Virtualna stvarnost

Marošević, Đurica

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics in Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:145:790806

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

EFOS REPOSITORY - Repository of the Faculty of Economics in Osijek







Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Ekonomski fakultet u Osijeku

Diplomski studij Marketing

Đurica Marošević

VIRTUALNA STVARNOST

Diplomski rad

Diplomski rad iz predmeta MARKETING-INFOR. SUSTAV
ocijenjen ocjenom IZVRSTAN (5)
Osijek, 13.09. 2019.
Potpis nastavnika:
II RAZINA OBRAZOVANJA



Osijek, 2019

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Ekonomski fakultet u Osijeku

Diplomski studij Marketing

Đurica Marošević

VIRTUALNA STVARNOST

Diplomski rad

Kolegij: Marketing-informacijski sustav

JMBAG: 0122215280

e-mail: djurica.marosevic@outlook.com

Mentor: izv.prof.dr.sc. Antun Biloš

Osijek,2019.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Faculty of Economics in Osijek

Graduate Study Marketing

Đurica Marošević

VIRTUAL REALITY

Graduate Paper

Osijek,2019.

IZJAVA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, PRAVU PRIJENOSA INTELEKTUALNOG VLASNIŠTVA, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski (navesti vrstu rada: završni / diplomski / specijalistički / doktorski) rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da je Ekonomski fakultet u Osijeku, bez naknade u vremenski i teritorijalno neograničenom opsegu, nositelj svih prava intelektualnoga vlasništva u odnosu na navedeni rad pod licencom *Creative Commons Imenovanje – Nekomercijalno – Dijeli pod istim uvjetima 3.0 Hrvatska.*
3. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Ekonomskoga fakulteta u Osijeku, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN br. 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15).
4. izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

Ime i prezime studenta/studentice: Đurica Marošević

JMBAG: 0122215280

OIB: 99043384156

e-mail za kontakt: djurica.marosevic@outlook.com

Naziv studija: Diplomski studij Marketing

Naslov rada: Virtualna stvarnost

Mentor/mentorica diplomskog rada: izv.prof.dr.sc. Antun Biloš

U Osijeku, 1. ožujka 2019. godine

Potpis Đurica Marošević

SAŽETAK

Virtualna i proširena stvarnost su tehnologije koje generiraju virtualne elemente i omogućuju korisnikovu interakciju s njima. Virtualna stvarnost stvara kombinaciju virtualnih elemenata kako bi stvorila posve umjetno iskustvo, odnosno virtualno okruženje u kojem je korisnik percipira da je prisutan i ima utjecaja. Proširena stvarnost u drugu ruku nastoji virtualne elemente što stvarnije implementirati u fizičku stvarnost korisnika kojom je on trenutno okružen i slično kao virtualna omogućuje korisnikovu interakciju s njezinim elementima.

Virtualna, a kasnije i proširena stvarnost, je koncept koji se stvarao od objave matematičke formule linearne perspektive dok svoje prve inačice uređaja kakvih danas nalazimo, pojavljuju tek u 20. stoljeću. Kroz 80-ih i 90-ih su dobili i svoju komercijalnu upotrebu koja je nažalost propala zbog svoje cijene i kvalitete sadržaja. Tada se upotrebljava dalje samo u profesionalne svrhe sve do idućeg vala komercijalizacije koji se dogodio od 2014. do 2016. kada izlazi više sustava virtualne i proširene stvarnosti za komercijalnu upotrebu i postiže uspjeh.

Njegova primjena se može pronaći u obliku videoigara, aplikacija, filmova sa pogledom od 360 stupnjeva, aplikacija za virtualno isprobavanje odjevnih komada, simulatora u vojne i civilne svrhe, u medicini za obuku i uvježbavanje operacija i u inženjerstvu i modeliranju za jeftinije i učinkovitije dizajniranje.

