

# Tópicos Especiais em Computação Gráfica

## – Artigos –

Ricardo Bustamante de Queiroz

15 de setembro de 2014

# Sumário

<b>1</b>	<b>Mês de agosto</b>	<b>2</b>
1.1	<i>Synthesizing Parameterized Motions</i> . . . . .	2
1.1.1	Referência completa do artigo . . . . .	2
1.1.2	Resumo . . . . .	2
1.1.3	Metodologia . . . . .	3
1.1.4	Pontos fortes . . . . .	6
1.1.5	Limitações . . . . .	6
1.1.6	Avaliação . . . . .	7
1.1.7	Problema em aberto . . . . .	7
1.1.8	Aspecto obscuro . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Mês de setembro</b>	<b>8</b>
2.1	<i>Tracking and Modifying Upper-body Human Motion Data with Dynamic Simulation</i> . . . . .	8
2.1.1	Referência completa do artigo . . . . .	8
2.1.2	Resumo . . . . .	8
2.1.3	Metodologia . . . . .	9
2.1.4	Pontos fortes . . . . .	13
2.1.5	Limitações . . . . .	13
2.1.6	Avaliação . . . . .	13
2.1.7	Problema em aberto . . . . .	13
2.1.8	Aspecto obscuro . . . . .	14
2.2	<i>Motion capture-driven simulations that hit and react</i> . . . . .	14
2.2.1	Referência completa do artigo . . . . .	14
2.2.2	Resumo . . . . .	14
2.2.3	Metodologia . . . . .	15
2.2.4	Pontos fortes . . . . .	18
2.2.5	Limitações . . . . .	18
2.2.6	Avaliação . . . . .	18
2.2.7	Problema em aberto . . . . .	19
2.2.8	Aspecto obscuro . . . . .	19

# Capítulo 1

## Mês de agosto

### 1.1 *Synthesizing Parameterized Motions*

#### 1.1.1 Referência completa do artigo

- **Autores:** Michiel van de Panne, Ryan Kim, Eugene Fiume
- **Local:** University of Toronto
- **Journal:** Eurographics Workshop on Animation and Simulation [Qualis : não encontrei]
- **Data:** Sept. 17-18, 1994
- **Referência:** Panne Ryan Kim (1994)

#### 1.1.2 Resumo

##### **Abstract**

In striving to construct higher level control representations for simulated characters or creatures, one must seek flexible control representations to build upon. We present a method for the synthesis of parametrized, physics-based motions. The method can be applied to both periodic and aperiodic motions. The basis of the method is a low-level control representation in which linear combinations of controllers generally produce predictable in-between motions.

##### **Propósito do artigo**

O artigo propõe um método de gerar movimentos realísticos de forma reusável e parametrizada, isto é, evitando que o problema de controle tenha de ser resolvido novamente para cada novo caso específico.

Existem diversas técnicas de animação para gerar tais movimentos. O autor optou pelo uso de controladores, onde há uma informação de como o movimento deve ser realizado, mas respeitando restrições como a física, causando um aumento de realidade na ação.

Um controlador pode ser tornado mais versátil adicionando a capacidade de parametrização de seus atributos, e podem receber informação do ambiente, permitindo reações a estímulos externos durante a movimentação.

### Técnicas utilizadas

- Controladores PD
- Máquinas de estado finito
- Algoritmos Genéticos
- Otimização em duas fases
- Arrefecimento simulado
- Método do gradiente

### Contribuição em relação a artigos anteriores

- Um estudo anterior havia sido feito para casos em que a movimentação era exclusivamente cíclica. O artigo expande essa noção para aplicar a qualquer topologia de grafo de pose.
- O poder computacional necessário para sintetizar uma solução foi drasticamente reduzido em relação a mais de uma solução anterior.

### 1.1.3 Metodologia

#### Grafos de controle de pose

Máquinas de estado finito são utilizadas para alternar entre parâmetros de controle, para permitir movimentações cíclicas mais complexas. Decisões de novas poses também podem ser tomadas baseadas em dados obtidos por sensores.

Uma pose é definida por um conjunto de graus de liberdade do modelo.

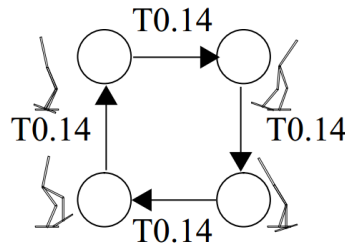


Figura 1.1: Grafo de pose com tempo de transição entre os estados.

Grafos de pose são grafos orientados que representam as transições entre as diferentes configurações desejadas do modelo articulado.

Os parâmetros dos controladores podem ser definidos manualmente ou sintetizados. No artigo, o autor cita o uso da técnica de otimização em duas fases para gerar os parâmetros. Então é gerado um grafo de controle da pose, onde cada estado representa uma posição no qual o controlador deverá tentar atingir. As posições são representadas por um conjunto de graus de liberdade dos atuadores, que contém informação dos valores máximos e mínimos para cada um, como visto na figura 1.3.

