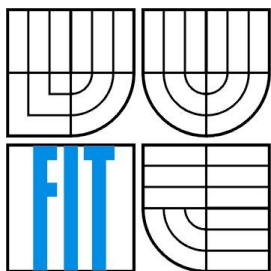


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

ROZHRANÍ PRO HRY S DATAPROJEKTOREM A LEAP MOTION

GAME INTERFACE WITH DATA PROJECTOR AND LEAP MOTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MATEJ KENDRA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL NAJMAN

BRNO 2016

Abstrakt

V této práci jsou popsána různá rozhraní určená člověku k hraní her a postupně jsou vyobrazeny modernější i běžně dostupná rozhraní. Blíže práce popisuje, jakým způsobem lze hrát hry na běžném dataprojektoru a senzorech pro detekci gest – Kinect a Leap Motion. Projekt je zaměřen na vyhodnocení aspektů návrhu deskové hry s těmito prvky a také na potřebnou kalibraci obrazu projektoru a Leap Motionu. Část projektu je věnována popisu deskové hry Osadníci z Katanu, z jejichž pravidel je vytvořena specifikace a možnosti hráče. Podle těchto znalostí je pak popsán návrh hrací sestavy a návrh několika typů rozhraní hry. Práce jednoduchým způsobem popisuje implementaci hry a v závěrečných kapitolách popisuje způsob testování vytvořeného rozhraní. Posledním obsaženým tématem je vyhodnocení z pohledu testovaných uživatelů.

Abstract

This thesis describes various game interfaces for human and gradually there are shown more modern and common available interfaces. Work closely describes how you can play games on a regular projector and sensors for gestures detection – Kinect and Leap Motion. This work focus on evaluation of aspects of table-game design with these components and also on display view calibration between projector and Leap Motion. Part of the project is devoted to describing the board game Catan, of which rules are taken to write down specification and options of player. According to this knowledge is then described the design of the play-set and the design of several interfaces of the game. Implementation is briefly described and final chapters covers forms of the testing methods of interfaces and testing evaluation from user perspective.

Klíčová slova

Rozhraní, uživatelské rozhraní, grafické uživatelské rozhraní, dataprojektor, hry na dataprojektor, Leap Motion, kalibrace projektoru, kalibrace Leap Motionu, desková hra, Osadníci z Katanu

Keywords

Interface, user interface, UI, graphic user interface, GUI, projector, games on projector, Leap Motion, projector calibration, Leap Motion calibration, tabletop game, Catan

Citace

Matej Kendra: Rozhraní pro hry s dataprojektorem a Leap Motion, diplomová práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2016

Rozhraní pro hry s dataprojektorem a Leap Motion

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Pavla Najmana. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Matej Kendra
Datum 23.5.2016

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé práce panu Ing. Pavlu Najmanovi za jeho rady a odbornou pomoc při tvorbě této práce. Zároveň bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Zahradkovi, za jeho cenné odborné konzultace a v neposlední řadě také slečně Bc. Dagmar Novotné za její věcné rady a připomínky při tvorbě dotazníku. Díky patří také všem dobrovolníkům, kteří byli ochotni testovat rozhraní výsledné aplikace.

© Matej Kendra, 2016

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

Obsah.....	1
1 Úvod.....	3
2 Moderní herní rozhraní.....	4
3 Hry s dataprojektorem.....	8
3.1 Ovládání gesty.....	8
3.2 Kinect.....	10
3.3 Leap Motion.....	12
3.4 Ovládání kontaktem.....	16
4 Kalibrace projektoru s Leap Motion.....	19
4.1 Kalibrace kamery.....	19
4.2 Kalibrace projektoru.....	22
4.3 Kalibrace Leap Motionu.....	23
5 Osadníci z Katanu.....	25
5.1 Specifikace.....	25
5.2 Možnosti hráče.....	26
6 Návrh hry LeapCatan.....	28
6.1 Návrh hrací sestavy.....	28
6.2 Prototyp.....	29
6.3 Úprava prototypu.....	31
6.4 Ovládání gesty.....	32
6.5 Ovládání „na dlani“.....	34
6.6 Průběh hry.....	35
7 Implementace.....	42
7.1 Použité nástroje.....	42
7.2 Ovládání hry.....	43
7.3 Logika hry.....	44
7.4 Mapa.....	45
7.5 Hráč.....	46
7.6 Hrací karty.....	46
8 Testování a vyhodnocení.....	48
8.1 Kvantitativní testování.....	48
8.2 Kvalitativní testování.....	49
8.3 Vyhodnocení.....	50
9 Závěr.....	55

Literatura.....	56
Seznam příloh.....	61
Příloha 1: Návrhy rozhraní hry.....	62
Příloha 2: Testovací scénáře.....	66
Příloha 3: Kvalitativní dotazník.....	67
Příloha 4: Tabulky a grafy.....	69
Příloha 5: Plakát ke hře.....	72

1 Úvod

V dnešním světě se stále více setkáváme s moderními technologiemi, počínaje palubními počítači aut, přes chytré telefony až k automatickým pračkám. Ovšem některé člověkem vytvořené technologie nám nemusí sloužit jen k práci ale také k zábavě.

Společenské hry u kterých se lidé sdružují jsou hrány stále a lidi neustále baví. Lidé si rádi zahrají deskové hry v čajovnách, v příjemné atmosféře s přáteli či v rodinném kruhu. Co kdybychom spojili příjemné s užitečným a vytvořili za použití moderních technologií takové rozhraní, které je jednoduché, zábavné a hráčům přinese zpříjemnění jejich času. Tvorba kvalitního rozhraní, ať už po technické či grafické stránce, se opírá o lidské vnímání, o schopnost a rychlost člověka naučit se nové rozhraní. Proč ale nevidáme i u těchto zábavných her technologický pokrok?

Hlavní tématem práce je návrh rozhraní pro hru, která by využívala dataprojektor k zobrazování a Leap Motion k ovládání. V kapitole 2 práce popisuje některé modernější periférie her a také některá z již existujících řešení, která jsou dostupná nebo v dohledné době budou dostupná veřejnosti. Za stručným popisem několika moderních herních rozhraní navazuje kapitola 3 uvádějící dostupnější řešení za použití dataprojektoru a obsahuje přehled použitelných technologií. Mezi těmito technologiemi jsou i ovládací prvky Kinect a Leap Motion, které umožňují detekovat gesta hráče. Tyto prvky jsou porovnány a zároveň je senzor Leap Motion a jeho technologie detailněji popsán v samostatné podkapitole 3.3.

Protože hru budeme zobrazovat přes dataprojektor a ovládat přes senzor Leap Motion, musíme tyto prvky správně zkalibrovat. Kalibrace dvou aktivních prvků je uvedena v kapitole č.4. Následující kapitola 5 je zaměřená na rozbor úspěšné deskové hry Osadníci z Katanu. Zde jsou zjednodušeně popsána pravidla hry ve formě specifikace a z nich vycházející možnosti, které hráč ve hře má.

Další v pořadí šestou kapitolou je kapitola Návrh hry LeapCatan. V ní je popsán návrh hrací sestavy, na které byla ve výsledku hra testována a také jednotlivé návrhy rozhraní od prototypu, přes upravenou verzi až po rozhraní s gesty. U jednotlivých návrhů jsou popsány důvody k jejich změnám či vylepšení a náhledy na navržené grafické rozhraní je možné najít v příloze č.1.

Kapitola 7 stručným způsobem seznámí čtenáře s implementací hry samotné. Jednotlivé podkapitoly jsou zaměřeny na ucelenější skupiny od použitých nástrojů pro tvorbu, přes ovládací a logické prvky až po popis herní mapy, hráče či herních karet. V předposlední kapitole 8 jsou popsány metody kvantitativního a kvalitativního testování navrženého rozhraní a také jejich vyhodnocení podložené tabulkami z přílohy č.4.

Této diplomové práci předcházela semestrální projekt, ze kterého byla použita zejména úvodní kapitola 2, teoretické kapitoly 3 a 4 a také kapitola 5, která seznamuje s hrou Osadníci z Katanu. Zároveň byli rozšířeny některé části textu z návrhu sestavy a prototypu z podkapitol 6.1 a 6.2.

2 Moderní herní rozhraní

Tato práce souvisí s návrhem a tvorbou herního rozhraní, proto jsou v této kapitole uvedeny některá moderní herní rozhraní. Vznik těchto rozhraní předcházeli povětšinou z takzvaných startupů, kde o ně byl veliký zájem a výrobci tak mohli přejít k dalšímu vývoji a investování do perspektivního produktu. Z tohoto pohledu je zřejmé, že uživatelé by rádi tyto zařízení měli doma a aktivně je využívali.

ePawn Arena

Technologie ePawn byla navržena s cílem spojit fyzické hry s digitálními aplikacemi, protože hráči rádi hrají s hmatatelnými objekty, ať už jde o figurky, kostky či karty.

ePawn technologie [1] zachycuje vše co se odehraje na hrací desce a umožňuje tak naplnit digitální aplikaci potřebnými daty o hře. Na této hrací desce můžeme manipulovat zároveň s až 40 objekty osazenými značkami s technologií NFC. ePawn propočítává pozici objektů, orientaci v prostoru a výšku v reálném čase. Použitím technologie NFC tato platforma umožňuje eliminovat problémy při zobrazování rukou mezi hrou a kamerou v rozšířené realitě.

Výrobci vyvinuli několik verzí této platformy. Ať už se jedná o video hry, hračky, deskové hry, figurky, mobilní roboty, toto škálovatelné řešení umožňuje široké využití od chytrých telefonů až po velké hrací podložky 1x1m.

Vývojáři se dále pokoušejí zvětšit herní pole tak, aby se technologie ePawn mohla zabudovat do podlah. Přineslo by to jednoduché řešení při pozicování postav v rámci virtuální reality v reálných prostorách, což může být u optických technologií problém. Nevýhodou však ovšem zůstane cena takového řešení.



Obrázek 1: Deska ePawn Arena připojená na smartphone [2]

MoleBot

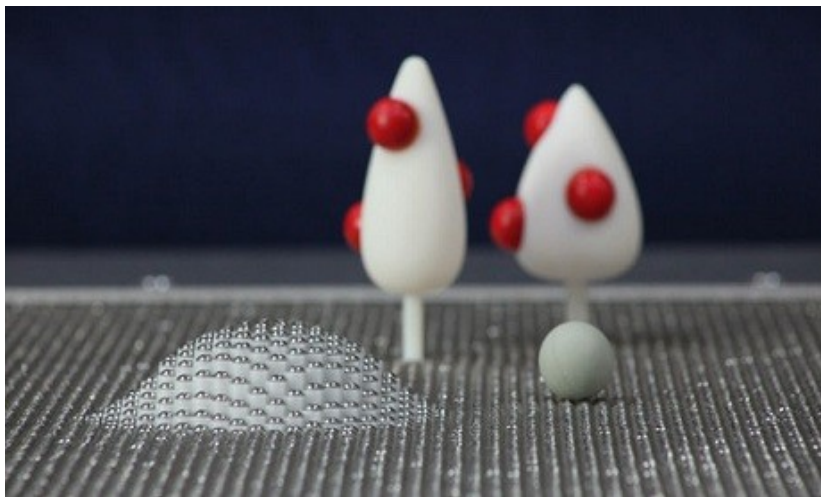
Inovativní koncept herního robota z dílny Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) nazvaný MoleBot, se snaží zvrátit odliv hráčů od fyzických stolů k virtuálním hrám. Poskytuje fyzické prostředí, které umožňuje uživatelům fyzicky si hrát ve virtuálním světě [3].

MoleBot je podobný otiskovací desce složené z kolíků. Stůl je tvořen 15000 malými šestiúhelnými čepy, které se mohou vertikálně posouvat. Sám o sobě je MoleBot kulovitá plastová „hrouda“, oddělená od kolíků vrstvou z elastických vláken pro zmenšení tření při pohybu. Magnet usazený uvnitř formy je spárován s neodymovým magnetem na její hlavě, který se může pohybovat pod kolíky v osách x a y.

Pohybem magnetu pod kolíky dochází k posunu MoleBota a tím také k postupnému zvedání či klesání jednotlivých kolíků, což má za následek vyvolání dojmu pohybující se koule (autoři ji proto nazývají krtek) pod povrchem stolu. Pohyb krtka může hráč ovládat za pomoci joysticku či případně, při použití Kinectu, za pomoci gest ruky.

Zajímavé schopnosti tohoto hracího zařízení s pěkně vypadajícím pohybem a možností sbírat magnetické předměty na povrchu stolu anebo čistě jen posouvání objektů po stole, je dobrým nástrojem k tvorbě vlastních her pro převážně mladší věkové skupiny.

Kromě herního rozhraní bychom se tohoto zajímavého rozhraní mohli v budoucnu setkat i v jiných odvětvích a to až už přímo interakce člověka přímo s počítačem nebo například v architektuře.



Obrázek 2: Záběr na "krta" pod povrchem MoleBot hracího stolu [4]

Virtuix Omni

Virtuix Omni je nová periférie pro virtuální realitu podobná všesměrovému běžeckému pásu. Použitím speciálních bot snižujících tření, které jsou nutné pro detekci pohybu, je možné simulovat pohyb. Ve spojení s displejem usazeným na hlavě, například Oculus Rift, je pak možné zobrazovat virtuální svět hráče kolem něj [5].

Kromě samotného pásu výrobce Virtuix nabízí k prodeji také další rozšiřitelné periferie, jako postroj, boty, přídavné sledovací zařízení na tyto boty pro sledování například skoků, anebo také doplňkový nosič pro pohodlné odkládání sluchátek, vody či třeba i meče.

Kromě vlastní hry TRAVR, byl Omni vyzkoušen a recenzován s hrami jako je Grand Theft Auto V, Battlefield 4, The Elder Scrolls: Skyrim či ARMA 3.

V podobném duchu přemýšleli i vývojáři z Rakouska, kteří se svým startupem Cyberith založili firmu Cyberith GmbH a dokázali rozběhnout výrobu svého produktu Vizualizer [6]. Ten umožňuje téměř stejné možnosti jako konkurenční Omni, na rozdíl však od něj hráč pro detekci pohybu nemusí uživatel zakoupit speciální boty, i když i tito vývojáři vyvinuli vlastní návleky pro lepší tření na podložce.



Obrázek : Sestava Virtuix Omni [5]



Obrázek 3: Sestava Cyberith Vizualizer [6]

Teslasuit

Teslasuit je světově první komplet, který umožňuje doslova cítit virtuální realitu. V kombinaci s headsetem pro zobrazování se tak stává jednoznačně jedním z nejpřesnějších konceptů pro zprostředkování virtuální reality [7].

Technologie je založená na nervo-svalové stimulaci, která je používána v elektroterapiích, medicíně či u profesionálních sportovců. Snímače v obleku umožňují uživateli cítit vánek, chlad, teplo, dotek či jemné elektrické pulzy a zároveň dokážou v reálném čase sledovat pohyb celého těla.

Hlavní kontrolní jednotka, opasek zvaný T-belt, poskytuje bezdrátové propojení senzorů z obleku, headsetu (Oculus, Google Glass nebo META Space Glasses) a hlavně herní konzoly – ať už je jí PlayStation, Xbox, počítač, tablet či chytrý telefon.

Touch+

Touch+ je malý a elegantní produkt, který za pomoci kamer dokáže změnit jakýkoliv povrch na dotykový panel. Zařízení se po připojení přes USB rozhraní může hned používat místo myši či klávesnice[8].

Technologie v pozadí toho zařízení jsou dvě kamery sledující ruce a prsty uživatele. Kamery využívají pokročilých algoritmů počítačového vidění pro simulaci dotykového povrchu.



Obrázek 4: Zařízení Touch+ snímající prsty na stole [8]

3 Hry s dataprojektorem

Všechny dříve uvedené periférie jsou moderními možnostmi jak hrát hry. Ovšem jejich pořizovací cena nemusí odpovídat potřebám hráče. Jako jedno z nejjednodušších řešení se jeví, kromě samotného zobrazení na monitor, zobrazovat hru čistě jen za použití dataprojektoru, který promítá obraz na promítací desku, stůl či plátno.

Otázkou pak jen zůstává jak hru efektivně ovládat. Proto je následující kapitola věnována hrám využívající dataprojektor a jejich ovládacím mechanismům. Blíže je pak popsán senzor pohybu Kinect a samotný ovladač Leap Motion použitý pro tuto práci.

3.1 Ovládání gesty

Jedním z řešení jak ovládat hry promítané dataprojektorem je pomocí gest. Gesta můžeme mít různá, ať už jde o ohnutí prstů, natočení dlaně, paže nebo naklonění celého těla.

S každým gestem, které chceme detekovat ve hře, roste složitost rozpoznávání a také přesnost se kterou tato gesta snímáme. V případě, že máme zájem rozpoznávat pár gest máme dnes již více možností jak jednoduše provádět detekci.

Použitím snímací kamery

Jednou z nich je použití kamery a knihovny pro zpracování obrazu, například OpenCV. V takovém případě jsme schopni napsat program, který umožňuje detekovat libovolná gesta bez použití speciálního hardwaru. Největší slabinou takového řešení je nutnost implementace samotného rozpoznávání gest. Nevýhodou je také potřeba kamery, kterou budeme gesta detekovat. V takovém případě jsme limitováni možnostmi kamery ať už se jedná o rozlišení či spektrum které snímá. Koupě kamery se tak může jevit zbytečná v porovnání s koupí specializovaného rozhraní pro detekci.

Použitím speciálního hardwaru

Další možností jak snímat gesta je za pomoci speciálního hardwaru. S novými technologiemi roste i počet produktů, které umožňují detekci různých gest. Pro příklad můžeme uvést Myo Gesture Control Armband, dobře známý Kinect či Leap Motion, který je popsán v podkapitole 3.3. Každý z těchto produktů je specifický, jeden neumožňuje snímat všechny části těla, jiný zase jen omezená gesta, která nedokáží snímat více než předdefinované pohyby svalů.

Hry ovládané Kinectem

Hry ovládané Kinectem, který je podrobněji popsán v podkapitole 3.2, jsou v poslední době stále oblíbenější. Takovýchto her je dnes již celá řada, namátkou můžeme uvést úspěšné tituly jako Kinect Sports [9], Harry Potter for Kinect [10] nebo Child of Eden [11]. Na nové herní rozhraní, kdy hráč ovládá jednotlivá tlačítka podržením natažené ruky či přímo ovládá hru gesty tvořenými celým tělem, si ovšem uživatelé museli zvykat. I dnes jsou někteří z nich překvapení, když se na obrazovce objeví výzva na zvednutí rukou pro inicializaci správného postoje hráče. Takovéto nepatrně negativní zkušenosti ovšem nedokáží změnit celkově kladné a zábavné vnímání hráče, který si samotnou hru vychutnává a s obdivem se pouští do dalších her.

Jednou z výhod Kinectu může být i fakt, nemluvíme-li o speciálních fitness titulech, že u některých her se hráč musí aktivně hýbat. Pro příklad v Kinect Sports si uživatel může zahrát na závodníka v alpském lyžování. Hráči přibývají s jednotlivými koly na trati nové překážky, kde kromě naklánění celého těla musí ještě i poskočit nad překážku nebo dřepnout tak, ať podjede pod překážkou. Další výhodou se může zdát i hra ve více hráčích na rozdělené obrazovce. Nevýhodou je však dostatečný prostor, který uživatelé potřebují k příjemnému hraní.

Kromě her vyvinutých na konzoly Xbox s připojeným Kinectem, někteří autoři vytvářejí originální hry bez nutnosti konzole. Příkladem může být zajímavý projekt Mimicry vývojářů firmy Monobanda. Autoři vytvořili za použití Kinectu interaktivní pískoviště obarvené pomocí projektoru, které slouží jako mapa pro virtuálně renderované míčky interpretující uživatele. Hráč mohou mapu interaktivně měnit a vytvářet si vlastní pravidla (viz Obrázek 5).



*Obrázek 5: Stavba herní plochy ve hře
Mimicry firmy Monobanda [12]*

Hry ovládané Leap Motionem

Firma Leap Motion Inc., která vyvíjí senzor Leap Motion má pro aplikace na toto zařízení vlastní obchod – Airspace [13]. Lze zde nalézt spousty aplikací s různým typem zaměření, od experimentálních, přes výukové až po hry ušité přímo na míru perifériím k virtuální realitě.

Ne všechny hry ale musí být přístupné z Airspace obchodu. Jednou z her, která takto využívá Leap Motion je i hrací sestava vyvinutá v rámci bakalářské práce na FIT VUT v Brně. V ní je autor vystaven před problém využití Leap Motionu s dataprojektorem.

Základním problémem v této práci se jeví umístění Leap Motionu vzhledem k dataprojektoru [14]. Autor zkoušel tři různé druhy umístění:

- Projektor promítá na zeď a Leap Motion snímá prostor u zdi
- Projektor promítá na podlahu a Leap Motion je umístěn na stativu vedle něj a snímá prostor pod ním
- Projektor promítá na průsvitnou desku, pod kterou je umístěn Leap Motion

Z těchto možností autor určil jako nejlepší možnost s umístěním Leap Motionu pod promítací desku. Důvodem se jeví hlavně přesnost detekce dlaní a uživatelská přívětivost. Toto řešení má ovšem i své nevýhody. V sestavě je potřeba stativu, který drží dataprojektor a promítá na fólii. Tu je potřeba napnout a tak dochází ke zhoršení přenositelnosti celé sestavy. Fólie pak ve svém středu vytváří odlesk a tím i snižuje přesnost detekce uprostřed promítací plochy. Jejím použitím se také snižuje kvalita obrazu, která je horší než u obrazu promítaného na zeď či plátno.

