

이미지 프로세싱 기법을 활용한 채광창의 휘도분포 평가

Assessment of The Luminance Distribution from Daylighting window by Using Image Processing Methodology

박종명* 임홍수** 김정태*** 김곤****
Park, Jong Myung Lim, Hong Soo Kim, Jeong Tai Kim, Gon

Abstract

Daylighting is the controlled admission of natural light into a space, reducing electric lighting and saving energy. By providing a direct link to the dynamic and perpetually evolving patterns of outdoor illumination, daylighting helps create a visually stimulating and comfort environment for building occupants, while reducing energy costs. Especially, however, glare is the most important factor in daylighting, which is issued by incoming direct sunlight into windows. This study analyzed the discomfort glare on a daylighting window by using Image processing methodology and found a solution to problems with glare source of occupants. There are several ways to evaluate discomfort glare such as UGR (Unified Glare Rating) of CIE, DGI (Daylight Glare Index, Hopkinson, 1972) and VCP (Visual Comfort Probability) of IES. These are used to apply to the relatively little artificial light source and they cannot cover discomfort glare from a real daylighting window. In this regarding, this paper aimed to calculate DGI index of the real daylighting window in a experimental space by using image processing methodology. The variables and outcomes are luminance distribution of non-shading window, effect of venetian blind installed on the window and locations related to position index of DGI.

키워드 : 하이 다이내믹 레인지, 이미지 프로세싱, 휘도, DGI.

Keywords : High Dynamic Range, Image Processing, Luminance, Discomfort Glare Index.

1. 서론

자연채광은 냉방부하 및 조명부하 저감을 위한 자연에너지 활용기술로써 친환경적인 생태건축을 위한 대표적인 디자인 전략이다. 그러나 에너지 측면에서의 이점에도 불구하고 자연광의 도입은 고도의 시각 작업이 요구되는 공간이나 균질한 빛 환경이 요구되는 공간에서 실내 재실자의 시각적 쾌적도에 부정적인 영향을 미칠 개연성이 있다. 자연채광의 쾌적성은 우선적으로 실내 재실자에게 발생하는 눈부심(글레어)을 고려해야 하며, 주로 불쾌글레어를 중심으로 평가해야 한다.

현재 CIE(국제조명위원회)에서는 건축물을 31종의 항목으로 분류하고 있으며, 이를 객실, 작업, 활동에 의해 253항목으로 분류한 후, 각 항목에 대한 글레어의 제한 기준을 제시하고 있다.¹⁾ 그러나 CIE에서 제시하는 기준은 인공광원으로 인해 발생하는 불쾌글레어를 대상으로

한 것이기 때문에 자연채광으로부터 발생하는 불쾌글레어의 기준은 불분명한 상태이며, 이러한 문제점들을 보완하기 위해 다양한 연구들이 진행되고 있으나, 그 실정 또한 미흡한 상태이다.

특히 단일광원을 갖는 인공광원과는 달리 자연채광의 경우 불균일한 휘도분포를 가지고 있기 때문에 이를 정확히 예측·평가할 필요가 있다. 하지만 기존의 연구방법들은 불쾌글레어를 평가하기 위해 DGI 평가식과 실제 사람이 피험자가 되어 실험하는 측정하여 비교하는 방법에 대해 주로 연구하였으나 이는 Human Factor로 인해 사람이 실제 느끼는 정도의 주관적 차이에 따라 정성적인 평가가 될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 자연채광 공간의 창으로부터 발생하는 불쾌글레어를 예측·평가함에 있어 정확한 휘도분포를 측정하기 위해 High Dynamic Range(HDR)을 이용한 광학적인 장치나 방법을 통해 정확성을 검토하고 동일한 실험조건에서의 이미지 프로세싱 기법과 DGI 평가식을 비교함으로써 정량적인 평가와 새로운 방법론을 제시하고자 한다.

* 한국산업기술인증원, 공학석사(jmpark1026@kangwon.ac.kr)
** 강원대학교 대학원 박사과정(forestflood@hotmail.com)
*** 경희대학교 건축공학과 교수(jtkim@khu.ac.kr)
**** 교신저자, 경희대학교 건축공학과 교수(gonkim@khu.ac.kr)

1) CIE S 008/E-2001, Lighting of Indoor work places, pp 9-17, 2001.

2. 이론적 고찰

2.1 HDRI(High Dynamic Range Image)의 정의

2)카메라가 한 번의 노출로 받아들일 수 있는 밝기의 범위에는 한계가 있으며, 이것은 다이내믹 레인지(Dynamic Range)를 통해 해석할 수 있다. 다이내믹 레인지란, 밝기가 가장 높은 부분과 가장 어두운 부분의 밝기의 비율로써, 한 번의 노출로 감지할 수 있는 카메라의 다이내믹 레인지는 실세계의 다이내믹 레인지에 비해 매우 작기 때문에 피사체 장면의 다이내믹 레인지가 큰 경우에는 카메라가 밝기 정보를 얻지 못하게 된다.

특히 High Dynamic Range Image(HDRI) 영상은 한 노출에 대하여 일반 디지털 카메라로 촬영이 가능한 범위보다 더 크거나, 일반적인 디스플레이 장치에서 표현될 수 있는 다이내믹 레인지보다 더 큰 HDR을 가지는 영상이다. 일반 디지털 카메라로 찍은 영상이 얻을 수 있는 밝기의 범위는 제한적인데 반하여, HDR영상은 훨씬 더 실세계에 가까운 밝기 정보의 표현이 가능하다. 따라서 디지털 카메라와 사람의 시각적 시점은 다이내믹 레인지의 차이에 따라 본래의 이미지와 다른 형태로 나타난다. 따라서 이미지 프로세싱 기법을 이용하여 실제 사람의 눈으로 평가되는 이미지와 동일한 High Dynamic Range Image(HDRI)를 얻을 수 있으며, 그 과정은 그림 1과 같다.

