

1

Introdução

Ainda hoje a animação de caracteres tridimensionais é um processo manual. Aplicações como jogos de computadores, capturas para filme, requerem incessante intervenções do artista, que guia praticamente a cada passo os movimentos. Isso motiva o desenvolvimento de métodos que automatizem o processo de criação da animação, visando deixar apenas as tarefas de natureza estética para o artista. Esses métodos automáticos usam essencialmente simulação física ou evolução geométrica.

Do lado físico, muito tem sido feito no sentido de simular movimentos e comportamentos naturais de animais. Observa-se que estes comportamentos naturais, como andar, pular ou nadar, dependem intrinsecamente da morfologia do animal, isto é, da estrutura musculoesquelética do animal. Tipicamente modela-se a dinâmica destes modelos com corpos rígidos conectados por juntas elásticas. Levando em conta que cada corpo possui seis graus de liberdade para se movimentar, a simulação do modelo completo pode ser um trabalho bastante delicado. As juntas, por sua vez, podem reduzir o grau de liberdade dos corpos adicionando restrições ao sistema. Mesmo assim, dependendo do modelo pode ser preciso lidar ainda com centenas de graus de liberdade simultaneamente. Assim como nos animais reais, as informações como massa, tensões dos músculos e posições de equilíbrio, afetam drasticamente o movimento dos animais. Essas informações podem ser modeladas por meio das massas dos corpos rígidos e da rigidez das juntas.

Para tratar de forma eficiente essa complexidade, a Análise Modal é uma poderosa ferramenta para a compreensão das estruturas mecânicas dos modelos. Ela calcula os modos próprios de vibração nos quais cada corpo do sistema oscila livremente em torno de sua posição de equilíbrio. O padrão de vibração obtido é denominado modo normal. O uso da Análise Modal em um sistema multicorpos pode prover uma base de movimentos bastantes relevantes dos modelos (18).

Do lado geométrico, Lévy e Vallet (29) propuseram um método de edição de modelos 3D com análise harmônica. Usamos esse método para animação

em tempo real de modelos 3D usando as frequências de sinais de som (20). O mapeamento das frequências dos sinais de som são feitas diretamente nas harmônicas da malha gerando animações por sucessão de deformações (figura 1.1). Porém, como o mapeamento é direto nas harmônicas da malha pode ocorrer eventualmente algumas distorções indesejadas durante a animação.

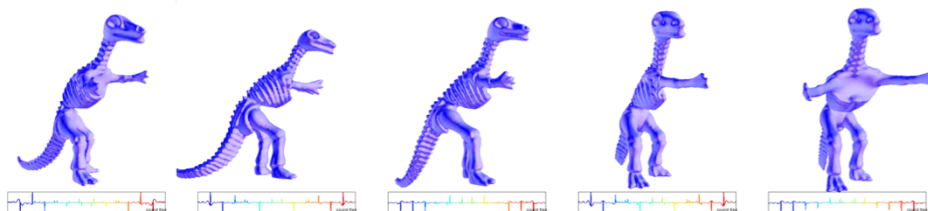


Figura 1.1: Modelo do dinossauro ao som de uma música pop.

A motivação deste trabalho surgiu dos dois trabalhos descritos acima (18) e (20). O objetivo é gerar deformações de modelos tridimensionais sob a influência das frequências de uma música, usando Análises Harmônica e Modal. Nessas animações guiadas por música, as frequências da música são usadas para definir os harmônicos ou os modos normais. Em particular no caso modal, esperamos obter os movimentos padrões que simulam os comportamentos reais dos modelos porém com influência das amplitudes correspondentes as frequências do sinal de som. (Figura 1.2).

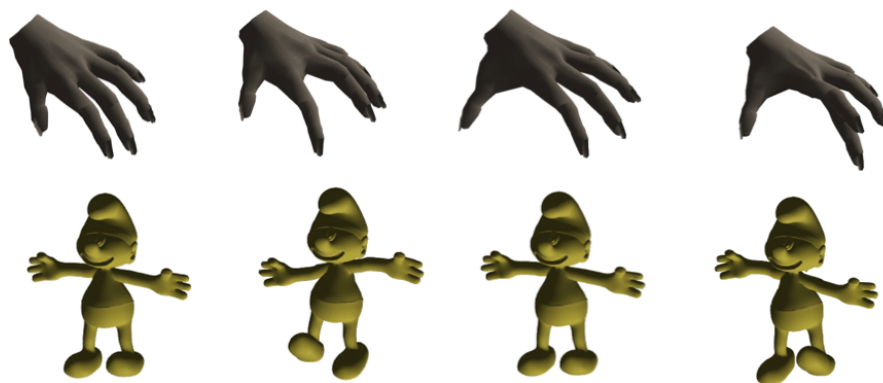


Figura 1.2: Deformação dos modelos tridimensionais sob Análise Harmônica e Modal.

