



## 휴대용 휘도측정시스템의 측정각도기반 휘도보정알고리즘

### Luminance Correction Algorithm Based on Measuring Angle for the Portable Luminance Measurement System

선은혜\* · 김동연\* · 김용태\*†

Eun-Hey Sun, Dongyeon Kim, and Yong-Tae Kim†

\*한경대학교 전기전자제어공학과

†Dept. of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University

#### 요약

본 논문에서는 휴대용 휘도측정시스템의 측정위치기반 휘도보정알고리즘을 제안한다. 측정거리와 측정각도에 따라 휘도 값은 변화하며, 측정거리와 측정각도를 고려한 알고리즘을 적용하여 기존에 개발된 영상기반 휘도측정시스템의 오차를 개선한다. 카메라 영상기반의 휘도 정보를 정확하게 획득하는 면측정방법을 제안하기 위해서 점휘도계로 측정대상물과의 측정각도에 따른 휘도 값의 변화를 측정한다. 측정거리, 측정각도와 휘도 값 간의 연관성을 수식으로 나타내었고, 측정위치를 고려한 알고리즘을 제안한다. 실험용 간판을 대상으로 점휘도계와 제안한 휘도측정시스템을 비교 평가 실험하고 제안한 휘도측정시스템의 성능을 검증하였다.

키워드 : 휴대용 휘도측정시스템, 휘도보정알고리즘, 측정위치, 측정각도, 면측정

#### Abstract

In this paper, we propose a luminance correction algorithm based on measuring position for portable luminance measurement system. Measurement position and angle have an affect on the luminance value. We improve the position-based luminance measurement system using luminance correction algorithm based on the measuring angle. We analyze change of luminance value according to the measurement distance and angle from camera and light source. The certified point-luminance meter is used to evaluate a scene luminance measuring method using the image information of camera. Also, we derive an expression equation for evaluating luminance value from determined position. The performances of the proposed system are verified by using comparative experiments with the point-luminance meter using experimental signboard.

Key Words : Portable Luminance Measure System, Area Measurement, Luminance Correction Algorithm, Measurement Position, Measurement Angle, Scene Measurement

Received: Jul. 28, 2016  
Revised : Aug. 11, 2016  
Accepted: Aug. 11, 2016  
†Corresponding authors  
ytkim@hknu.ac.kr

## 1. 서론

최근 세계적으로 에너지 절약 규약 및 조명이나 빛의 규제가 강화되고 있다. 인공조명 기술의 발전은 거리의 가로조명, 발광광고물, 교량조명, 터널조명, 건축물의 투과조명, 조명을 이용한 화려한 퍼포먼스 등 옥외조명의 사용을 증가시켰다. 하지만, 지나치게 밝은 옥외조명은 환경에 영향을 주어 '인공조명에 의한 빛공해 방지법 시행규칙[1]'에서는 인공조명의 무분별한 사용으로 동·식물과 경관 등의 자연환경과 주민의 주거, 안전, 건강 등의 생활환경, 농림수산업, 천체관측에 미치는 영향 등으로 최근 옥외조명의 역기능이 점점 증가하고 있으며 에너지 낭비라는 문제도 제기되고 있어 빛공해 방지를 위한 시행규칙을 규정하였다[1-3]. 국내의 경우, 환경부에서 빛공해 방지법이 제정됨에 따라 관할 지역에서 현장실사가 늘어날 것으로 예상하며, 이로 인한 검수 장비 보급이 비례하여 증가되므로 비교적 저가의 장비로 사용의 편리성과 빠른 분석을 통한 실시간 검수를 할 수 있는 장비가 필요할 것이다[2].

