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

AKČNÁ HRA PRE GEAR VR

AN ACTION GAME FOR GEAR VR

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. JAKUB MLADÝ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — prof. Ing. ADAM HEROUT, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2019

Ústav počítačové grafiky a multimédií (UPGM) Akademický rok 2018/2019

Zadání diplomové práce

20400

Student: **Mladý Jakub, Bc.**
Program: Informační technologie Obor: Počítačová grafika a multimédia
Název: **Akční hra pro GearVR**
Action Game for GearVR
Kategorie: Počítačová grafika
Zadání:

1. Seznamte se s problematikou virtuální reality a prostudujte možnosti vývoje aplikací pro GearVR. Zaměřte se na hry ve virtuální realitě.
2. Navrhněte hru vhodnou pro GearVR, která bude dobře demonstrovat možnosti dané platformy.
3. Vyvíjejte a na uživatelích testujte jednotlivé prvky řešené hry (různě pojaté úrovně, způsoby ovládání, herní prvky, atp.).
4. Integrujte jednotlivé prvky do hry pro GearVR.
5. Zhodnoťte dosažené výsledky a navrhněte možnosti pokračování projektu; vytvořte plakátek a krátké video pro prezentování projektu.

Literatura:

- Steve Krug: Rocket Surgery Made Easy: The Do-It-Yourself Guide to Finding and Fixing Usability, ISBN-13: 978-0321657299
- série knih: Game Programming Gems
- série knih: GPU Gems

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:

- Body 1 a 2, značné rozpracování bodu 3.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz http://www.fit.vutbr.cz/info/szz/

Vedoucí práce: **Herout Adam, prof. Ing., Ph.D.**
Vedoucí ústavu: Černocký Jan, doc. Dr. Ing.
Datum zadání: 1. listopadu 2018
Datum odevzdání: 22. května 2019
Datum schválení: 1. listopadu 2018

Abstrakt

Táto práca sa zaoberá štúdiom technológií a techník na tvorbu virtuálnej reality pre mobilné zariadenia. Obsahuje popis návrhu a implementácie akčnej hry, pomocou programu Unity Game Engine, ktorá dobre demonštruje možnosti zariadenia Gear VR. V práci sú popísané prekážky nastávajúce pri tvorbe hier pre virtuálnu realitu ako aj ich možné riešenia. Grafické prvky hry boli vyvíjané na základe výsledkov priebežného testovania užívateľmi. Samostatná pozornosť bola venovaná skúmaniu vplyvu vizuálnych efektov a herných prvkov využívaných v hrách na užívateľa vo virtuálnej realite.

Abstract

This thesis deals with the study of technologies and techniques for creating virtual reality for mobile devices. It includes a description of the design and implementation of an action game, using Unity Game Engine, which demonstrates Gear VR's capabilities well. The thesis describes the obstacles that arise in the creation of games for virtual reality as well as their possible solutions. Graphic elements of the game were developed based on the results of continuous user testing. Particular attention was paid to exploring the impact of visual effects and game elements used in games on a user in virtual reality.

Klíčová slova

Gear VR, VR, virtuálna realita, Android, Oculus, Unity, 3D, Grafika, vizuálne efekty, hra

Keywords

Gear VR, VR, virtual reality, Android, Oculus, Unity, 3D, Graphics, visual effects, game

Citace

MLADÝ, Jakub. *Akčná hra pre Gear VR.* Brno, 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce prof. Ing. Adam Herout, Ph.D.

Akčná hra pre Gear VR

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana prof. Ing. Adama Herouta Ph.D.. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

. . . . . .
Jakub Mladý
20. května 2019

Poděkování

Chcel by som poďakovať môjmu vedúcemu za jeho odborné rady a pomoc. Rovnako by som rád poďakoval mojej rodine, hlavne môjmu tatkovi za jeho neutíchajúcu dôveru a opravu gramatických chýb. Poďakovanie si zaslúžia aj dvaja hlavný testery aplikácie, Hugo a Akajko.

Obsah

1 Úvod **3**

2 Android a virtuálna realita **4**
2.1 Android 4
2.2 Virtuálna realita 6
2.3 Čo je Gear VR 9
2.4 Game engine 10
2.5 Tvorba grafiky pre hru 13

3 Prekážky pri tvorbe hier pre virtuálnu realitu **20**
3.1 Obmedzenia používaného zariadenia 20
3.2 Výpočtový výkon zariadenia 21
3.3 Kvalita dokumentácie k zariadeniu a nástrojom 22
3.4 Realistickosť virtuálnej reality 22
3.5 Nevoľnosť vo virtuálnej realite 24

4 Návrh akčnej hry pre Gear VR **25**
4.1 Základný koncept hry 25
4.2 Pridanie akcie do hry 27
4.3 Hľadanie možností znovu-hrateľnosti 27
4.4 Riešenie napredovania v hre a jej prejdenia 28
4.5 Zvolenie ovládania pre hru na Gear VR 28

5 Implementácia hry pre Gear VR **29**
5.1 Pridanie ovládania pre virtuálnu realitu 29
5.2 Generovanie bludiska 30
5.3 Vytvorenie logiky hry 33
5.4 Pohyb nepriateľov v bludisku 34
5.5 Vytváranie získateľných schopností 35
5.6 Design výzoru hry 37
5.7 Vizuálne efekty pri použití schopností 41
5.8 Grafické užívateľské rozhranie 44

6 Testovanie vizuálnych efektov schopností vo virtuálnej realite **45**
6.1 Testovacie prostredie 45
6.2 Priebeh testovania 46
6.3 Výsledky testovania 47

7 Možnosti pokračovania práce **50**

8 Záver **51**

Literatura **52**

A Obsah přiloženého paměťového média **54**

Kapitola 1

Úvod

So zvyšujúcim sa výkonom telefónov prichádzajú na trh zariadenia ako Gear VR, pomocou ktorých je možné vstúpiť do virtuálnej reality aj bez vysokovýkonného počítača. Pri vysokej variabilite výkonu mobilných zariadení však chýbajú štandardy popisujúce, čo vo virtuálnej realite zariadenia dokážu. Táto práca sa preto bude zaoberať štúdiom literatúry o vývoji hier pre virtuálnu realitu, ako aj analýzou rôznych efektov a techník použitých v hrách. Na základe týchto poznatkov bude v programe Unity Game Engine vytvorená hra pre virtuálnu realitu, ktorá bude dobre demonštrovať možnosti a výhody zariadenia Gear VR. Prvky tejto hry budú priebežne testované pomocou užívateľov a na základe ich poznatkov upravované.

V kapitole 2 bude popísaná naštudované teória, týkajúca sa virtuálnej reality, na základe ktorej boli následne vyberané použité technológie a postupy pri tvorbe aplikácie. Ďalej bude popísaná aj teória herných engine-ov, konkrétne Unity Game Engine, princípy jeho fungovania a funkcionality jeho častí. V nasledujúcej podkapitole bude analyzovaný prístup ku tvorbe grafiky a niekoľko konkrétnych efektov, používaných v hrách.

V kapitole 4 bude popísaný postup pri návrhu hry. Ako prvý bude rozobraný vývoj konceptu hry, tak aby bol pre hráča zaujímavý a zároveň mohol byť implementovaný aj vo virtuálnej realite. Nasledujúce podkapitoly budú popisovať pridanie ďalších aspektov hry ako sú akčný prvok a znovu-hrateľnosť hry. V závere kapitoly bude popísané riešenie problému napredovania v hre, ako aj tvorba ovládania hry.

Kapitola 3 bude zameraná na problémy, ktoré môžu nastať pri vývoji aplikácie pre virtuálnu realitu. Pre vývoj vo virtuálnej realite sú dôležité hlavne podkapitoly 3.2, ktoré budú popisovať problémy a riešenia spojené s nedostatočným výkonom zariadení pre virtuálnu realitu a podkapitola 3.5, v ktorej bude popísaná simulačná nevoľnosť, Ktorá spôsobuje mnohým hráčom problém s pohybom vo virtuálnej realite.

Implementácia vyvíjanej hry bude popísaná v kapitole 5, ktorá bude opisovať detaily spôsobu akým bola hra v Unity Game Engine vytvorená. V podkapitole 5.2 bude popísaný postup vytvorenia prostredia, v ktorom sa bude hra odohrávať. Nasledujúce kapitoly budú popisovať vytvorenie logiky hry, získateľných schopností a spôsob pohybu nepriateľov. Ku koncu kapitoly bude popísaná tvorba výzoru hry a tvorba užívateľského rozhrania.

V kapitole 6 je popísaný priebeh a výsledky testovania vizuálnych efektov užívateľmi. V nasledujúcej kapitole 7 budú vypísané možnosti pokračovania tejto práce a nakoniec budú v kapitole 8 zhrnuté výsledky a poznatky získané v tejto práci.

Kapitola 2

Android a virtuálna realita

V tejto kapitole sú popísané teoretické informácie potrebné ku porozumeniu a zhotoveniu tejto práce. Zameriava sa na operačný systém android a virtuálnu realitu, ale taktiež popisuje základné informácie o prostriedkoch, pomocou ktorých bola táto práca implementovaná.

2.1 Android

Android je vedúca platforma na trhu mobilných operačných systémov, s 88 % trhu mobilných zariadení, ktoré používajú jednu z jeho mnohých verzii. Android, pôvodne vyvíjaný spoločnosťou Android Inc., bol v roku 2005 odkúpený firmou Google, ktorá ho začala vyvíjať a založila Open Handset Alliance (OHA). OHA je momentálne organizácia s 84 členmi ako sú napríklad Google, Samsung, Intel a LG, pracujúca na jednotnom Android systéme pre zariadenia od telefónov až po inteligentné autá.

Popis architektúry systému Android

Oboznámenie sa s architektúrou a fungovaním systému Android je jedna z prvých vecí potrebných pre vývoj aplikácii na tejto platforme. Nižšie popísaná architektúra platí od verzie Android 5.0 (API[1] level 21), ktorá značne urýchlila beh systému a aplikácii oproti predošlým verziám [5]. Momentálne je tento model rozložený do šiestich vrstiev definovaných ako:

- **Linux kernel:** Najnižšou vrstvou je jadro Linuxového systému upravené na použitie v mobilných zariadeniach napr. znížením nárokov na RAM pamäť. Stará sa o funkcie ako nízko-úrovňová správa pamäte, zabezpečenie systému alebo správa ovládačov. Použitím jadra open source systému Linux, Android zaručuje možnosť vyvíjať ovládače rovnakým spôsobom ako pre tento často využívaný systém.

- **Hardware Abstraction Layer (HAL):** HAL poskytuje programátorovi rozhranie na prácu s hardware (ďalej ako HW) v zariadení a jeho funkcionalitami. Abstrahuje prístup ku komponentom ako fotoaparát alebo Bluetooth načítaním príslušnej knižnice pri každom volaní z vyššej programovej vrstvy.

[1] Application Programming Interface

- **Android Runtime (ART):** Verziou Android 5.0 bola zavedená AOT[2] kompilácia DEX[3] bytecode formátu obsiahnutom v súboroch každej aplikácie. To zapríčiňuje zrýchlenie spúšťania aplikácii oproti predošlej verzií kde neboli aplikácie kompilované pri inštalácii ale JIT[4], čiže pri každom spustení.

- **Natívne C/C++ Knižnice:** Mnohé komponenty systému Android, ako HAL a ART, sú postavené na kóde, ktorý vyžaduje C/C++ knižnice na správne fungovanie. Android teda poskytuje Java API framework (viz nižšie) na prístup a prácu s týmito knižnicami. Príkladom využitia je napríklad použitie OpenGL ES pomocou Java OpenGL API umožňujúce manipuláciu s 2D a 3D grafickými prvkami v aplikácii.

- **Java API Framework:** Pomocou tohoto frameworku sú programátorovi v jazyku Java dostupné všetky funkcie operačného systému Android. Zjednocuje sa tým spôsob komunikácie aplikácii a uľahčuje prístup ku funkciám na ovládanie notifikácii, tvorbu užívateľských rozhraní, prístup k dátam iných aplikácii atď.

- **Systémové aplikácie:** Základné funkcie Android zariadenia sú vždy poskytované pred-inštalovanými systémovými aplikáciami ako Kontakty, Kalendár alebo internetový prehliadač. Tieto aplikácie však nemajú žiadne nadriadené právomoci a teda hocikedy môžu byť nahradené inými aplikáciami s rovnakými možnosťami. Taktiež sú nimi poskytované ich dáta a teda nieje potrebné vždy nanovo implementovať tieto funkcie. Namiesto toho je možné zavolať už existujúce funkcie systémových aplikácii.

Verzie systému Android

Operačný systém Android sa od svojho začiatku pomerne dosť zmenil. To odzrkadľuje aj veľké množstvo verzií tohoto systému. Každá z týchto verzií je označovaná číselným označením verzie ako aj číslom pre API level a abecedne priradeným názvom sladkosti. Napríklad verzia Android 5.0 je označovaná aj ako Android Lollipop a má API level 21. Existuje viacero zariadení so staršími verziami Android systému [1] a je treba zvážiť, ktorú najnižšiu verziu podporovať. Pri tvorbe tejto práce bol zvážený fakt že Gear VR, popísané v kapitole 2.3, nie je kompatibilné so všetkými Android zariadeniami, a najstaršie kompatibilné zariadenie začalo na verzii Android 5.0 Lollipop. Nieje teda potrebné podporovať staršie verzie systému.

[2] Ahead of Time
[3] Dalvik Executable
[4] Just in Time

2.2 Virtuálna realita

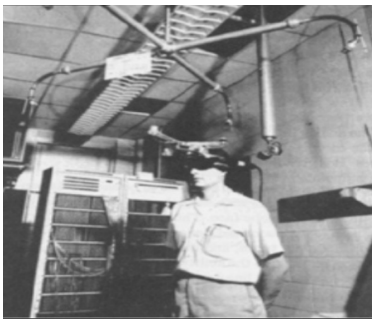
Slovné spojenie virtuálna realita bolo a je používané s rôznymi významami. V tejto sekcii je popísaný význam, ktorý je najbežnejšie používaný v tejto dobe a to virtuálna realita ako troj-dimenzionálny, počítačovo generovaný priestor, ktorý môže byť preskúmavaný a ovplyvňovaný človekom. V sekcií 2.2 je spomenutá história virtuálnej reality, jej momentálny stav v sekcií 2.2 a nakoniec jej budúcnosť v sekcií 2.2.

História virtuálnej reality

Aj keď ešte bez tohoto označenia, virtuálna realita sa začala vyvíjať už v 30tych rokoch 19. storočia keď Charles Wheatstone a William Gruber samostatne od seba vytvorili okuliare, ktoré dovoľovali užívateľovi pozerať sa na stereo-grafické obrázky. Tieto obrazy spočívali v uložení dvoch fotografií toho istého miesta z dvoch susediacich polôh, vedľa seba. Následne tieto obrazy boli zasadené do stereoskopu, ktorý užívateľovi zobrazoval pre každé oko len jednu z fotografii. Toto vytváralo ilúziu hĺbky a fotografia mohla pripadať ako reálna. Tento princíp predznačil začiatok vývoja virtuálnej reality, ktorú používame teraz.

Obrázek 2.1: **Sensorama:** prvý prístroj kde bolo možné pozorovať každým okom samostatný obraz.

V strede 50tých rokov kinematograf Morton Heilig vytvoril prístroj s názvom Sensorama (na obrázku 2.1) [2], na ktorom bolo možné pozerať šesť, ním natočených filmov. Tento prístroj, vyzerajúci ako herný kabinet tej doby, okrem stereografického premietania filmu mal aj stereo zvuk, ventilátory na tvorbu vetra, vedel tvoriť 10 rôznych vôní a stolička dokázala vibrovať. Následne v roku 1960 Morton Heilig vynašiel prví head-mounted dispay[5] (ďalej iba HMD alebo okuliare), a nazval ho Telesphere Mask. Nemal zatiaľ žiadne sledovanie pohybu hlavy ani inú interaktivitu, ale bol dosť ľahký na to aby ho užívateľ nosil.



Obrázek 2.2: **Damoklov Meč:** prvé okuliare pre zobrazovanie počítačovo generovaných obrazcov.

O rok na to dvaja inžinieri z Philco Corporation, Comeau a Bryan zhotovili prvého predchodcu virtuálnych okuliarov ako ich poznáme dnes. Nazýva sa Headsight a dokázal pomocou magnetického snímania pohybu zisťovať kadiaľ sa užívateľ otáča [2]. Nezobrazoval však ešte počítačom vytvorenú grafiku ale bol napojení na kameru, ktorou vedel otáčať. Používal sa na preskúmavanie nebezpečných miest armádou.

Ďalším krokom bol takzvaný Damoklov meč [9], prístroj nazvaný takto preto, lebo visel nad človekom, keďže ho nebolo možné uniesť. Vynašiel ho v roku 1968 Ivan Sutherland a jeho študent Bob Sproull a dokázal snímať otáčanie užívateľa a pritom mu zobrazovať, veľmi jednoduché, počítačovo vytvorené wire-frame[6] miestnosti a objekty. Boli to prvé okuliare pripojené ku počítaču a je ich možné vidieť na obrázku 2.2.

[5] Prístroj, ktorí sám drží na hlave a vie prehrávať video.
[6] Jednoduchá vizuálna reprezentácia modelu kde jeho hrany sú zobrazené ako drôty.

Až v roku 1987 Jaron Lanier, zakladatel firmy Visual Programming Lab, začal používanie slovného spojenia virtuálna realita [2]. Po rokoch výskumu toto odvetvie konečne nadobudlo adekvátne meno, ktorým sa celosvetovo začalo nazývať. Firma Jarona Laniera začala vyrábať a predávať prvé pomôcky pre virtuálnu realitu, ako bol ich HMD menom EyePhone alebo haptická rukavica Dataglove, ktoré sú na obrázku 2.3.

V roku 1993 prišla firma SEGA s oznámením že začnú predávať prvé okuliare na hranie hier vo virtuálnej realite. Boli pre ne vyrobené štyri hry a predpokladaná cena bola $ 200. SEGA však nikdy nezačala tieto okuliare predávať a tvrdili že ostali prototypom preto lebo sa spoločnosť bála že virtuálny efekt bude príliš reálny a ľudia by sa pri tom mohli zraniť.

Obrázek 2.3: **Datasuit** od firmy VPL, vrátane snímačov pohybu rúk, prstov a zobrazovacích okuliarov.

Virtuálna realita v prítomnosti

Od začiatku 21. storočia vývoj virtuálnej reality nabral vysokú rýchlosť vďaka postupom vo výkone počítačov ako aj mobilných zariadení. Výkonnosť takýchto technológií stále stúpa a ich cena postupne klesá. Znamená to že virtuálna realita je čím ďalej dostupnejšia pre bežného užívateľa [9]. Tomuto prispel hlavne vzostup smartphoneov, ktoré majú obrazovky s vysokým rozlíšením a možnosť práce s 3D grafikou. Vznikla nová generácia ľahkých a praktických zariadený pre virtuálnu realitu.

Tento trend zachytili veľké firmy ako Google, ktorý prišiel s Google Cardboard (viz obrázok 2.4), čo boli malé okuliare postavené z kartónu, alebo Samsung, ktorý začal vyrábať Galaxy Gear HMD s funkciami ako ovládanie gestami. Ľahká dostupnosť virtuálnej reality podnietila aj veľký rast vo vývoji softvéru a to hlavne v hernom priemysle.

Obrázek 2.4: Google Cardboard - okuliare pre mobilnú virtuálnu realitu od firmy Google

Herný priemysel je momentálne najväčšie odvetvie vývoju pre virtuálnu realitu ako aj jeden z hlavných dôvodov prečo užívatelia kupujú tieto zariadenia [4]. Herný priemysel taktiež podnecuje vývoj alebo integráciu ďalších technológií použiteľných s virtuálnou realitou. S okuliarmi sa už bežne používajú aj kamery so senzormi hĺbky na sledovanie pohybu tela užívateľa, senzory pohybu a otočenia rúk so zabudovanými ovládačmi, niekedy aj pre

jednotlivé prsty, alebo omni-direkcionálne bežiace pásy, ako na obrázku 2.5. Toto všetko v dnešnej dobe prispieva ku imerzii do virtuálneho sveta, ktorý je vidieť cez okuliare.

