

Mendelova univerzita v Brně
Provozně ekonomická fakulta

Hra založená na rozšířené realitě pro platformu iOS

Bakalářská práce

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

Aleš Kocur

Brno 2015

Rád bych poděkoval..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Hra založená na rozšířené realitě pro platformu iOS**

vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 29. dubna 2015

.....

Abstrakt

Tato práce se zabývá rozšířenou realitou a jejím využitím ve hrách na platformě iOS. Zkoumá aktuální přístupy her, které rozšířenou realitu využívají. Práce se zabývá jejich koncepty interakce a přidaných hodnot oproti běžným počítačovým hrám. Dále jsou představeny frameworky nabízející práci s rozšířenou realitou na mobilní platformě iOS a jejich srovnání na základě vhodnosti pro tvorbu hry. Poslední částí práce je návrh vlastní hry a následná implementace s použitím nejlépe ohodnoceného frameworku.

Abstract

EN abstract

Obsah

1	Úvod a cíl práce	11
1.1	Úvod	11
1.2	Cíl práce	11
2	Rozšířená realita	12
2.1	Metody vizuálního sledování	12
3	Využití rozšířené reality, koncepty využití ve hrách	15
3.1	Interakce se zařízením	15
3.2	Interakce s herní deskou	16
3.3	Smíšená interakce	17
4	Framework	19
4.1	Kritéria hodnocení	19
4.2	Přehled frameworků	19
5	Metodika	22
5.1	Koncept hry	22
5.2	Výběr frameworku	23
5.3	Formát 3D modelů	24
5.4	Modelovací nástroj	25
6	ARCity	26
6.1	Metaio	26
6.2	Cocoapods	26
6.3	Model	26
6.4	Uživatelské rozhraní	28
6.5	Ukládání dat	33
6.6	Výpočty ukazatelů	33
7	Závěr	34
7.1	Návrhy na vylepšení	34
8	Přílohy	35
9	Reference	36

1 Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

Myšlenku rozšířené reality (angl. *Augmented reality*) nastínil již před více než sto lety americký spisovatel *Lyman Frank Baum* (BAUM, 1901), ale až v posledních letech s nástupem mobilních technologií získává na svém potencionálu více než kdy předtím. Mobilní technologie a přenositelná zařízení nám umožňují pomocí senzorů snímat realitu a obohacovat ji o uměle vytvořené prvky. Toho se dá využít v celé škále odvětví jako je zábavní průmysl, medicína, marketing, vzdělávání, navigace, sport a mnoho dalšího. Mobilní zařízení jsou v současné době nejrychleji rostoucím odvětvím (GSMA Mobile Economy, 2015), jejich hardwarové konfigurace zajišťují prostředky pro bezproblémové vykreslování detailních modelů i chod herního enginu. Mnohé firmy vidí v AR a VR (Virtual reality) budoucnost hraní a proto investují do jejich výzkumu (The Guardian, 2015). Tato práce se zabývá aplikací rozšířené reality v zábavním průmyslu, konkrétně hrami.

1.2 Cíl práce

Cílem práce je prozkoumat možnosti her v rozšířené realitě na mobilní platformě iOS a vytvořit hru, která bude rozšířené reality využívat jako obohacujícího prvku pro hráče. Prvním a zároveň velmi důležitým krokem je zvolení správného frameworku na základě výše uvedených kritérií. Poté je potřeba důkladně navrhnout herní systém a jak a do jaké míry se bude hra odehrávat v rozšířené realitě. Dalším krokem bude zaopatření grafických podkladů a modelů pro hru a poslední krok spočívá v samotné implementaci.

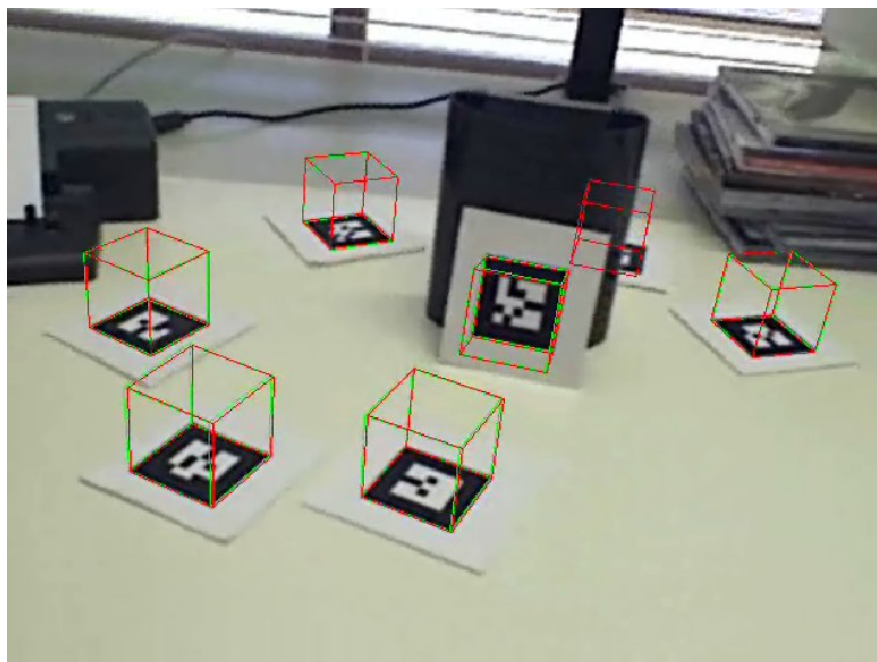
2 Rozšířená realita

Rozšířenou realitou (angl. *Augmented reality*) je označováno zobrazování digitálních objektů (3D modelů, 2D obrazů) v reálném světě. Tohoto efektu lze dosáhnout pomocí tzv. okna, které nám sdružuje reálné prostředí s virtuálním. Může se jednat o jakoukoliv formu displaye od mobilního telefonu, až po sofistikované nástroje, jako jsou speciální brýle (např. *Google Glass*). Digitálním objektům je možné pomocí různých technik analýzy obrazu specifikovat pozici, natočení a velikost. Metody vizuálního sledování lze rozdělit do třech základních kategorií (Klein, 2012).

2.1 Metody vizuálního sledování

Marker tracking

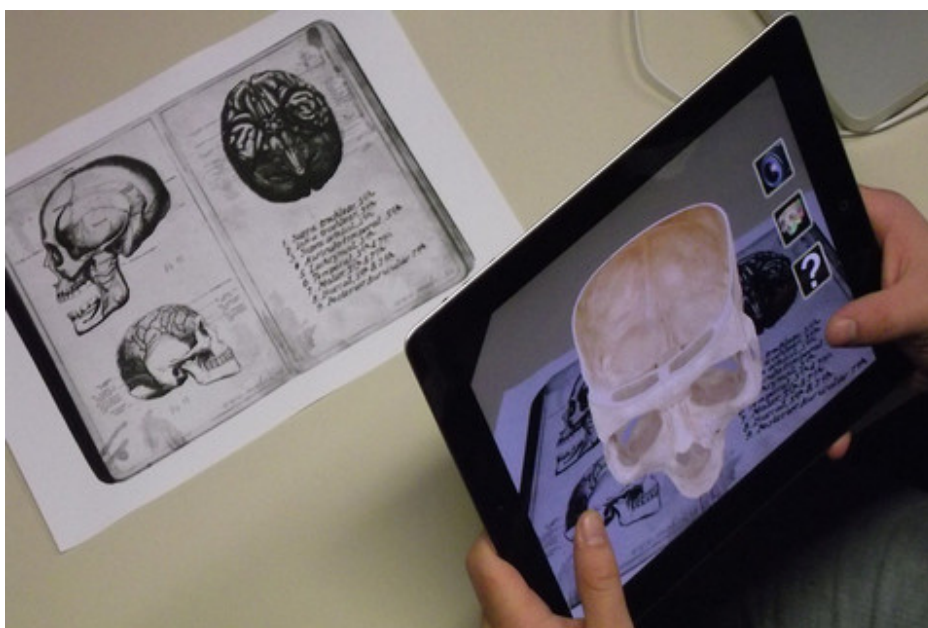
Jedním z nejjednodušších a také nejspolehlivějších rozpoznávacích technik postavení objektů je *Marker Tracking*. Jedná se většinou o černobílé čtvercové *QR kódy*, které uchovávají informaci o svém identifikačním čísle, orámované černým okrajem o pevné velikosti. Na základě přečteného identifikátoru lze přiřazovat jednotlivým markerům různé objekty. Černé rámování slouží k analýze vzdálenosti od markeru, jeho natočení a velikost. Tato metoda je velmi efektivní, analýza takového markeru na zařízení *iPhone 5* s frameworkem *Metaio* v obrazu zabere průměrně 4,3 ms (na základě vlastního měření). Další výhodou této metody je možnost definice velkého množství markerů s různým identifikátorem a na každém identifikátoru pak lze zobrazovat odlišné objekty.



