

## 연구개발 최종보고서·요약서

### I. 인쇄 규격

1. 크기: A4 신판(가로 210mm \* 세로 297mm)
2. 제본: 좌철
3. 용지
  - 가. 표지: 백상지(150g/㎡)
  - 나. 내용: 백상지(80g/㎡)
4. 인쇄 방법
  - 가. 표지: 바탕 백색, 활자 흑색
  - 나. 내용: 흑색 지정 활자

### II. 편집 순서

1. 표지
2. 제출문
3. 보고서 요약서
4. 국문 요약문
5. 영문 요약문
6. 영문 목차
7. 본문 목차
8. 뒷면지

### III. 참고 사항

전자 조판 인쇄 시에는 이에 준한다.

### IV. 편집 순서별 서식

(뒷면) (옆면)

(앞면)

17CTAP  
-C114672  
-02

자율  
주행  
차량  
운전  
주행  
모드  
자동  
전환용  
인식률  
90%  
이상의  
다중  
센서  
기반

운전자  
상태  
인식  
및  
상황  
인식  
원천  
기술  
개발

최  
종  
보  
고  
서

2018  
국  
토  
교  
통  
부  
국토교통과학기술진흥원

Technology Advancement R&D Report

보안 과제( ), 일반 과제( ) / 공개( ), 비공개( )

국토교통기술촉진연구사업 최종보고서

3cm

0.5cm

R&D /  
17CTAP-C114672-02

2.5cm

9cm

5cm

# 자율주행차량 운전주행모드 자동 전환용 인식률 90%이상의 다중 센서 기반 운전자 상태 인식 및 상황 인식 원천 기술 개발 최종보고서

(0.1cm)

2018. 7. 11.

0.15cm

주관연구기관/서강대학교 산학협력단

국 토 교 통 부  
국토교통과학기술진흥원

## 제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘국토교통기술촉진연구사업’(연구개발 기간 : 2016. 06. 24 ~ 2018. 06. 23) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2018. 09. 4.

주관연구기관명 : 서강대학교 산학협력단 (인)

주관연구기관책임자: 강 석 주

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에  
동의합니다.

## 보고서 요약서

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                       |                                                                        |                                      |               |                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------|----------------------------------------------|
| 과제 고유 번호                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 17CTAP<br>-C114672-02 | 해당 단계<br>연구 기간                                                         | 2016.06.24 -<br>2018.06.23<br>(24개월) | 단계구분          | 2차 연도/총 2년                                   |
| 연구사업명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 중사업명                  | 국토교통기술촉진연구사업                                                           |                                      |               |                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 세부사업명                 | -                                                                      |                                      |               |                                              |
| 연구과제명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 대과제명                  | 자율주행차량 운전주행모드 자동 전환용 인식을 90%이상의<br>다중 센서 기반 운전자 상태 인식 및 상황 인식 원천 기술 개발 |                                      |               |                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 세부과제명                 | -                                                                      |                                      |               |                                              |
| 연구책임자                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 강석주                   | 해당단계<br>참여<br>연구원 수                                                    | 총: 8 명<br>내부: 8 명<br>외부: 0 명         | 해당단계<br>연구개발비 | 정부: 50,000천원<br>기업: 천원<br>정부 외: 천원<br>계: 천원  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                       | 총 연구기간<br>참여<br>연구원 수                                                  | 총: 11 명<br>내부: 11 명<br>외부: 0 명       | 총 연구개발비       | 정부: 100,000천원<br>기업: 천원<br>정부 외: 천원<br>계: 천원 |
| 연구기관명 및<br>소속 부서명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 서강대학교 산학협력단<br>전자공학과  |                                                                        |                                      | 참여기업명         | 국토교통부                                        |
| 국제공동연구                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 상대국명:-                |                                                                        |                                      | 상대국 연구기관명:-   |                                              |
| 위탁연구                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 연구기관명:-               |                                                                        |                                      | 연구책임자: -      |                                              |
| 요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)<br>- 얼굴 표정 기반 운전자 개인화 감정 상태 인식 기술 개발<br>- 웨어러블 디바이스 기반 운전자 생체 신호 정보 취득 및 분석<br>- 영상을 이용한 운전자 인식 기반 아이트래킹 기술 개발<br>- 수집된 DB를 이용한 생체 신호 기반 피로도 판단 기술 개발<br>- 적외선 영상 기반 운전자 인식 기술 개발<br>- 적외선 영상 기반 운전자 개인화 감정 상태 인식 기술 개발<br>- 머신러닝과 도로 정보를 활용한 전방차량 충돌 방지 기술 개발<br>- VR을 이용한 운전 시뮬레이션 장비의 멀미 발생 문제 개선 |                       |                                                                        |                                      | 보고서 면수: 85 쪽  |                                              |

## 〈 요약문 〉

연구의  
목적 및 내용

### ○ 최종 목적

- ☐ 자율주행차량에서 운전 주행 모드 자동 전환 시 발생 가능한 사고 위험예측 및 방지를 위한 운전자 상태 인식 및 상황 인식 시스템 개발

### ○ 세부 목적

- ☐ 다중 카메라 및 생체 신호 센서 개별 모듈 분석 및 최적 신호 처리 합성 기술 개발 (실시간 신호 합성 시스템 구축)
- ☐ 다중 센서 기반 운전자 피로도 인식 및 정량적 측정 기술 개발 (성공률 80%이상)
- ☐ 다중 센서 기반 운전자 감정 상태 인식 및 판단 기술 개발 (성공률 80% 이상)
- ☐ 다양한 환경에 대한 개별 모듈의 인식을 검증 및 보완 (인식률 90%이상)
- ☐ 사고 위험 예측에 대한 정량적 측정 기법 개발 및 다양한 상황의 데이터베이스 구축 (환경 조건 변화에 강인한 시스템 구축)
- ☐ 물체와 운전자 간 상관관계 파악을 통한 상황 인식 및 사고 예측 기법 개발 (성공률 90%이상)
- ☐ 실제 검증을 통한 실제 상황에서 시스템 성능 분석 및 보완 (성공률 90%이상)

### ○ 연구 내용1: 다중카메라 및 생체신호 센서 최적 합성 기법

- ☐ 스테레오 카메라를 이용한 광각 영상 획득 및 실시간 스테레오 정합 기술을 이용한 깊이 영상 획득을 통한 운전자 신체 부위의 수평, 수직, 깊이 정보 획득 기법 개발
- ☐ RGB 화상 및 적외선 카메라를 이용한 낮은 조도 환경 및 외부 환경 변화에 의한 급격한 조도 변화 시 안정적인 영상 획득 및 노이즈 신호 제거 가능한 전처리 기법 개발
- ☐ 운전자의 차량 내 신체 접촉 위치 및 상태 인식을 위해 필요한 센서 고정 위치 및 필요 센서 선정과 압력, 심박 센서 등 이중 센서 간 통합 신호 합성 모듈 개발

### ○ 연구 내용2: 다중카메라 및 센서 기반 운전자 상태 인식 및 정량화 기법

- ☐ 차량 실내의 배경과 운전자간 분리를 위한 실시간 처리 가능한 영상분할 기법 개발
- ☐ 인식률 향상을 위한 머신러닝 기반의 얼굴 및 시선 추적 알고리즘 개발과 해당 알고리즘의 실시간 처리를 위한 GPU 기반의 병렬 처리 기법 개발
- ☐ 운전자 상태 인식을 위해 필요한 관심 정보 영역 추출 및 특징점 추출 기법연구와 해당 영역 연산을 통한 계산량 저감 기법개발

### ○ 연구 내용3: 주변상황 분석 및 운전자 간 상관관계 인식 기법

- ☐ 운전자와 탑승자 및 관심 물체의 다중 객체의 영상 분할 및 추적 가능 기법 개발
- ☐ 다중 객체 추적 시 제한된 자원 및 계산 가능 시간 내 정확도 향상을 위한 병렬처리 기법 및 실시간 처리가능 기법 연구 개발
- ☐ 다양한 신호 합성 및 최적화를 통한 사고위험 예측 판단 정확도 향상 기법 연구

### ○ 연구 내용4: 개인 맞춤형 데이터베이스 구축 및 주행 모드 전환 기법 연구

- ☐ 개별 운전자 간의 구분을 위한 특징 벡터 선정 및 정량화 기법에 대한 연구
- ☐ 개별 운전자에 대한 다중 카메라 및 생체 신호 센서에서 취득된 신호 합성 및 최적화와 저용량의 데이터베이스 구축을 위한 최적화 기법 연구
- ☐ 최적화된 데이터베이스를 사용하여 운전자 생체 인식 및 상황 인식 기반 차량 주행 모드 자동 전환 기법 연구

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구개발성과              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>다중카메라 및 생체 신호 센서 최적 합성 기법</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 목적: 다양한 입력 포맷을 갖는 신호들에 대한 통합 및 시스템 적용의 어려움 극복</li> <li>□ 핵심성과: 실시간 처리 가능한 생체신호 센서 및 다중 카메라 신호에 대한 최적 처리 모델 개발</li> </ul> </li> <li>○ <u>다중 센서 기반 운전자 상태 인식 및 정량화 기법</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 목적: 다양한 센서를 통한 운전자의 상태를 판단하여 주행 모드 자동 전환 시 판단 정보 제공</li> <li>□ 핵심성과: 주행 모드 자동 전환을 위한 운전자 상태 판단 모델 개발</li> </ul> </li> <li>○ <u>주변 상황 분석 및 객체 간 상관관계 인식 기법</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 목적: 주변 상황이 운전자에게 사고를 유발할 수 있는지 판단 정보 제공</li> <li>□ 핵심성과: 자율주행차량을 위한 주변상황 분석 시스템 개발</li> </ul> </li> <li>○ <u>개인 맞춤형 데이터베이스 구축 최적화 기법</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 목적: 다중 사용자가 아닌 개인 사용자에게 초점을 맞춰 정확한 사고 예측 및 사용자 판단 가능</li> <li>□ 핵심성과: 사용자에게 따른 적응적 데이터베이스 모델 구축 및 인터페이스 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul> |
| 연구개발성과의 활용계획 (기대효과) | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다중 카메라로 취득된 데이터 및 생체 인식 센서를 이용한 자율주행차량에서의 운전자 상태 예측 모델에 대한 소프트웨어 기반 기술 개념 정립 및 활용</li> <li>○ 운전자 피로도 측정과 감정 상태 파악 및 상황 인식 모델 확보를 통해서 다양한 유사 분야에서의 적용이 가능. 이를 이용한 개인 맞춤형 인터페이스 모듈 개발과 추후 관련 연구 기관 및 회사에 기술 이전 가능</li> <li>○ 영상센서 및 생체신호센서 기반 데이터를 이용하기 때문에 피로도 및 감정파악, 영상정보의 파악에 용이하며 개인화된 모니터링 시스템에 적용가능</li> <li>○ 실제로로 자율주행 환경에서 운전자의 특성, 성향, 운전자상태 및 차량의 내부 상황정보를 종합적으로 분석/판단하여 운전자의 성별/연령별 UX 시나리오 도출 및 최적 UI와의 융합을 통한 자율주행차량의 주행안전성, 편의성, 수용성을 향상시킬 수 있는 차세대 기술로 이용</li> <li>○ 궁극적으로 전기전자 및 정보통신 기술 등 다양한 분야의 융·복합을 통하여 단순한 기술개발이 아닌 안전, 편의, 환경, 생태계를 아우르는 융합 기술 확보 및 활용</li> <li>○ 다양한 시뮬레이션 환경 및 다수의 실험자를 대상으로 실험을 확대하여 상용화 가능성 판단이 필요</li> <li>○ 기존 연구에서 제안된 방법과의 결합을 통한 시스템 성능 향상 연구로의 발전 가능</li> <li>○ 상용화를 위한 알고리즘 최적화에 관한 추가 연구 필요</li> </ul>                                                                 |
| 핵심어 (5개 이내)         | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>자율주행</span> <span>주행모드</span> <span>다중센서</span> <span>사고예측</span> <span>신호처리</span> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## < SUMMARY >

### Purpose & Contents

- **Final Goal**
  - Development of driver state awareness and context recognition system for the accident risk prediction and prevention when automatically switching the driving mode in the autonomous vehicle
- **Detailed Goals**
  - Multiple cameras and biometric signal sensor modules analysis and optimal synthesis technology developed signal processing (Real-time signal synthesis system)
  - Multi-sensor-based driver fatigue recognition and quantitative measurement technologies (over 80% success rate)
  - Developing multi-sensor-based driver's emotional state recognition and judgment (over 80% success rate)
  - Verification and recognition of individual modules complement to a variety of environments (over 80% success rate)
  - Quantitative measurement development to expect the accident risk and construct the database in various environment (building robust systems to changing environmental conditions)
  - Situation recognition and accident expectation development using the correlation between objects and the driver (over 90% success rate)
  - System performance analysis and correction in real situation (over success rate 90%)
- **Research1: Optimal synthesis technique for multi-cameras and biometric sensors**
  - Wide angle acquisition using stereo camera and driver's depth acquisition using depth image from stereo adjustment technique
  - Pre-processing technique to remove noise signal and stable image acquisition in the low illumination condition and the external environment change using RGB and IR cameras
  - Sensor position and type selection considering the physical contact of the driver in vehicle and integration module development for heart rate and various biometric sensors
- **Research2: Driver condition recognition and quantitative measurement technique based on multi-camera and biometric sensors**
  - Real-time image segmentation to divide background and a driver in the vehicle
  - Development of GPU-based parallel processing technique of the machine learning-based face and eye tracking for improved recognition and real-time processing
  - Complexity reduction technique developed over the required area of interest information extraction and feature extraction technique for the driver state awareness
- **Research3: Correlation analysis of the circumstances and driver recognition techniques**
  - multi-object image segmentation and tracking technique development among driver, passengers and interest objects
  - Real-time processing and parallel processing techniques for improving the accuracy during the limited resource for multi-object tracking technique
  - Decision model accuracy improvement for accident risk expectation using various signal synthesis and optimization
- **Research4: Database construction for customized driver and driving mode change study**
  - Quantitative technique and feature vector selection study for individual driver classification
  - Low volume database construction in signal synthesis and optimization from individual driver-based multi-camera and biometric sensors
  - Automatic vehicle driving mode transition study based on driver biometric signal recognition and situation recognition using optimization database

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |              |                     |                   |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------------|-------------------|
| Results               | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>Optimal synthesis technique for multi-cameras and biometric sensors</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Purpose: integrating signals with various input formats and overcoming the difficulty of applying the system</li> <li>□ Key performance: optimal processing model development for real-time signal processing-based biometric sensors and multiple camera signals</li> </ul> </li> <li>○ <u>Driver condition recognition and quantitative technique based on multi-sensors</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Purpose: providing information in automatic driving transition using multi-sensors data</li> <li>□ Key performance: driver condition decision model development for automatic driving transition</li> </ul> </li> <li>○ <u>Correlation analysis of the circumstances and object recognition techniques</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Purpose: providing information as to whether the ambient conditions may cause an accident to the driver</li> <li>□ Key performance: circumstance analysis system development for autonomous vehicles</li> </ul> </li> <li>○ <u>Optimization method for constructing personalized user database</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Purpose: Accurate accident prediction about individual users and users judgment</li> <li>□ Key performance: The development of interface system and constructing adaptive database model based on the individual users</li> </ul> </li> </ul> |              |              |                     |                   |
| Expected Contribution | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Definition and application of technology based on software for a driver condition prediction model using acquired data from multi cameras and biometric sensors in an autonomous vehicle</li> <li>○ The technology can be applied to similar various fields by predicting context awareness model through recognizing driver fatigue and emotion. It is possible to develop an personalized user interface module and transfer the technology at the related research institutes</li> <li>○ It is easy to recognize the driver fatigue, the emotion and shape data because of data based on image sensor and biosensor, and hence, it can be applied to a personalized monitoring system</li> <li>○ It is possible to use next generation technology that can improve driving safety, convenience and acceptability (by gender/age group scenarios-derived UX and optimized UI) of the autonomous vehicle on real road through analyzing comprehensive data that is driver characteristics, driver condition, and context data inside the vehicle</li> <li>○ The ultimate purpose is not just to develop the technology but to secure a fusion technology through fusing various fields such as electrical and electronics, information technology.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                            |              |              |                     |                   |
| Keywords              | Autonomous driving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Driving mode | Multi-sensor | Accident prediction | Signal processing |

# 〈 Contents 〉

|                                                                                                                                                          |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>CHAPTER 1. Introduction of Research and Development Task</b>                                                                                          |      |
| <b>1. Goal of R &amp; D</b>                                                                                                                              |      |
| 1-1. Final Goal                                                                                                                                          | p 10 |
| 1-2. Goals and Contents of R & D by year                                                                                                                 | p 11 |
| 1-3. Differentiation from Existing R & D Tasks                                                                                                           | p 15 |
| 1-4. R & D Performance and Evaluation Method                                                                                                             | p 17 |
| <b>2. Necessity of Research and Development</b>                                                                                                          |      |
| 2-1. Introduction                                                                                                                                        | p 25 |
| 2-2. R & D Achievements                                                                                                                                  | p 27 |
| 2-3. Importance of R & D                                                                                                                                 | p 28 |
| <b>3. R &amp; D Scope</b>                                                                                                                                |      |
| 3-1. Research Stage                                                                                                                                      | p 28 |
| 3-2. R & D Promotion Strategy and Method                                                                                                                 | p 29 |
| 3-3. Schedule                                                                                                                                            | p 33 |
| <b>CHAPTER 2. Status of Domestic and Overseas Technology Development</b>                                                                                 |      |
| 1. Domestic                                                                                                                                              | p 35 |
| 2. Oversea                                                                                                                                               | p 36 |
| <b>CHAPTER 3. Research Performance and Achievements</b>                                                                                                  |      |
| <b>1. Research Activities</b>                                                                                                                            |      |
| 1-1. Driver Emotion State Recognition and Judgment Technique                                                                                             | p 40 |
| 1-2. Driver Fatigue State Classification Technique                                                                                                       | p 43 |
| 1-3. Eye Tracking Based on Multiple Driver Recognition Technique                                                                                         | p 46 |
| 1-4. Eye Tracking System Reliability Measurement Technique                                                                                               | p 48 |
| 1-5. External Environment Situation Recognition Method for Automatic<br>Switching of Autonomous Driving Mode                                             | p 49 |
| 1-6. Research on Driving Simulation Environment System                                                                                                   | p 51 |
| 1-7. Infrared Image-based Driver Identification System                                                                                                   | p 53 |
| 1-8. Infrared Image-based Driver Emotion Recognition System                                                                                              | p 57 |
| 1-9. Driver Fatigue State Classification Technique Based on Deep Learning                                                                                | p 60 |
| 1-10. Front Vehicle Collision Avoidance Technique Based on Machine Learning                                                                              | p 63 |
| <b>2. Result</b>                                                                                                                                         |      |
| 2-1. R & D Performance and Evaluation Method                                                                                                             | p 66 |
| 2-2. Self-assessment of Performance Goals                                                                                                                | p 67 |
| 2-3. R & D Achievements                                                                                                                                  | p 67 |
| <b>CHAPTER 4. Achievement of Goal and Contribution to Relevant Field</b>                                                                                 |      |
| 1. Achievement of Goal                                                                                                                                   | p 71 |
| 2. Contribution to Relevant Field                                                                                                                        | p 72 |
| <b>CHAPTER 5. Plan to Utilize R &amp; D Achievements</b>                                                                                                 | p 73 |
| <b>CHAPTER 6. Collected Information of Overseas Science and Technology</b>                                                                               | p 74 |
| <b>CHAPTER 7. Security Rating of R &amp; D Achievement</b>                                                                                               | p 75 |
| <b>CHAPTER 8. Status of Research Facilities and Equipment Registered in the National<br/>    Science and Technology Comprehensive Information System</b> | p 76 |
| <b>CHAPTER 9. Implementation of Safety Measures in Laboratories based on R &amp; D Tasks</b>                                                             | p 77 |
| <b>CHAPTER 10. Representative Research Achievements of R &amp; D Tasks</b>                                                                               | p 79 |
| <b>CHAPTER 11. Etc.</b>                                                                                                                                  | p 82 |
| <b>CHAPTER 12. References</b>                                                                                                                            | p 83 |

# 〈 목 차 〉

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>제1장. 연구개발과제의 개요</b>                       | .....     |
| 1. 연구개발 목적                                   | .....     |
| 1-1. 연구개발의 최종 목표                             | .....p 10 |
| 1-2. 연차별 연구개발 목표 및 내용                        | .....p 11 |
| 1-3. 기존 연구개발과제와의 차별성                         | .....p 15 |
| 1-4. 연구개발성과 및 평가 방법                          | .....p 17 |
| 2. 연구개발의 필요성                                 | .....     |
| 2-1. 연구개발의 개요                                | .....p 25 |
| 2-2. 연구개발성과                                  | .....p 27 |
| 2-3. 연구개발의 중요성                               | .....p 28 |
| 3. 연구개발 범위                                   | .....     |
| 3-1. 연구 단계                                   | .....p 28 |
| 3-2. 연구개발 추진전략 · 방법                          | .....p 29 |
| 3-3. 추진일정                                    | .....p 33 |
| <b>제2장. 국내외 기술 개발 현황</b>                     | .....     |
| 1. 국내                                        | .....p 34 |
| 2. 국외                                        | .....p 36 |
| <b>제3장. 연구 수행 내용 및 성과</b>                    | .....     |
| 1. 연구 수행 내용                                  | .....     |
| 1-1. 운전자 감정 상태 인식 및 판단기법                     | .....p 40 |
| 1-2. 운전자 피로 상태 분류 기법                         | .....p 43 |
| 1-3. 아이트래킹 기반 다수 운전자 인식 기법                   | .....p 46 |
| 1-4. 시선 추적 시스템 신뢰도 측정 기법                     | .....p 48 |
| 1-5. 자율 주행 모드 자동 전환을 위한 외부환경 상황 인식 기법        | .....p 49 |
| 1-6. 운전 시뮬레이션 환경 시스템에 관한 연구                  | .....p 51 |
| 1-7. 적외선 영상 기반 운전자 인식 시스템 기법                 | .....p 53 |
| 1-8. 적외선 영상 기반 운전자 감정 상태 인식 시스템 기법           | .....p 57 |
| 1-9. 딥러닝 기반 운전자 피로 상태 분류 기법                  | .....p 60 |
| 1-10. 머신 러닝 기반 전방 차량 충돌 방지 기법                | .....p 63 |
| 2. 성과                                        | .....     |
| 2-1. 연구개발성과 및 평가방법                           | .....p 66 |
| 2-2. 성과 목표에 대한 자체 평가                         | .....p 67 |
| 2-3. 연구개발 성과                                 | .....p 67 |
| <b>제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도</b>               | .....     |
| 1. 목표 달성도                                    | .....p 71 |
| 2. 관련 분야 기여도                                 | .....p 72 |
| <b>제5장. 연구개발성과의 활용계획</b>                     | .....p 73 |
| <b>제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보</b>           | .....p 74 |
| <b>제7장. 연구개발성과의 보안등급</b>                     | .....p 75 |
| <b>제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황</b>  | .....p 76 |
| <b>제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적</b> | .....p 77 |
| <b>제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적</b>               | .....p 79 |
| <b>제11장. 기타사항</b>                            | .....p 82 |
| <b>제12장. 참고문헌</b>                            | .....p 83 |

## 제1장. 연구개발과제의 개요

### 1. 연구개발 목적

#### 1-1. 연구개발의 최종 목표

| 구분    | 내용                                                                                                                          |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 최종 목표 | 자율주행차량에서 운전 주행 모드 전환 시 발생 가능한 사고 위험예측 및 방지 시스템 개발이 목표임                                                                      |
| 세부 목표 | 다중 카메라 및 생체 신호 센서 최적 합성을 통해 운전자 피로도와 감정 상태를 90% 이상 인식 가능한 시스템 개발로 사고 예측과 상황 인식을 통해 자율 및 수동 주행 모드 자동 전환 시스템의 원천 기술 개발을 목표로 함 |

#### 가. 다중 카메라 및 생체 신호 센서 개별 모듈 분석 및 최적 신호 처리 합성 기술 개발

- 다중 카메라 및 생체 센서 실시간 신호 합성 시스템 구축
- 생체 신호 센서 선택 시 범용 wearable 기기 (ex> 스마트 시계)나 향후 개발 가능한 기기 이외에 강제 착용을 배제할 예정

#### 나. 다중 센서 기반 운전자 피로도 인식 및 정량적 측정 기술 개발

- 다중 신호 처리를 통한 운전자 피로도 검출 성공률 80% 이상 달성

#### 다. 다중 센서 기반 운전자 감정 상태 인식 및 판단 기술 개발

- 다중 센서 기반 운전자 감정 상태 인식 및 판단 성공률 80% 이상 달성

#### 라. 다양한 환경에 대한 개별 모듈의 인식률 검증 및 보완

- 주변 환경 및 사용자 상태 변화에 따른 개별 모듈 인식률 90% 이상 달성
- 환경 조건 변화에 강인한 실시간 인식 시스템 구축

#### 마. 사고 위험 예측에 대한 정량적 측정 기법 개발 및 다양한 상황의 데이터베이스 구축

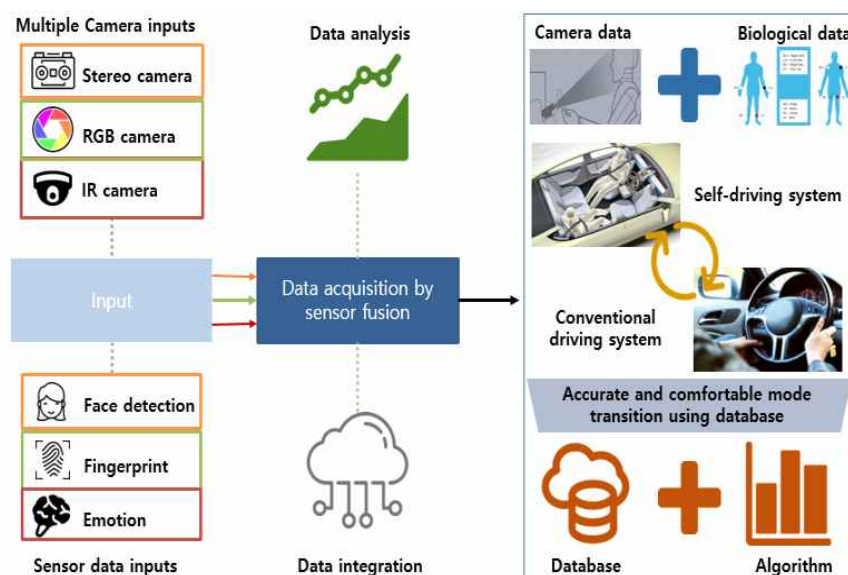
- 1차년도 수집 데이터를 바탕으로 다양한 상황별 데이터베이스 구축
- 사고 발생 가능성에 대한 확률적 모델 및 정량적 측정 기법 개발

#### 바. 물체와 운전자 간 상관관계 파악을 통한 상황 인식 및 사고 예측 기법 개발

- 다중 카메라 모듈의 물체 및 운전자 인식 성공률 90% 달성
- 객체 간 상관관계 파악을 통한 상황 인식과 사고 예측 성공률 90% 달성

#### 사. 실제 검증을 통한 실제 상황에서 시스템 성능 분석 및 보완

- 구축된 데이터베이스 기반 자동주행모드 판단 성공률 90% 달성
- 적용 대상 및 환경 변경 시 소프트웨어 변경만으로 확장 가능하도록 시스템 보완



연구개발 최종목표에 대한 개념도

## 1-2. 연차별 연구개발 목표 및 내용

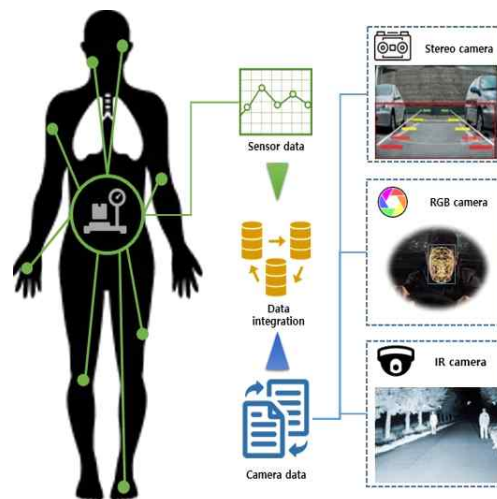
## 가. 1차 연도 (상반기)

## ① 개발 목표

- 다중카메라 및 생체신호 센서 최적 합성 기법 개발
- 합성 시스템의 주변 환경 변화에 따른 사용자 인식을 90% 이상
- 합성 시스템의 사용자 상태 변화에 따른 사용자 인식을 90% 이상

## ② 개발 내용 및 범위

- 차량 실내에는 다양한 온도, 조도 등의 환경 요인에 대한 고려가 필요하기 때문에 외부 조건에 강인한 시스템 구현을 위해서는 다양한 종류의 신호 획득 모듈이 필요함
- 본 과제에서는 RGB 화상, 적외선, 스테레오 카메라와 같은 다중 유형 카메라와 압력 센서, 심박 센서 등 이종 생체 신호 센서를 사용하므로 모듈별 최적 신호 합성이 매우 중요
- 스테레오 카메라를 이용한 광각 영상 획득 및 실시간 스테레오 정합 기술을 이용한 깊이 영상 획득을 통한 운전자 신체 부위의 수평, 수직, 깊이 정보 획득 기법 개발
- RGB 화상 및 적외선 카메라를 이용한 낮은 조도 환경 및 외부 환경 변화에 의한 급격한 조도 변화 시 안정적인 영상 획득 및 노이즈 신호 제거 가능한 전처리 기법 개발
- 이종 카메라 간 신호 합성을 위한 해상도, 색, 시야각 등 특성 보정 모듈 개발
- 운전자의 차량 내 신체 접촉 위치 및 상태 인식을 위해 필요한 센서 고정 위치 및 필요 센서 선정과 압력, 심박 센서 등 이종 센서 간 통합 신호 합성 모듈 개발



다중카메라 및 생체신호 센서 최적 합성 기법

| 연 차            | 주요 연구 활동                          | 세부 연구내용                                             |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1차 연도<br>(상반기) | ■ 다양한 카메라 및 센서 선정                 | - 사용 가능 카메라 및 생체 신호 센서 선정<br>- 신호 합성 및 통합을 위한 환경 구축 |
|                | ■ 선행 연구 자료 조사 및 성능 분석             | - 논문 및 특허와 상용 제품 자료 조사<br>- 기존 보정 알고리즘들의 성능 분석      |
|                | ■ 목표 성능 설정                        | - 운전자 인식 가능 수준의 성능 정량화<br>- 정량화된 데이터 기반 목표 수치 설정    |
|                | ■ 신호 합성 기법 성능 시험                  | - 다양한 환경에 대한 개별 모듈 성능 평가<br>- 최적 합성 모듈에 대한 성능 평가    |
|                | ■ 합성 신호의 개별 인식 모듈 성능 보정           | - 개별 인식 모듈 성능 보완<br>- 최적 합성 모듈 성능 보완                |
|                | ■ 실제 환경 검증 가능 시스템 구현 및 성능 시험과 최적화 | - 실제 환경 평가를 위한 환경 구축<br>- 해당 환경 내에 성능 평가 및 최적화      |

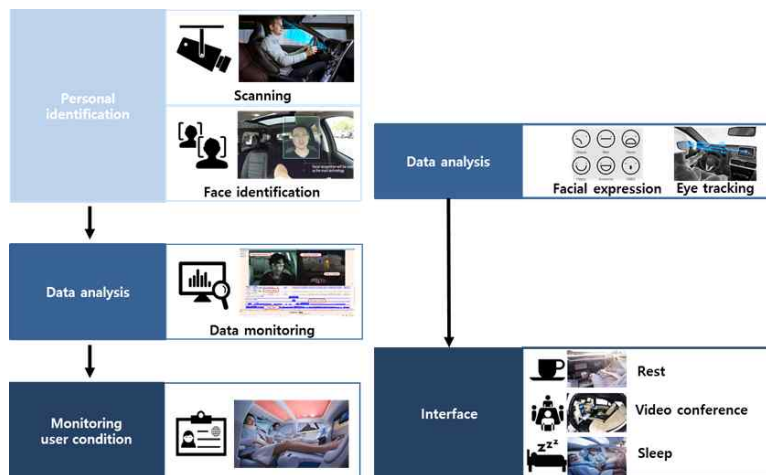
## 나. 1차 연도 (하반기)

## ① 개발 목표

- 다중 카메라 및 센서 기반 운전자 상태 인식 및 정량화 기법 개발
- 다중센서 기반 운전자 감정 상태 인식 및 판단 성공률 80% 이상 달성  
(운전자 및 탑승자 특화된 학습 기반 기법 개발 예정)
- 다중센서 기반 운전자 피로도 검출 성공률 80% 이상 달성

## ② 개발 내용 및 범위

- 차량 사고에 있어서 운전자의 피로도 혹은 감정 상태에 의해 발생 가능성이 크게 달라지므로 이를 인식 및 판단하기 위한 기법 및 정량화 연구가 매우 중요함
- 사고 발생 가능한 운전자 피로도 혹은 감정 상태 인식을 위한 기존 자료 분석 및 다중 센서에 의해 취득된 다양한 데이터에 대한 최적 데이터베이스화 연구  
(생체 신호에 대한 분석이 필요한 경우 관련 분야 전문가 자문 요청 예정)
- 차량 실내의 배경과 운전자간 분리를 위한 실시간 처리 가능한 영상 분할 기법 개발
- 인식을 향상을 위한 머신러닝 기반의 얼굴 및 시선 추적 알고리즘 개발과 해당 알고리즘의 실시간 처리를 위한 GPU 기반의 병렬 처리 기법 개발
- 운전자 상태 인식을 위해 필요한 관심 정보 영역 추출 및 특징점 추출 기법 연구와 해당 영역 연산을 통한 계산량 저감 기법 개발
- 운전자 피로도 및 감정 상태 추정을 위한 얼굴 표정 및 자세 분석과 생체 신호 센서의 신호 변화에 의한 정량적 차이 분석 기법 개발 및 정확도 향상
- 다양한 신호 합성을 통한 최종 판단 처리 기법 개발 및 최적화



다중 카메라 및 센서 기반 운전자 상태 인식 및 정량화 기법

| 연 차            | 주요 연구 활동                    | 세부 연구내용                                           |
|----------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|
| 1차 연도<br>(하반기) | ■ 선행 연구 자료 조사 및 성능 분석       | - 기존 특허 및 논문 자료 분석<br>- 각 알고리즘에 대한 성능 분석          |
|                | ■ 목표 성능 설정 및 정량화 기법 연구      | - 성능 판단을 위한 정량화 기법 연구<br>- 개별 알고리즘의 세부 목표 수준 결정   |
|                | ■ 실시간 처리 및 인식 성능 향상을 위한 최적화 | - 실시간 처리를 위한 병렬처리 기법 연구<br>- 정량화된 데이터 기반 목표 수치 설정 |
|                | ■ 전체 신호 합성 및 최종 판단 처리 기법 연구 | - 피로도 및 감정 상태 인식 모듈 연구<br>- 전체 모듈 합성 및 최적화        |
|                | ■ 인식을 향상을 위한 추가 연구          | - 다양한 환경 검증을 통한 개별 인식 모듈 성능 보완                    |
|                | ■ 실제 환경 검증 및 최적화            | - 실제 차량 환경 평가를 위한 환경 구축<br>- 해당 환경 내에 성능 평가 및 최적화 |

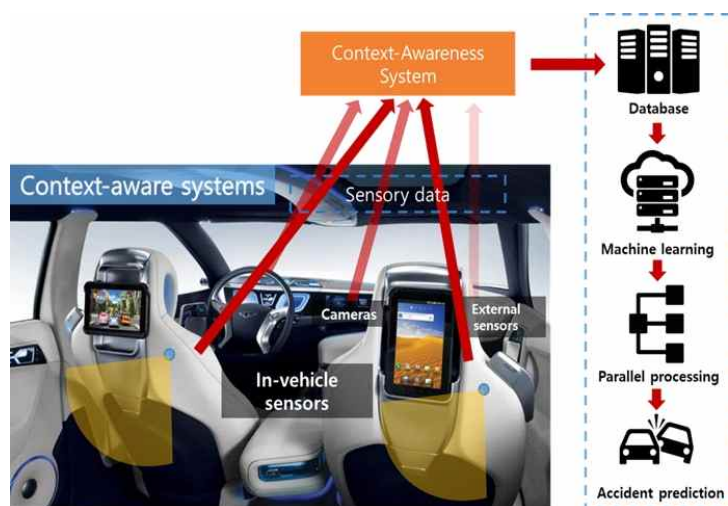
## 다. 2차 연도 (상반기)

## ① 개발 목표

- 주변 상황 분석 및 운전자 간 상관관계 인식 기법 개발
- 1차 연도 수집 데이터를 바탕으로 다양한 상황별 데이터베이스 구축
- 객체 간 상관관계 파악을 통한 상황 인식 성공률 90% 이상
- 인식된 상황 기반 사고 예측률 90% 이상

## ② 개발 내용 및 범위

- 자율 주행 차량의 경우 자율 운전 및 수동 운전 모드 전환이 필요하며, 단순 운전자 상태뿐만 아니라 운전자와 물체 및 탑승자 간 상황 분석이 필요함
- 분석된 상황을 통해서 모드 전환이 필요한 상황을 운전자에게 제시하여 차량 사고 위험 제거 가능하며, 이를 위한 정확한 상황 인식 기법 연구 필요
- 다양한 사고 가능 상황에 대한 기존 자료 분석을 통한 데이터베이스 구축
- 다양한 위치의 RGB 화상, 스테레오, 적외선 카메라 조합을 사용하여 동일 객체 인식을 위한 머신러닝 기반 시스템 개발
- 운전자와 탑승자 및 관심 물체의 다중 객체의 영상 분할 및 추적 가능 기법 개발
- 객체 이동 시 가려짐 현상 등 예외 상황에 강인한 예측 기반 추적 기법 개발
- 다중 객체 추적 시 제한된 자원 및 계산 가능 시간 내 정확도 향상을 위한 병렬 처리 기법 및 실시간 처리 가능 기법 연구 개발
- 다양한 신호 합성 및 최적화를 통한 사고위험 예측 판단 정확도 향상 기법 연구



주변 상황 분석 및 운전자 간 상관관계 인식 기법

| 연 차            | 주요 연구 활동               | 세부 연구내용                                          |
|----------------|------------------------|--------------------------------------------------|
| 2차 연도<br>(상반기) | ■ 선행 연구 자료 분석 및 환경 구축  | - 기존 특허 및 논문 자료 분석<br>- 개별 기존 알고리즘에 대한 성능 분석     |
|                | ■ 목표 성능 설정 및 정량화 기법 연구 | - 성능 판단을 위한 정량화 기법 연구<br>- 개별 알고리즘의 세부 목표 수준 결정  |
|                | ■ 개인 맞춤형 데이터베이스 구축     | - 운전자 특성 고려한 데이터베이스 구축<br>- 데이터베이스 최적화를 통한 저용량화  |
|                | ■ 자율주행차량용 주행 모드 전환 연구  | - 주행 모드 전환 판단 기준 정량화<br>- 운전자 특성 고려한 자동 전환 기법 연구 |
|                | ■ 전체 모듈 통합 및 최적화       | - 1,2차년도 개발된 전체 모듈 통합<br>- 중복 기능 제거 및 최적화        |
|                | ■ 실제 환경 검증 가능 및 최적화    | - 차량 내 환경 구축 및 성능 검증<br>- 개별 모듈 최적화 및 성능 보완      |

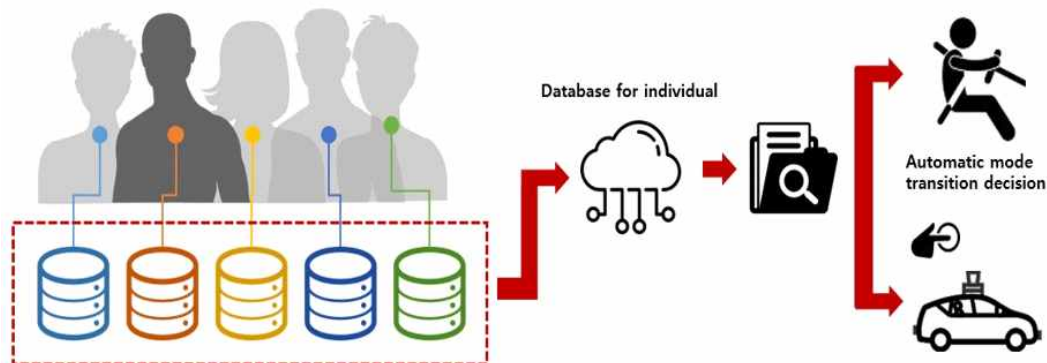
## 라. 2차 연도 (하반기)

## ① 개발 목표

- 개인 맞춤형 데이터베이스 구축 및 주행 모드 전환 기법 연구
- 구축 개인화 데이터베이스 기반 자동주행모드 판단 성공률 90% 이상
- 적용 대상 및 환경 변경 시 소프트웨어 변경만으로 확장 가능하도록 시스템 보완

## ② 개발 내용 및 범위

- 차량 운전자의 경우 일반적으로 고정된 수를 갖는 경우가 많으며, 운전자 마다 고유의 생체 정보 및 특성을 갖고 있기 때문에 이를 고려하기 위한 방법 연구 필요
- 일반적인 자가 차량의 최대 사용자 수(4인 이내)를 고려하여 얼굴, 생체 신호 등 신체 특성 기반 데이터베이스 구축
- 본 과제에서는 이를 위한 개인 맞춤형 기법을 연구할 계획이며, 이를 위해 각기 다른 운전자에 대한 데이터베이스 구축 및 최적화 연구를 진행할 계획
- 자율 주행 차량의 경우 자율 모드 및 수동 모드 전환 시 개별 운전자 특성을 고려하여 자동 전환 판단 기준에 대한 판단 기준 필요
- 개별 운전자 간의 구분을 위한 특징 벡터 선정 및 정량화 기법에 대한 연구
- 운전자 얼굴 인식 및 생체 신호 센서를 이용하여 고유의 특징 추정 및 구분 기준 선정
- 개별 운전자에 대한 다중 카메라 및 생체 신호 센서에서 취득된 신호 합성 및 최적화와 저용량의 데이터베이스 구축을 위한 최적화 기법 연구
- 최적화된 데이터베이스를 사용하여 운전자 생체 인식 및 상황 인식 기반 차량 주행 모드 자동 전환 기법 연구



개인 맞춤형 데이터베이스 구축 및 주행 모드 전환 기법 연구

| 연 차            | 주요 연구 활동               | 세부 연구내용                                          |
|----------------|------------------------|--------------------------------------------------|
| 2차 연도<br>(하반기) | ■ 선행 연구 자료 분석 및 환경 구축  | - 기존 특허 및 논문 자료 분석<br>- 개별 기존 알고리즘에 대한 성능 분석     |
|                | ■ 목표 성능 설정 및 정량화 기법 연구 | - 성능 판단을 위한 정량화 기법 연구<br>- 개별 알고리즘의 세부 목표 수준 결정  |
|                | ■ 개인 맞춤형 데이터베이스 구축     | - 운전자 특성 고려한 데이터베이스 구축<br>- 데이터베이스 최적화를 통한 저용량화  |
|                | ■ 자율주행차량용 주행 모드 전환 연구  | - 주행 모드 전환 판단 기준 정량화<br>- 운전자 특성 고려한 자동 전환 기법 연구 |
|                | ■ 전체 모듈 통합 및 최적화       | - 1,2차 년도 개발된 전체 모듈 통합<br>- 중복 기능 제거 및 최적화       |
|                | ■ 실제 환경 검증 가능 및 최적화    | - 차량 내 환경 구축 및 성능 검증<br>- 개별 모듈 최적화 및 성능 보완      |

#### 마. 평가 지표

##### ○ 인식을 측정을 위한 평가 지표 ( $F_1$ score)

###### □ True Positive(TP)

- 시스템이 positive라고 판단한 것 중에서 실제로 true인 것

###### □ False Positive(FP)

- 시스템이 positive라고 판단한 것 중에서 실제로 false인 것

###### □ True Negative(TN)과 False Negative(FN)도 비슷하게 정의됨

|       |          | 실제 정답(Ground truth)에 의해 결정 |                |
|-------|----------|----------------------------|----------------|
|       |          | True                       | False          |
| 실험 결과 | Positive | True Positive              | False Positive |
|       | Negative | False Negative             | True Negative  |

###### □ TP, TN, FP, FN을 조합해서 Precision, Recall, $F_1$ score를 계산함

###### □ 연구 개발 내용의 인식을 알고리즘을 평가 시 각 지표는 아래와 같이 정의

- Precision(P) : 분류한 인식 결과 중 실제 해당 상황이 일어난 비율
- Recall(R) : 실제 해당 상황이 일어났을 때 실제로 분류된 인식 결과의 비율
- $F_1$  score( $F_1$ ) : Precision과 Recall의 harmonic mean을 나타냄

###### □ 목적에 따른 각 평가지표의 중요도

- 해당 상황이 발생되었을 때 이를 모두 찾는 것이 목적이라면 Recall이 중요
- 해당 상황이 오 검출되는 것을 방지하는 것이 목적이라면 Precision이 중요
- Precision과 Recall은 trade-off관계에 있기 때문에, 두 평가지표를 합친  $F_1$  score가 일반적으로 가장 중요한 평가지표로 사용
- 따라서 본 과제에서는 두 가지 평가지표가 결합된  $F_1$  score를 사용할 예정임

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad R = \frac{TP}{TP + FN} \quad F_1 = 2 \times \frac{P \times R}{P + R}$$

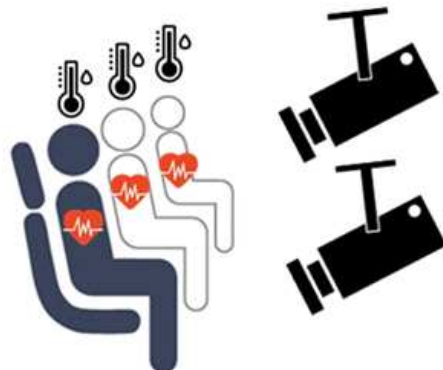
#### 1-3. 연구개발의 창의성 · 혁신성

##### ○ 기존 연구개발과제와의 차별성

| 과제명  | ICT기반 차량/운전자 협력자율주행 시스템(Co-Pilot)의 판단/제어 기술 개발                                                                                                                                            |        |                          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------|
| 사업명  | 한국전자통신연구원 연구개발지원사업                                                                                                                                                                        | 사업기간   | 2012.06.01. - 2017.02.28 |
| 수행기관 | 한국전자통신연구원                                                                                                                                                                                 | 과제진행상태 | 수행 중                     |
| 차별점  | -교통량이 적은 모의 일반도로환경에서 운전 제어권 변경을 통한 C-Pilot 주행 기술<br>-해당 과제의 경우 외부 주행 상황 인식 및 판단 기술이 주요 개발 기술임<br>-본과제의 경우 <b>차량 내부의 운전자 및 동승자 등 다중 인식 및 상황 파악 가능 기술</b> 로 개발 완료시 해당 과제 기술보다 더 상용화 가능성이 높음 |        |                          |

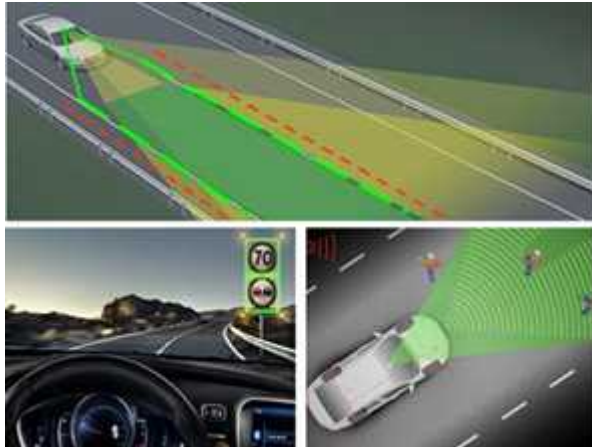


**기존:** 차량 외부 주행 상황 인식

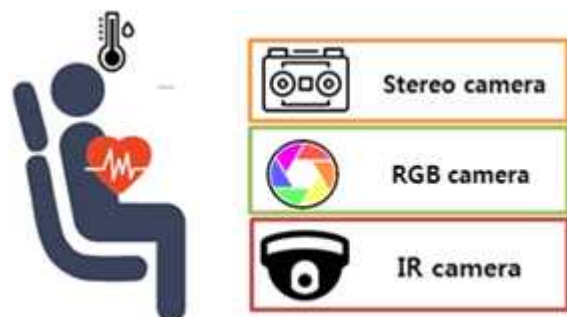


**제안:** 차량 내부 운전자 및 동승자 다중 인식

|             |                                                                                                                                                                                                           |               |                          |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------|
| <b>과제명</b>  | 자율주행차량용 반도체를 위한 HD급 영상 기반 실시간 처리 성능의 지능형 알고리즘 IP 구현                                                                                                                                                       |               |                          |
| <b>사업명</b>  | 산업현장핵심기술수시개발사업                                                                                                                                                                                            | <b>사업기간</b>   | 2015.12.01. - 2016.11.30 |
| <b>수행기관</b> | (주)넥스트칩                                                                                                                                                                                                   | <b>과제진행상태</b> | 수행 중                     |
| <b>차별점</b>  | -해당 과제는 운전자 보조 시스템 개발 및 검증을 위한 FPGA 및 SoC 플랫폼 개발 기술<br>-보행자 검출, 차선 인식, 표지판 인식, 이동 피사체 검출 등 차량 외부 객체 인식 기술<br>-본 과제는 <b>차량 내부의 객체 인식 및 객체 간 상관관계 파악과 상황 인식 기술 개발을 통한 주행 모드 전환</b> 이 목적이므로 기술 개발 측면에서 매우 다름 |               |                          |

기존: 차량 외부의 객체 인식 초점제안: 차량 내부의 객체 인식 초점

|             |                                                                                                                                                                                                    |               |                          |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------|
| <b>과제명</b>  | 노령운전자의 안전운전 지원을 위한 운전 작업 중심의 객체 기반 시각적 주의 집중 기술 개발 연구                                                                                                                                              |               |                          |
| <b>사업명</b>  | 교육과학기술부/기초연구지원사업                                                                                                                                                                                   | <b>사업기간</b>   | 2010.09.01. - 2015.08.31 |
| <b>수행기관</b> | 서울디지털대학교                                                                                                                                                                                           | <b>과제진행상태</b> | 종료                       |
| <b>차별점</b>  | -해당 과제는 65세 이상 노령 운전자의 식별 오류 등에 대한 안전 운전 지원이 목표임<br>-구체적으로 신체의 일부분인 시각적 주의 집중에 대해서 분석 및 판단하는 기술임<br>-본 과제는 시각뿐만 아니라 <b>다양한 생체 신호와 다중 카메라를 이용하여 신체의 움직임과 객체 간 상황 분석 및 인식하는 기술</b> 로 기술적인 측면에서 매우 다름 |               |                          |

기존: 단일 카메라를 이용한 시각정보에만 초점을 맞춘 운전자 식별제안: 생체정보와 다중카메라를 이용한 운전자식별

## 1-4. 연구개발성과 및 평가 방법

## ○ 성과 목표

| 성과지표               | 성과 목표 | 최소 성과 목표 |
|--------------------|-------|----------|
| SCI(E)급 학술지 게재(2점) | 1건    | 1건       |
| 일반학술지게재(1점)        | 3건    | 2건       |
| 특허출원(1점)           | 2건    | 2건       |
| 특허등록(2점)           |       |          |
| 디자인 등록(1점)         |       |          |
| 소프트웨어(1점)          |       |          |
| 하드웨어(1점)           |       |          |
| 기타(1점)             | 4건    |          |
| 소계(점수)             | 11점   | 6점       |

## &lt; 성과지표별 점수 &gt;

| 성과지표                                          | 점수 |
|-----------------------------------------------|----|
| 국내 학술지, 국토교통분야 IF평균('14년 기준) 미만 SCI(E)급 학술지게재 | 1점 |
| 국토교통분야 IF평균('14년 기준) 이상 SCI(E)급 학술지* 게재       | 2점 |
| 특허출원                                          | 1점 |
| 특허등록                                          | 2점 |

## ○ 성과 점검 기준표

| 구분 | 핵심성과<br>(CTE) |                                           | 단위성과                                                                       | 성과점검기준                                       |     |           |                                               |                                                           |         | 양적 성과<br>건수                                             |
|----|---------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----|-----------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------|
|    |               |                                           |                                                                            | 질적 성과지표                                      | 목표치 | 달성치       | 측정방<br>법                                      | 검증방<br>법                                                  | 가중<br>치 |                                                         |
| 주관 | 1             | 다중 카메라<br>및 생체 신<br>호 센서 최<br>적 합성 기<br>법 | 1-1<br>실시간 처리<br>가능한<br>생체신호 센서<br>및 다중<br>카메라 신호에<br>대한 최적<br>처리 모델<br>개발 | ① 주변 환경<br>변화에 따른<br>사용자<br>인식률              | 90% | 90%<br>이상 | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 차량 상황<br>을 고려한<br>외부 환경<br>요소 변화<br>에 따른<br>인식률 계<br>산    | 10      | 특허: 출원 1 건<br>등록: 1 건<br>논문: 1 건<br>사제품: 1 건<br>SW: 1 건 |
|    |               |                                           |                                                                            | ② 사용자 상태<br>변화에 따른<br>사용자<br>인식률             | 90% | 90%<br>이상 | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 차량 내부<br>의 사용자<br>상태 및<br>위치 변화<br>에 따른<br>인식률 계<br>산     | 15      |                                                         |
|    | 2             | 다중 센서<br>기반 운전자<br>상태 인식<br>및 정량화<br>기법   | 1-2<br>주행 모드<br>자동 전환을<br>위한 운전자<br>상태 판단<br>모델 개발                         | ① 운전자 감정<br>상태 인식 및<br>판단 성공률                | 80% | 80%<br>이상 | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 실제 감정<br>상태에 대<br>한 데이터<br>베이스화를<br>통해 성공<br>률 판단         | 15      | 특허: 출원 1 건<br>등록: 1 건<br>논문: 1 건<br>사제품: 1 건<br>SW: 1 건 |
|    |               |                                           |                                                                            | ② 운전자<br>피로도 검출<br>성공률                       | 80% | 80%<br>이상 | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 계측된 피<br>로도를 통<br>해 운전자의<br>피로도와<br>비교                    | 15      |                                                         |
|    | 3             | 주변 상황<br>분석 및 객<br>체 간 상관<br>관계 인식<br>기법  | 2-1<br>자율주행<br>차량을 위한<br>주변상황 분석<br>시스템 개발                                 | ① 객체 간<br>상관관계<br>파악을 통한<br>상황 인식<br>성공률     | 90% | 90%<br>이상 | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 인지적 상<br>관 관계에<br>대한 데이<br>터베이스를<br>통해 성공<br>률 판단         | 10      | 특허: 출원 1 건<br>등록: 1 건<br>논문: 1 건<br>사제품: 1 건<br>SW: 1 건 |
|    |               |                                           |                                                                            | ② 인식된 상황<br>기반 사고<br>예측률                     | 90% | 90%<br>이상 | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 사고 발생<br>상황에 대<br>한 기존 자<br>료를 통한<br>데이터베이<br>스를 통해<br>판단 | 15      |                                                         |
|    | 4             | 개인 맞춤형<br>데이터 베 이<br>스 구축 최<br>적화 기법      | 2-2<br>사용자에 따른<br>적응적<br>데이터베이스<br>모델 구축 및<br>인터페이스<br>시스템 개발              | ① 구축 개인화<br>데이터베이스<br>기반<br>자동주행모드<br>판단 성공률 | 90% | 90%<br>이상 | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 수집된 개<br>별 사용자<br>별 데이터<br>베이스를<br>통한 성공<br>률 판단          | 20      | 특허: 출원 1 건<br>등록: 1 건<br>논문: 1 건<br>사제품: 1 건<br>SW: 1 건 |
| 계  |               |                                           |                                                                            |                                              |     |           |                                               |                                                           | 100     | 특허: 출원 2 건<br>등록: 2 건<br>논문: 4 건<br>사제품: 4 건<br>SW: 4 건 |

## [1차년도]

| 구분 | 핵심성과<br>(CTE) |                             | 단위성과                                                  | 성과점검기준                  |     |        |                                   |                                   |     | 양적 성과<br>건수                                            |
|----|---------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|-----|--------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|--------------------------------------------------------|
|    |               |                             |                                                       | 질적 성과지표                 | 목표치 | 달성치    | 측정방법                              | 검증방법                              | 가중치 |                                                        |
| 주관 | 1             | 다중 카메라 및 생체 신호 센서 최적 합성 기법  | 1-1<br>실시간 처리 가능한 생체신호 센서 및 다중 카메라 신호에 대한 최적 처리 모델 개발 | ① 주변 환경 변화에 따른 사용자 인식을  | 90% | 90% 이상 | 정량적 검출률 (F <sub>1</sub> score) 계산 | 차량 상황을 고려한 외부 환경 요소 변화에 따른 인식을 계산 | 10  | 특허: 출원 1 건<br>등록 1 건<br>논문: 1 건<br>시제품: 1 건<br>SW: 1 건 |
|    |               |                             |                                                       | ② 사용자 상태 변화에 따른 사용자 인식을 | 90% | 90% 이상 | 정량적 검출률 (F <sub>1</sub> score) 계산 | 차량 내부의 사용자 상태 및 위치 변화에 따른 인식을 계산  | 15  |                                                        |
|    | 2             | 다중 센서 기반 운전자 상태 인식 및 정량화 기법 | 1-2<br>주행 모드 자동 전환을 위한 운전자 상태 판단 모델 개발                | ① 운전자 감정 상태 인식 및 판단 성공률 | 80% | 80% 이상 | 정량적 검출률 (F <sub>1</sub> score) 계산 | 실제 감정 상태에 대한 데이터베이스화를 통해 성공률을 판단  | 15  | 특허: 출원 1 건<br>등록 1 건<br>논문: 1 건<br>시제품: 1 건<br>SW: 1 건 |
|    |               |                             |                                                       | ② 운전자 피로도 검출 성공률        | 80% | 80% 이상 | 정량적 검출률 (F <sub>1</sub> score) 계산 | 계측된 피로도를 통해 운전자의 피로도와 비교          | 15  |                                                        |
| 계  |               |                             |                                                       |                         |     |        |                                   |                                   | 55  | 특허: 출원 1 건<br>등록 1 건<br>논문: 2 건<br>시제품: 1 건<br>SW: 1 건 |

## [2차년도]

| 구분 | 핵심성과<br>(CTE) |                            | 단위성과                                           | 성과점검기준                           |     |        |                                   |                                      |     | 양적 성과<br>건수                                             |
|----|---------------|----------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|-----|--------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------|
|    |               |                            |                                                | 질적 성과지표                          | 목표치 | 달성치    | 측정방법                              | 검증방법                                 | 가중치 |                                                         |
| 주관 | 3             | 주변 상황 분석 및 객체 간 상관관계 인식 기법 | 2-1<br>자율주행 차량을 위한 주변상황 분석 시스템 개발              | ① 객체 간 상관관계 파악을 통한 상황 인식 성공률     | 90% | 90% 이상 | 정량적 검출률 (F <sub>1</sub> score) 계산 | 인지적 상관관계에 대한 데이터베이스를 통해 성공률 판단       | 10  | 특허: 출원 1 건<br>등록: 1 건<br>논문: 1 건<br>시제품: 1 건<br>SW: 1 건 |
|    |               |                            |                                                | ② 인식된 상황 기반 사고 예측률               | 90% | 90% 이상 | 정량적 검출률 (F <sub>1</sub> score) 계산 | 사고 발생 상황에 대한 기존 자료를 통한 데이터베이스를 통해 판단 | 15  |                                                         |
|    | 4             | 개인 맞춤형 데이터베이스 구축 최적화 기법    | 2-2<br>사용자에 따른 적응적 데이터베이스 모델 구축 및 인터페이스 시스템 개발 | ① 구축 개인화 데이터베이스 기반 자동주행모드 판단 성공률 | 90% | 90% 이상 | 정량적 검출률 (F <sub>1</sub> score) 계산 | 수집된 개별 사용자별 데이터베이스를 통한 성공률 판단        | 20  | 특허: 출원 1 건<br>등록: 1 건<br>논문: 1 건<br>시제품: 1 건<br>SW: 1 건 |
| 계  |               |                            |                                                |                                  |     |        |                                   |                                      | 45  | 특허: 출원 1 건<br>등록: 1 건<br>논문: 2 건<br>시제품: 1 건<br>SW: 1 건 |

## ○ 핵심 연구 성과

| 연번 | 핵심성과 (CTE)                  | 핵심성과 설명                                                                                                                                                                                                 | 성과 유형 <sup>1)</sup> | 연구기관  | 해당 연차 | TRL |
|----|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------|-------|-----|
| 1  | 다중 카메라 및 생체 신호 센서 최적 합성 기법  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정의: 다중 카메라 및 생체신호 모듈 신호 합성</li> <li>■ 목적: 다양한 입력 포맷을 갖는 신호들에 대한 통합 및 시스템 적용의 어려움 극복</li> <li>■ 핵심성과: 실시간 처리 가능한 생체신호 센서 및 다중 카메라 신호에 대한 최적 처리 모델 개발</li> </ul> | 시스템                 | 서강대학교 | 1     | 4   |
| 2  | 다중 센서 기반 운전자 상태 인식 및 정량화 기법 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정의: 다중 센서 기반 운전자 상태 인식 시스템</li> <li>■ 목적: 다양한 센서를 통한 운전자의 상태를 판단하여 주행 모드 자동 전환 시 판단 정보 제공</li> <li>■ 핵심성과: 주행 모드 자동 전환을 위한 운전자 상태 판단 모델 개발</li> </ul>          | 시스템                 | 서강대학교 | 1     | 4   |
| 3  | 주변 상황 분석 및 객체 간 상관관계 인식 기법  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정의: 주변 상황 분석 및 객체 상관관계 인식</li> <li>■ 목적: 주변 상황이 운전자에게 사고를 유발할 수 있는지 판단 정보 제공</li> <li>■ 핵심성과: 자율주행차량을 위한 주변상황 분석 시스템 개발</li> </ul>                             | 시스템                 | 서강대학교 | 2     | 4   |
| 4  | 개인 맞춤형 데이터베이스 구축 최적화 기법     | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정의: 개인 사용자 맞춤 데이터베이스 구축</li> <li>■ 목적: 다중 사용자가 아닌 개인 사용자에게 초점을 맞춰 정확한 사고 예측 및 사용자 판단 가능</li> <li>■ 핵심성과: 사용자에게 따른 적응적 데이터베이스 모델 구축 및 인터페이스 시스템 개발</li> </ul>   | 시스템                 | 서강대학교 | 2     | 4   |

