

LightTools 색상 설계 및 분석

색상 데이터를 사용한 정확도 높은 조명 시스템 구현

기능 알아보기

- 색상 메트릭이 Merit Function 항목에 적합하도록 고려된 통합된 최적화 기능
- True Color 플롯; "3D 모델 뷰"에 True Color Illuminance 포함
- 스펙트럼을 의존하여 모델링된 재료, 표면 및 확산 재질
- 분산 및 비분산 광선 추적 모드
- 스펙트럼 또는 삼자극 값을 사용하는 광선 파일에 대한 색상 지원
- CIE u'v' 색상 좌표 및 Backward 광선 추적 테스트 포인트
- 스펙트럼 광원 분포: 내장된 흑체온도, Gaussian 스펙트럼 및 사용자 정의
- Color Triangle 플롯
- Color Difference 플롯
- CRI(Color Rendering Index)
- CQS(Color Quality Scale) 및 GAI(Gamut Area Index)
- 색상 효과를 시각적으로 전달하기 위한 실제와 가까운 사실적 렌더링

개요

LightTools®에는 광학 시스템에서 색 효과를 정확하고 효율적으로 시뮬레이션 하기 위한 포괄적인 도구 모음이 있습니다. 또한 LightTools를 사용하면 Merit Function의 색상 메트릭을 사용하여 시스템을 최적화하여 최상의 색 성능을 얻을 수 있습니다. 시뮬레이션, 광원 및 수신기를 미세 조정하여 효율성을 극대화하고 노이즈를 최소화하며 설계 시간을 최대한 활용할 수 있습니다. LightTools에는 모델의 광원을 정확하게 묘사할 수 있는 강력한 사실에 근접한 렌더링 기능 뿐만 아니라 모든 범위의 분석 및 차트 작성 옵션이 포함되어 있습니다.

다음 섹션에서는 LightTools의 여러 색상에 대한 기능 중 일부에 대해 더 자세히 설명합니다.

차트 및 분석 옵션

스펙트럼 분석, CRI, CQS 및 GAI

LightTools의 색상 분석 옵션 중에서 8개의 표준 색상 견본(TCS1-TCS8)과 7개의 추가 색상 견본(TCS9-TCS15) 각각에 대한 값을 사용하여 CRI(Color Rendering Index)의 스펙트럼 분석 및 연산을 할 수 있습니다. 보다 생생한 색상과 피부 톤을 테스트하는 데 사용되며, 색도 거리(흑체온도 곡선과의 거리)도 계산됩니다. 또한 LightTools에는 최신 CQS(Color Quality Scale) 및 GAI(Gamut Area Index) 메트릭이 포함되어 있습니다. CQS는 CRI와 유사하지만 15가지 색상을 사용하며 특히 상업용 응용 프로그램 및 완전한 조명의 연색성 효과를 측정할 때 CRI 표준의 단점을 해결하는 데 도움이 됩니다. GAI는 광원이 포함하는 전체 색상 영역을 측정하여 CIE u'v' 색상 공간의 CRI 견본을 사용합니다. CQS 색상과 차트는 그림 1에 나와 있습니다.

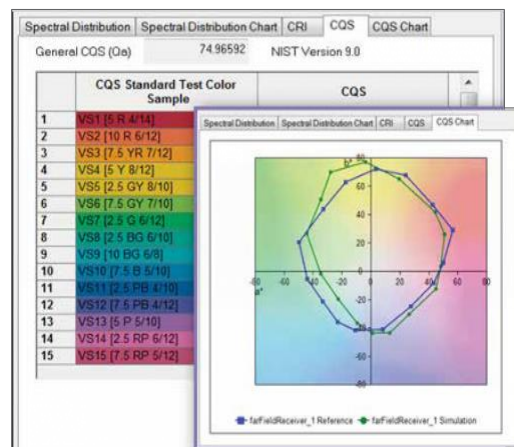


그림 1: CQS 견본 연산 및 CQS 차트

CIE Mesh, CCT Mesh, Color Difference, Color CIE 와 CCT Mesh, Color Difference, Color Triangle, RGB True Color

