



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

STRATEGICKÁ HRA NA INTERAKTIVNÍM STOLE

STRATEGIC GAME ON INTERACTIVE TABLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ADAM JIRUŠKA

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL KAPINUS

BRNO 2018

Vysoké učení technické v Brně - Fakulta informačních technologií

Ústav počítačové grafiky a multimédií

Akademický rok 2017/2018

Zadání bakalářské práce

Řešitel: **Jiruška Adam**

Obor: Informační technologie

Téma: **Strategická hra na interaktivním stole**
Strategic Game on Interactive Table

Kategorie: Uživatelská rozhraní

Pokyny:

1. Prostudujte koncept rozšířené reality a její využití při návrhu uživatelských rozhraní.
2. Seznamte se s fakultní experimentální platformou ARTable, jejími možnostmi a aplikačním rozhraním a dále s vybranou strategickou hrou.
3. Vyberte vhodné metody a nástroje a navrhnete uživatelské rozhraní pro deskovou hru, které bude promítané na plochu dotykového stolu, jenž umožní ovládání této hry.
4. Navržené rozhraní implementujte a integrujte do systému ARTable.
5. Provedte experimenty, demonstруйте a diskutujte vlastnosti vašeho řešení.
6. Vytvořte stručný plakát nebo video prezentující vaši bakalářskou práci, její cíle a výsledky.

Literatura:

- Dle pokynů vedoucího.

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- Splnění prvních tří bodů zadání.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování bakalářské práce naleznete na adrese <http://www.fit.vutbr.cz/info/szz/>

Technická zpráva bakalářské práce musí obsahovat formulaci cíle, charakteristiku současného stavu, teoretická a odborná východiska řešených problémů a specifikaci etap (20 až 30% celkového rozsahu technické zprávy).

Student odevzdá v jednom výtisku technickou zprávu a v elektronické podobě zdrojový text technické zprávy, úplnou programovou dokumentaci a zdrojové texty programů. Informace v elektronické podobě budou uloženy na standardním nepřepisovatelném paměťovém médiu (CD-R, DVD-R, apod.), které bude vloženo do písemné zprávy tak, aby nemohlo dojít k jeho ztrátě při běžné manipulaci.

Vedoucí: **Kapinus Michal, Ing.**, UPGM FIT VUT

Datum zadání: 1. listopadu 2017

Datum odevzdání: 16. května 2018

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta informačních technologií
Ústav počítačové grafiky a multimédií
L.S. 612 00 Brno, Božetěchova 2



doc. Dr. Ing. Jan Černocký
vedoucí ústavu

Abstrakt

Cílem této práce je implementace strategické deskové hry na interaktivní stůl. Tímto stolem se rozumí platforma ARTable, která je vyvíjena na Fakultě informačních technologií VUT v Brně. Je zde využíván princip kombinace promítaného uživatelského rozhraní a dotykové vrstvy, kterou je stůl potažený. Vytvořená aplikace umožňuje hrát mírně upravenou verzi známé hry Osadníci z Katanu až čtyřem hráčům včetně možnosti editace a tvorby nových map.

Abstract

The aim of this work is to implement strategic board game on an interactive table. This table is ARTable, a platform which is developed at the Faculty of Information Technology, BUT. Here the principle of combination of the projected user interface and the touch layer on the table is used. The created app allows to play slightly modified version of the well-known game Settlers of Catan for up to four players, including the ability to edit and create new maps.

Klíčová slova

Osadníci z Katanu, ARTable, rozšířená realita, ROS, strategická hra, promítané uživatelské rozhraní

Keywords

Settlers of Catan, ARTable, augmented reality, ROS, strategic game, projected user interface

Citace

JIRUŠKA, Adam. *Strategická hra na interaktivním stole*. Brno, 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Michal Kapinus

Strategická hra na interaktivním stole

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Michala Kapinuse. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Adam Jiruška
15. května 2018

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mojí práce Ing. Michalovi Kapinusovi za cenné rady poskytnuté při řešení této práce.

Obsah

1	Úvod	2
2	Teorie	3
2.1	Rozšířená realita	3
2.2	Zařízení pro rozšířenou realitu	10
2.3	Promítaná uživatelská rozhraní	11
2.4	ARTable	12
2.5	Robotický operační systém	13
3	Návrh aplikace	15
3.1	Osadníci z Katanu	15
3.2	Existující řešení	16
3.3	Návrh řešení	16
4	Implementace	20
4.1	Implementační nástroje	20
4.2	Důležité části (třídy) programu	20
5	Testování	26
5.1	Testovací prostředí	26
5.2	Průběh hlavního testování	26
5.3	Výsledky testování	27
6	Závěr	28
	Literatura	29

Kapitola 1

Úvod

Přestože rozšířená realita se už nějaký čas vyvíjí, největší rozvoj a využití zažívá až v posledních dekádách, kdy se dostává i do osobních automobilů, výuky, umění či marketingu. Odvětví, ve kterých se využívá, stále přibývá, a to hlavně díky vývoji nových technologií a způsobů, jak rozšířenou realitu do běžného života dostat. Jedním z těchto prudce se rozvíjejících odvětví je také herní průmysl. Hry využívající tento princip mohou být pro hráče více reálné a zábavné než doposud známé počítačové hry.

Cílem této práce je implementace hry Osadníci z Katanu na interaktivní stůl. Hlavním principem zde je stůl potažený dotykovou vrstvou, na který se promítá uživatelské rozhraní hry. Tím se docílí podobného dojmu jako při hraní her na mobilu, tabletu nebo jiném zařízení s dotykovým displejem. Oproti klasické deskové verzi je tato hra obohacena zejména o fakt, že není potřeba manipulovat s reálnými kartami. Na druhou stranu z reálných objektů zůstávají hrací kostky, aby hráči neměli pocit, že hra má nějaký systém určování padlých čísel a podobně.

Práce je rozdělena do čtyř částí. První část je teoretická a je v ní popsáno co rozšířená realita je a jak se s ní v průběhu let experimentovalo. Je zde vysvětleno, jak rozšířená realita zapadá mezi virtuální realitu a skutečný svět. Také zde jsou popsány různé přístupy, které se používají pro lokalizaci kamery v prostoru. Poté zmiňuji několik zařízení, které princip rozšířené reality využívají. Dále se práce zaměřuje na promítaná uživatelská rozhraní, protože to je způsob, jakým bude uživatelské rozhraní mojí aplikace realizováno. Následuje stručné seznámení s fakultní experimentální platformou ARTable, kterou budu ve své práci využívat. Na konci teoretické části je popis důležitých částí robotického operačního systému, pomocí kterého se hra integruje na ARTable. Další kapitolou je návrh samotné aplikace. Nejprve je nutné seznámení se základními pravidly originální verze hry. Vzhledem k různým problémům a požadavkům jsou pravidla mojí verze mírně upravená a hra neobsahuje například přístavy. Dále jsem hledal podobná existující provedení hry Osadníci z Katanu určené pro velké stoly. Následuje samotný návrh aplikace. Zde je popsáno, jak budou probíhat tahy jednotlivých hráčů a veškeré možné akce během nich. Jsou zde také předběžné nákresy uživatelského rozhraní včetně jejich popisů. V kapitole Implementace je rozepsáno, jak hra funguje a jaké jsou základní principy vykreslování například herního plánu. Také jsou zde popsány nejdůležitější třídy aplikace a jejich význam v celé hře. Poté následuje popis testovacího prostředí a průběhu testů včetně vyhodnocení a zpracování výsledků.

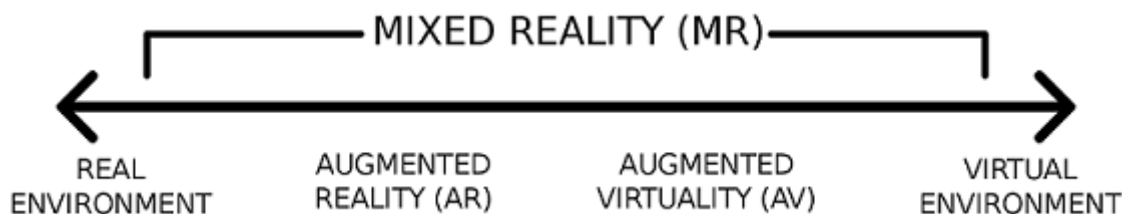
Kapitola 2

Teorie

V této kapitole se zaměřím na popis toho, co to vlastně rozšířená realita je, velmi stručně přiblížím historii jejího vývoje a také zmíním některé její využití v současném světě. Dále se zaměřím na systémy, které rozšířenou realitu využívají a přístupy, kterými se provádí sledování kamery v prostoru. Také zmíním fakultní experimentální platformu ARTable, pro kterou aplikaci vyvíjím a také Robotický operační systém, který na této platformě běží.

2.1 Rozšířená realita

Pro nejlepší nastínění toho, co to rozšířená realita je a jakém je vztahu s virtuální realitou a virtualitou bych použil obrázek 2.1. Na levé straně se nachází reálné prostředí bez žádných dalších přidaných věcí. Na opačném konci je virtuální prostředí, kde naopak člověk vidí pouze věci vygenerované nějakým počítačem a zobrazené například v brýlích pro virtuální realitu. Vše mezi tím je takzvaná smíšená realita (mixed reality). Smíšená (někdy také hybridní) realita je pojem pro prostředí, kde se reálné objekty mísí a potkávají s objekty virtuálními. Dělí se podle toho, v jakém poměru jsou které objekty zastoupeny. Pokud se více vyskytují ty reálné, mezi které jsou nějakým způsobem dokreslovány virtuální, jde o rozšířenou realitu. Pokud do takového prostředí postavíte člověka ani na chvíli nebude mít pochyby o tom, že je stále v realitě. Když se ale podíváme na druhou stranu spektra, nachází se zde virtuální realita. Zde už člověk ztrácí přehled o reálném prostoru a je plně vtažen do toho, který mu je promítán před oči a je generovaný nějakým programem. [1] Dále se na této škále nachází také rozšířená virtualita. To je v podstatě reprezentace reálného prostředí na nějakém počítači v reálném čase, která může být obohacena o nějaké další virtuální objekty. [2]



Obrázek 2.1: Reálně-virtuální kontinuum: Škála mezi naprostou realitou a naprostou virtualitou. Rozšířená realita se překládá jako "augmented reality".

