

2차년도 SDI과제 킥오프 워크샵

(2025.04.15 ~ 04.16 / 세종 메리어트)

미래 모빌리티를 위한
소프트웨어 정의형
인프라스트럭처 기술 개발
- 목표 기술 소개

전재호
한국전자통신연구원





SDI 과제 ETRI 연구팀 소개

신용준 박사

- 소프트웨어 공학
- ESTJ

김용연 선임

- AI 시스템 SW
- INFJ

강성주 박사

- 과제 채굴자
- ESTP

이준희 연구원

- IaC, M&S, K8s
- ESTP



전재호 선임

- 엣지 플랫폼
- ESFJ

석종수 선임

- 임베디드 시스템
- ISFJ

고동범 박사

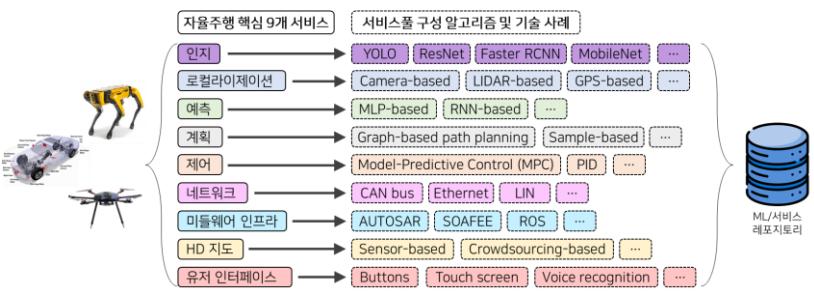
- 디지털 트윈
- INFJ

SDI 과제 세부 연구 주제 개요

SDI 개발

클라우드 네이티브 CI/CV/CD 프레임워크 개발

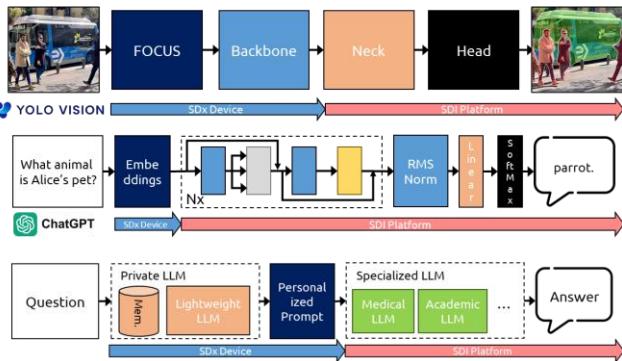
"SDx의 AI 중심 서비스를 SDI를 통해 개발-검증-배포할 것인가?"



SDI 실행

SDx-SDI 간 AI 소프트웨어의 분할 실행 모듈 개발

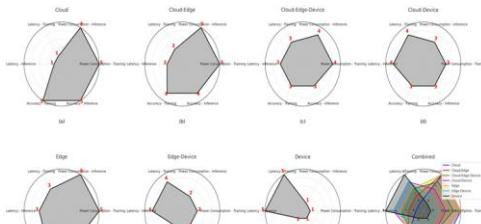
"SDI와 협력적으로 실행할 때 효과가 있는 AI 중심 서비스는 무엇인가?"



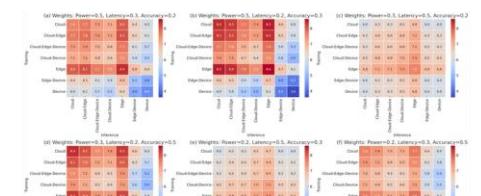
저전력/저지연 모빌리티 SW 실행을 위한 IaC 프로세스 개발

SDI 운영

"SDI를 효율적으로 운영할 기준을 만들 수 있을까?"



<아키텍처별 평가지표 랭킹 점수>



<아키텍처별 학습/추론 총점 비교>

SDI 적용

"기존 통신망/사회망과 어떻게 연계할 것인가?"



기존 통신망과의 연계/확장을 위한 인터페이스 개발

SDI 통합

"SDx와 SDI 간의 분업/협업 과정을 어떻게 통합하고 검증할 것인가?"



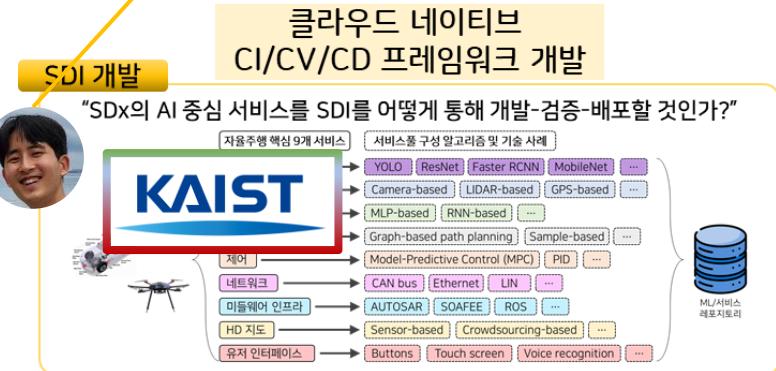
실증용 SDx 모빌리티 프로파일 기반의 SDI 운영 환경 개발



SDI 과제 컨소시엄 구성

신용준 박사

- 소프트웨어 공학
- ESTJ

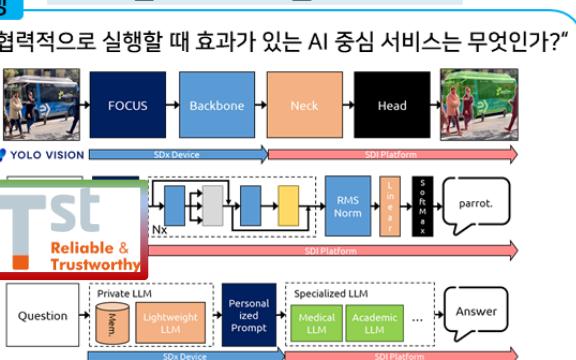


김용연 선임

- AI 시스템 SW
- INFJ

SDI 실행

SDx-SDI 간 AI 소프트웨어의 분할 실행 모듈 개발



강성주 박사

- 과제 채굴자
- ESTP

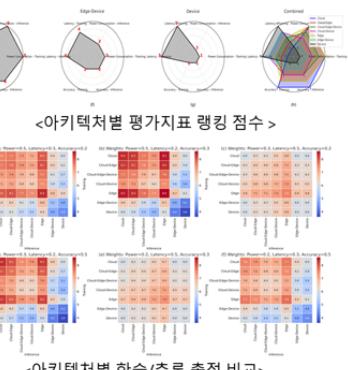


이준희 연구원

- IaC, M&S, K8s
- ESTP

저전력/저지연 모빌리티 SW 실행을 위한 SDI 운영 IaC 프로세스 개발

"SDI를 효율적으로 운영할 기준을 만들 수 있을까?"



SDI 통합

"SDx와 SDI 간의 분업/협업 과정을 어떻게 통합하고 검증할 것인가?"



석종수 선임

- 임베디드 시스템
- ISFJ

전재호 선임

- 엣지 플랫폼
- ESFJ

고동범 박사

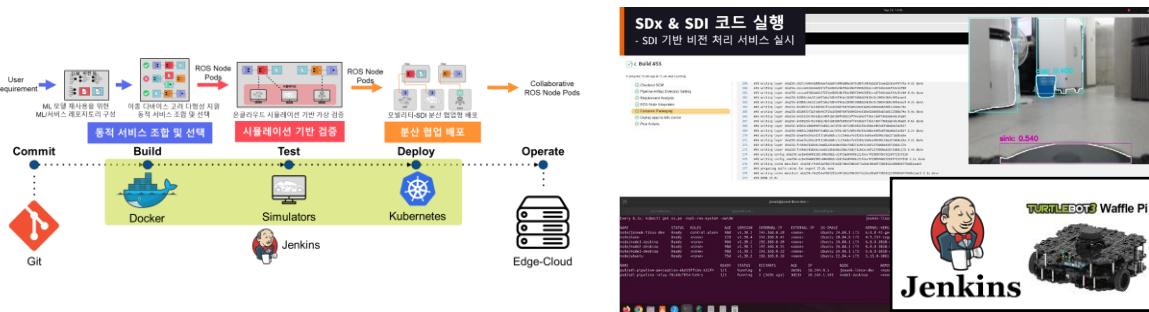
- 디지털 트윈
- INFJ



(개발) 클라우드 네이티브 CI/CV/CD 프레임워크 개발

<As-Is> 1차년도 진행 상황

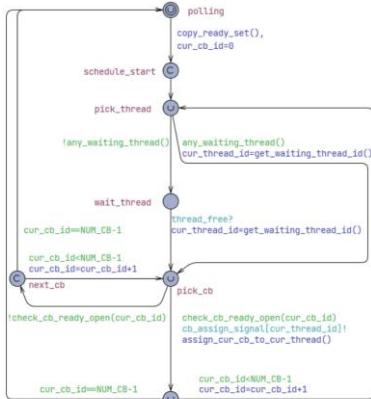
- 모빌리티-SDI 분업형 SW CI/CV/CD 프레임워크 설계 및 프로토타입 개발



