

운전자 시선 및 행동 분석을 이용한 운전자 주의 산만 감지*

이상화[○], 안윤모, 홍충선
경희대학교 컴퓨터공학부 컴퓨터공학과
{xezout108, aym0619, cshong}@khu.ac.kr

Driver Distraction Detection using Gaze Estimation and Activity Recognition

Sanghwa Lee[○], Yunmo Ahn, Choongseon Hong
Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

AttenD 알고리즘은 시선 방향에 대한 벡터를 받아 운전 중에 필요한 곳을 제대로 주시하고 있는지 버퍼를 통해 체크하는 알고리즘으로써, 주시하는 시간에 따른 버퍼들의 수치를 통해 운전자의 집중도를 예측한다. 한편 이는 차창 근처에서 휴대폰을 보는 등의 시선 방향만으로는 완전히 파악할 수 없는 정보나 후진이나 커브, 차선 변경 등의 전방을 상대적으로 덜 주시하게 되는 상황 등에 대한 처리가 완전하지 못하다. 따라서 본 논문에서는 이런 문제들을 해결하기 위해 자세를 포착하여 추가적인 정보를 얻고 후면 버퍼를 이용하여 수치 측정에 사용하는 버퍼를 늘리는 방식으로 이런 문제를 해결할 수 있도록 한다.

1. 서 론

1.1 연구 배경

최근 머신 러닝, 딥러닝과 같은 SW 기술 발전으로 인해 차량에 탑재되는 자율 주행 기술이 점진적으로 발전하고 있다. 미국 자동차 기술학회(SAE)는 2014년 1월 자율 주행 기술을 기능 및 기술적인 측면에서 0단계부터 5단계까지 총 6단계로 구분하였다. 이 중, 완전 자동화 주행에 해당하는 5단계를 제외하고 운전자의 개입은 필수적이다. 하지만 현재 자율 주행 기술은 자율 주행으로 가장 유명한 Tesla 역시 2단계에 해당하며, 다양한 기술적 문제로 인해 5단계 도달이 늦춰지고 있다. 이런 실정임에도 현재 몇몇 운전자는 부분 자동화를 제공하는 자동차에 의존한 채 운전 집중도가 떨어지는 경우가 있다. 따라서, 지금 시점에서는 DSM(Driver State Monitoring) 기술을 이용해 운전자의 상태를 분석하고 위험을 감지하는 것이 중요하다. 이런 감지 기술 중, 운전자 시선(Gaze)과 머리 자세(Head Pose)를 통해 운전자의 운전 주의 산만을 측정하는 AttenD 알고리즘이 최근 개발되었다. AttenD 알고리즘은 시간 버퍼를 활용하며 해당 버퍼의 수치를 통해 주의 산만 정도를 정량적으로 표현한다.

1.2 연구 목표

AttenD 알고리즘은 시선을 통해서 주의 산만을 측정하기 때문에 시선을 제외한 사항에 대해서는 해당 알고리즘을 통해 고려할 수 없다. 또한 실제 상황에서의 시선 변화는 차량의 이동에 따라 변하게 된다. 예를 들어, 후진하는 경우 백미러(Rearview Mirror), 사이드미러(Wing Mirror)를 보거나 아예 고개를 틀어 뒤를 볼 수도 있다. 하지만 AttenD를 통해서 이런 빈번히 일어나는 특수 상황에 대한 처리가 불가능하다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 AttenD

알고리즘에서 사용하는 버퍼에 후면 버퍼와 같은 추가적인 버퍼를 특수 상황에 동시 활용하여 주의산만 측정 정확도를 높이는 것을 목적으로 한다. 또한, 운전자의 행동을 인식한 후 이를 버퍼에 반영하여 시선만으로 인식할 수 없는 주의 산만 요소를 수치에 적용한다.

2. 관련 연구

2.1 사용자 행동 인식 기술(Human Activity Recognition)

사용자 행동 인식 기술은 다양한 센서를 활용하여 사람의 모션이나 제스처와 관련된 정보를 수집하고 해석하여 행동을 인식하는 기술이다[1]. 행동 인식 기술에는 특징 벡터를 추출하여 패턴을 찾아 인식하는 방법과 딥러닝 기반으로 인식하는 방법으로 구분된다. 최근 주로 연구되고 있는 행동 인식 기술은 딥러닝을 기반으로 행동을 인식하는 기술이다. 이는 특징 추출과정에서 미리 지정된 특징 추출기 대신에 CNN(Convolutional Neural Network)을 적용하여 행동 인식에 최적화된 특징을 추출하고 분류기를 학습시킴으로써 인식 성능을 높이는 방식이다[2].

