

사무공간에서 효율적인 조광제어시스템 적용을 위한 주광분포 연구

(A study on daylight distributions for applying effective daylight responsive dimming systems in offices)

김가영* · 최안섭**

(*세종대학교 건축공학과 석사과정 · **세종대학교 건축공학과 교수)
(Ga-Young Kim · An-Seop Choi)

Abstract

This study purposes to increase the energy-saving effects by reducing excessive intensity of radiation of artificial lighting through analyzing daylight incident. A photosensor sends amounts of detected luminous flux to digital control unit(DCU) as a signal and then, it can decide dimming ratios, 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. As a result of grasping the distribution of daylight previously, we can dim different dimming ratios to each row of artificial lighting by a single photosensor.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

대부분의 사무공간에서는 작업에 필요한 적정조도를 확보하기 위하여 주간에도 주광 뿐만 아니라 인공조명에 의존하는 경우가 많다. 일반적으로 대규모 상업용 건물에서 조명 에너지는 전체 전기 에너지 소비의 약 20~30%를 차지하고 있다. 이렇듯 인공조명의 조절 없는 주광의 이용은 단순히 실내의 조도만을 높여 에너지 소비를 높이는 결과를 초래한다[1].

창문이나 천장 등을 통해 실내로 들어오는 주광을 적극적으로 이용한다면 건물 전체의 에너지 효율을 높일 수 있다. 그러기 위해 실내로 유입되는 주광의 양만큼 인공조명을 줄여야 하는데 인공조명의 조절은 벽의 스위치를 통해서 직접 할 수 있으나, 재실자들은 시시각각으로 변하는 주광의 양에 따라 인공조명을 조절하지도 않을 뿐만 아니라, 정확히 조절할 수 없다. 그래서 자동적으로 인공조명이 조절되어야 하는데, 그 방법은 크게 잠소등과 조광제어로 나눌 수 있다[2].

사무공간의 이상적인 조명시스템은 작업면에서 목표 조도를 유지하기 위해서 주광을 최대한 이용하고, 부족한 부분은 인공조명으로 보충하는 것으로, 이는 실내공간에서 불규칙한 조명레벨을 연속적으로 제어할 수 있는 광센서를 이용한 조광제어시스템을 이용해야한다. 이를 위해 실내로 유입되는 주광을 분석해 봄으로써 조광제어시스템의 효율성을 높일 수 있으며, 주광의 적극

적인 이용으로 에너지 절감의 효과를 얻을 수 있다.

본 연구는 사무공간에서의 효율적인 조명제어를 위해 시뮬레이션을 통한 주광분포를 분석하여 광센서를 통해 조광제어시스템이 더욱 큰 효과를 얻을 수 있도록 하는 것이다. 주광분포를 분석함으로써 하나의 센서에 의해서 각 인공조명을 서로 다른 조광율로 제어하도록 하여 에너지 절감을 극대화시키는데 연구의 목적이 있다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 주광분석을 위해 선행연구에서 사용된 사무공간과 S대학교의 실제공간을 외부조도에 따라 세 가지 천공 타입으로 구분하였으며, 주광에 의한 작업면 조도를 시뮬레이션 하였다[1][3]. 각기 다른 날짜, 천공상태, 시간에 따른 시뮬레이션을 수행하였고, 각 인공조명의 직하부의 작업면 조도를 분석하였다.

2. 연구의 이론적 배경

2.1 주광

건축공간의 조명계획에서 주광은 좋은 광원으로 실내 환경의 분위기에 적합하고 작업수행에 편리하도록 계획되어야 한다. 주광이 창을 통해 실내로 유입되었을 때 열, 음, 공기의 유출현상도 일어나기 때문에 주광을 위한 개구부 계획은 주광뿐만 아니라 다른 환경요소들도 충분히 고려되어야 한다. 주광에는 천공의 상태, 창의

크기, 형태 및 위치, 실내 반사율 등도 큰 영향을 미치므로 신중히 고려해야 한다[4].

2.2 조광제어

조광제어는 실내로 유입되는 주광을 이용하기 위해 창측 인공조명의 광속을 조절하여 필요한 양만큼의 인공조명을 이용하도록 하는 것이다. 즉 주광량 변화와 관계없이 주광과 조광된 인공조명의 합 조도가 항상 설정조도에 유지될 수 있도록 하여 이용 가능한 실내의 주광량 만큼의 인공조명을 줄여 에너지를 절감하는 것이다.

