

불균일 휘도 광원의 UGR 보정에 관한 연구

(The study of a revision UGR for non-uniform luminance source)

정승균* · 조용익 · 오석식 · 김 훈
(Seung-Gyun Jung · yong-ik Cho · Suk-Sik Oh · Hoon Kim)

요 약

실내조명으로서의 LED는 휘도의 분포특성이 기존의 조명기구와는 판이하게 다르며, 이에 따라 불쾌감을 느끼는 정도에서도 변화가 일어날 수 있다.

본 연구에서는 현재 가장 일반적으로 사용되어지는 글래어 평가지수인 UGR을 간단히 보정하여 LED 조명기구에 대한 값으로 사용할 수 있도록 주관평가 실험을 통해 보정식을 산출해내고 LED 조명기구별 증가계수 k 를 구하였다.

1. 서 론

실내에 적용되는 조명기구의 경우 실내의 작업자에게 불쾌감을 주지 않는 시환경을 제공할 수 있어야 한다.

이러한 쾌적한 실내 조명환경을 위해서는 적용할 조명기구에 따른 불쾌감 평가가 이루어져야 하며, 이를 평가하는 평가지수로서 현재 CIE의 UGR이 가장 일반적으로 사용되어지고 있다.

현재 LED의 소자 개발이 활발히 이루어지면서 LED는 할로겐 램프 및 백열램프를 대체할 수준까지 와있으며, 머지않아 형광램프를 대체할 정도의 효율을 가질 것으로 보인다. 따라서 실내 조명용 LED 조명기구도 불쾌감의 정도를 평가하여 쾌적한 실내 조명 환경을 이룰 수 있도록 해야한다.

하지만, LED의 경우 기존의 조명기구처럼 소수의 램프가 하나의 조명기구를 이루는 것이 아닌 다수의 LED 소자가 광원이 되어 조명기구를 이루게 되며, 이에따라 휘도의 분포가 기존의 조명기구와는 판이하게 다른 형태를 가지게 된다. 이에 관련하여 Waters[1]는 불균일 휘도 광원이 균일 휘도 광원보다 불쾌 글래어를 증가시킨다는 것을 알았고, 日北野[2][3]는 일정간격으로 다수의 광원이 배열된 경우에 있어 광원의 휘도가 증가함에 따라 불쾌감이 증가한다는 것을 확인하였다.

따라서 LED 조명기구의 경우 기존에 사용되던 UGR 평가지수를 그대로 사용하기에는 무리가 따르며 이를 보정하거나 새로운 글래어 평가지수를 개발하여 적용할 수 있도록 하여야 할 것이다.

본 논문에서는 LED 조명기구에 있어서 UGR을 간단히 보정하여 적용할 수 있도록하는 보정식을 산출하고, 휘도분포에 따른 증가식을 구하여 기존의 UGR 수

식에 간편히 적용할 수 있도록 하는 불균일 휘도 광원에 대한 UGR 보정 실험을 실행하였다.

2. 본 론

2.1. 실험실의 구성

UGR은 4가지의 요소로 구성되어있다(광원휘도, 배경휘도, 입체각, 위치지수). 본 연구에서는 이러한 4가지의 구성요소를 모두 변화시켜 변화하는 조명환경에 대해서 피험자가 어떠한 반응을 보이는지를 평가하였다.

실험실의 치수는 폭 4m, 길이 2.5m, 높이 2.2m로 다양한 입체각과 위치지수를 실현 할 수 있도록 제작하였으며, 그 대략적인 전경을 그림 1에 보이고 있다.

