

광센서 조광제어시스템의 시스템 보정에 관한 연구

(A Study on the System Calibration in Daylight Responsive Dimming Systems)

이정은* · 최안섭** · 정근영*

(*세종대학교 건축공학과 석사과정, **세종대학교 건축공학과 교수)

(Jung-Eun Lee · An-Seop Choi · Keun-Young Jeong)

Abstract

The purpose of this study is to analyze the slopes of control algorithm and dimming levels based on different inputs and parameters. Different parameters such as photosensor aiming angles, sky types, and seasonal changes were considered. To determine the slopes of control algorithm and dimming levels, photosensor signals and workplan illuminance values were simulated by DayDim program, which is a lighting calculation and analysis tool. A typical small office space was used for simulation, and three different sky types in three different seasons were considered. This study shows that differences in dimming levels can occur according to different sky types, if system calibration is conducted in a particular sky type.

1. 서 론

1.1 연구의 배경

일반 상업빌딩에서는 조명에너지 부하로 전체 에너지 부하 중 30~50%정도를 소비하고 있는데, 이러한 전기 에너지의 소비를 줄이기 위한 방법의 일환으로 주광을 이용하는 광센서 조광제어시스템이 개발되었다[1,2]. 이러한 시스템을 소형사무소에 설치한 결과 조명에너지 소비를 약 30~60% 정도 절감할 수 있었다[1].

이러한 방법으로 절약되는 에너지는 전 세계의 에너지 고갈과 환경오염 등의 문제를 해결하는 방법의 하나가 되는 것이다. 또한, 광센서 조광제어시스템은 작업면의 조도를 일정하게 하여 작업의 능률을 최대화할 뿐만 아니라 작업자에게 시각적, 감각적 안정감을 준다.

광센서 조광제어시스템의 실행을 위해서는 광센서, 조광용 전자식안정기, 조명제어기 그리고 전기적 신호를 변환시켜 주는 각종 모듈이 필요하다. 시스템이 실행되는 순서는 우선 천정에 설치된 광센서가 실내로 입사되는 주광과 실내의 전기조명의 광속량을 감지하고 그 감지된 수치는 광센서 모듈과 통신모듈을 통하여 제어 프로그램으로 전송된다. 제어 프로그램에서는 각종 입력 값들에 의해서 작업면의 조도값을 항상 일정한 조도로 유지되도록 하는 조광제어레벨이 결정된다. 이 값이 조광용 전자식안정기로 전달되어 인공조명을 제어하여 작업면의 조도가 일정하게 유지되도록 하는 것이다. 이와 같이 여러 단계를 거쳐 실행되는 시스템의 정확

성에 영향을 미치는 요소들은 광센서 시그널과 작업면 조도와의 상관성, 콘트롤 알고리즘 그리고 광센서 보정(Calibration) 등 이다. 최근 들어 광센서 시그널과 작업면의 조도와의 상관성과 콘트롤 알고리즘에 관한 몇몇 연구가 있었다[3]. 그러나 광센서 조광제어시스템의 실행평가 도구를 이용하여 시스템의 보정에 따른 제어기율기와 조광레벨의 관한 연구는 부족한 상태이다.

1.2 연구의 목적

시스템 보정시 결정하고자 하는 것은 제어기율기의 값이다. 보정시 측정된 여러 입력값들을 통해 제어기율기가 결정되는 것이다. 조광 레벨은 이러한 제어기율기 값을 기본으로 각종 입력 값들에 의해 결정되는데 제어기율기의 값이 변화하면 그에 따라 조광레벨도 변화한다. 한번 결정된 제어기율기값은 변화되지 않으므로, 적절치 못한 시스템 보정값은 결국 작업면의 설정된 조도값을 정확하게 유지하지 못하는 결과를 초래한다. 본 연구에서는 실행평가도구 프로그램인 DayDim을[4] 이용하여 제어기율기에 입력되는 값들을 결정하였다. 그리고 이 값들은 일련의 관계식에 의해 제어기율기와 조광 레벨을 결정하였고, 그 결과를 비교함으로써 다음과 같은 사항을 분석하였다.

- 센서별, 천공별, 계절에 따른 제어 기율기 결정
- 제어 기율기에 따른 조광레벨 결정 및 차이 분석

2. 본 론

2.1 시뮬레이션 공간

본 연구를 위한 시뮬레이션은 소형 사무소의 실제크기에서 실행되었다. 그림 1에서 보듯이, 소형 사무소의 크기는 7.2m×5.4m×2.7m이며, 작업면의 높이는 0.75m이다(그림 1).

