

부분 자율주행자동차의 운전자 모니터링 시스템 안전기준 검증을 위한 운전 행동 분석 -1부-

손준우* · 박명옥**

Driving behavior Analysis to Verify the Criteria of a Driver Monitoring System in a Conditional Autonomous Vehicle – Part I –

Joonwoo Son*, Myoungouk Park**

Key Words: *Driver monitoring system*(운전자 모니터링 시스템), *Autonomous driving*(자율주행), *Motor vehicle safety regulations*(자동차 안전 기준), *Blinks*(눈 깜빡임), *Head movements*(머리 움직임)

ABSTRACT

This study aimed to verify the criteria of the driver monitoring systems proposed by UNECE ACSF informal working group and the ministry of land, infrastructure, and transport of South Korea using driving behavior data. In order to verify the criteria, we investigated the safety regulations of driver monitoring systems in a conditional autonomous vehicle and found that the driver monitoring measures were related to eye blinks times, head movements, and eye closed duration. Thus, we took two different experimental data including real-world driving and simulator-based drowsy driving behaviors in previous studies. The real-world driving data were used for analyzing blink times and head movement intervals, and the drowsiness data were used for eye closed duration. In the real-world driving study, 52 drivers drove approximately 11.0 km of rural road (about 20 min), 7.9 km of urban road (about 25 min), and 20.8 km of highway (about 20 min). The results suggested that the appropriate number of blinks during the last 60 seconds was 4 times, and the head movement interval was 35 seconds. The results from drowsy driving data will be presented in another paper – part 2.

1. 서론

교통사고 원인의 상당 부분이 운전자의 실수와 연관되어 있다는 측면⁽¹⁾에서 자율주행자동차는 교통사고 저감 및 안전도 향상에 크게 기여할 것으로 기대를 모으고 있다.⁽²⁾

그러나 운전자 없이 완전 자율 주행이 가능한 차량이 출시되기까지는 상당한 시간이 필요할 것으로 예상되고

있으며, SAE(Society of Automotive Engineers) Level 2, 3 수준⁽³⁾의 부분 자율주행을 중심으로 보급이 확산되고 있다. 이러한 부분 자율주행은 운전자가 차량을 제어하지 않아도 되는 상태(out-of-the-loop)를 일정시간 동안 허용하지만, 위급 상황에서는 운전자가 대처할 수 있도록 상황인지를 유지하는 것(in-the-loop)을 전제하고 있다.⁽⁴⁾

선행연구 결과에 따르면 자동화의 수준이 높아질수록 상황 인지가 떨어지게 되는 “out-of-the-loop” 문제가 발생할 가능성이 높은 것으로 알려져 있다.^(5,6) 또한, 부분 자율주행 상황에서도 운전자가 장시간 자율주행시스

* 대구경북과학기술원, 책임연구원

** 대구경북과학기술원, 전임연구원

E-mail: json@dgist.ac.kr

템을 모니터링 할 경우 상황인지능력이 떨어져 위험한 상황에 처할 수 있다는 연구결과가 보고된 바 있다.⁽⁷⁾

따라서, 자율주행 중 제어권 전환 요구가 발생할 경우, 운전자가 즉시 제어권을 받을 수 있는 상태로 유지시키기 위하여 운전자의 상태를 모니터링하고, 경고를 제공하는 시스템, 즉, 운전자 가용성 인지 시스템(Driver Availability Recognition System)이 필요하다. 이러한 운전자 가용성 인지 시스템은 국내의 안전 기준에 포함되거나 검토되고 있으며, 운전자의 행동(차량조작, 눈 깜박임 횟수, 머리/몸 움직임, 눈감기 시간 등)을 기준으로 가용성을 판단하고 있다.^(8,9)

특히, UNECE ACSF(Automatically Commanded Steering Function) 국제회의에서는 운전자 가용성 판단을 위한 운전자 모니터링 항목은 도출하였으나 적절한 기준치 설정에 대한 논의가 진행되고 있으며,⁽⁸⁾ 우리나라 국토교통부에서는 “자동차 규칙”에 운전자 모니터링 시스템의 성능 기준을 신설하였다.⁽⁹⁾

이에 본 연구에서는 실도로 운전행동 데이터와 졸음운전 시뮬레이터 실험 데이터를 분석하여, UNECE ACSF와 국토교통부에서 제시한 운전자 모니터링 시스템 성능 기준의 적절성을 검증하고자 한다.

