



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

**3D HRA VYUŽÍVAJÍCÍ ZAOSTŘENÍ NA HOLOGRAFIC-
KÉM DISPLEJI**

3D GAME EXPLOITING FOCUSING ON HOLOGRAPHIC DISPLAY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ LISICKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ CHLUBNA

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce



143023

Ústav: Ústav počítačové grafiky a multimédií (UPGM)
Student: **Lisický Tomáš**
Program: Informační technologie
Specializace: Informační technologie
Název: **3D hra využívající zaostření na holografickém displeji**
Kategorie: Počítačová grafika
Akademický rok: 2022/23

Zadání:

1. Seznamte se s vhodným API pro vývoj 3D aplikace (OpenGL, Unity, Unreal).
2. Prozkoumejte existující herní mechaniky vhodné pro 3D displeje.
3. Navrhněte vhodnou scénu v omezeném prostoru využívající efektivně zaostřovací rovinu holografického displeje a možnosti přeastřování scény.
4. Implementujte aplikaci.
5. Zhodnoťte zobrazení aplikace na displeji a proměřte efektivitu.
6. Vytvořte video reprezentující výsledky vaší práce.

Literatura:

- [Looking Glass Factory Documentation](#)
- Gregory, Jason. *Game engine architecture*. crc Press, 2018. ISBN 1351974289, 9781351974288
- Bishop, Lars, et al. "Designing a PC game engine." *IEEE Computer Graphics and Applications* 18.1 (1998): 46-53.
- Adams, Ernest, and Joris Dormans. *Game mechanics: advanced game design*. New Riders, 2012. ISBN 0321820274, 9780321820273
- Takatalo, Jari, et al. "User experience in 3D stereoscopic games." *Media Psychology* 14.4 (2011): 387-414.

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:
Body 1 až 3, experimenty vedoucí k bodu 4.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Chlubna Tomáš, Ing.**
Vedoucí ústavu: Černocký Jan, prof. Dr. Ing.
Datum zadání: 1.11.2022
Termín pro odevzdání: 10.5.2023
Datum schválení: 31.10.2022

Abstrakt

Táto práca sa zaoberá možnosťami 3D displeja v hernom prostredí, konkrétne 8,9" modelu z prvej generácie od spoločnosti Looking Glass. Hlavný dôraz je kladený na využitie zaostrzenia daného displeja, a teda v akých herných mechanikách a prostrediach sa dá použiť s cieľným efektom na hráča a jeho perspektívne zmýšľanie. Práca si tiež kladie za úlohu preskúmať trh dostupných a historických hier, ktoré využívajú 3D displeje alebo iné stereoskopické prvky použité pre zobrazenie či iné účely danej hry. Po prieskume nasleduje rozbor nájdených herných žánrov a ich mechaník, zhodnotenie ich použiteľnosti, náročnosti a možnosti implementácie na Looking Glass displeji. Výsledkom by je krátke demo 3D hry, ktoré využíva tieto herné mechaniky v kombinácii so zaoštrovaním na Looking Glass displeji. K realizácii spojenia tohoto displeja a herného prostredia bolo použité voľne dostupné vývojové prostredie pre počítačové hry – Unity.

Abstract

This thesis is analysing the possibilities of 3D display in gaming environment, specifically 8.9" model of the first generation by Looking Glass company. The main emphasis is put on the usage of the given display's focusing, thus in which game mechanics and environments it is usable with desired effect on player and his perspective sense. The thesis' purpose is also to survey the market of available and historical games, which use 3D displays or other stereoscopic elements for visualisation or other purposes. After survey comes analysis of found game genres and their game mechanics, evaluation of their usage, performance and the option of implementation on Looking Glass display. The final product is a short demo of 3D game, which uses these game mechanics in combination with Looking Glass' focusing capabilities. To realise connection between this display and gaming environment, an open-source development platform for PC games – Unity – was used.

Klíčové slová

holografie, 3D displej, Looking Glass Factory, Unity, herné mechaniky

Keywords

holography, 3D display, Looking Glass Factory, Unity, game mechanics

Citácia

LISICKÝ, Tomáš. *3D hra využívající zaostrění na holografickém displeji*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Tomáš Chlubna

3D hra využívající zaostření na holografickém displeji

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne pod vedením pána Tomáša Chlubnu. Uviedol som všetky literárne pramene, publikácie a ďalšie zdroje, z ktorých som čerpal.

.....
Tomáš Lisický
3. mája 2023

Podakovanie

Chcem sa predovšetkým poďakovať pánovi inžinierovi Tomášovi Chlubnovi, vedúcemu práce, za jeho odborné rady, trpezlivosť a ochotu odpovedať na dotazy čo najskôr. Stručne povedané, je to „šéf“, za množstvo času, ktoré mi venoval pri odpovedaní na rozličné otázky, a to bez negativity alebo známok otrávenia. Veľká vďaka. Zároveň by som sa tiež chcel poďakovať vývojárovi Looking Glass Carlosovi DaLombovi (Carlos DaLomba), ktorý mi pomohol riešiť technické problémy 3D displeja a poskytol mi krátky kód na ošetrenie nedostatku displeja. Tak isto vďaka patrí aj vývojárovi Mine Storm 4D, menom Milan Pollé, za poskytnuté informácie ohľadom jeho tvorby. V neposlednej rade sa chcem menovite poďakovať testerom, ktorý vyskúšali hotové demo a vyplnili dotazník s dátami: Martin Fabulec, Matúš Burčo, Samuel Bartko, Adrián Dúbravka, Dáša Nosková, Róbert Hubiňák, Filip Roušavý

Obsah

1	Úvod	2
2	3D displej	4
2.1	Charakteristika a druhy 3D displejov	4
2.2	3D displej od Looking Glass	7
2.3	Výber API pre LKG	10
3	Unity	11
3.1	Scéna	11
3.2	Skriptovanie	12
3.3	HoloPlay Unity Plugin	12
4	Hry na 3D displej	14
4.1	Herné žánre na trhu 3D displejov	14
4.2	Prínosy 3D displejov do herného priemyslu	20
5	Návrh	24
5.1	Vhodný herný žáner	25
5.2	Herné mechaniky	25
5.3	Dodatočné mechaniky	28
6	Implementácia	29
6.1	Ovládanie	30
6.2	Navrhované mechaniky	32
6.3	Prevzaté prvky a vývojárske detaily	35
7	Meranie	37
7.1	Dopad zaostrenia pri mechanikách	37
7.2	Dopad LKG na zábavu a dojem respondentov	40
8	Záver	43
	Literatúra	44
A	Dotazník	47
B	Tabuľka s nazbieranými dátami z dotazníku	49

Kapitola 1

Úvod

V súčasnosti nie je veľa hier, ktoré by využívali 3D displej a tie, ktoré využívajú, sú zvyčajne nastavené tak, aby tým nezískali žiadnu výhodu. 3D hry sa dnes dostávajú do popredia vďaka hrám vo virtuálnej realite (VR). Avšak tieto hry využívajú náhľadné displeje, ktoré nie sú statické, stolové, ako zvyšné 3D displeje. 3D displeje, sú zobrazovacie zariadenia, ktoré dokážu zobraziť hĺbku a vytvoriť tak ilúziu, že sa jedná o skutočný priestorový objekt. Motiváciou tejto práce bolo prekonanie hraníc medzi 2D hrou a fantázie hráča, ktorý premýšľa: „Čo by sa tak mohlo skrývať za rohom?“. Cieľom práce je vytvoriť práve takú hru, ktorá by na svoje fungovanie využila zaostrovanie 3D displeja, a teda aj ostatné veci, ktoré okrem 3D perspektívy displej ponúka. Vyvinutá hra využíva rozdiely v hĺbkach a posuv zaostrovacej roviny k navodeniu zmeny pohľadu na scénu. Hráč tak bude musieť využiť toto zaostrenie vyriešenie rôznych úloh na prekonanie prekážky.

Pre toto predsavzatie práca predstaví 3D displeje (viď kapitolu 2), ich druhy, technológie a potenciálne dopady na zdravie. Nasleduje stručný úvod k 3D displeju od spoločnosti Looking Glass – s ktorým bola hra vytvorená – potom popis technológií, ktoré displej používa pre zobrazovanie v 3D.

Ďalšia kapitola (viď kapitolu 3) sa venuje Unity (počítačové prostredie, v ktorom sa vytvárajú hry). Pre toto vývojové prostredie existuje prostriedok, ktorý slúži k prepojeniu a ovládaniu 3D displeja od Looking Glass. Súčasťou kapitoly je zároveň krátke vysvetlenie, ako Unity funguje a ako sa s ním pracuje.

Práca tiež skúma rôzne hry, ktoré boli vytvorené pre nejakú formu 3D displeja (viď kapitolu 4). Úmyslom tohoto prieskumu je zistiť, aké herné žánre sa najčastejšie vyskytujú na trhu 3D hier. Tento prieskum mal uľahčiť výber vhodného herného žánru pre vyvíjanú hru. Pri výbere vhodného žánru však bolo treba brať do úvahy, čo je vlastne na 3D displeji zaujímavejšie oproti obyčajnému 2D displeju. Z toho plynul následovný prieskum ohľadom výhod 3D displeja oproti 2D displeju v oblasti hier, najmä poskytnutých výhod pri hraní, vytvoreným dojmom na hráča a schopnosť využitia zaostrenia a vnímania hĺbky ponúknutého obrazu.

Pri návrhu (viď kapitolu 5) sú podstatné herné mechaniky, ktoré má vyvíjaná hra zahŕňať. Jedná sa o obsah hry, ktorý sa bude hrať. Tento obsah bolo nutné navrhnúť na 3D displej tak, aby to bolo zábavné a aby hráč mohol využiť zaostrovanie, ktoré displej ponúka.

Kapitola o vytváraní hry podľa návrhu (viď kapitolu 6) rozoberá ovládanie vytvorenej hry. Ďalej sa venuje problémom pri implementácii a ich riešení. Súčasťou tejto kapitoly je aj opis prevedení jednotlivých herných mechaník z návrhu; ako sa ich podarilo vytvoriť.

Posledná kapitola (viď kapitolu 7) sa zaoberá meraním; výsledkami, ktoré zanechali dobrovoľníci v dotazníku hneď potom, čo hru vyskúšali. Meranie sa týka zábavnosti rôznych

mechaník, celkového dojmu a zábavnosti vytvorenej hry a dojmu z 3D displeja a mechaník vytvorených naňho. Taktiež sa pomocou dotazníku merali zdravotné následky na hráča, ktoré mohli byť zanechané určitými mechanikami v kombinácii so zaostrovaním na 3D displeji.

Kapitola 2

3D displej

Táto kapitola sa zaoberá charakteristikou 3D displejov a popisom modelu použitého pri vývoji aplikácie. Ďalej popisuje technológie, ktoré využitý model používa na premietanie obrazu a ich detaily, ktoré sú dôležité pre účely tejto práce.

2.1 Charakteristika a druhy 3D displejov

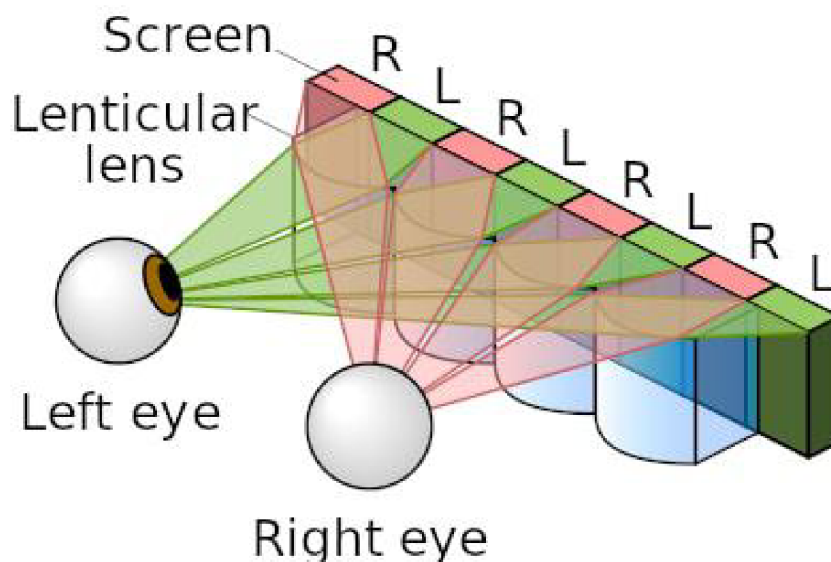
Jedná sa o zobrazovacie zariadenia schopné zobrazit hĺbku sledujúcemu. Docieľujú toho pomocou javu nazývaného *stereopsia*, kde sú displeje schopné vytvárať priestorový vnem, ale v závislosti od druhu displeja potrebujú ďalšie pomôcky ako sú okuliare, alebo samotné displeje umiestnené na hlave. Takéto displeje však môžu vyvolávať bolesť očí alebo vizuálnu únavu. Novšie modely dokážu produkovať verhodnejšie 3D obrazy pomocou kombinácie stereopsie a presnej „ohniskovej vzdialenosti“, tým znižujú očnú únavu oproti starším modelom [14]. Mnohé z 3D displejov často riešia problém, kedy pri stereopsii dochádza k prieniku alebo prekrývaniu obrazov (tzv. *crossstalk*). Jedná sa o jav, kedy pri nedokonalnej izolácii zobrazenia prenikne obraz určený jednému oku do druhého oka, čím nastane to, že sledujúci vidí obraz nepresne alebo dvojmo [28].

Medzi 3D displeje patria:

Stereoskopické displeje – sú jedny z najstarších 3D displejov, boli navrhnuté v roku 1838. Boli založené na stereopsii a vyžadovali **stereoskopické zariadenie**, ktoré má sledujúci na sebe. Ľudský rozum vníma objekt trojdimenzionálnych proporcií pomocou dvoch rozdielnych obrazov, ktoré sú snímané na oboch sietniciach [27]. Od roku 1920 boli stereoskopické displeje vyskúšané v televízii a filmoch. Najvýznamnejšou nevýhodou stereoskopických displejov je, že nedokážu využívať paralaxu, sú nepohodlné kvôli okuliarom. Okuliare filtrujú farbu z obrazu a rozdiely medzi svetlostami jednotlivých filtrovaných obrazov môžu spôsobiť, že obraz bude nezaujímavý alebo priveľmi ostrý. Pri stereoskopických displejoch existuje riziko bolesti hlavy a očí alebo únavy očí [13, 17]. Dnes, viacero nových filmov a **video hier** začína využívať stereoskopické 3D systémy, avšak video hry sa zatiaľ dočkali len slabého úspechu [22].

Lentikulárne displeje – alebo displeje s integrovaným zobrazením, boli prvýkrát vynalezené v roku 1908, sú to **autostereoskopické** displeje, a teda nepotrebujú žiadne dodatočné pomôcky alebo sledovacie zariadenia. Názov pochádza z anglického slova „lenticular“, ktoré opisuje tvar šošoviek zapríčiňujúcich 3D efekt týchto displejov (viď obr. 2.1). Displeje sú zložené z takýchto šošoviek, ktoré sú usporiadané v mriežke na povrchu obrazovky. Vďaka fyzickému návrhu šošoviek dokážu lomiť svetlo, čím poskytujú rôzne pohľady na obraz pre

rozličné pozorovacie uhly. Tieto viaceré pohľady umožňujú značnú slobodu pohybu sledujúceho, možnosť viacerých sledujúcich a nepotrebujú k tomu okuliare [3]. Napriek tomu majú lenticulárne displeje závažné nedostatky ako je obmedzené rozpätie hĺbky obrazu, malý zorný uhol a nedostatočné rozlíšenie obrazu.



Obr. 2.1: Príklad, ako oči sledujúceho vidia pohľad cez šošovky („Lenticular lens“) displeja. L značí, ktorú časť displeja vidí ľavé oko a R zase pravé oko.²

Náhlavné displeje – displeje určené na nosenie na hlavu alebo „Head-Mounted Display“ (ďalej HMD). Sú používané pre širokú škálu aplikácií využívajúcich virtuálnej (VR) alebo *augmented* (AR, z angličiny „upravenej“) reality. Virtuálna realita simuluje celé okolité prostredie komukoľvek, kto má displej nasadený na hlavne (viď obr. 2.2), zatiaľ čo upravená realita iba upravuje to, čo sledujúci už vidí, a teda prekrýva vizuálne informácie zo skutočného sveta. Tieto displeje pozostávajú z dvoch optických súčiastok: *couple-in* a *couple-out*. Couple-in zväčšuje obraz na micro-displeji a couple-out premieta zväčšený obraz sledujúceho. Nakoľko sa jedná o množstvo optických komponentov umiestnených v obmedzenom priestore na hlavu užívateľa aby mohol premietať obraz, je nutné udržiavať kompaktnú veľkosť celého zariadenia. 3D video hry za použitia HMD môžu viesť k opotrebeniu určitých zrakových funkcií: schopnosť zaostrovať, upravovať ohniskovú vzdialenosť oka a schopnosť prispôbena očí na rozdielne vzdialenosti objektov. Hráči môžu po 45 minútach hrania pociťovať únavu očí a s tým súvisiace nepohodlie [1].

²Zdroj obr.: <https://3dreactions.com/lenticular-printing/>



Obr. 2.2: Náhlavný displej (HMD) na hlave figuríny³.

Volumetrické displeje – na rozdiel od stereoskopických displejov, kde je osvietená 2D plocha, volumetrické displeje využívajú fyzické objekty rozmiestnené v priestore, ktoré sú osvietené z rôznych uhlov a spravidla poskytujú väčší zorný uhol než ostatné autostereoskopické displeje. Statické volumetrické displeje patria medzi najrozšírenejšie volumetrické displeje. Zvyčajne používajú plyn alebo laser na osvietenie, kde jednotlivé aktívne prvky sú priesvitné, ak práve nie sú osvietené, alebo svietia a objemové vzory sa začnú zobrazovať. Taktiež existujú typy, ktoré využívajú LEDkové svetlá (viď obr. 2.3) alebo geneticky modifikované baktérie. Ich možné využitie zahŕňa vizualizáciu proteínových štruktúr, plánovanie chirurgických zákrokov, pri rádioterapii, kde je treba zistiť presnú pozíciu nádoru z röntgenového snímku. Volumetrický displej je taktiež využívaný v kontrole leteckej dopravy, kontrole batožiny, dizajne a mnoho ďalších využití [15].



Obr. 2.3: Volumetrický displej Voxon detailne zobrazujúci pavúka⁴.

³Zdroj obr.: https://www.researchgate.net/publication/281596769_Impact_of_Immersion_and_Realism_in_Driving_S

⁴Zdroj obr.: <https://voxon.co/community/>

Holografické displeje – dokážu rekonštruovať objekt bez konfliktu v hĺbkových znakoch. Historicky boli hologramy vytvorené na fotocitlivých materiáloch, ktoré zaznamenávali trvalé interferenčné vzory medzi rôznymi svetelnými vlnami. Veľké hologramy so širokým zorným rozpätím sú obmedzené výpočtovou silou a veľkosťou panelu displeja. Je nutné zlepšiť odozvu zariadení, rýchlosť výpočtov a množstvo prenesených informácií na to, aby sa dali holografické displeje masovo vyrábať.

2.2 3D displej od Looking Glass

Looking Glass (ďalej LKG) je elektronický 3D displej umožňujúci premietiť obraz z množstva diskretných pohľadov pričom tieto pohľady prezentuje naprieč zorným uhlom širokým 58°. Toto zostavenie pohľadov umožňuje pomocou očného klamu navodiť domnenie, že sa jedná o trojdimenzionálne obrazce. Na to, aby docielil očného klamu, displej využíva stereoskopiu – kde každému oku je ponúknutý práve iný pohľad zo zorného poľa – a paralaxu, pričom k nej dochádza keď užívateľ mení svoj zorný uhol pohybom hlavou pred displejom [20, 21]. Tento zorný uhol je však obmedzený len na horizontálny pohyb.

