Tehnologije prividne stvarnosti

Dragičević, Dajana

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:087848

Rights / Prava: Attribution-NoDerivs 3.0 Unported/Imenovanje-Bez prerada 3.0

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
VARAŽDIN

Repository / Repozitorij:

Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
V A R A Ž D I N

Dajana Dragičević

TEHNOLOGIJE PRIVIDNE STVARNOSTI

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE

V A R A Ž D I N

Dragičević Dajana

Matični broj: K-400448/11-Izv.

Studij: Primjena informacijske tehnologije u poslovanju

TEHNOLOGIJE PRIVIDNE STVARNOSTI

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Kliček Božidar

Varaždin, kolovoz 2018.

Dragičević Dajana

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

Autorica potvrdila prihvaćanjem odredbi u sustavu FOI radovi.

Sažetak

Prividna stvarnost i njezine tehnologije svakoga dana sve više „ulaze“ u naše domove, poslove, u naš život. Tehnologije su sve dostupnije krajnjim korisnicima, naprednije, sve je spremno da jedna nova era, era prividne stvarnosti započne. Tema ovog završnog rada su upravo tehnologije prividne stvarnosti. Rad pokriva razvoj samih tehnologija kroz povijest, od prvih koncepata prije osamdeset godina sve do današnjih tehnologija predviđenih za masovnu uporabu. Također prikazane su tehnologije koje su još u fazi inovacije ili se predviđa njihov razvoj u budućnosti. Fokus rada je na najvažnijim tehnologijama prividne stvarnosti današnjice te na primjeni tih tehnologija kako bi se dobio dublji uvid u njih. Cilj rada je približiti široj populaciji tehnologije prividne stvarnosti, prikazati pozitivne i negativne strane, ali i prikazati veliki potencijal tih tehnologija koji bi mogao utjecati na budućnost čovječanstva.

Ključne riječi

Prividna stvarnost, tehnologije prividne stvarnosti, čovjek, uronjenost, prisutnost, percepcija, interakcija, povratna informacija.

Sadržaj

Izjava o izvornosti ii
Sažetak iii
1. Uvod 1
2. Metode i tehnike 3
3. Što je prividna stvarnost 4
4. Razvoj tehnologija prividne stvarnosti 7
5. Sustav prividne stvarnosti 14
5.1. Tehnologije prividne stvarnosti 14
5.1.1. Tehnologije pozicioniranja i orijentacije 14
5.1.1.1. Profesionalna rješenja 14
5.1.1.2. Rješenja za masovnu distribuciju 15
5.1.2. Izlazne jedinice 17
5.1.2.1. Naočale prividne stvarnosti koje koriste pametne telefone 17
5.1.2.2. Naočale prividne stvarnosti koje se spajaju na računalo 21
5.1.2.3. Imerzivne sobe, veliki ekrani i projektori 26
5.1.2.4. Zvuk 27
5.1.3. Ulazne jedinice 28
5.1.3.1. Upravljači 28
5.1.3.2. Rukavice prividne stvarnosti 30
5.1.4. Računala 31
5.2. Programska podrška 31
5.3. Čovjek (korisnik) 33
6. Primjena tehnologija prividne stvarnosti 34
6.1. Računalne igre 34
6.2. Edukacija 35
6.2.1. Treniranje: revolucija u pedagogiji 37
6.3. Medicina 37
6.4. Uranjanje u svijet filma 38
6.5. Menadžment i marketing 39
6.6. Arhitektura 41
6.7. Umjetnost, kulturno nasljeđe i arheologija 41
6.8. Tabu 42
7. Tehnološki izazovi i perspektive 44
7.1. Vidno polje 44
7.2. Rezolucija ekrana 44

7.3. Frekvencija ekrana 45
7.4. Grafički kapaciteti 45
7.5. Prenosivost 46
8. Budućnost 47
8.1. Somatosenzorni sustav 47
8.2. Miris i okus 48
8.3. Sučelja mozak-stroj 48
8.4. Obećana revolucija na polju zabave 50
9. Rizici korištenja tehnologija prividne stvarnosti 51
9.1. Zdravstveni problemi i problemi nelagode 51
9.2. Problem nedosljednosti 51
10. Utjecaj tehnologije prividne stvarnosti na naše društvo 53
11. Osvrt na Samsung Gear VR naočala prividne stvarnosti 62
12. Zaključak 68
Popis literature 70
Popis slika 72
Prilog 1 73
Prilog 2 79
Prilog 3 92

1. Uvod

Tema ovog završnog rada su tehnologije prividne stvarnosti, a obradila sam je putem praktičnog i teorijskog dijela rada. U drugom poglavlju ovog rada nalaze se metode i tehnike koje sam koristila kako bih što bolje pokrila temu. Tema je razrađena od trećeg do jedanaestog poglavlja. Sa razradom teme započinjem u 3. poglavlju u kojem je definiran sam pojam prividne stvarnosti. Osim pojašnjenih definicija kroz primjer simulacije dodatno sam naglasila osnovne koncepte definicija prividne stvarnosti. Značajnost teme leži u samim tehnologijama prividne stvarnosti pa sam u 4. poglavlju prikazala kronološki razvoj tih tehnologija. Tehnologije prividne stvarnosti su kroz povijest prošle, po mom mišljenju, dug razvoj da bi postale danas ono što jesu. Peto poglavlje prikazuje cijeli sustav prividne stvarnosti: tehnologije prividne stvarnosti, programsku podršku prividne stvarnosti, ali i čovjeka koji je korisnik prividne stvarnosti. Unatrag nekoliko godina tehnologije prividne stvarnosti imaju primjenu u gotovo svakoj sferi ljudskog života te u šestom poglavlju radom pokrivam primjene koje smatram ključnima. Sedmo poglavlje govori o tehnološkim izazovima i perspektivama sadašnjih tehnologija prividne stvarnosti, a u osmom poglavlju riječ je inovacijama u budućnosti. U devetom poglavlju objasnila sam neke rizike korištenja tehnologija prividne stvarnosti.

Deseto i jedanaesto poglavlje su praktičan dio ovog rada. Desetim poglavljem ću preko vlastitog istraživanja putem ankete koju sam provela dokazati neke teze koje sam dala ranije u radu. Osim toga, na temelju rezultata ankete prikazati ću kakav je utjecaj tehnologija prividne stvarnosti na društvo danas. U jedanaestom poglavlju prikazati dat ću vlastiti kritički osvrt na jednu od najvažnijih tehnologija prividne stvarnosti, naočale prividne stvarnosti. Koristila naočale prividne stvarnosti Samsung Gear VR te detaljno objasnila prednosti i mane ove tehnologije metodom razmišljanje na glas.

Dvanaestim poglavljem zaokružujem ovaj završni rada zaključkom.

Teorijskim i praktičnim dijelom želim približiti krajnjim korisnicima tehnologije prividne stvarnosti. U praktičnom dijelu iz vlastitog zapažanja i pomoću ankete, koju sam provela i opisala u desetom poglavlju, zaključila sam kako korisnici (ili potencijalni korisnici) i dalje tehnologije prividne stvarnosti vežu uz računalne igre ili zabavu i ne vide širu sliku njene uporabe ili vide neke negativne konotacije uz njeno korištenje. Činjenica jest da tehnologije prividne stvarnosti za masovnu uporabu kreću u prodaju uz razne računalne igre, ali slika je daleko veća. Zbog toga sam se, osim na same tehnologije prividne stvarnosti i njihov povijesni i tehnološki razvoj, u radu fokusirala na primjenu tehnologija danas. Primjena je veoma široka: od vojne upotrebe, treniranja, učenja novih vještina i znanja, marketinga,

menadžmenta, medicine, arhitekture i urbanizma, povijesti, filma, zabave, opuštanja općenito i tako dalje. Dakle, od poslovne, profesionalne uporabe do uporabe za slobodno vrijeme. Upravo mi je krajnji korisnik bio motivacija za odabir teme. Bez korisnika tehnologije ne postoje. Korisnik je dakako važan, ako ne i ključan dio cijelog sustava prividne stvarnosti te je upravo zbog toga ovaj rad usmjeren približavanju tehnologija prividne stvarnosti korisniku. Sam pregled najvažnijih tehnologija, istraživanje koje sam provela i analiza jedne od najrasprostranjenijih tehnologija prividne stvarnosti korisniku će približiti tu tehnologiju.

2. Metode i tehnike

Za praktični dio ovog rada napravila sam empirijsko istraživanje putem ankete kako bih utvrdila koliko naše društvo poznaje tehnologije prividne stvarnosti te koji su neki osnovni stavovi korisnika i potencijalnih korisnika. Anketu sam izradila pomoću Google Docs-a. koji omogućuje jednostavnu, brzu i besplatnu izradu obrazaca koji sadrže mnogo opcija za prikupljanje podataka istraživanja ove vrste. Nakon što se prikupe svi podaci postoji opcija izrade sažetka u kojem su izračunati pojedini postotci što olakšava i ubrzava analizu podataka. Osim toga, sve prikupljene podatke moguće je pospremiti u jednu tablicu koja je kompatibilna s Microsoft Office Excelom čime je omogućena pregledna analizu svih prikupljenih podataka. Za potrebe mog istraživanja Google Docs zadovoljava sve uvjete. Svi podaci (pitanja, sažetak sa statističkom analizom, prikupljeni odgovori) vezani uz anketu nalaze se u prilozima ovog rada.

Anketa se nalazi na sljedećem linku:
https://docs.google.com/forms/d/1CGsy1H8PhemE_iuNxoStp2ICUKmCa40ZFpuiPu6mpdQ

Ovaj link jednostavno mogu kopirati i poslati putem društvenih mreža (npr. putem Facebook-a) ili putem elektronske pošte (npr. putem Gmail-a) osobama kako bi ispunili anketu. Također link je moguće poslati ispitanicima putem aplikacije za komunikaciju Messanger. Koristila sam prikupljanje podataka putem Facebooka i putem Messanger-a.

Anketa se sastoji od 30 pitanja, a ispitanicima nudi mogućnost odabira jednog odgovora, više odgovora, ocjenjivanje i mogućnost upisa vlastitog odgovora. Od 27.05.2018. do 03.06.2018. anketirala sam 166 ispitanika, a detalji o rezultatima ankete nalaze se u desetom poglavlju ovoga rada. Nakon toga anketu sam zatvorila te trenutno nije moguće slati odgovore.

Osim ankete, za praktični dio napravila sam u jedanaestom poglavlju svoj osvrt na jednu tehnologiju prividne stvarnosti metodom razmišljanja na glas. Koristeći naočale prividne stvarnosti Samsung Gear VR i pametni telefon Samsung Galaxy S6 u detalje sam opisala koje prednosti ili mane sam primijetila kada sam koristila ovu tehnologiju. Aplikacije koje sam koristila i opisala njihovo korištenje su Samsung Gear VR, Oculus Store, Facebook 360°, Netflix i MasterWorks: Journey Through History.

3. Što je prividna stvarnost

Pojam prividne stvarnosti (eng. *virtual realitiy*) u kontekstu koji se koristi danas popularizirao je računalni znanstvenik, pisac i umjetnik Jaron Lanier 1985. godine na konferenciji za novinare [1, str. xvii]. Sama definicija prividne stvarnosti je kompleksna pa ću u ovom dijelu rada dat nekoliko njih, uz dublje pojašnjenje.

Prividna stvarnost omogućava korisniku virtualno izvršavanje zadataka dok on vjeruje da ih izvršava u stvarnom svijetu. Kako bi generirale taj osjećaj, tehnologije prividne stvarnosti moraju „prevariti mozak“ i osigurati informaciju identičnu informaciji koju bi mozak korisnika percipirao u realnom okruženju [1, str. xxii].

Sljedeća definicija kaže da prividna stvarnost pobuđuje ciljano ponašanje organizma pomoću umjetnih stimulacija osjetila dok organizam ima malu ili nikakvu svjesnost interferencije. Ključne komponente ove definicije: [2, str. 2–3]

- Ciljano ponašanje: organizam ima iskustvo koje je dizajnirao kreator iskustva prividne stvarnosti. Primjeri uključuju letenje, hodanje, proučavanje, gledanje filma ili socijalizaciju s drugim organizmima.
- Organizam: može biti bilo koja osoba ili čak životinja kao što je muha, žohar, štakor ili majmun (znanstvenici su koristili tehnologije prividne stvarnosti na svim ovim životinjama)
- Umjetna stimulacija osjetila: tehnologije prividne stvarnosti zamjenjuju uobičajeni ulaz osjetila umjetnim stimulacijama
- Svjesnost: čini se da organizam nije svjestan interferencije kada ima iskustvo prividne stvarnosti, to jest „prevaren je“. Ova ne svjesnost vodi do osjećaja prisutnosti (eng. *presence*) u drugom svijetu, svijetu prividne stvarnosti. Organizam tu prisutnost prihvaća kao prirodan.

Prividna stvarnost je umjetno okruženje koje je dovoljno imerzivno (eng. *imersive*) da bi korisnika uvjerilo kako je zapravo unutar njega [3, Pogl. 1].

Pojašnjenje definicije:

- Umjetno okruženje: u praksi ovo može predstavljati bilo što (od fotografije, računalne igre, filma…), a jedino je važno da ne postoji tamo gdje je smješten korisnik prividne stvarnosti.

- Iskustvo ne treba izgledati u potpunosti kao stvarnost da bi bilo imerzivno jer ljudska osjetila mogu biti manipulirana tako da percipiraju ponašanje prividne stvarnosti kao što percipiraju realan svijet.

Sljedećim primjerom pokušat ću dublje ući u značenje prividne stvarnosti te na njemu istaknuti njene ključne koncepte.

Zamislimo da postoji **osoba (korisnik)** koja je oduvijek sanjala da leti avionom, ali u stvarnosti nikada nije imala mogućnosti ostvariti taj san. Prividna stvarnost može omogućiti virtualnu realizaciju tog sna pomoću simulacije letenja avionom. Prije svega je esencijalno da se korisniku pružaju sintetičke slike koje reproduciraju pogled iz kokpita. Kako bi se dao osjećaj da je osoba zaista u avionu te slike moraju biti velike i visoke kvalitete tako da „gurnu“ percepciju stvarnog svijeta i zamijene s prividnim okruženjem. Ovaj fenomen modificiranja percepcije naziva se **imerzija** tj. **uronjenost** i jedno je od ključnih principa prividne stvarnosti.

Ako sustav prividne stvarnosti generira i zvuk motora aviona imerezija postaje još veća. Mozak korisnika percipira tu informaciju radije nego informacije koje su stvarno realno oko njega te se time pojačava utisak da je zaista u avionu.

Nadalje, bitno je korisniku omogućiti sve dijelove kokpita kao u stvarnom avionu. Sustav mora tako sadržavati gumbe za kontrolu samog aviona i palicu za upravljanje. Ti **mehanizmi interakcije** između korisnika i sustava su drugi ključan princip prividne stvarnosti.

Korisniku također u sustavu prividne stvarnosti mora biti omogućeno upravljanje avionom koje generira sile kako bi simuliralo otpor kod korištenja prave palice u realnom avionu. Te haptičke informacije znatno učvršćuju korisnikovu imerziju u prividnoj stvarnosti. Kako bi se još potpunije reproducirala realnost, zamislimo da možemo pružati korisniku pravi kokpit aviona sa stvarnim sjedalima i kontrolama te da možemo savršeno adaptirati eksterne ekrane kako bi osigurali prirodan izgled sintetičkih slika. Dojam će za korisnika biti još veći kada mozgu dodamo vizualne impresije (komponente kokpita), zvučne informacije (zvuk pritiska na gumb…) i haptičke **povratne informacije** (osjećaj sjedenja na sjedalu). Takav sustav bi nedvojbeno uvjerio mozak svakog korisnika da zapravo sjedi u kokpitu, upravlja avionom, dao bi mu osjećaj prisutnosti u prividnoj stvarnosti [1, str. xxiv]. **Prisutnost** je također jedan od temeljnih principa prividne stvarnosti.

Ovim primjerom objasnila sam prividnu stvarnost kroz jednu od najrasprostranjenijih tehnologija prividne stvarnosti, a to su simulatori leta. Takvi uređaji postoje već mnogo godina i koriste se za treniranje vojnih pilota, pilota komercijalnih letova, a i dostupni su široj javnosti za zabavu.

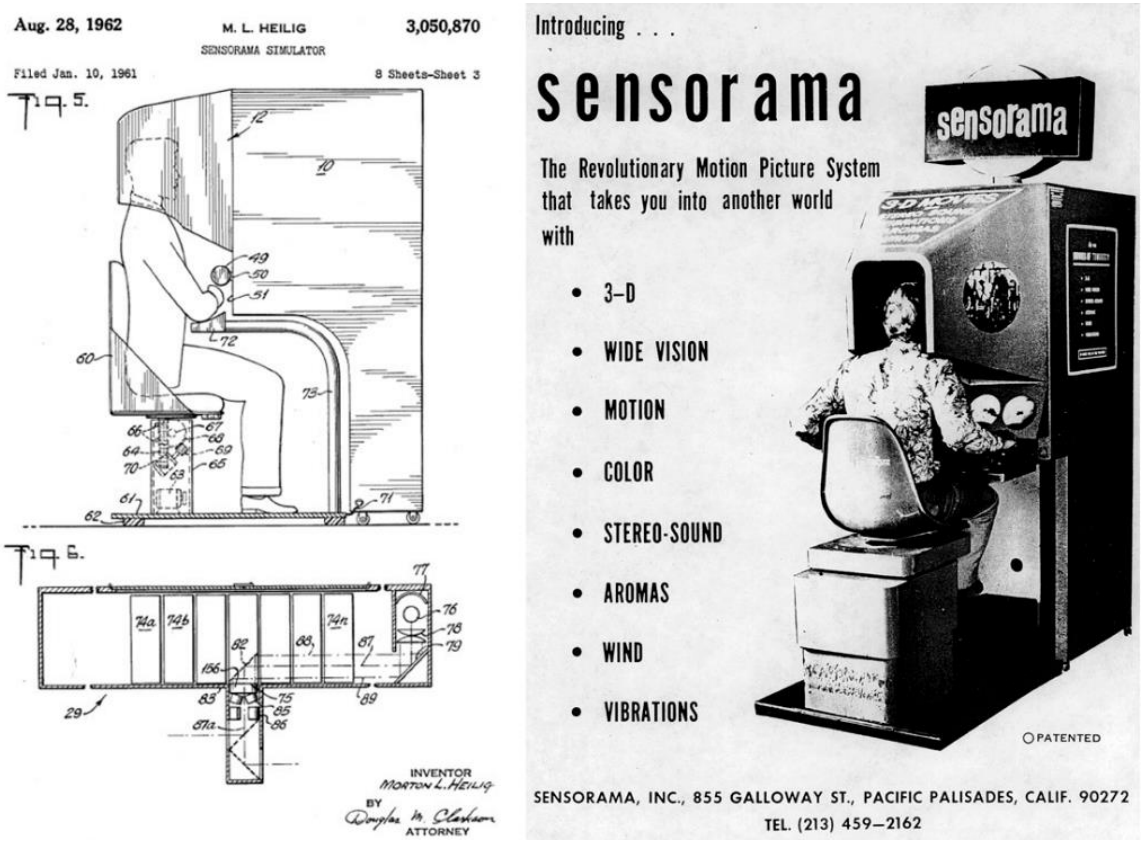
Iz ovog primjera i prethodnih definicija zaključujem da je prividna stvarnost umjetna stimulacija osjetila korisnika koja pomoću ključnih principa na kojima se temelji (imerzija, interakcija, povratna informacija) korisniku omogućuje osjećaj prisutnosti u okruženju koji je stvoren i prikazan pomoću tehnologija prividne stvarnosti.

4. Razvoj tehnologija prividne stvarnosti

Dan po dan prividna stvarnost dolazi u poslovni svijet, ulazi u ljudske domove, omogućava nam učenje, služi nam za relaksaciju i zabavu. Već nekoliko godina pojam prividna stvarnost nije nešto što vežemo uz npr. znanstveno-fantastične filmove, a tehnologija svakoga dana postaje dostupnija široj javnosti. Ovim poglavljem ću kroz kronološki pregled razvoja tehnologija prividne stvarnosti prikazati njihov razvoj kroz vrijeme sve do današnjeg procvata prividne stvarnosti. Nevjerojatno, ali istinito, da bismo došli do onoga što je prividna stvarnost danas vraćamo se nekoliko desetljeća unazad.

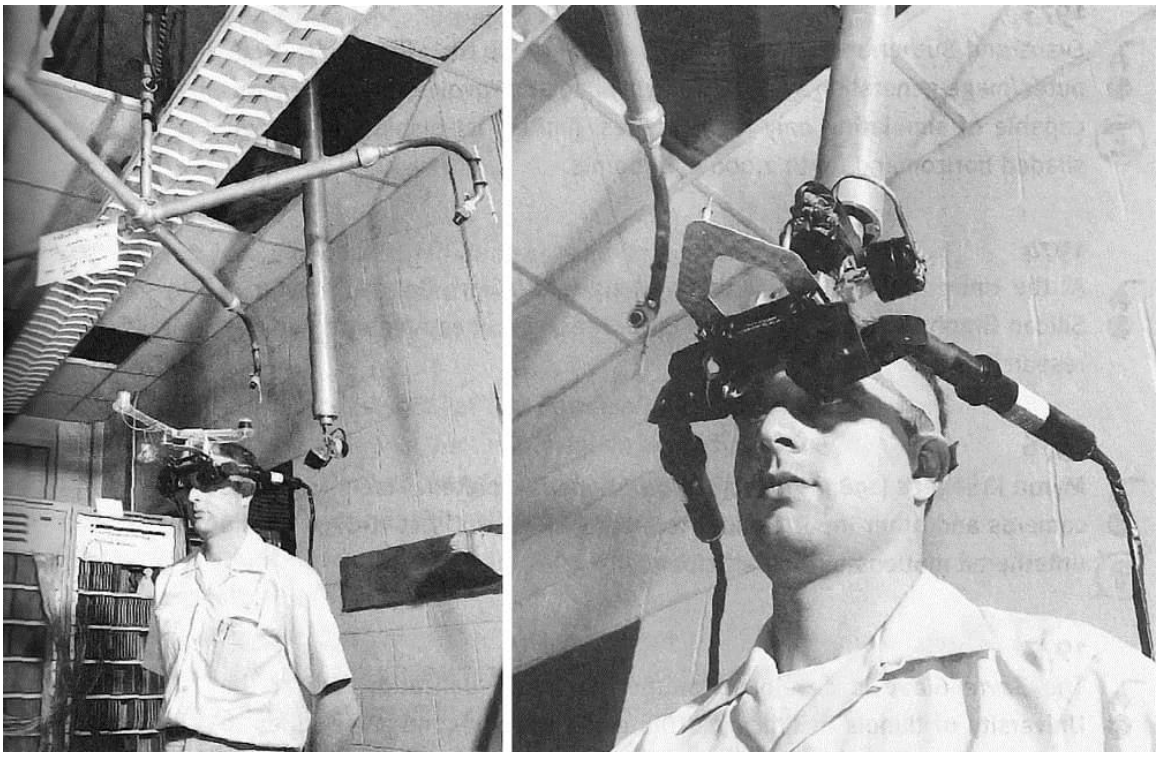
Mnogo ranije nego što su računala postala dio naše svakodnevice, davne 1929. Edwin Link, američki inovator, poduzetnik i avijatičarski entuzijast, kreirao je prvi simulator leta koji mnogi vide kao rani primjer prividne stvarnosti. Prema njegovoj biografiji za izradu ga je motiviralo razočaranje na prvom satu leta. U to vrijeme američko zrakoplovstvo imalo je problem kako obučiti pilota vještini letenja bez da ga se direktno stavlja u opasnost. Link je u tom trenutku iskoristio svoj poduzetnički duh i 1934. godine vojska kupuje njegovu tvrtku te je, prema Linkovoj procjeni, do kraja 1958. oko 2 milijuna pilota koristilo simulator [4]. Zanimljiva je činjenica da se i danas simulatori leta pomoću prividne stvarnosti koriste u vojsci te kod komercijalnih letova za učenje pilota ovoj opasnoj i zahtjevnoj vještini, ali ih je moguće koristiti u slobodno vrijeme za zabavu.

U pedesetim godinama prošloga stoljeća Morton Leonard Heilig radio je na svom sustavu Sensorama (Slika 1.) koji je 1962. godine i patentirao. Njegov sustav sastojao se od dva ekrana koji su proizvodili 3D sliku. Sustav je omogućavao korisniku da prividno upravlja motociklom po ulicama Brooklyna kroz iskustvo temeljeno na stereoskopskoj vizualizaciji. Osim toga, Sensorama je proizvodila zvukove motocikla i reproducirala vibracije motora te davala osjećaj vjetra na korisnikovom licu. Heilig je u svom sustavu koristio i razne kemikalije kako bi korisnik osjetio mirise. Zaista jedna revolucionarna tehnologija, ali kod korisnika nije doživjela uspjeh [1, str. xix] [2, str. 29].



Slika 1. 1962. Heiligova Sensorama [5]

Važan korak za prividnu stvarnost dogodio se 1968. godine kada je Ivan Sutherland predstavio svoj Damoklov mač (eng „*Sword of Damocles*“). Damoklov mač (Slika 2.) projicirao je sliku s računala direktno pred oči samog korisnika. Pomoću njega se u počecima prikazivala kocka koja je na neki način lebdjela u prostoru oko korisnika. Jasno, grafika je bila u skladu s tadašnjim mogućnostima računala [2, str. 30]. Ovaj uređaj (nazovimo ga uređajem iako je po izgledu više podsjećao na srednjovjekovnu spravu za mučenje) se smatra prvim naočalama za prividnu stvarnost.



Slika 2. 1968. Damoklov mač [6]

Nadalje, 1975. godine Eric Howlett izumio je ekstremni širokokutni stereoskopski optički sustav LEEP (eng. *Large Expanse, Extra Perspective optical system*), koji je danas osnova za većinu kaciga tj. naočala (eng. *headset*) prividne stvarnost [7]i. Također je zanimljivo da je NASA u svojim istraživanjima prividne stvarnosti kod izrade optike sustava VIVED koristila LEEP leće.

1982. godine Thomas Zimmerman izumio je optičku rukavicu te se ubrzo pridružio tvrtci VPL kako bi nastavio rad na njoj. VPL je bila tvrtka koju je 1984. godine osnovao Jaron Lanier, računalni znanstvenik, pisac i osoba koja je 1985. uvela u svakodnevnu uporabu sam pojam prividna stvarnost. 1987. godine VPL predstavlja tržištu uređaj koji koristi rukavicu za interakciju s prividnim objektima DataGlove, a nakon toga sustav koji prati pokrete tijela DataSuit te sustav za praćenje pokreta glave EyePhone [3].

1985. Fisher osniva u NASA-i radnu stanicu za prividnu stvarnost VEIW (eng .*Virtual Environment Workstation Project*). Korisnik je mogao „ući“ u ovo okruženje i komunicirati s njime. Imao je stereoskopski sustav za prikaz koji se montirao na glavu pomoću kojeg je korisnik mogao vidjeti računalno izrađenu stvarnost ili pravi okoliš koji je bio prenesen preko udaljenih kamera. U sustavu su se koristile VPL-ove rukavice DataGlove i odijelo DataSuit. Pomoću rukavice sustav je pratio pomicanje korisnikovih prstiju ruke što je korisniku

omogućavalo interakciju s okruženjem koje vidi. Sustav je bio opremljen senzorskim odijelom koje je pratilo pokrete tijela korisnika [3, Pogl. 1] [8].

