

반사 배광과 램프에 의한 반사광 흡수를 고려한 경면반사판 설계 알고리즘 개발

(Development of Specular Reflector Design Algorithm Considering Reflected Light Distribution and Light Absorption by Lamp)

황재선* 강원대학교 대학원 전기전자정보통신공학부 석사과정
 이징욱 강원대학교 대학원 전기전자정보통신공학부 석사과정
 김기훈 강원대학교 대학원 전기전자정보통신공학부 박사과정
 김 훈 강원대학교 대학원 전기전자정보통신공학부 교수

abstract

기구 배광이 전체적인 조명환경에 미치는 영향은 크며, 기구배광은 반사판, 프리즘 설계 등으로 구현된다. 또 램프의 물리적 크기는 기구설계에서 무시할 수 없으며, 기구 설계자는 램프로 흡수되는 빛을 최소한으로 하여 기구를 설계하여야 한다. 기존의 반사판 설계 알고리즘의 경우 램프의 물리적인 크기를 고려하지 않았으며, 기구배광의 출력값도 몇몇의 경우에는 오차를 발생하였다. 이에 본 논문에서는 램프의 크기를 고려한 반사판설계 알고리즘을 개발, 구현하여 이전의 기구설계 알고리즘이 가지고 있던 오차를 줄였으며 좋은 성과를 얻었다.

1. 서론

삶의 질 향상과 에너지 절감에 대한 관심의 증가로 우수한 조명 환경에 대한 요구가 발생하고 있으며, 그러한 요구에 만족하기 위하여 바른 기구설계가 이루어져야한다. 또 바른 기구설계를 위해서는 기구설계 알고리즘이나, 그것을 이용한 기구설계 툴들이 있어야 한다.

본 논문에서는 기존의 반사판 설계 알고리즘과 새로이 개발된 알고리즘을 비교 평가하여 개선된 점을 소개하고, 이러한 알고리즘을 사용하여 구현된 반사판 설계 툴(SpeRODII)을 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 전체

1) 램프의 단면은 원인 관형의 램프이며, 램프의 표면은 완전 확산면으로 가정한다.

따라서,

$$I_0 = \frac{F}{\pi^2} \quad (\text{식 2.1})$$

F: 램프광속 I_0 : 램프의 최고 광도

이고, 완전확산면이기 때문에 휘도 L은 일정하다. 따라서

$$I_\phi = L \times S \quad (\text{식 2.2})$$

이다.

2) 반사판은 그 재질 및 마감에 따라 결정되는 반사율을 가지며, 정반사를 한다.

2.2 SpeROD I 과 SpeROD II 에 대한 기본원리

2.2.1 SpeROD I

SpeROD I 의 경우는 반사판 세그먼트의 중심각을 기준으로 출력각을 구하였으며, 반사광 광도의 크기는 입체각과 비례하도록 설계되었다

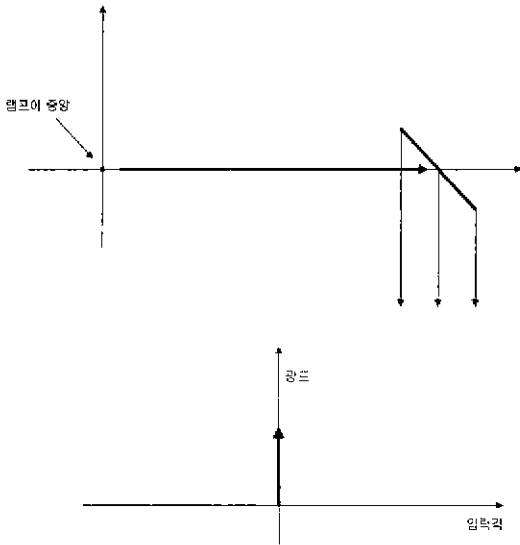


그림 21 SpeROD I 의 기본원리

2.2.2 SpeROD II

램프에서 나온 빛은 α 각에 따라서 반사판에 상을 가지기도 하며, 상이 없는 경우도 있다.

따라서 반사판 세그먼트에 대하여 α 값을 변화시키면서 램프의 상이 반사판에 얼마나 맺히는지 계산할 수가 있으며, α 값으로 들어온 빛은 스넬의 법칙에 의해서 기구 밖으로 나가는 각을 계산할 수도 있다.

