

Basic Research of Drivers' Drowsiness Assessment Algorithm: Vehicle and Physiological Information Validity Analysis Based on Driving Simulator Experimental Data

Hyeon Bin Jeong¹ and Ji Hyun Yang²

¹Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University,
77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul 136-702, Korea

²Department of Automotive Engineering, Kookmin University,
77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul 136-702, Korea

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to provide validity analysis of the vehicle and physiological data for assessment of drivers' drowsiness. **Background:** According to the Korea Transportation Safety Authority's report (2012), 22% of the highway traffic accident are caused by drowsiness. Drivers' characteristic while drowsy driving should be studied. **Method:** An experiment was built under a simulated driving environment. Four subjects participated in two experimental sessions requiring two levels of sleep amount (above 7 hours of sleep versus below 4 hours of sleep) prior to the experimental day. Subjects are expected to drive on the highway from Seoul interchange to Cheonan interchange at 80km/h. Physiological data collected during the experiment includes heart rate, eye's blinking and PERCLOS (Percentage of Eye Closure). Obtained vehicle and physiological data are analyzed using paired t-test or Wilcoxon's signed-ranks test. **Results:** Statistically significant results were shown in velocity, gas pedal magnitude, gas pedal count, steering wheel angle, blinking, PERCLOS, conversation status, indicating that sleep-deprived drivers showed different vehicle and physiological data from well-rested drivers. **Conclusion:** The present study showed potential of the vehicle and physiological data for assessing drowsiness. Further experiments are scheduled to increase the sample power. **Application:** The validated vehicle and physiological data will be included in the drivers' drowsiness assessment algorithm.

Keywords: Drivers' Drowsiness, Validity, Vehicle Information, Physiological Information, Driving Simulator Experiment

1. Introduction

피로하거나 졸음 상태에서 운전을 하는 것은 주변의 차량들과 환경간의 상호작용이 정상적으로 되지 않아 위험을 초래할 가능성이 크다. 한국의 교통안전공단의 보고서에 따르면(2012), 2007년부터 2011년까지 고속도로 교통사고 자료에서 졸음으로 인한 사고가 22%를 차지한다고 보고되었다. 국외의 경우, 미국 도로교통안전국(NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration)에서 실시한 100-car 연구에서 졸음으로 인한 충돌/충돌 가능성 있는 사고가 22~24%를 차지한다고 보고되었다. (Klauer et al., 2006).

졸음으로 인한 사고가 많은 비율을 차지하는 만큼 이전부터 졸음을 탐지하기 위해 다양한 센서 정보를

사용한 연구가 있었다.

Lin et al. (2005)의 운전자 졸음 탐지에 관련된 연구에서는 뇌파(EEG, Electroencephalogram)가 사용되었고, Yang et al. (2014)의 연구에서는 차량의 속도, 종방향 가속도, 횡방향 가속도, 조향을 사용하였다. 또한, Feng et al. (2009)의 연구에서는 시선과 관련된 변수와 차량의 조향각을 사용하였다.

따라서 본 연구의 목적은 운전자의 졸음을 탐지하기 위해서 차량과 생체 정보를 사용할 경우 다양한 변수의 효용성을 알아보려고 하는 것이며, 궁극적인 목적은 운전자의 졸음 상태를 탐지하는 알고리즘 개발에 본 연구 결과를 사용하는 것이다.

2. Method

2.1 Experimental Objectives

본 실험의 목적은 피실험자의 수면시간이 부족하여 피로하거나 졸음이 발생할 가능성이 높은 상태에서 주행하는 경우와 수면시간이 적정하여 정상적인 상태에서 주행하는 경우를 비교하여 차량 및 생체 변수가 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 지를 알아보기 위함이다.

2.2 Independent Variables

실험의 독립변수는 수면시간으로써, 실험 참가 4일 전부터 처음 3일은 7시간/24시간 이상 수면을 하고 실험 전 날은 4시간/24시간 이하로 수면을 하여 피로, 졸음 상태가 발생할 가능성이 큰 “수면시간 부족 그룹”과 실험 전 4일 모두 7시간/시간 이상 수면을 하여 피로, 졸음 상태가 발생할 가능성이 작은 “수면시간 적정 그룹”으로 정하였다.

피실험자의 수면 량 측정을 위해서 ‘Fitbit Flex’를 사용하였다.

2.3 Simulated Driving

“수면시간 부족 그룹”과 “수면시간 적정 그룹”은 동일한 시나리오에서 실험에 참가하게 된다. 각각의 피실험자는 두 개의 그룹에 모두 참여하며 순서는 무작위로 선정 된다. 시나리오는 임무, 차로 변경 없이 서울IC에서 천안 IC까지 총 63km를 80km/h로 주행하는 것이다.

또한, 선행 연구에서는(Yang et al., 2009) 기술 기반 과제(Skill-based task)와 규칙 기반 과제(Rule-based task) 모두 시행하였지만, 본 연구에서는 우선 기술 기반 과제를 시행한다.

