**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**


# EDITOR KOOPERATIVNÍHO PROSTŘEDÍ VE VR

**EDITOR OF COOPERATIVE VR ENVIRONMENT**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**
**MASTER'S THESIS**


**AUTOR PRÁCE** — **Bc. MICHAEL SCHNEIDER**
**AUTHOR**

**VEDOUCÍ PRÁCE** — **Ing. TOMÁŠ MILET, Ph.D.**
**SUPERVISOR**



**BRNO 2022**

## Abstrakt

Cílem této práce je vytvo°ení editoru v herním enginu Unity, ve kterém lze jednodu²e sestavit sv¥t pro virtuální realitu.

Práce seznamuje s aktuálními VR technologiemi a jejich omezeními. Také se zabývá návrhem a implementací VR aplikace v Unity, v£etn¥ pot°ebných plugin·. Sou£ástí °e²ení je i VR multiplayer, který umo¾uje sdílet vytvo°ený sv¥t s ostatními hrá£i VR.

Pro funk£nost takovéto aplikace bylo pot°eba vytvo°it komplexní systémy pro správu prostoru, dále vytvo°it implementaci serveru, který podporuje klienta ovládaného pomocí virtuální reality a systémy interakcí, aby sv¥t okolo hrá£· z·stal interaktivní.



## Abstract

The goal of this work is to create an editor in the Unity game engine, in which you can easily set up a world for virtual reality.

The work introduces current VR technologies and their limitations. The thesis deals with the design and implementation of a VR application in Unity, including the necessary plugins. The solution also includes VR multiplayer, which allows you to create a world with other VR players.

For such an application to work, it was necessary to create complex space management systems, create a server implementation that supports a client controlled by virtual reality and interaction systems, so that the world around the players remained interactive.



## Klí£ová slova

Virtuální realita, Unity, editor, voxelový prostor, kooperace, herní engine, multiplayer

## Keywords

Virtual reality, Unity, editor, voxel space, cooperation, game engine, multiplayer


## Citace

SCHNEIDER, Michael. Editor kooperativního prost°edí ve VR Brno, 2022. Diplomová práce. Vysoké u£ení technické v Brn¥, Fakulta informa£ních technologií. Vedoucí práce Ing. Tomá² Milet, Ph.D.

# Editor kooperativního prost°edí ve VR

## Prohlá²ení

Prohla²uji, ºe jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatn¥ pod vedením pana Ing. Tomá²e Mileta Ph.D. Uvedl jsem v²echny literární prameny, publikace a dal²í zdroje, ze kterých jsem £erpal.

. . . . . .
Michael Schneider
18. kv¥tna 2022

## Pod¥kování

Cht¥l bych pod¥kovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Tomá²i Miletovi, Ph.D. za odborné rady, podn¥tné p°ipomínky, nápady, £as, vst°ícnost, trp¥livost a ochotu, kterou mi b¥hem zpracování diplomové práce v¥noval. D¥kuji rovn¥º rodin¥ za podporu b¥hem psaní diplomové práce.

# Obsah


1 Úvod 3

2 P°edstavení produktu 5

3 Technologie VR 9
- 3.1 Historie . . . 9
- 3.2 Sou£asnost . . . 11
- 3.3 Budoucnost . . . 14
- 3.4 Rizika a Limitace . . . 15

4 Návrh 17
- 4.1 Struktura Aplikace . . . 17
- 4.2 Výb¥r enginu . . . 20
- 4.3 Verze . . . 21
- 4.4 Pluginy . . . 21
- 4.5 Sí´ová komunikace . . . 24
- 4.6 Tenký klient . . . 24

5 Realizace 26
- 5.1 Zalo$^{o}$ení projektu . . . 26
- 5.2 Vykreslovací °et¥zec . . . 26
- 5.3 Práce v Unity . . . 27
- 5.4 XR Interaction Toolkit . . . 28
- 5.5 Input systém . . . 29
- 5.6 Mirror . . . 31
- 5.7 Herní scény . . . 32
- 5.8 Prvky Editoru . . . 34
- 5.9 Herní prvky . . . 40
- 5.10 Klient . . . 42

6 Implementace 44
- 6.1 Engine Unity . . . 44
- 6.2 Správce hry . . . 44
- 6.3 Správce prostoru . . . 45
- 6.4 Správce jedné roviny . . . 45
- 6.5 XR Interakce . . . 47
- 6.6 Implementace rukou . . . 47
- 6.7 Úprava místnosti . . . 48

6.8 Vytvo°ení objekt· pro editor . . . . . 49
6.9 Tenký klient . . . . . 49
6.10 Mirror a spu²t¥ní místnosti . . . . . 50
6.11 Systém uloºení . . . . . 51
6.12 UI . . . . . 51

7 Záv¥r 52

Literatura 53

# Kapitola 1

# Úvod

Téma diplomové práce jsem si zvolil z toho d·vodu, ºe jsem jiº bakalá°skou práci psal na podobné téma. Bakalá°skou práci s názvem Inovativní herní demo v Unity [13] jsem roz²í°il o herní editor. Díky tomu hrá£i dostali prostor vyuºít svoji fantazii a vytvá°et tak obsah i po vydaní. V dne²ní dob¥ existují mnohá herní studia, která do svých her editory implementují. Takové hry si pak mnohem déle udrºí aktivní komunitu, jelikoº neustále p°ibývá nový obsah nezávisle na vývojá°i.

Herní editor v této diplomové práci umoºnuje tvo°it hry ve virtuální realit¥. Virtuální realita nabírá na popularit¥. V¥t²ina lidí, kte°í si ji vyzkou²í alespo¬ v podob¥ brýlí, se ocitne ve sv¥t¥, který d°íve mohl existovat pouze v my²lenkách a fantaziích. KaºdÝ má ale sv·j sv¥t vymy²lený malinko jinak. Pro £lov¥ka, který neovládá programování, není v sou£asné dob¥ moc zp·sob·, jak by si sv·j sv¥t mohl vytvo°it.

Koncept editoru se stal základem pro tuto práci. Konkrétn¥ je nachystán tak, aby si na po£íta£i kaºdý vytvo°il sv¥t a do n¥j mohl vstoupit za pomoci brýlí virtuální reality.

Tento editor umoºní bez sloºitého programovaní uºivatel·m sv·j sv¥t vytvo°it, pohybovat se v n¥m, a dokonce ho sdílet s p°áteli v kooperativním reºimu. Lze se tak v n¥m setkávat, vytvá°et spole£né události a hrát si v n¥m.

Editor poslouºí nap°íklad v situaci, kdy lze ukázat virtuální realitu £len·m domácnosti s moºností zasahovat do sv¥ta z pohledu po£íta£e. Na po£íta£i z·stává otev°ená moºnost editace b¥hem hraní v daném sv¥t¥. Lze tak vytvá°et £etné scéná°e, ºiv¥ p°idávat do prost°edí r·zné hádanky, p°eká ºky a p°ekvapení pro uºivatele. Lze tak p°ímo ovliv¬ovat záºitek hrající osoby.

Díky tomuto by se editor dal i vyuºít nap°íklad ke zkoumání reakcí lidí na r·zné situace. Konkrétn¥ si to lze p°edstavit na p°íkladu, kdy se uºivatel snaºí zbavit n¥jakého strachu. Lze si postupn¥ dávkovat situace a strachu £elit vhodným tempem. Tento nástroj by mohl být tedy i potenciáln¥ p°ínosný p°i zkoumání reakcí lidí na r·zné podn¥ty.

