Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 1 pp.55-59, February 2010

차량시뮬레이터 환경에서 운전 중 주의분산에 따른 생체신호 변화 연구

박성수 · 허 환 · 이운성

국민대학교 자동차공학전문대학원

A Study on Physiological Signal Changes Due to Distraction in Simulated Driving

Sung-Soo Park, Hwan Hu, Woon-Sung Lee

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

ABSTRACT

Driver distraction is a major cause of traffic accidents in Korea. Various measures are being introduced to detect and warn driver distraction. The objective of this research is to investigate changes in driver's physiological signals due to distraction during driving. Driving simulator experiments have been carried out to investigate discrepancy in EEG signals among normal driving, DMB watching during driving, and cellular phone use during driving. Based on the discrepancy, combination of EEG signals have been identfied as candidate variables for detecting driver distraction. Statistical analysis has been carried out to verify their statistical significance.

Keyword: Driver Distraction, Physiological Signal, Driving Simulator

1. 서 론

최근 휴대전화와 내비게이션, PMP, DMB 등의 전자 기기의 발달과 보급이 증가함에 따라 운전 중 기기조작이나 영상시청 등의 행위로 인한 교통사고 발생건수가 해마다 증가하는 추세이다.

운전은 많은 부분에 집중력을 요구하는 행위이다. 따라서 운전 중 주의분산을 야기하는 기기조작이나 영상시청 등은 교통사고의 위험성을 급격히 증가시킨다. 이런 위험성에 따라 최근에는 운전 중 휴대전화 사용과 DMB 시청에 대한 단속이 이루어지고 있으며 운전 중 주의분산에 따른 위험성에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.

운전자의 주의분산을 판단할 수 있는 방법으로는 크게 두 가지가 적용되고 있다. 첫째는, 차량의 거동, 즉 차량의 속도변화나, 감속, 가속페달 등의 변화를 살펴보는 방법이 있다(Strayer, 2004; Liu, 2009). 둘째는, 운전자의 생체신호인 뇌파(EEG)를 살펴보는 방법이 있다. 특히, α, β, θ파, 또는 SMR과 같은 사람의 상태를 판단할 수 있는 뇌파의 변화를 통해 운전자의 생리적, 심리적 상태변화를 측정하여 졸음운전이나 운전자의 긴장상태, 비정상적인 반응 등에 관해 측정하고 적정 운전상태를 분석하거나(김정룡, 2004), 또는, 다양한 생리신호의 변화량을 통한 생체신호의 분석방법, 뇌파 활성도(β/α)에 따른 다양한 패턴변화 분석을 통해 운전자의 심리 · 생리상태를 파악하는 연구(김정룡, 2002) 등도 시도되고 있다.

본 연구에서는 차량시뮬레이터를 이용하여 운전 중 운전자의 다른 행동으로 인해 주의가 분산될 경우 운전자의 생

교신저자: 이운성
주 소: 136-702 서울시 성북구 정릉동 861-1, 전화: 02-910-4712, E-mail: wslee@kookmin.ac.kr

체신호 변화를 생체신호 측정장비를 이용해 판단하고, 운전자의 주의가 분산될 경우 운전자의 집중도가 어떻게 변화하는지를 조사하고자 하였다. 또한 운전집중도를 판단할 수 있는 변수들을 도출하였고, 통계 분석을 통해 유의미성을 검증하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 실험장비

그림 1은 본 연구에서 사용한 국민대학교자동차전문대학원 차량제어실험실에서 개발한 차량시뮬레이터를 보인다. 차량시뮬레이터는 ① 전방 3채널과 후방 1채널의 영사 시스템을 갖추어 130×40도, 60×40도의 넓은 시야 범위와 현실감 높은 그래픽 이미지를 제공하고 ② 롤, 피치, 히브의 3자유도 운동을 생성하는 고응답, 저소음의 전기식 운동 시스템을 갖추어 현실감 높은 차량 거동을 운전자에게 피드백하고 ③ 시선추적장비 및 생체신호 장비를 갖추어 첨단 운전자 지원 시스템, 차량 전자제어, 도로 교통안전 등의 다양한 분야에 응용되고 있다.