Prema tehnologiji koju je razvio VPL, Nintendo na tržište predstavlja 1989. upravljač nazvan PowerGlove. Ovaj uređaj nije imalo uspjeh na tržištu. Korisnici su smatrali da nije jednostavan za uporabu te su mu zamjerali nepreciznost [3, Pogl. 1].

Smatram da je vrijedno spomenuti kako prividna stvarnost postaje sve zanimljivija i filmskoj industriji te ću navesti nekoliko filmova kroz povijest koji su se bavili tom tematikom. Tako u filmu Tron iz 1982. godine glavni lik, kompjuterski haker, bude uvučen u digitalni svijet nakon što pristupi korumpiranom fajlu glavnog računala tvrtke u kojoj je bio zaposlen. U filmu, napisanom prema priči Stephena Kinga, Čovjek kosilica (1992., eng. *The Lawnmower Man*) znanstvenik koristi naočale za prividnu stvarnost kako bi pomogao svome mentalno hendikepiranom bratu. U filmu Razbijač (eng. *Demolition Man*) iz 1993. ženski lik Lenia Huxley (tumači Sandra Bullock) nudi virtualni seks Jhonnu Spartanu (tumači Sylvester Stalonne) što on nikako ne želi jer dolazi iz doba u kojem prividna stvarnost ne postoji. Film Preživjeti igru (eng. *Existenz*) iz 1999. pokazuje stapanje prividne stvarnosti i realnosti do te mjere da glavni likovi više nisu bili sigurni što je realnost. Serija filmova Matrix najpopularnija i najuspješnija je što se tiče ove teme. Prvi film serijala prikazan je 1999., a priča se odvija u virtualnom okruženju u kojem se glavni likovi bore protiv strojeva i robota koji su porobili ljudski rod. [1, str. xxi] [9] Iz navedenog zaključujem da je filmska industrija pratila razvoj koncepata tehnologija prividne stvarnosti. Interesantna činjenica je da takva tehnologija danas postoje i koristi se u svrhe kao što je to navedeno u ovim primjerima. Danas je tako moguće pomoću naočala prividne stvarnosti izliječiti neke bolesti, kao što je strah od visine, kako je to pokušavao glavni lik u filmu Čovjek kosilica i slično. Nekada fikcija, danas realnost.

1992. na Sveučilištu Illinois predstavljen je sustav CAVE (Slika 3.) na kojem je radila Carolina Cruz-Neira uz suradnike. Korisnik je mogao ući u prostoriju u kojoj je video slika bila projicirana na nekoliko zidova. Također je nudio stereoskopsko gledanje na način da je prezentirao različite slike na svako oko pomoću polarizirajućeg svjetla i posebnih naočala [2, str. 30]. CAVE je osim toga omogućavao da više korisnika koristi isto okruženje istovremeno čime je omogućen jedan od najvažnijih aspekata vizualizacije, a to je komunikacija.



Slika 3. Studenti Sveučilišta Illinois u originalnom CAVE-u [10]

1995. godine Nintendo ponovo pokušava osvojiti tržište svojim 3D sustavom za videoigre nazvan Virtual Boy (Slika 4.), ali i ovaj proizvod doživljava neuspjeh na tržištu. Sustav je uzrokovao strašne glavobolje kod korisnika te je bio veoma nespretan za korištenje. Nakon samo šest mjeseci povukli su proizvod s tržišta [2, str. 30] [3]. Usprkos tome smatram da je ovo važan podatak koji dokazuje da je svijet računalnih igara zainteresiran je tehnologije prividne stvarnosti kroz povijest.



Slika 4. 1995. Virtual Boy [11]

Područje primjene prividne stvarnosti s vremenom se širi te profesor na Sveučilištu u Tokiju, Michitaka Hiroshe svoj rad fokusira na korištenje prividne stvarnosti u obrazovanju. Hiroshe je razvio dva okruženja za prividnu stvarnost CABINE i COSMOS 1998. godine. Nekoliko godina nakon toga 2005. Albert Rizzo proučava uporabu prividne stvarnosti za rehabilitaciju i u psihologiji. Profesor prividnog okruženja na londonskom sveučilišta UCL-u, Mel Slater, 2008. godine osniva u Barceloni laboratorij EVENT (eng. *Experimental Virtual Environments for Neuroscience and Technology*) u kojemu i danas radi mnoga istraživanja na području prividne stvarnosti. Slater svoj rad usredotočuje na razumijevanje prividne stvarnosti u društvenim situacijama [12].

Dosadašnjim pregledom možemo primijetiti da, iako su tehnologije prividne stvarnosti mnogo napredovale od samih začetaka, još uvijek u to vrijeme niti jedna nije osvojila tržište. A onda 2010. godine cijela priča dobiva preokret. Krajem 2010. Microsoft plasira na tržište periferiju Kinect za svoju konzolu Xbox [12]. Kinect je uređaj koji je prati pokrete korisnika, a sa svojih prodanih 10 miliona u 3 mjeseca ušao je u Ginessovu knjigu rekorda kao najbrže prodavaniji uređaj za zabavu [13].

2010. godine mladić Palmer Lackey, osnivač tvrtke Oculus VR, kreira prvi prototip ekrana za glavu (eng. *Head-mounted display*, kraće HMD) koji je imao veoma veliko vidno polje. Njegov prototip je nešto što još nije bilo viđeno na tržištu i uskoro to uviđa i John Carmack, poznato lice u svijetu računalnih igara (Doom, Quake). Carmack prihvaća Lackey-ov HMD, te se 2012. godine pridružuje tvrtci Oculus VR u kojoj svoj rad u potpunosti usmjerava na razvoj Oculus Rift-a [12]. Oculus Rift je HMD koji se spaja na osobno računalo.

Događaju se u to vrijeme velike stvari koje mijenjaju u potpunosti dostupnost tehnologija prividne stvarnosti. U ožujku 2014. Facebook kupuje Oculus za nevjerojatnih 2 milijarde dolara. Mnogi inovatori i inženjeri prividne stvarnosti tvrde kako je upravo ovo veliko ulaganje u tvrtku prividne stvarnosti potaknulo golemi rast i poslovni interes za programsku podršku i tehnologije prividne stvarnosti [12].

Iste godine još jedno od velikih imena pridružuje se „igri“. Google razvija Cardboard, jednostavno rješenje za prividnu stvarnost. To je jeftini kartonski HMD s lećama koji u kombinaciji s pametnim telefonom i odgovarajućim aplikacijama postaje naočale za prividnu stvarnost [14].

Nadalje 2015. godine, u suradnji s Oculusom, Samsung razvija Gear VR, tehnologiju prividne stvarnosti za Samsung pametne telefone. Konkurencija prati ovaj razvoj pa i HTC predstavlja svoj sustav za prividnu stvarnost HTC Vive [12].

2016. godine svoj uređaj predstavio je i Sony. Uz konzolu Playstation 4 dolaze i naočale virtualne stvarnosti Playstation VR [15].

Pregledom povijesti razvoja koncepata i tehnologija prividne stvarnosti možemo zamijetiti kako je sam tijek tog razvoja spor. Unatrag nekoliko godina društvo nije bilo upoznato s pojmom prividna stvarnost, tehnologije su bile dostupne užoj populaciji, a o prividnoj stvarnosti kao dijelom svakodnevice moglo se samo sanjati. Prošlost nam pokazuje da mnoge tehnologije prividne stvarnosti nisu uspjele doprijeti do krajnjeg korisnika. Mnoge tehnologije su podbacile na tržištu što zbog svojih nedostataka kao što su uzrokovanje nuspojava, što zbog lošeg trenutka kada su se pojavile (npr. Sensorama se pojavila u trenutku kada se razvijala filmska industrija koja je imala masovnu popularnost kod korisnika). Tržište jednostavno nije imalo razumijevanja, ali danas, kada je tehnologija u naletu razvoja sve je spremno da krenemo u neki novi svijet. Svijet u kojem će prividna stvarnost postati dio našeg života te, prema mome mišljenju, promijeniti cijeli.

5. Sustav prividne stvarnosti

Ovim poglavljem dat ću pregled cijelog sustava prividne stvarnosti počevši sa samim tehnologijama prividne stvarnosti koje se koriste danas u profesionalnom kontekstu, ali i kod krajnjeg korisnika. Važno je napomenuti kako je oprema prividne stvarnosti do nedavno bila ograničena na profesionalnu uporabu i tek je danas dobila širu primjenu povećanjem kvalitete te sniženjem cijene što je revolucioniralo samu industriju. Također napravit ću pregled rješenja programske podrške te uključiti samog čovjeka zbog toga što je ljudska interakcija jednako važna komponenta sustava, ako ne i najvažnija.

5.1. Tehnologije prividne stvarnosti

Kada razmišljamo o samoj hardverskoj podlozi prividne stvarnosti na prvu pomisao vidimo naočale za prividnu stvarnost, no slika je daleko šira od toga. Ovim poglavljem detaljno ću pokriti najvažnije tehnologije prividne stvarnosti-od ulaznih jedinica kao što su senzori i tehnologije koje omogućavaju praćenje pokreta tijela čovjeka i drugih objekata samog sustava, do izlaznih jedinica kao što su naočale za prividnu stvarnost, veliki ekrani i periferija za zvuk, te računala koja daju potporu cijelom sustavu.

5.1.1. Tehnologije pozicioniranja i orijentacije

Praćenje pokreta u fizičkom svijetu je krucijalni dio bilo kojeg sustava prividne stvarnosti. Kako bi se procijenila slika koja odgovara poziciji korisnika prvo trebamo znati njihovu poziciju i orijentaciju s njihove točke gledišta. Osim toga važno je omogućiti praćenje organa korisnika, kao što su glava i oči. Posljednji dio je stvarno okruženje oko korisnika. Sve navedeno moguće je pomoću tehnologija koje ću detaljno objasniti u ovom poglavlju.

Prve naočale za prividnu stvarnost, koje je razvio I. Sutherland 1968., koristile su rotirajuće uređaje za kodiranje kako bi detektirale micanje glave. Nekoliko godina nakon to su postali senzori koji se temelje na elektromagnetskoj tehnologiji. Danas se sve više koriste optičke tehnologije.

5.1.1.1. Profesionalna rješenja

Infracrvene kamere velikih brzina (do 250 Hz) mogu se koristiti za praćenje. One identificiraju markere oznaka u prostoru koji odbijaju infracrvene zrake (u praksi koriste se mala područja, promjera manjeg od 1cm). Ti markeri smješteni su na dijelovima ljudskog tijela (najčešće na ruci), ali i na objektima čiju poziciju i prostornu orijentaciju želimo pratiti (npr. naočale ili neki drugi dodatak uključen u simulaciju prividne stvarnosti).

A.R.T. i Vicon, vodeće tvrtke koje prodaju uređaje za pozicioniranje i orijentaciju, nude rješenja temeljena na **optičkoj tehnologiji** s visokom preciznošću praćenja (milimetarskom), visokom izdržljivosti i malim vremenom čekanja (latencijom). Površina koju uređaj treba obuhvatiti može biti veličine i preko 100 m² što zahtjeva velik broj kamera. Instalacija je u tom slučaju dugotrajna zato što je potrebno da sve kamere budu smještene na stabilan način i spojene na računalo, a i zahtijevaju više procedura za kalibriranje. [1, str. 74]

Tvrtke 4D Views i Organic Motion nude osnovna rješenja za pozicioniranje i orijentaciju koja se temelje na **tradicionalnim video kamerama** bez markera pozicioniranih na korisniku. Njihovim pristupom se ekstrahiraju siluete iz slika koje bilježe i kombiniraju kamere te stvaraju 3D modeli ljudskog tijela, u minimalističkom ili kompletnom obliku, u realnom vremenu. Time se omogućava praćenje tijela korisnika bez da nosi opremu za praćenje. S druge strane, kako bi se to ostvarilo praćenje mora biti obavljeno često u posebnim prostorima sa zelenom pozadinom koja omogućava najbolja ekstrakcija siluete. [1, str. 75] To predstavlja ograničenje ove tehnologije.

5.1.1.2. Rješenja za masovnu distribuciju

Dodaci konzola za igranje

Pojava računalnih igara koje zahtijevaju praćenje pozicije i orijentacije korisnika dovela je do pojave specifičnih uređaja koje koriste konzole za igranje. Važno je spomenuti da su neka od tih rješenja danas usvojena i u profesionalnom području zbog svojih visokih performansi i niske cijene. Takvi dodaci su Kinectov senzor dubine, Leap-ove stereoskopske kamere, elektromagnetski senzori Hydra i Noitom-ovi senzori za tromost, koje ću pojasniti u nastavku rada.

Senzor dubine

Microsoftov Kinect je masovno proizvedena 3D kamera. Klasičnom kamerom moguće je „uhvatiti“ samo 2D informacije-sliku ili video u obliku pixela. 3D kamera dodaje informacije dubine za svaki pixel slike. Time je moguće odrediti udaljenost objekta na 3D sceni od centra kamere. Ova informacija veoma je važna za relativno precizno pozicioniranje u prostoru svih elemenata koji su vidljivi 3D kameri bez da ih se markira. U usporedbi s profesionalnim rješenjima, ova vrsta kamera ima manju preciznost i veće vrijeme čekanja [1, str. 76].

Stereoskopske kamere

Leap Motion je sustav koji precizno „hvata“ (eng. *captures*) ljudske ruke i omogućava korisniku prirodnu interakciju. Sastoji se od dvije infracrvene kamere kojima se brzo ekstrahira te specificira pozicija i orijentacija prstiju. Kamere se mogu nalaziti npr. na stolu pa

je tada prostor interakcije ispred kamere, ali mogu se i montirati u naočale za prividnu stvarnost te se tako omogućuje praćenje ruku unutar vidnog polja. Problem je što Leap Motion samo ekstrahira podatke kada su prsti potpuno vidljiv [1, str. 76]i.

Elektromagnetski senzori

Prije nekoliko godina tvrtka Sixence u kolaboraciji s tvrtkom Razer predložila je sustav Razer Hydra koji se sastoji od 2 upravljača smještena u prostoru. Ova dva potomka poznatog Nintendovog Wii upravljača osim što da imaju klasičnu komandnu palicu (eng. *joystick*) te gumbe igraće konzole (eng*. gamepad buttons*) nude rješenje za mjerenje pozicije i orijentacije u prostoru čime je omogućena 3D interakcija. Sustav se bazira na elektromagnetskom polju koje emitira baza smještena na stolu i detektira ju senzor u samoj komandnoj palici. U vrijeme izlaska na tržište Hydra gotovo nije imala konkurencije i koristili su je uglavnom manja skupina entuzijastičnih korisnika tehnologija prividne stvarnosti koji su postojali prije nego što je stigao Oculus Rift. Iako je bio brz, precizan i jednostavan za korištenje, sustav je imao problem kao i svi elektromagnetski senzori, a to je miješanje (od npr. neposredne blizine izvora energije) koje može iskriviti elektromagnetsko polje i time iskriviti mjerenja[1, str. 77]. Sixense trenutno radi na unaprijeđenom sustavu STEM.

Senzori za tromost/inerciju

Kineska tvrtka Noitom na tržište je plasirala Perpetion Neuron, proizvod koji se bazira na jedinicama za tromost. Pomoću algoritama koji koriste biomehaničke modele ljudskog tijela omogućeno im je precizno utvrditi prostornu poziciju većine dijelova tijela. Svojom cijenom i visokom preciznošću ovaj uređaj ima dobre rezultate [1, str. 77].

Nadalje, razmotrit ću sustave integrirane u ekrane koji se nose na glavi (HMD, eng. *Head-mounted displays*), tj. u naočale prividne stvarnosti.

Jedinica za tromost/inerciju-Samsung Gear VR

Samsung Gear VR naočale nude praćenje koje se temelji na jedinicama za inerciju koje su sastavljene od brzinomjera, žiroskopa i magnetometra. Ovaj uređaj donosi veoma brzu i pouzdanu informaciju o rotaciji. Algoritmi stapanja visokih performansi omogućavaju optimalno korištenje tri senzora koji brzo pružaju pouzdane informacije. Ipak, ti senzori jedino dopuštaju primanje informacija o rotaciji te nisu dovoljno precizni kod tradicionalnih informacija [1, str. 78].

Spajanje optičke i jedinice za inerciju/tromost-Oculus Rift

Oculus Rift nudi rješenje praćenja sličan spomenutim profesionalnim rješenjima ranije u radu. Jedna ili više infracrvenih LED dioda smještene su u naočalama što omogućava izračunavanje pozicije i orijentacije naočala u prostoru. Jedinica za inerciju omogućava

daljnje smanjenje vremena čekanja i povećava preciznost praćenja. Iako su kamere brze zahtijevaju procesuiranje slike koje je sporije nego računanje spajanja pomoću brzinomjera, žiroskopa i magnetometra [1, str. 79].

Laserska zraka i jedinica za inerciju/tromost-HTC Vive

Naočale prividne stvarnosti HTC Vive koriste suprotnu tehnologiju naspram dosad navedenih. One imaju Lighthouse sustav kojem su senzori smješteni na naočale dok su mete eksterne (eng. *external*). Lighthouse prelazi kroz prostor pomoću dvije zrake lasera-s jednom prelazi horizontalno, a s drugom vertikalno. Naočale su opremljene setom senzora koji detektiraju u kojoj točci ih laserska zraka dohvaća. Kombiniranjem informacija prikupljenih s više senzora može se dobiti pozicija i orijentacija naočala u prostoru. Kao i kod Oculus Rifta-a dodana je jedinica za inerciju koja minimizira latenciju sustava i povećava preciznost [1, str. 79].

5.1.2. Izlazne jedinice

Naočale prividne stvarnosti su tehnologija koja je kroz povijest od svojeg prvog pojavljivanja 1968. daleko evoluirala. Ipak od prvog pojavljivanja do evolucije koju imamo danas prošlo je gotovo pedeset godina, a u to vrijeme mnogo se drugih tehnologija koristilo u svijetu prividne stvarnosti.

U te tehnologije spadaju uređaji koji se temelje na ekranu ili projekciji slika na velike ekrane kojima se omogućava korisnicima zajedničko imerzivno iskustvo. Primjer takve tehnologije su CAVE koji je razvila C. Cruiz-Neira 1992. godine, ili Reality Centar koji je komercijalizirala silikonska dolina dvije godine kasnije. I danas se gradnja profesionalnih imerzivnih soba temelji na ovim rješenjima što je važna činjenica.

Također u izlazne jedinice ubrajaju se i haptički te audio uređaji koji upotpunjuju korisnikovu uronjenost u prividnu stvarnost nudeći im bogatu i povezanu senzornu informaciju.

5.1.2.1. Naočale prividne stvarnosti koje koriste pametne telefone

Ova kategorija tehnologija prividne stvarnosti dostupna je na tržištu po veoma niskim cijenama ukoliko se ne računa cijena samog pametnog telefona. U današnje vrijeme gotovo svatko posjeduje pametni telefon pa je potencijalno tržište veliko. Detaljniji opis prikazat ću na tehnologijama ove kategorije koje smatram ključnima, a to su Google Cardboard i Samsung Gear VR.

Google Cardboard

Google je želio učiniti prividnu stvarnost dostupnu masama tako da svede troškove na minimum. Predstavio je svoj Google Cardboard 2014. godine. Dizajnirali su kartonsku kutiju koja je opremljena s dvije plastične leće i u koju korisnik može umetnuti svoj pametni telefon. Minimalna veličina ekrana pametnog telefona koja može biti umetnuta u Google Cardboard je 4 inča, a maksimalna 5 inča. Širina vidnog polja pomoću ovih naočala prividne stvarnosti je 45°. Ekran pametnog telefona je „podijeljen“ na dva dijela, a na svakome od njih se prikazuje slika za posebno oko što prati principe koji su se koristili kod prvih stereoskopa razvijenih sredinom 19-tog stoljeća. Današnji pametni telefoni sadrže jedinice za inerciju i sposobne su uhvatiti rotacije ovakvih naočala prividne stvarnosti. Zbog toga im je moguće reagirati na način da modificiraju stereoskopsku sliku koja se prikazuje kako bi promijenili točku gledanja korisnika [16] [1, str. 83]. Dakle, koriste se senzori samog pametnog telefona, tj. ne postoje dodatni senzori.

Osnovni problem kod ovakvih tehnologija je malo područje primjene zato što današnji pametni telefoni ne sadrže tehnologiju koja bi omogućila tehnologijama prividne stvarnosti preciznost i brzinu. Pametni telefoni koji su kompatibilni s ovakvim uređajima daleko su slabiji nego računala te je pomoću njih moguće koristiti tehnologije prividne stvarnosti samo za gledanje 360° videa ili za pokretanje jednostavnijih aplikacija u realnom vremenu. Vrijeme čekanja (latencija) između korisnikova pokreta i rezultata koji se prikazuje je preveliko da bi se pružalo pravo imerzivno iskustvo. Zbog spomenutih problema ovo iskustvo može prouzročiti mučninu, vrtoglavicu te druge nuspojave. Google kod predstavljanja svoga Daydraem-a 2016. godine još uvijek nije riješio sve ove probleme [1, str. 83]. Ipak, kod kupnje Daydream-a dolazi bežični upravljač koji omogućava korisniku interakciju unutar prividne stvarnosti te time omogućava korištenje većeg spektra aplikacija. Osim toga povećano je vidno polje na 90° te su dodani senzori brzinomjer, žiroskop i senzor blizine što je povećalo kvalitetu samog iskustva pomoću ove tehnologije.

Na sljedećoj stranici nalazi se Slika 5. koja prikazuje dijelove Google Carborda. Uređaj je jednostavno sastaviti prema detaljnim uputama koje omogućava Google. Lagan je (141g), instalacija je jednostavna te traje nekoliko minuta. Jednostavnost korištenja je također jedna od prednosti ovog uređaja.



Slika 5. Dijelovi Google Carbord-a [16]

Pod brojem jedan na slici vide se kartonski dijelovi Google Carboarda koje korisnik sastavi i u koje umetne sve dijelove koji su na slici pod brojevima 2-5 (bikonveksne leće itd.), te na kraju u koraku 6 umetne svoj pametni telefon. Brzo, jednostavno i jeftino.

Samsung Gear VR

U suradnji s Oculusom, Samsung je na tržište plasirao 2015. naočale Samsung Gear VR (Slika 6.) u koje se umeće pametni telefon i koja može biti klasificirana kao tehnologija prividne stvarnosti. Kako bi to postale morale su zadovoljiti sljedeće uvjete: [1, str. 84]

- Uključiti optičke sustave visoke kvalitete i dodatne senzore koji imaju bolje performanse od onih u pametnim telefonima
- Razviti specifične algoritme visokih performansi kako bi smanjili latenciju sustava
- Koristiti samo najnaprednije pametne telefone proizvođača koji imaju dovoljnu „moć“



Slika 6. Samsung Gear VR i pametni telefon Samsung Galaxy S6 [vlastita fotografija]

Uređaj Samsung Gear VR iz 2015. kompatibilan je sa Samsung Galaxy pametnim telefonima S7, S7 edge, Note5, S6, S6 edge koje je jednostavno priključiti na uređaj pomoću Micro USB-a. Leće Samsung Gear VR-a iz 2015. godine su ne sferične, a vidno polje iznosi 96°. Između leća nalazi se sustav senzora koji uključuje brzinomjer, žiroskop i senzor blizine [17]. Ranije u radu senzore sam objasnila detaljnije (poglavlje 5.1.1.2). Sustav senzora javlja pametnom telefonu Samsung Galaxy kada ga je korisnik stavio na glavu te pokreće aplikaciju za prikaz sadržaja. Rezolucija je daleko od perfektne, vidljivi su pikseli kod korištenja ovog uređaja iako Galaxy ima rezoluciju od 1440 x 2560 piksela. Za upravljanje u

prividnoj stvarnosti Samsung Gear VR ima s desne strane dodirnu pločicu (eng. *touchpad*) kojom korisnik može listati gore, dolje, lijevo, desno te je pritisnuti. Za povratak unatrag postoji tipka koja je smještena iznad dodirne pločice. Na vrhu uređaja postoji kotačić kojim korisnik može prilagoditi udaljenosti ekrana te time izoštriti sliku.

Ograničenja: Iako inovativan, sustav iz 2015. je i dalje ograničen ako ga usporedimo sa naočalama koje se spajaju na računalo ili na konzolu za igranje zato što nije uključivao upravljač te samo uzimao u obzir rotaciju korisnika. Također jedno od ograničenja je manji broj aplikacija koje se mogu koristiti ovim uređajem.

Prednosti: naočale su lako prenosive, jednostavne za korištenje i ako se koriste unutar ograničenja nude dobro imerzivno iskustvo [1, str. 84]. Također cijena je jedna velika prednost. Sama instalacija pokreće se kada korisnik prvi puta umetne pametni telefon u uređaj prividne stvarnosti što olakšava korištenje.

Više o prednostima i ograničenjima ovog uređaja prikazala sam u praktičnom dijelu ovoga rada kroz vlastito iskustvo korištenja ove tehnologije prividne stvarnosti.

2017. na tržište su plasirali Samsung Gear VR koji dolazi sa upravljačem te su time pokušali riješiti neke nedostatke prethodnog proizvoda. Ipak na tržištu službeno njihov upravljač može koristiti veoma malen broj aplikacija. Kod ovog uređaja prividne stvarnosti vidno polje je 101°, težina iznosi 345 grama, ima USB Type-C, Micro USB portove te je kompatibilan sa Samsung Galaxy uređajima Galaxy S9, S9+, Note8, S8, S8+, S7, S7 edge, Note5, S6 edge+, S6, S6 edge, A8, i A8+.

5.1.2.2. Naočale prividne stvarnosti koje se spajaju na računalo

Kao rezultat ograničenja kvalitete naočala za prividnu stvarnost koji koriste pametne telefone na tržištu su se pojavili uređaji relativno niske cijene koji koriste samo neke tehnologije pametnog telefona (posebice ekran), a spajaju se na računalo koje pruža dodatnu potporu. Izdvojila sam najpopularnije takve uređaje koji su trenutno dostupni na tržištu kako bi pojasnila glavne koncepte ove kategorije tehnologija prividne stvarnosti.

Oculus Rift

Oculus Rift nastao je 2012., a njegovi kreatori nisu mogli niti sanjati kakav će uspjeh imati na tržištu kada su započeli zajedničko financiranje (eng. *crowfunding*) na stranici Kickstarter. Širenje Oculus Rifta-a „popločilo“ je put mnogim, u to vrijeme najavljivanim, naočalama za prividnu stvarnost koje su također nudile visoke performanse uz niske cijene u usporedbi s tehnologijom koja je do tada postojala na tržištu.

Prva verzija Oculus Rifta nazvana je DK1 (eng. *Developer kit*) inicijalno je bila predviđena za razvojne inženjere. Ova verzija ima nisku rezoluciju (640 x 800 po oku), samo

jedan senzor kojim se hvata rotacija i nudi nisku latenciju. Ali uz sve te mane riješila je jednu od glavnih prepreka koje su dosadašnje naočale za prividnu stvarnost imale da bi korisniku dale dobro imerzivno iskustvo-povećali su vidno polje na 110°. Težina ovih naočala prividne stvarnosti je 380g [1, str. 84] [18].