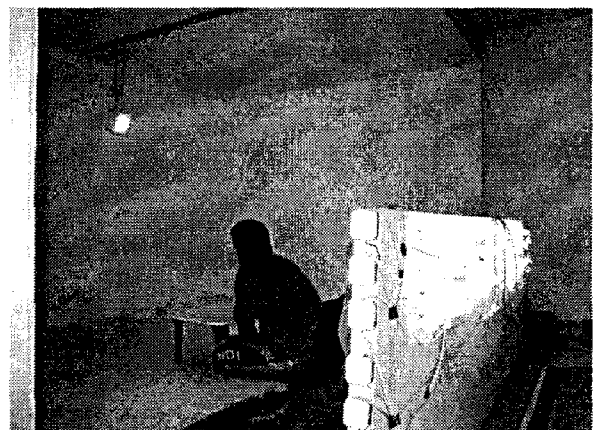


그림 1 실험실 전경

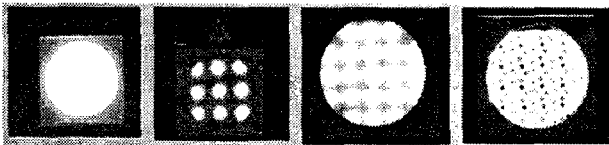
2.2 예비실험

본 실험에서는 UGR의 모든 값을 조절할 수 있도록 하였으며 각기 다른 조명환경을 구현하여 먼저 예비 실험을 실행하였다. 예비실험에서 사용한 각 구성요소별 수치값들은 표 1과 같다.

표 1. 예비실험에 적용된 UGR 구성요소별 수치값

		적용된 수치		
		Low	Mid	High
구성요소	광원휘도[cd/m ²]	1200	4500	8500
	배경휘도[cd/m ²]	18	45	105
	위치지수[sr]	1.26	-	5
	입체각	0.006	0.008	0.015

예비실험에서 사용된 조명기구는 총 4가지로 모두 LED를 이용하여 구현하였으며, 필터를 사용하거나 LED의 간격, 갯수를 조절하여 서로 다른 휘도 분포를 가지도록 조절하였다. 그림 2에 각광원들의 형태와 휘도분포를 나타내었다.



	확산광원			LED 조명기구1 (9개 LED 적용)		
	Max	1,270	5,230	9,610	2,040	8,110
Min	990	4,172	7,523	265	1010	1732
Avg	1,132	4,700	8,605	1,150	4,450	8,300
Min/Max	0.78	0.80	0.80	0.13	0.12	0.11

	LED 조명기구2 (21개 LED 적용)			LED 조명기구2 (필터 미적용)		
	Max	1,962	7,576	13,340	2,480	8,510
Min	532	2,360	4,212	170	695	1,378
Avg	1,114	4,659	8,536	1,322	4,591	8,880
Min/Max	0.27	0.31	0.32	0.07	0.08	0.08

그림 2. 예비실험에 적용된 조명기구 형태와 조명기구 별 휘도분포

실험의 과정은 충분히 순응된 피험자가 자리에 앉아 턱받침에 턱을 대고 설정된 광원휘도에 대해 불편감을 평가하는 방식으로 실행되었으며, 피험자는 원하는 만큼 오랜시간 조명환경을 판단 할 수 있도록 하였다.

예비 실험은 총 216가지의 실험으로 3명의 피실험자

가 모든 조명 환경을 경험할 수 있도록 하였다.

2.2 예비실험 결과

예비실험의 결과는 아래 그림 3과 같이 나타났다.

이전의 연구들과 마찬가지로 실제 UGR 값과 예비실험에 의한 주관평가값에서 매우 차이가 나는 경향을 파악할 수 있었으며[4], 수치적으로 볼 때 UGR 평가치 15 이하의 값에서는 보다 불쾌하게, 15이상에서는 보다 덜 불쾌하게 느낌을 알 수 있었다. 또한, 조명기구의 휘도 분포가 보다 불균일할수록 불쾌감이 증가한다는 것을 알 수 있었다.

UGR calculated value와 주관평가치의 비교

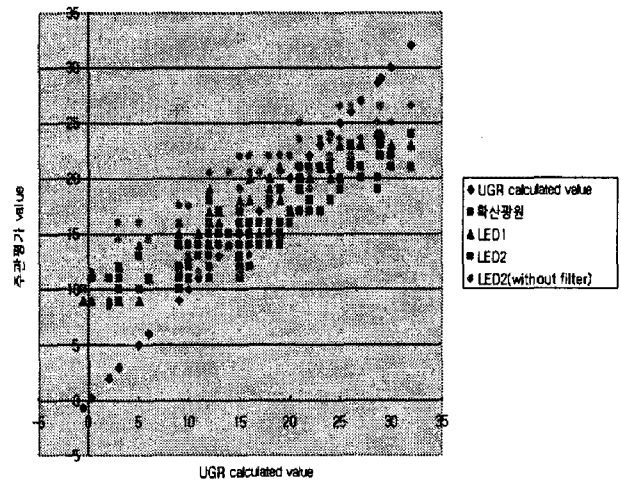


그림 3. 예비실험에 의한 주관 평가값과 UGR 계산값과의 비교

2.3 본실험

예비실험의 결과를 바탕으로 하여 본실험을 실행하였다. 본실험에서 사용된 UGR 구성요소 수치들은 예비실험에서 적용되었던 수치값들의 Max값과 Min값을 사용하였으며, 총 피험자수는 10명으로 4명은 조명 관련 대학원생, 나머지 6명은 조명과는 무관한 학부생으로 구성되었다.

