

2020년 대표성과 후보 추천 요약서

[1] 성과요약서

성과유형	기초·미래선도형(O) 산업화형() 국가·사회문제해결형()			
세부과제명 (세부과제번호)	1. 운전자 주행경험 모사기반 일반도로환경의 자율주행4단계(SAE)를 지원하는 주행판단엔진 개발(1711103164) 2. 고령 사회에 대응하기 위한 실환경 휴먼케어 로봇 기술 개발(1711103145)			
성과목표	[성과목표 1-2] 고령화 사회의 스마트 라이프 실현을 위한 자율시스템(로봇자율주행차) 원천기술			
총연구기간	2017년 1월 ~ 2020년 12월 (1711103164) 2017년 4월 ~ 2021년 12월 (1711103145)			
총연구비	총 40,497 백만원		정부: 40,387 백만원 민간: 110 백만원	
성과책임자 정보	연구자 성명	직할부서	연구본부/연구실	직위/직급
	최정단	인공지능연구소	지능로보틱스연구본부	본부장/책임
성과정보				
성과내용	(성과명) : 도로와 사물, 사람을 이해하는 지능로보틱스 AI 핵심기술			
	1) 최대규모(10만km) 국내주행상황 AI 학습 데이터 7종 구축 및 공개			
	- 주간, 야간, 우천, 비정형 환경 누적 10만Km Raw 데이터(180TB, 1,400만장) 수집 - 자율주행 AI 학습 데이터 셋 7종 구축, 영상기반 비식별화 120만장 처리 - 국가공공데이터포털 및 ETRI 인공지능 데이터 허브 포털 공개			
	2) 일반도심 환경 AI 기반 도로주행면허 수준의 주행지능 판단엔진 기술 개발			
- 카메라, 라이다 다중센서 기반 인지 및 예측 7종 AI 기술 개발 * 7종 AI: 영상기반 시멘틱세그멘테이션, 신호등 인지, 2D 다중객체 인지, 차량 후미등 인지, 라이다기반 시멘틱세그멘테이션, 3D 다중객체 인지, 타 차량 움직임 예측 - 60kph 일반도심환경 주행 판단 엔진((원형)(신호/비신호)교차로통과, 차로변경, 회피, 합류, 무단횡단 보행자 대응, 횡단보도 보행자 대응, Cut-in 예측, 비포장도로 주행) 기술 개발 및 총 자율주행 누적거리 250km 달성				
3) 세계 최초/대규모 휴먼케어 로봇 특화 데이터셋 구축 및 공개				
- 독거노인 30가정 대상 로봇시각 기반 고령자 일상생활 데이터셋 구축 및 공개 * 독거노인 30가구(남 3명, 여 27명), 55종 일상행동 3D 영상(로봇 시각), 총 6,589셋(406GB), RGB 비디오/깊이영상/바디인덱스/3차원관절 정보 포함 - 가상 행동 데이터를 생성할 수 있는 플랫폼 및 생성 데이터 구축·공개 * 총 8개 주거 환경, 15명의 고령자 55종 행동 모델링, Viewpoint/조명 등 변화 가능 (로봇 시각 뷰뿐 아니라 CCTV 뷰 등 원하는 카메라 시점/조명 등 생성 가능)				
4) 로봇시각 기반 휴먼행동이해 및 자연스러운 로봇행위생성 핵심요소기술 개발				
- 실환경 휴먼행동 이해를 위한 일상행동 검출·인식 기술 확보				

	<ul style="list-style-type: none"> * 복잡한 운동(Fitness) 자세에도 강인한 휴먼 자세 추정 기술(관절 포인트 인식 정확도 91.4%) 및 실환경에서의 55종의 일상행동 인식(93.7%) 요소기술 확보 - 사람 행위모방을 통한 발화 제스처 생성 및 비언어적 상호작용 행위생성 기술 확보 * 발화 오디오, 텍스트, 발화자 ID의 세가지 모달리티를 입력으로 하는 발화 제스처 생성 및 사용자 행위 인식 기반 비언어적 상호작용 행위 생성 기술 확보
<p style="text-align: center;">대표성과1</p>	<ul style="list-style-type: none"> o (논문) SCI 논문 4건(JCR 상위 20% 논문 3건 포함), 국제우수학술대회 논문 3건 - Speech gesture generation from the trimodal context of text, audio, and speaker Identity, Youngwoo Yoon, et al., ACM Transactions on Graphics, Vol. 39, No. 6, Article No.:222, IF 6.495, JCR 0.467%, 2020년 11월 등 총 7건 o (특허) 국제특허 등록(3), 출원(2), 출원 진행중(3); 국내특허 등록(5), 출원(13), 출원 진행중(1) - APPARATUS FOR AUTONOMOUS DRIVING AND METHOD AND SYSTEM FOR CALIBRATING SENSOR THEREOF, 17/110853, 2020년 12월, 출원, 미국 등 총 27 건
<p style="text-align: center;">대표성과2</p>	<ul style="list-style-type: none"> o (기술이전) 7건 총 4.29억 - 시각 인공지능 기반 휴먼동작 분석 및 평가기술, (주)프로맥스, 2020년 5월, 착수기본료 0.55억 - 자율주행 셔틀 운영기술, (주)엔맨드솔루션, 2020년 12월, 착수기본료 1.1억 등 총 7건
<p>- 대표성과 선정 시 대상선정을 위해 직원투표(홈페이지 게시)에 동의합니다. 동의 <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>※ 공개 항목 : 연구자, 소속, 직위, 성과명, 연구비, 성과내용 등 후보추천서 기재사항</p> <p>- 사실과 다른 내용이 포함되거나 중대한 오류가 발견된 경우에는 선정이 취소될 수 있음을 확인합니다.</p> <p style="text-align: right;">2020년 12 월 16 일</p> <p style="text-align: right;">확인자 최 정 단 (인)</p>	

