

# BTS 실전문제연구 프로그램 중간보고서

팀 명	SOLAB				
주 제	mmWave를 이용한 차량 운전자 이상 징후 감지				
특화분야	<input type="checkbox"/> 미래형 모빌리티 기술 <input type="checkbox"/> 친환경 에너지 기술 <input checked="" type="checkbox"/> AI 및 스마트팩토리 기술 <input type="checkbox"/> 탄소중립 기술 <input type="checkbox"/> 스마트 헬스케어		<input type="checkbox"/> 스마트 공정·자원 순환 <input type="checkbox"/> 예술·창의 융합 <input type="checkbox"/> 지역 사회문제 해결 <input type="checkbox"/> 글로벌 이슈 해결 <input type="checkbox"/> 자유주제(트랙(전공) 관련 산업 분야)		
예상 결과물	<input type="checkbox"/> 시작품 <input type="checkbox"/> 논문(발표)                      ( <input checked="" type="checkbox"/> 체크할 것)				
구 분	소속	학년	학 번	성 명	서명
지도교수					
팀 장					
팀 원	기계자동차공학부	3학년	20211515	정태영	정태영
	전기전자공학전공	3학년	20221569	김채은	김채은
	전기전자공학전공	3학년	20211840	윤동협	윤동협
	전기전자공학전공	4학년	20224214	이현민	이현민
	전기전자공학전공	2학년	20211770	김종원	김종원
융합팀여부 (해당시 체크)	타 학과 간 융합팀(다학제)		<input checked="" type="checkbox"/>	울산대-UNIST 융합팀	<input type="checkbox"/>
2개 이상의 서로 다른 전공(학과) 학생이 포함된 경우 (예. 1팀 내 기계공학과 + 경영학과 학생)		울산대-UNIST 소속 학생이 함께 구성된 경우			
예산 중간점검	세부 항목	예산금액(원)	집행금액(원)	잔액(원)	집행률(%)
	연구장비				
	재료비				
	사무용품비				
	도서구입비				
	인쇄복사비				
	피실험실습비				
	시험분석료				
	회의비				
	학회등록비				
	출장비				
	전문가활용비				
	합 계				
심화 연구비 필요 여부	<input type="checkbox"/> 필요 <input type="checkbox"/> 불필요                      ( <input checked="" type="checkbox"/> 체크할 것)				

2025학년도 BTS(Brain to Society) 실전문제연구 프로그램 중간보고서를 제출합니다.

2025년 9월 일

울산대학교 글로컬대학추진단장 귀하

## 1. 연구 목표 및 계획

### 1) 산업체 및 지역 문제와 본 과제의 연계성 및 연구 목표를 서술

### 2) 설정한 목표가 현재 시점에서 실현 가능한지 여부와 그 근거를 구체적으로 작성

현재 자동차 산업의 주요 안전 문제로는 탑승자 방치 사고와 졸음 운전이 있다.

첫째, 노인이나 영유아가 차량 내에 방치되는 사례는 치명적인 사고로 이어질 수 있으며, 기존의 카메라 기반 감지 방식은 조명과 각도에 취약하고 개인정보 침해 우려가 크다. 압력 센서 또한 설치 제약과 민감도 부족으로 실효성이 낮다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 mmWave 레이더 센서를 활용하여 좌석별 Occupancy Detection을 구현하고, 미세 동작까지 감지하여 방치 사고를 예방하고자 한다.

둘째, 장시간 운행으로 인한 졸음 운전은 교통사고의 주요 원인으로, 본 연구에서는 운전자의 호흡과 심박수 등 vital sign과 자세(pose estimation)를 mmWave 신호를 통해 실시간으로 분석함으로써 졸음 징후를 사전에 감지하고자 한다. 이는 카메라 기반 방식에 비해 개인정보 보호 측면에서 유리하며, 조명이나 환경 변화에도 강인한 장점을 가진다.

이를 위해 연구는 데이터 수집, Range-Doppler 및 Angle 처리, Occupancy Detection, vital sign 추출 알고리즘 개발, 차량 환경 실증의 단계를 거쳐 추진될 계획이다. 최종적으로는 소형 모듈 형태로 시스템을 경량화하여 차량 내 적용 가능성을 검증한다.

