

Photopia의 특징과 이용사례

김 훈 <강원대학교 전기전자정보통신공학부 교수>
김기훈 <강원대학교 전기공학과 대학원 박사과정>
김진우 <강원대학교 전기공학과 대학원 석사과정>

1. 서론

조명기구의 광학적 성능을 향상시키기 위해서는 적절한 반사판과 프리즘을 사용하여야 하며, 이들의 설계법에 대해서는 이미 몇 번에 걸쳐 소개한바 있다.[1~5] 이러한 광학적 부품의 설계가 적정한지의 여부를 실제 제작 이전에 확인하고 잘못된 부분을 찾아내기 위하여 광학적 분석 소프트웨어들이 사용된다. 즉 사용하려는 광원을 선정하고 반사판이나 프리즘의 형태와 재질을 규정한 뒤 계산을 수행하여 배광을 예측하는 것이다. 배광을 예측하는 기능을 가진 소프트웨어에는 여러 가지가 있으며, 여기에서는 당 연구실에서 사용하고 있는 Photopia를 소개하고자 한다.

광학적 시스템에는 Imaging Optical 시스템과 Non-imaging Optical 시스템의 두 가지가 있다. Imaging Optical 시스템은 반사판이나 굴절장치들이 공간에서 특별한 임의 평면에 물체의 상을 만들기 위하여 빛을 제어하도록 설계된 시스템이다.

Non-imaging Optical 시스템은 광원에서 방출된 광속의 공간적인 분포를 제어하는 것을 목적으로 하는 시스템으로서 공간 내에서 특별한 빛의 분포를 만드는 방식으로 제어된다. Photopia는 램프에서 방

출된 빛의 광선추적(ray-tracing)을 통하여 공간에서 빛의 분포를 예측하는 용도로 사용되는 Non-imaging Optical 시스템 전용의 소프트웨어이다.

2. Photopia 개요

Photopia는 3차원적으로 조명기구를 분석하고 설계하는 프로그램으로서, 계산은 확률을 바탕으로 하는 광선추적에 기반을 두고 있다. Photopia에서 계산을 하기 위해서는 실제 램프의 기하학적 형상, 램프의 배광, 조명기구 재질의 반사율과 투과율을 필요로 하며, Photopia를 사용함으로써 CAD 프로그램에서 작도된 조명기구의 3차원적 배광 분포, 작업면 조도 분포 등을 예측할 수 있기 때문에 효율적으로 조명기구를 설계할 수 있다. Photopia에서 조명기구를 설계하고 분석하는 일반적인 과정은 다음과 같다.

① CAD 프로그램에서 반사판이나 프리즘 등과 같은 조명기구를 3차원적인 모형으로 작도한다.

② CAD 프로그램에서 작도한 조명기구를 Photopia로 가져온 후, Photopia에서 지원하는 램프 목록 중에서 원하는 램프를 선택하여 조명기구 내의 원하는 위치에 배치한다.

③ 조명기구와 램프를 Photopia의 파일 형식으로

저장한다.

④ 반사판이나 프리즘 등과 같은 조명기구의 각각의 레이어(layer)에 대해서 그 재료를 선정한다.

⑤ 조명기구의 광학적 타입(photometry type)과 배광에서 원하는 각도의 범위, 조도 계산점의 위치를 결정한다.

⑥ 광선(ray)의 수, 반사 횟수 등과 같은 광선추적(raytracing)을 위한 파라미터를 결정한다.

⑦ 광선추적(raytracing)을 시작한다.

⑧ 최종적으로 계산된 결과를 출력한다.

위와 같은 과정을 세부적으로 설명하면 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

그림 1은 CAD 프로그램과 Photopia에서의 작업과정을 순차적으로 나타낸 블록도이다. Photopia를 사용하여 조명기구를 설계하려면 CAD 프로그램이 반드시 필요하며, 이는 Photopia 자체에서는 조명기구를 3차원으로 모형화하기 위한 설계도구가 지원되지 않기 때문이다. CAD 프로그램에서의 작업은 모형 구성, 조명기구 설계, 레이어의 구성, CAD file의 저장 등 4가지로 구분할 수 있다.

모형 구성은 조명기구를 설계하는데 Reflector를 사용할 것인가, Refractor를 사용할 것인가, Transmissive Material을 사용할 것인가, 아니면 이들 세 가지 중 몇 가지를 혼합하여 사용할 것인가를 결정하는 부분이다.

