

차량 내 태스크를 이용한 고령운전자의 운전부하 평가

김 만 호^{*1)} · 손 준 우²⁾

대구경북과학기술연구원 미래산업융합기술연구부 Human-centered Intelligent Vehicle(HcIV)^{*1), 2)}

Driving Workload Assessment of Elderly Driver using In-Vehicle Task

Man Ho Kim^{*1)} · Joon Woo Son²⁾

^{*1), 2)}Division of Advanced Industrial Science & Technology, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology,
Dalseo-gu, Daegu 704-230, Korea

Abstract : Intelligent vehicles have become the center of interest in automobile, truck, crane, public transportation, industrial vehicle, and military vehicle research fields. Intelligent vehicle systems offer the potential to significantly enhance safety and convenience for both drivers and passengers. However, driver including elderly driver have a suffer to operate the complex functions of intelligent vehicle. In order to present a solution to this problem, we proposed driving workload assessment using in-vehicle task. In addition, driving workload assessment results are given with comparison of NASA-TLX and the task performance time.

Key words : Driving Workload(운전부하), Elderly Driver(고령운전자), In-Vehicle Task(차량 내 태스크), NASA-TLX, Task performance time(태스크 수행 시간), Distraction(부주의), HMI(Human Machine Interface)

1. 서 론

최근, 자동차는 기계, 전자, 통신과 제어공학의 발전으로 인하여 안전성과 편의성이 획기적으로 향상되고, 안전하고 쾌적한 주행 환경은 교통사고로 인한 사회적인 손실을 최소화시키고 있다. 특히, 자동차 산업은 단순한 운송 수단에서 운송, 정보, 업무 및 휴식 공간으로 발전할 수 있는 지능형 자동차(intelligent vehicle) 개발에 대한 관심을 가지고 있다.¹⁻³⁾ 지능형 자동차는 운전자에게 안전 정보를 제공하는 ADAS(Adaptive Driver Assistance System)와

편의 정보를 제공하는 IVIS(In-Vehicle Information System) 기술을 중심으로 활발하게 개발되고 있다. 특히, ADAS는 전방 충돌을 방지하는 ACC(Adaptive Cruise Control) 기술과 차선을 유지하는 LDWS(Lane Departure Weaning System)을 중심으로 통합된 충돌 방지 시스템으로, IVIS는 차량의 편의 정보를 통합하여 제공하는 DIS(Driver Information System)으로 발전하고 있다.⁴⁻⁵⁾

하지만, 지능형 자동차의 첨단 기술의 구현과 함께 운전자와의 적절한 상호관계(interaction)를 위한 HMI(Human Machine Interface) 기술이 더욱 요구된다.⁶⁾ 왜냐하면, 첨단 기술이 구현된 지능형 자동차는 점점 복잡해져 조작하기 어렵게 되지만 상대적으로 조작하는 연령은 고령화되기 때문이다. 또한,

* 김만호, mhkim@dgist.ac.kr

자동차 사고를 유발하는 가장 큰 요인인 운전 부주의(distraction)가 운전 중 차량 내 기기 조작에서 발생되고 있기 때문이다.⁷⁻⁸⁾ 특히, HMI 기술과 함께 운전자가 운전할 수 있는 능력과 운전에서 요구되는 능력의 차이인 운전부하(driving workload)를 고려한 지능형 자동차를 개발해야 운전자가 편안하고 안전하게 운전을 할 수 있다.⁹⁾

2002년부터 3년간 수행된 HASTE(Human Machine interaction and the Safety of Traffic in Europe)는 운전자의 운전 특성을 분석하는 방법론과 평가 방법론을 개발하여 제안하였다.¹⁰⁾ HASTE를 계속하여 AIDE(Adaptive Integrated Driver-vehicle interface)는 ADAS와 IVIS을 대상으로 운전 부하와 운전 부주의를 줄이기 위한 방법을 개발하고 있다.¹¹⁾ SAVE-IT(SAFETY VEHICLE using adaptive Interface Technology)는 교통사고의 주된 원인이 되는 시각적 부주의를 줄이는 방법을 개발하고 있다.¹²⁾ PReVENT는 AIDE에서 연구된 운전 특성과 SAVE-IT에서 연구된 시각적인 부주의 결과를 활용하여 운전자를 고려한 능동 안전(active safety) 시스템을 개발하고 있다. 특히, 운전자의 운전 특성을 분석하기 위한 다양한 형태의 연구와 운전 중 기기 조작에 따른 부주의 및 운전부하를 측정하여 줄이기 위한 다양한 연구가 적극적으로 진행되고 있다.¹³⁻¹⁴⁾ 하지만, 국내는 기초적인 운전 특성에 대한 연구가 제한적으로 진행되고, 운전 부주의와 운전 부하에 대한 연구가 적극적으로 진행되지 않고 있다.

