

# 시뮬레이터 환경에서 속도변화에 따른 운전자의 이차과제 수행시간과 정신적 부하와의 관계에 대한 연구

손제성, 유승동, 김진호, 박 범  
아주대학교 산업공학과

A study on the relationship between the time for a driver implement driving secondary task and mental workload due to the speed changes in driving simulation.

Je Sung Son, Seung Dong Yu, Jin Ho Kim, Peom Park  
Dept. of Industrial Eng., Ajou university

In driving situation, driver's performance can be divided into primary task and secondary task. Many studies of primary task have been in progress, but those of secondary task are not implemented sufficiently. However, the driver's error is greatly influenced by secondary task. In this study, an experiment was assessed to determine the relationship between the driver's operation time for the secondary task and mental workload due to speed changes in a driving simulation. The time to perform the secondary task was analyzed with Fitts' Law, and mental workload was analyzed with RNASA TLX(Revision of NASA Task Load Index). The results has showed that the higher speed, the weaker the explanation by the use of Fitts' Law and the result of analyzing mental workload using RNASA TLX was similar to the result of Fitts' Law.

Keyword : Driving Simulator, Driving Secondary Task, Mental Workload, RNASA TLX, Fitts' Law

## 1. 서론

첨단 기술의 집약 산업이라고 부리는 자동차 산업에서의 기계적 측면에서의 기술 수준에 대하여는 국내의 자동차 제조 회사들은 어느 수준 정도까지는 접근하였다고 할 수 있다. 하지만 세계적인 자동차수출국임에도 불구하고

자동차 운전자 감성 상호작용 모형과 그 인터페이스 구축에 대한 기술이나 Know How 는 취약한 실정이다. Godthelpe등[10]은 자동차 내부의 디스플레이가 인간공학적으로 정의 되지 않고 설계 되어졌다면 이들 장치들은 운전 요구사항들과 충돌을 일으키게 되어 아주 많은 문제들을 야기하게 된다는 것을 밝혔다.

이러한 문제점에 의한 사고는 또한 제조물 책임법(PL법)에 저촉되어 제조회사에 대한 막대한 손실을 입힐 수 있다. 그러므로 기계자체의 품질의 정도도 상당히 중요한 요소이지만, 운전자를 고려한 자동차 설계 기술에 대한 연구도 중요한 것이다. 국내에서도 자동차의 인간공학적 설계에 대한 중요성이 부각되어 이에 관련된 많은 연구들이 이루어지고 있다.[1][2][3][4][5][7][8][9][11]

즉, 이와 같은 이유로 인간의 능력과 기계의 성능, 그리고 운전자의 감성들을 고려한 자동차 Interface를 구축하기 위한 연구가 필요하다. 그리하여 본 연구에서는 운전자와 자동차 내부 Interface간의 상호작용을 연구하는데 기반기술의 하나로써 속도변화에 따른 운전자의 수작업 수행에 대한 Performance를 측정하였다. 그리고 운전자의 자동차 운전석에 대한 주관적 표준화에 따른 정신적 부하를 RNASA TLX[6]를 사용하여 실험 및 분석을 수행하였다. 이 실험을 하기 위해서는 실제차량을 이용하는 방법과 시뮬레이터를 이용하는 두 가지 방법이 있다. 본 연구에서는 실제차량을 가지고 실험을 한다는 것은 실험 중 위험 부담이 크고 속도 이외의 노이즈 발생을 조절하기가 힘들기 때문에 실제차량을 대상으로 측정하지 않고 위험부담이 적고 동일조건제의 제시가 용이한 이점이 있는 시뮬레이터 상황에서 실험을 하였다.

## 2. 실험

본 실험에서는 속도변화에 따른 운전자의 이차과제 수행시간과 정신적부하와의 관계를 알아보기 위하여 차량 시뮬레이터를 사용하였으며 Motor processor에 의한 운전자가 제어기를 조작하는데 걸리는 동작시간을 측정하였다. 또한 운전자의 정신적 부하를 측정하기 위해 RNASA TLX[6]를 사용하였다.