Također niče pojam udaljena stvarnost koji obilježava prijenos slike s udaljenog uređaja na korisnika koji podsjeća na virtualnu stvarnost ali se radi o drugačijoj vrsti tehnologije. Dok je udaljena stvarnost još nedovoljno razvijena tehnologija da bi se o njoj mogao dati kvalitetan sud, virtualna i proširena stvarnost su kroz godine razvoja postigle nužnu razinu razvijenosti za širenje na ljuske djelatnosti gdje pokazuje potencijal upotrebe i njihova primjena će opstati.

Ključne riječi: virtualna okruženje, elementi, proširena stvarnost, praćenje pokreta, VR naočale

ABSTRACT

Virtual and augmented reality are technologies that generate virtual elements and allows the user to interact with them. Virtual reality creates a combination of virtual elements to create a completely artificial experience, or a virtual environment in which a user perceives that he is present and has an influence. Augmented reality on the other hand seeks virtual elements to be more effectively implemented in the physical reality of the user he is currently surrounded and similar to the virtual, allows the user to interact with its elements.

Virtual, and later, augmented reality is a concept that has emerged from the publication of the mathematical formula of a linear perspective, while its first versions of the devices we can find today, emerge in the 20th century. Through the 80's and 90's they also got their commercial use that unfortunately fell due to their price and quality of content. It is then used only for professional purposes until the next wave of commercialization that has taken place between 2014 and 2016 when multiple systems of virtual and expanded reality emerge for commercial use and achieve success.

Its application can be found in the form of video games, applications, movies with 360-degree view, virtual tryout of clothing and accessories, simulator for military and civilian purposes, training of operations in medicine, and engineering and modeling for cheaper and more efficient design.

Also, the term remote reality emerges, which characterizes the transfer of images from a remote device to a user who resembles virtual reality, but it is a different kind of technology. While remote reality is still insufficiently developed to provide it with a quality court, virtual and augmented reality has, through the years of evolution, achieved the necessary level of development to expand to activities where they show potential for use and their application will remain.

Keywords: virtual environment, elements, augmented reality, motion tracking, VR goggles

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Pojmovno razgraničenje 2

2.1. Princip rada virtualne stvarnosti 5

2.2. Princip rada proširene stvarnosti 16

3. Povijest razvoja drugačijih stvarnosti 20

4. Područja primjene 33

4.1. Industrija zabave 33

4.2. Marketing i turizam 35

4.3. Edukacija 37

4.4. Zdravstvena industrija 40

4.5. Inženjering i modeliranje 43

4.6. Vojna industrija 46

5. Udaljena stvarnost na primjeru ORQA FPV One 48

5.1. Definicija udaljene stvarnosti i razlika naspram virtualne stvarnosti 48

5.2. Nastanak ORQA-e i FPV One-a 48

5.3. Princip rada 49

6. Zaključak 50

Literatura 51

Popis slika 55

1. Uvod

Virtualna stvarnost, i sa njom proširena stvarnost, dobivaju svoju upotrebu zadnjih par godina kao novi oblik zabave, kao drugačiji medij promocije i edukacije i na kraju kao sve bolji alat usavršavanja vještina bilo u civilne i vojne svrhe kroz bolje uređaje i programe za upotrebu. Tehnologija koja nam omogućuje da uz pomoć ekrana/naočala na očima i nužnih perifernih uređaja prebacimo u umjetno stvoreni svijet stvoren računalom, ili nadogradimo/spojimo sa stvarnim u slučaju proširene stvarnosti, i stupimo u interakciju sa njim kao što bi otprilike i u stvarnom svijetu to radili. Oblik koji danas poznajemo postaje sve više upotrebljiv jer je dostigao nužnu tehničku razvijenost za pojedine oblike upotrebe u širem smislu.