이것이 결정이 되면 CAD 프로그램 상에서 조명기구를 3차원으로 작도하게 되고, 그 다음 레이어(Layer)를 구성하게 된다. 레이어를 구성할 때는 조명기구 설계에 사용된 Reflector, Refractor, Transmissive Material를 각각 다른 레이어로 구분하여야 하고, 레이어의 이름을 부여할 때에도 Reflector일 경우에는 REFL로, Refractor일 경우에는

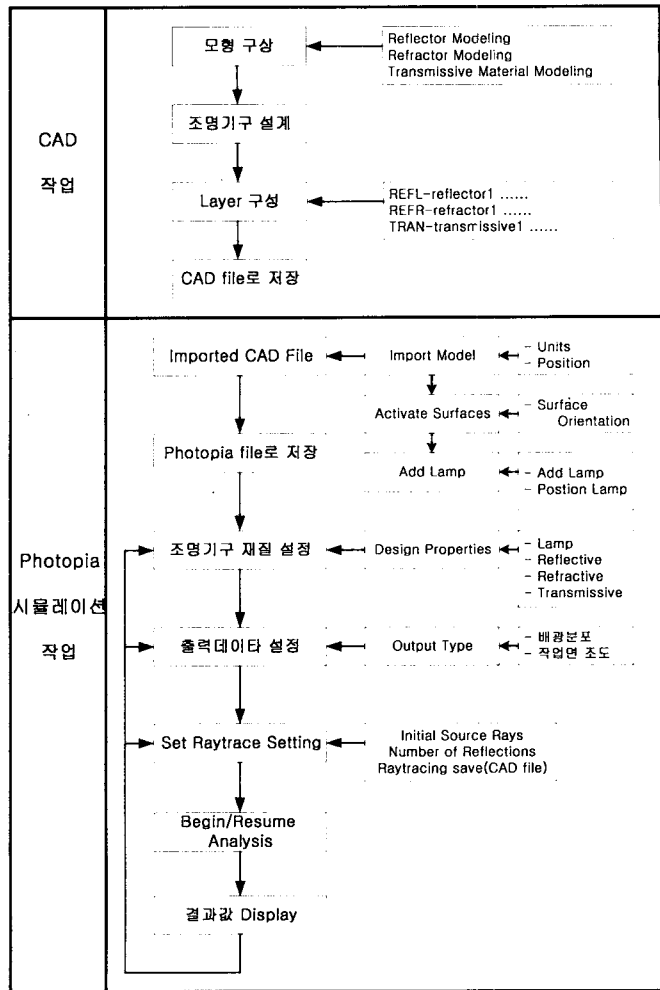


그림 1. Photopia 시뮬레이션 작업 순서도

REFR로, Transmissive Material 일 경우는 TRAN으로 시작하는 레이어 명을 부여하여야 한다. 이와 같이 레이어를 구분하는 이유는 이후 Photopia 시뮬레이션 작업에서 레이어 별로 조명기구에 사용된 재료의 재질을 결정하기 때문이다. 레이어의 구성이 끝나면 CAD file로 저장한다. 저장된 CAD 파일은 이후 Photopia 작업에서 불러와 사용된다.

Photopia 시뮬레이션 작업은 Imported CAD file, Photopia 파일 저장, 조명기구의 재질 설정, 출력 데이터 설정, Raytrace Setting, Begin/Resume

표 1. 소프트웨어의 종류

비 교 항 목	소프트웨어의 종류		
	ASAP	PHOTOPIA	LIGHTTOOLS
Manufacture	Breault Research Organization	Lighting Technologies Inc.	Optical Research Associates
Technical-Support	✓	✓	✓
Demo Disk Available	✓	✓	

표 2. 소프트웨어별 사용자 Interaction 비교

비 교 항 목	소프트웨어의 종류		
	ASAP PLUS	PHOTOPIA 1.1	LIGHTTOOLS 4.1
Tabular Entry	✓		✓
Graphical Entry		✓	✓
Input with Mouse		✓	✓
Internal CAD Capabilities			✓
CAD Interface	DXF, IGES	DXF	DXF, IGES**
Units	E, M	E, M	E, M
Input Error Checking	✓	✓	✓
Context Sensitive Help	✓	✓	✓

Analysis, 결과 값 Display의 7가지로 구성된다.

가장 처음 단계인 Imported CAD file은 CAD 파일로 저장된 조명기구의 모형을 Photopia 작업 화면으로 불러오는 단계이며, 이때 조명기구 치수에 대한 단위를 설정하고, 조명기구의 위치에 대한 좌표를 결정한다. 조명기구를 구성하고 있는 각 면들은 반사면으로 사용되는 면과 그렇지 않은 면이 있다, 다시 말하면, 반사면으로 사용되는 면은 조명기구의 안쪽 면을 말하며, 그렇지 않은 면은 조명기구의 바깥 쪽 면을 말한다. 이와 같이 조명기구의 안쪽 면과 바깥 쪽 면을 구분하기 위하여 각 면들의 방향을 결정하게 된다. 그리고 이 과정에서 램프를 추가하게 되며, 그 위치도 결정하게 된다. 램프는 CAD 프로그램에서 추가하는 것도 가능하다.

이와 같은 작업이 끝나면 Photopia 파일로 저장한 다음 조명기구의 재질을 레이어 별로 결정한다. 이

과정에서는 조명기구를 이루고 있는 재질의 반사율, 투과율, 굴절률 등을 입력하게 된다.

네 번째 단계로서 출력 데이터의 설정은 출력 데이터인 조명기구의 배광 분포와 작업면의 조도에 대한 출력 방식을 설정하는 단계이다. 예를 들면 조명기구의 배광에서 원하는 각도의 범위, 조도 계산점의 위치 등을 결정할 수 있다.

