# Textura de superfícies implícitas com sistemas de partículas

Ruben Zonenschein[1] Jonas Gomes[1] Luiz Velho[1] Luiz Henrique de Figueiredo[2]

[1]IMPA–Instituto de Matemática Pura e Aplicada
Estrada Dona Castorina 110, 22460-320 Rio de Janeiro, RJ, Brasil
ruben,jonas,lvelho@visgraf.impa.br

[2]TeCGraf – Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica, Departamento de Informática, PUC–Rio
Rua Marquês de São Vicente 225, 22451–041 Rio de Janeiro, RJ, Brasil
lhf@icad.puc-rio.br

**Abstract.** We present a new method for applying texture onto implicit surfaces. The method tracks particles associated with the gradient vector field of the implicit function. Unlike others methods, this approach gives effective tools for controlling the placement of the applied texture.

## 1 Introdução

O problema de se aplicar uma textura plana a uma superfície é essencialmente um problema de associação entre os pontos do objeto e os atributos de um espaço de textura. Tal problema implica em uma mudança de sistemas de coordenadas.

Quando a superfície a ser texturizada é descrita parametricamente, essa correspondência é dada pela própria função de parametrização. Nesse caso, o mapeamento pode ser controlado manualmente. Em geral, não temos uma parametrização global do objeto, mas sim um conjunto de parametrizações definidas em uma partição do objeto. Portanto, o controle das coordenadas de textura é extremamente trabalhoso para o usuário. Seria desejável um mecanismo mais poderoso e interativo.

Uma superfície implícita é o conjunto de pontos que satisfazem uma equação $F(x, y, z) = c$. Neste caso, não temos um sistema global de coordenadas na superfície que possa ser associado ao sistema de coordenadas da textura. Uma solução é utilizar uma textura tridimensional [1]. A correspondência entre os pontos da superfície e a textura é geralmente a identidade e poucas formas de controle são possíveis no mapeamento. Um segundo método baseia-se em uma projeção (ortogonal, cilíndrica, esférica, etc.) a partir de uma textura bidimensional [2]. Como num projetor de *slides*, os atributos de textura são obtidos pela interseção dos raios com a superfície. Dependendo da superfície e do tipo de projeção, este mapeamento pode associar o mesmo atributo de textura a todos os pontos que interceptam um mesmo raio, o que muitas vezes é indesejável. Vamos descrever um método eficaz para aplicar uma textura bidimensional a uma superfície implícita, permitindo ao usuário um bom grau de controle do mapeamento.

## 2 O Método

Em nosso método, estabelecemos a correspondência entre os pontos da superfície implícita e os atributos de textura com auxílio de um sistema dinâmico gerado a partir do modelo implícito.

Os pontos da superfície são tratados como partículas que se movimentam em direção a um objeto auxiliar, utilizado como suporte para a textura bidimensional. Simulando este sistema físico, obtemos coordenadas de textura para um ponto da superfície pela interseção da trajetória da partícula correspondente com a superfície de suporte da textura.

O método é composto dos seguintes passos:

1. Um sistema dinâmico de partículas é gerado a partir do modelo implícito.
2. Pontos da superfície implícita são escolhidos como posição inicial de partículas introduzidas no sistema dinâmico.
3. O atributo de textura de cada ponto na superfície é "lido" na interseção da trajetória da partícula correspondente com a superfície de suporte da textura.

## 3 Modelo Implícito e Sistemas Físicos

O campo gradiente da função que define a superfície implícita, $\nabla F(x, y, z) = (\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial x})$, pode ser interpretado como um campo de forças que irá governar o comportamento de um sistema físico de partículas. O movimento de uma partícula é dado pela equação diferencial

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \gamma \frac{dx}{dt} + \nabla F = 0,$$

onde $\gamma$ é uma constante de "viscosidade" [3].

