

Pregled uređaja i okruženja za razvoj aplikacija virtuelne stvarnosti

Aleksandar Jovanović, Aleksandar Milosavljević, *Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet*

Apstrakt—U radu je opisan razvoj virtuelne stvarnosti sa naglaskom na moderne uređaje i alate za razvoj aplikacija. Prikazano je poređenje popularnih VR uređaja za PC, desktop i mobilne uređaje. Nakon toga biće opisana okruženja za razvoj nativnih, višeplatformskih i veb aplikacija. Kroz razvoj VR aplikacije biće opisane najbolje prakse i standardi za razvoj softvera. Na kraju, biće predstavljena VR demo aplikacija i detalji razvoja.

Gljučne reči—Virtuelna stvarnost, HMD, razvoj softvera, game engine alati

I. UVOD

U podsvesti većine ljudi pojam virtuelna stvarnost (VR) je vezan za naučno-fantastične filmove ili romane koji stavljaju aktere u nepostojeći svet. Na osnovu definicije iz 1993. godine virtuelna stvarnost predstavlja: “Sveobuhvatan, interaktivan, višesenzorni uređaj za gledanje trodimenzionalnih kompjuterski generisanih okruženja i kombinacije tehnologija potrebne za izgradnju ovih okruženja” [1].

Prvi pokušaj stvaranja VR-a pojavio se 1838. godine sa stvaranjem prvih uređaja za gledanje stereoskopskih slika. Stereoskopski uređaj koji je privukao pažnju i počeo da se primenjuje u različitim granama industrije bio je *View-Master* iz 1939. Ovaj uređaj danas predstavlja jedan od osnovnih koncepata za kreiranje nisko budžetnih VR HMD uređaja (engl. *head-mounted display*). Zatim je 1960. snimatelj Morton Heilig kreirao uređaj *Sensorama* za potrebe filmse industrije. *Sensorama* je kabina za gledanje filmova kreirana u stilu arkadnih mašina. Omogućavala je sinhronizovano gledanje stereoskopskih slika, vibraciju i ventilatore, stvaranje mirisa i puštanje zvuka. Danas sličan osećaj možemo doživeti u modernim 5D bioskopima. Nakon Mortonovog otkrića filmska industrija je počela da razvija manje i jednostavnije uređaje za gledanje filmova u 3D okruženju. Prvi koncept modernog VR HMD uređaja koji je privukao pažnju jeste *Ultimate Display* iz 1965. godine. Koncept je napravio Ivan Sutherland čija je ideja da se napravi uređaj koji će koristiti računar za stvaranje sveta u kome korisnik može da se kreće i dolazi u dodir sa stvarim kao u stvarnom svetu. U navedenom periodu termin VR još nije bio poznat, računari su se tek razvijali dok su preteče VR uređaja radile pomoću kamera [2]. Prvi VR uređaj koji je koristio kompjuter za stvaranje objekata u realnom vremenu pojavio se 1968. i zvao se *Sword of Damocles*.

Aleksandar Jovanović – Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija (e-mail: aleksandarjovanovic@elfak.ni.ac.rs).

Aleksandar Milosavljević – Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija (e-mail: aleksandar.milosavljevic@elfak.ni.ac.rs).

Termin VR je bio primenjen prvi put 1987. od strane Jaron Lanier, tvorca kompanije VPL. VPL je kompanija koja je započela razvoj VR opreme kao što su naočare i rukavice. Početkom devedesetih godina počela je primena VR tehnologija u industriji video igra naročito kod arkadnih mašina. Bilo je pokušaja da kompanija Sega napravi prvi komercijalni VR HMD za širu publiku ali je projekat bio veoma skup tako da se priča završila na prototipu. Tokom devedesetih godina bilo je još nekoliko bezuspešnih približavanja VR uređaja korisniku kao npr. *iGlasses*, *Nintendo Virtual Boy*, *Cybermaxx* i *VFX-1* [3].

Stavljanje VR u drugi plan je trajalo sve do 2012. kada je mladi inženjer i prvi CEO kompanije *Oculus VR*, *Palmer Luckey*, stvorio prototip prvog modernog VR uređaja. Zbog velikog potencijala koji je uređaj pokazivao i nedostatka finansija istoimena kompanija pokreće *Kickstarter* kampanje avgusta 2012. o stvaranju *cutting edge* tehnologije pod nazivom *Oculus Rift*. Kompanija *Facebook* prisvaja *Oculus VR* za dve milijarde dolara sa vizijom da će VR uređaji postati nova veća računarska platforma posle mobilnih telefona [4].

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom delu biće opisani VR uređaji sa naglaskom na *Oculus Rift*, *Gear VR*, *Google Cardboard*, *Playstation VR* i *HTC Vive*. U trećem delu biće opisani alati za razvoj VR aplikacija. Zatim biće prikazani rezultati poređenja aktuelnih uređaja za razvoj. U četvrtom delu biće opisan razvoj VR aplikacije. Biće prikazane najbolje prakse i standardi za razvoj aplikacija.