LightTools는 다양한 유형의 Mesh에서 통계 데이터를 수집합니다. CIE 및 CCT Mesh는 각 상위 Mesh 유형(예: 광도 및 조도 상위 Mesh)에 대해 별도로 사용할 수 있습니다. CIE 좌표는 x와 y 또는 u'와 v'의 두 Mesh로 별도로 제공됩니다. 각 Mesh에서 좌표 데이터, 색상의 차이 값 및 빨간색, 녹색 또는 파란색의 값을 볼 수 있습니다. 모든 Mesh는 래스터 플롯으로 볼 수 있습니다. 색차 데이터는 색 좌표의 작은 변화를 정량화하거나 시각화해야 할 때 유용합니다. True Color 플롯에서는 덜 명확합니다. CIE Mesh의 각 bin을 xy 또는 u' 색상 공간의 CIE Color Triangle에 겹쳐진 십자형으로 볼 수도 있습니다.

LightTools에는 각 상위 Mesh 유형에 사용할 수 있는 (RGB) True Color 플롯이 있습니다. True Color 조도 플롯은 독립 실행형 차트로 볼 수 있거나 대부분의 경우 그림 2와 같이 LightTools 3D 모델 뷰에서 직접 볼 수 있습니다. 이 그림은 평면에 이미징되는 다섯 가지 색상의 LED를 포함한 모델을 보여줍니다. 광축을 따라 일부 중간 표면은 이미징 광학계로부터 다양한 거리에서 혼합 색상을 보여줍니다.

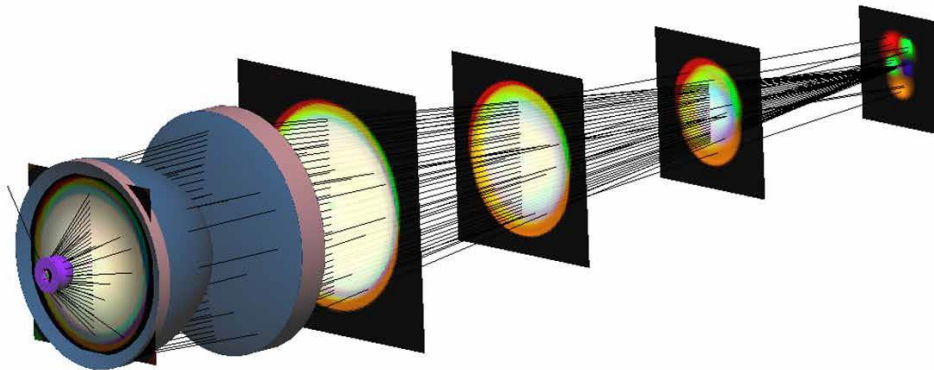


그림 2: 광축을 따라 다양한 평면에서 True Color 래스터 플롯을 보여주는 RGB LED 이미징 시스템
각 die의 빛이 가장 많이 겹치는 렌즈 근처에서 색상이 가장 잘 혼합됩니다.

시뮬레이션, 광원 및 수신기 설정

시뮬레이션 설정: Dispersive, Non-Dispersive, Spectral Range Limits

LightTools는 분산 및 비분산의 두 가지 색상 광선 추적 모드를 허용합니다. 분산 모드(기본값)에서 각 광선은 원래 광원의 스펙트럼을 기반으로 선택된 확률로 정해진 파장을 나타냅니다. 수신기의 색상 정보는 수집된 광선에 의해 결정됩니다. 분산 모드는 각 광선의 샘플링된 파장에서 LightTools로 모델링된 재료와 표면의 모든 광학 속성을 고려합니다. 또한 분산 모드를 사용하면 사용되는 광선의 스펙트럼 범위를 제한할 수 있습니다. 이 옵션을 사용하면 효율성을 높이고 광원, 필터, 표면 및 기타 스펙트럼 범위를 재정의할 필요가 없습니다. 렌즈, 프리즘, 색이 입혀진 코팅 및 파장에 기반한 흡수 시스템을 모델링할 때 분산 모드가 필요할 수 있습니다.