### 2.1 실험환경

본 실험에 사용된 시뮬레이터는 (그림 1)과 같으며 최대변위(X, Y, Z축) : 250mm, 최대가속도 : 9.8g peak, 최대각도(Pitch, Roll, Yaw) : 30°, 최대각 가속도 : 130rad/s<sup>2</sup>, 주파수 0.1Hz 60Hz, 최대시편하중 : 500kg과 6 자유도 운동을 동시에 재현할 수 있는 가진기와 엘란트라 의 cockpit, 그리고 스크린으로 구성되어있다. 우선 실험에 들어가기에 앞서 대상이 되는 객체들의 크기를 측정하였으며, 손의 Source point에서부터 Target point까지의 거리도 측정하였다. 손의 Source point는 Steering wheel로 한정하여 실험을 하였다. 거리측정을 위한 손의 Source point는 (그림 2)와 같으며 상황의 제시는 Verbal Protocol을 사용하였다. Verbal Protocol이란 대상이 되는 장치들의 이름을 자극으로 제시하는 대신 장치를 표현할 수 있는 짧은 단어를 채택하여 사용하는 것을 의미한다. 이는 긴 자극 명을 사용하였을 경우의 기억에 의한 간섭효과를

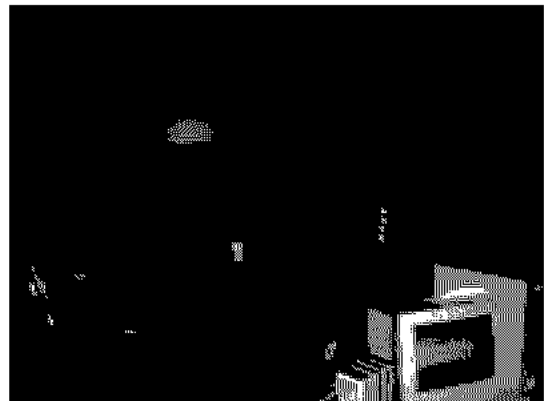


그림 1. 차량 시뮬레이터

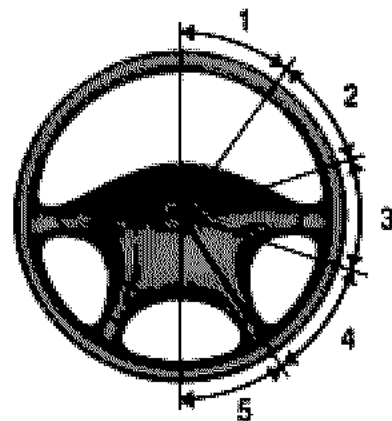


그림 2. 오른손의 Source point

최소한으로 줄이기 위한 것으로 실험대상 객체에 대한 Verbal Protocol 제시단어는 (표 1)과 같다. 그리고 실험에 들어가기에 앞서 피험자들에게 Verbal protocol에 대한 숙련도를 높이기 위해 교육을 실시하였으며 속도이외의 상황은 모두 동일하게 제시하였다.

표 1. Object / Verbal Protocol 제시단어

실험 대상 객체	Verbal Protocol
뒷열선 스위치	열선
비상등 스위치	비상등
에어컨 On/Off 버튼	에어컨
풍량 조절 스위치	풍량
안개등 스위치	안개등
온도조절 스위치	온도조절
Tape Eject Button	Eject
라디오 볼륨 조절 스위치	볼륨
시가 잭	시가
풍향 조절 스위치	풍향
공기 내부 순환스위치	공기순환
주파수 탐색 버튼	주파수탐색

피험자는 모두 운전면허증을 소지하고 있으며 운전경력이 1년에서 7년 사이이며 나이는 21~28세인 남자 16명을 대상으로 하였다.