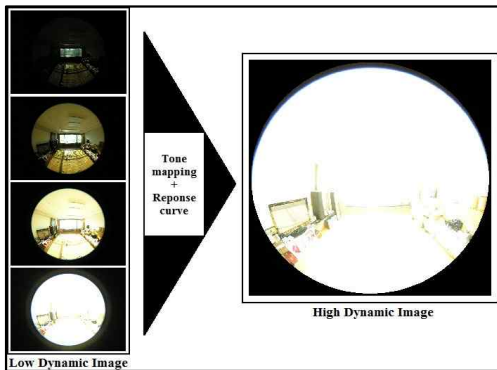


그림 1. 하이 다이내믹레인지 과정

2.2 Hopkinson의 DGI 평가기법

DGI(Daylight Glare Index) 평가기법은 1963년 Hopkinson에 의해 제안된 불쾌글레어 평가법으로, 비교적 대광원의 불쾌글레어를 평가하기 위한 척도로 개발되었다. Hopkinson은 1960년 Cornell대학에서 모형창을 이용한 실험을 통해 대광원에 의한 불쾌글레어를 측정하는 실험을 하였으며, 특히 창면부의 면적이 크면 창면부와 피험자의 위치에 대한 위치지수를 예측할 수 없기 때문에 실험을 통한 결과를 바탕으로 하여 주로 글레어 광원의 입체각(ω)을 이용하는 기존의 B.R.S.(Building Research Station)식을 수정하여 DGI식에서는 수정입체각(Ω)을 이용하여 그 결점을 보완하였다. 아래의 식 (1)과 (2)는 각각의 B.R.S.평가식과 DGI 평가식을 나타내고 있다.

또한 DGI식과 B.R.S식은 다음과 같은 2가지의 결점을

보완하였으며, 첫째, 글레어광원의 크기를 Pether Bridge의 입체각 다이어그램³⁾을 이용하여 수정하고 이를 수정입체각(Ω)이라 칭하여 사용하였다. 글레어 광원의 수정입체각(Ω)는 글레어 광원의 입체각 (ω)보다 작은 값을 갖도록 하였다.

$$G = \frac{L_s^{1.6} \omega^{0.8}}{L_b^{1.0}} \tag{1}$$

$$DGI = 10 \log 0.48 \sum \frac{L_s^{1.6} \Omega^{0.8}}{L_b + 0.07 \omega^{0.5} L_s} \tag{2}$$

- G : 글레어 상수 (Glare Constant)
- L_s : 글레어 광원의 휘도 [cd/m^2]
- L_b : 배경휘도 [cd/m^2]
- ω : 글레어 광원의 입체각 [sr]
- Ω : 글레어 광원의 위치에 따라 변하는 글레어 광원의 수정입체각 [sr]

둘째, 글레어광원의 크기와 휘도가 배경휘도에 영향을 미치는 것을 고려하기 위하여, B.R.S식에서의 배경휘도 L_b 를 $L_b + 0.07 \omega^{0.5} L_s$ 로 수정하여 사용하였다.⁴⁾

표 1과 같이 DGI의 평가척도는 16~28까지의 수치로 나타내며, 높은 수치일수록 감지하는 불쾌글레어의 정도는 심해지며, 낮은 수치의 경우에는 불쾌글레어의 정도가 낮아진다.

표 1. DGI의 현행 기준

평가기준 (Mean Response)	DGI
지각하지 못하는 (Just Imperceptible)	16
수용할 수 있는 (Just Acceptable)	19
불편함을 느끼기 시작하는 (Borderline between comfort and Discomfort)	22
단지 불편한 (Just Uncomfortable)	24
참을 수 없는 (Just intolerable)	28

2.3 선행연구의 타당성 검증

5)임홍수 외(2010)의 연구에서는 HDR 프로세싱 기법을 이용하여 빛 환경 평가를 하기 위한 사전 검토 실험을 진행하였으며, 인공광원을 실험조건으로 하여 Photolux, Photomatix, webHDR 각각의 프로그램에서 출력된 HDR 이미지와 휘도계측기를 통해 얻은 휘도값의 오차율을 산정하고 실효성에 대해 검토하였다. 연구 결과 Photolux의 경우 오차율이 3%를 넘지 않았으며, Photomatix의 경우, 비교적 높은 10~13%정도의 오차율을 보이고 있어 실제

- 2) 신동수, 건축 가시화를 위한 HDRI 기반 3D 렌더링에 관한 연구 2005.12.
- 3) PetherBridge의 입체각 다이어그램이란 글레어광원의 입체각 (ω)를 이용한 Guth의 위치지수(Position Index)로 수정하여 $\Omega^{0.8}$ 을 구하는 표를 말한다.
- 4) 김원우, 신인중, 창으로부터의 불쾌글레어를 평가하기 위한 DGI 평가법의 한계성 검토, 대한건축학회논문집 계획계 제 20권 제 11호, 통권 193호, pp 285~291, 2004.11
- 5) 임홍수, 김근, 채광·조명설비시스템의 광학 분석을 위한 이미지 프로세싱 기법에 관한 연구, 한국생태환경건축학회논문집 Vol. 10. No.4 2010.08

적용가능성이 미흡하다고 판단하였다. 또한 webHDR의 경우에는 실측값보다 약 2배 이상 차이가 나는 계측 구간이 발생함으로써, 결론적으로 Photolux의 경우가 가장 우수한 것으로 나타났다.

또한 기존의 연구에서는 인공광원 조건에서의 평가는 있었으나, 외부 주광조건에서의 평가가 이루어지지 않았기 때문에 6)박중명 외(2011)의 연구에서는 인공광원이 아닌 자연채광을 통해 창면휘도 분포의 특성과 오차율에 대해 연구하였다.

연구결과, 평균 오차율은 -30°의 경우 2.7%, 90°의 경우 3.4%, 30°의 경우 4.5%로 나타났으며, 이는 오차율이 10% 이내로 나타남으로써, 신뢰할 수 있는 결과로 나타났다.

3. 연구방법론

본 연구는 이미지프로세싱 기법의 광학적인 분석방법을 토대로 건축 빛 환경을 평가하는 방법에 있어 실제 연구의 적용 가능성과 실제 채광창으로부터 발생하는 불쾌글레이어를 예측 및 평가하는 방법론을 다루고 있다.

3.1 측정개요

강원도에 위치한 K대학의 사무공간을 실험대상으로 선정하여 실험을 진행하였으며, 대상공간은 정남향을 기준으로 위치하고 있다. 또한 실험의 정확한 측정을 위해 천공상태는 비교적 동일한 조건으로 설정하여 진행하였다. 표 2는 각각의 대상공간에서의 평가모델의 실험조건을 나타내고 있다.