Obrázek 1: Marker tracking

Markerless tracking

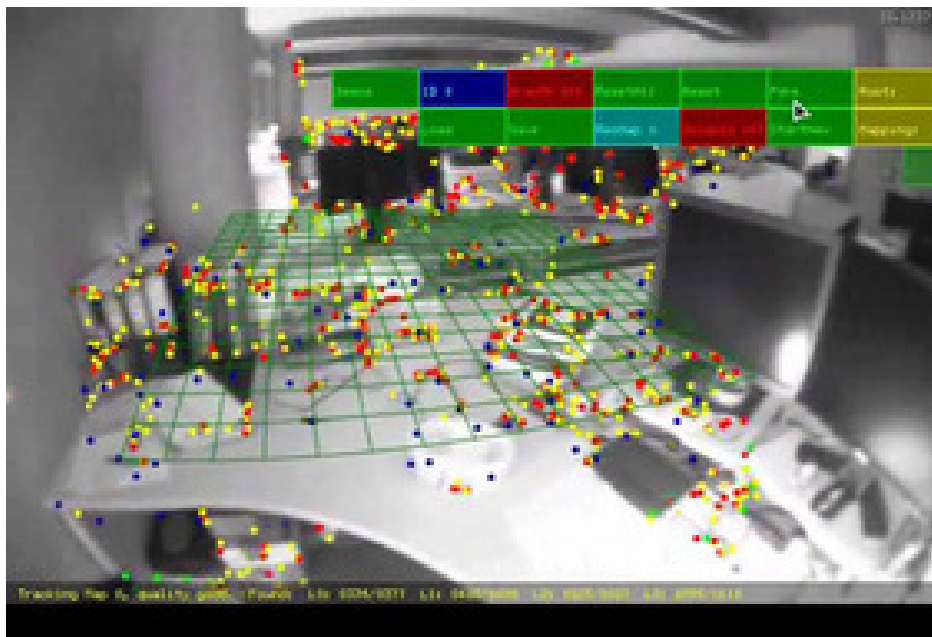
Další možností jak umisťovat objekty do rozšířené reality je pomocí tzv. *Markerless trackingu*. Jedná se o princip podobný Marker trackingu s tím rozdílem, že namísto markerů jsou použity libovolné obrazy. Při analýze je pak potřeba vlastnit digitální předlohu takového obrazu a vyhledávat jej ve snímané realitě. Na základě porovnání natočení obrazu ve snímané realitě a předlohy je zjištěna aktuální vzdálenost od objektu, velikost a natočení. Z důvodu zrychlení je v průběhu snímání porovnáván vzor z posledního sejmutého frame. Tento princip analýzy může být pomalejší zvláště při špatných světelných podmínkách (Springer Science, 2011).



Obrázek 2: Markerless tracking

Sledování neznámých prostředí

Umisťovat virtuální objekty do snímané reality lze i bez známých vzorů a to pomocí detekce hran na základě pohybu kamery. Nejrozšířenější systémy takovéto analýzy jsou *SLAM* (*Simultaneous localization and mapping*) a jeho vylepšení *PTAM* (*Parallel Tracking and Mapping*). *PTAM* je vyvíjen *Active Vision Laboratory* na *University of Oxford* a od roku 2014 volně dostupný pod licencí *GNU GPLv3*. Tento systém dokáže analyzovat plochy a hrany v obrazu a na základě těchto informací pak vykreslovat správně umístěné a natočené virtuální objekty. Tyto systémy mají uplatnění mimo jiné také při navigaci autopilotovaného vozidla, vesmírných vozů a podobně.



Obrázek 3: SLAM: Simultaneous localization and mapping

3 Využití rozšířené reality, koncepty využité ve hrách

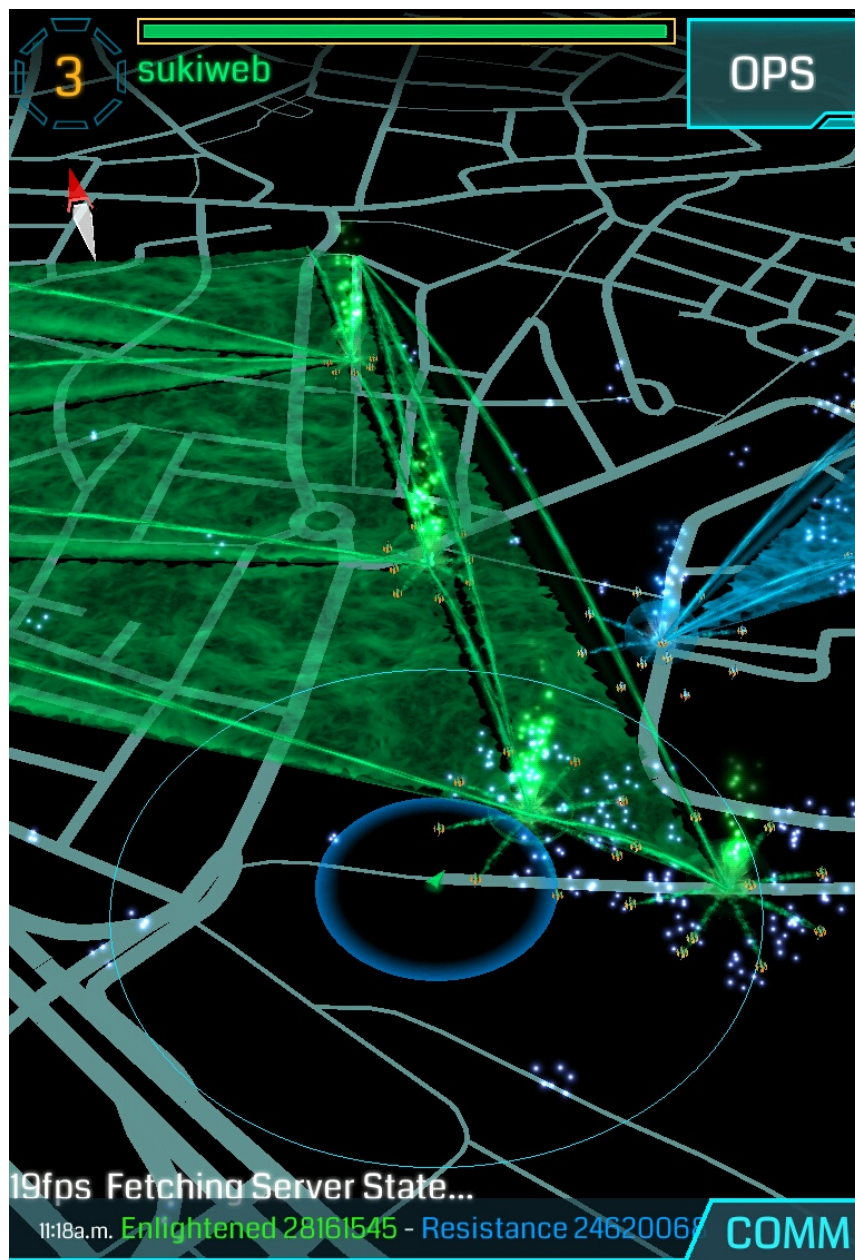
Rozšířená realita nabývá s vývojem stále výkonnější mobilních telefonů na atraktivitě a rozšiřuje se i v komerční sféře. Mobilní aplikace dokáží interagovat s realitou např. přehráváním trailerů k filmům nad jeho plakátem, vizualizovat návrhy staveb nad prospekty nebo vizualizovat učební materiál v interaktivních učebnicích. Využití rozšířené reality je nespočetné a s přibývajícím dostupností technologií roste i počet nápadů na její uplatnění. Velké oblibě se těší zejména ve hrách, kde využívá prostředí hráče jako herní plochu a mobilní telefon jako okno do rozšířené reality.

