

Desenvolvimento de um Sistema Gráfico Interativo para Modelagem e Animação Facial

SANDRO JOSÉ RIGO
ANATÓLIO LASCHUK

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Instituto de Informática - II
Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação - CPGCC
Caixa Postal 15064 - CEP 91591-970
Porto Alegre, RS, Brasil
rigo@inf.ufrgs.br
laschuk@vortex.ufrgs.br

Resumo. This paper describes a 3D Facial Modeling system and a 3D Animation system. The modeling process is performed with photographic techniques in an interactive environment. For the animation the main facial muscles are modeled with deformable meshes and its action is simulated with forces applied to sets of elements in the mesh.

1 Introdução

A crescente atenção voltada para o desenvolvimento de sistemas de modelagem e animação facial pode ser entendida, em parte, ao atentarmos para as suas diversas possibilidades de utilização. Técnicas de modelagem e animação de faces em computador podem ser utilizadas na produção artística; no planejamento de cirurgia facial; no treinamento de deficientes auditivos; na investigação de padrões de comunicação não verbais; na confecção de vídeos educativos.

Esta é uma área de investigação recente e em desenvolvimento, onde existem diversas abordagens propostas [PAR 82], [BAD 81], [WAT 87], [MAG 87], [GUE 89], [TER 90], [REE 90], [KAL 92].

Alguns modelos desenvolveram-se a partir da simulação do sistema muscular facial. Dado que toda expressão facial é efetivamente formada a partir de um conjunto determinado de tensões dos músculos faciais, uma abordagem eficiente para o problema da animação seria a simulação da ação destes músculos. Existem inclusive trabalhos, como [EKM 77], onde são correlacionadas as expressões faciais com a ação de conjuntos bem definidos de músculos. No sistema desenvolvido foi adotada esta mesma abordagem, por acreditar-se que contém boas possibilidades de aplicação. Modelos mais fiéis a faces reais podem ser gerados a partir de informações anatômicas, onde se modela a superfície da pele, o tecido subcutâneo, muscular e os ossos faciais.

2 Modelagem Facial

A aquisição e organização dos pontos da superfície do rosto é a etapa inicial para a posterior animação facial. O rosto é bastante irregular e portanto uma boa representação é tanto fundamental como difícil de se obter. Tanto a digitalização de dados reais, como a construção interativa são empregadas para solucionar este problema. O sistema descrito utiliza técnicas fotogramétricas [PAR 90] para medir pontos da superfície de um modelo real. Esta técnica foi escolhida pela sua simplicidade e economia de recursos, uma vez que necessita apenas de um meio de quantificar pontos correspondentes em duas imagens diferentes do objeto real. Isto pode ser realizado, como no protótipo implementado, com a digitalização de imagens e apontamento das correspondências em uma tela gráfica. Este método apenas permite a medição de pontos de um dos lados do rosto. Assim o sistema de modelagem realiza o espelhamento dos pontos obtidos e correspondentes a metade do rosto para gerar um rosto com a parte frontal completa. A figura 1 mostra uma face modelada com o sistema implementado.

Os dados obtidos são organizados em uma malha de polígonos, forma escolhida para a representação das faces por sua simplicidade. Foram desenvolvidas funções que regularizam o conjunto original de pontos, o que permite utilizá-los também como pontos de controle fornecidos a procedimentos de aproximação de superfícies que geram então novas malhas. Isto tanto pode ser utilizado como forma de melhorar a suavidade das malhas obtidas, como para gerar novas malhas, modificando determinadas regiões. As-

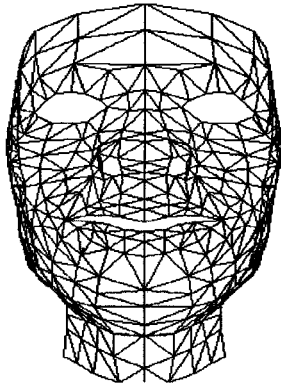


Figure 1: Malha facial modelada (e espelhada)

sim uma malha pode ser utilizada como base para gerar diversos formatos de rosto. Um exemplo de regularização dos pontos originais de um rosto pode ser observado na figura 2.