광센서를 이용한 조광제어시스템은 여러면에서 점소 등 제어보다 더욱 에너지 효율적임으로 인간 친화적이라 할 수 있다. 조광제어시스템은 제어기, 광센서, 조광용 안정기 등으로 구성되어있다[5][6].

2.3 광센서 조광제어시스템

광센서 조광제어시스템은 실내로 유입된 주광의 양을 감지하여 실내 공간의 인공조명을 줄여줌으로써 에너지 절감을 이룰 수 있도록 하는 장치로 주광의 양을 광센서로 감지하여 자동으로 인공조명의 밝기를 조절함으로써 실내공간을 일정한 조도를 유지시킬 수 있다. 이 시스템의 제어과정은 다음과 같다[5].

- 1) 광센서는 제어되는 공간의 광속량을 탐지한다.
- 2) 광센서모듈을 통해 통신모듈로 측정값을 보낸다.
- 3) 통신모듈은 이 값을 컴퓨터의 제어 프로그램으로 보낸다.
- 4) 프로그램에서는 설정된 조도값을 유지하기 위해 필요한 조광값을 선택된 알고리즘에 의하여 계산한다.
- 5) 계산된 값을 통신모듈을 통해 조광모듈로 보내준다.
- 6) 조광모듈은 조광용 안정기로 저전압의 신호를 보내 주어 안정기를 제어하여 형광등의 광속량을 조절한다.

3. 주광 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 개요

본 연구의 시뮬레이션은 우리나라 전형적인 오픈 플랜 사무소의 실제크기와, S대학교 내의 공간의 실제크기를 시뮬레이션 하였다[1][3]. 그림 1과 2는 시뮬레이션 된 공간의 평면이다. 두 공간 모두 북향이고, 각 공간은 표 1, 2의 수치로 모델링 하였다. 또한 춘추분, 하지, 동지, 세 가지 천공상태에 따라 오전 9시부터 오후 6시까지 한 시간 간격으로 시뮬레이션 하였다.

표 1. 시뮬레이션 모델링 수치(사무공간 1)

Table 1. Figures of the plan of office 1

사무실 크기	7 × 10 × 2.7(m)
실내 반사율	천장 80%, 벽 50%, 바닥 20%
창문 크기, 반사율 및 투과율	6 × 1.8m, ρ=0.08 τ=0.89

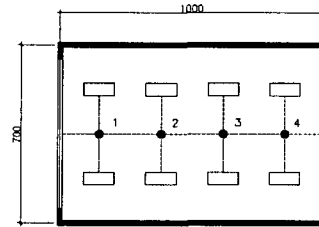


그림 1 시뮬레이션 사무공간 1의 평면

Fig. 1. The plan of office 1 for simulation

표 2. 시뮬레이션 모델링 수치(사무공간 2)

Table 2. Figures of the plan of office 2

사무실 크기	8.8 × 8.4 × 2.7(m)
실내 반사율	천장 81%, 벽 78%, 바닥 46%
창문 크기, 반사율 및 투과율	(3×2m) × 2, ρ=0.08 τ=0.89

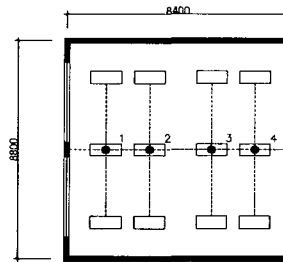


그림 2 시뮬레이션 사무공간 2의 평면

Fig. 2. The plan of office 2 for simulation

3.2 시뮬레이션 분석

두 공간의 각 시뮬레이션 결과는 다음의 표 3, 4와 같다. 계산된 포인트는 사무공간 1에서 각 인공조명이 설치된 행의 중앙 점이고, 사무공간 2에서는 인공조명의 가운데 열의 직하부 지점이다. 이 지점에서 책상면 높이인 0.75m에서 시뮬레이션 하였다.

