

도로 주행 상황에서 운전 행동 모니터링을 위한 차량 환경 구축

김 만 호¹⁾ · 이 용 태¹⁾ · 손 준 우^{*1)} · 신 승 현²⁾

대구경북과학기술원 공공원천기술연구센터¹⁾ · 계명대학교 경영공학과²⁾

Implementation of Vehicle Environment for Driver's Behavior Monitoring while Driving

Manho Kim¹⁾ · Yongtae Lee¹⁾ · Joonwoo Son^{*1)} · Sung Heon Shin²⁾

¹⁾Public and Original Technology Research Center, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology, Daegu, Korea

²⁾Department of Industrial and Management Engineering, Keimyung University, Daegu, Korea

Abstract : There has been recent interest in intelligent vehicle technologies, such as advanced driver assistance systems (ADASs) or in-vehicle information systems (IVISs) that offer a significant enhancement of safety and convenience to drivers and passengers. However, unsuitable design of HMI (Human Machine Interface) must increase driver distraction and workload, which in turn increase the chance of traffic accidents. Distraction in particular often occurs under a heavy driving workload due to multitasking with various electronic devices like a cell phone or a navigation system while driving. According to the 2005 road traffic accidents in Korea report published by the ROad Traffic Authority (ROTA), more than 60% of the traffic accidents are related to driver error caused by distraction. This paper suggests the implementation of vehicle environment to monitor driver and vehicle to reduce the driving workload which is can be used the advanced driver and vehicle management systems (ADVMS). On-road experiment results showed the feasibility of the suggested vehicle environment for driver and vehicle monitoring.

Key words : driving workload, driving distraction, driving behavior monitoring system, driving performance, cognitive workload

1. 서 론

최근, 운전자 및 승객의 안전과 편의를 향상시키는 지능형 자동차(intelligent vehicle)에 대한 관심이 증가되고 있다(Cena et al., 2005). 지능형 자동차는 운전자에게 안전과 편의에 관련된 다양한 정보를 제공하여 보다 안전하고 편리하게 운전할 수 있도록 지원해준다(Lee et al., 2006). 하지만, 운전 중 정

보 기기의 사용은 운전자에게 운전 부주의(driving distraction)를 유발시켜 교통사고 위험을 높이고 있다(Wang et al., 1995). 여기서, 운전부주의는 운전자가 어떤 이벤트(event), 행동(activity), 사람(person)이나 운전 태스크(task)의 주의감소로 인하여 안전하게 운전 태스크를 수행하는데 필요한 정보인지가 지연되었을 때를 의미한다(Treat, 1980). 특히, 운전 부주의는 운전 중 핸드폰이나 내비게이션과 같은 정보 기기의 조작과 같은 다중 작업(multitasking)으로 인하여 높은 운전부하(driving workload) 상태에서 빈번하게 발생된다(Wang et al., 1995; Horberry et

* 손준우, json@dgist.ac.kr

al., 2006). 그림 1과 같이 ROTA의 2005년도 “Road traffic accident in Korea” 통계에 따르면, 한국 교통사고의 60% 이상이 운전자의 실수와 관련되어 있는 것으로 나타났으며(ROTA, 2005; Lee. et al., 2009), 일본의 National Police Agency의 1998년 통계에 따르면, 차량 충돌 사고의 89%가 운전 부주의와 같은 운전자의 실수에 관련되어 있다고 한다(National Police Agency, 1998).

