

Mapeamento de Geometrias a partir de Texturas em Tempo Real

Gabriel N. Lima, Harlen C. Batagelo,
João Paulo Gois

Centro de Matemática, Computação e Cognição, UFABC,
09210-170, Santo André, SP
E-mail: gabriel.nobrega.lima@gmail.com

Palavras-chave: *Computação Gráfica, Normal Mapping, Parallax Mapping, Relief Mapping*

Resumo: *Este trabalho realiza uma análise e comparação de métodos utilizados em jogos para o mapeamento de detalhes geométricos a partir de texturas.*

1 Introdução

O nível de detalhes em modelos geométricos computacionais é diretamente proporcional ao número de vértices da malha que o define. Um grande número de vértices demanda alto custo computacional, o que não é desejável em aplicações que dependam do processo de síntese de imagens em tempo real.

Para se garantir a síntese de imagens de cenas complexas em tempo real, foram propostos métodos que utilizam o modelo de iluminação Phong [3] em conjunto com técnicas de mapeamento de texturas em modelos geométricos com número reduzido de vértices.

Uma das primeiras técnicas propostas é conhecida por *Normal Mapping* [1]. Ela utiliza uma textura auxiliar em que cada *texel* armazena um vetor normal correspondente ao *texel* da textura difusa. O produto destas informações é a geração de uma percepção geométrica a partir de uma textura sobre um modelo geométrico simplificado. Isto permite a percepção de rugosidades, isto é, a ilusão de relevos complexos a baixo custo computacional. Contudo, o *Normal Mapping* tem sua qualidade degradada à medida que o ângulo entre o raio de visão e o plano de textura diminui. Para evitar este problema, diversas técnicas têm sido propostas, as quais são abordadas e comparadas neste trabalho.

2 Problema Generalizado

Um *Mapa de Níveis* representa o “relevo” da superfície. Ele permite determinar as regiões que devem estar visíveis a um observador mesmo quando o ângulo entre o raio de visão e o plano de textura é pequeno.

A Figura 1 apresenta um Mapa de Níveis sobre o plano de textura, e orienta o problema da determinação do pixel na coordenada (u, v) que deve estar visível ao observador. Encontrando a interseção $(u', v', h(u', v'))$ com o raio de visão, onde $h(x, y)$ é a altura nas coordenadas (x, y) , pode-se determinar que em (u, v) o observador deve visualizar as cores pertencentes ao pixel (u', v') . Isto permite que o observador perceba obstruções sem a necessidade de uma malha complexa. Contudo, como Mapas de Nível são discretos, estimar a interseção com a superfície passa a depender de métodos matemáticos de reconstrução de superfície e de cálculo de interseção. Como o tempo computacional é fundamental para aplicações em tempo real, o

problema passa a ser encontrar métodos eficientes para se estimar a superfície reconstruída e consequentemente o parâmetro t na Eq. (1):

$$(u', v', h(u', v')) = (u, v, 0) + t(Vx, Vy, Vz). \quad (1)$$

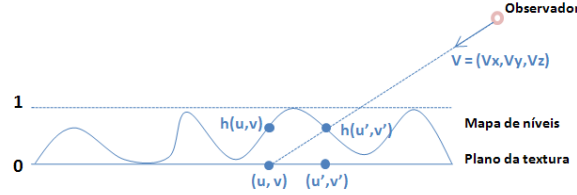


Figura 1: O problema da determinação do *texel* visível ao observador de acordo com a descrição do Mapa de Níveis.

3 Análise dos Métodos

O *Parallax Mapping* [2] aborda o problema da interseção, supondo que o Mapa de Níveis é sempre constante em uma vizinhança ($h(u', v') = h(u, v)$). Isto permite obter a seguinte equação a partir da Eq. (1):

$$(u', v') = (u, v) + \frac{h(u, v)}{Vz} (Vx, Vy). \quad (2)$$

Esta aproximação é boa para ângulos médios e grandes entre o raio de visão e o plano de textura. Porém se torna aleatória a pequenos ângulos causando distorções, já que $\lim_{Vz \rightarrow 0} \frac{1}{Vz} = \infty$.

