ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta elektrotechnická

Katedra počítačové grafiky a interakce

Vizualizace oběžnic v rozšířené realitě

Bakalářská práce

Jan Illich

Studijní program: Otevřená informatika

Studijní obor: Počítačové hry a grafika

Vedoucí práce: Ing. David Sedláček, Ph.D.

Praha, 2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Illich** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **474533**

Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**

Zadávající katedra/ústav: **Katedra počítačové grafiky a interakce**

Studijní program: **Otevřená informatika**

Studijní obor: **Počítačové hry a grafika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vizualizace oběžnic v rozšířené realitě

Název bakalářské práce anglicky:

Visualization of satellites in augmented reality

Pokyny pro vypracování:

1) Prostudujte možnosti sledování více postav v místnosti (např. z RGB obrazu nebo hloubkové kamery).
2) Navrhněte systém který bude pomocí technik rozšířené reality zobrazovat na místě detekovaných postav 3D modely (např. místo hlavy). Systém bude rozpoznávat minimálně čtyři postavy současně v reálném čase. Definujte limity navrženého systému a navrhněte postup stabilního přiřazení jednoznačných identifikátorů vybraným postavám/osobám.
3) Implementujte navržený systém, včetně rozhraní pro jeho kalibraci a konfiguraci zobrazovaných modelů na místě původních postav.
4) Implementovaný systém použijte pro vizualizaci oběžnic v rozšířené realitě, kdy budou mít postavy za úkol se pohybovat kolem sebe tak, jako např. planety kolem slunce. Vizualizujte reálné dráhy jednotlivých oběžnic. Systém nemusí umět vyhodnotit správnost pohybu postav po předpokládaných drahách, ale měl by vizualizovat ušlou dráhu postavy za časový interval. Délku intervalu nastavte dle testování s ohledem na kvalitu vizualizace. Po dohodě s vedoucím vytvořte čtyři různé skupiny použitých objektů (např. pro skupinu země, vizualizujte objekty slunce, mars, země, měsíc).
5) Otestuje z výkonostního hlediska (rychlost rozpoznávání, zpoždění, počet detekovatelných postav, chybovost)
6) Stabilitu sledování systému otetujte s různě velkými skupinami lidí (3 - 7 lidí) ve třech různých prostředích (např. venku, v učebně, v přednáškovém sále). Při testování mějte v místnosti jak postavy sledované systémem, tak osoby, které jsou v záběru snímacího zařízení navíc a systém by je měl ignorovat.

Seznam doporučené literatury:

1] Dieter Schmalstieg, and Tobias Hollerer, Augmented Reality: Principles and Practice, Addison Wesley 2016
2] Jason Jerald. The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality. 2015. ACM
3] J. J. LaViola, Jr. et all. 3D User Interfaces: Theory and Practice, second edition. 2017. Addison Wesley

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. David Sedláček, Ph.D., katedra počítačové grafiky a interakce FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **18.03.2021** Termín odevzdání bakalářské práce: **13.08.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.02.2023**

Ing. David Sedláček, Ph.D. podpis vedoucí(ho) práce	podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D. podpis děkana(ky)

 © ČVUT v Praze, Design: ČVUT v Praze, VIC

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Praze, 4. ledna 2022

Poděkování

Chtěl bych velice poděkovat vedoucímu práce, Ing. Davidu Sedláčkovi, Ph.D. za podporu, vnuknuté nápady, neskutečnou trpělivost a důvěru, že to dotáhnu do konce. Také bych chtěl moc poděkovat rodičům za pomoc při testování a vyrábění fyzických targetů.

Abstrakt

Předmětem této práce je zkoumání možností sledování postav v prostoru a umístění AR objektů na jejich pozice. Následně také testování vybrané metody – Vuforia Engine Image Target v Unity za různého osvětlení a různými kamerami.

Klíčová slova: AR, rozšířená realita, Vuforia, sledování postav

Vedoucí: Ing. David Sedláček, Ph.D.

Abstract

The subject of this work is research of different techniques of people recognition and placing AR objects in their place. Then also testing of the chosen method – Vuforia Engine Image Target in Unity in different lighting and with different cameras.

Key Words: AR, augmented reality, Vuforia, people recognition

Title translation: Visualisation of Satellites in Augmented Reality

Obsah

1. Úvod 1
1.1. Motivace 1
2. Analýza 3
2.1. Rozpoznávání obličejů 3
2.2. Rozpoznávání postav 5
2.3. Rozpoznávání rekvizit 5
2.4. Vuforia 6
3. Návrh 8
4. Implementace 9
5. Testování 12
5.1. Testování rozpoznávání venku s použitím telefonu 12
5.2. Testování rozpoznávání uvnitř s použitím telefonu 13
5.3. Testování rozpoznávání uvnitř s použitím webkamery 14
5.4. Testování funkčnosti aplikace 15
6. Závěr 16
7. Zdroje 18
8. Zdroje obrázků 20
9. Přílohy 21

1. Úvod

Rozšířená realita (Augmented reality, AR) je oblastí zkoumání již po několik desetiletí. Jako lidé máme pět smyslů: zrak, sluch, čich, chuť a hmat, kde zrak je společně se sluchem ten nejpoužívanější. Stále existují vjemy, které nejsme schopni zachytit, nebo problémy dostatečně rychle vyřešit. Proto vznikl nápad obohatit realitu o další poznatky, přidat virtuální objekty a označení do reálného světa. Díky tomu byste mohli například vidět do naskenovaného pacienta dřív, než do něj jako doktor říznete [1; 2.1]. Nebo jako vojenský pilot okamžitě vědět všechny údaje o své stíhačce, a i té nepřátelské hned na skle helmy, bez toho, aniž byste museli koukat na budíky [1; 2.6].

