

도로가변정보 안내시설의 인간공학적 요소를 적용한

판독소요시간 및 표출 가능정보량 산출

Human Factors Design of Variable Message Signs : Legibility and Message Length

송기태

(서울대학교 석사과정)

장경욱

(서울대학교 박사과정)

박준식

(서울대학교 박사수료)

고승영

(서울대학교 교수)

노관섭

(한국건설기술연구원 책임연구원)

목차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경
 - 2. 연구의 목적 및 주요 내용
 - II. 국내·외 관련연구 및 자료고찰
 - 1. 국내 관련연구 및 자료고찰
 - 2. 국외 관련연구 및 자료고찰
 - III. 실험개요 및 설계
 - 1. 실험개요
 - 2. 실험설계
 - IV. 실험결과 분석 및 모형식 추정
 - 1. 정보량별 인지-반응시간
 - 2. 정보량별 인지-반응시간 모형식 추정
 - 3. 최소판독소요거리 산출
 - 4. 최소문자 높이 산정
 - V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경

현재 우리나라는 다른 어느 나라와 마찬가지로 급격한 도로 교통량의 증가와 혼잡의 발생으로 인해, 도로운전자들은 다양하고 수준 높은 도로정보를 요구하고 있으며, 이에 대한 대응으로, 지능형교통시스템(Intelligent Transportation System, 이하 ITS)의 확대와 더불어 도로전광표지(Variable Message Signs, 이하 VMS)의 설치가 급속도로 증가하고 있다. 이때, VMS의 활용성을 극대화하기 위해서는 인간공학적 측면이 매우 중시되어야 하며, 필연적으로 반영되어야 한다. 이는 운전자가 VMS에서 표출되는 정보를 쉽게 읽고 판단할 수 있도록 설계되어야 함을 의미한다. 왜냐하면, 운전자가 복잡한 도로 교통상황에서 고속으로 주행할 경우 정보를 인지하고 판단하는데 주어진 시간은 약 8초 혹은 그 이하의 짧은 시간이 주어지기 때문이다. [11] 하지만, 현재 건설교통부에서 제정

한 지침(도로안전시설 설치 및 관리지침, 도로전광표지편, 1999) [1]에서는 운전자들의 요구사항과 기술의 발전으로 인한 다양한 형식의 VMS 표출방식 전체를 포괄하고 있지 못하다. 도로 네트워크 전체의 효율성 증대와 도로 안전성 향상을 위해서는 도로의 구조적 측면이 매우 중요한 것을 사실이나, 위의 목적을 달성하기 위한 하나의 수단으로 VMS 또한 매우 중요한 시설물임에 틀림이 없다. 따라서 VMS가 본연의 임무를 수행하여 운전자에게 정보를 정확히 제공하기 위해서는 인간공학적인 측면을 고려한 체계적인 VMS 설치 규정 정립의 필요성이 요구되고 있다.

2. 연구의 목적 및 주요 내용

VMS에 관한 인간공학적 요소는 크게 운전자 인지-반응특성, 시인성과 판독성, 설치위치와 높이, 시설물 설치형식, 메시지 표출방식, 운전자 행동특성으로 정의하였다.¹⁾ [7] 본 연구에서는 다양한 인간공학적 요소 중 시각적 특

1) 본 연구에서는 운전자가 표출문자를 인지하고 판단하여 행동을 취하기 전까지 소요되는 시간에 따른 거리를 판독소요거리라 정의 함.

정이 가장 중요하다고 판단되어, 시각적 특징을 대표할 수 있는 운전자 인지-반응특성에 초점을 맞춰 수행하였다. 따라서 본 연구에서는 VMS 정보 표출형식에 대한 구분 및 정의를 하고, 표출방식에 따라 정보량을 가변 변수로 두어 정보량에 따른 인간의 인지-판단 시간을 측정하여 모형을 추정하고, 실험 결과를 토대로 기존의 지침(건설교통부, 도로가변정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정 연구, 1999) [2]를 이용하여 표출방식별 최소판독소요거리를 산출하고, VMS 정보표출 형식의 따른 최소문자 높이를 산정하는 것이 본 연구의 목적이다.

II. 국내·외 관련연구 및 자료고찰

1. 국내 관련연구 및 자료

건설교통부(1999) [1]에서 제정한 “도로안전시설 설치 및 관리 지침 (도로전광표지판)”에서는 VMS를 표출 방식에 따라 문자식, 도형식, 차로 제어식으로 구분하고 있으며, VMS에서 표출되는 정보를 수량개념으로 하여, 정보단위를 정의하였다. 그리고 인지거리와 최소판독거리의 개념을 정립하였으며, 총 정보량별 최소 문자 높이를 제시하였다.

건설교통부(1999) [2]에서 제정한 “도로가변정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정 연구”에서는 현장 실험을 통하여 VMS를 통해 인지되는 정보량을 검토 하였다. 실험 결과 운전시보다 비운전시의 인지 정보량이 1~2단위 정도 많은 것으로 나타났으며, 본선에 비해 지선의 경우에 인지 정보량이 높게 분석되었다. 운전자의 정보 인지율은 본선의 경우가 높게 나타났고, 지선인 도시부 가로에서는 신호등, 가로변 출입 교통등으로 운전 작업부하가 커져 정보 인지율이 떨어짐을 확인하였다. 그리고 설치 지점의 환경특성이 다른 두 지점의 VMS에 대한 정보 인지도 결과는 다르게 나타났다.