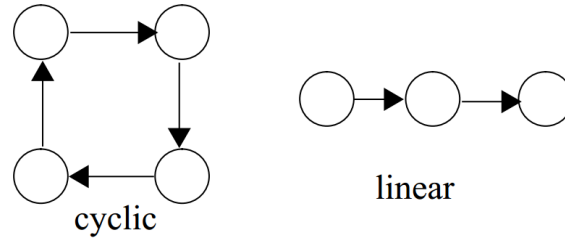


Figura 1.2: Duas possíveis topologias para o grafo de pose.

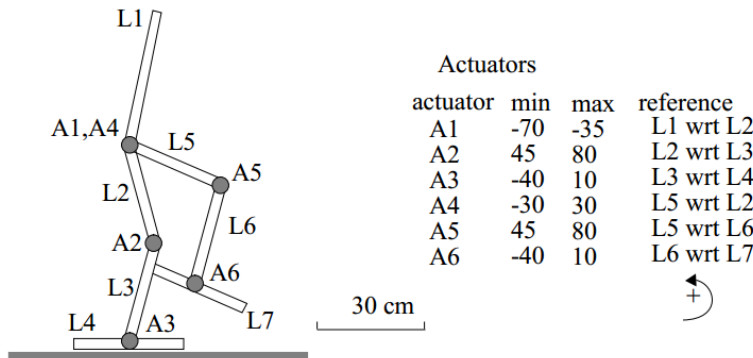


Figura 1.3: Modelo simples com duas pernas representando o "estado zero" e todos os graus de liberdade para atingir a pose vista.

Os experimentos foram realizados utilizando um modelo 2D, porém o autor demonstra otimismo para expandir a técnica para um modelo 3D. Para atingir maior realismo da simulação, o modelo deve ser mais discretizado e contar com mais tipos de atuadores para ter uma melhor representação da musculatura do indivíduo.

Para criar uma animação, um animador precisa primeiramente criar uma figura articulada, especificar a topologia do grafo de controle de pose e decidir qual métrica será usada para avaliar o desempenho da animação. Essa métrica normalmente é uma combinação de valores como velocidade, distância percorrida e energia consumida no processo.

Para movimentos periódicos, um grafo cíclico é necessário. Dado um período desejado  $T$  e um número  $n$  de transições, o tempo de transição é calculado fazendo  $\frac{T}{n}$ . Para movimentos aperiódicos, um grafo linear é definido a priori.

Essas informações são utilizadas para reduzir drasticamente o espaço de busca, e consequentemente o tempo, do processo de síntese. O processo de síntese produz uma pose para cada estado do gráfico que gere uma animação desejada.

A técnica de busca utilizada, em duas fases, consiste em gerar controladores, testá-los, e a partir dos resultados, modificá-los e testá-los novamente até que um resultado desejado seja atingido. Os controladores gerados são avaliados através da métrica definida inicialmente.

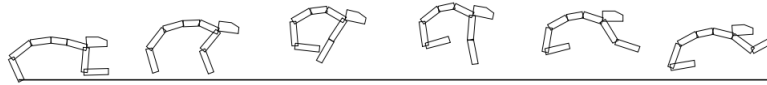


Figura 1.4: Modelo de cheetah exemplificando o resultado de um movimento cíclico.

Para um caso de teste, foram gerados na primeira fase 100 controladores, dos quais apenas 10 foram selecionados para prosseguir. Para a segunda fase, parâmetros dos controladores foram perturbados utilizando um delta fixo de 5% o valor da amplitude do grau de liberdade, aleatoriamente. Então é decidido se a mudança será mantida ou não, baseado novamente na métrica. Para conseguir tais resultados, arrefecimento simulado ou método do gradiente podem ser utilizados. O resultado pode ser observado na figura 1.4.

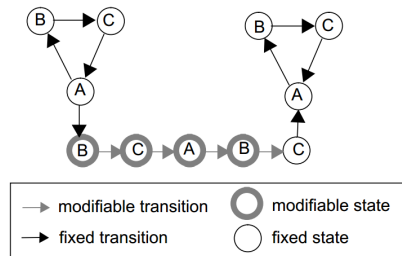


Figura 1.5: Grafo de controle de pose representando o salto do Luxo, mascote da Pixar.

Muitos movimentos aperiódicos interessantes podem ser derivados a partir de movimentos periódicos. Na figura 1.5, vemos que existe uma porção cíclica, representando um movimento periódico. Dado uma condição, é possível sair do ciclo através da transição do meio, e retornar em seguida. Dessa forma, Luxo faz um movimento de saltos, e pode interromper o ciclo para fazer um pulo longo, e retornar ao seu movimento anterior.

Parametrização de movimento é uma forma de abstrair todos os possíveis tipos de movimentação. É um passo necessário para construção de mecânicas de controle mais complexas abstraindo determinadas noções de movimento. O animador já tem o poder de influenciar o resultado da animação modificando o modelo utilizado e a métrica da otimização.

A relação entre os parâmetros do grafo de controle de posição e a animação resultante é bastante complexa. Dada a dificuldade de descrever essa relação de forma analítica, podemos observar o impacto que determinadas mudanças têm no resultado final da simulação. O que observamos é que pequenas mudanças nos parâmetros causam pequenas mudanças no movimento final. Como resultado dessa propriedade, podemos interpolar duas posições desejadas interpolando seus parâmetros de controle.