2020년 대표성과 후보 추천서

[2] 2020년 우수성과 내용

1. 성과명

도로와 사물, 사람을 이해하는 지능로보틱스 AI 핵심기술

2. 성과내용

기술개발 목표달성도

기술적 선점이 필요한 분야

- 도심환경 자율주행을 위하여 복잡한 주행상황을 이해하기 위한 대규모 학습 데이터 셋과 이를 이용한 자율주행 인공지능 핵심 기술의 선점이 필요
 - 복잡한 도심환경 자율주행을 위해서는 다중센서 기반의 인공지능 기술이 필요
 - 국내환경에 적합한 학습 데이터 셋 부족으로 자율주행 기술의 한계에 직면
 - 정부정책 및 교통약자 편의를 위하여 도심환경에서 강인한 자율주행 인공지능 기술이 요구됨
- 개인 서비스 로봇 분야는 로봇산업 분야 중 투자에 대한 Risk가 가장 크지만, 기술 개발의 성공과 대량 생산으로 시장이 안착될 경우 Return이 가장 큰 분야
 - 가정환경에서 로봇시각에 특화된 인공지능 학습 데이터가 전무하여 그 동안 기술 발전이 느리게 진행된 문제 극복 필요
 - 사람의 일상생활을 이해하고 자연스럽게 반응하면서 상황에 맞는 맞춤형 서비스를 제공하는 휴먼케어 로봇을 위한 지능정보 원천기술 개발 필요
 - 고령화 사회 대응, 일 가정 양립 사회 실현 등을 위해 AI 기반 휴먼케어 로봇의 소셜지능 원천기술 확보가 요구됨

기술개발 목표

- 도로와 사물, 사람을 이해하는 지능로보틱스 AI 핵심기술
 - (목표 ①) 대규모 주행상황 AI 학습 데이터 구축 및 공개
 - (목표 ②) 일반도심 환경 AI 기반 도로주행면허 수준의 주행지능 판단엔진 기술
 - (목표 ③) 휴먼케어 로봇 특화 데이터셋 구축 및 공개
 - (목표 ④) AI기반 휴먼케어 로봇의 소셜지능 원천기술

도로 사물 사람 이해 가능한 지능로봇택시 AI 핵심기술

< 도심환경 자율주행 인지/판단/제어 핵심 기술 >



< AI기반 휴먼케어 로봇의 소설지능 원천기술 >



[도로 주행 상황 이해를 위한 학습 데이터셋]



도로와 사물 공간 이해를 위한 데이터 수집 및 학습데이터 생성

[고령자 일상행동 데이터셋, 테스트베드/리빙랩]



휴먼이해 및 로봇행위 생성을 위한 데이터 수집 및 학습데이터 생성

< 기술개발 개념도 >

□ 기술개발 목표의 달성성과 및 핵심기술 확보

[개발목표 ①] 대규모 주행상황 AI 학습 데이터 구축 및 공개

- ➔ (달성성과) 최대규모(10만km) 국내주행상황 AI 학습 데이터 7종 구축 및 공개
- ➔ (핵심데이터 확보)

- 주간, 야간, 우천, 비정형 환경 누적 10만Km Raw 데이터(180TB, 1,400만장) 수집
- 영상 및 라이다센서 기반 자율주행 AI 학습 데이터 셋 7종 구축, 영상기반 비식별화 자동화율 70% 기술 확보

※ 7종 학습데이터 셋: 영상기반 시멘틱세그멘테이션, 신호등 인지, 2D 다중객체 인지, 차량 후미등 인지, 라이다기반 시멘틱세그멘테이션, 3D 다중객체 인지, 타 차량 움직임 예측



< 대규모 자율주행 AI 학습 데이터 7종 구축 및 공개 개념도 >

- 국가공공데이터포털 및 ETRI 인공지능 데이터 허브 포털 공개
 - ※ 카카오, 네이버랩스, KAIST 등 17개 기관에서 활용, 자율주행 생태계 조성

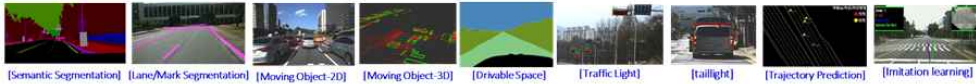
[개발목표 ②] 일반도심 환경 AI 기반 도로주행면허 수준의 주행지능 판단엔진 기술

- ➔ (달성성과) 영상 및 라이다 센서기반 주행상황 인지, 예측 및 판단 기술 확보
- ➔ (핵심기술 확보)

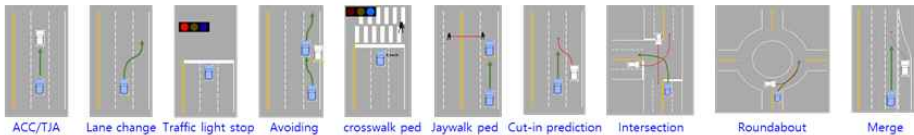
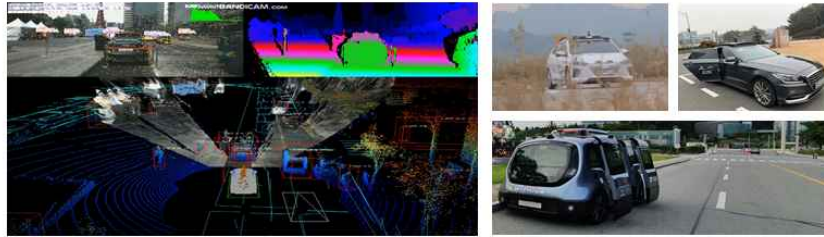
- 영상기반 주행환경, 2D 동적객체, 차량 후미등, 신호등 인지 기술 확보
- 라이다기반 주행환경, 3D 동적객체 인지, 타차량 움직임 예측 기술 확보
- 60kph 일반 도심환경 주행 시나리오 주행판단 및 제어 기술 확보 및 자율주행 누적거리 250km 달성

