

광센서 조광제어시스템의 효율적인 조광율 결정을 위한 실험 데이터 분석

(Analysis of experimental data on daylight responsive dimming system performance for determining on effective dimming ratio)

김가영* · 최안섭**

(Ga-Young Kim · An-Seop Choi)

(*세종대학교 건축공학과 석사과정 · **세종대학교 건축공학과 교수)

Abstract

This study based on the experimental data on the daylight responsive dimming systems performance. The purpose of this study increases the energy-saving effects by reducing excessive intensity of radiation of artificial lighting through analyzing incident daylight. The photosensor sends amounts of detected luminous flux to digital control unit(DCU) as a signal and then, it can decide dimming ratios, by received a proper dimming signal from DCU. Generally it is effective to control artificial lighting with the different control ratio of each row by setting a photosensor as same numbers and rows as artificial lighting. However, it is ineffective to do in initial costs of systems aspect in offices. By analyzing the data of this performance and finding regular ration between photosensors, we will execute different dimming ratios to each row of artificial lighting by a single photosensor.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

일반적으로 대규모 상업 빌딩에서 소비하는 조명용 에너지는 전체 전기 에너지 소비의 30% 이상으로 큰 비중을 차지하고 있다. 이는 책상업무를 주 업무로 하는 대부분의 사무공간에서는 주광이 많이 유입되는 낮 동안에도 인공조명에 의존하는 경우가 대부분이기 때문이다. 창문이나 천창 등을 통해 실내로 유입되는 주광을 적극적으로 이용함으로써 주광의 유용성을 살려 사무원들의 작업효과를 높일 수 있으며 낭비되는 조명용 에너지의 소비를 줄여 건물 전체의 에너지 효율을 높일 수 있다.

그러기 위해서는 인공조명의 조절을 통해 실내로 유입되는 주광의 양만큼 인공조명을 줄여야 하는데 인공조명의 조절은 벽의 스위치를 통해서 직접 할 수 있으나, 시시각각으로 변하는 주광의 양에 따라 수동으로 인공조명을 조절하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서 점소등이나 조광제어 등 자동적으로 인공조명의 조절을 가능하게 하는 방법이 편리하고 효과적이다[1].

작업면에서 목표조도를 유지하기 위해서는 주광을 최대한 이용하고 부족한 부분을 인공조명으로 보충하는

것이 가장 이상적인 조광제어이며, 특히 실내공간에서 불규칙한 조명레벨을 연속적으로 제어하는 것이 재실자에게 심리적 안정감을 주고, 눈의 피로감을 줄일 수 있다. 광센서를 이용한 조광제어시스템은 유입된 주광량을 감지하여 자동적으로 필요한 만큼의 인공조명을 밝히게 하는 효과적인 시스템이다[2]. 이러한 시스템의 효율성을 더욱 높이기 위해 실내로 유입되는 주광의 양에 따라 각 센서에 의한 각 인공조명의 조광율을 분석함으로써 효과적인 시스템의 적용을 위한 가이드라인을 설정할 수 있을 것이다.

본 연구는 사무공간에서의 효율적인 조명제어를 위해 실제 광센서 조광제어시스템을 설치 한 공간에서 조도 센서가 감지한 주광량과 광 센서값, 제어값등의 실험 데이터를 분석함으로써 한 공간에서 하나의 센서에 의해 각 인공조명을 서로 다른 조광율로 제어하도록 하는데 목적이 있다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 S대학 교내의 공간에 실제 광센서 조광제어시스템을 설치하고, 작업면 높이에 2개의 조도센서를 설치하여 실내로 유입된 주광의 비율을 분석하였다. 또한 천장에 설치한 광센서 2개에 의해 실제 센서가 감지

하여 측정된 센서 데이터와 조광 데이터의 각 센서간의 비율을 분석하였다.