II. VR UREĐAJI

VR se doživljava pomoću dva ljudska čula, vid i sluh. Primer virtuelne stvarnosti je 3D slika koju možemo istraživati na PC-u ili sličnom medijumu, u interakciji sa odgovarajućim kontrolerima (miš, tastatura ili *gamepad*). Prefinjeniji način je korišćenje prenosnog HMD uređaja montiranog na glavi koji kontrolišemo pokretima. Vrste aplikacija koje se uglavnom razvijaju za ove uređaje su video igre i simulacije za učenje.

Prisustvo nove generacije uređaja virtuelne stvarnosti kreće od 2012. godine tako da su mnoge kompanije u međuvremenu razvile svoje HMD uređaje i razvojna okruženja. Najpoznatiji VR HMD uređaji koji se koriste za projektovanje stereoskopske slike su: *Oculus Rift*, *Playstation VR*, *HTC Vive*, *Samsung Gear VR*, *Avegant Glyph*, *Razer OSVR* i *Google Cardboard*.

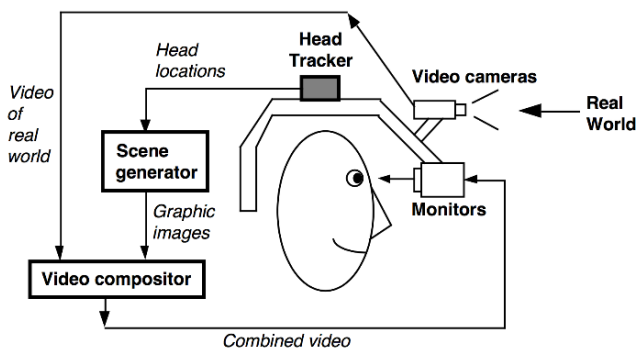
Postoji tri tipa VR uređaja trenutno na tržištu [5]:

- Prenosna oprema: kartonske ili plastične kutije u okviru koje postavljamo pametni telefon. Jeftinija i jednostavnija varijanta za korišćenje jer nije potreban PC uređaj, dodatna podešavanja i gomila kablova za povezivanje, dok se

aplikacije aktiviraju na pametnom telefonu. Google Cardboard i Samsung Gear VR spadaju u ovu grupu

- Samostalan uređaj sa svim ugrađenim komponentama. Povezuje se i pokreće sa PC-a. Za razliku od prvog tipa pruža optimizovanije i bolje iskustvo u pogledu performansi i grafičkog renderovanja. Oculus Rift i HTC Vive spadaju u ovu grupu
- VR za igračke konzole (Playstation VR)

Osnove svih modernih VR uređaja su: sočiva za gledanje stereoskopske slike, ekran (engl. *display*) za prikaz stereoskopske slike i IMU (engl. *inertial measurement unit*). Sočiva dolaze sa različitim karakteristikama npr. Oculus Rift ima dva para sočiva, A i B. Razlika je u razdaljini koju održavaju od ekrana uređaja. Što se tiče prikaza podataka na ekranu zadužen je GPU (engl. *graphic processing unit*). GPU omogućava računaru da obrađuje podatke i slike koje zahtevaju grafičke funkcionalne jedinice visokih performansi. Stereoskopska ili 3D slika stvara osećaj dubine tako što šalje korisniku prostorne informacije i time stvara osećaj stvarnosti. IMU je elektronski uređaj koji kombinuje senzore pokreta kao što su akcelerometar, žiroskop ili kompas za određivanje pozicije HMD-a. Posедуje važniju ulogu za rad uređaja od ekrana jer mora da podržava brzo izračunavanje pokreta korisnika kako bi stvorio realniji prikaz. Kašnjenje stvara osećaj nelagodnosti što je jedan od glavnih problema sa kojima se mogu suočiti korisnici. HMD uređaj deluje nad podacima u 3D koordinatnom sistemu. Renderovanje slike se obavlja pomoću sočiva i podešavanjem parametara u okviru uređaja. Proces započinje prikupljanjem podataka iz HMD, zatim slanje podatka do računara gde se obavljaju potrebne kalkulacije koje se vraćaju korisniku u vidu nove slike. Podešavanja se obavljaju na samom uređaju (npr. potenciometar za podešavanje udaljenosti sočiva od ekrana) i/ili pomoću softverske aplikacije za konfigurisanje. Koncept HMD uređaja možemo videti na slici 1.



