

Mgr. Jiří Vorba
CGG KSVI MFF
Karlova Univerzita v Praze

V Praze, 24. srpna 2012

Posudek diplomové práce s názvem

Realistic Hair Rendering in Autodesk Maya

Řešitel: Bc. Tomáš Svoboda

Vedoucí: Ing. Jaroslav Křivánek, Ph.D.

Řešitel měl za úkol implementovat plug-in pro zobrazování (renderování) vlasů v uživatelském rozhraní profesionálního nástroje pro tvorbu obsahu generovaného počítačem, Autodesk Maya. Práce navazuje na úspěšný softwarový projekt Stubble, obhájený na MFF v roce 2011, který umožňuje modelování vlasů v prostředí Autodesk Maya a jejich následné offline zobrazování ve vysoké kvalitě v produkčních rendererech Mental Ray a rendererech založených na standardu RenderMan. Cílem práce bylo zobrazovat vlasy v reálném čase již během jejich modelování a při tom poskytnout uživateli dostatečně věrnou podobu vytvářeného účesu nebo srsti, blízkou obrázku v produkční kvalitě.

Zobrazování vlasů je v oblasti počítačové grafiky velice obtížným a dlouho řešeným problémem, zejména zobrazování v reálném čase. Důvodem je velké množství velice tenkých částečně průsvitných vlasových vláken, u člověka v řádech desítek tisíc, která pro svou reprezentaci vyžadují značné množství geometrie a která mohou za netriviální interakce světla v modelovaném účesu či srsti.

Řešení

Řešitel aproximuje zakřivenou geometrii vlasů pomocí úseček. Tyto úsečky mají nenulovou šířku a jsou vždy natočeny směrem ke kameře tak, aby simulovaly obecně eliptický průřez vlasu. Pro rasterizaci těchto úseček je třeba grafické knihovně zadat jejich šířku v prostoru rastru. Autor tedy počítá šířku vlasového segmentu promítnutého na obrazovku. Pokud není kamera příliš blízko, šířka vlasu na obrazovce je typicky menší než velikost pixelu. V tomto případě autor navrhl způsob, jak spočítat příspěvek vlasu k barvě pixelu na základě vhodné aproximace poměru promítnuté šířky vlasu k šířce pixelu. Tímto způsobem se autor vypořádal s typickým problémem aliasingu, který se jinak objevuje při rasterizaci vlasů reprezentovaných pomocí sítě trojúhelníků. Popsaná metoda je hlavním přínosem této diplomové práce.

Další problém, se kterým se musel řešitel vypořádat, představovala průhlednost vlasových vláken. Pro správný výpočet barvy částečně průhledných objektů, tzv. blending, je při rasterizaci nutné zobrazovat objekty odzadu dopředu. Autor v práci uvažuje několik

existujících řešení, přičemž s ohledem na požadovanou rychlost zvolil metodu, která třídí geometrii do několika disjunktních vrstev podle vzdálenosti od kamery. I když zvolené řešení může v některých místech špatně vyhodnotit výslednou barvu z důvodu nesetříděné geometrie v rámci jedné vrstvy, vzniklé artefakty jsou minimální a nepůsobí rušivě. Toto řešení navíc autorovi umožnilo efektivně počítat promítnutou šířku vlasového segmentu do prostoru rastru, neboť ta závisí lineárně na vzdálenosti vlasu od kamery.

Pro výpočet barvy vlasů použil řešitel jednoduchý světelný model Kjiya-Kay spolu s technikou Deep Opacity Maps pro výpočet stínů vržených samotnými vlasy. Druhá z obou metod není triviální z důvodu již několikrát zmíněné průhlednosti vlasů a z toho plynoucí nutnosti vyhodnocení stínů v objemu. Řešitel v práci také popisuje několik dalších existujících světelných modelů a celou řadu technik pro výpočet stínů, které musel nastudovat.

Práce je dobře strukturovaná. Teoretická část je srozumitelná. Autor diskutuje a rozumně odůvodňuje svá rozhodnutí, proč zvolil konkrétní postupy ve své implementaci. V kapitole s výsledky uvádí v grafech naměřené doby běhu jednotlivých částí rendereru v závislosti na počtech jednotlivých vlasů, počtech vlasových segmentů, cílového rozlišení a nastavení algoritmu. Autor zde tak demonstruje úspěšné dosažení zobrazování vlasů v reálném čase spolu s porovnáním vizuální kvality oproti snímkům z offline renderingu. Přiložená implementace je plně funkční a na současném hardwaru uživatelům umožňuje během modelování účesu nebo srsti interaktivní náhled ve vysoké kvalitě při použití do sta tisíc vlasových vláken.

Nedostatky

Práci bych vytknul pouze místy méně srozumitelnou kapitolu popisující samotnou implementaci a několik drobných formálních nedostatků. Těmi jsou chyby v použitém jazyce (angličtina), chybějící citace u jednoho z použitých grafů, chybějící odkaz z textu asi na dva vložené obrázky.

Závěr

Řešitel se musel vypořádat s komplexním problémem zobrazování vlasů v reálném čase. Kromě návržení vhodného algoritmu a prostudování celé řady existujících metod pro výpočet osvětlení a stínů ve vlasech se autor během implementace musel vypořádat s architekturou a API softwaru Autodesk Maya a plug-inu pro modelování vlasů a srsti, Stubble. Implementace mimo jiné vyžadovala dobré znalosti hardwaru pro počítačovou grafiku spolu se schopností programování shaderů.

Jde o komplexní diplomovou práci s výbornými výsledky a dle mého názoru zmíněné formální nedostatky její kvalitu nijak nesnižují. Práci navrhuji k obhájení.