Obr. 1-1 Použití AR v přilbě vojenského pilota

Rozšířenou realitu lze použít i k méně vážným účelům. Počítačové hry jsou poslední dobou na vzestupu, což momentálně platí ještě více kvůli právě probíhající koronavirové krizi, kdy spousta z nás musí sedět doma [2]. Videoherní průmysl se zatím soustředí hlavně na klasické hry (počítač, herní konzole) a postupně se začíná rozpínat i do virtuální reality (VR) a do AR, kde již vznikají hry také, ale stále jsou v pozadí. VR herní průmysl navíc trpí drahým vybavením, což z části zdržuje i AR.

Stručněji řečeno je jednodušší vytvořit hru pro již zaběhnuté systémy s dlouholetou tradicí než pro herní novinky posledního desetiletí s velkými mezerami. A samozřejmě do rychlosti vývoje v této oblasti hovoří i otázka investice a návratnosti.

1.1. Motivace

Proto jsem se rozhodl pro tento projekt, protože je to (alespoň z části) málo prozkoumané území. Zajímá mě, s čím vším se vývojáři setkávají a jaké problémy řeší.

Chci se dozvědět co nejvíc o aktuálních systémech AR jejich funkčnosti a stabilitě, a i si nějakou hru vyzkoušet vytvořit.

Hru, která dokáže sledovat několik postav nebo objektů najednou, přiřadit k nim objekty v AR a sledovat jejich dráhu. Na ní pak následně provést testy její funkčnosti abych se dozvěděl co nejvíc o AR systémech.

2. Analýza

Než se vůbec můžeme bavit o AR je potřeba zjistit, kam v něm umístíme objekty neboli jak rozeznáme místo umístění. Jelikož chceme ve výsledku interaktivní hru, je možností několik: rozpoznávání obličejů, rozpoznávání postav a rozpoznávání rekvizit.

2.1. Rozpoznávání obličejů

Rozpoznávání obličejů je dnes celkem dost používaný systém, hlavně v bezpečnostních systémech, a i ve fotoaparátech. Díky tomu je celkem na úrovni a schopný, pro člověka až neuvěřitelných věcí.

Obecně průběh rozpoznání obličeje probíhá takto: Nejdříve kamera zachytí snímek člověka nebo celého davu. Dále program nalezne obličej, který ořízne a dále používá jen ten. Poté oříznutý obrázek normalizuje, aby se zbavil šumu a jiných výchylek a také obrázek otočí, pokud je to potřeba. Následně se extrahují vlastnosti nebo prvky z obrázku a přiřadí se k nim hodnoty použitelné pro porovnávání. V této fázi se metody od sebe odlišují nejvíce. A nakonec dojde k porovnání mezi právě snímaným obličejem a obličejem dříve viděným. Pokud nebyl tento obličej viděn dříve, zapíše se nově do systému. [3; 3]

První možností snímání jsou běžné kamery zachycující 2D obraz přirozeného světla. V těchto kamerách pak jsou algoritmy pro rozpoznávání obličejů, které jdou použít i na fotky [Obr. 2-1]. Jejich cílem je nalezení uzlových bodů v obličeji a převedení obličeje na digitální kód. Uzlové body mohou být například vzdálenost očí, šířka nosu, hloubka očních důlků, tvar lícních kostí a délka linie čelisti. Natočení obličeje v 3D prostoru pro rozpoznání stejného člověka i z profilu je nedílnou součástí těchto systémů. Stále ale platí že rozpoznávání se poměřuje většinou s fotkou zepředu, což může vést k chybám. [4]

Obr. 2-1 Rozpoznávání obličeje v obrázku webovou aplikací Azure

Dále je možné snímat nejen 2D obraz ale i 3D povrch obličeje osoby pomocí hloubkových kamer nebo systému několika obyčejných kamer z různých úhlů. Tento objekt tváře pak méně podléhá chybám a v případě hloubkové kamery je nezávislý na světelných podmínkách. Ve světových databázích ale není moc velké množství těchto "snímků", takže se ve velkém nepoužívají. V případě použití, kdy není potřeba zjistit totožnost osoby z databáze, se hodí, jelikož mají mnohem menší chybovost. [5]

Také lze rozpoznávat obličeje za pomocí termálních kamer [Obr. 2-2]. Termální kamery mají výhodu toho, že nepodléhají rušení např. brýlí a vousů a mohou být použity i ve velmi špatných světelných podmínkách bez narušení vlastní anonymity [6]. Nově lze porovnávat snímky z termálních kamer se snímky z kamer klasických, což usnadní jejich budoucí použití bez potřeby vytváření vlastních databází [7].

Obr. 2-2 Použití termodynamické kamery pro rozpoznání obličeje

2.2. Rozpoznávání postav

Jedna z možností, jak zpřesnit rozpoznání postavy je nebrat jen obličej ale celou postavu. S tím samozřejmě přichází i spousta jiných problémů jako například výpočetní náročnost.

