

주행 시 운전자의 운전작업 중 주의집중 모니터링에 대한 연구 동향 분석

한가을, 김종배

세종사이버대학교 소프트웨어공학과

19931552@sjcu.ac.kr, jb.kim@sjcu.ac.kr(교신저자)

A Study on the Analysis of Research Trends on the Attention Monitoring of Drivers During Driving Tasks

Gaeul Han, *Jongbae Kim

Department of Software Engineering

Sejong Cyber University

요 약

본 논문에서는 주행 중 운전자의 운전작업 중 전방 주의집중 여부를 모니터링하는 연구 방안들을 조사하고 최신 연구 동향을 분석하였으며, 자율주행자동차에서 운전자의 주의집중이 필요한 상황에 대해 사전에 안내하는 방안을 제시하고자 한다. 연구 동향을 조사한 결과 대부분의 방법은 시각 자료 기반과 생체신호 기반으로 진행하고 있다. 연구분석 결과를 바탕으로 두 가지 방법 중 본 연구에서는 시각 자료 기반 연구 방법에 초점을 맞추어, 자동차에 설치된 카메라를 통해 수집된 영상에서 운전자의 운전작업 주의 여부를 식별하는 방법들에 대해서 분석을 진행하였다. 주행 영상에서 HoG(histogram of oriented gradients) 특징과 딥러닝 학습을 통해 운전자의 주의집중 여부를 모니터링하는 방법이 효과적임을 제시한다. 본 연구조사를 통해 분석된 운전자 모니터링 방안들을 자율주행 자동차에 적용하기 위한 운전자 주의 태만 경고시스템에 적용이 가능함을 제시한다.

1.서론

최근 자율주행자동차의 안전운전지원을 위한 다양한 기술들이 개발되고 상용 자동차에 적용되고 있다 [13]. 안전운전지원 기술들이 상용화된 이후에는 인간의 감독 없이 자율주행이 가능한 자동차가 2023년에는 약 74만대까지 증가할 것이라고 가트너는 전망하고 있다 [1].

그림 1과 같이 자율주행자동차의 수준은 레벨0부터 레벨5까지 구분하고 있는데 이 중 레벨5의 완전 자율주행을 위해서는 다양한 안전지원 기술들의 개발이 필요한 상황이다 [1,2]. 또한 자율주행 시스템을 개발하는 과정에서 운전자의 상태를 모니터링하는 기술은 운전 제어권 이양 여부 결정과 관련하여 중요하게 여겨지는 기술이다[4]. 자율주행자동차를 위한 안전지원 기술개발의 필요성에 더불어, 전반적인 운전자의 주의집중 모니터링의 필요성 또한 끊임 없이 강조되고 있다. 매년 운전자의 주의집중의무(안전운전의무) 불이행 및 보행자 보호의무 위반으로 인한 교통사고의 비율은 현재까지도 매우 높은 상황이다. 도로교통공단의 교통사고 실태조사에 따르면 [3], 그림 2와 같이 2020년 한 해 동안 발생한 약 124만 건의 교통사고 중 안전운전의무 위반으로 인한 사고 건수는 총 사고 건수 대비 약 34%에 해당하는 약 42만 건에 이르고 있다.



그림 1. 자율주행 자동차의 수준 (출처: 한국국토정보공사, 국토교통부)

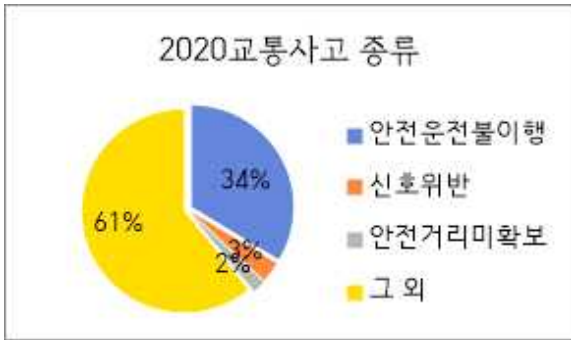


그림 2. 가해 운전자 범규위반 종류별 교통사고 비율 [3]

교통사고 현황이 보여주듯 국내 교통사고 발생 현황의 비율 중 운전자의 안전운전의무 불이행 및 보행자 보호의무 위반으로 인한 비율이 현저하게 높음을 확인하고, 운전자의 주의집중 정도에 대한 세심한 모니터링 방법의 필요성 및 자율주행자동차의 안전지원을 위한 방안으로 주행 중 운전자의 주의집중 모니터링 방안이 필요함을 제시한다.

