

■ 論 文 ■

## DGPS를 이용한 VMS 메시지 판독거리 모형개발

Development of Legibility Distance Model for VMS Messages using In-Vehicle DGPS Data

오 철

(한양대학교 교통시스템공학과 교수)

김 원 기

(한양대학교 교통시스템공학과 석사과정)

이 수 범

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

이 청 원

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

김 정 완

(건설교통부 교통정보기획팀 사무관)

### 목 차

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| I. 서론                     | 3. VMS 메시지 판독과 차량 주행특성 분석 |
| II. 국내외 관련연구 및 자료 고찰      | 4. 도로선형별 판독거리 분석          |
| III. 판독거리 개념 및 VMS 메시지 설계 | V. 모형개발                   |
| IV. 자료수집 및 분석             | VI. 결론 및 향후 연구 과제         |
| 1. 자료수집                   | 참고문헌                      |
| 2. 현장조사자료 분석              |                           |

Key Words : 지능형교통체계, 도로전광표지, 판독거리, 위치정보시스템, 실시간 교통정보

Intelligent Transport Systems, Variable Message Signs, Legibility Distance, Differential Global Positioning Systems, Real-time Traffic Information

### 요 약

도로전광표지(VMS: Variable Message Signs)는 지능형교통체계(ITS: Intelligent Transport Systems)를 구성하는 주요 서비스시스템 중의 하나로서, 불특정 다수를 대상으로 실시간 교통소통 및 돌발상황 정보를 제공해 주는 유용한 기능을 수행한다. VMS에서 표출되는 교통정보는 운전자가 보다 쉽게 이해하고, 눈에 잘 띄고, 적정거리 내에서 판독하기 쉬워야 하는 조건을 만족 시켜야 한다. VMS 판독거리 (Legibility Distance)는 운전자가 VMS 메시지의 문자를 읽기 시작할 수 있는 지점에서 해당 VMS의 설치지점간의 거리를 의미하는데, 도로 및 교통여건, 운전자 특성 등을 고려한 적정 판독거리의 산정은 차량의 주행속도, VMS 메시지 정보량 등과 함께 효과적인 VMS 메시지의 설계 및 운영을 위한 필수조건이라고 할 수 있다. 본 연구의 목적은 실제 도로교통환경에 노출된 운전자의 작업부하를 고려한 보다 현실적인 판독거리 추정모형을 개발하는 것이다. 이를 위해 서울시 도시고속도로, 영동 및 경부고속도로에 설치된 27개 VMS에 대한 운전자의 판독거리, VMS 메시지 특성, 운전자 특성, 도로기하구조 및 교통특성 등의 자료를 수집하고 분석하였다. 실제 주행환경에서 운전자의 판독위치 수집을 위해서는 DGPS(Differential Global Positioning System)장비를 이용하였다. 본 연구의 결과물인 판독거리 모형은 VMS 메시지 설계 및 운영을 위한 기본도구로서 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

Variable message sign (VMS), which is used for providing real-time information on traffic conditions and incidents, is one of the important components of intelligent transportation systems. VMS messages need to meet the requirements with the consideration of human factors that messages should be readable and understandable while driving. This study developed a legibility distance model for VMS messages using in-vehicle differential global positioning data (DGPS). Traffic conditions, highway geometric conditions, and VMS message characteristics were investigated for establishing the legibility model based on multiple linear regression analysis. The height of VMS characters, speed, and the number of lanes were identified as dominant factors affecting the variation of legibility distances. It is expected that the proposed model would play a significant role in designing VMS messages for providing more effective real-time traffic information.

본 연구는 건설교통부 교통정보기획팀 2006년도 연구개발과제인 "가변전광표지(VMS) 설치 및 운영방안 연구"의 지원으로 수행되었음.

## 1. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

도로전광표지(VMS: Variable Message Signs)는 지능형교통체계(ITS: Intelligent Transportation Systems)를 구성하는 주요 서브시스템 중의 하나로서, 불특정 다수를 대상으로 실시간 교통소통 및 돌발상황 정보를 제공해 주는 유용한 기능을 수행한다. VMS를 통해 제공되는 정보는 단순한 소통 및 사고정보로부터 VMS를 통해 도로 우회를 유도하는 교통운영 및 제어용 정보까지 그 쉐넌츠가 다양하다. 따라서 VMS를 효과적으로 설치하고 운영하는 것은 교통정보의 제공, 교통운영 및 관리를 위해 대단히 중요한 분야라고 말할 수 있다.

VMS에서 표출되는 교통정보는 운전자가 보다 쉽게 이해하고, 눈에 잘 띄고, 적정거리 내에서 판독하기 쉬워야 하는 조건을 만족 시켜야 한다. VMS 판독거리(Legibility Distance)는 운전자가 VMS 메시지의 문자를 읽기 시작할 수 있는 지점에서 해당 VMS까지의 거리를 의미하는데, 도로 및 교통여건, 운전자 특성 등을 고려한 적정 판독거리의 산정은 차량의 주행속도, VMS 메시지 정보량 등과 함께 효과적인 VMS 메시지의 설계 및 운영을 위한 필수조건이라고 할 수 있다. 실제로 1999년 발간된 건설교통부의 도로안전시설 설치 및 관리 지침(도로전광표지편)(건설교통부, 2000)에서는 문자높이에 따른 판독거리 모형을 이용한 VMS 메시지 설계 절차를 제시하고 있다. 본 연구에서는 기존의 모형과는 달리 실제 도로에서 주행 중인 운전자를 피실험자로 하여 판독거리 자료를 수집하여 모형을 개발하였다. 자료수집을 위해 DGPS 장비와 비디오 카메라를 이용하였으며, VMS 메시지 판독 당시의 도로 및 주행환경, 운전자 특성 등을 종합적으로 반영한 모형을 개발하였다.