따라서 본 논문은 국내 운전자를 대상으로 실차 환경에서 차량 내 정보기기를 조작으로 발생하는 운전부하를 평가하였다. 여기서, 운전부하는 일반화된 다섯 단계의 차량 내 기기를 조작 태스크를 이용하여 일반 도로를 주행하면서 평가하였다.¹⁵⁾ 또한, 교통사고의 위험률이 가장 높은 고령 운전자의 기기 조작에 따른 운전부하를 연령별 운전자와 비교 평가하였다.

본 논문은 서론을 포함하여 4장으로 구성되어 있다. 2장에서는 실차 환경에서 차량 내 기기 조작에 따른 운전 부하를 측정하기 위한 실험 프로토콜을 설명한다. 3장에서는 실험 결과를 비교 분석한다. 마지막으로, 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향에

대해서 기술한다.

2. 실험 방법

2.1 실험 절차

연령별 운전자의 운전부하를 분석하기 위한 실험 절차를 그림 1과 같이 설계하였다. 그림에서, 실험 절차는 실차 운전을 하는 실험을 중심으로 실험 전 단계와 실험 후 단계로 구성된다. 실험 전 단계는 서명 및 설명(consent and overview), 피험자 자격 검토(subject eligibility review), 사전 설문(pre questionnaire), 차량 소개(vehicle presentation), 태스크 훈련(task training), 차량 훈련(vehicle training)과 사전 기준 실험(pre-baseline experiment)로 구성된다. 실험 후 단계는 사후 기준 실험(post-baseline experiment)과 사후 설문(post-questionnaire)으로 구성한다. 실험 단계는 정해진 구간을 실차로 운전하면서 주어진 태스크를 수행하도록 설계하였다.

2.2 실험 장비

연령별 운전자의 운전부하를 분석하기 위하여, 실험용 차량은 H사의 대형 승용차를 선정하였다. 공정한 평가를 위하여 대부분의 피험자가 운전 경험이 없는 차량을 선정해야 하기 때문에 보급률이 낮은 H사의 대형 승용차를 선정하였다. 또한, 피험자의 기기 조작 시간을 측정하기 위하여 세대의 웹캠과 음성 저장 장치를 차량에 설치하였다. Logitech

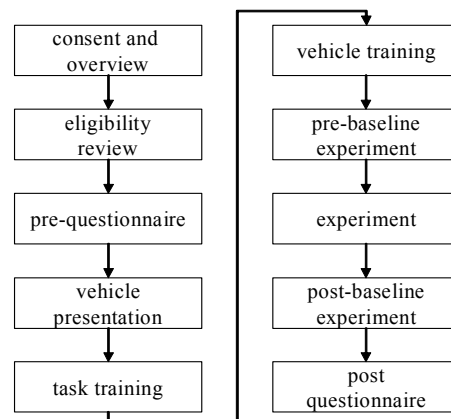


Fig. 1 Structure of experiment protocol for driving workload assessment

사의 QuickCam®Ultra Vision 웹캠을 운전석 위 천장, 중앙 실내등과 동반석 위쪽에 각각 설치하였다. 그림 2는 차량에 설치된 웹캠에서 찍은 영상을 나타내고 있다. 그림에서, 운전석 위 천장과 중앙 실내등에 설치한 웹캠은 태스크 수행과정을 촬영하고 동반석 위쪽에 설치한 웹캠은 운전자의 상태를 촬영하였다. LG전자의 UP3# 음성 저장 장치는 자동차 센타페시아에 설치하여 실험 과정을 녹음하였다.