2. 본론

2.1 시각 자료 기반 연구

운전자 주의집중 모니터링 연구들은 대부분은 시각 자료 기반과 생체신호 기반으로 나누어진다. 시각 자료 기반의 연구들이 상당수를 차지했는데, 대부분 영상으로부터 정보를 추출한다. 추출하는 정보들에는 운전자의 얼굴, 눈과 입이 있는데 얼굴 영상에서 눈과 입의 위치를 비교적 정확하게 추출하기 위해 HoG 특징과 딥러닝 학습 방법을 적용한다.

신문창 [4]의 연구에서는 HOG와 딥러닝 기반 Dlib를 사용하여 운전자 얼굴의 68개 표지점들을 인식한 뒤 EAR(Eye Aspect Ratio)을 계산하여 해당 결과값이 임계치보다 낮아지는 경우 운전자가 졸음 상태에 있다고 판단해 경고를 발생하는 방안을 제시하였다. 그들 연구의 특징은 시스템 내에 고정된 임계치를 사용하는 것이 아니라 표 1과 같이 운전자 맞춤 ‘적응형 EAR 문턱값’ 설정기법을 사용한다는 점이다.

Mohanty et al. [5]의 연구에서는 한 가지 수치를 더하여 EAR과 MAR(Mouth Aspect Ratio) 결과값을 계산해 경고시스템에 활용하는 방법을 제안한다. 각 수치의 계산과 관련된 사항은 기타 연구들과 차이가 없음을 확인하였고, 해당 연구는 실제 도로 주행 상황에서 평균 83.7%의 정확도를 제시하였다.

Eye Opened	
1st EAR	0.2565
2nd EAR	0.2587
3rd EAR	0.1829
4th EAR	0.2788
5th EAR	0.2606
6th EAR	0.2643
7th EAR	0.2683
OPEN_EAR (Avg.)	0.2527

Eye Closed	
1st EAR	0.2135
2nd EAR	0.1673
3rd EAR	0.1926
4th EAR	0.1508
5th EAR	0.1682
6th EAR	0.1765
7th EAR	0.1518
CLOSE_EAR (Avg.)	0.1744

OPEN_EAR (Avg.)	0.2527
CLOSE_EAR (Avg.)	0.1744
EAR Threshold	0.2136

표 1. 운전자 주의집중 판단 적응형 EAR값 [4]

Pondit et al.[6]의 연구는 다른 시각 자료 기반 운전자 모니터링 연구들과 동일하게 EAR을 사용하였으나 그와 동시에 ECR(Eye Closure Ratio), MAR과 운전자의 머리 방향 정보를 함께 사용하여 운전자 모니터링의 정확도를 높이는 방안을 제시하였다. 그들의 연구에서는 EAR값이 0.25 이하로 내려가는 시간이 1초 이상인 경우를 운전자의 졸음운전으로 판단한다. 또한 운전자를 촬영하는 영상에서 투영점을 계산하여 코의 위치와 비교하고, 설정해둔 임계값을 기준으로 코의 위치가 벗어나는 경우 전방을 주시하지 않는 경우로 판단하였다.

표 2. 졸음 판단 기준값[6]

기준 \ 상태구분	안전	졸음
Eye closed (EAR 0.25 이하인 시간)	1초 미만	1초 이상
yawn (MAR 0.5이상일 때)	7분 내 3회 미만	7분 내 3회 이상

Xu Miao, et al.[7]의 연구는 타 시각 자료 기반 연구들이 운전자의 얼굴 방향을 인식하는 방법을 사용한 것과는 달리 운전자의 머리 움직임을 추적하여 미리 설정된 4가지 시나리오를 기반으로 운전자의 머리 회전 방향을 추출하고 응시영역을 기반으로 운전자의 안전한 상태(전방주시)와 위험한 상태(전방미주시)를 판단한다. 이는 Pondit, et al.[6]의 연구에서 제시한 머리 위치 정보를 사용한 것과 유사하나, 제안한 연구는 딥러닝 기반의 컨볼루션 신경망을 사용하여 이미지 전처리 과정 없이 6개의 레이어를 통해 운전자 모니터링 결과를 분류한 특징을 가지고

있다. 홍동균[8]의 연구 또한 Xu Miao[1]의 연구와 마찬가지로 컨볼루션 신경망을 활용하여 머리 회전도 계산의 정확도를 높이고자 했다.