그림 1. 차량 시뮬레이터

생체신호 측정을 위한 장비는 Biopac사의 MP100을 사용하였으며, 증폭기는 각 신호에 따라 EEG100C, EMG100C, ECG100C, SKT100C를 사용하였다. 샘플링 주파수는 1 KHz를 사용하였으며, 구동 소프트웨어로는 Biopac사의 Acqkowledge3.7.3을 사용하였다. 그림 2는 실험에 사용된 생체신호 측정장비와 각 증폭기의 모습을 보인다.

2.2 실험참가자

국민대학교 재학생을 대상으로 운전면허증을 소지하고 실제 운전 경험이 있는 20~30대(평균연령 28.3세) 운전자 8명을 선정하여 예비실험을 수행하였다. 본 실험에는 무작위로 선정된 40~60대(평균연령 49.9세) 택시기사 20명이 참가하였다.

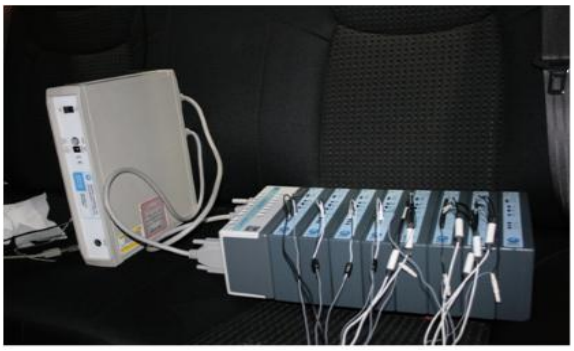

그림 2. 생체신호 측정장비와 증폭기

2.3 실험계획

본 실험에서는 운전자의 주의를 분산시키기 위한 방법으로 운전 중 영상을 시청하게 하는 방법과 운전 중 휴대전화를 조작하는 방법을 선정하였다. 영상시청의 경우 차량내 대쉬보드 중앙에 설치한 PMP를 통해 영상을 시청하게 하였으며, 휴대전화 조작의 경우 지정된 번호로 지정된 문자메세지를 전송하게 하고, 수신된 문자메세지를 확인하게 하는 방법으로 진행하였다.

최초 SMR/Theta을 운전집중도를 판단할 수 있는 변수로 선정하였으며, 실험을 통해 선정한 변수가 실제 운전집중도 판단에 사용될 수 있는지 확인하고자 하였다. 또한, 선정한 SMR/Theta 변수 외에 집중도를 나타내는 SMR, Mid-beta, Low-beta파를 추가적인 변수로 선정하여 운전집중도 판단에 사용하고자 하였다. 선정한 변수들은 조합을 통해, 운전집중도를 나타낼 수 있는 또 다른 변수들을 도출하고 사용여부를 확인하고자 하였다.

실험에 사용된 가상 주행환경은 중부고속도로의 왕복 6차선 구간 중 약 10km를 대상으로 구성하였다. 현실감을 높이기 위해 시뮬레이터 차량 주변에 시속 100~110km로 주행하는 주변 차량을 배치하였다. 또한 실제 고속도로와 유사한 환경을 구축하기 위하여 직선 구간과 곡선 구간이 적절히 조화되도록 시나리오를 설계하였다.

2.4 실험절차

실험은 총 4단계로 진행하였다. 그림 3은 실험절차를 보이고 있다. 실험 전 실험참가자에게 실험내용을 충분히 설

명하고 설문지를 작성하도록 하였다.

1단계에서는 피시험자의 몸에 신호 측정을 위한 전극을 부착한 후 휴식상태에서 생체신호를 확인하였다. 2단계부터 4단계에서는 고속도로 환경의 시나리오를 주행하면서 각각 최대한 운전에 집중한 경우, 영상을 시청한 경우, 휴대전화를 조작한 경우를 재현하고 실험참가자의 생체신호를 측정하였다. 단계별로 충분한 휴식시간을 제공하여 전 단계로 인해 실험결과에 영향을 미치지 않도록 하였다.

