

# Simulación de Medios Participativos

J. Fernández, R. Guerrero \*

F. Serón

Lab. de Investig. y Desarrollo  
en Intelig. Computacional (LIDIC)  
Dpto. de Informática  
Univ. Nacional de San Luis  
Ej. de los Andes 950  
5700 - San Luis, Argentina  
e-mail: {*jmfer*; *rag*}@*unsl.edu.ar*

Grupo de Computación  
Gráfica Avanzada (GIGA)  
Dpto. de Cs. de la Computación  
Universidad de Zaragoza  
España  
e-mail: *seron@unizar.es*

## Resumen

Probablemente uno de los propósitos más difíciles de la Computación Gráfica es la simulación foto-realista de la naturaleza basándose en las leyes físicas. Este es el caso de la simulación de la interacción de la luz con los diferentes elementos naturales, la cual sigue un comportamiento realmente complejo, más aún si se considera la propagación de la misma a través de medios no homogéneos. Los métodos tradicionales de plasmado de escenarios con ray tracing consideran que los rayos se trasladan en línea recta desde la fuente de luz hacia el ojo sin sufrir alteración alguna. En la realidad, los rayos de luz varían su estructura y trayectoria dependiendo de las características del medio que éste atraviesa. En los últimos años, se ha prestado especial atención al desarrollo de nuevos métodos que consideren las particularidades del medio en el cual se encuentra el escenario a plasmar, con el objeto de obtener representaciones sintéticas más realistas.

**Keywords:** computación gráfica, medios participativos, fotorealismo, simulación de la luz.

## 1. Introducción

Tradicionalmente los métodos de plasmado de escenarios no consideraban en sus ecuaciones la participación del medio en el cual se encontraban los objetos representados. Suponían que entre los objetos, el medio era el vacío. Sin embargo, la participación del medio es crucial en la apariencia de muchos objetos y materiales. Las características visuales únicas de la iluminación volumétrica atraen la atención de los diseñadores de luminarias ya sea de ambientes reales o virtuales, donde los medios participantes, usualmente humo y niebla, son a menudo agregados artifi-

cialmente para obtener efectos dramáticos específicos o acentuar estados emocionales particulares [24]. En los medios diferentes al vacío (homogéneos y no homogéneos) las características y el índice de refracción de los rayos de luz varían de punto a punto dependiendo de la influencia de los componentes del medio. Las complicadas interacciones y el comportamiento de los rayos de luz con los diferentes medios generan fenómenos realmente interesantes. Esta situación puede apreciarse claramente en los efectos que produce la atmósfera, bajo ciertas circunstancias, sobre los rayos de luz, algunos de ellos ampliamente conocidos y otros no tanto (espejismos, arco iris, Fata Morgana, Novaya-Zemlya, etc.) o en los fenómenos que se producen bajo el agua cuando los rayos de luz atraviesan su superficie [15, 26, 28, 6].

En computación gráfica, el término **medio participativo** se utiliza para denominar elementos como humo, nubes, suciedad ambiental, niebla, humedad, entre otros; y su potencial de aplicación es de consideración en numerosos ámbitos, que van desde los meramente comerciales (entretenimiento, realidad virtual) hasta los sistemas de simulación (simuladores de vuelos espaciales, de conducción), pasando por visión bajo el agua y análisis de seguridad (diseño de señales, diseño de faros de vehículos). Desafortunadamente, la física de los procesos involucrados en la reproducción de los eventos resultantes es notoriamente compleja, llevando a dificultades en el desarrollo de modelos prácticos suficientemente eficientes que se puedan adaptar al uso en computación gráfica. Esto es especialmente cierto en aplicaciones interactivas, tales como juegos de computadoras donde el empleo de un medio participante se limita simplemente a efectos agregados obtenidos mediante recursos simples como el comando `glFog` del paquete OpenGL. Sin embargo, la sola existencia de dicho comando dentro del paquete OpenGL habla del interés existente en la

\*Grupo soportado por la UNSL y ANPCYT (Agencia Nac. para la Prom. de la Ciencia y Tec.)

comunidad gráfica por afrontar y resolver este problema.

