Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 5 pp.735-739, October 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.5.735

차량정보기기 사용에서 운전자의 인지부담 평가방법에 관한 연구

전 용 욱

아주대학교 산업정보시스템공학부

Study on Evaluation Method of Driver's Cognitive Workload with using In-Vehicle Information Systems

YongWook Jeon

Division of Industrial and Information Systems Engineering, Ajou University, Suwon, 443-749

ABSTRACT

Driving workload is increasing according to developing new in-vehicle devices and introducing driving information systems. In this research using a driving simulator, EFRP (Eye Fixation Related Potential) was measured for evaluating driving attention and distraction while tasking cognitive workload, n-back tasks. The result of EFRP was compared with driver behaviors. Results suggest that EFRP is able to use for a method of evaluating driving workload, however, the analysis of driver behavior is difficult to find driving attention and distraction in the case of free flow of traffic situation.

Keyword: EFRP (Eye Fixation Related Potential), Driver behavior, Driving distraction, Driving attention

1. 서 론

ITS(Intelligent Transport Systems) 기술이 발달함에 따라 차내정보장치(In-vehicle Information System) 등 다양한 운전지원 시스템 개발로 운전자에게 편의를 제공하고 있다. 그러나 이러한 운전지원 시스템은 운전 중에 사용되기 때문에 연속적으로 집중하기가 어렵고, 운전과 병행하기 때문에 작업시간에 제약이 따른다. 즉, 운전자는 운전과제와 동시에 병행하여 운전지원 시스템의 이중작업을 부담하기 때문에 운전자의 주의를 산만하게 하여 사고를 유발하기도 하므로, 시스템의 개발 단계에서 그 점을 고려하여 평가할 필요가 있다(Akamatsu, 2009).

운전 중에 운전자의 부하를 측정하는 방법과 시스템의 사용 가능 여부를 판단하는 방법이 다방면으로 연구 중이다.

그 예로써, 운전 중에 이중과제를 부여하여 평가하는 방법으로 주변자극검지 테스트(Peripheral Detection Task: PDT)(Miura, 2004), 시각차폐법(Visual occlusion method)(JAMA, 2004), 차선변경 테스트(Lane Change Test) 등을 이용하여 시스템 사용 시의 운전자의 시인행동 및 운전행동을 평가하는 방법이 있다(박정철, 2009). 그러나 이러한 평가방법은 카 내비게이션과 같이 음성 인터페이스를 가진 시스템의 평가에는 사용이 불가능한 단점을 지니고 있다. ISO(International Standardization Organization)에서 현재 표준화 작업을 위하여 검토 중에 있지만, 이러한 평가방법을 통해서 시스템을 평가할 경우에도 측정시간이나 구체적인 방법에서 나라마다 정량화 방법에 대한 주장이 다르다. 또한, 시스템의 도입 시에 운전자가 제어 가능한 정보처리

교신저자: 전용욱
주 소: 443-749 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지, 전화: 031-219-2335, E-mail: jyw0673@ajou.ac.kr

용량의 상태 및 리소스의 배분 등의 평가에 사용 가능한 방법은 명확히 밝혀지지 않았다.

운전작업은 많은 정보를 시각을 통하여 획득한다(Hartman, 1970). 자신의 차량 거동정보는 청각 및 가속도 등의 체감을 통하여 얻을 수 있지만, 도로구조, 타 차량의 거동 및 타 차량과의 위치관계 등은 자신의 차량에서 물리적으로 떨어져 있기 때문에 시각에 의존해야 하므로, 운전 중의 시스템 사용에 대한 평가 시에는 시각에 대한 평가가 반드시 필요할 것이다. 또한, 실제로 차량을 제어할 시에는 자신의 차량의 진행방향 및 속도 제어뿐만 아니라 차선위치 제어, 타 차량의 움직임 등 주위의 교통시설 및 교통흐름에도 신경을 써야 차량을 제어하는 운전자의 운전행동을 관측해야 한다.