Uma forma de gerar variações do movimento é sortear um parâmetro por vez, e modificá-lo até que um critério de semelhança entre as posições não seja mais atendida. O artigo cita o uso da velocidade como critério de semelhança, onde uma diferença de até  $\pm 30\%$  é classificada como semelhante.

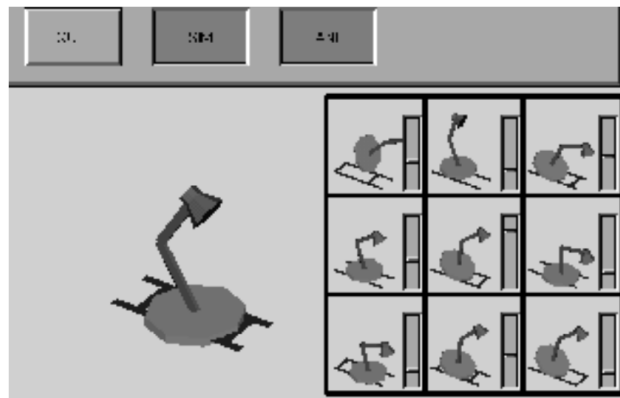


Figura 1.6: É possível ver no espaço da esquerda o movimento original de Luxo. Na direita, uma paleta de sugestões de possíveis modificações que podem ser feitas na animação.

Assim que as variações de movimento são geradas, o resultado pode ser utilizado como uma "paleta" de poses, como ilustrado na figura 1.6 para o animador, interativamente, definir o comportamento desejado da animação.

É importante notar que o resultado da interpolação dos parâmetros é diferente do caso em que se interpola valores cinemáticos. No caso da interpolação dos parâmetros, as leis da física serão mantidas no resultado final.

## Resultados

O uso de grafo de controle de pose demonstrou ser uma representação flexível para criação de movimentos periódicos e aperiódicos. Quando usado com transições de estado baseados em tempo, pode gerar movimentos complexos que são graciosos e realistas. Uma nova forma de utilizar otimização para síntese de movimento foi apresentada, melhorando aspectos como a criação de movimentos fisicamente realistas mais complexos, cíclicos ou acíclicos, de forma eficiente. Isso facilita o processo de projetar o controlador em alto nível e os movimentos baseados em física.

### 1.1.4 Pontos fortes

- Nova forma de utilizar otimização para síntese de movimentos.
- Grafo de controle de pose mais complexos, para movimentos cíclicos e acíclicos.
- Parametrização da solução que tornou possível um controle de mais alto nível sobre a simulação.

### 1.1.5 Limitações

- Movimentos que não são dinamicamente estáveis sem o uso de feedback não podem ser controlados em um ciclo fechado. Tais movimentos complexos necessitam de feedback contínuo do estado.

- A síntese do grafo de controle da pose continua um processo caro computacionalmente.
- 

### 1.1.6 Avaliação

**(b) Contribuição significativa.** É possível agora gerar movimentos fisicamente realistas com um algoritmo relativamente genérico. Dadas as restrições da técnica, é possível com algumas parametrizações gerar um grafo de controle de pose que resulte na animação desejada, sem a necessidade de manipular o grafo explicitamente.

Alguns artigos anteriores já haviam tentado algo parecido, porém com mais limitações na técnica e com desempenho inferior.

### 1.1.7 Problema em aberto

- Adicionar equilíbrio resolveria o problema dos movimentos complexos?
- Otimizar o processo de síntese do grafo de controle de pose.
- Como conseguir movimentos mais autônomos e complexos com a síntese
- Estender a técnica para movimentos e modelos mais complexos e utilizando 3 dimensões ao invés de 2.
- Explorar a melhor forma de integrar informação sensorial aos grafos de controle de pose.

### 1.1.8 Aspecto obscuro

- É preciso ver como a técnica se comporta em animações de objetos mais complexos, ou seja, objetos com mais graus de liberdade.



## Capítulo 2

# Mês de setembro

### 2.1 *Tracking and Modifying Upper-body Human Motion Data with Dynamic Simulation*

#### 2.1.1 Referência completa do artigo

- **Autores:** Victor B. Zordan, Jessica K. Hodgins
- **Local:** College of Computing and Graphics, Visualization and Usability Center, Georgia Institute of Technology
- **Journal:** EUROGRAPHICS [Qualis A2]
- **Data:** Sept 1999
- **Referência:** Zordan (1999)

#### 2.1.2 Resumo

##### Abstract

Character animations produced with motion capture data have many of the stylistic details seen in human motion while those generated with simulation are physically realistic for the dynamic parameters of the character. We combine these two approaches by tracking and modifying human motion capture data using dynamic simulation and constraints. The tracking system generates motion that is appropriate for the graphical character while maintaining characteristics of the original human motion. The system imposes contact and task constraints to add dynamic impacts for interactions with the environment and to modify motions at the behavior level. The system is able to edit motion data to account for changes in the character and the environment as well as create smooth transitions between motion capture sequences. We demonstrate the power of combining these two approaches by tracking data for a variety of upper-body motions and by animating models with differing kinematic and dynamic parameters.