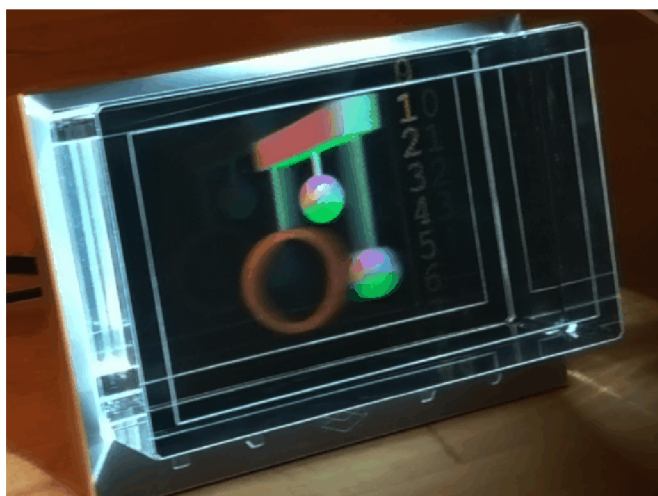
Spoločnosť Looking Glass vyrába viacero modelov 3D displejov, v dobe písania tejto práce existujú dve generácie.

Prvá generácia (Gen1):

- **Looking Glass 8.9"** – použitý pri vývoji aplikácie (viď obr. 2.4)
- **Looking Glass 15.6"**
- **Looking Glass 8K**

Druhá generácia (Gen2):

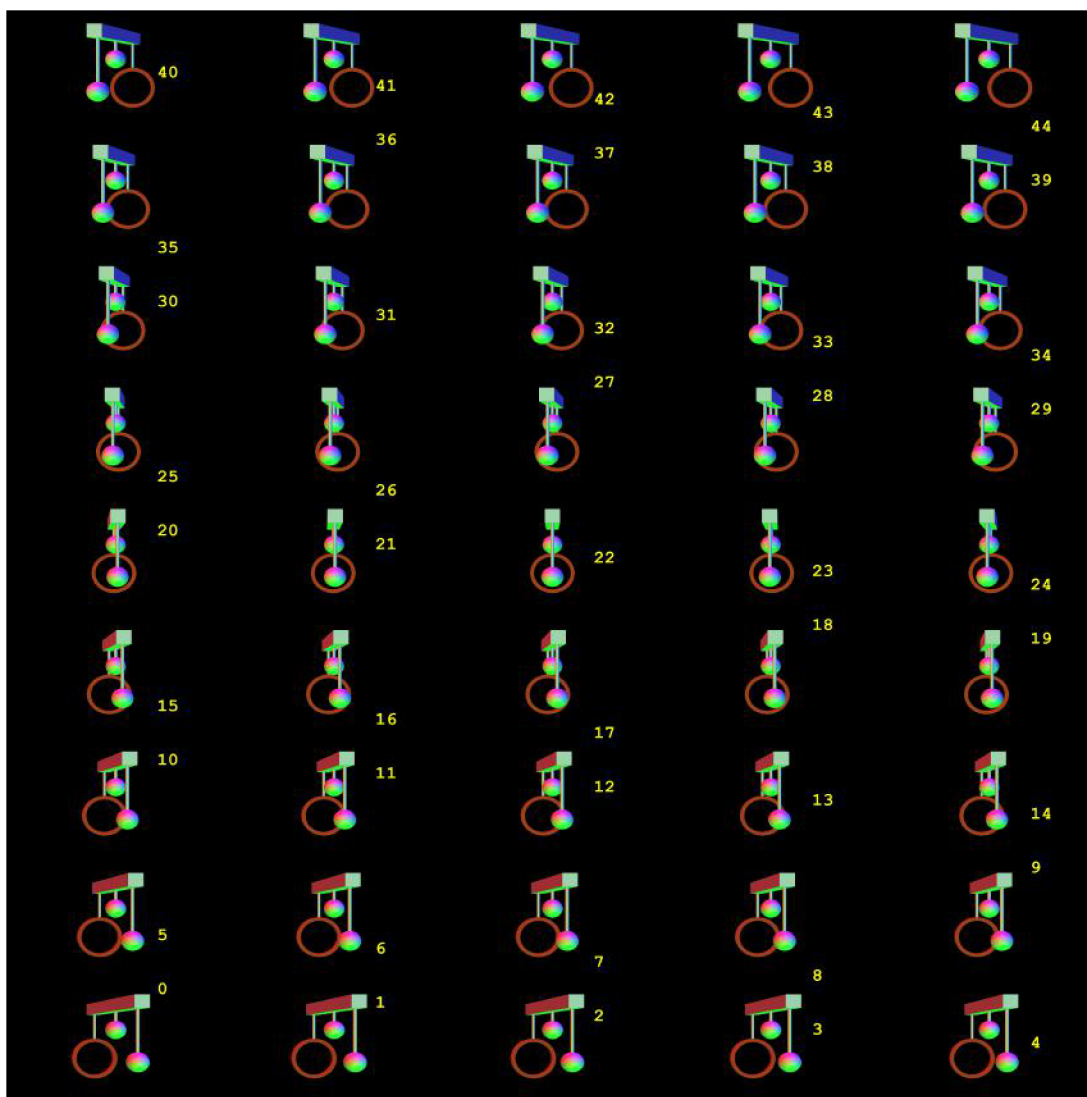
- **Looking Glass Portrait**
- **Looking Glass 16"**
- **Looking Glass 32"**
- **Looking Glass 65"**



Obr. 2.4: 8,9-palcový model z prvej generácie⁵.

2.2.1 Renderovanie LKG

Na interpretáciu 3D scény do pohľadov, ovládač displeja využíva tzv. *quilt* (z angličtiny „prenášač“). Quilt je záznam všetkých pohľadov uložených do jedného súboru, kde pohľady sú zoradené bok po boku v mriežke rámcov. Každý rámec reprezentuje práve jeden pohľad, a má presne určenú pozíciu a postupnosť (viď obr. 2.5). Nultý rámec je najľavejší pohľad na displeji, a teda sledujúci sa na fyzický displej pozerá zľava. Pohybom hlavy doprava sa mení jeho perspektíva a zachytáva svetlo z ďalšieho rámca, až kým nepríde na najpravejší, posledný rámec (č. 44 z obr. 2.5) quiltu. LKG teda využíva quilt na zachytávanie a ukladanie obrazu do jedného, relatívne kompaktného súboru – pričom každý model má svoj počet rámcov v jednom quilte a kvalitu rozlíšenia jedného obrázku pohľadu.



Obr. 2.5: Očíslované rámce quiltu, ktorý obsahuje všetky pohľady určené na renderovanie.⁷

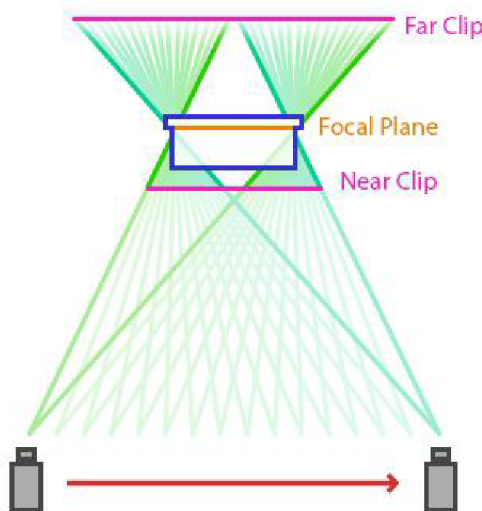
⁵Zdroj obr.: <https://docs.lookingglassfactory.com/keyconcepts/how-it-works>

⁷Zdroj obr.: <https://docs.lookingglassfactory.com/keyconcepts/how-it-works>

2.2.2 Perspektíva obrazu

3D displej berie ohľad na vzdialenosť sledujúceho od jeho *roviny sústredenia* (angl. Focal Plane) – optimálna vzdialenosť sledujúceho od displeja je približne 0,91m (36"). Efektívny zorný uhol LKG je zhruba 35°, táto hodnota by za určitých podmienok mohla byť zvýšená na 58° (25-30° od stredu displeja), ale obmedzuje ju lomový faktor skla. Myšlienkou je, že rovina sústredenia má slúžiť ako pomyselné okno, cez ktoré sledujúci vidí čo je na druhej strane okna (viď obr. 2.6). *Blízka hranica* (angl. Near Clip) určuje oblasť, od ktorej sa začnú zobrazovať 3D objekty pred bodom sústredenia a naopak *ďaleká hranica* (angl. Far Clip) je oblasť po ktorú je vidieť 3D objekty za bodom sústredenia, pričom objekty sú najviac zreteľné na rovine sústredenia, a teda čím viac sú od neho objekty vzdialené, tým viac sú rozmazané. Hĺbka, na ktorej sa objekty javia najostrejšie, je známa ako rovina nultej paralaxy (angl. Zero-Parallax Plane). Objekty, ktoré sú na tejto rovine sa nehýbu ani keď sledujúci zmení perspektívu; pohne hlavou.

Treba podotknúť, že blízka hranica sa ľahko stáva neznesiteľnou, ak je príliš ďaleko od roviny sústredenia. Táto technológia blízkej a ďalekej hranice s rovinou sústredenia zapríčiňuje, že obraz ostane stále „rovinný“ zo všetkých uhlov pohľadu, a nie pootočený zo strán.



Obr. 2.6: Orez pohľadu, kde „Focal Plane“ značí rovinu sústredenia, inak známej ako rovina nultej paralaxy. „Near“ a „Far Clip“ značia blízku a ďalekú hranicu, kde objekty strácajú svoju zreteľnosť.⁹

2.2.3 Ovládače LKG

Samotný LKG slúži ako externý monitor. Je žiadúce mať voľný USB i HDMI port, ktoré 3D displej/monitor využíva ku komunikácii s počítačom. V operačnom systéme treba nastaviť rozšírené obrazovky (nie duplikát), zvoliť tento (už zapojený) monitor, nastaviť jeho **rozlíšenie na plné**¹⁰ a **mierku displeja** na 100%, inak aplikácie pracujúce s displejom

⁹Zdroj obr.: <https://docs.lookingglassfactory.com/keyconcepts/camera>

¹⁰Rozlíšenia jednotlivých modelov dostupné na: <https://docs.lookingglassfactory.com/getting-started/looking-glass-bridge>

nemusia fungovať vôbec, alebo spôsobujú grafické chyby ako napr. odchýlka pohľadu. Tak tiež je dôležité nainštalovať správny ovládač pre rôzne generácie LKG. V čase písania tejto správy existujú dva voľne dostupné ovládače: *Looking Glass Bridge* a *HoloPlay Service*.

Looking Glass Bridge – je ovládač doporučený vývojármi a zároveň sa jedná o ich najnovší model komunikácie medzi počítačom a 3D displejom. Je vyžadovaný aplikáciami či prostrediami, ktoré využívajú pokročilejšie funkcie ponúkané LKG. Sú známe prípady, kedy modely prvej generácie nie sú detekované ovládačom Looking Glass Bridge, ale pre modely druhej generácie a vyššie, je doporučené používať práve tento ovládač.

HoloPlay Service – je starší ovládač pre LKG prvej generácie (8.9", 15.6" a 15K). Umožňuje využívať možnosti, ktoré tieto modely ponúkajú, avšak iba natolko, pokiaľ to dovoľia jednotlivé knižnice do vývojových prostredí – väčšina knižníc už prešla na Bridge, takže treba použiť ich staršie, archivované verzie, ktoré majú menší počet funkcií a možností.

2.3 Výber API pre LKG

LKG ovládače ponúkajú vstupné dáta rôznym vývojovým prostrediami. Ale také, ktoré sa zameriavajú na herné prostredie a/alebo 3D priestory sú: *Unity* a *Unreal Engine*. **Unity** je multiplatformový engine, ktorý podporuje vývoj hier pre rôzne platformy, ako napríklad PC, konzoly, mobile a web. Má silnú komunitu, veľa dokumentácie a návodov, ktoré pomáhajú vývojárom pochopiť, ako s ním pracovať. **Unreal Engine** je tiež multiplatformový engine, ktorý podporuje vývoj hier pre rôzne platformy (PC, konzoly a mobile...). Má tiež silnú komunitu, veľa dokumentácie a návodov. Je známy pre svoju silnú grafiku a efekty, ktoré môžu byť použité pre vytvorenie realistických hier.

Avšak pre účely tejto práce je vhodnejšie Unity, nakoľko sa jedná o malý projekt, ktorého cieľom je demonštrovať zaostrovanie na LKG. Unity má oproti Unrealu ďaleko menší snímkový čas pri projektoch menšej veľkosti a menšiu veľkosť finálneho projektu. Výsledky experimentov, kde boli testované a porovnávané Unity proti Unrealu pri vykresľovaní toho istého bludiska v oboch prostrediach (na PC a notebooku), uvádzajú:

„Unity benchmark beží so snímkovými časmi približne 4ms na PC, 55ms na laptope. Pridaním ďalších inštancií bludísk v Unity sa nenásobí celkový snímkový čas, iba sčítava, jak pre PC tak laptop. Prišlo mi to zaujímavé vzhľadom na značné rozdiely medzi grafickými kartami. ... Unreal benchmark beží so snímkovým časom mierne cez 10ms pri jednom bludisku na PC. Avšak tento čas nenarastá pri pridávaní ďalších inštancií bludiska. To znamená, že pri jednej inštancii je Unreal dvakrát tak pomalší než Unity, ale pri siedmich sa stáva Unreal trikrát rýchlejší. Notebook bol príliš slabý na Unreal benchmark; výsledné snímkové časy ostali medzi 85 a 110ms za snímok.“

– Antonín Šmíd, *Srovnání Unity a Unrealu* [24]

Kapitola 3

Unity

Unity je herný engine určený pre tvorbu 2D alebo 3D hier. Práca s ním je ľahko pochopiteľná pre človeka so základnými znalosťami v programovaní a je tak často využívané začínajúcimi hernými vývojármi alebo spoločnosťami, ktoré tvoria indie¹ hry. Jeho ohybnosť a jednoduchosť je užitočná pre účely tejto práce tým, že uľahčí vytváranie vhodného prostredia bez nutnosti implementácie základných prvkov grafického engine.

Unity je schopné vytvárať aplikácie pre rôzne platformy ako sú osobné počítače, mobilné zariadenia, herné konzoly, web či zariadenia využívajúce virtuálnu realitu. Engine nie je obmedzený len na vývoj hier, mnoho iných spoločností si osvojilo tento engine pre svoje záujmy a tvorí tak iné programy, ako napr. filmy, simulátory, programy pre architektúru, stavbu, alebo aj pre armádne účely. Má vlastný vizuálny editor, ktorý umožňuje vývojárom vizuálne pracovať s objektami a komponentami na princípe „drag & drop“. Toto umožňuje urýchľovať vývojárom prácu s objektami bez nutnosti ručného kódovania [25].

Je nekomerčné a zdarma, pokiaľ sa aplikácie vyvíjajú v ňom využívajú tiež nekomerčne. Existuje možnosť licencie pre komerčné využívanie, ktorá je platená. Jeho nekomerčné využitie prinieslo aj možnosť komunitou vytvorených assetov voľne dostupných na internete alebo v samotnom editore pomocou *Unity Asset Store* (množstvo z nich je stále platená, nakoľko sa jedná o tvorbu užívateľov, nie Unity).

Vývoj funguje na princípe komponentnej architektúry – všetky objekty v hre sú skladané z jednotlivých komponentov, ktoré je možno ručne pridávať v editore, alebo dynamicky za behu hry pomocou skriptov. Medzi tieto komponenty patria textúry, collidery, skripty a iné. Jedným z najpodstatnejších komponentov je **Transform**, ktorý určuje umiestnenie objektu na scéne, a teda jeho presnú polohu, rotáciu a mieru (veľkosť v priestore).

3.1 Scéna

Aplikácie v Unity využívajú scény, v ktorých sa priebeh aplikácie odohráva. Každá scéna obsahuje svoju vlastnú hierarchiu objektov známych ako **GameObject**. Táto hierarchia sa dá voľne organizovať pre potreby vývojára pre kontextuálnu orientáciu z hľadiska prehľadnosti alebo adresovania na „potomkov“ či „rodičov“. Objekt môže byť aj prázdny (napr. na placeholder účely) alebo obsahuje komponenty definujúce jeho správanie v scéne. Jedným z najpodstatnejších objektov je kamera, ktorá poskytuje vizuálnu odozvu hráčovi – čo

¹Indie hry berú svoj názov z angličtiny ako „nezávislé hry“. Jedná sa o hry vytvorené individuálnymi alebo malými spoločnosťami bez finančnej, či inej podpory veľkých spoločností.

sa v scéne odohráva. Kamery zvyčajne obsahujú aj komponent pre audio odposluch, ako audio odozvu v okolí kamery.

Pointou vlastných objektov pre každú scénu je, že scéna slúži ako „level“ (úroveň) hry, medzi ktorými sa dá prepínať pomocou skriptov. Zároveň sa dajú scény ukladať, načítavať, zdieľať, čo umožňuje viacerým vývojárom pracovať paralelne na rôznych scénach/leveloch hry, alebo na rozličných verziách tej istej scény. Taktiež je to užitočné na verziovanie jednej scény.

3.2 Skriptovanie

Skriptovanie v Unity funguje na jazyku **C#**. Skript je jeden z možných komponentov, a tým pádom musí byť súčasťou nejakého objektu, aby sa skript spustil. Typicky sa skript pripne na objekt s ktorým má pracovať, alebo ktorý má ovplyvňovať. V prípade globálnych skriptov ako napr. „event handler“ sa môže pripnúť aj k prázdnomu objektu (placeholder), kód sa vykoná aj v takom prípade. Každý Unity skript, ktorého účelom je byť pripnutý k objektu v scéne, musí implementovať vlastnú triedu, ktorú dedí od triedy **MonoBehavior**.

Táto trieda obsahuje rôzne funkcie a metódy, ktoré sú potrebné pre správanie objektov v scéne. Najvýznamnejšie funkcie sú:

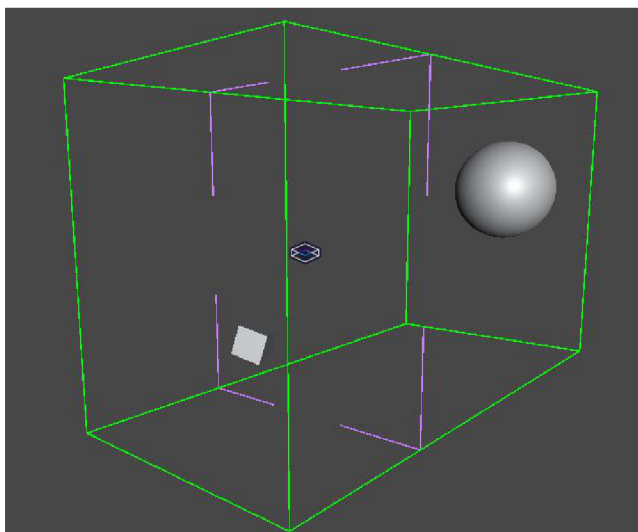
- **Start()** slúži na vykonanie kódu práve raz na začiatku programu. Vykonáva sa ešte pred prvým vykreslením a typicky sa používa na získanie ukazateľov na iné objekty, alebo aby sa zaistilo, že daný kód sa vykoná len raz.
- **Update()** slúži na priebežné vykonávanie kódu počas behu programu. Volá sa vždy pred vykreslením nového rámca. Je vhodný pre programy, ktoré pracujú so vstupom od používateľa alebo pre skripty, ktoré čakajú na určitú udalosť. Frekvencia vykonávania týchto kódov závisí od frekvencie vykresľovania snímok, a teda ak je znížený výkon (napr. práve kvôli LKG), tak dané skripty budú vykonávať svoj kód pomalšie, v súlade s vykresľovaním.
- **FixedUpdate()** sa oproti funkcii **Update()** vykonáva vždy v konštantnom čase. Je určená pre fyzikálne výpočty a simulácie, ktoré vyžadujú nezávislosť od snímkovej frekvencie. Preto sa doporučujú fyzikálne výpočty, alebo výpočty, ktoré pracujú so zabudovaným fyzikálnym enginom Unity umiestniť do tejto funkcie.