Obrázek 2.5: Oculus Rift okuliare, omni-direkcionalny behací pás a zbraň pre virtuálnu realitu

Vysoká výkonnosť zariadení pre virtuálnu realitu je jedna s najdôležitejších vecí. Narozdiel do 2D obrazoviek, pri virtuálnej realite je naplnené celé zorné pole užívateľa. Nemá teda mimo virtuálneho sveta žiadny viditeľný bod a môžu nastávať stavy nevoľnosti, alebo podobne, zapríčinené tzv. simulation sickess (pohybová choroba) [13]. Môžu nastať napríklad keď zariadenie nestíha vykresľovať virtuálny svet a obraz užívateľovi seká alebo sa pohybuje inou rýchlosťou ako sa otáča jeho hlava (otočenie obrazu o 360°pri otočení hlavy o 180 °). Ak to čo vidíte nesúhlasí s tým čo robí v realite vaše telo, alebo svet je inak otočený ako registruje vaše rovnovážne ústrojenstvo váš pobyt vo virtuálnej realite nemusí byť príjemný. Výrobcovia softvéru pre virtuálnu realitu preto musia zaručiť že ich aplikácie budú fungovať hladko a bez chýb aby vyriešili tento problém.

Pri tvorbe aplikácií pre virtuálnu realitu sa okrem presného pôsobenia na ľudské zmysly treba sústrediť aj na včasné reagovanie okolitého prostredia na akcie užívateľa [11]. Ak užívateľ rukou vo virtuálnom svete posunie objekt, musí sa to udiať zároveň s jeho posunom ruky. Ak reakcie od prostredia na jeho akcie nie sú okamžité, užívateľ si konštantne uvedomuje že je vo virtuálnej simulácií a podľa toho sa aj správa. Cieľom virutálnej reality je jeho užívateľovi priniesť pocit že bol transportovaný do inej reality a to bez rýchlych reakcií na každú jeho interakciu s prostredím nie je možné.

Napriek tomu, že hry predstavujú multi-miliardový priemysel, virtuálna realita poskytuje oveľa väčšie možnosti. Virtuálna realita má potenciál v mnohých ďalších odvetviach ako napríklad šport, umenie, medicína, architektúra a tak ďalej [11]. Vo virtuálnej realite je možné robiť veci, ktoré by v realite stáli príliš veľa peňazí, alebo by mohli byť nebezpečné. Dá sa napríklad učiť sa narábať s prístrojmi, alebo riadiť autá, lietadlá, ponorky bez toho aby to mohlo niekoho ohroziť na živote. Rovnako je možné trénovať chirurgov na riskantné operácie bez nutnosti niekoho reálne operovať. Vďaka znižujúcej sa cene príslušenstva ku virtuálnej realite, môže byť integrovaná aj do bežnejších vecí ako interaktívne učenie v školách alebo zlepšenie klasickej zábavy, ako je pozeranie filmov.

Budúcnosť virtuálnej reality

Ak sa aj naďalej bude vo zvyšovaní rýchlosti počítačov pokračovať ako doteraz, kvalita virtuálnej reality bude taktiež stúpať. Za rok 2018 sa počet používateľov virtuálnej reality skoro zdvojnásobil z 90 miliónov na 171 miliónov [3]. Podiel zariadení pre virtuálnu realitu na trhu sa tiež zvyšuje, aj keď na tom majú najväčší podiel produkty, do ktorých sa vkladá mobilné zariadenie. Je to z toho dôvodu že pre väčšinu užívateľov sú zariadenia ako HMD Oculus Rift zatiaľ príliš drahé na rozdiel od lacnejších možností so smatfónmi ako Gear VR od Samsungu. Ceny všetkých zariadení však postupne klesajú a rôzne odvetvia ako turizmus sa ich snažia integrovať do svojich služieb. Je teda možné predpokladať že virtuálnu realitu budeme vidieť vo všetkých možných oblastiach stále častejšie [3].

2.3 Čo je Gear VR

Gear VR, ako bolo spomenuté vyššie, sú okuliare, od firiem Samsung a Oculus VR, ktoré používajú smartphone ako obrazovku. Jeho prvá verzia vyšla v roku 2015 aj keď Samsung mal patent na okuliare pre virtuálnu realitu už od roku 2005. V tom roku bolo možné si objednať Gear VR v predpredaji, čo však znamenalo že v oficiálny deň zahájenia predaja boli všetky zariadenia už vypredané [**?**]. Ďalšie verzie, kompatibilné s novšími Samsung zariadeniami boli vydávané zároveň s telefónmi Samsung Galaxy Note 7, Galaxy S8 a Galaxy Note 8. Pri tomto postupnom vylepšovaní sa zorný uhol v Gear VR zväčšil z 96 ° na 101 ° a jeho váha sa znížila o viac ako 19 % [**?**]. Model SM-R322 je možné vidieť na obrázku 2.6.

Momentálne je jeden z najpredávanejších HMD v roku 2018 vďaka jeho nízkej cene ale aj lepšej funkcionalite ako napríklad Google Cardboard. Na to aby fungoval nepotrebuje žiadne batérie ani pripojenie do elektriny. Všetka energia bude využitá z telefónu, ktorý sa do neho vkladá. Smartphone sa pri vložení do okuliarov napojí konektorom a pripevní sa pred dve šošovky, cez ktoré sa užívateľ pozerá. Vzdialenosť od týchto šošoviek sa dá upravovať podľa toho, kedy to užívateľ vidí najostrejšie, samotné šošovky sú však stacionárne a nedá sa nimi hýbať, čo môže byť problém pre menších ľudí.

Ku Gear VR je taktiež možné napojiť Gear VR ovládač, ktorý pozoruje kde v priestore sa nachádza vaša ruka a má niekoľko tlačidiel a touchpad. Taktiež je možné pripojiť klasický herný ovládač ktorý ma veľa tlačidiel a dva joysticky, keďže to niektoré aplikácie vyžadujú. Tieto ovládače si treba zakúpiť osobitne, Gear VR má však na ovládanie zabudovaný touchpad na boku okuliarov, ktorým sa v aplikáciach dá navigovať alebo klikať. Vnútri sa nachádza aj gyroskopický senzor, ktorý spolu zo senzorom v telefóne sníma natočenie a otáčanie užívateľa, ako aj senzor vzdialenosti snímajúci či je zariadenie nasadené na hlave užívateľa alebo nie.

Obrázek 2.6: Gear VR head mounted display

Ako prispela firma Samsung

Samsung je svetový konglomerát z južnej Kórei založený v roku 1938. Je jednou z vedúcich značiek v odvetviach ako elektronika, stavba nákladných lodí ako aj stavba budov. Samsung Electronics je časť ktorá je svetoznáma ako výrobca smartphoneov a elektronických komponentov.

Od roku 2005 sa snažil Samsung vyvinúť virtuálnu realitu na základe obrazovky telefónu, ale kvôli rozlíšeniu a rýchlosti smartphoneov v tom čase to ešte nebolo možné. Pri spustení predaju telefónu Galaxy S4 Samsung vytvoril dedikovaný tím na vývoj okuliarov

pre virtuálnu realitu. Zariadenie Galaxy S4 však stále nebolo dostatočne rýchle na zobrazovanie virtuálnej reality a teda v roku 2014 spojili svoje sily s firmou Oculus VR popísanou v sekcií 2.3. Na začiatku mali tieto dve firmy rozdielne predstavy ale každá z nich do tímu priniesla vlastné skúsenosti a vytvorili zariadenie Gear VR podporované telefónom Galaxy Note 4, ktorá mala MTP[7] latenciu menšiu ako 20 ms, optimalizovaný hardware a QHD[8] displej.

Samsung naďalej prispôsobuje svoje telefóny z radu Galaxy tomu, aby zlepšovali kvalitu zobrazovania virtuálnej reality s použitím, neprestajne sa vyvíjajúceho Gear VR. Taktiež vytvorili aplikácie ako Samsung VR, ktorá ponúka možnosti na pozeranie a zdieľanie videí a fotiek pre virtuálnu realitu.

Ako prispela firma Oculus VR

V roku 2012 bola založená firma Oculus VR, ktorej cielom bolo špecializovať sa na tvorbu hardvéru a softvéru pre virtuálnu realitu. Na stránke Kickstarter, pre cowdfundig financovanie projektov oznámili, že vytvoria okuliare pre virtuálnu realitu menom Rift navrhnutý pre hranie počítačových hier. Dali si finančný cieľ $250,000, ktorý bol pri konci časového limitu desať násobne prekročený, získali teda 2,4 milióna. V roku 2014 bol Okulus VR kúpený organizáciou Facebook za dve miliardy dolárov. Po vytvorení dvoch prototypov pre developerov sa v roku 2016 začali komerčne predávať Oculus Rift ako okuliare pre virtuálnu realitu prepojiteľné k počítaču na hranie hier.

Popri vývoji sa taktiež spojili s firmou Samsung a vytvorili Gear VR. Pre tento produkt bola poskytnutá aplikácia Oculus Home, v ktorej si užívatelia môžu zakúpiť hry, filmy alebo videá pre virtuálnu realitu a spúšťať ich. Taktiež je tam systém, cez ktorý sa vedia stretnúť viacery užívatelia vlasniaci Gear VR a spoločne hrať, pozerať filmy a podobne. Užívatelia sa navzájom taktiež vedia pridávať do listu priateľov kde je zobrazované kedy používajú zariadenie, čím sa Oculus Home stal aj miestom pre socializáciu.

Podobne technológii Gear VR, Oculus, vyvinul ľahšiu sebestačnú verziu Oculusu Rift, s názvom Oculus GO. Toto zariadenie nemuselo byť pripojené ku počítaču, rovnako ako Gear VR, ale znamenalo to že jeho výkon je oproti Oculusu Rift oveľa nižší. Je však porovnatelný s Gear VR a preto je v ňom zabudovaná rovnaká aplikácia Oculus Home, nastavená takmer rovnako. Oculus GO a Gear VR majú taktiež veľmi podobné ovládače a design. Ich hlavný rozdiel je len v tom že pri Gear VR je potrebné vložiť ako displej smartphone, a to je dvôvod prečo je Oculus GO drahší.

2.4 Game engine

Game engine je software, ktorý poskytuje tvorcom hier všetky základné funkcie na rýchlu a efektívnu tvorbu hier, s prehľadným GUI[9]. Podporuje napríklad vkladanie 2D a 3D objektov z iných programov, ako je Maya alebo Adobe Photoshop, a ich následné skladanie do scén a prostredí. K tomu je ľahko možné pridávať animácie, zvuk, rôzne osvetlenia, špeciálne efekty alebo fyzikálne zákony. K predprogramovaným prvkom ako sú zákony fyziky alebo kolízie prvkov je možné pridávať ďalší kód, napríklad pre interaktivitu prvkov alebo logiku hry. V game engineoch je taktiež možné vytvorené hry debug-ovať, optimalizovať a často exportovať na viacero rôznych platforiem.

[7] Motion to Photon - reakcia obrazu na pohyb zariadenia
[8] Quad High Detail
[9] Grafical User Interface - Grafické užívateľské rozhranie

Z grafickej perspektívy moderné game engineyy dokážu zobrazovať a zostrojovať úžasnú grafiku. Pomocou nich je možné z rôznych kresliacich alebo modelovacích programov integrovať prvky do hier bez dlhého načítavania. Taktiež je možné tieto prvky vo väčšine engineov aj tvoriť a podporované sú aj rôzne už vytvorené balíčky týchto prvkov napríklad budovy, postavy, vizuálne efekty a podobne. Zpravidla je možné si ich zakúpiť rovno v programe. Pre mnoho tvorených hier dokážu taktiež poskytovať architektúru s možnosťami vysoko výkonného renderingu, ako aj automatické upravovanie LoD[10] podla hardware, na ktorom sa bude výsledná hra spúšťať.

Pri tvorbe zvukov pre hru sú tiež game engineyy veľmi nápomocné, keďže je v nich možné tvoriť všetok zvuk od základov, počnúc základnou hudbou a následným pridávaním zvukových efektov, dabovania, končiac post-produkciou. Aj zvuk je, tak ako pri grafike, možné zakúpiť alebo stiahnuť pomocou daného programu a integrovať ho do kompozície. Proces časovania a vkladania zvukov do hry je uľahčený a často polo-automatizovaný. Napríklad je možné nastaviť zvuk výstrelu zbrane na každú akciu, kedy hráč stlačí tlačidlo pre streľbu.

Základnou súčasťou je taktiež poskytovanie komponent, ktoré sa starajú o simuláciu fyzikálnych zákonov. Vďaka tomu si nemusí človek tvoriaci hru sám pracne písať kód pre kolízie, padanie, pohyb alebo predávanie hybnosti a trenie. Vďaka týmto nástrojom že sa dá ľahko pracovať s hýbaním objektov bez obáv či sa chovajú reálne.

V niektorých prípadoch spoločnosti, ktoré tvoria game engineyy poskytujú aj ďalšie služby ako napríklad umožnenie hrania pre viacero hráčov spojených cez internet. Zfunkčnenie takéhoto spojenia často vyžaduje niekoľko serverov a dobre naprogramované algoritmy, aby bola zabezpečená čo najmenšia latencia. Ak je takéto funkcionality pri tvorbe hry možné ľahko zaintegrovať a spojazdniť pomocou game engineu, je to najlepšia cesta pre začínajúce spoločnosti.

V hrách je často zakomponované tematicky vyzerajúce GUI, ktorým sa dajú meniť nastavenia alebo spúšťať danú hru. Je preto potrebné vedieť takéto užívateľské rozhrania tvoriť aj v game engineoch a to s vysokou možnosťou pre úpravy aby ich design sedel ku hre. Zahŕňa to komfortnú prácu s elementami ako tlačidlá, rozbaľovacie ponuky, posuvníky alebo inými interaktívnymi prvkami.

Akékoľvek nástroje používame, pre programovanie hier je stále najhlavnejšou časťou písanie kódu. To znamená že možnosť písania skriptov, ktoré ovládajú logiku hry, chovanie jej komponent alebo veľa ďalších vecí. Často je možné použiť už vytvorené skripty pre základné vlastnosti ako pohyb kamery alebo ovládanie hry, ale vždy je možnosť naprogramovať to podľa vlastného uváženia. Tvorcovia hier vďaka tomu nemajú ich programovanie obmedzené ale iba uľahčené.

Unity game engine

Unity je multi-platformný game engine vyvíjaný firmou Unity Technologies ku tvorbe video hier a animácii pre počítače, herné konzoly, mobilné zariadenia a web stránky. Pôvodne bolo Unity ohlásené iba pre OS X platformu v roku 2005, ale odvtedy Unity začalo podporovať viac ako 25 platforiem.

V Unity sa tvoria hry pomocou manipulácie modelov v 3D priestore a prideľovaním vlastností týmto objektom. Touto vlastnosťou môžu byť napríklad materiál, textúra, fyzika, osvetlenie alebo mnoho ďalších. Ako vlastnosti sa dajú objektom pripájať aj skripty písane najčastejšie v programovacom jazyku *C #*, ale môžu byť aj v jazyku UnityScript (podobný jazyku Java Script).

[10] Level of Detail - Úroveň kvality detailov v obraze

Po vytvorení hry v Unity na počítači je možné ju pomocou niekoľkých kliknutí exportovať na jednu z podporovaných platforiem ako sú počítače alebo mobilné zariadenia. Taktiež je možné exportovať hru pre VR/AR[11], avšak pri tomto je treba pri tvorení hry brať ohľad na túto skutočnosť. Je vhodné napríklad použiť kameru, ktorú bude možné ovládať otáčaním okuliarov virtuálnej reality, poprípade nastaviť, že používanie ovládača v priestore bude v hre fungovať. Pri iných platformách sa taktiež dajú nastaviť pri exportovaní napríklad LoD pre rôzne zariadenia, alebo pri hre pre Android zariadenie sa dá špecifikovať najnižší podporovaný API level. Po exportovaní hry z Unity prostredia je možné ju zabaliť a distribuovať bez ďalších veľkých úprav.

Programovanie v Unity

Programovanie je v Unity jedna z najhlavnejších častí tvorby hry. Aj keď sa hra dá vytvoriť aj bez programovania, je to ťažšie a nebude možné mať takú variabilitu prvkov v hre ako keď si ju naprogramujete sami. Unity podporuje dva programovacie jazyky a to *C #* a UnityScript, ktorý je podobný jazyku Java Script. Z týchto jazykov je častejšie používaný *C #*, vďaka jednoduchosti a podobnosti s jazykom C++, ktorý pozná veľa začiatočníkov v Unity. Narozdiel od C++ si tento jazyk sám spravuje alokáciu, dealokáciu alebo pretečenie pamäte, má teda lepšiu krivku učenia (learning curve).

V týchto jazykoch sa píšu skripty, ktoré sa následne pridávajú rôznym objektom. Na to aby sa dalo pochopiť ako funguje programovanie v Unity je treba poznať základné pojmy, čo sú:

- **GameObject:** Všetok obsah v Unity začína ako GameObject. Každý objekt v hre, či už je to postava, osvetlenie, vizuálny efekt alebo zvuk, je GameObject a sám o sebe nič nerobí. Je mu treba pridať vlastnosti, ktoré sa pridávajú objektu pomocou komponent.

- **Komponenty:** Komponenty sú to čo všetkému definuje vlastnosti alebo chovanie. Môžeme ich ku jednému objektu pripojiť viacero a tým vytvoriť mnoho rôznych variácii. Ak chceme napríklad zariadiť aby bol ľad šmykľavý keď na neho hráč stúpi, pridáme ľadu komponentu, ktorá definuje že daný objekt je z materiálu s nízkym trením.

- **Premenné:** Existuje viacero komponent, ktoré majú rôzne premenné ovplyvňujúce konkrétne vlastnosti pridávané danou komponentu. V príklade pre komponenty vyššie má komponenta materiálu premenné, určujúce mieru trenia alebo hustoty.

- **Prefab:** Pre uľahčenie práce s komplexnejšími objektami, ktoré sú zložené z viacerých rôznych objektov a komponent môžu byť definované ako prefaby. Tieto objekty sú uložené ako jeden pomenovaný objekt a referencie na nich sa môžu následne vkladať do hry. Znamená to že pri zmene nastavenie v tomto prefabe je dané nastavenie zmenené automaticky vo všetkých scénach kde bola vložená referencia naň.

- **Scéna:** Všetky objekty v Unity musia byť vložené do scény na to aby sa zobrazili. Scény sú v Unity použité na odlíšenie prostredí alebo obrazoviek kde sa hráč momentálne nachádza. Aby sa teda uľahčím proces zmeny prostredia keď hráč prejde na obrazovku nastavení alebo prejde v hre do inej oblasti, nie je potrebné meniť všetky objekty ale iba jednoducho prepnúť scénu na tú kde je pripravená ďalšia oblasť. Každá scéna obsahuje vlastný priestor a nastavenia a nijak nesúvisí s ostatnými.

[11] Augmented Reality

Aj keď sú vstavané komponenty v Unity rozmanité, pri tvorbe hry je často potrebné vytvoriť si vlastné chovanie objektov. Docielime to vytvorením skriptu a následným jeho pripojením k objektu. Tieto naprogramované skripty vedia pracovať s objektami, komponentami a ich vlastnosťami. Vedia ich tvoriť, pridávať, meniť, zisťovať ich hodnoty a inak ich spravovať. Takisto je možné skriptovať veci nevzťahujúce sa ku komponentám, ako je zisťovanie kolízie objektov, vytváranie spúšťačov (triggers) pre efekty alebo reagovanie na vstup od hráča [12].

Veľká výhoda je aj to že je možné pozorovať počas behu hry konzolu kde je možné vidieť výpisy alebo vzniknuté chyby. Tým sa uľahčuje debuging hry, ktorý je podporený aj tým, že je možné si pripojiť pre programovanie editor Visual Studio. Tento editor je prepojený s Unity od verzie 2018.1, čo znamená že písanie kódu je prehľadnejšie a naviše sú v Unity funkčné aj možnosti ako vsadenie break pointu cez Visual Studio.

2.5 Tvorba grafiky pre hru

Počítačové a mobilné hry sa často zakladajú na dobrej grafike rovnako ako na zaujímavej hernej mechanike. Skoro všetky takéto hry môžeme rozdeliť do dvoch kategórii a to 2D hry a 3D hry. Podla toho ako je vykreslené prostredie, v ktorom sa hráč nachádza, sa dá ľahko rozlíšiť medzi týmito dvoma typmi hier. Od tohoto sa často odvíja spôsob, akým bude grafika pre danú hru tvorená.