Rozpoznávání celé postavy není nijak běžné a je těžší o něm zjistit něco obecně. Nicméně existuje například projekt MediaPipe, který se zaobírá rozpoznáváním obličeje, oční duhovky, rukou, ale taky právě postavy (pózy). MediaPipe používá pro sledování postavy 33 orientačních bodů na různých místech po těle sledovaného člověka. [8]

Konkrétně průběh rozpoznávání postavy v MediaPipe probíhá takto: Nejdříve MediaPipe určí oblast, kde se vyskytuje člověk na pozorování, a pak v dané oblasti nasadí orientační body na jeho tělo. Následně se sledovaná oblast mění podle předtím zjištěných bodů a body samotné se přepočítají. [9]

Výsledné body vytvoří kostru, která je dobře vidět na obrázku [Obr. 2-3]

Obr. 2-3 MediaPipe kostra vytvořená na postavě

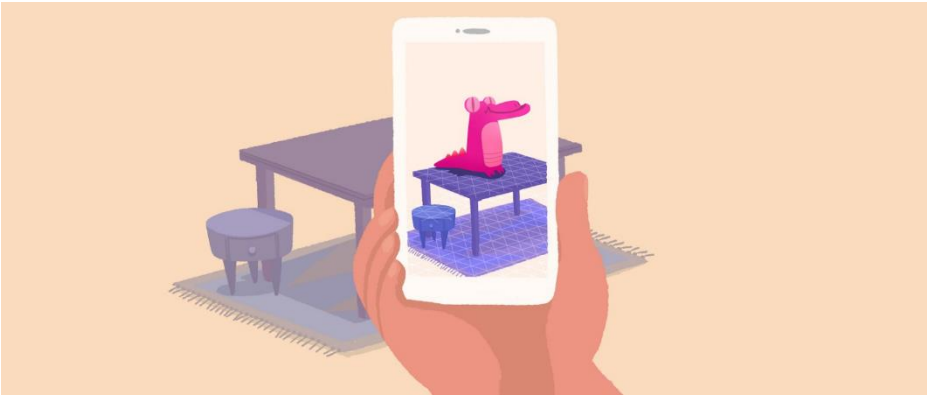
2.3. Rozpoznávání rekvizit

Rozpoznávání obličejů nebo dokonce postav by se mohlo zdát jako až moc na to, o co v projektu jde, a to je nahradit lidi objekty v AR. Místo složitých rozpoznávacích algoritmů a zajištění, že bude daná osoba stoprocentně rozpoznána a že bude

rozpoznána jako tatáž osoba, proč nepoužít rekvizity. Jednoduché geometrické markery nebo celé objekty na jejichž místo by byl dosazen jiný objekt.

Jednoduchá AR přes smartphone funguje tak, že na místo markeru (typicky kartičky s geometrickým obrazcem) se umístí 3D objekt stojící na dané kartičce viditelný přes obrazovku mobilního telefonu [10]. Nově však daný marker může být i 3D objekt nebo dokonce jen klepnutí na obrazovce mobilu a označení tak místa pro umístění [11].

Konkrétně na to lze použít Wikitude, ARCore ARKit nebo Vuforia [12]. ARCore a ARKit splňují veškeré potřeby pro AR a to: 2D a 3D sledování objektů, chytré použití kotev zabraňující odeplutí objektu ze scény, podporu nástrojů třetích stran jako například herního vývojové prostředí Unity, podporu SLAM a případně i sledování obličeje [13]. ARCore má jednu výhodu oproti ARKit a to tu, že běží na Androidu, což je v naší lokalitě častější operační systém než Apple, pro který je ARKit (já osobně mám Android).



Obr. 2-4 Koncept ARCore

2.4. Vuforia

Jedna z konkrétních možností rozpoznávání rekvizit je také Vuforia. Vuforia umožňuje rozpoznávat různé druhy objektů jako například obrázek, válec, kvádr (víc obrázků), objekt, model a VuMark. Navíc je Vuforia plně kompatibilní s Unity [14].

Základní varianta – sledování obrázku – vyhledá předem určený obrázek v kamerou snímaném prostoru a umístí na něj / do něj objekt stylem, jak je určeno například v Unity [15] [Obr. 2-5]. Obrázek (dále target) může být jakýkoli, ale je potřeba dodržet pravidla pro tvorbu targetů, aby daný target byl dobře rozlišitelný a jednoznačný [16].

Sledování válce je variantou sledování obrázku. Je to určený především pro lahve a plechovky, jelikož mají příznivý tvar. [17]

Sledování kvádru je také variantou sledování obrázku, kde se použije 6 targetů poskládaných do 3D kvádru. Výhodou této možnosti je lepší výsledek sledování ze všech úhlů a lepší kvalita a přesnost umístění objektu. Užití má například jako obaly produktů. [18]

Sledování objektu je umožněno díky naskenování skutečného objektu. Potom je možné do něj a na něj zobrazovat virtuální objekty. Vhodné pro hračky, modely a učební pomůcky. [19]

Sledování modelu vyžaduje 3D model objektu. Tento objekt může být jakýkoli, ale musí umožnit sledování (pevný, nelesknoucí aj.). Vhodné pro domácí spotřebiče, auta nebo dokonce až architektonické památky. [20]

A jako poslední možnost je tu VuMark. VuMark je specializovaný target, který umožňuje vysoký stupeň miniaturizace a uměleckého designu. Jeho předností je schopnost zakódování různých dat do víceméně stejného designu, což umožňuje zachování značky například pro celou firmu s jinými daty uvnitř targetu. [21]

Vuforia jako taková má skvěle provedenou a přehlednou dokumentaci. Již zmíněná kompatibilita s Unity vytváří pohodlné prostředí pro zkoušení, tvorbu a testování. Vuforia se i pyšní nejlepším sledováním [15], takže i když budu skeptický a budu ji považovat za průměr, je to vhodný kandidát na tento projekt.