교통사고의 주요한 원인이 되는 운전 중 정보기기의 조작으로 발생하는 운전부주의와 운전부하에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 2002년부터 3년간 EU에서 수행된 HASTE는 운전자의 운전 부주의 및 운전부하를 평가하는 지표와 방법을 제안하였다(Anttila et al., 2005). 운전자의 운전 특성을 분석하는 연구와 핸드폰이나 내비게이션과 같은 정보 기기의 조작으로 인하여 발생하는 운전부하와 운전 부주의에 대한 연구가 진행되고 있다(Lee et al., 2008; Dressel et al., 2008; Cho et al., 2006). 특히, 유럽의 EU COMMUNICAR, AIDE(Victor et al., 2005; Patten et al., 2006), DOT SAVE-TI 프로젝트(Donmez et al., 2006; Save-IT, 2002)는 다양한 연구 결과를 바탕으로 운전자와 차량을 통합 관리하여 운전자의 운전 부하를 줄이는 ADVMS(advanced driver and vehicle management systems)에 관한 연구가 진행되고 있다.

운전자의 안전한 운전을 위하여 운전부하를 줄이는 ADVMS는 운전자와 차량의 운전수행도(driving performance)를 실시간으로 모니터링(monitring)하여 운전부하를 관리하고(managing) 운전자가 안전한 운전을 할 수 있도록 적절한 동기부여(motivating)

하를 관리운전자에게 제공한다. 즉, ADVMS는 운전자와 차량의 정보를 수집하여 운전자가 안전하게 운전할 수 있도록 운전부하를 조절하며 필요에 따라 운전자에게 위험을 경고하여 위험한 상황을 사전에 방지하는 시스템을 의미한다.

ADVMS의 첫 단계는 운전부하를 추정할 수 있는 운전자와 차량의 정보를 언제든지 실시간으로 획득할 있는 모니터링 환경을 개발하는 것이다. 따라서 본 논문은 ADVMS를 개발하기 위한 첫 단계로 운전자와 차량의 정보 모니터링을 위한 측정 항목 선정과 차량 환경의 구축 방법에 대해서 제안하고자 한다.

본 논문은 서론을 포함하여 총 4장으로 구성되어 있으며, 2장에서는 ADVMS의 구조와 측정 항목에 대해서 기술한다. 3장에서는 ADVMS를 위한 운전자 및 차량 모니터링 환경의 구축에 대해서 기술한다. 4장에서는 운전자 및 차량 모니터링 환경의 성능 평가 결과를 기술하고, 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 기술한다.

2. ADVMS 개요

ADVMS는 운전 중 발생하는 운전부하를 줄이기 위하여 운전자의 운전수행도를 실시간으로 모니터링하고 운전부하를 관리하고 운전자가 안전한 운전을 할 수 있도록 지원해 주는 시스템을 의미한다. ADVMS는 그림 2와 같이 운전자 및 차량의 상태를 모니터링 하는 DVM(driver & vehicle monitoring), 모니터링 된 정보를 바탕으로 운전부하를 관리하는 WM(workload management), 안전한 운전을 유도하는 MSDB(motivate safe driving behavior)와 운전자의 FM(feedback and motivation)으로 구성된다. 특히, MSDB에 따른 운전자의 FM은 DVM으로 feedback되어 운전자의 운전부하를 지속적으로 추정하고 줄이는데 활용된다.

우선, DVM은 운전자와 차량의 정보를 모니터링하여 운전부하를 추정에 필요한 정보를 제공하는 기능을 가진다. 운전자 및 차량의 정보에는 운전수행도, 운전자 시선(driver eye position), 생체 신호 정보(physiological data)와 운전자 행동(driver behavior)가 있다. 운전수행도는 운전 중 발생하는 운전자와

