Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 31, No. 2 pp.371-377, April 2012 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2012.31.2.371

Effect of Driver's Cognitive Distraction on Driver's Physiological State and Driving Performance

Jun-Hoe Kim, Woon-Sung Lee

Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul, 136-702

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to investigate effect of driver's cognitive distraction on driver's physiological state and driving performance, and then to determine parameters appropriate for detecting the cognitive distraction. **Background:** Driver distraction is a major cause of traffic accidents and poses a serious threat to traffic safety due to ever increasing use of in-vehicle information systems and mobile phones during driving. Cognitive distraction, among four different types of distractions, prevents a driver from processing traffic information correctly and adapting to change in surround vehicle behavior in time. However, the cognitive distraction is more difficult to detect because it normally does not involve significant change in driver behavior. **Method:** A full-scale driving simulator was used to create virtual driving environment and situations. Participants in the experiment drove the driving simulator in three different conditions: attentive driving with no secondary task, driving and conducting secondary task of adding numbers, and driving and conducting secondary task of conversing with an experimenter. Parameters related with driver's physiological state and driving performance were measured and analyzed for their change. **Results:** The experiment results show that driver's cognitive distraction, induced by secondary task of addition and conversation during driving, increased driver's cognitive workload, and indeed brought change in driver's physiological state and degraded driving performance. **Conclusion:** The galvanic skin response, pupil size, steering reversal rate, and driver reaction time are shown to be statistically significant for detecting cognitive distraction. The appropriate combination of these parameters will be used to detect the cognitive distraction and estimate risk of traffic accidents in real-time for a driver distraction warning system.

Keywords: Cognitive distraction, Physiological state, Driving performance, Driving simulator

1. Introduction

운전자 요인(human factor)이 교통사고의 주요 원인이라고 널리 알려져 있다(Treat et al., 1977). 그 중에서도 운전자의 주의분산은, 안전운전에 영향을 미칠 수 있는 차내 정보시스템, 휴대폰과 같은 기기의 운전 중 사용이 급증함에 따라 교통사고의 주된 원인으로서 그 심각성을 더해가고 있다. 100-Car Naturalistic Driving Study(Dingus et al., 2006)는 전체 충돌사고의 78%가 운전자의 부주의로 인해 발생했는 데, 그 중 43%가 운전 중 부차적 과제의 수행과 관련된 주의분산에 의해 발생했다고 밝힌 바 있다.

주의분산은 "운전자의 주의가 안전운전에 필수적인 행위로부터 방해되는 행위로 전환되어 짐"이라고 정의될 수 있다(Lee et al., 2009). 이러한 주의분산은 분산을 유도하는 방식에 따라 시각적, 청각적, 인지적, 그리고 물리적 주의분산으로 분류된다. 이 중에서 시각적 및 인지적 주의분산은 차선의 유지 능력을 저하시키고, 갑작스럽게 조향휠을 돌리

Corresponding Author: Woon-Sung Lee. Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul, 136-702.
Phone: 02-910-4712, E-mail: wslee@kookmin.ac.kr
Copyright@2012 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.
ⓒThis is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

는 빈도를 높이며, 사고위험에 대한 반응을 늦어지게 하는 등 운전자의 운전능력에 보다 더 큰 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Yekhshatyan, 2010).

시각적 주의분산은 운전자가 전방을 주시하지 않음으로써(Eye-off-road) 발생한다. 이는 운전자의 머리와 눈동자가 향하는 방향, 전방으로부터 벗어나는 빈도, 시간 등을 측정하여 비교적 용이하게 감지할 수 있다(Ahlström and Kircher, 2010; Zhang et al., 2008; Donmez et al., 2007).

반면에 인지적 주의분산은 운전자가 운전과 직접 관련이 없는 것들에 주의를 기울임으로써(Mind-off-road) 발생한다. 시각적 주의분산과 달리, 이는 운전자 행동의 변화를 크게 수반하지 않아 정확하게 감지하기가 어렵다(Zhang et al., 2004). 인지적 주의분산을 감지하기 위하여 운전자의 주의와 밀접한 관련이 있다고 알려진 눈의 움직임이 주로 이용되었는 데, 눈과 입의 움직임(Azman et al., 2010), 눈과 머리의 움직임, 동공크기, 심박율(Miyaji et al., 2010), 눈의 고정, 빠른 움직임, 완만한 추적(Liang, 2009) 등이 이용되었다.

