

Plan de Trabajo Final

Ingeniería de Sistemas Facultad de Ciencias Exactas – UNICEN

Tema: Modelado y visualización del transporte de fotones para representar la difusión lumínica.

Alumno/s: Martín Cordischi y Nicolás Dazeo

Director: Dr. Juan P. D'Amato

Co-director: Ing. Javier Dottori

1. Introducción

La visualización computacional abarca las diferentes formas de representar información; gran parte de este área se dedica a lograr la representación realista de escenarios, aplicable en arquitectura, videojuegos, cine entre otras tantas aplicaciones, para lo cual la iluminación es el aspecto central. Los métodos de iluminación pueden clasificarse en métodos heurísticos (como los basados en Raster-Rendering) y métodos que simulan el comportamiento de la luz (como RayTracing o Radiosity, entre otros).

Ciertamente, hoy la mayor parte de los métodos que se utilizan en tiempo real para videojuegos siguen siendo los heurísticos, aplicando trucos visuales basados en shaders y texturas. Pero, estas estrategias requieren un gran esfuerzo de diseñadores y programadores para lograr resultados razonables.

Por otro lado, los métodos basados en simulación son más exactos, pero su costo computacional es muy elevado. Dentro de éstos, también se encuadran los métodos basados en Lattice Boltzmann (o LBM por sus siglas en inglés), que permiten modelar problemas físicos con buena precisión y estabilidad numérica (Chen & Doolen, 1998). Estos resultan atractivos por su alto grado de paralelismo, por lo que pueden llegar a resolver problemas de difusión de luz en forma interactiva.

2. Motivación

La técnica de Ray tracing existe desde la década del 60 y es una de las más aceptadas aún hoy en día para recrear escenas con un realismo adecuado (Scandolo et

al., 2012). Existen variantes de este algoritmo, como Path Tracing, el cual simula todos los posibles haces obteniendo resultados de iluminación similares (Kajiya, 1986) . Esta técnica basada en Monte Carlo simula naturalmente otros efectos lumínicos como sombras o profundidad de campo.

Una de las mayores falencias del método de Raytracing es poder recrear la cantidad de luz que emite un objeto. Este fenómeno, denominado de difusión implica resolver un problema de balance de energía. El método Radiosity resuelve este problema calculando todos los pares de superficies triangulares que se ven entre sí, por lo que tiene costo computacional muy elevado, pero las representaciones son mucho más realistas (Coombe et al., 2004). En la Figura 1 se observa la diferencia entre uno y otro a simple vista.

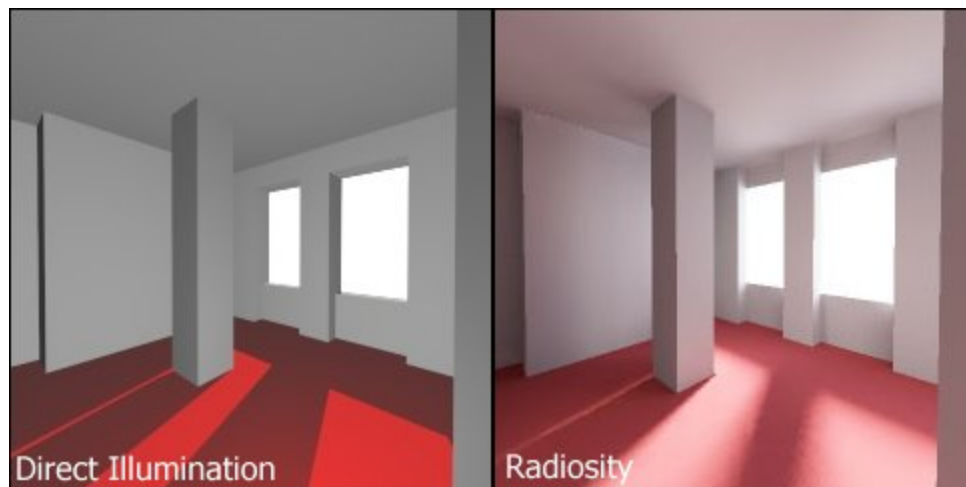


Figura 1: Comparación iluminación directa contra Radiosity (iluminación indirecta)

Por otro lado, existen métodos basados en grilla como el de lattice Boltzmann (LBM) que se utilizan para simular flujos, describiendo un comportamiento a nivel mesoscópico. Este método proviene de la simulación de fluidos computacional y se representa la evolución de partículas, mediante un modelado de autómatas celulares (Chen & Doolen, 1998).

LBM puede ser aplicado a ciertos problemas de iluminación, en particular, los que requieren una representación precisa de dispersión anisotrópica (Geist et al., 2004). En cuanto a la modelización en forma de autómatas celulares, se han realizado experimentos con LBM para iluminar objetos simples (Geist et al., 2004) y luego combinando los resultados con otros métodos para representar por ejemplo, bosques (Geist & Steele, 2008) . El mayor problema de los métodos LBM es la discretización. Para representar superficies curvas o incluso planas, se requiere contar con celdas muy

pequeñas. A medida que aumenta la precisión, aumenta el costo computacional, e incluso así no se logra un modelado óptimo.