다섯 째 단계는 Raytrace Setting으로서 광선(ray)의 수, 반사의 상한 횟수 등과 같은 raytracing을 위한 파라미터를 결정하는 단계이다.

그 다음 단계로는 Begin/Resume Analysis로서 raytracing을 시작하여, 설계한 조명기구의 배광과 작업면의 조도값들을 계산하고 분석하며, 마지막으로 이렇게 계산한 값들을 그래픽적으로 디스플레이 하게 된다.

표 3. 소프트웨어별 Computational Features의 비교

비교 항목		소프트웨어의 종류		
		ASAP PLUS	PHOTOPIA 1.1	LIGHTTOOLS 4.1
Calculation Method		RT	RT	RT
Number of Elements Allowed		100000	Unlimited	Unlimited
Number of Dimensions		3	3	3
2D Elements	Lines	✓	✓	✓
	Circle	✓		✓
3D Elements	Conic Section	✓		✓
	Spline Curves	✓		**
	Polygons	✓	✓	✓
	Spheres	✓		✓
	Cylinders	✓		✓
	Surfaces of Revolution	✓		✓
	Spline Surfaces	✓		**
Lamp Library			✓	✓
User Defined Lamps		✓	✓	✓
Materials Library		✓	✓	✓
User Defined Materials		✓		✓
Mixed Materials		✓	✓	✓
Multiple Lamps		✓	✓	✓
Specular Reflectors		✓	✓	✓
Diffuse Reflectors		✓	✓	✓
Non-Ideal Reflectors		✓	✓	✓
Homogenous Refractors		✓	**	✓
Prismatic Refractors		✓	**	✓
Non-Ideal Refractors		✓	**	✓
Pre-Defined Optical Elements		✓		✓
Automatic Profile Generations		✓	✓	✓

3. 배광예측 소프트웨어의 성능비교

IESNA(북미조명학회)에서는 1997년까지 매년 각종 조명용 소프트웨어들의 성능과 기타 사양을 상호 비교하여 발표하였다.[6] 이를 참조하여 Photopia를 포함한 배광예측 소프트웨어들의 기본 성능을 이하에 요약하였다. 단 이 요약은 1997년도까지의 자료를

바탕으로 한 것이므로 이후 변화가 있을 수 있음을 밝혀둔다. 각 소프트웨어에서 비교 항목이 지원이 되면 체크(✓) 표시를 하였고 주어진 항목이 지원이 되지 않으면 빈칸으로 남겨 놓았다. **표시는 옵션 항목을 의미한다.

표 2는 소프트웨어별 사용자 Interaction을 비교한 것이다. 기하학적 정보의 입력 방식, 사용할 수 있는

표 4. 소프트웨어별 출력방식의 비교

비교 항목	소프트웨어의 종류		
	ASAP PLUS	PHOTOPIA 1.1	LIGHTTOOLS 4.1
Photometric Files	IESNA	IESNA	OTHER
Candela Tables	✓	✓	✓
Candela Plots	✓	✓	✓
CU Tables		✓	
Plane Illuminance	✓	✓	✓
Average Luminaire Luminances	✓	✓	✓
Luminaire Element Luminance	✓		✓
Ray Traces	✓	✓	✓
Traceback	✓		
Luminaire Optical Efficiency	✓	✓	✓
Target Efficiency	✓		✓
Zonal Lumen Summery		✓	
Spacing Criterion		✓	
IESNA Roadway Classification		✓	
IESNA Cutoff Classification		✓	
NEMA Floodlight Classification		✓	

입력장치의 종류, 지원되는 CAD 파일의 종류 등을 비교하고 있다.

표 3은 소프트웨어별 Computational Features를 비교한 것이다. 3가지 소프트웨어 모두가 계산방식으로 Raytracing을 사용하고 있으며 모두 3차원적 선계가 가능하다. 하나의 프로젝트를 시뮬레이션 할 때 허용되는 개체 성분은 Asap Plus가 100000개로 제한이 있으나, Photopia 1.1과 Lighttools 4.1은 제한이 없다. Asap Plus는 2D elements와 3D elements 모두가 지원이 되고, Lighttools 4.1 또한 spline curve를 옵션으로 하지만 모든 elements가 지원되지만 Photopia 1.1은 2D elements 중 직선과 3D elements 중 다각형을 제외한 나머지는 지원이 되지 않는다.

