



도로상 VMS 표출방식별 운전자 유의성 검증에 관한 연구

A Study on Significance Testing of Driver's Visual Behavior due to the VMS Message Display Forms on the Road

김 기 정* 손 영 태* 배 덕 모* 손 승 녀*
 Kum, Ki Jung Son, Young Tae Bae, Deok Mo Son, Seung Neo

Abstract

Variable Message Sign (VMS), which provides drivers with direct information about state of traffic congestion and for prevent an accident, is the most effective method among the methods of providing information in Advanced Transportation Management System.

Currently establishment and the VMS which is operated foundation lets in Guidelines on the use of Variable message sign (a book of the VMS) of 1999 November the Ministry Construction & Transportation, these contents mean main viewpoint on physical part such as message special quality variable (font, character size and line space, word interval) and position mainly among standard about establishment in general. But, it is true that using without effect verification on the character of VMS display and that using mode of stationary-centered.

In this paper, it executed significance test to effect verification on the character of VMS display for more practical and effective information transmission based on the driver viewpoint For the researches; develop 3D-Simulation, select characteristics of driver's visual cognition behavior (the conspicuity, the legibility and the comprehensibility), evaluation each issue (day or night, 80km/h or 100km/h).

Especially, that used the Eye Marker Recorder to measure of reading-time (legibility) thus, confirmed objectivity and reduce an observational error. The results showed that the conspicuity is Flashing> Stationary>Scroll. The legibility is not deference that Flashing between stationary form. Also the comprehensibility result showed that Flashing> Stationary>Scroll form.

Keywords : VMS, message display form, cognitive reaction, clear special quality, legibility, understanding, 3D-simulator

요 지

도로전광표지(VMS, Variable Message Sign)는 『도로의 구조·시설에 관한 규칙』제 38조에 의하여 설치하는 교통관리 시설로서 도로교통의 원활한 소통과 안전을 도모하고 교통사고를 방지하기 위한 사전정보 제공을 위한 부속시설이다. 현재 ITS 산업이 활성화 되어 VMS의 기술적 요소가 발달을 거듭하면서, 보다 질적인 정보제공을 위하여 표출방식을 달리 하여 제공하고자 하는 노력이 여기저기서 시도되고는 있다. 그러나 표출방식별 효과에 대한 검증없이 사용되고 있거나 아직까지는 고정식(Stationary)위주의 표출방식만이 제한적으로 사용되고 있어 그 효과를 백분 활용하지 못하고 있는 것이 사실이

* 정회원 · 명지대학교 교통공학과 교수
 ** 정회원 · 명지대학교 교통공학과 교수
 *** 명지대학교 교통대학원 박사과정
 **** 명지대학교 교통대학원 박사과정



다. 이에 본 연구에서는 정보를 인지하고 판단하는 운전자 관점에서 보다 실용적이고 효과적인 정보 전달을 위한 방안의 기초연구로서 인지반응 특성요소를 효과적으로 활용하여 표출방식간 유의성 검증을 실시하였다. 이를 위하여 3D-시뮬레이션을 개발하여 보다 객관적인 비교실험을 수행하였다. 표출방식 간 비교변수로는 VMS의 요구조건이자 운전자 인지특성을 대변할 수 있는 현저성, 판독성, 이해성으로 선정하여, 한 표출방식에 대한 각각에 특성실험을 동시에 수행 하였다. 뿐만 아니라 기존의 인지 특성변수로 채택된 판독시간의 실험에 대한 피실험자의 측정오차를 줄이기 위하여 초점기록계(Eye Marker Recorder)를 이용하여 실험함으로써 보다 정량적이면서도 객관적인 판독시간을 측정할 수 있었다. 각각의 측정 변수들에 대한 표출방식간 유의성을 검증하기 위하여 각 변수의 데이터 범주에 맞도록 현저성은 교차분석으로, 판독성과 이해성은 분산분석으로 검토하였다. 그 결과 현저성은 플래쉬>고정식<스크롤 방식 순으로 유의미한 차이를 나타냈으며, 판독성은 고정식과 플래쉬 방식의 차이는 없었고 스크롤 방식의 경우만이 유의미한 차이로 판독시간이 증가함을 알 수 있었다. 또 이해성에 있어서 플래쉬> 고정식< 스크롤 방식 순으로 나타나 전체의 결과를 종합하여 볼 때 플래쉬 방식의 성능이 우수함을 알 수 있었다.

핵심용어 : VMS, 표출방식, 인지반응, 현저성, 판독성, 이해성, 3D-시뮬레이터

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

도로전광표지(VMS, Variable Message Sign)는 『도로의 구조·시설에 관한 규칙』제 38조에 의하여 설치하는 교통관리 시설로서 도로교통의 원활한 소통과 안전을 도모하고 교통사고를 방지하기 위한 정보제공을 목적으로 한다. 이 시설은 LED cluster 기술방식이 대부분이며 여러 가지 도로상의 교통정보를 다양한 표출형태(문자, 그래픽, 동영상등)로 제공하여 운영되고 있다.

현재 설치 및 운영되고 있는 VMS는 1999년 11월 건설교통부의 “도로전광표지의 설치 및 관리지침(도로 전광표지 편)”에 근간을 두고 있으며, 그 내용은 대체적으로 설치에 관한 기준 가운데 주로 메시지 특성 변수(글자체, 문자크기, 단어간격, 줄 간격) 및 위치와 같은 물리적인 부분에 주 관점을 두고 있다.

현재 ITS 산업이 활성화되고 VMS의 기술적 요소가 발달을 거듭하면서 보다 질적인 정보제공을 위하여 표출방식을 달리하여 제공하고자 하는 노력이 여 기저기서 시도되고 있다. 그러나 표출방식별 효과에 대한 검증 없이 사용되고 있거나 아직까지는 고정식(Stationary) 위주의 표출방식만을 제한적으로 사용

하고 있어 VMS의 효과를 백분 활용하지 못하고 있는 것이 사실이다. 이에 본 연구에서는 정보를 인지하고 판단하는 운전자 관점에서 보다 실용적이고 효과적인 정보 전달을 위한 방안 마련에 활용하고자 인지반응 특성요소를 효과적으로 적용하여 표출방식간 유의성 검증을 실시하였다.