본 연구는 상호연관성이 없는 2가지 실험 데이터를 이용하여 각기 다른 항목에 대한 검증을 실시하였기 때문에, 2편의 논문으로 구분하여 제시하고자 한다. 즉, 본 논문(1부)에서는 실도로 운전행동 데이터를 이용하여 눈 깜박임과 머리 움직임에 대한 분석 결과를 제시하고, 2부 논문⁽¹⁰⁾에서는 졸음운전 시뮬레이터 데이터를 이용하여 연속 눈감기에 대한 분석 결과를 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

부분 자율주행자동차의 운전자 모니터링 관련 국내외 안전 기준을 분석하고, 선행 연구에서 수집한 실도로 주행 운전 행동 데이터를 이용하여 안전 기준에서 제시한 시간과 횟수의 적절성을 검증하고자 한다.

2.1. 운전자 모니터링 관련 안전 기준 분석

2.1.1. UNECE ACSF IWG 제안 기준

2019년 7월 UNECE ACSF IWG(Informal Working Group)의 23회 회의에서 운전자 가용성 판단 기준으로 아래와 같이 4가지 항목에 대하여 논의하였다. 즉, 4가지

조건 중 1가지 이상을 충족할 경우 제어권 전환이 가능한 상태로 간주하였다. 그러나, 운전 행동 관찰 시간과 횟수 등에 대한 합의를 이루지는 못하고 있다. 본 논문에서는 아래 4가지 항목 중 2, 3번에 관한 분석을 실시하고자 한다.

- 1) 이전 180초 동안 운전자 전용 차량제어장치 입력이 있는 경우(Input to any driver-exclusive vehicle controls during the last [180]s)
- 2) 이전 60초 동안 운전자 눈 깜박임 최소 3회 또는 4회 이상인 경우(Driver has blinked at least [3/4] times during the last [60]s)
- 3) 이전 30초 또는 35초 동안 운전자의 의도적인 머리 또는 몸 움직임이 있는 경우(Driver shows conscious head or body movements during the last [30/35]s)
- 4) 이전 30초 또는 4초 동안 연속적인 눈감기 없는 경우(The driver did not have his eyes continuously closed for the last [30/4]s)

2.1.2. 부분 자율주행시스템의 안전 기준

우리나라에서는 2020년 9월 시행된 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙(국토교통부령 제577호)의 별표 27 부분 자율주행시스템의 안전기준에서 운전자 모니터링 시스템의 성능 기준을 아래와 같이 신설하였다. 본 논문에서는 아래 3가지 항목 중 2번에 관한 분석을 실시하고자 한다.

- 1) 이전 30초 동안 운전자가 운전자전용 자동차제어장치를 조작한 경우
- 2) 이전 35초 동안 운전자가 의도적으로 머리 또는 몸을 움직인 경우
- 3) 이전 4초 동안 운전자가 연속적으로 눈을 감지 않은 경우

2.1.3. 운전자 모니터링 시스템 안전 기준 검증 대상

본 논문에서는 레벨 3 자율주행차량의 운전자 모니터링 시스템 안전 기준으로 논의되고 있는 4가지 항목 중 선행 연구 데이터를 이용하여 시간과 횟수를 객관적으로 검증할 대상으로 “이전 30초 또는 35초 동안 운전자가 의도적으로 머리 또는 몸을 움직인 경우”와 “이전 60초 동안 운전자 눈 깜박임 최소 3회 또는 4회 이상인 경우”

를 선정하였다.

