

TOOKIMA : Animação Cinemática

MARCELO DA SILVA HOUNSELL¹
LÉO PINI MAGALHÃES²

¹DCC - FEJ - UDESC
Caixa Postal D-001
89201-972, Joinville - SC

²Grupo de Computação de Imagens
UNICAMP - FEE - DCA
Caixa Postal 6101
13081-970 Campinas - SP - Brasil
e-mail : leopini@bruc.bitnet

Abstract. This paper presents TOOKIMA, a TOOL Kit for Scripting Computer Modeled Animation, that is a set of tools intended to help the description and development of Kinematic animation. Several algorithms are available for the manipulation of parameters such as objects, camera, shading, light-sources, etc. These tools are an extension to the C general-purpose programming language with additional features for track animation, temporal geometry, several accelerated behavior, hierarquical structure of objects and tweaking.

1 Definições e premissas

Uma das possíveis classificações de sistemas de animação é quanto aos MODELOS DE ANIMAÇÃO e estes podem ser o CINEMÁTICO, onde especificam-se trajetórias e acelerações explicitamente sem se preocupar com suas causas, e o DINÂMICO, que se utiliza de regras e leis da física para determinar os movimentos de um personagem.

TOOKIMA é um conjunto de ferramentas desenvolvidas para dar suporte a animação 3D, modelada por computador via descrição algorítmica (através de procedimentos que descrevem o comportamento de parâmetros) ou guiada (através de caminhos/trajetórias definidos pelo animador) permitindo pois, o modelo cinemático de animação. Usa-se como abordagem de implementação uma extensão de uma linguagem de uso geral, a linguagem C.

Assim como ASAS é uma implementação/extensão da linguagem Lisp (Reynolds, 1982 pg. 290), TOOKIMA é tanto uma implementação em C, quanto uma extensão desta linguagem. TOOKIMA oferece uma biblioteca voltada à definição de personagens, descrição de ações através do tempo e visualização 3D. Em sua versão inicial (1.0), o sistema atua com objetos modelados por B-rep, usando o algoritmo de visualização Scan-line Z-buffer, através de uma interface textual com o usuário (programa em C ou script). Conceitualmente, no entanto, TOOKIMA privilegia a independência do modelo de objeto e de rendering, do sistema de animação.

TOOKIMA, é o módulo gerenciador da animação que recorre a outros módulos de um projeto maior denominado ProSim (Magalhães e Hounsell 1991), e que também possui módulos próprios (estes incorporam meios de descrição -script-, sincronização e movimentação dos diversos elementos da cena).

TOOKIMA é, a nível de implementação, uma camada de software que se utiliza da camada de funções do ProSim (que por sua vez se utiliza da linguagem C e do sistema operacional) de tal forma a facilitar e dar início às diversas investigações na área de animação dentro deste projeto. Para esse propósito, também pretende ser estendível e flexível, dando acesso de baixo nível (geométrico e topológico) às entidades gráficas definidas (ator, iluminação, etc.) no sistema.

Dentre os princípios que inspiraram o desenvolvimento do TOOKIMA, destacam-se : a possibilidade da descrição da variação no tempo de características do objeto e do ambiente de maneira não ambígua e de forma que tudo que possa ser modelado possa ser animado; prover algum mecanismo de sincronização entre fragmentos do script e a geometria temporal; permitir a abstração multinível e estruturada; permitir a descrição da trajetória e aceleração independentemente; ser flexível e estendível.

Vários são os elementos que compõem uma animação, dentre eles destacamos no TOOKIMA, atores, decorações, câmera e iluminação os quais discutiremos a seguir. Antes disso é importante desta-

car que o script é o elemento que contém a descrição computacional da animação e assim agrupa estes elementos. (ver Hounsell 1992)

2 Atores e Decorações

Estes dois elementos são dois tipos de dados disponíveis no TOOKIMA que representam a funcionalidade destes nas outras mídias (cinema, teatro, etc.).

Ator é um tipo de dado que representa um elemento do nosso ambiente sintético que receberá "expressões" e "movimentos" no sentido de caracterizar (ou caricaturar) um personagem.

Na abordagem do TOOKIMA, o ator não possui movimentos e/ou leis próprias que lhe governem, pois segue-se uma abordagem cinematográfica.

A expressividade que um ator sintético tem, está relacionada à sua forma, cor (expressões próprias do ator) e seus movimentos adquiridos segundo um roteiro estabelecido por uma sequência de instruções.