본 연구에서 개발한 VMS 메시지 판독거리 모형은 실제 주행환경에서 운전자의 특성을 반영한 모형으로서, 보다 효과적인 VMS 메시지 설계 및 운영을 위한 기본 도구로서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 2장에서는 VMS 판독거리와 관련된 국내외 관련연구에 대한 고찰을 통해 본 연구에서 개발하고자 하는 판독거리 모형을 위한 벤치마킹 요소를 도출하였다. 3장에서는 자료수집 방법 및 수집된 자료의 처리기법에 대해 상세한 내용을 기술하였다. 4장에서는 수집, 처리된 자료에 다중회귀분석 기법을 적용한 모형 개발에 관한 내용을

기술하였다. 마지막 결론에서는 본 연구의 최종성과물인 판독거리 모형의 활용 방안 및 교통정보 제공분야에서의 의의를 제시하였다. 아울러 자료수집 및 모형 개발 단계에서 본 연구에서는 충분히 고려되지 못한 한계를 정리하여 제시함으로써 향후 관련 연구 수행 시 유용한 참고 자료가 될 수 있도록 하였다.

## II. 국내외 관련연구 및 자료 고찰

서론에서 전술한 바와 같이 첨단교통체계 구현을 위한 VMS의 중요성은 대단히 크다고 할 수 있다. VMS와 관련된 다양한 연구가 지금까지 수행되어 왔으나, 운전자의 인적요인(Human Factor)을 반영하여 VMS를 설치하고 메시지를 운영하기 위한 기반 연구는 상대적으로 미진했던 것이 사실이다. 본 연구에서는 VMS 메시지에 대한 판독성(legibility)과 관련한 학술 논문 및 VMS 관련 매뉴얼 등을 종합적으로 검토하여, 운전자의 주행특성을 반영한 보다 현실적인 판독거리 모형 개발을 위한 시사점을 도출하였다.

우선, 대표적인 국내자료는 건설교통부의 도로전광표지의 설치 및 관리 지침(건설교통부, 2000)이라고 할 수 있다. 최소 판독 거리는 도로전광표지에 표출되는 정보를 판독하는 데 필요한 최소거리로, 표출된 문자가 보인다 가정 하에 산정되는 거리이며, 최소 판독 거리에서 판독 가능한 문자 높이를 산출하여 메시지를 설계하는 방안을 제시하였다. 문자높이를 독립변수로 하는 판독거리 모형을 제시하였다(예:  $y = 304.55\ln(x) - 969.96$  ( $R^2 = 0.99$ ))(문자 두께 =  $0.125H$ ), 여기서,  $y$ : 판독 가능 거리(m),  $x$ : 문자 높이(cm)). 그러나 이 모형은 피실험자가 실제로 차량을 주행하면서 수집된 자료가 아니라 도보로 이동하거나, 미개통도로에서 하나의 실험용 VMS를 대상으로 판독거리 자료를 수집하여 모형 개발에 사용한 것이다(한국건설기술연구원, 1999). 따라서 보다 현실적인 모형개발을 위해서는 다양한 실제 도로 및 교통환경을 반영하여 운전자의 작업부하가 걸린 상황에서의 VMS 판독거리 모형의 개발이 필요함을 알 수 있다. 한편, 최기주와 최병운(2001)은 DGPS 장비를 이용하여 VMS가 아닌 일반 도로표지를 대상으로 운전자에게 필요한 최소요구판독거리 산정식을 개발하였는데, 주행속도, 정보수, 노측에 설치된 표지판에서 주행중인 차로까지의 차선수를 독립변수로 하는 판독거리모형을 제시하였다.

국의 관련연구로는 Armstrong과 Upchurch(1994)

는 처음으로 VMS 설계를 위해 인간공학적 요소(Human Factor)를 반영해야 함을 강조하면서, fiber-optic 문자와 Light-Emitting Diode (LED)문자간의 판독성을 비교하는 실험을 통해 각각의 판독거리 모형을 제시하였다. 그러나 fiber-optic의 경우 41cm, LED의 경우 45cm의 문자 높이만을 적용하여 실험을 함으로써, 문자 높이에 따른 다양한 운전자의 반응이 포함된 모형이라고 판단할 수는 없다. 독립변수로는 주행속도, 문자수, 문자당 판독시간을 사용하였다. 이는 본 연구에서 개발하고자 하는 판독거리 모형과는 개념적 접근이 다른 것으로서, VMS를 통해 제공되는 정보의 양이 결정된 후, 이를 위해 필요한 최소요구판독거리를 산정하는 모형이다. Upchurch et al (1992)는 flip disk, LED, Fiber optic 세 종류의 VMS 메시지 표출 기술을 대상으로 거리측정장비(DMI: Distance measurement Instrument)를 이용하여 판독거리를 조사한 결과를 발표하였다. 피실험자의 연령이 18~31세인 그룹에서는 평균 판독거리가 687ft(약 206m), 연령이 60~79세인 경우에는 평균판독거리가 579ft(약 174m)인 것으로 나타났다. 결과적으로 판독거리 모형을 개발한 연구는 아니며, Fiber optic을 적용한 VMS의 판독거리가 가장 큰 것으로 보고하였다. Carson and Hawkins (2003)는 VMS가 아닌 일반적인 도로표지를 대상으로 도로표지의 sheeting 기술에 따른 판독성을 실제 도로 주행환경이 아닌 실험실 환경에서 조사 분석하였다. 최근에 Ulman et al. (2005)은 18인치 이하의 작은 문자(높이)를 적용한 VMS에 대한 판독거리를 조사하여 분석하였다. 연구결과 85th percentile 판독거리는 9인치 문자인 경우 228ft(daytime), 10.6인치인 경우 324ft(daytime)인 것으로 나타났다. 한편, 호주의 쿤즈랜드 주의 VMS 운영 매뉴얼(2004)에서는 문형식 및 측주식 VMS를 대상으로 각각의 판독을 위한 최소거리 모형을 제시하고 있는데, 단어수, 주행속도, VMS 중앙으로부터 운전자의 눈 위치까지의 offset distance를 독립변수로 사용하고 있다.