Obr. 2-5 Vuforia target v akci

3. Návrh

Na vypracování tohoto projektu jsem si vybral Vuforii, hlavně kvůli přehledné a přímočaré dokumentaci. Také kvůli možnostem sledování, jelikož nabízí velkou škálu různých provedení. Konkrétně sledování obrázku, poněvadž ostatní mají vady pro specifika mého projektu, nebo lepší rozpoznávání přináší jiné problémy.

Chci sledovat postavy v prostoru a nahradit je objekty sluneční soustavy (dále jen objekty). Postavy lidí, které určitě nebudu skenovat nebo mít jejích 3D model. Také je nebudu balit do válce. Sledování kvádru by fungovalo, ale jen pokud by postavy měli tento kvádr přidělaný na hlavě (čepice) nebo ho nad hlavou drželi. Což mi osobně přijde složité na shluk obrázků, kdy bude důležitá i jejich sehranost.

Poslední dvě možnosti je VuMark a sledování obrázku. Obě umí víceméně to samé, ale VuMark trpí při zvětšování, navíc estetický design targetů není podstatou této práce. A taky VuMark při rychlém testování ukázal lehce horší sledovatelnost na delší vzdálenosti.

Na projekt sledování targetu tudíž potřebuji Unity, Vuforii, modely objektů, modely targetů, fyzické reálné targety a něco na sledování pohybu objektů. Na to existuje v unity TrailRenderer, který kreslí stopu za objektem, ke kterému je přidán. Modely objektů vytvořím jako koule potažené texturou Země, Měsíce, Slunce a Marsu.

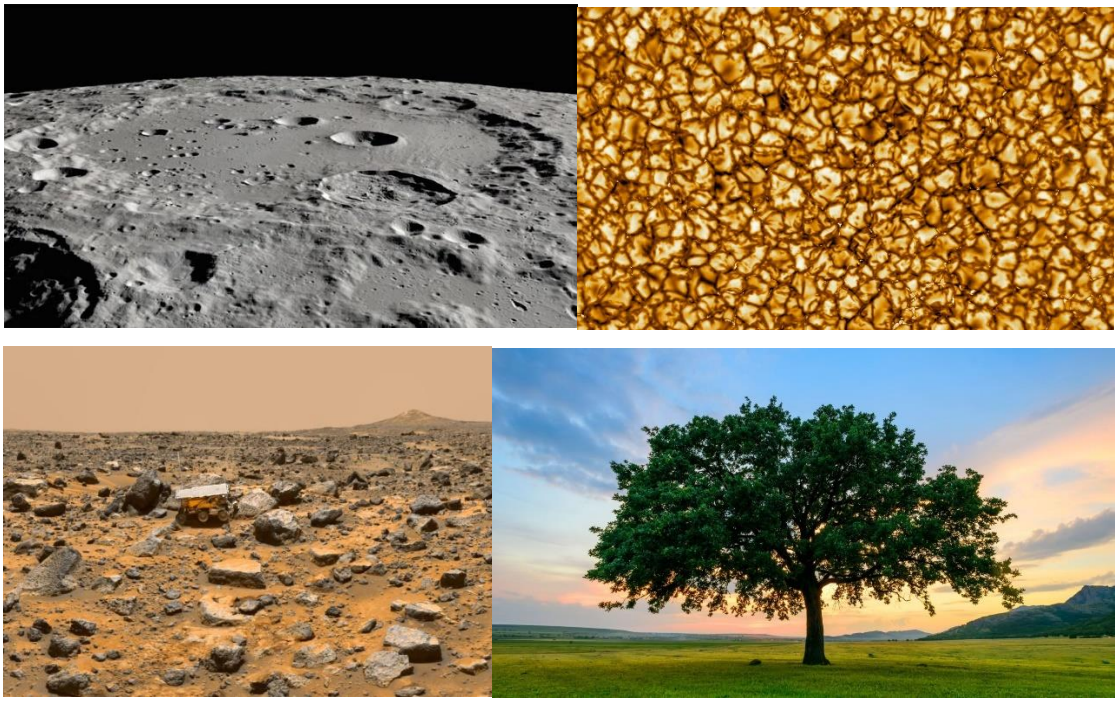
Z toho celého pak vytvořím build pro Android a vyzkouším v různých podmínkách. Poté to vyzkouším i na notebooku přes funkci Unity Play.

4. Implementace

Implementace projektu byla provedena v Unity verze 2021.1.4f1 a za pomocí Vuforia Engine verze 10.3.

