JESK J Ergon Soc Korea 2022; 41(5): 357-364
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2022.41.5.357
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Comparative Evaluation of CMS (Camera Monitor System) and Rearview Mirror using Eye Tracker

Seung Nam Min

DongYang University, Department of Smart Safety System, Gyeonggi-do, 11307

아이트랙커를 이용한 CMS (Camera Monitor System)과 후사경에 대한 비교 평가

민 승 남

동양대학교 스마트안전시스템학부

Corresponding Author
Seung Nam Min
DongYang University, Department of Smart Safety System, Gyeonggi-do, 11307
Email : msnijn12@hanmail.net

Received : July 12, 2022
Revised : August 31, 2022
Accepted : September 26, 2022

Copyright@2022 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The evaluation of driving performance is conducted on the CMS and the rear view of the side during the driving of the actual vehicle, and an improvement plan is proposed for CMS.

Background: Rearview mirrors play an essential role in the vehicle (especially in cars) while taking reverse, parking, and changing lanes. Current cars are equipped with many safeguards (cruiser functions, autonomous driving, lane departure prevention, etc.) to help drivers. The camera monitoring system (CMS) has been used as one of the rearview mirrors in recent times. However, the visual acuity while using CMS is not considered enough in ergonomics research.

Method: Thirty subjects without any eye diseases took part in this study. An experiment was performed with two vehicles installed with a rearview mirror and another with CMS. To compare the two conditions fixation time and saccade time were evaluated.

Results: Overall, using CMS required lower fixation time and saccade time than the conventional rearview mirror. All these results showed that CMS requires less cognitive load than rearview mirrors.

Conclusion: There were problems with glare and distance, and there was no sign of caution in the available rearview mirror in CMS.

Application: If the problems and cautions about future glare and distance are solved and applied, it will be the design of a safer CMS.

Keywords: CMS, Rearview Mirror, Eye tracker, Attention load, Cognition load

1. Introduction

운전자는 운전하면서 전방을 주시해야 하며, 수시로 실외 후사경을 통해서 옆 차량의 위치를 확인한다. 이러한 후사경은 측면 뒤에 오는 차량의 위치, 차선변경 등을 실시할

때 중요한 역할을 하지만 추월, 차선변경 등을 할 때에도 교통사고가 많이 일어난다. 운전자들의 주의부족으로 인해 교통사고는 증가하고 있으며 교통사고 감소대책으로 정상적인 시야 확보, 후방시야에 대한 간접적 정보 제공이 필수적이라고 발표하고 있다(NHTSA, 2013). 후사경은 부족한 시야에 대한 보상 기능으로 작용하지만 몸과 모리를 움직여 추가적인 정보를 습득하므로 전방에 대한 주의집중이 낮아진다는 연구들이 있다(Dewar et al., 2000; NHTSA, 2006).

현재 자동차는 여러 가지 안전장치를 장착하여 운전자를 도와주는 시스템(크루저 기능, 자율주행, 차선이탈방지 등)을 많이 장착하고 있다. 이 중 한 가지가 우리나라에서는 CMS (Camera Monitoring System)라는 카메라 모니터링 시스템이라고 불리는 후사경이다. 많은 자동차 제조사들이 CMS를 설치하는 이유로는 디지털화되는 자동차의 경향성과 공기의 저항을 낮추어 연비를 높이고자 하고 있다. 그러나 CMS에 대한 시인성에 대한 인간공학적 연구는 잘 이루어지고 있지 않다. 일반 실외 후사경에 대한 기존 연구결과를 보면, 도로상황에 대한 정보를 후사경을 통해 획득하게 되지만 사각지대 등과 같은 볼 수 없는 영역이 존재(Rickesh and Vignesh, 2011), 사각지대를 없애기 위해 블록거울 사용(Flannagan et al., 1997; Luoma et al., 2000), 거울의 왜곡은 정보의 왜곡(속도의 오판, 운전자 혼란, 이미지 왜곡)을 발생시키는 단점을 가지고 있다. 따라서 우리나라나 미국과 캐나다 등 나라에서는 거울의 "물체가 더 가깝다"라는 문구를 거울에 표시하도록 하고 있으며(U.S. National Archives and Records Administration, 2004), 실제적으로 운전자들은 후속차량의 거리를 가깝게 평가하고 있는 문제점이 있다(Flannagan et al., 1997).