비분산 모드는 노이즈를 크게 줄일 수 있지만 설계한 모델 내 주요한 분산이 없는 경우에만 사용해야 합니다. 비분산 모드에서 각 광선은 사용자가 지정한 단일 파장에서 시스템을 통해 추적합니다. 그러나 각 광선은 관련 광원의 전체 스펙트럼 정보를 수신기로 전달합니다. 이 광선 추적 방법은 분산 요소가 많지 않은 색상 혼합 시스템을 분석하는 데 매우 효율적입니다. 예를 들어 반사경 설계에 특히 유용합니다.

광원 설정: Emittance, Spectrum Type, Discrete/Continuous, Wavelength Weighting, Ray Data Sources

Radiometric 또는 Photometric 단위를 사용하여 광원 방사를 지정할 수 있습니다. 광원 스펙트럼에 걸쳐 시뮬레이션 광선을 고르게 분포시키거나 시감도 곡선(Photometric response curve)과 일치하도록 시뮬레이션 광선의 파장 분포에 가중치를 주는 옵션이 있습니다. 전자의 옵션은 특히 광범위한 스펙트럼 광원을 처리할 때 정확한 색상 데이터를 생성하는 데 더 효율적입니다. 후자는 사람이 관찰하고 시스템에서 비색상 데이터(예: 조도 또는 광도)를 생성하는 데 더 효율적입니다. LightTools는 지능형 기본값을 사용하여 적절한 옵션을 선택하지만, 원하는 경우 이 옵션을 직접 제어할 수 있습니다.

LightTools에서 스펙트럼 유형은 그리드에 데이터를 입력하여 사용자 정의하거나 텍스트 기반 스펙트럼 파일에서 로드할 수 있습니다. 또한 신속하게 설정할 수 있는 통합 흑체온도 및 Gaussian 스펙트럼이 있습니다.

스펙트럼은 개별 또는 연속으로 모델링할 수 있습니다. 개별 모드에서는 광선이 지정된 파장에서만 추적되는 반면 연속 모드에서는 LightTools가 전체 스펙트럼에서 샘플링합니다. 때로는 스펙트럼의 개별 샘플링으로 인해 발생하는 인공적 요소를 제거하는 데 도움이 되도록 연속 스펙트럼을 사용하는 것이 유리합니다.

사용자가 정의한 스펙트럼의 경우 각 파장은 상대적인 가중치를 연습니다(광원 방사는 절대적 보정에 사용됨). Radiometric 모드에서 가중치는 절대적 파워(watts)와 직접적인 관련이 있으며 Photometric 가중치를 사용하는 경우 상대적 가중치는 광원의 Photometric flux (lumens)와 관련됩니다.

LightTools의 또 다른 강력한 기능은 광선 파일을 사용하는 기능입니다. LightTools에는 광선 파일로 색상을 모델링하는 세 가지 옵션이 있습니다. 먼저 다른 광원과 마찬가지로 전체 광원과 관련된 스펙트럼을 지정합니다(각 광선에는 광원 스펙트럼을 기반으로 임의로 선택된 파장이 있습니다). 이것의 장점은 데이터가 간단하고 쉽게 얻을 수 있다는 것입니다. 단점은 광원의 각도 또는 공간 색상 변화가 모델링되지 않는다는 것입니다. 이 한계를 극복하기 위해 광원을 각각 다른 스펙트럼을 갖는 두 개(또는 그 이상)의 광선 파일로 분할할 수 있습니다. 이것이 유용한 예는 백색 형광체 LED입니다. 직접 '파란색' 조명과 '노란색' 조명을 두 개의 광선 파일 소스로 분리할 수 있습니다. 이러한 유형의 소스를 사용하면 모든 비색 분석이 가능합니다.

둘째, 광선 데이터 파일은 각 광선에 대해 파일에 직접 저장된 삼자극 데이터를 사용할 수 있습니다. 이것은 측정된 데이터에서 비롯된 광선 파일에서 가장 일반적으로 사용 가능합니다. 삼자극치를 사용할 때는 비분산 모드에서 추적해야 합니다. CIE 색상 좌표 및 True Color 출력과 같은 CIE 기반의 색 수량을 분석할 수 있습니다. 스펙트럼 및 파생된 수량(예: CRI, CQS 및 GAI)에 대한 직접적인 분석 기능은 제공하지 않습니다.

