Example of IEEEtran.cls, adapted for Sibgrapi 2014

Leandro Botelho*, Augusto Cunha e Thales Vieira
Universidade Federal de Alagoas
*Instituto de Computação, Instituto de Matemática
Maceió, Alagoas.

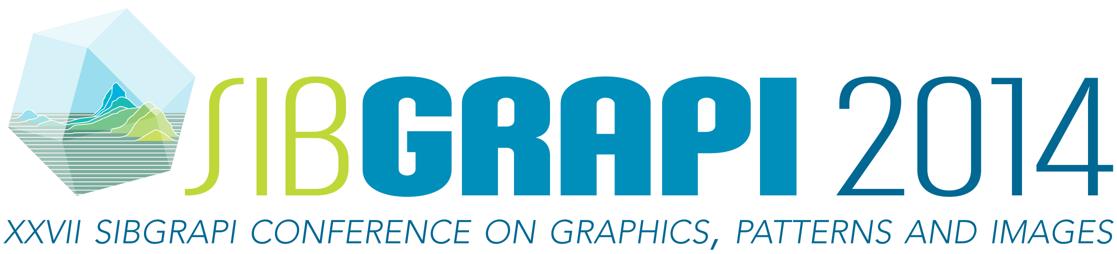

Fig. 1. Teasing result of our method: from this data input (left), the relevant feature are extracted using our technique (middle), producing effective result (right).

***Abstract*—A edição de superfícies suaves representadas por malhas de triângulos no computador é uma área ativa de pesquisa em Modelagem Geométrica, devido à sua gama cada vez maior de aplicações na indústria e no desenho artístico. Porém, a variedade de ferramentas de edição de superfícies disponíveis atualmente ainda é escassa. Problemas como deformação de forma livre, inserção de texturas geométricas, inpainting, reconstrução com restrições, remoção de ruído, reparos, entre outras, carecem de métodos robustos, flexíveis e eficientes que permitam edição interativa e que sejam capazes de reconstruir superfícies de qualidade. Neste trabalho, usamos a representação de superfícies baseada no operador gradiente discreto da malha, para desenvolver novas ferramentas interativas de edição de objetos 3d representados por malhas de triângulos.**

***Keywords*-one or two words; separated by semicolon; from specific; to generic fields;**

I. Introdução

Representação e processamento de objetos 3d é um dos mais importantes tópicos em Computação Gráfica e Modelagem Geométrica. A maneira como um objeto 3d é definido restringe o conjunto de operações que podem ser aplicadas a ele. Diferentes representações de objetos podem exibir diferentes propriedades geométricas, combinatórias e até perceptivas da forma. Uma das representações de superfícies mais pesquisadas nos últimos anos é a que se baseia no operador gradiente discreto em malhas triangulares. Esta representação fornece intrinsicamente as propriedades geométricas destas superfícies, e tem sido muito utilizada para resolver problemas de edição, onde destacamos [1].

No problema de edição de superfícies, deseja-se transformar uma superfície suave, representada no computador por uma malha de triângulos, em uma outra superfície, preservando características como continuidade, suavidade, detalhes, e ao mesmo tempo respeitando restrições impostas pelo usuário. A Figura 1 ilustra o problema.

Porém, a variedade de ferramentas de edição de superfícies disponíveis atualmente ainda é escassa. Problemas como deformação de forma livre, inserção de texturas geométricas, inpainting, reconstrução com restrições, remoção de ruído, reparos, entre outras, carecem de métodos robustos, flexíveis e eficientes que permitam edição interativa e que sejam capazes de reconstruir superfícies de qualidade. No projeto precedente, o operador Laplaciano e gradiente discreto foram estudados, e uma implementação computacional da equação de Poisson foi desenvolvida. Neste projeto, as propriedades do operador gradiente serão investigadas para o desenvolvimento de novas ferramentas de edição interativas de objetos 3d representados por malhas de triângulos. Estas ferramentas serão inspiradas na equação de Poisson, já adotada com sucesso para edição de imagens em [2].

Contributions: This paper proposes a different approach to overcome those difficulties. By introducing and adapting those techniques to this context, we achieve significant improvements on the recent results. In particular, our method can handle this kind of data, and reduces the resource requirements. In our experiments, we evaluate a gain of $xx\%$ and could observe several interesting results that validate and delimit our approach.

A. *Trabalhos Relacionados*

Para o desenvolvimento desse nosso trabalho, percebemos que métodos de edição de superfícies têm uma participação forte na área de Modelagem Geométrica. Podemos visualizar esse tipo de atividade em aplicações envolvendo indústrias ou manipulação de desenhos artísticos.