전술한 국내의 관련 연구의 분석결과 적정한 VMS 판독거리의 추정은 효과적인 VMS 설치 및 메시지 운영을 위한 근간이 되는 요소임을 알 수 있다. 아울러, 기존의 관련연구는 실제 도로에서 주행하는 운전자의 다양한 외부자극 및 작업부하를 고려한 현실적인 모형은 제시하지 못하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 운전자가 VMS 메시지를 판독할 당시의 도로기하구조 조건, 교통조건, VMS 유형, VMS 메시지 특성을 등을 종합적으로 고려

하여 판독거리를 추정할 수 있는 모형의 개발이 필요하다고 할 수 있다.

### III. 판독거리 개념 및 VMS 메시지 설계

VMS 판독거리 (Legibility Distance)는 운전자가 VMS 메시지의 문자를 읽기 시작할 수 있는 지점에서 해당 VMS 까지의 거리를 의미하는데, 도로 및 교통여건, 운전자 특성 등을 고려한 적정 판독거리의 산정은 차량의 주행속도, VMS 메시지 정보량 등과 함께 효과적인 VMS 메시지의 설계 및 운영을 위한 필수조건이라고 할 수 있다. <그림 1>에 운전자가 VMS 메시지를 판독하는 과정을 시공간상에서 도식화하였다.

기존의 건교부 지침(1)에서는 설계속도 및 표출되는 정보량이 정해진 경우 정보량당 판독시간을 1초로 가정하여 설계속도에 정보량 단위수를 곱하여 최소판독거리( $L_r$ )를 산출한다. 아울러 판독거리와 문자높이의 관계식을 제시함으로써, 판독거리를 만족시킬 수 있는 문자높이를 설계할 수 있도록 하였다. 본 연구의 목적은 실제 도로교통 환경에서 운전자가 경험하게 되는 다양한 외부자극 및 작업부하를 고려한 보다 실질적인 판독거리 모형을 개발하여, VMS 설치, 메시지 설계 및 운영을 위한 의사결정을 지원하는 것이다.

### IV. 자료수집 및 분석

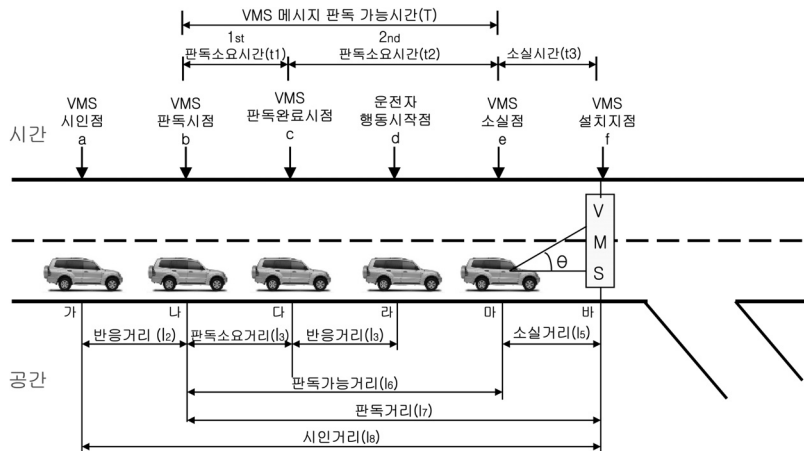
#### 1. 자료수집

본 연구에서는 실제 도로교통 환경에서 운전자(피실험자)와 2명의 조사자로 구성된 조사팀을 구성하여 각 VMS에 대한 판독거리, 도로기하구조 특성, 교통특성(속도, 가감속도), VMS 메시지 특성을 조사하였다. 판독거리는 DGPS 장비를 이용하여 운전자가 판독시점을 알려 줄때 조사자1이 DGPS를 이용하여 위치를 기록하고, VMS 설치 지점을 통과할 때의 위치를 기록하여 산출하였다. 이때 매초 간격으로 차량의 주행속도 및 가감속도를 산출하여 교통특성변수로 활용하였다.

DGPS 자료의 정확도는 최근의 기존연구(김은영 등, 2006)에서 검증한 바 있으며, 본 연구에서는 검증된 기존연구의 조사장비를 사용하였다. 조사자 2는 조수석에 착석하여 차로수, 선형 등의 기하구조 특성과 VMS 유

형, 메시지 내용 등의 VMS 특성 자료를 촬영하여, 실험 종료 후 연구실에서 해당 자료를 추출하였다. <그림 2>에 조사차량과 장비구축 현황을 제시하였다. 현장조사는 1차, 2차로 구분하여 실시하였으며, 1차 현장조사는 2006년 10월 20일~31일에 강변북로 ~ 올림픽대로의 도시부고속도로의 VMS 14개 (VMSID1-14) 구간에 대해 25명의 피실험자를 대상으로 조사를 실시하였다. 2차 현장조사는 2006년 12월 5일 ~ 21일에 영동고속

