

Local Illumination

230330 19101188 고은수

Contents

1. Area Light Sources
2. Environment Lighting
3. Spherical and Hemisphereical Functions
4. Environment Mapping
5. Specular Image-Based Lighting
6. Irradiance Environment Mapping
7. Sources of Error

Local Illumination

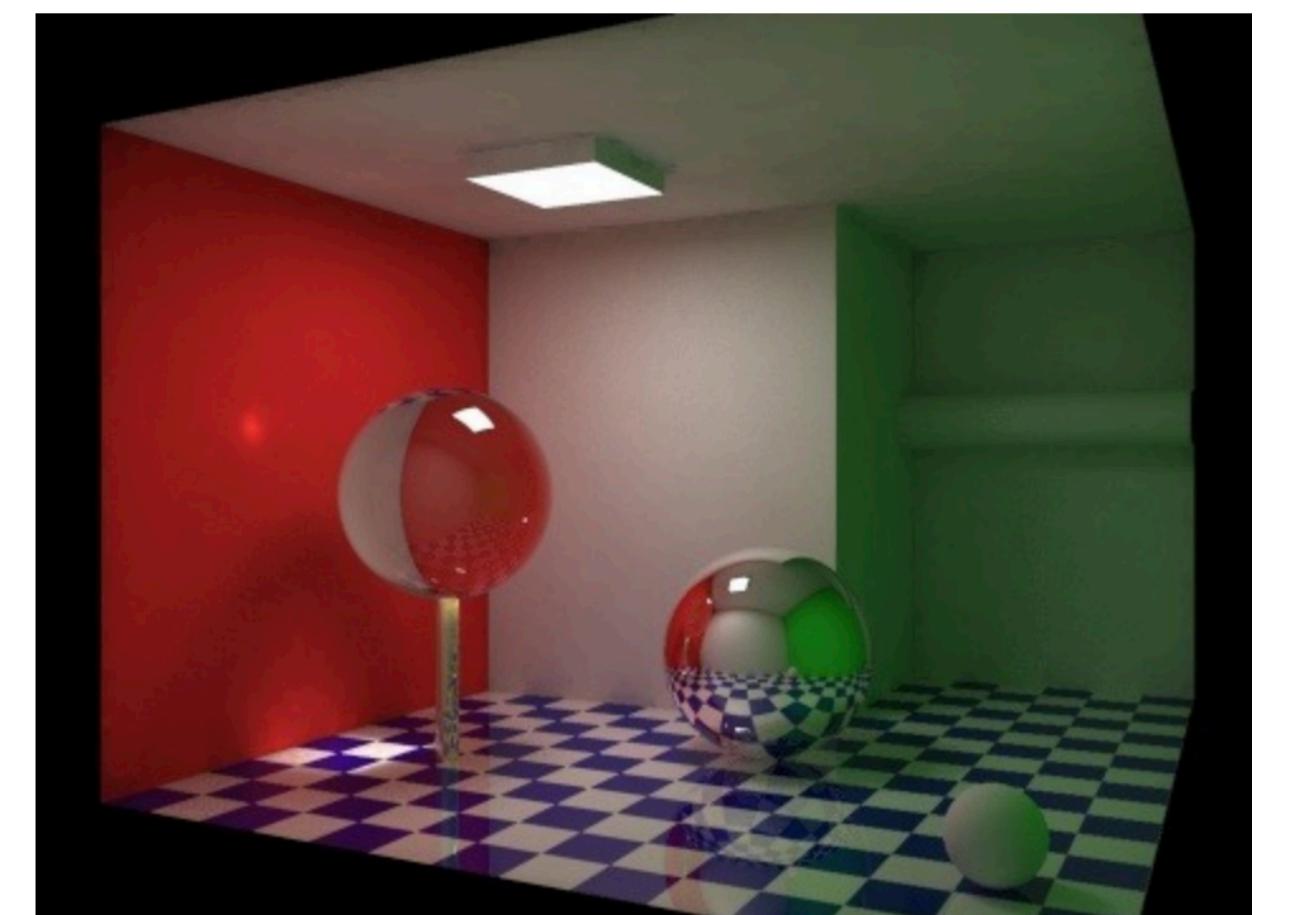
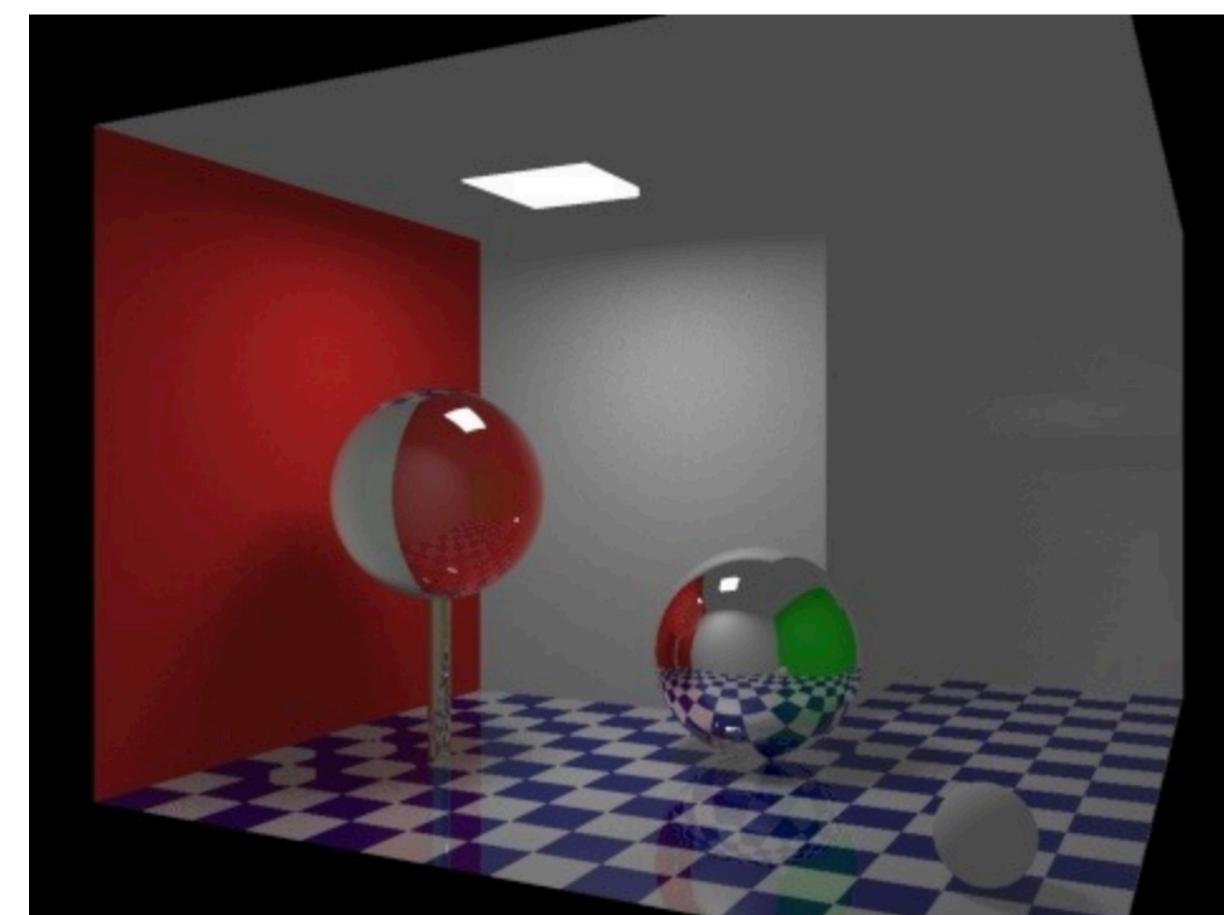
이전까지는 punctual 한 광원으로 물리 기반 이론들을 다루었고 어떻게 빛이 표면과 상호작용 하는지를 시뮬레이션 하여 얼마나 많은 빛이 우리의 가상 카메라로 전송되는지를 측정했다.