## 4 Mapeamento de Textura por Simulação

Uma vez definido o esquema de mapeaento, precisamos escolher os pontos da superfície que serão submetidos ao sistema dinâmico. A primeira opção seria utilizar a técnica de *ray-casting* na qual cada ponto visível da superfície participaria do sistema de partículas. Como essa opção é cara computacionalmente, optamos por selecionar pontos em uma aproximação poligonal da superfície. Vários métodos para aproximação poligonal de superfícies implícitas existem na literatura [4]. Usaremos a parametrização por partes da superfície induzida por uma tal aproximação para fazer a atribuição das coordenadas de textura.

Inicialmente, as partículas estão nos vértices dos polígonos. A trajetória de cada partícula é gerada pela integração numérica da equação de movimento. A cada passo da integração, testamos a posição de cada partícula para detectar quando a sua trajetória cruza a superfície de suporte da textura. A interseção fornecerá a coordenada na textura para o ponto da superfície implícita correspondente ao início da trajetória. Após a simulação, uma interpolação linear dentro de cada polígono completa a texturização da superfície.

## 5 Controle

Como definido acima, o mapeamento da textura depende das posições da superfície implícita e da superfície de suporte da textura. Uma vez posicionadas, o sistema dinâmico se comportará de forma única e apenas um resultado de texturização será obtido.

A principal característica de um sistema físico de partículas é seu próprio comportamento dinâmico, que depende tanto de forças internas (massa, posição e velocidade iniciais) quanto externas (ação de outras forças e do meio).

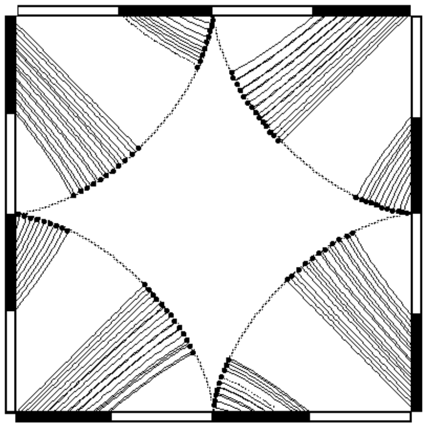
Em nosso método, a força interna é dada pelo campo gradiente da função implícita. O controle da trajetória das partículas pode ser feito através de forças externas. A inserção de atratores e repulsores, por exemplo, permite manipular localmente o resultado final do mapeamento. Além disso, nosso método utiliza uma superfície de suporte para a textura. Se tal superfície tiver uma descrição implícita, poderemos combinar o seu campo gradiente com o da superfície implícita a ser texturizada. O campo combinado influenciará o mapeamento da textura tanto localmente quanto globalmente.

## 6 Exemplo

Apresentamos na figura abaixo um exemplo 2D do comportamento do método. Para melhor visualização do comportamento das trajetórias, selecionamos faixas de amostras da superfície. A superfície de suporte da textura é um quadrado; a superfície implícita é a supercônica:

$$F(x,y) = \left( \left(\frac{x}{a_1}\right)^{\frac{2}{e_2}} + \left(\frac{y}{a_2}\right)^{\frac{2}{e_2}} \right)^{\frac{e_2}{e_1}} - 1,$$

com $a_1 = 1$, $a_2 = 1$, $e_1 = 1$, $e_2 = 3$.



## 7 Conclusão

Apresentamos um método para texturizar superfícies implícitas no qual o problema clássico de mudança de sistemas de coordenadas é substituído por um sistema dinâmico de partículas associado ao campo gradiente da função que define a superfície. Novos componentes podem ser introduzidos no sistema dinâmico para controlar localmente o mapeamento da textura. Até o momento, implementamos o método em 2D; resultados em 3D estão em andamento.

## Referências


[1] G. Wyvill, C. McPheeters, B. Wyvill, "Solid texture of soft objects", *IEEE Computer Graphics and Applications* **7** (1987) 20–26.

[2] A. Barr, "Decals", in: *State-of-the-Art in Image Synthesis*, SIGGRAPH Course Notes (1983).

[3] L. H. de Figueiredo, J. Gomes, "Physically-based sampling of implicit objects", *Anais do V SIBGRAPI* (1992) 81–87.

[4] L. Velho, "Adaptive polygonization made simple", *Anais do VIII SIBGRAPI* (1995).