2.3 피험자

연령별 운전자의 운전부하를 분석하기 위하여, 20명의 피험자가 실험에 참여하였다. 여기서, 피험자는 20대 5명(평균 27.0세), 40대 5명(평균 45.2세)과 60대 10명(평균 67.4)으로 구성하였다. 또한, 연령별 운전 부하와 함께 성별 운전 부하를 비교하기 위하여 성비는 반반으로 구성하였다. 하지만, 60대 운전자의 성비는 실제로 운전하는 운전자의 비율을 고려하여 7대3으로 구성하였다. 피험자는 실차 운전을 하면서 태스크를 수행해야 하기 때문에, 최소 3년 이상의 운전 경력을 소유한 피험자를 모집하였다. 또한, 실차 운전을 포함하여 약 3시간 전후의 실험을 수행할 수 있는 건강하고 도로 운전에 영향을 줄 수 있는 병이 없는 피험자를 모집하였다.

2.4 실험 도로

연령별 운전자의 운전부하를 분석하기 위하여, 실차 주행 도로를 선정하였다. 그림 3은 실차 주행



Fig. 2 Photograph of webcam based monitoring system for assessment of in-vehicle task

을 위한 실험 도로를 나타내고 있다. 실차 주행 도로는 약 30km이며, 대구 시내 도로를 선정하였다. 왜냐하면, 연령별 운전자의 운전 특징 및 운전 부하 특성은 운전 및 기기 조작이 빈번하게 발생하는 시내 도로에서 발생되기 때문이다. 실차 주행 도로는 본 연구소를 시작점으로 하여 시외 구간을 약 5km 주행하고 U-턴을 하여 시내 구간을 약 25km 주행하여 시작점으로 돌아오도록 구성하였다. 총 주행 시간은 약 1시간으로 설정하였다.

2.5 성능 지표

연령별 운전자의 운전부하를 분석하기 위하여, 주관적인 성능 지표와 객관적인 성능지표를 선정하였다. 우선, 주관적인 성능 지표는 1980년대 초반에 미 항공우주국에서 개발된 주관적인 직무난이도 측정 방법으로 개발된 NASA-TLX(Task Load index)를 선정하였다.¹⁶⁾ NASA-TLX는 사용의 편리성과 합리성으로 인하여 생체신호 측정을 통하여 운전부하를 평가하는 복잡함과 어려움을 줄여 널리 사용되는 방법이다. NASA-TLX는 정신적 요구(mental demand), 육체적 요구(physical demand), 시간적 요구(temporal demand), 노력 수준(effort), 수행도 수준(performance)과 좌절 수준(frustration)의 6가지 평가 기준에 대하여 0에서 100점 사이의 점수를 평가하여 운전부하를 정량화하는 방법이다.

객관적인 성능 지표는 다섯 가지 태스크를 수행하는 수행 시간을 선정하였다. 왜냐하면, 운전부하는 운전 중 기기의 조작과 같은 태스크를 수행하면서 발생되기 때문이다. 여기서, 태스크 수행 시간은

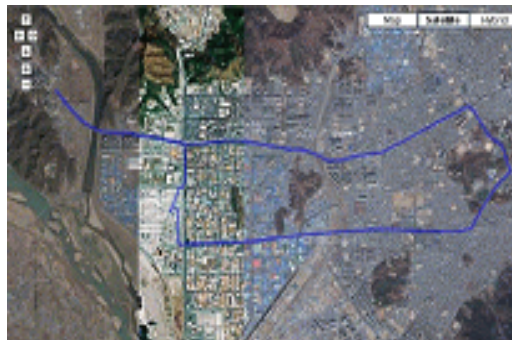


Fig. 3 Photograph of experiment road in Daegu city

실험자가 태스크 수행을 명령한 시점부터 태스크를 완료한 시점까지로 정의하였다. 또한, 태스크 수행 시간은 실험 도로의 특정 지점에서 도로 제한 속도와 차선을 유지하고 측정하였다. 태스크 수행 시간은 웹캠을 이용한 동영상 촬영과 음성 저장 장치를 이용한 실험자의 태스크 수행과 완료 명령을 저장하여 측정하였다.