Na Vuforia Engine developer portálu jsem si vytvořil Basic licenční klíč. Stáhl jsem Vuforia Engine balíček a pomocí package manageru ho rozbalil v Unity. Do scény jsem vložil ARCameru (a smazal klasickou kameru), kdy v ní jsem otevřel nastavení Vuforia Enginu a povolil mu sledovat až 4 targety naráz.

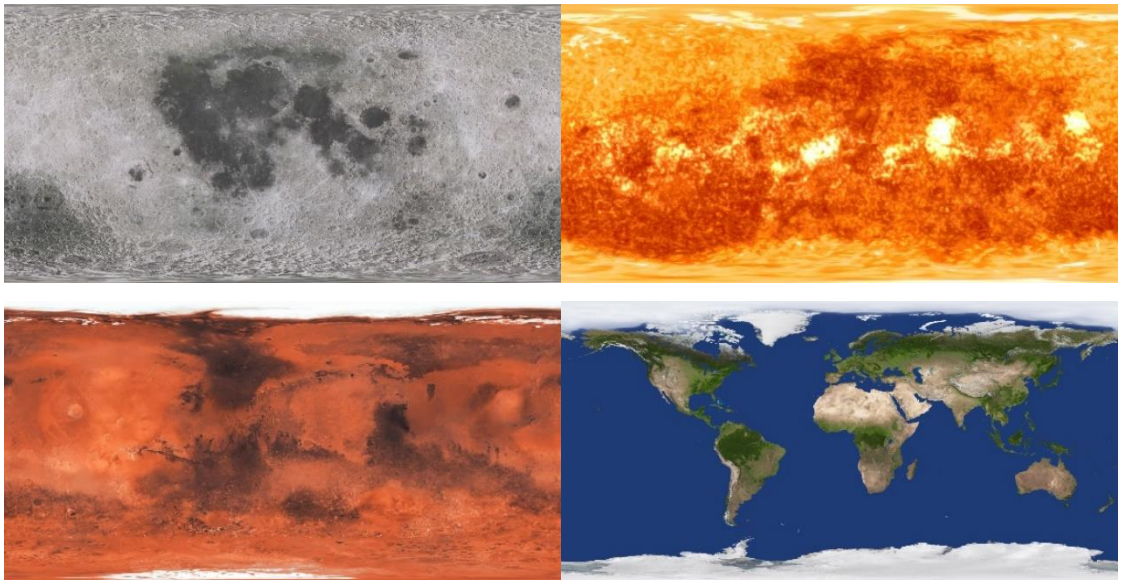
Nejdůležitější součástí implementace jsou targety, jejich kvalita především. Na Vuforia Engine Developer portálu lze nahrát obrázky a nechat je projít evaluací, kde zpětná vazba je 0 až 5 hvězdiček. Abych dosáhl nejlepší kvality našel jsem 4 tematické obrázky, všechny s 5 hvězdičkovým ohodnocením. Důležité je i jejich rozlišení, čím větší tím umožňuje větší target bez ztráty kvality. [Obr. 4-1]



Obr. 4-1 Použité obrázky pro targety (Měsíc, Slunce, Mars a Země)

Tyto obrázky byli použité na 4 Image Target GameObjecty v Unity. Ke všem targetům byl přiřazen odpovídající objekt. Všechny targety byli nastaveny, aby zobrazovali své objekty jen pokud je přímo vidí. Při letmém testování se ukázalo že objekty mají tendence zůstávat viset v prostoru nebo se přichytit na náhodné objekty ve scéně, pokud se nechají sledovat funkcí Extended Tracking.

Každému objektu byla přiřazena odpovídající textura. [Obr. 4-2]

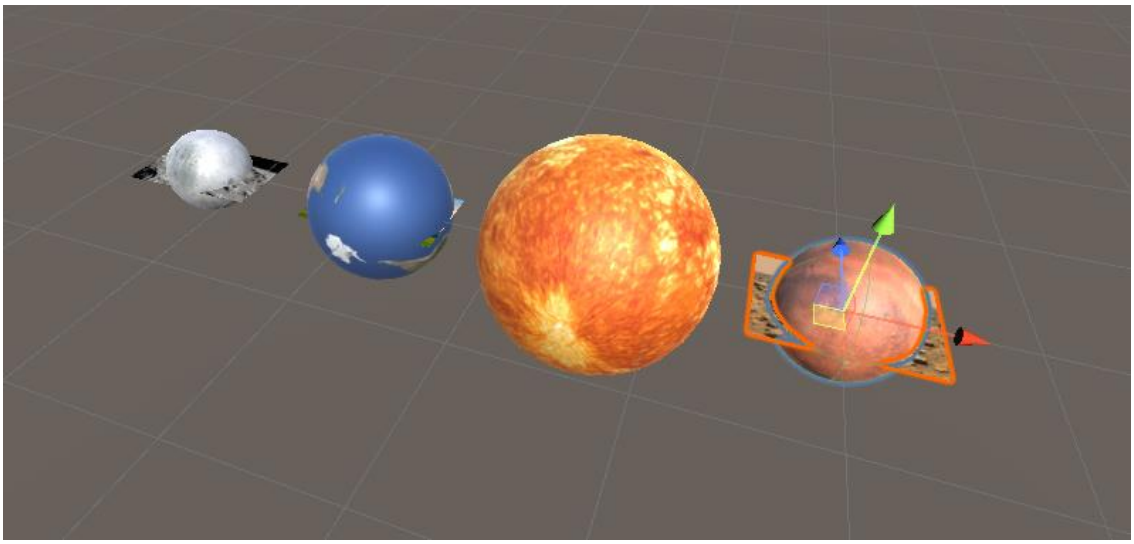


Obr. 4-2 Textury objektů (Měsíc, Slunce, Mars, Země)

