

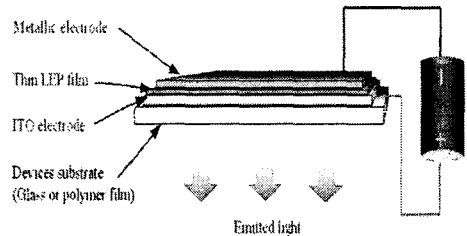
LED 도로전광표지 시스템에 대한 시인성 분석 및 성능 인자 연구

최속양, 김민중, 조한익, 문학룡, 변상철, 류승기

A Study on the Performance Index and visibility for LED Variable Message Sign

S.Y. Choi, M.Y. Kim, H.I.Jeo, H.R. Mun, S.C. Byeun, S.K. Ryu
Korea Institute of Construction Technology Advanced Highway System Group

Abstract - 본 연구에서는 차세대 교통체계인 첨단교통 시스템(ITS)에서 차량 운전자 및 도로이용자에게 도로 및 교통정보를 제공하기 위하여 설치 및 운영되고 있는 도로전광표지(Variable Message Sign : VMS)의 시인성을 분석하기 위하여, 가장 중요한 기초 변수인 휘도와 색도를 측정하였다. 측정치를 통하여 VMS의 휘도와 색도가 시인성을 판별할 수 있는 성능 인자로서 가능성을 검토하고, 향후 VMS 시스템의 설치 및 관리 기술에 실무요령의 활용 여부를 검토한다.



1. 서 론

국내의 도로용 VMS 시스템은 LED를 사용하는 방식이 대부분이며, 여러 가지 정보를 다양한 표출형태(문자, 동영상, 그래픽 등)로 제공하고 있다. 본 연구에서는 일반국도에 설치 운영중인 국토교통관리시스템의 VMS 시스템을 대상으로 휘도와 색도를 측정하여 시인성을 분석하고, VMS의 시인성을 판별하는 성능변수(performance index)으로써의 가능성을 분석한다. 도로이용자에게 유용한 교통정보를 제공하는 VMS 시스템은 정보제공 매체로서 ITS기술로서 현재 보편적인 기술이나, VMS 시스템에서 중요한 특징인 시인성 측면의 분석과 성능 인자의 연구가 아직까지 미진한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 실제 운영중인 VMS의 시인성을 휘도와 색도값을 측정하였고, 각 실측 데이터로부터 성능 인자의 특징을 분석하였다.

2. 본 론

LED형 VMS 시스템은 기존의 전구와 비교하여 색을 구분하는 시인성의 향상 효과가 뛰어나고, 80% 이상의 에너지 절감이 가능하며, 상대적으로 긴 수명으로 유지 보수 비용의 절감 효과를 가져오는 등 여러 가지 효과가 우수한 것으로 판명되고 있다. 본 장에서는 LED의 특성과 LED형 VMS의 시인성을 분석하기 위한 측정 변수인 휘도와 색도의 특성을 검토하고, 실제 운영중인 VMS로부터 측정된 값을 이용하여 성능 인자의 특징을 분석하였다.

2.1 LED의 발광 원리

발광형 소자(Light Emitting Diode : LED)는 반도체로 된 다이오드의 일종으로서, 양전극 단자에 전압을 걸면 한 방향으로만 전류가 흐르는 특성을 가진다. LED는 다른 열 변환 발광 소자에 비해 안정적이고 신뢰성이 있어 최근 도로 교통 정보 제공용 VMS 시스템으로 많이 사용되고 있다. 특정 반도체에 정(+)방향 부하를 가할 경우 전자가 에너지 레벨이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동할 때 그 에너지의 차에 해당하는 부분에 대응하는 파장의 빛을 발한다. 이 때 에너지의 차이가 크면 파장이 긴 광(적색)을 발광하고, 적으면 파장이 짧은 광(청색)을 발생한다.

〈그림 1〉 LED의 발광 원리

〈그림 1〉의 LED의 발광 원리를 보면 전기를 가해 주었을 때 ITO electrode에서 정공(hole)이, Metallic electrode에서 전자(electron)가 이동을 하게 되는데 전자와 정공이 결합하게 되면서 빛을 발하게 되는 것이다. 이 때 LEP(발광 고분자) film을 바꿔줌으로써 적색, 파랑색, 녹색 등 여러 가지 색깔을 나타내도록 할 수 있다.