I přes tyto drobné problémy se ale autorovi podařilo implementovat testovací hry 4kanoid (Arkanoid), Cvrnkačka (Peanut) a LaserPopper, které byly při testování velice dobře hodnoceny samotnými hráči.

3.2 Kinect

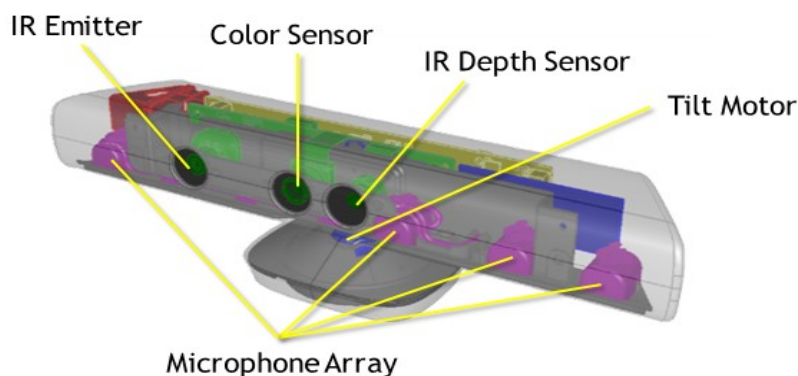
Kinect, vyvíjený firmou Microsoft pod krycím názvem „Project Natal“, byl původně zamýšlen jako periférie pro herní konzoli Xbox, kdy uživatel ovládá tuto konzoli vlastním tělem skrze tzv. Natural User Interface (NUI). Dnes však již Kinect přerostl konzolové hry a je k dispozici i jako senzor na PC, který umožňuje vývojářům vytvářet aplikace ovládané pohybem lidského těla [15].

Kinect je zařízení se senzory umístěnými v podlouhlém těle. Toto tělo je připojeno k základně ve kterém je malý motorek umožňující naklonění těla ve vertikálním směru. Ke komponentám, ukrytým v těle senzoru Kinectu, patří:

- barevná VGA kamera
- infračervený (IR) emiter

- IR senzor hloubky
- naklápěcí motorek
- mikrofonní pole
- LED ukazatele

Kromě výše zmíněných komponent pak Kinect ještě obsahuje síťový adaptér pro externí nabíjení a USB adaptér pro připojení ke konzoli Xbox nebo k počítači [16].



Obrázek 6: Kinect a umístění jednotlivých komponent v něm [17]

Barevná kamera s rozlišením 640x480 bodů je odpovědná za snímání a posílání barevných kanálů rychlostí 30 snímků za vteřinu. Pokud chceme zvýšit rozlišení, umožňuje kamera snímat obraz až do rozlišení 1280x960. Tento nárůst kvality ale zaviní nižší snímací rychlost 12 snímků za vteřinu.

Hloubkový senzor Kinectu se skládá z IR emitoru a infračerveného hloubkového senzoru. Tyto prvky mohou zasílat hloubková data v rozlišeních 640x480, 320x240 nebo 80x60. Pracují spolu tak, že emitor pořád vysílá IR tečky do prostoru s pseudonáhodnými vzory, které hloubkový senzor snímá a vyhodnocuje.

Naklápěcí motorek slouží ke změnám úhlů Kinectu tak, ať se uživatelova kostra dostane do co nejlepší polohy pro snímání. Motorek se dokáže vertikálně naklonit o 27°, tím si můžeme rozsah úhlů senzorů posunout jak směrem dolů, tak i vzhůru o těchto 27°.

Mikrofonní pole v Kinectu je uspořádáno v těle senzoru lineárně a díky němu mají vývojáři možnost využít výborné podpory v oblasti zpracování zvuku. Toto pole totiž neumožňuje jen nahrávat samotný zvuk, ale také ním lze analyzovat směr odkud přišla zvuková vlna. Díky použití mikrofonního pole oproti jednotlivým mikrofonom dosahuje zaznamenávání a analýza hlasu efektivnějších a přesnějších výsledků s lepším potlačením šumu či ozvěny.

3.3 Leap Motion

Leap Motion je zařízení, které dokáže za pomoci senzorů snímat pohyby rukou a prstů bez nutnosti doteku či jiného kontaktu. Tato malá periférie se připojí k počítači přes USB a položená směrem vzhůru snímá oblast nad ní [18].



Obrázek 7: Senzor pohybu dlaní a prstů – Leap Motion [18]

Senzor Leap Motion je vybaven dvěma kamerami a třemi infračervenými LED diodami. Tyto LED diody vyzařují světlo na vlnové délce 850 nm, které je mimo viditelné spektrum [19]. Díky tomu, že jsou kamery osazeny širokoúhlými čočkami je rozsah detekování možný až do šířky 150° a hloubky 120° a to přibližně od výšky 25mm do výšky 60cm od senzoru. Průnikem těchto binokulárních polí je výsledný tvar otočené pyramidy snímaného prostoru.

LeapMotion SDK

Komponenty, které jsou zapouzdřeny v LeapMotionu, využívají infračervené snímky obrazu k odstínění okolního prostředí. Jen velmi malá část výpočtů nad těmito snímky je prováděna přímo v senzoru, z důvodů nízkých nákladů na výrobu.

Ovladač běžící na pozadí počítače softwarově zpracovává jednotlivé snímky za pomoci pokročilých algoritmů na zpracování obrazu, při rychlosti 150 snímků za vteřinu. Zde se redukuje šum a vytváří se modely rukou, prstů či menších špičatých objektů jako třeba pero, které uživatel drží v ruce [20].

Vývojář může pak na počítači využít Leap Motion Software Developer Kit (SDK), které obsahuje veškeré potřebné API s vysokou úrovní abstrakce. Vývojář tak například nemusí řešit zpracování jednotlivých snímků a má přístup k abstraktním modelům, ze kterých si může vyčíst potřebné informace co uživatel se svými dlaněmi provádí. V době psaní toho textu je aktuální verzi API verze 2.3.1, která obsahuje řadu problémů [21]. Mezi ty největší uvedme například, špatný vektor směru kostí, zhoršená detekce dlaní při natažených pažích nebo třeba nespolehlivá detekce švihnutí (*swipes*) ruky pokud je vertikálně natočená.

Blíže si teď popíšeme některé hlavní komponenty tohoto SDK uvedené v [22], které s největší pravděpodobností použije téměř každý vývojář, který se pokusí s Leap Motionem vypracovat aplikace využívajících podobných konceptů jako:

- Detekce rukou ve snímku, včetně rotace, pozice, rychlosti a směr pohybu určený z předcházejícího snímku
- Detekce prstů a špičatých objektů (v SDK mají hromadný název `Pointables`) pro každou ruku včetně jejich rotací, pozice a rychlosti
- Přesná pozice pixelu na obrazovce, na kterou `Pointables` ukazují
- Základní rozpoznávání gest jako je švih (*swipe*) či poklepání (*taps*)
- Detekce změn pozice a orientace mezi snímky

Frame

Komponenta je základním prvkem datového modelu, která obsahuje spousty informací týkající se jednoho snímku pořízeného Leap Motionem. Instance třídy `Frame` reprezentuje bod v čase, kdy byl ovladač schopen zaznamenat změnu stavu v rámci světa kolem sebe, kde detekuje jednotlivé obrazovky, ruce a jejich jednotlivé prsty či objekty v nich držené.

V instanci se uchovávají například informace kolik rukou je zaznamenáno, informace o prstech a objektech, které uživatel drží. Dále jsou zde i informace o fyzikálních entitách pořízeného senzorem jako: rotace a orientace rukou v prostoru, normálové vektory rukou nebo přímo jednoduchá gesta.

Hand

Třída `Hand` obsahuje abstraktní model ruky, která má pro příklad informace o své identitě (levá/pravá), pozici a orientaci. Ta je definována normálovým vektorem dlaně a směrem ruky. Kromě těchto vlastností má ruka ještě i informace o paži (třída `Arm`) na které připojena a také seznam prstů spojených s rukou.

Software Leap Motionu využívá interního modelu lidské ruky k detekci pohybu dokonce i v případě, že nejsou všechny části viditelné. Software se snaží pozici neviditelných částí dopočítat z ostatních viditelných částí ruky/prstu a z jejich předcházejícího umístění. Pozice všech prstů jsou tak vývojáři vždy k dispozici.

Leap Motion dokáže detekovat dokonce více rukou v jednom snímku, třebaže vývojáři doporučují používat maximálně dvě, pro zachování optimální kvality detekce.

Pointable

Každá ruka, každá instance `Hand`, má k dispozici také informace o objektech zvaných `Pointable`. Zvláštnosti mezi jednotlivými typy objektů jsou vymezeny dvěmi podtřídami:

- Tool
- Finger

Z instance `Hand` si může vývojář pak sám vybrat druh objektu, který chce zpracovávat, ať už jde jen o prsty, cizí objekty nebo oba druhy dohromady.

Finger

Tato třída obsahuje informace o jednom konkrétním prstu. Hlavními atributy jsou pak pozice špičky prstu a směr, kterým prst ukazuje. Prsty jsou také rozlišeny jménem pro snadnější orientaci *thumb*, *index*, *middle*, *ring*, *pinky* – česky palec, ukazovák, prostředník, prsteník a malíček.

Každý z prstů je tvořen čtyřmi kostmi (třída `Bone`), které se snaží zpřesnit detekci modelováním chování lidských kostí. Palec má ve skutečnosti jen tři kosti, ale pro snadnější používání a indexování jednotlivých kostí vývojáři přistoupili k vložení záprstní kosti s nulovou délkou.

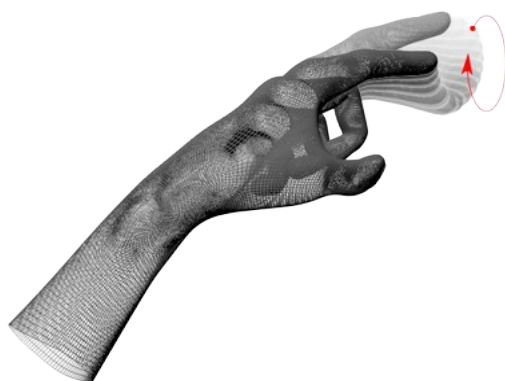
Tool

`Tool` je jakýkoliv štíhlý, dlouhý objekt, který uživatel může držet v ruce (hůlka, pero apod.). Tyto objekty se pak chovají jako prsty – mají pozici špičky a směr, ale od API verze 2.0 jsou nezávislé na samotné ruce.

Gesture

Software Leap Motionu dokáže rozpoznat pár připravených vzorů gest. Tyto gesta jsou vyhodnocovány pro každý prst či nástroj, držený v ruce, zvlášť. Gesta jsou rozlišena podtřídami:

- `CircleGesture` – prst kreslí kruh (Obrázek 8)
- `KeyTapGesture` – pohyb prstu simuluje uhození klávesy (Obrázek 9)
- `ScreenTapGesture` – pohyb prstu simuluje mačkání obrazovky monitoru
- `SwipeGesture` – pohyb ruky a prstů ze strany na stranu (švihnutí)



Obrázek 8: Implicitní gesto Leap Motionu
– `FingerCircleGesture` [22]



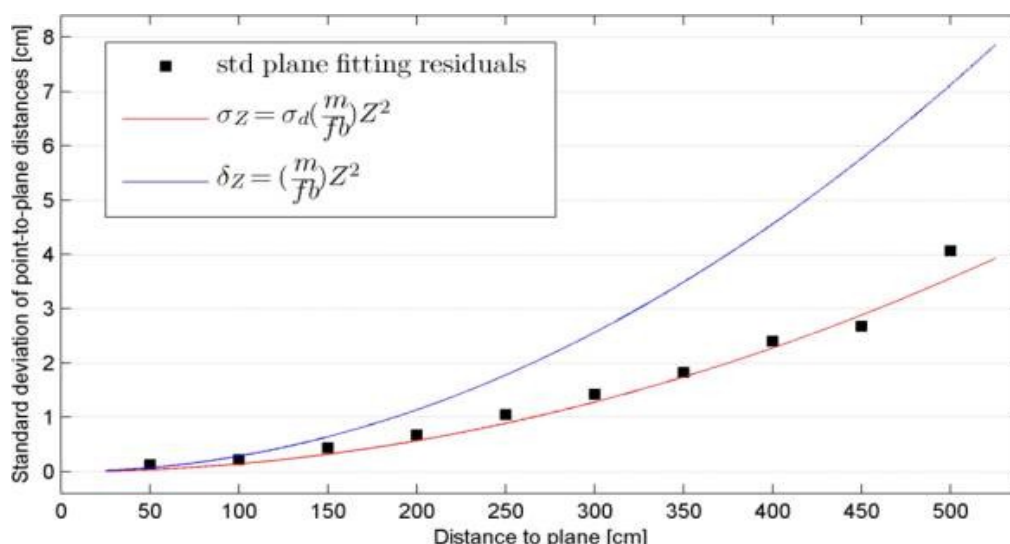
Obrázek 9: Implicitní Leap Motion gesto
– `KeyTapGesture` [22]

Porovnání s Kinectem

Podíváme-li se do specifikace Kinectu či Leap Motionu, uvidíme, že se oba dva produkty zásadně liší. Zatím co Kinect je určen pro snímání a detekci celého trupu hráče, Leap Motion se zaměřuje jen čistě na detekci rukou a prstů. Zároveň každý z nich pracuje na jiné technologii snímání prostoru.

Zatímco Kinect pracuje na principu vyzařování a následného zpracování infračerveného světla – měří hloubkovou mapu světa kolem sebe, Leap Motion zracovává softwarově snímky pořízené infračervenou kamerou.

Porovnáme-li však jen rozsah snímání zjistíme, že Kinect dokáže snímat hráče od vzdálenosti 0.5m od senzoru až do vzdálenosti 5m. V tak velkém rozsahu vzdáleností se může objevit i velká odchylka snímání. Jak je uvedeno v závěru článku [23], tak s rostoucí vzdáleností od senzorů roste i hodnota chyby. Autoři v článku měřili závislost přesnosti snímání hloubkové mapy na vzdálenosti od senzorů metodou *Plane Fitting Test*. Podle takto naměřených hodnot (viz Obrázek 10) je patrné, že chyba rostla kvadraticky se zvětšující se vzdáleností od senzoru.



Obrázek 10: Měření závislosti velikosti chyby na vzdálenosti roviny od senzoru Kinect [23]

Ve větších vzdálenostech vidíme, že se odchylka dostala z řádu milimetrů až na řád centimetrů.

V porovnání s tím, je Leap Motion přesnější. Pracuje sice na znatelně menším prostoru – prostor se snímá do vzdálenosti přibližně 60cm, ale o to účinněji. I díky moderním metodám měření (viz [24]) se ukázalo, že přesnost snímání uváděná výrobcem (0.1mm) neodpovídá skutečnosti. Autoři testovali dva druhy odchylky těmito metodami:

- Testování pozice za pomoci sondy – měření provedeno pro případy statických odchylek
- Kreslení čar – měření provedeno pro dynamické případy odchylek

Obě dvě metody spočívali v nastavování pozice robota, který byl osazen perem, jehož špička byla snímána Leap Motionem. Výsledkem jsou hodnoty velikosti odchylek pro různé osy. V případě statického testování, kdy pozice robota byla nastavena napevno, autoři naměřili odchylku menší než 0.2mm, v ose x pak dokonce menší než 0.17mm. Následným testem vyvrátili i tvrzení, že se bude měnit velikost odchylky v závislosti na průměru pera.

U dynamických odchylek, které způsobovalo dynamické nastavování pozice hlavy pera, autoři naměřili průměrnou odchylku 0.4mm, ty největší ovšem byli vždy menší než 1mm. Další variantou pro měření dynamických odchylek následně byla metoda zkoumající odchylky diskretních bodů na křivce kreslenou robotem. V ní autoři naměřili standardní odchylky 0.5mm v ose x , odchylku menší než 1mm v ose z a odchylku nad 1mm v ose y .

Z výsledků lze pozorovat, že odchylka v přesnosti detekce pozice senzoru je monotónní funkcí vzdálenosti od středu Leap Motionu. Také lze z výsledku vyčíst, že je Leap Motion přesnější v ose x než v ostatních osách, což si autoři měření vysvětlují horizontálním umístěním infračervených kamer.

Kromě výše uvedených měření vyplývá ze specifikace také rychlost jednotlivých zařízení. Zatímco Kinect dokáže zaznamenat maximálně 30 snímků za vteřinu v případě Leap Motionu se dostáváme až na 150 snímků za vteřinu, což umožňuje detekovat jemnější gesta.

Vzhledem k porovnaným parametrům můžeme říci, že Leap Motion je přesnější a zároveň detekce probíhá rychleji. Ovšem i tak je volba vhodného senzoru závislá od druhu aplikace, kterou chceme tvořit. Pokud budeme chtít vytvořit hru ovládanou prsty či dlaněmi, jako například deskovou hru, což je i případ této práce, je lepší zvolit senzor Leap Motion.

3.4 Ovládání kontaktem

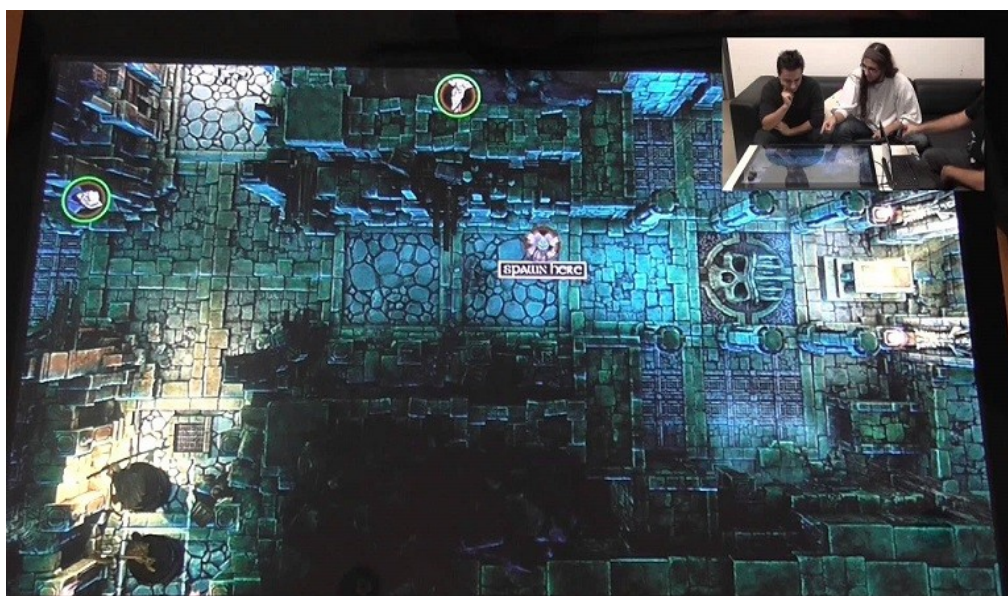
Her, které jsou promítány dataprojektorem a zároveň jsou ovládány kontaktem s hrací deskou není mnoho. Důvodem může být fakt, že pro menší hrací plochy je výhodnější použít rovnou dotykově ovládaný monitor či tablet. U takového řešení se tak obejdeme i bez samotného dataprojektoru, protože obraz bude zobrazován přímo, jak je tomu například u hry Dungeons and Dragons v hrací desce ePawn Arena (viz kapitola 2 a Obrázek 12).

Pro větší plochy se nám naopak jako možnost nabízí tzv. *Tabletop* rozhraní, které promítají plochu nejčastěji ze spodní části na dotekovou desku. Ta umožňuje snímat doteky prstů či pera podle použité technologie – nejčastěji rezistivní nebo kapacitní. Jako příklad uveďme článek [25], kde se autoři pokoušeli vytvořit obecnou kostru k tvorbě deskových her na tomto rozhraní, s možností generování příběhů v průběhu hry.



Obrázek 11: Náhled na různé hry zobrazené na tabletop rozhraní [26]

Chceme-li využívat doteků, musíme mít k tomu uzpůsobené i zařízení. V případě, že nemáme k dispozici zařízení jako je Touch+, které nám dovoluje simulovat doteky na ploše, musíme použít některé z dříve jmenovaných zařízení pro snímání gest a přizpůsobit si jej. Jeden takový návrh pro využití Leap Motinu je popsán v [14] nebo v [27]. Ukázka z komerčního řešení firmou Ubi- Interactive je vidět na Obrázek 13.



Obrázek 12: Snímek ze hry Dungeons and Dragons hrané na desce ePawnArena [28]



Obrázek 13: Snímek řešení dotykové promítací plochy firmou Ubi-Interactive [29]

4 Kalibrace projektoru s Leap Motion

Jak název kapitoly napovídá, a jak již bylo zmíněno dříve, hrací sestava obsahuje dva aktivní prvky. Prvním prvkem je dataprojektor, který nám danou scénu promítá na plátno, druhým prvkem je senzor Leap Motion pro detekci doteků hráče s tímto plátnem. Jedná se tedy o tzv. *Two View Geometry* [30], kde pohlížíme na geometrii ze dvou různých pohledů. Výsledný obraz je potřeba mezi těmito prvky zkalibrovat tak, ať výsledek odpovídá oběma promítaným/snímaným rovinám.