그러나 실제로 우리가 고려해야 할 상호작용은 punctual하지 않고 실제 표면은 소수의 이산 방향으로부터 빛을 받는것이 아니라 들어오는 모든 방향에서 빛을 받고 정확하게 쉐이딩을 평가하기 위해 전체 pixel footprint에 대한 표면 BRDF를 적분해야한다.

더 사실적인 빛 모델을 만들기 위해 표면의 모든 방향을 덮는 반구 BRDF를 적분하고 다양한 non-punctual 광원으로 BRDF를 계산하여 shading model을 확장한다.

Local illumination : 직접 들어오는 빛만 고려.

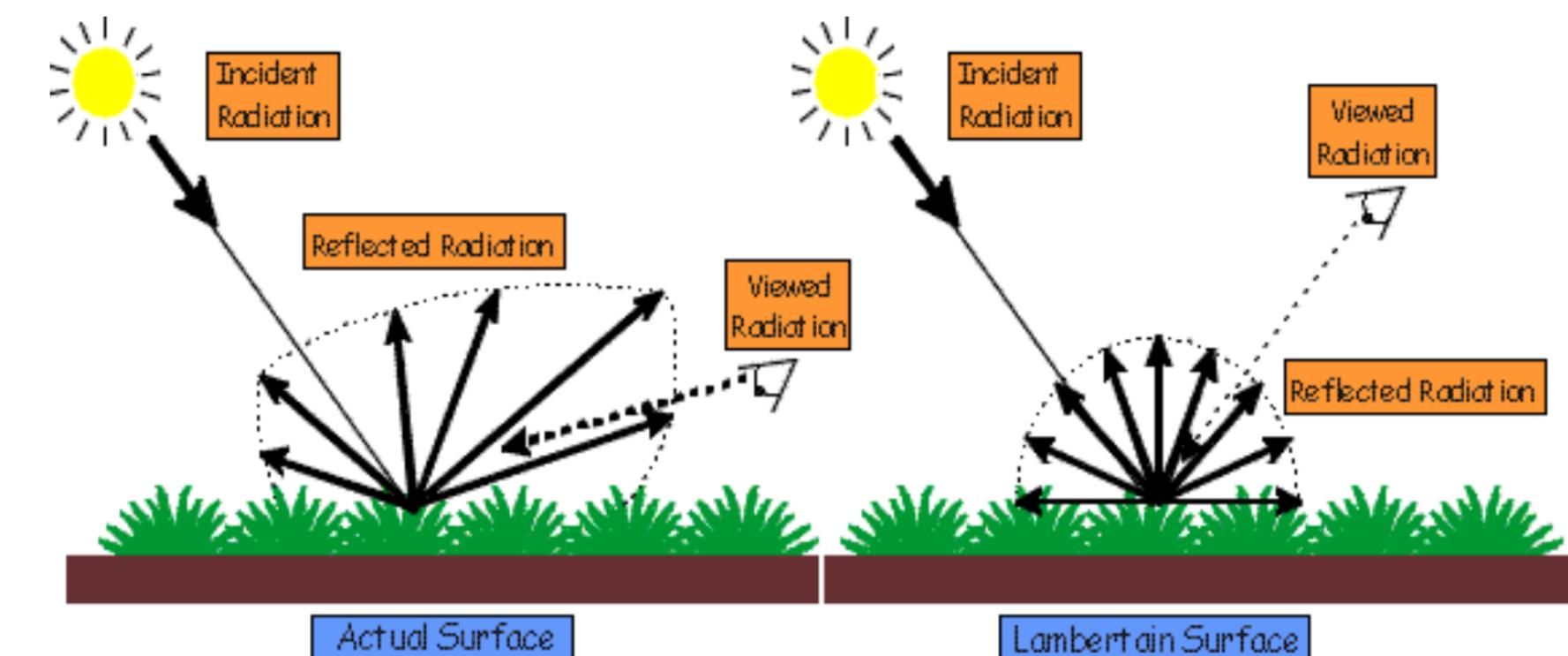
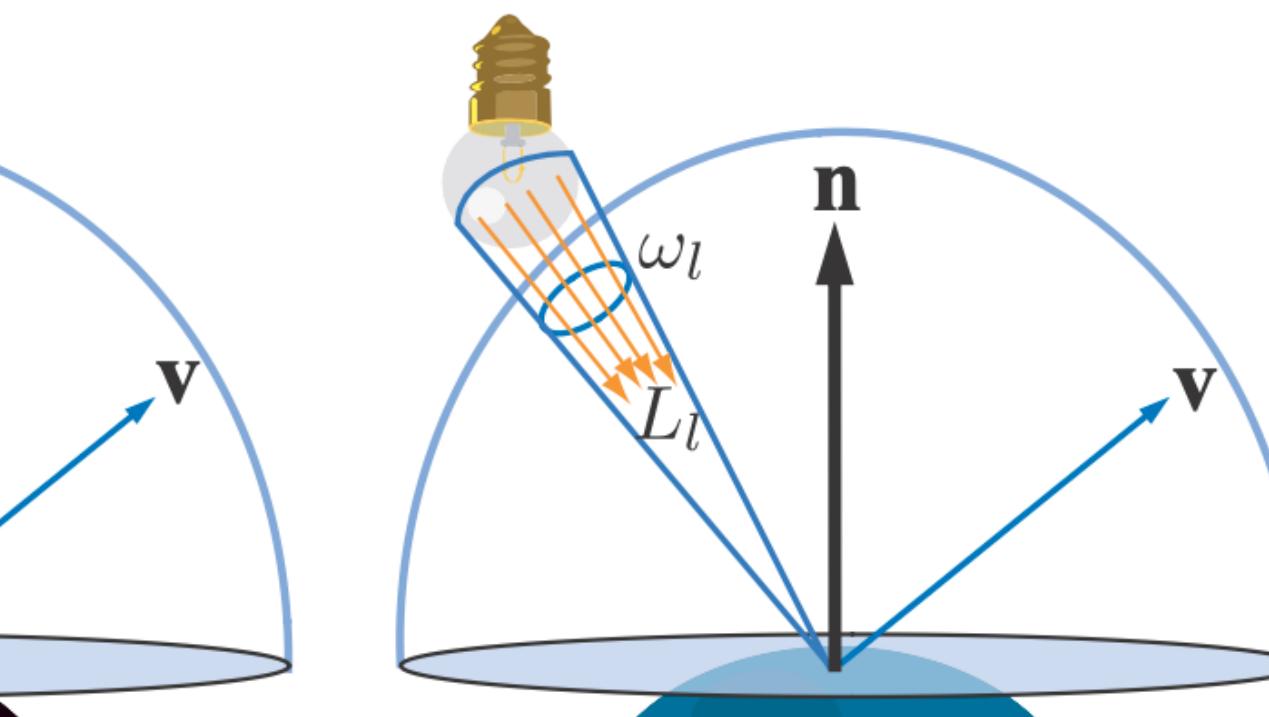
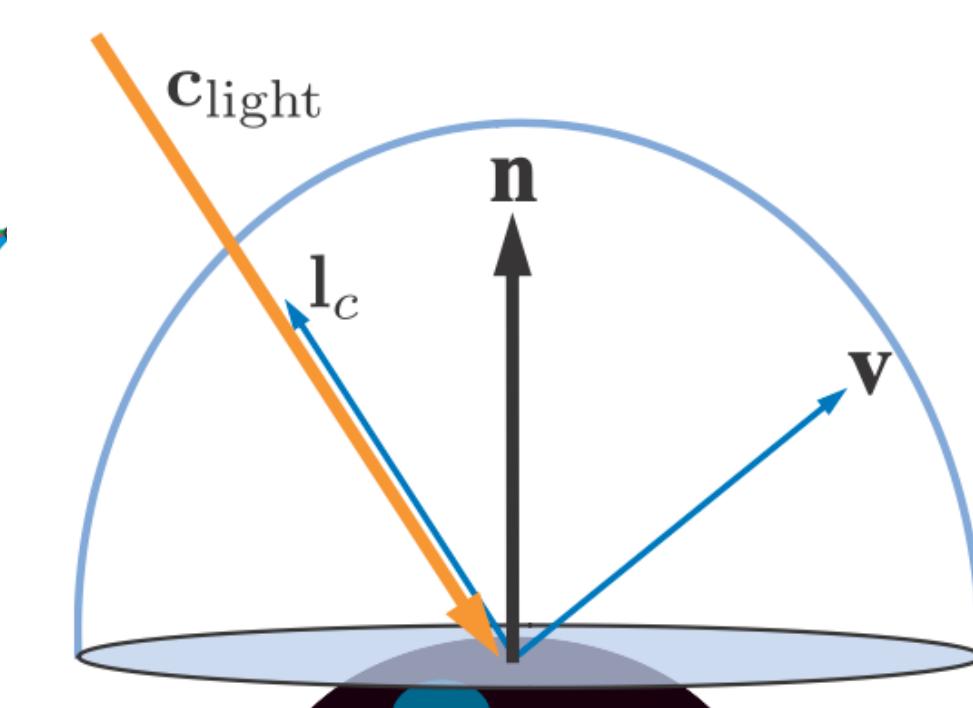
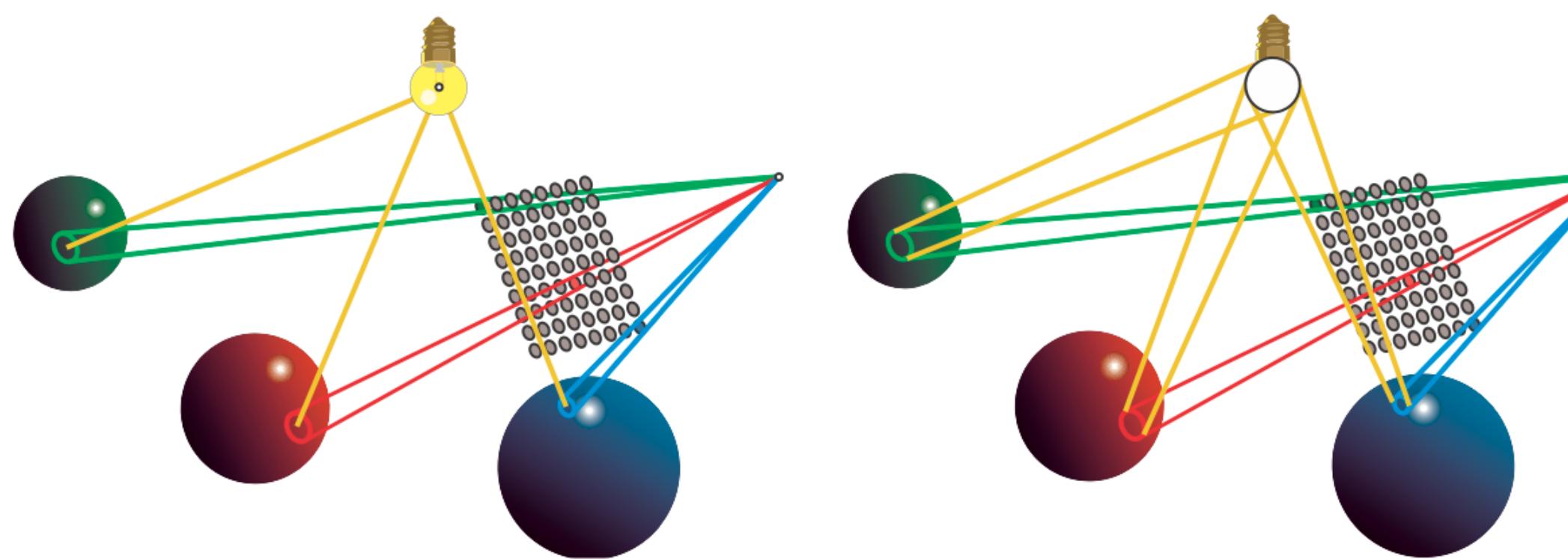
Global illumination : 직접 들어오는 빛과 그림자, 반사 등을 모두 고려.