To je tehnologija koja je starija i koja je prošla dugi niz godina razvijanja i testiranja kako bi dostigla današnji razinu. Jedan od možda poznatijih primjera razvoja je Nintendo Virtual Boy koji u svojem vremenu je bila sljedeća etapa razvoja, ali je propao jer tehnologija tada ipak nije bila dovoljno razvijena za uspješnu komercijalnu upotrebu što su Buzjak (2016) i Wikipedia (2019) prikazali na tehničkim nedostacima Virtual Boya ali i prvih komercijalno dostupnih rukavica za praćenja ruku čiju propast su opisali Burdea i Coiffet (2003) kao i cijene koju autori ističu za sve uređaje čime je ona učestali nedostatak.

Današnja virtualna i proširena stvarnost nije imala ni toliko razvijene i kompaktne periferije koje su, kao i prva računala, bili više glomazne i možda ne toliko učinkovite kao današnje koje pomažu u potpunom uranjanju u taj svijet koji nije stvaran.

Ipak mukotrpne godine razvijanja i ulaganja se isplatilo. Danas dotična tehnologija dobiva razne svrhe upotrebe sa raznim razinama uranjanja. Prije se radilo o ekranu u koji smo gledali i upravljaču za ostvarivanje interakcije da bi danas skoro pa običnim dodirom prsta i jako preciznijih periferija ostvarili što stvarniji kontakt u tim nestvarnim svjetovima.

Od videoigara gdje se dobiva dojam kao da se osoba stvarno nalazi u centru događanja koji sporedni gledatelji vide na ekranu, kroz pružanja boljeg doživljaja o mjestu kojeg bi se moglo posjetiti ili proizvoda koji bi se mogao kupiti, kvalitetniju i zabavniju edukaciju, inženjersko modeliranje, pružanje kvalitetnije zdravstvene usluge, do sigurnije vojne obuke bez žrtava.

Ali upotreba virtualne stvarnosti ne staje na dosadašnjim granicama i sa razvijanjem što bolje učinkovitosti dalje pronalazi nove granice koje može prevladavati i time stvara nove načine upotrebe kao što je primjerice udaljena stvarnost.

2. Pojmovno razgraničenje

Nužno je razdvojiti pojmove virtualne stvarnosti i proširene stvarnosti. Iako slične po pojedinim karakteristikama i nastale su stvaranjem informatičke tehnologije, odnosno i jedna i druga uz pomoć računala su stvorene, one su dalje pojmovno dvije različite stvari sa principom rada koji se razlikuje. Iako je tema virtualna i proširena stvarnost, uz fizičku stvarnost ona se može podijeliti na više razina (Cetinić, 2010:4):

- Virtualna stvarnost (Virtual Reality - VR) – korisnik vidi okruženje dobiveno samo od računala
- Prošireni privid (Augmentet Virtuality – AV) – korisnik vidi u prividnom svijetu dijelove stvarnog svijeta
- Proširena stvarnost (Augmented Reality – AR) – korisnik vidi stvarno okruženje s dodanom računalnom grafikom
- Mješovita stvarnost (Mixed Reality – MR) - proširena stvarnost i privid
- Stvarnost (Reality) - korisnik vidi stvarnog okruženja

Virtualnost i proširena stvarnost se mogu dodatno podijeliti na još razina što su uradili Buzjak za virtualnu stvarnost i Haler za proširenu stvarnost. Buzjak (2016) je virtualnu stvarnost podijelio na tri razine:

- Neobuhvatna-kod koje se radi o skoro pa nikakvom stupnju osjećaja uranjanje i niskim stupnjem interakcije jer se ukratko može opisati kao služenje računalom što je ipak najjeftinije
- Poluobuhvatna-gdje je osjećaj uranjanja i stupanj interakcije osrednje jer se koriste posebne rukavice sa senzorima i umjesto monitora posebni projektor ali su relativno skupi
- Sveobuhvatna-koja ima visoki osjećaj uranjanja jer se još koriste posebne naočale za što bolje iskustvo ali je i vrlo skupo.