Tieto funkcie sa volajú automaticky samotným Unity enginom. Je možné napísať skripty, ktoré nededia od **MonoBehavior**, ale tieto skripty už naďalej nie je možné pripnúť k objektom na scéne, pretože Unity už nebude schopné rozoznať azda sa jedná o skript, ktorý ovplyvňuje objekty na scéne. Takéto skripty by sa museli volať z iného skriptu na scéne, ktorý ale dedí od **MonoBehavior** aby sa mohol jeho kód vykonať.

3.3 HoloPlay Unity Plugin

HoloPlay je plugin vytvorený vývojármi LKG displejov pre ovládanie a spracovávanie dát z displeja. Plugin komunikuje s LKG pomocou ovládačov **Looking Glass Bridge** alebo **HoloPlay Service** v závislosti od modelu displeja (v čase písania tejto práce, Looking Glass Bridge nepodporuje staršie modely, spomenuté v sekcii 2.2.3). Pre užívateľov OS Windows sa doporučuje vypnúť panel úloh na sekundárnom displeji LKG, nakoľko to môže spôsobiť odchýlky v perspektíve/pohľade.

Najvýznamnejšou položkou tohto pluginu je *HoloPlay Capture*, ktorý zachytáva objekty na scéne, zo zachyteného obrazu vytvára **quilt** (viď sekciu 2.2.1) a ten potom posiela ovládaču LKG na vykresľovanie. Capture funguje v Unity podobne ako klasická kamera, s tým rozdielom, že je vizualizovaný ako kváder (viď obr. 3.1). Tento kváder je celý záber LKG, určuje hranicu, pokiaľ sa objekty na scéne ešte renderujú – všetko mimo tohto kvádra už z perspektívy LKG „neexistuje“. Vo vnútri tohto kvádra je ružový štvoruholník slúžiaci ako **rovina sústredenia** (focal plane), kde je kladený najväčší dôraz pri vykresľovaní, a teda objekty na rovine tohoto štvorca sú najzreteľnejšie. Capture má určený predok, aby sa mohla využiť perspektíva pri vykresľovaní na samotnom LKG, kedy sa objekty javia bližšie, väčšie a rozmazanejšie, v závislosti od vzdialenosti roviny sústredenia a veľkosti krabice.



Obr. 3.1: HoloPlay Capture v Unity. Fialová značí hranice roviny sústredenia. Kocka leží na tejto rovine, guľa sa vzdáľuje smerom od kamery.

Plugin obsahuje ďalšie funkcie a ovládače, ktoré už neboli použité v aplikácií z dôvodu, že neboli potrebné, neboli využiteľné pre vybraný herný žáner, alebo sa funkcionality konkrétneho skriptu vyriešila vlastným, podobným skriptom. Zároveň umožňuje experimentovať doladovanie parametrov pre dosiahnutie žiadúcich efektov podľa užívateľských preferencií.

Kapitola 4

Hry na 3D displej

Táto kapitola sa zaoberá myšlienkou 3D hier, v akom období vznikli, na akých strojoch fungovali, na akom displeji zakladali svoju 3D perspektívu. Treba však odlíšiť pojmy, ktoré „3D hra“ môže predstavovať. Prvý pojem definuje 3D hry ako kategóriu hier, ktoré fungujú v trojrozmernom súradnicovom poli, či už pohyblivosťou, perspektívou alebo interakciou. Druhým pojmom – a zároveň takým, ktorým táto práca bude spájať s 3D hrou – sú tzv. „stereoskopické hry“. Pri stereoskopických hrách sa môže jednať aj o 2D perspektívu, ktorá je však zobrazovaná cez stereoskopický (3D) displej. Drvivá väčšina hier na trhu, ktoré využívajú nejakou formu 3D displeja, fungujú s pomocou stereoskopického displeja alebo 3D okuliarov, či dodatočných prvkov potrebných pre zobrazenie tretej dimenzie.

4.1 Herné žánre na trhu 3D displejov

Medzi prvými hrami vôbec, boli hry na herný automat, dnes známe ako arkády. Hry na arkádové systémy (arkádové hry) sú dnes jedny z najpopulárnejších „žánrov“ video hier. **Arkádové hry** – je skôr pojem, ktorý určuje štýl a zahŕňa do seba množstvo herných štýlov alebo žánrov. Spravidla ich spája práve to, že boli vyvíjané v spolupráci s výrobcami hardvéru a samotného automatu v čase, kedy herný hardvér bol veľmi drahý. Mnohé z hier na automaty mali hardvér špecificky prispôbený pre potreby hry ako je ovládač, dodatočné páky alebo iné vstupné zariadenie, a každé z týchto prvkov potrebovali vlastnú elektroniku. Pretože tieto veľké stroje boli kvôli sume hardvérových súčiastok veľmi drahé pre jednu osobu, tak sa zvyčajne dali nájsť iba v herných „arkádach“, boli k nim pridané mincovníky a ľuďom tak bol umožnený za malú sumu hrať hry na týchto automatoch [4]. Pojmy „arkádové hry“, „arkády“, „arkádovky“ teda nadobudli spojitost s hrami, ktoré sú dohrateľné po dobu, kedy je automat rezervovaný, alebo sú nekonečné a limitované počtom životov na mincu – takéto hry zväčša mávali aj počítaadlo pre skóre a rebríček najúspešnejších hráčov [6]. Ďalšou možnou vlastnosťou arkádovej hry je, že hráč nepotrebuje príliš veľa času na pochopenie ovládania a cieľa hry; nepotrebuje žiadne znalosti z vonkajšieho sveta; hráč môže ľubovoľne pokračovať v leveloch (napr. prostredníctvom kódu, ktorý získal prejdením toho levelu). Dnes sú tieto pojmy najčastejšie spájané s hrami, kde je hráč ihneď vrhnutý do stredu diania, bez ďalších návodov či potrebných vysvetlení.

Prvou, komerčne vyrábanou hrou na 3D displej je *SubRoc-3D* (arkáda + akčná hra) od spoločnosti SEGA z roku 1982-1983 [7]. Na navodenie 3D dojmu využíva displej v tvare periskopu, kde obom očiam ponúka rozličné obrazy pomocou *aktívnej uzávierky* – alternujúce „zatváranie“ jedného z očí pri vysokej frekvencii, kde si užívateľ nestihne všimnúť, že jedno

oko nič nevidí. Hra spočíva v samotnom periskope, kde si hráč musí všímať more a oblohu, po ktorých plávajú lode a lietajú stíhačky. Lode po hráčovi strieľajú torpéda a lietadlá zas rakety, hráč sa im musí vyhnúť alebo ich zostreliť vlastnými torpédami/raketami. Hra sa javí ako zväčšujúce sa obrázky, ktoré majú simulovať vzdialenosť, podľa perspektívnej proporcie.

4.1.1 3D okuliare / Anaglyf / 3D konvertor

Ďalšou vývojovou etapou sú rôzne hry na *Sega Master System* a *Nintendo Entertainment System*, čo boli konzoly pre domácnosti. Tieto hry si typicky zachovali svoj arkádový štýl. Stereoskopické verzie sú častokrát prerobené tituly, ktoré boli prispôbené na hranie a stereo pohľad cez LCD okuliare s aktívnou uzávierkou. Medzi tieto hry patria napr:

- *3-D WorldRunner* – prekážkový beh, kde sa hráč vyhýba pohyblivým alebo stacionárnym prekážkam, kombinácia podžánrov akčnej hry
- *Famicom Grand Prix II: 3D Hot Rally* – závodná hra, kde sa hráč vyhýba druhým autám a pouličným lampám, hráč nedovíďi ďaleko, ani poriadne nevidí do zákrut a k tomu mu napomáhajú 3D okuliare
- *Zaxxon 3-D* – strieľacia (akčná) hra, kde hráč ovláda stíhačku, vyhýba sa projektilom a strieľa naspäť, v určitých častiach musí hráč navigovať stíhačku do úzkej škáry s 3D proporciami

Spolu s týmito hrami (viď obr. 4.1) bolo vytvorených mnoho ďalších hier, ktoré však k nim boli veľmi podobné, čo sa týka hrateľnosti a žánru. Po tom, čo SEGA vydala svoju verziu 3-D WorldRunner s módom pre anaglyf v roku 1987, ktorý dokázal produkovať skutočný stereoskopický zážitok, si mnoho z platforiem a výrobcov hier začalo osvojovať tento formát [2]. Počítačové hry začali obsahovať tento anaglyfický mód, ktorý sa dal ľahko vypnúť a zapnúť. Medzi známejšie hry patrí: Minecraft, Duke Nukem 3D (aktívna uzávierka aj anaglyf), Serious Sam.



Obr. 4.1: 3-D WorldRunner (naľavo), Famicom Grand Prix II: 3D Hot Rally (v strede), Zaxxon 3-D (napravo)².

²Zdroj na obrázkoch WorldRunner:

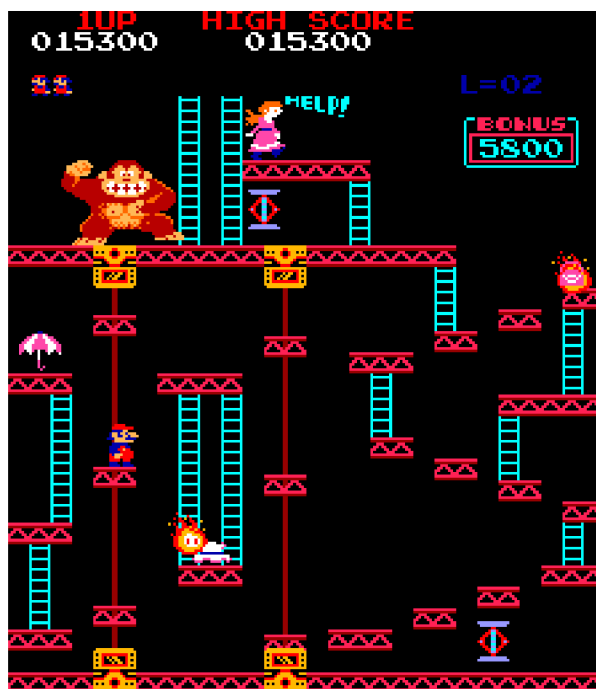
https://en.wikipedia.org/wiki/The_3-D_Battles_of_WorldRunner

Hot Rally:

<https://xtremeretro.com/wp-content/uploads/2017/01/Famicom-Grand-Prix-II-3D-Hot-Rally-Nintendo-1988-Racing-Driving-NES-Xtreme-Retro.png>

Zaxxon: https://www.retrogamer.net/retro_games80/zaxxon-3d/

Jedným z najznámejších žánrov arkádových hier sú *platformovky* (viď obr. 4.2) – podžáner akčnej video hry, kde hráč kontroluje postavu, ktorá sa pohybuje, zvyčajne doľava alebo doprava, po „platformách“ (z angl. plošiny), ktoré sú umiestnené v rôznych výškach a vzdialenostiach. Hráč teda naviguje jak horizontálne, tak vertikálne. Platformovky častokrát obsahujú rôzne hlavolamy, ťažké skákacie úseky či miesta so zvýšeným počtom protivníkov, alebo jedným hlavným nepriateľom (tzv. „Boss“).



Obr. 4.2: Level platformovej hry Donkey Kong (1981), znázorňujúci skákanie po plošinách⁴.

Existujú však aj softvéry, ktoré konvertujú 2D na 3D zobrazenie, ako sú napr. *TriDef 3D*, *VorpX* alebo *3D Vision* od spoločnosti NVIDIA, známa pre výrobu grafických kariet. Tieto ovládače iba konvertujú obraz na anaglyf (klasická „modrá a červená“), pre ktoré správne fungovanie treba 3D okuliare. Potom je tu *HelixVision*, ktorý prevádza hru do virtuálnej reality (VR) použiteľnej pred HMD (head-mounted display). Prevod je len čiastočný, pretože sa jedná o myšlienku „domáceho kina“, kde vo VR hráč sedí pred plátnom, na ktorom sa odohráva samotná hra vo VR priestore. S týmto motívom by sa dala pokladať za 3D hru (alebo žáner) každá hra, ktorá je schopná prejsť konverziou.

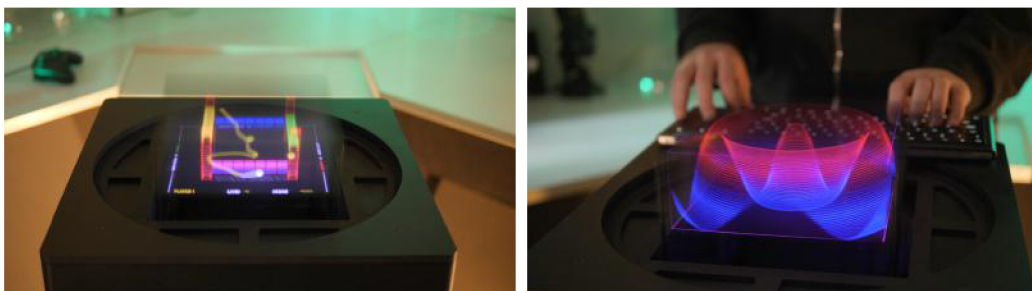
Z tohoto dôvodu práca neprihliada k dátam z množiny konvertovaných hier pre účel porovnania aktuálnych hier na trhu. Tieto postupy síce produkujú stereo pohľad, ale nevyužívajú naplno potenciál 3D displeja, ktorý by dokázal zobrazit omnoho viac snímok s väčším rozstupom (interkulárnou vzdialenosťou). Ďalším dôvodom, prečo tieto postupy nedosiahnu najlepšej kvality je, že hra by mala byť designovaná pre použitie na 3D displeji z hľadiska pozície kamery a celkového pohľadového frusta a taktiež z hľadiska zaostrovacej roviny, kedy môžu vznikaf nežiadúce artefakty pri príliš veľkom rozostrení.

⁴Zdroj na obrázok Donkey Kong: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/a/a1/Donkey_Kong_Screen_3.png

4.1.2 Hry na volumetrické displeje

Spoločnosť *Voxon Photonics* [26], ktorá vyrába **volumetrické** displeje, vytvorila sadu aplikácií pre tento displej, medzi ktorými sú aj 3D hry :

- **Snaketron** – 3D interpretácia klasickej arkádovej hry *Snake* (sám o sebe podžáner akčnej hry), v Čechách a na Slovensku známej ako „Hadík“ (viď obr. 4.3). Oproti 2D predchodcovi, tento Hadík ponúka možnosť pohybu po tretej osi, a teda narozdiel od klasického „doľava-doprava-hore-dolu“ má navyše „dopredu-dozaďu“ (pri pohľade z vrchu). Určená pre 1-4 hráčov. Má dva módy, prvým je **Adventure** (v preklade Dobrodružstvo), hráč naviguje svojho hadíka naprieč 30 úrovňami, kde musí klasicky jesť tzv. „pelety“ aby narástol do určitej dĺžky aby prešiel úroveň a pritom sa musí vyhýbať rôznym prekážkam podľa úrovne. Druhý mód je **Battle** (v preklade Súboj), kde hráči súperia proti sebe, jedia pelety a „prestrihávajú“ svojich oponentov.
- **VoxieDemo** a **GraphCalc** – Jedná sa o sadu hier určených na demonštráciu možností volumetrického displeja. Nájdu sa medzi nimi hry typu: šach, 3D písanie, piškvorky s 3D objektami, tetris, či klavír. GraphCalc síce nie je aplikácia určená na hranie, ale pre zobrazovanie grafov zložitých matematických funkcií. Má silný potenciál pre využitie ako didaktická hra, či iná forma zábavnej výuky v oblasti matematiky.



Obr. 4.3: Pohľad na volumetrický displej s hrou Snaketron (vľavo) a GraphCalc (vpravo)⁶.

- **Voxatron** – je konzola pre hry fantasy žánru. Umožňuje hranie a vytváranie vlastných hier pre volumetrický displej. Skladá sa z voxelového formátu, kedy sa určité voxely rozsvietia aby tvorili scénu, postavy, text či iné vizuálne prvky. Funguje na kazety ako staršie modely konzol, ale vo virtuálnej forme. Každá kazeta obsahuje inú hru, ktoré sú buď vytvorené samotnými vývojármi Voxatronu, alebo ich fanúšikmi (tzv. „user-made“). Medzi týmito hrami sa nájdu Pac-man (akčná, arkádová hra), arena-shooter (tiež akčná, arkádová hra) či dobrodružné hry [19],

4.1.3 Hry s Virtuálnou realitou

Jedná sa o skupinu hier vytváraných pre náhlavné 3D displeje (HMD), častokrát doprevádzané pohybovým ovládačom, ktorý dokáže snímať svoju polohu a teda aj svoj pohyb v trojrozmernom priestore. Displej súčasne obsahuje aj stereo slúchadlá pre určenie smeru, z ktorej strany pochádza zvuk v rámci hráčovej pozície z hernej perspektívy. VR hry predstavujú silného kandidáta pre budúcnosť herného priemyslu, nakoľko sa jedná o hry, ktoré

⁶Zdroj na obrázok Snaketron: <https://voxon.co/apps/snaketron-2/>
zdroj na GraphCalc: <https://voxon.co/apps/graphcalc/>

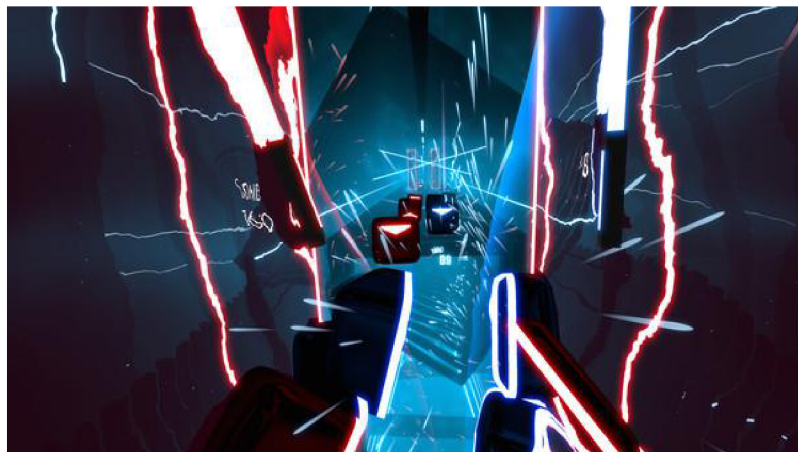
sú schopné vytvoriť obrovský priestor vo vnútri malej izby. VR medzi seba zahrňajú rozličné žánre hier, ako napríklad:

- **Half-Life: Alyx**⁷ –jedná sa o VR vydanie od titulu *Half-Life*, jedného z najväčších priekopníkov moderného herného priemyslu. Jedná sa o dobrodružnú, strielaciu hru, kde hráč má vo virtuálnej realite „skutočné“ telo, ktoré musí ukrývať pred nepriateľskou palbou, a zbraň, ktorou musí strieľať naspäť na protivníkov. Prebíjanie zbrane musí hráč riešiť manuálne, a teda skutočným pohybom vlastných rúk, držiac pohybové ovládače. To isté platí aj pre liečenie, kde indikátory zdravia sú umiestnené na hráčových (herných) rukách. Hra taktiež umožňuje hádzanie objektov ako napríklad granátov, tak isto pomoc pri uchopení objektov, kde má hráč možnosť asistencie a cieľný objekt mu tak priletí do ruky. Mimo akcie sú hráčovi ponúknuté aj možnosti objavovania, kde hráč môže prezerat poličky, prehrabávať sa ručne cez objekty na nich, aby našiel ukryté extra náboje. HL: Alyx sa tak isto venuje aj známym problémom VR, ako je tvorba závrata pri hraní. Rieši to tým, že umožňuje hráčom možnosť teleportácie, ak hráčovi nerobia dobre prudké pohyby a to tak, že dočasne zhasne obrazovku a zjaví sa na dotyčnom mieste. Obecne sa jedná o najpopulárnejšiu hru roka 2020, obsahuje prvky strielacieho, objavovacieho a hororového žánru [23].
- **Beat Saber**⁸ –hudobná/rytmická video hra vytvorená českým štúdiom na PC pre VR (viď obr. 4.4). Cieľom hry je nahrať čo najviac bodov v priebehu jednej skladby, pričom hráč musí triafať „terče“, ktoré sa hýbu do rytmu hudby. Terče majú zároveň určený aj smer, z ktorého ho hráč musí zasiahnuť „svetelnými mečmi“ (z názvu *saber*, z angličtiny šabla) ovládanými pohybovými ovládačmi. Zároveň si hráč musí dávať pozor na bomby, ktoré nesmie trafiť mečom, a taktiež na steny, ktorým sa hráč musí vyhnúť telom. Zobrazovanie spočíva z jedného tunelu na bežiacom páse, kde postupne k hráčovi smerujú terče v závislosti od rytmu skladby a jednotlivého rozloženia terčom v danej skladbe. Hra tak využíva hĺbkovú ilúziu, aby tak hráč mal dostatok času (v závislosti od jeho skúsenosti) rozpoznať vzdialenosť terča a trafiť, alebo si vybrať, ktoré z nich chce či stíha trafiť.

