

SCANLINE: Um Módulo para Visualização de Imagens Foto-Realistas

TÂNIA MARTINS PRETO¹
LÉO PINI MAGALHÃES²

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
FEE - Faculdade de Engenharia Elétrica
DCA - Departamento de Eng. de Computação e Automação Industrial
Grupo de Computação de Imagens
Caixa Postal 6101
13.081 Campinas - SP - Brasil

¹ tania@dca.fee.unicamp.br ²leopini@bruc.bitnet

Abstract. This work presents the Scanline Z-Buffer method associated with several techniques in order to produce photorealistic images without causing a great increase of time to process them. The goal of this work is to have an alternative and quick method that can be used to produce the final image or intermediate images for checking and to render it by slower methods afterwards.

1 Introdução

A área de Síntese de Imagens refere-se ao tratamento de imagens geradas a partir de uma descrição formal e envolve a modelagem e o *rendering* de uma cena¹.

Dentre os objetivos desta área destacam-se a obtenção de imagens de alta qualidade (foto-realistas), pouco tempo de processamento e necessidade de pouca memória para o armazenamento de dados. Algumas estratégias para a obtenção de realismo são:

- Remoção das superfícies escondidas.
- Atribuição de fontes de luz e efeitos como tonalização (*shading*), transparência, sombra e *anti-aliasing* às superfícies dos objetos.

Para resolver o problema da remoção das superfícies escondidas surgiram vários algoritmos, dentre eles o *Scanline Z-Buffer* [Myers (1975)] no qual baseia-se este trabalho.

Por ser um algoritmo relativamente rápido, torna-se interessante investir em sua qualidade. A associação das técnicas para obter os efeitos citados acima, contribui muito para o aumento do realismo das imagens sem causar um aumento exagerado do tempo de processamento e dos requerimentos de memória.

O sistema *Scanline* apresentado neste trabalho é um módulo do ambiente PROSIM (Prototipação e Síntese de Imagens Foto-Realistas) em desenvolvimento pelo grupo de Computação de Imagens do DCA-FEE-UNICAMP [Preto e Magalhães (1991)].

¹Entende-se o termo "cena", no contexto deste trabalho, como o conjunto de todos os elementos considerados na computação de uma imagem (objetos, observador, fontes de luz).

2 O algoritmo Scanline Z-Buffer

Os algoritmos *Scanline* operam na precisão do espaço-imagem, ou seja, nas coordenadas do dispositivo de visualização e baseiam-se nos princípios de ordenação e coerência [Sutherland et al. (1974)].

O algoritmo *Scanline Z-Buffer* utiliza a mesma idéia do algoritmo *Z-Buffer* [Catmull (1975)] sendo que o primeiro analisa a cena a cada linha de varredura e o segundo analisa aleatoriamente. O problema tridimensional passa a ser bidimensional, ou seja, a cada linha obtém-se um plano (XZ) que varre a cena e o algoritmo concentra-se na análise deste plano.

As superfícies dos objetos tratados por este algoritmo são poligonais, sendo os objetos definidos por um conjunto de polígonos (faces) que por sua vez, são definidos por arestas.

3 Tonalização

Os modelos de iluminação [Foley et al. (1990)] determinam a intensidade em um ponto específico da superfície. Entretanto, estes não fornecem informações suficientes para o cálculo da completa distribuição da luz ao longo de uma superfície.

Os algoritmos para tonalização de superfícies buscam solucionar este problema de diversas maneiras. Foram implementados os algoritmos de Bouknight [Bouknight and K. Kelley (1970)], Gouraud [Gouraud (1971)] e Phong [Phong (1975)].

O primeiro calcula a intensidade uma vez para cada polígono proporcionando intensidade constante (fig.[1] e os cubos da fig.[3]). O segundo calcula a intensidade nos vértices dos polígonos e a partir da

interpolação linear destes valores obtém-se as intensidades dos pontos interiores. Fornece bons resultados exceto em regiões de alta reflexão especular² (fig.[2] e fig.[5]). O algoritmo de Phong calcula a intensidade para cada ponto do polígono e representa muito bem as regiões de alta reflexão especular (cilindros da fig.[3]).