Na trhu je dnes n¥kolik velkých spole£ností, které vytvá°ejí velké statické sv¥ty s rozsáhlými místnostmi. Tyto místnosti fungují jako velké sociální platformy. Naopak vytvo°ená aplikace cílí na záºitek malé skupiny lidí ve velmi dynamicky se m¥nícím sv¥t¥. Dalo by se to p°irovnat k hraní dra£ího doup¥te, ale ve virtuální realit¥, kdy má vyprav¥£ plnou kontrolu nad d¥jem okolo hrá£·.

V aplikaci jsou vyuºity pluginy, které se stanou na dlouhou dobu standardem. Je zde vysv¥tleno, jak tyto pluginy fungují a jak s nimi pracovat. Samotný hardware se také aktivn¥ vyvíjí. Zmi¬uji se v práci o jeho limitacích a co je pot°eba dodrºet, aby virtuální záºitek byl p°íjemnou událostí. Kinetóza je opravdový problém, kterému je pot°eba se vyhnout.

K naprogramování tohoto editoru m¥ p°ivedlo samotné p°edstavování virtuální reality £len·m rodiny a kamarád·m. Vºdy, kdyº si headset poprvé n¥kdo nasadí, musí si nejprve zvyknout na prost°edí, zp·sob pohybu a dal²í v¥ci. V práci také rozebírám problémy spojené s virtuální realitou, jako je Kinetóza. Virtuální realita se musí zpo£átku dávkovat, a i kdyº aplikace jsou hodnocené podle náro£nosti, ºádná neumoºnovala tuto náro£nost za b¥hu m¥nit. Proto jsem pot°eboval aplikaci, kde bych °ídil d¥ní a systémy, které hrá£ m·ºe pouºívat tak, aby vstup do sv¥ta VR byl co nejpohodln¥j²í a pro kaºdého v jeho vlastním tempu.

Z p°ede²lého vývoje her a dal²ích aplikací mám bohaté zku²enosti s Unity, a to i s vývojem klasických virtuálních aplikací. Proto je celá práce napsaná v Unity. Snaºím se srozumiteln¥ popsat n¥které správné praktiky, které by se m¥ly p°i vývoji pro virtuální realitu dodrºovat. Je vyuºito technologií, které jsou aktivn¥ vyvíjeny b¥hem vytvá°ení této práce.

Celá práce je rozd¥lena do p¥ti kapitol.

Ve 2. kapitole je p°edstavení editoru. Seznámení se základním rozd¥lením samotné aplikace a ukázky z aplikace.

Ve 3. kapitole je uvedeno, jaké technologie virtuální reality jsou dnes k dispozici, jak vznikly a jaké je omezení virtuální reality.

Ve 4. kapitole jsou popsány jednotlivé systémy a pouºití plugin· k vytvo°ení editoru.

V 5. kapitole jsou vysv¥tleny jednotlivé sou£ásti aplikace.

Kapitola 6. obsahuje výb¥r zajímavých °e²ení, které bylo pot°eba naimplementovat.

Poslední kapitola 7. shrnuje aktuální stav práce a nasti¬uje cestu pro její roz²í°ení.

# Kapitola 2

# P°edstavení produktu

Aplikace umoº¬uje vytvo°ení svého vlastního sv¥ta. Tento sv¥t lze ovládat p°ímo z editoru i p°i spu²t¥ní. Hrá£i se do n¥j p°ipojují za pouºití virtuální reality. P°i spu²t¥ní aplikace funguje v jednom ze dvou reºim·, a to jako editor (server, 2D) nebo jako hrá£ (klient, VR). Na jednom po£íta£i m·ºe b¥ºet jak server, tak klient. Je pot°eba aplikaci spustit dvakrát. V okn¥ na pop°edí bude server, kde administrativní hrá£ ovládá místnost. Ve druhém okn¥ na pozadí bude spu²t¥n klient, který je ovládán pomocí VR. Jelikoº aplikace nezablokuje výhradní p°ístup k uºivatelskému vstupu, lze spustit druhou instanci aplikace.

Aplikace p°iná²í jednoduché vytvo°ení virtuálního sv¥ta, dynamický sv¥t, který °ídí jeho stvo°itel a umoº¬uje postupn¥ dávkovat náro£nost virtuální reality. Pro nezku²ené uºivatele tak zmír¬uje dopady kinetózy. Díky kooperaci si lze uºít zábavu ve vytvo°eném sv¥t¥ i s kamarády.

Aplikaci zvládne pouºívat kaºdý hrá£. Samotný editor vychází z principu drag and place. Podobný editor se nachází nap°íklad v sérii her Portal, ze které byla £erpána inspirace. Na obrázcích 2.1 aº 2.7 se nacházejí p°íklady pouºití aplikace.

Obrázek 2.1: Po stisknutí první volby v menu se spustí editor, jedná se o reºim administrativního hrá£e.

Obrázek 2.2: V levém menu se vybírá objekt, který se po kliknutí na n¥j objeví ve scén¥.

Obrázek 2.3: Po kliknutí na objekt ve scén¥ se objeví v inspektoru jeho hodnoty, které lze upravit.

Obrázek 2.4: Po zadání portu v pravém horním rohu lze spustit server. Po pu²t¥ní serveru se editor p°epíná do reºimu administrativního hrá£e.

Obrázek 2.5: Funkce Add umoº¬uje t°ífázov¥ vybrat oblast, do které se místnost roz²í°í.

Obrázek 2.6: Mazání voxel· místnosti. P°i mazání se op¥t t°ífázov¥ vybere oblast, kde se místnost ru²í.

Obrázek 2.7: P°ipojení jako klient. Po p°ipojení se inicializuje VR. A hrá£ je vytvo°en v herní místnosti.

# Kapitola 3

# Technologie VR

Technologie VR, neboli virtuální realita, má za cíl p°enést hrá£e do virtualního prost°edí a v tomto prost°edí odstínit hrá£e zcela od sv¥ta reálného. Pod pojmem Virtuální realita si nelze p°edstavit pouze brýle, v literatu°e £asto ozna£ované jako HMD - head mounted display. Ale také ovlada£e, rukavice, vesty, threadmilly a spoustu dal²ích za°ízení. V²echna tato za°ízení spole£n¥ umoc¬ují vjemy z virtualního prost°edí, ve kterém se hrá£ nachází.

## 3.1 Historie

První experimenty s virtualní realitou se datují do 50.let 20. století. První ná£rt se objevuje roku 1955, a to v dokumentu The Cinema of the Future[7], jeho$^{o}$ autorem byl Morton Heilig. Morton Heilig byl slavný producent, spisovatel a kameraman v Hollywoodu. Díky zku²enostem v oboru lmu se mu poda°ilo sestavit první funk£ní prototyp virtualní reality, nazývaný Sensorama. Sensorama byla stav¥na od roku 1957 a v roce 1962 byla patentována.

Obrázek 3.1: Senzorama. Zdroj: [17].

Senzorama byla vybavena 3D displayem, stereo reproduktory, generátorem v·ní a po-hyblivou $^{o}$idlí. Jeden ze snímk·, který se na Senzoram¥ p°ehrával, byl nap°íklad pr·jezd

New Yorkem. Vibrace ºidle v kombinaci s v¥tráky simulovaly sezení na motorce. K tomu se generovala v·n¥ pizzy a výfukových plyn· z okolo projíºd¥jcího autobusu.