이와 같이 운전자의 생리 상태는 운전자의 인지적 주의분산을 감지하는데 효과적으로 이용될 수 있다. 그러나 운전자의 생리 상태 변화를 이용하여 교통사고 위험성을 직접적으로 예측하는 데는 한계가 있다. 반면에 운전자의 운전 능력은 교통사고 위험성을 직접적으로 예측하는 데 효과적으로 이용될 수 있다. 그러나 운전 능력에 영향을 미치는 다양한 요인을 고려할 때 운전 능력의 변화만으로 인지적 주의분산을 감지하는 데는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 운전자의 인지적 주의분산을 효과적으로 감지하기 위하여 생리 상태와 운전 능력의 변화를 동시에 고려하였다. 본 연구에서는 운전 중 운전자에게 부차과제를 수행하게 하여 인지적 주의분산을 유도하고, 이 분산이 운전자의 생리 상태 및 운전 능력에 미치는 영향을 종합적으로 분석하고자 하였다. 또한 운전자의 성별에 따른 주의분산 영향의 차이를 살펴보고자 하였다. 이러한 변수들을 이용하여 인지적 주의분산을 검출하고, 이로 인한 교통사고 위험성을 예측하여 운전자에게 경고하는 시스템을 개발하는 것이 본 연구의 궁극적인 목표이다.

2. Method

2.1 Participants

국민대학교에 재학 중인 학생 40명(남: 24명, 여: 16명)이 본 실험에 참가하였으며, 이들의 평균 연령은 25.1세(남: 25.5세, 여: 24.5세)였다. 이들은 모두 평소에 운전을 하고 있으며, 남성참가자들의 경우 2년 이상(평균: 4년 2개월)의 운전 경력을, 여성참가자들의 경우 1년 이상(평균: 1년 8개월)의 운전 경력을 가지고 있다.

2.2 Apparatus

가상의 주행 환경과 상황을 구현하기 위하여 본 실험에서 사용된 국민대학교 차량 시뮬레이터 KMU DS-5가 Figure 1에 보인다. 이 시뮬레이터는 전방 3채널과 후방 1채널의 영사시스템을 갖추어 130×40도, 60×40도의 넓은 시야범위와 현실감 높은 그래픽 이미지를 제공하고, 롤, 피치, 히브의 3자유도 운동을 생성하는 운동시스템을 갖추어 현실감 높은 차량의 거동을 운전자에게 피드백한다. 또한 중앙집중식 모니터링시스템을 갖추어 차량의 거동과 운전자의 상태를 실시간으로 모니터링하고 저장할 수 있다. 이 시뮬레이터는 첨단 운전자지원시스템 및 각종 차내 정보시스템의 개발, 운전자 인자의 연구 등에 폭넓게 활용되고 있다.

Figure 1. Kookmin University driving simulator KMU DS-5

운전자의 생리신호를 측정하고 분석하기 위하여 미국 BIOPAC사의 MP100시스템을 사용하였다. 데이터 취득 및 분석에는 Acqknowledge 3.7을 사용하였다. 또한 운전자의 동공크기를 측정하기 위하여 호주 Seeing Machines사에서 개발한 머리 및 시선추적 장비인 faceLAB을 사용하였다.

2.3 Design and procedure

가상주행 환경은 운전 중 도로 상황이나 주변차량이 운전자의 인지부하에 미치는 영향을 고려하여, 교통량이 많지 않은 편도 4차선의 고속도로로 구성하였다. 실험참가자는 이 고속도로에서 원래의 차선을 유지하면서 100km/h의 속도로 선행차량을 추종하며 운전하게 된다. 선행차량과 호스트차량과의 거리는 50m가 유지되도록 선행차량의 속도를 조절하였다.