실험은 인공조명을 전부 소등한 후 주광만 유입된 경우와 인공조명이 주광을 감지하여 제어가 된 경우의 두 경우로 실행하였으며, 연구의 흐름은 아래의 그림 1과 같다.



그림 1. 연구의 흐름
Fig. 1. Flow of the study

2. 연구의 이론적 배경

2.1 광센서 조광제어시스템

광센서 조광제어시스템은 천장에 설치된 광센서가 실내로 입사되는 주광을 감지하여 그 감지된 주광의 양만큼 자동으로 인공조명의 밝기를 조절함으로써 전기조명과 주광을 합친 작업면의 조도가 항상 일정한 조도를 유지하도록 하는 것이다. 이 시스템은 주로 광센서, 조명제어기, 조광용 안정기로 이루어진다. 광센서는 실내의 광량을 정확히 측정하여 조명제어기로 보내는 역할을 수행하며, 조명제어기는 광센서의 신호를 기준으로 미리 적용된 알고리즘에 따라 얼마만큼의 인공조명을 줄여주는가를 결정한다. 이렇게 결정된 조광비율은 안정기로 보내져 형광램프의 발광광속을 조절하는 것이다. 일반 안정기로는 형광램프의 조광이 어렵기 때문에, 조광용 안정기를 설치해야 한다[1].

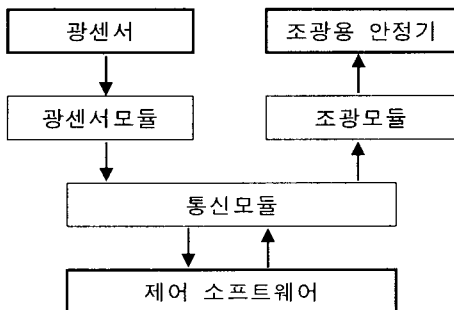


그림 2. 시스템의 구성요소
Fig. 2. The component of the daylight responsive dimming system

2.2 조광용 안정기의 제어전압

조광을 하기 위해서는 기존 형광램프에 사용되는 자기식이나 전자식 안정기와는 별도로 조광용 전자식 안정기를 사용해야만 한다. 광센서가 측정신호를 보내고 그 신호를 제어 소프트웨어가 조광율을 계산하여 조광용 안정기로 보내게 되는데, 이때 안정기는 제어전압에 의해 형광램프의 광속량을 발산하도록 한다.

기존의 모든 시스템은 안정기마다의 특성을 고려하지 않고 안정기의 제어전압과 광속량과의 관계가 이상적인 관계인 그림 3으로 가정하고 시스템을 운영하고 있다[3].

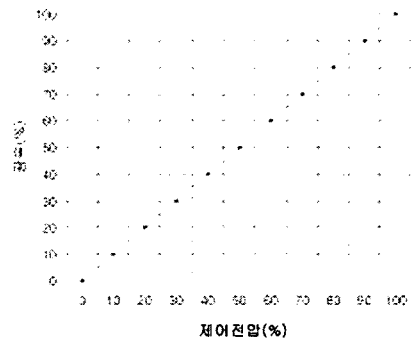


그림 3. 이상적인 제어전압-광속 관계
Fig. 3. The ideal relation between control voltage and luminous flux

3. 실험 데이터 분석

3.1 실험 공간 및 설치 장비

본 연구의 실험은 서울소재 S대학교내에서 이루어졌으며, 광센서 조광제어시스템을 설치하여 주광 데이터 및 센서 데이터, 조광 데이터를 측정하였다. 실험공간은 북북동향으로 이는 대부분의 사무공간이 직사일광을 피하기 위해 차양장치를 설치하는 것과 같이 직사일광이 거의 없는 북향을 실험공간으로 선정하였다. 아래 표 1과 그림 4-6은 실험공간에 대한 정보 및 설치장비에 대한 그림이다.

표 1. 실험공간 수치
Table 1. Figures of the experimental space.