Zvaºovalo se n¥kolik pouºití. Bu¤ jako arkáda nebo jako showroom pro automobilky. Senzorama v²ak byla p°íli² sloºitá a v²e nakonec skon£ilo ne·sp¥chem u investor·.

V roce 1968 vzniklo první zobrazovací za°ízení, které se montovalo p°ímo na hlavu (HMD - head mounted display). Jmenovalo se Damokl·v me£ a sestrojil ho Ivan Sutherland a jeho studenti. [3]

Obrázek 3.2: Damokl·v me£. Zdroj: [3].

Za°ízení bylo velice t¥ºké, proto muselo viset ze stropu. Samotné zobrazování bylo pak velmi jednoduché. Za°izení umoºnovalo zobrazovat pouze wireframy mistností.

Do roku 1990 pak byla virtualní realita p°eváºn¥ pouºívána v letectví, armád¥, automobilovém prumyslu a medicín¥. Také vznikla první virtualní mapa a to m¥sta Aspen. NASA v roce 1985 p°edstavila system Ames, který je jeden z prvních, který se bliºí dne²ní podob¥ virtualní reality. [16] V roce 1988 vzniklo první SDK pro virtualní realitu. Byl to projekt rmy Autodesk a nesl název WorldToolkit. Byl velmi popularním nap°í£ celým odv¥tvím.

Od roku 1990 se virtualní realita za£íná dostávat do komer£ní sféry. Vznikaly první headsety ur£ené pro b¥ºné uºivatele. Spole£nost Sega vydala sv·j headset Sega VR kompatibilní s jejich konzolí. Headset jiº pouºíval LCD obrazovku, stereo sluchátka a trackovací systém. [5]

Významnou rmou v tomto období byla také Virtuality. Dodávala první za°ízení do arakdových heren. Byly k dospozici dva modely. V prvním se pouºíval threadmil v kombinaci s VR. Druhý m¥l podobu formule s volantem, ve které se simulovaly zavodní hry. Za°ízení v²ak stála 60 000 USD, respektive 73 000 USD v závislosti na kon guraci. I p°es tuto cenu se virtualní realita pom¥rn¥ rychle roz²í°ila.

Obrázek 3.3: Virtuální mapa Aspenu. Zdroj: [3].

Nintendo p°edstavilo v roce 1995 Virtual Boy konzoli, která m¥la zp·sobit p°evrat mezi konzolemi. Av²ak díky mnoºství technických problém· a pr·m¥rného záºitku se z konzole stal nejh·°e prodávaný produkt rmy Nintendo. Prodalo se 770 000 kus·.

V roce 1999 vznikla velmi uznávaná hra Second Life. Hra je unikatní v tom, ºe v ní funguje reálná ekonomika a hrá£i tak dokáºí ve h°e vyd¥lávat opravdové peníze. Hra funguje dodnes a komunita se nadále rozr·stá.

## 3.2 Sou£asnost

V sou£asnosti se velké rmy p°edhán¥jí, kdo nabídne lep²í headset. Existují dva základní systémy sledování pohybu. První, kdy je pohyb headsetu sledován kamerami p°ímo z headsetu. Headset si vytvá°í po místnosti referen£ní body. Druhý spoléhá na stanice rozmíst¥né po prostoru, které fungují jako pevné body.

### 3.2.1 Oculus

V sou£asnosti je velký zájem o to, aby se z VR stal uºivatesky dostupný mainstream. Procenta headset· u uºivatel· stabiln¥ rostou. Vloni se p°esáhla hranice 2 % uºivatel· pouºívajících aktivn¥ VR v Steam hardware survey. Na tomto úsp¥chu má p°evaºující podíl rma Oculus. Oculus byl zaloºen v roce 2010. Zakladatel Palmer Luckey v 17 letech vy-

Obrázek 3.4: The Virtual Interface Environment Workstation, NASA. Zdroj: [16]

Obrázek 3.5: Sega VR. Zdroj: [5]

pracoval první Oculus Rift v garáºi.[10] Vzal si p°íklad z velkých rem, které se snaºily virtualní realitu prosadit jako hlavní herní médium. Palmer ve volném £ase opravoval staré konzole, kde se setkával s prvními pokusy o VR headsety. Vypozoroval chyby spole£ností a s aktualním hardwarem jich bylo moºno spoustu odstranit. To byla hlavní záminka pro vytvo°ení vlastního headsetu. Aby bylo moºné zaloºit rmu, která bude headsety vyráb¥t a prodávat, bylo nutné vybrat 250 tisíc dolar·. Palmer zaloºil Kickstarter kampa¬. Doufal, ºe jeho projekt zaujme alespo¬ 100 lidí. B¥hem 24 hodin bylo vybráno 670 tisíc dolar· od 2 750 lidí. Do t°í dn· byla poko°ena hranice milionu dolar·. [11]

Následovalo n¥kolik Development verzí a v roce 2014 Facebook koupil Oculus. Cena byla kolem 3 miliard dolar·. Od odkoupení Oculusu Facebookem nastalo n¥kolik zm¥n. Facebook se snaºil donutit uºivatele Oculusu pouºívat Facebook k p°ihlá²ení k headsetu a tak je s headsetem propojit. Díky odporu komunity se na²t¥stí od tohoto kroku ustoupilo a vydrºelo to pouze krátkou dobu. Facebook se posléze p°ejmenoval na Meta a snaºí se jméno Oculus tímto názvem zcela nahradit. Aktuáln¥ se headsety prodávájí uº pouze pod názvem Meta. Aktuáln¥ jediný hedset aktivn¥ prodávaný je Oculus Quest 2. O£ekává se p°íchod nové generace headsetu. [12]

### 3.2.2 Pimax

Firma byla zaloºena v roce 2015. Zaloºila ji skupina VR nad²enc· v Shanghai. V roce 2016 vydala sv·j první headset Pimax 4K. Tento headset se stal velmi populární a snaºil se °e²it

Obrázek 3.6: Quest 2. Zdroj: [12]

takzvaný screen-door efekt. Následující headset Pimax 8K byl zame°en na periferní vid¥ní a stal se tak headsetem s nejv¥t²í ²í°kou zorného pole. Díky tomuto headsetu se Pimax stal sv¥tov¥ populární a to i p°es vy²²í cenu. [8]

### 3.2.3 Varjo

Finský výrobce headset· byl zalo$^{o}$en v roce 2016 skupinou bývalých vedoucích mana$^{o}$er· Nokie a Microsoftu. Headsety obsahují nejlep²í, aktualn¥ existující, technologie a lze °íci, $^{o}$e tato rma je na ²pi£ce celého oboru. S tím se v²ak vá$^{o}$e cena, která je pro b¥. K tomu se platí ka$^{o}$doro£ní p°edplatné, a to 1495 euro, aby v·bec headset fungoval. Tento headset pou$^{o}$ívají velmi známé rmy, nap°íklad: Volvo, Kia, Boeing, Lockheed Martin a n¥kolik dal²ích. Primárn¥ se pou$^{o}$ívá v showroomech pro p°edstavení produkt· rem. [19]

### 3.2.4 HTC

Spole£nost HTC vydala v roce 2016 sv·j první headset Vive. Celým názvem ozna£ován jako HTC Vive SteamVR. Spolupracovala na n¥m Spole£nost Valve. Headset za£ínal na 1 200 dolarech. V roce 2018 vy²el Vive Pro, který obsahoval n¥kolik vylep²ení, v£etn¥ trackovaní o£í. Oba tyto headsety pot°ebovaly mít v místnosti instalované stanice pojmenované Lighthouse. V·£i t¥mto bod·m se pak trackovala pozice. Od této technologie upustili s posledním headsetem Cosmos(2019), kdy za£ali také trackovat pomocí kamer po vzoru Oculusu.