그림 2.2(d)에서 볼수 있듯이, SpeROD II는 SpeROD I 보다 더 정확할 결과를 나타낼수가 있다.

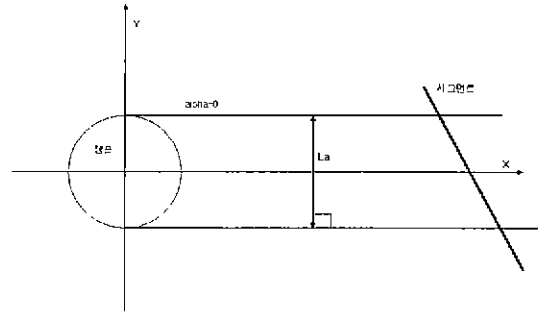


그림 2.2(a) 램프의 상을 모두 포함하는 경우

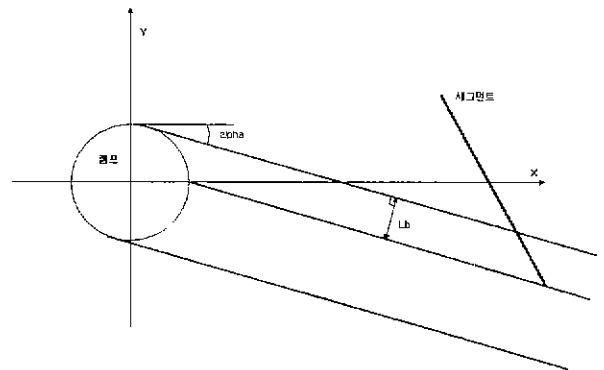


그림 2.2(b) 램프의 상을 일부만 포함하는 경우

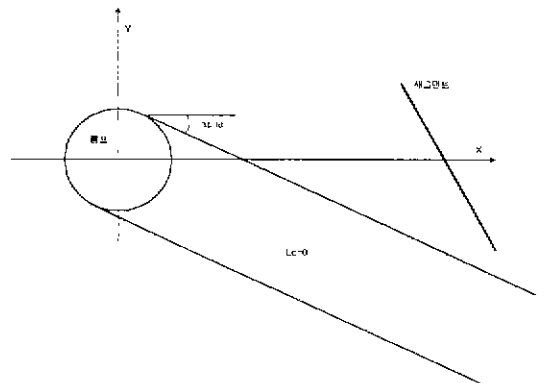


그림 2.2(c) 램프의 상을 포함하지 않는 경우

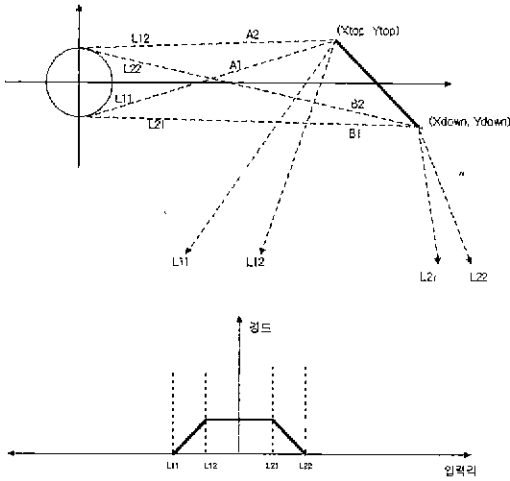


그림 2.2(d) SpeROD II의 기본원리

2.3 SpeROD II의 세부사항

그림 2.4는 SpeROD II의 계산과정을 나타낸 순서도이다.

2.3.1 세그먼트 중심점의 -X축상으로 이동

SpeROD II는 반사판의 각 세그먼트를 +X축으로 이동하여 반사광을 계산한다.

이렇게 세그먼트를 이동하는 이유는 계산의 단순화를 위해서이다.