3.1 Interakce se zařízením

Tento koncept je postaven na principu interakce hráče pouze se zařízením. Hráč vůbec nemanipuluje ani neinteraguje s prvky herního pole. Tento koncept je vhodný pro zejména pro typy her ve kterých nepotřebujeme pohybovat s objekty a je charakteristický pro mapově (geolokačně) založené hry – objekty jsou umísťovány do reálného světa s koordinátami. Typickým představitelem takového konceptu je hra *Ingress*.

Ingress

Masově multiplayerová online hra vyvíjená startupem *Niantics Labs*, kterou zajišťuje *Google*, dostupná pro *iOS* i *Android*. Celá hra má v pozadí příběh o „Exotické hmotě“ (*Exotic Matter*), která byla objevena vědci z *CERNu*, a je to zárodek mimozemského druhu zvaného Shapers. Osvícení (*The Enlightened*), jedna ze dvou frakcí, věří, že toto je úsvit nového věku. Druhá frakce, Rezistence (*The Resistance*) naopak bojuje proti těmto mimozemským silám. Hra spočívá ve vytváření frakčních portálů na různých místech, zejména na městských památkách, veřejných budovách a podobně. Hráči chodí s telefony po městě a vytvářením takovýchto portálů přivlastňují daná území své frakci. Mohou také stavět obranné prvky a bránit tak tyto portály před napadením frakce druhé. Zobrazování rozšířené reality je zjednodušené, pouze černé pozadí s obrysy některých budov. Hra se tedy více než na rozšířenou realitu zaměřuje na příběh a rozšířená realita zde slouží pouze jako část celé hry. Více informací lze získat na oficiálních webových stránkách hry www.ingress.com (Niantics Labs, 2015).



Obrázek 4: Screenshot ze hry Ingress

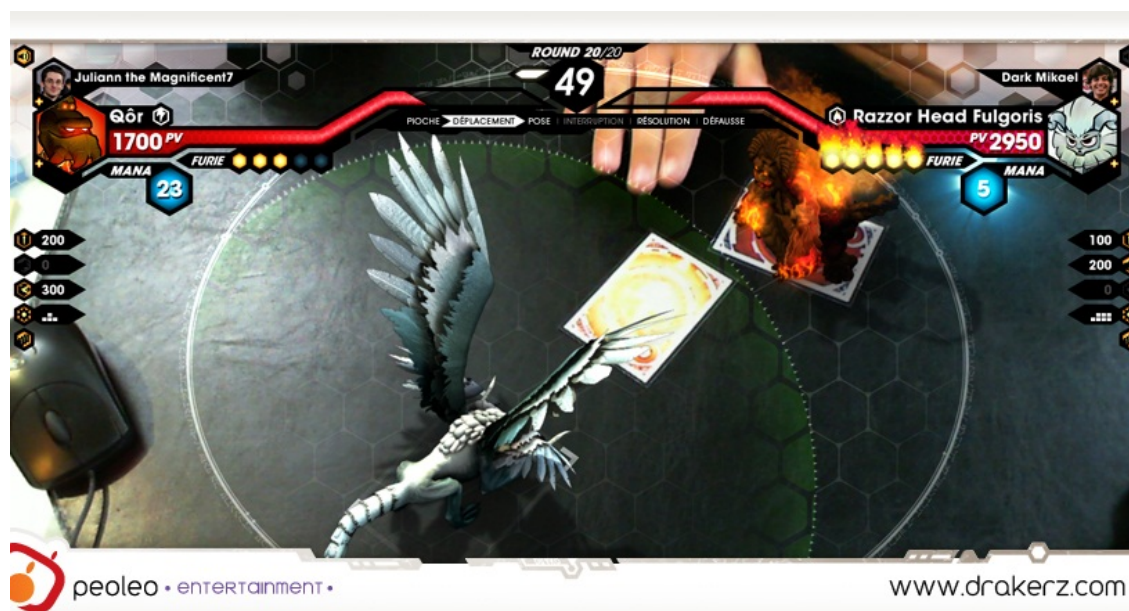
3.2 Interakce s herní deskou

Dalším konceptem je interakce s herní deskou, kdy hráč interaguje pomocí gest nebo stisknutím virtuálních tlačítek na desce. Tento koncept štěpí interakční část a zobrazovací (hráč manipuluje s prvky na desce, ale výsledek vidí pouze přes zařízení) a pro uživatele může být v případech mobilního telefonu obzvlášť nepříjemný na ovládání, více vhodný je například na brýle. Z tohoto důvodu je také tento koncept v mobilních hrách téměř nepoužívaný. Mezi hry využívající tohoto přístupu jsou

pověštinou hry původem deskové či karetní a rozšířenou realitu zde využívají spíše pro zvýšení intenzity zážitku ze hry vizualizací procesů, které si jinak člověk musí pouze představovat.

Drakerz Confrontation

Karetní hra vyvíjená od roku 2010 francouzskou firmou *Peoleo* s první alpha verzí vydanou roku 2013 ve Francii (Venture Beat, 2014). Dnes je hra dostupná pouze pro PC a nejsou žádné informace, zda dorazí v budoucnu i na mobilní platformy. *Drakerz Confrontation* hráči mají karty s různými typy draků s různými vlastnostmi a schopnostmi. Hra využívá rozšířené reality k vizualizaci draků nad kartami položenými na stole. Ke hraní je potřeba vlastnit kameru připojitelnou k PC, na kterém se pak vizualizace zobrazují. Vizualizované jsou jak pohyby draků po herní ploše, tak např. boje i prostoje. Více informací lze nalézt na oficiálních stránkách hry www.drakerz.com (Peoleo, 2015), kde je také možné zakoupit karty nebo hru stáhnout.



Obrázek 5: Screenshot ze hry Drakerz Confrontation

3.3 Smíšená interakce

Tento koncept kombinuje předchozí dva uvedené. Hráč v tomto případě primárně používá zařízení, ale má i možnost ovládat herní prvky v reálném prostředí na herní desce. Typickým příkladem smíšené interakce je hra *ARHrrrr!*.

ARHrrrr!

Jednou z populárních her je hra *ARhrrrr!* z dílny *Georgia Tech Augmented Environments Lab*, která využívá vytištěné hrací plochy k vizualizaci části města (Markerless tracking), kterou napadají zombie a hráč v roli snipera v helikoptéře se pohybuje nad hrací plochou a střílí. Tento koncept herní plochy kombinované s interakcí pomocí mobilního zařízení využívá většina her a to z důvodu zachování veškeré uživatelské interakce na jednom místě, na zařízení. Hra je obohacena o různé doplňky, například položením bonbónu *Skittles* na herní plochu vznikne nášlapná mina, kterou můžeme kliknutím na ni odjistit (příklad interakce s herní plochou). Různé barvy bonbónů mají navíc různé funkce.



Obrázek 6: Screenshot ze hry ARhrrrr!

4 Framework

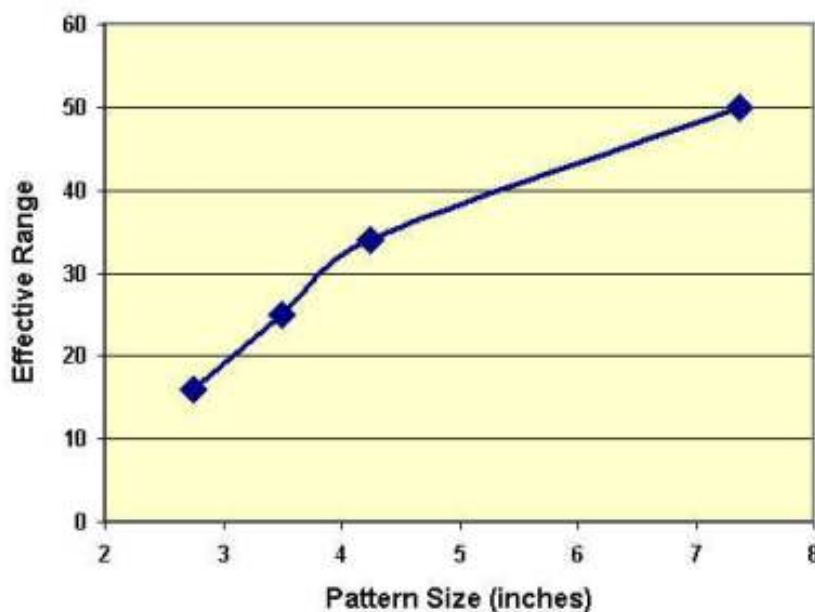
4.1 Kritéria hodnocení

Kritéria hodnocení se odvíjí od náročnosti požadavků na aplikaci, v tomto případě hra. Je tedy důležité, aby framework uměl dobře pracovat s 3D modely a provádět animace, aby hra byla zajímavá. Dalším aspektem je rychlost závislá na počtu zobrazovaných objektů a posledním neméně důležitým faktorem jsou licenční podmínky pro používání.