실내 마감재는 우리나라의 사무소에서 실제로 많이 사용되는 마감재를 적용하였는데 천장은 흡음텍스($\rho=0.8$), 바닥은 디렉스타일($\rho=0.5$) 그리고 벽은 페인트칠($\rho=$)을 반사율로 적용하였다. 또한, 창문에는 투명이중유리로서 투과율은 $\tau=0.89$, 반사율은 $\rho=0.08$ 이 적용되었다[5].

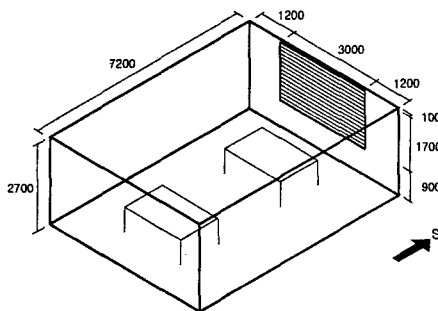


그림 1. 시뮬레이션을 위한 대상 공간
Fig. 1. Layout of the room for simulation

2.2 시뮬레이션 변수

시뮬레이션에 적용된 변수는 선행된 연구결과에서 나타난 작업면 조도와 광센서 시그널과의 상관성이 좋은 센서 세가지 종류를, 센서의 위치는 3.4m에서만 고려하였다[5]. 각 센서들은 특정한 방향의 측광형태를 가지고 있다. 향은 주광의 영향을 가장 많이 받는 남향, 그리고 시간은 태양고도가 가장 높을 때와 낮을 때인 하지와 동지를 기준으로 오전 7시부터 오후 19까지를 고려하였다(표 1).

표 1. 시뮬레이션에 적용된 변수
Table 1. Simulation parameters

광센서	1(기준센서), 2(30°), 3(60°)
센서위치	3.4m
천공상태	청천공, 부분담천공, 담천공
월/일	6/21(하지), 12/22(동지)
시간	07시~19시
향	남향

2.3 제어 기울기 및 조광레벨 관계식

광센서 조광제어 시스템에 적용되는 기울기와 조광레벨을 구하는 식은 다음과 같다[1].

$$M_{CL} = \frac{E_D(t_c)}{E_D(t_c) \times S_{EM} - E_{EM} \times S_D(t_c)} \quad (1)$$

$$\delta_{CL} = \frac{1 + M_{CL} \times (S_D(t) - S_{EM})}{1 - M_{CL} \times S_{EM}} \quad (2)$$

M_{CL} = slope of closed-loop control

δ_{CL} = dimming level with closed-loop control

$E_D(t_c)$ = daylight illuminance at the calibration time

S_{EM} = signal produced by photosensor for $\delta=1$ without daylight

E_{EM} = task illuminance level for $\delta=1$ without daylight

$S_D(t_c)$ = daylight component of total photosensor signal at calibration time

$S_D(t)$ = daylight component of total photosensor signal

여기서, 광센서에 관계된 시그널과 작업면에 관계된 조도는 광센서 조광제어시스템의 실행평가 도구인 DayDim을 이용하여 시뮬레이션 한 결과를 이용하였다. 그리고 그 결과들을 크로즈드루프 콘트롤 알고리즘의 관계식에 적용하여 실행시키면 각종 변수와 입력 값들에 의한 제어 기울기가 구해지고, 이 기울기에 의해 작업면의 조도 값을 항상 설정된 조도로 유지할 수 있도록 하는 조명시스템의 조광레벨 값이 결정되는 것이다.

2.4 연구 평가방법 및 제어기울기와 조광레벨 분석

DayDim을 이용하여 시뮬레이션한 결과인 작업면 조도와 광센서 시그널 그리고 각종 변수들을 식(1)에 대입하여 천공별, 센서 종류별로 제어 기울기를 구하였다(표 2). 변수에 따른 제어 기울기는 광센서 시그널과 조광레벨 사이에 선형의 관계를 나타낸다. 그러나 이 선형의 관계는 각종 변수에 따라 다양한 기울기로 나타난다. 이러한 다양한 기울기를 가진 그래프들은 시스템을 실행할 때 정확하게 이루어지지 못하게 하는 원인이 된다.