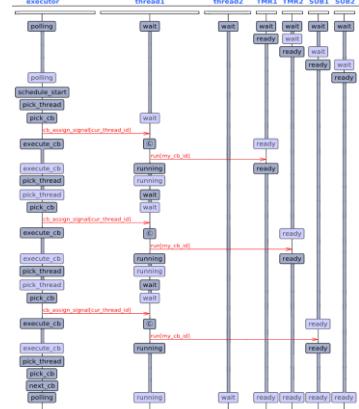
파이프라인 설계 (with KAIST)

ETRI 내 프로토타입 개발

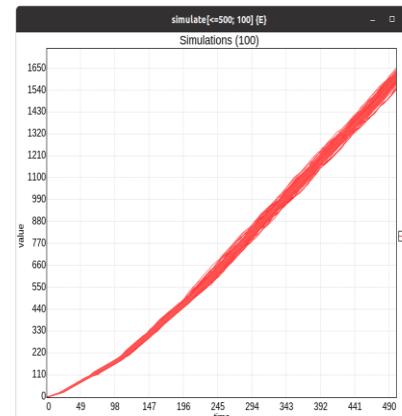
- ROS 2 모빌리티 SW의 동시성 및 지연시간 정형 검증



ROS 2 정형 모델링



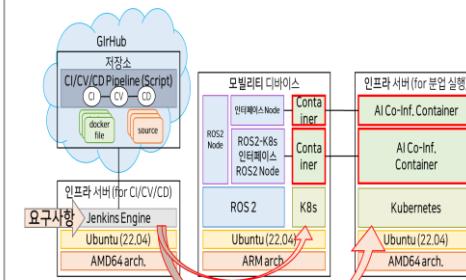
ROS2의 콜백 동시성 검증
(모델체킹)



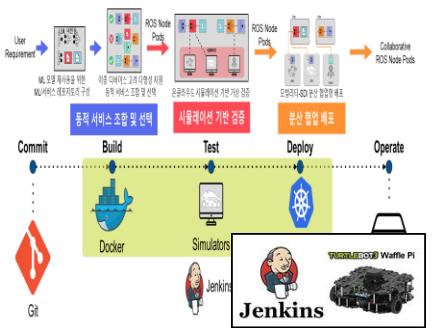
SDI-모빌리티 분업의
지연시간/에너지/비용 검증
(통계적 모델체킹)

<To-Be> 2차년도 연구 목표

- CI/CV/CD 프레임워크 설계 개선 및 구현 (with KAIST)