본 연구의 수행 방법은 도로전광 표지에 대한 기본적인 연구를 통해 도로전광표지의 개념을 파악하고, 도로전광표지 정보제공을 위한 설치기준 및 표출방식별 특성과 국내 운영사례를 검토하여 보았으며, 표지에 대한 운전자의 정보 습득이 시각을 통해 이루어진다는 점을 주안점으로 삼아 시각행태에 대한 기존 연구의 고찰을 통하여 이론적 연구를 수행하였다.

다음으로 실제 도로에서의 평가에 대한 위험성 및 실험 조건의 비동일성에 대한 문제점을 보완하면서 다양한 조건에서의 실험 및 동일한 장면과 조건을 재현할 수 있고 경제적인 이점을 가지고 있는 3D시뮬레이션을 개발하여, 보다 객관적인 비교실험을 수행하였다. 표출방식간 비교변수로는 VMS의 요구조건이자 운전자 인지특성을 대변할 수 있는 현저성, 이해성, 판독성을 선정하여, 한 표출방식에 대한 각 특성실험을 동시에 수행 하였을 뿐만 아니라 기존의 인지 특성변수로 채택된 판독시간의 실험에 대한 피실험자의 측정오차를 줄이기 위하여 초점기록계(Eye

Marker Recorder)를 이용하여 실험함으로써 보다 정량적이면서도 객관적인 판독시간을 측정 하였다.

끝으로 본 연구의 종합 및 향후연구과제에 대하여 제시하였다.

본 연구의 수행절차는 아래 그림과 같다.

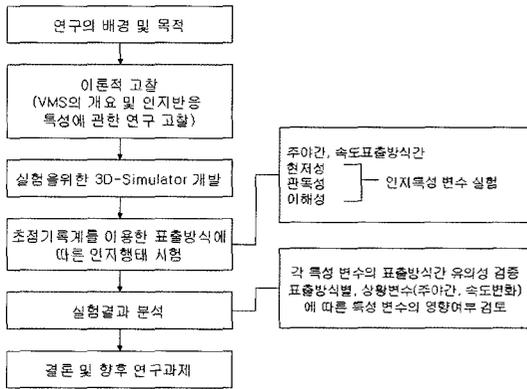


그림 1. 연구의 수행과정

표 1. 문자변수와 메시지 설계최적대안 값

항 목	설계값*	비 고	
문자 변수	문자체	고딕체	-
	문자두께	0.125H (0.0625H)	기본적으로는 0.125H로 설계하며, 부득이한 경우에는 0.0625H도 가능함.
	W:H**)	1:1 (0.9:1)	기본적으로는 1:1로 설계하며, 문자수의 증가등의 문제발생시 0.9:1로 표출가능
메시지 변수	자간간격	0.25H	-
	단어간 간격	0.375H	기본적으로는 0.375H로 설계하나, 0.25H까지 가능
	줄간간격	0.375H (0.25H)	기본적으로는 0.375H로 설계하나, 0.25H까지 가능

출처: 도로가변정보 안내시설 설치 및 관리지침 제정연구(1999)

*)위의 설계값들은 실험평가를 통하여 얻은 결과이며, 팔호안의 값은 최적 설계값 다음 순위값중 최적값의 70%수준 이상인 것을 나타낸 것임

**):H: 문자높이, W:H(장평비율)=문자폭(Width):문자높이(Height)

2. 관련문헌검토

2.1. VMS의 개요

도로전광표지(VMS)는 도로 이용자에게 도로 및 기상 상태, 전방 교통상황에 대한 정보를 실시간으로 제공하여 정체 및 돌발상황 발생 시 교통류를 대안 경로로 우회시키거나, 전방에 발생한 위험을 경고하여 안전한 통행을 하도록 하는 시설을 말한다.

이는 정보 표출 내용과 형식상 도로안내표지에 해당하나 주요 기능상 도로 안전시설에 포함 될 수 있다.

1999년 건설교통부에서 발간한 『도로안전시설 설치 및 관리지침 도로전광표지 편』에서는 실험용 도로전광표지를 제작하여 실내 실험 및 실외 실험을 수행하여 각 실험 항목: 문자변수: 문자체, 문자두께, 문자폭: 문자높이(W:H), 메시지변수: 자간간격, 단어간 간격, 줄간간격)에 대한 VMS 운영시 메시지 특성의 지침방안을 제시하고 있다. 이에 대한 결과는 표 1과 같다.

그러나 문자변수에 대한 특성 이외에도 메시지 제공에서 간과할 수 없는 것이 표출방식이다. VMS에서 표현 가능한 표출 방식들은 표 2와 같으며 이러한 여러 표출 가능한 방식들 중에서 주로 사용되고 있는 방식은 Stationary방식이며 기타 방식은 거의 사용되지 않고 있다. 그 이유는 정치화면 외의 기능들은 운전자의 주의를 환기시키기 위한 수단으로 사용 가능하지만 실질적으로는 운전자의 주의를 주목시킴으로서 전방의 교통상황에 대한 반응 정도를 감소시켜 교통사고 유발을 조장한다는 우려가 있기 때문이다. 이로 인하여 옥외전광판용 광고목적으로 주로 사용될 뿐 교통정보 제공용 VMS에서는 정치화면(Stationary) 방식이 주를 이루고 있다. 간혹 사고 같은 돌발상황 발생시 제공자의 임의에 의하여 Flashing방식이 표출되는 경우가 있으며, 터널의 전방에서 터널정보 제공용 VMS에서 간혹 Scroll방식을 쓰는 곳도 있으나 현재 위의 방식들에 대한 운전자의 반응 유형이나 행태는 어떠한 연구도 진행되고 있지 않다.