표 3. 각 포인트에서의 조도값(사무공간 1)

Table 3. Illuminance at each point (office 1)

		3-21	3-21	3-21	6-21	6-21	6-21	12-21	12-21	12-21
		C	P.C	O	C	P.C	O	C	P.C	O
9	1	1742	3245	1940	2480	5867	2859	1302	1359	912
	2	571	869	400	712	1502	589	469	379	188

10	3	309	385	156	339	655	229	231	169	73.1
	4	191	257	103	234	437	152	157	113	48.4
	1	1764	3822	2561	2348	6255	3414	1466	1984	1457
	2	592	1008	527	688	1578	703	542	546	300
11	3	291	444	205	329	686	274	269	243	117
	4	198	296	136	225	457	181	182	161	77.3
	1	1753	4140	3009	2261	6460	3808	1529	2346	1839
	2	600	1083	620	674	1619	784	576	641	379
12	3	297	476	241	323	703	305	288	284	147
	4	202	317	160	221	467	202	195	189	97.5
	1	1743	4289	3256	2211	6542	4015	1549	2510	2032
	2	605	1118	671	666	1636	827	590	684	419
13	3	300	491	261	320	710	322	296	303	163
	4	204	326	173	218	471	213	200	201	108
	1	1743	4311	3283	2210	6548	4019	1548	2505	2023
	2	605	1125	676	666	1641	828	588	684	417
14	3	300	493	263	320	711	322	295	302	162
	4	204	327	174	218	471	213	199	200	107
	1	1755	4206	3090	2267	6490	3822	1524	2329	1814
	2	602	1104	636	678	1636	787	571	639	373
15	3	298	484	248	325	709	306	285	283	145
	4	203	321	164	221	469	203	195	187	96.1
	1	1764	3940	2689	2358	6305	3436	1459	1951	1414
	2	593	1044	554	695	1606	708	535	541	291
16	3	291	458	216	331	696	275	265	240	113
	4	198	304	143	226	461	182	179	159	75
	1	1758	3444	2107	2498	5941	2888	1278	1295	856
	2	578	928	434	724	1289	595	456	365	176
17	3	281	408	168	342	668	232	224	162	68.6
	4	192	271	112	234	442	153	152	108	45.4
	1	1675	2586	1385	2705	5261	2214	651	257	36.1
	2	542	716	285	826	1420	456	227	74.1	14.1
18	3	262	316	111	423	630	178	111	33	14.1
	4	180	210	73.4	312	425	117	75.3	21.9	9.3
	1	1298	1203	571	2957	4051	1462	0	0	0
	2	420	346	118	1043	1166	301	0	0	0
19	3	203	154	45.7	600	531	117	0	0	0
	4	140	102	30	482	365	77.5	0	0	0

표 4. 각 포인트에서의 조도값(사무공간 2)
Table 4. Illuminance at each point(office 2)

		3-21		6-21		12-21		12-21		
		C	P.C	O	C	P.C	O	C	P.C	O
9	1	1646	2983	1708	2330	5358	2516	1218	3907	2425
	2	786	1199	535	1008	2069	789	619	1528	760
	3	535	773	330	677	1327	486	424	985	469
	4	517	728	310	650	1248	456	412	929	439
10	1	1654	3491	2254	2187	5681	3005	1368	4562	2944
	2	797	1376	707	949	2150	942	706	1749	923
	3	549	888	436	642	1383	581	486	1129	569
	4	531	838	408	620	1303	545	475	1065	534
11	1	1637	3760	2649	2095	5840	3352	1426	4939	3265
	2	797	1464	830	913	2184	1051	744	1870	1024

