

VMS의 시인성 향상을 위한 시인성 성능평가 항목 및 평가기준 설정과 물리적 평가시스템 구축

Development of Evaluation System for Visibility of Variable Message Sign

이상협* · 백남철**

Lee, Sang Hyup · Baik, Nam Cheol

Abstract

Variable Message Sign(VMS) is one of the most popular travel information system. In this study, the evaluation categories, each category's datum value and evaluation procedure for enhancing the visibility of VMS are studied and the physical evaluation system is developed. The evaluation categories have been developed based on the analysis of previous guidelines used in Korea, Europe and the United States. The evaluation categories include luminance, luminance ratio, beam width, color, and uniformity. The physical evaluation system consists of goniometer, solar simulator, luminance meter, sensor and rack system. As a result of this study, the quantitative and effective evaluation of VMS visibility would become possible.

Keywords : VMS, visibility, luminance, beam width, color, uniformity

요 지

본 연구에서는 대표적인 교통정보제공 장치인 VMS의 시인성을 향상시키기 위한 평가항목, 항목별 기준값 및 평가방법을 설정하고 이러한 평가를 수행할 수 있는 평가시스템을 구축하였다. 평가항목으로는 VMS 평가에 관한 기존의 우리나라, 유럽 및 미국의 지침 분석을 토대로 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성을 설정하였으며, 평가시스템은 고니오미터, 태양광 시뮬레이터, 휘도계, 감지기, 랙 시스템으로 구성하였다. 본 평가시스템 구축으로 향후 설치될 VMS의 시인성에 대한 객관적이고 효과적인 평가가 가능해질 것이다.

핵심용어 : VMS, 시인성, 휘도, 빔폭, 색상, 균일성

1. 연구의 배경 및 목적

VMS는 주로 LED, 전구, 광섬유 등의 발광형이나 반사형 소자로 구성되므로 시인성(visibility)이 성능수준을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 그러나 기존에는 VMS의 시인성에 관한 구체적인 평가방법 및 평가시설의 부재로 인해 현재 설치되어 있는 많은 VMS에서 역광(back light)시 글씨가 보이지 않거나 야간에 지나치게 높은 휘도로 인한 글자 퍼짐 현상으로 인해 시인성 저하 현상이 발생하고 있다.

본 연구에서는 이러한 VMS의 시인성 문제를 해결하기 위하여 VMS의 시인성 평가에 관한 국내·외 관련 규격 및 지침 고찰을 토대로 적절한 평가항목 및 평가방법을 설정하고 이 같은 평가를 수행할 수 있는 다양한 측정장비로 구성된 평가시스템을 구축하였다. 평가항목으로는 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성을 설정했고, 평가시스템은 고니오미터, 태양광 시뮬레이터, 휘도계, 센서, 랙 시스템(전원공급장치, 구동장치, 포토미터), 제어용 컴퓨터 등으로 구성하였다.

2. 문헌 고찰

VMS 평가에 관한 국내 문헌으로는 「도로안전시설 설치 및 관리지침 - 도로전광표지 편」(건설교통부, 1999)이 있는데 이는 LED VMS의 설계, 설치, 운영 및 유지관리를 위한 기준을 제시하고 있다. 이 지침은 VMS의 시인성 확보를 위한 평가항목으로 색상, 휘도, 휘도비를 제시하고 있으며, 각각의 평가 기준값은 표 1, 2, 3과 같다.

유럽의 표준 규격인 CEN(Comite Europeen de Normalisation)에서는 영국의 BSI(2002)에서 2002년에 만들어낸 prEN 12966-1 「Vertical Road Traffic Signs-Part 1: Variable Message Signs」를 도로전광표지에 대한 표준으로 채택하기 위해 심의 중에 있다. prEN 12966-1은 도로전광표지에 대한 시인성(visual performance) 및 물리적 성능(physical performance)에 대한 평가항목 및 방법을 규정하고 있다. 시인성에 대한 평가항목으로는 색상(color), 휘도(luminance), 휘도비(luminance ratio), 빔폭(beam width), 균일성(uniformity),

