

ALGORITMOS DE SIMULACION EN LA ACUSTICA DE RECINTOS

M. Sobreira, M. Recuero, C. Gil

E.U.I.T. de Telecomunicación, U.P.M.
Dpto. de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones
Carretera de Valencia km. 7, 28031 Madrid

INTRODUCCION

La aparición de programas de simulación y diseño asistido en el campo de la acústica ha supuesto una importante ayuda para el profesional del sector. Los programas para predicción de las condiciones acústicas de recintos con más difusión en la actualidad utilizan métodos basados en la acústica geométrica. Los métodos geométricos son conocidos desde hace muchos años, pero el crecimiento de la potencia computacional ha permitido ampliar los modelos y mejorar los algoritmos, de forma que se consiguen mejores resultados con menores tiempos de cálculo. La búsqueda de la precisión ha obligado a determinar el origen de las divergencias que en muchos casos presentan los resultados de las simulaciones frente a medidas reales, incluso en casos en ambos valores deberían ser semejantes. En esta comunicación se analiza brevemente los métodos más utilizados de simulación y los problemas algorítmicos que surgen en la práctica, que pueden ser fuentes de graves errores si no se tienen en cuenta, indicando algunos caminos para su solución.

ALGORITMOS DE SIMULACION EN LA ACUSTICA GEOMETRICA

Todos los métodos basados en la acústica geométrica suponen que la propagación del sonido se puede describir mediante rayos, y sus leyes son análogas a las descritas por la óptica geométrica. Estas suposiciones suponen una serie de limitaciones ampliamente conocidas y relatadas en la bibliografía [1,2]:

- * Limitaciones en baja frecuencia.
- * No se tienen en cuenta efectos de difracción.
- * Se suponen reflexiones especulares, no difusas.

Método Del Trazado De Rayos:

Este método puede utilizarse para predecir las respuestas al impulso de recintos. Se define una posición de fuente y receptor y un tamaño para el mismo. Se supone que la energía es transportada por una serie de partículas que siguen líneas rectas de propagación (rayos) a partir de la fuente y van a reflejarse en los contornos del recinto según las leyes consideradas en la acústica geométrica.

Una de las líneas de mejora de los programas de simulación actualmente es la inclusión de algoritmos que permiten modelar las reflexiones no especulares, ganando los resultados en precisión.

Además de los errores debidos a las suposiciones realizadas inicialmente por la acústica geométrica, surgen otra serie de errores sistemáticos en la realización práctica de los algoritmos de trazado de rayos [3]. A parte de las consideraciones que se puedan hacer sobre el tamaño del receptor (cuanto menor sea el tamaño asignado al punto de recepción, mayor será la precisión y mayor será también el tiempo de cómputo) y del número de rayos que se necesitan lanzar desde la fuente para estar por encima de una precisión mínima, hay otros problemas asociados al funcionamiento del algoritmo:

El problema de las detecciones múltiples: Uno de los problemas que surgen en la práctica es el de la detección múltiple de un camino de propagación. En la figura 1 se muestra una detección múltiple del camino directo.

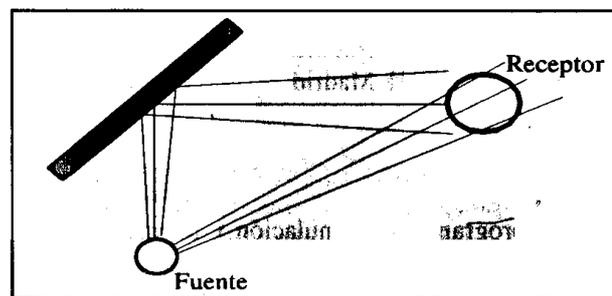


Fig 1. Detección múltiple.

Otro problema que puede surgir asociado con la detección de los rayos, es la variación del número de detecciones con la posición relativa de la fuente y el receptor. La solución que se da actualmente a este tipo de problemas es trazar haces piramidales. Este tipo de haces permite cubrir sin solapamientos una superficie esférica, mediante triángulos del mismo tamaño.

Detección de caminos de no válidos: Debido al tamaño asignado al receptor pueden aparecer caminos de propagación que no son correctos desde el punto de vista de la acústica geométrica. Por ejemplo, para un receptor en una zona de sombra puede darse el caso que muestra la figura 2.

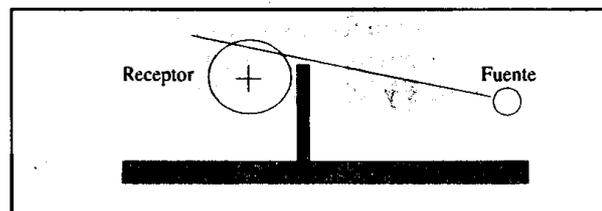


Fig 2. Detección de caminos no válidos.

Una de las posibles formas de corregir estas falsas detecciones es trazar hacia atrás rayos, partiendo del receptor. Si el rayo alcanza un entorno definido de la fuente, el correspondiente camino podrá considerarse válido.

Método de la Imagen Virtual:

En este método las posibles trayectorias entre un emisor y un receptor dentro de un recinto son representadas por fuentes sonoras imágenes de la fuente real con respecto a los contornos del recinto (figura 3).