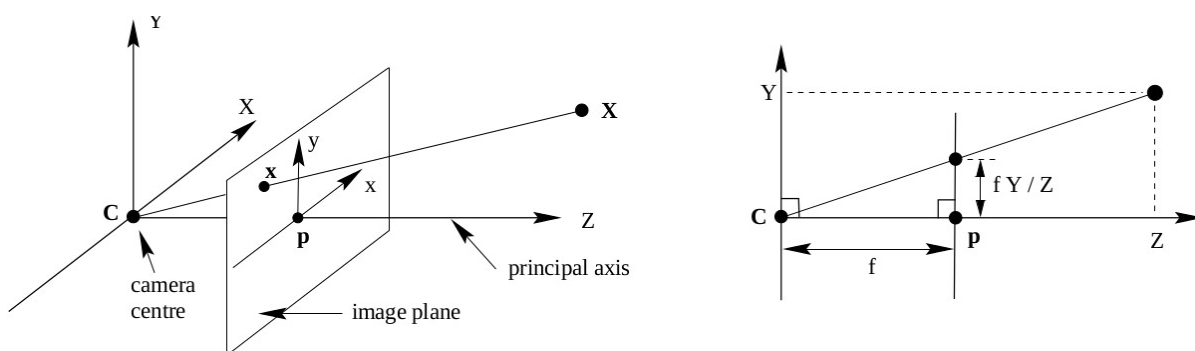
V literatuře se objevuje vesměs kalibrace kamery resp. více kamer. Dataprojektor však můžeme považovat za inverzní kameru a využít tak kalibraci kamery. A jelikož Leap Motion nepotřebuje vědět přesnou polohu projektoru, ale je potřeba jeho souřadnice převádět do systému projektoru, můžeme jej jednoduše zkalibrovat použitím matice homografie H .

4.1 Kalibrace kamery

Kamera nám mapuje 3D světové metrické souřadnice do 2D souřadného systému obrazu. Abychom byli schopni tento proces invertovat potřebujeme parametry kamery určující interní a externí orientaci. Tyto parametry získáme kalibračním procesem.

Interní parametry

Každá optická soustava má své parametry, ze kterých je možné složit výsledný obraz. Tyto parametry nazýváme jako interní a slouží k transformaci 3D souřadnic do souřadnic 2D obrazu v pixelech a odstranění geometrického zkreslení obrazu. Mezi interní parametry patří ohnisková vzdálenost, poloha hlavního snímkového bodu a koeficienty zkreslení – radiálního a tangenciálního.



Obrázek 14: Schéma geometrie dírkové kamery [30]

V případě obyčejné dírkové kamery se jedná o středové promítání. Jak je vidět na obrázku č.14, bod $X = (X, Y, Z)^T$ ze světových souřadnic se přenesse do promítacího bodu x na rovině obrazu jednoduchým mapováním z na $(f \frac{X}{Z}, f \frac{Y}{Z})^T$, kde f je ohnisková vzdálenost kamery [30].

Použijeme-li homogenní souřadnice pro oba souřadné systémy, můžeme dostat jednoduchou mapovací matici:

$$P = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Bod x pak dostaneme jednoduše použitím matice 4.1:

$$x = P * X \quad (4.2)$$

kde P je projekční matice kamery a X je bod ve světových homogenních souřadnicích.

Střed kamery ovšem nemusí být vždy ve středu promítací roviny. Proto je hlavní snímkový bod $p = (p_x, p_y)^T$ obsažen ve výsledné matice kalibrace K jako posunutí středu o daný offset.

$$K = \begin{bmatrix} f & 0 & p_x & 0 \\ 0 & f & p_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

V případě, že používáme moderní kamery s CCD čipy, musíme však v této rovnici počítat i s rozlišením čipu, které nemusí být čtvercové. Jednotlivé souřadnice jsou zvětšeny/zmenšeny podle míry pro danou osu – nebo m_y , které korespondují s počtem pixelů na délkovou jednotku. Proto:

$$\begin{aligned} a_x &= m_x * f \\ a_y &= m_y * f \end{aligned} \quad (4.4)$$

a hlavní snímkový bod $p = (x_0, y_0)^T$, kde

$$\begin{aligned} x_0 &= m_x * p_x \\ y_0 &= m_y * p_y \end{aligned} \quad (4.5)$$

Výsledná kalibrační matice se následně složí z matice 4.3, dosazením modifikovaných hodnot z funkcí 4.4 a 4.5.

$$K = \begin{bmatrix} a_x & s & x_0 & 0 \\ 0 & a_y & y_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

kde je s zkosení snímacího senzoru mezi osou x a y , ten je ovšem ve většině kamer roven nule.

K samotným interním parametrům v kalibrační matici však potřebujeme ještě vyrušit nepříjemné zkreslení obrazu, které je způsobeno nedokonalostmi čoček [31].

Zkreslení může být radiální, které je způsobeno radiálním posunutím bodů v rovině obrazu. Posunutí bodů se zvětšuje s rostoucí vzdáleností od hlavního snímkového bodu uprostřed snímku.

Koeficienty jsou $K_1, K_2, K_3, \dots$ a jako příklad takového zkreslení jsou tzv. polštářkové a soudkovité radiální zkreslení.

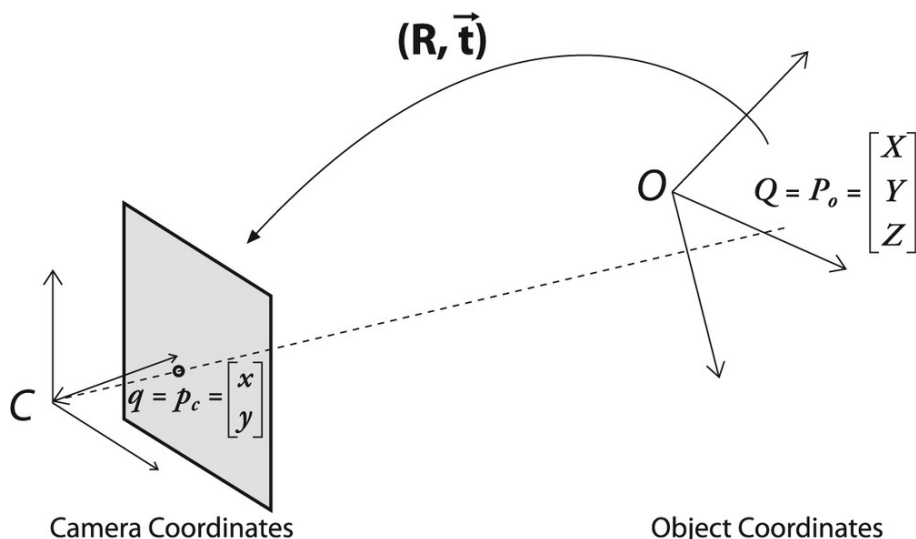
Dalším zkreslením je tangenciální zkreslení s koeficienty p_1 a p_2 , které je způsobeno nedokonalým vycentrováním čočky.

Známe-li všechny koeficienty je možné softwarově tyto vady odstranit, pokud tyto koeficienty neznáme, kalibrací si dané koeficienty vypočítáme a použijeme pro odstranění.

Externí parametry

Máme-li kameru namířenou na nějaký bod, můžeme polohu a natočení kamery získat z externích parametrů vzhledem k takovému bodu. Jedná se o tzv. Euklidovskou transformaci mezi světovým souřadným systémem a systémem kamery.

Výchozí body jednotlivých systémů jsou C , pro kameru, a O , pro objekt ve scéně, (viz Obrázek 15), mezi kterými chceme kalibračním procesem určit rotaci R a posunutí t .



Obrázek 15: Euklidovská transformace v kartézských souřadnicích

[32]

Homogenní bod q v systému kamery dostaneme z homogenního bodu Q za pomoci rotace a posunutí takto:

$$q = \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} Q \quad (4.7)$$

kde R je rotační matice 3x3, reprezentující orientaci kamery v souřadnicích kamery a t je vektor posunutí $t = (t_1, t_2, t_3)^T$.

Projekční matice

Výsledná projekční matice P velikosti 3×4 skládající se z interních i externích parametrů, která je schopná zadaný bod ve světových souřadnicích přenést do pixelových souřadnic, se získá vynásobením matic z vzorců 4.8 a 4.9.

$$P = K \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

Průběh kalibrace

Výpočet všech výše zmíněných parametrů – interní kalibrační matice K , R – externí rotace a posunutí t a také koeficienty zkreslení K_i a p_i jsou výsledkem tzv. úplné kalibrace. Tu provádíme v případě, že jsme kameru ještě nekalibrovali nebo předešlá kalibrace nepřinesla dostačující výsledky anebo se optická soustava nějakým způsobem změnila [33].

Jako první krok se zvolí kalibrační vzor se známými rozměry a nasnímají se snímky z různých pohledů kamery nebo s jiným natočením vzoru, přičemž se nesmí měnit zaostření kamery. Následným krokem je zpracování, kde jsou napřed označeny kalibrační body kamery a dále jsou vypočteny potřebné kalibrační parametry podle zvolené metody. Pro příklad metod viz [34].

4.2 Kalibrace projektoru

V případě systémů projektor-kamera, musíme projektor zkalibrovat tak abychom měli k dispozici informace o poloze objektů ve scéně. Pozice objektů je definována k poloze projektoru, což nám umožňuje modifikovat promítaný obraz vzhledem k těmto objektům.

Projektor ale není kamera a tak musíme najít vztah mezi pixely promítanými projektorem a pixely snímanými kamerou, resp. rotaci a posunutí mezi projektorem a kamerou. Výpočet nám zjednoduší fakt, že jsou oba dva přístroje popsány stejnými matematickými modely. Metoda popsaná v [35] zkalibruje projektor v následujících třech krocích:

1. Je dekodována sekvence obrázků vzoru a každý pixel kamery je spojen s řádkem a sloupcem šachovnice
2. Pro každý lokální roh šachovnice je vypočítána jeho homografie
3. Aplikováním homografie se převede každý roh šachovnice ze souřadnicového systému kamery do systému projektoru

Po vykonání těchto tří kroků máme k dispozici pozice všech rohů v souřadném systému projektoru a jeho interní parametry kalibrace, získáme podobně jako u kalibrace kamery.

Externí parametry jsou pak spočítány, jako u normální kalibrace mezi dvěma kamerami, z interních parametrů projektoru, které jsou neměnné a ze světových souřadnic určených za pomoci souřadnic kamery.

Tato metoda je zaměřená spíše na přesnost kalibrace, než na rychlost či jednoduchost. V případě, že nepotřebujeme znát přesnou polohu projektoru vůči kameře, nemusíme počítat prvky interní či externí kalibrace, ale stačí nám spočítat jen jednu homografii pro celý obraz.

Kalibrace homografií

Takováto zjednodušená metoda byla popsána například v [36]. Jedná se o určení matice homografie H , která popisuje transformaci mezi promítacími rovinami, v tomto případě kamery a projektoru. Metoda však vyžaduje ať je obraz promítán/snímán z rovny promítací plochy.

Vstupem je množina bodů, pro které jsou známy souřadnice v obou rovinách. Pak zbývá jen zvolit vhodnou metodu a matici H vypočítat (viz například [37]).

Máme-li bod v rovině kamery $p_c = [x_c, y_c, 1]^T$ a známe-li matici homografie

$$H_{cp} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

pak můžeme vypočítat bod v rovině projektoru nebo v rovině kamery takto:

$$p_p' = H_{cp} * p_c \quad (4.10)$$

$$p_c = H_{cp}^{-1} * p_p \quad (4.11)$$

kde $H_{cp}^{-1} = H_{pc}$. Jelikož je ale tento výsledný bod zatím v kartézských souřadnicích $p' = \begin{bmatrix} x * w' \\ y * w' \\ w' \end{bmatrix}$, musíme bod ještě převést na výsledné body vztahy $p_c = \frac{p_c'}{w'}$ a $p_p = \frac{p_p'}{w'}$.

4.3 Kalibrace Leap Motionu

Jak je uvedeno o sekci výše, lze zjednodušeně kalibrovat projektor a kameru za pomoci homografie. Pokud si představíme, že místo souřadnic kamery máme možnost získat souřadnice z Leap Motionu, můžeme tuto metodu ke kalibraci mezi projektorem a Leap Motionem také použít.

Vstupem této metody jsou pak body promítané projektorem a body senzoru, kterých se musím uživatel dotknout. Z této množiny se následně vypočítá homografie H a jednotlivé prvky pak následně dokážeme mezi sebou jednoduše zkalibrovat. Návrh metody takovéto kalibrace je popsán v [27].

Uživatel se napřed musí dotknout promítaného bodu a následně s prstem, a s promítaným bodem na něm, pohybovat směrem k dataprojektoru. Metoda využívá pro každý bod vzoru třech bodů – bod přímo na povrchu a dva další ve směru inverzního paprsku obrazu.

Dalším krokem je vypočítání pozice projektoru vzhledem k Leap Motionu a transformační matice M , složenou z matic zkosení S , rotace R a posunutí T (viz rovnice 4.12).

$$M = SRT \quad (4.12)$$

Výsledek takovéto kalibrace nabízí uživateli využívat Leap Motion například k detekci doteku s plochou, interakci za pomoci ukazování prstem nebo dynamické mapování projekce na prst či ruku. Pro převod souřadnic bodu senzoru do souřadného systému promítaného obrazu stačí použít matici M :

$$P = ML \quad (4.13)$$

kde P je bod obrazu promítaný projektorem a L je bod daný senzorem.

Pro detekci jestli se prst dotýká plochy pak stačí porovnat hodnotu p_z , souřadnice ve scéně jsou zbývající p_x a p_y . K interakci ukazováním potřebujeme kromě pozice prstu také vědět směr, kterým prst ukazuje. Po převodu obou vektorů pak můžeme jednoduše zjistit průsečík s promítanou rovinou. Pro promítání na uživatelovu ruku či prst potřebujeme napřed zjistit kde se ruka nachází vzhledem k obrazu. Přímkou, tvořenou pozicí projektoru a směrem promítání mezi projektorem a rukou, dokážeme zjistit průsečík s promítanou rovinou a tím i pixely obrazu, které se mají objevit na uživatelově ruce/prstu.

5 Osadníci z Katanu

Deskovou hru Osadníci z Katanu vydal v roce 1995 její autor Klaus Teuber. Hra se odehrává na ostrově Katan, který se hráči snaží obsadit. Základní hra je pro 3-4 hráče, ti staví své vesnice a cesty mezi nimi tak, aby získali moc nad ostrovem. Od roku 1995 vzniklo mnoho variant či rozšíření, namátkou například rozšířená verze pro 5-6 hráčů nebo třeba historické scénáře zaměřené na Egypt (Cheops), Řecko (Trója) či Čínu (Velká čínská zeď).

5.1 Specifikace

Tato práce se zaměřuje na její základní verzi, která by se v budoucnu mohla i rozšířit. Specifikace je výňatek z podrobných pravidel dostupných na stránkách distributora [38].

V základní verzi je herní plán složen z devatenácti šestihranných polí se surovinou, kterou můžou hráči těžit (viz Obrázek 16). Těžba spočívá v hodu kostkami, kde součet hodu udává číslo pole, které bude produkovat. Hráč obdrží produkci daného pole jen v případě, že má na obvodu tohoto pole postavenou vesnici či město a zároveň na tomto poli nestojí figurka zloděje. Vesnice produkuje jednu jednotku suroviny, město pak jednotky dvě.



Obrázek 16: Pohled na rozehranou hru Osadníci z Katanu [38]

V případě, že je součet kostek roven 7, je hráč který je na tahu tzv. zloděj. Umožňuje mu to přesouvat figurku zloděje, která nedovoluje produkovat poli, na kterém stojí, žádné suroviny. Zároveň, může po přesunu této figurky ukrást jednu náhodnou surovinu hráči z tohoto pole. Speciálním stavem je pak množství karet každého hráče – pokud má hráč více než 7 karet, je povinen zbavit se poloviny.

Za získané suroviny může hráč stavět další budovy, cesty anebo si kupovat speciální akční karty. Ty mají tři druhy schopností:

- **karta s výherními body** – hráč obdrží výherní bod za „postavení“ speciální stavby (knihovny, parlamentu apod.)
- **rytíř** – speciální karta, která umožňuje pohnout zlodějem (viz výše)
- **karta pokroku** – hráč se řídí pokyny na kartě (např. karta *Monopol* umožňuje hráči vybrat libovolnou surovinu, kterou mu musí odevzdat všichni hráči)

Jednotlivé karty, které hráč použije musí také hned odkrýt. Vyjímkou jsou karty s výherními body, které hráč odkryje až na závěr, kdy už vyhrál.

Další nedílnou součástí této deskové hry je obchodování. I když je hra relativně jednoduchá na pochopení její doporučená věková skupina je od 10 let. Důvodem je obchodování, které je při hře nutné. Jen hodem kostky totiž hráči nejsou schopni získat dostatek surovin resp. získat všechny druhy surovin. Potřebují obchodovat mezi sebou, vyměňovat, plánovat a taktizovat.

Kromě oponentů může hráč na tahu obchodovat také s tzv. zámořím (bankou). Zde ovšem záleží na jeho kurzu s jakým bude obchodovat pro danou surovinu. Základní kurz pro všechny suroviny je 4:1. Kurzy lze zlepšovat postavením vesnice na speciálních místech na okraji hracího pole. Jedná se o místa pro obecný kurz 3:1 nebo kurz 2:1 v případě konkrétní suroviny.

Hra končí nasbírání-li hráč minimálně 10 bodů. Body hráč sbírá za budovy, kde za vesnici obdrží jeden bod, za město má body dva. Dále má hráč možnost získat body z akčních karet s výherními body, tyto karty ovšem ostatní hráči nevidí až do závěrečného odkrýtí. V poslední řadě může hráč získat body za nejdelší cestu nebo největší armádu. Obě tyto varianty jsou ohodnoceny dvěma výherními body a počítají se pasivně během průběhu hry. Pokud hráč použil během hry více než 3 rytíře a zároveň má rytířů nejvíce, má i kartu s největším vojskem a 2 výherní body k tomu. Pokud bude mít v průběhu hry jiný hráč rytířů více, přesouvají se jak karta tak body tomuto hráči. Obdobně je tomu i u nejdelší cesty, kde hráč spojuje segmenty cest. Hráč s nejdelším po sobě jdoucím sledem těchto segmentů má nárok na kartu nejdelší cesta a zároveň dva výherní body.

5.2 Možnosti hráče

Z výše uvedené specifikace je zřejmé, že hráči musí být ve hře umožněno provádět tři základní operace:

1. Budování – cest, vesnic a měst
2. Obchodování – se zámořím (bankou) a protihráči
3. Používat akční karty

K těmto třem operacím se dále musí přidat ještě i nezbytné akce jako hod kostkami, ukončení tahu, manipulaci se zlodějem a možnost sledovat počet surovin, které by neměl vidět nikdo jiný.

Hra musí umět nabídnout hráči různé budovy ke stavbě a měla by ukázat jestli hráč disponuje dostatkem surovin pro jejich stavbu. Také by měla upozorňovat hráče proč daná stavba nemohla být podle pravidel postavena (cesty nenavazují, vesnice nestojí na cestě, město nestojí na vesnici apod.) ve formě zprávy či vyskakovacího okna.

Obchodování s bankou je podmíněno kurzy. Hráč by tedy v případě výměny surovin se zámořím měl mít možnost své kurzy vidět a moct použít. Bude-li hráč obchodovat s protihráči je zapotřebí, aby měl možnost vybrat si konkrétního protihráče se kterým se ústně dohodl na výměně. Také by měl mít možnost k předložení, přijmutí či odmítnutí takovéto nabídky. V obou případech hra musí umožňovat výběr surovin určených k výměně a také nastavování množství těchto surovin.

Pokud má hráč dostatek surovin ke koupi akční karty, hráč by měl o této skutečnosti vědět a hra mu musí umožnit simulovat brání karet z balíčku. K dispozici je přesný počet karet s pevně danými vlastnostmi, kdy po spotřebování těchto karet již nesmí být žádná karta k dispozici. Má-li hráč již nakoupeny nějaké akční karty, počet a druh těchto karet musí být viditelný jen jemu a hráč by měl vědět o možnosti je použít. Použije-li karty Rytíře nebo Pokroku, měli by být tyto karty viditelné všem hráčům ve hře a zároveň by hráč měl mít možnost nastavovat příslušné parametry v závislosti na vlastnostech karty. Naopak, použije-li hráč karty s výherními body, měli by být viditelné jen jemu.

Veškeré akce jako hod kostkou či výhra jednoho z hráčů, by měli být viditelné všem hráčům. Hra by také měla zobrazovat případné reakce na tyto akce. V případě hodu kostkou, například zobrazit výsledek hodu a případně produkci pro každého hráče. U ukončení tahu by hra měla nabídnout potvrzení zda si to hráč nerozmyslel.

Hra také musí umožňovat manipulaci se zlodějem a s ním spojenou loupež surovin vybranému protihráči. V případě, že mají hráči pak více než 7 karet, musí hra umět vynutit zbavení se poloviny libovolných karet.

V poslední řadě by hra mohla umožňovat nahlédnutí do pravidel, v případě, že by hráči byli na pochybách. Jednotlivý hráči by také měli mít možnost podívat se na potřebné množství suroviny pro všechny druhy transakcí ve hře.

6 Návrh hry LeapCatan

V této části je popsán návrh rozhraní hry vzhledem k získaným vědomostem z teoretické části práce a také ze specifikace samotné hry z předcházející kapitoly. Nejprve je upřesněn návrh hrací sestavy, na které bude výsledná aplikace testována, za ní pak následuje podkapitola návrhu samotného rozhraní hry.

6.1 Návrh hrací sestavy

Jak je uvedeno v kapitole 3.1, z práce [14], nejlepších výsledků dosahuje Leap Motion při detekci dlaní pokud je přímo pod promítaným obrazem. Avšak nevýhody, které obnášelo umístění Leap Motionu nad promítací deskou, byli víceméně vyrušeny použitím bavlněného kepru v sestavě uvedené v [27].

