

효율적인 에너지 절감을 위한 센서 LED 스탠드 개발

(A Development of a LED Stand Using Illuminance Sensor for Efficient Energy Saving)

천성용* · 신지예 · 박신원 · 이화조 · 이찬수**

(Sung-Yong Chun · Ji-Yea Shin · Shin-Won Park · Hwa-Cho Yi · Chan-Su Lee)

Abstract

In this paper, we present a new lighting control method considering ambient light in addition to the required lighting illumination for efficient energy saving of a LED stand. We estimate accurate environmental illuminance using a cheap illuminance sensor by modeling measured- and actual- illuminance using quadratic polynomial approximation. The relation between PWM(Pulse Width Modulation) duty ratio and illuminance intensity is modeled by a linear model. Illumination of the LED stand is controlled by estimating the difference of required illumination and the estimated ambient illumination. The developed LED stand has reduced electric energy consumption compared with a conventional manually controlled LED stand with the same lighting source. In addition, human subject evaluation shows that the LED stand, which is applied the proposed method, is more satisfactory than conventional ones since the proposed automatic controlled illumination produce more accurately required lighting and it is convenient.

Key Words : Automatic Lighting Control, Illuminance Sensor, Energy Saving, LED Stand

1. 서 론

제어가 용이하지 않는 기존의 조명들과 달리 LED 조명은 디지털로 제어가 쉽게 가능함으로 기존의 조

명으로는 하기 어려운 다양한 기능을 구현할 수 있다. 특히 최근에는 LED 조명에 IT 기술을 접목한 스마트 조명 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

오늘날 조명은 단순히 빛을 제공하는 것뿐만 아니라 사람과 상호작용하여 인간의 감성이나 생리 현상에 영향을 끼치기도 하고, 통신, 정보 제공 등의 다양한 역할을 하는 방향으로 발전해가고 있다[1-3].

최근에는 조명에 대한 상호작용이 강조되면서, 다양한 센서를 이용한 인터랙티브 조명 제어 기법들이 제시되고[4], 감지 센서를 이용한 에너지 절감형 자동 조명 제어 시스템[5] 등에 대한 개발이 진행되고 있다. 특히 스탠드는 LED의 적용이 쉽기 때문에 기존의 형

* 주저자 : 영남대학교 전자공학과
** 교신저자 : 영남대학교 전자공학과
* Main author : Department of Electronic Engineering, Yeungnam University
** Corresponding author : Department of Electronic Engineering, Yeungnam University
Tel : 053-810-3527, Fax : 053-810-4770
E-mail : whiteyongi@ynu.ac.kr
접수일자 : 2012년 6월 5일
1차심사 : 2012년 6월 9일
심사완료 : 2012년 8월 1일

광등 스탠드를 대체하는 LED 스탠드가 많이 개발되고 있으며, 형광등 스탠드에 비해 에너지 효율이 높기 때문에 많은 관심을 받고 있다.

LED 스탠드의 전과정(Life cycle)평가를 통해 친환경 측면에서 개선점에 대한 연구 결과에 의하면 사용 중 에너지 소비 부분에서 가장 많은 CO₂가 배출되는 것으로 분석 되었다[6]. 이러한 연구를 바탕으로, LED 스탠드에서 친환경 제품으로 개선하는데 가장 중요한 사용 중 에너지 소비를 줄이는 방법을 연구하였다.

LED 스탠드의 사용 중 에너지 소비를 줄이는 방법으로 본 연구에서는 주변조도를 고려한 스탠드 사용 목적에 최적인 조도[1]에 맞춰주기 위한 방법을 제시하며, 이를 적용한 LED 스탠드를 제작하여 에너지 절약 뿐 아니라 제시된 LED 스탠드와 기존 LED 스탠드의 사용자 평가를 통한 사용자 만족도를 평가하였다.

본 논문의 2장에서는 전체 시스템의 구성과 감지 센서 부분의 특성을 살펴보고, 3장에서는 조도 보정 방법을 제시한다. 4장에서 구현된 시스템에 대한 실험 결과를 보이며, 마지막에 결론을 맺는다.