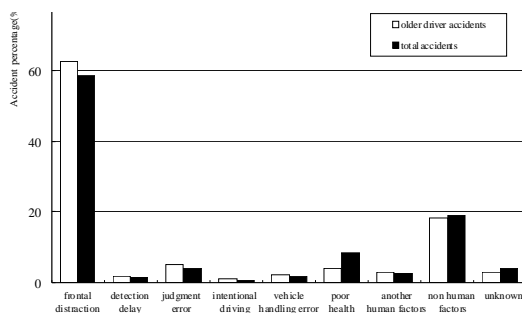


Fig. 1 연령별 운전자의 교통사고 요인

차량의 정보를 의미시, 차량의 주행, 제동 및 조향 정보, 차량의 위치 정보(GPS)와 차량의 차선 정보 등이 있다. 여기서, 기본적인 운전수행도는 차량에 적용되어 있는 CAN(controller area network)을 이용하여 획득할 수 있다. 또한, radar와 같은 장비를 이용하여 앞차와 뒤차와 주행 차량의 위치 관계에 대한 정보도 포함된다. 운전자 시선은 운전 시 운전자의 시선 정보를 의미시, 운전자의 시선의 분포 및 동체의 크기 등을 이용하여 운전부하를 추정한다. 생체 신호 정보는 운전 중 발생하는 운전자의 생체 정보를 의미시, EKG(electrocardiography: 심전도), EEG (electroencephalogram: 뇌파), respiration(호흡), EDA(sk-in conductance : 피부전도도)와, PPG (photoplethysmography: 광혈류량) 등이 있다. 마지막으로, 운전자 행동은 운전 중 운전자의 자세와 같은 정보를 의미하며, 운전자의 운전 자세나 기기 조작과 같은 정보를 통하여 운전부하의 정도를 판단한다.

WM은 DVM에서 수집된 정보를 받아서 운전부하를 관리하는 기능을 가진다. 즉, 주행 중인 차량의 운전부하를 지속적으로 모니터링하고 있다가 운전부하가 증가하면 운전부하를 줄이기 위한 기능을 수행한다. WM의 가장 중요한 기능은 여러 가지 정보를 바탕으로 운전자의 운전부하를 추정하는 기술(workload estimating)과 추정된 운전부하 정도에 따라 운전자에게 제공할 기능을 결정하는(workload

standard) 것이다. 특히, 추정된 운전부하의 정도에 따라 운전자에게 제공할 기능은 운전부하의 증가로 인하여 운전자가 얼마나 안전 운전에 방해가 되는 정도와 밀접하게 관련되어 있다. 즉, 안전 운전에 지장이 될 만큼의 운전부하가 발생할 때만 ADVMS이 운전자의 차량 제어를 제한하거나 경고를 제공하는 것이 필요하다.

MSDB는 운전부하의 증가로 인하여 운전자의 안전 운전에 위험이 발생할 때 안전 운전을 위한 기능을 수행한다. 안전 운전을 위하여 MSDB의 기능은 안전 경고(alerting), 차량 기능의 자동 제어(automation) 나 우선순위에 따른 정보 제공(prioritization of information) 등이 있다. 경고는 대표적인 안전 운전을 위한 방법으로 운전부하가 증가하면 운전자에게 위험을 사전에 알리는 방법이다. 차량 기능의 자동 제어는 운전부하의 증가로 인하여 운전자의 안전 운전을 보장할 수 없을 때 제동과 같은 차량의 일부 기능을 자동으로 조정하여 운전자의 안전 운전을 보장하는 방법이다. 우선순위에 따른 정보 제공은 운전부하가 증가하여 운전자의 안전 운전에 지장을 주는 경우에 여러 가지 정보기기의 정보 중에서 꼭 필요한 정보의 우선순위를 정하여 운전부하의 변화와 정보 제공의 우선순위에 따라 정보를 선택적으로 제공하는 방법이다. 세 가지 방법은 운전 중 운전자의 운전부하가 증가할 때 운전자의 안전 운전을 제공하기 위한 대표적인 방법이다.

마지막으로, FM은 ADVMS가 운전자에게 제공하는 MSDB를 통하여 운전자가 차량에게 feedback 시키거나 스스로 변화되는 부분을 의미한다. 운전자는 ADVMS를 통하여 운전수행도가 향상되고 안전 운전에 대한 자기 기준을 가질 수 있다. 또한, 운전자는 경고 및 선택적인 정보 제공 기능을 통하여 보다 운전 집중할 수 있으며, 이를 통하여 운전부하가 줄어들게 된다. ADVMS는 DVM을 통하여 FM의 상태와 다른 지표를 모니터링 하여 운전부하를 관리하게 된다.