장경옥, 고승영, 박준식(2006) [7]은 VMS에 관한 인간공학적인 요소는 크게 운전자 인지-반응특성, 시인성과 판독성, 설치위치와 높이, 시설물 설치형식, 메시지 표출방식, 운전자 행동특성으로 정의하였다.

김성민, 오철, 장명순, 김태형(2007) [8]에서는

VMS 메시지 설계 및 운영에 있어 운전자 인지 특성 및 Human Factor의 요소를 고려하여 운전자 정보처리 내에서 인식률을 높일 수 있는 모형을 구축하고 효과적인 설계 및 운영을 위한 활용방안을 제시하였다. 실험결과 연령별 정보 인식률은 20~30대는 비슷한 인식률을 나타내었지만, 연령대가 높아질수록 인식률이 낮아지는 것으로 나타났으며, 운전경력이 있는 집단의 인식률이 운전경력이 없는 집단에 비해서 높게 나타났다. 그리고 로지스틱 회귀분석을 통하여 종속변수로는 인식률(정보, 단위, 글자)을 선정하였고, 설명변수로는 정보제공시간, 정보량(정보단위, 단어수, 글자수), 연령, 성별로 하는 모형식을 구축하였다.

오철, 김원기, 이수범, 이청원(2007) [9]는 인간공학적 특성을 반영하여 VMS 메시지 판독거리 모형을 개발 하였다. DGPS와 비디오카메라를 이용하여 40명의 피실험자를 대상으로 조사를 하여 Stepwise 독립변수 선정 기법을 적용한 회귀분석 결과 독립변수로 차로수, 주행속도, 문자높이 등으로 하는 판독거리 모형이 구축하였다..

2. 국외 관련연구 및 자료

Conrad, Dudek(2005) [11]은 U.S Manual on Uniform Traffic Control Devices(MUTCD)에 새로운 연구결과를 수록하였으며, 정보단위에 관하여 정의 하였다. 여기서 제시한 정보단위량 “무슨 일인가?” 에 대한 답으로 “교통사고”라는 기본개념과 경험을 바탕으로 제시하였으며, 정보 단위당 표출 시간을 최소 2초 이상 되어야 하며, 한 Phase당 표출 가능 정보수와 운행속도별 최대 가능 표출 정보수를 제시하였다.

Ullman(2001) [16]은 문형식 VMS와 측주식 VMS에 대한 소요 가시거리가 다르다는 것을 실험을 통하여 증명하였으며, 측주식 VMS에 대한 추가적인 소요가시거리를 속도별, 정보량에 따라 제시한 연구를 수행하였다. 또한 주간과 야간 중단선형, 평면선형, 중차량의 영향 날씨에 따른 결과 값도 제시하였다.

Dudek et al.(1981) [12], Upchurch et al.(1992) [13], Ullman and Dudek(1999) [14], Ullman and Dudek(2001) [15]는 판독성과 정보

단위에 관한 연구를 하였으며, 전광판에 대한 판독거리와 문자 크기에 따른 판독 가능거리 실험을 실시하였으며, 이에 대한 결과로 주간과 야간으로 나누어 정보 단위당 표출시간을 바탕으로 속도별 문자 높이별 최대 정보 표출 가능 단위를 제시하였다. 또한 LED 형식뿐만 아니라 Fiber Optic과 반사형에 대한 값을 제시하였다.

Patrick T. McCoy, Geza Pesti(1999) [17]은 CMS의 최적 위치 선정 방법으로 속도와 판독거리 사이의 식을 제안하였다. 표지를 볼 수 없는 시야각도 즉, 차량의 루프에 가려 메시지를 볼 수 없는 거리를 손실거리로 산정하여 제시하고 있으며, 측주식에 대하여도 손실거리를 산정하여 최종적인 소요 가시거리를 제안하고 있다. 추가적으로 이러한 손실거리를 최소화하기 위하여 구조물의 구조적인 문제를 결합하여 도로 곡률과 차로수에 따른 최대 표지면 각도를 제안하고 있다.

III. 실험 개요 및 설계

1. 실험개요

1) VMS 정보 단위 정의

본 연구의 실험은 VMS의 정보표출 형식에 따른 운전자의 인지-판단 시간을 측정하여 분석을 해야 하기 때문에 VMS의 정보표출 단위의 정의가 우선되어야 한다. 본 실험에서는 VMS의 정보 표출 형식을 크게 문자식 VMS, 도형식 VMS으로 나누었다. 문자식 VMS의 정보 단위는 기존의 건설교통부 지침(도로안전시설 설치 및 관리지침, 도로전광표지편, 1999) [1]에서 제시한 기준을 사용하였다. 하지만, 이 지침에서는 도형식 VMS에 대한 정보 단위는 제시되어 있지 않기 때문에, 본 연구에서는 문자식 VMS 정보 단위의 정의를 기초로 하여 도형식 VMS의 정보 단위를 정의하여 실험을 설계하였다.