실 크기	9.2×8.4(m)
실내반사율	천장 81%, 벽 78%, 바닥 46%
창문 크기	[3×2(m)] × 2

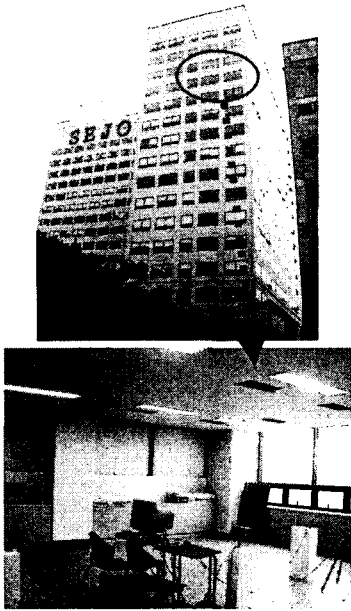


그림 4. 실험공간 위치와 실험 측정기구 배치
 Fig. 4. Building of experimental space and arrangement of measuring apparatus

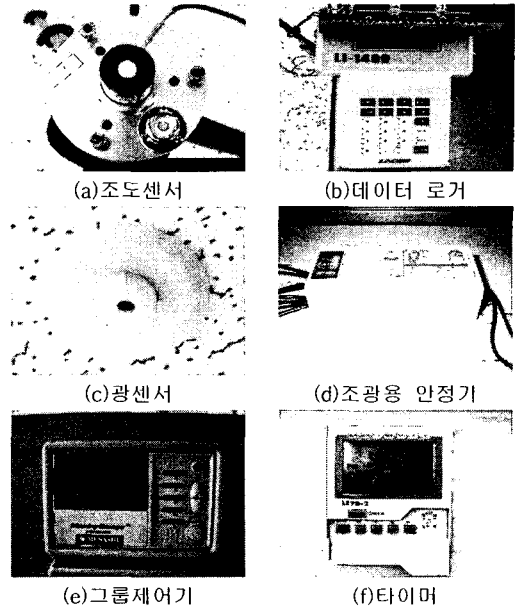


그림 6. 실험에 사용된 측정 기구
 Fig. 6. Measuring apparatus using in experiment

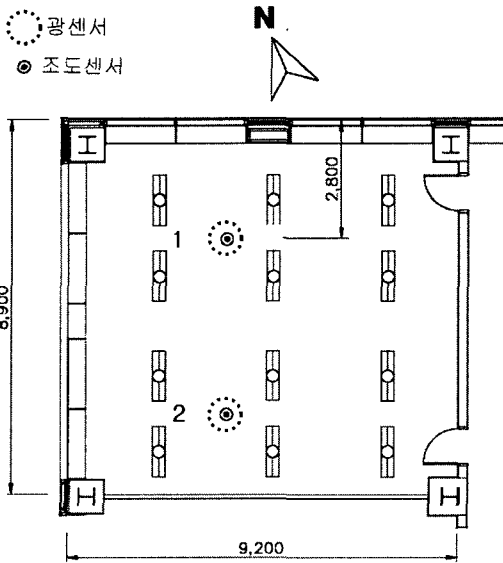
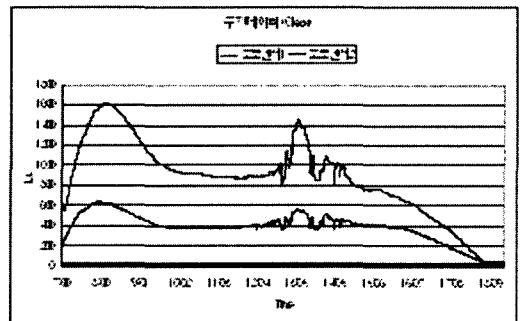