또한, 2부 논문에서 졸음운전 감지에 해당하는 연속적인 눈감기에 관한 내용을 다루고자 한다.

2.2. 기준 검증을 위한 데이터 수집

본 논문은 선행연구에서 취득한 실도로 주행 데이터를 사용하였으며, 아래와 같은 방법으로 실험을 수행하였다.⁽¹¹⁾

2.2.1. 피험자

연령과 성별에 따른 운전 행동 차이를 고려하여, Table 1과 같이 총 52명의 피험자를 모집하여 실험을 실시하였다.

Table 1 Participants

	Younger (20-39)		Older (over 60s)	
	Male	Female	Male	Female
Number	13	13	13	13
Age*	27.54 (2.90)	30.46 (3.10)	60.69 (1.89)	57.08 (2.06)

*Mean (S.D.)

2.2.2. 주행 도로

선행 연구에서 수행된 도로주행 실험은 Table 2와 같이 교외 도로(Rural) 2회, 도심 도로(Urban) 1회, 그리고 고속도로(Highway) 2회의 구간으로 구성되었으며, 총 39.7km의 도로를 약 65분간 주행하였다. 이 중 2회 반복 주행한 교외 도로와 고속도로 주행 데이터는 각 피험자별로 평균을 취하여 운전자 모니터링 데이터를 분석하였다.

Table 2 Driving Roadways

No	Driving section		Duration (time)
	Road type	Distance	
1	Rural	5.5km	10min
2	Urban	7.9km	25min
3	Highway	10.4km	10min
4	Rural	5.5km	10min
5	Highway	10.4km	10min
Total		39.7km	65min

2.2.3. 운전자 모니터링 장치

운전자의 시선과 머리 움직임을 모니터링하기 위하여 상용 시선측정 장치인 FaceLAB 4.6⁽¹²⁾를 사용하였다. 즉, 실차 실험 차량의 대쉬보드 위에 설치된 스테레오 카메라를 이용하여 운전자의 시선정보를 60Hz의 속도로 측정하여 저장하였다. 또한, 카메라 주변에 적외선 조명을 탑재하여 외부 빛이나 그림자의 영향을 최소화하였다.

2.2.4. 실험 절차

실험 절차는 Figure 1과 같이 사전 실험 단계, 본 실험 단계, 사후 실험 단계로 구성되었다. 사전 실험 단계에서는 실험 설명, 동의서 작성 및 사전 설문문을 실시하고, 본 실험 단계에서는 본 실험을 실시하기 전 약 20분간의 연습 주행 시간을 진행하여 차량에 적응한 후 각 도로구간별 주행 실험을 수행하였다. 마지막 단계에서 사후 설문을 실시한 후 실험을 종료하였다. 또한 실험 참가자 고유의 운전 성향을 유지시키기 위하여, 비교적 교통량이 한산한 시간대인 오전 11시경과 오후 3시경에 실험을 진행하였다.

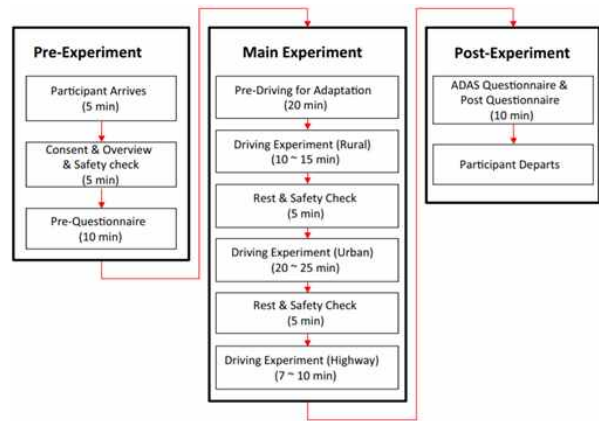


Fig. 1 Experimental Procedure

2.2.5. 통계 분석

눈 깜빡임 횟수와 머리 움직임 간격에 대한 통계적 유의성 분석을 위하여, SPSS Version 26 프로그램을 활용하였으며, 일반 선형 모델의 반복측정 분석을 실시하였다.