## 2.2 실험절차

맨 먼저 피험자를 실험차량에 탑승시킨 다음 편안한 자세를 취하도록 시트를 조절하게 하였다. 그런 다음 시뮬레이터에 적용을 할 수 있도록 5분동안 자율적으로 운전을 하도록 하였다. 그리고 일정시간의 휴식 뒤에 속도변화(30km, 70km, 110km)에 따른 운전자의 이차과제 수행시간을 측정하였다. 상황의 제시는 Verbal protocol을 사용하였으며, 각 Object들에 대하여는 3회 정도 랜덤하게 상황을 제시하여 반복실험을 실시하였다. 상황제시를 랜덤하게 준 이유는 학습효과를 배제하기 위해서이며 반복실험을 실시한 이유는 실험도중 외부의 잡음들이나 피 실험자의 부주의에 의해 발생하는 유의한 오동작 데이터들을 추출해내고 보다 신뢰성 있는 데이터들을 획득하기 위함이다. 그리고 운전자의 동작은 4분할측정

기를 이용하여 Dashboard, Steering wheel, IP 부분, 주행화면을 녹화하였으며 Video분석을 통하여 운전자가 대상 Object를 조작하는데 걸리는 동작시간을 측정하였다. 그리고 제시된 속도에서의 실험이 끝나는 대로 그 자리에서 RNASA TLX설문지를 작성하게 함으로써 운전자들의 정신적 부하의 변형을 최소화시켰다.

## 3. 실험결과 및 분석

비디오 분석 결과 유의하게 운전자들이 오동작을 한 데이터와 RNASA TLX설문지에서 일관성이 없는 3명의 피험자에 대한 비디오 측정데이터를 제외하고 110km에서는 422개, 70km에서는 428개, 30km에서는 432개의 측정치가 획득되었다. 그리고 측정의 오차를 줄이기 위해 같은 동작에 대하여 3회의 시간 측정된 것을 평균 값으로써 그 동작에 대한 시간 데이터로 채택을 하여 Fitts' Law식에 그대로 적용하였다. 그 결과는 결정계수가 너무 낮게 측정되어 이 데이터로는 Fitts' Law에 회귀시키기에 적합하지 않다는 결론을 얻었다. 그리하여 이러한 데이터들의 오차항을 줄이기 위해서 Yu등[18]이 제안한 방법을 사용하여 데이터들을 Filtering 한 후, Fitts' Law의 변형 형태 중 Shannon's theorem의 근사치로부터 유도된 방법(식(2))으로 데이터들의 회귀시켜 분석하였다. 그 결과는 (표 2)와 (그림 3)과 같다. (표 2)에서 볼 수 있듯이 속도가 높을수록 Fitts' Law의 설명력이 떨어진다는 것을 알 수가 있었다.

즉, 속도 이외의 동일한 환경에서 속도가 증가할수록 Fitts' Law의 설명력이 감소한다는 것은 다시 말해서 운전자의 이차과제 수행에

표 2. 회귀분석결과

실험상황	모형(MT= a + b ID)	R <sup>2</sup>
30Km	MT = 8.2105-14.915ID	0.605
70Km	MT = 7.7603-13.448ID	0.591
110Km	MT = 7.7291-12.475ID	0.496

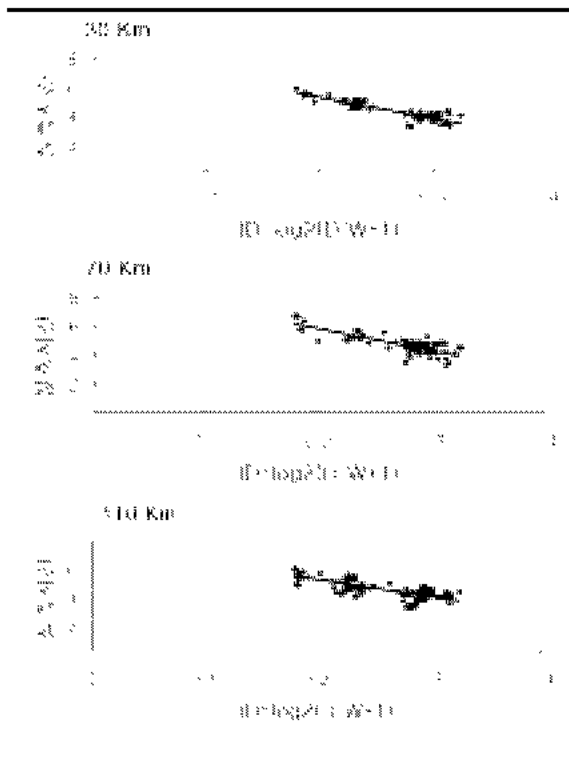


그림 3. Shannon's theorem의 근사치로부터 유도된 방에 의한 분석 결과

있어서 잡음항목, 즉 에러 항목이 많이 관여하여 이차과제를 수행하는 데 있어 수행도가 떨어진다는 것을 알 수 있었다.