*정회원 · 교신저자 · 감사원 평가연구원 (E-mail : infoh2@hanmail.net)
**한국건설기술연구원 도로연구부 (E-mail : nc100@kict.re.kr)

표 1. 도로전광표지 색도 좌표 기준

색상	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
적색	0.730	0.270	0.627	0.283	0.569	0.341	0.655	0.345
주황	0.610	0.390	0.535	0.375	0.470	0.440	0.547	0.452
황색	0.522	0.477	0.470	0.440	0.427	0.483	0.465	0.534
녹색	0.405	0.585	0.372	0.493	0.209	0.383	0.013	0.486

표 2. 도로전광표지 휘도 기준

조도(lux)	휘도(cd/m ²)
10미만	200~500
10~1,000	501~2,000
1,000이상	4,000이상

표 3. 도로전광표지 휘도비 기준

조도(lux)	휘도비
40,000	3~50
4,000	3~50
400	3~50
40	0.5~25
4	0.5~25
안개시	0.5~25

시각적 명멸현상(visual flicker) 등이 있고, 물리적 성능에 대한 평가항목으로는 내환경(environmental requirements), 구조(structure performance), 전기(electrical requirements), 전자기적 호환성(electromagnetic compatibility) 등이 있다. 이 중 시인성에 대한 평가등급은 표 4와 같다.

표 4. pr-EN 12966-1에서의 평가 등급

	평가등급	설명
색상	C1, C2	C2는 색도가 더욱 선명함
휘도	L1, L2, L3	L3는 더욱 밝게 발광
휘도비	R1, R2	R2는 더 좋은 휘도비
빔폭	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	B7은 가장 넓은 빔폭

미국에서는 2004년 전미 전기제조사 협회인 NEMA (National Electrical Manufacturers Associations)에서 만들어 낸 NEMA Standards Publication TS 4-2004인 「Hardware Standards for Dynamic Message Signs(DMS), with NTCIP Requirements」가 있는데 여기에서는 DMS에 대한 다양한 표준들을 제시하고 있다(NEMA, 2004). DMS란 표출메시지를 변경할 수 있는 모든 표지를 말하는 것으로서, 여기에는 VMS(Variable Message Sign: 다양한 표출메시지의 생성과 다운로드가 가능한 DMS), CMS(Changeable Message Sign: 기 설정된 2개 이상의 메시지의 표출이 가능한 DMS로서, 메모리로의 다운로드 기능이 없음), BOS(Blank-Out Sign: 기 설정된 두 개까지의 메시지만 표출 가능한 DMS) 등이 포함된다. 미국에서는 TS 4-2004 이전에도 DMS 표준에 관한 많은 연구가 있었지만(NTCIP, 2003; NTCIP, 2004; FHWA, 2002; FHWA, 2003), 대부분 통신방식에 대한 표준으로 물리적 성능이나 시인성에 관한 표준은 없었다.

그러나 TS 4-2004에서는 DMS의 물리적 성능 및 판독성(legibility: 표지나 대상물의 문자나 기호를 읽을 수 있는 정도)에 대한 지침을 제공하고 있다. 물리적 성능을 위한 평가항목으로는 내환경 및 전기, 전자, 전파에 관한 다양한 항목이 있고, 판독성에 대한 평가항목으로는 대비(contrast ratio), 시야각(cone of vision), 휘도(luminance), 색도(chromaticity), 표출문자(display character) 등이 있다. 발광형 소자를 사용하는 DMS의 판독성을 위한 평가항목별 기준값은 표 5, 6, 7, 8과 같다.

