



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

영상처리 기반의 운전자 상태 감지를 위한 임베디드 시스템 개발

정보통신공학과

홍 동 균

지도교수 이 동 화

2020년 8월

대구대학교 대학원

영상처리 기반의 운전자 상태 감지를 위한 임베디드 시스템 개발

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

정 보 통 신 공 학 과

홍 동 균

지도교수 이 동 화

홍동균의 공학석사 학위논문을 인준함.

2020년 8월

심사위원장 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

대구대학교 대학원

목차

I. 서론	1
II. 관련 연구	3
1. Pose Estimation	3
2. 관련연구	5
III. 운전자 상태 감지를 위한 시스템 제안방법	7
1. 전체 시스템 구성도	7
2. 운전자 골격 피쳐 추출을 위한 Pose estimation	8
3. 운전자 시각 추정을 위한 Head pose estimation	13
4. 운전자 눈 깜빡임 추정을 위한 Eye tracking	19
5. 운전자 안전운전 수행 판단을 위한 Hand tracking	23
6. 운전자 졸음운전 판단	29
IV. 실험 및 결과	32
1. 실험	32
2. 결과	35
1) 안전운전 수행 판단	35
2) 전방주시 수행 판단	37
3) 졸음운전 수행 판단	38
V. 결론	40
참고문헌	41
영문초록	44

표 목 차

표 1. VGG, MobileNet V2 속도 비교	9
표 2. 기존 손 검출 알고리즘을 이용한 운전자 감지 시스템 처리 속도 테스트 결과	32
표 3. 제안된 운전자 감지 시스템 처리 속도 테스트 결과	32
표 4. 제안된 운전자 감지 시스템 성능 테스트 결과	33

그 립 목 차

그림 1. OpenPose 모델의 구조도	4
그림 2. Confidence map, Affinity field 예시	4
그림 3. 운전자 상태 감지를 위한 시스템 전체 흐름도	7
그림 4. MobileNet V2 신경망 아키텍처	8
그림 5. COCO DataSet 골격 피쳐(좌), Pose Estimation 결과 예시(우)	9
그림 6. Salt and Pepper 노이즈 처리 결과	10
그림 7. 데이터 전처리 예시	11
그림 8. 추가 학습 후 결과(좌), 기존 모델(우)	12
그림 9. dlib 알고리즘 검출 결과(좌), face landmark(우)	13
그림 10. HOG Feature	14
그림 11. SVM을 이용한 학습 예시	14
그림 12. solvePNP 알고리즘 예시 1	15
그림 13. 3D 좌표 투영 결과, 카메라 보정(좌), 투영된 3D좌표 축(중), 3D 좌표 를 이용한 육면체(우)	15
그림 14. 검출된 Face landmarks를 기반으로 solvepnp 알고리즘을 이용한 Head pose estimation 결과	16
그림 15. CNN 기반 Facial Landmark Detection 알고리즘 순서도	16
그림 16. 300W DataSet 예시	17
그림 17. 칼만 필터 작동 예시	18
그림 18. 제안된 Head pose estimation 결과	18
그림 19. 눈동자의 구성	19
그림 20. 시선에 따른 눈동자 위치	19
그림 21. Eye tracking 전체 흐름도	20
그림 22. 양방향 필터(bilateralFilter) 결과 예시	20
그림 23. 눈동자 검출 예시	21
그림 24. 제안된 Eye tracking 결과	22
그림 25. 제안된 2D point tracking 좌표 등록, 새 좌표와 기존 좌표 간의 유클 리드 거리 계산, 기존 좌표의 업데이트, 새 좌표 등록	23
그림 26. 제안된 2D point tracking 오른손 좌표 추적 결과	25
그림 27. 제안된 2D point tracking 왼손 좌표 추적 결과	26

그림 28. 제안된 안전운전 위반 판단 결과	28
그림 29. 운전자가 수면을 취할 때의 2가지 행동패턴	29
그림 30. 머리가 세워진 상태일 때, 졸음운전 판단	30
그림 31. 머리가 떨거진 상황일 때, 졸음운전 판단	31
그림 32. 전방주시 수행 판단 오인식 결과, 올바르게 인식된 이미지(좌), 오인 식된 이미지(우)	33
그림 33. 졸음운전 수행 판단 오인식 결과, 올바르게 검출된 이미지(좌), 오인 식된 이미지(우)	34
그림 34. 안전운전 수행 판단 결과 1	35
그림 35. 안전운전 수행 판단 결과 2	36
그림 36. 전방주시 수행 판단 결과 1	37
그림 37. 전방주시 수행 판단 결과 2	37
그림 38. 전방주시 수행 판단 결과 3	38
그림 39. 졸음운전 수행 판단 결과 1	38
그림 40. 졸음운전 수행 판단 결과 2	39

영상처리 기반의 운전자 상태 감지를 위한 임베디드 시스템 개발

홍 동 균

대구대학교 대학원
석사과정 정보통신공학과

지도교수 이 동 화

(요약)

2009년~ 2016년도 교통사고의 평균 발생량은 약 22만 건으로 이 중 졸음운전, 전방주시 태만, 안전 운전 불이행으로 인한 교통사고율은 69%를 차지한다. 이 중 졸음운전으로 인해 발생한 교통사고의 30%이상이 사망사고로 이어지고 있다. 이와 같은 위험성 때문에 한국도로공사에서는 고속도로 졸음운전 예방을 위해 졸음쉼터 설치를 시작하였으며, 졸음운전을 방지하기 위한 제품도 시중에 많이 출시되고 있다.

본 논문에서 제안하는 운전자 상태 감지 시스템은 사람 골격 피쳐 정보를 이용하는 방식으로 카메라로부터 입력받은 영상에서 사람의 골격 피쳐 정보를 추출한다. 추출된 피쳐 정보를 기반으로 손과 머리 위치를 추정하고 추정된 머리 위치에서 얼굴의 세부 정보를 추정한다. 사람의 골격 피쳐 정보를 추출하는 알고리즘은 임베디드 보드 상에서도 실시간 처리가 가능하도록 경량화된 모델을 사용하였다. 적은 연산량으로도 정확하게 골격 정보를 추정할 수 있도록 추가적인 학습을 통해 정확도를 높였으며, 손과 얼굴을 추가적인 알고리즘 없이 정확하게 추정할 수 있다. 검출된 얼굴 영역은 관심 영역으로 두어 원본 이미지의 전체 영역에서 처리하는 것보다 적은 연산량으로 얼굴 세부 정보를 추정하며, 기존 얼굴의 각도나 조명, 동양인 얼굴에서 정확도가 낮은 알고리즘을 추가 학습과 칼만 필터를 통해 기존 알고리즘의 문제점을 개선하고 추출된 얼굴 세부 영역의 정보를 기반으로 3D 좌표를 추출하여 시각을 판단한다. 또한 추출된 얼굴 세부 영역의 정보 중 눈 영역에 해당하는 피쳐 정보를 이용하여 눈의 특징을 분리하고 눈의 깜박임을 판단한다.

본 논문에서 제안하는 운전자 상태 감지 시스템은 사람 골격 피쳐 정보를 기반으로

졸음운전 방지, 안전운전 의무 불이행 방지 그리고 전방주시 태만 방지를 제안한다. 운전자의 부주의로 인해 발생하는 교통사고로는 졸음운전 이외에도 전방주시 태만과 안전운전 불이행으로 인한 사고가 있으며 졸음운전으로 인한 사고와 마찬가지로 많은 사고를 유발하기 때문에 본 논문에서 제안하는 운전자 상태 감지 시스템은 운전자의 부주의로 인해 일어나는 모든 경우를 실시간으로 방지하는 시스템을 제안한다.

I. 서론

2009년~ 2016년도 교통사고의 평균 발생량은 약 22만 건으로 이 중 졸음운전, 전방주시 태만, 안전운전 불이행으로 인한 교통사고율은 69%를 차지한다. 이 중 졸음운전으로 인해 발생한 교통사고의 30%이상이 사망사고로 이어지고 있다[1-4]. 이와 같은 위험성 때문에 한국도로공사에서는 고속도로 졸음운전 예방을 위해 졸음쉼터 설치를 시작하였으며, 졸음운전을 방지하기 위한 제품도 시중에 많이 출시되고 있다[5].

도요타의 경우 운전자의 눈꺼풀의 위치를 감지해 눈의 개폐상태를 판단하는 시스템, 스마트 폰을 이용한 눈의 움직임 관측하는 애플리케이션, 차량 내부에 운전자의 얼굴 움직임을 추적하는 카메라 등이 있으며, 현대 모비스에서는 졸음운전 방지를 위해 얼굴 근육의 움직임을 판단하는 졸음운전 방지 시스템을 연구 진행 중이다. 이외에도 졸음운전을 방지하기 위한 운전자의 뇌파, 심전도, 호흡 기반, 근전도, 다양한 영상처리 기술 방법으로 다양한 연구가 진행되고 있다[6-7].

뇌파는 두뇌를 구성하는 신경세포들의 전기적 활동을 두피에서 전극을 통해 간접적으로 측정할 수 있는 전기신호이다(EEG: Electro Encephalo Graphy). 뇌파 기반 졸음운전 추정은 운전자 머리에 웨어러블 기기를 장착하여 운전자가 졸음 상태에 특정한 전기신호를 기반으로 졸음운전을 추정한다. 하지만 뇌파의 특정 신호를 해석하기가 어렵고 운전자가 웨어러블 기기를 무조건 장착해야 한다는 단점이 있다[8-11].

심전도와 근전도 측정 방법은 근육 신호를 전기 신호로 바꾸어 측정하는 것이며, 손목이나 심장에 웨어러블 기기를 부착하여 운전자의 피로도에 가장 민감하게 반응하는 특정 주파수를 해석하여 졸음운전 판단을 수행한다. 해당 방법은 각 운전자에 따라 특정 주파수는 항상 다르기 때문에 해당 연구방법의 신뢰성이 매우 떨어지며, 정확한 졸음운전을 판단 할 수 없다[12-15].

호흡을 통해 졸음운전을 방지하는 방법은 장시간 운전을 진행할 경우 차량 내부에 이산화탄소의 농도가 높아지는 것을 바탕으로 졸음운전을 방지한다. 해당 방법은 대부분의 차량에는 공조장치가 부착되어 차량 내부에 공기 청정을 수행하여 졸음운전을 방지하기에 큰 어려움이 있다[16-17].

운전자의 졸음운전 방지 및 판단을 위한 영상처리 기술들은 눈동자를 추적하는 방식, 얼굴 영역의 각 세부 정보를 이용하는 방식이 있다.

눈동자를 추적하는 방식은 하드웨어적 동공 검출, 색채기반 눈동자 검출 및 추적 방식이 있으며, 이 중 하드웨어적 동공 검출은 차량 내부에 하드웨어적으로 조명을

설치하여 동공에 반사되는 빛을 이용하여 동공을 검출하는 방식이다. 이와 같은 방식은 사람의 눈은 빛에 매우 민감하기 때문에 조명이 지속적으로 눈을 비출 경우 오히려 더 큰 사고를 유발할 수 있어 졸음운전 방지 시스템으로는 부적절하다. 또한 야간 상태에서는 동공이 비교적 쉽게 검출될 수는 있지만 낮에는 정확성이 크게 낮아진다[18-19].

색채기반 눈동자 검출 및 추적 시스템은 눈의 영역을 색으로 분류하여 동공을 검출하는 방식이다. 색채기반은 조명과 배경에 따라 크게 정확성이 떨어지며 야간 상태에서는 조명이 전체적으로 어두워 동공 영역의 특정 색을 찾지 못하기 때문에 검출 성능이 낮아져 신뢰성을 보장하지 못한다[20-21].

얼굴 영역의 각 세부 정보를 이용하는 방식은 대표적으로 face landmark를 이용하는 방식이다. face landmark는 얼굴의 세부 정보를 총 68개의 포인트로 나누어 각 정보를 이용하는 방식이다. face landmark 방식은 얼굴 영역에 윤곽이 자세히 나타나지 않거나 얼굴의 방향이 정면이 아닐 경우 정확도가 낮아지는 단점이 있다[22-23].

본 논문에서 제안하는 운전자 상태 감지 시스템은 사람 골격 피쳐 정보를 이용하는 방식으로 카메라로부터 입력받은 영상에서 사람의 골격 피쳐 정보를 추출한다. 추출된 피쳐 정보를 기반으로 손과 머리 위치를 추정하고 추정된 머리 위치에서 얼굴의 세부 정보를 추정한다. 사람의 골격 피쳐 정보를 추출하는 알고리즘은 임베디드 보드 상에서도 실시간 처리가 가능하도록 경량화된 모델을 사용하였다. 적은 연산량으로도 정확하게 골격 정보를 추정할 수 있도록 추가적인 학습을 통해 정확도를 높였으며, 손과 얼굴을 추가적인 알고리즘 없이 정확하게 추정할 수 있다. 검출된 얼굴 영역은 관심 영역으로 두어 원본 이미지의 전체 영역에서 처리하는 것보다 적은 연산량으로 얼굴 세부 정보를 추정하며, 기존 얼굴의 각도나 조명, 동양인 얼굴에서 정확도가 낮은 알고리즘을 추가 학습과 칼만 필터를 통해 기존 알고리즘의 문제점을 개선하고 추출된 얼굴 세부 영역의 정보를 기반으로 3D 좌표를 추출하여 시각을 판단한다. 또한 추출된 얼굴 세부 영역의 정보 중 눈 영역에 해당하는 피쳐 정보를 이용하여 눈의 특징을 분리하여 눈의 깜박임을 판단한다.

본 논문에서 제안하는 운전자 상태 감지 시스템은 사람 골격 피쳐 정보를 기반으로 졸음운전 방지, 안전운전 의무 불이행 방지 그리고 전방주시 태만 방지를 제안한다. 운전자의 부주의로 인해 발생하는 교통사고로는 졸음운전 이외에도 전방주시 태만과 안전운전 불이행으로 인한 사고가 있으며 졸음운전으로 인한 사고와 마찬가지로 많은 사고를 유발하기 때문에 본 논문에서 제안하는 운전자 상태 감지 시스템은 운전자의 부주의로 인해 일어나는 모든 경우를 실시간으로 방지하는 시스템을 제안한다.