3. ADVMS를 위한 운전자 및 차량 모니터링 실차 환경 구축

ADVMS를 위한 첫 단계로 운전자와 차량 모니터

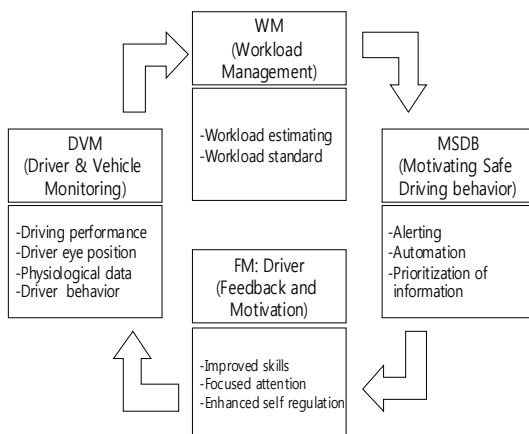


Fig. 2 ADVMS(advanced driver and vehicle management system)의 구성

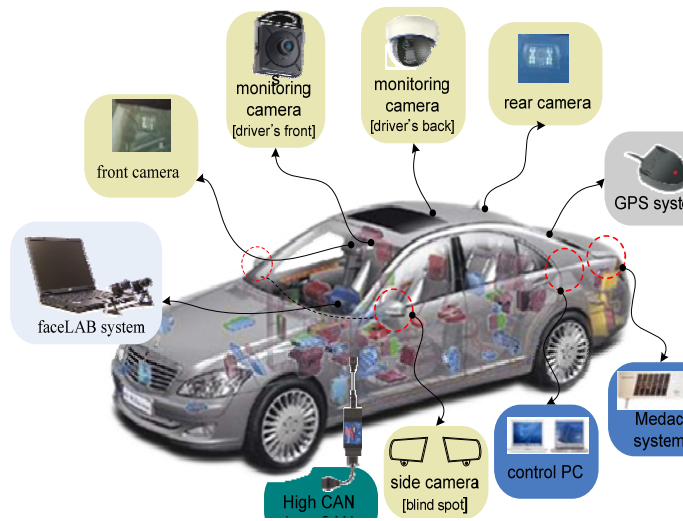


Fig. 3 운전자 및 차량 모니터링 실차 환경 구조

링 실차 환경은 운전부하를 추정에 필요한 항목을 중심으로 실내와 실외를 구분하여 실차 환경을 구축하였다. 그림 3은 운전자 및 차량 모니터링을 위하여 구축한 실차 환경의 구성을 나타내고 있다. 그림에서, 실차 환경은 운전부하 추정에 필요한 운전 수행도, 운전자 시선, 생체신호와 운전자 행동 정보와 실차 환경의 운영 및 데이터를 수집하여 보관하는 2대의 PC로 구성하였다. 또한, 실차 환경을 운영하고 데이터를 실시간으로 모니터링 하기 위하여 2대의 모니터가 차량의 뒤 좌석에 구축하였다.

우선, 운전수행도를 모니터링 하기 위하여 차량 내부 네트워크를 이용하였다. 다수의 차량의 네트워크 표준으로 적용된 CAN(controller area network) 프로토콜을 이용하여 주행, 제동 및 조향에 관련된 차량 정보를 수집하였다. 제동 및 조향에 대한 정보는 High CAN을 통하여 수집하였으며, 주행에 관련된 정보는 차량 실내에 위치한 Low CAN을 통하여 수집하였다. 자동차 회사에서 CAN dB에 대한 정보는 보안 사항이기 때문에 각각의 장치를 조작하면서 데이터의 변화를 실험적으로 관찰하여 각각의 메시지가 의미하는 정보를 확인하였다. 또한, 운전자의 행동 분석을 위하여 차량의 위치 정보는 USB 타입의 상용 GPS 모듈(ascan GPS520)을 이용하였

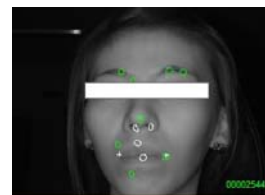
다.