빛공해 측정을 위해 평균휘도와 최대휘도를 사용하며, 표시화면으로부터 복사되는 빛의 밝기의 척도로 광원, 발광면, 조명대상물 등의 밝기를 나타내며, 단위면적에 대한 광도(cd/m<sup>2</sup>)로 정의한다

본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음. [GRRC 환경2011-B01, 스마트물류기술연구센터]

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[1]. 국내에는 휘도측정기의 연구 개발이 부족하며, 대부분 수입하여 사용하거나 화상 촬영 후 별도의 프로그램을 이용하여 별도로 발광광고물의 휘도를 측정한다[3]. 조명의 휘도를 측정하는 장비는 점휘도계와 면휘도계가 있다. 점휘도계는 건타입으로 측정이 간편하고, 측정점에 대한 정확한 국부 휘도를 측정할 수 있다. 반면, 한 번의 측정으로 한 지점의 휘도 값을 획득하여 조명의 전체적인 휘도를 측정하는데 많은 시간이 소요되며, 움직이는 빛의 영향을 쉽게 받아 정확한 측정이 어렵다[2-4]. 면휘도계는 한 번의 측정으로 조명의 전체적인 휘도 측정이 가능하지만 고가의 수입품이거나 별도의 프로그램을 통해 결과를 얻어 휴대하기가 불편하다는 단점이 있다[2-4]. 최근에는 표면 휘도측정이 가능한 면휘도계의 단점인 고가의 가격, 휴대성 결여 등을 보완하기 위한 개발이 이루어지고 있다. 특히 비전 시스템 기술의 발전으로 가격 대비 하드웨어 성능이 향상되어 카메라 입력 영상을 이용한 조명의 밝기를 측정하는 연구가 활발히 진행 중이다. 관련 연구로는 별도보정 없이 적용 가능한 카메라의 영상획득에 관한 연구, CCD 카메라 또는 DSLR 카메라 영상을 이용한 휘도분석 소프트웨어 개발 등이 이루어지고 있다[5-8].

본 논문에서는 휴대용 휘도측정시스템의 측정위치기반 휘도보정알고리즘을 제안한다. 제안하는 휴대용 휘도측정시스템은 점휘도계의 효율성과 면휘도계의 휴대성의 장점을 결합하고, 측정의 번거로움과 경제성의 단점을 보완하여 설계하였다[5]. 기존 휘도측정시스템의 오차개선을 위하여 휘도 측정값에 영향을 미치는 측정거리와 측정각도를 고려한 알고리즘을 제안하였다. 기존 연구에서 고려한 휘도이미지 화소값[5]과 측정거리[9-10]뿐만 아니라 측정각도[11]를 반영한 보정 모델을 만들어 기존 시스템[5]보다 좋은 성능을 얻었다. 먼저, 점휘도계로 측정대상물과의 측정거리와 각도에 따른 휘도 값의 변화를 측정하였다. 거리가 멀어질수록 휘도 값이 감소하고, 정면 기준점에서 각도가 커질수록 휘도 값이 감소하는 것을 확인하였다[9-11]. 이를 통하여 측정거리와 휘도 값 간의 연관성[9-10], 측정각도와 휘도 값 간의 연관성을 수식으로 나타내었고[11], 측정값에 영향을 미치는 측정거리와 측정 각도를 포함한 측정위치를 고려한 알고리즘을 제안하였다. 실험용 간판을 제작하여 점휘도계와 제안한 휘도측정시스템을 비교 평가 실험하고 제안한 휘도측정시스템의 성능을 검증하였다. 측정위치에 따른 보정알고리즘을 통하여 기존 휘도측정시스템의 오차를 개선했다.