2.2 시선 추적 기술(Gaze Estimation)

시선 추적은 눈의 특정 지점을 Landmark Detection을 통해 특징점을 잡은 후, 그중 눈동자에 대한 특징점들을 이용하여 눈동자가 바라보는 시선의 방향을 추적할 수 있는 기술이다[3]. 시선 추정에 대한 연구 또한 다양한 방식으로 활용할 수 있다. 이때 사용 모델로는 CNN(Convolutional Neural Network), SLM(Statistical Learning Models), 혹은 기하학적 접근으로 나눌 수 있다. 그리고 방법에 따라 머리 자세만을 이용하는 경우와 거기에 눈에 대한 정보를 추가로 활용하는 경우로도 나눌 수 있다. 그리고 포착하는 조건과 사용하는 센서로 이를 구분할 수 있다[4].

2.3 AttenD 알고리즘(AttenD 2.0)

AttenD 알고리즘은 운전자의 시선을 눈동자 벡터와 머

* “본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학 사업의 연구결과로 수행되었음”(2017-0-00093)

리 벡터를 이용하여 추적하고 추적된 벡터가 전방에 설정한 시간 버퍼로 들어가는지를 버퍼 내의 수치로 확인하는 알고리즘이다. 버퍼는 최대 2초 분량의 시간을 활용하는데 버퍼의 수치는 운전자가 해당 버퍼의 방향을 향해 지속해서 주시할수록 증가하고 주시하지 않을수록 내려간다. 버퍼의 범위는 차량 앞 유리 및 시야각 90도 사이 교차점이다. 만약 시선 추적에 실패하는 경우, 머리 벡터를 대신 받아 사용하는데 마지막 버퍼 값이 0.4 이상이고 머리 벡터가 전방 20도 이내인 경우에만 버퍼 값을 고정한다[5]. 즉 버퍼는 운전자가 주시해야 할 곳을 의미하고 버퍼의 수치는 해당 지점을 잘 주시하는지를 정량화한 것으로 이를 이용하여 운전자의 주의 산만 정도를 측정할 수 있게 된다.

AttenD 2.0에서는 AttenD 알고리즘이 사용하는 전방 메인 버퍼 외에도 양 사이드미러, 좌·우측 차창, 계기판과 같은 곳에 버퍼를 추가하고 상시 혹은 간헐적으로 활성화하면서 전방 이외의 주시에 대해서 시선 추적을 가능하게 하는 대신 버퍼의 상한을 1초로 한다[6].

3. 문제 정의

우선 AttenD는 시선 추적과 머리 추적만을 이용하는 알고리즘이므로 시선과 머리에 대한 정보만으로는 판독할 수 없는 정보들에 관해서는 판단할 수 있는 수단이 존재하지 않는다. 운전자가 전방을 주시하고 있다고 할 때 제대로 전방을 주시하고 있는지 앞에 휴대폰을 놓고 보는 것인지 완벽히 구별할 수 없다. 예를 들어, 운전자가 과도하게 한 방향만을 본다면 알 수 있겠지만 휴대폰과 전방을 번갈아 주시한다면 찾아낼 방법이 전무하다.

그리고 비록 AttenD 2.0에서 기존의 문제점이었던 전방 주시 과적합(한 지점만 과도하게 주시하는 상태) 문제 해결을 위해 여러 개의 버퍼를 상시 혹은 간헐적으로 사용하였지만, 일부 특수 상황에 대한 고려가 불가능하다. 예를 들어, 후진 상황에서 후면을 주시하는 경우, 이를 주의 산만으로 보기는 힘들어도 불구하고 해당 알고리즘 기준에서는 주의 산만으로 분류할 수밖에 없다. 이런 시선 이동은 전방 주시를 하지 않은 주의 산만이 아닌 운전 시 필수적인 요소이지만 기존 알고리즘 기준으로는 주의 산만으로 분류된다. 따라서, 이런 특수 상황에 대해 기존보다 정확히 고려할 수 있는 해결책이 필요하다.