Sl. 1. Koncept HMD uređaja [6]

Opseg gledanja običnog korisnika je 50 stepeni dok VR uređaji stvaraju opseg od 90 i više stepeni. Hardverski jači uređaji imaju veći opseg gledanja. Svako oko pokriva polovinu ekrana i gleda istu sliku, jedina je razlika je u poziciji (engl. *offset*) pri čemu se stvara osećaj *side-by-side* renderovanja u dva prikaza (engl. *viewports*). Osećaj trodimenzionalnosti je potpun, zbog toga što se vizuelni doživljaj jednako prenosi na oba oka. Mogućnost okretanja i gledanja sa strane ili čak iza

sebe, korisniku daje potpun osećaj prisutnosti na sceni [7]. U nastavku biće opisani VR uređaji za pametne telefone, PC i igračke konzole [8].

A. Google Cardboard

Današnji pametni telefoni poseduje sve senzore (npr. IMU) potrebne za realizaciju HMD-a osim kutije sa sočivima. Google Cardboard je kutija sa sočivima i ne poseduje elektronske komponente već koristi hardver mobilnog uređaja. Pojavio se na Google I/O konferenciji maja 2014. godine sa ciljem da omogući VR doživljaj svakome na planeti ko poseduje telefon novijih generacija. Početkom 2015. prodato je više od million kutija, što je više u odnosu na ostale VR uređaje zajedno. Pored toga, Google je napravio DIY (engl. *do it yourself*) uputstvo na osnovu kog se može napraviti VR Cardboard uređaj [9]. Prva verzija Cardboard uređaja je podržavala telefone do 5.7 inča i za interakciju koristila magnetno dugme koje prilikom pomeranja stvara magnetno polje koje detektuje magnetometar na telefonu. Međutim rešenje sa magnetnim dugmetom nije radilo na svim telefonima jer se magnetometar ne nalazi na istoj poziciji kod svih telefona. Zbog problema sa razvojem aplikacija i pojave telefona većih dimenzija na konferenciji I/O 2015. godine pojavljuje se verzija Cardboard 2.0 koja ima podršku za telefone do šest inča i umesto magnetnog dugmeta koristi provodnu polugu koja ostvaruje direktan kontakt sa ekranom telefona. Rešenje je preuzeto od DODOcase proizvođača koji su problem sa magnetnim dugmetom rešili mnogo ranije.

Poseduje opseg gledanja od 90 stepeni bez efekta distorzije bureta i osvežavanje od 60fps (engl. *frame per seconds*) što je puno manje od Oculus uređaja (75-120fps). Podržava rad na Android i iOS platformi. Kvalitet VR doživljaja je dosta slabiji u odnosu na Gear VR uređaj. Google Cardboard nije jedini uređaj iz ove grupe, postoje rešenja sa plastičnim kutijama kao npr. Durovis Dive (prva VR kutija za telefone), MergeVR i The Wearality Sky. Tokom januara 2016. godine za Google Cardboard je objavljeno više od 1000 aplikacija i isporučeno više od 5 miliona uređaja. Google je stvorio Daydream platformu koja predstavlja VR za mobilne uređaje visokog kvaliteta. Dostupan je za razvoj od septembra 2016. za *daydream-ready* mobile uređaje, dok se prvi HMD uređaj pojavio novembra 2016. godine.

B. Oculus Rift

Oculus Rift (slika 2.) je prvi moderni HMD. Prve verzije, DK1 i DK2 (engl. *development kit*) služile su za razvoj aplikacija u nekomercijalne svrhe. Zahteva korišćenje u sedećem položaju pri čemu korisnik samo pomera glavu.

Oculus Rift poseduje ekrana od 2160x1200, ima mogućnost osvežavanja slike od 90fps, opseg gledanja od 100 stepeni, kratku postojanost osvetljenosti piksela, dodavanje ispuštenih frejmova u slučaju kašnjenja grafičke kartice, praćenje pokreta glave korisnika uz pomoć veb kamere i dvadesetak dioda koje su postavljene na prednjem delu kućišta. Takođe Oculus ima veoma dobru podršku za razvoj aplikacija i *online* prodavnicu. Prva komercijalna verzija (CV1) pojavila se krajem marta 2016. godine. Dolazi u paketu sa: Oculus Touch, uređajem za

praćenje pozicije HMD i Xbox 360 kontrolerom. Koliko je uređaj popularan govori informacija da je prva serija Oculus Rift paketa bila rasprodata tokom faze narudžbina [10, 11].



Sl. 2. Oculus Rift sistem

C. Gear VR

Gear VR je uređaj iza koga stoji Samsung i Oculus. Posедуje sočiva sa efektom distorzije bureta i najnoviju Oculus tehnologiju za praćenje pokreta. Samsung je objavio Gear VR *Innovator edition* krajem 2014. koji je podržavao rad samo na Samsung Note 4, zatim je usledila druga verzija uređaja početkom 2015. za S6, S7 i S8 seriju telefona. Saradnja Samsunga i Facebook koja je bila predstavljena na MWC (engl. *mobile world congress*) 2016. godine je veliki korak za popularizaciju mobilne virtuelne stvarnosti i Gear VR HMD-a.