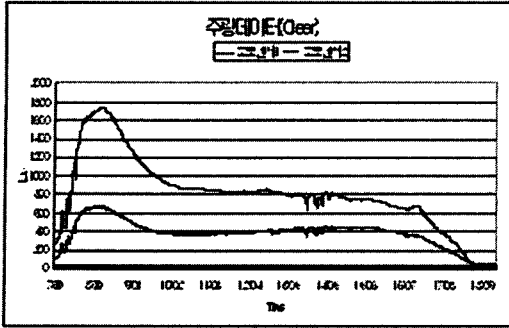
그림 5. 실험공간 평면도와 실험기구 배치도(측정포인트 1,2)
 Fig. 5. Plan of the experiment space and plot plan of the measuring apparatus (measuring points 1,2)

3.2 주광데이터 분석

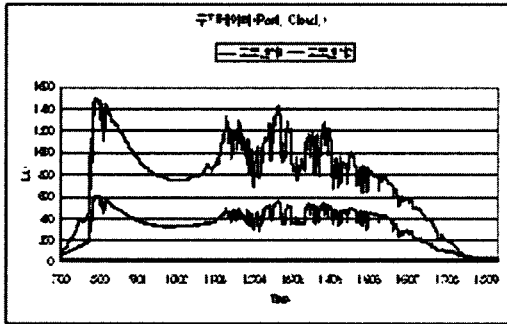
실험공간에 설치된 2개의 조도센서로 시간별 주광을 측정하였다. 아침 6시부터 오후 7시까지의 주광량을 측정하였는데, 일출과 일몰시간에는 창가쪽 보다 실내쪽의 주광량의 유입이 컸다. 일출과 일몰 당시 직사일광의 영향이 적으므로 입사된 주광이 실내쪽 벽에 반사되면서 창가쪽보다 높은 조도를 나타내게 된다. 따라서 이상부분은 제외하고 주광분석을 하였다. 아래 그림 7은 시간별 조도센서 1과 2의 주광분포를 나타낸 것이다.



(a) 주광 분포 1(Clear)



(b) 주광분포 2(Clear)



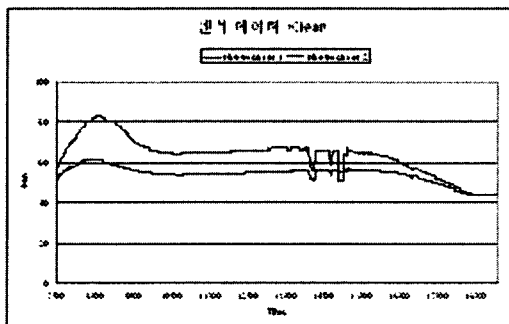
(c) 주광분포 3(Partly Cloudy)

그림 7. 측정된 주광 분포
Fig. 7. Distribution of measuring daylight

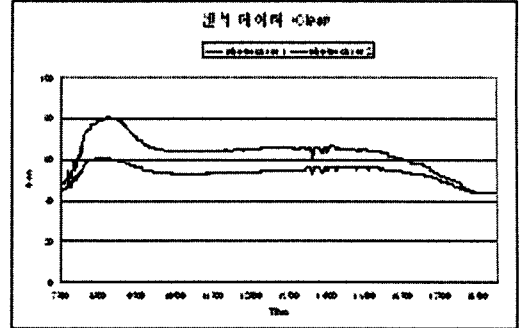
조도센서 1과 2에서의 주광은 약 0.4-0.6의 비율로 유입되고 있으며, 조도센서 1과 2에서의 조도비율은 높은 상관관계를 가지며 일정한 비율로 유입됨을 알 수 있다. 또한, 부분 담천공 상태에서 조도변화가 큰 것을 알 수 있다.