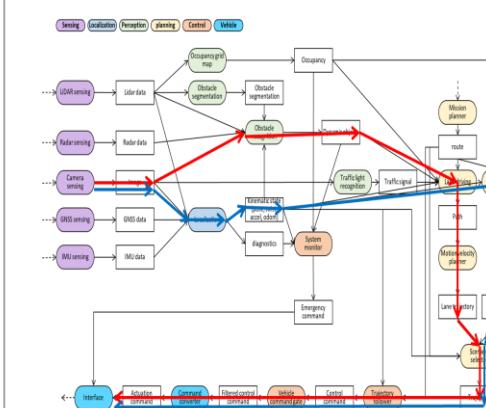


CI/CV/CD 프레임워크 설계 개선

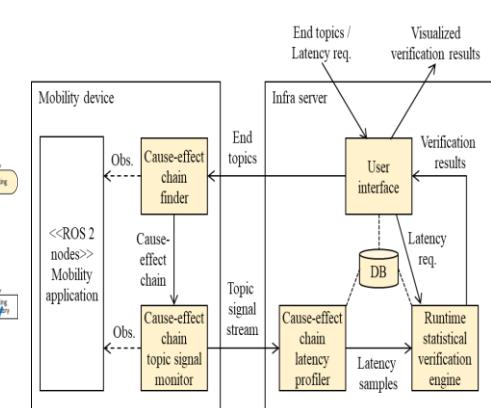


터틀봇 앱 기반 파이프라인 개발

- ROS 2 모빌리티 SW Cause-Effect Latency 런타임 검증



ROS2 모빌리티 SW의 동적
Cause-effect chain



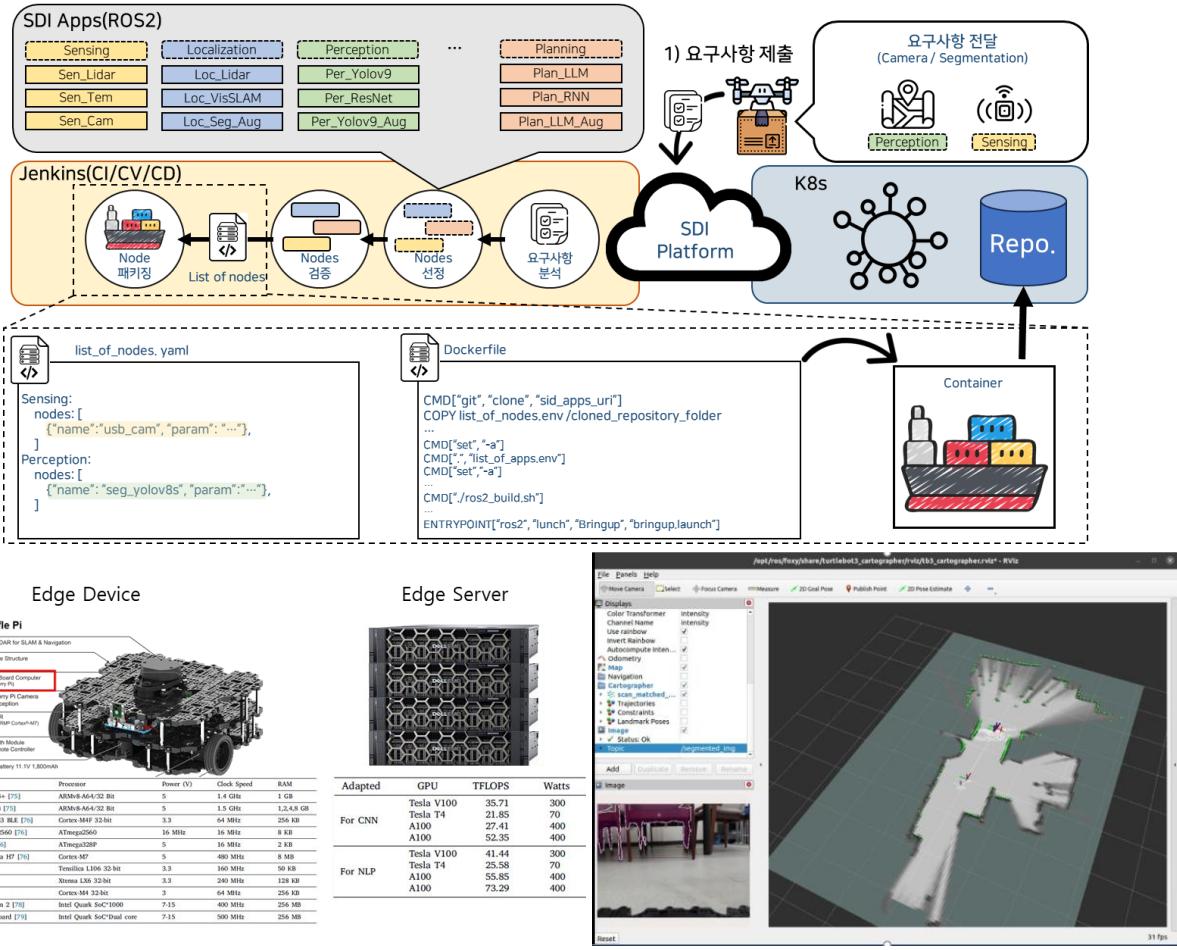
Cause-effect latency
런타임 검증 도구 개발



(실행) SDx-SDI 간 AI 소프트웨어의 분할 실행 모듈 개발

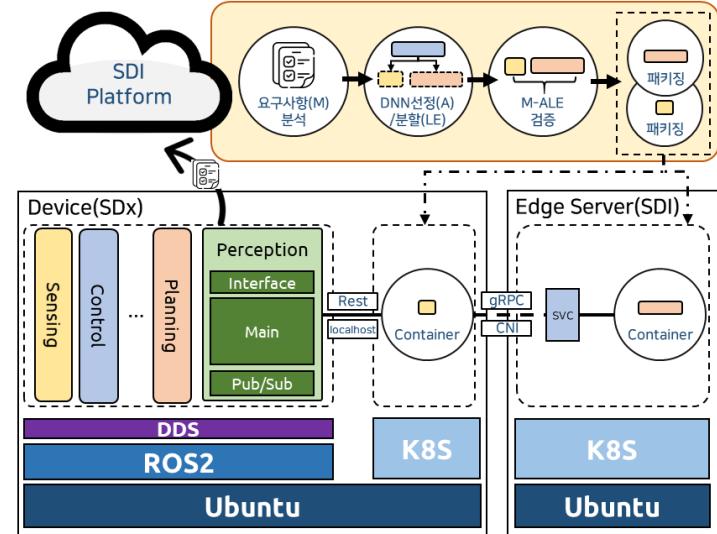
<As-Is> 기존 기술 및 진행 상황

- Turtlebot3 기반 AI 응용 분할실행 시나리오 구현
 - 낮은 퍼포먼스로 인해 구조 및 응용 개선 필요

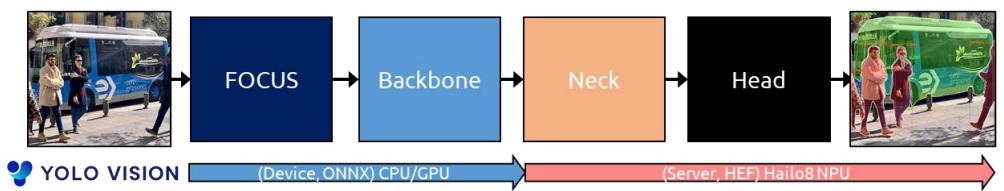


<To-Be> 연구 목표 및 결과물

- ROS2 의존성을 없앤 컨테이너 기반 Co-Inf. 아키텍처 설계
 - AI 응용을 위한 증강 시나리오
 - 컨테이너 내부의 ROS2 노드를 제외 → 속도 향상 및 ROS2 의존성 제거



- NPU를 활용한 디바이스-엣지 서버간 Co-Inf. 방법 연구
 - 기존 ONNX 모델을 분할하여 후반부 모델을 Hailo8 NPU용으로 변환
 - 서로 다른 형식의 두 AI모델(onnx, hef)간 Co-Inf.를 위한 방법 연구

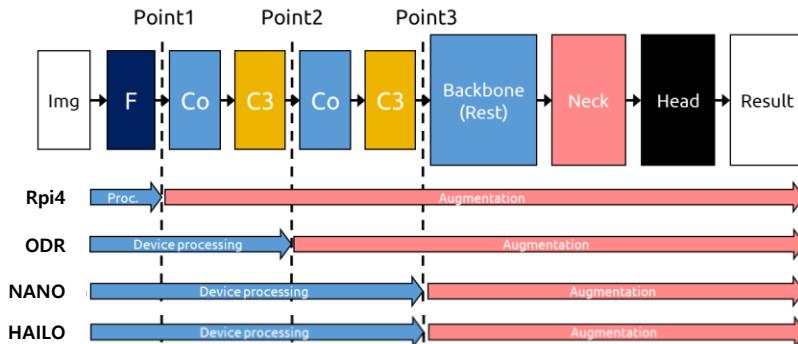




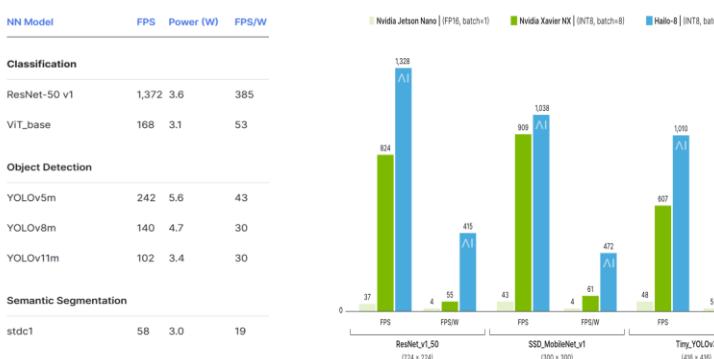
(실행) SDx-SDI 간 AI 소프트웨어의 분할 실행 모듈 개발

<As-Is> 기존 기술 및 진행 상황

- AI 응용 분할실행 기술 연구(ONNX model)
 - ONNX 모델 분할 및 conversion 기술 개발 중

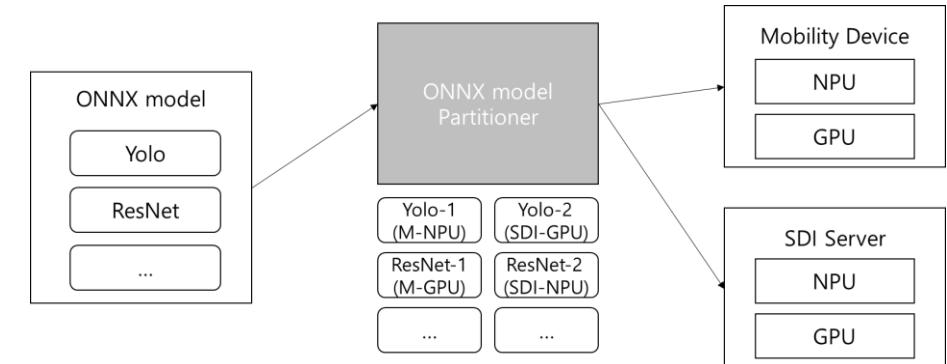


- 에너지 효율을 고려한 모빌리티-SDI 분업 실행을 위한 AI 가속기 전성비 분석

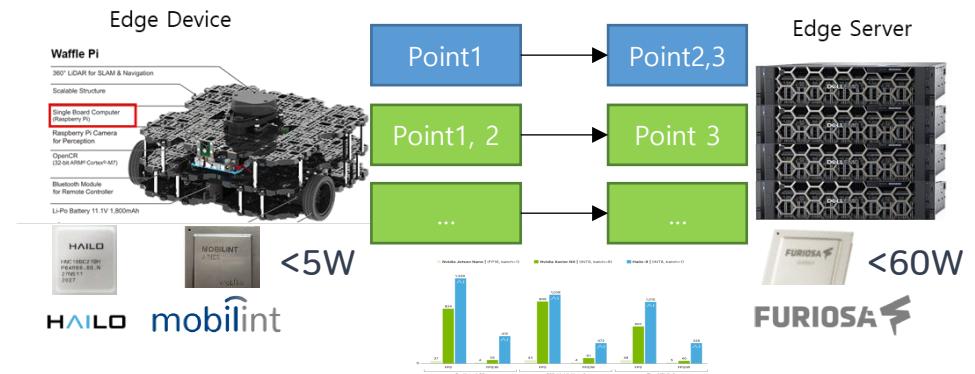


<To-Be> 연구 목표 및 결과물

- 모빌리티 디바이스-SDI 플랫폼간 AI 응용 분할



- 모빌리티-SDI 분업 실행을 통한 이종 AI 가속기 간 분업 실행 전성비 분석

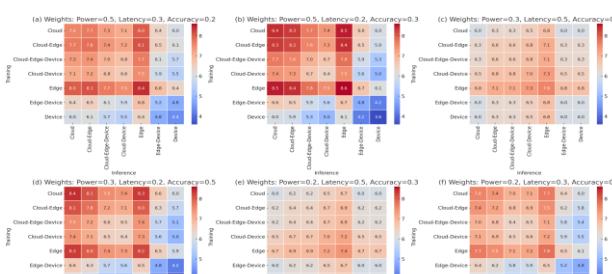
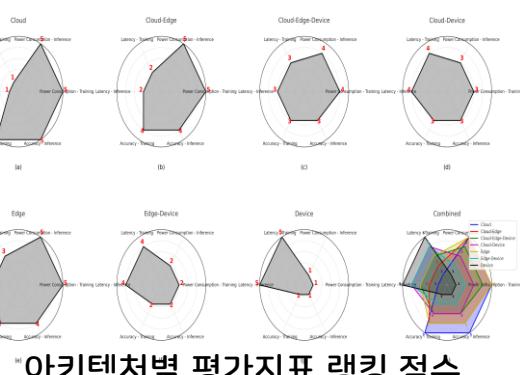




