

휘도맵의 작성을 위한 HDRI 생성 도구의 신뢰도에 관한 연구

A Study of HDR Software Reliability for the Luminance Map Creation

홍 승 대 | Hong, Sung-De

정회원, 신안산대학교 실내디자인과 부교수

Abstracts

Luminance is the most important quantity in lighting design and illuminating engineering. There are three methods for measuring luminance; using a conventional luminance meter, through the illuminance measurement and subsequent calculations and using digital imaging photometer. Recently, HDRI(High Dynamic Range Imaging) technique introduces a new method of capturing luminance values in a lighting environment. The radiance maps from HDRI are commonly used as visual environment maps for lighting analysis applications.

For the HDRI, HDR software is needed to create HDR image. Currently, there is number of HDR software available. The purpose of this paper is to investigate whether a luminance map can be accurately captured by the various types of HDR software which include HDR Shop and Photoshop. To accomplish this goal a set of experiments was conducted. In order to assess the luminance values of the HDR image from HDR software, the values had to be compared to the ones obtained with conventional methods of luminance measurement.

Keywords

Luminance, HDRI, Lighting Design, Luminance Map

키워드

휘도, HDRI, 조명디자인, 휘도맵

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

휘도는 조명 분야의 설계와 엔지니어링에서 가장 중요한 양적 척도이다. 인간의 시각에 대한 직접적인 자극 요소이고, 광원의 휘도는 눈부심의 정도를 판단하는 기초가 되며, 표면에서 만들어지는 휘도의 차이 (luminance contrast)는 대상을 지각하는 데 필요한 환경적인 요건이 된다.¹⁾

이러한 휘도에 대한 일반적인 측정 방법은 3가지로 대별된다. 첫째, 점휘도계(Point luminance meter)를 사용하여 측정하는 것이다. 두 번째 방법은 조도계(illuminance meter)를 이용하여 조도를 측정하고 2차적인 계산을 통하여 값을 구하는 것이다. 세 번째 방법은 화상 휘도계(Imaging photometer)를 이용하는 것이다.

이상의 3가지 방법 이외에 최근에는 High Dynamic Range Imaging (HDRI)을 이용한 휘도의 측정기법이 소개되어 활발한 활용이 이루어지고 있다. HDRI는 매우 폭넓은 장면의 휘도 정보를 정확하게 기록할 수 있기 때문에, 점휘도계를 이용한 방법에서 빈번하게 발생하는 측정과 기록의 번거로운 과정을 생략할 수 있고, 생성된 이미지 자체가 휘도맵(Luminance map)을 형성하기 때문에 신속하고 효율적이고 정확하다는 장점을 갖고 있다. 이와 같이 HDR이미지는 인간의 시각과 직접적으로 관련되는 휘도에 관한 정보를 비교적 정확하게 매핑하는 것으로 보고되고 있다.

HDR 이미지를 생성하는데 있어서 HDRI 생성 도구(S/W)의 활용은 핵심적이다. HDRI S/W는 다수의 LDR(Low Dynamic Range)이미지를 결합하여 HDR 이미지를 생성한다. HDR S/W를 통하여 생성된 HDR 이미지는 LDR의 동적범위를 확장시켜 놓은 이미지로서 실세계의 밝기 정보를 포함하고 있다.

HDR S/W는 현재 다양한 제품이 개발되어 있고, 개발이 진행 중이다. 그러나 현재와 같이 다양한 HDR S/W에서 생성된 HDR 이미지가 모두 실세계의 밝기정보를 정확하게 기록하는가라는 점에서는 의문의 여지가 있다. 만약 HDR S/W가 기록한 정보가 실제 밝기 정보와 일치 하지 않는다면, 생성된 결과물(HDRI)은 동적영역(Dynamic Range)을 확장시킨 시

각적인 이미지로서는 가치가 있을 수 있지만, 시각 환경의 밝기에 대한 정량적인 평가를 위한 근거 데이터로는 사용이 불가하기 때문이다. 본 연구는 이점에 주목하여 HDR S/W에서 생성된 이미지의 밝기정보의 신뢰도를 검증하고자 한다.

1.2 연구의 방법

본 연구에서 평가할 HDR S/W는 윈도우 OS를 기반으로 하는 도구들 중에서 이미지 편집의 대표적인 그래픽 도구인 Photoshop CS5(HDR Pro)와 전문적인 HDR S/W로 평가되는 HDR Shop을 대상으로 하였다. 이와 같은 평가 대상의 선정은 보편적인 그래픽 패키지에 내장된 HDRI 생성 기능과 전문적인 HDRI 생성 도구와의 비교를 통하여 데이터의 신뢰성을 검증하기 위함이다. 이를 위하여 본 연구에서 수행한 연구의 방법은 다음과 같다.