3.3 센서 데이터 분석

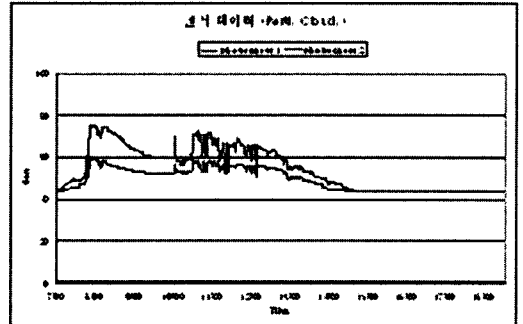
실험공간 천장에 부착된 광센서를 통해 천장면으로 들어오는 광량을 감지하여 신호로 나타낸 값이 센서 데이터이다. 아래 그림 8은 주광만 유입되는 경우의 센서 데이터를 그래프로 나타낸 것이다.



(a) 센서데이터 1(Clear)



(b) 센서데이터 2(Clear)



(c) 센서데이터 3(Partly Cloudy)

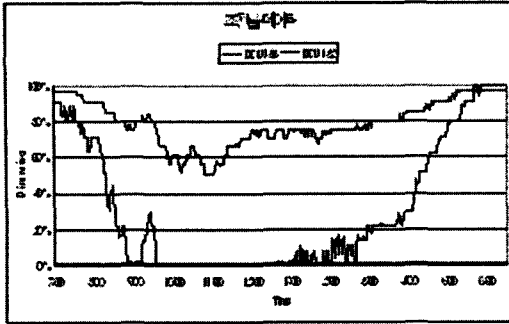
그림 8. 측정된 센서값의 분포
Fig. 8. Distribution of measuring sensor data

현재 설치된 센서는 44에서 84까지의 값을 나타낸다. 센서 1과 센서 2 사이에 감지된 주광은 그림 7과 8에서 보는바와 같이 작업면에서 조도센서에 의해 측정된 주광의 유입 분포와 유사한 형태를 나타낸다.

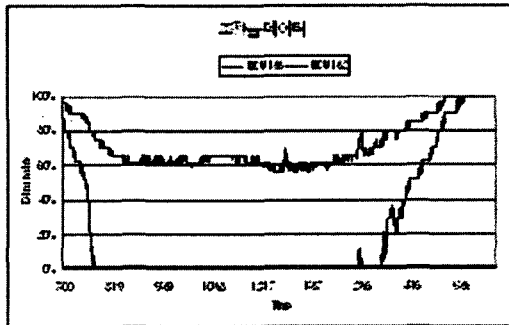
3.4 조광 데이터 분석

실험공간에서 적절한 센서 시그널과 조도값을 찾아 보정한 다음, 시스템을 풀 가동 하였다. 인공조명은 총 4행으로 센서 하나당, 2행의 인공조명이 동시에 제어되도록 시스템을 설치하였다.

창가쪽 센서 1은 824lx를 목표조도로 하고, 실내쪽 센서 2는 934lx를 목표조도로 하였다. 목표조도는 인공조명을 100%켰을 때의 조도값으로 설정하였는데, 창가쪽보다 실내쪽의 목표조도가 더 높은 이유는 인공조명에서 나오는 빛이 뒤쪽 벽면에 한번 더 반사되었기 때문일 뿐만 아니라, 두개의 센서의 위치가 정확하게 일치하지 않을 경우 인공조명의 배광에 영향을 받아 오차가 생길 수도 있기 때문이다. 다음 그림 9는 10월 18일 부분 담천공에서 광센서 조광제어시스템을 가동했을 때, 시간에 따른 조광율의 분포를 나타낸 그래프이고, 표 2와 3은 센서 1과 센서 2사이의 조광비율과 주광비율을 비교하여 나타낸 것이다.