Základný popis rendering pipeline

Táto práca sa zameriava na tvorbu hry, ktorá bude 3D. Pri veľkej väčšine možností tvorby grafickej stránky hier sa dá stretnúť s pojmom rendering pipeline (vykreslovací reťazec) [6]. Tento pojem popisuje sériu procesov, ktoré sú spustené nad dátami popisujúcimi scénu a po ich skončení vytvoria obraz, kotrý je možno zobraziť nejakým zobrazovacím zariadením, napr. monitorom. Takýto proces je používaný aj pri vykresľovaní objektov v Unity 3D spomínaného v kapitole 2.4, ktorý bude použitý pri tvorbe tejto práce. Základné štádia tohoto reťazca používaného Unity možno vidieť na obrázku 2.7:

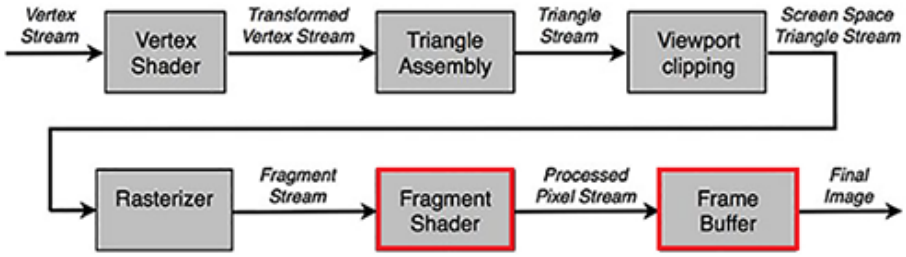
- **Vertex shader:** Do Vertex shaderu vstupujú vertexy a normalizované koordináty, ktoré sú následne transformačnými maticami alebo inými potrebnými operáciami transformované z objektových koordinátov (object coordinates) na pohľadové koordináty (eye coordinates). Taktiež je možné v tomto štádiu počítať per vertex osvetlenia.

- **Triangle assembly (Primitive Assembly):** V tomto štádiu sa z prúdu vertexov stane postupným skladaním primitív list trojuholníkov. Tu taktiež nastáva tzv. face culling, ktorý odstráni trojuholníky otočné smerom od pozorovateľa. Keďže by tieto trojuholníky vo výsledku nebolo vidieť, nemusíme s nimi počítať žiadne ďalšie operácie, čím zrýchlime výpočty.

- **Viewport clipping:** Z listu primitív a ich miesta v priestore, sa po viewport transformácií, v tomto kroku zahodia všetky tie, ktoré by sa nachádzali mimo obrazu zobrazovaného na display. Ostanú teda už iba tie trojuholníky, ktoré sú otočené ku užívateľovi a v oblasti, ktorá bude zobrazená.

- **Rasterizer:** Rasterizácia v kontexte vykresľovacieho reťazca je proces, ktorý podľa dodaných dát tvorí fragmenty. To sú dáta potrebné na vytvorenie jedného pixelu primitívy, zahrňujúce napríklad jeho pozíciu, hĺbku, farbu a podobne.

- **Fragment shader:** Fragmenty vychádzajúce z rasterizéra sa následne spracovávajú na konkrétne pixely, ktoré pôjdu do frame bufferu. Toto spracovanie zahŕňa aplikovanie textúr a viacero ďalších operácií na zistenie eventuálnej farby pixelu na základe skutočností ako napríklad hĺba objektu v scéne.
- **Frame buffer:** Je to miesto kde sa ukladajú dáta pre jeden celý obraz, zobraziteľný na display. Tieto dáta sa následne pri výmene snímkov načítajú a prepíšu dáta predošlého snímku.



Obrázek 2.7: Reprezentácia základných krokov zobrazovacieho reťazca použitého Unity 3D

Design hier

Design výzoru hier je návrhová stránka tvorby grafiky, pri ktorej je vytvorená paleta farieb, list možných objektov v scéne, tvary a výzory týchto objektov, postáv a ďalšie elementy. Design hry sa môže sústrediť na veľmi detailné a realistické zobrazenie prostredia alebo napríklad aj viac minimalistický alebo kreslený výzor. Často treba zohľadniť platformu, pre ktorú je hra tvorená, pretože je možné, že napríklad mobilné zariadenia nedokážu spracovať príliš realistickú grafiku takou rýchlosťou, aby zobrazovanie bolo plynulé. Pomocou prvkov ustanovených v tomto štádiu sa následne môžu tvoriť textúry, modely a efekty použité v hre. Na zvolenom štýle často závisí aj výzor obrazoviek ich menu alebo nastavenia. Na obrázku 2.8 z hry The Forest je možné vidieť viac realisticky zameraný design pre počítačovú hru ako na obrázku 2.9 z hry Land's End čo je hra pre virtuálnu realitu na telefónoch.

Obrázek 2.8: Ukážka realistického designu hry The Forest

Obrázek 2.9: Ukážka minimalistického designu hry Land's End

Vizuálne efekty

Vo viacerých hrách sú hráčove akcie často sprevádzané vizuálnymi efektmi ako napríklad iskry lietajúce z narazených mečov alebo ohnivá guľa vystrelená z hráčových rúk. Sú to elementy, ktoré na výzore hry dokážu najviac zapôsobiť. Niektoré vizuálne efekty sú však tak zaužívané, že aj keby v realite nenastali, v hrách sú očakávané, ako napríklad spomínané iskry. Nie je teda potrebné nevyhnutne vymýšľať nové a prevratné efekty (aj keď to môže byť pôsobivé), ale stačí sa pozrieť na reakcie hráčov na už existujúce efekty pre rôzne akcie a prebrať elementy tých najobľúbenejších. Nižšie sú teda analyzované vizuálne efekty zo známych hier, so zameraním na činnosti, ktoré budú implementované v tejto práci.

Teleportácia

Vizuálne efekty použité pri teleportácií môžu mať mnoho podôb. Je pri nich potrebné brať do úvahy platformu na ktorú je hra robená. Pre hry vo virtuálnej realite nie je najlepšie keď sa hráč len tak objaví na inom mieste, často je to dezorientujúce. Ak však hráč počas teleportu vidí kam ide alebo je mu to inak oznámené, je pre neho ľahšie pokračovať.

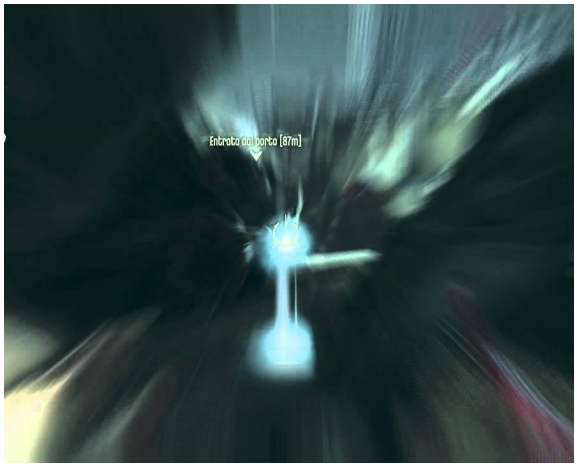
Ako príklady je možné uviesť efekty teleportácie z hier Dishonored a Portal. V hre Dishonored sa hráč vedel teleportovať na krátke vzdialenosti podla toho kam zamieril pri

stlačení tlačidla. Akonáhle tlačidlo pustil obraz sa mu rozmazal a skreslil, ako je možné vidieť na obrázku 2.10 a vo vysokej rýchlosti bol prenesený celou trasou až ku cieľu. Hráč preto presne vedel kedy nastal prenos a kam presne bol prenesený.

Na rozdiel od rýchlej teleportácie v akčnej hre Dishonored, hra Portal je pomalšia a založená na logike. Teleportácia tam preto funguje na základe vytvorenia dvoch portálov, vstupného a výstupného. Akonáhle sú oba portály vytvorené, je možné cez ne vidieť ako keby boli prepojené. To je možné vidieť na obrázku 2.11 kde sa hráč postavil medzi dva takéto vytvorené portály. Teleportácia tu teda prebieha pomalšie a hráč prechodom cez potál vidí kam prechádza.

Pre použiteľnú schopnosť v hre tvorenej v tejto práci je teda vhodnejšie vyberať efekty podobné hre Dishonored. Je potrebné aby hráč vedel kam je prenášaný a teda ho je možné preniesť priestorom, ale keďže hra bude akčná, treba to previesť skoro instantne aby mohla pokračovať. Taktiež musí vedieť kedy je prenášaný, čo mu treba naznačiť efektmi ako napríklad rozmazanie okolia, zmena farieb alebo okolo letiacimi časticami.

Avšak aj efekty podobné hre Portal je možné využiť, a to pri vytvorení portálov na stranách bludiska, ktorými sa hráč vie ihneď dostať na opačnú stranu. Pri týchto neprestajne fungujúcich portáloch je výhodné vidieť čo sa nachádza na druhej strane portálu, aby hráč vedel či tadiaľ práve neprechádza nepriateľ.



Obrázek 2.10: Instantná teleportácia používajúca rozmazanie okolia a rýchli prenos osoby z hry Dishonored

Obrázek 2.11: Hráč stojaci medzi dvoma otvorenými portálmi na teleportáciu, použitú v hre Portal

Priťahovanie objektov

Schopnosť priťahovania objektov, často známu aj ako "Magnet power up", je možné vidieť hlavne v hrách, ktorých cieľom je zbierať určitý počet, alebo čo najviac, bodov. Tieto body sú často v hre zobrazené ako objekty s výzorom mincí, prstencov, kryštálov alebo iných hodnotných vecí. Táto schopnosť spôsobuje, že všetky zbierané objekty v určitej vzdialenosti od hráča priletia k nemu a nemusí teda prísť úplne k ním. Často je pri tejto schopnosti implementovaný aj určitý druh časomiery, po ktorej jej efekt vyprší.

Táto schopnosť je použitá napríklad v mobilných hrách Subway Surfer a Mega Run. V oboch hrách ide o to, aby hráč zbieral mince pohybovaním svojho avatara. V hre Subway

Surfer sa po zapnutí schopnosti priťahovania, hráčovej postave v ruke zjaví magnet, v spodnej časti obrazovky sa zjaví časomiera a všetky mince začnú lietať ku hráčovi akonáhle sa dostanú na jeho úroveň. Príklad je možné vidieť na obrázku 2.13. V tejto hre nie sú použité ohromujúce vizuálne efekty, zameriava sa skôr na zakomponovanie tejto činnosti do deja hry tým, že sa postave v ruke objaví magnet.

Narozdiel od toho v hre Mega Run sa schopnosť prejavuje tým, že sa v okolí hráčovej postavy začnú tvoriť priehľadné modré kružnice podobné vlnám, ktoré sa postupne zmenšujú smerom k postave. Takáto animácia veľmi dobre znázorňuje efekt priťahovania. Takéto kruhy sú vidieť na obrázku 2.12, kde je taktiež vidieť aj mince letiace k hráčovi. Priťahovanie mincí je znázornené aj modrou čiarou, ktorú zanechávajú za sebou.

Pri oboch hrách sú priťahované vždy skoro všetky mince na obrazovke a nie je potrebné mať indikátor, ako ďaleko má táto schopnosť dosah. V hre, vyvíjanej v tejto práci, však bude treba priťahovať body iba na určitú vzdialenosť a to bude adekvátne zobraziť. Bude taktiež potrebné, aby podobne ako v hre Subway Surfer, bola zobrazená časomiera a aby daný efekt bol vizuálne vhodný. V hre Mega Run je dobre zobrazené, ktoré objekty sú priťahované schopnosťou. Avšak vlnenie z hry Mega Run vo virtuálnej realite nie je dobre využiteľné, keďže vlnenie v 2D verzií by to nevyzeralo príliš pôsobivo a v 3D to môže byť pre hráča príliš rušivé.

Obrázek 2.12: Ukážka magnet efektu použitého v hre Mega Run

Obrázek 2.13: Ukážky fungovania magnet efektu v hre Subway Surfer, vyznačujúceho sa malým magnetom v ruke postavy

Zrýchlený pohyb

Zvýšenie rýchlosti, ktorou sa hráč pohybuje, sa nachádza v nespočetnom množstve hier a skoro v každej má táto schopnosť iný vizuálny efekt. V niektorých hrách sa hráčova postava pretvorí na guľu bleskov a v iných je sprevádzaná iba zvukovým efektom. Ako príklady na analýzu boli teda zvolené dve známe žánrovo odlišné hry, a to World of Warcraft a Need For Speed Underground 2.

V hre World of Warcraft sa nachádza viacero kúziel, ktoré umožnia hráčovi pohybovať sa rýchlejšie. Niektoré fungujú takmer okamžite a niektoré trvajú niekoľko sekúnd. Skoro všetky zrýchľujúce kúzla však majú spoločné to, že za hráčom zanechávajú stopu kadiaľ bežal. Na obrázku 2.14 je možné vidieť dva rôzne vizuálne efekty z tejto hry. Na vrchnej

polovici je možné vidieť bielu miznúcu čiaru, ktorá sa tvorí na dráhe po ktorej hráč bežal, podobne ako stopa na oblohe za lietadlom. V spodnej časti je druhé kúzlo, pri ktorom sa za hráčom vytvorí rovná čiara na zemi, ktorá má pripomínať prach rozvírený pri behu a okolo jeho postavy sa objavia bielo modré zahnuté pásiky, pripomínajúce rozrážanie vzduchu.

V hre Need For Speed Underground 2, ktorú je možné vidieť na obrázku 2.15, je taktiež možné vidieť za autom stopu. To je však spôsobené tým, že v tejto hre sa pri zrýchlení obraz mierne rozmaže a natiahne. Svetlá auta preto zanechávajú za autom stopy, tak isto ako je možné vidieť nad autom aj stopu z pouličnej lampy. Toto rozmazanie sa prehlbovalo čím rýchlejšie auto šlo a keď hráč prestal používať zrýchlenie, rozmazanie ustupovalo pomaly, tak ako auto spomaľovalo na pôvodnú nižšiu rýchlosť.

Pri zrýchľovaní sa teda často používa určitý druh stopy za hráčom, čo však vo virtuálnej realite nie je vhodné používať, keďže hráč nevidí za seba. Rozmazanie okolia môže byť dobré pri vysokých rýchlostiach ako je jazda autom, ale pri rýchlom behu to nemusí vyzerať príliš autenticky. Rozrážanie vzduchu však môže byť jeden z ideálnych efektov v kombinácii s postupným zrýchľovaním.

Obrázek 2.14: Dva rôzne efekty z hry World of Warcraft použité pri zrýchlenom pohybe

Obrázek 2.15: Efekt rozmazania okolia a svetiel, ktorý nastane použitím zrýchlenia v hre Need for Speed Underground 2

Strieľanie

Strieľanie, alebo iný druh eliminácie nepriateľa na diaľku je taktiež bežnou súčasťou mnohých hier. Najčastejšie ide o vystrelenie projektilu smerom ku cieľu, ktorého projektil zraní ak ho zasiahne. V hrách sa na strieľanie používa mnoho prostriedkov, od strelných zbraní až po mágiu. Na ukážku boli vybrané hry Skyrim a Counter Strike 1.6, ktoré sú veľmi rozdielne, jedna je fantasy hra a druhá je realistickejšia hra, založená na strieľaní.

V hre Skyrim sa dá strieľať z luku, ako aj kúzliť pomocou mágie. Strieľanie z luku klasicky nemá priveľa vizuálnych efektov, ale na rozdiel od streľby zo zbrane, môžeme sledovať letiaci projektil. Pri kúzlení je možné vybrať si z veľkého množstva kúziel, kde každé kúzlo má iný vizuálny efekt. Väčšina týchto efektov je založená na generátoroch častíc, ktoré tvoria 2D častice na mieste, kde sa práve nachádza vyčarovaný projektil. Na

obrázku 2.16 je možné vidieť plamenné kúzlo vychádzajúce z rúk postavy smerujúce až ku cieľu.

V hre Counter Strike 1.6, sú narozdiel do hry Skyrim, používané moderné zbrane, pri ktorých voľným okom nie je možné vidieť letiaci projektil. Je to však nahradzované zábleskom zo zbrane po výstrele, ktorý je vidieť na obrázku 2.17 a efektom nárazu, tam kde projektil zasiahne cieľ. Výstrely z moderných zbraní v hrách taktiež musia byť sprevádzané vhodným zvukovým efektom výstrelu, aby bolo ľahšie postrehnuteľné čo sa udialo.

V hre tvorenej v tejto práci pravdepodobne nebude použitá moderná strelná zbraň, ale efekt záblesku pri výstrele môže byť aplikovaný na rôzne iné výstrely. Projektil, ktorý je pri lete vidieť, má viac možností zlepšenia výzoru vizuálnymi efektami a často je to použitím časticových generátorov, čo však nemusí byť výpočtovo ideálne pre hru tvorenú na telefón.

Obrázek 2.16: Druh streľby plamenným kúzlom z hry Skyrim

Obrázek 2.17: Efekt pri výstrele zo zbrane v hre Couter Strike 1.6

Kapitola 3

Prekážky pri tvorbe hier pre virtuálnu realitu

Tvorba hier a aplikácií pre virtuálnu realitu sa v mnohých aspektoch môže líšiť od vývoja pre bežné počítačové alebo mobilné platformy. Väčšina týchto odlišností komplikuje tento proces a často je už neskoro keď sú identifikované. Bez včasnej identifikácie sa môže stať že až po desiatkach hodinách práce sa zistí že daný produkt nemôže fungovať tak ako bol navrhnutý, alebo v najhoršom prípade, vôbec. Z toho dôvodu je táto kapitola venovaná rôznym prekážkam, na ktoré som narazil pri tvorbe aplikácie pre túto prácu.

3.1 Obmedzenia používaného zariadenia

Pred začatím tvorby aplikácie alebo hry je potrebné sa zoznámiť z fyzickými aspektami zariadenia, na ktorom má daná aplikácia fungovať. Tieto zistenia následne môžu zásadne ovplyvniť koncept hry, jej ovládanie, alebo vyvolať potrebu zmeny zariadenia. Niektoré z podstatnejších vecí, ktoré je potrebné zistiť sú:

- **Fyzická stavba zariadenia:** Fyzické črty zariadenia sú jednou z hlavnejších vecí, ktoré treba mať na pamäti pri tvorbe. Jeho veľkosť a váha určuje či je možné ho používať dlhšie, alebo či užívateľ potrebuj prestávky. Jeho upevnenie ku hlavne užívateľa rozhoduje o tom, či má užívateľ voľné ruky pri jeho používaní. Umiestnenie tlačidiel môže spôsobiť že ich konštantné používanie je fyzicky náročne. Taktiež treba brať v ohľad, či je zariadenie pripojené ku externým prvkom ako počítaču, alebo inému zariadeniu, keďže s takýmto pripojením môžu byť činnosti ako konštantné otáčanie v hre, problematické.

- **Možnosti ovládania zariadenia:** Je potrebné zistiť, či sa zariadenie dá používať a ovládať iba pomocou samostatného headsetu, alebo je potrebné mať pripojené ovládače. Ak sú ovládače potrebné, je užitočné zistiť, či tieto ovládače snímajú polohu a majú byť použité ako ukazovadlá do virtuálnej reality. Rovnako je potrebné zistiť, či sa pripájajú klasické ovládače ako klávesnica, myš alebo ovládače z herných konzol. Niektoré moderné systémy pre virtuálnu realitu ponúkajú jeden ovládač do každej ruky, preto je potrebné zistiť počet ovládačov.

  V prípade, že sa žiadne ovládače pripojiť nedajú, je potrebné zistiť, či zariadenie má vôbec nejaký mechanizmus pre interakciu, ako napríklad touchpad na strane headsetu Gear VR, alebo možnosť kliknutia na obrazovku telefónu pri iných zariadeniach,

používajúcich mobilné telefóny. V prípade že ani takéto vstupy zariadenie nepodporuje, treba mať na pamäti, že jediný spôsob ako vie užívateľ interagovať s virtuálnym svetom, je pomocou otáčania hlavy.

- **Existencia prídavných snímacích zariadení:** Niektoré zariadenia podporujú okrem ovládačovaj, väčšie množstvo rôznych doplnkových zariadení. Tieto zariadenia nie je potrebné využívať v tvorenej aplikácií ale je vhodné o nich vedieť, lebo by mohli prispieť ku možnostiam ovládania. Takéto zariadenie často nie je potrebné používať pri bežných aplikáciach virtuálnej reality a preto nie je dobré sa spoliehať, že ich bude užívateľ vlastniť. Je však dobré podporovať ich, pre prípad že by ich zákazník chcel využiť.