설정된 목표는 현재 시점에서 충분히 실현 가능하다. 첫째, 연구팀은 이미 TI IWR6843AOP 및 DCA1000 기반 하드웨어와 MATLAB·Python 기반 신호처리 툴을 활용하여 데이터 파싱, FFT 분석, CFAR 검출, point cloud 시각화까지 구현한 경험을 확보하였다. 이는 향후 Occupancy Detection과 vital sign 추출 알고리즘 개발로의 확장이 기술적으로 무리가 없음을 보여준다. 둘째, mmWave 센서 기술은 차량 내 환경에서 적용 가능한 수준으로 상용화가 진전되어 있으며, TI 및 글로벌 기업들이 검증한 소형 모듈화 사례가 존재한다. 셋째, 현재 글로벌 자동차 산업은 DMS(Driver Monitoring System)와 OMS(Occupant Monitoring System)의 의무화를 추진하고 있어, 연구 목표는 산업적 수요와 정책적 요구에 의해 뒷받침된다. 따라서 본 연구는 기술적 기반, 산업적 필요성, 정책적 지원이라는 세 가지 측면에서 높은 실현 가능성을 가진다.

## 2. 수행 과정 충실도

### 1) 현재까지의 진행 상황 및 연구 수행 중 발생한 주요 이슈와 해결 과정을 함께 기술

### 2) 팀원 간 역할 분담과 협업이 어떻게 이루어졌는지 서술

### 3) 산업체 및 전문가와 함께 논의된 내용 또는 함께 진행한 사항을 작성

1) 현재까지 IWR6843AOP 센서를 활용하여 Windows 환경에서 Point Cloud 데이터를 성공적으로 수집하였으며, 동일한 파이프라인을 리눅스 환경에서 재현하는 중이다. Point Cloud 수집 과정에서는 사람을 정확히 검출하지 못하거나 외부 환경이 함께 감지되는 문제가 발생하였다. 이를 해결하기 위해 CFAR의 파라미터를 조정하여, CUT(Cell Under Test) 주변 보호 구역과 잡음 통계 추정을 위한 참조 셀 수를 확대하고, 거짓 경보 확률을 낮추어 보다 신뢰성 높은 데이터를 수집할 수 있었다.

2) 팀 내에서는 연구를 보다 심층적으로 수행하기 위해 2개의 소그룹으로 나누어 역할을 분담하였다. 매주 정기적인 회의를 통해 각 팀의 연구 성과와 문제점을 공유하고 토론함으로써 과제 전반에 대한 이해도를 높이고 협업의 시너지를 극대화하였다.

1팀은 산업체, matlab, ti에서 제공한 예제 및 논문을 분석하여 어떤 부분을 연구에 활용할 수 있을지 조사하고 코드가 어떤식으로 동작하는지 조사 및 정리를 하였으며 이를 바탕으로 Python을 활용하여 코드를 수정하여 활용해보았다. 그리고 Pose estimation, GUI, Vital sign을 실행시켜보면서 인식에 문제없이 잘 작동하는지 확인해 보았다. 2팀은 레이더로부터 I/Q 데이터를 수집하고 Python을 활용하여 파싱 과정을 수행하였다. 이후 FFT와 CFAR등의 알고리즘을 적용하여 윈도우 환경에서

Point Cloud를 성공적으로 구현하였다. 이러한 역할 분담과 협력 체계는 연구 과제를 보다 체계적이고 효율적으로 수행할 수 있도록 하는 기반이 되었다.

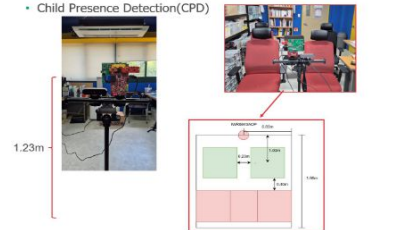
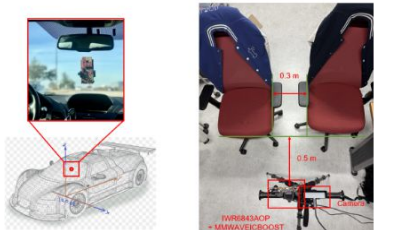
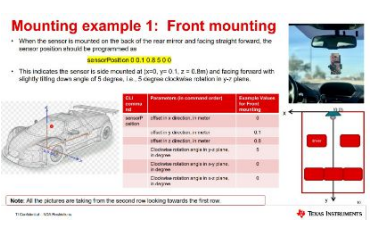
### 3. 창의성 및 문제 해결력