이러한 변수에 따른 그래프들의 오차를 알아보기 위해서 우선 비교해야 할 기준을 청천공으로 정하였다. 그리고 보정을 실시하고, 부분 담천공과 담천공을 각각 비교하였다.

이 분석된 수치들은 시스템의 실행에 필요한 제어 프로그램 구성 시 입력 값들에 의해서 가장 적합한 조광레벨을 선택하여 적용하게 되면 항상 일정한 작업면의 조도를 유지할 수 있는 것이다.

표 2. 천공별 10시를 기준으로 보정한 기울기
Table 2. The slope of closed-loop control based on 10 o'clock in different sky types

기준 광센서	청천공 보정	부분담천공 보정	담천공 보정
센서 1	MCL=-0.0048	MCL=-0.0063	MCL=-0.0031
센서 2	MCL=-0.0159	MCL=-0.0199	MCL=-0.0202
센서 3	MCL=-0.0107	MCL=-0.0137	MCL=-0.0166

표 3, 4, 5 에서는 센서 1, 2, 3을 각각 청천공, 부분담천공, 담천공 상태에서 보정을 실시하고 제어 기울기에 따른 계산된 조광레벨을 하지, 춘추분, 동지일 때로 나타내고 있다. 조광레벨이 '0'을 나타내고 있으면 인공조명을 점등하지 않아도 되며, 반대로 '100'을 나타내고 있으면 100% 점등을 해야만 한다. 그림 2, 3, 4는 각 센서별 천공변화에 따른 광센서 시스템과 조광레벨과의 관계를 보여주고 있다.

각 천공별로 시스템 보정을 별도로 실시하여 그에 따라 결정된 연중의 서로 다른 조광레벨값을 비교하였다. 먼저 센서 1의 경우, 청천공 시스템 보정시와 부분담천공 시스템 보정시를 비교하였다. 이 경우, 가장 큰 차이의 조광레벨을 나타낸 때는 부분담천공일 때 동지 오후 1시의 경우이었다. 청천공 시스템 보정시 조광레벨은 16%이었지만, 부분담천공 시스템 보정시 4%이었다. 두 천공별 시스템 보정에 따라 청천공일 때 조광레벨의 연중 평균차이는 10.8%로 나타났으며, 부분담천공일 때는 27.1%로 청천공보다는 큰 차이를 나타냈다. 담천공일 때는 1.7%로 가장 작은 평균차이를 나타냈다.

다음, 청천공 시스템 보정시와 담천공 시스템 보정시를 비교하였다. 조광레벨의 가장 큰 차이는 부분담천공일 때 춘추분 오전 10시로 나타났다. 두 천공별 시스템 보정에 따라 청천공일 때 조광레벨의 연중 평균차이는 약 20.1%로 청천공과 부분담천공을 비교하였을 경우보다 10%이상 차이가 났다. 부분담천공일 때는 62.51%로 가장 큰 차이를 나타냈으며 담천공일 때 2.19%로 작은 차이를 나타냈다.

센서 2도, 먼저 청천공 시스템 보정시와 부분담천공 시스템 보정시를 비교하였다. 청천공 시스템 보정시와 부분담천공 시스템 보정시를 비교한 경우, 조광레벨의 가장 큰 차이를 나타낸 시간은 청천공일 때 춘추분 오후 2시이었다. 청천공일 때 조광레벨의 평균차이는 24.8%로 센서 1보다 두 배 이상의 차이를 나타내었으며, 부분담천공일 때는 10.9%로 청천공 보다는 작은 차이를 나타냈다. 이 결과는 센서 1과는 다른 결과인데 센서 1에서는 부분담천공일 때 가장 높은 차이를 나타낸 반면, 센서 3에서는 청천공일 때 가장 높은 차이를 나타냈다. 담천공일 때는 1.2%로 가장 작은 차이를 나타냈다.

타냈다.

다음, 센서 1의 경우와 마찬가지로 청천공 시스템 보정시와 담천공 시스템 보정시를 비교하였다. 조광레벨의 가장 큰 차이는 청천공일 때 춘추분 오후 2시에 나타났다. 청천공일 때 하지, 춘추분, 동지에 걸쳐 약 34.5%의 차이를 보여 청천공과 부분담천공을 비교하였을 경우보다 10%이상 차이가 났다. 부분담천공일 때는 10.6%의 차이를, 담천공일 때는 1.2%로 다른 천공과 비교했을 때와 마찬가지로 작은 차이를 보였다.