2002년 Dudek 과 Ullman은 이와 비슷한 연구로 CMS (Changeable Message Sign)의 표출방식을



세가지로 나누어 실험하였다.¹⁾

첫째 한 프레임 전체에 플래싱을 줄 경우, 둘째 한 프레임의 메시지중 주요 메시지 한 줄에 플래싱을 줄 경우, 셋째, 3줄의 두프레임 메시지중 여분의 2줄은 남겨두고 한 줄을 다른 메시지로 대체할 경우에 대하여 판독시간과 이해도를 측정하였다. 그 결과 모든 방식에 대하여 고정식보다는 판독시간이 길어졌으며, 잔상효과에 대한 이해도 차원에서 그 효과를 거두지 못했다는 실험결과를 얻었다. 그러나 이 연구에서는 실험방법에 있어서 시뮬레이션 구성에 대한 언급 없이 Laptop 컴퓨터의 스크린 화면으로 실험했다는 점과 피실험자로 하여금 메시지를 읽은 후 Space Bar를 누르게 하여 그 다음 메시지로 전환하게 하여 그 시간차로 판독시간을 측정했다는 점 등을

표 2. VMS 표출방식의 종류 및 특징

표 출 방 식	세 부 설 명		
Shift	Left	두개의 표출 메시지가 표출시 처음의 메시지 위에 다음 메시지가 덮여 씌우듯이 표출됨	
	Right		
	Up		
	Down		
Scroll	Left	두개의 표출 메시지가 표출시 처음의 메시지 전체를 다음 메시지가 밀어내면서 표출됨	
	Right		
	Up		
	Down		
Wipe	Left	두개의 표출 메시지가 표출시 처음의 메시지를 다음 메시지가 지우면서 표출됨	
	Right		
	Up		
	Down		
Curtain	Left	전체 전광판의 표출부를 수직, 또는 수평으로 반으로 나누어서 안 또는 밖으로 모이거나 흩어지는 방식으로 표출됨	
	Right		
	Up		- 말 그대로 커튼을 열고 닫을때 모습을 상상하면 됨
	Down		
Trace	사용안함		
Blind	말 그대로 블라인드를 열고 닫을 때를 상상하면 됨		
Flashing	국도 관리하는 국도유지관리청은 flashing으로 표현하고 도로공사는 flickering으로 표현		
Stationary	가장 보편화된 표출 형태로 정지화면임		

고려해 볼 때 판독시간 측정에 있어서 CMS 본질의 특성에 대한 복합적 고려보다는 단순히 메시지의 판독시간 측정에만 치중한 것으로 사료되어 본 연구에서는 이에 대한 보완으로 현실을 반영한 3D-시뮬레이터 개발 및 현장감을 반영하기 위한 실험 여건과 판독시간의 객관적 측정을 위한 초점기록계를 이용하여 실험함으로써 Dudek 과 Ullman의 실험방법을 보강하였다.

2.2. 운전자의 시지각 반응 특성

운전은 그 특성상 대부분 시각에 의존한다. 차창을 통해 얻어지는 외부 정보는 거의 모두 정보로 처리된다. 그 중 주행 경로에 영향을 줄 수 있어 운전자에게 지대한 영향을 미치는 주 입력 정보는 교통통제시설(traffic control device, TCD)에 의한 교통정보이다. 이러한 TCD와 관련된 주요 논점은 모두 거리와 관련되어 있으며 이에 대한 운전자 정보처리 과정은 다음과 같다. : i) 시계 내에 있는 물체를 감지하고(detect), ii) 표지, 신호등, 시선유도표지, 방호울타리 등과 같은 교통 통제 시설로 인식하며(recognize), iii) 판독 또는 정체 파악 후(legible or identifiable) 그 결과를 이해하고 행동에 옮긴다.²⁾ 다음의 그림 2는 TCD 정보 처리 모형을 나타낸 것으로 정보처리 과정과 이에 영향을 미치는 많은 관련 변수들이 운전자와 TCD 시설물의 속성으로 분류되어 표시되어 있다. 운전자는 정보처리 과정의 단계에 따라 감지하기 위한 신호값이 요구되며, 읽기위한 정보처리 능력, 이해하기 위한 교육이 필수적으로 수반되어야 하며, TCD의 물체는 감지되기 위하여 크기 및 색상 등의 차별화로 눈에 잘 띄어야 하며, 읽히기 위하여 조도 또는 밝기대비 등의 속성이 갖추어 져야 한다. 또한 이해되기 위한 기호의 의미 혹은 모양의 의미 등이 내제되어 있어야 한다.

1) Dudek, CL : Ullman, Gl., Flashing Messaes, Flashing Lines, and Alternating One Line on Changeable Messages Singes, TRB, 2002

2) 도로 가변정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정 연구, 건설교통부, 1999. 11

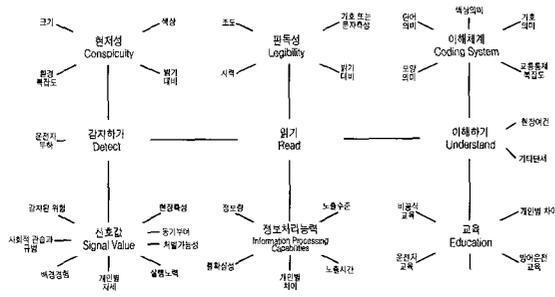


그림 2. 교통통제 시설에 대한 운전자 정보처리 과정 (TRB SR 165, 1997)

이에 본 연구의 효과척도는 Dudek 과 Ullman의 논문에서 판단 근거로 삼은 이해도와 판독시간 외에, 교통통제 시설에 대한 운전자 정보처리 과정에 근거를 두어, VMS의 요구조건중의 하나인 현저성을 추가하여, “현저성, 판독성, 이해성”을 효과척도로 삼았다.

3. 실험을 위한 3D-시뮬레이터 개발 및 특징

3.1. 3D-시뮬레이터 개발목적

지금까지의 운전자 시지각 특성의 실험들은 현장 실험의 위험성을 내포하고 있기 때문에 정적(static) 상황에서의 연구만이 이루어져왔다. 그러나 실제 도로 및 운전상황은 다분히 동적이므로 동적인 상황에서의 인지 공학적 연구가 절실히 필요하다고 하겠다.