## ○ 핵심 연구 성과별 설명

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>핵심성과 1</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |
| <b>정의</b>                      | 다중카메라 및 생체 신호 센서 최적 신호 처리 합성 기법 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
| <b>목적</b>                      | <input type="checkbox"/> 기존의 알고리즘은 개별 모듈로서의 잡음을 제거하여 물체 또는 배경 인식 알고리즘 구현<br><input type="checkbox"/> 제안하는 방법은 다중카메라 및 다양한 생체 센서를 사용하여 물체나 상황을 인식하는 알고리즘 구현<br><input type="checkbox"/> 다중카메라 및 다중센서를 사용할 시 발생하는 급격한 조도변화, 노이즈 등의 신호 제거 가능한 전처리 기법 개발<br><input type="checkbox"/> 이중 카메라 간 신호 합성을 위한 해상도, 색, 시야각 등 특정 보정 모듈 개발                                                           |            |
| <b>성능목표</b>                    | (기존기술 수준)<br><input type="checkbox"/> 기존 기술의 경우 생체 신호 센서를 통합한 다중 센서 합성 시스템 구축을 통한 차량 내부 인식 시스템은 존재하지 않음<br><input type="checkbox"/> 일반 인식 시스템은 주변 환경 및 사용자 상태 변화를 고려하지 못함<br><br>(개발기술 수준)<br><input type="checkbox"/> 다중 카메라 및 생체 센서 실시간 신호 합성 시스템 구축<br><input type="checkbox"/> 합성 시스템의 주변 환경 변화에 따른 사용자 인식을 90% 이상<br><input type="checkbox"/> 합성 시스템의 사용자 상태 변화에 따른 사용자 인식을 90% 이상 |            |
| <b>성과달성 책임자<br/>(소속기관)</b>     | 강석주 (서강대학교 산학협력단)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |
| <b>소요기간</b>                    | '16.06 ~ '16.12(6개월, 1년차)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
| <b>성과달성<br/>확인방법</b>           | <input type="checkbox"/> 기존 개별 인식 모듈과의 외부조건 및 사용자 상태 변화에 따른 성능비교<br><input type="checkbox"/> 다양한 환경에 따른 최적 합성 모듈 성능 인식을 확인                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
| <b>성과달성에<br/>따른 정량적<br/>성과</b> | 특허 출원/등록                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 출원 : 1건    |
|                                | 논문                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 일반학술지 : 1건 |
|                                | 저작                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0건         |
|                                | S/W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0건         |
|                                | 신기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0건         |
|                                | 기타                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 국내·외 학회 1건 |

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>핵심성과 2</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| <b>정의</b>              | 다중 카메라 및 센서 기반 운전자 상태 인식 판단 알고리즘                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
| <b>목적</b>              | <input type="checkbox"/> 완전한 자율주행차량이 상용화가 되거나 법제화가 되지 않은 상태에서 차량 사고는 운전자의 피로도 및 감정 상태 판단 중요<br><input type="checkbox"/> 사고 발생 가능한 운전자 피로도 및 감정 상태 인식을 위한 기존 자료 분석 및 다중 센서의 의해 취득된 다양한 데이터에 대한 연구<br><input type="checkbox"/> 운전자 인식을 위한 차량 실내 배경 및 운전자간 분리를 위한 실시간 처리 영상기법 개발<br><input type="checkbox"/> 다중 신호를 기반으로 한 정량적 차이 분석 기법 개발 및 운전자 상태 판단 알고리즘 구현                                                                                    |            |
| <b>성능목표</b>            | (기존기술 수준)<br><input type="checkbox"/> 기존 시스템의 경우 운전자 시선 추적 기반의 피로도 검출 시스템은 존재하지만 외부 환경 요인에 의해 판단 성공률은 60% ~ 75%로 가변<br><input type="checkbox"/> 운전자 감정 상태 인식 기술은 차량에 적용된 사례를 존재하지 않음<br><input type="checkbox"/> 일반 감정 상태 인식 기술은 아직 초보적인 단계이며, 상용화 수준과 격차 존재함<br><br>(개발기술 수준)<br><input type="checkbox"/> 다중센서 기반 운전자 감정 상태 인식 및 판단 성공률 80% 이상 달성 (운전자 및 탑승자 특화된 학습 기반 기법 개발 예정)<br><input type="checkbox"/> 다중센서 기반 운전자 피로도 검출 성공률 80% 이상 달성 |            |
| <b>성과달성 책임자 (소속기관)</b> | 강석주 (서강대학교 산학협력단)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
| <b>소요기간</b>            | '17.01 ~ '17.06(6개월, 1년차)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
| <b>성과달성 확인방법</b>       | <input type="checkbox"/> 실제 측정 가능한 운전자 피로도 및 감정인식 모듈과의 정량적인 성능비교<br><input type="checkbox"/> 실제 차량 환경 평가를 위한 환경 구축 및 해당 환경 내에 성능 평가                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |
| <b>성과달성에 따른 정량적 성과</b> | 특허 출원/등록                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0건         |
|                        | 논문                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 일반학술지 : 1건 |
|                        | 저작                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0건         |
|                        | S/W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0건         |
|                        | 신기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0건         |
|                        | 기타                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 국내·외 학회 1건 |

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>핵심성과 3</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |
| <b>정의</b>                      | 주변 상황 분석 데이터 및 운전자 분석 데이터 상관관계인식 기법                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |
| <b>목적</b>                      | <input type="checkbox"/> 자율주행차량의 경우 자동 운전 및 수동 운전이 가능한 수준이 정해져 있으며, 이때 단순 운전자 상태뿐만 아니라 운전자와 물체 및 탑승자 간 정확한 분석 필요<br><input type="checkbox"/> 분석된 상황을 통해 모드 전환이 필요한 상황을 운전자에게 제시 및 차량 사고 위험 제거 가능<br><input type="checkbox"/> 사고 예측 및 예방을 위해서 기존 자료 분석 및 데이터베이스 구축<br><input type="checkbox"/> 주변상황 인식 알고리즘 및 운전자 상태판단 기술의 통합 및 통합신호 처리 알고리즘 구현 |             |
| <b>성능목표</b>                    | (기존기술 수준)<br><input type="checkbox"/> 다양한 상황별 데이터베이스 존재하지 않음<br><input type="checkbox"/> 객체와 운전자간 상황 분석 및 인식 기술 역시 존재하지 않음<br>(개발기술 수준)<br><input type="checkbox"/> 1차 년도 수집 데이터를 바탕으로 다양한 상황별 데이터베이스 구축<br><input type="checkbox"/> 객체 간 상관관계 파악을 통한 상황 인식 성공률 90% 이상<br><input type="checkbox"/> 인식된 상황 기반 사고 예측률 90% 이상                     |             |
| <b>성과달성 책임자<br/>(소속기관)</b>     | 강석주 (서강대학교 산학협력단)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |
| <b>소요기간</b>                    | '17.07 ~ '17.12(6개월, 2년차)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |
| <b>성과달성<br/>확인방법</b>           | <input type="checkbox"/> 기존 사고 유형 분석을 통한 데이터베이스의 신뢰성 향상 및 비교<br><input type="checkbox"/> 인지적 판단 가능한 상황과의 자동 검출된 상황과의 정량적 비교                                                                                                                                                                                                                    |             |
| <b>성과달성에<br/>따른 정량적<br/>성과</b> | 특허 출원/등록                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 출원 : 1건     |
|                                | 논문                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | SCI(E) : 1건 |
|                                | 저작                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0건          |
|                                | S/W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0건          |
|                                | 신기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0건          |
|                                | 기타                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 국내·외 학회 1건  |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 핵심성과 4                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |
| 정의                    | 개인 맞춤형 데이터베이스 구축 및 주행 모드 전환 기법 연구                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |
| 목적                    | <div><input type="checkbox"/> 차량 운전자의 경우 일반적으로 고정되어 있으며 운전자마다 고유의 생체 정보 및 특성을 가지고 있어 이를 고려하여 개인 맞춤형 데이터베이스 구축 가능</div> <div><input type="checkbox"/> 개인 맞춤형 기법 연구를 통한 시스템 최적화 기법 연구</div> <div><input type="checkbox"/> 개별 운전자에 대한 다중카메라 및 생체 신호 센서에서 취득된 신호 합성 및 최적화 저용량 데이터베이스 구축</div> <div><input type="checkbox"/> 최적 데이터베이스를 활용하여 판단 알고리즘 구현 및 판단 기반 차량 주행 모드 자동 전환 기법 연구</div> |            |
| 성능목표                  | <div>(기존기술 수준)</div> <div><input type="checkbox"/> 기존 주행모드 전환 기술은 아직 존재하지 않음</div> <div>(개발기술 수준)</div> <div><input type="checkbox"/> 구축 개인화 데이터베이스 기반 자동주행모드 판단 성공률 90% 이상</div> <div><input type="checkbox"/> 적용 대상 및 환경 변경 시 소프트웨어 변경만으로 확장 가능하도록 시스템 보완</div>                                                                                                                     |            |
| 성과달성 책임자<br>(소속기관)    | 강석주 (서강대학교 산학협력단)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |
| 소요기간                  | '18.01 ~ '18.06(6개월, 2년차)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |
| 성과달성<br>확인방법          | <div><input type="checkbox"/> 기존 자료를 기반으로 한 다양한 자동주행모드가 가능한 상황 설정 및 데이터베이스화</div> <div><input type="checkbox"/> 설정된 상황에 대한 개인별 자동주행모드 전환 성공률 측정</div>                                                                                                                                                                                                                                 |            |
| 성과달성에<br>따른 정량적<br>성과 | 특허 출원/등록                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0건         |
|                       | 논문                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 일반학술지 : 1건 |
|                       | 저작                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0건         |
|                       | S/W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0건         |
|                       | 신기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0건         |
|                       | 기타                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 국내·외 학회 1건 |

## 2. 연구개발의 필요성

### 2-1. 연구개발의 개요

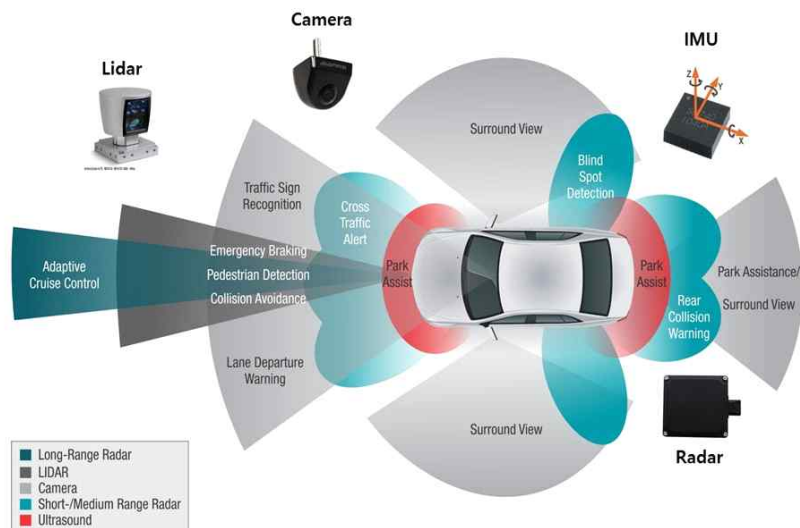
#### ○ 자율주행차량 산업 동향

- 자율주행차량은 스스로 주변 환경을 인식, 위험을 판단, 주행경로를 계획하여 운전자 주행 조작을 최소화하여 목적지까지 주행하는 차량을 의미하며 이때 **운전자 및 탑승자 안전을 최우선으로 개발되어야 함**



자율주행차량 개발을 위한 알고리즘 별 분류

- 모건 스탠리에서 최근 발표한 보고서에서 10 여년 후인 2026년에는 자율주행차량 대중화를 위한 관련 기술과 인프라가 완성될 것으로 전망했으며, IEEE 예측에 의하면 2040년 자율주행차량의 점유율이 전체의 약 75%를 차지할 것으로 추정
- 자율주행차량 구현의 핵심 센서는 Lidar, Radar, Camera, GPS등 여러 가지 인식센서가 핵심이며 각각의 센서를 이용하여 아래 그림과 같이 ADAS(Advanced Driver Assistance System)을 구현함. 현재 제한된 자율주행을 할 수 있는 기술 정도의 개발 수준임
- Lidar같은 핵심 센서의 경우 굉장히 고가이며 자율주행차량의 상용화를 위해서 핵심 센서의 가격절감이 필요하고 절감에 따른 인식의 수준이 현재 고가의 장비와 유사한 성능을 내야할 숙제를 가짐
- 하지만 **현재 대부분의 기술은 차량 외부의 환경 요소에 대한 인식 및 판단 기술 연구가 이루어지고** 있으며, **차량 내부에서 발생 가능한 상황에 대한 인식 기술이 매우 필요한 실정임**
- 자율주행차량 **경쟁력의 핵심은 운전자 기능이 제한되므로 차량에서 누릴 수 없었던 새로운 공간과 시간을 활용**해야하며, 오랜 시간 꾸준한 연구 개발을 추진한 미국 및 유럽 등 자율주행차량 기술 선도국과는 기술격차 크게 존재하고 있음



자율주행차량 ADAS 센서 및 인지범위

- 향후 Full windshield 타입의 헤드업 디스플레이 및 생체 인식 기능을 활용한 **적응적 인터페이스 기술과 결합 시 다양한 형태로 활용도 상승** 기대
- 자율주행차량을 위협하는 요인으로서 기술적으로 해결하기 힘든 복잡한 상황에 대한 인지능력 및 판단 문제(교통경찰이나 교통관리 인원의 수신호를 제대로 인식하지 못하거나, 갑작스럽게 도로로 뛰어드는 로드 킬 상황)를 고려하는 **다양한 주행 환경 데이터 고려**
- 여러 가지 **실제 도로 주행 환경 데이터 및 다중신호가 처리된 센서 처리부의 상관관계에 대한 도출이 필요**하며 상황 판단 딜레이를 줄여 좀 더 안전한 시스템 확보 필요
- 운전자와 차량의 교감을 통해 자율주행에 대한 신뢰성을 확보하고 **위험 상황에 대해 운전자가 적절히 대응할 수 있도록 하는 기술, 그리고 혹시 발생할지 모르는 제어오류에 대한 대응 기술이 필수적임**

| 수준      | 정의                                            | 개요                                                                                                                       |
|---------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Level 0 | 수동<br>(No Automation)                         | ·운전자가 항상 브레이크, 속도조절 조향 등 안전에 민감한 기능을 제어하고 교통 모니터링 및 안전 조작에 책임                                                            |
| Level 1 | 기능 제한 자동<br>(Function-specific Automation)    | ·운전자가 정상적인 주행 혹은 충돌 임박 상황에서 일부 기능을 제외한 자동차 제어권을 소유: 예) ACC(Adaptive Cruise Control), ESC(Electronic Stability Control) 등 |
| Level 2 | 조합 기능 자동<br>(Combined Function Automation)    | ·어떤 주행 환경에서 두 개 이상의 제어 기능이 조화롭게 작동. 단 운전자가 여전히 모니터링 및 안전에 책임을 지고 자동차 제어권을 소유: ACC 및 차선 중앙 유지, 핸들 및 페달 미 제어               |
| Level 3 | 제한된 자율주행<br>(Limited Self-Driving Automation) | ·특정 교통 환경에서 자동차가 모든 안전기능을 제어<br>·자동차가 모니터링 권한을 갖되 운전자 제어가 필요한 경우 경보신호제공<br>·운전자는 간헐적으로 제어                                |
| Level 4 | 완전 자율주행<br>(Full Self-Driving Automation)     | ·자동차가 모든 안전 기능을 제어하고 상태를 모니터링<br>·운전자는 목적지 혹은 운행을 입력<br>·자율주행 시스템이 안전운행에 대해 책임                                           |



미국 도로 교통 안전국의 자율주행차량 수준별 개요

- 자율주행차량은 운전자의 발[가감속], 손[조향], 눈[전방주시]의 사용 유무에 따라 기술 수준이 정의될 수 있으며, 미국 도로 교통 안전국에서는 자율주행 기술수준을 레벨 0부터 레벨 4까지 구분하고 자율주행차량에 대한 가이드라인을 발표
- 자율주행차량 기술 수준은 단계별로 성장할 전망이며 2020년에는 NHTSA에서 발표할 다섯 단계의 자동화 수준 중 3단계에 해당하는 제한된 자율주행차량이 양산될 예정
- 단계별 자율주행차량 기술개발에 따라 **운전자 상태 인식 기술 및 주변 환경 분석을 통한 사고예측 및 상황 인식 시스템 필요**
- 많은 업체 및 기업들의 기술개발로 3단계 자율주행 기술은 보유하고 있으나 **차량 내부 UI & UX 기술 수준은 떨어지며 이에 대응하는 기술 개발 필요**
- 기존 인터페이스의 경우 운전자가 차량 전반적인 조작을 직접수행하며 자율주행 기술에 대응하는 **인터페이스 환경 개발이 미비하여 자율 주행 시 변화 가능한 인터페이스 환경에 대한 분석 필요**
- 기존의 운전자 단순 인식뿐만 아니라 운전자 및 물체와 탑승자 인식을 통해 상황에 대한 판단 및 예측 가능한 자율주행에 최적화된 인터페이스는 자율주행차량의 사용자 경험 전반에 영향을 미침
- 차량 기술과 IT 기술이 유기적으로 잘 융합되고 상호 작용하며 **탑승자 보호 및 탑승자의 돌발 행동으로 인한 사고 방지 대책을 마련할 기술 필요**
- 자율주행차량에 사용되는 센서는 응답속도도 빨라야 하고 작은 오차도 허용되지 않으며 **탑승자 또는 보행자의 생명과 직결될 수 있으며 특히 사용자 판단을 위한 생체신호 센서와의 결합 기술력도 필요**

## 2-2. 연구개발성과

## ○ 카메라 센서 부분

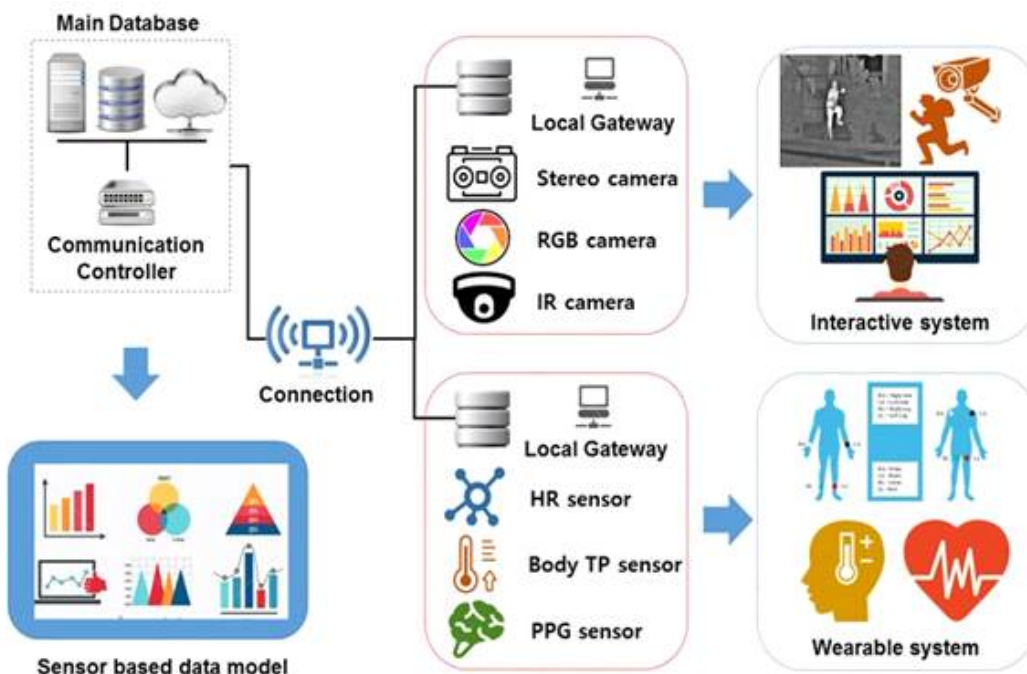
- 외부조건 및 다양한 환경에 강인한 카메라 기술 개발 시 차량뿐만 아니라 카메라를 이용하는 모니터링 시스템의 물체인식, 위험상황 판단 알고리즘 등 범용적인 사용 가능
- 카메라 센서 및 생체 신호 인식 센서 융합을 통한 운전자 상태 판단 모델 개발이 가능하며, 추후 유사 시스템 환경에 대한 개발 모델 적용 가능
- Stereo, RGB, IR Camera의 상관성 데이터 처리를 이용한 인식 알고리즘 확보를 통해 스마트 카메라 및 사람과 컴퓨터 간의 상호동작 분야에 적용 가능

## ○ 생체센서 부분

- 생체인식 센서 및 ICT의 융합기술로서 향후 모바일·웨어러블 디바이스에 적용가능하며 금융·의료·보안·공공 서비스 등 다양하게 적용 가능
- 자율주행차량의 경우 스마트키나 위치기반의 기반기술로 상대적으로 보안에 취약하며 생체신호 센서는 개인정보 유출의 위험에 대응할 수 있는 안전한 보안기술로 사용 가능
- 심장박동센서, 체온측정센서, 피부전기전도도센서를 이용한 생체인식 기초기술 확보 및 감정, 피로도 등 사람과 컴퓨터 간 상호 대화가 가능한 인터페이스 구축 가능

## ○ 모델 및 데이터베이스 부분

- 운전자의 감정 및 피로도에 대응되는 생체센서 모듈 신호 값 정량화 및 판단 모델 확보를 통한 자율주행차량 길목기술 개발
- 운전자 피로도 측정과 감정 상태 파악 및 상황 인식 모델 확보를 통해서 다양한 유사 분야에서의 적용이 가능. 이를 이용하여 개인 맞춤형 인터페이스 모듈 개발과 추후 관련 연구 기관 및 회사에 기술 이전 가능
- 다중 카메라로 취득된 영상 데이터 및 생체 인식 센서를 이용한 자율주행차량에서의 운전자 상태 예측 모델에 대한 소프트웨어 기반 기술의 동작 개념 정립 및 활용
- 주변 환경에 대한 상황 인식 기능을 갖는 자율주행차량의 원천기술 확보 및 교통사고 예방 모델 확보가 가능하며, 다중 센서 융합 기술의 시스템 방법론 확보
- 분석된 정보 모델과 데이터베이스를 활용하여 향후 주행환경 변화에 따른 자동화 가능한 실시간 긴급 상황 대처 기술 확보 및 활용



파트별 연구개발성과 활용방안

## 2-3. 연구개발의 중요성

- 자율주행차량은 교통사고 발생 여부를 조기 인식하고, 지연 없는 판단, 조작 및 오류 제거 등을 통해 사고를 예방하여 안전도 향상 가능하며, 정확한 차량 제어를 통해 에너지 및 환경 부하 저감 가능
- 또한 새로운 기술혁신의 주체로 전기전자, 정보통신 기술과 급속한 융·복합을 통하여 단순 이동수단이 아닌 움직이는 사무실, 문화공간으로 급속히 변해가는 추세
- 이를 위해서는 차량 외부 감지 시스템뿐만 아니라 차량 내부에서 운전자를 비롯한 객체 인식과 상황 인식을 통해서 다양한 돌발 상황에 대처하기 위한 시스템 개발이 필요
- 특히 자율주행차량에서는 기존 차량과는 달리 크게 2가지 운전 모드인 자율 운전 모드와 수동 운전 모드의 변화가 가능하기 때문에 이를 적응적으로 보조 및 통제하기 위한 상황 인식 시스템이 매우 필요
- 현재 자율주행차량의 기술 개발은 주로 위치를 파악하고 장애물을 인식할 수 있는 외부 센서를 통한 감지 시스템, 감속 및 가속, 조향 등의 명령을 내리는 중앙제어장치, 명령에 따라 필요나 작동을 취하는 액추에이터 등으로 이루어짐
- 따라서 자율주행차량의 단계별 개발에 대응되는 적응적 주행 모드 변환 시스템 및 인터페이스와 상황 인식 시스템 기술 개발이 필요
- 해당 기술 개발을 통해서 운전자 상태 파악과 생체 신호 센서 분석 및 주변인식 모듈을 정립하여 추후 다양한 모델에 기술 적용이 가능하며 차세대 산업프로세스 성장 원천 기술 확보 가능

## 3. 연구개발 범위

### 3-1. 연구 단계

- 연구 착수 단계 (연구 시작 시점): 기술적 응용개념 또는 아이디어 형성 단계 (시스템 TRL 2)
  - 개별 생체 인식 센서(Heart Rate, skin conductance response, etc)등을 이용하여 운전자 상태 가능 아이디어 확보
  - 일반 RGB 카메라를 이용한 object 인식 기술, Stereo 카메라를 이용한 깊이정보 추정 및 인식 기술 등을 이용하여 사물의 위치 및 상태 판단 가능 아이디어 확보
  - 차량 내부에서 자율주행차량을 위한 객체 및 사람의 상관관계 판단 및 사고 예측이 가능 아이디어 확보



현재 센서 및 장비 구축 현황 및 구축 예정 시스템

- 연구 종료 단계 (연구 종료 시점): 실험실 환경에서 시스템 성능평가 및 신뢰성 시험 단계 (시스템 TRL 4)
- ☐ 분석 모듈 통합을 통한 데이터베이스 구축 및 정확한 상황 인식 기법 개발
  - ☐ 다양한 신호 합성 및 최적화를 이용한 사고 위험 예측 판단 기법 개발
  - ☐ 개별 운전자에 대한 다중 카메라 및 생체 신호 센서에서 취득된 신호 합성과 저용량의 데이터베이스 구축의 상관관계 최적화 및 성능 평가
  - ☐ 개인 데이터베이스 기반 주행 자동 전환 판단 기준 확보 및 정량화

| 구분      |       | 표기                                  | 단계별 설명 |                  |
|---------|-------|-------------------------------------|--------|------------------|
| 기초연구 단계 | TRL 1 | <input type="checkbox"/>            | TRL 1  | 이론적 연구단계         |
|         | TRL 2 | <input type="checkbox"/>            | TRL 2  | 기술적 개념정립 단계      |
| 실험 단계   | TRL 3 | <input type="checkbox"/>            | TRL 3  | 실험적 증명 단계        |
|         | TRL 4 | <input checked="" type="checkbox"/> | TRL 4  | 실험실 성능평가 단계      |
| 시작품 단계  | TRL 5 | <input type="checkbox"/>            | TRL 5  | 유사환경 시험 단계       |
|         | TRL 6 | <input type="checkbox"/>            | TRL 6  | 유사환경 기술시험 단계     |
| 실용화 단계  | TRL 7 | <input type="checkbox"/>            | TRL 7  | 실제환경 시작품 데모 단계   |
|         | TRL 8 | <input type="checkbox"/>            | TRL 8  | 시제품 설치 및 성능시험 단계 |
| 사업화 단계  | TRL 9 | <input type="checkbox"/>            | TRL 9  | 현장적용/사업화 단계      |

### 3-2. 연구개발 추진전략 · 방법

#### 가. 추진전략

##### ○ 기술 정보 수집

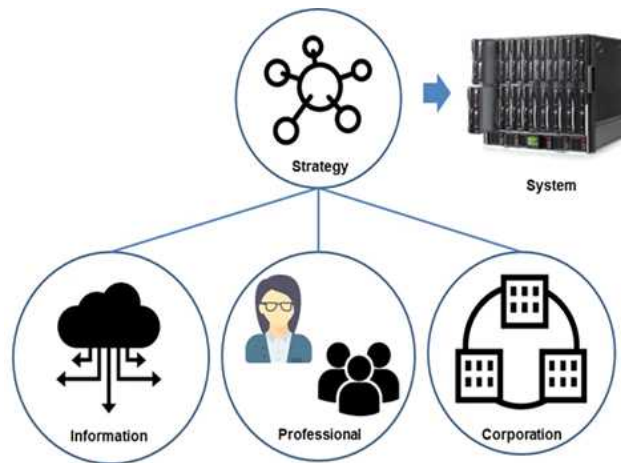
- ☐ 개발 기술과 관련한 기존 연구 분야에 대한 각종 학술 자료 수집 및 분석 진행
- ☐ 연구에 사용될 기술의 특허와 상용화되어 출시되는 제품 및 기술들에 대한 지속적인 정보 수집
- ☐ 운전자 피로도 검출 및 감정 상태에 변화 발생 시기의 분석을 위해서 생체 신호 데이터를 분석하여 데이터베이스화 진행
- ☐ 깊이정보, RGB 화상정보, 적외선 영상 데이터 정보의 수집 및 판단 알고리즘 보조 데이터 구축

##### ○ 인력 구성 및 전문가 확보

- ☐ 연구실내 석사 연구원 및 신입 연구원으로 팀을 구성하여 연구 진행
- ☐ 연구원 개개인에 따라 주제를 세분화하여 연구가 병렬적으로 진행 할 수 있도록 구성하여 다양한 성과를 만들 수 있도록 유도
- ☐ 교내외 관련 전문가들과 공조를 통해 연구 성과의 질을 높을 수 있도록 할 계획

## ○ 타 기관과 협조

- 본 연구에 있어서 실질적 자율주행차량 상황 및 생체신호에 관한 전문적 지식이 필요하기 때문에, 교내외 기관 및 전문가와 협력하여 해당 부분에 관한 지속적인 피드백이 중요
- 자율주행차량 관련 연구 기관을 통해 실제 발생할 수 있는 사고에 대한 부분 및 운전자 상태에 관한 정보를 제공 받아 각 상황에 따른 시뮬레이션 진행한 결과를 실시간으로 피드백 받을 수 있도록 진행할 예정
- 타 기관과 실제 차량 환경 구축 및 데이터 분석협조를 통한 실제 도로 환경, 실제 사람 감정상태 및 피로도 데이터 구축

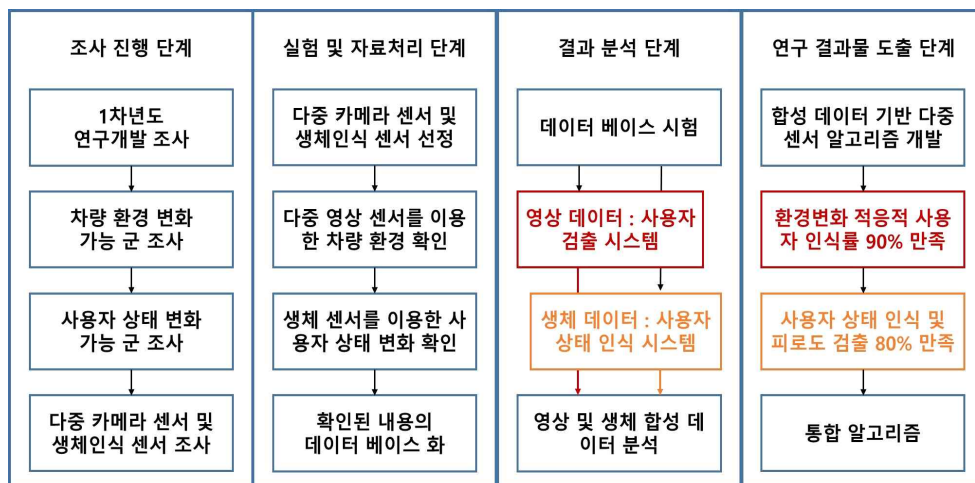


연구 개발 전체 추진전략 개념도

## 나. 추진방법

## ○ 1차년도

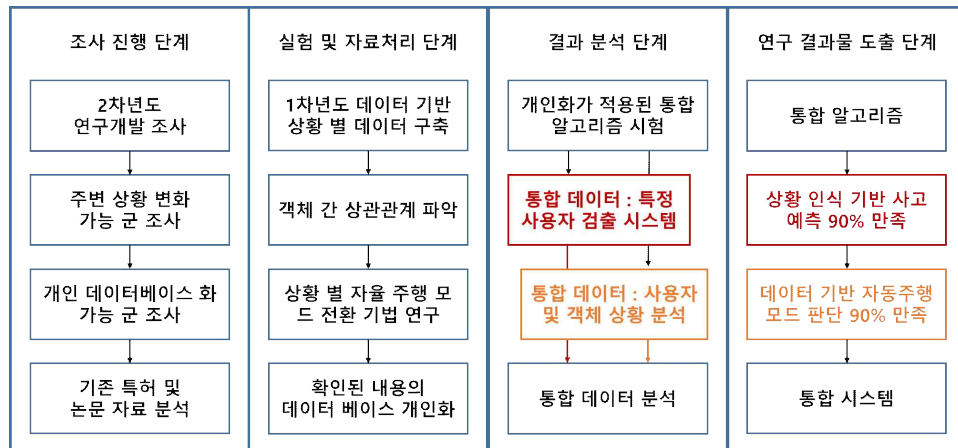
- 연구개발 조사 부분에서 다중 카메라 센서 및 생체인식 센서 선정이 가능하도록 차량 환경 및 사용자 상태 변화 가능 군 조사
- 다중 영상 센서를 이용한 차량 환경 확인 및 생체 센서를 이용한 사용자 상태 변화 확인 후 데이터베이스화
- 다중 영상 센서 검출 시스템 및 생체 데이터 기반 사용자 상태인식 시스템의 시험 및 데이터 분석
- 합성 데이터 기반 환경변화에 적응적인 사용자 인식을 90% 및 사용자 상태 인식 및 피로도 검출 80% 만족 알고리즘 개발