## 2. 휘도측정시스템의 구성

본 논문에서는 DSLR 카메라의 영상을 이용하여 조명의 전체적인 휘도를 측정하는 면휘도계의 휴대성과 경제성의 단점을 보완하는

방법을 제안한다. 제안하는 휘도측정시스템은 DSLR 카메라 영상을 통하여 측정 대상의 전체적인 휘도를 측정하며, 측정거리와 각도에 따라 변화하는 휘도값을 고려하여 입력된 빛 정보를 실시간으로 보정하여 휘도값이 출력되도록 설계하였다. 휘도측정시스템은 그림 1과 같이 주 제어부인 태블릿PC와 영상획득을 위한 DSLR 카메라, 거리와 각도측정을 위한 레이저 거리 측정기 Leica DISTO D3a로 구성된다[3]. 주 제어부는 영상 획득부, 휘도 분석부, 휘도 출력부로 이루어지며, 주 제어기와 DSLR 카메라는 직렬통신으로 영상을 획득하며, 레이저 거리 측정기는 블루투스 통신으로 측정대상과의 거리와 각도 정보를 전송한다. 영상 획득부는 실시간으로 촬영 및 영상 정보를 획득 및 저장한다. 휘도 분석부에서는 설정된 관심영역의 각 영상의 빛 정보를 분석하고 동시에 거리 측정기를 통하여 거리와 각도 측정값을 획득하여 설정된 관심영역의 휘도 값을 보정한다. 휘도 출력부를 통해 원영상, 히스토그램, 설정된 관심영역 정보, 색채 화상화된 영상, 거리와 각도 정보, 평균휘도 값과 최대휘도 값 등의 정보를 그림 2와 같이 출력한다. 외형 설계는 가벼운 소재인 알루미늄으로 제작하였고, 측정 대상인 발광광고물은 설치 위치가 다양하므로 삼각대를 사용하여 높이를 조절하여 측정한다[9-11].

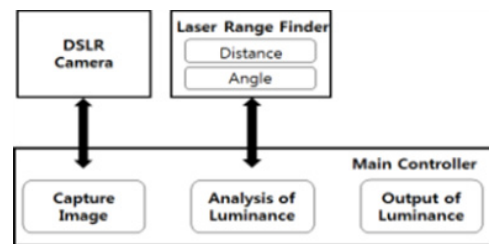


그림 1. 휘도측정시스템의 구성  
Fig. 1. Composition of LMS

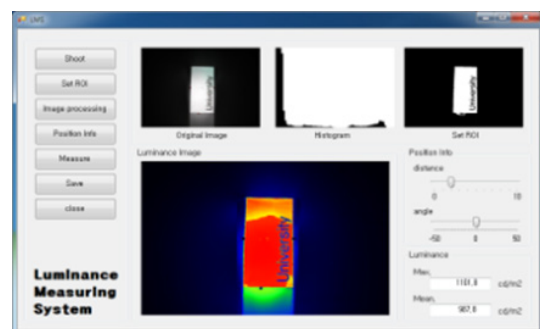


그림 2. 휘도측정시스템의 GUI  
Fig. 2. GUI of LMS

제안하는 휘도 측정방법은 수동제어가 가능한 DSLR 카메라 Canon EOS 650D를 사용하였다. 카메라는 조리개, 셔터 스피드, 감도를 거쳐 영상의 빛 정보가 저장되며, 설정에 의해 휘도 조절이 가능하다[12-13]. 측정 시 플래시를 꺼서 플래시 및 타 광의 영향을

최소화하며, 이미지 개선을 위한 옵션을 비활성화 하고 자동 화이트 밸런스로 설정하여 영상의 잡음 및 변화를 방지하였다. 조리개 f5.6, 셔터스피드 1/250°, 감도 1600일 때, 획득한 sRGB 영상을 컬러 변환과 디지털 레벨의 관계분석 및 측정위치를 고려한 보정알고리즘을 통하여 휘도로 나타낸다[5].

제안하는 휘도측정시스템은 영상 정보를 실시간으로 보정하여 휘도 값이 출력되도록 설계하였으며, 그림 3과 같이 작동한다[10]. 태블릿 PC의 LCD화면에 발광 광고물의 광원이 들어올 때 영상을 획득한다. 동시에 측정대상과의 거리를 측정한다. 획득한 영상을 XYZ컬러모델로 변환하고 Y채널으로 히스토그램을 생성하고, 휘도 값의 시각화를 위해 색채 화상화 알고리즘을 적용한다. 동시에 설정된 관심영역 내의 평균휘도 값과 최대휘도 값을 구한다. 또한, 레이저센서로 거리와 각도 값을 획득하여 측정위치를 고려한 보정알고리즘으로 평균휘도 값과 최대휘도 값을 보정하여 나타낸다.