동적인 상황에서의 인간성능 평가는 실제도로에서의 실험평가(field test)와 모델(model)을 통한 평가가 있다. 실제 도로에서의 평가는 물리적 도로상황의 변경이 불가능하다. 또 각 피실험자에 대하여 동일한 실험조건을 제시하는 재현성을 확보하는 문제도 발생하게 된다. 이에 비해 모델을 통한 평가는 실제 도로상의 평가에 대한 문제점을 모두 보완할 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 조건에서의 실험 및 동일한 장면과 조건을 재현할 수 있으므로 경제적으로도 이점이 있다.(이순철, 2000)

본 연구에서 분석하고자 하는 VMS의 표출방식에 따른 운전자 인지 행태에 관한 실험은 ① 시지각 반응에 의존하는 연구이자 속도나 주·야에 영향을 모두 고려해야 하는 실험으로서 본 연구에서 범위로 정하고 있는 고속도로상의 현장실험은 위험성을 내포하며, ② 한 지점에 설치된 VMS에 대하여 서로 다른 표출방식을 가진 동일한 메시지를 확보 할 수 없다는 점 등을 고려할 때 3D 모형을 이용한 실험이 유용할 것으로 판단하였다.

이에 본 연구에서는 인지반응 행태 실험을 위하여 시야에 비치는 동적인 운전상황을 재현한 3D-Simulator를 개발하였다.

3.2. 3D-시뮬레이터 개발환경 및 특징

본 연구를 위한 3D-simulator는 현재 사용되고 있는 3차원 툴(tool)중에 가장 호평을 받고 있는 3D-Studio-MAX를 사용하여 제작하였다. 현실감을 주기위하여 현재 사용되고 있는 실제의 사진을 통하여 그 재질감을 표현 하였으며 실물의 크기와 모양을 그대로 반영한 수치로 제작하였다. 제작시 시설물의 기준은 도로구조 및 시설 편람의 기준치를 따랐으며, VMS관련 사항은 『도로안전시설 설치 및 관리지침-도로전광표지판』을 따랐다. 또한 VMS 판독성에 영향을 주는 요소인 문자 특성에 있어서는 앞에서 설명한 관리지침의 최적조건을 따랐다. 현실감을 더하기 위하여 도로주변에 가로수를 적절히 배치하였으며, VMS 500m 전방에 안내표지판을 설치하였다. 주변 차량들은 승용차로만 구성하였으며, 주변환경에 의한 영향을 배제하기 위하여 판독거리 내에는 끼어들기 차량이 없도록 하였다. 주간과 야간시 모두를 구현하였고, 전방의 교통상황의 여파가 미치지 않는 구간으로서 우회정보를 제공할 수 있는 지점으로 가정하여, 속도계급은 교통상태가 양호한 상태인 저속(80km/h)과 고속(100km/h)으로 구분 제작하였다. 표출운영방식의 연구는 이용자들로 하여금 인간공학적 요소를 반영한 보다 질적으로 더 나은 표출방

식을 제안하고자 행하는 특성연구이다. 메시지 표출 방식의 변화가 운전자의 주의(attention)를 끌어, 읽고, 이해하는데 영향을 미치는가에 대한 차이를 알아보기 위하여 교통상황은 지극히 안정된 상태로 교통상황에 대한 운전자의 VMS 메시지의 인지를 배제하고자 속도 계급을 국한 시켰다. 또 메시지의 동일 표현시 운전자의 반복효과를 없애기 위하여 각 시나리오별 표출 메시지는 동일 단위의 서로 다른 메시지가 표출 되도록 하였으며, 메시지 특성은 문제문+행동문으로서 운전자에게 민감한 사안으로 작용하는 사고나 돌발상황에 대한 정보로 작성하였다. 실험 구간으로 경부고속도로 천안~기흥사이에서 접할 수 있는 VMS로 가정하였다.

그리하여 구성된 3D 시뮬레이터의 초기 화면은 다음의 그림 3, 4와 같다.

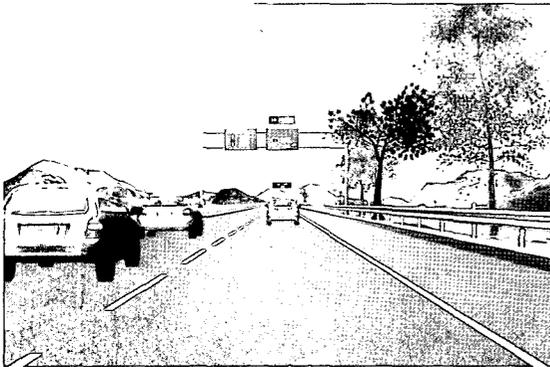


그림 3. 3D-Simulator 주간시 초기 스틸화면



그림 4. 3D-Simulator 야간시 초기 스틸화면

표 3. 실험시 제공한 교통정보의 예

표출 방식	속도		메시지 내용	
			1frame	2frame
Flashing	80km/h	주	전방2km 교통사고 1차로 차단	오산→수원 정체
		야	오산부근 교통사고 3차로 폐쇄	수원방면 ①이용
	110km	주	기흥부근 공사중 2차로 차단	수원까지 40분소요
		야	기흥부근 교통사고 3차로 폐쇄	오산방면 ①이용
Scroll-up	80km/h	주	수원부근 교통사고 1차로 폐쇄	기흥방면 부분지체
		야	전방3km 교통사고 1차로 차단	수원방면 ①이용
	110km	주	오산부근 교통사고 2차로 폐쇄	안성방면 우회도로
		야	전방3km 공사중 수원부근 지체	신갈방면 ①이용
Stationary	80km/h	주	수원부근 교통사고 3차로폐쇄	기흥방면 우회도로
		야	전방2km 공사중 오산부근 지체	안성방면 ①이용
	110km	주	기흥부근 교통사고 1차로 차단	수원방면 ①이용
		야	수원부근 공사중 2차로 폐쇄	수원→기흥 지체 서행

4. 초점기록계를 이용한 인지반응 특성실험

4.1 인지반응 특성요소 측정방법

1) 현저성 (conspicuity)

현저성은 얼마나 주의를 끄는가를 측정하는 요소로서 VMS의 눈에 띄는 정도가 표출방식에 따라 운전자에게 얼마만큼의 영향력을 행사하는지 알아보기 위한 효과척도이다. 이는 사고와 같은 돌발상황의 경우 운전자가 꼭 인지해야 하는 정보에 대해서 운전자의 선택적 정보수집이 아닌 운전자에게 반드시 숙지시켜야 하는 정보이기 때문에 이에 대한 메시지의 현

저성은 중요하다.