10	3	549	947	512	622	1408	648	516	1209	631
	4	537	894	480	603	1329	608	506	1142	592
	1	1623	3878	2866	2041	5889	3534	1445	5046	3368
	2	797	1501	899	894	2190	1108	760	1903	1056
12	3	551	972	554	610	1414	683	528	1232	651
	4	540	919	519	594	1337	641	519	1165	611
	1	1622	3882	2891	2033	5870	3538	1445	4887	3245
	2	797	1502	906	891	2183	1109	761	1852	1017
13	3	552	973	559	609	1411	684	528	1199	627
	4	541	921	524	593	1335	642	519	1136	588
	1	1630	3775	2720	2078	5794	3364	1424	4465	2904
	2	799	1467	853	909	2166	1054	745	1714	910
14	3	552	952	526	620	1401	650	516	1111	562
	4	539	901	493	603	1326	610	505	1052	526
	1	1637	3527	2367	2152	5608	3024	1363	3772	2369
	2	795	1385	742	937	2120	948	705	1478	743
15	3	547	899	458	638	1372	585	486	959	458
	4	532	851	429	618	1298	548	474	908	429
	1	1632	3078	1855	2272	5268	2542	1594	2809	1676
	2	785	1230	581	987	2030	797	772	1130	525
16	3	537	799	359	669	1313	491	527	734	324
	4	521	756	336	646	1242	461	511	695	304
	1	1559	2313	1219	2630	4715	1949	1320	1545	872
	2	747	948	382	1255	1909	611	650	640	273
17	3	508	616	236	915	1258	377	443	417	169
	4	491	584	221	899	1197	354	429	395	158
	1	1214	1078	502	7591	4465	1287	0	0	0
	2	587	458	158	1846	1607	403	0	0	0
18	3	398	298	97	1444	1078	249	0	0	0
	4	383	282	91	1453	1032	233	0	0	0

사무공간 1의 계산 포인트는 1.75m, 3.75m, 6.25m, 8.75m 이다. 첫 번째 포인트를 1로 보았을 때, 나머지 포인트의 주광비율을 계산하여 그림 3~5와 같이 그래프로 나타내었다.

그림 3~5는 12월 21일 각 천공상태에 따른 주광분포율을 나타낸 것이다. 날짜와 천공상태에 따라 그래프를 그려본 결과 상관계수 R^2 은 모두 0.9이상의 값을 나타내었고, 그 중 답천공 상태에서 거의 1의 값을 보여 시간에 따른 주광유입의 비율이 거의 일정함을 알 수 있다.

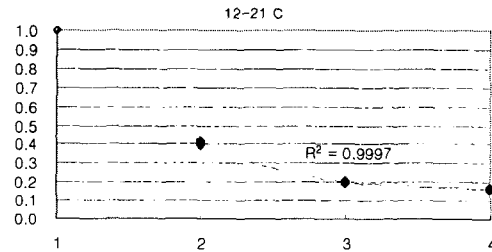


그림 3. 주광분포율(사무공간 1, 동지, 청천공)
Fig. 3. Ratio of daylight(Office 1, 12/21, Clear)

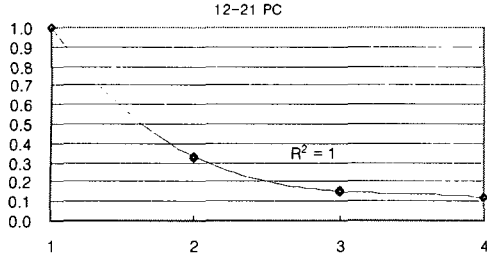


그림 4. 주광분포율(사무공간 1, 동지, 부분담천공)
Fig. 4. Ratio of daylight(Office 1, 12/21, Partly cloudy)

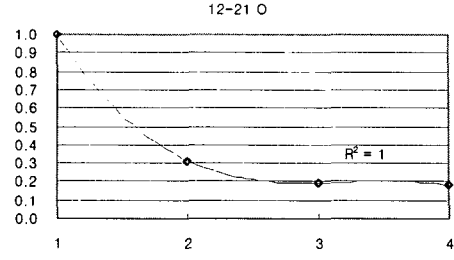


그림 8. 주광분포율(사무공간 2, 동지, 담천공)
Fig. 8. Ratio of daylight(Office 2, 12/21, Overcast)

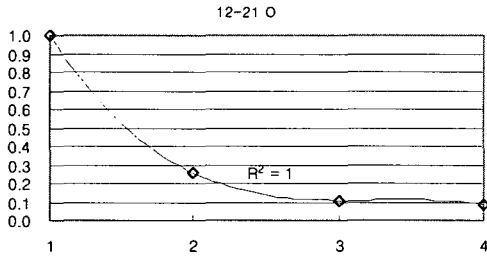


그림 5. 주광분포율(사무공간 1, 동지, 담천공)
Fig. 5. Ratio of daylight(Office 1, 12/21, Overcast)

사무공간 2에서의 계산 포인트는 1.05m, 3.15m, 5.25m, 7.35m 지점이고, 그림 6~8과 같이 그래프로 나타내었다. 그림 3~5와 마찬가지로 각 날씨와 천공상태에 따라 상관계수 R²은 0.9이상의 높은 값을 보였고, 담천공 상태에서 거의 1의 값을 보여 담천공에서의 주광 유입의 비율이 거의 일정함을 알 수 있다. 그림 6~8은 하지 때 각 천공상태에서의 주광분포율을 나타낸 것이다.