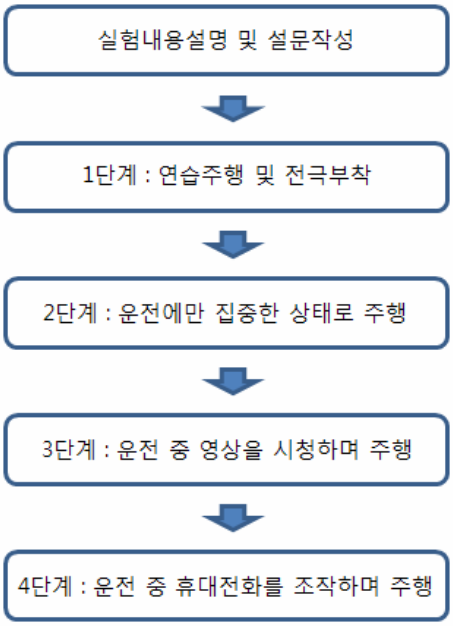

그림 3. 실험절차

3. 연구결과

3.1 예비실험

EEG 측정을 위한 전극 부착위치를 결정하고, EEG 데이터 분석방법을 검토하며, 운전집중도의 경향을 나타내는 변수를 도출하기 위하여 실험참가자 8명을 대상으로 예비실험을 실시하였다. 1차로 그림 4와 같은 위치에 EEG 측정을 위한 전극을 부착하고 실험을 수행하였다.

얻어진 EEG 데이터는 표 1과 같이 주파수 대역별로 분석하기 위해 FFT(Fast Fourier Transform)를 적용하여 주파수 응답으로 변환하였다(채승희, 2000). 이는 Matlab을 이용하여 구현하였다.

뇌파의 해석은 2개 이상의 대역별 상호 연관성을 조사하여 이 값의 증감에 따라 상태를 예측하게 된다(박병운, 2004). 수면상태를 나타내는 Theta파와 집중 정도를 나타내는 SMR의 비율(SMR/Theta)을 주의집중도를 결정하는 척도로 선정하여 1차 예비실험을 진행하였다(이충헌, 2009). 실험 중 전두엽에 부착한 ①, ②번 전극에서 얻어지는 신호가 눈 깜박임과 휴대전화의 영향을 받은 것을 확인하고, 2차 예비실험에서는 전극 부착위치를 그림 5와 같이 변경하였다(장혜연, 2006). 2차 예비실험 결과 ③번 전극위치에서 가장 뚜렷한 주의집중도 경향(88%)이 나타나는 것을 확인하였다.

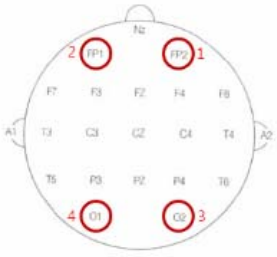

그림 4. 10-20 국제시스템과 전극부착위치

표 1. 뇌파의 주파수별 구분

Indicator	Frequency Definition	State
Alpha wave(α)	8~12Hz	Awake
Low beta wave(β)	13~20Hz	Concentration, Activity
High beta wave(β)	21~30Hz	Tension, Excitement
Theta wave(θ)	4~7Hz	Sleep
Delts wave(δ)	0.5~3.5Hz	Deep sleep
SMR wave	13~15Hz	Concentration
Mid-beta wave	15~20Hz	Concentration

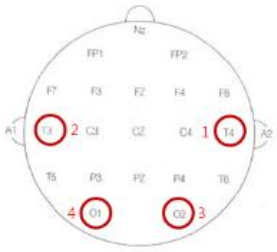

그림 5. 수정한 전극부착 위치

3.2 본 실험

예비실험을 통해 선정된 ③번 전극위치(우측 후두엽)에서 측정된 EEG 데이터가 실제 운전집중도 판단에 활용될 수 있는지 여부를 판단하기 위해 택시기사 20명을 대상으로

표 2. 본 실험 참가자의 주의집중도 경향

참가자	측정 위치	주의집중도(SMR/Theta)				
		정상 주행	영상 시청	증감율	휴대전화 증가	증감율
1	3	0.89	0.85	−4.87	0.77	−13.93
2	3	0.85	0.83	−2.48	0.83	−2.77
3	3	0.48	0.45	−6.61	0.44	−9.65
4	3	0.41	0.53	28.41	0.33	−20.9
5	3	0.72	0.52	−27.55	0.41	−43.39
6	3	0.83	1.13	36.51	0.98	18.03
7	3	0.42	0.42	−1.14	0.33	−21.3
8	3	0.38	0.34	−9.65	0.32	−14.9
9	3	0.47	0.55	17.95	0.53	13.32
10	3	0.69	0.33	−51.98	0.6	−12.52
11	3	0.33	0.49	45.73	0.2	−41.51
12	3	0.6	0.62	3.03	0.67	11.39
13	3	0.53	0.45	−14.06	0.33	−37.43
14	3	0.42	0.66	55.42	0.58	−37.39
15	3	0.28	0.25	−12.54	0.41	43.33
16	3	0.71	0.73	2.75	0.64	−10.58
17	3	0.44	0.54	22.59	0.43	−3.09
18	3	0.55	0.65	18.24	0.6	8.06
19	3	0.39	0.52	34.45	0.54	39.73
20	3	0.75	0.7	−6.85	0.38	−49.71

동일한 절차의 실험을 진행하였다.