※ 도심환경 주행시나리오: (원형)(신호/비신호)교차로통과, 차로변경, 회피, 합류, 무단횡단 보행자 대응, 횡단보도 보행자 대응, Cut-in 예측, 비포장도로 주행

Generation of Deep Learning Big Data for Autonomous Driving



AI for Autonomous Driving in Urban Areas



< 영상 및 라이다 센서기반 주행상황 인지, 예측 및 판단 기술 개념도 >

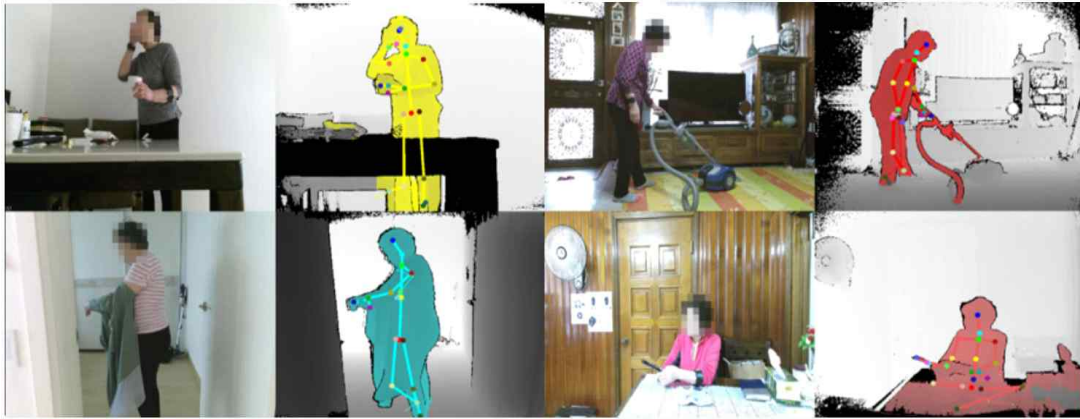
[개발목표 ③] 휴먼케어 로봇 특화 데이터셋 구축 및 공개

- ➔ (달성성과) 세계 최초/대규모 휴먼케어 로봇 특화 데이터셋 구축 및 공개
- ➔ (핵심데이터 확보)

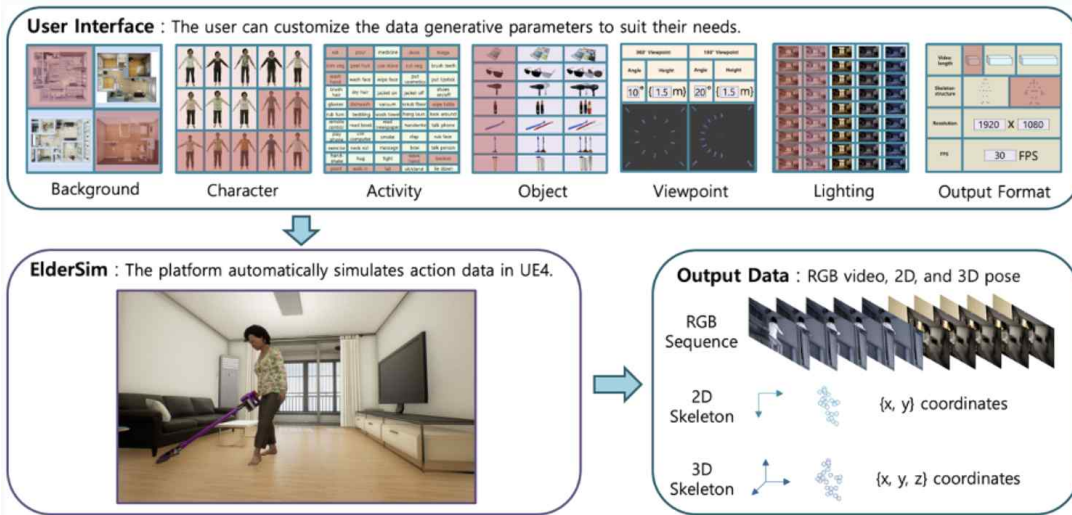
- 독거노인 30가정 대상 로봇시각 기반 고령자 일상생활 데이터셋 구축 및 공개
 - ※ 독거노인 30가정(남 3명, 여 27명), 55종 일상행동 3D 영상(로봇 시각), 총 6,589셋 (406GB), RGB 비디오/깊이영상/바디인덱스/3차원관절 정보 포함
- 가상 행동 데이터를 생성할 수 있는 플랫폼 및 생성 데이터 구축 및 공개
 - ※ 총 8개 주거 환경, 15명의 고령자 55종 행동 모델링, Viewpoint/조명 등 변화 가능 (로봇 시각 뷰뿐 아니라 CCTV 뷰 등 원하는 카메라 시점/조명 등 생성 가능)
- 국내외 우수 연구기관에서 공개된 데이터 활용 중
 - ※ 현재까지 상기 2건의 당해연도 공개 데이터셋 외에도 2019년 아파트 테스트베드에서의

고령자 일상행동 데이터(고령자 50명, 성인 50명, 112,620 데이터셋, 6.47TB), 고령자 음성 데이터셋(대화체 1차/2차 300시간, 32.6GB, 낭독체 101시간 30GB, 총 참여인원 고령자 3,000명 이상), 사람-사람 상호작용 데이터셋(5,000셋, 고령자 100명, 성인 2명, 522GB) 외 4건의 데이터셋이 공개되어 있음(<https://ai4robot.github.io/datasets/>)