II. 관련 연구

1. Pose Estimation

컴퓨터 비전에서 객체의 위치(Position)와 방향(Orientation)을 탐지하는 일반적인 문제로 사람의 신체 관절인 키포인트(Keypoint)가 어떻게 구성되어 있는지 위치를 측정(Localization)하고 추정(Estimation)하는 문제이다.

사람의 포즈 추정에 대한 다양한 방법이 수년에 걸쳐 도입되었으며, 한 사람의 포즈 추정에서부터 시작하여 여러 사람의 포즈를 추정하는 방식으로 발전되고 있다. 포즈를 추정하기 위해서는 사람의 골격 정보가 많이 사용되며, 골격의 각 좌표는 키포인트라고 불린다. 이 두 부분 사이의 유효한 연결을 추정하여 최종적으로 전체 포즈를 추정하게 된다.

주요 키포인트는 Head, Neck, Shoulder, Elbow, Wrist, Hip, Knee, Ankle 이 있으며, Pose Estimation은 2D Pose Estimation, 3D Pose Estimation이 있다. Pose를 추정하는 방식에는 Top-down 방식과 Bottom-up 방식이 있다.

Top-down 방식은 영상에서 사람을 Detection하고, Bounding Box 내부에서 포즈를 추정하는 방식이다. 정확도는 Bottom-up 방식에 비해 높지만 Crop 과정이 필요하고 여러 사람일 경우에는 검출된 사람마다 포즈를 추정하기 때문에 느리다는 단점이 있다.

Bottom-up 방식은 영상에 포함된 사람의 키포인트를 모두 추정하고, 키포인트간의 상관관계를 분석하여 포즈를 추정하는 방식이다. 정확도는 Top-down 방식에 비해 떨어지지만 검출하는 과정을 거치지 않기 때문에 빠르다는 장점이 있어 실시간 처리에 적용할 수 있다.

Pose Estimation은 Dataset에 따라 출력되는 키포인트가 달라지며, 대표적인 Dataset으로는 DensePose-COCO, MPII Human Pose, Leeds Sports Poses, FLIC, ITOP 그리고 COCO 가 있다.

대표적인 Pose Estimation 알고리즘인 OpenPose는 사람의 포즈 추정에 가장 많이 사용되는 딥러닝 기반의 Bottom-up 방식으로 먼저 이미지의 모든 사람의 키포인트를 감지한 다음 별도로 개인에게 키포인트를 할당하여 여러 사람의 골격 정보를 추출한다[24].

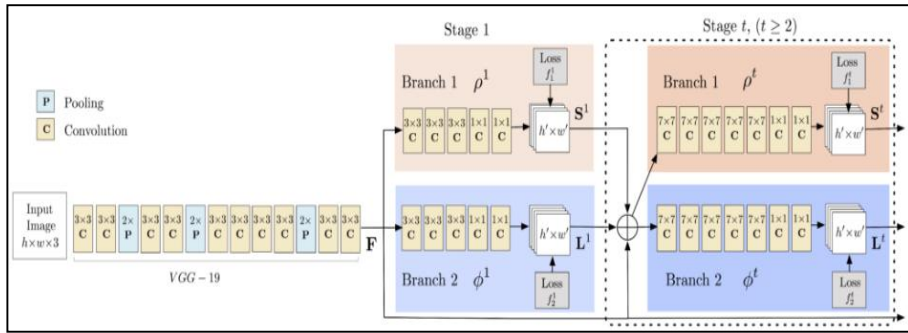


그림 1. OpenPose 모델의 구조도

OpenPose는 딥러닝의 CNN 기반으로 이미지 혹은 영상을 입력 값으로 하여 객체의 위치 및 방향을 감지한다. OpenPose 모델의 구조도는 그림 1과 같다.

좌측단의 입력 데이터를 VGGNet - 19를 통해 수행된 Output 데이터의 특징 (Feature)을 강조한 상태로 출력하게 된다. 출력된 Output을 2번의 분기를 통해 전파를 수행하고, 첫 번째 분기점에서는 전반적인 신체 부위(팔꿈치, 무릎 등)에 사용된다. 반복되는 Stage에 거쳐서 Confidence map과 Affinity field를 구하게 되며, Confidence map은 인간의 관절 구조 등을 찾는 데 사용되고 Affinity field는 추출된 관절 구조가 어떤 객체의 것인가에 대해 알아내는데 사용된다. Confidence map과 Affinity field에 대한 예시는 그림 2와 같다.

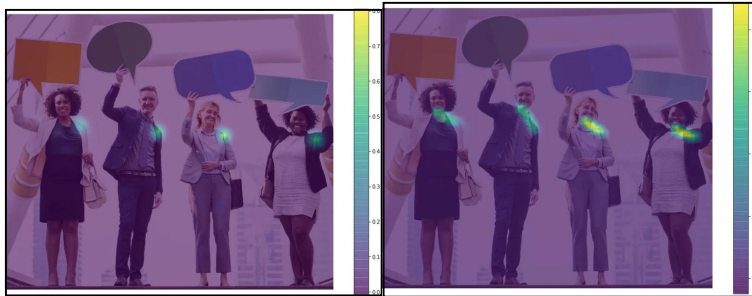


그림 2. Confidence map, Affinity field 예시

2. 관련연구

주영훈 등은 정적인 얼굴 이미지 상에서 눈과 코의 기준 거리 값을 사용하여 눈과 코를 탐색 후 색채기반 알고리즘인 히스토그램 기법을 사용하여 눈 개폐 여부 판단을 제안하였다[25]. 해당 알고리즘은 사용자가 달라질 경우 기준 거리 값이 달라져 업데이트가 필요하며 조명 변화가 이루어질 경우 눈 개폐 여부 판단의 신뢰성이 떨어진다[26].

윤인영 등은 OpenCV의 Haar cascade 알고리즘을 이용하여 얼굴 영역을 검출 후 이진화를 이용하여 눈 개폐 여부 판단을 제안하였다[27]. Haar cascade 알고리즘은 연산량이 많고 얼굴의 각도가 정면이 아닐 경우 얼굴 영역의 정확도가 매우 낮아지는 문제점이 존재하여 졸음운전 시스템과 같이 실시간 처리가 필요한 시스템에는 부적절하다.

박상혁 등은 ASM(Active Shape Model)을 이용하여 얼굴의 모양과 모양 변화를 검출하여 눈 개폐 여부 판단을 제안하였다[28]. ASM은 점 분포 모델을 사용하여 형태를 표현한 후 입력 영상에서 특정 물체(얼굴, 손 등)를 가장 잘 표현하는 점 분포 모델의 파라미터를 찾는 기술이다[29]. 하지만 얼굴의 윤곽이 정확하지 않을 경우 점 분포의 신뢰성이 떨어져 검출 정확도가 낮아지며, 사용자에게 따라 추가적인 모델 학습이 필요하다는 단점이 있다.

최인호 등은 Corner detection을 이용하여 얼굴 윤곽 특징점을 추출한 후 3D 좌표를 이용한 머리 포즈를 예측하여 졸음 운전 판단을 제안하였다[30]. 색채기반인 Corner detection은 조명과 배경에 따라 얼굴의 형태와 경계선이 뚜렷하지 않을 경우 특징점이 강인하지 않으며 조명에 변화에 따라 정확도가 매우 낮아지는 단점이 있다.

이정환 등은 Yolo 알고리즘 기반 눈과 입을 각각 2가지를 객체로 학습 후 졸음운전 판단 시스템을 제안하였다[31]. Yolo 알고리즘은 대표적인 객체 검출 알고리즘으로 사람에게 대해서 검출할 때는 비교적 정확도가 높지만 사람의 손이나 눈, 코, 입 등 형태가 정확하지 않고 계속해서 형태가 변화하는 객체를 검출하기에는 부적절한 알고리즘이다. 제안된 알고리즘에서는 얼굴이 정면에 위치할 땐, 비교적 정확도가 높지만, 입을 벌리거나 눈의 형태가 애매하게 유지될 경우 검출 정확도가 크게 낮아진다.

Martin Torstensson 등은 특정한 행동을 인공지능 기반 LSTM 모델을 사용하여 졸음운전 판단 시스템을 제안하였다[32]. LSTM(Long Short-Term Memory) 알고리즘은 순환 신경망인 RNN의 역전파 문제점을 보완한 모델로써 주로 특정한 행동을 학습 후 행동 인식에 많이 사용된다. 하지만 하나의 행동 인식을 위해 매우 많은 데이터가 필요하며, 연산 속도가 느려 실시간 처리가 필요한 시스템에는 적합하지 않다.

본 논문에서 제안된 운전자 상태 감지 시스템은 경량화된 Pose estimation을 사용함으로써 실시간 처리가 가능하며, 경량화된 Pose estimation 알고리즘을 이용하여 손

과 머리 위치를 추가 알고리즘을 사용하지 않고 위치 추정이 가능하다. 경량화된 Pose estimation 알고리즘의 기존 모델에서 데이터 전처리 과정을 거친 후 추가 학습을 진행하기에 야간 상태에서도 높은 정확도를 갖는다. 또한 기존 face landmarks detection 알고리즘에 동양인 얼굴에 대한 전처리 과정을 수행하고, 추가적인 학습을 통해 동양인 얼굴에서도 정확한 피쳐 정보를 획득할 수 있고 얼굴의 각도 변화에 신뢰성이 떨어지는 문제를 칼만 필터를 사용함으로써 피쳐 정확도 및 머리 포즈 추정 정확도를 향상시켜 카메라 흔들림이나 얼굴의 각도 변화에 강인하다. 눈 영역의 경우 제안된 face landmarks detection 알고리즘을 통해 별다른 위치 추적 알고리즘 없이 눈 영역 위치를 정확히 검출할 수 있다. 눈 영역의 경우 눈의 특징을 3가지(동공, 홍채, 공막)로 분류하여 눈의 깜빡임을 검출한다.

Ⅲ. 운전자 상태 감지를 위한 시스템 제안방법

1. 전체 시스템 구성도

그림 3은 운전자 상태 감지 시스템의 전체 흐름도를 나타낸다. 카메라로부터 얻어진 입력 영상으로부터 사람이 있을 경우 사람의 골격 피쳐 정보를 검출한다. 검출된 골격 피쳐 정보를 기반으로 손과 머리 영역의 위치를 추정한다. 손의 경우 추정된 손 영역을 좌표 기반 추적 알고리즘을 이용하여 손의 위치를 추적한다. 추적된 손 위치가 핸들 영역에서 벗어날 경우 안전운전 수행 위반 경고를 출력한다.

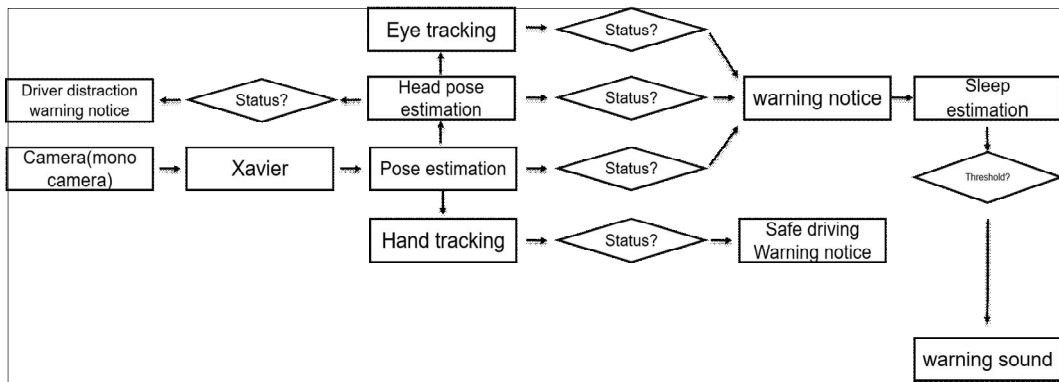


그림 3. 운전자 상태 감지를 위한 시스템 전체 흐름도

머리의 경우 머리 영역 부분만 관심 영역을 설정하여 기존 입력 영상보다 매우 적은 연산량으로 Face landmarks 검출을 수행한다. 검출된 Face landmarks를 기반으로 3D 좌표를 추출하여 운전자의 시각 정보를 획득한다. 획득한 운전자의 시각 정보의 위치가 정면이 아닌 다른 곳에 위치할 경우 전방주시 태만을 운전자에게 경고한다. 또한 머리의 위치가 정면이 아닌 다른 곳에 지속적으로 위치할 경우 운전자에게 졸음운전을 경고한다.

눈의 경우 검출된 Face landmarks 정보에서 눈 영역에 해당하는 피쳐 정보를 이용하여 눈의 위치를 검출한다. 검출된 눈은 눈동자 특징에 따라 분류한 후 동공에 해당하는 부분의 검출 유무에 따라 운전자의 눈 깜박임을 판단한다. 눈이 1초 이상 감겨 있을 경우 운전자에게 졸음운전을 경고한다.

2. 운전자 골격 피쳐 추출을 위한 Pose estimation

본 논문에서 제안하는 Pose estimation 알고리즘은 기존 Openpose의 모델에서 변형된 알고리즘을 사용한다. 기존의 Openpose 알고리즘은 연산량이 높아 실시간 처리 시스템에 적합하지 않다. 제안하는 Pose estimation 알고리즘은 기존 Openpose 신경망 아키텍처 중 VGGNet-19 모델을 MobileNet V2로 대체하여 Openpose의 속도를 개선한 모델을 사용한다. 그림 4는 MobileNet V2 신경망 아키텍처를 나타낸다.

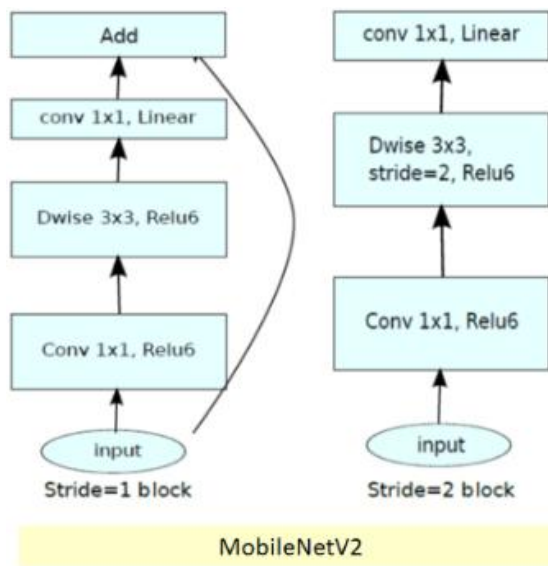


그림 4. MobileNet V2 신경망 아키텍처

MobileNet V2에는 2가지 종류의 블록이 있으며, 첫 번째는 stride가 1인 residual 블록과 두 번째는 Downsizing을 위한 stride가 2인 블록이다. 이 각각의 블록은 3개의 layer를 갖고 있다.