2.4 Dependent Variables

실험의 종속변수에서 차량 변수로는 속도, 종방향 가속도, 가스페달, 제동페달, 조향각, 횡방향 가속도이고 생체 변수로는 눈깜빡임, PERCLOS (Percentage of Eye Closure), 얼굴 방향, 대화여부, 심박수이다.

2.5 Laboratory Setup and Experimental Procedures

주행 시뮬레이터는 Full-scale의 전자식 3자유도(롤, 피치, 히브) 운동 시스템을 갖는 Innosimulation의 SCANer Studio가 사용되었으며, (Figure 1)의 주행 화면은 3채널의 DLP 프로젝터가 사용되었다.

눈 깜빡임, PERCLOS, 얼굴방향을 측정하기 위해서 faceLAB이 내부 대시보드에 장착되어 사용되었고, 대화여부를 측정하기 위해서 이어마이크인 HS330가 차량 내부 햇빛가리개에 장착되어 사용되었다. 심박수를

측정하기 위해서는 Zephyr HxM BT가 사용되었다.

Table 1. The analysis method of vehicle and physiological information

Variables	Method	Definition
Velocity	VRMSE	Root-Mean-Square Error (RMSE) of Velocity of 80km/h.
	VPSD	Power Spectrum Density (PSD) of Velocity variability.
Longitudinal Acceleration	AxRMSE	RMSE of Longitudinal Acceleration of 0m/s ² .
	AxPSD	PSD of Longitudinal Acceleration variability.
Gas Pedal	GM	The mean of the Magnitude of treading on a Gas pedal per 1 time.
	GC	The mean of the Count of treading on a Gas pedal per 10 seconds.
	GD	The mean of the Duration times of treading on a Gas pedal per 1 time.
Brake Pedal	BM	The mean of the Magnitude of treading on a Brake pedal per 1 time.
	BC	The mean of the Count of treading on a Brake pedal per 10 seconds.
	BD	The mean of the Duration times of treading on a Brake pedal per 1 time.
Steering Wheel	StRMSE	RMSE of Steering wheel angle of 0deg.
	StPSD	PSD of Steering wheel angle variability
Lateral Acceleration	AyRMSE	RMSE of Lateral Acceleration of 0m/s ² .
	AyPSD	PSD of Lateral Acceleration variability.
Blinking	BIC	Mean of the Count of eye's Blinking per 1 minute.
Head	HCP	Proportion that Head's direction is Center.
	HNCP	Proportion that Head's direction is Not Center.
PERCLOS	PERCLOSM	The mean of the Magnitude of PERCLOS.
Conversation Level	CM	The mean of the Magnitude of Conversation level.
	CC3	The mean of the Count that Conversation level is over 3.
Heart Rate	HRM	The mean of the Magnitude of Heart Rate.
	HRMm	The mean of the difference between Heart Rate's Maximum and minimum.
	HRPSD	PSD of Heart Rate variability.

“수면시간 부족 그룹”은 졸음운전 사고가 빈번하게 발생하는 시간대를 고려하여 점심식사 이후 2시에 진행하게 되고 “수면시간 적정 그룹”은 2시를 제외한 시간에 진행하게 된다. 실험은 각각 약 1시간 동안 진행되며, 피실험자는 상복부에 심박수 측정 센서를 부착

하고 차량에 탑승하여 faceLAB의 보정작업 실시한다. 그 후, 주행 시뮬레이터에 익숙해지기 위해 약 10분 정도 모의 주행을 하게 되며 모의 주행 후에 약 50분 동안 본 실험을 진행한다.



Figure 1. Driving Simulator for Human-in-the-Loop Experiment

3. Results

실험 절차 및 피실험자 모집 과정은 국민대학교의 IRB(Institutional Review Board) 심의에 승인되었다. 총 4명의 피실험자가 실험에 참여하였고, 각각의 피실험자는 “수면시간 부족 그룹”과 “수면시간 적정 그룹” 모두 참여하였다. 피실험자는 24세부터 29세까지이며, 평균 27세, 표준편차 2.16세이다.

수면시간 측정 장치인 Fitbit Flex로 피실험자의 수면시간을 측정할 결과, “수면시간 부족 그룹”의 수면시간은 처음 3일간의 수면시간은 평균 5시간 58분, 표준편차 58분이고 실험 전날의 수면시간은 평균 3시간 57분, 표준편차 58분이다. “수면시간 적정 그룹”의 수면시간은 평균 7시간 19분, 표준편차 83분이다.

3.1 Validity Analysis of Vehicle and Physiological Data

실험을 통해 획득한 데이터를 사용하여 “수면시간 부족 그룹”과 “수면시간 적정 그룹”의 통계적인 유의성을 유의수준(α)0.10에서 분석한 결과는 Table 2에 정리하였다.

