POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**VR vizualizace černé díry svyužitím sférické kamery**
Jméno autora:	**Jakub Peleška**
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra počítačové grafiky a interakce
Oponent práce:	Michal Bursa
Pracoviště oponenta práce:	Astronomický ústav AV ČR

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání — **náročnější**

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit aplikaci v prostředí virtuální reality pro dva hráče a s využitím sférické kamery. Aplikace má hráčům umožnit pozorovat optické efekty vznikající v zakřiveném prostoročasu v okolí sféricky symetrické (nerotující) černé díry. Jako pozadí má být použito buď sférické video nebo vstup ze sférické kamery umístěné uprostřed scény.
Toto zadání lze pro bakalářskou práci hodnotit jako náročnější, neboť vyžaduje kromě standardně požadovaného prokázání dovedností nabytých při studiu oboru i elementární seznámení se s konceptem teorie relativity a porozumění výpočtu trajektorií testovacích částic v zakřivených prostoročasech včetně osvojení si metod a závěrů popsaných v dřívějších pracích zpracovávaných na katedře. K náročnosti úlohy přispívá i potřeba osvojit si zacházení se sférickou kamerou a prozkoumat možnosti integrace do prostředí Unity.

Splnění zadání — **splněno**

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.

Vložte komentář.

Zvolený postup řešení — **správný**

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

Zvolený postup řešení je plně adekvátní. Při řešení student vycházel z dřívější práce I. Platonova popisující statickou projekci v blízkosti černé díry, kterou upravil, doplnil a celkově jí přizpůsobil zadanému problému. Dále se student seznámil s možnostmi a funkcemi sférické kamery Samsung Gear 360.

Odborná úroveň — **A - výborně**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Práce je na velmi dobré odborné úrovni. Kombinuje znalosti z oboru počítačové grafiky a virtuální reality se znalostmi z oboru teorie relativity a přináší uživateli zážitek ve virtuální realitě, který kombinuje nevšední zážitek deformace obrazu gravitační čočkou s jistou omezenou interaktivitou danou činností druhého hráče na druhé straně scény.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce — **B - velmi dobře**

Po formální stránce je práce na úrovni. Jazyková stránka je též v pořádku, pouze místy se lze setkat

s použitím nesprávné terminologie („geodézický algoritmus“ nebo „naměřený parametr“), to se však týká výhradně astronomických částí, kde lze nepřesnosti v terminologii tolerovat vzhledem k odlišnému oboru.
Obecně mi však text práce přijde na řadě míst poněkud stručný a to z jazykového tak i obsahového hlediska. Text by mohl by poskytovat o něco více více podrobností v úvodu a o něco více detailů implementace. Čtení textu vzbuzuje řadu otázek, jejichž odpovědi lze sice poměrně snadno získat pohledem na zdrojové kódy implementace, nicméně bylo by případnější některé klíčové kroky více popsat v textu. Na druhou stranu je třeba dodat, že práce je rozsahem textu odpovídající a další rozšíření by jí přiblížilo parametrům diplomové práce.

Výběr zdrojů, korektnost citací B - velmi dobře

Při volbě zdrojů a jejich citací bylo postupováno dle zásad pro psaní vědeckých textů. Zdroje jsou správně citovány, převzaté prvky jsou náležitě odlišeny, citace jsou úplné. Existuje samozřejmě řada obdobných aplikací znázorňující deformaci obrazu pozadí černou dírou, přitom citovány jsou jen některé, ale není účelem úvodní rešerše podávat ucelený výčet. V tomto ohledu rešerše splňuje svůj účel uvést relevantní práce, které přináší nějaké originální prvky. Dle mého povědomí je skutečně v této práci řešená kombinace černé díry, dvou hráčů a sférické projekce inovativní.

Další komentáře a hodnocení

Z hlediska funkčnosti aplikace a zejména z hlediska uživatelského komfortu je nadbytečné rozdělovat zobrazení efektu černé díry na zobrazení pomocí výpočtové metody a pomocí aproximační formule. To může být užitečné pro někoho, kdo by chtěl detailně porovnávat možnosti a přesnost aproximační formule, ale pro to jsou vhodnější a názornější nástroje, než je virtuální realita. Výhoda aproximační formule je především ta, že při pohledu do stran dokáže dát informaci o tom, jaký pixel se má zobrazit mnohem rychleji a efektivněji, a to při zachování přesnosti. Její přesnost se naopak ztrácí u fotonů, které probíhají poblíž horizontu událostí černé díry. Fyzikálně věrné zobrazení efektu gravitační čočky poskytuje pouze metoda založená na předpočítaných trajektoriích (geodetikách) fotonů, kterou lze rozšířit i tak, aby poskytovala údaje ve větším rozsahu než 90°. Role aproximativní formule je tak vskutku pouze okrajová a technické a neměla by být prezentována v uživatelském rozhraní. Hlavní menu aplikace lze pak redukovat pouze na výběr toho, zda má být efekt gravitační čočky aktivní, či nikoli.

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.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm A - výborně.

Práce beze zbytku splňuje nároky kladené na bakalářskou práci a lze jí doporučit k obhajobě se shora navrženou klasifikací.

Otázky:

1. Přiložené ukázkové video zobrazuje působivou kombinaci pohledu kosmonauta na gravitační čočku s pozadím simulujícím prostředí mladých a horkých hvězd obíhajících okolo skutečné černé díry Sgr A* v centru Mléčné dráhy. Ve videu nicméně postrádám druhého hráče a ani v žádné jiné ukázce není patrné, jak se vstup druhého hráče promítne do scény.

2. Lze odhadnout a okomentovat současné limity aplikace dané HW možnostmi dostupných VR souprav s ohledem na realističnost scény s černou dírou? Z kapitoly 5.4 vyplývá, že hlavním limitem je vykreslování sférického obrazu. Pokud jde o černou díru samotnou, je zvoleno vlastně nejjednodušší řešení - nerotující černá díra se sféricky symetrickým prostoročasem. Je možné použít předpočítaná data pro axiálně symetrický prostoročas, kde by bylo nutné mít 2D mapu vstupních a výstupních úhlů?

3. Jak je naznačeno v závěru, jedno z omezení aplikace je to, že při zobrazení druhého hráče nebere v úvahu jeho vzdálenost od černé díry. Lze v krátkosti popsat, jakým způsobem lze radiální pohyb druhého hráče do aplikace zahrnout a jak je k tomu nutné uzpůsobit předpočítaná data?

Datum: 7.6.2021 Podpis: