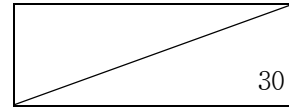


2017년 12월

보고서 번호: 17ZS1600-01-1440P



# 스마트 자동차를 위한 첨단 디지털 Cockpit 시스템 개발

Development of Advanced Digital Cockpit System for  
Smart Vehicle



## 제 출 문

본 연구보고서는 주요사업인 "SW·콘텐츠 기초·원천기술 개발" 과제의 세부과제인 “스마트자동차를 위한 첨단 디지털 Cockpit 시스템 개발”의 결과로서, 본 과제에 참여한 아래의 연구팀이 작성한 것입니다.

2017 년 12 월

대과제 연구책임자 : 책임연구원 한 동 원 (SW·콘텐츠연구소)  
세부과제 연구책임자 : 책임연구원 김 도 현 (SW·콘텐츠연구소)  
연구참여자 : 책임연구원 김 경 호 (SW·콘텐츠연구소)  
책임연구원 윤 창 락 (SW·콘텐츠연구소)  
책임연구원 김 철 흥 (SW·콘텐츠연구소)  
책임연구원 최 현 균 (SW·콘텐츠연구소)  
책임연구원 최 진 규 (SW·콘텐츠연구소)  
선임연구원 이 경 희 (SW·콘텐츠연구소)  
선임연구원 박 병 준 (SW·콘텐츠연구소)  
선임연구원 황 윤 숙 (SW·콘텐츠연구소)  
선임연구원 권 영 진 (SW·콘텐츠연구소)  
선임연구원 전 주 일 (SW·콘텐츠연구소)  
선임연구원 유 대 승 (SW·콘텐츠연구소)  
연구원 이 승 준 (SW·콘텐츠연구소)  
연구원 윤 태 현 (SW·콘텐츠연구소)



# 요 약 문

## I. 제 목

스마트자동차를 위한 첨단 디지털 Cockpit 시스템 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

- 미래 자동차산업은 개인화 및 차별화 추구, 사람/자동차/환경 간의 소통 시스템 확산 등으로 운전자 특성/상태를 반영한 운전자 모델기반 맞춤형 Cockpit 시스템 수요 증대
- 운전부하 정량화를 통한 운전자의 총체적 특성(성별, 연령, 경험, 심리)을 반영한 운전자 모델을 기반으로 하는 가변형 UI/UX 를 탑재한 스마트 Cockpit 시스템 및 운전자의 안락성 및 쾌적성 향상을 위한 스마트 전장부품 기반기술 개발이 필요
- 개인별 차별화 니즈 및 인지심리적 특성을 반영한 운전자 맞춤형 UI/UX 기술을 기반으로 운전자 맞춤형 디지털 Cockpit 시스템 및 스마트 전장시스템을 개발을 통해 국내 자동차산업 경쟁력 강화

### III. 연구개발의 내용 및 범위

스마트자동차를 위한 첨단 디지털 Cockpit 시스템 개발을 위해 필요한 원천요소 기술 및 시스템 기술 확보를 목표로 다음과 같은 연구내용 및 범위를 정의하였음.

- 기 도출된 요구사항 및 설계를 기반으로 운전자 모델, 디지털 Cockpit 시스템, 스마트 전장 시스템 요소기술 개발
  - 운전자 특성 및 상태 분석을 위한 운전자 모델 및 운전자 상태 분석 시스템 요소기술 개발
  - 디지털 Cockpit 시스템 요소기술 및 프로토타입 개발
  - 디지털 Cockpit 연동 스마트 전장시스템 요소기술 및 프로토타입 개발

## IV. 연구개발결과

본 연구의 주요 결과에 대한 요약은 다음과 같음.

- 운전자 특성 및 상태 분석을 위한 운전자 모델 및 운전자 상태분석 시스템 요소기술 개발
  - 운전자 군별(고령/여성/초보) 인지적, 행동적, 심리적 특성 및 인지기반 운전자 정서 상태 분석 모델 개발
  - 운전자 모델 기반 특성, 상태 분석 알고리즘 및 요소기술 개발
- 디지털 Cockpit 시스템 요소기술 및 프로토타입 개발
  - 디지털 클러스터 S/W, H/W 시제품 개발
  - Cockpit 모듈 조립 불량 예측 및 원인 분석을 위한 설계 검증 기술 개발
- 디지털 Cockpit 연동 스마트 전장시스템 요소기술 개발
  - ISO 26262 자동차 기능안전 적용 프로세스 수립 및 아키텍처 분석, 요구사항 도출 및 시스템 설계
  - 디지털 Cockpit 연동 운전자 상태별 HVAC 연동 알고리즘 요소기술 개발
  - 운전지원을 위한 애프터마켓용 차량기능 안내 기술 개발
  - 산업차량 적용 텔레매틱스 게이트웨이 요소기술 개발
  - 운전자 맞춤형 차량용 네비게이션 요소기술 개발

## V. 기대성과 및 건의

- 운전자 특성/상태를 반영한 운전자 모델기반 맞춤형 Cockpit 시스템 수요증대에 따른 운전자 모델을 기반으로 하는 가변형 UI/UX 를 탑재한 스마트 Cockpit 시스템 및 운전자의 안락성 및 쾌적성 향상을 위한 스마트 전장부품 요소기술 확보
  - 개인별 차별화 니즈 및 인지심리적 특성을 반영한 운전자 맞춤형 UI/UX 기술을 기반으로 운전자 맞춤형 디지털 Cockpit 시스템 및 스마트 전장시스템을 개발을 위한 운전자 모델 및 운전자 상태 분석 기술 개발, 디지털 Cockpit 및 전장 시스템 요소기술 및 시제품 개발
- 당해년도 확보된 요소기술과 결과물을 바탕으로 차년도부터 운전자 맞춤형 Cockpit 시스템 개발을 완성차기업 및 중견, 중소기업의 지능형자동차 분야 기술 진입 장벽 및 격차 해소



# 목 차

그림 목 차.....	11
표 목 차.....	20
제 1 장 서 론.....	24
제 1 절 연구 배경 .....	25
제 2 절 연구 목표 및 내용 .....	26
제 2 장 연구개발 추진내역.....	28
제 1 절 운전자 모델 및 요소기술 개발 .....	30
제 2 절 디지털 Cockpit 요소기술 개발.....	251
제 3 절 디지털 Cockpit 연동 스마트 전장 시스템 개발.....	327
제 3 장 기술개발결과.....	447
제 1 절 기술개발 결과 요약 .....	449
제 2 절 기술개발 결과 세부 내용 .....	450
제 4 장 결론.....	464
참 고 문 헌.....	468
약 어 표.....	485



# 그림 목 차

(그림 2-1-1) 드라이빙 시뮬레이터 주행 모습 (전방 화면 모습).....	36
(그림 2-1-2) 실험에 사용된 맵.....	37
(그림 2-1-3) 실험 과정 .....	39
(그림 2-1-4) 연령별 각 구간에서의 PERCLOS 비교.....	47
(그림 2-1-5) 눈 별 각 구간에서의 PERCLOS 비교 .....	49
(그림 2-1-6) 연령별 subjective rating 비교.....	52
(그림 2-1-7) EEG 레코딩 시 사용한 전극 위치 .....	59
(그림 2-1-8) 주행실험 자극물 예시 장면 .....	61
(그림 2-1-9) 운전자 정서 모델을 위한 주행영상 실험 환경 구축.....	62
(그림 2-1-10) 운전자 정서 모델을 위한 주행영상 실험 설계 .....	64
(그림 2-1-11) 시뮬레이터 상 4가지 운전 환경 .....	65
(그림 2-1-12) 운전자 정서 모델을 위한 시뮬레이터 실험 설계.....	67
(그림 2-1-13) 운전자 정서 모델을 위한 시뮬레이터 실험 환경.....	68
(그림 2-1-14) 주행영상 실험 긴장감 사건에 대한 응답 결과 .....	70
(그림 2-1-15) 긴장감 점수와 자극에 대한 응답 간의 관계.....	71
(그림 2-1-16) 긴장감 점수 변화 그룹에 따른 EEG 베타파 .....	73
(그림 2-1-17) 얼굴 표정 데이터의 Event-related 분석결과 .....	74
(그림 2-1-18) 사건 전후 얼굴 표정 변화 paired t-test 결과 .....	75
(그림 2-1-19) HR과 EDA 신호 예시 (실선: 사건 발생 시점)	

.....	77
(그림 2-1-20) 시뮬레이터 실험운전자 차량정보 및 사건발생 구간 예시 .....	77
(그림 2-1-21) 운전자 인지 모델 연구 개요 .....	79
(그림 2-1-22) 실제 시나리오에서의 주행 화면 .....	90
(그림 2-1-23) 9명의 운전자의 주행 위치에 따른 속도의 변화 양상(A)과 시행 순서 별 평균 속도의 변화(B), 이차과제 난이도에 따른 평균 속도의 변화(C) .....	99
(그림 2-1-24) 운전 시행 순서에 따른 운전자들의 가속페달 사용횟수(A)와 가속페달 세기(B)의 변화양상.....	100
(그림 2-1-25) 시행순서에 따른 차선 이탈 횟수의 변화 양상(A)과 이차과제 난이도에 따른 차선 이탈 횟수의 변화 양상(B) .....	101
(그림 2-1-26) 시행순서에 따른 핸들 반전 횟수의 변화 양상(A)과 이차과제 난이도에 따른 핸들 반전 횟수의 변화 양상(B) .....	102
(그림 2-1-27) 시행순서와 이차과제 난이도에 따른 제동장치 사용구간의 길이 변화 양상(A,B), 제동장치 사용 횟수의 변화 양상(C,D), 제동장치에 가해진 압력의 변화 양상(E,F).....	103
(그림 2-1-28) 시행순서와 이차과제 난이도에 따른 눈 깜빡임 비율의 변화 양상(A,B) 도약 안구 운동 비율 변화 양상(C,D), 도약 안구 진폭 변화 양상(E,F) .....	104
(그림 2-1-29) G*Power를 이용한 최소사례수 산출 .....	129
(그림 2-1-30) 운전자 심리적 특성과 과속운전행동성향 간 경로.....	138
(그림 2-1-31) 운전자 심리적 특성과 대처미숙행동성향 간 경로.....	139
(그림 2-1-32) 운전자 심리적 특성과 난폭운전행동성향 간 경로.....	140
(그림 2-1-33) 운전자 심리적 특성과 음주운전행동성향 간 경로.....	141

(그림 2-1-34) 운전자 심리적 특성과 주의산만행동성향 간 경로.....	142
(그림 2-1-35) 운전자 상태와 상태분석변인 상관관계 ....	148
(그림 2-1-36) 일반적인 Shallow-Learning 기반의 운전자 상태 인식 알고리즘들의 순서도 .....	149
(그림 2-1-37) 일반적인 Deep-Learning 기반의 운전자 상태 인식 알고리즘들의 순서도 .....	151
(그림 2-1-38) 일반적인 Deep-Learning 기반의 운전자 상태 인식 알고리즘들의 순서도 .....	152
(그림 2-1-39) 운전자 상태 모니터링 프로그램 개념도 ...	153
(그림 2-1-40) RGB-IR (좌)과 Bayer RGB(우) 색상 포맷	154
(그림 2-1-41) 2MP CMOS OV2710 USB Webcam(좌)과 See3CAM_CU40 Camera(우).....	154
(그림 2-1-42) 전체 구조도 .....	155
(그림 2-1-43) 데이터셋 생성 프로그램 구조도 .....	156
(그림 2-1-44) 데이터셋 변형 프로그램 구조도 .....	157
(그림 2-1-45) 모델 학습 및 평가 프로그램 구조도 .....	158
(그림 2-1-46) 운전자 상태 모니터링 프로그램 구조도 ...	159
(그림 2-1-47) 운전자 상태 모니터링 프로그램 동적구조도 .....	160
(그림 2-1-48) 실험실 시험 환경.....	165
(그림 2-1-49) 실험차 시험 환경.....	165
(그림 2-1-50) 운전 행동 분석 요소기술의 개요 .....	171
(그림 2-1-51) A3 실차 데이터에 대한 운전자 연령 통계	175
(그림 2-1-52) 운전 행동 분석 방법론 .....	176
(그림 2-1-53) 교통 상황 분석 화면 .....	177
(그림 2-1-54) 편차 검출 대상인 운전 행동 데이터 .....	179
(그림 2-1-55) 운전자 상태 판단을 위한 차량 측정 정보	180
(그림 2-1-56) CAN 버스 데이터의 양자화 오류 검출 ....	181
(그림 2-1-57) CAN 버스 데이터의 데이터 획득 오류 검출 .....	182
(그림 2-1-58) CAN 버스 데이터의 트리거 신호 오류 검출	

.....	182
(그림 2-1-59) Valence-Arousal 정서 모델.....	188
(그림 2-1-60) 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 시스템 구조.....	214
(그림 2-1-61) 운전자 관리기 서브시스템 구조 .....	216
(그림 2-1-62) 운전자 프로파일 클래스 구조 .....	217
(그림 2-1-63) 운전자 성향 관리 클래스 구조.....	218
(그림 2-1-64) 운전자 특성 관리 클래스 구조.....	220
(그림 2-1-65) 운전자 행동 관리 클래스 구조.....	222
(그림 2-1-66) 운전자 상태 관리 클래스 구조.....	224
(그림 2-1-67) 인터랙션 관리기 서브시스템 구조 .....	226
(그림 2-1-68) 차량 환경 관리기 서브시스템 구조.....	228
(그림 2-1-69) 스마트 공조 시스템의 기능 .....	229
.....	230
(그림 2-1-70) 스마트 공조 기술 개념도 .....	230
(그림 2-1-71) 스마트 공조를 위한 운전자에게 공기질 정보 전달 기술 개념도.....	232
(그림 2-1-72) 무선 센서 네트워크 기반 ECG센서노드.....	244
(그림 2-1-73) OBD-II 커넥터 핀아웃 .....	245
(그림 2-1-74) 차량정보 수집 시스템 테스트용 ECU 시뮬레이터.....	248
(그림 2-1-75) 차량정보 수집 시스템 차량 연동.....	249
(그림 2-1-76) 차량정보 수집 시스템 테스트 프로그램 .....	249
(그림 2-2-1) 디지털 클러스터 하드웨어 블록도 .....	254
(그림 2-2-2) CAN DB 내용 일부 .....	258
(그림 2-2-3) 시뮬레이터 UI 구성 .....	259
(그림 2-2-4) 아날로그 클러스터(상) / 개발된 디지털 클러스터(하) 비교.....	262
(그림 2-2-5) 체리 S51EV 멀티 클러스터 .....	263
(그림 2-2-6) 12.1인치 벤츠 UI 클러스터 .....	264
(그림 2-2-7) 안드로이드 S/W 블록도.....	268
(그림 2-2-8) 시뮬레이터 화면 예.....	269

(그림 2-2-9) 평상시의 클러스터 화면	270
(그림 2-2-10) 공조 조작시의 클러스터 화면	270
(그림 2-2-11) 오디오 조작시의 클러스터 화면	271
(그림 2-2-12) 비디오 조작시의 클러스터 화면	271
(그림 2-2-13) 네비게이션 동작시의 클러스터 화면	272
(그림 2-2-14) 멀티 클러스터 컨셉	272
(그림 2-2-15) S51EV 용 중요 아이콘 이미지	275
(그림 2-2-16) 공조 및 오디오 조작 시 표시 화면	276
(그림 2-2-17) 후진 시 후방카메라 표시 화면	277
(그림 2-2-18) 12.3인치 체리자동차 고급형 멀티클러스터 시 제품	278
(그림 2-2-19) 12.3인치 체리자동차 고급형 멀티클러스터 화 면	278
(그림 2-2-20) 12.1인치 벤츠UI 클러스터 및 시물레이터 시 제품	279
(그림 2-2-21) 게이트 웨이 시제품	279
(그림 2-2-22) Smart 검증 시스템 적용 Cockpit 모듈 제조 시스템 개발	281
(그림 2-2-23) 디지털 설계 검증의 범위	283
(그림 2-2-24) CPM 공차분석 관리 모식도	285
(그림 2-2-25) CPM 공차분석 관리(실제)	287
(그림 2-2-26) Web 기반 CPM SMART 설계 검증시스템	288
(그림 2-2-27) 시작단계 EO 시스템(AS-IS & TO-BE)	290
(그림 2-2-28) 시작 EO 시스템 구축현황	291
(그림 2-2-29) 시작 EO 시스템 구축현황 II	292
(그림 2-2-30) 시작 EO 시스템 구축현황 III	293
(그림 2-2-31) 과거차 문제 시스템 I	294
(그림 2-2-32) 과거차 문제 시스템 II	294
(그림 2-2-33) 연계정보관리 시스템 I	295
(그림 2-2-34) 연계정보관리 시스템 II	295
(그림 2-2-35) 연계정보관리 시스템 III	296
(그림 2-2-36) 연계정보관리 시스템 IV	296

(그림 2-2-37) 연계정보관리 시스템 V	297
(그림 2-2-38) 연계정보관리 시스템 VI	297
(그림 2-2-39) 연계정보관리 시스템 VII	298
(그림 2-2-40) 연계정보관리 시스템 VIII	298
(그림 2-2-41) CPM Smart 설계 검증시스템 기대효과	299
(그림 2-2-42) CPM Smart 설계 검증시스템 정성적 기대효과 I	301
(그림 2-2-43) CPM Smart 설계 검증시스템 정성적 기대효과 II	302
(그림 2-2-44) 소량 생산 자동차 및 자동차 부품의 인증 및 조사에 관한 규정(출처 : 국토교통부 고시 제 2017-358호)	305
(그림 2-2-45) 차종에 따른 계기 판넬 충격흡수 시험 여부 (출처: 국토교통부 고시 제2017-358호)	306
(그림 2-2-46) Cockpit의 3D 모델화	320
(그림 2-2-47) 3D 스캐너를 이용하여 생성한 cockpit 모듈의 3D 도면	322
(그림 2-2-48) Cockpit의 구조해석 단계	324
(그림 2-3-1) 제어 방식에 따른 개발 동향	345
(그림 2-3-2) 스마트 액츄에이터 전동기 모델의 하우징 마운팅 위치에 따른 고정자 형상 설계	353
(그림 2-3-3) 스마트 액츄에이터 전동기 모델의 최종 고정자 형상	353
(그림 2-3-4) 스마트 액츄에이터 전동기의 코깅 토크	354
(그림 2-3-5) 스마트 액츄에이터 전동기의 역기전력	354
(그림 2-3-6) 스마트 액츄에이터 전동기 상전류	355
(그림 2-3-7) 스마트 액츄에이터 전동기의 DC Link 전류	355
(그림 2-3-8) 스마트 액츄에이터 전동기의 발생 토크	356
(그림 2-3-9) 스마트 액츄에이터 전동기의 구동 속도	356
(그림 2-3-10) 스마트 액츄에이터 전동기의 자속 밀도	357
(그림 2-3-11) 스마트 액츄에이터 전동기의 자속 선도	357
(그림 2-3-12) LIN Stepping motor drive 회로	359

(그림 2-3-13) LIN Stepping motor drive 설계 .....	360
(그림 2-3-14) LIN Stepper Driver Bottom Routing 설계	360
(그림 2-3-15) LIN Stepper Driver Top Routing, Silk, Solder 설계.....	361
(그림 2-3-16) LIN Stepper Driver Top (Drill+ NC+ Solder) .....	361
(그림 2-3-17) 모터 구동 프로그램 코드 일부.....	362
(그림 2-3-18) 모터 구동 프로그램 (PID 제어 코드 일부) .....	363
(그림 2-3-19) 모터 구동 프로그램 (LIN 통신 프로그램 코드 일부).....	363
(그림 2-3-20) 모터 구동 프로그램 (main.c 코드 일부)·	364
(그림 2-3-21) LIN 통신 구동 응용 프로그램 GUI .....	365
(그림 2-3-22) LIN 통신 접속 화면.....	365
(그림 2-3-23) 통신 정상 접속 및 데이터 입출력 로그 화면 .....	366
(그림 2-3-24) LIN 통신 정상 접속 상태 콜/피드백 로그 화 면.....	366
(그림 2-3-25) 프로그램 테스트 위치 제어 반복 구동 테스트 화면.....	367
(그림 2-3-26) 파라미터 외부 설정 화면 구성 .....	368
(그림 2-3-27) 파라미터 동작 실행 화면 .....	368
(그림 2-3-28) 기어 강도 해석.....	370
(그림 2-3-29) 기어 배열 및 구성 .....	370
(그림 2-3-30) 피니어 기어 - 기어 1 해석 결과 .....	372
(그림 2-3-31) 기어 #2 & #3 해석 결과.....	373
(그림 2-3-32) 기어 #3 & 출력 기어 해석 및 결과.....	374
(그림 2-3-33) Actuator Ass'y 제품 및 도면 .....	375
(그림 2-3-34) 애프터마켓용 운전자 가이드스 개념 .....	377
(그림 2-3-35) 운전자 가이드스 시스템 목표시스템 .....	379
(그림 2-3-36) 운전자 가이드스 시스템 아키텍처 .....	379
(그림 2-3-37) 가이드스 시스템 이벤트 분석 프로세스 ..	382

(그림 2-3-38) 가이드스 시스템 이벤트 분석 알고리즘 ...	383
(그림 2-3-39) 가이드스 시스템 하드웨어 구성안 .....	384
(그림 2-3-40) 가이드스 시스템 소프트웨어 구성안 .....	384
(그림 2-3-41) UML - Cockpit 검색 및 연결 .....	386
(그림 2-3-42) UML - 운전자 및 차량정보 등록.....	387
(그림 2-3-43) UML - 운전자 및 차량정보 수정.....	388
(그림 2-3-44) UML - 차량 조작 데이터 다운로드.....	389
(그림 2-3-45) UML - 기본 조작법 안내 .....	390
(그림 2-3-46) UML - 운전상태 및 이벤트 안내.....	391
(그림 2-3-47) UML - 이력저장 프로세스.....	392
(그림 2-3-48) ERD - 운전자 기본 및 상태정보 관리 .....	393
(그림 2-3-49) ERD - 자동차 기본정보 관리 .....	393
(그림 2-3-50) ERD - 운전상태 및 Rule-base 관리 .....	394
(그림 2-3-51) ERD - 가이드스 시스템 공통 관리.....	394
(그림 2-3-52) UML - Bluetooth 영역 Class .....	396
(그림 2-3-53) UML - Guidance Application Class .....	396
(그림 2-3-54) UI - Application Main.....	398
(그림 2-3-55) UI - 세부 기능 안내 .....	399
(그림 2-3-56) UI - 조작 매뉴얼 안내 .....	400
(그림 2-3-57) UI - 이벤트 알림 .....	401
(그림 2-3-58) 메인화면 구성 비교.....	420
(그림 2-3-59) 경로탐색 결과화면 구성 비교 .....	421
(그림 2-3-60) 주행화면 구성 비교.....	422
(그림 2-3-61) 위젯형 주행화면 구성 비교 .....	423
(그림 2-3-62) 정선뷰 화면 구성 비교 .....	424
(그림 2-3-63) Upper & Lower 케이스 사양.....	433
(그림 2-3-64) 전자회로 도면(1) .....	435
(그림 2-3-65) 전자회로 도면(2) .....	436
(그림 2-3-66) 전자회로 도면(3) .....	437
(그림 2-3-67) 전자회로 도면(4) .....	438
(그림 2-3-68) PCB Top 패턴 도면 .....	439
(그림 2-3-69) Layer 패턴 도면.....	439

(그림 2-3-70) Layer3 패턴 도면 .....	440
(그림 2-3-71) Bottom 패턴 도면 .....	440
(그림 2-3-72) Top Silk 도면 .....	441
(그림 2-3-73) Bottom Silk 도면 .....	441
(그림 2-3-74) 텔레매틱스 게이트웨이(RMCU) 기구 디자인 .....	442
(그림 2-3-75) 텔레매틱스 게이트웨이 시제품 .....	443
(그림 2-3-76) 텔레매틱스 게이트웨이 소프트웨어 아키텍처 .....	444
(그림 2-3-77) 벤치테스트 구성 환경 .....	446

# 표 목 차

(표 2-1-1) p-values from the ANOVA..	41
(표 2-1-2) 운전자 특성 별 주요정서	58
(표 2-1-3) 운전자 정서모델 데이터 취득 정보	61
(표 2-1-4) S-Anxiety 한국어 번역판 (*Reverse Scaling)	63
(표 2-1-5) 시뮬레이터 상 긴장감 유발 사건 정보	66
(표 2-1-6) 수행 지표와 Test-Retest 상관 관계	105
(표 2-1-7) 운전 수행 지표와 기초인지 테스트 간 상관 관계	106
(표 2-1-8) 운전자의 심리적 특성 문항	119
(표 2-1-9) 운전자의 위험운전성향 문항	123
(표 2-1-10) 운전자의 교통행동 통제소재 문항	125
(표 2-1-11) 운전자의 교통사고 위험도 측정 문항	126
(표 2-1-12) 운전행동결정요인이 위험운전행동 성향에 미치는 영향	131
(표 2-1-13) 운전행동결정요인이 위험운전행동 성향에 미치는 영향	134
(표 2-1-14) 운전행동결정요인이 가해교통사고경험에 미치는 영향	135
(표 2-1-15) 졸음 발생 요인	144
(표 2-1-16) 피로 발생 요인	145
(표 2-1-17) 상태분석변인	147
(표 2-1-18) 금년도 개발 상태분석변인	162
(표 2-1-19) 시험 기기 사양	163
(표 2-1-20) 시험 카메라 사양	164
(표 2-1-21) 시험 케이스	166
(표 2-1-22) 시험 기기에 따른 처리 시간 비교	167
(표 2-1-23) Jetson TX2 기준 각 모듈의 처리시간 비교	167
(표 2-1-24) 시험 케이스에 따른 시험 정확도	168

(표 2-1-25) 주/야간 실험차 및 실험실 시험 평균 정확도	168
(표 2-1-26) 향후 개발 상태분석변인	170
(표 2-1-27) 운전 조작 인식을 위한 실차 데이터 세트 별 특징	174
(표 2-1-28) 운전 조작 인식을 위한 A3 실차 데이터 개요	175
(표 2-1-29) 운전 조작의 분류	178
(표 2-1-30) 운전자 상태의 분류	180
(표 2-1-31) DVI 데이터베이스 개요	186
(표 2-1-32) 운전자 정서 분석용 DVI 채널	186
(표 2-1-33) 운전자 정서 분석용 DVI 채널 원시 데이터	187
(표 2-1-34) DVI 데이터베이스 EEG 8채널 측정	189
(표 2-1-35) EEG 기반 주파수 대역 별 정서 특징	190
(표 2-1-36) 운전자 그룹 별 Valence-Arousal 정서 모델 통계	191
(표 2-1-37) ECG 기반 HRV 분석 및 특징	193
(표 2-1-38) 고령운전자의 시각적 감각 능력 저하 관련 사용자 요구사항	197
(표 2-1-39) 고령운전자의 청각적 감각 능력 저하 관련 사용자 요구사항	198
(표 2-1-40) 고령운전자의 촉각적 감각 능력 저하 관련 사용자 요구사항	199
(표 2-1-41) 고령운전자의 인지 능력 저하 관련 사용자 요구사항	199
(표 2-1-42) 고령운전자의 신체적 능력 저하 관련 사용자 요구사항	200
(표 2-1-43) 고령운전자의 상황적 및 행동적 경향 관련 사용자 요구사항	201
(표 2-1-44) 고령운전자의 시각적 감각 능력 저하 관련 시스템 요구사항	203
(표 2-1-45) 고령운전자의 청각적 감각 능력 저하 관련 시스템 요구사항	205

(표 2-1-46) 고령운전자의 촉각적 감각 능력 저하 관련 시스템 요구사항 .....	207
(표 2-1-47) 고령운전자의 인지 능력 저하 관련 시스템 요구사항.....	208
(표 2-1-48) 고령운전자의 신체적 능력 저하 관련 시스템 요구사항.....	210
(표 2-1-49) 고령운전자의 상황적 및 행동적 경향 관련 시스템 요구사항 .....	211
(표 2-1-50) 2000cc급 자동변속 승용차의 CO2 배출량 ..	233
(표 2-1-51) 환경 센서 값 비교 .....	236
(표 2-1-52) 차량 제조사별 적용 기술 .....	239
(표 2-1-53) 차량 제조사별 제공 기능 .....	240
(표 2-1-54) OBD-II Pinmaps .....	245
(표 2-1-55) Request Message Format (CAN2.0A, 11bit Address, 8 bytes) .....	246
(표 2-1-56) Response Message Format (CAN2.0A, 11bit Address, 8 bytes) .....	247
(표 2-2-1) 연차 별 목표 및 소요 예산 .....	280
(표 2-2-2) 연도별 연구개발 내용 및 범위 .....	282
(표 2-2-3) 공차분석 단계별 산출물 .....	286
(표 2-2-4) 개발 추진 일정 및 실적 .....	288
(표 2-2-5) 정량적 기대효과 .....	303
(표 2-2-6) 기존 자동차 cockpit에 사용된 소재의 특성 분석 .....	311
(표 2-2-7) Homopolymer와 탄소 섬유 복합재의 기계적 물성 비교 .....	313
(표 2-2-8) 기능성 복합재의 비교 .....	314
(표 2-2-9) 3D 프린터 기술 별 종류 및 특징(고분자) .....	316
(표 2-2-10) FDM 방식과 SLS 방식의 비교 .....	318
(표 2-2-11) 소재별 3D 프린팅 온도 .....	319
(표 2-3-1) 스테핀 모터 관련 주요 특허 .....	349
(표 2-3-2) 스마트 액츄에이터 전동기의 설계 결과 .....	358

(표 2-3-3) 기어 해석 파라미터.....	371
(표 2-3-4) 애프터마켓용 운전자 가이드스 최종 연구 목표 .....	377
(표 2-3-5) 애프터마켓용 운전자 가이드스 당해 년도 연구 목표.....	378
(표 2-3-6) 운전자 가이드스 테이블 목록.....	395
(표 2-3-7) 운전자 가이드스 메시지 규격.....	397
(표 2-3-8) 네비게이션 기능 및 조작요소.....	403
(표 2-3-9) 모바일 네비게이션 서비스 별 기능 구조.....	404
(표 2-3-10) 차량 주행 시 모바일 네비게이션 구성요소..	406
< 표준편차 >.....	411
(표 2-3-11) 성별에 따른 집단통계량.....	412
(표 2-3-12) 성별에 따른 인지감성요인에 대한 독립표본 검 정.....	412
(표 2-3-13) 61세 이상 성별에 따른 집단통계량.....	413
(표 2-3-14) 61세 이상 인지감성요인에 대한 독립표본 검정 .....	413
(표 2-3-15) 40세이하 운전숙련도에 따른 집단통계량....	414
(표 2-3-16) 40세이하 인지감성요인에 대한 독립표본 검정 .....	414
(표 2-3-17) 운전숙련도가 높은 남성그룹의 집단통계량..	415
(표 2-3-18) 운전숙련도가 높은 남성그룹에 대한 독립표본 검정.....	415
(표 2-3-19) 모바일 네비게이션 주행 중 주요 구성요소 ..	418
(표 2-3-20) 운전자 그룹별 주요 변경요소.....	419
(표 2-3-21) 전원부 사양.....	429
(표 2-3-22) CPU/메모리/유선통신부 사양.....	430
(표 2-3-23) CPU/메모리/유선통신부 사양.....	431
(표 2-3-24) 세부 Task 정의 및 기능.....	445

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구 배경

지능형자동차란 자동차 자체 내부에 물리적 제어가 아닌 첨단 전기 전자 제어기술이 접목돼 운전자 편의성, 주행 안정성과 효율성을 높이는 디지털자동차로 관련 분야에 대한 국내외 자동차 기업들 간 치열한 기술 확보가 추진 중임. 특히, 스마트자동차의 보급 확산을 위해서는 운전자 특성을 반영하여 계기판 등의 콘텐츠와 UI가 적응적으로 변하는 디스플레이기술, 감성기반 운전환경 제공을 통하여 운전자 및 탑승자의 만족도를 상승시킬 수 있는 기술 개발 필요함. 또한, 최근 ADAS, 자율 주행 등 자동차의 전자화 진행에 따라 최적 제어 및 정보제공을 위한 운전자 맞춤형 오퍼레이팅 시스템 지원 개방형 시스템이 요구됨. 이러한 요구사항을 근거로 사용자 요구에 따른 다양한 애플리케이션을 포함하기 위한 개방형 플랫폼 기술, 차량 센서의 증가에 따른 정보과다는 운전 혼란을 유발함에 따라 운전자 맞춤형 정보 최적화 기술, 운전자 맞춤형 콘텐츠 제공을 위해 운전자 특성을 반영한 맞춤형 가변형 UI/UX 기술 개발의 필요성이 높아지고 있다. 이에 본 과제에서는 개인화 및 차별화 추구, 사람/자동차/환경 간의 소통 시스템 확산 등으로 운전자 특성/상태를 반영한 운전자 모델기반 맞춤형 Cockpit 시스템 개발을 목표로 함.

## 제 2 절 연구 목표 및 내용

### ① 개발목표

디지털 Cockpit 시스템 개발을 위한 주요 요구사항 및 Factor를 분석하고 이를 기반으로 요구사항 정의 및 시스템 설계

### ② 개발내용 및 범위

- 운전자 특성 및 상태 분석을 위한 운전자 모델 및 운전자 상태분석 시스템 요소기술 개발
  - 운전자 군별(고령/여성/초보) 인지적, 행동적, 심리적 특성 및 인지기반 운전자 정서 상태 분석 모델 개발
  - 운전자 모델 기반 특성, 상태 분석 알고리즘 및 요소기술 개발
- 디지털 Cockpit 시스템 요소기술 및 프로토타입 개발
  - 디지털 클러스터 S/W, H/W 시제품 개발
  - Cockpit 모듈 조립 불량 예측 및 원인 분석을 위한 설계 검증 기술 개발
- 디지털 Cockpit 연동 스마트 전장시스템 요소기술 개발
  - ISO 26262 자동차 기능안전 적용 프로세스 수립 및 아키텍처 분석, 요구사항 도출 및 시스템 설계
  - 디지털 Cockpit 연동 운전자 상태별 HVAC 연동 알고리즘 요소기술 개발

본 보고서는 다음과 같이 구성이 됨. 2장과 3장은 당해년도 연구개발 추진 내역 및 기술개발 결과를 각각 설명하고 있음. 마지막으로 4장에서는 당해년도 연구의 결론을 맺고 있음.

## 제 2 장 연구개발 추진내역



## 제 1 절 운전자 모델 및 요소기술 개발

### 1. 운전자 모델

- 운전자 모델은 1980 년 중반부터 연구가 활발히 진행되었고, 초창기의 모델들은 주로 운전자 행동 모델(driver behavior models)이었음
- 기술의 발전으로 운전자의 생리적 변화를 정량적으로 측정할 수 있게 되고 행동 또한 정량적 분석 방식이 발전함에 따라, 다양한 운전자 상태 측정과 예측 모델들이 연구됨
- 운전자의 여러 가지 특성이 운전 에 미치는 영향에 대한 연구도 많이 진행되었음. 본 파트에서 언급하는 운전자의 특성은 운전자 군(群)의 성별, 나이, 연령, 운전경력 등을 의미함

### 가. 운전자 상태와 특성에 따른 운전자 졸음 수준 연구

#### 1) 개요 및 실험목적

- 본 절에서는 운전자 상태와 특성에 따른 운전자 졸음 수준에 관하여 연구를 한국인을 대상으로 진행하였음.
- 전세계적으로 졸음운전은 교통사고의 주요 원인들 중 하나임 (Boyle et al., 2008, Liu. et al., 2009, Lee et al., 2014). Horne and Reyner (1995)에 따르면, UK의 경우 sleep-related vehicle accidents 가 road accidents의 약 16-23%임. Maycock

(1997) 은 교통사고의 약 10%가 tiredness에 의한 것이라고 하였음. NHTSA 의 100-Car Naturalistic Driving Study (Dingus et al., 2006) 에서는 crashes와 near-crashes 의 22-24%가 drowsy driving 때문이었음. 한국의 경우, 2015년 졸음운전 교통사고는 2701건이고, 사망자는 108명 (100건당 4명)으로 졸음운전 교통사고 사망자 비율이 월등히 높았음 (Park, 2016)

- Driver drowsiness가 교통사고의 중요한 원인임을 고려하여, driver drowsiness를 측정하려는 시도가 많았음. Driver drowsiness를 측정하는 방법은 크게 4가지로 분류됨 - 1) physiological measurement, 2) behavioral analysis, 3) performance measurement, and 4) subjective rating (Boverie et al., 1998, Sahayadhas et al., 2012). Physiological measurement는 운전자에게서 발생하는 생리적 신호를 측정/분석하는 방법. Driver drowsiness를 판단할 수 있는 physiological signal로는 EEG, ECG (HRV), EOG, respiration rate (RR), body temperature 등이 있으며, 일반적으로 신체의 일부에 센서를 부착하여 신호를 측정하거나, 일반 또는 열화상 카메라를 통하여 신체의 변화들을 측정함. Behavioral analysis에서 데이터를 수집하는 방법으로는 eye movement, head movement, facial expression, yawning detection, neck bending angles, center of pressure (COP) 등 운전 중 신체의 움직임 변화를 측정하는 방법들이 있음. 측정에는 eye tracker, motion sensor,

gyro-sensor 등이 이용됨. Performance measurement 는 일반적으로 운전자의 상태에 따른 운전 결과를 측정하는 방법으로, speed, lane keeping (standard deviation in lane position; SDLP), minimum time to lane crossing (min TLC) 등을 측정함. Subjective rating은 물체의 사물이나 사진, 혹은 영상을 보면서 사용성에 대한 예측을 하는 방식, VAS (visual analog scale), 7-point likert scale 등 다양한 형태의 설문지를 음성, 버튼, 손짓 등으로 대답하여 실시간으로 피실험자의 상황을 문답하는 real-time 방식, 또는 실험을 녹화하고, 실험이 끝난 후 녹화영상을 관찰하며 원하는 시간대별로 그 당시의 상태에 대해 문답하는 retrospective rating (실험 후 평가) 등이 있음.

- 최근 스마트카와 자율주행차량 관련 연구가 활발히 진행되면서, 운전자의 상태 측정과 피드백에 관련된 연구들이 더욱 주목 받기 시작하였음. 특히, 자율주행과 직접 운전 사이의 control takeover와 관련하여 Driver drowsiness 분석의 중요성이 확대되고 있음. 자율주행 중에는 운전자-차량 interaction 그리고 운전자-environment 간의 interaction 의 감소로 인해 운전자의 arousal이 저하되고 driver drowsiness가 증가할 수 있음. 따라서, 졸음상태를 포함한 운전자의 상태를 실시간으로 정확히 파악할 수 있는 기능이 필요함.
- 본 절의 목적은 수면량과 연령이 운전 중 졸음에 미치는 영향을 연구하고, 이를 통해 운전자 졸음 예측 모델을 개발하는 것. 본

연구에서는 운전자의 주행이나 졸음수준에 방해가 되지 않는 가장 자연스러운 운전환경을 조성하기 위해, 뇌파나 근전도 측정, 심박수 측정 등의 접촉식 측정방식은 제외하고, eye tracking 데이터, 차량의 performance, 그리고 주관적 설문 (real-time and retrospective rating)방식을 졸음 측정에 사용됨.

## 2) 실험계획 및 과정

- 실험은 2 (Sleep state)  $\times$  2 (Age)  $\times$  2 (Course) mixed factorial design 임. Sleep stage (within-subjects factor)는 Sleep<sub>YES</sub> (sleep well; 실험 이틀 전부터 음주하지 않고 하루에 7시간 이상 숙면한 경우) 와 Sleep<sub>NO</sub> (no sleep; 전전날은 일반적인 숙면을 취한 상태에서 전날부터 전혀 수면을 취하지 않은 상태) 의 두 단계로 나뉨 (Yang & Jeong, 2015, Correa & Leber, 2010, Noda et al., 2015, Jackson et al., 2016, Murata et al., 2012, Murata et al., 2015, Murata, 2016, Brown et al., 2013). Age (between-subjects factor)는 Age<sub>YOUNG</sub> (young age; 만 20세 - 30세 사이) 와 Age<sub>OLD</sub> (old age; 만 60세 - 70세 사이) 의 두 단계로 나뉨 (Horberry, et al., 2006, Yan et al., 2007, Cantin et al., 2009). 실험에는 총 8명 (각 그룹에 4명)의 피실험자가 참가하였으며, 이들의 평균 (SD) 나이는 Age<sub>YOUNG</sub> 그룹이 24.0(2.11), 그리고 Age<sub>OLD</sub> 그룹이 63.8(2.99) 임. Course (within-subjects factor)은 Course<sub>STRAIGHT</sub> (직선도로) 와

Course<sub>CURVE</sub> (곡선도로)로, 맵은 총 2 구간의 직선도로와 2 구간의 곡선도로로 구성되게 제작함.

- 모든 피실험자는 실제 운전경력이 3년 이상인 사람들로 모집함. 모든 피실험자는 이틀 동안 음주를 하지 않은 상태여야 하며, 한 시간 이상의 장시간 운전을 무리 없이 할 수 있는 수준의 건강함이 요구됨. 모든 피실험자들은 충분히 숙면을 취한 상태에서의 운전 실험 (Sleep<sub>YES</sub> 조건)과 밤을 샌 상태에서의 운전 실험 (Sleep<sub>NO</sub> 조건)을 이틀 혹은 3일에 걸쳐 진행하는데 (sleep가 within-subjects factor임), Age 의 각 그룹 (young 과 old 그룹)의 절반은 Sleep<sub>YES</sub> 조건을 먼저 진행한 후 밤을 새고 다음날 Sleep<sub>NO</sub> 조건을 진행하였고, 나머지 절반은 Sleep<sub>NO</sub>조건을 먼저 진행하고, 다음날 숙면을 취한 후 다 다음날 오전에 Sleep<sub>YES</sub> 조건을 진행함. Sleep<sub>NO</sub> 조건 실험을 진행하는 경우에는 수면을 취하지 않았다는 것을 최대한 증명하기 위해, 피실험자는 매 시간마다 메신저앱을 통하여 깨어 있다는 확인문자를 실험자에게 보냈음.
- 종속변수는 (1) physiological measurement 인 PERCLOS (2) performance measurement 인 speed, 표준편차(SD) of speed, wheel angle deviation, SD of wheel angle deviation, 그리고 (3) subjective rating (real-time rating and retrospective rating)이었음. PERCLOS 는 일정 시간 동안 눈을 감고 있는 시간을 퍼센트로 나타낸 것으로(오주택, et al., 2008), faceLab™

(ver. 5.1, seeingmachines, Corp.)을 통해 실시간으로 값을 측정/저장함 (60 Hz). Speed 와 wheel angle deviation은 드라이빙 시뮬레이터의 ScannerStudio™에서 실시간으로 측정/저장함 (2 Hz). Subjective rating의 경우 real-time rating와 retrospective rating of sleepiness을 모두 진행하였는데, 운전 중 졸음 상태에 영향을 줄 수 있는 real-time과, real-time rating보다 정확하진 않지만 실험에 영향을 주지 않고 실험이 끝난 후 평가가 가능한 retrospective rating 간의 차이 유무를 확인하기 위함이었음. real-time rating of sleepiness 은 주행 중 4회 (직선도로 2회, 곡선도로 2회)를 측정하였음. Real-time rating of sleepiness 의 측정 지점은 정해진 직선도로와 곡선도로가 끝나는 지점으로, 각 직선 및 곡선도로가 끝나는 지점에 ‘설문 평가’ 라는 글과 9-point KSS를 참조한 5-scale KSS (1: 매우 각성, 2: 각성, 3: 보통, 4: 졸림, and 5: 매우 졸림) (Putilov A. et al., 2013) 이 화면 중상단에 제시됨. 피실험자는 그 지점에서 5-scale 중 직선/곡선 도로 구간에서의 자신의 졸음 수준을 선택하여 왼 손 손가락 개수로 답함. 완주 후, 피실험자는 드라이빙 시뮬레이터에서 내려 옆의 테이블에 앉음. 자신의 실험에서 촬영된 자신의 얼굴을 보며, 각 직선 및 곡선도로의 처음, 중간, 그리고 끝 각각 10초씩을 확인하여, 구간 당 3회의 졸음수준을 후평가함.

- 실험은 최대한 실제 운전과 유사한 상황처럼 구현하기 위해,

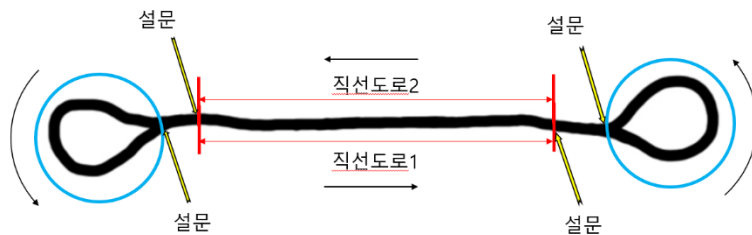
전방 커브드 스크린, 후방 평면 스크린으로 구성된  
드라이빙시뮬레이터 (ScannerStudio 1.1 version, Innosimulation,  
Corp.)에서 진행되었음



(그림 2-1-1) 드라이빙 시뮬레이터 주행 모습 (전방 화면 모습)

- 맵은 편도 2차선의 직선, 곡선이 포함된 도로로 약 14 km 이었음.  
날씨는 약간의 흰 구름이 있는 평범한 맑은 날씨조건이었음.  
운전자의 차량을 제외한 차량들은 1차선에서 80km/h 의 일정한

속도로 주행하게 설정하였으며, 차선을 바꾸지 않도록 설정함. 운전자의 제한속도는 60km/h로 이었으며, 차선변경을 하지 않고 2차선으로만 주행하도록 제한하였음. 맵은 편도 2차선으로 한국의 도로교통 규정 상 일반적으로 속도제한이 80km/h 이지만, 파일럿 실험에서 80km/h 로 진행한 경우 속도가 너무 빨라 Sleep<sub>NO</sub> 조건의 운전자들도 잠에서 깨어 각성상태가 되어 실험진행이 불가능하였음. 따라서 편도1차선이거나, 유동차량이 많은 편도2차선 이상의 구간에도 적용되는 일반 국도의 속도제한 규정인 60km/h를 기준으로 실험을 진행하였음.



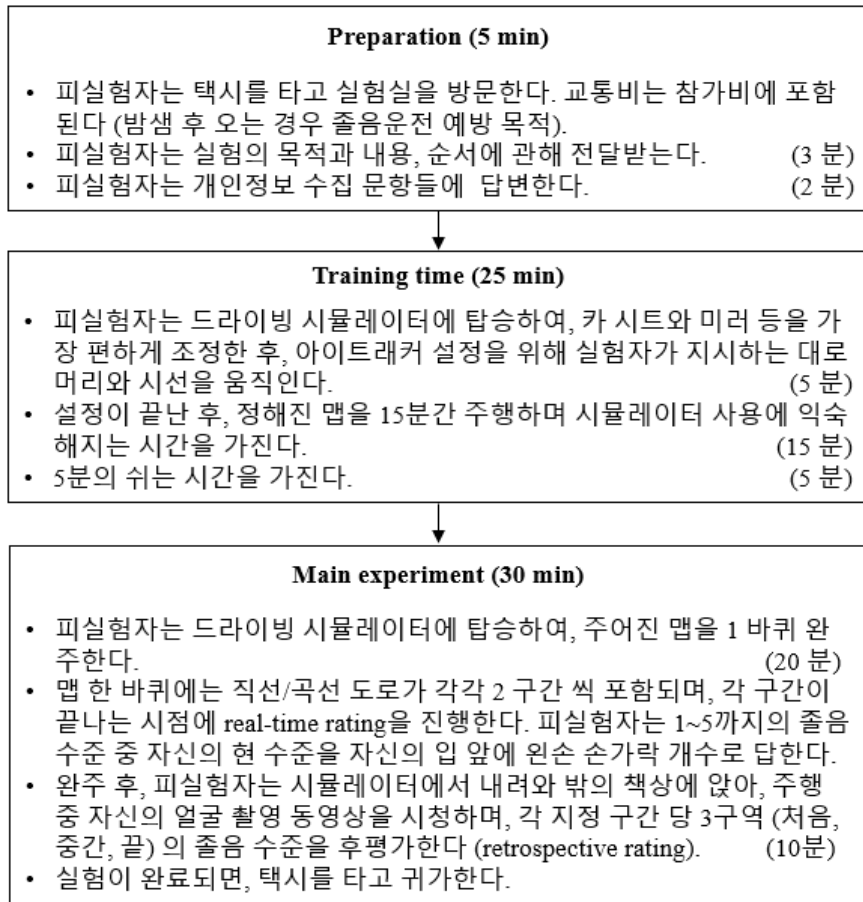
(그림 2-1-2) 실험에 사용된 맵.

(직선 도로와 곡선 도로가 각각 2번씩 포함됨. 각 직선/곡선도로가 끝날 때 real-time rating을 실시함)

- 실험순서는 다음과 같음. 피실험자는 드라이빙 시뮬레이터 사용에 최대한 외부의 영향을 줄이고, Sleep<sub>NO</sub> 의 조건으로 방문 시에는

사고를 방지하기 위하여, 택시를 타고 실험실에 방문함. 피실험자는 실험자에게 본 실험의 목적과 실험과정에 대해 전달받음. 그리고 본인의 개인정보 (이름, 나이, 성별, 운전경력)를 기록함. 그 후, 피실험자는 드라이빙 시뮬레이터에 탑승하여, 카시트와 사이드미러, 리어뷰미러 등 자동차의 운전환경을 자신에게 가장 편하도록 조정함. 조정이 끝나면 실험자는 eyetracker 인식설정을 위해 피실험자에게 정면사진, 왼쪽 20°, 90°, 오른쪽 20°, 90° 의 자세를 요구하고, 왼쪽과 오른쪽 카메라를 번갈아 보게 하여 eyetracker 인식설정을 완료함. 설정을 완료한 후, 피실험자는 실험에 사용될 맵을 10 분간 주행하며 드라이빙 시뮬레이터 사용에 익숙해지는 training time 를 가짐. 그 후 5분의 쉬는 시간을 가진 후, 본 실험이 시작됨. 본 실험에서, 피실험자는 주어진 맵을 1 바퀴 완주해야 함. 맵은 직선/곡선 도로가 각각 2 구간씩 포함되며, 각 구간은 직선도로가 약 2 km, 곡선도로가 약 1.5 km 이었음. 직선/곡선 도로가 각각 끝나는 시점에서 real-time rating of sleepiness 을 알리는 문구가 표시되면, 피실험자는 문구에 표시된 1~5 까지의 졸음 수준 중 자신의 현 수준을 왼손 손가락 개수로 표시함. 완주 후, 피실험자는 시뮬레이터에서 내려와 밖의 책상에 앉아, 주행 중 자신의 얼굴 촬영 동영상을 시청하며, 도로당 3 구간 (처음, 중간, 끝 각각 10 초씩)의 졸음 수준을 후평가함 (retrospective rating

of sleepiness). 실험이 완료되면, 피실험자는 택시를 타고 귀가함.



(그림 2-1-3) 실험 과정

- 실험에서 수집된 PERCLOS, speed, SD of speed, wheel angle deviation, SD of wheel angle deviation 데이터는 직선/곡선도로 당 전체 평균 (SD)과, 각각 세 구간 (처음, 중간, 끝) 의 평균(SD)을 계산하였음. 계산된 PERCLOS, speed, SD of speed, real-time rating of sleepiness 그리고 retrospective rating of sleepiness 데이터에 대해 3-Way ANOVA (Sleep: within-subjects factor, Age: between-subjects factors, and Course: within-subjects factor) 를 사용하였음. wheel angle deviation 과 SD of wheel angle deviation 은 직선과 곡선도로를 따로 나누어, 2-Way ANOVA (Sleep: within-subjects factor, Age: between-subjects factors)를 사용하였음. Main 또는 interaction effect 가 유의한 경우, post-hoc test 로 Student' s t test 와 Tukey' s honestly significant difference (HSD) 가 사용되었음. Retrospective rating of sleepiness 의 세 구간의 평균값을 계산하여, real-time rating of sleepiness 과 bivariate correlation 을 구함. 마지막으로, 각 독립변수 (Age, Sleep, Course)와 측정된 데이터들 (PERCLOS, speed, SD of speed, WAD, SD of WAD)을 사용하여 polynomial regression 식을 계산함 (N=2). JMP™ (v12, SAS Institute Inc., NC, USA) 가 모든 통계분석에 사용됨. 유의수준은  $p < 0.05$  임

### 3) 실험 결과

(표 2-1-1) p-values from the ANOVA..

DV	p-value						
	Sleep	Age	Course	Sleep ×Age	Sleep ×Course	Age ×Course	Sleep ×Age ×Course
PER_avg_R	0.4081	0.1342	0.1342	0.5777	0.6714	0.9422	0.2655
PER_avg_L	0.2108	<u>0.0095</u>	<u>0.0084</u>	0.5859	0.2419	<u>0.0229</u>	0.2903
PER_1_R	0.6082	0.2735	0.1465	0.3201	0.7330	0.9045	0.2866
PER_1_L	0.1286	<u>0.0304</u>	<u>0.0025</u>	0.8859	0.3728	<u>0.0159</u>	0.7527
PER_2_R	0.3426	0.2391	0.4447	0.6439	0.7562	0.8669	0.4535
PER_2_L	0.1027	0.0593	<u>0.0318</u>	0.3803	0.4161	<u>0.0369</u>	0.4122
PER_3_R	0.2720	<u>0.0219</u>	<u>0.0481</u>	0.8633	0.4678	0.5812	0.1530
PER_3_L	0.5035	<u>0.0079</u>	0.2093	0.6377	0.4415	0.3825	0.2851
Speed_avg	0.8183	0.3231	0.4754	0.3307	0.4356	0.6181	0.3787
Speed_avg_SD	0.1938	0.1661	<u>0.0007</u>	0.8690	0.4638	0.2562	0.7380
Speed_1	0.8936	0.4179	0.0764	0.3811	0.5712	0.6417	0.2366
Speed_1_SD	<u>0.0415</u>	0.3116	0.8119	0.3471	0.1777	0.9232	0.3867
Speed_2	0.8548	0.3469	0.5648	0.4245	0.3940	0.1242	0.9900
Speed_2_SD	0.3258	0.2159	<u>0.0205</u>	0.9922	0.3921	0.3909	0.9225
Speed_3	0.4574	0.2382	0.3529	0.5688	<u>0.0239</u>	0.9493	0.8324
Speed_3_SD	0.3637	0.4101	0.4814	0.3456	0.9385	0.8254	0.2065
WAD_avg	C	0.1806	<u>0.0496</u>	-	0.6323	-	-
	S	0.4592	0.5186	-	0.3803	-	-
WAD_avg_SD	C	0.4624	0.3583	-	0.4339	-	-
	S	0.6063	0.5451	-	0.4086	-	-
WAD_1	C	0.7253	0.3741	-	0.8415	-	-
	S	0.0906	0.3574	-	0.0974	-	-
WAD_1_SD	C	0.8565	0.8300	-	0.5730	-	-
	S	0.2789	0.8660	-	0.3151	-	-
WAD_2	C	0.4497	0.9139	-	0.6230	-	-

	S	0.9987	0.3473	-	0.3120	-	-	-
	C	0.6243	0.8244	-	0.7577	-	-	-
WAD_2_SD	S	0.7685	0.2743	-	0.2117	-	-	-
	C	0.0609	0.6920	-	0.2902	-	-	-
WAD_3	S	0.3804	0.8313	-	0.8230	-	-	-
	C	0.3075	0.6572	-	0.2790	-	-	-
WAD_3_SD	S	0.9472	0.9756	-	0.8834	-	-	-
Real-time rating		<u>&lt;0.0001</u>	0.2166	0.0565	0.4832	0.1901	0.3822	0.4881
Retro. rating_1		<u>0.0004</u>	0.1754	0.8439	0.4231	0.1055	0.5601	0.8394
Retro. rating_2		<u>0.0002</u>	<u>0.0232</u>	<u>0.0424</u>	0.3997	0.6333	0.1532	0.4345
Retro. rating_3		<u>&lt;0.0001</u>	<u>0.0458</u>	0.7663	0.1002	0.3202	0.7663	0.3202

WAD (wheel angle deviation)의 C 와 S 는 각각 Course<sub>CURVE</sub>와 Course<sub>STRAIGHT</sub>를 의미함

- PERCLOS 는 각 직선/곡선도로별 전체 (PER\_avg\_R and L) 평균(SD)과 각 도로의 세 구간 (처음 (PER\_1\_R and L), 중간 (PER\_2\_R and L), 끝(PER\_3\_R and L))의 평균(SD)을 계산함. PER\_avg\_R 의 경우, 유의한 결과를 보이지 않았음. 하지만 PER\_avg\_L 의 경우, Age×Course 의 interaction effect 가 유의함 (p-value=0.0229). 사후분석 결과, Age<sub>OLD</sub>× Course<sub>STRAIGHT</sub> 에서 PER\_avg\_L 의 평균(SD)이 0.097(0.0988)로 가장 높은 그룹에 혼자 속하였음. Age 와 Course 의 main effect 도 유의함 (각각 p-value=0.0095 and 0.0084). 사후분석 결과, Age 에서 PER\_avg\_L 의 평균(SD)은 Age<sub>OLD</sub> = 0.0760 (0.0848), 그리고 Age<sub>YOUNG</sub> = 0.0158(0.0209). Course 에서, PER\_avg\_L 의 평균(SD)은 Course<sub>STRAIGHT</sub> = 0.0574(0.0805), 그리고 Course<sub>CURVE</sub> =

0.0343(0.0523). 각 도로의 첫 번째 구간에서의 측정값인 PER\_1 에서, PER\_1\_R 은 유의한 결과를 보이지 않았음. PER\_1\_L 의 경우, Age×Course 의 interaction effect 가 유의함 (p-value=0.0159). 사후분석 결과, Age<sub>OLD</sub>×Course<sub>STRAIGHT</sub> 에서 PER\_1\_L 의 평균(SD)이 0.0795(0.0831)로 가장 높은 그룹에 혼자 속하였음. Age 와 Course 의 main effect 도 유의함 (각각 p-value = 0.0304 and 0.0025). 사후분석 결과, Age 에서 PER\_1\_L 의 평균(SD)은 Age<sub>OLD</sub> = 0.0588 (0.0745), 그리고 Age<sub>YOUNG</sub> = 0.0221(0.0370)이었음. Course 에서, PER\_1\_L 의 평균(SD)은 Course<sub>STRAIGHT</sub> = 0.0529(0.0703), 그리고 Course<sub>CURVE</sub> = 0.0280(0.0485)이었음. 각 도로 두번째 구간에서의 측정값인 PER\_2 에서, PER\_2\_R 은 유의한 결과를 보이지 않았음. PER\_2\_L 의 경우, Age×Course 의 interaction effect 가 유의함 (p-value=0.0369). 사후분석 결과, Age<sub>OLD</sub>×Course<sub>STRAIGHT</sub> 에서 PER\_2\_L 의 평균(SD)이 0.0955(0.126)로 가장 높은 그룹에 혼자 속하였음. Course 의 main effect 도 유의함 (p-value = 0.0318). 사후분석 결과, PER\_2\_L 의 평균 (SD)는 Course<sub>STRAIGHT</sub> = 0.0559 (0.0979), 그리고 Course<sub>CURVE</sub> = 0.0275 (0.0598) 이었음. 각 도로의 세 번째 구간에서의 측정값인 PER\_3 에서, PER\_3\_R 에 대해 Age 와 Course 의 main effect 가 유의함 (각각 p-value = 0.0219 and 0.0481). 사후분석 결과, Age 에서 PER\_3\_R 의 평균(SD)은 Age<sub>OLD</sub> = 0.1373 (0.179), 그리고 Age<sub>YOUNG</sub> = 0.0348(0.0158)이었음. Course 에서, PER\_3\_R 의

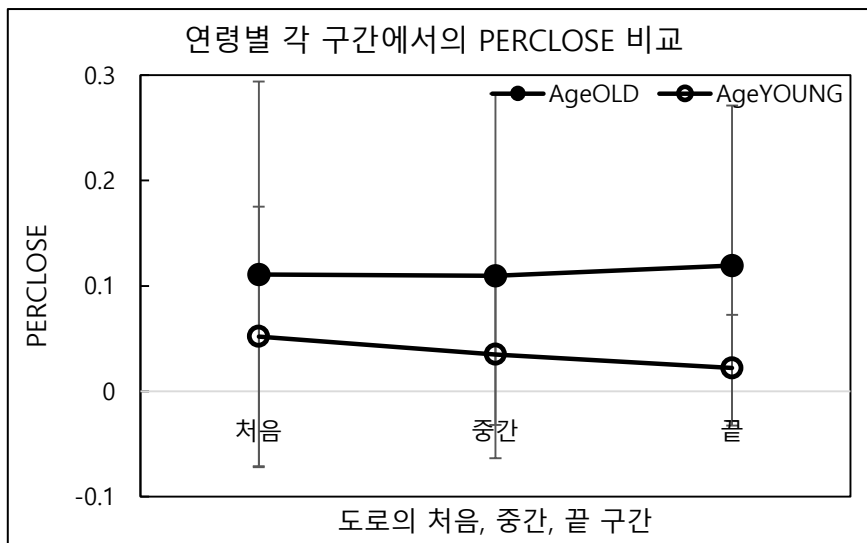
평균(SD)은 Course<sub>STRAIGHT</sub> = 0.1031(0.124), 그리고 Course<sub>CURVE</sub> = 0.0690(0.103)이었음. PER\_3\_L 에 대해 Age 의 main effect 가 유의하였음 (p-value=0.0079). 사후분석 결과, Age 에서 PER\_3\_L 의 평균(SD)은 Age<sub>OLD</sub> = 0.1015 (0.126), 그리고 Age<sub>YOUNG</sub> = 0.009531(0.0158)이었음.

- Speed 관련 측정값 중 각 직선/곡선도로별 평균속도에 대해, 어떠한 effect 도 유의한 결과를 보이지 않았음. 그러나 평균속도의 SD 의 경우, Course 의 main effect 가 유의한 결과를 보였음 (p-value = 0.0007). 사후분석 결과, Course<sub>CURVE</sub> 일 때 평균속도의 SD 의 평균(SD)이 4.68(1.99)으로, 2.91(1.21)인 Course<sub>STRAIGHT</sub> 에 비해 약 1.7 높았음. 각 직선/곡선도로의 첫 번째 구간의 평균속도인 Speed\_1 의 경우, Speed\_1 의 SD 에 대해 Sleep 의 main effect 가 유의한 결과를 보였음 (p-value=0.0415). 사후분석 결과, Sleep<sub>NO</sub> 의 경우 Speed\_1 의 SD 의 평균(SD)이 1.53(1.07)으로, Sleep<sub>YES</sub> 의 0.89 보다 약 0.6 높은 값을 보였음. 각 도로의 두 번째 구간의 평균속도인 Speed\_2 의 경우, Speed\_2 의 SD 값에 대해, Course 의 main effect 가 유의한 결과를 보였음 (p-value=0.0205). 사후분석 결과, Course<sub>CURVE</sub> 의 Speed\_2\_SD 의 평균(SD) 이 1.46 (0.86)으로, Course<sub>STRAIGHT</sub> 의 0.99 (0.52)보다 약 0.5 높은 값을 보였음. 각 도로의 세 번째 구간의 평균속도인 Speed\_3 의 경우, Speed\_3 에 대해 Sleep × Course 의

interaction effect 가 유효한 결과를 보였지만 (p-value=0.0239), 사후분석 결과 모두 한 그룹에 속하였음.

- Wheel angle deviation 은 직선/곡선 도로를 구분하여 결과분석을 하였음. 그 이유는, 직선에 비해 곡선은 휘어지는 방향으로 wheel angle 이 존재하기 때문이었음. Course<sub>CURVE</sub> 의 경우, 평균 wheel angle deviation 에 대해 Age 의 main effect 가 유의하였음 (p-value=0.0496). 사후분석 결과, Age<sub>OLD</sub> 의 평균(SD) wheel angle deviation 이 0.0109 (0.00160)으로, Age<sub>YOUNG</sub> 의 0.010 (0.00163)에 비해 약 0.0008 정도 높은 값을 보였음. 그 외의 모든 값들은 유의한 결과를 보이지 않았음. Course<sub>STRAIGHT</sub> 에서도 모든 값들은 유의한 결과를 보이지 않았음.
- Subjective rating of sleepiness 은 총 2 가지, real-time rating of sleepiness 와 retrospective rating of sleepiness 을 측정하였음. Real-time rating of sleepiness 에 대해, Sleep 의 main effect 가 유의한 결과를 보였음 (p-value < 0.0001). 사후분석 결과, Sleep<sub>NO</sub> 그룹의 real-time rating of sleepiness 평균 (SD) 값이 3.66 (0.87) 으로 ‘4: 약간 졸림’ 수준에 근접하였으며, Sleep<sub>YES</sub> 그룹의 평균 (SD) 인 1.84 (0.72)는 ‘2: 약간 각성’ 수준에 근접하였음. Retrospective rating of sleepiness 의 경우, 세 구간 중 첫 번째인 시작구간 (Retro\_1)에서는 Sleep 의 main effect 가 유의한 결과를 보였으며 (p-value = 0.0004), Sleep<sub>NO</sub> 의 평균 (SD) 값이 3.84 (0.85)으로

‘4: 약간 졸림’ 수준에 근접하였고, Sleep<sub>YES</sub> 의 retrospective rating of sleepiness 평균 (SD)는 2.00 (0.84)으로 ‘2: 약간 각성’ 상태에 근접하였음. 두 번째 구간 (Retro\_2)에서는 Age, Sleep, 그리고 Course 의 main effect 가 유의하였음(각각 p-value = 0.00232, 0.0002, and 0.0424). 사후분석 결과, Age 의 경우 Age<sub>YOUNG</sub> 의 retrospective rating of sleepiness 평균 (SD)는 3.44 (1.32), Age<sub>OLD</sub> 는 2.59 (1.27)였음. Sleep 의 경우, Sleep<sub>NO</sub> 의 retrospective rating of sleepiness 평균 (SD)는 4.03 (0.90), Sleep<sub>YES</sub> 은 2.00 (0.88)였음. Course 의 경우, Course<sub>STRAIGHT</sub> 의 retrospective rating of sleepiness 평균 (SD)는 3.19(1.35), Course<sub>CURVE</sub> 는 2.84 (1.35)였음. 세 번째 구간 (Retro\_3)에서는 Age 와 Sleep 의 main effect 가 유의하였음 (각각 p-value = 0.0458 and <0.0001). 사후분석 결과, Age 의 경우, Age<sub>YOUNG</sub> 의 retrospective rating of sleepiness 평균 (SD)은 3.38 (1.39), Age<sub>OLD</sub> 는 2.44 (1.22) 이었음. Sleep 의 경우, Sleep<sub>NO</sub> 의 retrospective rating of sleepiness 평균 (SD)은 3.94 (1.05), Sleep<sub>YES</sub> 은 1.88 (0.75)이었음. Real-time rating of sleepiness 와 retrospective rating of sleepiness 의 Bivariate correlation 의 결과, R = 0.829 으로 매우 높은 상관관계를 보였음.



(그림 2-1-4) 연령별 각 구간에서의 PERCLOS 비교

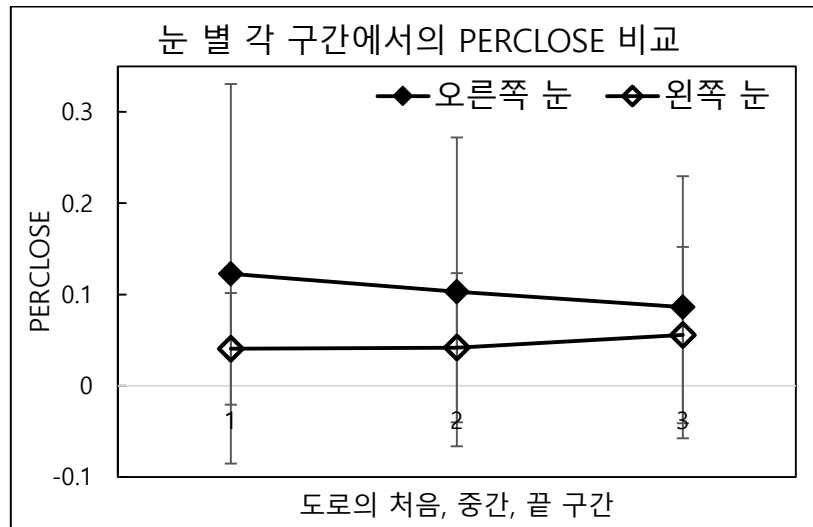
#### 4) 결과분석 및 결론

- PERCLOS 는 각 직선/곡선 도로의 평균(SD)과, 각 도로의 처음, 중간, 끝 구간의 평균(SD)을 구하여 비교를 하였음. 고령운전자가 젊은 운전자에 비해 평균적으로 PERCLOS 가 4 배 정도 높았음. 구간별 분석을 위해, Course 를 제외하고 각 구간의 오른쪽과 왼쪽 눈의 PERCLOS (Eye\_Section; within-subjects factors; 6 types - PER\_1\_R, PER\_1\_L, PER\_2\_R, PER\_2\_L, PER\_3\_R, PER\_3\_L) 을 effect 의 요소로 추가하여 3-Way ANOVA (Sleep: within-subjects factor, Age: between-subjects factors, and Eye-Section:

within-subjects factor)를 사용한 결과, Age와 Eye\_Section의 main effect가 유의하였음 (각각 p-value = 0.0487 and 0.0121). Age의 사후분석 결과, Age<sub>OLD</sub>의 PERCLOS 평균(SD)이 0.113 (0.169)이었고 Age<sub>YOUNG</sub>는 0.0364 (0.0864)이었음. 주행 전을 포함하여, 도로주행 시 고령자의 눈이 모두 PERCLOS가 높음을 통해, 고령자가 기본적으로 눈의 피로함을 더 느낀다고 볼 수 있음. Eye-Section의 사후분석 결과, 두 그룹으로 나누어졌으며, A 그룹에는 PER\_1\_R, PER\_2\_R, PER\_3\_R, and PER\_3\_L이 속하였고, B 그룹에는 PER\_2\_L and PER\_1\_L이 속하였음. 이를 통해, 오른쪽 눈의 피로도가 왼쪽 눈에 비해 기본적으로 높다는 것을 알 수 있으며, 각 곡선/직선 도로의 끝부분인 3 번째 구간에서는 왼쪽 눈의 피로도가 오른쪽 눈과 비슷한 수준으로 증가한다는 것을 알 수 있었음

- Speed에서, 제한속도를 60km/h로 지시한 상황에서 속도의 변화가 있는지, 속도 변화량의 차이가 있는지에 대해 분석하였음. 평균속도의 SD 값이 Course<sub>CURVE</sub>일 때가 Course<sub>STRAIGHT</sub>에 비해 약 1.7 높았는데, 이를 통해 일정 속도를 맞추는 운전 작업이 곡선도로에서 좀 더 어려운 task라는 것을 짐작할 수 있음. 첫 번째 구간에서, Speed\_1에 대해서는 어떠한 유의한 결과도 보이지 않았지만, Speed\_1의 SD에 대해, Sleep<sub>NO</sub>의 경우 Sleep<sub>YES</sub>보다 유의한 결과로 약 0.6 높은 값을 보였는데, 이는 각 구간에 진입할 때에 더 졸린 상황일수록 속도조절 task가 더 어렵다는

것을 알 수 있음. 두 번째 구간에서, Speed<sub>2</sub>에 대해서도 어떠한 유의한 결과도 보이지 않았지만, Speed<sub>2</sub>의 SD에 대해, Course<sub>CURVE</sub>의 경우 Course<sub>STRAIGHT</sub>보다 유의한 결과로 약 0.5 높은 값을 보였음. 이 또한 평균속도의 결과와 마찬가지로, 직선도로보다 곡선도로에서 속도 조절 작업이 더 어렵다는 것을 확인할 수 있음.



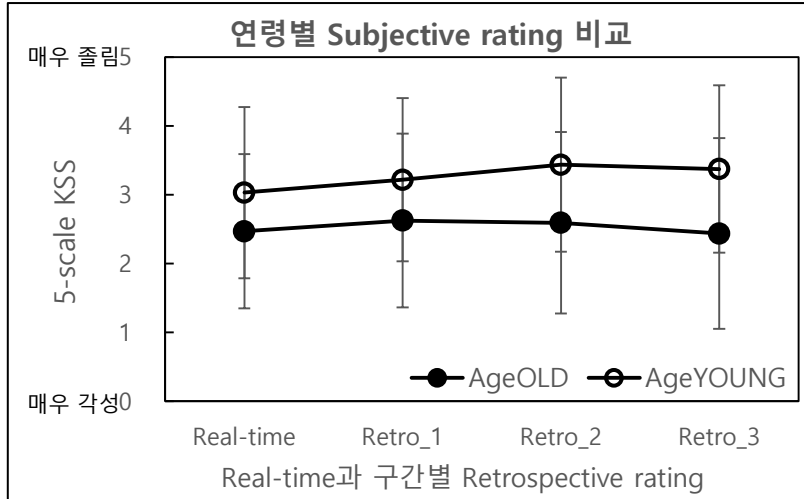
(그림 2-1-5) 눈 별 각 구간에서의 PERCLOSE 비교

- Wheel angle deviation에 대해서는, 곡선도로에서 Age의 main effect만이 존재하였음. 이를 통해, 졸음수준에는 상관없이, 나이가 많을수록 직선도로에서보다 곡선도로에서 핸들의 미세한

조종이 어렵다고 볼 수 있음. 하지만 Age 그룹 간의 wheel angle deviation 값의 차가 매우 적으며, 다른 모든 값들이 유의하지 않은 결과를 보인 것을 보아, wheel angle deviation 은 수면량이나 나이, 도로상황에 많은 영향을 받지 않는다고 볼 수 있음. 실제로, 2 차선 내에서만 주행하도록 하였고, 피실험자들은 최대한 2 차선 내에서 벗어나지 않으려고 하였기 때문에, 일반적으로 넓은 도로에서 실험하는 것과는 결과가 다를 수 있음. 이는 이전 연구 (Furukawa, Takei, Kobayashi, & Kawai, 1990)와 상반되는 결과로, 실험 설계에 따른 차이가 있다고 생각함.

- Subjective rating 의 경우, Real-time rating of sleepiness 시 Sleep<sub>NO</sub> 는 ‘4: 약간 졸림’ 수준을, Sleep<sub>YES</sub> 는 ‘2: 약간 각성’ 수준을 보였음. Retrospective rating of sleepiness 의 각 세 구간의 값도 Sleep<sub>NO</sub> 는 4 에, Sleep<sub>YES</sub> 는 2 에 근접한 값을 보였음. 이를 통해 밤을 새는 상황에서도 운전 시 약간의 긴장을 하게 되어 매우 졸리는 상태까지는 가지 않는다는 것을 예측할 수 있음. Retrospective rating of sleepiness 의 2 번째 구간 (Retro\_2) 는 각 직선/곡선 도로의 가장 중간 부분으로, Sleep 뿐 아니라 Age 와 Course 의 main effect 도 유의하였음. Age<sub>OLD</sub> 의 경우가 Age<sub>YOUNG</sub> 보다 retrospective rating of sleepiness 이 평균 약 0.85 정도 높은 값을 보였음. 이는 고령자의 경우 시뮬레이터 운전 시 졸음을 덜 느낀다는 (Lowdena, Anund, Kecklund, Peters, & Åkerstedt, 2009) 의 연구와 유사한 결과로, 해당

연구에서는 위험에 노출되는 심야 시간대에 잠을 깨려는 의지가 강한 반면, 저령 운전자는 쉽게 지루해 지는 점을 원인으로 꼽고 있음. 또한, 드라이빙 시뮬레이터와 같은 가상실험장비에 대한 긴장감과 낮은 적응능력 등을 원인으로 들 수 있음. 실제로, 드라이빙 시뮬레이터 실험 도중 극심한 두려움과 떨림, 심지어 구토를 하는 고령 피실험자도 존재하였음. Course 의 경우, 곡선도로보다 직선도로의 경우 retrospective rating of sleepiness 이 높았음. 이는 직선도로가 곡선도로에 비해 핸들조작의 수준이 낮고 화면 변화도 비교적 적기 때문에, 운전자가 비교적 지겨움이나 졸음을 더욱 느낀다고 볼 수 있으며, 이전 연구와 유사한 결과임 (Boyle et al., 2008). Retro\_3 구간에서도 Sleep 와 Age 의 main effect 가 유의했는데, 이 또한 Retro\_2 와 같은 이유의 결과라고 볼 수 있음.



(그림 2-1-6) 연령별 subjective rating 비교.

- 각 독립변수 (Age, Sleep, Course)와 측정된 데이터들 (PERCLOS, speed, SD of speed, WAD, SD of WAD)을 사용하여 Retrospective Rating of sleepiness 와 real-time rating of sleepiness 에 대해 전체, 연령별 polynomial regression 식을 계산하였음 (N=2). Gender 은 male = 1 and female = 2, Sleep state 는 Sleep<sub>NO</sub> = 1 and Sleep<sub>YES</sub> = 2, 그리고 Course 는 Course<sub>CURVE</sub> = 1 and Course<sub>STRAIGHT</sub> = 2 로 코딩 하였음.

먼저 Retrospective rating 의 경우, 전체의 Regression 의  $R_{Adj}^2 = 0.86$  으로, 86%의 설명력을 보였음.

#### Retrospective Rating of Sleepiness

$$\begin{aligned} &= 56.425 - 304.165 * (\text{Gender}) + 1.0430 \\ &* (\text{Driving Experience}) + 5.762 * (\text{Age}) \\ &- 18.0733 * (\text{Sleep State}) + 0.252 * (\text{Course}) \\ &- 0.00573 * (\text{Speed}) + 1.282 * (\text{SD\_Speed}) \\ &- 5.0900 * (\text{SD\_WAD}) - 0.225 * (\text{PERCLOS}) \\ &- 2.178 * (\text{SD\_PERCLOS}) + 0.187 \\ &* (\text{Driving Exp.} - 10.375) \\ &* (\text{Driving Exp.} - 10.375) \end{aligned}$$

(2 차항 26 개, 3 차항 19 개, 4 차항 5 개, 그리고 5 차항 1 개는 생략)

연령별로 regression 을 각각 계산해 본 결과, 고령운전자의  $R_{Adj}^2 = 0.90$  으로 90%의 설명력을 보였고, 젊은 운전자의  $R_{Adj}^2 = 0.73$  으로 73%의 설명력을 보였음.

#### Retrospective Rating of Sleepiness from Old drivers

$$\begin{aligned} &= 0.0108 - 0.0120 * (\text{Driving Exp}) - 0.870 \\ &* (\text{Sleep State}) + 0.0828 * (\text{Speed}) - 0.413 \\ &* (\text{SD\_Speed}) - 8.640 * (\text{PERCLOS\_R}) \\ &+ 5.435 * (\text{PERCLOS\_L}) \end{aligned}$$

(2 차항 10 개, 3 차항 5 개, 그리고 4 차항 1 개는 생략)

#### Retrospective Rating of Sleepiness from Young drivers

$$= 6.958 - 0.143 * (\text{Driving Exp}) - 2.0625 \\ * (\text{Sleep State}) \\ (\text{추가 항 없음})$$

Real-time rating for sleepiness에 대해, 전체와 연령별로 regression 을 계산해보았음. 전체 운전자의 경우,  $R_{Adj}^2 = 0.87$  으  
로 87%의 설명력을 보였음.

#### Real – time Rating of Sleepiness

$$= 22.0584 - 235.146 * (\text{Gender}) + 0.777 \\ * (\text{Driving Experience}) + 4.470 * (\text{Age}) \\ - 2.706 * (\text{Sleep State}) + 5.378 * (\text{Course}) \\ - 9.829 * (\text{PERCLOS}) + 0.138 \\ * (\text{Driving Exp.} - 10.375) \\ * (\text{Driving Exp.} - 10.375)$$

(2 차항 13 개, 3 차항 9 개, 그리고 4 차항 2 개는 생략)

연령별로 regression 을 각각 계산해 본 결과, 고령운전자의  $R_{Adj}^2 = 0.98$  으로 98%의 설명력을 보였고, 젊은 운전자의  $R_{Adj}^2 = 0.9999$  으로 99.99%의 설명력을 보였음.

#### Real – time Rating of Sleepiness from Old drivers

$$= 4.471 - 0.0386 * (\text{Driving Exp}) - 1.139 \\ * (\text{Sleep State}) + 0.0275 * (\text{Speed}) - 0.524 \\ * (\text{SD_Speed}) - 8.668 * (\text{PERCLOS}_R) \\ + 1.987 * (\text{PERCLOS}_L)$$

(2 차항 10 개, 3 차항 5 개, 그리고 4 차항 1 개는 생략)

$$\begin{aligned}
& \text{Real - time Rating of Sleepiness from Young drivers} \\
& = -143.633 + 16.337 * (\text{Driving Exp}) \\
& + 15.598 * (\text{Sleep State}) - 21.729 * (\text{Course}) \\
& + 1.243 * (\text{Speed}) + 16.124 * (\text{SD_Speed}) \\
& - 3029.44 * (\text{WAD}) + 1487.209 * (\text{SD_WAD}) \\
& + 136.099 * (\text{PERCLOS\_R})
\end{aligned}$$

(2 차항 14 개, 3 차항 7 개, 그리고 4 차항 1 개는 생략)

- Regression 결과, retrospective rating of sleepiness 보다 real-time rating of sleepiness 의 regression 이 전체, 연령별 경우 모두 설명력이 높았음. 하지만 retrospective rating 의 경우는 각 구간에서 처음, 중간, 그리고 끝의 세 지점의 값을 모두 사용한 반면, real-time rating 의 경우는 각 구간 전체의 졸음수준에 대한 값 하나를 사용하였기 때문에, 단순히 retrospective rating 와 real-time rating 중 어떤 방법이 더 정확하다고 단정지을 수는 없음. 하지만, 두 가지 경우 모두 설명력이 85%를 넘은 것으로 보아, EMG, EEG, ECG 등의 부착이 필요하고 운전 방해가 될 수 있는 장비들을 통한 측정이 아니더라도 운전자의 특성 (성별, 나이, 연령, 운전경력)과 카메라를 사용한 PERCLOS, 그리고 차량의 performance 만을 가지고도 충분히 운전자의 졸음 수준을 예측할 수 있다는 것을 알 수 있음.

- 본 절에서는 운전자 상태(수면량)와 특성(연령)에 따른 운전자 졸음 수준에 관하여 연구를 한국인을 대상으로 진행하였음. Speed 에 대해서는 유의한 결과를 보이지 않았음. 하지만, Speed 의 SD 에 대해 곡선도로에서, 또는 수면량이 적을수록 속도조절이 좀 더 어렵다는 결과를 보였음. Wheel angle deviation 의 경우, 별다른 차이점을 찾지 못하였음. 두 종류의 Subjective rating of sleepiness (real-time 과 retrospective rating)의 사이에는 매우 높은 상관관계를 보였음 ( $R = 0.829$ ). Retrospective rating 를 통해 고령자가 수면이 부족한 상황에서 20 대 피실험자들에 비해 졸음에 강하고 깨어 있다는 것을 확인하였음. 전반적으로, 화면의 전환이 적은 직선도로 주행 시 곡선도로보다 더 졸음 수준이 높다는 것도 확인하였음. 하지만, interaction effect 는 존재하지 않았음. 마지막으로, regression 을 통해 운전자의 졸음을 예측하는 식을 구하였고, 연령별로도 졸음 예측 식을 계산하였음.

본 실험은 기존의 연령대와 수면량에 대한 연구들을 동시에 독립변수로 선정하여 결과를 확인, 그리고 interaction effect 의 유무도 확인하였음. 또한, 한국인을 대상으로 실험을 진행하여, 서양인들의 결과와 유사한지 확인하였음. 본 실험의 결과는 한국인의 고령운전자 연구에 사용될 것으로 예상됨.

