



**Posudek rigorózní práce „Natal GPU-friendly dynamic hair animation“
Mgr. Petra Kmocha.**

Předložená rigorózní práce popisuje návrh zlepšení metod pro simulaci dynamického chování lidských vlasů. Práce navrhuje několik vylepšení stávajících metod s cílem vytvořit algoritmy vhodné pro použití v masivně paralelních systémech (GPU) pro simulaci v reálném čase, nebo alespoň v interaktivních frekvencích. Předložená práce je revidovanou verzí bohužel neúspěšné dizertační práce na stejné téma, jejímž oponentem jsem v roce 2015 byl. Oproti této verzi byla významně rozšířena kapitola o testování nově navržených postupů a srovnání s konkurenčními metodami, což dle mého názoru významně přispělo ke kvalitě předkládaného textu.

Téma práce je aktuální a problematika zajímavá pro řadu aplikací. Současná řešení simulace vlasů např. pro počítačové hry, popř. pro virtuální návrh účesů či zhotovování virtuálních identikitů, jsou nedostatečná, přičemž lze předpokládat, že problém je v zatím nedostatečném porozumění v oblasti možných výpočetních zjednodušení simulačního procesu, zatímco výpočetní výkon současného běžně dostupného hardwaru je pravděpodobně již dostatečný.

Dizertační práce je na vynikající jazykové úrovni, dobře používá zavedené názvosloví a její myšlenky jsou srozumitelně formulovány. Přehled stavu poznání v oblasti simulace vlasů je jen lehce nevyvážený ve prospěch metod na kterých práce staví, což je ale ku prospěchu věci a usnadňuje to čtenáři pochopení popisovaných vylepšení.

Vlastní přínos předložené práce staví na několika pozorováních chování reálných vlasů, a tato pozorování pak převádí do podoby omezení (constraints) simulačního procesu, nebo do jeho úprav tak, aby výsledky odpovídaly pozorovaným jevům. Prvním pozorováním je, že vlas se ohýbá prakticky výhradně okolo menší z os svého eliptického průřezu. Tento fakt je pak využit v simulaci vlasů dvěma různými technikami – technikou využívající super-helixy (šroubovice) pro popis částí vlasů, a technikou stavějící na Kirchhoffově teorii elastických prutů (rods). Druhým přínosem práce je pak zjednodušení simulace zavedením pramenů vlasů (wisps), které umožňuje urychlit simulaci omezením výpočtů na dva krajní simulované vlasy, mezi kterými se vytváří vazba strukturou matematických pružin a trojúhelníková aproximace pramenu určená pro rendering. Detekce kolizí pak probíhá právě mezi těmito prameny, a v práci je navržen nový způsob reakce na kolize, kdy se prameny buď částečně spojí, nebo po sobě kloužou, v závislosti na úhlu kolize.

Za nejzajímavější přínos práce považuji omezení ohýbání na směr vedlejší osy průřezu vlasu. Domnívám se, že toto omezení skutečně může obohatit výsledky simulace o řadu jevů pozorovaných na reálných vlasech (tvorba vln), a zároveň může vést ke zjednodušení a tím zrychlení simulace samotné.

Práce poskytuje dobrý úvod do problematiky a podrobně popisuje matematické techniky používané v simulaci vlasů. Vybrané postupy, na kterých práce staví, jsou detailně popsány, a jejich zlepšení se jeví jako smysluplná. Za největší slabinu práce považuji nejasně specifikovaný cíl práce. Většina textu se odvolává na fyzikální povahu použitého modelu, která však sama o sobě nemůže být cílem, protože i fyzikálně založený model může být nepřijatelně zjednodušen. Cílem by nejspíše mělo být dosažení verifikovatelně realistického chování v nějakém definovatelném smyslu, autor se však při hodnocení výsledků omezuje především na měření časové náročnosti výpočtů, zatímco ostatní aspekty jsou hodnoceny spíše povrchně a subjektivně.

Vzhledem k tomu, že navržené zlepšení (omezení směru ohybu vlasů) je použitelné v různých simulačních modelech, by mi připadalo přirozené při vyhodnocování výsledků zhodnotit nejen dopad na výpočetní náročnost, ale také vizuální věrnost. V tomto směru by postačila jednoduchá side-by-side videa demonstrující simulaci s omezením směru ohybu a bez něho, vizuální zhodnocení nechť provede čtenář sám, objektivní vyhodnocení věrnosti simulace je samozřejmě mimo rozsah a téma práce.

Konečně vzhledem k tomu, že se jedná o práci z oboru computer science, mělo by být v autorově zájmu poskytnout referenční implementaci svého algoritmu a přispět tím k lepší replikovatelnosti a vymanění oboru ze sevření špatné porovnatelnosti výsledků způsobené neustálým přejímáním naměřených hodnot od původních autorů prací a vesměs marné snahy o napodobení předchozích testovacích scénářů.

Celkově i přes vyslovené výtky není sporu o tom, že autor vykonal poměrně velký objem vědecké práce a předložené výsledky toto potvrzují. **Doporučuji** tedy tuto práci k obhajobě.

Pro případnou obhajobu navrhuji následující otázky:

- daly by se formulovat podmínky na fyzikální podstatu simulačního modelu tak, aby výsledkem byla „realistická“ simulace chování vlasů?
- existuje v současném stavu poznání této oblasti nějaká ground truth simulační metoda, popř. akviziční metoda reálných dat, která by se dala použít pro objektivní zhodnocení míry realističnosti simulace?
- diskutujte možnost zavedení určité sady standardních scénářů a standardního rozhraní simulace dynamiky vlasů, které by umožnily být i jen vizuální a subjektivní srovnání různých metod.

V Plzni, dne 15.5.2018



Doc. Ing. Libor Váša, Ph.D.

Nové technologie pro informační společnost (NTIS)