실험결과 영상시청의 경우 실험참가자의 50%, 휴대전화 조작의 경우 실험참가자의 65%에서 주의집중도 경향이 나타나는 것으로 확인되었다. 표 2는 본 실험 참가자인 택시기사 20명의 주의집중도 증감율을 나타낸다.

다음 단계로, 앞에서 사용한 변수(SMR/Theta) 외에 집중력이 증가할 때 나타나는 SMR(13~15Hz), Mid−beta(15~20Hz), Low−beta(13~20Hz)파를 조합하여 운전집중도 판단 가능 변수들을 도출하였다. 예비실험과 본 실험에 참가한 28명을 대상으로 통계분석(ANOVA)을 실시하여 이러한 변수들의 유의성을 검증하였다.

표 3은 전체 28명의 데이터를 분석하여 상황에 따른 주의집중도의 증가와 감소를 참가자의 연령 순서로 정렬하여 나타낸 것이다. 대부분의 경우 운전에 집중하였을 때 그 변수가 높은 값을 나타났지만 정확한 분석을 위해 일원분산분석을 통해 각 변수가 유의미한 값을 갖는지 확인하였다.

표 4는 각 변수에 대한 일원분산분석 결과를 나타내고 있다. 분석결과 본 연구에서 도출한 변수 모두 운전집중도를 나타내는 값으로 사용이 가능하다고 판단할 수 있다.

표 3. 변수 도출을 위한 운전집중도 증가(+) / 감소(−) 정리

	영상시청																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	15	24	18	17	23	22	21	13	20	25	11	28	9	12	26	10	16	19	14	27		
	29	31	32	26	25	24	29	31	36	38	40	42	43	44	45	45	46	46	50	52	52	54	55	58	58	62	62	67	+	−
③/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	+	−	−	+	+	−	−	−	+	+	−	−	+	+	+	11	17
④/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−	+	+	−	−	−	+	+	−	−	+	+	+	10	18
⑤/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−	+	+	−	−	−	+	+	−	−	+	+	+	11	17
③+④+⑤/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−	+	+	−	−	−	+	+	−	−	+	+	+	10	18
③+④/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−	+	+	−	−	−	+	+	−	−	+	+	+	10	18
③+⑤/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−	+	+	−	−	−	+	+	−	−	+	+	+	10	18
④+⑤/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−	+	+	−	−	−	+	+	−	−	+	+	+	11	17
	휴대전화조작																													
③/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	−	−	+	−	−	−	−	−	+	−	−	−	+	+	8	20
④/①	−	+	−	−	−	+	+	−	−	−	−	+	+	+	−	−	+	−	−	−	−	−	+	−	−	−	+	+	10	18
⑤/①	−	+	−	−	−	+	+	−	−	−	+	+	+	+	−	−	+	−	−	−	−	−	+	−	−	−	+	+	11	17
③+④+⑤/①	−	+	−	−	−	+	−	−	−	−	−	+	+	+	−	−	+	−	−	−	−	−	+	−	−	−	+	+	9	19
③+④/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	−	−	+	−	−	−	−	−	+	−	−	−	+	+	8	20
③+⑤/①	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	−	−	+	−	−	−	−	−	+	−	−	−	+	+	8	20
④+⑤/①	−	+	−	−	−	+	+	−	−	−	+	+	+	+	−	−	+	−	−	−	−	−	+	−	−	−	+	+	11	17

① Theta(4~7) ② Alpha(8~12) ③ SMR(13~15) ④ Low−beta(13~20) ⑤ Mid−beta(15~20)

표 4. 일원분산분석 결과

		일원분산분석 결과	운전집중도 사용 가능여부
1	③/①	df. 2 F. 3.2098 p. 00455	사용가능
2	④/①	df. 2 F. 3.2073 p. 00456	사용가능
3	⑤/①	df. 2 F. 3.3068 p. 00416	사용가능
4	③+④+⑤/①	df. 2 F. 3.2594 p. 00435	사용가능
5	③+④/①	df. 2 F. 3.1668 p. 00474	사용가능
6	③+⑤/①	df. 2 F. 3.2293 p. 00447	사용가능
7	④+⑤/①	df. 2 F. 3.2462 p. 00440	사용가능