센서 3의 경우도 같은 방법으로 비교하였다. 먼저 청천공 시스템 보정시와 부분담천공 시스템 보정시를 비교하였다. 청천공 시스템 보정시와 부분담천공 시스템 보정시를 비교한 경우, 조광레벨의 가장 큰 차이를 나타내는 시간은 부분담천공일 때 동지 오전 10시로 나타났다. 청천공일 때 연중 조광레벨의 평균차이는 7%로 센서 1과 2보다 가장 작은 차이 나타냈으며, 부분담천공일 때는 20.98%로 청천공보다는 큰 차이를 나타내었다. 이 결과는 센서 1과 비슷한 결과이며 센서 2과는 다른 결과이다. 그리고 담천공일 때는 1.35%로 다른 센서와 마찬가지로 가장 작은 평균차이를 보였다.

다음, 청천공 시스템 보정시와 담천공 시스템 보정시를 비교하였다. 조광레벨의 가장 큰 차이는 부분담천공일 때 춘추분 오후 2시로 나타났다. 그리고 청천공일 때 하지, 춘추분, 동지에 걸쳐 약 13.7%의 차이를 나타냈으며, 부분담천공일 때는 45.6%의 차이로 가장 큰 차이를 나타냈다. 이 수치는 본 연구에서 고려된 모든 센서 중에 가장 큰 차이를 나타내었다. 그리고 담천공일 때는 2.4%로 다른 천공과 비교했을 때와 마찬가지로 작은 차이를 나타냈다.

시스템 보정을 어떤 천공상태에서 하느냐에 따라 같은 조건에서의 조광레벨값이 다르게 결정될 수 있다는 것을 보여주고 있다. 청천공 상태에서 오전 중에 시스템 보정을 시행하라는 일반적인 지침이 있으나, 본 연구결과를 보면 천공변화와 계절변화를 고려하는 것이 시스템 정확성 향상에 기여할 수 있는 요소가 된다. 시뮬레이션을 통해 이러한 변화를 미리 예측하여 콘트롤 알고리즘에 반영하면 시스템을 보다 정확히 실행할 수 있을 것이다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 광센서 조광제어시스템에서 시스템 보정 후 조광레벨이 여러 변수에 따라 어떻게 변화하는지를 알아보았다. 시스템 보정을 어떤 천공상태에서 시행하느냐에 따라 시스템의 정확성에 영향을 미쳤다. 적절한 시스템 보정과 천공과 계절 변화에 따른 변화수치를 콘트롤 알고리즘에 반영할 수 있도록 해야 하겠다.

표 3. 센서 1의 천공별 제어 기울기 및 조광레벨
Table 3. The slope of control and dimming level of sensor 1 in sky types

