

Sala de espectáculos Virtual

Universidade de Aveiro

Resumo

O objectivo do projecto consiste em adicionar a vertente acústica a um ambiente de RV (constituído por óculos de RV e um sensor de orientação da cabeça) e recriar em tempo real o ambiente acústico de uma sala (auralização).

Foi desenvolvido um sistema de auralização em tempo real onde o som directo e primeiras provenientes das fontes são processados em tempo real por filtros HRTF (head-related transfer function). A esta porção inicial da resposta da sala é adicionada uma cauda de reverberação gerada por uma unidade de reverberação artificial ajustada para garantir o RT60 calculado. Este cálculo em tempo real do campo sonoro dentro da sala tendo em conta as suas propriedades físicas permite aliar à imersão visual também uma imersão auditiva do utilizador.

Foram desenvolvidos alguns programas de demonstração que actuam sobre um modelo 3D e permitem posicionar na sala fontes sonoras e um receptor .

Introdução

A realidade virtual (RV) é uma área de crescente importância. Naturalmente, os esforços para criação de ambientes de VR têm-se centrado sobretudo na vertente visual. Ora, não obstante o predomínio indiscutível da visão, a nossa percepção da realidade passa por mais quatro sentidos. A criação de ambientes virtuais cada vez mais convincentes exige que também eles sejam considerados. O mais importante – pelo menos entre aqueles que não envolvem contacto físico directo – é, sem dúvida, a audição. Este trabalho coloca ênfase precisamente na imersão auditiva, visando recriar em simultâneo, de forma articulada e em tempo real, os ambientes visual e sonoro de uma sala[1]. Este objectivo corresponde à criação de uma *sala de espectáculos virtual*, pois o papel de um *espectador* (pelo menos na acepção tradicional do termo), não envolve qualquer uso significativo dos sentidos do tacto, paladar ou olfacto.

Um aspecto particular da nossa percepção sonora do mundo consiste no facto de conseguirmos identificar a posição de um som e a sua distância no espaço pela forma que o percebemos. Outro aspecto importante é o facto de estarmos sempre a interagir com o nosso ambiente cada vez que movimentamos a cabeça fazendo assim com que estejamos sempre a receber nova informação sobre o ambiente que nos rodeia.

Ao comparar a percepção sonora na realidade com a reprodução de sons através de auscultadores, com auscultadores, conclui-se que a espacialidade do som desaparece. Por esse motivo torna-se impossível criar fontes sonoras com posições aparentes específicas de uma forma simples. Para o conseguirmos efectuar é necessário recorrer a HRTF (explicado no ponto seguinte). Outra limitação consiste o facto de não podermos interagir com o ambiente sonoro fazendo com que sejamos ouvintes imóveis e estáticos. Essa limitação pode ser ultrapassada recorrendo a um ambiente de RV composto por um ‘head-tracking system’ que determine a orientação da cabeça do utilizador para assim calcular a som 3D correctamente.

HRTF

A forma como as ondas sonoras chegam aos tímpanos é afectada pela interacção das ondas sonoras originais com o tronco, a cabeça, a parte exterior da cabeça e os canais dos ouvidos. O resultado dessas interacções pode ser medido e capturado como uma função de transferência relacionada com a cabeça (Head Related Transfer Function - HRTF). Essas HRTF podem ser usadas para simular a espacialização de um som específico tendo em conta os ângulos Azimute e Elevação da fonte sonora em relação ao utilizador (podemos ver um exemplo na figura 1)[2].

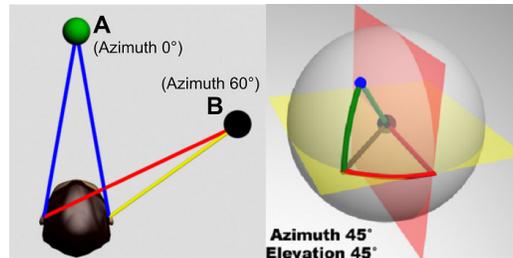


Figura 1 – Ângulos Elevação e Azimute usados nas HRTF

Reverberação

Usando apenas as HRTF para criar a espacialização, apenas estamos a simular o som directo. Isto seria correcto se o som estivesse a ser reproduzido em espaço aberto. No entanto, a maior parte da nossa vida é vivida em ambientes reverberantes. Independentemente de estamos a ver um concerto num auditório ou ao ar livre o som que nos ouvimos é sempre acompanhado por reflexões tardias desse som vindas de diversos pontos distintos.