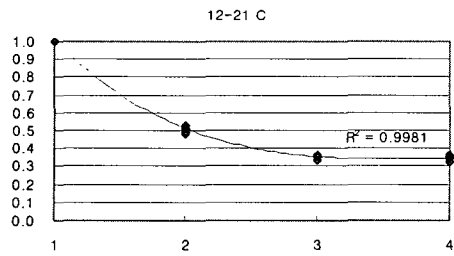


그림 6. 주광분포율(사무공간 2, 동지, 청천공)
Fig. 6. Ratio of daylight(Office 2, 12/21, Clear)

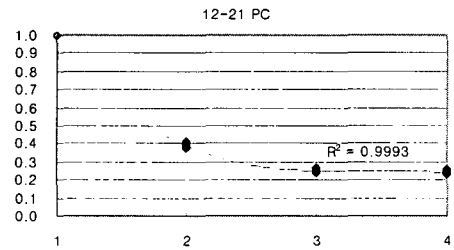


그림 7. 주광분포율(사무공간 2, 동지, 부분 담천공)
Fig. 7. Ratio of daylight(Office 2, 12/21, Partly cloudy)

두 공간의 주광 시뮬레이션 값을 비교해 보면, 각 공간에서 날씨와 상관없이 같은 천공상태에서는 거의 유사한 비율로 주광이 유입됨을 알 수 있다. 또한 표 5와 6은 두 공간의 주광분포 비율의 그래프를 수식화 한 것이다.

표 5. 천공상태별 관계식과 상관계수(사무공간 1)
Table 5. Equations and R² of Each sky condition(office 1)

날짜	천공상태	관계식	R ²
춘추분	Clear	$y = -0.0438x^3 + 0.4732x^2 - 1.7272x + 2.2978$	R ² = 0.9994
	Partly Cloudy	$y = -0.0604x^3 + 0.6147x^2 - 2.0999x + 2.5456$	R ² = 0.9999
	Overcast	$y = -0.0789x^3 + 0.7723x^2 - 2.5086x + 2.8153$	R ² = 1
하지	Clear	$y = -0.051x^3 + 0.5326x^2 - 1.8731x + 2.3915$	R ² = 0.9963
	Partly Cloudy	$y = -0.0629x^3 + 0.6353x^2 - 2.1519x + 2.5794$	R ² = 0.9997
	Overcast	$y = -0.0795x^3 + 0.7775x^2 - 2.5233x + 2.8253$	R ² = 0.9996
동지	Clear	$y = -0.036x^3 + 0.4073x^2 - 1.5594x + 2.188$	R ² = 0.9997
	Partly Cloudy	$y = -0.0578x^3 + 0.5933x^2 - 2.045x + 2.5096$	R ² = 1
	Overcast	$y = -0.0791x^3 + 0.7736x^2 - 2.5115x + 2.817$	R ² = 1

표 6. 천공상태별 관계식과 상관계수(사무공간 2)
Table 6. Equations and R² of each sky condition(office 2)

날짜	천공상태	관계식	R ²
춘추분	Clear	$y = -0.0368x^3 + 0.4024x^2 - 1.4649x + 2.0993$	R ² = 0.9997
	Partly Cloudy	$y = -0.0561x^3 + 0.5682x^2 - 1.9141x + 2.402$	R ² = 0.9993
	Overcast	$y = -0.0764x^3 + 0.7415x^2 - 2.3762x + 2.7111$	R ² = 1
하지	Clear	$y = -0.0546x^3 + 0.5523x^2 - 1.8541x + 2.3564$	R ² = 0.9824
	Partly Cloudy	$y = -0.0615x^3 + 0.6136x^2 - 2.0316x + 2.4795$	R ² = 0.9994
	Overcast	$y = -0.0764x^3 + 0.7415x^2 - 2.3762x + 2.7111$	R ² = 1