2014. Oculus Rift kupuje Facebook za nevjerojatne dvije milijarde dolara. Prva komercijalna verzija nazvana CV1, znana jednostavno kao Oculus Rift ili samo Rift, puštena je u prodaju 2016.. Oculus Rift sadrži dualni OLED ekran s mnogo boljom rezolucijom nego prethodni DK1 i DK2 (1080×1200 piksela po svakom oku), ima vidno polje od 110°, Fresnelove leće, bolje praćenje pozicije glave zahvaljujući dvije ili više kamera koje moraju biti spojene na isto računalo te dva upravljača. Za praćenje rotacije ima senzore brzinomjer, žiroskop, magnetometar. Ima šest stupnjeva slobode kretanja što korisniku omogućava realistično iskustvo [19]. Između naočala prividne stvarnosti ove kategorije ovaj uređaj je najlakši i teži 360 grama. Korisnik ove naočale za prividnu stvarnost može koristiti dok sjedi, ali i dok stoji u prostoriji zahvaljujući posebnim modulima [1, str. 85].

Postavljanje Oculus Rift-a relativno je jednostavno, naočale, senzor i stick za Wi-fi se spoje na računalo te se desetak minuta pričeka instalacija i pokretanje. Slika 7. prikazuje Oculus Rift s upravljačima.



Slika 7. Oculus Rift s upravljačima [19]

HTC VIVE

HTC VIVE naočale za prividnu stvarnost su jedan od najvećih konkurenata Oculus Rift-u. Razvila ih je tvrtka Valve koja je inicijalno kolaborirala s Oculus-om. Standardna verzija puštena je u prodaju 4.5.2016., a dolazi s dva upravljača. Već ranije u radu opisan je inovativan sustav za praćenje Lighthouse (poglavlje 5.1.1.2.) koji omogućava implementaciju praćenja na jednostavniji način nego korištenje posebnog modula. Ovo su najkorištenije naočale za prividnu stvarnost među profesionalcima [1, str. 85].

HTC VIVE ima OLED ekrane rezolucije 1080 x 1200 po oku (zajedno 2160 x 1200 piksela) s brzinom osvježavanja od 90 Hz. Vidno polje ovog uređaja je 110°, sadrži sustav Lighthouse te ima senzore SteamVR za praćenje, G-senzor, žiroskop i senzor blizine. Od konekcija podržava multimedijalni međusklop visoke definicije (HDMI, eng. *High-Definition Multimedia Interface*), USB 2.0, utičnicu za slušalice, utičnicu za napajanje i Bluetooth. U naočale je integrirana ulazna jedinica mikrofona. Upravljači sadrže senzore SteamVR za praćenje, precizne su, podržavaju Micro-USB, a moguće ih je koristiti oko 6 sati bez punjenja. Naočale prividne stvarnosti HTC VIVE svojim preciznošću, upravljačima koje je moguće koristiti u 360°, realističnom grafikom (nema pikselizacije u tolikoj mjeri kao kod sličnih proizvoda) audio i haptičkom povratnom informacijom omogućava realistično kretanje i akciju u svijetu prividne stvarnosti. Korisnik može sjediti, stajati ili kretati se po prostoriji dok koristi ovaj uređaj. Idealni uvjeti za korištenje je prostorija 3m x 3m bez puno namještaja. Kod postavljanja zahtjeva više vremena nego kod konkurentskih proizvoda. Za instalaciju potrebno je snažno računalo na koje su naočale spojene, a sama instalacija je vremenski zahtjevnija, nego za npr. Oculus Rift. Osim toga HTC VIVE dolazi s dva senzora kojima je potrebno napajanje te zahtijevaju da ih se postavi visoko na kutovima prostorije. Težina mu je 550g ako se ne uključi težina kablova. Uređaj mora biti kabelski spojen na računalo. Cijena ovog uređaja je dosta visoka. Službeno na njihovim stranicama moguće ga je kupiti za 599 eura (što je oko 4400kn) Pomoću aplikacije dostupne na službenoj stranici moguće je provjeriti da li računalo korisnika zadovoljava minimalne specifikacije koje su potrebne kako bi se HTC VIVE pokrenuo [20]. Moje računalo nije zadovoljilo sve zahtjeve pa bih morala uložiti i na tom polju što mi stvara dodatne troškove uz i ovako, po mom mišljenju, skup proizvod.

HTC VIVE Pro pušten je u prodaju 5.4 ove godine. Nudi bolju rezoluciju od 2880 x 1600 piksela, što dodatno poboljšava imerziju korisnika kod korištenja. Za razliku od prethodne verzije, slušalice nisu više odvojene nego se mogu integrirati u same naočale. Kada ih korisnik ne želi koristiti samo ih „od klikne“ te se time se smanjilo korištenje kablova. Bolja rezolucija i bolji zvuk ovih naočala daju nevjerojatnu imerzije korisniku. Ipak, cijena je daleko veća. Sam uređaj košta prema podacima na njihovoj službenoj stranici 879 eura (oko

6500kn) i ne uključuje upravljače, baze sa senzorima, niti adapter za bežično korištenje [20] VIVE. adapter za bežično korištenje je također novitet, ali mora ga se kupiti odvojeno i ukoliko ga korisnik ne posjeduje korisnik mora biti cijelo vrijeme kablom spojen na računalo kao i kod prethodnog HTC VIVE-a. Dakle inovacija je tu, ali korisnik tu inovaciju mora dodatno platiti. Kada se svi troškovi zbroje cijena je oko 1200 eura (oko 8800kn) što je zaista mnogo u usporedbi s drugim sličnim uređajima. Također dosta je težak, težina mu iznosi 555 g bez kablova. Slika 8. prikazuje HTC VIVE Pro s upravljačima i senzorima.



Slika 8. HTC VIVE Pro [20]

Playstation VR

Sony ima dugu povijest s tehnologijama prividne stvarnosti. 1996. godine razvili su Glasstron, HMD predviđen za masovnu uporabu kojeg su ubrzo povukli s tržišta zbog loše prodaje. Nekoliko godina prije nego što je na tržište došao Oculus Rift, Sony je predložio prodaju stereoskopskih naočala za masovnu uporabu kojima bi se gledali 3D filmovi. Zbog navedenog nitko nije bio iznenađen kada su najavili naočale za prividnu stvarnost posvećenu Playstationu 4 (kraće PS4) [1, str. 85]. Praćenje na ovim naočalama omogućava jedinica za inerciju i standardna kamera na PS4. Glavno ograničenje je volumen praćenja koji je ograničen vidnim poljem kamere kao i situacijama kod kojih dolazi do blokade (npr. ako se okrenemo naše tijelo dolazi između kamere i upravljača pa zaustavlja proces prćenja i

upravljači se više ne oslanjaju na poziciju). Od 2016. je dostupan široj javnosti i korisnicima omogućava najviše računalnih igara između svih platformi [1, str. 85].

Playstation VR ima OLED ekran rezolucije 1980 x RGB x 1080 brzinom osvježavanja 120 Hz. Samsung-ovi OLED ekrani koriste Pentile matricu, pa je slika mutnija nego kod RGB matrice u kojoj svaki piksel ima vlastita tri podpiksela. Vidno polje mu iznosi oko 100°. Glatka slika u kombinaciji s veoma niskom latencijom daje nevjerojatno imerzivno iskustvo u prividnom svijetu računalnih igara. 3D zvuk omogućava izdvajanje detalja oko korisnika. U same naočale integriran je mikrofon, a sadrži i senzore brzinomjer te žiroskop. Naočale podržavaju konekcije HDMI i USB, a težina im je oko 600g ako ne uključimo težinu kabla. Dualne leće i 3D senzori dubine u kombinaciji s Playstation kamerom koja prati poziciju naočala, te Playstation bežičnim upravljačem DUALSOHCK 4 omogućavaju korisnicima da uvijek budu u centru svog univerzuma prividne stvarnosti [21].

Cijena ovog uređaja je oko 2300kn ako ne računamo cijenu Playstationa 4 (dodatnih minimalno 2000kn), što je relativno visoka cijena iako uređaj po specifikacijama ima visoku kvalitetu.

Najveća značajka je što je pomoću ovih naočala prividne stvarnosti moguće sliku projicirati ne samo na ekranu samih naočala, nego i na ekranu korisnika koji koriste PS4 čime se omogućava interakcija s njima (Slika 9.). Jedan potpuno nov pristup ako usporedimo druge naočale prividne stvarnosti kod kojih svi korisnici koji žele istovremeno igrati igru moraju posjedovati naočale prividne stvarnosti.



Slika 9. Interakcija korisnika PS4 s korisnikom Playstation VR-a [21]

5.1.2.3. Imerzivne sobe, veliki ekrani i projektori

Ekrani razvijeni sa naočalama za prividnu stvarnost namijenjeni su individualnoj primjeni. No u nekim područjima timski rad je nezamjenjiv pa je tako prividna stvarnost otvorila vrata i drugim modelima ekrana.

Uzet ću za primjer konstrukciju zrakoplova ili automobila. To je proizvod koji će i u realnom svijetu koristiti više ljudi pa je potrebno da se pomoću prividne stvarnosti to rekreira. Ali ne samo to, osim stručnjaka, koji su sudjeluje u dizajnu nekog automobila, cijeli tim želi kolektivno vizualizirati stanje razvoja proizvoda kako bi svi zajedno taj proizvod učinili boljim.

Glavni razlog brzog uspjeha inovacija na ovome polju leži u tome da su nove tehnologije omogućile stvaranje osnovnih principa za većinu imerzivih soba danas. Inicijalna ideja kojom je krenuo razvoj ovih tehnologija je velikim ekranima koji imaju veliko vidno polje omogućiti 1:1 vizualizaciju industrijskih modela visoke cijene. Te vizualizacije odvijale su se u početku preko video projektora zbog tehnoloških razloga. Druga ideja poboljšanja imerzivnog iskustva korisnika je bila smještanje korisnika unutar paralelopipeda kod kojeg su svi dijelovi lica ekrani [1, str. 86]. Takva vizualizacijska kocka je sustav CAVE koji je izumila C.Cruiz-Neira 1992. koja se još uvijek koristi i danas. Koncept za Realitiy Centar baziran je na istoj ideji, ali potrebno mu je okruženje (ponajprije zgrada) koje je lakše i zbog toga košta manje.

Reality Centar je predložio ekran na trećem cilindru i to je na tržište stavio Silicon Graphics dvije godine nakon. Realizacija tog prijedloga bio je velik uspjeh i još uvijek se koristi u mnogim tvrtkama i istraživačkim centrima [1, str. 86].

Karakteristike u oba slučaja su sljedeće: [1, str. 88]

- Visoka kvaliteta imerzije: korisnik ne pati zbog ograničenja vezanih za ograničeno vidno polje kao što je slučaj kod naočala prividne stvarnosti.
- Korisnik može vidjeti svoje tijelo i tijelo drugih korisnika što je bitno za komunikaciju, dijalog i razmjenu.
- Rezolucija, kontrast i svjetlost se mogu prilagoditi na temelju korisnikovih potreba. Veličina projektiranih piksela i njihova svjetlina mogu se smanjiti povećanjem broja projektora, a time se ne povećava cijena.
- Kalkulacije slike baziraju se na poziciji korisnikove glave koja se prati pomoću sustava ranije upisanih u radu. Isti sustavi omogućavaju i praćenje drugih dijelova korisnikova tijela (npr. ruku) kao i objekata kojima upravlja korisnik.

Tijekom godina ovi sustavi prošli kroz nekoliko promjena glede geometrije samih ekrana (npr. paralelepiped, cilindar, sfera) i s obzirom na tehnologiju koja se koristila u samim projektorima (tube, LCD- eng. *liquid crystal display*, DLP- eng. *Digital Light Processing*).

Glavni trend u nadolazećim godinama bit će zamjena sadašnjih laserski utemeljenih projektora s velikim ekranima zidovima. Moguće je konstruirati zidove ekrane koji nude gotovo savršenu sliku i zadržati dobro imerzivno iskustvo. Zadržavanjem postojeće geometrije (npr. paralelepipeda) ti sustavi će napredovati u razvoju zahvaljujući kvaliteti ekrana, njihovoj smanjenoj potrošnji energije (i zato smanjenom zagrijavanju), smanjenju veličine i cijene koja je uključena (koja je bitno niža od one u video projektorima) [1, str. 89].

5.1.2.4. Zvuk

Zvuk je također važna komponenta kako bi se ostvarilo željeno imerzivno iskustvo prividne stvarnosti. Uređaji visoke kvalitete mogu značajno unaprijediti samo iskustvo.

Zvuk se uglavnom izvodi pomoću slušalica koje su najčešće integrirane u naočale prividne stvarnosti. Korisnik se može nalaziti u blizini virtualnog izvora zvuka, a na njegove slušalice izlazit će zvuk za svako uho posebno, s prigušenjem i modifikacijama frekvencije ovisno o položaju korisnika naprema izvoru zvuka [1, str 99].

Zbog toga što korisnik stalno mijenja svoju poziciju ili rotira glavom važno je da povratna informacija zvuka bude usklađena sa njegovim promjenama u prostoru. Imerzivna

povratna informacija zvuka mora konstantno mijenjati smjer u realnom vremenu i s veoma niskom latencijom kako se korisniku ne bi ometalo imerzivno iskustvo.

Kvaliteta opreme koja se koristi (slušalica, zvučne kartice) ima glavnu ulogu o kvaliteti samog zvuka. Vodeći uređaji na ovom polju za prividnu stvarnost su : Wwise (Audiokinetic) i Rapture3d (Blue Ripple Sound) [1, str. 100].

5.1.3. Ulazne jedinice

Kada korisnik koristi neku od tehnologija prividne stvarnosti npr. naočale, ne vidi svoje ruke. Potrebni su uređaji koji su intuitivni pa prema tome tipkovnica ili miš nisu dovoljni kako bi korisnik mogao komunicirati s okolinom prividne stvarnosti. Još jednu stvar ulazne jedinice moraju proširiti, a to je osjećaj prisutnosti. U nastavku pojasnit ću neke od ulaznih jedinica kao što su upravljači. Kada korisnik stavi naočale prividne stvarnosti na glavu ona postaje centar prividne stvarnosti, a u ovom poglavlju me zanimalo da li je moguće i na koji način kreirati prisutnost ruku također.

5.1.3.1. Upravljači

Upravljači za računalnu igre koriste se i u prividnoj stvarnosti. Neki poput volana za upravljanje ili palice za letenje avionom izgledaju kao i stvar koju reprezentiraju, ali to je zapravo samo skup gumbića koji različito izgledaju. Kada korisnik pritisne gumbiće taj ulaz se translatira u određenu akciju pa je tako npr. moguće trubiti, primiti, otvoriti nešto itd.

Nintendo Wii konzola računalnih igara postala je svjetski poznata djelomično zbog toga što nije koristila upravljač nego štapove koji su se pratili u prostoru. Konzola prima informacije na koji način korisnik drži štapove i što radi s njima, što omogućava korisniku da ih koristi kao mač, kuglu za kuglanje ili nešto što programeri koji dizajniraju računalne igre zamisle. Microsoft je kreirao infracrvenu kameru Kinect koja radi s Xbox platformom. Kinect može skenirati prostoriju u kojoj korisnik stoji, identificirati ga da je osoba, pratiti tijelo korisnika i ruke tako da one mogu raditi kao upravljač. Tvrtka Leap Motion kreirala je senzore koji se, za razliku od Kinecta nisu fokusirali na cijelo tijelo, nego samo na ruke korisnika. Pomoću ovog senzora moguće je precizno pratiti ruke do najmanjeg trzaja prsta. Zahvaljujući ovim konceptima kreiranje osnovnog upravljača kojim se prate pokreti je bilo prilično jednostavno [3, Pogl. 3].

Upravljači za naočale prividne stvarnosti koje koriste pametne telefone

Današnji Samsung Gear VR i Google Daydream dolaze s upravljačima koji su zapravo manje verzije upravljača Nintendo Wii. Korisnik može koristiti upravljače kao laserske pokazivače kojima odabire stvari iz okruženja ili navigira kroz iskustvo prividne stvarnosti. Može ih koristiti kao upravljače za igru pa oni mogu postati štap za pecanje ili

džepna svjetiljka. Ipak, iako oni omogućavaju da korisnik koristi ruke u okruženju prividne stvarnosti, ne omogućavaju da korisnik ima ruke. To omogućavaju upravljači koji rade sa snažnijim sustavima prividne stvarnosti koje imaju podršku na računalu [3, Pogl. 3].

Upravljači za sustave prividne stvarnosti koji imaju podršku na računalu

Ovi upravljači renderiraju simulaciju ruke korisnika u prividnoj stvarnosti koja se temelji na poziciji i orijentaciji upravljača. Vizualno ta ruka ne izgledala kao ruka korisnika u stvarnosti. Ipak mozak korisnika u ovom slučaju prihvaća da je to njegova ruka usprkos razlici u izgledu. Upravljači ove kategorije su potpuno intuitivni. Korisnik koji prije nije koristio upravljač uz kratak vodič ubrzo ga nauči koristiti. Jednostavnost korištenja leži u tome što su gumbi smješteni na upravljaču tako da se podudaraju s načinom na koji bi se ruke koristile u realnom životu. Za primjer, ako korisnik želi podići objekt u prividnoj stvarnosti pomoću HTC VIVE-ovog (Slika 10.) upravljača oblika štapa koristi gumb koji izgleda kao okidač, a nalazi se na pozadini upravljača. Akcija povlačenja okidača zatvara šaku korisnika pa se pokret u realnom svijetu podudara s onime što ruka radi u prividnoj stvarnosti [3, Pogl. 3].



Slika 10. Upravljači HTC Vive-a [22]

Još jedna važna stvar koju donose ovi upravljači u prividnu stvarnost su pokreti ruku iz stvarnog života. Gumbići na Oculus-ovom upravljaču na dodir znaju kada ga prsti korisnika dodiruju. Ako korisnik izvrši jednostavne pokrete, mahanje, pokazivanje prstom na nešto i slično, upravljač prevodi te pokrete u geste ruke u prividnoj stvarnosti [3, Pogl. 3].

Ipak ovo sve što sam navela smatra se prvom generacijom upravljača prividne stvarnosti. Teži se prema tehnologijama koje će omogućiti u potpunosti slobodno korištenje ruku u prividnoj stvarnosti.

5.1.3.2. Rukavice prividne stvarnosti

Rukavice su prisutne u prividnoj stvarnosti još od kada je Nintendo razvio svoje Power Glove, te pojavom VLP-ove DataGlove koje sam spomenula ranije u radu u četvrtom poglavlju.

Uz postojeće tehnologije prividne stvarnosti rukavice nisu nužne kao ulazni uređaj. Imamo Leap Motion koji prati individualne prste korisnikove ruke pa jednostavno koristi svoju ruku da nešto napravi u prividnoj stvarnosti. Zbog tog razloga uvrstila sam rukavice kao izlazne jedinice.

Postoji dakle jedna velika prednost u izlazu. Rukavice prekrivaju ruku korisnika u potpunosti pa je pomoću njih moguće pružati mnogo detaljniju haptičku povratnu informaciju. Tako npr. kod korištenja prividne tipkovnice korisnik može osjetiti lagani dodir na relevantnom prstu kada „pritisne“ tipkovnicu što pojačava osjećaj i povećava brzinu i preciznost korisnikovih prstiju u prividnoj stvarnosti [3, Pogl. 8].

2017. Mark Zuckerberg objavio je na svom Facebook profilu sliku koja prikazuje prototip Oculus-ovih rukavica prividne stvarnosti. Prema njegovim riječima pomoću njih će biti moguće crtati, tipkati po tipkovnici ili čak izbacivati paukovu mrežu kao što je prikazano na Slici 11 [23].



Slika 11. Mark Zuckerberg testira prototip Oculus-ovih rukavica prividne stvarnosti [23]

Iako je ova tehnologija još uvijek u fazi razvoja odlučila sam je izdvojiti jer donosi potpuno kretanje korisnikove ruke u prividnu stvarnost.

5.1.4. Računala

Računala služe kao dodatna potpora tehnologijama prividne stvarnosti, također i o njihovim komponentama ovisi kvaliteta iskustva prividne stvarnosti. Kako bi korisnik koristio neku tehnologiju za prividnu stvarnost, npr. naočale koje zahtijevaju uporabu računala (npr Oculus Rift), mora imati u obzir da računalo koje će koristiti kao potporu zadovoljava minimalne specifikacije za određenu tehnologiju prividne stvarnosti. Takva računala su u pravilu mnogo snažnija, također i skuplja od onih koje posjeduje prosječni korisnik. Populacija tzv. gamer-a (osoba koje u slobodno vrijeme igraju računalne igre) posjeduju takva računala pa su i idealni korisnici tehnologija prividne stvarnosti.

Na računalima se nalazi generator prividne stvarnosti (VRG, eng. *virtual reality generator*). Lokacija računala nije bitna za ekrane koji nisu fiksirani za tijelo, ali je krucijalna za ekrane koji su fiksirani za tijelo. Ako je potrebno odvojeno računalo koji sustavu daje snagu, potrebna je brza, pouzdana komunikacija između naočala prividne stvarnosti i računala. Problem je što su trenutno oni povezani žicama, bežično povezivanje nije dovoljno. Pametni telefoni sadrže većinu potrebnih senzore kao što to sadrže i računala. Korištenjem pametnih telefona u kombinaciji s tehnologijama prividne stvarnosti pruža se iskustvo prividne stvarnosti za malu cijenu. U tom slučaju generator prividne stvarnosti je jednostavniji, nego kad je na odvojenom računalu pa tako i može pokrenuti hardver manje snage. To predstavlja ograničenje [2, str. 45].

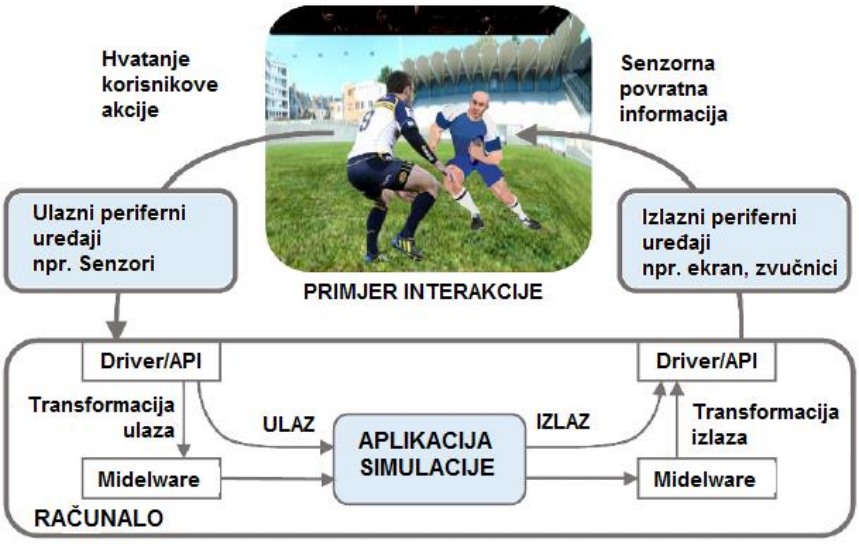
Na računalu se također može koristiti specijalni hardver za izvršavanje kao dodatak glavnim sustavima izvršavanja. Jedinice za obradu grafike (GPU, eng. *graphical processing units*) optimizirane su za brzo renderiranje grafike na ekrane i adaptirane su za specifične zahtjeve prividne stvarnosti. Čip sučelja ekrana konvertira ulazni video u komande ekrana. Mikrokontroleri se koriste za skupljanje informacija s uređaja za očitavanje i šalju ih u glavno računalo pomoću standardnih protokola kao što je USB (eng. *Universal Serial Bus*) [2, str. 46].

5.2. Programska podrška

Programska podrška (eng. *software*) koja se koristi za izradu aplikacija mora omogućiti optimalno korištenje **svih** tehnologija prividne stvarnosti, omogućiti im

komunikaciju s računalima i digitalnim simulacijama, procesuirati primljene informacije te ih vratiti natrag korisniku.

Slika 12. prikazuje krug interakcije počevši s akcijom korisnika do percepcije rezultata te akcije.



Slika 12. Krug interakcije (Prema: [1])

Aplikacije prividne stvarnosti prikupljaju podatke s ulaznih uređaja, procesuiraju tu informaciju i deduciraju povratnu informaciju osjetila kako bi proizveli, zatim i prenijeli, tu informaciju na izlazne uređaje. U pozadini prividnog svijeta u koji je korisnik uronjen, aplikacija čita korisnikove akcije i dostavlja prikladnu informaciju.

Aplikacije možemo podijeliti u dvije grupe. Prve su aplikacije koje služe za razvoj digitalnih simulacija, a druge su aplikacije vezane za komunikaciju između simulacija, ulaznih i izlaznih uređaja.

Aplikacije prividne stvarnosti temelje se na korištenju 3D svijeta u koji je korisnik uronjen. Mnogo je načina na koji se može upravljati 3D okruženjem i kojim se može ono vizualizirati, a ovise o cijeni i vremenu razvoja te fleksibilnosti korištenja [1, str. 112].

Elementarni pristup sastoji se od kreiranja 3D aplikacije pomoću direktnog pristupa upravljačkim programima (eng. *drivers*) i grafičkoj kartici opreme koja se koristi. Problem ovog pristupa što takva aplikacija ovisi o uređaju. To ograničenje mogu riješiti programi kao što su DirectX koji omogućavaju rad izvan određene opreme. Glavna prednost ovakvog pristupa je da nudi kompletnu kontrolu cijelog procesa kreiranja (od 3D okoliša do njegovog grafičkog renderiranja). Moguće je direktno kontrolirati aspekte koji čine 3D objekti, kreirati

svoju grafičku scenu, kreirati hijerarhijsku strukturu koja se koristi za definiranje odnosa i transformacija između objekata te upravljati animacijama ili predložiti nove strukture. Moguće je i odabrati u kojem koraku procesa neke akcije će se optimizirati performanse aplikacije. Ova opcija omogućava najbolje performanse i veliku fleksibilnost, ali zahtjeva mnogo vremena zbog svoje kompleksnosti [1, str. 113].

Kako bi se izbjeglo kreiranje svih potrebnih funkcionalnosti postoje knjižnice kao što je OpenSceneGraph koje ubrzavaju kreaciju 3D aplikacija. Neke od tih knjižnica (kao spomenuta) ovise o operativnim sustavima (Windows, Linux/Unix, OsX…) pa je otežana izrada rješenja za pametne telefone ili igraće konzole. Fokus kod takvih knjižnica je na modeliranju, animiranju i renderiranju 3D objekata [1, str. 114].

Postoje i moćni editori koji olakšavaju kreiranje 3D aplikacija. Njima je moguće upravljati vizualnim rasporedom scene, zvukom, kamerama, animacijama itd. Ovi editori rade na različitim platformama: računalima, pametnim telefonima, igraćim konzolama. Najpoznatiji takvi editori su Unity, Unreal, Ogre3D [1, str. 115].

Druga skupina aplikacija služi za upravljanjem perifernim uređajima. Postoje aplikacije koje imaju direktnu kontrolu perifernog uređaja. Postoje knjižnice za upravljanje periferijskim uređajima kojima se pojednostavljuje komunikacija između samih uređaja [1, str. 116–119].

5.3. Čovjek (korisnik)

Kada promatramo sustav prividne stvarnosti moramo razmotriti i čovjeka. Čovjek je korisnik prividne stvarnosti i tehnologije prividne stvarnosti mu se moraju prilagoditi na način da mu daju što bolje iskustvo, ali i da mu ne uzrokuju neugodu.

Ljudsko tijelo nije dizajnirano za prividnu stvarnost. Umjetne stimulacije ljudskih osjetila prekidaju operacije bioloških mehanizama koji su se razvijali milionima godina u prirodnom okruženju. Ulazne informacije koje dolaze do ljudskog mozga nisu potpuno konzistentne sa svim životnim iskustvima. U nekim slučajevima ljudsko tijelo se prilagodi ovakvoj novoj stimulaciji, no u nekim slučajevima kod čovjeka može doći do povećanja umora ili čak glavobolje, djelomično i zbog toga što mozak teško interpretira stimulaciju. Najteži slučaj je pojava simptoma kao što su vrtoglavica i mučnina [2, str. 52]. Naravno, nuspojave kod korištenja tehnologije nisu nikako poželjne pa je primarno da se one izbjegnu. Više o mogućim nuspojavama kod čovjeka prikazala sam u devetom poglavlju ovog rada.