표 4는 소프트웨어 별로 출력방식을 비교한 것이

다. Asap Plus와 Photopia 1.1은 IESNA의 파일 형식으로 Photometric File을 생성시킬 수 있지만

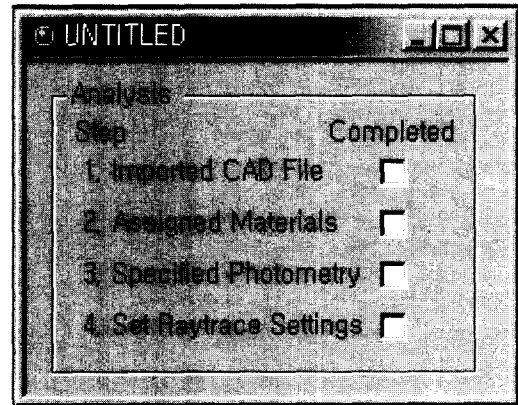


그림 2. Analysis 창

Lighttools 4.1은 는 자체의 독자적인 형식으로 Photometric File을 생성 시킨다. 또한 3가지 소프트웨어 모두 광도 표와 광도 곡선을 그릴 수 있다.

4. Photopia 사용 방법

배광 예측 프로그램인 Photopia는 앞에서 설명되어진 것과 같이 몇 가지 단계를 거치면서 실행되어지며, 이 과정은 모두 step by step으로 사용자들에게 소프트웨어 사용에 있어서의 편리함을 제공한다. Photopia를 처음 실행하면 다음과 같은 화면을 볼 수 있다.

이 대화창은 각 과정의 수행에 있어 과정의 완료를 단계별로 체크해주는 창이라고 할 수 있다. 우선 Photopia의 메뉴 구성에 대해서 알아보면 다음과 같다.

4.1 메뉴 설명

File Edit View Analysis Options Window Help

그림 3. Photopia 주메뉴

- File : File 메뉴는 open, save, new 등의 메뉴로 구성되어 있으며, Photopia 수행 과정의 첫 단계라 할 수 있는 AutoCAD로 작업되어진 조명기구 형태를 불러들이는 기능의 Import Luminaire CAD file 단추로 구성되어있다. 이외에 프린트나 page 설정 기능의 메뉴로 구성되어있다.

- Edit : 이 메뉴는 Design Properties와 Edit Surface Layers의 두 가지 서브메뉴로 구성되어 있다. 각각은 수행과정 중에서의 조명기구의 설계 조건을 입력할 수 있게 한다.

- View : 이 메뉴는 출력된 결과를 사용자의 요구에 맞게 출력시키는 메뉴들로 구성되어 있으며, Analysis status는 현재 소프트웨어의 과제 수행 상태를 출력하고, Photometric Report는 수행된 결과를,

Candela Distribution은 배광 분포를 출력한다. 이것의 출력 방식은 Polar Plot, XY Plot 등의 방식으로 나타낼 수 있다.

- Analysis : 과제 수행에 있어 실질적인 세팅을 담당하는 메뉴로 구성되어 있으며, 그림 2의 3, 4 과정을 수행할 수 있다. 또 지금까지 세팅되어진 결과를 토대로 시뮬레이션을 시작하는 Begin / Resume Analysis 메뉴가 있다.

- Options : Font와 Plot의 option을 조정할 수 있는 메뉴로 구성되어 있다.

- Windows, Help : Windows는 다른 소프트웨어와 동일한 기능으로 창의 배열 등을 조절하며, Help는 현재 사용자가 쓰고 있는 Photopia의 버전정보, 도움말, 그리고 Photopia 제작사의 홈페이지로 링크되어 있는 메뉴로 구성되어 있다.

- 그 외의 아이콘 : Photopia의 메인 창을 보면 주메뉴 아래에 여러 아이콘들이 놓여있는 것 볼 수 있는데, 이는 주메뉴 중에서 중요한 기능들을 빠르게 실행시키기 위한 메뉴로 출력된 결과를 각 형식에 맞게 출력시켜준다.

4.2 Photopia 시뮬레이션 순서

4.2.1 Import Luminaire CAD file

다음은 Photopia에서의 시뮬레이션 과정에 대해 설명하기로 하겠다. 앞서 언급했듯이 Photopia의 과정은 step by step으로 이루어진다. 과정 중 제일 먼

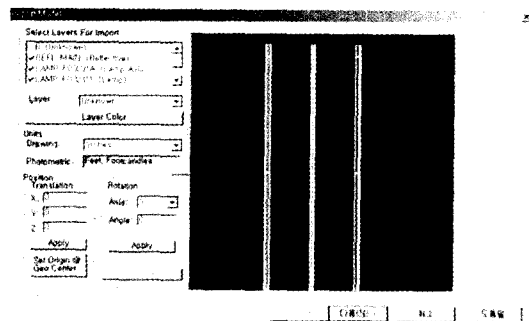


그림 4. Import CAD file

저 해야할 일은 AutoCAD를 이용하여 구현한 조명 기구를 Photopia내로 import 시키는 것이다. 이것은 주메뉴의 import Luminaire CAD file를 클릭함으로써 이루어질 수 있다. 성공적으로 CAD파일을 불러 오게 되면 Photopia의 메인 창에는 아래와 같은 import model이라는 제목의 창이 생성된다.

이 창의 좌측 상단의 Layer들은 AutoCAD를 사용하여 조명기구를 구현할 때의 Layer들이며 먼저 해야할 일은 Layer들의 성질, 즉 투과체인지 반사체인지 굴절체인지를 각 Layer마다 지정해주어 아래의 Layer color 메뉴를 통해 색을 지정해 주는 것이다.