2.3. 기준 검증을 위한 데이터 분석 방법

2.3.1. 눈 깜빡임 횟수 분석 방법

“이전 60초 동안 운전자 눈 깜박임 최소 3회 또는 4회 이상인 경우”라는 조건을 검증하기 위하여, 눈 깜빡임을 60초 동안 관찰하여 눈 깜빡임 횟수의 평균, 최소값 및 최대값을 확인하고자 한다.

본 연구를 위하여 시선 측정 장치에서 제공하는 눈 깜빡임(Blinking) 데이터를 사용하였다. Blinking 데이터는 Figure 2에서와 같이 피험자가 눈을 감을 때 1, 눈을 뜨고 있을 때 0으로 표현되므로, Blinking 값이 0에서 1을 거쳐 다시 0으로 변화하는 과정을 눈 깜빡임 1회로 정의하였다. 또한, 눈 깜빡임 주기는 이전 깜빡임 종료 시간(시간 T1)과 이후 눈 깜빡임 종료 시간의 차이로 정의하였다.

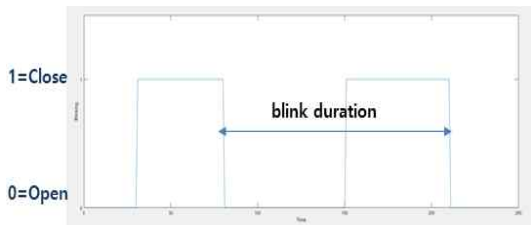


Fig. 2 Definition of blink duration

이와 같이 정의된 눈 깜빡임을 계산하는 데 사용된 Blinking 데이터의 노이즈를 제거하기 위하여, 좌우측 Blink 감지 정확도를 나타내는 컨피던스 레벨(Confidence level)을 이용하였다. 컨피던스 레벨은 0에서 1까지의 값을 가지며, 0.5 이상일 때 눈 깜빡임이 정확하게 인식되었다고 판단하여, 좌우측 눈 중 하나라도 컨피던스 레벨이 0.5 이상인 경우의 데이터만 사용하였다. 또한, 일반적으로 사람의 눈 깜빡임 시간이 100~150ms인 점을 감안하여, Blinking 시간이 100ms 미만이거나, 눈 깜빡임 주기가 1초 미만인 경우는 노이즈로 처리하여 분석 대상에서 제외하였다.

2.3.2. 머리 움직임 간격 분석 방법

“이전 30초 또는 35초 동안 운전자가 의도적으로 머리 또는 몸을 움직인 경우”라는 조건을 검증하기 위하여, 운전자가 한번 머리 회전을 한 후 그 다음 머리를 회전하기까지 걸리는 시간 간격을 확인하고자 한다.

시선 측정 장치에서는 머리 움직임에 대한 좌표축을 Figure 3과 같이 정의하고 있으며, 의도적인 머리 움직임을 분석하기 위하여 Y축 회전량을 이용하였다. 즉, 졸음으로 인한 머리 끄떡임 등 의도가 불명확한 머리 움직임을 배제하고, 사이드 미러 확인 등 의도가 분명한 좌우 회전을 중심으로 분석을 실시하였다. 실제 차량에서 운전자가 사이드 미러를 응시할 때의 머리 각도가 중심으로부터 약 12도 내외로 회전하는 점에 착안하여, 12도 이상의 Y축 회전이 있을 경우를 의도적인 머리 움직임으로 정의하였다. 즉, 머리 회전은 Y축을 기준으로 전방주시 방향으로부터 오른쪽 또는 왼쪽 방향으로 움직이기 시작하여 12도 이상을 회전한 후 다시 전방 주시 방향으로 돌아오는 행동으로 정의하였으며, 머리 회전 주기는 운전자가 1회 회전 후 다음 회전하기까지 걸리는 시간 간격을 초단위로 계산하였다.