(1) 본 연구의 휘도 측정 대상은 주광이 유입되지 않고 상대적으로 휘도대비가 크지 않은 미술관의 전시공간을 대상으로 LDR의 촬영과 휘도 측정을 수행하였다.²⁾

(2) 본 연구에서 LDR의 촬영에 적용한 조리개 값은 f/5.6과 f/11 2개이며, 노출값(EV)의 간격을 $\pm 1/2$ 씩 조절하여 9장의 LDR을 촬영하였다.

(3) 실험 대상공간의 휘도값을 측정하기 위해서 18개의 측정점을 설정하고, 점휘도계를 사용하여 설정된 측정점의 휘도를 측정하였다.

(4) 촬영된 9장의 LDR을 2개의 평가 대상 HDRI S/W에서 내장된 고유의 카메라함수 산출 방식을 통하여 함수를 만들고, 5개(EV ± 1)과 9개(EV $\pm 1/2$)의 각 2개의 케이스로 구분하여 HDR 이미지를 생성하였다.

(5) 생성된 HDR 이미지는 Radiance falsecolor 프로그램을 이용하여 휘도값을 분석하였다. 이렇게 분석된 결과를 점휘도계를 사용하여 측정한 휘도값과의 비교를 통하여 데이터의 신뢰도를 분석하였다.

2. HDR Shop과 Photoshop

Photoshop은 Adobe Systems사의 대표적인 이미지 편집 도구이며, 가장 보편화된 상업용 그래픽 패키지이다. 반면 HDR Shop은 USC의 Paul Debevec 연구

1) DiLaura et al., The Lighting Handbook, 10th edition. Reference and application. p. 5.14

2) 서울시립미술관 천경자 상설전시실

팀이 개발한 HDR이미지 생성도구이다.

HDR Shop의 특성은 Photoshop과 달리 EXIF³⁾ 데이터로부터 노출값을 읽어 들일 수 없고, 따라서 f-stop의 증가 값을 사용자가 직접 입력해야한다는 것이다. 또한 이미지정렬(Aligning Images)기능이 포함되어 있지 않고, 내부 알고리즘을 이용하여 카메라응답함수를 작성하고 이를 HDR이미지 생성에 적용한다. 컬러심도는 32비트를 기반으로 하고 있다.

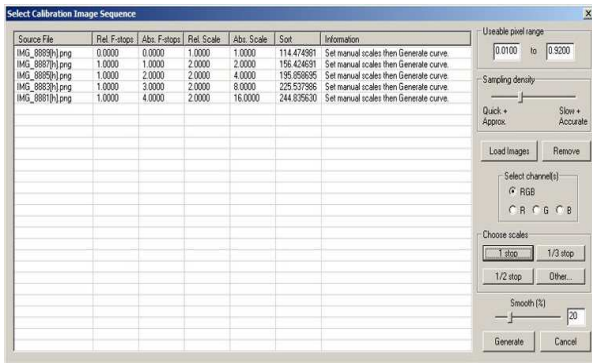


그림 1. HDR Shop의 LDR 입력

또 다른 평가 대상인 Photoshop CS5(HDR Pro)는 패턴인식 방법의 이미지 정렬 기능을 사용한다.⁴⁾ HDR Shop과 달리 입력된 LDR의 f-stop의 증가값이 자동으로 입력되고 표시된다. 또한 자체 알고리즘을 이용한 카메라응답함수를 작성하고 이를 적용할 수 있다. 컬러심도는 기본적으로 8비트 기반이지만 32비트 까지 확장이 가능하다.

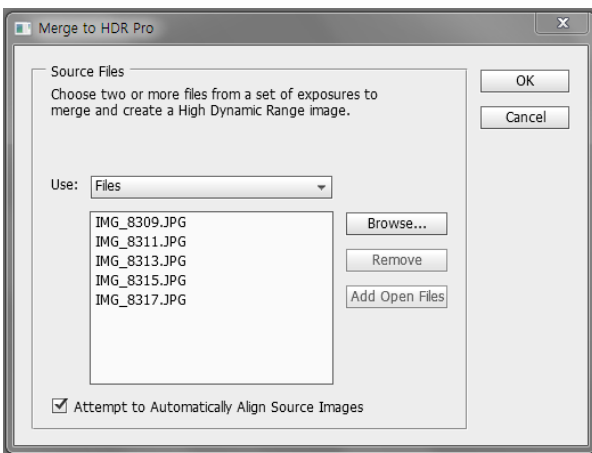


그림 2. Photoshop의 LDR입력

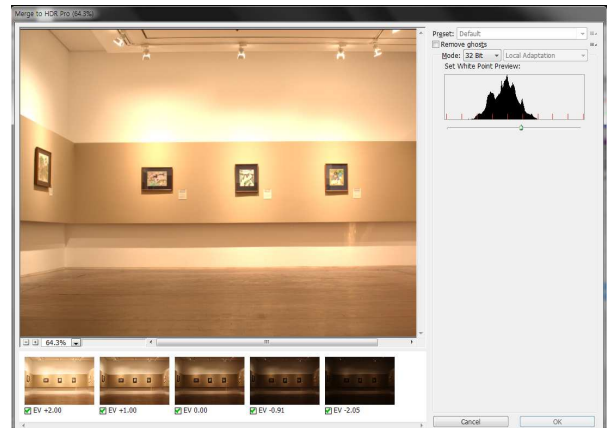


그림 3. Photoshop (HDR Pro)