6. Primjena tehnologija prividne stvarnosti

Moderna era prividne stvarnosti je počela. Svakoga dana sve više ljudi ima pristup tehnologijama prividne stvarnosti i nadalje me zanima njena primjena. U ovom poglavlju izdvojila sam primjene tehnologija prividne stvarnosti koje smatram ključnima. Primjena tehnologija prividne stvarnosti nije samo u računalnim igrama kao što to smatra šira javnost. One se koriste u mnogim granama od vojske do medicine. Prisutne su i u industriji: pomoću njih moguće je olakšati odlučivanje u menadžmentu ili na jedan nov način reklamirati svoj proizvod. Koriste se za učenje, bilo znanosti bilo učenja novih vještina. Omogućavaju i razne oblike zabave od gledanja filmova do putovanja. Mogućnosti primjene su zaista velike što ću izdvojenim primjerima i dokazati.

6.1. Računalne igre

Prva asocijacija na prividnu stvarnost, meni osobno, ali i široj populaciji, su računalne igre. U anketi koju sam provela također sam potvrdila tu tezu. 47% ispitanika zabavu pomoću prividne stvarnosti vide kao područje u kojoj se ona najviše primjenjuje te 36.1% ispitanika smatra da je primjena najveća u računalnim igrama.

Ljudi su desetljećima sanjali da „uđu“ u svijet računalnih igara. Sam koncept „ulaska“ u računalnu igru prikazan i populariziran je u filmu Tron iz 1982. Godinama se pokušavalo to i ostvariti, ali, što zbog velikih troškova same tehnologije, troškova hardvera koji je bio potreban za te tehnologije i ostalih ograničenja poput uzrokovanja nuspojava, tržište je i dalje čekalo neko novo vrijeme

Ipak, u posljednjih nekoliko godina kao da se sve posložilo. Cijene tehnologija prividne stvarnosti padaju, konkurencija na tržištu raste, same tehnologije omogućavaju zaista očaravajuće iskustvo, sve što su korisnici nekoć samo sanjali danas je gotovo ostvareno. Osobe koje vole u slobodno vrijeme provoditi igrajući računalne igre već posjeduju dosta dobru hardversku podršku (kojom se osigurava potpora tehnologijama prividne stvarnosti koje one zahtijevaju) pa je logičan korak krenuti na tržište upravo s računalnim igrama prividne stvarnosti. To su uvidjele i mnoge velike tvrtke koje se bave računalnim igrama, ali i same tvrtke koje se bave razvojem tehnologija prividne stvarnosti.

Valve je u ožujku 2016. na tržište plasirao verziju svoje višestruko nagrađivane računalne igre Portal 2 za HTC VIVE [24]. Ova računalna igra po svom žanru spada u avanture, a omogućava iskustvo rješavanja zagonetki u prividnoj stvarnosti.

Kada je napokon 2016. došao na tržište kod kupnje Oculus Rifta-a korisnici su dobili osim samog uređaja i dvije računalne igre Luckey Tale (platforma) i EVE:Valkyre [25]. Prema ovome zaključujem da su se „divovi“ tehnologija prividne stvarnosti odlučili plasirati svoje tehnologije na tržište tako da u naše domove prvo predstave računalne igre kao primjenu tehnologija prividne stvarnosti.

Dumpy:Going Elephants je računalna igra razvijena 2013. na sveučilištu DePaul. Za razliku od prije navedenih primjera koje istražuju realistične svjetove prividne stvarnosti preko avatara, ova računalna igra razvijena je prvenstveno kako bi korisnik mogao iskoristiti moć prividne stvarnosti [2, str. 9]. Grafika ove igre je jednostavna, a u njoj igrač kontrolira slona u prvom licu te uz pomoć njegove surle koju igrač vidi ruši predmete. Zvuči jednostavno, izgleda jednostavno, ali kada korisnik igra ovakvu vrstu računalne igre i uronjen je u prirodnu stvarnost ima osjećaj kao da je ta surla dio produžetka njegova tijela te na neki način korisnik ima moć jer ruši predmet prema kojem je okrenuo glavu. Takve neke nazvat ću „sitnice“ meni kao korisniku računalne igre ovakvoga tipa nešto je zaista novo što nisam osjetila igrajući klasične računalne igre, posebno ne ovako jednostavne.

Još jedno veliko ime svijeta igara prisutno je u svijetu prividne stvarnosti već neko vrijeme, a to je Sony. Sony je 2016. godine predstavio svoje naočale prividne stvarnosti Playstation VR za konzolu Playstation 4 [15].

Ovime zaključujem da tehnologije prividne stvarnosti nude nov, poboljšani način igranja računalnih igara. Također navedeno potvrđuje da tvrtke koje proizvode tehnologije prividne stvarnosti vide kako je svijet računalnih igara ulaznica prividne stvarnosti u domove krajnjeg korisnika.

6.2. Edukacija

Korištenje tehnologija prividne stvarnosti donosi mnoge prednosti u učenju (profesionalnom i akademskom) kao i u kontekstu treniranja.

Neke od tih prednosti su:

- Uklanjanje rizika za ljude
- Korištenje materijala koji imaju težak pristup i/ili imaju visoku cijenu
- Mogućnost rekreiranja kompleksnih situacija
- Smanjenje troškova
- Dostupnost opreme
- Mogućnost kontroliranja okruženja/situacije učenja

Grupno učenje korištenjem tehnologija prividne stvarnosti omogućava uklanjanje problema dostupnosti suradnika zahvaljujući virtualnim ljudima. Također je moguće uključiti udaljene sudionike ili moderirati ponašanje fikcionalnih suradnika. Tehnologije prividne stvarnosti omogućavaju i realističan prikaz elemenata iz stvarnog života. Simuliran sustav pretpostavljeno reagira kao realan sustav kojeg predstavlja kako bi učeniku dao razumijevanje određenog iskustva koje će kasnije moći iskoristiti u situacijama realnog života. Istovremeno simulacije su mnogo fleksibilnije nego realne situacije. Moguće je modificirati određenu situaciju, simulirati rijetke uvjete, kontrolirati specifične parametre, određen scenarij može se koristiti više puta i moguće ga je adaptirati konstantno. Također omogućeno je praćenje samog učenika [1, str. 48]. Ako se u učenje uključe funkcionalnosti za kontrolu i praćenje moguće je personalizirati sadržaj za pojedinog učenika i na taj način ponuditi mu najrelevantniju situaciju isključivo prilagođenu njemu (napredak usporedno s tijekom učenja, ispravljanje pogrešaka, povratne informacije itd.).

Kako bi se kontrolirale i prilagodile situacije prema potrebama pojedinog učenika sljedeće točke se mogu uzeti u obzir: [1, str. 49]

- Dijagnosticiranje pogrešnih koncepata i dinamičko profiliranje učenika: pomoću tehnologija prividne stvarnosti moguće je detektirati pogrešno ponašanje i tada ga povezati s pogreškama u znanju ili pogrešnom primjenom tog znanja
- Asistiranje: asistiranje ili povratna informacija mogu biti ponuđeni učeniku kako bi mu omogućili usvajanje refleksivnog učenja (omogućava mu razmatranje samog zadatka i njihovog učenja)
- Kontroliranje scenarija: ima veze s odlučivanjem o kontroliranju situacije i priče koja će učeniku omogućiti najbolje učenje (potvrda potrebnih vještina, pojačanje vještina, razvoj novih vještina)

Još jedna bitna stvar koju prividna stvarnost proširuje kod učenja jest samo razumijevanje. Kroz interakciju, povratnu informaciju koju pruža (posebno vizualnu) učeniku je omogućeno bolje razumijevanje određenih kompleksnih fenomena. Kompleksnost može biti rezultat otežanog ili čak potpuno onemogućenog pristupa informacija o određenom subjektu. Tako na primjer imamo informacije koje u trenutnom svijetu više ne postoje ili im je možda jako teško pristupiti (podzemni ili tereni pod vodom), ili su čovjeku nedostupne zbog svojih karakteristika (toplina, radijacija), a uz pomoć prividne stvarnosti moguće ih je rekreirati [1, str. xxv]. Samo učenje postaje zanimljivije, atraktivnije, a sve što vidimo lakše pamtimo.

Primjena prividne stvarnosti u učenju u potpunosti unapređuje učenje i u budućnosti mogla bi zamijeniti konvencionalno učenje.

6.2.1. Treniranje: revolucija u pedagogiji

Treniranje je jedan od najranijih primjena prividne stvarnosti. U četvrtom poglavlju ovog rada spomenula sam treniranje pilota uz pomoć Linkova simulatora. Danas se također u iste svrhe koriste simulatori prividne stvarnosti samo što je tehnologija daleko naprednija.

Treniranje je svakako jedan sektor u kojem prividna stvarnost ima veliki utjecaj. Četiri glavna razloga za to su [2, str. 11]

- Simulacija poslovnih situacija koja koristi 1:1 imerziju i interakciju uz podražavanje više osjetila omogućava novi način učenja
- Potpuno uklanjanje rizika: učenik se stavlja u svakojake situacije, uključujući i one opasne kako bi naučio akcije i procedure te im se prilagodio, ali i naučio korektne reflekse u slučaju opasnosti
- Ušteda na potrošnom materijalu i teškoj opremi
- Sama atrakcija pomoću 3D slika i imerzije može pomoći ukloniti inače jedan dosadan aspekt tradicionalnog treniranja

Područje primjene je dakako veliko. Moguće je trenirati zaposlenike u svojoj firmi pomoću tehnologija prividne stvarnosti nekim novim vještinama, moguće je na ovaj način trenirati nove zaposlenike. Simulatori leta su najpoznatiji primjer treniranja, koriste se uspješno u različitim sferama letenja. Koriste se za učenje složene i opasne vještine letenja, kako se nositi s hitnim slučajevima i komunikacijom s kontrolom na tlu. Korištenje simulatora leta već je niz godina prisutno u vojnom zrakoplovstvu, ali i kod komercijalnih letova, a moguće je trenirati letenje u slobodno vrijeme za zabavu.

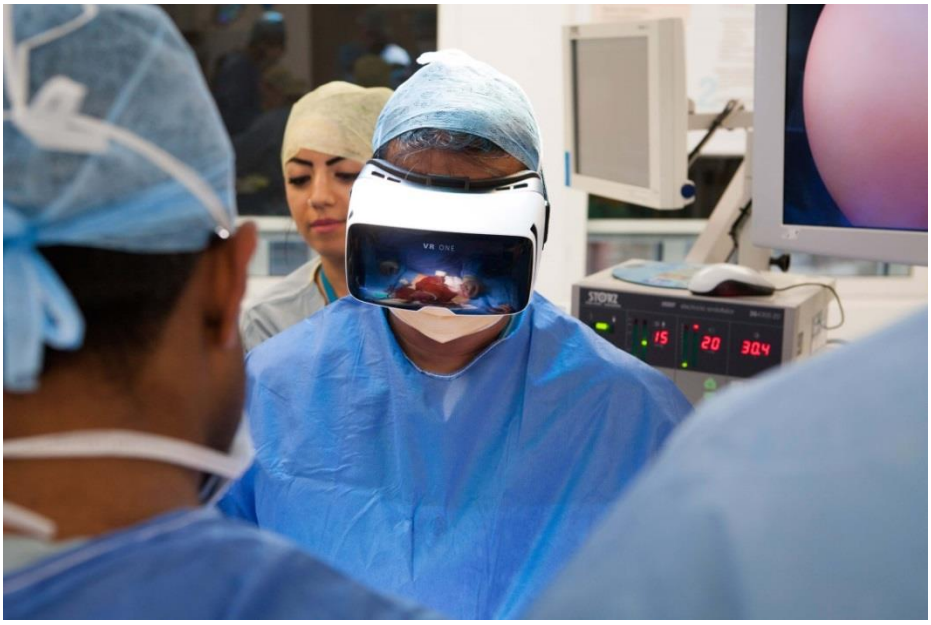
6.3. Medicina

Tehnologije prividne stvarnosti se u medicini zasada najviše koriste za učenje. Velika prednost tehnologija prividne stvarnosti u medicini je omogućavanje zdravstvenim djelatnicima da nauče nove vještine, ali i osvježe postojeće u sigurnom okruženju. Osim toga prividna stvarnost smanjuje i samu opasnost za pacijente [26].

Uz pomoć tehnologija prividne stvarnosti zdravstveni djelatnici (npr. doktori) danas treniraju ljude da izvode rutinske medicinske procedure u udaljenim mjestima diljem svijeta. Također doktori mogu uroniti u 3D modele organa koji su generirani iz medicinskih podataka pojedinog pacijenta. Ovo im omogućava bolje planiranje i pripremu za medicinske procedure. Prije same operacije doktor može proučiti tijelo pacijenta bez da ga direktno posjeti. Prividna stvarnost doktoru omogućava da objasni medicinske opcije samom pacijentu ili njegovoj

obitelji na temelju puno dubljih informacija što im može daleko olakšati samo odlučivanje o daljem liječenju. Još jedno područje primjene tehnologija prividne stvarnosti je direktno osiguravanje terapije pacijentima. Primjeri uključuju korištenje tehnologija u prevladavanju fobija i anksioznih poremećaja preko opetovanog izlaganja, poboljšavanje ili održavanje kognitivnih sposobnosti usprkos starenju te poboljšanje motoričkih sposobnosti kako bi se nadvladali poremećaji ravnoteže, mišića ili živčanog sustava [2, str. 19].

Prvi puta u povijesti medicine 14. travnja 2016. onkološki kirurg Shafi Ahmed izveo je operaciju pomoću ZEISS-ovih naočala prividne stvarnosti VR ONE u bolnici Royal London. Svatko je mogao sudjelovati u operaciji u stvarnom vremenu putem web stranice Medical Realities i prividnoj stvarnosti preko aplikacije OR. Bez obzira bio to zabrinuti rođak, udaljeni novinar ili netko treći, svatko je mogao pratiti, kroz dvije kamere od 360 stupnjeva, kako je kirurg uklonio kancerozno tkivo iz pacijenta [27]. Operaciju prikazuje Slika 13.



Slika 13. Onkološki kirurg Shafti Ahmed izvodi operaciju [27]

6.4. Uranjanje u svijet filma

Prividna stvarnost je već desetljećima tema mnogih filmova kao što su Tron, Matrix i Specijalni izvještaj. No danas ulazimo u jednu novu sferu filmske industrije. Postavlja se pitanje: Zašto sam gledatelj ne bi postao dio samog filma?

Oculus Story Studio producirao je Henry-ja, imerzivnu kratku priču o ježu kojega nitko nije volio i koji se nadao da će upoznati novog prijatelja-gledatelja [2, str. 10]. Gledatelj tj.

korisnik tehnologije prividne stvarnosti ne samo da promatra priču iz bilo kojeg ugla, nego postaje njen dio. Isprobala sam ovu aplikaciju pomoću Samsung Gear VR naočala prividne stvarnosti. Iako kao gledatelj nemam mnogo mogućnosti, uglavnom sam promatrala prostor, ali u trenutku kada je ježić pogledao prema meni tužno jer mu nitko nije došao na rođendan zaista sam i ja postala tužna. Osjetila sam u tih nekoliko minuta koliko traje ta pričica suosjećanje i želju da razveselim ježića. Pogledom je na neki način gledao direktno u mene. Ponovno moram primijetiti kako je nešto jednostavno poput pogleda u prividnoj realnosti posebnije, nego u konvencionalnom filmu, kao što je to bio i slučaj kod računalnih igara u prividnoj stvarnosti.

Dosada je snimatelj kontrolirao kameru te time obirao što će gledatelj vidjeti. U prividnoj stvarnosti gledatelj može gledati u bilo kojem smjeru ili čak prošetati kroz određenu scenu. Mnogo se kontroverznih pitanja ovdje postavlja. Kao npr. Da li da priča bude linearna ili da se prilagođava akcijama gledatelja? Da li će gledatelj zbog svojih akcija možda propustiti neku važnu scenu za samu priču? Kako da grupa prijatelja zajedno iskusi neki film u prividnoj stvarnosti? Mnogo je pitanja i još će mnogo godina morati proći da se ona riješe u budućnosti. Dotada, prividna stvarnost može se koristit i kao jedna vrsta „omota“ oko postojećih filmova. Joo-Hyung razvio je VR kino za Oculus Rift. Gledatelj može u tom kinu u prividnoj stvarnosti odabrati gdje će sjesti i koji će film pogledati [2, str. 11]. Na ovaj način korisnik može gledati film dok npr. leži u krevetu, a kako god se namjesti slika je pred njim. Osobno sam isprobala gledanje pomoću sličnih aplikacija kao što je Netflix i zaista potpuno nov način gledanja jer nema ograničenja smjera našeg tijela.

Dakle, prividna stvarnost korisniku omogućava potpuno uranjanje u svijet filma. Bilo da je sam film prividna stvarnost ili pomoću prividne stvarnosti korisnik gleda konvencionalni 2D ili 3D film u prividnoj okolini, ovo je jedna nova sfera filmske industrije koja će također promijeniti dosadašnju filmsku industriju.

6.5. Menadžment i marketing

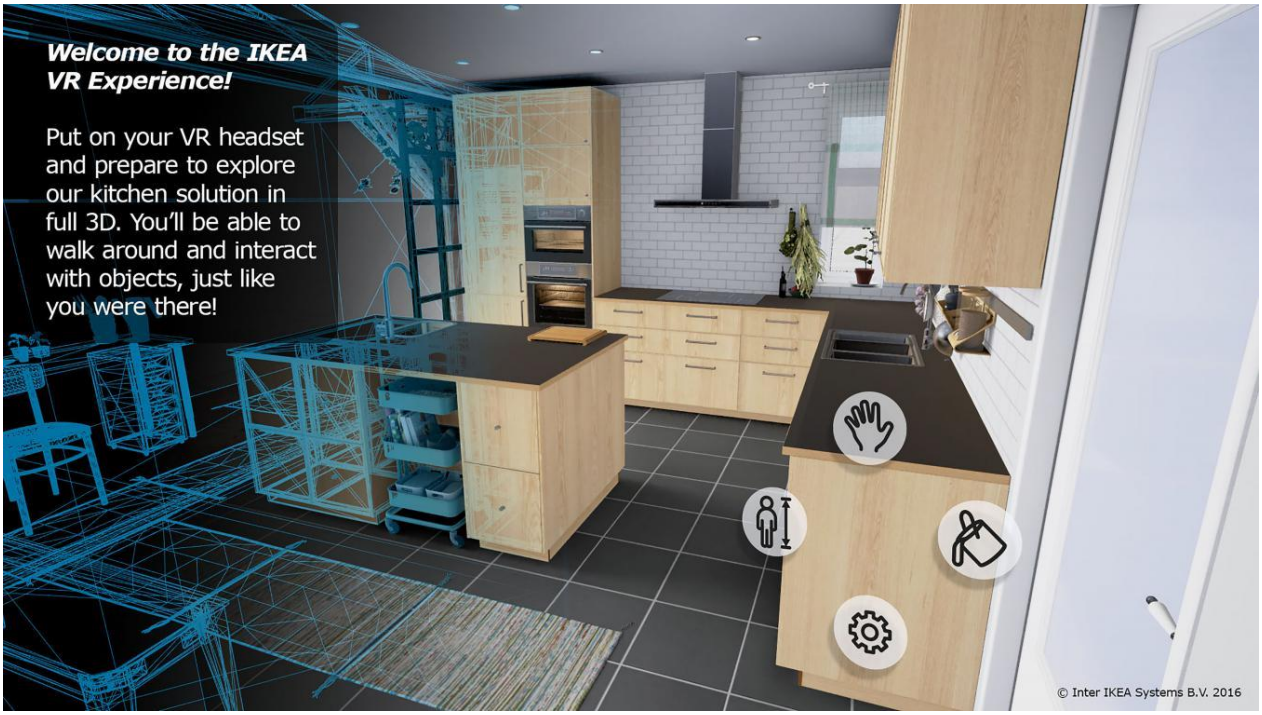
Od ranih 2000-tih vodeće industrije fokusirale su se na korištenje tehnologija prividne stvarnosti u menadžmentu i marketingu.

Neki od primjera takvih platformi na tržištu su: EsiGroup-ov ICIDIO, Optics-ov HIM, Airbus-ova RHEA, IMPROOV-ov MiddleVr te TECHVIZ i istoimena platforma.

Jean Leynaud, direktor inženjerstva na NEXTER-u, kaže da im je od kada su se opremili sa sustavom za prividnu stvarnost omogućeno više nego ikada prije uključiti krajnjeg korisnika u preliminarne faze dizajna. Zahvaljujući sustavu za prividnu stvarnost krajnji

korisnik već u fazi dizajna može ući u vozilo i reći što mu se sviđa ili ne sviđa. Osim toga tehnologije prividne stvarnosti se koriste i kod same konstrukcije kako bi se analizirali koncepti [1, str. 5]. Na taj način prividna stvarnost daleko ubrzava, olakšava, pospješuje odlučivanje. Jedno od temeljnih koncepata prodaje jest-kupac je uvijek u pravu. Stoga je krucijalno uključiti ga u sve pa i veoma rane razvoje određenog proizvoda, upravo to tehnologije prividne stvarnosti omogućavaju. A uz sve to troškovi su niži ako usporedimo s izradom prototipa nekog automobila pa naknadno testiranje.

Tehnologije prividne stvarnosti otvorile su nova vrata i na području marketinga. Sadržaj postaje sve više interaktivan i kreativan, mogućnosti postaju gotovo neograničene. Jedan dobar primjer korištenja tehnologija prividne stvarnosti u marketingu je projekt koji je 2016. pokrenula Ikea [28]. Napravili su aplikaciju (Slika 14.) pomoću koje je moguće istražiti 3D kuhinju. Osim šetanja po kuhinji aplikacija nudi korisniku i interakciju s elementima kao što bi to mogao da se nalazi u stvarnoj kuhinji. Nažalost, ova aplikacija nije dostupna za naočale prividne stvarnosti koje koriste pametne telefone pa nisam osobno imala priliku isprobati je.



Slika 14. Ikeina aplikacija za prividnu stvarnost [29]

6.6. Arhitektura

Kada se govori o održivim urbanim sustavima posebno nas zanimaju tehnologije prividne stvarnosti koje omogućavaju proučavanje, prezentaciju i konstrukciju gradova. Kako su gradovi konstruirani od zgrada očigledna je poveznica gradova i arhitekture.

Slike koje se koriste u arhitekturi evoluirale su u posljednjem desetljeću, ali umetanje elemenata iz stvarnog života ima spektakularan napredak u proteklih nekoliko godina [1, str. 37].

Mnogi arhitekti sanjaju o „šetanju“ po zgradi, koja u realnosti može biti tek u fazi nacrta. Profesionalni arhitekti zbog svoje senzibilnosti za više osjetilnu percepciju (vid, sluh, dodir) čine savršenu publiku za tehnologije prividne stvarnosti. No ovdje postoji jedna barijera. Neki arhitekti vjeruju kako je teško klijentu razumjeti objekt koji još nije završen pa tako tehnologije prividne stvarnosti koriste kod finalne prezentacije projekta. Istovremeno pojedini arhitekti odbijaju koristiti tehnologije prividne stvarnosti jer smatraju da se uporabom npr. HMD-a „prereže“ kontakt s klijentom [1, str. 40].

Trenutno je korištenje tehnologija prividne stvarnosti u porastu, koristi se u različitim stadijima dizajna, ali i u kreiranju modela koji su sve više uglađeni i jednostavno ih je ažurirati. Ove inovacije zajedničkim imenom nazvane BIM (eng. *Building Information Modeling*, kraće BIM) su ključni elementi uporabe tehnologija prividne stvarnosti u arhitekturi. Charles M. Eastman [30] predstavio je BIM kao novi pristup digitalne reprezentacije i menadžmenta instalacija u kojima se digitalna reprezentacija konstrukcijskog procesa koristi kako bi se olakšala razmjena i uzajamno djelovanje informacija [1, str. 40].

Zanimljivo je analizirati korištenje 2D, 3D-a i prividne stvarnosti kod dizajna interijera. Ako usporedimo 2D i 3D vidimo da su ubrzo arhitekti prihvatili nove tehnologije kako bi svojim klijentima dali što bolji doživljaj. Imerzivna vizualizacija koju nude tehnologije prividne stvarnosti uključuje mnoga osjetila klijenata pa nije iznenađujuće da su arhitekti postali vodeći korisnici tehnologija prividne stvarnosti, a običan 3D prikaz polako ide u povijest [1, str. 41]. Prema navedenim činjenicama zaključujem da će arhitekti u budućnosti još više koristiti tehnologije prividne stvarnosti zbog navedenih karakteristika.

6.7. Umjetnost, kulturno nasljeđe i arheologija

Razvojnim programerima prividne stvarnosti koja se bazira na interakciji i imerziji umjetnost i kulturno nasljeđe postaju posebno zanimljivo područje.

Korisnik pomoću tehnologija prividne stvarnosti može postati aktivan dio nekog umjetničkog djela ili rada i/ili iskusiti učenje preko imerzivne znanstvene meditacije. Korisnik također može postati povjesničar ili arheolog koji komunicira s vizualnom reprezentacijom objekta koji proučava [1, str. 56].

Kulturno nasljeđe također je područje u kojemu tehnologije prividne stvarnosti imaju veliku primjenu. Pomoću njih korisnici mogu doći do novih znanja, prividna stvarnost se može koristiti kao potpora u očuvanju nasljeđa, kao vektor koji dodaje vrijednost i rekonstrukciju mjesta kojima prijeti propadanje (zbog na primjer njihove starosti, loših vremenskih uvjeta u kojima se nalaze ili loše lokacije-pokraj vulkana…) [1, str. 61].

I u svojem istraživanju ispitanici su potvrdili svojim odgovorima ove teze. Prividna stvarnost nam omogućava očuvanje kulturnog nasljeđa. Pomoću prividne stvarnosti možemo rekreirati bilo koji događaj, pa zašto ne na taj način sačuvati neki nama osobni događaj (npr. krštenje djeteta) za buduće naraštaje. Primjena je dakle i u ovom slučaju ogromna.

Osobno sam isprobala jednu aplikaciju (MasterWorks: Journey Through History) kojom sam otputovala u Peru, postala arheolog koji proučava jednu prekrasnu povijesnu lokaciju. Putovanja su također jedna od posebnosti koje korisniku omogućavaju tehnologije prividne stvarnosti. Za veoma malo novaca putovala sam po svemiru i po cijelome svijetu.

6.8. Tabu

Još jedna grana industrije veoma je zainteresirana za prividnu stvarnost, a to je pornoindustrija. Pornoindustrija je sama po sebi jedan ogroman klijent pa je svakako bitno spomenuti i ovaj dio uporabe prividne stvarnosti. Iako je pornografija i dalje u našemu društvu tabu tema, odlučila sam proučiti na koji način se tehnologije prividne stvarnosti koriste u njoj.

Još iz filmske industrije imamo primjer spominjanja seksa u prividnoj stvarnosti. U filmu *Demolition man*, Razbijač iz 1993., glavni lik Spartan, kojeg tumači Silvester Stallone, ne želi virtualni seks koji mu predlaže Lenina Huxley (tumači Sandra Bullock).