위와 같이 정의된 머리 움직임을 계산하기 위하여, 시선 측정 장치에서 머리가 정상적으로 트래킹되고 있는 상태, 즉 TRACK_STATE = 1인 상태의 데이터를 사용하여 노이즈를 제거하였다.

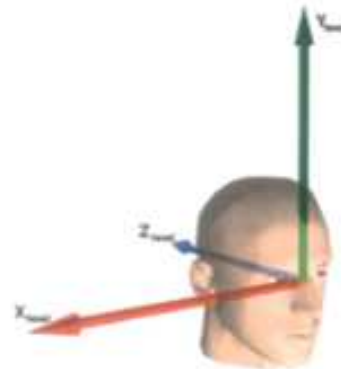


Fig. 3 Head coordinate system

3. 결 과

3.1. 눈 깜빡임 횟수 분석 결과

실제 도로 주행 상황에서의 눈 깜빡임 횟수를 분석한 결과, Table 3과 같이 전체 도로 구간에서 60초 당 평균 19.5회, 최소 5.0회의 눈 깜빡임을 관찰할 수 있었다.

성별, 연령 및 주행도로에 따른 눈 깜빡임의 횟수가 달라지는 경향에 대한 통계적 유의성은 나타나지 않았지만, 여성이 남성보다, 고령 운전자가 젊은 운전자보다 적은 경향을 보였다. 또한 도로 유형에 따른 최소 눈 깜빡임 횟

수는 교외도로 주행에서 가장 낮고, 고속도로에서 높은 경향을 보였다. 이러한, 경향성을 고려한 눈 깜빡임 기준 선정은 4장에서 토의하고자 한다.

Table 3 Descriptive statistics of blinks per 60 seconds

Group		Rural		Urban		Highway		Total	
		Avg.	Min.	Avg.	Min.	Avg.	Min.	Avg.	Min.
Younger	Male	21.3 (5.0)	5.0 (1.6)	22.9 (11.2)	8.0 (13.6)	23.4 (6.4)	7.2 (2.8)	22.5 (1.6)	6.7 (0.9)
	Female	19.4 (3.0)	4.1 (1.3)	17.7 (5.1)	3.3 (1.4)	20.9 (4.6)	5.2 (2.2)	19.3 (1.7)	4.2 (1.0)
Older	Male	18.5 (5.1)	3.8 (1.6)	19.2 (6.3)	4.2 (2.3)	20.6 (5.2)	6.9 (5.1)	19.4 (1.6)	5.0 (0.9)
	Female	17.9 (8.0)	3.9 (2.2)	15.8 (7.6)	3.7 (2.9)	17.6 (8.3)	5.3 (3.8)	17.1 (1.6)	4.3 (0.9)
Total		19.2 (5.6)	4.2 (1.8)	19.0 (8.2)	4.9 (7.2)	20.6 (6.5)	6.2 (3.7)	19.5 (6.9)	5.0 (4.8)

*Mean (S.D.)[times]

3.2. 머리 움직임 간격 분석 결과

주행 중 의도적인 머리 움직임 간격은 Table 4와 같이 평균 18.1초, 최대 55.3초로 나타났다. 반복측정 분산분석을 이용하여 통계 검증을 실시한 결과, 최대 머리 움직임 간격에서는 주행 도로에 대한 주효과(main effect)가 관찰되었으며($F(1.678,67.121)=5.806, p=.007$), 교외도로에서 68.7초로 가장 높고 도심 도로는 42.3초로 가장 낮게 나타났다.