### 3.2.5 Valve

Spole£nost Valve byla zalo$^{o}$ena v 90 letech. Zalo$^{o}$ili jí Game Newell a Mike Harrington bývalí kolegové a zam¥stnanci Microsoftu. Svoje úspory pou$^{o}$ili na zalo$^{o}$ení rmy Valve v roce 1996. Herní studio vyvýjelo FPS Half-life. Hra byla vydána v roce 1998 a byl to pro rmu velký úsp¥ch. Hra bodovala ve v²ech ohledech. Platforma Steam byla p°edstavena na

Obrázek 3.7: Pimax Vision 8K X. Zdroj: [15]

GDC 2002 a spu²t¥na byla je²t¥ ten rok. Ze Steamu se postupem £asu stala n¥jv¥t²í herní platforma. Díky výd¥lk·m mohla Valve za£ít experimentovat i s výrobou hardwaru. Valve prozatím vydalo pouze jediný headset a to je²t¥ ve spolupráci s rmou HTC. Jde o headset Valve Index. Index je nejdoporu£ovan¥j²í headset pro náro£ného hrá£e. [6]

## 3.3 Budoucnost

VR velmi rychle vylep²uje. Zvedá se rozli²ení headset·, snímkovací frekvence nebo nap°íklad se zv¥t²uje zorné pole. Dal²ím vývojem prochází periferie, kdy se za£ínají pouºívat vesty s haptickou odezvou. Co se tý£e aplikací ustálili se dva projekty, které se zmi¬ují velmi £asto.

### 3.3.1 VRChat

VRChat je novodobá sociální sí´, která se zam¥°uje na propojení lidí pomocí VR. Sí´ podporuje pln¥ trackované avatary, a to od pohybu prstem na noze aº po mrknutí oka. Samoz°ejm¥ pouze tehdy, má-li uºivatel p°íslu²ný hardware pro trackování. Sociální sí´ je primárn¥ o interakci mezi jejími uºivateli a VRChat nabízí kaºdému vytvo°it si sv·j unikátní prostor a sdílet ho s ostatními. Jako seznamovací aktivity mohou poslouºit hry, ale také spole£né promítaní lm· a dal²í aktivity. V tomto virtuálním sv¥t¥ se také odehrávají kaºdý týden eventy a celý VRChat je vyvýjen okolo pot°eb komunity. Tato sociální sí´ má nejblíºe se stát opravdovým, komunitou °ízeným, virtuálním sv¥tem. VRChat byl vytvo°en v Unity a kaºdý si m·ºe v Unity vytvo°it vlastní místnost a nahrát ji do sv¥ta VRChatu. [9]

Obrázek 3.8: Varjo XR-3. Zdroj: [19]

Obrázek 3.9: Valve Index. Zdroj: Stránky spole£nosti Valve [4]

### 3.3.2 Metaverse

V úsp¥chu VRChatu se zhlédla sí´ Facebook, nov¥ Meta. Ta se rozhodla investovat p°es 300 milion· dolar· do Metaverse. Metaverse má být virtuální prostor, ideln¥ stejný jak ve lmu Ready player One. Vsází na NFT a reálnou ekonomiku. V podstat¥ se Facebook snaºí vybudovat kompletní virtualní sv¥t, který bude vlastnit. To se prozatím lidem velice nelíbí a VRChat roste na popularit¥. Metaverse jest¥ nevy²el.

## 3.4 Rizika a Limitace

VR je stále vyvíjející se technologie a svojí hlavní éru má jest¥ p°ed sebou. V dne²ní dob¥ je obrovské mnoºství projekt·, které se virtualní realitu snaºí posunout dál. Byly také jiº zaznamenány úsp¥chy v podob¥ standardizace n¥kterých parametr· VR. Díky tomu se vývoj samotných technologií velice urychluje.

### 3.4.1 Trackovaní

Aby hrá£ poci´oval imersivní zá$º$itek ve VR, je pot°eba trackovat jeho pohyby. P°i trackovaní pohybu hlavy se ji$º$ dneska pou$º$ívají kamery p°ímo na headsetu. Tyto kamery zmapují prostor okolo u$º$ivatele a dle referen£ních bod· doká$º$í p°epo£ítávat u$º$ivatelovu polohu.

V headsetech za£ínají být také b¥$º$n¥ pou$º$ívané pokro£ilé technologie, jako trackovaní o£í. Nejvíce ro²í°ený headset s trackovaném o£í je Vive Pro, který v sob¥ má trackovaní o£í od rmy Tobii. Je to dal²í d·le$º$itý krok, jeliko$º$ s touto informací lze lokáln¥ zvy²ovat kvalitu obrazu tak, aby to bylo pro lidské oko p°irozen¥j²í a také lépe upravovat zaost°ování objekt· ve scén¥.

Pro sledování rukou se zatím nej£ast¥ji pou$º$ivají ovlada£e. Ka$º$dý výrobce má svoji vizi, jak by ovlada£e m¥ly vypadat.

### 3.4.2 Kinetóza

VR se stává postupn¥ £ím dál dostupn¥j²í. P·vodn¥ touto dobou m¥lo být VR hlavní herní platformou. V²echny hry m¥ly VR podporovat a tém¥° ka$º$dý AAA titul by m¥l minimáln¥ pro VR podporu. Úpln¥ p·vodní plán byl, $º$e se vytvo°í pluginy pro star²í hry, které umo$º$ní hrát jakoukoli hru ve VR. V podstat¥ by jen byly prost°edníky pro samotné ovládání ve h°e. To se v²ak ukázalo jako zcela nereálné z n¥kolika d·vod·. Tím hlavním je kinetóza (Motion sickness), neboli nemoc z pohybu. Vzniká, kdy$º$ vjem vestibulárního systému neodpovídá zrakovému vjemu. Ve VR to znamená pohyb herní postavy, ani$º$ by se hrá£ hýbal v realit¥. Problém je, $º$e p°i vývoji se s tímto problémem musí po£ítat. Existuje mnoho technik, jak se s kinetózou ve hrách vypo°ádat.

Star²í hry, bouhu$º$el, s tímto nikdy nepo£ítaly a tak kompatibilní nejspí²e nikdy ne-budou. Na stran¥ hardwaru se sna$º$í výrobci tento problém vy°e²it, ale v pln¥ pohlcující Virtualní realit¥ hodn¥ zále$º$í na samotném softwaru. Co ale výrobci mohou ovlivnit, je vzdálenost o£í od sebe, takzvané IPD. N¥které headsety mají manualní posuvník, kdy si lze vzdálenost mezi £o£kami p°izp·sobit. Dokonce dra$º$²í profesionální headsety mají IPD elektronicky nastavitelné pomocé trackovaní o£í(automatická kalibrace po nasazení, elek-tronicky ovladané). Kinetóza postihuje ve VR £ast¥ji $º$eny a d¥ti do 12 let.

Co kinetóza vyvolává: studený pot, nevolnost, únavu, migrénu, podrá$º$d¥nost, velká tvorba slin a zvracení, £i lapání po dechu.

Lé£ba není v¥t²inou pot°eba. P°íznaky odezní do dvou dn·. Lé£bu urychlují antihistami-nika, stejné léky ur£ené k potla£ení alergií. P°i zvracení je pak pot°eba dopl¬ovat tekutiny, aby nedo²lo k dehydrataci.

# Kapitola 4

# Návrh

## 4.1 Struktura Aplikace

P°i navrhovaní aplikace je pot°eba zohlednit její b¥ºné uºití. V tomto p°ípad¥ ²lo o speci cké pouºití. Uºivatel p°ijde k PC a zapne aplikaci. V aplikaci vytvo°í urove¬. Spustí urove¬ jako server a stává se vn¥j²ím pozorovatelem. Tento pozorovatel má moºnost zasahovat do scény, vytvá°et objekty, £i v¥ci nastavovat. Zárove¬ je v tomto okamºiku p°ipojen virtualní headset. Ten musí umoºnit, aby se uºivatel po nasazení headsetu dostal do hry a byl schopen s úrovní interagovat. Problém nastává ve vstupech a vykreslování aplikace. Do aplikace jdou dva nezavislé vstupy z VR a z klavesnice. V úrovni jsou dva nezávislí hrá£i. To znamená dv¥ kamery, které soub¥ºn¥ vykreslují a kaºdá odesílá do správného za°ízení. Tento p°ístup byl velice problémový, jelikoº jakmile hrá£ se nachází ve VR, vykreslování na monitor je omezené a sniºuje se framerate na minimum. Toto nespl¬ovalo poºadavky na funk£nost aplikace. Bylo proto zvoleno jiné °e²ení. •e²ení spo£ívá v soub¥ºném b¥hu aplikace dvakrát jedna na pozadí jako klient, která pouze spravuje VR hrá£e. Druhá na pop°edí s hlavním oknem v systému a tato je server se superuºivatele. Zárove¬ si neklade výhradní uºívání vstupu. Tímto je schopna aplikace v pozadí komunikovat s VR headsetem.

Aby byla podporována tato funk£nost aplikace, je rozd¥lena na £ást editoru (serveru) a £ást VR-hrá£e (klienta). Ob¥ £ásti jsou pak p°ístupné z menu.

Obrázek 4.1: Schéma pouºití aplikace.

### 4.1.1 Menu

Výchozí obrazovka po spu²t¥ní aplikace je menu. Základní funkce menu je rozcestník pro spu²t¥ní p°íslu²ných £ástí aplikace. B¥hem fáze menu se na pozadí inicializují komponenty pro sí´ové p°ipojení. Nutností je mo°nost aplikaci zmen²it do malého okna kv·li soub¥°ému b¥hu Editoru a Klienta ve dvou aplikacích vedle sebe.

Obrázek 4.2: Ukázka menu.

### 4.1.2 Editor

Obrázek 4.3: Editor

Editor je hlavní £ást programu. Po spu²t¥ní vygeneruje prázdnou místnost. Lze na£íst ji º vyrobené úrovn¥ nebo vytvo°it zcela novou unikátní.

Prostor editoru je slo ºen z voxel·. Voxel si lze p°edstavit jako krychli o hran¥ jednoho metru. Z takových to krychlí je pak slo ºen ve²kerý editovatelný prostor a hrá£ ur£uje, zda se jedná o voxel vn¥j²í nebo vnit°ní. Velikost prostoru v editoru je ve výchozím nastavení na 32 x 32 x32 voxel·. Nejvíce inspirace v návrhu editoru pochází ze hry Portal 2. Také se v n¥m uplat¬ují principy z bakalá°ské práce. [13]

Editor poskytuje prostor, který je editovatelný a lze do n¥j vkládat objekty. Editor umí objekty vyhledávat v p°edem nastavených slo ºkách. Pokud se dodr ºí p°edem daná struktura objekt· editor je schopen si je sám na£íst. Na£tené objekty se pak dají vkládat do voxelové místnosti. Díky tomu, ºe editor si sám objekty na£ítá, lze vytvo°it plugin do Unity, který by jen automaticky dogenerovával pot°ebné komponenty a zaru£oval adresá°ovou strukturu a umo ºnil by tak p°idávat objekty p°ímo u ºivateli.

U objekt· je pak mo ºno nastavit po ºadované parametry v závislosti typu objektu. Objekty zárove¬ nejsou pevn¥ vázány na voxelovou m°í ºku. P°i práci s objekty v editoru jsou v deaktivovaném stavu a spou²t¥jí se a º p°i spu²t¥ní serveru. Jednotlivé voxely lze v editoru obarvovat a budoucnu by nebylo t¥ ºké tento systém adaptovat na pou ºití textur (prozatím jen barvy)

Po vytvo°ení úrovn¥ lze místnost ulo ºit a rovnou spustit. P°i tomto spu²t¥ní b¥ ºí server na lokálním po£íta£i na speci kovaném portu. Po spu²t¥ní se Editor p°epíná na administrativního u ºivatele. Tento u ºivatel má pak mo ºnost ovládat úrove¬.

### 4.1.3 Klient

Klient se spou²tí v moment¥, kdy se z menu p°ejde do kon gurace p°ipojení. Nastavuje se cílová IP adresa a cílový port. Pokud se hrá£ p°ipojuje na stejném po£íta£i, výchozí adresa je nastavena jako localhost.

Po úsp¥²ném navázání komunikace se serverem nastává inicializace VR. Aplikace je hybridní, neboli samotné p°ipojování probíhá na obrazovce za pomocí klávesnice. Teprve po p°ipojení nastává fáze p°echodu do VR. Po p°ipojení je ji º klient v plném re ºimu VR, dokud neztratí spojení se serverem. P°i ukon£ení nebo výpadku serveru, klient p°echází zp¥t do 2D módu a vrací se do základního menu.

Pr·b¥h samotné hry pak °ídí administrativní hrá£, který ur£uje co je v dané úrovni cílem.

Obrázek 4.4: Nastavení p°ipojení. Zdroj: vlastní dílo.

## 4.2 Výb¥r enginu

V po£átku bylo pot°eba zvolit herní engine, ve kterém bude projekt napsán. Na trhu existuje velké mno ºství herních engin·. Ka ºdý má trochu jiné p°ednosti, ale na základ¥ zku²eností se pro tuto práci hodil Unity engine nebo Unreal engine. V po£átcích této práce vy²el Unreal engine 5 v první ve°ejné alf¥. A£koli bylo lákavé pou ºít nejmodern¥j²í technologie, bylo v²ak t°eba si uv¥domit, ºe ve VR jde primárn¥ o výkon. Poslední trendy ve VR hardwaru dokonce sm¥°ují primárn¥ na standalone headsety. To znamená, ºe ne º fotorealistická gra ka, je mnohem u ºite£n¥j²í vytvo°it nad£asovou stylizaci. Tato stylizace musí být optimalizovaná pro vykreslování na mobilních za°ízeních. Pro Unity jsem se rozhodl prá v¥ proto, ºe mám dlouhodobé zku²enosti optimalizování her pro Unity i zku²enosti s VR pluginy v tomto enginu. Také je Unity pova ºováno jako lep²í varianta prá v¥ pro ji º zmín¥né mobilní aplikace. Tudí º nový Unreal by do celkového projektu nep°inesl ºádnou zásadní inovaci, proto se Unity pro tento projekt hodí více.