2.2 측정 변수의 특성

VMS 시스템은 도로·교통 정보를 제공하는 시설로 표출되는 정보의 높은 판독성은 시설의 효율성을 결정할 수 있는 주요한 척도이다. 이러한 판독성을 결정하는 요인중 휘도와 색도가 가장 중요한 요인이다. 각 변수의 특징은 다음과 같다.

2.2.1 휘도(luminance)

휘도는 발광면 위로 단면 위의 어떤 점에서 그 점을 포함하는 미소면을 통하여 어떤 방향으로 향하는 광속의 그 방향에 수직인 면에 대한 단위 정사영 면적당 위 입체각당 비율로, 단위는 칸델라(cd)로 표현한다. 비추어지는 장소의 밝기는 조도(intensity of illumination)라고 하는데, 휘도값은 주변 조도에 영향을 받는다.

〈표 1〉 시간대별 조도

시간대	조도(lux)
밤 시간대	10 이하
낮 시간대	1,000~100,000
일출과 일몰 시간대	10~1,000
흐린 날 낮 시간대	10,000~25,000

〈표 1〉과 같은 시간대별 조도 조건을 감안하여 기본적으로 밤 시간대는 낮은 문자 휘도로, 낮 시간대에는 높은 문자 휘도로 운영해야 운전자가 표출 메시지를 읽는데 불편하지 않게 된다. 조도 조건을 고려한 VMS의 휘도값은 일반적으로 〈표 2〉와 같은 값을 가져야 한다.

〈표 2〉 조도에 따른 적절한 휘도값[1]

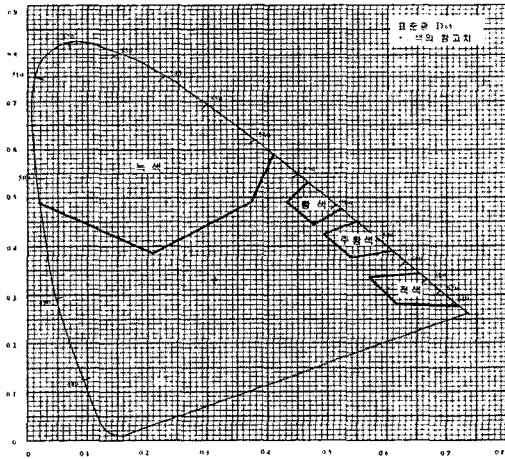
조도(lux)	휘도(cd)
10 이하	200-500
10-1,000	501-2,000
1,000 이상	4,000 이상

2.2.2 색도(chromaticity)

색도는 국제조명위원회에서 정한 X-Y 표준색도 좌표로 표시되는 빛의 색을 말한다. VMS 시스템에 사용되는 LED의 색상을 적색, 주황색, 황색, 녹색으로 분류하며, 각 색상의 색도 기준을 〈표 3〉과 같이 설정하였으며, 〈그림 2〉와 같이 도로전광표지용 LED의 색 좌표를 제안하였다.[1]

〈표 3〉 도로전광표지용 LED의 색도 좌표 기준[1]

색 상	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
적 색	0.730	0.270	0.627	0.283	0.569	0.341	0.655	0.345
주 황 색	0.610	0.390	0.535	0.375	0.470	0.440	0.547	0.452
황 색	0.522	0.477	0.470	0.440	0.427	0.483	0.465	0.534
녹 색	0.405	0.585	0.372	0.493	0.209	0.383	0.013	0.486



〈그림 2〉 도로전광표지용 LED의 색좌표

주로 LED에서 발생하는 색상의 파장은 300~1,000 (nm) 정도이며, LED 파장별 색상은 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉 LED 파장별 색

Color	파장(nm)	Color	파장(nm)
Violet	400~430 nm	Amber	590~595 nm
Blue	430~480 nm	Orange	600~615 nm
Green	490~530 nm	Orange-Red	620~640 nm
Yellow	550~580 nm	Red	645~700 nm

표출 메시지의 색상은 그 자체로서 운전자에게 전달하고자 하는 정보의 성격을 암시할 수 있기 때문에 상황에 적절한 색상을 사용하는 것이 좋으며, 대상 도로 구간의 상황에 따라 도로전광표지 표시면에 표출되는 메시지 색상을 달리 표현하여 운전자가 색상만으로도 전방의 상황을 빠르게 인지할 수 있도록 해야 한다.

