

Um método rápido de determinação de visibilidade para visualização volumétrica

FÁBIO JOSÉ AYRES¹

MARCELO KNÖRICH ZUFFO¹

Grupo de Computação Visual e Mídias Interativas

¹Laboratório de Sistemas Integráveis

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

{fabio, mkzuffo}@lsi.usp.br

Abstract. This article describes a fast visibility algorithm for volume visualization. In volume ray-tracing an expensive step is the visibility treatment of each voxel. The proposed algorithm considers cartesian volumes. Our approach is to map the bounding faces of the volume in the image space and then use fast scan-line algorithms to treat the visibility. Preliminary results show some advantages of this approach over previous solutions.

Keywords: Volume visualization, scan-line, bresenham line drawing algorithm, volume ray-tracing.

1 Introdução

Muitos trabalhos em visualização volumétrica relacionam-se com a síntese de imagens em tempo real [Cohen 90]. A principal motivação deste trabalho é propor um método rápido de tratamento de visibilidade [Upson 88], este método pode ser aplicado à visualização interativa de volumes binários ([Herman 79],[Herman 88], [Tuy 84]), ou para a otimização de tempo em métodos tradicionais como o traçado de raios multivalor (“multivalued ray-tracing”).

Uma das principais aplicações disto é a visualização interativa de peças anatômicas segmentadas a partir de tomografia computadorizada e outras modalidades de imageamento médico 3D [Falcão 92] [Zuffo 93].

O método proposto objetiva a determinação dos voxels visíveis de um volume cartesiano projetado no espaço de imagem o que chamamos de tratamento de visibilidade.

Para aplicações interativas o tratamento de visibilidade pode ser um dos gargalos da “pipeline” de visualização volumétrica.

2 Método Proposto

O objetivo do método proposto é a determinação do mapa de visibilidade.

O *Mapa de Visibilidade* é uma estrutura de dados bi-dimensional com a resolução da imagem desejada onde para cada “pixel” armazenamos:

- coordenada (i,j,k) do ponto de interseção mais próximo entre o raio correspondente ao pixel e o volume;

- coordenada (i,j,k) do ponto de interseção mais distante entre o raio correspondente ao pixel e o volume;
- “flag” de visibilidade indicando se o pixel corrente “enxerga” algum voxel visível.
- coordenada (i,j,k) do voxel visível mais próximo entre o raio correspondente ao pixel dentro do volume;

Ao volume está associado o sistema de coordenadas canônico (i,j,k), com o volume posicionado no primeiro octante e tendo um dos vértices na origem. O sistema de coordenadas do observador (u,v,w) é ortonormal e possui a posição do observador como origem e os eixos orientados de tal forma que o eixo w aponta para a direção de observação. Portanto a projeção e a determinação do mapa de visibilidade serão efetuados no plano determinado pelos eixos u e v.

A determinação do mapa de visibilidade é realizada seguindo-se as seguintes etapas: projeção dos vértices do volume no plano (u,v); determinação da visibilidade das faces do volume; interpolação tipo varredura (“scan-line”) dos vértices do volume (i,j,k) mapeados no plano (u,v).

2.1 Projeção dos Vértices do Volume

Determinam-se as projeções ortográficas dos vértices do volume no plano de projeção (u,v). Nesta etapa os 8 vértices do volume são mapeados e as respectivas coordenadas (i,j,k) armazenadas no mapa de visibilidade.

2.2 Visibilidade das faces

Determina-se quais faces são visíveis e quais são invisíveis usando o algoritmo de Roberts. Considerando-se um paralelogramo, este método nos fornece rapidamente a face de entrada e a face de saída do raio associado a cada pixel da imagem.

2.3 Corte das faces não mapeáveis

O corte das faces é feito usando a projeção dos vértices do volume. Elimina-se a face que tiver todos os seus vértices projetados fora dos limites do mapa de visibilidade. Estas faces não precisam ser mapeadas.

2.4 Varredura e Interpolação

Após a determinação de quais faces do volume são parcialmente ou totalmente projetáveis no mapa de visibilidade, efetua-se a interpolação das coordenadas intermediárias entre os vértices. São necessárias duas interpolações: uma das coordenadas do ponto mais próximo (i,j,k) e outra do ponto mais distante (ver figura 01).