## **Motivação**

A técnica descrita no artigo indica uma maneira de combinar as técnicas de captura de movimento e simulação dinâmica para composição de animações que aparentam ser naturais e ao mesmo tempo respeitem as restrições físicas. Isso permite adaptar movimentos de captura para novas situações e fazer uma simulação reativa ao meio em que ela acontece e aos eventos que ocorrem.

## **Propósito do artigo**

Simulação dinâmica garante uma animação fisicamente correta e se adapta naturalmente às mudanças de restrições do meio. Porém não é fácil simular os detalhes minuciosos da movimentação natural humana com um modelo simplificado do esqueleto e da musculatura. A técnica de captura de movimento fornece um banco de dados com animações realistas e representam bem a naturalidade do movimento humano, ou de qualquer "ator" que tenha seu movimento capturado. Movimentos desse tipo são difíceis de se gerar proceduralmente, e por isso a técnica de captura ainda é a melhor para esse tipo de resultado.

## **Técnicas utilizadas**

- Motion Capture
- Simulação Dinâmica
- Cinemática Inversa
- Cinemática Direta
- Controlador de trajetória
- Controlador de equilíbrio

## **Contribuição em relação a artigos anteriores**

- Artigos anteriores tentaram combinar as técnicas mas utilizando abordagens diferentes. Neste artigo um modelo detalhado e completamente simulado foi utilizado no lugar de uma versão simplificada. Isso permite maior realismo na animação final.
- 

### **2.1.3 Metodologia**

#### **Motion Capture**

Existem diversas técnicas de motion capture, que tentam mapear movimentos reais para modelos virtuais. No artigo, eles utilizaram um ator com sensores de movimento no corpo. O resultado do mapeamento pode ser visto na figura 2.1, onde no meio acompanhamos o processo de captura, e ao redor podemos ver o mesmo movimento mapeado em personagens com características físicas diferentes.

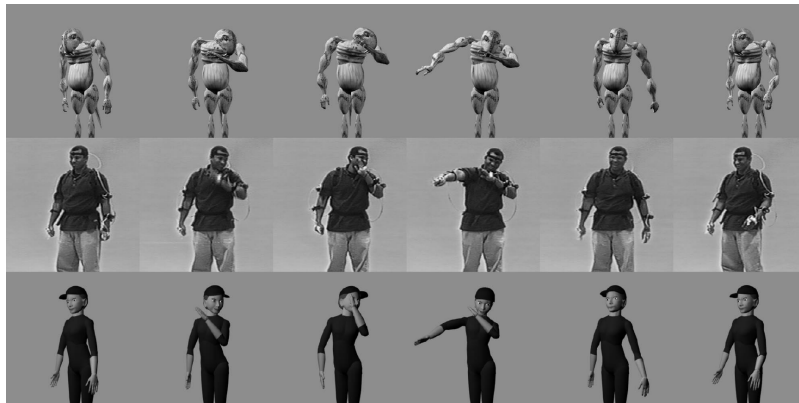


Figura 2.1: Captura de movimento mapeada em personagens virtuais.

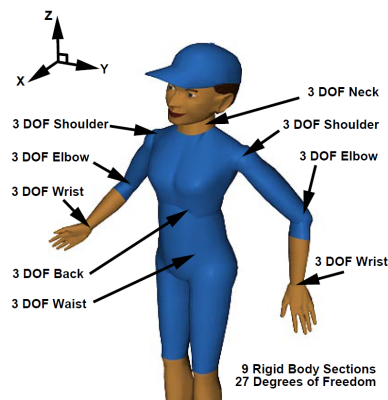


Figura 2.2: Este modelo tem 27 graus de liberdade controlados, com pernas estáticas. Outro modelo tem apenas 24 graus de liberdade, excluindo a articulação das costas. O modelo de corpo inteiro possui 48 graus de liberdade, com juntas adicionais nas pernas para manter o equilíbrio.

### Combinação das técnicas

Para conseguir o resultado de combinar as duas técnicas, três adições são feitas ao sistema. Primeiramente, um gerenciador de colisões, para detectar interações com o ambiente. Segundo, controladores são adicionados. Esses controladores podem corrigir a movimentação do personagem diante das interações físicas, modificar a movimentação do personagem a nível comportamental, adicionar noção de equilíbrio para manter o personagem de pé e animar graus de liberdade que não foram capturados previamente. Terceiro, os inputs de captura podem ser modificados e combinados para gerar novos movimentos, que juntamente com a simulação de física, se provaram suaves e realistas.

