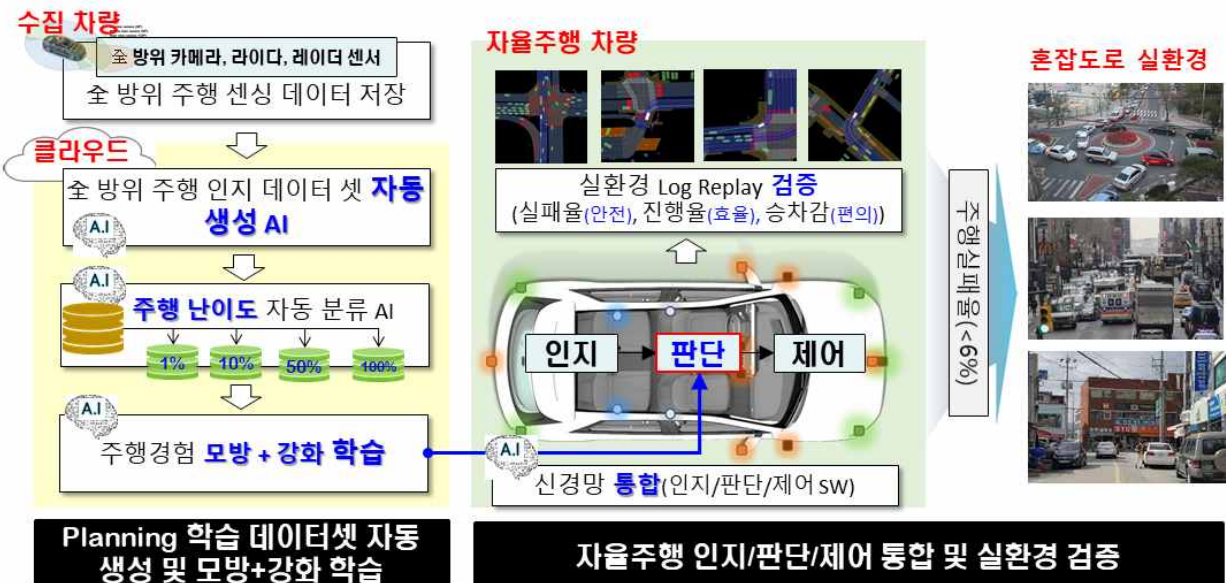


관리번호	2024-자율주행-08	(지정공모형)
기술분류	대분류(디바이스)-중분류(스마트자동차)-소분류(주행환경 인식/판단)-세분류(경로계획 및 판단)	
중점분야	AI(✓), AI반도체(), 5G·6G(), 양자(), 메타버스(), 사이버보안()	
기획유형	임무지향형R&D(✓), 문제해결형R&D(), 기술축적형R&D()	
과제명	혼잡도로 주행 위험상황에 최적 주행행동 결정을 위한 강화학습형 자율주행 AI SW 기술 개발	

1. 개요

- 혼잡한 도로에서 규칙(rule)기반 자율주행 판단 기술의 위험상황 대응 한계 극복을 위한 위험상황에 안전하고 효율적으로 주행이 가능한 AI 기반의 자율주행 판단 핵심기술 개발
 - 혼잡한 도로에서 주변 객체와의 충돌, 급감속, 급조향, 운전자전환 등 위험상황을 최소화하여 안전한 자율주행이 가능한 강화학습 AI 기술
 - 강화학습형 자율주행 AI 학습을 위한 다양한 주행 상황의 데이터 셋을 수집하고 학습데이터 셋을 자동 구축하고 분류하는 기술



<개념도>

AS-IS	TO-BE
- (안전)혼잡도로에서 충돌위험 증가 - (효율)혼잡도로에서 무한정 대기상황 증가, 이로인한 교통체증 유발	- 강화학습 기반 충돌회피를 통한 위험 감소 - 강화학습 기반 주변차량 양보 유도 및 일반차량과의 교통흐름에 맞춰 대기상황 감소

2. 현황 및 필요성

○ (기존 기술현황)

