나요? 더 개선될 점이 있을까요?

시야가 제한되는 기상상황에서 필수적인 요소임

- 눈 속에서 방향을 잃지 않도록 도와주는 시스템은 어느 정도 중요하다고 생각하시나요?

매우 중요. 방향을 잃는 것은 대원의 생존과 직결 됨

- 만약 자율주행 시스템이 도입된다면, 어느 정도까지 운전 보조를 받아들이고 싶으신가요?

전적으로 자율주행에 맡기긴 어려움. 다만, 상용차의 크루즈 기능이나 장애상황(크레바스 등)에서의 자동정지 기능, 전방 지형 분석기능은 매우 유용할 것으로 보임

- 인터뷰 내용을 바탕으로 남극 트래버스 차량에 필요한 운전자 보조시스템 중 하나는 차량의 전방 지형을 파악하고 가장 평탄한 경로를 제안하는 기능이 필요한 것을 파악하였다.
- 차량 전방의 지형을 파악하기 위한 센서로 가장 효과적인 센서는 LIDAR센서이다. LiDAR센서는 전방의 물체에 레이저를 조사하여 돌아오는 시간을 계산하여 전방의 물체와의 거리를 계산한다. 이러한 센서데이터를 축적하면 전방의 지형에 대한 포인트 클라우드 데이터를 수집할 수 있고 수집된 포인트 클라우드 데이터를 처리하여 전방의 지형에 대해 분석하고 가장 요철이 적고 평탄한 지형을 제안할 수 있다.

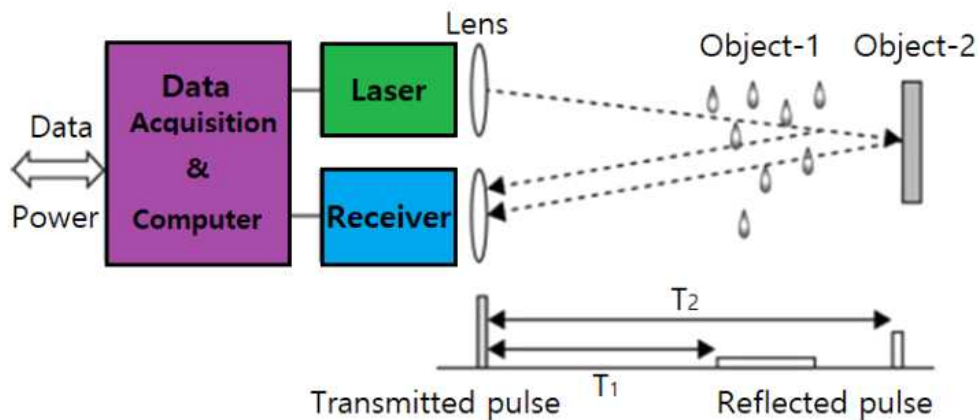


그림 15 LiDAR센서의 거리 측정 원리

- 특히 LiDAR센서의 장점 중 하나는 멀티 에코 기능이다. 멀티 에코기능은 하나의 레이저 펄스를 여러번 반사된 신호로부터 복수의 반환 데이터를 수집하는 기술이다. 이러한 기술은 복잡한 환경이나 반투명한 물체, 식생이 많은 지형에서 매우 유용하게 사용된다.
- 남극에서의 주행환경에는 강설에 의한 눈이나 강풍에 흩날리는 눈이 전방시야에 큰 영향을 주게 된다. 이런 상황에서 LiDAR센서의 멀티에코 기능을 이용하면 운전자의 시야 개선에 도움을 줄 수 있다.

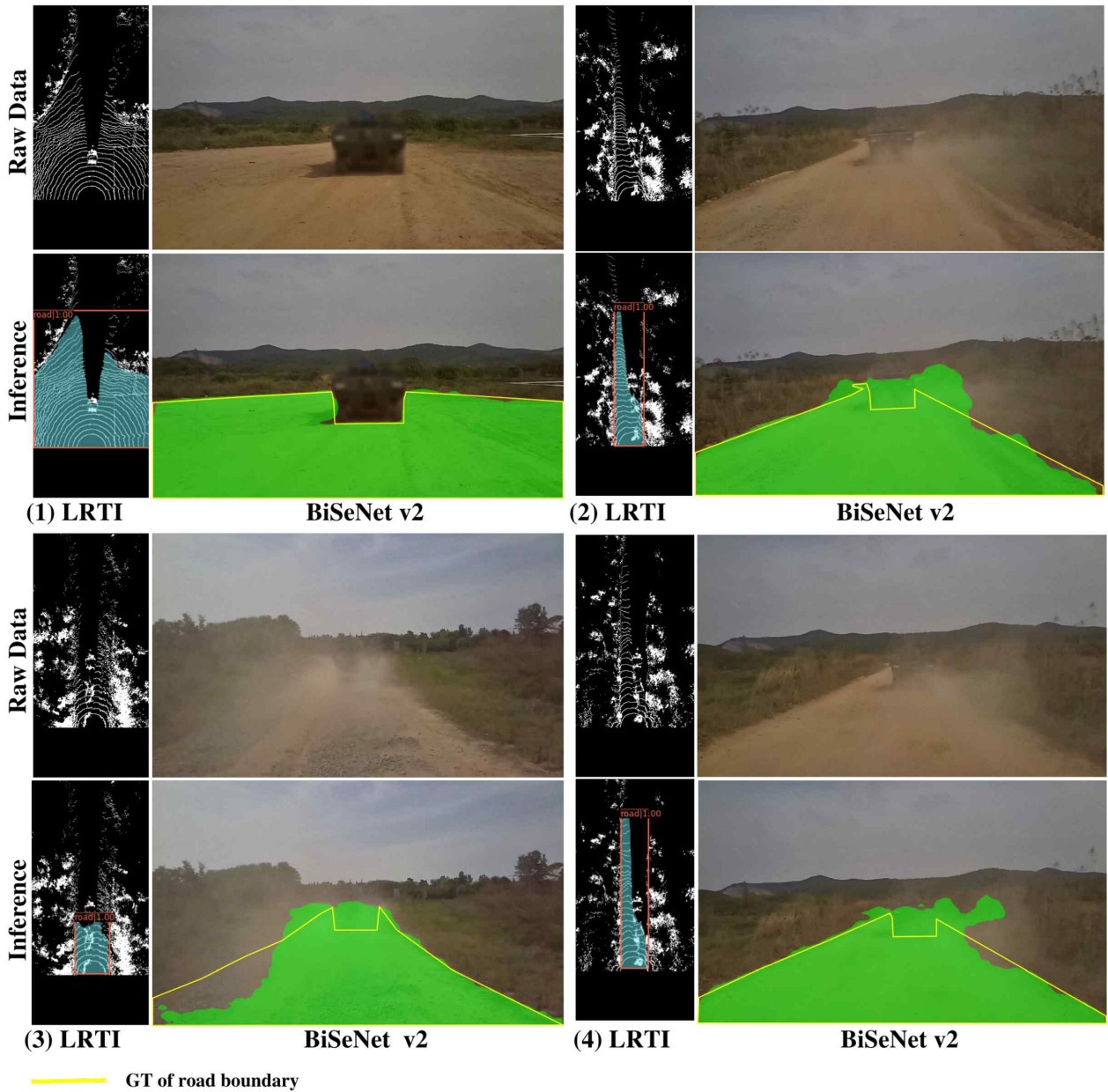


그림 16 LiDAR센서를 활용한 주행가능 영역 탐색

- 두 번째로 요구되는 기능은 선행차량의 경로를 추종하는 기능이었다. 이러한 기능을 구현하기 위해서는 선행차량의 주행궤적을 누적하여 후행차량에 전달하고 이를 적절한 거리간격을 두며 따라가능 기능의 개발이 필요하다. 이러한 기능을 구현하기 위해서는 선행차량의 GNSS 좌표정보가 필요하다.

제 4 절 주행 환경 데이터 수집장치 샘플 제작 및 시험

- 본 절에서는 앞 절에서 식별한 데이터들을 수집하기 위해 선정된 센서들과 이를 통합하여 주행환경 데이터를 수집하는 장치를 개발하는 과정에 대해 설명한다.
- 앞절에서 식별한 수집해야하는 데이터와 이러한 데이터를 수집하기 위한 센서의 리스트는 다음과 같다.