2. 시스템 구성

본 연구에서는 조도 센서를 이용하여 주변 조도를 측정하고, 이를 LED를 제어하기 위한 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 시스템은 기존의 LED에 조도센서와 센서 신호를 분석하여 조명을 제어하는 신호분석 처리 및 제어 모듈이 추가로 구성된다. 조도 센서는 스탠드의 상부에 장착되어 주변 조도를 측정하고, 측정된 조도에 따라 요구되는 조도를 만족시키기 위해 LED 스탠드의 밝기를 제어하게 된다.

2.1 조도 센서 특성

본 연구에서 사용한 조도 센서는 Microsemi社의 LX1971이며 포토다이오드를 내장한 센서이다. 포토다이오드는 일반적으로 물질이 광자(photon)를 흡수하여 전자를 방출하는 광전효과에 의해 반도체의 접

1) 본 논문에서 조도는 평균 조도를 의미함

합부에 전압이 나타나는 광기전력효과를 이용하여 빛을 전기 에너지로 변환시킨다. LX1971은 IR에 민감하지 않고, 빛의 세기에 대해 비교적 선형적인 출력을 나타내며, 증폭기를 내장하고 있어 추가적인 회로 구성이 필요하지 않는 장점이 있기 때문에 선정했다.



그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. system diagram

2.2 LED 스탠드 및 제어 시스템

본 연구에서 사용한 LED 스탠드는 삼성社의 SL-350W이며, 색온도는 5,000K, 다이얼 방식으로 제품 표기상 200~1,200lx까지 조도 조절이 가능한 제품이다.



그림 2. 제작한 LED 스탠드 제어 시스템
Fig. 2. A developed LED Stand Control System

LED 스탠드에 장착되어 있는 컨트롤러는 센서를 연결하여 제어할 수 없기 때문에 기존의 컨트롤러를 제거한 후 제작한 컨트롤러를 장착하여 사용하였다.

제작한 컨트롤러는 조도 센서의 출력을 읽어오기 위해 10비트 ADC(Analog Digital Converter) 기능을 내장하고 있고, 사용자의 선호 조도를 입력받기 위한 UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 통신과 조명 제어를 위해 8비트 PWM(Pulse Width Modulation)을 위한 기능을 가지는 마이크로컨트롤러를 선정하여 제어 시스템을 제작하였다. 그림 2는 제작한 제어 시스템이다.

3. 조도 보정 방법

주변 조도에 대한 조도 센서의 응답 특성과 연구에 사용한 LED 스탠드의 특성을 분석하고, 이를 기반으로 한 조도 제어 방법을 제안한다.

3.1 센서 응답 특성 분석 및 보정

실제 조도 센서를 통해 조도를 측정했을 때의 응답 특성을 알기 위해 조도 센서의 출력을 측정하였다. 본 연구에서는 100lx~1,100lx의 조도에 대해 100lx 단위로 11단계의 조도를 측정을 하였고, 조도 센서의 출력은 10비트 ADC를 통해 측정하였으며, 매번 16회 측정하여 이에 대한 평균 조도를 측정하였다. 측정된 값의 하위 2비트는 매우 작은 값이기 때문에 노이즈 성분으로 가정하여 상위 8비트만 사용하였다. 각 조도에 따른 센서의 출력은 표 1과 같으며 이에 대한 그래프는 그림 3에 “○”로 표기하였다.

측정된 센서의 출력을 최소자승법(Least Mean Square Method)을 이용하여 1~2차 다항식으로 근사화 할 수 있었으며, 1차 다항식으로 근사화했을 경우의 평균 오차는 37.8, 2차 다항식으로 근사화했을 때의 평균 오차는 9.3으로 2차 다항식이 더 정확함을 알 수 있었다. 이에 대한 2차 다항식은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며 이를 이용하여 주변 조도를 추정하였다.

$$I_c = (28S_o^2 + 311S_o - 29892) \times 10^{-3} \quad (1)$$

여기서 I_c 는 추정된 조도이며, S_o 는 조도 센서의 출력이다.