시각에 관한 연구로써는 ERP(event-related potential)를 이용하여 자극에 대하여 눈을 고정시키고 계측하는 방법이 있다(Yagi, 2005; Yagi, 2009). 책을 읽거나 물건을 찾을 때에 눈의 움직임을 기록하면 순간적 움직임(saccade)과 안구정류(fixation pause)의 계단 형태의 패턴이 나타난다. 시각정보를 입력할 때에는 안구가 고정되어 있다. 안구의 순간 움직임이 발생 후에 안구정류의 시점에서 뇌파를 가산평균을 하면 안구가 움직이는 상태에서도 시각정보에 관한 전위를 얻을 수 있다. 이러한 경위를 통하여 얻은 전위가 안구정류관련전위(EFRP: Eye Fixation Related Potential)이다(人間計測 Hand book, 2003).

본 연구에서는 운전 중에 발생하는 운전 주의 · 산만 상황에 있어서, 운전행동 데이터와 EFRP의 특성을 조사하여 운전의 주의 · 산만을 평가하는 방법으로의 응용할 수 있는 지를 검토하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 실험 장비

드라이빙 시뮬레이터(Driving Simulator)를 이용하여 실제 운전환경을 모의하였다. 드라이빙 시뮬레이터는 자동변속기를 장착한 차량 한대 분을 운전환경으로 이용하였고, 6축의 전동 모션 시스템에 의하여 6자유도의 운동과 주행 중에 도로에서 오는 진동을 모의하였다. 10대의 프로젝터와 150인치 스크린 8면을 이용하여 운전석에서의 시야 각도를 360도 확보하였다. DS의 도로 주행환경은 일본 요코하마(横浜) 중심 시가지로써 "미나토미라이" 지역 도로와 거의 동일하게 재현하였고, 주행상황은 낮 시간의 자유 교통량으로 설정하였다.

운전 중의 주의 및 산만 정도를 파악하기 위하여 Polimate AP216(Degitex co. LTD.)을 사용하여 운전자의 EFRP를 측정하였다. 그림 1과 같이 좌우 관자놀이와 좌측 안구의 상하에 전극을 부착하였고, Fz, Cz, Pz, Oz, O1, O2 및 좌우 귀에 기준 전극을, earth로써 Fpz를 접지하였다. 그림 2는 운전자에게 전극을 부착시켜 실험 주행하는 장면을 보여준다.

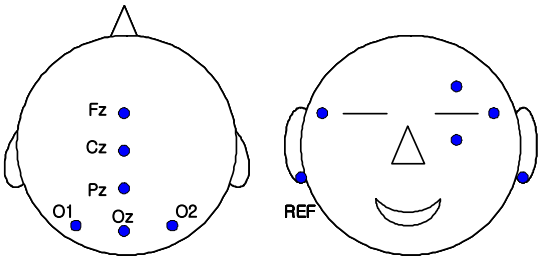

그림 1. EFRP 장착 위치

그림 2. 실험장면의 예

2.2 실험조건

운전이라는 제1차 직무에 난이도를 3단계로 나눈 n-back의 인지부하과제를 제2차 직무로써 부여하였다. 제1차 운전직무는 드라이빙 시뮬레이터를 이용하여 카 내비게이션의 경로유도정보에 따라 목적지까지 안전하게 주행하도록 지시하였으며, 각 코스의 주행시간은 약 5~6분 정도로 설정하였다. 제2차 인지부하과제는 운전 중에 집중 가능한 직무(집중조건)으로써 0-back 테스트, 운전의 주의를 분산시키기 위한 조건(산만조건)으로써 2-back 테스트, 집중조건과 산만조건의 중간의 조건(중간조건)으로써 1-back 테스트를 부여하였다.

2.3 실험 순서

실험에 참가한 피험자에게 운전목적 및 순서, 방법 등을 설명하고, 드라이빙 시뮬레이터 운전환경에 익숙하도록 약

10분 정도의 연습코스를 주행하도록 하여, 적응 여부에 따라 연습주행을 연장하였다. 또, EFRP를 측정하기 위하여 전극을 부착하고, 주의사항을 설명하였다. 각 실험 코스를 주행 후, 코스별 집중도 및 피로도(가장 낮음: 1 ~ 가장 높음: 7)로 주관지표를 측정하였다.