(a) 조광율 분포 1(Clear)



(b) 조광율 분포 2(Partly Cloudy)

그림 9. 조광율 분포

Fig. 9. Distribution of dimming percent

표 2. 조광율과 조광비율 1 (Clear)

Table 2. Dimming percent and ratio of dimming 1(Clear)

	Photosensor 1 (창가쪽)		Photosensor 2 (실내쪽)		조광비율 B/A	주광 비율
	조광값	조광율 (A)	조광값	조광율 (B)		
7:00	239	90.9%	248	96.5%	1.0617	1.2781
7:30	230	85.8%	248	96.5%	1.1246	51.8972
8:00	205	71.0%	239	90.9%	1.2795	28.4786
8:30	149	29.9%	229	85.3%	2.8515	34.3672
9:00	64	1.0%	211	74.8%	74.8437	47.3287
9:30	133	19.5%	219	79.6%	4.0892	56.2409
10:00	64	1.0%	191	61.4%	61.4110	59.4293
10:30	64	1.0%	197	65.7%	65.6637	60.5043
12:00	64	1.0%	176	50.2%	50.1846	57.8630
12:30	64	1.0%	197	65.7%	65.6637	56.2773
13:00	64	1.0%	210	74.2%	74.2240	17.2021
13:30	64	1.0%	204	70.4%	70.3897	14.1728
14:00	81	1.7%	211	74.8%	43.8197	16.8274
14:30	81	1.7%	211	74.8%	43.8197	11.1317
15:00	81	1.7%	210	74.2%	43.4569	5.6156
15:30	117	11.2%	211	74.8%	6.6793	4.3547
16:00	136	21.3%	212	75.5%	3.5460	2.8996
16:30	136	21.3%	219	79.6%	3.7416	4.3547
17:00	148	29.2%	229	85.3%	2.9201	2.8996

17:30	190	60.7%	236	89.2%	1.4695	3.3302
18:00	213	76.1%	239	90.9%	1.1950	1.5036
18:30	239	90.9%	248	100%	1.1001	1.2124
19:00	253	100%	248	100%	0.9990	0.9840
19:30	253	100%	248	100%	0.9990	0.9611

표 2. 조광율과 조광비율 2(Partly Cloudy)

Table 2. dimming percent and ratio of dimming 2(Partly Cloudy)

	Photosensor 1 (창가쪽)		Photosensor 2 (실내쪽)		조광비율 B/A	주광 비율
	조광값	조광율 (A)	조광값	조광율 (B)		
7:00	233	87.5%	248	96.5%	1.1031	1.2781
7:30	183	55.5%	238	90.3%	1.6273	51.8972
8:00	64	1.0%	207	72.3%	73.3320	28.4786
8:30	64	1.0%	197	65.7%	65.6637	34.3672
9:00	64	1.0%	191	61.4%	61.4110	47.3287
9:30	64	1.0%	194	63.6%	63.5590	56.2409
10:00	64	1.0%	194	63.6%	63.5590	59.4293
10:30	64	1.0%	191	61.4%	61.4410	60.5043
11:00	64	1.0%	197	65.7%	65.6637	57.8630
11:30	64	1.0%	194	63.6%	63.5590	56.2773
12:00	64	1.0%	193	62.8%	62.8476	17.2021
12:30	64	1.0%	187	58.5%	58.4868	14.1728
13:00	64	1.0%	188	59.2%	59.2238	16.8274
13:30	64	1.0%	188	59.2%	59.2238	11.1317
14:00	64	1.0%	187	58.5%	58.4868	5.6156
14:30	64	1.0%	195	64.3%	64.2655	4.3547
15:00	64	1.0%	197	65.7%	65.6637	2.8996
15:30	100	5.2%	206	71.7%	13.7921	4.3547
16:00	148	29.2%	219	79.6%	2.7269	2.8996
16:30	183	55.5%	229	85.3%	1.5361	3.3302
17:00	220	80.2%	246	95.2%	1.1869	1.5036
17:30	249	97.2%	248	100%	1.0289	1.2124
18:00	253	100%	248	100%	0.9990	0.9840
18:30	253	100%	248	100%	0.9990	0.9611

표 2에서 조광비율은 실내쪽 조광율을 창가쪽 조광율로 나눈 값이고, 주광비율은 앞에서 분석한 주광 조도 값을 조광율로 변환하여 실내쪽 값을 창가쪽 값으로 나눈 값이다. 목표조도 이상의 값은 최저 조광율이 1.0%를 나타내도록 하였는데 창가쪽의 경우 목표조도가 824lx이므로 주광이 500lx가 들어온다면 약 40%의 값을 가지도록 계산되었다.