변수		센서 1 (기준센서)									
		CLEAR(10시) 기준 보정 M _{CL} = -0.0048			P.CLOUDY (10시)기준 보정 M _{CL} = -0.0063			OVERCAST (10시)기준 보정 M _{CL} = -0.0031			
계절	시간	청천공	부분 담천공	담천공	청천공	부분 담천공	담천공	청천공	부분 담천공	담천공	
하 지	7	86.5	80.6	91.8	84.5	77.8	90.6	84.5	77.8	90.6	
	8	83.5	71.2	88.7	80.1	67.1	87.1	80.1	67.1	87.1	
	9	75.6	60.1	86.1	70.9	54.4	84.1	70.9	54.4	84.1	
	10	67.9	50.0	84.1	62.1	42.9	81.8	62.1	42.9	81.8	
	11	48.6	35.7	82.8	40.1	26.9	80.3	58.6	49.5	86.5	
	12	45.1	33.0	82.3	37.2	23.5	79.8	56.9	47.5	86.1	
	13	48.2	36.6	82.7	40.8	27.6	80.2	59.4	50.3	86.4	
	14	68.6	51.4	83.9	62.9	44.5	81.6	74.6	61.9	87.4	
	15	76.3	62.2	85.9	72.9	56.8	83.9	81.4	70.4	88.9	
	16	83.9	72.5	88.5	80.6	68.6	86.9	86.7	78.5	91.0	
	17	87.7	81.5	91.6	84.9	78.9	90.4	89.6	85.5	93.4	
	18	90.5	89.6	94.9	89.1	88.1	94.2	92.5	91.8	95.9	
	19	95.5	96.6	98.2	93.7	96.1	97.9	95.7	97.4	98.6	
	춘 추 분	7	86.3	87.1	95.8	84.4	85.2	95.8	84.4	85.2	95.3
		8	59.6	69.6	92.6	53.8	65.3	92.6	53.8	65.3	91.5
		9	66.0	38.6	89.8	00.0	29.8	89.8	0	29.8	88.3
		10	0	4.3	87.7	00.0	0	85.9	0	24.9	90.3
		11	0	0.00	86.4	0	0	84.5	0	11.2	89.4
		12	0	0.00	86.0	0	0	84.0	0	8.1	89.0
13		0	0.00	86.6	0	0	84.7	0	16.9	89.5	
14		0	20.4	88.1	0	9.1	86.4	7.6	37.6	90.6	
15		33.8	53.6	90.4	24.4	46.9	88.9	48.1	63.6	92.4	
16		74.8	77.9	93.3	71.2	74.8	92.4	80.2	82.7	94.8	
17		90.4	91.1	96.7	88.9	89.8	96.2	92.4	93.0	97.4	
18		100	100	100	100	100	100	100	100	100	
19		100	100	100	100	100	100	100	100	100	
동 지		7	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		8	75.4	92.2	98.1	71.9	91.1	98.1	71.9	91.1	97.8
		9	0	71.7	95.5	0	67.6	95.5	0	67.6	94.9
		10	0	34.6	93.6	0	25.3	92.6	0	48.7	94.9
		11	0	5.8	92.3	0	0	91.2	0	26.1	93.9
		12	0	4.4	91.8	0	0	90.7	0	25.0	93.6
	13	0	16.0	92.3	0	4.0	91.2	0	34.1	93.9	
	14	0	46.9	93.6	15.9	39.3	92.7	0	58.3	94.9	
	15	26.5	78.2	95.6	84.3	75.1	95.0	42.3	82.9	96.6	
	16	86.3	96.9	98.3	100	93.1	98.0	89.3	95.2	98.7	
	17	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	19	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

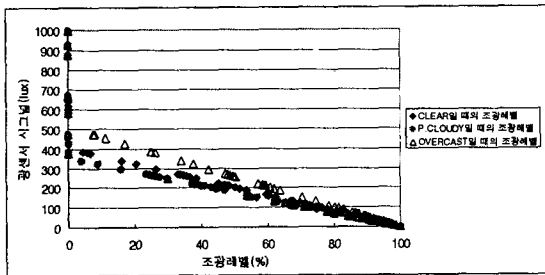


그림 2. 센서 1을 보정했을 때의 광센서 시그널과 조광레벨과의 관계
Fig. 2. The relation of photosensor signal and dimming level (sensor 1)

표 4. 센서 2의 천공별 제어 기울기 및 조광레벨
Table 4. The slope of control and dimming level of sensor 2 in sky types