- (국내-기술) 국내 자율주행 AI SW 기술개발은 인지 AI에 집중하여 연구가 수행되고 있으며 자율주행 판단(Planning) 기술은 규칙기반의 SW를 개발·적용하여 일부 시범운행하고 있으나 복잡한 도로 환경에서의 주행이 불가능한 기술적 한계가 존재
- (국내-자율주행시범운행지구) '21년부터 시행되고 있는 자율주행시범운행지구에서는 합법적으로 승객이 탑승하는 무상/유상 운송 서비스를 시행하고 있으나 2~3단

계 기술수준으로 서비스의 한계가 존재

- (해외-웨이모) 자율주행 리더보드 1위인 웨이모는 '19년부터 모방학습을 시작으로 '23년 모방학습과 강화학습 융합형의 자율주행 Planning AI를 연구·개발하고 있으며, 이와 관련된 학습을 위한 데이터 셋을 공개하고 있음
- (해외-nuPlan) 모셔널은 '21년에 4개 도시 1,500시간 분량의 Planning 데이터 셋을 공개하고 있으며 자율주행 Planning AI 연구를 위한 프레임워크(Train ML Planner Framework)를 공개·운영하고 있으며, '22년 자율주행 Planning 챌린지 대회를 개최

○ (필요성)

- 자율주행 인지 AI 기술은 지금까지 집중 투자에 의해 기술 수준이 높아졌으나 이에 비해 판단 AI의 기술 수준이 상대적으로 낮음. 레벨4 이상의 완전 자율주행을 위해 인지 AI와 연계될 수 있는 자율주행 Planning AI의 심층연구가 필요
- 기존 자율주행 판단은 규칙기반으로 개발·적용하여 왔으며 혼잡한 도로 상황에 대처하기 위한 모든 규칙 생성의 한계가 있어 이를 극복하기 위한 AI 기반의 자율주행 판단 기술개발이 필요
- 특히, 혼잡한 도로상황에서 안전한 자율주행을 위한 충돌 회피, 목적지까지의 효율적인 시간 단축 주행을 위한 자율주행 판단 기술은 모방학습 및 강화학습을 융합한 형태의 자율주행 AI 기술개발이 필요
- 자율주행 판단 AI의 심층연구는 자율주행 차량에 직접 적용하기 위해 실환경 데이터를 기반으로 학습 데이터 셋을 구축할 수 있는 기술개발이 필요하며 구축된 데이터를 공개하여 국내 산업생태계 구축과 산업활성화에 기여할 수 있음

3. 수요분석

- (주요 수요처) 고정노선 순환셔틀 자율주행 서비스 사업자, 고정노선 수요응답형 자율주행 서비스 사업자, 구역형 수요응답형(로봇택시) 자율주행 서비스 사업자, 공공 목적 모빌리티 서비스 사업자 등 관련 ICT 기업 및 완성차/자동차 부품 업체
- (협력방안) 최종 확보한 강화학습형 자율주행 인지/판단/제어 통합 SW 또는 부분 인공지능경망 모델 SW를 리빙랩 및 실환경 테스트베드에서 기술을 검증한 후 주요 수요처인 자율주행 서비스 사업자에게 제공(공개 SW 및 기술이전)하여 자율주행시범운행지구에서 사업화 추진

4. 연구목표

- 최종목표 : 혼잡도로 주행 위험상황(운전자전환, 급감속, 급조향, 충돌, 교통법규위반 등)에 안전한 자율주행이 가능한 최적 주행 행동결정 강화학습 AI SW 기술 개발
- 자율주행 강화학습을 위한 실도로 주행 경험 데이터 셋 구축 기술
- 주행경험 및 보상 기반의 자율주행 최적 행동결정 강화학습 AI 기술

- 주행경험 및 보상 기반의 자율주행 강화학습 AI 통합 검증

※혼잡도로: 고속도로를 제외한 일반도로에서의 타 차량 등이 다수 존재하는 혼잡한 상황의 도로

※주행 경험 데이터 셋: 자율주행 인지 학습을 위한 데이터 셋이 아닌 주행 판단 (Planning) 학습을 위한 데이터 셋

※주행경험 기반: 운전자의 주행을 모방하는 학습을 통한 자율주행

※보상 기반: 충돌회피, 이동효율 등의 보상을 최대화하는 주행 학습을 통한 자율주행

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	자율주행 실패율	%	6	-	3.35 (미국, Waymo)
2	자율주행 진행률	%	95	-	95.26 (미국, Waymo)
3	자율주행 승차감	m/s ³	1.7	-	1.7 ^{주1)} (-)
4	자율주행 Planning 학습 데이터 수집시간	hour	1,000	-	1,500 (미국, Motional)