Dôvod uvedenia práve týchto dvoch hier je ten, že sa jedná o jedny z najväčších priekopníkov virtuálnych hier na HMD. Navzdory tomu, že HMD je vlastná odnož stereoskopických displejov a takisto aj hry na ne, tak sa na ne z hľadiska výskumu stále pozeralo ako zdroj informácií ohľadom výberu žánru pre vyvíjané demo. Nakoľko LKG je oproti virtuálnej realite obmedzený so svojím dohľadom, tak sa z týchto dvoch hier javí použiteľnejšia práve hra Beat Saber. Tá obsahuje arkádové prvky hry, obmedzený dohľad v relatívne malom priestore, ale stále vyžaduje pohybové ovládače pre svoje fungovanie. Hráčovi je umožnené využívať indikátory hĺbky pre správne načasovanie zásahov (mimo rytmického cítenia), ale hra nevyužíva zaostrovaciu rovinu. Hráč sa nepotrebuje obzerať po okolí a teda smer, odkiaľ pochádza všetka interakcia sa nemení za behu hry – fungovala by aj na statickom displeji položenom na stole pred hráčom (ako je LKG).

⁷Webová stránka hry Half-Life: Alyx: <https://www.half-life.com/en/alyx/>

⁸Webová stránka hry Beat Saber: <https://www.beatsaber.com>.



Obr. 4.4: Pohľad hráčovej perspektívy na VR hru Beat Saber. Po stranách vidieť steny, ktoré obmedzujú hráčov priestor a pred hráčom sú terče so šípkou smerom dole. Táto šípka indikuje smer, odkiaľ musí hráč seknúť (v tomto prípade z vrchu).¹⁰.

4.1.4 Hry na Looking Glass 3D displej

V čase písania tejto práce nie sú žiadne komerčne vytvárané počítačové hry, ktoré by boli vyrábané tak, aby fungovali s displejom LKG. Tvorba pre tento displej má zvyčajne formu portrétu (trojrozmerného obrázku) alebo sa jedná o predvedenie, čo displej dokáže zobrazit'. Častokrát je využitý aj Leap Motion – gestový ovládač, ktorý umožňuje užívateľovi ovládať softvér za pomoci rúk a prstov [5].

Existujú však výtvyry LKG nadšencov, ktorí svoje výtvyry zdieľajú na Discordovom (internetová sociálna platforma) serveri spoločnosti Looking Glass. Jednou z nich je napríklad rekreácia Mine Storm 4D, vytvorená pre displej LKG od Milana Pollého (Milan Pollé)¹¹. Mine Storm spočíva z plochy, na ktorej sú rozmiestnené míny, ktoré hráč musí trafiť z lode uprostred tej plochy (arkáda). Táto hra však nevyužíva zaostrovanie pre herné účely, ale HDR a post-processing pre vytvorenie efektu žiarenia. Tento efekt stále dokáže vytvorit' určité domnenie hĺbky a zaostrovania z hľadiska difúzie daného žiarenia do okolia objektu. Veľmi malé množstvo hier na LKG a spomedzi nich ešte menšie tých, ktoré využívajú zaostrovanie môže naznačovať, že doposiaľ ešte nie je hra, ktorá by sa venovala zaostrovaniu na stereo 3D displej.

4.1.5 Súhrn žánrov

História stereo 3D hier naznačuje, že najpopulárnejšie 3D hry sú práve arkádového typu, avšak toto môže byť aj preto, že pôvod herného priemyslu spočíval v herných arkádach a automatoch. Moderné stolové stereoskopické displeje, ako je volumetrický displej od Voxon Photonics, tiež ponúkajú arkády a tak isto aj tvorba fanúšikov pre kazety tohoto systému má arkádový charakter, krátke, ľahko pochopiteľné hry ako tetris, hadík či pacman. Čo sa týka hier pre samotný LKG, počet dostupných hier je ešte menší. Podarilo sa nájsť len 2 hry, pričom len jedna mala dostupné bližšie informácie od autora (jedná sa o tvorbu

¹⁰Zdroj na obrázkoch Beat Saberu: <https://gonintendo.com/archives/279668-beat-saber-devs-hint-at-something-in-the-works-for-switch>

¹¹Zdroj na Mine Storm 4D (Milan Pollé): <https://demozoo.org/productions/308559/>

fanúšikov). Pri hrách na HMD je diskutabilné, či sú tieto žánre použiteľné pre výber žánru na demonštráciu zaostrovania na LKG.

LKG je stacionárny displej a HMD je vytvorený, aby sa nosil na hlave a umožňoval hráčovi otáčanie v reálnom priestore, čo umožňuje HMD lepší efekt ponorenia pri priestorových hrách. Navyše LKG má obmedzený dohľad, inak povedané priestor, v ktorom dokáže renderovať predtým, než sú objekty príliš rozmazané. Akčná hra sa javí ako ideálny žánr pre krátke vyvíjané demo, nakoľko sa jedná o žánr, ktorá zahŕňa koordináciu očí a rúk.

4.2 Prínosy 3D displejov do herného priemyslu

Stereoskopické displeje v hernom priemysle existujú už niekoľko rokov a preukázali určitú úroveň popularity, avšak táto technológia má stále ďaleko od prístupnosti k bežnej domácnosti. Po pokroku technológie v samotnom hernom priemysle, začali byť komponenty čoraz viac cenovo prístupné pre verejnosť, a tak aj pre vývojárov hier, ktorí tak mohli začleniť stereoskopickú technológiu do hier a vytvárať produkt, ktorý si konzumenti mohli dovoliť zakúpiť. Je treba však zistiť, či stereoskopické displeje prinášajú niečo do herného sveta, alebo ich popularita je pripísateľná pocitu novoty. V neposlednej rade je dôležité porovnať stereoskopický 3D obraz s 2D v oblasti vnímania hĺbkovej ilúzie hráča. Cieľom tejto sekcie je overiť nasledujúce hypotézy:

1. *3D displej poskytuje hráčovi výhodu v hraní oproti 2D displeju.*
2. *3D displej umožňuje väčšie zahĺtenie hráča do hry oproti 2D.*
3. *3D displej možno využiť lepšie než 2D displej pre využitie zmien hĺbkovej ilúzie v herných scénach.*

A.K. Kulshreshth a **J.J. LaViola** [16] vo svojom výskume porovnávajú stereoskopický 3D obraz s monoskopickým 2D obrazom, pričom ako interakčné zariadenie sa používa pohybový ovládač. Venovali sa aj problematike, či existujú nejaké merateľné výhody pri hraní video hier skrz stereoskopický obraz, a teda či hráči získavajú výhody vo svojom výkone pomocou 3D displeja a ak áno, tak prečo. Svoje hypotézy skúmali na piatich vybraných hrách rôznych žánrov na konzolu *PlayStation 3*, tieto hry vyberali podľa potenciálneho využitia 3D displeja pre prospech ich herného konceptu. Testovali výkony päťdesiatich hráčov (muži aj ženy, 18-34 rokov), kde pri každej hre mali špecifickú úlohu, ktorú museli zvládnuť. Hráči boli zároveň rozdelení na začiatočníkov a pokročilých hráčov, pričom polovica skúšala 2D (8 zač., 17 pokr.) a druhá polovica skúšala 3D (10 zač., 15 pokr.).

Ich výskum došiel k záveru, že 3D stereoskopický obraz **nepodporuje** nevyhnutne výkon hráčov pri interakcii v 3D hernom prostredí. Avšak 3D stereo môže ponúknuť značnú výhodu oproti 2D obrazu pri manipulácii s jedným objektom naraz v relatívne statickom prostredí. Zároveň zistili, že hráčova **expertíza v hre dokáže anulovať tento efekt**. Možným vysvetlením je, že sa naučili spoliehať na iné indikátory než je binokulárna disparita (rozdiel medzi obrazmi, ktoré získavajú ľavé a pravé oko).

J.J. LaViola a **T. Litwiller** [18] pre zmenu skúmajú výhody hráčov, čo sa týka výkonu, pri počítačových hrách (PC hry) za použitia 3D stereo displeju oproti 2D displeju. Podobne rozdelili testerov do kategórií podľa hernej expertízy, vybrali niekoľko hier, ktoré mali chválitebné recenzie pri 3D zobrazovaní. Pri výbere analyzovali 21 hier.

Zameriavali sa na to, ako 3D zobrazenie vyzeralo, koľko glitchov obsahovali, a ktoré by mohli benefitovať z 3D sterea. Ako prvé odstránili strategické hry, kde podľa nich tento

žáner nevyzerá presvedčivo v 3D obraze a nezdalo sa, že by z neho tento žáner mohol získať výhodu. Nakoniec vybrali športové hry, závodné hry a strielacie hry jak z prvej, tak z tretej osoby, ktoré pracovali najlepšie čo sa týka grafickej kvality, a o ktorých si mysleli, že by mohli získať z 3D stera. Prostredníctvom nazbieraných dát, došli k záveru, že **3D stereo neposkytuje žiadnu významnú výhodu** vo výkone hráčov pri hraní hier na PC. Jedným z dôvodov je, že moderné video hry sú síce *adaptované* – nie vytvárané – aby fungovali s 3D stereom, ale nie stavané na to, aby z neho získavali výhody čo sa týka herných mechaník a užívateľského rozhrania.

Napriek týmto výsledkom, účastníci naznačovali, že preferujú hranie na 3D stereo než na 2D displeji. Zaujímavou súčasťou tohoto výskumu je, že pri troch z piatich testovaných hrách sa hráčom darilo lepšie naučiť sa danú hru pri 3D obraze. Je možné, že 3D stereo môže pomáhať pri učení sa úloh a herného prostredia v hrách.

G.S. Hubona a spol. [10] vo svojom článku uvádzajú výhody stereoskopického pohľadu oproti tieňom a monoskopickému zobrazovaniu v oblasti hĺbkovej indikácie u účastníkov pokusov. Porovnávali dáta získané od účastníkov, ktorí mali dve úlohy, umiestňovanie a zväčšovanie/zmenšovanie (angl. resize). Pri úlohe umiestňovania boli účastníkom postupne ponúkané objekty rôznych tvarov usporiadané tak, aby tvorili vrcholy symetrických tvarov v tvare kociek alebo osemstenov, pričom jeden z vrcholov bol úmyselne vychýlený zo symetrického usporiadania. V tejto časti mali účastníci za úlohu využiť *spaceball* (ovládač pre 3D grafické aplikácie) aby čo najrýchlejšie a najpresnejšie umiestnili vychýlený 3D objekt na svoje miesto tak, aby tvoril chýbajúci vrchol symetrického usporiadania.

Pri úlohe zväčšovania a zmenšovania boli účastníkov znova prezentované objekty rôznych tvarov tak, aby tvorili vrcholy kociek alebo osemstenov. Narozdiel od predošlej úlohy, všetky objekty boli usporiadané správne. Jeden z týchto objektov, ktoré tvoria vrcholy mal inú veľkosť oproti ostatným a úlohou bolo, ho čo najrýchlejšie a najpresnejšie zväčšiť alebo zmenšiť aby zodpovedal veľkosti zvyšných vrcholov. Skúšalo sa pri podmienkach: s/bez tieňov; s počtom svetiel (ktoré vrhajú tieň); komplexita pozadia; stereo/mono. Pridanie jedného svetla – ktoré je schopné tieňovať objekty na scéne – dokáže zlepšiť užívateľovu schopnosť presného umiestňovania objektov na scéne oproti scéne s žiadnym svetlom, nezávisle od zložitosti scény v pozadí. Pridaním druhého takéhoto svetla **nikdy** nezlepšilo výkon v umiestňovaní, ba naopak, častokrát ho zhoršovalo. Pridaním jedného svetla do scény s monoskopickým zobrazením zlepšuje užívateľovu schopnosť zväčšovať alebo zmenšovať objekty na scéne na úroveň skoro tak dobrú ako zväčšovanie v stereoskopicky zobrazenej scéne. Avšak pridaním druhého svetla zhoršilo výkon pri zväčšovaní alebo zmenšovaní objektov v monoskopicky zobrazovanej scéne na úroveň pripísateľnej tej bez svetla. Pozadia scén však mali menej významný vplyv na vnímanie objektov, napriek tomu, že pripisujú napr. farbu ako možný faktor pri odlišovaní hĺbky objektu od pozadia tým, že vytvára vizuálny kontrast. **Stereoskopické zobrazovanie bolo dominantným hĺbkovým indikátorom** – stereoskopické zobrazovanie je nadradené monoskopickému zobrazovaniu a akémukoľvek tieňovaniu čo sa týka zlepšovania presnosti umiestňovania, zväčšovania, zmenšovania objektov a časom odozvy.

Ďalej poukazujú na to, že umiestnenie ľudského oka v rôznej vzdialenosti od pozorovacej scény podporuje významnosť vplyvu stereo pohľadu na vnímanie hĺbky. Vďaka tomu dokáže mozog vypočítať vzdialenosť rôznych objektov na scéne. Taktiež sa im podarilo ukázať ako má stereo pohľad vplyv na vnímanie gradientov jasu, textúry či kontúr a že binokulárna disparita môže ovplyvniť vnímanie hĺbky a výrazne zlepšiť schopnosť rozlíšiť rozdielne vzdialenosti rôznych objektov naprieč scénou.

P. Hands a **J.C.A. Read** [8] sa venovali otázke, azda je možné vytvoriť stereoskopický 3D obraz posunutím 2D obsahu za rovinu obrazovky. Domnievali sa, že takéto posunutie dokáže vytvoriť silnejšiu ilúziu hĺbky než monoskopicky premietaný obraz. Ich domnienka spočívala v tom, že posun by mohol znížiť konflikt medzi plochosťou fyzickej roviny obrazovky a hĺbkovou štruktúrou indikovanou samotným obsahom. Svoju domnienku sa pokúsili overiť pomocou zobrazovania trinástich odlišných 30-sekundových klipov, pričom každý z nich bol zobrazovaný štyrmi spôsobmi: prirodzeným stereo 3D, prirodzeným 2D, posunutým stereo 3D, posunutým 2D.

Pri *prirodzenom 3D* sa zobrazoval ľavý obraz ľavému oku, a pravý pravému ako zvyčajne pri 3D displejoch. *Prirodzený 2D obraz* zobrazoval len ľavý klip obom očiam. *Posunutý 3D* zobrazoval skoro ako prirodzený 3D, ale ľavý klip bol posunutý doľava a pravý zase doprava. Toto zobrazovanie dopomáha k oddelenia efektu posunutia od stereoskopického efektu displeja. *Posunutý 2D* zobrazoval pôvodný ľavý klip posunutý doľava pre ľavé oko a pravému oku zobrazoval ten samý klip, ale posunutý doprava.

Chceli tak zistiť, azda takéto zobrazenie vytvorí lepšiu hĺbku než prirodzený 2D, a či sa aspoň približuje efektu hĺbky stereo 3D displeja. Zistili, že posunutie obrazu má silný vplyv na zameriavanie u respondentov, ale stereo efekt žiaden. Pre zmenu stereo 3D obraz oproti 2D mal dopad na kvalitu ilúzie hĺbky, ktorú respondenti vnímali, a že posun nemal žiadny účinok pri stereo 3D a minimálny účinok pri 2D obraze. V konečnom dôsledku **ne našli žiadny dôkaz, že by posunutie 2D obsahu za rovinu obrazovky vytváralo hĺbkovú ilúziu, ktorá by bola porovnateľná so stereoskopickým 3D obrazom.**

A. Hogue a spol. [9] študujú účinky stereoskopického 3D displeja na hráčovo zaujatie, angažovanosť. Účastníci hrali video hru v dvoch podmienkach, prvá je tradičný 2D obraz a druhá stereoskopický 3D obraz. Výsledky naznačujú, že druhá možnosť má kladný vplyv na *ponorenie, prítomnosť, tok a pohľenosť*. Tieto štyri pojmy sú psychologické koncepty, ktoré sa často používajú v súvislosti s pôžitkom z činnosti, napríklad pri hraní video hier alebo sledovaní filmov [12]. Jedná sa o stavy jedinca pri činnosti, kedy sa jedinec stráca povedomie o čase, priestore či prioritě iných činností.

Treba však poukázať, že táto štúdia bola konaná nad jedným žánrom (platformovky, viď sekciu 4.1.1) a nie je tak plne reprezentatívna pre všetky žánre v hernom priemysle. Autori sa však domnievajú, že pri hrách so silnejším ponorením, efekt hráčovho zaujatia by mal byť zvýraznený so stereoskopickým 3D obrazom.

4.2.1 Súhrn hypotéz

Hypotéza 1: 3D displej poskytuje hráčom výhodu v hraní oproti 2D displeju. Výskumy naznačujú, že stereo 3D neposkytuje významnú výhodu pri hraní hier na konzoly či počítače, dokáže však dopomôcť novým hráčom pochytiť úlohy a mechaniky hry. Ale hráčova skúsenosť v danej hre dokáže anulovať tento efekt. Stereo 3D sú schopné ponúknuť výhodu pri interakcii s jedným objektom naraz v relatívne statickom poli. Možným vysvetlením, prečo táto hypotéza neobstála je, že moderné video hry nie sú vytvárané pre samotné stereoskopické 3D displeje, ale **len adaptované** pre ne, a teda len schopné využiť zobrazovania. Avšak, je možné, že stereoskopické displeje by mohli poskytnúť výhodu pri hrách, ktoré využívajú rozdiely v hĺbkových vnemoch, pozíciách, vzdialenostiach, gradientov textúr, jasů a podobne. Ak by nejaká hra správne zakomponovala stereo 3D spolu s mechanikami presného umiestňovania objektov a/alebo zmenu ich veľkosti, mohlo by to značne zlepšiť hráčov výkon. **V konečnom dôsledku je zatiaľ hypotéza vyvrátená,** ale existuje priestor pre možné čiastočné potvrdenie.

Hypotéza 2: 3D displej umožňuje väčšie zahĺtenie hráča do hry oproti 2D.