본 연구를 위한 현저성 실험은 피실험자에게 3D-Simulator를 보여준 후 눈에 띄는 정도를 "①매우 나쁨 ②나쁨 ③보통 ④좋음 ⑤매우 좋음" 형태의 5점 척도제로 구분하여 선택하게 하였다.

2) 판독성 (legibility)

판독성은 관측자가 얼마나 즉각 표출 문자나 기호를 인식할 수 있는지를 나타내는 척도로서 판독성의 효과척도로 판독시간을 채택하였다.

판독시간은 운전자가 표출된 메시지를 음독하는 시간으로서 기존의 측정방법은 피실험자 혹은 실험자가 스톱워치와 같은 시간을 측정하는 기계를 사용하여 메시지를 읽는데 소요되는 시간을 측정하도록 하는 것이었다. 그러나 기존의 이와 같은 방법은 운전자의 반응에 따른 측정 오차가 발생할 수 있고, 실험자가 피실험자의 상태를 확인할 수 없어서 실험에 제대로 임하는지 판단할 방법이 없기 때문에 그 값에 대한 신뢰도에 문제가 따랐다. 따라서 본 실험에서는 운전자의 시각행태를 직접 조사, 분석할 수 있는 최신의 기기를 사용하여 판독시간을 측정하였다.

본 연구에 사용할 초점기록계(안구운동 측정장치)는 눈 운동과 전방의 시야를 촬영하는 카메라 시스템 및 비디오 기록장치, calibration용 컴퓨터 장치 등의 조합으로 이루어져 있으며 시각 활동에 관한 다양한 자료(교통상황 변화에 대한 시각활동 속도, 시각의 집적도, 분포형태, 분포각도 등)를 파악할 수 있는 기기이다.

실험 방법은 피실험자에게 실험용 고글을 착용시킨 후 calibration을 통한 실험 전 준비과정을 거친 후 3D화면을 보는 것으로서 판독시간을 측정 하게 된다. 따라서 기존의 실험에 대한 신뢰성과 객관성 문제를 극복할 수 있으며, 보다 객관적인 판독시간을 측정할 수 있을 것으로 판단되었다.

또한 본 연구에서는 초점기록계에 대한 측정 이외에 피실험자로 하여금 Stop-Watch를 이용하여 VMS에 표출되는 메시지의 왼쪽 첫 번째 글자를 읽

는 시간부터 두 프레임의 모든 메시지를 읽는데 걸리는 시간을 측정케 하였다. 이는 초점기록계의 데이터가 누락되거나 피실험자의 개인적 특성으로 인하여 판독시간 판별이 어려울 경우를 대비하여 데이터 보정을 위한 차선택으로서 초점기록계의 실험과 동시에 수행토록 하였다.

3) 이해성(comprehensibility)

VMS 요구조건에서 정의하는 이해성은 관측자가 얼마나 즉각 표출메시지를 이해할 수 있는지를 나타내는 척도이다. 이는 표시된 메시지는 쉽게 이해되어야 하며, 메시지가 요구하는 반응은 분명하게 실행되어야 하기 때문에 필요한 요소로서 이에 대한 측정방법으로 잔상 효과에 대한 인지정보량을 평가 하고자 하였다. 이해는 곧 기억이라는 가정아래 전체 메시지에 대한 내용 중 기억하는 메시지의 내용에 대한 백분율을 그 평가 척도로 삼았다.

따라서 조사방법은 3D화면을 본 후에 기억하는 메시지 내용을 설문조사지에 표기 하는 방식으로 하였으며 이에 대한 이해도 결과 값은 아래와 같은 수식에 의하여 측정 되어졌다.

이해도(인지정보량)(%) =

$$\frac{\text{이해내용(Chunk*단위 이해단어수)}}{\text{전체내용(전체 Chunk*단위 단어수)}} \times 100**$$

4.2 조사 방법

피실험자 집단구성은 먼저 소지 후 6개월 이상의 운전경력을 가진자로 양안 시력 0.7~2.0의 20대의 연령대 30명(남자19명, 여자 11명)으로 구성하였다.

평가를 위한 화면은 새로: 가로 비를 1:1.6의 비율(일반인의 시각=60도:100도)로 조정하고 스크린에 의한 조사의 경우 가장 현실감을 반영할 수 있도록 하기 위하여 Sheppard(1989)의 삼각함수 공식에 의하여 계산된 거리 2.4m에서 평가하였다.

한명의 피실험자는 총 12가지의 시나리오(표출방

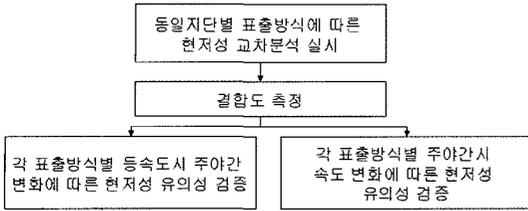


그림 5. 현저성의 분석절차

식(Stationary, Scroll, Flashing)×주간, 야간×속도(80km/h, 100km/h)를 경험하게 되며, 각각의 시나리오로 구성된 시뮬레이터를 보고 설문과 아이 카메라를 이용하여 현저성, 판독성, 이해도를 측정하게 된다.

5. 실험결과 분석

5.1 현저성 분석방법 및 결과

측정결과 데이터는 범주형 데이터로서 분석을 위한 방법으로 교차분석을 실시하였다. 교차분석은 기대빈도와 실제빈도의 차이를 이용하여 독립적인가, 관련성이 있나를 판단하기 위하여 카이제곱검정(Chi-Square Test, X^2)을 가장 많이 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 실험의 조건이 동일한 그룹을 구분하여 각각의 그룹 내에서의 현저성과 표출방식에 대한 교차분석을 통하여 독립여부를 판단하였으며 그에 대한 결합도를 측정하여 관계여부의 방향성과 대칭성을 측정하였다.