표 2. 실험 조건

항 목	내 용	
위치	강원도에 위치한 K대학 연구실	
건물의 크기	7.0m × 3.7m × 2.1m	
창문의 크기	2.3m × 1.7m	
건물의 방위	정남향	
천공상태	부분 답천공(Partly Sky)	
반사율	바닥	20%
	천정	82%
	벽	45%
측정일시	평가모델(1)	2012. 03. 16~18
	평가모델(2)	2012. 04. 09 / 04. 12
	평가모델(3)	2012. 04. 15

연구방법은 그림 2와 같은 아래 3단계의 평가모델을 통해 연구를 진행하였다.

- ① 이미지 프로세싱 기법을 활용하여 Photolux프로그램의 휘도값과 LS-100(휘도계측기)의 휘도값의 오차율을 분석하여 실험의 타당성을 검증하였다.
- ② 블라인드 조절을 통해 실제 채광창으로부터 발생하는 글레이어광원을 예측하고 DGI식을 적용하여 휘도제어가 가능한 지를 평가하였다.

- ③ 2단계에서 진행되었던 실험결과를 바탕으로 하여 관찰자의 위치 변화에 따른 DGI값을 결정짓는 주요변수들과의 상관관계 검토하였다.

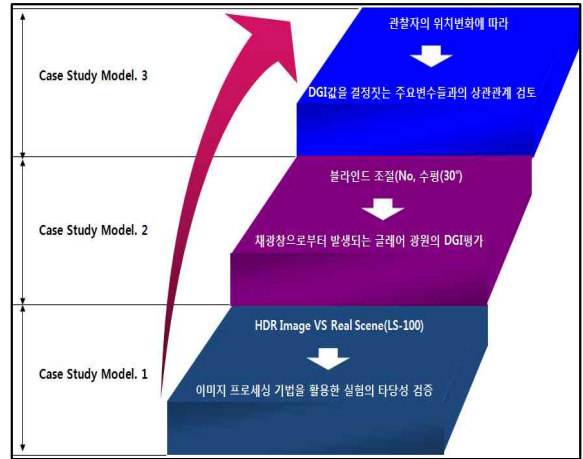


그림 2. 단계별 평가모델

3.2 대상공간 및 변수 설정

평가모델 1단계에서는 그림 4와 같이 각 측정 위치(-30°, 90°, 30°)에 따른 각각의 창면휘도 분포의 변화를 분석하기 위해 그림 3과 같이 채광창을 9개의 영역으로 분할하여 각각에 대해 휘도계측기(LS-100)로 측정된 휘도값과 디지털 카메라를 이용하여 추출한 이미지의 Photolux 프로그램 합성을 통해 얻은 휘도값을 비교하여 오차율을 분석함으로써, 프로그램의 신뢰성을 평가하였다.

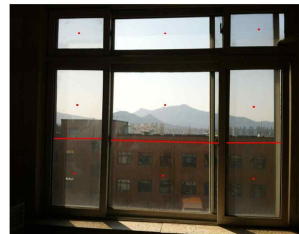


그림 3. 측정 위치별 창면휘도 측정방법

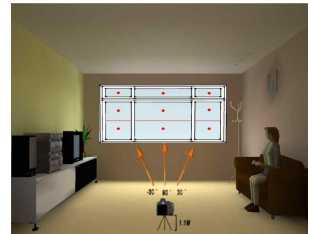


그림 4. 평가모델(1)의 실험 작업영역

특히 측정방법에 있어 측정 위치(-30°, 90°, 30°)에 따라 채광창(상부, 중앙부, 하부)을 분할하였다. 글레이어는 시선의 중심에서 상하 좌우 30° 이내(Glare Zone)에서 쉽게 발생하기 때문에 정확한 지점의 휘도분포를 예측할 수 있도록 설정되었다.

또한, 실험결과와 정확한 예측을 위해 천공상태는 모두 동일한 상태에서 실험이 진행되어야 정확한 결과값을 산출할 수 있다. 따라서 본 실험은 3월 16일~27일까지 약 10일에 걸쳐 진행되었으며, 그 중 기상 조건이 동일한 3월 16일~18일까지의 결과값을 토대로 오차율과 조도를 분석·평가하였다.

- 6) 박중명, 이금환, 김곤 이미지 프로세싱 기법을 활용한 공동주택의 창면휘도 분포 특성에 관한 연구, 생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 통권 21호, 2011.11.

3.3 블라인드 슬랫 변화에 따른 DGI 평가

2단계에서는 그림 5와 같이 전체 채광창의 균등히 6분할로 구획하여, 채광창의 정중앙을 기준으로, 한 면은 수평블라인드 상태와 또 다른 한 면은 블라인드 슬랫 (상향 30도)과 No 블라인드로 설정하였다. 또한 본 실험도 1단계와 마찬가지로 정확한 휘도값의 예측을 위해 천공상태가 동일한 조건으로 설정하여 2012년 04월 09일과 2012년 04월 18일에 각각 측정하였다.

평가방법에서는 관찰자 실험에서 채광창으로부터 발생하는 불쾌글레어에 대하여 부분적인 평가와 전체적인 평가를 실시하였으며, 부분적인 평가방법에 있어 각 6개의 측정영역에서 측정되는 휘도값을 산출하였고, 전체적인 평가방법에 있어서는 블라인드 슬랫형태 변화에 따른 DGI 결과값과 No 블라인드 상태에서의 DGI의 결과값을 비교·분석하였다. 또한 블라인드 슬랫 조절을 통한 글레어 제어의 가능 여부를 평가하였다.



그림 5. 평가모델(2)의 실험 작업영역

3.4 위치 변화에 따른 글레어 예측 평가

평가 모델 3단계의 연구에서는 관찰자의 위치에 따라 변화되는 DGI값을 토대로 DGI값을 결정짓는 주요변수의 상관관계를 평가하였다.