변수		센서 3 (방향성 30°)									
		CLEAR(10시) 기준 보정 M _{CL} = -0.0159			P.CLOUDY (10시)기준 보정 M _{CL} = -0.0199			OVERCAST (10시)기준 보정 M _{CL} = -0.0202			
계절	시간	청천공	부분 담천공	담천공	청천공	부분 담천공	담천공	청천공	부분 담천공	담천공	
하 지	7	87.4	80.0	91.5	86.1	78.0	90.6	86.1	77.9	90.5	
	8	83.6	70.3	88.3	81.9	67.3	87.1	81.8	67.1	87.0	
	9	74.7	58.5	85.5	72.1	54.3	84.1	72.0	54.0	84.0	
	10	66.9	48.1	83.4	63.5	42.9	81.8	63.3	42.5	81.6	
	11	48.3	34.3	82.1	43.1	27.7	80.3	42.8	27.2	80.2	
	12	47.1	32.7	81.6	41.8	25.9	79.8	41.4	25.5	79.6	
	13	53.5	38.8	82.2	48.8	32.6	80.4	48.5	32.2	80.3	
	14	71.6	53.5	83.5	68.7	48.8	81.8	68.5	48.5	81.7	
	15	79.7	64.2	85.5	77.7	60.6	84.1	77.6	60.3	84.0	
	16	86.0	74.2	88.2	84.5	71.6	87.0	84.5	71.5	86.9	
	17	88.8	82.6	91.4	87.7	80.8	90.5	87.6	80.7	90.5	
	18	91.5	90.1	94.7	90.6	89.1	94.2	90.5	89.0	94.1	
	19	94.7	86.7	98.1	94.2	96.4	97.9	94.1	96.4	97.9	
	춘 추 분	7	86.0	86.2	95.7	84.6	84.9	95.2	84.5	84.8	95.2
		8	55.3	67.0	92.3	50.8	63.7	91.5	50.5	63.5	91.4
		9	3.6	35.1	89.4	0	28.5	88.3	0	28.1	88.2
		10	0	2.4	87.1	0	0	85.8	0	0	85.7
		11	0	0	85.8	0	0	84.4	0	0	84.3
		12	0	0	85.6	0	0	84.1	0	0	84.1
13		0	3.2	86.2	0	0	84.8	0	0	84.7	
14		11.1	31.5	87.8	2.1	24.6	86.5	1.5	24.1	86.5	
15		50.1	59.0	90.1	45.1	54.8	89.1	44.8	54.6	89.0	
16		79.7	79.4	93.1	77.6	77.3	92.4	77.5	77.2	92.4	
17		91.4	91.5	96.6	90.5	90.6	96.3	90.5	90.5	96.2	
18		100	100	100	100	100	100	100	100	100	
19		100	100	100	100	100	100	100	100	100	
동 지		7	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		8	76.0	91.6	98.0	73.6	90.8	97.8	73.4	90.7	97.8
		9	0	67.4	95.3	0	64.2	94.8	0	63.9	94.8
		10	0	19.6	93.2	0	11.5	92.5	0	11.0	92.5
		11	0	0	91.9	0	0	91.1	0	0	91.0
		12	0	0	91.6	0	0	90.8	0	0	90.7
	13	0	3.9	92.1	0	0	91.3	0	0	91.3	
	14	0	44.5	93.4	0	38.9	92.8	0	38.5	92.7	
	15	30.6	78.6	95.5	23.6	76.4	95.1	23.1	76.3	95.0	
	16	88.1	94.1	98.3	86.9	93.5	98.1	86.8	93.4	98.1	
	17	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	19	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

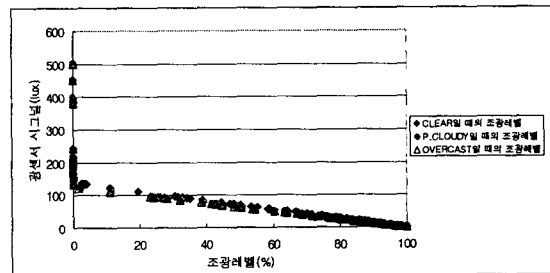


그림 3. 센서 2를 보정했을 때의 광센서 시그널과 조광레벨과의 관계
Fig. 3. The relation of photosensor signal and dimming level (sensor 2)

표 5. 센서 3의 천공별 제어 기율기 및 조광레벨
Table 5. The slope of control and dimming level of sensor 3 in sky types