#### 1) 기존 접근 방식과 차별화되는 창의적인 문제 해결 시도나 해결 방안을 설명

#### 2) 해결을 위해 진행한 인터뷰, 조사, 실험 등의 구체적인 활동을 포함

##### 1) 차량 탑재 환경 구현을 위한 데이터 수집 환경 설계 (Setup of Data Collection Environment)


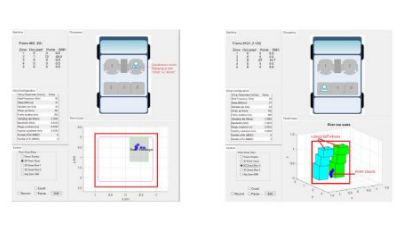
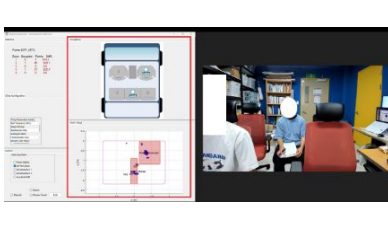
차량 내부 환경을 모사하여 공간 구성 방향을 설정하기 위해, Zeta Mobility에서 제공한 매뉴얼을 참고 했다. 이를 바탕으로 실험 공간의 제약 조건을 분석하고, 이에 기반한 데이터 수집을 체계적으로 진행했다. TI사의 Child Presence Detection Demo 예제 기반으로 웹캠과 IWR6843AOP 및 ICBOOST 모듈을 설치하여 실험 공간을 아래와 같이 구성했다. 예제에 따르면 IWR6843AOP 센서가 차량의 룸미러 쪽에 장착되어 정면을 향한 경우 (Front mounting)일 때, 차량 중앙 상단에서 운전자 및 뒷좌석 탑승자의 전체 공간을 고르게 탐지하여 사각지대를 최소화할 수 있다.

		
실험 환경 설계1	실험 환경 설계2	TI사 Demo 예제

##### 2) Child Presence Detection Demo 예제 기반 Zone Definition 구성 실험

Demo GUI 환경에서는 차량 내부 좌석을 각각의 Zone(구역)으로 정의하고, IWR6843AOP 센서로부터 수집한 Point Cloud 데이터를 해당 Zone에 매핑함으로써 탑승자의 위치를 식별했다. 센서로부터 획득된 64개의 Point Cloud에 대해, 각 점의 3차원 좌표가 사전에 정의된 Zone 영역 내에 포함되는지를 판단하여, 객체(탑승자)가 운전석 및 조수석, 또는 뒷좌석에 위치 여부를 GUI 상에서 시각적으로 확인할 수 있도록 구현했다.

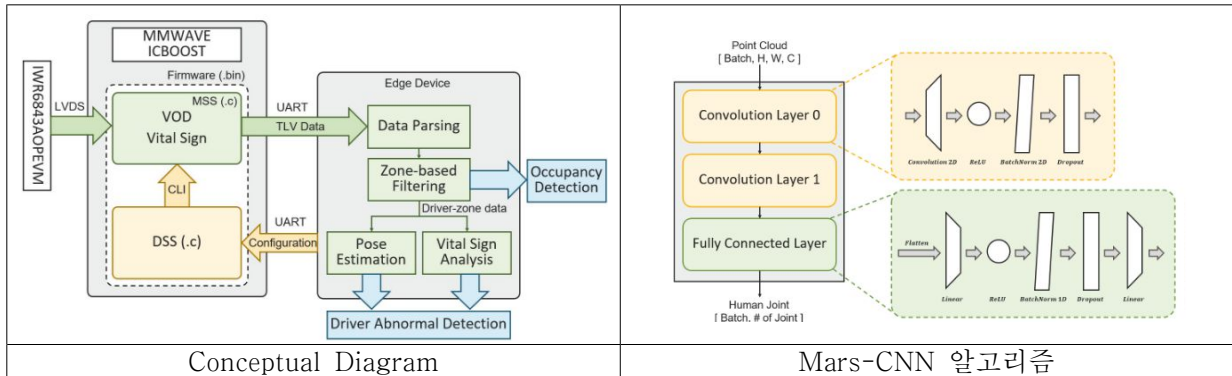
이와 같은 방식은 차량 내 실시간 탑승자 모니터링 및 비상 상황 감지(영유아 미탑승 여부 확인) 등에 효과적으로 활용될 수 있다. 후속 단계에서는 해당 시스템을 기반으로 Vital Sign과 Pose Estimation을 접목하여 운전자의 졸음 징후를 사전에 감지하는 알고리즘을 적용할 것이다.