1) 자율주행 실패율: 충돌 또는 차로 이탈(중앙선, 도로경계 등) 등에 의한 자율주행 실패가 실환경에서 구축한 전체 데이터 셋 세그먼트 개수 중 차지하는 비율, 데이터 셋 세그먼트의 Log replay를 통해 측정

※세그먼트: 구축한 전체 데이터 셋 에서 주행 상황(ex)교차로 우회전 통과, 합류)에 대한 일정 시간(ex)10초~20초)동안 주행한 데이터 셋 조각

(참고논문: Yiren Lu et al., Imitation Is Not Enough: Robustifying Imitation with Reinforcement Learning for Challenging Driving Scenarios, IROS, 2023)

2) 자율주행 진행률: 각 데이터 세그먼트에서 정해진 시간내에 자율주행으로 이동한 거리를 측정하여 전체 데이터 셋 누적 이동거리 중 차지하는 비율, 데이터 셋 세그먼트의 Log replay를 통해 측정, 이동거리 측정은 전역경로에 사영한 위치기준으로 거리를 계산

(참고논문: Yiren Lu et al., Imitation Is Not Enough: Robustifying Imitation with Reinforcement Learning for Challenging Driving Scenarios, IROS, 2023)

3) 자율주행 승차감: 생성된 주행 궤적을 따라 자율주행 시, 자율차의 가속도 변화율을 계산한 후 평균값을 측정

(참고논문: Huang et al., "Differentiable Integrated Motion Prediction and Planning With Learnable Cost Function for Autonomous Driving," IEEE trans. on neural networks and learning systems, 2023)

주1) 사람이 운전하는 경우 평균 1.7 m/s³

4) 자율주행 Planning 학습 데이터 수집시간: 모방/강화학습 데이터 셋 자동생성을 위하여 데이터 수집 주행 시간, 쉘 방위 센싱 데이터 및 차량거동 정보 데이터

셋을 포함, 쉐 방위 센서는 카메라, 라이다 다중/다중 센서
(참고 URL: <https://www.nuscenes.org/nuplan>)

5. 연구내용

① 자율주행 강화학습을 위한 실도로 주행 경험 데이터 셋 구축 기술

- 주행 경험 데이터 셋* 수집을 위한 다중 센서 자율주행 차량 시스템 구축
- 쉐 방위 주행 센싱 데이터 셋 압축 저장 및 복원 기술
- 쉐 방위 주행 인지 데이터 셋** 자동 생성(Auto Labeling) 기술
- 주행 난이도***에 따른 데이터 셋 자동 분류 기술
- 강화학습 데이터**** 셋 규격 정의 및 데이터 셋 생성, 공개

* 쉐 방위 센싱 데이터 및 차량 거동 데이터 셋, 쉐 방위 센서는 카메라, 라이다 등 다중/다중센서

** 자동생성 데이터 셋에는 ego Pose, 3D 동적객체 검출/추적 결과, 동적객체 궤적, 신호등 인식 결과 데이터가 필수로 포함

*** 주행 난이도: 주행환경, 상황에 따른 충돌 또는 충돌 가능성에 따라 자동 측정(예시) 1%, 10%, 50%, 100%)

**** 강화학습 데이터에는 인지 결과 데이터, 차량 거동 데이터, 고정밀 맵 데이터를 포함

② 주행경험 및 보상 기반의 자율주행 최적 행동결정 강화학습 AI 기술

- 실환경 주행경험 및 보상 기반 강화학습 인공지능망 모델 기술*
- 실환경 주행 데이터 셋을 활용한 주행경험 및 보상 기반 모델 학습 기술**
- 강화학습 모델 성능향상을 위한 주행난이도 분류에 따른 능동 학습 기술***
- 강화학습 모델의 최적 주행 행동결정에 따른 목표궤적 생성 기술