Gear VR poseduje AMOLED ekran rezolucije 2560x1440 (1280x1440 po oku). Poseduje svoj IMU koji ima manje kašnjenja od verzije koju posedujemo u pametnom telefonu. Zatim poseduje spoljašnje komande za interakciju sa pametnim telefonom jer je telefon unutar kućišta i nemoguće je ostvariti direktan kontakt [12]. Najveće prednosti Gear VR su: prodavnica *Oculus Home*, Samsung VR (prvi naziv *Milk VR*) veb sajt za deljenje 360 video klipova, jednostavna upotreba i podrška za najpopularnije Samsung pametne telefone.

D. Playstation VR

Playstation VR uređaj kompanije Sony predstavlja VR uređaj za Sony Playstation 4 igračku konzolu. Jedan je od najudobnijih i najbolje dizajniranih VR uređaja [13]. Ima brzinu od 120HZ čime omogućava da igre rade na 120fps dok je ekran baziran na tehnologiji OLED od 5.7 inča čime je poboljšan *motion blur* i omogućena kratka postojanost osvetljenosti piksela.

E. HTC Vive

Naredni uređaj je HTC Vive koji je na osnovu trenutnih specifikacija jedan od vodećih uređaja na tržištu. Predstavlja deo SteamVR Sistema (*Steam* konzola sa SteamVR kontrolerom) koji za razliku od Oculus-a omogućava kretanje korisnika u prostoru. Takođe, ukoliko korisnik želi da promeni prostor za kretanje to može da uradi tehnikom teleportovanja. Korisnici koji se ne mogu kretati u fizičkom prostoru primarno koriste navedenu tehniku. Trenutno je ova tehnika implementirana u nekoliko HTC Vive igara. Teleportovanje može pomoći svim korisnicima da nesmetano istražuju svet oko sebe tako da ovo može biti odličan dodatak VR softverskom rešenju. Pored toga treba imati u vidu da teleportovanje može imati negativan uticaj na korisnika tako da

je potrebno implementirati *fade in/out* prilikom promene lokacije kako korisnik ne bi osetio nagli prelaz na drugu lokaciju [14]. Prvi put prikazan 2015. godine na MWC kongresu. Podržava ekran dimenzija 2160x1200 i koristi dva senzora koja se postavljaju na zid radi praćenja kretanja. Na razvoju uređaja radi HTC i Valve kompanija, koja je zadužena za mnoga ostvarenja u svetu video igara [15].

F. Ostali uređaji

Pored navedenih tehnologija treba spomenuti još nekoliko perspektivnih VR uređaja. Archos VR Glasses je VR uređaj kompanije Archos koja se bavi izradom mobilnih uređaja. Poseduje podršku za telefone do šest inča, pored toga podržava sve aplikacije koje se razvijaju za Google Cardboard. Avegant Glyph predstavlja hibridni uređaj koji se iz slušalica transformiše u VR HMD. Predstavlja uspešan Kickstarter projekat kao i Oculus Rift. Razer OSVR predstavlja otvorenu platformu (engl. *open-source*) koja obuhvata hardver i softver. Podržava rad na Android, Windows i Linux operativnom sistemu i dizajniran je da bude kompatibilan sa ostalim VR uređajima. Takođe, za osobe koje nose naočare i žele bez problema da koriste VR uređaj postoje sočiva dizajnirana za HMD uređaje. Najpoznatija kompanija za izradu sočiva je VR Lens Lab.

III. OKRUŽENJA ZA RAZVOJ

Postoji nekoliko načina za razvoj VR aplikacija, tako da ih možemo podeliti na sledeće grupe: nativni razvoj, alati za razvoj video igara i veb pretraživači [5].

A. Nativni razvoj

Nativni razvoj obuhvata drajvere i softverske biblioteke koje se koriste u konjukciji sa operativnim sistemom kao što su Win32 biblioteke za C++ aplikacije i Java biblioteke za Android. VR uređaji poseduju SDK (engl. *software development kit*) za razvoj u zavisnosti od platforme i interfejs za pristup elementima uređaja. Postoji potreba za razvoj nižih elemenata (engl. *low-level*) od strane programera kao npr. renderovanje grafike ili fizike u okviru okruženja. Nativni razvoj aplikacija je najfleksibilniji i najoptimizovaniji, ali zahteva puno vremena pogotovo ako želimo da pokrijemo veći broj platformi. Zbog ovoga većina programera koristi gotova razvojna okruženja.