본 실험에서 조명기구는 그림 2에 나타난 예비실험의 조명기구와 동일한 것으로 적용하여, 총 실험 가짓수는 64가지로 구성하였다 모든 피험자는 64가지의 모든 조명환경을 경험하고 이를 평가하며 필요한 경우 반복실험을 통하여 오차를 줄일 수 있도록 하였다.

그림 4에 실험 결과를 보이고 있다.

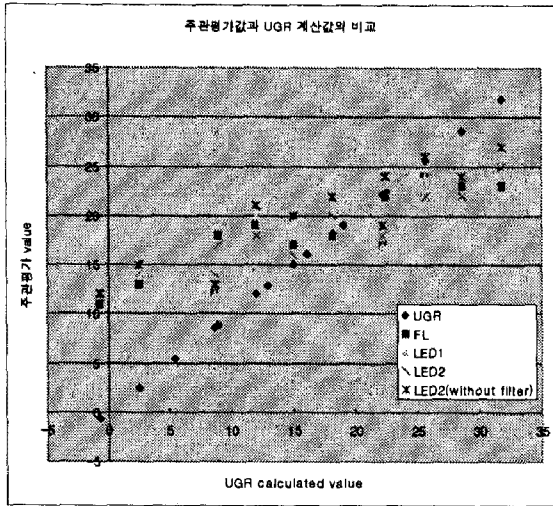


그림 4. 본 실험에 의한 주관 평가값과 UGR 계산값과의 비교

2.4 본실험 결과

본실험의 결과 또한 예비실험과 유사한 형태로서 나타난 것을 확인할 수 있었으며, 주관평가에 의한 UGR 계산값과의 차이를 보정하기 위하여 이상적 광원으로 선택했던 확산형 광원(최소휘도/최대휘도 : 0.78)의 주관평가값과 UGR 계산값과의 회귀 분석을 통하여 회귀식을 산출하였다. 산출된 회귀식은 식 (1)과 같으며, 식의 상관계수는 0.89, 결정계수는 0.79로 식이 UGR 계산값과 확산 광원과의 관계를 파악하는데 유효함을 알 수 있었다.

$$y = 0.3805x + 11.888 \quad (1)$$

x= UGR 계산값

y= 주관 평가값

산출된 회귀식을 모든 조명기구에 적용한 1차 보정 결과와 그 추세선은 그림 5와 같다.

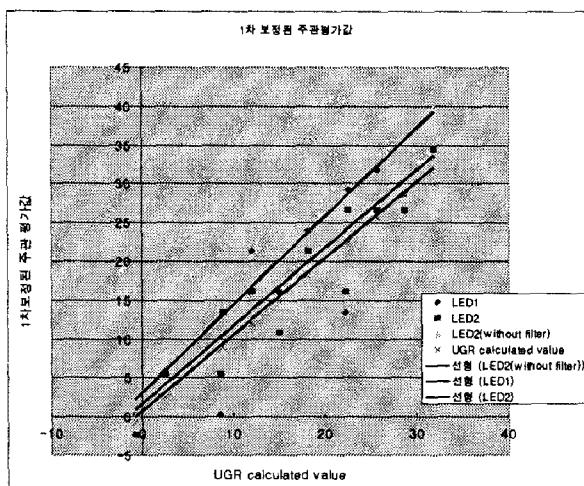


그림 5. 1차 보정된 주관평가값과 UGR 계산값과의 비교

1차 보정 결과 각 조명기구들의 분포에 의한 추세선의 기울기는 UGR 계산값과 유사하게 조절이 되었지만, 각 조명기구의 휘도 분포에 따라서 넓은 영역으로 퍼지는 것을 볼 수가 있었다. 따라서 이러한 휘도 분포에 대한 차이를 알아내고자 조명기구 별 휘도분포에 따른 불쾌감 증분에 대한 2차 회귀분석을 실행하여 그에 대한 회귀식을 산출하였다.