3. Objetivos

En este trabajo se propone estudiar un método LBM 3D para representar un modelo de difusión de luz en escenarios tridimensionales digitales. Para esto, se pretende desarrollar una herramienta de preparación de los escenarios y métricas para cuantificar la calidad visual de los resultados, comparando con otros métodos conocidos e incluso con herramientas comerciales.

Los escenarios tridimensionales serán construidos utilizando mallas de superficie que luego serán convertidos en la representación de grilla. A cada elemento de la malla podrán asignarse propiedades de dispersión lumínica como coeficientes de *refracción* y *transparencia*. Eligiendo adecuadamente estos coeficientes, pueden simularse materiales translúcidos, reflectivos y opacos.

Para resolver en parte el problema de precisión, se analizarán diferentes ecuaciones de difusión del autómatas, que tengan en cuenta información de la geometría de referencia, tal como la orientación del plano medio de los elementos que caen en una celda. Luego se constatarán los resultados de las ecuaciones iniciales con las variantes, analizando la relación costo-calidad de la imagen correspondiente a cada caso.

La herramienta final, brindará facilidades de carga de mallas, conversión a grilla con diferentes precisiones y variaciones de parámetros de la simulación, tal como la posición de la luz, entre otros.

Para lograr reducir el tiempo de procesamiento, se plantea realizar distintas implementaciones en paralelo utilizando GPUs o alguna API de paralelización.

4. Cronograma de actividades

El trabajo a realizar se organiza en dos etapas. La primera se basará en implementar el motor de simulación basado en LBM, generar grillas de prueba y obtener los resultados preliminares.

La segunda buscará mejorar el sistema en aspectos de uso y eficiencia, implementando el motor paralelizado y la interfaz de pruebas que permita validar resultados bajo distintas configuraciones. Dichas configuraciones serán el objeto de estudio para los resultados finales.

A continuación se resumen las actividades a realizar, en orden cronológico:

Etapa 1:

- Estudiar bibliografía relacionada en el tema.
- Implementar motor de LBM de difusión lumínica.
- Elegir casos de estudio.
- Estudiar resultados obtenidos para elección de variables observables.
- Definir métricas de análisis para evaluar resultados y salidas.

Etapa 2:

- Implementar el motor utilizando arquitecturas en paralelo.
- Análisis de parámetros del sistema.
- Incorporar información adicional de la geometría al motor LBM.
- Estudiar los tiempos de cómputo a partir de distintas inicializaciones y de las diferentes implementaciones.
- Documentar el trabajo.

Se estima que el trabajo es posible de finalizar dentro de los plazos establecidos en los reglamentos vigentes.

5. Bibliografía

Bulant, C. A., Maso Talou, G. (2010). "Autómatas de Lattice Boltzmann para modelos de iluminación difusa". Tesis de grado en Ingeniería en Sistemas.

Chen, S. & Doolen, G. D. (1998). "Lattice Boltzmann method for fluid flows". *Annual Review of Fluid Mechanics*, 30(1):329-364, 1998.

Coombe, G.; Harris, M.J.; Lastra, A. (2004) "Radiosity on Graphics Hardware". *GI '04 Proceedings of Graphics Interface*. University of Waterloo.

Geist, R.; Rasche, K.; Westall, J.; Schalkoff, R. (2004) "Lattice-boltzmann lighting.". *Proceedings of the Fifteenth Eurographics conference on Rendering Techniques*. Eurographics Association.

Geist, R. y Steele, J. (2008) "A Lighting Model for Fast Rendering of Forest Ecosystems". *IEEE Symposium on Interactive Ray Tracing, 2008*. Los Angeles, USA.

Geist, R.; Steele, J.; Westall, J. (2007) "Convective Clouds". *Proceedings of the Third Eurographics conference on Natural Phenomena*. Eurographics Association.

Goral, C.; Torrance, K. E.; Greenberg, D. P. y Battaile, B. (1984), "Modeling the interaction of light between diffuse surfaces" *Computer Graphics*, Vol. 18, No. 3.

Kajiya, J.T.. (1986) "The rendering equation". *Proceedings of the 13th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. ACM.

Kaplanyan, A. y Dachsbacher, C. (2010) "Cascaded light propagation volumes for real-time indirect illumination". *Proceedings of the 2010 ACM SIGGRAPH symposium on Interactive 3D Graphics and Games (I3D '10)*. ACM.

Scandolo, L; Bauza, C.G.; D'Amato, J.; Vénere, M. (2012) "Implementación de un Raytracer en unidades de procesamiento gráfico utilizando Bounding Volume Hierarchy". *Mecánica Computacional Vol. XXXI*. Asociación Argentina de Mecánica Computacional.

Nicolás Dazeo
LU 247350

Martin Cordischi
LU 247150

Avalo la presente solicitud de evaluación,

Director: Dr. Juan P. D'Amato

Co-Director: Ing. Javier A. Dottori