2.3 측정 대상 VMS

현재 운영중인 VMS의 시인성을 분석하기 위하여 '98년도와 '99년도에 설치된 VMS 각 1개소를 대상으로 휘도와 색도를 측정하였다. 측정 대상 VMS의 특징을 간략히 요약하면 〈표 5〉와 같다.

〈표 5〉 측정 대상 VMS

구 분	'98년식 VMS(A)	'99년식 VMS(B)
설치년도	1998년도 12월	1999년 5월
LED 표출면	4,800mm×1,440mm	4,800mm×960mm
문자 모듈 구성	1문자(256DOT) 16×16DOT	1문자(1,024DOT) 32×32DOT
총 모듈 수	20모듈 (5,1250 DOT)	20모듈 (20,480DOT)
글자높이	500 mm	480 mm
픽셀 크기	30 mm □5φ	14.5 mm □5φ
표출 색상	Red, Green, Amber	
Peak 발광 파장	Red(660nm) Green(568nm)	Red(660nm) Green(565nm)

측정 대상 VMS에서 A는 픽셀식, B는 모듈식 VMS로 red, green, amber 색상을 표출하도록 되어 있다.

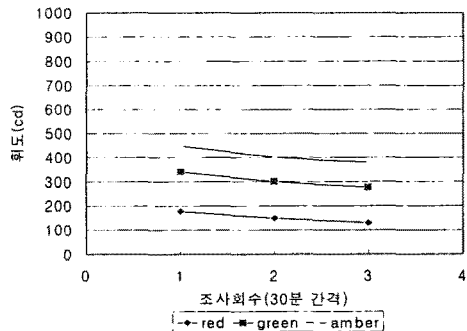
2.4 측정 데이터

2.4.1 측정

측정은 VMS 지주 하단으로부터 측정 카메라까지 40m 되는 지점에서 실시하였으며, 전이시간대와 밤시간대로 나누어 2번 실측하였다. VMS 표출면의 색상은 red, green, amber로 교체하면서 각 색상별 휘도값과 색도를 측정하였다. 휘도와 색도는 Minolta사의 분광방사휘도계(SpectroRadiometer)인 CS-1000 장비를 이용하여 측정하였다.

2.4.2 휘도

휘도값은 색상(red, green, amber)별로 구분하여, 전이시간대(17:30~18:30)와 밤시간대(21:00~21:30)에 측정하였다. 색상별 휘도값을 보면 황색이 녹색과 적색과 비교하여 상대적으로 밝음을 알 수 있는데, 이는 황색이 녹색과 적색을 모두 거쳐 나오는 색상이기 때문이다. 〈그림 3〉은 전이시간대의 색상별 휘도 그래프이다.

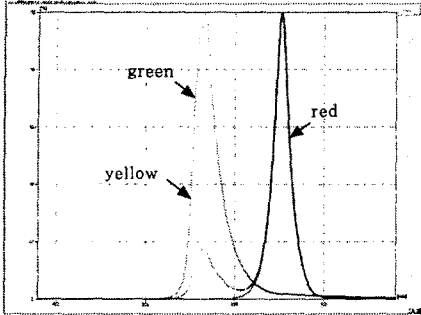


〈그림 3〉 전이시간대 색상별 휘도 그래프 (A)

2.4.3 색도

색도값 역시 색상(red, green, amber)별로 구분하

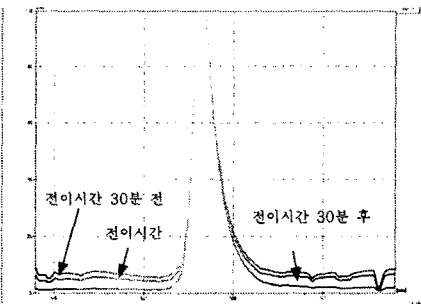
여, 전이시간대와 밤시간대에 측정하였다. 측정된 색도 값은 밤시간대에는 시간에 따른 색도값의 변화가 거의 없었으나, 전이시간대에는 시간에 따라 색도가 달라짐을 알 수 있다. <그림 5>는 밤시간대의 색도 그래프를 나타낸다.



