

RADIANCE 프로그램을 이용한 블라인드 모델링

(The Blind Modeling of Horizontal Blind Using the RADIANCE Program)

정근영* · 최안섭**

(*세종대학교 건축공학과 대학원 석사과정, **세종대학교 건축공학과 교수)
(Keun-Young Jeong* · An-Seop Choi**)

Abstract

This study is using the RADIANCE lighting simulation tool to determine the transmittance where the horizontal blind is installed. The transmittance is applied to DayDim program which is a lighting calculation and analysis tool. Parameters such as clear sky type, seasonal changes(the summer solstice), altitude, azimuth and horizontal blind angle at a 0°, 45°, 90° were considered. The simulation results present that measured directional transmittances have different values according to each directional property of the horizontal blind.

1. 서론

1.1 연구 배경

대부분의 상업 빌딩은 실내를 조명할 때 전기 조명을 이용하고 있는데 조명 에너지 부하는 일반적으로 대규모 상업 빌딩에서 30~50% 정도를 차지하고 있다[1]. 최근에는 주광의 이용이 많은 비중을 차지하고 있는 전기조명을 상당히 줄여줄 뿐만 아니라 실내 환경의 질을 향상시켜준다는 인식이 높아지고 있으며 이에 따라 주광을 이용하려는 노력이 증대되고 있다.

이러한 노력에 부합하여 광센서를 이용하여 전기조명을 줄여주는 방법인 광센서 조광제어시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 결과 약 30~60% 정도의 에너지를 절감할 수 있다는 결과가 나와있다[1].

광센서 조광제어시스템이 실행될 때 가장 큰 영향을 미치는 것은 직사일광이다. 일정하지 않게 실내로 입사되는 직사일광의 방향적 분포는 시간, 방향, 그리고 천공상태에 따라 계속적으로 변화하는데 이러한 현상은 재실자에게 현휘 등 불쾌감을 줄 뿐만 아니라 광센서가 주광의 양을 측정하는데 있어서 정확하지 않은 광센서의 값을 나타낸다.

이러한 현상을 방지하기 위해서 일반 사무소에서는 주로 수평 블라인드를 사용한다. 블라인드를 사용할 때 각도를 적절하게 사용하면 여름기간에는 약 60° 정도, 겨울기간에는 -20°로 하게 되면 냉방과 난방부하를 5~30% 정도를 줄일 수 있다

[2]. 현재까지 블라인드가 실내의 조도분포에 미치는 영향을 실험과 시뮬레이션을 통하여 분석한 몇몇 연구가 있었다[3~6].

1.2 연구의 목적

현재 국내·외에서는 시뮬레이션을 통하여 광센서 조광제어시스템 실행의 정확성을 판단[3,4,10]하는 도구로써 DayDim[7]을 많이 이용하고 있다. 그 이유는 기존의 상용 소프트웨어들은 실내로 입사되는 주광의 양을 측정하는 광센서를 모델링할 수 없었지만 DayDim은 광센서의 모델링이 가능하며 다른 여러 가지 변수들(위치적 정보, 계절, 천공상태, 방위각, 조도측정위치 등)을 적용하여 실제의 광센서 시그널 값을 알 수 있으며, 정확한 실내조도계산을 실행할 수 있다. 그러나 변수로써 블라인드에 의한 영향(투과율)을 고려할 수 없었다.

그래서 블라인드에 의한 투과율을 DayDim에 추가시키기 위해서 휘도계(LS-100)를 이용하여 투과율을 측정하려 하였으나, 계속적으로 시시각각 변화하는 천공의 상태 때문에 객관적인 데이터를 확보할 수가 없었다.

본 연구에서는 블라인드에 의한 투과율을 측정하기 위해서 정확한 가시화 및 데이터화가 가능한 RADIANCE 프로그램[9]을 이용하여 시시각각 변화하는 천공의 상태와 블라인드 각도에 따른 투과율을 측정하여 광센서 조광제어시스템의 정확한 실행 연구를 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

1.3 RADIANCE의 이론적 고찰

RADIANCE프로그램은 미국 Lawrence Berkeley Laboratory(LBL)에서 개발된 프로그램으로 조도 계산, 이미지 프로세스, 시각화등이 가능한 조명 렌더링 시뮬레이션 프로그램이다. 초기의 이 프로그램은 조명 디자인의 렌더링을 목적으로 개발되었으나 수년이 지난 후 현재에는 기존보다 더욱 다양하고 정교한 조명 시각 시스템으로 발전하였다. RADIANCE프로그램은 다른 시뮬레이션 도구와 다르게 정확한 수치적 결과와 사진과 같은 렌더링이 가능하다는 것이다[8].

