

Análise Comparativa entre Métodos de Detecção de Colisão *Broad* em Ambientes de Realidade Virtual

Ives F. M. S. Moura

Liliane S. Machado

LabTEVE – Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística.
Departamento de Informática, Universidade Federal da Paraíba.

João Pessoa, PB.

E-mail: ivesfmoura@gmail.com, liliane@di.ufpb.br.

Palavras-chave: *Computação Gráfica, detecção de colisões, AABB, OBB.*

Resumo: *Neste trabalho são analisados dois modelos de detecção de colisão, as AABBs e as OBBs, expondo suas peculiaridades, vantagens e desvantagens de uso. Estes modelos são utilizados como pré-teste na verificação de contato entre objetos e são motivo de estudos dentro da Computação Gráfica devido ao seu papel na ativação de eventos e no funcionamento de procedimentos mais complexos. Especificamente, os dois modelos foram comparados quanto à velocidade e precisão do teste e quanto aos efeitos que ocorrem ao se aplicar diferentes transformações geométricas sobre os objetos envolvidos no processo.*

1 Introdução

A criação de cenários virtuais compostos por um grande número de objetos de diferentes formas geométricas e o desenvolvimento dos métodos de interação com esses cenários são problemas tratados pela Realidade Virtual (RV), uma subárea da Computação Gráfica. Um dos objetivos da RV é gerar aplicações que sejam realistas e interativas. Para isso, vários conceitos físicos e matemáticos são envolvidos quando se está projetando um destes sistemas, dentre eles o conceito de colisão.

Colisão é uma configuração em que dois objetos ocupam o mesmo ponto no espaço [1]. Detectar estas colisões é de interesse para a RV porque por meio delas é possível ativar diferentes processos, como retorno de força, rotinas de deformação e ativação de recursos sonoros, dentre outros. O algoritmo força bruta para o teste individual ponto a ponto apresenta alta complexidade ($O(n^2)$) [1] visto que o teste precisa ser realizado múltiplas vezes ao longo da execução da aplicação. Existem outros métodos, chamados *narrow*, que conservam a precisão do teste força bruta e reduzem o custo computacional [2]. Entretanto, para alcançar uma maior redução no custo computacional existem os métodos chamados *broad*, também chamados de métodos de pré-teste de colisão, que desconsideram as propriedades geométricas complexas que os objetos possam vir a ter, como curvatura, não-convexidade, distribuição irregular entre os eixos, etc., através do uso dos chamados Volumes Envolventes (VEs): objetos simples, como caixas ou esferas, que possuem métodos de se averiguar se há intersecção entre eles mesmos e outros VEs. Essa estratégia reduz a precisão do teste, abrindo margem para falsos positivos nos resultados. Se, no entanto, forem combinados os métodos *broad* e *narrow* em um teste de duas fases, com a primeira sendo usada como pré-teste para eliminar os falsos óbvios e a segunda aumentando a precisão dos resultados positivos da primeira, é possível obter uma forma eficiente de tratar o problema de detectar colisões em sistemas de tempo real.

Existe um contrabalanço entre precisão e velocidade dentre os métodos *broad*: quanto mais rápido o teste, menos precisos são os resultados e vice-versa. Neste trabalho, serão discutidos dois métodos *broad*, as AABBs e as OBBs, destacando suas peculiaridades e comparando os resultados obtidos ao se usar cada um deles.

2 Os Volumes Envolventes – AABB e OBB

As AABBs (*Axis-Aligned Bounding Boxes*) são o primeiro tipo de VE analisado. Como o nome sugere, são volumes do tipo caixa que possuem arestas paralelas aos eixos coordenados. A construção desta caixa é feita através da busca pelos valores máximos e mínimos em cada

eixo e o uso deles para calcular o centro (ponto médio) e os tamanhos (distância colinear). As OBBs, por sua vez, também são caixas, mas com eixos arbitrários, que dependem do próprio objeto que será envolvido. A construção da OBB se torna mais complexa por causa da necessidade de selecionar os vetores que formarão os eixos da caixa. Os vetores utilizados neste trabalho são os autovetores da matriz de covariância dos triângulos componentes do objeto envolvido, a qual é calculada utilizando os centróides e as áreas destes triângulos. Os pontos são então projetados nestes eixos e o cálculo do centro e dos tamanhos é feito de forma semelhante ao da AABB [2]. As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, uma AABB e uma OBB construídas para diferentes modelos.

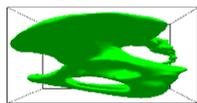


Figura 1: AABB construída para um modelo de osso pélvico.

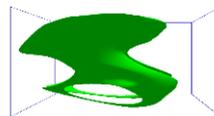


Figura 2: OBB construída para um modelo de medula óssea.

O teste de colisão feito com AABBs é bastante simples devido ao fato de ambos os VEs estarem no mesmo espaço, consistindo apenas em buscar intersecções eixo a eixo. O teste de colisão retorna um resultado positivo apenas se houver intersecção nos três eixos simultaneamente. Este teste não é suficiente para as OBBs, por causa das diferentes bases que elas possuem. Para este VE utiliza-se o chamado Teste do Eixo Separador, que diz que duas caixas estão separadas se a soma dos “raios” projetados das caixas for menor que a distância dos centros projetados. No máximo 15 eixos precisam ser testados para OBBs: os 6 eixos formados pelos vetores das OBBs e 9 eixos formados por produtos vetoriais entre os outros 6 [2].