### Simulação dinâmica e controle de trajetória

Para que o modelo siga a animação capturada, um controlador de trajetória é utilizado. Ele aplica forças nas juntas de modo que o modelo tente acompanhar

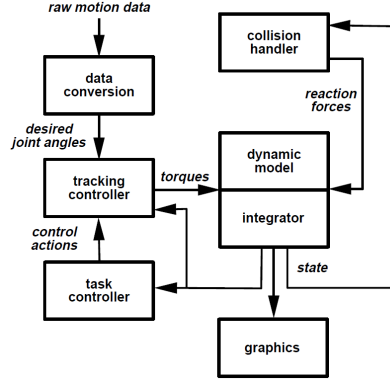


Figura 2.3: O dado bruto de captura é convertido em ângulos para as juntas, e são utilizados como valor a ser atingido pelos controladores de trajetória. Um controlador de tarefa e um gerenciador de colisão podem ser adicionados para gerar movimentos mais complexos e direcionar o comportamento.

o movimento capturado. Porém, junto a este controlador, a simulação de física está presente para trazer as restrições do mundo para a simulação. Este caso é apropriado para gestos simples ou quando há uma correspondência boa entre o ator capturado e o personagem gráfico. O esquema pode ser visto na 2.3. A técnica citada é utilizada na parte superior do corpo. Para a parte inferior, o personagem pode ser mantido estático ou utilizar um controlador de equilíbrio para aumentar o realismo e manter o personagem de pé. A figura 2.2 mostra um exemplo de modelo que pode ser utilizado para a simulação, indicando os graus de liberdade de cada junta. Para os cálculos, o modelo precisa ter valores de massa e momento de inércia. Para este trabalho, os valores foram estimados a partir dos modelos tridimensionais e valores supostos de densidade. Por conta do custo elevado do cálculo de colisão, foram consideradas apenas colisões em partes do corpo que eram de se esperar que colidissem durante a simulação. Colisões entre partes do mesmo corpo foram desconsideradas. O ângulo e a posição de cada marcador é fornecida pelo sistema de captura, e assim é possível calcular os ângulos desejados em cada junta. O ângulo é calculado pela fórmula:

$$\Theta_{desired} = \Theta_{ii}^T \Theta_{io} \quad (2.1)$$

Onde  $\Theta_{ii}$  representa a matriz de transformação do objeto que aparece anteriormente na árvore hierárquica (objeto pai), e  $\Theta_{io}$  o objeto que aparece posteriormente (objeto filho). A raiz da árvore foi considerada na pélvis. Para o cálculo do torque a ser aplicado em cada junta, a seguinte formula se aplica:

$$\tau = k(\theta_{desired} - \theta_{actual}) - k_d(\dot{\theta}_{actual}) \quad (2.2)$$

onde  $\theta_{actual}$  e  $\theta_{desired}$  correspondem aos ângulos atual e desejado da junta, e  $\dot{\theta}_{actual}$  é a velocidade atual da junta.  $k$  e  $k_d$  são termos de ganho e amortecimento. O sistema funcionará como uma mola e um amortecedor, definindo um "músculo de primeira ordem". Não são estabelecidos limites para as juntas pois considera-se que o movimento de captura respeita as restrições naturais do

movimento. O controlador então é ajustado para minimizar o erro  $\epsilon$ :

$$\epsilon = \sum ||\theta_{desired} - \theta_{actual}|| \quad (2.3)$$

Dessa forma o controlador irá gerar um movimento mais aproximado da captura de input.

### Restrições

Restrições foram classificadas como restrições de ambiente, restrições de tarefas. Um exemplo de restrição dinâmica de ambiente poderia ser um personagem batendo em um tambor. O tambor faz parte da cena, e ao atingir, uma força impedirá a mão de atravessar o tambor, fazendo um movimento reativo realista. Uma restrição de tarefa seria por exemplo um personagem segurando um cajado, e tentando equilibrar o mesmo enquanto sacode no ar. Para isso, é colocado um controlador de tarefa na mão do personagem para dar um ar de realismo no movimento, como se ele realmente estivesse segurando o peso do cajado. Outro exemplo é o controlador usado nas pernas que tentam manter o personagem ereto enquanto executa as movimentações na parte superior do corpo, mantendo o centro de massa dentro da região dos pés.

### Modificando Inputs

A ideia é modificar os dados de captura para gerar novos movimentos que não estavam inicialmente previstos, adaptando a novas situações. Uma possibilidade é o uso de cinemática inversa, como no caso das crianças batendo palmas. O movimento foi capturado a partir de um adulto, mas devido as diferentes proporções dos corpos, um novo offset para as mãos teve de ser definido. A solução retratada no artigo mantém a mão com a mesma orientação, mudando sua posição para a desejada, e então o sistema é resolvido. É possível utilizar cinemática inversa também para modificar a velocidade de um movimento, mantendo o realismo. Existe um limite em que o sistema pode parar de funcionar e detectar contatos. Nesse caso, aumentar a duração do offset pode ajudar a contornar um pouco este problema. Além disso, é possível combinar diferentes animações capturadas, concatenando ou interpolando, e então usar a sequência final na simulação. Este é um problema comum a respeito de captura de movimentos e existem diversas soluções para isso. Para o exemplo das palmas, foi utilizada uma posição chave, e fazer que cada movimento comece e termine nessa posição. Isso permite uma solução imediata da concatenação de movimentos pois uma transição é imediata. Uma solução mais geral permite que qualquer animação se encaixe em outra, independentemente da sua configuração inicial e final. Para isso é dada uma função de peso que varia com o tempo, permitindo que uma animação transicione para a outra suavemente. Isto é feito com a seguinte fórmula:

$$\theta_r(t) = \theta_a(t)(1 - \omega(t)) + \theta_b(t)\omega(t), 0 \leq \omega(t) \leq 1, t_0 \leq t \leq t_1 \quad (2.4)$$

Isso é uma *slerp* entre cada ângulo  $\theta_a$  e  $\theta_b$  em um determinado tempo  $t$ . A função  $\omega$  utilizada pode ser uma função senoide de *easein/easeout*. O movimento resultante, por ser uma combinação de dois movimentos reais, acaba se tornando um movimento realístico.