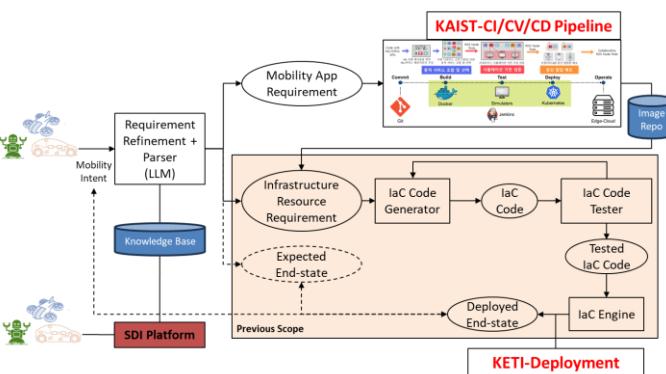
(운영) 저전력/저지연 모빌리티 SW 실행을 위한 IaC 프로세스 개발

<As-Is> 1차년도 진행 상황

- IaC 프로세스 과정에서 최적의 응용 배치를 위한 평가 기준 선행연구

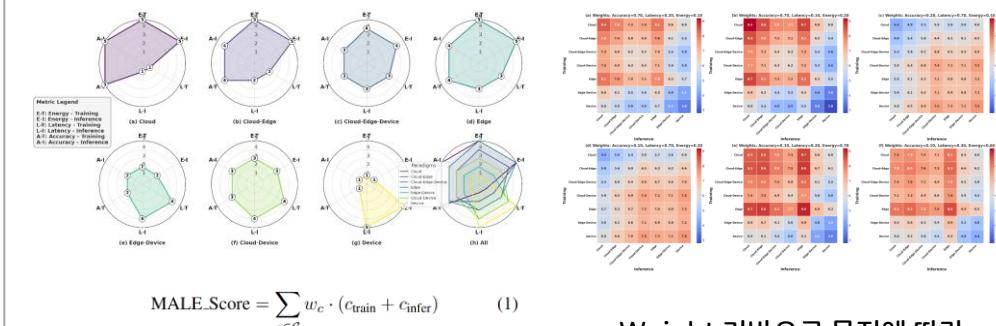


- SDI 환경을 위한 LLM 기반의 IaC 코드 생성 프로세스 개념설계



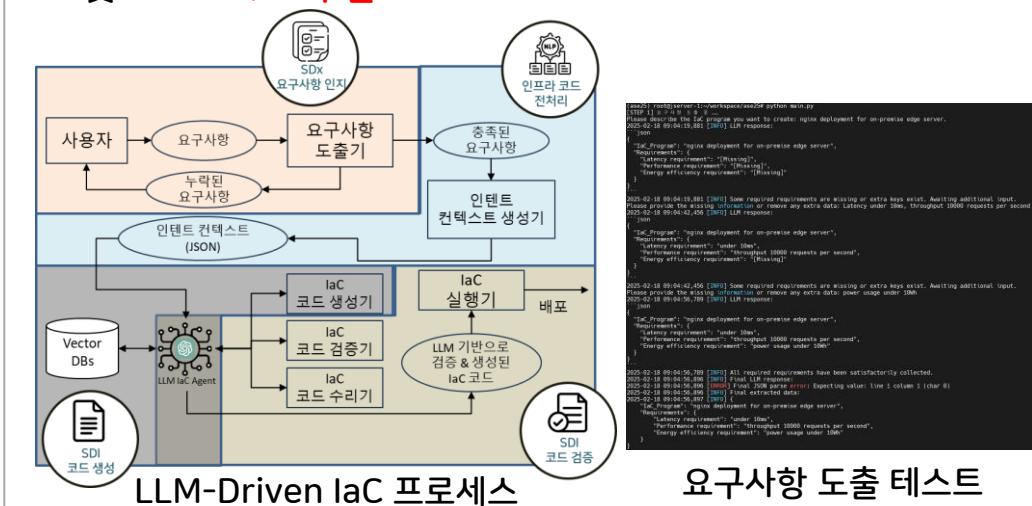
<To-Be> 2차년도 연구 목표

- 최적 AI 모빌리티 서비스 배치를 위한 멀티 오브젝트 평가 기준 정립



where $C = \{\text{Accuracy}, \text{Latency}, \text{Energy}\}$, $\sum_{c \in C} w_c = 1$, and $c_{\text{train}}, c_{\text{infer}} \in \{1, \dots, 5\}$ for all $c \in C$.

- SDI 환경을 위한 LLM 기반의 IaC 코드 생성 프로세스 상세설계 및 프로토타입 구현

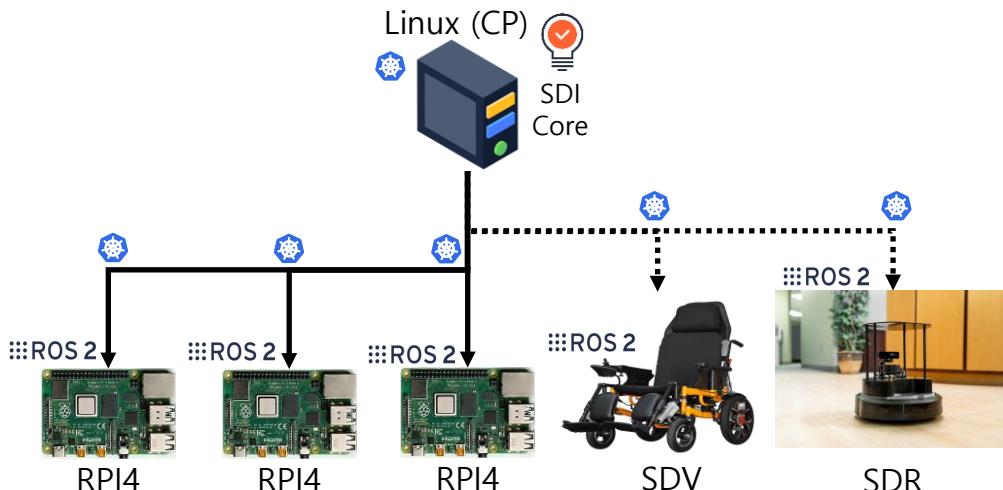




(통합) 실증용 SDx 모빌리티 프로파일 기반의 SDI 운영 환경 개발

<As-Is> 기존 기술 및 진행 상황

- SDI-SDx 실증을 위한 테스트베드 구축
 - 컨테이너 기반 오케스트레이션 프레임워크 + SDR 기반 서비스 개발 환경



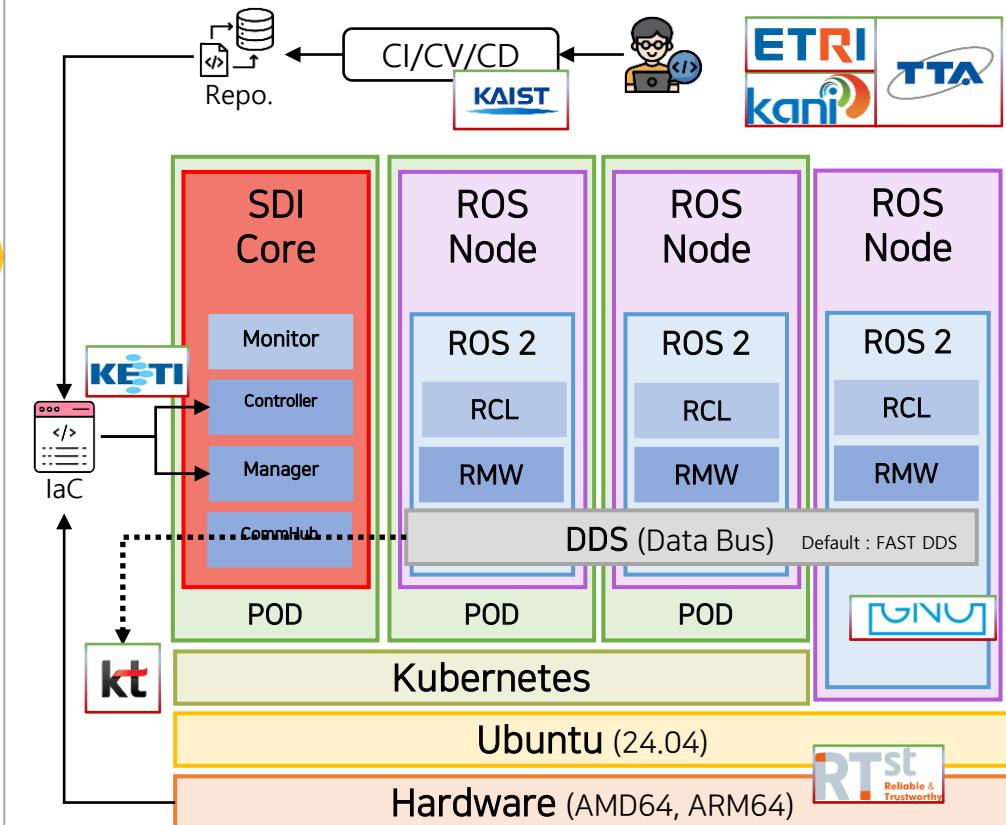
- Ubuntu 24.04 + k8s + ROS2 Jazzy 내부 테스트 진행 중
 - ROS2 DDS Dynamic Discovery 네트워크 환경 검토