연구 개발 1차년도 추진전략 개념도

## ○ 2차년도

- 주변 상황 변화 가능 군 조사 및 개인 데이터베이스 화 가능 군의 기존 특허 및 논문 자료 분석
- 1차년도 데이터 기반 객체 간 상관관계 파악 알고리즘 및 상황 별 자율 주행 모드 전환 기법 연구
- 특정 사용자 검출 시스템, 사용자 및 객체 상황 분석 통합 시스템 시험 및 분석
- 상황 인식 기반 사고 예측 90% 만족 및 데이터 기반 자동주행 모드 판단 90% 이상 인 통합 시스템 구축



연구 개발 2차년도 추진전략 개념도



연차별 목표 및 추진 내용

## ○ 다중 카메라 및 생체 신호 센서를 활용한 데이터베이스 구성 및 최적화

- RGB 영상 센서, 적외선 영상 센서 등 다중 영상 센서를 이용하여 본 기술에 필요한 영상 데이터베이스 취득함
- 취득된 신호를 기반으로 각 상황에 대한 학습을 위해 데이터베이스 분류 및 최적화 과정 진행
- 기존 저장된 정상 상태의 영상 데이터 대비 비정상 상태에 대해 수치화하여 비교하는 알고리즘 연구
- 차량 실내 환경 요인에 대해 고려하며 외부 조건에 강인한 시스템 구현을 위해 다양한 종류의 신호 획득 모듈 연구
- RGB 화상 및 적외선 카메라를 이용한 낮은 조도 환경 및 외부 환경 변화에 의한 급격한 조도 변화 시 안정적인 영상 획득 및 신호 최적화 기술 개발

○ 주변상황 및 운전자 분석 데이터 상관관계 인식

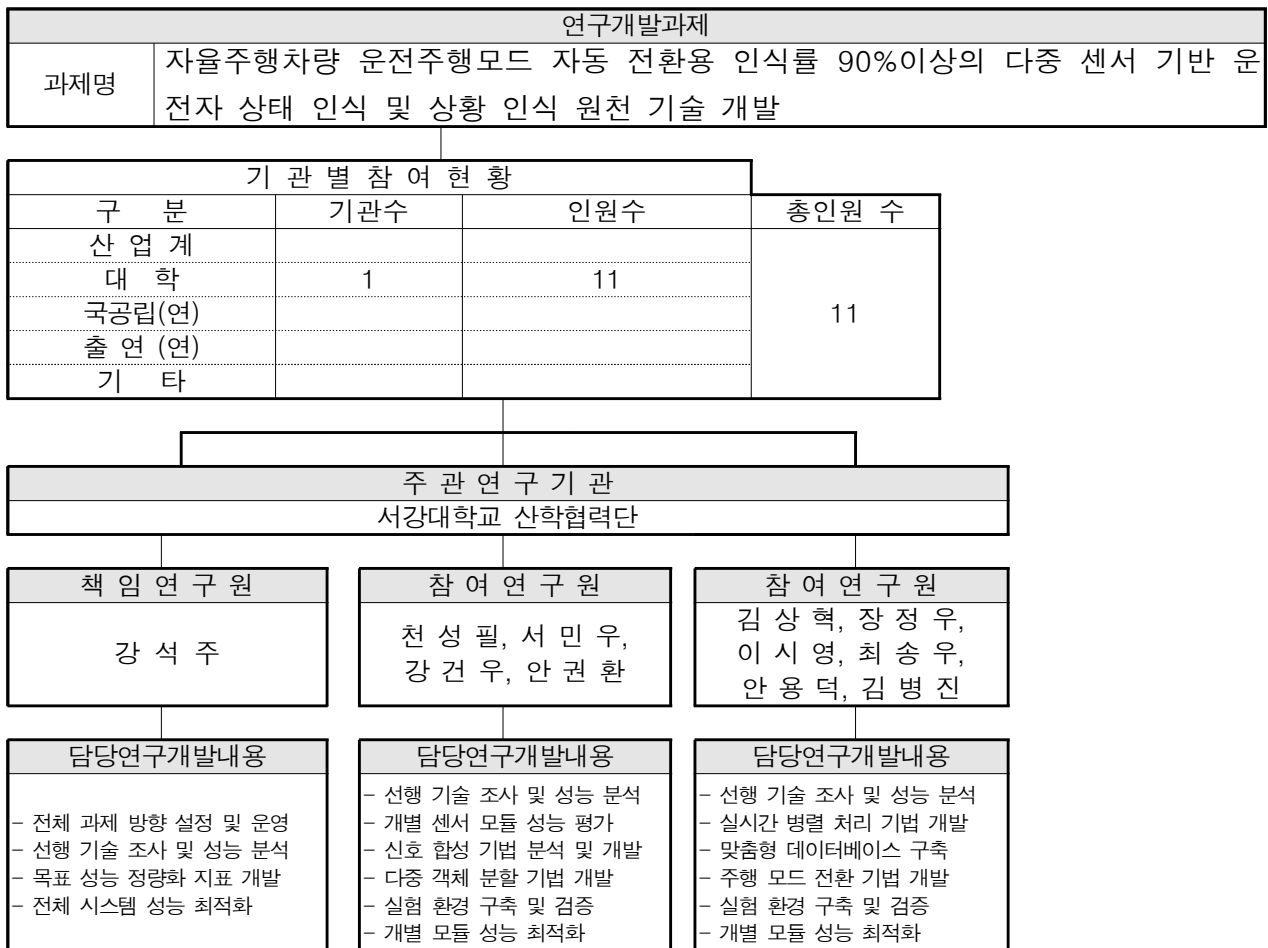
- ☐ 자율주행차량의 경우 자율 운전 및 수동 운전 모드 전환이 필요하며 단순 운전자 상태뿐만 아니라 운전자와 주변상황의 분석이 필수
- ☐ 분석된 상황을 통해 운전자에게 상황 제시 하는 알고리즘 개발 및 사고 위험 예상 가능
- ☐ RGB 화상, 스테레오, 적외선 카메라 조합을 사용하여 동일 객체 인식을 위한 머신러닝 기반 시스템 개발
- ☐ 다중 객체 추적 시 제한된 자원 및 계산 가능 시간 내 정확도 향상을 위한 병렬 처리 기법 구현

○ 상황 인식 기반 차량 주행 모드 자동 전환 기법

- ☐ 개별 운전자 특성을 고려하여 자동 전환 판단 기준에 대한 변화가 필요하며 개별 운전자 구분을 위한 특징벡터 선정 및 정량화 기법 연구
- ☐ 개별 운전자에 대한 다중 카메라 및 생체 신호 센서에서 취득된 신호 합성 및 최적화와 저용량의 데이터베이스 구축을 위한 최적화 기법 연구
- ☐ 주변상황 및 운전자 분석 데이터 상관관계 인식개별 운전자 특성을 고려하여 자동 전환 판단 및 운전자 생체 인식, 상황 인식을 통한 차량 주행 모드 자동 전환 알고리즘 개발

## 다. 연구개발 추진체계

- 본 연구에서는 최종 연구 개발 목표를 성공적으로 수행하기 위해서 2년간 4개의 주요 연구 개발 목표를 선정하여 연구 구성원 및 협력 기관의 도움을 받아 유기적인 연구체계를 구성하여 성공적인 연구를 진행할 계획
- 연구 과정 및 연구 결과의 성공 가능성을 높이기 위해 실제 상용화를 목표로 하는 기업 및 연구 기관과 긴밀한 협력 관계를 구축하고 해당 기관으로부터 환경 구축 및 성능 평가 자문 받을 계획
- 연구수행 체계도



### 3-3. 추진일정

[illegible]

## 제2장. 국내외 기술 개발 현황

## 1. 국내

## ○ 국내 기술개발 현황

- 국내에서는 2006년부터 현대자동차와 다양한 연구 기관이 자율주행차량 기술 개발에 착수했으나 **현재 기술 수준은 세계에 비해 5~6년 격차를 보임**
- 핵심기술 위치추적 기능, 패스 플래닝 능력, 주변 환경 인지능력, 차량 제어 기술 등 4가지 중 **대부분의 기술에 있어서 연구 개발이 필요한 상황**
- 정부에서는 자율주행차량을 다양한 산업의 융·복합을 통해 완성하려고 하며, 차량과 도로, 관련 ICT 기술 등을 부처별로 독립적으로 추진 중
- 특히 능동 안전 시스템, 차선 변경 시스템, 자동 주차 기술 개발 등 자율주행을 위한 핵심 시스템 및 모듈 위주의 기술 개발 진행 중이나 부품 산업 기반 조성 부족과 법·제도적 문제 등으로 상용화 계획을 수립 못하고 있음
- 자율주행차량의 기술개발과 산학협력, 인력양성의 장을 마련하기 위하여 **산업통상자원부와 현대기아차는 자율주행차량 경진대회를 주최하여 KAIST 등 국내 여러 대학들이 참여하여 자신들이 개발한 기술을 선보임**
- 현대기아차를 비롯해 삼성, LG, 만도 등 국내 기업들이 자율주행 기술개발에 박차를 가하고 있는 중
- 만도는 차량 주위로 장착된 복수 초음파 센서를 이용해 평행 및 직각 자동 주차를 가능하게 한 주차보조 시스템(SPAS), 차로 변경 시 사각에 들어오는 차량을 감지해 위험 회피에 도움을 주는 차로 변경 지원 시스템(BSD) 등 자율주행 서비스 구현을 위해 필요한 기술 개발
- 카메라모듈 업체인 엠씨넥스는 자율주행차량의 핵심 센서 중 하나인 라이다 센서 ‘라이드-7’(차량과 보행자를 명확히 식별할 뿐만 아니라 눈이나 비가 올 때에도 정확하게 차량을 인식)을 개발
- 자율주행 서비스 구현을 위해 필요한 부품 중 **국내 중소·중견기업 주도로 개발이 가능한 핵심 부품 (레이더 기반 주행 상황 인지 모듈, 영상 기반 주행 상황 인지 모듈 등)을 선정하여 기술 개발을 추진 예정**
- 현대기아차는 투싼 자율주행 시제품 차량을 개발하여 검문소, 횡단보도, 사고구간 등으로 구성된 포장 및 비포장 도로 시험 주행 성공
- 또한 현대기아차는 사고 발생을 사전에 감지하고 **운전자가 안전하고 편리하게 운전할 수 있는 기술이 포함된 제네시스 스마트 센서 모듈을 개발 및 지속적으로 연구 중**
- 현대기아차, 자동차부품연구원 등이 2020년을 목표로 부분자율주행이 가능한 기술 개발 중이며, 최근에는 산업통상자원부 주관으로 자율주행차량 프로젝트가 진행 중
- ETRI는 다중센서 및 차량 통신기술(V2X)을 기반으로 기본적인 주행 상황 및 운전자 상태 (정상, 졸음, 부주의, 무반응)를 판별하여 **차량의 운전 제어 권을 결정하여 운전자를 보조하거나 제한된 환경에서 스스로 운전하는 차량과 운전자 간 협력형 주행 시스템인 Co-pilot 시스템을 연구 중**
- 또한 ETRI는 카메라, 레이저 스캐너, GPS, 가속도 센서 등을 장착하고 로봇처럼 무인 주행을 수행하는 자율주행 전기자동차인 에스트로(ESTRO)를 연구 중
- KAIST는 가로수가 많은 환경에서도 스스로 도로를 달릴 수 있는 무인 자율주행차량인 KUBE 개발

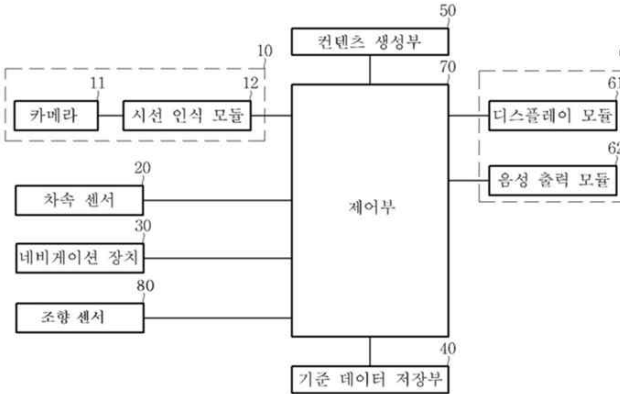
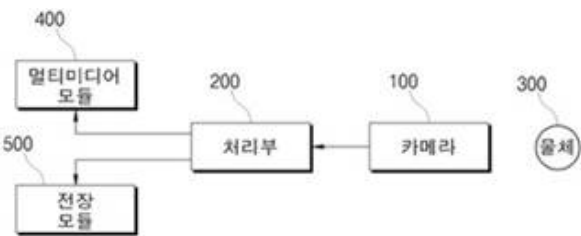
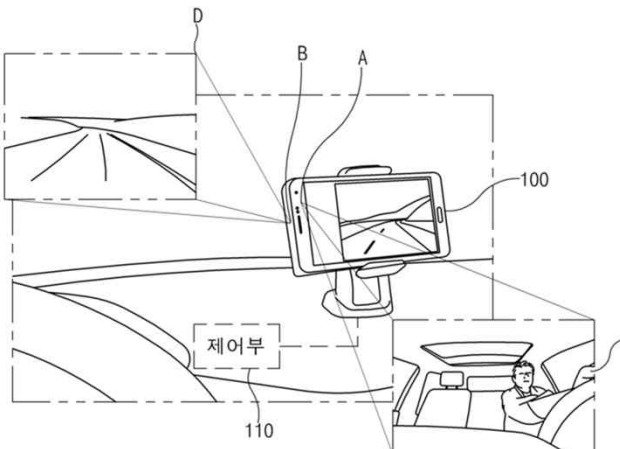


현대차의 자율주행 시스템이 적용된 차량



기아차의 자율주행 시스템 적용 차량내부

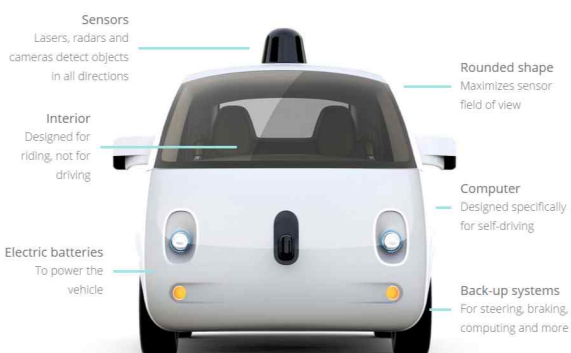
## ○ 국내 지적재산권 현황

| 출원인 및<br>출원번호                                | 특허명 및 관련 도면                                                                                                                            | 핵심내용                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>현대자동차<br/>주식회사</p> <p>(1020110144720)</p> | <p>특허명: 운전자 시선 분산 감지를 통한 경고 기능이 구비된 차량 운행보조 시스템</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 차량 운행 중 운전자 시선 정보만 모니터링 하여 차량의 주행속도, 도로상황 등을 판단</li> <li>● 운전자의 시선이 위험상황으로 확인되면 약정된 경고 메시지를 출력</li> <li>● 운전자의 시선이 소정 시간 이상 전방 주시 상태에서 벗어나게 되면, 운전자의 주의를 환기시킴으로서 사고 발생을 미연에 예방</li> </ul> |
| <p>현대모비스<br/>주식회사</p> <p>(1020090097881)</p> | <p>특허명: 차량용 개인화 서비스 장치 및 방법</p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 차량용 개인화 서비스 장치 및 방법으로 차량용 개인화 서비스 장치가 차량의 운전석 도어에 설치</li> <li>● 차량의 외부 물체를 촬영하는 카메라, 그리고 촬영된 영상을 근거로 물체가 차량에 등록된 운전자 인지 여부를 판단</li> <li>● 등록된 운전자에게 개인화 서비스를 제공</li> </ul>                |
| <p>현대자동차<br/>주식회사</p> <p>(1020140136040)</p> | <p>특허명: 스마트폰을 이용한 차량 운전 지원 시스템 및 방법</p>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 차량의 운전자 또는 동승자가 가지고 있는 스마트폰 또는 스마트기기와 연동된 차량 운전 지원 시스템을 구축</li> <li>● 스마트폰 내 복수의 카메라를 이용하여 차량의 전방 및 상기 차량의 내부 영상을 촬영 및 분석하여 스마트폰을 제어하거나 차량을 제어</li> </ul>                                 |

## 2. 국외

### ○ 국외 기술개발 현황

- 구글을 필두로 **다양한 차량 제조사들이 자율주행 기술개발을 활발히 추진** 중이며, GM, 벤츠, 도요타 등이 무인운전시스템 및 네트워크 전기차 형태로 자율주행차량을 개발 중
- 재규어는 차량에 부착된 LED의 전등, 진동을 이용하여 보행자, 자전거 이용자를 감지하는 기술 발표
- 아우디는 무인 자동주행이 가능한 A7 모델을 공개하였으며 캘리포니아 주 팰로앨토에서 라스베가스까지 **900km를 운전자의 도움 없이 달려 가장 앞선 자율주행 기술을 선보임**
- 발레오에서 선보인 Cruise4U는 저속의 정체 구간에서 레이저 스캐너, 초음파 센서, 카메라로 주변 환경을 인식, **자동으로 속도를 제어하고 차선을 벗어나지 않도록 차량을 제어하고 앞차를 따라가는 기술**을 선보임
- Volvo는 운전자의 개입 없이 레이더, 센서 등 장비를 기반으로 **시속 90km, 차량 간격 최대 4m이하로 운전자 개입 없이 운행**할 수 있는 기술을 선보임
- GM은 고속도로 상황을 고려해 스스로 속도와 간격을 조정하는 Super Cruise라는 반자동 드라이빙 기술 개발 중임
- Oxford 대학의 **Mobile Robotics Group은 2개의 스테레오 카메라와 2개의 레이저 스캐너, 3대의 컴퓨터를 이용하여 과거에 지나온 길을 학습하여 위치를 추정하는 기술**을 개발함
- 벤츠는 주변 환경을 센서를 통해 모은 각종의 정보들을 분석해 차량의 움직임을 결정하는 자율 주행 시스템은 DAVOS(Daimler Autonomous Vehicle Operating System) 개발 중
- 포드는 센서와 Software를 이용한 반 자율주행차량을 개발하였고, 자율주행차량도 도로에서 시험 중
- 유럽은 영국·스웨덴·독일·스페인 등 **7개 국가가 자율주행차량의 연비 향상을 위해 차량과 도로인프라가 함께 연계되는 기술, 자율적인 군집주행 기술 등을 개발** 중
- 프랑스 국립정보연구소(INRIA)를 중심으로 컨소시엄을 구성해 eSafety CyberCar 프로젝트에서 저속구간에서 1~2인승 모빌리티로 충돌회피, 정지 차량 추월 등의 자율주행 기술을 개발 중
- 영국은 기술전략위원회, 기업혁신기술부 및 교통부를 통해 **자율주행차량 시범운영 프로젝트의 추진계획을 발표하고 자율주행 기술개발 진행** 중
- 일본은 총무성(MIC), 경찰청(NPA), 국토교통성(MLIT), 경제산업성(METI) 등 4개 부처의 연구지원을 바탕으로 차량의 군집주행을 통한 연료저감 및 안전성 향상 기술 개발 중
- 일본재흥전략에서는 안전운전지원 시스템, 자동주행 시스템을 핵심전략으로 지정하고 산학연관 협력 프로젝트를 진행 중임 (가상주행상황에서 신기술 성능을 검증하기 위한 영상DB 구축 등)
- 중국은 **바이두를 필두로 BMW와 협력해 자율주행차량을 개발하고 있으며 최근에 주행 테스트에 성공함**
- 미 국방부는 자율주행차량 경진대회를 통해 자율주행 기술개발을 촉진하고 있으며, 현재까지 스탠퍼드 대학, 카네기멜론대학, GM, 폭스바겐 등이 참여하여 자율주행 기술을 개발하여 선보임

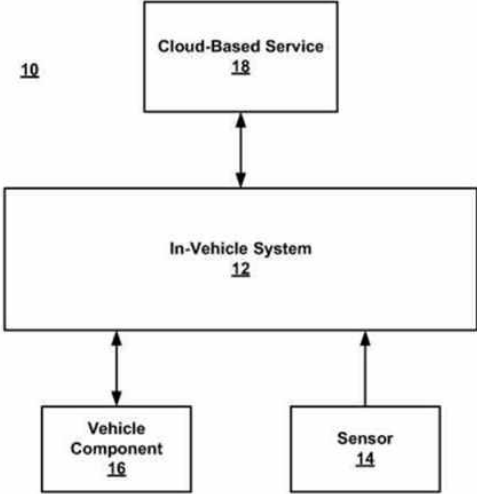
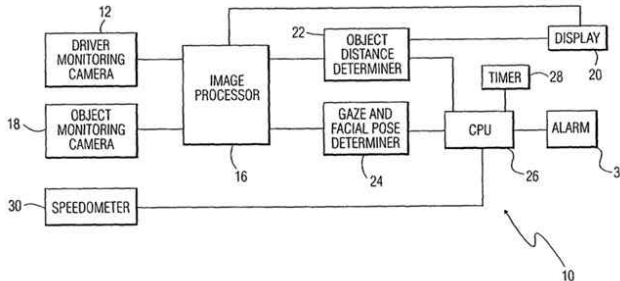
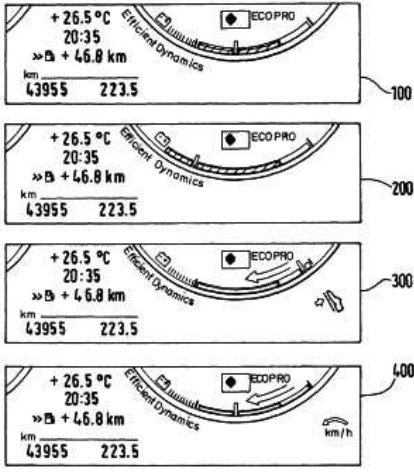


구글의 자율주행 시스템이 적용된 차량



아우디의 자율주행 시스템 적용 차량 내부

## ○ 국외 지적재산권 현황

| 출원인 및<br>출원번호                                                   | 특허명 및 관련 도면                                                                                                                                                                                         | 핵심내용                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Victor B. Lortz 외<br>4인<br><br>(13997210)                       | <p>특허명: User Identification and Personalized Vehicle Settings Management System</p>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>클라우드 서비스를 기반으로 서버와 통신을 통해서 사용자 특징 분석 및 사용자 인식</li> <li>차량의 점유자를 인증된 프로토콜을 이용하여 사용자로써 확인</li> <li>인증된 사용자의 개인 선호도에 바탕으로 수동적으로 전체 차량 부품의 설정과 구성 변경</li> </ul> |
| Koninklijke Philips Electronics N.V.<br><br>(PCT/IB2002/001175) | <p>특허명: System for Monitoring a Driver's Attention to Driving</p>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>운전자의 주의를 모니터링하기 위한 시스템</li> <li>카메라를 통해 수신한 정보로 시선 추정 및 방향 결정 데이터를 계산</li> <li>시선 추정 데이터와 방향 결정 데이터를 통해 차량 운행 방향의 순방향으로 시선이 일치되는지 알아냄</li> </ul>            |
| Johann Schweikl 외 5인<br><br>(13240798)                          | <p>특허명: Driver assistance system for assisting the driver for the purpose of consumption-controlled driving</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>시선 추적을 위한 시각 데이터를 통한 운전자 보조 시스템</li> <li>특히 드라이빙 모드 구성, 디스플레이 컨셉 및 감속 보조원의 형태로 엑셀 페달 효율적 구동 및 차량과의 상호작용 입출력 제공</li> </ul>                                   |

## ○ 기존 생체신호 기반 인식 기술

| 논문 및 저자                                                                                                                                                                 | 세부 알고리즘 | 핵심내용                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>운전자 졸음 및 각성 상태 시 ECG 신호 처리를 통한 심장박동 신호 특성 / 김민수 외 2명 (경운대학교)</p>                                                                                                     |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ECG Signal 입력 및 차이 신호 분석</li> <li>● 중간 필터링 처리 및 Threshold 값 추출</li> <li>● 잡음 제거 및 데이터 특징점 추출</li> <li>● R peak 위치 검출</li> <li>● R-R interval 도출</li> <li>● TP 및 FN 검출을 통한 운전자 상태 파악</li> </ul> |
| <p>Exploring Neuro-Physiological Correlates of Drivers' Mental Fatigue Caused by Sleep Deprivation Using Simultaneous EEG, ECG, and fNIRS Data / 안상태 외 4명 (광주과학기술원)</p> |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● EEG, ECG, EOG 및 fNIRS 데이터를 이용하여 운전자의 상태 파악</li> <li>● 68개의 electrode 및 8 채널의 신호 측정 시스템을 이용</li> <li>● Driving Condition level을 제안하여 피곤한 사람과 아닌 사람을 각각 측정하여 비교</li> </ul>                       |
| <p>An Intelligent Noninvasive Sensor for Driver Pulse Wave Measurement / Y. Lin 외 3명 (Mech. &amp; Ind. Boston Univ)</p>                                                 |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● SKT, Pulse rate, Breathing frequency 센서를 이용하여 운전자 상태 파악</li> <li>● 각각의 센서를 통합하여 지능적인 운전자 상태 파악 알고리즘 구현</li> <li>● 운전자 상태 파악 인식이 대략 70%정도로 보임</li> </ul>                                        |

## ○ 기존 카메라 기반 인식 기술

| 논문 및 저자                                                                                                                           | 세부 알고리즘 | 핵심내용                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Vision-based method for detecting driver drowsiness and distraction in driver monitoring system<br/>/ 조재익 외 3명<br/>(서울대학교)</p> |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 교통사고 예방을 위한 카메라 기반 사용자 졸음 판단 시스템 구축</li> <li>● 얼굴인식 기반 시스템을 통한 눈 추적 알고리즘 적용 및 PCA 기법을 통한 눈 추적 알고리즘 향상 알고리즘 구현</li> </ul>                                        |
| <p>The Important of Driver state Assessment within Highly Automated Vehicles<br/>/ Nadja Rauch 외 4명<br/>(Wuerzburg Institue)</p>  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 파라미터에 따른 운전자의 상태 평가 방법 제시</li> <li>● 다중 level 판단 알고리즘에 의한 판단 알고리즘 구축</li> <li>● 졸음 상태의 5가지 정의를 바탕으로 상태 파악 제시</li> <li>● 운전자 상태 파악이 대략 60%~70%정도로 판단됨</li> </ul> |
| <p>Driver Fatigue Detection Based on Eye Tracking<br/>/ Mandalapu Sarada Devi 외 1명<br/>(B.D. college of Engineering)</p>          |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 카메라 기반 운전자 사고 방지 시스템 구현</li> <li>● 눈 깜빡임의 intensity level의 추출 후 눈의 상태 파악 알고리즘 제시</li> <li>● 눈 이외의 영역을 제외하는 알고리즘을 통해 기존 알고리즘의 성능 향상 구현</li> </ul>                |

## 제3장. 연구 수행 내용 및 성과

## 1. 연구 수행 내용

## 1-1. 운전자 감정 상태 인식 및 판단 기법 [1-20]

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구범위                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 영상을 통해 개인 사용자에게 특화된 정보 취득 및 활용</li> <li>○ 영상을 통한 운전자 감정 상태 파악을 통한 운전 안정성 판단</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 연구 수행 방법<br>(이론적·실험적 접근방법) 및<br>구체적 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시스템 전체구성도             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 전처리 과정: 그레이영상변환 및 히스토그램 평활화 등을 통한 영상 보정</li> <li>□ 얼굴 영역 탐색: Haar-like feature를 이용한 얼굴영역 탐색</li> <li>□ 영상 특징 추출: Histogram of Oriented Gradients(HOG)를 이용한 특징 추출</li> <li>□ 영상 특징 분류: 지도학습을 통한 영상 분류</li> <li>□ 영상에 대한 라벨링: 특정 인물 및 표정에 대한 라벨링</li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="627 669 1251 949" data-label="Diagram"> <p>운전자 감정 상태 인식 및 판단 기법</p> <p>The diagram illustrates a five-step process for driver emotion recognition and judgment. It starts with 'Preprocessing' (inputting three face images), followed by 'Face Detection' (detecting faces with red bounding boxes), 'Feature Extraction' (extracting features into a grid), 'Classification' (outputting labels like 'Person 1 Angry', 'Person 1 Happy', 'Person 1 Normal', 'Person 2 Angry'), and finally 'Labeling Images' (outputting three labeled face images).</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실험환경             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 실험 컴퓨터 사양                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- CPU 모델 및 운영체제: Intel i5-6600(3.3GHz) / Window 10</li> </ul> </li> <li>□ 실험 카메라 사양                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영상 촬영 카메라: Kinect V2(Microsoft 제작)</li> <li>- 비디오 촬영 카메라: Galaxy S5 LTE(SMG900L)</li> </ul> </li> <li>□ 실험 데이터                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 성인 남성 7명에 대한 약 1200여장의 영상(가로 2048, 세로 1152 픽셀)</li> <li>- 얼굴이 사진이 아닌 약 2500장의 영상</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ 실험과정             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 전처리과정                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 그레이 영상 변환                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 영상처리를 위한 그레이 영상으로 변환</li> <li>2. 256 단계의 그레이 영상으로 변환 (히스토그램 평활화 과정)</li> <li>3. 256 단계의 그레이 영상으로 변환</li> <li>5. 새로운 히스토그램으로 변환</li> </ol> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="592 1592 1251 2049" data-label="Figure"> <p>히스토그램 평활화 전(좌: 픽셀 분포, 우: 영상)</p> <p>히스토그램 평활화 후(좌: 픽셀 분포, 우: 영상)</p> <p>The figure shows two sets of plots comparing image processing before and after histogram equalization. Each set includes a histogram (left) and the corresponding image (right). The top row shows the 'Before' state, and the bottom row shows the 'After' state. The histograms show the pixel distribution, and the images show the visual result of the process.</p> </div> |

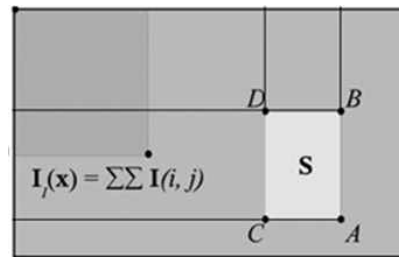
## □ 얼굴 영역 탐색

- Haar-like 특징을 이용한 얼굴영역 검출

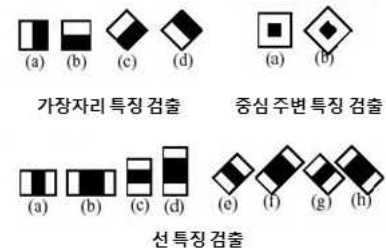
1. 특정 영역에 대한 수학적 모델링을 통한 검출

2. 각 영역의 끝점에 대한 합을 통해 영역 검출

(참고) 특징영역은 여러 형태 및 크기로 지정 가능



특정 영역에 대한 합 도출



여러 형태 및 크기의 특징 영역

## □ 영상 특징 추출

- Histogram of Oriented Gradients(HOG) 특징을 이용한 특징 추출

1. 검출된 얼굴 영역에 대하여 동일한 크기로 변환

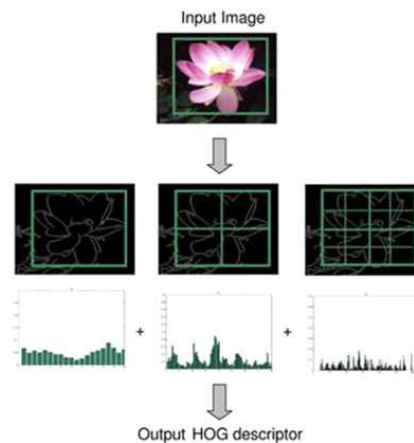
2. 밝기 값에 따른 벡터적 특징

3. 변환과정

① 1차원 영상에 대한 블록 및 셀을 지정

② 블록단위의 히스토그램에 대한 방향 군집 형성

③ 블록단위 평활화 과정

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용

HOG 특징 추출 과정

## □ 영상 특징 분류

- Support Vector Machine(SVM)을 이용한 특징분류

1. 동일한 크기의 영상 특징에 대한 선형적 분류

2. 각 입력된 영상에 대한 특징들에 대한 수학적 모델링을 이용하여 분류

$$|\beta_0 + \beta^T x| = 1$$

$$distance = \frac{|\beta_0 + \beta^T x|}{\|\beta\|}$$

$$distance_{s.v.} = \frac{|\beta_0 + \beta^T x|}{\|\beta\|} = \frac{1}{\|\beta\|}, M = \frac{2}{\|\beta\|}$$

$$\min_{\beta, \beta_0} L(\beta) = \frac{1}{2} \|\beta\|^2 \quad y_i(\beta^T x_i + \beta_0) \geq 1, \forall_i$$

 $\beta$ : weight vector,  $\beta_0$ : bias, $x$ : support vectors (canonical hyperplane) $y_i$ : each labels of the training examples

□ 영상에 대한 라벨링

- 각 사용자에게 대한 인물 및 감정에 대하여 각각 라벨링

○ 실험 평가 방법 및 결과

□ 정확도 및 F1 스코어를 이용한 정량적 평가

- 데이터베이스에 구축된 동일 인물의 다른 사진을 이용하여 비교
- 영상평가에 주로 사용하는 지표를 이용하여 결과에 대한 신뢰도 도출
- 평가지표

1. Precision(P): 분류한 인식 결과 중 실제 해당 상황이 일어난 비율
2. Recall(R): 실제 해당 상황이 일어났을 때 실제로 분류된 인식 결과의 비율
3. Accuracy: 전체 실험 결과 중 분류결과와 실제 상황이 같을 경우의 비율
4. F<sub>1</sub> score(F<sub>1</sub>): Precision과 Recall의 조화 평균을 나타냄

|       |       | 실험 결과    |          |
|-------|-------|----------|----------|
|       |       | Positive | Negative |
| 실제 정답 | True  | TP       | TN       |
|       | False | FP       | FN       |

$$P = \frac{TP}{TP + FP}, R = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}, F_1 = 2 \times \frac{P \times R}{P + R}$$

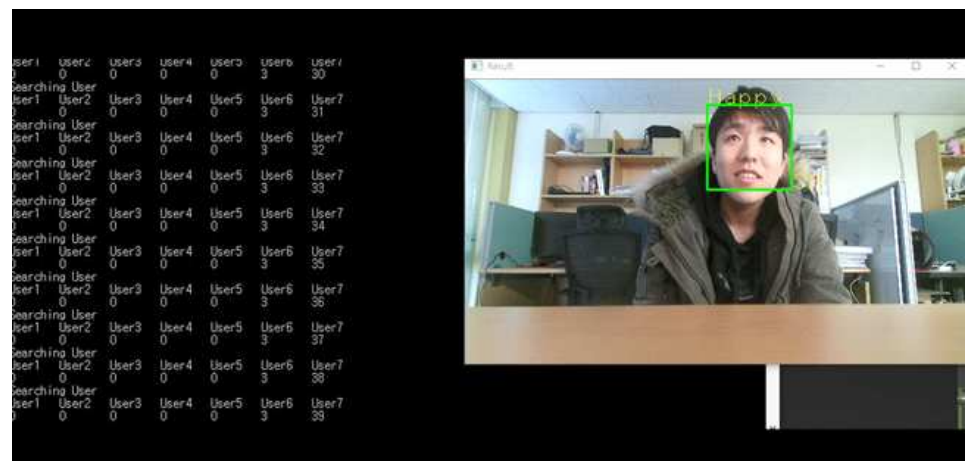
연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용

□ 실험 결과

- 영상에 대한 평균 정확도 및 F1 스코어는 83%로 측정

|             | Happy | Angry | Normal | 평균 |
|-------------|-------|-------|--------|----|
| Accuracy(%) | 78    | 83    | 88     | 83 |
| F1 score    | 77    | 84    | 88     | 83 |

(참고)평가지표에 사용된 테스트 영상의 수는 상의하다.