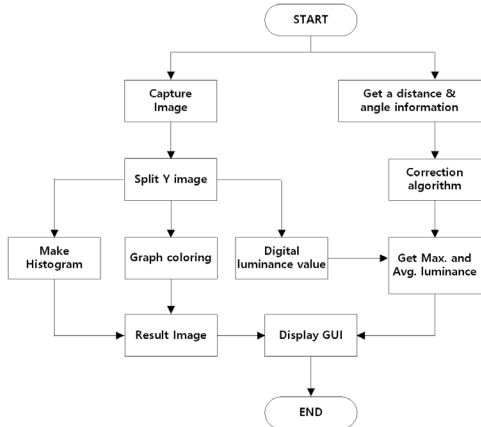


그림 3. 휘도측정시스템의 작동 알고리즘  
Fig. 3. Operation algorithm of LMS

### 3. 측정위치를 고려한 휘도 측정

#### 3.1 측정위치를 고려한 보정알고리즘

제안하는 휴대용 휘도측정시스템은 발광 광고물의 휘도측정을 목적으로 한다. 발광 광고물은 설치위치, 크기, 모양이 다양하며 [1], 휘도 값은 광원의 색과 표면의 특성, 측정거리와 각도에 따라 다른 값을 나타낸다[9-11]. 그림 4는 기준점에서 50° 측면으로 10° 씩 측정위치를 이동하며 촬영한 영상으로 측정면적의 변화를 나타낸다. 각도에 따라서 측정면의 빛 반사도의 변화가 나타나며, 빛 정보에 따라 휘도 값이 변화한다. ‘인공조명에 의한 빛공해 관리지침’은 조명대상물의 정면 또는 정면이 불가능한 경우 0~30°의 각도에서 휘도를 측정[1]하도록 권고하고 있다. 본 연구에서는 기존 연구에서 고려한 휘도이미지 화소값[5]과 측정거리[9-10]뿐만 아니라 측정각도[11]를 반영한다.

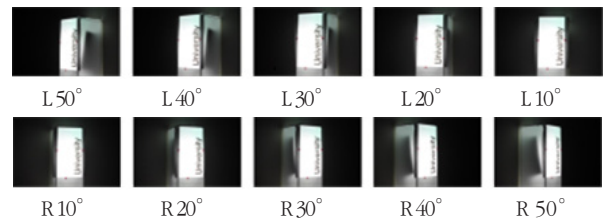


그림 4. 각도에 따른 측정면적의 변화  
Fig. 4. Changes in measured area according to the angle

본 논문에서는 표면휘도정보를 획득하는 면측정방법을 구현하기 위해 점측정방법을 통해 객관화된 정보를 획득하였다. 본 실험에서는 측정 거리와 각도에 따른 휘도 값의 변화를 측정하기 위하여 점휘도계를 사용한 측정 실험을 진행하였고, 측정거리와 각도에 따른 휘도 변화량으로 보정 수식을 도출하였다.

실험은 자정에 주변광의 영향을 받지 않는 실내에서 실시하였다. 동일한 실험을 진행하기 위하여 실험용 입간판을 사용하였다. 광원은 27W 백색 형광등, 측정면은 현수막을 사용하여 파나플렉스 방식으로 제작된 실험용 입간판이다[9-11]. 측정 도구는 점휘도계 LS-100을 측정 각을 1° 로 하여 사용하였다. 측정거리에 따라 변화하는 휘도 값을 측정하기 위해 실험용 간판의 위치를 고정하고, 거리를 2~10m까지 0.5m씩 측정위치를 이동하여 휘도 값을 측정하였다. 측정면은 정면이고, 휘도계의 높이는 120cm로 고정하여 같은 지점을 3회 반복 측정하였다[3]. 표 1은 측정거리에 따른 휘도측정 결과이다.