본 연구에서는 두 그룹내의 피실험자 4명 중 동일한 특성이 최소 3명인 경우 유의하다고 판단한다. 통계적인 유의성 분석 결과, VRMSE, GM, GC, StRMSE, BIC, PERCLOSM, CM, CC3에서 “수면시간 부족 그룹”과 “수면시간 적정 그룹”의 차이가 있었다.

Table 2. The result of validity analysis of vehicle and physiological information ($N=4$)

Variables		ID: 01	ID: 02	ID: 03	ID: 04
Velocity	VRMSE	p=0.003	-	p<0.001	p=0.012
	VPSD	p=0.018	-	p=0.036	-
Longitudinal Acceleration	AxRMSE	p=0.019	-	p=0.009	p=0.003
	AxPSD	p<0.001	-	p=0.071	-
Gas Pedal	GM	p<0.001	p=0.088	p<0.001	-
	GC	p<0.001	p<0.001	p=0.005	p=0.059
	GD	p<0.001	p=0.001	-	p=0.001
Brake Pedal	BM	-	-	-	-
	BC	-	-	-	-
	BD	-	-	-	-
Steering Wheel	StRMSE	p<0.001	p=0.036	-	p=0.049
	StPSD	p=0.003	p=0.085	-	-
Lateral Acceleration	AyRMSE	p<0.001	p=0.021	-	p=0.099
	AyPSD	p=0.021	p=0.029	p=0.032	-
Blinking	BIC	p<0.001	p=0.053	p=0.019	p<0.001
Head	HCP	-	p<0.001	p=0.002	-
	HNCP	-	p<0.001	p=0.002	-
PERCLOS	PERCLOSM	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p=0.009
Conversation Level	CM	p<0.001	p=0.065	p=0.013	p<0.001
	CC3	p<0.001	p=0.007	p=0.007	p<0.001
Heart Rate	HRM	-	p<0.001	-	p<0.001
	HRMm	p=0.006	-	-	-
	HRPSD	p=0.079	-	-	p=0.025

$\alpha=0.10$, p=right tail test, **p**=left tail test(**bold**), ‘-’: $p>\alpha$

4. Conclusion

본 논문에서는 주행 시뮬레이터를 사용하여 피로, 졸음 상태가 발생할 가능성이 높은 “수면시간 부족 그룹”과 발생 가능성이 낮은 “수면시간 적정 그룹” 사이의 특성을 알아보았다. 유의성 분석 결과는 피로, 졸음 상태를 탐지하는데 유용한 자료가 될 것이다. 또한, 앞으로 피실험자 수를 늘려 실험을 수행하면 더욱 신뢰성 높은 유의성 분석 결과를 만들어 낼 것이다.

Acknowledgements

This work was supported by the Technology Innovation Program(10047761, Development of connectivity-based personalized intelligent integration cockpit module with analysis function of driver's condition(at least three type) and driving environment) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy. The last author was partly supported by Basic Science Research Program Through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Science, ICT, and Future Planning (2014R1A1A1002037).

Authors appreciate Prof. Woon Sung Lee, Mr. Shubo Sun and Ms. Ying Zhang for providing technological support for collecting vehicle and eye-tracking data using SCANeR Simulator and faceLAB.

References

- Korea Transportation Safety Authority, "A Study on types and causes of distracted driving in a vehicle accident", pp.107-108, 2012.
- Klauer, S., Dingus, T., Neale, N., Sudweeks, J. and Ransey, D., "Impact of Driver Inattention On Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data", National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, DOT HS 810 594, 2006.
- Lin, C., Wu, R., Liang, S., Chao, W., Chen, Y. and Jung, T., "EEG-Based Drowsiness Estimation for Safety Driving Using Independent Component Analysis", Circuits and Systems, IEEE Transactions on, vol 52, pp. 2726-2738, 2005
- Yang, J., Mao, Z., Tijerina, L., Pilutti, T., Coughlin, J. and Feron, E., "Detection of Driver Fatigue Caused by Sleep Deprivation", Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on, vol. 39, pp. 694-705, 2009.
- Yang, J., Yoon, H. and Lee, W., "Preliminary Analysis of Full-Scale Driving Simulator Data for Unmasked Sleepiness Detection", Proceeding of the 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 190-194, June 8-11, 2014
- Feng, R., Zhang, G and Cheng, B., "An On-Board System for Detecting Driver Drowsiness Based on Multi-Sensor Data Fusion Using Dempster-Shafer Theory", Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, pp. 897-902, 2009.

Author listings

Hyeon Bin Jeong: jhb1203@kookmin.ac.kr

Highest degree: B.S., Department of Automotive Engineering, Kookmin University

Position title: M.S. candidate, Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University

Areas of interest: Human Factors in Automotive Engineering, Human-Vehicle Interaction

Ji Hyun Yang: yangjh@kookmin.ac.kr

Highest degree: Ph.D., Department of Aeronautics and Astronautics, M.I.T

Position title: Assistant Professor, Department of Automotive Engineering, Kookmin University

Areas of interest: Human-Vehicle interaction, Cognitive Engineering, Active Safety for Transportation Systems, Human Factors in Automotive Engineering