Prije svega smatra se da će virtualna pornografija privući žensku populaciju koja je, u usporedbi s muškom populacijom, i dalje rjeđI korisnik konvencionalne pornografije. Prema istraživanju na temelju 300 konvencionalnih pornografskih filmova 2010., 88% filmova sadrži neki oblik fizičkog nasilja prema ženi pa se smatra da je to razlog manjeg udjela žena kao korisnik pornografije. U pornografiji prividne stvarnosti to se mijenja, žena ovdje više nije u podređenom položaju, ona ovdje ima kontrolu. Realistično okruženje priča priču, dijalozi postaju važniji nego kod konvencionalne pornografije. Sam seks kod pornografije prividne

stvarnosti postaje nježniji, realističniji, s više predigre i realističnijim završetcima. [3, Pogl. 9] I u ovom slučaju prividna stvarnost donosi napredak u pornoindustriji u usporedbi s konvencionalnim pornofilmovima.

7. Tehnološki izazovi i perspektive

U ovom poglavlju prikazat ću neke od karakteristika današnjih tehnologija prividne stvarnosti te koji su izazovi i perspektive u budućnosti tih karakteristika na temelju koncepata i/ili prototipova koji već postoje. Smatram da će se ova rješenja u skoroj budućnosti ostvariti.

7.1. Vidno polje

Kvaliteta produkcije vizualnog signala ekrana za prividnu stvarnost mora biti oslobođena od bilo kakvih smetnji koje ljudsko oko može detektirati.

Najranije profesionalne naočale prividne stvarnosti pokrivale su kut od 100° do 110° što je nešto uže od ljudskog vidnog polja dok ne miče glavu (180° vertikalno i 130° horizontalno). Naočale za prividnu stvarnost koje pokrivaju vidno polje manje od 110° korisniku stvaraju efekt tunela te na taj način percepcija postaje manje realistična. Između masovno distribuiranih naočala na današnjem tržištu na primjer Samsung Gear VR iz 2017. ima vidno polje od 101°, dok Oculus Rift ima vidno polje od 110°. Današnjim napretkom tehnologije prividne stvarnosti omogućeno je veće vidno polje, no još uvijek je cijena takvih uređaja veoma visoka pa se više koriste u profesionalne svrhe. 2006. Tvrtka Sescics razvila je PiSight naočale prividne stvarnosti koje su proširile polje vida i do 180°. Tehnologija se temelji na površini na kojoj su „nagomilani“ LCD ekrani (čak njih 12 po oku) te optičkim sustavom vrhunske kvalitete. Uspjeh je izostao zbog kompleksnosti sustava i visoke cijene. Danas postoje prototipovi naočala prividne stvarnosti koji koriste Fresnelove leće pomoću kojih je moguće vidno polje povećati i do 210°. Takve naočale su StarVR koje je razvio Starbrezze [1, str. 101]. Moguće je dakle pokriti cijelo vidno polje čovjeka pomoću VR naočala.

7.2. Rezolucija ekrana

Rezolucija ekrana također se mora uzeti u obzir kod vizualnih sustava dizajniranih za prikaz u tehnologijama prividne stvarnosti. Ekrani koji se koriste za prikaz kako bi dali korisniku što bolje iskustvo trebali bi ciljati na vidno polje od 210°, nuditi 10/10 vizualnu aktivnost (odgovara kutu od jedne minute jednog arka, tj. 1/60 jednog stupnja) te rezoluciji većoj od 8K po oku (7680 x 4320 piksela, idealno bi bilo 9000 x 7800 piksela ako uzmemo u obzir da je horizontalno polje vida za svako oko 150° i da je percipirana veličina piksela fiksirana što nije u potpunosti slučaj zbog radijalnog iskrivljenja koje uzrokuju leće). Kako bi se postigao idealan slučaj, koji je još u teoriji, od 9000 x 7800 piksela u naočalama prividne

stvarnosti morale bi imati dva ekrana dimenzija 42,8 x 37,1cm, ukupne širine 85,6 cm i visine 37,1cm [1, str. 102].

Ipak nekoliko generacija uživalo je u ostalim tehnologijama usprkos lošoj rezoluciji od 720 x 576 piksela što je bio standard za televizore. Dolazak 720p (1280 x 720 piksela) i nakon toga full HD (eng. *high definition*, 1920 x 1080 piksela) te ultra-high definicije (3840 x 2160 piksela) i najnovijom 8K (7680 x 4320 piksela) omogućili su poboljšanje kvalitete slike [1, str. 102].

Današnje tehnologije prividne stvarnosti imaju standardnu rezoluciju od 2160 x 1200 piksela. S napretkom samih tehnologija te rezolucije će se povećati kao što je to bio i slučaj s televizorima. Tada će kvaliteta slike biti usklađena s ljudskim vizualnim sustavom [1, str. 103].

7.3. Frekvencija ekrana

U 19-tom stoljeću zbog ograničenog znanja o optičkim i mehaničkim karakteristikama oka smatralo se da zbog tromosti ljudskog oka kod prikaza videa nije potrebno prikazivati više 24 slike po sekundi. Danas neuropsiholozi smatraju da je to objašnjenje nepotpuno ili čak krivo. Oni smatraju kako ključnu ulogu u stapanju slika ima mozak. Pomoću beta efekta omogućava se umetanje slika koje nedostaju između dvije slike jedne dinamične scene te se osigurava kontinuitet kretanja. Beta efekt funkcionira perfektno kod filma, ali kod tehnologija prividne stvarnosti to nije dovoljno, pa slijedi da frekvencija od 24 okvira po sekundi nije dovoljna. Sadašnji HMD uređaji prikazuju 90 slika po sekundi, a u sljedećih nekoliko godina to bi se trebalo povećati i na 120 slika po sekundi. U teoriji što je veći broj slika u sekundi bolja je kvaliteta iskustva korisnika pa tako je i ovo povećanje jedno od esencijalnih i želi se dostići 120 slika po oko u sekundi odnosno 240 slika po sekundi [1, str. 103–104].

7.4. Grafički kapaciteti

Najnovija generacija grafičkih arhitektura koju je razvila NVidia, nazvane Pascal arhitekture, nude nekoliko optimizacija posvećenih ekranima prividne stvarnosti. Njima se procesuiranje slike koja čini scenu prividne stvarnosti izvodi u jednoj operaciji za sve ekrane. Iskrivljenje slike, specifično za sve leće u naočalama prividne stvarnosti, optimizirana je u naknadnom procesuiranju koje se obavlja pomoću sjenčara (eng. *shader*) [1, str. 104]. Kako bi se optimiziralo variranje veličine piksela, koje svako oko percipira zbog radijalnog iskrivljavanja koje generiraju leće naočala prividne stvarnosti, rezolucija slike se lokalno oslabljuje pomoću renderirane grafike. Uz ove optimizacije i povećanje grafičkog

procesuiranja u budućnosti ćemo imati tehnologije prividne stvarnosti koje će renderirati potpuno realistične slike [1, str. 104].

7.5. Prenosivost

Prenosivost je funkcionalnost koja poboljšava korisnikovo iskustvo u prividnoj stvarnosti. Mogućnost kretanja po praznom prostoru je često esencijalna za mnoge funkcije, a kako bi se korisnik mogao kretati uokolo, tehnologije prividne stvarnosti trebaju neovisnost energije, pokriti pozicioniranje preko velikog područja i bežično rješenje koje nudi visoke kapacitete izvršavanja.

Sami uređaj koji je prenosiv npr. naočale prividne stvarnosti troše kod korištenja određenu energiju pa tako moraju imati npr. bateriju. Kako bismo koristili neprestano uređaj bez da ga punimo u sadašnje uređaje mogle bi se staviti jače baterije, no one bi bile teže, veće i još više bi se zagrijavale, a tu se dovodi u pitanje korisnikova sigurnost, ali i razina ugode. Postoje neka rješenja koja bi mogla tehnologijama prividne stvarnosti omogućiti neovisnost o energiji. Primjer je nova tehnologija litij-zračna (ima potencijala u sljedećih nekoliko godina postati velika stvar tehnološkog sektora) skladištenja energije koja nudi omjer veličine skladištenja/težine bolji nego kod litij-ionskih baterija koje se danas koriste [1, str. 108]. Napretkom tehnologija na području skladištenja energije znatno će se povećati sama mobilnost tehnologije prividne stvarnosti.

Uređaj prividne stvarnosti mora biti precizno smješten i pozicijom i orijentacijom. Pomoću Lighthousea, koji je razvio HTC, to bi se u budućnosti moglo ostvariti ukoliko se Lighthouse umnoži. Za nekoliko godina uz tu tehnologiju mogla bi se pokriti veoma velika prazna prostorija bez velikih troškova. Konačno rješenje bi se sastojalo od servisa za pozicioniranje koji koriste senzore ugrađene u same uređaje.

Zadnje da bi se ostvarila potpuna mobilnost sve žice iz tehnologija prividne stvarnosti moraju se ukloniti. Integriranjem kapaciteta za izvršavanje u prenosive uređaje, bilo u pametne telefone ili u potpuno integrirane uređaje, nudi slobodu kretanja [1, str. 106–107] .

Korisnicima je prenosivost ključna kod tehnologija prividne stvarnosti. To sam dokazala i u svojem istraživanju koje sam provela putem ankete. Ispitanici su prenosivost tehnologija prividne stvarnosti ocijenili visokom ocjenom naprema ostalim karakteristikama. Prema tome ovo je jedno od najvažnijih ograničenja tehnologija prividne stvarnosti te je krucijalno u budućnosti ovo ograničenje riješiti.

8. Budućnost

Kada govorimo o tehnologijama prividne stvarnosti smatram da će u budućnosti nastaviti svoj napredak u kvaliteti pa će se dakako povećati vidno polje, rezolucija i frekvencija ekrana. Napredak će se dogoditi i u npr. tehnologijama za skladištenje energije, što će olakšati prenosivost. To su samo neke od tehnoloških napredaka koje donosi budućnost, a detaljnije sam ih obradila u prethodnom poglavlju. Sama veličina tehnologija prividne stvarnosti ići će prema miniaturizaciji, ali će se razvijati na polju osjetila. Iako je područje vida najistraživanije u smislu prividne stvarnosti, još uvijek npr. rezolucija nije dosegla nivo ljudskog osjetila vida. Sluh je također dosta dobro renderiran u današnje tehnologije zahvaljujući prostornim tehnologijama i tehnologijama za slušanje na dva uha. Ipak, esencijalno osjetilo u današnjim tehnologijama nedostaje, a to je dodir. Dodir omogućava korisniku da fizički osjeti virtualni svijet u koji je uronjen. Bez ovog osjetila iskustvo „ne postoji“. Bitno je da u budućnosti tehnologije prividne stvarnosti sadrže sustave koji će omogućavati osjetilo dodira te ostala somatska osjetila. Osim njih važno je u budućnosti ostvariti i tehnologije prividne stvarnosti kojima će korisnici osjetiti mirise i okus.

8.1. Somatosenzorni sustav

Somatosenzorni sistem je senzorni sistem za somatske osjećaje. Somatski osjećaji sastoje se od receptora za osjećaje dodira, pritiska, temperature (hladna, topla) i boli. Današnje tehnologije prividne stvarnosti su usredotočene na osjetila vida i sluha, ali snažna somatska osjetila su zanemarena. Oči i uši nam omogućavaju percepciju svijeta iz daljine, a tehnologije prividne stvarnosti zasada su se najviše pozabavile upravo osjetilima vida i sluha. No dodir nam direktno dopušta da svijet osjetimo [2, str. 365]. U sljedećim primjerima pokazati ću na koji način će u budućnosti biti moguće uključiti dodir u tehnologije prividne stvarnosti.

Mnogi haptički sustavi uključuju robotske ruke koje pružaju silu ili pritisak na preciznim lokacijama i smjerovima unutar malih regija. Na primjer imamo robotsku ruku i korisnika koji može primiti olovku koju robotska ruka drži. Sile komuniciraju od robota do olovke sve do prsta čovjeka. Kada olovka dotakne prividnu površinu robot pruža povratnu silu korisniku na način da blokira njegovo kretanje. Olovku bi mogli povući preko prividne površine kako bismo osjetili različite vrste tekstura. Omogućavanje takve povratne informacije o sili veoma je bitno za razvoj medicinskih uređaja za izvođenje kirurških zahvata u sučeljima spojenima na stvarne uređaje. Bez precizne haptičke povratne informacije u

stvarnom vremenu doktorima je teško izvršiti mnoge procedure [2, str. 370]. Dovoljno je da zamislimo kako kirurg reže „na slijepo“ bez osjećaja dodira kroz nekoliko slojeva tkiva.

Uređaji koji bi omogućili dodir rukama u prividnoj stvarnosti su u fazi razvoja, ali receptori dodira pojavljuju se po cijelome tijelu. Kako bi se to ostvarilo morala bi u budućnosti postojati haptička odijela koja bi stvarala silu, vibracije ili čak električne stimulacije na različitim dijelovima odijela [2, str. 370]. Korisnik bi u ovom slučaju svaki puta morao obući prije korištenja što je može biti problem jer ljudi po prirodi žele jednostavna rješenja.

8.2. Miris i okus

Jedina osjetila koja zasada nisu razmatrana što se tiče tehnologija prividne stvarnosti su miris i okus. U usporedbi sa ostalim osjetilima ovo područje je u najmanjoj mjeri istraženo s gledišta tehnologija prividne stvarnosti danas i postoji najmanje takvih uređaja, ali to ne umanjuje njihovu važnost [2, str. 370].

Mirisi su važni jer se pomoću njih, s biološkog gledišta, detektiraju žrtve i predatori, odabiru potencijalni partneri, odlučuje se da li je hrana sigurna za jelo. Ljudi percipiraju tisuće različitih mirisa, žene generalno mirise razlikuju bolje nego muškarci.

Dodavanje mirisa filmu pojavilo se još u sustavu Smell-O-Vision iz 1960. koji je ispuštao 30 različitih mirisa za vrijeme filma na različitim mjestima za vrijeme filma. Također, već ranije u ovom radu spomenuta, Sensorama iz 1968. uključivala je i mirise [2, str. 371].

Smatra se da će mirisi povećati uranjanje u prividnu stvarnost. Pomoću mirisnih ekrana koji bi se mogli nositi na tijelu to je moguće ostvariti. Oni uključuju zračne pumpe koje mogu raspršivati kemijske spojeve u zrak. SAW atomizer radi na tom principu [2, str. 372].

Na ljudskom jeziku leži oko 10,000 okusnih pupoljaka od kojih svaki sadrži grupu od oko 50 do 150 receptora okusa. Sveučilište u Singapuru izradilo je 2013. digitalnu lizalicu koja pomoću elektroda koje dolaze iznad i ispod jezika podražava okus [2, str. 373].

Nakon što se u sustav prividne stvarnosti uključe i tehnologije koje će proizvoditi mirise i okuse logično je da će uronjenost korisnika postati još potpunija.

8.3. Sučelja mozak-stroj

Ultimativno sučelje između čovjeka i strojeva moglo bi se ostvariti preko direktnog očitavanja i stimuliranja neurona. Jedan korak u tom smjeru je izdvojiti fizička mjerenja koja se trenutno koriste za proučavanje mučnine uzrokovane tehnologijama prividne stvarnosti [2, str. 380]. Ta mjerenja (kao npr. brzinu otkucaja srca, bljedilo…) mogla bi se primijeniti za

podešavanje iskustva prividne stvarnosti. Time bi se optimiziralo uzbuđenje, strah, utjeha ili relaksacija. Gledajući još dalje, tehnologija za čitanje aktiviranja neurona mogla bi prilikom aktivacije neurona aktivirati sustav prividne stvarnosti tako da on odgovori vizualnom i zvučnom promjenom. Korisnici bi tako naučili da određene misli imaju povezanu posljedicu u prividnoj stvarnosti, a to bi rezultiralo kontrolom tehnologija prividne stvarnosti pomoću uma. Iako zvuči kao znanstvena-fantastika, neuroznanstvenici na Sveučilištu Duke naučili su majmune da voze invalidska kolica koristeći samo svoje misli [2, str. 380].

U kontekstu prividne stvarnosti većina sustava koristila je jedan od 3 EEG signala (Elektroencefalograf-mjerenje električke moždane aktivnosti, kraće EEG):osjetilno motorički, SSVEP (eng. *Steady state visual evoked potential*) i P300. Najčešće to je bio osjetilno motorički signal, a to je mentalni proces koji osoba izvodi prije izvršavanja aktivnosti. U tom trenutku osoba uvježbava ili simulira kretanje u mozgu što dovodi do mjerljivih aktivacija u primarnom motornom korteksu. Korisnik zamišlja rotiranje na mjestu ili koračanje kako bi postigao kretanje u prividnoj stvarnosti. Nažalost, mnogi uspješni sustavi su ograničeni na nekoliko jednostavnih zapovjedi kao što je na primjer početak i zaustavljanje hodanja. Ipak korisnici su mogli istraživati okruženja slična labirintima pomoću zamišljanja kretanja. Ovakav pristup ne zahtjeva sučelje ili specijalne stimulacije od sustava. Preostala dva zahtijevaju stimulaciju da bi se generirali i tada se mjeri odgovor pomoću EEG-a. Signal SSVEP događa se kada se korisniku prezentira bljeskajuća vizualna stimulacija u rasponu 3.5 do 75 Hz. Signal P300 se pojavljuje 300ms nakon što je stimulacija prezentirana. U oba slučaja mjeri se koliku pažnju korisnik daje stimulansu [2, str. 383].

Iako sustavi mozak-stroj brzo napreduju nekoliko izazova još moraju ostvariti prije šire primjene:

- Bolje ne invazivne tehnologije za mjerenje moždanih signala
- Bolju širinu pojasa u smislu bitova po sekundi koje korisnik zapovijeda-postoje prototipovi na ovom polju kao što je sustav mozak-stroj tvrtke Paradromics koji rade posebno na tom polju te njihov sustav ima širinu pojasa od 8Gbit/s [31]
- Dramatično smanjenje u treniranju potrebnom za korištenje takvog sučelja
- Bolje razumijevanje koje vrste ljudskih shema se mogu proučiti uz pomoć sustava prividne stvarnosti kako bi mozak prihvatio prividno tijelo kao prirodno

Primamljivo je uključiti u sučelja mozak-stroj invazivne metode, ali to se kosi s etikom. Danas postoje uređaji kojima se oku može direktno poslati signal u fotoreceptore. Takvi implantati za oko koriste se za pomoć gledanja slijepih osoba. Postoje i slični implantati za sluh. Postoji dakle mogućnost da se direktno stimuliraju određeni receptori, no etičnost je veliko pitanje [2, str. 384]. Nakon razmišljanja o stimulaciji fotoreceptora zašto se ne bi direktno optički živac

stimulirao? Odlazimo po mome mišljenju predaleko u sfere koje krše osnovna ljudska prava. Smatram da je kod svake inovacije potrebno misliti na etičnost te na ovoj primjeni tehnologija prividne stvarnosti potrebno je biti veoma oprezan kako se ne bi kršila temeljna ljudska prava.

8.4. Obećana revolucija na polju zabave

Ovim poglavljem pokazat ću kako je razvoj imerzivnih tehnologija u proteklom desetljeću omogućio predviđanje nekih od dubokih promjena koje ćemo vidjeti na području zabave u budućnosti.

Smatra se da će se uskoro razviti novi medij-imerzivan. Imerzija će biti srce tog medija. Imerzivan medij bit će potpuno polimorfan. Po prirodi bit će neograničen: aktivan ili pasivan, potpuno imerzivan ili proširen, sa ili bez haptičkog povrata informacija, slobodan ili potpuno sadržan i linearan. Želja je stvoriti medij pomoću kojega će se točno stimulirati ljudska osjetila kao u realnom okruženju koje čovjek može percipirati. Iako realno izvedivo, zbog bogatstva ljudskih osjetila bit će potrebno mnogo vremena za realizaciju [1, str. 248].

Imerzivni mediji zbog svoje varijabilnosti imat će raznoliku namjenu u svijetu zabave i slobodnog vremena. Kako će se imerzivni mediji razvijati postupno će ulaziti u naše domove preko konzola za igranje računalnih igara, pametnih telefona i ostalih točaka pristupa (pametni televizori itd.). Već je danas moguće prazan prostor u svom domu pretvoriti u imerzivan prostor pomoću perifernih uređaja koji su dostupni na tržištu. Tako npr. postoje senzori koji omogućavaju praćenje „kacige“ i interakcijskog uređaja kao što je npr. upravljač u realnom vremenu i prostoru. Ova iskustva u budućnosti će rasti i biti bogatija. Sadržaj u obliku filma bit će dostupniji. Nove tehnologije omogućit će stvaranje novih iskustava gdje će priča i emocije biti srce medija. 360° videa postat će „istinsko“ iskustvo prividne stvarnosti koje će omogućiti interakciju gledatelja sa samim filmom te na taj način film dobiti socijalnu dimenziju kroz korištenje videa kod kojih će se scene moći gledati s više točaka. To će omogućiti korisnicima da vide jedni druge kao dijelove filma koji gledaju. U konačnici prividna stvarnost bi se u potpunosti stopila s realnošću [1, str. 251]. Tematski parkovi su primjer uspješnog pokušaja uranjanja gledatelja unutar svijeta robnih marki. Gledatelj postaje glumac svoje zabave. Takvi parkovi kao što je npr. Disney World koštaju na desetke miliona da bi se izgradili. Prividna stvarnost ima mnogo manje troškove, a povećava i proširuje ovo iskustvo. Sada preostaje samo pronaći rješenje za punjenje baterija na često bežičnim perifernim uređajima kako bi se zadovoljile velike potrebe korisnika kojih u jednom parku može biti i npr. 1200 po satu [1, str. 253].

9. Rizici korištenja tehnologija prividne stvarnosti

Tehnologije prividne stvarnosti po svojoj prirodi narušavaju korisnikove fiziološke i senzomotorne funkcije pa njihovo korištenje može uzrokovati nuspojave. Naočale prividne stvarnosti su najdostupnija tehnologija široj javnosti te je najviše istraženo koje su moguće nuspojave korištenja te tehnologije, a to ću ukratko ovim poglavljem prikazati. Za primjer kod upotrebe Samsung Gear VR naočala prividne stvarnosti prije pokretanja aplikacije korisniku se na ekranu prikazuje upozorenje da uređaj može uzrokovati nuspojave te ukoliko ih primijeti da prestane s korištenjem uređaja.

9.1. Zdravstveni problemi i problemi nelagode

Korištenje naočala prividne stvarnosti može prouzročiti zdravstvene probleme i uzrokovati nelagodu. Ovi problemi inducirani su aplikacijama koje uzrokuju nelagodu zbog toga što se korisnikove fiziološka aktivnost prekida u prividnoj stvarnosti. U kontekstu korištenja 360° videa prividne stvarnosti preporuča se da korisnik koristi tehnologije prividne stvarnosti u relativno kratkom vremenu kako bi se smanjio rizik ovisnosti. Kod korištenja tehnologija prividne stvarnosti za igranje računalnih igara korisnik ih može koristiti nekoliko sati uzastopno. Zbog toga što tehnologije prividne stvarnosti još uvijek nemaju u potpunosti primjenu širom svijeta ne zna se da li korištenje tehnologija prividne stvarnosti povećava ovisnost o računalnim igrama [1, str. 292]. U budućnosti kako će se tehnologije prividne stvarnosti širiti među ljudskom populacijom važno je saznati kakav utjecaj će imati na korisnikovu ovisnost.

Korištenje tehnologija prividne stvarnosti može uzrokovati oftamološke probleme, tj. probleme s vidom, kod korisnika. Kada korisnik koristi naočale prividne stvarnosti promatra prividnu scenu preko optičkog uređaja koje ima vrlo malo postavki koje se mogu prilagoditi da bi se adaptiralo korisnikovoj morfologiji i nije savršeno adaptiran vizualnim karakteristikama korisnika. Ovaj problem je velik rizik posebno ako uzmemo u obzir da neki korisnici već imaju oftamološke probleme. Dugotrajno izlaganje plavom svjetlu koje emitiraju ekrani naočala prividne stvarnosti može uzrokovati trajno oštećenje vida.

9.2. Problem nedosljednosti

Postoji mnogo senzomotornih nedosljednosti, a najčešća je latencija koja može uzrokovati nelagodu kod korisnika u njihovoj aktivnosti unutar prividne stvarnosti jer zbog nje dolazi do vremenskog pomaka između korisnikove akcije koja rezultira vizualnom povratnom

informacijom. Latenciju uzrokuju tehnološke performanse [1, str. 293]. Kod korisnika u tom slučaju dolazi do osjećaja nelagode. Važno je sinkronizirati latenciju između osjetila kako bi ih se uskladilo.

Izdvojit ću neke od nedosljednosti koje ne uzrokuju velike probleme kod korisnika, ali ipak su prisutne: [1, str. 294–295]

- Vizualno motorna vremenska nedosljednost uzrokovana latencijom između pokreta korisnikove glave i ekrana naočala prividne stvarnosti rezultira kašnjenjem slike. Nije neugodna, ali može smetati korisnika.
- Vizualno vremenska nedosljednost može uzrokovati treperenje slike ili prekinuti kontinuitet kretanja u prividnoj stvarnosti te također može ometati korisnika u korištenju neke aplikacije.
- Vizualno prostorne nedosljednosti uzrokovane su zbog toga što se vidno polje naočala prividne stvarnosti razlikuje od vidnog polja kamera koje snimaju prividnu stvarnost.

Okulomotorna nedosljednost može uzrokovati kod korisnika veliku nelagodu, neki ljudi slike s takvim nedosljednostima ne mogu niti gledati.

Vizualno vestibularna nedosljednost poznata kao „bolest simulatora“ ima simptome nelagode, apatije, umora, dezorijentacije, mučnine itd. Događa se zbog toga što kod npr. učenja letenja korisnik miruje u realnom okruženju, a osjetila mu se stimuliraju kao da se kreće i leti u okruženju prividne stvarnosti [1, str. 296].

10. Utjecaj tehnologije prividne stvarnosti na naše društvo

Korisnik je jedan od ključnih dijelova sustava prividne stvarnosti. Tehnologije prividne stvarnost bez ljudskog faktora nemaju svrhu. Kako bih ispitala poznavanje ključnih pojmova prividne stvarnosti, poznavanje najpoznatijih tehnologija prividne stvarnosti te utjecaj tehnologija prividne stvarnosti na naše društvo, izradila sam anketu pomoću Google Docs-a.

Google Docs omogućava jednostavno prikupljanje podataka pomoću obrazaca. Odgovori na pitanja mogu biti jedan odabir između više, više odabira između nekoliko, kratki odgovori, dugački odgovori te odgovori rangiranja prema vlastitom opisu. U pitanja je moguće umetnuti slike i linkove na videa. Osim toga, moguće je promijeniti temu samog obrasca. Anketa je online, te je ispitanicima potrebno kopirati link te poslati u aplikaciju za komuniciranje kao što je Messanger ili putem e-maila kao što je Gmail. Moguće je link objaviti na društvenim mrežama kao što je Facebook kako bi je ispunili. Podatke sam prikupila koristeći Messanger i Facebook. Google Docs sam generira sažetak odgovora (eng. *Summary*) kojim je moguće pratiti rezultate tijekom cijelog prikupljanja podataka te nakon što se prikupe svi podatci moguće ga je koristiti za statističku analizu podataka. U tom sažetku odgovora nalaze trakasti i tortičasti grafovi na kojima su prikazani postotci pojedinih odgovora, a kod opisnih odgovora neki od njih. Također je moguće sve odgovore pohraniti u Microsoft Office Excel tablicu što olakšava analizu prikupljenih podataka. Pitanja u tekstualnom obliku, podaci i sažetak odgovora sa statističkom analizom podataka ankete nalaze se u prilozima ovog rada. Za potrebe moga istraživanja Google Docs zadovoljava sve moje zahtjeve.