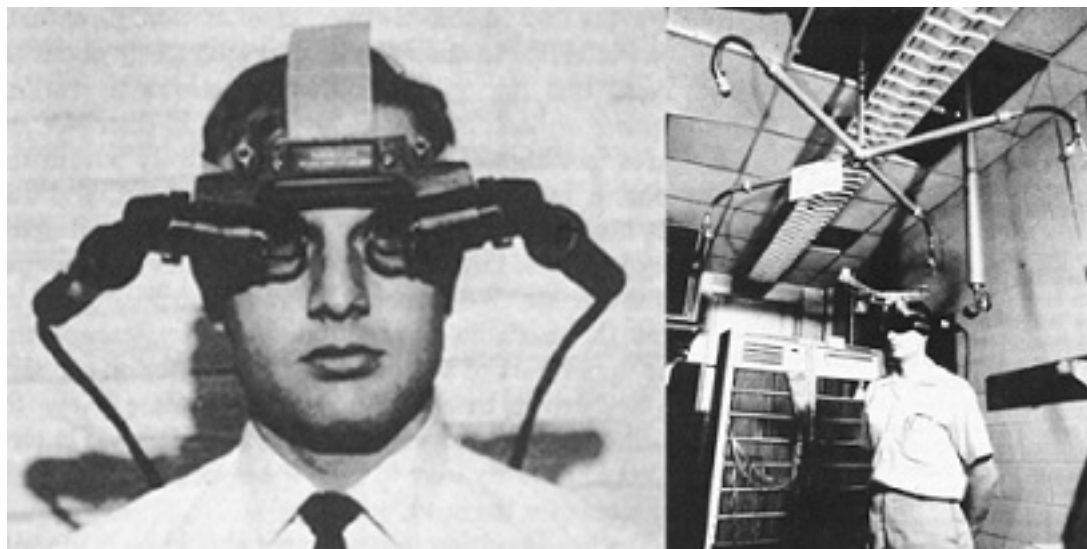
Rozšířená realita je tedy prostředí, ve kterém se vyskytují zejména reálné objekty, ale jsou doplňovány různými vygenerovanými virtuálními objekty. To mohou být například čáry zvýrazňující určité rysy reálných objektů nebo informace o nich, popřípadě se nemusí tyto virtuální objekty vůbec týkat jakýchkoliv reálných. Pokud se podíváme do prvních využití této technologie, například pro piloty stíhacích letounů, zde byly promítány informace jako třeba výška nebo rychlost stíhačky, tedy věci nesouvisející přímo s tím, co piloti viděli před sebou. Podle průzkumu o rozšířené realitě [3] se systém rozšířené reality dá definovat takto.

Je to systém, který kombinuje reálné a virtuální objekty v reálném prostředí. Dále rozpoznává objekty a vzájemně tyto jednotlivé objekty zarovnáává. Běží interaktivně, ve třech dimenzích a v reálném čase.

Historie

První zmínka o rozšířené realitě je již z roku 1901, kdy L. Frank Baum v jednom ze svých příběhů popsal brýle, které na principu rozšířené reality rozliší povahu osob[4]. První prototyp zařízení využívající virtuální realitu (obrázek 2.1) vyrobil až v 60. letech 20. století americký vědec Ivan Sutherland. Dále ve výzkumu pokračovaly skupiny vědců z NASA, univerzit a amerického letectva. Během této doby se stále zmenšovaly velikosti mobilních zařízení a kupředu šel i vývoj osobních počítačů. To poskytovalo nové možnosti pro rozšířenou realitu. V roce 1980 Steve Mann vyvinul EyeTap — první prototyp brýlí, které fungovaly podobně jako head-up display.¹

V roce 1990 si nechal Thomas P. Caudell patentovat termín "augmented reality", v překladu "rozšířená realita". Ke konci 90. let se rozšířená realita stala samostatným polem výzkumu a začaly se vytvářet organizace jako např. Mixed Reality Systems Laboratory (MRLab). Také vznikl ARToolKit, který práci s rozšířenou realitou velmi usnadňoval. Na přelomu tisíciletí byla také vydána první hra využívající tento princip. V posledních letech zažívá rozšířená realita velký rozvoj a vznikají stále nové zařízení a aplikace, které ji využívají. [3]



Obrázek 2.2: První prototyp s rozšířenou realitou

¹Průhledný displej, který zobrazuje data uživateli tak, aby nemusel koukat na žádné speciální místo, tedy přímo do pohledu (například pro piloty stíhaček).

Systemy využívající rozšířenou realitu

Úplně nejjednodušší systém pro rozšířenou realitu se skládá z kamery, výpočetní jednotky a displeje. Kamera zachytí reálný svět, výpočetní jednotka přes daný obraz překreslí virtuální prvky, které se následně zobrazí na displeji. Pro správné vykreslování virtuálních prvků je nutné znát přesnou pozici kamery vůči realitě. K tomu se využívá speciální část výpočetní jednotky, tzv. sledovací modul. Sledování (tracking) znamená počítání a určování pozice a orientace kamery v prostoru v reálném čase. Využívá se k němu více rozdílných přístupů. Základní rozdělení těchto přístupů je na vizuální (rozpoznávání markerů v prostoru) a senzorové (poloha se určuje na základě senzorů ze zařízení). Jak jsem již zmínil, každý systém již kameru obsahuje, proto je vizuální způsob častější. [5]

Markerový systém

Aby mohl systém určit, v jaké pozici a orientaci se kamera nachází, nestačí mu pouze obraz z kamery s neznámými prvky. Je potřeba něco, co systém již zná a je schopen to také identifikovat. Za tímto účelem vznikly takzvané markery, které se do prostoru před kamerou umísťují. Jsou to v podstatě obrázky podobné QR kódům. Skládají se z bílých a černých čtverečků. To je z toho důvodu, aby byly snáze detekovatelné v co nejširším spektru různých světelných a ostatních okolních podmínek. Za tímto účelem musí být také dostatečně velké. Jak může takový marker v prostoru již s dokresleným virtuálním objektem vypadat lze vidět na obrázku 2.3.



Obrázek 2.3: Marker přes který je vykreslený virtuální objekt.

Pokud máme markery již někde v prostoru, zbývá je ještě také rozpoznat v obrazu poskytovaném kamerou. Obecná procedura rozpoznávání takového markeru vypadá asi následovně. Úplně na začátku je potřeba získat obraz, kde už nebudou všechny barvy, ale jen stupně šedi podle intenzity jednotlivých pixelů. Následuje zkvalitnění parametrů obrazu, jako například zaostření nebo úprava světlosti. Provádí se také detekce čar v obraze. Kromě čar se detekují také rohy markerů. V dalším kroku se již označí potencionální markery a zároveň se z výběru vytrídí objekty, jež s jistotou nemohou být markery. Poté se rozpoznávají jednotlivé markery na principu pattern matchingu. To znamená, že v databázi jsou uložené vzory, jak mají jednotlivé markery vypadat a ty se pak porovnávají s markery, které byly rozpoznány v obraze z kamery. Pokud některý ze vzorů souhlasí, marker je definitivně rozpoznán. U markerů, které nesou nějaká data, se ještě provádí jejich dekódování. Tím se přečtou všechna data, které daný marker reprezentuje. Když jsou všechny markery rozpoznány, může se přejít k počítání jejich pozic vůči kameře. Dalšími iterativními výpočty na základě toho, že v systému je zadáno například jak daleko markery ve skutečnosti jsou, se spočítá, kde se kamera nachází a jakou má vůči markerům orientaci. Na základě těchto informací se vytvoří transformační matice. Ty slouží k přepočítávání pozic virtuálních objektů ze souřadného systému reálného světa do toho virtuálního a samozřejmě i nazpátek.

Velmi často se používají také pole markerů. To je sestava více markerů, které mají více než jednu bílou oblast. Rozdíl oproti sledování kamery přes jeden marker je v tom, že čím více markerů máme, tím vyšší je pochopitelně i přesnost výpočtu pozice kamery. Také se pomocí těchto polí mohou vytyčovat hranice nějaké plochy. Jako příklad uvedu systém ARTable, o kterém se zmíním ještě v další části práce. Ten využívá právě pole markerů proto, aby kamera věděla, v jaké pozici se nachází oproti ploše stolu, na kterou se následně virtuální objekty promítají. [5]

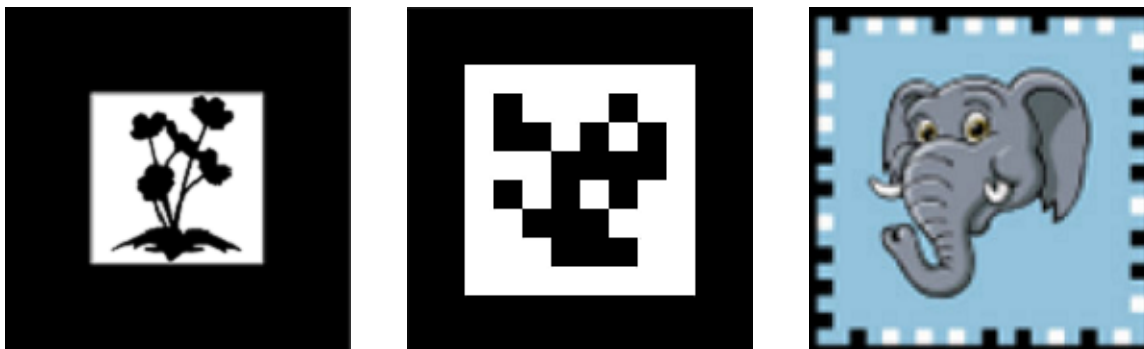
Typy markerů

Základním pravidlem při tvorbě markerů je, aby byl dobře rozpoznatelný při různých světelných podmínkách a kvalitě obrazu. K tomu slouží jednak to, že se skládá z černých a bílých částí a také jeho silné a jasné okraje. Přesto ale mohou být různé typy markerů.

- šablonový marker (obr. 2.4 vlevo) — Tyto markery se používají pro rozpoznávání pomocí porovnávání se vzorovými obrázky, které má systém někde uložené.
- datový marker (obr. 2.4 uprostřed) — Datové markery se skládají z černých a bílých čtverců, které reprezentují jednotlivé bity. Z těch se následně může poskládat celková informace, kterou marker nese.
- obrázkový marker (obr. 2.4 vpravo) — Jako marker může posloužit také jakýkoliv obyčejný obrázek, který samozřejmě má systém také uložený mezi vzory a rozpoznává ho na stejném principu jako šablonový marker. Pro větší přesnost se i k těmto obrázkům přidávají například tečky, nebo rámy připomínající markery.