도로 (군포IC) ~ 경부고속도로 (한남대교)의 고속도로 VMS 13개 (VMS ID 15-27)구간에 대하여 15명 피실험자를 대상으로 실시하였으며, 각 현장조사별 VMS 위치도는 <그림 3>, <그림 4>과 같다. 현장조사는 1차조사 25명, 2차조사 15명의 총 40명(20대: 27명, 30대: 13명)의 피실험자를 대상으로 주행실험을 실시하였다. 실험에 앞서 피실험자에게 본 실험의 목적과 절차를 간략하게 설명하고, 실험과 관련된 주의사항을 설명하였



<그림 1> VMS 판독거리 개념도

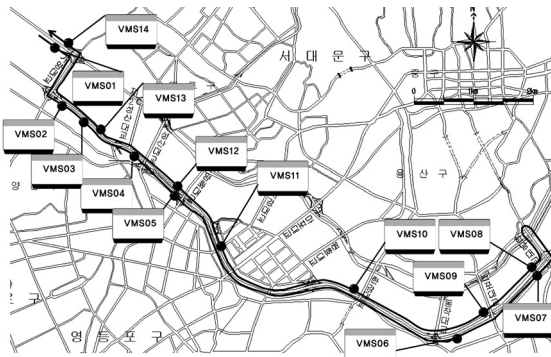


(a) 조사장비를 부착한 차량모습

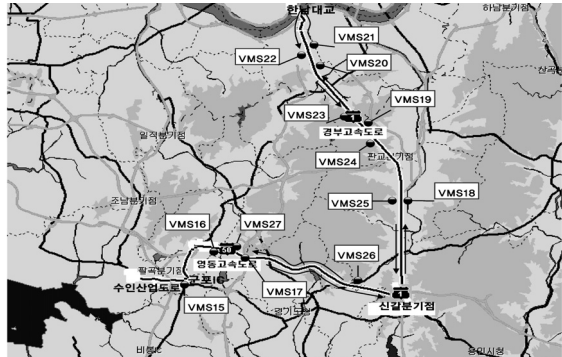


(b) 실험조사장비(DGPS, Video-Camera)

<그림 2> 실험조사 장비



<그림 3> 1차 현장조사 VMS 설치 위치도

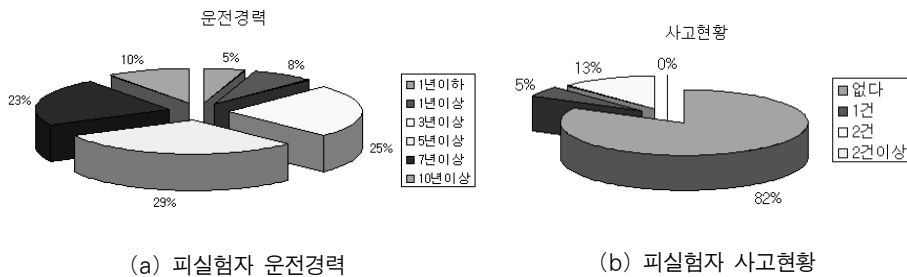


<그림 4> 2차 현장조사 VMS 설치 위치도

다. 아울러 피실험자의 특성분석을 위해 운전경력, 연령, 사고유무현황 및 면허취득일 등에 조사를 병행하였다. 피실험자는 색맹, 색약 등 시각기능에 이상이 없는 신체 건강한 정상인을 대상으로 실시하였으며, 실험 실시 전에는 피로가 누적되지 않는 상태에서 실험에 참여토록 하였다. 본 연구에 참여한 40명 피실험자(운전자)의 특성자료는 <그림 5>와 같다.

## 2. 현장조사자료 분석

본 연구에서는 현장조사를 통해 수집한 원시자료를 이용하여 통과소요시간, 관독거리 통계량, 속도, 도로의 기하구조, VMS형태 및 위치를 분석하였다. 관독거리 통계량은 최소거리와 최대거리, 평균거리, 15th, 50th, 85th percentile, median을 설정하여 추출하였으며,