B. Alati za razvoj video igara

Alati za razvoj video igara (engl. *game engine*) služe kao posredni softver (engl. *middleware*) što znači da imaju implementirane niže razvojne elemente. Predstavlja integrisano razvojno okruženje (IDE), prvenstveno za razvoj video igara. Omogućava kreiranje aplikacije korišćenjem viših programskih jezika. Zbog svojih karakteristika alati za pravljenje video igara postali su osnova ne samo za video igre već i za ostale vrste 3D aplikacija. Alat pruža izvoz na više različitih platformi, poseduje ugrađen vizuelizator za 2D i 3D grafiku, pogon za simulaciju osnovnih fizičkih zakona, obradu zvuka, ugradnju animacije, veštačku inteligenciju (AI), umrežavanje (engl. *networking*) i drugo. Najpoznatiji

komercijalni *game engine* alati za brz (engl. *rapid*) razvoj aplikacija su: Unreal Engine 4 (programski jezik za razvoj C++), CryEngine 3 (Lua), Unity 4 i 5 (C# Mono verzija i JavaScript), Amazon Lumberyard (C++ ili Lua), CopperCube (JavaScript) i drugi. Većinu komercijalnih alata možemo preuzeti besplatno u edukativne svrhe ili za razvoj *start up* projekata. Kompanije koje stoje iza alata omogućavaju pristup izvornom kodu svojim korisnicima uz određenu nadoknadu ili besplatno. Što se tiče rešenja otvorenog koda postoje: libGDX (Java), Xenko (C#), Torque 3D (C++, TorqueScript), Urho3D (C++), OGRE (C++, Python, Java, C#) i drugi. Izvorni kod navedenih alata možemo preuzeti sa Github platforme [16].

C. Veb pretraživači

Veb pretraživači uključuju razvoj višeploatformskih aplikacija korišćenjem HTML5, WebGL i JavaScript tehnologija. Primer je razvoj aplikacija pomoću JavaScript 3D biblioteke Three.js ili Babylon.js koje su bazirane na WebGL. Veb pretraživači sa podrškom za VR su Google Chrome VR i Mozilla Firefox Nightly. Prva je Mozilla krenula sa razvojem VR dodatka za svoj pretraživač na čelu sa Vladimirom Vukićevićem. Zatim su Google i Mozilla udružile resurse na razvoju novog veb standarda za VR pod nazivom WebVR, čiji JavaScript API omogućava pristup veb pretraživaču preko VR uređaja. Pored toga, postoji oblasno-specifičan jezik (engl. *domain-specific language*) i veb alat A-Frame za WebVR bazirane aplikacije. Napisan je od strane kompanije Mozilla i otvorenog je koda [17].

D. Unity

Razvoj VR projekta zahteva planiranje resursa gde uključujemo izbor HMD uređaja i softverskog alata. Oculus Rift i slični desktop VR uređaji mogu biti kompleksni za konfiguraciju i mogu oduzeti korisniku dosta vremena prilikom podešavanja razvojnog okruženja. Što se tiče razvoja VR aplikacija najviše se koriste Unity i Unreal Game Engine alati. Navedeni alati su već duži niz godina standard za razvoj video igara i omogućavaju brzi razvoj i plasman aplikacije na tržište. U nastavku biće opisan Unity Game Engine alat.

Unity je alat osmišljen za programere i grafičke dizajnere koji žele da prave igre na brz i jednostavan način. Cilj alata je da omogući korisniku posvećenost samom funkcionisanju igre dok se za pozadinski deo brine jezgro alata. Unity se pojavio 2005. godine za Mac OS, a kasnije je dobio podršku za Window i Linux sisteme. Razvijen je od strane kompanije *Unity Technologies*. Jezgro alata je pisano u C++ dok je razvojno okruženje urađeno u C# programskom jeziku. Kreiran je kao 3D *Game Engine*, a od verzije Unity 4 dodata je opcija za razvoj 2D igara. Unity poseduje četiri verzije: personalnu (besplatnu), plus, pro i poslovnu (engl. *enterprise*). Poslovna verzija pruža pogodnosti ukoliko se aplikacija razvija u timu od više ljudi ili postoji potreba prilagoditi alat potrebama kompanije. Za pisanje programskog koda se koristi MonoDevelop IDE koji dolazi u paketu sa Unity alatom. Za pisanje se preporučuju još Visual Studio Code zbog višeploatformske podrške i Notepad ++. Unity C# okruženje zasniva se na Mono projektu otvorenog koda i kompatibilan je

sa .NET okruženjem. Pored video igara Unity se koristi za razvoj simulacija za učenje [18].

E. Poređenje tehnologija

Vodeći uređaj na tržištu su Oculus Rift i HTC Vive za desktop i Playstation VR za konzolne uređaje. Sa druge strane, kod mobilnih VR uređaja vodeći su Google Cardboard, Gear VR i Google Daydream. U tabeli I prikazani su podacima o najpopularnijim VR tehnologijama: Oculus Rift, Gear VR i Google Cardboard. Podaci uključuju nativnu podršku, Unity i WebGL podršku, platforme za razvoj i podršku vodećih kompanija.