Možnosti jak sestavit hrací sestavu tak máme dvě. První možností je umístit Leap Motion pod promítací desku a snímat okolí nad ní, druhou pak umístění nad promítací deskou, kde ke zvýšení jak viditelnosti obrazu tak i přesnosti detekce doteků, můžeme použít černý kepr ze 100% bavlny. Ten umožňuje, aby se světlo z projektoru neodráželo zpět směrem k Leap Motionu a ten tak mohl lépe detekovat dlaně ([27]).

Kromě samotného Leap Motionu je pak potřeba ještě umístit projektor tak, ať je nad hracím stolem a promítá na hrací desku shora. Jelikož má podle specifikace Leap Motion dosah až 60cm a ruce můžou být snímány až do úhlu 120° , můžeme teoreticky počítat s hrací deskou velikosti přibližně kolem 104x104 cm. Kvůli spolehlivosti a také marketingovému nadsazení těchto parametrů ovšem počítejme radši s maximální vzdáleností 30cm a úhlem 100° . Pak máme k dispozici desku o rozměrech přibližně 40x40 cm, což by mělo k hraní deskové hry stačit.

Projektor by měl být umístěn v odpovídající výšce buď na stativu anebo zabudován v rameni v rámci konstrukce, která tvoří se stolem jeden celek. Lepší variantou se zdá být kvůli přenositelnosti dvojdílná sestava. V takovém případě se nám ale může stát, že při hraní hry by některý z hráčů nechtěně shodil stativ s projektorem nebo držák Leap Motionu. Hráči tedy musí dbát aby nezavadili při pohybech o tyto držáky a také o kabeláž, která bude spojovat zařízení na kterém hra běží, projektor a samotný Leap Motion.

Jak je vidět na obrázku č.17 projektor je uchycen na rozkládacím stativu, který může být vysoký až 125cm. Hra je pak promítaná na konferenční stoleček potažený černým keprem, na jehož desce je položen stojánek s uchyceným Leap Motionem. Tříbodová konstrukce stativu a těžká základna stojánku by měly zamezit jakémukoliv nechtěnému posunutí či pádu.



Obrázek 17: Hrací sestava při kalibraci Leap Motionu.

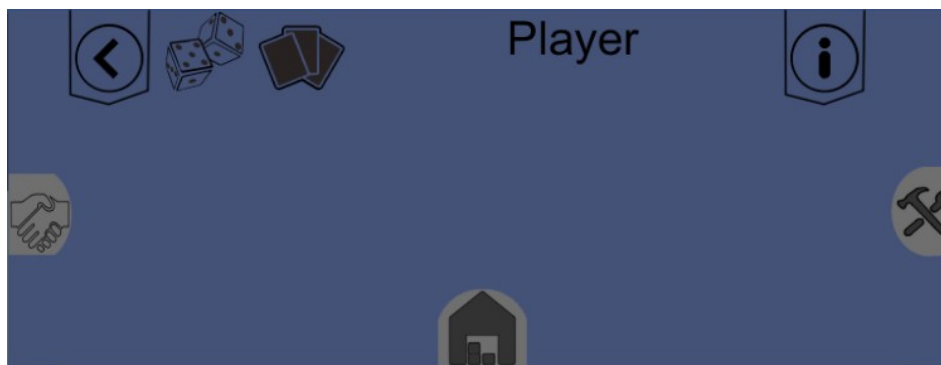
6.2 Prototyp

Z pravidel Osadníků z Katanu, specifikace a možností hráče z nich vyplývající je v této části popsán první návrh grafického rozhraní pro hráče, obrázky jsou k vidění v Příloze č.1.

Základním prvkem hry je samotná čtvercová hrací plocha s šestihrannými poli a uzly, na kterých může hráč stavět stavby. Dalšími částmi jsou pak panely pro jednotlivé hráče umístěné vždy na okraji jedné strany plochy. Základní rozestavená plocha prototypu podle pravidel je viditelná na obrázku č.33.

Panel hráče umožňuje základní akce jako hod kostkou, ukončení tahu, zobrazení informací, a zároveň se snaží dostatečně reprezentovat samotného hráče například jménem a barvou. K těmto základním ovládacím prvkům má hráč možnost ovládat panely s budováním, obchodováním, akčními kartami a také má možnost pozorovat stav svého skladu se surovinami. Panely jsou však vždy skryty (viz Obrázek 18) až do chvíle, kdy je hráč chce použít. Jelikož však máme málo místa a je potřeba

vměstnat čtyři panely na hlavní panel, je v hlavním panelu přepínací tlačítko, které umožňuje přepínat mezi panelem akčních karet a panelem se surovinami hráče. Popis tlačítek viz obrázek č.35.



Obrázek 18: Hlavní panel hráče v prototypu

Budování probíhá výběrem budovy a výběrem uzlu na mapě pro umístění dané stavby. Na obrázku č.36 je vidět panel s výběrem budovy.

Při obchodování musí mít hráč na výběr s kým bude chtít obchodovat. Na obchodovacím panelu si jako první musí vybrat s kým chce smlouvat – zámoří nebo protihráč (obrázek č. 39). Pokud otevře obchod se zámořím uvidí své kurzy a má možnost vybrat suroviny k výměně (obrázek 40). V případě, že si zvolí nějakého oponenta je mu zobrazen panel, na kterém může nastavovat hodnoty svých i oponentových surovin (obrázek 41).

Chce-li hráč zobrazit stav svých akčních karet, musí si otevřít příslušný panel (obrázek 37), na kterém má k dispozici přehled o použitelných kartách ve hře.

Panel surovin si hráč může zobrazit kdykoliv v průběhu hry (obrázek č.42) i během tahu oponenta. Musí, ale dbát aby panel neviděli ostatní hráči. K tomu slouží automatické zatahování panelu zpět, případně clona, kterou si hráči mohou udělat z papíru či ruky.

V případě, že má hráč na tahu být zloděj, musí napřed přemístit ikonu zloděje na mapě. Hráčům, kteří mají moc karet, se zobrazí vyskakovací okno s nutností odstranit určitý počet karet (obrázek č.43). Kromě toho vyskakovacího okna se pak hráči zobrazují ještě i Potvrzovací dialog (obr. 45), panel s informacemi (obr. 47a) nebo panely Monopolu (obr. 44) popřípadě Výzkumu, který má oproti Monopolu pouze jiný nadpis.

Pokud to pravidla nedovolují, tak jsou tyto vyskakovací okna hráči nuceni provést. Konkrétní hráč má před sebou většinou úkol vybrat kartu nebo surovinu (suroviny), které vybere kliknutím na danou kartu či surovinu.

Vyhodnocení prototypu

Rozhraní pro prototyp bylo navrženo vzhledem ke skutečnosti, že Leap Motion dokáže detekovat i více než dvě ruce. Jak sami autoři uvádějí, nedoporučují to a pro optimální fungování detekce

navrhují používat jen dvě ruce. Nikdo z autorů ovšem neuvádí, jakým způsobem můžeme tyto ruce detekovat. Po otestování rozhraní prototypu přes Leap Motion ovšem aplikace nebyla schopná reagovat podle požadovaného návrhu.

Prvním problémem jsou samotné algoritmy Leap Motionu, ty totiž pro optimální detekci dlaní předpokládají, že Leap Motion ovládá jen jeden uživatel. Zároveň software predikuje detekci rukou uživatele vždy ze stejné pozice vzhledem k senzoru. Toto zjištění tak velice omezuje hráče a je nutné zamezit hráčům, aby mohli ovládat hru simultánně.

Problém č.2 vychází z předchozího. Leap Motion je zamýšlen pro jednoho hráče a je určen k detekci dlaní paralelně k ose z (obrázek 32) – z tohoto důvodu je při testování přesnější v ose x (viz kapitola 3.3). Ovladač je detekci v této ose přikloněn a je nadimenzován tak, že pokud se hráč objeví z protilehlé strany, detekce tyto ruce nezaznamená vůbec anebo po velmi dlouhé prodlevě. Toto chování se dá změnit nastavením příznaku `Auto-orientation Tracking` v Nastavení Ovládacího panelu Leap Motionu. Při změně orientace hráče ovšem dochází v celého souřadného systému Leap Motionu k přetočení resp. k zrcadlení osy z . Zároveň nemá informace o této změně ani samotné aplikační rozhraní a aplikace musí na toto přetočení přijít manuálně [39].

6.3 Úprava prototypu

Důsledkem problémů uvedených v kapitole 6.2 je návrh přepracovaného rozhraní, který je popsán v této kapitole. Problém č.1 v něm byl vyřešen autentizací hráče, který je na tahu a omezení všech ostatních hráčů. Autentizací je vyřešen zároveň i druhý problém. Hráči kteří hrají v ose z , by měli říct o kterého hráče se jedná. V případě, že je detekován protilehlý hráč na ose z , je automaticky nakládáno se souřadnicí Leap Motionu jako s přetočenou. Autentizace ovšem závisí na ukázněnosti hráčů a jejich vnímání orientace Leap Motionu.

Je-li hra omezena a aktivní může být jen jeden hráč, můžeme změnit celý hlavní panel hráče. Nemusíme dbát na možnost zobrazení panelů i pro hráče, kteří nejsou zrovna na tahu. Tímto uvažováním se panel může bez znatelných rizik zmenšit, jak je vidět na obrázku 19. Dostáváme více prostoru pro samotnou herní plochu, což prospěje manipulaci s body na hrací ploše naopak tím ovšem nevyřešíme nutnost zobrazování všech panelů a vyskakovacích oken.



Obrázek 19: Hlavní panel hráče po úpravě prototypu

Důležitá oznámení můžeme místo velkého vyskakovacího okna nahradit malou lištou, do které se vypisují chyby, upozornění či jen doplňující text (viz Obrázek 20). Ostatní panely pak

můžeme dočasně ukazovat i přes hrací plochu. Problém s překrýváním může nastat jen v případě budování staveb na uzel pod aktivním panelem. V takovém případě ovšem můžeme jednoduše po výběru stavby panel automaticky zavřít a uživateli pak nebude překážet ve výběru uzlu k umístění stavby žádný aktivní panel.



Obrázek 20: Lišta hráče s chybovou hláškou, která překrývá hlavní panel

Z hlediska funkčnosti hry není potřeba ostatní panely přetvářet, zůstávají stejné jako je tomu u verze rozhraní pro prototyp, s tím rozdílem, že nepotřebujeme mít u panelu ikonu pro zobrazování a skrývání panelu – ta je nahrazena tlačítkem v hlavním menu.

Vyhodnocení

Některé panely byly po prvotním testování zvětšeny pro lepší manipulaci. Tím, že je nemáme otevřeny permanentně nedochází ke zmenšení hrací plochy a hráči si zároveň pochvalovali přesnější odezvu při simulaci doteku a lepší čitelnost. Zároveň se změnila i některá tlačítka tak aby odpovídala aktivním panelům a lépe vystihovali účel (viz obrázky č.43 a 44).

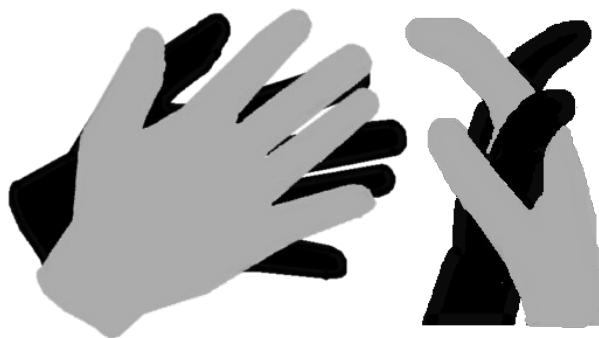
6.4 Ovládání gesty

Všechna uvedená rozhraní jsou popisována pro možnost ovládat hru doteky hráče s hrací plochou, kterou můžeme simulovat díky použití kalibrace uvedené v [27]. Návrh rozhraní ovšem počítá i s ovládáním za pomoci gest. Tlačítka na hlavním panelu jsou schována a nahrazena následujícími gesty:

- Ukončení tahu – prstem nakreslený kruh (Obrázek 8)
- Hod kostkou – uzavření a otevření dlaně
- Panely – švihnutí ruky do patřičného směru (z historických důvodů viz Obrázek 18)
- Informace – spojení dlaní k sobě (Obrázek 21)

Záměrem návrhu bylo sjednotit co nejvíce gest tak, aby jich finální aplikace měla co nejméně. Proto se vybírací gesto objevuje vůbec nejčastěji. Ať už chce hráč vybrat budovu ke stavbě, kartu kterou použije, oponenta k obchodování nebo samotné suroviny – použije vždy výhradně vybírací gesto. To je složeno ze dvou částí – počet natažených prstů určuje co má hráč myšleno k výběru, gesto `KeyTapGesture` pak tento výběr potvrdí.

V případě, že obchodujeme potřebujeme ještě rozlišit jestli nastavujeme suroviny za sebe či za oponenta. Proto bylo nutné přidat gesto pro změnu fokusu. Hráč mění fokus přetočením dlaně o 180° a zpět v ose *y* resp. otáčí dlaní vzhůru a zpět (Obrázek 23).



Obrázek 21: Gesto pro otevření nápovědy - spojení dlaní

Často se ve hře objevují tlačítka Zpět či Potvrdit. V takovém případě, je gesto pro ukončení/navrácení shodné s gestem ukončení tahu – gesto `FingerCircleGesture`. V případě potvrzovacího tlačítka je gesto podobné potápěčskému „OK“ – nejdůležitější je ovšem malá vzdálenost palce od ukazováčku (Obrázek 24).

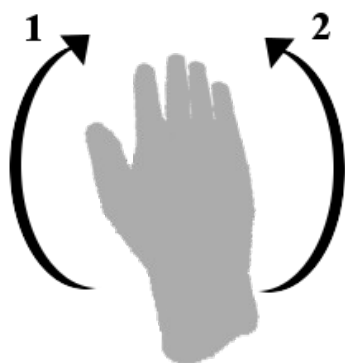
Zobrazování panelu se surovinami je vyvoláno posunutím obou rukou ve směru od sebe. Vzdálenost tohoto posunutí ovládá viditelnost panelu `StockPanel` a tak umožňuje hráči nahlédnutí na suroviny.



Obrázek 22: Gesto pro vysunování panelu se surovinami

Vyhodnocení

Zobrazování panelů resp. jejich schovávání umožňuje švihnutí ruky, které dokáže detekovat sám Leap Motion. Tzv. `SwipeGesture` ovšem potřebuje vědět, který hráč jej zahrál abychom přepočítali směr švihnutí vzhledem k jeho poloze. A zde dochází k dalšímu problému vyplývajícího z problémů uvedených v 6.2. Hráč který je na boční straně Leap Motionu (ruce má ve paralelně k ose x) při pokusu zahrát toto gesto může během něj přeskočit mezi plochami určenými k `Auto-orientation Tracking`. Toto přeskočení vede k překlopení souřadnice z a tím také k znehodnocení veškeré kalibrace mezi projektorem a Leap Motionem. Řešením tohoto problému může být nahrazení swipu gestem pro vybírání, problém ovšem přetrvává pohne-li hráč nešikovně rukou a nevědomky překlopí Z -tovou osu.



*Obrázek 23: Gesto pro změnu fokusu
- 1. otočení dlaně směrem dolů
a zpět (levá ruka)*



*Obrázek 24: Gesto pro
potvrzení - potápěčské ok*

V prvním kole testování byl také problém s nastavením parametrů pro implicitní gesta Leap Motionu jako `FingerCircleGesture`, `KeyTapGesture` nebo přímo `SwipeGesture`. Mezi tyto parametry patří například minimální požadovaná rychlost švihů, výška kliknutí nebo průměr kresleného kruhu. V rámci aplikace bylo velice těžké odpozorovat optimální hodnoty, zvláště v případě, že testovaných hráčů bylo několik a každý z nich má jinou anatomii či rychlost pohybu.

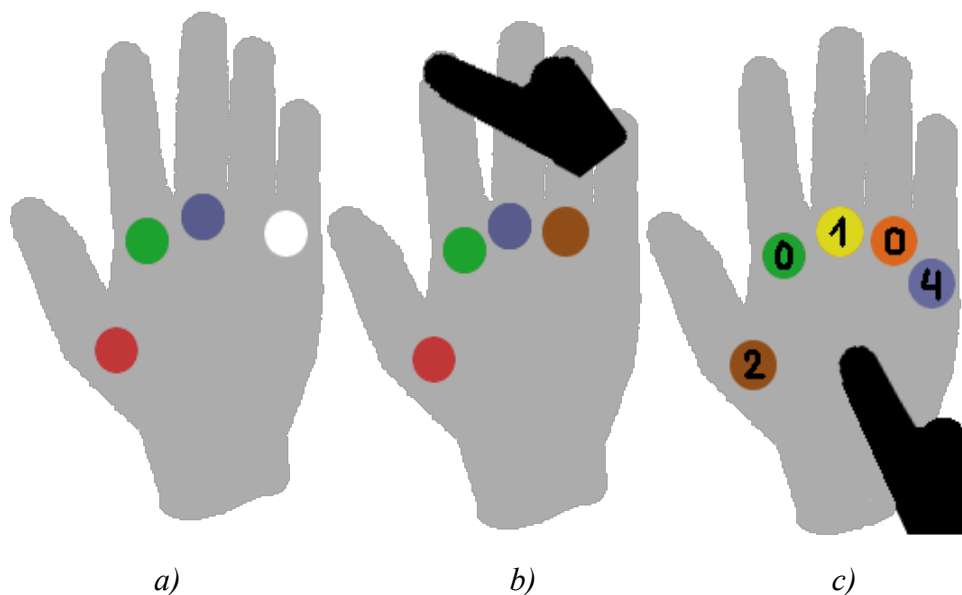
6.5 Ovládání „na dlani“

Z předešlých dvou typů rozhraní, jejich problémů a také jejich vyhodnocení v kapitole 8.3, vznikl další návrh rozhraní. Toto rozhraní počítá s ovládáním všech panelů zobrazovaných na roztažené dlani aktivního hráče. Jelikož je v základní verzi *Osadníků z Katanu* vždy maximálně 5 surovin či karet. Můžeme použít dlaň jako zobrazovací prostředek.

Hráč natažením dlaně směrem vzhůru dokáže aktivovat hlavní panel -25a. Ten se mu promítne díky kalibraci přímo na dlaň. Každý prst pak představuje možnost použít nějakou akci vzhledem k barvě kterou má vyobrazenou u kořene prstu. Aktivaci jednotlivých akcí hráč ovládá druhou rukou – přiblížením ukazováčku ke špičce příslušného prstu. Například vybrání budovy vesnice pro stavbu jak je tomu na obrázku 25b.

Speciálním „tlačítkem“ je pak střed zobrazovací dlaně. Po doteku s tímto místem hráč může provádět speciální akce. V případě, že má zobrazen panel karet, může si tak zobrazit počet dostupných karet. V případě, že hráč obchoduje, dotek na střed dlaně simuluje změnu fokusu na sebe

či oponenta. V poslední řadě si takto hráč dokáže zobrazovat počty surovin/výherních bodů kdykoliv pokud nemá aktivní zrovna zmíněné panely - obrázek 25c.



Obrázek 25: Návrh rozhraní promítaného na dlaň

Posledními ovládacími prvky jsou pak už jen simulace Potvrzovacího či Ukončovacího tlačítka. Vzhledem k předchozím návrhům a jednoduchosti gest, by potvrzení mohlo být stejné jako u ovládání gesty – potápěčské OK na zobrazovací dlani. Ukončení, návrat či zamítnutí by pak mohlo být provedeno gestem pro kliknutí (KeyTapGesture) na libovolném prstu.

6.6 Průběh hry

Podkapitola slouží k detailnějšímu popisu průběhu hry. Je zde popsáno jak správně kalibrovat Leap Motion, jaké vlastnosti může uživatel nastavovat v hlavním menu hry a také jakým způsobem probíhají jednotlivé tahy hráčů v počátečních i obyčejných tazích.

Kalibrace Leap Motionu

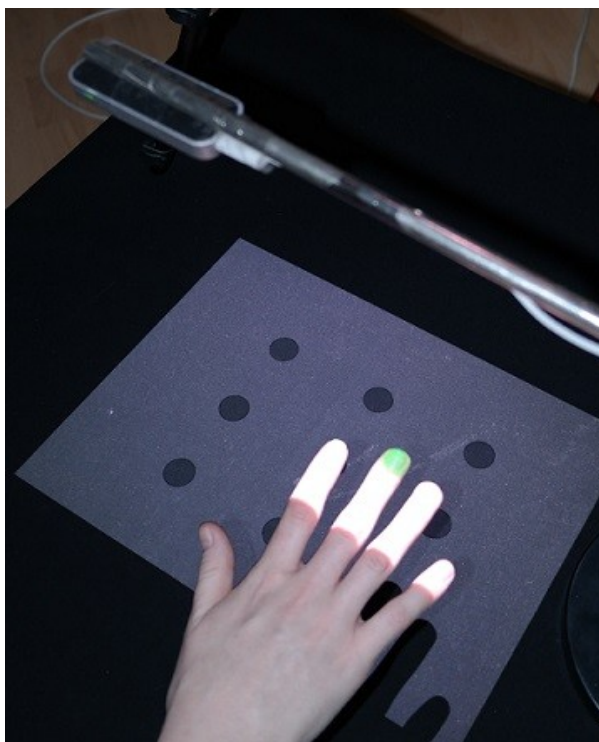
Před samotným spuštěním hry je potřeba zkalibrovat projektor s Leap Motionem. Kalibrace je provedena přes externí aplikaci LeapCalibration, jehož algoritmus je popsán v článku vytvořeného na Fakultě informačních technologií VUT v Brně [27]. Prerekvizitou je již postavená herní sestava s oběma zapnutými prvky, projektorem i Leap Motionem, natočeným k sobě jako na obrázku 17.