표 5. 휘도 기준값

조도(lux) (오차±10%)	황색		녹색		적색	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
40000	7440	37200	3720	18600	3100	15500
4000	1320	6600	660	3300	550	2750
400	360	1800	180	900	150	750
40	150	750	75	375	63	313
≤4	45	225	23	113	19	94

표 6. 최소 대비 기준값

황색	녹색	적색
6	3	2.5

표 7. 시야각 분류

분류	시야각	
	수평각	수직각
a	±5 0	0 -5
b	±7 0	0 -5
c	±10 0	0 -5
d	±10 0	0 -10
e	±15 0	0 -10
f	±30 0	0 -20

표 8. 색도 기준값

색상	모서리 점	1	2	3	4
적색	X	0.660	0.680	0.710	0.690
	Y	0.320	0.320	0.290	0.290
황색	X	0.536	0.547	0.613	0.593
	Y	0.445	0.452	0.387	0.387
녹색	X	0.009	0.284	0.209	0.028
	Y	0.720	0.520	0.400	0.400

3. 평가항목 및 평가방법

3.1 평가항목

VMS의 시인성 평가를 위한 우리나라, 유럽, 미국의 평가항목을 정리하면 표 9와 같은데 우리나라의 경우 시인성 평가항목이 휘도, 대비, 색상 등으로 단순한 반면, 유럽이나 미국의 경우 빔폭(시야각), 균일성 등을 추가해 보다 효과적인

으로 평가하고 있다. 빔폭은 대부분의 VMS가 LED로 만들어지므로 LED의 지향각 특성에 기인하는 운전자의 시각에 따른 시인성의 변화를 측정하기 위함이고, 균일성은 VMS의 모든 소자가 동등한 수준의 광학 성능을 발휘하는지를 시험하기 위한 항목이다. 기본적으로 모든 평가항목에서 광학 측정요소는 휘도와 색도이다. 이는 VMS 평가항목에 대한 국내의 기존연구(류승기·백남철, 2003)에 의해서도 휘도와 색도가 시인성 평가항목으로 적합함이 증명되었다. 균일성 측정 시에는 개별소자의 광도를 측정하게 되는데 이는 균일성 측정의 대상이 개별소자(individual element)이기 때문이다.

표 9. VMS 시인성 평가항목의 국가별 비교

	우리나라	유럽	미국
평가 항목	휘도, 대비, 색상	휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성	휘도, 대비, 시야각, 색상, 균일성, 표출문자

3.2 평가방법

휘도 및 휘도비 평가에 사용되는 모든 장비는 아래 그림 1에서의 조건을 만족해야 한다. 그림 1에서와 같이 휘도계 측정구경과 측정 대상물에서 태양광 시뮬레이터의 빛 발산각은 3°보다 작아야 하고, 태양광 시뮬레이터와 휘도계의 대물렌즈 지름은 각각 2°, 0.5°보다 작아야 한다.

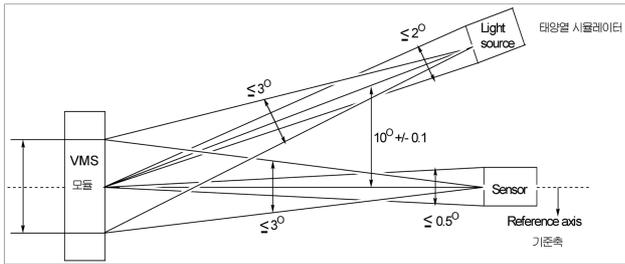


그림 1. 휘도 및 휘도비 측정을 위한 장비 배치도

이외에도 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성 평가에 대한 일반적인 조건은 다음과 같다.

- 테스트는 20°C±3°C의 조건에서 이루어져야 한다.
- 전기적, 광학적 안정화를 위해 모든 발광체는 평가 전에 충분히 작동시켜야 한다. 일반적으로 광원이 안정적이기 위해서는 광 방출량(light output)이 15분 동안 ±2% 이상 변하지 않아야 한다.
- 모든 평가는 VMS 표출 색상별로 각각 측정한다.
- 태양광 시뮬레이터는 주간 태양광에 가까운 분광 성분(spectral content)을 가져야 하고 상관 색온도(correlated color temperature)는 5,000K~6,500K이어야 한다.
- 태양광 시뮬레이터는 광 감쇄기(optical attenuation device)와 결합하여 측정영역 내의 조도를 균일하게(±10%) 할 수 있어야 한다.
- 조도는 기준축에서 수직인 기준점(reference center: 도로 전광표지 측정영역의 중심점)에서 측정해야 한다.