## 나. 운전자 정서 모델

- 본 문서는 “스마트 자동차를 위한 첨단 디지털 Cockpit 시스템 개발” 사업의 세부 연구 목표인 “운전자 정서 모델 개발”을 위한 실험을 보고하는 것을 목적으로 함
- 특히 운전자의 긴장감 정서를 중심으로, 운전 시 긴장감 유발 자극을 주었을 때의 생체신호 및 행동 특성을 분석하였음

### 1) 운전자 정서모델에서 긴장감 연구의 필요성

- 운전자의 정서 중 분노 (anger)는 차량 사고와 직결되며 긴장감 (anxiety)은 집중을 방해하여 운전에 부정적인 영향을 끼침 (see Mesken, 2002 for review)
- 고령운전자, 여성운전자, 초보운전자, 일반운전자 등 운전자 특성 별로 지니게 되는 정서적 특성 중 ‘긴장감’에 관한 보고가 가장 많이 이루어짐
  - 고령운전자의 특성에 대한 연구에 따르면 운행을 완전히 중지해야 하는 상황에 직면하여 결정을 내릴 때의 스트레스가 정서적 요인이 될 수 있으며 (Keall & Firth, 2004), 빠른 상황 판단이나 자의적 판단을 필요로 할 때 큰 불안감을 느끼는 것으로 나타남 (지우석 & 이철규, 2003)
  - 여성운전자는 특히 외부 청각 자극에 대해 당황하거나 공포를 느끼며 (오승환 et al., 2012), 높은 긴장감 수준의 여성

운전자의 경우 위험한 운전행동을 할 수도 있다고 알려짐 (Scott-Parker et al., 2012)

- 초보운전자는 속도조절 능력, 위험예측 능력, 도로교통상황에 대한 인식 및 대처 능력 등 전반적인 운전기술이 부족하여 운전 중 분노, 공포, 긴장감 정서 상태에 있어서도 숙련된 운전자와 다른 반응을 나타냄 (이상로 et al., 2013).

(표 2-1-2) 운전자 특성 별 주요정서

	주요정서	정서유발상황
고령운전자	긴장감	빠른 판단요구 등
여성운전자	긴장감, 공포	외부청각자극 등
초보운전자	긴장감, 공포	빠른 속도 등
남성운전자	분노	타인의 규칙위반, 교통체증 등

- 따라서, 가장 보편적인 운전자 주요정서인 ‘긴장감’에 대한 생체신호 및 행동 특징을 규명할 필요가 있음

## 2) 운전자 정서모델을 위한 실험 설계

- 긴장감 관련 생체신호 지표를 탐색하기 위한 a) 주행 영상 실험과, 실제 운전 상황에서의 지표 적용 가능성 시험을 위한 b) 드라이빙 시뮬레이터 실험을 진행함

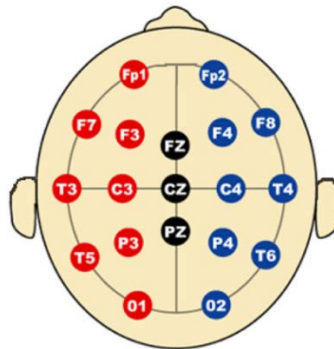
a. 주행영상 기반 긴장감 정서 획득 실험

a-1. 실험목표

- 운전자의 긴장감을 유발시키는 사건 검증
- 긴장감이 유발되었을 때 나타나는 생체 신호 지표 탐색

a-2. 실험장비 및 측정사항

- 얼굴표정, 심박도(HR), 피부전도도(EDA), 뇌파(EEG) 총 4가지 생체신호를 수집하였음
- EEG는 10-20 System을 따라서 측정함



(그림 2-1-7) EEG 레코딩 시 사용한 전극 위치

- 얼굴표정은 실험 시 웹카메라로 녹화 후 표정 감정 분석 소프트웨어인 FaceReader를 이용하여 영상 frame별 7가지 감정상태 (Neutral/ Happy/ Sad/ Angry/ Surprised/ Scared/ Disgusted)에 대하여 0~1까지의 연속 수치 값으로 변환함

- 주행영상을 보는 동안 동시측정하였으며, 주행영상의 처음과 끝 시점을 뇌파 레코딩에 기록하고, 웨어러블 디바이스의 global time 기록, 스피커로 비프 음을 송출하여 4가지 생체신호를 동기화 함
- 긴장감 유발 사건 시점은 주행영상이 시작하고 나서 초단위로 기록된 정보를 이용하여 유추함

### a-3. 실험 자극물 및 설문조사

- 영국 교통부인 DVSA에서 HPT의 위험 상황 기준을 참고하여 긴장감 유발 사건 5가지를 선별함 (보이지 않는 사거리/회전구간, 보행자/자전거, 옆을 지나치는 큰 차량, 갑작스런 교통량 증가, 급정거, 주행 시 갓길 주차 차량)
- 블랙박스 영상이 올려진 오픈 플랫폼 (e.g. 유튜브, 카앳톡 등)에서 긴장감 유발 사건을 포함한 운전자 시점 영상 30개와 일반 주행 중인 운전자 시점 영상 30개를 수집함
- 주행 환경은 낮/밤과 맑음/비의 조합으로 이루어짐
- 긴장감 유발 사건은 평균 12.73( $\pm 5.77$ )초에 일어났으며, 평균 2.87( $\pm 1.20$ )초 동안 지속됨
- 긴장감을 추출하기 위한 주관적 평가 설문으로 가장 많이 사용되는 STAI 중 현재 상태의 긴장감을 측정하는 S-Anxiety (20문항) 4점 척도를 이용함. (1: 전혀 그렇지 않다, 2: 조금 그렇다, 3: 보통으로 그렇다, 4: 대단히 그렇다)



(a) 일반 도로 주행 영상

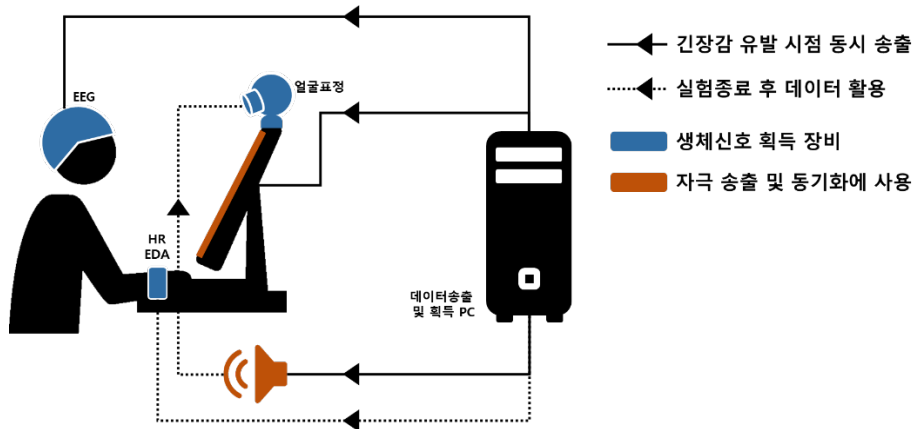


(b) 긴장감 유발 사건 포함 주행 영상

(그림 2-1-8) 주행실험 자극물 예시 장면

(표 2-1-3) 운전자 정서모델 데이터 취득 정보

생체신호	장비	Sampling Rate
얼굴표정	웹카메라 및 FaceReader 2.0.6	8fps
HR	E4 손목형 웨어러블 센서	1Hz
EDA	(Empatica Inc. USA)	4Hz
EEG	21채널 DSI24 (Wearable Sensing Co.USA)	300Hz (0.1-50Hz filtered)



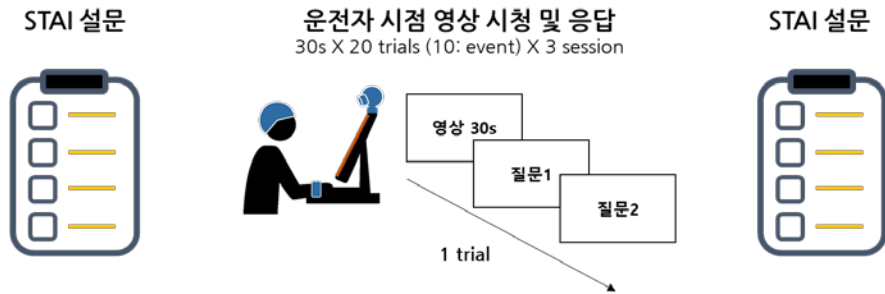
(그림 2-1-9) 운전자 정서 모델을 위한 주행영상 실험 환경 구축

#### a-4. 실험설계

- 생체신호 장비를 착용한 후, 신호가 안정화 되는 동안 현재 상태의 긴장감을 측정하기 위해 STAI 설문에 응답하도록 함
- 한 개의 영상(30초)을 보여주고 긴장감을 유발시키는 장면의 유무 (질문1)와, 그러한 장면이 있었다면 얼마만큼의 긴장감을 유발 시켰는지 (질문2)에 대해 STAI에서 사용한 4점척도를 이용하여 응답하도록 함
- 한 세션은 총 20개의 영상(이중 10개: 긴장감 유발 사건 있음)으로 이루어져 있으며 세션 3개를 진행함. 세션 사이에는 잠시 휴식을 취하게 함
- 모든 영상을 시청한 후 처음과 동일한 STAI 설문에 응답하도록 함

(표 2-1-4) S-Anxiety 한국어 번역판 (\*Reverse Scaling)

질 문 사 항	
*1	나는 마음이 차분하다.
*2	나는 마음이 든든하다.
3	나는 긴장되어 있다.
4	나는 후회스럽고 서운하다.
*5	나는 마음이 편하다.
6	나는 당황해서 어찌할 바를 모르겠다.
7	나는 앞으로 불행이 있을까 걱정하고 있다.
*8	나는 마음이 놓인다.
9	나는 불안하다.
*10	나는 편안하게 느낀다.
*11	나는 자신감이 있다.
12	나는 짜증스럽다.
13	나는 마음이 조마조마하다.
14	나는 극도로 긴장되어 있다.
*15	내 마음은 긴장이 풀려 푸근하다.
*16	나는 만족스럽다.
17	나는 걱정하고 있다.
18	나는 흥분되어 어쩔 줄 모른다.
*19	나는 즐겁다.
*20	나는 기분이 좋다.



(그림 2-1-10) 운전자 정서 모델을 위한 주행영상 실험 설계

b. 드라이빙 시뮬레이터 실험

b-1. 실험목표

- 드라이빙 시뮬레이터 환경에서 운전자 정서상태 측정 환경 구축
- 실차와 가까운 드라이빙 시뮬레이터 환경에서 실제 운전을 하는 운전자의 정서 변화 상태를 모니터링할 수 있는 모델 개발

b-2. 실험장비 및 측정사항

- 생체신호 측정을 위한 실험장비는 상기 a) 주행 영상 실험에서 사용한 것과 같음
- 드라이빙 시뮬레이터(SCANer studio, OKTAL)를 사용하여 실제 운전상황을 구현함

- 피험자가 시뮬레이터 상에서 운전을 하는 동안 생체신호를 동시 측정하였으며, 도로 주행의 처음과 끝 시점을 초과 레코딩에 기록, global time 기록, 스피커로 비프 음을 송출하여 4가지 생체신호를 동기화 함
- 긴장감 유발 사건 시점은 시뮬레이터 상 운전자 차량의 위치 정보를 이용하여 유추함

b-3. 실험 자극물 제작

- a) 주행 영상 실험에서 검증된 긴장감 유발 사건 중 시뮬레이터에서 구현 가능한 사건 2가지 (급정거, 갓길 주차 차량)를 사용함



(그림 2-1-11) 시뮬레이터 상 4가지 운전 환경

- 한 주행은 4km의 주행으로, 낮/밤과 맑음/비의 조합적인 환경에서 1~3가지의 사건이 발생하며 총 10개의 도로 주행과 20개의 사건을 구현하였음
- 사건은 운전자 차량이 지정된 위치에 도달했을 때 일어나도록 설계함

(표 2-1-5) 시뮬레이터 상 긴장감 유발 사건 정보

(사건종류 1: 급정거 2: 갓길주차)

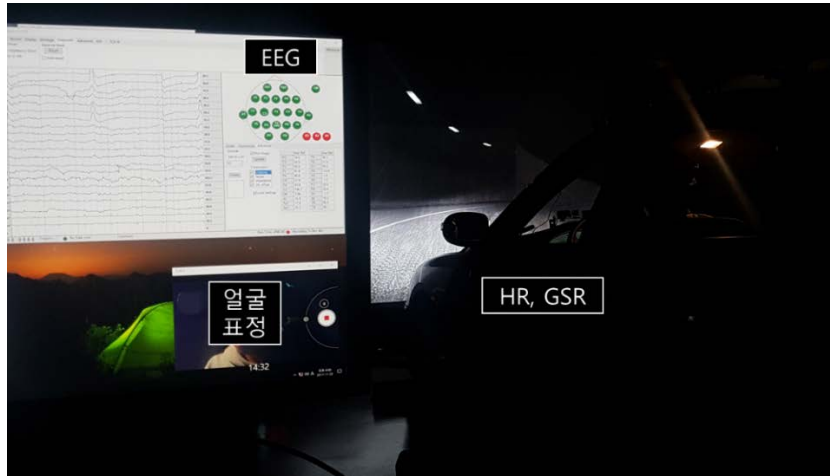
도로 주행	사건	위치 (x 좌표)	위치 (y 좌표)	사건 종류	도로 주행	사건	위치 (x 좌표)	위치 (y 좌표)	사건 종류
1	1	217	-462	1	6	11	-169	-258	1
2	2	-69	132	2		12	200	-268	1
	3	175	-470	1	7	13	-66	153	1
3	4	175	-471	2		14	209	-466	2
	5	233	-136	1	8	15	374	30	1
4	6	-69	132	2	9	16	-203	-295	2
	7	257	-443	1		17	183	-232	2
	8	301	-78	2	10	18	12	237	2
5	9	273	-421	1		19	271	-424	1
	10	256	-326	2		20	301	-78	2



(그림 2-1-12) 운전자 정서 모델을 위한 시뮬레이터 실험 설계

b-4. 실험 디자인

- 생체신호 장비를 착용한 후, 신호가 안정화 되는 동안 현재 상태의 긴장감을 측정하기 위해 STAI 설문에 응답하도록 함
- 긴장감 유발 사건이 없이 4가지 운전 환경에서 도로 주행을 하여 시뮬레이터 운전이 익숙해지도록 함
- 한 번의 도로주행(약 2분 30초)을 완료한 후 얼마만큼의 긴장감을 유발시켰는지에 대해 STAI에서와 사용한 4점척도를 이용하여 응답하도록 함
- 한 세션은 총 5번의 도로주행으로 이루어져 있으며, 세션 2개를 진행함. 세션 사이에는 잠시 휴식을 취하게 함
- 모든 도로 주행이 끝난 후 처음과 동일한 STAI 설문에 응답하도록 함



(그림 2-1-13) 운전자 정서 모델을 위한 시뮬레이터 실험 환경

### 3) 운전자 정서모델을 위한 실험 결과

- 주행영상 실험은 총 27명의 피험자를 대상으로 진행하였으며, 생체/행동 데이터 분석을 통해 긴장감 특성을 규명함. 추후 생체신호 기반 긴장감 상태 변화 예측 모델 개발의 파라미터로 사용할 예정임
- 시뮬레이터 실험은 생체신호 수집 장비 동기화 및 실험환경 구축을 완료하였음. 현재 3명의 데이터를 확보하였으며 모델 개발을 위한 추가 실험을 진행하고 있는 중임.

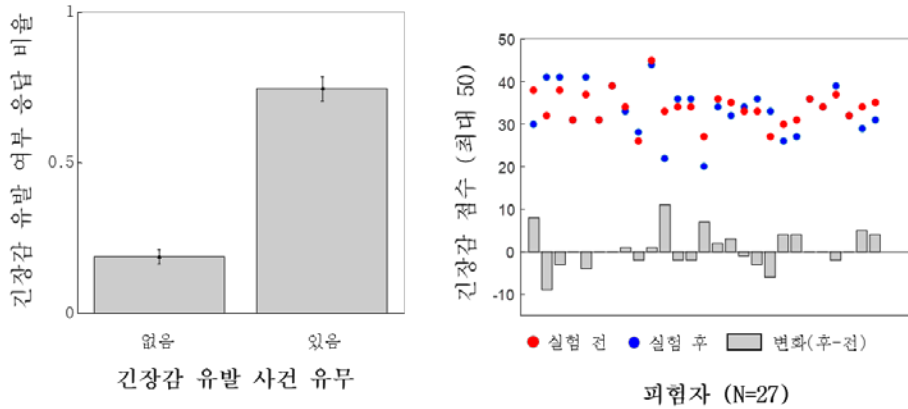
#### a. 주행영상 기반 긴장감 정서 획득 실험 결과

##### a-1. 분석 방법

- 1년 이상의 운전경험을 가진 일반 운전자(19명, 평균 26개월)와 1년 이하의 경력을 가진 초보 운전자(9명, 평균 4개월)를 대상으로 실험을 진행함
- 긴장감 관련 명시적 응답(긴장감 유발 여부, 긴장감 정도)에 대하여 일반 운전자와 초보 운전자의 통계적 차이가 발견되지 않아 두 그룹을 분리하지 않고 분석함
- 문헌조사에 따른 예상 결과와 비교하여 예측 모델의 파라미터로 사용할 수 있는지에 관한 여부를 판단함

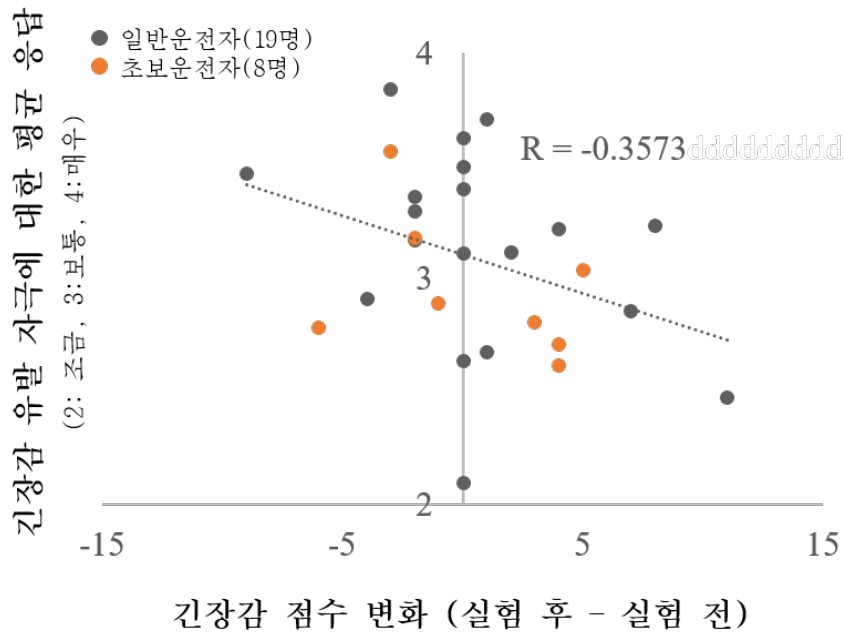
#### a-2. 행동반응 결과

- 긴장감 유발 사건이 있는 영상에 긴장감을 유발되었다고 답한 비율이 없는 영상보다 유의미하게 큼 (79.88% > 20.12%,  $t(26)=32.7864$ ,  $p<0.0001$ )
- STAI의 S-Anxiety 설문을 통한 긴장감 평균 점수는 실험 전( $33.19 \pm 5.76$ )과 실험 후( $33.78 \pm 4.02$ ) 유의한 차이가 없었으나, 피험자 별로 증가(일반 7명, 초보 4명), 감소(일반 6명, 초보 4명), 변화 없는 유형(일반 6명)으로 나눌 수 있음



(그림 2-1-14) 주행영상 실험 긴장감 사건에 대한 응답 결과

- 질문2(긴장감 유발 정도)에 대한 응답과 설문 당시의 긴장감 상태를 측정하는 긴장감 점수의 변화는 음의 상관관계를 띄는 경향성을 보임 ( $r=-0.3573$ ,  $p=0.06$ )
- 즉, 30개의 긴장감 유발 사건이 포함된 주행영상을 보는 동안에 긴장감을 ‘매우’ 느꼈다고 응답한 경향이 있을 수록 영상 전체를 감상하기 전과 후를 비교했을 때 긴장감이 감소했다고 응답하는 경향이 있다는 것임



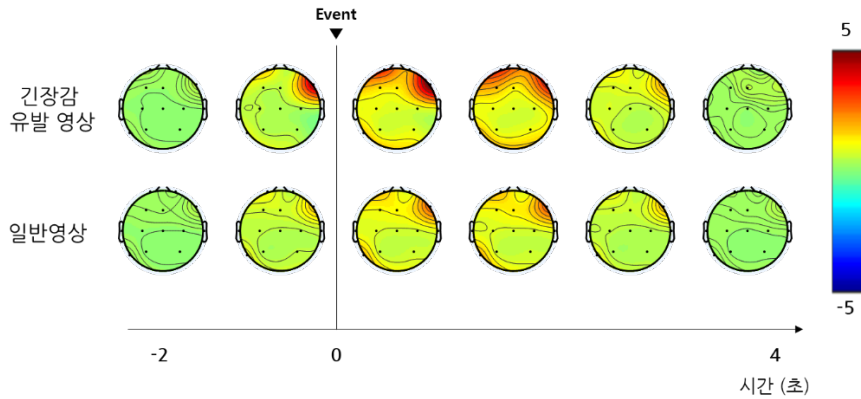
(그림 2-1-15) 긴장감 점수와 자극에 대한 응답 간의 관계

### a-3. 생체신호 분석

- 4종 생체신호는 긴장감 유발 시점을 기준 전후 변화 정도를 분석함
- EEG는 신호의 문제로 1명을 제외하였으며, 나머지 생체신호는 데이터 추출 시 사용하는 소프트웨어의 문제로 2명의 얼굴 표정에 따른 감정 상태와 12명의 HR과 EDA 신호를 획득함

*a-3-1. EEG*

- EEG는 0.1~50Hz로 자동 필터링을 거쳐서 저장된 데이터를 사용하였으며, ICA를 이용하여 눈 깜빡임 등의 노이즈를 제거함
- Alpha 파 (8-12Hz)는 운전자가 안정된 상태를(<< 이 부분은 일단 보고서에서 지우면 어떨까요?), Beta 파 (13-30Hz)는 운전자가 긴장된 (tense and uneasy) 상태를 나타냄 (Kim et al., 2014)
- Beta 파 (13-30Hz)의 비율을 추출하기 위해 긴장감 유발 주행 영상에 대하여 사건 발생 2초 전부터 4초 후 까지의 구간을 주파수 분석함
- 긴장감 유발 사건이 포함되지 않은 일반 영상에 대해서는 긴장감 유발 영상의 사건 발생 시간 평균값 (12.73초)을 기준으로 2초 전부터 4초 후 까지의 구간을 주파수 분석함
- 주파수 분석은 500ms 구간을 20ms 씩 옮겨서 진행함



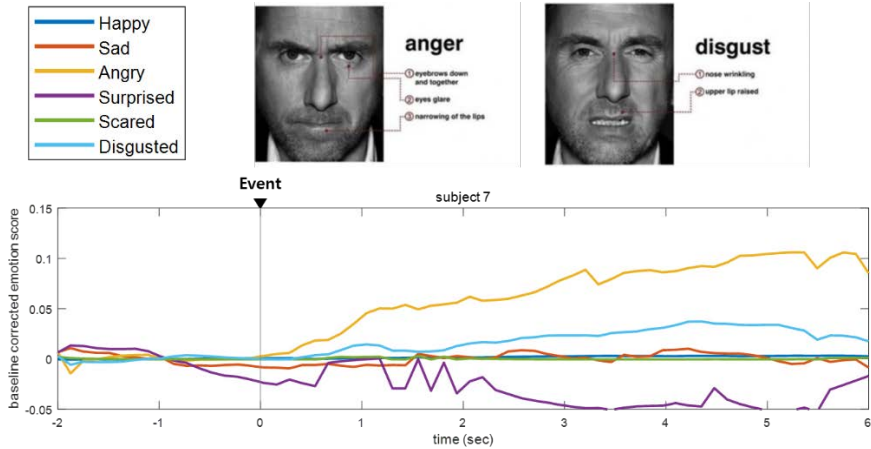
(그림 2-1-16) 긴장감 점수 변화 그룹에 따른 EEG 베타파

- 베타 파워는  $10 * \log(PSD_{beta})$  로 계산하고 trial별 baseline (사건 발생 전 2초 구간)의 평균값을 전체 값에서 빼는 baseline correction을 한 후, 1초 씩 평균 값을 구함
- 레코딩 단계에서부터 노이즈가 많이 발생된 O1, O2, F4, T6 채널을 제외함
- 사건 발생 1초 후 긴장감 유발 영상에 대하여 frontal 영역에서의 베타파워가 증가한 것을 볼 수 있음

#### a-3-2. 얼굴표정

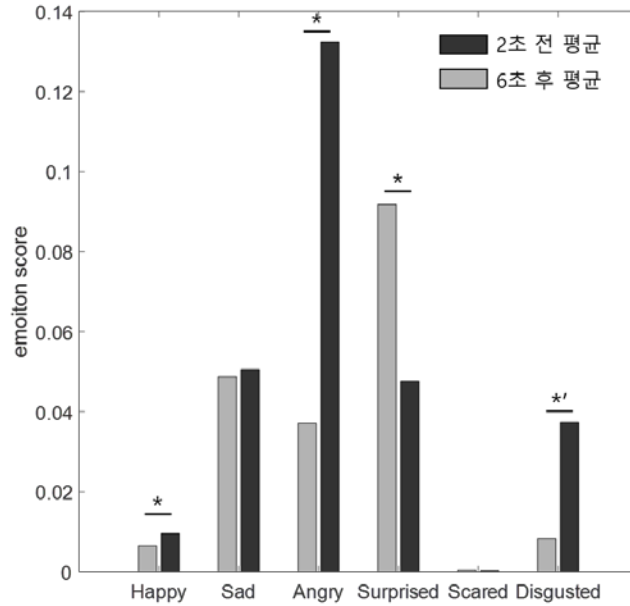
- 주행 중 측정된 얼굴 영상은 FaceReader 2.0.6을 이용하여 7개 감정 상태 (neutral, happy, sad, angry, surprised, scared, disgusted) 로 정량화됨. 이 중 neutral 값을 제외한

6개 감정상태에 대한 데이터가 사용됨.



(그림 2-1-17) 얼굴 표정 데이터의 Event-related 분석결과

- 30개 사건 발생 2초 전부터 4초 후 까지의 구간을 epoching한 뒤, face modeling에 실패한 데이터의 비율이 50% 이상 (>32 samples) 인 epoch을 제거함
- 얼굴 표정 데이터는 EEG분석에서 많이 사용되는 분석방법인 Event-Related Potential(ERP) 분석방법과 유사하게 수행됨. Baseline (사건 발생 전 2초 구간)의 평균값을 전체 값에서 빼는 baseline correction을 수행한 결과, 사건 이후 6초 구간에서 angry, disgusted 값이 증가함



(그림 2-1-18) 사건 전후 얼굴 표정 변화 paired t-test 결과

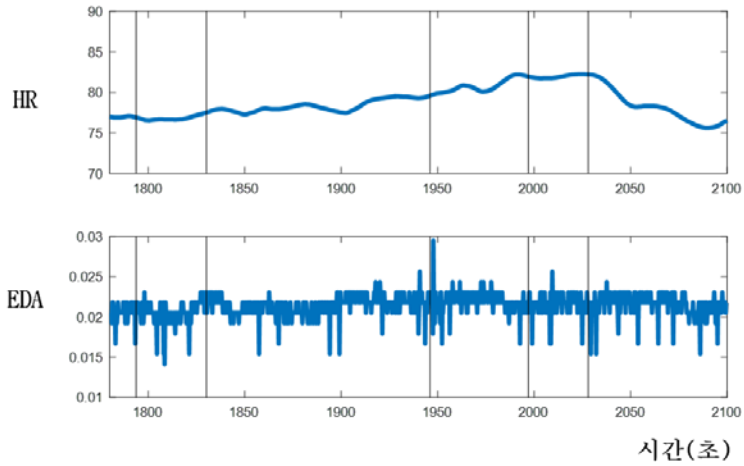
- 한 명의 피험자의 29개 자극의 통계분석 결과 Happy ( $p < 0.01$ ), Angry ( $p < 0.05$ ), Disgusted ( $p < 0.1$ )가 사건 전 2초구간에 비해 이벤트 후 6초구간에서 유의미한 증가하는 현상이 나타남. 반면 Surprised ( $p < 0.05$ )는 유의미한 감소현상이 나타남. Sad ( $p = 0.8964$ ) Scared ( $p = 0.7379$ ) emotion의 경우 유의미한 차이가 나타나지 않음. Happy도 유의미한 증가현상이 나타났으나 Angry, Disgusted에 비해 그 차이가 미미함

### *a-3-3. HR과 EDA*

- 주행 영상의 처음에 기록한 Global time을 기준으로 E4 센서의 HR과 EDA 데이터와 사건 발생 시점 동기화 완료
- 현재 HR과 EDA 신호 분석 진행 중
- 차후 HR 이외에 BVP (sampling rate: 64Hz) 신호 또한 함께 레코딩 하여 이후 더 자세한 분석에 사용해 볼 예정
- 각 신호 처리 문헌 조사를 통해 신뢰성 있는 데이터 구축 예정

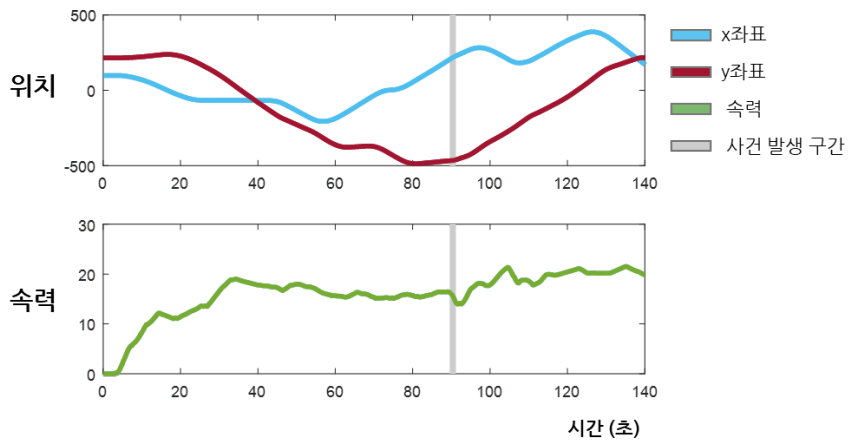
### b. 드라이빙 시뮬레이터 실험 및 분석 계획

- 운전자 차량의 위치 정보를 이용하여 사건 발생 시점을 동기화하여 주행영상 실험과 같은 방법으로 생체 신호 분석을 진행할 예정



(그림 2-1-19) HR과 EDA 신호 예시 (실선: 사건 발생 시점)

### 시뮬레이터 상 운전자 차량 시계열 정보 예시



(그림 2-1-20) 시뮬레이터 실험운전자 차량정보 및 사건발생구간 예시

#### 4) 추진실적 및 차년도 계획

- 추진실적

- 정서(긴장감) 유발을 위한 실험 자극물 수집 및 제작
- 정서(긴장감) 유발 사건 검증 완료
- 4종 생체 신호 (얼굴표정, EEG, HR, EDA) 동기화
- 운전자 특성 정서 반응 (긴장감) 생체/행동 데이터 수집
- 얼굴표정, EEG 분석 및 특성 규명
- 차량 시뮬레이터와 4종 생체신호 동기화 및 실험환경 구축

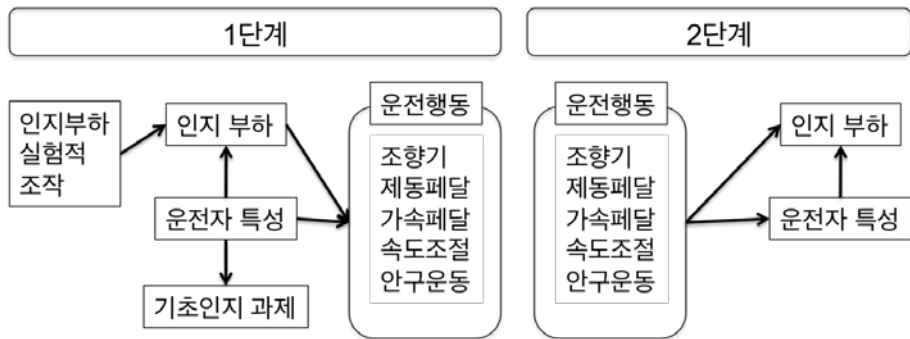
- 차년도 계획

- 4종 생체 신호 특성 규명 및 개인차 확인
- 4종 생체신호 기반 정서 상태 변화 예측 모델 개발
- 운전자 특성(고령, 여성, 초보)에 따른 정서 반응 수집
- 모델 파라미터 조정을 통한 예측 모델 고도화

## 다. 운전자 인지 모델

### 1) 연구 개요

- 본 연구는 관찰 가능한 운전 행동을 통해 운전자의 인지 부하(cognitive load) 및 이와 관련된 운전자 개인의 특성을 추정하는 운전자 인지 모형을 개발하는데 목적을 두고 있음. 이를 위해 1단계로 운전자의 인지부하와 운전자 특성이 운전행동에 미치는 영향을 정량화하고, 2 단계로 운전행동을 통해 인지 부하 및 운전자 특성을 역으로 추론하는 모형을 개발할 것임. 본 보고서는 1단계 연구의 중간 성과를 보고하고 있음.



(그림 2-1-21) 운전자 인지 모델 연구 개요

## 2) 연구개발의 목적 및 중요성

### ● 연구의 목적

본 문서는 “스마트 자동차를 위한 첨단 디지털 Cockpit 시스템 개발” 사업 중 “운전자 인지/심리/행동 모델 개발” 과제의 일환으로 수행되고 있는 운전자 개인의 인지 능력과 인지적 부하에 따른 운전 수행능력의 차이를 알아보기 위한 연구에 대한 문서임.

본 문서는 시뮬레이터 환경에서의 운전 수행 실험의 결과를 검토하고 분석하며 개인의 특성 및 인지 부하에 따른 운전 수행 능력의 차이를 규명하는 데 주안점을 두고 있음. 본 연구는 궁극적으로 “운전자 인지/심리/행동 모델”을 개발하고 이 모델을 사용하여 운전 수행 정보만으로 운전자의 상태를 정량화 하여 나타내는 지표를 알 수 있는 것을 목표로 함. 정량화된 수치에 기반하여 현재 운전자 인지 부하를 추정하고 운전자 개인의 특성을 유추하는 것을 목표로 함.

### ● 연구의 중요성 및 필요성

본 연구에서 “운전자 인지/심리/행동 모델”은 운전자 본인의 현재 상태를 실시간으로 알려주는 피드백 시스템 구축을 위한 도구로 활용할 수 있음. 운전자는 자신의 운전 수행 능력에 대한 자가진단을 할 수 있고 특정 운전 수행 습성이 잠재적인 위험요소로 작용할 수 있음을 인지할 수 있기 때문에 사고의 위험성을 낮출 수 있음. 이 모형이 자율주행 자동차 환경에 적용된다면 현재 운전자의 인지 부하 정도에 따라서 운전이 적합한 상태인지 아닌지 여부를 판단하고 이에

근거하여 운전 주도권 양도를 결정해줄 수 있기 때문에 잠정적인 사고 위험도를 낮출 것으로 기대됨.

### 3) 운전자 특성 (고령 운전자) 및 인지 부하와 운전 행동

#### A. 고령운전자의 특성 및 교통사고와의 관계에 대한 국내외연구 결과

연령은 운전자의 특성을 추정할 때 필수적으로 고려 되어야 할 요인. 기존 연구들에 따르면 고령 운전자는 노화에 따라 운전과 관련된 능력들이 저하 됨. 이러한 능력들을 범주화하면 크게 세 가지로 나눌 수 있는데 첫 째는 감각능력으로서 시력, 대비 민감도, 움직이는 물체에 대한 동체 시력, 시야 범위, 야간 시력 등이고 둘째는 인지능력으로 시각적 주의력, 선택 주의력, 주의력 범위, 자극 처리속도, 장기 및 작업 기억 등 임. 마지막으로 저하된 운동 수행 능력과 반응속도도 운전 능력과 관련되어 있음.

고령운전자는 자극을 받아들이고 처리하는 속도가 느려지고 빠른 속도로 움직이는 물체를 인식하는 데 어려움을 겪으며, 이는 운전 수행능력과 사고율에 유의미한 상관성이 있음 (De Raedt & Ponjaert-Kristoffersen, 2000).

그 중에서도 고령운전자는 선택 반응 과제에서 반응속도가 큰 폭으로 저하되는 것으로 알려져 있음 (Bunce & MacDonald, 2004). 이는 예기치 못한 자극에 대해 적절한 반응을 선택하고 수행할 것이 빈번히 요구되는 운전 상황에서 (Rasmussen, 1986) 운전자의 대처 능력이

떨어짐을 의미하고 (Anstey et al., 2005), 고령 운전자들의 안전과 밀접하게 연관되어 있음.

다수의 연구에서 시각적 주의력을 통해 운전 능력과 사고율을 예측할 수 있다고 보고하고 있음 (Owsley et al., 1991; Ball and Owsley, 1993; Owsley et al., 1998; Sims et al., 2000; Rubin et al., 2007). 특히, 필요한 정보만을 선별적으로 집중하는데 필요한 선택 주의, 여러 업무를 동시에 수행할 때 필요한 분산 주의, 일정 시간 이상 주의력을 유지하는 지속 주의 중 분산 주의를 요구하는 이차 과제 실험에서 고령 운전자의 수행력이 크게 저하되었음 (Anstey et al., 2005).

주의력이 효율적으로 적용되는 시각 범위를 주의력 범위라고 하는데 (Anstey et al., 2005), 만약 주의력이 효율적으로 적용되지 않는 범위 (주의력 범위)를 벗어난 시야에 운전에 관한 필수 정보가 있을 경우, 운전자의 수행 능력이 떨어졌음 (Goode et al., 1998). 고령 운전자들은 특히나 주의력 범위가 좁은 것으로 밝혀졌으며 이는 고령 운전자들의 저하된 운전 수행 능력의 한 원인임.

작업기억은 기억 공간에 유지하고 동시에 변형하고 처리할 수 있는 정보의 양을 말함 (Baddeley, 1974). 노화에 따라서 작업 기억 용량이 감소하는 경향이 나타났는데 (Salthouse, 1994), 실제 운전 상황에 적용할 때는 작업 기억 용량이 확보되어야만 주변 환경을 잘 파악하고 이후의 상황을 예측하고 결정을 내리는 인지 프로세스들이 바람직하게 작동할 수 있음. (Johannsdottir & Herdman, 2010).

장기 기억은 비교적 긴 시간 동안 저장되는 기억들을 말함. 주변 환경에 대한 관측을 통해 정보를 얻고 (Johnson-Laird, 1983; Norman, 1983) 이를 해석하고 역동적으로 변화하는 환경을 고려, 이후의 상황을 예측하여 주변 환경과 동료 운전자와 상호작용하는 것이 운전상황에서 필요함. 따라서 장기 기억에 있는 배경 지식을 효과적으로 인출하고 작업기억 상의 정보들과 통합 처리해야 하는 능력이 필수적임 (Bellet et al., 1999). 노화는 작업기억에서의 자동적인 반응의 속도를 떨어뜨릴 뿐 아니라, 장기 기억 속 배경 지식을 회상하는 속도도 떨어뜨리며 배경 지식의 신뢰성과 용량 또한 저하시킴.

고령 운전자는 젊은 운전자에 비해, 단일 차량 사고보다는 타 차량과 연관된 사고가 유의미하게 더 많았음. 복잡한 상황 속에서 여러 정보를 동시에 분석하여, 다른 차량의 움직임을 자 차량의 움직임과 관련시켜 유기적으로 파악하는 능력이 저하되었기 때문임. 실제 고령자의 사고율은 특히 교차로에서와 회전 시에 비고령자와 비교하여 높게 나타남. 교차로 사고 발생 비율을 살펴보면 60~80세 운전자보다 80세 이상의 운전자에서 두 배 가량 높았음. 특히 교통 신호의 인지 실수에 의해 사고가 일어난 비율이 높았음 (Langford and Koppel, 2006). 한국과 미국에서 좌회전 (비보호 좌회전을 포함) 상황은 고령 운전자의 차량 사고에서 가장 큰 비중을 차지하였음. 우회전의 경우에도 우측 방향으로 꺾어 진입할 때 직진 차선의 차량과 충돌하는 경우가 많았음. 그러므로 고령 운전자들은 차량의 충돌이 주로 측면 부위에서 발생하였음 (Garber & Srinivasan, 1991).

## B. 운전자 인지부하 상태와 운전 수행간의 상관 관계

선행 연구에 따르면 작업 인지 부하가 증가함에 따라 운전 수행에서 요구되는 시각 탐색, 사건 인식 및 구분, 의사 결정 모든 단계에서 저하된 능력을 보였음 (Recarte, 2003). 운전 중 걸려온 전화를 받고 통화를 하거나 혹은 조수석에 앉은 동승자와 대화를 하는 상황에서 인지적인 부하가 많이 발생하며 실제 연구를 통해서 언급된 사례들이 유의미한 수준으로 운전자의 수행 능력을 감소시킨다는 것을 알 수 있었고 (Nelson, 2009; Maciej, 2011) 차량 조작에 영향을 미치지 않기 위해 고안되었고 널리 상용화된 헨즈프리 모델을 사용한 실험(Nunes, 2002)에서도 일관된 운전 수행 감소 효과를 발견할 수 있었음. 측정된 값들에는 주변 시야에 나타난 물체를 탐지하는 능력 감소 (Oehme et al., 2005), 주변 물체를 탐지하는 반응 시간의 감소, 차량 주행 속도 감소, 안구가 한 지점에 고정된 시간이 연장된 점, 차량 내부에 설치된 거울을 보는 횟수 감소 (Nunes, 2002) 등이 있음. 따라서 주행 상황에서 요구되는 부수적인 과제가 운전자에게 허용되는 수준 이상의 인지부하를 야기하는 경우, 운전 수행 능력을 유의미하게 감소시킬 수 있음.

### 4) 연구개발의 내용 및 범위

#### ● 연구 세부내용

본 연구는 드라이빙 시뮬레이터 환경에서 운전자들이 설계된 시나리오에 따라 도로를 주행하면서 다양한 사건들을 마주하고 그들

스스로 적절한 대응 과제를 수행하도록 계획되었음. 운전자들의 인지부하 정도를 조절하기 위하여 도로 주행 외에도 3 단계의 난이도 수준을 가지는 부수적인 이차과제를 도입하여 운전자들이 주행 중에 이차과제를 수행토록 하였음. 운전자의 핸들 조작, 브레이크 및 엑셀러레이터 조작, 안구 운동, 이차 과제 수행 능력, 소요된 시간, 안전 거리 및 차선 유지 능력, 충돌 여부, 등이 측정되었음. 또한 개인의 특성을 유추할 수 있도록 실험실 환경에서의 기초 인지 과제에서의 수행능력을 측정하였음.

## 5) 연구개발의 추진전략 방법 및 추진체계

### ● 연구개발의 추진전략 · 방법

#### A. 실험참가자

실험참가자는 비고령 운전자(21-30세)와 고령 운전자(65세 이상) 두 개의 그룹으로 나누어 모집할 것으로 계획됨. 각각 연령 그룹별로 20명씩 같은 수의 피험자를 모집하여 실험을 진행하고자 하였음. 현재, 비고령 운전자실험은 진행 중에 있으며, 고령 운전자에 대한 시험은 고령 운전자의 시뮬레이터 멀미 문제로 인하여 진행되지 않고 있음 (아래 수행 결과 참고). 실험참가자들은 최근 1년간 2,000km 이상의 거리를 주행한 경험이 있어야 하며 최소 2년의 운전 경험이 있어야 했음. 본 실험 이전에 어떠한 종류의 시뮬레이터 환경에서든지 운전을 해 본 경험이 있는 지원자들은 실험 참가자 모집군에서 제외하였음.

## B. 사전조사 및 사전실험

피험자는 전일 6시간 이상의 수면 여부와 음주 여부에 대한 사전 조사를 통과하여야만 실험에 참여할 수 있음. 또한 양안 교정 시력 0.5 이상 (2종 보통 운전면허 시력 기준)에 충족하여야만 함.

시뮬레이터 주행에 앞서서 운전 주행 능력 또는 노화와 관련된 것으로 알려진 단순 반응 시간 검사, 선택 반응 시간 검사, 단기 기억력 검사, 가용시각장 검사를 약 40분간 진행하였음.

단순 반응 과제: 화면에 시선 고정용 십자 형태의 이미지가 700ms 동안 제시되고 사라짐. 그 후 2-7s 사이의 임의의 시간에 사각형 모양의 자극이 제시되는 즉시 'SPACE' 버튼을 누르는 과제이며, 약 3분간 총 50회 진행되었음. 반응 속도의 하위 10%의 평균 값이 고령자에서 유의미하게 낮게 나타나는 것으로 알려져 있음 (Philip et al, 1999).

선택 반응 과제: 단순 반응 과제와 같은 방식으로 진행되며, 사각형 모양의 자극이 수평선 축을 기준으로 균등한 간격의 네 가지 위치 중 하나에 임의로 제시됨 (Stone, 1960). 자극이 나타나는 네 위치는 사각형 틀 모양의 가이드로 항상 제시되고, 자극이 제시되는 순간 그 위치에 해당하는 버튼을 누르는 과제임. 화면의 왼편을 기준으로 'Z', 'X', '.', '/' 키가 자극의 위치에 각각 해당됨. 약 5분간 총 80회 진행되었음.

작업 기억 과제: 다양한 작업 기억 과제 중 N-back 과제가 사용되었음

(Kane et al., 2007). N-back 과제 (N = 2)는 순차적으로 1에서 6까지의 숫자가 제시될 때, 현재 제시된 자극과 2 단계 전의 자극이 같은 숫자일 경우 'SPACE' 버튼을 누르는 과제임. 만약 버튼을 누르지 않거나 잘못 누르는 경우, 'X' 표시가 제시 되면서 피드백이 나타나고 다시 진행됨. 약 8분간 총 100회의 자극이 나타나고, 자극은 반응 회수와 난이도를 유지하기 위해 이전에 임의로 섞인 동일한 순서가 모든 피실험자에게 적용되었음.

가용 시각장 과제: 가용 시각장 과제는 크게 단일 인식 능력, 분리 주의 (divided attention), 선택 주의 (selective attention)를 측정하는 세 단계로 이루어져 있음 (Ball & Owsley, 1993). 이 과제들을 통해 주변시야에 짧은 시간 동안 제시되는 자극에 대한 탐지능력을 측정하게 됨.

### C. 이차과제

본 실험에서는 참가자들이 트랙을 주행하면서 동시에 수행해야 하는 이차과제의 유무와 과제의 난이도를 조절함으로써 참가자들의 주행 중 인지 부하 정도를 조절하였음. 특히 주행 중 지속적이고 일정한 인지 부하를 적용하기 위해 지속 주의 반응 과제 (Sustained Attention to Response Task)를 이차과제로 선정하였음 (Bellgrove et al., 2005). 지속 주의 반응 과제는 화면에서 연속적으로 임의의 숫자가 제시되고 피험자는 특정 숫자에 대해 버튼을 누르는 과제임.

특히, 이차과제는 실험 참가자들로 하여금 운전애 필요한 정보를 일반

주행과 마찬가지로 탐색할 수 있도록 하고 운전을 수행하며 행동 반응을 만들어내는 데 있어서 불이익을 받지 않게 하기 위해서 기존의 시각적 지속 주의 반응 과제를 개선하여 청각 신호를 사용하여 자극을 제시하고 음성 응답을 얻는 방식의 이차과제를 고안하였음.

청각 자극으로서 숫자가 녹음된 음성 파일을 실험 참가자에게 제시하는데, 1부터 9까지 숫자로 이루어져 있음. 주된 과제인 도로 주행과 이차과제를 시작하기 전에 목표 자극인 숫자를 참가자들에게 인식시킨 뒤, 무작위로 숫자가 제시되는 와중에 목표 자극이 나타나면 이 숫자를 다시 말하게 함으로써 참가자들의 음성 응답을 받음. 응답은 숫자가 제시된 시점으로부터 1000 ms 이내에 수행되어야 하며 응답을 하지 말아야 하는 상황에서 응답을 하거나, 응답해야 하지만 응답을 못 한 경우에는 비프음을 들려줌으로써 참가자들에게 피드백을 제공하였음.

이차과제의 난이도는 목표 자극 숫자를 통하여 조절할 수 있음. 본 실험에서는 목표 숫자가 없는 조건, 하나의 목표 숫자가 있는 조건, 그리고 세 가지의 목표 숫자가 있는 조건, 총 3가지 수준의 조건들이 있음. 하나의 목표 숫자와 세 가지의 목표 숫자가 있는 조건 모두 실험 참가자들이 응답해야 하는 목표 자극 출현 횟수는 동일함. 세 가지 수준의 난이도가 제시되는 순서가 종속 변인에 영향을 미치는 것을 방지하기 위하여 각각의 참가자들에게 주어지는 이차과제의 순서를 라틴 방 설계에 기반하여 설정하였음.

#### D. 연습 주행과 실험 주행

본 연구에서 사용되는 시뮬레이션은 Oktal에서 제공하는 SCANertmstudio 드라이빙 시뮬레이터를 사용하여 제작되었음. 실험 참가자들은 실제 차량에 탑승하여 프로젝터가 스크린에 투사하는 영상에 따라 리비에라 해안 도로를 주행하는 데, 미리 설계된 시나리오에 따라 다양한 사건들이 주어지며 이 때 각각의 사건에 대응하는 적합한 과제를 수행해야만 함. 주행을 하기 전 실험 참가자들에게 3가지 사항을 강조하여 전달함. 우선적으로 실험 참가자들에게 1)주어진 트랙을 최대한 빠른 시간 안에 완주를 최우선 목표로 해야 한다는 것과 2)타인의 차량 및 기타 지형 지물 등을 충돌하지 않는 안전한 주행을 해야 하는 것을 숙지시키고 이와 동시에 주어진 트랙의 차선을 잘 유지해야 함을 전달함. 특히 스크린 우측 상단에 시나리오 진행 시간을 실시간으로 표시하여 참가자들이 자신들의 주행 시간 및 결과를 항상 파악할 수 있도록 함. 위의 사항들을 준수하는 정도를 수치화하고 이를 점검 및 분석하여서 참가자들의 운전 수행 능력을 도출하는 지표로 사용함.

각 참가자는 총 7번의 시나리오를 수행하게 되는데 첫 번째 시나리오는 리비에라 해안을 한 바퀴 주행하는 것을 의미하며 약 3분에서 4분가량 소요됨. 실험 참가자들은 이차과제의 순서와 무관하게 일정한 환경에서 특정 시나리오를 경험하게 되는데 이 때 일어나는 연속적인 사건들은 참가자 차량이 현재 위치한 지도 상의 좌표에 기반하여 연쇄적으로 일어남.

시나리오가 시작되면 참가자는 사이드 브레이크를 해제하고 기어를 ‘드라이브’ 모드로 변경한 이후 주행을 시작함.

- ① 가장 먼저 마주하는 상황은 같은 차선에 위치한 전방의 차량이 매우 천천히 주행을 하고 있는 상황임. 실험 참가자들은 빠른 시간 안에 완주하여야 한다는 목표를 가지고 있으므로 전방 차량을 추월하고자 하는데 이 트랙의 특징은 왕복 2차선만으로 이루어져 있다는 것. 따라서 실험 참가자들이 전방을 추월하고 싶다면 중앙선을 침범하고 속도를 높여 전방 차량보다 앞서 나간 이후에 본래의 차선으로 재진입 해야 함. 전방의 차량을 추월하려 할 때 반대편 차선에서 다가오는 차량 두 대가 있지만 매우 먼 거리에서 출발하는 상황이므로 자신의 차가 중앙선을 넘어서 추월을 하더라도 반대편 차선의 차량들과 충돌할 가능성이 매우 낮고 비교적 안전하고 난이도가 낮은 사건임.



(그림 2-1-22) 실제 시나리오에서의 주행 화면

- ② 이 구간을 통과하면 실험 참가자는 두 명의 보행자가 차도에 서있는 상황을 마주하게 됨. 여기서도 1)과 마찬가지로 중앙선을 침범하여 보행자들을 피해야 하는데 반대편

차선에서 다가오는 차량이 없는 상황이므로 보다 수월하게 통과할 수 있을 것으로 기대됨.

- ③ 급경사 및 급커브 구간을 통과하게 되는데 해당 구간에 진입하기 전 50m 떨어진 지점에 도착했을 때 “급경사 및 급커브 구간에 진입한다”는 경고 문구가 화면에 제시되고 이와 동시에 청각 신호음이 제시됨. 급커브 구간에서는 공통된 측정 요소 중에서도 특히 핸들과 브레이크 조작이 급격하게 변할 것으로 기대되며 해당 구간을 통과하는 데 걸리는 시간 또한 인지 부하에 따라 두드러지는 차이점을 보일 것으로 기대됨.
- ④ 그 후 곡선 구간에 진입하게 되는데 실험 참가자들은 전방 차선의 차량이 느리게 주행하는 상황을 다시 맞이하게 됨. 하지만 1)에서는 반대편 차선의 차량과의 거리가 충분히 멀기 때문에 중앙선을 침범하고 전방 차량을 추월할 수 있었던 것과 달리 이 구간에서는 반대편 차선의 차량이 좁은 간격으로 다가오기 때문에 충돌을 피하기 위해서는 연속적인 차량들을 모두 보낸 이후 추가로 다가오는 차량이 없음을 확인하고 나서야 전방 차량을 추월할 수 있다는 차이점이 있음.
- ⑤ 참가자들은 이후 또 하나의 급 커브 구간을 주행 하게 됨. 3)과는 구분되는 특징으로서 가파른 경사 없이 도로의 고저가 완만한 구간이란 점이 있고 반대편 차선에 두 명의 사람이

서있음. 가장 확연한 차이는 커브 구간에 진입하기 이전에는 이 두 사람의 존재가 시야 안에서 확인 되지 않는다는 점이며 따라서 커브 진입 전에 참가자들은 충분히 속도를 줄이고 차선도 잘 유지하도록 요구됨. 만약 참가자들이 그러지 못한다면 높은 충돌 위험, 급 제동, 선로 이탈 등이 예상되므로 이차 과제로 인해 인지 부하가 많이 걸리는 상황에서의 변화 양상을 집중 조명할 수 있는 구간임.

⑥ 급커브 구간 통과 직후 전방에 서행하는 화물 수송 트럭이 급정거를 하는 상황을 겪게 됨. 빠르게 완주하고 싶은 참가자들은 차량을 추월하고 싶겠지만 화물 수송 트럭으로 인해서 시야가 차단되어 반대편 차선의 교통 정보를 얻을 수 없기 때문에 트럭의 속도에 맞추어 서행하다가 트럭이 멈추면 서서히 중앙선을 넘어서 트럭을 추월하도록 설계되었음.

⑦ 참가자의 차량은 직선 구간에 돌입하게 되는 데 주행하는 차선에 다시 한 번 서행하는 자동차가 위치함. 이전의 시나리오와는 다르게 직선 구간에서 주행하며, 반대편 차선에서 다가오는 차량의 속도는 모두 동일하고 각각 차량 간의 거리가 등차 간격으로 증가함. 그러므로 빠르고 안전하게 트랙을 주행하기 위해서는 차간 간격이 좁은 구간에서 추월을 시도하되 충돌 위험이 적은 순간에 맞추어 수행해야 함. 다르게 말하면 실험 참가자가 추월을 성공하지 못하고 전방 차량의 속도에 맞춰 주행하면 할수록 추월이라는

과제의 난이도가 낮아지고 비록 여러 대의 반대편 차선 차량을 보낸 이후 추월을 성공하더라도 좋은 수행 능력으로 간주되지 않음.

⑧ 이어서 우회전 이후 골목길 구간을 통과함. 7)구간을 통과하면 좌우 갈림길이 위치해 있는데, 참가자들은 약 20m 전부터 ‘우측 차선으로 진입하라’는 문구를 화면에서 확인할 수 있음. 우측 도로를 따라가면 대형 차량들이 주정차되어 있는 골목길에 진입하게 됨. 지그재그로 배치된 대형 차량들로 인해서 참가자들은 와인딩 코스를 통과하듯이 주행하도록 요구됨.

⑨ 골목길을 빠져나오면 마지막으로 갈림길을 만나는데, 왕복 2차선에 각각 한 대의 차량이 정차해 있기 때문에 참가자의 차량도 정차할 수 밖에 없는 상황이 조성되어 있음. 정차한 차량으로부터 참가자의 차량이 일정 거리 범위 내에 들어선지 5초의 시간이 지나면 같은 차선의 차량의 시동이 걸리며 좌측 도로로 진입하고, 참가자의 차량이 같은 도로로 진입하게 되면 주행이 완료되고 시나리오가 끝남.

첫 번째로 주행하는 바퀴를 참가자들이 본 실험에 앞서서 시뮬레이터 환경에 적응할 수 있도록 하는 연습 주행으로 삼으며 주행 외에 다른 과제를 수행하지 않음. 이에 반하여 나머지 6바퀴의 경우에는 실험참가자들은 이전의 연습 주행 때와 같은 트랙을 주행하되 라틴 방진 설계에 기반하여 미리 지정된 순서에 따라 이차과제의 난이도를

조절하여 병행하도록 요구됨. 앞서 서술한 것과 마찬가지로 이차과제는 주행을 시작하기 전 피험자들에게 목표 숫자를 알려주고 기억하도록 하며 주행 중에는 음성의 형태로 제시되는 무작위의 숫자 자극들 중 목표 숫자가 나타날 경우 해당 숫자를 소리를 내서 말하도록 함.

## 6) 데이터 수집 및 분석

시나리오를 진행하면서 수집하는 데이터 종류는 시뮬레이터에서 확인할 수 있는 운전 수행 능력과 아이트래커를 통하여 얻을 수 있는 안구 운동 추적 두 가지가 있으며 아래에서 각 항목을 자세히 서술함.

### ● 운전 수행 능력 - 시뮬레이터

시나리오를 진행하는 동안 실험 참가자들의 운전 수행 능력과 행동 패턴을 분석하기 위하여 여러가지 값들을 측정함. 트랙 전반에 걸쳐서 속도와 가속도, 브레이크와 엑셀 조작 양상, 핸들 조작 양상과 반전 횟수, 차선 유지 능력, 추월 수행 능력, 차간 거리 유지 능력 등을 측정하는데 시나리오에서 요구되는 수행 과제에 따라 특정 자료들을 집중적으로 살펴봄.

속도와 가속도 정보로서 차량의 현재 속도와 속도벡터, 가속도와 가속도 벡터, 각 가속도와 각 가속도 벡터 정보를 기록하고 변화 양상을 살펴봄.

추월 과제 수행 능력으로는 왕복 2차선이라는 트랙의 특성으로 인하여 중앙선을 침범 하여야만 하는데 이 때 침범을 결정하였을 때의 전방

차량과의 거리차이, 전방 차량을 추월하기 위하여 중앙선을 침범하기 시작한 시점으로부터 본래 차선 안으로 자신의 차의 모든 영역이 완전히 들어오기까지의 시간을 알아봄.

차선 유지 능력을 유추하기 위해 참가자 차량의 차선 유지 여부, 차선을 침범한 횟수, 중앙선으로부터 참가자의 차량 왼쪽 바퀴까지의 거리 값의 변화 양상을 분석할 수 있음.

핸들의 각도 변화 양상과 변산을 살펴볼 수 있고 특히나 부수적인 인지 과제에 따라 달라질 수 있다고 밝혀진 핸들 반전 횟수 (Marrkula, 2006)를 측정하는데 핸들 반전 횟수는 핸들의 방향을 바꾸어서 각도의 극성이 바뀐 횟수를 의미하며  $0^\circ$  를 기준으로 한 경우와  $0.1^\circ$  이상의 핸들 각도를 보이는 자료만을 참고하는 경우로 나뉨. 시나리오 중 급커브 구간, 곡선 구간, 와인딩 구간에서 특징적인 양상을 보일 것으로 기대됨.

엑셀과 브레이크 페달을 밟는 횟수와 가해지는 압력의 변화 양상을 기록함. 특히나 급커브 구간, 전방의 차량이 급정지 하거나 서행하는 경우를 집중적으로 살펴봄.

#### ● 안구 운동 추적 - 아이트래커

주행 중의 안구 운동은 머리 위치 및 방향 추적이 동시에 가능한 Seeing Machines 사의 faceLab 5 (양안 방식, 60Hz) 장비로 측정하여 주행 중 피험자의 머리 위치를 고정하지 않은 상태에서 자연스런 움직임 패턴을 기록할 수 있었음. 데이터는 60Hz의 샘플링레이트로 양안의 눈 깜빡임, 눈꺼풀 감김 정도, 안구 중심의 위치 좌표 및 방향 벡터, 응시 지점 좌표, 도약 안구 운동 (saccade) 여부, 트래킹 품질,

머리 위치 좌표 및 방향 벡터 등이 수집 되었음.

선행 연구 조사에 의하면 운전자의 인지적 상태와 높은 연관이 있는 측정치로 눈 깜빡임 비율, 도약 안구 운동 비율, 도약 안구 운동 진폭 (saccade amplitude), 고정시 비율 (fixation rate), 종합 고정시 벡터 (overall fixation vector)가 있었음.

눈 깜빡임 비율은 단위 시간(1초) 당 눈 깜빡임이 발생한 횟수로 정의됨. 눈 깜빡임 비율은 운전자에게 주행 과제와 동시에 청각 과제를 수행하도록 하였더니 그 수치가 유의미하게 증가하는 것으로 나타남 (Tsai, Viirre, Strychacz, Chase, & Jung, 2007).

도약 안구 운동 비율은 단위 시간(1초) 당 도약 안구 운동이 발생한 횟수로 정의됨. Nakayama, Takahashi, & Shimizu (2002)에 의하면 피험자에게 어려운 수학 문제를 풀게 함으로써 정신적 작업 부하 (mental workload)를 높였을 때 그 수치가 감소하는 것으로 나타남.

도약 안구 운동 진폭은 도약 안구 운동이 매번 발생할 때의 시작 지점과 끝 지점의 위치 차의 평균 값으로 계산됨. 운전 주행 과제 중 운전과 관련 없는 인지적 과제를 동시에 수행하는 운전자는 더 작은 도약 안구 운동 진폭이 나타남 (Recarte & Nunes, 2003).

고정시 비율은 단위 시간 (1초) 당 고정시가 발생한 횟수로 정의됨. 이 수치는 과제의 난이도가 높아지면 그 수치가 낮아지는 것으로 나타남 (Nakayama, Takahashi, & Shimizu, 2002).

종합 고정시 벡터는 화면 중앙 지점에서 고정시가 일어나는 각 지점까지를 잇는 벡터들의 합으로 정의됨. Chi & Lin (1997)에 의하면 운전 상황을 녹화한 영상을 보여주는 실험에서 종합 고정시 벡터의 길이는 시각적 작업량이 높은 상황에서 증가하는 것으로 나타남.

이 중 본 실험에서는 장비 및 시간적 제약으로 인해 눈 깜빡임에 한해서 안구 운동 원자료가 분석되었음.

#### 사전 실험

- (1) 단순 반응 과제: 피험자들의 평균 반응 속도가 산출되었음.
- (2) 선택 반응 과제: 단순 반응 과제와 같은 방식으로 평균 반응 속도와 오류율이 산출되었음.
- (3) 작업 기억 과제: 총 시행 횟수에 대한 반응 오류율이 산출되었음.
- (4) 가용 시각장 과제: 각 단계별 중앙부와 주변부 자극에 대한 적응률이 산출되었음.

#### ● 이차과제

총 시행 횟수에 대한 반응률 및 반응 평균속도가 산출되었음.

#### 7) 연구개발 결과

##### ● 기술개발 결과 요약

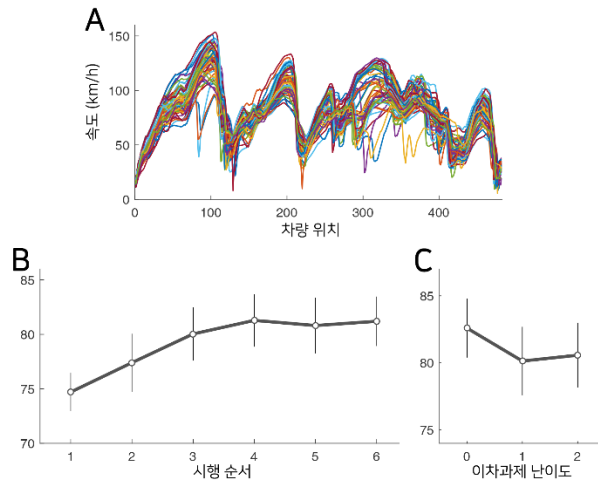
운전 수행 상황에서 주어진 트랙에 적응을 마친 이후에 인지적 부하는 차량의 속도와 밀접한 상관을 보였으며 가속 페달을 밟는 세기와도 밀접하게 관련되어 있음. Test-Retest 상관을 분석해본 결과 운전 수행은 인지적 부하만이 아니라 개인의 특성과도 유의미하게 연관됨. 이에 덧붙여 상위 처리 과정의 인지 과제 수행으로 알아낼 수 있는 개인의 특성도 특정 운전 수행의 측정치와 유의미하게 관련이 있었음.

- 기술개발 결과 세부 내용

- A. 조건별 수행 결과

- A-1. 차량의 속도

차량의 속도는 운전자가 통제하는 차량의 주요 변인임. 동일한 도로와 주행 환경에서 운행할 경우 유사한 차량 속도의 변화가 예상되며, 실험의 결과 각 시행에서 주행 위치에 따른 속도의 변화는 아래 그림의 A와 같이 시행 간 유사한 변화양상을 나타냈음. 실제 도로환경에서 위치 별 평균 운행 속도에 대한 데이터를 축적할 경우 운전자의 상태를 분석하기 위한 자료로 활용될 수 있음을 나타냄. 도로 환경에 대한 운전자의 사전지식이 운행 속도에 미치는 영향을 파악하기 위하여 반복시행 횟수에 따른 운행 속도의 변화를 분석하였음. 아래 그림 에서 보여주듯이, 반복시행의 횟수가 증가함에 따라 운행속도가 유의미하게 증가하였음 ( $F(5,38)=7.09$ ,  $p = 0.0001$ ). 도로환경과 운전 상황에 익숙해짐에 따라 새로운 자극을 지각하고 처리하기 위한 인지적 부하가 현저히 줄어들게 되고, 결과적으로 운행 속도의 증가로 나타났다고 해석할 수 있음. 인지적 부하에 따른 운행 속도의 변화를 직접적으로 검증하기 위하여 운전자가 도로환경에 익숙해 진 이후의 시행들 (시행 4,5,6)에서 나타나는 이차과제의 효과를 분석하였음. 아래 그림의 A와 같이 이차과제가 없을 경우에 비하여 이차과제가 있을 경우 운행 속도가 낮아지는 경향을 보였으며 이 효과는 통계적으로 유의미하였음 ( $F(2,16) = 3.76$ ,  $p=0.0449$ ). 동일한 운행 조건에서 인지적 부하의 변화에 따라 운행 속도가 작지만 유의미하게 달라진다는 결과는, 운행 속도가 운전자의 인지적 부하 추정에 활용될 가능성을 시사함.

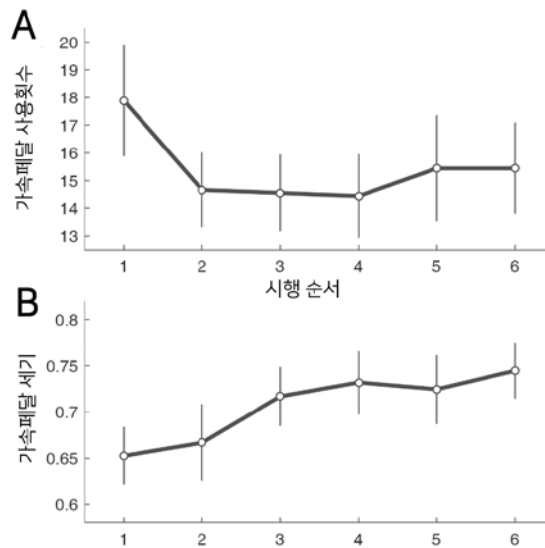


(그림 2-1-23) 9명의 운전자의 주행 위치에 따른 속도의 변화 양상(A)과 시행 순서 별 평균 속도의 변화(B), 이차과제 난이도에 따른 평균 속도의 변화(C)

### A-2. 가속페달

가속 페달의 사용양상은 운전자의 상태와 특성을 나타내는 지표로 활용될 수 있음. 가속 페달의 사용양상을 가속페달 사용구간의 길이, 가속 페달 사용 횟수, 가속페달 세기로 정량화 하였음. 가속 페달의 사용양상은 차량 운행 속도와 상관성이 높을 것으로 예상할 수 있음. 세가지 가속페달 측정치 중 차량의 운행속도는 가속페달의 세기와 높은 상관성을 보였으나 ( $r = 0.897$ ,  $p < 0.001$ ), 가속페달 사용구간의 길이, 가속페달 사용 횟수와는 유의미한 상관성을 보이지 않았음 ( $r < 0.13$ ). 도로 환경에 대한 운전자의 사전지식이 가속페달

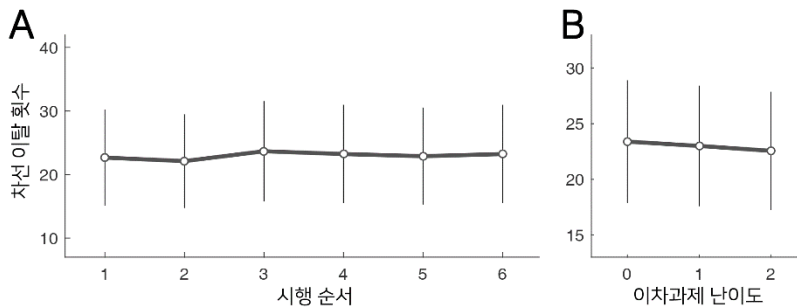
사용양상에 미치는 영향을 파악하기 위하여 반복시행 횟수에 따른 가속페달 사용양상을 분석하였음. 가속 페달 사용횟수(아래 그림 A)는 시행이 반복됨에 따라 줄어드는 경향을 보였고 ( $F(5,38) = 2.6, p = 0.0408$ ), 가속 페달 세기(아래 그림 B)는 시행이 반복됨에 따라 증가하는 경향을 보였음 ( $F(5,38) = 5.07, p=0.0012$ ). 가속페달 사용구간의 길이는 반복시행에 따른 유의미한 효과를 나타내지 않았음. 전체적인 가속페달 사용양상에서는 이차과제에 따른 유의미한 효과를 얻을 수 없었음 ( $p>0.25$ ).



(그림 2-1-24) 운전 시행 순서에 따른 운전자들의 가속페달 사용횟수(A)와 가속페달 세기(B)의 변화양상

### A-3. 차선 유지 능력

차선 유지 능력은 운전자 상태와 특성을 반영하여 특징적인 차이를 보일 것으로 예상되었음. 운전자의 차선 유지 능력이 어떤 변화를 보이는 지를 분석하기 위하여 차량의 왼쪽 바퀴가 중앙선을 침범한 횟수를 측정하여 비교해 보았음. 인지부하 정도의 차이에 따른 변화를 살펴 보기 위하여 이차과제가 없을 경우, 하나의 목표 숫자가 있는 경우, 세 가지의 목표 숫자가 있는 경우로 구분하여 일원 분산 분석해보았고 블록효과를 알아보기 위하여 이차 과제의 수준과는 별개로 주행 순서에 따라 일원 분산 분석하였음. 그 결과 인지 부하의 정도( $F(2,51)=0.18, p = 0.8344$ )와 주행 순서에 따라 유의미한 차이가 없음을 확인하였음. ( $F(5,48) = 0.15, p = 0.979$ )

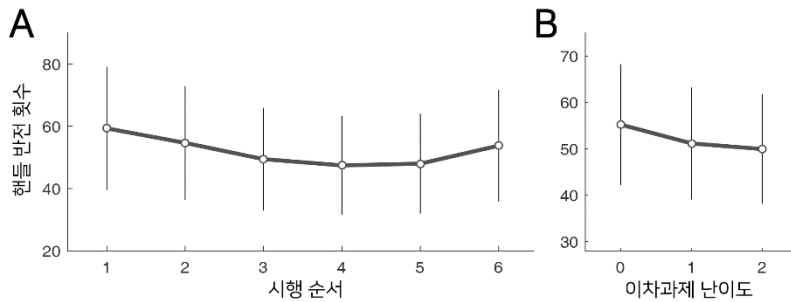


(그림 2-1-25) 시행순서에 따른 차선 이탈 횟수의 변화 양상(A)과 이차과제 난이도에 따른 차선 이탈 횟수의 변화 양상(B)

### A-4. 핸들 반전 횟수

마찬가지로 핸들 반전 횟수도 운전자의 상태 및 특성을 반영할 수 있다는 가정을 확인하기 위하여 운전자의 인지부하 정도의 차이에

다른 반전 횟수의 변화와 주행 순서에 따른 반전 횟수의 변화를 살펴 보았음. 이 때 핸들 반전을 정의하기 위한 기준으로 핸들 각도의 극성이 바뀌었으며 반대 방향으로 꺾은 정도는  $0.1^\circ$  이상인 경우로 설정해 차이를 살펴보았음. 그 결과 핸들의 반전 횟수에 대하여 이차과제의 난이도에 의한 인지 부하 차이는 유의미한 효과가 없었으며( $F(2,51) = 0.65, p = 0.5276$ ), 또한 주행 순서에 따라서 유의미한 차이를 나타내지 않았음 ( $F(5,48) = 0.91, p = 0.4795$ ).

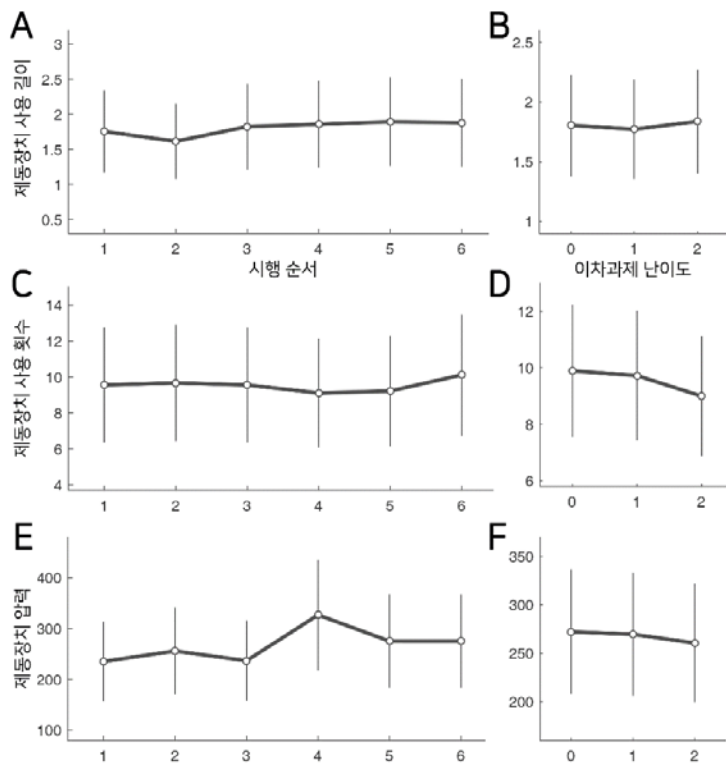


(그림 2-1-26) 시행순서에 따른 핸들 반전 횟수의 변화 양상(A)과 이차과제 난이도에 따른 핸들 반전 횟수의 변화 양상(B)

#### A-5. 제동 장치 사용 양상

제동 장치 사용 양상은 차량 감속에 영향을 미치기 때문에 차량 운행 속도와 높은 상관 관계를 보일 것으로 예상되며 제동 장치 사용구간의 길이, 제동 장치 사용 횟수, 제동 장치에 가해진 압력의 세기로 구분됨. 세 가지 제동 장치 사용 양상에서는 이차과제의 수준에 따른 인지부하 차이에 유의미한 효과가 나타나지 않았음. (제동 장치 사용구간의 길이  $F(2,51) = 0.05, p = 0.9550$ , 제동 장치 사용 횟수

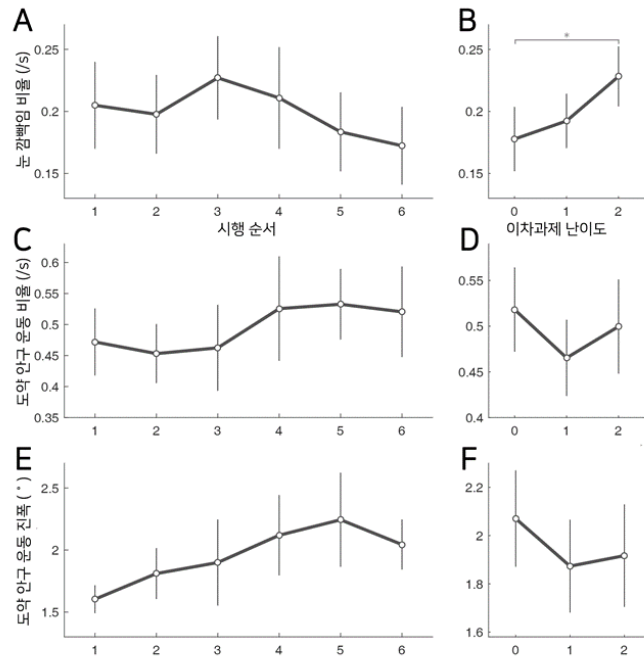
$F(2,51) = 0.71$ ,  $p = 0.4949$ , 제동장치에 가해진 압력의 세기  $F(2,51) = 0.01$ ,  $p = 0.9874$ ). 주행 순서에 따른 차이를 알아보았을 때 제동장치 사용구간의 길이( $F(5,48) = 0.23$ ,  $p = 0.9493$ ), 제동 장치 사용 횟수( $F(5,48) = 0.19$ ,  $p = 0.9661$ ), 제동 장치에 가해진 압력의 세기( $F(5,48) = 0.19$ ,  $p = 0.966$ ) 모두에서 유의미하게 다르지 않았음.



(그림 2-1-27) 시행순서와 이차과제 난이도에 따른 제동장치 사용구간의 길이 변화 양상(A,B), 제동장치 사용 횟수의 변화 양상(C,D), 제동장치에 가해진 압력의 변화 양상(E,F)

### A-6. 안구 운동

본 실험에서는 안구 운동 원자료로부터 눈 깜빡임 비율, 도약 안구 운동 비율, 도약 안구 운동 진폭이 이차과제의 난이도 조건 별 어떠한 변화 양상을 보이는지 분석해 보았음. 그 중 눈 깜빡임은 난이도가 높아질 수록 초당 발생하는 횟수가 유의미하게 증가했음 ( $F(2,38) = 4.4589, P = 0.01822$ ). 반면에 도약 안구 운동의 비율과 진폭에서는 뚜렷한 경향이나 유의미한 효과를 얻을 수 없었음.



(그림 2-1-28) 시행순서와 이차과제 난이도에 따른 눈 깜빡임 비율의 변화 양상(A,B) 도약 안구 운동 비율 변화 양상(C,D), 도약 안구 진폭 변화 양상(E,F)

## B. 개인차

### B-1. Test-Retest 상관

운전자의 운전 특성을 파악하기 위해서 위에서 논의된 운전행동 측정치 중 연속되는 시행에 걸쳐 개인별로 일관되게 관찰되는 특성을 파악하는 것이 필요함. 차량의 속도, 가속 페달 사용 양상, 조향 행동, 제동장치 사용양상에서 운전자간 차이가 유의미하게 관찰되었음. 이러한 특성들의 session 별 일관성을 확인하기 위해 동일 피험자를 2-3일 간격을 두고 2회 실험에 참여케 하여 두 번의 session 간 나타난 test-retest상관 값을 측정하였음. Test-Retest 상관은 첫 번째 session에서 나타난 운전자의 상대적 행동 특성이 두 번째 session에서 얼마나 유지되는 지를 보여줌. 각 측정치에서 나타난 test-retest상관 값은 표 2-1-6에 나타나 있음.

(표 2-1-6) 수행 지표와 Test-Retest 상관 관계

	Test-Retest 상관	유의도 (p-value)
평균속도	0.73	0.025
가속페달 세기	0.76	0.016
가속페달 시간	0.92	0.001
가속페달 빈도	0.67	0.049
제동장치 세기	0.38	0.325
제동장치 시간	0.79	0.014
제동장치 빈도	0.45	0.218
조향행동	0.51	0.164

평균 속도, 가속페달의 세기, 시간, 및 빈도, 제동 장치 시간에서 유의미한 test-retest 상관을 보였음. 참여 운전자 9명으로 운전자의 수가 비교적 적음에도 불구하고 유의미한 상관값들을 얻을 수 있다는 것은, 운전행동이 운전자의 특성에 의해서 크게 결정된다는 것을 의미함. 따라서, 운전 행동으로 운전자의 인지 상태를 파악하기 위해서는 운전자 개개인의 운전 특성에 대한 데이터를 축적하여 상태 파악을 위한 기준으로 활용하는 것이 필요함.

## B-2. 기초인지 테스트

운전자의 기초적인 인지반응 특성이 운전 수행의 양상에 미치는 영향을 파악하기 위하여 운전자의 단순 반응 시간, 선택반응시간, 작업기억용량, 가용시각장을 측정하고 각 측정치와 운전자의 운전행동 특성의 상관을 분석하였음. 결과는 아래 표 2-1-7에 나타나 있음.

(표 2-1-7) 운전 수행 지표와 기초인지 테스트 간 상관 관계

	단순반응	선택반응	작업기억	가용시각장
평균속도	0.455	-0.423	0.554	-0.622*
가속페달 세기	0.223	-0.549	0.437	-0.365
가속페달 시간	0.091	-0.096	-0.300	0.185
가속페달 빈도	0.193	-0.049	0.610*	-0.048
제동장치 세기	0.321	-0.256	0.396	-0.461
제동장치 시간	0.048	-0.649*	-0.375	0.071
제동장치 빈도	-0.212	-0.785**	0.142	0.365
조향행동	0.266	-0.609*	0.358	-0.587*

(\*p < 0.1, \*\*p < 0.05)

단순반응시간은 운전과제 수행 특성과 의미 있는 상관을 보이지 않았으나, 선택반응 시간은 제동장치 사용 시간, 제동장치 사용 빈도, 조향행동과 상관을 보였고, 작업기억은 가속페달 사용 빈도와, 가용 시각장은 평균 속도, 조향행동과 상관의 경향성을 보였음. 피험자의 수가 상대적으로 적기 때문에 상관관계에 대한 해석이 잠정적일 수 있으나, 단순 반응 시간보다 선택반응시간, 작업 기억, 가용 시각장과 같은 상위 처리 과정이 운전과제 수행 특성과 상관을 보인다는 점은 주목할 만 하며 기존의 연구결과와도 일치함 (De Waard, 1996; Anstey et al., 2005; Goode et al., 1998; Johannsdottir & Herdman, 2010.). 인지과제와 운전행동에 대한 데이터를 축적할 경우, 운전자의 특성에 대한 인지 모형을 구체화 하는데 이론적 기반을 제공할 수 있을 것으로 기대함.

### **B-3. 고령 피험자**

운전자 개인의 특성으로 연령이라는 요소를 고려하기 위해 실제로 65세 이상 고령 운전자를 대상으로 실험을 진행하였는데 첫 번째 참가자는 연습 주행 도중 멀미 증상을 호소하며 실험을 중단하였고 두 번째 참가자는 두 번째 주행에서 어지럼증을 느끼고 구토 증세를 보였기 때문에 실험을 중단하였음. 실험 참가자의 건강 상의 문제가 의심되는 상황에서 고령 운전자의 주행 실험을 추가적으로 진행할 수 없었음.

## 8) 연구개발 결과의 활용 방안 및 기대 성과

### ● 논의

#### A. 주요결과 및 기대 성과

연구의 최종적인 목표는 관찰 가능한 운전 행동 (예: 조향행동, 속도 통제, 제동장치통제, 안구운동 등)을 통해 운전자의 인지 부하 (cognitive load) 상태와 운전자 인지 특성을 추론할 수 있는 운전자 인지 모형을 개발하는 것. 그 첫 단계로 본 연구에서는 운전자의 인지 부하를 실험 조건을 통해 통제하고 그 결과로 나타나는 운전행동의 체계적 변화를 파악하는 것을 목표로 하였음. 인지 부하와 운전행동의 관계에 대한 정량적 데이터가 확보될 경우 운전행동을 통해 인지 부하를 역으로 추론하는 것이 가능하기 때문임. 데이터 수집이 진행 중이어서 확립된 결론을 도출하기는 어려우나, 현재 수집된 데이터를 분석하여 의미 있는 결과를 얻을 수 있었음.