<그림 5> 피실험자(운전자) 특성

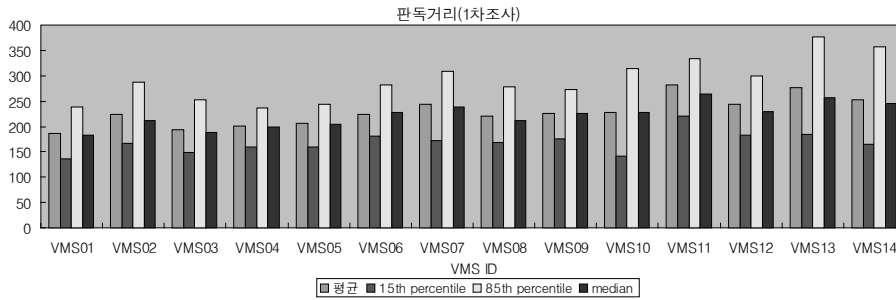
<표 1> 현장조사 자료정리

VMS ID	VMS 통과 소요시간	관독거리 통계량							속도(km/h)		도로		VMS				
		min	max	평균	15th percentile	50th percentile	85th percentile	median	관독 시점	VMS 위치	선형	차로수	형태	위치			
VMS01	9.68	93.84	287.75	186.21	136.18	182.49	238.54	182.49	68.96	71.96	직선	5	문형식	중앙			
VMS02	12.43	88.86	544.70	224.78	167.08	212.21	287.10	212.21	69.28	69.98	오른쪽	4	측주식	오른쪽			
VMS03	9.08	73.37	318.71	194.17	148.15	187.82	252.67	187.82	78.23	76.02	직선	4	문형식	중앙			
VMS04	10.65	145.26	294.22	200.94	159.10	199.08	236.52	199.08	77.28	74.77	오른쪽	4	문형식	중앙			
VMS05	25.68	122.54	333.18	206.10	158.93	204.86	243.81	204.86	56.58	52.53	왼쪽	4	측주식	오른쪽			
VMS06	20.70	100.00	333.81	224.84	180.73	227.68	281.98	227.68	58.14	55.62	왼쪽	5	측주식	오른쪽			
VMS07	26.45	131.11	409.47	244.55	172.97	238.49	308.13	238.49	44.80	44.76	직선	4	문형식	중앙			
VMS08	16.45	101.20	378.09	220.18	168.24	211.27	277.82	211.27	53.75	56.38	직선	4	측주식	오른쪽			
VMS09	13.14	114.46	374.98	226.41	175.43	226.50	272.56	226.50	57.06	65.98	직선	5	문형식	중앙			
VMS10	13.52	108.39	494.76	228.36	141.19	226.96	314.54	226.96	61.79	67.81	오른쪽	5	문형식	중앙			
VMS11	14.23	197.65	469.32	282.25	221.47	264.27	333.28	264.27	73.27	76.69	직선	4	문형식	중앙			
VMS12	11.73	140.07	404.71	243.17	183.47	230.25	298.78	230.25	74.93	75.77	직선	4	문형식	중앙			
VMS13	16.89	157.10	461.73	275.37	185.31	256.11	376.71	256.11	69.00	71.08	직선	4	문형식	중앙			
VMS14	11.77	117.56	414.84	252.37	165.85	244.94	357.03	244.94	75.17	79.01	직선	5	측주식	오른쪽			
VMS15	12.43	125.69	305.31	247.67	202.084	257.642	290.546	257.64	69.891	78.376	왼쪽	4	측주식	오른쪽			
VMS16	20	173.01	503.79	398.12	314.13	425.83	482.01	425.83	78.153	80.185	직선	3	문형식	중앙			
VMS17													고광	직선	3	측주식	오른쪽
VMS18	74.79	268.98	909.76	689.30	556.95	733.1	854.34	733.10	92.010	9.782	직선	TG	문형식	중앙			
VMS19	17.13	204.91	485.72	333.68	229.82	346.30	383.39	346.30	84.073	84.241	직선	4	측주식	오른쪽			
VMS20	35.07	267.57	979.66	392.80	283.16	342.94	414.68	342.94	51.813	51.584	직선	5	문형식	중앙			
VMS21	15.93	220.99	487.95	328.77	254.23	303.75	429.28	303.75	66.967	78.628	직선	3	측주식	오른쪽			
VMS22	46.92	115.73	532.85	394.01	297.68	441.98	499.97	441.98	82.627	42.794	직선	3	문형식	중앙			
VMS23	19.692	309.61	678.30	465.87	398.45	434.00	547.81	434.00	82.770	89.154	직선	4	문형식	중앙			
VMS24	23.357	260.22	775.44	611.35	527.72	641.38	713.35	641.38	96.883	93.242	직선	4	문형식	중앙			
VMS25	61.93	180.78	1299.66	708.38	365.26	682.82	1097.93	682.82	82.852	14.361	직선	TG	문형식	중앙			
VMS26	20.62	446.78	735.62	594.88	520.24	576.62	679.89	576.62	99.648	103.77	직선	4	문형식	중앙			
VMS27	49.29	487.41	854.34	649.65	499.28	624.64	815.84	624.64	91.610	90.318	직선	3	문형식	중앙			

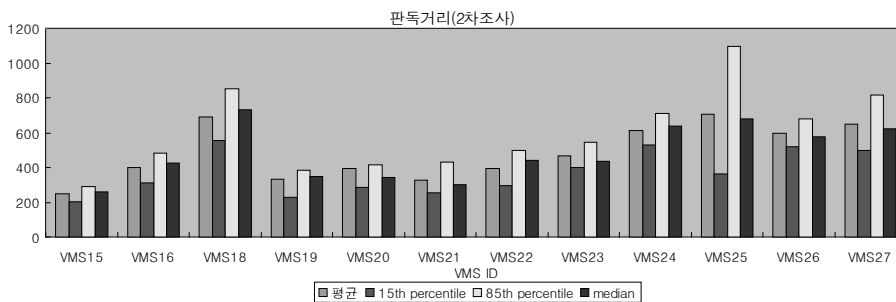
속도는 관독시점의 속도와 VMS위치별 속도로 구분하였고, 도로는 선형별(직선구간, 우로굽은 도로, 좌로굽은 도로), 차로수별로 선정하여 분석하였다. <표 1>에 조사

내용을 정리하였다.

각 VMS별 해당 관독거리와 관독시점에서의 주행속도를 <그림 6>와 <그림 7>에 각각 제시하였다.