3.3 평가항목별 기준값

본 연구에서는 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성을 시인성 성능평가 항목으로 설정했는데 각각의 항목에 대한 평가등

표 10. 평가항목별 평가등급

	평가등급	설명
휘도	L1, L2, L3	L3는 더욱 밝게 발광
휘도비	R1, R2	R2는 더 좋은 휘도비
빔폭	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	B7은 가장 넓은 빔폭
색상	C1, C2	C2는 색도가 더욱 선명함
균일성	합격/불합격	-

표 11. 황색에 대한 휘도 기준값

외부조도 (lux)	휘도(cd/m ²)			
	최소값			최대값
	L3	L2	L1	L1,L2,L3
40,000	7440	3720	1860	37200
4,000	1320	660	330	6600
400	360	180	90	2000
40	150	120	60	2000
<=4	45	36	18	500

표 12. 녹색에 대한 휘도 기준값

외부조도 (lux)	휘도(cd/m ²)			
	최소값			최대값
	L3	L2	L1	L1,L2,L3
40,000	3720	1860	930	18,600
4,000	660	330	165	4000
400	180	90	45	2000
40	75	60	30	2000
<=4	23	18	9.0	500

표 13. 적색에 대한 휘도 기준값

외부조도 (lux)	휘도(cd/m ²)			
	최소값			최대값
	L3	L2	L1	L1,L2,L3
40,000	3100	1550	775	15500
4,000	550	275	138	4000
400	150	75	38	2000
40	63	50	25	2000
<=4	19	15	7.5	500

급 및 등급별 평가 기준값은 표 10-17과 같다. 균일성의 경우 VMS를 구성하는 소자의 광도(luminance intensity)값 상·하위 12% 및 4% 비가 각각 3:1, 5:1 이하이면 합격이고 이상이면 불합격으로 처리한다.

4. 평가시스템 구성

4.1 평가시스템의 장비 구성

본 연구에서는 VMS 시인성 평가를 위한 평가시스템을 고니오미터, 태양광 시뮬레이터, 휘도계, 감지기, 랙 시스템, 제어용 컴퓨터 등으로 구성하였다. 각각의 장비에 대한 VMS 평가시스템의 작동흐름은 그림 2와 같다.

그림 2에서와 같이 제어용 컴퓨터와 랙 시스템에 의해 제

표 14. 빔폭 기준값

빔폭 등급	시험 각(도)	
	수평	수직
B1	± 5 0	0 -5
B2	± 7.5 0	0 -5
B3	± 10 0	0 -5
B4	± 10 0	0 -10
B5	± 15 0	0 -5
B6	± 15 0	0 -10
B7	± 30 0	0 -20

표 15. 휘도비 기준값

색상	최소 휘도비	
	R2	R1
황색	6	3
녹색	3	1.5
적색	2.5	1.25

표 16. C1에 해당하는 기준 색 좌표

색	색 좌표 값					
	모서리 점 =>	1	2	3	4	5
황색	x	0.470	0.547	0.613	0.535	-
	y	0.440	0.452	0.387	0.375	-
녹색	x	0.405	0.372	0.209	0.028	-
	y	0.585	0.493	0.383	0.400	-
적색	x	0.569	0.655	0.730	0.721	0.627
	y	0.341	0.345	0.270	0.259	0.283

표 17. C2에 해당하는 기준 색 좌표

색	색 좌표 값					
	모서리 점 =>	1	2	3	4	5
황색	x	0.536	0.547	0.613	0.593	-
	y	0.444	0.452	0.387	0.387	-
녹색	x	0.009	0.284	0.209	0.028	-
	y	0.720	0.520	0.400	0.400	-
적색	x	0.660	0.680	0.710	0.690	-
	y	0.320	0.320	0.290	0.290	-

어되는 고니오미터를 통해 고정된 VMS(모듈)를 휘도계나 광도계(우측 하단)를 통해 측정하고 측정된 값은 통신선(RS232)으로 연결된 제어용 컴퓨터에 전송됨으로써 평가가 진행된다. 그림 3은 고니오미터에 부착된 도로전광표지의 휘도를 태양광 시뮬레이터와 휘도계(CS1000)를 이용하여 측정하는 장면을 나타낸 것이다.