운전자 시선 정보는 그림 4(a)와 같이 차량의 계기판 위에 상용 장비(FaceLab 4.6)를 설치하여 수집하였다. 사용된 상용 장비는 운전자의 시선 정보를 그림 4(b)와 같이 실시간을 획득하여 저장하는 기능을 가지고 있으며, 현존하는 장비 중에서 가장 정확한 것으로 알려져 있다. 또한, 운전자의 시선 정보는 실차 환경을 제어하는 PC의 동기화 신호에 따라 주기적으로 정보를 저장하도록 구축하였다.

운전자의 생체 신호 정보는 차량의 트렁크에 상용 장비(MEDAC System/R)를 설치하여 수집하였다. 사용된 상용 장비는 운전자의 근전도, 혈류량, 호흡도와 피부전도도를 실시간으로 획득하여 저장하는 기능을 가지고 있으며, 트렁크 캡을 통하여 운전석 뒤로 연결되어 운전자의 생체 신호를 측정하



(a) 시선 정보 카메라



(b) 시선 정보 카메라 영상

Fig. 4 운전자 시선 정보 획득 시스템 구성

는 센서와 부착하도록 설계하였다. 특히, 그림 5와 같이 생체 신호를 측정하는 센서는 부착할 때 주의가 필요하며 센서 신호가 정상적으로 출력되는지를 꼭 확인해야 한다. 왜냐하면, 생체 신호를 측정하는 센서가 외부에서 발생하는 노이즈에 약하며, 작은 충격이나 운전자의 움직임에도 정상적으로 데이터를 출력하지 못하는 경우가 많기 때문이다. 또한, 운전자의 생체 신호 정보는 실차 환경을 제어하는 PC의 동기화 신호에 따라 주기적으로 정보를 저장하도록 구축하였다.

마지막으로, 운전자 행동 정보는 6대의 카메라를 통하여 수집하였다. 6대의 카메라는 운전자를 중심으로 실내 환경 및 실외 환경으로 구분하여 설치하였다. 실외 환경은 차량의 전방, 차량의 후방과 양쪽 운전 사각 지대에 4대의 카메라로 구성하였다. 차량의 전방 카메라는 실내의 룸 밀러 앞쪽에 설치하고(그림 6(a)), 차량의 후방 카메라는 실내의 뒤 유리 가운데의 위쪽에(그림 6(b)) 설치하였다. 또한, 운전 사각 카메라는 양쪽 사이드 미러 아래쪽에 설치하였으며(그림 6(c), 그림 6(d)), 주행 중 우천을 고려하여 방수 처리를 하여 설치하였다. 실내 환경은 운전자의 동작 정보와 기기 조작 정보를 수집하는 2대의 카메라로 구성하였다. 운전자의 동작 정보 카메라는 룸 밀러 아래쪽에 카메라를 설치하고(그림 6(e)), 운전자의 기기 조작 정보 카메라는 실내 중앙에(그림 6(f)) 설치하여 획득하였다. 여기서, 6대의 카메라 위치는 실험적으로 선정하였으며, 카메라 영상은 주행 시간, 영상 프레임과 차량 속도를 포함하여 2대의 PC에 각각 저장된다.

운전자와 차량 모니터링 실차 환경은 그림 7과 같은 프로그램을 통하여 통합 제어가 되도록 설계하였다. 통합 제어 프로그램은 차량의 메인 PC에 설치



(a) PPG 센서 (b) EDA 센서
Fig. 5 운전자 생체 신호 획득 센서 시스템

되어 실험의 시작과 함께 모든 데이터를 메인 PC에 저장하도록 설계하였다. 메인 PC는 표 1과 같이 차량 정보(rpm, speed, brake)와 6대의 카메라의 영상의 frame 정보를 동기화 시간에 따라 저장한다. 또한, 2대의 PC는 6대의 영상을 각각 나눠서 저장하였다.