3. 휘도의 측정과 LDR의 촬영

3.1 휘도의 측정

HDRI를 이용한 광환경의 측정은 높은 휘도를 갖는 광원이 장면에 포함되지 않는 환경에 적용하는 방법과 주광을 포함하는 장면에 적용하는 2가지 경우가 있다. 본 연구에서는 주광이 유입되지 않는 미술관의 전시공간을 대상으로 휘도 측정을 수행하였다.

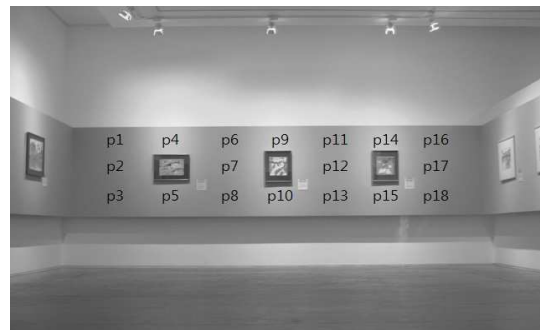


그림 4. 18개 휘도 측정점



그림 5. 휘도계 측정값

3) Exchangeable image file format

4) Christian Bloch 저, HDRI handbook, p.117

대상공간의 휘도값을 측정하기 위하여 사용된 휘도계는 Minolta LS-110 이며 측정각은 1/3도이다. 휘도계를 이용한 측정에서 보다 정확한 측정을 위하여 삼각대를 사용하였으며, 측정대상 지점을 18개로 설정하였다.(그림 4) 휘도계를 이용한 측정결과는 그림 5와 같다.

3.2 LDR의 촬영

HDRI의 작성은 LDRI의 촬영으로부터 시작된다. LDR은 동일한 장면을 노출값을 달리하여 연속적으로 촬영하는 것이기 때문에 촬영 중에 대상 내에서 움직임이 발생하는 것을 최대한 피해야한다. 이는 피사체의 움직임뿐만 아니라 카메라 자체의 움직임도 포함된다. 이에 본 연구에서는 LDR의 촬영에 있어 삼각대를 사용하였으며, 표 1과 같이 카메라를 설정하여 촬영하였다.

표 1. 카메라 및 촬영의 설정

Camera	CANON EOS 450D
Image Size	4,272×2,848
Image Sharpening	off
Focusing	manual
Lens	30 mm
ISO	400
Metering	spot
White Balance	4000 K

LDR의 촬영에서 초기 동적 영역의 추정이 중요한데, 본 연구에서는 최초 조리개 값을 f/5.6과 f/11 2개로 설정하여 고정된 조리개 값을 사용하였다. 이는 측정 대상 공간의 밝기 특성과 촬영을 위해 사용된 카메라의 광학적 성능을 고려한 결과이다. 그리고 촬영의 기준(EV ±0)이 되는 노출은 화면에서 가장 밝은 부분을 기준으로 하였고 셔터스피드를 조절하여 ±1/2 EV씩 증감하면서 촬영하였다.⁶⁾ 이때 각 LDR의 EV는 다음과 같이 계산한다.

$$EV = \log_2 \left(\frac{f^2}{T} \frac{S}{100} \right)$$

여기서, f : 조리개 값, T: 셔터스피드값, S: 감도(ISO)

5) 주광의 유입이 없는 실내이면서, 장면의 동적범위(DR)가 크지 않다는 특성을 고려한 것이다.

6) 홍승대, 신은주, HDR이미지를 이용한 공동주택 외부조명의 휘도 분석, 한국디지털건축인테리어학회 논문집 (2012), 12권 제2호 2012 pp.36

이상의 설정을 통하여 촬영된 9개의 LDRI는 표 2와 표 3과 같다.