실시간 카메라 영상에 대한 시연 결과

○ 결과 활용용도

□ 운전자 개별 인식

- 운전자 개별인식을 통해 개인 맞춤형 인터페이스 제공 가능

□ 감정 인식

- 운전자의 감정적 화난 상태를 인식하여 난폭 운전 방지를 위한 제재 혹은 경고 시스템을 구축할 수 있음
- 격분 상태에 대한 인식률을 높이기 위해 대조군으로 웃는 표정에 대한 분류 항목을 추가함

## 1-2. 운전자 피로 상태 분류 기법 [21-37]

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>연구범위</b></p>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 웨어러블 디바이스 기반 운전자 생체 신호 정보 취득 및 분석</li> <li>○ 머신러닝 기법을 이용하여 운전자의 졸림(Drowsiness) 및 깨어있는 상태(Normal) 분류</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>연구 수행 방법<br/>(이론적 · 실험적 접근방법) 및<br/>구체적 내용</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 운전자 생체 신호 특징을 추출하기 위한 기반 운전자 상태 분류 기법             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 운전자 상태에 따라 생체 신호가 변화한다는 점을 이용</li> <li>□ 생체 신호를 측정하기 위해 몸에 직접 전극이나 센서를 부착하면 운전 방해 주기 때문에 새로운 방법 필요                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이를 위해 손쉽게 착용할 수 있고 운전 방해 최소화 할 수 있는 생체 신호 측정이 가능한 센서가 내장된 손목형 웨어러블 디바이스 사용</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="646 712 1197 1008" data-label="Image"> <p>The diagram shows a hand with a black wrist-worn device labeled 'Wearable Device'. An arrow points from the device to a heart icon labeled 'Heart Rate'. Another arrow points from the device to a line graph labeled 'RR Interval' showing several peaks.</p> </div> <p>운전자 상태 분류를 위한 생체신호 측정센서가 내장된 웨어러블 디바이스</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 운전자 상태 분류 기법 전체 구성도</li> </ul> <div data-bbox="438 1209 869 1892" data-label="Diagram"> <pre> graph TD     A[생체 신호 데이터 습득] --&gt; B[Raw Data<br/>(RR interval)]     A --&gt; C[Raw Data<br/>(Heart rate)]     B --&gt; D[데이터 분할]     C --&gt; D     D --&gt; E[분할된 데이터의 평균값 계산]     E --&gt; F[계산된 평균 값 정규화]     F --&gt; G[Support Vector Machine(SVM)을 이용하여<br/>정규화된 데이터를 분류<br/>(운전자 상태 분류)]             </pre> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생체 신호 데이터 습득             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 웨어러블 디바이스에 내장된 센서를 사용하여 운전자 생체 신호 데이터 습득</li> </ul> </li> <li>○ 데이터 분할             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 측정된 데이터를 일정 구간으로 분할하여 데이터를 오버랩 시킴</li> </ul> </li> <li>○ 분할된 데이터의 평균값 계산             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 오버랩 시킨 데이터의 평균을 구해서 비정상적인 생체 신호 데이터 제거</li> </ul> </li> <li>○ 계산된 평균 값 정규화             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Min-Max 정규화 방법을 이용하여 데이터 정규화</li> </ul> </li> <li>○ Support Vector Machine(SVM)을 이용하여 정규화 된 데이터를 분류             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 머신러닝 기법 중 하나인 SVM을 사용하여 운전자 상태(졸림, 깨어있는 상태) 분류</li> </ul> </li> </ul> <p>운전자 상태 분류 기법 전체 구성도</p> |

## ○ 실험 환경

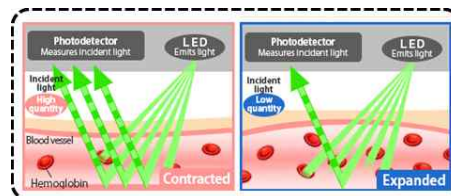
- 실제적인 운전 환경에서 졸음운전 상태를 측정하는 것은 안전사고 발생 가능성이 높아 운전 유사환경을 이용하여 실험 진행
  - 일정한 구간의 블랙박스 주행 영상을 시청하면서 피실험자(운전자)의 생체 신호 측정
- 실험에 사용한 웨어러블 디바이스
  - 마이크로소프트 밴드 2로 심박 센서, 피부전기전도도 측정센서 등을 내장하고 있음
- 실험 절차
  - 우선, 처음 20분간 영상을 시청하며 깨어있는 상태의 신호 측정
  - 졸음을 유발하기 위해 동일한 영상 시청 반복하였으며, 영상과 영상 사이에 Psychomotor Vigilance Task(PVT)를 수행  
(참고) PVT는 짧은 시간에 피로감(졸림)을 유발하기 위해 많이 이용되는 방법
  - 졸림 상태 생체 신호 측정은 PVT를 수행한 후, 앞서 본 동일한 영상을 20분간 시청할 때 수행
- 실험대상
  - 성인 남성 9명에 대해 각 상태(졸림, 깨어있는 상태)에 대해 실험을 진행

## ○ 실험 데이터 분석

- 실험에 사용된 생체 신호 데이터
  - 웨어러블 디바이스에 내장된 PPG(PhotoPlethysmoGraphy) 센서로부터 얻을 수 있는 생체 신호 데이터(심박수 및 심박동 사이 간격)를 운전자 상태 분류 데이터 분석에 사용
- 1. PPG: 피부표면 혈관의 미세혈관 안의 혈류량의 변화를 측정하여 심박수, RR interval 등의 생체 신호를 얻을 수 있음
- 2. 심박수: 1분간의 심박동수를 말함
- 3. 심박동 사이 간격: RR interval이라고 불리며 두 개의 연속적인 심박동 사이의 시간 간격을 말함



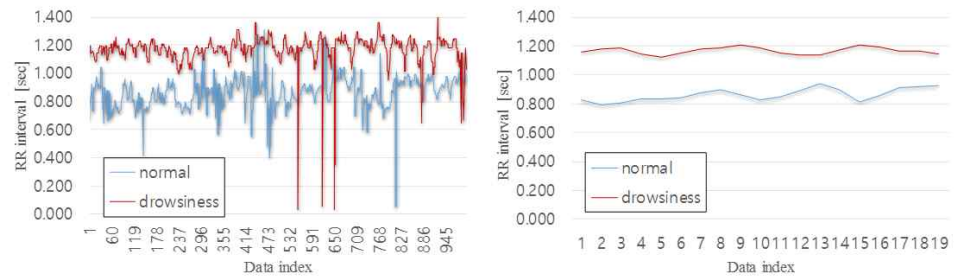
심박수와 RR interval



PPG 센서의 원리

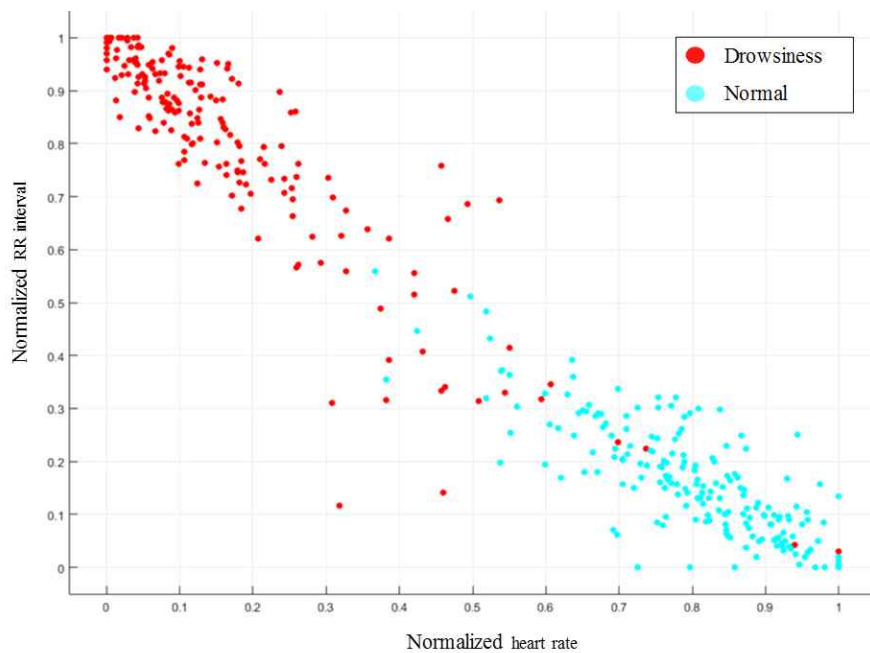
- 생체 신호 데이터 분할 및 분할된 데이터 구간의 평균값 계산
  - 움직임 등으로 인한 Raw 데이터의 노이즈를 제거하기 위해 데이터를 분할하여 분할된 구간의 평균값을 계산하여 운전자 상태 분류를 위한 특징 값으로 사용함
- 계산된 평균 값 데이터 정규화 수행
  - 생체 신호의 경우 개인마다 편차가 있기 때문에, Min-Max 정규화 방법을 이용하여 데이터를 정규화 수행함

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용



운전자 상태 분류를 위한 생체 신호 데이터 전처리 작업  
(왼쪽부터 Raw 데이터, 분할된 데이터의 평균 값 계산 값)

- Support Vector Machine(SVM)을 이용하여 정규화 된 데이터를 분류
  - 데이터를 분류하는 방법인 머신러닝 기법 중 하나인 SVM을 사용하여 정규화 된 운전자의 생체 신호 데이터를 줄임 및 깨어있는 상태로 분류



정규화 된 생체신호 데이터 산점도

- 연구 1에서 사용하였던 Accuracy, Precision, Recall, F1 score를 사용하여 본 기법을 이용한 운전자 상태 분류 평가 진행하였으며, 결과는 아래와 같음

|                   | Drowsiness(실험결과) | Normal(실험결과) |
|-------------------|------------------|--------------|
| Drowsiness(실제 결과) | 180              | 10           |
| Normal(실제결과)      | 4                | 186          |

- Accuracy의 경우 96.3%, Recall의 경우 94.7%, Precision의 경우 97.8%, F1 score의 경우 96.2%를 얻을 수 있었음

- 결과 활용용도

- 운전자 졸음운전 판별

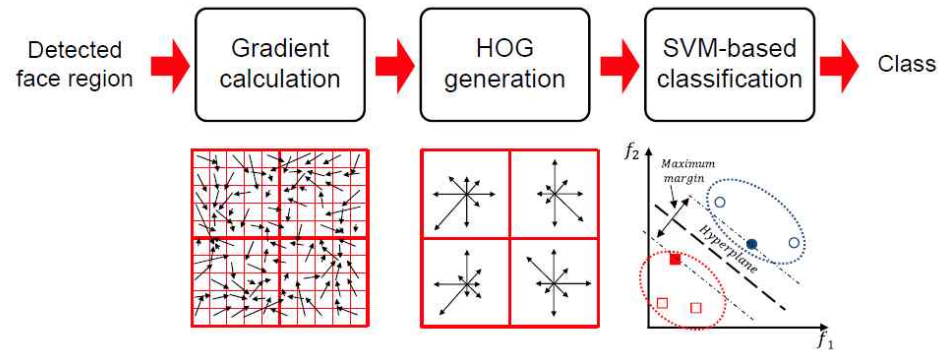
- 운전자 생체 신호 정보를 이용하여 운전자의 졸음여부를 판단함으로써 운전자의 졸음운전을 판별 가능

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용

## 1-3. 아이트래킹 기반 다수 운전자 인식 기법

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구범위                                        | ○ 카메라를 이용한 아이트래킹 기반 다수 운전자 인식 기법                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 연구 수행 방법<br>(이론적 · 실험적<br>접근방법) 및<br>구체적 내용 | <p>○ 아이트래킹 기반 다수 운전자 인식 기법</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 기존 방법들은 단일 운전자에게만 적합한 알고리즘 개발되어, 다수의 운전자를 인식해야 되는 시스템에는 부적절했음</li> <li>□ 만일 다수의 사용자가 인식된다고 하여도 인식 정확도가 떨어져서 운전자 개개 인별로 인식하기 어려움</li> <li>□ 이를 해결하기 위해 RGB-Depth 카메라로부터 얻은 영상 Calibration을 수행한 후, 검출된 얼굴 영역의 방향 그래디언트 히스토그램(HOG) 특징을 계산             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 계산된 얼굴 영역의 HOG 이용하여 사전에 결정된 얼굴 데이터베이스로부터 운전자와 가장 잘 맞는 템플릿을 찾아서 선택하는 방법을 사용함으로써, 다수 운전자 인식의 정확도를 높임</li> </ul> </li> </ul> <p>○ 전체 구성도</p> <pre> graph TD     subgraph Pre-processing         A[Depth frame] --&gt; B[RGB and depth images calibration]         C[RGB frame] --&gt; B         B --&gt; D[Candidate region extraction]     end     subgraph Face_detection         D --&gt; E[Classifier-based face detection]         F[Training set Face detection] &lt;--&gt; E     end     subgraph User_classification         E --&gt; G[HOG-feature extraction]         G --&gt; H[Multi-user classification]         I[Training set User classification] &lt;--&gt; H     end     subgraph 3D_eye_position_extraction         H --&gt; J[Eye position calculation]         J --&gt; K[3D position coordinate extraction]     end     K --&gt; L[3D position] </pre> <p>다수 운전자 시선 추적 알고리즘의 전체적인 구성도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 전처리 과정은 RGB와 Depth 영상을 Calibration하는 과정임</li> <li>□ 얼굴 인식 과정은 입력 영상으로부터 얼굴 영역을 추출하는 과정임</li> <li>□ 사용자(운전자) 분류 과정은 다수의 사용자들을 식별하는 과정임</li> <li>□ 최종적으로 3D 눈 위치 추출 과정은 해부학적 비율(Anatomical proportion)을 통해 운전자의 눈 위치를 찾아냄</li> </ul> |

## ○ 사용자(운전자) 분류 과정



다수 사용자 분류 과정의 전체적인 구성도

- 검출한 얼굴 영역에 그래디언트를 계산하여 얼굴 분류 특징 벡터로 사용할 방향 그래디언트 히스토그램(HOG)을 추출
- 추출된 HOG 특징 벡터를 머신러닝 기법 중 하나인 서포트 벡터 머신(SVM)을 사용하여 다수의 사용자를 분류 및 식별할 클래스를 발생시킴

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용

## ○ 실험 결과

- 연구 1에서 사용하였던 Precision, Recall, F1 score를 사용하여 본 운전자 인식 기법을 평가하였음

| 거리(m) | Precision | Recall | F1 score |
|-------|-----------|--------|----------|
| 1.000 | 1.000     | 0.981  | 0.991    |
| 1.500 | 1.000     | 0.985  | 0.993    |
| 2.000 | 1.000     | 0.975  | 0.987    |
| 2.500 | 1.000     | 1.000  | 1.000    |
| 3.000 | 1.000     | 0.991  | 0.996    |
| 3.500 | 1.000     | 0.991  | 0.996    |

거리 변화에 따른 알고리즘 성능 평가

- 거리 변화에 따른 알고리즘 성능 평가의 결과의 평균을 계산하면, Recall의 경우 98.7%, Precision의 경우 100%, F1 score의 경우 99.4%를 얻을 수 있었음

## ○ 결과 활용용도

- 차량 내부의 운전자 인식 시스템
  - 다수의 운전자를 식별하는데 사용하여 식별된 정보를 바탕으로 맞춤형 인터페이스를 제공하는데 활용가능

## 1-4. 시선 추적 시스템 신뢰도 측정 기법

| 연구범위                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사용자의 실제 모니터 상의 응시 지점과 시선 추적기의 응시 지점 간의 발생하는 차이 보정 기법</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |                             |          |          |          |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------|----------|----------|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|
| 연구 수행 방법<br>(이론적 · 실험적 접근방법) 및 구체적 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시선 추적 기술은 실제 사용 환경 및 사용자의 시선 처리 습관, 응시 지점, 동공의 움직임 등에 의해 시선 추적의 정확성이 일정하지 못하는 경우가 다수 발생</li> <li>○ 본 기법은 사용자의 실제 모니터 상의 응시 지점과 시선 추적 기기의 응시 지점 간의 보정을 통해 정확한 응시 지점을 계산하는 기법</li> </ul> <div> <div> <p>Test pattern</p> <p>Offline</p> <div> <div>Comparing pupil position and test pattern</div> <div>Creation personal profile</div> </div> </div> <div> <p>Online</p> <div> <div>Emitting near infrared for measurement pupil position</div> <div>Measurement pupil position about gazing potion</div> <div>Gathering near infrared information from pupil</div> <div>Calculation pupil position use near infrared information</div> <div>Output gazing point data from real-time eye tracker</div> </div> <p>Gazing point coordinate and color data</p> </div> </div> <p>본 기법의 전체적인 구성도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시선 추적 시스템에 내장된 근적외선이 방사되고, 시선 추적 시스템은 근적외선에 반사된 정보 중, 동공의 정보를 파악하여 사용자의 동공 위치를 측정 <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 근적외선은 다른 빛 파장에 비해 외부 조명 환경에 영향을 민감도가 상대적으로 적으며, 실질적 시선 추적에 필요한 동공의 중심점과 각막에 반사된 빛의 양을 측정하는데 용이</li> <li>□ 모니터를 9분할하여 9개의 직사각형 공간에 무작위로 이미지를 보여주어 사용자 동공의 움직임 위치 인식을 파악하여 시선 추적기의 동공 위치 파악에 대한 정확도 평가 진행</li> </ul> </li> <li>○ 실험 결과 <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Tobii eyeX의 시선 추적기를 사용하여 실험을 진행하였으며 결과는 아래와 같음</li> </ul> <table> <tr> <th rowspan="3">Person_mean</th><th colspan="5">Gazing measurement accuracy</th></tr> <tr> <th>1.0 sec.</th><th>1.5 sec.</th><th>2.0 sec.</th><th>2.5 sec.</th><th>3.0 sec.</th></tr> <tr> <th>Ratio(%)</th><th>Ratio(%)</th><th>Ratio(%)</th><th>Ratio(%)</th><th>Ratio(%)</th></tr> <tr> <td>Person 1</td><td>71.9</td><td>79.4</td><td>88.8</td><td>89.4</td><td>91.4</td></tr> <tr> <td>Person 2</td><td>58.8</td><td>78.2</td><td>79.4</td><td>83.5</td><td>87.0</td></tr> <tr> <td>Person 3</td><td>71.4</td><td>73.4</td><td>85.8</td><td>83.5</td><td>83.4</td></tr> <tr> <td>Total_mean</td><td>67.4</td><td>77.0</td><td>84.7</td><td>85.5</td><td>87.3</td></tr> </table> <p>사용자 동공 추적 정확도 측정 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 응시 시간이 길어질수록 동공 추적 정확도는 증가하는 경향을 보였으며, 2초 이상 응시했을 경우, 평균 약 85%의 정확도를 보이는 것을 확인</li> </ul> </li> <li>○ 결과 활용용도 <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 차량 내부와 같은 외부 조명 환경에 영향을 많이 받는 환경에서 운전자 인식 시스템에 활용 가능</li> </ul> </li> </ul> | Person_mean | Gazing measurement accuracy |          |          |          |  | 1.0 sec. | 1.5 sec. | 2.0 sec. | 2.5 sec. | 3.0 sec. | Ratio(%) | Ratio(%) | Ratio(%) | Ratio(%) | Ratio(%) | Person 1 | 71.9 | 79.4 | 88.8 | 89.4 | 91.4 | Person 2 | 58.8 | 78.2 | 79.4 | 83.5 | 87.0 | Person 3 | 71.4 | 73.4 | 85.8 | 83.5 | 83.4 | Total_mean | 67.4 | 77.0 | 84.7 | 85.5 | 87.3 |
| Person_mean                           | Gazing measurement accuracy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |                             |          |          |          |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |
|                                       | 1.0 sec.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             | 1.5 sec.                    | 2.0 sec. | 2.5 sec. | 3.0 sec. |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |
|                                       | Ratio(%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ratio(%)    | Ratio(%)                    | Ratio(%) | Ratio(%) |          |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |
| Person 1                              | 71.9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 79.4        | 88.8                        | 89.4     | 91.4     |          |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |
| Person 2                              | 58.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 78.2        | 79.4                        | 83.5     | 87.0     |          |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |
| Person 3                              | 71.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 73.4        | 85.8                        | 83.5     | 83.4     |          |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |
| Total_mean                            | 67.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 77.0        | 84.7                        | 85.5     | 87.3     |          |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |

## 1-5. 자율 주행 모드 자동 전환을 위한 외부환경 상황 인식 기법

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구범위                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>○ 운전자 피로도 판단을 통한 자율 주행 모드 자동 전환 판단 통합 시스템</li><li>○ 시뮬레이션을 이용한 자율 주행 자동 전환을 위한 외부환경 상황 인식</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 연구 수행 방법<br>(이론적 · 실험적 접근방법) 및<br>구체적 내용 | <ul style="list-style-type: none"><li>○ 운전 상황 시뮬레이터를 통한 운전 시 외부 상황 습득 및 판단<ul style="list-style-type: none"><li>□ 운전 상황 시뮬레이터로부터 외부 도로 및 장애물에 대한 정보를 영상으로 취득</li><li>□ 해당 영상으로부터, 라인 인식 및 장애물 인식 과정 수행</li></ul></li><li>○ 전체 구성도<div><div><div>외부 영상 취득</div><div>↓</div><div>차선 인식</div><div>↓</div><div>차량 인식</div><div>↓</div><div>전처리한 영상을 통한 자율주행 상태</div></div><div><ul style="list-style-type: none"><li>○ 외부 영상 취득<ul style="list-style-type: none"><li>□ 시뮬레이션에서 제공되는 이미지로부터 관심영역 추출</li></ul></li><li>○ 차선 인식<ul style="list-style-type: none"><li>□ 해당 영역에 대한 Lane 특징 추출 (Ridge)</li><li>□ Inverse Perspective Mode을 통한 Bird view생성</li><li>□ Simplified Hough Transform을 통한 차선 검출</li><li>□ 생성된 정보로부터 차선 추정</li></ul></li><li>○ 차량 인식<ul style="list-style-type: none"><li>□ 딥러닝 기반의 차량 및 장애물 인식</li><li>□ 실시간 속도 개선을 위한 Code 최적화</li></ul></li><li>○ 전처리한 영상을 통한 자율주행 상태<ul style="list-style-type: none"><li>□ 위에서 추론한 정보로부터 자율주행을 위한 축약된 상태 추론 (state reduction)</li></ul></li></ul></div></div><div>자율 주행 모드 자동 전환을 위한 외부환경 상황 인식 기법</div><ul style="list-style-type: none"><li>○ 실험 환경<ul style="list-style-type: none"><li>□ 실험 컴퓨터 사양<ul style="list-style-type: none"><li>- CPU 모델: Intel i5-6600(3.3GHz)</li><li>- Graphic card: NVIDIA GTX 1080 Ti</li></ul></li></ul></li><li>○ 실험 과정<ul style="list-style-type: none"><li>□ 차선 인식<ol style="list-style-type: none"><li>1. 차선에 대한 특징 추출</li><li>2. Inverse Perspective Model<ul style="list-style-type: none"><li>- 카메라 좌표계로부터 실제 세계 좌표계로의 변환</li></ul></li></ol></li></ul></li></ul><div><div></div><div>차선의 Ridge 특징</div><div><div><div><div>X-Rotation in 3D</div><div><math display="block">\begin{bmatrix} 1 &amp; 0 &amp; 0 &amp; 0 \\ 0 &amp; \cos\phi &amp; -\sin\phi &amp; 0 \\ 0 &amp; \sin\phi &amp; \cos\phi &amp; 0 \\ 0 &amp; 0 &amp; 0 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></div></div><div><div>Z-Rotation in 3D</div><div><math display="block">\begin{bmatrix} \cos\phi &amp; -\sin\phi &amp; 0 &amp; 0 \\ \sin\phi &amp; \cos\phi &amp; 0 &amp; 0 \\ 0 &amp; 0 &amp; 1 &amp; 0 \\ 0 &amp; 0 &amp; 0 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></div></div><div><div>Scale in 3D</div><div><math display="block">\begin{bmatrix} Sx &amp; 0 &amp; 0 &amp; 0 \\ 0 &amp; Sy &amp; 0 &amp; 0 \\ 0 &amp; 0 &amp; Sz &amp; 0 \\ 0 &amp; 0 &amp; 0 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></div></div><div><math>(4 \times 4) * (4 \times 1) = (4 \times 1)</math></div></div><div><div><div><div>Y-Rotation in 3D</div><div><math display="block">\begin{bmatrix} \cos\phi &amp; 0 &amp; \sin\phi &amp; 0 \\ 0 &amp; 1 &amp; 0 &amp; 0 \\ -\sin\phi &amp; 0 &amp; \cos\phi &amp; 0 \\ 0 &amp; 0 &amp; 0 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></div></div><div><div>Translation in 3D</div><div><math display="block">\begin{bmatrix} 1 &amp; 0 &amp; 0 &amp; Tx \\ 0 &amp; 1 &amp; 0 &amp; Ty \\ 0 &amp; 0 &amp; 1 &amp; Tz \\ 0 &amp; 0 &amp; 0 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></div></div><div><div>Matrix Multiplication</div><div><math display="block">\begin{bmatrix} a &amp; b &amp; c &amp; d \\ e &amp; f &amp; g &amp; h \\ i &amp; j &amp; k &amp; l \\ m &amp; n &amp; o &amp; p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ q \end{bmatrix}</math></div></div></div></div><div>Camera-world 좌표계 변환 행렬</div></div></div></li></ul> |

## 3. Simplified Hough Transform

- 누적 히스토그램의 특징이 90° 직선 비율을 반영

## □ 차선 인식

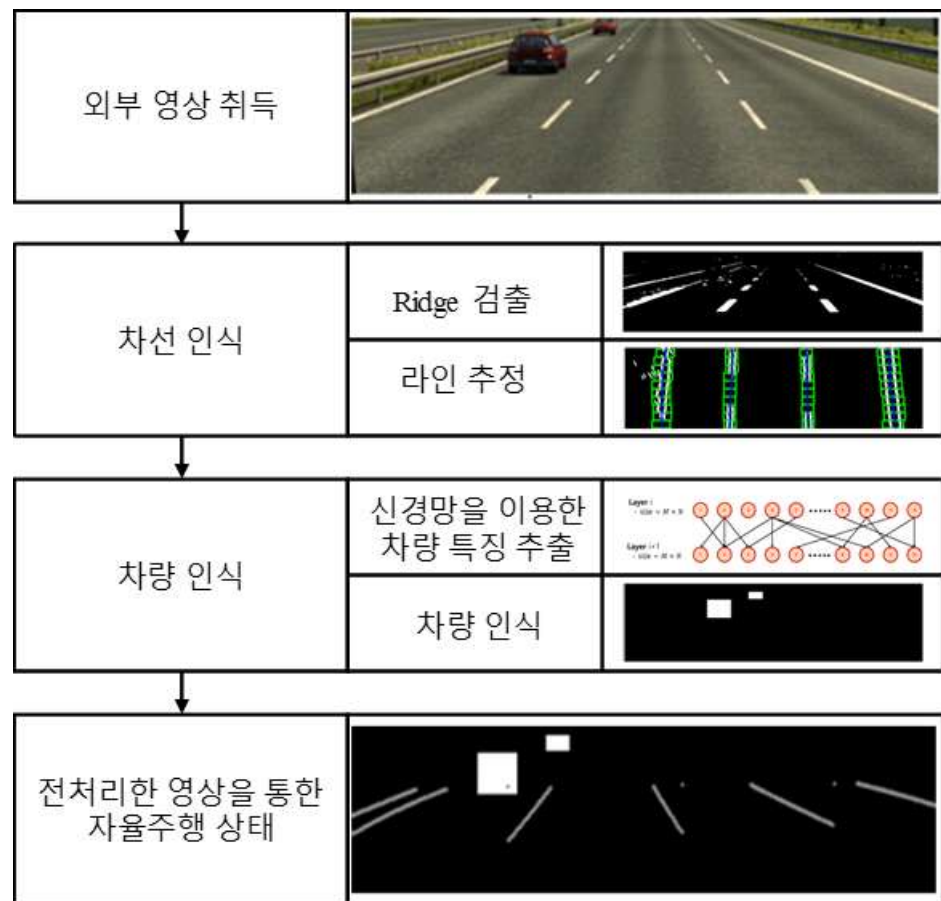
1. Deep Neural Network를 통한 Object 인식
  - Yolo architecture를 이용하여, 100여개의 사물을 인식할 수 있음
2. 인식된 사물 중 차량 부분을 Bounding box로 추출
3. 실시간 검출이 가능하도록, Neural Net 수정/Overhead 제거를 통한 Code 최적화