4.2 Přehled frameworků

ARToolkit

ARToolkit byl původně vyvinut *Hirokazu Katou* na *Nara Institute of Science and Technology* v roce 1999. Nyní je udržován *The Human Interface Technology Lab* na *University of Washington* jako open source projekt s komerčním licencem od *ARToolWork*. Tento framework je dostupný pro všechny majoritní platformy (*Windows*, *Linux*, *OS X*, *SGI*) s různými porty pro mobilní operační systémy (*iOS*, *Android*). Mobilní verze tohoto frameworku portují již konkrétní firmy a vydávají jako vlastní produkt, nejsou tedy volně dostupné – nepodařilo se sestavit testovací projekt pro tento framework a benchmarky uvedené v dokumentaci jsou velmi nepřesně specifikované (chybí specifikace hardwaru, na kterém byly tyto měření prováděny).

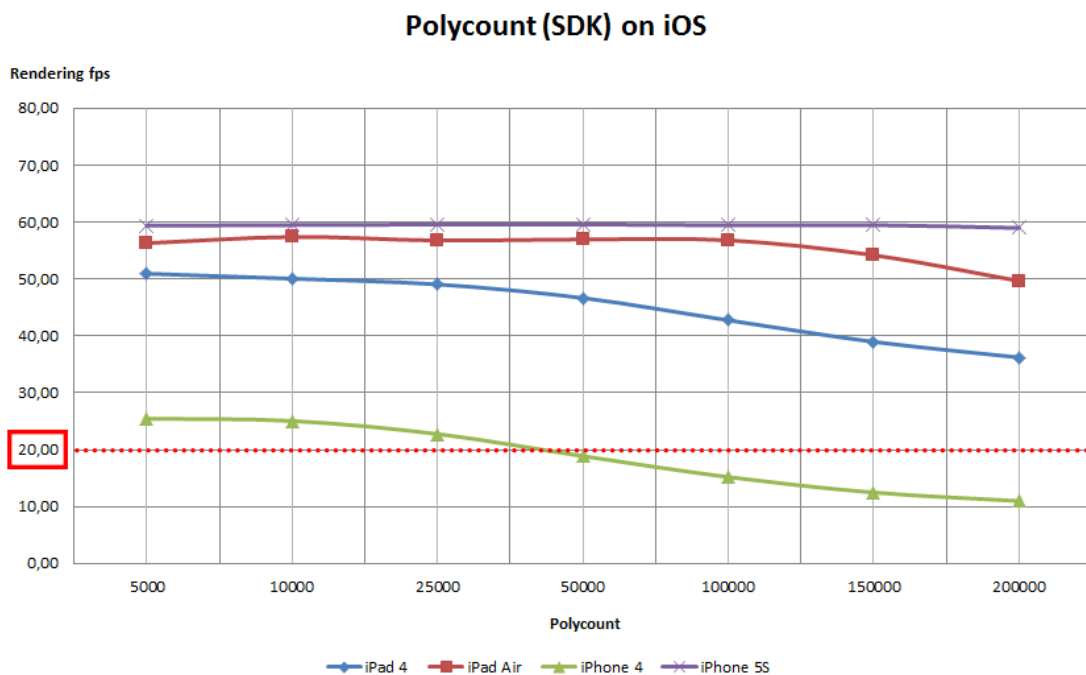


Obrázek 7: Chyba sledování závislá na velikosti markeru

Mezi hlavní funkce frameworku patří kamerově pozicované a orientované sledování, sledování černých čtverců s možností definice vlastních typů, jednoduchá kalibrace kamer (HITLab, 2015). Podpora vykreslování modelů je pouze nízkoúrovňová, lze renderovat objekty pomocí *OpenGL*. Většinou je využit v projektech jako část komplexního toolkitu pro práci s rozšířenou realitou např. *OSGART* (kombinace *ARToolKit* a *OpenSceneGraph*) (HITLab NZ, 2015) nebo *ARToolKit-Plus* (rozšířená verze *ARToolKitu*, vývoj ukončen roku 2006) (WAGNER, SCHMALSTIEG, 2007).

Metaio

Metaio je multiplatformní framework který vyvíjí stejnojmenná německá firma od roku 2003. Mezi produkty *Metaio* najdeme framework pro rozšířenou realitu na všechny majoritní platformy a také sadu aplikačních nástrojů specializující se na usnadnění práce i samotný vývoj bez programování. *Metaio* pro *iOS* je dostupné jako *C++* framework. Dokumentace uvádí měření, ukazující udržení výkonu vykreslování 60 snímků za vteřinu (FPS) při 200 000 polygonech na *iPhone 5S*.



Obrázek 8: Rychlost vykreslování (v FPS) pro jednotlivé iOS zařízení závislé na počtu vykreslovaných polygonů

Také byl vytvořen testovací projekt, jehož jediným úkolem bylo rozeznávat 20 různých markerů. Na tomto projektu pak byly provedeny zkoušky rychlosti nalezení markeru v obrazu. Test byl prováděn na zařízení *iPhone 5* (model A1429) firmy *Apple*. Z výsledných hodnot byl vypočítán průměr 4,31 ms.

Metaio SDK dokáže pracovat s modely ve formátech *OBJ*, *MD2* a *FBX* a podporuje také jejich animace. Pod podmínkou vodoznaku a nemožnosti publikovat aplikaci na *AppStore* nabízí volnou licenci na všechny verze svého frameworku.

Qualcomm Vuforia

Jedná se o poměrně nový framework vyvíjený od roku 2011 a nabízí velké množství funkcí. Jako hlavní lze uvést tzv. markerless recognition (možnost vykreslovat objekty nad obrázky), podporu frameworku *Unity* (framework usnadňující vývoj 3D her) nebo takzvané virtuální tlačítka (*Virtual buttons*, tlačítka promítaná do virtuální reality a interakce s nimi). Samotný framework nabízí aplikační rozhraní pro *C++*, *Javu*, *Objective-C* a *.NET*, což významným způsobem usnadňuje portace aplikace na různé platformy. Široké spektrum funkcí se odráží na licenčních podmínkách frameworku, u neplacených licencí je omezen počet rozpoznávaných objektů (pozn. v průběhu tvorby této práce byly změněny licenční podmínky a framework je dostupný zdarma s vodoznakem a nemožností publikovat aplikaci). Velkým mínusem je stejně jako v případě *ARToolKitu* pouze nízkoúrovňová podpora vykreslování objektů pomocí *OpenGL*. Pro podporu zobrazování modelů ve formátech např. *OBJ*, *FBX* a podobně je potřeba využít nějaké další pomocné knihovny (Qualcomm, 2015).

Augmented kit

Framework psaný čistě pro platformu *iOS* a tedy v *Objective-C*. Vyniká jednoduchým API a dobrou dokumentací. Nabízí pouze základní služby vykreslování objektů na markerech, či GPS souřadnic a gyroskopu. Framework je vyvíjen teprve od roku 2012 firmou *Luteg Software Technologies* a to se projevuje velmi malou vývojářskou základnou. Na druhou stranu má přívětivé licenční podmínky, kdy poskytuje volnou licenci pod podmínkou vodoznaku a nemožnosti aplikaci publikovat na *AppStore*.