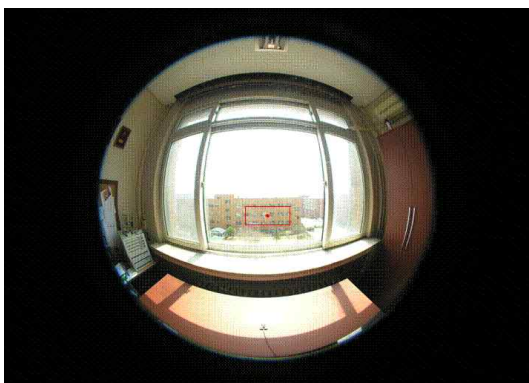


그림 6. 평가모델(3)의 실험 작업영역

실험 측정방법은 그림 6~7과 같이 2단계 연구의 실험 작업영역과 동일하나 본 연구의 실험은 채광창의 정중앙을 기준으로 설정하여 측정하였고, 관찰자의 위치변화에 따라 태양의 남중고도가 가장 높은 오후 12시 32분에 휘

도를 측정하였다. 또한 채광창으로부터의 0.7m 이격거리를 기준으로 1.7m 간격으로 휘도를 측정하였다.

특히 글레어는 시선의 중심에서 상하 좌우 30°이내 (Glare Zone)에서 쉽게 발생하기 때문에, 정확한 글레어를 평가하기 위해 관찰자의 위치에 따라 변화하는 DGI와 이를 결정짓는 주요 인자들과의 상관관계에 대해 평가하였다.

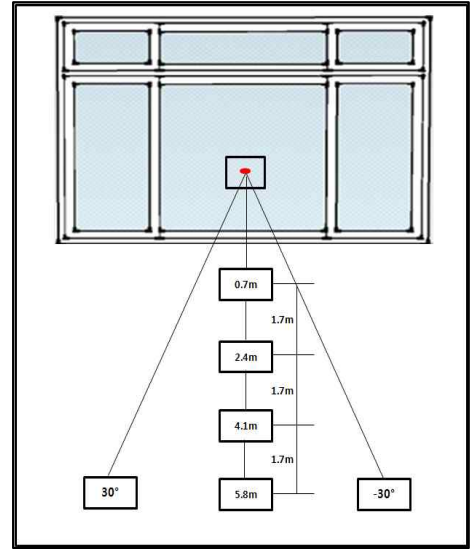


그림 7. Case Study Model. 3의 측정방법

4. 이미지 프로세싱 기법을 통한 글레어 평가

4.1 이미지 프로세싱 기법 검증

이미지 프로세싱 기법을 활용한 휘도값과 LS-100(휘도계측기)로 산출되는 휘도값을 비교하여 유효성에 대해 검증하였다.

표 3. LS-100과 Photolux의 오차율

측정위치		단위 : %								
		3월 16일			3월 17일			3월 18일		
시간		-30	90	30	-30	90	30	-30	90	30
12:00	상부	7.0	3.1	0.8	3.7	4.5	0.3	1.6	1.6	0.4
	중앙	9.4	7.0	3.4	2.2	2.3	1.7	8.3	0.2	4.1
	하부	8.7	9.4	8.0	0.2	7.6	0.4	9.4	0.3	0.8
1:00	상부	2.0	5.1	0.1	9.3	4.8	5.8	8.9	4.4	0.1
	중앙	6.3	3.9	4.0	0.1	2.6	0.5	7.1	0.6	4.5
	하부	6.1	3.2	0.5	1.4	0.5	1.2	1.0	8.7	7.4
2:00	상부	5.4	2.5	1.9	5.5	9.0	2.4	2.9	1.3	0.7
	중앙	1.5	0.4	3.7	7.2	0.2	1.8	6.7	9.2	8.2
	하부	4.6	5.1	0.6	0.6	1.6	0.0	1.0	1.4	7.1
평균	상부	4.3	2.1	0.8	5.2	3.2	2.7	1.6	1.4	0.1
	중앙	5.4	3.4	3.8	2.6	1.6	0.1	4.5	3.0	5.8
	하부	2.1	5.9	1.3	0.8	2.2	0.6	3.9	3.4	5.1

표 3에서의 LS-100과 Photolux의 오차율을 분석한 결과 두 가지 측정방법의 비교·분석을 통해 산출된 전체 시간대별 평균 휘도값의 대부분은 평균오차율이 10% 이내로 나타남으로써, 비교적 만족할 수 있는 결과를 나타내고 있다. 그러나 창면부의 중심(90°)을 기준으로 좌우

대칭으로 구분되어 휘도값 역시 좌우 대칭을 나타내야 하나 주변 건물과 지면 환경의 대칭이 이상적으로 이루어지지 않기 때문에 휘도값의 차이를 나타냈다. 따라서 장면휘도는 배경환경에 결정되고 외부 직달일사에 의한 영향이 가장 크다.

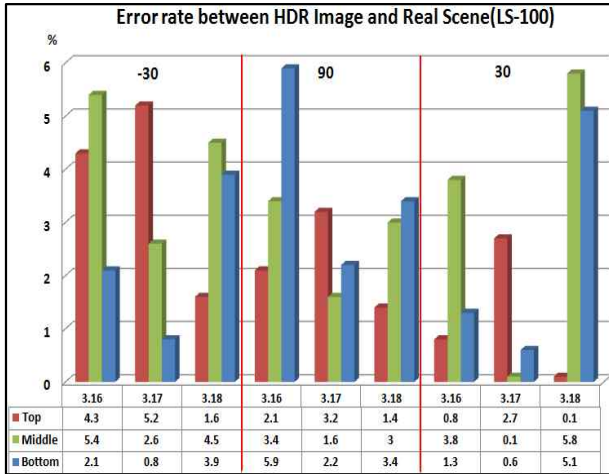


그림 8. View Point별 HDR의 휘도값 및 휘도계측기 휘도값의 오차율

각 측정 위치에 따른 HDR와 휘도계측기를 통해 측정된 휘도값의 오차율의 평균값에 대한 그래프를 그림8에서 나타내고 있으며, 측정시간에 따라 측정된 휘도값이 상이하기 때문에 각 위치에 따른 측정지점(상부,중앙,하부)에 따라 차이를 보이고 있으나, 전체적으로 모든 오차율의 값이 6% 이내로서 비교적 만족할 수 있는 결과를 나타내고 있다.