표 1은 Openpose 알고리즘과 MobileNet V2 알고리즘의 속도를 비교한 표이다. Openpose 알고리즘은 GPU 상에서 약 0.05s 처리 속도를 보이고, MobileNet V2 Large 알고리즘은 0.0217s 으로 약 2배 이상이 차이가 난다.

표 1. VGG, MobileNet V2 속도 비교

Model	mAP@COCO2014	GFLOPs	Latency(432x368) (Macbook 15' 2.9Hz i9, tf 1.12)	Latency (432x368) (V100 GPU)
CMU, VGG(OpenPose)			0.8589s	0.0570s
Mobilenet thin	0.2806		0.1701s	0.0217s
Mobilenet-v2 Large	0.3130		0.2066s	0.0214s
Mobilenet-v2 Small	0.1730		0.1290s	0.0210s

본 논문에서 제안된 pose estimation 알고리즘은 COCO Dataset을 통해 이미 학습된 모델을 이용하여 사람의 골격 피처를 검출하였으며, 해당 피처는 17개의 포인트로 검출된다. 이는 학습된 DataSet에 따라 출력이 달라질 수 있다. 그림 5는 COCO Dataset의 골격 키폰트 예시와 pose estimation 알고리즘의 출력 결과 예시를 나타낸다.



그림 5. COCO DataSet 골격 피처(좌), Pose Estimation 결과 예시(우)

이미 학습된 모델로 테스트를 진행하였을 때, 조명이 없는 야간 상태에서 성능이 현저히 낮아지는 것을 그림 8을 통해 확인할 수 있다. 기존 모델의 문제점은 이미 학습된 모델의 학습 데이터 중 어두운 조명 상태를 갖는 이미지가 부족하여 검출 정확도가 낮은 것으로 판단하였고 모델의 성능을 높이기 위해 추가적으로 COCO Dataset에 전처리 과정을 거친 후 학습을 진행하여 pose estimation 알고리즘의 성능을 높였다. 전처리 과정은 기존 COCO Dataset의 원본 이미지에서 노이즈나 여러 가지 이미

지 변화 과정을 추가하여 Dataset을 늘려 학습을 수행하였다.

노이즈는 Salt and Pepper 알고리즘을 수행하였다. Salt and Pepper란 원본 이미지에 흰색 픽셀과 검은색 픽셀을 무작위로 분포시키는 것을 의미한다. 영상처리에서 대표적인 노이즈 기법으로 이미지에 강제로 잡음을 추가하는 작업이다(그림 6).

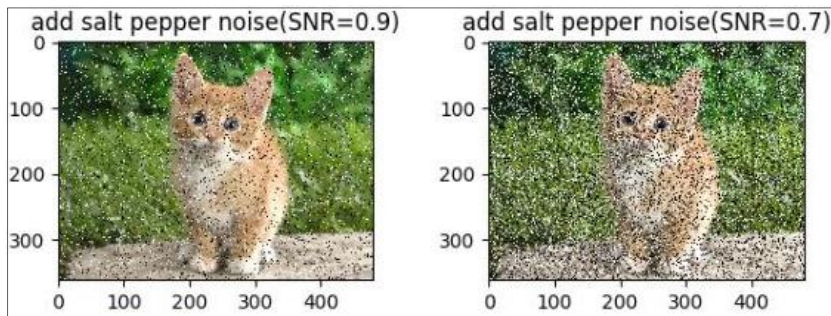


그림 6. Salt and Pepper 노이즈 처리 결과

이미지 변화는 원본 이미지를 기준으로 밝기 조절, 그레이스케일 변환, 히스토그램 평활화, 적응형 히스토그램 평활화 총 4가지의 작업을 수행하였으며, 이미지 밝기 조절의 경우 원본 이미지에서 전체 화소값을 30을 기준으로 낮추고 높이는 작업을 수행하였다.

그레이스케일 변화란 0~255까지의 화소값을 갖는 3채널 영상을 각각 더하고 평균을 이용하여 출력하면 1채널 영상으로 회색조로 변환하는 것을 의미한다.

$$Gray = (Red + Green + Blue) / 3$$

히스토그램은 영상 안에서 픽셀들에 대한 명암 값의 분포를 나타낸 것이며, 히스토그램 평활화는 분포된 명암 값을 고르게 퍼주는 이미지 처리 기법이다.

$$H(i) = (Gmax / Nt) * H(i)$$

※ H(i) = 정규화합 히스토그램

※ Gmax = 영상의 최대 밝기

※ Nt = 입력영상 내부 존재 픽셀 개수

적응형 히스토그램 평활화(Adaptive Histogram Equalization)는 히스토그램 평활화 방법을 변형한 방법이며, 히스토그램 평활화 처리가된 이미지의 경계선이 사라지는

문제점을 개선한 기법이다.



원본 이미지



밝기 조절



그레이스케일 변환



적응형 히스토그램 평활화



히스토그램 평활화

그림 7. 데이터 전처리 예시

그림 7은 pose estimation의 추가 학습을 위해 진행된 데이터 전처리 과정의 예시를 나타낸다.

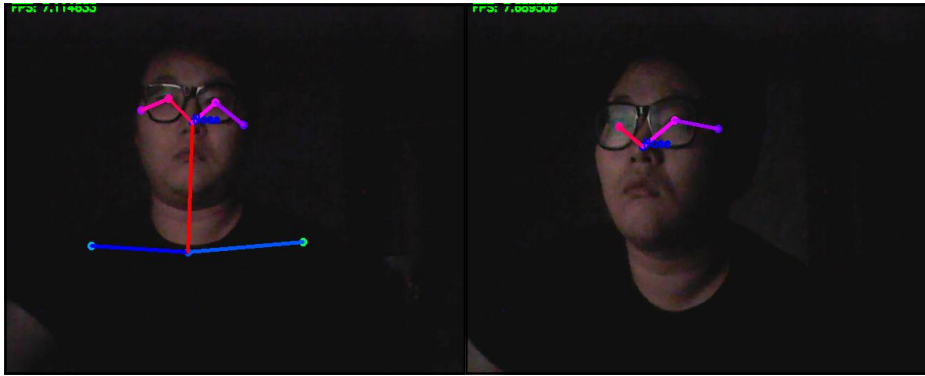


그림 8. 추가 학습 후 결과(좌), 기존 모델(우)

3. 운전자 시각 추정을 위한 Head pose estimation

본 논문에서 제안된 Pose estimation 알고리즘을 통해 머리 영역의 위치를 정확히 추정할 수 있었다. 추정된 머리의 영역을 관심 영역으로 설정하여 머리 영역에 대한 연산량을 크게 줄임으로써 Face landmarks를 이용한 얼굴의 특정 지점을 추출하는 연산을 실시간으로 처리가 가능하게 된다. 이미지의 크기가 클수록 속도가 매우 느려지기 때문에 얼굴의 영역만을 처리하여 속도 측면에서 성능을 높이는 방식이다.

얼굴의 특정 지점을 추출하는 알고리즘은 dlib 알고리즘을 사용하여 얼굴의 특정 지점을 검출하였다. dlib 알고리즘은 얼굴 검출, face landmark 검출 등을 수행할 수 있는 오픈 라이브러리이다. face landmark 검출은 얼굴에서 68개의 특징점으로 추정하는 것을 의미한다. 그림 9는 dlib 알고리즘 검출 결과와 face landmark를 나타낸다.

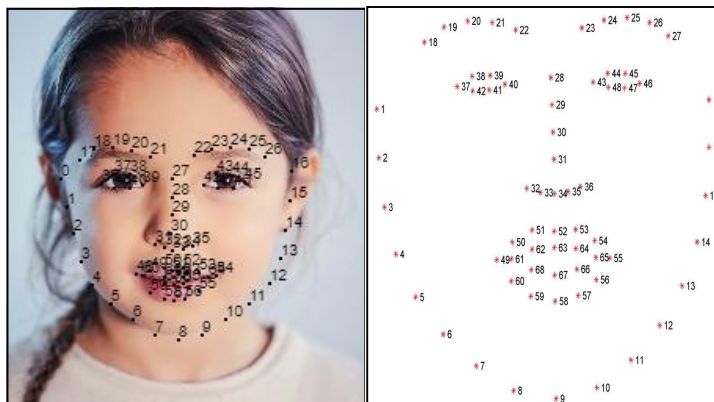


그림 9. dlib 알고리즘 검출 결과(좌), face landmark(우)

dlib 알고리즘은 face landmark를 검출하기 위해 고전적인 방식인 SVM을 이용한 HOG(Histogram of Oriented Gradients) 기반 특징을 추적한다. HOG의 특징은 일반적으로 보행자 검출이나 사람의 형태에 대한 검출 등 객체 추적에 대표적으로 사용된다. 그림 10은 HOG Feature의 예시를 나타낸다.

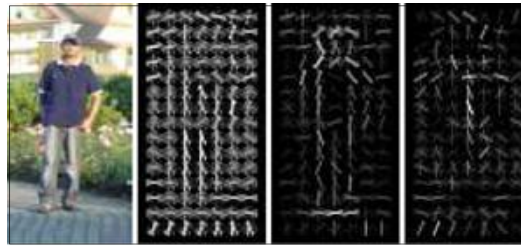


그림 10. HOG Feature

SVM(Support Vector Machine)은 생성된 feature 벡터 값을 SVM 분류기를 통해 얼굴이 있는 이미지와 얼굴이 없는 이미지를 구분하도록 학습을 진행하게 된다. Dataset은 얼굴이 존재하는 이미지와 얼굴이 존재하지 않는 이미지로 구성한다. 그림 11은 SVM을 이용한 학습 예시를 나타낸다.

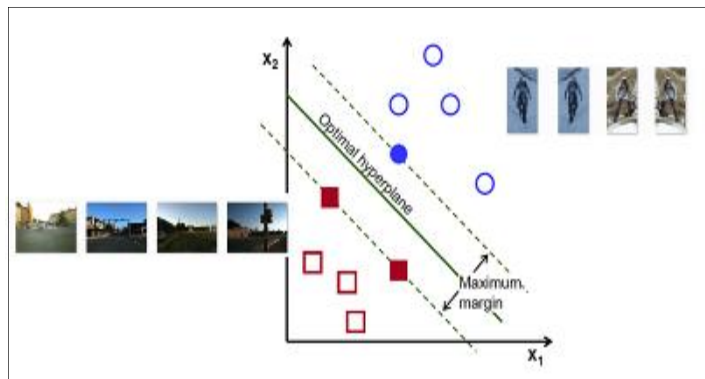


그림 11. SVM을 이용한 학습 예시

검출된 face landmark 2D 좌표를 기반으로 머리 포즈를 추정하기 위해 solvePNP 알고리즘을 이용하여 3D 좌표로 변환한다. 3차원 좌표가 2차원 영상으로 투영되기 때문에 2차원 좌표를 3차원 좌표로 계산할 때, 카메라의 위치나 방향 같은 내부요인을 제거하는 카메라 보정(Camera calibration) 단계를 수행한다. 카메라 보정 단계에서 이미지의 너비로 초점거리를 예측하며, 왜곡은 없다고 가정한다.

solvePNP 알고리즘에서는 세 가지 과정이 수행되며, 첫 번째는 3차원 좌표인 세계 좌표와 두 번째는 회전이나 변형을 고려하여 세계 좌표를 카메라 좌표로 변환하며, 세 번째는 카메라 좌표를 내부 파라미터를 사용하여 이미지 평면에 투영시킨다.

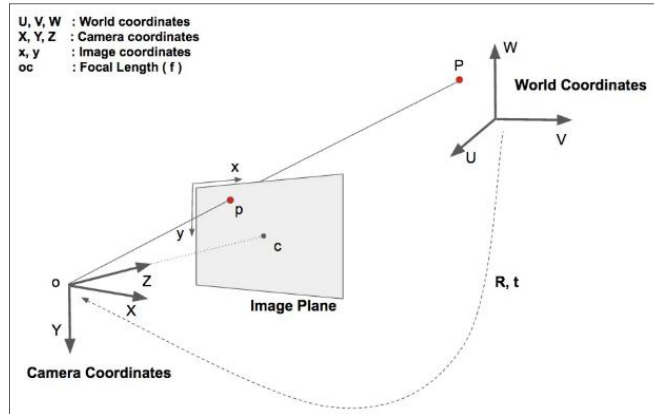


그림 12. solvePnP 알고리즘 예시 1

그림 12는 solvePnP 알고리즘의 예시를 나타낸다. O는 카메라의 중심이고, Image Plane 영역에 세계 좌표인 p를 투영시키기 위해 p의 좌표를 (U, V, W)라고 가정하고 rotation R과 translation T는 카메라 보정을 통해 산출된 값이다. 따라서 해당하는 값은 (X, Y, Z) 좌표 값을 갖는 카메라 좌표 시스템에 p라는 점을 투영하는 방법은 다음과 같은 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$s \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} & t_x \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} & t_y \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} & t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \\ 1 \end{bmatrix}$$

- ※ s : Unknown scale factor
- ※ r : Rotation
- ※ t : Translation
- ※ X, Y, Z : Camera coordinates
- ※ U, V, W : World coordinates

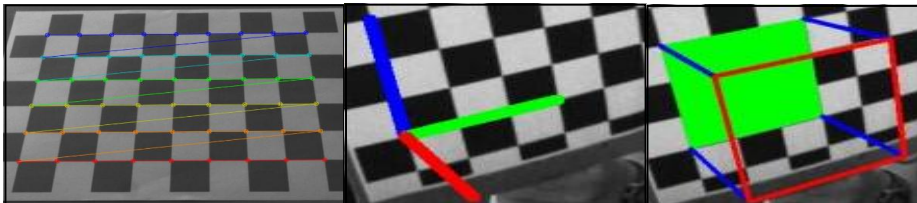


그림 13. 3D 좌표 투영 결과, 카메라 보정(좌),
투영된 3D좌표 축(중), 3D 좌표를 이용한 육면체(우)

그림 13은 2D 좌표를 기반으로 3D 좌표를 투영한 결과를 나타낸다. 투영된 3D좌표 축은 3개의 2D 좌표를 이용하여 나타낼 수 있으며, 4개의 2D 좌표로 육면체를 나타낼 수 있다.