Senzorový systém

Tento způsob sledování pozice kamery funguje na principu různých typů senzorů, jejichž informace se dohromady zkombinují a dají konečnou polohu kamery. Jsou v podstatě dva typy senzorů. První typ dokáže určit pozici zařízení a ten druhý jeho orientaci. Pro spolupráci těchto dvou typů senzorů je nutné vzájemně přepočítávat souřadné systémy. Senzor



Obrázek 2.4: Jednotlivé typy markerů. Zleva: šablonový marker, datový marker, obrázkový marker.

pro zjištění polohy, například Global Positioning System (GPS), dokáže určit velmi přesně polohu zařízení v souřadnicích světa. K tomu je také ale potřeba relativně dobré pokrytí místa, kde se zařízení nachází, satelity. Pomocí GPS tedy určíme pozici kamery, chybí ale informace o tom, jakým směrem kamera směřuje a jak je natočená. Tyto informace se zjišťují z druhého typu senzorů, tedy orientačních. Z akcelerometru se dokáže zjistit směr, jakým působí gravitační síla, tím pádem systém ví, jestli je kamera například vzhůru nohama nebo jinak natočená. Pomocí kompasu se zjistí, jak je zařízení orientováno kontextu světových stran. Kombinací těchto všech senzorů se dokáže spočítat výsledná poloha včetně různých naklonění a podobně. Tím pádem systém ví, na co přibližně se kamera zrovna dívá. Sensory samozřejmě zachycují veškerý pohyb, takže je možné pozici přepočítávat v reálném čase. [5]

Structure from motion

Princip tohoto způsobu spočívá v pohybu kamery a snímání několika obrazů po sobě. Systém nevyžaduje znalosti žádných pozic ani bodů v prostoru. Využívá se zde porovnávání podle rysů. Na jednotlivých obrazech se najdou ty stejné body, kterým se také přiřadí souřadnice v nějakém virtuálním souřadném systému. Podle těchto bodů a jejich vzájemném posunu na jednotlivých snímcích obdržných při pohybu kamery si systém dokáže spočítat, kde se kamera nachází a jak je vůči těmto bodům orientovaná. Čím více bodů se najde, tím přesnější tento způsob je. Pokud bude potřeba přepočítávat souřadnice virtuálního souřadného systému do toho reálného světa, je nutné do zorného pole kamery ideálně umístit nějaké objekty, u nichž známe pozici v reálném světě. Nebo je možné žádné objekty neumístovat a spolehnout se na ty, které se ve scéně přirozeně vyskytují. [6]

Využití

Architektura

Zde se dá rozšířená realita využít například pro vizualizaci budov, které ještě nejsou postavené. Zákazník si může prohlédnout, jak bude jeho dům vypadat přímo na místě, kde bude stát. Dále existuje například aplikace CityViewAR, ve které tvůrci digitálně rekonstruovali budovy města Christchurch, které byly zničeny zemětřesením. Při procházce městem s mobilem bylo možné vidět, jak vypadalo, než bylo zničeno. Také prohlížení památek může být



Obrázek 2.5: Využití rozšířené reality v armádě. Pomocí GPS a databáze se pilotovi přímo do pohledu vykreslují informace o důležitých objektech a místech.

zajímavější s aplikací, která turistům zobrazí detailní informace o památce, na kterou právě koukají. [7]

Armáda

Využití v armádě sahá až do 50. let minulého století, kdy se pro piloty stíhaček vyvinuly první head-up displeje. Pomocí nich jim byly promítány základní letová data přímo před oči a tím pádem se mohli více soustředit na to, co se děje před nimi. Nyní se používá i v bezpilotních strojích a řídicímu středisku poskytuje informace jako názvy ulic, identifikaci různých objektů a zón nebo lidí. V pozemním boji se vojákům mohou promítat informace o vývoji bitvy v jiných oblastech, než se nachází nebo potenciálních nebezpečích. Velitelé na mapě sledují pozice všech vojáků včetně živých přenosů z jejich kamer.

Lékařství

Pro lékaře může rozšířená realita představovat obrovské usnadnění práce. Při komunikaci s pacientem ihned vidí všechny informace, které jsou pro ně podstatné, nebo v případě naléhavé situace u jiného pacienta mohou už po cestě k němu dostávat užitečné informace. Chirurgové při operacích mohou stále sledovat zdravotní stav pacienta, mají detailní informace o těle, které operují zobrazením ultrazvuků nebo rentgenových snímků.

Navigace

Využití rozšířené reality v navigacích je rozšířené například u již zmiňovaných pilotů. Postupem času se ale dostává i do osobních automobilů. Zde se informace promítají přímo na čelní sklo. Je možné vidět navigační pokyny k cíli, údaje o cestě jako doba trvání, rychlost, průměrná rychlost, a další. Také se mohou zobrazovat informace o časování semaforů nebo různých restauracích, popřípadě čerpacích stanicích při cestě.



Obrázek 2.6: Využití rozšířené reality při navigaci

Reklamy

Nový způsob jak obohatit svoje výtvoary neunikl ani reklamním agenturám. Rozšířená realita je možnost, jak reklamu udělat zábavnější nebo lákavější. Využít se dá například u prodejci nábytku. Každý si může prohlédnout, jak bude jeho byt nebo pokoj vypadat s novou skříní, kterou si chce koupit nebo jak ovlivní vzhled pokoje nová barva na zdech. Další možností je udělat z obyčejné reklamy na ulici pomocí kamery a televize reklamu, na kterou málokdo zapomene.[8]

Vzdělávání

Ve výuce se rozšířená realita může využít k získání větší pozornosti studentů. Pomáhá taky snížit velikost učebnic, vzhledem k tomu že přes mobil je možné zobrazit spoustu dalších věcí k dané látce. Jde zde taky o větší názornost probírané látky ať už při poznávání rostlin, zvířat, chemii nebo fyzice.[9]

Hry

Jedním z odvětví, které rozšířená realita mění, je herní průmysl. Její využití nabízí celou škálu různých možností jak obohatit stávající hry nebo vymyslet úplně nové.

Jedním typem her jsou hry pro mobilní telefony. Tyto hry využívají kameru mobilního telefonu, kterou zachycují reálný svět. Ten je promítán na displej spolu s grafickými prvky, které dokreslí aplikace. Takto vzniká iluze, že například na stole stojí nějaké zvířátko, které je ovšem pouze virtuální. S tím je možné interagovat. Nejznámější hrou využívající tento princip je Pokémon GO.

Další uplatnění

Rozšířená realita se dá využít opravdu v mnoha různých situacích. Vzhledem k jejímu velkému rozvoji je možné, že lidé budou přicházet s dalšími různými využitími. Jednou z velmi užitečných aplikací je například pro lidi, kteří se nevyznají v autech, aplikace popisující jednotlivé části motoru. Další aplikace může dělníkům poskytovat informace, kde se nachází v zemi vodovodní potrubí nebo elektrické vedení. Předpokladem jsou samozřejmě dobře zpracované plány. Dále se všechny informace o domácnosti mohou ukládat a následně dát zobrazit pomocí rozšířené reality. Například umístění elektrických vedení, různých důležitých věcí a podobně. Je jen na vynalézavosti lidí jaké další využití rozšířené reality ještě vymyslí.[10]

2.2 Zařízení pro rozšířenou realitu

Kromě již zmíněných chytrých telefonů je možné rozšířenou realitu zobrazovat také v tabletech a jim podobných zařízeních. Existují ale také zařízení, která jsou pro vykreslování virtuálních prvků do reálného světa přímo určená. Vzhledem k velkému nárůstu zájmu o rozšířenou realitu je takových produktů opravdu mnoho, uvedu proto jen některé.

Všechna následující zařízení fungují jako head-mounted displeje (HMD). Head-mounted displej je počítačové zobrazovací zařízení, které se nosí na hlavě, jak již název napovídá. Může se používat buď monokulární HMD, který obraz promítá jen před jedno oko, nebo klasický binokulární. Ten svým vzhledem připomíná brýle. K zobrazení grafiky využívá displeje, jejichž typ závisí na využití HMD. Pokud se používá pro zobrazování virtuální reality, jsou použity displeje, přes které není vidět. Další možnosti využití HMD je také pro zobrazování rozšířené reality. Toto je také případ všech zařízení, kterými se dále budu zabývat. Zde je potřeba, aby displeje byly průhledové, tedy aby přes ně člověk mohl vidět objekty reálného světa, jak je tomu u klasických brýlí. Zároveň ale musí být možné nějak zobrazovat objekty virtuální.[11]



Obrázek 2.7: Microsoft HoloLens

Jako první zařízení bych zmínil Microsoft HoloLens. Základem jsou průhledné brýle, přes které je vidět reálný svět. Skla brýlí jsou průhledné displeje, kde je možné zobrazovat objekty, které působí, jako by byly přímo před člověkem, jenž brýle používá. K větší realističnosti přispívají také zabudované senzory, pomocí nichž si zařízení zjišťuje informace o okolí, ve kterém se uživatel nachází a také o tom, jaké pohyby provádí. Dále je brýle možné ovládat také hlasem, což značně zvyšuje pohodlí při jejich používání a nechybí ani reproduktory pro využití během hovorů přes Skype a podobně. Výhodou tohoto zařízení

je, že umí zobrazovat informace v 3D prostoru, a to také díky sensorům, které se na nich nachází.[12]

Další produkt pochází od velkého konkurenta firmy Microsoft. Jedná se o Google Glass Enterprise Edition. První verze těchto brýlí byla uvedena na trh již v roce 2013, ale neměla příliš velký úspěch. Proto firma Google brýle vylepšila a vydala verzi, která je pouze pro podnikové využití. Tyto brýle mají ale displej jen pro jedno oko. Také umí zobrazovat pouze 2D informace, tudíž mají úplně jiné využití než HoloLens. Slouží spíše jako rozšíření pro mobilní telefon, stejně jako je tomu například u chytrých hodinek.



Obrázek 2.8: Google Glass Enterprise Edition

Mezi jedny z nejlepších zařízení se řadí také brýle Meta 2. Jsou velmi podobné těm od firmy Microsoft. Mají pohodlnější design a displeje s vyšším rozlišením, ale velkou nevýhodou je kabel, který musí být stále připojený k počítači kvůli energii a datům. Firma také pracuje na přidání dotyků přímo v rozšířené realitě. [13]

2.3 Promítaná uživatelská rozhraní

K realizaci systému s rozšířenou realitou je nutné nějakým způsobem promítat uživatelské rozhraní a zprostředkovávat zpětnou vazbu od uživatele aby bylo možné systém ovládat. Pro zobrazování nejčastěji slouží displeje, které jsou zároveň jedním z ovládacích prvků. Další možností, jak uživatelské rozhraní zobrazit je promítání na jakoukoliv plochu. Pro ovládání poté slouží například kamera, která umí rozpoznávat obraz nebo různé senzory pohybu a podobně.

Rozdíly oproti head-up displejům nebo mobilním zařízením jsou následující. Za prvé promítané uživatelské rozhraní žádným způsobem neblokuje uživateli objekty reálného světa. Pokud by tomu tak bylo, může dojít k problémům. Například při navigaci v autě realizované špatným způsobem může řidič přehlédnout důležité objekty na cestě. Další výhodou je podstatně větší prostor pro uživatelské rozhraní. Pokud máme rozšířenou realitu v mobilním telefonu, není možné displej "nafouknout", aby se toho tam vešlo více. U promítaných uživatelských rozhraní závisí pouze na kvalitě projektoru a poté na vzdálenosti od plochy, na kterou se promítá. Přitom moderní projektory už mohou být stejně velké jako některé mobilní telefony. [14]

Zařízení pro promítání rozšířené reality

Touchjet Pond

Prvním řešením je projektor Pond od firmy Touchjet. Ten promítá uživatelské rozhraní na kteroukoliv rovnou plochu. Jeho součástí je také stylus, který je pomocí infračerveného signálu sledován. Tím pádem je možné uživatelské rozhraní ovládat. Další možnosti ovládání jsou gesta. Produkt se dá využít například při hrách na hrdiny, ale i pro jiné věci než hry.[15]

TableFX

Druhé zařízení, které zde uvedu, je TableFX od firmy GestureTek. TableFX na rozdíl od předchozího produktu nevyužívá stylus, ale pouze dotykovou plochu a také pokročilé rozpoznávání těla. To umožňuje aplikace ovládat i gesty. Systém se dá využít pro reklamy, zábavu, hraní nebo speciální efekty.[16]



Obrázek 2.9: Touchjet Pond



Obrázek 2.10: TableFX

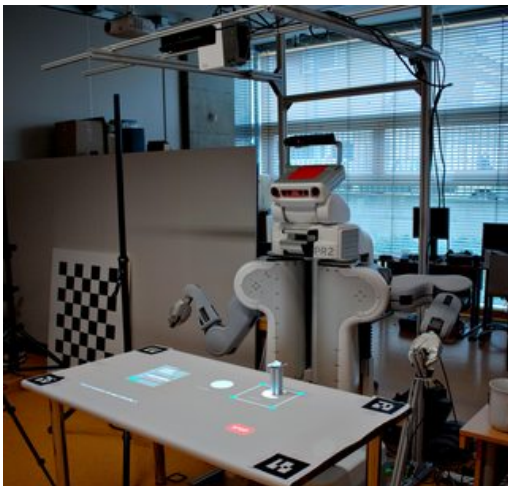
2.4 ARTable

ARTable je pracoviště, které se skládá z několika různých zařízení, jež umožňují bezpečnou spolupráci člověka s robotem. Skládá se z promítací plochy umístěné na stole, která je zároveň dotyková, projektorů, kinectů, kamer a robota. Robot je umístěn na delší straně stolu, aby mohl využívat celou jeho plochu. Projektory promítají na stůl uživatelské rozhraní ovládané pracovníkem pomocí dotykové plochy. Kamery a kinecty snímají plochu stolu a rozpoznávají objekty, které se na něm nachází.