운전자의 인지 부하는 동일한 도로에 대한 반복적인 노출과 이차과제를 통해 조작되었음. 동일한 도로 환경에서 반복적으로 운전을 할 경우, 새로운 도로 환경을 파악하기 위하여 사용되는 인지적 부하가 현저하게 감소하게 되며, 이차과제를 운전과제와 동시에 수행 할 경우 운전과제에 대한 인지적 부하가 증가할 가능성이 있음. 반복 시행의 효과는 운행 속도, 가속페달 사용 양상, 그리고 안구 운동에서 유의미하게 나타났음. 운전자들은 동일한 도로 환경에 반복적으로 노출됨에 따라 운행 속도를 높이고, 가속페달을

상대적으로 오래 밝기 보다 더 높은 강도로 밟았으며, 눈 깜박이는 빈도가 XXX하였음. 이차과제를 통해 인지 부하가 증가될 경우 운행 속도가 유의미하게 낮아졌으며, 눈 깜박임 빈도가 증가하는 양상을 보였음. 조향행동에서는 반복 시행과 이차과제에 따른 행동의 유의미한 변화를 발견할 수 없었음. 피험자의 수의 부족으로 분석의 power가 높지 못했을 가능성과 조향 행동을 정량화하기 위한 적절한 parameter 값을 적용하지 못했을 가능성을 배제할 수 없으나, 조향 행동 보다 속도 조절 행동이 운전자의 인지 부하를 추정하는데 더 민감한 측정치일 것으로 판단됨.

주목할 결과 중 하나는 운전자의 개인별 특성이 운전 행동을 결정하는 가장 큰 변수라는 것임. 실험 조건 별로 유의미한 차이를 보인 운행 속도, 가속페달 사용 특성뿐 아니라 실험 조건 별 유의미한 차이를 보이지 않은 제동장치 사용특성, 조향장치 사용 특성에서도 개인차에 의한 운전 양상은 유의미한 차이를 보였음 ( $F(8,38) > 5.3$ ,  $p > 0.0002$ ). 더욱이, 이틀에 걸쳐 수행된 운전 수행들간 Test-Retest 상관을 분석한 결과 운행 속도, 가속 페달 사용 양상, 제동장치 사용양상에서 유의미한 상관을 얻을 수 있었음. 이 결과는 운전자들의 장기적으로 유지되는 운전 특성을 운전 행동으로 파악할 수 있다는 것을 말하며, 또한 운전자의 상태를 파악할 때 운전자의 운전 특성 데이터가 필수적인 기초자료로 활용되어야 함을 의미함.

## B. 한계점

실험 설계적인 관점에서 바라보았을 때, 본 연구는 시뮬레이터

환경에서 실험이 이루어졌으며 운전자의 운전 양상과 현재 참가자 차량의 위치에 따라 일어나는 사건의 시점, 주변 차량의 속도 및 위치가 가변적임. 따라서 철저히 통제된 조건으로부터 얻어진 종속 변인들을 구분하기 보다는 수 많은 참가자들의 주행 정보를 얻은 뒤 이를 분석함으로써 잠재된 운전 양상을 발견하고 운전자의 상태와 특성에 따라 어떤 차이를 나타내는 지를 검정하여야 함. 반면 본 문서는 9명의 20대 참가자를 모집하여 실험을 진행하고 이 과정에서 얻어진 자료를 분석하여 작성되었으므로 절대적인 피험자 숫자가 부족하고 피험자 수를 늘리면 정교한 측정치를 얻을 수 있을 것으로 기대됨. 이차 과제의 난이도에 따른 운전 수행 능력 및 안구 운동 양상의 차이를 살펴볼 때 실험 이전의 예상과 달리 유의미한 차이를 나타내는 측정치의 수가 비교적 적었는데 이차 과제의 난이도가 참가자들에게 인지 부하를 야기하기에는 평이했기 때문일 수 있음. 뿐만 아니라 운전자들이 이차과제를 수행할 때 오답에 대한 피드백은 있었으나 불이익이 주어지지 않았기 때문에 특정 참가자들은 급커브 구간 혹은 전방 차량을 추월하는 상황에서 주행에만 선택적으로 집중하는 반면 이차과제를 완전히 무시하는 전략을 사용함으로써 기대된 수준의 인지부하를 겪지 않았음. 이러한 전략적인 주행은 실험 전 운전자들에게 빠른 시간 내에 트랙을 완주해야 한다는 지시사항을 지나치게 강조하였기 때문일 수 있으며 차등적 인지부하를 야기하기 위해선 보완이 필요함.

연구를 진행하면서 시뮬레이터 자체적 제약도 발견할 수 있었음. 비록 운전자들은 타 차량과의 충돌을 피하고 안전하게 주행하라는 지시 사항을 잘 준수하여 충돌 상황이 없었지만 해당

시뮬레이터에서는 충돌 횟수를 기록할 수는 있으나 구현할 수 없었음. 게다가 반대편 차선의 차량은 운전자의 차량이 차선을 침범하여 충돌 위험이 있으면 안전 거리를 준수하여 정지, 양보해주도록 설정되어 있었으며 이는 잠재적으로 운전자의 추월 과제 수행 능력에 영향을 줄 수 있음. 뿐 만 아니라 도로는 왕복 2차선으로 고정되었고 신호등이 있는 교차로 환경을 구현할 수 없어서 보다 높은 인지 부하를 야기하는 데 어려움이 있었음.

실험 참가자 군은 실제로 65세 이상 고령 운전자도 포함하였는데 65세 이상의 참가자 모두 길지 않은 주행 시간에도 불구하고 식은 땀을 흘리거나 어지럼증, 구토 증상 등 극심한 멀미 증상을 보여 안전을 위해서 더 이상 실험을 진행할 수 없었음. 개인의 특성의 요소로서 연령대를 고려 하려 했으나 무산되었고 특히나 인지부하에 따른 운전 양상 차이가 연령대에 따라 크게 다르게 나타날 것으로 기대되었지만 그 결과를 확인할 수 없었음.

## 9) 연구추진일정

### ● 추후 연구 방향

본 연구에서는 동일한 도로와 주행 환경에서 주행할 경우 운전자들이 유사한 주행 양상을 보였으며 마주하는 도로 상황과 수행하는 과제에 따라 구분되는 행동 반응적 특징을 나타냄. 다시 말해서 시뮬레이터 환경에서 진행되는 실험을 통하여 운전자의 주행 양상을 파악할 수 있는데 앞서 말한 대로 이차과제의 난이도가 쉬워 본 연구에서

요구하는 수준의 인지부하를 야기하지 못했고 각각 수준에 따라 구분되는 차이를 보이지 않았으므로 주행 양상 차이를 파악하는데 어려움이 있었음. 추후 진행될 연구에서는 청각 신호 형태의 이차과제를 사용하고 음성 응답을 받으며 이에 대한 피드백 또한 청각 신호로 주어지는 기존의 구성을 그대로 유지하되, 작업 기억 과제와 같이 운전자에게 확연히 구분되는 인지부하를 야기할 수 있는 심화된 과제를 활용할 계획이며 제시되는 숫자들을 이용한 사칙 연산을 고려할 수 있고 또 다른 형태의 이차과제로서 선행 연구 조사 단계에서 알아낸 사실에 기반하여 동승자와 대화를 통해서 혹은 휴대전화를 사용한 대화를 통해서 운전자의 인지부하를 더욱 가중시킬 수 있음. 게다가 연령에 따른 시뮬레이터 환경에서의 멀미 차이로 인하여 고령 운전자를 실험 참가자로 모집할 수 없고 비고령 운전자를 대상으로 연구를 진행할 계획이므로 보다 심화된 과제를 사용하면 더 큰 변화 양상을 기대할 수 있음. 실험 전 운전자들에게 전달되는 지시사항도 수정이 필요한데 빠른 시간 내에 주행하는 것을 최상의 목표로 정하기보다는 평소 운전하듯이 트랙을 주행하되 차선을 최대한 유지할 수 있도록 함. 운전 시나리오 전반에 걸쳐서 추월 과제가 반복적으로 주어지는데 실제 도로 환경에서 운전자가 마주하는 해당 상황의 빈도와 비교해볼 때 유독 높은 빈도를 가지므로 보다 자연스러운 주행 시나리오를 구현하기 위하여 추월 과제를 줄이고 교차로 상황, 비보호 좌회전 등 실제 상황에서 자주 마주할 수 있는 사건들을 추가하고 실험을 진행하면 현실과의 괴리를 다양한 방면에서 줄일 수 있음. 실험 결과 측정치들을 분석할 때 다른 방법들을 고려해볼 수 있는데 특정 구간별로 구분하여 행동 습성의 변화를 살펴보는 방법을 생각할 수 있고 안구 운동을 추적하여 분석하는

경우에는 고정시 비율 및 종합 고정시 벡터뿐만 아니라 움직이는 이미지 상에서 여러 관심지역 (Area of Interest)을 지정하여 고정시가 어떤 관심지역에 자주 머무는지, 각 관심지역에서 다른 관심지역으로 고정시가 어떤 확률로 이동하는지를 실험해 볼 수 있을 것임. 정량화한 측정치들이 인지부하로 인한 운전자의 상태 혹은 기초 인지 과제 의 결과로 유추할 수 있는 운전자 개인의 특성에 따라 유의미한 차이를 나타낸다면 각각의 수치를 매개 변수로 삼고 변수들 간의 상관관계를 서술할 수 있는 모형을 개발함. 이 모형은 운전자 상태 및 특성에 따른 운전 수행 능력의 차이를 설명할 수 있고 더 나아가 실제 차량에 적용되었을 때 운전자의 운전 수행 정보만을 받아서 현재 운전자가 느끼는 인지 부하의 정도와 운전자 개인의 특성을 정량적으로 계산하여 나타낼 수 있도록 기대됨.

## 라. 운전자 특성 분석 요소기술

### 1) 연구의 필요성 및 목적

- 과거에 비해 과학기술이 발전하고 생활수준이 높아짐에 따라 운전자의 수는 기하급수적으로 증가하였고, “이동” 역시 보편화되었음
- 그러나 운전을 함으로써 생활의 편리함을 느낌과 동시에 자동차 사고로 인한 위험부담, 사고로 인한 신체적, 정신적, 사회적, 심리적 비용 등을 함께 짊어지고 있음
- 이처럼 교통사고가 사회적 문제로 대두되기 시작할 때부터 이를 해결하기 위해 도로환경 개선, 교통체계 변화, 의식개선을 위한 교육 및 캠페인, 자동차 내 다양한 운전자 지원 시스템 개발 등 정부 및 기업에서 다각도로 노력을 기울이고 있음에도 불구하고, 지난 5년(2011년~2015년)간의 교통사고 현황을 살펴보면 연평균 증감률이  $-0.37\%$ 이지만 절대적 수치는 오히려 증가하였으며, 사상자 수 역시 증가하였음
- 이와 같은 교통사고의 원인이 대해 과거에는 자동차의 결함이나 교통시설의 미비 등이 교통사고의 주요한 원인으로 이해되고는 했지만, 점차 운전자와 보행자의 행동 오류가 교통사고의 직접적 원인으로 작용하고 있다는 사실이 확인되고 있음

- 또한 물리적인 안전시설의 설치와 개선만으로는 교통사고를 충분히 개선시킬 수 없으며, 운전자와 보행자의 태도 및 행동의 변화가 이루어져야만 교통사고 감소가 지속적으로 이루어질 수 있음
- 따라서 본 운전자 특성 분석 요소기술에서는 운전자의 교통행동에 영향을 미치는 요인 가운데 비교적 쉽게 변하지 않는 특성인 운전자의 성격 및 태도, 통제소재 등의 심리적 특성과 운전자의 위험운전행동에 대해 다음의 사항에 대해 알아보하고자 함
  - 운전자의 심리적 특성이 위험운전행동성향에 미치는 영향
  - 운전자의 심리적 특성 기반 위험운전행동성향 예측
  - 운전자의 심리적 특성과 위험운전행동성향에 대한 경로
- 국내에서는 운전자의 성격 및 태도 등의 심리적 특성과 교통사고를 포함한 위험운전행동에 관한 연구를 다음과 같은 운전자의 운전행동결정요인이라는 개념으로 사용하여 이루어지고 있음을 확인하였음
  - 교통사고와 관련한 운전자의 인적 요인 중에서 그들의 성별, 연령, 성격 등 개인적 요인과 그 개인이 속한 사회의 자동차 역사, 문화 수준 등과 같은 사회문화적 요인들을 기반으로 운전행동 결정요인이 형성됨
  - 위험감수성, 준법정신, 타자적응성, 안전 기능 등의 요인으로 구성된 운전행동결정요인이 운전자의 운전행동에 직접적으로 영향을 미치고 있음

- 따라서 본 운전자 특성 분석 요소기술은 운전자의 성격 및 태도 등을 기반으로 개발된 운전행동결정요인, 위험운전행동요인, 통제소재 및 교통사고 위험지수 등을 활용하여 위와 같은 연구목적을 달성하고자 하였음

## 2) 운전자 특성분석을 위한 수집 문항 정의

### a. 운전자의 심리적 특성 측정 문항

- 본 문항은 일반적인 상황에서 운전자의 성격 및 태도 등 심리적 특성을 묻는 문항으로 다음과 같은 5 요인으로 구성되어 있고, 7 점 리커트 척도(1 점: 전혀 아니다 ~ 7 점: 매우 그렇다)를 사용하여 측정하였음
  - 문제회피성향
    - 본 요인의 점수가 높은 사람들은 그들이 직면한 문제를 해결하려고 노력하기보다는 피하거나 포기하는 경향이 있음을 의미함
    - 또한, 본 요인은 전반적으로 응답자들의 소극적인 문제 대처 태도를 측정하며, 대부분의 문항이 사회적 내향성을 반영하고 있음
    - 즉, 자신에게 닥친 문제를 해결하려고 하는 의지가 부족하거나 미루는 성향을 대변하는 것으로 확인되었음

- 이익 및 자극 추구 성향
  - 이 요인의 점수가 높은 사람들은 위험한 모험을 즐기는 행동 등 자극을 추구하는 성향을 보임
  - 위와 같은 의미를 가짐과 동시에 자신이 추구하고자 하는 바와 사회적 법규가 충돌하는 경우에는 법규를 어기더라도 이익을 얻고자 하는 성향을 보임
  - 이는 초기 연구들에서 명기된 “위험감수성 부족” 요인 및 “준법정신 부족” 요인이 결합되어 나타난 것으로 추정되는데, 이 두 요인은 운전자의 이익을 해석하는 방식에 따라 공통점을 보일 수 있음
  - 위험감수성 부족과 관련된 부분은 위험한 행위로부터 경험하는 긴장과 스티일이 일종의 심리적 이익으로 작용한 것으로 판단됨
  - 준법정신 부족 요인의 경우 준법행위보다는 운전자 자신의 순간적인 이익이 더 중요하다고 판단하는 것임
  
- 대인불안
  - 운전자 중 이 요인의 점수 높은 것은 남 앞에 나서는 것을 꺼리거나 타인과 새로운 관계를 형성하는 데 어려움을 겪을 가능성이 높음을 의미함
  - 기존 “관계적응성 부족” 요인에서 타인과의 관계에 있어 소극적이고 방어적 태도를 보이는 경우를 의미함

- 즉, 단순히 불특정 다수의 대중으로부터 주목 받는 것을 불편하게 생각하기 때문에 소극적 태도를 가지는 것으로 보임
- 대인분노
- 이 요인의 점수가 높은 사람들은 대인불안 요인의 의미와 유사하게 타인과 부적응적 관계를 형성한다는 의미를 가짐
  - 그러나 부적응적인 측면이 공격적인 형태로 발현되는 점에서 대인불안 요인과 다른 의미를 가짐
  - 본 요인은 초기 연구에서 “관계적응성 부족” 요인의 의미, MMPI-2 내향성에 관한 의미, A형 성격 유형 및 분노 관련 내용을 포함하는 것으로 나타남
  - 기존 “관계적응성 부족” 요인에서 상대방에 대한 불신을 바탕으로 적대적 태도를 취하는 경우를 의미함
- 공격성
- 이 요인은 공격성에 관해 측정하고 있는데, 운전자의 공격성 표출과 관련하여 특정한 원인 및 대상이 존재하지는 않는 특성을 가짐
  - 이는 운전자 내재적으로 존재하는 공격성이라는 측면이 강하며, 따라서 대인 분노 요인과는 내용적으로 차이를 가지는 것으로 나타남

- 운전자가 문항을 읽지 않고 하나의 번호를 선택하여 일괄적으로 표시하는 것은 아닌지 확인하기 위해 성실문항(예: 나는 성실한 태도로 지금 이 질문들에 답하고 있다)를 포함시켜 불성실한 응답이라고 판단한 자료를 제외시키고자 하였음

(표 2-1-8) 운전자의 심리적 특성 문항

1	내게 도움이 된다면 법을 어겨도 괜찮다
2	재미 삼아 위험한 일을 한다
3	법을 지키는 것이 손해일 때는 법을 어겨도 좋다
4	학교 다닐 때 여러 학생들 앞에 나서서 말하기가 어려웠다
5	내가 하고 싶은 일이면 규칙에 어긋나도 한다
6	스릴을 느끼기 위해 위험한 행동을 한다
7	정직해서 손해 보느니 정직하지 않아도 이익을 얻는 것이 낫다
8	발각되지 않으면 약간의 탈법이나 불법은 무방하다
9	새로운 사람을 만날 때 수줍어한다
10	위험을 감수하면서도 위험한 일에 도전해보고 싶다
11	나쁜 일이 생길 것 같은 느낌이 든다
12	새로운 사람을 만날 때 걱정을 한다
13	기분 내키는 대로 즉흥적으로 결정한다
14	나는 행동할 때 신중하거나 조심스럽지 못하다
15	다른 사람으로부터 지적을 받으면 화가 난다
16	한 가지 일에 정신을 집중하는 것은 어렵다

17	나는 논쟁을 할 때 쉽게 궁지에 몰리게 된다
18	사람들은 대부분 자신에게 이득이 된다면 부당한 수단도 쓴다
19	비판이나 꾸지람을 들으면 속이 상한다
20	동창회나 모임에서 장기자랑을 하는 게 불편하다
21	처음 만나는 사람과 대화하기가 어렵다
22	남이 내게 말을 걸기 전에 내가 먼저 말을 하지는 않는다
23	내가 잘 알고 있는 사람이 성공했다는 소식을 들으면 나 자신이 마치 실패자처럼 느껴진다
24	일이 내 생각대로 되지 않을 때는 금방 포기하고 싶어진다
25	되도록 사람이 많이 모이는 곳에 가기를 피한다
26	위기나 어려움에 맞서기 보다는 피하기를 선택한다
27	내가 하고 싶은 일도 남이 대단치 않게 여기면 포기해 버린다
28	때때로 욕설을 퍼붓고 싶다
29	때때로 무엇인가를 부숴버리고 싶어진다
30	누군가를 때려주고 싶은 생각이 들 때가 있다
31	무례하고 성가시게 구는 사람에게 거칠게 대해야 했던 적이 있다
32	짜증내거나 투덜대고 난 후 후회하는 일이 종종 있다
33	누군가에 대해 너무 화가 나서 감정이 폭발할 것만 같이 느껴질 때가 있다
34	나는 남들이 원리원칙에 어긋나는 일을 하면 그 일을 방해한다
35	나는 내게 반대하는 사람들을 이기기 위해 노력한다

36	언제나 시간이 모자라 일을 끝내지 못한다
37	남들이 나를 재촉하면 화가 난다

b. 운전자의 위험운전성향 측정 문항

- 본 문항은 교통상황에서 운전자가 자신의 운전행동 또는 운전행동에 대한 태도 등을 묻는 문항으로 다음과 같은 5가지 요인으로 구성되어 있고, 7점 리커트 척도(1 점: 전혀 아니다 ~ 7 점: 매우 그렇다)를 사용하여 측정하였음

- 과속운전행동

- 이 요인에서 높은 점수로 응답하는 운전자들은 규정속도를 준수하는 행동을 융통성이 없는 행동으로 생각하고, 속도규제가 이치에 맞지 않게 낮다고 생각하고 있어 실제 운전행동에서도 과속행동을 많이 할 것으로 예측됨

- 대처미숙행동

- 본 요인은 교통상황에 대한 대처에 얼마나 미숙한 지 그 정도를 측정함
- 이 요인의 점수가 높은 운전자는 복잡한 교통환경에 놓이거나 시각적으로 주변 환경을 확인하기 까다로운 상황에서 운전을 할 때 당황감을 느끼거나 실수를 하게 될 가능성이 높음

- 난폭운전행동
  - 이는 운전자 자신의 진행을 방해하는 모든 장애 환경(다른 운전자, 보행자 등 교통참가자 교통신호 등)에 대한 적대감 표출 수준과 이 적대감으로 인한 난폭운전행동 수준을 측정함
  
- 음주운전행동
  - 음주운전행위에 대한 낙천적인 태도(나는 술에 취해도 운전을 할 수 있으며, 사고는 나지 않을 것)를 측정하고 있음
  - 따라서 운전자의 실제 음주운전 실행 수준 예측이 가능할 것으로 판단됨
  
- 주의산만
  - 본 요인에 높은 점수를 보고한 운전자는 운전을 하면서 부적절한 주의행동(예: 전화통화, 흡연, 잤담 등)을 빈번하게 하고 있음을 측정함
  - 이와 같은 행동으로 인해 교통신호를 제때에 확인하고 이에 대한 적절한 반응을 하지 못하거나, 정차 반응이 늦어 일단정지선을 준수하지 못해 교차로의 횡단보도 상에 정차하는 행동 등을 보일 가능성이 높음

(표 2-1-9) 운전자의 위험운전성향 문항

1	나는 밤에 운전하는 것이 불안하다
2	나는 운전 중 위급상황에 대처하는 능력이 부족하다
3	차가 많은 곳에서 차선변경을 할 때 어려움을 느낀다
4	평행주차나 다른 차 사이로 후진을 할 때 긴장한다
5	속력을 내면 낼수록 쾌감을 느낀다
6	나는 술을 마셔도 취하지 않으면 운전한다
7	속도를 내서 운전하면 스트레스가 풀린다
8	나는 교통신호를 무시하고 주행할 때가 있다
9	다른 차량이 끼어들면 양보하지 않는다
10	나는 조금하게 운전한다
11	나는 술을 마셨더라도 필요하면 운전하겠다
12	나는 운전할 때 양보심이 부족하다
13	내 앞으로 끼어드는 운전자에게 화가 난다
14	술을 마셨어도 단속이 심하지 않으면 운전하겠다
15	느리게 가는 자동차의 운전자를 보면 화가 난다
16	나는 운전할 때 차선을 잘 양보하지 않는다
17	나는 운전 중 전화통화를 한다
18	나는 운전 중 같이 타고 있는 사람과 대화를 한다
19	나는 운전 중에 담배를 피우거나 음료수를 마신다
20	규정속도를 준수하는 것은 교통흐름에 방해가 되는 일이다
21	피곤하기 때문에 휴게소에 들르는 것은 시간낭비이다

22	어쩔 수 없으면 횡단보도 위에서도 주정차를 할 때가 있다
23	나는 운전할 때 급출발이나 급정거를 하게 된다
24	주행 중에 정지 신호에 걸리게 되면 짜증이 난다
25	나는 주변사람들로부터 사고가 날 것 같다는 말을 듣는다
26	나는 신호가 바뀐 후 출발할 때 다른 차들보다 앞서나간다
27	우리나라 도로의 주행속도는 지금보다 더 높아져야 한다
28	고속도로에서 규정속도 이하로만 달리는 것은 융통성 없는 것이다

c. 운전자의 교통행동 통제소재 측정 문항

- 본 연구에서 운전자의 교통행동 통제소재를 측정하기 위해 사용한 문항은 다음과 같이 4개 요인으로 구성되어 있으며, 각 문항에 대해 조사참가자가 5점 리커트 척도(1점: 전혀 그렇지 않다 ~ 5점: 매우 그렇다)에 응답할 수 있도록 문항을 구성하였음
  - 다른 운전자(Other Drivers): 사고의 원인이 다른 운전자의 행동에 의한 것
  - 자신(Self): 사고의 원인이 자신에게 있는 것
  - 차량과 환경(Vehicle and Environment): 사고의 원인이 외부 요인에 의한 것
  - 운(Fate): 사고의 원인이 재수나 운에 의한 것

(표 2-1-10) 운전자의 교통행동 통제소재 문항

1	교통사고는 내 운전기술이 부족하기 때문에 일어난다
2	교통사고는 내가 종종 위험한 행동을 하기 때문에 일어난다
3	교통사고는 다른 운전자들의 운전기술이 부족하기 때문에 일어난다
4	교통사고는 다른 운전자들이 위험한 행동을 하기 때문에 일어난다
5	교통사고는 운이 나빠서 일어난다
6	교통사고는 도로 환경이 위험하기 때문에 일어난다
7	교통사고는 내가 종종 과속운전을 하기 때문에 일어난다
8	교통사고는 다른 운전자들이 종종 과속운전을 하기 때문에 일어난다
9	교통사고는 내가 앞 차에 바짝 붙어 운전하기 때문에 일어난다
10	교통사고는 다른 운전자들이 내 차 뒤에 바짝 붙어 운전하기 때문에 일어난다
11	교통사고는 사고가 날 운명이기 때문에 일어난다
12	교통사고는 날씨가 좋지 않거나 혹은 조명이 어둡기 때문에 일어난다
13	교통사고는 자동차에 발생한 기계적 결함 때문에 일어난다
14	교통사고는 음주운전을 하는 운전자들 때문에 일어난다
15	교통사고는 다른 운전자들이 위험한 추월행동을 하기 때문에 일어난다
16	교통사고는 내가 위험한 추월행동을 하기 때문에 일어난다

17	교통사고는 우연의 일치로 일어난다
----	--------------------

d. 운전자의 교통사고 위험지수 측정 문항

- 운전자의 교통사고 위험도를 측정하기 위해 다음과 같은 문항으로 구성된 교통사고 위험지수를 사용하였음

(표 2-1-11) 운전자의 교통사고 위험도 측정 문항

1	지난 1년간 운전 중 교통사고 (접촉사고, 미신고사고 포함)를 아슬아슬하게 당할 뻔한 경우가 몇 번이었습니까?	(없음)	(1 회)	(2 회 이상)
2	지난 1년간 운전 중 교통사고 (접촉사고, 미신고사고 포함)를 아슬아슬하게 낼 뻔한 경우가 몇 번이었습니까?	(없음)	(1 회)	(2 회 이상)
3	주위 사람들이 내가 지금과 같이 운전하면 조만 간에 교통사고를 낼 것이라고 한다	(아니다)	(그렇다)	(매우 그렇다)
4	주위사람들이 내가 지금과 같이 운전하면 조만간 교통사고를 당할 것이라고 한다	(아니다)	(그렇다)	(매우 그렇다)

5	지금과 같이 운전하면 조만간 교통사고를 낼 것 같다	(아니다)	(그렇다)	(매우 그렇다)
6	지금과 같이 운전하면 조만간 교통사고를 당할 것 같다	(아니다)	(그렇다)	(매우 그렇다)

e. 운전자의 정보수집용 문항

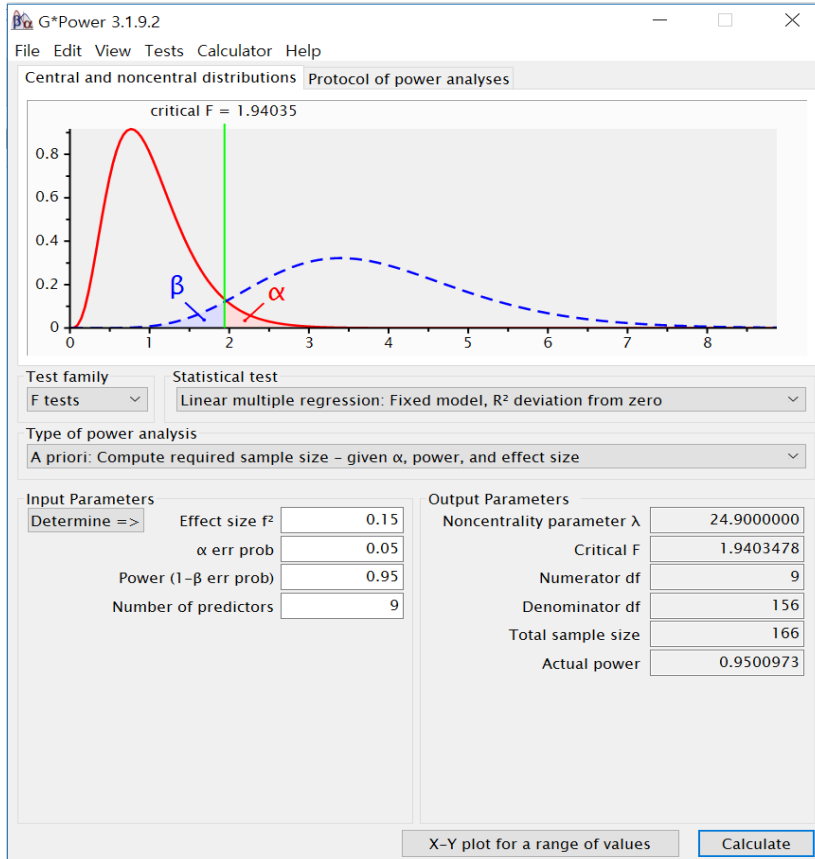
- 운전자의 인구통계학적 변인(예: 성별, 연령, 운전경력 등)에 대한 정보를 수집하기 위한 문항을 포함하였음
- 또한, 운전자의 실제 위반 및 교통사고 경험에 대한 문항(예: 과속적발경험, 음주운전적발경험, 기타 위반행위 적발경험, 가해-피해 교통사고 경험 등)을 포함하도록 전체적인 설문도구를 구성하였음

3) 운전자 특성분석을 위한 자료 수집

a. 통계 분석을 위한 최소 사례수 결정

- 본 연구에서 수치 하고자 하는 자료의 최소 사례수는 PLS(Partial Least Square)를 기반으로 산출하였는데, PLS는 Lisrel 이나 Amos와 같은 소프트웨어를 이용하는 SWM(Structural Equation Model)에 비해 더 적은 표본수가 필요하다는 이유로 경로분석이 필요한 연구에 적용하는 사례가 확산되었음

- 관례적으로 PLS 분석에는 예측변인(predictor) 당 10개의 표본수를 결정기준으로 적용되어 왔으나, 최근의 연구들은 이와 같은 기준으로 PLS 분석에 필요한 표본수를 결정할 경우에 검증력에 문제가 있을 가능성이 있다는 점을 지적하고 있음
- 이에 대한 대안으로 통계적 검증력 분석(statistical power analysis)을 통해 최소 필요 표본수를 결정할 것으로 제안하고 있는데, 통계적 검증력 분석을 활용하여 표본수를 결정할 때, 유의수준은 0.05, 검증력은 80%를 확보할 수 있도록 연구가 설계되어야 한다고 제안되었음
- 본 연구의 표본수는 G\*Power 3.1.9.2를 이용하여 유의수준은 0.05, 검증력 power는 0.95, 예측변인은 9개, 효과크기는 0.15로 설정하여 산출된 표본수는 166개인 것으로 확인되었음



(그림 2-1-29) G\*Power를 이용한 최소사례수 산출

b. 조사참가자의 및 분석대상자의 특성

- 본 연구를 위해 수집한 사례수는 총 291명이었으나, 성실문항에 부정적으로 응답하여 그들의 응답자료에 대한 신뢰를 확보하기 어려운 24명의 자료는 최종분석에서 제외하였음

- 따라서 본 운전자 특성분석을 위해 다음의 특성을 지닌 267명의 자료를 통계분석에 활용하였음
  - 남성운전자 177명, 여성운전자 90명
  - 평균연령 39.52세(표준편차=9.03, 연령범위=20~64세)
  - 평균운전경력 13.25년(표준편차=8.26)
  - 평균 일일 주행거리 43.33km(표준편차=62.98)

#### 4) 운전자 특성분석을 위한 분석결과

##### a. 운전자의 심리적 특성이 위험운전행동 성향에 미치는 영향

- 운전자의 심리적 특성인 운전행동결정요인 및 이를 구성하는 5개 요인(문제회피, 이익/자극추구, 대인불안, 대인분노, 공격성)이 위험운전행동 성향(위험운전행동요인, 교통사고 위험지수, 위반행동 적발횟수 및 교통사고 경험 등)에 미치는 영향을 확인하고자 중다회귀분석을 수행하였음
- 먼저, 운전자의 심리적 특성 운전행동결정요인이 그들의 위험 운전행동요인 5요인(과속운전, 대처미숙, 난폭운전, 음주운전, 주의산만)에 미치는 영향을 확인하였고, 그 결과는 다음과 같음

(표 2-1-12) 운전행동결정요인이 위험운전행동 성향에 미치는 영향

종속변인	독립변인	$\beta$	$t$	$F$	$R^2$
과속운전	상수		2.34*	17.67***	0.24
	문제회피	0.07	1.08		
	이익/자극추구	0.26	4.39***		
	대인불안	0.02	0.38		
	대인분노	0.17	2.69*		
	공격성	0.18	2.68**		
대처미숙	상수		2.79**	14.27***	0.20
	문제회피	0.29	4.23***		
	이익/자극추구	-0.08	-1.38		
	대인불안	0.28	4.30***		
	대인분노	-0.04	-0.64		
	공격성	-0.08	-1.11		
난폭운전	상수		2.47*	18.51***	0.25
	문제회피	0.18	2.67**		
	이익/자극추구	0.30	5.10***		
	대인불안	-0.03	-0.53		
	대인분노	0.20	3.07**		
	공격성	0.04	0.56		
음주운전	상수		0.72	9.62***	0.14

종속변인	독립변인	$\beta$	$t$	$F$	$R^2$
	문제회피	-0.05	-0.73		
	이익/자극추구	0.37	5.86***		
	대인불안	-0.02	-0.36		
	대인분노	0.14	2.07*		
	공격성	-0.04	-0.51		
주의산만	상수		6.29***	12.51***	0.18
	문제회피	-0.02	-0.32		
	이익/자극추구	0.20	3.19**		
	대인불안	-0.11	-1.64		
	대인분노	0.20	2.95**		
	공격성	0.21	3.00**		

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

- 운전자의 과속운전행동 성향에 영향을 미치는 요인
  - 운전자의 심리적 성격 및 태도 요인 중에서 이익/자극추구 요인, 대인분노요인, 공격성요인이 통계적으로 유의하게 과속운전행동 성향에 영향을 미치는 것으로 나타남
  - 위 세가지 요인 중에서 이익/자극추구 요인, 공격성 요인, 대인분노 요인 순서로 과속운전행동 성향에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타남

- 운전자의 대처미숙행동 성향에 영향을 미치는 요인
  - 운전자의 심리적 성격 및 태도 요인 중에서 문제회피요인과 대인불안요인이 통계적으로 유의하게 대처미숙행동 성향에 영향을 미치는 것으로 나타남
  - 두 가지 요인 중에서 문제회피요인이 대인불안요인보다 다소나마 대처미숙행동 성향에 다소나마 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타남
- 운전자의 난폭운전행동 성향에 영향을 미치는 요인
  - 운전자의 심리적 성격 및 태도 요인 중에서 문제회피요인, 이익/자극추구요인, 대인분노요인이 통계적으로 유의하게 난폭운전행동 성향에 영향을 미치는 것으로 나타남
  - 위 세가지 요인 중에서 이익/자극추구요인, 대인분노요인, 문제회피요인의 순서로 난폭운전행동 성향에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타남
- 운전자의 음주운전행동 성향에 영향을 미치는 요인
  - 운전자의 심리적 성격 및 태도 요인 중에서 이익/자극추구요인, 대인분노요인이 통계적으로 유의하게 난폭운전행동 성향에 영향을 미치는 것으로 나타남
  - 두 가지 요인 중에서 이익/자극추구요인이 대인분노요인보다 음주운전행동 성향에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타남

- 운전자의 주의산만행동 성향에 영향을 미치는 요인
  - 운전자의 심리적 성격 및 태도 요인 중에서 이익/자극추구 요인, 대인분노요인, 공격성요인이 통계적으로 유의하게 주의산만행동 성향에 영향을 미치는 것으로 나타남
  - 위 세가지 요인 중에서 미비하지만 공격성요인이 주의산만행동에 가장 큰 영향을 미치고, 이익/자극추구 요인과 대인분노요인은 동일한 크기로 주의산만 운전행동 성향에 영향을 미치는 것으로 나타남

- 다음으로 운전자의 심리적 특성 운전행동결정요인이 그들의 교통사고 위험지수에 미치는 영향을 확인하였고, 그 결과는 다음과 같음

(표 2-1-13) 운전행동결정요인이 위험운전행동 성향에 미치는 영향

종속변인	독립변인	$\beta$	$t$	$F$	$R^2$
교통사고 위험지수	상수		11.00***	2.20†	0.02
	문제회피	-0.01	-0.08		
	이익/자극추구	0.10	1.47		
	대인불안	-0.04	-0.55		
	대인분노	-0.03	-0.46		
	공격성	0.17	2.22*		

†  $p = 0.055$ , \*  $p < 0.05$

- 운전자의 교통사고 위험지수에 영향을 미치는 요인
  - 운전자의 심리적 성격 및 태도 요인 중에서 공격성요인만이 그들의 교통사고 위험지수가 통계적으로 정적인 영향을 미치고 있는 것으로 나타남
- 마지막으로 운전자의 운전행동결정요인이 실제 교통상황에서 이루어진 위험운전행동(예: 과속적발경험, 음주운전적발경험, 기타 위반행위 적발경험, 가해-피해 교통사고 경험 등)에 미치는 영향을 확인한 결과는 다음과 같음

(표 2-1-14) 운전행동결정요인이 가해교통사고경험에 미치는 영향

종속변인	독립변인	$\beta$	$t$	$F$	$R^2$
가해교통 사고경험	상수		-1.48	2.28*	0.02
	문제회피	0.16	2.13*		
	이익/자극추구	-0.00	-0.06		
	대인불안	-0.03	-0.39		
	대인분노	0.09	1.26		
	공격성	0.00	0.03		

\*  $p < 0.05$

- 운전자의 실제 위험행동 경험에 미치는 영향
  - 과속적발경험, 음주운전 시도 및 적발경험, 피해교통사고 경험 등에는 운전자의 운전행동결정요인이 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타남
  - 운전자의 실제 위험행동 가운데 가해교통사고경험만이 운전자의 운전행동결정요인 중 문제회피요인의 영향을 통계적으로 유의하게 받는 것으로 나타남

b. 운전자의 심리적 특성 기반 위험운전행동성향 예측

- 운전자의 일반적인 상황에서의 성격 및 태도 등 운전 행동을 가장 잘 설명하는 것으로 나타난 다음과 같은 5가지 요인으로 구성된 운전행동결정요인을 기반으로 운전자가 교통상황과 관련한 위험운전행동요인을 예측하고자 함
  - 문제회피(AP: Avoidance of Problems) 요인
  - 이익/자극추구(BS: Benefic/Stimulus Seeking) 요인
  - 대인불안(IAX: Interpersonel AnXxiety) 요인
  - 대인분노(IAG: Interpersonel AnGer) 요인
  - 공격성(AG: Aggression)요인
- 위험운전행동요인을 구성하는 과속운전행동 성향, 대처미숙행동 성향, 난폭운전행동 성향, 음주운전행동 성향, 주의산만행동 성향 각각의 예측함수에 대해 살펴보면 다음과 같음

- 과속운전행동(SD: Speeding Driving) 성향 예측

$$\hat{y}_{SD} = 0.724 + (0.095 \times AP) + (0.294 \times BS) + (0.024 \times IAX) \\ + (0.202 \times IAG) + (0.146 \times AG)$$

- 대처미숙행동(IC: Inexperience Coping) 성향 예측

$$\hat{y}_{IC} = 1.171 + (0.504 \times AP) - (0.125 \times BS) + (0.366 \times IAX) \\ - (0.068 \times IAG) - (0.082 \times AG)$$

- 난폭운전행동(WD: Wild Driving) 성향 예측

$$\hat{y}_{WD} = 0.649 + (0.199 \times AP) + (0.290 \times BS) - (0.028 \times IAX) \\ + (0.203 \times IAG) + (0.026 \times AG)$$

- 음주운전행동(DD: Drunken Driving) 성향 예측

$$\hat{y}_{DD} = 0.273 - (0.078 \times AP) + (0.476 \times BS) - (0.027 \times IAX) \\ + (0.195 \times IAG) - (0.034 \times AG)$$

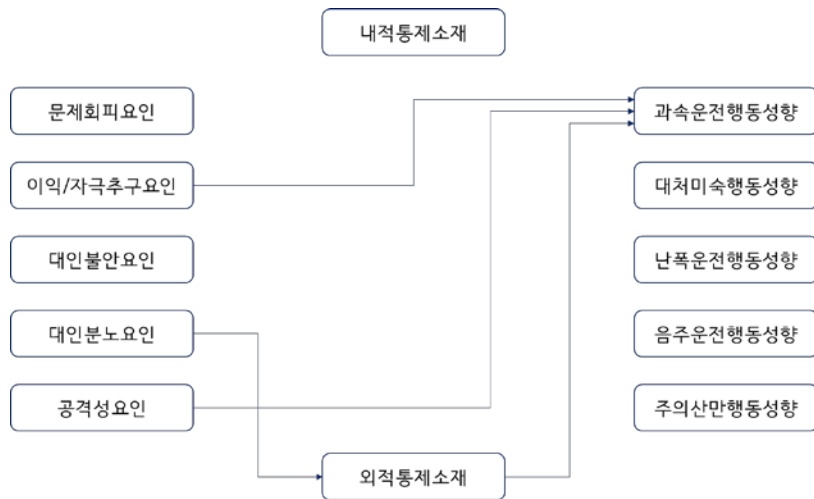
- 주의산만행동(DB: Distraction Behavior) 성향 예측

$$\hat{y}_{DB} = 2.060 - (0.030 \times AP) + (0.226 \times BS) - (0.109 \times IAX) \\ + (0.243 \times IAG) + (0.173 \times AG)$$

- c. 운전자의 심리적 특성과 위험운전행동성향에 대한 경로

- 운전자의 문제회피요인, 이익/자극추구요인, 대인불안요인, 대인 분노요인 및 공격성요인이 운전자의 과속운전행동성향, 대처미숙 행동성향, 난폭운전성향, 음주운전성향, 그리고 주의산만성향에 이르는 경로를 확인하였음

- 또한, 운전자의 심리적 특성이 위험운전행동성향에 이를 경로 상에서 그들의 교통행동 통제소재(내적통제소재, 외적통제소재)가 매개변인으로써의 역할을 하는지 함께 확인하였음
- 따라서 운전자의 심리적 특성, 교통행동 통제소재, 위험운전행동성향 간의 경로는 다음과 같음
  - 운전자의 과속운전행동 성향
    - 운전자의 이익/자극추구 성향요인, 대인분노요인, 공격성요인만이 과속운전행동성향으로 이어짐을 확인하였음
    - 이 때 운전자의 대인분노요인만은 외적통제소재를 완전히 매개하여 과속운전행동성향으로 이어짐을 확인하였음

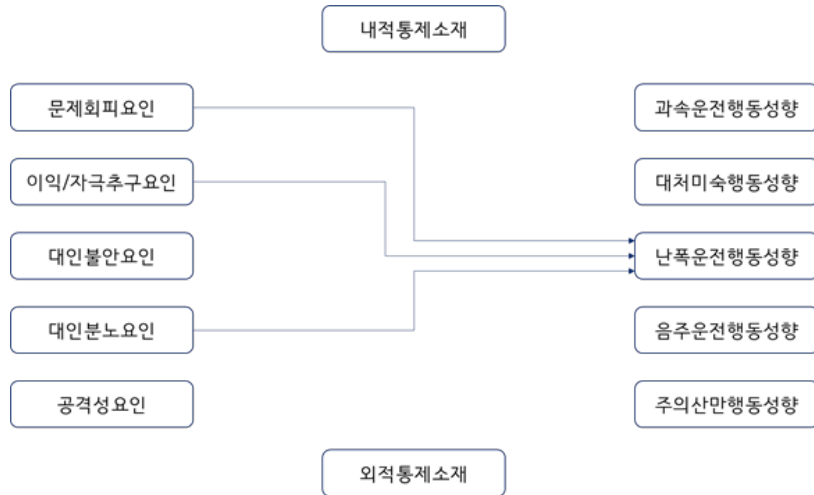


(그림 2-1-30) 운전자 심리적 특성과 과속운전행동성향 간 경로

- 운전자의 대처미숙행동 성향
  - 운전자의 문제회피요인과 대인불안요인과 같은 두 요인이 그들의 대처미숙행동성향으로 이어짐을 확인하였음
  - 이 때 운전자의 교통행동 통제소재는 완전 혹은 부분매개 역할을 하지는 않는 것으로 나타남



(그림 2-1-31) 운전자 심리적 특성과 대처미숙행동성향 간 경로



(그림 2-1-32) 운전자 심리적 특성과 난폭운전행동성향 간 경로

- 운전자의 난폭운전행동 성향
  - 운전자의 난폭운전행동성향으로 이르는 운전자의 심리적 특성은 문제회피요인, 이익/자극추구요인, 대인분노요인인 것으로 나타났음
  - 운전자의 교통행동 통제소재는 대처미숙행동성향과 마찬가지로 매개 역할을 하지는 않는 것으로 나타남
- 운전자의 음주운전행동 성향
  - 운전자의 이익/자극추구 성향요인, 대인분노요인만이 음주운전행동성향으로 이어짐을 확인하였음
  - 이 때 운전자의 대인분노요인은 내적통제소재를 완전히 매개하여 음주운전행동성향으로 이어짐을 확인하였음



(그림 2-1-33) 운전자 심리적 특성과 음주운전행동성향 간 경로

- 운전자의 주의산만행동 성향
  - 운전자의 이익/자극추구 성향요인, 대인분노요인, 그리고 공격성요인은 주의산만행동성향으로 이어짐을 확인하였음
  - 이 때 운전자의 교통행동 통제소재는 완전 혹은 부분매개 역할을 하지는 않는 것으로 나타남



(그림 2-1-34) 운전자 심리적 특성과 주의산만행동성향 간 경로

- 이상으로 운전자의 심리적 특성이 위험운전행동성향으로 이르는 경로를 살펴본 결과는 다음과 같이 정리할 수 있음
  - 운전자의 심리적 특성 가운데 이익/자극추구요인은 대처미숙 행동성향을 제외한 모든 위험운전행동에 영향을 미치고 있음을 확인하였음
  - 또한, 운전자의 심리적 특성 중 대인분노요인은 과속운전 또는 음주운전과 같은 위험운전행동성향에 부분 또는 완전매개하는 경로로 영향을 미치고 있음을 확인하였음
  - 운전자의 심리적 특성 요인들 중 대인불안요인은 오직 대처 미숙행동성향에만 영향을 미치고 있었음

## 2. 운전자 상황인식 요소기술

### 가. 운전자 상태 분석 요소기술

#### 5) 운전자 상태 분석 연구 필요성 및 선행 연구 분석

- 고속도로 교통사고 발생원인 1위
  - 2016년 이전 10년간 고속도로 교통사고 발생원인 중 22.5%가 졸음운전으로 인한 교통사고였음
  - 2015년 12월 400명의 운전자를 대상으로 실시한 졸음운전 실태 조사에 의하면, 운전자의 10명 중 4명이 졸음운전을 경험함
- 졸음운전 사망률, 음주운전보다 월등
  - 2017년 이전 5년간 졸음운전 사고 1만 2천여건 중 졸음운전 사고로 인한 사망자는 566명으로 4.51%이며, 같은 기간 음주운전 사망률 2.58%보다 높은 수치임
- 위와 같이 졸음운전은 음주운전과 더불어 교통사고의 가장 큰 원인 중 하나이므로, 운전 중 졸음을 유발하는 원인 혹은 졸음 유/무를 판단 할 수 있는 요인을 분석하여 운전자의 상태를 모니터링할 필요가 있음

- 운전자의 졸음 발생 요인은 아래 표와 같이 나눌 수 있으며, 수면 부족과 신체상태(피로)가 졸음운전의 중요한 요인임

(표 2-1-15) 졸음 발생 요인

구분	졸음 요인
개인 관리	수면부족
	신체상태 (피로)
운행 여건	야간운행
	무리/불규칙한 운행일정
시간대	심야시간대 (02~06시)
	점심식사 후, 생리현상
계절, 온도	계절 (7월과 12월)
	온도 (히터 가동 / 높은 실내온도)
	환기
도로 환경	기상상태 맑음, 흐림
	노면상태 건조
	평탄한 직선도로 / 무자극적 환경
차량 운행 환경	전용 휴게소, 쉼터 부족
	졸음사고방지시설 부재
기타	숙취/약물

- 운전자의 피로 발생 요인은 아래 표와 같이 나눌 수 있음
- 피로의 결과로 가장 빈번하게 나타나는 현상은 감시, 선택적 주의, 복잡한 의사결정, 자동화 된 지각-운동 제어기능과 같은 인지적 활동의 저하임
- 운전자의 졸음은 주의가 올바른 운전행동에 집중되지 못하거나 전혀 개입되지 않기 때문에 ‘적절치 못한 주의분산’ 혹은 ‘완벽한 주의의 부재상태’ 로 볼 수 있음

(표 2-1-16) 피로 발생 요인

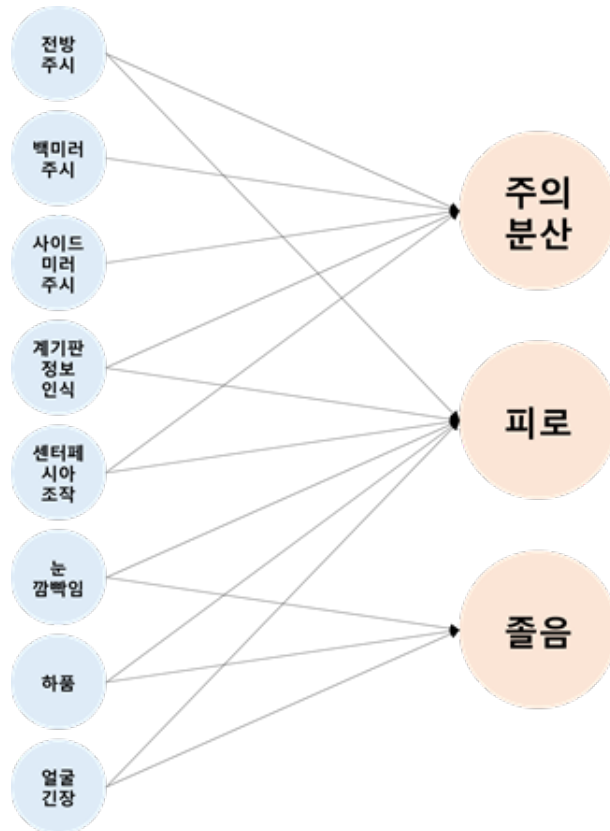
구분	피로 요인
환경적 요인	불량한 도로
	악천후
	교통저예
	주차 및 휴식공간 부족
운행 여건	수면 부족
	장시간 운행
	운전경과 시간
	무리한/불규칙한 운행일정
	야간 운행
위반 요인	운전자의 경쟁적 운전
	위반 행위
기타	만성질병, 병적피로

- 위 내용에 따라 운전자의 졸음, 피로 그리고 주의분산은 아래 그림과 같이 서로 연관되어있으므로 운전자의 상태를 다양한 변인으로부터 분석해야 함
- 필리핀의 DoTr(The Department of Transportation)에서 Anti-Distracted Driving law를 발표하였으며, 아래 그림과 같이 운전자의 시야가 방해 받지 않아야 할 영역을 “Line of sight”, 스마트폰, 네비게이션 등이 설치가능 한 영역을 “Safe Zone” 으로 정의하였음
- 본 문서에서는 “Line of sight” 와 “Safe Zone” 을 모두 포함한 영역을 안전한 운전을 위한 운전자 시야 허용 범위로 정의하였으며, 시야의 방향에 따라 전방, 좌·우측방, 백미러, 계기판, 센터페시아 등의 영역으로 나누었음
- 운전자의 시야분산, 피로, 졸음 등 운전자의 상태를 분석하기 위한 변인을 상태분석변인이라 정의하였으며, 운전자의 시야 방향 비율, 조작 및 인지 시간 비율, 얼굴 상태 비율 등의 구분에 따라 아래 표와 같이 상태분석변인을 정의하였음

(표 2-1-17) 상태분석변인

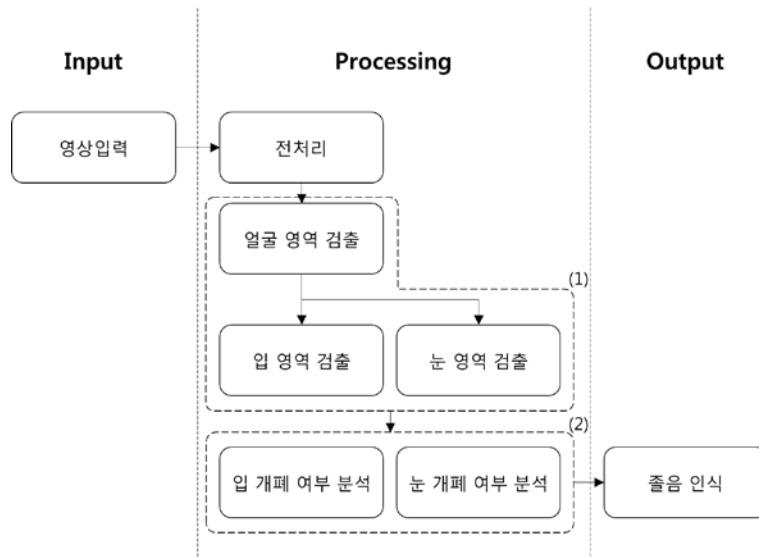
구분	상태분석변인
시야 방향 비율	전방
	좌측방
	우측방
	백미러
	그 외
조작 및 인지 시간 비율	계기판
	센터페시아
얼굴 상태 비율	눈 감음
	하품
	긴장

- 아래 그림은 운전자 상태와 상태분석변인 간의 상관관계의 예시를 보여줌



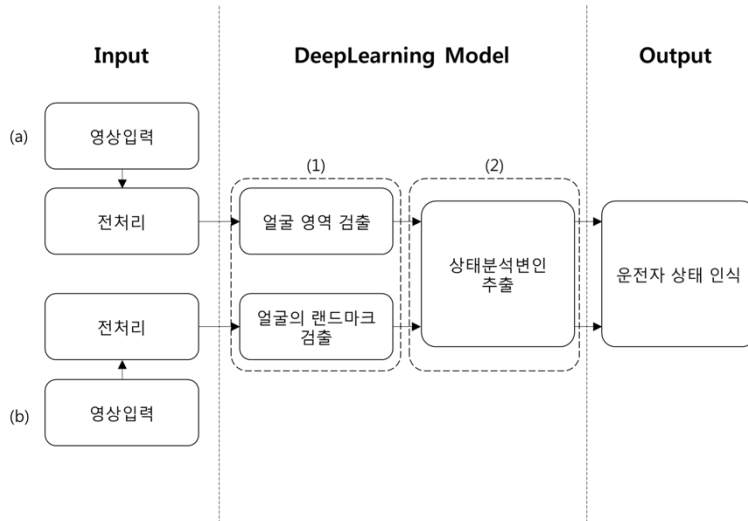
(그림 2-1-35) 운전자 상태와 상태분석변인 상관관계

- 운전자 상태 인식/모니터링은 첨단 운전자 지원 시스템과 더불어 자동차 산업에서 활발히 연구되고 있는 분야 중 하나이며 아래와 같이 다양한 알고리즘을 기반으로 많은 연구가 수행되었음
- Shallow-Learning 기반 운전자 상태 인식 알고리즘
  - Shallow-Learning 기반 인식 알고리즘의 전처리 과정은 특성 추출을 위한 Binarization, Edge Extraction 등을 말함
  - 운전자의 시야, 피로, 졸음 등의 상태를 인식하기 위해 얼굴, 입, 눈 등을 우선적으로 인식함

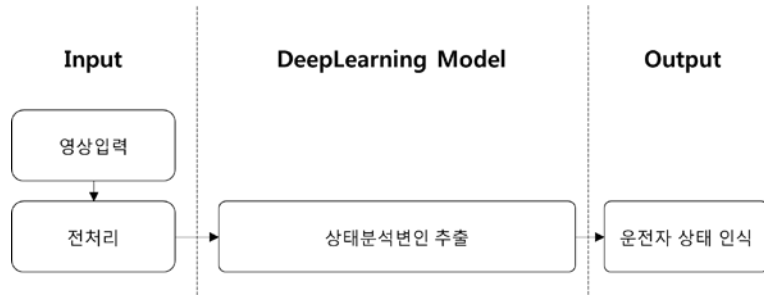


(그림 2-1-36) 일반적인 Shallow-Learning 기반의 운전자 상태 인식 알고리즘들의 순서도

- 위 그림의 (1)에서 얼굴의 기하학적 구조 및 위치를 고려하여 눈과 입을 검출할 영역을 설정함으로써 눈과 입 영역 검출의 정확도를 높이는 연구가 많음
- 운전자 상태 모니터링 정확도를 높이기 위해 입과 눈 이외의 정보를 사용하기 위해서는 기존의 검출 및 분석 모듈과 독립적인 모듈이 위 그림 (1,2)에 추가 되어야 한다는 단점이 있음
- Deep-Learning 기반 운전자 상태 모니터링 알고리즘
  - Deep-Learning 기반 운전자 상태 모니터링 알고리즘의 전처리 과정은 기존의 학습 데이터를 밝기, 조도, 이미지 크기 등을 조정함으로써 하나의 이미지로 다양한 이미지를 만들어내는 과정을 말함
  - Shallow-Learning 기반 모니터링 알고리즘의 전처리 및 특징 추출 과정은 Deep-Learning 모델에 포함됨
  - 대부분의 Deep-Learning 기반 운전자 상태 모니터링 알고리즘 연구는 아래 그림 (a) 혹은 그림 (b)와 같은 형태를 가짐
  - 하지만, 아래 그림 (1)의 얼굴 혹은 얼굴의 랜드마크를 검출부와 그림 (2)의 상태분석변인 추출부가 별도 존재함으로 Shallow-Learning 기반 운전자 상태 모니터링 알고리즘과 큰틀의 구조적 차이가 없음



(그림 2-1-37) 일반적인 Deep-Learning 기반의 운전자 상태 인식 알고리즘들의 순서도



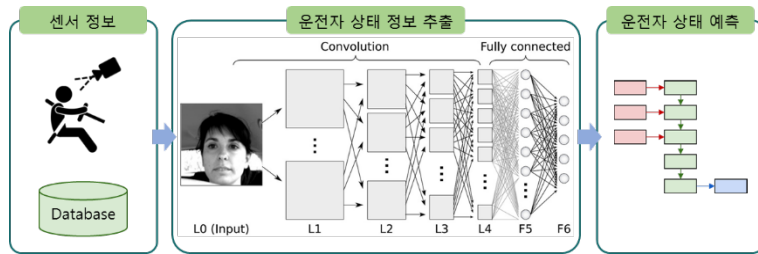
(그림 2-1-38) 일반적인 Deep-Learning 기반의 운전자 상태 인식

#### 알고리즘들의 순서도

- Park, Sanghyuk 등은 위 그림과 같이 얼굴 영역 또는 랜드마크 검출을 생략하고 원본 영상에서 상태분석변인을 추출하는 알고리즘을 제안하였음
- 하지만, 상태분석변인을 추출하기 위하여 비교적 깊이가 얇은 3개의 Deep-Learning 모델들을 사용하였으며, 운전자 상태를 인식하기 위해 Shallow-Learning 알고리즘 중 하나인 SVM을 사용하는 한계를 가지고 있음
- 이러한 문제를 해결하기 위해 본 문서에서는 상태분석변인 추출에 있어 보다 깊은 Deep-Learning 모델을 사용하여 단일 모델만으로 상태분석변인 추출하였음
- 당해연도에는 운전자 상태 인식을 통계적인 기법을 사용하여 접근하였지만, 차연도부터 운전자 상태를 인식하는 기능을 Deep-Learning 알고리즘으로 구현 할 예정임

6) 운전자 상태 모니터링 프로그램 개발 상세 내용

- 운전자 상태 모니터링 프로그램은 운전자 상태를 분석하기 위해 상태 분석변인을 추출하고 시계열 분석변인을 통해 운전자 상태를 분석 및 예측하는 것이 목적임



(그림 2-1-39) 운전자 상태 모니터링 프로그램 개념도

- 운전자 상태분석변인은 카메라로부터 받은 운전자 이미지를 입력 받은 학습 된 Convolutional Neural Network (CNN) 모델의 추론 결과값으로 전방·비전방 주시 유/무, 눈 감음, 하품 등으로 구성됨
- 학습 데이터 수집 시 ELP 사의 2MP CMOS OV2710 USB Webcam을 사용하였으나, 모듈 내 근적외선 영상 처리로 인하여 실시간 처리에 부적합함
- e-con Systems 사의 See3CAM\_CU40 카메라는 일반적인 Bayer RGB 포맷 대신 RGB-IR Format으로 구성되어 있어 프로그램 상에서 RGB 및 적외선 영상 처리가 가능하여 테스트 데이터 수집 시 사용함

- 야간의 운전자 상태를 모니터링을 목적으로 근적외선 이미지를 사용함



**RGB-IR Format**



**Bayer Format**

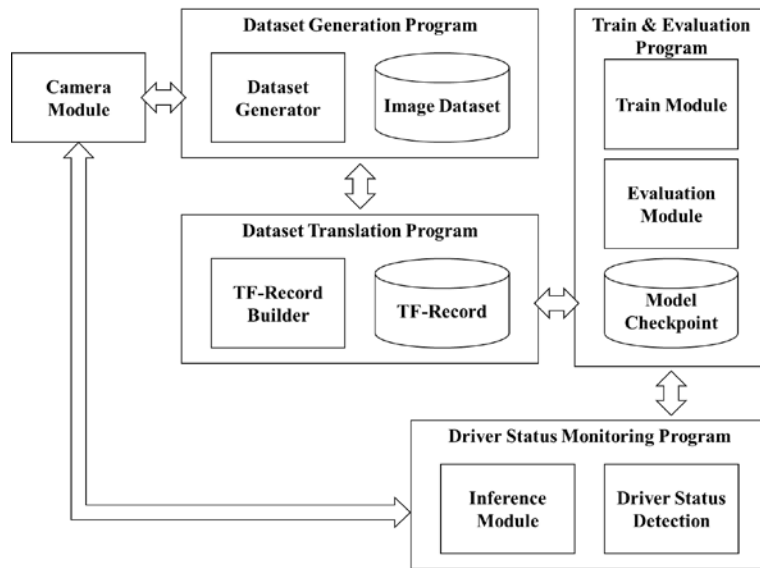
(그림 2-1-40) RGB-IR (좌)과 Bayer RGB(우) 색상 포맷



(그림 2-1-41) 2MP CMOS OV2710 USB Webcam(좌)과

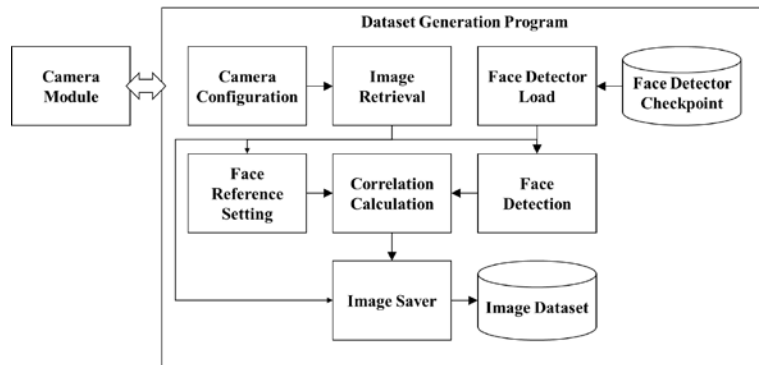
See3CAM\_CU40 Camera(우)

- 운전자 상태 모니터링 프로그램 구현을 위하여 아래 그림과 같이 데이터셋 생성 프로그램, 데이터셋 변환 프로그램 그리고 학습 및 평가 프로그램 등을 Tensorflow high-level API 및 OpenCV 기반 OpenSource를 변형하여 개발하였음



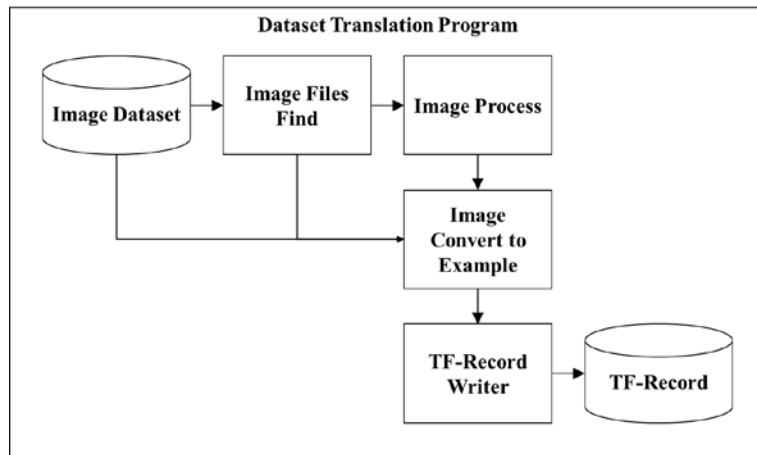
(그림 2-1-42) 전체 구조도

- 데이터셋 생성 프로그램은 학습 및 테스트 데이터 생성 시간을 최소화하기 위해 제작되었음
- 데이터셋 생성 과정은 다음과 같음
  - 얼굴 검출기 로드
  - 카메라 설정 및 이미지 추출
  - 운전자 상태 변인에 따른 레퍼런스 얼굴 셋팅
  - 운전자 이미지로부터 얼굴 검출
  - 레퍼런스 얼굴과 검출된 얼굴 간의 유사도 계산
  - 유사도에 따른 운전자 이미지 분류 및 저장
- 위 과정은 데이터 생성 시간을 최소화하기 위한 과정으로 분류 결과가 부정확함으로 생성된 데이터 전수 조사가 필요함



(그림 2-1-43) 데이터셋 생성 프로그램 구조도

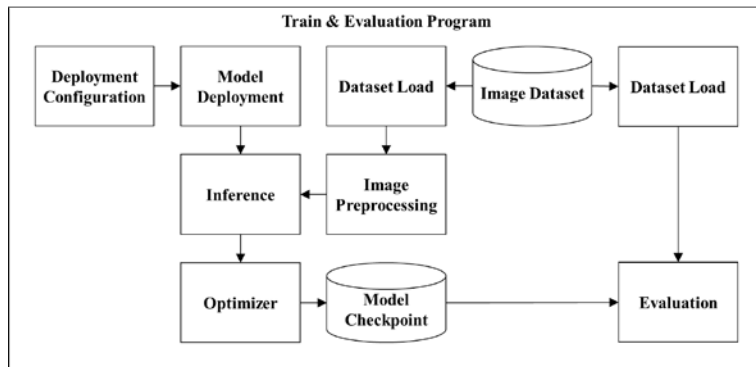
- 운전자 상태 모니터링 프로그램의 학습 및 테스트는 Tensorflow High-Level API 기반의 OpenSource로 수행되었으며, Tensorflow High-Level API는 데이터셋으로 TF-Record 포맷을 지원함
- 때문에, 데이터셋 생성 프로그램으로 생성된 데이터셋 이미지들을 TF-Record 포맷으로 변형할 필요가 있음
- 데이터셋 변형 과정은 다음과 같음
  - 데이터셋 이미지 리스트 생성
  - 이미지 로드 및 이미지 프로세싱
  - TF-Record 포맷의 이미지 변환 및 저장



(그림 2-1-44) 데이터셋 변형 프로그램 구조도

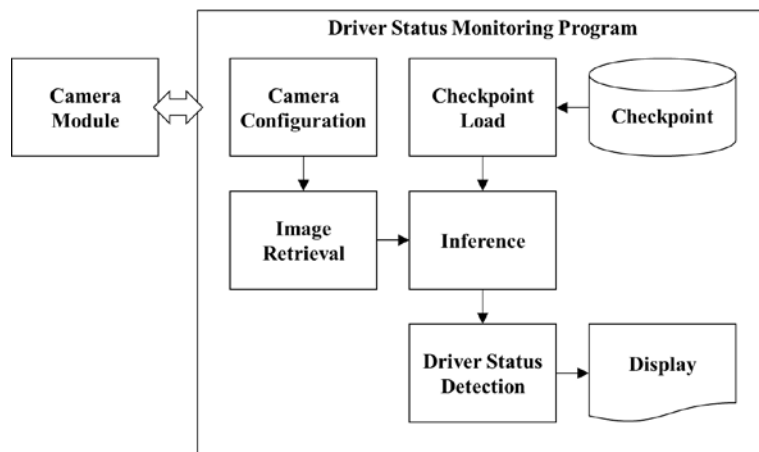
- 데이터셋 변형 프로그램의 이미지 프로세싱(전처리)은 한정된 이미지로부터 다수의 학습 데이터를 만드는 과정임

- 운전자 상태 모니터링 프로그램의 CNN 모델은 Tensorflow High-Level API를 기반의 OpenSource로 학습 및 평가가 수행되며, CNN 모델로 Google의 MobileNet를 사용하였음
- 모델 학습 및 평가 과정은 다음과 같음
  - 학습 모델 배치
  - TF-Record로부터 학습 이미지 데이터 로드
  - 이미지 데이터 전처리
  - 학습 모델 추론 및 최적화
  - 모델의 학습된 파라미터 저장
  - TF-Record로부터 평가 이미지 데이터 로드
  - 평가 이미지로부터 모델 추론 및 정확도 계산

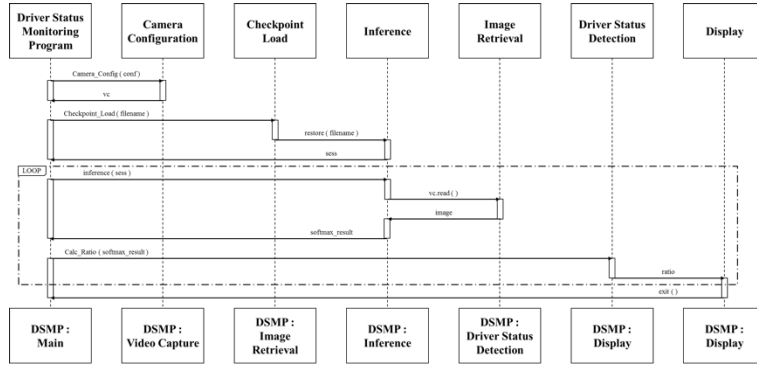


(그림 2-1-45) 모델 학습 및 평가 프로그램 구조도

- 운전자 상태 모니터링 프로그램은 카메라로부터 추출한 운전자 이미지로부터 Convolutional Neural Network (CNN) 모델을 통해 상태분석변인을 추출하며, 상태분석변인을 시계열 분석을 통해 운전자 상태 분석함
- 운전자 상태 모니터링 과정은 다음과 같음
  - 학습된 모델 파라미터 로드 및 모델 배치
  - 카메라 설정 및 운전자 이미지 추출
  - 학습된 모델 추론으로 상태분석변인 추출
  - 상태분석변인 시계열 분석
  - 운전자 상태 출력



(그림 2-1-46) 운전자 상태 모니터링 프로그램 구조도



(그림 2-1-47) 운전자 상태 모니터링 프로그램 동적구조도

## 7) 운전자 상태 모니터링 프로그램 시험

- 운전자 상태 모니터링 프로그램은 아래와 같이 두 차례로 나누어 개발을 수행하였으며, 얼굴, 눈, 코 또는 입 등을 인식하지 않고 원본 영상을 사용하여 운전자를 모니터링 가능하다는 가설을 검증 및 테스트하기 위해 전방 및 비전방 주시 분석 프로그램을 개발하였음
- 1차 프로그램 개발 내용
  - 모델 학습 가능한 데이터셋 크기 분석
  - 학습 데이터셋의 프리프로세싱 파라미터 분석
  - Fine-Tuning 학습 파라미터 분석
  - 전방 및 비전방 주시를 분석하는 비교적 간단한 모델을 통한 모델 학습 가설 검증
- 1차 프로그램 개발 및 테스트를 통해 원본 영상만을 사용하여 운전자를 모니터링 가능함을 검증하였으며, 아래와 같이 기능을 추가하여 금년도 운전자 모니터링 프로그램을 개발하였음
- 2차 프로그램 개발 내용
  - 1차 개발 결과의 파라미터 활용
  - 하단 시야, 눈 감음, 하품을 범주에 추가
  - Training from Scratch 학습 파라미터 분석
- 아래 표는 금년도 1차 및 2차 프로그램 개발 내용을 비교한 표임

(표 2-1-18) 금년도 개발 상태분석변인

구분	상태분석변인	1차 개발	2차 개발
시야 방향 비율	전방	전방	전방
	좌측방	비전방	비전방
	우측방		
	백미러		
	그 외		
조작 및 인지 시간 비율	계기판	비전방	하단(시야) 및 눈 감음
	센터페시아		
얼굴 상태 비율	눈 감음		
	하품		하품
	긴장		

- 위의 1차 프로그램은 가설 검증 및 테스트를 위하여 개발되었기 때문에 실제 프로그램 테스트는 2차 프로그램만을 대상으로 수행하였음
- 프로그램 테스트는 차년도부터 기능/성능 개선, 타겟 임베디드 보드 결정 등을 하기 위하여 데스크탑, 노트북, Jetson TX2 보드 등 다양한 기기에서 수행하였으며, 시험 환경, 시험 기기 사양 및 카메라 사양 등은 아래와 같음

(표 2-1-19) 시험 기기 사양

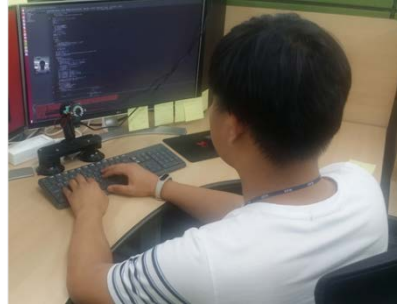
기기명	사양	비고
Desktop	Ubuntu 16.04 기반 Desktop - CPU: Intel i7-6700 - RAM: 32GB - GPU: NVIDIA GTX 1080 x 2, NVIDIA Pascal, 2560 CUDA Cores	딥러닝 학습 및 실험실 테스트용 Desktop
Laptop	Ubuntu 16.04 기반 Laptop - CPU: Intel i7-6700HQ - RAM: 8GB - GPU: NVIDIA GTX 960M, NVIDIA Maxwell, 640 CUDA Cores	실험차 테스트용 Laptop
Jetson TX2	Ubuntu 16.04 기반 Embedded Board - CPU: HMP Dual Denver 2/2 MB L2 + Quad ARM® A57/2 MB L2 - RAM: 8GB - GPU: NVIDIA Pascal™, 256 CUDA Cores	실험차 테스트용 Embedded Board

(표 2-1-20) 시험 카메라 사양

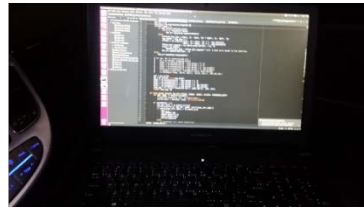
기기명	2MP CMOS OV2710 USB Webcam	See3CAM_CU40
제조사	ELP	e-con Systems
해상도 (픽셀)	1920 x 1080, 1280 x 1024 1280 x 720, 1024 x 768 800 x 600, 640 x 480 352 x 288, 320 x 240	640 x 480 1280 x 720 1920 x 1080 2688 x 1520
영상 채널	RGB(주간), IR(야간)	RGB-IR(주, 야간)

- 운전자 상태 모니터링 프로그램에 사용된 Convolutional Neural Network (CNN) 모델의 학습은 실험실에서 임의로 취득한 이미지를 사용하였으며, 학습 데이터와 별개로 실험실 및 실험차에서 테스트 데이터를 아래와 같이 구축하였음
- 학습 및 실험 데이터
  - 실험실 및 실험차 데이터 취득 대상은 각각 4명씩 총 8명으로 구성
  - 실험실 학습 데이터 이미지: 10000개
  - 실험실 테스트 데이터 이미지: 1000개
  - 실험차 테스트 데이터 이미지: 27717개

- 실험실 및 실험차 환경은 아래 그림과 같음



(그림 2-1-48) 실험실 시험 환경



(그림 2-1-49) 실험차 시험 환경

- 프로그램 테스트는 운전자 상태 모니터링 프로그램의 상태분석변인을 추출하는 Convolutional Neural Network(CNN) 모델에 대하여 주간 실험실 및 주/야간 실험차 조건으로 나누어 수행하였음
- 시험 케이스는 다음 표와 같음

(표 2-1-21) 시험 케이스

Test Case ID			시험 항목
대항목	중항목	소항목	
TC.00	주간 운전자 상태 모니터링 (실험차)		
	01	01	정면
		02	비정면
		03	하품
		04	눈감음
TC.01	야간 운전자 상태 모니터링 (실험차)		
	01	01	정면
		02	비정면
		03	하품
		04	눈감음
TC.02	주간 운전자 상태 모니터링 (실험실)		
	01	01	정면
		02	비정면
		03	하품
		04	눈감음

- 아래 표는 시험 기기에 따른 처리 시간 및 Jetson TX 기준 프로그램의 각 모듈의 처리 시간을 비교한 표임

(표 2-1-22) 시험 기기에 따른 처리 시간 비교

기기명	Image Read(s)	Inference(s)	Total(s)
Desktop	0.026	0.045	0.071
Laptop	0.014	0.054	0.068
Jetson TX2	0.093	0.133	0.226

(표 2-1-23) Jetson TX2 기준 각 모듈의 처리시간 비교

모듈명	처리시간 (s)
ImageRead	0.093
Inference	0.133
Driver Status Detection	0.001
ImageShow	0.008
Total	0.235

- 이미지 취득과 Convolutional Neural Network (CNN) 모델 추론 모듈이 각각 전체 처리 시간의 39%, 56% 이상을 차지하고 있음
- 추론 모듈은 RGB 이미지를 입력으로 하기 때문에 시험에 사용 된 카메라의 RGB-IR 포맷을 RGB 포맷으로 변경하는 데 많은 시간이 소요되므로 RGB-IR 포맷을 입력으로 하는 추론 모듈을 학습 시킬 경우 이미지 취득 모듈의 처리 시간이 단축 될 것으로 예상됨

(표 2-1-24) 시험 케이스에 따른 시험 정확도

Test Case ID			시험 항목	정확도
대항목	중항목	소항목		
TC.00	주간 운전자 상태 모니터링 (실험차)			
	01	01	정면	0.849
		02	비정면	0.868
		03	하품	0.92
		04	눈감음	0.493
TC.01	야간 운전자 상태 모니터링 (실험차)			
	01	01	정면	0.515
		02	비정면	0.936
		03	하품	0.620
		04	눈감음	0.397
TC.02	주간 운전자 상태 모니터링 (실험실)			
	01	01	정면	0.991
		02	비정면	0.984
		03	하품	0.979
		04	눈감음	0.916

(표 2-1-25) 주/야간 실험차 및 실험실 시험 평균 정확도

시험항목	정확도
주간 실험차	0.783
야간 실험차	0.617
주간 실험실	0.968

- 실험실 조건에서 추론 모델 학습 시 눈 감음과 하단 시야 변인이 추론과정에서 유사한 특성을 가져 하나의 변인으로 묶어 학습시켰으나, 실험차 조건에서의 시험 결과는 그와 반대로 하단 시야 변인이 비정면 변인과 더욱 유사한 특성을 보여 위 표와 같이 눈 감음 정확도가 낮았으나 상태분석변인을 세분화 할 경우 위 문제는 해결될 것으로 예상함
- 야간 실험차 시험은 적외선 조명 문제로 운전자 이미지 품질이 좋지 않은 관계로 시험 정확도가 낮았으나 적외선 조명의 조도, 설치 위치 변경 및 제작 등으로 해결할 수 있을 것으로 예상함
- 위의 문제를 해결하고 운전자 상태 분석 및 예측 정확도 향상을 위하여 아래와 같이 향후 개발 예정임
- 1차 개발 내용
  - 비전방 및 하단 시야, 눈깜박임 등의 범주 세분화
  - 조명 및 카메라 등 시험 환경 최적화
  - 모델 축소 및 입력 이미지 채널 등 Convolution Neural Network (CNN) 모델 최적화
- 2차 개발 내용
  - 운전자 시야의 수평·수직 각도를 범주에 추가
  - 상태분석변인에 따른 주의분산, 피로, 졸음 등을 분석

(표 2-1-26) 향후 개발 상태분석변인

구분	상태분석변인	1차 개발	2차 개발	
시야 방향 비율	전방	전방	전방	시야 각도
	좌측방	좌측방	좌측방	
	우측방	우측방	우측방	
	백미러	백미러	백미러	
	그 외	인식 불가	인식 불가	
조작 및 인지 시간 비율	계기판	하단 시야	하단 시야	
	센터페시아			
얼굴 상태 비율	눈 감음	눈 감음	눈 감음	
	하품	하품	하품	
	긴장			

## 나. 운전자 행동 분석 요소기술

- 운전 행동 분석 요소기술은 아래 그림과 같이 운전자 맞춤형 인터랙션 엔진의 요소기술 중에 하나로서 차량의 조향, 가감속 등의 차량 및 주행정보를 분석하여 운전자의 운전 수행 능력을 평가하고, 운전자 주의분산 상태를 분석하여 운전자 인지심리행동 모델 중 운전자 상태기반 모델링에 필요한 개인별 특성을 나타내는 기초 자료로 사용됨.



(그림 2-1-50) 운전 행동 분석 요소기술의 개요

- 당해 차년도는 운전 행동 분석 요소기술의 기초 데이터 분석 단계로서 여러 명의 운전자가 실제 차량에서 운전한 실차 데이터 중에서 조향, 가감속 등의 주요 운전 조작 데이터의 특성을

분석하고, 운전 조작의 단위 특성을 추출하여 미세 운전 조작을 식별 및 인식하는 연구를 수행하였음.

#### 1) 운전 행동 분석 연구의 목표

- 사람은 운전을 하면서 운전대(steering wheel), 가속 페달(accelerating pedal), 브레이크 페달(brake pedal)을 끊임 없이 조작함. 이 3 가지의 간단한 운전 조작 행위를 자세히 들여다보면 그 속에는 운전자 개개인의 습관이나, 교통이나 도로 상황에 얼마나 적합하게 운전을 하였는지에 대한 정도, 그리고 평소의 운전 조작과는 유별나게 다른 운전 조작 행태가 있었는지에 대한 여부를 알 수 있음.
- 운전 행동 분석 연구는 이와 같이 사람이 운전 조작으로부터 개인별 특성과 현재 상태를 분석하고, 그 결과를 이용하여 운전자의 편의나 안전을 제고하는 것이 주된 목표임. 운전 행동 분석 연구의 주요 목표는 다음 3 가지로 요약할 수 있음.
  - 차량 및 주행 정보(vehicle dynamics)를 이용한 운전 행동(driver behavior) 인식 및 분석
  - 기계학습 기반의 운전자 식별(driver identification) 과 운전 수행(driving performance) 평가

- 실시간 분석 결과에 따라 디지털 cockpit을 통해 운전자와 인터랙션하여 주행 안전과 운전 만족도 향상

## 2) 실차 데이터 개요 및 주요 특징

- 당해년도에 분석할 실차 데이터 중 차량 및 주행 정보는 크게 운전자의 운전 조작 정보(manuever information), 차량의 측정 정보(measurement information), 교통 상황 정보(traffic information) 등으로 나눌 수 있음. 운전 조작 정보, 차량의 측정 정보, 교통 상황 정보를 구성하는 각각의 구체적인 항목은 다음과 같음.

- 운전 조작 정보: 조향각, 조향 각속도, 가속 페달 압력(위치, 깊이), 브레이크 페달 압력(위치, 깊이), 유압 또는 회생 제동 토크, 스로틀 밸브 위치(throttle position sensor), 변속기 위치, 방향 지시등 점등 상태, 와이퍼 작동 상태 등
- 차량 측정 정보: 차량 속도, 엔진(모터) 속도와 토크, 3축 각도(roll, pitch, yaw), 3축 가속도(x, y, z), GPS 정보, TCS(Traction Control System), ABS(Anti-lock brake system) 작동 여부, 연료 소비율, 배터리 전류/ 전압/ 온도/ 충전량(state of charge) 등
- 교통 상황 정보: 전방차량 상대거리/ 상대속도/ 횡거리, 차선

이탈 정보(Lane Departure Warning System), 차선과 타이어 간 거리, 차량 주변 영상 정보 등

- 상기 실차 데이터는 6개의 데이터 세트(dataset)로 구성되어 있고, 운전 조작 인식(manuever recognition)에 필요한 운전 조작과 차량 측정 정보의 주요 항목에 대한 6개의 실차 데이터 세트 별 특징은 아래 표와 같음.