주행시나리오는 3가지로 구성된다. 첫 번째 시나리오는 실

험참가자에게 부차과제를 부여하지 않고 주의분산 없이 집중해서 운전하는 상황이다. 두 번째 시나리오는 실험참가자의 생리신호가 안정되는 약 3분 후부터, 0에서 시작해서 17씩 더해가는 연산과제를 실험참가자가 수행하도록 하여 인지적 주의분산을 유도하는 상황이다. 세 번째 시나리오는 실험참가자의 생리신호가 안정된 후, 실험진행자가 단어를 말하면 실험참가자가 그 때까지 누적된 단어를 모두 말하는 식의 단어 주고받기 대화를 함으로써 인지적 주의분산을 유도하는 상황이다. 여기서 연산과 대화 두 종류의 부차과제를 이용한 이유는 인지적 주의분산을 보다 확실하게 유도하기 위함이며, 분산 종류의 차이를 보고자 함은 아니다. 추가적으로 각 시나리오에서 과제 수행 중 선행차량이 급정거하는 돌발상황을 무작위적으로 구현하였다.

실험은 차량 시뮬레이터에 적응하도록 하는 연습주행, 3분간의 휴식, 각 주행시나리오에 의한 주행 순으로 진행되었다. 주행시나리오에 의한 주행순서는 실험참가자 별로 다르게 결정하여 균형을 이루도록 하였다.

2.4 Measured variables

운전자가 운전을 하면서 부차과제를 수행하게 되면 운전자의 인지부하가 상승하게 된다. 이는 긴장 혹은 스트레스의 형태로 운전자의 교감신경계를 활성화하게 되는데, 이러한 운전자의 생리 변화는 운전 능력에 영향을 미치게 된다. 이러한 관계를 바탕으로 인지부하가 상승함에 따라 변화하는 운전자의 생리와 운전 능력에 관련된 변수를 선행연구를 통하여 다음과 같이 선정하고 측정하였다.

생리신호로서는 맥박변이도를 나타내는 Pulse to Pulse Interval(PPI) (Shamir et al., 1999), 피부의 전기적 저항을 나타내는 피부전도도(Galvanic Skin Response) (Conesa et al., 1995), 그리고 좌우 동공의 크기(Miyaji et al., 2010)를 선정하였다.

운전 능력을 나타내는 변수로서는 차량속도 및 가속도의 표준편차(Mehler et al., 2009), 조향휠 조작횟수(Steering reversal rate), 차선 내 차량위치(Lateral offset)의 표준편차(Ranney et al., 2005)를 선정하였다. 또한 선행차량이 급정거하는 돌발상황에서의 운전자 반응시간을 포함하였다.

3. Results

3.1 Physiological state

실험참가자가 부차과제 없이 집중해서 운전하는 상황과 덧셈 부차과제를 수행하며 운전하는 상황에서의 생리신호의 차이를 보기 위하여, 각 시나리오에서 돌발상황이 발생하기 전 1분 동안의 생리신호의 평균값을 Table 1에 비교하였다. 운전자가 부차과제를 수행함으로써 인지부하가 증가되는 데, 실험참가자 전체를 대상으로 할 때 이는 PPI의 경우 5.7%의 감소, 피부전도도의 경우 11.5%의 증가, 좌우 동공크기의 경우 각각 11.8%, 12.8%의 증가로 나타났다. 이러한 차이는 t검정 결과 모두 유의하게 나타났다($p < 0.05$).