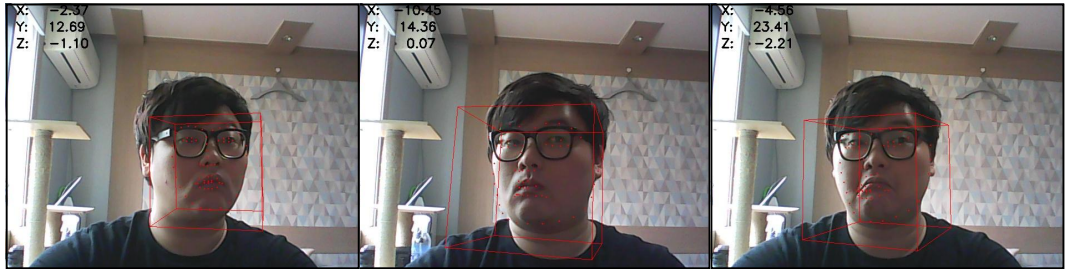


그림 14. 검출된 Face landmarks를 기반으로 solvepnp 알고리즘을 이용한 Head pose estimation 결과

그림 14는 dlib 알고리즘을 통해 검출된 Face landmarks의 좌표를 기반으로 3D 좌표를 이용한 Head pose estimation을 수행한 결과이다. 조명에 의해 얼굴 검출된 특징점의 정합성이 떨어지며 얼굴 각도에 약간의 변화를 주면 Face landmarks가 크게 흔들려 head pose estimation의 정확도가 매우 낮아지는 문제점이 발생하였다. 따라서 HOG, SVM 방식의 dlib 알고리즘이 아닌 오픈된 CNN(Convolutional Neural Networks) 기반의 Facial Landmark Detection[33] 알고리즘을 사용한다. CNN기반의 알고리즘은 연산량이 높아 실시간처리에 적합하지 않지만, 이미 pose estimation 알고리즘을 통해 별도의 알고리즘 없이 원본 이미지에서 머리 영역을 추정하여 관심영역으로 설정을 했기 때문에 CNN 기반 알고리즘을 사용하더라도 크게 연산량이 높아지지 않는다.

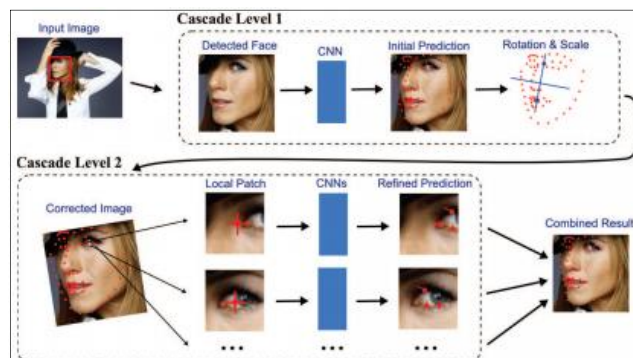


그림 15. CNN 기반 Facial Landmark Detection 알고리즘 순서도

그림 15는 CNN 기반의 Facial Landmark Detection 알고리즘 순서도를 두 가지 level로 대략적으로 나타낸 것이다. 첫 번째 cascade level에서는 대략적인 초기 예측 landmarks를 제공한다. 초기 예측에서는 회전과 크기의 정보를 얻으며, 해당 회전 값과 크기 정보를 바탕으로 원본 이미지에서 crop하여 두 번째 cascade level2 전송한다. 두 번째 레벨 CNN은 예측된 landmarks를 중심으로 이미지 패치를 처리한다. 각각의 입력 패치에서 K 포인트 예측을 세분화하여 최종 결과를 산출하게 된다.

이미 학습된 모델에서 사용된 Dataset은 I-BUG(Intelligent Behaviour Understanding Group) 300W 데이터를 사용하여 학습을 진행되었으며, 해당 데이터는 서양인의 데이터 600장으로 구성되어 있다(그림 16).

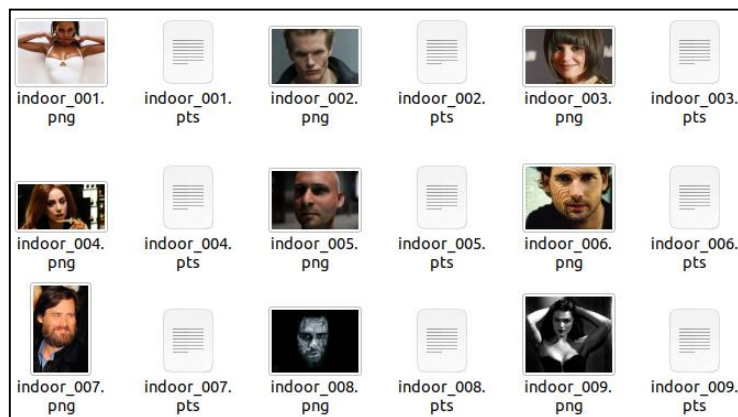


그림 16. 300W DataSet 예시

학습된 모델에서 사용된 Dataset에는 동양인의 얼굴이 없으며, 서양인과 동양인의 얼굴의 특징은 차이가 있기 때문에 추가적으로 동양인의 사진을 구글 이미지에서 수집하였다. 얼굴 특징에 해당하는 Keypoints Labeling은 기존에 학습된 dlib 알고리즘을 이용하여 반자동 labeling을 수행하였으며, 데이터 전처리는 pose estimation과 동일한 방법으로 진행하여 학습하였다.

Face landmark detection 알고리즘은 전체적으로 얼굴 각도 변화에 추정된 landmarks가 민감하게 반응하여 불안정하다. 따라서 해당 문제점을 해결하기 위해 칼만 필터를 사용하여 추정된 landmarks의 안정도를 높였다.

칼만 필터는 과거의 측정데이터와 새로운 측정데이터를 사용하여 데이터에 포함된 노이즈를 제거하여 새로운 결과를 추정하는데 사용하는 알고리즘이다. 대략적으로 구하고자 하는 변수들(state)을 측정값(measurement)이 있는 경우, 측정값으로 예측된 값(state, covariance matrix)을 보정(Correction: measurement update)한다는 의미이다.

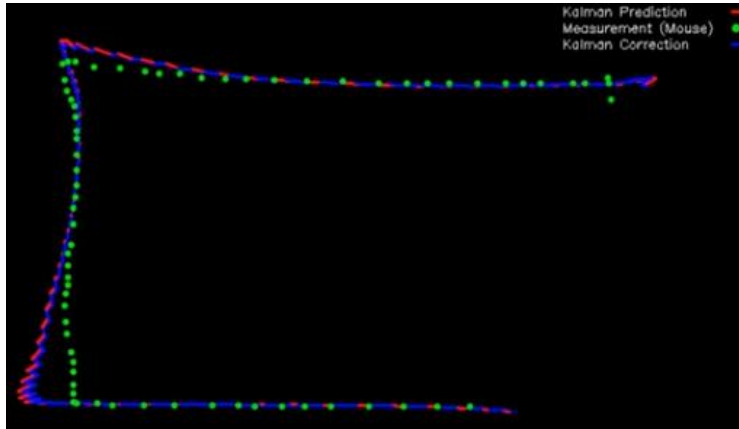


그림 17. 칼만 필터 작동 예시

그림 17은 칼만 필터의 작동 예시이다. 초록색 점은 입력 변수이며, 빨간색 선은 예측된 값, 파란색은 예측된 값을 보정한 값이다.

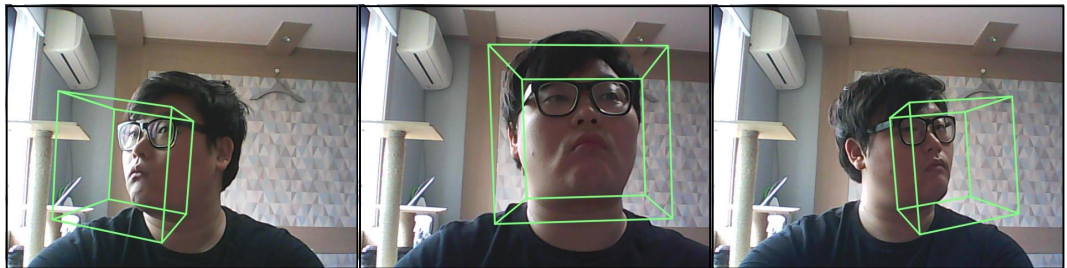


그림 18. 제안된 Head pose estimation 결과

본 논문에서 제안된 Head pose estimation의 결과는 그림 18과 같다. 기존 dlib 알고리즘의 문제점인 face landmarks의 신뢰성이 낮은 문제를 CNN 기반 face landmarks detection 알고리즘으로 교체함으로써 비교적 안정된 face landmarks를 추정하고, 동양인 얼굴에 맞게 학습 데이터를 추가하여 동양인 얼굴에서 landmarks 추정 정확도를 높였다. 또한 얼굴의 각도의 변화에 불안정한 문제점을 칼만 필터를 추가함으로써 얼굴 각도 변화에도 안정적인 Head pose estimation을 수행한다.

Head pose estimation 알고리즘이 하는 역할은 운전자의 전방 주시 태만과 졸음 운전 추정을 수행한다. 운전자가 운전 시, 상단과 하단에 시선이 가지 않는 것을 가정하여 시선은 정면, 좌, 우에 대해서만 추론을 한다. 시선이 하단에 있을 경우 카메라 영역에서 얼굴이 검출되지 않기 때문에 졸음운전으로 추정을 시작하고 시선이 좌 또는 우에 지속적으로 위치할 경우 전방 주시 태만으로 인식한다. 또한 시선이 좌 또는 우에 위치함과 동시에 시선의 변동이 없을 경우 졸음운전으로 인식한다.

4. 운전자 눈 깜빡임 추정을 위한 Eye tracking

사람의 눈동자의 구성은 동공(Pupil), 홍채(Iris), 공막(Sclera)으로 구성되어 있다. 동공은 눈동자의 중앙 검은 원이며, 어느 사람이나 동일하다. 홍채는 사람마다 색상이 다르게 나타나는 원이다. 공막은 어느 사람이나 동일하게 항상 흰색을 나타낸다. 그림 19는 사람 눈동자의 구성을 나타낸다.

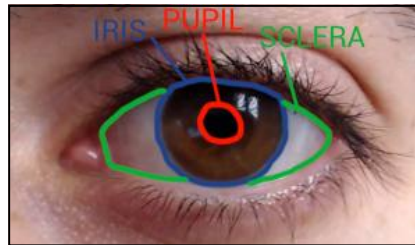


그림 19. 눈동자의 구성

눈동자의 움직임을 추론하는 방법은 왼쪽을 바라볼 경우 홍채가 왼쪽으로 이동하면서 왼쪽의 흰색영역이 좁아지는 특징을 띄며, 중앙을 바라볼 경우 공막이 홍채를 기준으로 양쪽 공막 영역이 균일하게 분포되는 특징을 띤다. 오른쪽을 바라볼 경우 홍채가 오른쪽으로 이동하면서 오른쪽의 흰색영역이 좁아짐을 알 수 있다.



그림 20. 시선에 따른 눈동자 위치

그림 20은 시선에 따라 눈동자의 위치를 나타낸다.

본 논문에서 제안하는 Eye tracking의 전체적인 흐름도는 그림 21과 같다. 눈 영역의 위치는 본 논문에서 제안된 CNN 기반의 face Landmark Detection 알고리즘을 통해 추론된 face Landmark 중 왼쪽 눈에 해당하는 land mark(36 ~ 41), 오른쪽 눈에 해당하는 land mark(43 ~ 48)의 특징점을 기준으로 눈 위치를 추정한다. face Landmark Detection 알고리즘에서 눈 위치가 추정되면 눈 영역을 추정하고 눈 영역에 분포된 잡음을 제거한다. 노이즈 제거에 사용된 필터는 양방향 필터(bilateralFilter)이며 두 개의 가우시안 필터(Gaussian filter)인 도메인 필터(domain filter) 및 레인지 필터(range filter)에 의해 동작한다. 해당 양방향 필터는 경계를 보존하면서(edge preserving) 노이즈를 감소(noise smoothing reducing)시키는 필터이다[34].

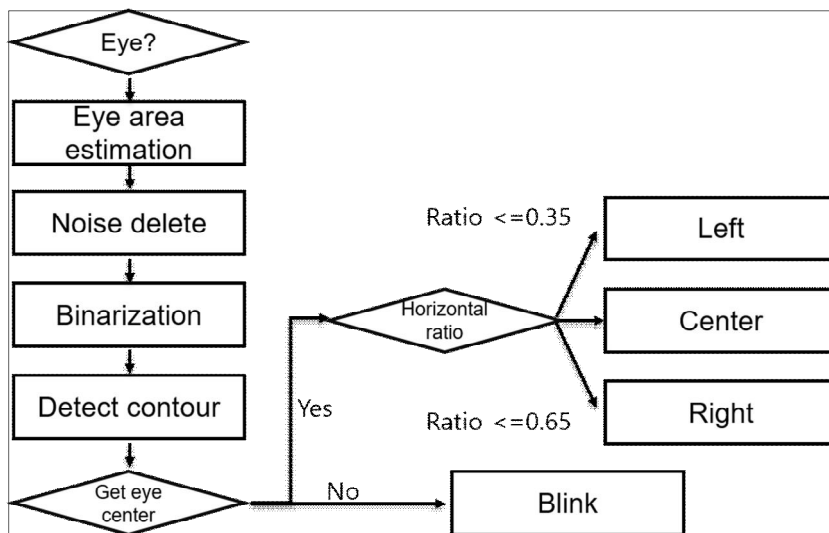


그림 21. Eye tracking 전체 흐름도

그림 22는 양방향 필터의 결과 예시를 나타낸다. 가장 왼쪽부터 Box Filter, GaussianBlur, BilateralFilter 이다. 결과 예시 이미지를 보면 BilateralFilter는 다른 필터와 다르게 이미지의 경계면이 흐려지지 않고 선명하게 노이즈가 제거된 결과를 확인할 수 있다.



