

Photon Mapping

Miguel Angel Astor Romero

18 de julio de 2016

- 1 Introducción
- 2 Propiedades del *Photon Mapping*
- 3 Algoritmo de *Photon Mapping*
- 4 Conclusiones

Photon Mapping es un algoritmo de iluminación global:

- Presentado en 1996 por Henrik Wann Jensen.
- Aproxima la solución de la *Rendering Equation* con métodos de Monte Carlo.
- Utiliza dos pasadas sobre la geometría de la escena.
- Se basa en una estructura de datos llamada Mapa de Fotones.

Photon-mapping es un método de despliegue sesgado y consistente.

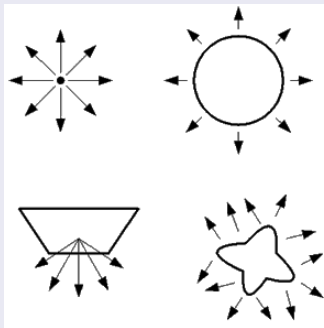
Efectos visuales

- Cáusticas.
- Reflexión y refracción.
- *Sub-surface scattering*.
- Medios participantes.

Primera pasada

Consiste en dos etapas:

Etapa 1: Emisión de luz



Etapa 2: Propagación de fotones

Los fotones se trazan como rayos. Al chocar con la escena pueden ser:

- Absorbidos
- Reflejados (BRDF)
- Transmitidos (BTDF y/o BSSDF)

La acción a realizar se escoge con el método de la Ruleta Rusa

Caso especular

f es el índice de reflectividad de la superficie de incidencia.

- Se escoge un número aleatorio $q \in [0, 1]$.
- Si $q \in [0, f)$ entonces el fotón se refleja, sinó se absorbe.

Caso difuso (con reflexión especular)

d y s son los índices de reflectividad difusa y especular respectivamente tales que $d + s \leq 1$.

- Se escoge un número aleatorio $q \in [0, 1]$.
- Si $q \in [0, d]$ se realiza reflexión difusa del fotón.
- Si $q \in (d, d + s]$ se realiza reflexión especular del fotón.
- Sino el fotón se absorbe.

Construcción del mapa de fotones.

El mapa de fotones es un *Kd-Tree* balanceado.

- Cada nodo corresponde a un fotón.
- Con excepción de las hojas, cada nodo contiene un plano que corta el espacio en algún eje.
- El sub-arbol izquierdo contiene todos los fotones por debajo del plano de corte.
- El sub-arbol derecho contienen los fotones que están por encima del plano.

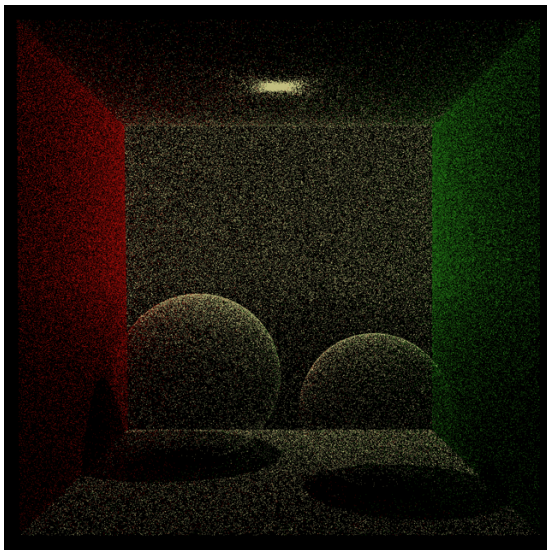
Solo se almacenan fotones que sean reflejados de forma difusa o transmitidos. Los fotones absorbidos o reflejados de forma especular se descartan.

Representación de un fotón

```
struct photon {  
    float x, y, z;    // Coordenadas del fotón.  
    char power[4];   // Potencia del fotón.  
    char phi, theta; // Dirección de incidencia.  
    short flag;      // Eje del plano de corte.  
}
```

- Un fotón ocupa 20 bytes con esta representación.
- La potencia luminosa se representa en RGB con exponente compartido (RGBE).
- La dirección de incidencia está dada en coordenadas esféricas.
- La dirección de incidencia indexa una tabla precalculada con todas las posibles direcciones.
- Solo se utilizan 3 bits de la bandera para representar a los planos XY, YZ, y XZ.

Visualización del mapa de fotones



Una vez calculado el mapa de fotones hay que resolver la *Rendering Equation*:

Rendering Equation

$$L_r(x, \vec{\omega}) = \int_{\Omega} f_r(x, \vec{\omega}', \vec{\omega}) L_i(x, \vec{\omega}') \cos\theta_i d\vec{\omega}'$$

x Posición en la superficie

$\vec{\omega}'$ Dirección de incidencia

$\vec{\omega}$ Dirección reflejada

f_r BRDF

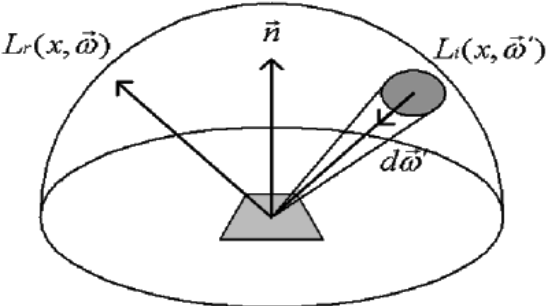
L_i Radiancia incidente

$d\vec{\omega}'$ Angulo sólido de incidencia

$\cos\theta_i$ Proyección del área del ángulo sólido

Ω Hemisferio sobre el punto de incidencia

Rendering Equation



Factores de la *Rendering Equation*

Por razones que no vienen al caso la *Rendering Equation* se puede descomponer en 4 (o más) factores:

- Iluminación directa.
- Iluminación indirecta.
- Caústicas.
- Iluminación especular.