Durante muitos anos, a abordagem utilizada na literatura, envolvia uma representação baseada em superfícies paramétricas [1], que podem ter uma generalização para domínios de base não regular usando técnicas de subdivisão [2].

Com o crescimento da divulgação dos Scanners 3D, a obtenção de geometrias de superfícies de objetos reais ficou acessível [3]. Porém, esses novos tipos de superfícies apresentam uma amostragem densa e não suave, não sendo os métodos de edição de superfícies já existentes. Devido à isso, houve o surgimentos de novas ferramentas para edição desses tipos de superfícies .

Diversos métodos, surgiram até então para deformação de superfícies. Para o estado da arte dos métodos variacionais lineares, temos [4], principalmente em relação métodos baseados no operador Laplaciano discreto [5] e o Operador Gradiente Discreto [6]; que são versões adaptadas para superfícies diferenciadas, para malhas de triângulos.

Por fim, destacamos diversos problemas de edição que carecem de alternativas robustas e interativas. Ao nosso trabalho, a base de autovetores da matriz laplaciana de superfície é usada para realizar edição por meio de frequências.

II. Visão Geral

Ao longo do desenvolvimento de nosso trabalho, inicialmente utilizamos uma estrutura [7] capaz de manter as informações de geometria, topologia e conectividade de vértices, arestas e faces de uma malha triangular que representa uma superfícies bidimensional no espaço euclidiano.

Com isso implementamos implementamos os operadores Gradiente Discreto e de Laplace- Beltrami Discreto. O operador de Laplace Beltrami Discreto implementado é definido, em cada vértice x_i, por:

$$\triangle_S f(x_i) = \omega_i \sum_{\upsilon_j \epsilon N_1(i)} \upsilon_{ij}(f(x_i) - f_{x_j}) \tag{1}$$

que para cada $\upsilon_j \epsilon N_1(i)$, pertence a vizinhança estrelada de cada X_1.

Para desenvolver esse tipo de ferramentas, focamos na Equação de Poisson:

$$\triangle x' = div\ g_x \tag{2}$$

Esta equação pode ser adaptada para realização de malhas de triângulos, tendo sua versão discreta dada por:

$$G^T M G x^{'} = G^T M g_x \tag{3}$$

Onde:

- G = Uma matriz 3m x n representando o operador gradiente global, que multiplica um vetor de dimensão *n* com os valores discretos das coordenadas f_i dos *n* vértices da malha para obter um vetor de dimensão *m* com os gradientes dos m triângulos da malha.
- M é uma matriz diagonal que contém as áreas dos triângulos.
- g_x representando os gradientes em relação à x (que é generalizado para as outras coordenadas.)

Incorporando condições de fronteira de Dirichlet, é possível fixar regiões da malha (o bordo, em geral), e obter as coordenadas $x^{'}$ que aproximem melhor os gradientes desejados g_x. Uma implementação eficiente deste sistema foi desenvolvida usando-se a decomposição de Cholesky. Para validar inicialmente nossos resultados, tentamos obter gradientes g_x nulos, o que tende a minimizar as curvaturas das regiões selecionadas, fixando-se seu bordo, o que tende a suavizar a superfície. Para mais detalhes, recomendamos o artigo [4].

III. Technical background

In this section, we detail this classical technique. The reader can find a more complete exposition in the work of Paul [8].

A. *Important concept*

An *important concept* is a type of object:

Definition 1 (Important concept). *Given this and that, an object X is an important concept if it respects the following properties…*

B. *Usual adaptation*

This concept has been used for applications similar to ours [8], using the following formulation…

IV. Alinhamento Semi - automático

A. *Iterative Closest Point*

Um dos grandes problemas no desenvolvimento de reconstrução de malhas, com certeza se caracteriza pelo alinhamento de duas malhas parcialmente sobrepostas; com dados pontos iniciais correspondentes para uma relativa transformação.

Para nos auxiliar no problema de alinhamento em relação às duas malhas, utilizamos o algoritmo *Iterative Closest Point* (ICP) [9]; que nos fornece à minimização da distância de cada ponto de uma malha D, a cada ponto correspondente de cada malha M.

TABLE I
PERFORMANCES RESULTS: TIMINGS ARE EXPRESSED IN MILLISECONDS.