4. 시스템 제안

4.1 추가적인 버퍼 활용

기존 알고리즘이 추적하지 못하는 자동차 후면과 후방 카메라 화면에 대한 시선을 버퍼의 추가를 통해 포착한다. 이 버퍼들은 후진 상황에만 활성화되어 운전자를 후진 상황임에도 주의 산만으로 판단하는 것을 방지하는 역할을 수행한다. 즉 후진 상황이 아닐 때 버퍼가 비활성화되어 시스템이 후면 주시 행위를 운전과 관련 없는 행위로 간주하고 피드백을 주게 된다. 반대로 후진 상황인 경우 버퍼가 활성화되어 시스템이 후면 주시 행위 또한 운전 시 필요한 행위로 인식하여 다른 버퍼들처럼 주시해도 집중도가 저하되지 않은 정상적인 상태로 간주하게 한다. 만약 후방 카메라가 있는 차량의 경우, 후진 시 후방 카메라 화면을 주시할 가능성이 높으므로 해당 위치에 간헐적으로 활성화되는 버퍼를 추가함으로써 자동차 후면 버퍼와 동일한 역할을 수행하게 한다.

4.2 행동 포착 버퍼

운전자의 측면을 카메라를 통해 실시간으로 촬영한

후, 해당 RGB 영상에서 실시간으로 운전자를 인식한다. 인식한 운전자에 대해서 CNN모델을 통해 특징이 추출되는 과정을 거치게 된다. 이 과정을 통해 얻은 데이터를 통해 최종적으로 운전자의 행동을 분석하게 된다. 그 후 분석된 운전자의 행동 정보에 따라 행동에 따른 주의 산만을 측정하는 버퍼의 값에 변화를 주게 된다. 이 경우, 행동 포착 버퍼는 후진과 같은 특수 상황에 대해서 각 행동에 대한 수치 변화량을 조절하며 작동하게 된다.

4.3 집중도 계산

AttenD 알고리즘은 각 버퍼에 시선이 집중되고 있는 시간에 따라 해당 버퍼 수치가 변화하게 된다. 만약 버퍼에 시선이 집중된 경우 단위 시간 T 만큼 기존 버퍼에서 더한 값으로 시선이 벗어난 경우 기존 버퍼에서 T 만큼 뺀 값으로 버퍼 수치를 변경한다(1)[7].

$$B_i[n] = B_i[n-1] + \begin{cases} T & \text{gaze} \in \text{target}_i \\ -T & \text{gaze} \notin \text{target}_i \end{cases} \quad (1)$$

$$GB_i[n, w_i, l_i] = GB_i[n-1, w_i, l_i] + \begin{cases} 0 & \text{gaze} \in \text{target}_i, \leq l_i \\ T \cdot w_i^{-1} \cdot \text{incremenRate}_i[n] & \text{gaze} \in \text{target}_i, > l_i \\ -T \cdot w_i \cdot \text{decremenRate}_i[n] & \text{gaze} \notin \text{target}_i \end{cases} \quad (2)$$

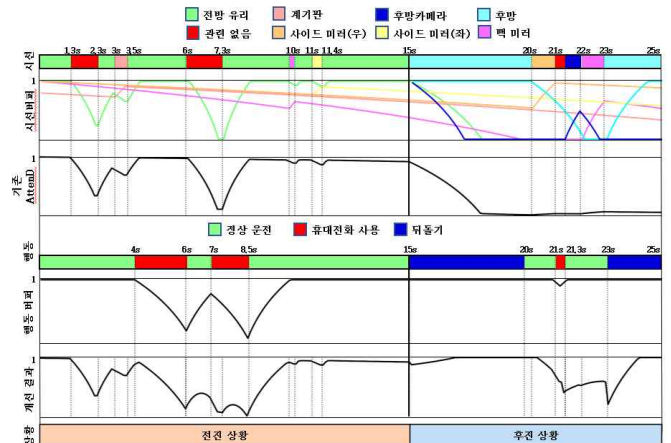
$$GB[n] = \prod_i GB_i[n] \quad (3)$$

$$AB[n, env, l_i] = AB[n-1, env, l_i] + \begin{cases} 0 & \leq l_i \\ T \cdot \text{weight}_i[n, env] & > l_i \end{cases} \quad (4)$$