또한, 평균 간격에서는 주행 도로, 성별, 연령 간의 교호작용(interaction)이 관찰되었으며($F(1.678,67.121)=5.150, p=.012$), 고령 남성 운전자가 고속도로를 주행할

Table 4 Descriptive statistics of head rotation interval

Group		Rural		Urban		Highway		Total	
		Avg.	Max.	Avg.	Max.	Avg.	Max.	Avg.	Max.
Younger	Male	14.7 (5.4)	51.6 (38.5)	12.2 (3.1)	43.1 (14.1)	13.9 (7.3)	49.7 (33.0)	13.6 (2.1)	48.1 (6.8)
	Female	30.1 (16.9)	97.3 (59.0)	14.7 (5.7)	43.8 (22.7)	16.8 (9.7)	56.2 (29.6)	15.3 (2.0)	45.4 (6.5)
Older	Male	19.7 (8.2)	53.0 (33.9)	14.1 (5.0)	42.8 (30.6)	12.1 (8.2)	40.3 (32.7)	20.6 (2.0)	65.8 (6.5)
	Female	23.3 (10.2)	72.5 (41.8)	16.4 (4.6)	38.4 (8.8)	31.8 (27.5)	70.9 (53.9)	23.8 (2.3)	60.6 (7.5)
Total		22.0 (12.3)	68.7 (47.2)	14.3 (4.8)	42.3 (20.9)	17.9 (15.8)	53.2 (37.5)	18.1 (12.1)	55.3 (38.6)

*Mean (S.D.)[seconds]

때 12.1초로 가장 낮은 반면, 고령 여성이 고속도로를 주행할 때는 31.8초로 가장 높게 나타났다.

4. 토 의

4.1. 눈 깜빡임 횟수 기준

UNECE ACSF(Automatically Commanded Steering Function) 워킹 그룹에서 논의 중인 “이전 60초 동안 운전자 눈 깜빡임 최소 3회 또는 4회 이상인 경우”라는 조건을 검증하기 위하여 실제로 운전 행동을 분석한 결과, 전체 구간에서 60초당 최소 눈 깜빡임 횟수는 5.0회로 나타났다.

또한, 성별, 연령 및 주행 환경에 따른 눈 깜빡임 횟수가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았기 때문에, 눈 깜빡임 횟수를 이용한 안전 기준은 성별, 연령, 환경에 독립적으로 활용 가능한 지표로 간주할 수 있음을 확인하였다.

그러나, 선행연구에서 눈 깜빡임 간격은 시각적 부하가 높을수록 증가(눈 깜빡임 횟수 감소)하고, 인지부하가 높을수록 감소(눈 깜빡임 횟수 증가)하는 경향을 가진다는 것을 제시한 바가 있으며,⁽¹³⁾ 연령, 성별, 주행 환경이 시각 및 인지 부하에 영향을 미칠 수 있다는 것을 밝힌 바 있다.^(14~16) 따라서, 본 연구 결과에서 관찰된 경향, 즉, 여성이 남성보다, 고령 운전자가 젊은 운전자보다, 교외도로가 고속도로 보다 낮은 눈 깜빡임을 보인다는 것을 고려하여 안전 기준을 설정할 필요가 있다.

본 연구에서 사용된 주행 데이터는 개인별 운전 성향을 관찰하기 위하여 비교적 한산한 교통 상황에서 실험을 수행하였으므로, 전반적으로 인지부하는 높지 않으며, 시각적 부하에 따라 눈 깜빡임 횟수가 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 즉, 곡선로가 많은 교외도로가 가장 시각적 부하가 높으므로 눈 깜빡임 횟수가 가장 낮게 나타났으며, 시각적 부하가 가장 낮은 고속도로에서 가장 높은 눈 깜빡임 횟수가 관찰되었다.

따라서, 시각적 부하가 가장 높은 교외 도로 주행 상황을 고려하여, 이전 60초 동안 눈 깜빡임 최소 4.2회 이상으로 설정할 수 있을 것으로 판단되며, 안전율을 감안하여 최소 4초 이상으로 설정할 것을 제안하고자 한다. 즉, “이전 60초 동안 운전자 눈 깜빡임 최소 4회 이상인 경우”로 정의할 것을 제안하는 바이다.