Aplikace (obsažena v příloženém DVD) je po spuštění zobrazena na lištu operačního systému. Pravým kliknutím myši je potřeba v kontextovém menu vybrat displej, který chceme

kalibrovat. Ve většině případů by v tomto menu měli být dvě plochy – hlavní plocha počítače a plocha promítaná projektor. Uživatel tedy zvolí plochu projektoru.

Po zvolení je mu otevřeno na dané ploše okno se zobrazenými body z předešlé kalibrace. V souboru README přiloženém k aplikaci pak má uživatel k dispozici popis ovládání aplikace klávesovými zkratkami. Nejčastěji ovšem použije jen přidání nebo odebrání počtu značek ke kalibraci klávesami „+“ či „-“. Po zmáčknutí jedné z kláves je zvolený počet značek, centrovaných na střed, zobrazen v aktivním okně. Kromě toho je potřeba spustit samotnou 3D kalibraci zmáčknutím klávesy „2“.

Takto spuštěná aplikace již aktivně čeká na vložení ruky uživatele. Postup kalibrace je jednoduchý, uživatel se postupně dotýká všech značek, zobrazených na promítané ploše, špičkou prostředního prstu své ruky. Dotechem s modrou značkou se uloží pozice a barva značky se změní na zelenou (viz Obrázek 26). V této chvíli uživatel zvedne ruku a s ním i prostředníček, na kterém by značka měla být zobrazena, ve směru k projektoru. Po strnutí pohybu se uloží hodnota pozice špičky prstu a značka zčervená. Následně uživatel musí ruku ještě jednou nadzvednout.



Obrázek 26: Kalibrace Leap Motionu přes aplikaci LeapCalibration

Takovýmto způsobem uživatel provede uložení všech tří pozic promítaných značek a aplikace mu zobrazí výsledek kalibrace.

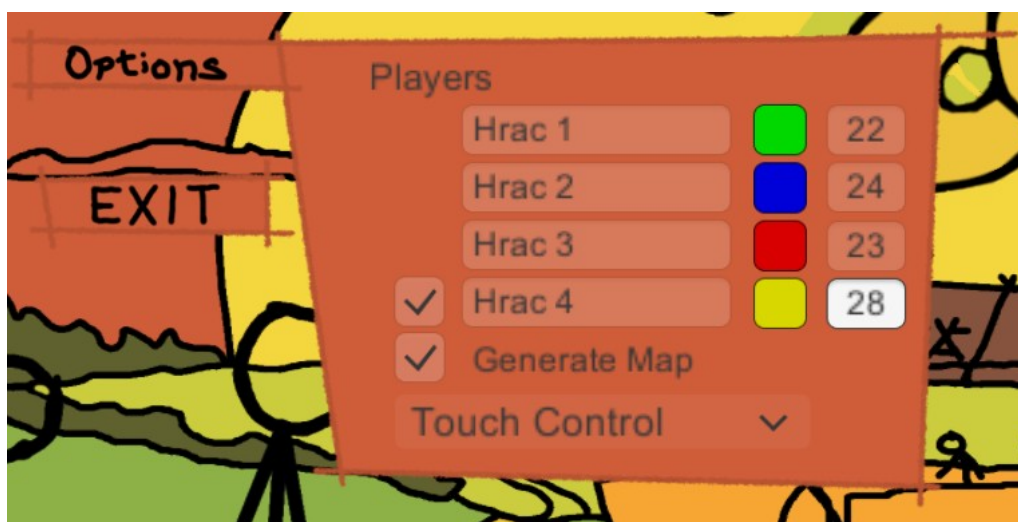
Průběh hry LeapCatan

Po otevření hry je hráči zobrazeno hlavní menu Osadníků. Hlavní menu zobrazuje postup načtení kalibrační matice z aplikace LeapCalibration. Pokud proběhne vše v pořádku je uživateli zobrazeno, že může pokračovat a zobrazí se mu hlavní ovládací prvky menu. Pokud je kalibrační aplikace vypnutá nebo nastane chyba v přenosu informací, je na to hráč upozorněn, v menu se ovládací prvky nezobrazí a hra je po nějakém čase ukončena.

Menu umožňuje kromě zavření hry a spuštění hry s výchozími hodnotami i nastavení těchto hodnot. Uživatel ovládá menu ještě skrze myš. Hlavním důvodem je, že v nastavení teprve vybírá jakým způsobem chce hru ovládat.

Po otevření panelu nastavení má kromě již zmíněné možnosti výběru ovládání také ještě k dispozici nastavení jednotlivých hráčů (Obrázek 27). Těm může uživatel nastavovat jména, věk a barvu. Vybírat může ale pouze jen ze čtyř barev: zelenou, modrou, červenou a žlutou. Základní verze hry je pro 3-4 hráče, uživatel má k dispozici možnost aktivovat čtvrtého hráče a nastavit i jeho hodnoty. Mimo jiné také hráč může zapnout generování náhodné mapy.

Po provedení nastavení uživatel spustí novou hru tlačítkem New Game. Hra tak vytvoří hráče podle zvoleného nastavení a zobrazí výchozí nebo vygenerovanou mapu.



Obrázek 27: Změna nastavení hráčů, ovládání a generování mapy

Autentizace hráče

Hráč, který je vyzván ke svému tahu, má své vlastní pořadové číslo v rozmezí 1-4. Z omezení uvedených v kapitole 6.2, je potřeba aby se hráč autentizoval a aplikace tak věděla z které strany hraje. Pro autentizaci hráč natáhne takový počet prstů jaké je jeho pořadové číslo. Pokud je autentizace úspěšná (obr. 28), hráč může pokračovat zahráním svého gesta či doteku.



Obrázek 28: Úspěšná autentizace hráče s pořadovým číslem 2

Pokud byla autentizace neúspěšná, je všem hráčům zobrazeno na jejich liště upozornění na chybnou autentizaci a hráč je nucen opakovat přihlášení ke svému tahu. Takto je zamezeno aby hráči zasahovali jeden druhému do hry a také jsou minimalizovány problémy z kapitoly 6.2.

Úvodní kola

Úvodní tah má nejstarší hráč, podle pravidel postaví svou úvodní cestu a na ni vesnici. Jelikož musí hráč stavět vesnici na cestě, je toto pořadí staveb nutné, i když v rámci originální hry je to irelevantní.

Pokračují všichni hráči až k tomu nejmladšímu, ten hraje dva tahy za sebou. Po něm hrají ostatní v opačném pořadí a pokládají druhou cestu a vesnici. Nejstarší hráč následně ukončuje úvodní tahy. Do této chvíle není hráči umožněno házet kostkou ani používat jiné akce ve hře – nákup a používání karet, obchodování s bankou nebo oponenty, či stavba jiné budovy. Ukončení tahu nelze spustit do té chvíle než hráč nepostaví obě povinné budovy, pokud je postavil je mu zobrazen potvrzovací dialog (Obrázek 45).

Obyčejné tahy

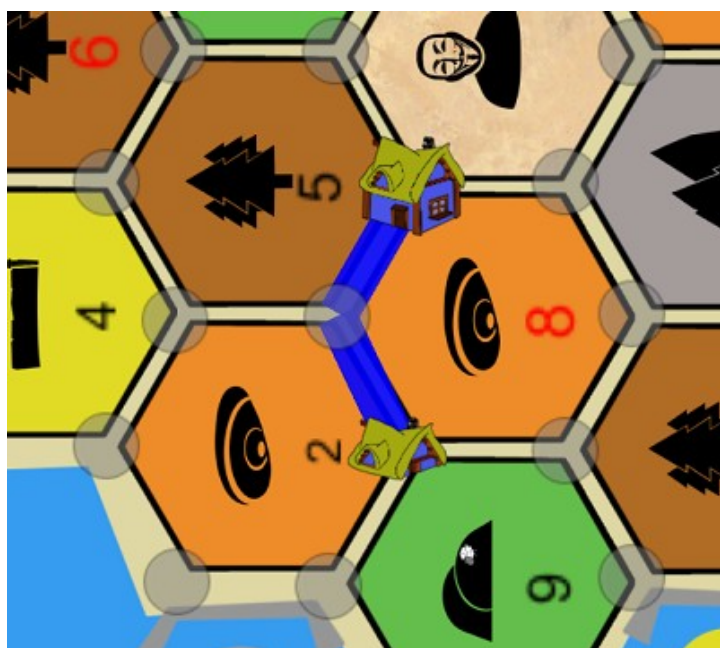
V následujících tazích, je hráči po autentizaci zamítnuto ukončit tah dříve než-li hodí kostkou. Po hodu kostkami, je zobrazena animace s výsledkem hodu, kterou vidí všichni hráči. Aktivní hráč pak již nemůže kostkami házet a v případě ovládání pro doteky je tlačítko pro hod schováno.

Stavět budovy, obchodovat či zahrát karty je však hráči umožněno ještě před hodem kostkami. Je jen na hráči chce-li mít k dispozici i případně nově vyprodukované suroviny. Po produkci nových surovin, je hráči umožněno ukončit tah a je zobrazeno příslušné tlačítko.

Stavba budov

Zobrazil-li si hráč panel budov jsou mu nabídnuty tři budovy ke stavbě. Má-li hráč na danou budovu dostatek surovin ke stavbě, je budova zobrazena barevně, v opačném případě je zašedlá.

Po vybrání dotekem či vybíracím gestem je budova označena, panel se schová a hráči je v listě připomenuto co si vybral. Zvolenou budovu pak hráč postaví dotekem na uzel mapy. Jsou-li podmínky ke stavbě dané pravidly splněny, je na daném uzlu (uzlech) stavba zobrazena (obr. 29). Nejsou-li podmínky splněny je hráči v listě zobrazena chybová hláška, že stavbu postavit nelze.



Obrázek 29: Budovy vesnice, města a dvou cest postavené modrým hráčem

Používání karet

Hráč si může ve hře vybrat podle pravidel ze čtyř hratelných karet – Rytíř, Monopol, Stavba silnic a Výzkum. Kromě těchto karet je na panelu, také k dispozici ještě i tlačítko pro koupi nové karty (Obrázek 37). Poku si hráč zobrazí tento panel může si počet hratelných karet zobrazit buď kliknutím na danou kartu nebo natažením příčného počtu prstů – jeden pro Rytíře, čtyři pro Výzkum. Pokud by chtěl danou kartu použít a splňuje-li podmínky pro zahrání (má kartu k dispozici a ještě žádnou kartu nezahrál) musí na kartu zmáčknout dvojklikem anebo vyvolat vybírací gesto přes KeyTapGesture.

Tlačítko pro koupi nové karty po zmáčknutí vytvoří dočasně obrázek vygenerované karty, zobrazí ji a kartu zase schová. Takováto karta je uložena do seznamu a použít ji může hráč až v dalším kole. Karty bodu uloženy nejsou, ale je připsán rovnou jeden výherní bod do skladu surovin.

Po použití jiné karty se uživateli zobrazí buď hláška s tím, že je rytíř anebo že má k dispozici dvě budovy ke stavbě zdarma, anebo příslušný vyskakovací dialog. Rytíř pokračuje jako by hodil sedm na hracích kostkách -- jako zloděj. U stavby silnic má pak hráč zobrazeno že může postavit cestu a vesnici i když na ně nemá suroviny. U karet Monopol a Výzkum (obr. 44) je hráči zobrazen panel, kde hráč musí vybrat buď jednu surovinu pro použití monopolu anebo dvě suroviny z banky pro výzkum.

Potvrzovacím tlačítkem/gestem je panel zpracován a v případě karty Monopol je hráči na panelu zobrazen výsledný počet posbírané suroviny všech oponentů. U karty Výzkum jsou po potvrzení panelu automaticky zvolené suroviny přičteny do skladu. Zamítací tlačítko/gesto v případě těchto dialogů však dialog nezavírají pouze vynulují nastavené hodnoty.

Zloděj

Padne-li na kostkách při hodu součet sedm anebo hráč použije kartu Rytíř, stane se hráč v tahu zlodějem. Hra mu umožňuje přesouvat figurku zloděje. Stačí když klikne na pole s figurkou – tak se z pole odstraní – a následně položí figurku dotekem na jiné pole. V případě, že je na uzlech pole již nějaké oponentova stavba, zobrazí se mu panel s výběrem oponenta, kterého chce okrást. Po jeho výběru se hráči náhodně přičte jedna surovina z oponentova skladu. Oponentovi je ztráta vypsána do jeho lišty, aktivnímu hráči je pak znak ukradené suroviny zobrazen na panel.

Obchodování

Hráč, který je na tahu má možnost obchodovat s bankou nebo svými oponenty. Po otevření panelu obchodu, tak napřed musí zvolit s kým bude probíhat výměna. Dotekem s daným tlačítkem či vybíracím gestem je schopen zvolit typ obchodu. První tři tlačítka jsou jednotliví oponenti zobrazení ve směrech z pohledu hráče. Čtvrté tlačítko je přiděleno obchodování s bankou (obr. 39).

Pokud hráč zvolil banku, jsou mu v panelu zobrazeny všechny jeho suroviny a jejich poměry získané ve hře. Výběr nabízené a poptávané suroviny probíhá dotekem s konkrétní surovinou. Prvním dotekem je vybrána nabízená surovina, druhým dotekem pak poptávaná, obě suroviny se mu zobrazí ve spodní části panelu. V případě, že má hráč nastaveny suroviny se kterými chce obchodovat, může na štítek nabízené suroviny klikat pro zvyšování hodnoty k výměně. Podle výše hodnoty nabízené suroviny se automaticky přepočítává (podle poměru mezi surovinami) výška poptávané suroviny. Hráč pak může potvrzovacím tlačítkem popřípadě gestem tento obchod ztvdit. Ukončovacím tlačítkem či FingerCircleGesture gestem je pak hráč vrácen zpět do vybíracího panelu.

Při obchodování s oponentem, hráč nastavuje výši svých i oponentových surovin. Výběr surovin závisí na druhu ovládání. V případě, že je hra v dotekovém módu, hráč nastavuje svoje

i oponentovy suroviny dotechem se štítkem konkrétní suroviny. Při ovládání gesty pak napřed hráč vybírá své suroviny výběracím gestem, následně musí změnit fokus speciálním gestem a pokračovat výběry surovin oponenta.

Po nastavení všech surovin, hráč odešle nabídku oponentovi tlačítkem Nabídnout nebo potvrzovacím gestem. Nastává chvíle, kdy se oponentovi zobrazí stejný panel s otočenými štítky. Nabízející hráč již nemůže měnit nastavení obchodu a čeká na odpověď oponenta. Ten pokud má dostatek surovin, může nabídku přijmout, nemá-li dostatek surovin může nabídku jen odmítnout.

Odpověď nabízející hráč přijme a může si obchod ještě rozmyslet. Potvrzovacím tlačítkem/gestem pak ztvdí celou transakci a hráči si vyjednané suroviny vymění mezi svými sklady.

7 Implementace

V této kapitole jsou popsány nástroje použité k vývoji a základní implementace hry. Vzhledem k návrhu hry, popsané v předešlé kapitole 6, je zde uvedeno hlavní rozdělení skriptů podle jejich užití pro hru. Podle důležitosti jsou některé třídy rozepsány podrobněji a jiné jen okrajově. Většina tříd, funkcí a datových struktur je pak dále v textu jen zmíněna a jejich detailnější popis a možnosti použití jsou dostupné v elektronické dokumentaci vygenerované za pomoci nástroje Doxygen [40]. Tato dokumentace je dostupná z přenosového média přiloženého k této práci.

7.1 Použité nástroje

V této sekci je obsažen popis několika nástrojů, které byli při návrhu a dále i k implementaci použity.

Unity

Unity je multiplatformní herní nástroj („*engine*“), určený pro tvorbu video her, vyvíjený Unity Technologies. Seznam všech platform, které podporuje je dlouhý – od PC, přes konzole PlayStation, Xbox až po mobilní zařízení s operačními systémy Android, iOS či Windows Phone. Takže je možné vydat hru na webové prohlížeče s HTML5 [41].

Kromě toho, že samotný software je zdarma, vyjma profesionálních verzí, zdobí Unity intuitivní editor. Díky němu můžeme tvořit jednoduše grafické rozhraní, které lze otestovat a vývojář hned vidí, jestli je chyba v pozicích nebo jestli je správně nastaveno rozlišení či poměr stran jednotlivých prvků.

Jednou z dalších výhod je možnost načítat různé formáty zvuku, videa, animací, fontů a samozřejmě i obrázků. Největším plusem je ovšem rozsáhlá komunita vývojářů a nadšenců, kteří jsou ochotni pomoci se vším s čím může mít jiný vývojář potíže.

Výše uvedené výhody nejsou pro tuto práci klíčové. Co je ale potřebné je zapojit Leap Motion přímo do hry. Jelikož firma Leap Motion Inc. podporuje tento nástroj a má kromě svého SDK pro Leap Motion také oficiální balíčky pro integrování do Unity, jeví se Unity jako jednoduchá volba pro návrh a vytvoření prototypu.

Obdobnými vlastnostmi ovšem disponuje i Unreal Engine. V předcházejícím roce se otevřel pro vývojáře zdarma, má vlastní editor a i pro něj jsou oficiální balíčky pro Leap Motion. V budoucnu by tak mohlo být zajímavé porovnat stejnou hru vytvořenou jinými nástroji pro tvorbu her.

Gimp

Gimp (zkratka z anglického *GNU Image Manipulation Program*) je multiplatformní editor obrázků dostupný pro různé operační systémy. Software je zdarma a jeho zdrojové kódy jsou otevřené. Gimp poskytuje sofistikované nástroje, které jdou ještě rozšířit použitím nástrojů třetích stran, pluginů či vlastními modifikacemi [42].

Tento program se hodí při vytváření, kreslení a celkově upravování jednotlivých grafických částí hry jako hrací plochy, pozadí či karet používaných ve hře.

7.2 Ovládání hry

Implementací ovládání hry je vzhledem k několika návrhům rozhraní hned více. Hráč může v základním hracím menu vybrat typ ovládání `ControllerType` z následujícího výčtu:

- `MOUSE_CONTROL` - použito jen pro testování, reakce na myš a klávesové zkratky
- `TOUCH_CONTROL`
- `GESTURE_CONTROL`

Každá z těchto možností je specifická, zároveň však ale musí umožňovat autentizaci hráče stejným způsobem a u ovládání za pomoci gest či dlaně také umožňovat doteky s hrací plochou. A to z důvodu stavby budov hráče na hrací plochu.

CatanController

Třída `CatanController` je určená k základnímu ovládání hry a všechny vytvořené ovladače ji rozšiřují děděním. Umožňuje ovládat hru za pomoci doteků a také implementuje rozhraní pro detekci a autentizaci jednotlivých hráčů.

V rámci omezení z návrhu před vlastním zpracováním doteků či gest musí ovladač rozhodnout, kterému hráči je povoleno hrát. V případě, že jsou detekované ruce hráče, který je na tahu, jsou jeho ruce přiřazeny tomuto hráči. Samotné zpracování gest pak probíhá lokálně u každého hráče. V případě, že by Leap Motion umožňoval detekovat více rukou z rozdílných příchozích stran bylo by tak možné hru hrát simultánně s více hráči.

Dále kontrolér implementuje veřejné přístupové metody pro spočítání směru ze kterého hráč ovládá hru a dokáže ovládat vysílání paprsků do scény a zpracovávat výsledné zásahy s uživatelskými prvky rozhraní hry. Tyto prvky musí implementovat rozhraní `ITouch`, které umožňuje vyvolat použití dotykového prvku.

TouchController

TouchController tak jako všechny ostatní ovladače přímo dědí vlastnosti třídy CatanController. Z Leap Motionu si aktivní hráč přepočítá za pomoci kalibrace pozici prostředníčku a pokud je pozice vyhodnocena jako dotek s hrací plochou je vyvolán dotek na tomto místě.

GestureController

Tato třída používá aktivního Leap Motionu k detekci gest hráče. Každý hráč má aktivní právě jeden grafický panel, který musí implementovat rozhraní IGesture. Toto rozhraní umožňuje přijímat různé typy gest a reagovat na ně podle toho co má hráč momentálně zobrazeno. Třída Player představující hráče implementuje toto rozhraní kvůli příjmu gest pro hlavní panel. Zbývající panely umožňují příjem gest přes toto rozhraní za pomoci třídy Panel a reagují na ně každý specifickým způsobem.

7.3 Logika hry

Podkapitola se věnuje třídám, které ovládají hru samotnou, umožňují korigovat komunikaci mezi hráči či zobrazovat společné prvky.

ManagerObject je třída, která je jako jediná přenesena mezi hlavním menu a scénou s hrou samotnou. Umožňuje přepínání mezi scénami či různými rotacemi, ale jejím hlavním účelem je vizuální zpracování komunikace s kalibrační aplikací. Komunikace samotná je implementována skrz třídu CalibrationClient, která se za pomoci web soketů spojí s kalibrační aplikací a získá z ní kalibrační matici. Použití web soketů je přes externí třídu WebSocket z komunity Unity [43] a ke zpracování konfiguračních json souborů je pak použita třída simpleJSON [44].