Táto hypotéza sa čiastočne potvrdila. Výsledky poukazujú na kladný vplyv stereo 3D displejov na ponorenie, tok, pohltie a prítomnosť pri hraní hier. Prebádaný bol jeden žáner spomedzi mnohých a je možné, že pri hrách so silnejším ponorením, by prídavok stereo 3D displeja bol o to efektívnejší. Ďalší výskum poukazuje na pozoruhodný vedľajší objav, kde sa síce nepodarilo potvrdiť, že by stereo 3D poskytovali výhodu pri hraní hier, tak hráči aj tak preferovali stereoskopický 3D displej pred 2D displejom. Výsledky zároveň tvrdia, že hráči dokážu lepšie pochopiť úlohy a mechaniky hry, čo môže značiť istú súvislosť s ponorením do hry. **Nazbierané dáta potvrdzujú túto hypotézu.**

Hypotéza 3: 3D displej možno využiť lepšie než 2D displej pre využitie zmien hĺbky v herných scénach. Stereoskopický 3D displej je nadradený monoskopickému 2D. Stereo 3D ovplyvňuje vnímanie jasů, textúr a kontúr, čo môže kladne ovplyvniť vnímanie hĺbky. Zároveň sa potvrdilo, že klasický 2D displej nedokáže za pomoci optických ilúzií vytvoriť hĺbkový vnem, ktorý by bol porovnateľný so stereoskopickým 3D displejom. **Táto hypotéza sa tiež potvrdzuje.**

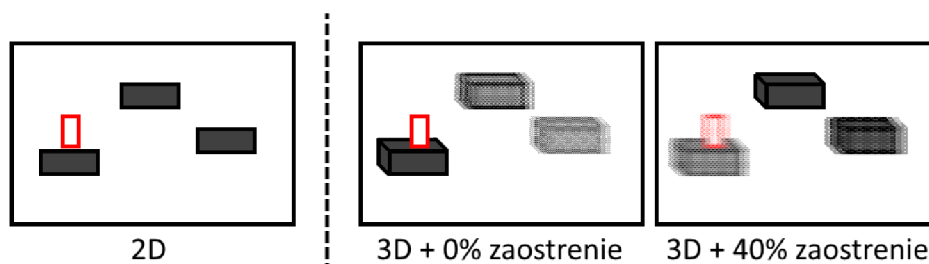
S využitím zmien hĺbky by tak výsledné demo tejto práce mohlo potenciálne ponúknuť lepšie prostredie pre hráčove ponorenie do hry. Implementácia rozoznávania jednotlivých rozdielov v hĺbke objektov by mohla mať pozitívne účinky na ponorenie hráča. Tým pádom zlepšiť jeho celkový dojem a zábavu z hry.

Kapitola 5

Návrh

Účelom vyvíjanej aplikácie je demonštrácia využitia zaostrovania 3D displeja v hre s trojdimenzionálnym priestorom. Pre toto predsavzatie bolo treba zvoliť vhodný herný žáner, vytvoriť prostredie v rámci potrieb tohoto žánru a preskúmať vhodné mechaniky, pri ktorých by zaostrovanie 3D displeja mohlo vyniknúť. To zahŕňa aj iné mechaniky, kulisy či prostredia implementujúce aj iné schopnosti, čo ponúka LKG. Toto prostredie by malo fungovať v dvoch „realitách“ (viď obr. 5.1):

- **2D realita** na primárnom monitore – Celý virtuálny svet je prudko vykresľovaný len v dvojrozmernom prostredí, a teda bez osy Z. Má za cieľ navodiť dojem klasickej hry, limitovanej slabým hardvérom a podnecovať tak fantáziu hráča k otázkam typu: „Čo je za tým rohom?“ alebo „Kam až vedie tá cesta?“. Navyše, ďalším užitočným účelom tejto reality je debugovanie a doladovanie parametrov hry keďže sa jedná o šetrnejší z dvoch displejov.
- **3D realita** na sekundárnom monitore, LKG – Táto realita má za cieľ vnuknúť život do predtým jednoduchého sveta a zmeniť perspektívu, akou sa hráč na daný svet pozerá. Ponúkne mu možnosť vidieť za roh pohybom hlavy pred displejom, bez dodatočnej potreby myši (aj keď pohyb myšou bude stále podporovaný). Navyše si hráč bude môcť tento svet obzerať, otáčať – a vidieť tak detaily ukryté v zákutiach. V určitých častiach hry bude mať hráč na výber aj zaostrovanie a presúvanie kamery podľa vlastnej potreby pre rozlúštenie hádanky, vyhnutie sa prekážke, zmenu perspektívy pre nájdenie cesty kadiaľ napredovať a pod.



Obr. 5.1: Navrhované reality, ktoré bude zobrazovať 2D displej a 3D displej pri rozličných úrovniach zaostrenia.

Pre výber vhodného žánru je potrebné preskúmať trh 3D hier a zvážiť ich prevalenciu, náročnosť na dostupný hardvér a systém, náročnosť na implementáciu.

5.1 Vhodný herný žáner

V prechádzajúcej kapitole bol uvedený rozbor rozličných hier dostupných na 3D displeje, tak isto úvaha nad hypotézami použiteľnosti stereoskopického 3D displeja vo video hrách. Nazbierané dáta o hrách na trhu hier pre 3D displej naznačujú, že arkády a akčné hry sú robustná voľba pre účely tejto práce, nakoľko ponúkajú priestor a možnosť využitia zaostrenia v obmedzenom priestore. Zároveň tejto skupine žánrov vyhovuje aj dostupný hardvér, kde 3D displej LKG má obmedzený dohľad a príliš veľká scéna by tak bola rozmazaná a iné spomenuté hry s iným žánrom zvyčajne využívali pohybový ovládač. Napriek tomu, že LKG podporuje gestový ovládač Leap Motion (ktorý by ako pohybový ovládač poslúžil viac než dobre), tak procesor stroja, na ktorom bola aplikácia vyvíjaná, nepodporuje inštrukcie vyžadované ovládačom pre správne fungovanie a spoluprácu s displejom. Arkády tak isto vyhovujú kritériu nenáročnosti na implementáciu krátkeho dema pre predvedenie zaostrovania na displeji Looking Glass. Z pomedzi arkád treba vybrať žáner, ktorému by vyhovoval obmedzený dohľad displeja a zároveň by využil schopnosť zaostrovania a stereoskopického obrazu.

Ako herný žáner bol zvolený dizajn tzv. *platformovky* (viď kapitolu 4.1.1). S prídavkom stereo 3D displeja je možné pridať ďalšiu os pohybu „dnu a von“, napríklad pre plošiny, po ktorých musí hráč skákať a teda musí vedieť odhadnúť správnu hĺbkovú vzdialenosť týchto plošín. Pre odhad tejto vzdialenosti je výhodne použiť schopnosť zaostrovania displeja, kde objekty na rozdielnej rovine, než je tá, na ktorej sa hráč práve nachádza, budú menej zreteľné, nezaostrené. Hráč tak bude musieť využiť zaostrovanie aby správne určil vzdialenosť skoku na ďalšiu plošinu.

Myšlienkou a cieľom hry bude postupne prechádzať, skákať, liezť, riešiť hlavolamy v lineárnom priestore až kým sa hráč nedostane na koniec hry, do cieľa. Hra nebude obsahovať žiadne alternatívne cesty, ani sa hráč nebude musieť vracieť naspäť.

5.2 Herné mechaniky

Výber herných mechaník závisí aj od žánru hry, do akej miery konkrétna mechanika zapadá do vybraného žánru, či sa dá použiť alebo má potenciál pre zvýšenie hráčovho zaujatia z hry. Samotná scéna bude trojrozmerná v pozadí, a popredie bude závisieť od displeja, ktorý vysiela obraz ako bolo spomenuté na začiatku kapitoly (viď 5).

Prvá kamera sníma scénu striktno dvoj-rozmerne, navodzuje dojem klasickej platformovky „uzamknutej“ v 2D. Druhá kamera – LKG, zase sníma skutočnú scénu, takže zobrazuje aj hlbšie kontúry stien, rohy, strop, podlahu. Na týchto kontúrach budú ukryté tlačidlá a praskliny, s ktorými hráč musí interagovať, aby rozlúštil hádanku a mohol tak pokračovať ďalej. S touto 3D kamerou bude hráč môcť otáčať do istej miery, aby tak zvýraznil to, čo potrebuje vidieť (napr. tie tlačidlá) alebo aby zmenil perspektívu a využil tak hĺbkové vnímanie scény pre rozpoznanie, ktoré z dverí sa otvorili.

5.2.1 Omráčenie

Omráčenie označuje stav, kedy hráč nezareagoval správne na podnet v hre, a tak utrpí penalizáciu, zvyčajne formou spomalenia pohybu, grafických obmedzení, ako sú efekty rozmazania, trasenia kamery, rotácia kamery, alebo úplnou odstavkou hráča po určitú dobu od neúspechu. Po chvíli sa hráčova kontrola, alebo obraz, vráti naspäť do pôvodného stavu.

Pri tejto mechanike je silný potenciál pre využitie zaostrenia stereoskopického displeja. Myšlienkou je, že penalizácia by mala byť natoľko nepríjemná na pohľad, aby sa jej hráč do budúca snažil vyhnúť. Táto myšlienka je umocnená tým, že slabé omráčenie nie je pre hráča dostatočný podnet aby sa mu vyhol, skôr malé obťažovanie, ktoré je ochotný prijať, lebo jeho dôsledok ho stojí menej ako samotný pokus o vyhnutie.

Realizácia bude uskutočnená formou rozmazania pohľadu na 3D displeji pomocou posunu zaostrovacej roviny. Celá scéna sa tým bude javiť „bližšie“ a rozmazane, úmyselne nepríjemne na pohľad – aby tak hráč odvrátil zrak – a tým pádom penalizáciu *utrpel* aj samotný hráč a nie len jeho postava v hre. Zároveň treba brať na úvahu hráčovo zdravie, a nevystaviť ho zbytočnému zdravotnému riziku na úkor zábavného efektu.

5.2.2 Skryté tlačidlá, praskliny a pohyblivé dvere

Zvyčajne sa jedná o tlačidlá, ktoré sú skryté za inými, zničiteľnými, objektami. V tomto prípade však budú skryté za rohom, kde 2D displej nedovídi a hráč musí využiť 3D displej, aby preskúmal okolie a zbadal interaktívne tlačidlo, či prasklinu vo vedení (kábel, potrubie či iné vedenie). Interakciou s týmto tlačidlom sa otvorí alebo zatvorí určité dvere a sprístupní sa tak cesta ďalej. Dvere sa javia ako plochá textúra na 2D displeji či sú zatvorené alebo otvorené, ale na 3D displeji bude vidieť rozdiel v hĺbke a kontúr.

Tieto intrakcie budú fungovať v kombináciach, kde bude nutné odsledovať, ktoré tlačidlo otvorí a zatvorí aké dvere, a teda po každom stlačení musí hráč sledovať rozdiel. Pri prasklinách bude odlišný postup. Na stene bude natiahnuté vedenie, kde bude viditeľný začiatok, destinácia (napr. dvere, ktoré sa majú otvoriť), ktorá časť vedenia je „živá“ (napr. pod elektrickým napätím) a ktorá nie. Hráč tak musí vyhľadať kde nastal zlom alebo prasklina, ktorý potom opraví, aby sa otvorili dvere a on mohol tak pokračovať ďalej. Prasklín môže byť aj viac a hráč je podnecovaný k otáčaniu displeja, aby zvýraznil ukryté tlačidlá alebo vedenia s prasklinami.

5.2.3 Skákanie po plošinách

Skákanie po plošinách je tzv. gro platformoviek (žáner z nich poberá názov). Jedná sa o mechaniku, kde hráč musí relatívne precízne skákať na plošiny, medzi ktorými je dostatočne veľká medzera, aby sa na ďalšiu plošinu nedostal nijak inak, než skokom. Tieto plošiny tým pádom budú umiestnené ďalej od seba, v odlišnej výške a v tomto prípade pre účel zaostrovania, aj v rozličnej hĺbke. Niektoré plošiny budú kvôli hĺbke natoľko rozmazané, že ich nebude vidieť.

Hráč tak zvyčajne bude musieť vyskočiť ďalej, vyššie/nížšie, ale v tomto deme bude musieť využiť hĺbkovú indikáciu a možnosť zaostrenia LKG displeja, aby správne zameral tento ostrov a vybral tak správnu hĺbku pre cieľovú destináciu skoku jeho postavy. Hráč tak vždy skočí na miesto nasledujúcej plošiny, ale podľa toho ako správne využije zaostrenie a zamerá stred plošiny, tak na nej pristane, alebo sa prepadne do prázdna (a začne tak od znova). Takto bude musieť preskákať sériu plošín, aby sa dostal ďalej.

5.2.4 Neviditeľné písmo

Myšlienka neviditeľného písma má pripomínať miznúci atrament po napísaní správy, alebo ryhy na papieri zanechané perom po písaní. Hráčovi je ponúknutá istá zdanlivo neprekonateľná úloha, pri ktorej bude musieť nájsť ukrytú nápovedu, aby zistil ako ďalej. Túto nápovedu nájde za pomoci zaostrenia displeja, rozdielov v hĺbke a posuvom kamery.

5.2.5 Padajúci strop

Táto mechanika má emulovať krízovú situáciu, kedy je hráč uväznený v malom priestore a pomaly ho stláčajú steny, alebo k nemu klesá strop. Má tak obmedzený čas vymyslieť, ako vyviaznuť von z miesta, odkiaľ zdanlivo niet úniku. Ak to nestihne a neuspeje, bude sa o to musieť pokúsiť znovu, dokiaľ správne nevyhodnotí situáciu, alebo nezapadá ukrytú cestu von. K objaveniu cesty mu pomôže rozdiel v hĺbke a zaostrenia objektu. Hráč tak nielenže musí v tomto mieste rýchlo nájsť správnu cestu, ale musí aj rýchlo rozpoznať nenápadný rozdiel, aby prežil túto úlohu a pokračoval tak ďalej.

5.2.6 Ohnivá pasca

Pasca, pri ktorej sú na hráča vrhané ohnivé gule z určitého smeru, kde ich trajektória je v konflikte s hráčovou cestou v pred. Hráč sa tak bude musieť vyhýbať týmto guliam, rozpoznať kedy sa môže pohnúť ďalej a kedy musí zastaviť, aby ho nestretol nechcený osud.

Táto mechanika podnecuje k trpezlivosti a sledovaniu pravidelných výstrelov týchto gulí, ktoré majú vždy rovnakú trajektóriu, rýchlosť a cieľ. Ak hráč správne načasuje svoj priechod touto palbou pomocou získaných informácií z prostredia, bude sa môcť pohnúť do ďalšej časti. V určitom momente však narazí na pascu, kde mu nie je umožnené počkať a ukryť sa pred gulou. Táto konkrétna pasca bude mať zároveň trajektóriu totožnú s cestou, po ktorej hráč musí prejsť. Nebude mu sprístupnený žiadny úkryt a ako jediná pomôcka mu ostane 3D displej, aby tak odhalil detail v trajektórii letu tejto ohnivej gule, ktorý si na 2D displeji nemá šancu všimnúť.

5.2.7 Šprint

Táto mechanika **nebude mať nič spoločné** s konvenčným šprintom vo video hrách, kde je hráčovi umožnené po stlačení klávesy utekať rýchlejšie na úkor jeho energie. Tu sa bude jednať pasáž, ktorá donúti hráča utekať vpred bez možnosti zastavenia. Donúti ho k tomu časovač umiestnený na každej plošine, ktoré budú umiestnené v rovine za sebou (bez medzery), umožňujúc priamy pohyb hráča smerom v pred. Akonáhle hráč stúpi na plošinu, spustí sa časovač, po ktorého vypršaní sa plošina prepadne do prázdna, spolu s hráčom ak bol príliš pomalý. Počas tohoto šprintu na koniec pasáže, sú po ceste umiestnené nenápadne ukryté medzery, ktoré hráč musí preskočiť aby nespadol do prázdnoty a nemusel tak začať od znova. Na odhalenie falošnej medzery mu poslúži 3D displej pre rozpoznanie zmeny v hĺbke a zaostrení.

5.2.8 Plátno s trhlinami

Tento názov má znázorňovať plátno umiestnené medzi kamerou a scénou, na ktorej sa hráč pohybuje a má za cieľ hráčovi zavádzať alebo brániť vo výhlade. Za týmto plátnom sú umiestnené plošiny, po ktorých hráč musí vyskákať za účelom dostať sa na vrchol do cieľa. Avšak plátno je deravé alebo priesvitné a hráč tak môže využiť zaostrovanie aby sa tieto malé trhliny „roztiekli a zmiešali s plátnom“ a ukázali tak, čo sa skrýva za plátnom. Plátno a pasáž bude mať viacero úrovní, na každej úrovni bude plátno inak vzdialené od kamery, aby sa zabránilo nájdeniu optimálneho zaostrenia 3D displeja. Dosiahnutím určitej časti pasáže (napr. keď vyskáče prvú sadu plošín), sa hráč stretne s ďalšou časťou plátna a ak chce zaň vidieť, musí znovu zaostriť displej.

5.3 Dodatočné mechaniky

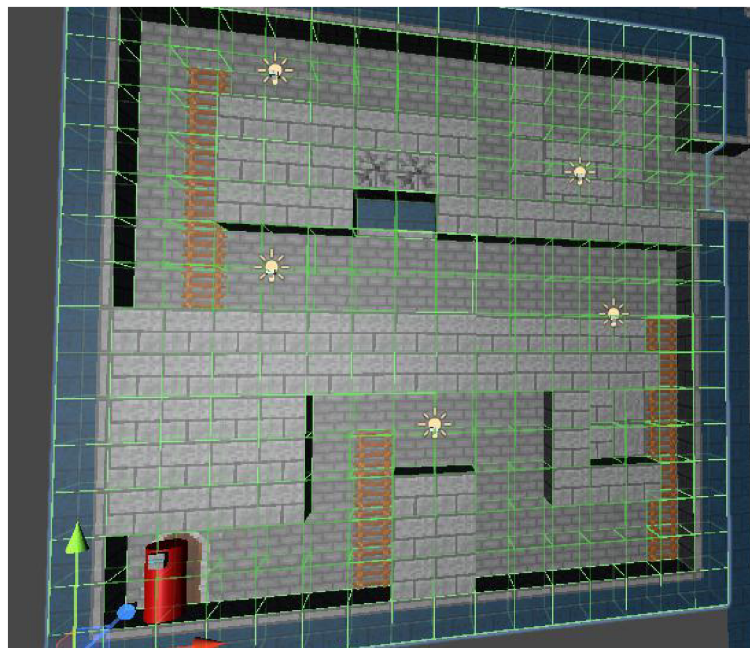
Demo hry bude obsahovať hlavné menu – po spustení aplikácie hráč nie je ihneď vrhnutý do hry, ale stretne sa so základným užívateľským rozhraním, kde bude mať na výber buď aplikáciu ukončiť, ale pokračovať k výberu úrovne. Výberom úrovne je len obrazné pomenovanie, nakoľko demo bude obsahovať len jednu úroveň, ale pre účely testovania a šetrenia času pri meraní bude hráčovi umožnené začať od začiatku, alebo pri jednej zo siedmych exemplárnych úloh.

Kapitola 6

Implementácia

Vyvinuté demo hry je skompilované a zostavené ako samostatná aplikácia bez potreby inštalácie. Aplikácia automaticky po spustení vyhľadá dostupný LKG pomocou nainštalovaného ovládača (Looking Glass Bridge alebo HoloPlay Service), pričom spustí dodatočné okno. Toto dodatočné okno sa bude premietiť na hlavnom monitore, slúžiac ako 2D perspektíva scény hry na zvýraznenie kontrastu medzi fixnými pohľadmi v 2D scéne a stereo 3D scéne. Ak žiaden displej nie je pripojený k počítaču, na ktorom sa aplikácia spúšťa, tak sa aplikácia spustí len v jednom okne na hlavnom monitore.

Scéna je vytvorená v trojrozmernom prostredí, jednak aby HoloPlay Capture (LKG kamera) mal čo zachytiť a aby sa mohol využiť spomínaný kontrast. Herná scéna je zostavená z ôsmich sústav a dvoch špeciálnych úsekov, ktoré zahŕňajú pád do prázdna. Tieto úseky sú tvorené z blokov v mriežke 16×16 (viď obr. 6.1), každý blok reprezentuje kocku, ktorej steny sú nepriechodné s viditeľnou textúrou naznačujúcou tento fakt. Steny kocky môžu byť aj priechodné, ale neviditeľné, aby tak spolu s viditeľnými stenami určili očividnú cestu vpred.



Obr. 6.1: Scéna zobrazujúca úsek, zelená znázorňuje sústavu blokov.