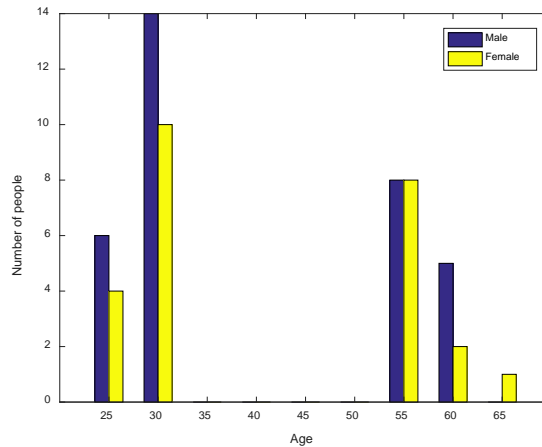
(표 2-1-27) 운전 조작 인식을 위한 실차 데이터 세트 별 특징

구분	A1	A2	A3	B	C1	C2
차종	중형차	중형차	중형차	SUV	경차	경차
운전자 영상 (부주의)	0	0	0	X	X	X
GAS pedal pressure	X	X	△(CAN)	△(CAN)	△(CAN)	△(CAN)
Brake pedal pressure	0	0	0	0	△(CAN)	△(CAN)
Steering wheel angle	0	0	0	0	0	0
Vehicle speed	0	0	0	0	0	0
3-axis acceleration	0	0	0	0	0	0
3-axis rate of turn	△	△	△	0	0	0
GPS 정보	0	0	0	0	0	0
Fuel Consumption	X	0	0	0	0	0

- 상기 6개의 실차 데이터 세트 중에서 운전자 영상과, 가속 페달 위치 정보를 포함하는 A3 데이터 세트에 대한 개요 및 시험 운전자 통계는 아래 표 및 그림과 같음.

(표 2-1-28) 운전 조작 인식을 위한 A3 실차 데이터 개요

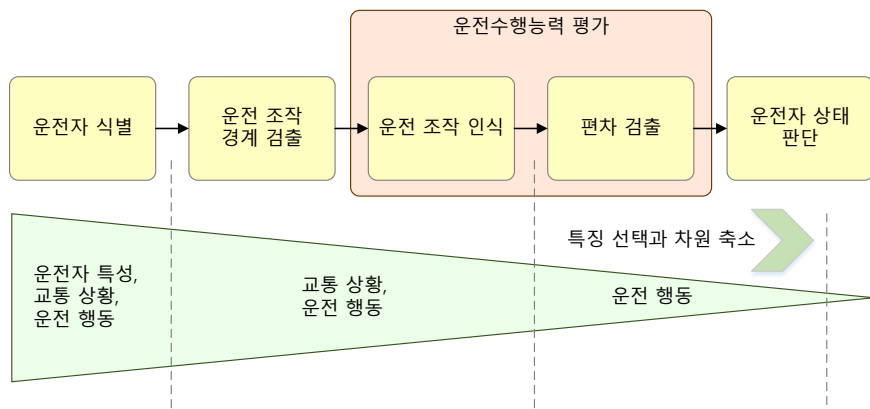
구분	내용	비고
운전자 수	58 명	
주행 클래스 수	3 개	
고속도로 주행 거리 합계	4,408 km	경부고속도로, 평택제천고속도로
지방도로 주행 거리 합계	2,900 km	21번 국도
시내도로 주행 거리 합계	870 km	천안 시내
총 주행 거리	8,178 km	
총 주행 시간	174 시간	



(그림 2-1-51) A3 실차 데이터에 대한 운전자 연령 통계

### 3) 운전 행동 분석 방법론

- 운전 행동을 분석하는 방법은 아래 그림과 같이 운전자 식별, 운전 조작 경계 검출, 운전 조작 인식, 편차 검출, 운전자 상태 판단의 과정을 통해 이루어짐.



(그림 2-1-52) 운전 행동 분석 방법론

- 운전 행동 분석 방법론을 각 단계별로 구체적으로 살펴보면 다음과 같음.
  - 운전자 식별: 먼저 운전자를 식별하여 운전자를 특정하고, 미리 저장된 운전자 특성에 관한 모델 혹은 데이터베이스로부터 운전자 특성을 불러옴. 여기서 운전자를 식별하는 방법은 각 운전자 별로 조향각, 조향속도, 가속 페달

압력(위치, 깊이), 브레이크 페달 압력(위치, 깊이)의 특징을 미리 추출하여 상관도를 분석하는 것을 의미하는데, 얼굴이나 음성을 인식한 결과와 함께 분석하여 정확도를 올리는 방법도 가능함.

- 운전 조작 경계 검출: 운전 행동 데이터를 운전 조작(manuever) 단위로 나누기 위하여 각각의 운전 조작의 경계를 검출함.
- 운전 조작 인식: 운전 조작 인식은 운전 조작 학습 데이터 생성(creation of training data), 운전 조작에 대한 지도 학습(supervised learning), 운전 조작 분류(classification)의 순으로 이루어짐. 운전 조작 학습 데이터 생성은 아래 그림과 같이 전방 및 후방 영상과 GPS 정보를 통해 교통 상황을 분석하여 각 운전 조작 데이터에 대한 라벨링(labeling)을 통해 이루어짐.



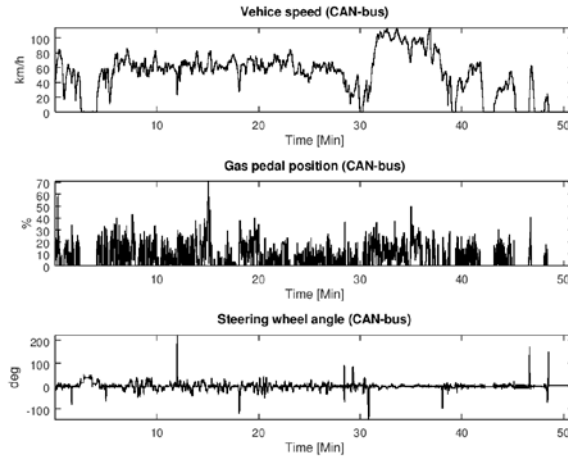
(그림 2-1-53) 교통 상황 분석 화면

- 운전 조작에 대한 지도 학습은 각각의 운전 조작 별로 미리 라벨링(labeling)된 학습 데이터를 이용하여 표 2-1-28과 같은 8 개의 운전 조작으로 매핑하는 지도 학습을 의미함. 운전 조작 분류는 지도 학습된 결과를 이용하여 경계가 검출된 각각의 실제 운전 조작에 대해서 표 2-1-23중에 하나로 분류하는 것을 의미함.

(표 2-1-29) 운전 조작의 분류

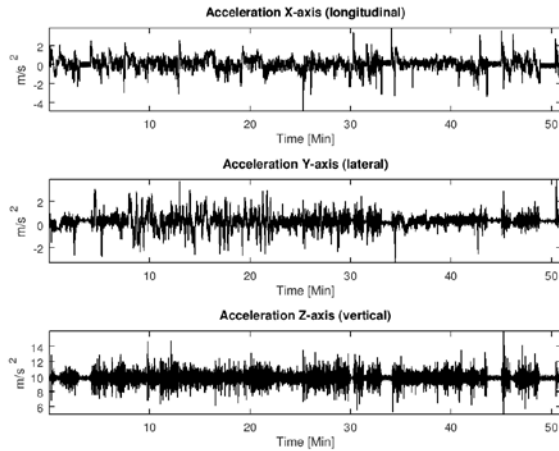
기호	운전 조작
LKS	Lane keeping for straight segments
LKR	Lane keeping for right road-curve
LKL	Lane keeping for left road-curve
RT	Right turn
LT	Left turn
RLC	Right lane change
LLC	Left lane change
STP	Stop

- 편차 검출: 운전자의 정상적인 운전 조작의 특징을 미리 학습하여 데이터 베이스에 저장하고, 현재의 운전 조작과 비교하여 각 운전 조작 단위로 편차를 검출함.



(그림 2-1-54) 편차 검출 대상인 운전 행동 데이터

- 운전수행능력 평가: 검출된 운전 조작 단위의 편차를 이용하여 주어진 과업에 대한 운전 수행 결과에 대하여 일정한 기준으로 위험 운전(risky driving)이나 운전 미숙(inexperienced driving)의 정도에 대한 점수를 산출함.
- 운전자 상태 판단: 검출된 운전 조작 단위의 편차와 같은 차량 측정 정보를 이용하여 일정한 기준으로 부주의(inattention)과 주의 산만(distraction)의 정도에 대한 점수를 산출함. 아래 그림의 예시로 든 3축 가속도(x, y, z) 외에도 3축 각도(roll, pitch, yaw) 정보 등을 추가적으로 사용할 수도 있음.



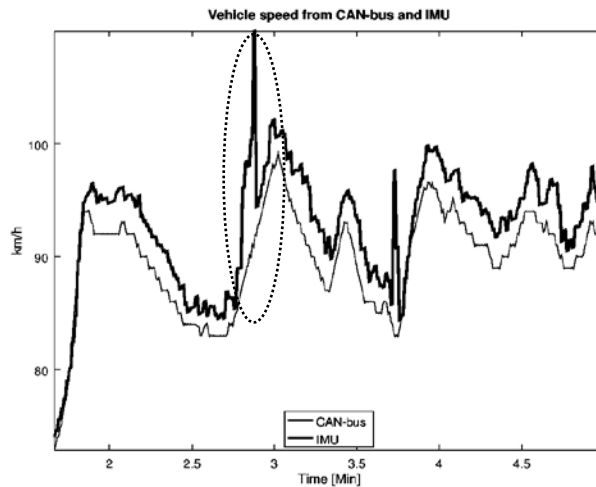
(그림 2-1-55) 운전자 상태 판단을 위한 차량 측정 정보

(표 2-1-30) 운전자 상태의 분류

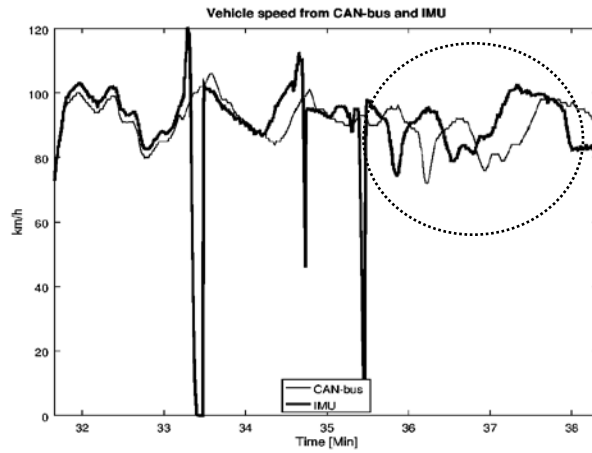
구분	설명
부주의 (inattention)	안전운전을 위해 중요한 활동에 불충분하거나 전혀 주의를 기울이지 않는 상태.
주의 산만 (distraction)	차량 내외부의 어떤 사건, 활동, 물건 또는 사람으로 인해 운전자의 청각과 생체 역학적, 인지적, 시각적 능력을 손상시킴으로써 차량 횡방향 및 종방향 제어를 안전하게 유지하는데 필요한 정보의 인식을 지연시켜 운전자가 기본적인 운전과제에 집중하지 못하는 상태.

#### 4) 운전 행동 데이터 전처리

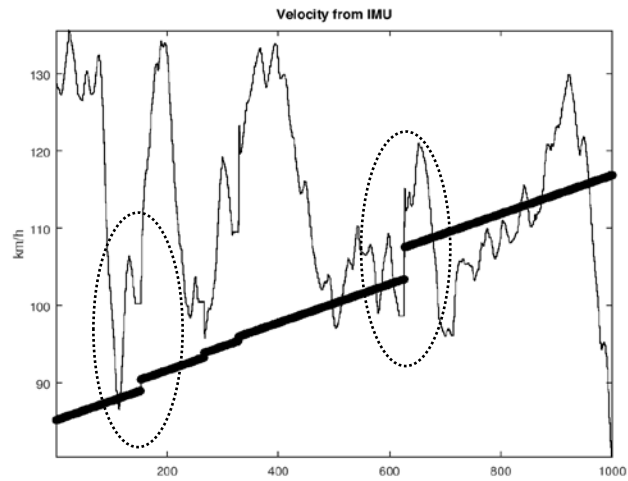
- 데이터 전처리 과정은 데이터 이상 검출(data abnormality detection), 시간 동기화(time synchronization), 노이즈 제거(denoising) 등으로 이루어짐.
  - 데이터 이상 검출은 특정 센서 출력이 비정상적으로 높거나 낮은 부분에 대해서 CAN버스의 다른 항목과 비교·분석하여 이상 유무를 검출함. 경우에 따라서는 전·후방 영상 정보를 분석하여 실제로 특정 센서 출력이 높거나 낮을 가능성이 있는 상황이었는지에 대해서도 분석함.



(그림 2-1-56) CAN 버스 데이터의 양자화 오류 검출



(그림 2-1-57) CAN 버스 데이터의 데이터 획득 오류 검출



(그림 2-1-58) CAN 버스 데이터의 트리거 신호 오류 검출

- 노이즈 제거는 FWHT(Fast Discrete Walsh-Hadamard Transform)를 이용하여 주파수 영역(frequency-domain)에서 특정 노이즈 성분을 제거하고 신호를 다시 복원하는 것임
- 시간 동기화는 서로 샘플링 레이트(sampling rate)가 다른 신호들에 대해서 같은 시간 영역(time-domain)에서 신호를 서로 비교하고 처리하기 위하여 상대적으로 샘플링 레이트가 높은 신호를 낮은 샘플링 레이트로 변환(resampling)함으로써 시간 동기를 일치시킴.
- 신호를 획득할 당시의 트리거 신호 정보가 있는 경우는 트리거 신호 정보를 이용하여 동기 불일치(synchronization mismatch)를 보정함.

#### 5) 운전 조작 경계 추출

- 운전 조작 경계는 OBD에서 입력되는 조향각(SWA; Steering Wheel Angle) 신호를 사용하여 검출함.
  - 조향각 신호가 '0' 가 되는 점을 기준으로 기울기의 변화량 지속시간과 RMS(Root Mean Square)의 크기를 참고하여 운전 조작 단위로 분리함.

## 6) 운전 조작 인식

- 운전 조작 인식 과정은 운전 조작 경계 추출에 의하여 구분된 미세 운전 조작 단위 시간 동안에 입력된 조향각, 가속 페달 압력(위치, 깊이), 브레이크 페달 압력(위치, 깊이), 3축 각도(roll, pitch, yaw), 3축 가속도(x, y, z) 등을 참고하여 표 2-1-28에서 보인 8개의 운전 조작 중의 하나로 분류하는 것임.
  - 개인별 운전 행동 데이터의 특징은 차량 속도, 가속 페달 위치(압력, 깊이), 조향각 신호 등의 신호를 이용하여 검출함.
  - 운전 조작 인식의 입력 데이터들에 대하여 시계열(time-series)에 대한 FFT 계수의 특징을 추출하고 optimum support vector를 찾기 위한 one-against-all 알고리즘을 적용하여 8개의 클래스에 대하여 2차원 FFT 공간에서 클러스터링함.
- 미세 운전 조작 단위 시간들을 8 개의 클래스로 분류하는 k-NN (k-Nearest Neighbors algorithm) 분류기와 SVM(Support Vector Machine) 분류기에 대한 운전 조작을 인식함

## 다. 운전자 정서 분석 요소기술

- 운전자의 정서를 분석하기 위한 요소기술 개발의 결과로써, 실주행 시험 자동차로부터 취득된 DVI(Driver-Vehicle Interaction, 자동차-운전자 상호작용) 데이터 분석, Valence-Arousal 정서 모델에 기반한 운전자 EEG(ElectroEncephaloGram, 뇌전도) 데이터 처리, 자동차 다중 채널 데이터를 이용한 특징 추출, 기계 학습(Machine Learning)에 기반한 운전자 정서 분류에 대해 기술함

### 1) 자동차 DVI 데이터 분석

- 운전자와 자동차 간의 상호작용 분석을 위해 KATECH(Korea Automotive TECHNOlogy Institute, 자동차부품연구원)에서 구축한 DVI(Driver-Vehicle Interaction) 데이터베이스를 활용함
- DVI 데이터베이스는 KATECH에서 2010년 9월부터 2014년 3월까지 253명의 피실험자를 대상으로 30,305km의 실도로 주행을 통해 구축한 데이터베이스로 운전자 상태(뇌파, 심박), 운전자 거동 상태(머리위치/자세, 눈위치/주시방향), 자동차 거동 상태(가속, 제동, 조향, 속도 등), 전방 주행 도로 조건(전방 차량 거리/상대속도), 운전 및 교통상황 정보(GPS, 주행 영상 등) 등의 다양한 데이터를 포함함

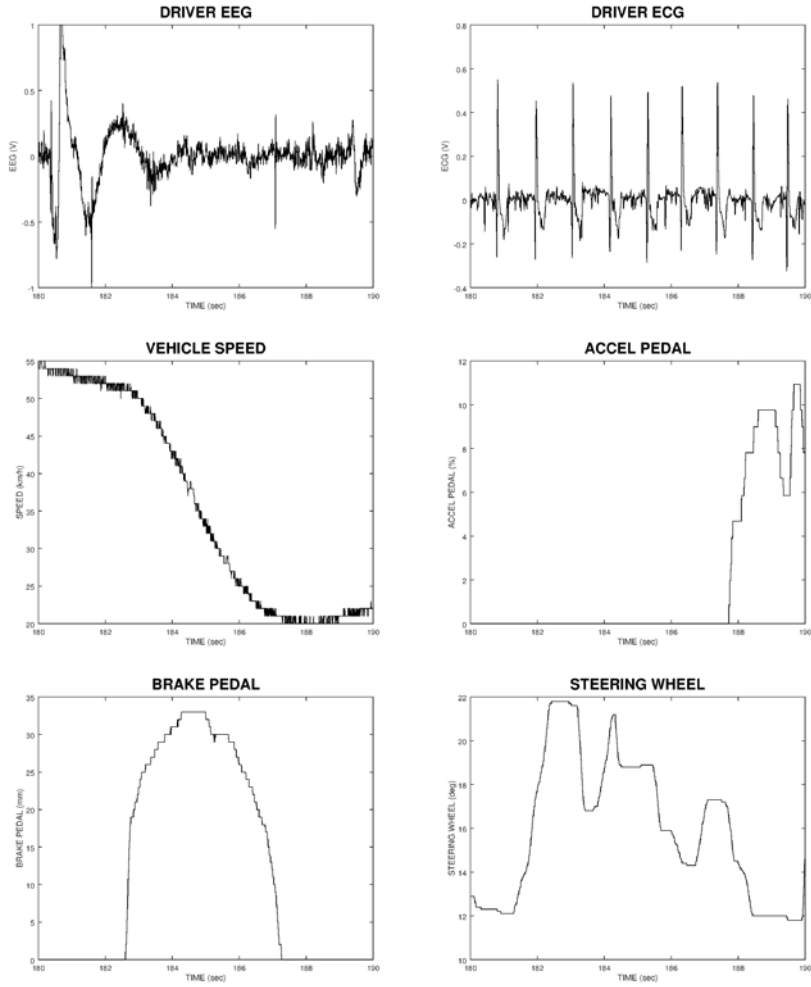
(표 2-1-31) DVI 데이터베이스 개요

차수	차종	채널수	피시험자 (명)							주행도로 (km)			
			남	여	20대	30대	40대	50대	소계	고속도로	지방도로	시내도로	소계
1차	제네시스	56	20	37	0	35	22	0	57	76	50	15	141
2차	제네시스	69	20	0	0	9	11	0	20	76	50	15	141
3차	제네시스	76	33	25	34	0	0	24	58	76	50	15	141
4차	쏘렌토	72	28	29	9	19	19	10	57	76	50	15	141
5차	레이(EV)	88	20	21	10	12	12	7	41	0	38	15	53
6차	레이(EV)	89	10	10	10	10	0	0	20	0	38	15	53
소계	3	144	131	122	63	85	64	41	253	304	276	90	670

- 본 연구에서는 DVI 데이터베이스의 다중 채널 중 EEG, ECG(ElectroCardioGram, 심전도), 속도, 브레이크페달, 가속페달, 조향핸들 데이터를 사용하여 운전자 정서 분석 요소기술을 개발함

(표 2-1-32) 운전자 정서 분석용 DVI 채널

채널명	정의	단위	샘플링 주파수	참고
EEG1	전두엽 좌측	V	250 Hz	사고, 인지
EEG2	전두엽 우측	V	250 Hz	사고, 인지
EEG3	측두엽 좌측	V	250 Hz	청각
EEG4	측두엽 우측	V	250 Hz	청각
EEG5	두정엽 좌측	V	250 Hz	운동, 감각
EEG6	두정엽 우측	V	250 Hz	운동, 감각
EEG7	후두엽 좌측	V	250 Hz	시각
EEG8	후두엽 우측	V	250 Hz	시각
ECG	심전도	V	250 Hz	심박
Accelerator pedal	가속 페달 값	%	100 Hz	
Brake pedal	브레이크 페달 깊이	mm	100 Hz	
Steering wheel	조향 핸들 각도	Deg	100 Hz	
Speedometer	자동차 속도	Km/h	100 Hz	



(표 2-1-33) 운전자 정서 분석용 DVI 채널 원시 데이터

## 2) 운전자 EEG 기반 Valence-Arousal 정서 모델 분석

- DVI 데이터베이스는 운전자와 자동차 간의 상호작용에 의한 다양한 센서 데이터를 기록하고 있으나 운전자의 정서에 관한 레이블이 구축되어 있지 않기 때문에 운전자의 복합적인 정서 분석을 위하여 Valence-Arousal 정서 모델을 활용함
- Valance는 긍정의 정도를 수치화하며 그 값이 높을수록 즐거운 감정을 나타내고 낮을수록 불쾌한 감정을 나타냄. 또한, Arousal은 각성의 정도를 수치화하며, 그 값이 높을수록 긴장한 감정을 나타내고 낮을수록 편안한 감정을 나타냄
- Valence와 Arousal의 조합은 2차원 정서 모델을 구성하며 두 값의 조합으로 다양한 정서를 수치화하고 분석할 수 있음



(그림 2-1-59) Valence-Arousal 정서 모델

- 본 연구에서는 DVI 데이터베이스의 다중 채널 중 8 채널의 EEG 데이터를 사용하여 Valence-Arousal 정서 모델로 변환하였음

(표 2-1-34) DVI 데이터베이스 EEG 8채널 측정

채널명	센서 위치	10/20 전극시스템 대응 센서	참고
EEG1	전두엽 좌측	F3	
EEG2	전두엽 우측	F4	
EEG3	측두엽 좌측	T3	
EEG4	측두엽 우측	T4	
EEG5	두정엽 좌측	C3	
EEG6	두정엽 우측	C4	
EEG7	후두엽 좌측	O1	
EEG8	후두엽 우측	O2	

- DVI 데이터베이스의 8 채널의 EEG 데이터 중 사고와 인지에 반응하는 전두엽 좌측 EEG1 채널과 전두엽 우측 EEG2 채널의 데이터를 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용하여 주파수 변환함
- 변환된 각 채널의 주파수 성분을 델타( $\delta$ )파(0~4 Hz), 세타( $\theta$ )파(4~8 Hz), 알파( $\alpha$ )파(8~13 Hz), 베타( $\beta$ )파(13~30 Hz), 감마( $\gamma$ )파(30 Hz 이상)의 5개 주파수 대역 별로 PSD(Power Spectral Density, 파워 스펙트럼 밀도)를 계산함

(표 2-1-35) EEG 기반 주파수 대역 별 정서 특징

채널명	주파수 대역	특징
델타(δ)파	0~4 Hz	수면파, 수면 시 발생하는 뇌파
세타(θ)파	4~8 Hz	졸음파, 잠에 빠져들 때의 뇌파
알파(α)파	8~13 Hz	안정파, 심신 안정 시 뇌파
베타(β)파	13~30 Hz	스트레스파, 불안/긴장 시 뇌파
감마(γ)파	30 Hz 이상	극도의 각성/흥분 시 뇌파

- 전두엽 좌측 EEG1 채널과 전두엽 우측 EEG2 채널의 알파(α)파(8~13 Hz), 베타(β)파(13~30 Hz)를 정규화한 후 Valence와 Arousal 값을 계산함

$$Valence = \frac{EEG2 \text{의 알파값}}{EEG2 \text{의 베타값}} - \frac{EEG1 \text{의 알파값}}{EEG2 \text{의 베타값}}$$

$$Arousal = \frac{EEG1 \text{의 베타값} + EEG2 \text{의 베타값}}{EEG1 \text{의 알파값} + EEG2 \text{의 알파값}}$$

- DVI 데이터베이스의 5~6차 실험으로 주행 시험에서 취득한 61명의 운전자 데이터 중 센서 오류로 인해 데이터의 손상이 발생한 3명의 운전자 데이터를 제외한 58명의 운전자 EEG 데이터를 대상으로 상기의 절차를 통해 Valence-Arousal 정서 모델로 변환함
- 변환한 운전자 Valence-Arousal 정서 모델값을 성별(남자, 여자), 연령별(20대, 30대, 40대, 50대이상)로 군집화하여 각 운전자

그룹 별 Valence-Arousal 정서 모델을 분석함

(표 2-1-36) 운전자 그룹 별 Valence-Arousal 정서 모델 통계

그룹	Valence			Arousal		
	mean	std	var	mean	std	var
20대 남자	0.027726	0.195188	0.038098	0.213290	0.123452	0.015240
30대 남자	-0.043491	0.165108	0.027261	0.203400	0.101902	0.010384
40대 남자	-0.011617	0.167156	0.027941	0.245149	0.129948	0.016886
50대 남자	0.001023	0.133875	0.017923	0.246431	0.082602	0.006823
20대 여자	-0.106912	0.311530	0.097051	0.173442	0.098701	0.009742
30대 여자	-0.046709	0.263437	0.069399	0.200608	0.120035	0.014408
40대 여자	-0.043502	0.247023	0.061021	0.211167	0.116239	0.013512
50대 여자	-0.017039	0.123948	0.015363	0.295043	0.178545	0.031878

- 운전자 성별(남자, 여자), 연령별(20대, 30대, 40대, 50대이상) 군집화한 각 운전자 그룹 별 Valence-Arousal 정서 모델이 상이한 특성을 가짐에 따라 이후 기계 학습을 통한 운전자 정서 판단에 운전자 그룹 별 Valence-Arousal 정서 모델을 활용함

3) 자동차 다중 채널 데이터 특징 추출

- 본 연구에서는 DVI 데이터베이스의 다중 채널 중 ECG, 속도, 브레이크페달, 가속페달, 조향핸들 데이터를 기반으로 운전자 정서 분석을 위한 특징(features)을 추출함
- ECG 채널 데이터는 운전자로부터 취득되는 생체 데이터로 운전

중 발생하는 다양한 정서 변화에 대해 운전자 자율 신경계의 교감 신경과 부교감 신경의 상호작용을 반영함

- 운전자 정서 분석을 위해 ECG 데이터의 QRS complex에서 R 피크(peaks)를 탐지하고 R 피크 간 간격인 R-R interval의 심박 변이도(Heart Rate Variability, HRV)를 분석함
- ECG 데이터는 전력선 간섭, 기저선 이동, 근육 수축/이완, 움직임 등의 다양한 원인으로부터 잡음이 포함될 수 있음
- ECG 데이터의 잡음을 제거하기 위하여 중간값 필터(Median Filter)를 이용하여 고주파 잡음을 제거하고 다항 스플라인 추정을 이용하여 기저선 이동을 제거하였음
- 연속적인 QRS complex로 이루어진 ECG 데이터의 R 피크를 검출하기 위하여 템플릿 매칭을 통하여 RMSE(Root Mean Square Error)가 최소인 R 피크를 검출하였으며 검출한 R 피크들의 발생 시간 간 차이를 이용하여 R-R interval을 생성하였음
- ECG 데이터로부터 추출한 R-R interval을 이용하여 시간 영역 및 주파수 영역에서의 심박 변이도를 분석하고 시간대 별로 운전자 ECG 기반 심박 변이도 특징을 추출함

(표 2-1-37) ECG 기반 HRV 분석 및 특징

HRV 기법	HRV 특징	단위	설명
시간 영역 분석	SDNN	msec	Standard deviation of all R-R intervals
	SDANN	msec	Standard deviation of the averages of R-R intervals in all 5-minute segments of the entire recording
	RMSSD	msec	The square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent R-R intervals
	SDNNi	msec	Mean of the standard deviations of all R-R intervals for all 5-minute segments of the entire recording
	SDSD	msec	Standard deviation of differences between adjacent R-R intervals
	NNi		Number of pairs of adjacent R-R intervals differing by more than $i$ ms in the entire recording
	pNNi	%	NNi count divided by the total number of all R-R intervals
	TI		Total number of all R-R intervals divided by the height of the histogram of all R-R intervals measured on a discrete scale with bins of 7.8125 ms (1/128 seconds)
	TINN	msec	Baseline width of the minimum square difference triangular interpolation of the highest peak of the histogram of all R-R intervals
주파수 영역 분석	Total power	msec <sup>2</sup>	The variance of R-R intervals over the temporal segment ( $\leq 0.4$ Hz)
	VLF	msec <sup>2</sup>	Power in VLF range ( $\leq 0.04$ Hz)
	LF	msec <sup>2</sup>	Power in LF range (0.04 ~ 0.15 Hz)
	LF norm	nu	LF power in normalized units (LF/(total power-VLF) $\times 100$ )
	HF	msec <sup>2</sup>	Power in HF range (0.15 ~ 0.4 Hz)
	HF norm	nu	HF power in normalized units HF/(total power-VLF) $\times 100$
	LF/HF		Ratio LF/HF

- 자동차로부터 취득되는 다양한 데이터 채널 중 운전자의 사고, 판단에 따라 조작되는 가속페달, 브레이크페달, 조향핸들 데이터와 속도 데이터를 기반으로 운전자 정서 분석을 위한 특징을 추출함
- DVI 데이터베이스의 가속페달, 브레이크페달 채널 데이터는 운전자가 자동차의 속도를 조절하기 위하여 조작하는 행위를 기록한 데이터로 운전 중 발생하는 다양한 주행 환경 변화에

대처한 상호작용 이벤트를 반영함

- 운전자 정서 분석을 위한 가속페달, 브레이크페달 채널 데이터의 특징 추출은 분석 구간 별 최소값, 중간값, 최대값, 평균값, 표준편차 등의 통계값과 더불어 그레디언트(gradient) 기반의 페달 Up/Down 조작 이벤트 탐지를 통해 이벤트 빈도, 이벤트 시간 간격 등의 특징을 추출함
- DVI 데이터베이스의 조향핸들 채널 데이터는 운전자가 자동차의 진행 방향을 변경하기 위하여 조작하는 행위를 기록한 데이터로 운전 중 발생하는 다양한 주행 환경 변화에 대처한 상호작용 이벤트를 반영함
- 운전자 정서 분석을 위한 조향핸들 채널 데이터의 특징 추출은 분석 구간 별 최소값, 중간값, 최대값, 평균값, 표준편차 등의 통계값과 더불어 그레디언트(gradient) 기반의 조향핸들 조작 이벤트 탐지를 통해 이벤트 빈도, 이벤트 시간 간격 등의 특징을 추출함
- DVI 데이터베이스의 속도 채널 데이터는 주로 운전자의 가속페달, 브레이크페달 조작에 의해 상호작용된 자동차의 반응을 기록한 데이터로 분석 구간 별 최소값, 중간값, 최대값, 평균값, 표준편차 등의 통계값 특징을 추출함

#### 4) 기계 학습 기반 운전자 정서 분류

- 운전자 정서 분류의 클래스 정의를 위해 운전자 성별(남자, 여자), 연령별(20대, 30대, 40대, 50대이상) 군집화한 각 운전자 그룹 별 Valence-Arousal 정서 모델의 구간 별 발생 빈도를 분석함
- 각 운전자 그룹 별 Valence-Arousal 정서 모델의 구간 별 발생 빈도를 고려하여 Valence와 Arousal에 대해 임계 구간을 결정하고 운전 중 정서 유발 상황을 클래스 A(클래스 레이블=1,  $-0.33 > \text{Valence}$  or  $0.33 < \text{Valence}$ ,  $0.66 < \text{Arousal}$ ), 일반 주행 상황을 클래스 B(클래스 레이블=0,  $-0.33 < \text{Valence} < 0.33$ ,  $0 < \text{Arousal} < 0.66$ )로 설정함
- 각 운전자 그룹 별 Valence-Arousal 정서 모델에 기반한 클래스 정보를 학습 데이터로 사용하여 DNN(Deep Neural Network, DNN) 모델을 구성하여 운전자 정서 분류를 수행함
- 운전자 정서 분류를 위한 DNN 모델은 추출한 특징으로 구성된 1개의 입력 레이어, 4개의 은닉 레이어, 1개의 출력 레이어로 구성하였으며 은닉 레이어의 뉴런 활성화함수(activation function)로는 ReLU(Rectified Linear Unit) 함수를 사용하고 출력 레이어의 뉴런 활성화함수로는 sigmoid 함수를 사용함

## 라. 운전자 인터랙션 기술

### 1) 고령운전자 특성 분석 및 사용자 요구사항 도출

- 운전자 맞춤형 인터랙션 기술 개발을 위해서 당해년도에는 우선적으로 고령운전자의 특성을 고려한 인터랙션 기술을 개발 하였음.
- 이는 최근 고령운전자의 운전능력 저하로 인한 교통사고가 심각한 사회문제로 대두되고 있는 등 고령운전자의 안전운전 지원을 위한 기술개발이 어느 때보다 시급해진 추세를 고려한 것임. 특히 우리나라는 세계적으로 고령화 진척 속도가 가장 빠른 나라로 기록되는 등 인구 고령화와 고령운전자에 대한 대책 마련이 어느 때보다 중요한 문제로 대두되고 있음.
- 미국의 교통 기관인 NHTSA에서도 고령운전자 문제를 교통안전의 중요한 이슈로 여기고 있으며 고령운전자의 안전운전을 위한 여러가지 가이드라인을 제시하고 있음.
- 본 연구에서는 우선적으로 선행연구 분석을 통하여 고령운전자의 시각적 감각 능력 저하, 청각적 감각 능력 저하, 촉각적 감각 능력 저하, 인지 능력 저하, 신체적 능력 저하, 상황적 및 행동적 경향 등에 대하여 그 특성을 분석하고 사용자 요구사항을 도출하였음.
- 고령운전자의 시각적 감각 능력 저하는 가장 심각한 안전운전

위해 요소이며 이에 대한 사용자 관점의 요구사항을 아래 표와 같이 도출하였음.

(표 2-1-38) 고령운전자의 시각적 감각 능력 저하 관련 사용자 요구사항

UFR.DAO.001	고령운전자는 저하된 시력과 콘트라스트 감도에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.002	고령운전자는 빛에 대한 감도와 암순응 저하에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.003	고령운전자는 운동 인지력 저하에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.004	고령운전자는 물체에 대한 초점을 맞추는 기능 저하에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.005	고령운전자는 야간 운전시 시각력 저하에 대한 지원을 받아야 한다.

- 고령운전자는 시력, 콘트라스트 감도, 암순응 능력, 운동 인지력, 초점 능력, 야간 시력 등 다양한 요소에서 시각적 능력이 저하된 것으로 분석되었음.
- 고령운전자의 청각적 감각 능력 저하와 관련된 사용자 요구사항은 아래와 같이 도출되었음.

(표 2-1-39) 고령운전자의 청각적 감각 능력 저하 관련 사용자 요구사항

UFR.DAO.006	고령운전자는 4KHz가 넘는 소리는 듣기 힘든 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.007	고령운전자는 소리 정보가 적절한 크기를 갖도록 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.008	고령운전자는 소리 정보에 대한 청각적 기능 저하를 고려하여 다른 모달리티와 함께 청각 정보를 제공받도록 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.009	고령운전자는 배경 음악이나 잡음 때문에 음성정보를 인식하는데 어려움을 겪는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.010	고령운전자는 음성 톤에 대한 인식 특징이 일반인과 다른 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.011	고령운전자는 익숙하거나 자연스럽지 않은 억양의 음성 정보를 인식하기 어려운 점에 대한 지원을 받아야 한다.

- 고령운전자는 특히 높은 주파수의 소리와 볼륨이 낮은 소리에 대한 인지력이 떨어지고 배경 소리와 음성정보를 구분하기 힘들어하는 특성이 있는 것으로 분석되었음.
- 고령운전자의 촉각적 감각 능력 저하와 관련된 사용자 요구사항은 아래와 같이 도출되었음.

(표 2-1-40) 고령운전자의 촉각적 감각 능력 저하 관련 사용자 요구사항

UFR.DAO.012	고령운전자는 높은 주파수의 진동은 느끼기 어려운 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.013	고령운전자는 신체 하부의 감각력이 일반인보다 더 떨어지는 점에 대한 지원을 받아야 한다.

- 고령운전자의 촉각적 감각 능력 역시 시각이나 청각과 마찬가지로 높은 주파수의 진동에 대한 인지력이 떨어지고 특히 신체 하부의 감각력이 저하된 것으로 분석되었음.
- 시각, 청각, 촉각 등의 감각 능력뿐만 아니라 고령운전자는 인지적인 능력도 저하되어 있는데 이 또한 교통사고 유발에 중요한 요소로 작용함. 고령운전자의 인지 능력 저하와 관련된 사용자 요구사항은 아래와 같이 도출되었음.

(표 2-1-41) 고령운전자의 인지 능력 저하 관련 사용자 요구사항

UFR.DAO.014	고령운전자는 시각적 주의력 저하에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.015	고령운전자는 운전 중 이중과제나 다중과제 처리 능력이 떨어지는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.016	고령운전자는 운전 중 핸드폰이나 차량내부 장치 사용으로 인한 주의분산 정도가 일반인보다 더

	크다는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.017	고령운전자는 심볼의 의미를 학습하고 기억하는 능력이 떨어지는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.018	고령운전자는 지도를 이해하는데 높은 주의력과 인지력을 필요로 한다는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.019	고령운전자는 차량 밖의 물체나 이벤트에 의해서 더 쉽게 주의가 분산된다는 점에 대한 지원을 받아야 한다.

- 고령운전자는 전반적으로 주의력이 저하되고 주의 분산 정도가 일반인 보다 더 크며 학습 능력과 기억력이 떨어지는 것으로 나타났음. 또한 운전 중에 다른 이차과제를 수행하는 능력이 떨어지기 때문에 특히 핸드폰이나 차량 내부에 설치된 장치를 사용할 때 사고 위험성이 크게 증가하는 것으로 분석되었음.
- 고령운전자는 감각 능력, 인지 능력과 더불어 신체적 능력 또한 저하되어 있는데 이와 관련한 사용자 요구사항은 아래와 같이 도출되었음.

(표 2-1-42) 고령운전자의 신체적 능력 저하 관련 사용자 요구사항

UFR.DAO.020	고령운전자는 차량 내부의 작은 버튼을 조작하는데
-------------	----------------------------

	어려움을 겪는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.021	고령운전자는 신체 움직임이 둔하고 신체적 반응 시간이 길다는 점에 대한 지원을 받아야 한다.

- 고령운전자는 일반적으로 신체 움직임이 일반인보다 둔하고 신체적 반응 시간이 젊은 운전자에 비해 1.5~2배 정도 더 많이 걸리는 경향이 있는 것으로 분석되었음. 특히 차량 내부에 설치된 버튼이 작을 경우 조작에 어려움을 겪는 것으로 나타났음.
- 고령운전자는 감각, 인지, 신체적 능력 저하와 더불어 여러 가지 교통상황에서 안전 운전을 저하하는 경향성을 지니는 것으로 조사되었음. 특히 교차로에서 좌회전 시 사고 발생 위험이 높다거나 운전 중 후방이나 측방 거울을 일반인 보다 적게 보는 등의 경향을 보임. 또한 같이 탑승하고 있는 동승자에 의한 긍정적 또는 부정적 영향을 더 많이 받는 등의 차별적인 경향을 보임.
- 고령운전자의 이러한 상황적 및 행동적 경향과 관련한 사용자 요구사항은 아래와 같이 도출되었음.

(표 2-1-43) 고령운전자의 상황적 및 행동적 경향 관련 사용자 요구사항

UFR.DAO.022	고령운전자는 교차로에서 어려움을 겪는다는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
-------------	--

UFR.DAO.023	고령운전자는 교차로와 같이 시각적으로 복잡한 상황에서 정해진 시간 안에 판단을 내려야 하는 경우, 주요 표지판 정보를 놓치거나 잘못 이해하는 경향이 있는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.024	고령운전자는 운전 중 후방 거울이나 측방 거울을 아주 적게 보는 경향이 있는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.025	고령운전자는 장시간 운전이나 인지적 부하가 높은 상황에 취약한 경향이 있는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.026	고령운전자는 동승자에 의해 더 많은 긍정적 또는 부정적 영향을 받는다는 점에 대한 지원을 받아야 한다.
UFR.DAO.027	고령운전자는 감각적, 인지적, 신체적인 전반적인 면에서 기능이 저하되어 있다는 점에 대한 지원을 받아야 한다.

## 2) 고령운전자 안전운전 지원을 위한 시스템 요구사항 도출

- 앞서 도출된 총 27개 항목의 고령운전자의 시각적 감각 능력 저하, 청각적 감각 능력 저하, 촉각적 감각 능력 저하, 인지 능력 저하, 신체적 능력 저하, 상황적 및 행동적 경향에 대한 사용자 요구사항을 만족 시키기 위하여 시스템이 제공하여야

하는 기능들에 대한 요구사항을 총 39개 항목으로 도출하였음.

- 하나의 사용자 요구사항을 만족시키기 위해서 하나 또는 다수의 시스템 요구사항이 도출되었으며 각 시스템 요구사항 항목별로 관련된 사용자 요구사항을 명시하였음.
- 본 시스템 요구사항은 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진의 설계와 구현시 가이드라인으로 사용하는 것이 목적이므로 어떠한 요구사항 항목을 충족하지 않았다고 해서 개발하고자 하는 시스템의 기능이나 성능이 미비하다고 할 수는 없음.
- 또한 본 시스템 요구사항 항목들은 버전업의 개념으로, 차량 내 유용한 장치들, 기술적 구현 가능성, 우선순위 등을 고려하여 순차적으로 적용함이 바람직할 것임.
- 먼저, 고령운전자의 시각적 감각 능력 저하와 관련된 사용자 요구사항을 충족 시키기 위한 시스템 요구사항 항목들은 아래와 같이 도출되었음

(표 2-1-44) 고령운전자의 시각적 감각 능력 저하 관련 시스템 요구사항

Req. ID	요구사항	관련UR
SFR.DAO .001	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 배경과 잘 구분이 되도록 적절한 밝기의 디스플레이 화면을 제공해야 한다.	UFR.DAO .001
SFR.DAO .002	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 차량이 터널에 진입하기 전에 적절한	UFR.DAO .002

	경고를 제공해야 한다.	
SFR.DAO .003	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 전방 추돌위험 경고, 차량 끼어들기 경고, 보행자 위험 경고 등 차량 외부의 움직이는 객체에 대한 ADAS 기능을 제공해야 한다.	UFR.DAO .003
SFR.DAO .004	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 운전자가 디스플레이 화면을 봐야 하는 경우를 최소화해야 한다 (청각 모달리티를 대신 활용하는 방안 등).	UFR.DAO .004
SFR.DAO .005	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 나이트비전 등 야간 안전운전 지원을 위한 ADAS 기능을 제공해야 한다.	UFR.DAO .005
SFR.DAO .006	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 야간에 운전을 시작하기 전에 (e.g. 시동을 켰을 때) 안전운전에 주의하라는 경고를 운전자에게 제공해야 한다.	UFR.DAO .005
SFR.DAO .007	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 야간에 운전한 시간, 횟수, 경향 등에 대한 내용을 운전자에게 제공하여 운전자 스스로 자신의 야간운전 경향에 대해 파악함으로써 주의를 경각시킬 수 있도록 해야 한다.	UFR.DAO .005

- 고령운전자의 시각적 감각 능력 저하와 관련 시스템 요구사항 중

주목할 부분은 다수의 항목이 야간 운전시 안전 운전 지원을 위한 기능들이라는 점임. 이는 고령운전자가 특히 야간에 사물을 인지하고 적절히 대응하는 능력이 저하된 점에 기인함. 따라서 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 야간 운전이나 터널 진입 등의 상황에서 고령운전자에게 적절한 경고를 제공하거나 또는 ADAS와 같은 운전지원 장치를 이용하여 사고 위험성을 줄이고 안전 운전을 지원하는 기능들을 제공하여야 함.

- 다음으로 고령운전자의 청각적 감각 능력 저하와 관련된 사용자 요구사항을 충족 시키기 위한 시스템 요구사항 항목들은 아래와 같이 도출되었음

(표 2-1-45) 고령운전자의 청각적 감각 능력 저하 관련 시스템 요구사항

Req. ID	요구사항	관련UR
SFR.DAO .008	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 음향의 주파수를 4KHz 이내가 되도록 제공하여야 한다.	UFR.DAO .006
SFR.DAO .009	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 음향의 에너지 분포가 주로 500~2000 Hz 이내에 분포하도록 음향 주의/경고 정보를 제공하여야 한다.	UFR.DAO .006
SFR.DAO .010	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 중요한 음향 주의/경고 정보는 500~1000 Hz의 주파수로 제공하고, 운전자가 경고를 인식할 때까지	UFR.DAO .006

	지속적으로 반복하여야 한다.	
SFR.DAO .011	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 음향 주의/경고 정보의 크기를 적어도 60 DB 이상으로 제공하여야 한다.	UFR.DAO .007
SFR.DAO .012	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 운전자가 음향 주의/경고 정보의 크기를 조절할 수 있는 기능을 제공하여야 한다.	UFR.DAO .007
SFR.DAO .013	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 음향 주의/경고 정보의 인지율을 높이기 위해서 촉각이나 시각 등의 멀티모달 정보를 부가하여 제공하여야 한다.	UFR.DAO .008
SFR.DAO .014	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 음성 정보 제공 시, 배경 음악이나 잡음을 억제시키는 기능을 제공하여야 한다.	UFR.DAO .009
SFR.DAO .015	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 음성 정보 제공 시, 일반적인 공지는 남자 음성으로, 주의 정보는 여자 음성으로 제공하여야 한다.	UFR.DAO .010
SFR.DAO .016	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 음성 정보 제공 시, 적절한 억양을 지닌 실제 사람 음성을 녹음한 정보를 사용하여야 하며, 합성된 기계음을 사용하지 말아야 한다.	UFR.DAO .011

- 고령운전자의 청각적 감각 능력 저하와 관련 시스템 요구사항은 대부분 고령운전자가 잘 인지할 수 있는 주파수와 크기로 주의나 경고 등의 음향을 제공하여야 한다는 것임. 또한 음성 정보의 경우도 남자 음성과 여자 음성을 적절히 사용하여야 하며 청각 정보만의 인지력 한계를 극복하기 위하여 촉각이나 시각 등의 멀티모달 정보를 부가적으로 제공함을 권고하고 있음.
- 고령운전자의 촉각적 감각 능력 저하와 관련된 사용자 요구사항을 충족 시키기 위한 시스템 요구사항 항목들은 아래와 같이 도출되었음

(표 2-1-46) 고령운전자의 촉각적 감각 능력 저하 관련 시스템 요구사항

Req. ID	요구사항	관련UR
SFR.DAO .017	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 촉각 정보 제공 시, 25 Hz 이하의 낮은 진동 주파수로 제공하여야 한다.	UFR.DAO .012
SFR.DAO .018	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 촉각 정보 제공 시, 운전자 신체의 하부보다는 상부를 대상으로 정보를 제공하여야 한다.	UFR.DAO .013

- 고령운전자의 인지 능력 저하와 관련된 사용자 요구사항을 충족 시키기 위한 시스템 요구사항 항목들은 아래와 같이 도출되었음

(표 2-1-47) 고령운전자의 인지 능력 저하 관련 시스템 요구사항

Req. ID	요구사항	관련UR
SFR.DAO .019	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 중요한 시각적 주의/경고 정보는 반복적인 화면 깜박임으로 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 014
SFR.DAO .020	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 운전 중 이차과제를 최소화 하는 기능을 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 015
SFR.DAO .021	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 운전자의 운전부하를 관리하면서, 걸려온 전화를 차단하거나 운전자가 전화기의 특정한 기능 (예, 문자 전송 등)을 사용하지 못하도록 제한하는 기능을 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 016
SFR.DAO .022	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 아이콘이나 음향 주의/경고 정보에, 이에 대한 내용을 설명하는 음성 정보를 부가하여 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 017
SFR.DAO .023	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 내비게이션 정보 제공시, 랜드마크 역할을 하는 기준점 정보를 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 018
SFR.DAO .024	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 내비게이션 정보 제공시, 텍스트	UFR.DAO. 018

	레이블 정보가 배경과 구분이 잘 되도록 충분한 대비값 (콘트라스트) 으로 제공하여야 한다.	
SFR.DAO .025	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 내비게이션 정보 제공시, 텍스트 정보가 인지하기 용이하도록 적절한 크기와 시야각으로 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 018
SFR.DAO .026	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 내비게이션 정보 제공시, 운전자 주의를 분산 시킬 수 있는 높은 채도의 색상을 피해야 한다.	UFR.DAO. 018
SFR.DAO .027	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 내비게이션 정보 제공시, 절대 방향 모드 (North-up) 보다는 진행 방향 모드 (Head-up) 로 정보를 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 018
SFR.DAO .028	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 시각적으로 복잡한 주행 상황에서, 차량인식, 보행자인식, 장애물인식 등의 ADAS 기능을 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 019

- 고령운전자는 특히 이중과제나 다중과제의 처리 능력이 떨어지고 이것으로 인한 주의분산 정도가 일반인보다 높으므로 운전 이외의 다른 작업이나 행동을 최소화하도록 하는 지원이 필요함. 또한 중요한 경고 신호를 제공할 때에도 화면 깜박임 등을

통하여 일반인보다 강도 높은 방법으로 제공하여야 함.

- 특히 차량에 설치된 내비게이션 장치는 다른 정보제공 장치들에 비해 시각적으로 복잡한 정보를 제공하고 있으므로 고령운전자가 그 내용을 인식하고 판단하기에 어려움을 겪게 됨. 따라서 내비게이션에서 제공하는 정보의 색상, 크기, 시야각, 대비값 등의 기본 설정값을 고령운전자가 인지하기 용이하도록 조절하여야 함.
- 고령운전자의 신체적 능력 저하와 관련된 사용자 요구사항을 충족 시키기 위한 시스템 요구사항 항목들은 아래와 같이 도출되었음

(표 2-1-48) 고령운전자의 신체적 능력 저하 관련 시스템 요구사항

Req. ID	요구사항	관련UR
SFR.DAO .029	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 디지털 계기판의 버튼이나 구성을, 운전자가 선택하기 쉽도록 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 020
SFR.DAO .030	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 주의/경고나 안내 정보를 일반 운전자나 젊은 운전자의 경우에 비해서 더 일찍 제공하여야 한다.	UFR.DAO. 021

- 고령운전자는 일반운전자에 비해 신체적 운동의 정확성이

떨어지고 반응 시간이 느리게 됨. 따라서 차량 계기판의 버튼들도 쉽게 선택이 가능하고 잘못된 선택 실수를 줄일 수 있도록 배치와 구성을 조절하여야 함.

- 또한 주의나 경고 신호에 대한 신체적 반응도 일반인보다 더 느리므로 이러한 반응 시간 지연을 고려해서 일반인보다 더 일찍 정보를 제공함으로써 위험 상황에 적절히 대응할 수 있도록 하여야 함.
- 고령운전자는 감각, 인지, 신체적 능력 저하 이외에도 여러가지 교통상황에서 안전 운전을 저하하는 경향성을 지니는 것으로 분석되었으며 이에 대한 시스템 요구사항들도 아래와 같이 도출되었음

(표 2-1-49) 고령운전자의 상황적 및 행동적 경향 관련 시스템 요구사항

Req. ID	요구사항	관련UR
SFR.DAO .031	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 운전자가 교차로로 안전하게 진입 및 주행할 수 있도록 주변 상황을 잘 살피도록 주의/경고 정보를 제공하여야 한다.	UFR.DAO .022
SFR.DAO .032	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 교차로 등 시각적으로 복잡한 상황에서 주요 표지판 정보를 운전자에게 제공하여야 한다.	UFR.DAO .023

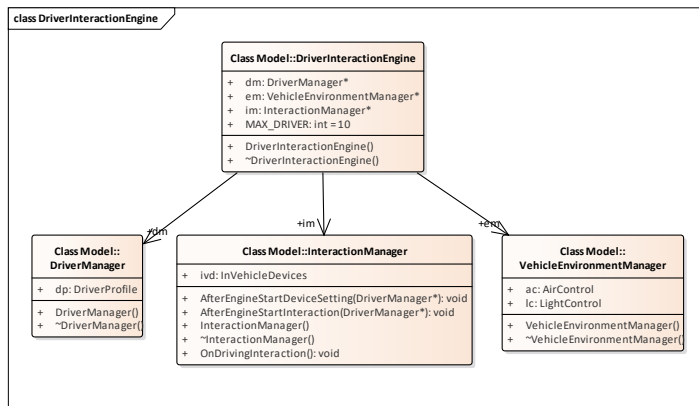
SFR.DAO .033	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 사각지대감지, 차선이탈경고 등 ADAS 기능을 제공하여야 한다.	UFR.DAO .024
SFR.DAO .034	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 운전자가 좌측 또는 우측으로 차로 변경시 측면 거울을 잘 확인하라는 주의정보를 운전자에게 제공하여야 한다.	UFR.DAO .024
SFR.DAO .035	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 장시간 운전시 운전자에게 휴식을 취하라는 경고 정보를 제공하여야 한다.	UFR.DAO .025
SFR.DAO .036	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 운전자의 운전패턴, 운전시간 등의 정보와 이에 대한 조언 정보를 운전자에게 제공하여야 한다.	UFR.DAO .025
SFR.DAO .037	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 동승자가 있을 시, 보조 운전자로서의 적절한 역할이 무엇인지를 운전 시작 전에 동승자에게 제공하여야 한다.	UFR.DAO .026
SFR.DAO .038	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은 운전자와 동승자간의 대화 또는 동승자의 말이 지나치게 많을 경우, 이에 대한 주의/경고 정보를 제공하여야 한다.	UFR.DAO .026
SFR.DAO	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진은	UFR.DAO

.039	한꺼번에 너무 많은 정보가 운전자에게 제공되지 않게 하기 위하여, 상황에 적절한 인터랙션 방법 (예, 상황 적응적인 콘텐츠 가변형 디스플레이) 을 제공하여야 한다.	.027
------	---	------

- 고령운전자는 일반적으로 좌회전시 (영국 등의 경우는 우회전시) 주변 상황을 제대로 인지하고 판단하지 못함으로 인해 교통사고의 위험성이 높은 것으로 조사됨. 따라서 이러한 상황에서 주변 교통상황이나 주요 표지판 정보를 잘 살필 수 있도록 주의 및 안내 정보를 제공할 필요가 있음.
- 또는 보다 적극적으로 차량에 설치된 ADAS 기능을 이용하여 고령운전자의 안전운전을 지원하는 방안도 필요함.
- 고령운전자는 장시간 운전에 의한 피로에 더 쉽게 노출되는 경향이 있으므로 운전 시간과 운전 패턴 등을 스스로 조절할 수 있도록 가이드 정보를 제공함도 유용함.
- 고령운전자의 경우 운전자 자신 뿐만 아니라 동승자의 역할도 중요한 요소로 분석되므로 고령운전자와 동승한 운전자는 고령운전자의 주의를 분산시키지 않도록 불필요한 대화를 자제하고 보조 운전자로서의 역할을 수행하여 안전운전에 도움을 줄 필요가 있음.

### 3) 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 시스템 설계

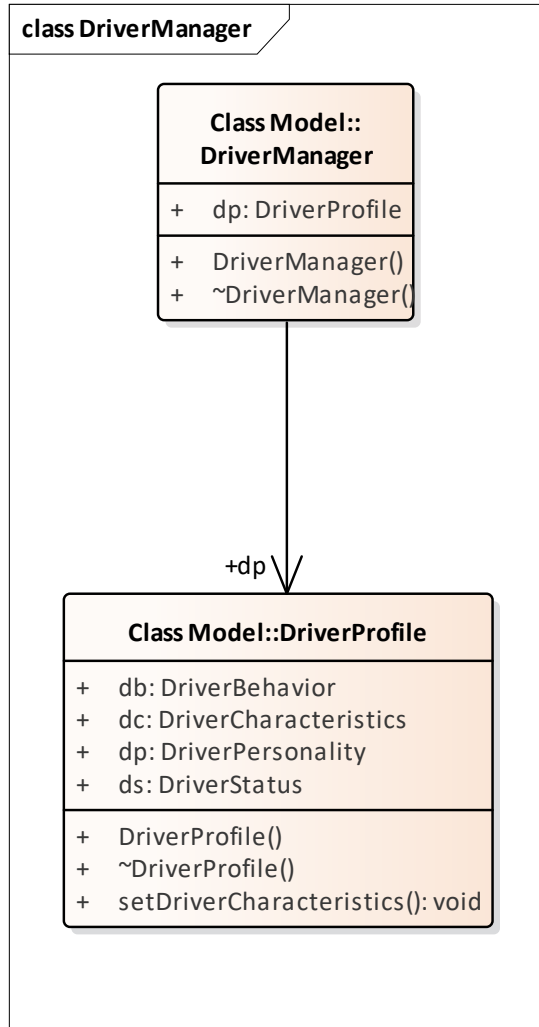
- 앞 절에서 도출된 고령운전자 특성에 관련한 시스템 요구사항을 기반으로 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 시스템을 설계 하였음.
- 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 시스템은 크게 운전자 관리기 (Driver Manager), 인터랙션 관리기 (Interaction Manager), 차량 환경 관리기 (Vehicle Environment Manager)의 3개 서브 시스템으로 구성되며 당해 년도에는 특히 운전자 관리기 서브시스템의 기능을 구현하였음.
- 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 시스템 (Driver Interaction Engine)의 하위 3개 서브시스템 구조는 아래와 같음.



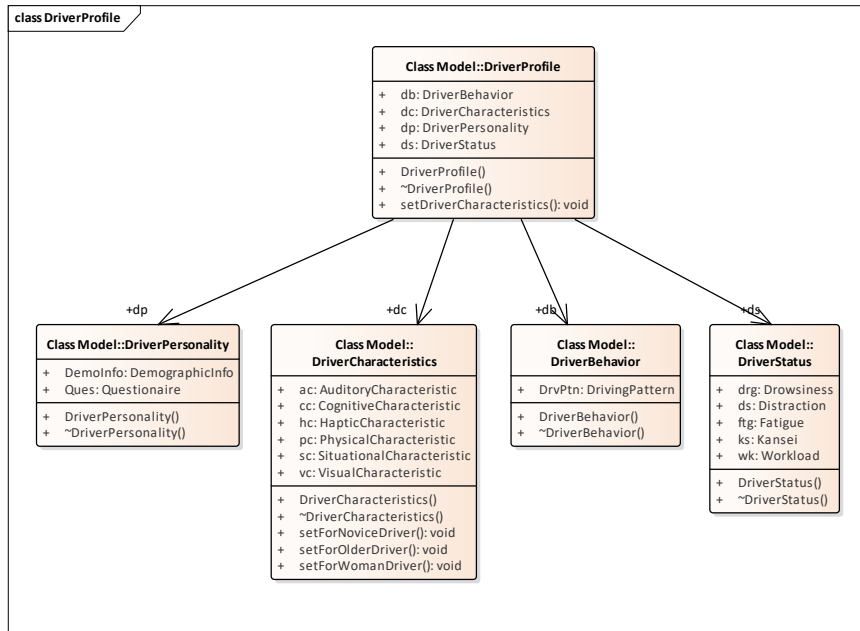
(그림 2-1-60) 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 시스템 구조

## ■서브시스템1: 운전자 관리기 (DriverManager)

- 운전자 관리기 서브 시스템은 운전자 개인의 운전자 프로필 (Driver Profile)을 관리하는 기능을 수행함.
- 운전자 프로필은 각각의 운전자가 지니는 성향, 특성, 행동 패턴, 상태를 저장하고 관리함으로써 궁극적으로 운전자 맞춤형 인터랙션을 제공하기 위함임.
- 운전자 관리기는 운전자 프로필 하위 클래스를 지니며 운전자 프로필은 운전자 성향 관리 클래스 (Driver Personality), 운전자 특성 관리 클래스 (Driver Characteristics), 운전자 행동 관리 클래스 (Driver Behavior), 운전자 상태 관리 클래스 (Driver Status)를 하위 클래스로 지님.
- 아래는 운전자 관리기 서브시스템 및 운전자 프로필 클래스의 구조를 나타낸 것임.

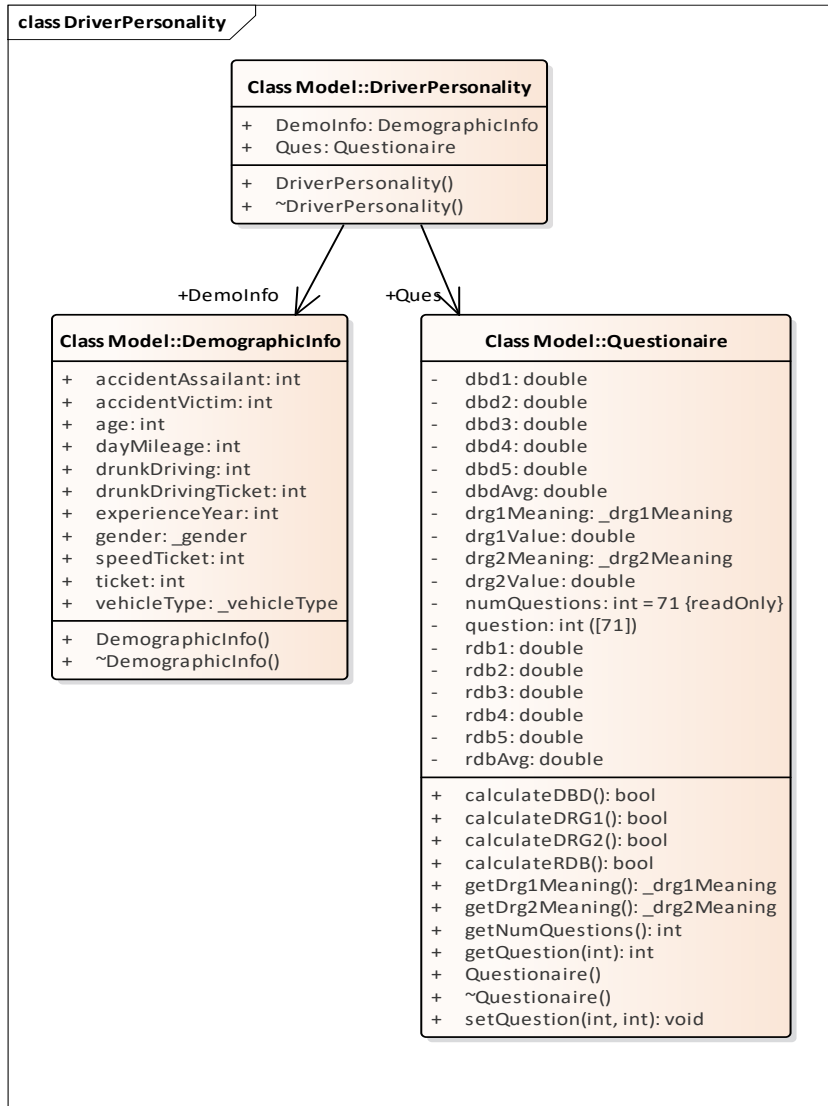


(그림 2-1-61) 운전자 관리기 서브시스템 구조



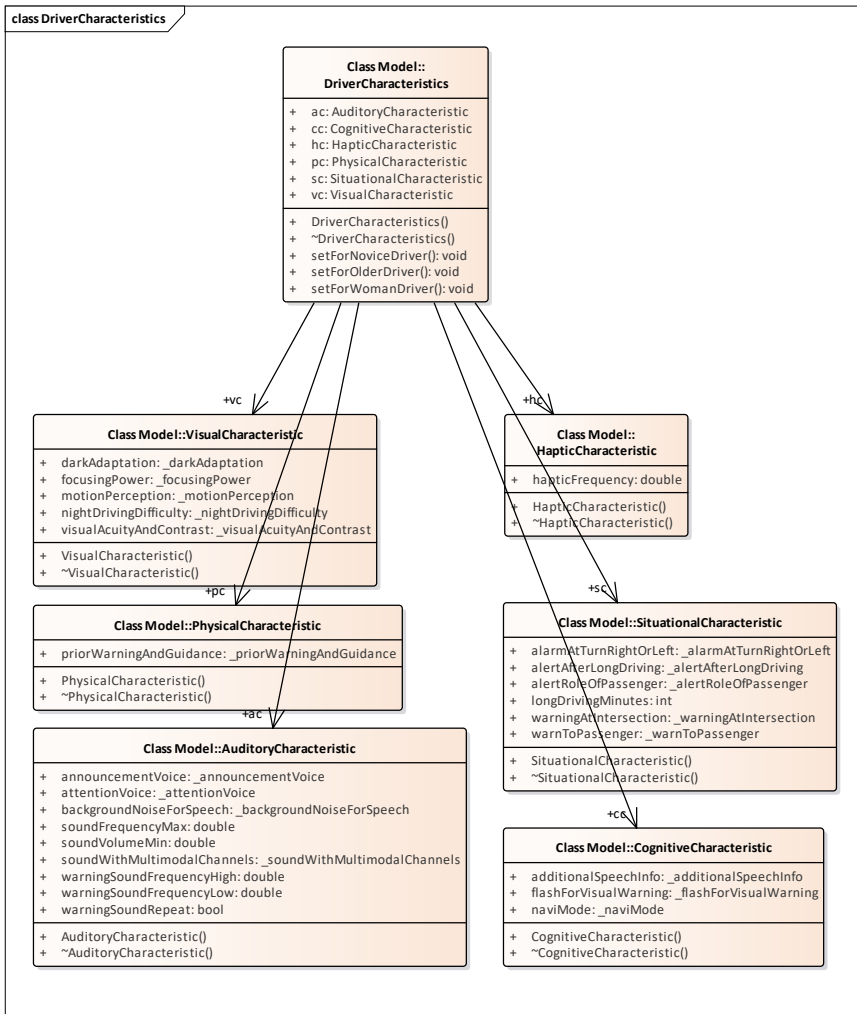
(그림 2-1-62) 운전자 프로파일 클래스 구조

- 먼저, 운전자 성향 관리 클래스 (Driver Personality)는 운전자의 나이, 성, 경력, 교통사고 횟수 등 기본적인 인적사항을 관리하는 클래스 (Demographic Info)와 운전자의 기본적인 성향을 파악하는 클래스로 71개 문항에 대한 값과 각 값들을 이용하여 운전자의 기본적인 위험 운전 성향을 파악하는 클래스 (Questionaire)로 구성되며 그 구조는 아래와 같음.



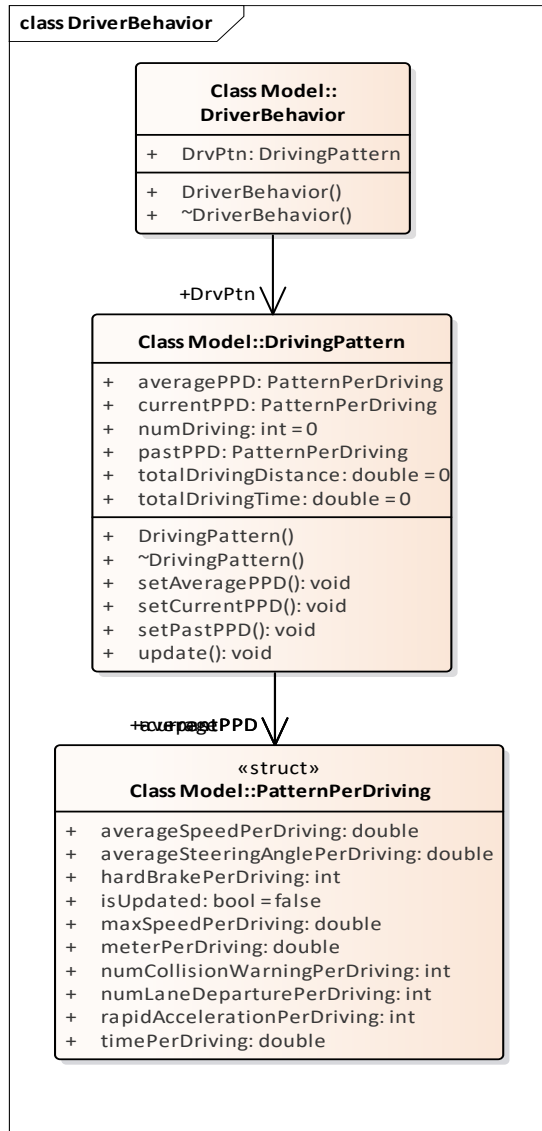
(그림 2-1-63) 운전자 성향 관리 클래스 구조

- Questionnaire 클래스에는 운전자로 하여금 수집한 71개 문항의 질문에 대한 값들을 바탕으로 일반운전자와 위험운전자, 그리고 의도적 위험운전자와 비의도적 위험운전자를 구분하는 계산식이 구현되어 있음.
- 다음으로 운전자 특성 관리 클래스 (Driver Characteristics)는 운전자의 시각적 특성을 관리하는 클래스 (Visual Characteristic), 운전자의 신체적 특성을 관리하는 클래스 (Physical Characteristic), 운전자의 청각적 특성을 관리하는 클래스 (Auditory Characteristic), 운전자의 촉각적 특성을 관리하는 클래스 (Haptic Characteristic), 운전자의 인지적 특성을 관리하는 클래스 (Cognitive Characteristic), 그리고 운전자의 운전 상황 별 특성을 관리하는 클래스 (Situational Characteristic)로 구성되어 있음.
- 이러한 운전자의 시각, 청각, 촉각적 감각과 인지, 신체, 상황적 특성을 관리하는 클래스에는 앞에서의 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 시스템의 시스템 요구사항 항목들을 기반으로 요소값들(attributes)이 정의되어 있음.
- 당해 년도에는 고령운전자의 특성을 중심으로 운전자 특성 관리 클래스를 구현하였으며 차년도 이후에는 여성운전자와 초보운전자의 특성 값들을 추가하여 업그레이드할 예정임.
- 아래에 운전자 특성 관리 클래스의 구조도를 나타내었음.



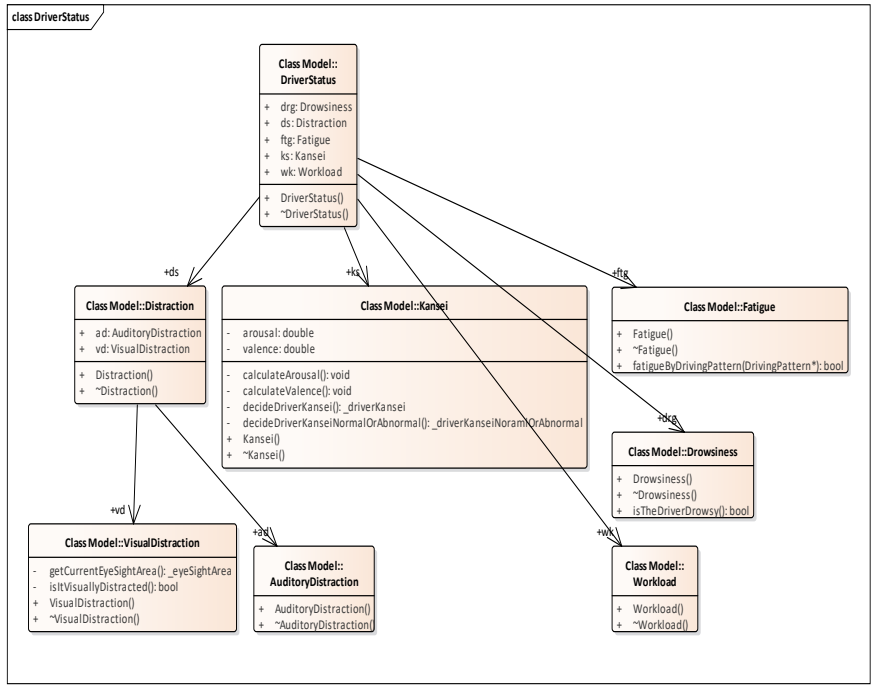
(그림 2-1-64) 운전자 특성 관리 클래스 구조

- 운전자 행동 관리 클래스 (Driver Behavior)는 한 운전자의 총체적인 운전 패턴을 관리하는 클래스로 운전자의 현재, 과거, 평균 주행 패턴을 계산하고 관리하는 운전 패턴 클래스 (Driving Pattern)를 포함하고 있음.
- 또한 운전 패턴 클래스는 매 주행 (시동을 켰을 때부터 끝 때까지) 마다의 주행 패턴을 기록하고 관리하는 스트럭처로서 속도, 급출발, 급제동, 차선이탈 횟수, 주행거리, 주행시간 등의 정보를 저장하고 관리하는 Pattern Per Driving 스트럭처를 포함하고 있음.
- 운전자 행동 관리 클래스의 구조를 아래 그림에 나타내었음.



(그림 2-1-65) 운전자 행동 관리 클래스 구조

- 운전자의 특성과 더불어 운전 중 변화하는 운전자의 상태도 중요한 요소이며 이에 대한 실시간적 분석과 운전자 상태 예측이 중요한 요소임.
- 운전자의 상태를 관리하는 클래스 (Driver Status)는 하위 클래스로 운전자의 운전부하를 정량적으로 산출하고 관리하는 클래스 (Workload), 운전자의 피로도를 측정하고 분석 및 관리하는 클래스 (Fatigue), 운전자의 졸음상태를 인식하고 관리하는 클래스 (Drowsiness), 운전자의 감정 상태를 인식하고 관리하는 클래스 (Kansei), 운전자의 주의분산을 측정하고 관리하는 클래스 (Distraction)로 구성됨.
- 또한 Distraction 클래스는 운전자의 시각적 주의분산을 판단하고 관리하는 클래스로 시선주시 방향 및 영역을 분석하여 시각적 주의분산 여부를 판단하는 시각적 주의분산 클래스 (Visual Distraction)와 운전자의 청각적 주의분산을 판단하고 관리하는 클래스 (Auditory Distraction)의 하위 클래스를 포함함
- 운전자 상태 관리 클래스의 구조도는 아래 그림과 같음.



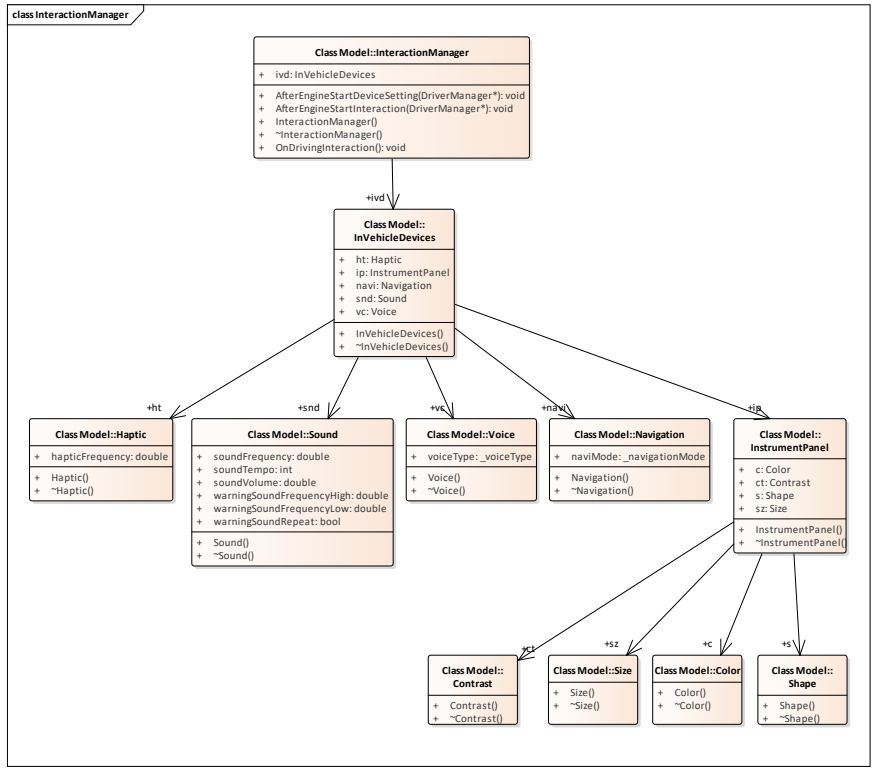
(그림 2-1-66) 운전자 상태 관리 클래스 구조

■서브시스템2: 인터랙션 관리기 (Interaction Manager)

- 인터랙션 관리기 서브시스템은 한 운전자의 프로파일에 기반한 운전자-차량간 인터랙션을 관리하는 클래스로 하위 클래스로 차량 장치 관리 클래스 (In Vehicle Devices)를 포함함.
- 차량 장치 관리 클래스는 촉각 장치와 운전자간 인터랙션을

관리하는 클래스 (Haptic), 내비게이션 장치와 운전자간 인터랙션을 관리하는 클래스 (Navigation), 음향 장치와 운전자간 인터랙션을 관리하는 클래스 (Sound), 안내 및 경고 등 음성 출력장치와 운전자간 인터랙션을 관리하는 클래스 (Voice), 그리고 차량 내 계기판의 크기, 모양, 색깔, 컨트라스트 등의 정보를 관리하는 클래스 (Instrument Panel)로 구성됨.

- 또한 Instrument Panel 클래스는 차량 내 계기판의 색상 정보를 관리하는 클래스 (Color), 차량 내 계기판의 contrast 정보를 관리하는 클래스 (Contrast), 차량 내 계기판의 모양 정보를 관리하는 클래스 (Shape), 차량 내 계기판의 크기 정보를 관리하는 클래스 (Size)로 구성됨.
- 현재 인터랙션 관리기 서브시스템은 각 클래스별로 속성정보 값들이 정의 되어 있고, 실질적인 인터랙션 방법은 구현 되어 있지 않음. 차후 차량 장치 관리 클래스와 그 하위 클래스의 메소드 구현을 위해서 차량 내에 장착된 장치들을 제어할 수 있는 API들을 연동하여 실질적인 인터랙션 기능을 구현할 예정임.
- 인터랙션 관리기 서브시스템의 구조는 아래와 같음.



(그림 2-1-67) 인터랙션 관리기 서브시스템 구조

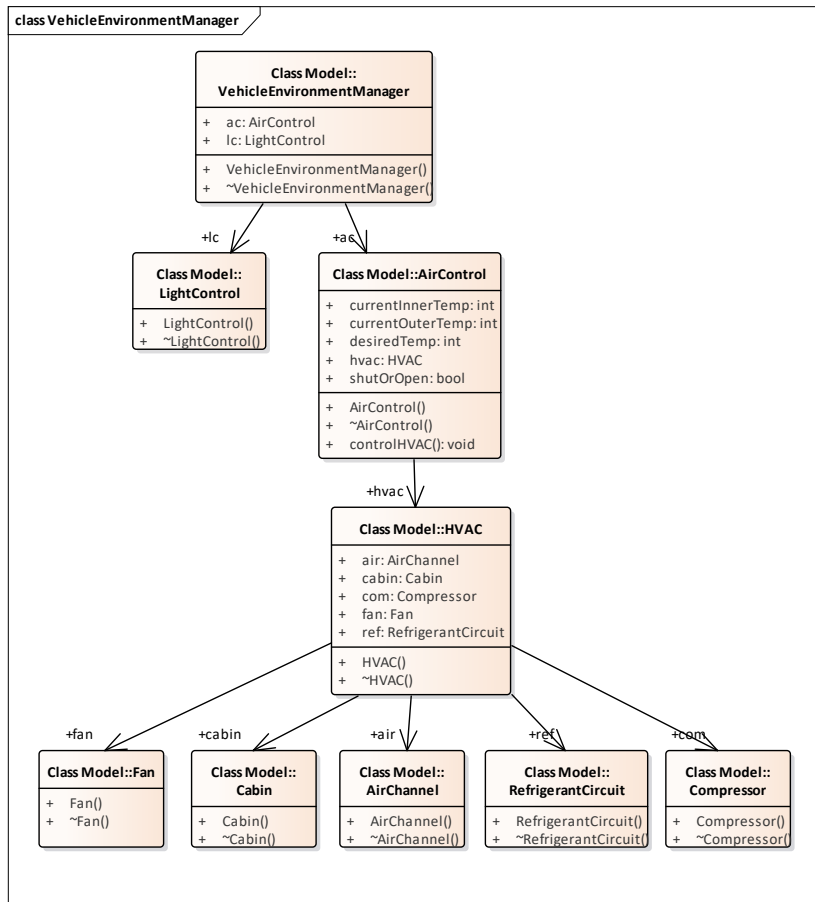
■서브시스템3: 차량 환경 관리기 (Interaction Manager)

- 차량 환경 관리기 서브시스템은 한 운전자의 프로파일에 기반하여 차량 내부 환경 (조명, 공조 등)을 관리하는 기능을 수행하며 하위 클래스로 실내등 등 차량 내 조명을 관리하는

클래스 (Light Control), 에어컨, 히터, 내/외기 변환 등 차량 내 공기를 관리하는 클래스 (Air Control)를 포함함.

- 또한 AirControl 클래스는 차량 실내의 공조기를 제어하는 클래스인 HVAC 클래스를 하위 클래스로 포함하고 있음.
- HVAC 클래스는 그 구성 장치들을 고려하여 HVAC 시스템을 구성하는 5가지 핵심 부품 중 하나인 컴프레서를 관리하는 클래스 (Compressor), 팬을 관리하는 클래스 (Fan), 냉각회로를 관리하는 클래스 (RefrigerantCircuit), 연결 통로를 관리하는 클래스 (AirChannel), 실내 공간을 관리하는 클래스 (Cabin)로 구성되어 있음.
- 차량 환경 관리기 서브시스템의 구조는 아래 그림과 같음.
- 지금까지 기술한 3가지 서브시스템과 그 하위 클래스들은 별도로 작성된 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진 시스템 구조설계서에 각각의 클래스 ID가 부여되어 있으며, 요구사항 추적표에 의해 각각 해당되는 시스템 요구사항 항목들과 연결되어 있음.
- 다만 시스템 요구사항의 모든 항목을 구현하기에는 ADAS와 같은 차량 내 장치들로의 접근 및 제어의 어려움 등으로 인한 현실적인 어려움이 있기에, 일부 시스템 요구사항은 직접적으로 대응하는 클래스가 현재로써는 존재하지 않는 경우도 있음.
- 본 절에서 기술한 요구사항들과 시스템 설계 내용은 차년도 이후에 여성운전자와 초보운전자의 특성이 추가되고 운전자

행동과 상태 인식을 위한 구체적인 방법이 개발되고, 차량과 차량 내부의 각종 장치들을 제어할 수 있는 기능을 추가하여 지속적으로 그 기능을 업그레이드할 예정임

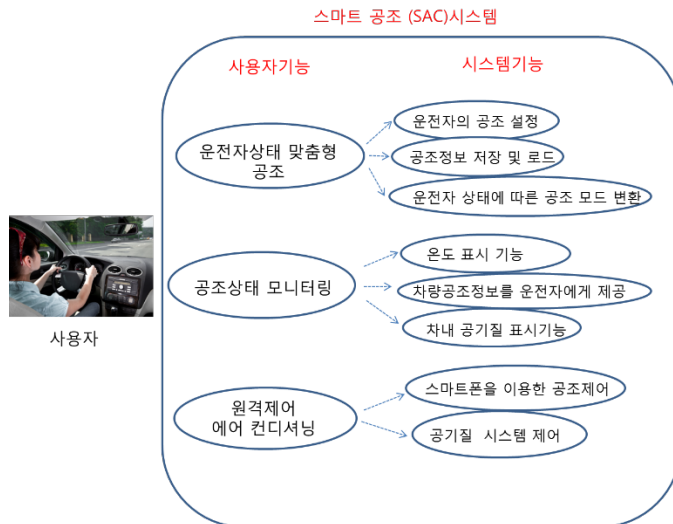


(그림 2-1-68) 차량 환경 관리기 서비스시스템 구조

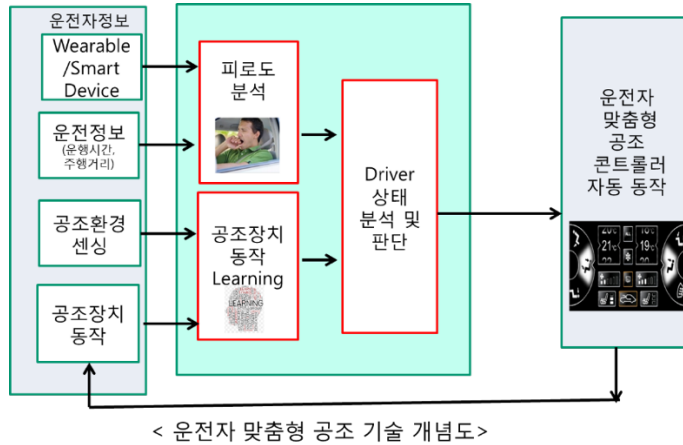
## 마. 운전자 맞춤형 공조 기술

- 운전자 맞춤형 공조기술의 주요 기능

운전자의 상태를 반영하고, 운전자에게 쾌적한 공조환경을 제공하기 위한 기술임. 이를 해결하기 위해, 운전자의 상태를 분석하고 운전자가 선호하는 공조 환경 상태를 수집해야 함. 운전자의 상태를 분석하기 위해서, 자동차내 공기질 정보를 활용하고, 운전자의 수면시간 데이터를 활용하기로 함.