표 1. 거리에 따른 휘도 값의 변화[10]  
Table 1. Luminance value according to the distance[10]

distance (m)	2	2.5	3	3.5	4	4.5
Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	1100	1100	1080	1080	1070	1060
	1100	1090	1090	1070	1080	1070
	1100	1080	1080	1070	1070	1060
distance (m)	5	5.5	6	6.5	7	7.5
Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	1070	1050	1000	1020	1060	1020
	1080	1040	1010	1030	1030	1030
	1070	1000	966	1010	1040	1020
distance (m)	8	8.5	9	9.5	10	
Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	978	970	951	1000	940	
	986	963	951	1010	931	
	983	962	946	1020	940	

실험 결과를 통해 휘도 값은 측정거리가 멀어질수록 감소하는 것을 확인할 수 있다[3]. 이러한 연관성을 분석하여 보정 수식을 구성하였다. 거리를 고려한 보정 수식은 다음의 식 1과 같다.  $m_D$ 는 레이저 거리 측정기로 측정된 거리 값이다[10].

$$L_D = 1140.637 - 18.448m_D \quad (1)$$

또한, 실험용 간판을 대상으로 기준점 0°에서 좌우로 10°씩 이동하며 50°까지 휘도 값의 변화를 측정하였다. 측정거리는 2m, 높이는 120cm로 고정하여 같은 지점을 3회 반복 측정했다. 표 2는 측정각도에 따른 휘도 측정 결과이다.

표 2. 각도에 따른 휘도 값의 변화  
Table 2. Luminance value according to the angle

angle (°)	L 10	L 20	L 30	L 40	L 50
Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	1090	1070	1050	1020	968
	1090	1080	1060	1030	949
	1080	1070	1050	1020	967
angle (°)	R 10	R 20	R 30	R 40	R 50
Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	1070	1070	1040	1010	968
	1080	1070	1050	1030	972
	1090	1070	1050	1020	966

실험결과를 통해 휘도 값은 측정각도가 기준점 0°에서 멀어질수록 감소하는 것을 확인할 수 있다[11]. 본 논문에서는 휘도와 각도의 연관성을 분석하여 보정 수식을 구성하였다. 측정각도를 고려한 보정 수식은 다음의 식 1과 같다.  $m_A$ 는 레이저 거리 측정기로 받은 각도의 1/10 값이다.

$$L_A = -2.29m_A^3 + 9.7m_A^2 - 23.8m_A + 1101.3 \quad (2)$$

### 3.2 측정위치를 고려한 휘도 측정시스템의 비교실험

본 논문에서는 실험용 간판을 이용하여 동일한 조건에서 점휘도계 LS-100의 측정값과 제안한 휘도 측정시스템의 측정값 비교실험을 통해 제안한 측정위치를 고려한 보정알고리즘을 검증하였다. 레이저 거리 측정기에서 측정한 거리와 각도 값을 식 1과 식 2에 대입하여 휘도 값 보정을 하여 결과를 얻었다. 실험은 자정에 주변광의 영향을 받지 않는 실내에서 실시하였다. 표 3은 측정 거리에 따른 비교실험 결과이다. 측정 높이 120cm, 정면으로 고정하고, 측정거리는 2~10m까지 2m씩 측정위치를 변경하며 진행했다. 같은 지점을 3회 반복 측정하였다. 실험을 통해 최대오차 1.90%, 평균 오차 0.78%임을 확인하였다.

표 3. 거리에 따른 휘도 측정값 비교

Table 3. Comparison result of Luminance value according to the distance

distance (m)	Point Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	Proposed LMS (cd/m <sup>2</sup> )
2	1100	1101.8
4	1073.3	1070
6	992	1010.9
8	982.3	987.6
10	937	946.5

표 4는 측정각도에 따른 비교실험 결과이다. 측정 높이 120cm,

측정거리 2m로 고정하고, 측정 각도는 기준점 0~50°까지 10°씩 측정위치를 이동하며 진행했다. 같은 지점을 3회 반복 측정하였다. 실험을 통해 최대 오차 0.77%, 평균 오차 0.54%임을 확인하였다.