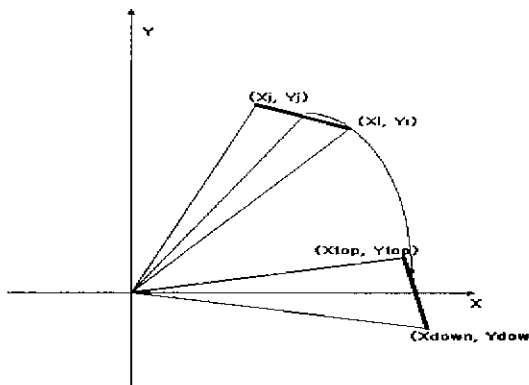


그림 2.3 세그먼트의 +X축상으로 이동

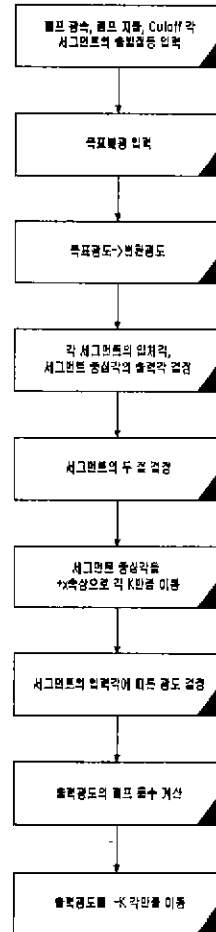


그림 2.4 SpeROD II의 순서도

2.3.2 변환 광도

설계자가 목표로 하는 광도와 램프, 반사판 반사율, 기구 구조등에 의해서 결정될 광도는 차이를 가지게 된다. 따라서 목표 광도를 실제 기구를 제작하였을 경우에 예상되는 광도로 바꾸어줄 필요가 있다.

$$\text{변환광도} = \text{변환계수} \times \text{목표광도} \quad (\text{식}2.3)$$

$$\text{변환계수} = \frac{\text{목표예상광속}}{\text{목표광속}} \quad (\text{식}2.4)$$

$$\begin{aligned} \text{목표예상광속} &= \frac{(+Cutoff\angle) - (-Cutoff\angle)}{360} \\ &\quad \times \pi^2 \times I_0 \\ &+ \frac{360 - ((+Cutoff\angle) - (-Cutoff\angle))}{360} \\ &\quad \times \pi^2 \times I_0 \times \rho \times \text{기구계수} \end{aligned} \quad (\text{식 2.5})$$

목표광속: 목표광도에 의한 광속
 ρ : 반사판 반사율
 기구계수: 기구의 상호반사등을 고려한 계수

2.3.3 세그먼트의 입력각에 따른 광도

α 의 각은 램프의 상이 반사판 세그먼트에 얼마나 크게 맺힐지를 결정하게 된다.

램프의 상이 맺히는 반사판 세그먼트의 윗쪽 점(X_{atop} , Y_{atop})과 아랫쪽 점(X_{adown} , Y_{adown})을 구할 수가 있다.

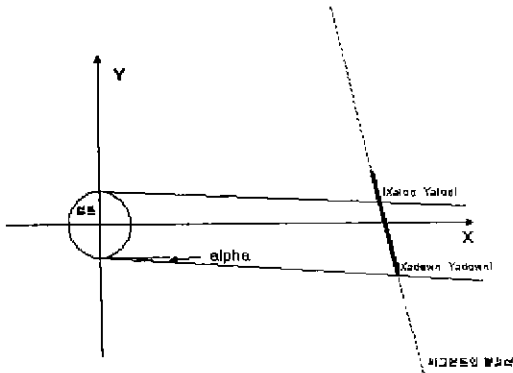


그림 2.5 α 각에 따라 반사판 세그먼트가 가지는 램프의 상

2.3.4 출력광도의 램프 흡수

램프에서 나온 빛이 반사판에서 반사되어 램프로 흡수될 경우, 효율이 감소하고, 램프의 수명에 영향을 미치기도 한다. 기구 설계자는 이러한 이유로 램프로 흡수되는 빛을 최소로 하여야 한다 그러나 최근에 조명기구의 크기가 축소 되기 때문에, 램프로 들어가는 빛을 크게 될 수 있으며, 램프로 흡수되는 빛을 최소화하기 위하여 각별한 주의를 기울여야 한다.