## 2. Tratamiento

Desde el punto de vista computacional, cuando se diseñan modelos de iluminación para tipos particulares de escenarios es común identificar las contribuciones visuales más importantes bajo ciertas condiciones y concentrarse solamente en el tratamiento de ellas mediante el uso de algoritmos especializados. Una primera clasificación consiste en determinar la incidencia directa o indirecta de la luz sobre los objetos, para luego establecer el efecto resultante dependiendo si la misma actúa sobre componentes espejados, opacos o difusos [12, 11, 13, 30].

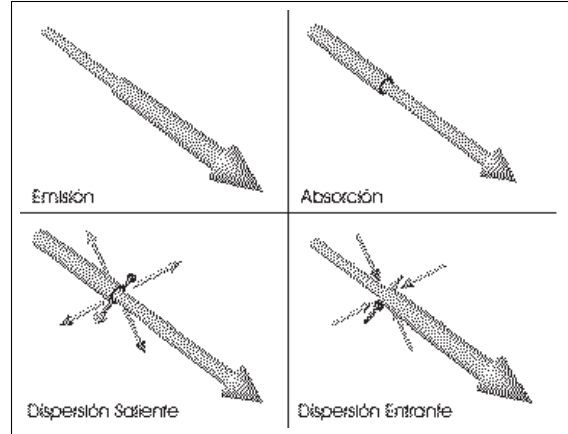
La generación de imágenes físicamente precisas considerando la existencia de medios participativos es un problema computacional de importancia. Dos tipos de dificultades surgen cuando se debe tratar la propagación de la luz en este tipo de ambientes. Primero, el fenómeno no solamente tiene lugar en los límites del medio, sino que en cada uno de los puntos del mismo. Por consiguiente, las propiedades ópticas de cada uno de los puntos del medio deben ser consideradas. En todo el espacio computado, no sólo se deben considerar la radiancia de las superficies sino también las fuentes de radiancia. Una segunda dificultad consiste en la dependencia espectral de los parámetros característicos del medio, de modo que es necesario realizar previamente un detallado análisis espectral del medio.

A medida que la radiación viaja a través del medio ésta sufre tres tipos de fenómenos: **Absorción, Dispersión y Emisión** (ver figura).

- La absorción consiste de la transformación de la energía radiante en otra forma de energía. Dado un punto  $x$  cualquiera del medio, el cual se encuentra a una cierta distancia de recorrido del rayo desde su fuente de emisión, la reducción en la luminosidad esta relacionada a un coeficiente de absorción del medio en dicho punto.
- La dispersión hace referencia al cambio de dirección en la propagación de la radiación. Esta es generalmente dividida en dos tipos: *dispersión entrante* y *dispersión saliente*. La dispersión saliente reduce la luminosidad en una dirección en particular y en función de un factor de reducción denominado *coeficiente de dispersión*.
- La emisión alude al proceso de creación de energía radiante y es característica propia del medio en el punto considerado. La emisión de radiancia puede verse incrementada debido a la dispersión saliente, la cual hace referencia al

aumento en la emisión de radiancia como resultado de la contribución de los rayos que impactan en el punto en tratamiento.

Todos estos componentes combinados son utilizados para caracterizar matemáticamente una **Ecuación de Transporte de la Radiación**. La ecuación



**Figura 1:** Fenómeno de la Radiación.

de transporte describe la variación de radiación en un punto  $x$  del medio (a una cierta distancia desde la fuente de luz) y en una determinada dirección. Un alto porcentaje de las características de un medio modelado se encuentran representadas por la distribución espacial de la radiancia dispersa. Usualmente esta es representada por medio de funciones de fase.

Los desarrollos más referenciados en la bibliografía se relacionan a simulaciones donde no se considera el término de la dispersión (fuego, explosiones) o, se lo considera en una única dirección (nubes, niebla) [3, 1, 4, 17, 23, 21, 2, 19]. Una reproducción eficiente y visualmente convincente de los efectos de la interacción de la luz con el medio participativo debería considerar la dispersión de la radiación en múltiples direcciones. Simplificando, simular un medio participativo es complejo pues existen dos elementos que deben considerarse y combinarse al momento del plasmado:

- El fenómeno de la radiación (en particular la dispersión),
- La manipulación de la tercera dimensión, necesaria para la representación de los escenarios.