표 2. f/5.6으로 촬영된 LDR



















LDR	EV	Exposure time(sec)
	6 (EV -2)	1/2
	6.5 (EV - 1.5)	1/3.3
	7 (EV -1)	1/4
	7.5 (EV - 0.5)	1/6
	8 (EV ±0)	1/8
	8.5 (EV +0.5)	1/10
	9 (EV +1)	1/15
	9.5 (EV +1.5)	1/20
	10 (EV +2)	1/30

표 3. f/11로 촬영된 LDR

LDR	EV	Exposure time(sec)
	6 (EV -2)	1/0.5
	6.5 (EV - 1.5)	1/0.7
	7 (EV -1)	1
	7.5 (EV - 0.5)	1/1.4
	8 (EV ±0)	1/2
	8.5 (EV +0.5)	1/3.3
	9 (EV +1)	1/4
	9.5 (EV +1.5)	1/6
	10 (EV +2)	1/8

4. HDR 이미지의 생성 및 분석

4.1 HDR 이미지의 제작

(1) 카메라 응답곡선

노출값(EV)을 조정하면서 연속적으로 촬영된 복수의 LDR 이미지를 HDR 이미지로 생성하기 위해서는 복수의 LDR을 동일하게 처리하기 위한 함수가 필요하다. 이는 카메라에서 생성되는 이미지 파일의 픽셀에 기록되는 밝기 값이 실제 픽셀의 밝기 값(irradiance)과 선형적으로 비례하게 처리되지 않기 때문이다.⁷⁾ 따라서 촬영에 사용된 카메라의 고유한 빛 처리 함수(Camera response curve)를 구하는 것이 빛 환경을 정확하게 기록하기 위한 첫 번째 단계라고 할 수 있다.

카메라 응답곡선은 카메라의 센서에 입사하는 빛의 양(radiance)과 생성된 이미지의 화소(pixel)가 갖는 밝기 값(irradiance)과의 함수관계를 나타낸다. 광전변환함수(OETF)⁸⁾라고도 불리는 이 함수는 외부의 빛에 대하여 해당 카메라가 어떻게 빛을 처리하는지에 관한 고유 함수이다.

본래 외부의 빛이 입사하는 광센서는 선형적(Linearity)으로 작동한다. 즉 광센서를 구성하고 있는 셀(cell)의 전자량은 입사하는 빛의 양에 비례하게 된다. 그러나 일반적으로 이미지의 화소에 나타나는 최종 처리 결과는 선형적이지 않다. 이러한 비선형적(Non-linearity)인 처리 결과의 원인은 A/D컨버터가 선형적으로 작동하지 않았기 때문일 수도 있고, 시각적인 이미지 향상을 위해 내부적으로 감마보정(Gamma correction)이 적용되었기 때문일 수도 있고, 화이트 밸런스(White balance)에서 발생하는 문제라고 알려져 있다.

카메라 응답곡선은 카메라의 기종 마다 고유의 특성을 갖고 있기 때문에 HDRI작성에 있어 카메라와 카메라 응답곡선의 매칭은 필수적이다. 본 연구에서는 LDR 촬영에 사용된 카메라 응답함수를 HDR shop(.m)과 Photoshop(.rcv)을 이용하여 각각 작성하였다.⁹⁾

7) Axel Jacobs. High Dynamic Range Imaging and its Application in Building Research. ADVANCES IN BUILDING ENERGY RESEARCH 2007. VOL. 01. p.4

8) Opto-Electrical Transfer Function

9) 평가 대상 HDR S/W 상호간에 카메라응답함수가 호환되지 않음에 따라 고유의 함수를 사용하였다.

HDR shop에서 CANON EOS 450D의 응답곡선은 그림 6과 같다.

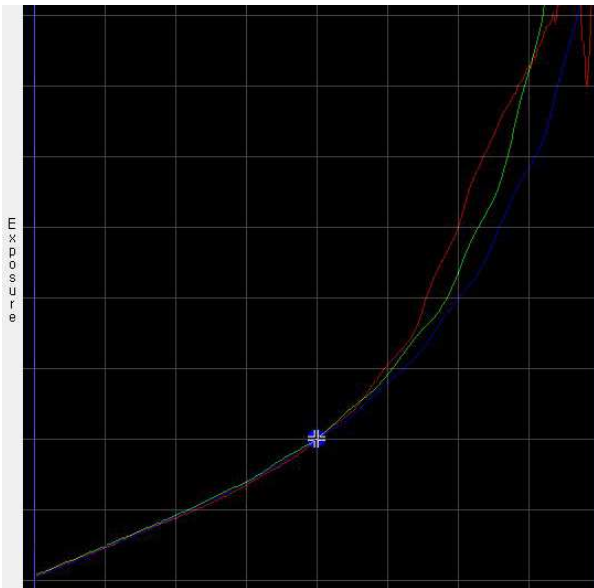


그림 6. 카메라응답곡선 (Canon 450D)

(2) HDR 이미지의 생성

복수의 LDR 이미지는 카메라응답곡선의 처리를 통하여 HDR 이미지로 만들어진다. 본 연구에서는 평가 대상인 HDR Shop과 Photoshop을 이용하여 HDR 이미지를 생성하였다.