4 Transparência

Este efeito é de grande importância para a obtenção de realismo. Os algoritmos de transparência usados com maior frequência [Mammen (1989), Greenberg and Kay (1979)] são os lineares devido a simplicidade da implementação e o baixo custo computacional. Estes utilizam uma função linear para simular efeitos de transparência que considera apenas o coeficiente de transparência do objeto.

Com o objetivo de melhorar a qualidade surgiram os algoritmos não-lineares que suprem algumas deficiências dos anteriores. Estes consideram que a quantidade de luz transmitida através de uma camada transparente depende da espessura da camada que o raio de luz atravessa.

5 Fontes de Luz

A possibilidade de usar tipos variados de fontes de luz amplia as opções do usuário. Através da manipulação de alguns componentes da equação de iluminação, obtém-se o controle da região iluminada e da intensidade, proporcionando a simulação de diferentes fontes de luz [Verbeck and Greenberg (1984)].

Implementou-se as fontes do tipo ambiente, pontual, pontual "spot" e direcional. A primeira provém da interação luminosa entre os objetos da cena e foi aproximada por uma constante. A segunda é definida por uma posição no espaço de onde partem os raios de luz que se espalham em todas as direções. A pontual "spot" é uma caso particular da pontual onde limita-se a região de espalhamento dos raios. A última é considerada no infinito, sendo definida pela direção de atuação, portanto, os raios são paralelos e atuam da mesma maneira sobre todos os objetos.

As figuras [1], [2] e [6] são iluminadas por uma fonte pontual, as figuras [3] e [5] por duas fontes pontuais e a figura [4] por uma fonte direcional e uma fonte "spot".

6 Sombra

A simulação de sombras contribui para o aumento do realismo, além de fornecer a noção de profundidade e das relações entre os objetos.

²Regiões que contém os pontos de brilho ou *highlights*.

A sombra ocorre quando raios de luz provenientes de uma fonte encontram um objeto e são parcialmente ou totalmente obstruídos pelo mesmo, não atingindo ou atingindo parcialmente outro objeto que esteja atrás e que seja visível ao observador. Se o objeto interceptor for opaco, o objeto localizado atrás deste estará em sombra. Se for transparente, o objeto de trás será parcialmente iluminado em função do coeficiente de transparência.

Diversos métodos para a obtenção de sombra têm sido propostos na literatura [Crow (1977), Begeron (1986)], porém, para os algoritmos *Scanline* as opções são mais restritas devido ao fato destes tratarem uma linha de varredura por vez.

O método implementado no *Scanline-PROSIM* baseia-se no trabalho de Begeron [Begeron (1986)] e busca reduzir os cálculos requeridos. A sobreposição de sombras é feita naturalmente sem restrições quanto ao número de fontes de luz. A figura [6] mostra sombras de objetos iluminados por uma fonte pontual.

7 Resultados Obtidos e Comentários Finais

As técnicas citadas neste trabalho provocaram um considerável melhoramento na qualidade da imagem em relação a versão anterior do sistema de *Scanline* [Hounsell e Magalhães (1990)], sem contudo aumentar exageradamente o tempo de processamento.

A técnica para obtenção de sombra está em fase de teste e está sendo implementada a técnica para *antialiasing*. O apêndice no final deste trabalho contém algumas imagens simples que foram produzidas pelo algoritmo implementado e têm o objetivo de mostrar os melhoramentos obtidos.

O equipamento utilizado foi uma estação de trabalho SUN SPARC station 370 com placa gráfica GXP e capacidade para representar cores em 24 bits e um monitor colorido com resolução de 1152 X 900 *pixels*.