No que diz respeito às transformações geométricas, o trabalho é simplificado nas AABBs, pois não há necessidade de fazer mudanças de bases. Escalas e translações são aplicadas diretamente na caixa, mas isso não pode ser feito com as rotações, pois a AABB não pode girar, senão perderia o alinhamento com os eixos coordenados. Os tamanhos são então recalculados, para fazer o objeto rotacionado encaixar no volume (Figura 3). Com as OBBs, após se realizarem as devidas etapas relacionadas a mudanças de base, o tratamento das transformações é direto, incluindo a rotação, já que neste caso a caixa pode acompanhar o objeto (Figura 4).

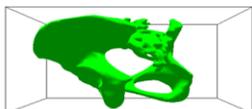


Figura 3: AABB após rotação do objeto com ocasionamento de espaços livres.

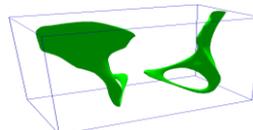


Figura 4: OBB após rotação do objeto. Os tamanhos não são alterados.

3 Resultados

Um conjunto de classes responsável por criar, desenhar, atualizar e fazer os testes de colisão de AABBs e OBBs foi criado. Essas classes foram inseridas em um framework de RV, chamado CyberMed, que tem como objetivo fornecer suporte para simulação de procedimentos cirúrgicos para treinamento médico [4].

As tarefas realizadas pelas classes relacionadas às AABBs são relativamente simples. A construção do VE e o teste de colisão são implementados da forma descrita na sessão 2. Nas classes relacionadas às OBBs o trabalho feito se torna mais complexo devido às necessidades de calcular os eixos do objeto e de fazer mudanças de base. Optou-se por usar o método de Jacobi [3] para calcular os autovetores da matriz de covariância utilizada na criação da caixa. Os tempos de criação do VE e os seus volumes são apresentados na Tabela 1 para alguns modelos.

Observou-se que o teste de colisão de ambos os VEs independe da quantidade de pontos e que o tempo gasto no teste de colisão entre AABBs está contido no intervalo [1 ; 3] μ s e o tempo para o teste entre OBBs está no intervalo [5 ; 15] μ s. Outro aspecto observado foi a variação no volume das AABBs de acordo com o ângulo das rotações. Neste caso, notou-se que o volume da AABB varia de seu tamanho original até o volume obtido quando ocorre uma

rotação de 45° (ou múltiplos ímpares) em algum dos eixos. Para o Objeto 2, por exemplo, o volume da AABB após rotação de 45° é 126468,45 u.v., superando em muito a OBB.

Objeto	Quantidade de pontos	Tempo de criação da AABB	Volume da AABB (em u.v.)	Tempo de criação da OBB	Volume da OBB (em u.v.)
1	824	[0,2 ; 0,8] ms	195124,09	[3,5 ; 10,0] ms	278602,5
2	8036	[2,0 ; 2,5] ms	55613,43	[30,0 ; 35,0] ms	68572,32
3	12070	[3,5 ; 4,0] ms	75311,91	[50,0 ; 55,0] ms	75924,25
4	32144	[9,5 ; 10] ms	55613,43	[150 ; 160] ms	68572,32
5	128576	[37 ; 40] ms	55613,43	[580 ; 620] ms	68572,32

Tabela 1: Comparação entre os VEs implementados em relação ao tempo de criação e ao volume.

4 Conclusão

A definição da técnica de detecção de colisão a ser utilizada em um sistema gráfico é uma parte sensível de um projeto interativo, pois pode afetar a execução do sistema, bem como o funcionamento de outros componentes devido à complexidade computacional e a precisão envolvida neste processo. Neste trabalho, foram realizados estudos com as técnicas de VE baseadas em AABBs e OBBs, consideradas técnicas de pré-teste. O custo dos testes de colisão não pareceu influir de forma significativa nos tempos de execução, visto que a diferença de resultados foi de apenas alguns microssegundos. Entretanto, o custo de criação dos VE mostrou-se um fator a ser observado quando essa tarefa for se repetir várias vezes ao longo da execução. Quanto à precisão do teste, recomenda-se conhecer a distribuição de pontos dos objetos para tomar a decisão, pois para OBBs criadas a partir de matriz de covariância, quanto mais uniforme a distribuição, melhor será a escolha dos vetores da base, aumentando a precisão (podendo ser melhor que as AABBs). Outro ponto que pode influenciar na escolha é o conhecimento de que haverá muitas rotações durante a execução, pois, como se pôde observar, as AABBs perdem precisão considerável devido ao redimensionamento que precisam sofrer.

Observa-se que o presente estudo foi realizado com cenários simplificados, contendo apenas dois objetos. A plataforma utilizada nos testes foi o sistema operacional Fedora 16, sob um computador com CPU AMD Athlon 64 X2 Dual Core, com 1GB de memória RAM e com placa de vídeo Nvidia GeForce 7300 SE com 512MB de memória. Para realização deste trabalho, as técnicas foram implementadas no *framework* CyberMed [4], o que facilitou o desenvolvimento dos cenários de teste. Como consequência, estas técnicas foram incorporadas ao *framework* e encontram-se disponíveis para o desenvolvimento de aplicações de simulação médica (<http://cybermed.sourceforge.net>).

Referências

- [1] G. Bradshaw, C. O’Sullivan, Adaptive Medial-Axis Approximation for Sphere-Tree Construction, em “ACM Transactions on Graphics vol. 23”, pps. 1-26, 2004.
- [2] C. Ericson, “*Series in Interactive 3D Technology: Real Time Collision Detection*”, Elsevier, São Francisco, pps. 76-231, 2005.
- [3] E. Lengyel, “*Mathematics for 3D Game Programming & Computer Graphics*”, Charles River Media, Hingham, 2004.
- [4] R. Moraes, L. Machado, “Development of a Medical Training System with Integration of Users' Assessment”. Capítulo de livro. Em: Jae-Jin Kim (Ed.), “*Virtual Reality*”, Cap 15. Intech, Croácia, 2011.