## 4.3 Verze

Unity je unikátní v tom, ºe v po£átku vývoje má vývojá° k dispozici hned n¥kolik verzí a kaºdá je ur£ena k jinému stylu vývoje. Vet²inou jde o verzi LTS, Tech stream, A a a Beta. Verze LTS je dlouhodob¥ udrºovaná verze. Je udrºována po dobu dvou let a jsou pro ni vydávány updaty zam¥°ené pouze na stabilitu. Tato verze je pro aplikace, které jsou ur£eny k vydání pro ve°ejnost. Zvlá²tností je £íslování, jelikoº LTS verze pro daný rok je vºdy ozna£ená rokem minulým. Jako p°íklad pro rok 2021 byla doporu£ována verze LTS 2020. LTS verze je také doporu£ena v²em vývojá°·m za£ínajícím pracovat s tímto enginem. Má vºdy odzkou²ené funkce a nejv¥t²í kompatibilitu. Podporuje také kompletní zp¥tnou kompatibilitu s projekty z p°edchozích verzí. KaºdÝ rok pak vycházejí dv¥ verze Unity zvané Tech release. D°íve tyto verze vycházely t°i, ale protoºe si komunita st¥ºovala na stabilitu t¥chto verzí, Unity se z toho d·vodu rozhodlo v¥novat kaºdé verzi více £asu a vycházejí tak pouze dv¥ ro£n¥. Z druhého Tech releasu se pak stává LTS verze pro dal²í rok. Tech release je verze Unity, do které jsou p°idanné nové funkce, av²ak za cenu stability. Tyto verze se doporu£ují pouºívat pouze tehdy, je-li nová funkce vyºadována ve tvo°ené aplikaci. Pop°ípad¥ zda-li je pot°eba podpora nov¥j²ích plugin·. Alfa a Beta verze jsou pak vºdy testovací a obsahují nejnov¥j²í vývoj Enginu. Jsou to pouze testovací verze a nedoporu£uje se v nich aplikace tvo°it. Jsou ur£ené k d°ív¥j²ímu vyzkou²ení nástroj· a poskytnutí zp¥tné vazby. V t¥chto verzích se objevují nejnov¥j²í funkce, ale ob£as jsou odebrány a nedostávají se tak aº do tech releasu. Záleºí na komunit¥ a stabilit¥ nových funkcí.

Pro tuto diplomovou práci byl zvolen Tech release 2021.1. D·vod byl kompatibilita plugin·, jelikoº mnoho z pouºívaných technologií je vydáno pouze jako pre-release. Pozd¥ji byl engine aktualizován na Tech release 2021.2. Av²ak primárn¥ kv·li stabilit¥ bylo nální vydání exportováno z Unity 2021.3.2f1, coº je nejnov¥j²í LTS verze pro rok 2022.

Obrázek 4.5: Plán vydání Unity verzí. Zdroj: [18]

## 4.4 Pluginy

### 4.4.1 XR Interaction Toolkit

Tento XR Interaction Toolkit slouºí k usnadn¥ní vývoje VR aplikací v Unity. XR je pojmenován, protoºe lze vyuºít, jak pro VR, tak i pro vývoj AR aplikací. Plugin je moºno stáhnout v n¥kolika variantách. Pro vývoj virtualní reality sta£í základní funkcionalita. Pro

vývoj roz²í°ené reality AR je nutno stáhnout jak základní balík, tak i jeho nástavbu. Pro tento projekt posta£í podpora virtualní reality, nicmén¥ pouºití tohoto pluginu umoº¬uje v budoucnu implementovat i AR verzi aplikace.

V práci byla pouºita verze plginu 1.0, která vy²la 10.09.2021. Av²ak po°ád se jedná o prerelease verzi pluginu a samotný plugin jest¥ ve stabilni verzi nevy²el. Ke konci roku 2021 pak vy²la verze 2.0, po°ád ve verzi prerelease, která zm¥nila základní stavební kompunentu XRRig. Práce je zatím napsaná na star²í implementaci tohoto pluginu, nicmen¥ do zve-°ejn¥ní práce bude naimplementováno co nejvíce v¥cí kompatibilních s verzí 2.0, aby bylo moºno na tuto verzi p°ejít.

XR Interaction toolkit se skládá z mnoha komponent a objekt·, které slouºí jako základní stavební kameny pro vývoj aplikace. Funguje jako nástavba nad SDK jednotlivých výrobc· hardwaru a postará se tak o kompatibilitu aplikace nap°í£ r·znými platformami. Zárove¬ plugin spravuje ve²keré uºivatelské vstupy, ale také zp¥tnou vazbu v podob¥ vibrací ovlada£·, vest a podobných za°ízení. Takéº nabízí °e²ení pro UI s kterým lze interagovat p°ímo ve VR.

Obrázek 4.6: XR Tech Stack. Zdroj:[14]

### 4.4.2 OpenXR

V roce 2000 zaloºily rmy Intel, ATI, 3Dlabs, Evans & Sutherland, SGI a Sun Microsystem skupinu The Khronos Group. Zaloºena byla jako konsorcium pro vydávání otev°ených standard·. Tyto standardy velmi urychlují vývoj nových technologií a umoº¬ují vývojá°·m

uºívat sjednocené API. Firmy mohou p°es zástupce hlasovat pro schvalování jednotlivých zm¥n standard· v nových revizích.

Aº do roku 2017 si pro VR vyvíjel kaºdý vlastní rozhraní. Pokud vývojá° cht¥l vydat aplikaci, která by podporovala headsety od více výrobc·, musel pro kaºdý vytvo°it separátní podporu. Toto nebylo ideální °e²ení, i kdyº kaºdý engine si p°i²el se svojí adaptací na tato jednotlivá rozhraní. Byl to jeden z hlavních d·vod·, pro£ vznikl XR interaction toolkit. Khronos Group koncorsium se rozhodlo jednotlivá rozhraní sjednotit a vytvo°it otev°ený standard. Standard se nazývá OpenXR 1.0 a byl zve°ejn¥n 18. b°ezna 2019. První z enginu, který jej pln¥ podporoval byl Unreal engine. V Unity podpora tohoto standardu byla v preview implementaci aº ke konci roku 2020. Nyní je pln¥ podporován a pokud se vývojá° rozhodne pracovat s VR, doporu£uji zvolit stabilní verzi enginu, nejlépe LTS verzi. V Tech stream verzích Unity dochází k problém·m s kompatibilitou ovlada£·. Alfu £i Betu jakékoli verze Unity spole£n¥ s jakýmkoli VR se v podstat¥ pouºít nedá.

V sou£asnosti OpenXR uznává mnoho spole£ností a stal se tak nejvýznamn¥j²ím standardem pro VR.

Obrázek 4.7: Firmy podporující standard OpenXR 1.0. Zdroj: [2].

Obrázek 4.8: XR p°ed a po Standardizaci. Zdroj: [2].