Data	Size	Ours	Previous	Gain
Data 1	50	0.1	1 000	x10^3
Data 2	100	0.2	2 000	x10^3
Data 3	500	0.8	10 000	x10^3
Data 4	1 000	1.2	20 000	x10^3
Data 5	5 000	1.9	100 000	x10^4
Data 6	10 000	2.1	200 000	x10^4

B. Formulation

C. Solution

D. Initialization and tuning

V. RECONSTRUÇÃO

Após a seleção das correspondências entre a malha principal e a malha do detalhe a ser adicionada e as parametrizações já estarem alinhadas, iremos trabalhar apendas com as parametrizaçãos no $\mathbb{R}^2$. Definimos o conjunto de half-edges do bordo da malha detalhe como $B = he_0, he_1, he_2, \ldots, he_n | \forall n \in \mathbb{N} : O(he_n) = -1$, onde $O()$ retorna o oposto da half-edge HE_n, -1 se não existir e o indice do oposto caso exista, também definimos a poligonal $P = v_0, v_1, v_2, ..., v_n | \forall n \in \mathbb{N} : v_n = vertex(HE_n)$, onde $vertex()$ retorna o vertice da half-edge.

Sendo assim iremos excluir cada triângulo da parametrização da malha principal que intersecta ou é interior à P. Com isso observamos a criação de um componente conexo como podemos ver na [figura 4.1], assim precisamos triangular o espaço entre as parametrizações. Para isto vamos usar uma triangulação com restrições.

A. Triangulação com Restrições

Usaremos a técnica de sweeping(varreduda) para realizar a triangulação, obedecendo o conjunto das arestas da restrição $E = e_0, e_1, e_2, \ldots, e_n | \forall n \in \mathbb{N} : e_n$ é uma aresta da restrição, ou seja, é uma aresta que deve fazer parte da nova triangulação.

B. Equação de Poisson

VI. EXPERIMENTS

We validate our technique through a series of experiments.

First experiment: The first experiment checks this aspect of our method on perfect examples.

Second experiment: The second experiment checks the speedup obtained by the implementation strategy compared to previous technique [8].

Third experiment: The last experiment test our method on real data.

VII. RESULTS AND DISCUSSION

We performed the above-mentioned experiments on the following type of data: ... For each data, we used the following tuning parameters of our method.

TABLE II
QUALITY MEASURES: TIMINGS ARE EXPRESSED IN MILLISECONDS.

Images	PSNR	MSE
Image 1	40.2	0.02
Image 2	30.9	1.02
Image 3	20.1	0.18

A. Performances

We report on Table I the performances of our technique on a computer at xxGhz with this graphic card. We observe that our technique outperforms previous approaches on this kind of data, and an equivalent result on this other kind of data.

Fig. 2. Quality assessment

B. Quality

As observed on Fig. 2, our method achieve good results in this situation. This can be measured by this criterion, and the results are reported on Table II.

C. Limitation

As mentioned in Section IV, we expect our method to suit better this kind of data. On the other kind, this particularity does not fit into our formulation for this and that reason. Indeed, this can be observed in the results of Fig. 2. We plan to improve for that kind of data in future work. However, our technique performed well on this data, which does not respect our condition, since this other aspect reduced the negative impact of its characteristic.

VIII. CONCLUSION

In this paper, we introduced this technique and showed that it is particularly appropriate for that application. We obtained this and that improvements, and plan to extend this application in that direction in future work.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank this colleague and this financing institute.

REFERENCES

[1] G. FARIN, "Curves and surfaces for cagd: a practical guide," *Academic Press*, 1996.
[2] D. SCHRDER, P. ; ZORIN, "Subdivision for modeling and animation," *SIGGRAPH 2000 Course Notes*, 2000.
[3] P. NEUGEBAUER, "Geometrical cloning of 3d objects via simultaneous registration of multiple range images." in *International Conference on Shape Modeling and Applications, Washington, DC : IEEE*, 1997.
[4] M. Botsch and O. Sorkine, "On linear variational surface deformation methods," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 14, no. 1, pp. 213–230, Jan. 2008. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2007.1054
[5] S. LANG, *Analysis I.*, Addison-Wesley, Ed. Massachussets, 1968.

[6] Y. Yu, K. Zhou, D. Xu, X. Shi, H. Bao, B. Guo, and H.-Y. Shum, "Mesh editing with poisson-based gradient field manipulation," *ACM Trans. Graph.*, vol. 23, no. 3, pp. 644–651, Aug. 2004. [Online]. Available: http://doi.acm.org/10.1145/1015706.1015774

[7] M. Lage, T. Lewiner, H. Lopes, and L. Velho, "Che: A scalable topological data structure for triangular meshes," PUC-Rio, Preprint MAT 13/05, May 2005.

[8] *Proceedings of the XXVII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI).* Rio de Janeiro, Brazil: IEEE, August 2014.

[9] Z. Zhang, "Iterative point matching for registration of free-form curves and surfaces," *Int. J. Comput. Vision*, vol. 13, no. 2, pp. 119–152, Oct. 1994. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1007/BF01427149