(1) 문자식 VMS 정보단위 정의

문자식 VMS정보 단위 정의 원칙을 요약하면 다음과 같다.

- 정보의 수량개념으로, 정보 1단위는 독립적인 정보 1단위를 뜻함
- 문자식에서는 색깔 표시가 다른 정보를 독립

정보라고 보지 않음. 즉, 지체(황색)이라고 해서 2단위로 측정하지 않음

- 1화면 당(메시지 당) 정보량과 표출주기 당 정보량을 결정할 수 있으며 표출시간은 끝 운전자가 표출되는 메시지를 모두 판독해야 하는 판독시간과 같은 개념임
- 정보량 산정시, 도로전광표지 설치 지점과 동일한 노선에 대한 정보인 경우에는 노선번호를 정보량에 포함시키지 않으며, 다른 노선의 정보 제공시에는 노선번호를 정보량에 포함

(2) 도형식 VMS 정보단위 정의

도형식 VMS은 문자와 도형을 혼합하여 사용하는 형태로서 문자에 대하여는 건설교통부 지침 [1]을 기초로 하였으며, 도형식에 대한 정보량의 정의는 다음과 같은 기준으로 설계하였다.

- 도형식 VMS의 총 정보량은 문자 정보량과 도형 정보량을 합하여 정의함
- 도형식 VMS에서 사용되는 문자의 정보단위는 건설교통부 지침 [1]에서 정의된 정보단위를 사용함
- 도형식 VMS의 특성상 도형과 색상을 통하여 도로소통상황을 나타내며, 도형식 VMS의 도로소통상황에 따라 녹색(Green), 황색(Amber), 적색(Red)로 표기되고. 그 색상구성 원칙은 다음 <표 1>에서 보는바와 같음

<표 1> 도형식 VMS 표출문안별 색상구성

색상구분	표출문안
녹색(Green)	소통원할 상태 도형, "소통원할"
황색(Amber)	지체서행 상태 도형, 방면명, 시점명, 종점명, "지체서행"
적색(Red)	정체 상태 도형, "정체"

- 문자식 VMS에서의 정보 1단위는 독립적인 정보 1단위를 뜻하므로, 도형식 VMS의 정보 단위도 문자식 VMS와 같은 기준을 적용함
- 도형식 VMS는 화살표로 진행 방향을 표시하고, 도형을 통하여 교통정보를 나타내기 때문에, 각 화살표와 도형으로 표현되는 교통정보를 독립적인 정보 1단위로 보고 도형식 VMS의 정보 1단위로 정의함
- 그러나, 하나의 화살표라 할지라도 표시되는 정보가 의미하는 바가 다르다고 한다면 2단

위로 정의함. 즉, 운전자가 반드시 인지하여야 하는 정보량을 기준으로 정보의 한 단위로 정의함

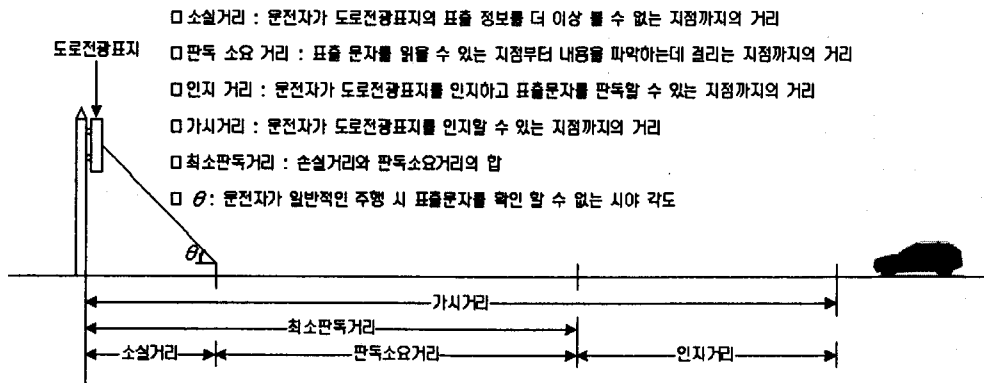
- 일반적으로 VMS는 JC, IC, 주요교차로 등 교통류의 분산이 기대되는 주요 우회 가능지점 상류부에 설치되며, VMS의 정보관리영역은 VMS가 설치된 지점을 기준으로 주결절점(혹은 부결절점) 또는 교통관리영역까지로 함
- 따라서, 주결절점(혹은 부결절점)이 되는 교차로를 중심으로 각각의 방향별로 관리영역이 달라지므로 정보제공의 기본적인 정보단위로 설정함

<표 2> 결절점에 따른 도형식 VMS 정보단위 정의

	3지 교차로	4지 교차로	정보단위 예
정보단위 정의			

2) 인지-반응시간 정의

기존의 건설교통부 지침[1]에서는 운전자의 인지-반응 특성을 “VMS에 표출되는 정보를 읽기 시작한 시점부터 정보의 내용을 파악하는데 까지 소요되는 시간”을 판독소요시간²⁾으로 적용하였다. 본 연구에서는 기존 지침에서 반응거리라고 정의했던 부분은 인지거리라고 정의하였다. 즉, 운전자가 도로전광표지를 인지하고 반응하는데 소요되는 거리를 반응거리라고 정의



<그림 1> 판독소요 거리 개념도

2) 도로안전시설 설치 및 관리 지침 - 도로전광표지(1999)에서는 다음과 같이 정의하고 있음
 판독성(Legibility) : 표지나 대상물의 문자나 기호를 읽을 수 있는 정도
 판독시간 : 운전자가 표시 메시지를 판독하는 데 소요되는 시간

했었는데 본 연구에서는 인지거리라고 정의 하였다. 기존에 운전자가 도로전광표지를 인지할 수 있는 지점까지의 거리를 인지거리라고 정의 했었는데 본 연구에서는 가시거리라고 정의 하였다. 판독소요 거리 개념도는 <그림 1>과 같다.