표 3. 운전자 머리 회전각도에 따른 안전운전 여부 판단기준[7]

상태구분 기준	안전	위험
운전자 응시영역	-60~60°	-60~-90°, 60~90°

2.2 생체신호 기반 연구

생체신호를 기반으로 하여 운전자의 주의집중을 모니터링하는 방식은 운전자의 심박수, 심박 변이도, 호흡수를 활용한다 [9-13]. 이러한 연구를 통해 운전자의 졸음운전 여부만을 판단할 수 있으며 운전자의 주의집중 정도와 전방주시 여부에 대해서는 알 수 없다는 한계가 있다. 신의섭[3]은 운전자의 심박수와 심박변이도를 수집하기 위해 손목시계형 웨어러블 장치에 PPG(Photo-plethysmography) 센서를 장착하고 호흡수를 측정하기 위해 운전석 안전벨트에 압력(FSR: Force Sensitive Resister)센서 2개를 병렬로 장착하였다. 기존 상용 의료장비와 PPG센서는 94.6%, GSR센서는 96.3% 그리고 호흡센서는 98.4%로 일치하여 운전자의 생체신호를 측정하는 데 무리가 없음을 보여주었다.

2.3 기타 연구

운전자 모니터링에 관한 기존 연구들은 시각 자료 혹은 운전자의 생체신호를 기반으로 한 것과는 다르게, 독특한 방법을 활용한 연구들도 수행하였다. 그중 황성호[14]의 연구에서는 운전자들이 대부분 일정한 오차범위 안에서 자동차 조향장치를 조정한다는 점에 착안하여 이를 ‘안전영역’이라고 구분 짓고, 운전자의 주행 중 안전영역과 조향장치 제어주기가 커지면 졸음운전 상태로 판단하였다. 시뮬레이션 상황을 통해 정상상태의 운전자에 비해 졸음 상태 운전자의 안전영역과 제어주기의 분포가 커짐을 확인하였다. 해당 연구는 다른 연구들과 달리 운전자의 상태를 모니터링하기 위해 신체에 센서를 부착하거나 영상에서 자료를 추출하여 처리하는 과정을 거치지 않는다는 차이점이 있음을 볼 수 있다.

3. 운전자 모니터링 연구 동향 분석

본 연구에서는 가장 널리 사용되는 두 가지 운전자 모니터링 방법 중 운전자의 전방주시 여부와 주

의집중 정도 분석을 위한 방법으로는 단순히 운전자의 졸음 여부를 판단하는 생체신호 기반 방식보다는 직접적으로 운전자의 주의도를 측정할 수 있는 시각 자료 기반 방식이 더 효과적임을 인지하고, 시각 자료 기반 연구들의 동향을 분석하고 이를 기반으로 한국형 모델에 활용할 수 있는 방법을 제시한다.

앞서 언급된 기울기 방향성 히스토그램(HOG)은 기존에 사용되던 머신러닝 기반 객체 검출 알고리즘인 Haar에 비하여 인식한 영역에 대한 신뢰도가 높다는 결과가 있으며 템플릿 매칭 방식에 비하여 영상의 밝기와 조명 변화 등에 덜 민감하다는 장점이 있다. HOG를 활용한 연구 [5]의 얼굴 표지점인지 정확도가 데이터셋에서 93.25%, 실제상황에서 82.02%임을 확인하고, HOG가 운전자 모니터링에 활용되기에 적합한 특징정보임을 알 수 있었다[4]. 이러한 장점들로 인해 최신 연구들에서는 머신러닝 기반 Haar보다는 HOG를 사용하는 경향을 확인할 수 있었다.

운전자 모니터링의 기준으로 사용되는 EAR값의 경우 EAR 임계값이 일정한 값으로 고정되어 운전자마다 각자 다른 눈 크기 비율을 감안하지 못한다는 단점에 부딪혔으나 적응형 EAR 임계값[4] 설정을 통해 운전자의 눈 크기 비율을 사전에 측정하여 운전자에 최적화된 추적을 사용할 수 있으며, 해당 방법을 통해 일반 EAR 설정의 경우 한국 운전자들에게 잘 맞지 않는다는 문제점 또한 극복할 수 있음을 알 수 있다.

컨볼루션 신경망 기법 [7,8]은 전처리 과정 없이 학습 이미지를 직접 사용함으로써 전처리 과정이 가지는 계산 복잡성의 문제와 운전자가 큰 각도로 머리 회전을 하는 경우 생기는 얼굴추적의 어려움에서 벗어난다는 장점이 있다. 해당 기법은 AlexNet 기반의 파라미터와 6개의 레이어를 사용하여 카메라로부터 수집된 이미지를 처리하는데, 기존 11개의 레이어를 사용하던 방법에서 레이어의 개수를 6개로 줄이되 정확성이 매우 흡사하도록 설정하여 운전자의 위험한 상태를 더욱 빠르게 인지할 수 있는 특징 또한 가지고 있다. 최근 연구에서는 11개 레이어가 아닌 6개 레이어 CNN을 활용하는 동향이 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론