## Resultados

Um sistema que utiliza o modelo dinâmico para seguir e modificar dados de captura de movimento para a parte superior do corpo foi apresentada, junto com diversos exemplos que demonstram o poder da técnica. É difícil ter naturalidade e estilo como métricas, e isso torna uma avaliação crítica do trabalho algo complicado. Uma possível métrica é a comparação entre movimentos gerados e movimentos capturados brutos de mesma natureza que tenham sido capturados. Foi observado que o movimento pode apresentar uma suavidade maior que o movimento capturado. Isso faz com que algumas tarefas se tornem impossíveis de alcançar. Para resolver o problema, foi utilizada cinemática inversa. Várias sugestões foram propostas em situações onde o sistema não funciona muito bem. E apesar da solução apresentada não resolver o problema geral da simulação com dados de captura de movimento, é um passo considerável em relação a tentativas anteriores de produzir esse tipo de animação.

### 2.1.4 Pontos fortes

- Combina o melhor da captura de movimento e da simulação física
- Personagem completamente simulado, permite animações mais realistas que artigos anteriores.
- Simulação detalhada da parte superior do corpo, que é relevante por conta da expressividade dos braços e da cabeça humana.

### 2.1.5 Limitações

- Outros artigos permitem simulações mais complexas, como saltos e corridas, porém eles utilizam um modelo simplificado de simulação.
- É restrito à parte superior do corpo, sendo a simulação da parte de baixo apenas para manter o equilíbrio, ou uma animação fixa.
- Para alguns movimentos é necessário o uso de cinemática inversa para posicionar elementos do corpo em posições desejadas, tornando o processo automático de síntese da animação menos automático.

### 2.1.6 Avaliação

#### (b) Contribuição significativa.

O artigo diminui consideravelmente a quantidade de input necessário para gerar uma animação fisicamente realista a partir de dados de captura, além de permitir modelos mais complexos e animações mais expressivas da parte superior do corpo humano, que representa melhor essa expressividade do corpo.

### 2.1.7 Problema em aberto

- Expandir a solução para animações mais complexas e utilizando o corpo inteiro com o mesmo nível de complexidade.
- Extrair informação relevante sobre o movimento a partir do dado de captura para criar novos comportamentos.

### 2.1.8 Aspecto obscuro

- Não fica claro quando a cinemática inversa deve ser utilizada para gerar um movimento desejado. Ela parece ser essencial para alguns tipos de atividades desejadas.
- A métrica para avaliar a técnica utilizada pelo autor. Mesmo tendo dado algumas sugestões, parece algo bem subjetivo.

## 2.2 *Motion capture-driven simulations that hit and react*

### 2.2.1 Referência completa do artigo

- **Autores:** Victor B. Zordan, Jessica K. Hodgins
- **Local:** College of Computing and GVU Center, Georgia Institute of Technology
- **Journal:** SIGGRAPH Symposium on Computer Animation [Qualis A2]
- **Data:** 21-26 July 2002
- **Referência:** Zordan (2002)

### 2.2.2 Resumo

#### Abstract

Controllable, reactive human motion is essential in many video games and training environments. Characters in these applications often perform tasks based on modified motion data, but response to unpredicted events is also important in order to maintain realism. We approach the problem of motion synthesis for interactive, human-like characters by combining dynamic simulation and human motion capture data. Our control systems use trajectory tracking to follow motion capture data and a balance controller to keep the character upright while modifying sequences from a small motion library to accomplish specified tasks, such as throwing punches or swinging a racket. the system reacts to forces computed from a physical collision model by changing stiffness and damping terms. The free-standing, simulated humans respond automatically to impacts and smoothly return to tracking. We compare the resulting motion with video and recorded human data.

#### Motivação

Para conseguir movimentos realistas, é interessante estudar a técnica de captura de movimentos e como os dados de captura podem ser modificados para adequar a animação a cada situação, como reação a um obstáculo móvel.

### **Propósito do artigo**

A ideia do artigo é partir de um banco de movimentos previamente capturados, que possuem características naturais e trazem menos estranhamento ao serem vistos, e tentar obter uma animação final, fisicamente realista, com transições suaves entre as poses de forma que seja gerada uma animação desejada.

### **Técnicas utilizadas**

- Motion Capture
- Controladores
- Cinemática Inversa
- Blending de animações

### **Contribuição em relação a artigos anteriores**

- x

## **2.2.3 Metodologia**

### **Introdução**

O objetivo é combinar dois objetivos, muitas vezes conflitantes: permanecer próximo o suficiente do dado capturado original, para manter características importantes da animação real e desviar o suficiente deste resultado para atingir outro objetivo, dada uma tarefa.