O processo da reverberação começa quando se começa a reprodução de um som numa sala. A onda sonora expande-se radialmente, distanciando-se da fonte, chegando até às paredes e outras superfícies da sala onde a energia da fonte é absorvida e reflectida. Tecnicamente todo o som que é reflectido é reverberação. Assumindo que existe um caminho directo entre a fonte a o ouvinte, o ouvinte irá ouvir primeiro o **som directo**, seguido das **primeiras reflexões** criadas em superfícies próximas do utilizador. Após algumas centenas de milissegundos, o número de reflexões torna-se muito grande, e o restante decaimento da reverberação é caracterizado por um grande número de ecos viajando em todas as direcções, cuja intensidade é independente relativamente á localização da fonte sonora na sala. Estas últimas reverberações costumam ser denominadas por **reverberação tardia** ou **reverberação difusa**, porque estão a ser propagada com a mesma energia para todas as direcções. O tempo necessário para que o tempo de reverberação seja atenuado em 60 dB em relação ao nível inicial é definido como tempo de reverberação(RT_{60})[3].

Trabalho efectuado

O objectivo do trabalho consistia em gerar som 3D de forma a simular o som real de uma sala e imergir o utilizador num ambiente realidade virtual, tendo em conta o modelo 3D da sala. Para conseguir essa imersão foi usado um ambiente de Realidade Virtual baseado nuns óculos de realidade virtual e um sensor de orientação *Intertrax*(figura 2).

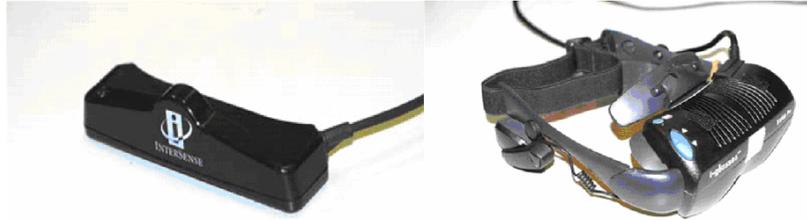


Figura 2 Sensor InterTrax e HeadMounted Display

Para calcular o som 3D, foi necessário dividir o som final em som directo, primeiras reflexões e reverberação tardia e calcular cada parte separadamente. O som directo é recriado com o auxílio de HRTF. Dado um som anecóico, é calculada a convolução desse som com o par de HRTF específico da posição pretendida (figura 3).

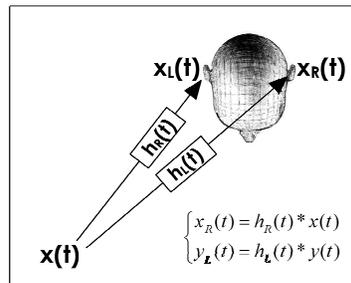


Figura 3 Cálculo do som directo

Para simular as primeiras reflexões é necessário determinar a posição onde vão existir reflexões do som na sala. Para isso foi usado o método das imagens virtuais. Na figura 4 encontra-se um exemplo desse método.

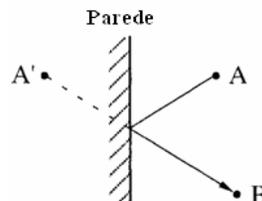


Figura 4 Exemplo do método das imagens virtuais

Depois de todas as primeiras reflexões serem determinadas, é possível tratar as mesmas como fontes independentes, com a particularidade que são atenuadas tendo em conta o material do objecto onde a mesma reflectiu (neste caso, a parede).

Segundo Schroeder para simular a reverberação difusa é necessário um mínimo de 1000 reflexões. Calcular essas reflexões com o método das imagens virtuais é praticamente impossível devido ao peso computacional que apresenta. Existem vários algoritmos para simular a reverberação tardia, no entanto, o resultado final de alguns (como os primeiros algoritmos propostos por Schroeder) soa a artificial. Embora esta fase ainda esteja em estudo, o projecto desenvolvido inclui uma FDN (“feedback delay network”) para simular a reverberação tardia. O resultado ainda não está próximo da realidade, no entanto, já é possível ajustar o tempo de decaimento do algoritmo para coincidir com um RT_{60} específico embora, numa fase futura deve ser dada a possibilidade de o tempo de reverberação ser dependente da frequência.

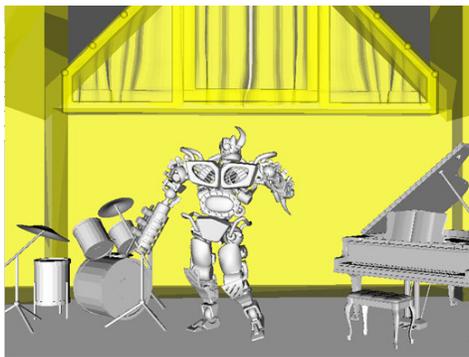


Figura 5 Exemplo de Sala de espectáculo virtual criada

Referências

- [1] Durand Begault , *3-D Sound for virtual reality and multimedia*,. Academic Press,1994.
- [2] Gary S. Kendall, *A 3-D Sound Primer: Directional Hearing and Stereo Reproduction*, in *Computer Music Journal*, 1995,p 23-46.
- [3] Gardner, W.G. *Applications of Digital Signal Processing to Audio and Acoustics*’. Chapter 3. Reverberation Algorithms, in Kahrs, M. and Brandenburg, K. (eds.), Kluwer Academic Publishers1 1998.