(그림 2-1-69) 스마트 공조 시스템의 기능



(그림 2-1-70) 스마트 공조 기술 개념도

- 공조환경 센싱의 경우, 자동차 내부에 센서를 장착하여 수집함으로써 다양한 센서를 통해 데이터 확보가 가능함. 현재, 자동차의 HVAC(공조) 컨트롤러에, 외부 공기의 오염 상태에 따라 외기공기가 내부로 유입되지 않게 하는 장치가 있으며, 실내 공기의 모니터링 결과는 운전자에게 실시간으로 제공될 필요가 있음.
- 특히, 한국 환경 공단은 차량 실내의 이산화탄소 농도가 2,000ppm 이상이면, 집중력이 저하되고, 졸음운전 등을 유발할 수 있다고 추정하였음. 특히, 여름철이나 겨울철에 에어컨이나 히터를 장시간 가동할 경우, 창문을 장시간 닫은 상태에서는 운전자의 졸음을 유발시킬 수 있음.

## 1) 실내 공기질 모니터링

- 환경부 주관으로 지하철 역사 및 수십개의 전국의 다중이용시설의 실내 공기질 정보를 실시간으로 제공하고 있는 실정임. 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO2)등의 실내 공기 오염물질 농도 정보 제공중임.
- 다양한 인터넷 포털사이트에서도 실내 공기질 자료공개 서비스를 검색하여 일반인들도 접속 가능함. 이를 활용하여, 공기질의 정보를 바로 확인하여 활동 계획을 세울 수 있으며, 공공시설 관리와, 오염도 변화 분석에도 도움을 줌.

## 2) 실내 공기질 기준

- 실내 공기질의 기본적인 특성은 실내 온도와 상대습도로서 기후에 따라 차이가 크기 때문에 이를 구분하여 모니터링이 필요함. 상대습도는 40~60%를 유지하도록 권장하고 있으며, 온도는 18도~20도를 기준으로 함. 특히 이산화탄소 농도는 공기질 평가의 기준요소로 사용됨. 다중이용시설의 경우 CO2의 유지기준은 1,000ppm임.
- 사람의 눈에 보이지 않은 작은 입자(지름이 10um이하)의 미세먼지의 경우, 겨울철에는 외기순환이 잘 되지 않아, 여름보다 2배이상 높은 경우 발생됨. 유지기준은 150ug/m<sup>3</sup>임

### 3) 자동차내 공기질 모니터링을 운전자에게 전송 기능

- 차내 공기질을 미리 모니터링 하여, 탑승하기 전에 원격으로 차내 공기질 정보를 운전자에게 전달함.



(그림 2-1-71) 스마트 공조를 위한 운전자에게 공기질 정보 전달 기술 개념도

- 자동차 공기질 정보 수집은 미세먼지, 이산화탄소, 일산화탄소 등 실내 공기 오염물질을 측정하기 위해 센서를 장착하기로 함.

### 4) 자동차 연비와 CO<sub>2</sub> 배출량의 상관관계 확인

- 자동차의 연비 값에 절대적인 영향을 미치는 요소는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)로 연비와 99.9% 정도의 상관관계를 가지고 있음. 즉 연비가 높은 자동차는 이산화탄소를 적게 배출하게 됨.

배기량 2000cc급 자동변속 승용차의 CO2 배출량은 아래와 같음.

(표 2-1-50) 2000cc급 자동변속 승용차의 CO2 배출량

HC	CO	CO <sub>2</sub>
0.010	0.18	225.7

- 이산화탄소를 이용한 사람의 유무 판단 분석

- (1) 실내 공기질 수집

실내의 효율적인 공조장치 작동을 위하여, 실내에 사람이 있는지 없는지 자동으로 판단하는 연구가 이루어져 왔으며 조명, 온도, 습도, 카메라, 적외선센서 등이 활용될 수 있음. 사람의 유무에 따른 이산화탄소량을 비교하기 위해 Kaggle 및 Github site에서 제공되는 자료를 활용하였으며, 데이터는, 실내에 사람이 있는지를 학습하기 위해, 온도센서, 습도센서, 이산화탄소 센서의 데이터를 취득한 것임.

## (2) 사람의 유무에 따른 이산화탄소 배출량의 분석

데이터를 바탕으로 R programming을 통하여 사람의 유무에 따라, 온도와, 이산화탄소 변화량이 달라지는지를 확인하기 위한 분석으로, 두 개의 독립적인 표본의 가설검정을 하면 다음과 같음. 두 개의 독립적인 집단의 평균에 대해 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 검정하는 방법임. 정규성 가정이 만족되면, 독립표본 T검정을 사용하고, 정규성 가정이 깨지면 비모수적 방법인 윌콕슨의 순위합 검정(Wilcoxon's rank sum test)를 사용함.

## (3) 정규성 검정

사용된 데이터는 Kaggle에서 제공한 실내의 사람유무에 따른 환경정보(온도센서, CO2센서, 습도센서)임.

# 귀무가설( $H_0$ ): 각 그룹의 이산화탄소 배출량은 정규분포를 따름.

# 대립가설( $H_1$ ): 각 그룹의 이산화탄소 배출량은 정규분포를 따르지 않음.

두 그룹에 대한 가설검정을 하기 위해서는 R programming에서 제공하는 `by()` 함수를 사용하였다. Occupancy가 0인 경우는 사람이 실내 공간에 있음을 의미하고, Occupancy가 1인 경우에는 실내 공간에 사람이 있는 것을 의미함.

```

> by(occupancy1$CO2, occupancy1$occupancy, shapiro.test)
occupancy1$occupancy: 0
  Shapiro-Wilk normality test
data:  dd[x, ]
W = 0.72731, p-value < 2.2e-16
-----
occupancy1$occupancy: 1
  Shapiro-Wilk normality test
data:  dd[x, ]
W = 0.97152, p-value = 7.186e-13

```

정규성 검정의 결과를 보기 위해, p-value 확인 하면, 각각의 유의확률(p-value)가 유의 수준 0.05에서 각 집단의 이산화탄소량은 두 그룹 모두 정규 분포를 따르지 않는다고 가정할 수 있음.

#### (4) 윌콕슨의 순위합 검정

두 집단의 양적 자료에 대해 각각 정규성 가정이 깨졌기 때문에, 비모수적 방법인 윌콕슨의 순위합 검정(Wilcoxon's rank sum test)을 사용함.

# 귀무가설: 두 집단 사이의 이산화탄소에는 차이가 없음.

# 대립가설: A집단(occupancy 0)이 B 집단(occupancy 1) 이산화탄소배출량이 적음.

```
wilcox.test(occupancy1$CO2 ~ occupancy1$Occupancy, alternative = "less")
```

```
> wilcox.test(occupancy1$CO2 ~ occupancy1$Occupancy, alternative = "less")
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: occupancy1$CO2 by occupancy1$Occupancy
W = 95180, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true location shift is less than 0
```

가설에 대한 윌콕슨의 순위합 검정 결과를 보면, 유의 확률(p-value)이  $2.2e-16(0.000)$ 으로서,  $0.05$ 보다 작으므로, 대립가설을 채택하여, A집단(occupancy 0)이 B집단(occupancy 1) 보다 이산화탄소가 통계적으로 유의하게 적다고 할 수 있음.

#### (5) 사람 유무에 따른 환경센서 값의 비교

Occupancy가 0인 경우는 사람이 실내 공간에 없는 것을 의미하고, Occupancy가 1인 경우에는 실내 공간에 사람이 있는 것을 의미함. Occupancy(0,1)은 사람 유무와 상관없이, 환경센서의 값의 평균치임.

(표 2-1-51) 환경 센서 값 비교

	Temperature 평균	Humidity 평균	CO2평균
Occupancy 0	20.884	24.226	547.614
Occupancy 1	21.434	27.318	1014.518
Occupancy(0,1)	21.434	25.36	717.907

(6) 온도에 따른 이산화탄소 량의 변화량

사람의 유무에 따른 이산화탄소 량의 변화량은 앞 절에서 분석하였고, 실내 온도에 따른 이산화탄소 량의 변화 추이를 분석하기 위해, 아래와 같이 분석한 결과를 그림으로 나타내었음.

(7) TensorFlow 라이브러리를 이용한 Logistic Regression 분석

입출력과 출력의 관계는 아래와 같으며, 환경센서와 사람의 유무 판단의 입출력 다이어그램은 아래와 같음.

- 아래의 코드는 파이썬으로 작성한, 텐서플로우 기반의 코드 중 일부이며, 실행 결과, 약 90%의 Accuracy 를 갖는 것을 확인할 수 있었음.( Epoch: 0400, cost= 0.301)

```
import tensorflow as tf
import numpy as np

### Load Occupancy data and preprocess. ###
import csv
X = np.empty((2665, 3)) # Feature: Temperature, CO2, Humidity
y = np.empty((2665, 1)) # Occupancy 0 or 1
with open('data/occupancy1.csv', 'r') as csvfile:
    reader = csv.reader(csvfile)
    idx = 0
    for row in reader:
        if row[0] != 'date': # date 에 따른 수집결과
```

```
        X[idx] = np.asarray(row[2:], dtype=np.float32)
# Features
        y[idx] = np.asarray((row[1] == '1'),
dtype=np.float32) # Labels: 0 -> No occupancy, 1 ->
occupancy
        idx += 1
```

**바. 운전자 상태/정적 운전환경/정보 추출 기술**

1) 운전자 상태 정보 추출 OEM 개발 동향 분석

- 차량에서 운전자의 상태 정보를 취득하기 위해 차량 제조사들은 다양한 센서를 이용하여 차량에 적용하려는 연구가 이루어지고 있음.
- 운전 패턴/차선/운전자눈-얼굴/생리변화등의 정보를 얻기 위해 헬스케어기술이 차량에 접목되고있으며, 주요 차량 제조사는 아래와 같이 기술을 적용 하고 있음.

(표 2-1-52) 차량 제조사별 적용 기술

차량제조사 (기술명칭)	적용위치	적용센서	비고
Mecedess Benz (Vitality Coach)	헤드레스트	EEG	뇌활동측정
	스티어링휠	Electrode	심박측정
	스티어링휠	IR	손바닥 온도측정
	시트	Electrode	심박측정
	스마트밴드	필립스	평상시데이터 (수면 및 활동)
Ford	안전벨트	Piezo	호흡측정
	스티어링휠	Electrode	심박측정
	스티어링휠	IR	체온측정
	시트	Electrode	심박측정
Jaguar Land Rover (Sixth Sense)	시트	Electrode	심박/호흡측정
	스티어링휠 헤드레스트	MindSense (Brain wave)	뇌파측정
	스티어링휠	Camera	아이트래킹

Audi (FitDriver)	스마트밴드	-	평상시데이터 (수면 및 활동)
Toyota	스티어링휠	Electrode	심전도측정
	스티어링휠	IR	땀 측정 (알코올농도)
Hyundai	스마트밴드	-	평상시데이터 (수면 및 활동)
기타	차량외부	공기질	꽃가루 모니터링 (천식환자 발작)

- 위의 내용과 같이 운전자가 건강상의 문제로 사고를 일으키는 것을 방지하기 위해 심박수, 아이트래킹, 두뇌활동, 졸림 등을 모니터링하는 센서를 차량에 장착하는 연구 진행 중
- 대부분의 제조사는 운전자가 차량에 탑승한 이후 센싱을 통하여 주행 상황에서 운전자의 상태를 지속적으로 모니터링 하는데 반해, 아우디의 FitDriver와 현대자동차의 기술은 운전자가 차량에 탑승 하기 전 상황부터 정보를 취득하고자 개인용 헬스케어 제품인 스마트밴드를 이용하여 차량 탑승 전 상태를 기반으로 서비스를 제공함.

(표 2-1-53) 차량 제조사별 제공 기능

차량제조사 (기술명칭)	제공 기능
Mecedess Benz (Vitality Coach)	방향제, 마사지, 조명, 공조시스템제어를 운전자의 상태 정보를 기반으로 운전자에게 제공

Ford	운전자의 스트레스 레벨측정을 위해 차량 시트에 심박측정을 위한 센서를 적용 하여 개발을 진행 하였으나 개발을 공식적으로 중단, 대신 웨어러블 센서를 이용하여 솔루션을 제공하는 방향으로 우회
Jaguar Land Rover (Sixth Sense)	운전자의 심장박동, 호흡, 뇌파를 모니터링하여 스트레스와 피로, 집중력부족을 인식하여 운전집중도 향상과 사고예방을 목표로함
Audi (FitDriver)	운전자의 컨디션을 최적화 하기 위해 스트레스를 감소하도록 호흡법, 음악에 따른 시트 마사지 그리고 분위기에 따라 실내 조명을 제어하는 기능을 제공
Toyota	운전자의 심전도를 측정하여 심장마비 또는 블랙아웃 을 예방하고 ADAS로 안전운행 보조
Hyundai	쇼퍼드리븐차량 대상, 차량의 조수석 뒷좌석에서 탑승자의 심박을 측정, 스마트워치를 통해 수집된 건강 정보를 분석 후 디스플레이 하는 수준으로 제공

## 2) 운전자 상태/정적 운전정보 추출을 위한 센서 기술 분석

- 차량 내 에서 운전자의 상태 정보를 추출 하기 위해서는 효과적으로 센싱이 가능한 위치인지 고려해야 함.
- 차량 제조사의 개발 방향은 크게 두가지로 나뉘, 첫번째는 차량 탑승시 운전자에게 별도의 센서를 착용하지 않도록 시트 및 스티어링휠에 센서를 집중하는 방법과 두번째로 차량 탑승 전 부터의 생체 활동을 이용하기 위해 웨어러블 기기를 이용하여 차량에서 그 정보를 동기화 하는 방식으로 나뉨.
- 적용 센서 기술
  - Electrode: 전극은 접촉형태의 센서로써, 스티어링휠에 노출

하여 운전자의 손에 직접 접촉하거나, 시트에 적용하여 비접촉 형태로 생체 정보를 취득함.

- Camera: 영상을 취득하여 운전자의 얼굴 혹은 운동자의 움직임을 추적하여 운전자의 상태 정보를 취득함.
  - IR: 전극과 같이 접촉형태의 센서이며, 주로 스티어링휠에 장착하여 피부로부터 직접 정보를 취득하는 방식. 센서에 따라 PPG/심박/땀 등의 정보를 취득함.
  - Piezo: 움직임이 감지되면 발생하는 전기적 신호를 이용하여 정적자세 및 호흡과 같은 움직임을 감지하여 정보를 취득함.
  - MindSense: 재규어에서 운전자의 EEG를 측정하기 위해 도입한 기술로써 NASA의 우주인들에게 적용된 기술이라 발표함. 일반 적으로 EEG신호를 취득하기 위해서는 머리에 전극 헬멧을 써야하나 운전시 방해되는 요소로써, MindSense기술은 핸들과 헤드레스트를 이용하여 EEG를 측정하도록 시스템을 도입함.
  - 스마트밴드: 대표적인 웨어러블 장치로써 IR 및 가속도센서 등을 이용하여 지속적으로 심박 및 사용자의 활동성을 취득할 수 있는 제품.
- 아래 그림과 같이 EEG전극을 내장한 헤드셋은 일반적인 환경에서 운전자에게 부담스러운 형태를 갖는다. 이 때문에 앞서 소개한 차량 제조사들도 EEG를 쉽게 접근하지 못하고 있는 실정임.

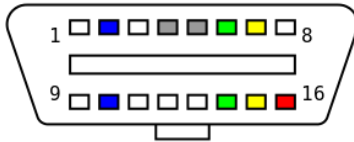
- 운전자의 상태 정보를 취득함에 있어서 큰 비중을 차지하는 심장의 상태를 지속적으로 모니터링 하기위해 가장 많은 심장 정보를 포함하는 ECG를 취득 하기로함.
- ECG를 취득하기 위해 의료장비 수준의 12-Lead(10개 전극) 심전도 측정 방법 대신, 수월한 실험을 위해 3-Lead ECG를 측정하는 것으로 시스템을 구현함.
- 3-Lead ECG는 오른팔(RA), 왼팔(LA), 왼다리(LL)에 전극을 연결하여 심전도를 측정하는 방법으로 심장에서 발생하는 전기적 신호를 각 전극을 통해, 심장을 중심으로 심전도를 해석하는 방법임.
- 운전자의 ECG정보를 취득하기 위해 다음과 같이 무선 ECG센서 노드를 구현함, IEEE802.15.4 Phy기반으로 2.4GHz대역의 트랜시버를 사용함.
- Analog Device사의 AD8232는 ECG및 기타 생체 전위 측정 응용 제품을 위한 통합 IC이며, 전극 배치에 의해 생성되는 잡음을 줄이고 미세한 생체 전위를 추출, 증폭 및 필터링 하여 출력을 내도록 설계된 칩셋임.
- Analog Device사의 Single-Lead Heart Rate Monitor Front End IC인 AD8232칩셋을 센서노드의 ADC(Analog to Digital Converter) 와 GPIO(General-Purpose Input/Output)를 이용해 ECG정보를 무선으로 전송하도록 구현함.



(그림 2-1-72) 무선 센서 네트워크 기반 ECG센서노드

### 3) 차량 내 정보 추출 기술

- 전자장치의 비중이 높아진 현재 차량의 각종 운전보조 시스템은 운전자에게 운전중 발생할 수 있는 돌발환경에서 안전한 주행을 할 수 있도록 도움을 주고 편의를 제공하고있음.
- 다양한 종류의 운전자 보조 시스템은 각종 센서를 기반으로 차량의 상태 및 차량 주위의 상태를 인식하여 운전자에게 정보를 제공하거나 차량을 직접 제어하는 기술로 이용되고있음.
- 이러한 시스템들은 차량 내 에서 통신을 위해 CAN(Controller Area Network)기반으로 연결되어 ECU(Electronic Control Unit)간 정보를 전달하며, 차량진단 표준 기술인 OBD-II(On-Board Diagnostics II)인터페이스를 이용하여 차량 내 정보를 제공받을 수 있음.
- 온보드진단기 OBD-II는 규격화된 인터페이스를 통해 제공이 되며, 국내는 2005년부터 판매되는 모든 승용차에 대해 의무 장착이 되었음.



(그림 2-1-73) OBD-II 커넥터 핀아웃

- OBD-II의 규격은 차량 제조사마다 조금씩 다르게 제공되고있으며, SAE J1850 PWM(Ford), SAE J1850 VPW(GM), ISO 9141-2, ISO14230 KWP2000(Europe/Asian), ISO 15765 CAN등의 규격으로 정의됨.

(표 2-1-54) OBD-II Pinmaps

PIN No.	Description
1	Manufacturer Discretion - GM: J2411 GMLAN/SWC/Single-Wire CAN - VW/Audi/BMW: Switched + 12 to Tell a scan tool whether the ignition is on. - Ford, FIAT: Infotainment CAN High
2	Bus Positive Line of SAE J1850 PWM and VPW
3	Manufacturer Discretion - GM: Object Detection CAN Bus(+) - Ford: DCL(+ ) Argentina, Brazil 1997-2000, USA, Europe, etc. - Ford: Medium Spped CAN High - Chrysler: CCD Bus(+)
4	Chassis Ground
5	Signal Ground
6	CAN-High (ISO 15765-4 and SAE J2284)
7	K-Line of ISO 9141-2 and ISO 14230-4
8	Manufacturer Discretion - BMW: Second K-Line for non OBD-II(Body/Chassis/Infotainment) systems. - Ford, FIAT: Infotainment CAN-Low.
9	Manufacturer Discretion - BMW: TD(Tachometer Display) signal aka engine RPM signal.

	- GM: 8192 bit/s ALDL where fitted.
10	Bus Negative Line of SAE J1850 PWM only (not SAE J1850 VPW)
11	Manufacturer Discretion - GM: Object Detection CAN Bus(-) - Ford: DCL(-)Argentina, Brazil(pre OBD-II) 1997-2000, USA, Europe, etc. - Ford: Medium Speed CAN Low - Chrysler: CCD Bus(-)
12	Manufacturer Discretion - GM: Chassis High speed CAN Bus(+) - GM: Diagnostic codes to DIC(1994-2004 Corvette)
13	Manufacturer Discretion - GM: Chassis High speed CAN Bus(-) - Ford: FEPS Programming PCM voltage
14	CAN-Low (ISO 15765-4 and SAE J2284)
15	L-Line of ISO 9141-2 and ISO 14230-4
16	Battery voltage: - Type "A" 12V/4A - Type "B" 24V/2A

- Request용 CAN ID는 0x7DF로 고정 Message의 Data Filed의 첫번째 바이트('0')는 유효한 데이터 길이임.

(표 2-1-55) Request Message Format (CAN2.0A, 11bit Address, 8 bytes)

Byte	0	1	2	3	4	5	6	7
SAE Standard	Number of Additional data Bytes: 2	Mode 01: Show Current Data 02: Freeze Frame 03: Show Stored Diagnostic Trouble Codes ...	PID Code	Not Used				
Vehicle Specific	Number of additional data Bytes: 3	Custom Mode: (e.g.: 22=Enhanced data)	PID Code	Not Used				

- Response용 CAN ID는 0x7E8/0x7E9/0x7EA가 국제 표준, Message의 Data Field의 첫번째 바이트('0')는 유효한 데이터 길이임.

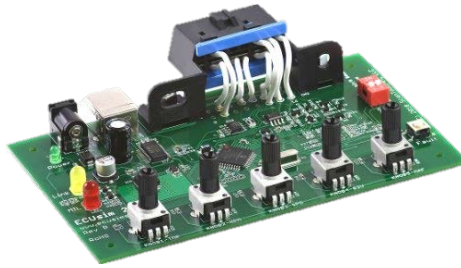
(표 2-1-56) Response Message Format (CAN2.0A, 11bit Address, 8 bytes)

Byte	0	1	2	3	4	5	6	7
SAE Standard 0x7E8 0x7E9 0x7EA ...	Number of Additional data Bytes: 3~6	Custom Mode: Same as Query, Except that 0x40 is added to the module value 0x41 == Show Current Data 0x42 == Freeze Frame ...	PID Code	Value Bytes				
Vehicle Specific 0x7E8 or Phycal ID+ 0x08	Number of additional data Bytes: 4~7	Custom Mode: Same as Query, Except that 0x40 is added to the mode value (e.g. 0x62 == response to mode 0x22 request)	PID Code	Value Bytes				

- CAN2.0B Message Format: 29bit Address, 8 Data bytes  
CAN2.0A와 Address만 차이 있음.  
- Request용 CAN ID는 0x18DB33F1으로 고정.  
- Response용 CAN ID는 0x18DAF110/0x18DAF118/0x18DAF128이 국제 표준.
- 차량 내 정보 수집 프로그램을 개발하기 위해 차량의 ECU를 시뮬레이션한 ECUSim2000을 이용하여 시스템을 개발함.

-SAE J1850 PWM/SAE J1850 VPW/ISO 9141-2/ISO 14230-4(KWP2000)/ISO15765-4(CAN 250/500kbps, 11/29bit Addr) 지원 모델 사용.

- 5채널의 가변데이터 제공(냉각수온/RPM/차속/산소센서전압/MAF)



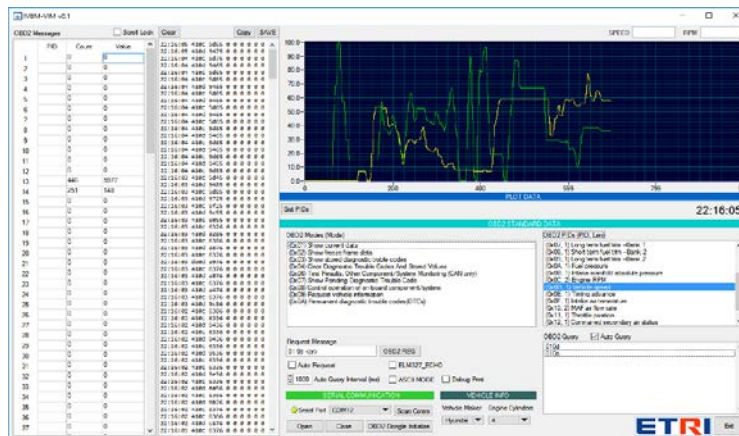
(그림 2-1-74) 차량정보 수집 시스템 테스트용 ECU 시뮬레이터

- 차량 내 정보를 수집하기 위해 아래와 같이 차량의 OBD-II 인터페이스에 CAN 컨버터를 이용하여 PC에 접속함.
  - 차량정보수집 프로그램에서 CAN 컨버터의 통신포트를 활성화 하고, 차량 내 ECU로 부터 얻고자 하는 정보의 PID를 이용하여 요청함, 차량 내 ECU로 부터 응답된 차량의 상태 정보를 분석하여 정보를 화면에 표시함.



(그림 2-1-75) 차량정보 수집 시스템 차량 연동

- 차량정보 수집 프로그램은 다음과 같이 개발하였으며, 특정 PID의 값을 그래프에 표기할 수 있으며, 수집된 로그는 파일로 추출이 가능함.



(그림 2-1-76) 차량정보 수집 시스템 테스트 프로그램

- 실 차량에서 데이터를 수집하도록 개발된 프로그램으로써 운전자의 상태 정보를 함께 취득하여 차량 운행 조건에 따른 운전자의 상태 변화를 분석 할 수 있도록 향후 시스템을 확장 하여 개발할 예정.
- 개발 내용

- 운전자 상태 정보 취득을 위한 생체신호 수집센서별 분석
- 무선 센서네트워크 기반 ECG수집 센서노드 개발
- 차량정보 수집 분석 프로그램 개발
- 향후 개발 내용
  - 주행환경 정보 수집(주행영상, 차량 내 정보, 운전자 생체정보)을 위한 통합형 정보 수집 시스템 개발
  - 음성 기반 차량 탑승자 위치 인식 시스템 설계
  - 음성 기반 운전자 상태(Normal/Abnormal[호흡기질환/홍분/피로(졸음)] 분석

## 제 2 절 디지털 Cockpit 요소기술 개발

### 1. 디지털 클러스터 기술 및 시제품

#### 가. 디지털 클러스터 & 디지털 Cockpit 기술

- 디지털 클러스터의 중요 기술 개발 방향
  - 디지털 클러스터 포함되는 분야는 스마트 자동차 및 지능형 자동차가 핵심 축이며, 최근 IT 기술과 융합되면서 고성능 프로세서를 이용하는 임베디드 기술, 디스플레이 기술, 콘텐츠 확보 등의 방향으로 발전되고 있음.
  - 임베디드 기술은 하드웨어 기술과 소프트웨어 기술로 구분할 수 있으며, 반도체가 발전되면서 많은 정보를 자동차에서 처리 및 보관, 관리하면서 2D, 3D 영상으로 정보를 제공 할 수 있음.
  - 보수적인 자동차 임베디드 보드에 듀얼 MCU 구조를 착용하여 자동차 시스템 MCU와 멀티미디어 프로세스가 디지털 클러스터를 구성되어 있음.
  - 콘텐츠 확보는 주행 속도 등 중심으로 하는 자동차의 현재 상태를 표현하는 정보와 고장 발생시에 자동차의 고장 내역을 표현하는 정보를 중심으로 표현 했지만, 디지털 클러스터가 도입되면서, 운전자에게 많은 정보를 전달하는 매체체로 사용되고 있음.

- 디스플레이 기술이 발전되면서 몇 가지 메뉴 기능을 이용하여 표현하던 계기판에서 사용자 모드에 따라서 자동차의 시트, 공조, 엔터테인먼트, 네비게이션을 비롯해서 카메라 영상을 표현하는 디지털 클러스터들이 소개되고 있으며, 특히 12.3인치 이상의 와이드 LCD를 적용하여 운전자를 비롯해서 탑승자에게 뚜렷한 화질 및 많은 정보를 전달 할 수 있는 환경을 만들고 있고, 고속통신의 발달로 자동차 내부를 또 하나의 비즈니스 공간으로 연출하는 컨셉카들도 소개되고 있음.

- 디지털 Cockpit 시스템

- 디지털 Cockpit 시스템은 자동차 IT 융합의 대표적인 스마트 자동차 분야로 자동차에 디스플레이 장치를 적용하고, IT 콘텐츠를 적용하여 운전자를 비롯한 자동차 탑승자가 다양한 콘텐츠를 사용할 수 있는 스마트카(Smart Car)를 대표하는 시스템
- 미래 자동차는 멀티 디스플레이를 비롯한 운전자의 시인성과 보조석을 비롯한 탑승자의 차량의 엔터테인먼트를 운용할 수 있도록 제공해가고 있음.
- 디지털 Cockpit 시스템을 대표하는 디지털 클러스터, 디지털 센터 정보 단말기(CID, Central Information Display)에 클러스터 정보 및 네비게이션, 센터페시아, 모바일 기기의 기능이 연동되는 기술 개발로 아직은 컨셉트카로 표현되고

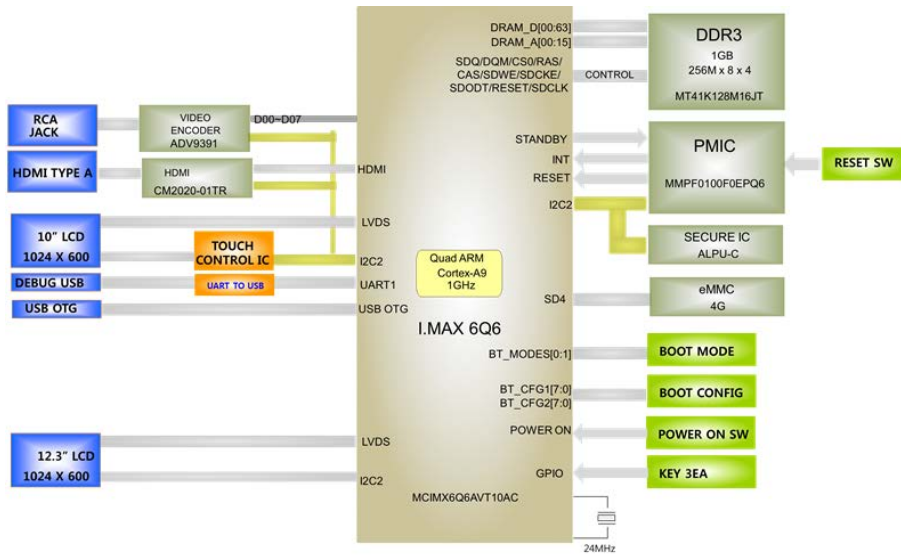
있음.

- 운전자의 목적지 도달할 때까지의 운전자 가이드 정보를 비롯하여 주행 중인 속도, RPM 정보 및 자동차의 상태에 관련된 수많은 센서 정보가 디지털 Cockpit 시스템의 기본 자원이 되며, 정적인 콘텐츠에서 다양한 콘텐츠를 표현할 수 있는 디스플레이가 다수개 적용되어 디스플레이가 편의, 안전 운전을 돕는 기능을 제공함.
- 사용자 정보를 기반으로 UX 디자인이 적용될 수 있는 저작도구 개발과 개발된 콘텐츠를 표현할 수 있는 저작도구에 대한 연구가 필요 함. 자동차 및 운전자 요구사항을 정의하고 각각에 대한 시나리오에 대해서 프로토타입을 만들어 보는 연구가 필요 함.

## 나. 디지털 클러스터 시제품 설계

- 디지털 클러스터 하드웨어 설계
  - i.MX6 Motherboard with NXP® i.MX6 ARM Cortex A9 Quad Core 1.0 GHz
  - 1 GB onboard DDR3 Memory / 4 GB eMMC onboard Flash
  - Dual Display: 1 x HDMI, 2 x 18/24-bits LVDS
  - 1 x USB, 1 x CAN
  - 1 x Micro USB OTG Connector

- 전원 : 9V - 32V DC Input
- Yocto BSP 3.10.17
- Glib 1.2.42.1
- Qt5+opengle 5.4.2
- opencv 2.4.9
- gstreamer1.0



(그림 2-2-1) 디지털 클러스터 하드웨어 블록도

- 차량용 운영체제 최적화
  - 프리스케일 I.MX6에 대해서 BSP 설치를 진행 했으며, 진행하면서 프리스케일에서 배포하는 옵션과 상이한 부분에 대해서 체크, 컴파일을 통해서 하드웨어에 맞는 BSP를 완성함.
  - 하드웨어 가속기를 사용하기 위한 설정 진행 함.
  - BSP 이미지를 이용하여 리눅스 시스템을 구축하고, 개발하기 위한 MFG-tools을 이용하여 개발 할 수 있는 시스템을 구비 함.
  - QT 시스템을 셋팅하여 클러스터를 개발 할 수 있는 환경 구축.
  
- 디지털 클러스터 표준화를 위해서 게이트웨이를 적용.
  - 자동차에 따라서 CAN 배선 구성 및 CAN 프로토콜이 매우 상이하므로, 디지털 클러스터 표준 프레임워크 구성을 위해서 공통으로 표현 할 수 있는 부분과 자동차의 제원에 따라서 변경되는 부분으로 나누고, 자동차에 따라서 변경되는 것을 게이트웨이에서 담당하고, 표준화가 되는 부분을 디지털 클러스터 CAN으로 설계 함.
  - 디지털 클러스터를 위한 CAN DB는 표현하는 정보를 중심으로 CAN DB를 구성하며, 자동차 계기판의 표현과 인디케이터 분석의 연구를 기반으로 표준화 함.

- 디지털 클러스터 및 카펫 시스템에 대한 시스템 구성도
  - 미래 자동차의 디지털 클러스터에 대한 시스템 구성도에 대한 블록도 구성에 대해서 데모 시스템 구성
  - 앞으로 진행 될 시스템에 대한 예상을 위해서 벤츠 UI를 적용하고, 고성능 멀티미디어 자동차 임베디드 시스템인 프리스케일 I.MX 시스템을 이용하여 한 12.3인치 LCD 를 채용한 시스템 구성 및 시제품 샘플제작.
  - 벤츠 시제품의 경우 차량의 모든 통신 및 하드웨어는 게이트웨이에서 인티그레이션을 진행하고, 체리 S51EV용 멀티 클러스터는 체리 CAN을 사용하여 직접 차량 시스템 접속하여 데모 가능하도록 제작하고, 차량 장착 전에는 시뮬레이터를 이용하여 동작 구현 함.
  - 체리 자동차용의 경우 12.3인치 와이드 LCD를 사용하여 기본 디지털 클러스터 기능 구현을 하고 기타 공조, 네비게이션, 시트, 엔터테인먼트 등은 동작 시 화면 오른쪽 또는 전체가 디스플레이 되는 구조로 제작하였으며, 벤츠의 미래형 자동차의 경우 와이드 LCD 2대를 연동하여 클러스터를 비롯하여 CID의 BMS 공조와 같은 내용의 모니터링을 할 수 있음.
  - 클러스터와 CID는 CAN 통신 및 차량 통신을 이용하여 데이터를 공유 할 수 있으며, 게이트웨이에서 전달되는 데이터를 기반으로 차량의 상태 및 차량 모니터링을 할 수 있음.

- 시스템의 발전과 동시에 운용 프로그램의 개발이 필요하며, 운용 프로그램을 동시에 동기화 시키기 위한 연구도 진행되어야 하고, 멀티코어 및 3D 엔진을 최적화하여 사용 및 디지털 카펫으로 발전하기 위한 저작도구의 요구사항을 예측한 연구가 필요 함.

- 디지털 클러스터 시제품 개발

클러스터 시제품 데모를 위한 시제품 제작

- 디지털 클러스터 동작 시연을 위한 시스템 구성
- 세인전장 내에 데모시스템 구축, 연구의 진행 정도 분석을 위한 시뮬레이터 시스템 구축
- 실제 차량 데이터 분석 결과를 시뮬레이터에 연동
- 차량의 데이터를 게이트웨이를 통해서 미리 지정되어 있는 디지털 클러스터 CAN DB로 수정
- 실제 차량과 유사한 모델을 적용하여 악셀 및 기타 차량 제원의 동작을 디지털 클러스터에서 시연 가능. 이는 실제 차량과 동일한 동작 시연

- CAN DB 설계

- 엔진 자동차 / 전력 구동 자동차를 비롯한 모든 자동차를 디지털 클러스터로 표현하기 위해서 공통의 CAN DB를 구성

하였음.

- 표준화된 CAN DB는 자동차의 CAN 및 I/O 정보를 게이트웨이에서 변환하여 CAN 데이터로 전달함.
- 이를 위해서 실제 자동차에 표현하는 필수 요소와 추가적인 서브 요소로 구성하여 공통 표현 요소를 포용하는 CAN DB를 완성 함.

**1. Re-EV VCU Interface Specification**  
**1.1 VCU CAN Data**

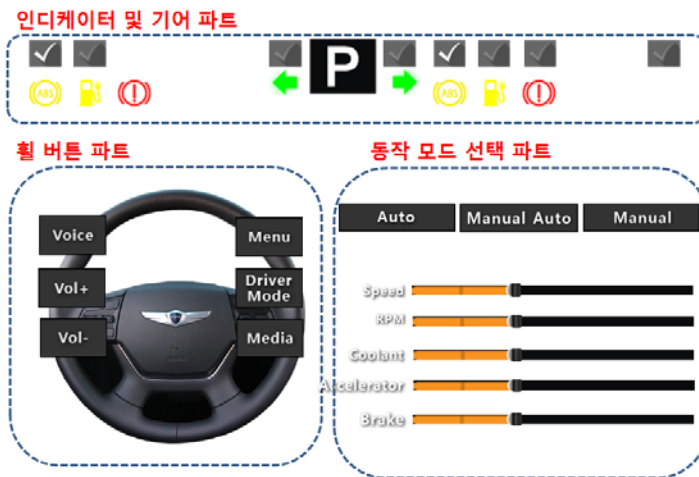
Source	ID (hex)	Period (ms)	Status	Package Name	Bit No.	Data Name	Initial Value	Description	Function		Physical Value		Bit Rate	Unit
									Consumer ECU	Description	Min	Max		
VCU (VCU)	0x2B1	50	5	CAN_VCU_ReqData	1	CR_Eng_CtrlMk	0	Engine Eng. Torque Command	ECU	Eng. Torque Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					2	CR_Eng_TqReqMk	0	Engine Eng. Torque Command	ECU	Eng. Torque Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					3	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					4	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					5	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					6	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					7	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					8	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					9	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					10	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					11	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					12	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					13	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					14	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					15	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					16	CR_Eng_PwrCtrlMk	0	Power Mode Torque Limit Command	ECU	Power Mode Torque Limit Command	0.00	1000.00	1000.00	%
					VCU (VCU)	0x2B2	50	5	CAN_VCU_ReqData	1	CR_Pwr_ReqReq	0	Power Request (HV Relay Command)	BMS
2	CR_Pwr_ReqReq	0	Power Request (HV Relay Command)	BMS						EV HV Relay On Command Off	0	1	1	0
3	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Power Enable	MCU						1. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
4	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						2. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
5	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						3. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
6	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						4. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
7	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						5. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
8	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						6. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
9	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						7. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
10	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						8. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
11	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						9. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
12	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						10. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
13	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						11. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
14	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						12. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
15	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						13. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
16	CR_Mtr_EnMk	0	Motor Control Enable	MCU						14. Allow Motor System to Control	0	1	1	0
17	CR_VCU_ReqData	0	Check sum for VCU - MCU	MCU / BMS						Check SUM Byte	0	255	1	0

(그림 2-2-2) CAN DB 내용 일부

- 자동차의 CAN, I/O를 비롯한 중요 정보를 캡처를 진행하여 중요 정보를 찾고, 중요 정보를 인식하여 디지털 클러스터에 표현하는 방법에 대한 연구를 진행 함. 자동차의 종류에

따라서 전혀 다른 CAN 프로토콜을 가지고 있지만, 우리가 제안하는 공통의 디지털 클러스터 표현 요소에 대해서 캡처링 및 분석 작업을 진행하여 게이트웨이에서 클러스터에게 변형된 CAN 데이터를 전달 함.

- 시제품 동작을 위한 CAN 시뮬레이터
  - 타겟 차량에서 분석된 데이터 및 체리 CAN을 근간으로 시뮬레이터 개발 (2종)



(그림 2-2-3) 시뮬레이터 UI 구성

- 클러스터에 자주 표현되는 데이터를 화면 구성
- 자동차의 상태를 확인 할 수 있는 대표적인 요소인 클러스터에

주행 관련된 속도 정보를 비롯해서 인디케이터 및 고장 정보를 표현하고 있음.

- 클러스터 표현 정보 :

충전 경고등, 엔진 오일 압력 경고등, 전동 파워 스티어링(MDPS) 경고등, 브레이크 경고등, EBD 경고등, 엔진 경고등, 통합 경고등, 연료 부족 경고등, TPMS 경고등, 워셔액 경고등, ESC 작동 경고등, ESC 작동정지 경고등, ABS 경고등, 도어열림 경고등, 트렁크 열림 경고등, 키 확인 표시등, 후면 안개등, 전방 안개등, 미등, 좌측 깜빡이, 우측 깜빡이, 비상등, High Beam Assident, 전조등 상향 표시등, 크루즈 표시등, 크루즈 설정 표시등, 자동 정차 기능 표시 됨.

- 주행 중이 아니면, 표현할 수 없는 악셀과 브레이크에 대해서 프로그래스 바를 이용하여 시뮬레이션 할 수 있도록 구성 함.

- 자동모드를 추가하여 조작자 없이도 동작이 될 수 있는 시스템으로 완성 함.

- 주행 모드 시뮬레이터 동작에 관련되어서 자동으로 일정한 양만큼의 속도 / RPM / 연료 / 엔진온도 등이 연동되어 데모 모드로 동작하는 모드를 가지고 있음.

- 각 항목은 수동으로 조절할 수 없도록 Dimming 처리되도록 프로그램을 추가한 상태이며, 자동으로 속도 및 RPM을 비롯해서 중요하기 표현하는 클러스터 정보를 변경하도록 되어 있음.

- 차량 분석 용 게이트웨이
  - 게이트웨이는 차량의 많은 CAN 및 I/O에 대해서 로직을 구성하며, 실제 차량의 주변 기기인 악셀레이터, 브레이크 조작 스위치를 비롯하여 다양한 제원을 이용하여 게이트웨이 연동
  - 게이트웨이 연동은 하네스를 구축하여 시스템이 동작 할 수 있도록 구성하고, I/O 및 CAN 통신이 가능한 BOB를 구축, 각각의 하드웨어가 동작할 수 있는 전원 공급까지 담당하게 되어서 안정적인 동작이 가능하도록 함.
  - 게이트웨이는 차량 CAN 데이터 수집 및 I/O 인식, 변환 기능과 전원 기능을 제공하며, 이를 위해서 하네스 작업을 위해서 많은 I/O 변환 기능을 내장하고 있음.
  - A/D, PWM, 레벨 변환 및 전원 공급 회로를 포함 함.
  - 게이트웨이는 가상의 엔진, 기어, 악셀레이터, 브레이크, 토크, 구동 관련된 내용으로 구성되어 있으며, 실차에서의 동작성을 유지하기 위해서 엔진 맵을 Engine Torque, FactorK, TorqueRatio 등의 실차의 맵핑 테이블을 사용함.
  - 게이트웨이 구성은 엔진 모듈, ShiftLogic은 기어박스 관련된 로직, Transmission, Torque 변환기, 차량의 구동축 등으로 구성되며, 기어의 상태 및 AP, BP의 동작과 현재 속도를 기반으로 차속과 RPM이 결정되어서 클러스터에 표현됨.

- 시제품 디지털 클러스터 구성
  - 시제품 디지털 클러스터는 실제적인 CAN DB를 이용하여 차량에 바로 적용할 수 있는 버전으로 구성 함.



(그림 2-2-4) 아날로그 클러스터(상) / 개발된 디지털 클러스터(하) 비교



(그림 2-2-5) 체리 S51EV 멀티 클러스터

- 시제품 디지털 클러스터 개발
  - 제작된 하드웨어의 눈을 띄우는 BSP 포팅 관련된 리눅스 포팅을 작업이 많은 시간과 많은 S/W 개발이 진행 됨.
  - 개발된 BSP는 하드웨어의 동작을 위해서 필수 요소이며, 초기 요구사항에 있는 동작을 위해서 각각의 검증을 진행하면서 완성함.
  - 특히, 12.3인치 LCD의 경우 Dual LVDS 포맷인, 기존 화면 구성과는 다른 방법으로 화면 구성이 되면서 많은 시간이 할당되었음. 이는 2개의 이미지를 하나의 LCD에 표현하는 것과 같으며, 많은 시행착오에 의해서 개발이 되었음.
  - LCD 구동 다음으로 하드웨어 BSP 포팅에 많은 작업이 투입되었으며, CAN 데이터의 수신 및 전송에 버그를 검수하고 동작 확인하는 디버깅 작업을 진행 하였음.

- 디지털 클러스터: 벤츠 E 클래스 UI 시제품
  - 아날로그 클러스터의 모터, LED, 5인치 디스플레이로 구성되어 있는 대상을 디지털 클러스터로 변환하는 작업이며, 표준의 CAN DB를 적용하여 I/O를 CAN 신호로 변환하여 디지털 클러스터 벤츠 E 클래스 화면 설계를 진행 함.
  - UI 프로그램은 2D APP으로 개발하였으며, 각각의 컴포넌트를 위젯 방식으로 디스플레이 할 수 있도록 준비하였음.
  - 또한 7" , 8" , 10" , 12" 에서 동작 될 수 있도록 해상도에 맞추어 디스플레이 될 수 있는 프로그램 구조로 개발 함.



(그림 2-2-6) 12.1인치 벤츠 UI 클러스터

● 디지털 클러스터: 체리 S51EV 멀티 클러스터 시제품

1) 안드로이드 오토

- Android Auto는 Google I/O에서 2014년 6월 25일에 발표 함.
- Android Auto는 구글에서 개발 한 스마트 폰 투영/표준 대시보드 헤드 유닛을 통하여 자동차에서 작동할 수 있는 안드로이드 운영체제(롤리팝)를 실행하는 모바일 장치를 허용
- Android Auto mobile Application은 2015년 3월 19일에 릴리즈 함. 이 표준 드라이버는 GPS 맵핑/네비게이션, 음악 재생, SMS, 전화, 웹검색을 제공함. (터치, 버튼, 헤드 유닛이 모두 지원됨)
- 자동차 하드웨어 지원

Car hardware	Available to mobile device
GPS and high-quality GPS antennas	YES
Steering-wheel controls	YES
Sound system	YES
Directional speakers	YES
Directional microphones	YES
Wheel speed	YES
Compass	YES
Car data	Under development
Mobile antennas	YES

- 호환되는 Application:  
Google Maps, Google Play Music, MLB at Bat, Spotify, Songza, Stitcher, iHeart Radio, TuneIn
- 2015년 현대 소나타에 처음 적용됨.
- 사용자는 Android Lollipop을 실행해야 하고 Android Auto 지원 차량을 소지 해야 함. 사용자는 Android Device를 USB Cable을 통하여 차량에 연결 해야 함. 헤드 유닛은 자신의 운영 체제를 실행하는 것 보다는 Android 장치에 대한 외부 디스플레이 역할을 하게 됨.
- 모바일 시스템과 동일한 안드로이드 시스템을 차량에 인포테인먼트를 시작으로 다양한 데이터 활용이 가능한 시스템으로 발전시키기 위해서 개발되고 있으며, 엔터테인먼트를 비롯해서 구글 맵과 같은 차량 주행 중에 꼭 필요한 데이터를 표현하고 있음.
- 최근 자동차 클러스터를 비롯해서 차량의 운전 상태 및 자율 주행에 대한 연구로 발전되고 있음.

## 2) 안드로이드 채용 배경(장단점)

- 금번 과제에서 체리 S51EV용 멀티 클러스터는 클러스터는 중국 내 전기 자동차의 급속한 성장으로 많은 업체가 참여하게

되면서 경쟁이 치열해지고 있으므로, 경쟁사의 제품과 차별화 및 제품 고급화를 위해 사용자의 편의성을 확장하는데 중점을 두었으며, 이를 위해 와이드 LCD에 네비게이션 등 멀티 정보를 구현해 달라는 체리자동차의 요구로 안드로이드 OS를 채용하여 12.3인치로 시제품을 제작하였으며, 과제 완료 후 12월말~1월초에 체리 차량에 접속하여 시연 예정임

- 안드로이드의 경우 모바일 최적화된 OS로 스마트폰의 70% 이상 점유하고 있으며, 또한 안드로이드 오토의 경우 자동차용 플랫폼으로 자리를 잡아 가고 있음.
- 클러스터 OS로 안드로이드를 채용함으로써 생기는 장점은 다음과 같음.

첫째 안드로이드와 연동 부분을 원활하게 할 수 있음.

동일한 OS환경으로 상호 원활한 연동이 가능하고, 사용자의 스마트폰에 안드로이드인 경우에도 쉽게 연동되는 장점이 있으며, 쉬운 연동으로 인해 사용자는 운전 중 전화가 오거나 문자가 오는 경우 시선을 다른 곳으로 돌리지 않고 클러스터를 통해서 쉽게 확인 할 수 있으므로 안전운전을 할 수 있게 됨.

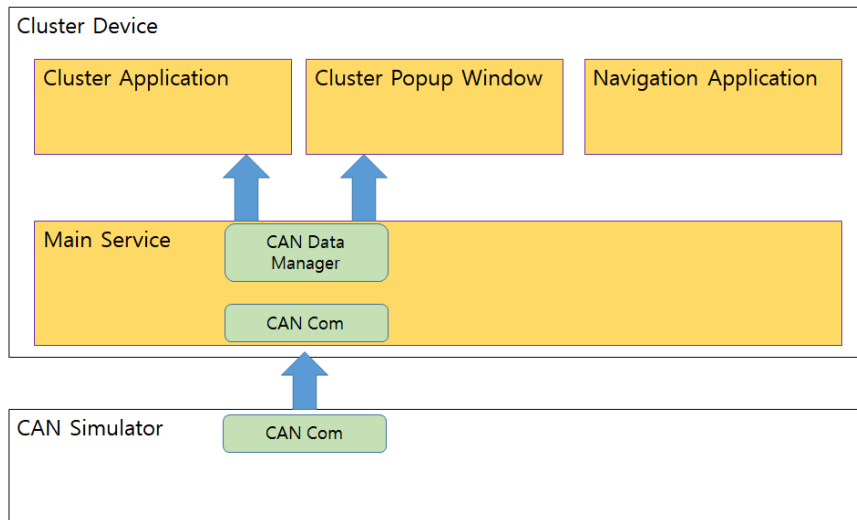
둘째, 시중에 다양한 어플리케이션을 다운 받아 사용 가능함. 구글플레이를 통해서 어플리케이션을 다운 받아 실행할 수 있는 환경이 구축되었기 때문에 차량 운전시 다양한 편의 기능을 제공하는 어플리케이션을 쉽게 설치하여 실행할 수 있음.

셋째, 사용자의 취향에 맞게 다양한 클러스터 UI 채용 가능. 기존 OS로는 사용자 취향에 맞게 UI를 수정하는 것이 매우 어려웠지만 안드로이드를 채용함으로써 인해서 UI

스킨 표준을 배포하여 사용자의 취향에 맞는 UI를 자유롭게 적용하도록 할 수 있음.

- 단점으로는 부팅시간이 오래 걸리는 문제가 있을 수 있으나, 차량 주차 중 판단을 통해 슬립 모드로 전환하고 시동을 켜는 경우 앱을 바로 실행하게 처리하면 부팅시간에 대한 이슈는 사라질 것으로 사료됨.

### 3) 소프트웨어 블록도



(그림 2-2-7) 안드로이드 S/W 블록도

#### Main Service

- 백그라운드에서 항상 실행 함.
- CAN 정보와 외부 컨트롤 정보를 수신 함.
- 외부 컨트롤 정보에 따라 클러스터 App과 네비게이션 App을 전환 시킴.
- CAN 정보를 분석하여 각각의 App에 전달

#### 4) 시뮬레이터

- 차량 정보를 가상으로 생성 하여 전달.
- 체리 S51EV CAN에 근거하여 차량 장착 전 동작 시연을 위해 제작함



(그림 2-2-8) 시뮬레이터 화면 예

- 표출 화면 컨트롤
  - 계기판: 계기판 화면으로 전환
  - 네비게이션: 네비게이션 화면으로 전환
  - 공조기: 공조기 정보 표시
  - 라디오: 라디오 컨트롤 표시
  - 비디오: 비디오 Play 표시

- 경고 발생  
자동차에 표시 가능한 경고를 on/off
- 표시 정보 값 조절  
자동차에 표시되는 차속/RPM 등의 값을 조절
- Cluster Application  
자동차의 정보를 화면에 표시



(그림 2-2-9) 정상시의 클러스터 화면



(그림 2-2-10) 공조 조작시의 클러스터 화면



(그림 2-2-11) 오디오 조작시의 클러스터 화면



(그림 2-2-12) 비디오 조작시의 클러스터 화면

■ Cluster Popup Window

네비게이션 실행 중에는 자동차의 주요 운행 정보를 화면 하단에 표출하고 기타 경고 등의 주요 아이콘은 상황 발생 시 표시.



(그림 2-2-13) 네비게이션 동작시의 클러스터 화면

#### 5) 클러스터 디자인 컨셉

- 클러스터는 기존의 S51EV용 7인치 चे리자동차의 클러스터를 기본으로 하여 네비게이션, 공조, 시트, 엔터테인먼트 등을 추가하여, 12.3 인치 와이드 LCD를 채용하는 고급형 멀티 클러스터 컨셉을 채용하여 기획함.



(그림 2-2-14) 멀티 클러스터 컨셉

- 클러스터 중앙에 속도 계기판을 큰 원 형태로 배치하여 시인성을 고려한 디자인을 추구함.
- 속도 계기판을 중심으로 왼쪽에 RPM 계기판을 표시하고, 오른쪽에 전기자동차의 배터리 잔량 계기판, 왼쪽에는 RPM을 배치.
- 속도의 경우 10km/h ~ 20 km/h까지는 1km/h 단위로 눈금을 표시하고, 안전을 위해서 30km/h와 50km/h의 눈금은 적색으로 표시하여 운전자가 속도에 대한 감각을 느끼도록 처리함.
- 속도 눈금자는 연속적으로 움직이도록 처리하여 실제 아날로그식으로 동작하는 것처럼 효과를 나타내도록 함.
- RPM의 경우 8,000~10,000RPM은 위험 구역이라 빨간색으로 표시.
- 배터리 잔량의 경우 BMS로부터 올라오는 값을 참조하여 표시하고, 0 ~10% 구간은 빨간색 눈금으로 표시하여 즉시 충전을 할 수 있도록 시인성을 확보.
- 각종 경고를 표시하는 아이콘들은 경고특성이 비슷한 아이콘끼리 그룹화 하여 모여 있도록 배치 하고,
- 속도 계기판 내부에 차량 운전시 중요한 알람이 발생하는 경우 알람 아이콘과 문구를 표시하여 운전자로 하여금 쉽게 이벤트를 알 수 있도록 함.

- 각종 경고용 아이콘 종류는 다음과 같음.
- 배터리 관련 :  
배터리 교체 안내, 충방전 알람, 배터리 없음, 충전케이블 연결, 배터리 전압, 전류
- 헤드라이트 :  
상하향등, 안개등, 차폭등, 좌우 방향지시등, 후미안개등
- 안전장치 :  
ABS 고장, EPS 경고, EBD고장, 안전벨트 미착용, 에어백고장, 모타/제어기 과열
- 차량 상태:  
차문열림, 트렁크 열림, 차량계통 고장, 타이어 공기압 알람, 파킹브레이크, 주행효율 저하 경고, 핸들 미정렬, 변속기 고장, EPS고장, 조향시스템 고장,
- 에코 : 운행준비완료, 경제운전 여부
- 경고 아이콘 색상은 적색, 녹색, 노란색으로 표시하되, 적색은 위험한 경고 아이콘, 녹색은 안내위주 아이콘에 적용하고, 노란색은 상대적으로 경미한 경고를 나타냄.

- 중요 아이콘 이미지는 다음과 같음



(그림 2-2-15) S51EV 용 중요 아이콘 이미지

- 네비게이션의 경우 클러스터 전체 영역을 지도를 표시하고 속도와 RPM를 각각 좌우에 배치하여 길안내를 쉽게 받을 수 있도록 설계 하였으며, 경고 및 주의 등 상황 발생 시 경고 아이콘 위치에 표시 하도록 함.
- 기타 공조기 조작을 위해 버튼을 클릭하는 경우에는 화면의 오른쪽에 공조기의 현재 상태를 나타내는 화면이 표시되었다가 일정시간 공조기 조작이 없으면 자동으로 화면이 사라지도록 처리 함.
- 오디오 버튼을 조작하는 경우에도 공조기와 같이 오디오 상태를 나타내는 화면이 표시되었다가 일정시간 이후 사라지도록 구현함.



(그림 2-2-16) 공조 및 오디오 조작 시 표시 화면

- 클러스터에 후방 카메라 입력을 받을 수 있도록 설계하여, 차량 후진 시 후방 영상을 클러스터에 표시 가능하도록 함.



(그림 2-2-17) 후진 시 후방카메라 표시 화면

- 이번 연도에는 후방카메라만 표시하도록 구현하고 향후 전방에 카메라를 장착하여 주행 영상을 저장하여 블랙박스 역할을 수행하도록 할 예정임(고객 요구사항)
- 또한 전방 또는 후방영상으로 통해 차선이탈감지 기능을 추가 하여 차량의 안전운전 기능을 대폭 강화 할 예정이며, 차선 이탈방지를 위해서 좌우방향 지시등 정보를 CAN을 통해서 분석하여 사용자가 의도하지 않고 차선을 이탈하는 경우 알람 표시하면서 경고 하도록 추가 할 예정임.
- 또한 고객사의 장기적인 기능 추가 요구에 대응할 수 있도록 전방 카메라를 이용하여 전방 차량까지 거리를 계산하여 일정거리 이내에 들어오는 경우 전방추돌 알람을 하고, 향후에는 당사가 보유하고 있는 보행자 인식 알고리즘을 적용하여 운전 중 보행자가 인식될 경우 주의 및 경고 하도록

클러스터 프로그램 업그레이드 검토 할 예정입니다.

6) 시제품



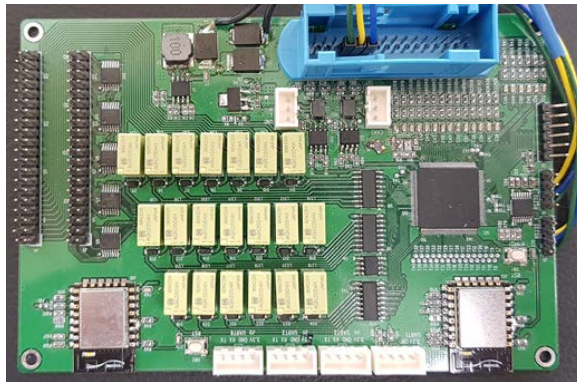
(그림 2-2-18) 12.3인치 체리자동차 고급형 멀티클러스터 시제품



(그림 2-2-19) 12.3인치 체리자동차 고급형 멀티클러스터 화면



(그림 2-2-20) 12.1인치 벤츠UI 클러스터 및 시뮬레이터 시제품



(그림 2-2-21) 게이트 웨이 시제품

## 2. Cockpit 모듈 디지털 설계 검증 기술 개발

### 가. 공동 연구개발의 필요성

- Cockpit Module 전장부품 공차에 의한 제품 산포, 간섭, 조립 불량 등으로 Cockpit 모듈 생산효율이 떨어지는 문제가 발생하여, 이를 위해 Cockpit Module 제품의 설계 단계에서 제품기준의 조립, 간섭 체크를 디지털 검증 실시하여 Cockpit Module 조립, 생산 공정 최적화를 추구해야 하므로 관련 분야의 전문기업과 공동연구 수행이 필요함

### 나. 공동 연구개발 목표

#### 1) 공동 최종목표

- Cockpit Module(CPM) 디지털 설계 검증 기술 개발

#### 2) 공동 연차 별 목표

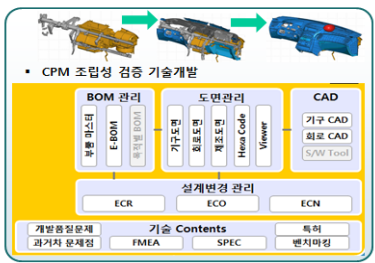
(표 2-2-1) 연차 별 목표 및 소요 예산

구 분	목 표	소요 예산(천원)	소요 인력(M/Y)
1차년도 (2017)	Cockpit Module(CPM) 디지털 설계 검증 개발	167,000	1.5
2차년도 (2018)	Cockpit Module 디지털 조립/선행 검증 개발	167,000	1.5

3차년도 (2019)	Cockpit Module 디지털 제조 검증 개발	167,000	1.5
4차년도 (2020)	Cockpit Module 통합 (설계/개발/제조) 검증시스템 구축	167,000	1.5

### Smart 검증 시스템 적용 Cockpit 모듈 제조 검증 시스템 개발

- 양산 차종의 조립 불량률 최소화를 위한 Cockpit 모듈 디지털 설계 검증 기술
  - Cockpit 모듈 개발에 필요한 디지털 조립성 검증 기술 개발



- Cockpit Module 전장부품 공차에 의한 제품 산포, 간섭, 조립 불량 예측 및 원인 분석 파악
  - 과거차 문제점, FMEA, 설계검토 연결성 확보
  - 과거차 문제점의 신차종 반영 및 양산차종 수행전개
- CPM 제품의 설계 단계에서 제품기준의 조립, 간섭 체크를 디지털 검증 실시하여 개발
  - 설계 도면 및 개발 산출물 관리
  - 시작 DATA 배포

#### 주요 성과물

- 디지털 설계 검증 시스템 구축
- 디지털 검증 적용 Cockpit 모듈 제품

(그림 2-2-22) Smart 검증 시스템 적용 Cockpit 모듈 제조 시스템 개발

다. 연도별 공동 연구개발 내용 및 범위

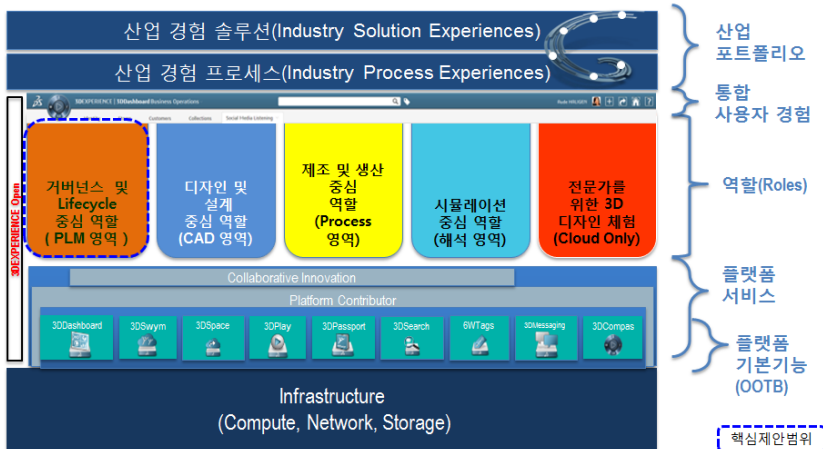
(표 2-2-2) 연도별 연구개발 내용 및 범위

구 분	목 표	결과물
1차년도 (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶Cockpit Module 전장부품 공차에 의한 제품 산포, 간섭, 조립 불량 예측 및 원인분석 파악</li> <li>▶CPM 제품의 설계 단계에서 제품기준의 조립, 간섭 체크를 디지털 검증 실시하여 개발</li> <li>▶CPM 전장화 부품 상호 연관성 적용 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶디지털 설계검증</li> <li>기술 확보</li> <li>▶신기술 특허</li> </ul>
2차년도 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶Cockpit Module 제품의 설계 단계에서 디지털 검증 및 공정 조립성 검증 개발</li> <li>▶전장화 부품과의 CPM 제품 디지털 조립성 검증 개발</li> <li>▶Cockpit Module 시제품개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶디지털 조립검증</li> <li>시스템구축</li> <li>▶기술 홍보</li> </ul>
3차년도 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶CPM 제품이 조립되는 공정과 공정에서 사용되는 공구를 이용하여 조립성 및 틀링 최적화 개발</li> <li>▶전장화 부품과의 CPM 제품 조립성 수정/보완 개발</li> <li>▶Cockpit Module 신차종 적용 제품개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶첨단 제조검증 시스템 적용된 Cockpit Module 시제품</li> <li>▶기술홍보(HMC 신차종 적용)</li> </ul>

4차년도 (2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶Cockpit Module 조립, 생산공정 최적화 디지털 검증 개발</li> <li>▶신규 차종 기술 적용으로 사업화 실현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶통합(설계/조립/제조(공정)) 첨단 검증 시스템 구축</li> <li>▶Cockpit Module 시제품</li> <li>▶사업화 실현</li> </ul>
----------------	---	--

### 라. Cockpit Module(CPM) 디지털 설계 검증의 필요성

- Cockpit Module(CPM) 디지털 설계 검증은 자동차 모듈 부품의 다양한 플랫폼 서비스를 제공하며, 핵심적으로 전산 시스템 검증으로 현장에서의 제품 산포, 간섭, 조립 불량 예측 및 원인분석 파악을 사전에 하여 CPM 품질 확보를 할 수 있음.



(그림 2-2-23) 디지털 설계 검증의 범위

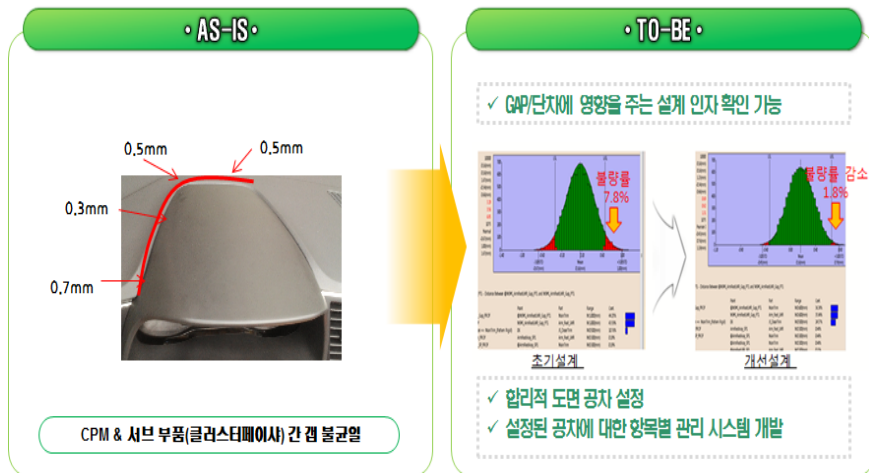
- 복잡한 엔지니어링 프로젝트의 효율적인 관리 및 다양한 분야의 실시간 온라인 협업을 통하여 제품의 변경에 대한 추적성 관리가 가능 하도록 지원함.

#### 마. Cockpit 모듈 디지털 설계 검증기술 개발

- Cockpit 모듈 디지털 설계 검증기술 개발은 모듈제품을 제조하는 자동차 부품업체에서는 수많은 SUB 부품 관리를 신차종 설계단계부터 관리하여 실제 양산제품 제조 시에 편차에 의한 오차 및 불량관리를 획기적으로 개선하고자 함.
  - 제조업계의 위기 탈출의 기반 확보 PLM 기반 SMART 검증시스템 구축 필요
  - 통합 정보 시스템 구축 및 운영 글로벌 경영체계 확보 (기업경쟁력 강화)
  - 부서간신속한 설계/개발 정보지원 협업 환경을 통한 경영내실화 실현
  - 실시간 설계/개발 정보(PLM)와 생산정보(ERP) 연계 품질, 시간, 비용절감 회사 수익구조 강화
  - 산재한 각종 설계정보(설계사양서, 도면, BOM, EO 등)와 프로세스 통합 업무효율화 기반 구축/보안강화
  - Web 기반 환경 전사원 설계정보 실시간 정보 검색 및 활용 설계 표준화 / 공용화 유도

## 바. CPM 공차 분석 전산 시스템 관리 구축

- 이러한 CPM 제조현장에서의 품질산포 및 조립불량 개선을 위해 설계단계 공차분석 적용을 통한 CPM과 서브 부품들에 대해서 설계단계에 공차분석 수행을 통한 최적화 설계 및 도면 반영하여 관리하고자 함. 또한 CPM 상관부품 매칭부 GAP/단차 공차 및 CPM 단품 서브 부품간 GAP/단차 공차 확인하여 관리하고자 함.
- CPM 개발 초기단계인 설계단계의 공차분석 결과를 반영하여 관리할 수 있는 전산 시스템 개발하여 부품별 공차분석 체크리스트 제정 및 체크리스트를 통한 검증하기 위한 시스템 개발을 하였음.



(그림 2-2-24) CPM 공차분석 관리 모식도

- 공차 분석이 고려된 ES / TDP / 과거차 품질문제의 검증을 위한 상세 체크시트 제정
  - > 공차 분석 항목 선정 : 주요 FAIL이 발생하는 항목에 대한 분석 (ES / TDP / 과거차 품질문제 / 부품 산포에 따른 품질문제 등)
  - > 선정된 항목에 대한 공차분석 적용범위 및 위치 선정
  - > 공차 분석 항목별 위치에 대한 검증을 위한 상세 가이드라인 & 체크시트 제정

(표 2-2-3) 공차분석 단계별 산출물

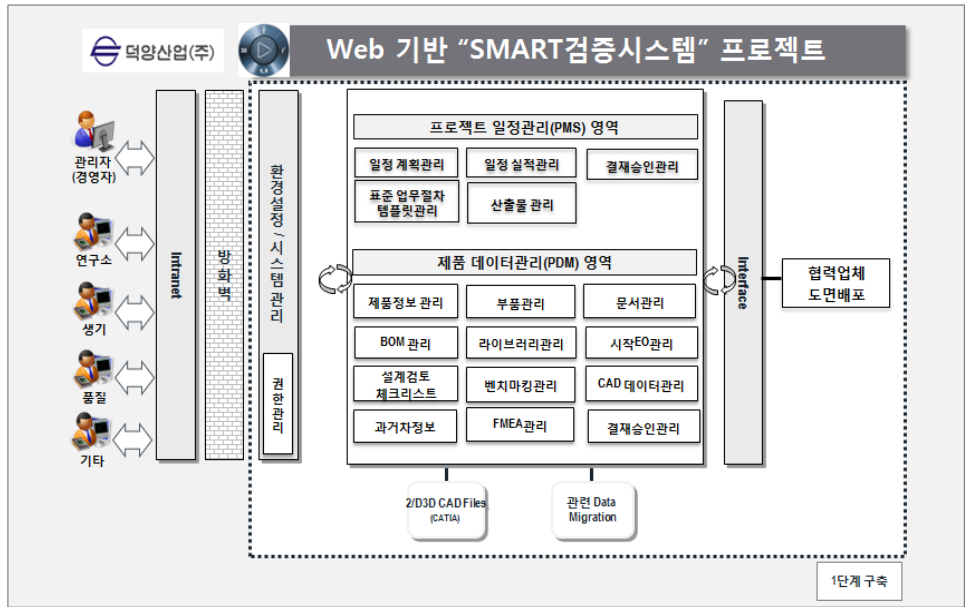
EVENT	내용	입력물 / 산출물
1 공차 분석 항목 선정	주요 FAIL이 발생하는 항목에 대한 분석 항목 선정 (ES/TDP/과거차 품질문제/부품산포에 따른 품질문제 등)	필드 클레임 분석자료 부품 품질 산포 관리 현황 공차분석 선정항목
2 주요 공차 및 DATUM 설정 확인	조립/검사/부품경계조건 도면 반영여부 확인	단품 도면 또는 공차/DATUM 테이블
3 공차 분석 모델제작	제조조건 및 3차원 특성 반영된 공차 분석 모델 제작	공차분석 모델
4 공차 분석 실시	각 분석 항목에 대한 공차 민감도 분석 실시 민감도 높은 항목 중 실물 제작 필요항목 선정	분석 결과 리포트
5 부품제작 방안수립	시험필요항목, 공차값, 시험별 샘플 개수 포함한 부품제작 방안 수립	부품제작표
6 부품검사	시험 시작전 부품 제작이 의도한 대로 제작되었는지 확인	검사 성적서
7 시험 평가	선정된 평가 항목 (ES/TDP/과거차문제) 시험 실시	시험 성적서 시험 완료 샘플



(그림 2-2-25) CPM 공차분석 관리(실제)

사. Web 기반 CPM SMART 설계 검증시스템 구축

- Web 기반 SMART 검증시스템 구축 내용은 아래와 같으며, 향후 차종 및 부품 확장성을 고려하여 설계 및 구축 진행하였음.



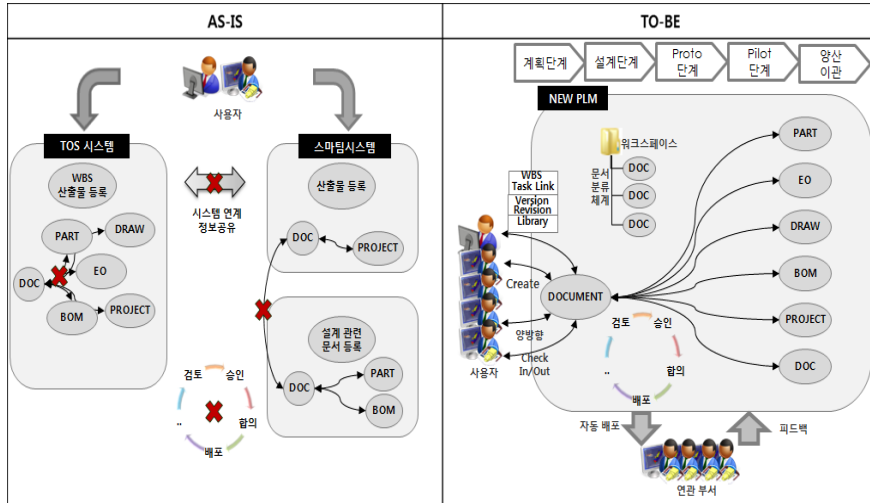
\*PMS(Project Management System): 프로젝트 일정관리시스템, PDM(Product Data Management): 제품정보 관리

(그림 2-2-26) Web 기반 CPM SMART 설계 검증시스템

1) 추진 일정 및 개발 실적

(표 2-2-4) 개발 추진 일정 및 실적

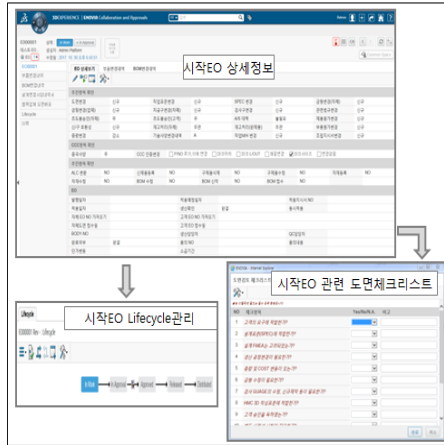




(그림 2-2-27) 시작단계 EO 시스템(AS-IS & TO-BE)

- 시스템 구축 범위 중 시작단계를 포함한 EO 작성, 승인 및 통보에 이르는 설계 시작/변경/마지막 전 과정을 통합 관리하여, 변경 리드 타임을 단축하고 설계 변경 이력을 체계적으로 관리하도록 지원함.

**To-Be Image**



**주요 시나리오**



(그림 2-2-28) 시작 EO 시스템 구축현황

● 주요기능

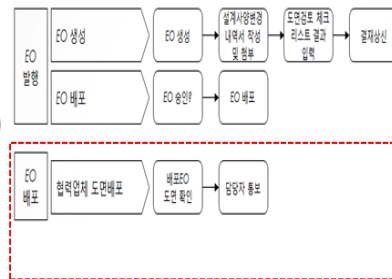
- 시작 EO 변경정보 조회, 등록, 수정, 삭제 기능
- 시작 EO 변경승인, Life cycle 관리
- 시작 EO 변경-부품, 설계 변경 사양 내역서 등 연계관리
- 시작 EO 관련 도면 체크리스트 관리
- 이력관리

- PLM 고도화를 통한 덕양산업 내부뿐만 아니라, EO 검토 후 승인 된 배포 도면을 협력업체에 전자적으로 실시간 배포처리를 지원할 수 있음.

**To-Be Image**



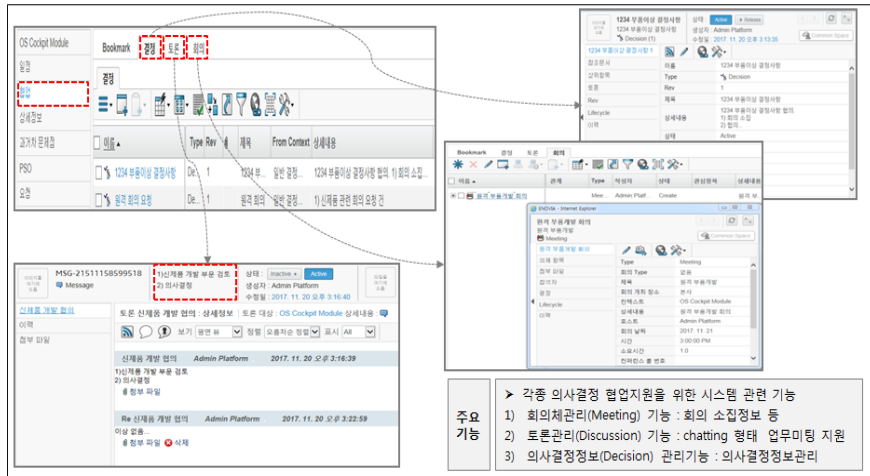
**주요 시나리오**



(그림 2-2-29) 시작 EO 시스템 구축현황 II

- 주요기능
  - 승인된 EO 관련 도면의 전자적 검토/승인처리 기능
  - 실시간 PLM 시스템 통한 전달체계 적용
  - 협력업체별 도면배포 확인체계 구현
  
- 설계변경(EO) 업무 시, "Smart한 협업기능"을 통해 다양한 검토 및 신속한 의사결정을 지원하여 효율적인 업무처리를 신 PLM 시스템을 통하여 처리할 수 있도록 함

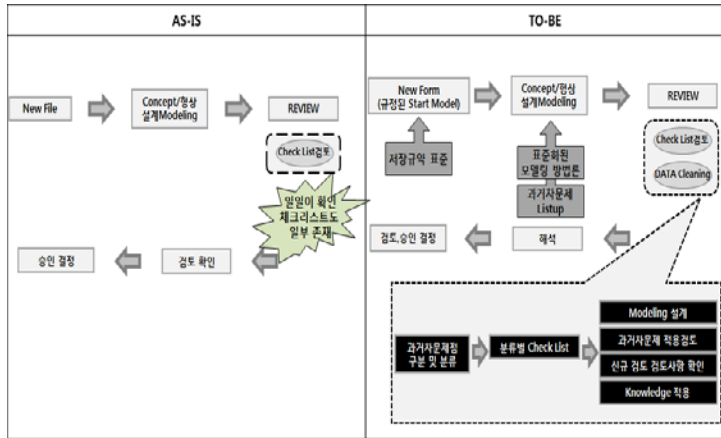
**To-Be Image**



(그림 2-2-30) 시작 EO 시스템 구축현황 III

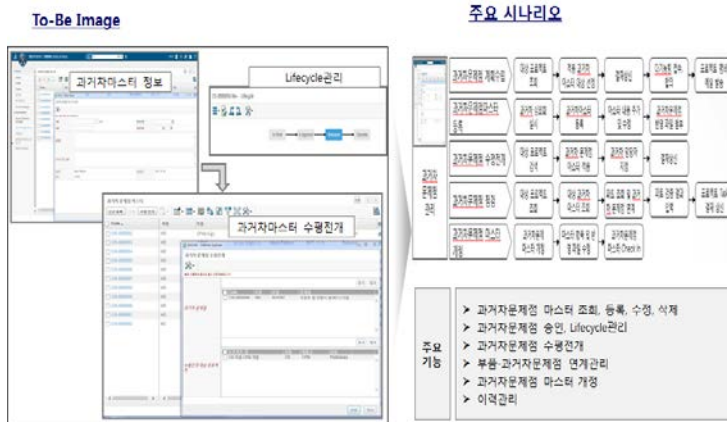
3) 과거차 문제 시스템

- 3D/2D 모델링 표준, CAD 데이터 속성 표준, 설계검토 Check List, 과거차 문제점 정보 DB 등을 설계 표준화 하여 새로운 제품 설계 시, 최우선 검토, 반영하는 프로세스화 적용에 중점을 두고 구축함



(그림 2-2-31) 과거차 문제 시스템 I

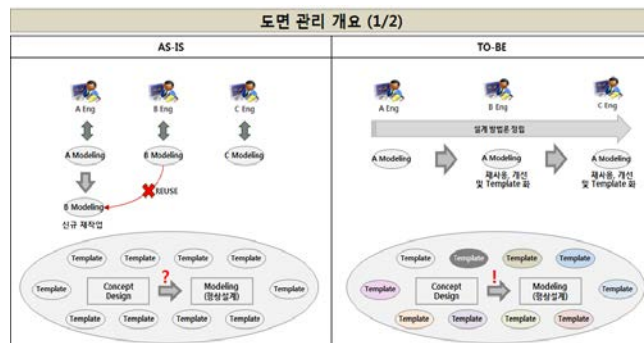
- 시스템 구축 범위 중 과거차 문제점 관리를 DB화 하여, 신규 차종 관련 설계 시 문제 요인에 대한 개선 조치 및 설계역량을 확대 할 수 있는 기반을 확보 함



(그림 2-2-32) 과거차 문제 시스템 II

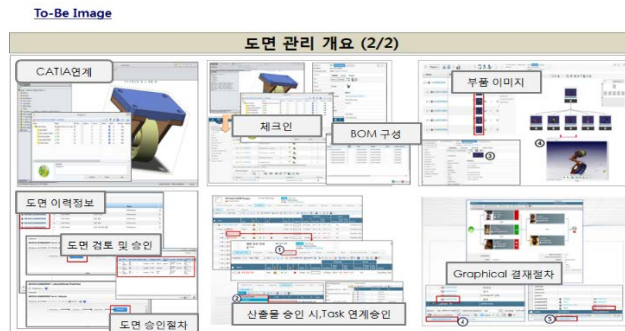
4) 연계 정보 관리 시스템

- 설계 산출물 중 제품에 대한 모델링 방법론의 통합으로 CAD 데이터의 재활용성을 높이고 내부 Template의 개발로 이어져 설계 데이터의 효용성을 증대함이 구축의 핵심 요인이 됨.



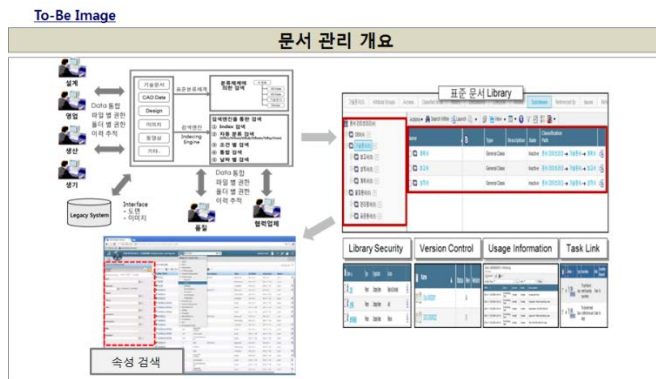
(그림 2-2-33) 연계정보관리 시스템 I

- 등록 관리되는 2D/3D 도면연계정보에 대한 주요 관리기능은 다음과 같음.



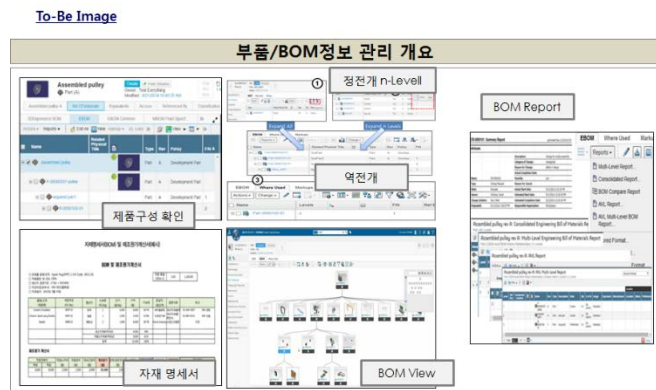
(그림 2-2-34) 연계정보관리 시스템 II

- 시작 E0 시스템, 과거차 문제점 등과 연계 관리되는 다양한 산출물에 대한 분류관리 및 최신 유효본 관리체계를 정립하여 구축한 주요기능은 다음과 같음.