Steny, ktoré smerujú ku kamere, majú rozdielnu textúru pre zvýraznenie cesty. Takéto rozdiely sú užitočné pre 2D pohľad, skrz ktorý nemožno vidieť steny nesmerujúce ku kamere. Spolu s návrhom tak tvoria priamočiary „dej“, kde by sa hráč nemal dostať do situácie, kedy neviem kam pokračovať.

Scéna takisto využíva aj osvetlenie, ktoré je umiestnené pozdĺž správnej cesty pre zvýraznenie kontúr v 3D zobrazovaní. V častiach hry, kde hráč narazí na prekážku s logickou hádankou (tlačidlá, praskliny a dvere) sú svetlá umiestnené tak, aby svietili na pohyblivé dvere a zvýrazňovali tak hĺbkový rozdiel (viď obr. 6.2). Pomocou rozdielu hĺbky steny pred a po stlačení tlačidla zistí, s ktorou pohyblivou stenou tlačidlo interaguje. Svetlo je tiež umiestnené aj poblíž tlačidiel pre ten istý dôvod, zvýraznenie v 3D pohľade. Tlačidlá nemajú žiadny model, jedná sa len o špeciálnu textúru steny, určenú pre tlačidlá. Steny s tlačidlami obsahujú skript, ktorý sníma interakciu od hráča a vysiela príkazy pohyblivým stenám, s ktorými je daná inštancia skriptu prepojená.



Obr. 6.2: Porovnanie dvoch perspektív, 3D perspektívy (vľavo) a 2D perspektívy (vpravo). Pri 3D obraze je vidieť podstatne viac svetla a to vďaka osvetleným stenám, ktoré 2D obraz nespája. Na obrázku je tiež vidno rozdiel textúr stien smerujúcich ku kamere, pre nenápadnú pomoc pri navigácii uličkami. Tento 3D obraz je len názorná ukážka, čo zobrazuje stereoskopický 3D displej, nakoľko presná reprezentácia nie je možná bez samotného LKG (a pohľadu skrz neho).

6.1 Ovládanie

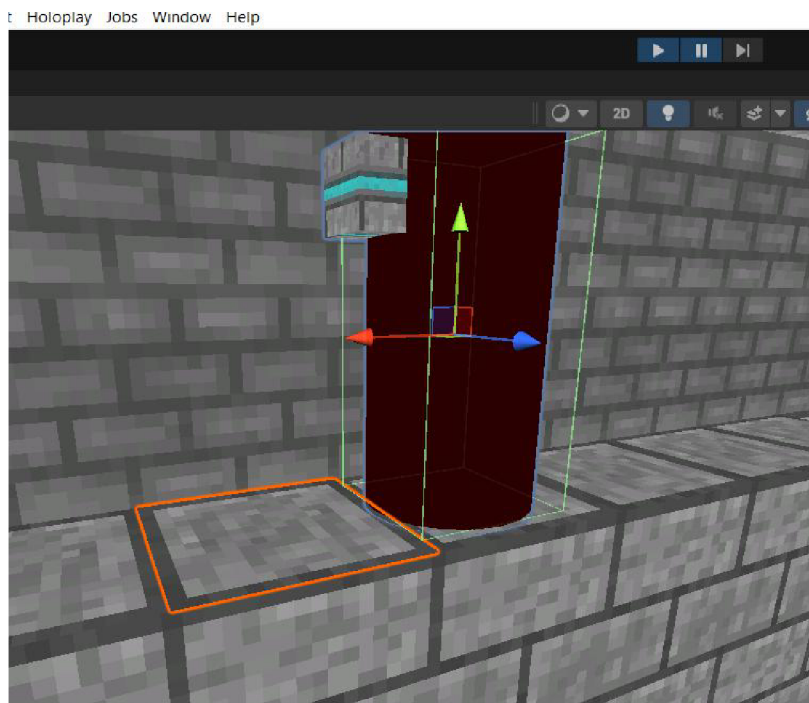
Hra je rozdelená do štyroch stavov, ktoré sa prepínajú v závislosti od časti, do ktorej hráč príde. Tieto stavy menia správanie skriptov, ktoré ovládajú hráča a kameru určenú pre LKG.

1. **Základný stav** – umožňuje hráčovi horizontálny pohyb, lezenie po rebríkoch, skákanie a nakláňanie LKG kamery pomocou numerickej klávesnice.
2. **„Skákací“ stav** – mení ovládanie LKG kamery. Hráč už nemôže kameru nakláňať, ale môže meniť jej zaostrenie a môže s ňou vertikálne hýbať. Namiesto skoku má k dispozícii premiestnenie na miesto, kam sa práve pozerá kamera (dĺžka, výška, zaostrenie).

3. **Obzerací stav** – hráč má k dispozícii ovládanie hernej postavy ako v základnom stave, ale namiesto nakláňanie kamery s ňou môže hýbať horizontálne, vertikálne a meniť úroveň jej zaostrenia.
4. **Konečný stav** – ktorý nastane na konci hry a znemožňuje hráčovi ovládanie postavy. Zobrazia sa titulky a tlačidlo pre prechod do hlavného menu.

Pohyb hráča využíva vstavanú fyziku Unity, ako gravitácia a sila. Steny majú okrem vlastnej textúry aj kolízny povrch, ktorý tvorí odpor s kolíznymi telesami ostatných objektov. Pohyby hráča pod vplyvom týchto veličín tlačia na steny jednotlivých blokov a vytvárajú kontakt kolíznych telies; steny kladú odpor a nepustia hráča cez seba. Tento odpor je v niektorých prípadoch tak silný, že sa hráčova postava zasekáva o danú stenu. To by mohlo negatívne ovplyvniť hráčov pôžitok z hry a ponorením do hrania so stereoskopickým displejom. Z tohto dôvodu bolo nutné zaviesť opatrenia, ktoré tento problém odstránia, alebo aspoň zmenšia.

Pri pohybe do steny sa hráč dostával do kolízie so stenou tak, že sa prakticky „prilepil“ ku stene napriek gravitačnej sile, ktorá ho mala tiahnuť k zemi. Vyriešilo sa to podmienkou, ktorá zabráňovala hráčovi v pohybe vpred, ak sa pred ním nachádza stena. Riešenie sa vzťahuje len pre prípady, kedy hráč vkráča alebo skočí do steny, ale nie prípad chôdze **po** stene bloku. V tomto prípade sa hráčova postava zasekáva pri chôdzi na rovine. Toto zvyčajne nastáva, keď je podlaha zostavená z viacerých statických objektov priamo vedľa seba tak, aby tvorili plochý povrch. Telo hráčovej postavy – ktoré má kolízne teleso v tvare kvádra – sa zasekne pri prechode z jedného objektu na druhý, a teda pri prechode medzi kolíznymi rovinami týchto stien (viď obr. 6.3). Tento problém je známy ako *Ghost Vertices* [11] (z angličtiny „ghost“ znamená duch a „vertices“ sú vrcholy).



Obr. 6.3: Postava hráča zasekávajúc sa na prechode dvoch kolíznych rovín.

Tento problém sa najprv riešil prostredníctvom sily opačného smeru pri chôdzi formou levitácie alebo konštantného slabého skákania od hráča. Avšak toto riešenie vytváralo problémy na iných miestach a nevyriešilo tento problém zasekávania úplne. V konečnom dôsledku sa to vyriešilo znížením odsadenia kontaktu v nastaveniach Unity fyziky. To znížilo výskyt tohoto problému na krajné situácie, pričom sa nekompromitovali iné mechaniky.

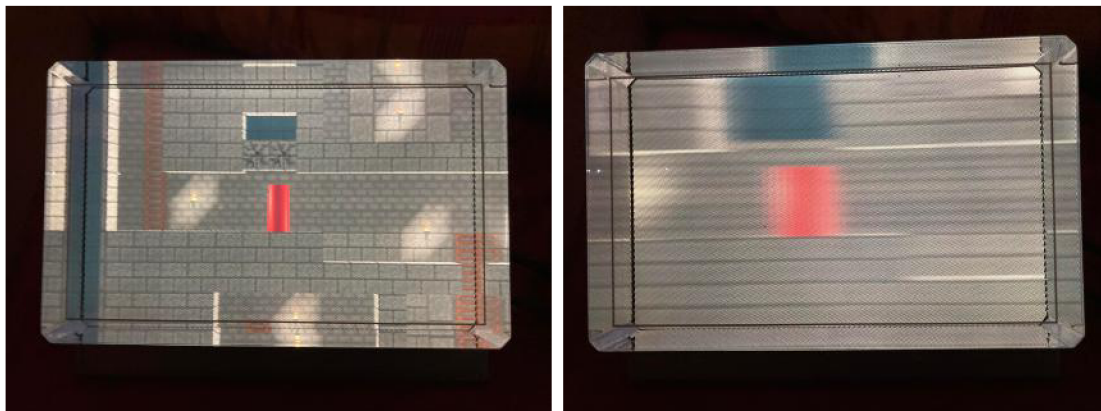
6.1.1 Skripty

Väčšina skriptov využíva vlastný skript pre správu udalostí, na ktorý sa môžu globálne odkazovať (jedináčik). To platí pre všetky skripty, ktoré zahŕňajú interakciu s hráčom, nakoľko si vytvárajú delegátov pre udalosti, ktoré jedináčik ohlasuje s konkrétnym poznávacím číslom (ID) udalosti. Skripty, ktoré pracujú s objektami na scéne využívajú funkciu `Update()` aby boli závislé od snímkového času hry a plynule vykonali svoju úlohu, nech má hráč čas zareagovať na zmenu v prípade pomalšieho systému. Niektoré funkcie sú implementované práve pre takéto systémy a v prípade výkonnejších systémov sa ich efekt môže vykonať rýchlejšie, než bolo zamýšľané.

Medzi skriptami sa nachádza aj jeden z prevzatej tvorby od **Carlosa DaLomba**, ktorý kód poskytol po komunikácii s ním, ohľadom LKG. Tento skript (`DisplayActivator.cs`) spúšťa sekundárny displej LKG po spustení aplikácie.

6.2 Navrhované mechaniky

Scéna obsahuje dve kamery, ktoré neustále sledujú pozíciu hráča, vždy z tej istej perspektívy na navodenie 2D platformového dojmu. Kamera určená LKG má možnosť nakláňanie pre zdôraznenie detailov na hráčov pokyn (2, 4, 6, 8 na numerickej klávesnici). **Omráčenie** (viď obr. 6.4) využíva síce prudkú zmenu zaostrenia, ale v krátkom čase a len raz, pre navodenie nepríjemného pohľadu, ale zároveň mu užívateľ nebude vystavený príliš dlho.

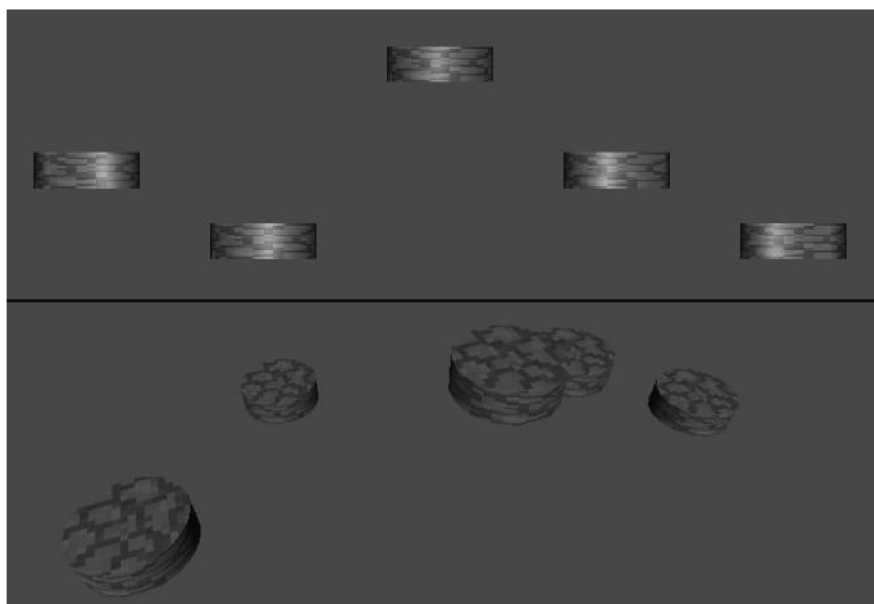


Obr. 6.4: 3D displej pred omráčením (vľavo) a po omráčení (vpravo).

Interaktívne prvky (tlačidlá, praskliny a pod.) nemajú 3D model a sú nenápadne umiestnené za rohom steny, aby na ne videla kamera určená LKG, ale nie kamera určená pre hlavný 2D monitor. Spolu s pohyblivými stenami tak tvoria hádanky, ktoré hráč rieši v priebehu hry za pomoci LKG (rozdiel hĺbky).

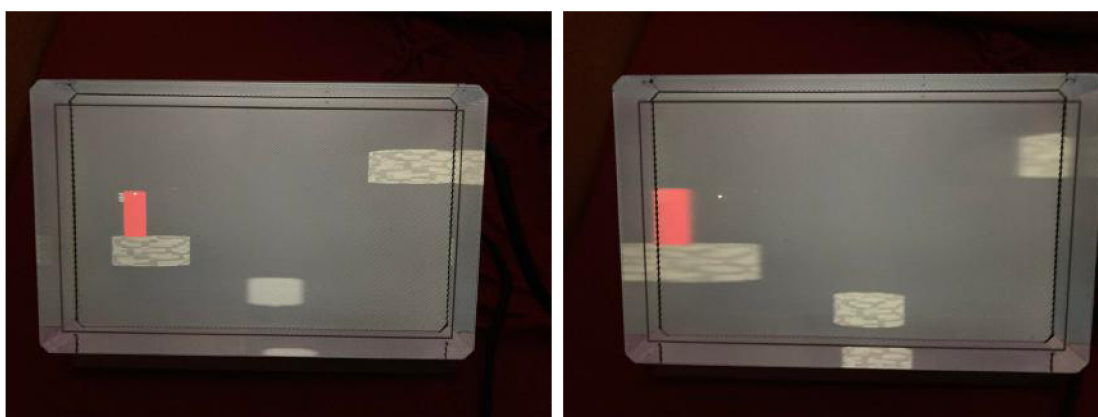
Skákanie po plošinách je implementované ako sada plošín rozmiestnených v priestore (viď obr. 6.5), kde sa hráč teleportuje na nasledujúcu plošinu podľa výšky a zaostrenia

kamery, ktoré sám nastavuje pomocou kláves. Následujúcou plošinou sa myslí najbližšia plošina vpravo, nakoľko kamery majú fixný smer pohľadu na hráča pre účel platformového žánru.



Obr. 6.5: 2D pohľad na plošiny (hore) vs. ako sú zostavené v 3D scéne (dole).

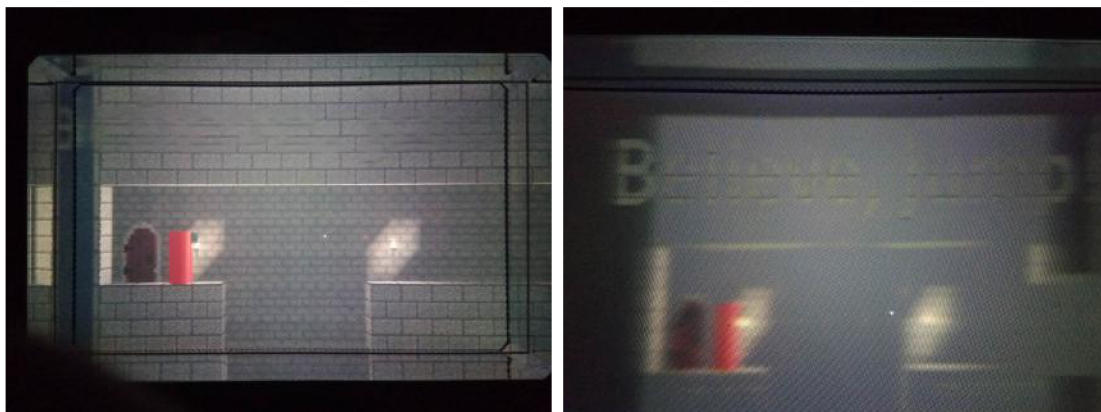
V prípade, že hráč správne nezaostří (viď obr. 6.6) na plošinu, tak sa prepadne, pričom ho v priepasti zachytí skript a teleportuje ho naspäť na začiatok sady plošín, aby tak nemusel spúšťať celú hru od znova. Rýchlosť zameriavania je ovplyvnená s počtom snímok za sekundu, aby tak hráč mal priestor zareagovať na príliš rýchle zmeny alebo oneskorenie vytvorené pomalým vykresľovaním.



Obr. 6.6: Príklad preostrenia scény pri skákaní po plošinách.

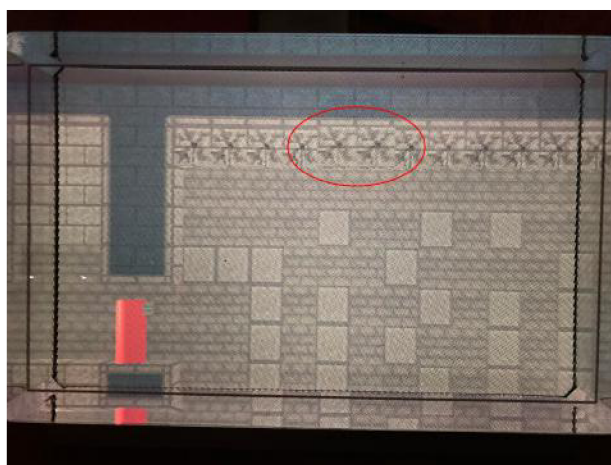
Ukryté „neviditeľné“ písmo je umiestnené do priestoru pred blokmi s určitou textúrou. Písmo má úmyselne rovnakú textúru ako stena za ním, aby tak pri 2D pohľade splývalo s pozadím. Na LKG však vidieť malý rozdiel medzi hĺbkami písma a pozadia (viď obr. 6.7), čo by spolu so zdanlivo nepreskočiteľnou jamou, malo povzbudiť hráča k využitiu zaostrenia, aby zistil, že sa jedná o skrytú správu. Táto správa mu oznámi, že má skočiť

napriek vzdialenosti skoku. Na druhej strane jamy je neviditeľná plošina, ktorá má slúžiť ako klam a odradiť hráča od skoku na prvom mieste.



Obr. 6.7: Porovnanie 3D textu pred zaostrením (vľavo) a po zaostrení (vpravo). Po zaostrení na 3D text je možné prečítať skrytú správu: „Believe, jump!“, čo znamená „Ver, skoč!“.

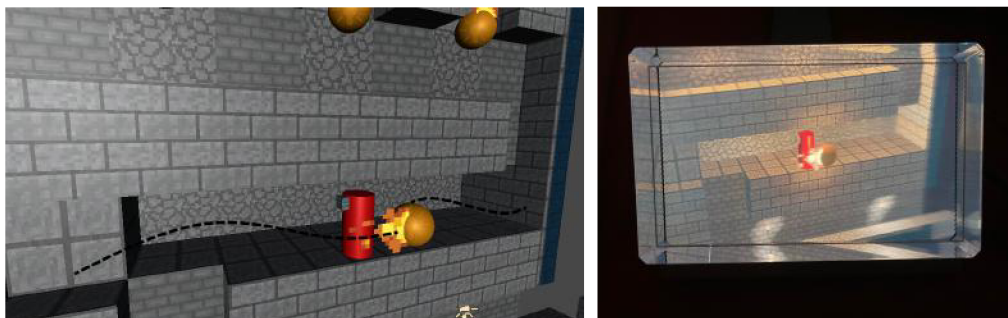
Mechanika **padajúceho stropu** je zrealizovaná pomocou malej prepadliny, z ktorej hráč nemá ako vyskočiť. Tým pádom vidí len podlahu, steny označujúce hranice miestnosti a pomaly približujúci sa strop. Padajúci strop je zložený z viacerých dvojíc blokov, z ktorých každý sníma kolíziu s hráčom. Pri strete s jedným z týchto blokov sa miestnosť reštartuje a hráč je premiestnený pred samotnú miestnosť, naznačujúc neúspech v tejto úlohe. Medzi dvojicami blokov existuje jedna dvojica, ktorá tvorí bezpečné miesto; hráč musí stáť pod dvojicou týchto blokov, aby uspel v úlohe (viď obr. 6.8). Tieto bloky sú vždy náhodne rozmiestnené pri načítaní scény, navyše sú posunuté bližšie ku kamere, aby tak hráč mohol rozpoznať hĺbkový rozdiel medzi pravými blokmi a bezpečnými. V tejto časti hry má prístup k ovládaniu kamery a zaostrovaniu, aby mu LKG dopomohlo prekonaniu prekážky.