구분	센서유형	모델명	스펙
지형 정보	레이저 스캐너 (LiDAR)	 Helios32 H32F70	- 레이저 채널 수: 32채널 - 레이저 파장: 905nm (Class 1 눈 안전 등급) - 수직 시야각 (Vertical FoV): 총 70도 (-55° ~ +15°) - 수평 시야각 (Horizontal FoV): 360도 - 수직 각도 해상도: 최대 1.33도 - 수평 각도 해상도: 0.1도 / 0.2도 / 0.4도 (선택 가능) - 최대 측정 거리: 최대 150m (반사율 10% 기준 110m) - 최소 감지 거리: 0.2m 이하 - 측정 정확도: ±1cm (전형적인 값) - 프레임 속도: 5Hz / 10Hz / 20Hz - 회전 속도: 300 / 600 / 1200 rpm - 포인트 출력 속도: - 단일 리턴: 576,000 pts/s - 이중 리턴: 1,152,000 pts/s - 전원 및 환경 - 전원 입력: 9V ~ 32V - 소비 전력: 약 12W - 작동 온도 범위: -40°C ~ +60°C - 보관 온도 범위: -40°C ~ +85°C - 방수/방진 등급: IP67, IP6K9K - 크기: 지름 100mm × 높이 100mm - 무게: 약 1.0kg - 데이터 출력: 이더넷(100Base-T1)을 통한 UDP 패킷 (좌표, 반사 강도, 타임스탬프 포함) - 시간 동기화 방식: \$GPRMC with 1PPS, PTP, gPTP 지원 - 넓은 수직 시야각을 통한 사각지대 최소화 - ±1cm 수준의 고정밀 거리 측정 - 극한 환경(-40°C)에서도 안정적 작동 - 환경 노이즈 제거 기능 탑재 (눈, 비, 안개 등) - 웹 인터페이스 기반 설정 및 모니터링 기능 제공

위치 정보 자세 정보	관성항법센서	MTI-680G	- 위치 정확도: 센티미터 수준 (RTK 적용 시) - 롤/피치: $\pm 0.2^\circ$ - 요(헤딩): $\pm 0.5^\circ$ RMS - 속도 정확도: 0.05 m/s RMS - 출력 주파수: 최대 400Hz - IMU 구성: 가속도계: $\pm 10g$ 자이로스코프: $\pm 2000^\circ/s$ 자력계: $\pm 8G$ - GNSS 수신기: u-blox ZED-F9 RTK GNSS 모듈 내장 - 인터페이스: UART, CAN, RS232 - 지원 프로토콜: Xbus, ASCII (NMEA), CAN - 입력 전압: 4.5V ~ 24V - 소비 전력: 1W 미만 - 크기 및 무게: 28mm × 31.5mm × 13mm / 98g - 방수/방진 등급: IP68 - 센티미터급 고정밀 위치 및 자세 추적 가능 - 고속 이동체 대응을 위한 400Hz 출력 - 다양한 통신 프로토콜과 인터페이스로 시스템 통합 용이 - 극한 환경에서도 안정적으로 작동
이미징 센서	스테레오 카메라	Realsense D435i	- 깊이 센서: 듀얼 글로벌 셔터 스테레오 카메라 - 깊이 해상도: 최대 1280×720 @ 90fps - 깊이 측정 범위: 약 0.2m ~ 10m 이상 - 시야각: 수평 85.2°, 수직 58° - RGB 카메라: 1920×1080 @ 30fps - IMU: 6자유도(6DoF) 관성 측정 장치 내장 - 프로세서: Intel RealSense Vision Processor D4 - 인터페이스: USB 3.1 Gen 1 Type-C - 크기 및 무게: 90mm × 25mm × 25mm / 약 72g - 내장 IMU로 움직임 보정 및 기본 SLAM 가능 - 실내외 환경 모두에서 안정적인 깊이 인식 제공 - 다양한 플랫폼에서 사용 가능한 오픈 소스 SDK 제공 - 소형 폼팩터로 로봇 및 시스템에 손쉽게 통합 가능

1. LiDAR

- 본 연구에서 선정한 LiDAR센서는 로보센스社에서 판매하는 32채널의 3D 라이다 센서이다. 이 센서는 자율주행차, 무인로봇, 스마트 교통 인프라 등에서 정밀한 주변 인식이 필요한 시스템에 적용되고 있다. 핵심적인 특징은 다음과 같다.

- 32개 레이저 채널을 이용한 정밀한 3D 포인트 클라우드 생성
- 360° 수평 시야각으로 전방위 스캔
- 최대 150m 측정 거리 (반사율에 따라 상이)
- 이중 리턴(Dual Return) 모드 지원으로 장애물 감지 향상
- IP67/IP6K9K 등급의 방수·방진 성능으로 실외 환경에 강함
- 정밀한 시간 동기화 기능 제공 (PTP, PPS, GNSS)

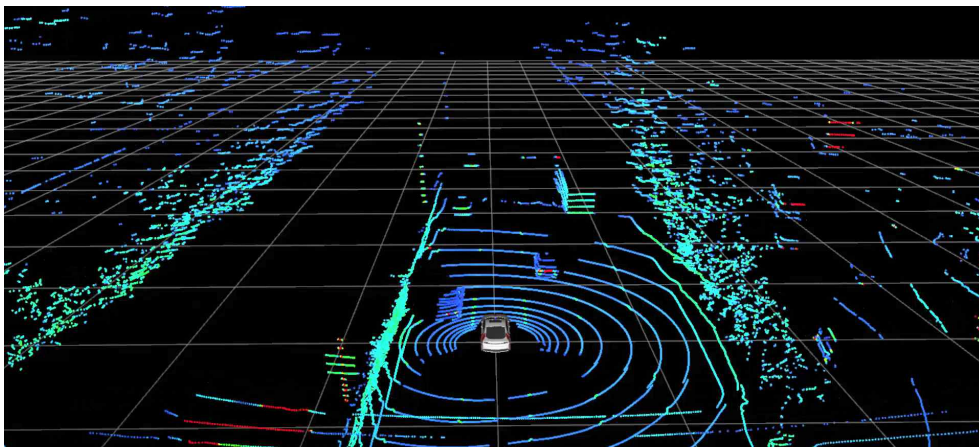
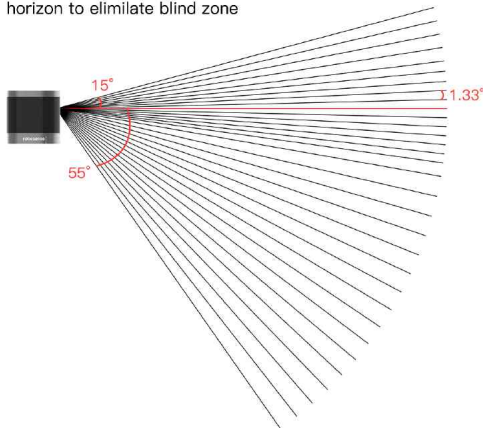
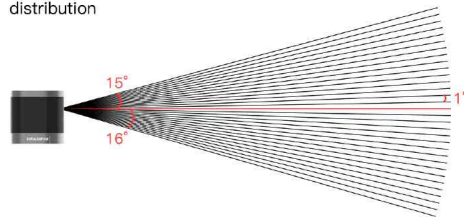


그림 17 3D-LiDAR 샘플 데이터

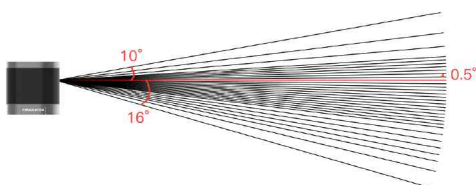
Helios 32: 70° Vertical FOV, 55° of FOV below horizon to eliminate blind zone



Helios 32: 31° Vertical FOV, 32-Beam even distribution



Helios 32: 26° Vertical FOV, gets denser in the middle part, up to 0.5° vertical angular resolution



Helios 16: 30° Vertical FOV, 16-Beam even distribution

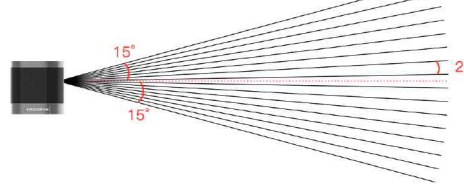


그림 18 센서 라인업별 수직분해능 비교

- 해당 센서는 센싱목적에 따라 여러 수직분해능과 스캔 범위를 가진 제품 라인업을 가지고 있다. 각각의 수직 분해능과 피스텐 불리에 장착했을 때의 스캔 범위를 고려했을 때 가장 적합한 모델은 70° 범위를 스캔할 수 있는 모델이 가장 적합했으며, 실제로 차량에 배치하였을 때의 스캔 가능한 범위는 그림 19과 같다. 이러한 스캔범위를 통해 차량의 피칭 상황에서도 최대한 넓은 범위의 지형정보를 획득할 수 있는 이점이 있다.

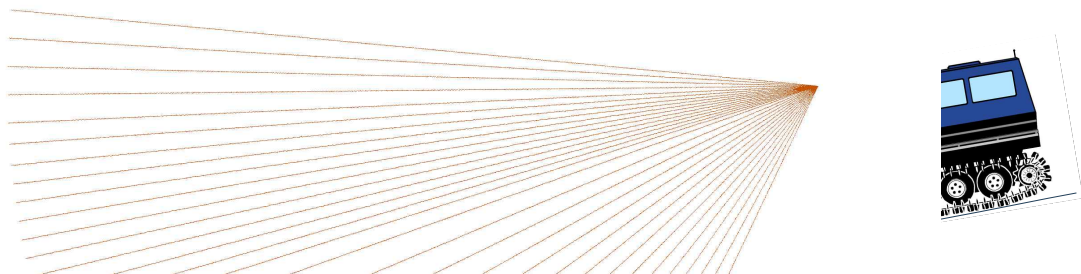
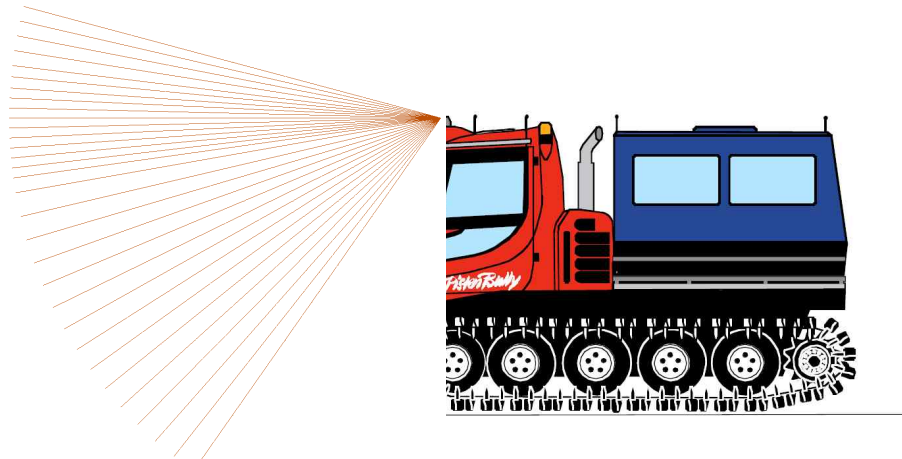


그림 20 피칭 상황에서의 스캔범위

- 단, 라이다 센서는 눈이 날리는 상황에서 눈 입자들에 의해 레이저가 산란되어 신호 감쇠가 발생하여 유효 측정거리의 감소로 이어진다. 또한, 눈과 얼음은 매우 반사율이 높기 때문에 센서의 수신부의 포화를 유발할 수 있다. 이러한 약점을 보완하기 위해 카메라와 같이 다중센서를 활용하는 방법을 사용하여야 한다.