2. 실험 설계

본 연구에서는 현장 실험의 한계를 극복하고, 현장조건과 유사한 환경을 설정하여 VMS 정보의 인지-판단 시간을 측정하는 실험을 수행하기 위하여 시뮬레이션을 통한 실내 실험으로 이루어 졌다.

1) 현장 조사

본 연구의 실험의 핵심인 시뮬레이션을 제작하기 위해서 현장조사를 실시하였다. 피실험자가 최대한 현장에 있는 것처럼 느끼게 하기 위해서 동영상 촬영하였다. 디지털 카메라를 이용하여 약 80km/h로 정속 주행하면서 차로 변경을 하지 않고 VMS를 지나친 지점까지의 구간을 촬영하였다.

2) 실험 환경

본 연구의 실험은 다음과 같은 조건하에서 실시하였다.

- 실험 기간 : 2007년 1월 17일 ~ 2007년 1월 24일
- 실험 장소 : 서울대학교 세미나실
- 실험 장비 : 빔프로젝트, 타이머

- 실험 방법 : 현장조사를 통하여 얻은 현장자료와 플래시 시뮬레이션을 통하여 피실험자 1인당 3회의 실험을 실시하였으며, 실험시 1인은 실험에 전반적인 운영을 담당하며, 실험자는 빔프로젝트에서 나오는 화면을 보고 문자식과 도형식 VMS의 정보를 볼 수 있는 시점부터 내용을 파악한 시점까지 인지-판단 시간을 측정하였다.

3) 실험 내용

(1) 피실험자

피실험자는 시각장애가 없는 건강한 성인 남·녀 22명을 대상으로 실시하였으며, 피실험자의 성별 분포는 <표 3>가 같다.

<표 3> 연령과 성별 분포

성별 \ 연령	남자	여자	합계
20대	11	5	16
30대	4	2	6
합계	15	7	22

<표 4>는 피실험자의 운전면허 소지 여부와 운전경력에 대한 자료이다.

<표 4> 운전면허 소지 여부 및 운전경력

운전면허 \ 운전경력	유	무	합계
0	1	7	8
5년 미만	9	0	9
5~10년 미만	4	0	4
10년 이상	1	0	1
합계	15	7	22

(2) 표출문안설계

실험에 사용된 정보단위별 문자식, 도형식 VMS는 최소 3단위에서 최대 16단위까지 설계하였으며, VMS제공정보에는 구간소통정보, 통행시간정보, 우회도로정보, 정체 발생구간정보, 주요지점 소통 정보 등이 포함되어있다.

<표 5> 문자식VMS 표출문안설계 예

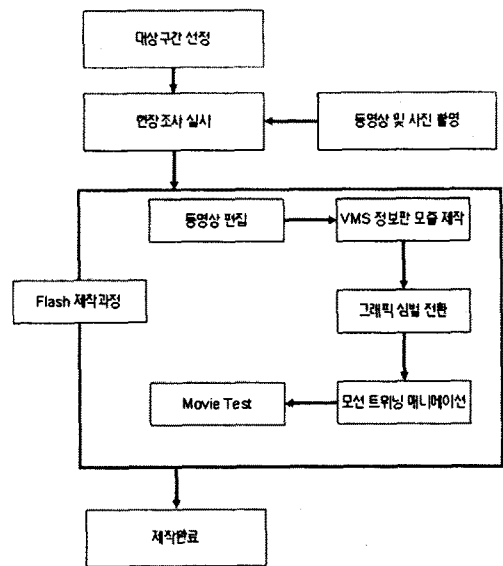
정보량	화면		
	Phase 1	Phase 2	Phase 3
7단위	[시뮬레이션 화면]		
15단위	[시뮬레이션 화면]	[시뮬레이션 화면]	[시뮬레이션 화면]

<표 6> 도형식 표출문안설계 예

정보량	9단위	16단위
화면	[도형식 VMS 화면]	[도형식 VMS 화면]

(3) 시뮬레이션 제작

본 실험이 실내실험으로 이루어지기 때문에 현장과 유사한 상황을 표현하기 위해서 동영상 정보를 빠른 시간에 벡터이미지로 표현 가능한 Flash 프로그램을 사용하여 시뮬레이션을 제작하였다. Flash 제작과정은 <그림 1>와 같다



<그림 2> Flash 제작과정

Flash 프로그램을 통하여 동영상을 표현할 때 프레임 단위로 설정되어지기 때문에 속도를 임의로 조정 가능하다는 특징이 있다.