표 1. 조도에 따른 센서의 출력 값과 각 근사식에 대한 근사 값

Table 1. Sensor output values for Illumination and polynomial approximation

ADC 측정값	조도 (lx)	1차 근사값(lx)	2차 근사값(lx)	1차 오차	2차 오차
63	100	21.89	100.83	78.11	0.83
84	200	184.16	193.8	15.84	6.2
102	300	323.24	293.14	23.24	6.86
118	400	446.88	396.68	46.88	3.32
131	500	547.33	491.36	47.33	8.64
143	600	640.05	587.15	40.05	12.85
155	700	732.77	691.01	32.77	8.99
166	800	817.77	793.3	17.77	6.7
176	900	895.04	892.17	4.96	7.83
184	1,000	956.86	975.3	43.14	24.7
194	1,100	1,034.13	1,084.25	65.87	15.75

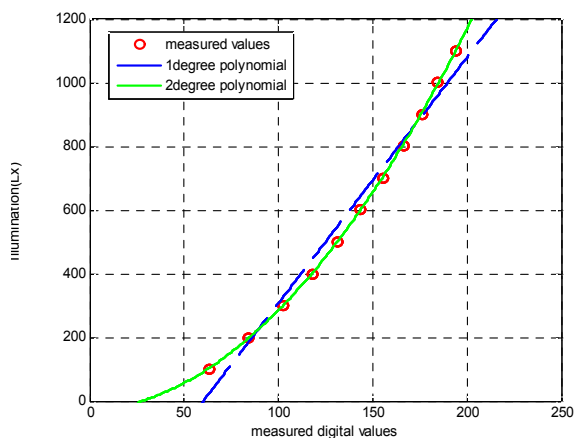


그림 3. 센서의 출력 값과 1~2차 다항식의 그래프
Fig. 3. Sensor Output values and graph of 1~2 order polynomial approximation

3.2 LED 스탠드의 전력 소모 특성 분석

본 연구에서 사용한 LED 스탠드의 조도 별 소비 전력을 측정하기 위해 주변 조도를 제거한 후에 13단계의 조도에 대해 소비 전력을 측정했을 때 표 2와 같았다. 이 때 조도 측정을 위해 사용한 조도계는 tokyo photoelectric社의 ANA-F11이며, LED에서 사용되는

효율적인 에너지 절감을 위한 센서 LED 스탠드 개발

소비 전력을 측정하기 위해서 태광社의 디지털 멀티미터(TK-4002)를 사용하여 측정하였다.²⁾

표 2. LED 스탠드의 조도에 대한 소비 전력
Table 2. Illumination of LED Stand for power consumption

조도 (lx)	소비 전력(W)	1차 근사값(W)	2차 근사값(W)	1차 오차	2차 오차
20	0	-	-	-	-
98.1	0.72	0.58	0.66	0.14	0.06
202	1.56	1.41	1.48	0.15	0.08
298	2.16	2.18	2.224	0.02	0.08
385	3	2.88	2.94	0.12	0.06
478	3.6	3.62	3.7	0.02	0.1
572	4.44	4.37	4.47	0.07	0.03
665	5.28	5.12	5.24	0.16	0.04
763	6	5.9	6.06	0.1	0.06
858	6.96	6.66	6.86	0.3	0.1
955	7.8	7.44	7.68	0.36	0.12
1,080	8.76	8.44	8.75	0.32	0.01
1,180	9.6	9.24	9.62	0.36	0.02