4.2 블라인드 슬릿 형태에 따른 DGI평가 및 분석

4.2.1 수평 Blind와 No Blind의 DGI 분석

수평 Blind와 No Blind의 DGI 분석 결과값은 표 4에서 나타내고 있다.

표 4. 수평 Blind와 No Blind의 DGI값

TIME	ITEM	DGI			
		Blind(수평)		No blind	
10:00	상부	Point(A)	24.9	Point(a)	23.8
	중앙	Point(B)	11.5	Point(b)	12.5
	하부	Point(C)	13.4	Point(C)	12.7
11:00	상부	Point(A)	24.8	Point(a)	25.0
	중앙	Point(B)	12.5	Point(b)	11.2
	하부	Point(C)	15.1	Point(C)	13.3
12:00	상부	Point(A)	24.6	Point(a)	24.0
	중앙	Point(B)	11.1	Point(b)	11.9
	하부	Point(C)	14.5	Point(C)	15.4
1:00	상부	Point(A)	23.5	Point(a)	25.6
	중앙	Point(B)	13.0	Point(b)	9.6
	하부	Point(C)	15.8	Point(C)	14.4
2:00	상부	Point(A)	22.8	Point(a)	24.3
	중앙	Point(B)	12.9	Point(b)	9.9
	하부	Point(C)	15.2	Point(C)	13.7
Average			17.0		16.5

각 블라인드 유형의 따른 DGI값은, 시간에 관계없이 측정 장면부의 구획의 상부에서 대부분 가장 높은 DGI값을 나타내고 있으며, 각 유형의 블라인드의 DGI 결과값을 DGI 현회기준과 비교 시 상부의 경우 약 22~25까지의 수치를 나타냄으로써, 사람이 인식할 수 있는 범위는 불편함을 느끼기 시작하거나 단지 불편한 정도로 나타났다. 또한 중앙부의 경우 약 11~15까지 범위의 수치로 나타냄으로써, 불쾌글레이어를 지각하지 못하는 수준으로 평가되었다. 마지막으로 하부의 경우 중앙부의 경우와 마찬가지로 불쾌글레이어를 지각하지 못하는 수준으로 나타났다.

4.2.2 Blind(30°)와 No Blind의 DGI 분석

표 5에서는 Blind(30°)와 No Blind의 DGI 분석결과를 나타내고 있으며, 각 블라인드 유형의 따른 DGI값은 수평 Blind와 No Blind의 DGI값과 동일하게 시간에 관계없이 상부에서 대부분 가장 높은 DGI값을 나타냈다. 상부의 경우에는 약 20~25까지의 수치를 나타냄으로써, 최소 불쾌글레이어를 수용할 수 있을 정도와 단지 불편한 정도의 수준으로 나타났다. 중앙부의 경우 약 9~16까지의 DGI 범위으로써, 불쾌글레이어를 지각하지 못하는 수준으로 나타났으며, 하부의 경우 9~15까지의 수치로 중앙부의 경우와 동일하게 불쾌글레이어를 지각하지 못하는 수준으로 나타났다.

표 5. 30° Blind와 No Blind의 DGI값

TIME	ITEM	DGI			
		Blind(30°)		No blind	
10:00	상부	Point(A)	20.7	Point(a)	22.1
	중앙	Point(B)	12.4	Point(b)	12.4
	하부	Point(C)	9.8	Point(C)	12.6
11:00	상부	Point(A)	22.5	Point(a)	24.0
	중앙	Point(B)	16.1	Point(b)	11.4
	하부	Point(C)	12.2	Point(C)	13.1
12:00	상부	Point(A)	23.1	Point(a)	24.0
	중앙	Point(B)	11.1	Point(b)	11.9
	하부	Point(C)	14.5	Point(C)	15.4
1:00	상부	Point(A)	23.5	Point(a)	25.6
	중앙	Point(B)	13.0	Point(b)	9.6
	하부	Point(C)	15.8	Point(C)	14.4
2:00	상부	Point(A)	22.8	Point(a)	24.3
	중앙	Point(B)	12.9	Point(b)	9.9
	하부	Point(C)	15.2	Point(C)	13.7
Average			16.4		16.3

그림 9에서는 블라인드 슬릿 형태의 DGI값을 전체적으로 비교하고, 장면부의 분할면적에 따른 DGI값을 나타내고 있다. 또한 각 블라인드를 통해 산출된 DGI 지수가 불편함을 느끼기 시작하는 24이상일 경우를 경계선으로 설정하여 평가하였다.

전체적으로 블라인드를 설치하지 않은 경우와 수평블라인드의 경우가 상부에서의 DGI값이 블라인드(30°)에 비해 경계선보다 높게 나타남으로써, 글레이어의 발생빈도가 더 높다고 볼 수 있으나 분할면적의 중앙부와 하부의 경우에는 대부분이 DGI 현회 기준의 최하위 단계인 지각하지 못하는 수준으로 나타났다. 특히 장면면역(상부, 중

상부, 하부)의 Range 내에서는 큰 차이는 없으나 각각의 변수에 따른 특정 포인트는 다르게 나타났다.

따라서 자연채광을 실내로 유입 시 블라인드를 통해 실내의 밝기나 조도는 제어할 수 있지만, 불균일한 자연채광 휘도분포를 갖는 대상공간의 글레어의 인자들은 더 빈번하게 발생할 수 있다.