또한 2개의 도구에서 생성된 HDR 이미지는 평가를 위하여 동일하게 Radiance hdr 포맷으로 기록하였다. (그림 7)

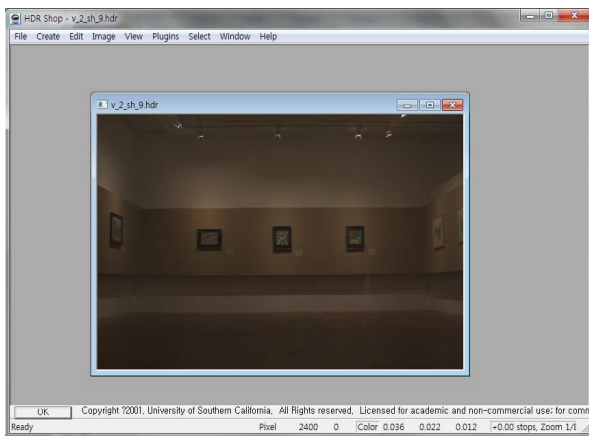


그림 7. HDR Shop을 이용하여 생성된 HDR 이미지

HDR 이미지를 생성함에 있어, 본 연구에서는 다음과 같이 EV의 증분 값을 ±0.5와 ±1의 2가지 경우로 분리하여 제작한다. 이는 EV의 증분 값의 변화에 의한 HDR이미지의 휘도 변화 가능성을 함께 확인하기 위함이다.¹⁰⁾

- 1) 9개(EV= ±0.5)의 LDR을 이용한 HDR이미지의 작성
- 2) 5개(EV= ±1)의 LDR을 이용한 HDR이미지의 작성

이상과 같이 구분한 EV와 각각의 HDR S/W의 적용을 고려하면 표4와 같이 8개의 case가 만들어진다.

표 4. case의 구분

LDR	f-number	HDR S/W	case No.
9개	f/5.6	Photoshop	case_1
		HDR Shop	case_2
	f/11	Photoshop	case_3
		HDR Shop	case_4
5개	f/5.6	Photoshop	case_5
		HDR Shop	case_6
	f/11	Photoshop	case_7
		HDR Shop	case_8

4.2 휘도의 분석

(1) 휘도맵(luminance map)의 작성

HDR이미지는 실세계의 밝기에 근접하는 정보를 포함하고 있는 이미지로서, 측정 대상의 휘도 분포를 직관적으로 파악할 수 있는 휘도맵(Luminance map)을 작성할 수 있다. 본 연구에서는 Radiance hdr 포맷으로 기록된 HDR 이미지의 휘도맵을 작성하기 위하여 Gregory J. Ward가 개발한 이미지 분석도구인 Radiance Falsecolor 프로그램을 이용하였다.(표 5)

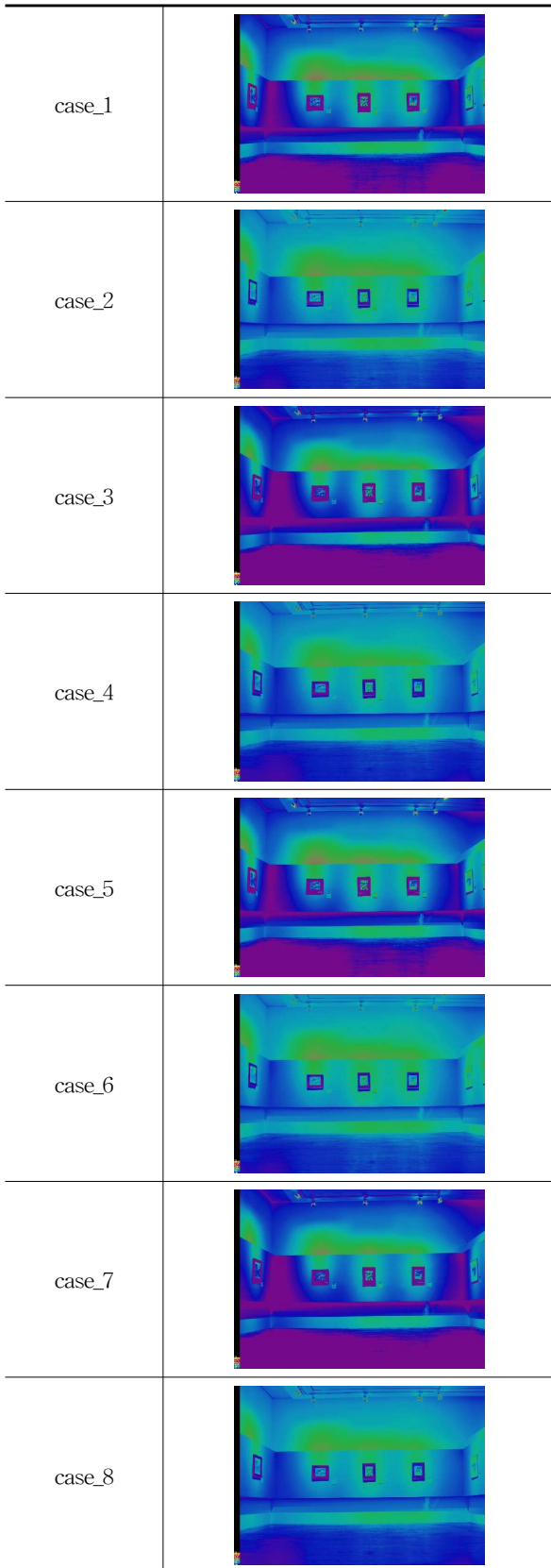
표 5. falsecolor 프로그램

```
falsecolor - ip photo.hdr - log 2 > photo.pic
```