현재는 개인 PC의 window 환경에서도 사용할 수 있도록 DESKTOP RADIANCE VERSION이 개발되어 일반인이 쉽게 접근할 수 있도록 개발된 상태이다.

2. 본 론

2.1 시뮬레이션 공간

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

투과율을 측정하는데 있어서 주광의 영향만을 고려하기 위해서 인공 조명은 고려하지 않았으며, 실내 반사율(천장, 벽, 바닥)은 $\rho=0.71$ 을 적용하였다. 또한 창문에는 투명유리로서 투과율은 $\tau=0.88$, 반사율은 $\rho=12$ 이 적용되었다. 그리고 위치적 정보는 서울의 위도(37.34°)와 경도(127.5°), 기준 경도(135°)를 고려하였으며, 창문은 자세한 투과율의 정보를 얻기 위해서 4개의 요소로 나누어 측정하였다(그림 2). 투과율의 측정은 수직각과 수평각으로 각각 나누어 측정하였는데 수직각은 0°~90°까지, 수평각은 0°~360°까지 각 15°마다 블라인드가 있을 때와 없을 때를 구분하여 휘도를 측정하고 각각의 결과들을 나눔으로써 투과율을 구하였다(그림 3).

2.2 시뮬레이션 변수

시뮬레이션에 적용된 변수로서 천공상태는 선행된 연구[10]에서 나타났듯이 부분 담천공과 담천공에서는 광센서 조광제어시스템의 실행이 비교적 정확한 것으로 나타났기 때문에 본 연구에서는 청

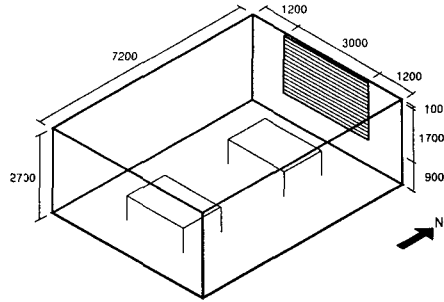


그림 1. 시뮬레이션을 위한 대상 공간
Fig. 1. Layout of the room used in this study

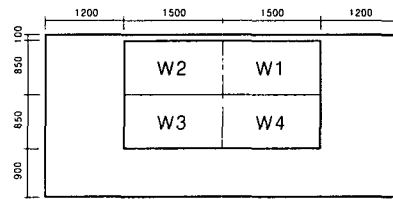


그림 2. 창문을 4개로 분할(입면)
Fig. 2. The window was divided into four elements (Elevation)

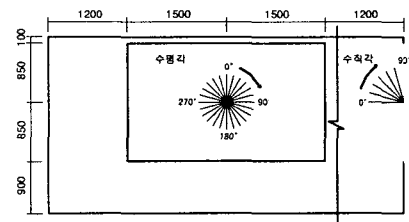


그림 3. 측정에 적용된 수직각과 수평각(입면&단면)
Fig. 3. Vertical and horizontal angle applied to measurement (Elevation&Section)

표 1. 시뮬레이션에 적용된 변수
Table 1. Parameters used in simulation

건물입면방위각	0° (남향)
계절	하지(6/21)
시간	9시(태양고도:42.6° 방위각:-88.6°) 12시(태양고도:74.2° 방위각:-29.2°) 15시(태양고도:55.7° 방위각:76.3°)
천공상태	청천공
블라인드상태	0°, 45°, 90°

천공만 고려하였으며, 시뮬레이션 공간의 방향은 주광의 영향이 가장 많은 남향을 고려하였고 계절은 하지를 고려하였다.

시뮬레이션 시간은 9시(태양고도:42.6°, 방위각:-88.6°), 12시(태양고도:74.2°, 방위각:-29.2°), 15시(태양고도:55.7°, 방위각:76.3°)를 고려하여 태양의 고도와 방위각에 따른 영향을 살펴보았으며 블라인드의 각도는 0°, 45°, 90° 세 가지로 나누어 시뮬레이션을 실행하였다. 시뮬레이션을 위한 변수는 표 1에서 정리하였다.