Area Light Sources

이전까지는 이상적인 극소 광원에 대해 다루었다.(punctual and directional) 단방향 I_c 에서 표면을 비추고 밝기는 clight로 표현되는데 빛을 향하는 흰색 램버트 표면에서 반사되는 빛으로 정의된다. (diffuse)

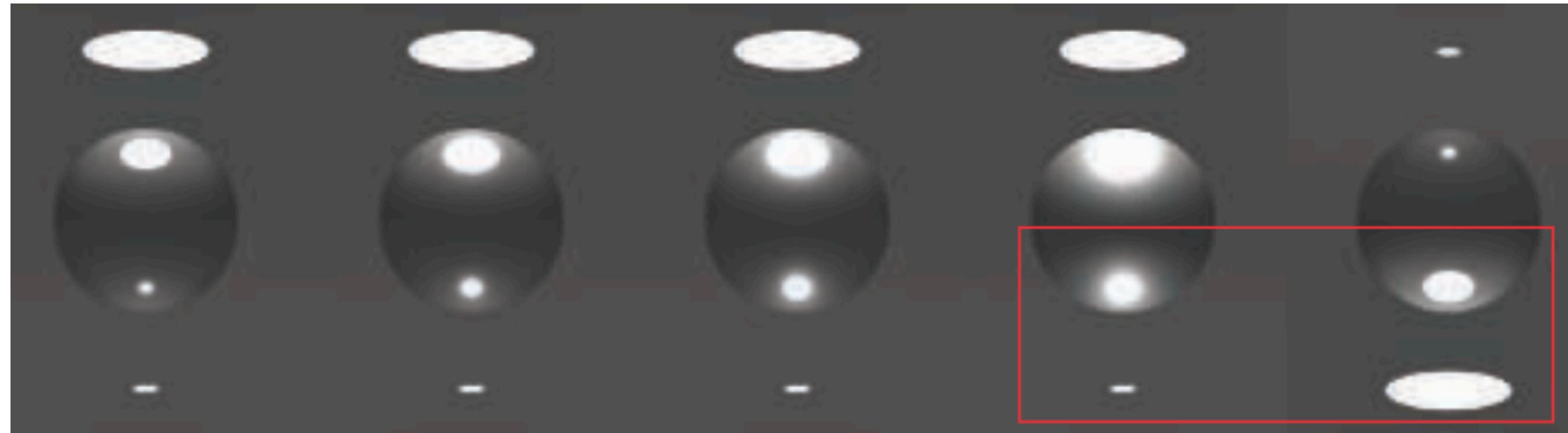
영역 조명의 밝기는 니로 표현하고 표면 위치의 입체각 w_l 으로 마주보고 면적 광원이 표면 위치의 조명에 기여하는 양은 그 위치에서의 광도(L_l)와 크기(w_l)의 함수이다.



Area Light Sources

표면의 specular highlight size와 표면의 모양은 광원의 크기와 물질의 거칠기에 의존한다. 작은 광원은 시야각과 비교하여 작은 입체각을 가지기 때문에 오차가 작다. 거친 표면은 광택이 있는 표면에 비해 광원 크기의 영향을 덜 받는다.