Radiance Falsecolor 프로그램을 이용하여 작성된 8개 case별 휘도맵은 표 6과 같다.

10) 선행 연구(Jacobs,2007)에 따르면 EV ±1을 이용하는 방법이 소개되고 있다.

표 6. case_1~case_8의 휘도맵



(2) 휘도값의 분석

본 연구의 목적인 HDR S/W의 신뢰도 평가를 위해서는 각 S/W에서 작성된 HDR 파일에 기록되어있는 휘도값과 실제 측정된 휘도값과의 비교를 통해서 그 신뢰성을 검증해야한다. 표 7과 표 8은 대상공간의 18개 측정 지점에 대한 각 case별 휘도값과 실제 휘도계를 이용하여 측정된 값의 비교 결과이다.

표 7. case_1~case_4의 측정결과

측정점	실측값	case_1	case_2	case_3	case_4
p_1	4.6	16.5	4.4	14.3	3.7
p_2	4.3	15.3	4.2	13.5	3.5
p_3	3.5	13.2	3.5	11.4	3.0
p_4	14.7	53.9	12.8	47.5	10.7
p_5	6.1	23.4	6.0	20.0	4.8
p_6	7.6	28.8	7.0	24.3	5.7
p_7	6.9	26.9	6.4	22.8	5.4
p_8	5.8	22.5	5.4	19.1	4.5
p_9	13.6	48.4	11.3	43.2	9.9
p_10	8.8	36.5	8.8	31.8	7.3
p_11	8.0	31.2	7.2	26.3	6.1
p_12	8.0	29.8	7.1	25.5	6.1
p_13	6.4	25.8	5.9	22.0	5.2
p_14	13.5	48.8	11.2	42.5	9.7
p_15	8.9	33.7	8.0	28.9	6.6
p_16	5.4	21.1	5.2	16.4	4.0
p_17	5.5	20.6	5.1	16.5	4.0
p_18	4.7	16.9	4.5	14.1	3.6

표 8. case_5~case_8의 측정결과

측정점	실측값	case_5	case_6	case_7	case_8
p_1	4.6	16.5	4.1	14.6	3.6
p_2	4.3	15.1	3.8	13.6	3.4
p_3	3.5	13.6	3.4	11.5	2.9
p_4	14.7	52.6	12.8	46.2	10.7
p_5	6.1	22.7	5.4	20.2	4.8
p_6	7.6	27.8	6.7	24.2	5.7
p_7	6.9	26.4	6.2	22.2	5.4
p_8	5.8	22.3	5.5	18.7	4.6
p_9	13.6	48.4	11.3	42.2	9.7
p_10	8.8	34.6	8.3	30.2	7.2
p_11	8.0	29.9	7.2	25.5	6.0
p_12	8.0	29.2	7.1	24.8	5.9
p_13	6.4	24.6	5.8	21.6	5.1
p_14	13.5	47.7	11.0	40.8	9.6
p_15	8.9	32.9	7.7	28.2	6.7
p_16	5.4	19.6	4.9	16.4	4.2
p_17	5.5	19.2	4.8	16.3	4.0
p_18	4.7	16.4	4.0	13.5	3.5

이와 같은 물리적 휘도 측정결과와 평가대상 S/W를 이용하여 생성된 HDR 이미지에 기록된 휘도값을 비교하여 분석하면 다음과 같다.

1) 조리개 값 f/5.6으로 촬영한 LDR을 이용하여 작성된 case_1은 실측값과 오차가 매우 크고(평균 오차를 278%), 반면 case_2는 평균 오차율이 7%로서 실측값에 거의 근접하는 것으로 나타났다.

즉 조리개 값 f/5.6에서 HDR Shop을 S/W로 이용한 경우는 실측값과 거의 일치하는 것으로 나타났으며, Photoshop을 S/W로 이용한 경우는 오차가 크게 나타난 것으로 확인되었다.