※ 이 중 가장 대표적인 데이터셋인 고령자 일상행동 데이터셋은 삼성리서치, LG전자, 국립재활원, NEC, NTU, 칭화대, 뮌헨공대 등 국내 30개 기관, 해외 13개 기관에서 활용 중이며, 고령자 음성 데이터셋은 LG전자, 삼성전자, 셀바스AI, 홍콩과기대 등 국내외 12개 기관에서 활용 중



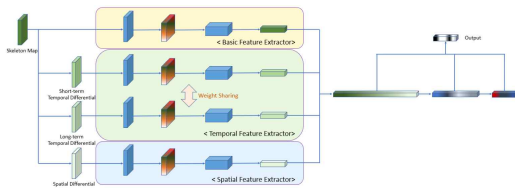
< 고령자 일상생활 데이터셋 샘플: <https://ai4robot.github.io/etri-activity3d-livinglab/> >



< 가상 행동 생성 플랫폼 및 생성 데이터: <https://ai4robot.github.io/ElderSim/> >

[개발목표 ④] AI기반 휴먼케어 로봇의 소셜지능 원천기술 개발

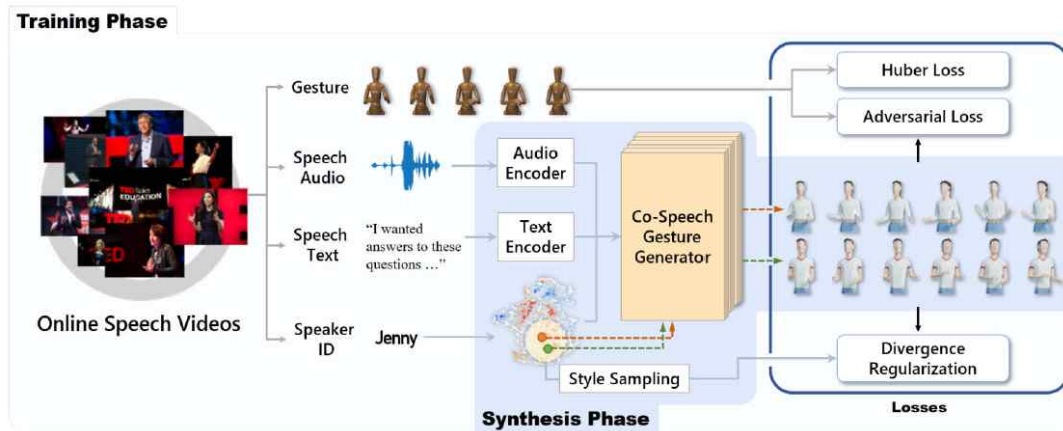
- ➔ (달성성과) 로봇시각 기반 휴먼행동이해 및 자연스러운 로봇행위생성 기술 확보
- ➔ (핵심기술 확보)
 - 실환경 휴먼행동 이해를 위한 일상행동 검출·인식 기술 확보
 - ※ 복잡한 운동(Fitness) 자세에도 강인한 휴먼 자세 추정 기술(관절 포인트 인식 정확도 91.4%) 및 실환경에서의 55종의 일상행동 인식(93.7%) 요소기술 확보
 - ※ 관련 논문: 우수학술대회 발표 1편(IROS 2020)



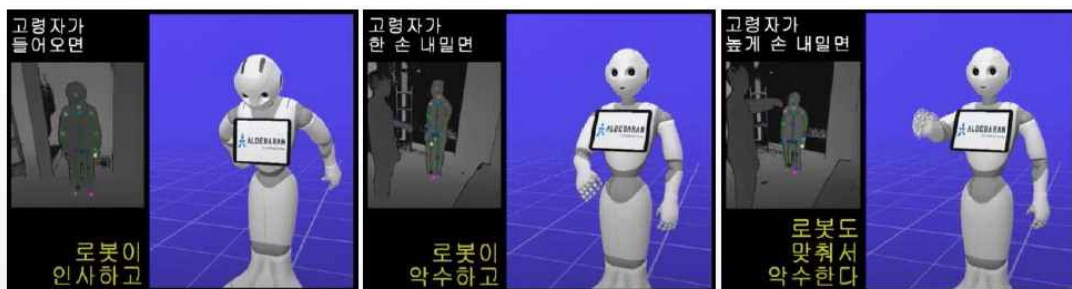
Method	Modalities	NTU	ETRI-
		RGB+D	Activity3D
Deep Bilinear Learning [24]	RGBDS	85.4	88.4
Evolution Pose Map [23]	RGB	78.8	-
	RGBS	91.7	93.6
c-ConvNet [22]	RGBD	82.6	91.3
	RGB	87.2	90.1
FSA-CNN	S	88.1	90.6
	RGBS	91.5	93.7

< 행동검출기 구조도 및 ETRI 행동인식 기술(FSA-CNN)과 타 기술 비교 >

- 사람 행위모방을 통한 발화 제스처 생성 및 비언어적 상호작용 행위생성 기술 확보
 - ※ 발화 오디오, 텍스트, 발화자 ID의 세가지 모달리티를 입력으로 하는 발화 제스처 생성 (로봇이 말을 할 때 그에 적합한 제스처가 자동으로 생성되는 기술, 사람 영상으로부터 학습) 및 사용자 행위 인식 기반 비언어적 상호작용 행위 생성 기술 확보
 - ※ 관련 논문: IF 20% 이내 저널 게재 2편(ACM Transactions on Graphics, IEEE Access), 우수학술대회 발표 2편(ICRA 2020, SMC 2020)



< 멀티모달 정보 기반 제스처 생성 구조 >



< 사용자 행위인식 기반 비언어적 상호작용 행위 생성 개념: 사용자의 자세/위치 변화 및 행위 전환까지 고려되어 로봇의 행위가 실시간에 적응적으로 생성되는 기술 >