2. 관성항법 센서

- 본 연구에서 선정한 관성항법 센서는 Xsens社의 MTI-600 시리즈의 한 제품으로 GNSS/INS 통합형 장치이며, RTK수신기를 경합하여 정확한 위치, 속도, 자세정보를 제공하는 센서이다.
- IMU 유닛에서는 가속도계, 자이로 스코프, 자력계를 통해 가속도, 각속도, 자기장정보를 수집하고, U-blox ZED-F9P 칩셈기반으로 위성으로부터 GNSS정보를 획득한다. 또한 Kalman Filter기반의 센서 퓨전 알고리즘을 통해 IMU와 GNSS 데이터를 융합하여 더욱 정확하고 안정적인 위치 및 자세 정보를 계산하여 출력한다.

- 본 센서는 RTK기능을 지원하나, 장시간 이동이 필요한 남극 트래버스의 운행 특성 및 보정정보를 수신할 수 없는 남극의 지역적인 한계로 RTK 기능은 활용할 수 없다. 따라서 GNSS 단독모드로 사용하여야 하며 이때의 위치오차는 정지상태에서 약 1~2.5m, 동적환경에서는 3~5m정도로 오차가 발생한다. 이러한 오차범위는 남극 트래버스 환경에서 일반적인 수준으로 데이터 수집을 위한 목적을 위해서는 충분한 스펙으로 판단된다.

3. 이미징 센서

- 거리정보 기반의 지형정보 및 위치 및 자세정보와 더불어 주변환경에 대한 시각정보는 주행환경을 파악하는데 매우 중요한 정보이다. 이런 주변환경에 대한 시각적인 정보를 수집하기 위해 이미징 센서를 선정하였으며 근거리에서 레이저 스캐너를 보완할 수 있는 스테레오 타입의 이미징 센서를 선정하였다.
- D435i 카메라는 인텔사에서 판매중인 깊이인식 3D카메라로 스테레오 카메라 기반의 센싱시스템을 탑재하고 있다. 주요 특징은 다음과 같다.
 - 스테레오 깊이 센서 + 컬러 RGB 카메라
 - 6축 IMU 내장: 가속도계 + 자이로스코프
 - 초소형 폼팩터: 로봇, 드론, 휴대 장비에 적합
 - USB 3.1 인터페이스로 실시간 데이터 전송
 - SDK 2.0 제공: Windows, Linux, ROS 지원
- 스테레오 카메라는 두 개의 동일한 이미지 센서를 이용해 사람의 양안 시각 원리처럼 3D 깊이 정보를 추정하는 방식으로, 두 개의 카메라가 같은 장면을 약간 다른 각도에서 촬영하고, 그 시차를 기반으로 거리를 계산하여 이미지의 픽셀 당 깊이를 추정한다.
- 데이터는 RGB이미지, Depth 이미지, Depth Point Cloud 타입으로 출력하는데 Depth Point Cloud데이터는 LiDAR의 Point Cloud데이터와 달리 각각의 포인트가 RGB정보를 포함한다는 차이점이 있다. 이러한 특징을 활용하여 RGB정보를 포함한 맵을 작성할 때 활용할 수 있다.

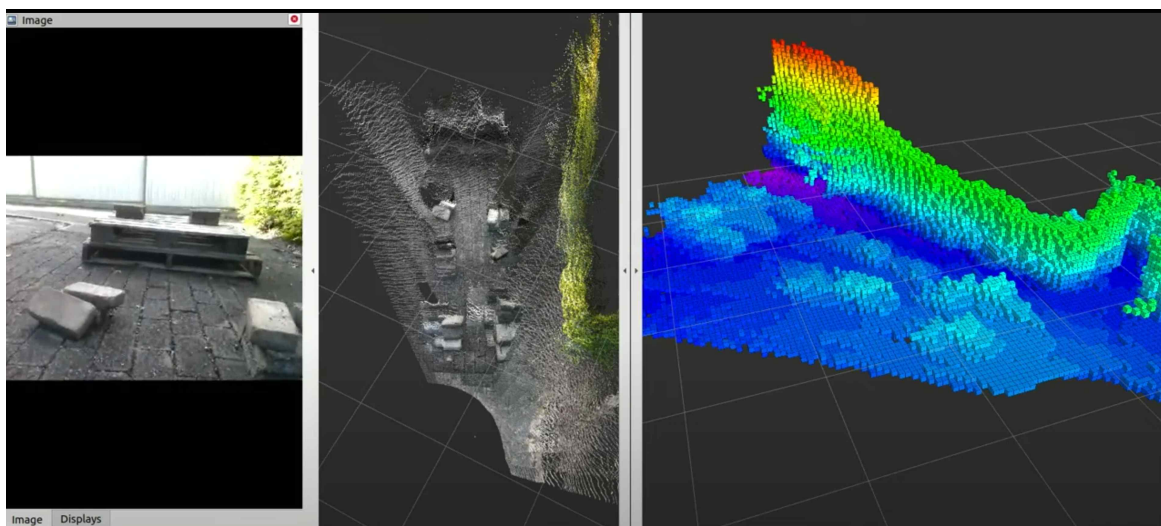


그림 21 스테레오 카메라를 활용한 맵핑

- 하지만 스테레오 카메라를 활용한 거리정보는 거리가 멀어질수록 그 정확도가 매우 떨어진다. 따라서 본 연구에서는 주로 LiDAR와 융합하여 LiDAR포인트 클라우드의 RGB데이터를 추출하는데 활용하고자 한다.
- 또한, 카메라의 경우 렌즈의 표면에 얼음이나 눈이 부착되게 되면 이미지 정보를 받을 수 없기 때문에 이를 위해 히팅 혹은 물리적인 렌즈 세척기능이 필요하다

4. 설계 및 제작

- 각 센서를 마운트 하고 주요 인터페이스 부품을 장착하기 위한 합체를 설계하고 제작하였다. 센서의 측정 중심을 최대한 일치 시키기 위해 모든 센서를 합체의 X축상에 일렬로 배치하였으며 뒤쪽으로 인터페이스를 위한 장치들을 배치하였다. 설계된 합체의 3D모델은 그림 22과 같다.

