

교통 시뮬레이션 모델의 인지공학적 평가에 관한 연구

강 명 호* · 차 우 창**

Cognitive Model-based Evaluation of Traffic Simulation Model

Abstract

The road sign in dynamic traffic system is an important element which affects on human cognitive performance on driving. Web-based vision system simulator was developed to examine the cognition time of the road sign in dynamic environment. This experiment was designed in within-subject design with two factors; vehicle speed and the amount of information of the traffic sign. It measured the cognition time of the road sign through two evaluation methods; the subjective test with vision system simulator and computational cognitive model. In these two evaluations of human cognitive performance under the dynamic traffic environment, it demonstrated that subject's cognition time was affected by both the amount of information of traffic sign and driving speed.

Keywords : cognitive model, traffic simulation, model human processor, perception

1. 서론

자동차 운전시 도로 표지는 운전 시 필요한 정보를 담고 있으므로 그 중요성이 높다 하겠다. 전문적이고 인지 공학적인 구체적인 연구는 매우 미약한 상태라 할 수 있을 뿐만 아니라 인간의 시지각과 관련하여 정적(static) 상황에서의 연구가 많은 연구가 이루어져왔다. 따라서 동적인 상황에서의 인지공학적 연구가 절실히 필요하다고 하겠다.

본 연구에서는 도로표지의 인지시간을 측정하기 위해 동적인 운전 상황을 재현한 시뮬레이터를 개발하였다. 실험을 통해 차량 속도와 도로표지의 정보량이 인지시간에 미치는 영향을 파악하였다. MHP model을 통한 표지판 인지시간의 예측가능성을 확인함으로써 model-based 평가의 가능성을 살펴봄으로써 인간의 시지각

능력을 개괄적으로 평가해 보았다.

2. 연구 방법

2.1 도로표지의 선정

2000년 도로표지관련규정집에 제시된 동일형태의 도로표지 예시들을 MHP 모델에 의한 이론적 계산을 통해 전체 내용을 인지하는 시간을 계산하고, 실험에 사용할 도로 표지를 선정하였다. 계산을 통해 그림 2.1~4와 같이 도로표지의 전체 내용의 인지시간이 2, 3, 4, 5초대인 4개의 도로표지를 선정하였다.



그림 2.1 표지 403-9 그림 2.2 표지 424-3

* 금오공과대학교 산업시스템공학과 석사

** 금오공과대학교 산업시스템공학과 조교수



그림 2.3 표지 403-1

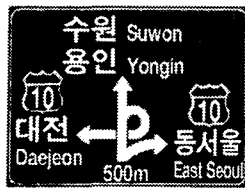


그림 2.4 표지 423-3

표 2.1 MHP를 통한 도로표지 전체 내용의 인지 시간 계산 결과

도로 표지	눈의 움직임	청크 수			방향선택		MHP 예측값	
		단어	숫자	기호	방향 선택수	msec	msec	
403-9	6	4	0	2	2	238	2506	
424-3	9	6	4	2	2	238	3722	
403-1	11	8	8	2	3	300	4670	
423-3	14	9	7	4	3	300	5774	

2.2 Vision System Simulator 개발

Vision System Simulator는 Java Script를 이용하여 동적인 도로 상황 하에서 도로 표지의 내용을 인지하는데 걸리는 시간을 측정하는 웹(web) 기반의 simulator이며, 속도 및 표지 글자/숫자의 높이와 폭을 실제 눈에 보이는 것과 동일하도록 작성하였다. 시뮬레이터는 지각거리, 인지시간, visual angle 등이 표시되도록 설계되었다.