이것은 Photopia의 시뮬레이션 과정 중에 조명기구의 각 부분이 어떤 역할을 하는지를 정해주는 것이라 할 수 있다. 그 다음은 단위를 결정하여야 하며 이는 AutoCAD에서 사용한 단위와 일치시켜주어야 한다. Position과 Rotation은 각각의 조명기구의 기준 위치를 설정할 수 있고, xyz을 기준으로 하여 설계된 조명기구의 축 변환을 설정한다. 이렇게 바뀌어지는 과정은 CAD viewer창을 통해 확인할 수 있다. 모든 설정 과정이 끝나면 다음 버튼을 클릭한다.

4.2.2 Activate Surfaces

이상과 같이 실행하면 그림 5와 같이 Activate Surfaces 창이 생성된다.

이 단계에서 해야할 일들은 구현된 조명기구 모형의 반사면을 지정해주는 것이다. 만약 Photopia 설치 시 인스톨되어 있는 샘플 파일을 사용하여 위와 같

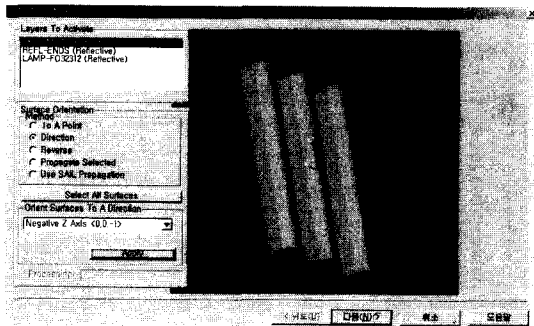


그림 5. Activate Surfaces

이 설계한다면 반사체는 조명기구의 아래 면과 반사체의 끝막이 부분, 그리고 램프의 base부분이 된다. 그러므로 이 부분들을 반사체로 인식시켜 주어야 한다. 바로 이 과정에서 이러한 인식 작업을 하게 된다.

작업이 완료되면 반사면들은 import model 과정에서 지정해주었던 layer색으로 바뀌게 되는 것을 viewer 창을 통해 확인할 수 있다.

초보자에게는 다소 까다로운 작업이 될 수 있으나 조금 익숙해지면 어렵지 않게 각각의 반사면들을 지정해줄 수 있다. 이 과정을 마쳤으면 다음버튼을 클릭하여 Lamp Add 과정으로 넘어간다.

4.2.3 Add Lamps

Photopia에서는 다양한 종류의 램프를 라이브러리화하여 자체 내장하고 있으며, 이 과정에서 목적에 맞는 광원을 선택한다.

적당한 광원을 선택하여 위치시키는 과정이 끝나면 마침을 누른다. 이 과정이 끝나면 Photopia 실행시 처음 나타나는 Analysis 창의 Step 1과정이 체크되고 곧이어 저장하기 창이 나타난다. 이것을 적당한 폴더를 선택하여 저장하면 Design Properties 창이 생성된다.

4.2.4 Design Properties

이 단계에서는 Lamp의 광속, 반사체나 굴절체 또는 투과체의 재질을 정한다. Photopia는 다양한 재질을 라이브러리화 하여 내장하고 있으며, 각 탭을 선

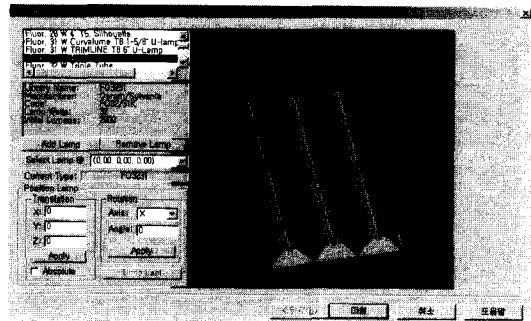


그림 6. Add Lamps

택하고 assign material 버튼을 클릭하여 적당한 재질을 선택할 수 있다.

이 과정을 마치고 확인을 클릭하면 Analysis 창의 Step 2가 체크되는 것을 볼 수 있다. 이것으로서 초기 설정 두 단계가 끝나게 된다. 그럼 이후의 Step 3와 Step 4인 Specified Photometry와 Set Raytrace Settings 과정에 대해 알아보기로 하자.