Table 1. Comparison of driver's physiological state between attentive driving and distracted driving with secondary addition task

Parameter	Driving			Driving + Addition task		
	All	Male	Female	All	Male	Female
PPI (sec)	0.719	0.740	0.686	0.678	0.680	0.675
GSR (μΩ)	7.12	8.07	5.63	7.94	8.63	6.85
Left pupil (mm)	5.60	5.09	6.38	6.26	6.00	6.67
Right pupil (mm)	5.55	5.06	6.32	6.26	6.00	6.67

성별에 따른 차이를 보기 위하여 추가적으로 주의분산 여부와 성별에 대한 이원분산분석을 수행하였다(Table 2). 분석 결과, 좌측 동공크기는 성별과 분산여부에 따라 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 반면 피부전도도와 우측 동공크기는 성별에 의한 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), PPI는 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 2. ANOVA results for gender and distraction on driver's physiological state

Parameter	Source	DF	SS	MS	*F*	*p*
PPI	Gender	1	0.015	0.015	0.730	0.396
	Distraction	1	0.022	0.022	1.083	0.302
	G × D	1	0.010	0.010	0.504	0.480
GSR	Gender	1	76.141	76.141	7.755	0.007
	Distraction	1	13.640	13.640	1.389	0.243
	G × D	1	1.824	1.824	0.186	0.668
Left pupil	Gender	1	16.323	16.323	12.941	0.001
	Distraction	1	6.075	6.075	4.816	0.032
	G × D	1	1.684	1.684	1.335	0.252
Right pupil	Gender	1	16.134	16.134	9.029	0.004
	Distraction	1	7.083	7.083	3.964	0.051
	G × D	1	1.487	1.487	0.832	0.365

이번에는 실험참가자가 대화 부차과제를 수행하며 운전하는 상황과 집중운전 상황에서의 생리신호의 차이를 Table 3에 비교하였다. 여기서도 실험참가자 전체를 대상으로 할 때, 인지적 주의분산으로 인하여 PPI의 경우 5.3%의 감소, 피부전도도의 경우 9.7%의 증가, 좌우 동공크기의 경우 각각 12.5%, 13.2%의 증가 효과를 가져왔다. 이러한 차이는 t검정 결과 모두 유의하게 나타났다($p < 0.05$).

Table 3. Comparison of driver's physiological state between attentive driving and distracted driving with secondary conversation task

Parameter	Driving			Driving + Conversation task		
	All	Male	Female	All	Male	Female
PPI (sec)	0.719	0.740	0.686	0.681	0.694	0.660
GSR (μΩ)	7.12	8.07	5.63	7.81	8.57	6.62
Left pupil (mm)	5.60	5.09	6.38	6.30	6.06	6.68
Right pupil (mm)	5.55	5.06	6.32	6.28	6.03	6.67

성별에 따른 차이를 보기 위하여 추가적으로 주의분산 여부와 성별에 대한 이원분산분석을 수행하였다(Table 4). 분석 결과, 좌측 동공크기는 성별과 분산여부에 따라 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 반면 피부전도도와 우측 동공크기는 성별에 의한 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), PPI는 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 4. ANOVA results for gender and distraction on driver's physiological state

Parameter	Source	DF	SS	MS	*F*	*p*
PPI	Gender	1	0.033	0.033	1.583	0.213
	Distraction	1	0.023	0.023	1.080	0.302
	G × D	1	0.002	0.002	0.081	0.777
GSR	Gender	1	82.235	82.235	8.945	0.004
	Distraction	1	9.440	9.440	1.027	0.314
	G × D	1	1.016	1.016	0.111	0.741
Left pupil	Gender	1	15.464	15.464	12.434	0.001
	Distraction	1	6.817	6.817	5.481	0.022
	G × D	1	1.975	1.975	1.588	0.212
Right pupil	Gender	1	15.482	15.482	7.922	0.006
	Distraction	1	7.462	7.462	3.818	0.055
	G × D	1	1.694	1.694	0.867	0.355

3.2 Driving performance

운전자의 운전 능력과 관련하여, 실험참가자가 부차과제 없이 집중해서 운전하는 상황과 덧셈 부차과제를 수행하며 운전하는 상황에서의 차이를 Table 5에 비교하였다. 운전자가 부차과제를 수행함으로써 인지부하가 증가되는데, 실험참가자 전체를 대상으로 할 때 이는 차량속도 표준편차의 경우 31.9%의 증가, 차량가속도 표준편차의 경우 4.5%의 증가, 조향휠 조작횟수의 경우 39.0%의 증가, 차선 내 차량위치 표준편차의 경우 4.9%의 감소, 돌발상황에 대한 반응시간의 경우 9.3%의 증가로 나타났다. t검정 결과속도 표준편차, 조향휠 조작횟수와 반응시간의 차이가 유의하게 나타났다($p < 0.05$).