## □ 자율 주행을 위한 인식된 상태 압축

1. Raw 영상을 압축을 통한 운전 상태 압축을 위한 연구
  - Linear 압축, Neural Net를 통한 다양한 State reduction 방법 연구

## ○ 실험 결과

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용



## ○ 결과 활용용도

- 자율 주행 모드 전환 판단 시스템
  - 차량 외부의 상황 인식 정보들을 바탕으로 자율 주행 모드 전환 판단 시스템에 활용 가능

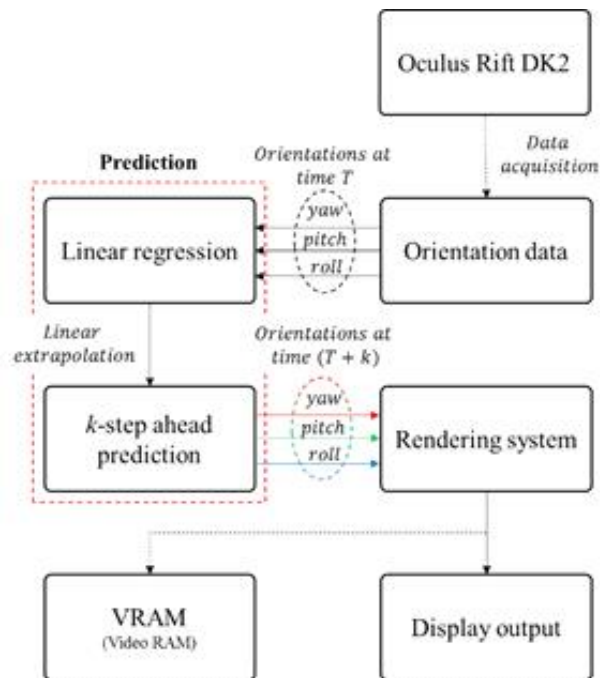
## 1-6. 운전 시뮬레이션 환경 시스템에 관한 연구

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구범위                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실제 차량에서는 발생하지 않는 헤드마운티드 디스플레이(HMD) 운전 시뮬레이션 환경에서 발생할 수 있는 멀미, 왜곡 현상 해결에 관한 연구</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 연구 수행 방법<br>(이론적 · 실험적 접근방법) 및<br>구체적 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ HMD에 이용되는 렌즈의 배럴 왜곡 현상 보간(Interpolation) 계산량 절감 및 화질 개선 기법             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 기존의 HMD system은 양안을 동시에 rendering 하여 상당한 complexity 필요</li> <li>□ 제안하는 방법은 배럴 왜곡을 수행할 때 중복 픽셀 위치를 제거하고 연산시간을 저감</li> <li>□ 배럴 왜곡 LUT와 Nearest, neighborhood, Bilinear, Bicubic interpolation을 이용하여 기존 방법 대비 저계산량 알고리즘 구현                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제안하는 방법은 기존 방법과 비교하여 평균 계산 시간을 34.69%까지 단축</li> </ul> </li> <li>□ 배럴 왜곡 시, 대표 픽셀을 잘 선택하여 기존 방법 대비 높은 화질 구현                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제안하는 방법은 기존 방법과 비교하여 PSNR을 최대 3.72dB까지 증가</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="445 689 1402 1048"> </div> <p style="text-align: center;">맨 윗줄부터 (a) Nearest neighborhood interpolation<br/>(b) Bilinear interpolation (c) Bicubic interpolation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ HMD에 이용되는 어안렌즈의 배럴 왜곡 현상 보정(correction) 및 보간 계산량 절감 기법             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 제안하는 방법은 카메라 파라미터 계산 후 영상 스케일을 고려하여 매핑 테이블 생성</li> <li>□ 영상의 배럴왜곡 정도에 따라 배럴왜곡 파라미터를 조정하여 Interpolation과 동시에 Correction을 수행</li> <li>□ 제안하는 방법은 배럴왜곡을 영상 Interpolation과 동시에 수행하여 계산량을 저감하는 방법 제안</li> <li>□ 제안하는 방법은 인지적 화질을 향상시키며 계산시간을 최대 15.85%까지 저감</li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="459 1554 1388 2007"> </div> <p style="text-align: center;">어안렌즈의 배럴 왜곡 현상 보정 및 보간 계산량 절감 기법</p> |

## ○ HMD에 이용 시 발생하는 멀미현상 절감 기법

- 현실-가상현실 간 괴리감에 의해 HMD 기기 사용자들이 멀미 등을 호소
- HMD 기기를 사용하였을 때 발생하는 멀미 문제에 대해 많은 연구들이 진행되고 있으며, 대부분의 경우에는 Latency 문제에 의해 발생한 괴리감에 의해 멀미 등이 발생하는 것으로 알려짐
  - Latency는 실제 사용자의 head orientation에 변화가 발생하는 경우 동일 시점에 해당하는 영상을 출력할 때까지 걸리는 지연시간을 의미
  - Latency는 발생하게 되면 사용자가 실제 보고 있는 방향에 해당하지 않는 영상이 출력되게 되어 사용자는 현실에서 시선을 변화했을 때 발생하는 현상과는 다른 형태의 감각을 느끼게 되는데, 이러한 괴리감에 의해 멀미가 발생
- HMD 기기에서 이러한 latency 문제를 극복하기 위해 센서 데이터를 입력 받아 다음 k step에서의 자세를 예측하여 이에 해당하는 영상을 출력하여 latency를 보상하는 시스템을 제안
  - 내부 센서로 부터 취득된 Gyroscope 및 Accelerometer 데이터를 기반으로 Euler angle이 계산되며 이 각도에 대한 각 축 방향 예측을 통해 k step에서의 자세 데이터를 계산
  - 이 때, 예측에서는 Linear extrapolation 기법을 통해 이전의 값을 이용해서 Curve fitting한 계산식을 이용

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용



제안하는 방법의 전체 구성도

## ○ 실험 결과

- yaw, pitch, roll 방향, 그리고 T=100, 200, 230의 시점에 대해 1 step의 경우 각각 0.724, 0.090, 0.300도의 오차가 발생하였고, 4 step예측의 경우 각각 1.739, 0.180, 1.200도의 오차가 발생
- yaw, pitch, roll 방향에 대한 평균 오차는 4 step 예측에 대해서 각각 1.083, 4.497, 3.248 도의 오차가 발생하였고 이 경우 53ms의 latency를 보상하여 기존 latency인 50ms의 약 106.667%만큼 보상할 수 있음을 확인

## ○ 결과 활용용도

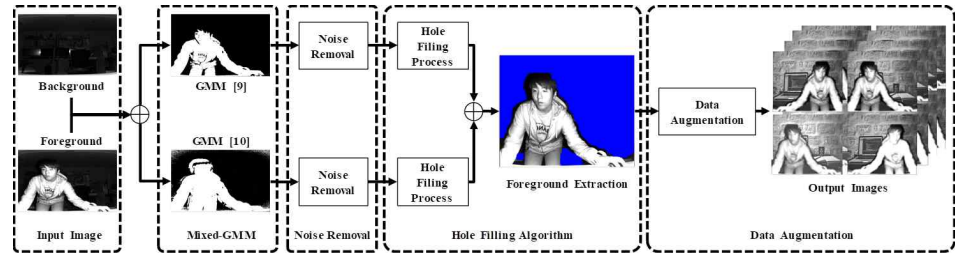
- 운전 시뮬레이션 환경(HMD) 시스템을 구축하는데 활용
  - 실제 차량에서는 발생하지 않으나, 헤드마운티드 디스플레이(HMD) 운전 시뮬레이션 환경에서 발생할 수 있는 멀미, 왜곡 현상 해결에 활용하여 현실감 있는 시뮬레이션 환경을 만드는데 활용 가능

## 1-7. 적외선 영상 기반 운전자 인식 시스템 기법 [1-20]

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구범위                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실제 차량에서 발생하는 조도 변화의 강건하기 위해, 적외선 영상에 대한 딥러닝을 통한 운전자 인식 시스템에 관한 연구</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 연구 수행 방법<br>(이론적 · 실험적 접근방법) 및<br>구체적 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시스템 전체구성도             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 데이터 수집: 전경 및 배경 영상을 포함한 적외선 영상 수집</li> <li>□ 데이터 증감: 영상 처리 알고리즘을 이용한 Data augmentation 실시</li> <li>□ 운전자 인식: 딥러닝 아키텍처를 활용한 운전자 분류</li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="464 504 1417 779"> <p>The diagram illustrates the system architecture. It starts with 'Data Collection' which includes 'Target Images' and 'Backgrounds'. This leads to 'Data Augmentation', represented by a stack of images. The augmented data then goes into 'Driver Identification'. This stage involves an 'Input Image' being processed by a 'Deep Neural Network' (represented by colored blocks) to produce an 'Output' which lists 'Driver 1', 'Driver 2', and 'Driver N'.</p> </div> <p>배경 제거 알고리즘 및 적외선 영상에 대한 딥러닝을 통한 운전자 인식</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실험 환경             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 실험 컴퓨터 사양                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- CPU 모델: Intel i7-6700HQ (2.60GHz)</li> <li>- 운영 체제: Window 10</li> </ul> </li> <li>□ 실험 카메라 사양                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영상 촬영 카메라: Kinect V2 (Microsoft 제작)</li> </ul> </li> <li>□ 실험 딥러닝 플랫폼                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 딥러닝 라이브러리: Tensorflow 기반의 Keras</li> <li>- 구동 가상환경: Anaconda 3.0</li> </ul> </li> <li>□ 실험 데이터                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 성인 남성 7명에 대하여 영상 데이터 구축</li> <li>- 학습 데이터: 약 100,000여장의 적외선 영상 (가로 512, 세로 424 픽셀)</li> <li>- 테스트 데이터: 약 9,000여장의 적외선 영상 (가로 512, 세로 424 픽셀)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="504 1350 1337 1650"> <p>Two photographs showing the experimental setup. The left photo shows a person sitting in a racing seat with a Kinect camera mounted on a stand in front of them. The right photo shows a similar setup from a different angle, with a computer monitor visible in the background.</p> </div> <p>영상 데이터 수집 및 실험 환경</p> <div data-bbox="499 1688 1342 2022"> <p>Two side-by-side grayscale images showing a person's face and upper body in a driving simulator environment, captured by an infrared camera.</p> </div> <p>실제 촬영 영상 예시</p> |

## ○ 실험과정

## □ 배경 제거 알고리즘을 활용한 적외선 영상 데이터 증가



Mixed GMM 기반 적외선 영상 배경 제거 및 증가 알고리즘

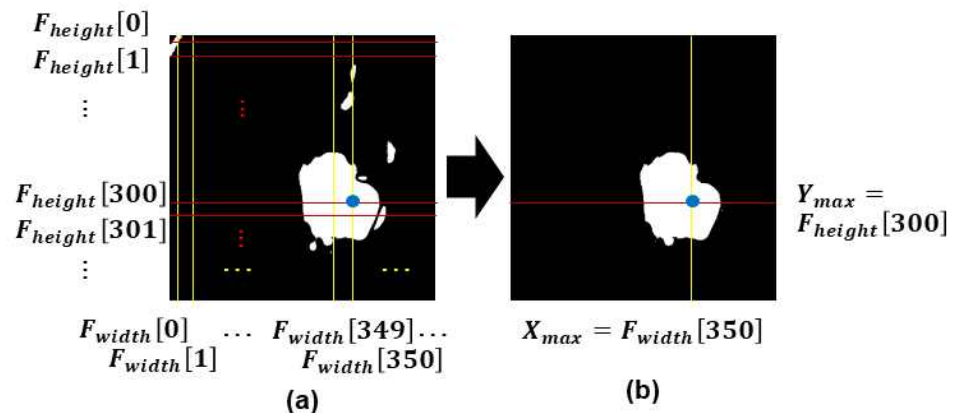
## - 배경 제거 알고리즘

1. Mixed Gaussian mixture model (Mixed GMM)을 활용한 1차 전경 분리 알고리즘

$$\hat{p}(\vec{x}|X_T, F+B) = \sum_{m=1}^M \hat{\pi} N(\vec{x}; \hat{x}_m, \hat{\sigma}_m^2 I)$$

2. Super-pixel 기반의 Flood-fill 알고리즘을 활용한 노이즈 제거 실시
3. Neighboring pixel과의 상관관계를 통한 Hole filling 알고리즘 적용

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용



Super-pixel(파란 점)에 Flood-fill 알고리즘 적용 전(a)·후(b)

## - 데이터 증가 알고리즘 (data augmentation)

1. Haar-like feature 기반의 얼굴 영영 검출
2. Brighten/darken을 이용한 영상의 밝기 조절
3. Flipped 알고리즘을 통한 영상의 좌·우 반전



영상 데이터 Augmentation 결과

## □ 얼굴 영역 탐색

- Haar-like 특징을 이용한 얼굴영역 검출

1. 특정 영역에 대한 수학적 모델링을 통한 검출 및 각 영역의 끝점에 대한 관계를 통한 검출 영역 도출
2. 얼굴 영역 중에 Contour 영역만을 다시 관심영역(Region of Interest, ROI)으로 설정하여 핵심 영역만을 학습에 이용



ROI 재설정을 통한 불필요한 영역 감소: ROI 재설정 전(빨강)·후(초록)

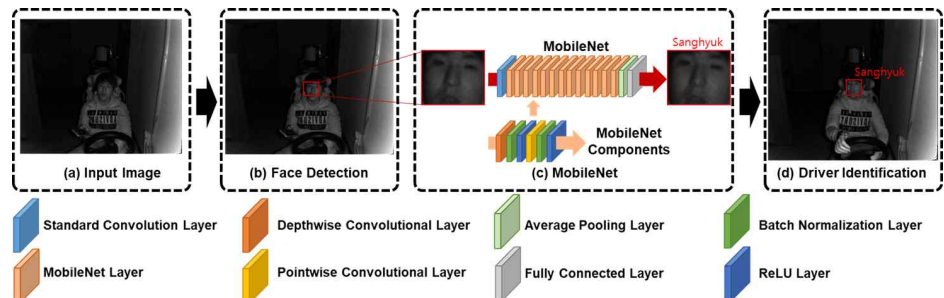
## □ Convolutional neural network(CNN) 기반 운전자 인식

- Tiny network인 MobileNet을 이용한 계산량 감소

1. Convolutional layer를 Depthwise/pointwise layer로 교체하여 사용
2. Batch-normalization layer를 활용한 Overfitting 방지
3. 입력 영상의 해상도 감소 및 Layer-depth 축소를 통한 계산량 감소

$$C_{re} = \alpha \cdot I_{ch} \cdot S_F \cdot \{(\alpha \cdot O_{ch} - 1) \cdot (S_k - 1) - 1\}$$

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용



CNN 기반 운전자 인식 시스템

## ○ 실험 평가 방법 및 결과

## □ F1 스코어를 이용한 정량적 평가

- 데이터베이스에 구축된 동일 인물의 다른 사진을 이용하여 비교
- 영상평가에 주로 사용하는 지표를 이용하여 결과에 대한 신뢰도 도출
- 평가지표

1. Precision(P): 분류한 인식 결과 중 실제 해당 상황이 일어난 비율
2. Recall(R): 실제 해당 상황이 일어났을 때 실제로 분류된 인식 결과의 비율
3. Accuracy: 전체 실험 결과 중 분류결과와 실제 상황이 같을 경우의 비율
4. F<sub>1</sub> score(F<sub>1</sub>): Precision과 Recall의 조화 평균을 나타냄

|       |       | 실험 결과    |          |
|-------|-------|----------|----------|
|       |       | Positive | Negative |
| 실제 정답 | True  | TP       | TN       |
|       | False | FP       | FN       |

$$P = \frac{TP}{TP + FP}, R = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Accuracy = \frac{TP + FN}{TP + TN + FP + FN}, F_1 = 2 \times \frac{P \times R}{P + R}$$

## □ 메모리 사용량을 통한 정량적 평가

- 제안된 CNN 모델을 기준으로 Memory 사용량의 절댓값 및 상대값 비교
- 실제 사용되는 메모리 자원을 통해 아키텍처의 최적화 판단
- 평가지표

1.  $n_{out}$ : 출력 영상의 Pixel 수

2.  $n_{non-train}$ : Batch normalization layer의 평균·분산 파라미터와 같은 Non-trainable 파라미터의 수

3.  $n_{train}$ : Convolutional layer의 weight와 같은 Trainable 파라미터의 수

4.  $N_{memory}$ : Byte 단위에서의 memory 사용량

$$N_{memory} = 4 \times (n_{out} + n_{train} + n_{non-train})$$

## □ 실험 결과

- 영상에 대한 평균 F1 스코어는 94.18%로 측정

| Driver   | Precision | Recall | F1 score |
|----------|-----------|--------|----------|
| Driver 1 | 1.0000    | 0.9858 | 0.9928   |
| Driver 2 | 0.9951    | 0.9903 | 0.9927   |
| Driver 3 | 0.9964    | 0.9175 | 0.9553   |
| Driver 4 | 0.9966    | 0.9932 | 0.9949   |
| Driver 5 | 0.8273    | 1.0000 | 0.9055   |
| Driver 6 | 0.6388    | 0.9958 | 0.7783   |
| Total    | 0.9973    | 0.8922 | 0.9418   |

(참고) 평가지표에 사용된 테스트 영상의 수는 상의하다.

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용



(a)



(b)

실제 검출 영상: (a) 운전자 5 (Sanghyuk), (b) 운전자 1 (Yunsoo)

- Conventional model에 비해 상대적으로 49.0822배 적은 Memory 사용

| Model                                   | Memory Resource(KB) | Memory Resource(상대값) |
|-----------------------------------------|---------------------|----------------------|
| 1.0 AlexNet-224<br>(Conventional model) | 235,349             | 49.0822              |
| 1.0 MobileNet-224                       | 82,829              | 17.2740              |
| 0.75 MobileNet-224                      | 57,827              | 12.0599              |
| 0.5 MobileNet-224                       | 35,721              | 7.4496               |
| 0.25 MobileNet-224                      | 16,511              | 3.4434               |
| 1.0 MobileNet-100                       | 36,436              | 7.5987               |
| 0.75 MobileNet-100                      | 22,994              | 4.7954               |
| 0.5 MobileNet-100                       | 12,447              | 2.5958               |
| 0.25 MobileNet-100<br>(Proposed model)  | 4,795               | 1.0000               |

## ○ 결과 활용용도

## □ 운전자 개별 인식

- 운전자 개별인식을 통해 개인 맞춤형 인터페이스 제공 가능

## 1-8. 적외선 영상 기반 운전자 감정 상태 인식 시스템 기법 [1-20]

| 연구범위                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 영상을 통해 개인 사용자에게 특화된 정보 취득 및 활용</li> <li>○ 딥러닝 알고리즘을 통한 운전자 감정 상태 인식 정확도 개선</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>연구 수행 방법<br/>(이론적 · 실험적 접근방법) 및<br/>구체적 내용</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 적외선 영상을 이용한 운전자 감정 상태 인식 기법             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 야간 시 차량 내부의 밝기가 어두워 운전자 상태 인식에 어려움이 있음                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이를 위해 어두운 야간 환경에서도 강건한 시스템을 구현할 수 있는 적외선 카메라 사용</li> </ul> </li> <li>□ 기존 알고리즘의 경우 운전자 얼굴 및 표정 인식 정확도가 떨어져 자율주행모드 변환 시점을 판단하기에 어려움이 있음                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이를 위해 영상으로부터 구별되는 특징 점들을 자동으로 추출하고 이를 이용하여 얼굴 및 표정을 인식하는 인공지능(딥러닝) 알고리즘을 사용함으로써, 인식 정확도를 높임.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ 운전자 감정 인식 기법 전체 구성도             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 얼굴 영역 탐색: Haar-like feature를 이용한 얼굴영역 탐색</li> <li>□ 얼굴 인식: 학습된 딥러닝 알고리즘을 이용한 얼굴인식</li> <li>□ 표정 인식: 개인화된 데이터베이스를 기반으로 한 표정인식</li> <li>□ 영상에 대한 라벨링: 특정 인물 및 표정에 대한 라벨링</li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="422 929 1420 1288"> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실험 환경             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 실험 컴퓨터 사양                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- CPU 모델: Intel i7-6700HQ (2.60GHz)</li> <li>- 운영 체제: Window 10</li> </ul> </li> <li>□ 실험 카메라 사양                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영상 촬영 카메라: Kinect V2 (Microsoft 제작)</li> </ul> </li> <li>□ 실험 딥러닝 플랫폼                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 딥러닝 라이브러리: Tensorflow 기반의 Keras</li> <li>- 구동 가상환경: Anaconda 3.0</li> </ul> </li> <li>□ 실험 데이터                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 성인남녀 8명에 대하여 각 10,000여장의 영상 취득</li> <li>- 8명에 대하여 각 표정 당 3,500여 장의 영상 취득</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="574 1747 1300 2038"> </div> <p style="text-align: center;">실제 촬영 영상 예시</p> |

## ○ 실험과정

## □ 얼굴 영역 탐색

- Haar-like 특징을 이용한 얼굴영역 검출

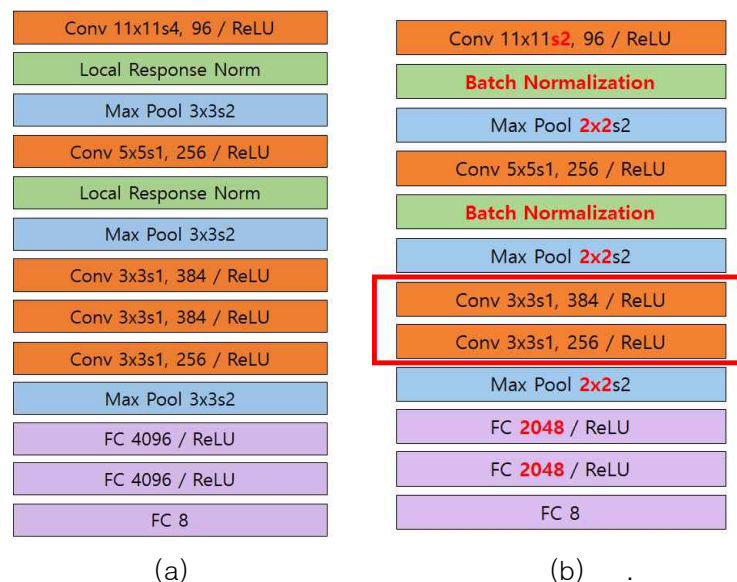
1. 특정 영역에 대한 수학적 모델링을 통한 검출 및 각 영역의 끝점에 대한 관계를 통한 검출 영역 도출
2. 얼굴 영역 중에 Contour 영역만을 다시 관심영역(Region of Interest, ROI)으로 설정하여 핵심 영역만을 학습에 이용

## □ Convolutional neural network(CNN) 기반 운전자 인식

- 실시간 운전자 감정 인식을 위한 딥러닝 아키텍처 고안

1. 기존의 AlexNet을 변형하여 새로운 구조 설계
2. LRN layer를 Batch-normalization layer로 대체, 정확도 개선
3. 입력 영상(추출된 얼굴 영상)의 size를 고려하여 아키텍처 depth 수정

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용



딥러닝 아키텍처: (a) 기존 AlexNet (b) 개선된 딥러닝 아키텍처

## ○ 실험 평가 방법 및 결과

## □ F1 스코어를 이용한 정량적 평가

- 데이터베이스에 구축된 동일 인물의 다른 사진을 이용하여 비교
- 영상평가에 주로 사용하는 지표를 이용하여 결과에 대한 신뢰도 도출
- 평가지표

1. Precision(P): 분류한 인식 결과 중 실제 해당 상황이 일어난 비율
2. Recall(R): 실제 해당 상황이 일어났을 때 실제로 분류된 인식 결과의 비율
3. Accuracy: 전체 실험 결과 중 분류결과와 실제 상황이 같을 경우의 비율
4. F<sub>1</sub> score(F<sub>1</sub>): Precision과 Recall의 조화 평균을 나타냄

|       |       | 실험 결과    |          |
|-------|-------|----------|----------|
|       |       | Positive | Negative |
| 실제 정답 | True  | TP       | TN       |
|       | False | FP       | FN       |

$$P = \frac{TP}{TP + FP}, R = \frac{TP}{TP + FN}$$

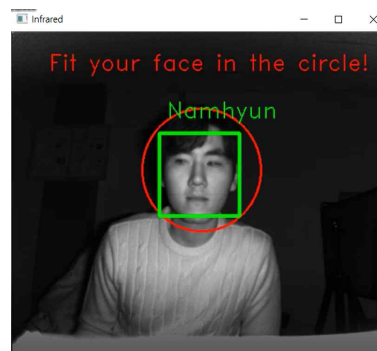
$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}, F_1 = 2 \times \frac{P \times R}{P + R}$$

## □ 실험 결과

- 얼굴 인식에 대한 평균 정확도 및 F1 스코어는 98%로 측정

| Driver   | Precision | Recall | F1 score |
|----------|-----------|--------|----------|
| Driver 1 | 0.9847    | 0.9744 | 0.9795   |
| Driver 2 | 0.9884    | 0.9931 | 0.9907   |
| Driver 3 | 0.9658    | 0.9892 | 0.9774   |
| Driver 4 | 0.9796    | 0.9856 | 0.9826   |
| Driver 5 | 0.9765    | 0.9887 | 0.9826   |
| Driver 6 | 0.9871    | 0.9798 | 0.9834   |
| Driver 7 | 0.9683    | 0.9812 | 0.9747   |
| Driver 8 | 0.9766    | 0.9913 | 0.9839   |
| Total    | 0.9783    | 0.9854 | 0.9818   |

(참고)평가지표에 사용된 테스트 영상의 수는 상의하다.

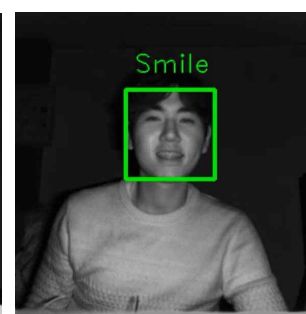
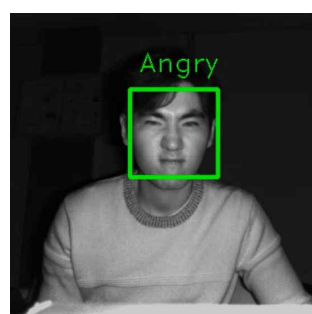
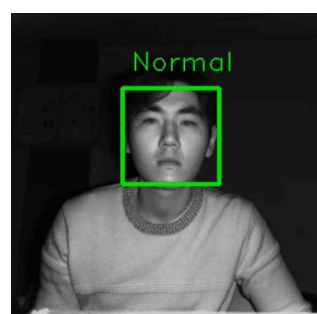


실시간 카메라 영상에 얼굴 인식 시연 결과

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용

- 표정 인식에 대한 평균 정확도 및 F1 스코어는 97%로 측정

| Driver | Precision | Recall | F1 score |
|--------|-----------|--------|----------|
| Smile  | 0.9858    | 0.9857 | 0.9857   |
| Normal | 0.9773    | 0.9834 | 0.9803   |
| Angry  | 0.9683    | 0.9713 | 0.9697   |
| Total  | 0.9771    | 0.9801 | 0.9785   |



실시간 카메라 영상에 표정 인식 시연 결과

## ○ 결과 활용용도

## □ 운전자 개별 인식

- 운전자 개별인식을 통해 개인 맞춤형 인터페이스 제공 가능

## □ 감정 인식

- 운전자의 감정인식 기반 운전가능 여부 판단 가능
- 감정에 따른 운전 패턴 분석으로 상황에 적합한 운전자 보조 시스템 개발가능

## 1-9. 딥러닝 기반 운전자 피로 상태 분류 기법 [21-37]

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구범위                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 웨어러블 디바이스 기반 운전자 생체 신호 정보 취득 및 분석</li> <li>○ 딥러닝 기법을 이용하여 운전자의 졸림(Drowsiness) 및 깨어있는 상태(Normal) 분류</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 연구 수행 방법<br>(이론적 · 실험적<br>접근방법) 및<br>구체적 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 운전자 생체 신호 특징을 추출하기 위한 기반 운전자 상태 분류 기법             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 운전자 상태에 따라 생체 신호가 변화한다는 점을 이용                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 졸음 상황에 따른 심박수 등의 신체 신호가 평상시와의 차이점이 들어남</li> </ul> </li> <li>□ 기존 카메라 기반의 운전자 모니터링 시스템의 경우 조도의 변화에 따라 인식률의 영향이 큼                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생체 신호를 통하여 여러 운전상황에 따른 외부 자극에 대한 인식을 변화 최소화 실시</li> </ul> </li> <li>□ 생체 신호 취득 시 운전자에 방해가 되지 않게 하기 위한 실험장비 필요                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 손목형 웨어러블 디바이스를 이용하여 운전에 대한 방해 최소화</li> </ul> </li> <li>□ 순환 신경망 (Recurrent neural network, RNN) 기반 운전자 상태 분류                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Support vector machine(SVM)과 같은 기존 머신러닝 기법에 비해 일반적으로 개선된 성능 도출</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ 운전자 상태 분류 기법 전체 구성도             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 생체 신호 습득                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 웨어러블 디바이스에 내장된 센서를 사용하여 심박수, 체온, Electrodermal activity(EDA)의 정보 습득</li> </ul> </li> <li>□ 데이터 전처리                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Noise 필터 및 시계열 데이터로의 데이터 변환 실시</li> </ul> </li> <li>□ RNN 모델 구성                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터 합성, 정규화, 셔플링(Shuffling)등을 통하여 최적화된 모델 개발</li> </ul> </li> <li>□ 딥러닝 모델을 활용한 데이터 분류                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 운전자에 대하여 졸림(Drowsiness) 및 깨(Normal) 상태로 이진화 분류</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <div data-bbox="636 1205 1211 2029"> <pre> graph TD     A["Data Acquisition<br/>- Wearable device"] --&gt; B["Data Preprocessing for data transformation<br/>- Sensor data synchronization<br/>- Noise filtering<br/>- Data reshaping(Time series)<br/>- Data labeling"]     B --&gt; C["Data Preprocessing for model optimization<br/>- Data merging<br/>- Data normalization<br/>- Data shuffling"]     C --&gt; D["Data Modeling<br/>- Driver Drowsiness Classification Recurrent Neural Network (DDC-RNN)"]     D -- Classification --&gt; E["Driver Condition<br/>- Normal<br/>- Drowsiness"]             </pre> </div> |

RNN 기반 운전자 상태 분류 기법 전체 구성도

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용

### ○ 실험 환경

#### □ 피실험자에 대하여 24시간 모니터링 실시

- 운전 상황이 아닌 곳에서 측정된 수면 데이터도 운전 상황에서도 동일하게 적용할 수 있으므로 24시간 동안 피실험자 모니터링 실시
- 생체 신호 변화에 영향을 미칠 수 있는 카페인과 같은 신경계 약물 복용을 일정시간 섭취를 금지

#### □ 실험에 사용한 웨어러블 디바이스

- E4 wristband로 PPG(Photoplethysmography)와 같은 생체 신호 감지 센서를 이용하여 EDA(Electrodermal activity)등을 측정