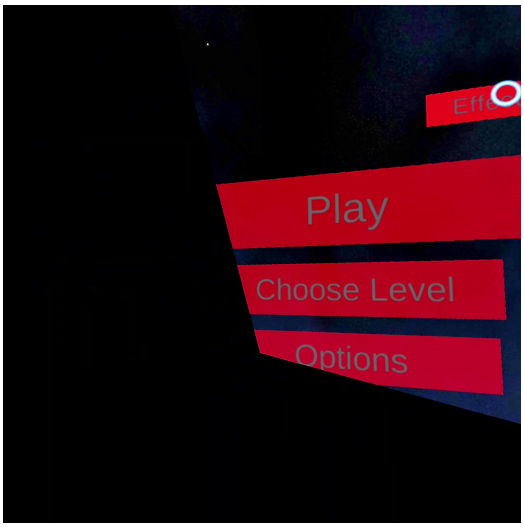
  Takýmito zariadeniami sú najčastejšie snímače pohybu tela, ktoré sú umiestnené okolo užívateľa keď používa virtuálnu realitu, alebo doplnky ako omni-direkcionálny bežecký pás a herný automobilový volant.

3.2 Výpočtový výkon zariadenia

Je potrebné sa vopred rozhodnúť pre aký druh zariadenia bude hra alebo aplikácia určená. Najdôležitejším rozdelením je rozdelenie zariadení na tie, ktoré na výpočet využívajú pripojený osobný počítač a tie, ktoré pre zobrazovanie používajú zariadenie zabudované alebo vkladané do okuliarov. Okuliare pre virtuálnu realitu, ktoré sú pripojené na počítač, majú oveľa väčší výpočtový výkon ako zariadenia používajúce mobilné telefóny. Preto je na tento typ zariadení možné tvoriť hry s náročnejšími vizuálnymi efektami, detailnejšími modelmi, lepším osvetlením a podobne. Počítače aj mobilné telefóny nie sú všetky z hľadiska výkonu rovnaké a je potrebné zvážiť, či aplikácia bude dostupná pre všetky dané zariadenia, alebo iba pre tie výkonnejšie [14].

Pri tvorení hier pre menej výkonné zariadenia, je potrebné dobre optimalizovať kód, ktorý beží počas hry. Taktiež je výhodné používať modely s menším množstvom polygónov a to predovšetkým ak sa tieto modely budú animovať. Osvetlenie a tiene, ktoré sa vyhodnocujú dynamicky počas priebehu hry sú tiež výpočtovo náročné a je dobré ich obmedziť, alebo použiť predkompilované osvetlenie.

Ak zariadenie nevie hru vykreslovať minimálne rýchlosťou 60 snímkov za sekundu tak vo virtuálnej realite môže byť otáčanie hlavou nepríjemné. Môže sa stať že pri otočení hlavou ostane obraz na mieste (viď obrázok 3.1) a presunie sa pred hráčove oči až po sekunde, Takýto efekt je následne veľmi dezorientujúci [8]. Ak sa takéto nedostatky prejavia pri klasickej počítačovej alebo mobilnej hre, je to ľahko prehliadnuteľné. Vo virtuálnej realite to však môže viesť ku nepoužiteľnosti danej aplikácie.



Obrázek 3.1: Ukážka momentu kedy sa ľavý spodný roh obrazovky nevykreslil keď sa užívateľ otočil.

3.3 Kvalita dokumentácie k zariadeniu a nástrojom

Pri implementácií aplikácie na vybrané zariadenie sú často používané existujúce nástroje ako game engine alebo API. Prácu značne uľahčí, ak sú k týmto nástrojom dostupné návody alebo dokumentácie priamo od výrobcu zariadenia. Ak dokumentácia nie je dostupná, je veľmi obtiažne používať funkcie, vstupy, alebo iné možnosti poskytované hardwareom. Často sa taktiež stáva, že sú konštantne aktualizované pomocné funkcie a systémy pre zariadenie, ale nie ich dokumentácia, čo môže viesť k problémom na strane vývojárov aplikácií pre toto zariadenie.

V týchto prípadoch je obtiažne zisťovať ako sa zariadenie ovláda. Pomocou môžu byť návody od tretích strán, alebo zisťovanie týchto informácií z predpripravených pomocných programov a skriptov, v prípade že sú nejaké k dispozícii. To situácia spôsobuje že sa vývojári začnú venovať iným zariadeniam, alebo prechádzajú na iné platformy, kým sa situácia nezlepší.

3.4 Realistickosť virtuálnej reality

Byť vo virtuálnej realite je jedinečný zážitok vďaka tomu, ako sa vieme ponoriť do sveta, ktorý je pred nami vytvorený. Avšak je jednoduché tento pocit imerzie stratiť a prostredie vnímať len ako vygenerované umelé prostredie. Pre dosiahnutie takej miery realistickosti, aby vcítenie sa do virtuálnej reality bolo prirodzené hneď po zapnutí aplikácie, nie je jednoduché. Najjednoznačnejším riešením by bolo vytvárať čím ďalej tým viac realisticky vyzerajúce prostredie s detailnejšími modelmi, lepšími textúrami a rýchlejším časom vykreslovania, aby sa virtuálny svet viac podobal tomu reálnemu. To však, aj keď veľmi nápomocné, nie je to najdôležitejšie pri vytváraní realistického sveta, do ktorého sa vie užívateľ vžiť [11]. Je niekoľko dôležitejších vecí, ktoré napomáhajú užívateľovi vžiť sa do sveta vytvoreného okolo neho a to sú:

- **Realistickosť objektov:** Realistickosť objektov sa dá zaručiť samostatne ich výzorom iba v prípade že užívateľ vo virtuálnom svete nevie s ničím interagovať. Ak je však užívateľovi dovolené viac ako sa iba pozerať, je správanie objektov a ich reakcia na podnety dôležitejšia ako ich samotný výzor. Je potrebné si dať záležať na tom, aby pevné objekty nemohli cez seba prechádzať, aby sa objekty hýbali podla zákonov fyziky, alebo aby objekty realisticky reagovali na podnety od užívateľa. Pri realistickom zdvihnutí kocky je potrebné zaručiť aby model ruky, alebo ovládača, neprešiel modelom kocky. Pohyby kocky musí odpovedať pohybom ovládača a po jej pustení kocka musí spadnúť, a prípadne kolidovať s objektami, tak ako v reálnom svete.

  Na obrázku 3.2 je vidieť, že ruka hráča hry Jumanji prešla objektom krabice a pri jej otváraní sa otvára druhá strana, a to preto že otvárajúca krabica je animácia spustená po dotyku a nedá sa s ňou vôbec manipulovať. Prípadné vytvorenie dvoch rôznych animácií, podľa toho ktorej strany krabice sa hráč dotkne, môže byť ľahký úkon a významne by prispel k realistickosti virtuálneho sveta.

- **Realistickosť vstupu:** Bez ohľadu na to či je hráč vo virtuálnom svete reprezentovaný celo-telovým modelom, modelmi ovládačov, alebo vôbec ničím, je potrebné zaistiť aby akcie, ktoré robí v realite, boli rovnako vykonané aj vo virtuálnom svete. Čo všetko je potrebné zachytávať záleží do značnej miery na zariadeniach a doplnkoch, ktoré sú pripojené k aplikácií.

Každé zariadenie pre virtuálnu realitu obsahuje okuliare, ktorými sa užívateľ do virtuálneho sveta pozerá a môže sa v ňom otáčať. Z toho dôvodu je najpodstatnejšie zaručiť, že otáčanie kamery presne zodpovedá otáčaniu hlavy užívateľa. Ak uhol otočenia nezodpovedá čo i len o pár stupňov, odchýlenie od reality sa môže akumulovať, výsledkom čoho je, že to čo užívateľ vidí nezodpovedá tomu čo predpokladá. Na základe jeho vestibulárneho zmyslu a propriocepcie[1], môže takáto situácia spôsobovať nevoľnosť. Mnoho zariadení taktiež používa jeden alebo viac ovládačov, ktorých pohyb by mal rovnako presne zodpovedať pohybu modelu predstavujúceho tento ovládač v aplikácií. Pri snímaní pohybov celého tela by vzdialenosti, o ktoré sa užívateľova hlava posúva, mali zodpovedať pohybom kamery. Rovnako krok na omni-direkcionálnom páse by mal kameru vo virtuálnom svete posunúť o dĺžku kroku do danej strany.

- **Zvuk:** Zvukový sprievod pohybu a akcie v reálnom svete je pre ľudí tak samozrejmý, že ho nepovažujú za príliš dôležitý, pokiaľ nezažijú jeho absenciu. Bežné zvuky ako kroky, vŕzganie dverí, alebo náraz objektov, často nie sú jednoduché implementovať totožne s reálnym svetom. Hlavným dôvodom je, že v reálnom svete sa môžu meniť na základe premenných, ako rýchlosť akcie alebo materiál objektov. Z hráčskeho pohľadu viac záleží na tom, aby boli zvuky prehraté všade kde sú potrebné, ako na ich úplnej realistickosti. Je teda vhodné použiť niekoľko mierne odlišných ukážok zvuku, z ktorých budeme náhodne vyberať pri danej interakcií. Pre kvalitnú imerziu je taktiež kľúčové, aby všetky zvuky vo virtuálnej realite boli urobené priestorovo. V praxi to znamená, že keď sa niečo odohrá na pravo od užívateľa, počuje to viac v pravom uchu.

Obrázek 3.2: Obrázok poukazujúci na nereálnosť prostredia z dôvodu prechodu modelu ruky modelom krabice a otvorením jej druhej strany

[1] Schopnosť mozgu vnímať polohu tela v priestore

3.5 Nevoľnosť vo virtuálnej realite

Nevoľnosť vo virtuálnej realite (angl. simulation sickness) je často nastávajúci jav. Ako už bolo spomenuté, nastáva keď vestibulárny zmysel a propriocepcia človeka hlási niečo iné ako jeho zrak.

Pre začiatočníkov vo virtuálnej realite sú najpohodlnejšie aplikácie, kde jediný pohyb je otáčanie sa pri pozeraní a prípadné pohyby hore a dole, v prípade ak je zapnuté snímanie celého tela. Nevoľnosť nastáva častejšie keď sa užívateľ hýbe virtuálnym priestorom, pričom existuje korelácia medzi rýchlosťou, ktorou sa užívateľ hýbe a pociťovaním simulačnej nevoľnosti [15]. Je preto odporúčané pohybovať užívateľa v aplikácií pomalšími rýchlosťami, čo najpodobnejšími bežnej rýchlosti človeka. Rovnako je odporúčané obmedziť alebo úplne vynechať postupnú akceleráciu, keďže ju ľudská vestibulárna sústava zaznamenáva dobre, na rozdiel od konštantnej rýchlosti.

Na zmiernenie simulačnej nevoľnosti pomáha aj predanie kontroly nad pohybom užívateľovi na rozdiel od pohybovania ním bez jeho podnetu. Je to rovnaký princíp ako to, že vodičovi auta býva zle menej často ako jeho pasažierom, pretože očakáva kedy a akým smerom nastane zmena pohybu.

Pri bežnom pohybovaní v reálnom svete sa väčšinou pohybujeme dopredu alebo stojíme, zriedka chodíme dozadu a skoro nikdy sa nepohybujeme do strán. Z toho dôvodu býva užívateľom častejšie nevoľno ak je nimi pohybované do iných strán ako dopredu. Pohyb vertikálne, či už rovno alebo pod náklonom, ako napr. chodenie po schodoch, sú taktiež problematické, keďže ľudia nie sú zvyknutí pohybovať sa do kopca hladko. Pridanie stúpania a klesania spôsobeného krokmi je vo virtuálnej realite ešte nepríjemnejšie [15]. Naviac sledovanie opakujúcich sa objektov, s prominentnými hranami ako sú schody alebo stropné svetlá v tuneli, vo väčšine zorného poľa zvýrazňuje pohyb a spôsobujú ilúziu pohybu podobnú pozorovaniu hýbuceho sa vlaku zo stacionárnej pozície. Tento jav, anglicky nazvaný *vection*, taktiež významne prispieva ku simulačnej nevoľnosti [10].

Všetky tieto skutočnosti ovplyvňujú každého užívateľa rôzne. Existujú ľudia, ktorým z virtuálnej reality nikdy nevoľno nebýva a rovnako aj ľudia, ktorých simulačná nevoľnosť postihne hneď v prvých chvíľach po vstupe do virtuálnej reality. To sa pri tvorení aplikácie dá len ťažko ovplyvniť, a preto je potrebné čo najviac minimalizovať všetky okolnosti čo nevoľnosť spôsobujú.

Kapitola 4

Návrh akčnej hry pre Gear VR

Pri tvorbe hry je vždy prvým krokom vymyslenie princípu hry, ktorá dokáže zaujať. Taktiež je potrebné zobrať do úvahy aj všetky vlastnosti ktoré chceme aby táto hra mala, ako napríklad elementy strategických hier, rýchle akčné súboje, alebo pokojnú a uvoľňujúcu atmosféru [7]. Konkrétne pravidlá, vizuálne stránky alebo ovládanie sa môžu počas vývinu a implementácie danej hry viackrát zmeniť, či už na základe užívateľských testov alebo nových funkcií hry. Podstata však väčšinou ostáva rovnaká od začiatku až do konca.

V tejto kapitole je popísaný proces, akým sa vyvíjala hra, ktorá je objektom tejto práce. V podkapitole 4.1 je opísaný návrh konceptu danej hry ako aj dôvody prečo bola táto myšlienka vybratá. Taktiež sú tam spomínané iné možné variácie hier, ktoré boli zvážené. Následne v podkapitole 4.2 je dôkladnejšie popísaný koncept akčnej hry a čo to pre danú hru znamená. Podkapitola 4.3 je o hľadaní možností pre znovuhratelnosť (re-playability) hry a dôvody prečo je znovuhrateľnosť dôležitá. V predposlednej podkapitole 4.4 je rozvinutý koncept progresie v hre a jej prípadné dokončenie. A nakoniec je v podkapitole 4.5 opísaná tvorba možných spôsobov ovládania hier, ktoré boli robené pre Gear VR.

4.1 Základný koncept hry

Pri tvorení hry je ako prvé potrebné mať základnú myšlienku toho čo bude hráč robiť, predtým ako začneme rozmýšľať nad vzhľadom, ovládaním alebo hocičím ďalším. V dnešnej dobe je však ťažké vymyslieť nový prevratný koncept hry keď ich už toľko bolo vytvorených. S nástupom virtuálnej reality ako nového média je však ešte priestor implementovať veľa klasických hier, ktoré doteraz boli v 2D alebo jedno-obrazovkovom 3D.

Vo virtuálnej realite sa užívateľ môže pozerať na hru z pohľadu postavy ako aj z pohľadu tretej osoby, ktorá napríklad na hernom poli ovláda viacero vecí a nemôže byť preto jeho súčasťou. Keďže v tejto hre chceme predviesť čo virtuálna realita dokáže, bol zvolený pohľad z pozície postavy za ktorú hráč hrá.

Následne bolo prejdené ku analýze už vytvorených, a populárnych, hier pre Gear VR. To je rozumné z viacerých dôvodov ako napríklad že vieme zistiť čo hráči na hre vo virtuálnej realite ocenia (resp. nemajú radi) ako aj uistenie sa že nevytvoríme hru, ktorá už existuje a je známa. Jedny z najznámejších a najsťahovanejších hier sú "Keep Talking and Nobody Explodes", "Land's End", "Suicide Squad: Special Ops VR"a "Augmented Empire".

Hra Keep Talking and Nobody Explodes by sa dala opísať ako adrenalínová hra bez akcie. Je to ťažko predstaviteľné ale táto hra dokonca zahŕňa aj sociálnu interakciu z ľuďmi, ktorý sú okolo vás bez zariadenia Gear VR. V tejto hre si vymeníte miesto s človekom,

ktorý našiel bombu čo za chvíľu vybuchne a vašou úlohou je ju zneškodniť. Bomba je vždy iná a skladá sa z tlačidiel, číselníkov, káblov a veľa ďalších súčiastok ako je možné vidieť na obrázku 4.4. Úlohou vašich spoluhráčov mimo virtuálnej reality je v návode, ktorý dostanete, zistiť čo máte robiť, v akom poradí a kedy aby ste danú bombu zneškodnili a následne vám to vysvetliť.

Kontrastne k tomu hra Land's End je pokojná hra pre jedného hráča s logickými úlohami a prekrásnym vizuálnym spracovaním viditeľným na obrázku 4.2. Hrá sa iba pomocou okuliarov a nie je teda treba používať hocijaké ovládače alebo klikať na touchpad. Pohybujete sa po piatich rôznych prostrediach cez vopred určené miesta a riešite rôzne úlohy pri pokornej hudbe.

Suicide Squad: Special Ops VR je ďalšia z akčných hier, pri ktorej prevezmete rolu jedného z hlavných hrdinov filmu Suicide Squad a strieľate nepriateľov bežiacich oproti vám. Jej pohľad z prvej osoby je viditeľný na obrázku 4.3 z tejto hry. Tejto hre je podobných mnoho ďalších akčných hier pre virtuálnu realitu kde sa hráč nevie hýbať z miesta iba sa pozerať okolo a strieľať. Postupne sa menia scény, v ktorých sa hráč nachádza ale okrem toho sa v tejto hre veľa nemení.

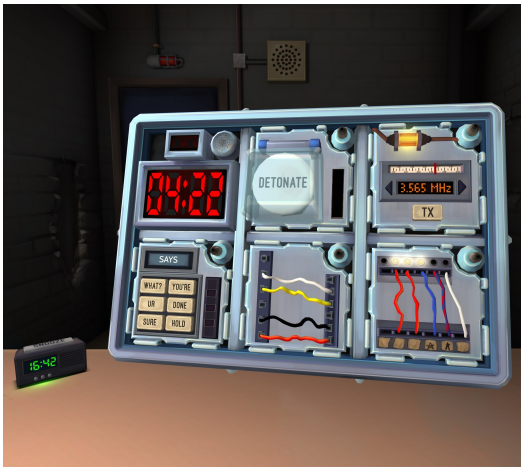
Ako posledná bude spomenutá strategická ťahová hra Augmented Empire, pri ktorej sa väčšinou pozeráte z pohľadu tretej osoby nad bojiskom čo je postrehnuteľné z obrázku 4.1. Je to taktiež výborne vizuálne vytvorená hra s dobre vymysleným príbehom. Keď sa v tejto hre bijete tak sa striedate zo súperom pri robení akcií pomocou vašich postáv. Celé bojisko pozorujete z výšky a nie je to teda klasický pohľad využívaný vo virtuálnej realite.

Pozorovaním viacerých populárnych hier je možné vidieť že málo z nich dovoľuje voľný pohyb. V hre Land's End sa hráč pohybuje ale iba zo stacionárneho predurčeného miesta na ďalšie. Bolo teda rozhodnuté do pôvodnej myšlienky tvorenej hry zakomponovať voľnejší druh pohybu. S týmto konceptom prišiel nápad behu bludiskom, kde by bolo možné hráčovi dať nejakú voľnosť pri pohybe, ale dostatočne obmedzenú na to aby vždy vedel kam ísť a aby nenastávali problémy s ovládaním tohoto pohybu alebo simulation sickness spomínaná v podkapitole 3.5. Keďže bludiská hráča nejako odmenia až keď nájde východ, k nápadu boli pridané body, ktoré bude hráč zbierať počas pohybu bludiskom podobne ako v známej hre PacMan. Pridaním bodov však vzniká problém, že hráč môže byť frustrovaný ak priveľmi dlhý čas nedokáže nájsť napríklad posledný bod. Koncept hry sa teda zmenil z bludiska na zbieranie bodov, pričom bude hráč mať aj nápomocnú mapu. Musí však potom mať motiváciu bludiskom chodiť. Riešenie tohoto problému je zahrnuté v ďalšej podkapitole.

Obrázek 4.1: Ukážka z hry Augmented Empire

Obrázek 4.2: Ukážka z hry Land's End

Obrázek 4.3: Ukážka z hry Suicide Squad: Special Ops VR



Obrázek 4.4: Ukážka z hry Keep Talking and Nobody Explodes

4.2 Pridanie akcie do hry

Keďže cieľom tejto práce je vytvoriť akčnú hru, musí byť ku pôvodnej myšlienke pridané niečo čo ju urobí akčnou. Už máme ideu behania po bludisku a zbierania bodov, jedným z nejednoznačnejších prvkov, ktoré je možné pridať ak máme inšpiráciu z mytológie, kníh, filmov alebo iných hier je oponent naháňajúci hráča. Pointa hry sa teda mení na utekanie pred nepriateľom pri tom ako zbierate body, čo pridáva mnoho možností na menenie obtiažnosti a zabezpečenie progresie hry. Vo virtuálnej realite, keďže hráč má pohľad z prvej osoby, je ľahké urobiť impozantného protivníka už len tým že bude väčší ako hráč. Navodí sa tým väčší pocit urgencie dostať sa od oponenta preč väčší než je to v prostredí 2D hier.