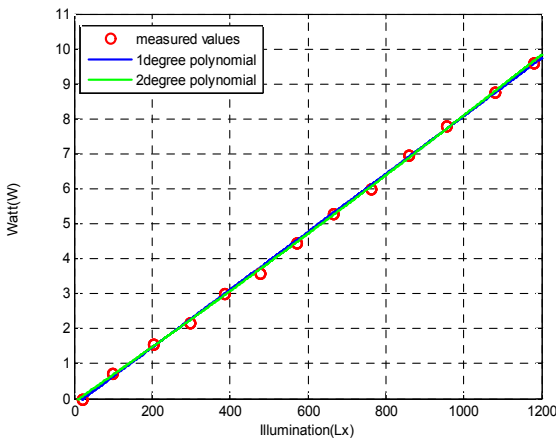


그림 4. LED 스탠드의 조도에 대한 소비 전력과 1~2차 다항식의 그래프
Fig. 4. Illumination of LED Stand for power consumption and graph of 1~2 order polynomial approximation

2) 멀티미터로 전류를 측정하고, 사용된 전압은 12V이므로 전력 $P=VI$ 에 의해 전력을 계산하였다.

실험을 통해 구한 LED 스탠드의 조도 별 소비 전력을 그래프로 표현했을 때 그림 4와 같으며, 최소자승법을 통해 1~2차 다항식으로 근사화한 결과와 함께 나타내었다. 조도 별 소비 전력은 1차 다항식과 같이 근사화할 수 있었으며, 오차는 0.2였다. 2차 다항식으로 근사화했을 때에는 오차가 0.1이었으며, 1차 다항식의 결과와 비교하여 오차가 큰 차이가 없기 때문에 소비 전력 대비 조도가 비례한다고 볼 수 있다.

3.3 조도 제어 방법

일반적으로 스탠드를 사용하는 경우에 사람에 따라 선호하는 조도가 다르다. 따라서 UART 통신을 통해 사용자가 선호하는 조도를 입력할 수 있도록 제작하였다.

표 3. LED 스탠드의 조도에 대한 듀티 비
Table 3. Illumination of LED Stand for Duty ratio

PWM Duty Ratio(%)	조도 (lx)	1차 근사값(%)	2차 근사값(%)	1차 오차	2차 오차
4	98.1	3.84	3.45	0.16	0.55
8	202	8.06	7.98	0.06	0.02
12	298	11.95	12.1	0.05	0.1
16	385	15.48	15.77	0.52	0.23
20	478	19.26	19.65	0.74	0.35
23	572	23.07	23.51	0.07	0.51
27	665	26.84	27.27	0.16	0.27
31	763	30.82	31.16	0.18	0.16
35	858	34.67	34.88	0.33	0.12
39	955	38.61	38.61	0.39	0.39
43	1,080	43.68	43.32	0.68	0.32
47	1,180	47.74	47.01	0.74	0.01

사용자로부터 입력받은 조도를 기준으로 조도 센서로부터 측정된 주변 조도에 따라 부족한 조도를 LED 스탠드로 보완해주어야 한다. 이때 조도는 각 조명에서 발생하는 조도의 합으로 볼 수 있으며, 본 연구에서는 측정하는 주변 광원(ambient lighting source)는 방향성이 없는 광원이라고 가정하여, 조도센서에서 측정된 값이 실제 조사면 또는 광원의 거리 빛 방향과는 무관하게 측정된다고 가정하였다. 이러한 주변 광원을 고려하므로 주변 광원에서 부족한 부분에 대한 조도를

LED 스탠드를 통하여 생성하면 된다[7]. 따라서 LED 스탠드의 LED를 정밀하게 제어하기 위한 방법으로 8비트 PWM 제어를 하였고, 펄스의 폭에 따른 LED 스탠드에서 발생하는 조도를 측정했을 때 그 특성은 표 3과 같으며, 그림 5와 같이 그래프로 표시하였다.

듀티 비(Duty Ratio)에 따른 조도의 경우에는 2차 다항식으로 근사화했을 때 오차가 0.25이며, 1차 다항식의 오차인 0.34와 큰 차이가 없기 때문에 계산이 더 간단한 1차 다항식으로 근사화하였으며 식 (2)와 같다.

$$I = I_d - I_c \tag{2}$$

$$PWM_c = (40I - 138) \times 10^{-3} \tag{3}$$

여기서 PWM_c 는 듀티 비이며, I 는 조도를 나타낸다. 식 (3)은 사용자가 입력한 선호 조도 I_d 와 조도 센서를 통해 얻은 주변 조도 I_c 의 차이이며, 식 (3)의 I 에 대입하여 LED 스탠드의 조도를 제어할 수 있다.