운전자 모니터링 방안에 관한 최신 연구 동향 조사의 결과, 많은 최신 연구들에서 시각 자료 기반

방법을 채택함을 확인함과 동시에 시각 자료로부터 운전자에 관한 데이터 추출을 위해 HOG를 사용함을 확인하였다. 운전자의 주의집중 및 전방주시 여부를 결정하기 위한 기준값 설정을 위해 사용하는 방법들은 EAR, ECR, MAR을 사용하는 얼굴추적 방법과 응시영역을 사용하는 방법으로 나뉜다. EAR, ECR, MAR을 사용한 연구들은 데이터 처리를 위해 딥러닝 기반의 Dlib를 사용하고 응시영역 활용의 경우 딥러닝 기반의 컨볼루션 신경망 기법을 사용하여 전처리 과정의 문제점들을 극복하고 인식 속도를 높이는 방안을 제시했다. 더욱 더 정확한 운전자 모니터링을 위하여 HOG를 사용해 EAR, ECR, MAR을 추출하는 얼굴추적 기법은 운전자의 졸음 여부를 판단하는 데 활용하고 CNN을 활용한 응시영역 기법은 운전자의 전방주시 여부를 판단하는데 사용함과 동시에, EAR에는 적응형 EAR 임계값 기법을 사용하여 한국형 맞춤형 시스템 최적화를 위한 방안을 활용하고자 한다. 더불어 CNN 기법의 보다 더 빠르고 정확도 높은 운전자 응시영역 판단기법을 활용하여 단순 졸음 여부만이 아닌 전방주시 여부 판단에 대한 정확도 또한 높은 모니터링에 집중하고자 한다.

Acknowledgement

This work was supported by the NRF grant funded by the Korea government (MSIT)(NRF-2020R1F1A106890011)

참고문헌

- [1] 가트너, “2023년 전세계 자율주행 가능 차량 74만대 이상 증가할 것“, 2019.
<https://www.hellot.net/mobile/article.html?no=48771>
- [2] 자율주행자동차의 대두와 사회 문화적 변화, 한국정보화진흥원, 2016.
- [3] 도로교통공단, 가해운전자 범규위반별 주야별 교통사고, 2021.
- [4] 신문창, 이원영, “눈 영상비를 이용한 운전자 상태 경고 시스템”, Journal of the KIECS, vol. 15, no. 2, pp.349-356, 2020.
- [5] S. Mohanty, S. V. Hegde, S. Prasad and J. Manikandan, “Design of Real-time Drowsiness Detection System using Dlib,” 2019 IEEE International WIE Conference on Electrical and Computer Engineering, Bangalore, India, 2019, pp.1-4, 2019.
- [6] A. Pondit, A. Dey and A. Das, “Real-time Driver Monitoring System Based on Visual Cues,” 6th International Conference on Interactive Digital Media, pp. 1-6, 2020.
- [7] Xu Miao, 이현순, 강보영, “딥러닝 기반의 운전자의 안전/위험 상태 인지 시스템 개발”, Journal of Korea Robotics Society, vol. 13, no. 1, pp.38-44, 2018.
- [8] 홍동균, “영상처리 기반의 운전자 상태 감지를 위한 임베디드 시스템 개발”[석사논문], 대구대학교 대학원, 2020.
- [9] X. Li and E. Seignez, “Driver inattention monitoring system based on multimodal fusion with visual cues to improve driving safety”, Transactions of the Institute of Measurement and Control, Vol. 40, no.3, pp.885 - 895, 2018.
- [10] G. O. David, F. J. Díaz-Pernas, M. M. Zarzuela, and M. A. Rodríguez, “A Physiological Sensor-Based Android Application Synchronized with a Driving Simulator for Driver Monitoring”, Sensors, vol.19, no.2, pp.399-426, 2019.
- [11] C. Chiou, W. Wang, S. Lu, C. Huang, P. Chung and Y. Lai, “Driver Monitoring Using Sparse Representation With Part-Based Temporal Face Descriptors”, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 21, no. 1, pp. 346-361, 2020.
- [12] 신의섭, 김명국, 이창욱, 강행봉, “다중 웨어러블 센서를 활용한 운전자 상태 인식”, 정보처리학회논문지, vol. 6, no. 6, pp.271-280, 2017.
- [13] 이은진, “심전도 신호 분석을 통한 운전자 상태 판단 알고리즘”[석사논문], 계명대학교 대학원, 2018.
- [14] 황성호, 박찬호, 유동연, 김영갑, “자율주행차 시뮬레이터를 활용한 운전자 상태판단 알고리즘 개발”, vol. 12, pp.1304-1306, 2016.