Table 5. Comparison of driver's driving performance between attentive driving and distracted driving with secondary addition task

Parameter	Driving			Driving + Addition task		
	All	Male	Female	All	Male	Female
Velocity SD(m/sec)	1.12	0.95	1.39	1.48	1.43	1.57
Acceleration SD(m/sec^2)	0.198	0.180	0.226	0.207	0.187	0.240
Steering reversal rate (times/min)	54.33	64.27	38.71	75.50	82.27	64.86
Lateral offset SD(m)	0.307	0.288	0.339	0.292	0.265	0.333
Response time(sec)	2.16	1.99	2.44	2.36	2.18	2.64

성별에 따른 차이를 보기 위하여 추가적으로 주의분산 여부와 성별에 대한 이원분산분석을 수행하였다(Table 6). 분석 결과, 조향휠 조작횟수와 반응시간은 성별과 분산여부에 따라 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 반면에 속도 표준편차는 분산여부에 따른 차이가 유의했고, 차선 내 차량위치의 표준편차는 성별에 따른 차이가 유의했다($p < 0.05$). 가속도 표준편차는 유의한 차이를 보이지 않았다.

이번에는 실험참가자가 대화 부차과제를 수행하며 운전하는 상황과 집중운전 상황에서의 차이를 Table 7에 비교하였다. 여기서도 실험참가자 전체를 대상으로 할 때 차량속도 표준편차의 경우 41.6%의 증가, 가속도 표준편차의 경우 36.4%의 증가, 조향휠 조작횟수의 경우 41.6%의 증가, 차선 내 차량위치 표준편차의 경우 18.2%의 감소, 반응시간의 경우 9.7%의 증가로 나타났다. t검정 결과 속도 표준편차, 조향휠 조작횟수, 차선 내 차량위치 표준편차와 반응시간의

차이가 유의하게 나타났다($p < 0.05$).

Table 6. ANOVA results for gender and distraction on driver's driving performance

Parameter	Source	DF	SS	MS	*F*	*P*
Velocity SD	Gender	1	1.405	1.405	3.227	0.077
	Distraction	1	1.820	1.820	4.178	0.045
	G × D	1	0.372	0.372	0.855	0.358
Acceleration SD	Gender	1	0.042	0.042	1.207	0.276
	Distraction	1	0.002	0.002	0.055	0.815
	G × D	1	0.000	0.000	0.008	0.930
Steering Reversal rate	Gender	1	7900.058	7900.058	11.488	0.001
	Distraction	1	8335.643	8335.643	12.122	0.001
	G × D	1	283.643	283.643	0.412	0.523
Lateral offset SD	Gender	1	0.060	0.060	4.683	0.034
	Distraction	1	0.003	0.003	0.261	0.611
	G × D	1	0.001	0.001	0.091	0.763
Response time	Gender	1	3.524	3.524	23.198	0.000
	Distraction	1	0.648	0.648	4.266	0.043
	G × D	1	5.260E-05	5.260E-05	0.000	0.985

Table 7. Comparison of driver's driving performance between attentive driving and distracted driving with secondary conversation task

Parameter	Driving			Driving + Conversation task		
	All	Male	Femal	All	Male	Femal
Velocity SD(m/sec)	1.12	0.95	1.39	1.59	1.28	2.08
Acceleration SD(m/sec^2)	0.198	0.180	0.226	0.270	0.212	0.361
Steering reversal rate (times/min)	54.33	64.27	38.71	76.92	88.55	58.64
Lateral offset SD(m)	0.307	0.288	0.339	0.251	0.231	0.283
Response time(sec)	2.16	1.99	2.44	2.37	2.19	2.66