2.4 실험 참가자

평상시 주 1회 또는 2회 가량의 운전을 하는 남성 10명, 여성 5명으로 전체 15명이 참가하였으며, 평균연령은 22.9세(표준편차: 1.2)였다. 데이터 분석 대상은 드라이빙 시뮬레이터의 멀미 등의 이유로 데이터 취득이 불가능한 3명의 피험자를 제외한 12명의 데이터를 분석하였다.

2.5 실험계획

인지부하과제(n-back)에 따른 운전의 주의 및 산만의 차이를 검토하기 위하여 차량의 평균속도, 인지부하과제에 대한 정답률, 운전 집중도에 관하여 T-test와 ANOVA(분산분석)를 통하여 유의차를 분석하였다.

3. 결 과

3.1 운전행동

운전행동을 분석하여 인지부하과제(n-back)에 따라 운전의 주의 및 산만에 어떠한 특징적 차이가 발생하는 지와 이로부터 어떠한 수치적 결과를 이용하면 인지부하를 판별하는 평가지표로써 사용 가능한가를 검토하였다.

각 인지부하과제를 수행 중에 주행한 공통구간인 직진 300m 구간에서의 속도를 분석하여 그림 3에 나타내었다.

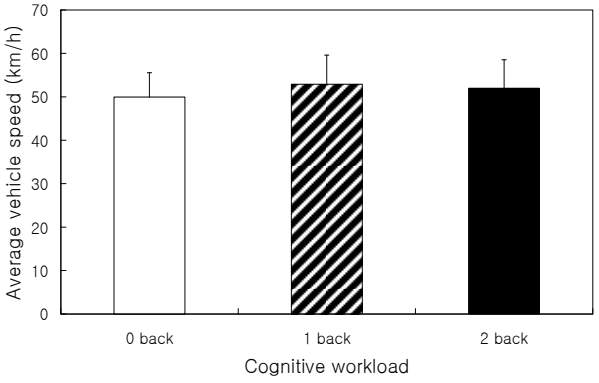

그림 3. 인지부하과제에 따른 직선구간에서의 평균속도

각 인지부하과제에 따른 직선구간의 평균속도에는 차이가 발견되지 않았다($F(2,33)=0.70$, $p=0.51$). 또한, 좌회전 및 우회전 시의 평균속도의 경우에도 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

인지부하과제에 따른 운전행동에 관하여 전체적인 속도 및 브레이크 조작량을 분석하였다. 운전 중의 인지부하과제와의 공통점은 관측하기 어려웠고, 운전자 및 주행코스에 따라 평균값과 표준편차에 있어서 개인차가 크게 나타났다. 즉, 주행코스에 따라 타 차량의 차선변경 등으로 자차량의 주행환경이 변화하였기 때문에 전체적으로 많은 차이가 발생한 것으로 생각된다.

3.2 운전행동 지표 및 주관평가

그림 4는 운전 중에 운전자에게 제공한 인지부하과제에 대한 정답률을 나타낸다. 0-back의 과제에서는 오답이 거의 관찰되지 않았으나, 2-back의 경우는 정답률이 70% 정도로 운전 중에 n-back에 대한 인지부담과제에 대하여 정답률의 차이가 발견되었다($t=8.8$, $p<0.001$). 또한, 0-back과 1-back ($t=5.1$, $p<0.001$), 1-back과 2-back 사이($t=3.4$, $p<0.001$)에서도 통계적 유의차가 나타났다.

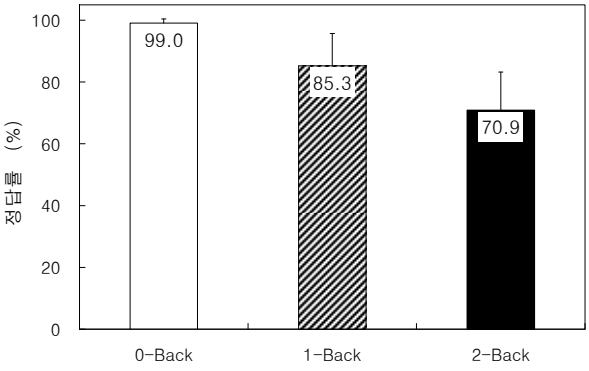

그림 4. 인지부하과제에 대한 정답률

운전자가 각 인지부하과제에 대하여 주관적으로 느낀 운전 집중도에 관하여 평가한 결과를 그림 5에 나타내었다. 운전 집중도에 관한 평가결과 또한 각 인지부하과제에 대한 부담에 차이가 나타나는 것을 알 수 있었다($F(2,33)=12.87$, $p<0.001$).