Každému objektu byla vypnuta fyzika kolize, protože to dělalo víc nepořádku než užitku. Také byl každému objektu přiřazena odpovídající rotace. Země se otočí za 23 minut a 56 sekund v reálu, můj objekt Země se otočí za 23,933 sekund neboli 60x rychleji. Stejně tak se otáčí ostatní objekty v poměru ke svému reálnému času rotace.

Ke každému targetu jsem přiřadil i GameObject TrailRenderer. Každému objektu zvlášť jsem přiřadil odpovídající šířku a barvu vytvářené stopy. Stopa zůstává vidět 10 sekund a minimální vzdálenost pro vytvoření dalšího bodu na stopě je 0.5 jednotky.

Nastavení finální buildu bylo nastaveno pro Android.



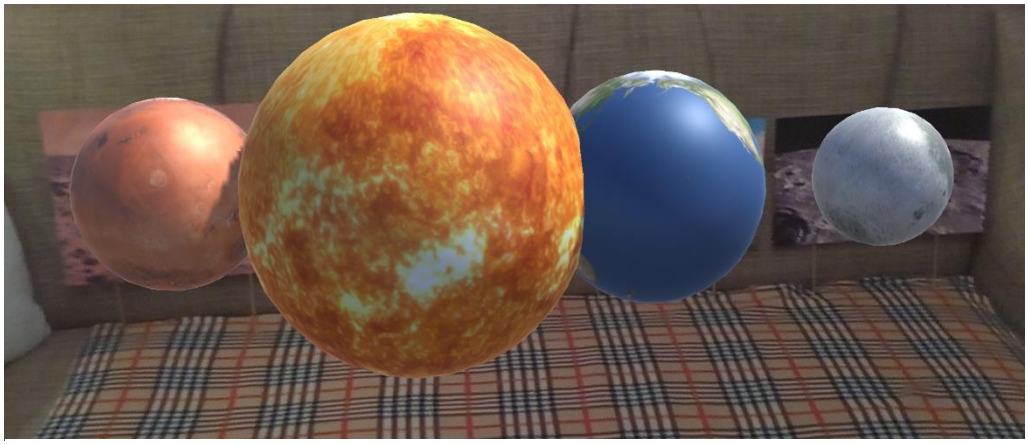
Obr. 4-3 Finální vzhled scény v Unity (Měsíc, Země, Slunce, Mars)

Další neméně důležitou součástí projektu jsou fyzické targety. Snímatelné obrázky byli vytištěny na listy papíru o velikosti A3 a přilepeny na kartonovou desku. To umožnilo dostatečnou velikost a pevnost, aby byli použitelné. Zároveň k nim byli přidělány dvě dřevěné špejle pro uchopení lidmi, aby nepřekážely v targetu.

5. Testování

K testování jsem použil i notebook HP Omen 15-dc0015nc se zabudovanou webkamerou HP Wide Vision HD 720p (dále jen webkamera), ale většinu jsem testoval přes mobilní telefon DOOGEE Y7Plus s hlavním fotoaparátem o rozlišení 16,3 megapixelů (dále jen telefon). Už při běžném používání je vidět lepší obraz u telefonu.

Jedním ze základních předpokladů funkčnosti programu je, že dokáže rozpoznat čtyři objekty současně. To jsem dokázal, že funguje (za použití telefonu) viz Obr. 5-1.



Obr. 5-1 Všechny čtyři objekty v jednom záběru

5.1. Testování rozpoznávání venku s použitím telefonu

Testování venku probíhalo za chladného vlhkého zataženého počasí a lehkého mrholení. Jedna osoba drží target v úrovni očí, zatímco druhá ji sleduje telefonem. Důležité vzdálenosti jsou celkem tři. Jak daleko může být target od telefonu, aby se objekt poprvé objevil, jak daleko od telefonu se objekt začne ztrácet (blikat) a jak daleko od telefonu objekt zmizí.

objekt	Země	Měsíc	Slunce	Mars
Maximální vzdálenost pro první objevení	3,3 m	4,2 m	2,5 m	1,0 m
Maximální vzdálenost čistého zobrazení	5,2 m	5,2 m	6,2 m	6,2 m
Maximální vzdálenost zobrazení	15,6 m	9,8 m	11,3 m	12,5 m

Tabulka 5-1 Testování rozpoznávání venku telefonem

Obr. 5-2 Venkovní testování s použitím mobilu ve vzdálenostech 3,3 m, 5,2 m a 12,9 m.

Na Obr. 5-2 je vidět jak ve vzdálenosti 12,9 m objekt skáče po prostoru a tvoří se za ním stopa, i když se target ve skutečnosti nehýbe.