성별에 따른 차이를 보기 위하여 추가적으로 주의분산 여부와 성별에 대한 이원분산분석을 수행하였다(Table 8). 분석 결과, 차량속도 표준편차, 조향휠 조작횟수, 차선 내 차량 위치 표준편차, 반응시간 모두 성별과 분산여부에 따라 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 반면에 차량가속도 표준편차는 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 8. ANOVA results for gender and distraction on driver's driving performance

Parameter	Source	DF	SS	MS	*F*	*p*
Velocity SD	Gender	1	6.464	6.464	9.916	0.002
	Distraction	1	4.401	4.401	6.752	0.011
	G × D	1	0.558	0.558	0.855	0.358
Acceleration SD	Gender	1	0.162	0.162	3.380	0.070
	Distraction	1	0.120	0.120	2.503	0.118
	G × D	1	0.046	0.046	0.960	0.331
Steering reversal rate	Gender	1	13158.131	13158.131	19.013	0.000
	Distraction	1	8357.729	8357.729	12.077	0.001
	G × D	1	80.729	80.729	0.117	0.734
Lateral offset SD	Gender	1	0.046	0.046	4.368	0.040
	Distraction	1	0.054	0.054	5.143	0.027
	G × D	1	5.213E-06	5.213E-06	0.000	0.982
Response time	Gender	1	3.669	3.669	22.882	0.000
	Distraction	1	0.737	0.737	4.594	0.036
	G × D	1	0.001	0.001	0.006	0.938

4. Discussion

본 실험 결과, 운전 중 인지적 주의분산을 유도하는 연산, 대화 등의 부차과제의 수행은 운전자의 인지부하를 증가시키는 데, 이는 운전자의 생리 변화를 가져오고, 운전 능력에 영향을 미치는 것으로 판명되었다.

운전자의 생리 변화를 구체적으로 살펴 보면, 맥박변이도를 나타내는 PPI는 부차과제의 수행 중 감소하였는데, 이는 선행연구(Shamir et al., 1999)와 일치한다. 또한 Conesa et al.(1995)는 인지부하의 증가로 인해 피부전도도가 증가한다고 보고했는데, 본 실험에서도 피부전도도가 증가함을 확인하였다. 동공크기는 좌우 모두 본 실험에서 증가하였는데, 선행연구(Miyaji et al., 2010)에서도 동일한 경향이 보고된 바 있다. 더불어 피부전도도와 동공크기는 운전자의 성별에 따른 차이를 보였다.

운전 수행 능력의 저하를 구체적으로 살펴 보면, 선행연구(Mehler et al., 2009)와 비슷하게 본 실험에서도 차량속도와 가속도의 표준편차가 증가하였는데, 이는 운전자의 차량의 종방향 거동 제어 능력이 저하됨을 의미한다. 또한 조향휠 조작횟수도 선행연구(Ranney et al., 2005)와 동일한 경향을 보이며 증가하였는 데, 이는 운전자가 차량의 차선 내 위치를 유지하기 위하여 더 많은 노력을 기울여야 했음을 의미한다. 돌발상황에 대한 운전자의 반응시간 또한 본 실

험에서 증가하였는데, 이는 운전자의 운전 수행 능력이 저하됨을 대표적으로 보인다. 여러 선행연구(Liang et al., 2007; Yoshitsugu et al., 2003)도 일치된 결과를 보고하였다. 더불어 조향휠 조작횟수와 반응시간은 성별에 따른 차이를 보였다.

이러한 실험 결과를 종합하면, 피부전도도, 동공크기, 조향휠 조작횟수, 속도 표준편차, 차선 내 차량위치 표준편차 그리고 반응시간이 운전자의 인지적 주의분산을 검출하는 데 효과적으로 적용될 수 있는 변수라고 결론을 내릴 수 있다. 또한 피부전도도, 동공크기, 조향휠 조작횟수, 반응시간은 성별에 따른 차이를 보였다.