인지부하과제에 대한 정답률과 운전 집중도의 결과를 통해 본 실험조건의 설정은 인지부담의 크기, 운전에 대한 주의배분이 통제되었다고 할 수 있다.

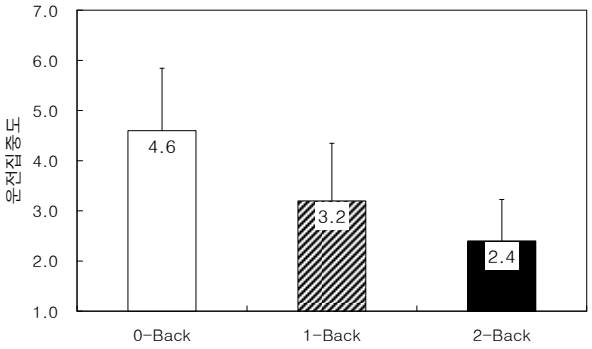

그림 5. 인지부하과제에 따른 운전 집중도에 관한 주관평가 결과

3.3 EFRP

인지부하에 따른 EFRP의 총가산 평균파형을 그림 6에 나타내었다. 각 파형의 가로축은 안구정류관련전위의 시작점(안구 순간 움직임이 종료한 시점)을 0ms으로 한 시간으로 단위는 ms, 세로축은 전위로써 단위는 μV이다. 가는 점선은 0-back 인지부하과제로써 집중조건의 파형이며, 굵은 점선은 1-back 인지부하과제의 중간조건을 나타내며, 실선은 2-back으로 운전 집중의 산만을 나타내는 파형이다. 해석시간은 1~15Hz의 BPF(band pass filter) 처리를 실시하고, 0ms 시의 전위로써 베이스라인 보정을 하였다. 각 조건의 계측 주행시간은 약 5분이었으며, 평균 가산회수는 0-back의 경우 270회, 1-back의 경우 271회, 2-back의 경우 224회가 관측되었다.

또, 운전 집중도가 산만상태에서 집중상태로 갈수록 (2-back → 1-back → 0-back), P100 성분인 람다 반응(lambda response)의 진폭이 크게 되는 것을 알 수 있다. 총가산 평균파형으로부터 운전 집중의 산만의 경우 람다 반응의 진폭치가 감소하였고, 200ms 이후의 음성 시프트가 증가하는 등 주의산만 상태에서 특성을 확인할 수 있었다.

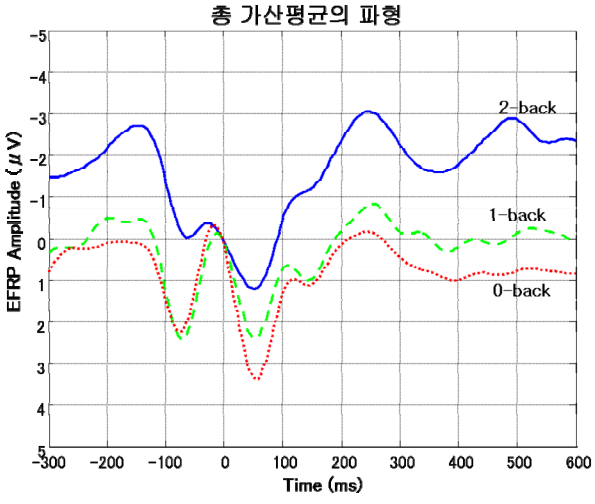

그림 6. 인지부하과제에 따른 EFRP의 결과

4. 고 찰

각 실험조건(n-back)에 대한 인지부하과제의 주관평가의 결과로부터 인지부하의 난이도에 따라 명확히 차이가 나타났고, EFRP의 총가산 평균파형으로부터 주의 · 산만 상태에서 람다 반응의 진폭치의 감소 및 음성 시프트의 증가 등 특성을 확인할 수 있었다. 또한, 운전 중에 운전자의 인지부하를 필요로 하는 과제 수행 시에는 시인 범위가 좁아지고, 안구 운동이 적게 되는 것으로 알려져 있는데, 안구의 순간 움직임의 회수가 2-back의 경우에 감소된 것은 운전의 집중도가 산만되었기 때문에 그 영향을 받았다고 사료된다.