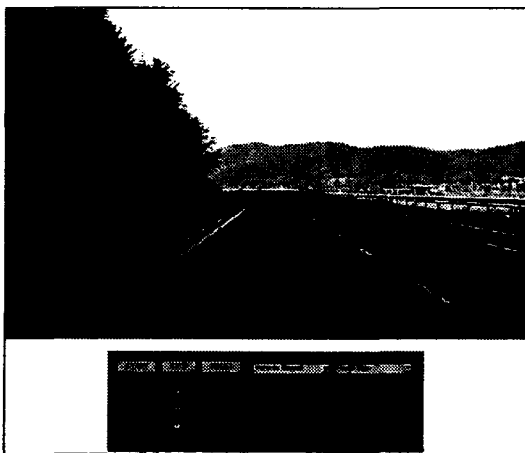


그림 2.5 Vision System Simulator

2.3 도로표지의 인지시간 측정 실험

본 연구에서는 vision system simulator를 통해 동적인 환경에서의 도로 표지의 인지시간을 실험 측정하였다. 운전면허를 소지하고, 색맹이나 색약 판정을 받지 않았으며, 보정 시력이 0.7 ~ 1.0인 정상적인 시력 보유자 8명을 피실험자로 선정하였다. 학습효과가 발생하지 않도록 100Km 속도 수준에서 20여분간 훈련을 실시하였다. 또 실험 시작 전 10분간의 훈련을 다시 실시하고, 약 3분 정도의 휴식 후에 실험을 실시하였다.

피실험자가 표지판의 글자 중 한 글자라도 지각했을 때 화면의 아무 곳이나 클릭(click)하고, 가야할 방향이 어디인지를 숙지한 후 화면을 다시 클릭하게 된다. 실험의 정확도를 기하기 위하여 실험이 끝나면 피실험자에게 도로 표지 내용에 대한 질문을 하였다. 실험장비는 17인치(LCD) 모니터에 화면해상도 1024×768, refresh rate=75Hz에서 수행하였다.

실험은 차량의 속도와 표지판의 종류를 요인으로 하는 4×4 Within Subjects Design[12]을 하였으며, 종속변수는 인지시간으로 하였다. 여기에서 인지시간은 피실험자가 simulator를 통해 표지판의 내용을 인지한 시간을 설정하였다. 인자조합의 실험 순서에 따른 효과를 없애기 위하여 각 피실험자마다 완전히 랜덤한 인자조합에서 실험을 실시하였다. 또한 지명은 피실험자의 학습효과 및 기존 도로의 인식에 따른 선입견을 방지하기 위하여 모두 임의로 선정하였으며 속도별로 다른 지명을 가진 도로표지를 제시하였다. 위 실험계획에 따른 결과는 Within Subjects Design 계산식을 따른 분산분석을 실시하였다.

2.4 수정된 MHP 모델 예측값¹⁾

실험에서 피실험자는 도로 표지에서 제시된

1) 수정된 MHP 모델 예측값
도로표지에서 목적지의 탐색과정에 따라 인지하는 청크(chunk)량이 달라지므로 MHP 모델을 통한 예측값이 수정되었음을 의미함.

목적지의 지명을 탐색할 때까지의 내용만 인지하게 되므로 전체 내용을 인지하는 것이 아니다. 영어의 인지시간 또한 적극적인 인지과정²⁾은 없는 것으로 가정하여 영어의 인지시간은 제외한다. 따라서 Neisser의 구조적 탐색 모형 이론^[2]을 적용하여 MHP 모델 예측값을 수정하였다.

3. 결과

3.1 글자 판독거리

표 3.1에서 정적인 상황에서의 도로표지 글자 높이에 따른 판독거리를 측정 한 도로표지의 시인성에 관한 연구^[6]³⁾와 본 연구에서 수행한 실험 결과를 비교해보면 본 연구 결과의 판독거리가 더 짧다. 본 연구의 결과에서 속도가 글자 판독거리에 미치는 영향을 통계적으로 검정하기 위하여 분산분석을 실시하였다. 표 3.3에서 속도와 글자의 판독거리에는 유의한 차이가 없음을 알 수 있다.

본 연구의 실험 결과를 글자 크기(높이)에 따라 평균한 값과 기존의 연구에서의 글자 판독거리 결과를 비교하였다. 표 3.1과 표 3.2에서 글자 높이 20, 40, 50(cm)에 대해 유의수준 5%에서 모평균차에 대한 검정을 실시하였으며 결과는 표 3.4와 같다. 검정 결과 글자 높이 20(cm)에서는 기존연구와 본 연구의 결과가 차이가 없었으나, 40(cm)와 50(cm)에서는 그 차이가 유의한 것으로 나타났다.