① Theta(4~7) ② Alpha(8~12) ③ SMR(13~15)
④ Low-beta(13~20) ⑤ Mid-beta(15~20)

4. 결 론

본 연구에서는 차량시뮬레이터를 이용하여, 운전자가 운전에 집중할 때와 그렇지 않을 때의 생체신호 변화를 조사하였다. 수면상태를 나타내는 Theta파와 집중 정도를 나타내는 SMR의 비율(SMR/Theta)을 주의집중도를 결정하는 척도로 선정하여 실험을 진행하였다.

실험결과 운전 중 휴대전화 조작이나, 영상시청시 운전자의 운전집중도가 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 본 연구에서는 선행연구를 통해 알려져 있던 주의집중도를 나타내는 SMR/Theta 변수 외에 SMR, Mid-beta, Low-beta파와 그 조합을 통해 운전집중도를 나타낼 수 있는 변수들을 도출하였으며, 각 도출한 변수에 대해서는 통계 검증을 실시하여 그 값들의 유의미함을 확인하였다.

후속 연구로는 피로, 졸음운전과 같은 다양한 운전집중도 저하 상황에서 도출 변수들의 유의미성을 검증하고자 한다. 또한 실차 실험을 통해 시뮬레이터 실험과의 연계성을 조사하고자 한다.

참고 문헌

김정룡, 윤상영, 생체신호를 통한 운전자 심리·생리상태 판단 방법 비교, *대한인간공학회*, 대한인간공학회 창립20주년 기념 학술대회 논문집, 309-312, 2002.

김정룡, 황민철, 박지수, 윤상영, 생리신호 측정을 통한 심리적 적정 운전상태 분석, *한국감성과학회*, 감성과학 제7권 제3호, 27-35, 2004.

박병운, 뇌파밴드별 상호연관성에 따른 뇌기능의 최적화 연구, *한국정신과학회*, 한국정신과학회 제21회 추계학술대회 논문집, 103-108, 2004.

신용균, 이수영, 류준범, 류시복, 운전 중 DMB시청이 운전자 운전행동에 미치는 영향, *한국자동차공학회*, 2007년도 ITS부문 SYMPOSIUM, 76-82, 2007.

이충헌, 권장우, 김규동, 홍준의, 신대섭, 이동훈, 뇌파기반 집중도 전송 및 BCI적용에 관한 연구, *대한전자공학회*, 전자공학회 논문지 제46권 SC편 제2호, 41-46,2009.

장혜연, 장재호, 김태식, 한창수, 한정수, 안재용, 열차 시뮬레이터 조작 시 운전자의 생체신호 변화에 대한 연구, *대한인간공학회*, 대한인간공학회지 제25권 제4호, 129-135, 2006.

채승희, 오지영, 주은연, 박은미, 최경규, 김응수, 정상인의 다양한 정신상태에 따른 뇌파의 비선형적 분석, *대한신경과학회*, 대한신경과학회지 제18권 제5호, 581-588, 2000.

David, L. Strayer. and Frak, A., Drew, Profiles in Driver Distraction: Effects of Cell Phone Conversations on Younger and Older Drivers, *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 46-64, 2004.

Charles, C., Liu, Simon G. and Hosking, Michael G., Lenné, Predicting driver drowsiness using vehicle measures: Recent insights and future challenges, *Journal of Safety Research 40*, National Safety Council and Elsevier, 239-245, 2009.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 박 성 수 ❖ parkss_83@hanmail.net
호원대학교 자동차기계공학부 학사
현 재: 국민대학교 자동차공학전문대학원 석사과정
관심분야: 차량시뮬레이터, 첨단 운전자 지원시스템

❖ 허 환 ❖ hsy0704@naver.com
전북대학교 전자정보공학부 컴퓨터공학과 학사
현 재: 국민대학교 자동차공학전문대학원 석사과정
관심분야: 차량시뮬레이터, 첨단 운전자 지원시스템

❖ 이 운 성 ❖ wslee@kookmin.ac.kr
아이오와대학교 기계공학과 공학박사
현 재: 국민대학교 자동차공학전문대학원 교수
관심분야: 차량시뮬레이터, 첨단 운전자 지원시스템

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 02월 12일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 02월 24일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 02월 24일