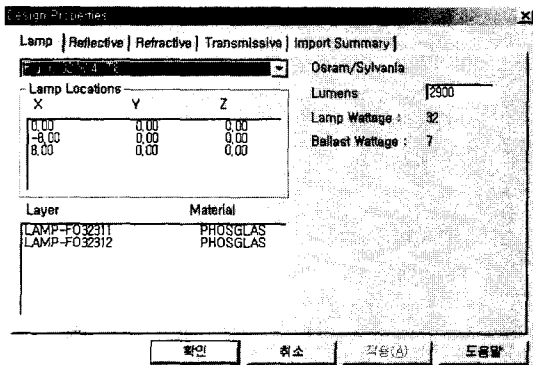


그림 7. Design Properties

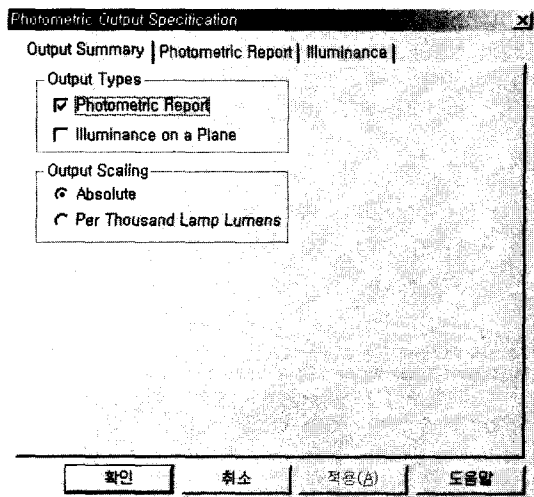


그림 8. Photometric Output Specification

주메뉴의 Analysis를 클릭하여 서브메뉴 중 Specified Photometric Output를 클릭하면 그림 8과 같은 창이 생성된다. 이번 과정에서는 시뮬레이션 결

과를 출력하는 방식을 지정해 주는 것이다.

Output summary 탭에서는 출력되는 결과의 type과 출력 scaling을 지정해 준다. Photometric Report에서는 요구 시뮬레이션 조건들을 정해준다. Report type에서는 현재 실행하고자 하는 시뮬레이션이 옥외인지 도로조명인지, 아니면 투광기에 관한 것인지를 지정해 주고, 이것에 맞게 type A와 type C를 설정한다. 다음 Angle란에서는 출력된 결과를 어느 정도의 범위에서 출력할 것인가를 결정하는데 가로안의 숫자는 출력각을 설정하는 것으로 즉 0(22.5)90이라면 0°에서 90°의 범위 안에서 22.5°씩의 결과를 출력한다는 것이다. 또한 여기에서는 test되는 지점의 광원에서부터의 거리를 설정한다. 이 과정을 마치고 확인을 클릭하면 Step 3이 체크된다.

마지막 단계를 위하여 Analysis 메뉴의 Specified Raytrace Settings 클릭한다.

4.2.6 Specified Raytrace Settings

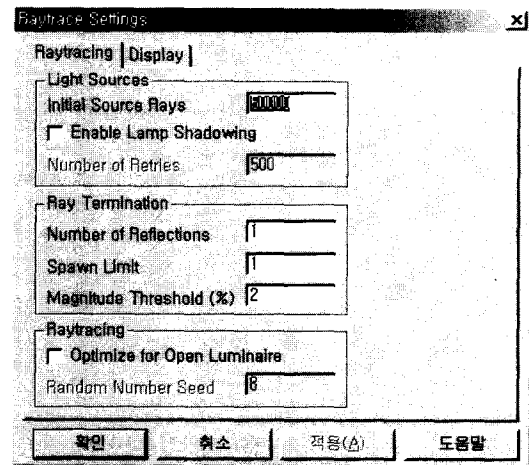


그림 9. Raytrace setting

Step 4로 넘어오게 되면 그림 9와 같은 새로운 창이 생성된다. 여기에서는 시뮬레이션 수행의 조건들을 결정할 수 있다. 우선 Raytracing tab의 내용들을 살펴보면 Light sources에서는 초기 광원에서 나오는 광선의 ray 수를 결정하고, ray termination에서는

ray가 반사되어지는 수를 몇 번으로 하여 시뮬레이션 할 것인가를 결정한다. Display tab에서 유용한 기능은 ray trace되는 ray의 수를 결정할 수 있다는 것이며, 이것은 조명기구 설계의 마지막 검토 작업인 ray trace과정에서 중요한 역할을 하게 된다. 이것에 대해서는 후에 설명하기로 한다.

여기까지의 작업 단계를 완료하면, Analysis 창에서 Step 1, 2, 3, 4 까지의 모든 체크박스가 체크되게 된다. 이것은 실제 시뮬레이션을 위한 모든 준비 과정이 끝났음을 의미하며 다음 단계에서는 시뮬레이션을 시작하게 된다.

4.2.7 Begin/Resume Analysis

시뮬레이션의 시작은 주메뉴/Analysis/서브 메뉴 중 Begin/Resume Analysis를 클릭함으로써 이루어진다.

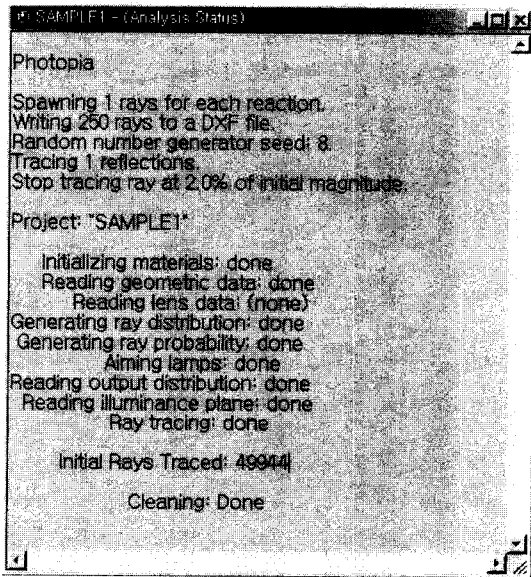


그림 10. Analysis status

그림 10은 시뮬레이션의 실행 경과 정도를 퍼센트로 나타내고 있는 화면이다. 이 과정까지 마치게 되면 Photopia에서 분석 및 계산 과정이 끝나게 된다. 이제부터는 분석 및 계산 결과를 확인하는 방법에

대해서 설명한다.