우리나라에서는 CMS라는 디지털 미러에 대한 연구결과를 보면 전통적인 반사거울 한계를 벗어나 세부사항을 캡처하고 표시하는 대체 방법이 부상하고 있으며 물체, 보행자, 취약한 도로에 대한 시야 확보, 차량 공기 역학이 자연스럽게 향상되므로 연료 경제성 상승, 하이브리드 차량의 장점을 얻을 수 있다(Hucho and Sovran, 1993). 또한 Hollnagel and Källhammer (2003)은 디지털 미러는 넓은 시야 제공, 이미지 왜곡없는 사각지대 시야 확보, 야간 시인성 개선효과 등 많은 정보를 운전자에게 전달해줄 수 있다고 보고하였지만 Rickesh and Vignesh (2011)은 운전자가 주의산만 등 과부하가 걸리지 않도록 주의해야 한다고 보고하였다. 다른 연구로는 디스플레이의 위치에 정상적인 시야와 최대한 가깝게 설치를 해야 시야 확보가 높아진다라는 연구로 Lamble et al. (1999), Wittmann et al. (2006)은 대시보드 상단 또는 스티어링 휠 측면에 배치가 시야 확보 및 반응시간에 이상적이라고 보고하였으며, Burns et al. (2000), Summala et al. (1996)은 위험에 대한 운전자 응답시간을 고려하여 디스플레이 위치를 결정해야 한다고 보고하였다. 특히 Mohamed and Fatin (2014)는 기존연구에서는 위치점만 고려하는 특성이 있었으며 인간공학적 특성과 실차 주행 시 평가, 운전자의 인지부하를 및 수행도를 고려해야 한다고 하였다.

아이트렉커에 의한 인지부하 측정 연구결과를 보면 Yarbus (1967), Im et al. (2017)은 Fixation time은 주의집중부하(Attention load)를 측정하는 이용되며 자동차 실험에서 측정값이 낮을수록 좋다고 하였으며, Biswas and Prabhakar (2018)은 Saccasde time 인지부하(Cognitive load)를 측정하며 자동차 실험에서는 낮을수록 좋다고 하였다.

그러므로 본 연구의 목적은 실차 주행 중에 CMS와 측면 후사경에 대한 운전수행도 평가를 eye-tracker (fixation time and Saccade Time) 실시하여 현재 장착 및 보급되고 있는 CMS에 대한 문제점 제시 및 개선안을 제시하는 것이다.

2. Method

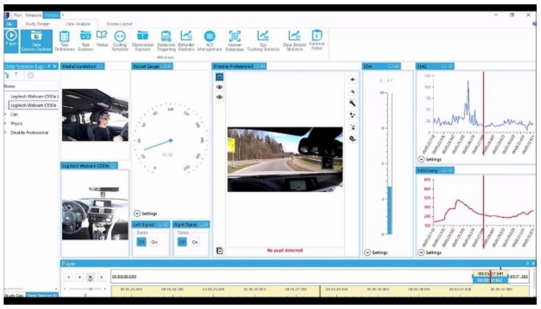
2.1 Subjects

본 연구를 위해서 운전경력 1년 이상인 성인 30명을 피실험자로 모집하였다. 모든 피실험자는 운전면허증 취득하였으며 안구질환도 없고 고정시력 1.0 이상을 모집하였다. 평균 연령은 28±1.4cm, 키 161.4±4.2cm, 시력은 1.2±(0.1)이였다.