표 4. 각도에 따른 휘도 측정값 비교

Table 4. Comparison result of Luminance value according to the angle

angle (°)	Point Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	Proposed LMS (cd/m <sup>2</sup> )
0	1100	1091.52
10	1083.33	1079.5
20	1071.67	1071.63
30	1050	1057.83
40	1021.67	1028.04
50	965	972.17

위의 실험을 통하여 2% 이내의 오차를 나타내는 거리와 각도에 따른 보정수식의 성능을 확인하였다. 식 1과 식 2를 통해 측정거리와 각도를 모두 고려한 측정위치를 고려한 보정수식을 식 3과 같이 도출하였다. 기존 휘도시스템[5]에서는 이미지 화소 값을 휘도 보정수식[10]을 통해 스케일 보정을 하여 최대 휘도 값이 851.7cd/m<sup>2</sup>이었으며, 851.7cd/m<sup>2</sup> 값 이상의 고휘도의 경우에는 측정할 수 없다. 제작한 실험용 간판은 1000cd/m<sup>2</sup> 이상의 휘도 값을 가진다. 또한, 측정 각도에 비해 측정 거리에 대한 휘도 값의 변화가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 따라서 휘도 이미지의 화소 값에 비해 거리와 각도 연관성 가중치를 더 크게 적용하였고, 거리 연관성 가중치를 각도 연관성 가중치보다 크게 적용하였다.

$$\frac{k_{dl} \times L_D + k_{al} \times L_A + k_i \times I_Y}{3} \quad (3)$$

여기서,  $k_{dl}$ 은 거리 연관성 가중치이며, 1.25이다.  $L_D$ 은 거리에 따른 휘도 값 보정수식이며 식 1이다.  $k_{al}$ 은 각도 연관성 가중치이며, 1.1이다.  $L_A$ 은 각도에 따른 휘도 값 보정수식이며, 식 2이다.  $k_i$ 는 0.75이다.  $I_Y$ 는 휘도 이미지의 화소 값이다.

## 4. 휘도 측정시스템의 성능 실험

본 논문에서는 실험용 간판을 이용하여 동일한 조건에서 점휘도계 LS-100의 측정값과 제안한 휘도 측정시스템의 측정값 비교실험을 통해 제안한 측정위치를 고려한 보정알고리즘을 검증하였다. 실험용 간판은 고정하고, 점휘도계와 제안하는 휘도 측정시스템으로 거리 1~5m까지 1m씩 거리를 증가하고, 정면 기준점 0°에서 오른쪽 측면 30°까지 5°씩 이동하며 휘도 값을 측정하였다. 측정 높이는 120cm로 고정하고 같은 지점을 5회 반복 측정하였다.

표 5 점휘도계를 이용한 휘도 측정 결과

Table 5. Luminance value according to the position using point luminance measurimeter

		angle (°)						
		0	5	10	15	20	25	30
d	1	1129.6	1127	1118.1	1109.4	1100.2	1084.7	1052.6
i	1.5	1112.4	1109.5	1097.2	1092.1	1080.6	1066.2	1043.8
s	2	1098.2	1094.5	1084.2	1071.6	1063.6	1054.3	1031.5
t	2.5	1093.8	1088.4	1075.3	1064.2	1051.9	1043.2	1027.8
a	3	1086.4	1082.7	1066.8	1048.5	1042.6	1035.8	1021.2
n	3.5	1082	1076.2	1067.3	1044.6	1038.2	1025.6	1012.7
c	4	1074.3	1070.8	1060	1039.5	1022.6	1017.4	1008
e	4.5	1066.6	1058.6	1049.5	1033.4	1027.5	1009.6	965.4
(m)	5	1058.4	1051.2	1038.8	1024.6	1017.1	985.8	936.4

표 6. 휘도측정시스템[5]을 이용한 휘도 측정 결과

Table 6. Luminance value using LMS[5]

		angle (°)						
		0	5	10	15	20	25	30
d	1	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7
i	1.5	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7
s	2	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7
t	2.5	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7
a	3	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7
n	3.5	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7
c	4	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7
e	4.5	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7
(m)	5	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7	851.7

표 7. 제안한 측정위치를 고려한 휘도측정시스템의 휘도 측정 결과

Table 7. Luminance value according to the position using Proposed LMS

		angle (°)						
		0	5	10	15	20	25	30
d	1	1084.3	1080.73	1078.30	1076.39	1074.37	1071.61	1067.47
i	1.5	1080.47	1076.89	1074.46	1072.55	1070.53	1067.76	1063.63
s	2	1076.63	1073.05	1070.61	1068.71	1066.68	1063.92	1059.78
t	2.5	1072.78	1069.20	1066.77	1064.84	1062.84	1060.08	1055.94
a	3	1068.94	1065.36	1062.93	1061.02	1058.99	1056.23	1052.09
n	3.5	1065.09	1061.52	1059.08	1057.18	1054.56	1052.39	1048.26
c	4	1061.25	1057.67	1055.24	1053.33	1051.31	1048.55	1044.41
e	4.5	1057.41	1053.83	1051.40	1049.49	1047.46	1044.70	1040.57
(m)	5	1053.56	1049.99	1047.56	1045.64	1043.62	1040.86	1036.73