- 관련 연구 분야 국내/국제 학술대회 조직 적극 참여 및 SW 공개를 통해 ETRI 위상 강화
 - ※ RO-MAN 2020 및 IROS 2020 Workshop 공동 조직 및 초청 강연 1건, 논문 10편 발표
 - ※ IVA 2020 Workshop 및 Challenge 공동 조직
 - ※ 한국로봇종합학술대회 및 전자공학회 학술대회 특별 세션 조직 및 초청강연 1건, 논문 14편 발표

3. 우수성 및 차별성

기술수준 향상 성과

- 국내 최대 자율주행 인공지능 학습데이터 구축
 - 도심환경 자율주행을 위한 다중센서 기반 인공지능 학습데이터 구축
 - raw 데이터 180TB, 1,400만장 수집 및 학습데이터 7종 구축
 - 영상기반 학습데이터 공개를 위한 야간환경 비식별화(차량 번호판) 자동화율 76.6% 달성
 - CycleGAN을 이용한 야간환경 데이터 증강 원천 기술 확보
- 도심환경 자율주행 핵심 인공지능 기술 개발 완료
 - 영상 및 라이다 센서 융합 인공지능 기반 자기차량 위치 인식 정확도 개선 (CEP 10cm) 및 상대오차 0.68% 달성
 - 야간환경 자율주행을 위한 영상개선 딥러닝, 도메인적응 기술, 전이 학습 등 핵심 원천 기술 확보
 - 국내 최초 차량 후미등 인식을 이용한 정지 차량 회피 인공지능
 - 인공지능 기반 맵 음영환경 비포장 도로 주행영역 검출 정확도 98.3% 달성
 - 60kph 일반 도심환경 주행 시나리오 주행판단 및 제어 기술 확보 및 자율주행 누적거리 250km 달성
- 국내최초 레벨4 타입 모빌리티(운전석 無) 차량 플랫폼 적용 검증
 - 저속 모빌리티 차량 플랫폼 인공지능 기반 인지/판단/제어 SW 탑재 주행 검증
- 2D 휴먼 포즈 추정 및 일상행동 인식 세계최고 수준(SOTA) 기술 달성
 - 포즈추정 기술의 경우 CMU OpenPose 대비 정확도 16%, 처리속도 43% 개선

개발자	모델명	정확도 (mAP)	속도 (GPU)	속도 (CPU)	속도 (Mobile)
ETRI	GPU Heavy	75.3	26 ms	-	-
	GPU Middle	74.4	19 ms	-	-
	GPU Light	72.3	12 ms	-	-
	CPU Middle	70.8	-	90 ms	-
	CPU Light	64.3	-	40 ms	-
	Mobile	62.8	-	25 ms	30 ms (LG G8)
CMU	OpenPose	65.1	46 ms	1,000 ms 이상	-
Intel	OpenVino	42.8	-	10~20 ms	-

Method	Modalities	NTU RGB+D	ETRI-Activity3D
Deep Bilinear Learning [24]	RGBDS	85.4	88.4
Evolution Pose Map [23]	RGB	78.8	-
	RGBS	91.7	93.6
c-ConvNet [22]	RGBD	82.6	91.3
FSA-CNN	RGB	87.2	90.1
	S	88.1	90.6
	RGBS	91.5	93.7

< ETRI 휴먼 포즈 추정 기술과 타 기술 비교: MS COCO validation dataset 기준, 관절검출 성능 >

< ETRI 행동인식 기술(FSA-CNN)과 타 기술 비교 >

- 자동으로 생성된 제스처의 품질을 평가할 수 있는 객관적 방법(Fréchet Gesture Distance) 최초 제안, 사람에 의한 평가에 기존 방법보다 더 근접함을 입증
 - ※ 기존에 정성 평가 중심이던 자동 생성된 제스처에 대한 품질 평가 방법을 객관적으로 측정할 수 있는 방법(FGD)의 우수성을 인정받아 ACM Transactions on Graphics에 논문이 게재됨

Metric	Agreement (%)		
	Preference	Human-likeness of motion	Speech-gesture match
(b) Trained gesture generation models			
MAE of joint coordinates (MAEJ)	37.7	48.2	32.8
MAE of acceleration	34.9	40.0	38.9
FGD	70.5	59.6	70.2
Between human subjects	73.1	78.8	94.4

Model	Training stage (epochs)	FGD
Proposed model	89*	3.729
Proposed model without regularization terms	83*	5.756
Proposed model without adversarial scheme	87*	9.712
Proposed model without text modality	20	12.144
Proposed model without audio modality	16	16.558
Attentional Seq2Seq	66*	18.054
Speech2Gesture	86*	19.254
Joint embedding model	98*	22.083
Proposed model without adversarial scheme and audio modality	17	26.328
Attentional Seq2Seq	20	28.273

< 제안된 방법(FGD)과 타기술, 사람 판단과의 비교 >

< 제안된 방법과 타 기술 비교: FGD 값이 낮을수록 좋은 결과 >

기술수준 공인 성과

○ SCI 논문 4건 (JCR 상위 20% 논문 3건 포함), 국제우수학술대회 논문 : 3건

- (JCR 상위 20% 논문) Speech gesture generation from the trimodal context of text, audio, and speaker Identity, Youngwoo Yoon, et al., ACM Transactions on Graphics, Vol. 39, No. 6, Article No.:222, IF 6.495, JCR 0.467%, 2020년 11월 등 3건
- (일반 SCI 논문) Regularizing neural networks for future trajectory prediction via inverse reinforcement learning framework, Doseop Choi, et al., IET Computer Vision, Vol. 14, Issue: 5, IF 1.648, JCR 61.7%, 2020년 8월
- (국제우수학술대회) End-to-End Learning of Social Behaviors for Humanoid Robots, Woo-Ri Ko, et al., SMC 2020 (IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics). 2020년 10월 등 3건