2.2 Apparatus

본 실험을 위해서 Ergoneers 사의 Dikablis Essential Eye Tracking Glasses 측정 장비를 사용하여 동공 추적(eye tracking)를 측정하였다. 동공에서는 Fixation time, Saccade time를 측정하였다. 데이터 수집을 위해서 Dikablis Essential Eye Tracking Glasses과 연동되는 D-LAb 프로그램을 이용하였다. 데이터는 60Hz로 수집하여 분석하였다(Figure 1).

Eye tracker



D-lab software

Figure 1. Equipment and experimental scene

또한 자동차는 H사의 A모델로 하여 2대를 준비하였으며, 1대는 CMS 장착차량, 다른 1대는 후사경 장착차량으로 구성하였다(Figure 2). 또한 영상의 변할 때 그 영상의 위치를 찾아내서 AoI (Area of Interesting) 범위 내에 운전자의 눈동자가 들어왔는지를 정확하게 판단하기 위해 마커를 부착하였다.

Vehicles with CMS

Vehicles with rearview mirrors

Location of CMS and markers

Figure 2. Vehicle used in the experiment

2.3 Procedure

CMS와 일반 후사경을 비교하기 위해 같은 기종의 차량 2대(CMS가 설치된 차량 1대, 일반 후사경이 설치된 차량 1대)를 운영하였다. 같은 구간을 각각 1회씩 운전자가 아이트레킹 장비를 착용한 채로 주행을 실시하였다. 실주행은 충남 당진시에 위치한 S대학교에서부터 탑동 교차로 구간까지 13.3km를 왕복하였다. 차선을 좌우로 각각 5번씩 변경(램프 입/출 포함)하였으며 직진 구간과 차선변경 구간 때 Fixation time, Saccade time를 측정하였다. 또한 분석영역은 후사경과 CMS 모니터 주시 및 전방 주시로 설정하여 눈동자가 주시하면 자동으로 측정되게 설정하였다(Figure 3). 오후 1시부터 3시까지 실험을 진행하였으며, 야간에는 해가 없는 오후 9시부터 12시까지 진행하였다.

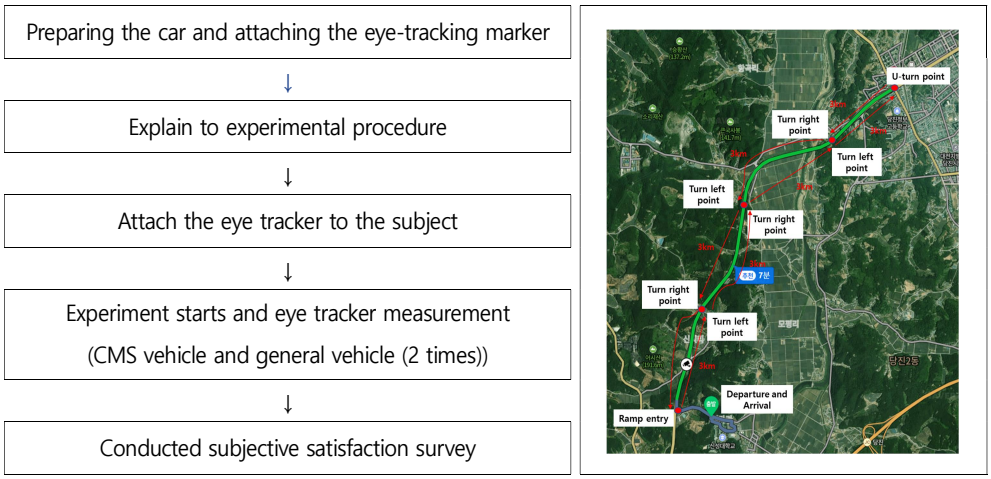


Figure 3. Experimental procedure

2.4 Design

CMS 차량과 일반차량 운전에 따른 차이점을 비교하기 위해서 분산분석을 실시하였다. 독립변수로는 CMS 시스템 유무, 주/야간으로 피실험자 한 명을 반복측정 하여 총 30명이 측정하였으며, 종속변수로는 Fixation time(주의집중부하측정: 0.5초 이상 눈의 초점이 고정되는 상태), Saccade time(인지부하측정: 눈의 초점이 어느 한쪽 방향으로 빨리 움직여 다른 곳을 주시하는 상태의 속도) 설정하였다. 독립변수에 따른 종속변수에 미치는 영향을 분석하기 위해서 2 × 2 within subject design으로 하였다.