Catan

Hlavní třída Catan ovládá téměř veškerou hru. Přes tento staticky přístupný singleton procházejí veškeré důležité herní mechanismy od hodů kostkami, ovládání hráčů až po otevírání panelů se společnými informacemi (třída MainInfo). K těmto vlastnostem se ještě přidávají další pomocné funkce jako kalibrace bodu, načtení a uložení nastavení z hlavního menu a jejich promítnutí do hry.

PlayerController

Pro jednoduchost a orientaci ve zdrojovém kódu jsou některé vlastnosti týkající se hry umístěné ve třídě `PlayerController`. Objekt je zodpovědný za veškerou inicializaci a ovládání hráčů. Třída si uchovává informace o hráčích vzhledem k základnímu nastavení hry jako například počet a pořadí jednotlivých hráčů. V průběhu hry pak kontrolér nastavuje aktivního hráče podle pořadí, vyvolává tahy nebo nastavuje parametry všem hráčům najednou.

7.4 Mapa

Mapa je kromě pozadí hry a pozadí hrací desky složena z šestihranných polí typu `Field`. Ty jsou přizpůsobeny pro dotek, aby je uživatel mohl použít při překládání „figurky“ zloděje. Každé pole obsahuje právě šest uzlů typu `Point`. Vzhledem k postavení na mapě může mít tento uzel maximálně tři rodičovská pole.

Z konfiguračního souboru `Map.json` jsou načteny veškeré tyto vztahy mezi poli a uzly a zároveň také i spojnice mezi body. Spojnicemi je vytvořen graf, který je vidět na obrázku č.30. Z takto vytvořeného grafu se jednoduše hledá sousedství mezi uzly a zároveň se dá lehce algoritmicky vyhledávat nejdelší cesta v grafu.



Obrázek 30: Část mapy se zobrazenými spojnici uzlů grafu

Standardní mapa je nastavena přímo ve hře. Chceme-li hrát v náhodné mapě, musíme si zvygenerovat náhodné rozložení polí. O generování se stará třída `MapGenerator`. Třída `MapHasher` pak mapuje nově vygenerovaná pole na dané součty hodu kostek a dokáže přes tyto součty k těmto polím přistupovat.

Na každý bod Point lze stavět jednu z budov typu `Building`. Jedná se jmenovitě o budovy `Road`, `Village` a `City`. Každá budova má své podmínky ke stavbě, které musí hráč podle pravidel dodržet.

7.5 Hráč

Ovládání hráče je napsáno ve třídě `Player` rozdělené kvůli přehlednosti do několika souborů podle využití – zpracování gest, obchodování, manipulace s kartami atd. Tato třída obstarává veškeré potřebné ovládání hráčových panelů, tlačítek, vyskakovacích oken či reakcí na doteky a gesta. Jednotlivé panely jsou implementovány v `CardsPanel`, `BusinessPanel` a `BuildsPanel`.

Důležitým panelem je `StockPanel`, který zobrazuje hodnoty z třídy `Stock`. Ta spravuje všechny potřebné suroviny hráče pro stavění a obchodování. Zároveň také obsahuje počet výherních bodů, které hráč během hry získal.

Při použití staveb vkládá hráč stavby na hrací uzly Point. Při stavbě silnice hráč přidává novou cestu (spojnici) do svého osobního grafu `CatanPath`. V něm se za pomoci algoritmu Best First Search vyhledává nejdelší možná cesta v grafu, podle které se přiděluje karta Nejdelší cesty.

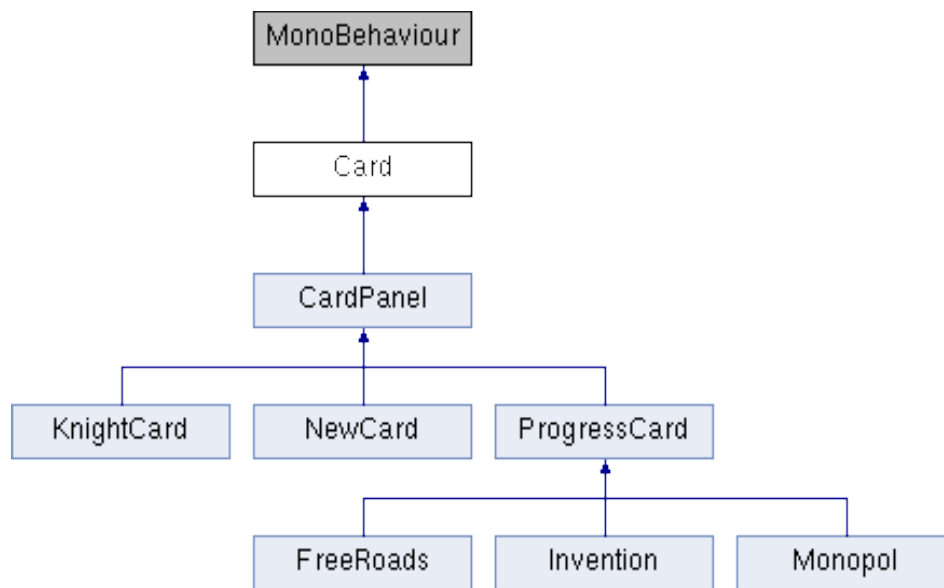
7.6 Hrací karty

Karta `Card` je ve hře aktivní objekt s patřičným nastavením. Podle nastavení typu karty, tak jak je to specifikováno v pravidlech Osadníků z Katanu, karta zobrazuje patřičný obrázek a reaguje na hráčovo vyvolání (viz Obrázek 31).

Karty bodů jsou po použití, resp. vygenerování, hned přičteny pasivně do výsledného počtu bodů. Ostatní karty jsou po koupi uchovány hráči k pozdějšímu použití, kdy po kliknutí (patřičném gestu) dojde k vyvolání reakce na kartu:

- Nová karta – vygenerování nové karty
- Rytíř – upozornění na aktivaci a vyvolání logiky zloděje
- Karta vývoje
 - Monopol/Vynález – otevření patřičného dialogového okna, které hráč musí zahrát
 - Cest zdarma – upozorní hráče, že má zdarma ke stavbě dvě cesty

Generování nových karet probíhá ve třídě `CardGenerator`, ta zároveň spravuje počty vygenerovaných (použitelných) karet.



Obrázek 31: Diagram třídy Card.

8 Testování a vyhodnocení

V této kapitole je popsán způsob testování navržených rozhraní za pomoci metody tzv. „testování použitelnosti“ z anglického originálu *Usability testing*. Jedná se o metodu testování na uživateliích jejich pozorováním, která umožní vytvořit hodnocení uživatelské použitelnosti daného grafického rozhraní [45].

Získané výsledky jsou interpretovány grafy a ze zjištěných dat je popsáno celkové vyhodnocení navrženého GUI.

8.1 Kvantitativní testování

Podkapitola zahrnuje testování přesnosti doteků a gest hráče vzhledem ke hře. Testování probíhalo formou scénářů, které hráč musel vypracovat do určitého časového limitu. Jednotlivé scénáře jdou ve hře spustit klávesovou zkratkou S+i, kde *i* udává klávesu (číslo) scénáře 1 - 5, ukončení nedokončeného scénáře pak vyvolá klávesová zkratka S+E.

Každý scénář má pevně danou posloupnost doteků či gest. Prvním nuceným gestem je autentizace hráče, následují různá gesta podle aktivního scénáře. Pro příklad uveďme scénář č.1: Otevření hlavní nápovědy hry, který má za úkol naučit hráče otevřít si oficiální almanach s herními pravidly. Scénář se skládá z posloupnosti doteků:

1. Autentizace (gesto)
2. Zmáčknutí tlačítka Info – otevře panel nápovědy
3. Zmáčknutí tlačítka Rules – otevře pravidla ve formátu pdf v externím prohlížeči
4. Autentizace
5. Zmáčknutí tlačítka Turn – zobrazí potvrzovací dialog

nebo z posloupnosti gest:

1. Autentizace
2. Gesto spojených dlaní – otevření nápovědy
3. Natažení dvou prstů a gesto KeyTapGesture – otevření pravidel
4. Autentizace
5. Gesto FingerCircleGesture – potvrzovací dialog ukončení tahu

Takováto posloupnost je pak vyhodnocena jako dokončená pokud hráč dokáže v časovém horizontu 300 sekund (5 minut) dokončit poslední gesto sekvence.

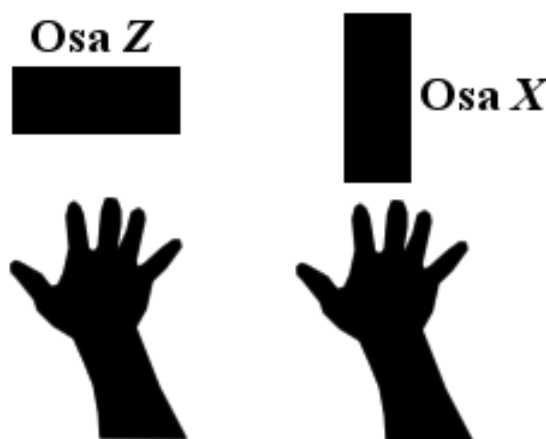
Mezi jednotlivými body sekvence dochází k detekci všech doteků anebo gest, které neodpovídají požadovanému kroku. Počet neúspěšných pokusů je akumulován a výsledkem scénáře

je posloupnost čísel udávající počet chybných doteků/gest mezi kroky hraného scénáře. Tato posloupnost je následně uložena ke konkrétnímu hráči pro konečné uložení do souboru.

Autentizace se může opakovat i několikrát, hráč ovšem může pokračovat na kroku, který dokončil a nemusí opakovat celou sekvenci scénáře. Celkový počet chyb mezi jednotlivými kroky tak na počtu autentizací nezávisí, počet autentizací je ovšem u každého scénáře uložen pro pozdější zpracování.

Jak je uvedeno v kapitole 6.2, Leap Motion má velké problémy s detekcí hráče z neočekávaných stran. Proto testování hráči zkoušeli stejné scénáře ve dvou polohách – viz Obrázek 32. Seznam navržených scénářů a jejich posloupnosti jsou k vidění v Příloze č.2.

Tímto způsobem by mělo testování ukázat, které rozhraní bylo ovladatelnější a snadnější na hraní. Současně by mělo jít na výsledcích vidět rozdíly mezi pozicí hráče pro kterou je Leap Motion optimalizován a pozicí jinou.



Obrázek 32: Testované polohy uživatele vzhledem k ose Leap Motionu

8.2 Kvalitativní testování

Vzhledem k možnostem rozhraní, které si hráči mohli vyzkoušet nejen během předcházejícího kvantitativního testování, jej testování uživatelé mohli hodnotit i subjektivně. Kromě zaznamenaných poznámek k vytvořenému rozhraní či hratelnosti dostal každý uživatel také dotazník k vyplnění. Ukázka použitého dotazníku je k vidění v Příloze č.3. Tento dotazník dostal uživatel po dokončeném testování a několika odehraných kolech hry.

Otázky z dotazníku byly vymyšleny tak, ať hráči dokáží určit jestli se jim zamlouvalo rozhraní po herní a grafické stránce a také jestli si hraním přes Leap Motion užili hru samotnou. V návaznosti k těmto otázkám by tak měl dotazník ukázat, které z navržených rozhraní bylo pro hráče celkově příjemnější k hraní a jestli jsou ochotni experimentovat s novými technologiemi.

8.3 Vyhodnocení

Následuje souhrn výsledků z navrženého a popsaného testování. Z hodnot, které jsou k vidění v tabulkách v Příloze č.4, jsou vytvořeny grafy a je sepsáno závěrečné vyhodnocení.

Hra byla testována na notebooku značky Dell Vostro 5470 s parametry:

- Procesor: Intel Core i5-4200U – 1.6 Ghz
- OS: Microsoft Windows 10 Pro 64bit
- RAM: 4 GB
- Grafická karta: NVIDIA GeForce GT 740M (2 GB DDR3L)

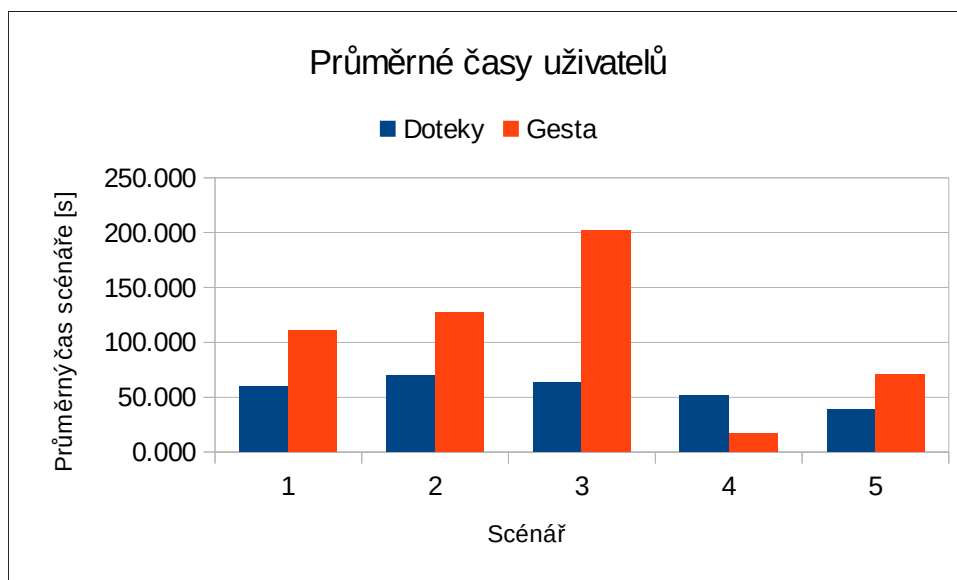
K promítání byl použit LED projektor Acer K11 DLP se svítivostí 200 lm a nativním rozlišení 858x600 pixelů. Promítaná plocha měla rozměry 37x26 cm, pro projektor ve výšce 74 cm nad hrací plochou stolu.

Pro snímání gest byl použit standardní senzor Leap Motion modelové řady LM-010, který byl umístěn na stojanu ve výšce 32 cm od povrchu stolu.

Kvantitativní vyhodnocení

K vyhodnocení byly použity data od 10 rozdílných uživatelů (6 žen a 4 muži) ve věku od 23 do 35 let, kteří byli ochotni testovat navržené scénáře. Každý z nich dostal jednoduchou instruktáž ke hře, byl mu vysvětlen postup scénáře a pak jej již sám musel zvládnout.

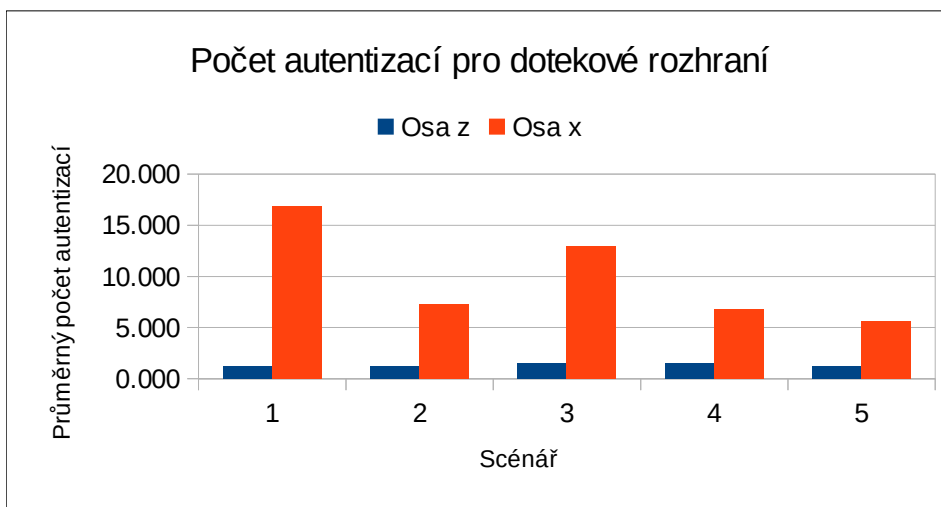
Uživatelé zkoušeli scénáře provést jak pro rozhraní simulující doteky tak i rozhraní ovládané gesty. Z naměřených hodnot byla vytvořena tabulka 1 a z ní vycházející graf 1.



Graf 1: Porovnání délky scénářů testovaných uživatelů

Z grafu, lze vyčíst, že hráčům dělalo problém přejít z rozhraní pro doteky na rozhraní s gesty. Průměrné časy scénářů u gest se výrazně prodloužili a hráčům dělalo také problém seznámit se vůbec s technologií Leap Motion. Vyjímkou je pouze scénář č.4 u kterého je výsledek zkreslen nevhodnou detekcí gesta pro zobrazení panelu surovin. Ta je způsobená nedokonalostí detekce dlaní v případě, že máme dlaně kolmo k ose y Leap Motionu.

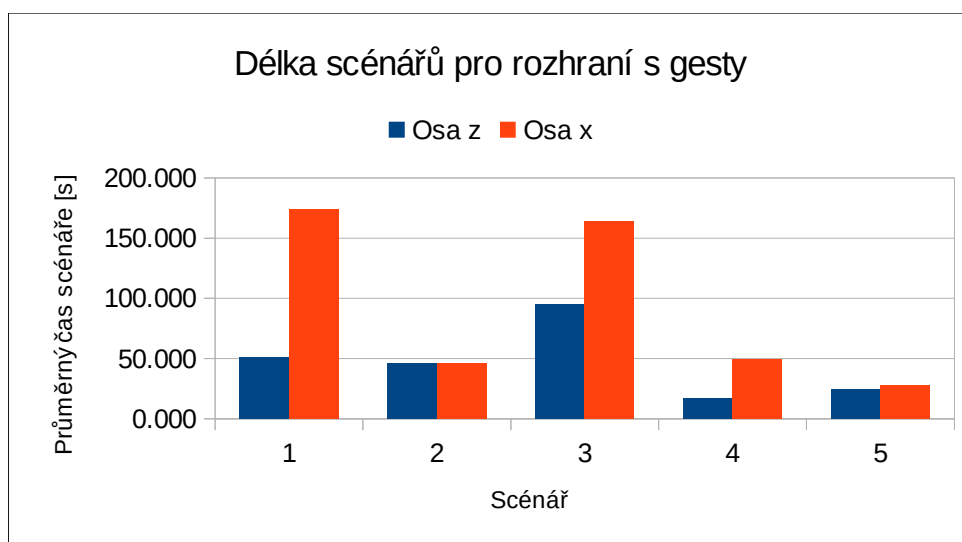
Kromě testování scénářů na uživateli bylo provedeno také testování v různých pozicích hráče (obr. 32). Tento test měl za úkol ukázat nevhodnost Leap Motionu pro hry s více hráči, kdy se předpokládá, že si hráči nemění pozice a sedí v různých směrech vzhledem k použité sestavě. Z naměřených hodnot byli vytvořeny tabulky 3 a 4 s průměrnými hodnotami pro dané rozhraní.



Graf 2: Porovnání autentizací pro dotekové rozhraní

Pro dotekové rozhraní jsou z tabulky 3 vytvořeny grafy č.2 a v přílohách ještě i č.8 a 9. Nejdůležitější z nich je ovšem graf č.2, který ukazuje jak moc je Leap Motion nepřesný při detekci ruky v zorném poli. Při stejných podmínkách totiž hráč musí pro dokončení scénáře projít autentizací několika násobně vícekrát ze strany osy x než osy z . Ostatní grafy jsou z hlediska porovnání téměř schodné, chybovost je ovšem u gest větší díky nutnosti vkládat ruce opakovaně pro autentizaci.

U rozhraní s gesty je situace podobná, počet autentizací (graf 10) je z pozice osy x daleko větší. S průměrnou délkou scénáře je to ovšem již jiné. Na grafu 3 je vidět, že u scénářů 1 a 4 je při hraní ze strany osy x potřeba hrát scénář několikanásobně déle. Tato skutečnost koreluje s počtem autentizací, protože je u těchto scénářů potřeba obou dlaní.



Graf 3: Porovnání časů scénářů pro rozhraní s gesty

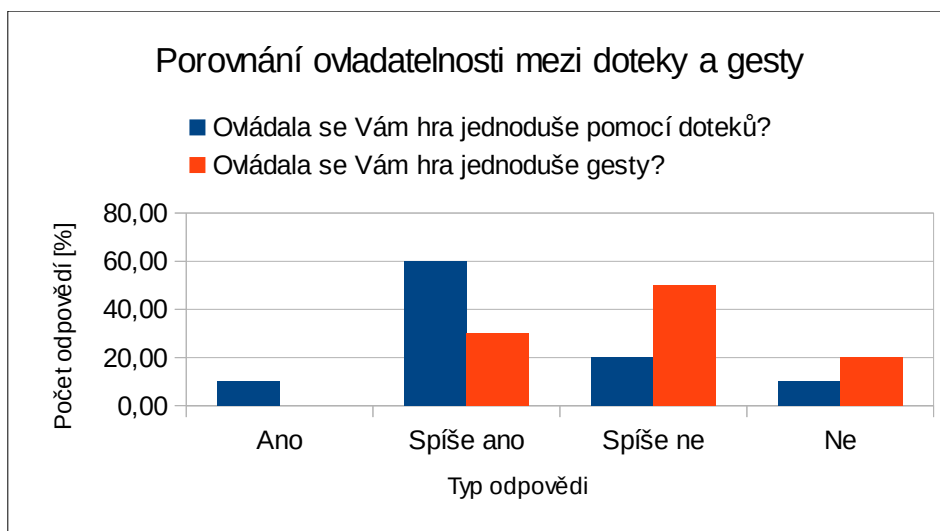
Hodnoty naměřené samotnými uživateli ukazují, že je pro ně jednodušší a rychleji naučitelné ovládání za pomoci doteků. V dnešní době je to ovšem pochopitelné vzhledem ke zvyku na dotykové obrazovky telefonů, tabletů či monitorů. Kromě časté práce s dotykovými plochami ovšem hráčům pro přesun na rozhraní s gesty nepomohla ani přesnost Leap Motionu. U implicitních gest je dostačující jen v případě, že měli hráči čas na naučení se anatomie gest a jejich optimální rychlosti. Pro nově zkoušející uživatele je tak oříšek vůbec použít implicitní gesta Leap Motionu, která by měla být intuitivní.