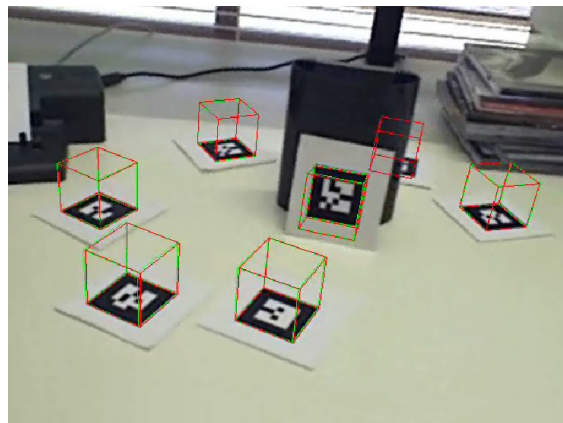
Hlavním účelem tohoto systému je programování již zmíněného robota. Pomocí promítaného rozhraní pracovník určí typ předmětu, místo odkud se má předmět vzít a místo, kam se má předmět položit. Robot poté daný úkol zvládne provést.

K rozpoznávání předmětů se využívají markery (obrázek 2.12), které se přiřadí k některému z objektů v systému a zároveň se na něj umístí v reálném světě. Pomocí kamer se poté jednotlivé markery rozpoznávají. Systém tím pádem ví, kde se který objekt na stole nachází a může s ním tedy pracovat.

Z tohoto systému pro svou práci využijí zejména dotykový stůl a projektory, v menší míře také rozpoznávání předmětů. [17]



Obrázek 2.11: ARTable



Obrázek 2.12: Markery

ARTable3

Pro účely vývoje (nejen) deskových her bylo sestaveno pracoviště ARTable3. To se skládá ze stolu, který je o něco menší, než ten, u kterého stojí robot. Vedle stolu je umístěn stativ, na němž se nachází jeden projektor a také Kinect. Pro mojí hru je tato sestava dostačující a plně mi vyhovuje.

2.5 Robotický operační systém

Robotický operační systém (dále ROS) je middleware, který se používá pro ovládání složitých robotických systémů. Ačkoliv to není operační systém v pravém slova smyslu, nabízí služby, které se od operačního systému očekávají. To je například abstrakce hardware, nízkourovňová kontrola zařízení, implementace běžné funkcionality, komunikace mezi procesy pomocí zpráv a správa balíčků. Také poskytuje nástroje a knihovny pro získávání, překlad, psaní a spouštění kódu na více počítačích zároveň.

Uzel

V ROSu jsou jednotlivé procesy reprezentovány pomocí uzlů. Ty spolu tvoří jeden graf. Výhody v používání uzlů je jednoduchá rozšiřitelnost systému o další uzly a odolnost proti poruchám jednotlivých uzlů. Každý uzel grafu musí mít svoje vlastní jméno. Ve své práci využiji většinu uzlů, které již byly vytvořeny, a zaměřím se zejména na uzel promítaného uživatelského rozhraní.

Topic

Topic se dá jinými slovy popsat jako pojmenovaná sběrnice. Aby spolu mohly různé uzly komunikovat, používají se právě topicy. Princip tohoto fungování je následující. Pokud chce nějaký uzel publikovat data pro ostatní, vytvoří si tzv. ROS publisher. Tím se připojí k již existujícímu topicu. Když je publisher funkční, pokaždé, když má uzel nějaká data k publikování, je zašle na daný topic. Jako příklad v mojí aplikaci může být uzel kinectů,

který vysílá obrazová data z kamery na různé topicy, jako například HD barevná data nebo SD barevná data.

Opačným případem je, pokud někdo tyto data bude potřebovat. Takový uzel si musí vytvořit ROS subscriber. Ten se může navázat pouze na nějaký existující topic. V uzlu je callback funkce, která se volá pokaždé, když se na topicu objeví nová data od nějakého publisheru. Tím si může kterýkoliv jiný uzel číst třeba právě obrazová data z kamery a následně s nimi jakýmkoliv způsobem pracovat.

Zpráva

Způsob, jakým jsou data na topicy zasílána, se uskutečňuje pomocí zpráv. Zpráva je v podstatě formát dat, který je potřeba dodržovat. Pokud by takovýto formát nebyl určen, bylo by nemožné se mezi uzly domluvit. Tímto je zajištěno, že pokud jeden uzel nějaká data na topic publikuje, tak všechny přijímající uzly si tuto informaci správným způsobem interpretují.

Kapitola 3

Návrh aplikace

V této části práce se budu zabývat návrhem uživatelského rozhraní a základních herních principů aplikace. Dále se podívám na podobná řešení této hry, ale i na řešení jiných her pro podobná zařízení. Také se zde čtenář seznámí se hrou, jejíž verzi se chystám implementovat a nastíním její základní pravidla. V neposlední řadě je zde vysvětleno, jak se systém ARTable připravuje k použití, tedy kalibrace senzorů, projektoru a dotykové plochy.

3.1 Osadníci z Katanu

Osadníci z Katanu je moderní společenská hra, která vznikla v roce 1995. Hlavním principem hry je stavba silnic, vesnic a měst. Hráč, který jako první dosáhne určitého počtu bodů, vyhrává a stává se pánem Katanu. K výstavbě hráčům slouží suroviny, které ostrov nabízí. Hra je určena pro 3 až 4 hráče. Ke hře vzniklo již mnoho úprav a rozšíření, ve své práci se ale budu zabývat pouze základní verzí.

Základní pravidla

Na začátku každé hry je nutné sestavit mapu ostrova. Ta se skládá z šesti typů oblastí (les, pastvina, pole, pahorkatina, hory, poušť) a moře. Jednotlivé oblasti poskytují různé typy surovin, které jsou potřeba ke stavbě cest a vesnic. Poté hráči rozmístí svoje startovní vesnice a cesty. Na začátku každého tahu hráč hodí kostkami a podle hozené hodnoty se určí, které oblasti dávají suroviny. Ty dostávají pouze hráči, jejichž vesnice jsou u dané oblasti. V další části tahu je možnost obchodu. Ten spočívá ve výměně karet mezi hráči v dohodnutém kurzu. Následuje stavba, v níž hráč může postavit buď silnici, nebo vesnici, popřípadě vylepšit vesnici na město. To ale pouze v případě, že na danou akci má předepsané suroviny. Tím tah jednoho hráče končí a na řadě je další v pořadí.

Do hry vstupují také další faktory. Existuje zde zloděj, který přeruší případné dodávky surovin z oblastí, ve které se nachází. Hráči si také mohou kupovat akční karty, které jim dávají body, umožňují stavět silnice zadarmo nebo přidají některé suroviny. V mořské části mapy se nacházejí přístavy, které zvýhodňují směnu surovin.

Cílem hry je dosáhnout 10 bodů. Za každou postavenou vesnici dostane hráč 1 bod, za každé postavené město 2 body. Další možností jak získat body je koupit si příslušnou akční kartu nebo dosáhnout například nejdelší obchodní cesty ze silnic.

3.2 Existující řešení

Protože se jedná o velmi novou technologii, interaktivních stolů a her na ně není mnoho. Většinou se jedná pouze o velké dotykové obrazovky, tudíž se nijak neliší od ostatních her na mobilní zařízení. Hry využívající projekci a senzory jsou náročnější na realizaci z důvodu nepřesností při rozpoznávání objektů a pohybů.

Catan Surface

Jedním z existujících vydání hry jsou Osadníci z Katanu pro Microsoft Surface. Jde o velkou dotykovou plochu, na které je uživatelské rozhraní zobrazeno. Vzhledem k tomu, že není využito promítání a více prvků interaktivity, je toto řešení pouze podobné mojí aplikaci. Hod kostkou je zde prováděn pouze softwarově a karty jsou taktéž zobrazovány přes displej. To nabízí hráčům možnost si karty krýt před ostatními.[18]



Obrázek 3.1: Hra Osadníci z Katanu na MS Surface

3.3 Návrh řešení

Aplikace se bude skládat z hlavního menu, editoru map a samotného herního uživatelského rozhraní. Hlavní menu bude nabízet možnosti přizpůsobení si hry, jako barvy figurek, velikost písma apod. Dále možnost vstupu do editoru map a také možnost zahájení nové hry či pokračování v již rozehrané hře.

Tah hráče bude probíhat následovně. Na interaktivní stůl hodí dvě kostky. Pomocí obrazu z kamer systém detekuje hozené hodnoty a spočítá součet. Podle něj jsou přiděleny suroviny pro všechny hráče. Karty surovin budou promítány na stůl lícem nahoru s tím, že

pomocí fyzických zábran je nevidí ostatní hráči u stolu. Následně proběhne obchodování. Jeho systém je vysvětlen dále. Na konci tahu je stavba cest nebo vesnic. Poté hraje další hráč. Jedinou povinnou částí tahu je hod kostkami. Obchodování a stavba proběhnou pouze, pokud hráč, který je na tahu, chce. Hra končí poté, co některý z hráčů dosáhne 10 bodů. Ty se dostávají za postavené vesnice a města. Po konci hry je možné se vrátit zpět do menu a začít znovu.