4.2. 머리 움직임 간격 기준

3.2장에서 도출한 결과를 토대로, UNECE ACSF 워킹 그룹에서 제안한 “이전 30초 또는 35초 동안 운전자의 의도적인 머리 또는 몸 움직임이 있는 경우”와 우리나라 부분 자율주행시스템의 안전 기준에서 제시하고 있는 “이전 35초 동안 운전자의 의도적인 머리 또는 몸 움직임이 있는 경우”에 관하여 토의하고자 한다.

선행 연구에 따르면, 고령 운전자는 목의 유연성이 떨어지면서 운전 중 사이드 미러 확인 등과 같은 행동이 줄어들 것으로 알려져 있으며,⁽¹⁷⁾ 본 연구 결과에서도 동일한 현상을 발견할 수 있었다. 젊은 남성과 여성의 경우 평균 13.6초와 15.3초 간격으로 머리를 움직인 반면, 고령의 남녀 운전자는 20.6초와 23.8초 간격으로 나타났다. 즉, 고령 운전자는 젊은 운전자에 비하여 약 65% 이상 증가한 간격으로 운전 중 의도적인 머리 움직임을 보였다.

뿐만 아니라, 연령, 성별과 주행 환경에 따른 교호작용이 통계적 유의성을 가지므로, 성별과 주행 환경을 고려하여 기준을 정의할 필요가 있다.

Table 4에 따르면, 평균 머리 움직임 간격은 고령 여성 운전자가 고속도로 주행 상황일 때 31.8초로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 젊은 여성 운전자가 교외 도로를 주행할 때 30.1초로 나타났다. 또한, 최대 머리 움직임 간격은 고령 여성 운전자가 도심 도로를 주행할 때 38.4초로 가장 낮게 나타났다.

일반적으로, 자동차 안전 경고가 지나치게 자주 발생할 경우, 사용자의 수용성(User Acceptance)이 낮아지게 되어, 경고를 무시하거나 시스템을 사용하지 않는 문제가 발생할 수 있으므로, 적절한 수준의 경고 기준을 설정할 필요가 있다.^(11,14) 즉, 특정 주행 상황과 운전자 그룹별 성향으로 고려하여 가장 긴 평균 머리 움직임 간격보다는 높고, 가장 짧은 최대 머리 움직임 간격보다는 낮게 설정하는 것을 고려할 수 있다.

상기 조건에 해당하는 평균 31.8초(고령, 여성, 고속도로 주행)와 최대 38.4초(고령, 여성, 도심도로 주행)를 기준으로 머리 움직임 간격의 평균을 구하면 35.1초로 우리나라 안전 기준에서 정의한 “이전 35초 동안 운전자의 의도적인 머리 또는 몸 움직임이 있는 경우”가 적합한 지표임을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 실도로 주행 데이터를 이용하여 UNECE

ACSF와 국토교통부에서 제시한 운전자 모니터링 시스템 성능 기준의 적절성을 검증하였다. 본 연구의 결과를 요약하면, 다음과 같다.

- 1) UNECE ACSF의 “이전 60초 동안 운전자 눈 깜박임 최소 3회 또는 4회 이상인 경우”에서 눈 깜박임 횟수는 4회로 정의하는 것이 적절한 것으로 확인하였다.
- 2) UNECE ACSF에서 논의되고 있는 기준인 “이전 30초 또는 35초 동안 운전자의 의도적인 머리 또는 몸 움직임이 있는 경우”와 우리나라 자동차 규칙에서 정의한 “이전 35초 동안 운전자의 의도적인 머리 또는 몸 움직임이 있는 경우”에서 머리 움직임 간격은 우리나라 기준인 35초로 정의하는 것이 적절함을 확인하였다.