그림 22. 양방향 필터(bilateralFilter) 결과 예시

노이즈를 제거한 후 그림 19의 눈동자의 구성 특징을 바탕으로 화소값을 0 또는 255의 값으로 변화시키는 이진화를 수행한다. 이진화를 수행하게 되면 눈동자의 구성에 따라 공막은 흰색으로 나타나고 동공과 홍채는 검은색으로 나타나는데 검은색으로 나타난 부분을 고주파 필터를 이용하여 외곽선을 검출한다. 따라서 외곽선 안쪽의 영역은 동공과 홍채의 영역이고 이 외의 영역은 공막의 영역으로 나타낼 수 있으며, 외곽선의 중심은 동공으로 검출할 수 있다. 그림 23은 눈동자 검출 결과 예시를 나타낸다.



그림 23. 눈동자 검출 예시

검출된 동공을 기준으로 공막의 길이를 1로 가정하였을 때, 동공의 위치가 35% 미만일 경우 시선이 왼쪽에 있는 것으로 추정하며, 65% 이상일 경우 시선이 오른쪽에 위치한다고 추정한다. 만약 동공, 홍채, 공막이 검출되지 않았을 시, 사용자가 눈을 감은 것으로 추정하여 졸음운전으로 판단을 수행하였다.

눈동자를 이용한 시선 추정은 색채기반 알고리즘이라 신뢰성이 많이 떨어진다. 만약 조명이 불균일하게 분포되어 있거나, 극단적인 조명일 경우 눈 위치 추정 정확도가 현저히 낮아지는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 운전자가 눈을 감았을 때만을 추정하고, 시각 추정은 본 논문에서 제안된 Head pose estimation 알고리즘에서 좌, 우 시각 추정을 수행한다. 그림 24는 본 논문에서 제안된 Eye tracking 알고리즘을 이용하여 운전자의 눈동자 위치에 따라 시선을 추정하는 결과 이미지이다.



그림 24. 제안된 Eye tracking 결과

5. 운전자 안전운전 수행 판단을 위한 Hand tracking

본 논문에서 제안된 Pose estimation 알고리즘의 골격 피쳐 정보를 이용하여 Hand tracking을 수행한다. 골격 피쳐 정보는 그림 5를 바탕으로 왼손은 7번 feature, 오른손은 4번 feature가 된다. 손 위치를 추정하는 알고리즘이 Pose estimation 알고리즘에 의존도가 너무 높아지게 되면 손 위치 추정의 정확도가 낮아지게 된다. 왜냐하면 본 논문에서 제안된 Pose estimation 알고리즘은 왼손의 위치를 추정하기 위해 1, 2, 3 feature가 먼저 추정이 되어야하고, 오른손의 위치를 추정하기 위해 1, 5, 6의 feature가 먼저 추정이 되어야 손을 추정한다. 따라서 운전자의 손 위치를 검출하더라도 외부 요인으로 인해 손 이전의 feature가 추정에 실패한 경우 손 위치를 검출할 수 없다는 문제점이 발생한다. 본 논문에서 제안하는 Hand tracking 알고리즘은 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 2D point tracking 알고리즘을 사용하여 손 위치에 대하여 신뢰도를 높였다.

본 논문에서 제안하는 2D point tracking은 다음과 같은 프로세스를 따른다.

- 좌표의 정보 입력 세트와 같은 초기 좌표를 가져옴
- 각각의 초기 좌표에 대한 고유 ID 생성
- 다음 고유한 ID를 유지하면서 입력 영상에서 프레임 주위를 이동할 때 각 좌표 추적

2D point tracking 알고리즘을 사용하면 추적된 각 좌표에 대한 고유 ID를 적용하여 입력 영상에서 동일한 좌표인지 판단할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 2D point tracking는 연산량이 낮아 실시간 처리가 요구되는 시스템에 적합하며, 추적된 좌표가 사라지거나 입력 영상 프레임 경계 밖으로 이동할 때, 처리가 가능하다. 또한 폐색에 강하고 프레임 사이에 추적된 좌표를 잃어버렸을 경우 다시 추적이 가능하다. 그림 25는 제안된 2D point tracking의 예시를 나타낸다.



그림 25. 제안된 2D point tracking 좌표 등록, 새 좌표와 기존 좌표 간의 유클리드 거리 계산, 기존 좌표의 업데이트, 새 좌표 등록

왼쪽에서부터 첫 번째 이미지는 추적하고자 하는 좌표가 입력 영상 프레임에 나타날 경우 고유 ID를 부여하여 등록한다. 두 번째 이미지는 등록된 좌표가 이동할 경우 유클리드 거리 계산으로 가까운 좌표를 동일한 좌표로 인식하여 추적된다. 유클리드 거리 계산은 다음 공식을 따른다.

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

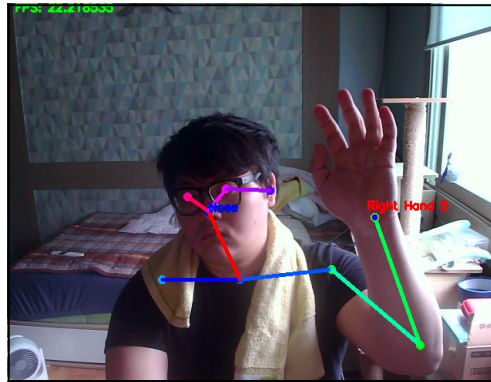
※ D : 거리

※ x_1, y_1 : 등록된 좌표

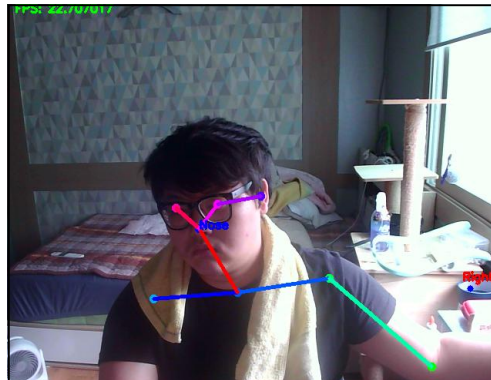
※ x_2, y_2 : 움직인 좌표

세 번째, 네 번째 이미지는 입력 영상 프레임에서 새로운 좌표가 나타날 경우 새로운 고유 ID를 부여하는 이미지이다.

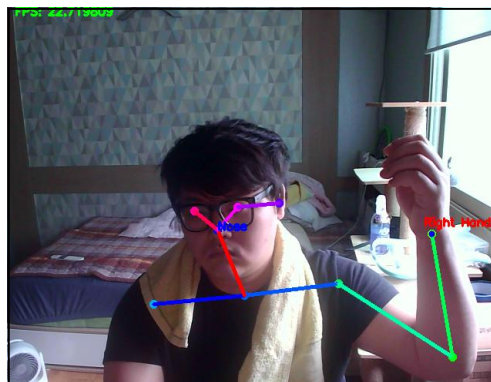
해당 2D point tracking만을 사용하여 좌표를 추적할 경우 추적 성능이 매우 낮아지는 문제점이 있다. 왜냐하면 추적하고자 하는 좌표가 어떤 좌표인지 알려주는 기준이 없기 때문이다. 만약 첫 번째 등록된 고유한 좌표가 사라진 상태에서 등록된 좌표와 연관이 없는 새로운 좌표가 프레임 상에 나타난다면, 처음 등록된 좌표를 추적하기 위해 새로운 좌표를 프레임 상에서 사라진 등록된 좌표로 인식하는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 Pose estimation의 손에 해당하는 feature(4, 7)을 기준으로 설정하여 2D point tracking의 문제점을 보완하였다. 제안된 2D point tracking 알고리즘은 추적이 필요한 객체가 많아질수록 연산량이 높아져 프로세스에 과부하가 발생하는 단점이 있다. 하지만 본 논문에서 제안된 시스템은 운전자의 상태 감지를 위한 시스템으로 운전자는 한 명이고, 사람은 두 개의 손만을 사용하기 때문에 이와 비슷한 시스템에서는 효과적으로 2D point tracking을 수행할 수 있다. 다음 그림 26, 27은 본 논문에서 제안된 2D point tracking 알고리즘을 사용하여 양손을 안정적으로 추적하는 결과를 나타낸다.



1. 오른손 좌표 등록

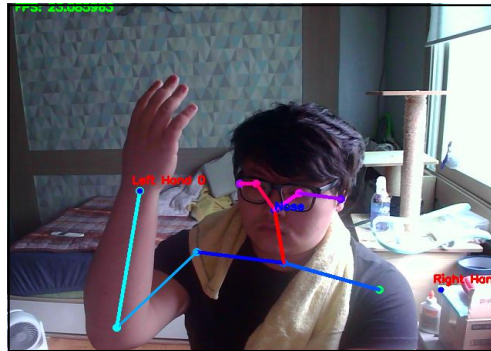


2. 사라진 오른손 좌표 추적

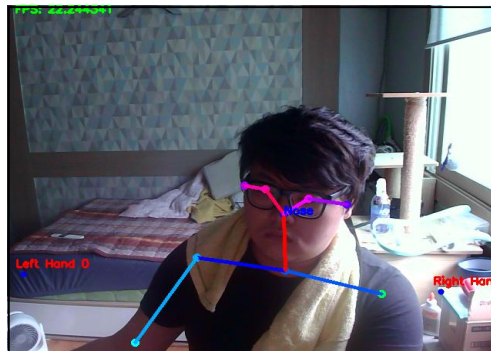


3. 오른손 좌표 업데이트

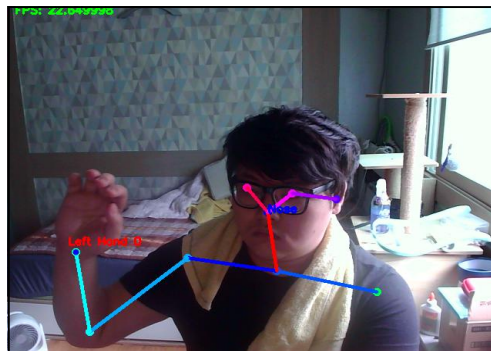
그림 26. 제안된 2D point tracking 오른손 좌표 추적 결과



1. 왼손 좌표 등록



2. 사라진 왼손 좌표 추적

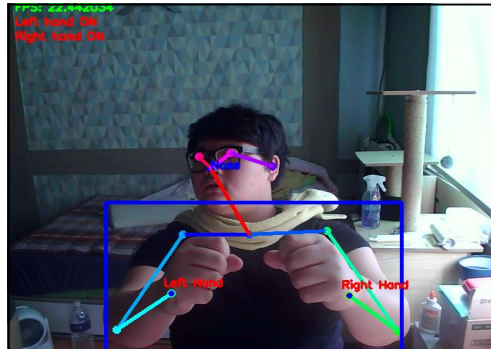


3. 왼손 좌표 업데이트

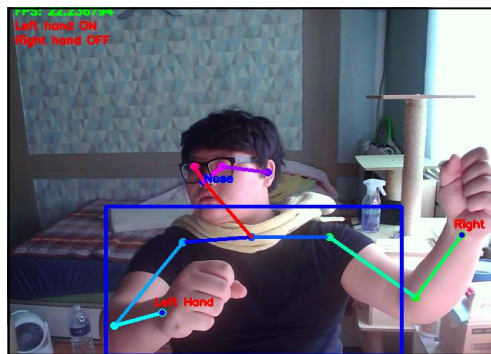
그림 27. 제안된 2D point tracking 왼손 좌표 추적 결과

그림 27의 1번 이미지 중 우측에 오른손을 추적 중인 것을 알 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법으로 새로운 좌표가 나타나더라도 새로운 좌표가 왼손이라는 기준을 설정해두어 오른손을 추적 중인 추적기가 왼손을 오른손으로 추적하는 것을 방지할 수 있다.

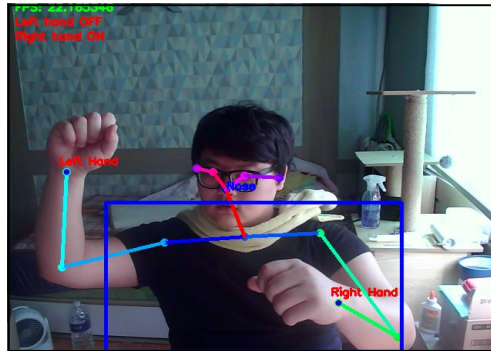
안전운전 수행을 판단하는 방법은 핸들에서 양손이 올려지지 않을 경우 안전운전 수행 위반으로 판단하였다. 본 논문에서는 핸들의 영역을 임의적으로 설정했으며, 핸들 영역 밖에 손이 일정 시간 동안 위치할 경우 안전운전 경고 알림을 주었다. 혹은 핸들 영역 안팎으로 일정 시간 동안 손이 나타나지 않을 경우 안전운전 수행 위반으로 판단하였다. 다음 그림 28은 본 논문에서 제안된 안전운전 수행을 판단하는 알고리즘의 결과 이미지이다.



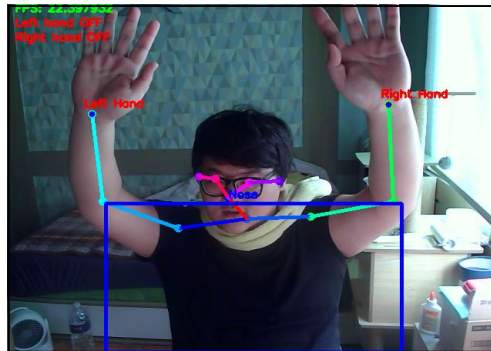
1. 정상적으로 손이 위치할 경우



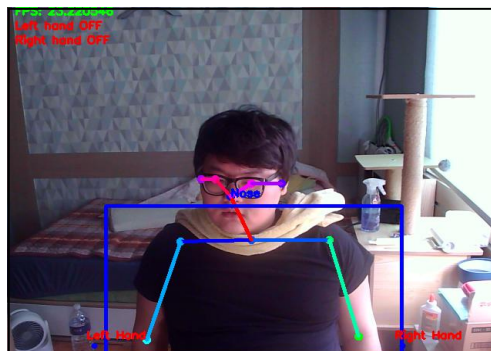
2. 오른손이 핸들 영역 밖에 위치할 경우



3. 왼손이 핸들 영역 밖에 위치할 경우



4. 양손이 핸들 영역 밖에 위치할 경우



5. 양손이 사라질 경우

그림 28. 제안된 안전운전 위반 판단 결과

6. 운전자 졸음운전 판단

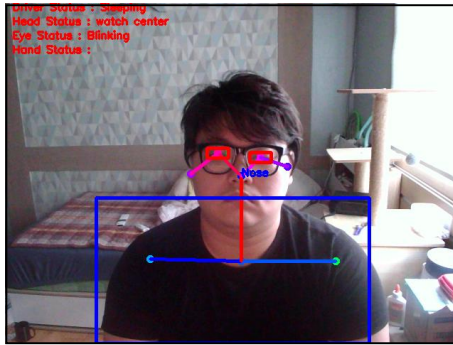
졸음운전은 운전자가 머리를 세운 상태로 수면을 취할 때와 머리를 떨군 상태로 수면을 취할 때로 크게 2가지로 행동패턴이 나누어진다.