4.2 측정장비별 사양

4.2.1 고니오미터(goniometer)

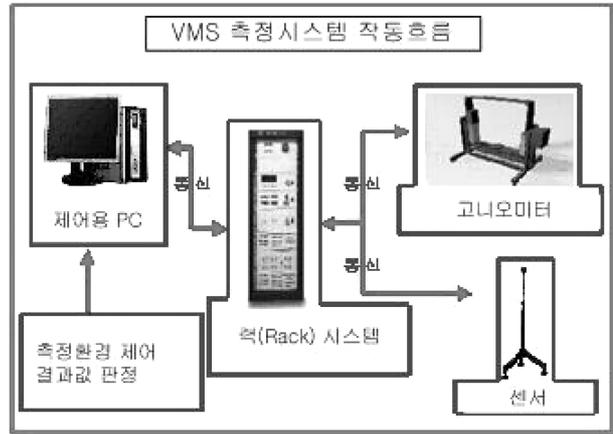


그림 2. VMS 평가시스템 작동흐름

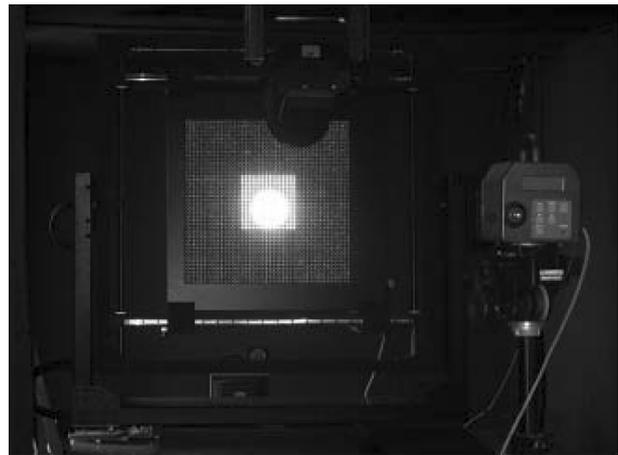


그림 3. 휘도 측정 장면

VMS 시인성 평가를 위해서는 정확한 광축에서 측정을 해야 하는데 이를 위해서는 VMS를 받쳐주며 정확한 각도로 이동시킬 수 있는 장비가 필요한데, 고니오미터는 구동시스템으로부터 명령을 받아서 X, Y축으로 샘플을 이동시키는 장비이다. 상하좌우 ±90° 각도까지 0.01°의 측정 정밀도(Lawrence, 2001)로 움직이며, prEN 규정에는 1.2m × 1.2 × 0.5 크기이나(PIARC, 1999), 본 연구에서는 한국형 VMS의 크기를 고려하여 1.3m × 1.3m × 0.6 크기로 설계했다.

4.2.2 태양광 시뮬레이터(solar simulator)

태양광 시뮬레이터는 암실로 만들어진 실험실에서 실제 도로상에서 태양에 의해 VMS에 발생하는 조도 및 입사각을 동일하게 구현하는 조명 장치이다. 평가대상 VMS와 태양광 시뮬레이터 각도는 빛의 팬텀(phantom)현상이 발생하는 VMS 기준축 - 기준점에서 VMS 정면으로 수직인 축(BSI, 2002) - 에서 +10°에 설치했다. 태양광 시뮬레이터는 5,000K ~ 6,500K의 색 온도로 전압을 조절하면서 4lux~40,000lux까지 조도 가변이 가능하도록 설계했다.

4.2.3 휘도계(luminance meter)

본 평가시스템에서 그림 1의 휘도계 조건을 만족시키는 휘도계로서 CS1000을 사용했다. 그림 4에서 보듯이 CS1000은 분광분석기의 일종으로 휘도 및 색도의 측정이 가능한 장비이다. CS1000의 구체적인 사양은 다음과 같다.

