INTERACTIVE CONSTRUCTION AND ANIMATION OF LAYERED ELASTIC CHARACTERS

THÈSE N° (1993)

PRÉSENTÉE AU DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

RUSSELL TURNER

Ingénieur-informaticien EPFL
Originaire d'Amérique (USA)

acceptée sur proposition du jury:

Prof. D. Thalmann, rapporteur
Prof. Geoff Wyvill, corapporteur
Prof. Gérard Hégron, corapporteur
Prof. Roger Hersch, corapporteur

Lausanne, EPFL

1993

Interactive Construction and Animation of Layered Elastic Characters

Russell Turner

Lausanne

1993

Abstract - Résumé

Traditional character animation is a highly-developed art form, but it has several creative and economic limitations. Computer animation techniques have had great success in other aspects of commercial animation, but have only recently begun to make inroads into the area of character animation. To animate three-dimensional computer models of characters, a variety of issues must be addressed. Movement results not only from physical structure of the character, but also from its higher-level control. Animated characters are modeled after real-life animals or humans who are composed of both rigid interior skeletons and deformable exteriors. Articulated figure animation techniques are now established and can model the skeleton quite well, while deformable surface models for the skin are more difficult and have not been as successful. Layered construction techniques attempt to combine these two approaches. Physically based models use physical simulation as a modeling and animating tool. They can generate a rich variety of realistic or surrealistic behavior which can be controlled by the animator through intuitive physical parameters and constraint techniques. With high-speed workstations, they can be simulated in real time, allowing interactive control. Layered elastic models add physically-based deformable components to layered 3D characters, resulting in more natural-looking deformation and movement. However, proposed models do not allow for independent layers of muscle, fat and skin.

To overcome these limitations, an original 3D character model is presented. In this new type of layered construction technique, called the elastic surface layer model, a simulated elastically deformable skin surface is wrapped around a traditional kinematic articulated figure. Unlike previous layered models, the skin is free to slide along the underlying surface layers constrained by reaction forces which push the surface out and spring forces which pull the surface in to the underlying layers. By tuning the parameters of the physically-based model, a variety of surface shapes and behaviors can be obtained such as more realistic-looking skin deformation at the joints, the effects of fat, skin sliding over muscles, and dynamic skin effects. Since the elastic model derives all of its input forces from the underlying articulated figure, the animator may specify all of the physical properties of the character once, during the initial character design process, after which a complete animation sequence can be created using a

traditional skeleton animation technique. The elastic surface layer model is demonstrated using an interactive animation system designed for studying layered character models with elastic components. The system, called LEMAN (Layered Elastic Model ANimation), allows three-dimensional animated characters to be built up from successive layers of skeleton, muscle, fat and skin in a completely interactive, direct-manipulation environment, using multi-dimensional input devices.

L'animation traditionnelle de personnages est une forme d'art qui, bien qu'à un stade de maturité avancé, présente de nombreuses limitations aussi bien sur les plans économiques qu'artistiques. Si l'utilisation de l'outil informatique fut un grand apport pour d'autres domaines de l'animation commerciale, son application à l'animation de personnages n'est que récente. Pour animer des modèles de personnages tridimensionnels, un certain nombre de points doivent être considérés. Le mouvement n'est pas seulement une résultante de la structure physique du modèle mais aussi du contrôle de plus haut niveau. Les personnages d'animation sont modélisés d'après les animaux et êtres humains du monde réel qui sont composés à la fois d'un squelette interne rigide et d'une enveloppe externe déformable. Si les techniques d'animation de figure articulées ont prouvé leur adéquation à la modélisation fidèle du squelette, l'utilisation de techniques de modélisation de surface déformable a abouti à des résultats moins probants pour l'enveloppe externe. Les techniques de construction par couche essaient de combiner ces deux approches. Les modèles basés sur les lois de la physique utilisent la simulation physique comme un outil de modélisation et d'animation. Ils peuvent générer une grande variété de comportements réalistes ou surréalistes que l'animateur peut contrôler à travers des paramètres physiques plus intuitifs et par l'utilisation de contraintes. Grâce aux performances actuelles des stations de travail, ces modèles peuvent être simulés en temps réel autorisant ainsi leur contrôle interactif. L'utilisation de modèles par couche élastique ajoute des composantes déformables suivant les lois de la physique au modèle par couche des personnages tridimensionnels, autorisant ainsi des mouvements et des déformations plus réalistes. Cependant, les modèles présentés à ce jour ne permettent pas la définition de couches indépendantes de muscle, de graisse et de peau.

Pour surmonter ces limitations, un modèle original de personnage tridimensionnel est présenté. Dans cette nouvelle technique de construction par couche, appelée le modèle à couche élastique, une surface élastique déformable définit l'enveloppe de peau d'une figure articulée traditionnelle. Contrairement aux modèles par couche précédents, la peau est libre de glisser sur les couches surfaciques inférieures, contrainte par des forces de réaction qui la repoussent et par des forces élastiques qui l'attirent vers la surface de la couche inférieure. En ajustant les paramètres du modèle physique, une variété de formes et de comportements peut être obtenue, comme des déformations plus réalistes de la peau aux articulations, des effets de couche de graisse ou de glissement de la peau sur les muscles, ainsi que des effets dynamiques de la peau. Comme les forces appliquées au modèle élastique sont dérivées des mouvements de la

structure articulée, l'animateur peut spécifier l'ensemble des paramètres physiques au moment de la modélisation du personnage, après quoi une séquence d'animation peut être créée en utilisant des techniques classiques d'animation de squelette. Un système d'animation interactif a été conçu pour l'étude de personnages définis avec un modèle par couche présentant des composantes élastiques. Le système, baptisé LEMAN (Layered Elastic Model ANimation), permet la construction de personnages tridimensionnels par la définition successive du squelette et des couches de muscles, de graisse et de peau, à l'intérieur d'un environnement totalement interactif utilisant des techniques de manipulation directe et différents périphériques multi-dimensionnels.

Acknowledgements

I would like to thank Daniel Thalmann, Enrico Gobbetti, Jean-Francis Balaguer, Ronan Boulic, Ying Yang, Prem Kalra, Tat-Seng Chua, Tsuneya Kurihara and Geoff Wyvill for their help and suggestions in the research and preparation of this dissertation.

Dedication

To Ling, Lulu, and Shasha

Curriculum Vitae

Russell Turner is a research assistant at the Computer Graphics Laboratory of the Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne, Switzerland. He received his B.S. in Physics and his M.S. in Computer and Information Science from the University of Massachusetts at Amherst. He has also worked as a software engineer for V.I. Corporation of Amherst, Massachusetts. His research interests include animation, 3D interaction, physically-based modeling, and object-oriented graphics.