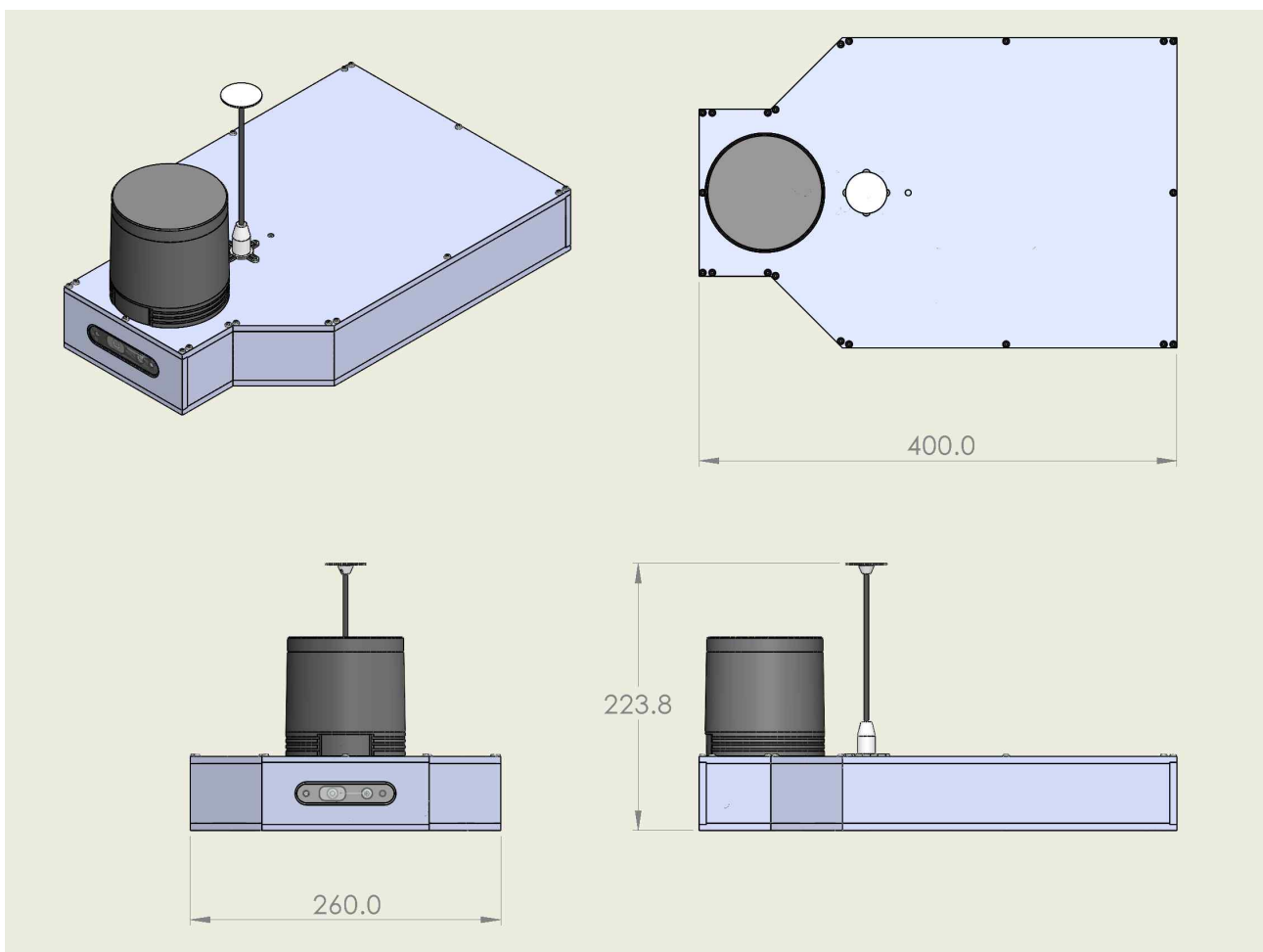


그림 22 기구장치 설계 결과

- 전원부의 경우 LiDAR는 별도의 12볼트 전원라인을 적용하였으며 추후 차량에서 공급되는 시거잭들의 전원을 공급받을 수 있도록 구성하였다. LiDAR는 UDP방식으로 통신하며 통신을 위한 RJ45인터페이스를 구성하였다. 그 외 IMU와 카메라의 경우에는 연결된 PC의 USB를 통해 전원을 공급받고 통신을 수행한다.
- 이와 같이 설계된 기구부품을 가공의뢰하여 제작 후 조립하여 최종적으로 그림 23과 같은 장치를 완성하였다.

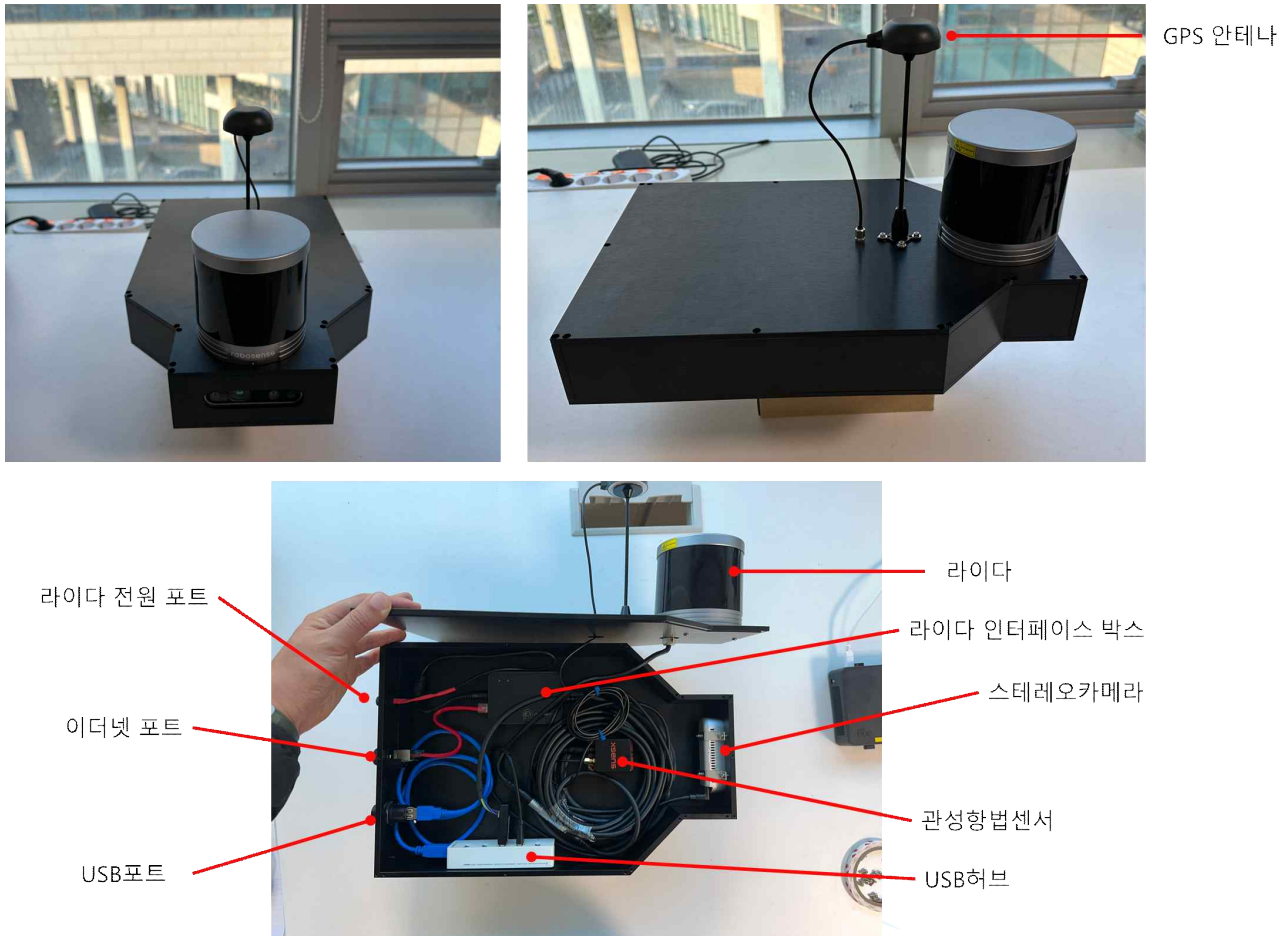


그림 23 제작 완료된 주행환경 데이터 수집장치

5. 소프트 웨어 개발

- 데이터 수집장치 소프트웨어는 ROS2기반으로 개발되었으며 개발환경은 다음과 같다.
 - 하드웨어 : Intel NUC베어본 PC
 - OS : Linux Ubuntu 22.04 LTS 및 ROS2
 - 개발언어 : Python
- ROS(Robot Operating System)는 로봇 소프트웨어 개발을 위한 오픈 소스 프레임워크로, 다양한 로봇 하드웨어와 소프트웨어 모듈을 효율적으로 연동하고 제어하기 위한 운영체제 수준의 통합 개발 환경을 제공한다. 전통적인 의미의 운영체제(kernel, driver 등)는 아니지만, 통신, 프로세스 관리, 하드웨어 추상화, 센서 통합, 시뮬레이션, 시각화 등 로봇 시스템 구현에 필수적인 기능들을 포괄적으로 지원한다. ROS는 분산 시스템 아키텍처를 기반으로 구성되어 있으며, 각 기능은 독립적인 노드(node)로 구현되고, 노드 간에는 메시지(message)를 주고받으며 Pub/Sub, Service, Action 등의 통신 인터페이스를 통해 유연하게 연결되어 이를 통해 센서 데이터 수집, 제어 명령 전달, 알고리즘 처리 등을 병렬적으로 수행할 수 있다.
- 데이터의 저장과 시각화를 위해 ROS2에서 제공하는 시각화 툴 rviz2를 사용하였으며 데이터의 저장과 재생을 위한 프로그램은 직접 개발하였다. 각 프로그램의 UI와 수집된 데이터의 샘플은 다음과 같다.