Photopia에서의 출력방식은 시뮬레이션 세팅 과정에 따라 틀려질 수 있지만 크게 Photometry report와 Candela Distribution 그리고 작업면에 대한 조도이다. Candela Distribution은 출력 형태를 XY좌표계와 극좌표계(polar) 등으로 표현할 수 있다.

Photometry report에서는 설계된 조명기구의 작업면에 대한 조도와 배광 분포 및 기구효율 등이 text 형식으로 출력된다.

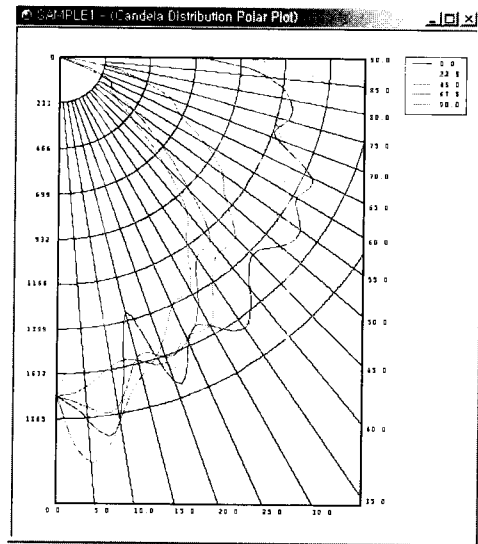


그림 11. Candela distribution

그림 11의 화면은 여러 출력 형태 중 Candela distribution을 극좌표로 나타낸 것이다. 배광에 많은 굴곡이 보이는 것은 Ray의 개수가 적은 때문으로, 설계 초기에는 적은 개수의 Ray로 계산을 수행하고 최종적으로는 개수를 늘려서 계산한다.

4.3 Photopia를 사용한 조명기구 설계 사례

4.3.1 가로등용 반사판의 설계 사례

그림 12는 강원대학교에서 개발한 3차원 경면 반사판 설계도구인 CARD2로 설계한 가로등용 조명기구의 형상이다. 이 화면은 조명기구의 형상을 CAD

에서 형상화하여 Photopia에서 import한 화면이다. 100W의 고압 나트륨램프를 사용하였다. 그림 13은 그림 12의 개발한 가로등용 조명기구를 Photopia에서 시뮬레이션 하여 출력한 배광 곡선이다.

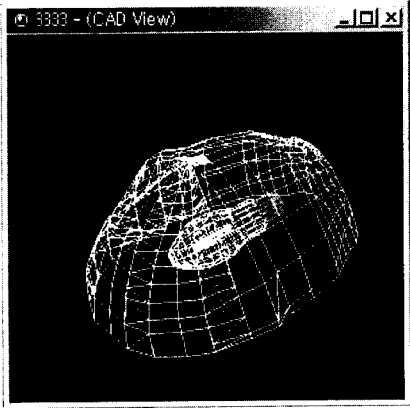


그림 12. 가로등용 조명기구의 형상

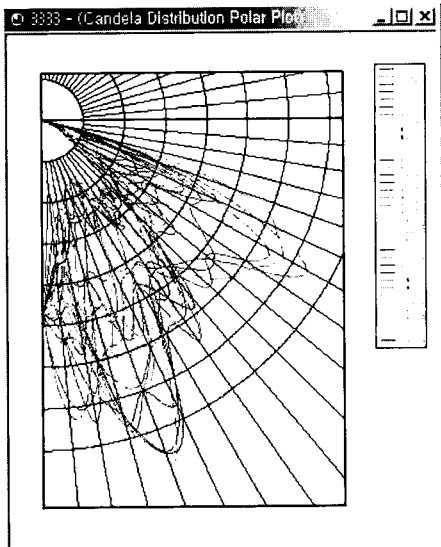


그림 13. 가로등용 조명기구의 배광 곡선

4.3.2 고휘도 LED와 렌즈 설계 사례

4.3.1이 빛의 반사 성질을 이용한 시뮬레이션이었다면, 이 사례는 광원 앞에 렌즈를 설계하여 빛의 굴절의 성질을 이용한 사례이다. 그림 14는 CAD에서 작업한 파일을 Photopia에서 importing 하는 Step 1

의 단계이다.