Anketa se nalazi na sljedećem linku i trenutno je zatvorena te je nije moguće ispuniti.
https://docs.google.com/forms/d/1CGsy1H8PhemE_iuNxoStp2ICUKmCa40ZFpuiPu6mpdQ

Pitanja sam kreirala sama prema dosadašnjim vlastitim saznanjima o tehnologijama prividne stvarnosti kako bih potvrdila neke od temeljnih teza na kojima se zasniva moj završni rad te kako bih nadopunila teorijski dio kroz razmišljanja ispitanika o utjecaju tehnologija prividne stvarnosti na naše društvo danas i u budućnosti. Pitanja sam podijelila u četiri skupine. Prvi dio pokriva osnovna pitanja o samim korisnicima, a to su spol, godine i razina obrazovanja, kojima sam dobila demografsku sliku ispitanika. Drugi dio pitanja kreirala sam na način kako bih ispitala koliko su ispitanici upoznati sa samim pojmom prividna stvarnost te ključnim pojmovima prividne stvarnosti i dobila uvid koliko su upoznati s njenim tehnologijama. Također sam ispitala da li su ispitanici koristili neku od tehnologija i koju, posjeduju li ispitanici neku od tehnologija ili je planiraju u budućnosti posjedovati. Ovi podaci

su bitni jer pomoću njih mogu dodatno usporediti stanje na tržištu. U trećem dijelu nalaze se pitanja o jednoj od najpoznatijih tehnologija prividne stvarnosti, a to su naočale prividne stvarnosti. Pitanja sam u tom dijelu formulirala na način da saznam koje karakteristike su ispitanicima važne kod naočala prividne stvarnosti. Naočale prividne stvarnosti sam izdvojila posebno zbog toga što je to tehnologija koja je najdostupnija te najraširenija. Zanimalo me općenito kakvo je mišljenje ispitanika o njima te da li je u skladu sa samim tržištem. Također dio pitanja sam formulirala na način kako bih saznala što je krajnjem korisniku bitno kod naočala prividne stvarnosti. U zadnjem dijelu ankete nalaze se opisna pitanja kojim sam ispitala utjecaj tehnologija prividne stvarnosti na naše društvo danas i u budućnosti te time nadopunila teorijski dio. Ovaj dio pitanja koncipirala sam na način da saznam koje prednosti i mane tehnologija prividne stvarnosti su ispitanici primijetili. Ukupnim rezultatima ove ankete pokrit ću još potpunije temu ovog rada te dobiti društvenu sferu tehnologija prividne stvarnosti.

Anketa se sastoji od 30 pitanja, ispitanici u nekima mogli zaokružiti pojedini odgovor, u nekima više njih, a neka pitanja su opisna. Od 27.05.2018. do 03.06.2018. anketu je ispunilo 166 ispitanika, od kojih 99 osoba muškog spola (59.6%) i 67 osoba ženskog spola (40.4%), većinom u rasponu godina od 20 do 35 (100 osoba od ukupnog broja ispitanika. Oko 60%). Većina, to jest 137 osoba (83%) izjasnila se da poznaje pojam prividna stvarnost. Ovaj podatak smatram izuzetno važnim te time potvrđujem ranije u radu navedenu tezu kako prividna stvarnost postaje sve više prisutna u našem društvu. Sam pojam prividna stvarnost uveden je u uporabu 1985. godine, no tek unatrag nekoliko godina kada su se u tehnologije prividne stvarnosti uključila velika imena poput Facebooka, Sony-ja ili Samsunga pojam je ušao u svakodnevnu uporabu te ovakav rezultat potvrđuje tu činjenicu.

Primjena tehnologije prividne stvarnosti je široka te me zanimalo u kojem području ispitanici vide najveću primjenu. Ispitanici su na ovome pitanju mogli odabrati jedan od ponuđenih odgovora ili napisati svoj odgovor. Ovakav izbor je za potrebe mog istraživanja dovoljan, no u budućnosti bi se moglo istražiti ovo pitanje na način da se korisniku da isključivo mogućnost pisanja vlastitog odgovora. Većina ispitanika prividnu zabavu vide kao područje u kojoj se prividna stvarnost najviše primjenjuje (47% ili 77 ispitanika), zatim slijede računalne igre s 36.1% (60 ispitanika). Ovo potvrđuje moju tezu koju sam navela ranije u radu u poglavlju 6.1. Dakle, iako prividna stvarnost ima široku primjenu kao što sam na primjerima u 6 poglavlju detaljno opisala, prosječan korisnik je i dalje vidi kao nešto što služi za zabavu i igranje računalnih igara. 7.8% ispitanika smatra da je primjena najveća u vojsci, 3% obrazovanju,1.8% u medicini. Pod ostalo ispitanici su naveli TV, arhitekturu, medije i politiku.

Na pitanje gdje ispitanici u budućnosti vide najveću primjenu prividne stvarnosti najveći broj ispitanika 29.5% odgovorilo je u prividnoj zabavi, 19.9% ispitanika odgovorilo je u obrazovanju, zatim slijedi odgovor medicina sa 12.7% odgovora, vojska sa 12% i kupovina sa 9%. Ostali odgovori imaju ispod 1% u kojima se kao odgovor našao tv, mediji, politika, ali dio ispitanika smatra i da će biti sveprisutna. Slažem se s osobama koje su navele da će prividna stvarnost biti sveprisutna. Već danas tehnologije prividne stvarnosti imaju zaista veliku primjenu (daju novu igranju računalnih igara, poboljšavaju učenje, koriste se u medicini, arhitekturi, urbanizmu, arheologiji, donose uranjanje u film itd.), a u budućnosti napretkom tehnologija kao što sam opisala ranije u ovom radu slijedi sveprisutnost. Također smatram da je problem što veoma malen broj ljudi dijeli ovo mišljenje te je ključno vidjeti gdje je problem takvog razmišljanja te bi ovaj problem trebalo, po mome mišljenju, dodatno istražiti. Ipak, smatram da će se uz povećanje masovnosti tehnologija prividne stvarnosti ovo promijeniti.

Sljedeći dio ankete radio se o samim tehnologijama. Ispitanicima je ponuđeno nekoliko tehnologija prividne stvarnosti te su mogli odabrati koju od tehnologija poznaju. Prije odgovaranja mogli su pogledati kratki video o navedenim tehnologijama. Ispitanicima sam omogućila da odaberu jedan ili više između ponuđenih odgovora. Odgovor u ovom slučaju nije bio iznenađujući: 79.5% ispitanika reklo je da poznaje naočale prividne stvarnosti. Ovaj odgovor ne čudi s obzirom da su, unatrag nekoliko godina, mnoga velika imena poput HTC-a, Samsunga, Sony-ja plasirala svoje naočale prividne stvarnosti na tržište. Sljedeći odgovor malo i iznenađuje. Čak 53% ispitanika odgovorilo je da poznaje tehnologiju senzora pokreta koja omogućava da vidimo svoje ruke unutar prividne stvarnosti (eng. *Control VR*). Osobno sam smatrala kako će ispitanici u većem broju prepoznati rukavice prividne stvarnosti, no u ovom ispitivanju dobile su 44.6%.

Na pitanje da li su ikada koristili neku od tehnologija prividne stvarnosti 59% ispitanika je odgovorilo negativno. Prema ovom podatku mogu primijetiti da nešto i dalje nedostaje u cijeloj priči. Svi znaju što je, zanima ih, informirani su, ali i dalje većina ljudi nije koristila tehnologije prividne stvarnosti. Mislim da problem leži u tome što ljudi smatraju da je to nešto za zabavu. Od osoba koje su koristile tehnologije prividne stvarnosti 89% je odgovorilo da su koristili naočale prividne stvarnosti, 8% koristilo je rukavice prividne stvarnosti, a 19% koristilo je ostale tehnologije kao što je npr. simulator leta. Ovdje nema iznenađenja jer ovo je najdostupnija tehnologija prividne stvarnosti.

86.1% ispitanika smatra da će u budućnosti tehnologije prividne stvarnosti biti dostupnije to jest vide svijetlu budućnost za te tehnologije. Slažem s ispitanicima jer svakim danom tehnologije prividne stvarnosti napreduju u tehnološkom smislu, a i njihove cijene padaju što će uvelike povećati dostupnost krajnjem korisniku. Osim toga primjena koja je već

i ovako veoma široka kao što sam objasnila ranije u ovom radu povećat će se u budućnosti i sve to rezultirat će većom dostupnosti tehnologija prividne stvarnosti.

Na pitanje za što bi voljeli koristiti tehnologije virtualne stvarnosti tri odgovora imaju oko 40%, a to su učenje, putovanje i zabava. 12% ispitanika ne bi voljelo koristiti tehnologije prividne stvarnosti što je, po mome mišljenju, dobar postotak. Ovakav rezultat pokazuje kako su ispitanici u najmanju ruku dovoljno znatiželjni kako bi, ako već i nisu, u budućnosti postali korisnici tehnologija prividne stvarnosti.

16.9% ispitanika posjeduje uređaj za prividnu stvarnost, a 28.2% izjasnilo da bi u budućnosti kupilo neki uređaj za prividnu stvarnost. Rezultati ankete su u skladu sa stanjem na tržištu. Do kraja ove godine predviđa se da će tehnologije prividne stvarnosti imati oko 170 milijuna korisnika. [32] Brojke nisu loše, ali smatram da bi trebale u budućnosti biti daleko veće da bi se govorilo o procvatu tehnologija prividne stvarnosti.

Ispitanici su dalje u anketi trebali ocijeniti ponuđene karakteristike po bitnosti. Maksimalan broj bodova iznosi 830. Prema ocjenama najbitnija im je dostupnost aplikacija (ukupno 641 bod), zatim, s također visokom ocjenom od 614 bodova, slijedi prenosivost uređaja, pa jednostavnost korištenja (584 bodova), slijede ih širina primjene (578 bodova) i veličina uređaja (562 boda), a kao najmanje bitna karakteristika im je cijena (540 bodova). Ovaj podatak me malo i iznenađuje. Smatrala sam da cijena koči krajnje korisnike, ali po ovim rezultatima nisam u pravu. Dostupnost aplikacija i prenosivost su ispitanici jako visoko ocijenili. Realna činjenica jest da iako na tržištu postoji mnogo aplikacija i meni osobno je za Oculus Store kod testiranja Samsung Gear VR-a trebalo nekoliko dana da vidim koje se sve aplikacije tamo nude, prosječni korisnik želi još više. Kada usporedimo s aplikacijama dostupnim za pametne telefone preko Google Play trgovine govorimo o milijunima aplikacija, a ne o tisućama kao što je slučaj kod Oculus Store-a. Također ono na što su ispitanici ukazali su na veliku važnost prenosivosti uređaja. Zasada tehnologije prividne stvarnosti poput naočala imaju nedostatak što ih je nemoguće prenositi ili ih je moguće prenositi na kratko vrijeme. Ovisne su o žicama, bilo da im osiguraju napajanje, bilo da im daju programsku podršku itd. Smatram da je ta činjenica veliko ograničenje trenutnih tehnologija prividne stvarnosti na tržištu te tek kada se ono riješi broj korisnika će se povećati uvelike. Ovi podatci potvrđuju da je prenosivost jako bitna funkcionalnost koja je ključna korisnicima te je dakako ključno da se prenosivost tehnologija omogući svim korisnicima.

Nadalje ispitanicima sam dala da ocijene neke od naočala prividne stvarnosti. Najvišom ukupnom ocjenom ocijenili su Playstation VR (604 boda), zatim slijedi Oculus Rift (578 boda), pa HTC VIVE (573 boda) i na kraju Samsung Gear VR (476 bodova). Većina korisnika nije koristila tehnologije prividne stvarnosti pa im je putem linkova omogućeno

dodatno se informirati o ovim tehnologijama. Dakako bilo bi dobro u nekom budućem istraživanju prije ocjenjivanja ponuditi ispitanicima testiranje ispitanika samih uređaja. Za potrebe istraživanja ovog rada analiza koju sam napravila je dovoljna. Zapravo, ako pogledamo specifikacije samih uređaja, možemo primijetiti da su ispitanici izdvojili kao najbolju, po njihovu mišljenju, tehnologiju koja nudi najbolje imerzivno iskustvo, a najlošije su ocijenili tehnologiju s najnižim specifikacijama i samim time najslabijim imerzivnim iskustvom prividne stvarnosti.

Kod pitanja vezanih za naočale za prividnu stvarnost 63.3% ispitanika reklo je da im je bitna visoka rezolucija, 57.2 posto kvaliteta praćenja pokreta, 54.2% širina kuta gledanja. Ovo su jako bitni podaci za sadašnje i buduće tehnologije. Kvaliteta slike jedna je od ključnih pitanja tehnologija prividne stvarnosti. Kod npr. Samsung Gear VR-a vidljivi su pikseli što smanjuje imerziju korisnika. Osim toga današnje naočale prividne stvarnosti imaju vidno polje od 100° do 110°što je manje nego širina vidnog polja čovjeka dok ne pomiče glavu od oko 150°. Povećanje rezolucije i širine kuta gledanja očekuju se u bližoj budućnosti što sam prikazala u sedmom poglavlju ovog rada te prema ovim rezultatima od velike je važnosti da se te karakteristike unaprijede.

Jedno od pitanja koje me zanimalo kakav je općeniti stav ljudi o učinku prividne stvarnosti. Većina ispitanika od 51.2% smatra da će učinak prividne stvarnosti biti pozitivan, a ostali da je negativan. Ispitanici su u ovoj anketi mogli odabrati jedno od te dvije opcije. U budućim istraživanjima ispitanicima bi se mogla ponuditi i neutralna opcija kako bi se dobili potpuniji rezultati. Iako je ukupan stav pozitivan, matematički gledano, smatram da bi i na ovom polju trebalo informirati ljude kako bi taj postotak bio veći. U prethodnim odgovorima 41% ispitanika je potvrdilo da je koristilo neku od tehnologija prividne stvarnosti i 62% ispitanika koji su koristili tehnologije smatraju da će učinak biti pozitivan. Usporedbom ovih rezultata primjećujem kako ispitanici koji su koristili tehnologije imaju većinom pozitivno mišljenje.

Uz ovo pitanje ispitanicima sam omogućila da opišu na koji način vide pozitivan ili negativan učinak na naše društvo. Sljedećih nekoliko odgovora koje su dali korisnici koji smatraju da je učinak pozitivan posebno izdvajam kako bi se lakše dobio opći dojam koji imaju ispitanici. Sve ostale odgovore te odgovore na ostala opisna pitanja moguće je vidjeti u Prilogu 3 ovog završnog rada.

- „Odvesti ce nas na mjesta gdje do sada nismo mogli ići i pomoći shvatiti stvari za koje smo smatrali da ih nećemo moći shvatiti. Ljudi ce percipirati stvari na drugačiji način. Pri tome ne govorim o gaming VR-u nego primjeni u znanosti, medicini i biologiji.“

- „Negativna gotovo ne postoji. Pozitivna vidimo već sada u primjena kod simulatora (osposobljavanje pilota aviona, testiranja u formuli 1 i ostaloj sportskoj i auto industriji)“
- „Gdje stvarnost zakaže nastupa vr“

U nastavku izdvojila sam neka od razmišljanja ispitanika koji smatraju da će učinak na društvo biti negativan.

- „Negativan. Novi naraštaji djece ce izgubiti osjećaj za stvarnost i druženje sa stvarnim osobama sto ce rezultirati s mnoštvo psiholoških promjena kod istih. Pojavit ce se strah od stvarne svakodnevnice, nesigurnost, asocijalnost, pad samopouzdanja, lose komunikativne sposobnosti, anksioznost. virtualnu stvarnost bi trebalo držati u nekim okvirima koji se mogu kontrolirati za dobrobit novih generacija ljudi.“
- „Virtualna stvarnost vodi društvo u krivom smjeru i ljudi žele biti u stvarnom životu poput onih u virtualnom svijetu“
- „Ima pozitivnih i negativnih učinaka , mislim da ima više negativnih., kao što je zdravlje čovjeka, što je i najbitnije, recimo još se ne zna kako to utječe na ljudski mozak,Al ono što se sigurno zna da se povećavaju rizici razno raznih bolesti zbog ne kretanja (sjedenje pred kompjuterom) i smanjuje društveni život!! Ali je to budućnost i moramo se pomiriti s tim.“
- „Kada za 20 godina budemo imali ljude koji ne izlaze po 2 tjedna iz stana onda ce nam bit zao VRa. Jedino u svrhu edukacije bi mogle biti vrlo korisne VR tehnologije“

Iz odgovora zaključujem kako ispitanici smatraju da će učinak prividne stvarnosti biti uglavnom pozitivan. Ispitanici koji to smatraju vide široku primjenu prividne stvarnosti u našem društvu u budućnosti, a ne samo za zabavu što potvrđuje veliku primjenu koju sam opisala u teorijskom dijelu ovog završnog rada. Kroz prethodno navedene i ostale odgovore zaključujem kako ispitanici smatraju da će prividna stvarnost postati kroz vrijeme sveprisutna te donijeti opći napredak našem društvu. Ipak ne smijemo zanemariti i odgovore ispitanika koji smatraju da će taj učinak biti negativan. U njihovim odgovorima prisutna je doza opreza, ali i doza straha. Smatraju da će se ljudi otuđiti jedni od drugih, zanemariti realni svijet, boje se raznih nuspojava, pojave raznih bolesti i slično. Po svojoj prirodi pojedini ljudi se boje novih stvari, ali smatram da kada bi došli u poziciju da isprobaju neke od tehnologija prividne stvarnosti i vidjeli što one nude da bi promijenili svoje mišljenje jer ispitanici koji su isprobali same tehnologije dali su u većini pozitivne odgovore. To bi dakako trebalo dodatno istražiti.

Pitala sam ispitanike da pojasne opisnim odgovorom što ih privlači da bi koristili tehnologije prividne stvarnosti. Izdvajam nekoliko odgovora kako bih dala kratak pregled što su ispitanici napisali.

- „Iskreno, možda će smiješno zvučati, ali nekad mi dođe da igram igre ili gledam nešto ležeći u krevetu i da imam dobru viziju na monitor. Trenutno to ne mogu ostvariti zadovoljavajuće jer kako god postavim monitor bude mi nezgodno i svejedno ne vidim tako dobro kao kad sjedim pred monitorom. Mislim da VR uređaji definitivno rješavaju taj problem“
- „teleportiranje“
- „3D skeniranjem virtualna stvarnost bi mogla gotovo savršeno rekreirati povijesne građevine kojima prijeti zub vremena. Skupa putovanja bi se mogla iskusiti unutar dnevnog boravka. Na taj način naši daleki potomci bi mogli ulaziti u virtualne muzeje gdje bi mogli potpuno točno proučiti i iskusiti svoju povijest.“
- „Sloboda djelovanja (bez posljedična) … Sloboda bez odgovornosti“

Također sam ispitanike pitala da navedu putem opisnog pitanja što ih kod tehnologija prividne stvarnosti odbija.

- „Kada zamjenjuje neke stvari za koje možda i nema potrebe. Npr. Sport . Prividno možemo igrati npr. tenis. Mislim da sport treba ostati stvaran dio života.“
- „Glomaznost trenutnih uređaja, pitanje je koliko je osjećaj imerzije u prividnu stvarnost realan, ako npr. korisnik konstantno osjeća težinu headseta...“
- „Korištenje u svrhe koje su na štetu drugim korisnicima ili služe za prikaz kriminalnih radnji (npr. simulacije devijantnih stanja , zlostavljanja, ubojstava i sl.), a koje ce vjerujem imati velik broj korisnika.“
- „Postoji. Psihološke prirode, a društveno uvjetovano (neliberalnom destruktivnim potencijalom) to je strah od alijenacije (otuđenja) čovjeka koji bi mogla izazvati zloupotreba spomenute tehnologije.“
- „Imam brata ovisnog o igricama zabranio bi to“
- „Nema negativnih strana, samo ljudi koji ne znaju granice. Apsolutno sve na ovom svijetu se može zloupotrijebiti, tako i VR. Ako dijete koristi VR za zabavu 10 sati na dan i zbog toga postane socijalno neprilagođen, nije VR kriv, nego roditelji. U slučaju odraslog čovjeka, on sam.“

Odgovori na ova pitanja u skladu su s teorijskim dijelom moga rada. Primjena tehnologija prividne stvarnosti je široka, same tehnologije poput naočala prividne stvarnosti osim što omogućavaju imerzivna iskustva na područjima koja sam navela prethodno u radu, dodaju svojim karakteristikama npr. jednom „običnom“ gledanju filma jednu novu dimenziju. Ispitanici su to prepoznali. Kod negativnih razmišljanja izdvajaju se ovisnost, izolacija, otuđenost, kriminal. Općenito zloupotreba ovih tehnologija. Ispitanici su ovdje izdvojili probleme koji sam spomenula ranije u radu. Sa jedne strane pomoću tehnologija prividne stvarnosti moguće je riješiti neke psihičke poremećaje kao što je strah od visine ili javnog nastupa, a sa druge postoji mogućnost da se razvije novi psihički poremećaj kao što je ovisnost. Većinu problema koje su naveli obradila sam u teorijskom dijelu poglavlja 9. ovog rada pa se to podudara sa rezultatima. Ipak postoji problem što se dosta problema kao što je ovisnost ne može procijeniti zbog toga što tehnologije prividne stvarnosti nemaju toliku primjenu u društvu kako bi se dobili relevantniji podatci.

Za kraj ankete zamolila sam ispitanike da ocijene moju anketu i ukoliko smatraju da nešto nedostaje to napišu. Ispitanici su velikom većinom zadovoljni anketom, neki su je i pohvalili.

Anketa koju sam provela u svrhu istraživanja za svoj završni rad potvrdila je moje teze koje sam dala u teorijskom dijelu rada. Pojam prividne stvarnosti nije više nešto što vežemo uz znanstveno-fantastične filmove te se 89% ispitanika izjasnilo kako im je on poznat. Između ponuđenih tehnologija ispitanici su u najvećem broju prepoznali naočale prividne stvarnosti, njih čak 79.5%. 41% ispitanika je koristilo neku od tehnologija prividne stvarnosti, a u najvećem dijelu koristili su naočale prividne stvarnosti (89%) što potkrjepljuje činjenicu da su naočale prividne stvarnosti najpoznatija i najraširenija tehnologija prividne stvarnosti. Osobno sam smatrala da je više ljudi barem isprobalo neku od tehnologija, ali ovakav rezultat je u skladu sa stanjem na tržištu kao i podatak da 16.9% ispitanika posjeduje neku od tehnologija prividne stvarnosti. Sudeći po brojkama u cijeloj priči ipak nešto nedostaje. Problem je prije svega u tehničkim ograničenjima samih tehnologija jer one zbog toga ne pružaju potpuno realnu sliku, a ispitanici su se izjasnili u visokim postotcima da su im kod naočala prividne stvarnosti važne visoka rezolucija (njih 57.2%), širina kuta gledanja (54.2%) i brzina osvježavanja slike (48.8%). Na ovim područjima u bližoj budućnosti očekuje se napredak kao što sam to prikazala u sedmom poglavlju na primjerima prototipa koji već danas postoje. Još jedan problem se istaknuo u rezultatima. Smatrala sam da je cijena ta koja koči masovnost tehnologija prividne stvarnosti. No rezultati su bili iznenađujući. Ispitanicima sam ponudila da ocijene po bitnosti neke od karakteristika tehnologija prividne stvarnosti. Najvećom ukupnom ocjenom ocijenili su dostupnost aplikacija (ukupno 641 bod od maksimalnih 830) i prenosivost (ukupno 614 bod), a najmanjom ukupnom ocjenom cijenu

s 540 bodova što znači da im je najmanje bitna između ponuđenoga. Zaista ako usporedim milijune aplikacija koje su dostupne korisnicima pametnog telefona i nekoliko tisuća aplikacija koje su dostupne korisnicima prividne stvarnosti brojke su rekle sve. Današnji korisnici žele više, žele jednostavnu tehnologiju, koja ne ograničava njihovu slobodu, bitna im je prenosivost. Ne žele biti vezani kablovima, punjačima. Zaista jako bitne stavka i, kao što sam u sedmom poglavlju ovog rada objasnila, krucijalno je da se prenosivost osigura. Ipak usprkos ovim ograničenjima jedan rezultat me veoma iznenadio te smatram kako je pokazatelj svijetle budućnosti tehnologija prividne stvarnosti. Čak 86.1% ispitanika smatra da će tehnologije prividne stvarnosti biti dostupnije u budućnosti. Ako usporedim taj podatak s činjenicom da je od 41% ispitanika koji su koristili tehnologije odgovorilo njih čak 62% da će one donijeti pozitivan učinak na budućnost našeg društva mogu zaključiti kako će povećanjem dostupnosti nakon što se riješe navedena ograničenja zaista doći i procvat tehnologija prividne stvarnosti. Pojedini ljudi se i boje kakav će utjecaj imati tehnologije prividne stvarnosti na društvo. Važno je misliti i na taj dio populacije te pronaći način kako im približiti tehnologije prividne stvarnosti. Kod nekih stvari moramo biti i oprezni jer kao kod svake tehnologije postoji mogućnost zloupotrebe te se treba voditi računa o etičnosti kao što sam navela u primjeru korištenja tehnologija u budućnosti u osmom poglavlju.

11. Osvrt na Samsung Gear VR naočala prividne stvarnosti

Nakon što sam obradila teorijski dio te prikazala rezultate svog istraživanja putem ankete u prethodnim poglavljima, odlučila sam u praktičnom dijelu napraviti vlastiti osvrt na jednu od, po mom mišljenju, ali također i po rezultatima ankete, najpoznatijih tehnologija prividne stvarnosti, a to su naočale prividne stvarnosti. Ovim osvrtom želim dodatno elaborirati dosadašnje tvrdnje u radu.

Posjedujem Samsung Galaxy S6 pametni telefon te mi je to uvelike olakšalo odluku kod kupnje. Samsung Gear VR je kompatibilan s mojim pametnim telefonom pa zbog toga nemam dodatnih troškova. Cijena je u ovom slučaju presudila kod odluke.

U nekoliko dana uređaj stiže na moju adresu. Upakiran u jednostavnu kutiju s kratkim uputama. Sam po sebi uređaj je lagan, u njega jednostavno umetnem na Micro USB svoj pametni telefon. Nakon što sam prilagodila remenje kojim se uređaj pričvršćuje na glavu mogu započeti s korištenjem. Čim ga stavim na glavu na zaslonu se prikazuje instalacija koja traje nekoliko minuta. Ne treba ništa paliti niti gasiti. Kada skinem uređaj s glave on stane s radom. Zasada sve dosta jednostavno i mislim da prosječna osoba ne bi imala nikakvih problema s prvim pokretanjem uređaja. Jednostavnost je uvijek po mome mišljenju velika prednost, a i u anketi su ispitanici jednostavnost korištenja ocijenili vrlo visoko kao što sam to prikazala u prethodnom poglavlju.