$$B[n] = GB[n] \times AB[n] \quad (5)$$

하지만 이 방식은 상황에 따른 시선의 중요도를 고려할 수 없다. 따라서, 상황에 따라 각 시선 버퍼별 중요도에 따른 가중치 w 를 부여하고 수치 증가량과 감소량을 부여하여 유연한 변화가 가능하도록 한다. 또한, 시선이 이동한 후, 약간의 간격을 줘 시선 변화에 즉각 반응하는 것을 막는다(2). 마지막으로 각 버퍼 수치를 곱한 값으로 시선 버퍼의 최종 수치를 계산한다(3). 행동 버퍼의 경우, 단일 시선 버퍼와 동일하게 작동하지만, 상황별 인식되는 행동에 대한 버퍼 적용 수치 weight_i 를 부여하여 같은 행동도 운전 상황에 따라 다르게 평가하는 방식을 작동한다(4). 마지막으로 집중도 계산의 경우, 시선 버퍼 수치와 행동 버퍼 수치의 곱으로 계산한다(5).

4.4 예시 상황에 대한 실험



[그림 1] 예시 상황에서의 기존 방식과 개선 방식 작동

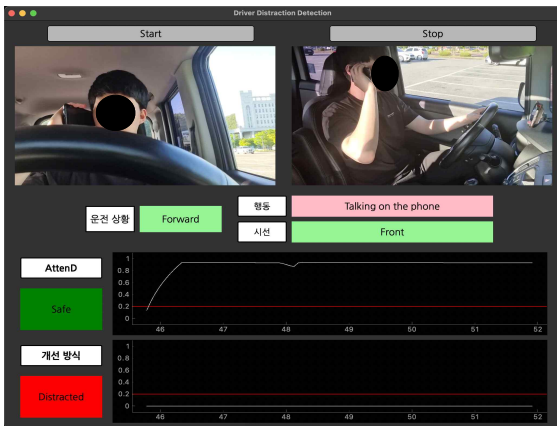
[그림 1]에서는 25초간의 운전 상황에 대해서 시선과 행동을 샘플링하여 기존 AttenD 알고리즘과 개선 방식을 비교한다. 각 행동과 시선 정보는 0.1초 간격으로 제공됐으며 기존 알고리즘은 시선 정보를, 개선 방식에서는 시선과 행동 정보 두 가지를 사용하였다. 각 결과는 위 수식(1)~(5)를 통해 계산된 값을 그래프로 그린 것이다.

운전자가 전방 주시 중이지만 휴대전화를 사용하고 있는 5s 시점에서 기존 방식의 경우 전방 유리 버퍼 수치 1.0으로 인해 1.0의 결과가 나왔고 개선 방식의 경우 시선 버퍼 0.9737, 행동 버퍼 0.6148으로 0.5986의 결과가 나왔다. 18s 시점의 경우, 후진 상황에 뒤돌아 후방을 보는 시선에 의해 개선 방식에서는 시선 버퍼 1.0, 행동 버퍼 1.0으로 1.0의 결과가 나왔다. 하지만, 기존 방식에서는 관련 없는 시선으로 처리되어 0.1029가 나왔다.

[표 1] 그림1 중 특정 상황별 집중도 계산 결과 비교

시간	시선	행동	기존	개선
5s	전방 유리	휴대전화 사용	1.0	0.5986
18s	후방	뒤돌기	0.1029	1.0

4.5 실시간 환경 실험



[그림 2] 실시간 GUI 모니터링 (전진 상황)

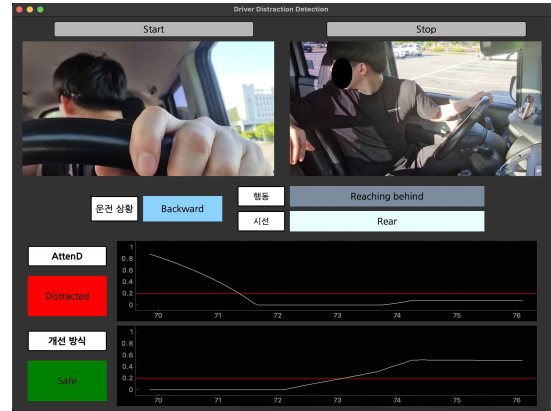
본 실험의 요구사항은 다음과 같다. 우선 카메라의 경우, 운전자의 정면과 조수석 문 상단까지 총 2대의 카메라를 설치하였다. 정면 카메라의 경우, 운전자의 머리, 얼굴, 눈이 보이도록 설정하였고 측면 카메라의 경우, 운전자의 상반신과 라디오 등 주변 차량 환경을 모두 포착할 수 있도록 위치를 선정하였다. 프로젝트는 카메라의 영상을 통해 운전자 행동 및 시선 추론과 버퍼 수치 계산을 진행한다.