Kalibrace senzorů a projektoru

Aby bylo možné hru na stole hrát, je nutné mít všechny části interaktivního stolu správně zkalibrované. Jako první je potřeba zkalibrovat Kinect. To se provádí pomocí čtyř markerů, které se umístí do jednotlivých rohů stolu. Podle nich se určí, kde se stůl nachází. Jako další je na řadě projektor. Ten na stůl promítne šachovnici, a podle jejího umístění a tvaru se spočítá kalibrační matice, která zajišťuje správné zobrazení scény, i když projektor není přímo nad stolem. Poslední součástí systému, kterou je potřeba zkalibrovat, je dotyková plocha. Princip je takový, že projektor na stůl promítne určitou sekvenci bodů, jejichž souřadnice již jsou známé v souřadném systému celého stolu. Těch je potřeba se postupně dotýkat. Podle toho, ve kterém místě se člověk stolu dotkne a kde je bod v souřadném systému stolu se vytvoří přepočítání pro všechny dotyky stolu. Nyní je systém zkalibrován a zbývá už jenom pustit uzal s hrou, který s ním začne komunikovat. V mém řešení na kalibraci stolu využiji skript, který je již k dispozici na GitHubu v repozitáři stolu.

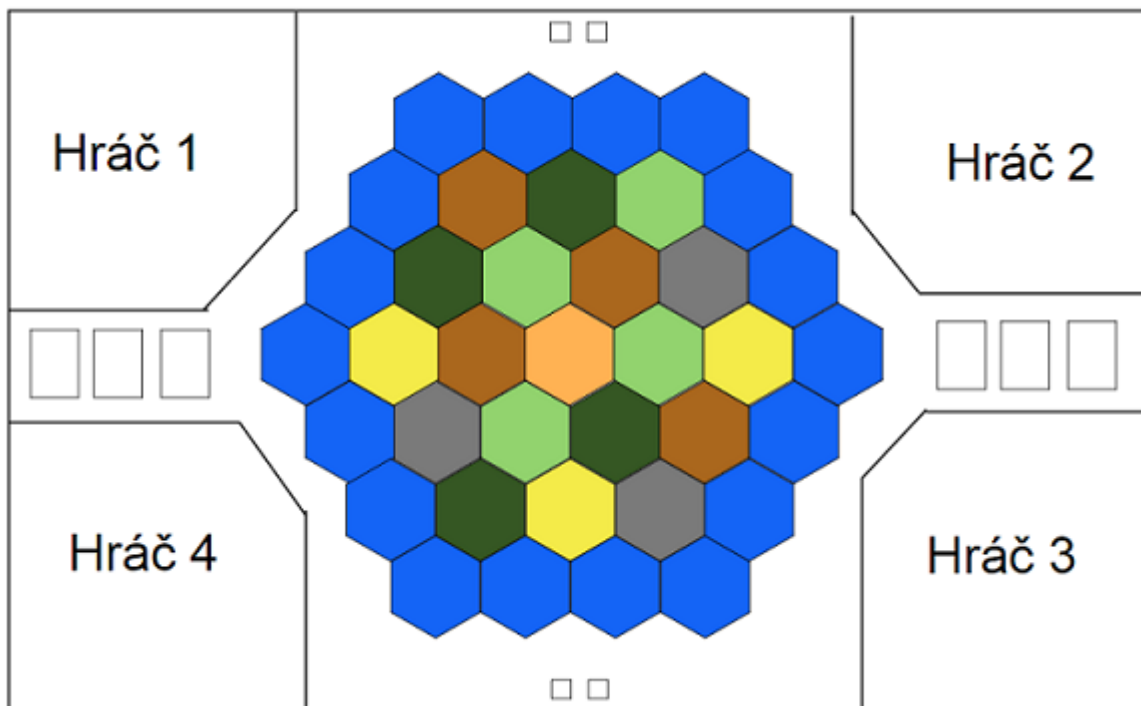
Tvorba mapy

Na začátku každé hry je třeba vytvořit mapu, na které se bude hrát. Aplikace bude nabízet dvě možnosti, jak mapu vytvořit. Jednou z nich je nechat si mapu vygenerovat náhodně, ta druhá je vytvořit si vlastní mapu v editoru map. V této hře je velké množství různých možností, jak mapu poskládat. Záleží na rozestavení oblastí, které produkují suroviny, pouští, ale také na pozicích přístavů okolo ostrova. Dalším prvkem je také očíslování jednotlivých oblastí čísly, podle kterých se ve hře rozdělují suroviny.

Herní prostor

Návrh herního prostoru se nachází na obrázku 3.2. Celý obrázek představuje dotykový stůl, na který bude uživatelské rozhraní promítané. Uprostřed plochy se nachází herní plán neboli mapa ostrova. Na něm se budou zobrazovat všechny stavby jednotlivých hráčů, umístění zloděje a informace o všech relevantních políčkách. Každý hráč má ve svém rohu stolu promítané svoje karty a figurky. Dále se v jeho prostoru nachází menu se všemi akcemi, které může provést a také důležité informace o bodech hráčů nebo o postavených vesnicích, městech a cestách. Ve zbývajícím prostoru se nachází balíčky s kartami surovin a také akční karty.

Co se týče prostoru pro jednotlivé hráče, každý před sebou bude mít svoje ovládací prvky. Návrh ovládacího panelu pro jednoho hráče je na obrázku 3.3. V horní části má hráč zobrazené svoje karty surovin včetně jejich počtů. V pravém dolním rohu jsou umístěny jak vyložené, tak nevyložené akční karty. Nad nimi má hráč informace o tom, kolik staveb má již postaveno, kolik mu jich zbývá a také kolik jich ještě potřebuje postavit, aby získal počet bodů potřebný na vítězství. Poslední částí zachycenou v návrhu je menu akcí. To slouží k vykonání většiny akcí během tahu. Nabízí možnosti obchodovat s ostatními hráči,



Obrázek 3.2: Návrh uživatelského rozhraní na desce stolu při hře. Uprostřed je herní plán a každý hráč má ve svém rohu informace a tlačítka pro svůj tah.

stavět cesty, vesnice a města nebo nakupovat akční karty. Ve zbylém prostoru si mohou hráči zobrazit různé statistiky o hře.

Obchodování

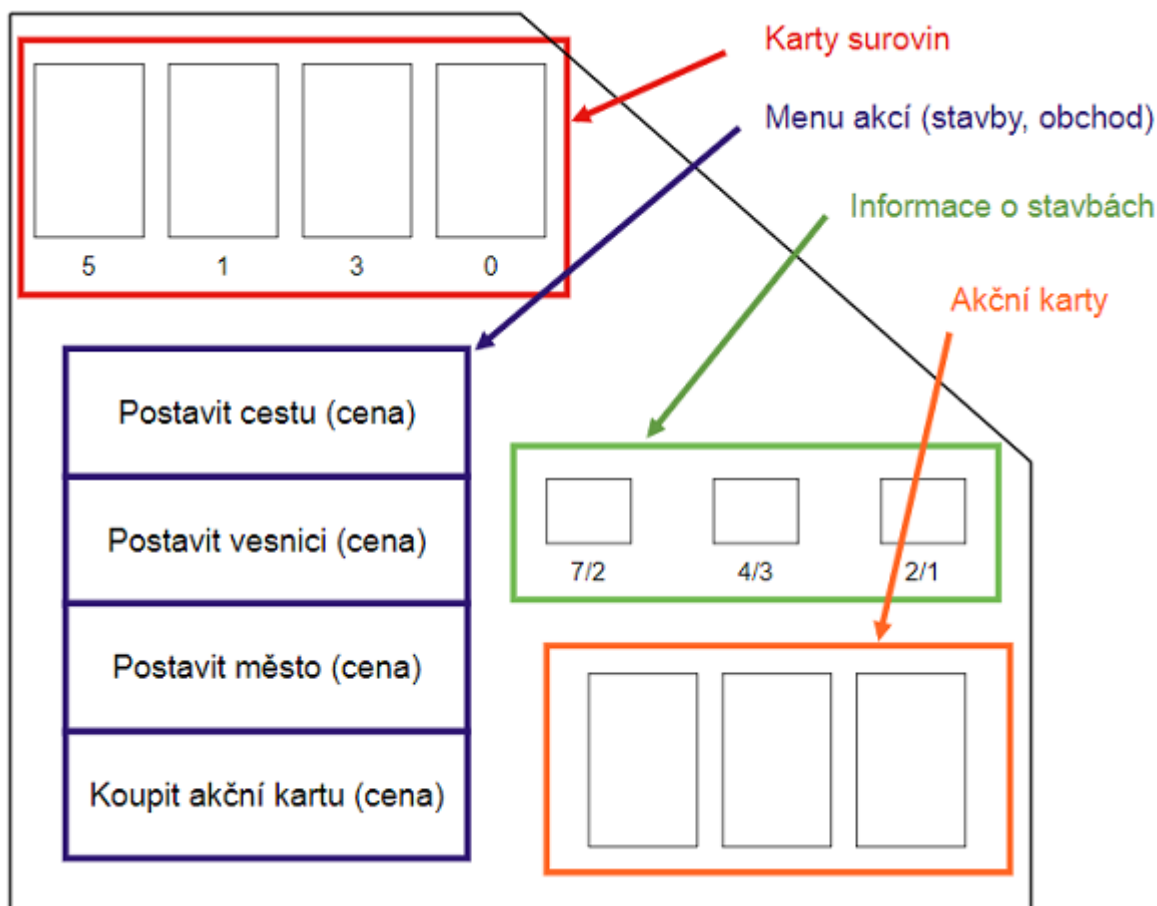
Druhá část tahu každého hráče spočívá ve výměně karet buď s ostatními hráči dle dohody, nebo v banku za pevně stanovený kurz. Nabídka obchodování bude umístěna v menu hráče, který je právě na tahu. Ten vybere, kterou surovinu potřebuje. Všem ostatním hráčům se zobrazí jeho požadavek a mají čas zareagovat a udělat mu nabídku. Pokud obě strany obchod potvrdí, uskuteční se výměna karet. V případě, že hráč nechce obchodovat s ostatními hráči, bude mít možnost vyměnit karty v banku v kurzu 4:1. Pokud má ale vesnici v přístavu, kurz se v závislosti na této skutečnosti upraví.

Stavba

Možnost stavění a osidlování ostrova je základním prvkem celé hry. Hráč si při svém tahu bude v menu moci vybrat, co přesně chce stavět. U každého typu stavby (silnice, vesnice, město) bude uvedena její cena v surovinách. Pokud má hráč dostatek surovin, stavba je povolena. Na mapě ostrova se zobrazí možnosti cest nebo křižovatek, kde příslušná stavba může být postavena a také jaké bude mít její postavení následky.

Editor map

Důležitou součástí aplikace je také prostor, ve kterém je možné si vytvořit mapu, na které budou hry probíhat. Všechny mapy, které se v editoru vytvoří, bude možné uložit a následně



Obrázek 3.3: Návrh ovládacího panelu pro jednoho hráče

na nich hrát jednu, nebo i více her. Tvorba mapy se skládá ze tří částí. Nejprve se rozmístí oblasti na pevnině. Ostrov má pevně daný tvar šestiúhelníku, přičemž jedna hrana má velikost tří oblastí. Následuje umístění přístavů a moře kolem ostrova. V této fázi se mapa zvětší o jednu oblast do všech stran. Na konec je ještě potřeba rozmístit očíslování oblastí na pevnině. Systém tohoto očíslování je uveden v pravidlech hry, hráči dostanou pouze možnost určit, odkud se začne číslovat. V případě, že je mapa hotová, je možné jí uložit a začít na ní hrát hru.