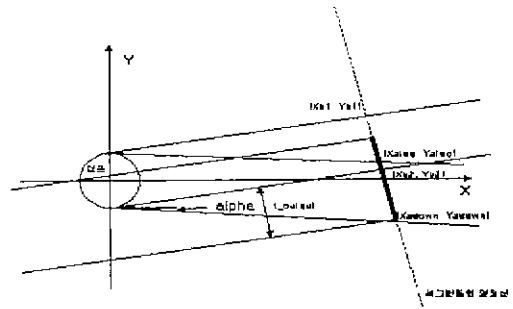


그림 2.6 램프흡수를 고려한 출력광도

램프를 나온 반사광은 각 α 에 따라서 반사판 세그먼트의 일정부분에 램프의 상을 갖게되고, 반사판은 이 램프에서 나온 빛을 스넬의 법칙에 따라서 반사를 하게 되는데, 그 빛이 램프에 흡수될 수가 있다.

그림 2.6과 같은 경우 램프에 흡수되지 않고 기구 밖으로 나갈수 있는 빛은 (X_{b2} , Y_{b2})에서 (X_{adown} , Y_{adown})의 세그먼트에서 나오는 빛이다.

3. 프로그램 구성

다음은 제작된 SpeRODII의 구성을 나타내는 그림이다. SpeRODII는 사용자가 세그먼트의 입체각과

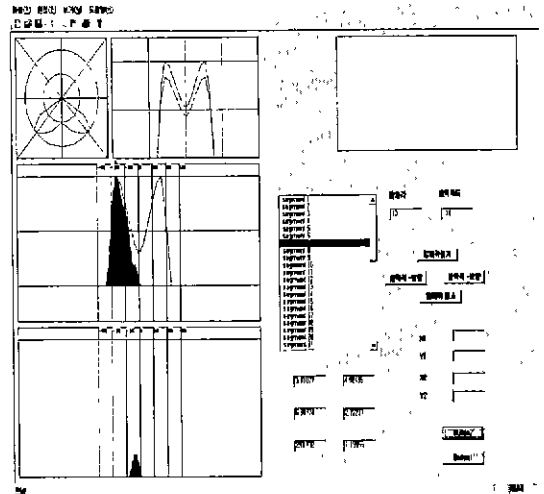


그림 3.1 SpeRODII

세그먼트 중심부의 출력각을 선택하고, 그것에 의한 출력광도를 확인하며, 기구 설계를 할 수 있도록 되어 있다.

이 과정에서 세그먼트의 출력광도는 램프에서 흡수되는 광도를 고려한 것이므로 사용자는 기구설계 시 유의하여야 한다.

SpeROD II는 사용자에게 의해서 기구설계의 가장 중요한 부분들이 결정되기 때문에, 사용자의 경험 및 광학적인 지식이 중요하게 적용되고, 이것이 전체 결과를 결정하게 되는 가장 중요한 요소가 된다.

기구 형태가 유사한 경우에도 효율이나, 전체 배광에는 큰 차이를 보이기도 하는데, 이것은 램프 흡수나 반사판 간의 상호반사가 큰 비중을 차지하게 된다.

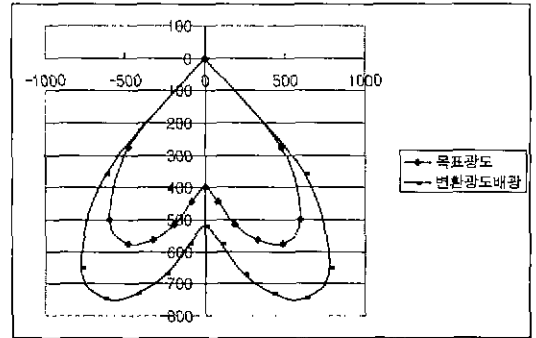


그림 4.1 목표광도와 변환광도배광

4. 기구설계의 사례

다음은 SpeROD I, SpeROD II을 각각 사용하여, 동일한 목표광도에 대하여 반사판 설계를 하였을 경우의 반사판 좌표와 시뮬레이션 결과를 나타내는 것이다.

목표배광과 램프의 광속, 반사판 반사율, 기구의 형태등에 의해 결정되는 변환광도와는 차이가 있게 된다. 목표배광은 변환광도로 바꾸어 주어야 하고, 만약 그 차이가 너무 심할 경우는 램프의 광속이나, 반사판의 반사율을 교체해 주어야 한다. 만약 이를 고려하지 않을 때에는 원하는 배광을 얻기 힘들어진 다.

