

**Posudek disertační práce „Natra GPU-friendly dynamic hair animation“
doktoranda Mgr. Petra Kmocha.**

Předložená disertační 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.

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.

Disertační 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 považují 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. Tvorba plochých pramenů na druhou stranu není významně originální a zapadá do obecného schématu často používaného pro simulaci a rendering vlasů, kde se výsledky simulace malého počtu elementů (vlasů) nějakým způsobem extrapolují či interpolují. Reakce na kolizi splýváním, resp. klouzáním jednotlivých pramenů volbu simulace po pramenech opodstatňuje lépe, nicméně její praktický efekt je obtížné posoudit, zejména vzhledem k nedostatečnému testování.

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. V popisu autor bohužel zanedbává některé implementační detaily, jako například vhodný postup pro rozmístování pramenů na skalp a podobně. Velká většina práce zůstává na úrovni obecných matematických modelů, zatímco na úroveň konkrétních praktických detailů jde až v kapitole 3.7, která sice dává poměrně dobrý popis experimentální implementace (např. popis paměťové struktury pro VBO), přesto by však byla reimplementace navržených postupů možná jen obtížně.

Za největší slabinu práce považují kapitolu 5 – výsledky. Zabírá pouze 5 z celkového počtu 110 stran, a obsahuje jediný obrázek demonstrující dva výsledky referenční implementace (str. 108). Vzhledem k tomu, že práce navrhuje 4 výše popsaná vylepšení resp. variace, očekával bych přinejmenším srovnání výsledků s použitím a bez použití těchto vylepšení, a dále testování navržených postupů na nějaké podstatně větší datové sadě.

Nejzajímavější myšlenka omezení směru ohýbání vlasů by se přitom dala testovat nejrůznějšími způsoby především by měly být zdokumentovány efekty, které umožňuje simulovat, nebo k jejichž simulaci přispívá. Dále by měly být srovnány časy nutné pro simulaci s použitím tohoto vylepšení a bez něho. Kvalitní práce by se rovněž měla detailně zabývat omezeními navrženého postupu: existují případy, kdy je navržené omezení nežádoucí nebo neúčinné? Předložená práce bohužel žádnou odpověď na tyto otázky nedává.

Rovněž simulace vlasů po jednotlivých pramenech by si žádala důkladnější testování. Jak velké mohou být prameny, aby ještě simulace vypadala realisticky? Kde jsou limity navrženého postupu, a jak věrně odráží navržený postup reakce na kolize skutečné chování vlasů? Provedení rigorózní studie se subjektivními názory by možná šlo nad rámec požadavků, které je možné na disertační práci klást, výsledky by ale měly být přinejmenším předloženy čtenáři, aby si mohl vytvořit svůj názor.

Od vědecké práce bych dále očekával srovnání se state-of-the-art metodami, a to i přesto, že navržený simulační postup má jistá specifika, kterými se od existujících metod liší. Simulaci vlasů na GPU i v prostředí CUDA se zabývala nejedna práce (např. technologie TressFX nebo nVidia Fermi Hair demo z roku 2010) a disertační práce by měla obsahovat jak kvalitativní, tak kvantitativní srovnání s konkurenčními algoritmy. Předložená práce ale v tomto ohledu zcela selhává. O tom, do jaké míry bylo dosaženo hlavního cíle, jímž je realistická dynamika vlasů, jediný statický obrázek v práci obsažený nevyovídá nic, a i videa publikovaná jako doplněk práce čtenáři zprostředkovávají pouze velice hrubou představu. Rozhodně je nelze považovat za přesvědčivý doklad toho, že práce stojí na špičce daného oboru, ba ani za přesvědčivý doklad toho, že navržené postupy fungují skutečně správně – některé případy naopak vzbuzují pochybnosti například o stabilitě navržené simulace.

Poznatky dokumentované v předložené disertační práci mají potenciál posunout výzkum v dané oblasti. Uplatnitelnost v praxi by ale byla podstatně lepší, kdyby práce lépe analyzovala efekt navržených úprav, popřípadě pokud by referenční implementace byla zveřejněna.

Předložená disertační práce Mgr. Kmocha je značně rozporuplná. Na jedné straně obsahuje cenné myšlenky a je dobře napsána, na straně druhé hrubě zanedbává praktické testování navržených postupů. Domnívám se, že pro vědeckou praxi je rovnováha obou aspektů zcela nepostradatelná – experiment ve vědecké praxi slouží k oddělení dobrých nápadů od těch, které jen jako dobré vypadají. Rád věřím, že předložené myšlenky jsou dobré a posouvají danou oblast kupředu, nicméně ve vědě nemůže hodnocení stát na víře, ale musí se opírat o zdokumentované, replikovatelné výsledky experimentů. **V předložené podobě tak práce dle mého názoru není dostatečná pro prokázání předpokladů autora k samostatné tvořivé činnosti.** Domnívám se ale, že práci je možné rozšířit tak, aby požadavkům vyhověla, protože již v současné podobě obsahuje dostatek originálních myšlenek, u kterých schází pouze jejich kvalitní verifikace.

Pro případnou obhajobu navrhuji následující témata:

- Demonstrujte prosím výsledky navrženého algoritmu, zejména dynamiku simulovaných vlasů a stabilitu simulace v ustáleném stavu
- Srovnajte výsledky Vaší práce s konkurenčními přístupy k simulaci vlasů na GPU
- Demonstrujte efekt omezení směru ohýbání na výsledek simulace

V Plzni, dne 3.8.2015



Doc. Ing. Libor Váša, Ph.D.

Nové technologie pro informační společnost (NTIS)