여기서 Fitts' Law의 설명력을 가지고 두 속도 간에 얼마간의 차이가 있는지는 판별하기 어려워 그 차이를 알아보기 위해서 이차과제 수행에 걸린 시간을 가지고 T검정 쌍체비교를 하였다. 그 결과는 (그림 4)와 같으며 30Km와 70Km에서 수행시간에 대한 차이는

유의하지는 않았지만 속도가 증가함에 따라 수행시간도 증가하였다. 그리고 110Km에서의 수행시간은 30Km와 70Km의 수행시간보다 길게 측정되었으며 모두 유의한 차이가 있었다. 즉 속도가 증가할수록 운전자가 이차과제를 수행하는데 있어 잡음항목이 점점 많아져 대상 Object를 조작하는데 걸리는 시간이 급격히 길어진다는 알 수 있었다.

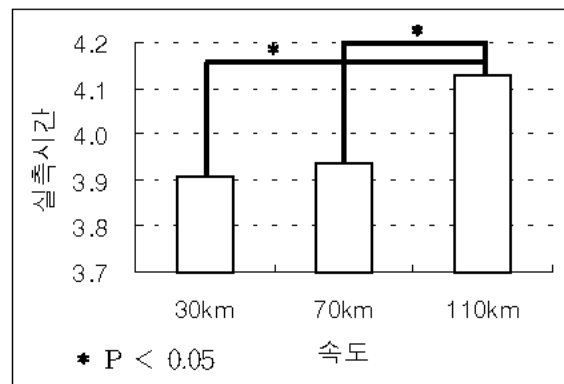


그림 4. 속도에 따른 이차과제 수행에 걸리는 실행시간

다음으로는 RNASA TLX설문지를 분석하였다. 설문지분석에 앞서 일관성검사를 수행하여 일관성이 없는 3명의 피험자를 제외하고 13명의 설문지를 가지고 분석을 하였다. 이에 대한 결과는 (표 4)과 (그림 5)에서 볼 수 있다. 먼저 RNASA TLX에 대한 전체부하가 유의한 차이가 있는지 알아보기 T검정 쌍체비교를 하였고 그 결과 유의수준 0.05에서 모두 차이가 있다고 나타났다. 척도별로 살펴보면

표 4. RNASA-TLX에 의한 분석결과

	30Km	70Km	110Km
척도 1 (정신적 능력의 요구도)	67.292	125.417	130.000
척도 2 (운전의 불안감)	45.417	108.958	196.875
척도 3 (시간적인 스트레스)	56.250	113.750	109.583
척도 4 (장치탐색의 어려움)	73.333	127.083	180.000
척도 5 (장치조작의 어려움)	46.875	63.958	118.958
척도 6 (차량외부환경의 어려움)	41.458	98.750	226.042
전 체 부 하	22.042	42.528	64.097

정신적 능력의 요구(척도1)와 시간적인 스트레스(척도3)에서는 110Km와 70Km에서 차이가 없게 나왔으며 그 외에 나머지는 모두 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