		$2.3763x + 2.7112$	
동지	Clear	$y = -0.0295x^3 + 0.3407x^2 - 1.3029x + 1.9917$	$R^2 = 0.9981$
		$y = -0.0584x^3 + 0.5875x^2 - 1.9645x + 2.4354$	$R^2 = 0.9993$
	Overcast	$y = -0.0764x^3 + 0.7416x^2 - 2.3765x + 2.7113$	$R^2 = 1$

표 5와 6을 보면 상관계수 R^2 이 0.9이상의 높은 값을 나타내고 있어 시간에 관계없이 주광은 유사한 비율로 실내로 유입됨을 알 수 있다. 또한 관계식을 보면 실내 반사율이 다른 두 공간의 주광 비율이 유사함을 알 수 있는데, 이는 각 공간의 깊이에 따른 계산 포인트의 비율이 유사하고 북쪽 벽에 대한 창면적비가 50%정도로 비슷하여 나타난 결과로 예측된다.

시뮬레이션의 계산 포인트는 각 공간의 조명기구 위치에 의해 정한 것이다. 두 공간의 절대적 위치에서 주광 비율을 비교하기 위해서 그림 9는 사무공간 1의 시뮬레이션을 재분석하여 그래프로 나타낸 것이다. 앞선 그림 3의 그래프는 1.75m거리의 포인트 조도값을 1로 했을 때, 나머지 포인트의 비율을 나타낸 것이고, 아래 그림 9는 1.05m거리의 포인트 조도값을 1로 두고 나머지 포인트의 비율을 나타낸 것이고 표 7은 이 비율로 나타낸 그래프의 관계식과 상관계수를 나타낸 것이다.

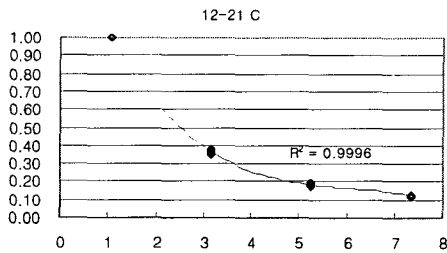


그림 9. 주광분포율(사무공간 1, 동지, 청천공)
Fig. 9. Ratio of daylight distribution (Office 1, 12월21일, Clear)

그림 6과 그림 9를 비교해보면 다른 두 공간에서 같은 거리의 주광 비율이 다른것을 알 수 있는데, 이는 두 공간의 실내 반사율의 차이에서 오는 결과로 예측된다. 사무공간 2의 실내 반사율을 사무공간 1과 같은 반사율을 사용하여 시뮬레이션 한 결과가 같은 거리에 따른 주광분포율이 유사하게 나타났다.

표 7. 천공상태별 관계식과 상관계수(사무공간 1)
Table 7. Equations and R^2 of each sky condition(office 1)

날짜	천공상태	관계식	R^2
춘-추-분	Clear	$y = -0.0068x^3 + 0.1208x^2 - 0.7258x + 1.6368$	$R^2 = 0.9997$
	Partly	$y = -0.0085x^3 + 0.1464x^2 - 0.7258x + 1.6368$	$R^2 = 0.9997$

	Cloudy	$0.8418x + 1.7323$	0.9998
	Overcast	$y = -0.0102x^3 + 0.1726x^2 - 0.956x + 1.8254$	$R^2 = 1$
하지	Clear	$y = -0.0078x^3 + 0.1357x^2 - 0.79x + 1.6889$	$R^2 = 0.9979$
	Partly	$y = -0.009x^3 + 0.1538x^2 - 0.8719x + 1.7564$	$R^2 = 0.9994$
	Overcast	$y = -0.0103x^3 + 0.1726x^2 - 0.9562x + 1.8256$	$R^2 = 1$
동지	Clear	$y = -0.0057x^3 + 0.1048x^2 - 0.6588x + 1.5829$	$R^2 = 0.9996$
	Partly	$y = -0.0082x^3 + 0.142x^2 - 0.823x + 1.7171$	$R^2 = 0.9999$
	Overcast	$y = -0.0102x^3 + 0.1726x^2 - 0.9562x + 1.8255$	$R^2 = 1$

4. 결론 및 향후과제

주광분석의 결과 반사율이 천장 80%, 벽 50%, 바닥 20%정도이고 창면적비가 50%정도 되는 북향인 공간의 경우 하나의 광센서로 각 천공상태에 따라 표 5나 6의 관계식의 비율로 인공조명의 제어가 가능하다. 즉 담천공의 경우 조명기구 첫째 행을 50% 제어 한다면, 둘째 행은 88%, 셋째 행은 95% 제어 가능하다. 그림 10은 사무공간 1의 결과를 종합한 그래프이고, 표 7은 그래프의 관계식과 상관계수를 나타낸 것이다. 주광의 비율은 날짜와 시간에 관계없이 높은 상관관계를 나타내므로 표 8의 관계식의 비율로 제어가 가능함을 알 수 있다.