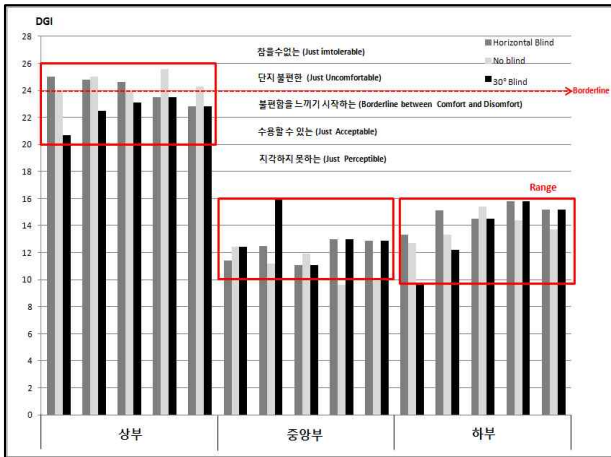


그림 9. 블라인드 슬릿형태에 따른 DGI

4.3 위치변화에 따른 글레어 예측 및 평가

DGI 평가법을 중심으로 피험자의 위치변화에 따른 글레어광원의 크기와 배경휘도의 상관관계를 예측하여 DGI를 평가함으로써, 실제 채광창으로부터 발생하는 글레어를 예측 또는 평가하였다. 또한 정확한 DGI값을 산출하기 위해 창면부의 동일한 지점에 이미지를 추출하여 글레어광원의 휘도를 산출시 측정점 단위로 측정면 단위로 분류하여 DGI값을 평가하였다. 즉 글레어광원의 크기는 측정점 단위의 휘도와 측정면 단위의 휘도로 산출하는 방법에 따라 DGI값도 달라지며, 글레어가 발생하는 대상으로부터의 거리가 멀어질수록 글레어 광원의 크기도 작아진다.

그림 10은 관찰자의 측정위치변화에 따라 글레어광원에서 발생하는 DGI값에 대해 나타내고 있으며, 대상광원인 창면과의 이격거리가 가장 가까운 0.7m를 기준으로 경계선을 설정하였다.

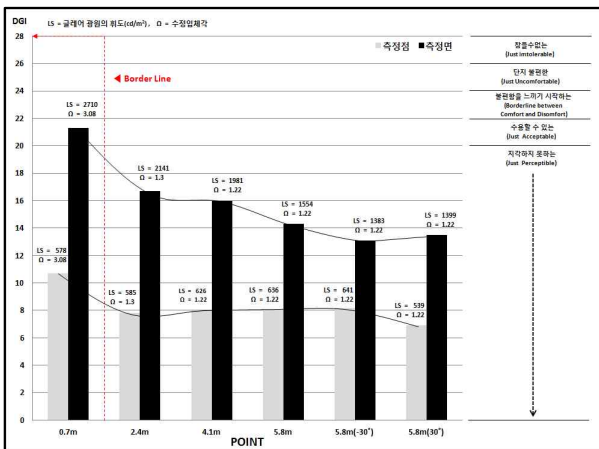


그림 10. 위치변화에 따른 글레어광원의 DGI

연구결과 경계선을 기준으로 하여 실제 채광창과의 이격거리가 가장 가까운 0.7m구간에서 가장 높은 DGI의 분포를 나타냈다. 그러나 측정지점의 간격이 1.7m의 심도의 변화가 있음에도 불구하고, 경계선을 기준으로 DGI값은 낮아지는바, 이는 그림 10에서 수정입체각(Ω)의 크기가 같더라도 글레어 광원의 크기는 다름으로 인하여, 즉 광원과 피험자간의 수평·상하의 거리(위치지수)에 따라 수정입체각의 크기는 변화되지만, 자연채광으로부터 발생하는 창면의 휘도분포가 불균일하기 때문에 배경휘도에 의해서도 DGI값은 변화될 수 있다.

글레어광원의 휘도를 점단위와 면단위로 측정하여 얻은 DGI값을 비교할 경우 점단위의 측정값이 면단위의 측정값보다 DGI값은 약 5~10정도의 차이를 나타내는데, 특히 DGI의 평가척도의 범위 중 DGI는 약 2정도의 수치로 변화할수록 불쾌글레어를 느끼는 수준이 달라지기 때문에 DGI를 산출하기 위해서는 정확한 휘도를 예측하는 것이 중요하다. 하지만 단일광원을 갖는 인공광원과는 달리 불균일한 휘도분포를 갖는 자연채광의 경우에는 외부인자로 인해 정확한 휘도를 예측할 수 없으므로, 비교적 동일한 휘도를 갖는 부분들의 평균값으로 분류하여 DGI를 평가해야 할 것으로 판단된다.

표 6. 수평 Blind와 No Blind의 DGI값

항목 위치	글레어 광원의 크기(LS)	배경 휘도 (LB)	입체각 (ω)	DGI
0.7m	2681	13697	0.239	14.2
2.4m	2162	10809	0.056	10.7
4.1m	1779	7980	0.012	10.5
5.8m	1403	6473	0.005	9.7
5.8m(-30°)	1018	5546	0.006	8.2
5.8m(30°)	1039	6928	0.006	7.4

표 6에서는 DGI값을 결정짓는 변수와의 상관관계를 평가하였으며, 배경휘도와 글레어광원의 크기, 입체각의 크기의 변화에 따라 DGI값의 산출방식에 대해 검토하였다.

대상광원과 관찰자의 거리가 멀어질수록 글레어 광원의 크기와 입체각의 크기는 감소되며, 배경휘도의 증가에 의해 DGI값은 감소하는 반면 글레어 광원이 클수록 배경휘도의 변화에 적은 영향을 받는 것으로 나타났다.

따라서 전체적으로 채광창을 분할하여 평가할 경우 대상광원에서 발생하는 불쾌글레어 원인을 찾고 이에 따른 해결책을 집중적으로 마련할 수 있다는 이점이 있지만, 불균일한 휘도분포를 갖는 채광창은 외부주광환경에 따라 그 변화가 상이할 수 있으므로, 또한 이에 대한 추가적인 고려가 요구된다.