2.3 시뮬레이션 과정

시뮬레이션 과정의 첫 단계는 사무소 모델링으로 크기와 실내 벽 및 창문 등에 반사율 및 투과율을 적용한다. 그리고 현재 위치의 위도, 경도, 기준경도, 시간, 그리고 천공 상태 등을 적용시켜 시뮬레이션을 실행한다. 두 번째 단계로 실행 결과에서 Mkillum program[8]을 적용시키게 되는데 Mkillum은 창문을 통해 유입되어 방향에 따라 확산되는 빛을 계산한다. Mkillum을 적용하는 순서는 식 (1)과 같다. 세 번째 단계로 Mkillum을 적용한 후 휘도를 측정해야 하는데 RADIANCE 프로그램에서는 공식에 의해 광휘(radiance)값을 측정하게 되고 여기에 Radiance's luminous efficacy를 곱하여 휘도를 구하며(식 2) 휘도를 측정하는 공식은 식 (3)와 같다.

```
% oconv materials.rad window.rad > A.oct
% mkillum -ab 2 -ad 256 -as 128 A.oct < window.
rad > illum.rad
% oconv materials.rad illum.rad > test.oct (1)
```

$$\text{Luminance}(\text{cd}/\text{m}^2) = \text{Radiance}(\text{W}/\text{m}^2/\text{steradian}) \times \text{luminous efficacy} (179\text{lm}/\text{w}) \quad (2)$$

```
% echo eye position(x,y,z) direction vector(x,y,z) |
rtrace -ov -h [rtrace options] [octree file] |
rcalc -e '$1=179*.263*$1+.655*$2+.082*$3' (3)
```

2.4 시뮬레이션 결과 분석

본 연구에서는 창문을 4개로 나누어 측정된 결과 창문의 크기가 크지 않아서 투과율에 차이가 나지 않아 결과에서는 한 요소(W1)만 분석하였다.

그림 4~6까지는 블라인드가 고려되지 않은 휘도를 나타내고 있으며, 그림 7~15에서는 블라인드

각도에 따른 투과율을 나타내고 있다. 이 그림을 보면 블라인드 각도가 투과율에 큰 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있었으며 다음과 같은 결론을 내릴 수가 있었다.

휘도에 의한 투과율에는 블라인드의 측정각도와 시간에 따라서 큰 차이를 보였다. 그림 13~15에서 블라인드 각도가 90°일 때는 모든 측정위치에서 주광의 영향이 거의 없다는 것을 알 수 있다. 그래서 투과율도 다른 블라인드 각도에 비해 아주 낮은 수치가 나타났는데 투과율의 범위를 보면 0.01%~0.02%로 일정한 수치를 나타냈다. 그러나 블라인드 각도가 0°~45°일 때는 90°일 때보다 측정각도에 따라 투과율에 큰 차이를 나타내었다. 블라인드 각도가 45°일 때는 345°~45°에서 다른 각도에 비해 큰 차이를 나타내었는데 투과율의 범위는 0.1%~53%까지 나타났다. 블라인드 각도가 0°일 때 9시, 12시 그리고 15시에 측정된 데이터를 보면 45°~135°, 225°~315°에서 큰 투과율 수치를 보였는데 투과율의 범위를 보면 0.01%~53%까지 나타났다. 이것은 나머지 다른 각도와 비교했을 때 약 529배로 가장 큰 차이를 나타내었다.

이러한 이유는 휘도에 의한 투과율을 측정하였기 때문에 측정위치가 블라인드의 후면을 측정하는 위치에서는 투과율이 작은 수치를 나타내었으며 블라인드의 영향 없이 외부의 천공을 측정하였을 때는 비교적 높은 수치를 나타내므로 이러한 결과가 나타났다.

3. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 RADIANCE 프로그램을 이용하여 블라인드 모델링을 실행하고 블라인드의 각도에 따른 투과율을 측정하였다. 본 연구결과를 기초로 하여 DayDim에 적용시키면 어떠한 변수가 적용되더라도 실내공간의 조도계산 및 광센서 조광 제어시스템의 정확한 실행여부를 판단할 수 있는 도구가 될 것이라 생각한다.