Pri utekaní pred protivníkom však nastáva problém s behaním v bludisku. V bludiskách sa často nachádzajú slepé uličky do ktorých ak hráč prenasledovaný protivníkom vbehne tak nevyhnutne prehrá. Je teda minimálne na začiatočných úrovniach hry potrebné spraviť také bludisko, ktoré nebude mať žiadne slepé uličky ani žiadne pridlhé uličky bez iných východov.

Aby hra však nebola úplne monotónna, treba pridať prvky, ktoré ju budú za behu alternovať. Takýmto prvkom môže byť v tomto scenári napríklad tzv. power-up, ktorý dá hráčovi schopnosť raz alebo viacero krát urobiť niečo čo dovtedy nedokázal. Ak zavedieme viacero druhov takýchto vylepšení a rozmiestnime ich rôzne po bludisku, hráč bude nútený rozmýšľať ako sa k ním dostať a kedy je to pre neho najvýhodnejšie. Takýmito power-up môže byť napríklad udelenie hráčovi schopnosť teleportovať sa niekoľko metrov dopredu alebo cez steny, ako aj schopnosť na čas zastaviť/zabiť jeho oponenta. Môže to byť zvýšenie hráčovej rýchlosti alebo zobrazenie nepriateľov aj cez steny bludiska. Týchto vylepšení je mnoho aj je teda treba dobre vybrať tie, ktoré následne budú implementované.

4.3 Hľadanie možností znovu-hrateľnosti

Pre zaručenie toho že hra nebude vždy keď si ju hráč spustí úplne rovnaká je potrebné zaviesť prvky, ktoré sa budú meniť. Pri hre s bludiskom je logické zaviesť bludiská, ktoré budú generované procedurálne a náhodne. Zariadime tým že sa bludiská budú meniť ako

aj to že ich nieje potrebné tvoriť ručne pri implementácií hry. Tak isto ako steny bludiska vieme meniť aj jeho veľkosť, počet bodov, počet nepriateľov, ktoré power-upy je možné nájsť alebo vzhľad bludiska. Menenie týchto prvkov zaručí že hráč môže hru hrať opätovne bez toho aby hral stále to isté opakovane.

4.4 Riešenie napredovania v hre a jej prejdenia

Aby hranie tvorenej hry malo aj nejakú pointu ako nekonečné opakovanie behania bludiskom treba zaviesť nejaký druh progresie hry a eventuálne jej koniec. Dokončovaním úrovní by sa mala hra postupne stávať ťažšou aby pre hráča bola hra konštantne výzvou. Je teda možné zaviesť mód hry kde bude hráč prechádzať úrovne ktoré sa postupne budú sťažovať. Vždy po prejdení úrovne sa hra uloží, aby mohol hráč hocikedy pokračovať. Ale keďže hráč môže chcieť hrať len na ťažších obtiažnostiach potrebujeme pridať aj mód kde si obtiažnosť môže vybrať alebo tzv. survival (prežitie) mód kde sa mu budú úrovne sťažovať, ale hra sa nebude ukladať, a hráč bude teda hrať dovtedy kým hru zvláda.

Ak bude mód kde je hráčov pokrok po úrovniach ukladaný treba zvoliť obtiažnosť ktorá bude finálna a teda po prejdení tejto úrovne hráč zvíťazí. Obtiažnosť treba zvoliť takú, aby bola stále zdolateľná ale aby si to hráč musel vybojovať. Dobrým gestom je po výhre hráča niečím odmeniť, či už možnosťou úpravy výzoru hry, alebo odomknutím ďalších variácii hry.

4.5 Zvolenie ovládania pre hru na Gear VR

Ako už bolo spomenuté v kapitole 2.3, Gear VR má viacero možností ovládania. Je možné používať touchpad na boku zariadenia, pripojiť Gear VR ovládač alebo pripojiť ovládač z hernej konzole. Dobre implementovanú hru sa dá hrať aj čisto pomocou otáčania sa ako v hre Land's End spomínanej vyššie. Na ovládanie bolo teda vybrané otáčanie a touchpad, pričom sa s touchpadom bude narábať čo najmenej aby hráč nemusel pri okuliaroch stále držať ruku. Toto ovládanie môže použiť každý kto má Gear VR keďže touchpad je zabudovaný do okuliarov a ostatné ovládače je potrebné si samostatne dokúpiť.

Otáčaním hlavy bude teda hráč voliť smer, ktorým beží a používanie touchpadu bude aktivovať získané skopnosti alebo voliť veci na otváracej obrazovke. Presná kombinácia posunutí alebo kliknutí, ktorou sa bude používať touchpad pri power-upoch bude zvolené po testovaní na užívateľoch aby bola čo naj optimálnejšia.

Kapitola 5

Implementácia hry pre Gear VR

Po vytvorení návrhu pre hru vo virtuálnej realite je možné ju začať implementovať. Táto kapitola pojednáva o všetkých aspektoch tvorby hry pre zariadenie Samsung Gear VR, okrem výnimiek uvedených v podkapitole, vývoj hry prebiehal v hernom engine Unity 2018.3 a v programovacom jazyku C#.

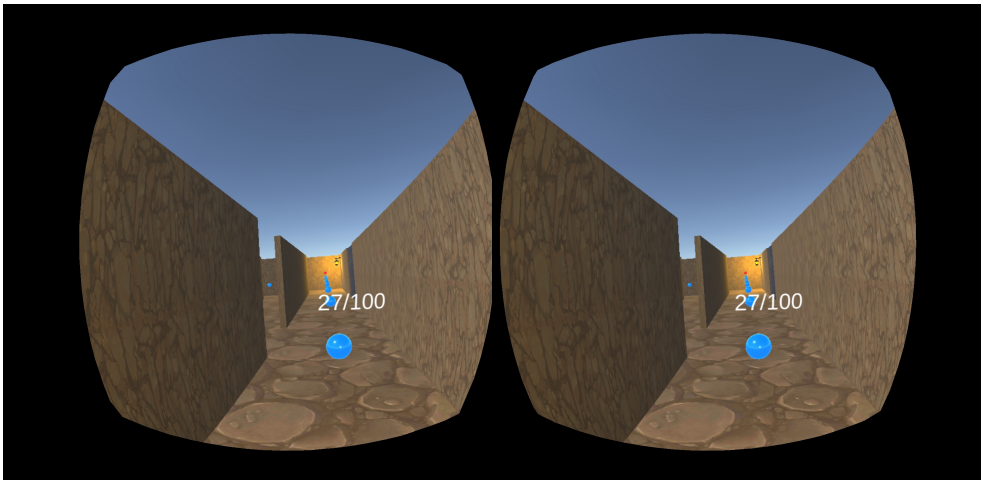
5.1 Pridanie ovládania pre virtuálnu realitu

Ako prvé po vytvorení nového projektu v Unity Game Engine, bolo potrebné naviazať komponenty, ako je kamera a ovládače, na zariadenie Gear VR aby mohol byť nastavený vývoj pre toto zariadenie. Po ich naviazaní sa mohla aplikácia začať testovať pomocou zariadenia.

Pridanie kamery pre virtuálnu realitu

Na vývoj pre všetky zariadenia od firmy Oculus je výhodne do svojho projektu v Unity zakomponovať Oculus Integration balík, ktorý má viacero nástrojov na uľahčenie vývoju vo virtuálnej realite.

Ako prvé je vhodné existujúcu kameru nahradiť kamerou, ktorá bude reagovať na pohyb hlavy užívateľa a pritom bude zobrazovať svet ako pre virtuálnu realitu. Zobrazovanie pre virtuálnu realitu funguje zobrazením dvoch skoro identických obrazov sveta, ktoré sú snímané kamerami umiestnenými tesne vedľa seba (viď obrázok 5.1). Spomínaný balík obsahuje prefab menom OVRCameraRig, ktorý funguje ako kamera a zariadi, že po vložení telefónu s aplikáciou do Gear VR, aplikácia bude renderovaná na obrazovke telefónu dvakrát. Taktiež zaisťuje snímanie pohybu zariadenia a podla toho následne otáča kameru v Unity scéne. Nakoľko je celé ovládanie kamery priradené zariadeniu Gear VR, nie je ňou možné klasickými metódami v Unity hýbať. Tento problém sa rieši tak, že je tento prefab priradený pod iný GameObject, na ktorý sú následne používané všetky klasické metódy pohybu.



Obrázek 5.1: Ukážka vykreslenia aplikácie pre virtuálnu realitu na obrazovke Android telefónu.

Naviazanie Gear VR ovládača

Novšie verzie Gear VR pri kúpe obsahujú aj ovládač pre sledovanie pohybu užívateľovej ruky v priestore. Používa sa na ukazovanie do virtuálnej reality a na stláčanie tlačidiel, ktoré obsahuje. Rovnako ako okuliare Gear VR obsahuje tlačidlo domov a tlačidlo späť ako aj touchpad, ktorý je možno stlačiť. Naviac obsahuje aj predné tlačidlo podobné spúšti na zbrani.

Keďže Gear VR ovládač značne ulahčuje používanie zariadenia, táto možnosť bola pridaná aj do aplikácie. V spomínanom Oculus Integration balíku sa nachádza model ovládača, vyzerajúci rovnako ako v realite, ako tiež skript na detekciu toho či je pripojený ku telefónu. Model je možné vidieť na obrázku 5.2, pričom biely lúč bol pridaný na uľahčenie mierenia ovládača. Následne boli do scény vložené dva modely ovládača. Jeden pre ľavú ruku a druhý pre pravú. Aj keď aktívny môže byť naraz iba jeden ovládač, ich detekcia a sledovanie sa počas hry líši. Neskôr boli modely označené príslušnou stranou a vložené do zodpovedajúceho miesta v OVRCameraRig prefabe. Tento prefab poskytuje spojenie so sledovačom pohybu v telefóne, ku ktorému je ovládač pripojený cez Bluetooth. Následne boli oba modely v Unity scéne vypnuté a bol im priradený skript, ktorý keď zistil že je ovládač aktívny, spustil zodpovedajúci model. Na tomto ovládači je automaticky nastavené tlačidlo domov, ktoré stlačením zapne Oculos Home aplikáciu a podržaním vycentruje snímanie obrazu a ovládača. Ostatné tlačidlá je možné naprogramovať podľa potreby.

5.2 Generovanie bludiska

Po spojazdnení ovládania virtuálnej reality bolo na rade vytvorenie herného sveta podľa návrhu z kapitoly 4.2, v ktorom by sa hra mala odohrávať. Tento návrh spočíval vo vybudovaní chodieb podobných bludisku, avšak menej komplexných a bez slepých uličiek, aby sa nimi hráč mohol ľahšie navigovať. Táto mapa by sa mala meniť, aby nebolo každé zapnutie novej hry stále rovnaké, a preto ju bolo potrebné generovať procedurálne a nie len vystavať v Unity editore.

Obrázek 5.2: Model ovládača pre Gear VR zobrazený vo virtuálnej realite.

Generovanie stien

Procedurálna generácia mapy nie je prioritným zameraním tejto práce, preto nebol kladený veľký dôraz na nájdenie najlepšieho alebo najkomplexnejšieho algoritmu pre tvorbu máp. Postupne bolo implementovaných viacero prístupov pre generovanie stien a nakoniec bol vybraný jeden, podľa rýchlosti výpočtu a použiteľnosti.

Algoritmus na generovanie stien mapy najprv vytvoril maticu 30×30, ktorá reprezentovala veľkosť mapy rozdelenej na úseky o veľkosti $1,5\,\mathrm{m}$. Ako prvé boli vytvorené štyri sústredné štvorce, pričom najväčší reprezentoval vonkajšiu stenu celej mapy okolo bludiska a každý ďalší bol menší od predchádzajúceho, vkladaný do matice s medzerou jedného poľa. Horizontálne steny boli v matici identifikované inými číslami ako steny vertikálne. To vytvorilo štyri chodby o šírke $\sim 3\,\mathrm{m}$ a jednu izbu v strede, zatiaľ však bez akejkoľvek možnosti prechodu. Následne sa generovali prechody medzi chodbami, kde na každej stene bolo náhodne vybraté miesto, ktoré nebolo na jej okraji a okolo toho miesta sa vytvoril prechod o šírke $3\,\mathrm{m}$. Na najmenšej stene tvoriacej priestor v strede sú tieto miesta vždy v strede steny, keďže stena má dĺžku $5\,\mathrm{m}$. To vytvorí v strede štyri piliere a okolo nich nadväzujúce chodby s náhodne rozloženými prechodmi. Prechody boli vytvorené aj na vonkajších stenách na okraji bludiska, z ktorých boli následne vytvorené portály popísané nižšie.

Vytvorenie portálov

Inšpirované spomínanou hrou PacMan boli do mapy pridané portály vedúce vždy na protiľahlú stranu mapy, ktorými však v tvorenej hre vie prechádzať iba hráč. Poskytujú hráčovi potencionálne rýchly únik, ak je prenasledovaný nepriateľom.

Pri tvorbe stien bludiska sú zaznamenané polohy prechodov vytvorených na vonkajších stenách. Následne sú označené dvojice, ktoré sú si navzájom protiľahlé. Akonáhle hráč vkročí do prechodu, je premiestnený na druhú stranu bludiska, kde môže v pohybe pokračovať. Aby hráč nevidel že za prechodom bludisko končí, je do prechodu postavená stena. Okerm toho, aby táto stena nevyzerala ako stena bludiska, je za každú pláň postavená kamera, ktorá premieta na protiľahlú pláň to čo zachytáva. V prechode je teda vytvorený efekt podobný portálom z hry Portal, spomínaný v kapitole 2.5, ktorý zobrazuje v reálnom čase čo sa deje v mieste, kde hráča portál prenesie. Z hráčovho pohľadu portál vyzerá ako ďalšie nadväzujúce bludisko a vidí či sa v danom mieste pohybuje nepriateľ, alebo nachádzajú body. Žiaľ, nie každý telefón kompatibilný s Gear VR má dostatočný výpočtový výkon na to, aby bežali v bludisku naviac štyri virtuálne kamery. Rovnako, každý snímok preverovať

z cieľom zistiť, či sa nejaký portál nachádza aspoň v jednom snímanom oku, má taktiež relatívne veľký výpočtový čas. V nastaveniach hry je teda možnosť, zvoliť si portály, cez ktoré je vidieť alebo verzie iba s textúrami.

Generovanie bodov

Po vytvorení statických objektov na mape, je možné do bludiska vložiť objekty, ktoré bude hráč zbierať na získanie bodov. Keďže sa steny bludiska vždy vytvoria na rovnakom mieste, bolo by teda možné vytvoriť objekty reprezentujúce body v editore Unity. Problémom je, že by to vyžadovalo opätovné vkladanie a posúvanie veľkého počtu objektov, pričom zavedením iného algoritmu pre generovanie bludiska, by sa rozloženie muselo ručne meniť. Bol teda vytvorený skript, ktorý objekty reprezentujúce body generuje procedurálne a podľa toho, kde je v bludisku pre ne miesto. V momentálnej verzii bludiska je miesto pre sto bodov, v prípade, že sú rozložené podľa skriptu. Skript rozkladá objekty postupne na miesta, kde sa okolo objektu nachádza $\sim 1,5\,\mathrm{m}$ volného priestoru do každej strany.

Zobrazenie mapy bludiska

Aby hra nebola príliš ťažká a hráč si vedel zistiť kde sa nachádza nepriateľ, alebo posledné body, bola do hry implementovaná mapa. Na mape môže hráč vidieť celé bludisko, svoju pozíciu, pozície nepriateľov a kde sa nachádzajú nepozbierané objekty reprezentujúce body. Podobne ako portály, je mapa tvorená kamerou, ktorá premieta pohľad na bludisko zhora, na textúru. Táto kamera je, na rozdiel od kamery použitej pri portáloch, ortografická, aby sa neskresľovali steny na okraji bludiska, a aby boli všetky objekty snímané presne zhora.

V prvej verzii bola mapa vložená do rohu zorného poľa hráča. Po testovaní s užívateľmi bolo zistené, že toto spôsobuje, že sa hráči viac orientujú pomocou mapy ako pozeraním pred seba do bludiska. To bolo v nesúlade s myšlienkou hry a mapa teda musela byť presunutá. Bola presunutá pred hlavu hráča a mierne nahor. Aby sa mohol hráč na ňu hocikedy pozrieť, ale musel preto odvrátiť pohľad od miesta kam beží. Aby mapa pri pohľade rovno nebola vôbec vidieť, musela byť umiestnená približne jeden meter nad užívateľa. V súvislosti s takýmto umiestnením, sa pri testovaní objavil ďalší problém, a to taký, že kvôli mape musel užívateľ hlavu otočiť príliš dohora čo nebolo pohodlné pri opakovaných pohľadoch. Vďaka ďalšiemu testovaniu bol nájdený pohodlný uhol pre otočenie hlavy kvôli mape, pri ktorom sa pohľad od chodby stále musel odvrátiť. Mapa však zasahovala do zorného pola hráča pri pohľade rovno. Bol teda implementovaný skript, ktorý zviditeľňuje mapu vtedy, keď hráč zdvíha hlavu hore. Ak sa hráč pozerá rovno, mapa je úplne priehľadná. Pri zdvíhaní pohľadu nahor sa mení alfa zložka farby mapy podľa rovnice

$$a = (\beta - 15)/10, \tag{5.1}$$

kde a je hodnota alfa zložky farby s rozsahom $< 0\,,1 >$ a β je uhol odklonenia pohľadu užívateľa od pohľadu rovno vpred v stupňoch. Konštanta 15 zaručuje že mapa sa začne zviditeľňovať až po 15° a vydelenie číslom 10 slúži na zmenšenie čísla do rozsahu zložky alfa. Ak je rovnicou vypočítaná hodnota zložky alfa mimo rozsah, je upravená na príslušnú hraničnú hodnotu daného rozsahu. To znamená že mapa je plne zviditeľnená už pri zdvihnutí pohľadu o 25°.

5.3 Vytvorenie logiky hry

Po vytvorení oblasti, kde sa bude hráč pohybovať, je možné začať implementovať logiku hry. Na to, aby fungovala hra navrhnutá v kapitole 4, nie je potrebné vytvoriť zložité pravidlá hry. Je potrebné zabezpečiť aby sa hráč vedel pohybovať a vedel zbierať body. Zozbierané body sa musia spočítať a dávať možnosť získať výhru. Taktiež je potrebné implementovať aj prehru, ktorá nastane vtedy, keď je hráč chytený nepriateľom, pohybujúcim sa chodbami.

Pohybovanie hráča

Základná funkcia navrhnutej hry je beh hráča vytvorenou mapou. Existuje veľa spôsobov ako umožniť hráčovi pohyb a ako pohyb ovládať. Niekoľko prístupov bolo otestovaných na menšej skupine užívateľov a na základe ich poznámok bol zvolený optimálny spôsob.

Ako prvý bol otestovaný pohyb ovládaný užívateľom, kde sa po stlačení touchpadu hráč začal hýbať smerom kam sa pozeral. Takýto spôsob pohybu bol zhodnotený ako prijateľný, napriek tomu mal niekoľko problémov. Hráči sa sťažovali že sa nemôžu za behu pozrieť inam ako do smeru kam bežia, keďže to automaticky zmenilo ich smer. Preto bolo narážanie do stien v hre časté. Taktiež bolo spozorované, že hráči často v hre zastavujú a čakajú, čím hra strácala na akčnosti.

V ďalšom riešení bolo pridané ovládanie behu do strany, do ktorej užívateľ ukazuje na touchpade, nezávisle na tom, do akej strany sa pozerá. Hráči teda mohli pozerať do rôznych strán pri behu. To však z dôvodov spomínaných v časti 3.5 nebolo najvýhodnejšie a hráči skoro vždy zmenili smer behu iba pri otáčaní sa v rohoch a pri prechodoch. Rovnako bolo testované aj neustále behanie, tak že hráč konštantne bežal do strany ktorú si naposledy zvolil, pokým nenarazil na stenu. Znamenalo to, že hráči museli robiť rozhodnutia rýchlejšie, keďže nemohli zastaviť a čakať pri určitom prechode a pozerať sa kam sa nepriateľ pohybuje na mape. Bolo zaznamenané aj to, že hráčom, ktorí nemali k dispozícií ovládač, sa ťažko držalo ruku pri touchpade, na strane Gear VR okuliarov, po celú dĺžku hry. Bolo možné pozorovať že po minúte hrania si začali užívatelia podopierať ruku alebo nemeniť smer v hre aby si oddýchli.