5.2. Testování rozpoznávání uvnitř s použitím telefonu

Testování uvnitř probíhalo za umělého žlutého světla. Jedna osoba drží target ve výšce očí, druhá ji sleduje telefonem. Měří se stejné tři důležité vzdálenosti, pro první objevení, čisté zobrazení a zobrazení vůbec.

objekt	Země	Měsíc	Slunce	Mars
Maximální vzdálenost pro první objevení	4,3 m	4,0 m	4,3 m	3,0 m
Maximální vzdálenost čistého zobrazení	5,8 m	6,9 m	5,9 m	6,4 m
Maximální vzdálenost zobrazení	8,1 m	8,2 m	7,3 m	9,6 m

Tabulka 5-2 Testování rozpoznávání uvnitř telefonem

Obr. 5-3 Maximální vzdálenost pro první objevení měsíce (4 m)

5.3. Testování rozpoznávání uvnitř s použitím webkamery

Testování uvnitř probíhalo za denního světla. Notebook s webkamerou leží na stole. Testuje se v Play funkci Unity, protože Vuforia Engine nepodporuje finální build na Windows. Měří se znovu stejné tři důležité vzdálenosti, pro první objevení, čisté zobrazení a zobrazení vůbec.

objekt	Země	Měsíc	Slunce	Mars
Maximální vzdálenost pro první objevení	1,9 m	1,2 m	1,3 m	1,4 m
Maximální vzdálenost čistého zobrazení	6,0 m	4,4 m	4,2 m	5,0 m
Maximální vzdálenost zobrazení	7,4 m	4,8 m	4,2 m	5,5 m

Tabulka 5-3 Testování rozpoznávání vevnitř webkamerou

Webkamera má mnohem horší rozlišení a tím i rozpoznávací vlastnosti, což je vidět na datech v tabulce, a i na Obr. 5-4.

Obr. 5-4 Měsíc ve vzdálenosti 3 m

5.4. Testování funkčnosti aplikace

Další testování se týkalo, jestli je aplikace schopná plnit svoji funkci. To znamená sledovat targety v prostoru, vykreslit na ně planety, sledovat jejich pohyb a vykreslit jejich stopu.

Kvůli momentální koronavirové situaci probíhalo testování jen ve třech lidech, kdy jeden z nich drží telefon. Země obíhala kolem Slunce, nicméně čistě až na třetí a čtvrtý oběh. V průběhu se nic nezměnilo, nicméně po prvním spuštění a přiřazení objektů systém potřebuje jakousi kalibraci. Neboli čím déle se objekty sledují, tím lépe jsou sledovány. Názorněji je lépe vše vidět na přiloženém videu.

Obr. 5-5 Oběh Země kolem Slunce

6. Závěr

Úkolem této práce bylo vybrat nejvhodnější způsob, jak přetvořit lidi pohybující se v prostoru na objekty sluneční soustavy v AR. Je proto potřeba vzít v potaz mnoho různých problémů a situací, které mohou nastat. Potřebujeme rozeznat pozice jednotlivých objektů z postav v prostoru. Tyto objekty musí být přesně umístěny, nesmí skákat z postavy na postavu (jednoznačnost) a musí mít svůj jasný cíl (unikátnost). Zároveň musíme brát v ohled pozici kamery a počet lidí v dané místnosti.

Já jsem si vybral sledování targetu, kterou drží postava před sebou nebo nad sebou. Provedl jsem s tím mnoho testování, a i když to funguje, tak to má často problémy se chytit. Velký vliv na to určitě má kvalita fyzického targetu tak světelné podmínky nebo i rozlišení webkamery. Pro porovnání jsem vybral Zemi, protože měla nejlepší výsledky ze všech targetů a také byla při testování nejkonsistentnější

Země	Uvnitř webkamerou	Uvnitř telefonem	Venku telefonem
Maximální vzdálenost pro první objevení	1,9 m	4,3 m	3,3 m
Maximální vzdálenost čistého zobrazení	6,0 m	5,8 m	5,2 m
Maximální vzdálenost zobrazení	7,4 m	8,1 m	15,6 m

Tabulka 6-1: Porovnání testování Země

Je jasně vidět, že telefon s přibližně 6x vyšším rozlišením dosahuje lepších výsledků, hlavně při prvním objevení, což je nejdůležitější statistika, jelikož když se objekty minou tak se jeden z nich ztratí.

Porovnáme-li výkonost telefonu uvnitř a venku, zjistíme, že maximální vzdálenost pro první objevení je lepší uvnitř, čemuž nahrává kvalita prostředí (venku lehce mrholilo), ale na druhou stranu konzistence osvětlení venku umožnila maximální vzdálenost zobrazení 15,6 m. Za hranicí maximální vzdálenosti čistého zobrazení jsou ale objekt a target víceméně nepoužitelné, a tato vlastnost je u všech tří téměř stejná.

V přiložením videu je také vidět, že sledování je lepší, čím déle aplikace běží. Což je zajímavé pozorování, jelikož se v průběhu nic nezměnilo a o kalibraci na stránkách Vuforia jsem nic nenašel.

Ve finále nejlepší target je Země, protože má jasný vzor a zůstává kontrastní i v různém osvětlení. Čím vyšší rozlišení kamery, tím lepší rozpoznávání targetů. Kvalita a konzistence osvětlení má velký vliv na rozpoznávání.