본 연구 결과에서는 한정된 변수아래에서만 시뮬레이션이 이루어졌지만 향후에는 시간과 천공상태 등 더욱 더 많은 변수들을 고려하여 시뮬레이션을 실행하고 투과율을 측정하여 더욱 많은 데이터를 확보하는 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2001년도 에너지 관리공단 학술진흥 사업 연구비 지원에 의해 연구되었음(과제번호: 2001-E-EL03-P-03).

참고 문헌

- [1] 최안섭외, 조명시스템의 자동화를 위한 주광센서 연동제어시스템의 개발연구, 삼성물산(주) 기술연구소, 1998. 12
- [2] sung-hwan cho, kee-shik shin, and M. ZAHEER-UDDIN, The Effect of Slat Angle of Windows with Venetian Blinds on Heating and Cooling Loads of Buildings in South Korea, Fuel and Energy Abstracts, Volume 37, Issue 1, January 1996
- [3] Richard Mistrick, Ching-Hua Chen, Andrew Bierman, and Don Felts, A Comparison of Photosensor-Controlled Electronic Dimming Systems in a Small Office, JOURNAL of the Illuminating Engineering Society, winter 2000
- [4] Soo-Young Kim and Richard Mistrick, Recommended Daylight Conditions for Photosensor System Calibration in a small Office, JOURNAL of the Illuminating Engineering Society, summer, 2001
- [5] Charles Ehrlich, Konstantinos Papamichael, Judy Lai, Kenneth Revzan, A method for simulating the performance of photosensor-based lighting controls, Energy and Buildings, 2002
- [6] E.S. Lee, D.L. DiBartolomei, and S.E. Selkowitz, The Effect of Venetian Blinds on Daylight Photo-electric Control Performance, JOURNAL of the Illuminating Engineering Society, winter, 1999
- [7] 최안섭, 주광센서 연동제어시스템의 분석을 위한 컴퓨터 수치 모델의 개발 및 검증, 대한건축학회 논문집, 제13권, 9호, 1997
- [8] Greg Ward Larson, Rob Shakespeare, RENDERING WITH RADIANCE, The Art and Science of Lighting Visualization, MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, 1998
- [9] 양혜인외, RADIANCE프로그램에 의한 빛환경 설계 및 평가 타당성 검증, 한양대학교 대학원 석사학위 논문
- [10] 정근영외, 광센서 조광제어시스템에서 광센서의 방향성과 위치에 관한 시뮬레이션 연구, 대한건축학회 추계 학술발표대회, 2002

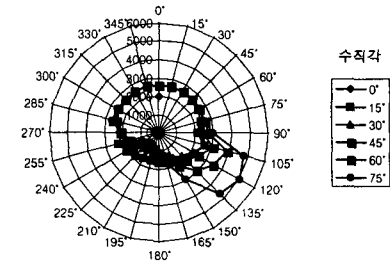


그림 4. 9시(태양고도:42.6°, 방위각:-88.6°)에 측정된 휘도
Fig 4. The luminance measured at 9 clock

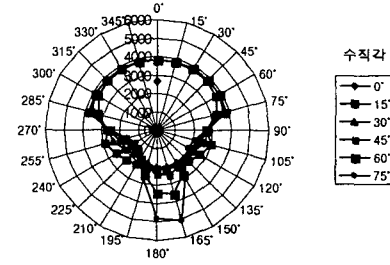


그림 5. 12시(태양고도:74.2°, 방위각:-29.2°)에 측정된 휘도
Fig 5. The luminance measured at 12 clock

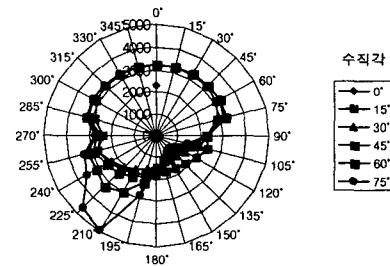


그림 6. 15시(태양고도:55.7°, 방위각:76.3°)에 측정된 휘도
Fig 6. The luminance measured at 15 clock

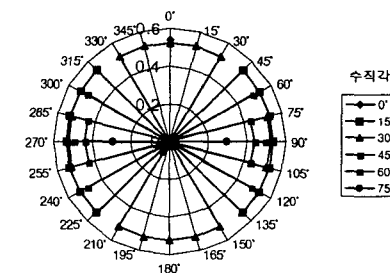


그림 7. 블라인드각도 0° 일 때 측정된 투과율 (9시)
Fig 7. The transmittance measured blind angle at a 0° (at 9 clock)