(그림 2-2-35) 연계정보관리 시스템 III

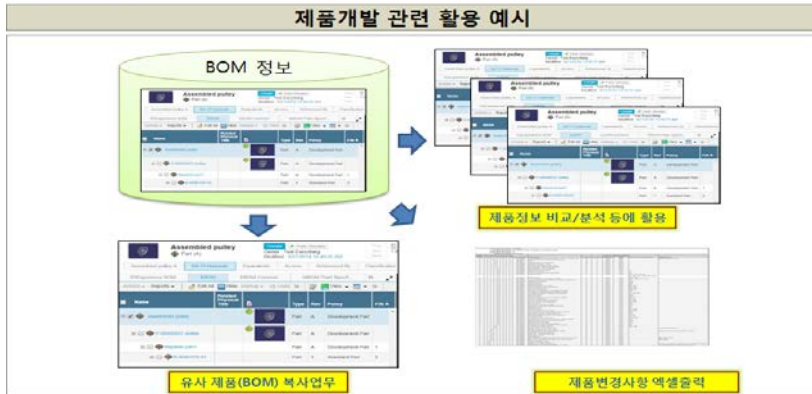
- 시작E0정보에 연계되는 주요 핵심요소인 부품/제품에 대한 관련 기능은 다음과 같음.



(그림 2-2-36) 연계정보관리 시스템 IV

- 추가적으로 등록 관리되는 연계정보 시스템은 다음과 같음.

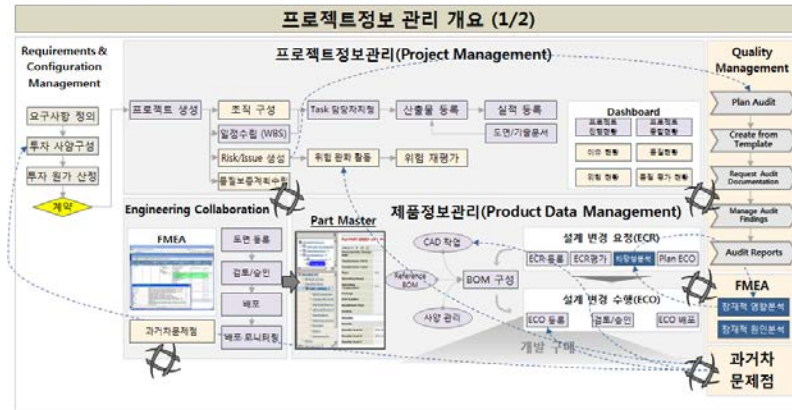
**To-Be Image**



(그림 2-2-37) 연계정보관리 시스템 V

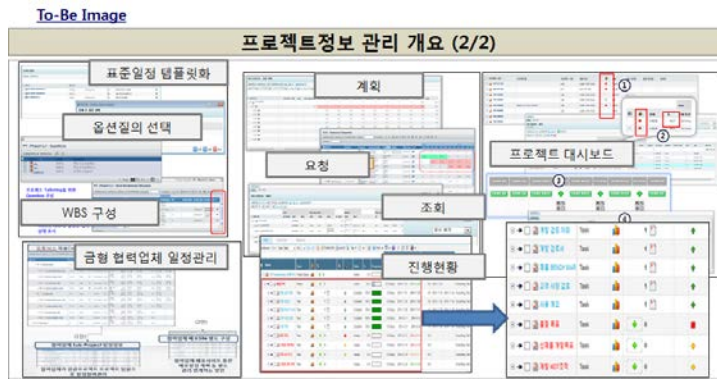
- 연계시스템 중 프로젝트정보관리(PMS) 프로세스의 전체적인 흐름은 다음과 같음.

**To-Be Image**



(그림 2-2-38) 연계정보관리 시스템 VI

- 프로젝트 정보관리시스템(PMS)의 주요 기능 구성은 생성기능, 일정계획관리 및 실적입력 기능, 프로젝트 대시보드 등 다양한 구성기능을 구축함.



(그림 2-2-39) 연계정보관리 시스템 VII

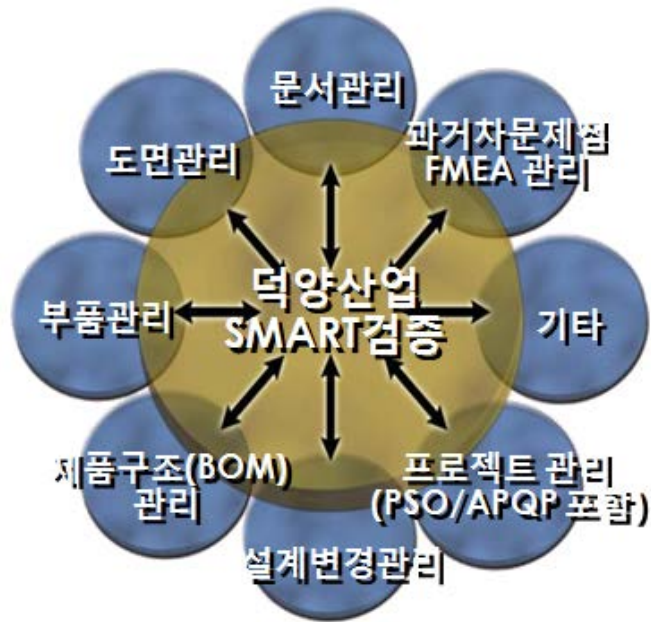
- 프로젝트 정보관리시스템(PMS)의 주요 기능 및 산출물 관리를 통한 생산공정의 제품의 불량률을 최소화 시킬 수 있음.

1.1 프로젝트 템플릿 관리 1.2 프로젝트 계획 수립 - WBS, Task담당자 1.3 Task 담당자 할당 1.4 프로젝트 계획 승인 관리 1.5 산출물 연계 업무 완료 관리 1.6 프로젝트 진행 관리 1.7 Gate 관리 - Check List를 통한 Gate 평가 1.8 프로젝트 완료 승인 관리 1.9 프로젝트 대시보드 1.10 나의 프로젝트 업무 조회 1.11 프로젝트 이슈 관리	프로젝트 관리	시작 EO 관리	5.1 시작 EO 관리 5.2 통합 결재 프로세스(부품, BOM, 도면, 문서) 5.3 EO-과거자문제점 연계관리 5.4 그룹웨어 IP - Task 할당, 결재 정보 마일 통보 5.5 협력사 EO 도면번호 관리 5.6 시작 EO 승인정보관리
		과거자 문제점 관리	6.1 과거자마스터정보관리 6.2 연계문서관리 6.3 EO 연계관리 6.4 프로젝트 -과거자문제점 연계정보 관리 6.5 과거자문제점 결재승인관리
2.1 도면/문서 작성, 승인, 배포 2.2 도면/문서 분류, 보관, 검색 2.3 도면/문서 Check in/out 관리 2.4 도면/문서 Version 관리 2.5 CATIA Viewing 2.6 도면 미리 보기 2.7 전자결재 결재 정보 도면 전송 2.8 설계제크/과거자 문제점 반영 도면 검토/승인 관리 2.9 고객 승인 정보 도면 적용 2.10 도면과 부품의 연계 관리	도면 문서 관리	부품 관리	3.1 제품/반제품/자재준발 분류체계 구성 3.2 부품 분류체계를 이용한 코드 생성 3.3 부품 리비전 관리 3.4 표준 부품 생성 관리 3.5 관련 부품 연계
		제품 구조 관리	4.1 BOM 구성 및 편집, 복사, 붙여넣기 4.2 BOM 비교 4.3 제품정보관리 4.4 자물속 변경 4.5 장전개/역전개관리
2.1 공정자 정보관리 2.2 도면/문서 연계관리 2.3 결재승인관리 2.4 이력관리	결재자 벤치마킹 관리	기타	6.1 협력업체 정보관리 6.2 EO를보서 기업 포탈 연계 6.3 설계 체크리스트 관리 6.4 PMA관리 등

(그림 2-2-40) 연계정보관리 시스템 VIII

아. 기대효과

- SMART 검증시스템 구축을 통하여 단일 플랫폼 기반 하에 내부 및 협력업체 정보 공유까지 기대되는 효과는 다음과 같음



(그림 2-2-41) CPM Smart 설계 검증시스템 기대효과

1) 원활한 부품 정보 공유 및 지원

- 정보 담당자의 배포에 의해 관련 담당자의 실시간 정보 공유 기대

- 사용권이 허용될 경우 모든 자료, 정보를 자유롭게 공유하고 활용할 수 있기를 기대.

## 2) 지식의 축적 및 연구 업무의 정형화

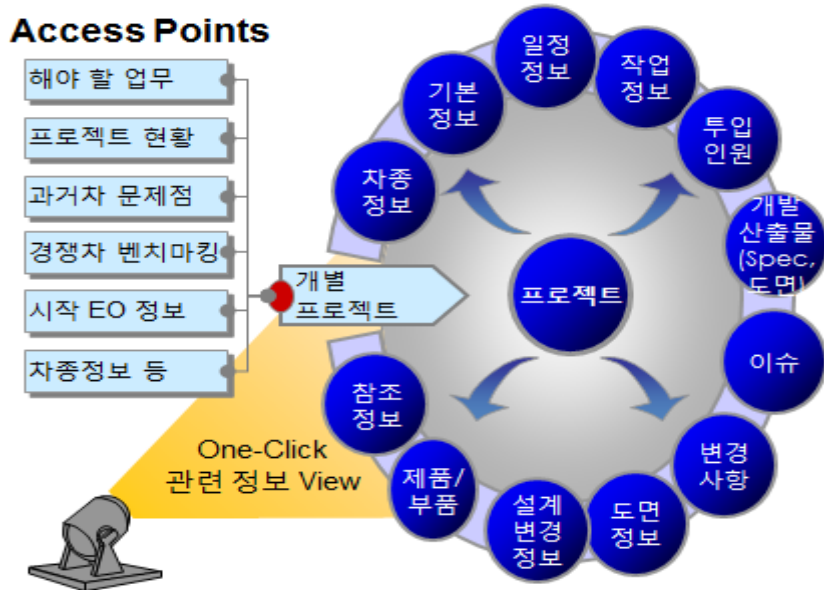
- 지식을 일하는 사람의 머리에 있고 문서로 남겨놓아도 지식 전달이 어려움
- SMART 검증시스템과 설계업무절차(WBS)에 의한 지식의 축적/활용으로 설계자의 지식 전달 용이
- 사람이 바뀌어도 업무는 규정대로 진행될 수 있기를 기대(일관성 유지)

## 3) 정보, 설계자, 회사의 부가가치 향상

- SMART 검증시스템 투자는 보이지 않는 부가가치를 끌어올리기 위함
- 설계자는 반복되는 단순 작업의 감소로 설계 품질 향상
- 설계자의 부가가치가 향상됨으로 인해 회사의 부가가치도 향상
- 반복결함 최소화하여 좀더 부가가치 있는 일에 인력을 투입하여 정보의 부가가치 향상

4) 정성적 기대효과

- 가시적으로 보는 개발관리 체계 구현을 통해, 프로젝트의 진행현황을 손쉽게 파악하고, 변경사항 및 과거차 문제점 등을 즉시 발견/조치함으로 궁극적으로 개발 L/T를 단축하고자 함



(그림 2-2-42) CPM Smart 설계 검증시스템 정성적 기대효과 I

### 1 프로젝트 중심의 연구개발 정보 관리 체계 구축

- 프로젝트와 관련된 정보의 View 제공  
(프로젝트 관련차종정보, 일정, 인력, 산출물, 등)

### 2 프로젝트/EO 관련 Smart한 검토체계 구축

- 각 프로젝트/ 설계변경 (시작 EO, 양산 EO) 관리대상별 스마트한 협업 체계 구축  
- 회의체(Meeting)관리, 의사결정(Decision)관리, 각종 연계정보 구축

### 3 각종 현황정보를 실시간으로 연계 확인체계 구축

- 차종정보, MY Task, 프로젝트 정보, 과거차문제점정보, 설계변경정보(시작 EO 포함), 등 정보 연계제공

### 4 주요 Bottleneck 프로젝트현황 모니터링 체계

- 프로젝트 Task 등 주요한 업무에 대해 계획 대비 실적을 모니터링 하여 업무가 지연현황을 공유 가능.

(그림 2-2-43) CPM Smart 설계 검증시스템 정성적 기대효과 II

5) 정량적 기대효과

- 새롭게 적용하는 CPM Smart 설계 검증시스템 고도화를 통해 각종 점검 지표 등에 대한 지속적인 모니터링 관리로 약 5~20% 내외의 크고 작은 효과를 기대할 수 있고, 향후 3~4차년도의 실무 적용을 통한 효과 분석을 기대하고 있음

(표 2-2-5) 정량적 기대효과

No.	항 목	기대 효과	산정 방법	비용		
1	설계 비부가가치 업무 비용감소에 의한 설계품질 향상 및 비용 감소	약 14% 감소	= (감소시간/월) * (임용/시간) * 20(일/월) * 12(개월/년) * (설계인원 수) 1.5시간/일 * 13,287원 * 20(일/월) * 12(개월/년) * 30명 ( 예 : 품질비용중 연구소 귀책 비용이나, 연구소 제조 결손 비용 감소를 위한 도면 검증 및 설계원가 업무 활동 역량 증대 )	1.44억		
2	설계 변경 건수 감소에 의한 품질비용 및 제조 결손비용 감소	약 20% 감소	= 년간 프로젝트 건수 * 월평균 설계변경건수 * 12(개월/년) * 1건당 재설계 비용 * 설계변경 건수 감소율 Project 5건 * 월평균 15건 * 12개월 * 500,000원 * 0.2 ( 예 : 수작업 BOM 작성으로 인한 오류 감소 및 제품정보 재사용을 증대로 인한 BOM, 사양관리에 대한 정확도 증가 )	0.90억		
3	후공정의 재작업을 감소에 의한 품질비용 및 제조 결손비용 감소 (설계변경 건수 중 Tooling 변경 건수를 10% 적용)	약 10% 감소	= 재작업을 감소율 * 연간 제품개발 건수 * Tooling 변경 설계변경 건수 * 제품 개발당 연평균 Tooling 수정 비용 0.1 * 5건 * 18건 * 20,000,000원 ( 예 : 후공정에서 발생할 수 있는 Tooling 변경 비용과 제조결손 비용 및 품질보증 발생비용 감소 )	1.80억		
4	기존 부품 재사용으로 인한 개발 비용 및 설계원가 절감(부품 재사용 비율은 평균 10% 적용)	약 5% 감소	= 부품 재사용 비율 * 부품 관리비용 * 월간 신규부품 발생건수 * 12(개월/년) * 개발비용 감소율 0.1 * 12,000,000원 * 50건 * 12개월 * 0.05 ( 예 : 기존부품 재사용으로 인한 신규 부품 개발비용과 설계원가 (목표재료비) 관리 비용 감소 )	0.36억		
<b>총계(1년 감소 비용)</b>			<b>4.5억</b>			
구분	1일	1주	1월	1년	1인당 평균 연봉	2,870만원 (중견/중소기업 평균연봉)
M/H	9	45	180	2,160	1시간/1인 임금	13,287 원 (중견/중소기업 평균연봉)
일	1	5	20	240		

### 3. Cockpit 모듈 천연섬유 복합소재 제조 기술

#### 가. Cockpit 제조기술 개발을 위한 사전 시장 조사 및 분석

##### 1) CPM 양산 및 concept 제품에 따른 구조성능 평가 분석

- 자동차를 생산하는 시스템은 기존의 양산 체제와 더불어 컨셉 자동차의 소량 생산 체제가 더해짐. 이에 국토교통부는 2017년 1월 6일자로 ‘자동차관리법 시행규칙’을 개정하여 소량 생산의 미완성 자동차를 판매할 경우, 충돌 및 충격과 관련한 안전 기준에 대해 자기인증을 할 수 있도록 하는 내용을 도입하였음.
- 충돌 및 충격 관련 시험항목에서 계기 판넬 충격흡수 시험의 경우, 경형 및 일반 승용차, 4.5톤 이하의 승합차 및 화물/특수 차량에 한해서 수행하게 되어 있음. ‘자동차 안전기준에 관한 규칙’ 제 88조에 따르면, 머리 충격부위 안의 계기 판넬 중 다음 각호의 부분을 제외한 계기 판넬은 지름 165mm, 무게 6.8kg의 머리모형을 매시 24.2km(승객측 계기 판넬에 에어백을 장착한 경우에는 매시 19.2km)의 속도로 계기 판넬에 충돌시킬 경우, 머리 모형이 받는 감속도가 1천분의 3초 이상 연속적으로 중력가속도의 80배를 초과하지 아니하는 구조이어야 함. (각 호 1. 라디오, 변속 레버, 재떨이 등을 설치한 콘솔 부분, 2. 차체 옆면에서 차실 안쪽으로 127mm 지점까지의 부분, 3. 머리모형이 앞면 창유리와 계기 판넬에 동시에 접할 경우, 계기 판넬의 접점부분에서 앞면 창유리까지의 부분, 4. 머리 모형이

조향핸들의 승객 측 가장자리에 접하는 수직종단면과 계기 판넬에 동시에 접할 경우, 계기 판넬의 접점부분에서 운전자 측 차체 옆면까지의 부분, 5. 계기 판넬 가장 뒤끝의 아랫부분.)

- 소량 생산 자동차의 경우, 자기 인증을 할 수 있다는 점에서 차이를 보이지만, 구조 성능 평가 및 평가 항목에 대해서는 양산차와 같은 규정을 적용하게 되어 있음.

국토교통부고시 제2017-358호

**자동차 및 자동차부품의 인증 및 조사 등에 관한 규정 일부  
개정고시안**

자동차 및 자동차부품의 인증 및 조사 등에 관한 규정 일부를 다음과 같이 개정한다.

제6조의2부터 제6조의7까지를 각각 제6조의3부터 제6조의8까지로 하고, 제6조의2를 다음과 같이 신설한다.

제6조의2(소량생산 자동차의 동일한 형식 판단기준 등) ① 규칙 제39조의3제1항에 따른 소량생산 자동차(이하 "소량생산 자동차"라 한다)가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 형식이 변경되는 것으로 본다.

1. 차대가 있는 자동차의 차대 단면치수 및 축간거리가 변경되는 경우
  2. 차대가 없는 자동차로서 승용자동차, 차량총중량 3.5톤 이하의 승합자동차 및 범형 화물자동차의 A-필라 각도 및 축간거리가 변경되는 경우
  3. 차대가 없는 제2호 이외의 자동차로서 차실을 구성하는 차체 단면 두께 및 축간거리가 변경되는 경우
- ② 규칙 제39조의5에 따른 충돌 및 충격과 관련된 안전기준에 적합함을 확인하기 위한 시험항목은 별표5의2와 같다.

(그림 2-2-44) 소량 생산 자동차 및 자동차 부품의 인증 및 조사에 관한 규정(출처 : 국토교통부 고시 제 2017-358호)

[별표5의2]

충돌 및 충격 관련 시험항목(제6조의2제2항 관련)

시험항목	승용 (경형)	승용 (일반)	승합		화물/특수		
			4.5톤 이하	4.5톤 초과	4.5톤 이하	4.5톤 초과	
1. 충돌 시 승객보호 시험 (안전기준 제102조 관련)	정면	○	○				
	측면	○	○				
	차체구조			○			
	전복시험				○		
2. 충돌 시 조향핸들 후방이동 (안전기준 제89조 관련)	○	○	○		○		
3. 충돌 시 연료누출 방지시험 (안전기준 제91조 관련)	○	○	○				
4. 충돌 시 앞면유리 고정성시험 (안전기준 제105조 관련)		○					
5. 충돌 시 앞면유리 침입성시험 (안전기준 제105조 관련)		○					
6. 좌석 및 그 잠금장치강도시험 (안전기준 제97조 관련)	○	○	○	○	○	○	
7. 머리지지대 강도시험 (안전기준 제26조 및 제99조 관련)	○	○	○				
8. 문열림방지장치 강도시험 (안전기준 제104조 관련)	○	○	○		○	○	
9. 계기판넬 충격흡수시험 (안전기준 제88조 관련)	○	○	○		○		
10. 좌석등받이 충격흡수시험 (안전기준 제98조 관련)	○	○	○		○		
11. 팔걸이 충격흡수시험 (안전기준 제100조 관련)	○	○	○		○		
12. 범퍼충격 흡수시험 (안전기준 제93조 관련)	○	○					
13. 조향장치 충격흡수시험 (안전기준 제89조 관련)	○	○	○		○		
14. 열문강도시험 (안전기준 제104조 관련)	○	○					
15. 천정강도시험 (안전기준 제92조 관련)	○	○					
16. 좌석안전띠 부착장치 강도시험 (안전기준 제103조 관련)	○	○	○	○	○	○	

(그림 2-2-45) 차종에 따른 계기 판넬 충격흡수 시험 여부(출처:

국토교통부 고시 제2017-358호)

2) CPM과 전장품간의 조립성에 따른 최적 공정 분석

- CPM은 기본 패널에 계기판 등 전장품이 더해진 것으로, 제품의 제작 후, 조립을 통해서 완성이 됨. CPM과 전장품간의 조립성은 공정 과정의 효율성뿐만 아니라, 완성차의 품질 기준에 있어서도 중요한 요소임. 도면만으로는 알 수 없는 실물의 디자인과 제품의 조립성, 조립 후 부품 간 간격과 들뜸 현상, 성능시험 결과를 반영한 개선품 제작 등이 기존과 비교할 수 없이 쉬워졌으며, 신속한 개선반영이 가능하게 되었음. 또한, 측정과 조립에 필요한 지그의 3D 프린터 직접 제작으로 정식 지그제작 전까지 발생할 수 있는 조립관련 품질문제를 막고, 생산성 향상을 얻을 수 있음.

#### 나. Cockpit 모듈 제조를 위한 소재 및 공정 적합성 분석 (3D 프린팅을 이용한 CPM mockup 기술공법 수립)

##### 1) 신공법을 통한 CPM frame 제작 시 예상되는 품질문제 수립

- 고분자 소재의 열분해 및 고분자 사슬 구조 변화로 인한 기계적 물성 감소
  - 3D 프린팅으로 구조체를 제조할 때, 사용하고자 하는 소재 및 용도에 따라 그 기술을 달리하여 선택함. 고분자 소재 중, 열가소성 고분자의 경우, FDM(Fused Deposition Modeling) 방식의 기술을 주로 사용함. Extruder를 이용하여 1.75mm 직경의 필라멘트 형태로 소재를 만든 후, 3D 프린팅 시, 노즐

안에서 이를 녹여 출력하는 방식으로 적층을 함. 노즐은 고분자를 녹일 수 있을 정도의 고열을 발산하며, 고분자는 상온에서 경화됨. 이 때, 사용하는 온도는 결정성 고분자의 경우, 녹는점( $T_m$ )보다 약  $20^{\circ}\text{C}$  높은 온도에서 프린팅을 하며, 비결정성 고분자의 경우, 온도에 따른 점도 등을 감안하여 실험적으로 정함. 아래 그림에 나와 있듯이 녹는점 이상의 온도에서는 고분자가 'viscous state' 가 되며, 이 상태일 때, 노즐을 통해서 토출이 가능함.

- 일반적으로 고분자를 열가공 할 경우, 고분자 체인의 열분해가 일어나며, 이로 인한 분자량 감소는 기계적 물성의 감소로 이어지기도 함. 특히, 고분자의 경우, 일정 크기의 분자량 이하에서는 분자량과 비례하여 기계적 물성이 증가하기 때문에, 역으로 분자량의 감소는 그에 따른 물성 감소를 야기 시킬 수 있음. 아래 그림은 온도에 따른 고분자의 거동과 열가공으로 인한 분자량 감소의 예임.
- 또한, 결정성 고분자의 경우, 소재 특성 및 가공 조건 등에 따라 고분자 사슬의 재결정화도가 다를 수 있으며, 이는 고분자 소재의 기계적 물성의 차이로 이어짐. 고분자의 결정화도가 높을수록 기계적 물성이 향상되며, 반대로, 결정화도가 낮아지게 되면 물성 저하의 현상을 보임. 이에 제조공정에 따라 최종 제품의 물성의 변화가 동반될 수 있음. 아래의 그림은 고분자에 녹는점 ( $T_m$ ) 이상의 열을 가한 후,

냉각 과정에서 나타난 재결정화 현상과 결정화도에 따른 고분자의 물성차이를 보여주는 예임.

● 3D 프린팅의 적층 구조에 따른 기계적 물성 차이

- 3D 프린팅 공법은 ‘additive manufacturing’ 이라는 용어로도 사용이 되는데, 이는 한층씩 적층을 시켜서 원하는 구조물을 출력해내는 시스템에서 비롯됨. FDM 방식의 프린팅의 경우, 고체의 고분자 필라멘트를 점성을 갖는 물질의 상태로 가열을 하여 토출을 시킨 후, 상온에서 다시 고형화가 되면서 적층 구조를 형성함. 이 때, 공정 조건에 따라 레이어간의 접착력이 달라질 수 있으며, 구조체 전체적인 측면에서, 기계적 물성의 차이를 보일 수 있음. 아래의 데이터는 동일 물질로 동일한 채우기 비율을 갖는 샘플이 고분자의 레이어의 배열 각도에 따라 다른 기계적 물성을 보이는 예임.

Level	Control factors		
	Orientation	Materials	Infill rate
1	x	ABS	100%
2	45°	PLA	50%

No.	Orientation	Materials	Infill rate
1	1	1	1
2	1	2	1
3	1	1	2
4	1	2	2
5	2	1	1
6	2	2	1
7	2	1	2
8	2	2	2

- 3D 프린팅으로 제조한 구조체의 표면 특성
  - 3D 프린팅으로 제조한 구조체의 경우, 프린터의 원리에 따라 구조체의 출력중의 구조 안정성을 위하여 가이드를 포함하거나, 적층 구조가 표면에 드러날 수 있음. 가이드 구조를 세워서 출력을 하는 경우, 출력 후 후가공을 거쳐야 하며, 표면에 적층 구조가 드러나는 경우, 폴리싱이나 유기 용매 처리를 통해 원하는 표면 특성으로 바꾸어 줘야 하는 경우도 있음.
- 수립된 품질문제에 관한 고찰
  - 수립된 기계적 물성과 관련된 품질 문제는 같은 소재의 타 공정과 비교하였을 때, 예상되는 점들임. 기존의 제품에 사용된 소재보다 기계적 물성이 우수한 소재를 사용하거나 공정 조건의 최적화를 통해서 해결할 수 있는 문제이며, 절대적인 기준치(성능 기준) 이상의 물성을 갖는다면, cockpit 모듈에 적용 가능하다고 판단됨. 이에, 공정 개발 시, 수립된 품질문제를 고려하여 소재 선택 및 공정 조건을 최적화 시키는 방안을 모색할 필요가 있음.

## 2) 기능성 소재 및 3D 프린팅 공정 분석 및 적합성 평가

- 기존 자동차 cockpit 소재의 특성 분석

(표 2-2-6) 기존 자동차 cockpit에 사용된 소재의 특성 분석

Materials	물성의 장단점		Tg/Tm (°C)	HDT (°C) at 0.46MPa	Tensile strength (MPa)
	장점	단점			
Polypropylene (PP)	고충격 강도, 고치수 안정성	Homopolymer의 경우, 변형시 깨짐	10/173	105	33
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	성형성 우수, 고충격 강도	저온 공정 시, 초미립자 발생 가능성	105/-	98	46
Polycarbonate (PC)	전기 절연성, 고충격 강도, 고치수안정 성	Homopolymer의 경우, 변형시 깨짐	147/-	96	75
Modified polyphenylene oxide (m-PPE)	내열성, 전기절연성 , 고강도	내후성, 내약품성이 약함	100/-	140	55

- [기계적 물성] 기존 자동차 cockpit의 소재로 가장 많이 쓰이는 고분자는 acrylonitrile butadiene styrene (ABS), polypropylene (PP), polycarbonate (PC), modified polyphenylene oxide (mPPO, PPE의 원료)임. 본 고분자들은 열가소성 수지로, 반복적인 열가공이 가능한 특징을 가짐. 탄소 섬유 강화 고분자 및 천연 복합 섬유의 경우, 본 고분자들을 매트릭스로 사용할 수 있음. 각각의 고분자의 특징을 살펴보면, PP의 경우, 고충격 강도 및 고치수 안정성을 가짐. 그러나 변형시, 깨짐 현상이 있기 때문에 homo polymer로의 사용이 불가능함. ABS의 경우, homo polymer와 복합재 모두 cockpit에 사용이 가능하며, 고충격 강도를 가지며, 가공성이 좋음. PC 등의 고분자와 PC는 전기절연성, 고충격 강도, 고치수 안정성을 갖는다는 장점이 있지만, 변형시 깨짐 현상을 보이므로, homopolymer로의 사용은 불가능하고, ABS와의 혼합 및 복합재의 매트릭스 고분자로 사용이 가능함. 4 종류 소재의 기계적 물성을 살펴보면, PP의 인장강도는 33MPa, ABS는 46MPa, PC는 75MPa, m-PPE는 55MPa의 수치를 가짐.
- [열적 특성] 고분자 소재를 선택하고, 가공할 때, 가장 중요한 요소 중 하나가 소재의 열적 특성임. PP는 결정성 고분자로 (crystalline polymer)  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 Tg값을 가지며,  $173^{\circ}\text{C}$ 의 Tm값을 가짐. ABS, PC, m-PPE는 비결정성 고분자

(amorphous polymer)로 Tg값만 가지며, ABS는 105℃, PC는 147℃, m-PPE는 100℃의 Tg값을 가짐. 또한, 열변형 온도(heat distortion temperature)의 경우, PP는 105℃, ABS는 98℃, PC는 140℃, m-PPE는 137℃의 값을 가짐.

- 기능성 복합재의 특성 분석 및 적합성 평가

(표 2-2-7) Homopolymer와 탄소 섬유 복합재의 기계적 물성 비교

소재명		Tensile strength (MPa)	Tensile modulus (GPa)
PP	Homopolymer	33	0.7
	CFR PP (9%)	55	2.25
ABS	Homopolymer	57	2.34
	CFR ABS (30%)	93	4.7
PC	Homopolymer	75	2.2
	CRF PC (30%)	170	18
m-PPE	Homopolymer	55	2.3
	GlassFR m-PPE	110	8.5
Epoxy	Homopolymer	85	10.5
	CFR Epoxy (30%)	890	51

- 일반적으로 매트릭스 고분자에 탄소 섬유나 천연 섬유 등이 첨가되면, 기계적 물성이 향상됨. 표 2-3-2와 같이 열가소성

고분자의 경우, homopolymer와 비교하였을 때, 적게는 163.2%, 많게는 226.6%의 tensile strength 수준을 나타내는 것을 알 수 있음. 또한, 열경화성 고분자의 경우, homopolymer와 비교하였을 때, 1047.1% 수준의 tensile strength를 가짐.

(표 2-2-8) 기능성 복합재의 비교

	Homo- polymer	유리섬유 강화 복합재	탄소섬유 강화 복합재	천연섬유 강화 복합재
기계적 물성	○	○○○	○○○	○○
친환경성	○	○○	○○	○○○
가격 경쟁력	○○	○○	○○	○○○
지속적 경영과 의 일치도	○	○	○○	○○○

- 우수한 기계적 물성의 증가로 인해 경량화 및 친환경 부품 제조에 사용이 되며, 다양한 기능성 복합재의 개발과 응용이 가능해지고 있음. 현재 다양한 기능성 복합재가 개발 및 사용이 되고 있으며, 대표적으로 유리 섬유 강화 복합재, 탄소 섬유 강화 복합재, 천연 섬유 강화 복합재로 나눌 수 있음.

기계적 물성의 경우, 유리 섬유 강화 복합재와 탄소 섬유 강화 복합재가 가장 우수함.

- 탄소 섬유 강화 복합재의 경우, 단섬유 및 장섬유를 이용하여 복합재를 만들며, 타겟 제품의 성능 및 공정 가능 여부에 따라서 선택하여 사용함. 탄소 섬유의 경우, 천연 섬유와 비교하였을 때, 매트릭스 고분자 내로의 균일한 분산이 잘 이루어지며, 이로 인해 다양한 형태의 원료 물질로 가공이 되어짐.
- 천연 섬유 강화 복합재의 경우, 일반적으로 친수성인 천연 섬유와 소수성인 매트릭스 고분자간의 계면에서의 특성 차이로 물성이 타 복합재에 비해서 떨어지기도 함. 이와 관련하여 표면 개질 등을 통한 물성 향상 연구가 활발히 이루어지고 있음. 산업용 천연섬유의 가격은 그 종류와 등급에 따라 다소 차이가 있지만, 유리섬유의 약 1/2~1/3 정도로 저렴함. 천연섬유는 자연에서 완전히 생분해가 가능하며, 비중은 약 1.2~1.5 정도로 유리섬유의 약 50~60% 정도밖에 되지 않기 때문에 복합재에 적용했을 때, 제품의 경량화와 함께 친환경화를 추구할 수 있음. 다만, 아직까지 탄소 섬유 복합재와 비교하였을 때, 물성적인 측면에서 한계점을 갖기 때문에 고강도를 요하는 부품에서는 현재 탄소 강화 섬유의 사용이 앞서 있음.

- 3D 프린팅 공정별 특성 분석 및 적합성 평가
  - 3D 프린터는 그 원리에 따라서 종류가 다양함. 3D 프린터의 종류를 선택 시, 가장 중요하게 고려되어야 하는 점은 소재의 특성 및 최종 제품의 성능임. 소재의 특성 중 중요한 점은 열경화성/열가소성의 여부이며, 이 외에 열적 특성이 포함됨. 또한, 최종 제품의 성능에는 디자인 및 표면 특성을 고려해야 함.

(표 2-2-9) 3D 프린터 기술 별 종류 및 특징(고분자)

적층 방식	기술명	특징
Extrusion (압출)	FDM (Fused Deposition Modeling)	- 가는 실(필라멘트) 형태의 열가소성 물질을 노즐 안에서 녹여 얇은 필름 형태로 출력하는 방식으로 적층 - 노즐은 고분자를 녹일 수 있을 정도의 고열을 이용하며, 고분자는 상온에서 경화됨
Jetting (분사)	MJM (Multi Jetting Modeling)	- 프린터 헤드에서 광경화성 수지와 WAX를 동시분사 후, UV light로 고형화 하는 방식으로 적층
	Polyjet	- 광경화와 잉크젯 방식의 혼합

적층 방식	기술명	특징
	3DP (3 Dimensional Printing)	- 노즐에서 액체 상태의 경화 물질을 분말원료에 분사하는 방식으로 적층
액체 Light Polymerised	SLA (Stereo Lithography Apparatus)	- 액체 광경화층 수지가 담긴 수조 안에 저전력, 고밀도의 UV 레이저를 투사하여 경화시키는 방식으로 적층
	DLP (Digital Light Processing)	- 액체 상태의 광경화성 수지에 조형하고자 하는 모양의 빛을 DLP(Digital Light Projector)에 투사하여 적층
고체 Granular Sintering (melting)	SLS (Selective Laser Sintering)	- 베드에 도포된 파우더(분말)에 선택적으로 레이저를 조사, 소결하고, 파우더를 도포하는 공정을 반복하여 적층

- 표 2-2-6은 적층방식 및 기술의 종류에 따른 3D 프린팅 방법임. 열경화성 고분자는 액체상태의 레진을 노즐을 통해 토출하면서 광경화를 통해 고형화 시키는 방식을 사용하고 있음.

주로 Polyjet, SLA, SLS 방식의 프린팅 방법이 사용됨. 또한, 열가소성 고분자의 경우, 주로 FDM 방식이나 SLS 방식을 사용하며, 제품의 디자인이나 표면 특성 등에 따라 선택이 가능함.

(표 2-2-10) FDM 방식과 SLS 방식의 비교

기술명	품질/정밀성	가용 소재	장비 가격 및 유지비용	대형 부품 적합성
FDM	○	○○○	○○○	○○○
SLS	○○	○	○	○○

- 현재 열가소성 고분자의 3D 프린팅에 가장 많이 사용되는 방식은 FDM 방식으로, 고분자 필라멘트를 사용하여 프린팅하는 방법임. 본 방식은 대형 구조물의 프린팅에 적용이 용이하며, 장비 가격 및 유지 비용이 저렴하여 가장 보편화되어 있음. 프린팅 후, 후공정으로 가이드 제거 및 표면 처리의 공정이 필요할 수 있음. SLS 방식의 경우, 가이드가 필요 없으며, FDM 방식과 비교하였을 때, 품질 및 정밀성이 우수함. 그러나 장비 가격 및 유지비용이 비싸며, 미반응 고분자 파우더를 제거해야하는 후공정이 필요함.

- 위의 소재 및 공정에 대한 분석을 종합해 보았을 때, 열가소성 고분자를 매트릭스로 하는 복합재의 3D 프린팅 공법으로 FDM 방식이 가장 적합하다고 판단됨.

(표 2-2-11) 소재별 3D 프린팅 온도

매트릭스 고분자 종류	프린팅 온도 (℃)
PP	200~220
ABS	220~240
PC	280~310
m-PPE	280~300

- 표 2-2-8은 FDM 방식으로 프린팅시 소재별 적용 온도임. 열가소성 고분자를 매트릭스로 사용하는 복합재는 열가공시 적용 온도를 매트릭스 고분자의 특성을 기준으로 정하게 됨. 가장 널리 사용되는 FDM 방식으로 3D 프린팅을 할 경우, 결정성 고분자는 T<sub>m</sub>보다 약 20℃ 가량 높은 온도에서 공정을 진행하고, 비결정성 고분자는 토출이 가능한 점도를 갖는 온도를 실험을 통해 최적화 시킴. 위에서 언급한 4가지의 고분자의 프린팅 온도는 PP 200~240℃, ABS 220~240℃, PC 280~310℃, m-PPE 280~300℃임. 이는 추후 cockpit의 mock-up

제조 기술에 적용할 예정임.

#### 다. Cockpit 모듈의 구조 설계 및 성능 시뮬레이션

##### 1) Cockpit 모듈의 구조 설계 (CAD 도면 생성)



(그림 2-2-46) Cockpit의 3D 모델화

- 본 연구의 목표는 천연 복합 섬유 또는 탄소 강화 섬유를 이용한 자동차 cockpit의 제조 기술을 개발하는 것임. 제조 기술을 최적화 시키고, mock-up 기술을 제시하기 위하여 기존에 양산된 cockpit 모듈 1종을 선택하여 개발한 제조

기술을 이용해서 cockpit 모듈을 구현해 낼 수 있는지 제시하고자 함. 이에 본 연구팀은 연구의 1단계로 reverse engineering을 통해서 (tear down) 3D 프린팅 및 구조해석을 위한 cockpit의 구조 설계를 수행하였음.

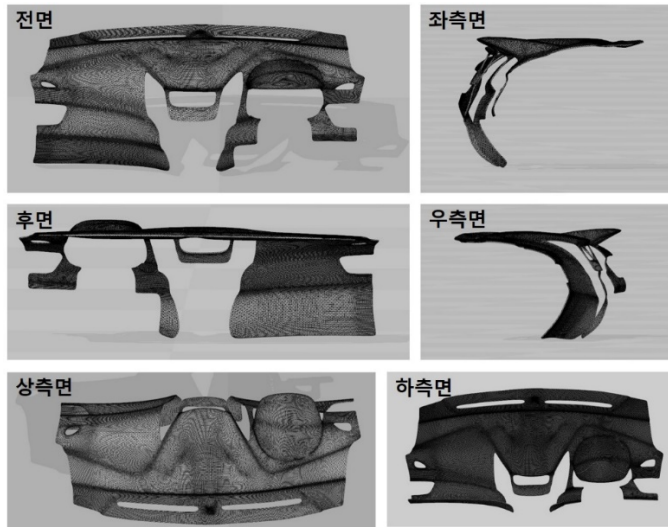
- 선택한 모델은 현대자동차의 i30임. 전장품을 제외한 cockpit 모듈만을 대상으로 함. Cockpit 모듈을 3D 스캐너를 이용하여 이미지화하고, 다양한 소프트웨어를 이용해서 stl 형식의 도면을 생성해 냄.

- 3D 스캐너를 이용한 cockpit 모듈의 이미지화

- 3D 스캐너를 사용하여 cockpit을 이미지화함. 본 연구에서 사용한 3D 스캐너는 DotProduct DPI-8로 hand held optical scanner임. 본 장비를 이용하여 cockpit을 스캔하면 스캐너 고유의 형식으로 point cloud를 생성하게 됨. 이 데이터를 CloudCompare라는 소프트웨어를 이용하여 데이터를 정리하고, 단순화 과정을 거침. 이를 PLY point cloud 형식의 데이터로 생성을 한 후, 추가 단순화 및 표면 재구성을 위하여 MeshLab이라는 소프트웨어로 작업을 함. 이 단계에서 폴컬러의 텍스처를 가진 OBJ 파일을 만들음. OBJ 파일을 Blender라는 소프트웨어를 이용하여 surface retopology 작업을 하여 부드럽고 깨끗한 메쉬 표면을 생성함.
- 위의 과정을 거쳐서 cockpit 모듈을 1차적으로 이미지화 함. 본 기본 데이터를 이용하여 3D 프린팅을 위한 CAD 도면 및

cockpit의 구조해석을 위한 CAD 도면을 생성할 수 있음. 아래 그림은 위의 과정을 거친 후 생성된 도면임.

- 전면, 후면, 측면의 도면을 보았을 때, 표면 및 경계면의 생성이 잘 되었음을 확인함.



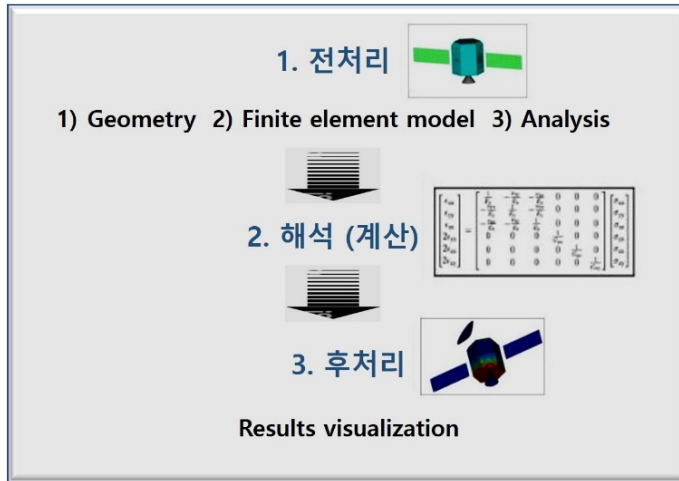
(그림 2-2-47) 3D 스캐너를 이용하여 생성한 cockpit 모듈의 3D  
도면

## 2) cockpit 모듈의 성능 시뮬레이션 방법론 정립

- Cockpit의 유한요소 구조해석을 통한 충돌시 Head Impact 시뮬레이션 분석 조건 정립
  - 본 과제에서는 선정된 cockpit을 reverse engineering을 통해 CAD 디자인으로 만들고, 선택한 소재의 적용 시, cockpit이 갖게 될 성능을 평가하고자 함. 본 과정은 설계한 디자인을

토대로 시제품을 만들어 시험을 해보고 보완하는 ‘trial & error’ 과정을 거치는 전통적인 프로세스가 아닌, 시제품 제작 전에 성능을 예측하여 디자인 및 소재를 선택하는 개발 과정의 시간을 단축시킬 수 있음.

- 본 연구에서 수행할 시뮬레이션은 차량의 충돌시 탑승자의 머리가 cockpit에 부딪히면서 일어나는 충격을 알아보는 Head Impact 분석임. 머리 상해 기준값 (head Injury Criterion, HIC)을 이용하여 비교분석을 수행할 예정임.
- 생성한 CAD 도면에 몇 가지 소재를 적용하여 시뮬레이션 함. 본 연구에서 사용한 소프트웨어는 알테어(Altair)의 제품으로, Numerical method중 유한요소법(finite element method)을 이용할 것이며, 이는 구조물을 서로 연결된 유한개의 요소로 분할 후, 모서리(node)에서 계산하여 전체 구조물을 계산하는 방법임.



(그림 2-2-48) Cockpit의 구조해석 단계

- 유한요소 구조해석을 이용한 head Impact 시뮬레이션 분석 방법 정립
  - 본 구조해석 과정은 ‘FMVSS201 Regulations; Occupant protection in interior impact’를 따름. Cockpit에 탑승자의 머리가 직접 충돌 하도록 설정을 하기 위하여 운전자가 아닌 동승자로 지정을 하였으며, 차량이 충돌할 때, 6.8kg, 165mm의 구 형태의 head form이 cockpit에 부딪치도록 함. 이 때의 속도는 19km/h 이고, 감속도는 3ms 이상 연속적으로 80g을 넘지 않아야 한다는 규정에 따름. 본 분석에서 머리가 cockpit에 충돌 하였을 때, 가속도 및 시간의 데이터를 얻을 수 있으며, 이를 이용해서 HIC 분석 및 결과

비교를 하고자 함.

- HIC의 계산 과정

- 위의 시뮬레이션을 통해 구해진 충돌시의 머리에 걸리는 가속도 및 시간에 관한 결과치를 이용하여 머리에 가해진 충격을 양으로 환산 하고자 머리 상해 기준값 (Head Injury Criterion, HIC)을 도입하여 계산하고자 함. HIC의 계산은 아래와 같이 총 3단계를 거침.
- 1단계, 충돌 중에 측정 된 머리의 time-dependent 한 가속도에서 시작하여, 여러 가지를 계산함. 충돌의 일정 시간 간격  $t_1$ 에서  $t_2$  동안의 평균 가속도를 구함.
- 2단계, 충돌의 다양한 시간 간격 ( $t_1$  에서  $t_2$ )에 대한 평균 가속도를 계산함.  $t_1$ 에서  $t_2$  사이의 무한한 시간 중에서 다양한 시간 범위를 계산함.
- 3단계, HIC 수를 계산함. HIC는 2단계에서 계산한 값의 최대값을 의미함.
- 본 방정식에서 구한 HIC 수는 절대적인 수치의 의미보다, 상대적인 비교를 통한 평가의 기준이 됨.

- HIC의 계산 값의 활용

- 자동차 충돌시의 시뮬레이션 및 이를 이용한 HIC의 계산 값은 기존의 cockpit에 사용되어 온 소재의 결과치와 비교 분석을

하고자 함. 이를 통해서 본 연구팀에서 개발하고자 하는 제조 기술의 cockpit 모듈에의 적용 가능성을 판단할 예정임.

## 제 3 절 디지털 Cockpit 연동 스마트 전장 시스템 개발

### 1. ISO 26262 적용 방안

- 디지털 Cockpit 시스템의 오작동으로 인한 사고를 줄이고 및 국제 표준인 ISO 26262 적용을 통하여 기능안전이 반영된 프로세스 수립 및 아키텍처 분석, 요구사항 도출과 시스템 설계를 위한 가이드 라인을 제공하여 디지털 cockpit 시스템이 보다 안전하고 견고한 robustness 설계를 위하여 진행함.
- ISO 26262:2018 의 2 차 개정판이 2018 년 5 월에 개정될 예정이며, 이때 3.5 톤이상의 버스, 트럭도 반영되고, 모터사이클도 Part 12 로 반영되어 이동용 모든 차량은 ISO 26262 의 대상이며, 특히 차량용 반도체에 대한 가이드가 ISO/PAS 19451 이 폐지되고 ISO 26262 Part 11 로 반영되므로 디지털 Cockpit 시스템에 반영되는 센서, 전자소자, 반도체 등은 Part 11 을 고려하여 하드웨어 전장 시스템을 설계하여야 할 것으로 보임. 내년 새롭게 발효되는 ISO 26262:2018 2 판은 기능안전 적용이 늦은 후발 업체에게는 일종의 '기술장벽'이 될 전망이다. 적기 대응하지 못하면 손해를 보고, 그 반대라면 차별화된 경쟁력을 가질 수 있는 좋은 기회임. 디지털 Cockpit 시스템도 ISO 26262:2018 2 판에서 요구하는 내용과 기능안전을 적용할 수 있는 가이드가 요구되고 있음.

가. ISO 26262:2018 2<sup>nd</sup> 을 고려한 digital cockpit system의 기능안전 확보 가이드

- ISO 26262:2018 2<sup>nd</sup> 을 digital cockpit system에 잘 적용하려면 자동차 기능안전의 시장 적용 추세, 2판의 개정 내용 분석 등을 통하여 Global 추세에 맞게 가이드를 수립.

1) ISO 26262 자동차 기능안전 현황 분석

- 자동차 전장시스템에 대한 자동차 기능안전 적용 추세 및 완성차와 협력사에서 진행하고자하는 ISO 26262 적용을 얼마나 하고 있는지 앞으로의 계획에 대해서 조사.
- 국내현황  
현대자동차에서 ISO 26262 적용을 협력사에서 요구하고 있으면, 작년부터는 SR(Specification Requirement)에 협력사들이 ISO 26262를 적용하여 납품할 것이라는 문구가 반영되어 요구사항이 전달되고 있음.
  - 해외 완성차의 국내 완성차 공장을 가지고 있는 GMK, 르노, 타타, 쌍용자동차 중에서 쌍용 자동차가 가장 적극적으로 ISO 26262를 독자적으로 준비하고 협력사에 요구하고 있으나, 경제성 및 효율성 측면에서 규모가 적다보니 몇몇 협력사에

요구하는 정도이며, 나머지 완성차 공장들은 고려는 하고 있으나, 해외 본사 연구소 혹은 technical center에서 ISO 26262를 적용 혹은 반영하고 있어, 눈치만 보는 상태임.

- 해외현황

기능안전은 유럽 완성차(BMW, VW, 벤츠, 볼보, 르노 등) 및 1차 협력사(보쉬, TRW, 발레오, 콘티넨탈, ZF 등)에서 주도적으로 진행하고 있으며, 최근에는 미국, 일본의 완성차와 협력사들이 적극적으로 따라 하는 입장이며, 최근에는 중국과 인도의 완성차(상하이, 지리, 체리, 타타, 마힌드라 등)들이 협력사에게 ISO 26262 차량용 기능안전을 요구하는 추세임.

2) ISO 26262:2018 2<sup>nd</sup> Edition에 대한 주요 변경 사항 검토 및 분석

- ISO 26262:2011-2012에 발행된 표준이 2018년 5월 2판으로 개정될 예정이며, 실제 ISO 26262 1판을 적용하면서 자동차 현실에 맞지 않은 사항과 누락된 내용, 설명이 애매하여 혼란을 일으킬 수 있는 내용 그리고 잘못 적용한 내용과 사례 등을 재정립하였으며, 특히 1판에 제외된 버스와 트럭이 반영되었으며, 차량용 반도체와 모터사이클에 대한 내용은 2판 개정판에 Part 11과 Part 12에 반영되었음.

- ISO 26262:2018 2판 개정 배경

- ISO 26262:2011 1판을 적용하면서 얻은 경험

- 안전메카니즘 마다 진단범위가 다양하게 되는데, 1판에서는 60, 90, 99% 지정
  - 요구사항에는 있으나, 용어정의 누락(예: FIT: Fault Injection Test)
  - 자동차에 맞지 않은 용어 정의를 자동차 현실에 맞게 개정(예: FTTI)
- 반도체 이슈(Semiconductor Issue)
    - 차량용 반도체가 증가됨에 따라 이에 대한 적용 방법론 대두
    - 자율주행 및 고속화를 요구하다 보니 처리 속도 및 메모리량의 이슈 증가
  - 1판에서는 3,500 Kg 이하의 자동차에서 2판은 무게 제한을 두지 않음
    - 트럭 및 버스(상용차)까지 범위 확대
  - 자율주행 자동차 고려
    - 멀티 시스템에 기반을 둔 아이템 증가
  - 자동차 사이버 보안과 연계
    - 기능안전과 사이버 보안의 연계
- ISO 26262:2018 2판 Part별 주요개정 내용
    - Part 1 주요 내용 개정 사항
      - 142 → 183 개의 용어 (41개의 용어 증가)
      - 17개의 버스, 트럭, 모터사이클 용어 신규 정의
      - 7개의 반도체 용어 신규 정의
      - 17개의 ISO 26262 1st 에 누락된 용어 정의 추가됨 - 예: Fault Injection Test(FIT)

- Part 2 주요 내용 개정 사항
  - 안전 관련 issue (activity, technical 관점) 해결 프로세스 요구
  - Impact analysis 수행 요건 강화
  - Confirmation measure 개념 재정립
    - Confirmation review 수행 관점 명확화 (Technical evaluation 성격의 강화)
    - Confirmation review 대상 변경 및 독립성 요건 변경
    - Confirmation review, functional safety audit, functional safety assessment간의 관계 정립
  - Annex 추가
    - Annex F – Guideline on potential interaction of functional safety with cybersecurity
    - Annex G – Consideration on the ISO 26262 objective by the confirmation measures
  
- Part 3 주요 내용 개정 사항
  - 트럭 및 버스(T&B) 관점 HARA (hazard analysis and risk assessment) 고려사항 추가
  - Functional safety concept – 기술적 고려사항 상세화
  
- Part 4 주요 내용 개정 사항
  - 기존의 6. Specification of the technical safety requirements 와 7. System design이 “Technical safety concept”으로 통합 됨
  - 기존의 modular design 관련 method table이 note로 변경됨
    - Hierarchical design, precisely defined interfaces, avoidance of unnecessary complexity of hardware components and software components, avoidance of unnecessary complexity of interfaces, maintainability

- during service, testability during development and operation
  - 즉, modular design은 ASIL과 무관하게 항상 고려되어야 하는 설계 항목으로 변경됨
- Item integration and verification 관련 method table이 일부 통합되고, ASIL 적용 단계가 강화됨
- Functional safety assessment 및 product release 관련 clause가 Part2, Part7으로 이동됨.
- 신규 Annex
  - Annex C – Dependent failure initiators for the system level
- Part 5 주요 내용 개정 사항
  - Safety mechanism의 효과성 (fault 검출, safety reaction 및 diagnostic coverage 산출)에 대한 입증 요구 강화
    - ASIL (A)에도 요구됨
  - 기존 Annex D의 diagnostic coverage hint (ex. 60%, 90%, 99%)의 사용 범위 명확화
    - 실제 구현된 safety mechanism의 diagnostic coverage 값에 대한 증명(evidence)로 사용 불가
  - Failure rate estimation 관련
    - Failure rate source 추가: SN29500, FIDES 등
    - Field return 값에 대한 최소 confidence level 요구 (70%)
    - Failure rate source 추가: SN 29500, FIDES 등
  - Item 수준이 아닌 element 수준의 SPFM, LFM 배분 방법 정의
  - SPF, RF의 값이 매우 작을 경우, dedicated measure 회피 가능성 제공 (ASIL C, D)
  - Multi-system으로 구성된 item에 대한 PMHF 목표 값 확장 가능성 제공 (최대 10배)
  - Annex 다수 추가 및 기존 내용 상세화
- Part 6 주요 내용 개정 사항
  - Multi-core, MBD에 대한 고려가 일부 추가됨

- Modeling, coding guideline method table
- SW unit verification (model, auto-code, both)
- Description notation (natural language, informal, semi-formal, formal)의 의미 명확화
- 전반적으로 method table의 ASIL 요구 조건이 강화되고, method가 일부 추가됨
  - ex) static analyses based on abstract interpretation (semantic code analysis 대체), pair-programming, scheduling analysis 등
- 일부 method table이 note로 변경됨 (ASIL과 무관하게 적용 검토 필요)
  - 기존 table 4: mechanisms for error detection at the software architectural level
  - 기존 table 5: mechanisms for error handling at the software architectural level
- 기존 review, analysis, testing으로 구분되던 method table을 verification 관점으로 통합함
- Embedded software testing을 위한 신규 method table 추가
- Part 7 주요 내용 개정 사항
  - 7-5 clause - Planning for production, operation, service and decommissioning - 기존 production 절에 있는 planning 부분을 clause로 나눔.
    - Production planning
    - Pre-production series production
    - Planning of production, operation, service and decommissioning
  - Truck & Bus 추가
  - ISO/TS 16949에 따른 모니터링 및 측정장비 관리를 준수.
  -
- Part 8 주요 내용 개정 사항
  - DIA 항목 추가

- Functional safety assessment의 수행, functional auditor의 지정 등
  - DIA 적용 대상이 아닌 것들을 명확화
    - Qualified된 off-the-shelf HW element/SW component, SEooC
  - RFQ 항목 명확화 (기능안전 관련 부분)
  - Semi-formal notation에 대한 자세한 설명 제공
  - 기존의 다음의 문구 제거
    - “NOTE Configuration management and charge management are initiated at the same time.”
  - Verification활동의 독립성 요구 (should)
    - 해당 WP의 author에 의한 직접적인 verification 수행을 배제하도록 권장
  - TCL2에 대한 tool qualification method table의 ASIL 적용 요건이 일부 완화됨
  - 기존의 HW component qualification의 개념을 재정립함. (다음 slide 참조)
  - 트럭 및 버스(T&B) 관련 요구상이 추가됨
    - Interfacing a base vehicle or item in an application out of scope of ISO 26262
    - Integration of safety-related system not developed according to ISO 26262
- Part 9 주요 내용 개정 사항
- ASIL decomposition에서 요구하는 independence 요건 명확화
  - DFA, freedom from analysis, independence, cascading failure common cause failure간의 관계 명확화
  - Coexistence 상황 또는 ASIL decomposition 적용이 아니더라도, system 속성에 따라 independence가 요구 될 수 있으며, 이 경우 DFA가 수행 될 수 있음을 표기

- 신규 Annex
  - Annex B: Example architectures for coexistence of elements and decomposition of requirements
  - Annex C: Dependent failure initiators
- Part 10 주요 내용 개정 사항
  - ISO 26262 Part 5의 하드웨어 정량적 계산 방법인 PMHF 계산에 대한 세부 example 제공
  - SW Tool에 대한 선정 Flowchart 방영
  - Fail Operation을 반영하여 실제 자동차에서 일어 날 수 있는 현실을 반영하였음.
- Part 11 주요 신규 사항
  - 차량용 반도체 가이드라인 ISO/PA 19451:2016을 2판 개정 표준 Part 11에 반영하였으며, 메모리와 센서에 대한 내용도 신규 추가됨.
- Part 12 주요 신규 사항
  - 모터사이클도 차량용 반도체 가이드라인과 마찬가지로 ISO/PAS 19695를 2판 개정 표준 Part 12에 반영하였으며, 모터사이클 특성에 맞게 MSIL을 평가함.

### 3) ISO 26262:2018 2<sup>nd</sup> 를 고려한 digital cockpit system의 기능안전 확보 가이드

- 2판 개정될 사항을 고려하여 디지털 cockpit 시스템에 적용을 수월하게 하기 위한 가이드로 변경

나. 시스템, 하드웨어, 소프트웨어 개발시 ISO 26262 Part 4, 5, 6, 9  
를 적용하기 위한 안전분석(Safety Analysis), 종속결함 분석(DFA:  
Dependent Failure Analysis) 프로세스 가이드 및 Part 5 하드웨어  
메트릭 평가 프로세스 가이드 수립

- ISO 26262에서는 Systemetic Fault 을 줄이기 위해서는 개발  
프로세스를 수립하도록 요구하고 있으며, 특히 안전분석과  
종속결함 분석은 Part 4, 5, 6 (시스템, 하드웨어, 소프트웨어)  
개발시 필수로 요구하고 있음. 그리고 하드웨어는 정량적으로  
하드웨어 설계를 잘한 유무를 평가하도록 되어 있어 하드웨어  
아키텍처 메트릭을 평가하는 프로세스 수립하여 디지털 cockpit  
시스템 개발에 반영.

#### 1) 안전분석(Safety Analysis) 프로세스

- 안전 분석(safety analyses)은 item 및 element의 기능, 작동 및  
설계에서 결함과 고장의 결과를 시험하고, 안전 목표 혹은 안전  
요구 사항 훼손을 야기하는 조건 및 원인 정보를 제공함.  
추가적으로 위험원 분석 및 리스크 평가 중 이전에 고려되지  
않은 새로운 기능 혹은 비기능 위험원 식별에 도움이 됨.

- 프로세스 분석 시에는 Tultle Diagram 방식으로 진행하여 프로세스를 수립하였으며, 이는 자동차 산업 표준을 주도하는 IATF와 VDA에서 요구하는 프로세스 접근법(Process Approach)을 사용하여 프로세스 작성
  
- 안전 분석의 적용 범위는 다음을 포함.
  - 안전 목표 및 안전 concept의 타당성 확인
  - 안전 concept 및 안전 요구 사항의 검증
  - 안전 목표 혹은 안전 요구 사항의 훼손을 유발하는 결함 및 고장을 포함하여 조건 및 원인의 식별
  - 결함 및 고장 감지를 위한 추가적인 요구 사항의 식별
  - 감지된 결함 혹은 고장에 필요한 응답(행위/대책)의 결정
  - 안전 관련 자동차 testing을 포함하여, 안전 목표 혹은 안전 요구 사항의 일치를 검증하기 위한 추가 요구 사항의 식별
  
- 안전 분석은 구상 단계(concept phase) 및 제품 개발 단계 진행 중 적절한 추상 레벨에서 수행됨. 정량적 분석(quantitative analysis) 방법은 고장 주기를 예측하는 반면, 정성적 분석(qualitative analysis) 방법은 고장을 식별할 뿐 고장 주기는 예측하지 못함. 두 가지 분석 방법 모두는 적절한 결함 형태와 결함 모델(fault model)에 대한 지식에 좌우.

- 결함 모델(fault model)은 ‘representation of failure modes resulting from faults’ 이며 ‘결함의 결과로 나타나는 고장 형태의 표현’ 으로 정의.
  
- 정성적 분석 방법은 다음을 포함.
  - 시스템, 설계 및 프로세스 단계에서 정성적 FMEA(Failure mode and effect analysis)
  - 정성적 FTA (Fault tree analysis)
  - HAZOP (Hazard & Operability)
  - 정성적 ETA (Event tree analysis)
  
- 상기 정성적 분석 방법은 적절한 소프트웨어 명세 분석 방법이 없을 때 적용될 수 있음.
  
- 정량적 안전 분석은 정성적 안전 분석을 보완함. 랜덤 하드웨어 고장으로 인하여 하드웨어 아키텍처 메트릭 평가 및 안전 목표(safety goals) 훼손 평가를 위한 상세 목표(target)에 하드웨어 설계를 검증하는데 정량적 안전 분석을 사용하기도 함. 정량적 안전 분석은 하드웨어 element의 정량적 고장 비율에 대한 지식이 요구.
  
- 정량적 분석 방법은 다음을 포함.

- 정량적 FMEA
  - 정량적 FTA
  - 정량적 ETA
  - Markov models
  - 신뢰성 블록 다이어그램
- 정량적 분석 방법은 랜덤 하드웨어 고장에만 적용함. ISO 26262에서 시스템적 고장에는 적용하지 않음.
- 또 다른 안전 분석의 분류 기준은 수행되는 방법에 따라 다음과 같음.
    - 귀납적 분석(inductive analysis) 방법으로 알려진 원인으로부터 출발하여 알려지지 않은 영향(결과)을 예측하는 bottom-up 방법으로 수행.
    - 연역적 분석(deductive analysis) 방법으로 알려진 영향(결과)로부터 출발하여 알려지지 않은 원인을 찾는 top-down 방법으로 수행.
- 시스템, 설계 및 공정 FMEA, ETA, Markov modelling은 귀납적 분석 방법. FTA 및 신뢰성 블록 다이어그램은 연역적 분석 방법.

## 2) 종속 결함분석(DFA: Dependent Failure Analysis) 프로세스

- dependent failure는 ‘failures whose probability of simultaneous or successive occurrence cannot be expressed as the simple product of the unconditional probabilities of each of them’ 이며 ‘단순 제품에서 비정상적인 발생 가능성을 가지고, 동시 혹은 연속적으로 발생한 것을 나타낼 수 없는 고장’ 으로 정의하고 있음.
- cascading failure와 common cause failure는 dependent failure.
- cascading failure(CF)는 ‘failure of an element of an item causing another elements or elements of the same item to fail’ 이며 ‘item의 element가 다른 element 혹은 동일 item의 element 고장을 일으키는 고장’ 으로 정의하고 있음. 즉 element의 고장이 다른 element에 영향을 주어 고장이 발생하는 형태를 가짐. 예로써 자동차의 속도 편차가 하나 이상의 자동차 기능에 영향을 준다면 cascading failure임.
- common cause failure(CCF)는 ‘failure of two or more elements of an item resulting from a single specific event or root cause’ 이며 ‘하나의 특정 사건 혹은 근본 원인으로 item의 두 개 이상 element에 발생하는 고장’ 으로 정의하고 있음. 즉 단일 사건 혹은 근본 원인이 두 개 이상의 element에 발생하는 고장임. 예로써 전자파가 설계 혹은 사용에 의해 서로 다른 전자 장치의 고장을 야기하는 것은 common cause failure임.

- dependent failure는 동시에 혹은 아주 짧은 시간 간격 내에 동시 고장을 가지는 게 명백함.
- 예로써 기능의 이상을 감지하기 위해 설계된 모니터는, 모니터와 모니터링 된 기능이 동일 사건 혹은 원인에 모두 관련된다면, 때때로 모니터링 된 기능 고장 전에 작동하지 않을 수 있음.
- dependent failure 분석의 목적은 주어진 element와 안전 요구 사항 또는 안전 목표 사이에 요구된 independence 혹은 free from interference를 bypass하거나 무효화 시키는 단일 사건 혹은 원인을 식별하기 위함.
- independence는 ‘absence of dependent failure between two or more elements that could lead to the violation of a safety requirement, or organizational separation of the parties performing an action’ 이며 ‘안전 요구 사항의 훼손을 야기하는 두 개 이상의 element 사이에 dependent failure의 부재 또는 행동을 수행하는 당사자와 분리된 조직’ 으로 정의하고 있음.
- dependent failure 분석은 다음과 같은 아키텍처 특징을 고려함.
  - 유사 및 유사하지 않는 redundancy element
  - 동일한 소프트웨어 혹은 하드웨어 내에서 수행된 다른 기능
  - 기능과 각각의 안전 메카니즘
  - 기능 혹은 소프트웨어 element의 분할
  - 장벽이 있든 없든, 하드웨어 element 사이에 물리적 거리
  - 일반 외부 자원

- dependent failure 분석을 위한 요구 사항은 다음과 같음.
  - ① 잠재 dependent failure는 ISO 26262-9, 8장에 따라 안전 분석의 결과로 식별.
  - ② 각각의 식별된 잠재 dependent failure는, 만일 합리적 예측 가능한 원인이 dependent failure를 야기하고 결과적으로 요구된 independence 혹은 주어진 element 사이에 간접 부재를 훼손한다면, 타당성 결정을 위해 평가.
  - ③ 이러한 평가는 운전 환경뿐만 아니라 분석되고 있는 item 혹은 element의 다른 운전 형태도 고려.
  - ④ 이러한 평가는 다음 주제에 적용하여 고려.
    - 랜덤 하드웨어 고장
    - 개발 결함.
    - 제조 결함.
    - 설치 결함.
    - 보수 결함.
    - 환경 요인 - 온도, 습도, 진동, 압력, 오염, 부식, 오염, EMC.
    - 일반 외부 자원에 의한 고장 - 전원 공급 장치, 입력 데이터, 시스템간 데이터 버스 및 통신.
    - 특정 상황 - 마모, 노화.
  - ⑤ dependent failure 및 영향의 타당성을 위한 근거(이유) 제시.
  - ⑥ 타당한 dependent failure의 해결 대책은 ISO 26262-8에서 변경 관리에 따라 개발 단계 중 명시.
  - ⑦ 타당한 dependent failure의 해결 대책은 근본 원인을 예방하기 위한 대책, 혹은 효과를 제어하기 위한 대책, 혹은 연결된 요인을 감

소시키기 위한 대책이 포함.

### 3) 하드웨어 메트릭 평가 프로세스

- 안전 메커니즘에 의한 안전 관련 하드웨어 element의 진단 커버리지는 잔류 결함(residual fault) 및 적절한 잠재 결함(latent fault)에 관련하여 추정 (ASIL (B), C 및 D에 적용)
- 진단 커버리지(diagnostic coverage)는 ‘proportion of a hardware element failure rate that is detected or controlled by the implemented safety mechanisms’으로 ‘실행된 안전 메커니즘에 의해 감지되고 제어되는 하드웨어 element 고장율의 비율’로 정의.
- 진단 커버리지는 잔류 결함 혹은 하드웨어 element에서 발생하는 잠재 복수 결함에 관하여 평가될 수 있으며, 아키텍처에서 다른 레벨에서 실행된 안전 메커니즘은 고려될 수 있음.

## 2. 운전자 상태 별 HVAC 연동 기술

### 가. 기술 개요

- 자동차의 지능화에 따른 전동모터의 고성능화
  - 차량에서의 전동모터는 차량의 안전 및 편의에 있어 인식된 정보에 의한 판단결과를 실행에 옮기는 동작을 취하는 부분으로서 그 중요성이 매우 클 뿐만 아니라 그 수요도 급격하게 증대하고 있음.
  - 이러한 수요증대는 자동차용 전동 모터가 1994년 20억 개에서 2005년 64억 개로 216%의 성장률로 자동차 대수의 증가보다는 자동차 대당 소요량의 증대로 해석되며, 자동차한대 당 사용 모터수가 현재의 70개 내외에서 100개 이상으로 사용이 증대될 것으로 예상됨에 따라 자동차 전장품용 액츄에이터의 수요는 기하급수적으로 증가할 것으로 예측됨.
  - 현재, 차량에 사용하는 모터의 95%이상이 운전자에 의한 단순 ON/OFF 동작만을 수행하고 있는 실정이며, 그 외의 전동 모터도 단순히 전압가변에 의한 속도제어에 사용되고 있는 실점임.
  - 따라서, 지능화된 정보인식에 의한 판단의 실천을 위한 동작을 위해서는 대부분의 전동모터가 차량제어부(Vehicle Control Unit, VCU)로 부터의 명령에 의한 제어가 가능한 제어형

모터로 변환되어야 하며, 그 제어정도에 있어서도 단순 ON/OFF구동이 아닌 속도제어, 위치제어, 토크제어까지 확장되어야만 함.

제어방식	용도	난이도	개발 동향
ON/OFF제어	리미트 제어 / 타이밍 제어 / 상시 구동	하	편의성 향상 - 리미트 및 타이밍 제어 기능 확대
가변속제어	와이퍼, 블로워, 냉각팬(ECF&CCF)	중	다단계 변속 : 2단 → 3단 → 무단 - 저항삼입 < 스위치드 브러시 < 직병렬구동 < PWM
위치제어	에어 밸브, IMS, ETS, 헤드램프 레벨링	중	편의성 향상 - 차량 고급화에 따라 위치제어 시스템 적용 증가
토크제어	EPS(ECPS/MDPS), ECS	상	성능 향상, 기존 기술의 Motorized화 - MDPS : 연비(고효율)/친환경(無오일)/패키징 유리

(그림 2-3-1) 제어 방식에 따른 개발 동향

- 그러므로 이러한 제어를 위해서는 현재의 배터리에 직접 연결된 DC모터에 스위치 ON/OFF구동방식에서 제어기를 갖는 제어형 모터로서의 DC 모터 및 스텝핑 모터(Stepping motor)가 다양하게 응용분야에 따라 개발되어야 함.

- 차량 전장용 전동모터의 신기술 요구 증대
  - 차량 소비전력의 대부분을 차지하고 있는 전장용 모터의 탑재 수의 증대에 따라, 효율개선 및 소형, 고효율화를 위한 기술의 적용이 매우 커지고 있어, 단순 모터의 효율 및 성능개선이 아닌 ①기능 최적화에 의한 모터 산정 및 ②이를 고려한 자기회로의 최적설계 기술, ③부하의 최적산정기술과 이를

적용한 ④구동 드라이버와의 System matching을 극대화한 구동효율 향상기술이 요구되고 있음.

- 특히, 최근의 구동모듈의 소형화에 있어 가장 큰 문제인 발열문제의 해결을 위한 ⑤방열구조설계기술 및 ⑥기존의 모터 및 구동드라이버의 방열구조의 혁신적인 개선을 통한 신개념 설계기술이 많은 차량용 전동구동모듈의 개발에 필수적인 원천기술로서 그 중요성이 크게 대두되고 있음.

- 자동차 부품의 전장화와 증대에 따른 적용기술의 응용분야 확대
  - 자동차 부품 전장품의 비중은 98년 20%에서 04년 25%, 15년에는 40%로 증가할 것으로 전망되며, 지능화, 고안전, 고연비, 저공해차량 개발을 위해서 향후 15년 내에 자동차부품의 거의 대부분의 전장화가 불가피할 것으로 전망 됨.
  - 이에 따라 부품업체들은 전장품 분야에서의 기술혁신을 가속화하며, 현재의 차량의 지능화에 따른 지능형 자동차 분야뿐만 아니라, 친환경 자동차분야로의 확장에 적극 대응에 스테핑 모터가 이용되고 있음.
- 자동차의 실내의 온도를 제어하기 위한 차량용 HVAC(Heat Ventilating Air Conditioning)에는 Intake (내외기 조절), Mode

(차량실내의 바람방향), Temp (차량실내온도)의 각 Door의 각도제어를 위한 별도의 모터 액츄에이터(Motor Actuator)를 통해 운전자가 요구되는 쾌적한 실내온도를 유지하는 제품으로 종래기술은 플라스틱 기어(Plastic gear)를 내장한 직류전동기(DC Motor)를 사용하여 위치를 제어했음.

- 그러나 직류 전동기만으로는 정밀한 각도제어가 어려움으로 별도의 위치제어용 센서(sensor)를 사용해야 하며, 일정시간 사용 후 모터 내부의 Brush접점의 마모 등으로 인한 사용수명의 계로 인한 유지 보수의 어려움이 큰 단점으로 부각됨. 이를 극복하기 위해 스텝핑 모터(Stepping motor)는 직류전동기가 가지고 있는 사용 한계 수명, 위치제어용 센서가 불필요함은 물론 내구 수명 및 고정밀도 등의 큰 장점이 있으므로 차세대 직류 전동기를 대체할 대안으로 대두됨. 스텝핑 모터는 1920년대에 영국 해군의 함포 제어용으로 개발되어 사용되었으며 높은 신뢰성, 저가격, 저전류 특성으로 인하여 최근에는 컴퓨터 및 주변기기의 구성에 필수적으로 요구되는 인크리멘탈 모션(Incremental-motion actuator) 액츄에이터임.
- 전기 자동차 또는 하이브리드 자동차등의 엔진소음 없이 운전이 가능한 자동차의 등장에 따른 자동차의 전장부품은 기존의

엔진구동 자동차에서 보다 낮은 소음에서 동작해야 함. 이에 자동차 전장부품의 소음규격이 낮아짐. 이에 따른 고객사의 요구에 따라 스테핑 액츄에이터의 소음이 기존 40 dB(A)수준 에서 35 dB(A)이하의 수준으로 개선 되어야 함.

## 나. 개발 추진 내용

### 1) 개발 내용 및 성과

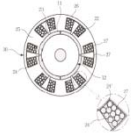
- 선진사 벤치마킹 및 특허 회피 방안 설계
  - 특허 분석 관련하여 국내, 해외의 스테핑 모터 관련한 특허 조사를 수행 하였으며, 약 400종의 유사특허를 분석하여 그에 따른 모터의 고정자를 설계를 하였고, 아래의 특허는 대표적인 특허 분석 내용임.
  
- 위 특허는 자동차 액츄에이터에 적용중인 스테핑 모터의 특허 출원 현황으로 특허 출원 범위는 보빈을 감싸고 있는 고정자 M자 형상의 구조를 청구 범위임. “전기 코일과 자화 회전자에 의해 야기되는 고정 부재를 포함하고, 상기 자화 회전자는 자기 전이에 의해 분리되는 교번방향으로 방사상 자화되는 N쌍의 극을 갖되 N은 4또는 5이며, 상기 고정 부재는 적어도 제 1 및 제 2W형상 회로를 포함하며, 상기 적어도 제 1 및 제 2 W-형상 회로는 각각의 제 1 및 제 2극편을 갖는 각각의 제 1 및 제 2

중앙 스트럿을 포함하며, 상기 적어도 제 1 및 제 2 W 형상 회로 각각은 상기 제 1 중앙 스트럿이 상기 자화 회전자의 자기 전이에 대항될 때 상기 제 2 중앙 스트럿이 자극에 대략 대항되도록 배열되며, 상기 적어도 제 1 및 제 2W 형상 회로의 상기 제 1 및 제 2 중앙 스트럿의 상기 제 1 및 제 2 극편은 대략 120°의 각도만큼 각지게 변위되는 다위상 모터”

(표 2-3-1) 스테핀 모터 관련 주요 특허

순위	특허	내용	유사성
1	출원번호 : 1993-2740893 출원인 : JAPAN SERVO CO.Ltd	 <p>고정자의 내주변에 내측방향으로 돌출된 3m 개의 고정자 형상으로 Airgap을 유지, 고정방법</p>	○
2	출원번호 : US5880551 출원인 : Sonceboz	 <p>고정자부의 Bobbin을 감싸고 있는 Yoke부의 형상을 “M”형상을 가진 구조</p>	○

3	출원번호 : 1999-  0038196  출원인 : 전자부품연구원	 <p>분리형 State core의 Bobbin조립후 조합하는 구조</p>	○
4	출원번호 : US2001-  343485  출원인 : Matsushita  Electric Ind  Co.Ltd (JP)	<p>BLDC Motor의 접지전극을 임시로 연결하는 구조로 별도의 작업 (편칭) 으로 분리하며, Wire접합부분의 형상 및 방법</p> 	X
5	출원번호 : 2005-  0094906  출원인 : 삼성전기	 <p>고정자의 형상</p>	X
6	출원번호 : 2006-  0076817  출원인 : 지쿠라 고교  가부시키가이샤	 <p>내벽에 슬롯을 통하여 등간격으로 치부가 배치되고 각 치부에 코일이 감긴 스테이터 형상</p>	X

7	출원번호 : 2007-  0125116  출원인 : 엠에스웨이(주)	 직류 고정자의 형상 및 생산 방법	X
---	---	---	---

- 하기 제품 사진은 유사 특허분석 근거의 선진사 제품 분석 및 그에 따른 모터부 자속밀도해석 자료 임.

## 2) HVAC용 스마트 린 액츄에이터 전동기 설계 및 특성 해석

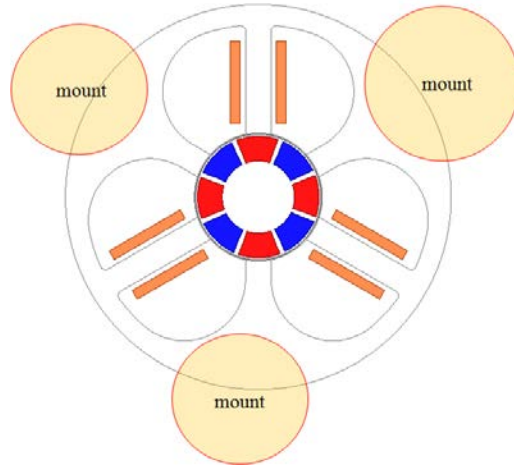
- 영구자석 재질 선정

스마트 린 스테핑 모터의 마그네트 제작 단가 절감과 전동기 시뮬레이션의 정밀도를 높이기 위해 회전자에 대한 표면 자속밀도 측정 실험을 수행하여 그 결과와 유한요소 해석상에서 동일한 특성을 나타내는 영구자석의 특성을 역으로 추정하였고 회전자의 형상 및 특성을 실제의 특성과 같도록 등가화 하였음. 현 액츄에이터 양산중인 제품들의 영구자석의 형상은 원통형이지만 실제 서로 다른 극이 만나는 위치에서는 자기적 특성이 미비함. 전동기 해석을 하기 위해 이 점을 고려하여야 하며, 실제로는 붙어있지만 극 사이에 간격을 주어 자기적 특성을 고려한 형상이 도출하였음.

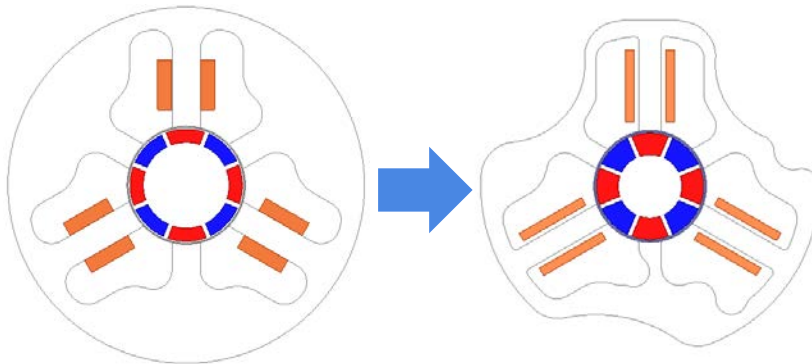
- 액츄에이터 전동기 모델 설계 수행

스마트 린 액츄에이터 전동기 모델에서는 아래의 그림과 같이 하우징(Housing)의 결합부인 마운팅(Mounting) 위치가 기구적으로 제약을 받음에 따라 해당 공간을 확보하기 위한 고정자 형상에 큰 변화가 발생하였음. 이에 따른 구동 특성은 아래와 같음. 특히 각 슬롯의 형상 및 크기가 불균일해짐에 의한 기자력 불평형을 해소하기 위해 특정 위치의 yoke 및 teeth의 형상이 비선형적으로 변화하였음. 이는 유한요소해석을 통해 최적화를 수행하였으며, 토크 리플 및 기자력의 크기를 고찰하여 수행되었음. 마운팅 부분 확보를 위한 고정자 형상 변경에 따라 회전자의 영구자석의 치수 또한 다소 변화하였음. 무부하 특성 분석 결과, 역기전력은 목표 역기전력에 100% 만족하였으며, 코깅 토크는 52% 수준으로 매우 양호함을 알 수 있음.

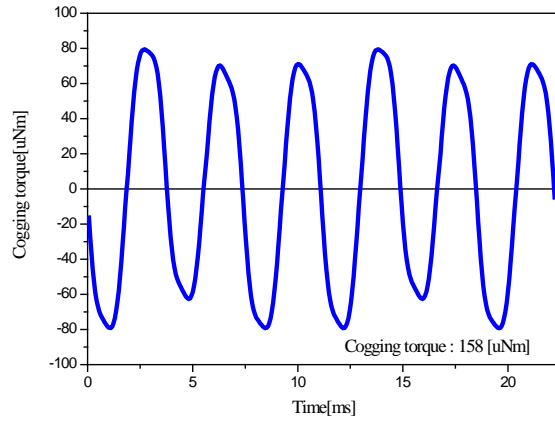
부하 인가 시 구동 특성은 발생 토크 25.48 [gf.cm]에서 목표 구동 속도인 625 [rpm]을 정확히 만족하였으며, 이 때 인가 전류 또한 목표치인 0.103 [A]를 만족하였음. 그러므로 액츄에이터 전동기 설계는 전기적인 요구치와 기계적인 출력을 모두 만족하면서, 하우징과의 마운팅 위치를 확보하였음.