표 5는 점휘도계로 측정한 휘도 값이며, 단위는 cd/m<sup>2</sup>이다. 표 6는 동일한 조건 하에 측정한 기존 휘도측정시스템[5]의 결과이며, 측정위치 보정 알고리즘 적용 전의 결과로 실제 1000cd/m<sup>2</sup> 이상의 고휘도 값을 갖는 경우에는 휘도스케일 보정을 통해 851.7cd/m<sup>2</sup> 이상의 값으로 나타낼 수 없어 한계가 있다. 표 7는 동일한 조건 하에 측정한 측정위치기반 휘도측정시스템의 결과이다.

실험용 간판의 평균 휘도 값이 1057.33cd/m<sup>2</sup>로 나타났으나, 기존휘도 시스템은 최대 값이 851.7cd/m<sup>2</sup>이므로 평균 오차가 19.3% 이상 나타났다. 하지만 식 3을 통하여 거리와 각도에 따른 보정 값을

대입하여 평균 오차를 2.02%로 줄일 수 있었다. 표 5의 점휘도계 측정 결과와 표 6의 기존 휘도시스템[5]의 측정 결과는 평균 오차 19.3%, 최대 오차 24.6%로 나타났다. 표 5의 점휘도계 측정 결과와 표 7의 제안한 측정위치를 고려한 휘도측정 결과를 비교하면 평균 오차 2.02%, 최대 오차 10.71%로 나타났다. 측정거리만 고려한 경우의 최대 오차 6.31%, 평균 오차 2.82%이고, 측정각도만 고려한 경우에 최대 오차 7.40%, 평균 오차 2.87%이며, 표 7의 결과와 비교했을 때 최대 오차는 4%이상 높게 나타났지만, 평균오차는 적게 나타난 것을 확인할 수 있다. 또한, 측정거리와 각도가 커질수록 오차가 크게 나타났다. 측정거리 보정수식의 기준점인 2m일 때, 평균 오차 1.34%, 5m일 때, 평균 오차 3.19%가 나타났다. 측정각도의 경우, 0° 일 때, 평균 오차가 1.83%, 30° 일 때, 평균 오차가 4.16%로 나타났다.

## 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 발광광고물의 휘도를 측정하는 휘도측정시스템의 측정위치기반 휘도보정알고리즘을 제안하였다. 기존 휘도측정시스템[5]의 오차개선을 위하여 휘도 측정값에 영향을 미치는 측정거리와 측정각도를 고려한 알고리즘을 제안하였다. 점휘도계로 측정대상물과의 측정거리와 각도에 따른 휘도 값의 변화를 측정하였다. 측정거리와 각도에 따라 휘도 값이 2m거리의 정면 측정에 비해 줄어드는 것을 관찰 할 수 있었으며, 측정위치에 따라 변화하는 휘도의 특성을 분석하였다. 이를 통하여 측정거리와 휘도 값 간의 연관성, 측정각도와 휘도 값 간의 연관성을 수식으로 나타내었고, 측정값에 영향을 미치는 측정거리와 측정각도를 포함한 측정위치를 고려한 알고리즘을 제안하였다. 실험용 간판을 제작하고 국부 측정값과의 비교 분석을 통해 점휘도계를 이용한 제안한 휘도측정시스템의 성능을 검증하였다. 측정위치에 따른 보정알고리즘을 통하여 평균 오차 17.31%, 최대 오차 13.88%가 개선된 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 실험환경을 제한하여 점휘도계의 측정결과와 제안한 알고리즘의 측정결과를 비교하였으므로 향후 다양한 환경에서 분할하여 휘도 값의 변화에 따른 거리와 각도 알고리즘을 체계화 할 것이며, 저휘도에서의 보정 방법과 측정 대상과 배경의 분리방법을 연구할 것이다.