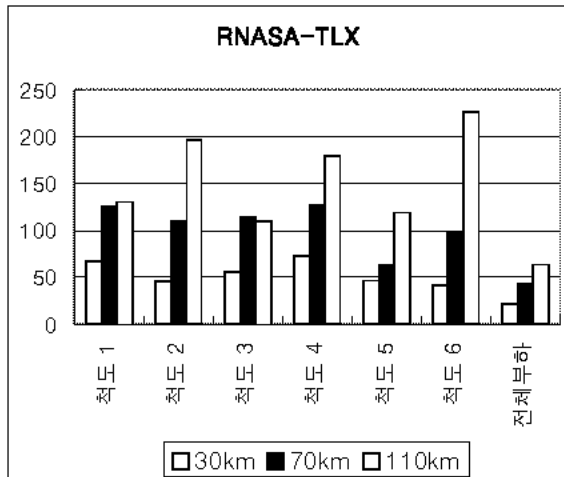


그림 5. RNASA-TLX에 의한 운전자의 정신적 부하 측정결과

#### 4. 결론

본 연구에서는 시뮬레이터 환경에서의 속도 변화에 따른 운전자의 이차과제 수행시간과 정신적 부하와의 관계에 대한 연구를 수행하였다. 그 결과 시뮬레이터 환경에서 속도가 증가할수록 운전자가 이차과제를 수행하는 시간이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 마찬가지로 Shannon's theorem의 근사치로부터 유도된 방법인 Fitts' Law를 회귀시킨 결과도 위의 결과를 뒷받침 하고 있다. 즉 속도가 증가할수록 운전자가 대상 Object를 조작하는데 있어 어려움이 증가하고 그에 따라 운전자의 수행도가 감소하여 수행시간이 길어진다는 것을 알 수가 있었다.

RNASA TLX설문지의 분석결과는 속도가 증가할수록 정신적부하가 증가하는 것을 알 수 있었다.

이와 같은 결과로 비추어볼 때 시뮬레이터 상황에서 속도가 증가함에 따라 운전자가 이차과제를 수행하는데 걸리는 시간은 증가하고 정신적 부하도 같이 증가한다는 것을 알 수가

있었다.

본 실험에서는 속도변화에 따른 이차과제 수행시간과 정신적부하와의 관계가 양의 상관관계를 띄고 있다는 것을 알 수가 있었지만 속도가 증가할수록 이차과제 수행시간과 정신적 부하가 어떠한 관계를 가지고 증가하는지는 밝힐 수가 없었다. 이에 따라 향후에는 다양한 속도 상황 하에서의 실험 및 연구를 통하여 속도와 의 관계식을 유도하는 연구가 필요하겠 으며 속도 이외의 다양한 상황 하에서의 실험 을 통한 정신적부하와의 관계가 요구되어 진 다.

#### 참고문헌

- [1] 기도형, 김형수, 이승주, 장상원, 신승헌, 정의승(1997), 자동차 Display Panel의 시인성 향상을 위한 설계 방안, 1997년 대한인간공학회 추계 학술대회 논문집, pp. 109-113.
- [2] 김형수, 기도형(1997), 승용 자동차 Warning Control의 인간공학적 설계, 대한산업공학회 97년 추계 학술대회(CD Version), 19-3.
- [3] 박범, 김영진, 유승동(1997), 자동차 Human Machine Interface 상호작용 Mode설계, 1997년도 인지과학회 춘계 학술 발표 논문집, pp.312-321
- [4] 유승동, 백승렬, 박범(1997), 자동차의 수동 조작기에 대한 운전자 행동 모델에 관한 연구, 1997년 대한인간공학회 추계 학술대회 논문집, pp.267-276
- [5] 유승동, 박범(1997), 인간 자동차 상호작용 연구를 위한 Object선정에 관한 연구, 공업경영학회지, 20권 44집, pp.463-473.
- [6] 유승동, 박범, 운전석의 주관적 표준화에 따른 운전자의 운전 이차과제 수행시간과 정신적 부하와의 관계에 대한 연구, 한국 인지과학회, Vol.9, No.4, pp.95-106, 1998
- [7] 윤상영, 이근희, 김정룡(1997), 운전시 부작업이 수행도와 심리적 작업 부하에 미

- 치는 영향, 1997년 대한 인간공학회 추계 학술대회 논문집, pp. 277 285
- [8] 이상규, 박우진, 정의승, 기도형, 최재호, 박성준(1997), 운전석 위치에 따른 운전자의 지각불편도 평가, 1997년 대한 인간공학회 추계 학술대회 논문집, pp. 102 127
- [9] 전용욱, 유승동, 박 범, 자동변속기차량과 수동변속기 차량의 페달에 따른 운전자세 비교 및 감성차이 분석, 2000년 한국감성과학회 춘계학술대회 논문집, pp. 71 75
- [10] Godthelp, H., Farber, B., Groeger, J., and Labiale, G.(1993), Chapter 2. Driving: task and environment, Generic Intelligent Driver Support, Taylot & Francis, London: Washington, DC., p. 26.
- [11] Yu, S.D., and Park, P.(1997), The Study of Object Selection for Human Vehicle Interaction, The International Conference on Industrial Engineering, pp. 189 190.