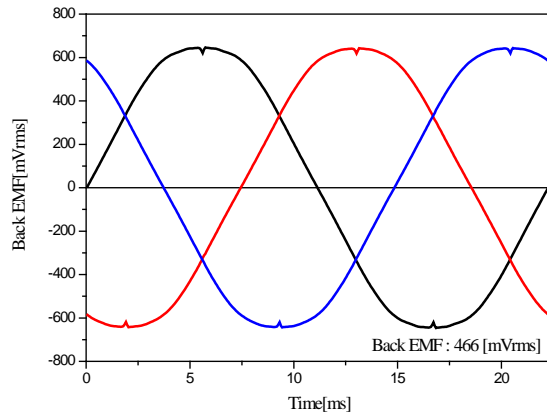
(그림 2-3-2) 스마트 액츄에이터 전동기 모델의 하우스징 마운팅 위치에 따른 고정자 형상 설계



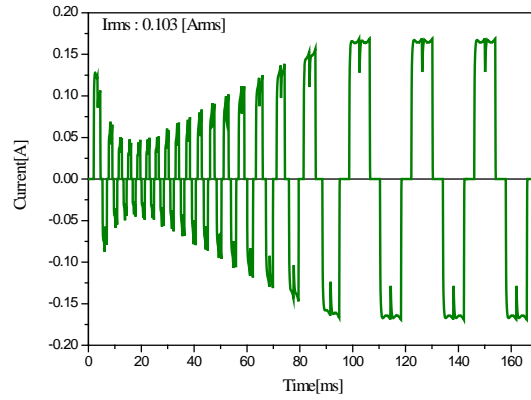
(그림 2-3-3) 스마트 액츄에이터 전동기 모델의 최종 고정자 형상



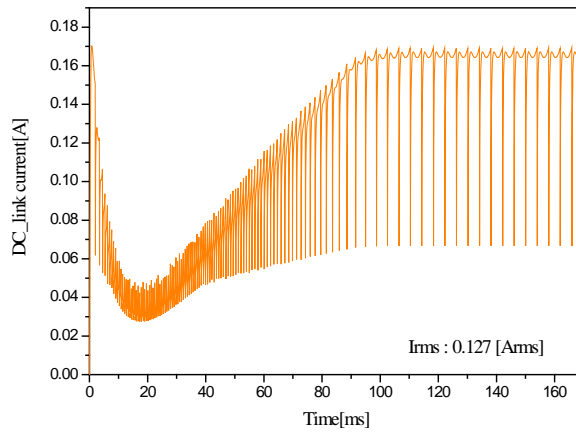
(그림 2-3-4) 스마트 액츄에이터 전동기의 코깅 토크



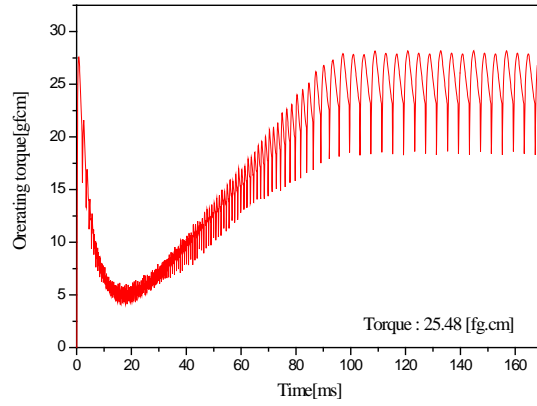
(그림 2-3-5) 스마트 액츄에이터 전동기의 역기전력



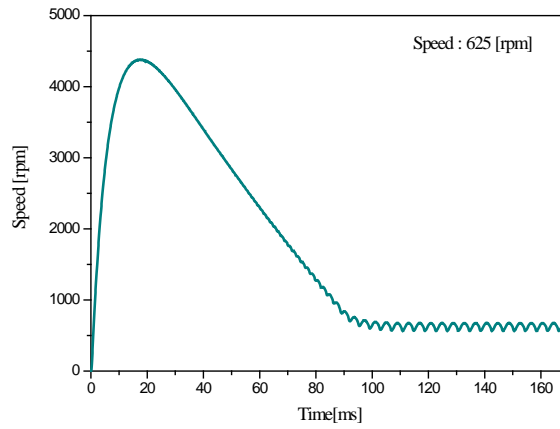
(그림 2-3-6) 스마트 액츄에이터 전동기 상전류



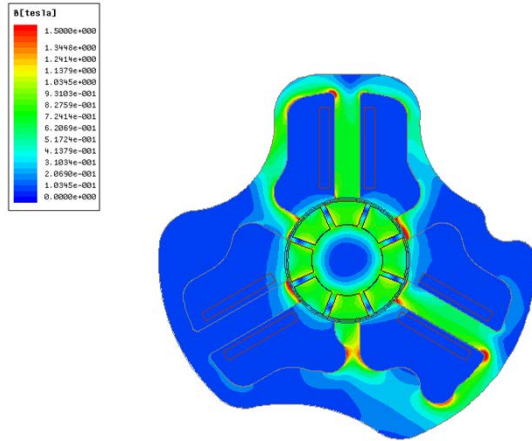
(그림 2-3-7) 스마트 액츄에이터 전동기의 DC Link 전류



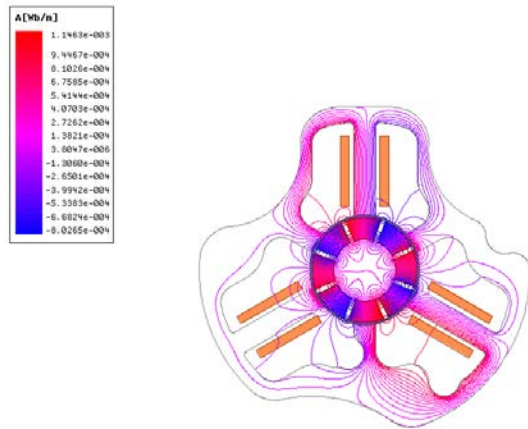
(그림 2-3-8) 스마트 액츄에이터 전동기의 발생 토크



(그림 2-3-9) 스마트 액츄에이터 전동기의 구동 속도



(그림 2-3-10) 스마트 액츄에이터 전동기의 자속 밀도



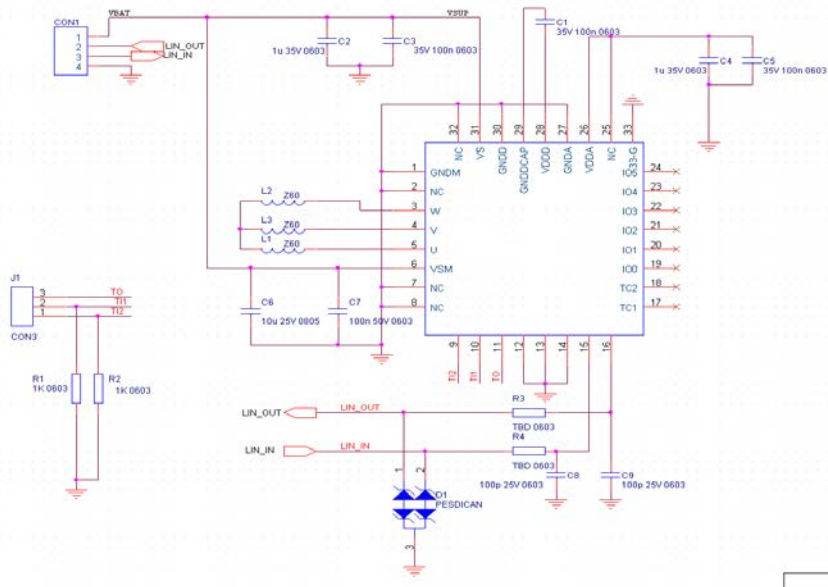
(그림 2-3-11) 스마트 액츄에이터 전동기의 자속 선도

(표 2-3-2) 스마트 액츄에이터 전동기의 설계 결과

Items	value	unit
Pole	8	
Slot	6	
stack length	3.5	mm
turn	580	
Resistance	23.4	ohm
magnetic Br	0.773	T
Stator core material	S60	
Rotor core material	Plastic molding	
Rated current	0.103	A
Rated torque	25.48	gf.cm
Rated speed	625	rpm
DC_link current	0.127	A
DC link voltage	12	V

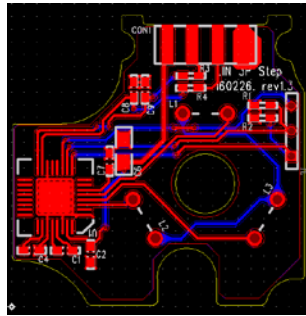
### 3) 스마트 LIN 스텝핑 모터 드라이브 설계 및 제작

- LIN 통신용 소형 스텝핑 모터 드라이브 회로 설계
  - 동작전류 200mA, 30 x 30 [mm], LIN통신 가능한 소형 정밀 스텝핑 모터 드라이브 개발
- 전원 및 통신 노이즈 제거 회로 설계
  - 차량 전원 12V 시스템, 통신 신호 안정화 회로 개발

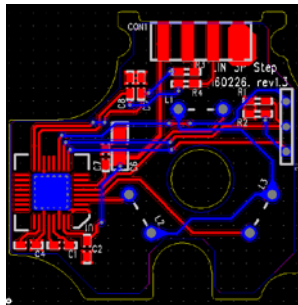


(그림 2-3-12) LIN Stepping motor drive 회로

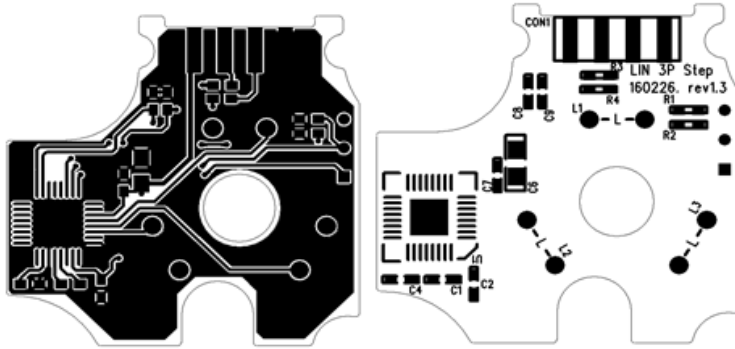
- LIN 스마트 액츄에이터 PCB Artwork 설계
  - 시제품 제작 설계에서 발견된 문제점을 개선하여 최종적인 PCB를 설계
  - 간섭이 영향과 권선 방향 일치 등을 고려
  - 불필요한 소자의 제거 및 회로 최적화



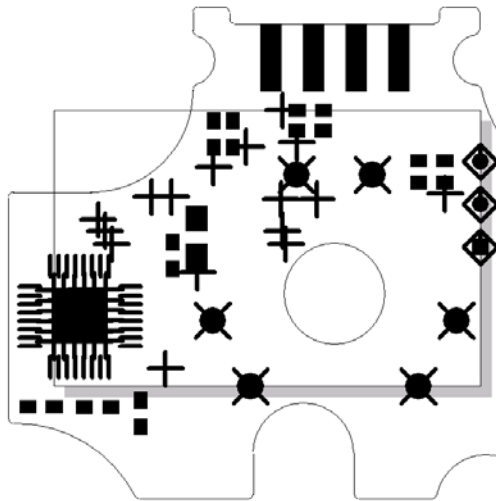
(그림 2-3-13) LIN Stepping motor drive 설계



(그림 2-3-14) LIN Stepper Driver Bottom Routing 설계



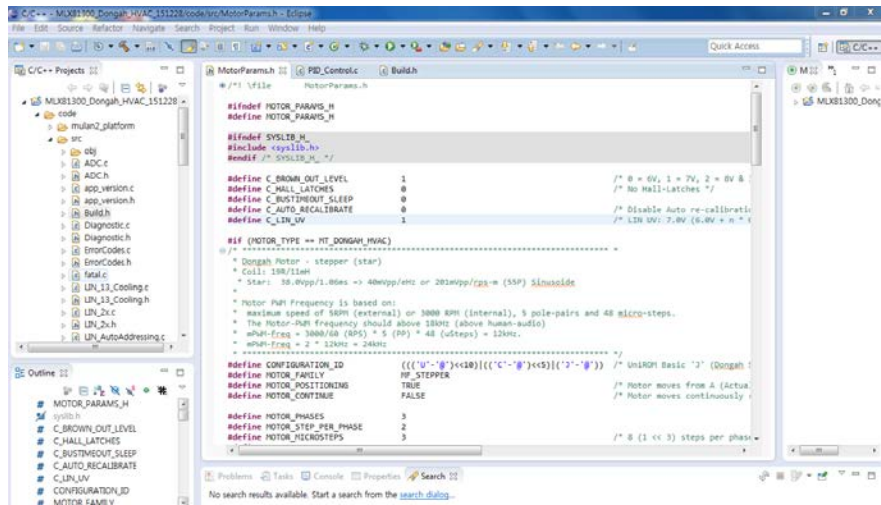
(그림 2-3-15) LIN Stepper Driver Top Routing, Silk, Solder 설계



(그림 2-3-16) LIN Stepper Driver Top (Drill+NC+Solder)

#### 4) 구동 프로그램 개발

- 모터 구동 프로그램 및 통신 프로그램 개발
  - ANSI C 기반 구동용 프로그램 작성
  - 동작별/기능별 프로그램 별도 구성
  - LIN 통신 프로그램 구현



```
#ifndef MOTOR_PARAMS_H
#define MOTOR_PARAMS_H

#include <stdint.h>

#ifdef SYS19_M_1

#define C_BROWN_OUT_LEVEL 1 /* 0 = 0V, 1 = 7V, 2 = 0V &
#define C_HALL_LATCHES 0 /* No Hall-latchet */
#define C_RST_TIMEOUT_SLEEP 0
#define C_AUTO_RECALIBRATE 0 /* Disable Auto re-calibrati
#define C_LIN_UV 1 /* LIN UV: 7.0V (6.0V + n *

#endif

#if (MOTOR_TYPE == HT_DONGGAI_MWAC)
/* -----
 * Donggah Motor - stepper (star)
 * Coil: 19R/114h
 * Star: 30.0vpp/1.0Aes -> 40vpp/Hz or 201vpp/rps = (5SP) SInusoids
 *
 * Motor PWM Frequency is based on:
 * - maximum speed of 5000 (external) or 3000 RPM (internal), 5 pole-pairs and 48 micro-steps.
 * - The Motor-RPM frequency should be above 18kHz (Above human-audio)
 * - whal-freq = 3000/(60 (RPS) * 5 (PP) * 48 (uSteps) = 12kHz.
 * - whal-freq = 2 * 2.2kHz = 24kHz
 * -----
 */
#define CONFIGURATION_ID (((('U'-0)<<10)|('C'-0)<<5)|('1'-0))) /* UniROM Basic '1' (Donggah
#define MOTOR_FAMILY PW_STEPPER
#define MOTOR_POSITIONING TRUE /* Motor moves from A (Actua
#define MOTOR_CONTINUE FALSE /* Motor moves continuously
#define MOTOR_PHASES 3
#define MOTOR_STEP_PER_PHASE 2
#define MOTOR_MICROSTEPS 3 /* 0 (1 << 3) steps per phase

#endif
```

(그림 2-3-17) 모터 구동 프로그램 코드 일부

```

MotorParams.h | PID_Control.c | Build.h
* PID_Init()
+ ==+
void PID_Init( void)
{
  /* PMP141209-1; Convert [mA] to [ADC-LSB] */
  uint16 u16CurrGain = FF @NCURR;
  g_u16PidRunningThreshold = muldivu16_u16byu16byu16( NVRAM_RUNNING_CURR_LEVEL, C_@NCURR_DIV, u16CurrGain);
  g_u16PidHoldingThreshold = muldivu16_u16byu16byu16( NVRAM_HOLDING_CURR_LEVEL, C_@NCURR_DIV, u16CurrGain);
  g_u16MotorRefVoltage = NVRAM_VSUP_REF;

  u16MinCorrectionRatio = NVRAM_MIN_COBB_RATIO; /* PMP15050A-2 */
  u16MaxCorrectionRatio = NVRAM_MAX_COBB_RATIO; /* PMP15050A-2 */
} /* End of PID_Init() */

+ ==+
/* ***
 * VoltageCorrection()
 * Compensate Motor PWM Duty Cycle for voltage changes
 * Performance: 7.5us @ 20KHz
 * ==+
void VoltageCorrection( void)
{
  #if _SUPPORT_VOLTCOMP_VNOTOR
  #if _SUPPORT_SMILT_VNOTOR
  GetSupplyMotor();
  #endif /* _SUPPORT_SMILT_VNOTOR */
  if ( (g_u16MotorVoltage > 0) && (g_u16MotorRefVoltage > 0) )
  {
    /* Correct Motor PWM duty cycle instantly based on change of supply voltage */
    uint16 u16NewCorrectionRatio = muldivu16_u16byu16byu16( g_u16PidctrRatio, g_u16MotorRefVoltage, (u16MotorVoltage));
  }
  #else /* _SUPPORT_VOLTCOMP_VNOTOR */
  GetSupplyChp();
  if ( (g_u16SupplyVoltage > 0) && (g_u16MotorRefVoltage > 0) )
  {
    /* Correct Motor PWM duty cycle instantly based on change of supply voltage */
  }
}

```

(그림 2-3-18) 모터 구동 프로그램 (PID 제어 코드 일부)

```

MotorParams.h | PID_Control.c | Build.h | Diagnostic.c | LIN_2x.c | LIN_Communications.c
* LIN_Init()
+ ==+
* Initialise LIN communication interface.
* Default start-up, at 9600 Baud
* =====
void LIN_Init( uint16 u16Start)
{
  /* Initialise LIN Communication */
  LIN_XCFG &= ~DIS1ERR; /* Enable LIN pull-up resistors */
  (void) m1_InitLinModule(); /* Initialise the LIN module */

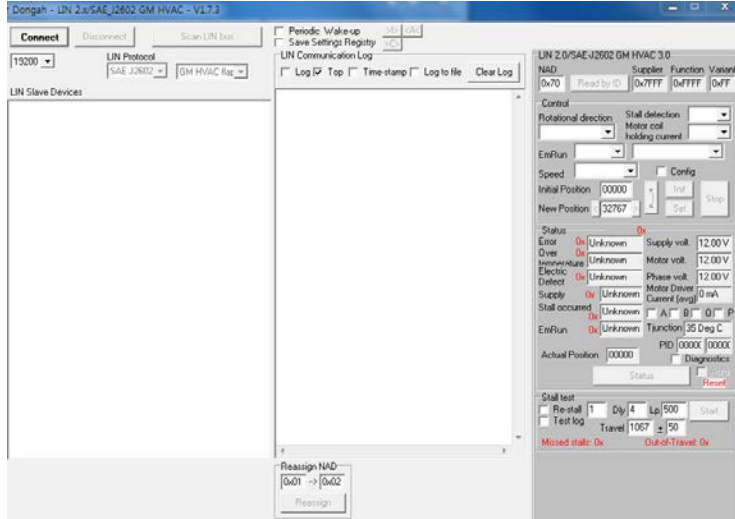
  /* Setup LIN baudrate */
  #if (_MLX_PLTF_VERSION_MAJOR == 4)
  #if (_SUPPORT_AUTO_BAUDRATE != FALSE)
  /* auto baudrate, only on first LIN frame */
  (void) m1_SetAutoBaudrateMode( MLX_ABR_ON_FIRST_FRAME); /* PMP141215-1 */
  #else /* (_SUPPORT_AUTO_BAUDRATE != FALSE) */
  /* Fixed baudrate */
  (void) m1_SetBaudrate( (m1_uint8) LIN_BR_PRESCALER, (m1_uint8) LIN_BR_DIV); /* Program the baudrate: default */
  #endif /* (_SUPPORT_AUTO_BAUDRATE != FALSE) */
  #else /* (_MLX_PLTF_VERSION_MAJOR == 4) */
  (void) m1_SetBaudrate( (m1_uint8) LIN_BR_PRESCALER, (m1_uint8) LIN_BR_DIV); /* Program the baudrate: default */
  #endif /* (_MLX_PLTF_VERSION_MAJOR == 4) */

  /* Setup LIN options, including slew-rate */
  #if (_MLX_PLTF_VERSION_MAJOR == 3)
  #if ((LIN_BR < 10000) && (_SUPPORT_AUTO_BAUDRATE == FALSE))
  (void) m1_SetOptions( 1, /* IDStopBitLength */
    0, /* TXStopBitLength */
    MLX_ENABLED, /* StateChangeSignal */
    1, /* LightSleep mode with time */
    MLX_SLEWLOW); /* SlewRate: ML_SLEWHIGH=20K */
  #else /* ((LIN_BR < 10000) && (_SUPPORT_AUTO_BAUDRATE == FALSE)) */
  (void) m1_SetOptions( 1, /* IDStopBitLength */
    0, /* TXStopBitLength */

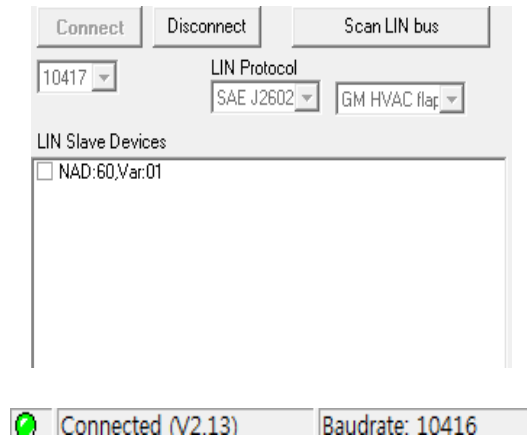
```

(그림 2-3-19) 모터 구동 프로그램 (LIN 통신 프로그램 코드 일부)

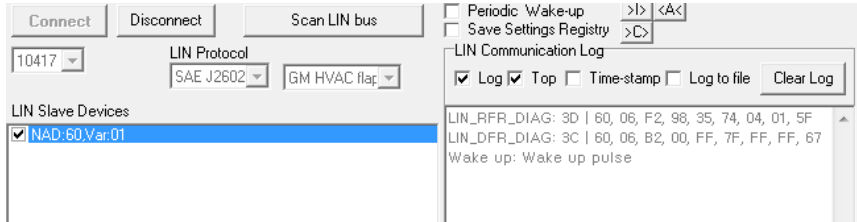




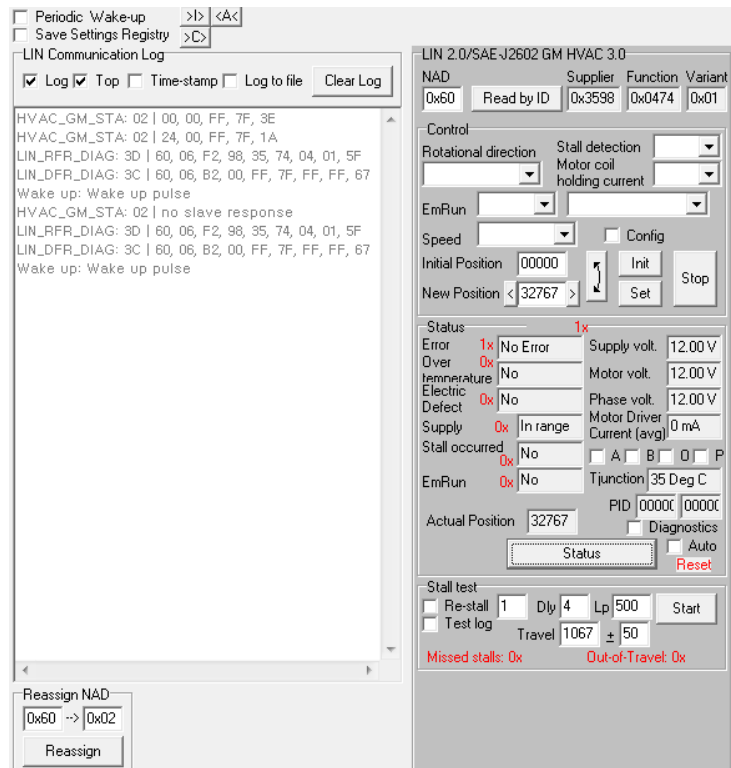
(그림 2-3-21) LIN 통신 구동 응용 프로그램 GUI



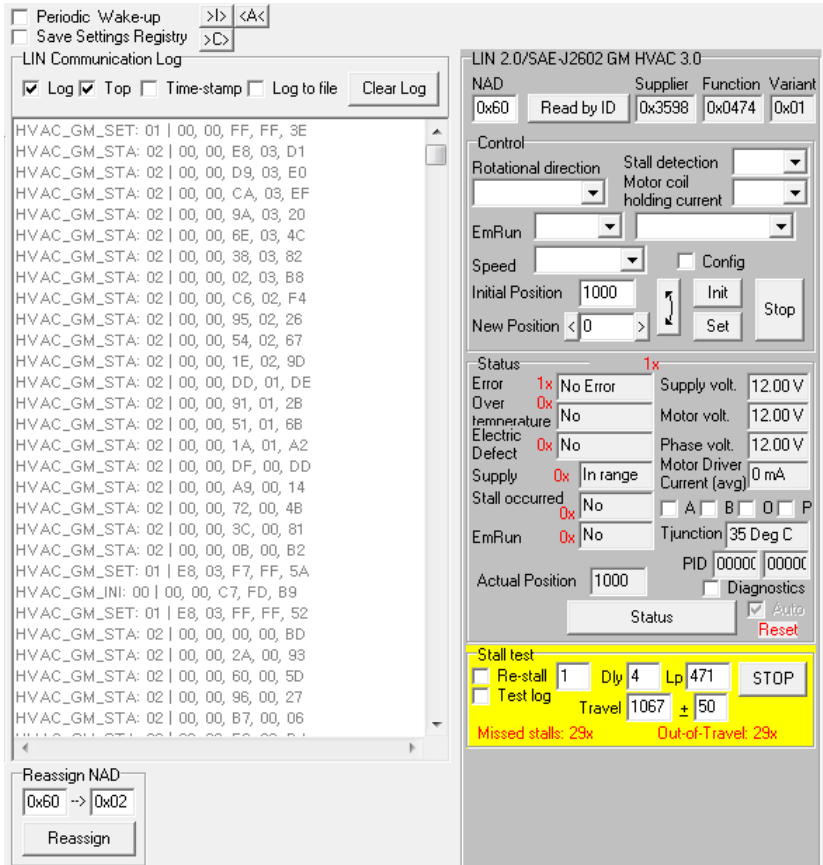
(그림 2-3-22) LIN 통신 접속 화면



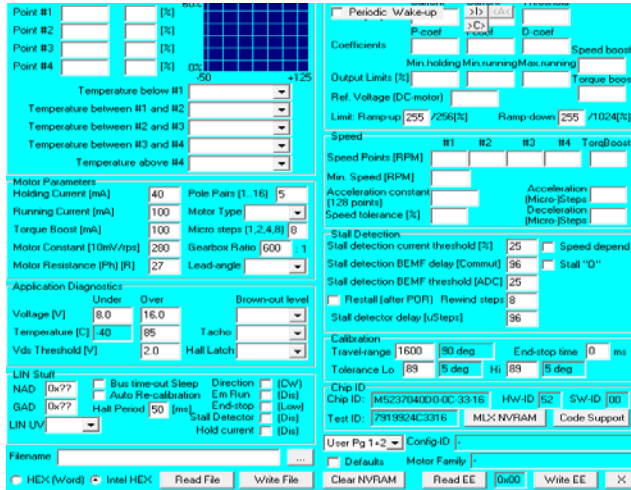
(그림 2-3-23) 통신 정상 접속 및 데이터 입출력 로그 화면



(그림 2-3-24) LIN 통신 정상 접속 상태 콜/피드백 로그 화면



(그림 2-3-25) 프로그램 테스트 위치 제어 반복 구동 테스트 화면



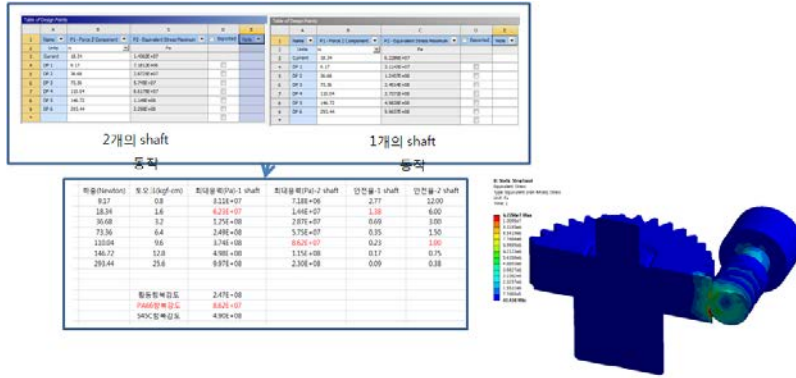
(그림 2-3-26) 파라미터 외부 설정 화면 구성



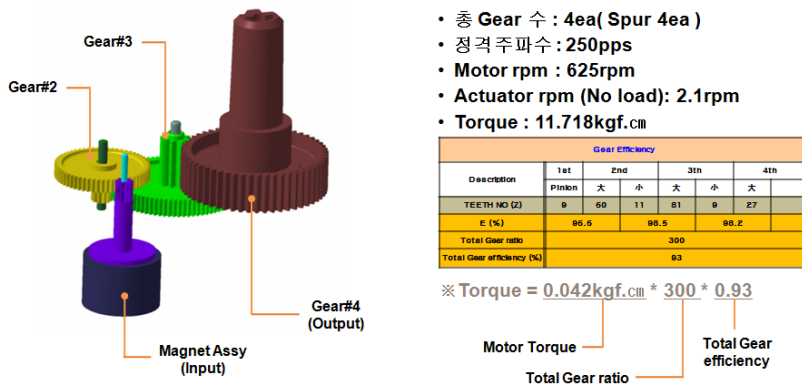
(그림 2-3-27) 파라미터 동작 실행 화면

## 5) 저 소음용 기어 모듈 설계 및 제작

- 스테핑 모터에 의해 기어 동력전달 장치가 작동하다가 갑자기 멈추는 경우에 대해 분석하였음. 계산결과를 보면, 최대응력을 기준으로 파괴가 일어나는 토크는 안전율이 1이하 일 때임. 따라서, 2개축 기어일 경우 9.6kgf.cm 초과 시, 1개축 기어 일 때는 1.6kgf.cm초과 시에 생겨남. 더욱 정확한 토크 값을 보정을 통해 계산하면 2개축 기어 경우 9.6kgf.cm, 1개축일 경우 2.21kgf.cm에 파괴됨. 토크 값은 최대 토크 값으로서 스테핑모터에 최대의 전기가 입력되고 회전수가 0rpm일 때, 생성되는 것으로 실제 토크 값은 이보다 감소됨. 따라서, 더욱 정확한 계산을 위해서는 작동 중에 생성되는 토크 값을 알아야 할 것이며 HVCA용 액츄에이터의 경우는 1개의 피니언기어와 3개의 기어를 사용함으로써 8.0kgf.cm 토크사용에는 문제가 없음.



(그림 2-3-28) 기어 강도 해석



(그림 2-3-29) 기어 배열 및 구성

- 또한, Gear Analysis를 이용하여 각 기어 재질, Teeth수, 기어비에 따른 토크 및 rpm을 해석하였음. 표 2-3-7은 각 기어별 해석 파라미터 및 그에 따른 출력 해석 결과임.

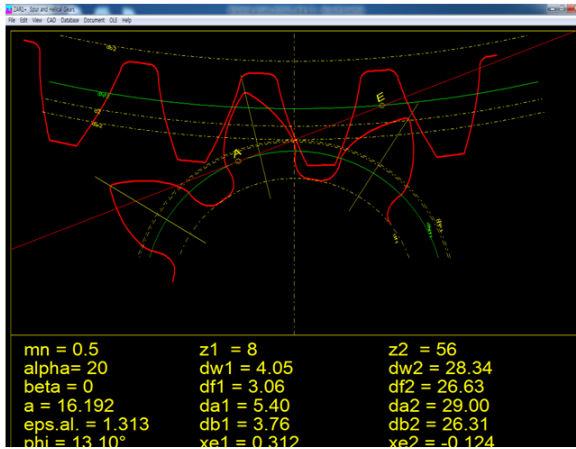
(표 2-3-3) 기어 해석 파라미터

ITEM	GEAR 1	GEAR 2(L)	GEAR 2(S)	GEAR(L)	GEAR (S)	Output Gear
Type	SPUR	SPUR	SPUR	SPUR	SPUR	SPUR
Moduel	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5
Helix Angle(°)	-	-	-	-	-	-
Number of Teeth	9	60	11	44	8	56
Face Width [mm]	7	2.6	5.3	3.4	8.4	7.5
Profile shift coeff	0.4	0	0.4	0	0.4	0
Pitch Circle Diameter(mm)	2.7	18	5.5	22	4	28
Outside Circle Diameter(mm)	3.54	18.6	6.9	23	5.4	29
Center Distance(mm)	15		14		16.2	
RPM	625	93.75		23.44		3.35
Torque(Nm)	0.0046	0.03		0.12		0.80
Gear Ratio	6.67		4.00		7.00	
Material	POM	POM		PA66-GF33		PA66-GF33

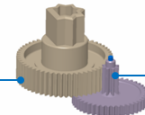




3. 3<sup>rd</sup> - Stage (Number of Gear#3 Teeth(Small) : 8, Number of Output Gear : 56 )



Input Torque : 0.12Nm  
 Input rpm : 23.44rpm  
 \* 8 gear Safety Factor : 1.38(PA66-GF33)



Output Torque : 0.8Nm  
 Output rpm : 3.35rpm  
 \* 56 gear Safety Factor : 1.38(PA66-GF33)

Gear Ratio : 1/7.0

3-1. Evidence of Gear Analysis

Input gear	1	MP	0.000
Output gear	2	MP	0.000
Rotational speed	1	rpm	23.44
Input torque	1	Nm	0.12
Output torque	2	Nm	0.80
Input rpm	1	rpm	23.44
Output rpm	2	rpm	3.35
Input gear material	1	Material	PA66
Output gear material	2	Material	PA66
Input gear mesh	1-2	Mesh	1-2
Output gear mesh	2-1	Mesh	2-1
Input gear mesh safety factor	1-2	Safety Factor	1.38
Output gear mesh safety factor	2-1	Safety Factor	1.38

Pressure Angle	alpha deg	20.0000
Helix angle	beta deg	0.0000
Normal module	mm	0.5000
Profile shift coeff.	mm	0.0000
Center distance	mm	16.1920
Face width	mm	4.00
Generated pitch diameter	mm	4.0000
Root diameter	mm	3.0000
Tip dia., addendum	mm	5.4000
Mesh quality to ISO	mm	4
Mesh quality tolerance zone to ISO	mm	4 * 23
Min. theoretical backlash	mm	0.045
Max. theoretical backlash	mm	0.109
No. of teeth mesh	mm	3
Span meas. finished, min.	mm	3.962
Span meas. finished, max.	mm	3.994
Ball end pitch diameter	mm	12.000
Maximum B end ball, min.	mm	25.940
Maximum B end ball, max.	mm	26.010
Min. ball diameter	mm	26.010
Max. ball diameter	mm	26.080

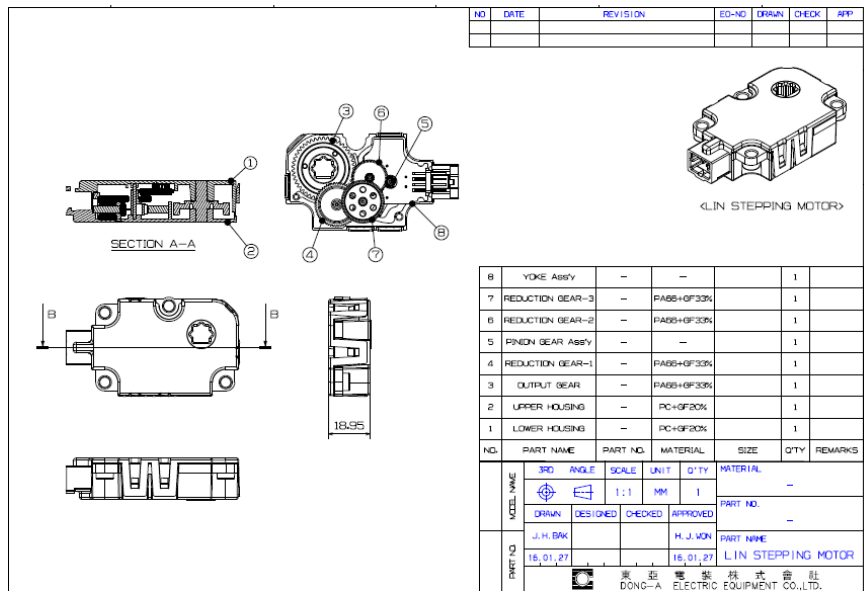
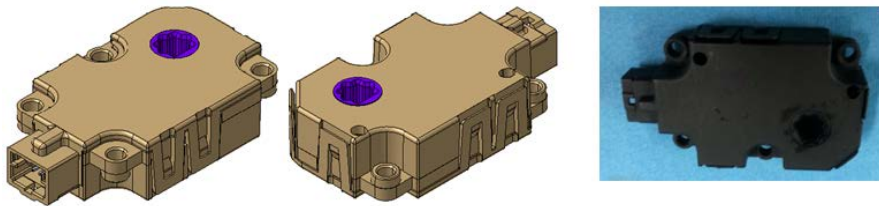
< Dynamic Analysis >

< Tooth Analysis >

(그림 2-3-32) 기어 #3 & 출력 기어 해석 및 결과

6) LIN 스텝핑 모터 설계 및 제작

- Actuator Ass'y



(그림 2-3-33) Actuator Ass'y 제품 및 도면

### 3. 애프터마켓용 차량기능 안내 기술

#### 가. 목표 및 필요성

스마트자동차를 위한 첨단 디지털 Cockpit 시스템 개발 과제는 스마트자동차의 운전자 특성 적응형 UI/UX 및 운전환경 제공을 위한 개방형 디지털 Cockpit 시스템을 개발 하는 것을 연구 목표로 함

- 디지털 Cockpit 시스템과 연동하는 운전 가이드 시스템 개발하기 위해 당해 연도에 운전지원을 위한 애프터마켓용 차량기능 안내 기술을 설계하고 Prototype 시스템을 개발함
- 애프터마켓용 가이드 시스템을 개발하여 디지털 Cockpit 시스템과 연동하므로 비포마켓/애프터마켓용 운전 가이드 시스템을 동시 제공하는 것으로 활용함
- 스마트자동차의 운전자 특성 적응형 UI/UX 및 운전환경 제공을 위한 개방형 디지털 Cockpit 시스템 개발 설계
  - 운전자 인지심리행동 모델 및 시스템 개발 설계
  - 디지털 Cockpit 시스템 개발 설계
  - 디지털 Cockpit 연동 애프터마켓용 안내 가이드 개발 설계

나. 연구개발 최종목표 및 당해 년도 범위

1) 연구개발 최종 목표



(그림 2-3-34) 애프터마켓용 운전자 가이드스 개념

● 연구개발 연구범위

(표 2-3-4) 애프터마켓용 운전자 가이드스 최종 연구 목표

구분	최종 범위
운전자 인지심리행동 모델 및 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 운전자군(고령/여성/초보/일반)별 운전패턴 및 특성분석 기술 개발</li> <li>· 운전자 인지/심리/행동 모델 개발</li> <li>· 운전자 인지 향상을 위한 멀티모달 인터랙션 기술 개발</li> </ul>
디지털 Cockpit 시스템	· 디지털 Cockpit 클러스터 시스템 개발

구분	최종 범위
개발	· Cockpit 모듈 검증 기술 개발
인지심리행동 모델 및 시스템 개발	· 운전 상태별 스마트 공조 시스템 개발 · 운전지원을 위한 차량기능 안내 시스템 개발

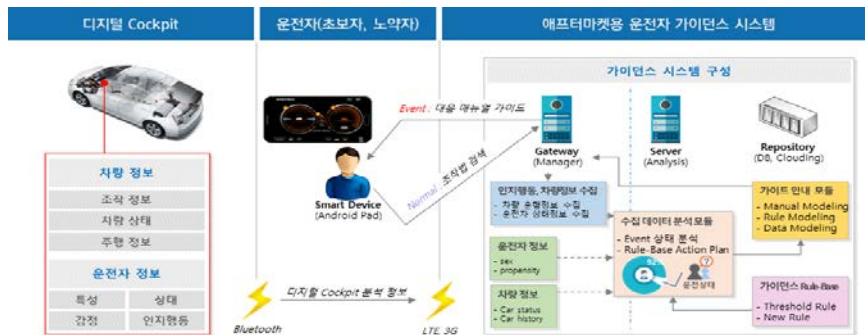
## 2) 당해 년도 연구 범위

(표 2-3-5) 애프터마켓용 운전자 가이드 시스템 당해 년도 연구 목표

구분	최종 범위
가이드 시스템 시스템 설계	· 시스템 아키텍처 설계 · 시스템 데이터베이스 구조 설계 · 시스템 연계 인터페이스 설계 · 가이드 어플리케이션 UI 기획
가이드 시스템 매뉴얼 데이터 수립	· 공조기 안내 기능 가이드 데이터 DB 화 · 이벤트 Rule-Base 구조 수립 · 이벤트 레벨 별 안내 구조 수립
가이드 어플리케이션 Prototype 개발	· 가이드 어플리케이션을 통한 매뉴얼 조회 기능 개발(모바일 웹) · Cockpit 연동 프로토콜 개발 · 이벤트 발생 시 안내 모듈 개발

## 다. 목표시스템 및 아키텍처 설계

- 1) 운전자 가이드 시스템 목표시스템 구성도
- 2)



(그림 2-3-35) 운전자 가이드 시스템 목표시스템

- 3) 운전자 가이드 시스템 아키텍처



(그림 2-3-36) 운전자 가이드 시스템 아키텍처

- 디지털 Cockpit
  - 디지털 Cockpit에서 제공하는 차량 운전상태 정보 및 운전자 정보를 수집
  - 차량상태 정보: 운전 조작정보, 차량상태 정보, 주행 정보
  - 운전자 정보: 운전자 특성, 상태, 감정, 인지행동
  
- 애프터마켓용 운전자 가이드 시스템
  - 디지털 Cockpit를 통한 데이터 수집 및 분석 결과 데이터 안내
  - 수집 데이터 분석을 통한 일반 운전상태/이벤트 상태를 분석
  - 시스템 운영, 조작법/안내 데이터, 기준법(Rule-Base) 데이터베이스 관리
  
- 실시간 게이트웨이 모듈
  - 게이트웨이 모듈은 디지털 Cockpit과 애프터마켓용 Application과의 통신을 담당
  
- 통신
  - 디지털 Cockpit을 통한 데이터 수집: Bluetooth
  - 애프터마켓용 Application: 3G, LTE

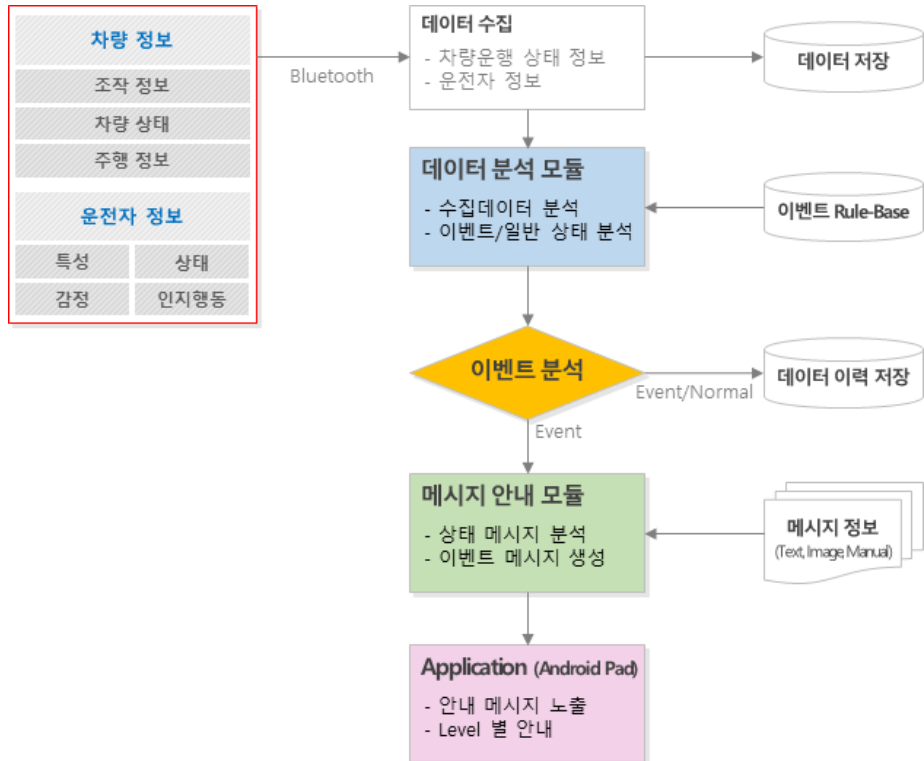
#### 4) 운전자 가이드스 프로세스 아키텍처

- 디지털 Cockpit를 통하여 송신된 운전상태 데이터는 운전자 가이드스 플랫폼을 통하여 데이터를 분석하게 되며, 분석된 결과를 토대로 운전자 가이드스 Application에 데이터를 표시
- Rule Analysis를 통하여 수집된 데이터를 분석하여 운전자가 일반(Normal) 운전 상태인지 불안정적(Event)인 운전 상태인지를 분석
- 운전자가 조작법 검색 시 애프터마켓용 Application을 통하여 조작법을 검색하게 되며, 조작법에 대한 정보를 검색 시 운전자 가이드스 플랫폼은 해당 정보를 제공

#### 5) 운전자 가이드스 데이터 흐름 아키텍처

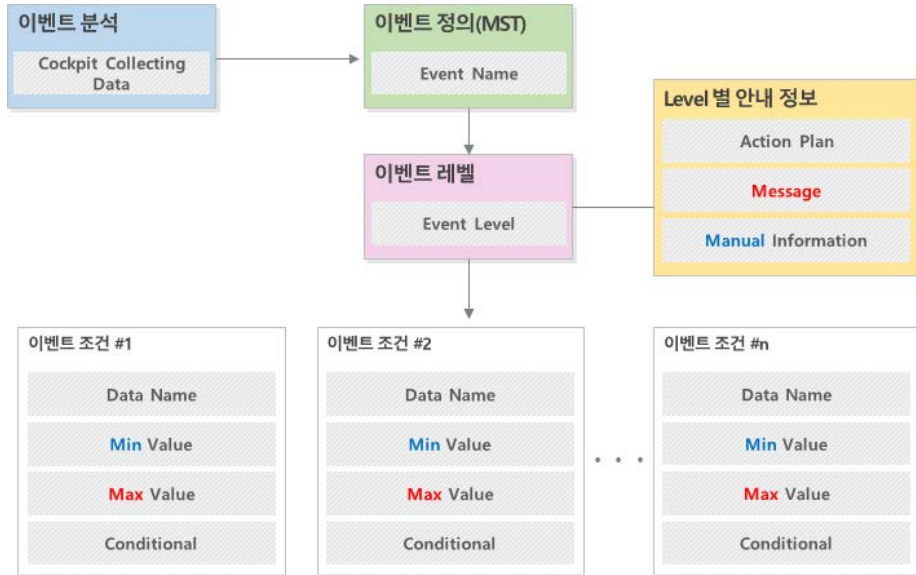
- Architecture 부문: 디지털 Cockpit에서 송신되는 데이터를 저장하고 일반상태인지 이벤트 상태인지를 분석
- Scenario 부문: 수집되는 데이터를 분석하여 시나리오 Rule에 해당되는 조건일 경우 이벤트 데이터로 분리하여 저장하고 안내하는 프로세스로 구성
- Database 부문: 데이터 분석을 위한 Rule 정보와 조작법 안내를 위한 매뉴얼 정보 관리

6) 이벤트 분석 프로세스



(그림 2-3-37) 가이드스 시스템 이벤트 분석 프로세스

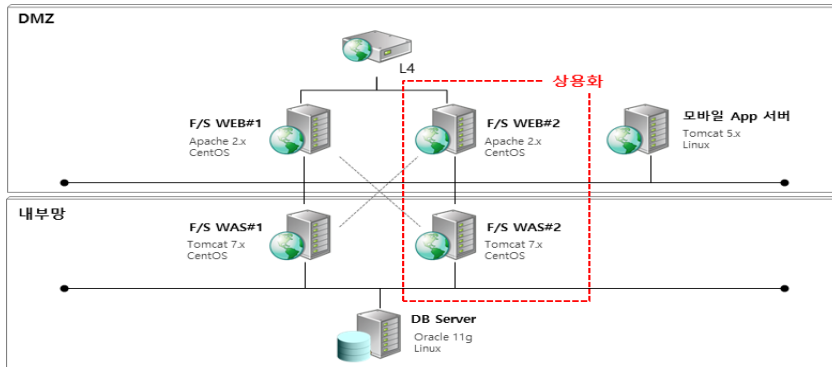
7) 이벤트 분석 알고리즘



(그림 2-3-38) 가이드스 시스템 이벤트 분석 알고리즘

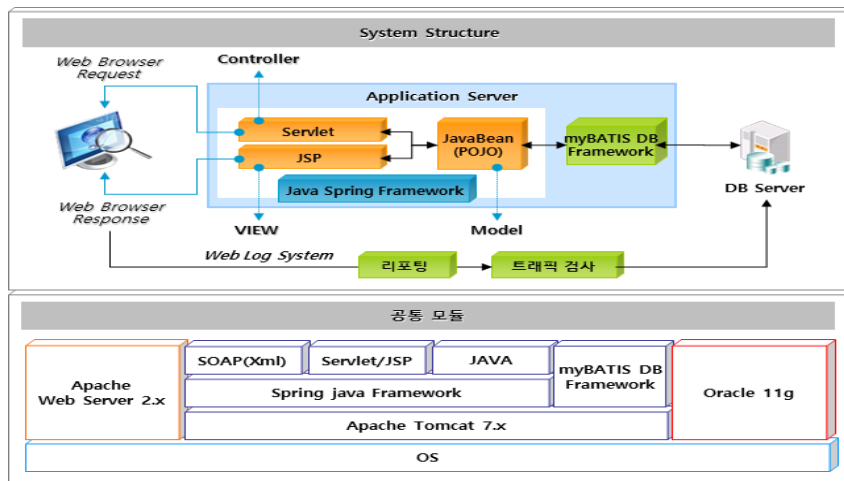
라. 하드웨어 및 소프트웨어 설계

1) 하드웨어 구성안



(그림 2-3-39) 가이던스 시스템 하드웨어 구성안

2) 소프트웨어 구성안



(그림 2-3-40) 가이던스 시스템 소프트웨어 구성안

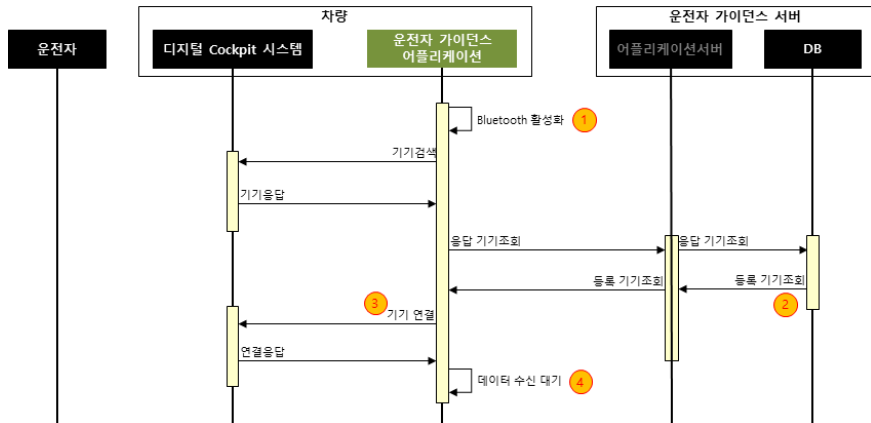
### 3) 데이터베이스 흐름도

- 데이터베이스 연동은 시스템 내 일반적인 대부분의 프로세스에서 사용되며 데이터베이스에 등록, 수정, 삭제, 조회 등의 처리를 함. 사용자의 요청(Request)를 최초 WAS(Web Application Server)에 설치된 프레임워크가 전달받아 처리하며 데이터베이스 연동 처리는 DB프레임워크에게 전달함.
- DB프레임워크는 내부적으로 SQL, 프로시저, 트랜잭션 처리 등 프로세스를 처리한 후에 Business Logic Processor를 거쳐 자바 프레임워크를 통해 사용자에게 응답(Response)을 전송함.

## 마. 시퀀스 다이어그램

### 1) Digital Cockpit 기기 검색 및 연결

운전자 가이드스 어플리케이션과 Digital Cockpit 간의 데이터 송수신을 위하여 Bluetooth 통신을 기본으로 구성하며, 통신 연결을 위하여 어플리케이션 내 Bluetooth 기능 활성화 후 주변 기기 응답 대기 상태로 구성되며, 주변 기기 신호 감지 시 등록된 기기인지 확인 후 기기 연결을 시도함.

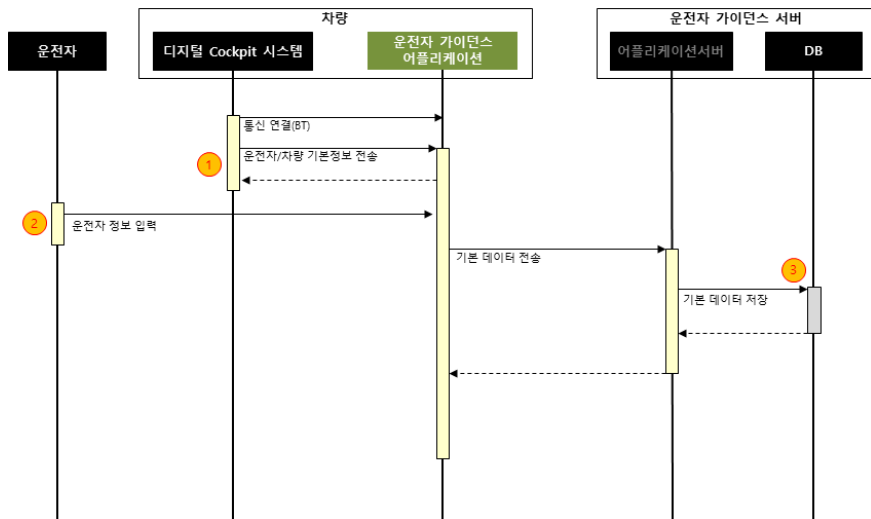


(그림 2-3-41) UML - Cockpit 검색 및 연결

- ① Bluetooth 활성화: Bluetooth 연결을 위하여 어플리케이션 내 Bluetooth 통신 기능을 활성화
- ② 등록 기기 조회: 가이드스 시스템에 등록된 단말기인지 조회를 위하여 단말기에서 수집한 데이터를 서버로 송신
- ③ Cockpit 기기 연결: 가이드스 시스템에 등록된 단말기 일 경우 Cockpit 모듈과 Bluetooth 연결
- ④ 데이터 수신 대기 모드: Cockpit 에서 수집되는 데이터 수집을 위한 Standby mode

## 2) 운전자 및 차량정보 등록

운전자 가이드스 어플리케이션이 최초 실행된 후 디지털 Cockpit 시스템 Bluetooth 통신 인증 절차를 진행 후 운전자로부터 기본정보를 수집하는 프로세스로 운전자의 정보와 차량 기본 정보를 수집.

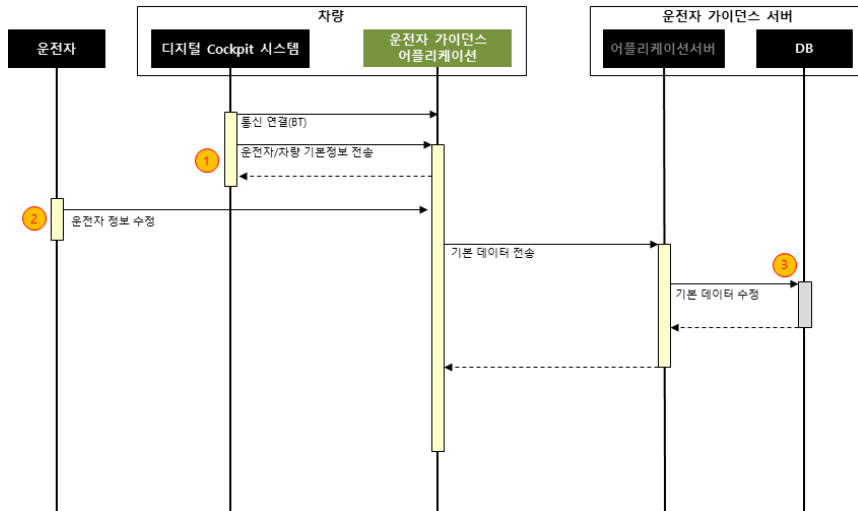


(그림 2-3-42) UML - 운전자 및 차량정보 등록

- ① 운전자/차량 기본정보 송신: 기기와 통신된 후 초기 1 회 운전자와 차량의 기본정보를 가이드스 시스템으로 송신
- ② 운전자 정보 등록: 수집된 운전자/차량 정보를 서버로 등록
- ③ 기본 데이터 저장: 수집된 운전자/차량 정보가 DB 에 있는지 확인 후 정보 등록

### 3) 운전자 및 차량정보 등록

운전자 가이드스 어플리케이션이 실행된 후 디지털 Cockpit 시스템과의 통신 후 차량의 기본정보 및 운전자 정보를 확인하기 위하여 데이터 송수신 프로세스로 수정사항이 있을 경우 수신된 데이터로 변경 작업을 수행.

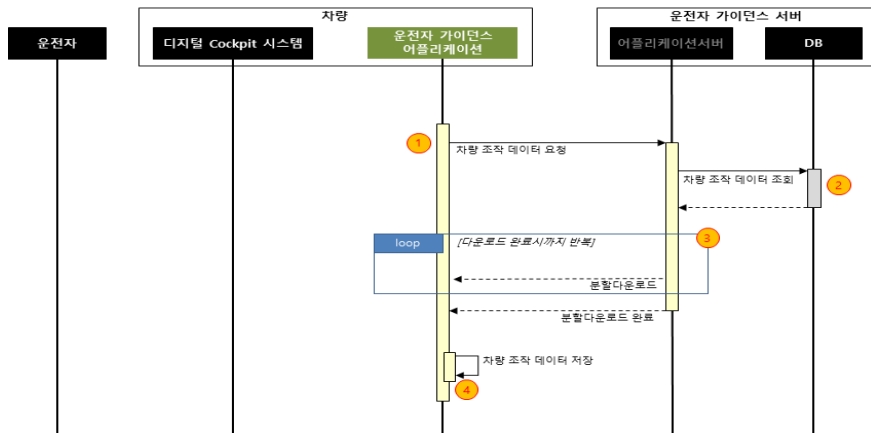


(그림 2-3-43) UML - 운전자 및 차량정보 수정

- ① 운전자/차량 기본정보 전송: 기기와 통신된 후 운전자와 차량의 기본정보를 가이드스 시스템으로 송신
- ② 운전자 정보 수정: 정보 데이터의 수정이 있을 경우 데이터 수정 요청
- ③ 기본 데이터 저장: 송신된 운전자/차량 정보가 DB 에 있는지 확인 후 정보 저장

#### 4) 차량 조작 데이터 다운로드

운전자 가이드스 어플리케이션이 최초 실행되거나 차량 정보가 변경될 때 서버로부터 차량 조작 데이터를 다운로드 하며, 이미지 및 영상, 텍스트 등의 데이터를 분할 다운로드 받아 어플리케이션에 저장함.

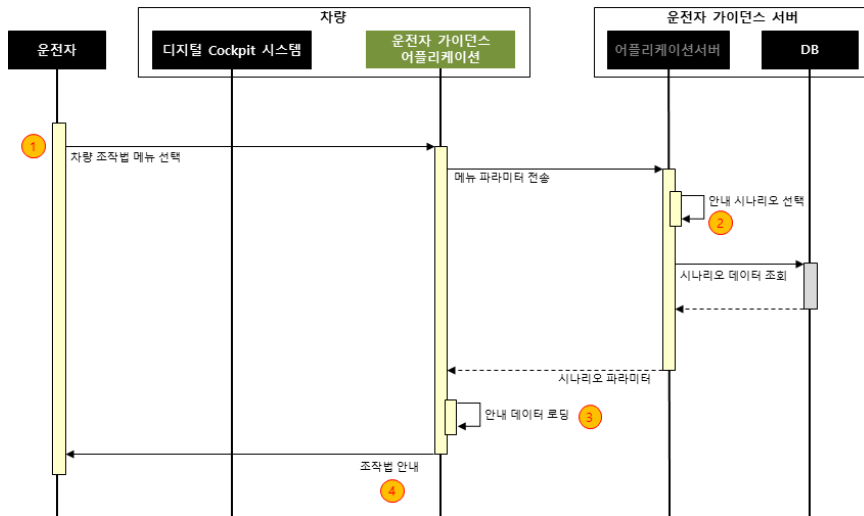


(그림 2-3-44) UML - 차량 조작 데이터 다운로드

- ① 차량조작 데이터 요청: 어플리케이션 내에서 차량의 조작정보를 요청 시 요청 ACK를 서버로 송신하여 해당 데이터를 수집 요청
- ② 차량 조작 데이터 조회: 요청 ACK에 대한 정보를 분석하여 DB에서 데이터를 수집
- ③ 데이터 다운로드: 데이터는 텍스트, 이미지, 영상, 파일 등의 데이터로 구성됨에 데이터를 유형별로 분할하여 다운로드
- ④ 차량 조작 데이터 저장: 차량 조작 데이터를 DB에서 수집하여 어플리케이션 내 제공

### 5) 기본 조작법 안내

운전자 가이드스 어플리케이션의 메뉴를 선택하여 운전자가 차량의 기본 조작법을 안내 받는 프로세스로 운전자가 차량 조작법을 검색 시 해당 정보를 어플리케이션 내 송신하여 원하는 정보를 제공.

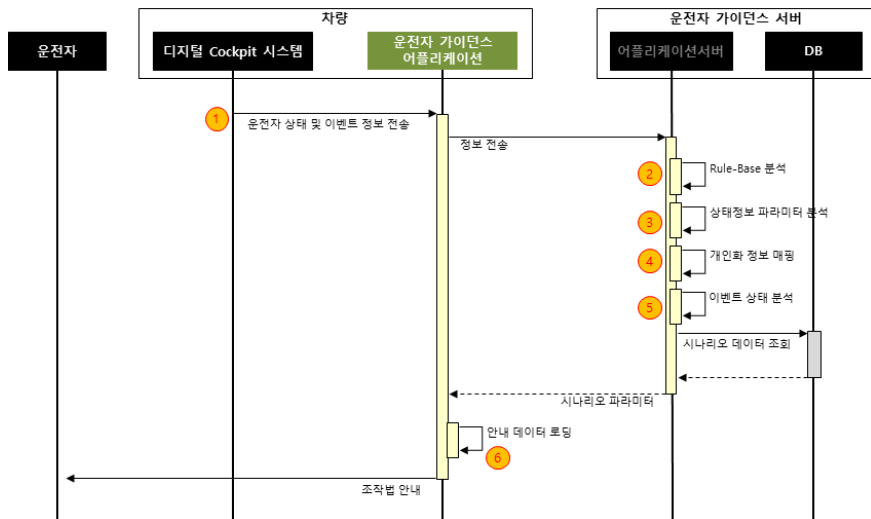


(그림 2-3-45) UML - 기본 조작법 안내

- ① 차량 조작법 메뉴 선택: 운전자가 원하는 정보 검색 조건을 서버로 송신
- ② 안내 시나리오 선택: 선택 조작법에 대한 데이터 추출을 위한 시나리오 검색
- ③ 안내 데이터 로딩: 시나리오 및 조작법 별 안내 정보 데이터 수집
- ④ 조작법 안내: 추출된 데이터를 조합하여 원하는 정보를 어플리케이션 내 제공

## 6) 운전자 상태 및 이벤트에 따른 안내

디지털 Cockpit 시스템에서 분석한 운전자의 상태 및 이벤트 정보를 통하여 차량 조작 정보를 안내하는 프로세스로 이벤트 정보를 제공하기 위하여 수집된 데이터를 분석하여 Rule-base에 따른 정보를 제공.



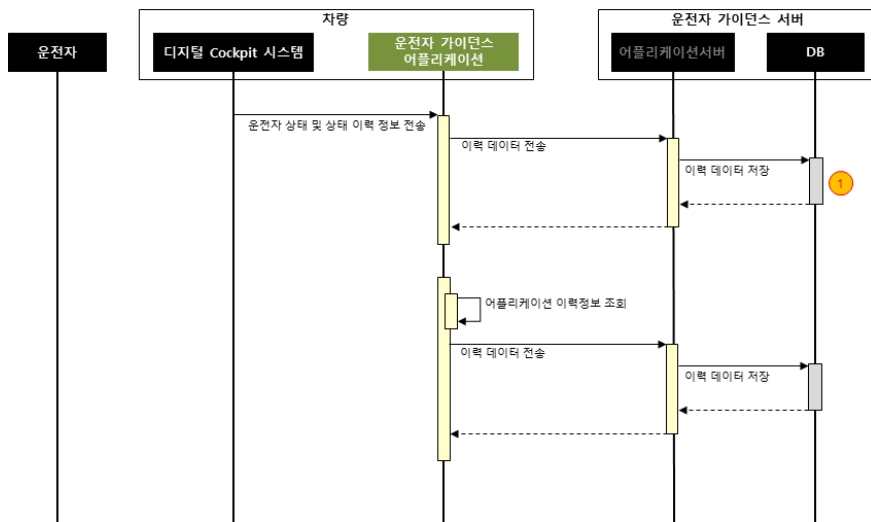
(그림 2-3-46) UML - 운전상태 및 이벤트 안내

- ① 운전자 상태 및 이벤트 정보 분석: 디지털 Cockpit 을 통하여 수집된 차량정보와 이벤트 정보를 수집하여 플랫폼으로 송신
- ② Rule-Base 분석: 수집된 정보를 저장하고 Rule-Base 와 비교 이벤트 상태 여부를 분석
- ③ 상태정보 파라미터 분석: Rule-Base 에 따라 수집된 상태값 파라미터를 분석

- ④ 개인화 정보 맵핑: Rule-Base 이벤트 분석에 필요한 개인 정보를 분석
- ⑤ 이벤트 상태 분석: 최종적으로 이벤트 상태 및 레벨을 분석
- ⑥ 안내데이터 로딩: Rule-Base 에 의해 정의된 이벤트 안내(Text, Manual, Image) 정보를 조합하여 제공

7) 이력 저장 프로세스

시스템의 사용 이력을 수집하기 위한 이력 정보를 저장하는 프로세스



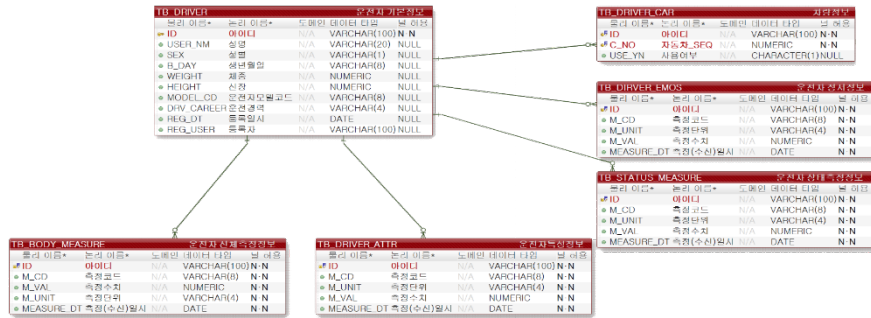
(그림 2-3-47) UML - 이력저장 프로세스

- ① 이력 데이터 저장: 어플리케이션 내 처리되는 데이터의 송수신 및 처리 이력을 데이터베이스에 저장

## 바. 데이터베이스 설계

### 1) 데이터베이스 ERD

- 운전정보 수집 부문



(그림 2-3-48) ERD - 운전자 기본 및 상태정보 관리

- 자동차 기본정보 관리



(그림 2-3-49) ERD - 자동차 기본정보 관리

- 운전상태 및 Rule 관리



(그림 2-3-50) ERD – 운전상태 및 Rule-base 관리

- 공통 기본정보 관리

필드 이름	논리 이름	도메인	데이터 타입	널 허용	공통코드
GRP_CD	그룹코드	N/A	VARCHAR(8)	N-N	
COMM_CD	코드	N/A	VARCHAR(8)	N-N	
GRP_NM_KOR	그룹코드명	N/A	VARCHAR(256)	NULL	
GRP_NM_ENG	그룹코드영문명	N/A	VARCHAR(256)	NULL	
CD_NM_KOR	코드명	N/A	VARCHAR(256)	NULL	
CD_NM_ENG	코드영문명	N/A	VARCHAR(256)	NULL	
ORDERS	결합순서	N/A	NUMBER	NULL	
P_GRP_CD	상위그룹코드	N/A	VARCHAR(8)	NULL	
P_CMN_CD	상위코드	N/A	VARCHAR(8)	NULL	
USE_YN	사용여부	N/A	CHAR(1)	NULL	
CD_DESC	설명	N/A	VARCHAR(2000)	NULL	
REG_DT	등록일시	N/A	DATE	NULL	
REG_USER	등록자	N/A	VARCHAR(100)	NULL	
UPT_DT	수정일시	N/A	DATE	NULL	
UPT_USER	수정자	N/A	VARCHAR(100)	NULL	

(그림 2-3-51) ERD – 가이드نس 시스템 공통 관리

2) 데이터베이스 목록

(표 2-3-6) 운전자 가이드스 테이블 목록

테이블명	테이블 설명
TB_DRIVER	운전자 기본정보
TB_STATUS_MEASURE	운전자 상태측정정보
TB_BODY_MEASURE	운전자 신체측정정보
TB_DRIVER_ATTR	운전자 특성정보
TB_DRIVER_EMOS	운전자 정서정보
TB_STATUS_MST	상태정보
TB_STATUS_LVL	상태 레벨 정보
TB_STATUS_INFO	상태 메시지 정보
TB_BASE_INFO	기준정보
TB_ACT_INFO	동작지정 정보
TB_ROLL_HIS	롤 이력정보
TB_CAR_INFO	자동차 기본정보
TB_CMN_INFO	공통코드
TB_MANUAL_INFO	매뉴얼 정보
TB_MANUAL_VIEW	매뉴얼 상세정보
TB_MANUAL_RESOURCE	매뉴얼리소스 정보



3) 메시지 규격 설계

(표 2-3-7) 운전자 가이드스 메시지 규격

구분	규격명	설명
Platform	registerDriverCarInfo	운전자/차량정보 등록
	modifyDriverCarInfo	운전자/차량정보 수정
	downloadOperatingData	차량 조작 데이터 다운로드
	guideOperation	기본 조작법 안내
	guideByDriverStatus	운전자 상태 및 이벤트에 따른 안내
Application	registerDriverCarInfo_App	운전자/차량정보 등록
	modifyDriverCarInfo_App	운전자/차량정보 수정
	guideByDriverStatus_App	운전자 상태 및 이벤트에 따른 안내

## 아. 화면 계획 및 시나리오 설계

### 1) 운전자 가이드스 어플리케이션 메인 화면



2)

(그림 2-3-54) UI - Application Main

- ① 조작법
  - PAD용 차량 가이드 화면으로 좌/우/상/하 파노라마로 구성
- ② 되돌리기
  - 세부 안내 기능으로 이동 시 메인화면으로 이동
- ③ 안내 메뉴
  - 가이드 안내 위치를 표시하며, Tab 시 해당 영역의 세부 안내 메뉴로 이동
- ④ 간이 메뉴 - 매뉴얼
  - ③ 번 항목과 동일한 기능으로 접근의 편의성을 위하여 임시 메뉴 구성
- ⑤ 간이 메뉴 - 이벤트
  - 자동 안내되는 이벤트를 테스트 하기 위하여 임시 메뉴 구성
- ⑥ 검색
  - 매뉴얼 및 기능에 대한 검색

### 3) 세부 기능 안내



(그림 2-3-55) UI - 세부 기능 안내

- ① 되돌리기
  - 세부 안내 기능으로 이동 시 메인화면으로 이동
- ② 세부메뉴
  - 메인 화면에서 선택된 메뉴를 안내하고자 하는 위치에 표시
  - Tab 시 세부 안내 매뉴얼 표시

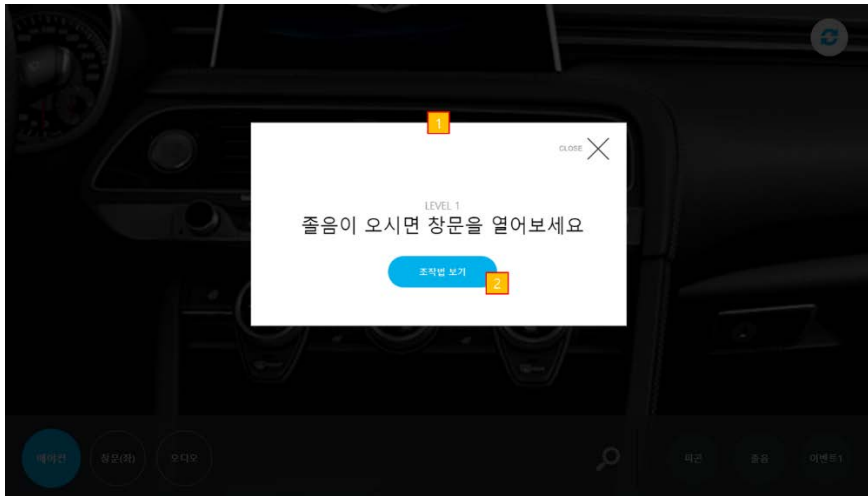
#### 4) 매뉴얼 안내



(그림 2-3-56) UI - 조작 매뉴얼 안내

- ① 대표 / 안내 이미지
  - 안내 대상 매뉴얼의 대표 이미지를 표시
  - 안내 글의 참조 이미지 선택 시 해당 이미지 변경 또는 동적 이미지 안내
- ② 매뉴얼 세부 메뉴
  - 대상 매뉴얼의 세부 기능에 대하여 TAB 을 통하여 표시
- ③ 세부 매뉴얼 안내
  - 매뉴얼 세부 정보를 표시하며, 기능 별 세부 매뉴얼 표시
- ④ 매뉴얼에 대한 음성 및 동영상 안내

## 5) 이벤트 알림



(그림 2-3-57) UI - 이벤트 알림

- ① 이벤트 안내
    - Rule-base 에 따라 수집된 운전 정보를 기반으로 이벤트 분석 후 자동 안내
  - ② 조작법 보기
    - 해당 이벤트에 따른 조작법 안내 링크
- 본 문서에서 언급하는 운전자의 특성은 고령운전자, 여성운전자, 초보운전자, 일반운전자 등 운전자 군(群)이 일반적으로 지니는 인지적, 행동적, 심리적 특성 등을 의미하는 것으로 비교적 쉽게 변하지 않는 특징을 가짐

#### 4. 운전자 맞춤형 네비게이션 기술

- 스마트폰 이용자의 증가에 따라 모바일 네비게이션 사용률이 증가하고 있음
- 운전자의 상황이나 성향에 따른 효과적 인터랙션을 위한 맞춤형 네비게이션 서비스 연구개발이 필요함
- 운전자의 특성을 반영하여 효율적으로 정보를 제공하기 위한 최적의 모바일 네비게이션 인터페이스를 개발하고자 함

##### 가. 모바일 네비게이션 구조

- 스마트폰을 기반으로 개발된 모바일 네비게이션 서비스는 기존의 차량용 PND 네비게이션과 조작적 측면에서 상이한 UX 환경을 가지고 있음
- 디바이스의 특성상 주요 화면의 기능요소 및 조작요소에 대한 UI 분석을 통해 운전자 맞춤형 네비게이션 서비스 요소를 도출하여야 함
- 모바일 네비게이션의 구성 및 구조 분석을 위하여 현존하는 스마트폰 네비게이션 서비스 중 베스트 다운로드 수를 기록하고 있는 T-map, 원내비, 카카오내비의 사용자 인터페이스 요소를 분석하여 모바일 네비게이션의 일반화된 구조를 도출함
- 운전 중 길안내 및 정보제공을 중심으로 네비게이션 사용 중 운전자의 주요 조작요소 및 제공 정보를 분류하고, 분류된


기능에 대한 대표 서비스들의 구조를 분석하였음

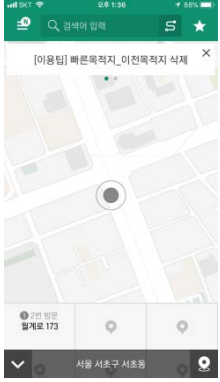



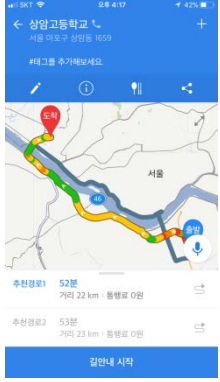
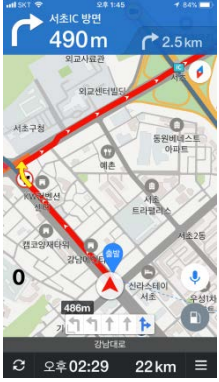
(표 2-3-8) 네비게이션 기능 및 조작요소

상황 구분	기능 구분	상세 기능
주행 전 준비	주 기능	목적지 검색, 최근 목적지 검색, 전체경로, 경로 미리보기, 교통상황
	부가 기능	환경설정
주행 상황	주 기능	목적지 변경, 경유지 추가, 실시간 교통정보, 주행/회전정보, 남은거리/시간 정보
	부가 기능	주변정보 검색, 경로 변경, 오류제보, 블랙박스
주행 후	부가 기능	주행정보 요약, 주변정보 검색

- 위의 기능요소들이 실제 모바일 네비게이션 서비스에서 어떠한 구조로 구성되는가를 분석하여 운전자 맞춤형 네비게이션의 HMI 요소를 도출함
- 운전자의 상황에 맞게 필요한 정보가 적절한 시기에 쉽게 지각할 수 있는 형태로 제공되어 올바른 판단을 할 수 있도록 지원할 수 있는 HVI 기반 기술개발이 필요함

(표 2-3-9) 모바일 네비게이션 서비스 별 기능 구조

서비스	메인	경로탐색	경로안내
T-Map	 <p>목적지 검색, 최근 목적지, 즐겨찾기, 주변검색, 환경설정</p>	 <p>경유지 추가, 전체경로 미리보기, 전체경로 교통정보, 다른 경로 비교, 경로옵션</p>	 <p>회전정보, 주변검색, 지도 및 안내경로, 차선정보, 전체경로보기, 도로정보, 남은거리, 도착예정시간, Junction-View</p>

서비스	메인	경로탐색	경로안내
<p>원내비</p>	 <p>목적지 검색, 즐겨찾기, 최근 목적지, 주변검색, 환경설정</p>	 <p>전체경로 미리보기, 전체경로 교통정보, 상세경로 보기, 경로 옵션</p>	 <p>회전정보, 차선정보, 도착예정시간, 남은거리, 전체경로 보기, Junction-View</p>
<p>카카오</p>	 <p>목적지 검색,</p>	 <p>전체경로</p>	 <p>회전정보,</p>

서비스	메인	경로탐색	경로안내
	최근 목적지, 지도보기, 환경설정	미리보기, 목적지 정보, 목적지 주변정보, 상세경로 보기	주변검색, 남은거리, 도착예정시간, Junction-View

- 주요 모바일 네비게이션 서비스의 주요 UI 요소와 운전자의 조작요소를 기반으로 운전자 맞춤형 네비게이션의 구성요소를 정의하고, 이러한 구성요소가 운전자의 인지감성요인에 따라 어떠한 상관관계를 갖는지에 대해 분석하고자 함

(표 2-3-10) 차량 주행 시 모바일 네비게이션 구성요소

구분	메인	경로탐색	경로안내
네비게이션 HMI 요소	목적지 검색, 최근 목적지, 주변검색	전체경로 미리보기, 경로변경	지도화면, 회전정보, 차선정보, 주변검색, 남은거리/시간, Junction-View, 교통정보 표시, 경로취소

## 나. 조사 및 분석방법

- 본 과제의 요건 추출을 위하여 설문을 통해 인구통계학적인 요인과 인지감성 요인 중 내비게이션 UI/UX에 영향을 미치는 정도를 파악하고, 해당 요인들 중에서 영향도가 높아서 내비게이션 UI/UX 구성에 반영할 요인들 추출함
- 설문 대상자는 20대 이상 남/여 운전면허 소지자이며, 운전 경험 6개월 이상이며, 운전 중 네비게이션을 사용해본 경험이 있는 운전자를 대상으로 선정하였음

### 1) 설문조사 개요

- 설문기간
  - 2017년 10월 16일 ~ 10월 31일
- 설문대상
  - 차량운전 경력 6개월 이상의 남/여 운전자
  - 네비게이션 서비스 사용경험이 있는 운전자
  - 인구통계학적 요인에 따라 12 그룹으로 구분하여 그룹별 설문대상자가 10명 이상이 되도록 설문 진행
- 설문방식
  - 총 20개 항목에 대하여 대인 면접법으로 진행

2) 조사대상 요인구분 및 그룹별 설문조사량

- 조사대상 요인구분
  - 인구통계학 요인 : 성별 / 연령대 / 운전숙련도
  - 인지감성 요인 : 피로도 / 스트레스 / 운전성향
- 설문조사량
  - 모집단이 100만명 이상으로 95% 신뢰구간에 5% 오차범위로 설문조사를 설계할 경우 대략 384명의 설문조사가 이루어지는 것이 바람직하지만 리소스의 제약으로 목표대비 43%에 해당되는 총 166건의 조사가 이루어짐

< 설문 대상 그룹별 설문조사량 >

그룹	인구통계학 요인			피로도	스트레스	운전성향
	성별	연령대	운전숙련도			
1	남성	40 세	낮음	21 건		
2		이하	높음	20 건		
3		41 세 ~	낮음	20 건		
4		60 세	높음	18 건		
5		61 세	낮음	12 건		
6		이상	높음	17 건		
7	여성	40 세	낮음	15 건		
8		이하	높음	12 건		
9		41 세 ~	낮음	11 건		
10		60 세	높음	10 건		
11		61 세	낮음	6 건		
12		이상	높음	5 건		

- 그룹별 7 점 척도법의 평균으로 요인 별 영향의 정도 파악
- 영향의 정도로 1 차 결론 도출 후 도출된 결과의 신뢰성 분석을 위해 그룹별 요인 별 차이 유무에 대해 통계적 분석
- 독립표본 T 검정 실시
  - 독립변수 : 인구통계학 요인으로 나눈 그룹 (12 개)
  - 종속변수 : 인지감성요인 (3 개)
- 가설설정
  - 귀무가설 : 그룹간 결과의 차이가 없음
  - 대립가설 : 그룹간 결과의 차이가 있음
- 결과의 해석
  - 등분산이 0.05 보다 크면 표본의 등분산을 가정.
  - 95% 신뢰도 기반 유의확율이 0.05 보다 낮을 경우 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택.
  - 즉, 그룹별로 결과의 차이가 있기에 차이가 나는 결과가 통계적으로 유의미함.

다. 설문조사 분석 및 검증

- 기본 분석 결과

< 평균점수 >

그룹	인구통계학 요인			피로도	스트레스	운전성향
	성별	연령대	운전숙련도			
1	남성	40 세	낮음	6.3	2.5	6.25
2		이하	높음	4.55	2.3	5.2
3		41 세 ~	낮음	2.75	2.15	2.1
4		60 세	높음	4.88	2.38	5.5
5		61 세	낮음	3.75	2.91	2.58
6		이상	높음	2.88	2.82	2.29
7	여성	40 세	낮음	2.6	2.53	2.6
8		이하	높음	2.33	2.41	2.5
9		41 세 ~	낮음	2.72	2.54	2.54
10		60 세	높음	2.7	2.3	2.5
11		61 세	낮음	2.33	2.5	2.5
12		이상	높음	2.6	2.2	2.5

< 표준편차 >

그룹	인구통계학 요인			피로도	스트레스	운전성향
	성별	연령대	운전숙련도			
1	남성	40 세	낮음	0.73	0.82	0.91
2		이하	높음	<b>1.19</b>	0.65	0.95
3		41 세 ~	낮음	<b>1.44</b>	0.74	0.85
4		60 세	높음	<b>1.02</b>	0.91	<b>1.38</b>
5		61 세	낮음	<b>1.05</b>	<b>1.08</b>	0.9
6		이상	높음	<b>1.16</b>	<b>1.07</b>	0.77
7	여성	40 세	낮음	0.98	0.83	0.73
8		이하	높음	0.65	0.51	0.67
9		41 세 ~	낮음	0.46	0.68	0.68
10		60 세	높음	0.48	0.48	0.52
11		61 세	낮음	0.51	0.54	0.54
12		이상	높음	0.89	0.44	0.54

- 전체 평균 3.22 로 중심값 3.5 에 미치지 못함
  - 전반적으로 인지감성요인이 내비 UI/UX 에 영향을 미칠 필요가 낮다고 보고 있음
- 요인별로 내비 UI/UX 에 영향을 미치는 정도는 피로도(3.64) > 운전성향(3.55) > 감정(2.46) 순
- 내비 UI/UX 에 영향을 강하게 미치는 그룹별 요인 순위는 아래와 같음

- ① 1위 : 40 세 이하 운전숙련도가 낮은 남성그룹의 피로도
- ② 2위 : 40 세 이하 운전숙련도가 낮은 남성그룹의 운전성향
- ③ 3위 : 41 세 ~ 60 세 운전숙련도가 높은 남성그룹의 운전성향
- ④ 4위 : 40 세 이하 운전숙련도가 높은 남성그룹의 운전성향
- ⑤ 5위 : 41 세 ~ 60 세 운전숙련도가 높은 남성그룹의 피로도
- ⑥ 6위 : 40 세 이하 운전숙련도가 높은 남성그룹의 피로도

● 통계분석에 따른 결론의 검증

가) 내비 UI/UX 에 성별이 미치는 영향 유무

(표 2-3-11) 성별에 따른 집단통계량

	그룹	N	평균	표준화 편차	표준오차 평균
피로도	1.00	107	4.2430	1.68703	.16309
	2.00	59	2.5593	.70151	.09133
감정	1.00	107	2.4766	.89386	.08641
	2.00	59	2.4407	.62343	.08116
운전성향	1.00	107	4.1121	1.97306	.19074
	2.00	59	2.5424	.62483	.08135

(표 2-3-12) 성별에 따른 인지감성요인에 대한 독립표본 검정

		Levene의 등분산 검정		평균의 동일성에 대한 T 검정						
		F	유의확률	t	자유도	유의확률 (양측)	평균차이	표준오차 차이	차이의 95% 신뢰구간	
									하한	상한
피로도	등분산을 가정함	43.859	.000	7.317	164	.000	1.68367	.23010	1.22933	2.13801
	등분산을 가정하지 않음			9.007	155.040	.000	1.68367	.18692	1.31443	2.05291
감정	등분산을 가정함	7.720	.006	.274	164	.784	.03596	.13112	-.22295	.29487
	등분산을 가정하지 않음			.303	155.023	.762	.03596	.11855	-.19823	.27014
운동성향	등분산을 가정함	97.695	.000	5.942	164	.000	1.56978	.26418	1.04813	2.09142
	등분산을 가정하지 않음			7.570	139.623	.000	1.56978	.20736	1.15980	1.97976

➔ 결과의 해석 : 유의확률이 0.05 이하이므로 귀무가설을 기각함. 따라서 성별은 내비 UI/UX 에 영향을 미치지 않는다고 볼 수 있음.