Para fins comparativos foram feitos alguns testes com o objetivo de analisar o tempo de processamento de acordo com o nível de complexidade dos objetos. A cena de teste possui resolução de 400 X 400 *pixels* e é composta pelos seguintes objetos:

- Uma esfera formada por 760 polígonos planos e 1269 arestas.
- Um polígono, localizado atrás da esfera, onde se projeta a sombra.

A seguinte tabela ilustra os resultados, onde:

"tonaliz." é o modelo de tonalização.

"transp." significa que a esfera é transparente.

"somb." significa que é calculada a sombra.

"n_f" é o número de fontes de luz.

"tempo" é o tempo gasto para processar a cena.

tonaliz.	transp.	som.	n_f	tempo
<i>Bouknight</i>	não	não	1	14 seg.
	sim	não	1	24 seg.
	não	sim	1	27 seg.
	não	sim	2	45 seg.
	não	sim	3	60 seg.
<i>Gouraud</i>	não	não	1	16 seg.
	sim	não	1	26 seg.
	não	sim	1	28 seg.
	sim	sim	1	38 seg.
	não	sim	2	48 seg.
	não	sim	3	69 seg.
<i>Phong</i>	não	não	1	19 seg.
	sim	não	1	34 seg.
	não	sim	1	32 seg.
	não	sim	2	54 seg.
	não	sim	3	75 seg.

Observa-se na tabela acima que o tempo de processamento varia muito pouco com o uso dos diferentes algoritmos de tonalização. Entre o processamento de objetos opacos e transparentes, a diferença é mais acentuada, ocorrendo um aumento aproximado entre 60% e 80% do tempo devido aos cálculos de transparência. O processamento de objetos opacos com sombra implica em um aumento entre 70% e 90% do tempo em relação a objetos opacos sem sombra.

Por sua vez os objetos transparentes e com sombra sofrem um aumento proporcional a soma dos tempos individuais de sombra e transparência, resultando em um aumento total de cerca de 240% (para esta situação não foram testados ainda muitos casos). Observa-se também que o aumento do tempo de processamento é aproximadamente proporcional ao aumento do número de fontes de luz.

A vantagem principal do uso deste módulo dentro do ambiente PROSIM é o baixo tempo empregado no processamento em relação aos módulos Ray-Tracing [Bannwart *et al.* (1989)] e Radiosidade [Queiroz e Magalhães (1991)]. Também foi incorporado ao Sistema de Animação em desenvolvimento no ambiente PROSIM, para a geração das sequências de imagens.

O *Scanline* pode ser usado tanto como um módulo pré-visualizador, onde o usuário rapidamente cria as imagens a fim de verificar se está de acordo com o que idealizou, para posteriormente visualizar através de outros módulos³, bem como para gerar

³Os módulos de *Ray-Tracing* e Radiosidade são muito mais caros que o *Scanline* no que se refere ao tempo de processamento, no entanto, produzem imagens com mais realismo pois

as imagens finais. Esta escolha fica a critério do usuário e será determinada em função do objetivo da aplicação.

8 Referências

C. Z. Bannwart, H. Madeira e L. P. Magalhães, "PROSIM - Projeto em Síntese de Imagens", *Anais do II SIBGRAPI* 395-400, 1989.

P. Begeron, A general version of crow's shadow volumes, *IEEE Computer Graphics and Applications* September 17-28, 1986.

W. J. Bouknight and K. Kelley, An algorithm for producing half-tone computer graphics presentation with shadows and movable light sources, *Sprint Joint Computer Conference - AFIPS Proc.* 36 1-10, 1970.

E. E. Catmull, Computer display of curved surfaces, *IEEE Conf. Computer Graphics, Pattern Recognition and Data Structures* May, 11-17, 1975.