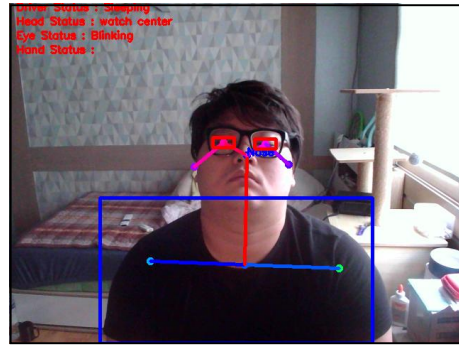
그림 29. 운전자가 수면을 취할 때의 2가지 행동패턴

그림 29는 운전자가 운전 중에 수면을 취할 때의 모습을 나타낸다. 머리를 세운 상태로 수면을 취할 때는 정상적인 모습으로 눈만 감고 수면을 취하는 경우가 있고, 머리를 뒤로 젖히고 수면을 취하는 경우, 머리의 방향을 왼쪽이나 오른쪽으로 기대어 수면을 취하는 경우가 있다. 머리를 떨군 상태로 수면을 취할 때는 머리를 조금만 떨군 모습으로 수면을 취할 경우와 머리를 크게 떨군 상태로 수면을 취하는 경우, 머리를 떨군 상태로 왼쪽이나 오른쪽으로 기대어 수면을 취하는 경우가 있다.

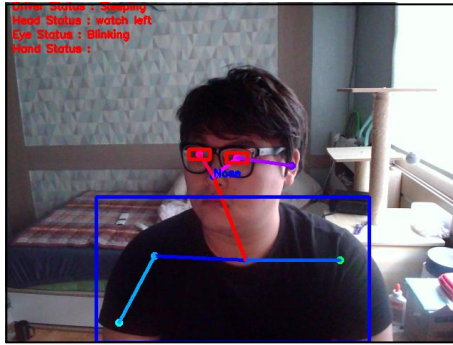
운전자가 졸음운전을 할 때, 행동패턴을 두 가지로 나누는 이유는 다음과 같다. 먼저 머리가 세워진 상태에서는 운전자의 눈의 정보를 읽을 수가 있다. 눈의 정보를 읽을 수 있기 때문에 눈의 정보를 인식하여 운전자가 눈을 감고 있는지, 뜨고 있는지 판단이 가능하다. 따라서 머리가 세워진 상태에서는 눈의 정보를 인식하여 운전자가 졸음운전 중인지를 판단한다. 하지만 머리가 세워진 상태에서도 운전자의 머리가 왼쪽이나 오른쪽으로 돌려 수면을 취할 때는 정확한 시각 정보를 알 수 없다. 왜냐하면 카메라의 위치는 운전자의 정면에 위치하여 머리의 방향이 왼쪽이나 오른쪽으로 기대어 수면을 취할 때는 한쪽 눈이 가려져 정확한 판단이 어렵다. 이러한 상황일 때, Head pose estimation 알고리즘이 개입하여 머리의 방향이 정면을 일정 시간 동안 바라보지 않을 경우에 졸음운전으로 판단한다. 반대로 머리가 떨거진 상태에서는 운전자의 얼굴 영역에 대한 정보를 아무것도 획득할 수 없다. 따라서 얼굴 영역에 대한 정보를 획득할 수 없을 경우에는 졸음운전으로 판단하였다.



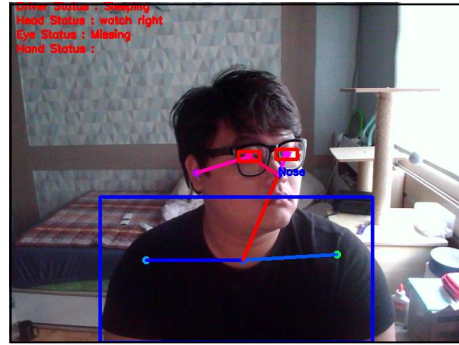
1. 일반적인 졸음운전인 경우



2. 머리를 뒤로 젖힌 상태



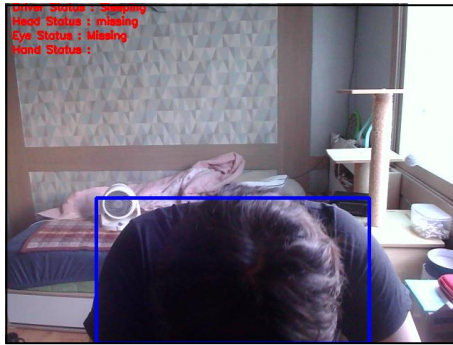
3. 머리를 왼쪽으로 돌린 경우



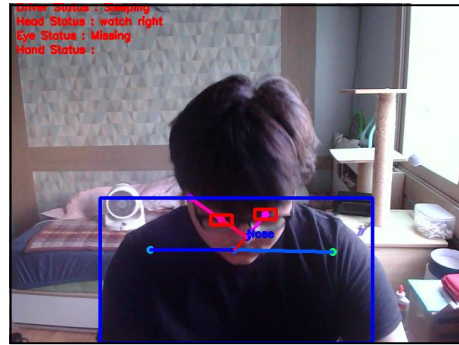
4. 머리를 오른쪽으로 돌린 경우

그림 30. 머리가 세워진 상태일 때, 졸음운전 판단

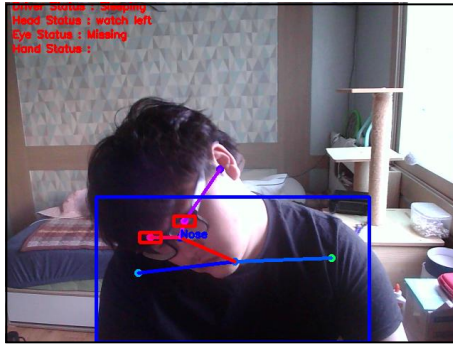
그림 30은 머리가 세워진 상황일 때, 네 가지의 행동에 대하여 졸음운전을 판단한 결과이다. 그림 30의 1번 이미지는 일반적인 졸음운전인 경우에서 졸음운전 판단을 수행한 결과이다. 좌측 상단에 운전자 상태에 대한 메시지가 출력되며, 졸음운전으로 판단하는 기준은 눈이 약 1초 이상 감겨있을 경우 졸음으로 판단을 하였다. 또한 머리의 방향이 정면이 아닌 곳에서 약 3초 이상을 유지하였을 때, 졸음운전으로 판단을 하였다(2, 3번 이미지). 하지만 고개를 돌린 상태에서도 양 눈의 정보를 획득하는 데 아무런 문제가 없는 경우에는 해당 포즈도 마찬가지로 1초 이상 감겨있을 경우 졸음으로 판단을 하였다.



1. 머리가 크게 떨궈졌을 경우



2. 머리가 조금만 떨궈졌을 경우



3. 머리가 떨궈진 상태에서 왼쪽으로 기대었을 경우



4. 머리가 떨궈진 상태에서 오른쪽으로 기대었을 경우

그림 31. 머리가 떨궈진 상황일 때, 졸음운전 판단

그림 31은 머리가 떨궈진 상황일 때, 네 가지의 행동에 대하여 졸음운전을 판단한 결과이다. 그림 31의 1번 이미지와 같이 운전자가 머리를 떨궈 수면을 취할 경우 눈에 대한 정보를 정확히 획득할 수 없다. 눈의 정보를 정확히 획득할 수 없을 상태가 약 1초 이상이 지속될 경우 졸음운전으로 판단하였다.

IV. 실험 및 결과

1. 실험

본 논문에서 제안된 운전자 상태 감지를 위하여 사용된 개발 환경은 linux 기반 OS 와 Tensorflow 2.0 버전을 사용하였으며, 테스트를 위해 사용된 PC 환경은 GeForce GTX 1060 ti 6GB, Intel® Core(TM) i5-8500 CPU @3.00GHz, 16GB RAM 상에서 테스트를 진행하였다. 입력 영상을 위해 Logitech c930e 카메라를 사용하였으며, 해당 카메라는 FOV 90°를 갖는다.

테스트를 진행한 실험 환경은 중형 SUV를 기준으로 운전자와 핸들까지의 거리가 약 40cm, 전면 유리까지의 거리가 약 110cm인 것을 감안하여 카메라로부터 거리가 약 75cm 떨어진 상태에서 실내 환경 테스트를 진행하였다.

표 2. 기존 손 검출 알고리즘을 이용한 운전자 감지 시스템 처리 속도 테스트 결과

기존 손 위치 및 객체 검출 알고리즘을 이용한 운전자 감지 시스템 성능	
총 프레임	100,000 frames
총 처리속도	13,497sec
한 프레임 처리 속도	0.134sec
초당 처리속도	8FPS

표 2는 기존에 손 위치 및 객체 검출을 위한 알고리즘을 사용하였을 때, 운전자 감지 시스템의 성능을 나타내는 표이다. 표 3과 동일한 프레임으로 테스트를 진행하였으며, 기존 손 위치 및 객체 검출 알고리즘으로 yoloV3 알고리즘을 이용하였다. 성능 테스트는 총 100,000 프레임 중 183번의 다양한 행동을 취하여 테스트를 진행하였으며, 약 100,000 프레임을 처리하는데 걸린 시간은 13,497sec가 소요되어 8FPS 처리 속도를 보였다.

표 3. 제안된 운전자 감지 시스템 처리 속도 테스트 결과

제안된 운전자 감지 시스템 성능	
총 프레임	100,000 frames
총 처리속도	5,942sec
한 프레임 처리 속도	0.0594sec
초당 처리속도	17FPS

표 3의 성능 테스트는 본 논문에서 제안된 운전자 감지 시스템 처리 속도 테스트 결과이다. 총 100,000 프레임 중 157번의 다양한 행동을 취하여 테스트를 진행하였다. 약 100,000 프레임을 처리하는데 걸린 시간은 5,882s가 소요되었으며, 17FPS 처리 속도를 보였다. 본 논문에서 제안된 운전자 감지 시스템 처리 속도 테스트 결과와 기존 손 검출 알고리즘을 이용한 운전자 감지 시스템 처리 속도 테스트 결과의 속도차이는 약 2배 이상의 속도를 보인다.

표 4. 제안된 운전자 감지 시스템 성능 테스트 결과

테스트 명	횃수 (총 횃수 : 157)	Correct	False	정확도 (단위 : %)
안전운전 수행 판단	34	34	0	100
전방주시 수행 판단	51	50	1	98
졸음운전 수행 판단	72	68	4	94.4

표 4는 본 논문에서 제안된 운전자 감지 시스템 성능 테스트 결과 표이다. 성능 테스트는 안전운전 수행 판단, 전방주시 수행 판단, 졸음운전 수행 판단 각 3가지에 대하여 성능을 테스트 하였다. 안전운전 수행 판단은 34회 수행하였으며, 34회 중 모든 상황에 대하여 옳게 판단을 하였다.

전방주시 수행 판단 성능 테스트는 총 51회 수행하였으며, 51회 중 1회를 오인식하였다. 다음 그림 32는 전방주시 수행 판단 오검출된 프레임을 나타낸다. 오검출된 부분은 본 논문에서 제안된 전방주시 수행 판단을 하는 Head pose estimation 알고리즘의 시각 추정 결과가 잘못 추정되었다.

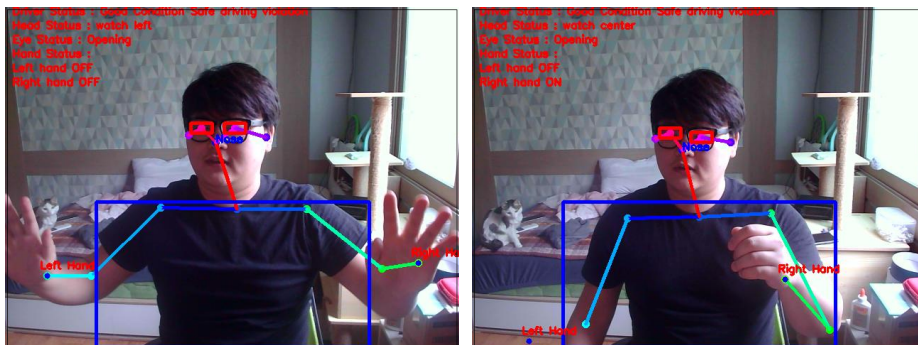


그림 32. 전방주시 수행 판단 오인식 결과,
올바르게 인식된 이미지(좌), 오인식된 이미지(우)

그림 32의 올바르게 검출된 이미지와 오인식된 결과를 보면, 올바르게 검출된 이미지와 오인식된 부분은 운전자의 고개가 매우 조금 돌렸을 때, 두 개의 프레임에서 모두 Head Status : watch left 메시지가 출력되어야 정상적이지만 오인식된 프레임에서는 Head Status : watch center 메시지가 출력되었다. 오인식된 프레임의 이전 프레임이 정면을 바라보고 있는 상태에서 왼쪽으로 급격히 고개를 돌릴 때, 얼굴의 landmarks의 각도 변화에 안정적인 feature 추출을 위해 추가된 칼만 필터 알고리즘에서 보정을 하여 잘못 인식되었다.