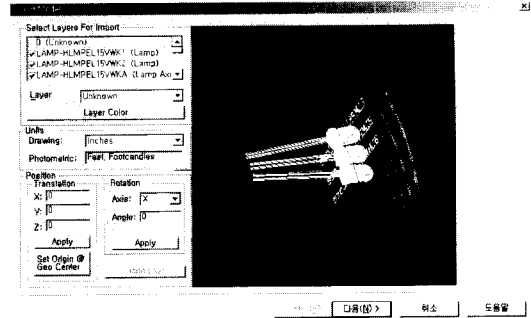


그림 14. 굴절을 이용한 Photopia 시뮬레이션

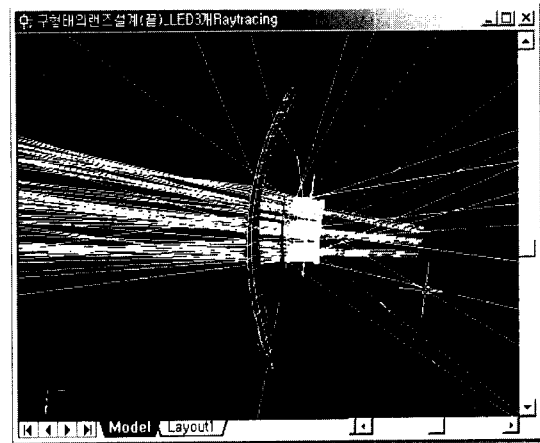


그림 15. Ray Traces 출력 결과

이와 같은 경우도 전술한 과정과 동일한 과정을 거치나 렌즈의 재질을 선택할 때 Refractive를 선택하여 각 재질에 적당한 굴절률을 입력하여야 한다.

Photopia에서는 설계된 조명기구의 효율이나 성능 등을 배광분포와 작업면 조도 등의 photometric data로 표현하여 나타내기도 하지만 광선(ray)의 전체 경로를 나타낼 수 있는 Ray Traces 기능을 또한 포함하고 있다. 이것에 대한 설명은 이미 표 4에서 설명한 바 있다.

Photopia에서 시뮬레이션이 성공적으로 이루어지면 Ray Tracing File이 만들어지며, 이 파일의 이름은 원래의 파일 이름에 '~표시가 첨가되어 생성된다.

즉, 시뮬레이션 과정에서 우리가 test라는 이름으로 파일을 저장했다면 Ray Tracing File은 test~이 된다. 이 파일을 AutoCAD로 불러들이면 그림 15와 같은 결과를 볼 수 있다.

Ray Traces 출력 화면은 광선이 원하는 방향과 불필요한 방향으로 어느 정도 향하는가를 쉽게 파악할 수 있도록 한다.

5. 결 론

이상 Photopia의 특징과 사용방법, 이용 사례를 소개하였다. 정확한 배광을 가장 효율적으로 만들어내기 위해서 광학적인 부품을 설계하는 과정에서 그 성능을 미리 확인할 수 있는 소프트웨어의 적절한 사용은 매우 중요하며 유용하다. 이러한 이용의 확대로 다양하고 뛰어난 성능의 많은 조명기구들이 개발되기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 전 재호, 신 상규, 김 호, "형광등기구용 경면 반사판의 광학신계 프로그램 개발", 조명·전기설비학회논문지, Vol. 13, No. 3, 1999, pp. 247~252.
- [2] 황 재산, 이 성욱, 김 기호, 김 호, "반사배광과 램"에 의한 반사광 흡수를 고려한 경면반사판 신계 알고리즘 개발", 조명·전기설비학회논문지, Vol. 15, No. 1, 2001, pp. 7~12.
- [3] 김 기호, 황 재산, 윤 미림, 김 호, "터널용 고효율 조명기구 반사판의 개발", 조명·전기설비학회논문지, Vol. 15, No. 2, 2001, pp. 131-136.
- [4] 이 성욱, 김 흥범, 한 종성, 김 호, "인텔리전트 빌딩의 공간특성을 고려한 배광경성과 형광등기구 설계", 조명·전기설비학회논문지, Vol. 15, No. 3, 2001, pp. 254-261.
- [5] 김 호, 김기훈, "반사판 광학형상 설계기술", 조명·전기설비학회지, Vol. 15, No. 5, 2002, pp. 442~451.
- [6] IESNA, "1997 IESNA Software Survey", LD+A, Vol. 27, No. 7, July 1997, pp. 41~50.

◇ 著 者 紹 介 ◇



김 훈(金 燾)

1958년 8월 6일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸. 1983년 2월 서울대 공대 전기공학과 석사 졸. 1988년 서울대 공대 전기공학과 박사 졸. 1993년 호주 국립대학 방문 교수. 현재 강원대 공대 전기전자정보통신공학부 교수. 당학회 총무 이사.



김 기 훈(金 紀 勳)

1970년 4월 24일생. 1997년 2월 강원대 공대 전기공학과 졸. 1999년 2월 강원대 공대 전기공학과 석사 졸. 현재 강원대 공대 전기공학과 박사과정.



김 진 우(金 振 禹)

1976년 9월 23일생. 2002년 2월 강원대 공대 전기공학과 졸. 현재 강원대학교 전기공학과 석사과정.