TABELA I
POREĐENJE TEHNOLOGIJA

Osobina/uređaj	Oculus	Gear VR	Cardboard
Nativna podrška	Oculus SDK, C/C++ API	Oculus Mobile, C++/NDK	Cardboard SDK, Java i OpenGL ES
Unity	Unity paket za desktop	Unity paket za Android	Unity SDK za Cardboard
Veb programiranje WebGL	Unity WebGL distribucije ili WebVR API	Unity WebGL distribucije ili WebVR API	Unity WebGL distribucije ili WebVR API
Platforme	Windows	Android	Android i iOS
Kvalitet aplikacija	VR iskustvo visokog kvaliteta	Mobilno VR iskustvo visokog kvaliteta	Iskustvo nižeg kvaliteta, zavisi od uređaja nad kojim pokrećete aplikaciju
Podrška kompanija	Oculus	Samsung	Google

Navedeni rezultati su bazirani na osnovu istraživanja koje je rađeno tokom planiranja razvoja VR demo aplikacije *Lov na duhove*.

IV. RAZVOJ VR APLIKACIJA

Lov na duhove predstavlja igru preživljavanja nalik na moderne horor igre iz prvog lica [19]. Horor video igre su veoma popularne na VR platformama, naročito na desktop baziranim VR uređajima. Radnja igre se odvija u napuštenoj kući. Glavni akter u igri poseduje baterijsku lampu kako bi mogao da istražuje okolinu, kao i pametan telefon koji koristi radi odbrane od neprijatelja ispaljivanjem blica kamere. Glavni negativac je duh koji prolazi kroz sve prostorije i napada glavnog aktera. Igra je razvijana pomoću Unity Game Engine alata u nekomercijalne i edukativne svrhe za Oculus Rift. Što

se tiče operativnog sistema i hardverske podrške igra je radena na Windows 8.1 Pro, Asus K53S Notebook sa Intel Core i3-2350M 2.30 GHz procesorom, 4GB RAM memorije i Nvidia GeForce 610 2GB grafičkom karticom. Od pomoćnih uređaja igra poseduje podršku za miš i tastaturu. Unity je izabran zbog jednostavnog IDE okruženja, fleksibilnog i modernog C# programskog jezika i mogućnosti portovanja na druge VR platforme. Pored toga, preporučuje se za razvoj nisko budžetnih video igara i poseduje velikih broj gotovih rešenja od C# skriptata do 3D okruženja i modela. Dizajn igre (engl. *game design*) je prilagođen za desktop VR uređaje pre svega jer pružaju viši nivo interakcije i bolju hardversku podršku za razliku od mobilnih platformi. Oculus Rift je izabran zbog odlične podrške sa Unity Game Engine alatom i zajednice korisnika. Pored toga, Oculus SDK ima podršku za razvoj pomoću integracija za Unity, Unreal, WebVR baziranih aplikacija, nativnih desktop i mobilnih platformi. Prikaz atmosfere iz igre *Lov na duhove* možemo videti na slici 3.



Sl. 3. Slika iz video igre *Lov na duhove*

Što se tiče razvoja VR softvera, potrebno je poznavati najbolje prakse (engl. *best practice*) i UI/UX (engl. *user interface and experience*) standarde. Kod najboljih praksi treba pomenuti mobilne aplikacije koje za cilj imaju da upoznaju buduće programere sa tehnikama i standardima za razvoj VR aplikacija, primer je Cardboard Design Lab za Google Cardboard mobilnu platformu. U nastavku biće reči o praksama i UI/UX standardima za razvoj VR softvera kod desktop i mobilnih aplikacija.

A. Najbolje prakse i UI/UX standardi

Ukoliko radimo podršku za više različitih VR uređaja onda treba biti upoznat sa sledećim praksama:

- Korisnički interfejs kod VR-a se znatno razlikuje od standardnih aplikacija. Pre svega bitno je znati rezoluciju uređaja, postoje standardi za Oculus Rift CV1 2160x1200 (1080x1200 po oku) kod desktop uređaja i Gear VR 2560x1440 (1280x1440) kod mobilnih uređaja. Na osnovu ovoga možemo kreirati UI/UX dizajn i učinili okruženje intuitivnijim za upotrebu
- Što se tiče tehnika optimizacije razvoja preporučuje se korišćenje Anti-Aliasing (AA) kod desktop uređaja. AA tehnika nije preporučljiva kod većine mobilnih uređaja
- Što se tiče renderovanja objekata na VR sceni može doći do pojave vidljivih piksela, u tom slučaju se objekti skaliraju pomoću tehnike RenderScale. U ovom slučaju se smanjuju performanse ali se povećava kvalitet slike. Preporuka je da dizajneri VR objekata koriste što manje

poligona zbog renderovanja na sceni, pogotovo ako se radi aplikacija za mobilnu platformu. Alat za igre kao npr. Unity ima opciju Level of Detail (LOD) koja omogućava optimizaciju broja poligona u odnosu na daljinu