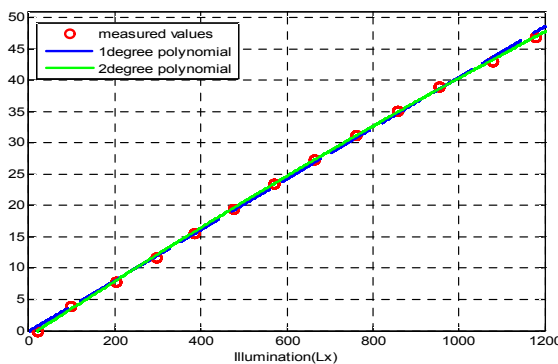


그림 5. LED 스탠드의 조도에 대한 듀티 비와 1~2차 다항식의 그래프

Fig. 5. Illumination of LED Stand for Duty ratio and graph of 1~2 order polynomial approximation

4. 시스템 구현 및 실험 결과

실제 제안한 방법을 적용하기 위해 그림 6과 같이 LED 스탠드의 전등 갓 위쪽에 조도 센서를 설치하여 주변 조도를 측정하고, 측정된 주변 조도에 따라 LED 스탠드를 제어하였다.

실험을 위해 주변 조도를 제어 가능한 환경을 구성하여 5 단계로 조도 조절을 하였고, 공부 중에 스탠드를 사용한다는 상황을 가정하였다. 공부를 할 때 사람에게 적당한 조명은 5,000~7,000K의 색온도와 600~1,000lx의 조도이다[8-9]. 본 연구에서 사용한 LED 스탠드는 5,000K의 색온도를 가지고 있고, 조도는 중간 값인 800lx를 선정하였다. 또한 그림 6과 같이 책상을 배치하여 실제 공부하는 환경과 유사하게 구성하였다.³⁾ 그리고 책상위에서 측정된 주변 조도는 표 4와 같다.



그림 6. 조도 센서를 설치한 LED 스탠드
Fig. 6. Light sensor installed LED Stand



그림 7. 조도 조절이 가능한 실험실 구성
Fig. 7. Illumination controllable test room

표 4. 실험실의 조도
Table 4. Illumination of test room

조명(단계)	1	2	3	4	5
조도(lx)	160	214	268	322	376

기존의 LED 스탠드의 경우에는 사용자가 원하는 밝기를 조절할 수 있지만 적합한 조도를 알 수 없기

3) 책상의 높이는 바닥에서 745mm, 스탠드의 광원과 조도계의 거리는 425mm임.

때문에 임의의 조도에서 사용할 수밖에 없는 문제가 있다. 이러한 임의의 상황을 가정하기 위해 LED 스탠드의 조도를 5가지로 구분하여 사용했을 때 그 조도와 소모 전력량은 표 5와 같다.

표 5. 임의의 상황에 대한 조도와 전력 소모
Table 5. Illumination and power consumption for Random conditions

LED \ 주변	160 (lx)	214 (lx)	268 (lx)	322 (lx)	376 (lx)	LED 조도에 따른 소모 전력(W)
300(lx)	471	515	574	634	686	2.3
500(lx)	660	720	776	832	883	3.7
700(lx)	870	910	990	1,030	1,080	5.5
900(lx)	1,070	1,110	1,170	1,230	1,280	7.1
1100(lx)	1,280	1,320	1,380	1,430	1,490	8.7

일반적인 사용 환경에서 사용자가 조도를 800lx로 맞추기도 어렵고 너무 밝거나 어두워 눈이 피로해질 수도 있다. 표 5와 같이 25가지의 상황에서 필요 조도의 10%를 초과하는 경우가 56%였고, 최대 소비전력의 경우 5.1W의 전력 낭비가 있었다. 또한 30명의 실험자에게 두 가지 주변 조도(2lx와 630lx)를 주었을 때 자신에게 적당한 조도 맞추도록 실험했을 때 각각의 조도에 대해 평균 991lx와 평균 1,326lx로 측정되었다. 이러한 사용자 선호 조도의 경우에는 조절조도의 범위를 비롯하여 다른 다양한 요소들에 의하여 영향을 받게 된다[10]. 이에 따라 필요 조도 이상의 높은 조도를 사용하여 최대 4.3W의 전력 낭비를 하고 있었다.