5 Metodika

Pro zvolení správných technologií je nutné jako první navrhnout konceptuální model celé hry. Na základě tohoto modelu je pak potřeba zvolit technologie tak, abychom dosáhli daných kritérií. Konkrétně se jedná o volbu frameworku, 3D formátu pro modely a modelovací nástroj.

5.1 Koncept hry

Základní koncept hry spočívá v budování města – budov – a řízení ekonomiky tohoto města – od toho znikl název ARCity – ovlivňováním ekonomických parametrů (DPH, počet volných pracovních míst, obyvatelné parcely). Hra se je vizualizována na hrací desce o rozměrech 5x5 markerů. Každý marker představuje parcelu pro vytvoření takzvané zóny. Základní surovinou pro řízení hry jsou peníze. Základními ukazateli jsou pak spokojenost a počet obyvatel. Za peníze může hráč nechat na prázdných parcelách vystavět specifické zóny. Základní typy zón jsou čtyři – obytná zóna, průmyslová zóna, obchodní zóna a kulturní zóna. Každá z těchto zón může ovlivňovat ukazatele, přinášet suroviny (peníze) nebo naopak spotřebovávat. Uprostřed města je již od počátku hry postavena radnice, která slouží k možnosti za určitých podmínek postoupit do vyšší úrovně. Vyšší úroveň nám pak otevírá nové možnosti jak vylepšovat zóny. Cílem hry je postavit město na nejvyšší úrovni.

Na začátku hry je hráči dovoleno stavět pouze základní zóny bez možnosti je vylepšit. Hráč může takovéto vylepšení odemknout získáním vyšší městské úrovně. Pro získání úrovně je potřeba splnit limity dané pro každou úroveň zvlášť, jedná se o kombinaci počtu obyvatel, jejich spokojenosti a městského rozpočtu. Po splnění těchto požadavků je hráči umožněno vylepšovat své zóny a tím dosáhnout větších profitů, obyvatel, pracovních míst a podobně.

Hra využívá marker trackingu a je spustitelná na zařízeních se systémem iOS 8 s primárním cílením pro *iPad*. Modely zón a budov jsou texturované a animované. Interakce se hrou probíhá pouze skrze mobilní zařízení, nikoliv s hrací deskou.

Obytná zóna

Slouží k navýšení maximálního počtu obyvatel, které může město ubytovat. Počet obyvatel, kteří ve městě žijí (přistěhují se nebo se odstěhují), je závislý na stavu spokojenosti a počtu pracovních míst.

Průmyslová zóna

Zaměstnává lidi ve městě – vytváří pracovní místa a generuje peníze. Snižuje však kulturu města (ukazatel spokojenosti).

Kulturní zóna

Zvyšuje spokojenost obyvatel města, ale musí být dotována z městského rozpočtu.

Obchodní zóna

Stejně jako průmyslová zóna vytváří pracovní místa, ale pouze v menším množství. Nemá však takový vliv na snižování spokojenosti uživatel. Také generuje malé množství peněz a jedná se o nejdražší zónu.

5.2 Výběr frameworku

Pro výběr frameworku byly na základě herního konceptu stanoveny tyto kritéria:

- Spustitelnost pod iOS
- Marker tracking
- Podpora 3D formátu modelů
- Animovatelnost modelů
- Volná licence / akademická licence
- Dokumentace, tutoriály

Výsledky pro tyto kritéria jednotlivých představených frameworků můžeme vidět v Tabulce 1.

Framework	ARToolKit	Metaio	Qualcomm Vuforia	Augmented kit
Podpora iOS	Částečně	Ano	Ano	Ano
Marker tracking	Ano	Ano	Ano	Ne
3D formát modelů	Ne, pouze OpenGL	OBJ, FBX, MD2	Ne, pouze OpenGL	Ne
Animace	Pouze GLUT	Ano (FBX, MD2)	Pouze GLUT	Ne
Licence	Komerční	Omezená s vodoznakem	Omezená s vodoznakem	Omezená s vodoznakem
Dokumentace/tutoriály	Ano/ne	Ano/ano	Ano/ano	Ano/pouze ukázka

Tabulka 1: Porovnání frameworků

Po porovnání výsledků byl vyhodnocen jako nejvhodnější framework Metaio, který jako jediný splňuje všechna daná kritéria.

5.3 Formát 3D modelů

Základem dobrého návrhu aplikace je správná volba technologií. Mezi ně v tomto případě patří i volba formátu pro 3D modely. Framework Metaio podporuje renderování objektů ve formátech *OBJ*, *MD2* a *FBX*. Kritérii pro výběr formátu jsou podpora exportu z *3Ds Max*, podpora animací, podpora textur.

OBJ

Otevřený formát vyvinutý firmou *Wavefront Technologies* pro přenos 3D objektů. Formát specifikuje pozice každého vertexu v objektu, UV souřadnice textury vertexu a plochy (faces) každého polygonu (Wikipedia, 2015). Obsahuje podporu textur pomocí přiložených materiálů ve formátu *MTL* (*Material Template Library*). Formát *OBJ* je standardně textový formát, může se však vyskytovat i v binární podobě. Takovýto binární soubor má pak příponu *.mod*. Formát bohužel nemá podporu animací (Paul Burke, 2015) a tím nevyhovuje v jednom ze tří bodů daných kritérií.

MD2

Formát *MD2* se stal populárním díky firmě *id Software's* (Wikipedia, 2015), která jej použila v *id Tech 2* známý jako *Quake II engine* (M.H. Williams, 2011) pro modely všech postav ve hře *Quake II* a dalších, rovněž postavených na tomto enginu. *MD2* má podporu key-frame animací a textur. *MD2* byl později nahrazen novějším formátem *MD3* (Wikipedia, 2015). Tento formát je nyní již zastaralý a nemá valnou podporu v *3Ds Maxu*, vyjma komerčního pluginu (QTIP, 2015).

FBX

Proprietární formát *FBX* (FilmBoX) je od roku 2006 vyvíjen a spravován firmou *Autodesk* (Autodesk, 2015). Firma pro užívání tohoto formátu vydala *FBX SDK*, který umožňuje zapis, čtení a konverze tohoto formátu (Autodesk, 2015). Formát podporuje animace, textury a jelikož je vyvíjen stejnou firmou jako *3Ds Max*, má v tomto softwaru i náležitou podporu pro export.

Formát	Podpora animací	Podpora textur	Podpora exportu 3Ds Max
OBJ	Ne	Ano	Ano
MD2	Ano	Ano	Pouze komerčním pluginem
FBX	Ano	Ano	Ano

Tabulka 2: Shrnutí kritérií pro formáty

Na základě daných kritérií byl zvolen za nejvhodnější formát *FBX*. Metaio sice podporuje tento formát, ale využívá k tomu utility zvané *MeshConvertor*, které je potřeba dodat *FBX* model s případnými UV mapami textur modelu.

Výsledným souborem je archiv formátu *ZIP*, který obsahuje informace o daném modelu, přiložené textury, názvy animací a metadata. Tento *ZIP* pak již lze snadno používat v *Metaio SDK*.

5.4 Modelovací nástroj

Jediné kritérium stanovené pro výběr modelovacího nástroje je podpora exportu do *FBX*. Jelikož tuto možnost mají všechny majoritní modelovací nástroje (*Autodesk 3Ds Max*, *Blender*, *Maya*, ...), rozhodl jsem se pro použití *3Ds Maxu* od firmy *Autodesk* pouze na základě předešlých znalostí prostředí tohoto programu. *Autodesk* poskytuje na své produkty akademickou licenci.

6 ARCity

Tato kapitola popisuje jednotlivé součásti hry.

6.1 Metaio

Metaio SDK je knihovna napsaná v jazyce *C++* a pro použití v *Cocoa touch* projektu, který je vyvíjen v jazyce *Objective-C* (nebo také nově ve *Swiftu*), stačí knihovnu přilinkovat do tzv. bundle. Pro použití knihoven psaných v *C++* má *Cocoa touch* speciální formát s příponou *.mm*, kterému se říká *Objective-C++*. Touto příponou dáváme překladači najevo kombinování těchto dvou jazyků v jednom souboru.