## References

[1] Ministry of Environment, "Act on Prevention of Light Pollution

by Artificial lighting.”, 2012.

[2] W. S. Lee, K. W. Chung, “A study on luminance Measurement Method of Lightscape using DSLR”, Journal of the Korea Institute of illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 2012, No.10, pp. 10~17, 2012.

[3] E. H. SUN, “A Study on Design of Image-based Luminance Measurement System using Measuring Position”, Master’s degree, Hankyong National University, 2015.

[4] Karel Fliegel, “Imaging photometer with non-professional digital camera”, Applications of Digital Image Processing XXXII, edited by Andrew G. Tescher, Proc. of SPIE, Vol. 7443, 74431Q-1.

[5] Eun-Hey Sun, Dong-Hyuk Jeong, Yong-Tae Kim, “A study on Luminance Measurement Method Using Image of DSLR Camera”, Conference on Information and Control System,, Vol.2013, No.10, pp16-17. 2013.

[6] Dietmar Wuller, Helke Gabele, “The usage of digital cameras as luminance meters”, Digital Photography III, edited by Russel A. Martin, Jeffrey M. DiCarlo, Nitin Sampat, Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 6502, 65020U.

[7] G. H. Kim, “Correction Experiment Between Digital Image is taken by Natural Light and Luminance Measurement Value”, Journal of the Korea Institute of illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.2004, No.5 pp. 217-222, 2004.

[8] W. S. Yun, “Luminance Measure System Using a CCD Camera”, Conference on information technology conference , Vol.39, No.2, pp. 206-208, 2012.

[9] E. H. Sun, Y. T. Kim, “A Study on the Luminance Measurement Method Using the Measuring Position”, Conference on Korean Institute of Intelligent System, Vol.24, No.1, 2014.

[10] E. H. Sun, Y. T. Kim, “A Study on the Image-Based Luminance Measurement System Using the Measureing Position”, Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol.24, No.4, pp. 424-429. 2014.

[11] E. H. Sun, Y. T. Kim, “Luminance Measuring Method using the Measurement Angle”, Conference on Korean Institute of Intelligent System, Vol.24, No.2, 2014.

[12] Peter D. Hiscocks, P. Eng, “Measuring Luminance with a digital camera”, www.syscompdesign.com, 2011.

[13] J. H. Gu, J. W. Lee, W. S. Lee, “A study for the measurement errors of luminance meter”, KIIEE Autumn Annual Conference , 2012 .

**저 자 소 개**



**선은혜(Eun-Hey Sun)**

2013년 : 한경대학교 정보제어공학과 공학사  
 2015년 : 한경대학교 전기전자제어공학과  
 공학석사  
 2015년~현재 : 한경대학교 대학원 전기전자  
 제어공학과 박사과정

관심분야 : 지능시스템, 지능로봇, 영상처리

Phone : +82-31-678-4727

E-mail : ehsun@hknu.ac.kr



**김동연(Dongyeon Kim)**

1986년 : 연세대학교 전자공학과 공학사  
 1988년 : 연세대학교 전자공학과 공학석사  
 1995년 : 연세대학교 전자공학과 공학박사  
 1988년~1996년 : (주)테이콤  
 1996년~현재 : 국립한경대학교 전기전자  
 제어공학과 교수

관심분야 : 컴퓨터네트워크

Phone : +82-31-670-5194

E-mail : dykim@hknu.ac.kr



**김용태(Yong-Tae Kim)**

1991년 : 연세대학교 전자공학과 공학사  
 1993년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사  
 1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사  
 1998년~2000년 : (주) 삼성전자  
 2006년 : Univ. of Illinois at Urbana-Champaign  
 방문연구

2002년~현재 : 국립 한경대학교 전기전자제어공학과 교수

관심분야 : 지능로봇, 지능시스템, 지능제어, 물류자동화

Phone : +82-31-670-5292

E-mail : ytkim@hknu.ac.kr