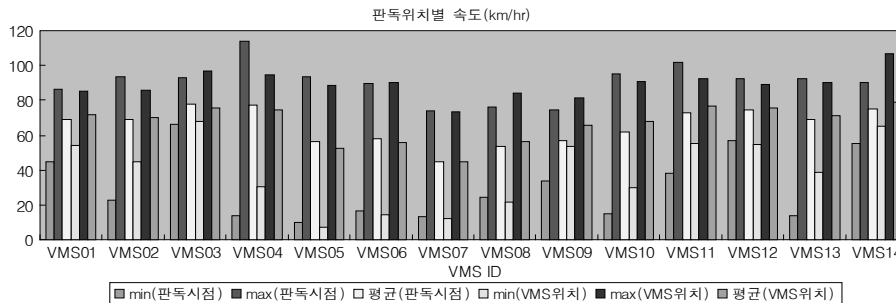


(a) 1차 현장조사

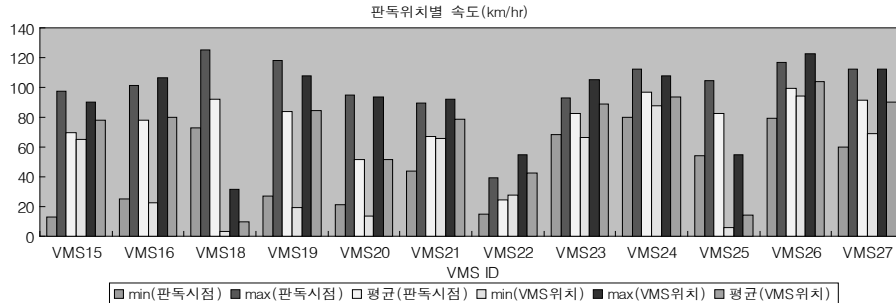


(b) 2차 현장조사

<그림 6> VMS 관독거리



(a) 1차 현장조사



(b) 2차 현장조사

<그림 7> VMS 관독시점 주행속도

### 3. VMS 메시지 판독과 차량 주행특성 분석

VMS 메시지 판독을 위한 운전자의 주행특성을 분석하기 위해 VMS 판독시점과 VMS 설치위치 통과시점에서의 차량의 가감속도를 비교하였다, 이를 위해 t-test를 이용하여 모집단의 평균을 비교하는 가설 검정을 수행하였으며, <표 2>에 통계분석 결과를 제시하였다.

두지점에서의 가속도 평균의 차이가 -0.12047이며 표준편차는 0.6963, 표준오차는 0.03233으로 나타났다. 이 평균차이의 95% 신뢰구간은 -0.184~-0.05695 으로서 0을 포함하지 않으므로 운전자는 VMS 메시지 판독을 완료한 후 VMS를 통과하면서 가속을 하는 것으로 해석할 수 있다. 또한 t-test 결과 유의확률이 0에 근사한 값으로 나타나 유의수준 0.01에서도 두 지점에서의 가속도의 평균차이는 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

<표 2> 대응표본 t-test 결과

	평균	N	표준편차	대응차
VMS 판독시점 가속도	-0.0645	464	0.47532	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평균: -0.12047</li> <li>• 표준편차: 0.6963</li> <li>• 평균의 표준오차: 0.03233</li> <li>• 95% 신뢰구간: -0.184 ~ -0.05695</li> </ul>
VMS 통과시점 가속도	0.0560	464	0.49129	<ul style="list-style-type: none"> <li>• t-value: -3.727</li> <li>• 자유도: 463</li> <li>• 유의확률: 0.000</li> </ul>

### 4. 도로선형별 판독거리 분석

도로선형을 직선구간, 우로 굽은 도로, 좌로 굽은 도로의 세가지 형태로 구분하여 각각의 선형별 판독거리의 차이 존재 여부를 분석하였다. 조사된 자료 중 동일한 문자 높이(93.5cm)가 적용된 직선구간에 설치된 VMS (VMS ID: 7,9,11,12,13)와 우로굽은 도로에 설치된 VMS(VMS ID: 4,10)에서 수집된 판독거리 자료를 독립표본 t-test를 통해 비교하였다.

독립표본 t-test를 위해서는 먼저 두집단에 대한 분산의 동질성 가정을 검정해야 하는데, 여기서는 Levene의 검정을 적용하였다. F-value가 0.167이고 유의확률이 0.684로서 0.05보다 크므로 우로 굽은 도로와 직선구간에서 수집된 판독거리의 분산이 동일하다는 귀무가설

을 채택하게 된다. 따라서 등분산 가정하에 t-test를 수행하였다. 우로 굽은 도로와 직선구간의 판독거리의 차이는 -41.6으로 나타났고, 유의확률은 0.029(<0.05)이므로 두 집단의 판독거리가 동일하다는 귀무가설은 기각된다. 따라서 판독거리의 차이 -41.6은 통계적으로 유의하며, 직선구간에서 판독거리가 우로 굽은 도로에서의 경우보다 크게 나타남을 알 수 있다. 물론 본 연구에서는 곡선구간의 반경 및 시거 확보 여부 등 도로기하구조에 대한 심층적인 분석은 수행하지 않았음을 밝혀둔다.

<표 3> 독립표본 t-test 결과

	평균	N	표준편차	t-test
우로굽은 도로 판독거리	210.81	23	86.56	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평균: -41.16</li> <li>• 표준오차: 18.54</li> <li>• 95% 신뢰구간: -78.04 ~ -4.29</li> <li>• t-value: -2.20</li> <li>• 자유도: 83</li> <li>• 유의확률: 0.029</li> </ul>
직선구간 판독거리	251.98	62	71.72	
Levene의 등분산 검정				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• F-value: 0.167</li> <li>• 유의확률: 0.684</li> </ul>				

### V. 모형개발

판독거리를 종속변수로 도로 기하구조 특성, 교통운영 특성, VMS 정보 특성을 독립변수로 하는 다중회귀분석 모형을 개발하였다. 독립변수로 사용된 세 가지 특성 변수들은 <표 4>와 같이 세분화 할 수 있다.