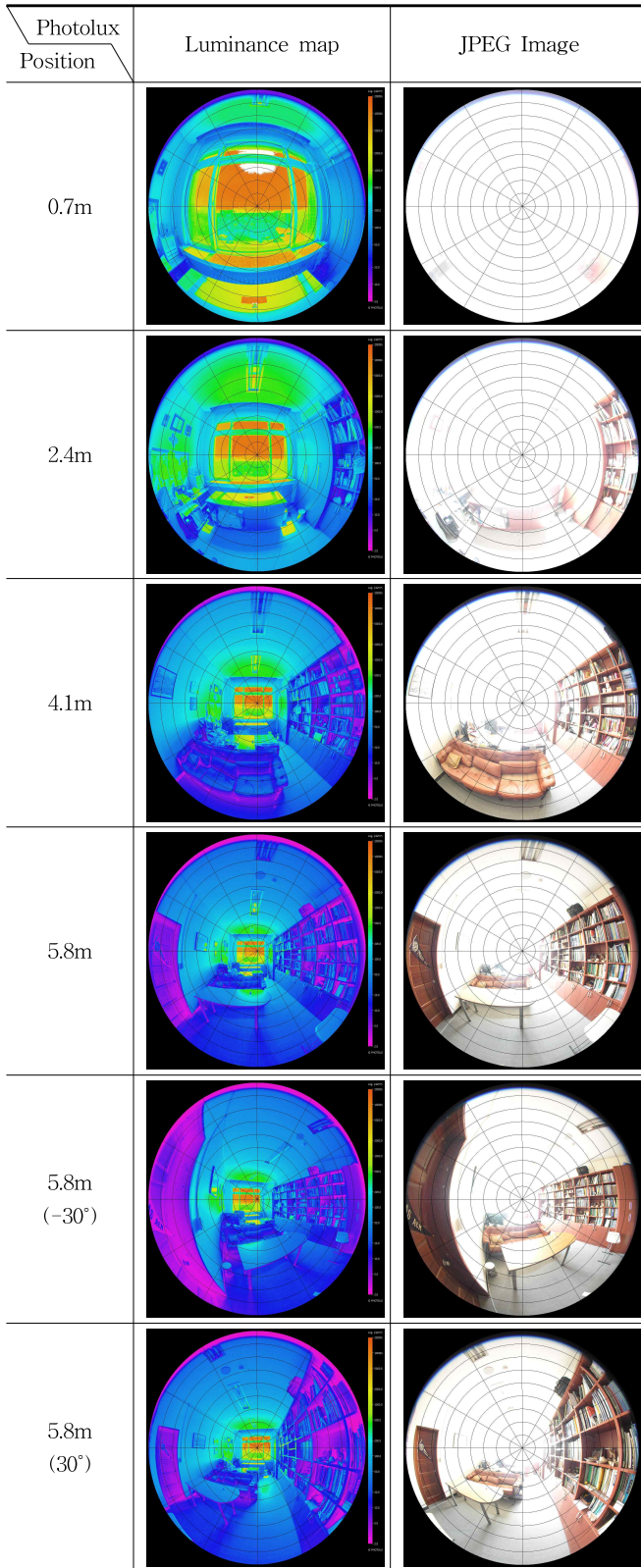


그림 11. 각 위치 변화에 따른 이미지 프로세싱

그림 11은 이미지 프로세싱 기법을 활용하여 각 위치에 따른 Luminance map와 JPEG Image에 대해 나타내고 있는데, 측정위치의 변화에 따라 대상공간의 글레어광원의 크기와 배경공간의 비는 달라진다.

5. 결론

본 연구에서는 이미지 프로세싱 기법을 활용하여 채광창으로부터 발생하는 불쾌글레어를 예측 및 평가하기 위해 총 3단계의 실험을 통해 분석·평가하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 이미지 프로세싱 기법을 활용한 Photolux 프로그램의 타당성 검증 : 대부분의 휘도분포는 창면부의 중심(90°)에서 가장 높은 평균 휘도값을 나타내었으며, 그 값을 기준으로 View point(30°, -30°)와의 차이는 최소 1.3배~최대 3.7배로 나타났다. 특히 최대 휘도값의 경우 균일한 휘도를 가진 인공조명과 달리 자연채광은 불균일한 휘도분포를 가지고 있기 때문에 특정 포인트에서 높게 나타난 것으로 판단되며, 하부의 경우에는 상부와 중앙부의 휘도값과는 달리 균일한 휘도값을 보이고 있는데, 이는 외부적인 환경요소로 인한 것으로 판단된다.

또한 LS-100과 Photolux의 오차율을 분석한 결과 대부분의 평균오차율은 10%이내로 나타났다. 하지만, 창면부의 중심(90°)을 기준으로 좌우 대칭으로 나누어 놓아 휘도값 역시 좌우 대칭이 되어야 하지만 주변 건물과 지면 환경의 대칭이 이상적으로 이루어지지 않기 때문에 휘도값의 차이를 나타냈다.

2) 블라인드 슬릿 형태에 따른 DGI(Discomfort Glare Index)평가 및 분석: 수평 Blind와 No Blind의 DGI 분석 결과의 경우 시간에 관계없이 측정 창면부의 구획의 상부에서 대부분 가장 높은 DGI값을 나타내고 있으며, 각 유형의 블라인드의 DGI 결과값을 DGI 현회기준에 비교 시 상부의 경우 약 22~25까지의 수치를 나타냈다. 중앙부의 경우 약 11~15까지 범위의 수치로 나타남으로써, 불쾌글레어를 지각하지 못하는 수준으로 평가되었다. 마지막으로 하부의 경우 중앙부의 경우와 마찬가지로 불쾌글레어를 지각하지 못하는 수준으로 나타났다.

아울러 Blind(30°)와 No Blind의 DGI 분석결과는, 수평 Blind와 No Blind의 DGI값과 동일하게 상부지점에서 대부분 가장 높은 DGI값을 나타내었으며, 상부의 경우에는 약 20~25까지의 수치로 나타났고, 중앙부의 경우 약 9~16까지의 DGI 범위로 나타났다. 하부의 경우 9~15까지의 수치로 중앙부의 경우와 동일하게 불쾌글레어를 지각하지 못하는 수준으로 나타났다.

전체적으로 블라인드를 설치하지 않은 경우와 수평 블라인드의 경우가 상부에서의 DGI값이 블라인드(30°)에 비해 경계선보다 높게 나타남으로써, 글레어의 발생빈도가 더 높다고 볼 수 있지만 분할면적의 중앙부와 하부의 경우에는 대부분이 DGI 현회기준의 최하위 단계인 지각하지 못하는 수준으로 나타났다. 또한 블라인드를 통해 실내 밝기조절은 가능하나, Glare를 유발하는 인자는 더 빈번하게 발생하였다.

3) 위치변화에 따른 글레어 광원의 DGI 분석결과: 경계선을 기준으로 하여 실제 채광창과의 이격거리가 가장 가까운 0.7m구간에서 가장 높은 DGI의 분포를 나타냈다.