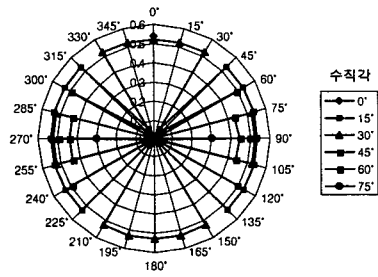


그림 8. 블라인드각도 0° 일 때 측정된 투과율 (12시)
 Fig 8. The transmittance measured blind angle at a 0° (at 12 clock)

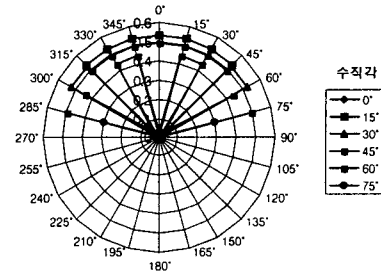


그림 12. 블라인드각도 45° 일 때 측정된 투과율 (15시)
 Fig 12. The transmittance measured blind angle at a 45° (at 15 clock)

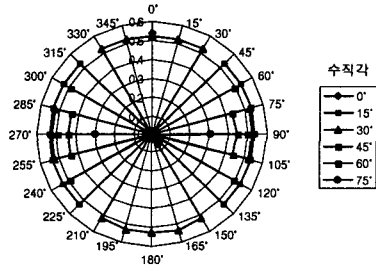


그림 9. 블라인드각도 0° 일 때 측정된 투과율 (15시)
 Fig 9. The transmittance measured blind angle at a 0° (at 15 clock)

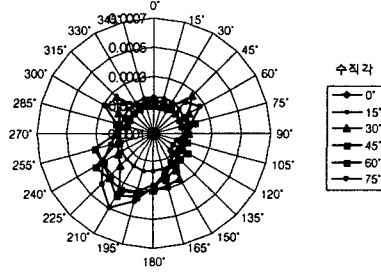


그림 13. 블라인드각도 90° 일 때 측정된 투과율 (9시)
 Fig 13. The transmittance measured blind angle at a 90° (at 9 clock)

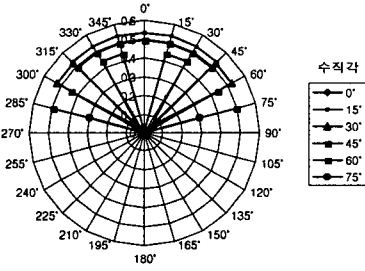


그림 10. 블라인드각도 45° 일 때 측정된 투과율 (9시)
 Fig 10. The transmittance measured blind angle at a 45° (at 9 clock)

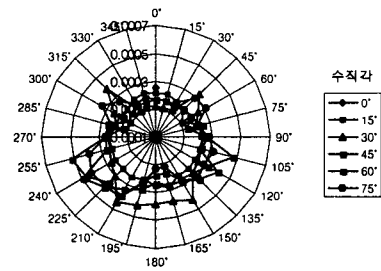


그림 14. 블라인드각도 90° 일 때 측정된 투과율 (12시)
 Fig 14. The transmittance measured blind angle at a 90° (at 12 clock)

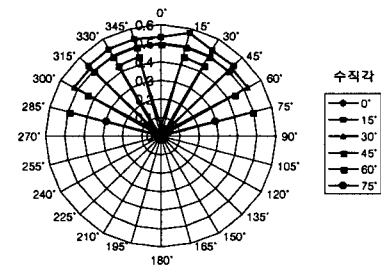


그림 11. 블라인드각도 45° 일 때 측정된 투과율 (12시)
 Fig 11. The transmittance measured blind angle at a 45° (at 12 clock)

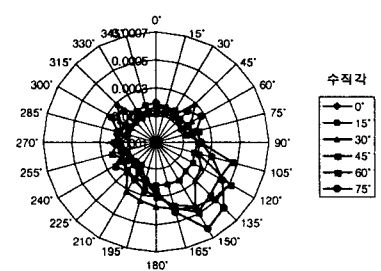


그림 15. 블라인드각도 90° 일 때 측정된 투과율 (15시)
 Fig 15. The transmittance measured blind angle at a 90° (at 15 clock)