실험에 참가한 남녀 운전자들의 운전 경력 차이가 연구 결과에 미칠 수 있는 영향을 최소화하기 위하여 다양한 방안을 강구하였다. 가상주행 고속도로는 주로 직선구간과 완만한 곡선구간으로 구성하였으며 주변 교통량도 많지 않게 조절하여, 운전 경력이 비교적 짧은 운전자도 어려움이 전혀 없이 운전할 수 있도록 하였다. 또한 실험참가자들이 차량 시뮬레이터에 익숙해질 수 있도록 본 실험 전에 연습운전을 충분히 하도록 하였다. 이러한 대책에도 불구하고 운전 경력의 차이로 인해 있을 수 있는 영향을 조사하였다. 남녀 각 그룹을 운전 경력이 긴 그룹과 짧은 그룹으로 나누어 비교한 결과, 측정된 생리신호와 운전 능력 변수 값의 차이는 크지 않았다. 또한 여성운전자들과 비슷한 운전 경력을 가진 남성 운전자들은 2명에 불과해 두 그룹을 직접 비교할 수는 없었지만, 이 그룹에 속한 샘플 남녀 운전자의 측정변수들을 비교한 결과, 전체그룹을 대상으로 얻은 결과에서 크게 벗어나지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 운전 경력의 차이가 성별에 따른 차이의 유의성에 크게 영향을 미치지 않았다고 판단된다.

본 연구의 최종 목적은 운전자의 인지적 주의분산을 감지하고, 이에 따른 사고 위험성을 예측하여 운전자에게 적절하게 경고하는 시스템을 개발하는데 있다. 차량 시뮬레이터 실험을 통해 분석한 변수 중 차량속도, 조향휠 조작횟수, 차선 내 차량위치, 반응시간 등이 사고 위험성을 추정할 수 있는 변수들인데, 이 중에서 운전자의 반응시간이 사고 위험성을 직접적으로 추정하는데 가장 효과적인 변수라고 판단되었다. 본 연구에서 운전자의 인지적 주의분산의 감지에 효과적이라고 판명된 피부전도도, 동공크기, 속도, 차선 내 차량위치, 조향휠 조작횟수 등의 생리신호와 운전 능력 변수들을 적절하게 조합하여 인지적 주의분산에 따른 반응시간의 증가 정도를 예측할 수 있을 것이다. 이러한 반응시간의 증가 정도를 이용하여 교통사고 위험성을 예측하고, 운전자에게 실시간으로 이를 경고한다면 운전자의 주의분산으로 인한 사고를 줄이는 데 크게 기여할 것이다. 나아가 안전운전에 방해되는 행위를 하지 않도록 운전자의 주의분산에 적극적으로 대처함으로써 교통안전에 기여할 것으로 기대된다.

References

Ahlström, C. and Kircher, K., "Review of real-time visual driver distraction detection algorithms", *Proceedings of the 7th International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research*, 2010.

Azman, A., Meng, Q. and Edirisinghe, E., "Non intrusive physiologic almeasurement for driver cognitive distraction detection: Eye and mouth movements", *2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering*, 3(pp 595-599), 2010.

Conesa, J., Electrodermal palmar asymmetry and nostril dominance, *Perceptual and Motor Skills*, 80(1), 211-216, 1995.

Dingus, T. A., Klauer, S. G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J., Perez, M. A., Hankey, J., Ramsey, D., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z. R., Jermeland, J. and Knipling, R. R., The 100-Car Naturalistic Driving Study, Phase II - Results of the 100-Car Field Experiment, DOT HS 810 593, *USDOT*, 2006.

Donmez, B., Boyle, L. N. and Lee, J. D., Safety implications of providing real-time feedback to distracted drivers, *Accident Analysis & Prevention*, 39(3), 581-590, 2007.

D'Orazioa, T., Leoa, M., Guaragnella, C. and Distante, A., A Visual Approach for Driver Inattention Detection, *Pattern Recognition*, 40(8), 2341-2355, 2007.

Lee, J. D., Young, K. L. and Regan, M. A., *Defining driver distraction: Theory, Effects, and Mitigation*, CRC Press, 2009.

Liang, Y., Detecting Driver Distraction, Ph.D. Thesis, *University of Iowa*, 2009.