하지만 측정지점의 간격이 1.7m간격임에도 불구하고, 경계선을 기준으로 DGI값은 낮아진다. 이는 DGI 평가식에서 DGI값을 결정짓는 주요 인자로서, 수정입체각(Ω)과 글레어 광원의 휘도가 커질수록 DGI값도 높아지는 데, 수정입체각을 산출할 경우 광원과 피험자간의 수평·상하의 거리(위치지수), 입체각으로 인해 DGI값에도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

또한 글레어광원을 측정점과 측정면으로 산출하여 DGI값을 비교할 경우 측정면보다 DGI의 결과값이 약 5~10 정도의 차이를 나타내고 있다. 특히 DGI의 평가척도의 범위 중 DGI는 약 2정도의 수치로 변화할수록 불쾌글레어를 느끼는 수준이 달라지기 때문에 DGI를 산출하기 위해서는 정확한 휘도를 예측하는 것이 중요하다. 하지만 단일광원을 갖는 인공광원과는 달리 불균일한 휘도분포를 갖는 자연채광의 경우에는 외부인자로 인해 정확한 휘도를 예측할 수 없으므로, 비교적 동일한 휘도를 갖는 부분들의 평균값으로 분류하여 DGI를 평가해야 한다.

전체적으로 채광창을 분할하여 평가할 경우 대상광원에서 발생하는 불쾌글레어 원인을 찾고 이에 따른 해결책을 집중적으로 마련할 수 있다는 이점이 있지만, 불균일한 휘도분포를 갖는 채광창은 외부 인자에 따라 그 변화가 상이할 수 있으므로, 또한 이에 대한 추가적인 고려가 요구된다.

대상광원과 관찰자의 거리가 멀어질수록 글레어 광원의 크기와 입체각의 크기는 감소되며, 배경휘도의 증가에 의해 DGI값은 감소하는 반면 글레어 광원이 클수록 배경휘도의 변화에 적은 영향을 받는 것으로 나타났다.

이상의 연구결과 실제 채광창으로부터 발생하는 휘도를 예측 또는 평가하는 방법에 있어 광학적인 장치나 방법을 제시함으로써, 건축 및 환경을 평가하는 방법에 적용 시 실제 연구에 적용 가능성을 검증하였다. 하지만 불균일한 휘도분포를 갖는 채광창에 대한 불쾌글레어를 평가하기 위해 DGI식을 적용하여 평가하였지만, 실제 채광창에서 발생하는 휘도는 불균일하기 때문에 단일한 대광원의 평균휘도를 사용하는 DGI평가법에는 한계가 있었다. 또한 블라인드 조절을 통해 DGI를 평가하기에는 한계가 있었으며, 수정입체각(Ω)의 크기가 동일하더라도 글레어 광원의 크기는 다르며, 광원과 피험자간의 수평·상하의 거리(위치지수)에 따라서도 수정입체각의 크기는 달라진다. 이는 자연채광으로부터 발생하는 창면의 휘도는 불균일하기 때문에 배경휘도에 의해서도 DGI값은 변화될 수 있다.

따라서 채광창에서 발생하는 글레어는 물리적인 한계로 인해 정확한 휘도분포를 예측하기 어려우며, 배경휘도의 증가에 의해 감소하고 글레어광원의 크기의 증가에 따라 DGI값은 증가했다. 결국 블라인드를 조절을 통해 불쾌글레어의 DGI를 제어하는 것은 한계가 있지만 휘도분포를 예측 또는 평가하는 방법에 있어 이미지 프로세싱 기법을 활용한 새로운 방법론에 대해 제시하였다.

향후 연구과제는 본 연구방법을 토대로 하여 기상 변

화에 따른 외부 주광조건을 고려하여 대광원에서 발생하는 불쾌글레어를 평가할 것을 제안한다.

후 기

이 논문은 2011년, 2012년도 정부[교육과학기술부]의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임[No. 2011-0027231, No. 2012-0000609].

참고문헌

1. CIE S 008/E-2001, Lighting of Indoor work places, pp 9-17, 2001.
2. 신동수, 건축 가시화를 위한 HDRI 기반 3D 렌더링에 관한 연구 2005.12.
3. 김원우, 신인중 창으로부터의 불쾌글레어를 평가하기 위한 DGI평가법의 한계성 검토, 대한건축학회논문집 계획계 제 20 권 제 11호, 통권 193호, pp 285~291, 2004.11
4. 임홍수, 김곤, 채광·조명설비시스템의 광학 분석을 위한 이미지 프로세싱 기법에 관한 연구, 한국생태환경건축학회논문집 Vol. 10. No.4 2010.08
5. 박종명, 이금환, 김곤, 이미지 프로세싱 기법을 활용한 공동주택의 창면휘도 분포 특성에 관한 연구, 생태환경건축학회 학술 발표대회 논문집 통권 21호, 2011.11.
6. M. Tokura, T. Iwata and M. Shukuya, Experimental study on Discomfort Glare caused by windows part.3, j. Archit. Plann. Environ. Eng, AIJ, No. 489, 17~25, 1996
7. Fawaz Maamari, Marilyn Andersen, Jan de Boer, William L. Carroll, Dominique Dumortier, Phillip Greenup, "Experimental validation of simulation methods for bi-directional transmission properties at the daylighting performance level", Energy and Buildings, Vol 38, Issue 7, pp 878~889, 2006.07
8. M. Bouberi, L.L. Boyer, "Effect of window size and sunlight presence on glare", Light Research and Technology, Vol 24, 1992
9. L. Bellia, G.F. Iuliano, G. Spada, "A Comparison between DGI Obtained Through Different Methods and Perceived Evaluation Index DDG", International Journal on Architectural Science, Vol 8, Num 1, pp 28~36, 2011
10. Won Woo Kim,, Jeong Tai Kim, "A Position Index Formula for Evaluation of glare Source in the Visual Field", Indoor and Built Environ 2010:000:1~7
11. Mehmedalp Tural, "A Diagnostic Tool for Assessing Lighting in Buildings: Investigating Luminance Contrast Relationships Through High-Dynamic-Range Image Based Analysis", Unpublished master's thesis, Arizona State University, Tucson, Arizona, 2011.08

투고(접수)일자: 2012년 6월 20일

수정일자: (1차) 2012년 9월 27일

게재확정일자: 2012년 10월 4일