Počítačová animace měkkých tkání obratlovců
Computer Animation of Soft Tissue of Vertebrates

Ing. Martin Dobšík, student 2.r. doktorského studia
Ústav informatiky a výpočetní techniky
Školitel: Prof. Ing. Ivo Serba, CSc.

Abstract

Most of computer animation systems used for animating vertebrates was developed for real-time applications or real-time human-computer interaction. These systems thus incorporate very simple human body model which, sometimes, is not based on physical laws. Usually so called "inverse solution" to human surface visulaization is used. Animator describes the motion of the skeleton; from such motion description the resulting muscle, fatty tissue and finally skin deformations are computed.

Smaller amount of work was done on so called "natural solution" to this problem, i.e. on simulation of muscle activities due to neural stimulation which yields in both: skeleton motion and human surface deformation.

This paper deals with biomechanically-based model of musculo-tendon unit for realistic animation and simulation of human body motion and deformation using "natural" approach.

1 Úvod

Animace pohybů obratlovců (zejména člověka) je bezpochyby jedním z nejkomplexnějších úloh počítačové grafiky vůbec. Ačkoliv se tento obor rozvíjí již relativně dlouhou dobu (přibližně od 80tých let) jsou techniky animace člověka stále v plenkách.

Dosud realizované animační systémy používají přibližně stejnou strukturu modelu obratlovce. Jeho základem je zjednodušený model kloubně-kosterního systému. Kosti jsou zde reprezentovány samostatnými *články*, klouby pak představují jen formální omezení kladená na vzájemný pohyb článků. *Kostra* je posléze pokryta "vhodnou reprezentací" povrchu živočicha a podle složitosti modelu též reprezentací mezilehlých tkání. Pro určení vzájemné polohy jednotlivých článků kostry máme k dispozici propracovaný aparát dopředné a inverzní kinematiky. Hlavním úkolem animačního systému tedy je popsat dynamiku pohybu takového modelu jak na úrovni globálního pohybu větších celků, tak také na úrovni deformací povrchu v důsledku svalové aktivity, setrvačných sil a podobně.

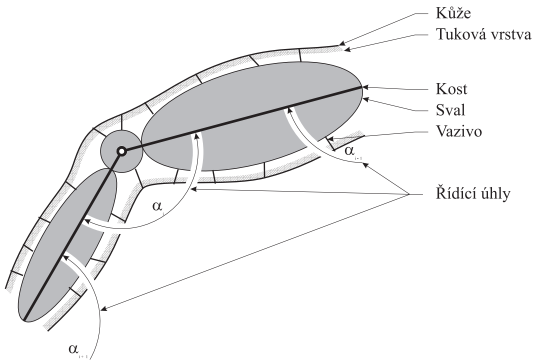
2 Historie

Často používaným přístupem tvorby animace je postup, ve kterém animátor nejprve plně specifikuje pohyb samostatné kostry, a animační systém teprve poté "dopočítá" jak mají vypadat deformace povrchu vyvolané svalovou aktivitou (dále jen *inverzní řešení*).

První systémy používaly pro řešení deformací povrchu čistě **geometrického** přístupu, kdy je deformace počítána například pomocí tzv. *volných deformací* [1] a podobně. Aplikace pouze geometrických pravidel vede k realistickému pohybu pouze je-li animátor velmi zručný a umí perfekně nastavit značné množství parametrů modelu.

Část tohoto "břímě" se z animátora snaží odejmout systémy, ve kterých alespoň některé problémy za něj řeší simulace **fyzikálního modelu**. Například v systému LEMAN [4] je simulován pohyb lidské kůže soustavou vázaných hmotných částic (model viz obr. 1).

Výše zmíněné přístupy však i přes veškerou snahu animátora mohou produkovat výsledky, ne-



Obrázek 1: Vrstvová konstrukce modelu člověka

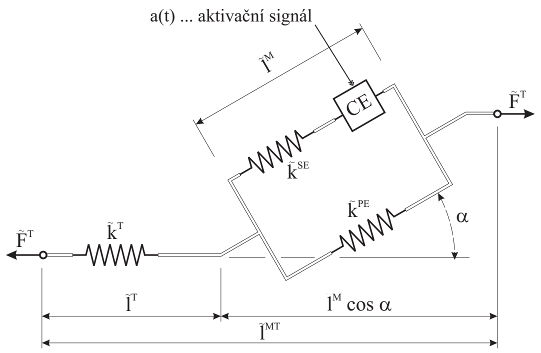
odpovídající skutečnému pohybu obratlovce. Výsledkem simaluce totiž může být například dynamika pohybu ruky nebo úhel ohybu, které by živý organismus za žádných okolností nebyl schopen dosáhnout. Navíc "ruční" specifikace pohybu a *inverzní řešení* deformací je značně nepřirozené a závislé na citech animátora.

S ohledem na tyto skutečnosti se v poslední době projevuje snaha zahrnout do animačního modelu co nejvíce znalostí o biomechanice skutečných živočichů a řešit vizualizaci povrchu kůže tzv. *přirozeným způsobem* tedy simulovat kontrakce svalu na základě nervové stimulace. Aplikací Zajacova modelu svalo-šlochavé jednotky se úspěšne zabývali práce [3] a [2].

3 Zajacův model svalu

Zajacův bezrozměrný úhrný model svalu pro celou svalo-šlachovou jednotku ukazuje obrázek 2. Aktivní sval je zde reprezentován kontraktilním elementem CE. Sval v pasivním stavu představuje prvek k^{PE}. Prvek k^{SE} představuje účinky vaziva uvnitř svalu a k^T představuje účinky šlachy.

Díky tomu, že je tento model vyjádřen bezrozměrnými charakteristikami, lze jej snadno použít pro modelování libovolného konkrétního svalu. Model je parametrizován 4mi hodnotami, které řídí tvar důležitých charakteristik: úhel zpeření α (úhel mezi svalovými vlákny a šlachou), maximální izometrická síla aktivního svalu f_0^M, optimální délka svalu l_0^M při které může být síla f_0^M vyvinuta a délka uvolněné šlachy l_s^T.



Obrázek 2: Zajacův model svalu

Tento model použili v kombinaci s metodou konečných prvků a přesnou geometrickou reprezentací svalu autoři D. Chen a D. Zeltzer [2] pro přesnou simulaci a vizualizaci povrchu a autor V. Hing [3] v kombinaci s nepřesným geometrickým modelem svalu pro řízení pohubu složitých kosterních systémů.

Reference

[1] E. Chadwick, John, R. Haumann, David, and E. Parent, Richard. Layered construction for deformable animated characters. In *Computer Graphics (SIGGRAPH '89 Proceedings)*, pages 243–252, 1989.

[2] T. Chen and David Zeltzer. Pump It Up: Computer Animation of a Biomechanically Based Model of Muscle Using the Finite Element Method. In *ACM Computer Graphics (SIGGRAPH'92)*, pages 89–98, 1992.

[3] Victor Ng Thow Hing. A Biomechanical Musculotendon Model for Animating Articulated Objects. Master's thesis, Graduate Department of Computer Science, University of Toronto, 1994.

[4] Russell Turner and Daniel Thalmann. The Elastic Surface Layer Model for Animated Character Construction. In *Computer Graphics International*, 1993.