타 차량의 움직임이 자차량의 운전행동에 영향을 주는 교통환경에서는 전체적으로 개인차가 나타나, 운전행동 분석에 따른 운전자의 주의배분이 명확하게 나타나지 않았지만, EFRP의 결과에서는 인지부담의 난이도에 따라서 운전 중의 주의 및 산만에 따른 차이를 볼 수 있었다. 운전자의 인지부하 정도를 운전행동 분석을 통하여 판별하기 위해서는 동일한 교통환경 및 주행환경 등 특정한 실험조건 하에서 검토하여야 하지만, 본 연구와 같이 타 차량의 운전행동에 영향을 받는 상황에서는 운전행동 분석에 따른 운전자의 인지부하 정도를 판별하기 어려웠으므로, EFRP를 통하여 인지부하를 측정한다면 보다 효과적일 것이다.

운전자의 운전행동을 계측하는 지표로써 선행차와의 차간거리, 중심선에서의 횡측변위량, 핸들조작 등이 있으므로 이에 대한 운전행동 데이터의 세부적 검토가 필요하다고 사료된다. 또한, 직선도로에서는 안구의 순간 움직임이 발생하더라도 운전에 대한 집중도는 깊지 않고, 교차로 부근에서는 주의의 밀도 및 깊이가 증가할 것으로 생각됨으로, 직선도로와 교차점에서는 인지부하과제 시의 주의배분에 관해서도 보다 상세한 분석이 필요하다고 사료된다.

5. 결 론

차량정보기기의 새로운 시스템 및 정보 서비스 도입에 따른 운전자의 인지부담을 계측하는 방법으로 EFRP와 운전행동 데이터를 비교 · 검토하였다.

본 연구의 결과, 운전주의의 집중 및 산만에 따라 EFRP

의 결과가 변화된 것을 알 수 있었으므로, 운전 중의 차량 정보기기의 사용 및 시스템 도입 시에 운전자의 인지부담을 평가하는 방법으로 사용 가능성이 있음을 알 수 있었다.

추후, 인지부하의 종류를 실제 운전에서 일어날 수 있는 상황을 구현하여 현실적인 운전환경에서 보다 다양한 인지부하에 따른 운전자의 주의 및 산만에 관하여 검토할 것이다.

감사의 글

본 논문은 일본 게이오대학과 파나소닉 첨단과학기술연구소의 도움으로 수행되었으며, 이에 감사를 표합니다.

참고 문헌

박정철, 차내 정보 시스템의 시각적 요구 평가를 위한 사용자 주도의 시각 차폐 기법, *대한인간공학회지*, 28(3), 49-54, 2009.

Akamatsu, M., "Assessment of driving assistance system using measurement of driver's behavior", *JSAE Symposium*, *No.1-9*, 1-6, Japan, 2009.

JAMA (Japan Automobile Manufacturers Association), Guideline for In-vehicle Display Systems Version 3.0, 2004.

Hartman, E., Driver vision requirements, *Society of Automotive Engineers, Technical Paper Series, 700392*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 629-630, 1970.

Miura, T. and Sinohara, K., Characteristics of visual attention of automobile drivers, *Journal of Society of Automotive Engineers of Japan*, 58(12), 10-15, 2004.

Yagi, A, Kazai, K., Fujimoto, K., Noritake, A., Takahashi, T., Iwai, M. and Mogami, M., A new system to analyze the temporal changes of the event-related brain potential associated with offset of saccades, *International Congress Series*, 1278, 437-440, 2005.

Yagi, A., "Measurements of Visual Information Processing and Application to Human Interface", *JSAE Symposium, No.1-9*, 13-18, Japan, 2009.

人間計測 Handbook, 朝倉邦造, 72-77, 2003.

저자 소개

전 용 욱 jyw0673@ajou.ac.kr

일본 게이오대학 공학박사

현 재: 아주대학교 산업정보시스템공학부연구교수

관심분야: HMI, Driving workload, ITS, AHS, **작업장 설계 등**

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 01월 26일

논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 05월 20일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 05월 20일