F. Crow, Shadow algorithms for computer graphics, *Computer Graphics* 2 442-448, 1977.

J. Foley, Dam van, S. Feiner and J. Hughes, *Computer Graphics Principles and Practice* Addison Wesley, 1990.

H. Gouraud, Continuous shading of curved surfaces, *IEEE Transactions on Computers* 6 1971.

D. Greenberg and D. S. Kay, Transparency for computer synthesized images, *ACM Transactions on Graphics* 4 1979.

M. S. Hounsell e L. P. Magalhães, *Relatório Técnico - RT-DCA-005/90-FEE UNICAMP*, 1990.

A. Mammen, Transparency and antialiasing algorithms implemented with the virtual maps technique, *IEEE Transaction on Computer Graphics* May, 1989.

A. J. Myers, An efficient visible surface program, *Report to the NSF*, Ohio State University Computer Graphics Research Group, July, 1975.

B.T. Phong, Illumination for computer generated pictures, *Communications of the ACM* 8 311-317, 1975.

T. M. Preto e L. P. Magalhães, *Relatório Técnico - RT-DCA-028/91-FEE UNICAMP*, 1991.

M. S. Queiroz e L. P. Magalhães, O método radiosidade em um ambiente de síntese de imagens foto-realísticas, *Anais do IV SIBGRAPI* 157-166, 1991.

I. E. Sutherland, R. F. Sproull and R. A. Schumacker, A characterization of ten hidden-surface algorithms *Computing Surveys* 6 1-55, 1974.

C. Verbeck and D. Greenberg, A comprehensive light source description for computer graphics, *IEEE Computer Graphics and Applications* 7 66-75, 1984.

consideram algumas características do ambiente e dos objetos que não é possível ao *Scanline* considerar.

Apêndice

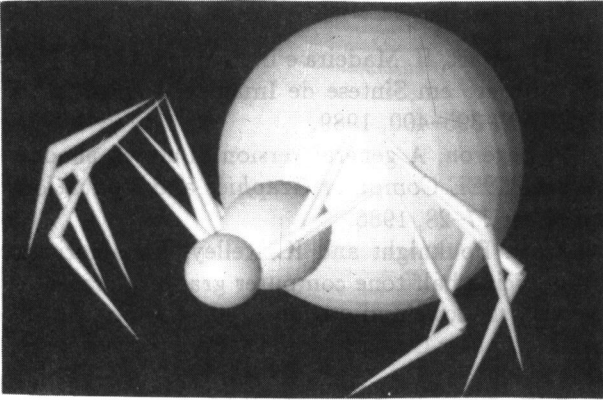


Figura 1: Ton. de Bouknight e Fonte Pontual - Criação de Luciana M. Silveira.

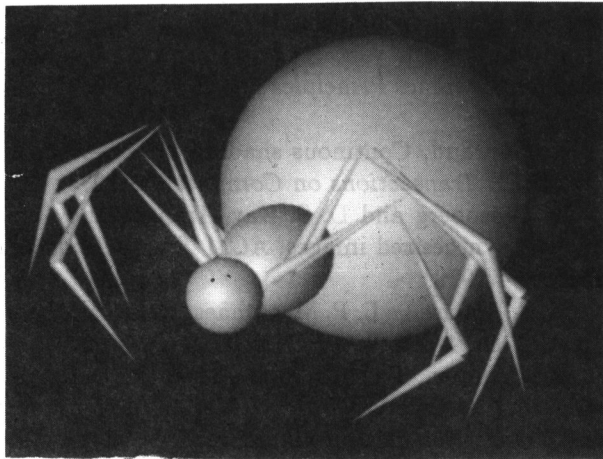


Figura 2: Ton. de Gouraud e Fonte Pontual - Criação de Luciana M. Silveira.