<그림 4> 측정시간대별 색도 그래프(밤시간대, B)

<그림 4>에서 색상별 peak 파장대를 보면, green은 약 570nm에서, red는 약 650nm에서 peak를 보임을 알 수 있다. yellow의 경우 green과 red LED가 켜져 들어오는 색상으로 green과 red의 색상이 함께 나타났으나 red의 색상이 더 강하게 나타났다.

밤시간대에는 색상별로 파장대의 변화가 없는 것과 달리 전이시간대에는 변화 정도가 두드러지게 나타났다. <그림 5>는 전이시간대에 30분 간격으로 측정한 green 색상의 색도 그래프이다.



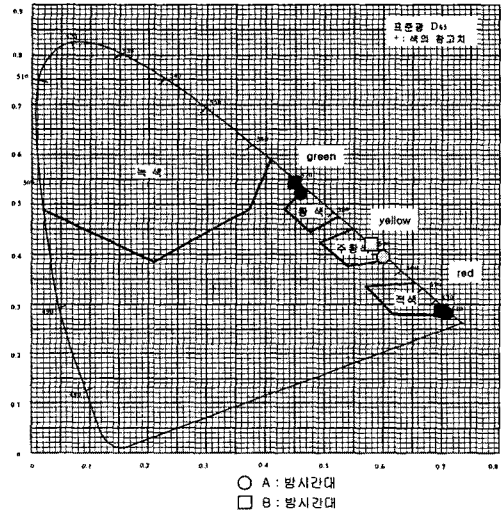
<그림 5> 전이시간대 색도 그래프의 변화(green, B)

전이시간대는 주변 밝기가 시간대에 따라 뚜렷하게 변하는 시간대로 LED의 색상 역시 눈에 띄는 변화를 볼 수 있다. <표 6>은 측정된 색도 좌표값으로 전이시간대의 경우 red 색상은 0.601~0.718, green은 0.421~0.600, yellow는 0.458~0.576의 값을 가지고 있다. <그림 6>은 측정된 색도 좌표값 중 밤시간대의 좌표값을 색좌표에 표기한 것이다.

<표 6> 측정된 색도 좌표값

구분	색상	전이시간대	
		X	Y
A	red	0.711~0.718	0.281~0.282
	green	0.597~0.600	0.395~0.399
	yellow	0.458~0.463	0.529~0.536
B	red	0.601~0.702	0.281~0.288
	green	0.421~0.452	0.476~0.527
	yellow	0.534~0.576	0.396~0.411

구분	색상	밤시간대	
		X	Y
A	red	0.718	0.282
	green	0.461~0.462	0.536~0.537
	yellow	0.600~0.602	0.396~0.397
B	red	0.719	0.281
	green	0.457~0.458	0.540~0.541
	yellow	0.587~0.588	0.411~0.412



<그림 6> 측정된 색도값의 범위(밤시간대)

<그림 6>을 보면 red와 yellow는 각각 색도 좌표 기준에 적합하나, green의 경우 황색에 가까운 색상을 나타내고 있음을 알 수 있다.

2.5 측정 결과에 따른 시인성 분석

VMS LED의 초기 성능은 시간에 따라 감소하게 된다. 성능 감소 원인은 LED 표면의 먼지나 불순물, LED 자체 전구의 수명 감소 등에 있으며, 이렇게 성능이 감소되면, 초기에 발현했던 휘도와 색도를 유지하기 어렵게 되고, VMS의 시인성을 감소시키게 된다.

VMS LED의 휘도와 색도 자료를 월별, 연도별로 관리하여 LED 성능의 감소 추세를 파악하면 VMS 시스템의 수명을 분석할 수 있는 성능 인자로서 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구에서는 수도권 국도 ITS의 일환으로 일반국도상에 설치되어 있는 VMS 시스템의 시인성을 휘도와 색도 자료를 이용하여 분석하였다. 향후 주기적인 자료의 수집과 분석으로 VMS의 유지관리뿐 아니라 VMS 설치 및 관리 기술에 실무 요령으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 건설교통부, "도로안전시설 설치 및 관리 지침(도로전광표지판)", 최종보고서, 1999. 11.
- [2] 한국조명·전기설비학회지, "LED 교통신호등 기술", Vol15, No.6, p52-67, 2001.
- [2] 건설교통부, "수도권 남부 국도교통관리시스템 운영·관리 업무대행 사업", 1999.