* 강화학습 인공지능망 모델: 자율주행차량의 최적 주행 정책을 결정하는 인공지능망모델 및 모델의 입출력인 관측, 액션, 보상을 포함

** 실환경 데이터 셋 기반 (1) 주행경험 모델 학습, (2) 정상주행 및 위험주행(운전자 전환, 급감속, 급조향, 충돌)에 대한 보상 기반 모델 학습

*** 난이도 분류에 따른 강화학습의 성능향상을 위한 학습 전략

③ 주행경험 및 보상 기반의 자율주행 강화학습 AI 통합 검증

- 자율주행 강화학습 AI의 인지/판단/제어 SW 통합*
- 자율주행 강화학습 AI 통합 자율주행 SW 실증 지역 실차 통합 검증**
- Critical 시나리오*** 시뮬레이션 기반 검증 및 피드백
- 자율주행 강화학습 AI 성능 평가****

* 강화학습 모델 통합 인지/판단/제어 SW의 loop cycle 처리속도 100ms 이하

** 실증 지역 제시(예시)국토부 자율주행 리빙랩 선정 도시) 및 통합 검증을 위한 자율주행 누적 거리 제시

*** 학습모델 실패 사례 및 중앙선 침범, 신호 위반, 충돌, 급조향, 급감속 등

**** 난이도 분류 실환경 주행데이터 셋을 이용한 1) Rule 기반, 2) 주행경험기반, 3) 주행경험 + 보상 기반 성능 평가

6. 기대 효과

- o 기술적 파급효과: 자율주행의 최적행동을 결정하는 강화학습형 자율주행 AI SW

기술을 개발하여 AI 핵심 원천기술 확보 및 선진 기술격차를 해소하여 자율주행 산업 생태계 조성 및 신규 서비스 창출

- 경제적 파급효과: 자율주행 AI 핵심 기술을 고도화하여 레벨4 완전자율주행기술 조기 상용화를 통해 교통사고 사회 간접비용의 절감, 국내시장 기술 적용 및 검증 기반을 해외 시장 진출을 위한 경쟁력 확보 및 해외 수익시장 창출
- 사회적 파급효과: 강화학습형 자율주행 AI SW 기술을 적용하여 주행 서비스의 안전 보장으로 교통약자 및 교통소외지역의 이동 독립권 보장 및 대중교통의 연계로 인한 교통 이용률 향상, 환승시간 단축, 교통비용 절감, 교통사고 감소

7. 지원기간/예산/추진체계

- 연구개발기간 : 4년 이내
- 정부지원연구개발비 : '24년 16.5억원 이내(총 정부지원연구개발비 66억원 이내)

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비
1년차	'24.4월~'24.12월	9개월	1,650 백만원 이내
2년차	'25.1월~'25.12월	12개월	1,650 백만원 이내
3년차	'26.1월~'26.12월	12개월	1,650 백만원 이내
4년차	'27.1월~'27.12월	12개월	1,650 백만원 이내
합계	-	45개월	6,600 백만원 이내

* 연차별 정부지원연구개발비는 당해연도 예산심의결과에 따라 변동될 수 있음

- 주관기관 : 제한없음

○ 특이사항

※ 본 과제 선정시 기존 과제의 3-Tier 시스템(클라우드-인프라-자율차) 구성을 따르기 위해 자율주행기술개발혁신사업으로 수행중인 「자율주행 인지/판단/제어 지능 SW 개발」의 세부 과제*와 연계/통합이 필요

* 「자율주행 AI 서비스 통합 프레임워크('21~'24)」 과제의 클라우드 프레임워크 OTA 연계, 「커넥티드 자율주행 서비스 엣지 AI 요소기술 개발('21~'27)」 과제의 인프라 엣지와 협력 주행 연계

※ 본 연구 시작 이전에 연구기관에서 기 소유한 소스코드의 공개가 어려운 경우에는 이 사실을 타당하게 증빙하고, 타 연구에서 이용 가능하도록 한시적으로 사용 가능한 바이너리와 API가 제공되어야 함

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	경쟁형(), 경쟁형(챌린지)(), SW자산뱅크등록(), 공개SW(√), 기술료비징수(√) 국제협력R&D(), 정책지정(), 혁신도약형(√), 표준화연계(), 사회문제해결형(), 일자리연계(), 소재부품장비(), 규제샌드박스(), 연구데이터공개(√), 사업화연계(), IP-R&D연계()	
구분	기술분야명/팀명	성명
책임PM(과제기획위원장)	SW·자율주행 PM	장문석
담당 팀장	자율주행팀	송종철