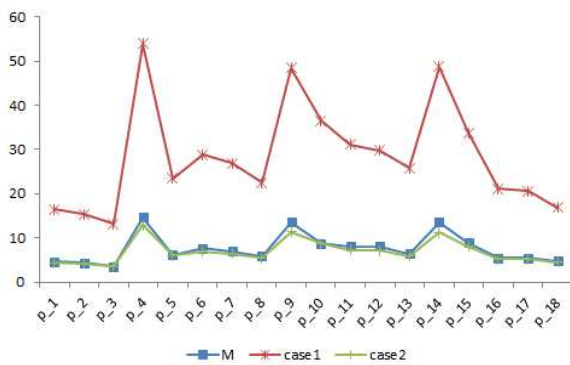


그림 8. case_1과 2의 측정 오차

2) 조리개 값 f/11으로 촬영한 LDR을 이용해서 HDR 이미지를 작성한 case_3과 case_4에서 case_3은 평균오차가 222%로서 실측값과의 차이가 큰 것으로 나타났다.

HDR Shop을 S/W로 이용한 case_4 경우는 평균오차가 23%로서 case_3보다 오차는 작지만 실측값보다 낮은 휘도값을 기록하고 있다.

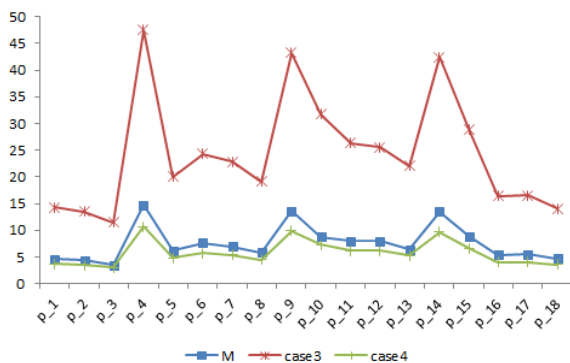


그림 9. case_3과 4의 측정 오차

3) f/5.6의 조리개 값으로 촬영한 LDR을 이용하여 작성된 case_5와 case_6에서 case_5는 실측값과의 오차가 268%로서 매우 큰 것으로 나타났다.

HDR Shop을 S/W로 이용한 case 6의 경우는 11%의 오차율을 나타내어 실측값에 근접하는 것으로 나타났다. case_6은 18개의 측정점 중에 높은 휘도값을 나타내는 지점(p_4, p_9, p_14)에서 오차율이 증가하는 것으로 확인되었다.

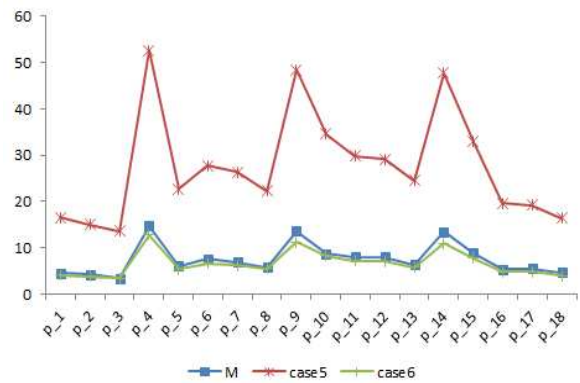


그림 10. case_5와 6의 측정 오차

4) f/11의 조리개 값으로 촬영한 LDR을 이용하여 작성된 case_7과 case_8의 경우, case_7은 오차율이 216%로서 실측값과의 오차가 매우 큰 것으로 나타났다.

HDR Shop을 S/W로 이용한 case_8의 경우는 case_7보다 오차는 작지만(23%) 실측값보다 낮은 휘도값을 기록하고 있고, Photoshop을 S/W로 사용한 경우는 여전히 오차가 크게 나타난다. 이는 case_1과 case_3, case_5에서 확인된 오차율과 유사하다.

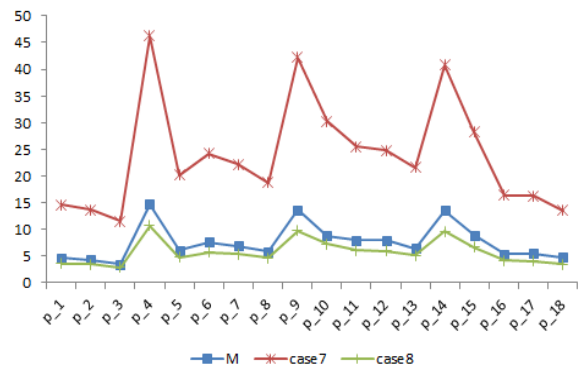


그림 11. case_7과 8의 측정 오차

5) 분석 결과, 실측값에 가장 근접하는 케이스는 case_2인 것으로 확인된다. case_2의 실측값과의 오차율은 7%로서 매우 높은 신뢰도를 보여준다. case_2는 f/5.6의 조리개 값에서 LDR 9매를 촬영한 것이다. case_6의 오차율은 11%로서 일반적으로 허용되는 오차율(10%)에¹¹⁾ 근접한다. case_6은 case_2와 동일한 f/5.6의 조리개 값에서 5매를 촬영한 것이고 case_2와 case_6의 오차율의 차이는 4%이다. 즉 동일 조리개 값에서 LDR의 수량을 증가시킴으로서 오차를 감소시키는 것으로 확인되었다.