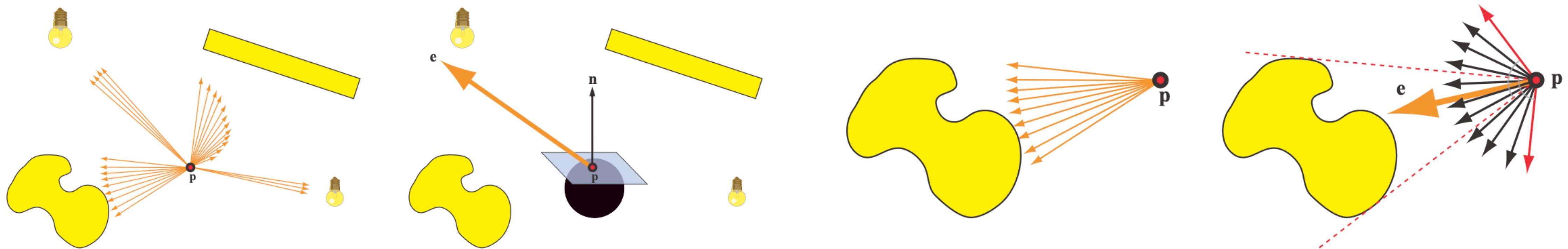
영역 조명에서 나오는 광원은 점광원을 사용하고 표면 거칠기를 높이면 근사할 수 있다. 이 관찰 결과로 영역 조명 적분에 대한 적은 비용 근사를 유도하는데 유용하다.



Area Light Sources

Vector irradiance(벡터 방사조도)의 개념으로 어떻게 방사조도가 영역 광원이 있는 상태에서 작동하는지 이해할 수 있다. 벡터 방사조도를 이용하여 임의의 크기와 모양의 면적 광원을 정확하게 점 또는 방향 광원으로 변환할 수 있다. 모든 벡터들은 벡터 방사조도 e 를 생성하기 위해 합쳐진다.

일반적으로 영역 조명을 계산하는 경우 non-punctual한 광원을 고려하도록 그림자 계산을 수정해야 한다. 그렇지 않으면 시각적 효과의 일부가 거친 그림자에 의해 취소될 수 있다.



Area Light Sources

Glossy Materials

영역 조명이 non-Lambertian 표면에 미치는 영향은 더 복잡하다. Glossy한 표면에 대한 영역 조명의 주요 시각적 효과는 하이라이트이다. 하이라이트의 크기와 모양은 영역광과 비슷하며 가장자리는 표면의 거칠기에 따라 흐릿해진다. 이 효과에 대한 몇 가지 경험적인 근사치를 유도했다. 이를 통해 구 형태의 광원에서 specular reflection을 위장 할 수 있다.

Real time rendering에서 영역 조명 효과의 대부분의 실용적인 근사치는 쉐이딩 포인트마다 동등한 punctual 조명 설정을 찾는 아이디어에 기반한다. 이것은 표면의 pixel footprint에 대한 BRDF 적분을 다룰 때 살펴본 원리와 같다.

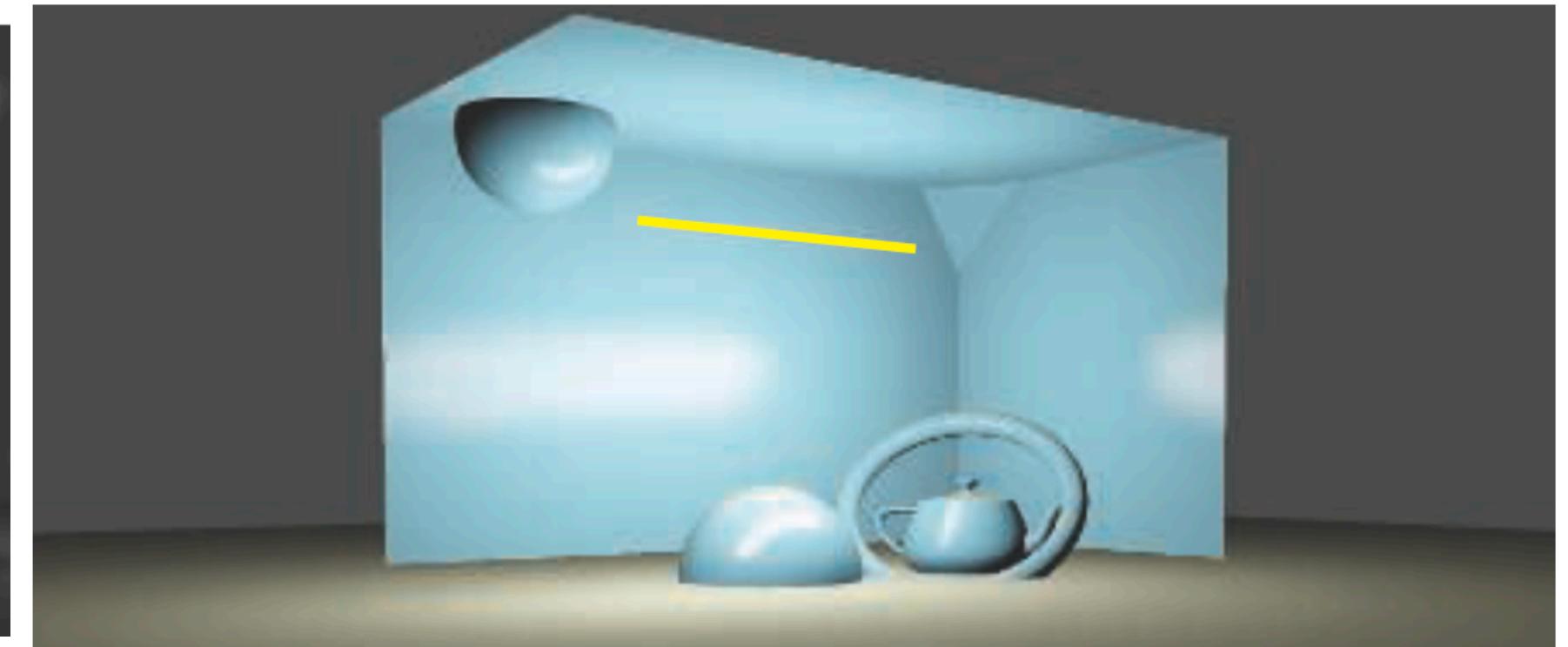


Area Light Sources

General Light Shapes

지금까지 균일하게 방출되는 구형 영역 빛과 임의의 광택 BRDF로부터 shading을 계산하는 몇 가지 방법을 다루었다. 그러나 실제 빛은 보통 구체가 아니며 완벽히 균일한 광원이 아니다. 구형 영역 조명은 실제 조명기구가 상대적으로 작은 경우에만 좋은 근사치이다.

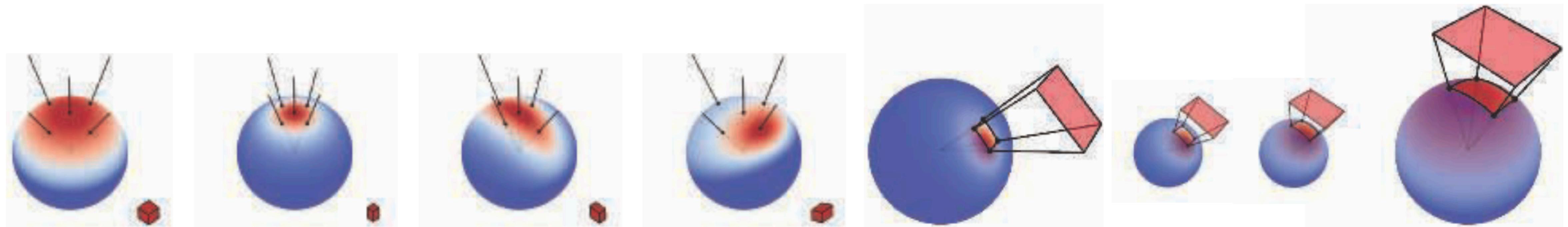
튜브(캡슐) 조명은 실제 형광등을 표현하는 데 유용하다. 또한 평면 영역 조명으로 직사각형(카드) 조명은 광고판이나 텔레비전 화면과 같은 발광 패널, 흔히 사용되는 사진 조명, 훨씬 더 복잡한 조명 기구의 조리개를 모델링하거나 장면의 벽과 같은 다른 큰 표면에서 반사되는 조명을 표현하는 데 사용.