졸음운전 수행 판단 성능 테스트는 총 72회 수행하였으며, 72회 중 4회를 오인식하였다. 그림 33은 졸음추정이 잘못 추정된 프레임을 나타낸다. 오인식된 프레임의 문제점은 특정한 환경에서 오인식이 된다. 해당 환경은 운전자가 도수가 높은 안경을 착용하고 고개를 돌렸을 때, 고개를 돌린 방향에 강한 역광이 존재할 경우이다. 도수가 높은 안경을 착용할 경우 얼굴 영역에 굴절이 이루어진다. 또한 강한 역광으로 인해 안경에서 발생하는 굴절이 심해지고 특정 각도에서 발생한 안경에서 빛의 반사가 이루어질 경우 face landmarks detection 알고리즘이 정확한 눈 영역을 찾지 못하여 오인식 된다. 그림 33의 올바르게 인식된 이미지와 잘못 인식된 이미지를 보면, 올바르게 인식된 이미지도 안경으로 인해 약간의 굴절이 발생하였지만, 해당 프레임 기준으로 약간 고개를 더 돌릴 경우 안경에서 빛 반사와 굴절도가 더 심해져 오인식된 것을 알 수 있다.

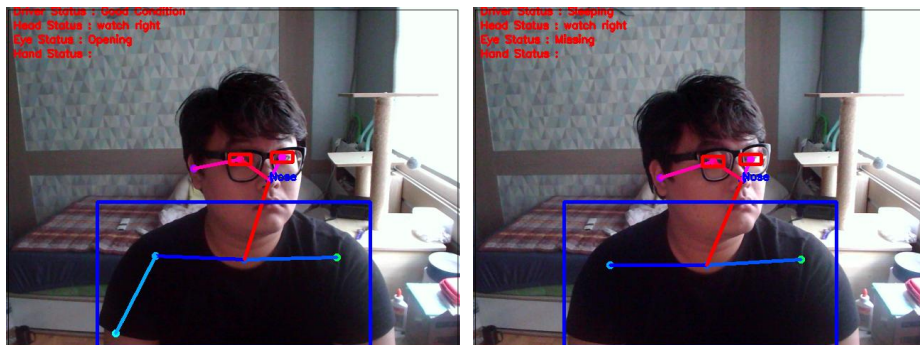


그림 33. 졸음운전 수행 판단 오인식 결과,
올바르게 검출된 이미지(좌), 오인식된 이미지(우)

2. 결과

실험의 입력 영상은 640 x 480의 해상도로 테스트를 진행하였다. 결과 이미지의 좌측 상단에는 운전자의 전체적인 상태를 나타내는 Driver Status, Head Status, Eye Status, Hand Status가 출력된다.

Driver Status는 운전자의 행동에 따라 Good Condition, Sleeping, Safe driving violation, Distraction으로 출력된다. Good Condition은 이상적으로 운전을 하고 있을 때, 출력되는 메시지이며 Sleeping 메시지는 졸음운전을 하고 있을 때, Safe driving violation 메시지는 핸들 영역에 양손이 나타나지 않을 때, Distraction 메시지는 시선이 정면이 아닌 다른 방향을 지속적으로 바라볼 때 출력된다.

Head Status는 운전자의 시선에 따라 watch left, watch center, watch right, missing으로 출력된다. watch left는 운전 중에 왼쪽을 바라볼 경우 출력되며, watch center는 정면을 바라볼 경우, watch right는 오른쪽을 바라볼 경우, missing는 face landmarks가 정상적으로 출력되지 않을 경우에 메시지가 출력된다.

Eye Status는 운전자의 눈의 상태에 따라 Opening, Blinking, missing으로 출력된다. Opening는 운전자가 눈을 뜨고 있을 때 출력되며, Blinking은 운전자가 눈을 감고 있을 때, missing는 외부 요인으로 인해 눈의 영역을 정상적으로 찾지 못했을 때 메시지가 출력된다.

Hand Status는 운전자의 손의 위치에 따라 Left hand ON, OFF, Right hand ON, OFF으로 메시지가 출력된다. Left hand ON은 핸들영역에 왼손이 있을 경우 출력되며, 핸들 영역 밖에 손이 위치할 경우 OFF 메시지가 출력된다. 오른손도 왼손과 동일하다.

1) 안전운전 수행 판단

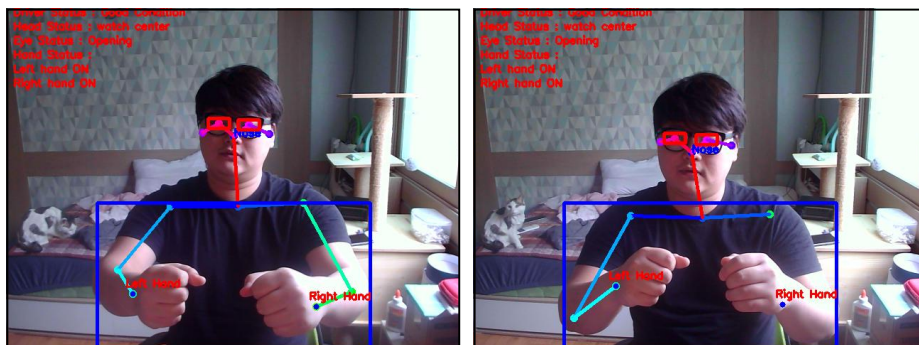


그림 34. 안전운전 수행 판단 결과 1

그림 34는 운전자가 이상적인 운전을 했을 때의 모습이다. 그림 34의 왼쪽을 기준으로 두 번째 이미지는 본 논문에서 제안된 2D point tracking을 사용하였을 때의 장점을 보여준다. 오른손에 해당하는 부분을 검출해내지 못했을 때, 2D point tracking 알고리즘이 해당 좌표를 기억하여 안전운전 수행 판단 알고리즘의 정확도를 높인다.

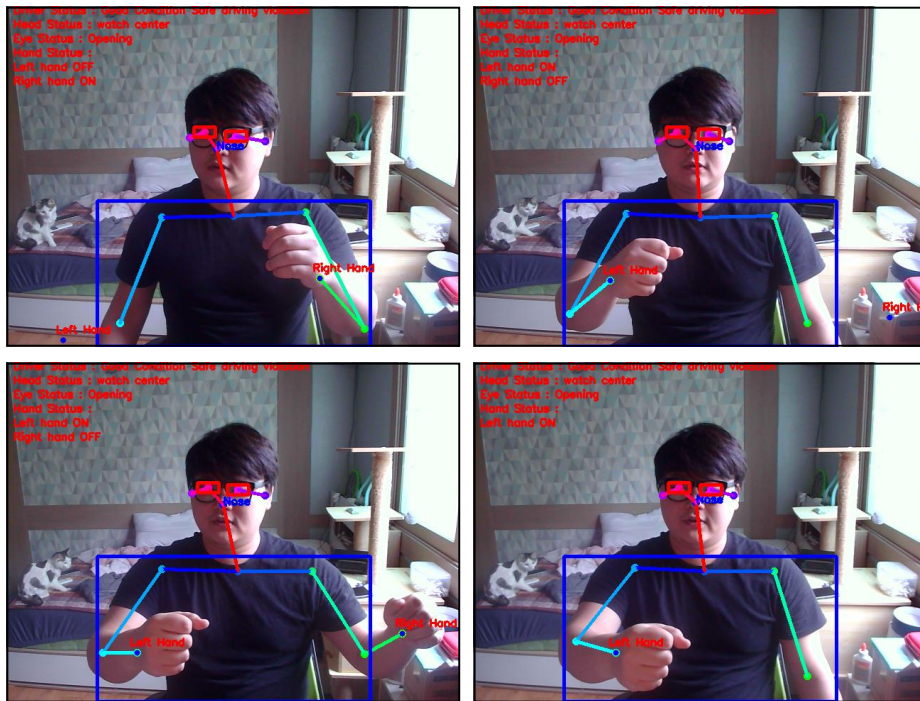


그림 35. 안전운전 수행 판단 결과 2

그림 35는 본 논문에서 제안된 안전운전 수행 판단 알고리즘의 결과를 나타낸다. 2D point tracking 알고리즘이 왼손, 오른손의 위치를 지속적으로 추적하여 프레임 밖으로 사라질 때까지 정확하게 추적되는 것을 볼 수 있다. 핸들 영역에서 손이 나타나지 않을 경우 Hand Status에 해당되는 손에 OFF 메시지를 출력하며, Driver Status에 Safe driving violation 메시지를 출력하게 된다.

2) 전방주시 수행 판단

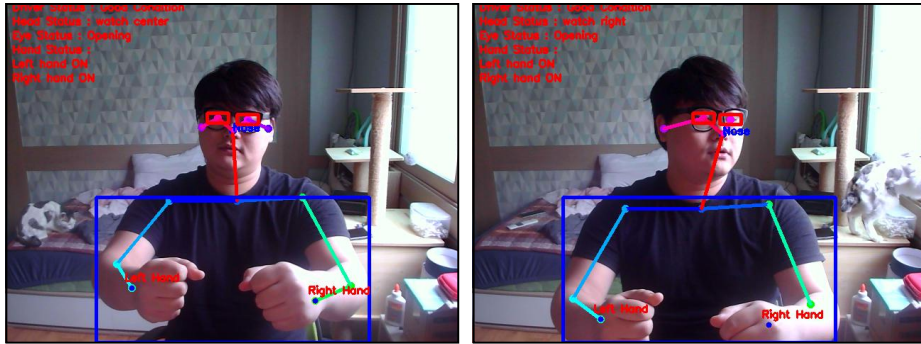


그림 36. 전방주시 수행 판단 결과 1

그림 36은 왼쪽을 기준으로 첫 번째 이미지는 운전자가 정상적으로 운전을 수행했을 때의 모습이며, 두 번째 이미지는 운전자가 측면을 확인하는 행동을 하였을 때의 모습이다. 운전자에게 측면을 확인하는 행위는 전방주시 위반이 아니며, 이와 같은 경우에는 Head Status에 시선이 왼쪽에 있다는 메시지만 출력되고 정상적인 운전 모습으로 인식한다.

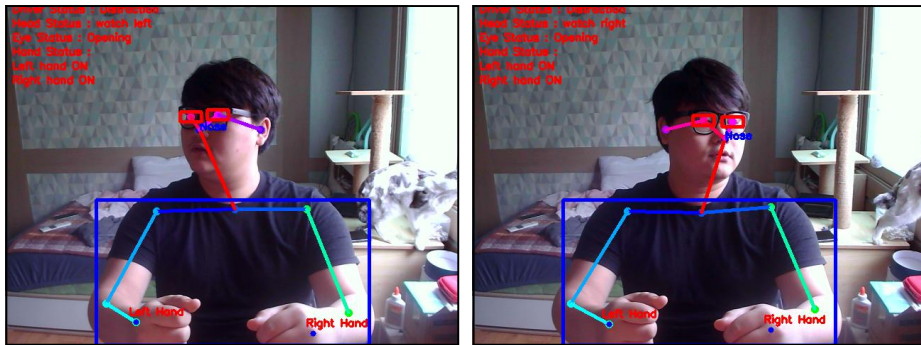


그림 37. 전방주시 수행 판단 결과 2

그림 37은 운전자의 시선이 왼쪽이나 오른쪽으로 지속적으로 바라볼 경우 전방주시 수행 판단 결과를 나타낸다. 운전자가 정면이 아닌 다른 곳에 지속적으로 바라볼 경우 운전자의 시선 상태를 나타내는 Head Status에 바라보고 있는 방향의 메시지와 Driver Status : Distraction 메시지를 출력하게 된다.

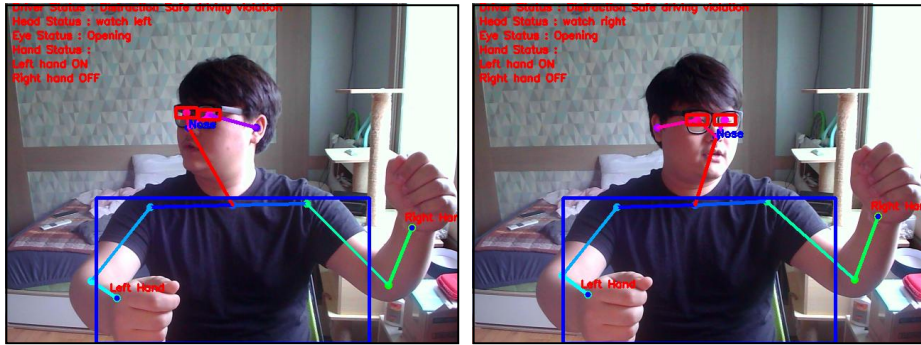


그림 38. 전방주시 수행 판단 결과 3

그림 38은 운전자가 전방주시 수행 위반과 안전운전 수행 위반을 동시에 행동을 취했을 경우이다. Head Status에 운전자가 바라보는 방향을 출력하고, Hand Status에 핸들 영역에 나타나지 않은 손을 출력한다. 해당 정보를 기반으로 Driver Status에 Distraction과 Safe driving violation 메시지를 출력하게 된다.

3) 졸음운전 수행 판단

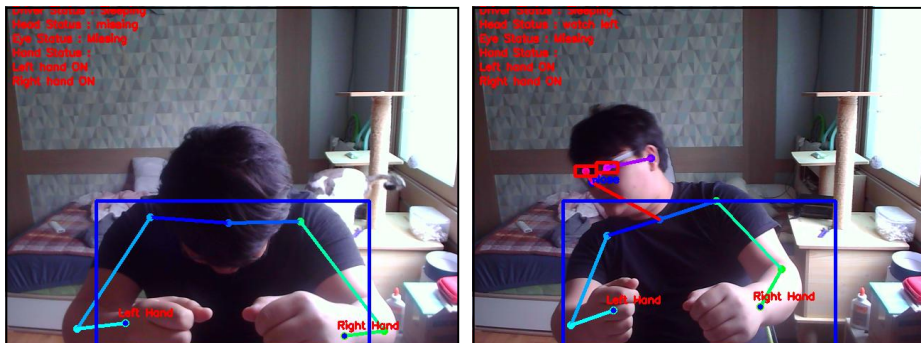


그림 39. 졸음운전 수행 판단 결과 1

그림 39는 운전자가 고개를 아래쪽 방향으로 내린 상태에서 수면을 취할 때, 졸음운전을 판단한 결과이다. 운전자가 고개를 아래쪽 방향으로 내린 상태에서 수면을 취하는 경우 얼굴 영역을 정상적으로 출력할 수 없다. 그림 39의 왼쪽 기준으로 첫 번째 이미지는 보통 운전자가 머리를 떨궈 수면을 취하는 모습이다. 해당 모습과 같이 수면을 취한다면, 카메라는 운전자의 정수리 부분을 촬영하게 된다. 본 논문에서 제안된 pose estimation 알고리즘은 운전자의 머리를 추정할 수 없고, Head pose estimation 알고리즘은 얼굴 영역의 face landmarks를 추정할 수 없게 된다. 따라서 Eye tracking 알고리즘도 눈 정보를 획득하지 못한다. 이러한 경우에는 Head Status에 missing을 출력하고 마찬가지로 Eye Status에도 missing을 출력하게 된다. 또한

아무런 정보를 획득할 수 없을 때, 운전자가 졸음운전 중이라 판단한다.