Rozpoznávání hracích kostek

Na začátku každého tahu je nutné hodit dvěma kostkami. Bylo by možné provést pouze softwarovou simulaci tohoto hodu pomocí dvou náhodných čísel mezi 1 a 6 a jejich následným součtem. Dle mého názoru bude ale lepší, když si hráči budou moci hodit reálnými kostkami. Za prvé hned uvidí, co vlastně padlo, a za druhé nebudou mít podezření na to, že čísla, která padnou, jsou předem daná a podobně. Pro rozpoznávání použijí knihovnu OpenCV a nejspíše nějaké již existující řešení, jako například to od Glenna De Backera [?]. Obrazová data budu brát z kamery Kinectu, který je součástí ARTable.

Kapitola 4

Implementace

Aplikace je implementována jako jeden uzel pro Robotický Operační Systém, který se umí připojit k již spuštěnému systému ARTable a s ostatními uzly komunikovat. To zahrnuje posílání snímků scény do projektoru, který je následně promítá na stůl, dále přijímání informací o dotycích od uzlu, jenž ovládá dotykovou plochu a také informace poskytované kamerou z Kinectu. V této kapitole je popsán jednak výběr implementačního jazyka včetně zdůvodnění a poté jednotlivé třídy celé aplikace.

4.1 Implementační nástroje

Pro implementaci hry jsem si vybral programovací jazyk Python. Důvodem byla jednodušší integrace do celého systému. Veškeré uzly, které v systému běží, jsou totiž psané taky v Pythonu a měl jsem povolené je libovolně využívat. Tudíž jsem nemusel řešit například kalibraci projektoru a dotykové plochy. Také obsluha dotyků byla mnohem snazší, než kdybych si zvolil jakýkoliv jiný implementační jazyk. Dále jsem mohl použít připravená tlačítka a další objekty, které se do scény mohou kreslit a v neposlední řadě, v případě problémů, jsem se měl na koho obrátit pro pomoc. Jako operační systém je použit Linux a na něm běžící Robotický Operační Systém.

4.2 Důležité části (třídy) programu

Kromě níže zmíněných částí je velmi důležitá také třída `ButtonItem`, jejíž počáteční podobu jsem převzal z repozitáře ARTable na GitHubu. Následně jsem si v ní pár věcí upravil nebo přidal, aby vyhovovala veškerým mým požadavkům. V základě jde o tlačítko, které používám k vykreslování naprosté většiny prvků uživatelského rozhraní. Místo klasické podoby tlačítka jde také zvolit obrázek, který se na jeho místě vykreslí a pořád bude fungovat jako obyčejné tlačítko. Moje upravená verze také nese položku `data`, kam se ukládají informace potřebné po zjištění aktuálního kontextu kliknutí. Dále ve svém programu také používám třídy `DialogItem` a `LabelItem`, které jsem rovněž převzal ze stejného repozitáře a mírně upravil. Jejich využití je při obchodování, respektive jako informační prostor, kde se méně zkušeným hráčům zobrazuje, co mají zrovna dělat.

Hlavní menu hry (MainWindow)

Hlavní menu se přirozeně zobrazí ihned po zkalibrování stolu a spuštění uzlu s aplikací. Nabízí v podstatě dvě základní možnosti, a to je jednak spuštění samotné hry a druhou

možností je otevření editoru map. Kromě těchto tlačítek je tu také možnost aplikaci ukončit, z důvodů principu fungování systému ARTable se ale z hlediska uživatelského rozhraní nic nestane a na stole menu zůstane, jen již nepůjde ovládat.

Třída Game

Třída **Game** v sobě obsahuje současný stav celé hry. Tedy zejména instance ostatních tříd, což znamená jednu instanci třídy **Map** a podle počtu hráčů odvozený počet instancí třídy **Player**. Také zde jsou balíčky všech surovin, ze kterých se v průběhu hry přiděluje hráčům. Od každé suroviny je 19 karet. Nachází se zde metoda **nextTurn**, což je jedna z nejdůležitějších metod celé hry. V ní se vyhodnocuje číslo hozené na kostkách a podle něj se následně rozdělují suroviny příslušným hráčům. Dále se aktualizuje uživatelské rozhraní všech hráčů a herní plán. Metoda je volána stisknutím tlačítka **Next turn** poté, co hráč začínající svůj tah hodí kostkami.

Třída Map

Instance této třídy je v každé hře jedna a má v sobě uložené informace o herním plánu (mapě). Ta se skládá z jednotlivých políček (viz třída **Tile**), křižovatek a silnic. Pro každou z těchto částí je vytvořený zvláštní seznam, kde se uchovávají objekty umístěné na mapě. Všechny tyto objekty jsou třídy **Building** a rozlišují se podle proměnné **type**. Jsou zde funkce pro vykreslení a obnovování herního plánu, pro přidávání budov a silnic na křivovatky, popřípadě cesty. Část této třídy (bez funkcí pro stavbu objektů) se využívá také v editoru map. Tam postačuje pouze informace o jednotlivých políčkách a jejich číselných hodnotách.

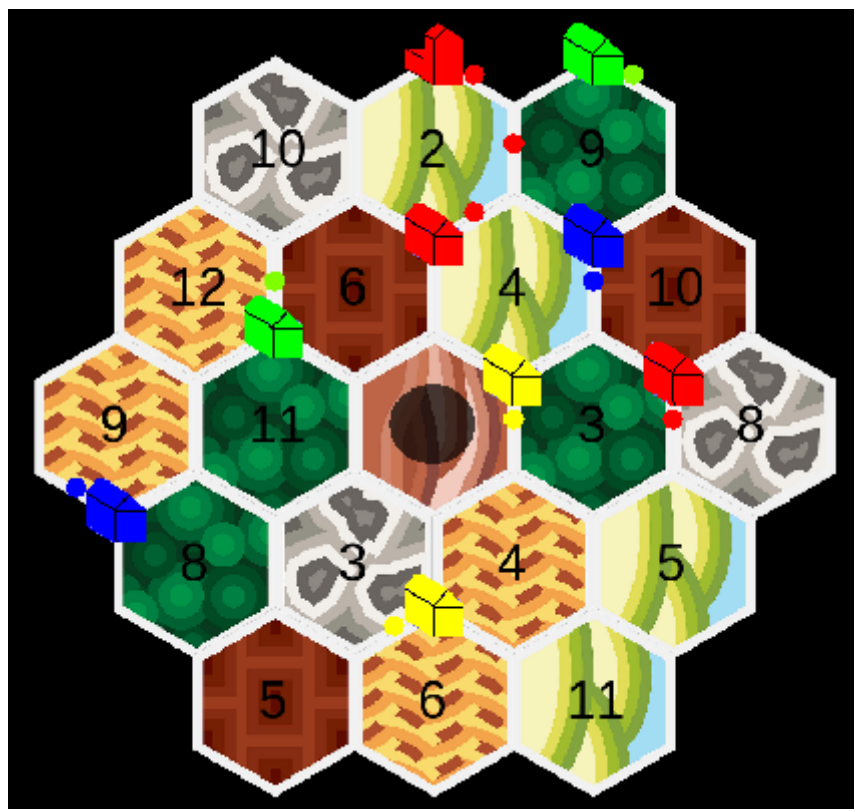
S mapou také souvisí tři slovníky, které jsou v programu deklarované jako globální proměnné. Slovník **adjBuildings** určuje pro jednotlivá políčka křižovatky v jejich sousedství. Dále existuje slovník **adjRoads**, jehož obsah je velmi podobný tomu předchozímu s tím rozdílem, že pro políčka určuje přilehlé silnice. A jako poslední je slovník **crossroads**, ve kterém je uvedeno jako klíč číslo křižovatky a jako hodnota je seznam cest, které ke křižovatce vedou. Tyto slovníky slouží k určování toho, zda může daný hráč ve svém tahu postavit budovu nebo cestu na některé z křižovatek.

Třída Tile

Tato třída poskytuje funkce pro práci s jednotlivými oblastmi na mapě a také pro stavbu budov a silnic okolo nich. Instance této třídy si drží informace o typu oblasti, kterou reprezentují a také o cestách a křižovatkách v jejich sousedství. Také mají přidělené číslo určující, zda v daném kole dostanou hráči suroviny právě z této oblasti. Oblast je vykreslována pomocí třídy **ButtonItem**, taktéž její číselné označení používá stejnou třídu. Ve fázi stavby se po kliknutí na oblast zobrazí křižovatky, popřípadě cesty, na kterých daný hráč může zrovna stavět. Následně je potřeba kliknout na místo, kde chce hráč stavět.

Třída Player

Objekty třídy **Player** v sobě nesou informace vždy o jednom z hráčů. Ve hře jich je tedy více. Každý hráč má svoje karty zdrojů, které jsou reprezentovány pomocí slovníku, kde klíčem je název zdroje a hodnota je počet karet, které hráč od daného typu vlastní. Ve vlastnictví hráče je také 15 figurek reprezentujících cesty, 5 vesnic a 4 města. Ve hře se hráči odlišují podle proměnné **corner**, která v této třídě je a určuje roh stolu, kde má hráč



Obrázek 4.1: Herní plán při rozehrané hře

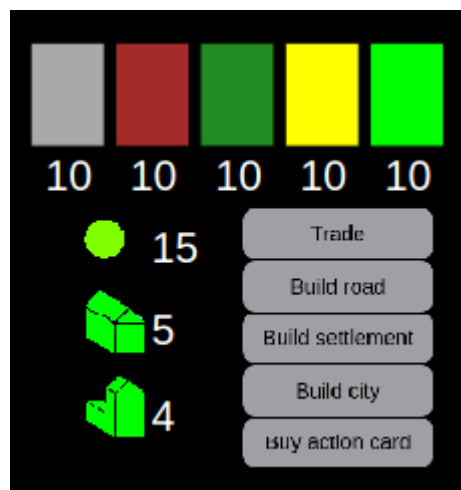
svoje uživatelské rozhraní. To je vykreslováno funkcí `drawPlayerUI`. Bylo nutné vytvořit dva typy ovládacího panelu, jeden pro hráče v levém rohu dlouhé strany stolu a také pro hráče v pravém rohu (viz obrázky 4.2 a 4.3). Ovládací panely pro hráče naproti jsou pouze otočené a přemístěné. Pět obdélníků v horní části prostoru symbolizuje jednotlivé karty zdrojů. Pod každým z nich je číslem vyjádřen počet, kterým hráč disponuje. V rohu jsou umístěna tlačítka pro akce, které mohou hráči během svých tahů provádět, tedy stavba silnice, stavba vesnice, stavba města, obchodování a nákup akční karty. Tlačítka pro stavbu jsou napojena na funkce kontrolující aktuální stav zdrojů a rozhodují, jestli hráč může v daném tahu něco postavit. Vedle tlačítek má hráč přehled o všech typech budov ve svém vlastnictví. Čísla zobrazují, kolik budov daného typu může hráč ještě postavit.