6.2 Cocoapods

Pro usnadnění připojování pomocných frameworků do projektu vznikl open source projekt s názvem *Cocoapods*. Tento tzv. dependency manager napsaný v jazyce *Ruby* má za úkol přidávat, odebírat nebo aktualizovat použité externí frameworky. Seznam frameworků je definován textovým souborem s názvem *Podfile*, jsou v něm definice zdrojů, verzí a targetu projektu, do kterých mají být frameworky přilinkovány. Veškeré frameworky použité v této hře jsou vydány pod svobodnými licencemi (většinou *MIT*).

MagicalRecord

MagicalRecord je framework, který usnadňuje práci s klasickým *Core Data* frameworkem. Zjednodušuje práci s daty zaváděním *Active record* přístupu známého zejména z *Ruby on Rails*. Konkrétně se jedná o udržování defaultních kontextů a jejich vytváření, update, mazání objektů a také jejich import. Tento framework je dostupný pod *MIT* licencí (Magical Panda Software, 2015).

TFTableDescriptor

TFTableDescriptor slouží jako pomocník při sestavování tabulek. Tabulky lze sestavit pomocí popisu speciálními třídami *TFTableDescriptor*, *TFSectionDescriptor* a *TFRowDescriptor*. Tento framework je vyvíjen firmou *The Funtasty* pod otevřenou licencí *MIT* (The Funtasty, 2015).

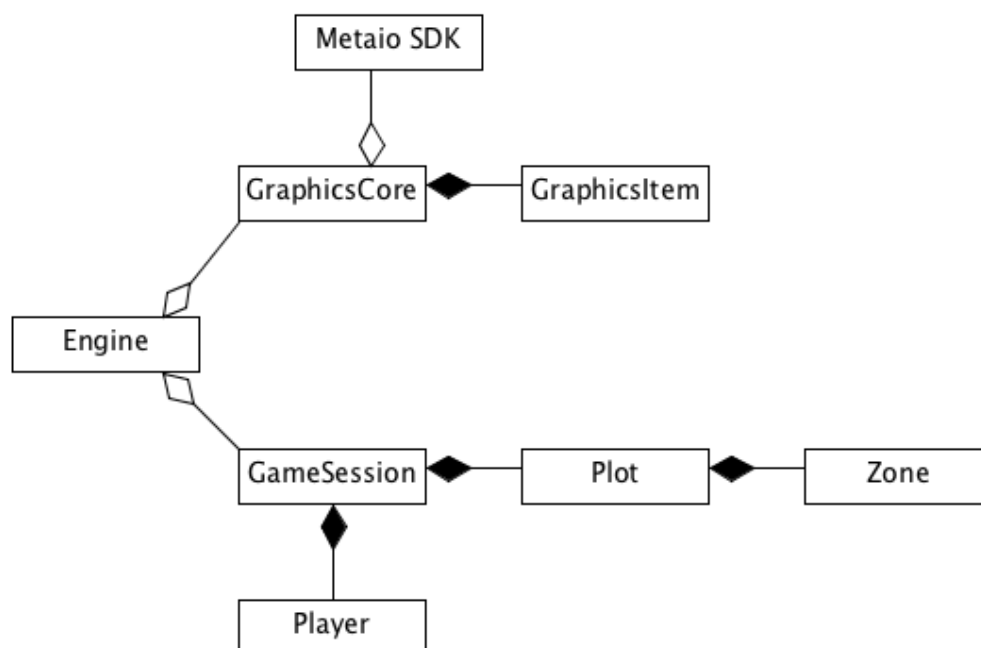
6.3 Model

Pro vývoj aplikací na platformu *iOS* se využívá takzvaného *MVC* (Model-View-Controller) přístupu. Základní model hry se skládá z těchto tříd:

- **Engine** - jádro hry, řídí celou herní logiku, obsluhuje ostatní komponenty modelu

- **GraphicsCore** - grafické jádro hry, zajišťuje vykreslování objektů na správných markerech, deleguje změny stavů, spouští animace a překládá koordináty
- **GraphicsItem** - představuje jeden vykreslovaný objekt v herní scéně, jejich vytváření je řízeno z GraphicsCore.
- **MetaioSDK** - třída frameworku Metaio, instance této třídy je držena v GraphicsCore a je pomocí ní řízeno vykreslování objektů ve scéně
- **GameSession** - uchovává informace o stavu hry, obsahuje reference na hráče a či herní plochu
- **User** - obsahuje informace o uživateli (peníze, spokojenost, ...)
- **Plot** - představuje herní parcelu, obsahuje informace o zóně a metody pro jejich vytváření a mazání
- **Zone** - jsou vytvářeny Ploty, obsahují informace na základě typu

Jak v modelu jednotlivé třídy figurují je navrženo jednoduchým UML diagramem tříd.



Obrázek 9: Jednoduchý diagram tříd

Tento návrh zajišťuje striktní oddělení herní logiky od grafického vykreslování. Pro uchování stavu hry stačí ukládat instance *GameSession* se svými kompozicemi.

Uloženou *GameSession* lze pak přiřadit *Enginu*, který dokáže na jejím základě obnovit grafický obraz hry. Grafické jádro monitoruje změny v *GameSession* přiřazené v *Enginu* a na jejich základě provádí změny viditelné části hry.

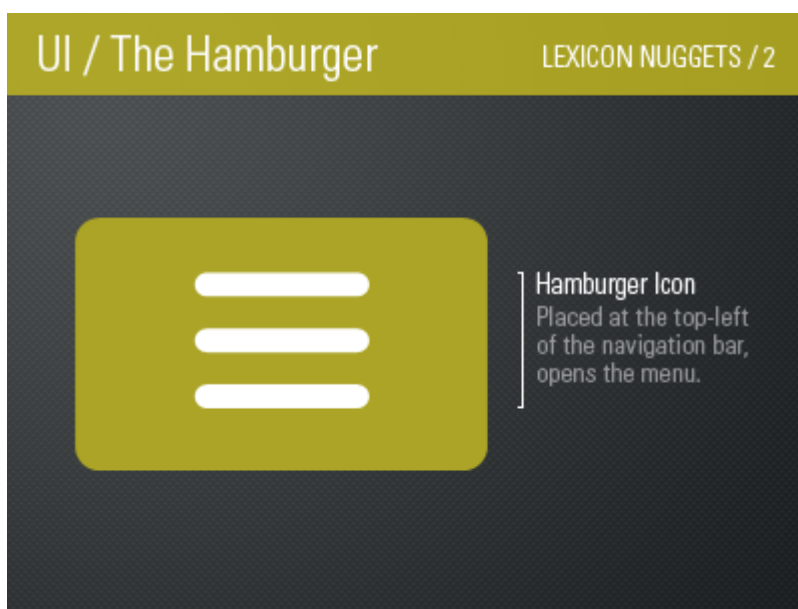
6.4 Uživatelské rozhraní

Rozhraní, jakým uživatelé, hráči, interagují s prvky hry, jsou kritickou částí návrhu. Důležitou roli zde hrají zaběhlé principy daného systému, řekněme konvence, na které jsou uživatelé zvyklí – setkávají se s nimi napříč všemi aplikacemi. V případě operačního systému iOS je jednou z hlavních domén uživatelského rozhraní navigační bar umístěný vždy nahoře po celé šířce displaye.