Z naměřených hodnot, které jsou popsány výše, vychází, že se Leap Motion hodí pro hraní deskových her jen v případě, že máme dva hráče sedící paralelně k ose z . Tato pozice je však uváděná jako nejspolehlivější i samotnými vývojáři. Těmito pozicím jsou dokonce přizpůsobeny algoritmy detekce dlaní.

V případě, že by desková hra měla mít více než dva hráče, jako je tomu u hry Osadníci z Katanu, měli by vývojáři omezit gesta výhradně jen na jednu dlaň. Další možností je navrhnout rozhraní, kde hráči nemusí moc pohybovat svými dlaněmi. Příklad návrhu takového rozhraní je uveden v kapitole 6.5, u něj je ovšem problém s detekcí dvou dlaní při hraní ze strany osy x .

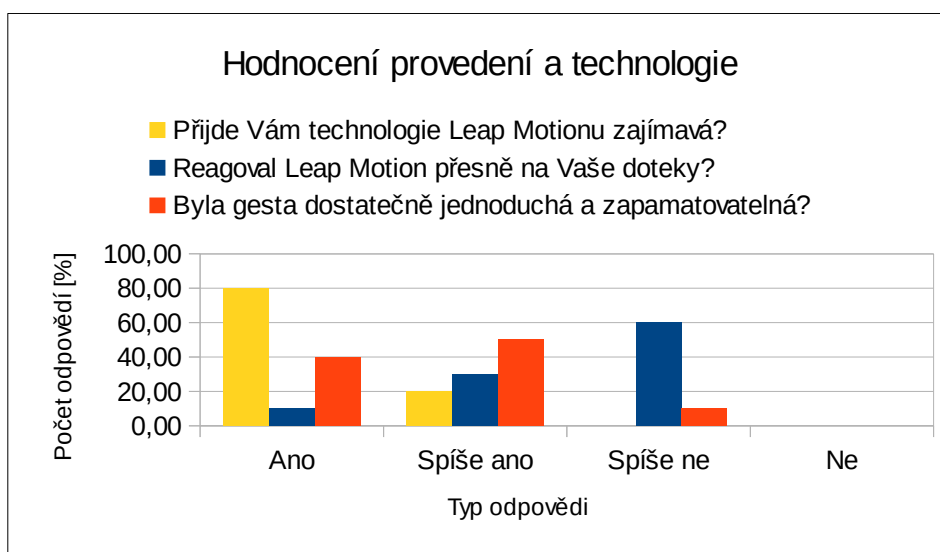
Kvalitativní vyhodnocení

V této kapitole je popsáno vyhodnocení dotazníku, který byl vyplněn všemi uživateli, kteří měli možnost hrát navrženou hru přes Leap Motion. Individuální odpovědi jsou uvedeny v tabulce 2, která je k vidění v příloze č.4. Jednotlivé otázky jsou vyhodnoceny do skupin a z nich je vytvořen patřičných graf.



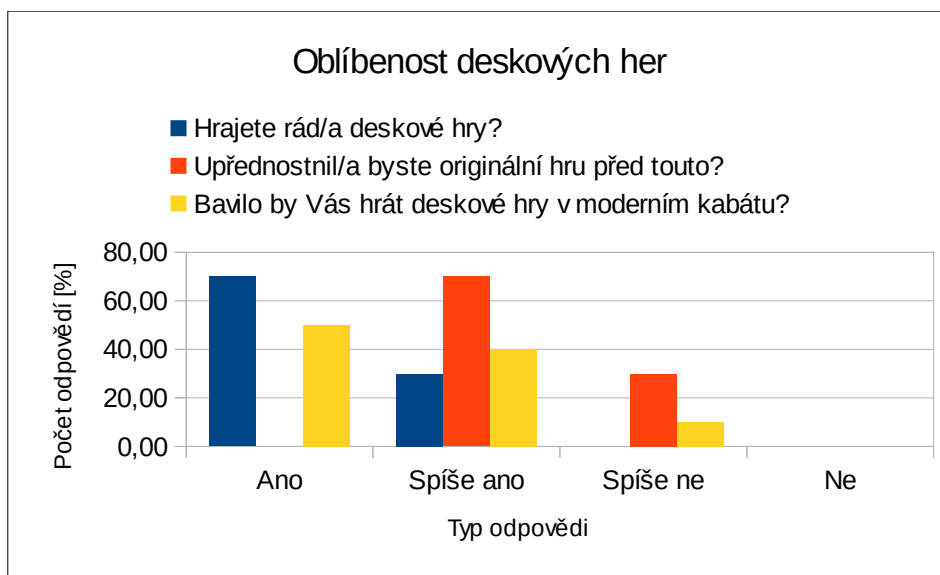
Graf 4: Porovnání ovladatelnosti rozhraní

První skupina otázek pro porovnání ovladatelnosti rozhraní je vykreslena na grafu 4. Lze z něj vyčíst, že 70% hráčů se hra ovládala lépe skrze doteky než navržená gesta. Zároveň větší polovina z nich však uvedla, že přesnost doteků ani gest nebyla optimální (viz graf 5). Všechny dotázané Leap Motion zaujal a jeho technologie jim přišla zajímavá. I přes nepřesnost technologie 90% uživatelů uvedlo, že navržená gesta jsou jednoduchá a zapamatovatelná.



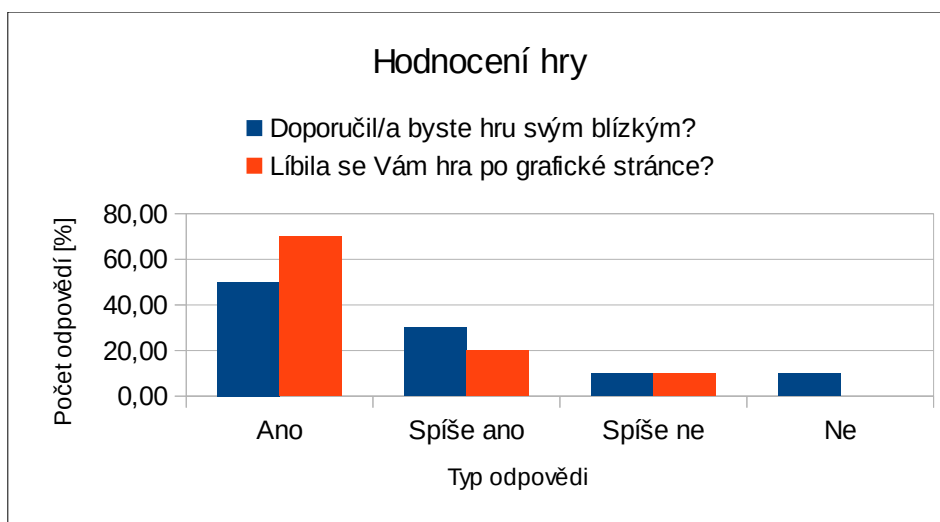
Graf 5: Hodnocení provedení rozhraní a technologie Leap Motionu

Další skupina otázek byla směřována na oblíbenost deskových her a jejich hratelnost dotázanými uživateli. Jak je vidět na grafu 6, všichni dotázaní mají kladný vztah k hraní deskových her, ale díky nepřesnosti Leap Motionu by 70% z nich spíše upřednostnilo originální hru před přetvořenou hrou a jejím nově navrženým rozhraním. Avšak i přes neduhy použité technologie, by uživatelé z 90% rádi vyzkoušeli nové technologie při hraní deskových her.



Graf 6: Vyhodnocení oblíbenosti deskových her

Poslední zkoumanou skupinou byly otázky zaměřené na hodnocení hry samotné. Uživatelé se vyjadřovali z 90% kladně ke grafickému zpracování hry a také by hru 80% z nich doporučilo vyzkoušet svým blízkým. Ať už z důvodu vyzkoušení deskové hry, kterou nehráli a přišla jim zajímavá a zábavná, a nebo z důvodu vyzkoušení si nové technologie, o které žádný z dotazovaných uživatelů před testováním nevěděl.



Graf 7: Hodnocení grafické stránky hry a doporučení

Celkově hodnotili dotázaní uživatelé hru pozitivně, i když s výhradami k ovládání. S uživatelského pohledu je hra bavila, ale zároveň uváděli, že by hra trvala neúměrně dlouho oproti originální hře. Avšak i přesto uživatelé ocenili možnost vyzkoušet si technologii Leap Motion a rádi by moderní technologie dále zkoušeli ve spojitosti s deskovými hrami, které mají v oblíbě.

9 Závěr

Projekt obsahuje několik ukázek moderních rozhraní, které uživatel může používat k hraní her. Jednoduchá herní sestava může být složena z dataprojektoru a zařízení pro snímání gest či doteků. V práci je popsáno několik senzorů, které můžeme použít k ovládání takovýchto her. Teoreticky je v práci popsána kalibrace, která je nutná pro ovládání sestavy s více než jedním prvkem.

Ze získaných znalostí, uživatelských rozhraní her, ovládaných pomocí senzorů Kinect a Leap Motion, bylo v práci navrženo nové rozhraní pro deskovou hru Osadníci z Katanu, promítanou dataprojektorem a ovládanou senzorem Leap Motion.

Pro implementovanou hru LeapCatan bylo navrženo kvantitativní testování formou zadávání scénářů uživatelům. Toto testování spočívalo v možnosti snímat chyby a čas mezi kroky spuštěného scénáře. Kromě hodnot získaných od uživatelů je v práci touto formou testů také ukázána nevhodnost Leap Motionu pro ovládání hry více hráči. U tohoto testu se na plno projevila nedostatečná promyšlenost možností použití. Vývojáři totiž dimenzovali a optimalizovali Leap Motion jen pro jednoho hráče pouze ze dvou konkrétních pozic vzhledem k senzoru.

Kromě kvantitativního měření je v práci vyhodnoceno také kvalitativní testování formou dotazníku. Zde testovaní uživatelé odpovídali na otázky týkající se hratelnosti rozhraní, líbivosti grafiky či použité technologie. Z odpovědí vychází, že hráči mají chuť zkusit deskové hry s novými technologiemi a že i nepřesnost Leap Motionu na tom téměř nic nemění.

Dalším možným rozšířením práce by mohlo být zjednodušení stávajícího rozhraní nebo návrh dalších rozhraní, která by eliminovala nedostatky Leap Motionu. Jedním takovým rozhraním by mohlo být rozhraní promítané na dlaň, jehož prototyp je popsán v kapitole 6.5. Přínosem rozhraní by měla být vyšší přesnost ovládání díky optimální poloze dlaně a Leap Motionu. Tento návrh by také měl být co se týče počtu gest jednodušší než ovládání samotnými gesty. Kromě těchto rozšíření by také mohlo být zajímavé sledovat, jakým způsobem by si vedli v hratelnosti jiné ovládací prvky jako například Kinect.

Jednou z možností jak ovládat hry promítané dataprojektorem je softwarové zpracování gest přes snímací kameru. V letošním roce byla na toto téma vypsána diplomová práce *Promítané uživatelské rozhraní - desková hra*, kterou měl řešit Bc. Vojtěch Kaisler. Zajímavě se tak jeví možnost porovnání přístupů zpracování gest přes Leap Motion a přes snímací kameru u stejné hry.

Literatura

- [1] ePawn. „*Motion capture for 'Toys to Life' games: A unique technology to merge real life gaming experiences and digital ones*“. [online]. 2010, [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: <http://epawn.fr>
- [2] AOL Inc., Valezco Chris. „*Meet ePawn Arena: The Screen That Wants To Make Gaming Personal Again*“ [online]. 2013, 9.12.2011 [cit. 2015-12-21]. Dostupné z: <http://techcrunch.com/2011/12/09/meet-epawn-arena-the-screen-that-wants-to-make-gaming-personal-again/>
- [3] LEE, Narae, Juwhan KIM, Jungsoo LEE, Myeongsoo SHIN a Woohun LEE. *MoleBot. ACM SIGGRAPH 2011 Emerging Technologies on - SIGGRAPH '11*. New York, New York, USA: ACM Press, 2011, , 1-1. DOI: 10.1145/2048259.2048268. ISBN 9781450309691. Dostupné také z: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2048259.2048268>
- [4] Vimeo LLC., Woohun Lee. „*MoleBot: Mole in a table*“ [online]. 2015, 24.5.2011 [cit. 2015-12-21]. Dostupné z: <https://vimeo.com/24155036>
- [5] Virtuix Holding Inc. „*Virtuix Omni*“ [online]. 2015, [cit. 2015-11-28]. Dostupné z: <http://www.virtuix.com/products/>
- [6] Cyberith GmbH. „*Vizualizer: Move freely and naturally*“ [online]. 2015, [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://cyberith.com/product/>
- [7] Teslasuit Ltd. „*Teslasuit – World's first full body haptic suit that lets you feel the virtual reality*“ [online]. 2015, [cit. 2015-12-21]. Dostupné z: <http://www.teslasuit.com/>
- [8] Ractiv Inc. „*Touch+: Make any surface multitouch and more*“ [online]. 2014, [cit. 2016-1-3]. Dostupné z: <http://www.ractiv.com/touch.html>
- [9] Microsoft. „*KS Ultimate*“ [online]. 2016, [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://marketplace.xbox.com/en-US/Product/KS-Ultimate/66acd000-77fe-1000-9115-d8024d530a55>
- [10] Microsoft. „*Harry Potter™ for Kinect*“ [online]. 2016, [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://marketplace.xbox.com/en-US/Product/Harry-Potter-for-Kinect/66acd000-77fe-1000-9115-d80257520826>

- [11] Microsoft. „*Child of Eden*“ [online]. 2016, [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://marketplace.xbox.com/en-US/Product/Child-of-Eden/66acd000-77fe-1000-9115-d8025553084c?nosplash=1>
- [12] Monobanda. „*Mimicry*“. 2016, [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://mimicry.monobanda.nl>
- [13] LeapMotion Inc. „*Leap Motion App Store*“ [online]. 2015, [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: <https://apps.leapmotion.com/>
- [14] Adam Tomeček: Rozhraní pro hry s dataprojektorem a Leap Motion, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2015
- [15] Microsoft. „*Meet Kinect for Windows*“ [online]. 2016, [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect>
- [16] ABHIJIT JANA. *Kinect for Windows SDK Programming Guide*. Birmingham: Packt Pub, 2012. ISBN 18-496-9239-4.
- [17] Microsoft. „*Kinect for Windows Sensor Components and Specification*“ [online]. 2016, [cit. 2015-12-15]. Dostupné z: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx>
- [18] LeapMotion Inc. „*LeapMotion*“ [online]. 2015, [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <https://www.leapmotion.com>
- [19] Colgan, A. „*How Does the Leap Motion Controller Work?*“ [online]. 2014. [cit. 2015-12-21]. Dostupné z: <http://blog.leapmotion.com/hardware-to-software-how-does-the-leap-motion-controller-work/>
- [20] SPIEGELMOCK., Mischa. *Leap motion development essentials: leverage the power of Leap Motion to develop a fully interactive application*. New Edition. Birmingham: Packt, 2013. ISBN 18-496-9772-8.
- [21] LeapMotion Inc. „*Leap SDK Release Notes*“ [online]. 2015, [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: https://developer.leapmotion.com/documentation/Leap_SDK_Release_Notes.html

- [22] LeapMotion Inc. „*API overview*“ [online]. 2015, [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: https://developer.leapmotion.com/documentation/csharp/devguide/Leap_Overview.html
- [23] KHOSHELHAM, Kourosh, Sander Oude ELBERINK, Bartholomäus RUDAK a Denis FISSELER. Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Applications. *Sensors*. 2012, **12**(12), 1437-1454. DOI: 10.3390/s120201437. ISSN 1424-8220. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1424-8220/12/2/1437/>
- [24] WEICHERT, Frank, Daniel BACHMANN, Bartholomäus RUDAK a Denis FISSELER. Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller. *Sensors*. 2013, **13**(5), 6380-6393. DOI: 10.3390/s130506380. ISSN 1424-8220. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1424-8220/13/5/6380/>
- [25] ALOFS, Thijs, Mariët THEUNE a Ivo SWARTJES. A Tabletop Board Game Interface for Multi-user Interaction with a Storytelling System. *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment 4th International ICST Conference* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, , 123. DOI: 10.1007/978-3-642-30214-5_14. ISBN 978-3-642-30214-5. Dostupné také z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-30214-5_14
- [26] The EQUIS Laboratory. „*Tabletop Gaming & Simulation*“ [online]. 2016, [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: http://equis.cs.queensu.ca/?page_id=1096
- [27] NAJMAN Pavel, ZAHŘÁDKA Jiří a ZEMČÍK Pavel. Projector-Leap Motion calibration for gestural interfaces. In: *International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG)*. Plzeň: Union Agency, 2015, pp. 165-172. ISBN 978-80-86943-65-7.
- [28] ePawn ePawn. „A tribute to Dungeons & Dragons by ePawn (video with text)“ [online]. 2014, [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=yTXML5fP4a8>
- [29] Ubi-Interactive. „*Make the world your touchscreen*“ [online]. 2016, [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://www.ubi-interactive.com/>
- [30] HARTLEY, R., ZISSERMAN, A. „*Multiple View Geometry in Computer Vision Second Edition*“, Cambridge University Press, 2004, pp. 153-157 [cit. 2016-01-02]

[31] HUGEMANN, Wolfgang. *Correcting lens distortions in digital photographs*. Ingenieurbüro Morawski+ Hugemann: Leverkusen, Germany (2010).

[32] BRADSKI, Gary R. *Learning OpenCV*. Sebastopol: O'Reilly, c2008. ISBN 9780596516130.

[33] Jiří Zahradka: Rozšířené uživatelské rozhraní, diplomová práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2011

[34] Remondino, Fabio, Fraser, Clive. 2006. "Digital camera calibration methods: considerations and comparisons." ISPRS Commission V Symposium 'Image Engineering and Vision Metrology' pp. 266-272, [cit. 2016-1-3]. Dostupný z:

https://www.researchgate.net/publication/228672107_Digital_camera_calibration_methods_Considerations_and_comparisons

[35] MORENO, Daniel a Gabriel TAUBIN. Simple, Accurate, and Robust Projector-Camera Calibration. 2012 *Second International Conference on 3D Imaging, Modeling, Processing, Visualization*. IEEE, 2012, , 464-471. DOI: 10.1109/3DIMPVT.2012.77. ISBN 978-0-7695-4873-9. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6375029>

[36] Sukthankar, R.; Stockton, R.G.; Mullin, M.D., "Smarter presentations: exploiting homography in camera-projector systems," in *Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on*, vol.1, no., pp.247-253 vol.1, 2001 doi: 10.1109/ICCV.2001.937525, Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=937525&isnumber=20293>

[37] Elan Dubrofsky: Homography Estimation, master's essay, Vancouver, The University of British Columbia, 2009. Dostupné z: https://www.cs.ubc.ca/grads/resources/thesis/May09/Dubrofsky_Elan.pdf

[38] ALBI Česká republika a.s., „*Osadníci z Katanu*“ [online]. 2015, [cit. 2015-12-21]. Dostupné z: <http://www.albi.cz/hry-a-zabava/osadnici-z-katanu/>

[39] LeapMotion Inc. „*Community: Different User Hand*“ [online]. 2016, [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <https://community.leapmotion.com/t/different-user-hand/4955>

- [40] Doxygen. „*Doxygen: Generate documentation from source code*“. 2015, [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.stack.nl/~dimitri/doxygen/>
- [41] Unity Technologies. „*Create and connect with Unity*“ [online]. 2016, [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <https://unity3d.com>
- [42] The GIMP Team. „*GIMP – GNU Image Manipulator Program*“ [online]. 2015, [cit. 2016-1-9]. Dostupné z: <https://www.gimp.org/>
- [43] Unity Technologies. „*Unity5 Beta : WebGL + Unity WebSockets plug-in*“ [online]. 2016, [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://forum.unity3d.com/threads/unity5-beta-webgl-unity-websockets-plug-in.277567/>
- [44] Unity Technologies. „*SimpleJSON*“ [online]. 2016, [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://wiki.unity3d.com/index.php/SimpleJSON>
- [45] MOLICH, Rolf, Ann Damgaard THOMSEN, Barbara KARYUKINA, Lars SCHMIDT, Meghan EDE, Wilma VAN OEL a Meeta ARCURI. Comparative evaluation of usability tests. In: *CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI '99* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 1999, s. 83- [cit. 2016-05-07]. DOI: 10.1145/632716.632768. ISBN 1581131585. Dostupné z: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=632716.632768>

Seznam příloh

- Příloha 1. Návrhy rozhraní hry
- Příloha 2. Testovací scénáře
- Příloha 3. Kvalitativní dotazník
- Příloha 4. Tabulky a grafy
- Příloha 5. Plakát ke hře
- Příloha 6. CD/DVD