2.6 차량 내 태스크

연령별 운전자의 운전부하를 분석하기 위하여, 차량 내 기기 조작 태스크를 일반화하는 것이 필요하다. 왜냐하면, 운전 중 발생하는 기기의 조작은 다양하며 기기의 기능과 추가에 따라 조작하는 태스크가 늘어나기 때문이다. 차량 내 기기 조작은 운전이라는 특수한 상황을 고려하여 시각적인 정보를 바탕으로 제한된 범위 내에서 손으로 조작하는 경우를 중심으로 일반화할 수 있다. 여기서, 음성정보를 이용한 기기의 조작은 낮은 보급률을 고려하여 제외하였다.

본 연구에서는 표 1을 인용하여 차량 내 기기 조

작에 따른 운전부하를 평가하였다.¹⁵⁾ 표에서, 차량 내 기기 조작은 운전 중 운전자에게 요구되는 능력의 차이에 따라 manual only, manual primarily, visual only, visual primarily와 visual-manual로 구분한다. Manual only 태스크는 시각적인 정보 없이 습관적인 손동작으로 수행할 수 있는 조작으로 정의하였다. 예로, 운전 중 방향 지시등이나 경음기의 조작이 manual only 태스크에 포함될 수 있다. Manual primarily 태스크는 손동작을 수행하기 위해 최소한의 시각적인 정보가 필요한 조작으로 정의하였다. 라디오를 조작하기 위해서 눈으로 스위치의 위치를 찾고 손으로 스위치를 조작하는 경우가 대표적인 manual primarily 태스크이다. Visual only 태스크는 전적으로 시각적인 정보에 의존하는 조작으로 정의하였다. 운전 중 계기판의 속도계를 읽는 경우를 의미한다. Visual primarily는 전적으로 시각적인 정보에 의존하지만 손 조작으로 입력을 수행하는 조작으로 정의하였다. 즉, 눈으로 보면서 라디오의 주파수 버튼을 조작하는 경우가 대표적이다. 마지막으로, Visual-manual 태스크는 시각적인 정보와 손 조작이 함께 수행되어 조작으로 정의된다. 운전 중 실내 온도를 조작하기 위해서 조작 버튼을 조작하면서 원하는 온도를 조절하는 경우와 운전 중 핸드폰 통화가 포함될 수 있다.

실차 환경에서 운전 중 기기 조작 태스크는 운전 중 방향 지시등 조작(manual only), 라디오 켜기(manual primarily), 계기판의 회전 수 읽기(visual only), 라디오 주파수 설정(visual primarily)과 히터의 실내 온도 설정(visual-manual)의 다섯 가지로 구분하였다.

3. 실험 결과

연령별 운전자의 운전부하 실험 결과를 분석하기 위하여, 이중과업비용(dual task cost) 성능 지수를 선정하였다. 이중과업비용 성능 지수는 정차 상태의 태스크 수행 시간과 운전 중 태스크 수행 시간의 편차를 정차 상태의 태스크 수행 시간으로 나눈 값으로 그림 4와 같이 표현된다. 특히, 이중과업비용 성능 지수는 피험자의 정차 상태 수행 능력과 운전 중

Table 1 In-vehicle information system task classification

Task classification	Description
Manual only	Tasks that can be performed by one of the driver's hands without visual reference.
Manual primarily	Driver uses vision to find a control and possibly determine its present setting. Then driver moves one hand to control, and as hand approaches control, vision is no longer required. Driver executes remainder of task manually.
Visual only	Tasks that are completely or largely visual in terms of resources used. Require no manual input and are always information gathering tasks.
Visual primarily	Tasks that rely heavily on vision but require a degree of manual input. Vision is used to locate and gather information, some degree of manual input required to be able to gather information.
Visual-Manual	Tasks feature interactive visual and manual demands. Driver gathers information and uses it for making additional manual inputs, or the driver makes manual inputs sequentially to access desired information.