## 4.5 Sí´ová komunikace

Komunikace po síti je pro tuto aplikaci st¥ºejní, jelikoº aplikace m·ºe vystupovat jako server i jako klient. V budoucnosti se po£ítá s roz²í°ením i jako dedikovaný server. To by zajistilo moºnost p°ipojení daleko v¥t²ího po£tu hrá£·, podobn¥ jako aplikace VRChat. Samotné Unity neobsahuje p°íli² kvalitní rozhraní pro komunikaci na síti. Nastala situace, kdy Unity p·vodní sí´ovou vrstvu ozna£ilo jako zastaralou, vývoj nové se pozdrºel a vydaní stabilní verze se o£ekává koncem roku 2022. Proto pro tento projekt byla pouºita open source nástavba Mirror. Jedná se o plugin do Unity, který umoº¬uje v rámci jednoho kódu mít jak serverovou, tak klientskou £ást. Tím zna£n¥ zjednodu²uje a zp°ehled¬uje implementaci dané aplikace. Byl napsán jako roz²í°ení p·vodní sí´ové vrstvy Unity. Zajímavostí je, ºe implementace nové sí´ové vrstvy do Unity se inspiruje principy z pluginu Mirror. V samotné aplikaci je pot°eba vyuºít mnoho z p°edp°ipravených komponent z tohoto pluginu, aby se docílilo poºadované funk£nosti. [1]

## 4.6 Tenký klient

Existují dva typy klient·. Tlustý klient je ten výchozí pro Unity a v¥t²inu her. Klient má k dispozici kompletní assety ze hry (modely, materiály, textury). Takový klient je zpravidla pom¥rn¥ velký. Novodobé aplikace a zvlá²´ VR hry, kde jsou zapot°ebí propracovan¥j²í modely mají v °ádu 10 GB. Jako p°íklad lze uvést Pavlov VR, které má na disku p°ibliºn¥ 58GB.

Tenký klient na druhou stranu obsahuje pouze klí£ové assety a zbytek si stáhne p°ed spu²t¥ním poºadované úrovn¥. Výhodou je malá velikost klienta. Nevýhodou je £ekání na staºení asset· a p°edem neznámá velikost aplikace. Tenký klient se hodí v situacích, kdy serverová aplikace m·ºe mít tisíce asset·, ale v úrovni pouºitý jen malý zlomek z nich.

V této práci se pouºívá prozatím tlustý klient, av²ak tenkému jsem v¥noval velice mnoho £asu a je funk£ní za p°edpokladu, ºe se nachystají asset balíky dop°edu v editoru. V budoucnu by bylo pot°eba pro celou funk£nost systému implemntovat roz²í°ení do Unity, aby umoºnilo jednoduché generování t¥chto asset·, ke kterému se pouºívají vnit°ní funkce samotného Unity. Demonstrace tenkého klienta muºe být p°edvedena zatím pouze z editoru Unity. Této technologii jsem v¥noval hodn¥ £asu a v budoucnu ji plánuji velmi roz²í°it. Samotné Unity nic takového nepodporuje.

Obrázek 4.9: Ilustrace tenkého klienta.

# Kapitola 5

# Realizace

## 5.1 Zalo$^{o}$ení projektu

Pro správu verzi Unity a projekt· se u$^{o}$ výhradn¥ pou$^{o}$ívá Unity Hub. Jednotlivé verze si lze stáhnout zvlá²´ ale Unity hub poskytuje mnoho funkcí nad správou jednotlivých instalací. Mezi funkce nap°íklad pat°í jednoduché doinstalování sou£ástí pro vývoj na jednotlivé platformy, nebo také instalace Visual Studia v£etn¥ pot°ebných nástroj· pro integraci s Unity. Unity Hub pro²el v poslední dob¥ velkým vývojem a stalo se z n¥j primární prost°ení pro správu verzí unity , správu projekt· a v neposlední °ad¥ také informa£ní centrum s velkým mno$^{o}$stvím návod· a odkaz· na komunitní projekty. Dal²í velkou výhodou poskytuje mnoho r·zných ²ablon pro nový projekt. Kdysi bylo Unity omezené jen na základní výb¥r 3D, 2D a 3D s p°ídavky. Poslední mo$^{o}$nost znamenala projekt s ukázkovou úrovní. Pozd¥ji se rozd¥lili vykreslovací °et¥zce tak$^{o}$e p°ibily dv¥ dal²í mo$^{o}$nosti (URP a HDRP). Nyní u$^{o}$ nelze vyjmenovat základní ²ablony, jeliko$^{o}$ Unity se rozhodlo ze ²ablon ud¥lá univerzální systém. ’ablony za£ala tvo°it ve velkém komunita a lze si tak stáhnout p°esn¥ ²ablony zam¥°ené pro konkrétní styly her.

Dokonce zm¥na ohledn¥ ²ablon se dotkla Package manageru. Package manager je správce pou$^{o}$itých plugin· b¥hem vývoje. Nov¥ je tak strukturovaný podle stylu jednotlivých aplikací/herních styl·. Obsahuje doporu£ené kombinace plugin· pro daný styl. Jde tak o snahu zp°ehlednit za£ínajícím vývojá°·m pluginy, jejich správu a to, $^{o}$e síla Unity editor je práv¥ v pou$^{o}$itých pluginech.

## 5.2 Vykreslovací °et¥zec

Unity od svého po£átku obsahovalo pouze jeden vykreslovací °et¥zec. Tento gra cký °et¥zec v²ak zastaral a primárn¥ kv·li optimalizaci byl nahrazen Univerzálním vykreslovacím °et¥zcem (URP). Rozd¥lení °et¥zce m¥lo více d·vod·. Jeden z nich bylo to, $^{o}$e Unity m¥lo hor²í gra cké zpracování ne$^{o}$ ostatní enginy. Komunita tak naléhala na vytvo°ení propracovan¥j²ího gra ckého °et¥zce. Proto vznikl High De nition Render Pipeline (HDRP). Tento °et¥zec je primárn¥ ur£en k zobrazování realistické gra ky.

Pro tuto práci byl podstatný výkon a p°enositelnost, proto byl zvolen univerzální vykreslovací °et¥zec a hra bude stylizována, aby se dosáhlo je²t¥ dal²í úspory výpo£etního výkonu.

Obrázek 5.1: Vlevo univerzální vykreslovací °e´¥zec (URP), vpravo realistická HD gra ka (HDRP). Zdroj: [20]

## 5.3 Práce v Unity

Po vybraní ²ablony a vykreslovacího °et¥zce se otev°e samotný Editor Unity. Tato sekce slou$^{o}$í jako shrnutí základních princip· v enginu.

Takto vypadá p°ibli$^{o}$n¥ základní layout enginu.

Obrázek 5.2: Unity UI Zdroj: [20]

Scene view je hlavní okno pro editaci scény. Scéna bývá zpravidla jedena úrove¬ ve h°e. V této zálo$^{o}$ce tak probíhá pozicování v²ech objekt· ve scén¥.

Hierarchy window  okno hierarchie. Ka$^{o}$dá scéna je ko°enový objekt. Do této scény lze vkládat objekty r·zného typu. Mezi nejb¥$^{o}$n¥j²í pat°í objekty, které tvo°í viditelnou £ást scény. Ov²em scéna jako taková obsahuje zpravidla i plátno (Canvas) pro zobrazení UI nebo také prázdné objekty na kterých se vykonávají skripty. Objekty lze voln¥ do sebe zano°ovat. V$^{o}$dy musí mít ale svého rodi£e. Nejvy²²ím rodi£em je prav¥ scéna.