Obr. 6.8: Na vrchu obrázku vidno padajúci strop, podľa textúry prasklín na jeho blokoch. Na obrázku je vyznačené bezpečné miesto, ktoré hráč musí odlíšiť podľa jeho úrovne zaostrenia.

Časť s **ohnivými guľami** bola implementovaná tak, aby hráč najprv poľavil v pozornosti a očakával obyčajnú pascu s ohnivými guľami prítomnú v mnohých platformových

hráč. Akonáhle vstúpi do miestnosti, spustí sa časovač, ktorý periodicky posiela signál objektom, čo tie gule vrhajú. Najprv sa jedná o sadu vertikálne padacích gulí s rovno trajektóriou a priestorom medzi nimi, kde sa hráč môže zastaviť pre bezpečie. Následne sa dostane do uličky, kde zbadá, ako sa guľa rúti priamo k nemu a nemá sa kam ukryť. V tejto časti má prístup k nakláňaniu kamery, aby tak zbadal nerovnú trajektóriu gule; sínusoidu (viď obr. 6.9). Pozorný hráči si môžu všimnúť rozdielnosť v trajektórii pri zmene zaostrenia gule, pretože kvôli sínusoide sa približuje a vzdaluje od kamery. Ak jedna z týchto gulí zasiahne hráča – kolízne teleso týchto objektov sa dostane do kolízie s hráčom – hráč sa premiestni na začiatok miestnosti a začína túto časť od znova.



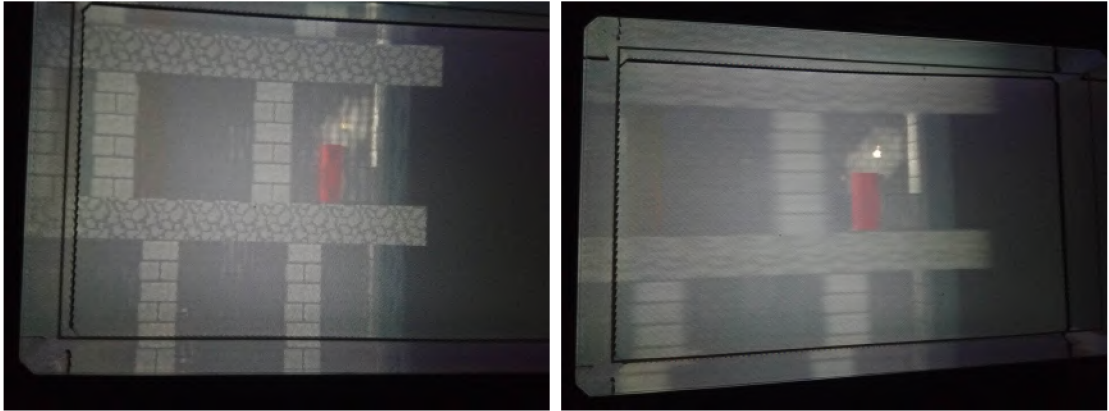
Obr. 6.9: Hráčova postava (červený valec) vyhýbajúca sa ohnivej guli s trajektóriou sínusoidy naznačenej na obrázku.

Po prekonaní tejto časti sa hráč dostáva k úseku kde musí **šprintovať**. Tento úsek je opäť realizovaný ako sada plošín umiestnená nad prázdnotou. každá plošina má vlastný skript, ktorý zaznamenáva kolíziu s hráčom a keď k nej dôjde, spustí sa časovač, po ktorého uplynutí sa ostrov prepadne do prázdna. Medzi plošinami sú ukryté aj falošné plošiny s rovnakou textúrou, ktoré si hráč musí všimnúť pomocou rozdielu zaostrenia (sú inak ďaleko od kamery) a preskočiť ich. V prípade, že sa hráč prepadne, zachytí ho ďalší skript, ktorý ho premiestni pred šprintovací úsek a obnoví všetky plošiny na svoje miesta. Posledná časť je zostavená z blokov, ktoré sú umiestnené tak, aby mal hráč ťažkosti vyskakať; hráč potrebuje nacvičiť určitú expertízu v ovládaní postavy. Navyše v tejto časti mu vo výhlade bráni **plátno s trhlinami**. Tieto trhliny majú formu mreží, medzi ktorými je možné vidieť útržky blokov (viď obr. 6.10). Pre rozostrenie týchto mreží má hráč k dispozícii LKG, kde mu je umožnené hýbať s kamerou a zaostrovanie. V prípade, že je tento úsek príliš ťažký, za plátnom sa nachádza ukrytý rebrík ako podvodná cesta von pre urýchlenie testovania. Tento rebrík je však ukrytý za časťou plátna, kde nie sú mreže, ale pevná stena; takže mu zaostrenie nepomôže.

6.3 Prevzaté prvky a vývojárske detaily

Všetky textúry boli navrhnuté a vytvorené pomocou programu *Paint.NET*. Aby zbytočne nevytvárali priveľkú záťaž na systém a pre jednoduchosť implementácie, boli textúry úmyselne vytvorené v nízkom rozlíšení a kvalite. Medzi prevzaté prvky patria:

Textúra hráčovho tela – ktorá používa textúru od HoloPlay Unity pluginu.



Obr. 6.10: Porovnanie dvoch obrázkov s plátnom. Na ľavom obrázku vidno, ako mreže prekrývajú hráčovú postavu, zatiaľ čo na pravom obrázku je tento efekt zmenšený.

Obrázok z hlavného menu – prevzatý z voľne dostupných obrázkov zo stránky [Pexels.com](https://www.pexels.com), obrázok vytvoril *Nathan J. Hilton*¹.

Sprite a **animácia** ohňa – táto animácia a sprite sú voľne dostupné na stránke itch.io od užívateľa stránky pod názvom *brullov*².

Skript `DisplayActivator.cs` – určený na spustenie sekundárneho displeja LKG, kód poskytol: Carlos DaLomba.

Hra má k dispozícii herné menu po stlačení klávesy **ESC**, v ktorej má hráč možnosť pokračovať, vrátiť sa do hlavného menu, alebo menu debugovacích nastavení. V týchto nastaveniach môže za behu programu meniť určité premenné skriptov, pre optimalizáciu vzdialeností od kamery, časovačov, rýchlostí objektov a podobne.

6.3.1 Známe nedostatky

Aplikáciu je nutné reštartovať medzi každým načítaním úrovne, pretože opätovné načítanie umiestni obe okná aplikácie na jeden monitor. Pre ovládanie LKG počas hry, je potrebná klávesnica s numerickou klávesnicou (NUMPAD), na ktorú bola kamera implementovaná; kamera sa ovláda pomocou kláves na NUMPADE.

¹Zdroj na obr.: <https://www.pexels.com/photo/web-with-water-drops-of-dew-4747897/>

²Zdroj na sprite s animáciou: <https://brullov.itch.io/fire-animation>

Kapitola 7

Meranie

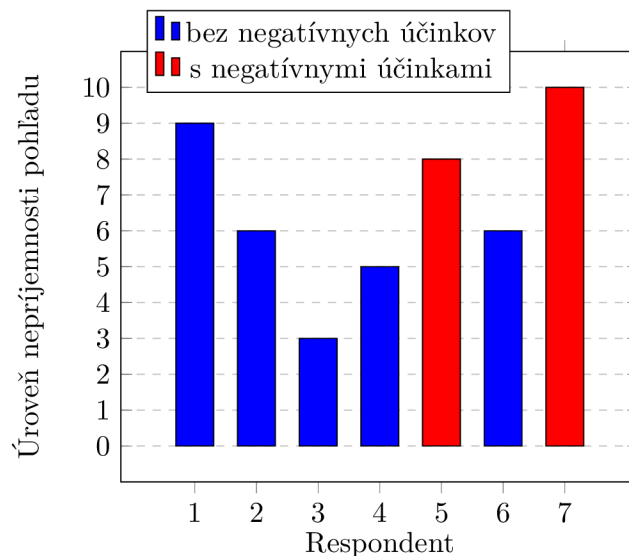
Po zhotovení aplikácie boli vykonané testy so siedmymi dobrovoľníkmi. Šiesti z nich boli mladí, dospelí muži, skúsení v hraní video hier a jedna mladá žena, neskúsená vo video hrách. Každý z účastníkov mal k dispozícii hlavný 2D monitor, 3D displej LKG, myš a klávesnicu s numerickou klávesnicou. Po prejdení dema, respondenti vyplnili dotazník s otázkami (kópia dotazníku je uvedená v prílohe A), ktorých úmyslom je zistiť, aký dopad malo demo na respondentov, do akej miery im prišli mechaniky pre LKG zaujímavé či zábavné a aký majú dojem z využívania zaostrovania pri hraní video hry. Zaznamenané odpovede boli zostavené do tabuľky prístupnej v prílohe B. Všetci respondenti testovali aplikáciu pri 30 snímkoch za sekundu, okrem respondenta č. 1 (prvý v priloženej tabuľke). Respondent č. 1 testoval za podmienok 1 snímku za sekundu na slabšom systéme.

7.1 Dopad zaostrenia pri mechanikách

Omráčenie bolo cielene vyladené tak, aby bolo nepríjemné na pohľad, ale zároveň by nemalo nijak škodiť zdraviu hráčov. Spomedzi respondentov, dvaja zaznamenali negatívne účinky pri krátkom čase vystaveniu prudkej zmene zaostrenia pohľadu, pričom obaja zaznamenali vysokú nepríjemnosť z tohoto pohľadu (8 a 10 zo stupnice 1-10, viď obr. 7.1).

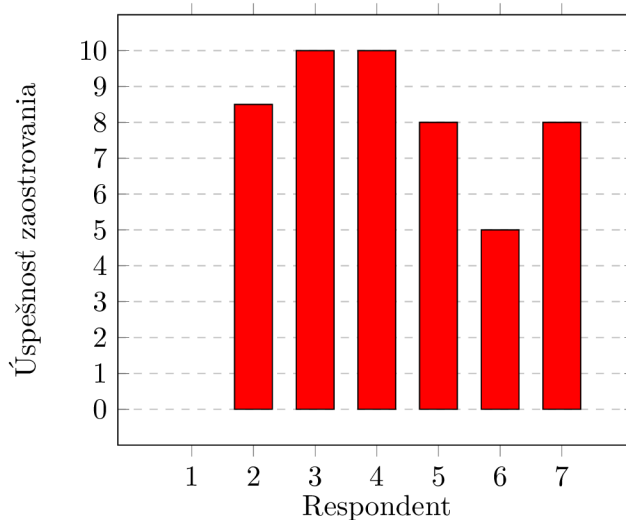
Pozoruhodné je, že jeden z týchto dvoch respondentov už mal skúsenosť s hrou, ktorá by využívala zaostrovanie na stereoskopickom 3D displeji a označil problém so zaostrovaním po efekte omráčenia, ale samotná mechanika mu nepripadala ako dostatočne veľká penalizácia pre hráčovú chybu. Dôvodom môže byť špatne položená otázka, alebo špatné pochopenie otázky – samotná mechanika totiž neobsahuje žiadne iné penalizácie, než vizuálny efekt zmeny zaostrenia. Čo sa týka druhého respondenta z týchto dvoch – ktorý zaznamenali negatívny účinok po omráčení – tento respondent nemá skúsenosti v hraní video hier a môže sa jednať o námahu oka nezvyknutého na rýchle zmeny pohľadu vo video hrách.

Zvyšní respondenti nezaznamenali žiadne negatívne pocity po omráčení, ani respondent č. 1, ktorý bol tomuto efektu vystavený dlhšie, kvôli nízkemu počtu snímkov za sekundu, ale zaznamenal najvyššiu úroveň nepríjemnosti spomedzi respondentov bez negatívneho dopadu. Celkovo dvaja respondenti odpovedali, že mechanika nie je dostatočne penalizujúca na to, aby sa jej v budúcnosti vyhli. Tieto odpovede môžu značiť, že zaostrenie samotné nestačí ako penalizácia. Táto mechanika potrebuje presnejšie doladenie a skúmanie, aby sa dalo určiť, že je bezpečná a vhodná na implementáciu do herného sveta.



Obr. 7.1: Zaznamenané nepříjemnosti pohledu hráčů na efekt omráčení; ako moc nepříjemný je vizuální efekt omráčení. Žiadna nepříjemnosť (0) vs. Vysoká nepříjemnosť (10).

Pri zaostrování (viď obr. 7.2), na jednotlivé plošiny rozmiestnené v priestore, respondentom zabralo čas, kým sa naučili ako mechanika funguje a kým si vytrénovali cit pre hĺbkové rozpoznávanie vzdialenosti ostrova od kamery. Priemer zaznamenaných odpovedí ohľadom úspechu pri využití zaostrenia je 8,25. Tieto údaje naznačujú, že mechanika je úspešná pri využití zaostrovania LKG pre herné účely.

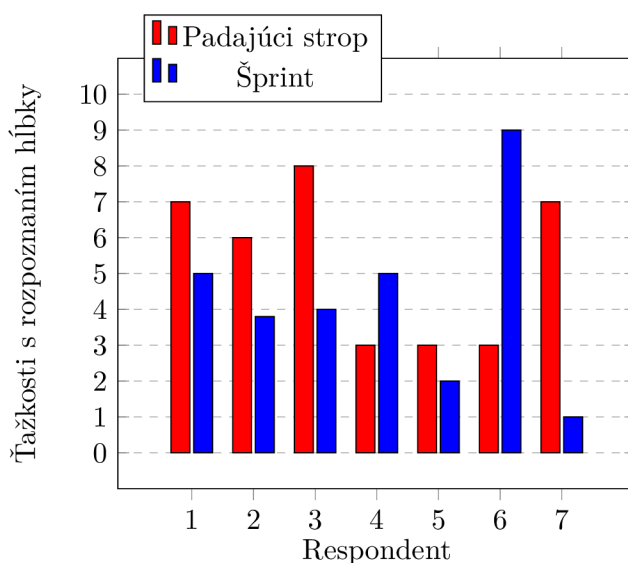


Obr. 7.2: Úspěšnost zaostrovania pri skákani na plošiny. Respondent č. 1 odpovedal na otázku slovné, kde určil, že sa mu v tom darilo veľmi dobre po dlhšej dobe skúšania.

Pri neviditeľnom písme boli odpovede takmer jednohlasné. Všetci respondenti tvrdili, že tento text sa nedal prečítať bez pomoci zaostrenia na LKG, takže bol dostatočne dobre ukrytý. A všetci, okrem jedného (ktorý odpovedal číslom „5“) tvrdia, že skrytý text sa dal prečítať za pomoci zaostrenia. Pri uvedení návodu či rady, že nejaké písmo vôbec exis-

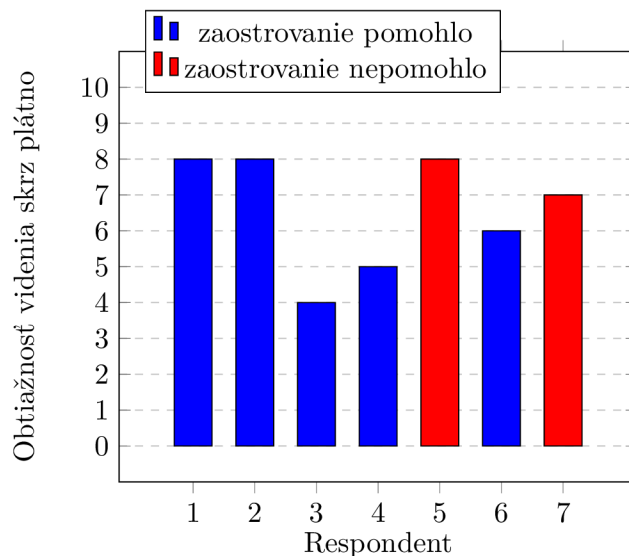
tuje a zároveň pri implementovaní úlohy, ktorá by sa nedala dokončiť bez písma, by táto mechanika mohla mať dobré využitie pre herné účely.

Rozdiel v zaostrení bezpečného miesta od ostatných plošín u padajúceho stropu je tožný s rozdielom plošín od falošných plošín pri šprinte. Napriek tomu respondenti zaznamenali o dosť menšiu úroveň nenápadnosti týchto rozdielov pri šprinte (viď obr. 7.3); dokázali rozpoznať hĺbkový rozdiel rýchlejšie, než pri padajúcom strope (ktorý prechádzali ešte pred šprintom). Tento prudký rozdiel značí, že respondenti sa rýchlo naučili rozpoznávať hĺbkové indikátory na LKG a využiť ich tak vo svoj prospech. Ale u dvoch respondentov došlo k opačnému javu pri rozpoznávaní týchto plošín, pričom jeden z nich mal veľký problém s rozpoznávaním pri šprinte. Môže to byť množstvom falošných plošín, alebo dynamikou tejto úlohy, kde sa plošiny hýbu rýchlejšie a hráč nemá toľko času zaznamenať hĺbkové indikátory. Rozpoznávanie rozdielov zaostrenia môže byť použité pri navýšení obtiažnosti úrovne.



Obr. 7.3: Rozpoznávanie hĺbkových rozdielov pri šprinte a padajúcom strope.

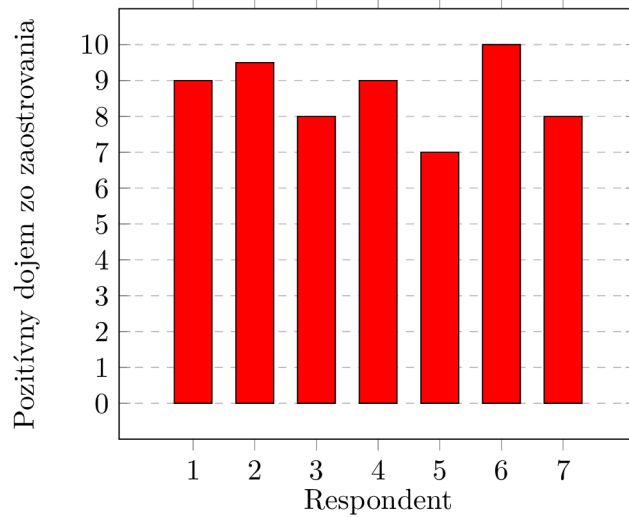
Podľa odpovedí respondentov (viď obr. 7.4) sa plátno javí ako dostatočne veľká prekážka vo výhlade hráča. Väčšina však odpovedala, že zaostrovanie im pomohlo prekonať túto prekážku. Obecne však mali hráči väčší problém so samotným skákaním ako s plátnom. Plátno prestalo tvoriť prekážku akonáhle si hráči zapamätali pozíciu plošín po niekoľkých neúspechoch. Avšak, v závislosti od použitého plátna sa môže jednať o zábavnú a využiteľnú mechaniku pre video hry.