그림 4.2와 그림 4.3은 SpeROD I 과 SpeROD II로 설계된 반사판을 각각 시뮬레이션 한 결과이다. 시뮬레이션 소프트웨어로는 Photopia 1.5를 사용하였으며, SpeROD I 에 의한 기구의 기구 효율은 88.8% 였으며, SpeROD II의 기구 효율은 90.8% 였다.

SpeROD I 은 SpeROD II에 비하여 배트윙의 양쪽 끝에서 목표배광에 비하여 광도가 낮아지는 것을 발견할 수가 있을 것이다.

그림 4.4는 SpeROD I, SpeROD II로 설계된 반사판의 형태이며, 구조적으로 작은 차이를 보이고 있지만, 이 반사판 형태에 의한 결과는 매우 다르게 된다.

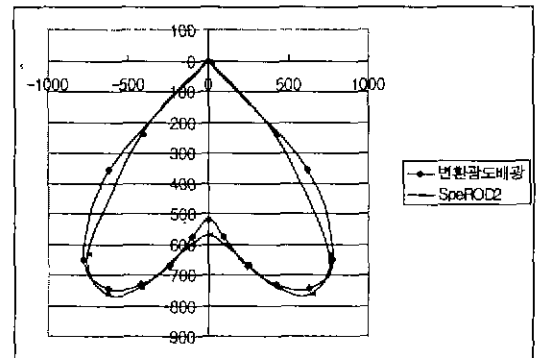


그림 4.2 SpeROD II의 시뮬레이션 결과

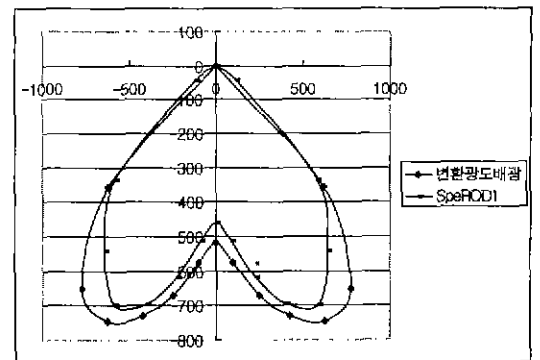


그림 4.3 SpeROD I의 시뮬레이션 결과

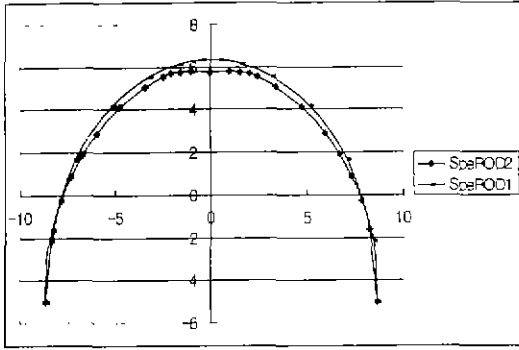


그림 4.4 SpeROD I 과 SpeROD II 의 반사판 단면

5. 결론

조명 환경에 대한 관심이 증가하면서, 보다 많은 수의 조명기구 개발이 필요하게 되었고, 기구 설계자들이 보다 쉽게 기구개발을 하기 위하여 오차가 적고, 사용이 간편한 SpeROD II를 개발하였다.

SpeROD II는 현실적인 반사판 설계가 가능하게 하였으며, 반사판에서 나온 빛의 램프효율을 고려하여, 효율 높은 기구개발과, 램프효율이 배광에 미치는 영향을 최소화 하도록 하였다.

참고문헌

1. MURDOCH "Illumination Engineering From Edison's Lamp to the Laser, Macmillan Publishing Company, 1985
2. William B Elmer, "The Optical Design of Reflectors", TLA Lighting Consultants, Inc., Salem, Ma., 1989
3. 정재훈, "형광등기구용 경면 반사판의 광학 설계 프로그램 개발", 강원대학교 석사학위 논문
4. 조명기구 반사판의 광학 설계 기술 개발에 관한 중간 보고서
5. David C Pritchard, "Lighting", Longman Scientific & Technical, 1990