○ 국제특허 3건 등록, 2건 출원, 3건 출원 진행중

- (등록) Interaction apparatus and method for determining a turn-taking behavior using multimodal information, 10800043, 2020년 10월, 등록, 미국 등 3건
- (출원) APPARATUS FOR AUTONOMOUS DRIVING AND METHOD AND SYSTEM FOR CALIBRATING SENSOR THEREOF, 17/110853, 2020년 12월, 출원, 미국 등 2건
- (출원 중) Apparatus and Method for Estimating Human Motion using Mobile Robot, 2020년 12월, 출원 중, 미국 등 3건

○ 국내특허 5건 등록, 13건 출원, 1건 출원 진행중

- (등록) 발화 정지 시점을 고려한 발화 제어 방법 및 이를 위한 장치, 10-2170155-0000, 2020년 10월, 등록, 대한민국 등 5건
- (출원) 주행환경 기반 자율주행 경로 변경 방법 및 시스템, 10-2020-0159018, 2020년 11월, 출원, 대한민국 등 13건
- (출원 중) 교통흐름에 따라 교차로 통과방식을 변경하는 가변형 교차로 구현방법, 2020년 12월, 출원 중, 대한민국

○ 관련 기술이전 7건 4.29억

- 자율주행 셔틀 운영기술, (주)엔맨드솔루션, 2020년 12월, 착수기본료 1.1억 등 7건

○ 기타 언론보도 및 기술 시연

- ETRI, 고령자 돕는 로봇 특화된 데이터·SW 공개(MBC 보도자료, 2020년 11월) 등
- 국회 과학기술방송통신위원회, 국토교통위원회 국정감사 자율차 시연, 2020년 10월

※ 상세 기술수준 공인 성과 목록 별첨 1 참조

4. 성과의 활용도 및 파급효과

경제 활성화 효과

기업/산업 경쟁력 향상

- 대규모 자율주행 학습 데이터 공개로 인한 자율주행 생태계 조성 및 중소/벤처 기업의 핵심 기술 확보 및 산업 활성화에 기여
 - 인공지능 기반 자율주행 핵심 기술 이전에 의한 지자체 셔틀서비스, 도심 모빌리티 서비스 등 기반 기술확보에 의한 기업 경쟁력 향상에 기여
 - 인공지능 기반 자율주행 핵심 기술과 대규모 학습데이터 공개를 통한 자율주행 분야의 기업 경쟁력 향상과 동시에 교통 불편, 교통 사망사고를 획기적으로 개선할 수 있는 교통 관련 산업 전반의 경쟁력 향상 기여
- 다양한 종류의 대규모 로봇 특화 인공지능 학습용 데이터셋 및 SW 공개로 중장기적으로 서비스 로봇을 위한 인공지능 R&D 가속화 및 실용화 기여 전망
 - 자체 기술력이 부족한 중소기업·지능형 로봇 스타트업이 직접 로봇 인공지능을 개발하기는 어려운 상황으로 개방형 연구를 통해 서비스 로봇의 지능화 수준 확대가 가능하여 로봇 산업의 성장 견인
 - 대표 데이터셋 2종을 국내외 55개 기관에서 활용 중으로 본 과제를 통해 고령자케어 로봇 연구의 데이터 부족 문제 해소를 통해 관련 연구기관/기업의 기술 수준 형상에 기여할 것으로 전망
 - 단기적으로 휴먼행동 분석 기술은 코로나19 이후 큰 관심을 받고 있는 홈트레이닝 전문 서비스 기업(주)릴리어스 등)의 사업화 촉진에 기여

경제적 파급효과

- 자율주행기술 조기 상용화를 통해 교통사고 사회 간접비용의 절감(사회적 비용 13조), 농어촌의 차량 공유제 지원으로 지자체 재정적자 보충 및 복지 재투자 가능
- 서비스 로봇 시장 규모는 2019년 310억 달러(약 37조원)에서 2024년 1천220억 달

리(약 146조원)로 증가할 것으로 예상. 수량 기준으로는 연평균 29% 성장률을 나타낼 전망(출처: Strategy Analytics, 2020)

- 인공지능이 로봇 기술과 접목되어 2022년 이후 시장을 본격적으로 형성할 것으로 예상(Frost & Sullivan, 2016)되며 본 과제의 결과물이 이러한 흐름에 중요한 역할을 할 것으로 기대

국가·사회적 파급효과

○ 해결해야 할 국가·사회문제

- 低출산, 高령화, 低탄소, 개인화, 도시화 등 사회변화와 미래 니즈 대비 사회적 이동서비스 보장
- 대중교통 소외지역에 거주하는 교통약자의 이동 불편에 따른 복지(의료, 생활편의, 문화 등) 서비스로의 접근성 악화 문제
- 평상시 또는 감염병 유행과 같은 상황에 돌봄인력 공백 문제 발생, 부모의 경우 영유아/초등학생을 돌보며 재택근무 어려움, 고령자의 경우 독립생활에 어려움

○ 성과에서 개발된 기술적 솔루션

- 자율주행 인공지능 대규모 학습데이터 공개와 핵심기술 개발을 통해 국가·사회 교통 사회문제 해결에 기여
 - . 도심 및 지자체 셔틀 자율주행 핵심 기술을 확보할 수 있는 대규모 학습데이터 공개
 - . 인공지능 기반 자율주행 인지 및 예측 정확도 향상
 - . 다중센서 융합 기반 다양한 환경에 강인한 자율주행 인지/판단/제어 핵심기술 확보
- 로봇이 일상생활에서 사람을 이해하며 소셜하게 상호작용하기 위해 필수적인 실환경 일상행동 검출·인식기술 및 자연스러운 로봇 행위 생성 기술 개발
 - . 사회성을 지닌 공공장소 서비스 로봇 및 가정용 서비스 로봇을 위한 핵심기술로 활용 가능