2.5 Subjective evaluation

편의성, 시인성, 사용지속성, 주차용의성으로 구분하여 주관적 만족도를 조사하였다. 편의성에 대해서는 차선변경 및 끼어들기가 편안지, 운전하는데 도움이 되는지, 시인성에 대해서는 디스플레이의 위치는 만족하는지, 야간 운전 시 눈부심이 적은지, 시인성은 기존 후사경과 비교해서 좋은지, 사용자속성에 대해서는 CMS를 사용할 의향이 있는지, 주차용이성에 대해서는 기존 후사경보다 CMS 이용시 주차가 용이한지에 대해서 5점척도를 질문을 하였다. 5점척도는 "매우 만족한다"에서 "매우 불만족한다"로 구성하고 설문조사를 실시하였다. 시인성에 대해서 실험관리자는 보조석에 착석하고 주간/야간, CMS/일반후사경 조건에 따라서 실차운행 후에 주행 완료 시 바로 질문을 하였다.

3. Results

3.1 ANOVA analysis

독립변수에 따른 종속변수에 영향을 보기 위해서 분산분석을 실시하였다. 그 결과 Saccade time, Fixation time에서 주효과인 Rear mirror and CMS (p=0.00)에서 유의미하게 다르게 나타났다(Table 1).

Table 1. ANOVA analysis for the effect of dependent variables on independent variables

	Main effect and interaction effect	F-value	p-value
Saccade time	Day and Night	0.43	0.56[a]
	Rear Mirror and CMS	73.70	0.00***
	Day and Night * Rear Mirror and CMS	0.07	0.81[a]

Table 1. ANOVA analysis for the effect of dependent variables on independent variables (Continued)

	Main effect and interaction effect	*F*-value	*p*-value
Fixation time	Day and Night	.01	.96[a]
	Rear Mirror and CMS	78.03	0.00***
	Day and Night * Rear Mirror and CMS	0.12	0.75[a]

*: $p<0.1$; **: $p<0.05$; ***: $p<0.01$; a: no significant difference

유의미하게 다르게 나온 영향에 대해서 Bonferroni 사후분석을 실시하였다. 그 결과 Fixation Time에서는 후사경보다 CMS가 유의미하게 낮게 나타났다(p=0.01). 그리고 Saccade time에서는 후사경보다 CMS 유의미하게 높게 나타났다(p=0.01) (Figure 4).

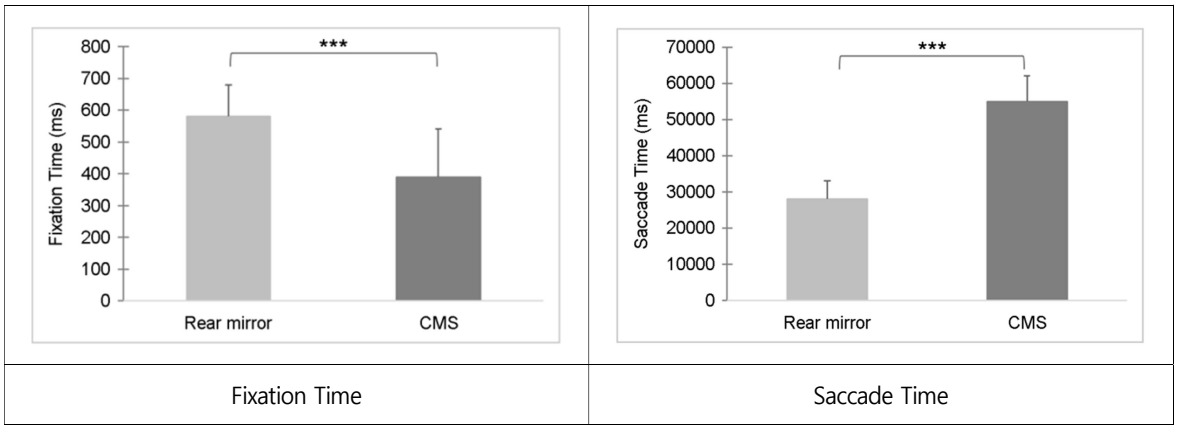
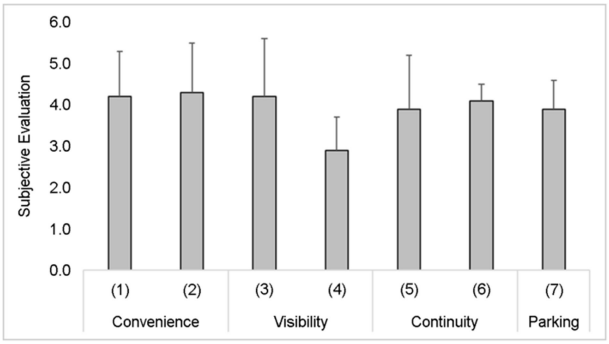


