

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Implementace zobrazovacího řetězce pomocí GPGPU technik
Jméno autora:	Jakub Profota
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra počítačové grafiky a interakce
Oponent práce:	Ing. Jaroslav Sloup
Pracoviště oponenta práce:	Katedra počítačové grafiky a interakce

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce považuji za náročnější, protože kromě využití znalostí získaných studiem (zobrazovací řetězec a jeho struktura) vyžaduje nastudování principů paralelního programování grafických procesorů a aplikaci základních optimalizačních technik paralelního programování, bez kterých nelze zobrazovací řetězec efektivně naimplementovat.	

Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání práce považuji za splněné, autor vytvořil funkční implementaci zjednodušeného zobrazovacího řetězce pomocí technologie CUDA, nicméně efektivita implementace (paměťová i operační) je na nízké úrovni, což se projevuje, i dle v práci uvedených výsledků, až o dva řady nižším výkonem, než je dosaženo jinými volně dostupnými implementacemi zobrazovacího řetězce na GPU. Zvolené řešení také není schopné vykreslit velké scény bez artefaktů, viz další body hodnocení.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Autor zvolil správný postup řešení, ale vlastní implementace je poměrně zjednodušená a přímočará, a to vede na různá omezení nejvíce patrná v implementaci rasterizační části. Rasterizace je založena na rozdělení okna do dvojúrovňové hierarchie bloků pixelů (tzv. bin a tile) pro které je staticky alokována paměť pro uložení trojúhelníků, které tyto oblasti pokrývají. Statická alokace vede ve většině případů na velké plýtvání paměti, navíc způsobuje praktické omezení množství trojúhelníků, které se dají pro jednotlivé bloky pixelů (tile) uložit. Důsledkem jsou artefakty v obrazu způsobené chybějícími trojúhelníky. Další slabinou rasterizační části je zvolený způsob paralelizace, kdy jsou trojúhelníky každého bloku pixelů obrazovky zpracovávány jedním blokem vláken na GPU. Zde při velkém oddálení modelu od kamery dochází k mapování všech trojúhelníků celého modelu do několika málo bloků pixelů (tilů), které jednak nejsou schopny všechny trojúhelníky uložit a také jsou výpočetně zcela přetíženy, zatímco ostatní bloky obrazu nemající žádné trojúhelníky k rasterizaci jsou nevyužité. Dochází tedy k nedostatečnému využití potenciálu GPU. Efektivní implementace rasterizace vyžaduje použití dynamického přidělování paměti a přerozdělení práce tilů s velkým počtem trojúhelníků mezi více bloků vláken, což v práci není realizováno. Není také použito základních optimalizačních technik (sdružené přístupy pro minimalizaci paměťových transakcí, zápis výstupních dat do globální paměti po spojitých blocích pro snížení počtu atomických operací) a to se negativně projevuje na rychlosti celé rasterizace.	

Odborná úroveň	C - dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce je po odborné stránce na dobré úrovni, ale k jejímu obsahu mám několik připomínek. V úvodu práce jsou krátce zmíněna vybraná existující řešení (FreePipe, CUDA raster a cuRE). Zde postrádám detailnější popis, jak je řešena rasterizace, na jejíž efektivní implementaci se má autor zaměřit, a také detailnější porovnání s autorem zvoleným řešením. Chybí analýza	

paměťové složitosti pro testované scény. Místo obecného popisu technologie CUDA bych uvítal popis základních principů optimalizace CUDA aplikací, které vzhledem k zaměření práce považuji za podstatnější.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Text práce je po jazykové, formální i typografické stránce na velmi dobré úrovni, je dobře čitelný a srozumitelný. V práci se vyskytuje velké množství obrázků a ukázek zdrojových kódů, které bohužel z textu práce nejsou vůbec odkazovány, a tudíž není zcela jasné ke kterým částem textu se přesně vážou. Dále postrádám obrázek zmiňovaný na konci stránky 48 ukazující vliv dynamického snižování frekvence GPU (power throttling) na rychlost vykreslování scény Buddha.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Všechny použité informační zdroje jsou relevantní a v práci řádně citované.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Při vykreslování modelu Sponza jsem pozoroval viditelné artefakty projevující se chybějícími či prostorově špatně umístěnými pixely. Autor zmiňuje problém s přesností výpočtu pro speciální konfigurace paprsků a trojúhelníků, ale v tomto případě se nabízí otázka, zda uvedené artefakty nejsou spíše důsledkem nesprávně provedené synchronizace vláken provádějících rasterizaci.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Autor vytvořil základní implementaci zjednodušeného zobrazovacího řetězce pomocí technologie CUDA, jehož praktickému nasazení brání paměťová i operační neefektivita rasterizační části, projevující se artefakty v podobě chybějících trojúhelníků či pixelů. Na druhou stranu považuji téma, které si autor zvolil, za náročnější a svými požadavky (zejména na optimalizaci) a rozsahem odpovídá spíše diplomové práci, k čemuž jsem přihlédl i v celkovém hodnocení.

K práci mám následující otázky:

- Co by obnášelo rozšíření implementovaného zobrazovacího řetězce o podporu texturování? Jak je texturování řešeno v existujících implementacích zmíněných v úvodní části práce?
- Experimentoval jste nějakým způsobem s velikostí bloku vláken u jednotlivých fází zobrazovacího řetězce abyste našel optimální nastavení?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 8.6.2023

Podpis: