

Simulace tuhých těles

Radek Hecl
FJFI ČVUT, Břehová 7, 115 19, Praha 1
radekhecl@seznam.cz

Abstrakt

V zimním semestru jsem se zabýval simulací tuhých těles. Rozhodl jsem se toto téma mírně rozšířit a nastínit, jakým způsobem lze simulovat tělesa, jejichž tvar se může měnit za běhu programu.

1 Úvod

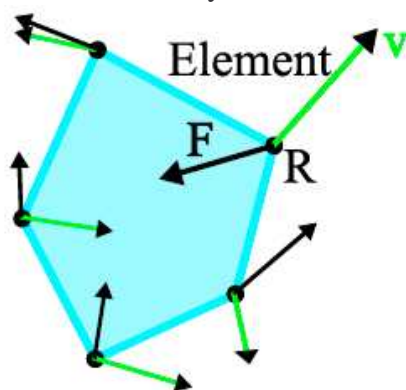
Deformovatelná tělesa jsou dalším přiblížením k simulaci reálného světa. Nicméně je potřeba si uvědomit, že toto zobecnění sebou nese určité komplikace. Například nastává daleko větší problém s detekcí kolizí (tělesa už nelze jednoduše rozdělit na konvexní části, protože se v průběhu simulace mění jejich tvar). V tomto dokumentu se ovšem budu zabývat pouze tím, jakým způsobem řešit simulaci samotného tělesa, nikoli soustavy těles. To bude pravděpodobně otázkou jednou z mých dalších prací.

Pro jednoduchost budu uvádět obrázky pouze ve dvourozměrném prostoru. Neměl by být velký problém si domyslet, jak by celá situace vypadala ve třírozměrném prostoru.

2 Simulace jednotlivých typů těles

2.1 Hmotný element

Hmotný element je v základní stavební jednotka všech těles, o kterých se v tomto dokumentu zmíním. Je popsán svou hmotností, rychlostí, silami, které na něj působí a případně dalšími vlastnostmi. Nemá ovšem žádný rozměr.



Obr. 1 Hmotný element

2.2 Simulace látky (textilu)

Textil je jedním z nejjednodušších způsobů propojení elementů mezi sebe. Sousední elementy se jednoduše spojí pomocí pružin. Mezi nimi tedy působí síla $\mathbf{F} = \mathbf{k}(\mathbf{x} - \mathbf{d}) + \mathbf{t}(\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1)$.

$\mathbf{F}$ – síla působící mezi elementy

$\mathbf{k}$ – tuhost pružiny

$\mathbf{x}$ – vzdálenost elementů

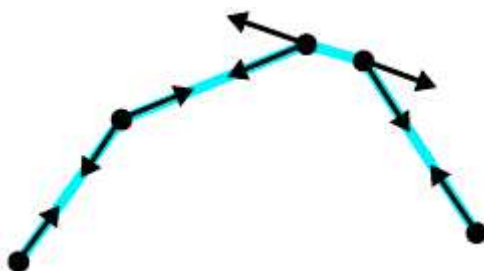
$\mathbf{d}$ – klidová délka pružiny

$\mathbf{t}$ – konstanta tření

$\mathbf{v}_1$ – rychlost prvního elementu

$\mathbf{v}_2$ – rychlost druhého elementu

Tato síla působí ve směru spojnice mezi elementy. Na oba působí stejně velká, jenom opačně orientovaná síla.

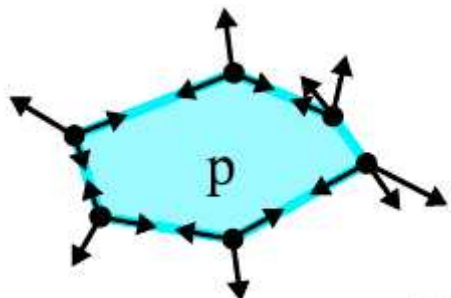


Obr. 2 Příklad textilu ve 2D

2.2 Simulace nafouklého (tlakového) tělesa

Tlakové těleso je svou strukturou velmi podobné textilu. Významný rozdíl je v tom, že je uzavřené. Další odlišností je, že na jednotlivé elementy působí (mimo síly pružnosti) tlaková síla podle stavové rovnice $pV=nRT$. Tedy na každou plošku působí síla, která se vypočítá pomocí stavové rovnice a poměru vůči celkovému povrchu tělesa. Tato síla se následně pak rovnoměrně rozdělí mezi elementy, které danou plošku tvoří. A působí ve směru normály plošky.

Typickým příkladem tělesa tohoto typu je gymnastický míč.

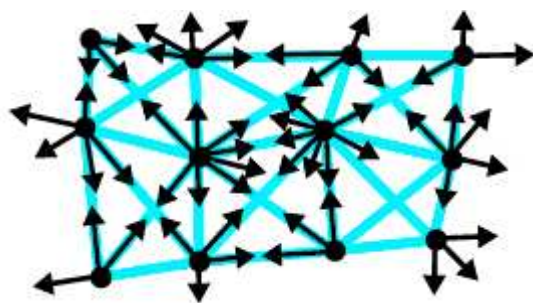


Obr. 3 Ukázka tlakového tělesa

2.2 Simulace pružného tělesa

V tlakovém tělesu byly elementy rozmístěny pouze po jeho povrchu. To je rozdíl oproti pružnému tělesu, kde jsou elementy rozmístěny po celém jeho objemu. Samozřejmě, že

v takovém tělese už nepůsobí tlaková síla. Jinak se jeho implementace nějak zásadně neliší.



Obr. 4 Pružné těleso

4 Závěr

Závěrem bych chtěl říct, že podobnou metodou lze vytvořit velmi širokou paletu objektů. Síly mezi elementy se mohou během průběhu simulace měnit. Případně vznikat či zanikat. Tímto lze simulovat například zlom při působení velkých sil. Je potřeba si uvědomit, že fantasii se meze nekladou.

Poděkování

Závěrem bych chtěl poděkovat paní RNDr. Ludmile Nezhybové, která mě nechala při práci na maturitním projektu nahlédnout do tajů počítačové simulace. A nadšení mi vydrželo dodnes.

Reference:

- [1] Pressure Model of Soft Body Simulation, Maciej Matyka, Mark Ollila
- [2] Combining Deformable and Rigid Body Mechanics Simulation, J. Jansson, J.S.M. Vergeest
- [3] Automated Computational Modeling, Johann Jansson