#### □ 실험 절차

- 모니터링 동안 졸음 상태에 대한 측정은 피실험자가 직접 장비에 내장된 버튼으로 라벨링 실시
- 졸음 상태 시작점과 마침점에 대한 라벨링을 통하여, 졸음상태에 대한 생체 신호에 대한 Ground truth 제작

### ○ 실험 데이터 분석

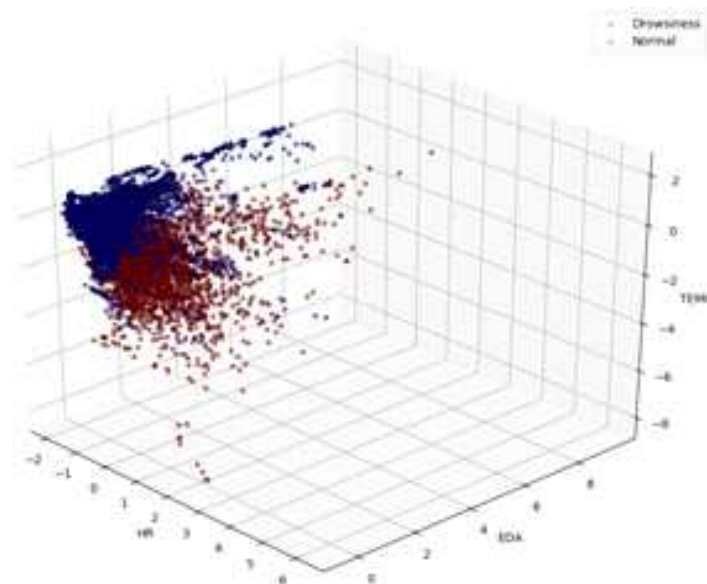
#### □ 실험에 사용된 생체 신호 데이터

- 웨어러블 디바이스에 내장된 PPG(PhotoPlethysmoGraphy) 센서로부터 얻을 수 있는 생체 신호 데이터를 운전자 상태 분류 데이터 분석에 사용

1. EDA: 피부의 전기적 특성의 변화를 감지한 신호
2. 심박수: 1분간의 심박동수를 말함
3. 체온: 체내의 생화학 반응에 의해 발생하는 열과 체외로 방출되는 열의 관계에 의해 정해지는 몸의 온도

#### □ 생체 데이터에 대한 시계열 데이터로의 변환 (연구 1-2와의 구별)

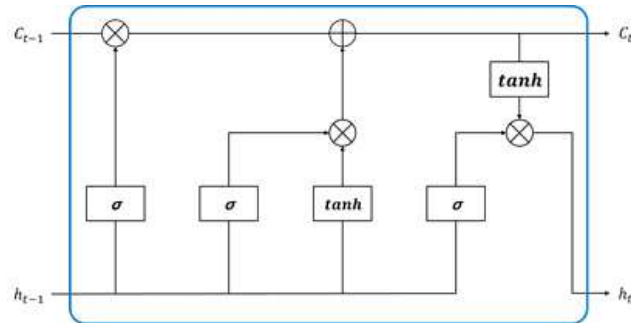
- 단순한 데이터의 특징에 대한 평균값이나 표준편차와 같은 단일 수치의 생체 데이터의 경우 데이터간의 경계선 도출이 힘들
- 기존 연구 1-2의 경우 획득한 생체 신호를 특정 길이의 구간으로 분할한 것과 달리 본 연구에서는 연속적인 시계열 데이터 형태 추출하여 사용



전처리과정이 적용되기 전의 경계가 불분명한 생체 신호 데이터 분포

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용

- LSTM(Long short-term memory)를 이용한 데이터 분류 (연구 1-2와의 구별)
  - 시계열 데이터 분석에 사용되는 딥러닝 기법 중 하나인 LSTM을 사용하여 운전자의 생체 신호 데이터를 졸림 및 깨어 있는 상태로 분류
  - 기존 연구 1-2의 경우 분류를 위한 머신러닝 알고리즘 중 하나인 SVM 알고리즘을 적용한 것과 달리 본 연구에서는 시계열 데이터 분석에 적합한 딥러닝 알고리즘인 LSTM 알고리즘을 적용



LSTM 메모리 블록

#### ○ 연구 결과

- 연구 1에서 사용하였던 Accuracy, Precision, Recall, F1 score를 사용하여 본 기법을 이용한 운전자 상태 분류 평가 진행하였으며, 결과는 아래와 같음

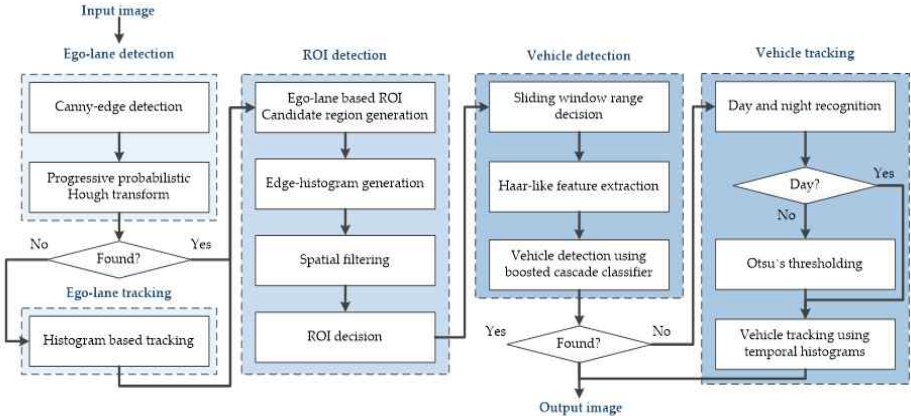
|                              | Accuracy | Precision | Recall | F1 score |
|------------------------------|----------|-----------|--------|----------|
| SVM<br>(Conventional Method) | 0.8839   | 0.8921    | 0.9278 | 0.9096   |
| LSTM<br>(Proposed Method)    | 0.9982   | 0.9969    | 0.9992 | 0.9976   |

- Accuracy의 경우 99.82%, Precision의 경우 99.69%, Recall의 경우 99.92%, F1 score의 경우 99.76%를 얻을 수 있었음
- 기존 연구 1-2의 결과(1행) 대비 향상된 인식 성능(2행)을 달성하였음

#### ○ 결과 활용용도

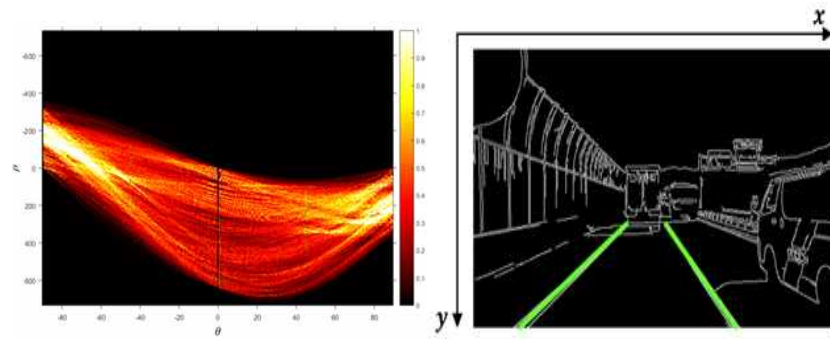
- 운전자 졸음운전 판별
  - 운전자 생체 신호 정보를 이용하여 운전자의 졸음여부를 판단함으로써 운전자의 졸음운전을 판별 가능

## 1-10. 머신러닝 기반 전방 차량 충돌 방지 기법

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구범위                                  | <p>○ 실시간 머신러닝과 도로 정보를 활용한 강건한 전방차량 충돌 방지 시스템에 관한 연구</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 연구 수행 방법<br>(이론적 · 실험적 접근방법) 및 구체적 내용 | <p>○ 시스템 전체구성도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 차선 수집: 차선 에지의 직진성을 이용한 도로 영상에서의 차선 검출</li> <li>□ 자동차 검출: Haar-like features와 Adaboost 기법을 활용한 전방 자동차 검출</li> <li>□ 자동차 추적: 색 영역 히스토그램 알고리즘을 활용한 전방 자동차 추적</li> </ul>  <p>실시간 도로 영상에 대한 머신러닝을 통한 전방 자동차 인식 알고리즘</p> <p>○ 실험 환경</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 실험 컴퓨터 사양 <ul style="list-style-type: none"> <li>- CPU 모델: Intel i5-6600HQ (3.30GHz)</li> <li>- 운영 체제: Window 10</li> </ul> </li> <li>□ 실험 딥러닝 플랫폼 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 머신러닝 라이브러리: OpenCV 3.0</li> </ul> </li> <li>□ 실험 데이터 <ul style="list-style-type: none"> <li>- iROADS Dataset (Intercity Roads and Adverse Driving Scenarios)</li> </ul> </li> </ul>  <p>영상 데이터 수집 및 실험 환경</p>  <p>실제 촬영 영상 예시</p> |

## ○ 실험과정

## □ 도로 영상에서 차선 검출

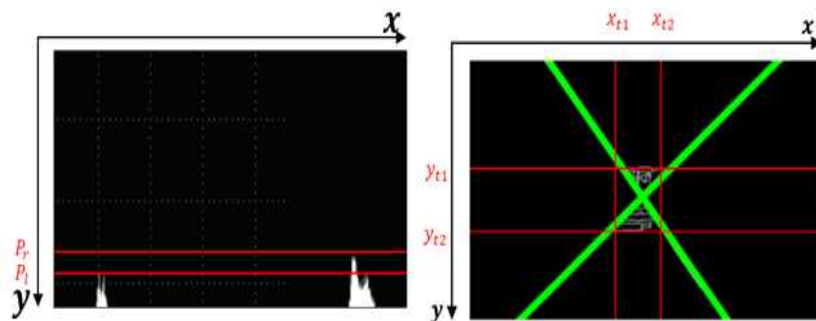


Progressive probability Hough 변환 기반 차선 검출 결과

## - 차선 검출 알고리즘

1. 도로 영상은 기후로 인해 조도가 다양하여 다른 물체들로 인해 차선이 가려져 보일 수 있어 매 frame 마다 차선을 검출하지 못할 수 있음
2. Progressive probability Hough 변환을 통한 차선의 위치 추정
3. 이전 차선 위치에 대한 정보를 활용한 히스토그램 기반 차선 추적 알고리즘 적용
4. 만약 한 쪽 차선만 True로 판단되었더라도 다른 방향의 차선은 이전 frame의 차선으로 그대로 추적함

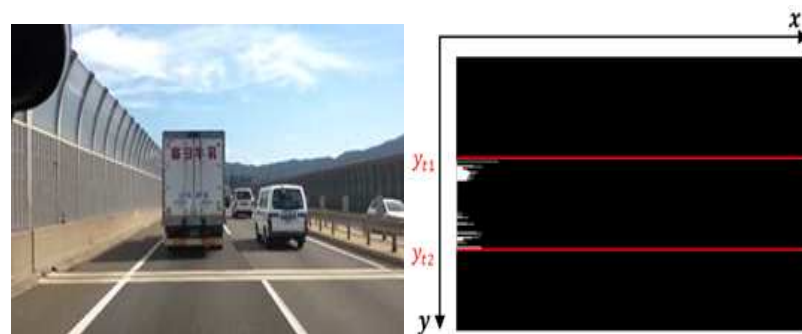
연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용



에지 정보 기반 히스토그램을 통한 차선 추정 결과

## □ 차선 정보를 활용한 자동차 관심 영역 알고리즘 (vehicle detection)

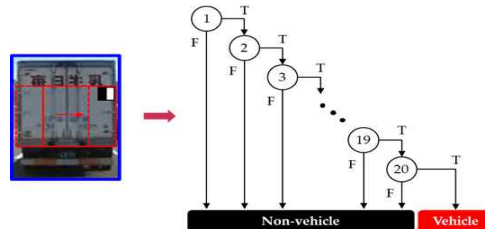
- 차선 정보를 활용한 자동차 검출을 위한 관심 영역 지정
- 먼저 Filtering 과정 후에 도로 위에 자동차가 있을 영역에 대한 가정을 결정할 수 있고 ROI 영역으로 설정
- 도로 위에 자동차가 있을 영역에 대한 가정을 결정할 수 있음



차선 정보를 활용한 자동차 검출을 위한 관심 영역 지정 결과

## □ Haar-like feature 기반의 자동차 영역 검출

- ROI 영역 결정 후에 boosted cascade classifier를 통해 관심 영역에서 vehicle detection 과정 수행
- Boosted cascade classifier는 다양한 크기의 sliding window 들에서 매 단계마다 여러 features를 추출해야하기 때문에 많은 연산이 필요
- 학습된 boosted cascade classifier를 통해 기존 영상 전체에서 자동차 검출을 수행하지 않고 이전 단계에서 구한 관심 영역에서 자동차를 검출할 때까지 sliding window를 변화시키면서 vehicle detection 과정을 수행



Boosted cascade classifier를 위한 자동차 검출에 대한 블록도

## □ 저 연산 히스토그램을 활용한 자동차 추적

- 현재 영상의 luminance에 대한 MSE를 계산하여 낮인지 밝인지를 판단
- 낮인 경우 histogram correlation을 통해 임계값에 따라 자동차 추적
- 밝은 경우 ostu's method를 통해 컬러 히스토그램을 통해 자동차 추적

## ○ 실험 평가 방법 및 결과

## □ F1 스코어를 이용한 정량적 평가

- 데이터베이스에 구축된 다른 도로 영상을 이용하여 비교
- 영상평가에 주로 사용하는 지표를 이용하여 결과에 대한 신뢰도 도출
- 평가지표
  1. Precision(P): 분류한 인식 결과 중 실제 해당 상황이 일어난 비율
  2. Recall(R): 실제 해당 상황이 일어났을 때 실제로 분류된 인식 결과의 비율
  3. Accuracy: 전체 실험 결과 중 분류결과와 실제 상황이 같을 경우의 비율
  4. F1 score(F<sub>1</sub>): Precision과 Recall의 조화 평균을 나타냄

|       |       | 실험 결과    |          |
|-------|-------|----------|----------|
|       |       | Positive | Negative |
| 실제 정답 | True  | TP       | TN       |
|       | False | FP       | FN       |

- 영상에 대한 평균 F<sub>1</sub> score(F<sub>1</sub>)는 97.74%로 측정

| Dataset     | Precision | Recall | F1 score |
|-------------|-----------|--------|----------|
| Daylight    | 1.0000    | 0.9640 | 0.9816   |
| Night       | 0.9910    | 0.9970 | 0.9940   |
| Rainy       | 0.9920    | 0.9290 | 0.9595   |
| Rainy night | 0.9880    | 0.9780 | 0.9830   |
| Snowy       | 1.0000    | 0.9260 | 0.9616   |
| Tunnel      | 1.0000    | 0.9700 | 0.9848   |
| Total       | 0.9952    | 0.9607 | 0.9774   |

- Desktop(Intel i5-6600HQ) 환경에서 평균 연산 수행 속도는 다음과 같음
- 평균 연산 속도는 67fps로 monocular camera 하나로 real-time processing이 가능

| 모듈       | 평균 연산 수행 속도 (ms) |
|----------|------------------|
| 관심 영역 지정 | 2                |
| 자동차 검출   | 11               |
| 자동차 추적   | <1               |
| 기타 연산    | <1               |
| 총 합      | 15               |

연구 수행 방법  
(이론적 · 실험적  
접근방법) 및  
구체적 내용

## 2. 성과

## 2-1. 연구개발성과 및 평가방법

| 구분 | 핵심성과<br>(CTE) |                                            | 단위성과                                                                       |   | 성과점검기준                                     |     |       |                                               |                                                        |      | 비고<br>(관련 연구)                                                                                        |     |
|----|---------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------|-----|-------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    |               |                                            |                                                                            |   | 질적 성과지표                                    |     | 목표치   | 달성치                                           | 측정<br>방법                                               | 검증방법 |                                                                                                      | 가중치 |
| 주관 | 1             | 다중 카메라<br>및 생체 신<br>호 센서 최<br>적 합성 기<br>법  | 1-1<br>실시간 처리<br>가능한<br>생체신호 센서<br>및 다중<br>카메라 신호에<br>대한 최적<br>처리 모델<br>개발 | ① | 주변 환경<br>변화에 따른<br>사용자<br>인식률              | 90% | 99.4% | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 차량 상환<br>을 고려한<br>외부 환경<br>요소 변화<br>에 따른<br>인식률 계<br>산 | 10   | 연구 1-3. 아<br>이트래킹 기반<br>운전자 인식 기<br>법 내에 주변<br>환경 변화 고려<br>부분<br>(SCI 해외 학술<br>지 출판완료,<br>2017년 1월)  |     |
|    |               |                                            |                                                                            | ② | 사용자 상태<br>변화에 따른<br>사용자<br>인식률             | 90% | 99.4% | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 차량 내부<br>의 사용자<br>상태 및<br>위치 변화<br>에 따른<br>인식률 계<br>산  | 15   | 연구 1-3. 아<br>이트래킹 기반<br>운전자 인식 기<br>법 내에 사용자<br>상태 변화 고려<br>부분<br>(SCI 해외 학술<br>지 출판완료,<br>2017년 1월) |     |
|    | 2             | 다중 센서<br>기반 운전<br>자 상태 인<br>식 및 정량<br>화 기법 | 1-2<br>주행 모드<br>자동 전환을<br>위한 운전자<br>상태 판단<br>모델 개발                         | ① | 운전자 감정<br>상태 인식 및<br>판단 성공률                | 80% | 83.0% | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 실제 감정<br>상태에 대한<br>데이터베이<br>스화를 통해<br>성공률 판단           | 15   | 연구 1-1. 운<br>전자 감정 상태<br>인식 및 판단<br>기법<br>(학술지 논문<br>게제 준비 중)                                        |     |
|    |               |                                            |                                                                            | ② | 운전자<br>피로도 검출<br>성공률                       | 80% | 96.2% | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 계측된 피로<br>도를 통해<br>운전자의 피<br>로도와 비교                    | 15   | 연구 1-2. 운<br>전자 피로 상태<br>분류 기법(해외<br>학회 논문 제<br>출, 2017년 6<br>월 발표 예정)                               |     |
|    | 3             | 주변 상황<br>분석 및 객<br>체 간 상관<br>관계 인식<br>기법   | 2-1<br>자율주행<br>차량을 위한<br>주변상황 분석<br>시스템 개발                                 | ① | 객체 간<br>상관관계<br>파악을 통한<br>상황 인식<br>성공률     | 90% | 97.7% | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 인지적 상관<br>관계에 대한<br>데이터베이<br>스를 통해<br>성공률 판단           | 10   | 연구 1-10. 머<br>신러닝 기반 전<br>방 차량 충돌<br>방지 기법                                                           |     |
|    |               |                                            |                                                                            | ② | 인식된 상황<br>기반 사고<br>예측률                     | 90% | 91.8% | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 사고 발생<br>상황에 대한<br>기준 자료를<br>통한 데이터<br>베이스를 통<br>해 판단  | 15   | 연구 1-7,<br>1-9, 1-10. 내<br>용에 대한 F <sub>1</sub><br>score (3-①<br>x4-①x4-②)<br>합산                     |     |
|    | 4             | 개인 맞춤<br>형 데이터<br>베이스 구<br>축 최적화<br>기법     | 2-2<br>사용자에 따른<br>적응적<br>데이터베이스<br>모델 구축 및<br>인터페이스<br>시스템 개발              | ① | 구축 개인화<br>데이터베이스<br>기반<br>자동주행모드<br>판단 성공률 | 90% | 94.2% | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 수집된 개별<br>사용자별 데<br>이터베이스<br>를 통한 성<br>공률 판단           | 20   | 연구 1-7. 적<br>외선 영상 기반<br>운전자 인식 시<br>스템 기법                                                           |     |
|    |               |                                            |                                                                            | ② | 운전자<br>피로도 검출<br>성공률                       | 80% | 99.8% | 정량적<br>검출률<br>(F <sub>1</sub><br>score)<br>계산 | 계측된 피로<br>도를 통해<br>운전자의 피<br>로도와 비교                    | 15   | 연구 1-9. 딥<br>러닝 기반 운전<br>자 피로 상태<br>분류 기법                                                            |     |
|    | 계             |                                            |                                                                            |   |                                            |     |       |                                               |                                                        |      | 100                                                                                                  |     |

## 2-2. 성과 목표에 대한 자체 평가

| 성과 목표                                 | 자체 평가                                |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 주변 환경 변화에 따른 사용자 인식을 90% 이상           | 차량 상황을 고려한 외부 환경 요소 변화에 따른 인식을 계산    |
| 사용자 상태 변화에 따른 사용자 인식을 90% 이상          | 차량 내부의 사용자 상태 및 위치 변화에 따른 인식을 계산     |
| 운전자 감정 상태 인식 및 판단 성공률 80% 이상          | 실제 감정 상태에 대한 데이터베이스화를 통해 성공률 판단      |
| 운전자 피로도 검출 성공률 80% 이상                 | 계측된 피로도를 통해 운전자의 피로도와 비교             |
| 객체 간 상관관계 파악을 통한 상황 인식 성공률 90% 이상     | 인지적 상관관계에 대한 데이터베이스를 통해 성공률 판단       |
| 인식된 상황 기반 사고 예측률 90% 이상               | 사고 발생 상황에 대한 기존 자료를 통한 데이터베이스를 통해 판단 |
| 구축 개인화 데이터베이스 기반 자동주행모드 판단 성공률 90% 이상 | 수집된 개별 사용자별 데이터베이스를 통한 성공률 판단        |
| 운전자 피로도 검출 성공률 80% 이상                 | 계측된 피로도를 통해 운전자의 피로도와 비교             |

## 2-3. 연구개발 성과(해당되는 성과만 기재)

○ 국내외 논문 게재

| 번호 | 논문명                                                                              | 학술지명                             | 주저자명 | 호  | 국명   | 발행기관     | SCI 여부<br>(SCI/비SCI) | 게재일        | 등록 번호                        |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------|----|------|----------|----------------------|------------|------------------------------|
| 1  | Multi-User Identification-Based Eye-Tracking Algorithm Using Position Estimation | Sensors                          | 강석주  | 1  | 스위스  | MDPI     | SCI                  | 2016.10.01 | 10.3390/s17010041            |
| 2  | Overlapped-Area Removal-Based Image Interpolation for Head-Mounted Displays      | IEEE/OSA Journal of Display Tech | 안용덕  | 12 | 미국   | IEEE     | SCI                  | 2016.10.18 | 10.1109/JDT.2016.2617889     |
| 3  | 사용자 응시지점 정보기반 시선 추적 시스템 신뢰도 측정 기법                                                | 디지털콘텐츠학회 논문지                     | 김병진  | 5  | 한국   | DBpia    | 비 SCI                | 2017.01.01 | 10.9728/dcs.2016.17.5.367    |
| 4  | Backlight dimming based on saliency map acquired by visual attention analysis    | Displays                         | 안용덕  | 50 | 네덜란드 | ELSEVIER | SCI                  | 2017.12.01 | 10.1016/j.displa.2017.09.008 |
| 5  | 헤드마운티드 디스플레이를 활용한 전방위 카메라 기반 영상 렌더링 동기화 시스템                                      | 대한전기학회 논문지                       | 이승준  | 6  | 한국   | DBpia    | 비 SCI                | 2018.06.01 | 10.5370/KIEE.2018.67.6.782   |

## ○ 국내 및 국제학술회의 발표

| 번호 | 회의 명칭                                                               | 발표자 | 발표 일시      | 장소                           | 국명           |
|----|---------------------------------------------------------------------|-----|------------|------------------------------|--------------|
| 1  | 13th International SoC Design Conference(ISOCC 2016)                | 안용덕 | 2016.10.24 | 라마다 프라자 제주 호텔                | 한국<br>(국제학회) |
| 2  | 13th International SoC Design Conference(ISOCC 2016)                | 최송우 | 2016.10.24 | 라마다 프라자 제주 호텔                | 한국<br>(국제학회) |
| 3  | 2017 SID Symposium                                                  | 서민우 | 2017.05.25 | LA Convention Center         | LA<br>(국제학회) |
| 4  | IEIE SoC 설계 연구회                                                     | 장정우 | 2017.05.27 | 홍익대학교(서울)                    | 한국           |
| 5  | Intelligent Vehicle Symposium (IV 2017)                             | 천성필 | 2017.06.14 | Crown Plaza Hotel (LA)       | LA<br>(국제학회) |
| 6  | 14th International SoC Design Conference(ISOCC 2017)                | 김상혁 | 2017.11.07 | 서울 그랜드 힐튼 호텔                 | 한국<br>(국제학회) |
| 7  | 25회<br>한국반도체 학술대회<br>(The 25th Korean conference on semiconductors) | 이윤수 | 2018.02.07 | 강원도 하이원리조트 컨벤션 호텔            | 한국           |
| 8  | 25회<br>한국반도체 학술대회<br>(The 25th Korean conference on semiconductors) | 안남현 | 2018.02.07 | 강원도 하이원리조트 컨벤션 호텔            | 한국           |
| 9  | 25회<br>한국반도체 학술대회<br>(The 25th Korean conference on semiconductors) | 이승준 | 2018.02.07 | 강원도 하이원리조트 컨벤션 호텔            | 한국           |
| 10 | 25회<br>한국반도체 학술대회<br>(The 25th Korean conference on semiconductors) | 강건우 | 2018.02.07 | 강원도 하이원리조트 컨벤션 호텔            | 한국           |
| 11 | 2018 SID Symposium                                                  | 안권환 | 2018.05.25 | LA Convention Center         | LA<br>(국제학회) |
| 12 | 2018 SID Symposium                                                  | 강건우 | 2018.05.25 | LA Convention Center         | LA<br>(국제학회) |
| 13 | Intelligent Vehicle Symposium (IV 2018)                             | 김상혁 | 2018.06.29 | Changshu International Hotel | 중국<br>(국제학회) |

## ○ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

| 번호 | 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물명 | 등록/기탁 번호 | 등록/기탁 기관 | 발생 연도 |
|----|-----------------------|----------|----------|-------|
|    |                       |          |          |       |



○ 표준화

| 번호 | 수행 기관명 | 표준화 주제 | 표준화 기구 | 표준화 단계 | 관련 번호 | 제출(채택)일    | 국가 |
|----|--------|--------|--------|--------|-------|------------|----|
|    |        |        |        |        |       | yyyy.mm.dd |    |

○ 기술요약정보

| 연도 | 기술명 | 요약 내용 | 기술 완성도 | 등록 번호 |
|----|-----|-------|--------|-------|
|    |     |       |        |       |

○ 보고서 원문

| 연도 | 보고서 구분 | 발간일 | 등록 번호 |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |

## 제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

## 1. 목표 달성도

| 성과지표               | 성과 목표        | 최소성과 목표 | 성과 목표 달성 현황 (현재기준)               |
|--------------------|--------------|---------|----------------------------------|
| SCI(E)급 학술지 게재(2점) | 1건(2점)       | 1건(2점)  | 2.5건(5점)                         |
| 일반학술지게재(1점)        | 3건(3점)       | 2건(2점)  | 1.33건(1.33점)                     |
| 특허출원(1점)           | 2건(2점)       | 2건(1점)  | 2건(2점)                           |
| 특허등록(2점)           |              |         |                                  |
| 디자인 등록(1점)         |              |         |                                  |
| 소프트웨어(1점)          |              |         |                                  |
| 하드웨어(1점)           |              |         |                                  |
| 기타(1점)             | 4건(4점)       |         | 13건 (13점, 국외학회: 8건,<br>국내학회: 5건) |
| 기술이전(1점)           |              |         | 1건(1점)                           |
| 소계(점수)             | 11건<br>(11점) | 5건 (6점) | 19.83건 (22.33점)                  |

## 2. 관련 분야 기여도

## ○ 기술적 측면

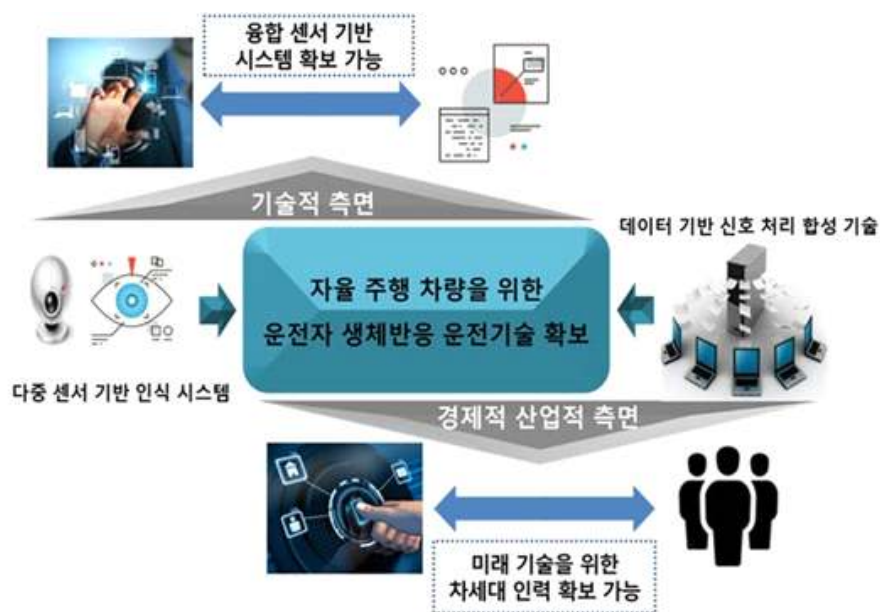
- 본 사업을 통하여 확보될 운전자 상태 및 상황 인식 기반 운전 기술을 통하여 하드웨어 및 소프트웨어 개발 판매 실적을 향상시킬 수 있고 향후 향상된 관련 시스템 제품 개발 기반 마련 가능
- 자율주행차량 원천 기술 확보를 통하여 자율주행차량 산업에 본격적으로 진입하여 국가 기술력 확보 및 산업계 인지도 향상을 통한 기술 수출 가능성 증대
- 본 과제 개발 내용은 자율주행차량에 적용되는 핵심 기술로 현재 자동차 산업에 없는 새로운 기술이며 해당 기술 핵심 부품기술 개발을 위한 새로운 산업 체계 형성

## ○ 경제적 · 산업적 측면

- 자율주행차량의 제품 개발 및 기술 확보를 통해 안정성 증대 및 안전기대 지수 상승효과와 이를 활용한 다양한 서비스 선점 가능
- 스마트 모빌리티를 제공하는 기업 투자 향상 및 자율주행차량에 기반을 둔 광고 비즈니스 모델 특허 및 선행연구 및 파생되는 여러 가지 신산업 등장 예상
- 주변 환경 인식기술 개발 및 V2V, V2I 통신 기술의 융합과 자율주행차량의 개발로 교통사고 절감 및 생산성 향상
- 자율주행차량 기술 개발 시 소모성 시간인 이동 시간도 생산 시간, 노동 시간 안으로 흡수 및 증진된 복지 효과 전망
- 스마트 센서 등 핵심 기술 개발과 수요 기반 기술 공급 생태계 구축 및 개방형 혁신 유도 통한 고가 부품의 가격인하 유도

## ○ 사회적 측면

- 대학생이나 대학원생들의 적극적인 연구 참여를 통해서 자율주행차량용 운전자 상태 및 상황 인식 기술에 대한 전문 인력 양성과 본 연구 기술과 관련된 기업들과의 협력을 통해서 기업 기술의 경쟁력 향상 및 고급 연구 인력 배출이 가능함
- 일반용뿐만 아니라 장애인을 위한 보조수단으로 사용 가능하며, 군사용 및 화물운송용 등 광범위 적용을 통한 다발성 식 사회적 파급효과 예상
- 다양한 핵심 기술에 대해서 저명한 국제 학회 발표를 통해 새로운 개념의 기술에 대한 홍보 및 기술력 과시를 통해 국가의 관련 산업 분야 발전에 기여함