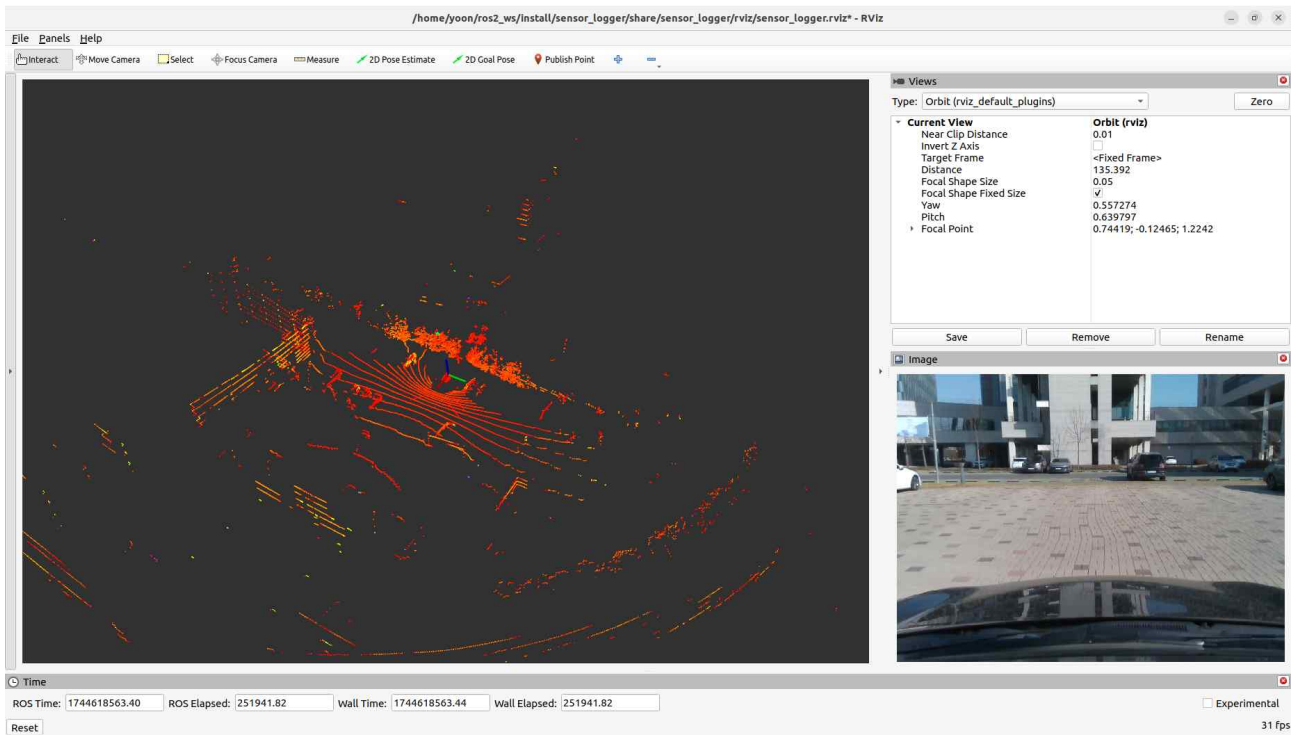


그림 24 ROS2 rviz2 센서 데이터 시각화



그림 25 데이터 수집 소프트웨어

6. 주행 데이터 수집장치 시험 및 결과

- 개발한 데이터 수집장치의 데이터 수집시험을 다음과 같이 수행하였다. 시험은 소내 주차장에서 수행하였으며 데이터 수집장치를 일반 SUV 차량의 천장에 고정하여 수행하였다.

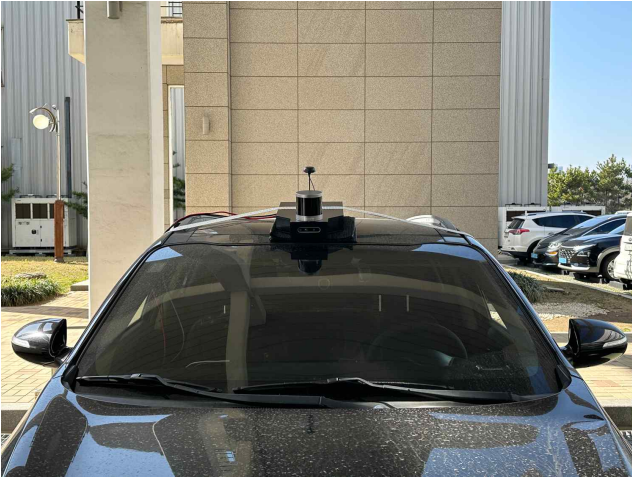
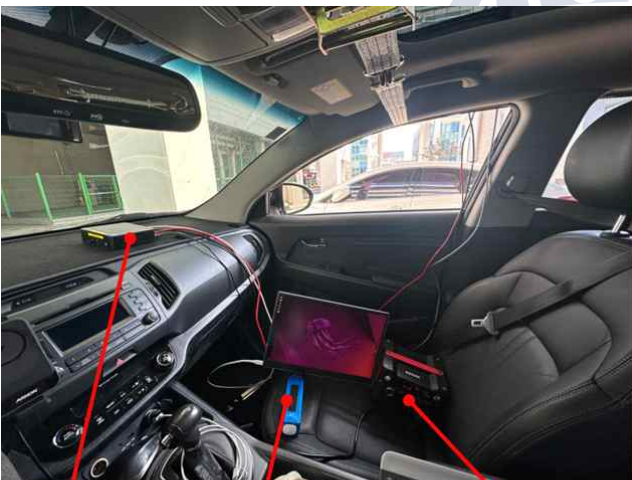


그림 26 차량의 천장에 설치된 주행데이터 수집장치

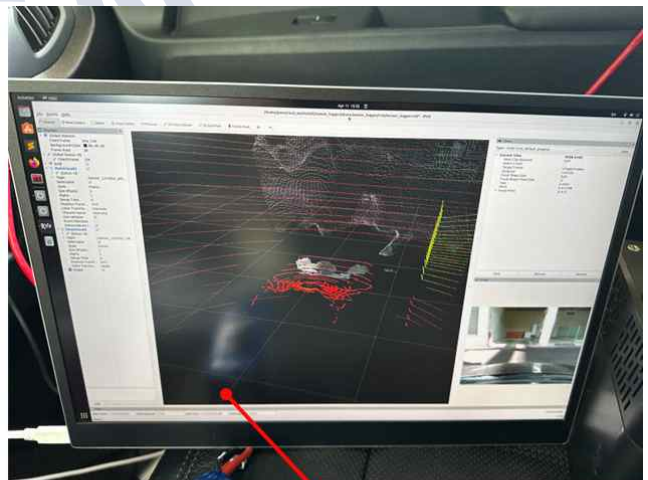
- 차량의 실내에는 PC와 전원장치를 보관하여 주행중 데이터가 들어오는 것을 확인하였다.



PC

LiDAR용
배터리

PC전원용 파워뱅크



출력되는 실시간 데이터

그림 27 차량 내부에 설치된 PC 및 전원장치

- 총 2회의 시험을 수행하였으며 수집된 데이터의 양은 다음과 같다. 가장 많은 데이터량을 차지하는 센서는 이미지 데이터가 포함된 카메라 센서였으며 레이저 스캐너, 관성항법 센서 순으로 데이터량이 많은 것을 알수 있었다.
- 또한, 초당 저장되는 약 19.89 MB로 상당히 많은량의 데이터가 수집됨을 알 수 있다. 남극 트래버스 차량이 비교적 저속으로 운행하는 점을 고려할 때 센서의 수집주기를 낮추는 것을 고려해야 할 것으로 보인다.

총 기록 시간	0:01:52
총 데이터 크기 (MB)	2227.82
평균 데이터 속도 (MB/s)	19.89

총 기록 시간	0:01:37
총 데이터 크기 (MB)	1949.03
평균 데이터 속도 (MB/s)	19.89

Topic	Messages	Total Size (MB)	Avg Size (MB)
/filter/euler	44808	2.22	0.00005
/filter/positionlla	44808	2.22	0.00005
/filter/quaternion	44808	2.56	0.000057
/filter/twist	44804	3.25	0.000072
/filter/velocity	44808	2.22	0.00005
/gnss	448	0.05	0.000122
/gnss_pose	44808	3.59	0.00008
/imu/acceleration	44808	2.22	0.00005
/imu/angular_velocity	44808	2.22	0.00005
/imu/data	44808	13.85	0.000309
/imu/dv	44804	2.22	0.00005
/imu/time_ref	45252	1.55	0.000034
/imu/utctime	45252	1.55	0.000034
/nmea	448	0.05	0.000107
/odometry	44804	30.94	0.00069
/rosout	10	0	0.000143
/sensor_1/D435i_1/color/camera_info	670	0.25	0.000366
/sensor_1/D435i_1/color/image_raw	671	589.79	0.878975
/sensor_1/D435i_1/color/metadata	670	0.36	0.000538
/sensor_1/D435i_1/depth/camera_info	670	0.25	0.000366
/sensor_1/D435i_1/depth/color/points	670	435.85	0.65052
/sensor_1/D435i_1/depth/image_rect_raw	670	130.09	0.19416
/sensor_1/D435i_1/depth/metadata	670	0.41	0.000611
/sensor_1/D435i_1/extrinsics/depth_to_color	1	0	0.000095
/sensor_1/D435i_1/extrinsics/depth_to_depth	1	0	0.000095
/sensor_2/rslidar_points	1121	985.4	0.879041
/status	45259	1.21	0.000027
/tf	134337	13.49	0.0001
/tf_static	4	0	0.000187

Topic	Messages	Total Size (MB)	Avg Size (MB)
/filter/euler	39216	1.94	0.00005
/filter/positionlla	39216	1.94	0.00005
/filter/quaternion	39216	2.24	0.000057
/filter/twist	39213	2.84	0.000072
/filter/velocity	39216	1.94	0.00005
/gnss	392	0.05	0.000122
/gnss_pose	39216	3.14	0.00008
/imu/acceleration	39219	1.94	0.00005
/imu/angular_velocity	39216	1.94	0.00005
/imu/data	39213	12.12	0.000309
/imu/dv	39213	1.94	0.00005
/imu/time_ref	39605	1.36	0.000034
/imu/utctime	39605	1.36	0.000034
/nmea	392	0.04	0.000107
/odometry	39213	27.08	0.00069
/rosout	10	0	0.000143
/sensor_1/D435i_1/color/camera_info	587	0.21	0.000366
/sensor_1/D435i_1/color/image_raw	588	516.84	0.878975
/sensor_1/D435i_1/color/metadata	587	0.32	0.000538
/sensor_1/D435i_1/depth/camera_info	587	0.21	0.000366
/sensor_1/D435i_1/depth/color/points	587	380.89	0.648872
/sensor_1/D435i_1/depth/image_rect_raw	587	113.97	0.19416
/sensor_1/D435i_1/depth/metadata	587	0.36	0.000612
/sensor_1/D435i_1/extrinsics/depth_to_color	1	0	0.000095
/sensor_1/D435i_1/extrinsics/depth_to_depth	1	0	0.000095
/sensor_2/rslidar_points	980	861.46	0.879041
/status	39611	1.06	0.000027
/tf	117593	11.81	0.0001
/tf_static	4	0	0.000187

그림 28 수집 데이터 분석

- 위치데이터 분석 결과는 다음과 같다. 차량의 GNSS정보 저장결과를 플롯해보면 다음과 같다. 여기서 파란부분은 차량의 헤딩을 나타내고 녹색점은 GNSS좌표, 붉은점은 GNSS와 IMU값이 퓨전된 값이다.