표 6. 개발한 LED 스탠드의 조도와 전력 소모
Table 6. Illumination and power consumption of developed LED Stand

주변 조도(lx)	160	214	268	322	376
측정 조도(lx)	819	818	817	813	805
전력 소모(W)	5.4	4.92	4.44	3.96	3.6

이러한 문제를 해결하기 위해 제안한 방법을 적용했을 때의 조도 및 전력 소모량을 표 6에 나타내었다. 이와 같이 제안한 방법의 경우 기존의 경우에 비해 최

대 5.1W의 에너지 절감 효과를 볼 수 있었으며, 주변 조도가 어두운 경우에는 에너지 절감 효과를 크게 볼 수 없지만 주변 조도가 밝은 경우에는 효과가 있었으며 특히 사용자에게 최적의 조도를 보장해 줄 수 있었다.

실제로 제작한 LED 스탠드가 기존의 LED 스탠드와 비교하여 사람들에게 설문지를 통한 만족도를 평가해 보았다. 설문을 위해 동일한 제품의 스탠드 두 대를 이용하여 센서가 설치된 스탠드와 기존 스탠드에 대해 비교 평가하였다. 실내 조도는 2lx, 630lx로 어두운 경우와 밝은 경우를 실험 상황으로 설정하였고, 각각의 경우에 대해 1분간 책을 읽도록 하였다. 그리고 30명에 대해 조사를 실시하였으며, 5가지 질문에 대해 “매우 그렇다(5), 그렇다(4), 보통이다(3), 그렇지 않다(2), 매우 그렇지 않다(1)”로 평가하도록 하였다.

표 7. 설문 내용과 그에 대한 평가 결과
Table 7. A questionnaire and its evaluation result

설문 내용	5	4	3	2	1
기존 스탠드와 비교하여 센서 스탠드는 독서를 하기에 더 적절한가?	4	19	5	2	-
기존 스탠드와 비교하여 센서 스탠드의 자동 제어가 더 편리한가?	10	14	5	1	-
센서 스탠드의 밝기가 적합한가?	8	13	5	3	-

표 7의 설문지의 평가 결과는 5가지 질문 중 본 연구와 관련된 3가지 질문의 결과이며 사용자 입장에서 76.7% (23/30)의 응답자가 기존의 스탠드와 비교하여 독서를 하기에 더 적절하다는 평가를 받았으며 이는 사용자에게 적합한 조도 제공과 사용자로 하여금 추가적인 제어를 필요로 하지 않기 때문이라고 분석된다.

5. 결 론

본 논문에서는 LED 스탠드에서 더 효과적으로 에너지 절감을 하기 위해 조도 센서를 이용한 LED 스탠드를 개발하였다. 주변 조도에 따라 LED의 밝기를 제어하여 사용자에게 적합한 조도를 제공하며, 최대 5.1W의 에너지 절감 효과를 볼 수 있었다. 또한 최소 자승법을 이용하여 주변 조도에 따른 조도 제어 방법을 제시하였다.

기존의 스탠드는 사용자가 직접 조명을 제어하거나 또는 On/Off 밖에 되지 않아 적합한 조도를 제공하지 못 하고 에너지 낭비를 야기하는 문제가 있으나 제시한 방법을 통해 해결할 수 있음을 보였다. 또한 이러한 방법이 사용자에게 적절한 조도를 제공하는데 효과적이고, 편리하다는 결과를 설문문을 통해 얻을 수 있었다.