De la misma manera, dada la naturaleza del problema afrontado, las técnicas propuestas tienen un costo computacional alto. En los últimos tiempos se han propuesto algunos métodos de aceleración del proceso aunque la mayoría están sujetos a tipos de medios específicos (mayormente uniformes) [2, 8, 16, 29, 18]. Una situación ideal sería el poder definir un modelo general con la probabilidad de implementarse en hardware, para su uso en procesamiento interactivo con un mínimo de suposiciones y un porcentaje de dispersión media.

### 3. Lo que se pretende

Estamos interesados en analizar y plasmar los efectos visuales originados por la dispersión de la luz en medios participativos. Aunque un número de modelos han sido propuestos, basados en el método de Monte Carlo y la simulación de elementos finitos, todos ellos requieren extensos cálculos repetitivos sobre gran cantidad de datos, usualmente realizados como pre-procesamiento antes del plasmado [10, 25, 27, 9, 7, 22, 20, 5, 14]. Las propuestas existentes para tiempo real no consideran el fenómeno físico involucrado, aunque ellas obtienen resultados visualmente realistas. Además, en general, los desarrollos se limitan a ambientes e imágenes estáticas, por lo cual desplazamientos o escenas animadas requieren una gran cantidad de tiempo de pre-procesamiento off-line. Un modelo válido debería ser capaz de generar plasmados en tiempos cuasi-interactivos con simulaciones que consideren medios con dispersión simple y múltiple.

### Referencias

- [1] N. Bhate and A. Tokuta. Photorealistic volume rendering of media with directional scattering. In *Third Eurographics Workshop on Rendering*, pages 227–245. Bristol, May 1992.
- [2] V. Biri, S. Michelin, and D. Arques. Real-time animation of realistic fog. In ACM Press, editor, *Rendering Techniques 2002 (Proceedings of the Thirteenth Eurographics Workshop on Rendering)*, June 2002. Poster paper.
- [3] J. F. Blinn. Light reflection functions for simulation of clouds and dusty surfaces. In *Computer Graphics (ACM SIGGRAPH '82 Proceedings)*, volume 16, pages 21–29, 1982.
- [4] C. F. Bohren and D. R. Huffman. *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*. John Wiley & Sons, 1993.
- [5] A. Boudet, P. Pitot, D. Pratomarty, and M. Paulin. Rendering effects: Photon splatting for participating media. In *Proceedings of the 3rd international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia GRAPHITE '05*, November 2005.
- [6] E. Cerezo and F. J. Serón. Rendering natural water: Merging computer graphics with physics and biology. In J. Vince and R. Earnshaw, editors, *Advances in Modelling, Animation and Rendering (Proc. of Computer Graphics International 2002)*. Springer, 2002.
- [7] Oliver Deussen, David S. Ebert, Ron Fedkiw, F. Kenton Musgrave, Przemyslaw Prusinkiewicz, Doug Roble, Jos Stam, and Jerry Tessendorf. The elements of nature: interactive and realistic techniques. In *Proceedings of the conference on SIGGRAPH 2004 course notes GRAPH '04*, August 2004.
- [8] Y. Dobashi, T. Yamamoto, and T. Nishita. Interactive rendering of atmospheric scattering effects using graphics hardware. In S.Ñ. Spencer, editor, *Proceedings of the 17th Eurographics/SIGGRAPH workshop on graphics hardware (EGGH-02)*, pages 99–108, New York, 2002. ACM Press.
- [9] P. Dutré, H. W. Jensen, J. Arvo, K. Bala, P. Bekaert, S. Marschner, and M. Pharr. State of the art in monte carlo global illumination. In *Proceedings of the conference on SIGGRAPH 2004 course notes GRAPH '04*, August 2004.
- [10] R. Fedkiw, J. Stam, and H. W. Jensen. Visual simulation of smoke. In *Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series (SIGGRAPH 2001)*, pages 15–22, August 2001.
- [11] J.D. Foley, Van A. Dam, and J.F. Hughes. *Computer Graphics Principles and Practice*. Addison Wesley Publishing Company, 1990.
- [12] A. S. Glassner. *Principles of Digital Image Synthesis*. San Francisco, 1995.
- [13] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood. *Digital Image Processing*. Addison Wesley Publishing Company, 1992.
- [14] Kyle Hegeman, Michael Ashikhmin, and Simon Premoe. Impostors & volumes: A lighting model for general participating media. In *Proceedings of the 2005 symposium on Interactive 3D graphics and games*, April 2005.
- [15] M. Inakage. An illumination model for atmospheric environments. In R. A. Earnshaw and B. Wyvill, editors, *New Advances in Computer Graphics*, pages 533–548, New York, 1989. Springer-Verlag.
- [16] Henrik Wann Jensen. A practical guide to global illumination using ray tracing and photon mapping. In *Proceedings of the conference on SIGGRAPH 2004 course notes GRAPH '04*, August 2004.
- [17] Henrik Wann Jensen and Per H. Christensen. Efficient simulation of light transport in scenes with participating media using photon maps. In *Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, July 1998.