Hra nebo aplikace se skládá pak z posloupnosti scén které se p°epínají mezi sebou. Dobrá praxe je mít °ízené p°epínaní scén herním správcem (Game manager). P°i p°epnutí ze scény na scénu zaniknout v²echny objekty v aktuální, a naopak se na£tou v²echny objekty ze scény nové. Pokud je v²ak pot°eba zachovat mezi scénami n¥jaká data je pot°eba vytvo°it perzistentní objekt. Obecn¥ to bývají prav¥ správci úrovní, ale mohou to být i jiné objekty. Tyto perzistentní objekty musí být naprogramovány jako jediná£ek (singleton) pro p°ípad návratu do p·vodní scény. Návrhový vzor jediná£ek (singleton) zaru£uje $^{o}$e, pokud objekt ve scén¥ ji$^{o}$ existuje, nový se nevytvo°í.

Projekt window  pr·zkumník obsahuje pak adresá°ovou hierarchii projektu odkud se do scény nahrávají v²echny assety. Asset je v podstat¥ jakýkoli soubor který je sou£ástí projektu. Zpravidla jde p°edev²ím o materiály, modely, skripty, textury, zvuky ale i o scény jako takové. Dule$^{o}$itý pojem je také prefab. Jedná se o objekt, který ji$^{o}$ obsahuje v²echny pot°ebné komponenty ze scény a zpravidla se pou$^{o}$ívá jako ²ablona pro spawnované objekty ve scén¥.

Inspector window  Inspektor, správce vlastností objektu. Ka$^{o}$dý objekt ve scén¥ se skládá z komponent. Základní komponentou ka$^{o}$dého objektu je Transform. Transform by se dalo p°elo$^{o}$it jako komponenta transformace, obsahuje pozici, rotaci a velikost objektu. Jen$^{o}$e krom¥ toho lze na tuto komponentu nahlí$^{o}$et jako na samotný objekt, jeliko$^{o}$ obsahuje p°ímé odkazy na potomky objektu v£etn¥ referencí na v²echny dal²í komponenty daného objetu. Bez této komponenty nem·$^{o}$e objekt existovat ve scén¥. Mezi b¥$^{o}$né komponenty pak pat°í renderer  který se stará o vykreslení meshe, mesh  lter, který reprezentuje samotný tvar  mesh objektu. Mezi komponenty nap°íklad pat°í komponenty simulující fyziku jako Rigid body, Collider, Joint atd. Do komponent pat°í ve²keré skripty i komponenty p°idané jednotlivými pluginy.

Toolbar  Ovládání spu²t¥ní aplikace p°ímo v enginu, pop°ípad¥ stopnutí p°i pro lovaní £i debugu.

## 5.4 XR Interaction Toolkit

XR Interaction toolkit je plugin zprovozn¥ní VR v aplikaci. Obsahuje v²echny pot°ebné sou£ásti. Prvním krokem p°i nastavování VR je nastavit toolkitu jaký plugin výrobce VR se bude vyu$^{o}$ívat. XR interaction toolkit je jen nástavba nad implementacemi jednotlivých SDK výrobc· headset·. V p°ípad¥ této diplomové práce jsem volil OpenXR. D·vody volby OpenXR byly p°eva$^{o}$n¥ kv·li kompatibilit¥ nap°í£ headsety. Také je pot°eba vypnout automatickou inicializaci VR p°i startu aplikace, jeliko$^{o}$ se jedná o hybridní aplikaci. Poté, co je toolkit takto nastaven, ve²kerou VR interakci provádíme skrz komponenty toolkitu. N¥které klí£ové funkce jsou ji$^{o}$ sdru$^{o}$ené v podob¥ komponent· na nachystaných objektech. Tyto defaultní objekty tak sta£í pouze vlo$^{o}$it do scény. Po vlo$^{o}$ení takovéhoto objektu do scény se vygeneruje Interaction Manager, který slou$^{o}$í jako prost°edník pro komunikaci mezi komponenty. T¥chto správc· m·$^{o}$e být ve scén¥ více, minimáln¥ v$^{o}$dy alespo¬ jeden. Komponenty si defaultn¥ nastavují toho správce, který naleznou ve scén¥ jako první. Pokud se jim skriptem nenastaví jiný.

Základním stavebním kamenem kaºdé VR místnosti je p°ednastavený VR objekt (rig), který reprezentuje hrá£e a obsahuje jiº n¥kolik klí£ových komponent pro propojení s VR. V nové verzi do²lo k p°ejmenování objektu Rig na Origin, do²lo i k p°ejmenování stejnojmenných komponent toolkitu.

Mezi klí£ové komponenty Originu pat°í nap°íklad: typ komponenty Interactor, jako základní se pouºívá XR Ray Interactor. Ten pouºívá ray casting (prolоení scény paprskem) a pokud protnutý p°edm¥t má p°íslu²nou masku a interaktivní komponentu, hrá£ s ním m·ºe interagovat dle implementovaného chovaní (nap°íklad objekt uchopit). Aby bylo moºné p°ená²et prostorovou pozici ovlada£e od uºivatele, musí být na objektu komponenta XR Controler. Ten umoº¬uje namapovat akce jako zm¥na pozice, rotace, aktivace stisknutím tla£ítka, interakce s UI a dal²í.

Action-based vs. Device-based chování komponent. V po£átku vývoje XR Interaction toolkitu se pracovalo s p°ímými hodnotami za°ízení. V XR Interaction toolkitu se tak odkazovalo na konkrétní ovlada£e a r·zné hodnoty. Ne v²echny ovlada£e m¥ly nap°íklad tla£ítka jako ostatní výrobci a byla nutnost mít n¥kolik alternativních zp·sob· ovládání. To zm¥nil p°íchod standartu OpenXR a p°echod na nový input systém p°ímo v Unity.

Obrázek 5.3: V XR Interaction toolkitu lze stále zvolit objekty obsahující star²í komponenty.

## 5.5 Input systém

New Input systém je v Unity se v unity postupn¥ stává standardem. Nyní si lze stále vybrat, zda se v projektu bude pouºívat star²í input systém nebo jiº nový. Nový Input systém není tak nový, jak se zdá postupn¥ se na n¥j p°echází jiº od roku 2017. Hlavní výhodou nového systému je p°enositelnost na r·zné platformy. Zárove¬ nový systém velice jednodu²e podporuje r·zné ovládací za°ízení, a to i simultánn¥. Lze tak nap°íklad pouºít klávesnici ve spojení s gamepad ovlada£em £i joystickem.

Nový input systém se tak jako ostatní pluginy p°idává p°es package manager a po p°idání Unity vyºaduje restart a nastavení který input systém se má vyuºívat, jestli starý, nový nebo oba zárove¬. I kdyº v²e sm¥°uje k výhradnímu pouºití nového input systému, starý se hodí na rychlé prototypování. Z·stává tak nadále komunitou hojn¥ vyuºíván.

Nový systém je zaloºen na eventech, není pot°eba trvale ov¥°ovat v updatu, zda byl proveden n¥jaký vstup. Samoz°ejm¥ jsou situace, kdy se toto chování hodí. Existuje pom¥rn¥ jednoduchý zp·sob, jak k novému input systému p°istupovat jako ve starém systému. Sta£í se manuáln¥ odkázat na konkrétní p°ipojené za°ízení. Kaºdý uºivatelský vstup v novém