Nakon instalacije otvara se aplikacija Samsung Gear VR. Prvo se na ekranu vidi upozorenje o mogućim nuspojavama te ukoliko se pojave savjet je da se prekine s korištenjem uređaja. Osobno nisam primijetila nikakve nuspojave kod korištenja uređaja, ali nisam ga niti koristila dulje od sat vremena uzastopno kao što je i preporuka. Nakon što potvrdim da sam svjesna da može doći do nuspojava otvara se izbornik koji lebdi u prostoriji. S desne strane uređaja nalazi se „*touchpad*“ kojeg sam slučajno „napipala“ kod popravljanja naočala. Ubrzo shvatim da pomoću njega mogu ići gore, dolje, lijevo desno, odabirati što želim. Malo iznad njega se nalazi tipka za povratak. Pomoću nje je moguće i pauzirati aplikaciju ali i u potpunosti izaći iz aplikacije. Veoma intuitivno što se tiče kretanja po aplikacijama i ponovo jednostavno. Gledam nadalje oko sebe u svim smjerovima, vidim da slika nije potpuno realna i primjećujem piksele. Na vrhu naočala nalazi se kotačić pomoću kojega je moguće podesiti fokus leća. Malo poboljšava sliku, ali kada drugi korisnik stavi naočale na glavu mora ponovo podesiti kotačić prema sebi. Ovo po mom mišljenju nije baš najbolje izvedeno jer svaki puta različiti korisnici moraju podešavati sliku. I usprkos tome što je moguće leće podesiti kotačićem i dalje slika nije potpuno realna tj. vide se pikseli.

Na trenutak razmišljam kako sam više očekivala i da sam možda trebala uložiti u naočale prividne stvarnosti koje se spajaju na računalo poput Oculus Rifta. Sjetim se njegove cijene i činjenice da moje računalo ne zadovoljava minimalne specifikacije pa nastavljam istraživati Gear VR.

U izborniku se nalazi opcija „Home“ za povratak u glavini izbornik, opcija „Library“ to jest knjižnica u kojoj se nalaze sve aplikacije koje su instalirane, „Store“ dućan u kojoem mogu kupiti i skinuti ili besplatno skinuti aplikacije koje želim, „Internet“ kojim mogu pretraživati Internet i pretraživač „Search“ kojim pretražujem aplikaciju. Izbornik je na engleskome jeziku, meni osobno nije problem što nije na hrvatskom jeziku. Postoje ikonice koje dodatno pojašnjavanju dijelove izbornika pa smatram da netko tko se služi pametnim telefonom ne bi trebao imati problema da intuitivno nađe ono što želi. Slika 15. prikazuje izbornik Samsung Gear VR-a.



Slika 15. Izbornik Samsung Gear VR-a [vlastita fotografija]

Kada kliknemo na „Store“ otvara se Oculus Store koji nudi mnoštvo aplikacija i mogu reći da sam zadovoljna izborom. Aplikacije se mogu pretraživati i putem interneta ili Google

Store-a, ali Oculus Store zaista nudi pregršt aplikacija te samo za njeno pretraživanje sam potrošila dosta vremena. Primjećujem da svakodnevno dodaju i nove aplikacije. Cijene su raznolike, ali ima i besplatnog sadržaja. Sav sadržaj koji skinem na bilo koji način sprema se na moj pametni telefon. Neke aplikacije zauzimaju i po 1GB pa moram imati na umu da li imam dovoljno prostora za željenu aplikaciju. Kod nekih pametnih telefona moguće je kupiti dodatnu memorijsku karticu, ali to nije slučaj s mojim pametnim telefonom pa moram osloboditi prostor ako ga ponestane. Kada se instalacija neke odabrane aplikacije pokrene normalno dalje korisnim uređaj te mi on javi notifikacijom da je određena aplikacija skinuta i instalirana. Osim toga na mom pametnom telefonu nalazi se aplikacija Oculus Store pa aplikacije mogu skidati i bez da koristim Samsung Gear VR. Smatram da je ova mogućnost prednost.

Isprobala sam jako puno aplikacija, ali neke su zaista očaravajuće. Tako npr. aplikacija Facebook 360° nudi pregršt videa iz cijeloga svijeta. Omogućava brzo pretraživanje videa, ali i daje na temelju vašeg Facebook profila neke preporuke. Mene je posebice oduševila vožnja sa F1 vozačima po stazama poput Spa Francorchamps u Belgiji i na primjer trenutak sudara između vozača Hartleya i Strolla u prvom krugu velike nagrade Kanade. Veliki sam fan F1 u privatnom životu i ovo što sam vidjela pomoću tehnologije prividne stvarnosti jednostavno ne mogu opisati riječima. Dakle, da-toliko je dobro. Već sam ranije u radu spominjala kod primjene tehnologija kako nas one mogu odvesti na mjesta koja smo samo mogli sanjati. Nismo bili u mogućnosti možda zbog novaca ili je lokacija na drugoj strani svijeta, a mi se bojimo letenja. Nebitno. Prividna stvarnost zaista ostvaruje snove. U tim trenucima potpuno sam bila u nekom drugom svijetu, stopila sam se s drugom realnošću, uronila sam u svijet prividne stvarnosti.

Nadalje jedna od meni zanimljivih aplikacija, koja također nudi pregledavanje 360° videa, je Discovery VR (Slika 16.). Od životinjskog svijeta, povijesti sve do nevjerojatnih snimaka svemira. Moram priznati kako sam se na trenutke osjećala kao astronaut. Potpuno jedan drugačiji način gledanja samih videa. Doslovno sam osjetila trnce i zamalo mi je suza krenula kad sam gledala Zemlju u daljini iz letjelice. Predivan osjećaj. Interesantno, ali u tim trenucima nije mi bilo niti do rezolucije niti do piksela. Povukla bih paralelu s televizijom. Generacije su uživale u gledanju televizije iako je u njenim počecima slika bila crno-bijela. Dakle mnogo lošija nego realna. Naočale Samsung Gear VR, iako imaju nedostataka kao što je rezolucija, širina vidnog polja, po mome mišljenju daju jedno imerzivno iskustvo.



Slika 16. Izbornik aplikacije Discovery VR [vlastita fotografija]

Nakon mog početnog ulaska u svijet prividne stvarnosti preko 360° videa želim vidjeti i neke druge primjene. Izdvojila bih mogućnost gledanja televizije ili filmova putem prividne stvarnosti. Postoji mnogo aplikacija koje su predviđene za to, pa tako putem aplikacije FOX Sport mogu live pratiti sport koji želim. Postoje i aplikacije koje nude gledanje određenog tv programa kao npr. BBC. Netflix nudi mnoštvo filmova, serija i dokumentaraca koje mogu gledati bilo kada i bilogdje. Također mi na temelju onoga što gledam preporuča sadržaj koji bi mogla pogledati u budućnosti. Većina aplikacija ove vrste se plaća, ali Netflix nudi mogućnost besplatnog korištenja aplikacije na mjesec dana. Sve te aplikacije imaju sličan princip. U prostoriji po kojoj korisnik može gledati uokolo ili čak šetati nalazi se veliki ekran koji podsjeća na kino te ga gledamo kao da je pred nama. A to radimo dok mi osobno sjedimo vani na balkonu ili čak ležimo u krevetu. Kako god se okrenemo slika nas prati. Udobnost koju ne može osigurati niti jedan televizor ili monitor računala.

U fazi testiranja Gear VR-a na navedenim jednostavnijim aplikacijama nisam naišla veće probleme. No kod zahtjevnijih aplikacija to nije bio slučaj. Isprobala sam tako aplikaciju MasterWorks: Journey Through History (Slika 17.). Ova aplikacija omogućava putovanje do

nekih od najnevjerojatnijih mjesta na zemlji. Nakon ulaska u muzej korisnik može istražiti jednu od 4 atraktivne lokacije, a to su glavni grad Tajlanda, Chavín de Huántar u Peruu, nacionalni park Mesa Verde u Coloradu (Sjedinjene Američke Države, kraće SAD) i planinu Rushmore u Južnoj Dakoti (SAD). Nakon što odabere lokaciju istražuje okruženje sakupljajući artefakte koji ga vode na nove lokacije uz kratka i poučna pojašnjenja arheologa i znanstvenika.



Slika 17. Šetanje po aplikaciji MasterWorks: Journey Through History [vlastita fotografija]

Uz pomoć touchpada mogu šetati po prekrasnim mjestima i osim što vidim divne stvari učim o povijesti. Učenje na jedan nov i zabavan način. A nisam morala letjeti do Perua. Ipak kod pokretanja ove aplikacije i općenito aplikacija koje omogućavaju interakciju moj Samsung Gear VR je jako brzo počeo trošiti energiju pametnog telefona. Osim toga došlo je nekoliko puta do prekida rada uređaja zbog pregrijavanja. Velik nedostatak ovog uređaja. Također primijetila sam da su se leće zamaglile vjerojatno od topline što uređaja što moje glave. Mislim da se ovo ne bi smjelo dešavati. Nakon što sam skinula uređaj i pustila ga da se malo ohladi sve je radilo savršeno neko vrijeme, a onda se opet uređaj počeo zagrijavati.

Još jedna stvar mi se nije svidjela, a to je nemogućnost korištenja mog pametnog telefona za razgovor kada koristim za prividnu stvarnost. Dakle, dok sam istraživala jednu aplikaciju zazvonio mi je pametni telefon i nisam bila u mogućnosti odgovoriti na poziv. Prikazala mi se notifikacija, ali sam mogla samo završiti poziv poklapanjem. Ovo bi se u budućnosti po mom mišljenju trebalo riješiti. U naočale Samsung Gear VR bi se mogao integrirati mikrofon kojim bi korisnik mogao odgovoriti na poziv.

Iako postoje nedostaci od same slike do zagrijavanja Samsung Gear VR-a i nemogućnosti korištenja mog pametnog telefona kada koristim ovaj uređaj, sveukupno sam zadovoljna ovom tehnologijom. Odvela me na mjesta koja vjerojatno neću nikada posjetiti, a želja mi je. Pokazala mi je trenutke koje ne bih mogla tako izbliza vidjeti osim da sam bila prisutna tada. Omogućila mi je gledanje filmova na potpuno nov opuštajući način dok ležim u krevetu. Bila sam astronaut, hodala sam s dinosaurusima, plivala sam s morskim psima. Hodala sam po visinama, a u realnosti ih se bojim. Zabavila me je, ali sam naučila nešto o povijesti na atraktivan način. Igrala sam se kao nikada do sada. A to je tek početak. Mogućnosti su široke i samo je pitanje što ću isprobati sutra. Osjetila sam prisutnost u prividnoj stvarnosti, uronila sam u nju i takvo iskustvo ne mogu usporediti ni sa čime do sada.

12. Zaključak

Napredak tehnologija prividne stvarnosti kroz osamdeset godina od prvih koncepata je nevjerojatan. Simulator leta tehnologija je prividne stvarnosti koju je izumio Edwin Link 1929. godine, te ubrzo američka vojska kupuje njegovu tvrtku, a prema Linkovim procjenama do kraja 1958. godine oko 2 milijuna pilota obučeno je vještini letenja upravo putem simulatora. Američka vojska je uvidjela kako je pomoću tehnologije prividne stvarnosti moguće uz uštedu novca i vremena pilote obučiti ovoj opasnoj vještini na jedan nov način. I dan danas simulatori se koriste u iste svrhe samo je imerzija daleko veća zbog velikog napretka same tehnologije kroz vrijeme.

Naočale prividne stvarnosti jedna su od najraširenijih i najprepoznatljivijih tehnologija prividne stvarnosti današnjice. Danas su one gotovo u skladu s ljudskim osjetilima vida i sluha te imaju široku primjenu koja teži ka sveprisutnosti. Da bi postale ono što jesu danas mnogi proizvodi takvoga tipa su kroz povijest podbacili na tržištu, prije svega zbog svoje nespretnosti, glomaznosti te uzrokovanja nelagode korisnicima. Kada usporedimo prve naočale prividne stvarnosti iz davne 1968. Damoklov Mač koje su podsjećale na spravu za mučenje i neke od popularnih naočala prividne stvarnosti današnjice kao što je HTC VIVE Pro koje su lagane, intuitivne za korištenje, bez žica, a nude haptičku podršku te mehanizme povratne informacije možemo zaključiti kako je pred nama jedna nova era.

Velik utjecaj na današnje tehnologije dogodio se kada je mladić Palmer Lackey 2010. godine odlučio na svom HMD prototipu povećati vidno polje. Iz jedne jednostavne priče nastaje Oculus Rift, a njegovu tvrtku Oculus VR 2014. kupuje Facebook za dvije milijarde dolara. Ovo ulaganje u tvrtku prividne stvarnosti prekretnica je koja je pokrenula tržište te se ubrzo se u igru uključuju velika imena kao što su Samsung, HTC te Sony. Konkurencija je uvijek veliki pokretač napretka, svi oni ulažu napore kako bi njihov proizvod u konačnici postao nešto što će u potpunosti rekreirati realnost.

Sve se mijenja tehnologijama prividne stvarnosti. Računalne igre ostvaruju san igračima jer oni napokon osjećaju prisutnost u samim igrama. Učenje postaje atraktivnije, efikasnije, manje opasno za samog učenika. Doktori dobivaju novu tehnologiju za izvođenje operacija na daljinu, arhitekti mogu prikazati klijentima nevjerojatne 3D modele svojih zgrada u kojima klijent može prošetati. Tehnologije prividne stvarnosti postale su i nova potpora u menadžmentu jer omogućavaju odlučivanje u ranim fazama izrade npr. automobila. Marketingu donose nov način prezentiranja proizvoda. A sve uz smanjene troškove ako pogledamo one u stvarnosti. Primjena je zaista široka, a ovo što sam nabrojala samo je vrh sante leda.

Tehnologije prividne stvarnosti spremne su da postanu dio naše svakodnevice. One stvaraju i prikazuju prividnu stvarnost u koju korisnik može uroniti te se osjeća prisutan u njoj. Donose korisniku predivna okruženja na koja korisnik stiže doslovno za treptaj oka. Korisnik se može u udobnosti vlastitog doma uz pomoć npr. naočala prividne stvarnosti „teleportirati“ na bilo koju lokaciju ovog svijeta, otići u svemir ili upoznati neko novo okruženje koje su grafički programeri razvili. Ali ne samo to. On postaje dio tog okruženja uz interakciju i povratnu informaciju koju mu daju tehnologije poput rukavica prividne stvarnosti ili upravljača. U prividnu stvarnost dolaze i drugi korisnici te prividna stvarnost zaista postaje mjesto, nešto stvarno, čak i opipljivo.

Postoje nedostatci, nije sve idealno. Rezolucije ekrana prividne stvarnosti bi mogle biti veće, širina vidnog polja i frekvencija također. Ne da bi mogle, trebale bi, ali i budu. U budućnosti će se poraditi i na haptičkim uređajima koji su trenutno u manjoj mjeri zastupljeni kod tehnologija prividne stvarnosti. Krucijalno dakle je da osim osjetila vida i sluha korisniku pomoću tehnologije prividne stvarnosti omogućimo i dodir. Prototipovi rukavica koji pružaju osjetilo dodira već postoje te je pitanje vremena kada će ući u masovnu proizvodnju. Osim dodira tehnologije neće zanemarivati niti druga osjetila kao što su okus i miris. Sve navedeno će korisnicima omogućiti potpuno iskustvo ravno onom realnom, ako ne i bolje. Moramo uzeti u obzir i nuspojave kod korištenja tehnologija prividne stvarnosti, ključno je minimalizirati ih. Važno je i osigurati prenosivost jer ona je korisnicima iznimno važna. Postoje već prototipovi na svim navedenim poljima kojima su ostvareni navedeni nedostatci. Naravno tu je i pitanje cijene tehnologija prividne stvarnosti, zaista su visoke. No s masovnom uporabom i taj nedostatak će se riješiti. Cijene su u padu ako ih usporedimo unutar proteklih nekoliko godina. A onda nam preostaje samo pogledati u naše naočale prividne stvarnosti ili neku drugu tehnologiju i vidjeti kuda će one cijelo društvo odnijeti. Zapamtite, nikada više stvari neće biti iste.

Popis literature

[1] B. Arnaldi, P. Guitton, i G. Moreau, *Virtual Reality and Augmented Reality: Myths and Realities*. ISTE Ltd and Jhon Wiley & Sons, Inc., 2018.
[2] S. M. LaVale, *Virtual reality*. Cambridge University Press, 2017.
[3] P. Rubin, *Future Presence*, First Edition. HarperCollins Publishers Inc., 2018.
[4] J. Bailenson, *Experience on Demand*. USA: W. W. Norton & Company, Inc., 2018.
[5] „The History of Virtual Reality - AVADirect“. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.avadirect.com/blog/the-history-of-virtual-reality/. [Pristupljeno: 31-svi-2018].
[6] „IvanSutherland-sword-of-damocles | The CCCU Psychology Programme Blog“. [Na internetu]. Dostupno na: http://cccupsychology.com/blog/2017/08/17/virtual-reality-a-brief-history-current-trends-and-future-directions/ivansutherland-sword-of-damocles/. [Pristupljeno: 31-svi-2018].
[7] „LeepVR“. [Na internetu]. Dostupno na: http://www.leepvr.com/history.php. [Pristupljeno: 30-svi-2018].
[8] L. Rosson, „The Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), 1990“, *NASA*, 15-tra-2014. [Na internetu]. Dostupno na: http://www.nasa.gov/ames/spinoff/new_continent_of_ideas. [Pristupljeno: 30-svi-2018].
[9] K. Fisher, „A Brief History of Virtual Reality in Movies“, *Film School Rejects*, 29-ožu-2018. [Na internetu]. Dostupno na: https://filmschoolrejects.com/virtual-reality-in-movies/. [Pristupljeno: 14-lip-2018].
[10] „evl | electronic visualization laboratory“. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.evl.uic.edu/entry.php?id=2144. [Pristupljeno: 18-lip-2018].
[11] „Virtual Boy“, *Tomodachi Life Wiki*. [Na internetu]. Dostupno na: http://tomodachi.wikia.com/wiki/Virtual_Boy. [Pristupljeno: 31-svi-2018].
[12] B. Crecente, „VR's long, weird history“, *Polygon*, 26-lis-2016. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.polygon.com/2016/10/26/13401128/25-vr-greatest-innovators. [Pristupljeno: 31-svi-2018].
[13] „VR, AR i MR – kratice su tu, a što će biti od svega nitko ne zna :: Vijesti @ Bug Online“, *Bug Online*. [Na internetu]. Dostupno na: http://www.bug.hr/komentari/vr-ar-mr--kratice-tu-sto-biti-sveg/162583.aspx. [Pristupljeno: 01-lip-2018].
[14] „Vodič kroz povijest virtualne stvarnosti“, *Plan B*, 23-velj-2016. [Na internetu]. Dostupno na: http://planb.hr/mali-vodic-kroz-povijest-virtualne-stvarnosti/. [Pristupljeno: 28-svi-2018].
[15] „PlayStation VR“, *Wikipedia*. 16-kol-2018.
[16] „Google Cardboard 2.0 Specs, Requirements, Prices & More“, *VRBound*. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.vrbound.com/headsets/briztech-vr/google-cardboard-20. [Pristupljeno: 21-lip-2018].
[17] „Samsung Gear VR (2015) Specs, Requirements, Prices & More“, *VRBound*. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.vrbound.com/headsets/samsung/gear-vr. [Pristupljeno: 22-lip-2018].
[18] „Oculus Rift Specs - DK1 vs DK2 comparison“, *Rift Info*. .
[19] „Oculus Rift | Oculus“. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.oculus.com/rift/#oui-csl-rift-games=robo-recall. [Pristupljeno: 22-lip-2018].
[20] „VIVE™ | VIVE Virtual Reality System“. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/. [Pristupljeno: 23-lip-2018].
[21] „PlayStation®VR“, *Playstation*. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.playstation.com/hr-hr/explore/playstation-vr/. [Pristupljeno: 23-lip-2018].
[22] „Oculus Rift vs. HTC Vive“. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.nabava.net/clanci/proizvodi/oculus-rift-vs-htc-vive-302t6. [Pristupljeno: 14-kol-2018].
[23] admin, „Zuckerberg shows off Oculus gloves for typing in VR“, *The latest technology news*, 09-velj-2017. .

[24] „Portal Stories: VR on Steam“. [Na internetu]. Dostupno na: https://store.steampowered.com/app/446750/Portal_Stories_VR/. [Pristupljeno: 03-lip-2018].
[25] „Od sutra je moguće naručiti Oculus Rift - Jutarnji List“. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.jutarnji.hr/gameland/gamingvijesti/od-sutra-je-moguce-naruciti-oculus-rift/3684453/. [Pristupljeno: 03-lip-2018].
[26] „Virtual Reality in Healthcare“, *Virtual Reality Society*, 05-svi-2017. .
[27] „Top Virtual Reality Companies in Healthcare“, *The Medical Futurist*, 05-tra-2017. .
[28] „Virtual Reality - IKEA“, *IKEA /US/EN*. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.ikea.com/ms/en_US/this-is-ikea/ikea-highlights/Virtual-reality/index.html. [Pristupljeno: 03-lip-2018].
[29] T. webdevelopment https://www.trivali.be, „Ikea launches virtual reality app“, *RetailDetail*, 05-tra-2016. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.retaildetail.eu/en/news/ikea-launches-virtual-reality-app. [Pristupljeno: 03-lip-2018].
[30] „Charles M. Eastman“, *Wikipedia*. 07-pros-2017.
[31] „Home“, *Paradromics Inc.* [Na internetu]. Dostupno na: https://paradromics.com/. [Pristupljeno: 21-kol-2018].
[32] „Active virtual reality users worldwide 2014-2018 | Statistic“, *Statista*. [Na internetu]. Dostupno na: https://www.statista.com/statistics/426469/active-virtual-reality-users-worldwide/. [Pristupljeno: 24-lip-2018].

Popis slika

Slika 1. 1962. Heiligova Sensorama [5] 8
Slika 2. 1968. Damoklov mač [6] 9
Slika 3. Studenti Sveučilišta Illinois u originalnom CAVE-u [10] 11
Slika 4. 1995. Virtual Boy [11] 11
Slika 5. Dijelovi Google Carbord-a [16] 19
Slika 6. Samsung Gear VR i pametni telefon Samsung Galaxy S6 [vlastita fotografija] 20
Slika 7. Oculus Rift s upravljačima [19] 22
Slika 8. HTC VIVE Pro [20] 24
Slika 9. Interakcija korisnika PS4 sa korisnikom Playstation VR-a [21] 26
Slika 10. Upravljači HTC Vive-a [22] 29
Slika 11. Mark Zuckerberg testira prototip Oculus-ovih rukavica prividne stvarnosti [23] 30
Slika 12. Krug interakcije (Prema: [1]) 32
Slika 13. Onkološki kirurg Shafti Ahmed izvodi operaciju [27] 38
Slika 14. Ikeina aplikacija za prividnu stvarnost [29] 40
Slika 15. Izbornik Samsung Gear VR-a [vlastita fotografija] 63
Slika 16. Izbornik aplikacije Discovery VR [vlastita fotografija] 65
Slika 17. Šetanje po aplikaciji MasterWorks: Journey Through History [vlastita fotografija] .. 66

Prilog 1

U ovom prilogu nalazi se anketa (koju sam izradila kako bih napravila istraživanje za završni rad, a rezultate uz detaljnu analizu sam prikazala u desetom poglavlju ovoga rada) u tekstualnom obliku koja sadrži pitanja te pojašnjenja pojedinih pitanja i pojašnjenje same ankete.

Prividna stvarnost (eng. Virtual reality) I tehnologije prividne stvarnosti

Ukratko o anketi

Ovo empirijsko istraživanje metodom ankete provodi Dragičević Dajana za potrebe završnog rada na stručnom studiju Primjena informacijske tehnologije u poslovanju s temom „Tehnologije prividne stvarnosti “, pod mentorstvom prof. dr. sc. Božidara Kličeka na Fakultetu organizacije i informatike u Varaždinu Sveučilišta u Zagrebu. Cilj ovog istraživanja je utvrditi utjecaj prividne stvarnosti na naše društvo. Svi podaci su anonimni i koristit će se samo u svrhu izrade završnog rada. Hvala na sudjelovanju.

Osnovni podaci o ispitaniku/ici

Nekoliko kratkih pitanja o Vama. Pitanja koja imaju * su obavezna. Hvala

1. Odaberite spol.*

- Ženski
- Muški

2. Odaberite godine. *

0-20

20-35

35-50

50-

3. Odaberite najvišu razinu obrazovanja

- osnovnoškolsko obrazovanje
- srednjoškolsko obrazovanje

- sveučilišni preddiplomski studij; stručni preddiplomski studij
- sveučilišni diplomski studij; specijalistički diplomski stručni studij; poslijediplomski specijalistički studij
- poslijediplomski znanstveni magistarski studij
- poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij

Nekoliko općih pitanja o prividnoj stvarnosti.

4. Da li ste upoznati s pojmom prividna stvarnost? *

- Da
- Ne

5. Prema Vašem mišljenju gdje danas prividna stvarnost ima najveću primjenu? *

- računalne igre
- virtualna zabava
- vojne organizacije
- medicina
- obrazovanje
- ostalo

6. Gdje u budućnosti vidite veliku primjenu prividne stvarnosti?*

- računalne igre
- virtualna zabava
- vojne organizacije
- medicina
- obrazovanje
- kupovina
- ostalo

Tehnologije prividne stvarnosti

Ovaj dio ankete odnosi se na same tehnologije. Pitanja koja su obavezna označena su sa *. Hvala.

Tehnologije prividne stvarnosti

Ukoliko niste previše upoznati s tehnologijama prividne stvarnosti pogledajte kratki video. Video je na engleskom jeziku traje oko 5 minuta te ukratko opisuje trenutne vodeće tehnologije prividne stvarnosti. Hvala.

Top 5 tehnologija prividne stvarnosti https://www.youtube.com/watch?v=lj6tVqbp9bk

7. Koje od sljedećih tehnologija prividne stvarnosti poznajete?*

- tehnologija senzora pokreta koja omogućava da vidimo svoje ruke unutar prividne stvarnosti (eng. *Control VR*)
- VR rukavice (eng. *VR Gloves*)
- VR naočale (eng. *VR headset*)
- VR stolica s motorom koja omogućava pokret u prividnoj stvarnosti (eng. *VR motion chairs*)
- uređaj koji omogućava hodanje po prividnoj stvarnosti (eng. *Omnidirectional treadmill*)
- drugo

8. Da li ste ikada koristili tehnologije prividne stvarnosti? *

- Da
- Ne

9. Ukoliko ste koristili tehnologije prividne stvarnosti napišite koje.

10. Smatrate li da su unutar posljednjih nekoliko godina uređaji za prividnu stvarnost postali dostupniji našem društvu?*

- Da
- Ne

11. Za što biste voljeli koristiti tehnologije virtualne stvarnosti? *

- učenje
- zabavu (npr. računalne igre)
- relaksacija (npr. meditacija)
- putovanje, istraživanje prostora
- kupovina
- 3D printanje
- ne bih koristio/la te tehnologije
- ostalo

12. Posjedujete li neki uređaj za prividnu stvarnost?

- Da
- Ne

13. Planirate li kupiti u skoroj budućnosti neki od uređaja za prividnu stvarnost?

- Da
- Ne

14. Koliko vam je cijena uređaja za prividnu stvarnost bitna?*

Nije mi bitna 1 2 3 4 5 Veoma mi je bitna

15. Koliko vam je širina područja primjene bitna za određeni uređaj?*

Nije mi bitno 1 2 3 4 5 Veoma mi je bitno

16. Koliko vam je jednostavnost korištenja uređaja za prividnu stvarnost*

Nije mi bitna 1 2 3 4 5 Veoma mi je bitna

17. Koliko vam je veličina uređaja za prividnu stvarnost bitna?*

Nije mi bitna 1 2 3 4 5 Veoma mi je bitna

18. Da li vam je prenosivost samog uređaja bitna?*

Nije mi bitna 1 2 3 4 5 Veoma mi je bitna

19. Koliko vam je dostupnost aplikacija za neki uređaj bitna?

Nije mi bitna 1 2 3 4 5 Veoma mi je bitna

VR naočale

Ovaj dio ankete sadrži pitanja vezana uz trenutno najpoznatije naočale za prividnu stvarnost.