Třída `MapEditor`

Účelem této části programu je umožnit hráčům navrhnout svoji vlastní mapu, na které se potom mohou odehrávat jednotlivé hry. Proto většinu plochy stolu zabírá právě prázdná mapa. Kolem jsou tlačítka jednotlivých oblastí. Pokud chce hráč umístit oblast, je nutné kliknout na tlačítko oblasti a následně na místa, kam chce danou oblast umístit. Rozmístění oblastí je na hráčích samotných, systém hlídá pouze jejich počty. Po umístění poslední oblasti se ukáže možnost vybrat si roh, z něhož budou rozmístována čísla oblastí. Ta se oblastem přidělují postupně, a to proti směru hodinových ručiček směrem ke středu. Na políčko, kde je poušť, se číslo nedává. Poté je mapa hotová a připravená ke hře. Uživatelské rozhraní editoru je určeno k ovládání pouze z jedné strany. Pokud se hráči postaví ke správnému okraji stolu, mohou v horní části vidět menu. To nabízí možnosti ukládání a



Obrázek 4.2: Ovládací panel hráče v levém rohu



Obrázek 4.3: Ovládací panel hráče v pravém rohu

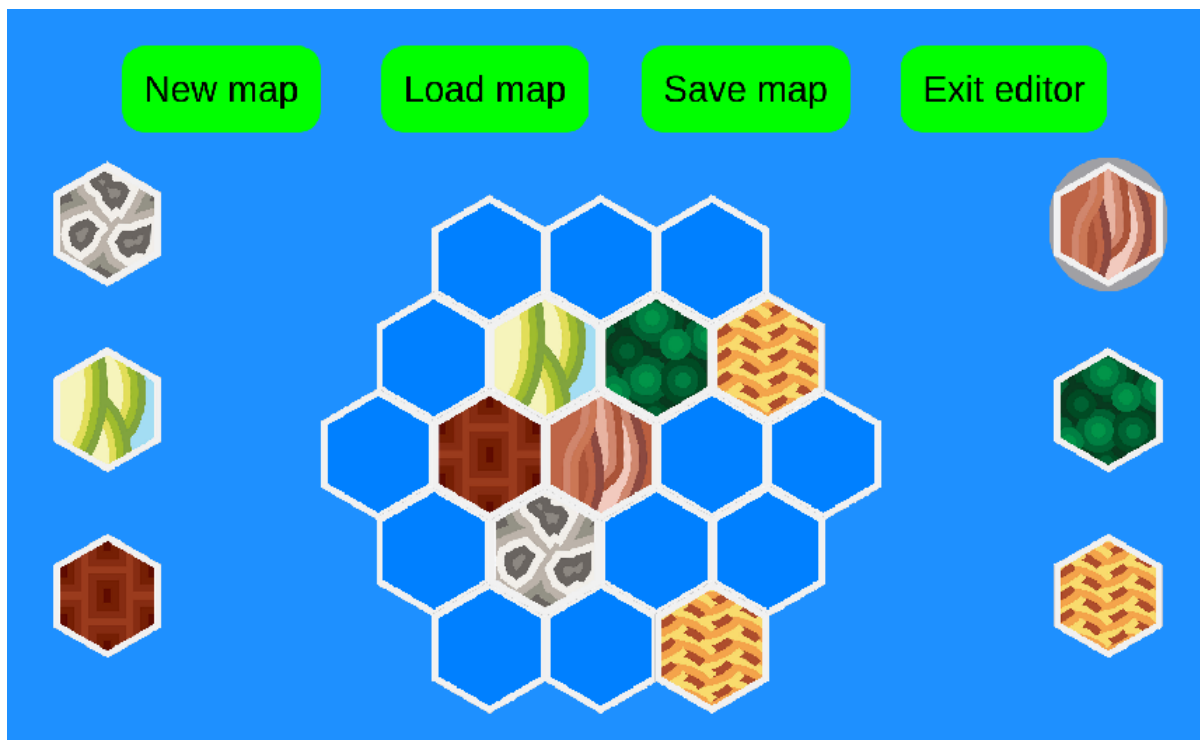
načítání map. Dále možnost začít se stavbou mapy od začátku a návrat do hlavního menu aplikace. Pro ukládání map je připraveno pět slotů. Protože není možné určit, zda je mapa hotová a smysluplná, je na uživateli, aby si pamatovali, kam si kterou mapu uložili. Po případě je možné si jí kdykoliv zobrazit v editoru.

Ukládání a načítání map

Aby bylo možné na mapách vytvořených v editoru hrát, existuje možnost si je uložit a poté přede hrou načíst. Mapy se ukládají do souborů s příponou `.map` do složky `\maps`. Formát takového souboru je následující. Prvních 19 řádků jsou typy jednotlivých oblastí v pořadí z levého horního rohu po řádcích. Na posledním řádku souboru se nachází seznam čísel. Tato čísla patří k jednotlivým oblastem ve stejném pořadí, v jakém jsou zapsány pod sebou na řádcích. To znamená první číslo k prvnímu řádku souboru, druhé ke druhému, atd. Funkce pro ukládání je pouze v editoru map a funkce pro jejich načítání je jak v editoru, tak v samotné hře. Pokud nějakou mapu chtějí hráči použít ve hře, je nutné před začátkem hry vybrat slot, odkud chtějí mapu načíst, případně vybrat možnost základní mapy.

Obchodování

Jednou z fází každého tahu může být obchodování s ostatními hráči. Není to fáze povinná, ale výměna surovin s někým jiným může značně pomoci při stavbě. Pro tento účel je v každém ovládacím panelu tlačítko Trade. Po jeho stisknutí se zobrazí obchodovací dialog (obrázek 4.5). Suroviny se vybírají kliknutím na obdélník symbolizující danou kartu. Jako první se zvolí surovina, kterou hráč nabízí. Následně se může upravit její počet. Po potvrzení první suroviny se proces opakuje pro druhou surovinu. Poté, co hráč potvrdí druhou surovinu, je vyžadováno potvrzení od druhého hráče účastníce se obchodu. To se provede tak, že dialogové okno si hráč přetáhne k sobě, aby jeho levý horní roh byl ve čtvrtině stolu daného člověka. Po stlačení tlačítka Confirm druhým hráčem je obchod uskutečněn.



Obrázek 4.4: Prostředí editoru map

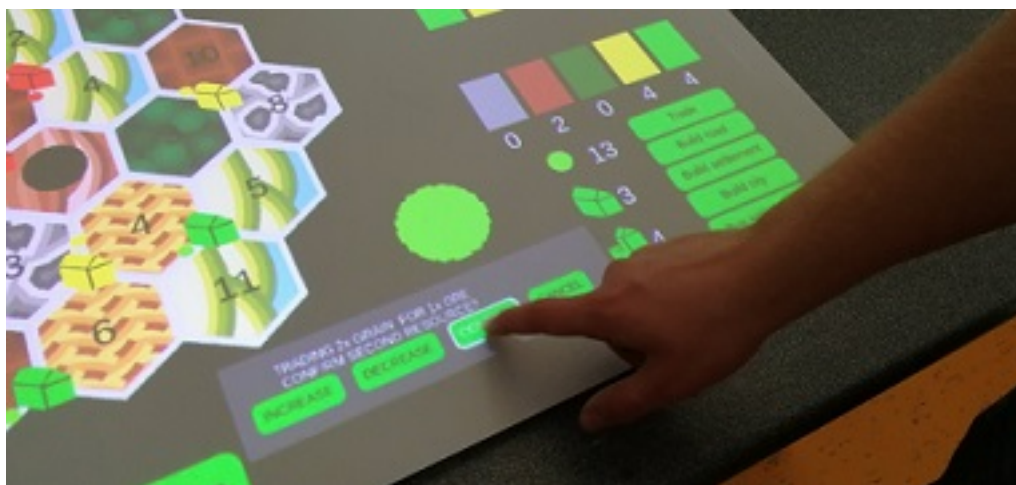
Textury a obrázky

Pro vykreslování jednotlivých oblastí jsem použil volně dostupné obrázky ze stránky Flickr, jež nakreslil Ryan Schenk [??](#). Ikony města a vesnice a cesty jsem si vytvořil sám a stejně tak i tlačítka, která používám pro jejich stavbu (červená poloprůhledná kolečka).

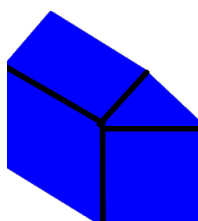
Rozpoznávání kostek

Rozpoznávání čísla, které bylo hozeno hráčem na kostkách, je realizováno pomocí funkcí z knihovny OpenCV. Knihovna OpenCV (Open Source Computer Vision Library) je open source knihovna pro počítačové vidění a strojové učení. Je zaměřena především na zpracování obrazu v reálném čase. Původně byla vyvíjena firmou Intel, následně s podporou Willow Garage. Je multiplatformní a podporuje jazyky C++, Java, Python a MATLAB.

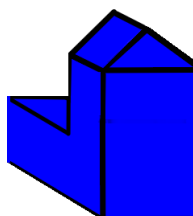
Nejprve je nutné si načíst data z kamery Kinectu. Ta běží na samostatném uzlu a data z kamery publikuje hned na několik různých topiců. Je tedy potřeba vytvořit ROS subscriber, který na jednom z těchto topiců naslouchá a data průběžně ukládá do proměnné. V momentě, kdy je potřeba zjistit čísla hozená na kostkách, se hodnota této proměnné převede na obrázek, se kterým již umí pracovat knihovna OpenCV. Následně je proveden převod obrazu na stupně šedi. Poté nastává důležitá část transformací, což je prahování. Pro házení používám bílé kostky s černými puntíky, tudíž po provedení prahování se správně zvolenou hodnotou se puntíky, tedy čísla hozená na kostkách, zvýrazní. Optimální hodnota pro prahování závisí na spoustě okolností a byla určena experimentálně. Protože obraz po prahování ještě obsahuje zbytečné černé oblasti kromě těch na kostkách (obrázek [4.9](#) vlevo), využívám funkci `floodFill`. V tomto konkrétním případě zaplavuji bílou barvou od několika bodů u okrajů obrazu. Tím se většina černých oblastí odstraní. Poté již zbývá pouze



Obrázek 4.5: Dialog při obchodování



Obrázek 4.6: Ikona vesnice

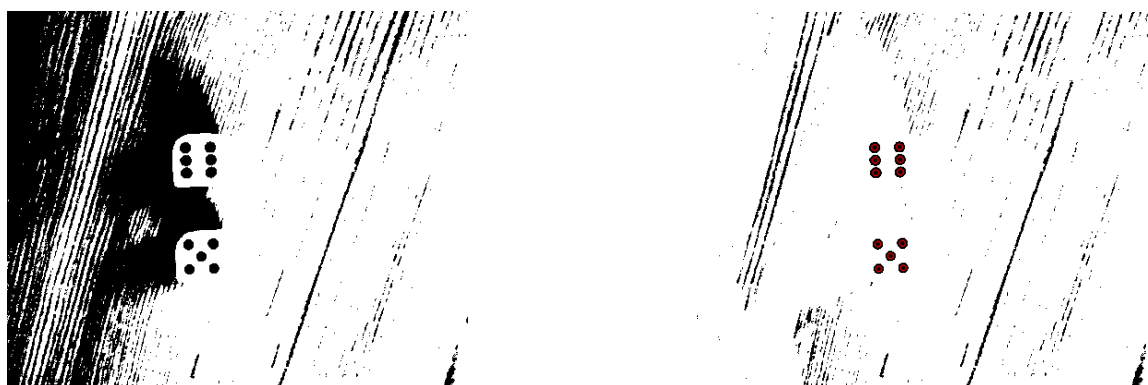


Obrázek 4.7: Ikona města



Obrázek 4.8: Ikona cesty

pomocí třídy `SimpleBlobDetector` spočítat, kolik černých puntíků se v obraze vyskytuje. Tato třída má spoustu různých parametrů, z kterých využívám filtrování podle velikosti plochy, aby se mi nezapočítávaly nějaké šумы a také filtrování pomocí inerčního poměru. Inerční poměr v podstatě určuje, jak moc je kruh zdeformovaný. Pokud by kostky nebyly přímo pod kamerou, může se totiž stát, že budou vidět i boční strany. Jejich puntíky by ale byly zdeformované, takže jejich inerční poměr by byl nižší než 0.5, což je hodnota, kterou k filtraci používám. Výsledek celého procesu je možné vidět na obrázku 4.9 vpravo.