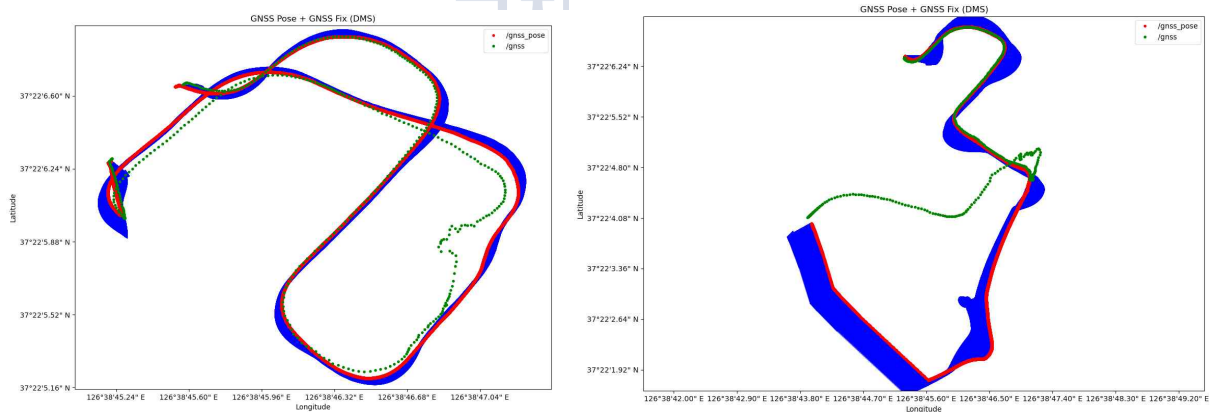


그림 29 주행 궤적 데이터

- 실제 주행 궤적(노란색)과 쉽게 비교하기 위해 구글맵에 플랏하면 다음과 같다.

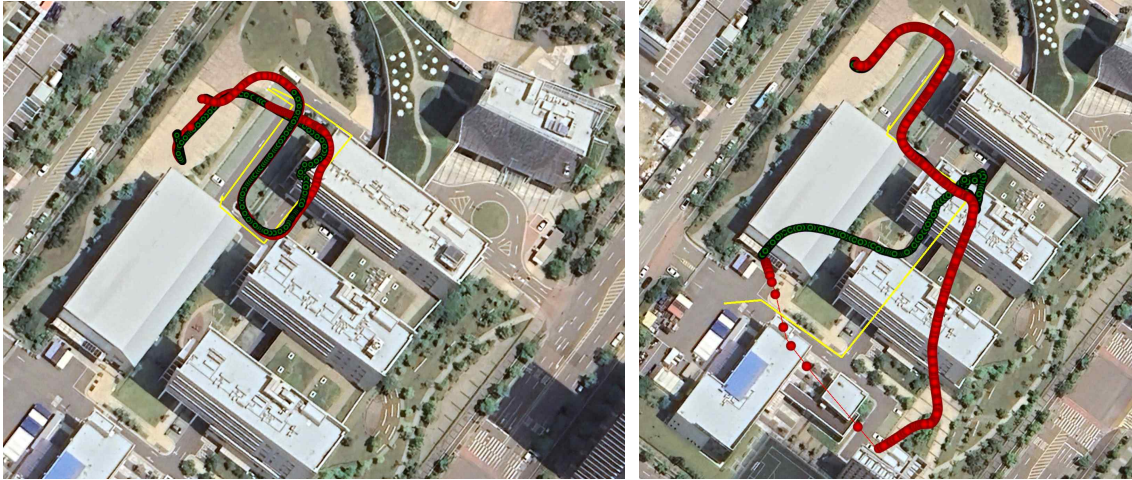


그림 30 주행궤적 데이터(구글맵 오버레이)

- 오버레이 된 결과를 살펴보면 건물에 근접하거나 건물의 아래로 지나갈 때 GPS오차가 크게 증가함을 알 수 있고, 이에 따라 IMU로 보정된 위치정보의 오차또한 크게 증가함을 알 수 있다.



제 5 절 주행 환경 데이터 활용계획 수립

1. 데이터 수집 계획 및 활용 계획

- 본 연구를 통해 개발한 주행환경 데이터 수집장치를 활용하여 다음과 같이 남극 현지의 주행데이터 수집계획을 수립하였다. 1차적으로 25-26시즌 장보고 과학기지에 보유한 피스텐 불리에 장착하여 기지 인근과 브라우닝 패스에 대한 주행환경 데이터를 습득하고자 한다. 그 후 보완사항을 도출하여 장비를 개선한 후 남극 내륙탐사가 이루어지는 시점에 내륙탐사연구단에 장비에 대한 교육을 진행하고 선단의 차량에 장착후 장비를 인계하여 장거리에 대한 데이터 취득을 진행하려 한다.

계획	일정	2025												2026												2027		
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
추가실험 및 개선사항 도출																												
소프트웨어 개선																												
피스텐 불리 장착용 기구장치 개발																												
남극 현장 데이터 취득 시험																												
남극현장시험결과 분석 및 개선사항 도출																												
데이터 분석 및 공유																												
공유데이터 사용자 피드백 분석																												
개선사항 반영																												
사용자 교육																												
남극 내륙탐사 구간 데이터 획득																												

표 10 데이터 수집 일정계획 및 세부내용

- 2025-26 시즌 남극 현장에서의 첫 번째 데이터 취득은 기지에서 출발하는 K루트 경로를 따라 우선적으로 수행할 예정이다. K루트 초반 33km 구간은 기지에서 브라우닝산까지의 오르막, 브라우닝산에서 브라우닝패스까지의 내리막, 그리고 브라우닝패스에서 인익스프레서블 아일랜드까지의 평탄한 설면으로 구성되어 있어 지형 조건이 다양하다. 이 구간은 차량의 다양한 거동이 발생할 수 있는 주행 환경이기 때문에, 주행 데이터 수집에 적합한 구간으로 판단된다.

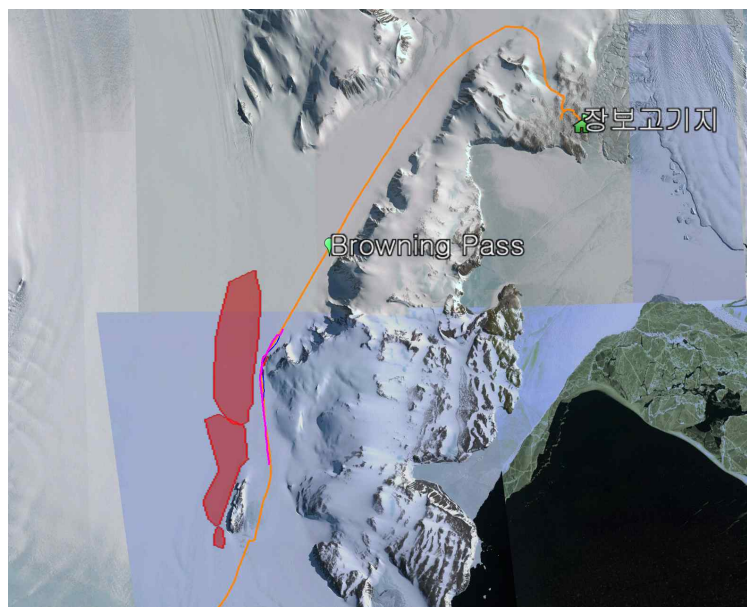


그림 31 주행환경 데이터 수집 경로 계획

○ 수집할 데이터는 다음의 표와 같다.

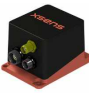
구분	센서유형 및 모델명	수집 데이터
지형 정보	레이저 스캐너 (LiDAR)  Helios32 H32F70	- 포인트 클라우드 데이터 - 센서 설정 ▪ 수직 시야각 (Vertical FoV): 총 70도 (-55° ~ +15°) ▪ 수평 시야각 (Horizontal FoV): 360도 ▪ 수직 각도 해상도: 최대 1.33도 ▪ 수평 각도 해상도: 0.2도 ▪ 프레임 속도: 10Hz ▪ 회전 속도: 600 rpm ▪ 포인트 출력 속도: 이중 리턴(1,152,000 pts/s)
위치 정보 자세 정보	관성항법센서  MTI-680G	- 위치, 자세 정보 ▪ 롤/피치/요 축에 대한 가속도, 각가속도 정보 - 센서설정 ▪ GNSS 수신기: u-blox ZED-F9 RTK GNSS 모듈 내장 ▪ 인터페이스: RS232
이미징 센서	스테레오 카메라  Realsense D435i	- 이미지 정보 - 센서설정 ▪ RGB 이미지 해상도 : 640 X 480 ▪ Depth 이미지 해상도 : 840 X 480 ▪ Frame rate : 6fps

표 11 수집데이터 종류 및 센서 설정

○ 또한 수집한 주행데이터를 활용할 수 있는 방안을 다음과 같이 정리하였다.