		
차량 내부를 모사한 실험 환경	Zone Definition 실험 결과1	Zone Definition 실험 결과2

#### 4. 결과 및 중간 산출물의 완성도

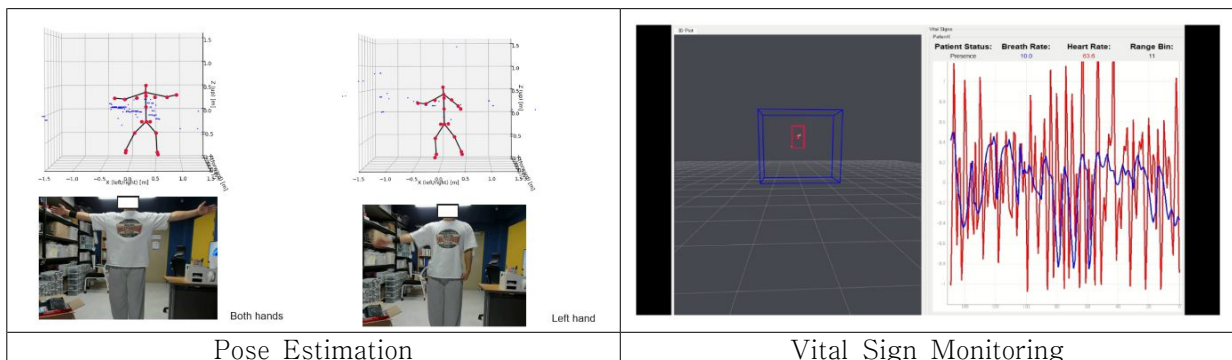
- 1) 현재까지 도출된 산출물의 종류, 내용, 완성도 등을 구체적으로 기술
- 2) 중간 성과가 본 연구 목표와 어떻게 연결되는지 서술

1) Conceptual Diagram 구성으로 진행 상황 공유



IWR6843AOP 센서 및 ICBOOST 모듈을 통해 Point Cloud Data를 수집하고, Windows 환경에서 운전자 및 탑승자의 좌석 위치를 Real-time Point Cloud 형태로 시각화에 성공했다. 후속 단계에서는 Edge Device (Raspberry PI 5 Linux 환경)에서 CLI를 통해 동일한 파이프라인을 재현할 것이다. 이는 Raspberry PI 5에서 경량화된 디바이스를 통해, Real-time으로 운전자의 이상 징후를 감지하는 것이 목표이다. 또한 운전자 및 탑승자 주변에 Zone-based Filtering을 적용하여 관심 영역(ROI)만을 남기고 불필요한 포인트는 제거하도록 구성할 것이다. 또한 향후 수집된 Point Cloud Data 결과에 대해 Mars-CNN 알고리즘 적용을 계획하고 있다.

2) Edge Device (Raspberry PI 5) 기반 Pose Estimation 및 Vital Sign 알고리즘 통합



본 연구의 목표는 Edge Device(Raspberry Pi 5) 기반의 운전자 이상 감지 시스템을 최적화하는 것이다. 이를 위해 Pose Estimation 알고리즘과 Vital Sign Monitoring 알고리즘을 통합하여, 실시간으로 운전자의 자세 변화 및 생체 신호 이상을 감지할 수 있는 구조를 설계한다.

Conceptual Diagram에서 제시한 바와 같이, 운전자 상태 인식의 정확도를 높이기 위해 Point Cloud 기반 Occupancy Detection 모듈을 포함하며, 해당 Point Cloud Data는 Mars-CNN 알고리즘에 적용된다. 이를 통해 Zone Definition 여부, 좌석 위치 기반의 움직임 탐지 등을 효율적으로 수행할 수 있다. 또한, 졸음 운전 등 이상 징후와 관련된 미세한 동작 특성 분석은 선행 연구 자료를 기반으로 사례를 수집하고 분류하여, 시나리오별 위험 탐지를 위한 데이터 학습에 활용될 예정이다.

## 5. (선택) 추가 연구비 관련 예산 계획

1) 구체적인 예산 계획 기술 (자유양식, (표 활용 가능))

세부 항목	기존 예산	추가 예산	집행 시기	활용 계획
재료비				
소프트웨어				
사무용품비				
인쇄복사비				
피실험실습비				
합 계				

\* 추가 연구비는 연구장비 제외 재료비 항목으로 구성 가능  
(실험실습재료비, 사무용품비, 소프트웨어, 피실험실습비 등)