

Estudo Comparativo nos Métodos de Geração de Esqueletos

Cassia I. G. Silva

Flávia D. Ferreira

Instituto de Matemática e Estatística, IME-UERJ

20550-900, Rio de Janeiro, RJ

E-mail: cassiaisac@gmail.com flaviauerj@gmail.com

Aruquia B. M. Peixoto

Carlos A. de Moura

Departamento de Engenharia Mecânica Instituto de Matemática e Estatística

Pontifícia Univ. Católica do R. de Janeiro Univ. do Estado do R. de Janeiro

22453-900 Rio de Janeiro, RJ

20550-900, Rio de Janeiro, RJ

E-mail: aruquia@gmail.com

demoura@ime.uerj.br

RESUMO

Curvas de esqueletos são estruturas que constroem representações geométricas e topológicas de objetos tri ou bidimensionais. A extração de curvas de esqueletos a partir de objetos tridimensionais tem sido recentemente um importante tópico de pesquisa em computação gráfica.

Um esqueleto é uma função real $f : \mathbb{R}^3(\mathbb{R}^2) \mapsto \mathbb{R}$ que mapeia os pontos de uma estrutura volumétrica (ou de uma superfície tridimensional) levando-os em uma curva. Um esqueleto deve manter as características topológicas do corpo que representa, como a conexidade, pois se não for preservada a sua topologia fica impossível a reconstrução. Pode ocorrer, por exemplo, uma modificação no esqueleto que não apresente uma modificação equivalente na malha, que é a aproximação de superfícies gerada por polígonos.

Uma das principais aplicações dos esqueletos é em animação. Para tal a malha é esqueletizada de tal forma que, quando a curva for movimentada, a malha se comporte de modo coerente.

Um caminho para gerar esqueletos de objetos tridimensionais tem sido o de construir uma curva por meio do *Eixo Medial*. Para objetos bidimensionais, o eixo medial é definido como o lugar geométrico dos centros das circunferências de raios máximos contidas no objeto. Em três dimensões, é o lugar geométrico dos centros das esferas de raios máximos circunscritas à superfície. Assim, com esse método, os esqueletos sempre vão estar contidos nos objetos, o que não ocorre com todos os métodos de esqueletização.

Os métodos para extração de curvas de esqueletos podem ser classificados em duas categorias: *volumétricos e geométricos*. Os métodos volumétricos discretizam um campo função definida no espaço tridimensional. Estes métodos compartilham o transtorno da perda potencial de dados numéricos e falta de estabilidade causadas por uma discretização inadequada. Os métodos geométricos geralmente se aplicam a objetos representados por malhas poligonais ou em séries de pontos dispersos num espaço contínuo. Os algoritmos dos métodos volumétricos são construídos a partir de iterações, as quais consomem um tempo considerável de processamento. Já os algoritmos dos métodos geométricos, como o *Reeb graph*, encontram os pontos críticos, ligando-os de uma só vez, ou seja, são métodos diretos. Os métodos volumétricos estão sempre interessados em preservar a topologia do objeto visando a reconstrução posterior do sólido original, enquanto os métodos geométricos se dedicam ao esqueleto central (ou seja, a linha poligonal que estrutura o objeto em si), para futuras aplicações.

Os métodos estudados foram geométricos (o método da erosão ou *thinning* e o método da transformada de distância) e volumétricos (o *Reeb Graph* e o método do diagrama de Voronoi).

A partir das representações, o método *thinning* vai, por meio de iterações, removendo a fronteira do objeto, camada por camada, enquanto o método da transformada calcula uma distância entre os pontos da borda do objeto e os pontos interiores à superfície. Dessa forma o esqueleto fica definido pelos pontos equidistantes dos pontos da borda.

Baseamos nossas comparações nos resultados obtidos pela esqueletização por cada método.

Uma das aplicações do uso de esqueletos é na endoscopia virtual: as curvas de esqueletos são utilizadas para especificar os caminhos livres para navegação através de órgãos humanos. Os métodos tradicionais de um sistema de endoscopia virtual produzem imagens dos órgãos mas o processo de inspeção é feito de uma forma incômoda para o paciente. Já com essa nova técnica, o órgão é esqueletizado e uma câmera é conduzida ao longo deste caminho pela curva-esqueleto, o que permite a inspeção do órgão de modo a reduzir o incômodo. Os métodos de esqueletização também são utilizados em outros tipos de endoscopia, tais como Colonoscopia, Bronquioscopia, Angioscopia e outros.

Palavras-chave: *Esqueletos, Eixo medial, Reeb Graph*

Referências

- [1] Nicu D. Cornea, Deborah Silver, Patrick Min. “Curve-Skeleton Properties, Applications, and Algorithms”, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 13, no. 3, pp. 530-548, May/June 2007, doi:10.1109/TVCG.2007.1002
- [2] M. Sabry Hassouna, Aly A. Farag. “On the Extraction of Curve Skeletons using Gradient Vector Flow”, iccv, pp.1-8, 2007 IEEE 11th International Conference on Computer Vision, 2007
- [3] . Adailson Peixoto, Paulo César P. Carvalho. “Esqueletos de Objetos Volumétricos”. Technical Report MCC 34/00, PUC-Rio, Agosto 2000
- [4] S. Schaefer, C. Yuksel. “Example-based skeleton extraction, Proceedings of the fifth Eurographics symposium on Geometry processing”, July 04-06, 2007, Barcelona, Spain
- [5] Yonggang Shi, Rongjie Lai, Sheila Krishna, Nancy Sicotte, Ivo Dinov, Arthur W. Toga. “Anisotropic Laplace-Beltrami eigenmaps: Bridging Reeb graphs and skeletons”, cvprw, pp.1-7, 2008 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2008
- [6] Oscar Kin-Chung Au, Chiew-Lan Tai, Hung-Kuo Chu , Daniel Cohen-Or, Tong-Yee Lee. “Skeleton extraction by mesh contraction”, ACM Transactions on Graphics (TOG), v.27 n.3, August 2008