Area Light Sources

지금까지 설명된 실시간 영역 조명 방법은 분석 구성 및 근사치의 도출을 위해 결과 적분을 처리할 수 있도록 특정 단순화 가정을 사용한다. 실용적이고 정확하며 일반적인 기술인 *linearly transformed cosines*(선형 변화 코사인, LTCs)로 다른 접근 방식을 취한다. 이는 구에서 표현력이 높고 임의의 구면 다각형에 쉽게 통합 할 수 있는 함수의 범주를 고안하는 것으로 시작한다.

변환 행렬을 적용하여 cosine lobe의 적분을 확장해도 그 복잡성이 바뀌지 않는다. LTCs은 일반적인 질감의 다각형 영역 광원과 카드, 디스크 및 라인 조명과 같은 특수하고 계산 비용이 저렴한 모양 모두에 대해 도출된다. LTCs는 대표적인 포인트 솔루션보다 비용이 많이 들지만 훨씬 정확하다.



Environment Lighting

원래 반사율은 광원에서 직접 도달하는 빛과 scene의 하늘이나 물체에서 산란된 간접적인 빛을 구별하지 않는다. 들어오는 모든 방향은 방사도를 가지며 반사 방정식은 모든 방향에 대해 적분한다. 그러나 실제로 직접광은 광도가 높은 상대적으로 작은 입체각으로 구분되며 간접광은 전체 반구를 확산적으로 덮으며 방사도가 보통 낮다. 이러한 분리는 두 가지를 다르게 처리하는 것이 실제로 좋은 이유를 설명한다.

지금까지의 영역 조명 기법들은 광원 모양으로부터 방사되는 일정한 방사도를 적분하는 것이었지만 이제부터는 모든 가능한 들어오는 방향에 대해 정의된 변화하는 함수로 정의된 방사도를 적분한다.



Spherical and Hemispherical Functions

환경 조명을 일정한 항 이상으로 확장하기 위해서는 객체에서 들어오는 방향에 따라 발생하는 방사도를 나타낼 수 있는 방법이 필요하다. 이를 위해 통합되는 방향에 대한 방사도 만을 고려하는 함수로 나타낸다. 주어진 점에서 도달하는 방사도는 모든 들어오는 방향에 따라 다를 수 있고 이러한 종류는 구 함수에 의해 나타낼 수 있다.

램버트 표면을 가정하면 구 함수는 각 가능한 표면 법선 방향마다 미리 계산된 조사 함수를 저장하여 환경 조명을 계산하는 데 사용 할 수 있다. 더 복잡하게는 실시간으로 BRDF와 함께 방사도를 저장하고 적용 대상 표면 지점마다 적분을 계산한다. 이러한 표현들을 구면 기저(spherical bases)로 나타내고 이는 구면 상의 함수를 정의하는 벡터 공간의 기저이다. 주어진 표현으로 함수를 변환하는 것을 투사(projection)라고 하며 특정 표현으로부터 함수 값을 평가하는 것을 재구성(reconstruction)이라고 한다.

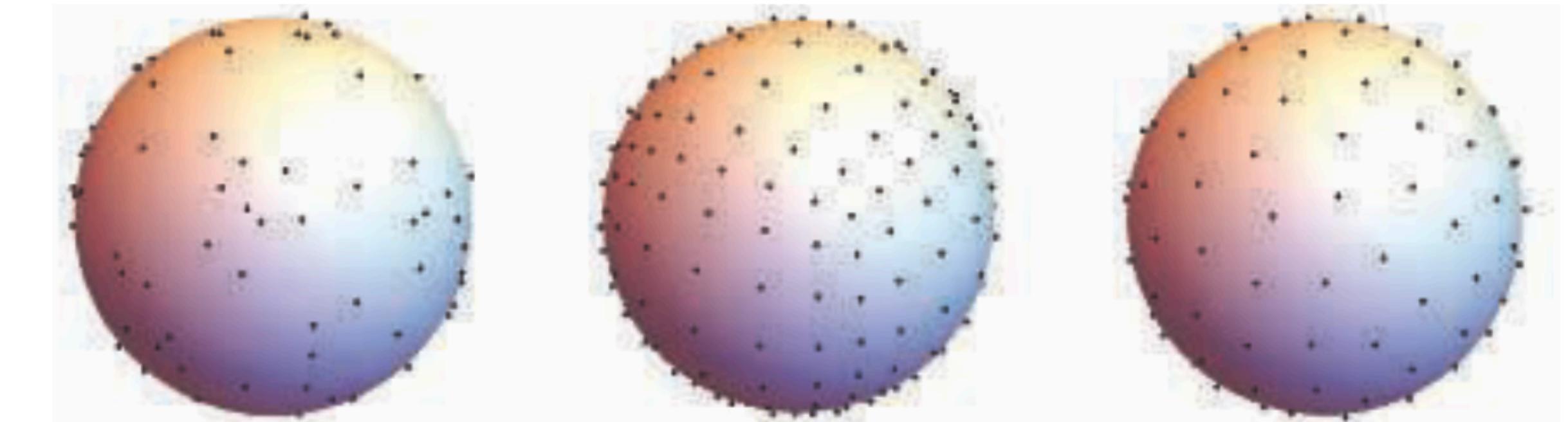
Spherical and Hemispherical Functions

Simple Tabulated Forms

가장 직관적인 방법으로 몇 가지 방향을 선택하고 각 방향에 대한 값을 저장한다. 함수를 계산하는 것은 평가 방향 주변의 몇 개의 샘플을 찾아 보간을 통해 값을 재구성 하는 것이다. 이 표현은 간단하면서도 표현력이 높다.

Tabulated form은 단점이 있다. 낮은 해상도에서 하드웨어 필터링으로 제공되는 품질은 종종 받아들일 수 없는 수준이고 자주 사용되는 합성 계산의 계산 복잡도는 샘플 수에 비례하여 제한적일 수 있다. 또한 투사는 회전에 따라 변하기 때문에 특정 응용 프로그램에서 문제가 될 수 있다.