4. 운전자와 차량 모니터링 실차 환경의 도로 주행 성능 평가

본 연구에서 운전자와 차량 모니터링 실차 환경의 성능을 평가하기 위하여 연구소가 위치한 대구 시내 도로를 선정하였다. 운전부하는 고속도로에 비하여 복잡한 시내 도로에서 높게 나타나고 교통사고의 위험성도 높기 때문에 대구 시내 도로를 선정하였다. 또한, 장시간 운전으로 인하여 운전부하가 추가되는 것을 방지하기 위하여 약 30km 정도의 거리를 선정하였다. 특히, 본 연구의 운전자와 차량 모니터링 실차 환경은 구축을 진행하고 있기 때문에 성능 평가는 기 구축된 제한된 정보만 수행하였다.

그림 8은 운전자의 및 차량 모니터링 실차 환경의



(a) 차량 전방 카메라 (b) 차량 후방 카메라
(c) 운전석 사각 카메라 (d) 보조석 사각 카메라
(e) 운전자 행동 정보 카메라 (f) 기기 조작 정보 카메라
Fig. 6 운전자 행동 측정을 위한 카메라 영상



Fig. 7 운전 행동 특성 통합 제어 프로그램 구성

여러 가지 변수 중에서 차량의 속도 정보를 나타내고 있다. 그림에서, 속도 정보는 처음 시작과 함께 점진적으로 증가하여 약 45km/h 까지 증가하여 가속과 감속을 반복하고 있다. 특히, 속도 정보는 30ms의 동기화 시간에 따라 주기적으로 저장되는 것을 확인하였다. 또한, 그림 9는 차량에서 수집된 GPS 정보를 상용 소프트웨어와 연동하여 작성한 결과이다. 즉, 차량의 위치에 대한 GPS 정보가 정상적으로 수집되어 저장되었음을 의미한다. 본 연구에서 구축한 운전자와 차량 모니터링 실차 환경의 성능 평가

Table 1. 통합 제어 프로그램에 저장되는 데이터의 구조

No.	Field name	Explanation
1	Time	동기화 시간
2	RPM	CAN 데이터
3	Speed	CAN 데이터
4	Cam 1 frame	전방 카메라 frame 정보
5	Cam 2 frame	후방 카메라 frame 정보
6	Cam 3 frame	운전 행동 카메라 frame 정보
7	Cam 4 frame	기기 정보 카메라 frame 정보
8	Cam 5 frame	사각 카메라 frame 정보
9	Cam 6 frame	사각 카메라 frame 정보
10	FaceLab frame	FaceLab 프레임
11	X_position	운전자 시선의 x 좌표
12	Y_position	운전자 시선의 y 좌표
13	Latitude	GPS 위도
14	Longitude	GPS 경도
15	Altitude	GPS 고도

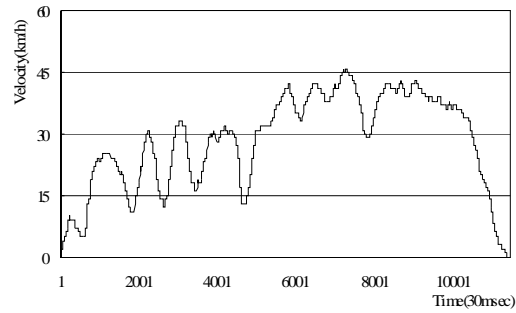


Fig. 8 운전자와 차량 모니터링 실차 환경의 주행 속도 모니터링 결과

가는 제한된 범위에서 수행되었지만, 실제 도로를 주행하면서 차량의 속도 및 GPS 정보가 정상적으로 수집되는 것을 확인하였다.

