

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Simulation and Evaluation of Image Impairment Impact on Quality of Experience in Virtual Reality Environments (Simulace a hodnocení vlivu zkreslení obrazu na kvalitu zážitku v systémech pro virtuální realitu)
Jméno autora:	Bc. Jakub Špaňár
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra teorie obvodů
Vedoucí práce:	Ing. Karel Fliegel, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	FEL ČVUT v Praze, Katedra radioelektroniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Moderní přístupy reprodukce obrazu pomocí displejů umístěných ve speciálních brýlích HMD (head-mounted displays) nacházejí v poslední dekádě významné uplatnění v různých oborech, kde je žádoucí tzv. pohlcující (immersive) prezentace. Vliv artefaktů a zkreslení, která vznikají při snímání, zpracování a reprodukci obrazu v těchto systémech patří mezi aktuální aktivity ve výzkumných laboratořích, což lze sledovat v množství publikovaných prací. Nástroje pro simulaci a hodnocení vlivu zkreslení obrazu na kvalitu zážitku QoE (quality of experience) jsou důležitým předpokladem úspěšného výzkumu v této oblasti. Související problematikou se student zabýval v rámci předcházejícího projektu. Téma pro studenta nebylo nové, ale vzhledem k tomu, že studijní program se této oblasti věnuje jen okrajově, musel si diplomant doplnit řadu znalostí a dovedností. Student byl tak odkázán zejména na zahraniční odbornou literaturu nebo mezinárodní standardy a vzhledem k relativní novosti tématu, musel také spoléhat na vlastní invenci. Zadání lze považovat za průměrně náročné.</p>	

Splnění zadání	splněno
<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>	
<p>Předložená diplomová práce splňuje zadání v odpovídajícím rozsahu a kvalitě zpracování. Cílem zadání bylo podat přehled současného stavu v oblasti simulace a hodnocení různých obrazových zkreslení na QoE v oblasti virtuální reality VR, včetně existujících volně dostupných softwarových řešení a dalších nástrojů. V praktické části měly být pro dostupný HMD VR systém, konkrétně HTC VIVE Pro Eye s integrovaným sledováním očních pohybů, implementovány vhodné softwarové nástroje umožňující provádět simulaci obrazových zkreslení a automatizovat provádění subjektivních experimentů se skupinou pozorovatelů. Dále měl být proveden pilotní experiment pro ověření funkčnosti realizovaného systému. Diplomant podal základní přehled současného stavu. Následně s využitím vhodně zvoleného SW prostředí, konkrétně Unity, student realizoval systém pro provádění subjektivních experimentů se zaměřením na analýzu QoE v oboru 360° všesměrových obrazů. Dále byl realizován systém umožňující simulovat různá zkreslení obrazu a to jak technicky podmíněná, tak i zkreslení vyskytující se při různých poruchách vidění. V pilotním experimentu se skupinou pozorovatelů a také v rámci výzkumných aktivit na pracovišti byla funkčnost systému ověřena.</p>	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatné tvůrčí práce.</i>	
<p>Pan Jakub Špaňár se věnoval souvisejícímu problému v rámci předcházejícího projektu. Student pracoval samostatně, zapojoval se také do souvisejících výzkumných aktivit na pracovišti a docházel do laboratoře, kde využíval poskytnutý HMD VR systém. Konzultace v úvodní fázi řešení probíhaly spíše nepravidelně, později se student hlásil častěji. Na konzultace byl student dobře připraven a přehledně prezentoval dosažené výsledky. Některé návrhy vedoucího se bohužel nepodařilo zapracovat a nebylo tak plně využito potenciálu zadání. Student však prokázal schopnost samostatné tvůrčí práce.</p>	

Odborná úroveň **C - dobře**
Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Teoretický úvod se věnuje problematice kvantifikace kvality zážitku QoE pomocí subjektivních a objektivních přístupů, následně ve vztahu k metodám reprodukce obrazu pomocí přístupů virtuální reality VR. Kapitola týkající se QoE je poněkud stručnější a chybí hlubší analýza současného stavu v této oblasti, která je částečně rozšířena v kapitole zabývající se přehledem souvisejícího současného výzkumu. Dále jsou teoreticky popsána obrazová zkresení jejichž simulace je později realizována, opět v návaznosti na kapitolu pokrývající stručně současný stav výzkumu. Nedostatkem těchto teoretických kapitol je chybějící matematický popis metod, autor se omezuje zejména na slovní popis a grafická znázornění. Hlavní přínos této práce spočívá v realizaci vlastního systému pro provádění subjektivních experimentů a simulaci zkresení obrazu v kontextu všesměrových 360° obrazů reprodukováných pomocí metod VR. Tento systém využívá prostředí Unity a popis jednotlivých realizovaných modulů je přehledný. Student zveřejnil související realizované nástroje s využitím fakultního GitLab repozitáře a navržený systém tak lze v budoucnu dále rozvíjet. Určitou nevýhodou, podobně jako u teoretického popisu, je chybějící detailní specifikace modelů zkresení pomocí matematického aparátu, kterou však lze dohledat nahlédnutím do kódu. V souladu se zadáním práce je funkčnost systému ověřena na základě realizovaného pilotního subjektivního experimentu se skupinou pozorovatelů. Cílem tohoto experimentu nebylo získat statisticky významné závěry kvantifikace vlivu zkresení na QoE, ale ověřit funkčnost systému, což bylo úspěšné.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce **C - dobře**
Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Text diplomové práce je psán v angličtině a neobsahuje významné množství překlepů a gramatických nedostatků. Pro sazbu textu byl použit profesionální systém a tím je dána dobrá typografická kvalita výsledného dokumentu. Použitý formální zápis je v odborné komunitě obvyklý. V práci však chybí matematický popis jednotlivých přístupů. Bylo použito několik převzatých obrázků a blokových schémat. Vlastní obrázky, grafy a schémata jsou zpracována přehledně. Autor používá rastrový formát, kde by byl vhodnější vektorový. Celkový rozsah práce je dostatečný.

Výběr zdrojů, korektnost citací **B - velmi dobře**
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.

Problematika analýzy QoE v kontextu VR je relativně nová. Diplomant pracoval zejména s odbornými články publikovanými v časopisech a na konferencích v celkovém počtu přes 50 citací. Student vhodně použil relevantní zdroje, převzaté prvky jsou odlišeny a použité prameny citovány.

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.

Hlavní přínos předložené diplomové práce je v její experimentální části, kde je navržen systém pro simulaci zkresení a kvantifikaci QoE v systémech VR. Implementované nástroje mohou být dále rozvíjeny a byly již prakticky využity v souvisejících výzkumných aktivitách na pracovišti.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

Podle mého názoru splňuje předložená diplomová práce příslušné požadavky. Student pracoval samostatně, splnil zadání a výstupy práce jsou prakticky použitelné. Tato práce může tvořit základ pro práce navazující.

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

Datum: 21.1.2024

Podpis: Ing. Karel Fliegel, Ph.D.