<그림 3> Flash를 통한 시뮬레이션 화면

IV. 실험결과 분석 및 모형식 추정

1. 정보량별 인지-반응시간

문자식 VMS와 도형식 VMS에 대한 실험 결과를 토대로 정보량별 평균, 정보단위 당 인지-반응시간, 85%-tile³⁾ 인지-반응시간을 구하였다.

1) 문자식 VMS

정보단위당 평균 인지-반응시간을 추정한 결과, <표 7>과 같이 정보량이 적게 표출되었을 경우 많은 정보량 표출시 보다 긴 인지-반응시간을 보이며, 이는 정보량이 적을 경우 운전자가 좀 더 편하게 인지하기 때문에 반응시간이 길어지기 때문으로 볼 수 있다. 또한 이러한 결과를 볼 때 정보 단위당 인지-반응 시간은 큰 의미를 갖지 못하며, 따라서 정보량에 따른 인지-반응 시간을 이용하는 것이 효과적임을 의미한다.

<표 7> 문자식 VMS의 인지-반응시간

정보량	평균	정보단위당평균	85%-tile
3	3.80	1.27	5.12
4	5.41	1.35	7.68
5	6.00	1.20	8.43
6	6.08	1.01	8.81
7	7.10	1.01	9.53
8	6.90	0.86	9.87
9	9.01	1.00	11.78
10	8.93	0.89	11.80
11	9.90	0.90	11.85
12	9.60	0.80	12.25
13	10.07	0.77	12.29
14	10.81	0.77	13.00
15	10.90	0.73	13.32
16	12.60	0.79	14.23

2) 도형식 VMS

도형식의 경우 정도의 차이는 있으나 문자식 VMS와 마찬가지로 정보단위당 평균 인지-반응시간을 추정한 결과 <표 8>과 같이 정보량이 적게 표출되었을 경우 많은 정보량 표출시 보다 긴 인지-반응시간을 보이고 있다.

<표 8> 도형식 인지-반응시간

정보량	평균	정보단위당평균	85%-tile
3	2.40	0.80	3.26
4	3.43	0.86	4.72
5	4.11	0.82	6.25
6	4.71	0.79	6.31
7	5.27	0.75	7.17
8	5.25	0.66	7.44
9	5.29	0.59	7.29
10	5.29	0.53	7.24
11	5.43	0.49	7.06
12	6.21	0.52	7.94
13	6.02	0.46	7.56
14	7.08	0.51	9.15
15	7.18	0.48	9.15
16	7.76	0.49	9.12

실험 결과 문자식 VMS가 도형식 VMS에 비해 긴 인지-반응시간 시간이 소요되며, 이러한 결과를 보면 문자식에 정보 제공면에서 더욱 효과적일 수 있다. 단, 도형식의 경우 기술적인 문제로 인해 측주식으로 설치하는 것이 일반적이며, 그로 인해 3차로 이상의 도로에서 일반적으로 추천하는 문형식으로 설치하는데 있어서 글자 크기나 도형의 두께 등을 크게 하여 시인성을 향상시키기 위해서는 비용제약을 동반하는 문제점이 발생할 수 있다.

2. 정보량별 인지-반응시간 모형식 추정

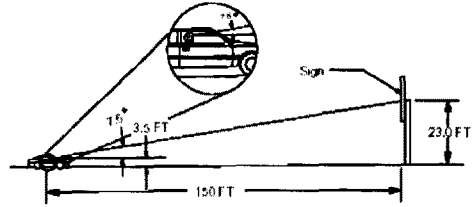
1) 문자식 VMS의 인지-반응시간 모형식 추정

문자식 VMS에 대하여 실험결과를 바탕으로 85%-tile 정보량별 인지-반응시간을 다양한 식에 관하여 계수 추정한 결과 로그 추정식이 가장 높은 결정계수 0.9716의 값을 가져 가장 높은 설명력을 가진 것으로 판단된다. 문자식 VMS의 모형별 추정식과 결정계수는 <표 9>와 같다.

3) 일반적으로 85%-tile의 경우 합리적인 최대값을 나타내며, 15%-tile은 합리적인 최소값을 나타내는 경우가 많으며, 과실계를 막는데 중요한 지표로 사용됨

<표 9> 문자식 VMS의 모형별 추정식 및 결정계수

모형	추정식	R ²
선형식	$y = 0.5836x + 5.1676$	0.9192
로그식	$y = 4.862\ln(x) + 0.3002$	0.9716
지수식	$y = 5.8586e^{0.0602x}$	0.8333
다항식	$y = 0.0346x^2 + 1.2409x + 2.6076$	0.9609
거듭제곱식	$y = 3.4217x^{0.5181}$	0.9407



<그림 4> VMS에 대한 손실거리 개념도

2) 도형식 VMS의 인지-반응시간 모형식 추정

도형식 VMS에 대하여 실험결과를 바탕으로 85%-tile 수준으로 정보량별 인지-반응시간을 다양한 식에 관하여 계수 추정한 결과, 문자식 VMS와 마찬가지로 로그 추정식이 가장 높은 상관계수 0.8936의 값으로 모형별 추정식 중 가장 높은 설명력을 가진다고 판단된다. 도형식 VMS의 모형별 추정식과 결정계수는 <표 10>과 같다.

<표 10> 도형식 VMS의 모형별 추정식 및 상관계수

모형	추정식	R ²
선형식	$y = 0.357x + 3.7274$	0.8205
로그식	$y = 3.0188\ln(x) + 0.6542$	0.8936
지수식	$y = 4.0341e^{0.0565x}$	0.7239
다항식	$y = -0.0221x^2 + 0.7772x + 2.0908$	0.8608
거듭제곱식	$y = 2.382x^{0.4966}$	0.8523

3. 최소판독소요거리 산출

본 연구에서는 최소판독소요 거리를 정보량에 따른 인지-반응 시간을 추정하여 85%-tile수준에서 적합도가 가장 높은 로그 추정식을 이용하여 속도별 최소판독소요거리를 산출하였다. 최소판독소요거리에는 차량이 접근하게 되면서 메시지를 볼 수 없게 되는 손실거리⁴⁾ 개념이 포함되어 있는데, 그 개념도는 <그림 4>와 같다.

<표 11> 문자식VMS 최소판독소요거리(m)

정보량 (단위)	추정된 판독소요시간(초)	운행속도(km/h)				
		40	60	80	100	120
3	5.64	108	139	170	202	233
4	7.04	123	162	201	241	280
5	8.13	135	180	226	271	316
6	9.01	145	195	245	295	345
7	9.76	153	208	262	316	370
8	10.41	161	219	276	334	392
9	10.98	167	228	289	350	411
10	11.50	173	237	300	364	428
11	11.96	178	244	311	377	444
12	12.38	183	251	320	389	458
13	12.77	187	258	329	400	471
14	13.13	191	264	337	410	483
15	13.47	195	269	344	419	494
16	13.78	198	275	351	428	504

<표 12> 도형식VMS 최소판독소요거리(m)

정보량 (단위)	추정된 판독소요시간(초)	운행속도(km/h)				
		40	60	80	100	120
3	3.97	89	111	133	155	177
4	4.84	99	126	153	179	206
5	5.51	106	137	168	198	229
6	6.06	112	146	180	213	247
7	6.53	118	154	190	226	263
8	6.93	122	161	199	238	276
9	7.29	126	166	207	247	288
10	7.61	130	172	214	256	299
11	7.89	133	177	220	264	308
12	8.16	136	181	226	272	317
13	8.40	138	185	232	278	325
14	8.62	141	189	237	284	332
15	8.83	143	192	241	290	339
16	9.02	145	195	246	296	346

4) 표지 높이 : 7m, 운전자 눈높이 1.1m, 운전자 시야와 자동차 루프 사이 각이 7.5도일 경우 손실거리는 $d = \frac{h_m - h_i}{\sin \theta}$ 에 의해 45m가 산출되었으며, 이 거리를 추가하였음.
 · d : 손실거리 · h_m : 표지 설치 높이(도로에서 표지 중간까지의 높이) · h_i : 운전자 눈높이 · θ : 표출 정보를 볼 수 없는 각도

4. 최소문자 높이 산정

실험결과를 통하여 문자식 VMS와 도형식 VMS의 최소판독소요거리를 추정하였다. 이 결과를 이용하여 현재 건설교통부 지침(도로가변 정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정 연구, 1999) [2]의 문자 두께별 문자 높이와 판독거리 회귀식 이용하여, 문자식 VMS와 도형식 VMS의 속도별 문자높이를 결정하였다.

<표 13> 문자 두께별 문자 높이와 판독거리 회귀식

문자 두께 : 0.0625H	문자 두께 : 0.125H
$y = 263.38\ln(x) - 819.33$	$y = 304.55\ln(x) - 969.96$
($R^2 = 0.9968$)	($R^2 = 0.9982$)

1) 문자식 VMS의 최소 문자 높이

<표 13>의 문자 두께별 문자 높이와 판독거리 회귀식을 이용하여 문자식 VMS의 최소 문자 높이를 구하면 <표 14>와 같다.

2) 도형식 VMS의 최소 문자 높이

도형식 VMS의 경우 일반적으로 문자와 도형

<표 14 > 문자식 VMS 최소 문자 높이

문자두께	총정보량														
	설계속도	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.0625H	40km/h	34	36	38	39	40	41	42	43	44	45	46	46	47	48
	60km/h	38	42	45	47	49	51	53	55	57	58	60	61	62	64
	80km/h	43	48	53	57	61	64	67	70	73	76	78	81	83	85
	100km/h	48	56	63	69	75	80	85	89	94	98	102	106	110	114
	120km/h	54	65	74	83	92	99	107	114	121	128	134	149	146	152
0.125H	40km/h	34	36	38	39	40	41	42	43	43	44	45	45	46	46
	60km/h	38	41	44	46	48	50	51	53	54	55	56	57	59	60
	80km/h	42	47	51	54	57	60	62	65	67	69	71	73	75	77
	100km/h	47	53	59	64	68	72	76	80	83	87	90	93	96	98
	120km/h	52	61	68	75	82	88	93	99	104	109	113	118	122	127

<표 15 > 도형식 VMS 최소 문자 높이

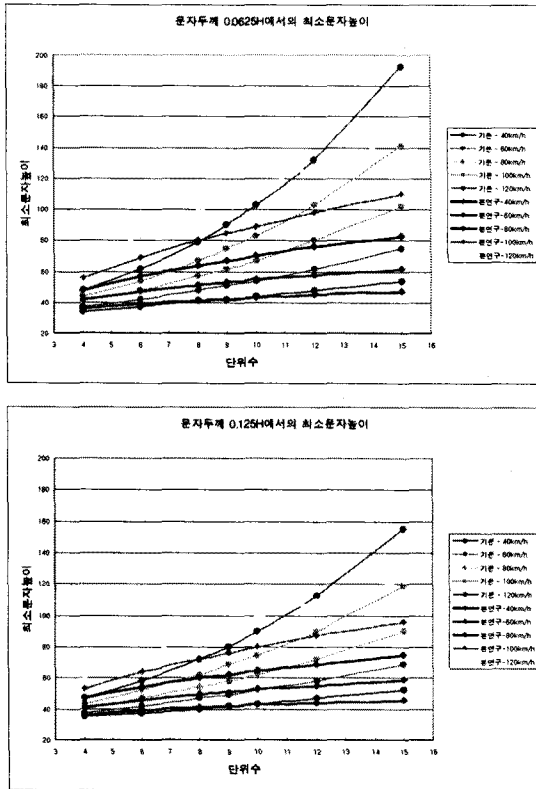
문자두께	총정보량														
	설계속도	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.0625H	40km/h	31	33	34	34	35	36	36	37	37	38	38	38	39	39
	60km/h	34	36	38	39	40	41	42	43	44	45	45	46	47	47
	80km/h	37	40	42	44	46	48	49	51	52	53	54	55	56	57
	100km/h	40	44	48	50	53	55	57	59	61	63	65	66	68	69
	120km/h	44	49	53	57	61	64	67	70	72	75	77	79	81	83
0.125H	40km/h	32	33	34	35	36	36	37	37	37	38	38	38	39	39
	60km/h	35	37	38	39	40	41	42	42	43	44	44	45	45	46
	80km/h	37	40	42	44	45	46	48	49	50	51	52	53	53	54
	100km/h	40	44	46	49	51	53	54	56	58	59	60	61	63	64
	120km/h	43	48	51	54	57	60	62	64	66	68	70	72	74	75

이 혼합하여 표출하는 방식으로 글자 높이의 경우 30cm, 40cm를 사용하고 있다. 도형식 VMS의 기술적인 특성을 고려할 경우 최대 표출 가능한 글자 높이는 40cm가 된다.[5] 이러한 결과를 바탕으로 할 때, 40cm 이상의 글자 높이는 제외하여야 한다. <표 15>의 음영부분은 추정된 글자높이지만 기술적인 특성과 시공상 그리고 안전상의 문제로 인해 설치가 어려운 경우를 표시한 것이다.

3) 기존 최소문자높이와의 비교분석

기존 건설교통부 지침에서 제시된 총 정보량별 최소 문자높이와 본 연구의 실험을 통하여 도출된 최소 문자 높이를 비교해보면 <그림 5>와 <그림 6>와 같다. 정보단위가 적을 경우에는 본 연구의 실험에서 도출된 최소문자높이가 더 큰 반면에 8단위 이상의 경우에는 기존 지침의 최소문자높이가 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과를 종합해 볼 경우에는 정보량이 적어 상대적으로 실험자가 빠르게 반응하지 않은 결과로 볼 수 있으며 8단위 이상의 경우에는 기존의 지침이 더 커 현재 과설계가 되고 있는 것

으로 판단된다.



<그림 5> 기존 최소문자높이와의 비교분석

V. 결론 및 향후연구과제

본 연구는 인간공학적 요소 중에서 시각적 특징이 가장 중요하다고 판단하여, 인간의 시각적 특징을 대표할 수 있는 인지-반응시간에 초점을 맞추어서 수행하였다. 우선 VMS를 문자식 VMS와 도형식 VMS로 분류한 후 시뮬레이션 실험을 통하여 운전자의 인지-반응시간을 측정하였다. 실험을 통하여 도출된 결과를 토대로 문자식 VMS와 도형식 VMS의 정보 단위에 따른 인지-반응시간의 추정식을 구하였으며, 기존의 지침(도로가변정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정 연구, 건설교통부, 1999) [2]에 제시된 문자 두께별 문자 높이와 판독거리 회귀식을 통하여 표출형식에 따른 최소판독소요거리와 최소문자 높이를 산정하였다.

본 논문에서 정보단위당 평균 인지-반응시간을 추정된 결과, 문자식 VMS와 도형식 VMS 모두 정보량이 적게 표출되었을 경우 많은 정보량 표출시 보다 긴 인지-반응시간을 보이며,

이는 정보량이 적을 경우 운전자가 좀 더 편하게 인지하기 때문에 반응시간이 길어지기 때문으로 판단된다. 이러한 실험결과를 기초로 정보량별 인지-반응시간의 모형식을 추정된 결과 문자식 VMS와 도형식 VMS에서 여러 모형식 중 로그식이 결정계수가 가장 높아 실험결과를 가장 잘 설명한다고 분석되었다. 그리고 85%-tile수준의 인지반응시간과 로그 추정식을 이용하여 최소판독소요거리를 산출하였으며, 건설교통부 지침(도로가변정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정연구, 건설교통부, 1999) [2]에서 제시한 문자두께별 문자높이와 판독거리 회귀식 통하여 문자식 VMS와 도형식 VMS의 속도별 최소문자높이를 결정하였다.