○ 국가·사회적 파급효과

- 국내최초 자율주행 대규모 인공지능 학습 데이터 및 핵심기술 확보를 통한 자율주행 서비스 산업 선도 및 국가·사회적 교통 문제 해결
- 인간-로봇 공존 사회 실현을 위한 AI-로봇 융합 고난도 원천기술 주도권 확보
 - . (제조) 일본, 독일 기업 선점/주도, (전문 서비스) 미국 기업 선점/주도, (개인 서비스) 선점 기업/국가 없는 상태
- 장기적으로 돌봄인력 공백·부족 상황 대응, 일·가정 양립사회 실현, 고령화 사회 대응 가능한 로봇 제품에 기술 적용

별첨 1 기술수준 공인 성과 목록

■ 기술이전 : 7건, 4.29억

- 1) 자율주행 셔틀 운영기술, (주)엔맨드솔루션, '20.12, 착수기본료 1.1억
- 2) 라이다센서기반 장애물 트래킹 및 자율주행판단제어기술 v1.0, (주)스트리스, '20.09, 착수기본료 0.55억
- 3) 영상기반 딥러닝을 위한 가상학습셋 생성 기술, (주)몰팩바이오, '20.11, 착수기본료 0.77억
- 4) 상황인지기반 대화중심 인간로봇 교류엔진, (주)나팔, '20.10, 착수기본료 0.22억
- 5) 시각 인공지능 기반 휴먼동작 분석 및 평가기술(2세부 기술), (주)프로맥스, '20.05, 착수기본료 0.55억
- 6) 영상기반 딥러닝을 위한 가상학습셋 생성기술, (주)자이언트스텝, '19.12.16, 착수기본료 0.77억
- 7) 모바일 단말용 시각 인공지능기반 휴먼 동작 분석 기술, (주)릴리어스, '20.12, 착수기본료 0.33억

■ SCI 논문 4건 (JCR 상위 20% 논문 3건 포함)

- 1) Speech gesture generation from the trimodal context of text, audio, and speaker Identity, Youngwoo Yoon, et al., ACM Transactions on Graphics, Vol. 39, IF 6.495, JCR 0.467%, '20.11
- 2) Reinforcement learning-based path generation using sequential pattern reduction and self-directed curriculum learning, Taewoo Kim, et al., IEEE Access, Vol. 8, IF 4.098, JCR 18.30%, '20.08
- 3) Deep neural networks with a set of node-wise varying activation functions, Neural Networks, Jinhyeok Jang, et al., Vol. 126, IF 5.785, JCR 12.62%, '20.06
- 4) Regularizing neural networks for future trajectory prediction via inverse reinforcement learning framework, Doseop Choi, et al., IET Computer Vision, Vol. 14, Issue: 5, IF 1.648, JCR 61.7%, '20.08

■ 국제우수학술대회 논문 : 3건

- 1) End-to-End Learning of Social Behaviors for Humanoid Robots, Woo-Ri Ko, et al., SMC 2020 (IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics). '20.10
- 2) ETRI-Activity3D: A Large-Scale RGB-D Dataset for Robots to Recognize Daily Activities of the Elderly, Jinhyeok Jang, et al., IROS 2020 (International Conference on Intelligent Robots and Systems), '20.10
- 3) C-3PO: Cyclic-Three-Phase Optimization for Human-Robot Motion Retargeting Based on Reinforcement Learning, Taewoo Kim, et al., ICRA 2020 (International Conference on Robotics and Automation), '20.06

■ 국제특허 3건 등록, 2건 출원, 3건 출원 진행중

- 1) (등록) Interaction apparatus and method for determining a turn-taking behavior using

- multimodel information, 10800043, '20.10, 등록, 미국
- 2) (등록) HUMAN BEHAVIOR RECOGNITION APPARATUS AND METHOD, 10789458, '20.09, 등록, 미국
 - 3) (등록) APPARATUS FOR DETERMINING SPEECH PROPERTIES AND MOTION PROPERTIES OF INTERACTIVE ROBOT AND METHOD THEREOF, 10777198, '20.09, 등록, 미국
 - 4) (출원) APPARATUS FOR AUTONOMOUS DRIVING AND METHOD AND SYSTEM FOR CALIBRATING SENSOR THEREOF, 17/110853, '20.12, 출원, 미국
 - 5) (출원) APPARATUS AND METHOD FOR DETERMINING INTERACTION BETWEEN HUMAN AND ROBOT, 17/082843, '20.10, 출원, 미국
 - 6) (출원 중) Apparatus and Method for Estimating Human Motion using Mobile Robot, '20.12, 출원 중, 미국
 - 7) (출원 중) Local Federated Learning Considering Model's own Characteristics, '20.12, 출원 중, 미국
 - 8) (출원 중) APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING ROBOT INTERACTION BEHAVIOR, '20.12, 출원 중, 미국