Componentes do rosto como olhos, pálpebras e dentes são modelados separadamente e compostos sobre a malha básica da face. Os olhos são modelados como semi-esferas onde são indicados os contornos da íris e pupila. As pálpebras e dentes são modeladas a partir dos pontos da superfície básica através de métodos procedurais que geram malhas de polígonos. Uma vez modelados, os objetos são posicionados para compor o rosto completo através de um procedimento que organiza a informação resultante em um arquivo descritor. Esta descrição é utilizada mais tarde pelo sistema de animação. Nesta etapa da modelagem também são especificados códigos para as cores e características de textura a serem empregadas na etapa de geração das imagens finais para cada um dos objetos. A figura 3 mostra um rosto onde são posicionados os olhos e um chapéu.

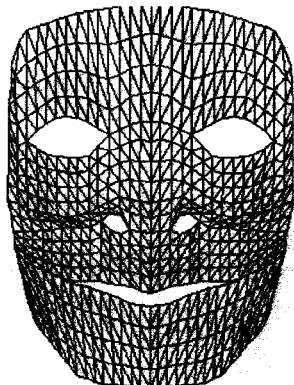


Figure 2: Malha facial regularizada

3 Animação facial

Para realizar a animação facial, utiliza-se um modelo muscular. Desta forma as expressões resultantes são geradas simulando-se a ação dos principais músculos faciais. Acredita-se que, com a implementação de um modelo com estas características, o sistema de animação possa ser utilizado em simulações interessantes a nível pedagógico e de planejamento. A aplicabilidade está na ordem direta da fidelidade do modelo para com o rosto real. Necessário salientar que o rosto é bastante complexo, sendo apenas simuladas algumas de suas características convenientes aos métodos utilizados para a modelagem.

Um primeiro teste de animação foi realizado com a implementação de um modelo baseado em [WAT 87], que simula os músculos faciais através de vetores com direção e magnitude. Para simular a contração muscular, os pontos da superfície facial são deslocados segundo uma função da localização destes em relação aos vetores. Um exemplo de geração de expressões com este método pode ser visto na figura 3.

Atualmente está sendo implementado um modelo que simula o tecido cutâneo, sub-cutâneo e muscular através de redes elásticas deformáveis e implementa os efeitos da contração dos músculos com a simulação da dinâmica de partículas. A fundamentação deste modelo é encontrada em [TER 90]. Assim os pontos da malha que define a superfície da face e as camadas internas estão relacionados entre si através de molas que ligam cada ponto a seus vizinhos mais próximos. A contração dos músculos é simulada com a aplicação de forças sobre os elementos da rede que representam os músculos modelados.

As redes elásticas deformáveis são geradas a partir dos dados obtidos pelo modelador, regularizados ou não. A camada superficial da rede é a própria superfície da pele. As camadas internas são geradas com o cálculo de um vetor normal em cada vértice da superfície na direção do interior da face. A conexão de cada ponto gerado com seus vizinhos é automaticamente indicada na estrutura de dados. O comportamento elástico da rede é definido por um parâmetro informado ao procedimento de simulação e utilizado para o cálculo da força resultante em cada mola da malha devido à sua movimentação. Este coeficiente pode ser especificado individualmente para cada camada da rede e para cada músculo.

Os músculos simulados foram definidos a partir de estudos em [GRA 88] e [KEN 86]. Baseando-se na informação de origem, forma básica e inserção obtida para cada músculo, estes são descritos apontando-se vértices correspondentes na malha da superfície facial. Com este procedimento um conjunto de pontos da rede elástica deformável é identificado como per-

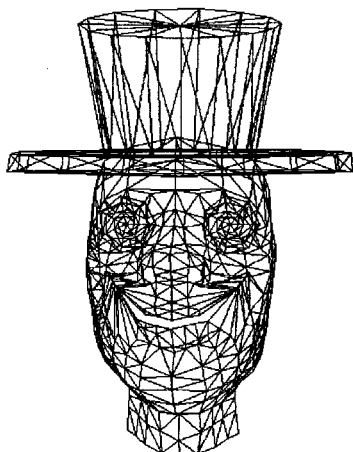


Figure 3: Modelagem de uma expressão facial com modelo muscular

tendente a um determinado músculo. A cada um destes pontos é associado um vetor que define a direção da força de contração correspondente.

A simulação da contração é realizada por métodos numéricos (Euler explícito) baseando-se na dinâmica de partículas. Simula-se o movimento dos pontos da rede elástica a partir de forças de contração, forças devido à ação das molas e atrito. As forças de contração correspondentes a cada músculo modelado são ativas sobre o conjunto de pontos que define o músculo. Estes, durante a contração, são deslocados e afetam os pontos de sua vizinhança através da ação das molas. Utiliza-se o conceito de molas de Hooke, onde a força resultante da mola é proporcional ao seu deslocamento. A figura 4 ilustra um teste com este procedimento de simulação realizado sobre uma rede simples. As duas camadas de pontos mais inferiores da rede estão sob a ação de forças que geram o seu deslocamento, que por sua vez influencia os demais pontos da rede pela ação resultante nas molas simuladas.

A animação dos olhos envolve a rotação destes e a dilatação e contração da pupila. As pálpebras podem ser abertas ou fechadas por rotação. A movimentação da mandíbula é simulada pela rotação de um conjunto de pontos previamente definido e que responde à região da face diretamente afetada pelos movimentos da mandíbula. Da mesma forma são implementados movimentos do rosto como um todo girando para os lados, girando para cima e para baixo e inclinando-se para os lados.

A união dos movimentos devidos a cada um dos componentes do rosto é realizada de maneiras diferentes. Os olhos e pálpebras têm sua movimentação gerada de forma independente da simulação muscular. Ao contrário, a movimentação da mandíbula

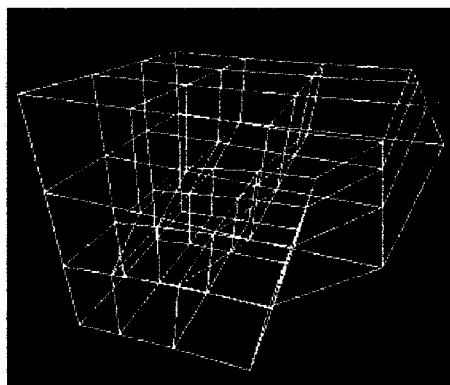


Figure 4: Rede elástica deformada com a simulação de forças de contração

e pescoço atuam sobre o mesmo conjunto de pontos empregado na simulação muscular. Os deslocamentos resultantes destes movimentos são modelados como restrições, incluídas na etapa de simulação muscular. Restrições também são utilizadas no modelo para fixar conjuntos de pontos que representam áreas de origem dos músculos.

O sistema de animação permitirá ao animador interagir em diferentes níveis: especificando parâmetros para cada um dos elementos do rosto individualmente ou especificando uma sequência de expressões básicas em um roteiro. Através do primeiro nível de interação é possível a criação de expressões básicas, armazenadas em arquivos. Neste nível de interação com o sistema, é necessário o conhecimento do conjunto muscular sendo simulado e das possibilidades de movimentação apresentadas por cada elemento que compõe o rosto completo sendo animado. A partir destas expressões básicas, pode ser especificada uma sequência de animação em um nível de abstração mais elevado, onde utiliza-se um roteiro no qual são informadas as expressões básicas desejadas, sua ordem e elementos como iluminação ou relação com outros objetos. Este tipo de interação não requer o tipo de conhecimento do modelo necessário para a geração das expressões básicas. A previsão das cenas descritas pode ser vista, em representação por aramado, no sistema PREVIEW [LOS 92]. A previsão das expressões básicas será visualizada no próprio sistema de animação.

A emissão de fonemas não é tratada diretamente pelo sistema de animação, porém podem ser criadas expressões que simulem a emissão de fonemas, definindo-se uma biblioteca básica que pode ser utilizada posteriormente para simular diálogos. Todas as expressões básicas podem ser compostas entre si, o que permite uma flexibilidade bastante grande para a combinação e criação de expressões.

A geração das imagens finais é feita com o software RAYSHADE [KOL 91], utilizando-se de seus recursos de iluminação e de simulação de textura, com a técnica de sombreado tipo "Phong".

4 Conclusões

Até o momento encontra-se consolidado o protótipo do modelador facial e diversas ferramentas que permitem a manipulação das malhas obtidas. Foi implementado em ambiente SUN e utiliza-se de placa "VideoPix" para a digitalização de imagens. Embora simples, o processo de modelagem é trabalhoso e requer bastante atenção. Os resultados obtidos são considerados satisfatórios dentro dos objetivos iniciais de desenvolvimento. Observa-se possibilidades interessantes de uso do modelador com a manipulação e composição de objetos. O sistema também pode ser utilizado na modelagem de outros objetos, não se restringindo à faces.

A animação do modelo está sendo implementada em estação Silicon Graphics. O protótipo concebido possibilitará a sua utilização com uma boa flexibilidade e facilidade. Até o momento já foram realizados testes básicos de simulação física, e está-se trabalhando no controle da animação e implementação do roteiro. Depois de implementado o sistema de animação pretende-se avaliá-lo quanto ao custo computacional envolvido e quanto aos resultados obtidos.

5 Referências

References

- [BAD 81] BADLER, N.&PLATT, S..*Animating Facial Expressions*, Proc. SIGGRAPH81. p.245-252. 1981.
- [EKM 77] EKMAN, P.& FRIESEN, W. V. *MANUAL FOR THE FACIAL ACTION CODE SYSTEM*, Consulting Psychologist press. Palo Alto, CA. 1977.
- [GRA 88] GRAY, H..*GRAY Anatomia*, Ed. Guanabara, Rio de Janeiro, 1988.
- [GUE 89] GUENTER, B. *A System for Simulating Human Facial Expression*, State-of-the-art in Computer Animation. Springer-Verlag, p.191-202, 1989.
- [KAL 92] KALRA, P. et all. *Simulation os Facial Muscle Actions Based on Rational Free Form deformations*, EUROGRAPHICS92, 11(3), 1992.
- [KEN 86] KENDAL, F. P..*Músculos, provas e funções*, Ed. Manole, São Paulo, 1986.
- [KOL 91] KOLB, C. E., *Rayshade User's Guide and Reference Manual*. 1991.
- [LOS 92] LOSINA, Rodrigo. *ANIMAKER - Sistema de Animação*. Porto Alegre: II-UFRGS, 1992. Trabalho de Conclusão do Curso de Ciência da Computação.
- [MAG 87] MAGNENAT-THALMAN, N.; THALMAN, D., *The Direction of Syntetic Actors in The Film "Rendez-vous à Montréal"*, **IEEE Computer Graphics and Applications**, Los Almitos, v.7, n.2, p.9-19, Dec. 1987.
- [MAG 90] MAGNENAT-THALMANN, N..*New Trends in the Direction of Synthetic Actors*,CG International'90, Springer-Verlag, p.17-35, 1990.
- [PAR 82] PARKE, F. I..*Parametrized Models for Facial Animation*, **IEEE Computer Graphics and Applications**, v.2, n.9, p.61-68. 1982.
- [PAR 90] PARKE,F.I..*Measuring three - dimensional surfaces with a two - dimensional data tablet*. In: SIGGRAPH90, Dalas, Aug. 6-10, State of the art in facial animation. p.45-51, 1990.
- [REE 90] REEVES, W. T. *Simple and Complex Facial Animation:Case Studies*, In: SIGGRAPH 90, Dallas, Aug. 6-10, **State of The Art in Facial Animation**, Dalas:SIGGRAPH, p.90-109, 1990.
- [TER 90] TERZOPOULOS, D.WATERS, K..*A phisycal model of facial tissue and muscle articulation*,In: SIGGRAPH 90, Dallas, Aug. 6-10, **State of The Art in Facial Animation**, Dallas:SIGGRAPH, p.130-145, 1990.
- [WAT 87] WATERS, K..*A Muscle Model for Animating Three-Dimensional Facial Expression*, **IEEE Computer Graphics and Applications**, 21(4), july, 1987. pp. 156-163.