산출된 회귀식은 아래와 같다.

$$y = (1.0227z^{0.0343}x) + (-1.1838\ln z) - 0.2862 \quad (2)$$

x= 1차 회귀식을 적용한 주관평가 값

y= 보정된 값

z= 조명기구별 균제도값(min/max)

2차 보정을 거친 후의 주관평가 값들과 그에 대한 추세선을 그림 6에 보이고 있다.

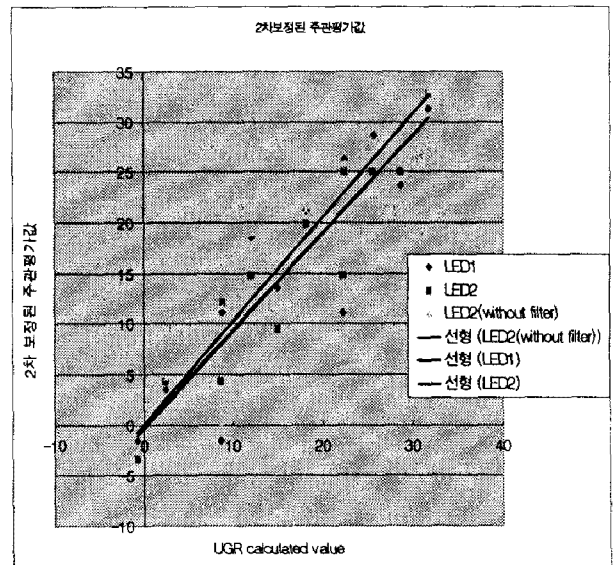


그림 6. 2차 보정된 주관평가값과 UGR 계산값과의 비교

확산광원에 대해서 1차 보정을 거친 주관평가값에 대해 휘도분포에 관련된 2차 보정식을 적용한 결과 기준이 되는 UGR 계산 값에 거의 근접한 결과를 보이는 것을 알 수 있었다.

3. 결론

본 논문에서는 LED 조명기구를 실내조명에 적용하고, 이에 대한 글래어의 발생을 적합한 수치로서 평가하고자 UGR의 보정을 실행하였다. UGR에 대한 1차보정은 확산광원에 있어서 주관평가값과 UGR 계산값과의 차이를 보정하기 위하여 이루어졌으며, 2차 보정의 경우 LED 조명기구에서 발생하는 조명기구내의 반복된

휘도차(min/max)에 대한 불쾌감 변이를 보정하기 위해
서 실행되었다.

LED 조명기구에 대한 2차 보정까지 이루어진 결과,
LED 조명기구에 의한 불쾌감의 변화추이를 UGR 계산
값에 거의 근접할 정도까지 보정하는 것이 가능하였으
며, 추후 이를 공식 표준화하기 위해 LED 조명기구에
대한 휘도 제한치를 설정하여 LED 조명기구에 의한 쾌
적한 실내조명환경을 구현할 수 있도록 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] C.E.Waters, R.G.Mistrick and C.A.Bernecker : Discomfort
Glare from Sources of Nonuniform Luminance, Journal of
the Illuminating Engineering Society, 24-2, pp73-85(1995)
- [2] H. Hibino, Y. Shirai, and K. Yamada: Effects of Visual
Stress Induced by the Light Sources Composed of
LEDs-Psychophysical measurements of Visual Stress, In
Proceeding of Annual Conference of The Illuminating
Engineering Institute of Japan, 34, pp. 207(2001)
- [3] H. Hibino, A. Ibuki, and K. Yamada: Psychological Effects
Induced by LED Spatial Arrangement Patterns :
sydchophysical Measurements of Visual Stress(II), In
Proceeding of Annual Conference of The Illuminating
Engineering Institute of Japan, 35, pp. 213(2001)
- [4] 이창모, 정승균, 석대일, 조용익, 김훈 : 불균일한 휘도를
갖는 조명기구에 대한 불쾌글레어 주관평가 실험, 한국 조
명전기설비학회 학술대회 논문집, pp11-14(2007. 5)