그림 39의 두 번째 이미지는 머리를 약간 떨군 상태에서 왼쪽으로 시선을 돌리며 수면을 취하는 경우이다. 해당 모습은 실제 차량 내에서는 등받이가 있으므로 취할 수 없는 동작이지만, 본 논문에서는 알고리즘 테스트를 위해 임의적으로 해당 포즈를 취했다. 해당 포즈는 고개가 조금만 떨어진 상태로 머리의 위치는 추정이 가능하여 Head pose estimation 알고리즘이 작동하지만, 눈 영역의 정보가 비정상적으로 나타나서 Eye Status에 missing 메시지가 출력되었다.



그림 40. 졸음운전 수행 판단 결과 2

그림 40은 운전자의 머리가 세워진 상태로 수면을 취했을 때, 운전자의 행동 패턴을 네 가지로 나누어서 판단한 결과이다. 정상적인 모습으로 수면을 취했을 때, 고개를 뒤로 젖혔을 때, 고개를 뒤로 젖히면서 방향을 틀었을 때, 정상적인 모습에서 고개를 살짝만 뒤로 젖혔을 때로 분류하였다. 머리가 세워진 상태에서는 정확하게 머리의 위치를 추정할 수 있으며, 시각과 눈 정보 또한 정확하게 검출할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 운전자가 차량 운전 중에 부주의로 인해 발생하는 교통사고를 방지하고자 운전자의 상태 감지를 위한 시스템을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 시스템이 감지하는 운전자의 의무 부주의는 3가지이다. 첫 번째로 안전운전 수행 감지는 운전자가 양손으로 운전을 하지 않았을 때, 두 번째로 전방주시 수행 감지는 운전자의 시선이 정면이 아닌 곳을 지속적으로 바라볼 때, 마지막으로 졸음운전 수행 감지는 운전자가 졸음운전 중인지 아닌지를 감지한다.

본 논문에서 제안된 시스템은 사람 골격 피쳐 정보를 추정하기 위해 경량화된 pose estimation 알고리즘을 사용하였다. 경량화된 모델은 640×480 의 해상도를 갖는 영상에서 초당 24FPS 처리가 가능하고, 정확도를 높이기 위해 학습 데이터를 추가하여 전처리 과정을 거친 뒤 학습을 추가로 진행하였다. 제안된 Pose estimation 모델은 기존 모델보다 조명과 배경에 강인하게 사람의 골격에 대한 feature 추정이 가능하다. 제안된 운전자 상태 감지 시스템에서는 해당 알고리즘을 사용함으로써 손과 머리에 해당하는 위치를 큰 연산량 없이 위치 추정이 가능하다는 장점이 있다.

본 논문에서 제안된 Head pose estimation 알고리즘은 기존 HOG, SVM 알고리즘을 사용하여 face landmarks를 검출하는 방식이 아닌 CNN 기반의 face landmarks를 검출하여 기존의 방식보다 정확도와 추정 신뢰도를 높였다. 또한 칼만 필터 알고리즘을 사용하여 얼굴의 각도 변화에 추정된 feature가 민감하게 반응하는 문제점을 보완하였다.

본 논문에서 제안된 운전자 감지 시스템은 실시간으로 운전자 상태를 감지하여 운전자가 부주의할 경우 경고 메시지를 출력하여 사고를 사전에 예방한다. 제안된 시스템은 안전운전 태만 방지, 전방주시 태만 방지, 졸음 판단 등 각 3가지 상황에 대해 판단 및 인식을 수행한다. 각 상황에 대한 인식 정확도는 안전운전 태만 인식은 100%, 전방주시 태만 방지는 98%, 졸음 판단은 94.4%의 정확도를 가진다. 해당 시스템은 초당 17FPS로 처리가 가능하여 실시간 처리가 가능하고, GPU가 내장된 임베디드 보드 상에서 사용할 시에도 실시간 처리가 가능할 것으로 예상된다.

추후에는 임베디드 보드 상에서 테스트를 진행할 계획이며, Eye tracking 알고리즘에 색채기반 알고리즘이 아닌 semantic segmentation 알고리즘을 사용할 방법을 연구 및 안경에 의해 발생한 굴절이나 빛 반사에도 강인한 눈 정보를 획득하는 방법을 연구할 계획이다.

참고문헌

- [1] Y.S. Kim, “[News Division_The 106th Broadcast reporter of the month] Recurring drowsy driving accident...No countermeasures,” Reporter, 38(), 62-62, 2017 (in Korean).
- [2] S.H. Kwon, “I forgot to turn on the air conditioner and drive... Beware of drowsy driving accidents in summer,” Yonhab News, 2019 (in Korean).
- [3] K.H. Kim, “Mobile phone in the hand opposite the steering wheel... How long is the bus driver’s call,” SEGYE, 2018 (in Korean).
- [4] S.D. Kim, “In the Sangju ~ Cheongwon expressway, two tunnels, five collisions... 15 injured drivers,” Gyeongbuk, 2019 (in Korean).
- [5] C.M. Kim, “Accident prevention and advanced equipment due to drowsy driving,” The Korea Transport Insitute, pp.82-85, 2012 (in Korean).
- [6] G.I. Choi, J.Y. Kim, “Technology development status of driver’s drowsy driving monitoring device,” The Korea Transport Institute, pp.21-27, 2018 (in Korean).
- [7] B.H. Jang, I.H. Park, D.H. Nam, K.H. Kim, “A study on the relationship between posture recognition and drowsy driving,” The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 67, No. 7, pp.934-939, 2018 (in Korean).
- [8] J.Y. Kim, S.W. Ahn, J.H. Chi, “MindWake : An application for drowsy driving prevention using EEG,” KOREA INFORMATION SCIENCE SOCIETY, pp.2047-2049, 2016 (in Korean).
- [9] M.S. Kim, S.K. Kim, J.M. Kim, J.W. Lee, Y.J. Song, “Drowsiness and drinking driving prevention system through EEG detection,” Korean Institute of Information Technology, pp.223-224, 2018 (in Korean).
- [10] S.G. Lee, Y.S. Kwon, J.S. Park, S.J. Yun, W.T. Kim, “A Sleep-driving accident prevention system based on EEG analysis using deep-learning algorithm,” The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 55, No. 3, pp.67-73, 2018 (in Korean).
- [11] J.C. Shin, S.Y. Choi, J.S. Yang, H.I. Jung, “Drowsiness Phone: The correlation between salivary cortisol and EEG via fatigue measurement system,” The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, pp.22-22, 2016 (in Korean).
- [12] J.H. Lee, S.J. Bae, Y.J. Lee, J.Y. Yoo, H.S. Kim, H.M. Lee, D.U. Cho, “Suggestion of bracelet design to prevent drunk sleepiness driving with ECG,” Korea Institute OF Communication Sciences, pp.1099-1099, 2017 (in Korean).

- [13] S.J. Baek, Y.H. Kim, H.S. Choi, "Detecting for drowsy driving using tensorflow," The Institute of Electronics and Information Engineers, pp.819-821, 2018 (in Korean).
- [14] H.J. Lee, K.H. Kang, S.S. Lee, S.D. Jo, D.J. Kim, J.W. Lee, "Real-time QRS detection based on arduino platform for drowsiness operation analysis," The Korean Institute of Electrical Engineers, pp.213-214, 2017 (in Korean).
- [15] S.J. Baek, H.S. Choi, "Implementation of neuromorphic system to prevent drowsiness driving," The Institute of Electronics and Information Engineers, pp.1001-1003, 2018 (in Korean).
- [16] K.M. Kim, J.I. Choi, "A study on prevention model of drowsiness driving using arduino," The Korean Society Of Computer And Information, pp.449-450, 2019 (in Korean).
- [17] G.D. Lee, J.S. Kun, D.G. Kim, J.H. Oh, M.S. Kim, S.J. Yu, "A study on drowsiness prevention using blowing to face during driving," The Korean Society Of Automotive Engineers, pp.1880-1884, 2012 (in Korean).
- [18] H.S. Park, Y.I. Jung, Y.H. Song, I.H. Kang, H.Y. Jung, J.B. Seol, S.D. Ra, C.S. Bae, "Detection of visual parameter for drowsy driving prevention," Korea Institute Of Communication Sciences, pp.2028-2031, 2005 (in Korean).
- [19] X.J. Zhang, J.G. Kim, J.I. Park, "Eye blink detection method for drowsy driving detection system," The Institute of Electronics and Information Engineers, pp.482-483, 2016 (in Koren).
- [20] S.M. Kang, K.M. Huh, Y.M. Yang, "Development of drowsiness checking system for drivers using eyes image histogram," Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 21, No. 4, pp.330-335, 2015 (in Korean).
- [21] D.M. Kim, H.J. Wi, J.H. Kim, H.C. Shin, "Drowsy driving detection using facial recognition system," KOREA INFORMATION SCIENCE SOCIETY, pp.2007-2009, 2015 (in Korean)
- [22] G.H. Choi, Y.H. Lee, H.M. Kim, J.S. Jung, H.H. Ko, "Driver drowsiness detection system using facial landmark detection in embedded board," The Institute of Electronics and Information Engineers, pp.442-445, 2019 (in Korean).
- [23] K.H. Lee, S.M. Koo, J.H. Park, J.M. Choi, "Analysis of driver drowsiness detection algorisms," KOREA INFORMATION SCIENCE SOCIETY, pp.1150-1152, 2018 (in Korean).
- [24] Z. Cao, T. Simon, S.E. Wei, Y. Sheikh, "Realtime Multi-Person 2D pose estimation using part affinity," arXiv:1611.08050, 2017.

- [25] Y.H. Joo, J.K. Kim, I.H. Ra, "Intelligent drowsiness drive warning system," Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 18, No. 2, pp.223-229, 2008 (in Korean).
- [26] K.M. Huh, S.M. Kang, Y.B. Joo, "Eyeglasses reflection removal technique for eye image detection in a driver's drowsiness checking system," Journal of Institute of Control, Robotics and System, Val. 23, No. 2, pp.126-130, 2017 (in Korean).
- [27] I.Y. Yun, J.R. Shim, J.K. Kim, "Vision based driver drowsiness monitoring system using kalman filter," The Institute of Electronics and Information Engineers, pp.573-576, 2013 (in Korean).
- [28] S.H. Park, C.D. Yoo, "Efficient real-time drowsiness detection algorithm for safety driving," The Institute of Electronics and Information Engineers, pp.947-950, 2011 (in Korean).
- [29] B.V. Ginneken, A.F. Frangi, J.J. Staal, B.M.T.H. Romeny, M.A. Viergever, "Active shape model segmentation with optimal features," IEEE Transaction on medical imaging, Vol. 21, No. 8, 2002 (in Korean).
- [30] I.H. Choi, J.K. Sung, Y.G. Kim, "Head pose and eye-blink tracking for detecting a drowsy driver," The Institute of Electronics and Information Enginn, pp.686-689, 2014 (in Koran).
- [31] J.H. Lee, "A Method of Eye and lip region detection using faster R-CNN in face image," Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 9, No. 8, pp. 1-8, 2018 (in Korean).
- [32] M. Torstensson, B. Duran, C. Englund, "Using Recurrent Neural Networks for action and intention recognition of car drivers," ICPRAM, 2019.
- [33] H. Fan, E. Zhon, "Approaching human level facial landmark localization by deep learning," Image and Vidsion Computing, doi:10.1016/j.imavis.2015.11.004, 2015.
- [34] T.W. Bae, B.I. Kim, S.H. Lee, Y.C. Kim, S.H. Ahn, K.I. Sohng, "Small target detection using bilateral filter based on edge component," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 34, No. 9, 2009 (in Korean).

Development of Embedded System for Driver Condition Detection Based on Image Processing

Donggyun Hong

Department of Information and Communication Engineering
Graduate School, Daegu University
Gyeongbuk Korea

Supervised by Prof. Donghwa Lee

(Abstract)

The average occurrence of traffic accidents between 2009 and 2016 is around 220000, accounting for 69% accidents due to dozing off, the negligence of keeping an eye on the road, and the failure of safe driving. Among the deaths caused by a car accident, dozing off takes up 30%. As a result of this danger, the Korean Expressway Corporation has built rest areas in highways and there have been many kinds of products to prevent drivers from dozing off.

The driver status monitoring system introduced in the paper works in a way to detect the physical feature of a person using the physical information transmitted from the screen of a camera. Based on this data, the system estimates the position of a head and hands as well as the face details from it. The algorithm that extracts the data of a person's physical feature information possesses real-time processing at the status of the embedded board using weight lightening model to measure exact physical information with little computation data by increasing the accuracy with additional learnings and to identify a face and hands without an algorithm. By designating the detected face as a favorite, it is easier to extract facial details with less computation than before detection. Additional learning of facial angle, lighting, and algorithms with much lower accuracy, especially in the face of Asians, is done to the machine. In addition, problems of existing algorithms can be improved using Kalman filter and 3D coordinates can be extracted based on detected information to determine road conditions. In addition, the function information corresponding to the eye area among the

extracted facial details is used to detect the blink of an eye.

Based on skeletal state information, the driver state detection system described in this paper suggests the prevention of drowsy operation as well as prevention of non-performance of safe driving obligations and forward alerting. Since traffic accidents caused by the carelessness of the driver cause many other accidents as well as front-line non-compliance and reckless driving, this paper proposes a system that prevents all accidents that may occur in the future with the driver's condition detection system.