현저성에 대한 설문은 5개의 척도로 구분하여 조사하였지만 분석시 기대빈도가 5보다 작은 수의 셀이 10%를 넘어 카이제곱검정의 결과를 믿을 수 없다는 결과를 얻었다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제에 대한 보정으로 셀의 카테고리를 줄이는 ①매우 나쁨 ②나쁨 ③보통 ④좋음 ⑤매우 좋음 → ① 나쁨 ② 보통 ③좋음 방법으로 재코딩 하여 분석하였다.

각 표출방식별 현저성 정도를 도수 분포표로 나타

낸 결과는 다음과 같다.

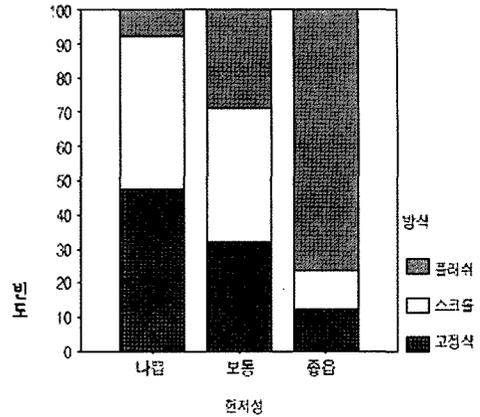


그림 6. 현저성의 정도와 표출방식간의 도수 분포표

그림 6의 결과를 살펴보면 고정식과 스크롤 방식의 경우 현저성이 나쁘다는 의견이 대체적으로 60% 이상을 차지했으나, 이와는 대조적으로 플래쉬 방식의 경우 전체의 약 60% 이상이 좋다는 의견을 보여 플래쉬방식에 대한 피실험자의 선호도를 여실히 확인할 수 있었다. 이에 대한 카이제곱검정에 대한 유의확률 결과는 표 4와 같다

표 4. 주·야간 속도별 표출방식별 현저성의 교차분석 결과

구분	80km/h 주간	80km/h 야간	100km/h 주간	100km/h 야간	
카이제곱검정 유의확률	0.000	0.000	0.000	0.000	
결합도 측정	ETA	0.551	0.716	0.693	0.592

유의수준 5%에서의 카이제곱의 접근유의 확률이 0.000으로서 모든 유형에 대한 “표출방식에 따른 현저성의 차이는 없다”라는 귀무가설을 기각하여 표출방식에 따라 현저성에 대한 반응의 차이가 있는 것으로 나타났다.

표출방식과 현저성의 변수간 관계정도를 알아보기 위하여 결합도를 측정하여 보았다. 표출방식 데이터는 명목척도이고, 현저성 데이터는 등간척도 이므로 결합도는 ETA계수로 표현된다. 표출방식에 대한 반응의 차이에 대한 결합도 측정결과 모든 상황에 대하

여 ETA계수가 0.5~0.7로서 표출방식에 종류가 현저성을 대변해주는 미약하였지만 이는 샘플 수가 작아 오는 문제와, 고정식과 스크롤 방식의 경우 비슷한 현저성을 갖는데서 기인한 현상이라 파악된다.

이렇게 해서 분석하여 본 결과, 표출방식간에 현저성의 차이가 있음을 알았으며, 플래쉬 방식의 현저성이 가장 좋다는 결과를 얻을 수 있었다.

5.2 판독성 분석방법 및 결과

피실험자로 하여금 아이카메라를 착용케하고 3D-Simulator를 응시하게 하여 실험한 후의 데이터를 살펴보면 시간의 경과에 따라 그림 7에 왼쪽과 같은 주시 분포가 발생함을 알 수 있었다.

이와 같은 주시 분포를 보이는 피실험자의 각 표출 특성별 Y축 주시변화를 살펴보면 그림 7에 오른쪽과

같은 분포가 나타난다. 일반적으로 운전자들은, 주행시 전방의 여러 경관이나 앞차량 혹은 도로 시설물들에 주시를 하다가 인지해야 하는 표지판이 나타났을 경우 표지판을 집중적으로 응시함으로써 판독하고 이해하기 때문에 일반 주행시의 Y값보다 높은(표지판의 높이에 비례하는)값이 나타나게 된다. 이러한 가정을 바탕으로 실험한 결과 피실험자에 의한 Stop-Watch 판독시간 측정값보다 초점기록계의 판독시간 측정값이 대체적으로 짧게 나타났으나 이는 운전자의 판독은 표지판을 집중적으로 응시하지 않더라도 보여지는 현상 때문에 피실험자의 Y축의 변화가 피실험자가 체험하는 판독시간보다 늦게 나타나는 현상으로 추정된다. 본 연구에서는 피실험자의 개인적 측정오차의 문제를 극복할 수 있는 보다 정량적 데이터로 분석하고자 판독시간데이터를 초점기록계의 데이터로 채택하였다.

각 집단간 판독시간의 기술적 통계량은 표 5와 같았다. 이를 살펴보면 대체적으로 플래쉬 방식이나 고정식의 경우가 판독시간이 짧게 나타났으며 스크롤 방식의 경우 판독시간이 길게 나타났다.

표 5. 주-야간 속도별 표출방식별 판독시간 결과

구 분		주 간(초)			야 간(초)		
		고정식	스크롤	플래쉬	고정식	스크롤	플래쉬
80 km/h	평균	4.4	4.7	4.3	4.2	4.1	4.0
	분산	1.3	1.2	0.6	2.7	0.5	0.4
	최대값	7.6	7.0	6.9	12.3	5.8	5.0
	최소값	2.2	2.9	2.8	3.0	2.8	2.5
100 km/h	평균	3.8	3.8	3.7	3.2	3.9	3.5
	분산	0.6	0.3	0.5	0.3	1.0	0.3
	최대값	5.9	4.9	6.2	4.2	6.1	4.5
	최소값	2.3	2.7	2.4	1.9	2.0	2.1