5. 결론

본 연구는 운전자의 운전부하를 경감시키기 위한 ADVMS의 구조와 구성요소에서 요구되는 기능에 대해서 소개하였다. 또한, ADVMS 개발을 위한 첫 단계로 운전자와 차량 모니터링 실차 환경을 구축하였다. 마지막으로, 제안된 실차 환경을 도로에서 제한적인 성능평가를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 운전자의 운전부하를 경감하기 위한 ADVMS의 구조와 각각의 구성 요소에서 요구되는 기능들



Fig. 9 운전자와 차량 모니터링 실차 환경의 GPS 모니터링 결과

확인하였다.

2) ADVMS를 하여 운전자와 차량 모니터링 실차 환경을 구축하였으며, 실차 환경의 성능 검증을 통하여 우수한 운전자 및 차량 모니터링 기능을 확인하였다.

하지만, 본 연구는 구축하고 있는 운전자 및 차량 모니터링 실차 환경의 여러 가지 기능 중에서 일부를 제한적으로 성능 평가하였다. 따라서 추가적인 성능 평가를 통하여 실차 환경의 성능 검증이 필요하다. 또한, 본 연구에서 구축하고 있는 실차 환경은 차량의 차선 정보와 차량의 전후방 차량에 대한 정보가 추가되어야 하며, 모니터링 정보를 이용하여 운전자의 운전부하를 추정하고 운전부하의 판단 범위에 대한 연구가 추가적으로 필요하다.

후 기

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비와 교육과학기술부의 “대구경북과학기술원”연구사업의 연구비의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Anttila, V. and Luoma, J., "Surrogate in-vehicle information systems and driver behavior in an urban environment: A field study on the effects of visual and cognitive load," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 8(2), 121 - 133, 2005.
- Cena, G., Valenzano, A. and Vitturi S., "Advances, in automotive digital communications," *Computer Standards and Interfaces*, 27(6), 665-678, 2005.
- Cho, J. H., Nam, H. K. and Lee, W. S., "Driver Behavior with adaptive cruise control," *International Journal of Automotive Technology*, 7(5), 603- 608, 2006.
- Donmez, B., Boyle, L. N., Lee, J. D. and McGehee, D. V., "Drivers' attitudes toward imperfect distraction mitigation strategies," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 9(6), 387-398, 2006.
- Dressel, J. and Atchley, P., "Cellular phone use while driving: A methodological checklist for investigating dual-task costs," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 11(5), 347-361, 2008.
- Horberry, T., Anderson, J., Regan, M. A., Triggs, T. J. and Brown, J., "Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance," *Accident Analysis and Prevention*, 38(1), 185-191, 2006.
- Lee, J. K. and Lee, I. S., "Intelligent advanced safety vehicle technology development," *Auto Journal*, 28(4), 22-27, 2006.
- Lee, W. C. and Cheng, B. W., "Effects of using a portable navigation system and paper map in real driving," *Accident Analysis and Prevention*, 40(1), 303-308, 2008.
- Lee, Y. T., Kim, M. H. and Son, J. W., "Effects of advancing age on drivers' cognitive workload," *Journal of the ergonomics society of Korea*, 28(3), 2009.
- National Police Agency, "Statistics of road traffic accidents in Japan," 1998.
- ROTA (Road Traffic Authority), "Road traffic accidents in Korea," 2005.
- Patten, C. J. D., Kircher, A., Ostlund, J., Nilsson, L. and Svenson, O., "Driver experience and cognitive workload in different traffic environments," *Accident Analysis and Prevention*, 38(5), 887-894, 2006.
- Save-IT, SAfety VEhicle(s) using adaptive Interface Technology (SAVE-IT) Program. RSPS/Volpe National Transportation Systems Center (Public Release of Project Proposal), Cambridge, MA, 2002.
- Treat, J. R., "A study of pre-crash factors involved in traffic accidents," *HSRI Research Review*, 10(11), 1-35, 1980.
- Victor, T. W., Harbluk, J. L. and Engstrom, J. A., "Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 8(2), 167-190, 2005.