- Lightmapping je sredstvo koje može značajno da povećava performanse, ideja je da pomoću navedene opcije onemogućimo dinamičko osvetljenje i da koristimo statično osvetljenje koje se renderuje na početku kreiranja scene i nema potrebe za dodatnim izmenama tokom životnog ciklusa scene
- Occlusion Culling je tehnika koja se koristi u video igrama koje koriste velike scene sa velikim brojem objekata, ideja je da se pomoću ove tehnike renderuju samo objekti koji su trenutno vidljivi korisniku

Što se tiče UX/UI standarda postoji četiri vrste korisničkih interfejsa za VR [20], to su:

- Non-diegetic - Elementi koji ne pripadaju virtuelnom svetu kao npr. HUD. Ovakva vrsta UI-a se slabo koristi kod VR aplikacija pre svega zbog fokusa korisnika na VR svet
- Spatial - Elementi koji mogu biti deo VR sveta u odnosu na non-diegetic imaju poziciju koja ne prati kameru korisnika
- Diegetic - Elementi koji prate neki objekat na sceni. Dobar primer je energija neprijatelja na sceni
- Meta - Efekat prikaza na sceni koji nije deo VR sveta npr. promena boja ukoliko korisnik gubi energiju

Većina alata za razvoj video igara omogućava da standardnu desktop 3D aplikaciju promenimo u VR aplikaciju. U nastavku biće opisan slučaj kod Unity alata. Kod Oculus Rift aplikacije, moramo dodati stereoskopsku kameru direktno iz *Unity Oculus integration* paketa koji preuzimamo sa Oculus zvaničnog veb sajta. Takođe, treba omogućiti *Virtual Reality Supported* opciju u *Player Settings* podešavanjima. Sličan postupak je za Google Cardboard aplikaciju samo što u ovom slučaju koristimo paket *Unity SDK for Cardboard*. Kod HTC Vive aplikacije, prvo treba napraviti *Steam* nalog i instalirati potreban softver, zatim sa Unity prodavnice preuzeti *SteamVR* paket sa stereoskopskom kamerom. Na kraju je potrebno onemogućiti sve kamere osim dodate VR stereoskopske kamere. Svi navedeni paketi su besplatni za preuzimanje.

Pošto je VR u ranoj fazi razvoja postoji verovatnoća da se korisnik susretne sa velikim brojem grešaka. Postoji mogućnost od greške na novim operativnim sistemima kao npr. Windows 10. Ukoliko želimo da radimo na igri razvijenoj u Unity 4 ili Oculus *legacy runtime* sistemu onda se preporučuje Oculus SDK za Windows od 0.6.0.0 verzije. Prilikom objave aplikacije postoje pravila kojih se treba pridržavati kako bi korisnik imao najbolji VR doživljaj. Nakon predaje aplikacije potrebno je da se uradi recenzija od strane tima stručnjaka. Ukoliko aplikacija ima opciju za pomeranje pozicije glave po y-osi pomoću miša ili kontrolera biće vraćane sa zahtevom za ispravku.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu je bilo reči o razvoju VR tehnologija. U drugom delu su opisani VR uređaji. U trećem delu je opisan

razvoj aplikacija sa naglaskom na Unity Game Engine alat. Predstavljani su aktuelni alati i prikazani rezultati poređenja uređaja za razvoj VR aplikacija. U četvrtom delu je opisan razvoj VR aplikacije i prikazane su najbolje prakse.

U budućnosti možemo očekivati da će VR napredovati pre svega zbog velikog interesovanja kompanija i zajednice korisnika. Uređaji virtuelne i proširene stvarnosti kao što su Oculus Rift, Leap Motion ili Microsoft HoloLens (uređaj pomešane stvarnosti) su popularni među VR programerima. Velike kompanije kao Samsung, Google i Facebook trenutno vladaju tržištem VR tehnologija. Aplikacije su najpristupačnije na desktop i mobilnim uređajima. Aktivno se radi na razvoju WebVR i UI/UX standarda. Stvaraju se nove interdisciplinarnе oblasti koje povezuju VR sa edukacijom, medicinom, filmom, građevinom, prodajom i automobilskom industrijom. VR aplikacije možemo razvijati pomoću popularnih programskih jezika i alata koji ne zahtevaju od korisnika novčana ulaganja. Mogućnost razvoja različitih vrsta VR aplikacija može dovesti do velikih promena u primeni informacionih tehnologija. Primena najboljih praksi i standarda može dovesti do stvaranja kvalitetnog VR iskustva.