5. 결 론

시각 환경의 밝기 분포를 측정하고 이를 해석하는 것은 조명 환경 분야에서 매우 중요한 부분이다. 특히 휘도의 측정은 인간의 시지각과 직접적으로 연관되어 이에 대한 측정방법은 정확성과 효율성을 반드시 고려해야한다. 본 연구에서는 전통적인 휘도 측정방법과 달리 최근에 그 효율성과 정확성을 인정받고 있는 HDR이미지를 이용한 휘도 분포의 측정에 관한 내용을 소개하였다. 특히 다수의 LDR이미지를 결합하여 HDR 이미지를 생성하는 도구인 HDR S/W로부터 생성된 이미지(HDRI)의 정확도를 평가하였다.

본 연구의 평가 결과, Photoshop은 HDR 이미지를 생성하는 HDR S/W로서의 성능은 우수한 것으로 확인되었다. 이미지 정렬과 확장된 동적영역을 통한 시각적인 질이 높은 이미지(Tone-mapped image)를 생성하였다. 그러나 작성된 .hdr 파일에 기록된 휘도값은 실제의 휘도값을 기록하지 못하는 것으로 파악되었다. 기록된 값은 측정값 보다 매우 과장되게 기록되는 것으로 확인되었다. 이는 자체적으로 작성되는 응답곡선이 실제 실험용 카메라응답곡선과 차이가 있는 것으로 판단된다. 포토샵에서 카메라 응답곡선을 생성하는 방법은 1~2 f-stops의 노출 차이를 갖는 5장 정도의 LDR을 Photoshop 자체에 내장된 HDR tool로 로드하여, 여기서 읽힌 정보를 카메라 응답곡선으로 저장하는 방식을 취한다. 이러한 포토샵의 HDR 알고리즘은 카메라 응답 곡선을 정확하게 생성할 수 없다. Exif 정보를 LDR의 각 파일에서 읽어 들이고, 동일한

노출값을 갖는 것으로 전제하고 노출 보상을 고려하지 않기 때문이다. 이는 이미지의 시각적인 질을 중요시하는 그래픽 패키지의 한계라고도 할 수 있다. 반면 HDR Shop은 이미지 정렬과 같은 기능에서는 문제점을 드러내지만 작성된 .hdr 파일에 기록된 휘도 값은 실제의 휘도 값에 근접하는 값을 기록하는 것으로 확인 되었다.

특히 case_2와 같은 세팅에서는 실측값과의 평균오차율이 7%인 것으로 확인되어 정확한 기록이 가능한 것으로 판단된다. 조리개 값의 설정에 따른 결과는, f/11의 조리개 값이 f/5.6과 비교하여 조리개 값은 작고 피사계 심도는 깊어 왜곡이 적은 이미지를 기록할 수 있다고 예상되었지만, f/5.6에서 작성된 HDR의 휘도 값보다 오차가 크고 기록된 휘도 값은 실측값보다 낮은 수치로 기록되는 것으로 확인되었다.

본 연구는 측정 대상의 휘도 차이가 크지 않은 공간을 대상으로 하였고, 기록용 카메라의 조리개 값을 2개로 제한하였다. 이는 매우 제한적인 조건이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구의 결과를 일반화하기에는 무리가 있음을 밝혀둔다. 향후, 보다 다양한 카메라와 렌즈, 조리개 값을 적용한 HDR S/W의 평가가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 홍승대, 신은주, HDR이미지를 이용한 공동주택 외부조명의 휘도 분석, 한국디지털건축인테리어학회 논문집 제12권제2호, 2012
2. DiLaura, David, Houser, Kevin, Mistrick, Richard, and Steffy, Gary, The Lighting Handbook, 10th edition. Reference and application. IES, 2011
3. MN Inanici. Evaluation of high dynamic range photography as a luminance data acquisition system. Lighting Res. Technol. 38,2 2006
4. Axel Jacobs. High Dynamic Range Imaging and its Application in Building Research. ADVANCES IN BUILDING ENERGY RESEARCH 2007. VOL. 01
5. Christian Bloch저, 주다영, 이상욱 역, HDRI handbook, 영진닷컴, 2009

논문접수일 (2012. 8. 13)

심사완료일 (1차 : 2012. 8. 27, 2차 : 해당 없음)

게재확정일 (2012. 8. 30)

11) MN Inanici. Evaluation of high dynamic range photography as a luminance data acquisition system. Lighting Res. Technol. 38,2 2006. p.133