다만, 본 연구에서는 사용한 실도로 주행 데이터는 수동 운전 상태의 운전자를 대상으로 분석한 결과이므로, 향후 자율 주행 중인 운전자의 행동 데이터를 분석하여 보완할 필요가 있다. 그러나, 다양한 환경에서 수집된 자율주행 운전행동 데이터가 아직 부족한 상황임을 감안할 때, 수동 운전 데이터를 이용하여 운전자 모니터링 시스템에 대한 객관적인 기준을 제시한 것은 의미 있는 연구 결과라 할 수 있다.

후 기

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업의 연구비 지원(과제번호 20TLRP-B131486-04)에 의해 수행되었다.

참고문헌

- (1) Dingus, T. A., Klauer, S. G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J., et al., 2006, The 100-car naturalistic driving study, Phase II-Results of the 100-car field experiment (Report No. HS-810 593). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- (2) Kuehn, M., Hummel, T., Bende, J., 2009, “Benefit estimation of Advanced Driver Assistance Systems for cars derived from real-life accidents”, In 21st International Technical Conference on the

- Enhanced Safety of Vehicles (EVS), Vol. 15.
- (3) SAE International, 2018, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-road Motor Vehicles", Standard No. J3016.
 - (4) Lu, Z., Happee, R., Cabral, C. D., Kyriakidis, M., de Winter, J. C., 2016, "Human factors of transitions in automated driving: A general framework and literature survey", *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, Vol. 43, pp. 183~198.
 - (5) Endsley, M. R., Kiris, E. O., 1995, "The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation", *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol. 37, No. 2, pp. 381~394.
 - (6) Son, J., Park, M., 2017, "Situation awareness and transitions in highly automated driving a framework and mini-review". *J Ergonomics* Vol. 7, No. 212.
 - (7) Casner, S. M., Hutchins, E. L., Norman, D., 2016, "The challenges of partially automated driving". *Communications of the ACM*, Vol. 59, No. 5, pp. 70~77.
 - (8) UNECE, Transport-Vehicle Regulations, Automatically Commanded Steering Function (ACSF), Retrieved from <https://wiki.unece.org/display/trans/ACSF+23rd+session>.
 - (9) 국토교통부, 2020, 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙-별표27 부분 자율주행시스템의 안전기준, Retrieved from <https://www.law.go.kr/법령/자동차및자동차부품의성능과기준에관한규칙>.
 - (10) 박명옥, 손준우, 2021, "부분 자율주행자동차의 운전자 모니터링 시스템 안전기준 검증을 위한 실도로 운전 행동 분석 -2부-", *자동차안전학회지*, In press.
 - (11) Son, J., Park, M., Park, B. B., 2015, "The effect of age, gender and roadway environment on the acceptance and effectiveness of Advanced Driver Assistance Systems", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 31, pp. 12~24.
 - (12) Seeing Machines, 2008, *FaceLAB4 User Manual*, Canberra, Australia.
 - (13) Veltman, J. A., Gaillard, A. W. K., 1998, "Physiological workload reactions to increasing levels of task difficulty", *Ergonomics*, Vol. 41, No. 5, pp. 656~669.
 - (14) Son, J., Lee, Y., Kim, M. H., 2011, "Impact of traffic environment and cognitive workload on older drivers' behavior in simulated driving", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, Vol. 12, No. 1, pp. 135~141.
 - (15) Son, J., Park, M., 2013, "The Impact of Cognitive Workload on Driving Performance and Visual Attention in Younger and Older Drivers", *The Korea Society of Automotive Engineers*, Vol. 21, No. 4, pp. 62~69.
 - (16) Son, J., Park, M., 2021, "The Effects of Distraction Type and Difficulty On Older Drivers' Performance and Behaviour: Visual vs. Cognitive", *International Journal of Automotive Technology*, In press.
 - (17) Son, J., Park, M., 2020, "Chapter 6. Intelligent Vehicles and Older drivers", In Olaverri-Monreal, C., García-Fernández, F., and Rossetti, R.J.F. (Eds.), *Human Factors in Intelligent Vehicles*, River Publishers.