계절	시간	센서 4 (방향성 60°)									
		CLEAR(10시) 기준 보정 Mcl=-0.0107			P.CLOUDY (10시)기준 보정 Mcl=-0.0137			OVERCAST (10시)기준 보정 Mcl=-0.0166			
		청천공	부분 담천공	담천공	청천공	부분 담천공	담천공	청천공	부분 담천공	담천공	
하 지	7	86.7	79.7	92.3	85.0	76.9	91.3	83.6	74.9	90.5	
	8	82.7	69.9	89.5	80.4	65.9	88.1	78.6	62.9	87.1	
	9	74.2	58.9	87.1	70.7	53.3	85.3	68.1	49.2	84.0	
	10	66.9	49.7	85.1	62.4	42.9	83.1	59.1	37.8	81.6	
	11	50.0	37.9	84.0	43.3	29.5	81.8	38.2	23.3	80.2	
	12	50.5	38.2	83.5	43.8	29.9	81.3	38.8	23.7	79.7	
	13	57.5	45.3	84.1	51.8	37.9	81.9	47.5	32.4	80.3	
	14	74.1	59.1	85.2	70.6	53.6	83.2	68.0	49.5	81.7	
	15	81.6	68.9	87.0	79.1	64.7	85.3	77.3	61.6	84.0	
	16	86.8	77.7	89.4	85.0	74.7	88.0	83.7	72.4	86.9	
	17	89.2	84.9	92.3	87.7	82.8	91.2	86.7	81.3	90.5	
	18	91.7	91.3	95.3	90.5	90.1	94.6	89.7	89.3	94.1	
	19	84.8	97.1	98.3	94.1	96.7	98.1	93.6	96.4	97.9	
	춘 추 분	7	83.9	85.5	96.1	81.8	83.5	95.6	80.2	82.1	95.2
		8	48.4	64.9	93.0	41.5	60.1	92.1	36.3	56.6	91.4
		9	0	31.7	90.5	0	22.5	89.2	0	15.6	88.2
		10	0	2.7	88.5	0	0	87.0	0	0	85.8
		11	0	0	87.3	0	0	85.6	0	0	84.3
		12	0	2.2	87.1	0	0	85.3	0	0	84.0
13		0	21.6	87.7	0	11.1	86.0	0	3.2	84.8	
14		36.9	47.0	89.0	28.4	39.9	87.6	22.1	34.6	86.4	
15		67.8	68.9	91.1	63.4	64.7	90.0	60.2	61.5	89.1	
16		84.5	83.1	93.8	82.4	80.9	93.0	80.8	79.2	92.4	
17		92.2	92.8	97.0	91.2	91.8	96.6	90.4	91.1	96.3	
18		100	100	100	100	100	100	100	100	100	
19		100	100	100	100	100	100	100	100	100	
여 지		7	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		8	63.7	91.1	98.2	58.8	90.0	98.0	55.2	89.1	97.8
		9	0	63.9	95.8	0	59.0	95.2	0	55.4	94.8
		10	0	16.7	93.9	0	5.5	93.1	0	0	92.5
		11	0	0	92.8	0	0	91.8	0	0	91.1
		12	0	4.4	92.5	0	0	91.4	0	0	90.7
	13	0	28.2	92.9	0	18.6	92.0	0	11.3	91.2	
	14	0	60.2	94.1	0	54.8	93.3	0	50.8	92.7	
	15	56.9	83.3	96.0	51.1	81.0	95.5	46.7	79.3	95.1	
	16	90.4	95.1	98.4	89.1	94.4	98.2	88.1	93.9	98.0	
	17	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	19	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

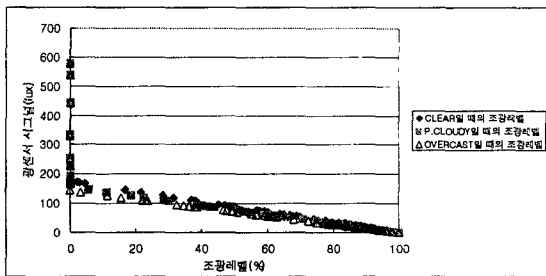


그림 4. 센서 4을 보정했을 때의 광센서 시그널과 조광레벨과의 관계

Fig 4. The relation of photosensor signal and dimming level (sensor 4)

향후 연구과제로는 본 연구에서 분석된 시스템 보정과 조광레벨과의 관계를 실제의 콘트롤 알고리즘에 적용하는 것이다. 이러한 시스템을 제작하고 장기간에 걸친 데이터를 확보하여 본 시뮬레이션 결과와 비교하는 것이 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 에너지관리공단 2003년 에너지자원기술개발연구비(과제번호: 2003-E-EL01-P-04)에 의하여 연구 되었음.

참고 문헌

- [1] 최안섭 외, 조명시스템의 자동화를 위한 주광센서 연동제어시스템의 개발연구, 삼성물산(주) 기술연구소, 1998. 12
- [2] Shashikala Ranasinghe and Richard Mistrick, A Study of Photosensor Configuration and Performance In a Daylighted Classroom Space, JOURNAL of the Illuminating Engineering Society, summer 2003
- [3] Richard Mistrick and J.Thongtipaya, Analysis of Daylight Photocell Placement and View in a Small Office, JOURNAL of the Illuminating Engineering Society, summer 2001
- [4] 최안섭, 주광센서 연동제어시스템의 분석을 위한 컴퓨터 수치 모델의 개발 및 검증, 대한건축학회 논문집, 제 13권, 9호, 1997
- [5] 정근영 외, 광센서 조광제어시스템에서 광센서의 방향성과 위치에 관한 시뮬레이션 연구, 대한건축 학회 추계학술발표대회, 2002