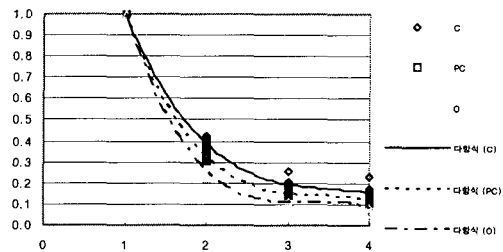


그림 10. 천공상태에 따른 주광분포율
Fig. 10. Ratios of daylight distributions of each sky condition

표 8. 천공상태에 따른 주광분포율 관계식과 상관계수
Table 8. Equations and R^2 of each sky condition

천공상태	관계식	R^2
Clear	$y = -0.0435x^3 + 0.4702x^2 - 1.7177x + 2.291$	$R^2 = 0.9977$
Partly	$y = -0.0604x^3 + 0.6145x^2 - 2.0992x + 2.5451$	$R^2 = 0.9998$
Overcast	$y = -0.0792x^3 + 0.7745x^2 - 2.5145x + 2.8193$	$R^2 = 0.9998$

본 연구는 실내로 유입되는 주광을 분석하고 이를 조광제어시스템에 효율적으로 활용하여 초과한 인공조명의 광량을 줄여줌으로서 에너지 절약의 효과를 높이고자 함이다. 광센서는 탐지된 광속량을 신호로 보내고 그에 알맞은 제어신호를 받아 제어율을 결정하는 데, 일반적으로 사무공간에서 인공조명의 개수나 행수만큼 광센서가 설치가 되어 조명기구의 각 행마다 다른 제어율로 조광제어를 하는 것이 인공조명 제어측면에서는 효율적이나, 시스템 설치비용측면에서는 비효율적이다. 그러므로 주광분석을 통하여 미리 유입되는 주광 분포를 파악한다면, 하나의 광센서를 설치함으로써 인공조명 행간의 각기 다른 제어율로 제어가능하다.

또한 인공조명은 공간의 특성에 맞는 기준조도에 맞추어 개수를 산정하고 배치되므로 사무공간의 경우 조명기구의 간격은 유사한 비율로 배치된다. 따라서 실내공간의 반사율과 창면적비를 고려하여 조명기구 배열행간의 다른 제어율로 조광제어가 가능하고, 이는 하나의 광센서 설치로 인공조명을 모두 같은 비율로 제어되는 조광제어의 경우와 비교했을 때 더욱 큰 에너지 절감의 효과를 얻을 수 있다.

향후, 공간의 다양한 향과 크기, 실내 반사율과 창면적비 등을 고려한 주광분석을 통한 주광 유입의 일반적인 관계식을 찾는 연구를 통해 광센서 조광제어시스템의 효율적인 이용을 위한 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- [1] 정근영, "광센서 조광제어시스템의 광센서 방향성과 위치에 관한 시뮬레이션 연구", 석사학위논문, 2003.12
- [2] 최안섭 외, 조명시스템의 자동화를 위한 주광센서 연동제어시스템의 개발연구, 삼성물산(주) 기술연구소, 1998.12
- [3] 김나영 외 1, "광센서 조광제어시스템의 조광제어구역 결정방법 연구", 대한건축학회, 9권 4호, 1995.
- [4] 이경희, 건축환경계획, 문운당, 건축화 조명
- [5] 정봉근, "광센서 조광제어시스템의 조광용 안정기와 광센서의 성능향상을 위한 실험적 연구", 석사학위논문, 2003.12
- [6] 최안섭, 자연채광을 위한 인공조명의 제어방법, 에너지 관리공단 학술진흥사업 중간보고서, 세종대학교, 2001