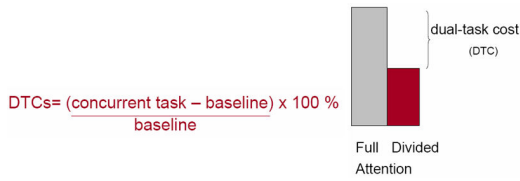


Fig. 4 Dual task cost performance evaluation index

수행 능력의 차이를 이용하기 때문에 운전 중 기기 조작으로 발생하는 운전부하를 비교할 수 있다. 또한, 피험자의 능력의 차이에 의해 발생하는 기기 조작 시간의 차이를 제거할 수 있다.

그림 5는 NASA-TLX 설문 조사를 이용하여 연령별 운전자의 운전부하를 분석한 결과를 나타내고 있다. 그림에서, manual 태스크와 visual 태스크의 난이도가 없이 각각의 태스크가 개별적으로 DTC 값을 가짐을 확인하였다. 또한, 60대 고령운전자의 경우에는 라디오를 켜서 볼륨을 조절하는 manual primarily 태스크에 과도하고 높은 DTC 값을 가짐을 확인하였다. 여기서, 차량 내 기기 조작 태스크의 일반화 모델은 manual only와 visual only 태스크 보다 manual primarily와 visual primarily가 난이도가 높고, manual 태스크보다 visual 태스크가 난이도가 높다고 알려져 있다. 즉, NASA-TLX 설문 조사를 이용하여 연령별 운전자의 운전부하를 기기 조작의 일반화 태스크로 분석하는 것이 적절하지 않음을 확인하였다. 왜냐하면, NASA-TLX 설문 조사는 운전자의 주관적인 평가가 우선되기 때문이다.

그림 6은 NASA-TLX의 주관적인 평가를 보완하기 위하여 태스크 수행 시간을 이용하여 연령별 운전자의 운전부하를 분석한 결과를 나타내고 있다.

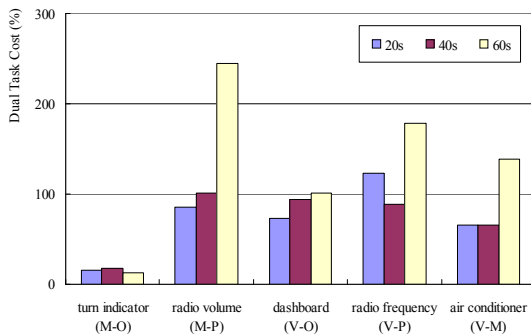


Fig. 5 DTC result of driving workload using NASA-TLX

그림에서, manual 태스크에 비하여 visual 태스크가 상대적으로 높은 DTC 값을 가짐을 확인하였다. 즉, 운전에 직접적으로 관련된 시각적인 태스크가 손을 이용한 태스크보다 운전부하가 높음을 확인하였다. 또한, 연령별 운전자의 운전부하에 대한 DTC를 비교함으로써, 각각의 태스크에 대한 운전부하 특성이 있음을 확인하였다. 즉, manual 태스크보다는 visual 태스크가 운전부하를 높이고, manual 태스크와 visual 태스크가 합쳐진 경우가 가장 운전부하가 높임을 확인하였다. 하지만, 40대 운전자는 라디오 주파수를 설정하는 visual primarily 태스크에서 상대적으로 높은 DTC 값을 가짐을 확인하였다.

4. 결론

본 논문은 국내 운전자를 대상으로 실차 환경에서 차량 내 정보기기를 조작으로 발생하는 운전부하를 평가하였다. 특히, 운전부하는 일반화된 다섯 단계의 차량 내 기기를 조작 태스크를 이용하여 일반 도로를 주행하면서 평가하였다. 마지막으로, 고령 운전자의 기기 조작에 따른 운전부하를 연령별 운전자와 비교 평가하였다.

하지만, 본 논문은 고령운전자를 비롯한 연령별 운전자의 운전부하를 평가하기 위한 예비 실험 결과를 중심으로 기술하였다. 특히, 통계적 유의성을 가지는 피험자에 관한 부분과 실험 결과에 대한 통계적 유의성 평가에 대한 부분을 추가할 예정이다. 또한, 본 연구는 차량 내 기기를 설계할 때 발생할 수 있는 운전부하나 운전부주의를 고려할 수 있는 설계의 필요성에 대해서 연구를 할 예정이다.