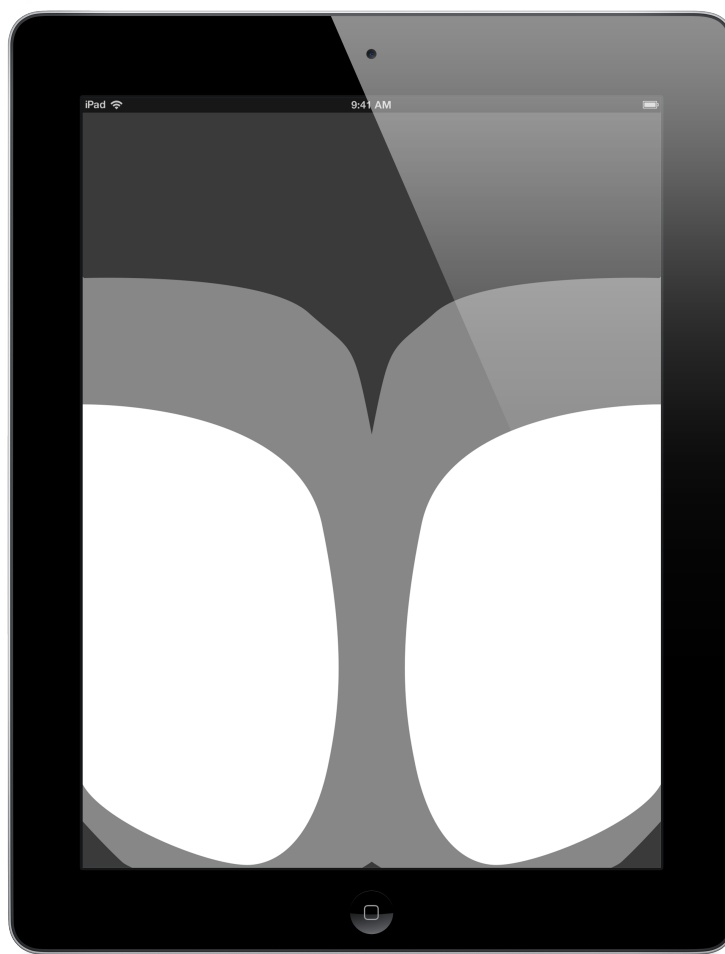
Obrázek 10: Navigation bar

Z toho můžeme usoudit, že uživatel je zvyklý veškeré důležité navigační prvky a statická data (např. titulek) hledat právě na tomto místě, a koncipovat návrh tak, abychom všechny statické data a navigační prvky směřovali na horní část obrazovky. Jelikož je většinou takovýchto navigačních informací velké množství a zobrazovat je na každé obrazovce není z hlediska šetření místa pro samotný obsah příliš dobré, začalo se používat, a dnes je již konvencí, menu reprezentované ikonou se třemi vodorovnými čarami (známé také jako *hamburger menu*).



Obrázek 11: Hamburger menu

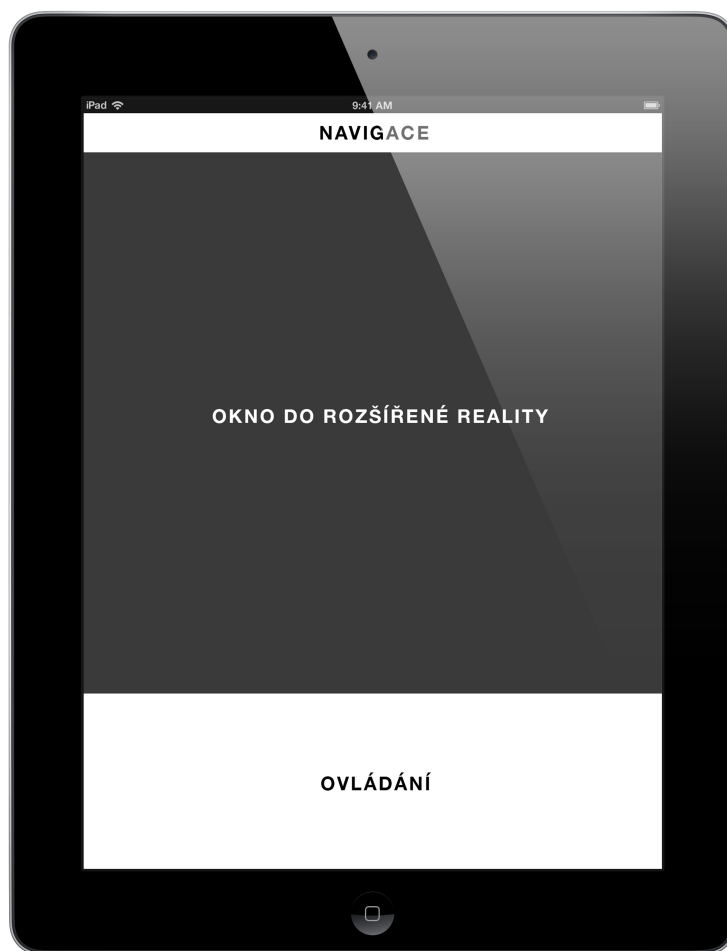
Dalším důležitým aspektem návrhu rozhraní je rozměr samotného zařízení. Tato hra je primárně cílena na *iPad*. Máme tedy k dispozici plochu čítající 2048 x 1536 pixelů s úhlopříčkou 12,9 palce. Hlavním obsahem hry je okno pro zobrazování rozšířené reality, je tudíž nutné pro něj vymezit dostatečně velký prostor. Z daného rozlišení můžeme usoudit, že při natočení zařízení do tzv. *portrait* módu, tj. kratší stranou k sobě, výška displaye představuje oněch 2048 pixelů. Při využití části zhruba 500 pixelů na navigaci a ovládání, získáme přibližně čtvercovou plochu pro zobrazení okna rozšířené reality. Při takovém držení *iPadu* oběma rukama zároveň, využívá hráč k ovládání své palce. Dosah a příjemnost takového ovládání ilustruje obrázek 123.



Obrázek 12: Rozdělení dosazitelnosti prvků na iPadu 3. generace v portrait módu

Jak můžeme vidět, nejdosažitelnější části displaye se nachází ve spodních částí displaye. Na základě takovéto úvahy dojdeme k závěru, že pro snadno dosažitelné ovládací prvky by se mělo ovládání hry vyskytovat někde ve spodní části displaye. Jelikož prostřední část máme vyhrazenou pro okno do rozšířené reality, jediné místo zbývá na spodním okraji displaye.

Složením výše uvedených věcí do jednoho získáme ideální návrh rozhraní. Horní část o přibližné velikosti 100 pixelů vyčleníme pro navigaci a ukazatele, prostřední část, asi 1500 pixelů pro okno do rozšířené reality a zbylých zhruba 400 px ve spodní části vymezíme na ovládání. Po návrhu konkrétních ovládacích prvků pak můžeme návrh optimalizovat ve prospěch ještě většího okna pro rozšířenou realitu.



Obrázek 13: Výsledný návrh rozložení prvků

Z konceptu hry vyplývají 2 hlavní ovládací prvky. První umožňující stavbu zón a druhý zobrazení informací o vybrané postavené zóně s možností zónu vylepšit. Z tohoto předpokladu lze vyvodit, za jakých okolností je potřeba toto ovládání

zobrazovat. V prvním případě je to když uživatel vybere prázdnou parcelu pro stavu zóny, v druhém pak při výběru nějaké konkrétní zóny. V kterémkoliv jiném případě není ovládací části potřeba a můžeme ji skrýt ve prospěch zvětšení plochy pro okno do rozšířené reality.

Design

Design je velmi subjektivní součást návrhu rozhraní a jeho líbivost není nikdy zaručena, protože je hodnocen subjektivně hodnotitelem na základě jeho vkusu. Nehledě na tuto skutečnost, měl by se design držet několika pravidel:

- Jednoduchost
- Intuitivnost
- Vypovídající o své funkci (tzv. self-explanatory)
- Ohled na různá postižení (např. poruchy barvocitu)