실험결과 나타난 판독시간은 대체적으로 주간보다 야간이, 저속(80km/h)의 경우보다 고속(100km/h)인 경우의 판독시간이 짧게 나타났다. 이는 주간시보다 야간시 VMS의 현저성이 두드러져, 운전자의 시선이 집중되고, 저속의 경우보다 고속의 경우가 판독

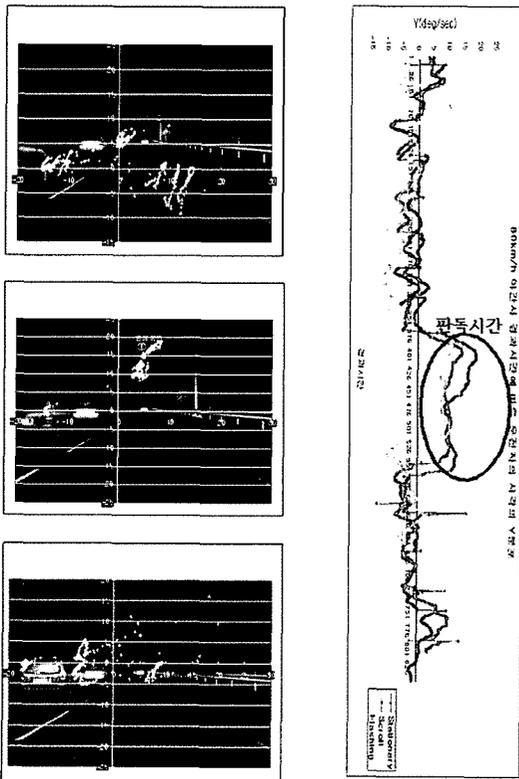


그림 7. 피실험자의 주시점 분포 및 Y축 분포



가능한 VMS의 노출시간이 짧기 때문에 운전자의 판독시간이 상대적으로 짧게 나타난 것으로 사료된다.

표 5와 같은 방법으로 취득한 판독시간 데이터가 표출방식간 유의한 차이가 있는지 여부를 검증하기 위하여 분산분석 일원배치법을 사용하였다. 분석 방법의 절차는 아래의 그림 8과 같다.

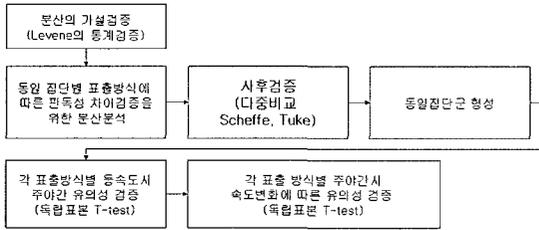


그림 8. 피실험자의 주시점 분포 및 V축 분포

가설검정을 위하여 분산의 동질성 검정을 수행하였으며, 사후검정으로 다중비교(Multiple Comparison) 방법중 Tukey와 Scheffe의 방법으로 검정 하였다.

또 각 표출방식별 판독시간이 주·야간 혹은 속도에 대한 영향을 받는지에 대한 여부도 확인하기 위하여 속도별 주·야간변화에 대한 독립표본 T-test도 실시 하였다.

대체적으로 모든 상황에 대하여 플래쉬 방식의 판독시간이 가장 짧았으나 100km/h 야간시를 제외한 나머지 집단의 표출방식간 판독시간의 유의성은 발견할 수가 없었다. 즉 판독시간의 경우 표출 방식에 대한 영향을 받지 않는다는 결론을 얻을 수 있었다.

표 6. 주·야간 속도별 표출방식간 이해도의 분산분석결과 (유의수준 $\alpha=0.05$)

구 분	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률	분산분석 결과
80km/h 주간시	2.841	2	1.420	1.596	0.209	=
80km/h 야간시	0.387	2	0.194	0.162	0.851	=
100km/h 주간시	0.114	2	5.677 E-02	0.127	0.881	=
100km/h 야간시	7.142	2	3.571	6.444	0.002	≠

주1: = : 각 표출방식의 판독시간에 차이가 없다.

주2: ≠ : 각 표출방식의 판독시간에 차이가 있다.

야간 100km/h에 나타난 유의성은 야간시라는 특성상 운전자의 시선이 집중되며, 속도가 높아질수록 판독시간이 감소하는 효과가 복합적으로 작용하여 나타난 현상으로 보였다. 판독시간을 가장 짧은 표출방식순으로 순위를 매겨보면 고정식(플래쉬)스크롤 방식으로 나타났다. 그러나 사후검정결과 고정식과 플래쉬의 집단은 동일집단으로 분석되어 결과적으로 판독시간에 유의미한 차이를 나타내는 표출방식은 스크롤 방식 하나인 것으로 나타났다.

5.3 이해성 분석방법 및 결과

이해성의 분석방법은 판독성의 분석과 동일한 방법으로 시행하였다.

주·야간 속도별 표출방식에 따른 이해도를 살펴 보기 위하여 4가지 집단 (80km/h주간, 80km/h야간, 100km/h주간, 100km/h 야간)으로 실험한 결과는 그림 9와 같았다. 전반적으로 모든 상황에 대하여 플래쉬 방식의 이해도가 우위에 있었으며, 고정식, 스크롤순으로 이해도의 차이를 보였다. 또 플래쉬 방식의 경우 전체적으로 50%이상의 이해도를 보인 반면 스크롤 방식의 경우는 30%까지 감소하는 형태를 보여 스크롤 방식의 이해도가 다른 방식에 비해 현저하게 떨어짐을 보여주었다.

각 상황별로 이해도에 대한 표출방식의 영향을 검증하기 위하여 실시한 분산분석 결과 100km/h 시를 제외한 모든 집단에서 표출방식에 따른 이해도에 대하여 유의미한 차이를 발견할 수 있었다.