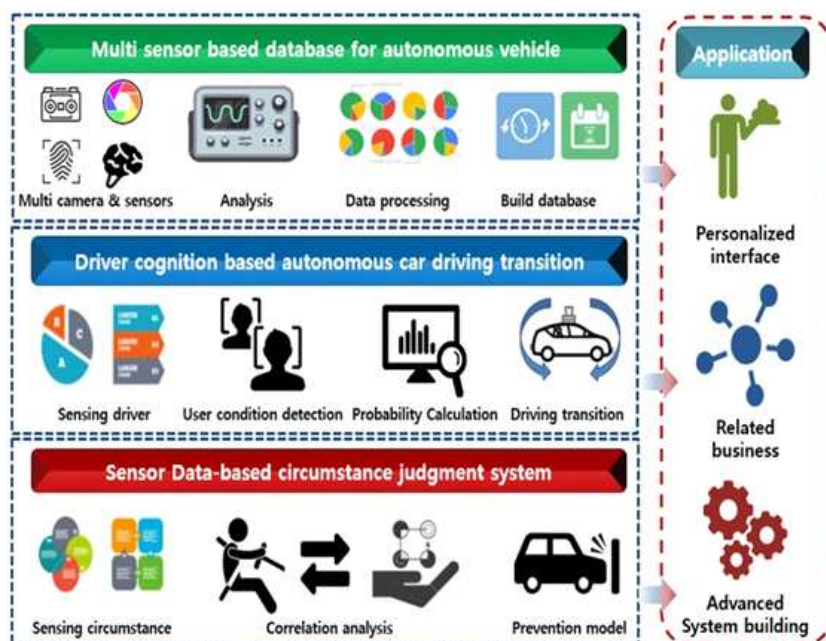


최종성과물 기대성과 및 파급효과

## 제5장. 연구개발성과의 활용계획

### ○ 전반적 활용방안

- ☐ 본 연구는 연차에 따라 단계적으로 개발되는 모든 자율주행차량 및 자율주행 시스템에 적용될 수 있음
- ☐ level 4의 자율주행차량이 상용화되기 전 자율주행 기능이 탑재된 전기, 하이브리드, 수소 및 앞으로 나올 UI & UX 기술과 응용적용 가능
- ☐ 특히 고령자 또는 특수 직업을 가진 사람을 대상으로 개인화된 데이터베이스 구축을 통해 시스템 성능 및 신뢰성 향상이 적용된 소프트웨어 적용 가능
- ☐ 영상센서 및 생체신호센서 기반 데이터를 이용하기 때문에 피로도 및 감정파악, 형상정보의 파악에 용이하며 개인화된 모니터링 시스템에 적용가능
- ☐ 자율주행용 도로&지형 속성정보를 포함한 디지털 맵 기술 및 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)과의 결합을 통해 완성형 자율주행 기술로 나아감
- ☐ 실제로 자율주행 환경에서 운전자의 특성, 성향, 운전자상태 및 차량의 내/외부 상황정보를 종합적으로 분석/판단하여 운전자의 성별/연령별 UX 시나리오 도출 및 최적 UI와의 융합을 통한 자율주행차량의 주행안전성, 편의성, 수용성을 향상시킬 수 있는 차세대 기술로 이용
- ☐ 자율주행 기반기술의 도입 시 단기간에 도입되기 힘들지만 안정성 측면과 용량증대 측면에서 효과를 보일 것이며 미래교통시스템의 구현에 이용될 수 있음
- ☐ 기반기술과 도로시스템의 인프라 및 교통 센터 등의 역할을 통해 추가적으로 제공할 수 있는 서비스에 대한 고려 가능
- ☐ 터치패드 및 제스처의 활용, 카메라 데이터와 다중 디스플레이 연결을 통한 HMI 기술 적용 가능
- ☐ 기술개발을 기반으로 자율주행을 위한 핵심기술 확보, 자율주행 기술을 넘어 자율주행차량 기반 운전자 서비스로 기술 이용
- ☐ 패턴 인식, 기계 학습, 전문가 시스템, 인공 신경망, 자연어 처리 등 다양한 분야와 함께 소프트웨어 기술과의 융합에 이용
- ☐ IT 하드웨어 및 소프트웨어의 혁신적 발전, 생체인식 등 연관 기술과의 융·복합화 트렌드에 따라 고부가가치 산업으로 발전
- ☐ 궁극적으로 전기전자 및 정보통신 기술 등 다양한 분야의 융·복합을 통하여 단순한 기술개발이 아닌 안전, 편의, 환경, 생태계를 아우르는 융합 기술 확보 및 활용

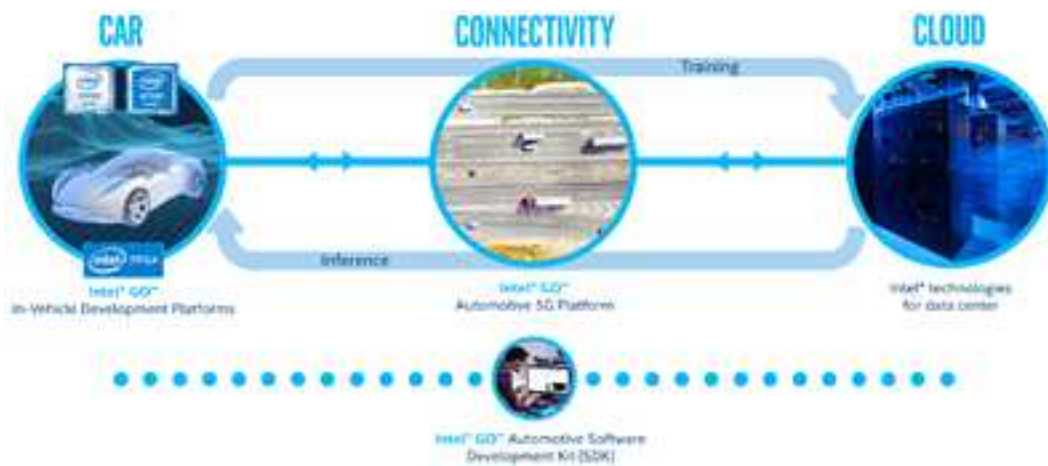


최종성과물의 활용방안 전체 개념도

## 제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

### ○ Intel GO 자동차 소프트웨어 개발 키트 개발

- 통합의사결정을 위한 미들웨어와 컴퓨터 비전 및 딥러닝 개발 키트 제공
  - ADAS 개발에 필요한 기능에 대한 Library 제공을 통한 개발 효율성 향상
- 직/병렬 컴퓨팅 통합을 통한 딥러닝용 하드웨어 가속화 기술 적용
  - 실시간 영상 처리를 위한 병렬처리 기술 적용을 통한 High-end 시스템 로직 구현 가능



Intel GO 전체 흐름도

### ○ 모빌아이 630

- 비전 센서 모듈과 소형 디스플레이 및 제어 모듈인 “Eyewatch”로 구성
  - 차량 내·외에서의 차량 구동을 통한 장소에 구애받지 않는 시스템 개발 가능
- 전방차량/보행자 충돌, 서행 접촉사고, 차선 이탈, 차간 거리 경고 등 활용
  - 실제 자율주행 시스템에 필요한 필수 기술에 활용 가능
- 실시간 속도 제한 표지판 감지를 통한 운전자 과속 경고
  - 교통준수를 통한 교통사고 발생률 감소
- 야간 주행 시 조도 및 주행 속도를 감지 및 고려한 전방 하이 빔 컨트롤
  - 다양한 환경에 대하여 강건한 시스템 개발을 위한 신호처리 알고리즘 적용



모빌아이내 컴퓨터비전 알고리즘 (좌) 및 Eyewatch 모습 (우)

제7장. 연구개발성과의 보안등급

| 보안등급 분류 | 보안 | 일반 |
|---------|----|----|
|         |    | O  |
| 결정 사유   |    |    |

## 제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

[illegible]

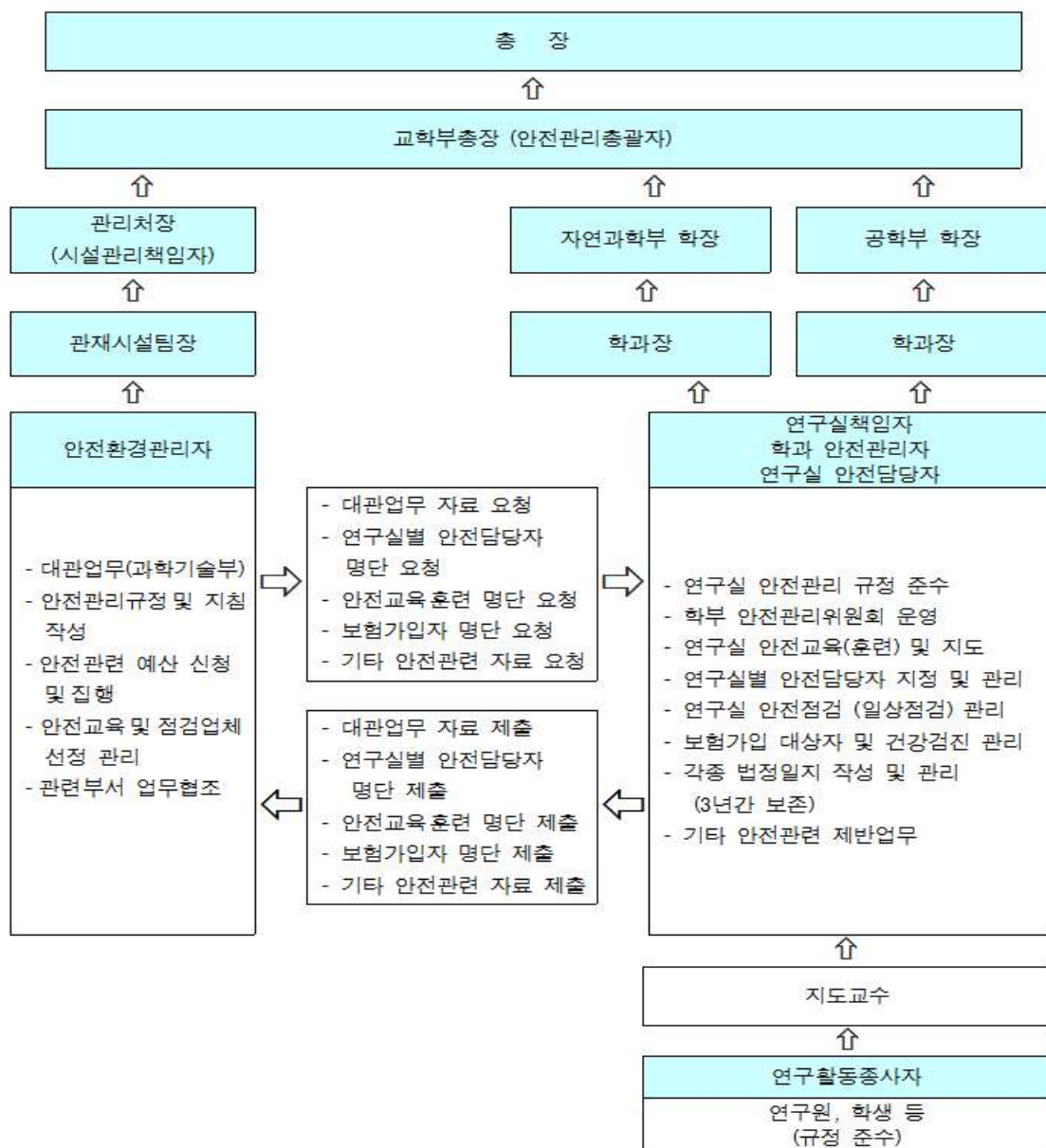
## 제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

### ○ 기술적 위험 요소 분석, 안전 관리 대책

□ 연구실 안전관리 규정법 제 11조에 의해 연구실 안전담당자는 연구실의 기능 및 안전유지를 위하여 다음 각 임무를 수행할 예정임

- 연구실 안전수칙 준수
- 매일 1회 일상점검 실시, 안전점검표 작성 및 1년간 보관
- 연구실 연구 활동 종사자에 대한 안전교육 실시
- 연구실 안전표식의 유지 관리
- 안전사고 발생 시 긴급조치 및 보고
- 기타 안전관리에 관한 사항

□ 연구실 안전관리 업무절차는 관재 시설팀 안전 관리자가 관련 부서 및 학과 안전 관리자에 업무협조 요청하여 처리하며 절차는 다음과 같음



□ 연구실 안전 관리 규정법 제 17조에 의해 연구실 안전점검은 실시시기에 따라 다음과 같이 구분

가. 일상점검

- 연구 활동을 시작하기 전에 기계기구·전기 위험 또는 유해한 약품 및 병원체 보관·라벨 부착상태, 적정 보호구 준비 상태 등을 점검하고 안전점검표 양식에 의거 작성

나. 정기안전점검

- 연구실 전반의 위험성에 대하여 법령이 정한 유자격자가 1년에 1회 이상 정기안전점검을 실시

다. 정밀안전진단

- 위험한 작업을 실시하는 연구실에 대하여 매년 1회 이상 전문기관에 의뢰하여 정밀안전진단 실시

□ 연구실 안전 관리 규정법 제 20조에 의해 모든 연구 활동 종사자는 월 1시간 이상 안전교육·훈련을 의무적으로 받아야 하며, 안전교육·훈련 미 이수자는 제재조치를 받을 수 있음

□ 연구실 안전 관리 규정법 제 21조에 의해 모든 연구 활동 종사자의 상해·사망에 대비하여 연구 활동 종사자를 피보험자 및 수익자로 하는 보험에 가입 실시

□ 연구실 안전 관리 규정법 제 22조에 의해 학과 안전 관리자 및 안전 관리자가 안전상의 이유로 건강검진이 필요하다고 판단되는 경우에는 비정기적으로 건강검진 실시

□ 연구실 안전 관리 규정법 제 28조에 의해 연구 활동 종사자는 연구실 안전을 위하여 다음 사항들을 준수하여야 함

- 연구실에서는 금연, 정숙, 청결, 정리정돈을 유지
- 실험의 원리와 목적 그리고 실험과정을 완전히 이해하고 실험 실시
- 실험하는 동안 항상 실험복 및 안전관련 장구를 착용
- 사용자는 실험 실습 중에 자리를 이탈해서는 안 되며, 부득이 이탈할 경우에는 연구실 안전담당자의 허락을 받아 안전 수칙을 숙지시킨 대리인을 두어야 함
- 실험 실습에 필요한 기기, 위험물 등은 사용 전·후에 항상 점검하여 이상 유무를 확인

□ 연구실 안전 관리 규정법 제 29조에 의해 연구·실험장치의 안전한 사용취급을 위하여 다음 사항들을 준수하여야 함

- 학과 안전 관리자는 연구·실험장치의 조작·운영, 사용절차, 방법 등에 관한 안전교육을 실시하고, 사용 설명서를 상세하게 작성하여 사용자가 숙지할 수 있도록 게시하여야 함
- 학과 안전 관리자는 연구·실험에 필요한 시설과 장비를 관련 기준 및 장비의 특성에 적합하도록 유지·관리 하여야 함

□ 연구실 안전 관리 규정법 제 32조에 의해 연구실 책임자는 연구실 내 위험요인이 존재하거나 사고 발생 가능성이 있는 지역, 시설 및 물질 등에 대하여 사고 방지 차원에서 금지, 주의, 경고, 비상시 조치 지시나 안내사항 등을 안전 색, 그림, 기호, 글자 등을 포함한 안전 표식 및 표지를 연구 활동 종사자가 쉽게 식별 할 수 있는 장소, 시설 또는 물체에 설치하거나 부착하고 유지 관리하여야 함

---

## 제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

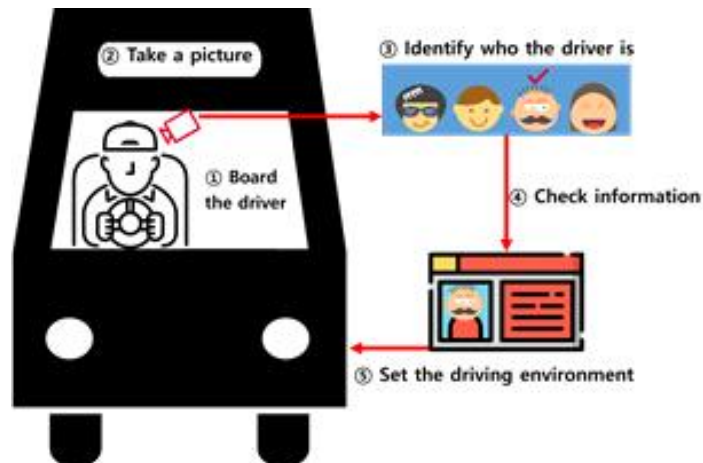
| 번호 | 구분<br>(논문/<br>특허/<br>기타) | 논문명/특허명/<br>기타                                                                                      | 소속<br>기관명                                          | 역할                                           | 논문<br>게재지/<br>특허 등록<br>국가                 | 영향력<br>지수 | 논문 게재일<br>/특허 등록일 | 사사 여부<br>(단독 사사<br>또는<br>중복 사사) | 특기 사항<br>(SCI<br>여부/인용<br>횟수 등) |
|----|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1  | 논문                       | Multi-User<br>Identification<br>-Based<br>Eye-Tracking<br>Algorithm<br>Using Position<br>Estimation | 서<br>강<br>대<br>학<br>교<br><br>산<br>학<br>협<br>력<br>단 | 주<br>저<br>자<br><br>및<br><br>교<br>신<br>저<br>자 | Sensors                                   | 1         | 2016.10.01        | 단독사사                            | SCI                             |
| 2  | 논문                       | Over lapped-Are<br>a<br>Removal-Based<br>Image<br>Interpolation<br>for<br>Head-Mounted<br>Displays  |                                                    |                                              | IEEE/OSA<br>Journal of<br>Display<br>Tech | 0.5       | 2016.10.18        | 중복사사                            | SCI                             |
| 3  | 논문                       | 사용자<br>응시지점<br>정보기반 시선<br>추적 시스템<br>신뢰도 측정<br>기법                                                    |                                                    |                                              | 디지털콘텐츠<br>학회<br>논문지                       | 1         | 2017.01.01        | 단독사사                            | 비SCI                            |
| 4  | 논문                       | Backlight<br>dimming based<br>on saliency<br>map acquired<br>by visual<br>attention<br>analysis     |                                                    |                                              | Displays                                  | 1         | 2017.12.01        | 단독사사                            | SCI                             |
| 5  | 논문                       | 헤드마운티드<br>디스플레이를<br>활용한 전방위<br>카메라 기반<br>영상 렌더링<br>동기화 시스템                                          |                                                    |                                              | 대한전기학<br>회논문지                             | 0.33      | 2018.06.01        | 중복사사                            | 비SCI                            |
| 6  | 특허                       | 헤드 마운티드<br>디스플레이의<br>자기 보정 장치<br>및 방법                                                               |                                                    |                                              | 한국                                        | 1         | 2018.06.14        | -                               | -                               |
| 7  | 특허                       | 하이 다이내믹<br>레인지 영상을<br>위한 인지 밝기<br>기반 역 톤<br>매핑 기법                                                   |                                                    |                                              | 한국                                        | 1         | 2018.03.13        | -                               | -                               |
| 8  | 기술이<br>전                 | 노하우 기술<br>이전                                                                                        |                                                    |                                              | 한국                                        | 1         | 2017.07.13        | -                               | -                               |

| 번호 | 구분<br>(논문/<br>특허/<br>기타) | 논문명/특허명/<br>기타                                                                                                                           | 소속<br>기관명                                          | 역할                                           | 논문<br>게재지/<br>특허 등록<br>국가                                                             | 영향력<br>지수 | 논문 게재일<br>/특허 등록일 | 사사 여부<br>(단독 사사<br>또는<br>중복 사사) | 특기 사항<br>(SCI<br>여부/인용<br>횟수 등) |
|----|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 9  | 기타                       | Mapping<br>Table-based<br>Fisheye Image<br>Correction for<br>Low<br>Computational<br>Complexity                                          | 서<br>강<br>대<br>학<br>교<br><br>산<br>학<br>협<br>력<br>단 | 주<br>저<br>자<br><br>및<br><br>교<br>신<br>저<br>자 | 13th<br>Internatio<br>nal SoC<br>Design<br>Conference<br>( IS0CC<br>2016)<br>( 국제 학회) | 1         | 2016.10.24        | 중복사사                            | -                               |
| 10 | 기타                       | Prediction-Bas<br>ed Latency<br>Compensation<br>Technique for<br>Head Mounted<br>Display                                                 |                                                    |                                              | 13th<br>Internatio<br>nal SoC<br>Design<br>Conference<br>( IS0CC<br>2016)<br>( 국제 학회) | 1         | 2016.10.24        | 중복사사                            | -                               |
| 11 | 기타                       | Sensor-basedLa<br>tencyReduction<br>MethodforVirtu<br>alRealityHeadM<br>ountedDisplay                                                    |                                                    |                                              | 2017 SID<br>Symposium<br>( 국제 학회)                                                     | 1         | 2017.05.25        | 단독사사                            | -                               |
| 12 | 기타                       | 자율 주행<br>차량을 위한<br>실시간 차량<br>검출 방법                                                                                                       |                                                    |                                              | IEIE SoC<br>설계<br>연구회                                                                 | 1         | 2017.05.27        | 단독사사                            | -                               |
| 13 | 기타                       | Sensor-based<br>Driver<br>Condition<br>Recognition<br>using Support<br>Vector Machine<br>for the<br>Detection of<br>Driver<br>Drowsiness |                                                    |                                              | Intelligen<br>t Vehicle<br>Symposium<br>( IV 2017)<br>( 국제 학회)                        | 1         | 2017.06.14        | 단독사사                            | -                               |
| 14 | 기타                       | Facial<br>Expression<br>Recognition<br>System using<br>machine<br>learning                                                               |                                                    |                                              | 14th<br>Internatio<br>nal SoC<br>Design<br>Conference<br>( IS0CC<br>2017)<br>( 국제 학회) | 1         | 2017.11.07        | 단독사사                            | -                               |
| 15 | 기타                       | Web Crawler<br>및 GrabCut<br>알고리즘 기반<br>데이터베이스<br>구축 시스템                                                                                  |                                                    |                                              | 25회<br>한국반도체<br>학술대회                                                                  | 1         | 2018.02.07        | 중복사사                            | -                               |

| 번호 | 구분<br>(논문/<br>특허/<br>기타) | 논문명/특허명/<br>기타                                                                                                           | 소속<br>기관명   | 역할         | 논문<br>게재지/<br>특허 등록<br>국가                       | 영향력<br>지수 | 논문 게재일<br>/특허 등록일 | 사사 여부<br>(단독 사사<br>또는<br>중복 사사) | 특기 사항<br>(SCI<br>여부/인용<br>횟수 등) |
|----|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|-------------------------------------------------|-----------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 16 | 기타                       | The remote live streaming of 360 camera with VR                                                                          | 서강대학교 산학협력단 | 주저자 및 교신저자 | 25회 한국반도체 학술대회                                  | 1         | 2018.02.07        | 중복사사                            | -                               |
| 17 | 기타                       | 적외선 영상 기반 딥러닝을 이용한 운전자 감시 시스템                                                                                            |             |            | 25회 한국반도체 학술대회                                  | 1         | 2018.02.07        | 중복사사                            | -                               |
| 18 | 기타                       | 인지적 특성을 고려한 Head Mounted Display 기반 2D-to-3D Mapping 기술                                                                  |             |            | 25회 한국반도체 학술대회                                  | 1         | 2018.02.07        | 중복사사                            | -                               |
| 19 | 기타                       | Deep Tone-mapped HDRNET for High Dynamic Range Image Restoration                                                         |             |            | 2018 SID Symposium (국제 학회)                      | 1         | 2018.05.25        | 중복사사                            | -                               |
| 20 | 기타                       | Head Movement-based Motion Blur Measurement System for Head Mounted Displays                                             |             |            | 2018 SID Symposium (국제 학회)                      | 1         | 2018.05.25        | 중복사사                            | -                               |
| 21 | 기타                       | Driver Identification System Using Convolutional Neural Network with Background Removal-based Infrared Data Augmentation |             |            | Intelligent Vehicle Symposium (IV 2018) (국제 학회) | 1         | 2018.06.29        | 중복사사                            | -                               |

## 제11장. 기타 사항

- 다중 카메라 및 생체 신호 센서를 이용한 운전자 피로도 및 감정 상태인식 연구
  - RGB 및 적외선 카메라를 이용한 운전자 상태인식 시스템 연구
    - 개인화된 데이터를 활용한 인식을 향상
    - 운전자 인식을 통하여 차량 내 개인화 인터페이스 제공 가능
    - RGB뿐만 아니라 적외선 카메라를 이용하여 주변 환경의 변화에 강건한 시스템 구축



카메라를 이용한 운전자 및 감정 상태 인식 시스템

- 웨어러블 디바이스를 이용한 생체 신호 습득 및 졸음운전 감지
  - 졸음운전 및 일상생활에서 얻은 데이터를 활용하여 여러 환경에 강건한 시스템 구축
  - 여러 생체 신호의 결합을 통한 오류율 감소 도모
  - 시계열 데이터 변환을 통한 인간의 신진대사를 고려한 시스템 개발
  - 딥러닝 알고리즘을 활용하여 데이터에 대한 추상화 실시를 통한 정확도 향상
- 다각화된 기술을 바탕으로 자율주행 차량 개발 방향 제시
  - 개발된 기술의 집약을 통한 ADAS 개발 가능성 확인
    - 딥러닝을 활용한 운전자 피로 상태 분석을 통한 졸음운전 방지 시스템 개발
    - 카메라 모듈을 활용한 운전자 상태 인식을 통한 운전자 맞춤형 ADAS 제시
    - 머신 러닝을 활용한 전방 차량 충돌 방지 기법을 통한 군집주행 가능성 확인



기술 집약을 통해 개발된 자율 주행 시스템의 보편화가 될 미래 사회 모습

## 제12장. 참고문헌

- 
- [1] N. C. Fung, B. Wallace, A. D. C. Chan, R. Goubran, M. M. Porter, S. Marshall, and F. Knoefel, "Driver Identification Using Vehicle Acceleration and Deceleration Events from Naturalistic Driving of Older Drivers," In Medical Measurements and Applications, 2017.
  - [2] European Commission, "Opinion 03/2017 on Processing Personal Data in the Context of Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)," Working Party, vol. 29, 2017.
  - [3] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks," In Neural Information Processing Systems, pp. 1106–1114, 2012.
  - [4] A. G. Howard, M. Zhu, B. Chen, D. Kalenichenko, W. Wang, T. Weyand, M. Andreetto, and H. Adam, "MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications," arXiv, 2017.
  - [5] X. Zhang, X. Zhou, M. Lin, and J. Sun, "ShuffleNet: An Extremely Efficient Convolutional Neural Network for Mobile Devices," arXiv, 2017.
  - [6] N. Paramanandham, and K. Rajendiran, "Infrared and visible image fusion using discrete cosine transform and swarm intelligence for surveillance applications," Infrared Physics & Technology, vol. 88, pp. 13–22, 2018.
  - [7] C. Cortes, V. Vapnik "Support-vector Networks," Machine Learning, vol. 20, no. 3, pp 273–297, 1995.
  - [8] Microsoft Kinect for window SDK 2.0, Available:<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44561>
  - [9] P. KaewTraKulPong, and R. Bowden, "An Improved Adaptive Background Mixture Model for Real-time Tracking with Shadow Detection," Video-based Surveillance Systems, vol. 1, pp. 135–144, 2002.
  - [10] Z. Zivkovic, "Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Subtraction," In International Conference on Pattern Recognition, 2004.
  - [11] A. B. Godbehere, A. Matsukawa, and K. Goldberg "Visual Tracking of Human Visitors under Variable-Lighting Conditions for a Responsive," In American Control Conference, 2012.
  - [12] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, "Digital Image Processing," Prentice Hall, 1977.
  - [13] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features," In Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 511–518, 2001.
  - [14] T. F. Chan, C. K. Wong, "Total Variation Blind Deconvolution Image Processing, vol. 7, no. 3, pp. 370–375, 1998.
  - [15] A. Asundi, and Z. Wensen, "Fast phase-unwrapping algorithm based on a gray-scale mask and flood fill," Applied Optics, vol. 37, no. 23. pp. 5416–5420, 1998.
  - [16] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, no. 6, pp. 679–698, 1986.
  - [17] S. Kim, G. H. An and S. J. Kang, "Facial Expression Recognition System Using Machine Learning", In International SoC Design Conference, 2017.
  - [18] M. Lin, Q. Chen, and S. Yan, "Network in Network," arXiv, 2013.
  - [19] T. Y. Lin, M. Maire, S. Belongie, L. Bourdev, R. Girshick, J. Hays, P. Perona, D. Ramanan, C. L. Zitnick, and P. Dollár, "Microsoft COCO: Common Objects in Context," In European conference on computer vision, pp. 740–755, 2014.
  - [20] Y. Yang and X. Liu, "A re-examination of text categorization methods," In Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, pp. 42–49, 1999.
-

- 
- [21] P. Malhotra, L. Vig, G. Shroff and P. Agarwal, "Long Short Term Memory Networks for Anomaly Detection in Time Series," 23rd European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning, pp.89–94, 2014.
- [22] G. Zhenhai, L. DinhDat, H. Hongyu, Y. Ziwen and W. Xinyu, "Driver Drowsiness Detection Based on Time Series Analysis of Steering Wheel Angular Velocity," 9th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, pp. 14–15, 2017.
- [23] F. Friedrichs, and B. Fng, "Drowsiness Monitoring by Steering and Lane Data Based Features under Real Driving Conditions," 18th European Signal Processing Conference, pp. 209–213, 2010.
- [24] T. Danisman, I. M. Bilasco, C. Djeraba and N. Ihaddadene, "Drowsy Driver Detection System Using Eye Blink Patterns," International Conference on Machine and Web Intelligence, pp. 230–233, 2010.
- [25] T. Azim, M. A. Jaffar and A. M. Mirza, "Fully automated real time fatigue detection of drivers through Fuzzy Expert Systems," Applied Soft Computing. pp. 25–38, 2014.
- [26] D. Lee, S. Oh, S. Heo and M. Hahn "Drowsy Driving Detection Based on the Driver's Head Movement using Infrared Sensors," 2nd International Symposium on Universal Communication, pp. 231–236, 2008.
- [27] H. S. Shin, S. J. Jung, J. J. Kim and W. Y. Chung, "Time Car Driver's Condition Monitoring System", IEEE Sensors conference, Kona, pp. 951–954, 2010.
- [28] Z. Mardi, S. N. M. Ashtiani and M. Mikaili, "EEG-based Drowsiness Detection for Safe Driving Using Chaotic Features and Statistical Tests," Journal of Medical Signals and Sensors, pp. 130–137, 2011.
- [29] R. N. Khushaba, S. Kodagoda, S. Lal and G. Dissanayake, "Driver Drowsiness Classification Using Fuzzy Wavelet-Packet-Based Feature-Extraction Algorithm," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, pp. 121–131, 2011.
- [30] C. McCarthy, N. Pradhan, C. Redpath and A. Adler, "Validation of the Empatica E4 Wristband," IEEE EMBS International Student Conference, pp. 1–4, 2016.
- [31] C. J. Van den Heuvel, J. T. Noone, K. Lushington and D. Dawson, "Changes in sleepiness and body temperature precede nocturnal sleep onset: Evidence from a polysomnographic study in young men," Journal of Sleep Research, pp. 159–166, 1998.
- [33] L. A. Shalabi, Z. Shaaban and B. Kasasbeh, "Data Mining: A Preprocessing Engine", Journal of Computer Science, pp. 735–739, 2006.
- [34] J. Lin, and A. Kolcz, "Large-Scale Machine Learning at Twitter", Proceedings of the 2012 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pp. 793–804, 2012.
- [35] F. J. Ordóñez and D. Roggen, "Deep Convolutional and LSTM Recurrent Neural Networks for Multimodal Wearable Activity Recognition," Sensors, pp. 1–25, 2016.
- [36] J. Lin, and A. Kolcz, "Large-Scale Machine Learning at Twitter", Proceedings of the 2012 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pp. 793–804, 2012.
- [37] F. J. Ordóñez and D. Roggen, "Deep Convolutional and LSTM Recurrent Neural Networks for Multimodal Wearable Activity Recognition," Sensors, pp. 1–25, 2016.
-

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.