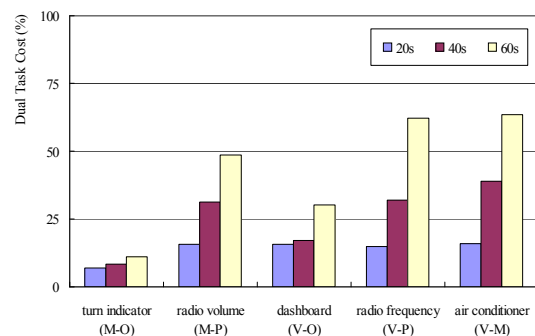


Fig. 6 DTC result of driving workload using task performance time

후기

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비와 교육과학기술부의 “대구경북과학기술연구원” 기관 고유 연구 사업비로 수행되었습니다.

References

- 1) Year.A. Broggi, “Intelligent vehicle applications worldwide,” IEEE Intelligent Systems, Vol. 15, No. 1, pp. 78-81, 2000.
- 2) G. Leen and D. Heffernan, “Expanding automotive electronic systems,” Computer, vol. 35, no. 1, pp. 88-93, 2002.
- 3) R. Isermann, R. Schwarz, and S. Stolz, “Fault-tolerant drive-by-wire systems,” IEEE Control Systems Magazine, vol. 22, no. 5, pp. 64-81, 2002.
- 4) Johan Engstrom, Emma Johansson, and Joakim Ostlund, “Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving,” Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, Vol. 8, No. 2, pp. 97-120, 2005.
- 5) Oliver Carsten, and Karel Brookhuis, “Issues arising from the HASTE experiments,” Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, Vol. 8, No. 2, pp. 191-196, 2005.
- 6) Tim Horberry, Janet Anderson, Michael A. Regan, Thomas J. Triggs, and John Brown, “Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance,” Accident Analysis & Prevention, Vol. 38, No. 1, pp. 185-191, 2006.
- 7) Wang, J., Knipling, R.R., and Goodman, M.J., “The role of inattention in crashes; new statistics from the 1995 crashworthiness data system (CDS),” 40th Annual Proceedings: Association for the Advancement of Automotive Medicine, pp. 377 - 392, 1996.
- 8) Stutts, J.C., Reinfurt, D.W., Staplin, L., and Rodgman, E.A., “The role driver distraction in traffic crashes” Report Prepared for AAA Foundation for Traffic Safety. Retrieved, 2003.
- 9) Hiroshi Makishita, and Katsuya Matsunaga, “Differences of drivers’ reaction times according to age and mental workload,” Accident Analysis & Prevention, Vol. 40, No. 2, pp. 567-575, 2008.
- 10) Virpi Anttila, and Juha Luoma, “Surrogate in-vehicle information systems and driver behaviour in an urban environment: A field study on the effects of visual and cognitive load,” Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, Vol. 8, No. 2, pp. 121-133, 2005.
- 11) Trent W. Victor, Joanne L. Harbluk, and Johan A. Engström, “Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty,” Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, Vol. 8, No. 2, pp. 167-190, 2005.
- 12) Geva Vashitz, David Shinar, and Yuval Blum, “In-vehicle information systems to improve traffic safety in road tunnels,” Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, Vol. 11, No. 1, pp. 61-74, 2008.
- 13) Wen-Chen Lee, and Bor-Wen Cheng, “Effects of using a portable navigation system and paper map in real driving,” Accident Analysis & Prevention, Vol. 40, No. 1, pp. 303-308, 2008.
- 14) Jeffrey Dressel, and Paul Atchley, “Cellular phone use while driving: A methodological checklist for investigating dual-task costs,” Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, Vol. 11, No. 5, pp. 347-361, 2008.
- 15) Wierwille, “Visual and manual demands of in-car controls and displays,” Peacock and W. Karwowski, Automotive Ergonomics, 1993.
- 16) S. G. Hart, and L. E. Staveland, “Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research,” in Human Mental Workload, P. A. Hancock and N. Meshkati, Ed. North-Holland: Elsevier Science Publisher B. V., pp. 139 ~ 183, 1988.