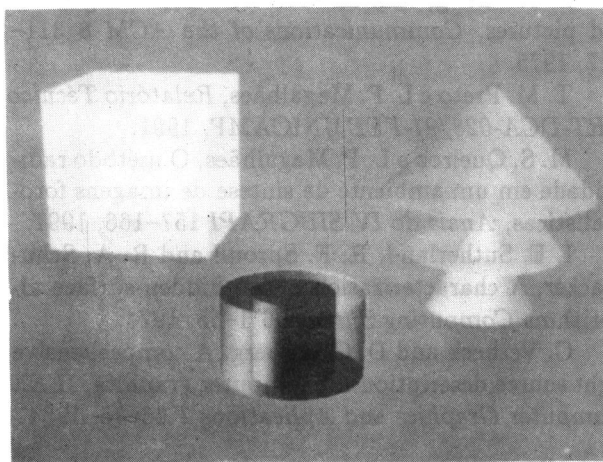


Figura 3: Transparência e Ton. de Bouknight, Phong e Gouraud (esq. p/ dir.).

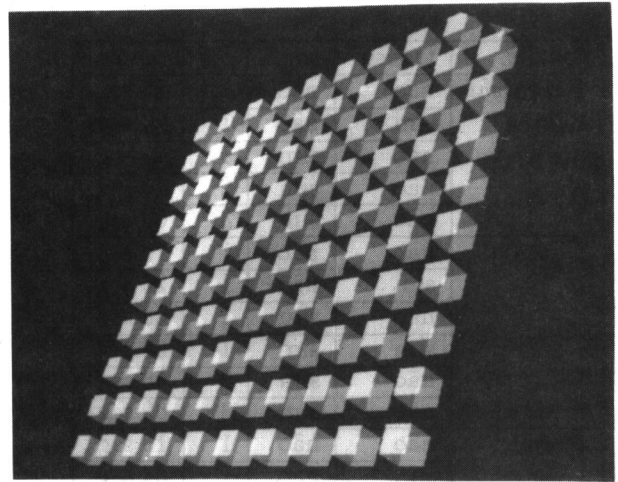


Figura 4: Transparência, fontes Spot e Direcional.

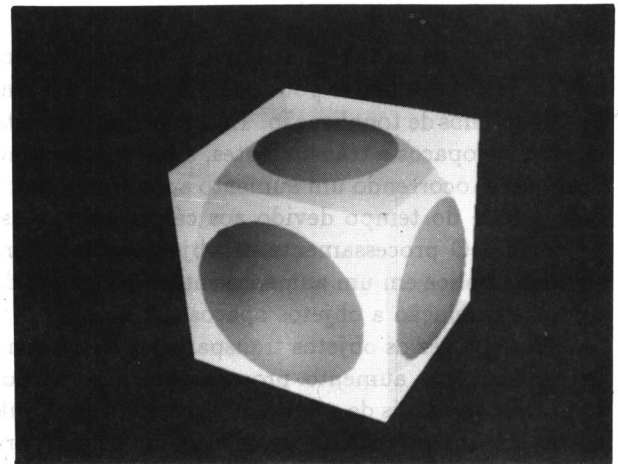


Figura 5: Transparência e Ton. de Gouraud.

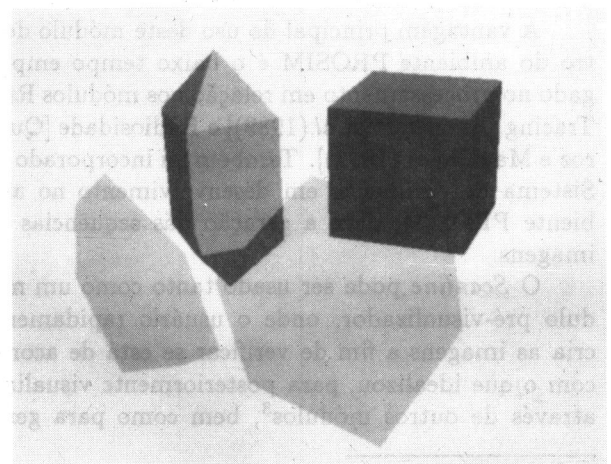


Figura 6: Sombra com uma fonte Pontual.