O *Parallax Mapping with Offset Limiting* [7] propõe o uso de um deslocamento constante de $h(u, v)$, fazendo $\frac{1}{Vz} = 1$. Isto permite resultados semelhantes ao *Parallax Mapping*, bem como o desaparecimento das distorções e a economia de uma operação de multiplicação. Para obter melhores aproximações o *Parallax Mapping with Slope Information* [5] considera que o relevo descrito pelo Mapa de Níveis não é constante nas proximidades de (u, v) e utiliza os vetores normais do *Normal Mapping* para projetar um plano de normal $\vec{N}(u, v)$ que passa por $(u, v, h(u, v))$ e intercepta o raio de visão para obter t , dado pelas equações:

$$\begin{aligned} \vec{N} \cdot ((u, v, 0) + t(Vx, Vy, Vz)) &= \vec{N} \cdot (u, v, h(u, v)) \Rightarrow \\ t &= \frac{Nz \times h(u, v)}{\vec{N} \cdot \vec{V}} \end{aligned} \quad (3)$$

Substituindo t na Eq. (1), obtemos sua expressão geral. No entanto, distorções ocorrem, pois

$$\lim_{\vec{N} \cdot \vec{V} \rightarrow 0} \frac{1}{\vec{N} \cdot \vec{V}} = \infty,$$

o que nos obriga a utilizar uma “aproximação segura”, tomando $t = Nz \times h(u, v)$. O *Iterative Parallax Mapping* [5] propõe uma versão iterativa do *Parallax Mapping with Slope Information*, o que aumenta sua precisão. Porém, ambos não garantem o encontro da interseção em todos os casos.

Uma forma natural de se determinar a interseção entre a superfície e o raio é utilizar o princípio do *ray-casting*. Para isto, utiliza-se algoritmos de busca. O método de busca linear oferece bons níveis de precisão e garante o encontro da interseção. Porém demanda alto custo computacional. O método de busca binária oferece bons níveis de precisão sob baixos custos

computacionais. No entanto, o encontro da interseção não é garantida, principalmente a pequenos ângulos entre o raio de visão e o plano de textura. Tais métodos de busca possuem deficiências e normalmente são utilizados em conjunto com outras técnicas.

O *Relief Mapping* [4] é uma técnica definida em duas fases: a primeira aplica iterações da busca linear de modo a determinar o intervalo do raio que contém a interseção em seu interior; a segunda executa uma busca binária neste intervalo, encontrando a interseção. Esta técnica explora as vantagens de ambos os métodos de busca, garantindo o encontro da interseção a baixos custos computacionais.

O *Parallax Occlusion Mapping* [6] propõe que a segunda fase do *Relief Mapping* seja substituída por uma interpolação linear dos extremos do intervalo definido pela primeira etapa. Isto permite resultados semelhantes ao *Relief Mapping* a custos computacionais inferiores.

4 Considerações Finais

Os métodos baseados em *ray-casting* simulam de forma satisfatória o efeito de oclusão. Em particular, o *Parallax Occlusion Mapping* e o *Relief Mapping* obtiveram os melhores resultados garantido o encontro da interseção com boa precisão e a custos computacionais viáveis. Os métodos de busca são inviáveis quando utilizados separadamente. A busca linear obtém bons níveis de qualidade, porém requisita alto custo computacional. A busca binária é rápida, mas gera distorções nos casos onde são evidenciados pequenos ângulos entre o raio de visão e o plano de textura. Os demais métodos obtiveram resultados inferiores, a pequenos custos computacionais. Dentre eles, destacamos o *Iterative Parallax Mapping* que apresentou bons níveis de qualidade a um número reduzido de iterações. O *Parallax Mapping with Slope Information* por sua vez obteve resultados satisfatórios na maioria dos casos, contudo inferiores ao *Iterative Parallax Mapping*. Por fim, o *Parallax Mapping* e o *Parallax Mapping with Offset Limiting* obtiveram os piores resultados, sobretudo evidenciaram os menores custos computacionais.

Agradecimentos

O terceiro autor deste trabalho agradece ao CNPq e a FAPESP pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] R. Fernando and M. J. Kilgard. *The Cg Tutorial: The Definitive Guide to Programmable Real-Time Graphics*. Addison-Wesley Professional, 2003.
- [2] T. Kaneko, T. Takahei, M. Inami, N. Kawakami, Y. Yanagida, T. Maeda, and S. Tachi. Detailed shape representation with parallax mapping. In *205–208*, 2001.
- [3] B. T. Phong. Illumination for computer generated pictures. *Communications of the ACM*, 18:311–317, 1975.
- [4] F. Policarpo, M. M. Oliveira, and J. a. L. D. Comba. Real-time relief mapping on arbitrary polygonal surfaces. In *Proceedings of the 2005 symposium on Interactive 3D graphics and games*, 2005.
- [5] M. Premecz. Iterative parallax mapping with slope information. In *In Central European Seminar on Computer Graphics*, 2006.
- [6] N. Tatarchuk. Dynamic parallax occlusion mapping with approximate soft shadows. In *In SIGGRAPH 06: ACM SIGGRAPH 2006 Courses*, ACM, 2006.
- [7] T. Welsh. Parallax mapping with offset limiting: A perpixel approximation of uneven surfaces. Technical report, 2004.