Samsung Gear VR

20. Ocijenite sljedeći uređaj. Ukoliko niste upoznati s ovim uređajem pogledajte kratki video koji se nalazi ispod pitanja

Nedovoljan 1 2 3 4 5 Odličan

Oculus Rift

21. Ocijenite ovaj uređaj. Ukoliko niste upoznati s ovim uređajem pogledajte kratki video koji se nalazi ispod pitanja.

Nedovoljan 1 2 3 4 5 Odličan

https://www.youtube.com/watch?v=5q6BcQq_yhw&t=35s

Sony Playstation VR

22. Ocijenite ovaj uređaj. Ukoliko niste upoznati s ovim uređajem pogledajte kratki video koji se nalazi ispod pitanja

Nedovoljan 1 2 3 4 5 Odličan

https://www.youtube.com/watch?v=a19BEK1t4TU

HTC Vive

23. Ocijenite ovaj uređaj. Ukoliko niste upoznati s ovim uređajem pogledajte kratki video koji se nalzi ispod pitanja

Nedovoljan 1 2 3 4 5 Odličan

https://www.youtube.com/watch?v=DPMJDXmYwiY

24. Koje karakteristike su po vama najbitnije kod naočala za prividnu

- visoka rezolucija
- brzo osvježavanje slike
- širina kuta gledanja
- kvalitetno praćenje pokreta
- cijena
- ostalo

Prividna stvarnost u našem društvu

Sljedeća pitanja su uglavnom opisna. Molim vas podijelite svoje mišljenje. Sva sljedeća pitanja su obavezna. Svi podaci prikupljeni ovom anketom su anonimni. Hvala vam. Podaci prikupljeni ovom anketom su anonimni. Hvala vam.

25. Mislite li da će prividna stvarnost imati pozitivan učinak ili negativan učinak na naše društvo? *

- Pozitivan
- Negativan

26. Molim vas da ukratko obrazložite svoj prethodni odgovor. Hvala.*

27. Što vas osobno kod prividne stvarnosti "privlači" (npr. potiče vas da je proučavate ili da je koristite)?

28. Što vas kod prividne stvarnosti "odbija" (npr. na način da je ne biste koristili..)

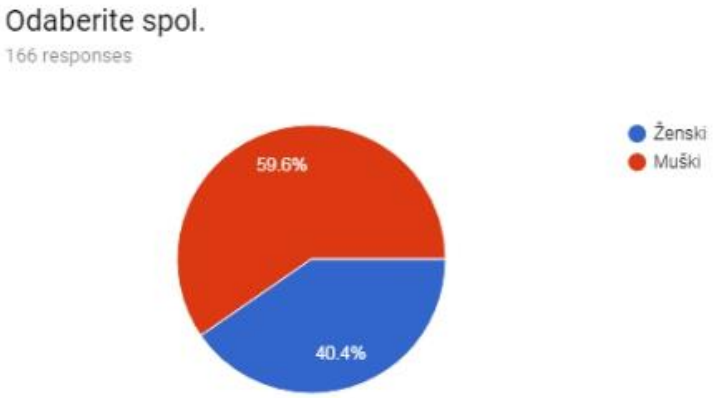
29. Postoje li prema vašem mišljenju neke negativne asocijacije prema prividnoj stvarnosti? Ukoliko da molim vas da navedete i kratko objasnite koje. Hvala. *

30. Postoji li neko pitanje koje biste postavili sami, a nije pokriveno ovom anketom? *

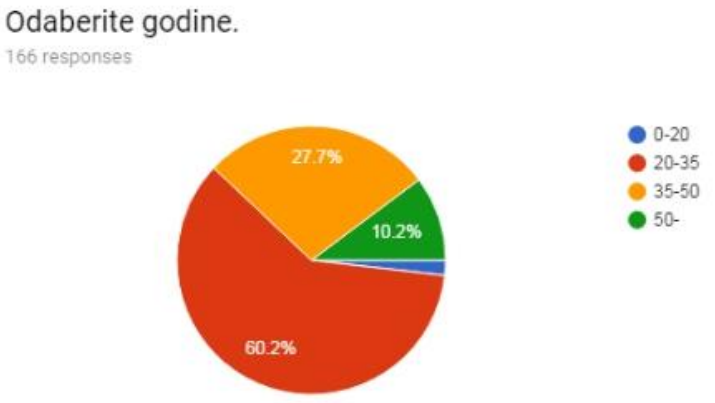
Prilog 2

U ovom prilogu nalazi se sažetak odgovora koji sadrži statističku obradu svih prikupljenih podataka mojom anketom. Općenito, Google Docs sažetak odgovora (eng. *Sumarry*) se generira automatski te osvježava podatke usporedno s ispunjavanjem ispitanika ankete. Osoba koja provodi anketu može u svakome trenutku pratiti ovim sažetka tijek rezultata, a kod konačne analize svih podataka on je uvelike olakšava jer sadrži grafikone (tortne i trakaste) i već izračunate postotke pojedinih odgovora što ubrzava samu analizu. Uz sažetak odgovora koji su prikazani grafikona pojedini grafikoni su dodatno pojašnjeni te napravljena dodatna statistička analiza rezultata koje sam koristila u svome radu.

Graf 1)



Graf 2)



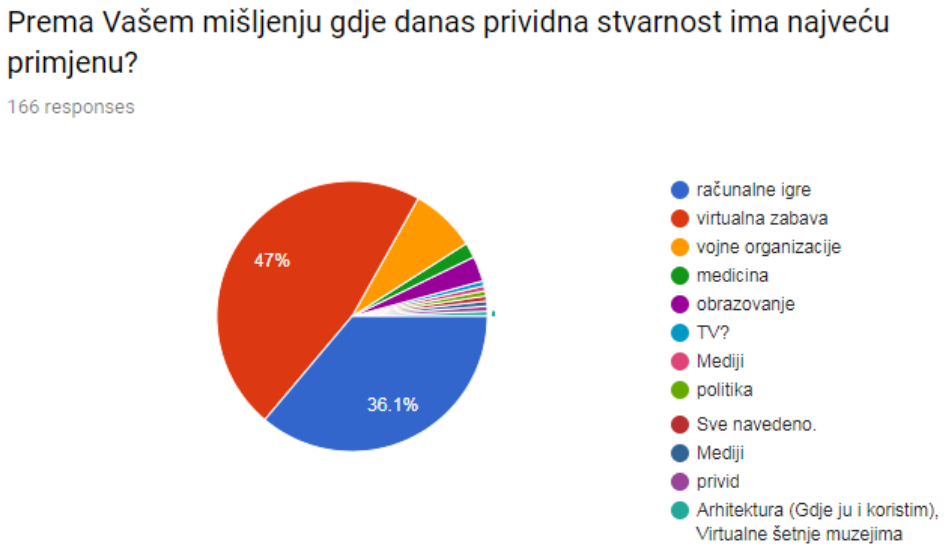
Graf 3)



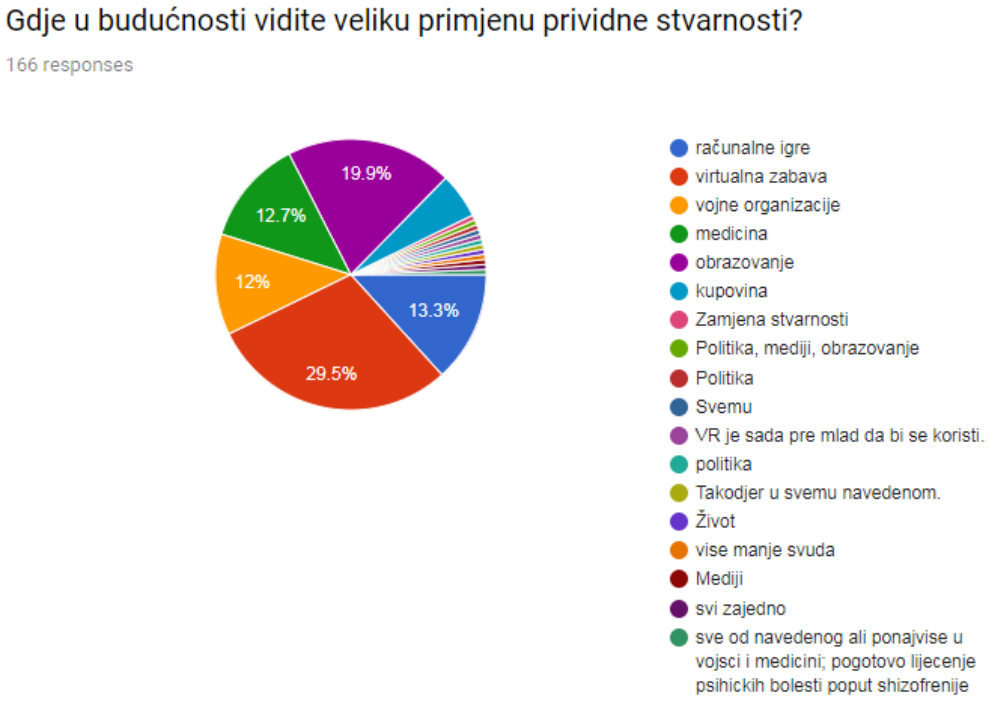
Graf 4)



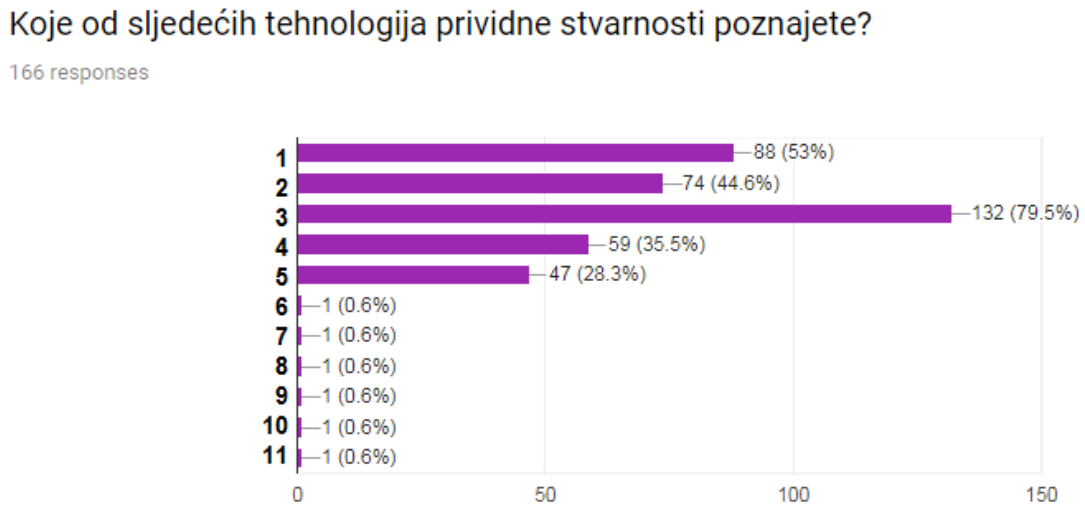
Graf 5)



Graf 6)



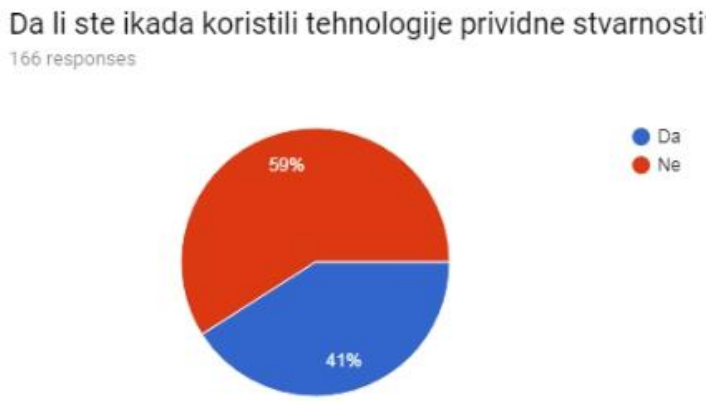
Graf 7)



1) Tehnologije senzora pokreta
2) Rukavice prividne stvarnosti
3) Naočale prividne tvarnosti
4) Stolica prividne stvarnosti
5) Uređaj koji omogućava hodanje po prividnoj stvarnosti
6) Uređaj za 3d printanje

7) Simulacija “vaakuma”
8) U praksi se nisam susreo s nijednom
9) Nisam korisnio
10) Sve
11) –

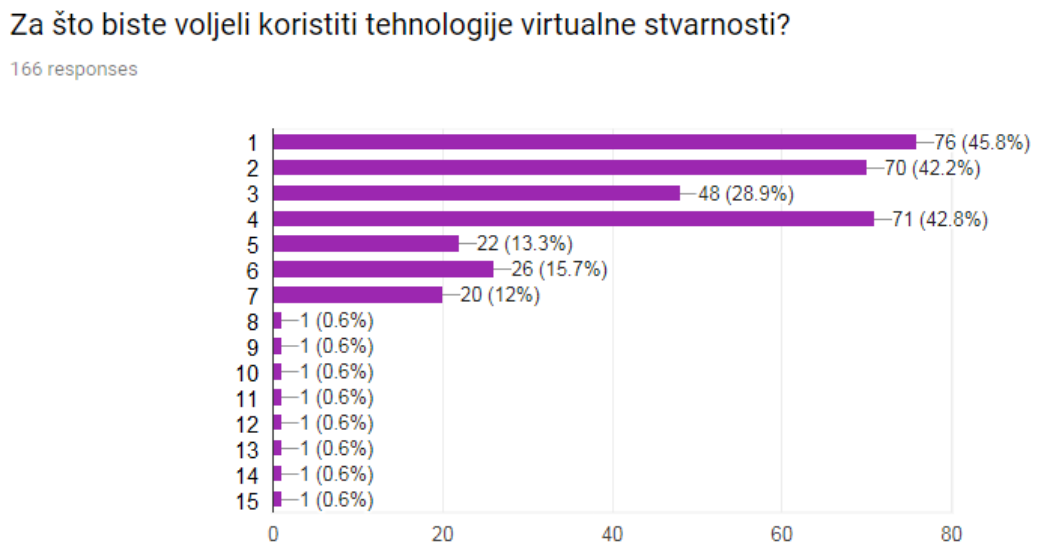
Graf 8)



Graf 9)



Graf 10)



1) Učenje
2) Zabavu (npr. Računalne igre)
3) Relaksacija (npr. Meditacija)
4) Putovanje I istraživanje prostora
5) Kupovina
6) 3Dprintanje
7) Ne bih koristio/koristila te tehnologije
8) Pornografiju
9) Sve u granicama zdravog razuma
10) Svakodnevno – arhitektonsko projektiranje
11) Nije dovoljno razvijena za širu primjenu
12) Poslovno
13) Seks
14) Istraživanje I razvoj
15) ništa

Graf 11)



Graf 12)



Napomena za obradu podataka u grafovima 13) do 18)

Kod analize rezultata kako bih saznala koja od karakteristika je ispitanicima najbitnija između cijene, širene područja primjene, jednostavnosti korištenja, dostupnosti aplikacija, veličine i prenosivosti samog uređaja dobiven broj ocjena prikazan na sljedećim grafovima sam pomnožila s pripadajućim ocjenama prema mišljenju ispitanika te prema ukupnom zbroju ocjena poredala ih po važnosti tako da je ona koja je dobila najmanju ukupnu ocjenu najmanje bitna ispitanicima, dok je najbitnija ona koja je dobila najveću ukupnu ocjenu. Najmanja moguća ocjena pojedinog odgovora je 1 (karakteristika ispitaniku nije bitna), a najveća 5 (karakteristika je korisniku veoma bitna) te su oni u sljedećim grafovima prikazani kao stupci.

Graf 13)



UKUPNO1 =34 + (12*2) + (3*42) + (4*32) + (5*46) =**540**

Graf 14)



UKUPNO2 =27 + (2*5) + (3*43) + (4*43) + (5*58) =**578**

Graf 15)



UKUPNO3 =25 + (2*10) + (3*39) + (4*41) + (5*51) =**584**

Graf 16)



UKUPNO4 =20 + 6 + (3*27) + (4*46) + (5* 70) =**641**

Graf 17)



UKUPNO5 =23 + 20 + (3*50) + (4* 46) + (5*37) =**562**

Graf 18)

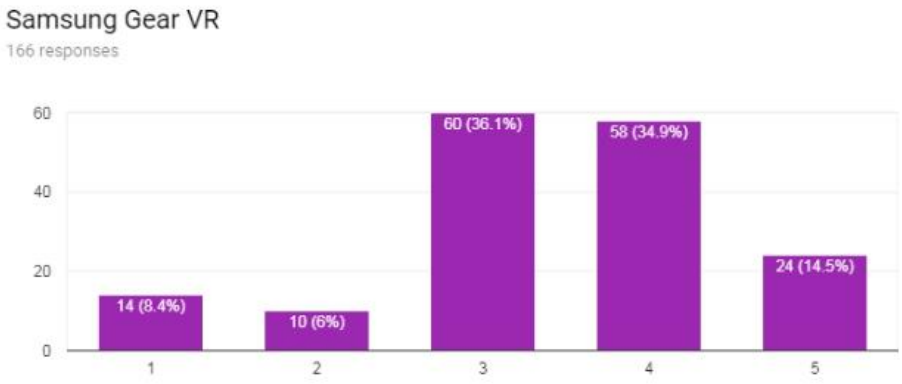


UKUPNO6 =24 + 8 + (3*33) + (4*42) + (5*63) =**614**

Napomena za obradu podataka grafova

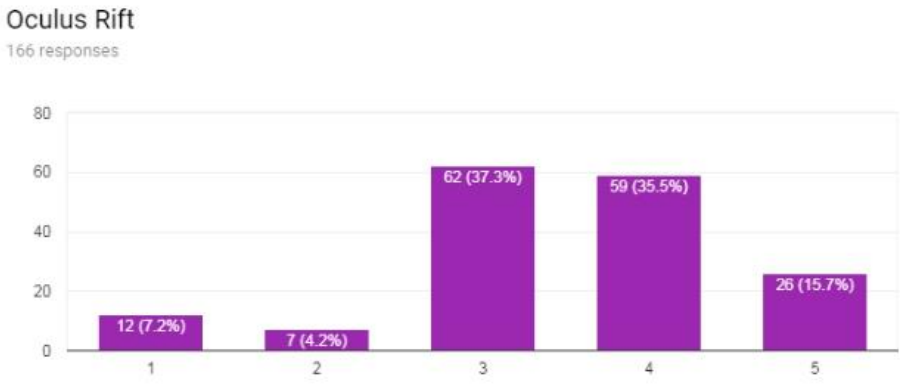
Sljedeći grafikoni prikazuju rezultate ocjenjivanja korisnika pojedinih naočala prividne stvarnosti. Najmanja ocjena za pojedine naočale kojom su je ispitanici mogli ocijeniti je 1, a najveća ocjena je 5. Dobiveni broj ocjena sam pomnožila s ocjenama te ih zbrojila i poredala ih na kraju po visini ukupne ocjene. Ispitanici su ocjenjivali uređaje Samsung Gear VR, HTC VIVE, Oculus Rift i Playstation VR.

Graf 19)



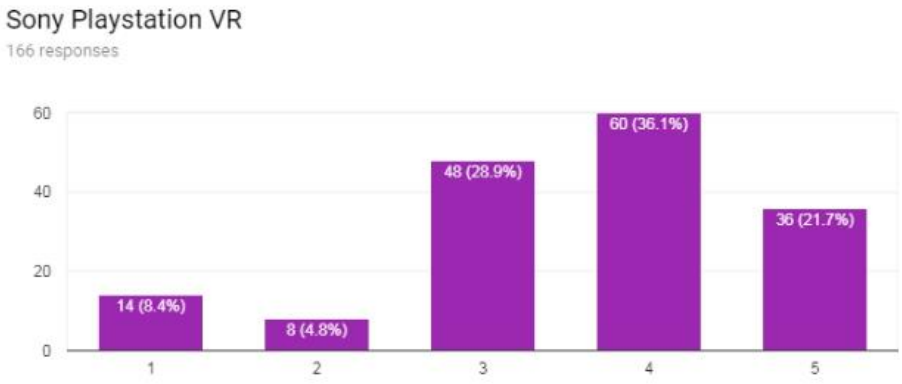
UKUPNO 1= 14 + 20 + (30*3) + (58*4) + (24*5) = **476**

Graf 20)



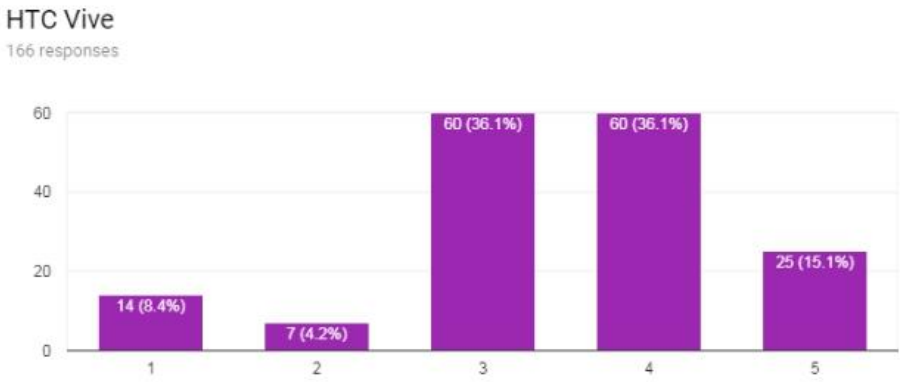
UKUPNO 2 = 12 + 14 + (62*3) + (59*4) + (26*5) = **578**

Graf 21)



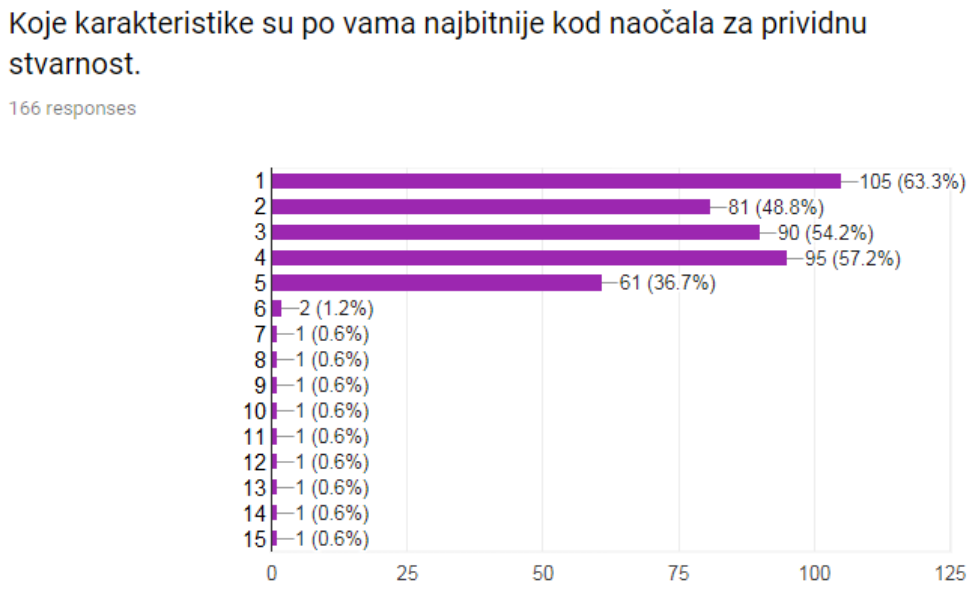
UKUPNO 3 = 14 + 16 + (48*3) + (60*4) + (38*5) = **604**

Graf 22)



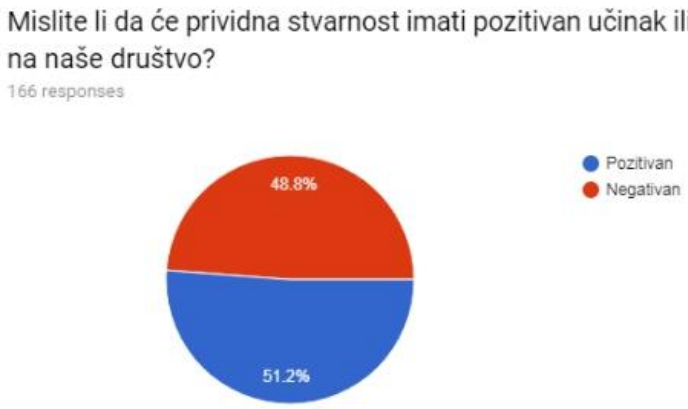
UKUPNO 4 = 14 + 14 + (60*3) + (60*4) + (25*5) = **573**

Graf 23)



1) Visoka rezolucija
2) Brzo osvježavanje slike
3) Širina kuta gledanja
4) Kvalitetno praćenje pokreta
5) Cijena
6) Sve navedeno
7) Veličina I mogućnost prenošenja
8) Nevidljivost
9) Nisam nikad koristio pa ne znam
10) Ne bih znao
11) Koliko ti mozga ozrači
12) Ne zanima me uopće
13) Ne zanima me
14) Nijedan odgovor jer nisam probao
15) Nikaj

Graf 24)


Mislite li da će prividna stvarnost imati pozitivan učinak ili negativan učinak na naše društvo?
166 responses
48.8%
51.2%
Pozitivan
Negativan

Prilog 3

U ovom prilogu nalaze se svi podaci koje sam prikupila anketom. Google Docs omogućava izradu tablice koja je kompatibilna s Microsoft Office Paketom. Tablicu je moguće kopirati u Word te ukoliko se dvoklikne na nju dalje je se pregledava kao da je otvorena u Excelu. Zbog bolje preglednosti podataka ova tablica se može posebno otvoriti u Microsoft Office Excelu.

Timestamp	Odaber	Odaberi	Odaberite najvišu razinu obrazovanja
2018/05/27 3:02:18	Ženski	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 3:11:57	Ženski	20-35	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 3:14:24	Ženski	20-35	sveučilišni preddiplomski studij; stručr
2018/05/27 3:17:53	Ženski	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 3:29:49	Muški	20-35	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 3:35:58	Ženski	20-35	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 3:45:41	Ženski	20-35	sveučilišni preddiplomski studij; stručr
2018/05/27 3:48:05	Ženski	20-35	sveučilišni preddiplomski studij; stručr
2018/05/27 3:49:20	Muški	35-50	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 3:53:32	Muški	20-35	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 4:00:58	Muški	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 4:02:04	Ženski	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 4:08:55	Ženski	20-35	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 4:09:20	Muški	50-	poslijediplomski sveučilišni (doktorski
2018/05/27 4:09:51	Muški	35-50	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 4:13:19	Muški	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 4:13:23	Muški	20-35	sveučilišni preddiplomski studij; stručr
2018/05/27 4:18:01	Ženski	20-35	sveučilišni preddiplomski studij; stručr
2018/05/27 4:24:11	Muški	35-50	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 4:28:44	Ženski	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 4:32:13	Ženski	20-35	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 4:35:33	Muški	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 4:35:59	Ženski	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 4:38:07	Muški	35-50	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 4:51:31	Muški	35-50	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 5:01:51	Muški	20-35	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 5:10:02	Ženski	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 5:13:48	Muški	20-35	sveučilišni diplomski studij; specijalist
2018/05/27 5:14:29	Ženski	20-35	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 5:15:53	Ženski	35-50	srednjoškolsko obrazovanje
2018/05/27 5:18:23	Muški	20-35	sveučilišni diplomski studij; specijalist