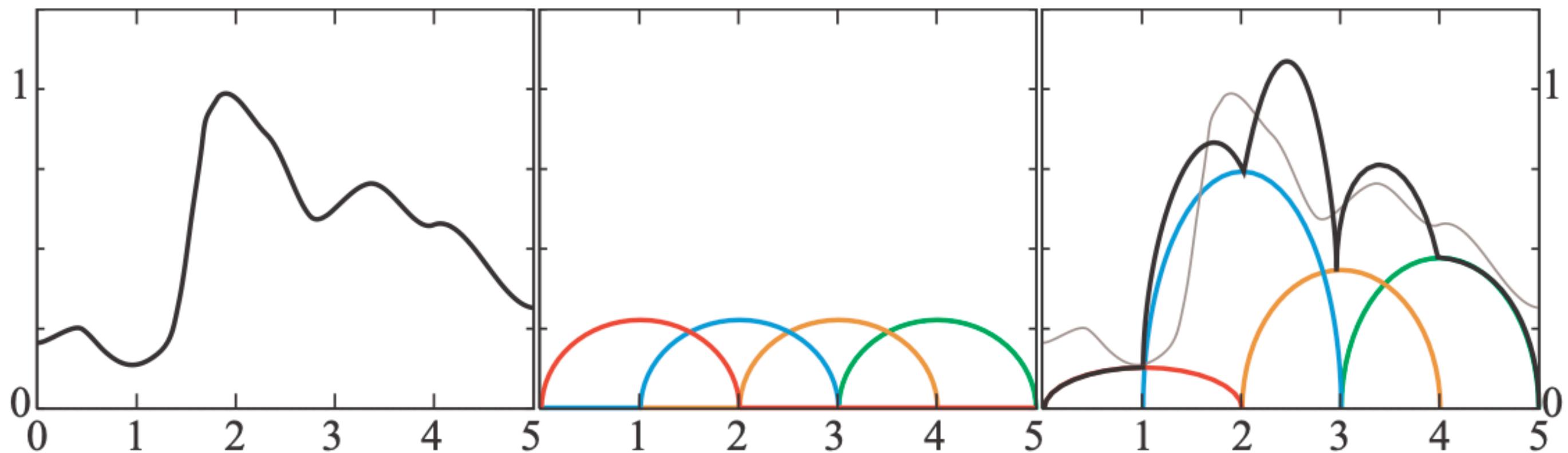
일반적으로 tabulated form은 낮은 오차로 많은 데이터 포인트가 필요한 고주파 함수를 저장해야 할 때 사용된다. 적은 매개변수 만으로 구체적인 표현을 할 때는 더 복잡한 기저가 사용 될 수 있다.



Spherical and Hemispherical Functions

Spherical Bases

함수를 일정한 개수의 값을 사용하는 표현으로 투영하는 무수한 방법이 있다. 바꿀 수 있는 일부 매개변수를 가진 구면 도메인에 걸쳐있는 수학적 식이면 어떤 함수든지 근사 할 수 있다. 그런 다음 우리 식과 주어진 함수 간의 오류를 최소화하는 값을 찾아 적합시켜 근사할 수 있다. 일반적으로 함수 공간의 기저를 말할 때 주어진 도메인에서 다른 함수를 나타내는 데 사용 할 수 있는 일련의 함수를 가지고 있다는 것을 의미한다.



Spherical and Hemispherical Functions

Spherical Radial Basis Functions

다른 함수를 사용하여 샘플 가중치를 계산하면 더 높은 품질의 결과물을 얻을 수 있으며 다른 여러 이점을 얻을 수 있다. Spherical radial basis function(SRBFs, 구형 방사 기저 함수)는 방사 대칭을 가지므로 평가 방향과 축 사이의 각도만을 인수로 갖는 하나의 인수 함수이다. 기저는 구에 펼쳐진 여러개의 로브로 이루어져 있고 함수의 표현은 각 로브마다 하나의 매개 변수 집합으로 이루어진다.

Spherical Gaussians, Spherical Harmonics 등이 대표적인 SRBF이다.

Spherical and Hemispherical Functions

Hemispherical Bases

위의 기저 함수들은 반구 형태의 함수를 표현하는 데 사용될 수 있지만 신호의 절반이 0이기 때문에 낭비적이다. 이러한 경우 반구 도메인에서 직접 구성된 표현을 사용하는 것이 일반적으로 선호된다. BRDF, 들어오는 방사선, 특정 개체의 점에서 도착하는 입사광도와 같은 함수들과 같은 표면 위에서 정의된 함수들에 특히 관련이 있다.

Ambient/Highlight/Direction, Radiosity Normal Mapping/Half-Life 2 Basis, Hemispherical Harmonics/H-Basis 등이 있다.

Environment Mapping

이미지에서 구면 함수를 기록하는 것을 환경 매핑이라고 한다. 다른 구면 표현과 비교하여 더 많은 메모리를 소비하지만 실시간으로 간단하고 빠르게 디코딩이 가능하다. 또한 텍스처 해상도를 높이면 임의로 높은 주파수의 구면 신호를 정확하게 표현 할 수 있으며 각 채널의 비트 수를 높이면 환경 방사도의 모든 범위를 정확하게 캡처 할 수 있다.

그러나 다른 일반적으로 사용되는 텍스처에 저장된 색상 및 쉐이더 속성과 달리 환경 맵에 저장된 광도 값은 일반적으로 높은 다이나믹 범위를 가지고 있고 텍셀당 더 많은 비트는 환경 맵이 다른 텍스처보다 더 많은 공간을 차지하고 접근 속도가 느려질 수 있다는 것을 의미한다.

텍스처 데이터로 장면을 조명하는 아이디어는 image based lighting(IBL) 이라고도 하며 일반적으로 360도 파노라마, 높은 다이나믹 레인지의 카메라를 사용하며 실제 세계 장면에서 환경 맵을 얻을 때 사용된다. 환경 매핑을 노말 매핑과 함께 사용하면 특히 효과적이며 시각적으로 풍부한 결과를 얻을 수 있다.