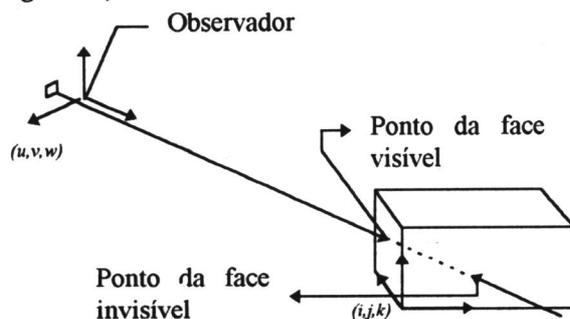


Figura 01

Por considerações de desempenho esta etapa é muito similar a técnicas de tonalização ("shading") e tratamento de visibilidade por Z-buffer onde técnicas de interpolação incremental são utilizadas.

3. Traçado de Raios Binário

Uma vez determinando-se o Mapa de Visibilidade, pode-se utilizá-lo no traçado de raios binário. Supondo um volume binário podemos para cada "pixel" do mapa de visibilidade, traçar um raio em direção ao volume, onde os pontos de intersecção de entrada e de saída no volume já estão armazenados no mapa de visibilidade.

O traçado do raio (utilizando métodos incrementais ou bresenham 3D) é terminado no instante que o primeiro voxel visível é interceptado pelo raio e a respectiva coordenada (i,j,k) é armazenada no mapa de visibilidade. Este recurso permite o rápido cálculo da iluminação sobre os voxels caso algum parâmetro de iluminação (posição, intensidade, cor) seja alterado.

5. Implementação e resultados

O algoritmo proposto foi implementado inteiramente em linguagem "C" utilizando-se a biblioteca de visualização volumétrica PVV (desenvolvida no LSI - EPUSP). A figura 02 apresenta uma imagem sintetizada a partir de um volume binário de resolução $128 \times 128 \times 113$ (Cthead, fornecido pela UNC Chapel Hill).

Numa estação Silicon Graphics Mips 4000 com 64 Mbytes de RAM a imagem foi sintetizada em aproximadamente 1 segundo (resolução de 320×240).

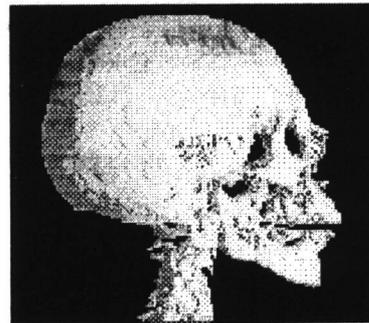


Figura 02

6 Conclusões e perspectivas futuras

A atual implementação forneceu resultados bastantes animadores. Pretende-se como próxima etapa otimizar o código escrito para plataformas que incorporem algum tipo de aceleração gráfico e paralelismo.

Referências

- G. T. Herman, S. S. Trivedi, and J. K. Udupa "Manipulation of 3D imagery", *Progress in Medical Imaging* (1988)
- G. T. Herman and H. K. Liu. "Three-Dimensional Display of Human Organs from Computed Tomograms" *Computer Graphics and Image processing* (1979).
- H. K. Tuy and L. T. Tuy "Direct 2-D display of 3-D Objects" *IEEE Computer Graphics and Applications* (1984)
- C. Upson and M. Keeler. "V-Buffer: Visible Volume Rendering" *Computer Graphics* (August, 1988)
- D. Cohen, A. Kaufman, R. Bakalash, and S. Bergman. "Real Time Discrete Shading" *The Visual Computer* (February 1990)
- A. X. Falcão, R. A. Lotufo e R. J. Gonçalves. "Visualização de Volumes aplicada a Área médica" *Anais do SIBGRAPI V* (1992)
- M. K. Zuffo, A. Grant e R. D. Lopes. "RTV - Um pacote para Visualização Tridimensional em Medicina". *Anais do SIBGRAPI V* (1993)