Na základe testov, bolo teda potrebné odstrániť ovládanie behu touchpadom. Riešením bolo vyriešiť ovládanie iba otáčaním hlavy. Behanie bolo ponechané ako konštantné, bez možnosti zastavenia. Behanie do strany, kde sa užívateľ pozerá, by v tomto prípade bolo ešte mätúcejšie. Preto boli napísané skripty na otáčanie postavy tak, že hráč vedel doľava a doprava zabočiť iba v rohoch alebo na rázcestiach. Hráč zatáčal pohľadom do tej strany, do ktorej sa chcel rozbehnúť a táto strana bola vždy jedna zo štyroch svetových strán, ktorá nevedie rovno do steny. Strana vybratá hráčom bola udržovaná až kým sa nerozhodol pre inú, na ďalšom mieste, kde mohol zabočiť. To zaručilo, že hráči nebúrajú do postranných stien chodby, môžu sa pri behu obzerať a nemusia držať ruku pri touchpade.

Po pridaní nepriateľov do hry bol zistený problém, že otáčanie iba v rohoch nieje ideálne, ak zistíte, že oproti vám ide nepriateľ a nedá sa to zmeniť. Bola teda naviac pridaná možnosť hocikedy sa otočiť do strany, ktorá je presne oproti tej, do ktorej postava beží v danom momente.

Zavedenie výhry a prehry

Logika hry si taktiež vyžadovala stanoviť podmienky výhry a prehry. K výhre hráč potrebuje vyzbierať všetky body nachádzajúce sa na mape. Na tento účel bolo vytvorené počítadlo bodov, vsadené do pravého dolného rohu obrazovky hráča kde môže sledovať svoj postup.

Každému procedurálne vytvorenému bodu boli následne priradené skripty zaručujúce, že objekt bol po kolízií s hráčom zničený, a že sa zvýšil počet bodov na hráčovom počítadle. Ak boli vyzbierané všetky body na, mape, hráč danú úroveň hry vyhral a môže sa presunúť do ďalšej. To však znamenalo že hráčov level sa ukončil ihneď po zobratí posledného bodu. Testujúcim užívateľom, ktorý sa nesústredili na to koľko majú bodov, prišlo mätúce náhle ukončenie úrovne. Koncept bol preto prerobený tak, že po vyzbieraní všetkých bodov v bludisku sa otvorí portál v strede bludiska, ku ktorému sa hráč musí dostať, aby úroveň ukončil. Testujúci hráči poznamenali že tento prístup je lepší, keďže ich núti viac premýšľať o tom v akom poradí body zbierať a pridáva to poslednú výzvu pred ukončením úrovne.

Ukončenie hry bolo jednoznačnejšie. Akonáhle hráča chytil nepriateľ niekde v bludisku, hra sa ukončila. Bolo potrebné hráčovi oznámiť že bol chytený nepriateľom, aby si uvedomil čo sa stalo predtým ako sa úroveň ukončila.

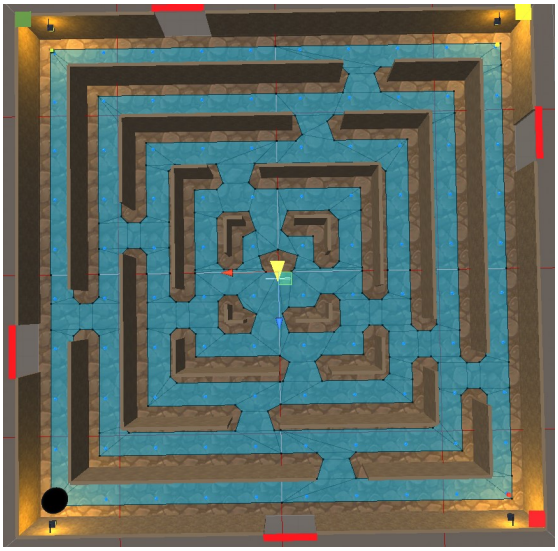
5.4 Pohyb nepriateľov v bludisku

Keď je zaručené že hráč vie vyhrať, je potrebné vytvoriť nepriateľov, ktorí mu môžu spôsobiť prehru. Do bludiska bol vložený základný modul kapsule so skriptom zaručujúcim, že ak sa ho hráč dotkol, úroveň sa mu ukončila a bolo mu oznámené že prehral. Následne je treba zabezpečiť pohyb modelu nepriateľa po bludisku.

Nepriateľ bol posúvaný po bludisko vždy v strede chodby a otáčal sa náhodne na preddefinovaných miestach, čo boli rohy bludiska a prechody medzi chodbami. Tieto miesta boli definované na presné súradnice na mape. Bolo kontrolované, či sa nepriateľove súradnice zhodnú s aspoň jednou súradnicou miesta, a že druhá súradnica je dostatočne blízko. Keďže však Unity má súradnice sveta presné na viac ako tisíciny miesta, bolo potrebné ich orezať na celé čísla, aby mohla zhoda prvej súradnice nastať. Testujúci hráči však stále pozorovali,že sa nepriateľ niekedy otočil a začal ísť tak odchýlený od jeho dráhy, nezaregistroval miesto kde sa mal otočiť a odišiel preč z mapy.

Na tento pohyb bol teda namiesto prvého prístupu využitý Navigation Mesh zakomponovaný do Unity. Tento prvok definoval automaticky miesta kde bolo možné chodiť, konkrétnym Navigation Mesh agentom. Tomuto agentovi boli definované rozmery, veľkosť krokov a strmosť plochy akou dokáže stúpať. Ked sa následne spustila tvorba navigačnej siete boli nájdené všetky miesta kde agent mohol chodiť. Následne boli z tvorby odstránené miesta, kde nechceme aby agent dokázal chodiť, ako vrchné časti stien. Steny sa však na mape generujú až pri spustení levelu a teda je navigačnú sieť vždy potrebné vytvoriť nanovo, po stanovení prechodov v bludisku. Vytvorená sieť pomedzi stenami už vygenerovaného bludiska je vykreslená na obrázku 5.3.

Po stanovení miest kadiaľ sa nepriateľ môže pohybovať, bol využitý skript z Unity Standard Assets balíčku, ktorý vie postave nastaviť cieľ presunu a k tomuto cieľu ju následne posúvať. Nastavenie toho, že nepriateľ vždy pozná hráčovu polohu a prenasleduje ho, sa ukázalo ako zlá možnosť, keďže sa nepriateľovi takmer nedalo uniknúť, ak bežal rovnakou rýchlosťou ako hráč. Použitý skript bol teda prerobený tak, aby nepriateľovi nastavoval náhodné ciele v rámci mapy, ku ktorým nepriateľ chodil. Počas toho bola kontrolovaná vzdialenosť od hráča. Ak sa nepriateľ priblížil k hráčovi, spozoroval ho a hráč mu bol nastavený ako nový cieľ. Ak sa hráč znova vzdialil nad danú vzdialenosť, nepriateľ ho prestal prenasledovať a pohyboval sa znova náhodne.



Obrázek 5.3: Reprezentácie navigačnej siete vytvorenej pre pohyb nepriateľa vo vytvorenom bludisku.

Zmena nepriateľov s obtiažnosťou

Tento druh prenasledovania hráča sa hodnotil testermi ako zaujímavý. V podkapitole 4.4 je však spomínané aj zvyšovanie obtiažnosti úrovní. Z dôvodov popísaných v časti 3.5 nebolo do mapy ľahké pridať rôzne prekážky, ktorým by sa hráč vyhýbal bez toho, aby mu prišlo nevoľno. Obtiažnosť bola teda zaručená nepriateľmi. So stúpajúcou obtiažnosťou stúpal počet nepriateľov od jedného po štyroch. Naviac bolo alternované zapínanie a vypínanie schopnosti nepriateľa zaregistrovať hráča a začať ho prenasledovať. Bolo tak vytvorených sedem úrovní obtiažnosti pričom prvá úroveň začína s jedným nepriateľom bez nasledovania, druhá úroveň má taktiež jedného nepriateľa ale už s nasledovaním. Počet nepriateľov stúpa každú druhú úroveň, pričom šiesta úroveň má štyroch nepriateľov bez nasledovania a najťažšia má znova troch s nasledovaním. Úroveň so štyrmi nepriateľmi a zapnutým prenasledovaním nie je zaradená pre príliš vysokú obtiažnosť.

5.5 Vytváranie získateľných schopností

Na pridanie variability možností hrania tvorenej hry boli pridané jednorazové schopnosti, ktoré vie hráč získať na určitom mieste na mape. Tieto schopnosti má hráč možnosť jeden kráť po získaní použiť, pokým nevyzdvihne inú schopnosť alebo úroveň neskončí. Boli vybrané štyri častejšie v hrách využívané schopnosti, ktoré by dobre ukázali možnosti Gear VR. Tieto schopnosti boli rozložené do rohov mapy a označené ich príslušnými ikonami, ktoré sa hráčovi po zobratí schopnosti objavia v rohu obrazovky.

Teleportácia

Jedna z vybraných schopností je schopnosť teleportácie, často používaná s rôznymi obmenami v mnohých hrách. Táto schopnosť má hráča preniesť na iné miesto ako je to, na ktorom stojí pri jej použití. Prenesenie sa na náhodné miesto by bolo mätúce, a portály naviazané na konkrétne miesta sú už v hre implementované. Bola teda vybraná teleportácia

na krátku vzdialenosť. Hráč sa môže teleportovať na miesto ktoré vidí, čo mu môže pomôcť pri utekaní od nepriateľa, alebo jednoducho na rýchlejší pohyb po mape.

Na to aby sa hráč vyznal kam sa bude premiestňovať, je potrebné mu to vyznačiť. Smerom, ktorým sa hráč pozerá sa objaví identifikátor presne na mieste, kde by sa použitím schopnosti premiestnil. Pre jednoduchosť používania je zvolená statická vzdialenosť, o ktorú sa v danom smere hráč premiestni. Problém, ktorý to spôsobovalo, bol že sa hráč mohol premiestniť mimo mapy alebo cez stenu bludiska. Vzdialenosť bola teda upravená tak, aby bola taká ako je zvolená ak nie je v ceste stena, v prípade že je identifikátor sa zobrazí $1,5\,\mathrm{m}$ pred stenou a hráč je prenesený iba na toto miesto.

Aj s jednoznačným označením miesta kde sa hráč po teleportácií objaví, však testujúci užívatelia mali stále problém. Vraveli, že si nie sú istý kam a kedy sa presne preniesli, keďže nie je ľahké za behu rozoznať zmenu miesta v bludisku. Bolo teda potrebné hráča preniesť na dané miesto inak ako iba zmenou jeho pozície. Zvolená možnosť bola prenesenia hráča celou dráhou teleportácie, pričom ideálna rýchlosť a vizuálne efekty boli vybrané na základe testov popísaných v kapitole 6. Teleportácia je však stále instantná, napriek tomu že je hráč prenášaný určitý čas. Je teda potrebné zastaviť pohyb všetkých nepriateľov a vypnúť možnosť kolízie hráča a nepriateľa aby sa hráč mohol preniesť cez nepriateľa. To zariadi že teleporácia sa stále javí ako instantný jav, napriek tomu že ubehne určitý čas, kým hráč príde na miesto.

Priťahovanie bodov

Priťahovanie objektov, ktoré v hre hráč zbiera je taktiež schopnosť používaná vo viacerých populárnych hrách. Jedná sa o nastavenie vzdialenosti, pri ktorej sa zbieraný objekt zničí a hráčovi sa pripíše bod, na väčšiu vzdialenosť ako dosiahne jeho postava. Avšak pri jednoduchom prestavení tejto vzdialenosti, testujúci hráči vraveli, že nevedia na akú vzdialenosť body zbierajú a keď sa body zničia vyzerá to ako chyba. Vzdialenosť od hráča, pri ktorej sa zoberie objekt, bola teda ponechaná na šírku jeho postavy a bol vytvorený útvar na zobrazovanie toho, ako ďaleko táto schopnosť dosiahne. Akonáhle objekt bodu prešiel týmto útvarom začal letieť smerom ku hráčovi, s ktorým keď kolidoval tak bol zničený a hráčovi bol zvýšený počet bodov. Design tohto útvaru a efektov pri tejto schopnosti je popísaný v podkapitole 5.7.

Streľba

Streľba je tak populárna, že existuje veľké množstvo hier zamerané iba na ňu. Táto skupina hier sa volá First Person Shooter (FPS) hry a väčšinou používa moderné strelné zbrane. Streľba pre túto hru bola vybratá z dôvodu poskytnutia aj iného riešenia stretu s nepriateľom ako útek. Hráčovi pri strieľaní treba poskytnúť mierenie, aby vedel kam jeho projektil poletí. Vo virtuálnej realite, kde hráč môže mať rôzne ovládacie zariadenia, mierenie môže predstavovať problém. Pre imerziu do virtuálnej reality je vhodné vždy na mierenie využiť zariadenie, ktoré bude hráč očakávať. Ak má teda hráč v ruke ovládač, je potrebná strieľať tam kde mieri ním, ak ovládač nemá je potrebné mieriť kam sa pozerá. Avšak pridaním ovládaču by sa vizuálne nemalo miesto odkiaľ strieľa presunúť, a preto aj keď je mierené okuliarmi je potrebná strieľať z oblasti hráčovej ruky.

Na hráčoch boli testované rôzne možnosti mierenia strely. Ako prvé bolo otestované zameriavanie pomocou pridania malého krížiku do stredu obrazovky hráča, podobne ako v mnohých iných strelných hrách. Z výsledkov bolo zrejmé, že táto možnosť nefunguje pre hráčov, ktorí majú ovládač a nemieria vždy do stredu obrazovky. Niektorí testujúci hráči

taktiež spozorovali, že strela vystrelená z oblasti ruky môže po ceste naraziť na objekt, ktorý sa nenachádza medzi hráčovou kamerou a miestom kam miery, ale medzi daným miestom a jeho rukou.

Následne bol testovaný ďalší používaný prístup a to zobraziť červenú bodku, akoby bol na zbrani pripojený laser. Hráčovi teda bolo ukázané kam narazí vystrelený projektil, čím bolo možné vidieť, či sa nachádza niečo v ceste strely. V prípade že mal hráč ovládač, bola červená bodka pomocou Raycast metódy v Unity zobrazená tam, kadiaľ ukazoval ovládač. V prípade okuliarov bol lúč vrhnutý smerom na bod kam sa hráč pozeral a laserový bod bol zobrazený tam kde lúč narazil. To však znamenalo že ak má hráč iba okuliare a červený bod sa mu nezobrazí v strede musí začať zisťovať ako sa pohnúť aby mu nič neprekážalo, čo môže byť ťažké, ak nevie kadiaľ lúč ide.

Ako finálne nastavenie mierenia bol použitý prístup častejšie používaný v hrách, ktoré majú projektily s inou ako rovnou trajektóriou, a to je zobraziť celú dráhu projektilu. Bol teda vytvorený objekt, vychádzajúci od ruky postavy, ktorý presne ukazoval dráhu letu projektilu. Mierenie fungovalo ako pri predošlom spôsobe, pričom tu bolo lepšie vidieť ako je potrebné sa postaviť aby projektil letel tam, kam hráč mieni.

Po vytvorení adekvátneho systému na mierenie bol vytvorený aj objekt pre projektil, ktorý bol vždy po vystrelení presunutý medzi počiatočným bodom v ruke a bodom kam hráč mieril. V tomto bode bol projektil zničený a ak mal objekt, do ktorého projektil narazil, na náraz reagovať, bola spustená zodpovedajúca metóda, ktorá objekt na desať sekúnd zničila. Následne boli pridané efekty a zmenený výzor projektilu tak, ako je popísané v podkapitole 5.7.

Zrýchlený pohyb

Schopnosť zrýchleného pohybu je často využívaná vo veľkom množstve hier. Keďže bude vo vytváranej hre hráč utekať bludiskom, táto schopnosť je ideálna na uniknutie nepriateľovi. Zvýšenie rýchlosti bolo implementované na obmedzený čas, ktorý hráč mohol míňať ako uvážil, stlačením tlačidla na aktiváciu schopnosti. Pri testovaní však užívatelia po použití zrýchenia často pociťovali simulačnú nevoľnosť. Keďže vysoká rýchlosť pohybu značne prispieva ku simulačnej nevoľnosti [15], bolo rozhodnuté, že táto schopnosť bude z hry vynechaná.

5.6 Design výzoru hry

Výzor hry je často skoro tak dôležitý pre hráčov ako hra samotná. Je mu potrebné venovať rovnako veľa práce ako návrhu a programovaniu hry. Design však žiada úplne odlišný druh zručností ako programovanie. Z toho dôvodu sú často na tieto odvetvia hry zamestnávané dva rozličné tímy ľudí. V tejto podkapitole bude popísaný proces designu hry, tvorenej v tejto práci, viac z technického hľadiska ako estetického. Sú popísané dôvody pre zvolenie konkrétnych prvkov, vzhľadu objektov, ako aj ich dopad na technickú časť aplikácie.

Výzor bludiska

Bludisko, ktoré, ako je popísané v podkapitole 5.2, sa tvorí procedurálne na začiatku každej hry sa skladá zo stien a podlahy. Steny bludiska sú vytvorené z kvádrov keďže sú to najjednoduchšie objekty využiteľné ako steny. Podlahu mapy je potrebné vidieť iba z jednej strany a preto je dostačujúci objekt štvorec (quad). Hra bola testovaná aj s komplikova-

nejšími modelmi reprezentujúcimi steny, avšak testované modely niekedy nezvládal telefón vložený do Gear VR vykresľovať. Ideálne by boli kvalitné komplexnejšie vyzerajúce málo polygónové modely stien, ktoré by na seba naväzovali pri náhodnom poradí modelov vedľa seba. Takéto modely neboli nájdené bez toho, aby ich bolo potrebné zakúpiť. Rovnako tvorba takýchto modelov nie je banálna, ani jednoduchá záležitosť bez skúseností v 3D modelovaní.

Na modely stien a podlahy boli nasledovne dané textúry pripomínajúce pieskovcové kamene. Tieto textúry sú spravené ako dlaždice čo znamená že na seba navdäzujú ak sú opakované vedľa seba. Vďaka tomu nie je možné vidieť, kde sú vedľa seba ležiace steny predelené. Aby však steny neboli prázdne, na niektoré miesta boli vložené málo polygónové modely lampášov, ktoré je možné vidieť na obrázku 5.4. Tieto modely majú na častiach lampášu, ktoré sú drevené alebo kovové normálne farby. Na časti lampášu, ktorá predstavuje sklo so svetlom je daná farba, ktorej v Unity bola nastavená emisná zložka. To znamená že pri pohľade na danú farbu to vyzerá ako by vyžarovala svetlo ale napriek tomu žiadne svetlo na objekty okolo seba nevrhá. Lampáš na pohlaď tak vyzerá ako keby svietil. Keďže táto farba reálne svetlo nevyžaruje, bolo ako svetlo naviac vložené do modelu lampášu bodové svetlo viac popísané v časti 5.6 nižšie.

Pre objekty bodov rozložené po bludisku boli zvolené modely gule, ktorým bol pridaný materiál vytvorený v Unity. Tento materiál zobrazoval každú guľu bledomodrej farby, pričom jej bola taktiež pridaná priehľadnosť a odlesk, aby jej povrch pripomínal sklo. Priehľadnosť bola nastavená iba mierna aby sa pri hre nemusel počítať lom svetla a podobné javy spôsobené priehľadnosťou telesa, pre všetky body v scéne. Následne bola všetkým bodom bodom pridaná emisná zložka farby, vďaka ktorej svietili skoro nepostrehnuteľné na modro. Dôvod pridania tejto zložky bol taký, že ak objekt má túto emisnú zložku, tak pri používaní post-precesingového efektu, zvaného light bloom je zachytená táto žiara a znásobená. Pri použití farby bez vyžarovania by tento efekt, správne nastavený, nemal na objekt žiadny vplyv. Objekty boli pomocou Unity nastavené tak, aby boli zaznamenávané ich kolízie pomocou komponenty s názvom Rigidbody. Následne bolo potrebné vypnúť všetku simuláciu fyziky, čo táto komponenta zaručuje, aby objekty bodov mohli lietať v priestore. Potom boli otestované tri rôzne umiestnenia bodov, z ktorých bolo umiestnenie vo výške brucha postavy hráčom najprívetivejšie. Ostatné dve pozície, vo výške hlavy a vo výške pásu, nepôsobili pre hráčov prirodzene.

Obrázek 5.4: Nízko polygónový model lampášu pridaný do bludiska. Autorom tohoto modelu je Paulo Soucheff.