활용 분야	세부 내용
극지 트래버스 차량의 차량 동역학 연구	- 주행 중 제동 거리, 트랙 슬립률, 회전 반응성 등의 주행 동역학 파라미터 분석 - 극지 트래버스용 트랙 차량의 동적 모델 보정 자료 확보
극지 주행 환경인식 및 경로생성 연구	- 수집된 LiDAR/영상 데이터를 활용한 지면 상태 분류 모델 개발 (예: 눈, 얼음, 자갈, 크레바스 등) - 환경 라벨링 및 딥러닝 기반 학습 데이터셋 구축
극지 트래버스 차량 운전자 보조 시스템 개발	- 주행 경로 기록 기반 반복 경로 최적화 - 주행환경 장애물 인식 및 회피 알고리즘 개발 - 센서간 동기화 및 오차 자동 보정 알고리즘 개발

표 12 수집 데이터 활용 방안

2. 남극 트래버스 자율 주행 연구 로드맵 작성

- 남극 트래버스 자율주행연구를 위한 로드맵을 다음과 같이 작성하였다. 1단계 자율주행 연구를 위한 기반을 구축하고 2단계에 핵심기술을 개발하여 3단계에서 부분 자율화를 실현하는 연구 로드맵을 통해 남극 트래버스에서의 자율주행 적용을 실현하고 완전자율 트래버스를 위한 기반을 구축하고자 한다.

	1단계 2026~2027	2단계 2028~2029	3단계 2029~
	기반구축	핵심기술 개발	부분 자율화
	연구목표 : 극지 트래버스 자율주행 연구를 위한 기반 마련	연구목표 : 인지, 항법, 차량제어 등 자율주행 핵심기술 개발	연구목표 : 운전자 보조시스템 개발 및 부분 자율화 기능 개발
주요 기술	- 극지 전용 센서 플랫폼 설계 및 통합 - 주행 환경 데이터셋 확보 및 정제 - 극지 지면/장애물 인식 모델 개발 - 주행 로깅 시스템 구축	- 원격제어가 가능한 남극 트래버스 차량 플랫폼 - 극지용 지형분석 알고리즘 - 저정밀 GNSS데이터를 활용한 위성항법 시스템	- 선행차량 경로 추종 및 협력주행 - 전방 지형 분석 및 최적 경로 제안 알고리즘 개발 - 실시간 경로 재 계획 알고리즘 개발
주요 산출물	- 남극 환경 통합 센서 데이터셋 - 극지용 환경인식 센서	- 원격제어가 가능한 OPV 트래버스 차량 플랫폼 - 반자율주행 시험 리포트	- 지능형 운전자 보조시스템 - 자율 트래버스 운용 시나리오 및 관제 시스템

그림 32 남극 트래버스 자율 주행 연구 로드맵



제 4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

1. 계획 대비 연구 성과 달성도

- 대부분 연구 개발 목표를 달성하였으나 데이터 통합 알고리즘에 대한 개발이 미진하였다.

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위	목표 달성도(%)
1차년도 (2024)	○설상 주행 차량 특성 파악 및 운전자 보조 시스템 개발을 위한 필요 데이터 식별	- 기술조사 및 운전자 인터뷰 - 보유 장비 기술자료 검토	100
	○주행 환경 데이터 수집장치 샘플 제작 및 시험	- 수집 데이터 유형 및 센서 선정 - 데이터 수집장치 설계 및 제작 - 데이터 수집장치 시험 및 수정보완	100
	○주행 환경 데이터 수집 및 활용계획 수립	- 수집 데이터의 수집, 가시화 및 활용계획 수립 - 데이터 통합 알고리즘 개발 - 남극 트래버스 자율주행관련 연구 로드맵 작성	90

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 연구 개발 결과 활용 계획

- 남극현장에서의 시험평가 및 데이터 수집을 통해 확보된 주행데이터를 활용하여 자율주행 연구에 필요한 기술기반을 마련
- 외부 센서에 의한 데이터와 더불어 차량 플랫폼에서 얻을 수 있는 데이터(조향각, RPM 등)를 추가로 수집할 수 있는 기능을 추가하여 수집데이터의 범위 확대
- KPDC를 통해 자율주행 관련 국내 연구기관에 수집 데이터를 공유하여 극지 자율주행 연구 활성화
- 수집된 데이터를 토대로 시뮬레이션 환경을 구축하여 다양한 제어 모델에 대한 주행 시나리오 비교 평가
- 누적된 LiDAR와 IMU데이터를 토대로 남극 주변 환경에 대한 3차원 지형모델을 생성하여 시계열 기반 지형변화 분석에 활용



제 6 장 참고문헌

- 신예진, 설순욱, 이강원 and 배성영. (2016). 첨단 운전자 보조 시스템 (ADAS)의 혁신 기술 개발을 위한 특허 분석. 정보화연구, 13(1), 147-160.
- Hartani, Kada & Miloud, Yahia & Miloudi, Abdallah. Electric Vehicle Stability with Rear Electronic Differential Traction.
- Strawa, Natalia & Ignatyev, Dmitry & Zolotas, Argyrios & Tsourdos, Antonios. (2021). On-Line Learning and Updating Unmanned Tracked Vehicle Dynamics. Electronics. 10. 187. 10.3390/electronics10020187.
- Zhong, C.; Li, B.; Wu, T. Off-Road Drivable Area Detection: A Learning-Based Approach Exploiting LiDAR Reflection Texture Information. Remote Sens. 2023, 15, 27. <https://doi.org/10.3390/rs15010027>
- Biswal, P. & Mohanty, P.K. (2021). Development of Quadruped Walking Robots: A Review. Ain Shams Engineering Journal, 12, 2017?2031. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.11.015>
- Halder, S.; Afsari, K.; Serdakowski, J.; DeVito, S. (2021). A Methodology for BIM-Enabled Automated Reality Capture in Construction Inspection with Quadruped Robots. ISARC 2021: International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 38, 17?24.
- Liang, S.; Cao, Z.; Guan, P.; Wang, C.; Yu, J.; Wang, S. (2020). A Novel Sparse Geometric 3D LiDAR Odometry Approach. IEEE Systems Journal, 15, 1390?1400. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.3011580>
- Li, K.; Li, M.; Hanebeck, U.D. (2021). Towards High-Performance Solid-State LiDAR-Inertial Odometry and Mapping. IEEE Robotics and Automation Letters, 6, 5167?5174. <https://doi.org/10.1109/LRA.2021.3094423>
- Shan, T.; Englot, B. (2018). Lego-LOAM: Lightweight and Ground-Optimized LiDAR Odometry and Mapping on Variable Terrain. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 4758?4765. <https://doi.org/10.1109/IROS.2018.8594449>
- Liu, X.; Zhang, L.; Qin, S.; Tian, D.; Ouyang, S.; Chen, C. (2019). Optimized LOAM Using

Ground Plane Constraints and SegMatch-Based Loop Detection. *Sensors*, 19, 5419. <https://doi.org/10.3390/s19245419>

Lim, H.; Oh, M.; Myung, H. (2021). Patchwork: Concentric Zone-Based Region-Wise Ground Segmentation with Ground Likelihood Estimation Using a 3D LiDAR Sensor. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 6, 6458-6465. <https://doi.org/10.1109/LRA.2021.3095010>

Seo, D.-U.; Lim, H.; Lee, S.; Myung, H. (2022). PaGO-LOAM: Robust Ground-Optimized LiDAR Odometry. *International Conference on Ubiquitous Robots (UR)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/UR55304.2022.9847440>

Ye, H.; Chen, Y.; Liu, M. (2019). Tightly Coupled 3D LiDAR Inertial Odometry and Mapping. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 3144-3150. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2019.8793849>

Nguyen, T.-M.; Cao, M.; Yuan, S.; Lyu, Y.; Nguyen, T.H.; Xie, L. (2021). LIRO: Tightly Coupled Lidar-Inertia-Ranging Odometry. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 14484-14490. <https://doi.org/10.1109/ICRA48506.2021.9561421>

He, G.; Yuan, X.; Zhuang, Y.; Hu, H. (2020). An Integrated GNSS/LiDAR-SLAM Pose Estimation Framework for Large-Scale Map Building in Partially GNSS-Denied Environments. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70, 1-9. <https://doi.org/10.1109/TIM.2020.3027834>

Chiang, K.-W.; Tsai, G.-J.; Li, Y.-H.; Li, Y.; El-Sheimy, N. (2020). Navigation Engine Design for Automated Driving Using INS/GNSS/3D LiDAR-SLAM and Integrity Assessment. *Remote Sensing*, 12, 1564. <https://doi.org/10.3390/rs12091564>

He, X.; Pan, S.; Gao, W.; Lu, X. (2022). LiDAR-Inertial-GNSS Fusion Positioning System in Urban Environment: Local Accurate Registration and Global Drift-Free. *Remote Sensing*, 14, 2104. <https://doi.org/10.3390/rs14092104>

Zhou, H.; Yao, Z.; Lu, M. (2020). Lidar/UWB Fusion Based SLAM with Anti-Degeneration Capability. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70, 820-830. <https://doi.org/10.1109/TVT.2020.3042620>

Zhuang, Y.; Sun, X.; Li, Y.; Huai, J.; Hua, L.; Yang, X.; Cao, X.; Zhang, P.; Cao, Y.; Qi,