조광 데이터는 센서 데이터와 마찬가지로 0에서 255 단계로 나타내어지는데 조광 데이터 255는 인공조명을 100% 조광한 경우이다. 그림 9에서 보는바와 같이 창가쪽은 낮 시간동안 주광의 양이 많으므로 거의 1%의 조광율을 유지하고 있었고, 실내쪽은 주광의 유입이 많은 경우 최저 50%의 조광율을 나타내었다.

해가 뜨는 아침에는 청천공의 경우, 실내쪽이 창가쪽보다 2-3배 비율로 조광되고, 부분담천공의 경우도 유사한 결과를 나타내었다. 해가 지는 오후에는 청천공의 경우, 실내쪽이 창가쪽보다 2-6배 높은 비율로 조광되었고, 부분담천공의 경우에는 2-3배의 비율로 조광되었다. 또한 주광의 유입이 많은 오전 10시에서 오후 3시 사이에는 청천공과 부분담천공의 경우 모두 창가쪽은 1%, 실내쪽은 약 60%로 조광되었다. 이와 같이 예측된 비율은 하나의 센서로 구역별 제어가 가능하게 한다.

[4] 김가영 외, 효율적인 조광제어시스템 적용을 위한 조광을 결정연구, 한국조명전기설비학회 학술발표대회, 2005.05

4. 결론 및 향후과제

본 연구는 실제 설치된 광센서 조광시스템의 가동하여 얻은 결과치를 분석한 것이다. 주광은 거의 일정한 비율로 실내로 유입됨을 시뮬레이션을 통해 확인된 바 있으나[4], 실제 측정된 공간에서의 주광유입도 그와 유사함을 알 수 있었다.

표 2에서 센서 1과 센서 2의 위치에서의 주광의 분포비율과 조광율을 비교하였을 때, 오전 10시에서 12시 사이와 오후 4시 이후에는 유사한 비율을 나타내고 있다. 본 실험은 일반적인 사무공간을 모델로 이루어졌기 때문에, 창면적비가 50%정도인 사무공간에서 조금 큰 실내쪽의 정확성의 오차를 감안한다면, 표 2에서 예측한 비율로의 설정으로 별도의 센서설치 없이 하나의 센서로 구역별 제어가 가능할 것이다. 이는 실내쪽이 과조광이 된다하더라도, 에너지 절약측면과 시스템 설치 비용측면에서 훨씬 큰 효과를 볼 수 있을 것이다.

향후 더 많은 실험데이터를 통해 광센서간의 조광율 분석과, 광센서간의 목표조도를 동등하게 설정해서 실험을 하여 조광율을 분석해 본다면 실제 실내로 유입되는 주광 분포와 조광율 간의 일정한 상관관계를 찾을 수 있을 것으로 생각한다.

감사의 글

본 연구는 에너지관리공단 2003년 에너지 자원 기술 개발사업 연구비에 의하여 연구되었음. (과제번호 2003-E-EL01-P-03)

참 고 문 헌

- [1] 최인섭 외, 조명시스템의 자동화를 위한 주광센서 연동제어시스템의 개발연구, 삼성물산(주) 기술연구소, 1998.12
- [2] 정근영, "광센서 조광제어시스템의 광센서 방향성과 위치에 관한 시뮬레이션 연구", 석사학위논문, 2003.12
- [3] 최인섭, 자연채광을 위한 인공조명의 제어방법, 에너지관리공단 학술진흥사업 중간보고서, 세종대학교, 2001