### **Editando motion capture**

Diversas técnicas existem para essa tarefa. Interpolação de keyframes, adaptando o movimento para um novo personagem mantendo os contatos e alterando a dinâmica da animação, usando b-splines. Para a implementação sugerida pelo artigo, eles realizam pequenas edições na animação original, e essa animação modificada será o input para a simulação que é feita em seguida. Outro problema existente é como combinar mais de uma animação. Uma possibilidade seria decompor dois movimentos bem diferentes em bandas de frequência e permitir o usuário controlar o blending entre essas frequências. Outra possibilidade é utilizar uma expansão da série de fourier para interpolar entre sequências de movimentos parecidos, como corrida, pulo e andar. Outras técnicas tentam mapear posições-chaves para fazer transições suaves de uma animação para outra, como andar triste e andar alegre, que possuem uma pose em comum. Todas as técnicas mencionadas podem ser utilizadas, dependendo da situação.

### **Humanos baseados em física**

Personagens humanoides completamente simulados oferecem potencial para uma animação mais complexa e realista, interagindo com outros personagens e objetos da cena. Alguns trabalhos anteriores partiam de movimentos estimados, e passavam por um processo de otimização até encontrar uma animação melhor, segundo algum critério estabelecido, e que respeita as restrições do ambiente.



Adicionado as forças internas, um sistema de balanço que aplica forças externas poderia ser adicionado para simplificar o processo. Para a implementação do artigo, ele combina movimentos primitivos e máquinas de estado de alto nível para compor os movimentos finais da animação.

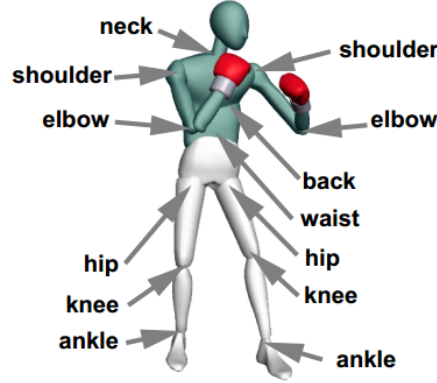


Figura 2.4: Cada uma das juntas possui três graus de liberdade. Os valores de massa e parâmetros de inércia são calculados baseados nos modelos geométricos e nas medidas de densidade humana.

### Controle baseado em motion capture

Os modelos utilizados, como dito anteriormente, são figuras humanas. Na figura 2.4 vemos os graus de liberdade do modelo humano utilizado para os experimentos. O nó raiz do movimento é considerado na pelvis. Para conseguir o controle dos movimentos capturados, um controlador de trajetória e um algoritmo que combina sequências de movimentos capturados. O Torque de cada junta é calculado por um controlador "proporcional-derivado".

$$\tau_t = k_t(\theta_d - \theta) - b_t(\dot{\theta}) \quad (2.5)$$

Assim como no artigo anterior. Agora é possível o personagem seguir os dados de captura. Para tornar mais preciso, o sistema pode considerar o momento de inércia de toda a cadeia afetada pela junta, fazendo com que o número de parâmetros para ajustar as juntas do corpo sejam reduzidas, podendo ser até mesmo a mesma para todo o modelo, aumentando a velocidade e melhorando o desempenho do processo de ajuste. Vale lembrar que sem o devido controle de feedback ou de interação com o ambiente, o personagem provavelmente iria cair sem fazer nada.

### Controle para bater

Para criar animações que precisam de maior precisão e agilidade, como um soco, a técnica pura não pode ser utilizada. Para o exemplo do soco, foi feito um controle sobre o efector final das mãos de forma que a animação atinja a posição desejada, e ajustando a escala de tempo para que a duração seja apropriada. Primeiramente é utilizada uma solução de cinemática inversa para ajustar a

posição do movimento bruto da captura. Isso permite novos movimentos que não estavam na biblioteca serem executados também. Uma máquina de estados é adicionada para ter maior controle sobre a animação, como podemos ver na figura 2.5.

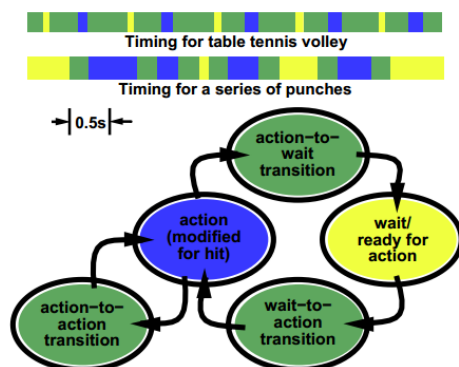


Figura 2.5: Máquina de estados para o soco e para a cena da raquete. A cor das barras indica a duração de cada estado para cada uma das animações.

O final de um segmento de animação é interpolado com o segmento seguinte. Ações são enfileiradas para quando uma atividade chegar ao fim, a próxima iniciar.

### Reagindo a contatos

O valor de ajuste, se muito alto, pode fazer com que a animação fique muito próxima da captura de movimento, e ignorando a simulação de impacto. Uma possibilidade é mudar o valor do ajuste de acordo com a ação que está acontecendo. Apenas os valores da região do corpo afetadas pelo movimento podem ser ajustadas, para dar o maior realismo possível para a animação.