- [18] J-R. Jiménez, K. Myszkowski, and X. Pueyo. Interactive rendering in dynamic participating media using selective photon tracing. In *Spring Conference on Computer Graphics (SCCG)*, pages 202–209, 2005.
- [19] J-R. Jiménez and X. Pueyo. Visualización de medios participativos haciendo uso de texturas 3d. In *III Congreso Regional Andaluz de Informática Gráfica*, Jaén, 2002.
- [20] J-R. Jiménez and X. Pueyo. Interactive rendering of globally illuminated scenes including anisotropic and inhomogeneous participating media. In *The Visual Computer*, volume 21, pages 449–462, August 2005.
- [21] Joe Kniss, Simon Premoze, Charles Hansen, and David Ebert. Session p3: volume visualization i: Interactive translucent volume rendering and procedural modeling. In *Proceedings of the conference on Visualization '02*, October 2002.
- [22] Goesele M, H. P. A. Lensch, J. Lang, C. Fuchs, and H.-P. Seidel. Lightfield acquisition & display: Disco: acquisition of translucent objects. In *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, volume 23, August 2004.
- [23] Duc Quang Nguyen, Ronald Fedkiw, and Henrik Wann Jensen. Physically based modeling and animation of fire. In *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, *Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques SIGGRAPH '02*, volume 21, July 2002.
- [24] G. Patow, J-R. Jiménez, X. Pueyo, and A. Vianacua. Diseño de conjuntos ópticos y luminarias. In *Congreso Español de Informática Gráfica (CEIG 2000)*, Castellón, 2000.
- [25] Simon Premoe, Michael Ashikhmin, and Peter Shirley. Global illumination: Path integration for light transport in volumes. In *Proceedings of the 14th Eurographics workshop on Rendering EGRW '03*, June 2003.
- [26] S. Premoze and M. Ashikhmin. Rendering natural waters. In *Computer Graphics Forum*, volume 20, pages 189–200, 2001.
- [27] Nick Rasmussen, Duc Quang Nguyen, Willi Geiger, and Ronald Fedkiw. Smoke simulation for large scale phenomena. In *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, volume 22, July 2003.
- [28] J. Sloup. Physically-based simulation: A survey of the modelling and rendering of the earth's atmosphere. In *Proceedings of the 18th spring conference on Computer graphics*, April 2002.
- [29] B. Sun, R. Ramamoorthi, S.G. Narasimhan, and S.K. Naya. A practical analytic single scattering model for real time rendering. In *ACM Transactions on Graphics (also Proc. of ACM SIGGRAPH)*, volume 24, pages 1040–1049, July 2005.
- [30] A. Watt and F. Policarpo. *The Computer Image*. Addison-Wesley, 1998.