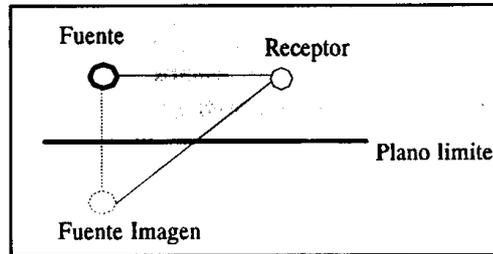


Fig.3. Imagen Virtual.

Este método, si se aplica con rigor, proporciona todas las posibles trayectorias entre un emisor y un receptor, permitiendo obtener un ecograma preciso, desde el punto de vista de la acústica geométrica.

En este método, el número de imágenes virtuales aumenta exponencialmente con el orden de reflexión y consecuentemente, el coste computacional del método es muy alto. Cada imagen virtual es muy sencilla de calcular matemáticamente, pero hay que chequear para cada una de ellas si es visible desde el punto de recepción, es decir, si contribuye efectivamente al ecograma. El algoritmo de chequeo de la visibilidad de las fuentes virtuales se repite durante al menos el 70% del tiempo de ejecución de todo el método, por lo que puede considerarse el auténtico responsable del largo tiempo de ejecución del método de la imagen virtual.

Debido a los buenos resultados que proporciona este método y a su mejor comportamiento que el método de rayos (no acumula errores con el orden de reflexión), se ha realizado un gran esfuerzo para mejorar la eficiencia computacional del método. El método más utilizado en simuladores comerciales es el de utilizar técnicas mixtas: utilizan el método de las imágenes, pero apoyándose en el trazado de rayos para su localización: se lanzan rayos a partir de la fuente y son almacenados, para posteriormente, siguiendo sus trayectorias hacia atrás, calcular la localización de las fuentes imágenes que contribuyen a la respuesta en el punto de recepción. Para que una imagen sea visible, el camino entre la imagen y el receptor debe atravesar todas las superficies involucradas en la generación de la imagen, pero no otras. Esto es equivalente a que en el trazado hacia atrás desde el receptor hacia la fuente imagen que se está chequeando, se consiga una secuencia de superficies reflectoras inversa a la que creó la imagen.

Es muy probable que el seguimiento de la secuencia de reflexiones de dos rayos diferentes, lleven a la detección de la misma imagen dos veces, por lo que es necesario revisar si cada imagen visible detectada lo ha sido anteriormente. Cada imagen necesita un rayo asociado para seguir la secuencia de superficies que la definen. Cuanto más distancia hayan viajado los rayos, mayor será la distancia lineal entre ellos y por tanto la probabilidad de no detectar una imagen visible será también mayor. A partir de cierto orden, se utilizan métodos estadísticos para simular la respuesta reverberante.

FIABILIDAD DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE SIMULACIONES

En los apartados anteriores se ha pretendido dar una pequeña aproximación a la base de los métodos de simulación desde la perspectiva de los problemas algorítmicos que surgen a la hora de su realización. La gran cantidad de pequeños problemas que producen errores sistemáticos (muchos de ellos acumulativos) pueden tomarse en cuenta o no, dependiendo del criterio de los responsables del desarrollo software del simulador. Aun en el caso de ser tomados en cuenta, cada programador podrá optar por diferentes vías de solución. Ante esto el usuario de un simulador debería preguntarse si utilizando otro programa llegaría a los mismos resultados.

En [4] Verbandt y Johnckheere comparan los resultados obtenidos por distintos simuladores. La conclusión que presentan es que para cálculos de nivel de presión sonora, la variación media obtenida es menor de 2.5 dB, mientras que utilizando programas basados en fórmulas puramente empíricas encontraron diferencias mayores de 6 dB. En la estimación del EDT (Early Decay Time) han encontrado errores hasta de un 50%. Atribuyen los errores a malas inicializaciones de los parámetros de los modelos (el error más común es no lanzar el número suficiente de rayos) y a modelos erróneos.

CONCLUSIONES

En esta comunicación se ha presentado brevemente una base sobre el estado del arte de la simulación en la acústica de recintos. Se han descrito los dos métodos más utilizados intentando hacer ver que si no se modela con cuidado pueden aparecer errores grandes. La difusión de los programas de simulación suponen una gran ventaja para el profesional, pero también un gran peligro. Los programas de simulación son cómodos y permiten realizar grandes cálculos en poco tiempo, pero requieren que un buen usuario de ellos conozca suficientemente las limitaciones prácticas, las fuentes de errores y en qué condiciones producen los mejores resultados.

REFERENCIAS.

- [1] H. Kuttruff. "Room Acoustics". Elsevier Applied Science, 3ª edición, 1991.
- [2] L. Cremer, H. Müller. "Principles and Applications of Room Acoustics". Applied Science Publishers.
- [3] H. Lehnert. " Systematic Errors of The Ray Tracing Algorithm". Applied Acoustics, Vol. 38, Nos 2-4.
- [4] Filip J.R. Verbandt, Rober E. Johnckheere. " Bench-Mark Of Acoustical Ray Tracing Computer Programs". INTERNOISE 93.