Trabalhos relacionados

Animação de modelos articulados. O estudo da dinâmica e cinemática de corpos já vem sendo estudada há bastante tempo. Os pioneiros na simulação de modelos articulados 3D, Isaacs e Cohen (17) descrevem um método de simulação restrita baseado em formulação matricial, onde as juntas dos modelos correspondem a restrições cinemáticas. Era possível ainda adicionar forças ou acelerações aos corpos do modelo. A partir daí surgiram rapidamente novos trabalhos como os de Barzel e Barr (5), Witkin e Kass (30), que estenderam as animações baseadas em restrições dinâmicas.

A introdução de restrições ao sistema, incorporou à animação uma nova modalidade, onde os modelos podem então ter movimentos próprios, e não ficar limitado às equações diferenciais livres. Com isso, houve o fortalecimento da animação comportamental, representando uma forma muito mais natural de animar os modelos. Vários trabalhos usando controladores de locomoção tem sido propostos para animar diversos tipos de animais, tais como peixes (11), pássaros (31), e principalmente humanos (27), (16), (15), (12). Estes trabalhos definem controladores cinemáticos que regem os movimentos possíveis. Eles eram usados através das restrições cinemáticas e funções de comportamento pré-definidas.

Porém, gerar animações com controladores de locomoção requer lidar com muitos graus de liberdade simultaneamente. Uma solução é utilizar dados conhecidos previamente afim de guiar os resultados ou mesmo a partir de um número pequeno de controladores usar aprendizagem de padrões para obter um movimento específico (11).

McGerr (22) descreveu um método para controlar movimentos robóticos levando em conta movimentos passivos, ao invés de usar controles ativos que geram torques nas juntas. Este trabalho acabou formalizando o termo dinâmica passiva.

Análise Modal para animação. Outra abordagem para a modelagem da dinâmica dos animais consiste em usar Análise Modal em modelos simplificados de esqueletos para identificar um conjunto de movimentos naturais relevantes para a locomoção dos modelos (18). Este método utiliza apenas informações biomecânicas do modelo e é descrito no capítulo 3 dessa tese.

A Análise Modal também é amplamente utilizada para outros tipos de animações de modelos tridimensionais. Assim, Pentland e Williams (25)

foram os primeiros a usar Análise Modal para a deformação de modelos tridimensionais.

Ainda na área de deformações de modelos tridimensionais, Yinghui *et al.* (32) usaram uma abordagem para simulação de modelos deformáveis em tempo real também utilizando Análise Modal, porém com apenas alguns poucos modos vibracionais.

Análise Harmônica para deformação. Taubin (28), desenvolveu um método para estender o conceito de filtro passa-baixa em malhas com o intuito de resolver problemas de discretização e suavização de superfícies de topologia arbitrária, dando início a equivalentes da filtragem de Fourier em modelos tridimensionais discretizados.

Entre os muitos trabalhos que estenderam essas técnicas de Análise Harmônica, destacamos o trabalho de Vallet e Lévy (29), onde foi proposta uma generalização da Transformada de Fourier para superfícies discretas, formalizando então o termo de Harmônicos de Variedades.

Usamos do conceito de Harmônicos de Variedades para desenvolver um método de deformação de modelos tridimensionais a partir da Análise Harmônica de sinais de som de entrada (20). A ideia é estabelecer uma correspondência entre frequências de som nas harmônicas da malha, tal que as deformações do modelo tridimensional tenham a influência das amplitudes correspondentes às frequências do som.

Usando ainda Análise Harmônica, O'Brien *et al.* (24), desenvolveram um método para criar sons realísticos a partir das frequências obtidas das deformações de modelos tridimensionais.

Contribuições

Este trabalho pretende contribuir com duas formas de animação: animação guiada por música em tempo real usando Harmônicos de Variedade e Análise Modal. Em particular, geramos animações nos modelos sob a influência das frequências da música.

Na primeira abordagem, geramos deformações de malhas tridimensionais usando o conceito de Harmônicos de Variedades. Neste método obtivemos as frequências harmônicas da malha pelo operador Laplaciano discreto. As posições dos vértices são escritas como combinações lineares destes harmônicos.