kubernetes ROS 2

k8s + ROS2 PUB/SUB 통신 확인										
Every 0.5s: kubectl get no,po,svc,cm,secret -A -owide										
NAME	STATUS	ROLES	AGE	VERSION	INTERNAL-IP	EXTERNAL-IP	OS-IMAGE	KERNEL-VERSION	CONTAINER-RUNTIME	
node/jsseok-linux-dev	Ready	control-plane	6d1h	v1.30.1	192.168.0.20	<none>	Ubuntu 24.04 LTS	6.8.0-31-generic	containerd://1.6.32	
node/node1-desktop	Ready	<none>	6d1h	v1.30.1	192.168.0.30	<none>	Ubuntu 24.04 LTS	6.8.0-1004-raspi	containerd://1.6.32	
node/node2-desktop	Ready	<none>	6d1h	v1.30.1	192.168.0.31	<none>	Ubuntu 24.04 LTS	6.8.0-1004-raspi	containerd://1.6.32	
node/node3-desktop	Ready	<none>	6d1h	v1.30.1	192.168.0.32	<none>	Ubuntu 24.04 LTS	6.8.0-1004-raspi	containerd://1.6.32	
NAMESPACE	NAME	READY	STATUS	RESTARTS	AGE	IP	NODE	NOMINATED NODE	READINESS GATES	
default	pod/ros2-listener-1-7b5bd8bd77-gfc4m	1/1	Running	0	8s	10.244.1.17	node1-desktop	<none>	<none>	
default	pod/ros2-listener-2-657b84f555-rn2fh	1/1	Running	0	8s	10.244.2.15	node3-desktop	<none>	<none>	
default	pod/ros2-talker-7ffbcfcf56d-c5tjk	1/1	Running	0	8s	10.244.1.16	node1-desktop	<none>	<none>	

<To-Be> 연구 목표 및 결과물

- SDI-SDx **실증을 위한 테스트베드** 구축
 - SDI 프레임워크 설계 확보를 위한 사전 테스트 성격
 - “배포”를 위한 k8s 플랫폼 적합성 검토
 - 대체 플랫폼을 찾거나 구축하는 것도 큰 숙제

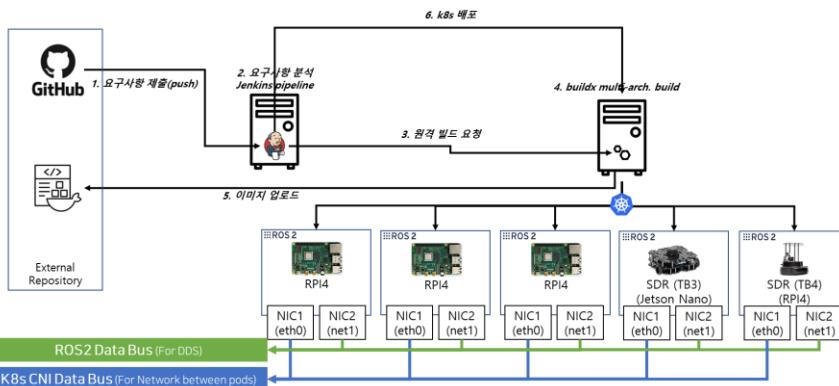




(통합) 모빌리티 특성 기반 지능서비스 개발파이프라인 프레임워크 통합

<As-Is> 1차년도 진행 상황

- SDI-SDx 실증을 위한 테스트베드 구축
 - 컨테이너 기반 오케스트레이션 프레임워크 + SDR 기반 서비스 개발 환경



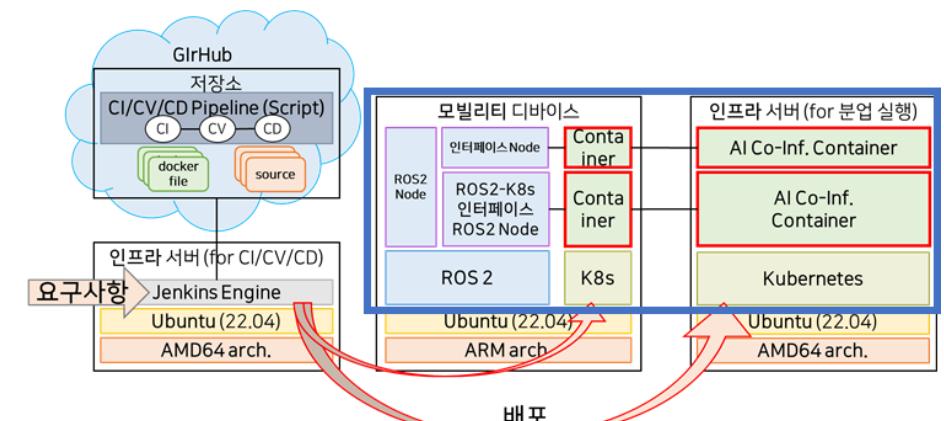
- AI Segmentation 서비스 증강을 통한 SDI 유효성 검증
 - 실행중인 디바이스에 추가 응용 배포를 통한 SDI 프레임워크 및 구조 Feasibility 확인



<To-Be> 2차년도 개발 방향

- SDI-SDx 통합 실증 테스트베드 고도화
 - 1차년도 성능 분석 및 SDI 프레임워크 경량화 및 고도화

	Turtlebot3 < Jetson-nano > (4-cores, 4GB RAM)			Turtlebot4 < RPI4 > (4-cores, 4GB RAM)		
Usage	ROS	k8s	ROS + k8s	ROS	k8s	ROS + k8s
	CPU	26.85%	0.23%	27.08%	15.70%	1.98%
Process						
ld08_driver turtlebot3_ros kubelet robot_state_pub containerd _ros2_daemon speaker flannel ros2 teleop_node						



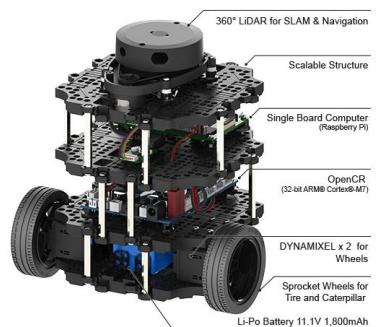
- IaC 연동 프로토타입 개발



(적용) 기존 통신망과의 연계/확장을 위한 인터페이스 개발

<As-Is> 기존 기술 및 진행 상황

- 저지연 모빌리티 서비스를 위한 SDI 운영 및 연결성 지원 기술 개발
 - 다양한 적용 환경 및 서비스 품질 특성을 고려한 통신망-SDI 연결성 및 운영 지원 기술 개발
 - 모빌리티 간 협업을 위한 **공개SW 저장소** 운영 및 모빌리티 인터페이스 개발
 - 미래 모빌리티-SDI 연동 수요 확보 및 결과물 저변 확산을 위한 협의체 운영 및 검증 API 기술 개발
- 실증 관련 현황
 - 분당서울대병원 + 라이노스(자율주행 휠체어) → 미정
 - 지바이크(스쿠터) + ETRI, KT
 - 로봇청소기(J40) + 경기도청



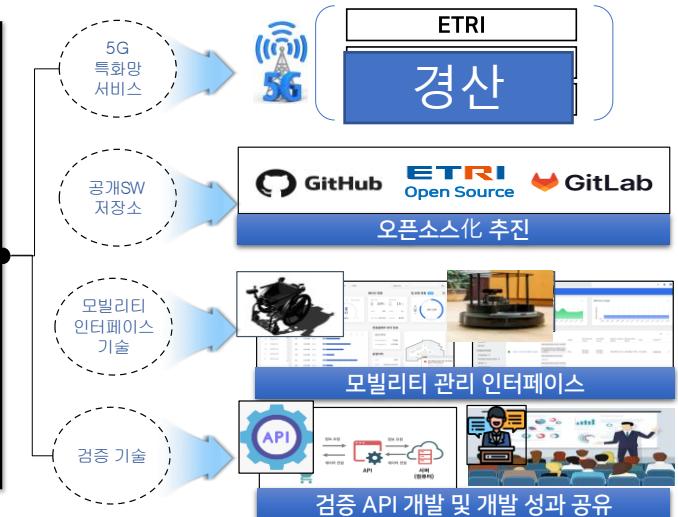
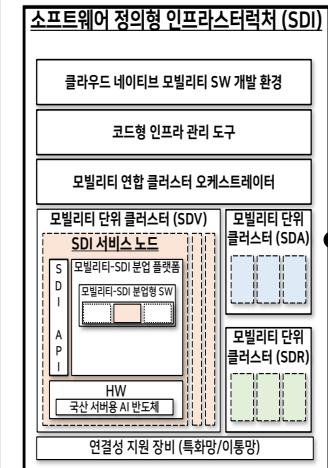
터틀봇



지바이크

<To-Be> 연구 목표 및 결과물

• 연구목표



• 실증

한국전자통신연구원



경산, 성남, ...