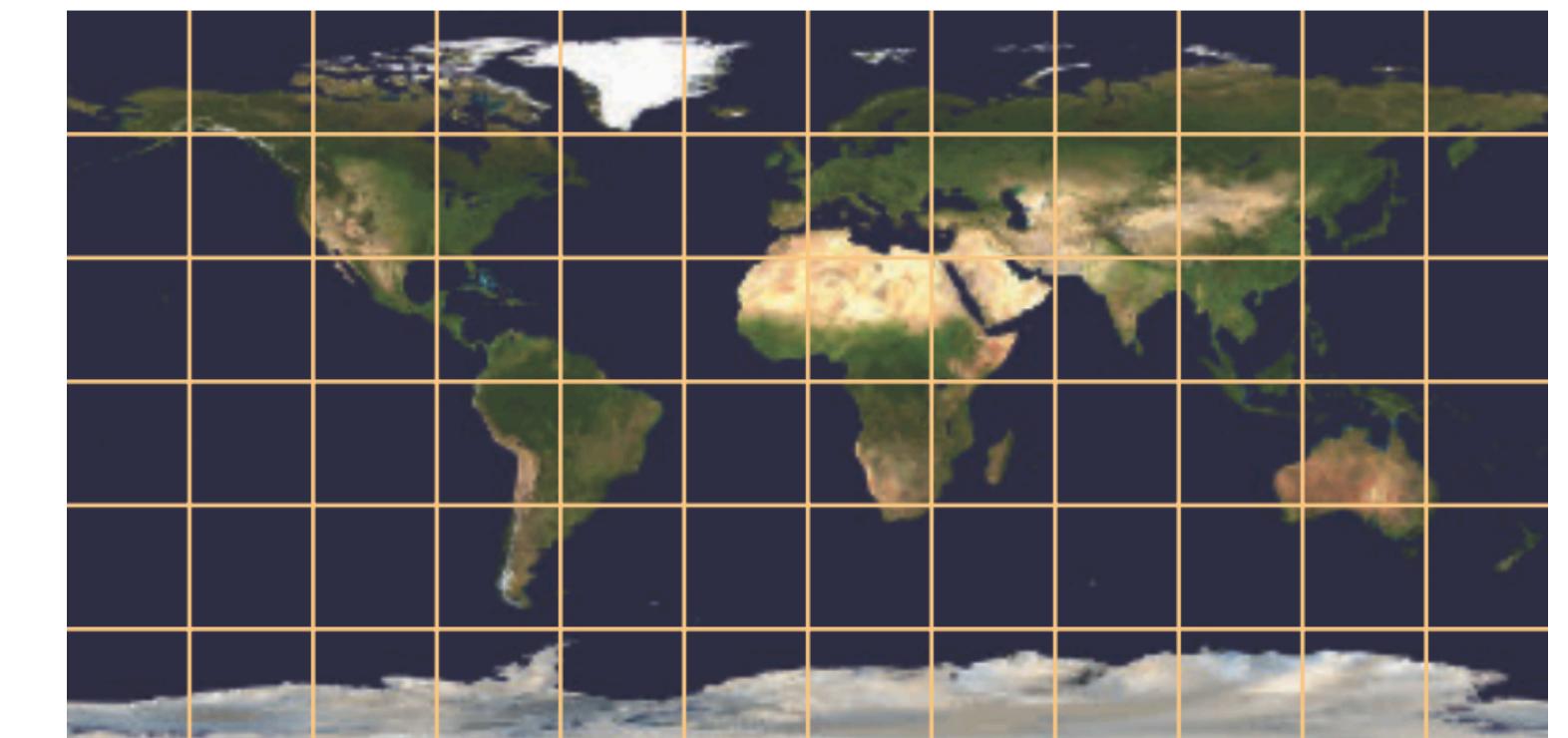
Environment Mapping

반사된 뷰 벡터를 하나 이상의 텍스처로 매핑하는 다양한 프로젝터 함수가 있다.

Latitude-Longitude Mapping

최초의 환경 매핑 알고리즘으로 지구의 경위도 시스템과 유사하다. 지구 상의 정보가 mercator 또는 다른 투영 맵으로 평면화 될 수 있는 것과 같이 공간의 한 점을 둘러싸는 환경은 텍스처로 매핑 될 수 있다.

위도-경도 매핑은 극에서 무한대로 가는 mercator 투영과 달리 위도 선 사이의 거리를 일정하게 유지한다. 이 매핑의 문제중 하나는 정보 밀도가 균일하지 않다는 것이다. 적도 근처의 영역은 극지방에 비해 많은 수의 텍셀을 받게 되는데 이 왜곡은 효율적인 인코딩이 이루어지지 않는 문제를 일으킬 뿐만 아니라 하드웨어 텍스처 필터링을 사용할 때 아티팩트가 발생할 수도 있다.

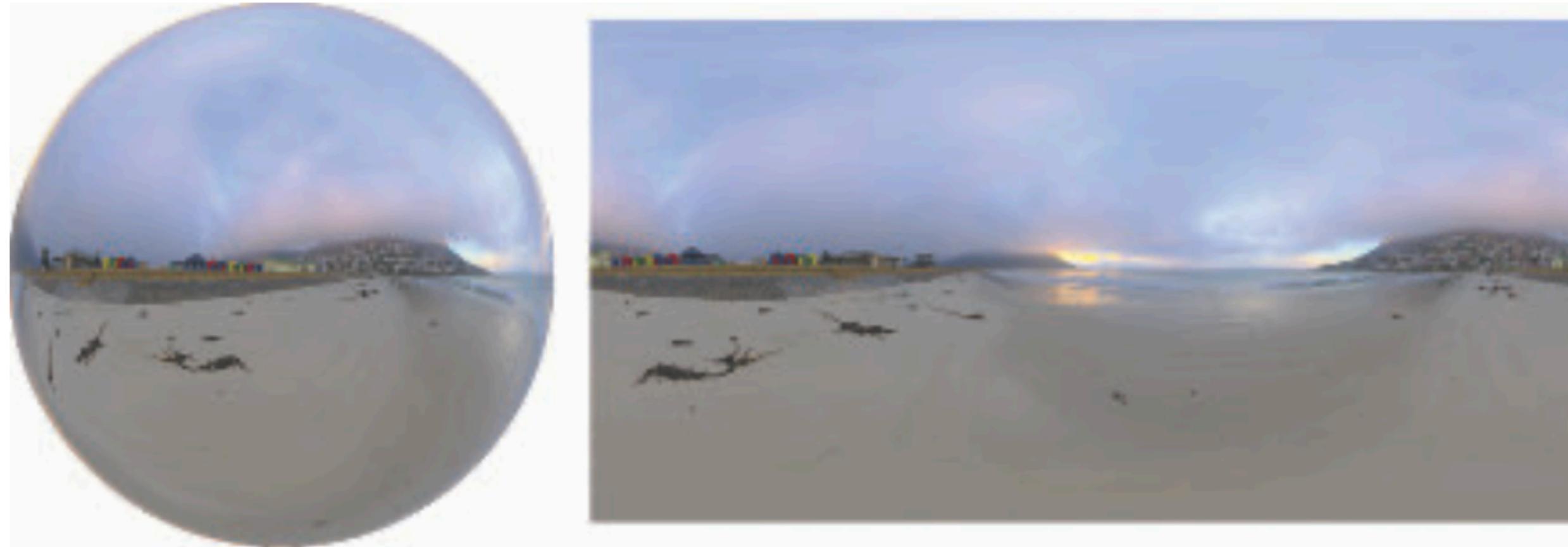


Environment Mapping

Sphere Mapping

구형 매핑은 일반 상용 그래픽 하드웨어에서 지원되는 첫 번째 환경 매핑 기술이다. 이 기술에서 사용되는 텍스처 이미지는 완벽한 반사 구에서 직교적으로 본 환경의 모습에서 유도되고 이러한 텍스처를 구형 맵이라고 한다.

위도-경도 매핑과 달리 구 매핑은 계산이 훨씬 간단하고 이미지 원의 가장자리 주변에 위치한 한 개의 특이점만을 보인다. 그러나 구 매핑 텍스처는 단일 시점에서만 유효한 환경의 시야를 캡처하므로 새로운 시야에 대한 텍스처 좌표를 계산하면 시각적 아티팩트가 발생 할 수 있다. 이러한 경우 일부 구 매핑의 작은 부분이 새로운 시야에서 확대되고 가장자리 주변의 특이점이 눈에 띄게 된다.

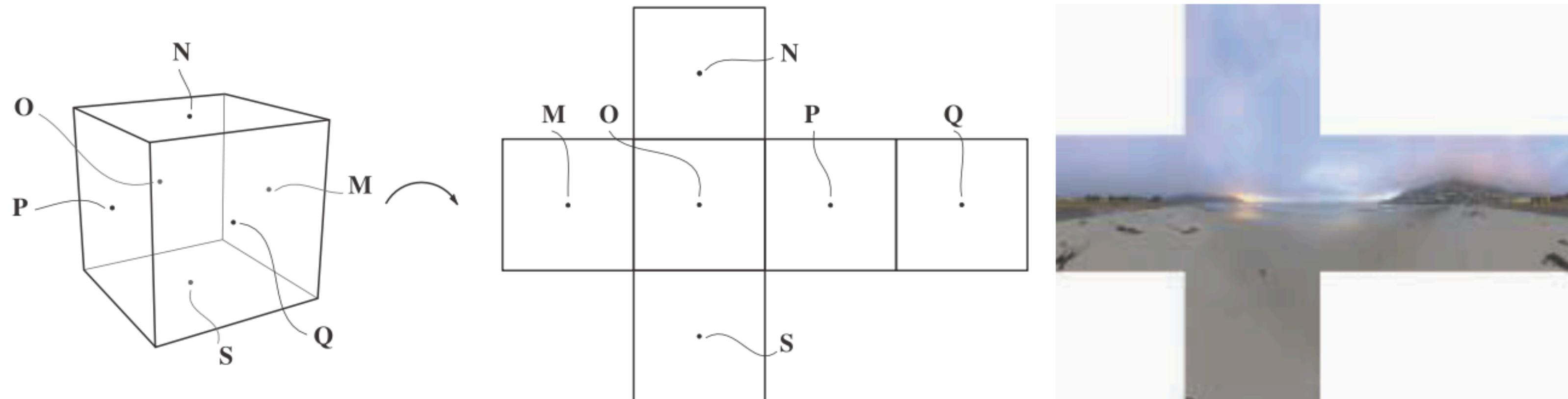


Environment Mapping

Cube Mapping

큐브 맵은 현재 가장 인기있는 기술이며 최신 GPU에서는 하드웨어로 구현된다. 큐브 맵은 카메라 위치를 중심으로 배치된 입방체의 각 면에 환경을 투영하여 생성된다. 이러한 입방체 면의 이미지가 환경 맵으로 사용된다.