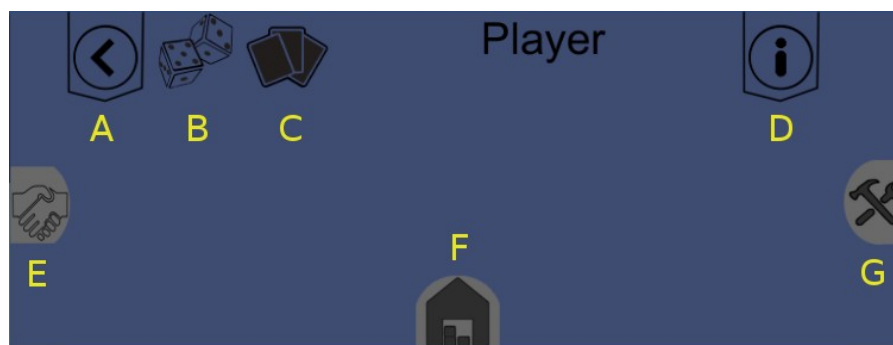
Příloha 1: Návrhy rozhraní hry



Obrázek 33: Hrací plocha prototypu



Obrázek 34: Hlavní plocha přepracovaného prototypu



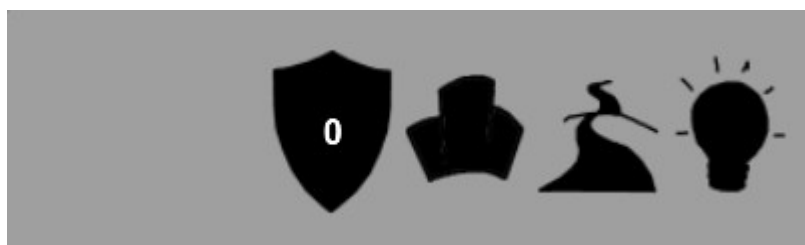
Obrázek 35: Hlavní panel prototypu - ukončení tahu (A), hod kostkou (B), přepnutí panelu F (C), zobrazení nápovědy (D), obchodovací panel (E), panel surovin/karet (F), panel se stavbami (G)



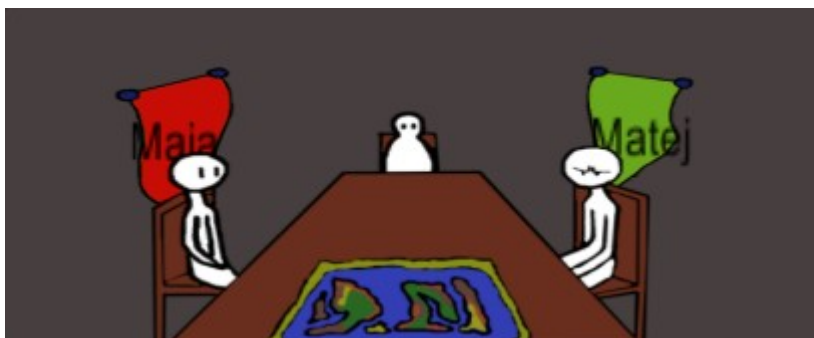
Obrázek 36: Panel staveb, kde má hráč pro stavbu vesnice dostatek surovin



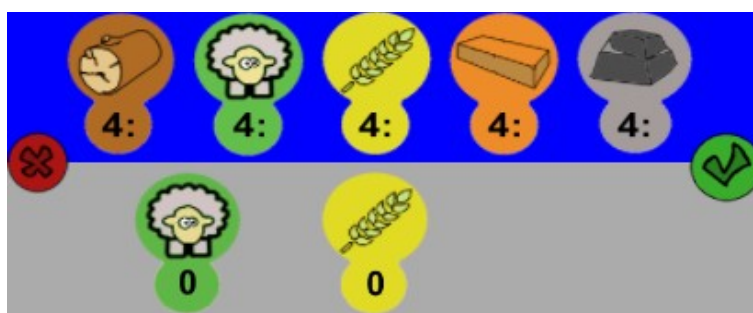
Obrázek 37: Panel karet s aktivními kartami



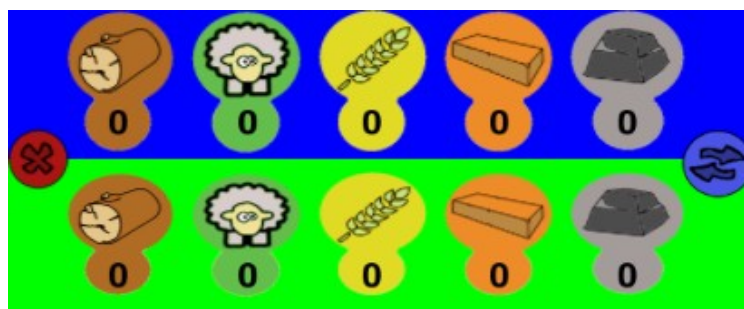
Obrázek 38: Panel karet s neaktivními kartami a zobrazeným počtem Rytířů



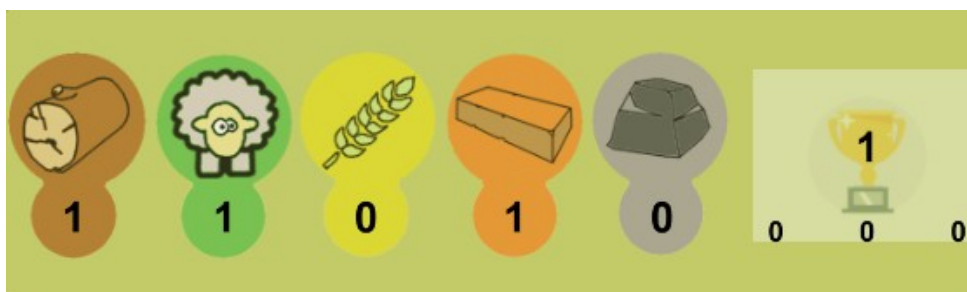
Obrázek 39: Výběr oponenta pro obchodování



Obrázek 40: Modrý hráč vyměňuje se zámořím (bankou) vlnu za obilí



Obrázek 41: Modrý hráč navrhuje obchod se zeleným hráčem.



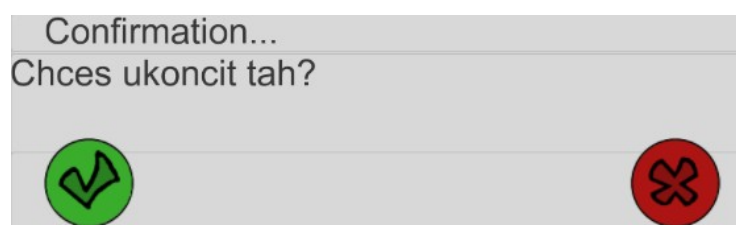
Obrázek 42: Hráčův panel se surovinami a jedním výherním bodem.



Obrázek 43: Původní vyskakovací okno pro odstranění poloviny karet



Obrázek 44: Dialog monopolu a nová tlačítka pro dialogy s hráčem



Obrázek 45: Potvrzovací dialog při ukončení tahu.



Obrázek 46: Panel informací, kde hráč vybírá které informace si chce zobrazit



Obrázek 47: Informace ke stavebním nákladům ve hře

Příloha 2: Testovací scénáře

Číslo scénáře	Název scénáře	Krok scénáře			Poznámka
		Typ gesta	Název tlačítka	Parametr	
1	Help	AUTENTIZATION	-	0	Inicializace
		GAME_INFO	InfoBtn		
		FINGER_CLICK	Rules	2	
		AUTENTIZATION	-	1	Předpokládaná
		EXT	TurnBtn		
2	Buildings	AUTENTIZATION	-	0	
		SWIPE	BuildsBtn	3	Swipe.Left
		FINGER_CLICK	Road	2	
		TOUCH	Node	1	1.bod cesty
		TOUCH	Node	2	2.bod cesty
		SWIPE	BuildsBtn	3	Swipe.Left
		FINGER_CLICK	Village	1	
		TOUCH	Node	3	
		EXT	TurnBtn		
		CONFIRM	YES		
3	BankBussiness	AUTENTIZATION	-	0	
		SWIPE	BussinessBtn	1	Swipe.Right
		FINGER_CLICK	BankBtn	4	
		FINGER_CLICK	WoodPanel	1	
		FINGER_CLICK	CornPanel	3	
		FOCUS_CHANGE	-		Pouze pro gesta
		FINGER_CLICK	Wood		
		FINGER_CLICK	Wood		
		FINGER_CLICK	Wood		
		FINGER_CLICK	Wood		
		CONFIRM	ConfirmBtn		
		FINGER_CLICK	IronPanel	5	
		FINGER_CLICK	ClayPanel	4	
		FOCUS_CHANGE	-		Pouze pro gesta
		TOUCH	Iron		
		TOUCH	Iron		
		CONFIRM	ConfirmBtn		
		SWIPE	BussinessBtn	3	Swipe.Left
		EXT	TurnBtn		
4	CheckStock	AUTENTIZATION	-	0	
		STOCK_START	StockBtn		
		STOCK_END	StockBtn		
5	UseKnight	AUTENTIZATION	-	0	
		SWIPE	CardsBtn	0	Swipe.Up
		FINGER_CLICK	KnightCard	2	
		TOUCH	Field	5	Odebrání zloděje
		TOUCH	Field	6	Přidání zloděje

Příloha 3: Kvalitativní dotazník

1. Ovládala se Vám hra jednoduše pomocí gest?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

2. Reagoval Leap Motion přesně na Vaše doteky?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

3. Ovládala se Vám hra dobře gesty?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

4. Byla gesta dostatečně jednoduchá a zapamatovatelná?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

5. Doporučil/a by jste hru svým blízkým?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

6. Líbila by se Vám hra po grafické stránce?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

7. Přijde Vám technologie Leap Motionu zajímavá?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

8. Hrajete rád/a deskové hry?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

9. Upřednostnil/a by jste originální hru před touto?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

10. Bavilo by Vás hrát deskové hry v moderním kabátu?

	1	2	3	4	
Ano	☐	☐	☐	☐	Ne

11. Prostor pro Vaše poznámky: textové pole (nepovinná odpověď)

Příloha 4: Tabulky a grafy

Tabulka 1: Průměrné hodnoty scénářů testovaných uživatelů

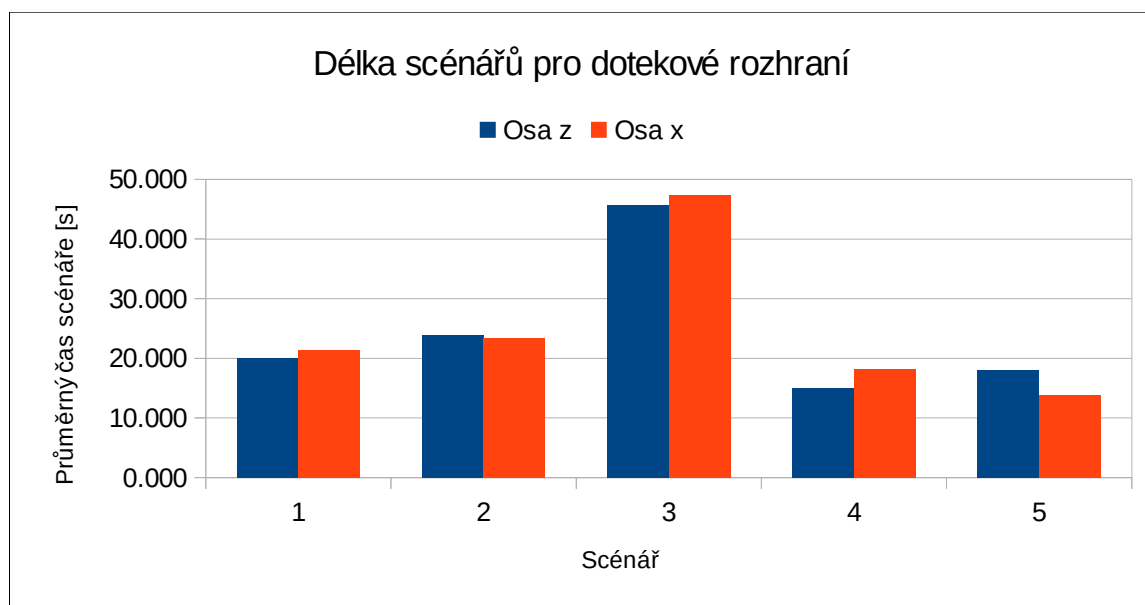
Scénář	Doteky			Gesta		
	Čas [s]	Autentizace	Chybovost [chyb/krok]	Čas [s]	Autentizace	Chybovost [chyb/krok]
1	59.542	1.600	2.000	110.431	3.167	53.167
2	69.876	4.857	3.143	126.945	2.667	2.233
3	63.339	1.667	0.776	201.393	4.600	0.744
4	51.363	3.000	6.600	16.496	1.500	0.583
5	38.873	1.143	1.857	70.975	2.200	2.750

Tabulka 2: Hodnoty získané z dotazníku

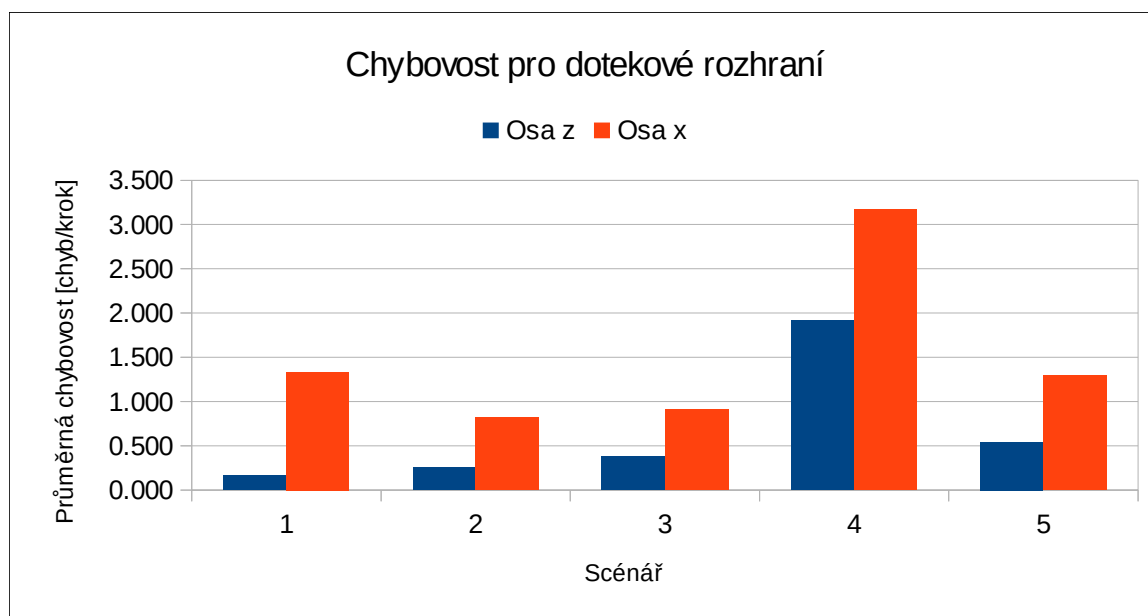
Uživatel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ovládala se Vám hra jednoduše pomocí doteků?	2	3	2	2	1	2	2	3	4	2
Reagoval Leap Motion přesně na Vaše doteky?	3	3	2	3	2	1	2	3	3	3
Ovládala se Vám hra jednoduše gesty?	2	3	4	3	2	2	3	3	4	3
Byla gesta dostatečně jednoduchá a zapamatovatelná?	2	1	1	2	2	1	3	2	2	1
Doporučil/a byste hru svým blízkým?	3	2	2	1	1	1	2	1	4	1
Líbila se Vám hra po grafické stránce?	2	1	1	2	1	1	1	1	3	1
Přijde Vám technologie Leap Motionu zajímavá?	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
Hrajete rád/a deskové hry?	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2
Upřednostnil/a byste originální hru před touto?	3	2	2	2	2	2	2	3	2	3
Bavilo by Vás hrát deskové hry v moderním kabátu?	2	2	1	2	1	1	1	3	2	1

Tabulka 3: Průměrné hodnoty pro dotekové rozhraní

Scénář	Průměrný čas [s]		Průměrný počet autentizací		Průměrná chybovost [chyb/krok scénáře]	
	Osa z	Osa x	Osa z	Osa x	Osa z	Osa x
1	20.043	21.350	1.167	16.833	0.167	3.300
2	23.838	23.319	1.167	7.333	0.233	0.733
3	45.627	47.426	1.500	13.000	0.360	0.860
4	15.019	18.155	1.500	6.833	0.958	2.111
5	18.049	13.847	1.167	5.667	0.500	1.033



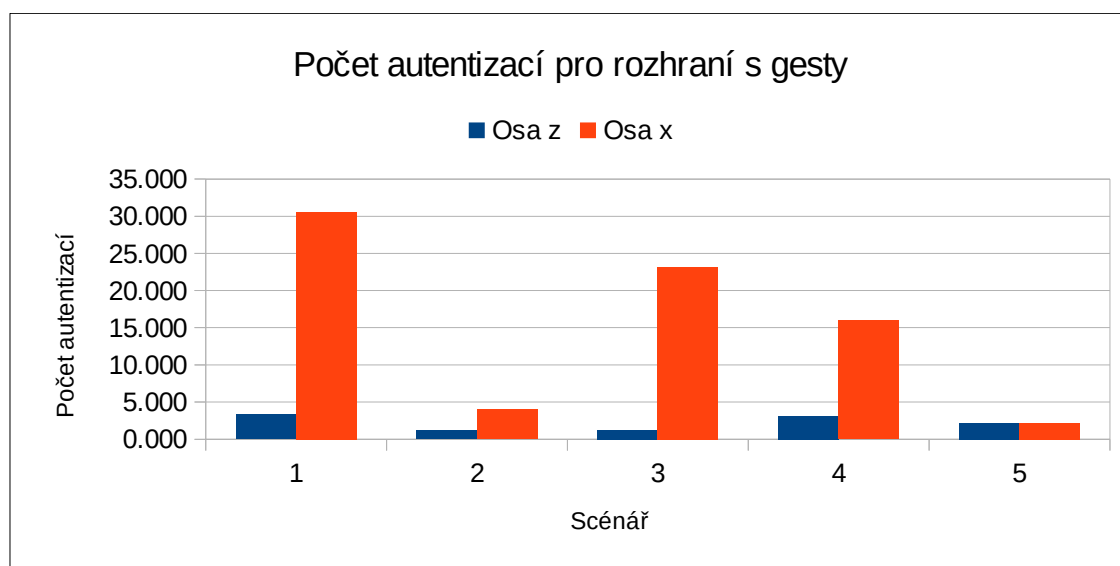
Graf 8: Porovnání průměrné doby scénářů v dotekovém rozhraní



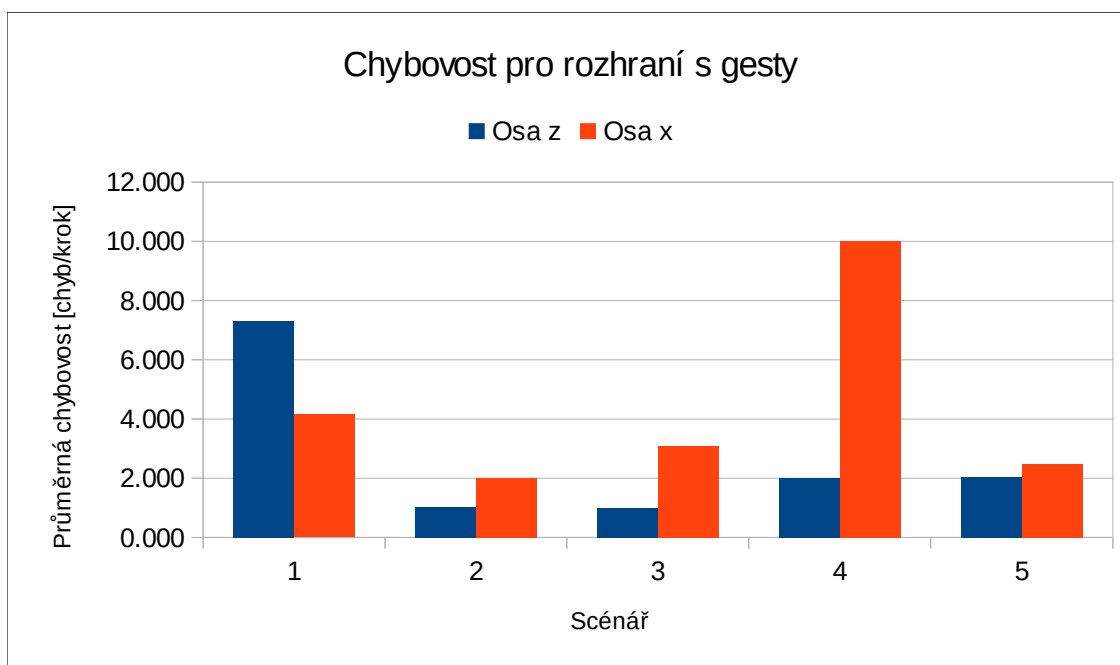
Graf 9: Porovnání průměrné chybovosti pro dotekové rozhraní

Tabulka 4: Průměrné hodnoty pro rozhraní s gesty

Scénář	Průměrný čas [s]		Průměrný počet autentizací		Průměrná chybovost [chyb/krok scénáře]	
	Osa z	Osa x	Osa z	Osa x	Osa z	Osa x
1	51.670	174.315	3.429	30.600	14.536	4.150
2	45.882	45.926	1.167	4.000	1.017	2.016
3	94.631	163.972	1.286	23.200	0.985	3.078
4	16.629	49.476	3.100	16.000	2.000	10.000
5	24.202	27.320	2.143	2.143	2.028	2.464



Graf 10: Porovnání průměrného počtu autentizací pro rozhraní s gesty



Graf 11: Porovnání průměrné chybovosti pro rozhraní s gesty

Příloha 5: Plakát ke hře