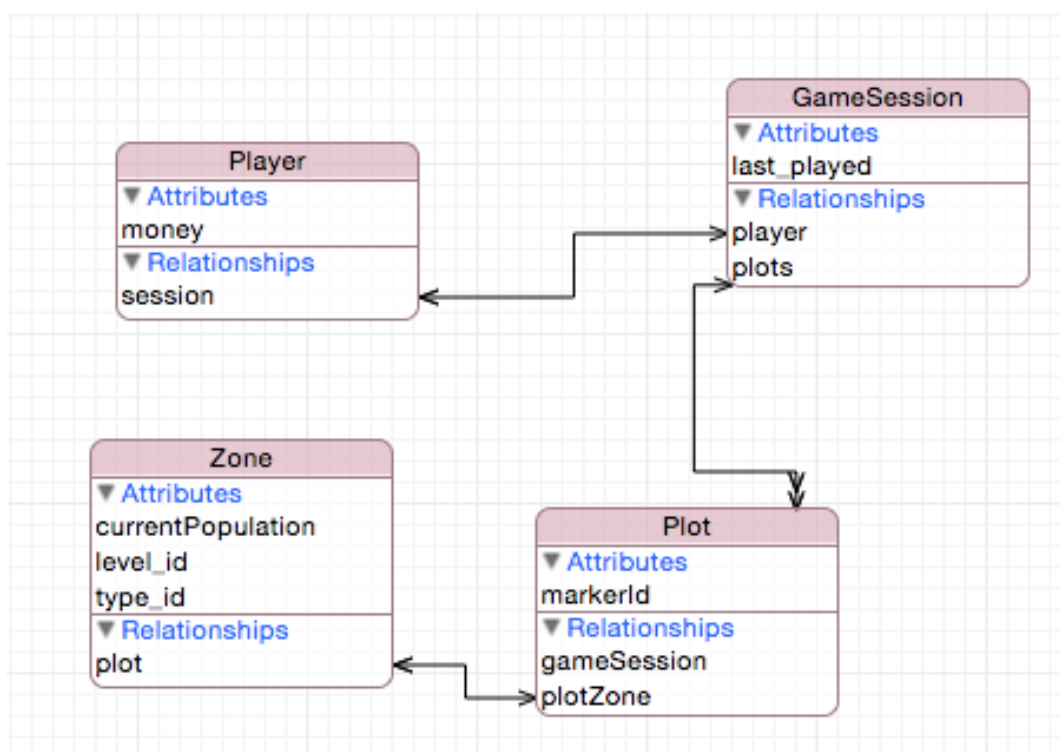
Na základě těchto pravidel byl navrhnout vysoce kontrastní, černobílý, design pro veškeré prvky, postavený na typografii použitím bezpatkového písma Helvetica Neue navrženého Maxem Miedingerem v řezech Light a Bold, doplněný o piktogramy vyjadřující povahu jednotlivých zón a statistik.



Obrázek 14: Ukázka z grafického návrhu aplikace

6.5 Ukládání dat

Hra využívá pro ukládání dat zmíněný MagicalRecord framework, který obaluje systémovou knihovnu zvanou Core Data. Návrh datového modelu vychází z UML diagramu tříd ukládané části – GameSession, Plot, Zone a Player.



Obrázek 15: Datový model

6.6 Výpočty ukazatelů

Hra pracuje se třemi typy ukazatelů stavu hry”

- Peníze
- Populace (aktuální/maximální)
- Spokojenost obyvatel

Ukazatel typu Peníze stojí na jednoduchém principu přičítání a odečítání hodnot stanovených jako cena za stavbu/vylepšení/provoz. Stejně tak maximální hodnota populace je součet postavených obytných zón respektive jejich kapacit, které se odvíjí od jejich úrovně vylepšení. Změna těchto hodnot probíhá právě při zmíněných úkonech – stavba, vylepšení, provoz budovy.

Jinými typy ukazatelů jsou aktuální stav populace a spokojenost. Tyto hodnoty jsou vypočítávány v pravidelných intervalech a jsou ovlivňovány více aspekty.

7 Závěr

Závěr

7.1 Návrhy na vylepšení

8 Přílohy

Na přiloženém CD jsou k dispozici tyto přílohy:

- priloha1

9 Reference

- L. FRANK BAUM *The Master Key: An Electrical Fairy Tale, Founded Upon the Mysteries of Electricity and the Optimism of Its Devotees* BiblioBazaar, 2006, ISBN 978-1426409240 .
- KLEIN, GEORG. *Visual Tracking Methods for Augmented Reality*. [online]. [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.raeng.org.uk/publications/other/georg-klein-presentation-frontiers-of-engineering> .
- PEOLEO *Drakerz-Confrontation About* [online]. [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.drakerz.com/qu-est-ce-que-drakerz.html/> .
- VENTURE BEAT *Drakerz-Confrontation augmented-reality card game launches in the U.S.* [online]. [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://venturebeat.com/2014/07/01/drazkerz-confrontation-augmented-reality-card-game-launches-in-the-u-s/> .
- NIATICS LABS *Ingress official website* [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <https://www.ingress.com/> .
- WIKIPEDIA *Wikipedia* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Wavefront_.obj_file .
- PAUL BURKE *Object Files (.obj)* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://paulbourke.net/dataformats/obj/> .
- M.H. WILLIAMS *id Software Wants To Shorten Dev Cycles* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://web.archive.org/web/20110827005123/http://www.industrygamers.com/news/id-software-wants-to-shorten-dev-cycles/> .
- WIKIPEDIA *Wikipedia* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/MD2_%28file_format%29 .
- WIKIPEDIA *Wikipedia* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Id_Tech_3 .
- QTIP *QTiP* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.qtipplugin.com/> .
- AUTODESK *FBX* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.autodesk.com/products/fbx/overview> .
- AUTODESK *FBX SDK* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/item?siteID=123112&id=10775847> .
- THE HUMAN INTERFACE TECHNOLOGY LAB, UNIVERSITY OF WASHINGTON *Feature list* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/features.htm> .

- THE HUMAN INTERFACE TECHNOLOGY LABORATORY NEW ZEALAND *OSGART website* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <https://www.artoolworks.com/community/osgart/> .
- DANIEL WAGNER AND DIETER SCHMALSTIEG *ARToolKitPlus for Pose Tracking on Mobile Devices* In Proc. 12th Computer Vision Winter Workshop (CVWW'07), Sankt Lambrecht, Austria, February 2007 .
- QUALCOMM *3D File Formats* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <https://developer.vuforia.com/library/articles/Solution/3D-File-Formats> .
- SPRINGER SCIENCE *Markerless Tracking for Augmented Reality: Feature Matching: Image Patches. Handbook of augmented reality* New York: Springer, c2011, 259–260. ISBN 978-1-4614-0063-9. .
- THE GUARDIAN *Samsung creates drone, robotics and virtual reality lab* [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.theguardian.com/technology/2015/feb/10/samsung-independent-drone-robotics-virtual-reality-lab> .
- GSMA MOBILE ECONOMY *The Mobile Economy 2015* [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: http://www.gsmamobileeconomy.com/GSMA_Global_Mobile_Economy_Report_2015.pdf .
- MAGICAL PANDA SOFTWARE *MagicalRecord* [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <https://github.com/magicalpanda/MagicalRecord> .
- THE FUNTASTY *TFTableDescriptor* [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <https://github.com/thefuntasty/TFTableDescriptor> .
- YAHOO INC. *Flickr* [online]. [cit. 2015-04-02]. Flickr Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: https://farm9.staticflickr.com/8219/8266348091_08fe415355_o.jpg .
- GAME GUIDE *Game guide* [online]. [cit. 2015-04-02]. Game guide Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: <http://game-guide.fr/wp-content/uploads/2014/03/drakerz-confrontation-05.jpg> .
- ENGADGET *Engadget* [online]. [cit. 2015-04-02]. Engadget Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: <http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2009/06/arhrrrr-pic-rm-eng.jpg> .
- VTTRESEARCH *Marker tracking* [online]. [cit. 2015-04-02]. VTTResearch Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z:

<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj2/multimedia/media/images/MultiMarker.jpg>

WIKIPEDIA *Wikipedia* [online]. [cit. 2015-04-02]. Wikipedia.org Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/App_iSkull,_an_augmented_human_skull.jpg

DEPARTMENT OF ENGINEERING SCIENCE, UNIVERSITY OF OXFORD *SLAM* [online]. [cit. 2015-04-02]. Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: http://www.robots.ox.ac.uk/lav/Papers/-castle_etal_iswc2008/castle_etal_iswc2008.jpg

THE HUMAN INTERFACE TECHNOLOGY LAB, UNIVERSITY OF WASHINGTON *ARToolKit Benchmarks* [online]. [cit. 2015-04-03]. Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/benchmark.htm>

METAIO GMBH *Metaio iOS polycount* [online]. [cit. 2015-04-03]. Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: <http://dev.metaio.com/sdk/documentation/content-creation/3d-animation/polygon-count/general-guidelines/>

DAVIDE 'FOLLETTO' CASALI *Hamburger Icon / Lexicon Nugget 2* [online]. [cit. 2015-04-28]. Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: <https://dribbble.com/shots/880056-Hamburger-Icon-Lexicon-Nugget-2>

APPLE INC. *Adaptivity and Layout* [online]. [cit. 2015-04-28]. Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/LA_CH54-SW1

APPLE INC. *Bars* [online]. [cit. 2015-04-28]. Obrázek ve formátu: JPEG. Dostupné z: https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/BA_CH12-SW1