

Métodos para Tratamento de Incompressibilidade em Simulação de Fluidos Utilizando SPH

Jacques Fagundes Tiago Nobrega Eros Comunello

4Vision Lab – Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) – Florianópolis, SC – Brasil

{jacques.dufa,tigarmo,eros.com}@gmail.com

Abstract. *This paper proposes the implementation and comparison of different methods for treatment of incompressibility in a fluid simulation using the technique Smoothed Particle Hydrodynamics. The main objective is to conduct an experiment to compare the results obtained with each of the methods implemented in terms of incompressibility, time-step and processing time. Also evaluating the possibility of using the General Purpose Graphics Processing Unit to reduce total processing time.*

1. Introdução

A técnica conhecida como SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamics*) ganhou destaque na simulação física de fluidos com Müller, Charypar e Gross (2003) ao desenvolverem uma simulação interativa, na qual um usuário qualquer pode interagir com o fluido, com um realismo visual. Basicamente a técnica consiste em um conjunto de partículas que, ao se movimentarem e interagirem com suas partículas vizinhas, simulam o comportamento de um fluido.

Há diversas pesquisas relatadas na literatura que buscam melhorias para a técnica original de SPH e uma das áreas mais abordadas nesse sentido é o tratamento de incompressibilidade de um fluido. O SPH sofre de um problema de compactação de partículas em regiões com grande variação de pressão (caso das partículas ao fundo de um recipiente qualquer), que prejudica o realismo visual, principal foco da simulação.

2. Abordagem Proposta

Foram pesquisados métodos para a garantia de incompressibilidade no SPH, entre os resultados três foram selecionados para o trabalho proposto. Todos os métodos aparentam ser promissores, entretanto o tempo de processamento é um dos principais fatores a ser avaliado nesse trabalho. A simulação deve permitir interações do usuário, por exemplo, interação em um ambiente virtual de jogos digitais, e fornecer respostas no menor tempo possível (manter uma taxa de quadros por segundo acima de 30). Desta maneira a fluidez da animação deverá manter-se constante.

O primeiro método é o PCISPH (*Predictive-Corrective SPH*), desenvolvido por Solenthaler e Pajarola (2009), o qual consiste em prever a pressão futura de uma partícula e caso o estado futuro não esteja de acordo com um valor máximo de pressão pré-determinado, a partícula atual é corrigida como prevenção. Esse método já se mostra superior, em questão de desempenho, em comparação ao WCSPH (*Weakly Compressible SPH*) desenvolvido por Becker e Teschner (2007), esse referência no tratamento de incompressibilidade.

O segundo método a ser avaliado é o IISPH (*Implicit Incompressible SPH*), proposto por Ihmsen *et al.* (2013). Seu principal diferencial é a utilização de uma forma

discretizada da equação de Poisson. Em contraste com o método anterior, esse leva em conta o cálculo real da força de pressão, melhorando a taxa de convergência geral da simulação. Além disso, é proposto o cálculo do desvio da densidade com base em velocidades em vez de posições, melhorando a robustez da integração de tempo.

O último método foi desenvolvido pela NVIDIA¹ para ser utilizado no seu motor de física PhysX, aplicado a diversos jogos digitais. O método chamado *Position Based Fluid* [Macklin e Müller 2013] é uma variação de outro trabalho conhecido como PBD (*Position Based Dynamic*) desenvolvido por Müller, Hennix e Ratcliff (2006), ao formular e resolver um conjunto de restrições posicionais, o método permite incompressibilidade semelhante à de outras abordagens de SPH, mas herda a estabilidade geométrica do PBD, permitindo grandes *time-steps* adequados para aplicações interativas.

A principio a comparação entre os métodos será feita utilizando três critérios: (i) tratamento de incompressibilidade, o qual deve manter um distanciamento semelhante entre todas as partículas; (ii) manter o maior *time-step* possível para uma simulação mais fluida; e (iii) tempo geral de processamento do algoritmo de SPH utilizando cada um dos métodos (excluindo a etapa de renderização). Ao final, será avaliada a possibilidade de cada um dos métodos ser implementado em GPGPU (*General Purpose GPU*), abordagem que utiliza a GPU (*Graphics Processing Unit*) para implementações de propósitos gerais.

3. Considerações Finais

O projeto encontra-se em fase inicial, na qual a técnica SPH já foi implementada com sucesso e um dos métodos para tratamento de incompressibilidade está em fase de testes. A próxima etapa consiste na implementação dos outros dois métodos, seguida da utilização da GPU para possíveis melhorias de desempenho e por fim a realização de um experimento de comparação para analisar os resultados obtidos.

Um possível cenário de testes será a criação de ambientes virtuais que simulem grandes quantidades de fluidos utilizando cada um dos métodos relatados nesse trabalho, assim possibilitando uma avaliação visual por qualquer pessoa.

Referências

- Becker, M., Teschner, M. (2007). Weakly compressible SPH for free surface flows. In Proceedings of the ACM Siggraph/ Eurographics Symposium on Computer Animation (2007), pp. 209–217.
- Ihmsen M., Cornelis J., Solenthaler B., Horvath C., Teschner M. (2013). Implicit incompressible SPH. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 99, PrePrints, 1.
- Macklin, M., Müller, M. (2013). Position based fluids, ACM Transactions on Graphics (TOG), v.32 n.4.
- Müller, M., Charypar, D., Gross, M. (2003). Particle-based fluid simulation for interactive applications. In SCA '03: Proceedings of the 2003 ACM

¹ <http://www.nvidia.com.br/>

SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation. Eurographics Association, Aire-la-Ville, Switzerland, Switzerland, 154–159.

Müller M., Hennix B. H. M., Ratcliff J. (2006). Position based dynamics. Proceedings of Virtual Reality Interactions and Physical Simulations, 71–80.

Solenthaler, B., Pajarola R. (2009). Predictive-corrective incompressible SPH. In SIGGRAPH '09: ACM SIGGRAPH 2009 papers, ACM, pp. 1–6.