Figure 4. Post-hoc test for main effect using Bonferroni (*: $p<0.1$; **: $p<0.05$; ***: $p<0.01$)

3.2 Subjective evaluation

차선변경, CMS 도움이 되는지 디스플레이 위치, 사용지속성에 대해서는 4.0 이상으로 높게 나타났지만, 눈부심과 시인성, 주차에 관해

Table 2. Results of subjective evaluation with convenience, visibility, continuity, and parking for CMS



(1) Is it convenient to change lanes and insert?
(2) Can CMS help you drive?
(3) Are you satisfied with the location of the CMS display?
(4) Does CMS have less glare when driving at night?
(5) Does CMS have better visibility than rearview mirrors?
(6) Are you willing to use CMS?
(7) Is the CMS easier to park than the rearview mirror?

서는 4점 이하로 나타났다(Table 2).

4. Discussion

본 연구에서는 자동차 후사경과 CMS (Camera Monitor System)에 대해서 아이트랙커를 이용한 인간공학적 평가를 실시하였다. Change rate of pupil size 결과에 의하면 낮에는 CMS가 후사경보다 주의집중부하(attention load)가 더 일어나는 것으로 보이나, 야간에는 후사경이 CMS보다 주의집중부하(attention load)가 더 높게 나타나고 있다. 이는 Zaindl (2016)는 운전자 주변에서 일어나는 일들을 CMS가 보다 빠르고 정확하게 볼 수 있도록 하여 안정성을 향상시킨다고 보고했듯이, 밤에는 오히려 후사경에서 뒷 차량에 의한 반사 빛보다 모니터가 인지하기 쉬운 것으로 나타났다. 그러나 주간에 CMS에서 나타나는 차량의 거리감이 기존 후사경에서 경험된 거리감이 일치하지 않아서 발생하는 것으로 판단된다. 그러므로 기존 후사경과 같은 거리감 조정이 CMS에서 필요할거라 판단된다. Saccade time 결과에 의하면 CMS가 후사경보다 인지부하(cognition load)를 가중시키는 것으로 나타났다. 이는 CMS 디스플레이의 추가로 발생하는 것으로 판단되며, Schmidt et al. (2016)도 운전작업의 복잡성이 높아지면 운전자가 디스플레이는 보는 빈도가 증가한다고 하였다. 또한 Zwahlen et al. (1988)는 운전 중에 디스플레이를 볼 때 3~4번의 시선과 1.2~2초의 평균시선 지속시간이 허용임계값이라고 보고 하였으며, 4회 이상의 2초 이상의 평균시선 지속시간이 걸리면 안전상에 문제가 있다고 보고하였다. 그러므로 차량에 있는 속도계, GPS, 각종 조작장치 및 CMS 디스플레이 때문에 후사경보다 CMS가 인지부하(cognition load)를 가중시키는 것으로 판단된다. Fixation time에서는 후사경보다 CMS가 주의집중이 낮게 나타났다. Guasconi et al. (2017)은 도로교통표지판에 대해서 짧은 fixation time으로 연구를 하였으며, fixation time이 낮게 나타났지만 표지판에 이해도가 높아진다고 발표하였다. 본 연구에서도 실제 운전 상황에서 끼워들기 등을 잘 수행하였으므로 CMS가 후사경보다 낮은 주의집중부하(attention load)를 통한 옆 차량 등을 잘 식별하는 것으로 판단된다.