범용 통계패키지인 SPSS를 이용하여 다중회귀분석을 수행하였다. 본 연구에서는 직선구간에 설치된 문형식 VMS를 대상으로 하는 판독거리 모형을 최종 산출물로 도출하였다. 이는 곡선부에 설치된 VMS 및 측주식 VMS의 경우 대부분의 VMS가 유사한 제원을 가지고 있었으며, 판독거리에 큰 영향을 미치는 문자 높이의 범위도 작아 통계적으로 유의한 적절한 모형을 구축할 수 없었기 때문이었다. 또한 도시부고속도로와 지방부 고속도로 각각의 교통특성 및 도로기하구조 특성에 부합되는 모형 도출을 시도하였다. 그러나 도시고속도로에 설치되어 운영 중인 VMS 문자높이가 40-60cm 수준인 것으로 조사되어 판독거리에 가장 큰 영향을 미치는 문자높이를 독립변수로 적용하기에는 충분한 자료의 범위가 확보되지 않아 도시고속도로와 지방부 고속도로에서 수집된 현장자료를 통합하여 연속류를 대표하는 모형 도출로 연구의 방향을 설정하였다. <표 4>에서 제시한 다양한 독립변수 들을 대상으

〈표 4〉 독립변수 설명

특성 그룹 구분	독립변수
도로기하구조 특성	도로선형 (직선, 우로 굽은 도로, 좌로 굽은 도로), 차로수
교통운영특성	주행속도, 판독당시 가감속도, 주행차로
VMS 정보 특성	VMS 형태 (문형식, 측주식), 정보량, 메시지 단수, 문자 높이, VMS 제원

로 회귀분석을 수행하였으며, 독립변수의 선택을 위해 가장 일반적으로 사용되는 stepwise 기법을 적용하였다.

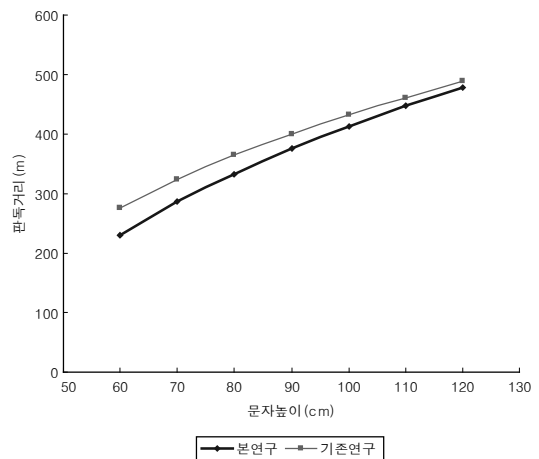
회귀분석 결과 판독거리에 통계적으로 유의한 영향력을 행사하는 독립변수로서 문자높이, VMS 메시지 판독 당시의 속도, 차로수가 선정되었다. 구축된 모형의 분산 분석 결과 및 회귀계수에 대한 통계량 등을 〈표 5〉에 정리하여 제시하였다.

구축된 모형을 해석해 보면 도로기하구조 특성 측면에서는 차로수가 적은 도로에서 판독거리가 크게 나타나는 것으로 분석되었다. 이는 차로수가 많은 도로구간을 주행하는 운전자가 좌측 및 우측 인접차로 주행차랑과의 상호작용(차로변경 등)으로 인해 처리해야 하는 작업부하가 차로수가 적은 도로에서 보다 상대적으로 큼에 기인한 것으로 판단된다. 이로 인해 차로수가 많은 도로에서 주행하는 운전자는 적정거리에서 VMS를 판독할 수 있는 기회를 상실할 개연성이 상대적으로 높은 것으로 해석해 볼 수 있다.

속도변수와 관련해서는 주행속도가 높은 경우, 즉 도로의 소통상태가 원활한 비정체 구간에서 판독거리가 높게 나타나는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 현상은 교통소통이 원활한 안정된 교통류에서 stop-and-go condition이 반복되는 정체구간에 비해 운전자 작업부하가 상대적으로 적기 때문에 VMS 메시지에 대한 운전자의 판독능력이 높은 것에 기인한 것으로 판단된다. 즉 원활한 교통상황에서 VMS와 같은 외부자극에 보다 신속하게 반응할 수 있는 것으로 해석된다. 그러나 보다 일반적이고 신뢰성 있는 독

립변수의 선정 및 해석을 위해서는 향후 광범위한 현장조사 및 분석이 수반되어야 할 것이다.

기존의 건설교통부 지침[2]에서 제시하고 있는 모형(기존모형: 판독거리 = 304.55ln(문자크기) - 969.96)과의 비교를 위해 문자높이만을 독립변수로 하는 판독거리모형(본 연구모형: 판독거리 = 356.3ln(문자크기) - 1227.8)을 도출하였다. 기존 모형과 마찬가지로 로그함수를 이용한 경우에 가장 설명력이 높은 것으로 나타났다. 한편 〈그림 8〉에서와 같이 문자높이 60cm - 120cm의 범위에서(기존 연구에서 모형구축을 위해 사용한 VMS 문자높이의 범위) 본 연구에서 도출한 모형의 판독거리가 기존 모형의 판독거리에 비해 작은 것으로 분석되었다. 이는 기존의 연구가 미개통도로의 통제된 실험환경에서 수집된 자료를 기반으로 모형을 구축한 반면, 본 연구에서는 현장의 다양한 운전자 작업부하를 고려한 자료를 이용하였기 때문인 것으로 판단된다. 즉 현장의 실제 교통환경에서 주행하는 운전자의 작업부하가 실험실 환경에서 보다는 크며, VMS 메시지 판독이라



〈그림 8〉 판독거리모형 비교

〈표 5〉 회귀분석 결과

모형					
판독거리 = 241.932+3.906(문자높이)+1.191(속도)-86.705(차로수)					
[Adj.R2= 0.67 F-Value: 75.17 Sig.Prob: 0.000]					
변수	비표준화계수		표준화 계수	t-value	유의확률
	B	표준오차			
상수	241.932	77.727		3.113	0.002
문자높이	3.906	0.412	0.570	9.477	0.000
속도	1.191	0.341	0.200	3.497	0.001
차로수	-86.705	14.204	-0.353	-6.104	0.000



는 운전자의 information processing 및 performance 에 영향을 주는 것으로 판단된다.