Výzor nepriateľov

Virtuálna realita je výhodná v tom že hráča presvedčí že sa nachádza v inom svete, a že veci okolo neho môžu byť reálne. Preto i model veľkej bielej kapsule, na ktorom bolo vyvíjané správanie nepriateľa, vyzeral impozantne, ak sa počas hry vynoril pred hráčom. Bolo preto rozhodnuté že nepriateľ by mal byť väčší ako je postava hráča. Keďže by bolo obtiažne pre Gear VR zobrazovať nepriateľov ako detailnejšie modely, bol zvolený výzor čiernej hmly, ktorý je možné vidieť na obrázku 5.5. Tento výzor používa generátor častíc na generovanie výzoru dymu alebo hmly. Počet častíc je obmedzený tak, aby ich vždy bol dostatočný počet na dosiahnutie efektu, ale aby nemali dopad na výpočtový čas. Častice sú nastavené tak, že počas svojho života sa pohybujú náhodným smerom, zväčšujú sa po istú veľkosť a následne sa zmenšujú pokým nezaniknú. Tento počet častíc osamote však nie je dostatočný aby model hmly vyzeral stále plný. Do stredu generátoru častíc je teda naviac vložený čierne zafarbený model gule a to preto, aby stred nepriateľa bol vždy tmavý.

Obrázek 5.5: Výzor nepriateľa, ktorý prenasleduje hráča po bludisku.

Výzor hráča

Keď sa hráč v hre pozrie dole, očakáva že bude vidieť seba alebo nejaký druh postavy stáť na mieste kde je jeho telo. Do vyvíjanej hry teda mal byť vložený model postavy, ktorý by hráča predstavoval. Na toto bol prvotne zvolený model poskytnutý od Unity menom Ethan. Bola mu pridaná textúra ako aj animácie behu a státia podľa toho, čo sa dialo v hre. Tento model však mal hlavu čo je vo virtuálnej realite problém, keďže vložením modelu hráč videl časti hlavy vznášajúce sa v jeho zornom poli. Naviac keď sa začala animácia behu, tieto časti modelu sa začali pohybovať a boli veľmi rušivé. Kamera a model museli byť teda pohnuté a nastavené tak aby pri státí a behu, časti hlavy modelu nepresahovali pred kameru. Model Ethana musel byť $30\,cm$ za oblasťou postavy pri behu, a pri státí $10\,cm$. Pre hráčov to bolo skoro nepostrehnuteľné avšak znamenalo to že model je ťažšie otáčať, keďže musel byť posunutý vždy druhou stranou ako bola tá, kam sa hráč pozeral. Taktiež sa nedalo jednoducho využiť animácie pre zatáčanie modelu, preto že tieto animácie sú zväčša naviazané na ovládacie prvky hry. V tomto prípade bolo len otáčanie užívateľovej hlavy.

Následne bol tento model testovaný na zariadení Gear VR. Z testovania bolo nanešťastie zrejmé že, toto zariadenie tento animovaný model nedokáže vykresliť. Ako je možné vidieť na obrázku 5.6 vykresľovali sa rôzne časti modelu avšak model nikdy nebol v každom snímku vykreslený celý. Bol hľadaný alternatívny model s nízkym obsahom polygónov, avšak nebol nájdený žiadny voľne dostupný model človeka, ktorý by bol pre hru designovo použiteľný. Hra bola teda ponechaná bez modelu znázorňujúceho hráča.

Obrázek 5.6: Nedokonalé vykresľovanie animovaného modelu na mobilnom zariadení Samsung Galaxy Note 8 vsadenom v Gear VR

Osvetlenie

Osvetlenie sveta virtuálnej reality môže mať obrovský dopad na pocit, ktorý z nej bude hráč mať. Keďže užívateľ, používajúci virtuálnu realitu, narozdiel od používania počítača, nevidí nič okrem vytvorenej aplikácie, je možné napríklad uvedením prítmia alebo jasného svetla zo slnka vyvolať v hráčovi pocit neistoty alebo pohodlia. Pre tvorenú hru teda bolo zvolené šero nastavením globálneho osvetlenia na hodnotu, pri ktorej bol virtuálny svet tmavší, ale dali sa stále jednoducho rozoznávať detaily objektov v scéne. Avšak rovnaké svetlo v celej scéne bude po istom čase hráčom podvedomo ignorované a nebude vnímané. Po scéne sú teda rozmiestnené lampáše na stenách, ktoré vyžarujú svetlo a je teda na pohľad ľahké porovnať aká je tma v miestach kde lampáše nie sú. Spomenuté lampáše majú dovnútra vsadené bodové zdroje svetla, pre ktoré je nastavená intenzita a dosah tak aby vyzerali uveriteľné a zároveň neosvecovali celú chodbu, v ktorej sa nachádzajú.

Pre virtuálnu realitu na mobilných zariadeniach však môže mať osvetlenie veľký výpočtový dopad, obyvlášť ak je nastavené na dynamické osvetľovanie a dynamickú tvorbu tieňov. Ako je však spomínané v podkapitole 5.2, o generovaní mapy, steny a objekty bodov v tejto hre sú generované až za behu aplikácie. Nie je teda možné použiť takzvané Baked-In (vpečené) osvetlenie, ktoré sa vygeneruje pri tvorbe scény a za behu sa jednoducho vloží ako svetelná mapa. Musia byť pri svetlách použitých v hre povolené dynamické tiene aj osvetľovanie aby svetlo fungovalo správne. Podla úrovne detailov nastavených pre konkrétne zariadenie sa však vypína a zapína vrhanie tieňov niektorých objektov ako sa aj mení vzdialenosť od kamery, pri ktorej sa začnú tiene zobrazovať.

5.7 Vizuálne efekty pri použití schopností

Veľká časť zamerania tejto práce je zisťovanie aké vizuálne efekty sú ideálne pre virtuálnu realitu na slabších zariadeniach, ako napríklad Gear VR. Táto podkapitola popisuje výber techník a prvkov, na tvorenie efektov pre jednorázové schopnosti implementované v hre, ktoré by mali na rýchlosť výpočtu hry minimálny dopad a zároveň vyzerali esteticky. Taktiež bolo brané do úvahy to, že každý vizuálny efekt sprevádzajúci konkrétnu schopnosť musí hráčovi dobre znázorňovať čo táto schopnosť robí a zabrániť tomu, aby hráč ostal dezorientovaný, alebo v pomykove. Konkrétne nastavenia vybraných efektov pre ideálny priebeh hry boli následne zisťované podrobným testovaním popísaným v kapitole 6. Záťaž mobilného zariadenie nevie Unity monitorovať. Na testovanie boli teda využitý užívatelia, ktorých úlohou bolo zistiť a zaznamenať či a kedy nastáva zhoršenie kvality hry.

Teleportácia

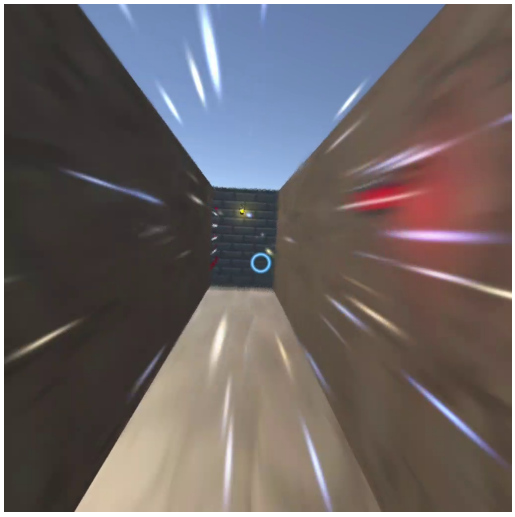
Ako prvý bol vyvíjaný efekt pre schopnosť teleportácie na krátku vzdialenosť. Efekty, vybrané pre túto hru boli inšpirované analýzou z podkapitoly 2.5. Boli testované efekty z Unity Asset Store, ktoré bolo možné stiahnuť a využiť. Jeden z týchto balíkov efektov bol Sci-Fi Effects od FORGE3D, ktorý ponúka veľké množstvo rôznych efektov fungujúcich na počítači, ako aj na mobilných zariadeniach. Boli použité efekty ako Warp Jump a Fading Debris Field obsiahnuté v tomto balíku. Aj keď fungovali dobre v Unity editore, na mobilnom zariadení vykresľujúcom scénu pre virtuálnu realitu bolo poznať nedostatok výkonu. Testujúci užívatelia taktiež spozorovali že použitím schopnosti opätovne, keď už jej efekty boli zapnuté, sa aplikácia vypla. Bolo preto potrebné nájsť alternatívu menej zaťažujúcu výkon.

Následne bolo vyskúšané používanie balíka Post Processing Stack, ktorý poskytuje Unity. Tento balík zahŕňa možnosť využívania rôznych klasických post-procesingových efektov, ktoré sa uplatnia na konkrétnu kameru. Aj keď tieto efekty neboli vizuálne tak okúzľujúce, ako tie testované skôr, dá sa pomocou viacerých efektov naraz dosiahnuť dobre vyzerajúci efekt teleportácie. Niekoľko týchto efektov bolo otestovaných na Gear VR zariadení, pričom nebol pozorovaný žiadny pokles vo výkone. Navyše sa nedalo spustiť viacero tých istých efektov naraz, čo zabránilo pádu aplikácie, keďže na kamere bol daný iba jeden post-procesingový profil, ktorý bol upravovaný podla požadovaných efektov.

Keď bolo zhodnotené, že tieto efekty sú výhodné použiť z ohľadu výpočetného dopadu, začalo sa hľadať efekty vizuálne čo najestetickejšie. Tieto efekty taktiež mali užívateľovi objasniť že sa pohol dopredu vysokou rýchlosťou. Boli vybraté efekty Light Bloom, Motion Blur a Chromatic Aberration. Efekt Light Bloom, ktorý je možné vidieť na obrázku 5.8, zvýši intenzitu svetlám v obraze a následne ich zjemní. Efekt Motion Blur pri vyššej rýchlosti pohybu rozmazáva objekty, ako je vidieť na obrázku 5.9. Nakoniec efekt Chromatic Aberration simuluje, ako jeho meno naznačuje, chromatickú aberáciu, ktorá normálne nastáva keď sa rôzne vlnové dĺžky svetla inak lámu cez šošovku. Tento efekt s vysokou intenzitou je viditeľný na obrázku 5.10.

Keď hráč stlačí touchpad pre spustenie schopnosti, zobrazí sa mu identifikátor miesta kam sa teleportuje. Ak následne potiahne prstom do nejakej strany hráč zastaví a najprv pomaly nastupuje chromatická aberácia a Light Bloom efekt. Následne je zapnutý aj efekt rozmazania hýbajúcich sa objektov a hráč je rýchlo prenesený na cieľové miesto, kde sa znova rozbehne. Po rozbehnutí chromatická aberácia a intenzita svetla pomaly ustupujú. Následne bol pre väčšie znázornenie pohybu pridaný efekt vygenerovaných častíc letiacich oproti a okolo užívateľa.

Obrázek 5.7: Ukážka obrazu bez pridaných efektov.

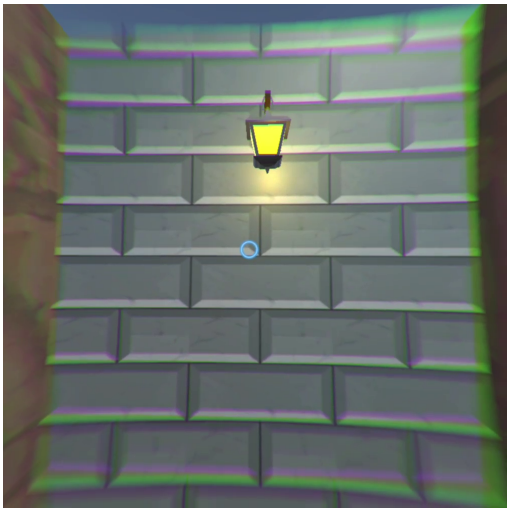


Obrázek 5.8: Efekt Motion Blur, ktorý pri teleportácií vyššou rýchlosťou rozmazáva okolie.

Priťahovanie bodov

Pri tvorbe efektu na priťahovanie objektov reprezentujúcich body bol znova využitý balík Post Processing Stack, ktorého efektívnosť už bola otestovaná. Efekt Light Bloom a efekt

Obrázek 5.9: Efekt Light Bloom používaný pri schopnosti teleportácie a priťahovania objektov.



Obrázek 5.10: Efekt chromatickej aberácie používaný pri schopnosti teleportácie a priťahovania objektov.

chromatickej aberácie boli využité avšak inak ako pri efekte teleportácie. Pri stlačení Gear VR touchpadu sa spustí efekt chromatickej aberácie s vyššou intenzitou ako pri schopnosti teleportácie. Tento efekt slúži však len na zobrazenie pripravenia na použitie schopnosti. Akonáhle hráč na touchpade prstom potiahne, efekt sa zmierni a zapne sa aj efekt Light Bloom. Pri spustení schopnosti sa taktiež objaví okolo hráča kopula, spomínaná v podkapitole 5.5, ktorá začne narastať smerom od hráča. Kopula zdvihnutá okolo hráča je deformovaná na výzor skla vo vitráži, pomocou shaderu dostupného v Unity balíčkoch. Tomuto shaderu boli dané normály, ktoré odpovedajú miernemu zvlneniu skla vo vitráži a následne nastavená intenzita, s ktorou ich použije. To spôsobí že je pozeranie cez kopulu sťažené, avšak stále jednoduché. Kopula je priehľadná a sfarbená do červena. Toto zmierňuje svietivosť bodov, ktoré sú vonku z kopule, ale akonáhle vojdu dovnútra, Light Bloom efekt spôsobí, že začnú žiariť viac pri tom, ako letia ku hráčovi. Po desiatich sekundách schopnosť skončí, efekty sa vypnú a kopula zmizne.

Streľba

Na schopnosť streľby nie sú vhodné žiadne post-procesingové efekty. Pri tejto schopnosti je hlavný výzor zbrane alebo projektilu, ktoré sú používané. Prvotne bol používaný malý jednoduchý model zbrane, strieľajúci dlhý svietiaci projektil. Avšak pri testovaní sa viacero užívateľov zhodlo, že by bolo dobré to vylepšiť. Bol teda vytvorený nový model s novým systémom pre zobrazenie streľby. Pri stlačení touchpadu na Gear VR sa hráčovi v ruke objaví disk, ktorý začne rotovať. Rotovanie disku sa zrýchľuje až po istú hranicu. Keď hráč potiahne prstom tak disk vyletí smerom, ktorým mieril a zanecháva za sebou pomaly miznúce žlté častice. Tieto častice sú generované generátorom častíc pripojeným na letiaci disk a počas svojho života pomaly klesajú k zemi.

5.8 Grafické užívateľské rozhranie

Každá hra potrebuje užívateľské rozhranie, aby mohla byť aspoň zapnutá, vypnutá alebo nastavená. Hry vo virtuálnej realite nie sú výnimkou. Po načítaní aplikácie sa užívateľ objaví v scéne, kde je iba skybox a menu z ktorého si vie vybrať čo chce v aplikácií robiť. Najväčším tlačidlom z tohoto výberu je tlačidlo ktoré spustí hráčovi novú hru. Následne sú na výber aj tlačidlá, kde si môže užívateľ, vybrať obtiažnosť úrovne, na ktorej chce začať alebo tlačidlo nastavení aplikácie, kde si môže nakonfigurovať efekty a iné súčasti hry. Taktiež sa tu nachádza aj tlačidlo pre ukončenie hry. Všetky prvky grafického rozhrania sú tmavočervenej farby a zároveň mierne priehľadné.

V Unity je pre užívateľské rozhranie potrebné vytvoriť Canvas objekt, ktorý prvky rozhrania uchová. Tento objekt je často nastavený na rozlíšenie konkrétnej kamery a je na ňu naviazaný. To však vo virtuálnej realite nefunguje keďže kamery sú dve a ak by sa pri otočení hráča otáčalo aj celé užívateľské rozhranie, nebolo by možné pohľadom zamieriť na žiadny prvok. Tento Canvas objekt je teda potrebné vložiť do priestoru tak, aby stál na mieste keď sa užívateľ otáča. To dovoľuje zo stredu obrazovky užívateľa vyslať lúč, ktorý zobrazí na objekte indikátor. Tento indikátor môže užívateľ posúvať podla toho kam sa pozerá a keď zastaví na konkrétnom objekte, môže stlačiť Gear VR touchpad aby ho zvolil.

Naviazanie užívateľského rozhrania na Gear VR ovládač

Problém nastáva keď má užívateľ ovládač pre Gear VR. Canvas objekt v Unity má vždy referenciu na jeden objekt, od ktorého príma udalosti, ako pohyb kurzoru alebo kliknutia. Museli byť teda prepísané skripty, tak aby po pripojení a detekcii ovládača, aplikácia vybrala správny objekt ovládača a vložila referenciu na neho do objektu rozhrania. Pri spustení aplikácie je štandardne užívateľské rozhranie naviazané na okuliare užívateľa, keďže nie každý má ovládač. Akonáhle sa ovládač deteguje, tak sa vedľa užívateľa zobrazí jeho model a užívateľské rozhranie odvtedy reaguje na to kam užívateľ ukazuje.

Kapitola 6

Testovanie vizuálnych efektov schopností vo virtuálnej realite

Ako bolo už spomenuté, v tejto práci bol kladený veľký dôraz na nájdenie technológií a nastavení pre ideálne vizuálne efekty na zariadenia ako Gear VR. Po implementovaní fungovania jednorázových schopností a vybratia efektov s minimálnym dopadom na výpočtový výkon, boli otestované tieto nastavenia. Užívatelia si mali vybrať efekty tak, aby boli podľa nich esteticky čo najprívetivejšie a zároveň aby im vo virtuálnej realite neprekážali.

6.1 Testovacie prostredie

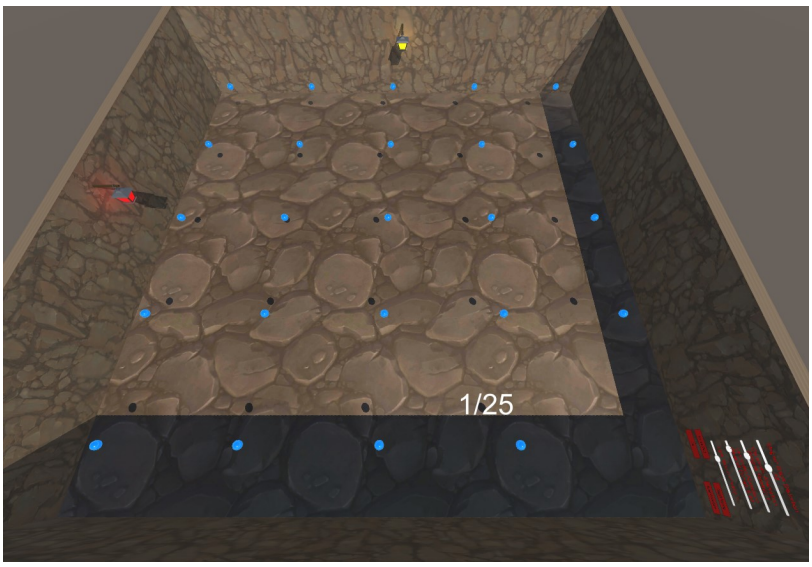
V aplikácií bolo pre testovanie vytvorené prostredie, kde bolo možné opakovane používať jednorázové schopnosti a dalo sa meniť nastavenia ich efektov. Pre schopnosť teleportácie bola vytvorená chodba presne o dĺžke, o ktorú sa vie hráč teleportovať, pričom je vypnuté pohybovanie hráča. Do chodby boli vsadené lampáše aby bolo možné vidieť Light Bloom efekt a na pravej stene bolo užívateľské rozhranie, ako je možné vidieť na obrázku 6.1. Rozhranie na nastavovanie efektov pozostáva zväčša s posuvníkov, ktorými si hráč vybral intenzitu efektu. Prípadným nastavením intenzity efektu na nulu hráč efekt vypol. Hráč taktiež mohol tlačidlom zapnúť efekty uplatnené pri teleportácií aj mimo tejto schopnosti a vyskúšať čo robia.

Z testovacej oblasti pre teleportovanie sa dá stlačením tlačidla prejsť do oblasti na testovanie strieľania. Táto oblasť pozostáva z dvoch kratších chodieb a jednej dlhšej. Pohyb hráča tu je taktiež zastavený ako aj pohyb nepriateľov, ktorý stoja na konci každej chodby. V strede chodieb stojí hráč a má pri sebe užívateľské rozhranie, na ktorom môže voliť rýchlosť letu projektilu, výzor projektilu a či je zapnutý generátor častíc na projektile. Následne si hráč môže neobmedzene skúšať schopnosť strieľania, či už s ovládačom alebo bez. Vždy keď zasiahne nepriateľa, tak ako v hre, nepriateľ zmizne na desať sekúnd.