7. Zdroje

1. Azuma, Ronald T. "A survey of augmented reality." Teleoperators & Virtual Environments 6.4 (1997): 355-385.
2. King, Daniel L., et al. "Problematic online gaming and the COVID-19 pandemic." Journal of Behavioral Addictions (2020).
3. Park, Yoon Young, YongKeum Choi, and KyungOh Lee. "A Study on the design and implementation of Facial recognition application system." International Journal of Bio-Science and Bio-Technology 6.2 (2014): 1-10.
4. Bonsor, K. "How Facial Recognition Systems Work" (2001), odkaz
5. Min, Rui & Choi, Jongmoo & Medioni, Gérard & Dugelay, Jean-Luc. “Real-time 3D face identification from a depth camera”. International Conference on Pattern Recognition. (2012): 1739-1742.
6. "Army Builds Face Recognition Technology that Works in Low-Light Conditions". AZoRobotics (2018), odkaz
7. Riggan, Benjamin & Short, Nathaniel & Hu, Shuowen. “Thermal to Visible Synthesis of Face Images using Multiple Regions”. (2018).
8. Pose – mediapipe [online]. [cit. 3. 1. 2022]. Dostupné z: https://google.github.io/mediapipe/solutions/pose.html#overview
9. Pose – mediapipe [online]. [cit. 3. 1. 2022]. Dostupné z: https://google.github.io/mediapipe/solutions/pose.html#ml-pipeline
10. What are augmented reality markers? [online]. [cit. 18. 12. 2021]. Dostupné z: https://anymotion.com/
11. Markerless Augmented Reality is here [online]. [cit. 18.12. 2021]. Dostupné z: https://www.marxentlabs.com/what-is-markerless-augmented-reality-dead-reckoning/
12. 6 Best Augmented Reality SDKs and Frameworks [online]. [cit. 19. 12. 2021]. Dostupné z: https://themindstudios.com/blog/5-best-augmented-reality-sdks-and-frameworks/
13. ARCore vs. ARKit [online]. [cit. 19. 12. 2021]. Dostupné z: https://www.iflexion.com/blog/arcore-vs-arkit
14. Getting Started with Vuforia Engine in Unity [online]. [cit. 3. 1. 2022] Dostupné z: https://library.vuforia.com/articles/Training/getting-started-with-vuforia-in-unity.html
15. Image Targets [online]. [cit. 3. 1. 2022] Dostupné z: https://library.vuforia.com/objects/image-targets

16. Best Practices for Designing and Developing Image-Based Targets [online]. [cit. 3. 1. 2022] Dostupné z: https://library.vuforia.com/features/images/image-targets/best-practices-for-designing-and-developing-image-based-targets.html
17. Cylinder Targets [online]. [cit. 3. 1. 2022] Dostupné z: https://library.vuforia.com/objects/cylinder-targets
18. Multi Targets [online]. [cit. 3. 1. 2022] Dostupné z: https://library.vuforia.com/objects/multi-targets
19. Object Targets [online]. [cit. 3. 1. 2022] Dostupné z: https://library.vuforia.com/objects/object-targets
20. Model Targets [online]. [cit. 3. 1. 2022] Dostupné z: https://library.vuforia.com/objects/model-targets
21. VuMarks [online]. [cit. 3. 1. 2022] Dostupné z: https://library.vuforia.com/objects/vumarks

8. Zdroje obrázků

1. Obr. 1-1: https://public-media.si-cdn.com/filer/2b/1c/2b1c0f32-c65c-4a96-ab9b-5c1438bf065b/06c_sep2017_feedsensorscamerasamplefinalmicrosize_lve.jpg
2. Obr. 2-1: Model detekce: detection_01 https://azure.microsoft.com/cs-cz/services/cognitive-services/face/#demo
3. Obr. 2-2: https://dp9eps5gd5xd0.cloudfront.net/image-handler/ts/20180417084301/ri/720/src/images/news/NewsImage_9840.jpg
4. Obr. 2-3: Jeden snímek vyňatý z gif souboru https://google.github.io/mediapipe/images/mobile/pose_tracking_example.gif
5. Obr. 2-4: https://developers.google.com/ar/images/EnvUnderstanding.jpg
6. Obr. 2-5: https://library.vuforia.com/sites/default/files/vuforia-library/articles/Features/Images/Image%20Targets/mars_4_astronaut.jpg
7. Obr. 4-1:
   Měsíc: https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/464QUPXKVDdmNDACrDzxtj.jpg
   Slunce: https://www.universetoday.com/wp-content/uploads/2020/01/Sun_surface-2000x1200.jpg
   Mars: https://thumbs-prod.si-cdn.com/f6SPQwCdF3znL6aO_hECdSKfWGU=/fit-in/1600x0/https://public-media.si-cdn.com/filer/e9/a8/e9a83338-26f1-4ac9-ad3a-6c261761360b/pathfinder_sojourner.jpg
   Země: https://organicnurserygarden.com/wp-content/uploads/2021/04/Tree1.jpg
8. Obr. 4-2: Obrázky Země, Slunce, Měsíce a Marsu ve 2k rozlišení: https://www.solarsystemscope.com/textures/

9. Přílohy

- Unity projekt
  - Spuštění přes Assets/Scenes/Main.unity
  - Testování přes Play mode
- Instalační balíček .apk
  - Stáhněte do telefonu a nainstalujte
- Video z testování
- Screenshoty