본 연구에서 개발한 VMS 판독거리 모형은 다양한 차로수, 주행속도, 문자높이 등을 반영한 보다 현실적인 판독거리를 추정하는 데 유용하게 사용될 수 있으며, 이렇게 추정된 판독거리는 VMS 메시지 설계 및 운영을 위한 의사결정 지원자료로 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

## VI. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 운전자의 인간공학적 특성을 반영한 VMS 메시지 설계 및 운영의 근간이 되는 판독거리 모형을 개발하였다. 기존의 관련 연구에서 제시하고 있는 판독거리 모형 및 판독거리 조사결과와 차별화되는 본 연구의 특징은 DGPS와 비디오 카메라를 이용하여 운전자가 실제 도로 주행중 VMS 메시지를 판독하는 시점에서의 도로선형 및 차로수 등에 따른 도로기하구조 특성, 주행속도, 가감속도 등 교통운영특성, VMS 형태, 메시지 크기, 정보량, 메시지 단수 등의 VMS 특성을 고려한 현실적인 모형을 개발한 것이다.

올림픽대로와 강변북로를 포함하는 도시고속도로와 영동고속도로, 경부고속도로를 포함하는 지방부 고속도로에 설치된 VMS를 대상으로 현장 조사를 수행하였다. 총 40명의 피실험자를 대상으로 판독거리 조사가 이루어졌으며, 승용차에 탑승한 운전자, DGPS 운영자, 비디오 카메라 운영자로 구성된 3인 1개조의 조사팀이 다양한 도로 및 교통특성, VMS 특성, VMS 판독거리 조사를 수행하였다. stepwise 독립변수 선정 기법을 적용한 다중회귀분석 결과 차로수, 주행속도, 문자높이를 독립변수로 하는 판독거리 모형이 구축되었다. 모형의 수정된 결정계수 값은 0.67로 나타났으며, 분산분석 및 t-test 결과 모두 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

비교적 충실한 현장조사를 통해 자료를 수집하고 모형을 개발하려고 노력하였으나, 자료 수집 및 모형구축 단계에서의 한계로 인해 보다 깊이 있는 향후 연구가 필요한 것으로 판단된다. 우선 20-30대 운전자들만을 대상으로 현장실험을 수행했으므로, 본 연구에서 제시하는 모형이 도로를 주행하는 모든 운전자들의 특성을 대표한다고 말할 수는 없다. 또한 곡선부에서 충분한 조사가 이루어지지 못해, 기하구조의 특성을 충분히 반영한 모형의 개발에는 한계가 있었을 밝혀둔다. 마지막으로 현장

의 실험조사가 낮 시간(daytime)에 수행되어 실제 판독 거리에 영향을 미칠 수 있는 야간의 조명기준, 강우 또는 강설로 인한 노면상태 등의 환경요인에 대한 영향요인은 반영되지 못하였다. 연구결과를 보다 객관화 및 일반화 하고 신뢰성을 확보하기 위해서는 이러한 한계 요소들을 극복하기 위한 향후연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 제안하는 판독거리 추정하는 모형은 운전자의 메시지 인식 특성을 반영한 최적의 VMS 메시지 설계 및 운영을 위한 의사결정 지원자료로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 건설교통부(2000), "도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙", 건설교통부.
2. 김은영·이청원·김용진(2006), DGPS 수신장치를 활용한 차량추종 모형 파라미터 정산, 대한교통학회지, 제24권 제3호, 대한교통학회, pp.17~27.
3. 최기주·최병운(2001), 도로표지 시인거리에 관한 연구, 대한교통학회지, 제19권 제4호, 대한교통학회, pp.123~137.
4. 한국건설기술연구원(1999), "도로가변정보 안내시설 설치 및 관리지침 제정연구".
5. Armstrong J. D., Upchurch J. E(1994), Human Factors design considerations for Variable Message Freeway Signs, Journal of Transportation Engineering 120, pp.264~282.
6. Brooke R. Ullman, Gerald L. Ullman, Conrad L. Dudek and Elizabeth A. Ramirez(2005), Legibility Distances of Smaller Letters in Changeable Message Signs with Light-Emitting Diodes, Transportation Research Record 1918, pp56~62.
7. Jonathan Upchurch, Jeffery D. Armstrong, M. Hadi Baaj and Gary B. Thomas(1992), Evaluation of Variable Message Signs : Target Value, Legibility, and Viewing Comfort, Transportation Research Record 1376, pp.35~44.
8. Paul J. Carlson and Gene Hawkins(2003), Legibility of Overhead Guide Signs with Encapsulated Versus Microprismatic Retroreflective Sheeting, Transportation Research

Record 1844, pp.59~66.

9. Queensland Government (2004), "Variable Message Signs-Use and Operation, Australia" (<http://www.mainroads.qld.gov.au/MRWEB/>

prod/CONTENT.NSF/0/e515389715203b364a256f6a001dbd0e/\$FILE/Volume%202\_2.9.pdf).

- ☞ 주 작성자 : 오 철
- ☞ 교신저자 : 오 철
- ☞ 논문투고일 : 2007. 2. 24
- ☞ 논문심사일 : 2007. 4. 10 (1차)  
2007. 7. 18 (2차)  
2007. 7. 30 (3차)
- ☞ 심사판정일 : 2007. 7. 30
- ☞ 반론접수기한 : 2008. 2. 29