L.; et al. (2023). Multi-Sensor Integrated Navigation/Positioning Systems Using Data Fusion: From Analytics-Based to Learning-Based Approaches. Information Fusion, 95, 62?90. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.01.008>

Wang, X.; Gao, F.; Huang, J.; Xue, Y. (2024). UWB/LiDAR Tightly Coupled Positioning Algorithm Based on ISSA Optimized Particle Filter. IEEE Sensors Journal, 24, 11217?11228. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2024.3360166>



평가의견서

발표자 (과제유형)	평가의견
윤동진 선임기술원 (신진연구원 지원과제)	과제명: 남극 트래버스 차량의 주행 환경 데이터 측정 기술 연구
	○ 성과활용 방안 및 기대효과 - 남극 내륙 탐사 및 연구 활동의 효율성을 획기적으로 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 기대되며, 크레바스 빙하지역 탐색 등 극지 환경에서의 로봇틱스 및 자율운항 기술 확보에도 핵심적인 역할을 할 것으로 보임 - 남극 트랙터 자율 주행을 위한 데이터 수집 시스템 개발에 대한 중요한 연구 결과를 담고 있음 - 크레바스 차량의 주행환경을 분석할 수 있는 자료 확보 시스템을 저비용으로 구현하였으며, 이를 통해 수집된 데이터는 남극 환경에 특화된 자율주행 알고리즘 개발의 핵심 기반 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대됨. 특히, 빙하 표면에서도 안정적으로 작동하는 자율주행 시스템은 세계 최초 사례로 극지연구소의 위상 제고에도 기여할 수 있을 것으로 보임. - 남극 내륙 탐사 확대에 따른 운전자 보조 시스템 필요성과 그에 따른 데이터 기반 접근의 중요성을 실증적으로 제시했다는 점에서 기술적 가치가 있음 - 특히 다중 센서 기반의 DAQ 시스템을 실제 차량에 장착하여 주차장 테스트를 수행하고, ROS2 기반 소프트웨어 환경에서 실시간 데이터 수집 체계를 구축한 점은 이후 확장 가능할 것 - 본 연구가 추후 성공적으로 완료되면 남극 트랙터 자율 주행 기술 개발에 기여하고 극지연구소의 극지 연구 역량을 강화하는데 도움이 될 것으로 기대됨 ○ 최종보고서에 반영할 내용 - 예산 사용 방안이 필요함 - 주요 연구 내용 중 PPT에는 “주행환경 데이터 수집계획 수립”으로, 최종보고서에는 “주행 환경 데이터 활용 계획 수립”으로 기재되어 있어 표현의 일관성이 부족하며, 데이터 수집 계획을 제시할 때는 단순한 수집 언급을 넘어서 수집 경로, 데이터 항목, 활용 목적 등 구체적인 세부내용을 포함하는 것이 보고서 완성도 향상에 도움이 될 것으로 판단됨 - 실증 시험은 국내 주차장에서의 시뮬레이션에 국한되었고, 25-26 시즌에 예정된 현장 시험은 계획에만 머물러 있는 점이 보고서의 실효성 전달에 한계가 있음 - 각 센서에 대한 극지 활용 시 한계점을 명확히 제시하고 향후 연구 방향을 구체적으로 제시하는 것이 필요함 ○ 기타 종합의견 - 연구비 소진율이 저조함 - 데이터양이 너무 많음. 따라서 적당한 데이터 수집 주기 등을 실험 등을 통하여 정할 필요가 있음 - 관성항법장치만으로 차량의 이동경로를 정확히 산출할 수 없으므로, RTK 기법 활용이 불가능한 남극현장에서의 GNSS 자료 활용에 대하여 고민할 필요가 있음 - 남극 현장에 적합한 케이스를 제작할 필요가 있음 - 드론에 탑재하여 지형을 스캔하는 시스템으로 활용가능할 것으로 보이며 경량화 혹은 대형 드론을 활용하는 경우로 발전시키면 좋은 결과물이 될 것으로 생각됨 - 데이터 활용 로드맵과 자율주행 기술 적용에 대한 단계별 전략은 명확히 제시되었으나, 핵심기술인 데이터 통합 알고리즘 개발이 미진한 것으로 나타나 향후 실증 연구와 알고리즘 고도화를 통해 실질적인 자율운행 시스템으로 연결될 수 있도록 전략적 설계를 강화할 필요가 있음.

연구·정책지원사업 최종 결과보고서 평가의견 반영사항

과제 구분	(정책·지원과제)														
과제명	남극 트래버스 차량의 주행 환경 데이터 측정 기술 연구 (계정번호: PE243340)	연구기간	2024.03.01~ 2025.02.28												
연구책임자	윤동진	연구비(직접비)	30,000 천원												
과제개요, 연구성과 및 최종 결과보고서 평가의견 반영 사항															
(1) 과제목적 - 설상 주행 차량 특성 파악 및 운전자 보조 시스템 개발을 위한 필요 데이터 식별 - 주행 환경 데이터 수집장치 샘플 제작 및 시험 - 주행 환경 데이터 활용계획 수립 (2) 최종성과 - 기술조사 및 운전자 인터뷰를 통해 남극 트래버스 차량의 운전자가 요구하는 운전자 보조시스템 식별 완료 - 주행환경 데이터 수집장치 샘플제작을 위해 필요한 센서를 선정하고 기구부품을 설계 - 설계된 부품과 센서들을 조립하고 소프트웨어를 개발하여 시스템을 완성 - 완성된 시스템의 국내 시험을 통해 기능을 검증 - 개발 완료된 주행환경 데이터 수집장치를 활용하여 남극에서 데이터를 수집하기 위한 계획 수립 (3) 성과의 향후 연구소 활용방안 또는 기대효과 - 남극현장에서의 시험평가 및 데이터 수집을 통해 확보된 주행데이터를 활용하여 자율주행 연구에 필요한 기술기반을 마련 - KPDC를 통해 자율주행 관련 국내 연구기관에 수집 데이터를 공유하여 극지 자율주행 연구 활성화 - 누적된 LiDAR와 IMU데이터를 토대로 남극 주변 환경에 대한 3차원 지형모델을 생성하여 시계열 기반 지형변화 분석에 활용 (4) 최종 결과보고서에 평가의견 반영 사항<table><tr><th>평가의견</th><th>반영사항</th><th>비고</th></tr><tr><td>○ 예산 사용 방안이 필요함</td><td>○ 연구 사업 종료로 추가적인 예산 집행이 불가하며, 추후 별도의 사업을 통해 예산을 확보하여 연구 진행 예정</td><td></td></tr><tr><td>○ 실증 시험은 국내 주차장에서의 시뮬레이션에 국한되었고, 25-26 시즌에 예정된 현장 시험은 계획에만 머물러 있는 점이 보고서의 실효성 전달에 한계가 있음</td><td>○ 데이터 수집계획 구체화하여 보완</td><td>p30, p31 연구보고서</td></tr><tr><td>○ 각 센서에 대한 극지 활용 시 한계점을 명확히 제시하고 향후 연구 방향을 구체적으로 제시하는 것이 필요함</td><td>○ 연구내용에 관련내용 보충</td><td>연구보고서 p21, p23</td></tr></table>				평가의견	반영사항	비고	○ 예산 사용 방안이 필요함	○ 연구 사업 종료로 추가적인 예산 집행이 불가하며, 추후 별도의 사업을 통해 예산을 확보하여 연구 진행 예정		○ 실증 시험은 국내 주차장에서의 시뮬레이션에 국한되었고, 25-26 시즌에 예정된 현장 시험은 계획에만 머물러 있는 점이 보고서의 실효성 전달에 한계가 있음	○ 데이터 수집계획 구체화하여 보완	p30, p31 연구보고서	○ 각 센서에 대한 극지 활용 시 한계점을 명확히 제시하고 향후 연구 방향을 구체적으로 제시하는 것이 필요함	○ 연구내용에 관련내용 보충	연구보고서 p21, p23
평가의견	반영사항	비고													
○ 예산 사용 방안이 필요함	○ 연구 사업 종료로 추가적인 예산 집행이 불가하며, 추후 별도의 사업을 통해 예산을 확보하여 연구 진행 예정														
○ 실증 시험은 국내 주차장에서의 시뮬레이션에 국한되었고, 25-26 시즌에 예정된 현장 시험은 계획에만 머물러 있는 점이 보고서의 실효성 전달에 한계가 있음	○ 데이터 수집계획 구체화하여 보완	p30, p31 연구보고서													
○ 각 센서에 대한 극지 활용 시 한계점을 명확히 제시하고 향후 연구 방향을 구체적으로 제시하는 것이 필요함	○ 연구내용에 관련내용 보충	연구보고서 p21, p23													

평가의견	반영사항	비고
○ 주요 연구 내용 중 PPT에는 "주행환경 데이터 수집계획 수립"으로, 최종보고서에는 "주행환경 데이터 활용 계획 수립"으로 기재되어 있어 표현의 일관성이 부족하며, 데이터 수집 계획을 제시할 때는 단순한 수집 언급을 넘어서 수집 경로, 데이터 항목, 활용 목적 등 구체적인 세부내용을 포함하는 것이 보고서 완성도 향상에 도움이 될 것으로 판단됨	○ 최종보고서의 오탈자로 해당내용 수정완료 ○ 데이터 수집계획 구체화하여 보완	p30, p31 연구보고서



뒷 면

(국내 과제용)

주 의

1. 이 보고서는 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.