Následne sa dá prejsť do oblasti pre testovanie schopnosti priťahovania bodov. Táto oblasť je väčšia miestnosť, kde hráč stojí pri užívateľskom rozhraní v rohu a ostatok miestnosti je vyplnený objektami reprezentujúcimi body. Túto miestnosť je možné vidieť na obrázku 6.2. Pri nastavovaní si hráč vie vybrať intenzitu s akou sú použité normály vitráže na zvlnenie priehľadnej kopule, ktorá sa okolo neho vztýči. Rovnako si vie meniť aj intenzitu chromatickej aberácie pri pripravení schopnosti aj pri spustení. Rovnako sa dá nastaviť aj intenzita Light Bloom efektu a dá sa spustiť pohyb hráča. Ako náhle sa hráč začne hýbať,

môže aktivovať schopnosť a zbierať body v miestnosti. Po vyzbieraní všetkých bodov ich môže tlačidlom obnoviť.

Obrázek 6.1: Ukážka užívateľského rozhrania zobrazeného v chodbe testovacieho prostredia pre efekt teleportácie.



Obrázek 6.2: Priestor na testovanie schopnosti priťahovania objektov.

6.2 Priebeh testovania

Testovanie aplikácie tvorenej v tejto práci bolo obtiažne. Hlavným dôvodom bola skutočnosť že nebol nájdený nikto iný kto by vlastnil zariadenie Gear VR, na ktorom celá aplikácia fungovala. Bolo teda potrebné každému užívateľovi po jednom poskytnúť zariadenie prepožičané od FIT VUT v Brne. To však uľahčovalo proces vypĺňania formulára, ktorý bol umiestnený do prílohy tejto práce, keďže osamote je nepraktické po každej otázke skladať

z hlavy zariadenie Gear VR, aby mohlo byť na otázku odpovedané. Bolo teda ľahšie vypĺňať dotazník za základe slovných odpovedí od užívateľa počas toho ako používal aplikáciu.

Ako prvé boli testujúci užívatelia požiadaný o nájdenie najlepších nastavení pre efekty spúšťajúce sa pri schopnosti teleportácie. Následne užívatelia testovali efekty pri schopnosti strieľania a priťahovania objektov. Počas toho, ako nastavovali schopnosti, im boli kladené otázky z dotazníka a ich odpovede pre ideálne nastavenia boli zaznamenané. Nakoniec boli požiadaní aby si zahrali hru, ktorá bola v tejto práci tvorená a vyskúšali vybrané nastavenia efektov v nej. Po tom čo užívatelia dohrali im bola položená otázka či by nejaké nastavenia chceli zmeniť a otázky ohľadom aspektov hry ako sú výzor nepriateľov, pozícia hráčovej mapy, systém otáčania a podobne.

6.3 Výsledky testovania

Výsledky týkajúce sa estetickej stránky testovania sú subjektívne a teda je v nich veľká variabilita. Avšak pri výsledkoch viac súvisiacich s použiteľnosťou vo virtuálnej realite a simulačnou nevoľnosťou sú výsledky jednoznačnejšie. Odpovede na výber typu teleporácie medzi instantnou a teleportáciou kde bol hráč posunutý po celej trase sú jednoznačné. Užívatelia si radšej volili teleportáciu posuvom. Rozhodnutie bolo odôvodnené tým, že sa im tak ľahšie orientovalo po skončení teleportácie. Z odovzdaných formulárov rovnako vyplýva, že užívatelia, ktorý si zvolili instantnú teleportáciu tak urobili kvôli tomu, že mávajú problémy s nevoľnosťou vo virtuálnej realite.

Z odpovedí je rovnako možné zistiť, že nikomu nebolo príjemné používanie postupného zrýchlenia pri pohybe teleportácie. Tento fakt nie je prekvapujúci, keďže teória s ním súvisiaca bola popísaná v kapitole 3.5. Simulovanie rozbehu pomocou pomalého nástupu chromatickej aberácie pred teleportom nebolo ani raz zvolené ako nechcené. Rozloženie výberu intenzity chromatickej aberácie je rôzne, pričom najviac užívateľov vyberá strednú hodnotu, kde aberácia nebola príliš obťažujúca, ale stále viditeľná. Na rozdiel od toho, efekt rozmazávania pri pohybe bol často volený ako vypnutý alebo s nízkou hodnotou. Je to z toho dôvodu, že aj keď môže rozmazanie okolia vyzerať dobre na počítačovej obrazovke, pri bežnom pozeraní nie je naň človek zvyknutý. Vo virtuálnej realite teda môže spôsobovať problémy.

Odpovede na nastavenia efektu light bloom poukazujú na to, že tento efekt nemá na pocit z virtuálnej reality skoro žiadny vplyv a je preto čisto estetický. Väčšina užívateľov pre tento efekt volila rôzne intenzity podla ich preferencie, veľký podiel odpovedí však bol zoskupený okolo strednej hodnoty. Podobne aj pri otázke na použitie časticového efektu svetiel letiacich okolo hráča výsledky približne rovnaké pre odpovede pre aj proti. Tieto efekty majú teda počiatočné nastavenia ale je ich možné meniť podla preferencie hráča.

Pri voľbe rýchlosti akou poletí projektil pri strieľaní bola taktiež veľká variabilita. Odpovede sa však znova sústreďovali okolo strednej hodnoty. Odpovedané hodnoty teda boli spriemerované a podľa nich bola nastavená rýchlosť projektilu. Bolo možné pozorovať, že prvý design vizualizácie strieľania nebol to čo si hráči predstavovali. Väčšina odpovedí naznačuje ze záblesk pri výstrele nie je potrebný a že pri streľbe je preferované vidieť letiaci projektil. Rovnako je naznačené že je lepšie ak projektil nesie dobre vyzerajúci generátor častíc. Pôvodný design zbrane bol teda zmenený na design letiaceho disku. Oba designy sú popísané v podkapitole 5.7.

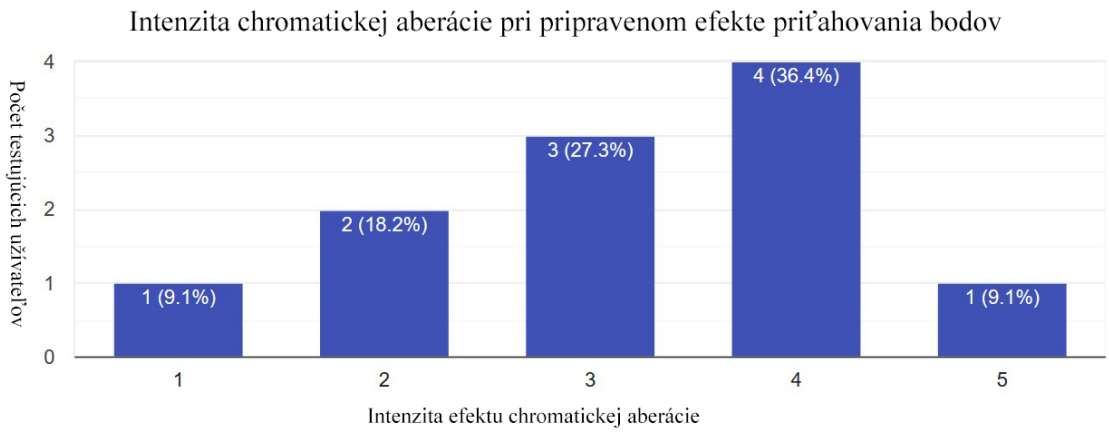
Pri testovaní schopnosti priťahovania bolo zrejmé, že efekt deformácie kopule je pomerne obľúbený a jeho ideálne nastavenia boli okolo hodnôt sedem až desať. To znamenalo, že sa obraz prechádzajúci cez kopulu mal deformovať veľkosťou 70 % − 100 % zo zada-

ných normál. Sfarbenie kopule bolo taktiež iba estetickým prvkom, pri ktorom sa odpovede často líšili. Veľa užívateľov bolo však spokojných so základnou červenou farbou a tá tam bola z toho dôvodu ponechaná.

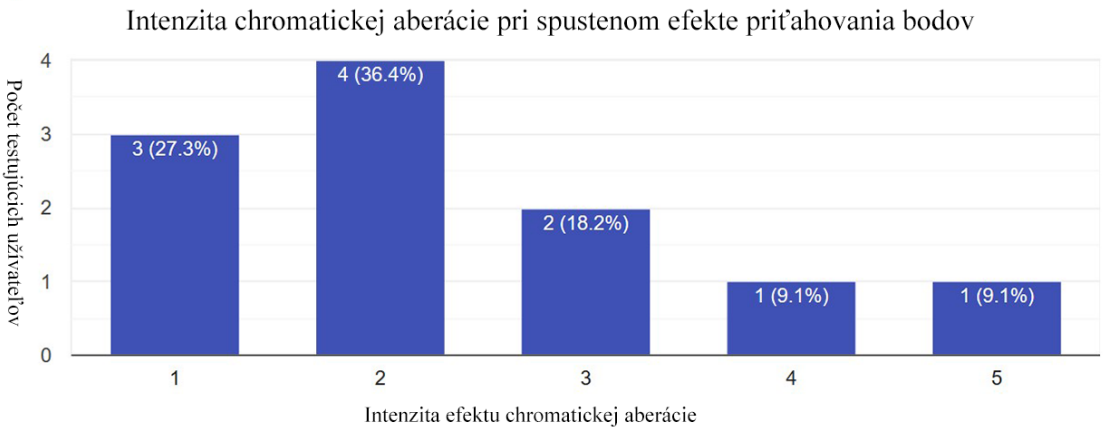
Z grafov 6.3 a 6.4, znázorňujúcich odpovede pre použitie chromatickej aberácie, pred a počas schopnosti priťahovania, je možné vyčítať, že v krátkej chvíli pred schopnosťou boli užívatelia spokojný s väčšou hodnotou intenzity. Avšak počas desať sekundového trvania schopnosti si radšej zvolili nižšie hodnoty.

Jedna z posledných otázok dotazníku bola či užívatelia pociťujú nevoľnosť vo virtuálnej realite a či ju pociťujú pri hraní vytvorenej hry s ich nastaveniami. 86% užívateľov odpovedala na obe otázky rovnako, avšak 14% užívateľov zaznačilo že vďaka vlastným nastaveniam efektov, pri schopnostiach ako teleportácia, im bolo vo vytvorenej hre podstatnejšie menej nevoľno.

Po analýze výsledkov formulárov boli upravené aspekty hry, tak aby boli lepšie vyhovujúce užívateľom. Predvolené intenzity rôznych efektov pri schopnostiach boli nastavené na priemerné hodnoty z odpovedí, poprípade zo schopností odstránené. Rovnako bol prerobený aj výzor efektu strieľania. Po ukončení testovania bolo testovacie prostredie presunuté do sekcie nastavení, kde si pomocou neho môže hráč hodnoty nastaviť.



Obrázek 6.3: Graf znázorňujúci užívateľmi zvolenú intenzitu chromatickej aberácie pri pripravenom efekte priťahovania bodov.



Obrázek 6.4: Graf znázorňujúci užívateľmi zvolenú intenzitu chromatickej aberácie pri spustenom efekte priťahovania bodov.

Kapitola 7

Možnosti pokračovania práce

Osem mesiacov nie je veľa času pre vývoj všetkých aspektov hry a snaha bola teda sústredená na niekoľko konkrétnych odvetví ako programovanie a štúdium vplyvu efektov vo virtuálnej realite na hráča. Znamená to že po dokončení tejto práce je stále niekoľko vecí, s ktorými sa dá vo vývoji pokračovať. Oblasti, v ktorý sa dá pokračovať sú:

- **Design výzoru:** Design a tvorba modelov, textúr a animácií sú samostatné odvetvia herného priemyslu, ktoré sú aj osamote náročné. Vo vytvorenej hre by bolo možné vytvoriť 3D modelovaním lepšie modely stien, hráča a nepriateľa. Rovnako by bolo možné pre tieto modely vytvoriť aj lepšie textúry a animácie, ktoré by spoločne hre dodávali konkrétny estetický výzor.

- **Zvuky a hudba:** Pre hru by taktiež mohli byť spravené alebo inak získané vhodnejšie zvuky. Ich použitie a rozloženie po svete hry by sa taktiež dalo profesionálom zlepšiť a hre by určite pomohla aj vytvorená hudba, ktorá by lepšie dopĺňala jej atmosféru.

- **Rozšírenie možností hry:** Skoro každú hru je možné stále ďalej rozvíjať pridávaním nových úrovní, nepriateľov, cieľov alebo herných módov. Niektoré z týchto rozšírení boli počas práce vymyslené avšak nebol čas ich implementovať.

- **Verzie pre iné zariadenia:** Aplikácia tvorená v tejto práci bola zameraná na zariadenie Gear VR a ukážku čo všetko toto zariadenie dokáže. Táto práca by však mohla byť rozšírená na prieskum obmedzení a výhod aj iných zariadení.

- **Preskúmanie ďalších nástrojov pre efekty:** Veľká časť tejto práce bola zameraná na testovanie a nastavovanie ideálnych efektov pre virtuálnu realitu na Gear VR. Nikdy však nie je možné otestovať všetko a nové technológie vznikajú každý deň. Bolo by teda možné prácu pokračovať skúmaním ďalších techník a nástrojov.

Napriek všetkému v čom by sa dalo prácu pokračovať a rozšíriť je jej momentálna verzia hotová a ucelená hra s kvalitným výskumom rôznych technológií pre mobilnú virtuálnu realitu.

Kapitola 8

Záver

Táto práca sa zaoberala štúdiom literatúry na vývoj hier pre virtuálnu realitu so zameraním na mobilné zariadenia. V práci boli analyzované vizuálne efekty použité v hrách a možnosti ich uplatnenia vo virtuálnej realite. Poznatky získané analýzou a štúdiom boli následne uplatnené pri tvorbe akčnej hry v programe Unity Game Engine, ktorá dobre demonštruje možnosti a výhody zariadenia Gear VR. Ďalej bol v práci popísaný postup návrhu všetkých elementov hry ako je jej koncept, akčný prvok a ovládanie hry, na základe ktorých bola navrhnutá hra Dungeon Run. V hre Dungeon Run hráč uteká bludiskom, pričom sa snaží vyzbierať všetky body a nenechať sa chytiť nepriateľom, ktorý ho prenasleduje. Práca rozoberá aj tvorbu prostredia, v ktorom sa hra odohráva, ako aj všetkých jeho prvkov ako sú objekty reprezentujúce body a nepriatelia. V práci je popísaná aj implementácia navrhnutej logiky a pravidiel hry pomocou jazyku $C\#$, ako aj pomocou rôznych technológií poskytovaných herným engineom Unity. Počas celého vývoju hry boli jej časti opakovane testované na užívateľoch a na základe ich poznatkov upravované.

Práca sa taktiež zameriava na tvorbu vzhľadu celej hry. K tomu bolo potrebné sa zaoberať aj inými oblasťami ako programovaním. Na vytvorenie vizuálneho vzhľadu hry bolo potrebné štúdium tvorby 2D a 3D grafiky a animácie. Rovnako na návrh a integráciu zvukových efektov, či hudby do tvorenej hry, bolo potrebné využiť znalosti strihania a modifikovania skladieb. V práci boli taktiež popísané možné problémy, ktoré môžu nastať pri vývoji pre mobilnú virtuálnu realitu, ako je obmedzený výpočtový výkon zariadenia, kvôli ktorému je potrebné používať málo polygónové modely a vyhnúť sa dynamickému osvetleniu alebo problém simulačnej nevoľnosti, ktorý je spôsobený nezhodou medzi zrakom a vestibulárnym zmyslom užívateľa.

Samostatná pozornosť bola venovaná skúmaniu vplyvu rôznych vizuálnych efektov a herných prvkov využívaných v hrách, na užívateľa vo virtuálnej realite. V práci boli analyzované rôzne technológie a prístupy ku tvorbe efektov a herných prvkov, na testovanie ktorých bolo vytvorené oddelené prostredie vo virtuálnej realite. V tomto prostredí boli prvky a efekty, ktoré zariadenie Gear VR výpočtovo zvládalo testované pomocou užívateľov. Výsledky užívateľských testov boli následne vyhodnotené do prehľadnej formy a informácie získané týmto testovaním boli aplikované pri tvorbe vizuálnych efektov a prvkov hry.

Poznatky získané z tejto práce je ďalej možné rozvíjať a využiť pri tvorbe alebo vývoji mnohých ďalších aplikácií pre neustále sa rozvíjajúci svet virtuálnej reality.

Literatura

[1] Android system distribution dashboard.
URL https://developer.android.com/about/dashboards

[2] History Of Virtual Reality.
URL https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html

[3] Infographic-The Future of VR (virtual reality) by 2025.
URL https://architosh.com/2018/06/infographic-the-future-of-vr-virtual-reality-by-2025/

[4] Key Statistics for the Virtual and Augmented Reality Industry in 2018.
URL https://arpost.co/2018/05/23/key-statistics-virtual-and-augmented-reality-industry-2018/

[5] Platform Architecture.
URL https://developer.android.com/guide/platform

[6] Unity's Rendering Pipeline.
URL https://docs.unity3d.com/Manual/SL-RenderPipeline.html

[7] Byl, P. D.: *Holistic game development with unity*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, second edition vydání, [2017], ISBN 9781138888784.

[8] Draper, M. H.; Viirre, E. S.; Furness, T. A.; aj.: Effects of Image Scale and System Time Delay on Simulator Sickness within Head-Coupled Virtual Environments. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, ročník 43, č. 1, 2016-09-06: s. 129–146, ISSN 0018-7208, doi:10.1518/001872001775992552.

[9] Fuchs, P.; Moreau, G.; Guitton, P.: *Virtual reality: concepts and technologies*. CRC Press/Taylor and Francis, 2011, ISBN 9780203802953.

[10] Hettinger, L. J.; Berbaum, K. S.; Kennedy, R. S.; aj.: Vection and Simulator Sickness. *Military Psychology*, ročník 2, č. 3, 2009-11-17: s. 171–181, ISSN 0899-5605, doi:10.1207/s15327876mp0203_4.

[11] Jerald, J.: *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool, 2016, ISBN 978-1-97000-112-9.

[12] Linowes, J.: *Unity Virtual Reality Projects*. Birmingham, UK: Packt Publishing, druhé vydání, 2018, ISBN 978-1783988556.

[13] LUKŠ, R.: *Examining Motion Sickness in Virtual Reality [online]*. Diplomová práce, Masarykova univerzita, Fakulta informatiky, Brno, 2017 [cit. 2019-01-16].

[14] Parisi, T.: *Learning virtual reality*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., first edition vydání, 2015, ISBN 1491922834.

[15] Stanney, K. M.; Hash, P.: Locus of User-Initiated Control in Virtual Environments: Influences on Cybersickness. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, ročník 7, č. 5, 1998: s. 447–459, doi:10.1162/105474698565848.

Příloha A

Obsah přiloženého paměťového média

```
.
├── DungeonRun/ ..... Priečinok obsahujúci Unity projekt s celou
│                      vytvorenou hrou.
│   ├── Assets/ ..... Priečinok obsahujúci všetky využité ba-
│   │                  líčky, audio súbory, textúry, skripty atď.
│   │   ├── Audio/ ..... Priečinok obsahujúci audio súbory použité
│   │   │                v hre. Získané z .fesliyanstudios.com.
│   │   ├── Models/ ..... Priečinok obsahujúci 3D modeli použité v
│   │   │                hre. Získané z www.sketchfab.com.
│   │   ├── Scripts/ ..... Priečinok obsahujúci všetky skripty, vy-
│   │   │                tvorené pri tejto práci, v jazyku C#.
│   │   └── ... ..... Ostatné priečinky obsahujúce balíčky z
│   │                  Unity Asset Store alebo textúry, materi-
│   │                  ály a Unity scény tvorené počas práce.
│   └── ... ..... Ostatné priečinky a súbory, zväčša vytvo-
│                  rené Unity.
├── latex/ ..... Priečinok obsahujúci zdrojové súbory
│                  (LaTeX) tejto správy.
├── poster/ ..... Priečinok obsahujúci plagát.
├── readme.txt ..... Súbor obsahujúci návod na spustenie a in-
│                  štaláciu hry.
├── thesis/ ..... Táto správa vo formáte pdf.
└── video/ ..... Priečinok obsahujúci video.
```