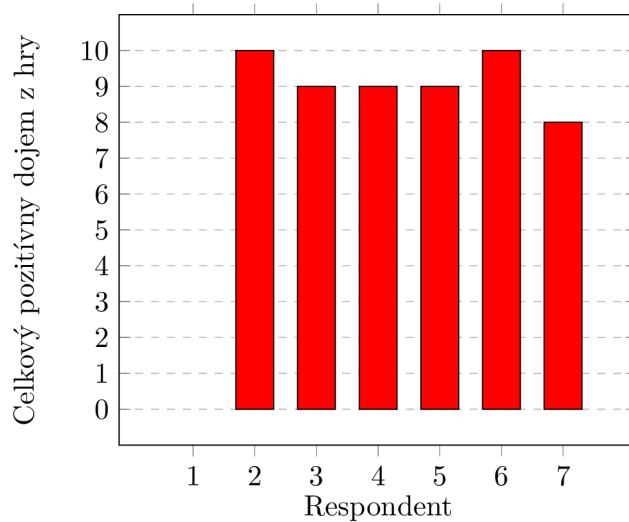
Obr. 7.4: Obtiažnosť v skákaní pri pohľade cez plátno s trhlinami.

7.2 Dopad LKG na zábavu a dojem respondentov

Podstatou video hry je zábava, ktorú dokáže hráčovi poskytnúť, do akej miery je hráč zaujatý hraním alebo aké pocity hra zanecháva. Súčasťou dotazníku z prílohy A boli aj otázky ohľadom dojmu a zábavnosti vyvinutej hry, a taktiež aj podobné otázky ohľadom kombinácie tejto hry s displejom LKG a jeho zaostrovacou schopnosťou. Respondenti prejavovali viditeľné nadšenie pri testovaní dema, častokrát si obzerali rôzne perspektívy, ktoré displej spolu s mechanikami ponúkali. Po odohraní hry v dodatku dotazníka (otázka č. 18) uvádzajú, ako LKG a hra prekonalo ich očakávania (viď obr. 7.5) v prevedení hry: „...hrala sa príjemne, zobrazenie a vykresľovanie bolo príjemné pre oči“. Všetci respondenti uviedli, že by radi videli alebo hrali takúto hru, keby sa jednalo o dokončený a vyladený produkt. Taktiež všetci uviedli, že by uprednostnili herné mechaniky prispôbené na LKG pred obvyčajným 2D displejom. Avšak treba brať do úvahy, že nikto okrem jedného respondenta nemal predchádzajúce skúsenosti s hrami na stereoskopické 3D displeje. Otázka však nezahŕňala mienku o HMD.

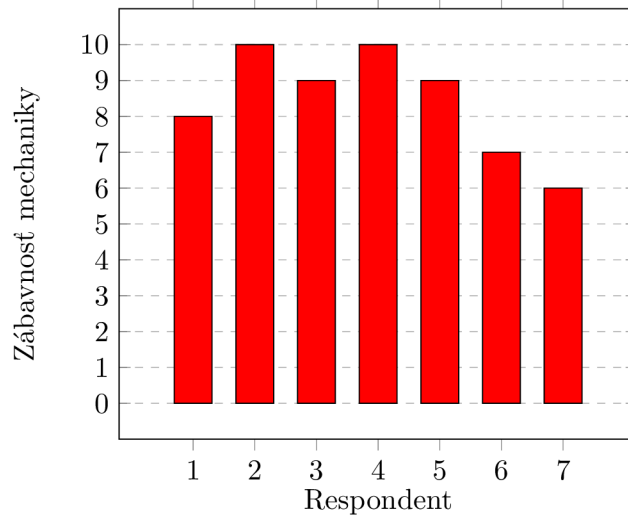


Obr. 7.5: Miera dojmu, ktorú zanechal LKG displej v rámci zaostrovania a hĺbkového vnímania. Slabý (0) vs. Silný (10) dojem.



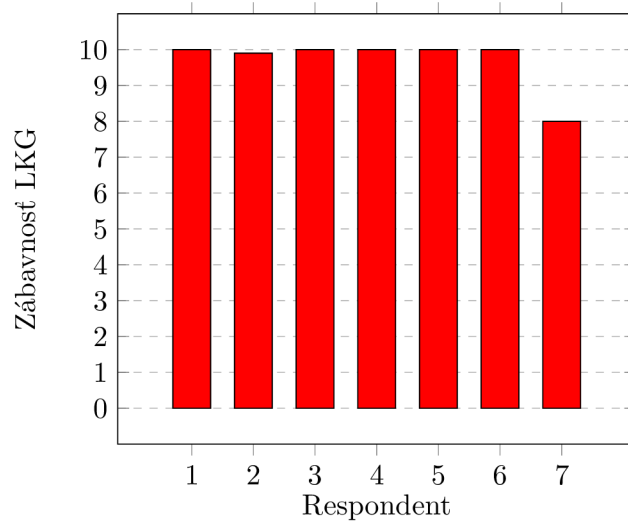
Obr. 7.6: Miera dojmu, ktorú hra zanechala v oblasti zábavnosti a estetiky. Slabý (0) vs. Silný (10) dojem.

Na obrázku grafu 7.6 chýba respondent č. 1, ktorý hru hral pri 1 snímku za sekundu, napriek tomu uviedol veľmi pozitívne dojmy z hry, z LKG a ich kombinácie. Na otázku z celkového dojmu hry odpovedal slovne, ako nízke počet snímkov znížil jeho pôžitok z hry. Vďaka tomu, že mnohé funkcie boli implementované tak, aby fungovali za rovno s vykreslovaním, mu neunikli podstatné prvky pri vyhodnocovaní. Najmä ohľadom zaostrovania a hĺbkovej indikácie, ktorým bol z vystavený dlhšie, než ostatní respondenti. Odzrkadľuje sa to na konkrétnych meraných mechanikách, pri jeho zanechaných odpovediach (viď obr. 7.7), ktoré sa intenzitou približujú ostatným respondentm.



Obr. 7.7: Zábavnosť správneho načasovania pri pasti s ohnivými guľami (vyžaduje rozpoznanie hĺbkového rozdielu a zaostrovania).

Respondent č. 7 bol jediný, ktorý mal prechádzajúcu skúsenosť s hrou na stereoskopický displej, a jeho odpovede ohľadom zábavnosti alebo dojmu zo zaostrovania LKG, sú pomerne nižšie oproti ostatným respondentom. Tak isto to platí aj pre jeho dojem z využitia LKG pre účely zábavnosti tejto hry (viď obr. 7.8). Toto môže naznačovať, že časť z pozitívneho dojmu zanechaného na respondentoch môže byť pripísaná pocitu novoty, nakoľko je to niečo nové (stereoskopická 3D hra), s čím sa ešte nestretli.



Obr. 7.8: Miera zábavnosti hry v súvislosti s využitím LKG v tejto hre.

Kapitola 8

Záver

V tejto práci boli uvedené druhy 3D displejov a ich charakteristiky. Ďalej bol uvedený rozbor ich vývoja, použiteľnosti a nevýhod. Po rozbere jednotlivých 3D displejov bol predstavený displej Looking Glass, pričom boli vysvetlené jednotlivé technológie, ktoré tento displej využíva na tvorbu ilúzie 3D pohľadu. Následne boli uvedené ovládače pre Looking Glass a výber API. Práca vykonala prieskum v oblasti hier na 3D displeje, ktorý naznačuje, že väčšina hier pre tieto displeje sú akčného žánru a arkádového typu. Taktiež bol prevedený prieskum o prínosoch 3D displejov do herného prostredia. Nazbierané dáta indikujú, že 3D displej síce pomáha hráčom naučiť sa hru, ale po naučení hry neposkytuje žiadnu výhodu pri hraní. Ďalej sa preukázalo, že 3D displej umožňuje silnejšie zahľtenie hráča do hry a že 3D displej je nadradený 2D displeju pri zobrazovaní hĺbkových indikátorov. Po prieskume 3D hier na trhu, bol vybraný podžáner akčných hier, platformové hry, ako žáner pre návrh vyvíjaného dema. Demo využíva poznatky získané zo zodpovedaných hypotéz. Práca zároveň uvádza jednotlivé herné mechaniky, ktoré výsledná aplikácia používa pri znázorňovaní využitia zaostrovania a hĺbkového vnímania na 3D displeji Looking Glass.

Výsledkom práce je herné demo, ktoré využíva 3D displej a jeho možnosti pri zaostrovaní a zmeny pohľadov. Demo bolo testované siedmymi ľuďmi, pričom po dokončení im bol poskytnutý dotazník s otázkami. Odpovede respondentov naznačujú, že mechanika penalizácie vo forme cieleného rozmazania môže mať negatívne účinky na zdravie a zároveň nie je vhodná ako samostatný prvok pri penalizácii. Avšak dodatočné vyladenie tejto mechaniky môže obmedziť tieto nedostatky. Využitie zaostrovania pri skákaní po plošinách sa preukázala ako úspešná herná mechanika. Najskôr hráčov potrápi, po jej naučení však hráči nemajú problém využiť zaostrovanie vo svoj prospech. Tak isto to naznačuje aj mechanika so skrytým písmom, kde hráči dokázali za pomoci zaostrenia rozlúštiť odkaz na stene. Táto mechanika však potrebuje dodatočný prieskum a lepšie prevedenie.

Respondenti preukázali viditeľné nadšenie pri hraní vyvinutej aplikácie. Naznačujú to aj výsledky z dotazníkov, kde LKG zanechal silný pozitívny dojem na všetkých respondentov. Tak isto na hráčov zanechala silný dojem aj vyvinutá hra so svojim zaostrovaním, ale treba poukázať, že iba jeden z respondentov mal prechádzajúce skúsenosti s hrou na 3D displej. Toto môže naznačovať, že súčasťou silného pozitívneho dojmu môže byť aj pocit novely.

Do budúcnosti by aplikácia mohla lepšie využiť skryté písmo s lepšie ukrytou mechanikou, ktorá sa nedá obísť. Využitie plátna s trhlinami by mohlo mať lepšie účinky, ak by sa jednalo o formu dymu. Mechanika omráčenia by mohla mať plynulý prechod do rozmazaného stavu, pre potenciálne odstránenie zdravotného rizika.

Literatúra

- [1] ALHASSAN, M., ALHAMAD, F., BOKHARY, K. a ALMUSTANYIR, A. Effects of Virtual Reality Head-mounted Displays on Oculomotor Functions. *International Journal of Ophthalmology & Visual Science*. Január 2021, zv. 6, s. 10–16. DOI: 10.11648/j.ijovs.20210601.12.
- [2] BENOIT, I. a KURLAND, E. The History of Stereoscopic Video Games for the Consumer Electronic Market. *Electronic Imaging*. Society for Imaging Science and Technology. 2018, zv. 30, č. 4, s. 290–1–290–7. ISSN 2470-1173.
- [3] BRASPENNING, R., BROUWER, E. a HAAN, G. de. Visual quality assessment of lenticular based 3D-displays. In: *2005 13th European Signal Processing Conference*. 2005, s. 1–4.
- [4] DiMARZIO, J. F. What Is an Arcade Game? In: *Android Arcade Game App*. Berkeley, CA: Apress, 2012, s. 7–11. DOI: 10.1007/978-1-4302-4546-9_2. ISBN 978-1-4302-4546-9. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4546-9_2.
- [5] DU, Y., LIU, S., FENG, L., CHEN, M. a WU, J. *Hand Gesture Recognition with Leap Motion*. 2017.
- [6] GAO, Y., LIU, C., GAO, N., KHALID, M. N. A. a IIDA, H. Nature of arcade games. *Entertainment Computing*. 2022, zv. 41, s. 100469. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2021.100469>. ISSN 1875-9521. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875952121000665>.
- [7] GUINNESS WORLD RECORDS. *First 3D arcade videogame* [online]. 1983 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/88255-first-3d-arcade-videogame>.
- [8] HANDS, P. a READ, J. C. True stereoscopic 3D cannot be simulated by shifting 2D content off the screen plane. *Displays*. 2017, zv. 48, s. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.displa.2017.02.002>. ISSN 0141-9382. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141938216301664>.
- [9] HOGUE, A., KAPRALOS, B., ZEREBECKI, C., TAWADROUS, M., STANFIELD, B. et al. Stereoscopic 3D video games and their effects on engagement. In: *Proceedings of SPIE*. SPIE, 2012, sv. 8288, č. 1, s. 828816–828817. ISBN 0819489352.
- [10] HUBONA, G. S., WHEELER, P. N., SHIRAH, G. W. a BRANDT, M. The Relative Contributions of Stereo, Lighting, and Background Scenes in Promoting 3D Depth Visualization. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* New York, NY, USA:

- Association for Computing Machinery. sep 1999, zv. 6, č. 3, s. 214–242. DOI: 10.1145/329693.329695. ISSN 1073-0516. Dostupné z: <https://doi.org/10.1145/329693.329695>.
- [11] IFORCE2D.NET. *Ghost vertices* [online]. 2013-07-14 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.iforce2d.net/b2dtut/ghost-vertices>.
- [12] JENNETT, C., COX, A. L., CAIRNS, P., DHOPAREE, S., EPPS, A. et al. Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*. 2008, zv. 66, č. 9, s. 641–661. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.004>. ISSN 1071-5819. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581908000499>.
- [13] KANE, D., HELD, R. a BANKS, M. Visual Discomfort with Stereo 3D Displays when the Head is Not Upright. *Proceedings of SPIE*. Február 2012, zv. 8288. DOI: 10.1117/12.912204.
- [14] KIM, N., ANH, P. H., ERDENEBAT, M.-U., ALAM, M. A., KWON, K.-C. et al. 3D Display Technology. *Display and Imaging*. Jún 2013, zv. 1.
- [15] KOMPANETS, I. N. a GONCHUKOV, S. A. Volumetric displays. In: PETROV, V. V., ed. *Current Research on Image Processing for 3D Information Displays*. SPIE, 2005, sv. 5821, s. 125 – 136. DOI: 10.1117/12.612150. Dostupné z: <https://doi.org/10.1117/12.612150>.
- [16] KULSHRESHTH, A. K. a LAVIOLA, J. J. Stereoscopic 3D for Video Games. In: *Designing Immersive Video Games Using 3DUI Technologies: Improving the Gamer's User Experience*. Cham: Springer International Publishing, 2018, s. 9–31. DOI: 10.1007/978-3-319-77953-9_2. ISBN 978-3-319-77953-9. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77953-9_2.
- [17] LAMBOOIJ, M., IJSSELSTEIJN, W., FORTUIN, M. a HEYNDERICKX, I. Visual Discomfort and Visual Fatigue of Stereoscopic Displays: A Review. *Journal of Imaging Science and Technology - J IMAGING SCI TECHNOL*. Máj 2009, zv. 53. DOI: 10.2352/J.ImagingSci.Technol.2009.53.3.030201.
- [18] LAVIOLA, J. J. a LITWILLER, T. Evaluating the Benefits of 3d Stereo in Modern Video Games. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2011, s. 2345–2354. CHI '11. DOI: 10.1145/1978942.1979286. ISBN 9781450302289. Dostupné z: <https://doi-org.ezproxy.lib.vutbr.cz/10.1145/1978942.1979286>.
- [19] LEXALOFFLE. *Voxatron Designer User Manual* [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.lexaloffle.com/vox_manual.html.
- [20] LOOKING GLASS FACTORY. *Enhanced 3D volumetric display*. Google Patents, 2018-10-23. US Patent App. 10110884B2. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US10110884B2/en5>.
- [21] LOOKING GLASS FACTORY. *Looking Glass Documentation* [online]. 2022-12-29 [cit. 2023-01-13]. Dostupné z: <https://docs.lookingglassfactory.com>.

- [22] MAHONEY, N., OIKONOMOU, A. a WILSON, D. Stereoscopic 3D in video games: A review of current design practices and challenges. In: *2011 16th International Conference on Computer Games (CGAMES)*. IEEE, 2011. ISBN 9781457714511.
- [23] METACRITIC.COM. *Half-Life: Alyx* [online]. [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: <https://www.metacritic.com/game/pc/half-life-alyx>.
- [24] ŠMÍD, A. *Srovnání Unity a Unreal Enginu*. Praha, CZ, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/68529>.
- [25] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity User Manual 2021.3 (LTS)* [online]. 2023-01-13 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>.
- [26] VOXON PHOTONICS. *Voxon Apps* [online]. 2020-09-11 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://voxon.co/apps/>.
- [27] WHEATSTONE, C. Contributions to the physiology of vision. —Part the first. On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. *Philosophical Transactions*. Royal Society. 1838, zv. 128, s. 373.
- [28] WOODS, A. Understanding Crosstalk in Stereoscopic Displays. In: *Keynote Presentation, Three-Dimensional Systems and Applications, Tokyo, Japan*. Jún 2010, s. 19–21.

Príloha A

Dotazník

1. Do akej miery na Vás zanechal 3D displej Looking Glass (LKG) dojem v rámci zaostrovania a hĺbkového vnímania? (1-10)
2. Do akej miery Vám príde využitie LKG v tejto hre zábavné? (1-10)
3. Prišla Vám penalizácia pri padacej pasti dostatočne veľká na to, aby ste sa jej v budúcnosti snažili vyhnúť ? (áno/nie)
4. Do akej miery je vizuálny efekt omráčenia pri padacej pasti nepríjemný na pohľad? (1-10)
5. Pociťovali ste tieto negatívne pocity pri krátkodobému vystaveniu omráčenia hráča?:
 - a.) bolesť očí / bolesť hlavy
 - b.) závrať
 - c.) problémy so zaostrovaním po udalosti(áno/nie)
6. Do akej miery sa Vám darilo správne zacieliť ostrov pomocou zaostrenia displeja? Inými slovami, zdalo sa Vám, že zaostrovanie bolo dostatočne ostré/hmlisté, na to aby ste rozpoznali kam skočiť? (1-10)
7. Dokázali ste prečítať neviditeľný text pomocou rozdielu v zaostrení? (áno/nie)
8. Dokázali by ste tento text prečítať bez zmeny zaostrenia? (áno/nie)
9. Do akej miery Vám prišlo „bezpečné miesto” pri klesajúcom strope očividné vs. ukryté? (1-10)
10. Do akej miery Vám prišlo využitie správneho načasovanie pri ohnivej guli zábavné? (1-10)
11. Do akej miery Vám prišli „falošné plošiny” pri šprinte očividné vs. ukryté? (1-10)
12. Do akej miery Vám mreže zavádzali pri skákaní v poslednom úseku dema? (1-10)
13. Pomohla Vám zmena zaostrenia k prekonaniu tejto prekážky? (áno/nie)
14. Aký je Váš celkový dojem z estetiky a zábavnosti tohoto dema? (1-10)

15. Chceli by ste vidieť alebo hrať takúto hru v prípade, že sa jedná o dokončený a doladený prvok s týmito mechanikami využívajúcimi zaostrovanie na LKG displej? (áno/nie)
16. Mali ste už podobnú skúsenosť s hrou, ktorá využívala zaostrovanie na stereo 3D displeji? (áno/nie)
17. Uprednostnili by ste herné mechaniky prispôbené na tento displej pred tými klasickým 2D? (áno/nie)
18. Chceli by ste ešte niečo dodať? (Napr. čo Vás zaujalo alebo sklamalo, Vaše prvotné očakávania a pod.)

Príloha B

Tabuľka s nazbieranými dátami z dotazníku

	1	2	3	4	5	6	7
1.	9	9,5	8	9	7	10	8
2.	10	9,9	10	10	10	10	8
3.	áno	áno	nie	áno	áno	áno	nie
4.	9	6	3	5	8	6	10
5.a	nie	nie	nie	nie	áno	nie	nie
5.b	nie	nie	nie	nie	nie	nie	nie
5.c	nie	nie	nie	nie	nie	nie	áno
6.	x	8,5	10	10	8	5	8
7.	áno	áno	áno	áno	áno	áno	x
8.	nie	nie	nie	nie	nie	nie	nie
9.	7	6	8	3	3	3	7
10.	8	10	9	10	9	7	6
11.	5	3,8	4	5	2	9	1
12.	8	8	4	5	8	6	7
13.	áno	áno	áno	áno	nie	áno	nie
14.	x	10	9	9	9	10	8
15.	áno	áno	áno	áno	áno	áno	áno
16.	nie	nie	nie	nie	nie	nie	áno
17.	áno	áno	áno	áno	áno	áno	áno

Tabuľka B.1: Odpovede 7 respondentov na 17 otázok dotazníku.