분당서울대병원





• 목적

- ETRI 이음5G망 환경에서 지바이크사에서 제공하는 장비에 SDI 기술 결과물 적용

• 장비

- 자전거: 제공하는 데이터가 x
- 스쿠터
 - 가능
 - 위치, 배터리 상태, 경로, Lock&Unlock, 속도 제어, LED, 헤드 라이드, 저장한 소리 출력
 - 충전: 220v – 어댑터 통해 가능
 - 통신 모듈은 LTE 사용 중
 - 블루투스만 직접 통신 가능

• 비고

- 현재 경산시에서 실증 테스트 중(/KT)
 - 안드로이드 기반 산업체 단말 부착
- 지원 데이터: 정밀위치 + 안전정보 AI



• 시나리오

- 주차구역 안내(온디바이스 보드 + 카메라 추가 장착)
- 장애물 판단 및 속도 제어
- SNS에 공유 가능한 개인 맞춤 주행 스토리 영상 자동 생성
- AI 기반 안전운전 점수 제공
- 도로 노면 상태 인식 및 제한속도 동적 변경
- 사고 발생 시 119 연결
- 온디바이스 카메라 기반 self localization

P 올바른 주차하기

보행자와 차량의 통행을 방해하지 않는 곳에 올바르게 주차해주세요

건물의 외벽 및 담장



인도 가장자리



가로수 옆



자전거 거치대 주변





경산시 스마트도시 디바이스 테스트필드에 대한 실증

스마트도시 테스트 필드

시민참여 기반 모빌리티 서비스 운영



모빌리티 운영 및 도시데이터 취득

- 도심 스마트 모빌리티 서비스 제공
- 모빌리티 운용 시민안전 도시환경 조성
- 스마트도시 데이터(기후/영상) 취득



남매지 부근



영남대 부근



모빌리티 검증 및 실증 필드 조성

모빌리티 기능검증 및 서비스 연계

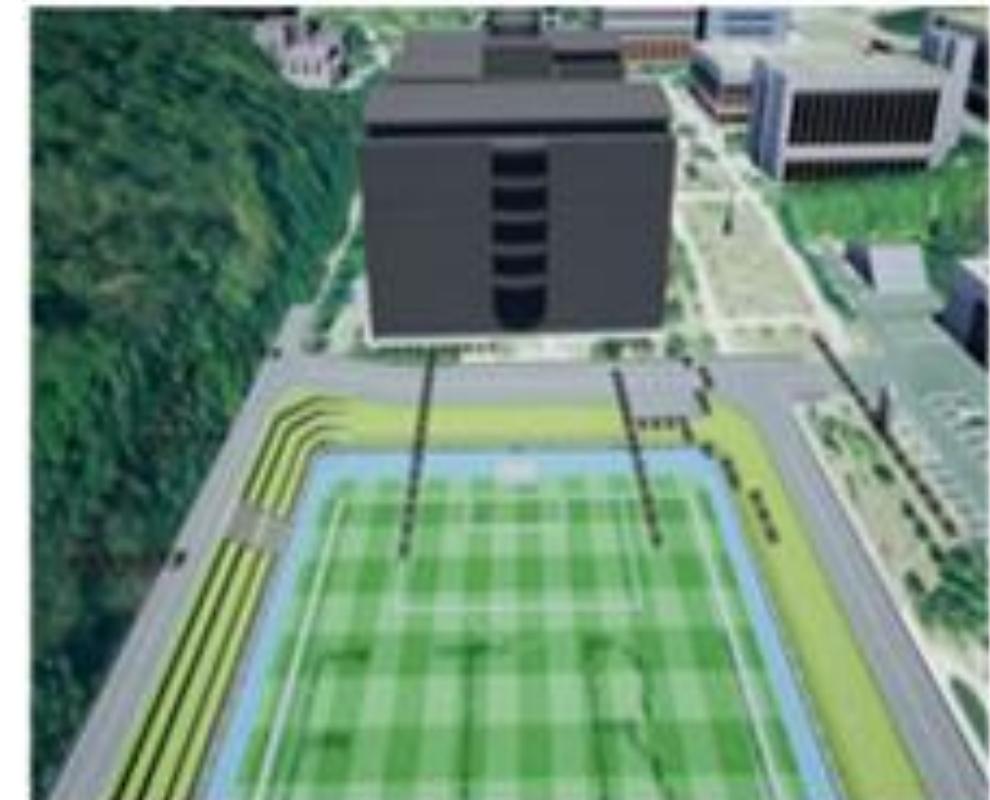
- PM, AGV, 로봇 등 AI 디바이스 기능 검증
- 모빌리티 테스트 필드 구축 및 실증 운영
- 지역산업 및 모빌리티 서비스 연계



연구리빙랩



한국전자통신연구원





정량적 목표

평가 항목 (주요성능 Spec)	단위	비중 (%)	세계최고수준보유국/ 보유기업(/)	연구개발 전 국내수준	개발 목표치				평가 방법
					성능수준	성능수준	1차년도 (2024년)	2차년도 (2025년)	3차년도 (2026년)
1. 실시간 컨테이너 실행 성능 (x86컨테이너)	WCET overruns(건)	15	26 (이탈리아/University of Verona)	-	-	<100	<50	<20	공인시험인증서 (4차년도)
2. 혼합 중요도 태스크 분업 오케스트레이션 성능	Deadline missrate(%)	15	3.3 (미국/Rancher-Native K3S)	-	-	-	<6	<3	공인시험인증서 (4차년도)
3. 이종 SoC 지원 가상 모빌리티 플랫폼 참조 프로파일	종	15	3종 (미국/아마존)	1종	-	1	2	3	자체평가
(자체 추가) 4. 국산 AI 반도체를 활용한 모빌리티-SDI간 분업형 서비스의 동시 실행성	개	10	-	-	-	1	2	3	자체평가
(자체 추가) 5. 스케줄링 알고리즘 기반 정책 반영 최대 자연 시간	ms	10	-	-	-	<220	<200	<180	공인시험인증서 (4차년도)
(자체 추가) 6. SDI 서버상에서 국산 서버용 AI 반도체의 이미지 추론 건수	queries/sec (samples/sec)	10	6,050 (미국/NVidia T4)	-	-	2,600	-	35,000	공인시험인증서 (4차년도)
(자체 추가) 7. 모빌리티 분업형 SW 개발 기술 의 지원 도메인/디바이스/환경 조합	개	15	-	-	2	4	6	8	자체평가
(자체 추가) 8. 모빌리티 연계형 양방향 API 수	개	10	13 (유럽연합/ETSI)	-	6	12	25	50	자체평가



〈정량 성과지표별 기대 목표〉(신규파제 신청의 경우는 목표치만 기재)

구분	논문		특허				표준화						기술 이전	상용 화 (백 만원)	기술 료 (백만 원)	성 과 홍 보	시제 품	S/W 등록	기술 문서					
			국제		국내		국제			국내														
	국제	국내	출원	등록	출원	등록	기고서 제출	기고서 채택	표준안 채택	기고서 제출	기고서 채택	표준안 채택												
1차년도 (2024년)	1/	5/	/	/	4/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2/	1/	6/	4/						
2차년도 (2025년)	3/	6/	/	/	4/	2/	/	/	/	/	/	1/	1 /	100 /	30 /	2/	2/	6/	6/					
3차년도 (2026년)	3/	6/	1/	/	4/	3/	/	/	/	/	/	2/	1 /	100 /	50 /	3/	2/	6/	6/					
4차년도 (2027년)	3/	6/	1/	/	4/	4/	/	/	/	/	/	2/	2 /	100 /	70 /	3/	2/	6/	6/					
합계	10/	23/	2/	/	16/	9/	/	/	/	/	/	5/	4 /	300 /	150 /	10/	7/	24/	22/					



정량적 목표(공개SW)

2 차 년도	저장소	5개 이상 3(누적)		연간 2개 이상 확보 및 유지	연구개발과 관련된 프로젝트의 하위 공개 저장소(repository) 개수
	지표	목표 당해 목표치	실적 (누적)	설정근거	내용
	커밋수	30회 이상 9		과제 수행 중 개발 소스의 변경 등 활동	Github 저장소(repository)의 커밋 횟수
	Fork 수	15회 이상 4		공동연구개발기관 참여를 시작으로 신규 외부 참여자의 지속적 확대	Github 내 저장소 fork 수
	기여자(명)	12명 이상 3		커뮤니티 참여를 통한 개발 기여자 3명/년 씩 확보	커뮤니티 소스코드 및 문서 개발 에 참여하는 기여자
	홍보	8회 이상 2		기술협의회 개최 및 공개SW 사업 관련 홍보	커뮤니티 자체 기술협의회 및 공개SW사업 홍보를 위한 설명회 개최



감사합니다

National AI Research Institute - Making a Better Tomorrow



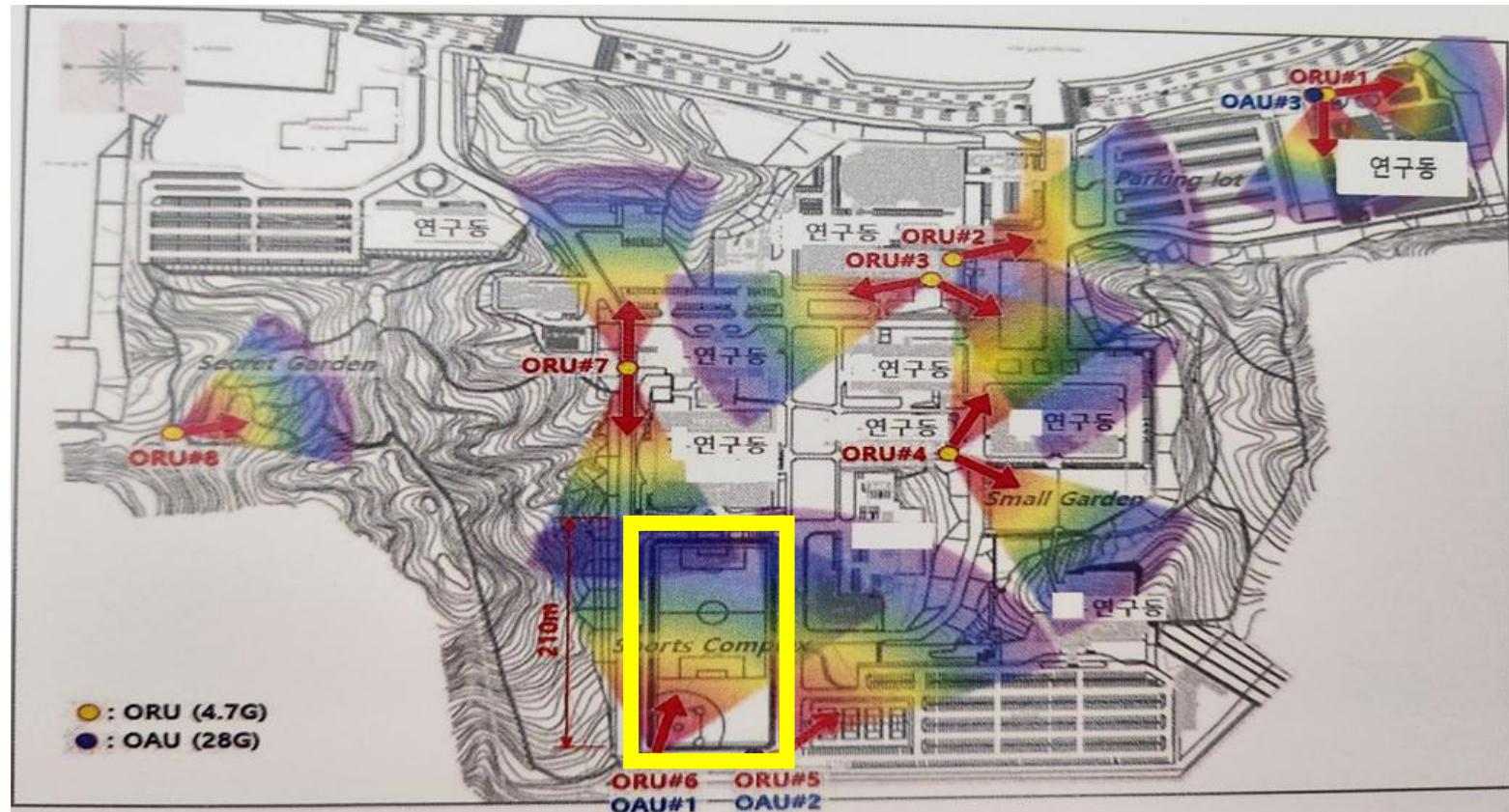
부록

ETRI 이음5G 특화망을 통한 실증



(적용) 기존 통신망과의 연계/확장을 위한 인터페이스 개발

- ETRI(대전) 옥내외 환경에서 5G 특화망 테스트베드를 구축 및 운영 중(24년1월~)
- 옥내외 무선국 환경: ETRI 본원(운동장, 도로, 시크릿가든) 및 융합기술연구생산센터(13동)
- 서비스 제공 커버리지



운동장



• 시나리오

– 1안) 주차구역 안내(온디바이스 보드 + 카메라 추가 장착)

- (현재: 주차 시, 사용자의 자의적 판단에 따른 주차(안내메시지 정도만 제공))
- 주차 시, 카메라를 통한 주변 환경 인식
<https://gbike.io/webView/ko/tow-guide.html>
- 온디바이스 AI 추론을 통한 주차 구역 판단 진행
- 주차 가능/불가능 구역일 때, 안내 메시지 제공
- 서버) 주차 데이터 수집 및 개선을 위한 AI 모델 학습, 펌웨어 OTA 업데이트
- 디바이스) 영상 센싱, 구역 인식 추론, 주차 가능 여부 판단

– 2안) 장애물 판단 및 속도 제어

- (현재: 사용자 알아서 피해야 함)
- 카메라를 통한 장애물 판단
- 모터 제어를 통한 감속 수행
- 서버) 장애물 환경 데이터 수집 -> 모델 개선 및 OTA 배포
- 디바이스) 영상 센싱, 장애물 탐지/거리 추정 모델 실행, 모터 제어

– 3안) LLM 을 활용한 네비게이션???

- 실교통상황을 반영한 실시간 경로 안내? 도착 예상 시간 안내?
- 서버) LLM을 통한 실시간 대화형 경로 안내, 경로 계산, 사용자 피드백 통한 추천 개선
- 디바이스) GPS기반 실시간 위치 수집

▶ 올바른 주차하기

보행자와 차량의 통행을 방해하지 않는 곳에 올바르게 주차해주세요

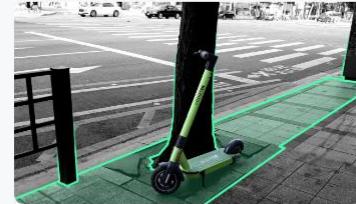
건물의 외벽 및 담장



인도 가장자리



가로수 옆



자전거 거치대 주변



⛔ 견인구역 주차 안내

전동킥보드는 견인구역 주차 시,
지자체로부터 견인료가 부과될 수 있으니 유의해주세요.

* 전기자전거도 되도록 견인구역을 피해서 주차해주세요.

- 차도 & 보도 중앙 (교통섬)
- 장애인 주차구역, 점자블록
- 버스/택시 정류장
- 건축물 등의 차량 및 보행자 진출입로
- 다리, 육교 & 터널, 지하보차도
- 소방시설
- 계단, 난간
- 통행제한 구간, 공사장 주변



(적용) 기존 통신망과의 연계/확장을 위한 인터페이스 개발

- 5G 특화망(대전) 네트워크 장비 기능 및 제원

- 8식: ORU(Outdoor RU, 4.7GHz)
- 3식: OAU(Outdoor AU, 28GHz)

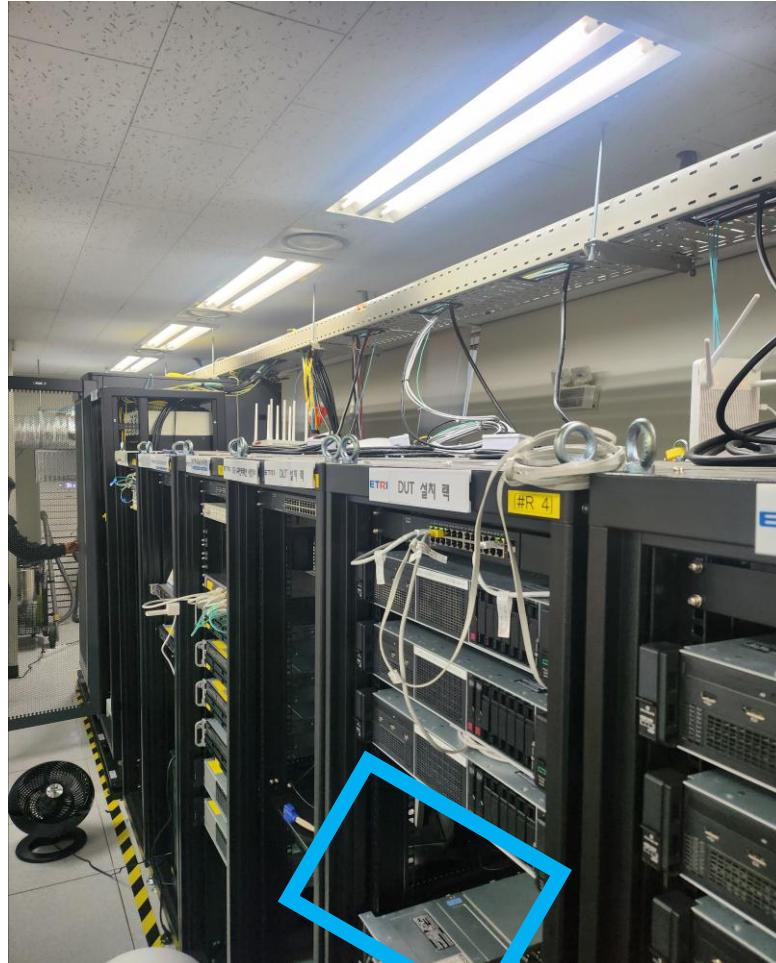
장비	제원
삼성전자 Core 장비	AMF, SMF, UPF, UDM, UDR, AUSF, PCF, CU
삼성전자 DU	100M 4T4R 18Cell
삼성전자 Indoor RU(4.7GHz)	Indoor RU(RU+안테나), 4.72~4.82GHz(100MHz)
삼성전자 Outdoor RU(4.7GHz)	Outdoor RU, 4.72~4.82GHz(100MHz)
삼성전자 Indoor AU(28GHz)	AIR(Antenna Integrated Radio)(RU+안테나, DU), 28.9~29.3GHz(4CC/400MHz)
삼성전자 Outdoor AU(28GHz)	AIR(Antenna Integrated Radio)(RU+안테나, DU), 28.9~29.5GHz(6CC/600MHz)



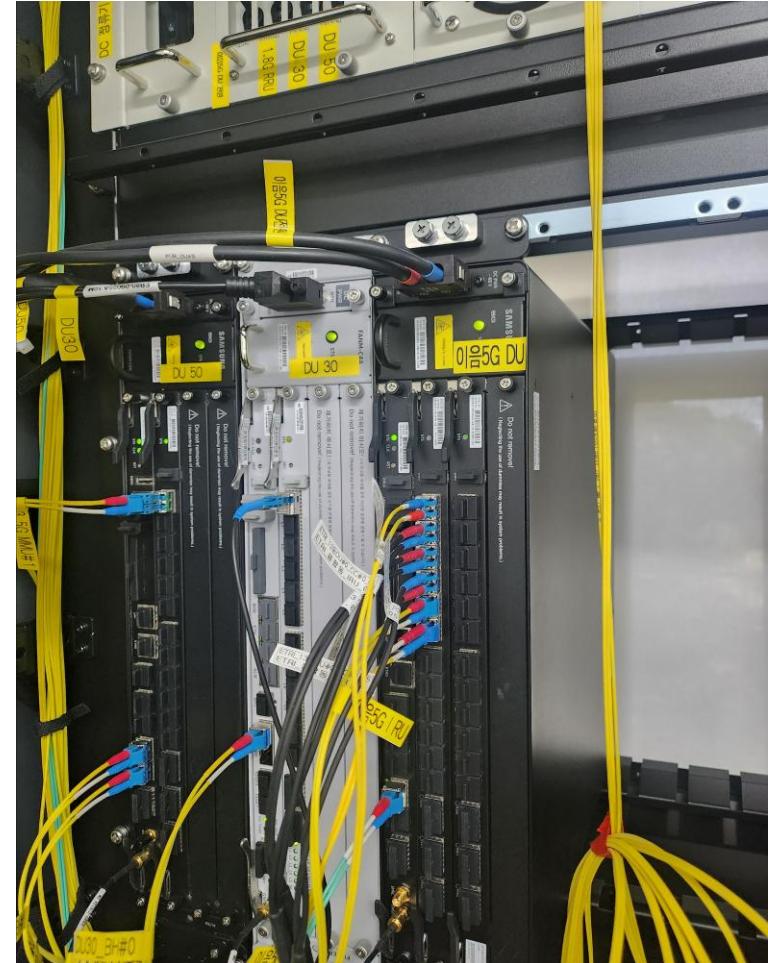


(적용) 기존 통신망과의 연계/확장을 위한 인터페이스 개발

- 5G 코어 장비실



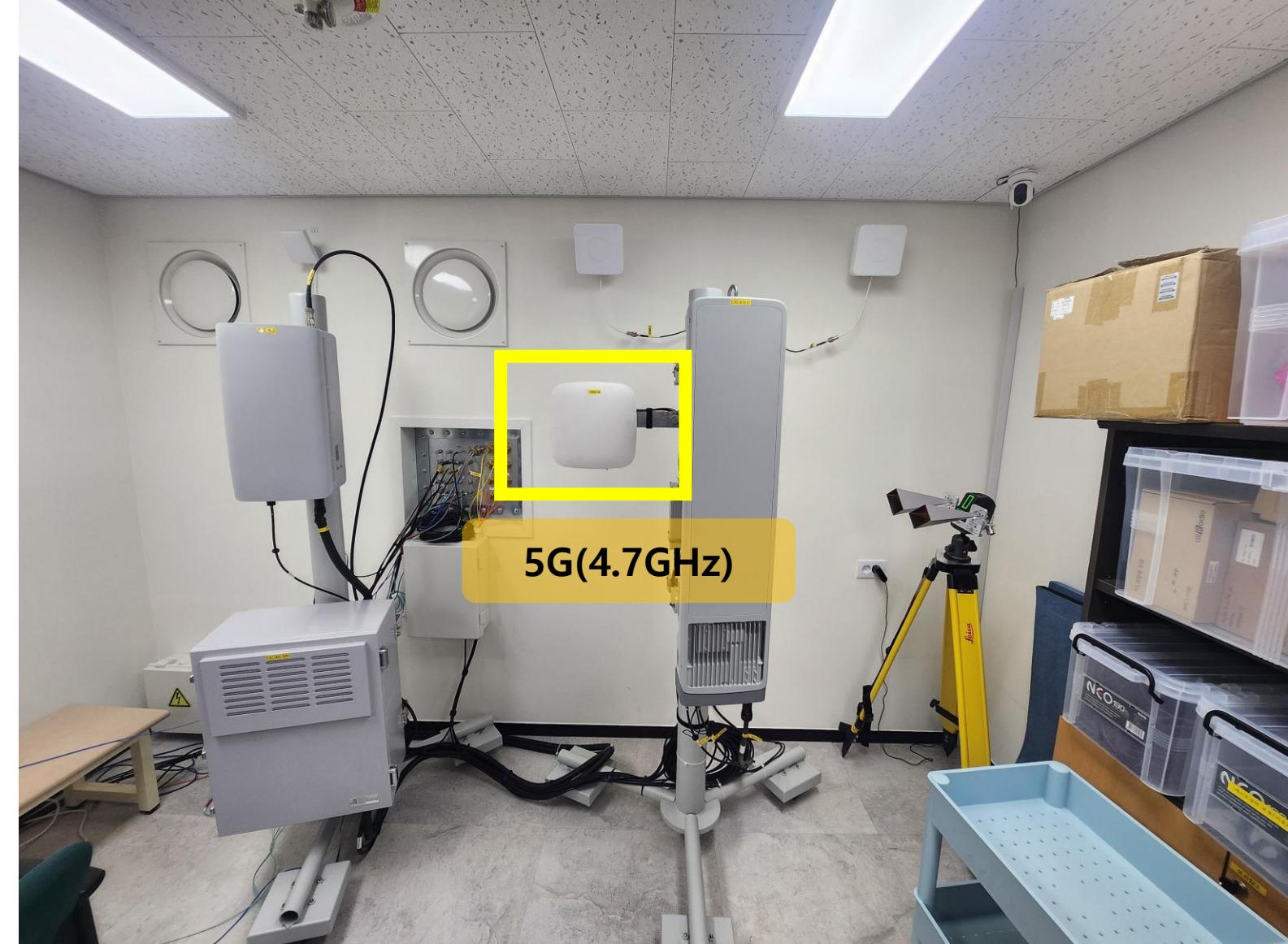
SDI 서버 설치





(적용) 기존 통신망과의 연계/확장을 위한 인터페이스 개발

- 5G 무선 차폐실





(적용) 기존 통신망과의 연계/확장을 위한 인터페이스 개발

- **스펙**

- 업링크 : 다운링크 = 4 : 6
- 대역폭은 1Gbps
- PoC 구상할 때, 대역폭 제한을 잘 고려해야 함
- 지연 RTT 10~15ms



- **지원 범위**

- 특화망 전용 usim (~7개)
- 테스트 단말("우리넷 모뎀")은 별도 구매
- KOLAS 국제공인 시험기관으로 등록

- **우리넷: WD-H810P, WD-H870P (모뎀형)**

- 특화망 전용 USIM 삽입 및 전원 인가 시, 4.7GHz 대역에 연결