본 연구는 VMS 설계시 인간공학적 요소를 반영해야 한다는 실험적 연구로써 향후 이와 관련된 지속적인 연구가 이루어질 수 있는 토대를 마련하였다는 점에서 큰 의미가 있다고 판단되며, ITS시설물에 인간공학적 요소를 가미함으로써 ITS시설물의 주요 목적인 정보제공에 있어서 운전자로 하여금 정보 인지율을 향상시키고 시설물 전체의 신뢰도를 높이는 계기를 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 한계점으로는 첫째, 시뮬레이션을 이용한 실내 실험이기 때문에 현장에 실제 도로상황 및 교통상황이 정보인식에 미치는 영향을 고려하지 못한다는 것이고, 둘째, 피실험자 22명이 전체 운전자를 대표할 수 없는 한계가 있어 향후에는 좀 더 많은 운전자와 폭넓은 연령대의 피실험자를 통한 실험이 이루어져야 할 것이다. 그리고 셋째, 실제 운전자는 자신이 필요로 하는 정보만을 기억하는데 반해 실험시에는 가능한 많은 정보를 기억하려고 하는 등의 실험상의 한계가 존재한다. 넷째, 본 실험은 실내 실험으로 이루어 졌는데 실제 현장에서는 이상적인 소요가시거리 보다 훨씬 짧은 가시거리가 운전자에게 주어진다. 이러한 특성에 영향을 미치는 다양한 요소가 존재하겠지만, 대표적으로 주야간의 차이, 종단선형, 평면선형, 날씨 등으로 고려하여 연구할 필요성이 있다고 판단된다.

* 이 연구는 친환경·지능형 도로설계 기술개발 연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵

심 기술연구사업과 SIR BK21 기획연구의 일환으로 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부(1999), “도로안전시설 설치 및 관리 지침, 도로전광표지판”
2. 건설교통부(1999), “도로가변정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정 연구”
3. 대한토목학회(2000), “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙”, 건설교통부
4. 서울시(2000), “내부순환로 실시설계 보고서”
5. 서울시(2003), “올림픽대로 2-2공구 실시설계 보고서”
6. 한국도로공사(2003), “우회국도 실시설계보고서”
7. 장경욱, 고승영, 박준식(2006), “인간공학적 요소를 고려한 ITS 도로 시설물 설치기준 정립을 위한 기초연구”, 대한교통학회
8. 김성민, 오철, 장명순, 김태형(2007), “운전자 판독능력을 고려한 VMS 메시지 설계방법론 개발 및 적용, 대한교통학회
9. 오철, 김원기, 이수범, 이청원(2007), “DGPS를 이용한 VMS 메시지 판독거리 모형개발, 대한교통학회
10. FHWA(2003), MUTCD 2003 Edition (Manual on Uniform Traffic Control Devices) Section 6F.55 Portable Changeable Message Signs(PCMS)
11. Conrad L. Dudek(2005), “NEW GUIDELINES IN THE UNITED STATES FOR EFFECTIVE VARIABLE MESSAGE SIGN MESSAGE DESIGN AND DISPLAY”, Road Safety on Four Continents, Warsaw Poland, 5-7 October 2005, Conference Proceedings
12. Dudek, C.L, and R. D. Huchingson, R. D. Williams, R. J. Koppa(1981), “Human Factors Design of Dynamic Visual and Auditory Displays for Metropolitan Traffic Management”, Vol. 2 Dynamic Visual Displays. Report No. FHWA, U.S. Department of Transportation, Washington D.C
13. Upchurch J, J. D. Armstrong, M. h. Baaj, and G. B. Thomas.(1992), “Evaluation of Variable Message Signs : Target Value, Legibility, and Viewing Comfort”, In Transportation Research Record 1376, TRB, National Research Council, Washington, D. C. pp. 35-40.
14. Ullman, G. L. and C. L. Dudek.(1999), “Legibility Distance LED Variable Message Signs”. CD-ROM Compendium, 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, Toronto, Ontario
15. Ullman, G. L. and C. L. Dudek.(2001), “Maximum VMS Legibility Distances for Day and Night Operations”, Contribution to Variable Message Sign Operation Manual. By C. L. Dudek, Report No. FHWA-NJ-2001-10, New Jersey Department of Transportation, November 2001
16. Ullman, G. L.(2001), “Message Length and VMS Viewing Distance Requirements. Contribution to Variable Message Sign Operation Manual”, By C. L. Dudek, Report No. FHWA-NJ-2001-10, New Jersey Department of Transportation, December 2001
17. Patrick T. McCoy and Geza(1999), “Incident Management - Changeable Message Sign Deployment Guidelines”, Report Nebraska Department of Roads, Contract No. SPR-PL-1(33) P499, Department of Civil Engineering University of Nebraska-Lincoln, December 1999