- 램프(lamp) 등의 조명 광원 및 CRT, LCD 등의 휘도와 색도를 측정한다.
- 측정 범위는 380nm~780nm이다.
- 측정각(빛 발산각)은 1°이다.
- 휘도 표시 범위 : 0.01cd/m²~8,000,000 cd/m²이다.



그림 4. CS1000

4.2.4 감지기(sensor)

감지기는 VMS로부터 받아들이는 빛을 전류값으로 전환하는 장비로서, 본 평가시스템에 사용된 감지기는 실리콘 포토셀 방식으로, 표면 빛 감응 부분의 직경은 30mm(prEN 규정의 빔 각도를 수용하기 위함)이고, 감도필터(육안으로 가장 정확히 받을 수 있는 영역의 스펙트럼을 받기 위한 필터)를 포함한다.

4.2.5 랙 시스템(전원공급장치, 구동장치, 포토미터)

랙 시스템(rack system)은 전원을 공급하는 전원공급장치, 고니오미터를 구동시키는 구동장치 그리고 센서로부터 받는 전류를 광도로 전환시켜 주는 포토미터(photometer)로 구성된다. 전원공급장치는 랙 시스템 전체에 전원을 공급하는 스위치로서, 구동장치와 포토미터에 전원을 공급하는 역할을 하고, 구동장치는 제어 컴퓨터와 통신을 통해 고니오미터를 상하좌우 0.01°의 정밀도로 구동시키고, 평가 대상 도로전광표지에 AC 전원을 공급한다. 포토미터는 센서로부터 받아들인 전류값을 광도값으로 전환하는 장비로서, 이는 10mA~100mA의 넓은 측정 범위를 가진다.

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 대표적인 교통정보제공 장치인 VMS의 시인성을 향상시키기 위한 평가항목, 항목별 기준값, 평가방법을 설정하고 평가시스템을 구축했다. VMS 평가에 관한 기존의 우리나라, 유럽 및 미국의 지침을 분석하여 평가항목으로는 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성 등을 설정했고, 이러한 평가항목을 평가하기 위한 평가시스템은 고니오미터, 태양광 시뮬레이터, 휘도계, 감지기, 랙 시스템으로 구성했다. 본 평가시스템 구축으로 향후 설치될 VMS의 시인성에 대한 객관적이고 효과적인 평가가 가능해져 도로이용자들에게 보다 효과적인 교통정보제공이 가능하게 될 것이다.

본 평가시스템으로 인해 VMS 성능인자 중 시인성에 대한 평가는 가능하다. 그러나 VMS 특성상 내구성 및 전기·전자적 안정성 등 물리적 성능 또한 중요한 성능인자가 된다. 따라서 향후에는 이러한 물리적 성능에 대한 평가항목 및 평가시스템의 구축이 필요할 것이다.

참고문헌

- 건설교통부(1999) 도로안전시설 설치 및 관리지침: 도로전광표지편.
- 류승기·백남철(2003) 도로전광표지 시스템의 시인성 영향 요소, 한국ITS학회논문집.
- BSI (2002) *Vertical Road Traffic Signs*, pr-EN 12966-1.
- FHWA (2002) Meeting Summary and Conclusions of Standards Testing Stakeholders Workshop.
- FHWA (2003) ITS Standards Advisory, Dynamic Message Signs (DMS).
- Lawrence, A. K. (2001) *Sensor Technologies and Data Requirements for ITS*, Artech House.
- NEMA (2004) Hardware Standards for Dynamic Message Signs (DMS), with NTCIP Requirements.
- NTCIP (2003) *Object Definitions for Dynamic Message Signs, Version 02*, NTCIP 1203, v02.20.
- NTCIP (2004) *Object Definitions for Dynamic Message Signs, Version 02*, NTCIP 1203, v02.27.
- PIARC (1999) *ITS Handbook*, Edited by Kan Chen and John C. Miles, Committee on Intelligent Transport Systems, Artech House.

(접수일: 2005.1.4/심사일 2005.1.24/심사완료일: 2005.1.24)