표 3.1 본 연구에서의 글자 판독거리 결과

표지(글자높이)	속도					표준편차
	60	80	100	120	평균	
RS 1 (20)	54.68	59.58	55.90	60.41	57.64	12.26
RS 3 (35)	92.38	94.99	103.80	98.32	97.37	24.70
RS 2 (40)	107.25	117.61	115.58	125.38	116.46	21.36
RS 4 (50)	132.55	133.56	131.54	143.91	135.39	26.24

2) 예를 들면 focused attention

3) 이하 '기존연구'라 칭함

표 3.2 판독거리에 대한 기존연구 결과

글자크기	사례수	평균	표준편차
10	93	33.19	9.83
20	94	58.74	12.28
30	118	103.93	22.05
40	100	128.85	26.18
50	82	159.33	23.13
60	83	180.57	24.42

표 3.3 지각거리에 대한 분산분석 결과

Analysis of Variance for Perception Distance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Velocity	3	1697	566	1.13	0.341
Font Height	3	105998	35333	70.44*	0.000
Interaction	9	1192	132	0.26	0.983
Error	112	56175	502		
Total	127	165063			

* : significant at 0.01

표 3.4 본 연구와 기존연구의 글자 판독거리 차의 검정 결과

글자높이	연구	N	Mean	SD	검정통계량
20	본연구	128	57.64	12.26	Z = 0.659
	기존연구	94	58.74	12.28	
40	본연구	128	116.46	21.36	Z = -3.836*
	기존연구	100	128.85	26.19	
50	본연구	128	135.49	26.24	Z = -6.91*
	기존연구	82	159.33	23.13	

* ; significant at 0.05

글자높이 20에서 양쪽 검정을 수행하고, 글자높이 40과 50에서 한쪽 검정을 수행함

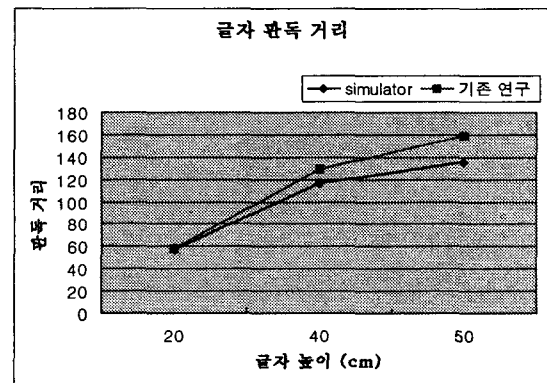


그림 3.1 글자 판독거리의 비교

3.2 인지시간 분산분석

속도와 표지 종류가 인지시간에 미치는 영향을 알아보기 위해 within-subject design 분산분석[12]을 실시하였다. 분산분석 결과는 표 3.5와 같다. 분산분석 결과 도로표지의 종류(정보량)와 속도는 인지시간에 영향을 미치고 있지만 속도와 표지종류 두 인자의 교호작용 영향은 없다고 할 수 있다.

표 3.5 속도와 표지종류에 대한 분산분석 결과

속도(V) × 표지종류(R) × Subject(S) Design						
변동요인	BR	df	SS	MS	F Ratio	기각역
V	482.41	3	17.83	5.94	13.5*	4.87
R	483.55	3	24.39	8.13	7.32*	4.87
V×R	510.52	9	5.5	0.61	0.04	2.72
S	506.82	7	39.82	5.69		
V×S	535.69	21	9.21	0.44		
R×S	54.85	21	23.36	1.11		
V×R×S	614.96	63	919.57	14.59		
Total	460.37	127	156.84			