Outro elemento que compõe o centro de atenções é a decoração (móvel ou cenário) que por sua vez tem uma expressividade limitada devido a, geralmente, ser um objeto inanimado (Thalmann 1988).

3 Tipos de Atores

Com o modelo B-rep atualmente usado, pode-se acessar e manipular características construtivas do modelo o que nos permitirá, por exemplo, efetuar metamorfoses apenas modificando os valores de certos pontos que compõem o objeto.

O que seria interessante pois, é que tanto um objeto quanto um ponto pudessem ser encarados como atores e que tivessem as mesmas funções de manipulação com a mesma funcionalidade.

Este então será o objetivo da abstração "ator": prover uma representação única, com poucas regras, para diversos tipos de dados que nada mais são do que, entidades do nosso ambiente virtual em vários níveis construtivos do modelo (B-rep) adotado.

Para tal objetivo estão disponíveis atores que podem ser de vários tipos, os quais passamos a listar apresentando algumas das inúmeras aplicações possíveis :

. DOUBLE, um valor real que pode ser usado para características desta natureza, tal como o ângulo entre braço e antebraço. Pode representar também, um parâmetro do ambiente como a distância focal da câmera ("d");

. POINT, um ponto com suas coordenadas euclidianas que pode servir como referência para diversas transformações. Pode ainda representar a posição do observador no nosso modelo de câmera ou a posição de uma fonte de luz do modelo de ilu-

minação.;

. VECTOR, um vetor com referência na origem, com suas coordenadas direcionais no espaço euclidiano que pode servir tanto como eixo para rotações livres quanto para influenciar os parâmetros do modelo de iluminação;

. COLOR, uma cor, segundo a concepção R, G e B (normalizada entre 0 e 60.000 pela convenção do ProSim) e que pode representar qualquer cor no espectro visível. Serve para representar características do ambiente como cor de plano de fundo ou cor de uma das fontes de luz;

. FACE, uma das faces de um ator do tipo POLY, disponível para permitir, por exemplo, transformações metamórficas;

. POLY, um poliedro, é a representação do nosso modelo de objeto e ator. Este será o tipo de ator mais usado na maioria das animações, pois o modelo já possui uma grande expressividade embutida que é a sua própria forma;

. NICKY, disponível para "apelidar" ou, aglutinar, sob uma mesma referência pré-estabelecida, um conjunto de atores que tenham algum tipo de relacionamento entre si. Um ator NICKY não incorpora nenhuma estrutura (como poliedros, nem faces, nem pontos).

Para definir um personagem, usa-se os tipos de atores disponíveis além de poder-se definir hierarquias entre atores, estabelecendo um ator como principal (denominado master) e outro(s) a ele atacadado(s) e dependente(s) (denominado(s) slave(s)), onde as transformações aplicadas a um master são propagadas aos seus respectivos slaves. As hierarquias são úteis pois os atores slaves passam a ser tratados como apêndices dos atores master.

4 Câmera

Câmera sintética é um conjunto de dados e procedimentos que permitirá a visualização da cena a partir de qualquer posição, sendo capaz de modelar as seguintes funcionalidades: permitir visualização arbitrária; executar a projeção de uma imagem; estabelecer qual parte da imagem projetada será mostrada e em que parte da tela; efetuar várias transformações sobre a câmera.

5 Transformações sobre a Câmera

Para a manipulação da câmera dispomos de três conjuntos de transformações: Inicialização, Transformações bem Conhecidas e Transformações Extras.

As INICIALIZAÇÕES encarregam-se de estabelecer os valores dos campos da estrutura de dados da câmera e, devidamente relacioná-los com outros cam-

pos se necessário for. Existe pelo menos uma função de inicialização para cada parâmetro.

TRANSFORMAÇÕES BEM CONHECIDAS são algumas das transformações usuais aos animadores convencionais e/ou cinema.

Dentre estas destacam-se: *Zoom_in (out)*, capacidade de aumentar (diminuir) os detalhes de parte de uma cena; *Pan right (left)* - panorâmica -, varre horizontalmente para a direita (esquerda) o campo visual; *Tilt up (down)*, varre verticalmente para cima (baixo) o campo visual; *Spin Clock (clock)*, inclinação da câmera no sentido horário (anti-horário); *Traveling - carrinho -*, a direção e inclinação da câmera permanece constante, mas a posição modifica.