마지막으로 광선 데이터 파일의 각 개별 광선은 고유한 파장을 지정할 수 있습니다. 이 내용에서의 장점은 분산 모드에서 추적이 가능하고 모든 각도 및 공간에서의 색 변형이 올바르게 모델링되며 모든 색상 분석 옵션을 사용할 수 있다는 것입니다. 단점은 측정된 소스에서는 이 데이터를 거의 사용할 수 없다는 것이지만 대부분 시뮬레이션 결과에서 얻으실 수 있습니다.

수신기 설정

CIE 좌표, White Point

LightTools를 사용하면 CIE를 기반으로 한 연산에 xy (1931 표준)와 $u'v'$ (1976) 색상 공간 중 무엇을 사용해야 하는지 알 수 있습니다. 수신기의 RGB White Point를 지정할 수도 있습니다. White Point는 CCT 값(즉, 흑체온도의 위치)으로 지정되거나 xy 또는 $u'v'$ 좌표로 지정할 수 있습니다. 이 숫자는 RGB 플롯에서 'White'로 표시됩니다. 일반적으로는 이 값을 응용 프로그램의 명목상 흰색으로 설정합니다. 예를 들어, 5000K CCT LED 기반의 시스템을 설계할 때 해당 값과 비교하여 시스템의 어떤 부분이 파란색 또는 빨간색으로 표시되는지 확인하려는 경우 5000K로 설정할 수 있습니다.

사실적인 렌더링

Photorealistic Rendering(PRR)은 색채 효과를 이해할 수 있게 해주는 LightTools Illumination Module에 포함된 또 다른 강력한 기능입니다. PRR은 최첨단 광선 추적 기술을 사용하여 디지털 카메라로 캡처한 것처럼 장면을 렌더링합니다. 이러한 기술을 사용하면 다른 광선 추적 없이 한 번 광선 추적을 수행한 다음 모든 관점에서 장면을 렌더링으로 생성하여 시간과 노력을 절약할 수 있습니다.

PRR은 내장된 다양한 Finish 라이브러리와 사용자가 정의한 Finish를 신속하게 추가할 수 있는 기능이 함께 제공됩니다. 예를 들어 사용자가 정의한 Finish에는 그림 3에 표시된 사무실 장면의 일부 항목에 대해 수행된 것처럼 표면에 매핑하려는 이미지 파일이 포함될 수 있습니다. LightTools는 스펙트럼 정보가 포함된 소스 형상을 사용하여 모델에서 장면을 추적하고 렌더링합니다.

그림 3에 표시된 예시의 5000K CCT가 있는 형광등 광원은 충분한 빛을 제공하고 광도 분포에 대한 표준 사무실 눈부심 지침을 따르는 오목한 루버형 등기구를 설계하는 데 사용되었습니다.



Figure 3: 그림 3: 세 가지 스펙트럼을 사용한 사무실의 사실적 렌더링 비교:
 (a) 5000K 흑체 스펙트럼, (b) 조명기 설계에 사용된 램프의 5000K 형광 스펙트럼, (c) 5000K 백색 형광체 LED

조명이 켜진 공간의 모양과 느낌을 이해하기 위해 사무실의 PRR 이미지를 형광등 광원으로 만들었습니다(그림 3b). 그런 다음 비교를 위해 5000K 흑체 스펙트럼(그림 3a)과 5000K 백색 형광체 LED 스펙트럼(그림 3c)을 사용하여 소스를 다시 추적하고 다시 렌더링했습니다. 각 장면에서 빛 자체를 보면 '백색'으로 보입니다.

그러나 그림과 같이 세 개의 이미지를 나란히 배치하면 세 가지 다른 스펙트럼에 대해 색상이 어떻게 나타나는지 실제로 볼 수 있습니다.

LightTools 및 색상 측정 기능에 대한 자세한 내용은 광학 솔루션 그룹 홈페이지(synopsys.com/optical-solutions/lighttools)를 방문하시거나 optics@synopsys.com으로 이메일을 보내주시길 바랍니다.