Obrázek 4.9: Nalevo fotografie po prahování a napravo ještě po použití floodfillu

Kapitola 5

Testování

Pro ladění herní logiky a tvoření designu bylo možné využít virtuálního stroje na mém notebooku, kde se uživatelské rozhraní dá zobrazit a dotyky simulovat myší. V momentě, kdy bylo uživatelské rozhraní rozumně připraveno a napojeno na příslušné funkce, se testování přesunulo do laboratoře. Zde se testovala zejména funkčnost ovládání dotyky. V raných fázích vývoje bylo nutné také zkusit různé možnosti kalibrace celého systému tak, aby se uživatelské rozhraní zobrazovalo ve správné pozici a orientaci vůči dotykové části stolu. Podobný přístup jsem zvolil i u implementace rozpoznávání kostek. Vytvořil jsem si fotografie kostek, které se pro hru používají a na nich zkoušel různé přístupy k filtrování obrazu tak, aby bylo možno určit, jaké hodnoty jsou na nich hozeny. Když jsem měl základní princip hotový, bylo již nutné jít do laboratoře a zkusit přímo na obrazu z Kinectu. Protože rozpoznávání obrazu je velmi citlivé na osvětlení, je nutné kostky při rozpoznávání umístit "do stínu" pomocí nějaké malé překážky. Následovalo upravení parametrů filtrování a výsledek byl hotový. Během ladění aplikace jsem se také radil se zkušeným hráčem deskové verze, abych měl více nápadů, jak jednotlivé akce do hry zapracovat.

5.1 Testovací prostředí

Vzhledem k tomu, že hra je určena na ARTable, bylo nezbytné, aby hlavní testování probíhalo přímo na Fakultě informačních technologií v laboratoři O104, kde se tento stůl nachází. Jedná se konkrétně o stůl ARTable3, který je zmíněn v sekci 2.4. Ten má rozměry 100x60 cm. Spolu s ním je zde také projektor Acer K132 a Kinect v2. Počítač připojený k této sestavě má následující parametry: procesor AMD Ryzen 7 (8core), 16GB RAM, 250GB SSD + 1TB HDD a grafická karta GTX 1050 Ti AERO ITX 4G. [19]

5.2 Průběh hlavního testování

Na hlavní část testování jsem si pozval 4 hráče, aby byly vyzkoušeny plné možnosti aplikace. Pro hraní této hry je nutná znalost alespoň základních pravidel hry, protože není možné efektivním způsobem vytvořit nějaký tutoriál ke hře. Ten v deskové verzi zabírá velkou část návodu a je nutné vysvětlovat každou akci a všechny možnosti postupně. Tuto prerekvizitu u mé testovací skupiny splňovali všichni účastníci. Před samotnou hrou jsem hráčům sdělil nějaké základní informace k průběhu hry a také věci specifické pro tuto verzi, jako například jak jsou označeny jednotlivé karty nebo jak mají správně využívat rozpoznávání kostek a podobně. Nechal jsem je tedy hrát hru a sledoval, zda se s uživatelským rozhraním spřátelí

či nikoliv. Poté následoval ještě test editoru map. Zde si hráči zkusili vytvořit svoji mapu, tu následně uložit a znovu načíst.

5.3 Výsledky testování

Zpětnou vazbu jsem řešil formou diskuze po nějaké době hraní. Jedna hra pro čtyři hráče může trvat i déle než hodinu, takže po nějaké době jsem testování ukončil. Bylo to v momentě, kdy měli všichni hráči vyzkoušené všechny různé možnosti, které hra nabízí. Samozřejmě i během hry jsem si všiml toho, s čím měli hráči problémy nebo co za informaci si vyložili špatně. Z testování vyplynuly nějaké drobné chyby, které jsem v podstatě ihned dokázal opravit. Dostal jsem také pár námětů na změnu základních věcí ve hře. To by bohužel ale znamenalo předělání v podstatě celého programu, a tak jsem je nemohl zapracovat. Například v editoru map měli hráči tendenci jednotlivá políčka přetahovat na prázdnou mapu, což ale nešlo. Také systém obchodu se zdál příliš složitý.

Hra jako celek se uživatelům líbila. Byli nadšení zejména z rozpoznávání kostek a vůbec celého konceptu dotykového stolu. Když se ale zaměřili na konkrétní prvky uživatelského rozhraní, našli také věci, které by se daly do vylepšit nebo upravit. Na těch by se v budoucnu dalo rozhodně zapracovat.

Kapitola 6

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit hru, která se bude dát ovládat pomocí interaktivního stolu ARTable. Nezbytnou součástí bylo také nastudování problematiky týkající se promítaných uživatelských rozhraní, rozšířené reality a samotného stolu ARTable včetně operačního systému, který na něm umožňuje spouštět aplikace. V první části práce je také nastíněna kalibrace a spuštění stolu. Výslednou hru mohou hrát až čtyři hráči a oproti deskové verzi hry usnadňuje zejména práci s kartami. To se týká jak rozdělování karet na začátku každého tahu (hráči nemusí zkoumat, které oblasti zrovna plodí a který hráč má dostat kolik surovin) a také při obchodování (zde je vše vyměněno jedním dotykem po domluvě). Také je zde zachován systém házení reálnými kostkami, které systém rozpozná a určí hozenou hodnotu. Výsledkem je aplikace umožňující hrát upravenou verzi deskové hry Osadníci z Katanu až pro čtyři hráče. Je zde také možnost tvorby nových map, jejich ukládání a úpravy.

Tato hra by šla do budoucna vylepšit zejména ve směru grafiky, protože lepší výtvarné provedení některých ikon a tlačítek bylo již nad moje síly. Také chybí trocha dynamičnosti, což by šlo dosáhnout přidáním animací a zvuků. Také prostředí editoru map by se mohlo trošku zpříjemnit třeba přidáním možnosti přetahovat jednotlivá políčka místo klikání.

Literatura

- [1] *What is mixed reality?* [Online; navštíveno 2.5.2018].
URL <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mixed-reality>
- [2] Spacey, J.: *Augmented Reality vs Augmented Virtuality*. [Online; navštíveno 1.5.2018].
URL <https://simplicable.com/new/augmented-reality-vs-augmented-virtuality>
- [3] van Krevelen, D.; Poelman, R.: *A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations*. ročník 9, č. 2, 2010, ISSN 1081-1451.
URL <http://kjcomps.6te.net/upload/paper1%20.pdf>
- [4] Johnson, J.: *“The Master Key”: L. Frank Baum envisions augmented reality glasses in 1901*. [Online; navštíveno 12.12.2017].
URL <https://web.archive.org/web/20130522153011/http://moteandbeam.net/the-master-key-l-frank-baum-envisions-ar-glasses-in-1901>
- [5] Siltanen, S.: *Theory and applications of marker-based augmented reality* . 2012, ISBN 978-951-38-7450-6.
- [6] Westoby, M.; Brasington, J.; Glasser, N.; aj.: ‘Structure-from-Motion’ photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, ročník 179, 2012: s. 300 – 314, ISSN 0169-555X, doi:<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>.
URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X12004217>
- [7] Fluper: *Current Uses of Augmented Reality*. Medium, [Online; navštíveno 3.1.2018].
URL <https://medium.com/@fluperofficial/current-uses-of-augmented-reality-b8f273ec8a6>
- [8] Dyakovskaya, A.: *How Augmented Reality (AR) Is Shaping Content Marketing Experiences*. NewsCred Insights – The World’s Leading Content Marketing Blog, [Online; navštíveno 3.1.2018].
URL <https://insights.newscred.com/augmented-reality-content-marketing/>
- [9] Augment: *5 reasons to use Augmented Reality in Education - Augment News*. Augment: Enterprise Augmented Reality Platform, [Online; navštíveno 3.1.2018].
URL <http://www.augment.com/blog/5-reasons-use-augmented-reality-education/>
- [10] Bell, J.: *4 Real World Uses For Augmented Reality - Primacy Primacy Blog*. Primacy Digital Agency Services - Technology, Creative Design, Marketing, [Online;

- navštíveno 3.1.2018].
URL <https://www.theprimacy.com/blog/finally-4-real-world-uses-for-augmented-reality/>
- [11] *Head-Mounted Display (HMD)*. [Online; navštíveno 25.4.2018].
URL <https://www.techopedia.com/definition/2342/head-mounted-display-hmd>
- [12] Company, M.: *Microsoft HoloLens*. Microsoft, [Online; navštíveno 1.4.2018].
URL <https://www.microsoft.com/cs-cz/hololens>
- [13] Kleinman, J.: *RoboLab ARTable3*. [Online; navštíveno 2.5.2018].
URL <https://www.tomsguide.com/us/best-ar-glasses,review-2804.html>
- [14] Hyry, J.: *Designing Projected User Interfaces As Assistive Technology For The Elderly*. 2015, ISBN 978-952-62-1070-4.
- [15] Hiller, R.: *Turn Your Table Top Into an Interactive Display with the Touchjet Pond*. GeekDad, [Online; navštíveno 12.1.2018].
URL <https://geekdad.com/2017/04/touchjet-pond/>
- [16] GestureTek: *TableFXTM Interactive Table Projection System*. GestureTek, [Online; navštíveno 12.1.2018].
URL http://www.gesturetek.com/gesturefx/productsolutions_tablefx.php
- [17] Materna, Z.; Kapinus, M.; aj.: *ARTable README*. GitHub, [Online; navštíveno 1.12.2017].
URL <https://github.com/robofit/artable>
- [18] Chan, N.: *Hands-On with The Settlers of Catan on Microsoft Surface*. Tested, [Online; navštíveno 20.1.2018].
URL <http://www.tested.com/tech/gaming/898-hands-on-with-the-settlers-of-catan-on-microsoft-surface/>
- [19] *RoboLab ARTable3*. [Online; navštíveno 2.5.2018].
URL https://merlin.fit.vutbr.cz/wiki/index.php/RoboLab_ARTable3