* significant at 0.01

BR : Basic Ratio, SS : Sum of Square, MS : Mean Square

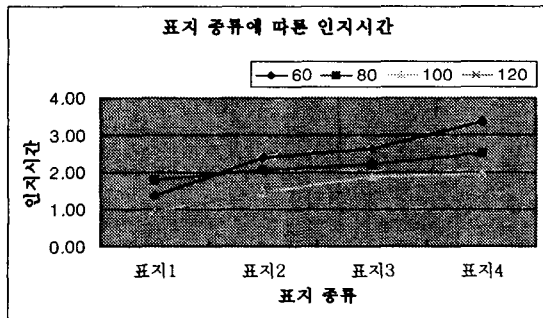


그림 3.2 표지 종류에 따른 인지시간

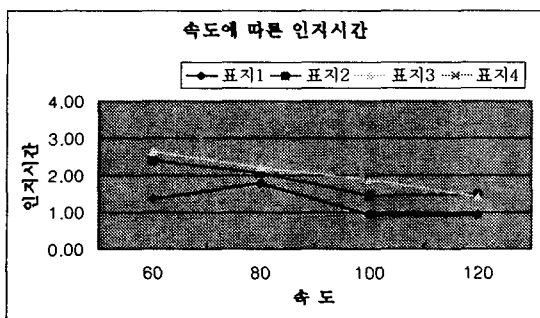


그림 3.3 속도에 따른 인지시간

3.3 도로표지 인지시간 비교

수정된 인지시간 예측 값의 결과는 표 3.7과 같다. 본 연구에서는 실험결과 값의 신뢰구간 내에 MHP 계산값이 포함되는지를 통해 개괄적으로 인지시간을 비교해 보았다.

그림 3.4는 실험 결과의 99% 신뢰구간(표 3.6)과 도로 표지 전체내용의 인지시간 계산값(표 4.1) 그리고 수정된 MHP 계산값(표 3.7)을 그래프로 그린 것이다. 그림 3.4에서 수정된 인지시간의 값과 실험결과는 어느 정도 비슷함을 보이고 있다. 그림 3.5는 실험 결과의 99% 신뢰구간과 수정된 인지시간 계산값을 그래프로 그린 것으로 표지1과 표지4의 MHP 계산값은 실험결과 값의 신뢰구간 내에 포함되었다. 반면 표지 2와 표지3의 MHP 계산값은 실험결과 값의 신뢰구간을 벗어나고 있다.

표 3.6 표지판에 따른 인지시간

	평균	신뢰구간 하한	신뢰구간 상한
표지 1	1.25	0.776	1.730
표지 2	1.86	1.431	2.284
표지 3	2.04	1.681	2.403
표지 4	2.43	1.850	3.015

표 3.7 수정된 도로표지 인지시간 계산 결과

도로 표지	눈의 움직임	청크수			방향선택		MHP 계산값		
		단어	숫자	기호	방향 선택	mse	평균 (초)	최소 (초)	최대 (초)
403-9	2	1	0	1	2	238	0.995	0.56	2.14
424-3	6	3	1	2	2	238	2.492	1.19	5.33
403-1	7	4	3	2	3	300	2.997	1.47	7.03
423-3	7	3	3	3	3	300	3.000	1.48	7.02

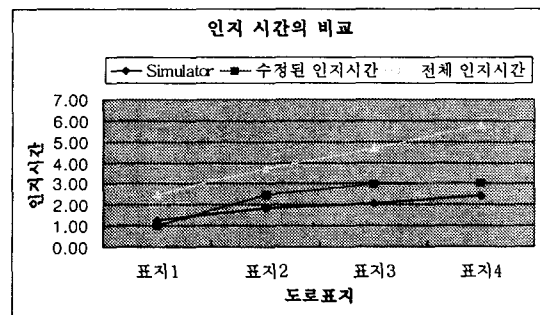


그림 3.4 실험결과와 MHP 계산값의 비교

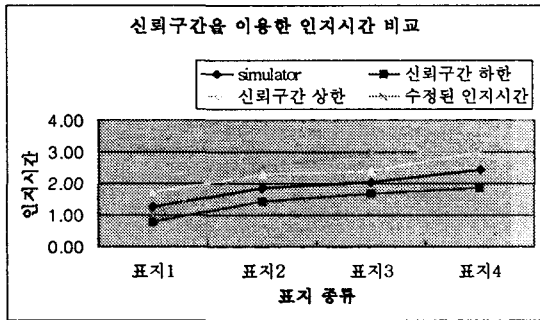


그림 3.5 신뢰구간에서의 인지시간 비교

4. 결론

도로표지의 인지시간에 대한 속도와 표지종류 두 인자의 유의성을 검토하기 위한 분산분석 결과 두 인자 모두 인지시간에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 두 인자의 교호작용의 효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 실험에서 속도가 빠를수록 인지시간이 줄어드는 것은 거리가 가까워짐으로서 글자의 크기가 커짐에 따른 자극 강도의 증가가 인지시간에 영향을 미친다고 할 수 있다.