주관적 만족도를 결과를 보면 운전수행도에 미치는 요인으로 끼어들기, CMS 활용성, 가시성이 좋게 평가되었다. 또한 CMS를 지속적으로 사용하는 것을 좋아하였으며, 그 이유로는 새로운 것에 대한 호기심과 운전시에 도움이 된다는 의견이 많이 있었다. 다만, 맑은 주간 환경에서의 태양 빛이 번쩍임 문제(NHTSA, 2006), 노출과다로 인해 대비가 낮아지는 문제, 이미지 왜곡현상(가시성 저하) (Hogervorst and De Vries, 2020), 스크린을 통한 후면 거리판단(NHTSA, 2006) 문제가 제기되었다. 본 연구에서도 일반 후사경에 비해 옆 차량에 대한 거리감이 달라 운전시에 어려움이 있었으며, 기존연구 처럼 맑은 주간 환경에서의 태양 빛이 번쩍임 문제 뿐 아니라 야간 운전시에 뒷 차량에 의한 빛 번짐이 발생하여 운전시에 불편함이 나타났다(Figure 5). 그리고 "사물은 거울에서 보는 것보다 가까이 있음" 이라는 문구도 CMS에는 없다. 그러므로 거리감과 눈부심에 대한 문제가 해결되고 문구가 추가된다면 CMS에 의한 운전수행도가 높아질 것이라 판단된다. 또한 Saccade time에서는 secondary task가 있는 경우에는 주의집중과 연계하는 것이 어려움이 발생한다. 그러므로 본 연구에서는 주의집중과 연계하여 판단을 하였지만 추후 주의집중만 볼 수 있는 새로운 변인을 찾아서 적용하면 정확한 판단을 할 수 있을 거라 판단된다.

Figure 5. Appearance of light bleed in CMS monitor

5. Conclusion

본 연구에서는 아이트래커를 통해 기존 후사경과 CMS에 대한 운전 수행도를 평가하였다. 그 결과를 보면 CMS가 인지적 부하는 가중시키나(차동차 내에 디스플레이가 많은 것이 원인) 좌/우측 차선변경 등에서 일반 후사경과 같이 원활하게 수행하였다. 이때 일반 후사경과보다 CMS가 주의집중부하가 낮아지는 결과를 얻었다. 이는 CMS가 기존 후사경에 비해서 운전수행도가 높게 나타난 것으로 판단할 수 있다. 단지 빛 번짐, 문구, 거리감에 대한 문제를 해결한다면 운전수행도가 더욱 좋아질 것으로 여겨진다. 또한 본 연구의 결과가 많은 차량에 장착될 CMS 설계에 적용되어 완성도가 높아지기를 기대한다.

References

Biswas, P. and Prabhakar, G., Detecting drivers' cognitive load from saccadic intrusion. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 54, 63-78, 2018.

Burns, P.C., Knabe, E. and Tevell, M., Driver behavioral adaptation to collision warning and avoidance information. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society... Annual Meeting (Vol. 3, p. 315). Sage Publications Ltd., 2000.

Dewar, R.E., Fenno, D.A.V.I.D., Garvey, P.M., Kuhn, B.T., Roberts, A.W., Schieber, F.R.A.N.K. and Yim, Y.B., User information systems: Developments and issues for the 21st century. Transportation Research Board, Washington DC, Transportation in the New Millennium, 6p, 2000.