Liang, Y., Reyes, M. L. and Lee, J. D., Real-Time Detection of Driver Cognitive Distraction Using Support Vector Machines, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 8(2), 340-350, 2007.

Macdonald, W. A. and Hoffmann, E. R., Review of Relationships Between Steering Wheel Reversal Rate and Driving Task Demand, *Human Factors*, 22(6), 733-739, 1980.

Mehler, B., Reimer, B., Coughlin, J. F. and Dusek, J. A., Impact of Incremental Increases in Cognitive Workload on Physiological Arousal and Performance in Young Adult Drivers, *Transportation Research Board of the National Academies*, 2138, 6-12, 2009.

Miller, G. A., The Magic Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity to Process Information, *Psychological Review*, 63(2), 81-97, 1956.

Miyaji, M., Kawanaka, H. and Oguri, K., "Effect of Pattern Recognition Features on Detection for Driver's Cognitive Distraction, *2010 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*", (pp 605-610), 2010.

Niedermeyer, E. and Lopes da Silva, F., *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields*, 5th ed., Lipincott Williams & Wilkins, 2005.

Palinko, O., Kun, A. L., Shyrokov, A. and Heeman, P., "Estimating Cognitive Load Using Remote Eye Tracking in a Driving Simulator", *Proceedings of the 2010 symposium on Eye-Tracking Research & Applications*, (pp 141-144), 2010.

Rakauskas, M. E., Gugerty, L. J. and Ward, N. J., Effects of naturalistic cell phone conversations on driving performance, *Journal of Safety Research*, 35(4), 453-464, 2004.

Ranney, T. A., Harbluk, J. L. and Noy, Y. I., Effects of voice technology on test track driving performance: Implications for driver distraction, *Human Factors*, 47(2), 439-454, 2005.

Road Traffic Authority, Traffic accident statistics analysis 2009, *Road Traffic Authority*, 2009.

Rouder, J. N., Morey, R. D., Cowan, N., Zwilling, C. E., Morey, C. C. and Pratte, M. S., An Assessment of Fixed-Capacity Models of Visual Working Memory, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(16), 5975-5979, 2008.

Shamir, M., Eidelman, L. A., Floman, Y., Kaplan, L. and Pizov, R., Pulse Oximetry Plethysmographic Waveform during Changes in Blood Volume, *British Journal of Anaesthesia*, 82(2), 178-181, 1999.

Sheridan, T. B., Driver Distraction From a Control Theory Perspective, *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 46(4), 587-599, 2004.

Su, M. C., Hsiung C. Y. and Huang, D. Y., "A Simple Approach to Implementing a System for Monitoring Driver Inattention", *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, (pp 429-433), 2006.

Sweller, J., Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning, *Cognitive Science*, 12(2), 257-285, 1988.

Treat, J. R., Tumbas, N. S., McDonald, S. T., Shinar, D. and Hume, R. D., Tri-level study of the causes of traffic accidents, HS-034-3-535-77, *USDOT*, 1977.

Yekhshatyan, L., Detecting distraction and degraded driver performance with visual behavior metrics, Ph.D. Thesis, *University of Iowa*, 2010.

Yoshitsugu, N., Miki, Y., Ito, T. and Matsunaga, M., Study of Driver Distraction Due to Voice Interaction, Paper 2003-01-0127, *SAE* 2003.

Zhang, H., Smith, M. and Dufour, R., A final report of safety vehicles using adaptive Interface Technology (Phase II: Task 7C: Visual Distraction, *USDOT*, 2008.

Author listings

Jun-Hoe Kim: jhkim80@kookmin.ac.kr

Highest degree: BS, Department of Automotive Engineering, Kookmin University

Position title: MS Candidate, Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University

Areas of interest: Driving Simulator application, Automotive Human Factors Engineering

Woon-Sung Lee: wslee@kookmin.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Mechanical Engineering, University of Iowa, USA

Position title: Professor, Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University

Areas of interest: Driving Simulator development and application, Advanced Driver Assistance Systems, Automotive Human Factors Engineering

Date Received : 2011-12-06

Date Revised : 2012-02-07

Date Accepted : 2012-02-13