Što se tiče budućih istraživanja postoji veliki potencijal za primenu VR u edukaciji. VR platforma može pomoći u podsticanju inkluzije, zajednice korisnika koji će biti spremni na saradnju bez obzira na ograničenja. Buduća istraživanja biće fokusirana na slučajeve korišćenja koji mogu poboljšati trenutni obrazovni sistem korišćenjem modernih VR tehnologija.

LITERATURA

- [1] Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin, Thomas A. DeFanti, "Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE", SIGGRAPH '93 Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 135-142, 1993.
- [2] Tomasz Mazuryk and Michael Gervautz, "Virtual reality history, applications, technology and future", Technical Report TR-186-2-96-06, 1996.
- [3] Patrice Bouvier, Francois De Sorbier, Pascal Chaudeyrac, Venceslas Biri, "Cross-benefits between virtual reality and games", Computer Games Multimedia and Allied Technology Conference, 2008.
- [4] Escudero Guirado Carmen, Goytre Castro Carmen, "Crowdfunding as an Open Innovation for Co-Creation", Strategic Approaches to Successful Crowdfunding, 2016.
- [5] Tony Parisi, "Learning Virtual Reality", O'Reilly Media, 2015.
- [6] Ronald T. Azuma, "A survey of augmented reality", Teleoperators and Virtual Environments, Volume 6 Issue 4, pages 355-385, August 1997.
- [7] Mina Tawadrous, David Rojas, Bill Kapralos, Andrew Hogue, Adam Dubrowski, "The effects of stereoscopic 3D on knowledge retention within a serious gaming environment", Multimedia Tools and Applications, March 2016.
- [8] "The best VR headsets", *online* dokumentacija, link: <http://www.wearable.com/headgear/the-best-ar-and-vr-headsets>, poslednji pristup 24.04.2017.
- [9] Ahmed Amer, Phillip Peralez, "Affordable Altered Perspectives Making Augmented and Virtual Reality Technology Accessible", Global Humanitarian Technology Conference (GHTC) IEEE, 2014.
- [10] Deepak Sharma, "A review paper on virtual reality Oculus Rift and Augment Reality", International Journal of Current Research Vol. 8, Issue, 09, pp. 37941-37945, September 2016.
- [11] Parth Rajesh Desai, Pooja Nikhil Desai, Komal Deepak Ajmera, Khushbu Mehta, "A Review Paper on Oculus Rift - A Virtual Reality Headset", International Journal of Engineering Trends and Technology, Jul 2014.
- [12] Jihyun Lee, Byungmoon Kim, Bongwon Suh, Eunye Koh, "Exploring the Front Touch Interface for Virtual Reality Headsets", 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems Pages 2585-2591, 2016.
- [13] Kay Kim, "Is Virtual Reality (VR) Becoming an Effective Application for the Market Opportunity in Health Care, Manufacturing, and Entertainment Industry?", European Scientific Journal, 2016.
- [14] Trevor J. Dodds and Roy A. Ruddle, "Using Teleporting, Awareness and Multiple Views to Improve Teamwork in Collaborative Virtual Environments", Visualization and Virtual Reality Research Group School of Computing, 2008.
- [15] Mohammad S. Hasan, Hongnian Yu, "Innovative developments in HCI and future trends", International Journal of Automation and Computing, Volume 14, Issue 1, pp 10-20, December 2016.
- [16] Brent Cowan, Bill Kapralos, "An Overview of Serious Game Engines and Frameworks", Recent Advances in Technologies for Inclusive Well-Being Volume 119 of the series Intelligent Systems Reference Library pp 15-38, February 2017.
- [17] Tanay Pant and Srushtika Neelakantam, "Learning Web-based Virtual Reality: Build and Deploy Web-based Virtual Reality Technology", Apress, 2017.
- [18] Chi-Wen Yang, Tsung-Han Lee, Chien-Lung Huang, Kuei-Shu Hsu, "Unity 3D production and environmental perception vehicle simulation platform", International Conference on Advanced Materials for Science and Engineering (ICAMSE), 2016.
- [19] Bernard Perro, "Sign of a Threat: The Effects of Warning Systems in Survival Horror Games", COSIGN, 2004.
- [20] Paola Salomoni, Catia Prandi, Marco Rocchetti, Lorenzo Casanova, Luca Marchetti, Gustavo Marfia, "Diegetic user interfaces for virtual environments with HMDs: a user experience study with oculus rift", Journal on Multimodal User Interfaces pp 1-12, January 2017.

ABSTRACT

The paper describes the development of virtual reality with an emphasis on devices and tools for application development. Firstly, the paper will compare popular VR devices for PC, desktop, and mobile devices. Secondly, will describe the environment for the development of native, multi-platform and web applications. Thirdly, through the development of VR software application will describe best practices for VR development and common standards. At the end, will be presented VR tech demo application with development details.

Overview of HMD devices and development environment for virtual reality

Aleksandar Jovanović, Aleksandar Milosavljević