나) 내비 UI/UX 에 61 세 이상 연령대에서는 영향을 미치는지 유무

(표 2-3-13) 61세 이상 성별에 따른 집단통계량

	그룹	N	평균	표준화 편차	표준오차 평균
피로도	1.00	29	3.2414	1.18488	.22003
	2.00	11	2.4545	.68755	.20730
감정	1.00	29	2.8621	1.05979	.19680
	2.00	11	2.3636	.50452	.15212
운동성향	1.00	29	2.4138	.82450	.15311
	2.00	11	2.5455	.52223	.15746

(표 2-3-14) 61세 이상 인지감성요인에 대한 독립표본 검정

		Levene의 등분산 검정				평균의 동일성에 대한 T 검정				
		F	유의확률	t	자유도	유의확률 (양측)	평균차이	표준오차 차이	차이의 95% 신뢰구간	
									하한	상한
피로도	등분산을 가정함	2.058	.160	2.064	38	.046	.78683	.38120	.01513	1.55854
	등분산을 가정하지 않음			2.603	31.117	.014	.78683	.30230	.17038	1.40329
감정	등분산을 가정함	2.671	.110	1.488	38	.145	.49843	.33492	-.17958	1.17644
	등분산을 가정하지 않음			2.004	35.735	.053	.49843	.24874	-.00616	1.00302
운전성향	등분산을 가정함	2.256	.141	-.491	38	.626	-.13166	.26797	-.67414	.41082
	등분산을 가정하지 않음			-.599	28.689	.554	-.13166	.21962	-.58106	.31773

➔ 결과의 해석 : 유의확률이 0.05 보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없음. 따라서 두 그룹간 UI/UX 에 인지감성이 미치는 요소의 정도는 동일하다고 볼 수 있음.

다) 내비 UI/UX 에 스트레스요인이 영향을 미치는지 유무

(표 2-3-15) 40세이하 운전숙련도에 따른 집단통계량

	그룹	N	평균	표준화 편차	표준오차 평균
피로도	1.00	20	2.7500	1.44641	.32343
	2.00	17	2.8824	1.16632	.28287
감정	1.00	20	2.1500	.74516	.16662
	2.00	17	2.8235	1.07444	.26059
운전성향	1.00	20	2.1000	.85224	.19057
	2.00	17	2.2941	.77174	.18718

(표 2-3-16) 40세이하 인지감성요인에 대한 독립표본 검정

		Levene의 등분산 검정		평균의 동일성에 대한 T 검정					차이의 95% 신뢰구간	
		F	유의확률	t	자유도	유의확률 (양측)	평균차이	표준오차 차이	하한	상한
피로도	등분산을 가정함	3.839	.057	5.597	38	.000	1.75000	.31267	1.11703	2.38297
	등분산을 가정하지 않음			5.597	31.580	.000	1.75000	.31267	1.11278	2.38722
감정	등분산을 가정함	2.055	.160	.847	38	.402	.20000	.23620	-.27816	.67816
	등분산을 가정하지 않음			.847	36.147	.403	.20000	.23620	-.27896	.67896
운전성향	등분산을 가정함	.004	.953	3.566	38	.001	1.05000	.29447	.45388	1.64612
	등분산을 가정하지 않음			3.566	37.927	.001	1.05000	.29447	.45385	1.64615

➔ 두 그룹간 감정변수에 대한 유의확률이 0.05 보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없음. 즉 두 그룹간 감정변수의 차이는 없다고 볼 수 있음

라) 60 세 이하에서 피로도와 운전성향이 내비 UI/UX 에 영향을 미치는지 유무

(표 2-3-17) 운전숙련도가 높은 남성그룹의 집단통계량

	그룹	N	평균	표준화 편차	표준오차 평균
피로도	1.00	20	4.5500	1.19097	.26631
	2.00	18	4.8889	1.02262	.24103
감정	1.00	20	2.3000	.65695	.14690
	2.00	18	2.3889	.91644	.21601
운전성향	1.00	20	5.2000	.95145	.21275
	2.00	18	5.5000	1.38267	.32590

주) 그룹1: 남성 40세이하 운전숙련도가 높은 그룹

그룹2: 남성 41세~60세운전숙련도가 높은 그룹

(표 2-3-18) 운전숙련도가 높은 남성그룹에 대한 독립표본 검정

		Levene의 등분산 검정		평균의 동일성에 대한 T 검정						
		F	유의확률	t	자유도	유의확률 (양측)	평균차이	표준오차 차이	차이의 95% 신뢰구간	
									하한	상한
피로도	등분산을 가정함	.501	.484	-.936	36	.356	-.33889	.36214	-1.07335	.39557
	등분산을 가정하지 않음			-.943	35.931	.352	-.33889	.35919	-1.06741	.38963
감정	등분산을 가정함	3.149	.084	-.346	36	.731	-.08889	.25672	-.60955	.43177
	등분산을 가정하지 않음			-.340	30.520	.736	-.08889	.26122	-.62200	.44422
운전성향	등분산을 가정함	2.842	.100	-.786	36	.437	-.30000	.38174	-1.07420	.47420
	등분산을 가정하지 않음			-.771	29.744	.447	-.30000	.38919	-1.09513	.49513

➔ 결과의 해석 : 두 그룹간 변수들에 대한 유의확률이 0.05 보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없음. 즉 두 그룹간 인지감성 요인들의 결과값은 차이가 없으므로 피로도와 운전성향은 60세 이하 그룹에서 내비UI/UX에 영향을 미친다고 볼 수 있음.

#### 라. 설문 분석 결과

- 여성은 내비 UI/UX 에 인지감성요인이 전반적으로 영향을 미치지 않는다고 보고 있음
- 60 세 이상 연령대에서는 내비 UI/UX 에 인지감성요인이 전반적으로 영향을 미치지 않는다고 보고 있음
- 인지감성요인 중 감정은 내비 UI/UX 에 전반적으로 영향을 미치지 않는다고 볼 수 있음
- 남성 40 세 이하 그룹과 41 세~60 세 운전숙련도가 높음 그룹에서 피로도와 운전성향이 내비 UI/UX 에 영향을 미치는 것으로 보고 있음

- 결론적으로 내비사용량과 관심도가 높을수록 인지감성요인이 내비 UI/UX 에 영향을 미친다고 보는 경향이 있다고 볼 수 있음

#### 마. 운전자 맞춤형 기본 UI/UX 개발

- 위의 분석의 결과인 인구통계 및 인지요소와 주행 중 모바일 네비게이션 구성요소를 접목하여 운전자의 상황에 따른 UI/UX 변경요소를 도출함
- 운전 중 운전자의 숙련도 및 인지요소에 따라 변화된 UI/UX 를 제공함으로써 운전상황에 필요한 정보 접근성을 높이고, 효율적으로 정보를 제공하여 운전자의 안전운전을 유도하고자 함
- 내비 UI/UX 에 변화를 필요로 하는 운전자 그룹은 40 세 이하 남성의 피로도와 운전성향, 41~60 세 이하 운전이 능숙한 남성의 피로도와 운전성향 영향을 미치는 것으로 보고 있음
- 차량 주행 시 네비게이션 사용을 전제로 운전자가 운전 과정 중 접하게 되는 주요 화면 및 화면의 구성요소에 대해 UI/UX 변화가 필요한 그룹별로 재구성 함
- 앞서 도출된 차량 주행 시 모바일 네비게이션 구성요소를 운전자 그룹별로 제공하기 위하여 모바일 네비게이션 서비스 기획자 및 개발자로 구성된 전문가 협의체를 통한 델파이 기법으로 기본 UI/UX 변경요소를 도출함

- 전문가 협의체는 KT 원내비 서비스 기획자, KT B2B 네비게이션 사업 담당자, 휴빌론 올레내비 앱개발 팀장 등 모바일 네비게이션 부분의 실무 담당 경력 5년 이상의 전문가로 구성함

(표 2-3-19) 모바일 네비게이션 주행 중 주요 구성요소

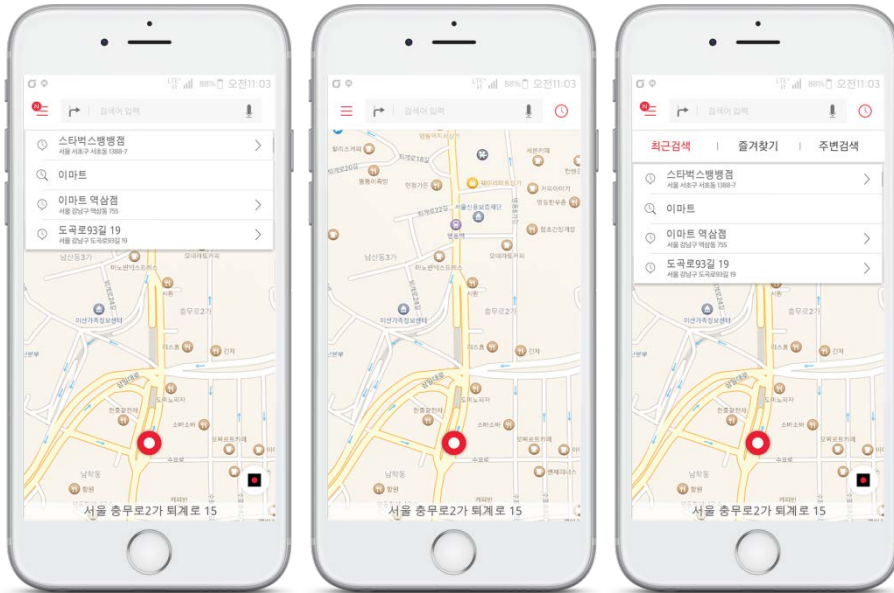
화면구분	주요 구성요소	기능 상세
메인화면	목적지 입력	목적지 탐색을 위한 검색어 입력
	최근 목적지 목록	최근 안내 받은 목적지의 리스트
	즐거찾기 목록	집, 회사 등 자주 찾는 목적지의 리스트
	설정	서비스 전반의 환경설정
경로탐색	전체경로	탐색된 경로에 대한 지도상의 전체경로 미리보기
	경유지 추가	탐색된 경로에 중간 경유지를 추가하여 재탐색
	경로 선택	복수의 추천경로를 선택하여 비교할 수 있는 기능
경로안내	지도 안내	차량주행안내를위해 지도상에 현위치 및 진행경로 표시
	회전정보	안내 경로상의 좌회전/우회전/유턴 등 다음 회전정보를 표시
	차선정보	현재 주행도로의 차선정보 및 다음 회전을위한 차선 표시
	남은거리/시간	목적지까지의 남은거리, 시간, 도착예정시간 등을 표시
	정선뷰	지하차도, 고가도로, IC 등 복잡한 도로에 대한 상세 안내
	경로취소	경로안내 중 목적지 도착 이전에 경로를 취소

- 운전자 그룹별 특성에 따라 화면의 구성요소를 변경하고 이에 따른 UI/UX 를 도출함

(표 2-3-20) 운전자 그룹별 주요 변경요소

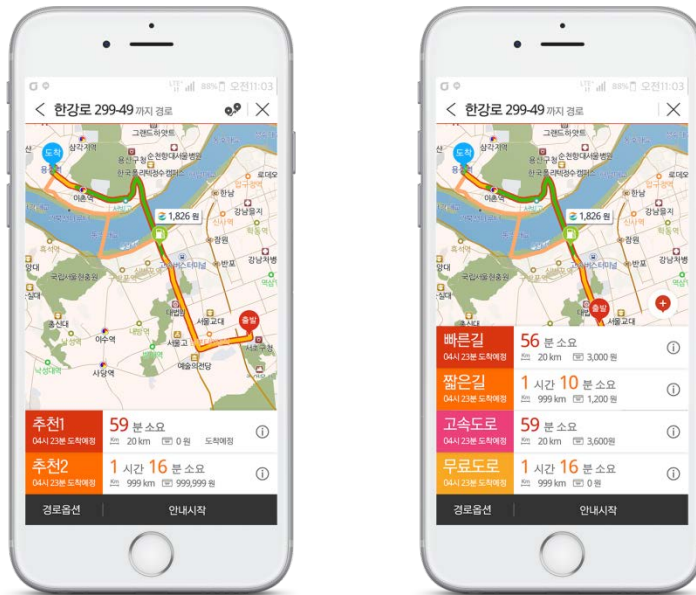
	숙련도	인지요인	메인화면	경로탐색	경로안내
40세 이하	낮음	피로도	검색어 직접입력과 최근목적지 목록을 크게 보여줌	추천경로 위주의 자동안내 제공	- 정선뷰를 크게 보여줘서 도로변경이 용이하게 함 - 차선정보를 크게 보여줘서 회전을 위한 차선변경이 용이하게 함 - 줄음 감지시 화면깜빡임과 경고음 제공
		운전성향			- 고속 운전시 네비게이션 화면크기를 줄여서 제공 (배너1)
	높음	피로도	UI 변경요소 없음	다양한 경로비교를 제공	- 화면깜빡임, 경고음 - 정선뷰를 중간크기로 제공하여 시선분산 줄임
		운전성향			- 고속 운전시 네비게이션 화면크기를 줄여서 제공 (배너2)
41~60세 이하	높음	피로도	최근검색, 즐겨찾기, 주변검색 등 부가기능 메인 배치	다양한 경로비교를 제공	- 화면깜빡임, 경고음 - 정선뷰를 최소크기로 제공하여 시선분산 줄임
		운전성향			경로재탐색 주기를 짧게 하여 빠른길 안내 남은시간/거리 표시를 변경 - 고속 운전시 네비게이션 화면크기를 줄여서 제공 (배너2)

- 40 대 이하 운전숙련도가 낮은 운전자 그룹은 운전 빈도가 많지 않으므로 네비게이션 초기 메인화면에 너무 많은 정보를 제공하기보다는 최근 목적지 목록을 많이 노출하여 쉽게 목적지를 찾을 수 있도록 구성하였으며, 41 세 ~ 60 세이하 운전숙련도가 높은 운전자 그룹은 즐겨찾기, 주변검색 등 초기 메인화면에서 다양한 정보를 접근할 수 있도록 구성함



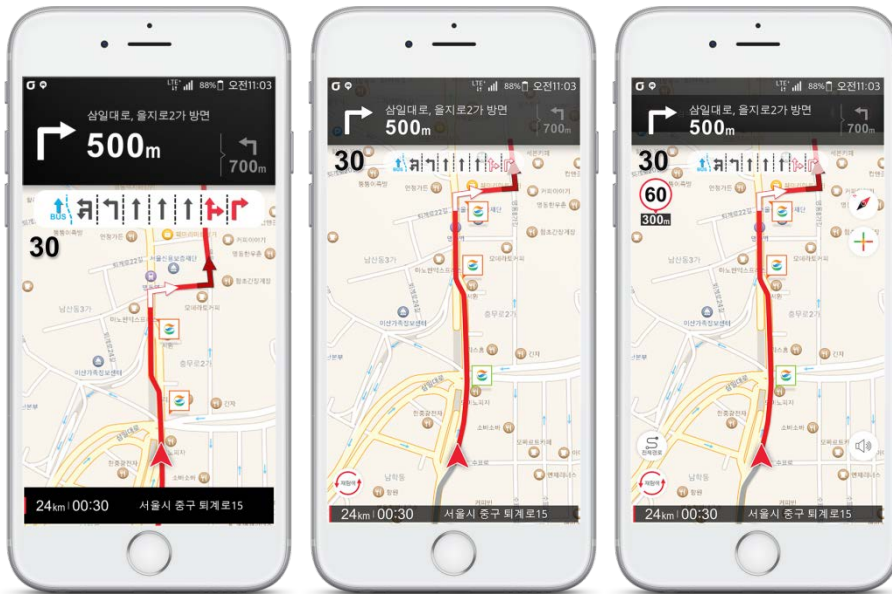
(그림 2-3-58) 메인화면 구성 비교

- 운전숙련도가 낮은 운전자 그룹은 경로탐색 결과에 대해 2 가지 추천경로를 제공하는 기존의 경로를 제공하되 도착예정시간을 기준으로 경로를 비교할 수 있도록 탐색결과를 제공하도록 구성하였으며, 운전숙련도가 높은 운전자 그룹은 최단거리 / 최소시간 / 고속도로우선 / 편한길 등 다양한 경로에 대한 비교를 할 수 있도록 구성함



(그림 2-3-59) 경로탐색 결과화면 구성 비교

- 차량 주행 중 안내화면은 운전 숙련도에 따라 회전정보 안내 및 차선정보 안내의 구성을 변화하였으며, 숙련도가 높은 41세~60세 이하 운전자의 경우 제한속도, 교통정보, 전체경로보기 등 부가정보를 한 화면에서 접근할 수 있도록 구성함



(그림 2-3-60) 주행화면 구성 비교

- 차량 주행 중 안내화면의 경우, 피로도가 높고 운전성향이 난폭하며 주행속도가 고속일 경우 전체 화면으로 안내하기 보다는 요약된 위젯 형태의 주행안내를 제공함

- 위젯 형태의 요약된 주행안내의 경우 운전속련도가 낮은 운전자에게는 주행가능 차선정보를 추가하여 주행경로상 회전이 가능한 차선정보를 추가적으로 제공함



(그림 2-3-61) 위젯형 주행화면 구성 비교

- 차량 주행 중 도로변경 안내를 위한 정선뷰 구성은 상기 운전자 그룹별 주요 변경요소에서 분류한 바와 같이 정선뷰의 크기를 운전자 그룹별로 구분하여 제공함



(그림 2-3-62) 정선뷰 화면 구성 비교

## 바. 기본 UI/UX 검증

- 위에서 도출된 기본 UI/UX 요소에 대하여 해당 운전자 그룹에 해당하는 조사자를 대상으로 데스크인터뷰를 진행하고, 해당 UI/UX 요소가 실제 유용한가에 대해 검증함
- 인터뷰를 통해 추가적인 운전자의 요구를 파악하고 이를 반영한 최종 UI/UX 를 확정하고 SDK 를 이용한 개발가능유무를 검토하고자 함
- 사용자조사 대상의 인구통계학적 구분에 따라 남성 40 세 이하 운전숙련도가 낮은 그룹, 남성 40 세 이하 운전숙련도가 높은 그룹, 남성 41 세 ~60 세 이하 운전숙련도가 높은 그룹에 해당하는 그룹별 최소 2 인의 대상자를 선정하여 인터뷰를 진행함
- 인터뷰 대상자 중 피로도가 높은 경우, 화면의 구성 뿐만 아니라 음성 안내를 통한 주위 환기 유도를 요구함
- 40 세 이하 운전숙련도가 높은 그룹에서는 피로도가 높은 경우, 서비스 화면의 깜빡임 뿐만 아니라 직접적인 화면 터치를 유도하여 피로도가 높은 상황임을 인지시켜주기를 요구함
- UI/UX 는 네비게이션 서비스의 운전자 인지에 영향을 미치는 중요한 구성요소이며 이밖에 음성안내 또한 운전자에게 큰 영향을 미치고 있으므로 음성안내의 구성에 대한 변경 요구사항 수집/반영이 향후 연구되어야 함

## 5. 산업차량 적용 텔레매틱스 게이트웨이 기술

### 가. 개요

- 기계산업은 스마트화를 통해 기존 기계중심 사업에서 기계를 사용하는 종합적인 솔루션 사업으로 이동하기 위한 중요한 변화를 시도하고 있으며, 건설산업분야에서도 스마트 기술을 통한 혁신적인 생산성, 안전 및 편리성 향상이 요구되고 있음.
- 이러한 변화는 4 차 산업혁명의 핵심 키워드인 “Hyper Connected” 에 기반을 둔 것으로 산업기계 텔레매틱스 기술의 적용이 반드시 필요함.
- 또한 텔레매틱스기반 서비스가 일반 자동차 즉 승용차 중심의 서비스에서 버스, 트럭 등 상용차와 중장비 등 B2B 시장으로 확대 적용되고 있음

### 나. 텔레매틱스(Telematics)의 정의

- 사전적인 의미로 원격통신(Telecommunications)과 정보과학(Information)이 합쳐진 용어로서 이동통신 기술과 인공위성을 이용한 위치정보서비스(GPS : Global Positioning System)을 기반으로 차량과 정보센터를 연결하여 차량운행 중 요구되는 각종 정보와 서비스를 실시간으로 제공하는 시스템을 의미함.

- 텔레매틱스 시스템은 차량 안에 탑재되어 차량 내부 정보와 GPS로부터 수신된 위치정보를 네트워크로 전송하는 텔레매틱스 단말기(Telematics Terminal), 위성통신 또는 휴대전화망의 통신네트워크, 데이터와 응용소프트웨어를 처리하기 위한 서버 및 응용 소프트웨어로 구성됨.

#### 다. 텔레매틱스(Telematics) 기술동향

##### 1) 자동차 텔레매틱스 서비스 동향

- 자동차 텔레매틱스 서비스는 개인화, 양방향, 실시간 서비스를 제공하고 있으며, 인포테인먼트 서비스와의 연계가 강화될 것으로 예측됨

##### 2) 건설기계 텔레매틱스 서비스 동향

- 캐터필러는 Product Link라는 이름으로 자사 장비뿐만 아니라 타사 장비에도 장착 가능한 텔레매틱스 하드웨어와 웹기반 인터페이스를 제공하고 있으며, 위성전화 및 휴대전화망을 선택적으로 사용할 수 있고, 혼성 플릿(Mixed Fleet) 대응이 가능하도록 함.
- Product Link의 기본적인 관리기능 외 장비에 특화된 자동화 또는

안정기능을 강화하여 Connect라는 제품을 출시하였으며, 다음 네 가지 기능을 선택적으로 조합 가능하도록 함.

- 고마츠의 KOMTRAX는 1999년 일본 내 렌탈용 도저와 굴삭기에 처음 장착하기 시작하여 2001년 표준 사양화하였으며, 2015년 3월 현재 전 세계 375,000여대에 장착/사용되고 있음
- 장비를 구매한 소유주에게 3~5년간 통신 및 데이터 서비스를 무료로 제공하는 정책을 사용하고 있으며, 캐터필러와 마찬가지로 고마츠 제품이 아닌 장비에도 장착 가능함.
- 텔레매틱스 시스템을 통하여 수집된 장비의 정보로부터 딜러나 대리점에서는 소모품 교환과 같은 예방정비나 고장수리를 적시에 진행할 있도록 활용하고 있음.
- 국내의 경우 굴삭기, 휠로더 등 대기업 제품 군을 대상으로 2000년대 중반부터 장비에 장착되기 시작하여 현재 각 사별로 누적 3~4만대에 이르고 있음.
- 다만, 다품종 소량생산의 중소/중견기업형 건설기계는 텔레매틱스 단말기, 서버 운용 및 응용 소프트웨어의 개발에 이르기까지 중소/중견기업이 독자적으로 시스템 개발/구축하기에는 막대한 투자비의 문제로 인한 현실적인 대안이 필요함.

라. 중장비용 텔레매틱스(Telematics) 게이트웨이 기술 개발

1) 최종 기술개발 목표

- H사 중장비(굴삭기)에 실제 장착되어 기존 운영시스템과 연동되어 운영 가능하도록 게이트웨이 단말기(H/W) 설계 및 시제품 개발을 최종 목표로 함.

2) 기술개발 내용

- 주요기능
  - 실시간 위치정보제공 및 이동경로 추적
  - 시간대별 주기보고 및 이벤트 정보 보고
  - 장비상태 제어 및 보고
  - 주전원 불량 및 GPS 수신불량 알림 등
- 주요사양

(표 2-3-21) 전원부 사양

분류	명칭	기능/용도	입/출력 구분	전기적 사양	비고
전원부	외부상시 전원	1)Main 공급전원 2)시스템 Back-up	입력	사용전압: 12/24VDC	누설전류: 10mA 이하
	외부입력 전원	1)시스템 기능시작	입력	ON:9~28V OFF:0~11V	ON : 기능시작 OFF : 종료

12V 또는 24V 전원	1)내부 정류된 전원 2)Regulator 공급전원 3)통신단말기 공급전원	출력	12V 입력:9~15V 24V 입력:20~32V	
5V 전원	1)Vcc 전원 2)내부 IC 구동전원 3)Antenna 공급전원	출력	5V ± 3%	5V 레귤레이터 출력전압
3.3V 전원	1)GPS Board 구동전원	출력	3.3V ± 3%	3.3V 레귤레이터 출력전압

(표 2-3-22) CPU/메모리/유선통신부 사양

분류	명칭	기능/용도	사양	비고
CPU 및 메모리부	CPU	마이크로 컨트롤러	32bit ARM Cortex-3 class	
	Serial Flash	Data 메모리	4 Mbytes	
	ROM Flash	프로그램 메모리	128kbytes	
	EEPROM	비휘발성 메모리	8Mb Flash EEPROM	전원 Off 후에도 기록 Data 유지

유선통신	Serial(1)	MCU 통신	Universal Serial 규격	장비제어기와의 Data 통신 및 Firmware 업데이트
	Serial(2)	모니터링		
	CAN	데이터 송수신	J1939 규격	

(표 2-3-23) CPU/메모리/유선통신부 사양

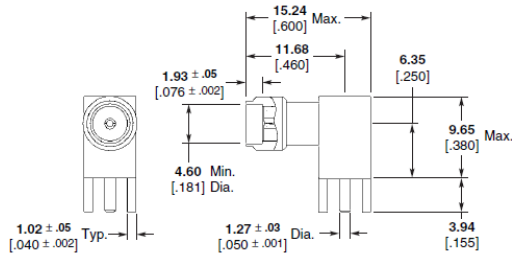
분류	구분	내용
Mobile 통신	Coverage	WCDMA(국내/해외)
	주파수	UMTS-FDD (Uplink / Downlink) Band I (1920~1980 / 2110~2170 MHz) Band II (1850~1910 / 1930~1990 MHz) Band IV (1710~1755 / 2110~2155 MHz) Band V (824~849 / 869~894 MHz) Band VI (830~840 / 875~885 MHz) Band VIII (880~915 / 925~960 MHz)  GSM/EDGE (Uplink / Downlink) GSM850 (824.2~849.2 / 869.2~894.2 MHz) GSM900 (880~915 / 925~960 MHz) DCS1800 (1710.2~1784.8 / 1805.2~1879.8 MHz)

			PCS1900 (1850.2~1909.8 / 1930.2~1989.8 MHz)
	SIM		Socket type SIM CARD
	부가기능		SMS / TCP / FTP
GPS			GPS L1 Receiver(GPS + GNASS)
콘넥터	Mobile		TNC (Silver)
	GPS		SMA (Gold)
	Main		14 Pin

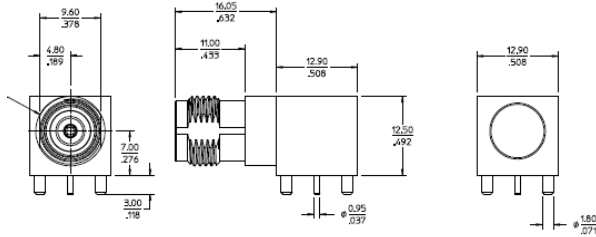
- 기구사양

- 케이스(외형 및 재질) : ABS + PC 난연, 내열성 수지

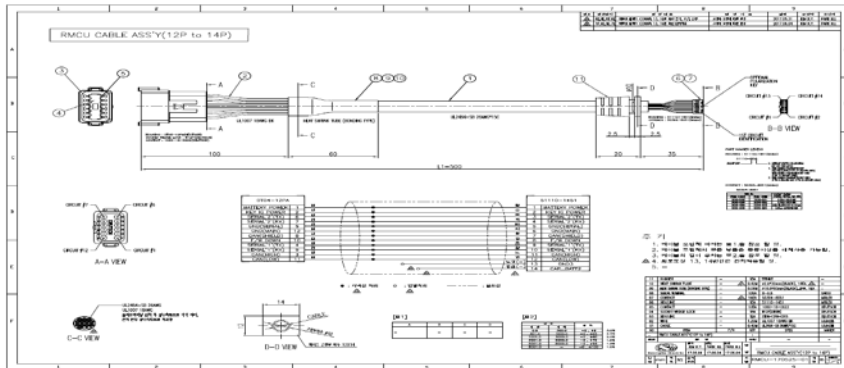




② Connector, RF, TNC(Silver) : 3G 모듈 외장안테나 연결용

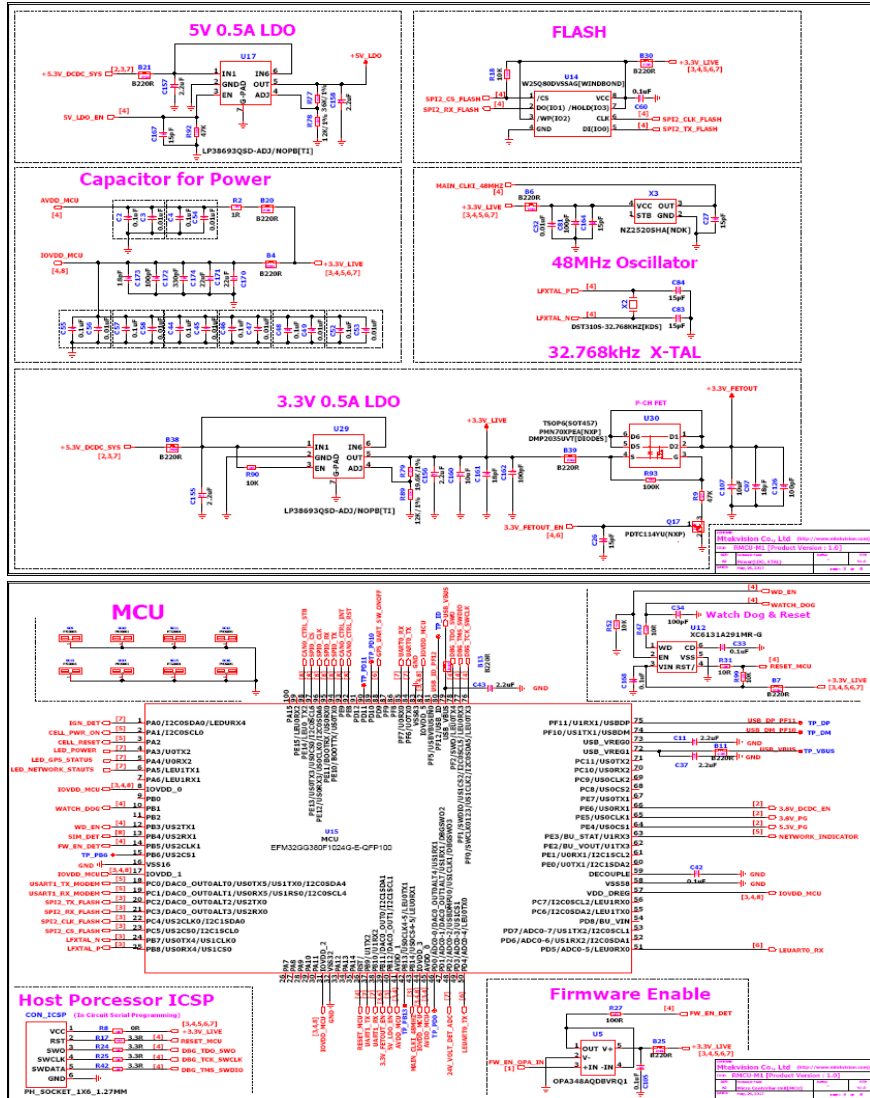


③ RMCU Cable Assembly: 전원 및 신호연결용

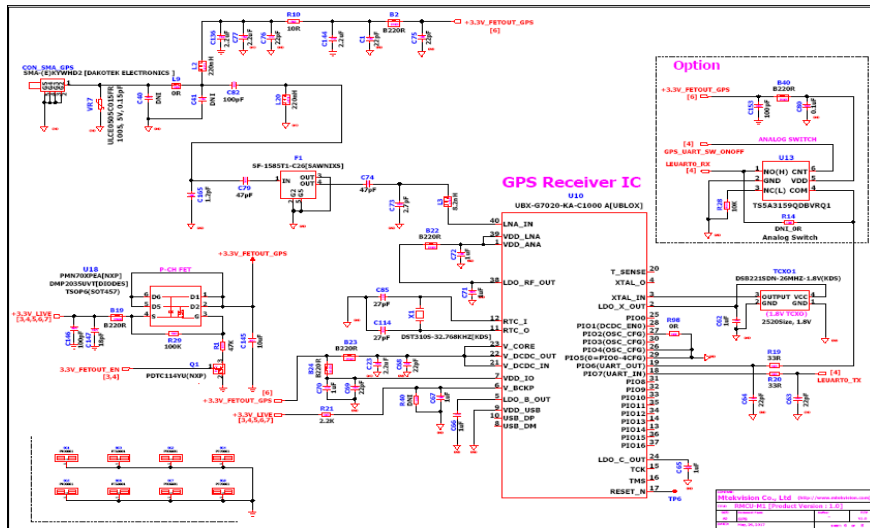
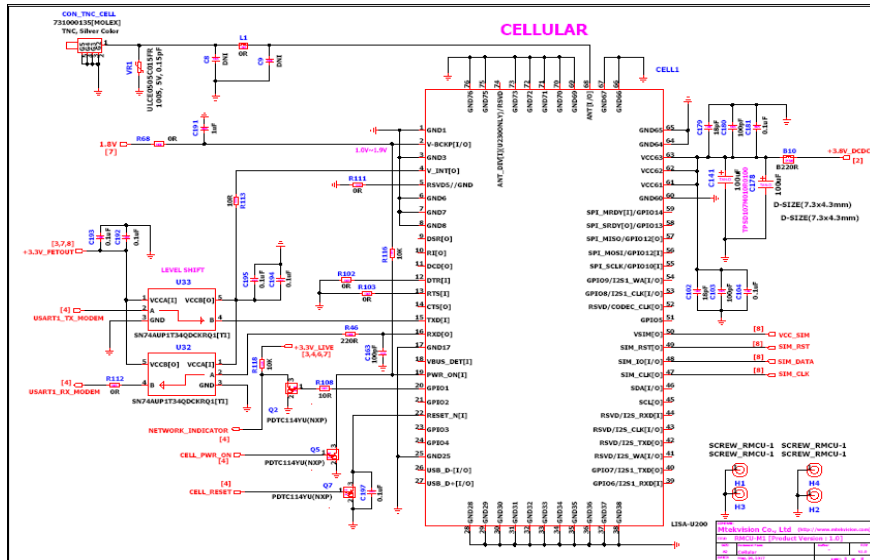


- 전자회로 도면

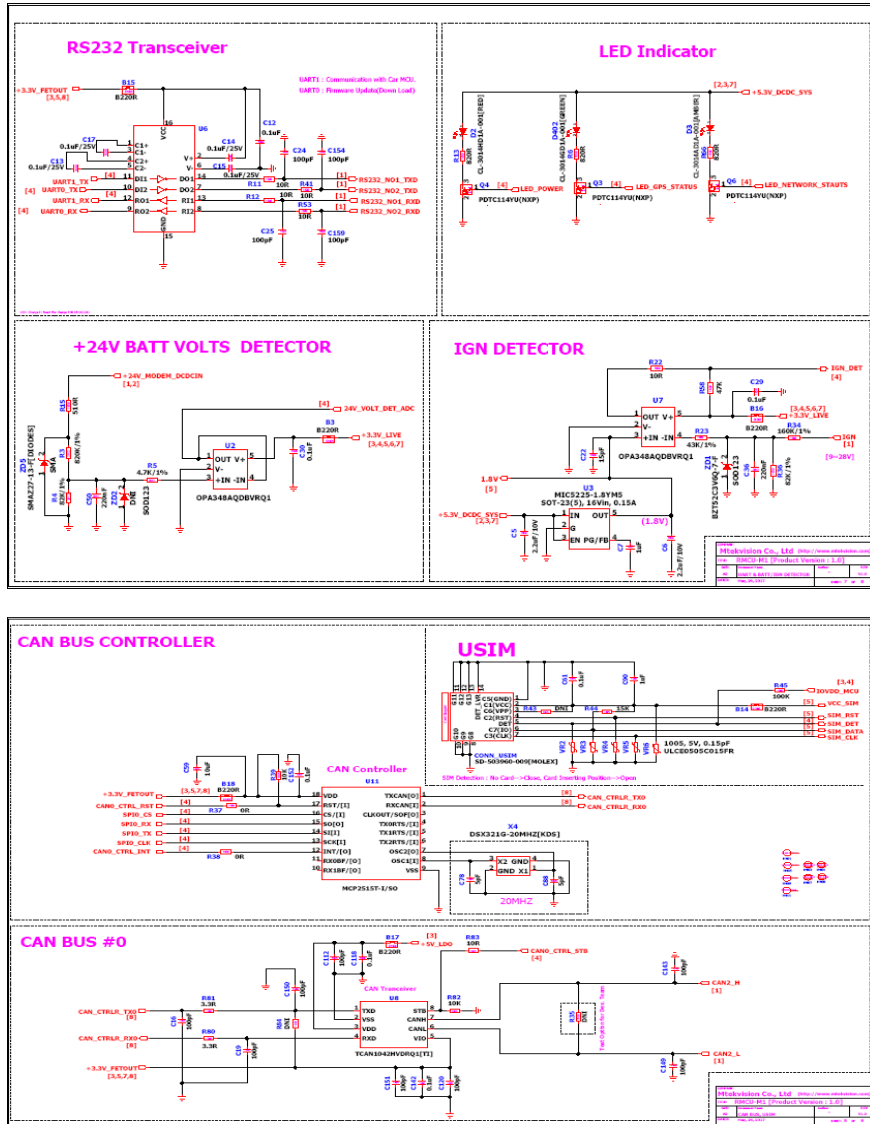




(그림 2-3-65) 전자회로 도면(2)

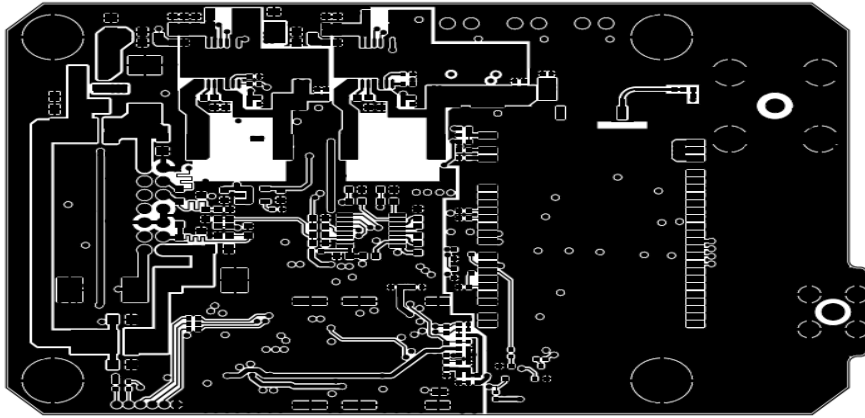


(그림 2-3-66) 전자회로 도면(3)



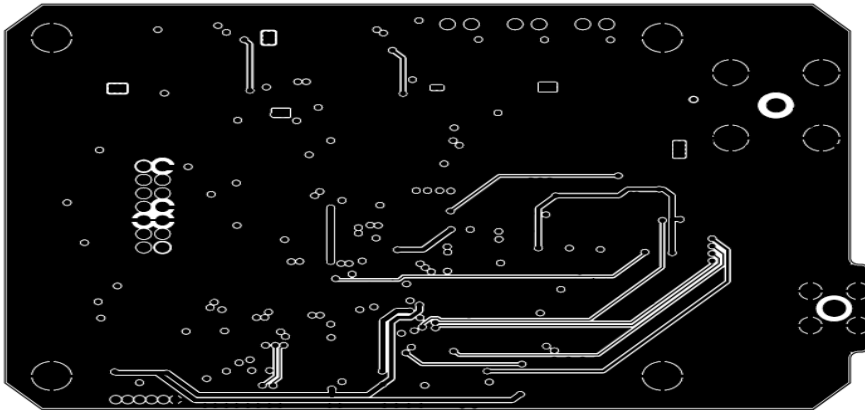
(그림 2-3-67) 전자회로 도면(4)

- PCB 도면
  - Top 패턴



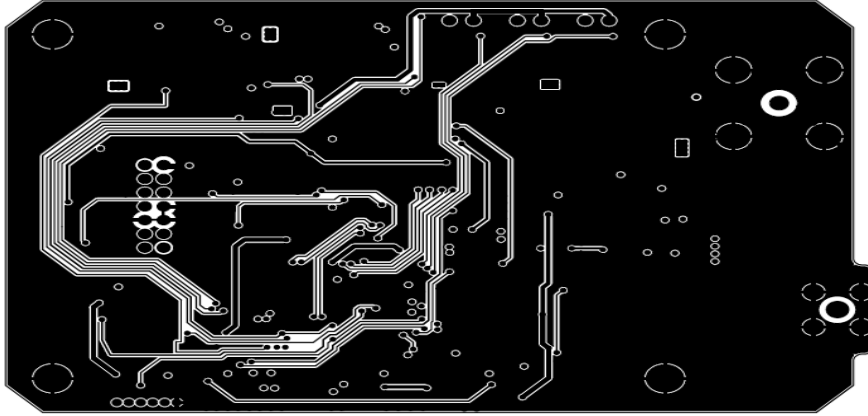
(그림 2-3-68) PCB Top 패턴 도면

- Layer 패턴



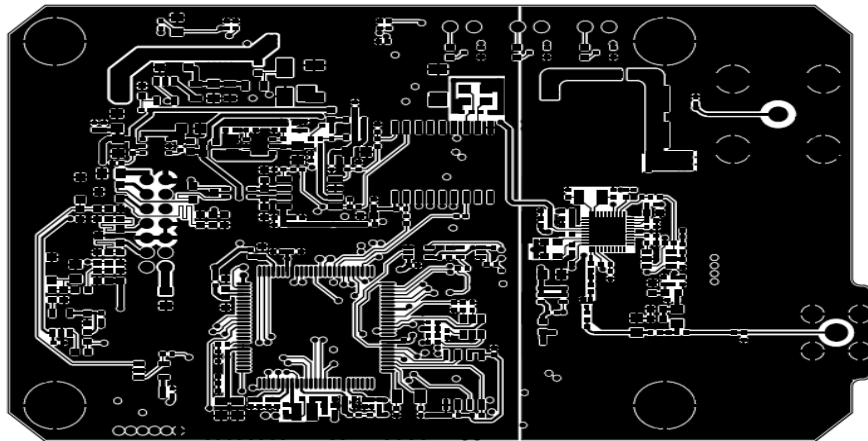
(그림 2-3-69) Layer 패턴 도면

- Layer3 패턴



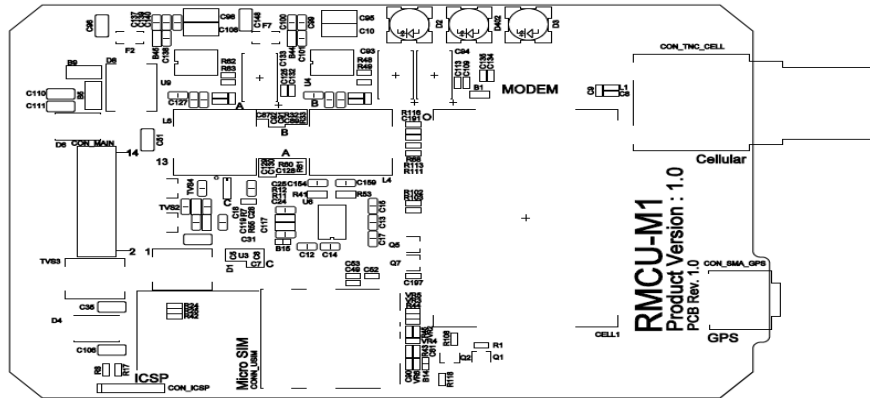
(그림 2-3-70) Layer3 패턴 도면

- Bottom 패턴



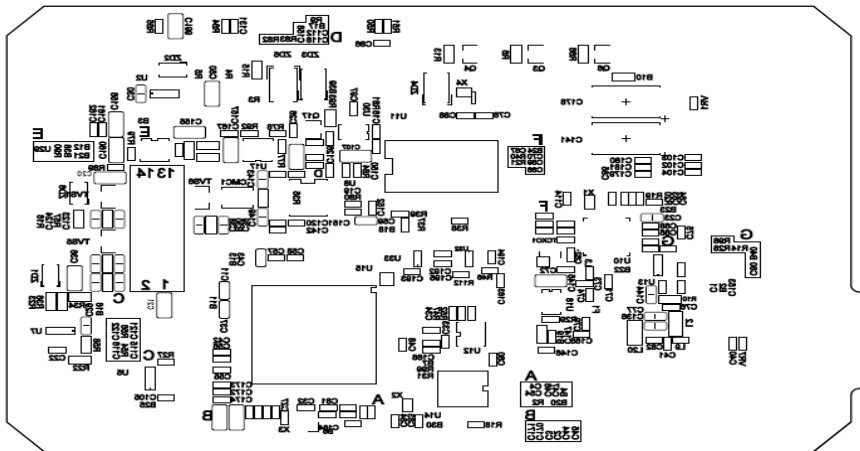
(그림 2-3-71) Bottom 패턴 도면

- Top Silk



(그림 2-3-72) Top Silk 도면

- Bottom Silk



- 기구 Design



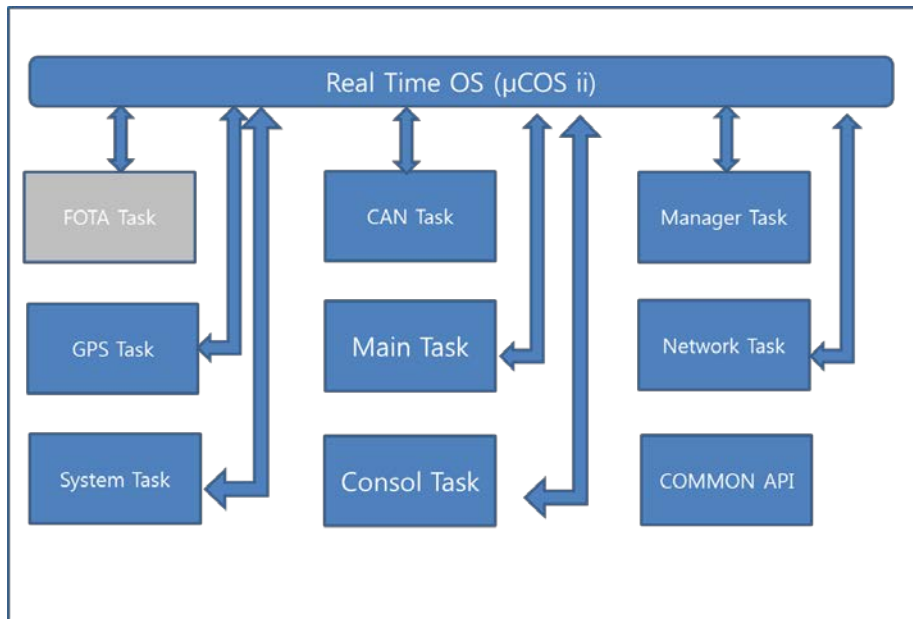
(그림 2-3-74) 텔레매틱스 게이트웨이(RMCU) 기구 디자인

- 시제품



(그림 2-3-75) 텔레매틱스 게이트웨이 시제품

- 소프트웨어 아키텍처
  - 아래 그림과 같이 총 9가지 기능영역으로 구성/설계하였고, “FOTA Task” 를 제외한 기능을 개발 완료함.



(그림 2-3-76) 텔레매틱스 게이트웨이 소프트웨어 아키텍처

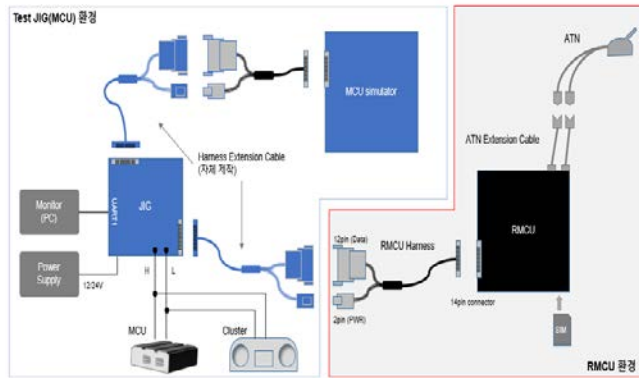
(표 2-3-24) 세부 Task 정의 및 기능

구분	기능/용도	비고
Consol Task	- Task 간 통신 - Queue 통신	
Main Task	- Task Start - Task Depth 및 Priority 정의	
Manager Task	- Device Status 관리 - Schedule 관리 - 서버에서 온 명령어 처리	
Network Task	- Data Call 수/발신 - SMS 수/발신 - Packet 구성 - Modem Control	
GPS Task	- NMEA Parcer - GPS 상태관리 - GEO Fence 관리	
CAN Task	- J1939 Protocol 구현 - Can Data 수신 및 발신	
System Task	- HW Interface 처리 - GPIO 처리 - System Clock 관리 - Sleep Control	
Common API	- 비활성 데이터 관리 - 기타 유틸리티 제공	

### 3) 기능검증

- 소프트웨어 기능 검증

- 텔레매틱스 게이트웨이 단말기에 대한 소프트웨어 기능 검증은 아래 그림과 같이 실제 구동환경과 유사하게 벤치테스트 환경을 구성하여 테스트 시나리오 별 검증을 실시함.



(그림 2-3-77) 벤치테스트 구성 환경

## 제 3 장 기술개발결과



## 제 1 절 기술개발 결과 요약

공통지표(필수제시)				특성지표(자율제시)		
지표명		목표	성과	지표명	목표	성과
과학 적 성과	표준화된 IF 상위 20% SCI 논문(건)	-	- (심사중 1)	SCI 논문 (건) 비SCI논문 (국제/국내)	-	1 (accepted) 7 / 2 (발표)
	특허활용률	-	-	연구시제품 (건)	3	6
기술 적 성과	국제표준 특허(건)	-	-	소프트웨어 (건)	3	3
	국제표준승 인표준기고 서(건)	-	-	기술문서 (건)	10	18
	3극 특허(건)	-	-	특허 출원 (국제/ 국내)	1 / 5	국제 5 출원중 / 국내 3 출원완료 국내 5 출원중
	연구비 대비 기술료 수입(%)	3%	2.5%	중소기업 사업화지원 (건)	-	-

## 제 2 절 기술개발 결과 세부 내용

### 1. 지식재산권

번호	종류	명칭	출원일	등록일	국명	출원/등록번호	발생차수
1	국제특허	An autonomous navigation system and a cockpit expression system with high system acceptance reflecting driver's psychological driving stability and a method	출원중		미국		2 차년도
2	국제특허	User interaction method and device for autonomous vehicle	출원중		미국 일본		2 차년도
3	국제특허	Apparatus and method for providing interaction between a driver and a vehicle according to driver's emotion	출원중		미국		2 차년도
4	국제특허	디스플레이 기반 입력/출력장치의 사용자 맞춤형	출원중		미국 일본		2 차년도

		인터페이스 제공 방법					
5	국제 특허	가감속 페달 조작을 통한 운전자 상태 추정 및 차량제어 방법	출원중		미국		2 차년도
6	국내 특허	디지털 클러스터형 통합 차량 정보 제공 방법	2017-11-22		대한민국	10-2017-0156734	2 차년도
7	국내 특허	디지털 각빔의 차량 정보 제공 방법	2017-11-22		대한민국	10-2017-0156735	2 차년도
8	국내 특허	디스플레이 기반 입력/출력장치의 사용자 맞춤형 인터페이스 제공 방법	출원중		대한민국		2 차년도
9	국내 특허	가감속 페달 조작을 통한 운전자 상태 추정 및 차량제어 방법	출원중		대한민국		2 차년도
10	국내 특허	운전자의 심리적 주행 안정감을 반영하여 시스템 수용(system acceptance)이 높은 자율주행시스템 및 조종석(cockpit) 표현 시스템 및 그에 관한 방법	출원중		대한민국		차년도
11	국내 특허	차량용 공조 제어를 위한 자동차 탑승 모니터링 시스템 및 방법	출원중		대한민국		2 차년도

12	국내 특허	운전자 감정에 따른 운전자와 차량 간의 상호작용 제공 장치 및 그 방법	2017- 11-29		대한 민국	10-2017- 0162030	2 차년도
13	국내 특허	자율주행차를 위한 사용자 인터랙션 방법 및 장치	출원중		대한 민국		2 차년도

## 2. 논문

번호	구분 (저널 or 학회)	논문명	저자명	저널명/ 학회명	일시	구분 (국내, 국외)	SCI 등 재여부	발생차 수
1	저널 (accepted)	Motion Vector Refinement for Video Error Concealmen t Using Downhill Simplex Approach	김도현 권영진 최경호	ETRI Journal	2017. 4.6 (투고)	국외	SCI	2 차 년도
2	저널 (심사중)	Study on Reckless Driving Propensity as a Mediation between Psychologi cal Characteri stics, Attitudes, and Behavior in a Reduced Visibility	황윤숙 김경호 김도현 최현균	IEEE Transact ions on ITS	2017. 07.27 (투고)	국외	SCI (상위 20%)	2 차 년도

		Environment with AR Information						
3	학회발표	Effects of the Providing an Augmented Reality Information on the Cognition Reaction Behavior under the Reduced Visibility Traffic Environment	황윤숙 김경호 최현균	ICTC 2017	2017. 10.19 .	국외	미등재	2 차년도
4	학회발표	Requirements for Older Drivers in the Driver-Adaptive Vehicle Interaction System	김경호 김도현 최현균 장병태	ICTC 2017	2017. 10.19 .	국외	미등재	2 차년도
5	학회발표	Performance Evaluation	최진규 장병태 유흥균	International Conferen	2017. 10.19 .	국외	미등재	2 차년도

		of Dual-Band Polar Transmitter Architecture for the Connected Car		ce on ICT Convergence				
6	학회발표	첨단 디지털 cockpit 을 위한 운전자 맞춤형 인터랙션 시스템	최진규 김경호 김도현 최현균 장병태	전자정보통신 학술대회 (CEIC 2017)	2017.12.01 .	국내	미등재	2 차년도
7	학회발표	Implementation of Model-Based Development Tool and Run-time Engine for Digital Cockpit System	윤창락 박병준 김도현	International Conference on ICT Convergence	2017.10.18 .	국외	미등재	2 차년도
8	학회발표	Physiological Signals and Recognition of	박병준 윤창락 장은혜 김도현	International Conference on ICT Convergence	2017.10.18 .	국외	미등재	2 차년도

		Negative Emotions						
9	학회발표	IoT-Based Defect Predictive Manufacturing Systems	권영진 김도현	International Conference on ICT Convergence	2017. 10. 18	국외	미등재	2 차년도
10	학회발표	A Single Node Vehicle Detection System Using an Adaptive Signal Adjustment Technique	권영진 김도현 최경호	International Symposium on WPMC	2017. 12. 19	국외	미등재	2 차년도
11	학회발표	차량거동정보를 이용한 운전행동분석	최진규 김경호 김도현 최현균 장병태	대한전자공학회 심포지움	2017. 12. 22	국내	미등재	2 차년도

### 3. 소프트웨어

번호	종류	명칭	등록번호	국명	발생차수
1	프로그램	고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진 시스템 라이브러리 Ver. 1.0	C-2017- 031967	대한민국	2 차년도
2	프로그램	차량용 감성 분석 특징 추출 소프트웨어	C-2017- 031968	대한민국	2 차년도
3	프로그램	차량 내 정보수집 프로그램	등록중	대한민국	2 차년도

#### 4. 기술문서

1. 운전자의 심리적특성과 위험운전성향 선행연구 분석 보고서
2. 운전자의 심리적 특성과 위험운전성향 간경로모형 보고서
3. 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진 요구사항정의서
4. 고령운전자 특성 맞춤형 인터랙션 엔진 시스템 구조설계서
5. 운전자 맞춤형 스마트 공조 시스템 요구사항정의서
6. 운전자 피로도 예측 모델을 위한 자료 분석서
7. 운전행동 분석 기술동향 분석서
8. 운전행동 분석 요구사항정의서 v1.0
9. 운전행동 분석 시스템 구조설계서 v1.0
10. 운전자 맞춤형 HMI 제공을 위한 감성 인식 기술분석서
11. 운전자 감성인식 소프트웨어 요구사항정의서 v.1.0
12. 운전자 감성인식 소프트웨어 구조설계서 v.1.0
13. 차량정보수집 요구사항정의서 V1.0
14. 차량정보수집 시험절차 및 결과서 V1.0
15. 운전자 맞춤형 내비게이션 UI/UX 시나리오
16. 운전자 맞춤형 내비게이션 데스크리서치 결과서
17. 운전자 맞춤형 내비게이션 UI/UX 사용자리서치 결과서
18. 운전자 가이드스 아키텍처 정의서

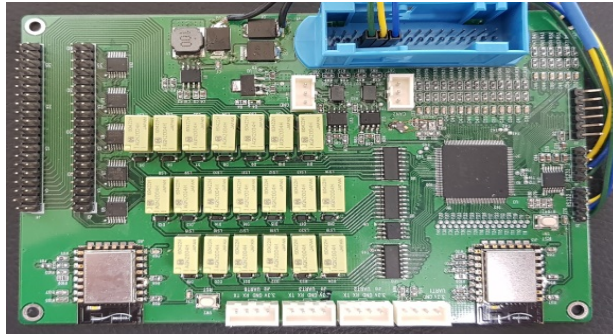
5. 시제품



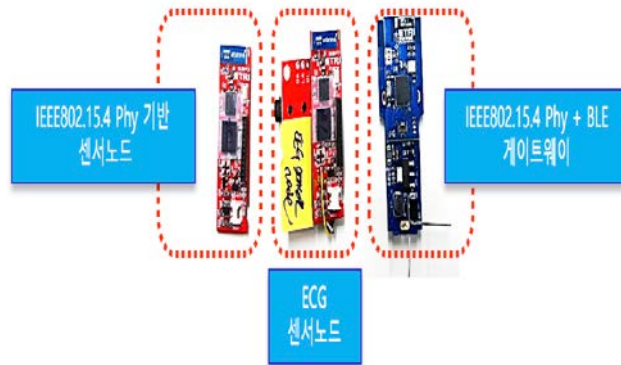
< 고급형 멀티 클러스터 시제품 >



< 표준형 클러스터 시제품 >



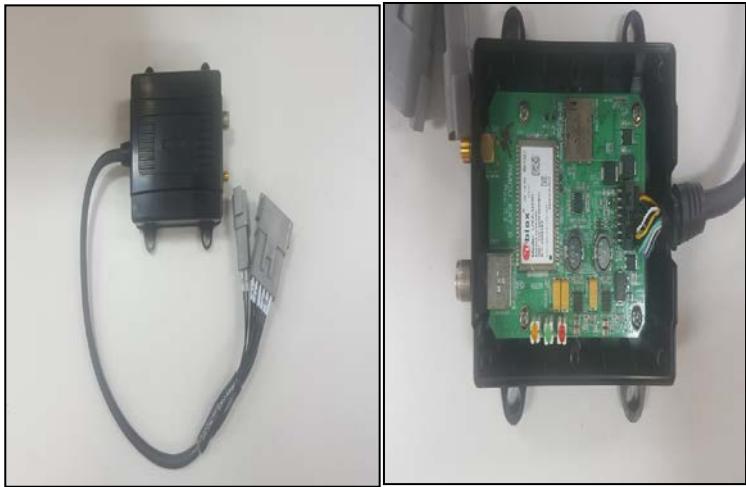
< 클러스터연동 게이트웨이 시제품 >



< ECG 무선 센서노드/게이트웨이 시제품 >



< 운전자 가이드스 어플리케이션 시제품 >



< 산업용 차량 텔레매틱스 게이트웨이 시제품 >

## 6. 기술이전

번호	명칭	대상기업	이전일시	금액(천원)
1	차량 내 정보수집시스템	스퀘어네트(주)	2017.12.12 (계약예정)	25,000



## 제 4 장 결론



- 당해 년도 연구 목표 및 내용은 기 도출된 요구사항 및 설계를 기반으로 운전자 모델, 디지털 Cockpit 시스템, 스마트 전장 시스템 요소기술 개발
  - 운전자 특성 및 상태 분석을 위한 운전자 모델 및 운전자 상태 분석 시스템 요소기술 개발
  - 디지털 Cockpit 시스템 요소기술 및 프로토타입 개발
  - 디지털 Cockpit 연동 스마트 전장시스템 요소기술 및 프로토타입 개발

당해 년도 연구결과에 대한 주요 사항은 아래와 같음

- 운전자 특성 및 상태 분석을 위한 운전자 모델 및 운전자 상태분석 시스템 요소기술 개발
  - 운전자 군별(고령/여성/초보) 인지적, 행동적, 심리적 특성 및 인지기반 운전자 정서 상태 분석 모델 개발
  - 운전자 모델 기반 특성, 상태 분석 알고리즘 및 요소기술 개발
- 디지털 Cockpit 시스템 요소기술 및 프로토타입 개발
  - 디지털 클러스터 S/W, H/W 시제품 개발
  - Cockpit 모듈 조립 불량 예측 및 원인 분석을 위한 설계 검증 기술 개발

- 디지털 Cockpit 연동 스마트 전장시스템 요소기술 개발
  - ISO 26262 자동차 기능안전 적용 프로세스 수립 및 아키텍처 분석, 요구사항 도출 및 시스템 설계
  - 디지털 Cockpit 연동 운전자 상태별 HVAC 연동 알고리즘 요소기술 개발
  - 운전지원을 위한 애프터마켓용 차량기능 안내 기술 개발
  - 산업차량 적용 텔레매틱스 게이트웨이 요소기술 개발
  - 운전자 맞춤형 차량용 네비게이션 요소기술 개발
  
- 차년도에는 당해년도에 확보된 운전자 모델을 기반으로 하는 가변형 UI/UX 를 탑재한 스마트 Cockpit 시스템 및 운전자의 안락성 및 쾌적성 향상을 위한 스마트 전장부품 요소기술을 바탕으로 운전자 맞춤형 Cockpit 시스템 개발 수행 예정

## 참 고 문 헌

- 1) Boverie, S., Lequellec, J. M., & Hirl, A. "Intelligent system for video monitoring of vehicle cockpit (No. 980613)" SAE Technical Paper. 1998.
- 2) Boyle, L. N., Tippin, J., Paul, A., & Rizzo, M. "Driver performance in the moments surrounding a microsleep." Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 11(2), 126-136. 2008.
- 3) Correa, A. G., & Leber, E. L. "An automatic detector of drowsiness based on spectral analysis and wavelet decomposition of EEG records." In Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE (pp. 1405-1408). IEEE. 2010.
- 4) Dingus, T. A., Klauer, S. G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J. D., ... & Bucher, C. "The 100-car naturalistic driving study, Phase II-results of the 100-car field experiment (No. HS-810 593). 2006.
- 5) Furukawa, Y., Takei, A., Kobayashi, M., & Kawai, T. "Effects of active steering control on closed-loop control performance." In Paper presented at the 18th fisita congress - The promise

of new technology in the automotive industry. 1990.

- 6) Horne, J. A., & Reyner, L. A. "Sleep related vehicle accidents." *Bmj*, 310(6979), 565-567. 1995.
- 7) Jackson, M. L., Kennedy, G. A., Clarke, C., Gullo, M., Swann, P., Downey, L. A., ... & Howard, M. E. "The utility of automated measures of ocular metrics for detecting driver drowsiness during extended wakefulness." *Accident Analysis & Prevention*, 87, 127-133. 2016.
- 8) Lee, B. G., Lee, B. L., & Chung, W. Y. "Mobile healthcare for automatic driving sleep-onset detection using wavelet-based EEG and respiration signals." *Sensors*, 14(10), 17915-17936. 2014.
- 9) Liu, C. C., Hosking, S. G., & Lenné, M. G. "Predicting driver drowsiness using vehicle measures: Recent insights and future challenges." *Journal of safety research*, 40(4), 239-245. 2009.
- 10) Lowden, A., Anund, A., Kecklund, G., Peters, B., & Åkerstedt, T. "Wakefulness in young and elderly subjects driving at night in a car simulator." *Accident Analysis & Prevention*, 41(5), 1001-1007. 2009.
- 11) Maycock, G. "Sleepiness and driving: the experience of UK car drivers." *Accident Analysis & Prevention* 29, no. 4: 453-462. 1997.

- 12) Noda, A., Miyaji, M., Wakuda, Y., Hara, Y., & Yasuma, F. “Simultaneous measurement of heart rate variability and blinking duration to predict sleep onset and drowsiness in drivers.” *J. Sleep Disord Ther*, 4(213), 2167-0277. 2015.
- 13) Noy, Y. I., Horrey, W. J., Popkin, S. M., Folkard, S., Howarth, H. D., & Courtney, T. K. “Future directions in fatigue and safety research.” *Accident Analysis & Prevention*, 43(2), 495-497. 2011.
- 14) Park, S., “Accurate diagnosis and improvement is needed for drowsy driving.” Assessed 20 Feb 2017. <http://www.ggilbo.com/news/articleView.html?idxno=302942>, 2016.
- 15) Putilov, A. A., & Donskaya, O. G. “Construction and validation of the EEG analogues of the Karolinska sleepiness scale based on the Karolinska drowsiness test.” *Clinical Neurophysiology*, 124(7), 1346-1352. 2013.
- 16) Sahayadhas, A., Sundaraj, K., & Murugappan, M. “Detecting driver drowsiness based on sensors: a review.” *Sensors*, 12(12), 16937-16953. 2012.
- 17) Yang, J. H., & Jeong, H. B. “Validity analysis of vehicle and physiological data for detecting driver drowsiness, distraction, and workload.” In *Systems, Man, and Cybernetics*

- (SMC), 2015 IEEE International Conference on(pp. 1238-1243).  
IEEE. 2015.
- 18) 오주택, 이상용, and 김영삼. “Analysis of Car controls and Perclos by Normal and Fatigue driving” . 한국도로학회 논문집. 2008.
  - 19) Keall, M., & Frith, W. (2004). Association between older driver characteristics, on-road driving test performance, and crash liability. *Traffic Injury Prevention*, 5, 112-116.
  - 20) Kim, H. S., Hwang, Y., Yoon, D., Choi, W., & Park, C. H. (2014). Driver workload characteristics analysis using EEG data from an urban road. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 15(4), 1844-1849.
  - 21) Mesken, J. (2002). Measuring emotions in traffic (No. D-2002-3). Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research.
  - 22) Scott-Parker, B., Watson, B., King, M. J., & Hyde, M. K. (2012). The influence of sensitivity to reward and punishment, propensity for sensation seeking, depression, and anxiety on the risky behaviour of novice drivers: a path model. *British journal of psychology*, 103(2), 248-267.
  - 23) 오승환, 한성호, 천재민, 문희경, 장치환, & 조호쌍. “운전자의 안전저해 상황 분석: 여성 및 고령운전자를 대상으로,” *대한인간공학회*, pp. 230-236, 2012

- 24) 이상로, 김중효, 이남용, 박영수. (2013.7). 차량시물레이터를 이용한 초보운전자의 잠재적 운전행동 분석. 대한토목학회논문집, 33(4), 1591-1601.
- 25) 지우석, 이철규. (2003). 고령자 운전특성에 관한 연구. 경기연구원 기본연구, 1-1.
- 26) Anstey, K. J., Wood, J., Lord, S., & Walker, J. G. (2005). Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults. *Clinical psychology review*, 25(1), 45-65.
- 27) Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of learning and motivation*, 8, 47-89.
- 28) Ball, K., & Owsley, C. (1991). Identifying correlates of accident involvement for the older driver. *Human factors*, 33(5), 583-595.
- 29) Ball, K., & Owsley, C. (1993). The useful field of view test: a new technique for evaluating age-related declines in visual function. *Journal of the American Optometric Association*, 64(1), 71-79.
- 30) Bellet, T., & Tattgrain-Veste, H. (1999). A framework for representing driving knowledge. *International journal of cognitive ergonomics*, 3(1), 37-49.
- 31) Bellgrove, M. A., Hawi, Z., Kirley, A., Gill, M., & Robertson,

- I. H. (2005). Dissecting the attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) phenotype: sustained attention, response variability and spatial attentional asymmetries in relation to dopamine transporter (DAT1) genotype. *Neuropsychologia*, 43(13), 1847-1857.
- 32) Bunce, D., MacDonald, S. W., & Hultsch, D. F. (2004). Inconsistency in serial choice decision and motor reaction times dissociate in younger and older adults. *Brain and cognition*, 56(3), 320-327.
- 33) Chi, C. F., & Lin, F. T. (1997). A new method for describing search patterns and quantifying visual load using eye movement data. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(3), 249-257.
- 34) De Raedt, R., & Ponjaert-Kristoffersen, I. (2000). Can strategic and tactical compensation reduce crash risk in older drivers?. *Age and ageing*, 29(6), 517-521.
- 35) De Waard, D. (1996). The measurement of drivers' mental workload. Netherlands: Groningen University, Traffic Research Center.
- 36) Garber, N. J., & Srinivasan, R. (1991). Characteristics of accidents involving elderly drivers at intersections. *Transportation Research Record*, (1325).

- 37) Goode, K. T., Ball, K. K., Sloane, M., Roenker, D. L., Roth, D. L., Myers, R. S., & Owsley, C. (1998). Useful field of view and other neurocognitive indicators of crash risk in older adults.
- 38) Jahn, G., Oehme, A., Krens, J. F., & Gelau, C. (2005). Peripheral detection as a workload measure in driving: Effects of traffic complexity and route guidance system use in a driving study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(3), 255-275.
- 39) Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness* (No. 6). Harvard University Press.
- 40) Johannsdottir, K. R., & Herdman, C. M. (2010). The role of working memory in supporting drivers' situation awareness for surrounding traffic. *Human factors*, 52(6), 663-673.
- 41) *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, 5(4), 425-440.
- 42) Kane, M. J., Conway, A. R., Miura, T. K., & Colflesh, G. J. (2007). Working memory, attention control, and the N-back task: a question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(3), 615.
- 43) Macdonald, W. A., & Hoffmann, E. R. (1980). Review of

- relationships between steering wheel reversal rate and driving task demand. *Human Factors*, 22(6), 733-739.
- 44) Maciej, J., Nitsch, M., & Vollrath, M. (2011). Conversing while driving: The importance of visual information for conversation modulation. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 14(6), 512-524.
- 45) MARRKULA, G., & Engström, J. (2006). A steering wheel reversal rate metric for assessing effects of visual and cognitive secondary task load. In *PROCEEDINGS OF THE 13th ITS WORLD CONGRESS, LONDON, 8-12 OCTOBER 2006*.
- 46) Nakayama, M., Takahashi, K., & Shimizu, Y. (2002, March). The act of task difficulty and eye-movement frequency for the 'Oculo-motor indices'. In *Proceedings of the 2002 symposium on Eye tracking research & applications* (pp. 37-42). ACM.
- 47) Nelson, E., Atchley, P., & Little, T. D. (2009). The effects of perception of risk and importance of answering and initiating a cellular phone call while driving. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 438-444.
- 48) Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. *Mental models*, 7(112), 7-14.
- 49) Nunes, L., & Recarte, M. A. (2002). Cognitive demands of hands-free-phone conversation while driving. *Transportation Research*

Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 5(2), 133-144.

- 50) Owsley, C., Ball, K., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. (1991). Visual/cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and aging*, 6(3), 403.
- 51) Owsley, C., Ball, K., McGwin Jr, G., Sloane, M. E., Roenker, D. L., White, M. F., & Overley, E. T. (1998). Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *Jama*, 279(14), 1083-1088.
- 52) Parasuraman, R. (1979). Memory load and event rate control sensitivity decrements in sustained attention. *Science*, 205(4409), 924-927.
- 53) Philip, P., Taillard, J., QUERA-SALVA, M. A., Bioulac, B., & Åkerstedt, T. (1999). Simple reaction time, duration of driving and sleep deprivation in young versus old automobile drivers. *Journal of Sleep research*, 8(1), 9-14.
- 54) Rasmussen, J. (1986). A framework for cognitive task analysis in systems design. In *Intelligent decision support in process environments* (pp. 175-196). Springer, Berlin, Heidelberg.
- 55) Recarte, M. A., & Nunes, L. M. (2003). Mental workload while driving: effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of experimental psychology: Applied*, 9(2), 119.

- 56) Rubin, G. S., Ng, E. S., Bandeen-Roche, K., Keyl, P. M., Freeman, E. E., & West, S. K. (2007). A prospective, population-based study of the role of visual impairment in motor vehicle crashes among older drivers: the SEE study. *Investigative ophthalmology & visual science*, 48(4), 1483-1491.
- 57) Salthouse, T. A. (1994). The aging of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 535.
- 58) Sims, R. V., McGwin Jr, G., Allman, R. M., Ball, K., & Owsley, C. (2000). Exploratory study of incident vehicle crashes among older drivers. *Journals of Gerontology Series A: Biological and Medical Sciences*, 55(1), 22.
- 59) Stone, M. (1960). Models for choice-reaction time. *Psychometrika*, 25(3), 251-260.
- 60) Tsai, Y. F., Viirre, E., Strychacz, C., Chase, B., & Jung, T. P. (2007). Task performance and eye activity: predicting behavior relating to cognitive workload. *Aviation, space, and environmental medicine*, 78(5), B176-B185.
- 61) Whelan, M., Langford, J., Oxley, J., Koppel, S., & Charlton, J. (2006). The elderly and mobility: A review of the literature. Monash University Accident Research Centre.
- 62) 이순철, 교통심리학, 서울: 학지사, 2000.
- 63) 도로교통공단, 2016년판 교토사고통계 요약, 2016.

- 64) 김종희, 오주석, 이순철, “운전행동결정요인이 위반행동 및 사고에 미치는 영향”, 한국심리학회지: 산업 및 조직, 19(3), pp. 349-369, 2006.
- 65) 오주석, 이순철, “운전행동 결정요인의 구성과 위험운전행동과의 관계”, 한국심리학회지: 사회문제, 17(2), pp. 175-197, 2011.
- 66) Özkan, T., Lajunen, T., “Multidimensional traffic locus of control scale (T-LOC): factor structure and relationship to risky driving”, Personality and Individual Differences, 38, pp. 533-545, 2005.
- 67) 이순열, 이순철, “교통사고 위험지수(TARI)에 대한 확인적 요인분석과 타당화 연구”, 한국심리학회지: 산업 및 조직, 23(1), pp. 75-87, 2006.
- 68) Chin, W. W., Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.
- 69) Goodhue, D., Lewis, W., and Thompson, R. “PLS, small sample size, and statistical power in MIS research”, Paper presented at the 39th Hawaii International Conference on System Sciences, Los Alamitos, CA, 2006.
- 70) Marcoulides, G. A., and Saunders, C., “Editor’s comments: PLS: A silver bullet?”, MIS Quarterly, 30(2), iii-iv, 2006.

- 71) <http://www.gpower.hhu.de/>
- 72) DataSom, 고속도로 교통사고 발생원인 1위는 졸음운전.  
<http://www.datasom.co.kr/stat/news.do?id=20160509131603740>.  
 2016
- 73) CBS 노컷뉴스, 졸음운전 사망률 4.51%, 음주운전 2.58%보다 월등.  
<http://www.nocutnews.co.kr/news/4843458>. 2017
- 74) 전국버스운송사업조합연합회. 안전운전의 달인. 2011
- 75) 도로교통공단. 교통과학연구원. 졸음운전 원인 및 예방대책 연구.  
 2014
- 76) Reddy, Bhargava, et al. "Real-Time Driver Drowsiness Detection for Embedded System Using Model Compression of Deep Neural Networks." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. 2017.
- 77) Inquirer.net. <http://newsinfo.inquirer.net/905907/dotr-issues-revised-irr-for-anti-distracted-driving-law>. 2017
- 78) Kim, Ki Wan, et al. "Segmentation method of eye region based on fuzzy logic system for classifying open and closed eyes." Optical Engineering 54.3 (2015): 033103-033103.
- 79) Choi, In-Ho, Chan-Hee Jeong, and Yong-Guk Kim. "Tracking a Driver's Face against Extreme Head Poses and Inference of Drowsiness Using a Hidden Markov Model." Applied Sciences 6.5 (2016): 137.

- 80) Jo, Jaeik, et al. "Detecting driver drowsiness using feature-level fusion and user-specific classification." *Expert Systems with Applications* 41.4 (2014): 1139-1152.
- 81) Borghi, Guido, et al. "POSEidon: Face-from-Depth for Driver Pose Estimation." arXiv preprint arXiv:1611.10195 (2016).
- 82) Yuen, Kevan, Sujitha Martin, and Mohan M. Trivedi. "Looking at faces in a vehicle: A deep CNN based approach and evaluation." *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2016 IEEE 19th International Conference on*. IEEE, 2016.
- 83) Hoang Ngan Le, T., et al. "Multiple Scale Faster-RCNN Approach to Driver's Cell-Phone Usage and Hands on Steering Wheel Detection." *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. 2016.
- 84) Park, Sanghyuk, et al. "Driver Drowsiness Detection System Based on Feature Representation Learning Using Various Deep Networks." *Asian Conference on Computer Vision*. Springer, Cham, 2016.
- 85) "What is the RGB-IR format and how it is different from Bayer RGB format?" . <https://www.e-consystems.com/OV4682-4MP-MIPI-IR-camera-module-faq.asp#faq-1>
- 86) <https://www.amazon.com/ELP-Compatible-Windows-android-machine/dp/B00VE11S6Y>

- 87) <https://www.e-consystems.com/OV4682-RGB-IR-MIPI-CAMERA-Module.asp#evaluation-kit>
- 88) John H.L. Hansen, "Driver modeling for detection and assessment of distraction," IEEE Signal Processing Magazine, 2017.
- 89) P. Boyraz, "Signal modelling and hidden markov models for driving manoeuvre recognition and driver fault diagnosis in an urban road scenario," Proceedings of IEEE IVS' 07, Istanbul, Turkey, 13-15 June, pp.987-992.
- 90) P. Boyraz, "In-vehicle multi-channel signal processing and analysis in UTDive project: driver behaviour modeling and active safety systems development," 3rd International Conference ESAR, 5-6 Sep. 2008.
- 91) A. Sathyanarayana, "Driver behaviour analysis and route recognition by hidden Markov models," 2008 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, 22-24 September, Ohio, USA.
- 92) A. Sathyanarayana, "Automatic maneuver boundary detection system for naturalistic driving massive corpora," SAE Int. J. Passeng. Cars-Electron. Electr. Syst., vol. 7, no. 1, pp. 149-156, Apr. 2014.
- 93) Huseyin Abut, John H.L. Hansen, Kazuya Takeda, Gerhard Schmidt,

- Hanseok Ko, Vehicle systems and driver modeling, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston, 2017.
- 94) 자동차 및 자동차 부품의 인증 및 조사 등에 관한 규정 일부 개정 고시안, 국토교통부 고시 제 2017-358호, 2017
- 95) Polymers, Injection Molding Online.com  
<http://injectionmoldingonline.com/Molding101/Polymers.aspx>
- 96) J.P. Ibar. “Crystallization Kinetics for the Split Dual Phase Model of the Amorphous State of Polymers” , Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics, 52(7), 950-963, 2013.
- 97) Pearson, 12.2 Polymers, <http://www.prenhall.com>
- 98) Heechang Kim, Eunju Park, Suhyun Kim, Bumsoo Park, Namhun Kim, Seungchul Lee, “Experimental Study on Mechanical Properties of Single- and Dual- Material 3D Printed Products” , Procedia Manufacturing, 10(2017), 887-897, 2017.
- 99) ADMIN, “UP Plus 2 - Next Generation in Professional 3D Printing” , marttec. <http://blog.smarttec.com.au/up-plus-2-next-generation-in-professional-3d-printing/>
- 100) Todd Halterman, “Smooth like butter - Mass Finishing for ABS and PLA Prints by Magicbox” , 3D Printer World, 2014.  
<http://www.3dprinterworld.com/article/smooth-like-butter-mass-finishing-for-abs-and-pla-prints-magicbox>
- 101) Mike Keranen, Srikanth Krishnaraj, Kumar Kulkarni, Li Lu and

- Ravi Thyagarajan, “Automating Instrument Panel Head Impact Simulation” , SAE International, 2005.
- 102)Gina Rablau, “Calculus in Crash Safety Tests: The Head Injury Criterion (HIC) Number” , 2016.
- 103)ISO 26262:2011~2012 Part 1~ Part 10 Road Vehicle- Functional safety, ISO.
- 104)www.iso.org
- 105)IEC 61508:2010, Functional safety of Electrical/Electronic /Programmable Electronic safety -related systems, IEC.
- 106)www.iec.ch
- 107)ISO/PAS 19451:2016 Part 1~ Part 2- Application of ISO 26262:2011~2012 to semiconductor: Part 1 Application of concept, Part 2: Application of hardware qualification, ISO.
- 108)ISO/DIS 26262:2018 2nd Edition - Part 1~ Part 12 Road Vehicle- Functional safety, ISO
- 109)김병철, 김성수, 조진희. “ISO 26262 기본 실무 가이드” , KFQ (한국품질재단), 2012
- 110)김영부, 김상아, 김동규, 김병철. “차량용 반도체 기능안전 ISO 26262, ISO/PAS 19451 적용가이드” . QRT, 2017.
- 111)김병철. “FMEDA를 통한 ISO 26262-5 (자동차 기능안전) 하드웨어 아키텍처 메트릭 및 PMHF 평가방법” 오토저널 제36권 제10호, pp. 26-38, 2014.

112) 김병철. “ISO 26262, ISO/PAS 19451을 준용한 차량용 반도체  
기능안전성 평가 방안” 전자공학회지. - Vol 43 No. 7, 2016

## 약 어 표

3DP: 3 Dimensional Printing  
ABS: Acrylonitrile Butadiene Styrene  
BVP: Blood Volume Pressure  
CAN: Controller Area Network  
CCF: Common Cause Failure  
CF: Cascading Failure  
CFRP: Carbon Fiber Reinforced Polymer  
CNN: Convolutional Neural Network  
CPM: Cockpit Module  
CPU: Central Processing Unit  
DFA: Dependent Failure Analysis  
DLP: Digital Light Processing  
DVSA: Driver and Vehicle Standards Agency  
EDA: Electrodermal Activity  
EEG: Electroencephalography  
ERP: Event-Related Potential  
FDM: Fused Deposition Modeling  
FEM: Finite Element Method  
FFT: Fast Fourier Transform

FWHT: Fast Discrete Walsh-Hadamard Transform  
GPS: Global Positioning System  
GPU: Graphics Processing Unit  
HMI: Human machine interface  
HIC: Head Injury Criterion  
HPT: Hazard Perception Test  
HR: Heart Rate  
IMU: Inertial Measurement Unit  
IR: Infrared  
ITS: Intelligent Transportation System  
k-NN: k-Nearest Neighbors algorithm  
LDWS: Lane Departure Warning System  
LFM : Latent-Fault Metric  
LKAS: Lane Keeping Assist System  
MJM: Multi Jetting Modeling  
m-PPE: Modified Polyphenylene Oxide  
OBD: On Board Diagnostics  
PC: Polycarbonate  
PP: Polypropylene  
PSD: Power Spectral density  
RAM: Random Access Memory  
RGB: RED, GREEN, BLUE Color Space

SLA: Stereo Lithography Apparatus  
SLS: Selective Laser Sintering  
SPFM: Single-Point Fault Metric  
STAI: State Trait Anxiety Inventory  
SVM: Support Vector Machine  
SWA: Steering Wheel Angle  
TCS: Traction Control System $\Xi$   
Tg: Glass Transition Temperature  
Tm: Melting Temperature  
TPS: Throttle Position Sensor

## 주 의

1. 이 연구보고서는 한국전자통신연구원의 주요사업으로 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 한국전자통신연구원에서 수행한 주요사업 결과임을 밝혀야 합니다.