실험 과정 중 실험자는 운전석에 앉아서 실제 운전 상황을 가정하여 실험을 진행하며, 실제 운전상에서 나올 수 있는 행동들을 모두 시연하였다. 또한, 운전 상황과 동일하게 전진과 후진 상황을 모두 고려했으며, 주의산만 수치 기준은 0.2 미만으로 설정하였다.

더해서 기존 방식과 개선 방식의 버퍼 수치를 실시간으로 확인하기 위해 [그림 2]의 GUI 모니터링 환경을 구축하였다. GUI 구성으로는 현재 운전 상황 및 운전자의 행동 및 시선 표시, AttenD 알고리즘과 개선 알고리즘을 이용한 버퍼 수치 그래프 및 주의산만 여부가 있다.

실험의 결과는 [그림 2]와 같이 시선만으로 주의산만을 감지할 수 없는 상황에 대해서 개선된 방식의 경우 운전자의 주의산만을 감지하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 후진과 같은 특수한 상황에서도 [그림 3]과 같이 주의산

만이 아님을 감지하는 것을 확인할 수 있었다.



[그림 3] 실시간 GUI 모니터링 (후진 상황)

5. 향후 연구 및 결론

본 논문에서는 AttenD 2.0으로도 온전히 개선하지 못한 분야에 대해 행동을 분석한 후 버퍼를 이용해 반영하고 특수 상황에 대한 정확한 처리를 위한 추가적인 버퍼의 사용을 제안하였다. 우선 운전자의 행동을 분석하고 이를 버퍼에 반영하여 추가적인 판단의 지표로 사용하였다. 이를 통해 이 시스템은 시선이 올바른 곳을 향하고 있지만 제대로 도로 상황을 주시하지 않고 주의 산만 상태에 있는 경우 행동 분석을 통해 얻은 수치로 더욱 정확한 판단을 기대할 수 있다. 또한, 후면 버퍼 등 기존 알고리즘에 없는 새로운 버퍼를 추가함으로써 판별하기 힘든 특수 상황에 대해 더 정확한 주의 산만 수치 측정을 기대할 수 있다. 향후 연구로는 운전자의 시선, 행동이 아닌 감정과 같은 다른 상태 지표를 추가로 분석하여 주인 산만 수치에 적용하는 시스템을 구현할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 김무섭, 정치운, 손종무, 임지연, 정승은, 정현태, 신형철, "스마트폰 기반 행동인식 기술 동향", *전자통신동향분석*, vol. 33, no. 3, pp. 89-99, 2018.
- [2] 고병철, "비디오기반 행동인식 연구 동향", *전자공학회지*, vol. 44, no. 8, pp. 16-22, 2017.
- [3] L. Yang, K. Dong, A. J. Dmitruk, J. Brighton and Y. Zhao, "A Dual-Cameras-Based Driver Gaze Mapping System With an Application on Non-Driving Activities Monitoring," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 21, no. 10, pp. 4318-4327, 2020.
- [4] A. Rangesh, B. Zhang and M. M. Trivedi, "Driver Gaze Estimation in the Real World: Overcoming the Eyeglass Challenge," *2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pp. 1054-1059, 2020.
- [5] K. Kircher, C. Ahlstrom, Issues related to the driver distraction detection algorithm AttenD, *International Conference on Driver Distraction and Inattention*, pp. 3-6, 2009
- [6] C. Ahlström, G. Georgoulas and K. Kircher, "Towards a Context-Dependent Multi-Buffer Driver Distraction Detection Algorithm," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pp. 1-4, 2021.
- [7] C. Ahlström, G. Georgoulas and K. Kircher, "Towards a Context-Dependent Multi-Buffer Driver Distraction Detection Algorithm," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pp. 2-6, 2021.