### Equilibrando e rastreando

A ideia do equilíbrio está relacionada ao centro de massa. Muitas ideias de controladores de equilíbrio tentam minimizar a velocidade ou a aceleração do centro. A diferença dos problemas comuns para este é que a parte de baixo do corpo também está sob controle da captura de movimento. Para conseguir o equilíbrio, duas técnicas foram combinadas. Um "atuador virtual" calcula forças virtuais, e transforma elas em torques nas juntas, que representam o que o personagem pode fazer para se equilibrar com sua própria musculatura. Esse torque calculado é combinado com o torque da captura de movimento. O intuito é manter o centro de massa próximo o suficiente de um centro de suporte, ponto simples de ser calculado baseado no polígono de apoio do personagem.

### Resultados

Foram implementados diversos exemplos para ilustrar diversos aspectos do sistema. No exemplo do tênis de mesa, o desafio era atingir uma bola em movimento a fim de mandá-la com uma determinada direção e velocidade. Portanto,

a posição, orientação e velocidade da raquete precisam ser controladas. No exemplo do boxe, considerado a maior contribuição do trabalho, foi a criação de um personagem a partir de dados de captura que podem interagir de maneira genérica. Animações de diferentes tipos de soco são modificadas utilizando cinemática inversa, fazendo com que o pugilista atinja posições específicas. Além disso, um personagem atinge o outro, sendo possível testar também a simulação de impacto, o equilíbrio e quanto o personagem consegue se manter próximo a sua simulação original. No exemplo do personagem dançante, uma luva controlada pelo usuário pode interromper a animação com socos. Se a força for grande demais, o personagem pode até dar um passo involuntário para manter o equilíbrio.

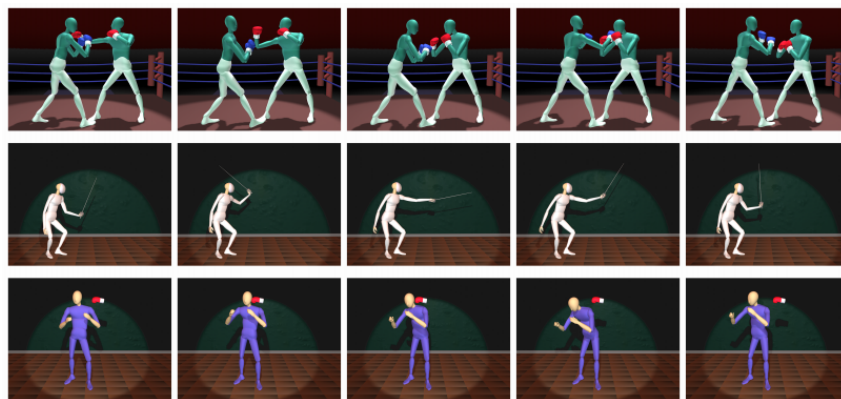


Figura 2.6: Exemplos para testar casos específicos de animação. Boxe, esgrima e um personagem dançando sendo atingido na cabeça.

#### 2.2.4 Pontos fortes

- Simulação combina mocap com restrições físicas para o corpo do personagem inteiro.
- Permite flexibilidade ao combinar com outras técnicas de animação para permitir modificação dos dados brutos de captura.

#### 2.2.5 Limitações

- A simulação em cima da captura de movimentos pode tornar a animação "suave", dificultando certas ações de acontecerem.
- A ideia de deixar mais automático possível se perde quando é preciso criar um grafo de controle de poses especiais.

#### 2.2.6 Avaliação

(b) **Contribuição significativa.** Muitos artigos semelhantes já existem na área. Porém é uma contribuição considerável visto o ganho de desempenho e o controle das ações mais detalhadas, através da máquina de estados. Mas a

parte mais significativa do artigo é a reação a impactos. A simulação resiste a diversos tipos de interações com os personagens, tentando manter a animação original na medida do possível, mas sem perder o realismo.

### **2.2.7 Problema em aberto**

- Combinar simulação e animação de forma realmente automática. Muitos tipos de animação não podem ser obtidos a partir do dado bruto capturado, sendo necessária a interferência de um animador.
- O cálculo do impacto pode requerer mais precisão a medida que mais detalhes forem sendo adicionados à animação. O sistema atual funciona sob diversas restrições, como remoção de partes do corpo com pouca massa ou juntas desnecessárias para a animação a nível macroscópico.

### **2.2.8 Aspecto obscuro**

- Não parece haver uma técnica para decidir quais aspectos implementar para cada animação. Parece que cada animação diferente requer uma adição à técnica original para funcionar.

# Referências Bibliográficas

PANNE RYAN KIM, E. F. Michiel van de. Synthesizing parameterized motions. *Workshop on Animation and Simulation*, 1994.

ZORDAN, J. K. H. V. B. Tracking and modifying upper-body human motion data with dynamic simulation. *SIGGRAPH Symposium on Computer Animation*, 1999.

ZORDAN, J. K. H. V. B. Motion capture-driven simulations that hit and react. *SIGGRAPH Symposium on Computer Animation*, 2002.