Rendering Equation

$$L_r = L_{directa} + L_{indirecta} + L_{especular} + L_{caustica}$$

Los términos de iluminación directa y especular se calculan con métodos clásicos:

- *Ray Tracing*
- *Path Tracing*
- *Radiosity*
- Etc.

Iluminación indirecta

La iluminación indirecta se calcula como la contribución de radiancia proveniente del mapa de fotones en un hemisferio de radio r centrado en el punto de incidencia:

Radiancia

$$I_r = potencia \times (\vec{\omega}' \cdot \vec{N}) \times difuso$$

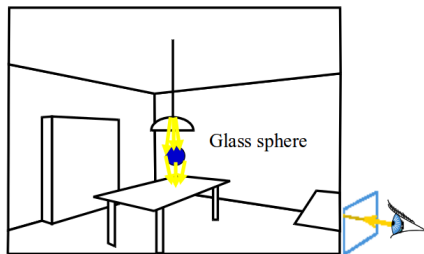
Contribución total

Sea s la suma de la contribución de todos los fotones dentro del hemisferio. La contribución total será:

$$\frac{s}{\pi r^2}$$

Caústicas

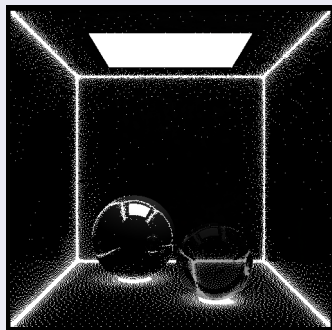
Se utiliza un segundo mapa de fotones (o muchos fotones si se quiere usar un solo mapa). En este segundo mapa se guardan los fotones que sean reflejados o transmitidos únicamente por superficies especulares.



Los fotones transmitidos son filtrados y luego visualizados directamente.

Irradiance caching

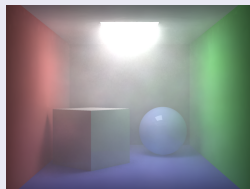
- Acelera considerablemente los cálculos.



Medios participantes

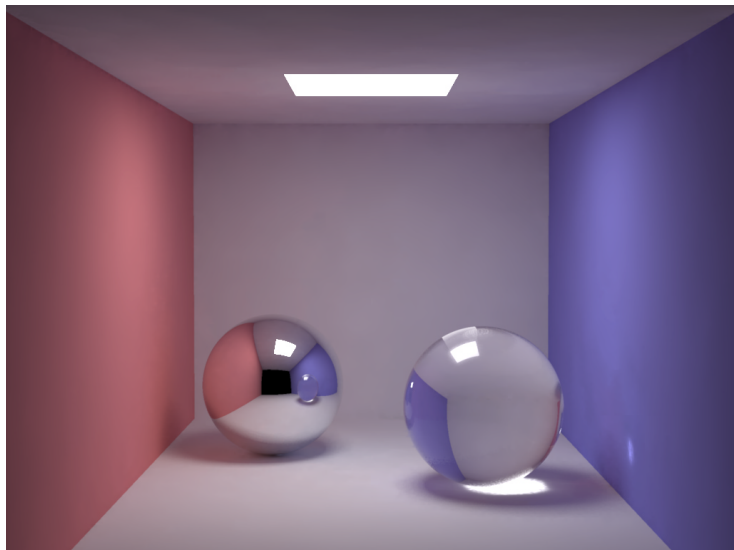
Resuelve la *Volume Rendering Equation*

- Utiliza:
 - *Ray Marching*.
 - Un mapa de fotones volumétrico.
 - Funciones de fase.



- *Photon mapping* es un algoritmo de iluminación global muy versátil.
- La eficiencia del algoritmo depende de que tan rápido se pueda muestrear el mapa de fotones.
- Es posible integrarlo fácilmente con otros algoritmos de iluminación para obtener mejores resultados.

Una imagen generada con *Photon Mapping*



- 1 H. Wann Jensen, [Global Illumination using Photon Maps](#), Rendering Techniques'96, Porto, Portugal, 1996.
- 2 H. Wann Jensen, [Realistic Image Synthesis Using Photon Mapping](#), A K Peters, 2009.
- 3 N. J. Christensen, et al., [A Practical Guide to Global Illumination using Photon Maps](#), SIGGRAPH, New Orleans, USA, 2000.
- 4 Tin-Tin Yu et al., [Photon Mapping Made Easy](#), SIGCSE'05, Missouri, USA, 2005.
- 5 Zack Waters, [Photon Mapping](#), Web.
- 6 comp.graphics.algorithms FAQ, [Bias in rendering](#), Web.
- 7 Rory Driscoll, [Irradiance caching part 1](#), Web.