Flannagan, M.J., Sivak, M., Schumann, J., Kojima, S. and Traube, E.C., Distance perception in driver-side and passenger-side convex rearview mirrors: Objects in mirror are more complicated than they appear (No. HS-042 439), 1997.

Guasconi, S., Porta, M., Resta, C. and Rottenbacher, C., A low-cost implementation of an eye tracking system for driver's gaze analysis. *In 2017 10th International Conference on Human System Interactions (HSI)* (pp. 264-269). IEEE, 2017.

Hogervorst, M.A. and De Vries, S.C., A critical analysis of ECE-regulation 46 & directive 2003/97/EC, 2020.

Hollnagel, E. and Källhammer, J.E., Effects of a night vision enhancement system (NVES) on driving: results from a simulator study. Driving Assessment, 2003.

Hucho, W. and Sovran, G., Aerodynamics of road vehicles. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 25(1), 485-537, 1993.

Im, J.N., Min, S.N. and Jo, S.M., Analysis of Reading Process with Korean Learner using EEG and Eye Tracking. *Journal of Ergonomic Society Korea*, 36(6), 2017.

Lamble, D., Laakso, M. and Summala, H., Detection thresholds in car following situations and peripheral vision: Implications for positioning of visually demanding in-car displays. *Ergonomics*, 42(6), 807-815, 1999.

Luoma, J., Flannagan, M.J. and Sivak, M., Effects of nonplanar driver-side mirrors on lane-change crashes. *Transportation Human Factors*, 2(3), 279-289, 2000.

Mohamed Ali, J.S. and Fatin Bazilah, F., Mirrorless car: A feasibility study. In Applied Mechanics and Materials (Vol. 663, pp. 649-654). Trans Tech Publications Ltd, 2014.

National Highway Traffic Safety Administration., Vehicle backover avoidance technology study: Report to congress. Washington, DC: US Department of Transportation, 2006.

National Highway Traffic Safety Administration., Visual-manual nhtsa driver distraction guidelines for in-vehicle electronic devices (docket no. nhtsa-2010-0053). Washington, DC: US Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2013.

Rickesh, T.N. and Vignesh, B.N., Augmented reality solution to the blind spot issue while driving vehicles. In 2011 IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (pp. 856-861). IEEE, 2011.

Schmidt, E.A., Hoffmann, H., Krautscheid, R., Bierbach, M., Frey, A., Gail, J. and Lotz-Keens, C., Camera-monitor systems as a replacement for exterior mirrors in cars and trucks. In Handbook of camera monitor systems (pp. 369-435). Springer, Cham, 2016.

Summala, H., Nieminen, T. and Punto, M., Maintaining lane position with peripheral vision during in-vehicle tasks. *Human Factors*, 38(3), 442-451, 1996.

U.S. National Archives and Records Administration, Code of Federal Regulations; Title 49 Transportation, Part 571 Federal Motor Vehicle Safety Standards, Standard No. 208 Occupant Crash Protection, 2004.

Wittmann, M., Kiss, M., Gugg, P., Steffen, A., Fink, M., Pöppel, E. and Kamiya, H., Effects of display position of a visual in-vehicle task on simulated driving. *Applied Ergonomics*, 37(2), 187-199, 2006.

Yarbus, A.L., Eye movements during perception of complex objects. In A. L. Yarbus (Ed.), Eye movements and vision (pp. 171-211). Springer, 1967. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5379-7.

Zaindl, A., Camera monitor systems optimized on human cognition—fundamentals of optical perception and requirements for mirror replacements in commercial vehicles. In Handbook of Camera Monitor Systems (pp. 313-328). Springer, Cham, 2016.

Zwahlen, H.T., Adams, C.C. and DeBals, D.P., Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles. In Vision in Vehicles II. Second International Conference on Vision in Vehicles Applied Vision Association Ergonomics Society Association of Optometrists, 1988.

Author listings

Seung Nam Min: msnijn12@hanmail.net
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Hanyang University
Position title: Professor, Department of Smart Safety System, Dongyang University
Areas of interest: Ergonomics, Safety, Cognition, WMSDs, AI, Human Error