■ 국내특허 5건 등록, 13건 출원, 1건 출원 진행중

- 1) (등록) 발화 정지 시점을 고려한 발화 제어 방법 및 이를 위한 장치, 10-2170155-0000, '20.10, 등록, 대한민국
- 2) (등록) 상호 작용 장치 및 방법, 10-2168802-0000, '20.10, 등록, 대한민국
- 3) (등록) 휴먼 행동 인식 장치 및 방법, 10-2152717-0000, '20.09, 등록, 대한민국
- 4) (등록) 인터랙티브 로봇의 발화 및 제스처 속성 결정 장치 및 방법, 10-2147835-0000, '20.08, 등록, 대한민국
- 5) (등록) 로봇의 사회 지능 평가 방법 및 이를 위한 장치, 10-2128812-0000, '20.08, 등록, 대한민국
- 6) (출원) 주행환경 기반 자율주행 경로 변경 방법 및 시스템, 10-2020-0159018, '20.11, 출원, 대한민국
- 7) (출원) 자율주행을 위한 인식 불확실성 기반의 선별적 데이터 수집 시스템, 10-2020-0164325, '20.11, 출원, 대한민국
- 8) (출원) 이동 로봇을 이용한 휴먼 자세 평가 장치 및 방법, 10-2020-0141426, '20.10, 출원, 대한민국
- 9) (출원) 도커화된 인공지능 라이브러리에 대한 프록시 생성 장치 및 방법, 도커화된 인공지능 라이브러리 기반 ROS 분산 시스템, 10-2020-0122809, '20.09, 출원, 대한민국
- 10) (출원) 다중 컨텍스트 기반 휴먼 추종 장치 및 방법, 10-2020-0110428, '20.08, 출원, 대한민국
- 11) (출원) 로봇 인터랙션 행위 생성 장치 및 방법, 10-2020-0105409, '20.08, 출원, 대한민국
- 12) (출원) 휴먼 자세 추정 장치 및 방법, 10-2020-0105426, '20.08, 출원, 대한민국
- 13) (출원) 사람과 로봇 간의 인터랙션 방식 결정 장치 및 방법, 10-2020-0092240, '20.07, 출원, 대한민국
- 14) (출원) 인식 모델 성향 분석 기반 연합 학습 추천 장치 및 방법, 사용자 단말에서의 연합 학습 방법, 10-2020-0088120, '20.07, 출원, 대한민국
- 15) (출원) CCTV 영상 기반 이상 행동 감지 방법 및 이를 위한 장치, 10-2020-0034430, '20.03, 출원, 대한민국

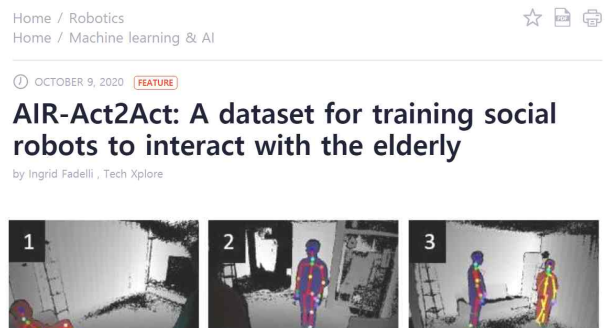
- 16) (출원) 3D 카메라를 이용한 머리카락 영역 검출 방법 및 이를 위한 장치, 10-2020-0024067, '20.02, 출원, 대한민국
- 17) (출원) 이상 징후 예측 장치 및 방법, 10-2020-0011104, '20.01, 출원, 대한민국
- 18) (출원) 정보 탐색 장치 및 방법, 10-2020-0010043, '20.01, 출원, 대한민국
- 19) (출원 중) 교통흐름에 따라 교차로 통과방식을 변경하는 가변형 교차로 구현방법, '20.12, 출원 중, 대한민국

■ 언론보도 : 3 건

- 1) ETRI, 고령자 돕는 로봇 특화된 데이터·SW 공개(ETRI 보도자료, '20.11)
 - 방송 2건(MBC 8시 뉴스, MBC 아침 뉴스), 신문 15건
- 2) AIR-Act2Act: A dataset for training social robots to interact with the elderly, Tech Xplore, '20.10
 - Tech Xplore에 현재까지 총 6건의 ETRI 연구가 소개되었으며 그 중 본건을 포함하여 총 2건의 휴먼케어 로봇 관련 연구 내용이 소개됨 ('18.11월에 휴머노이드 로봇의 발화 제스처 자동 생성 연구 기소개)
- 3) 이달의 주목할 데이터셋, 휴먼케어 로봇을 위한 고령자 일상 행동 인식 데이터셋, AI DATA INSIGHT Vol. 10, '20.11



< MBC 뉴스, '20.11 >



< Tech Xplore, '20.10 >

■ 기타 기술시연 등 : 4 건

- 1) 국회 과방위, 국토교통위 국정감사 자율차 시연, '20.10
 - 국회 과학기술방송통신위원회 시연(@ETRI), 원내 자율주행, 국회의원 운전석 탑승
 - 국회 국토교통위원회 시연(@K-City), 4km 구간 모의도로 자율주행 차량 탑승



- 2) 소프트웨어브 2020 전시회('20.12): 시각 인공지능 기반 동작분석 및 평가기술

- 3) ETRI-(주)두산 탐교류회('20.11): 얼굴정보 인식기술(신원, 성별, 연령, 감정, 시선방향, 헤어/약세서리 정보, 마스크 착용 여부, 마스크 착용 얼굴인식, 발열 정보)
- 4) 제네시스 G80 국토부 임시운행허가 최단시간(2시간) 면허 시험 통과('20.06)
 - AI 7종 탑재 임시운행 허가 획득(기존 최단시간: 4시간 대비 ETRI 2시간 통과)
 - 주요기능: 비포장도로주행, Cut-In 예측, 무단횡단보행자 대응, 횡단보도 보행자, 차선변경 취소, 비신호 교차로 통과 등)

시험장1: KATRI K-City



시험장2: KATRI 비포장 도로



**60kph 도심환경 주행을 위한 자율주행 인공지능 기술
(AI 기반 인지/예측/로컬라이제이션)**

기본 기능

차로주행	ACC/TJA	차로변경	AEB	최고 속도 제한	Fail-Safe

추가 기능

차로변경취소	신호등 인식	보행자 인식	무단횡단 보행자 대응	Cut-in 예측 감지	비신호 교차로	비포장도로 주행