이러한 LED 스탠드 제어 방법은 향후 LED 스탠드 뿐만 아니라 LED를 기반으로 한 조명들의 조도 제어에 효과적으로 적용될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 조도만 고려하였지만 색온도를 포함하여 사용자에게 더 적합한 조명을 제공할 수 있는 방법이 필요하다.

감사의 글

본 논문은 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력 양성 사업과 2012년도 에코디자인 특성화 대학원 사업에 의해 수행된 연구 결과임.

References

[1] S. Park, C.-S. Lee, J.-S. Jang, K. Lee, & Y. T. Kim, "A consideration and Prospects of psychological research on lighting", Korean Journal of Psychology: General, vol. 30, no. 1, pp.139-159, 2011

[2] H. Park, C.-S. Lee & J.-S. Jang, "The effect of LED lighting colors on the rating and recognition of Korean affective words ", International Conference on LED and Solid State Lighting, 2011

[3] T. Komine, M. Nakagawa, "Fundamental Analysis for Visible-Light Communication System using LED lights," IEEE Trans.on Consumer Electron., vol.50, no.1, pp.100-107, Feb. 2004

[4] Kang-Wha Chung, A Study on the Interactive Lighting by LED Light Module & Sensor, Journal of KIIE, vol. 18, no. 3, pp.1-6, 2004

[5] J.-H. Joo, S.-W. Kang, H.-C. Kwon, S.-G. Lee, J.-H. Park, A Development of Energy Saving System for Automatic Lighting Control using PIR, Journal of KIIE, vol. 24, no. 2, pp.56-68, 2010

[6] H. J. Lee, S. Y. Park, J. Y. Shin , S.Y. Chun, "Guideline of eco-friendly LED stand", KSPE 2012 Spring Conference, pp. 1299-1300, 2012.

[7] The LIGHTING AUTHORITY, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, "THE IESNA LIGHTING HANDBOOK", pp. 379-394

[8] Y.-J. Park, J.-H. Choi, M.-G. Jang, "Optimization of Light Source Combination through the Illuminance and Color Temperature Simulation of Circadian Lighting Apparatus",

Journal of Digital Contents, Vol. 9, No. 8, pp. 248-254, 2009.

[9] N. Oi, H. Takahashi, "PREFERRED COMBINATIONS BETWEEN ILLUMINANCE AND COLOR TEMPERATURE IN SEVERAL SETTINGS FOR DAILY LIVING ACTIVITIES", Proceedings of the 2nd International Symposium on Design of Artificial Environments, pp. 214 - 215, 2007.

[10] S. A. Fotios, C. Cheal, "Stimulus range bias explains the outcome of preferred-illuminance adjustments, Lighting Research and Technology, Vol. 42, pp. 433-447, 2010.

◇ 저자소개 ◇



천성용 (千城用)

1984년 11월 21일생. 2010년 영남대학교 전자공학과 졸업. 2012년 영남대학교 전자공학과 졸업(석사). 현재 영남대학교 전자공학과 박사과정 재학 중.



신지예 (辛智禮)

1987년 8월 30일생. 2011년 영남대학교 산업디자인과 졸업. 현재 영남대학교 전자공학과 석사과정 재학 중.



박신원 (朴信源)

1985년 5월 10일생. 2011년 영남대학교 전자공학과 졸업. 현재 영남대학교 전자공학과 석사과정 재학 중.



이화조 (李和朝)

1955년 10월 18일생. 1981년 한양대학교 기계공학과 졸업. 1987년 독일 베르린 공대 기계공학 Dipl.-Ing. 1993년 독일 베르린 공대 기계공학 Dr.-Ing. 1987~1993년 독일 베르린공대 공작기계 및 가공기술연구소 연구원. 1993~1996년 한국기계연구원 선임연구원. 현재 영남대학교 기계공학부 교수.



이찬수 (李璨洙)

1970년 2월 9일생. 1995년 연세대학교 전자공학과 졸업. 1997년 KAIST 전기전자공학과 졸업(석사). 2007년 Rutgers University Dept. of Computer Science, Ph.D. 1997~2001년 한국전자통신연구원. 현재 영남대학교 전자공학과 부교수.