Usando a Transformada de Fourier para obter as amplitudes associadas as frequências de um sinal de som de entrada, fazemos os mapeamentos das

frequências por meio de um filtro para os harmônicos mais baixos da malha. Para a edição dos filtros foi criada uma galeria dinâmica, onde a escolha dos mapeamentos geram novas galerias usando algoritmos genéticos. Essas galerias conseguem mostrar o resultado da animação em tempo real graças a nossa implementação em GPU. A decodificação do sinal de som, e o pré-processamento dos cálculos dos harmônicos da malha são feitos em CPU, e a GPU recalcula e renderiza as novas posições dos vértices.

A segunda abordagem foi combinar o uso da Análise Harmônica com a Análise Modal. Em modelos articulados, simulados por sistemas massa-mola com restrições usamos a Análise Modal para obter os modos normais e as frequências naturais que regem o comportamento dos corpos do esqueleto, seguindo o trabalho de Kry *et al.* (18).

Usando a Análise de Fourier, obtemos as amplitudes harmônicas associadas as frequências de um sinal de som. Com o auxílio de um filtro fazemos o mapeamento das frequências de forma que as amplitudes harmônicas do som se tornem os coeficientes das combinações dos modos normais obtidos. Assim as frequências do som influenciam os movimentos dos corpos. Outra contribuição nesta abordagem foi a incorporação dos modos normais amplificados pela frequência do som em nosso skinning.

Também neste método usamos a GPU para a criação de uma galeria animada exibindo os modos de vibração obtidos. Como o número de modos normais que são convenientes a aplicação é relativamente pequeno, o pré-processamento dos modos normais, assim como a decodificação do sinal de som foram efetuados na CPU. O cálculo das novas posições dos vértices e dos corpos do esqueleto e a renderização é feita na GPU.

Resumindo, este trabalho conta com três contribuições principais:

- Geração de animações com harmônicos de variedade de modelos 3D em tempo real na GPU;
- Incorporação dos modos normais amplificados com influência da música no skinning;
- Geração de animações com análise modal em modelos articulados 3D em tempo real na GPU.

Sumário

Neste trabalho usamos Análise Harmônica e Análise Modal para obter deformações em modelos tridimensionais. Assim, a tese encontra-se estruturada da seguinte forma:

Capítulo 2: Animação com Harmônicos de Variedade. Neste capítulo descrevemos a primeira abordagem de animação que adotamos. Inicialmente lembramos conceitos básicos sobre a Transformada de Fourier, para a seguir introduzir o conceito de Harmônicos de Variedade. Prosseguimos com o método que utilizamos para visualização de música.

Capítulo 3: Corpos articulados. Neste capítulo descrevemos sobre propriedades elementares de multicorpos articulados. Introduzimos os conceitos de corpo rígido e juntas, e as ferramentas básicas que regem os movimentos destes.

Capítulo 4: Dinâmica de corpos articulados. Aqui descrevemos as leis que regem a dinâmica de corpos articulados; primeiro movimentos livres e depois sujeito à restrições. Observamos a necessidade de transformações especiais entre referenciais locais para quantidades como velocidade e força. Terminamos expondo sobre Análise Modal, e como obter o espaço de movimentos admissíveis pelas juntas.

Capítulo 5: Animação com Análise Modal. Neste capítulo descrevemos como é feita a visualização de música através da dinâmica de multicorpos articulados. Além disso, relatamos a abordagem adotada para o caso de esqueletos com ramificações. E para finalizar, concluímos detalhando como é construído o skinning a partir da Análise Modal dos corpos.

Capítulo 6: Detalhes de implementação. Na primeira seção, detalhamos como é feito o mapeamento entre as frequências da música e da malha em ambos os métodos. A seguir descrevemos como a galeria foi implementada e ressaltamos alguns efeitos adicionais de implementação. Finalmente, detalhamos como implementamos as galerias em tempo real, e fechamos o capítulo descrevendo as ferramentas utilizadas para a implementação deste trabalho.

Capítulo 7: Resultados. Neste capítulo apresentamos resultados obtidos nos dois métodos de animação propostos neste trabalho. Fazemos comparações entre o processamento na CPU e na GPU, validando o uso da GPU para fazer a sincronização da animação com a música em ambos os métodos. Por fim ilustramos alguns resultados obtidos da animação dos modelos guiados por música.