시뮬레이터를 통한 실험에서의 글자 판독가능 거리가 실제 field test의 판독가능 거리에 비해 줄어들며, 이는 시뮬레이터에서의 이미지 손상에 기인한다고 할 수 있다.

수정된 MHP 모델 예측값과 실험값을 비교한 결과 대략적으로 그 값이 유사함을 볼 수 있었다. MHP 예측값에 동적 인자(속도)를 고려할 수 있는 방법에 대한 연구가 수행되어야 함으로 본 연구에서는 통계적으로 유의한 차가 있는지에 대한 검증은 제외하였다.

MHP 모델을 통한 인지시간 예측값과 vision system simulator를 통한 도로표지의 인지시간 측정값을 비교해 봄으로써 대략적으로 computer model-based 평가의 가능성을 확인하였다.

향후 연구과제로 programming 및 하드웨어 보안을 통한 이미지 손상 발생을 최소화하여 인간의 Vision System을 보다 정확히 묘사하고, 야간·기상 악천후 등 실제 운전상황과 유사한

Simulator 구현함으로써 운전자의 Resource Allocation에 대한 연구가 필요하다. 또한 동적 환경을 적용할 수 있는 MHP 모델의 확장을 통해 개략적인 인지시간 예측 모델에 관한 연구도 필요하다.

참고문헌

- 1) 이순철, 교통심리학, 학지사, 18-20, 2000.
- 2) Christopher D. Wickens 著, 진영선, 박호완 공역, 공학심리학 -시스템설계와 인간수행-, 성원사, 78-92, 1994.
- 3) 정영태, 정경아, 최신 인체해부생리학, 청구문화사, 423-434, 1996.
- 4) 현영창, "교통안전관리자 도로공학", 도서출판 세화, 1987.
- 5) 신명희 편저, 지각의 심리, 학지사, 1995.
- 6) 이순철, 이용재, 여운웅, 도로표지의 시인성에 관한 연구, 대한산업공학회. '90 대한 산업공학회문집, 215-233, 1990.
- 7) 김정룡, 박종선, 이돈규, 수도권 도로 교통표지판의 인지공학적 평가 분석, 대한인간공학회 Vol 18, No. 1, 1999.4.
- 8) Murdock, 최원준 역, Visual JavaScript, 정보문화사, 2001.
- 9) Schoppert D. W., Moskowitz K., Burg A., & Hulbert S., Some principles of freeway directional signing based on motorists' experiences. Highway Research Board Bulletin, 244, 30-87, 1960.
- 10) Young, L. R., & Stark, L., Variable feedback experiments testing a sampled data model for eye tracking movements. IEEE Transactions on Human Factors in Electronics, HFE-4, 38-51, 1963.
- 11) Sanders McCormick, 조영일 역, Human Factors in Engineering and Design(인간공학), 대영사, 86-87, 1998.
- 12) Geoffrey, Keppel, Design and Analysis a

- Researcher's Handbook 2nd edition, Prentice-Hall Inc., 1982.
- 13) Megaw, E. D., & Richardson, J., Target uncertainty and visual scanning strategies. Human Factors, 21(3), 303-316., 1979.
- 14) Parasuraman, R., Handbook of perception and human performance. New York: Wiley, 1986.
- 15) Gesell, A., Ilg, F.L, and Bullis, G. E., Vision: its Development in Infant and Child, Hoeber, New York, 1949.
- 16) Riddoch, G., Dissociation of visual perceptions due to occipital injuries with especial reference to appreciation of movement, Brain, 1917.
- 17) Card, Moran & Newell, The Psychology of HCI, Hillsdale, NJ, LEA, Inc., 1983.