큐브 환경 맵핑은 구 환경 맵핑과 달리 시점에 독립적이고 적도에 비해 극 지방을 과도하게 샘플링하는 위도-경도 맵핑보다 훨씬 균일한 샘플링 특성을 가진다.

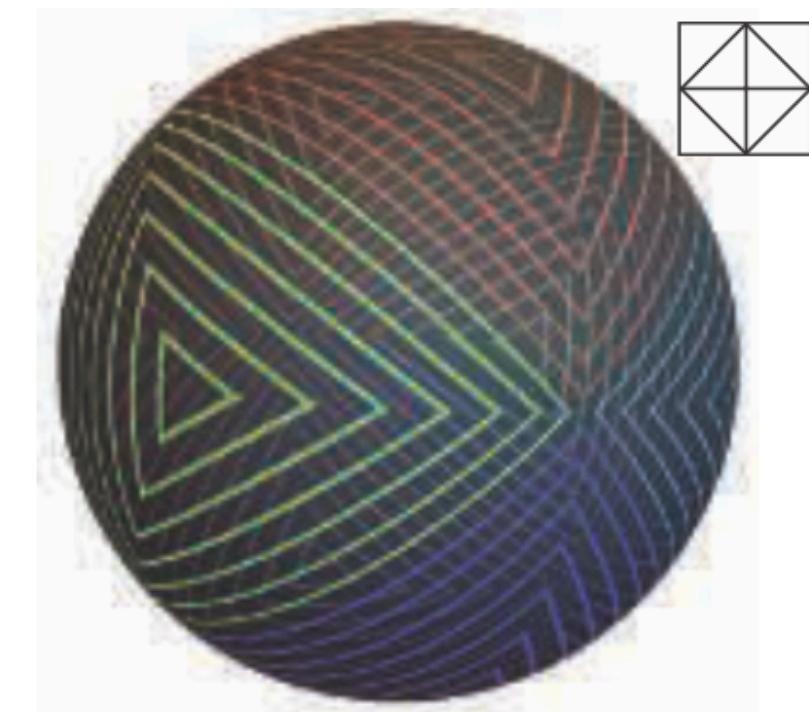
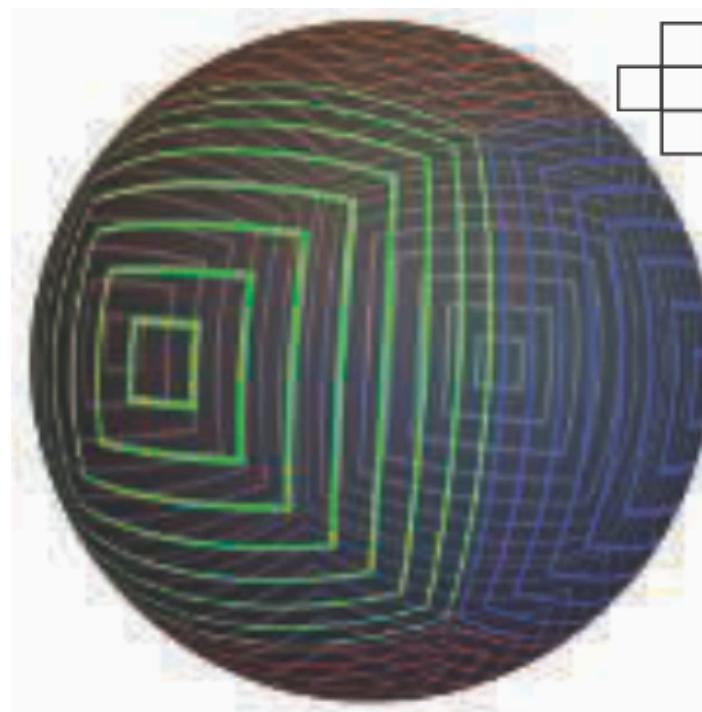


Environment Mapping

Other Projections

구 매핑과 비슷하지만 환경의 반사를 구에서 기록하여 텍스처를 생성하는 대신 두 개의 포물선 투영을 사용하는 dual paraboloid environment mapping(이중 포물선 환경 매핑)이 있다. 포물면 맵은 구형 맵보다 더 균일한 텍셀 샘플링을 제공하지만 두 개의 투영 사이의 이음새에서 올바른 샘플링과 보간을 수행하기 위해 주의가 필요 하며 이로 인해 이중 포물선 맵을 선택하는 것이 더 비싸다.

octahedral(팔면체) 매핑은 주변 구체를 큐브에 매핑하는 대신 팔면체에 매핑한다. 이러한 기하학적 구조를 평면 상의 텍스처로 펼쳐서 사용하고 사각형 또는 직사각형 구성이 가능하다. 팔면체 매핑은 이중 포물선 매핑의 필터링 문제를 겪지 않는다. 투영을 위한 수학은 약간 복잡하지만 성능이 더 우수하고 도입되는 왜곡의 양은 정육면체 맵과 유사하므로 정육면체 맵은 큐브 맵 텍스처 하드웨어가 없을 때 좋은 대안이 될 수 있다.



Specular Image-Based Lighting

환경 매핑은 원래 거울과 같은 표면을 렌더링하는 기술로 개발되었지만 광택있는 반사까지 확장해서 사용 할 수 있다.

표면의 거칠기를 모사하기 위해 텍스처에서 환경의 표면을 prefiltering 할 수 있다. 환경 맵 텍스처를 불러 처리하여 거울과 같은 반사보다 더 거칠어 보이는 광택 반사를 제공 할 수 있다. BRDF의 모양 변화를 재료 광택에만 제한한다면 서로 다른 거칠기 매개 변수를 가지는 몇 가지 환경 맵을 계산하고 저장한 후 런타임에서 적절한 것을 선택 할 수 있다.

큐브 맵 prefiltering에 BRDF 근사 문제를 줄이기 위해 분할- 적분이나 비대칭, 비등방성 로브에 대해 계산하는 방법 등 많은 기술이 개발되었다.



Irradiance Environment Mapping

필터링된 환경 맵은 glossy 한 반사 뿐만이 아니라 확산(diffuse) 반사에도 사용될 수 있다. 확산 반사를 위한 환경 맵은 표면 법선이 확산 반사에 대한 모든 정보를 포함하기 때문에 irradiance environment map (광도 환경 맵)이라고 한다.

광도 환경 맵은 다른 표현 방식도 가능한데, 매끄럽기 때문에 구면 조화함수(spherical harmonics) 표현이 많이 사용된다.

이 외에도 여러 가지 다른 표현 방식이 존재한다.



Sources of Error

적절한 쉐이딩을 수행하기 위해 non-punctual 한 광원들에 대한 적분을 평가해야 하는데 광원에 특성에 기반하여 여러 가지 다른 기술을 적용 할 수 있다.

예를 들어 광원 영역에 대한 적분을 근사하고, 그림자 맵을 이용하여 가려진 영역을 계산하고 기타 광원들(먼 거리 조명, 하늘, 표면 사이의 반사)는 반사광 구성 요소를 위해 환경 큐브 맵으로, 확산 조사를 위해 구면 기저로 표현된다.