TRANSFORMAÇÕES EXTRAS são oriundas de uma extensão às manipulações sobre a câmera. Foram considerados o observador e o centro de interesse (também conhecido por foco) como origem de dois tipos de sistemas de coordenadas: quadrado e esférico sendo que um serve como parâmetro referencial para o outro.

Assim, estabeleceu-se a seguinte semântica: *Go - vá -*, identifica manipulação com o observador; *Aim - focar -*, identifica manipulação com o centro de interesse (coi); *Up, down, right e, left* (para cima, para baixo, direita e esquerda), movimentos em relação ao sistema definido sobre um cubo; *North, south, east e, west* (norte, sul, leste e, oeste), movimentos em relação ao sistema de coordenadas esféricas; *Go_forward (go_backward)* são idênticos a *zoom_in (zoom_out)*, modificando a posição do observador, para mais próximo (longe) da cena (do coi); *Aim_in (aim_out)* são semelhantes a *zoom_in (zoom_out)*, no efeito mas, modificam a posição do coi e não do obs.

Caso o animador escolha, cada um dos campos da estrutura de dados da câmera pode-se constituir em um ator distinto e, desta forma adquirir todas as características deste último (trajetórias, acelerações, hierarquias, etc.), o que torna uniforme o tratamento destes elementos da cena, facilitando a assimilação e o uso por parte do usuário-animador.

6 Iluminação

Um modelo de iluminação é uma formulação matemática que nos permitirá calcular a influência das fontes de luminosidade sobre as superfícies dos objetos (atores e decorações) da cena permitindo um aumento considerável do realismo da imagem.

O modelo considerado no TOOKIMA e' o modelo de iluminação de Phong (ver Phong 1975 ou Rogers 1985 pg.340). Como a cor é discretizada em três componentes primárias, a fórmula do modelo de Phong deve ser aplicada ao ponto, levando-se em consideração estas três componentes (ou seja, temos que

avaliar a equação três vezes).

7 Tipos de Fontes de Luz

Dentre as fontes pontuais que o sistema de visualização Scan-Line permite definir estão lâmpada, spot e sol.

As fontes do tipo lâmpada são fontes onidirecionais. As fontes do tipo sol são fontes unidirecionais, ou seja, produzem raios de energia luminosa paralelos entre si, tal qual o sol o faz. As fontes do tipo spot são fontes pontuais direcionais, ou seja, são fontes que tem uma direção principal na qual ocorre a máxima concentração de energia luminosa fornecida por ela, fora desta direção ocorre uma atenuação gradual.

Assim como os campos da estrutura câmera, os campos das estruturas que definem as fontes de luz podem ser tratados como atores, também.

Exemplificando, a posição de uma fonte pode ser considerada como um ator do tipo POINT; a direção de iluminação de um spot como um ator do tipo VECTOR; a cor de iluminação como um ator do tipo COLOR; o ângulo sólido de um spot como um ator DOUBLE, etc.

8 Transformações Geométricas

"Transformações geométricas são essenciais para muitas aplicações gráficas" (Foley 1990, pg. 201) e, animações inteiras podem ser feitas utilizando apenas este recurso.

As transformações geométricas podem ser usadas tanto internamente pelo sistema (no pipeline das transformações de visualização que implementa a câmera sintética, p. ex.), quanto externamente, sob escolha e quantificação do usuário.

"As transformações geométricas são o meio pelo qual se obtém sobre um ator uma unidade de movimento" (Badler 1987, pg. 123). As mais comuns e largamente disponíveis nos sistemas são as Transformações Geométricas Lineares (TGL) pois, são facilmente implementadas por matrizes homogêneas simples e permitem agrupar transformações de maneira eficiente. As TGLs simples, que estão disponíveis no TOOKIMA são: Translação, Rotação e Escalamento.

Para estabelecer com clareza o referencial da transformação, convencionou-se nomear ABSOLUTO ou RELATIVO os referenciais na origem ou no centro de massa do ator ao qual estiver sendo aplicada a transformação, respectivamente.

Assim, as TGLs mencionadas acima estão disponíveis no TOOKIMA, com um dos parâmetros identificando o referencial ABSOLUTO ou RELATIVO.

9 Especificação Cinemática

Dentro dos sistemas cinemáticos existem os termos trajetória e aceleração específicos para este contexto, os quais passamos a elucidar.

Trajétória é o caminho no espaço bidimensional ou tridimensional a ser percorrido por um determinado elemento da cena.

Aceleração refere-se ao modo como o elemento seguirá uma trajetória, basicamente a cinemática a ele associada; este modo pode ser acelerado, desacelerado, linear, dentre outros.

O que se pretende no contexto da animação cinemática é a possibilidade de definição arbitrária e flexível de trajetórias suaves e acelerações e, a livre e independente combinação entre elas (de tal forma que um caminho possa ser percorrido de diversas maneiras (com diferentes acelerações) pelo(s) ator(es) da cena).

10 Trajetória

Nosso trabalho fornece subsídios para uma animação cinemática sem a necessidade do animador estabelecer todos os valores que o elemento deverá assumir. Assim, através da especificação de alguns pontos, o sistema se responsabilizará por gerar os valores intermediários necessários para que o guiamento seja efetuado (não precisando ser completo nem exaustivo).

E, para que o movimento pareça suave, não robótico, é desejável que exista alguma continuidade matemática com relação ao movimento. Esta continuidade deve estar presente na posição, na velocidade e na aceleração do ator se deslocando sobre a trajetória. Isto confere à curva a necessidade de uma continuidade matemática de segunda ordem obtida p. ex., por curvas interpoladoras ou aproximadoras.

No TOOKIMA, ambas as curvas Spline e B_Spline Cúbicas estão disponíveis a critério do usuário, para a definição de trajetórias.

11 Aceleração

As funções de aceleração são curvas que expressam um determinado tipo de movimento, como por exemplo, *slow_in* (movimento acelerado), *slow_out* (movimento retardado), *slow_io* (movimento acelerado depois desacelerado).

As curvas desses movimentos podem ser obtidas através de diversas funções matemáticas. Escolhemos as funções trigonométricas para esta finalidade.

Caso o animador queira criar a sua própria curva de aceleração, está disponível uma função (*free_dynamic*) cujos parâmetros incluem uma série de pontos de controle que serão usados internamente para gerar

uma curva (interpolada ou aproximada) para daí então dispormos desta função de aceleração.

Com o valor obtido pela função da aceleração, através da avaliação de uma curva ($f(\dots)$), e juntamente com a curva calculada da trajetória usa-se um mecanismo de mesclagem destas duas curvas para alcançar a independência entre elas.

12 Sistema de Visualização

Uma ferramenta que vise produzir animações com algum apelo realista não pode prescindir de um sistema de geração de imagens estáticas.

O TOOKIMA se utiliza de um algoritmo de visibilidade baseado na técnica Scan-line, um algoritmo do espaço imagem que faz uso intenso da coerência espacial (notadamente a coerência de arestas) de uma imagem, processando os elementos da cena segundo a ordem de rastreamento do monitor. (Hounsell e Magalhães 1990)

Uma vez estabelecida a técnica de visibilidade, associaremos a ela um modelo de iluminação (o modelo de Phong) e diversos modelos de fontes de luz a fim de efetuarmos o rendering dos objetos da cena.

Entretanto, a integração direta e simples destes modelos na visibilidade, quando aplicado ao modelo aproximador que é o modelo poliédrico, produzindo uma cor para cada face, resulta em uma aproximação visual muito limitada, pois tende a realçar a aparência poliédrica, principalmente para objetos curvos.

Este tipo de implementação da iluminação com o modelo B-rep é conhecido na literatura como Tonalização (shading) Constante ou Facetada (Flat).

Neste ponto percebe-se a necessidade de incluir técnicas de tonalização de superfícies curvas, que consigam inferir sobre as características geométricas do objeto e daí produzir um resultado visual compatível.

As duas abordagens mais difundidas são a Tonalização de Gouraud e a Tonalização de Phong (não confundir com o modelo de iluminação de Phong) (ver Hall 1986), ambas disponíveis no sistema de visualização e portanto, no TOOKIMA.

Além dos algoritmos de tonalização para suavizar as cores em superfícies curvas, outro efeito visual incorporado ao rendering é uma "pseudo-transparência".

Para eliminar a maior parte do esforço na simulação de uma transparência real nos algoritmos do espaço imagem, concebe-se a pseudo-transparência, ignorando-se os efeitos da refração, espessura do material e a curvatura de superfícies curvas (Rogers 1985, cap. 5).

Apesar da limitada aproximação para a transparência, sua implementação é razoavelmente sim-

ples não encarecendo muito o tempo de processamento mas, elevando consideravelmente a flexibilidade e o resultado visual obtido, motivo pelo qual foi adotada.

13 Resultados Obtidos

Este trabalho tratou da implementação de uma versão inicial de um conjunto de ferramentas para animação modelada por computador, denominado de **TOOKIMA** que faz parte de um projeto na área de computação de imagens, denominado **ProSim**, em desenvolvimento no Grupo de Computação de Imagens do Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial (DCA) da FEE-UNICAMP.

Nossa principal preocupação foi estabelecer e implementar conceitos e ferramentas básicas estendíveis, flexíveis e de alto potencial, no sentido de prover os subsequentes pesquisadores do **ProSim** de um substrato mínimo para que estes possam usufruir do sistema e se concentrar em aspectos mais específicos de seu interesse (relacionados, basicamente, com animação e visualização).

Com relação à animação muitas características se mostraram realmente úteis na sua descrição (como trilhas -tracks-, manipulações dos elementos da cena, etc.) e, outras demonstraram um grande potencial depois de implementadas, uniformizando e facilitando a descrição e inclusive permitindo manipulações de modelos dinâmicos (o uso de atores para tratar quaisquer elementos da cena e manipulação da atividade das cenas, respectivamente).

Deste trabalho resultou um software, o **TOOKIMA 1.0**, com aproximadamente 8400 linhas de código (incluindo o **Scan-line**) em diversos arquivos de programas subdivididos em módulos, escritos em linguagem C e executando atualmente em estações gráficas Sparc SUN-UNIX.

Para finalizar enfatizamos que, o resultado do nosso esforço se consolidou e, inclusive, já produziu seus primeiros resultados na forma de uma animação com dois personagens e duração de 67 segundos, intitulada "Mané Mosquito e Corujito". (Rodrigues 1992)

14 Agradecimentos

Gostariamos de destacar nosso agradecimento aos componentes do **ProSim** que direta ou indiretamente ajudaram na elaboração do **TOOKIMA**. Em particular agradecemos a Maria Andréia Formico Rodrigues e Alberto Barbosa Raposo por sua participação direta nos testes e correções do sistema de animação e a Tânia Martins Preto pelos trabalhos no **scan-line** (Preto e Magalhães 1991).

15 Referências

Norman I. Badler, 3D Computer Modeling and Animation with Emphasis on Human Figures, Course Notes of ZGDV, Alemanha, Oct 1987.

James D. Foley, et al., Computer Graphics : Principles and Practice, 2nd ed., Addison Wesley Publ. Co., 1990.

Roy Hall, A Characterization of Illumination Models and Shading Techniques, The Visual Computer # 2, pp 268-277, 1986.

Marcelo da Silva Hounsell e Léo P. Magalhães, Relatório **ProSim - Scan-Line**, Relatório Interno RT-DCA-005/90, FEE-UNICAMP, Jul 1990.

Marcelo da Silva Hounsell, **TOOKIMA : Um conjunto de Ferramentas para descrição de Animação Modelada por Computador**, Tese de Mestrado FEE/UNICAMP, 1992.

Léo P. Magalhães e Marcelo da Silva Hounsell, **ProSim - Um Sistema para Prototipação e Síntese de Imagens Foto-Realistas e Animação**, Relatório Interno RT-DCA-030/91, DCA-FEE-UNICAMP, Dez 1991.

Bui-Tuong Phong, Illumination for Computer Generated Images, CACM vol 18, # 6, pp 311-317, 1975.

Tania M. Preto e Léo P. Magalhães, Relatório **ProSim - Shading**, Relatório Interno RT-DCA-028/91, DCA-FEE-UNICAMP, Dez 1991.

Craig W. Reynolds, Computer Animation with Scripts and Actors, CG, vol 16 # 3, pp 289-296, Jul 1982.

Maria Andreia Formico Rodrigues, Relatório **ProSim - A animação Mané Mosquito e Corujito**, Interno RT-DCA-02/92, DCA-FEE-UNICAMP, Jan 1992.

David F. Rogers, Procedural Elements for Computer Graphics, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1985.

Nadia Magnenat Thalmann e Daniel Thalmann, Advanced Course on Image Synthesis and Computer Animation, VI Escola de Computação - Campinas - SP - Brasil, Jul 1988.