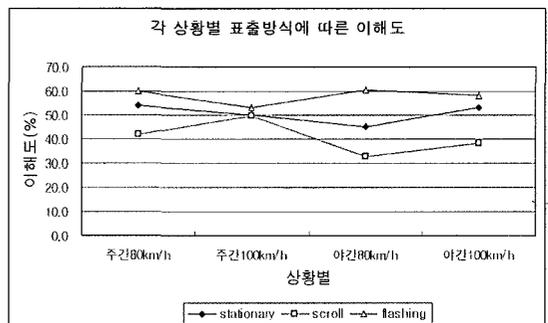


그림 9. 주·야간 속도별 표출방식별 이해도

주간 100 km/h일 경우는 세 가지 표출 형식에 대한 이해도가 약 50%정도로 비슷하게 나타났는데 이는 속도가 증가하면서 표출형태의 영향이 없어지기 때문인 것으로 보여진다. 즉 속도가 높아서 운전자가 인지하는데 특별한 차이가 없어진다는 의미이다. 그러나 같은 고속인 100km/h시라도 야간시에는 유의미한 차이가 발견된 것은 야간이라는 특성상 운전자의 시선이 집중되기 때문에 표출형태가 눈에 띄기 때문으로 보여진다.

사후검정을 실시한 결과 주간 80km/h와 야간 100km/h의 경우는 고정식과 플래쉬 방식이 동일한 집단으로서 스크롤 방식에 대한 유의성만이 확인 되었으나, 야간 80km/h의 경우에는 모든 표출방식에 대한 유의성이 검증되었다.

플래쉬 방식의 경우 80km/h 야간시 가장 높은 이해도를 보였는데 이는 표출방식이 가장 눈에 잘 띄는 야간시, 저속이라는 상황으로 플래쉬라는 표출 특성이 가장 잘 전달되는 상황이 효과적으로 전달되었기 때문인 것으로 보여진다.

표 7. 주 야간 속도별 표출방식간 이해도 사후검정 결과

구 분	80km/h 주간	80km/h 야간	100km/h 주간	100km/h 야간
유의성	≠(0.01)	≠(0.00)	=(0.691)	≠(0.01)
동 일 집단군	고정식= 플래쉬	고정식= 플래쉬	고정식= 플래쉬= 스크롤	고정식= 플래쉬
	스크롤	스크롤		스크롤

6. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 VMS의 표출방식별 운전자 인지반응에 유의미한 차이를 보이는지 여부를 판단하기 위하여 인지반응 특성요소로서 현저성, 판독성, 이해성을 추출하여 각 각 실험을 통하여 규명하였다.

인지반응 실험을 위하여 현장조사의 위험성 극복 및 경제적 이점이 있는 3D-시뮬레이터를 개발하였으며, 보다 정량적이면서 객관적인 판독시간 측정을

위하여 눈의 주시운동을 측정할 수 있는 초점기록계를 이용하였다.

실험결과 고정식, 스크롤, 플래쉬 방식은 현저성에 있어 유의미한 차이를 나타냈으며 플래쉬 방식의 경우 전체 피실험자의 67.5%가 좋다는 의견을 보인 반면 고정식과 스크롤 방식의 경우는 전체의 60% 이상이 나쁘다는 의견을 보이고 있어 현재 보편적으로 사용되고 있는 고정식의 현저성이 플래쉬 방식에 비해 유효하지 않다는 결과를 얻었다.

또한 이들의 판독성 실험을 위한 초점기록계 이용 결과 기존의 Stop-Watch를 사용하여 측정한 판독시간에 비해 짧게 나타났으며 이는 피실험자의 측정오차에서 나타난 시간의 감소로 보여졌다. 각 표출방식에 대한 판독시간의 유의성 검증을 위하여 분산분석 일원 배치법을 실시하였다. 그 결과 표출방식간에는 판독시간에 대하여 유의미한 차이를 발견할 수 없었고, 다만 판독시간 변수는 속도와 주야간의 영향을 받는 것으로 나타났다. 실험결과 나타난 판독시간은 대체적으로 주간보다 야간이, 저속(80km/h)의 경우보다 고속(100km/h)인 경우의 판독시간이 짧게 나타났는데, 이는 주간시보다 야간시 VMS의 현저성이 두드러져, 운전자의 시선이 집중되고, 저속의 경우보다 고속의 경우가 판독 가능한 VMS의 노출시간이 짧기 때문에 운전자의 판독시간이 상대적으로 짧게 나타난 것으로 사료된다.

마지막으로 이들의 이해도 측정 결과 각기 다른 표출방식은 이해도에 유의미한 차이가 있었다. 플래쉬의 이해도가 58.1%로 가장 높았고, 고정식(50.6%) 스크롤(40.6%)순으로 나타났다. 그러나 사후 검정 결과 고정식과 플래쉬 방식의 경우는 동일집단으로 나타나 스크롤 방식에 대해서만 유의미한 차이가 있음을 알았다.

이로서 표출방식의 인지특성 실험결과, 표출방식이 인지특성에 영향을 미친다는 사실을 알았으며, 또한 각 표출방식에 대한 인지반응 특성 요소의 효과정도도 알아보았다. 이에 따라서 플래쉬 방식의 우수한 성능을 VMS 정보 제공에 적용할 경우 효율적인 정

보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 고속도로의 VMS에 한정된 연구로서 일반 국도와 그 외의 기타도로에 설치된 VMS에 대한 특성 연구도 필요 할 것으로 사료되며, 폭넓은(연령별) 피실험자의 집단 구성에 의한 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 인지반응 특성을 현저성, 판독성, 이해성으로 국한 시켰으나 더 나아가 직접적인 사고와 연관이 있는 시선집중도에 대한 연구도 필요 할 것으로 보여지며, 또한 3D-Simulator에 대한 보다 진일보적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강명호, 차우창, 동적교통시스템의 인지공학적 평가에

관한 연구: 대한 인간공학회지, 2002

2. 건설교통부, 도로 가변정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정 연구 : 도로전광판 편, 1999
3. 이순철, 운전경험이 운전중의 시지각에 미치는 효과, 교통안전연구논문집, 제9권, pp.1711-181,1990
4. 이재식, 운전자의 속도통제와 정보처리에서의 인간요인 : 운전자의 눈높이와 인지부하의 효과, 한국심리학회지 : 실험 및 인지.. 1996. 8권 2호.
5. Dudeck and Ullman (2002) Flashing Messages, Flashing Lines, and Alternating One Line n Changeable Message Signs, *Transportation Research Record 1692, TRB*,

〈접수 : 2005. 9. 1〉