Haler (2018) je proširenu stvarnost podijelila na mobilnu proširenu stvarnost i prostornu proširenu stvarnost. Kod mobilne proširene stvarnosti koriste se prenosivi uređaji kao primjerice pametni telefoni ili posebno dizajnirane naočale za pružanje iskustva proširenja, dok se iskustvo pruženo prostornom proširenom stvarnošću temelji na predviđenim projekcijama

svjetla na fizičku stvarnost ili kamere koja primjerice snimi objekte na radnom stolu i prikaže na zaslonu dodatnim virtualnim elementima.

Burdea i Coiffet (2003) su prije definiranja virtualne stvarnosti odlučili ukazati što ona nije. Spominju teleprisutnost i proširenu stvarnost koja se zbog sličnosti pomiješa sa virtualnom, ali oba pojma uključuju stvarnost zbog čega se ne mogu spojiti sa virtualnom. Kod teleprisutnosti korisnik je povezan sa nečim na posve drugoj lokaciji što ističu autori bi bilo jako korisno kod telerobotike za upravljanje i očitavanje okoline robota na daljinu dok se u slučaju proširene stvarnosti radi o spajanju virtualnih elemenata sa stvarnom okolinom. Virtualna stvarnost se također pokušala definirati kroz uređaje koje se koriste, kao primjerice javnost koja obično se prisjeti VR naočala i posebnih rukavica što odbacuju također kao lošu definiciju.

Popović, Cvetković i Marković (2010) navode da prije nego što se može shvatiti virtualna stvarnost, nužno je razumjeti pojam percepcije. Oni ju opisuju kao proces kojim se prikupljaju i interpretiraju informacije iz okoline u kojem sudjeluju čula/osjetila i mozak. Čula prenose informacije okoline (vanjske i unutrašnje, odnosno izvan organizma i unutar organizma) koje mozak interpretira. Također utjecaj vrše iskustva, znanje, emocije i motivacija. Haler (2018) ističe da sve što čovjek doživljava kao stvarnost dolazi pomoću osjetila, točnije njegovo iskustvo stvarnosti je kombinacija senzornih informacija koje mozak primi i obradi. „S obzirom na to da se stvarnost može iskusiti samo pomoću informacija koje dolaze iz okoline, percepcija stvarnosti također se mijenja u skladu s tim informacijama." (Haler, 2018:3)

Oni definiraju virtualnu stvarnost kao računalno stvoreno iskustvo osjetila koje daje osjećaj prividne stvarnosti, bilo to u potpunosti ili djelomično. Čula detektiraju virtualne podražaje uz koje se kretanje korisnika izravno unosi u računalo. Zamjenom stvarnih podražaja, onim umjetnim koji su stvoreni računalom, daje se percepcija da se osoba nalazi u virtualnom okruženju i ako zapravo nije. Virtualno okruženje označava predmete stvorene u memoriji računala s kojim osoba može ostvariti interakciju. Sherman i Craig (2018) napominju da se radi o izrazu koji se često povezuje i sa virtualnom stvarnošću i virtualnim svijetom (kao primjerice u videoigrama) ali to je pojam koji je nastao puno prije virtualne stvarnosti. Uređaji virtualne stvarnosti su dobro razvijeni za čula vida i sluha. Za toplinu i kontakta čula ipak još se radi i ne postoje dobro razvijeni sustavi koji bi utjecali na njih.

Burdea i Coiffet (2003) iako je slično opisuju, točnije kao računalno stvoreni svijet koji nalikuje stvarnom, oni kod definiranja ističu njezinu funkcionalnost. Spominju da taj sintetički svijet je dinamičan, prepoznaje i reagira na inpute korisnika. To smatraju jednom od ključnih

karakteristikama koju nazivaju interaktivnošću u realnom vremenu. Sherman i Craig (2018) ga ipak opisuju kao medij koji se sastoji od interaktivnih kompjuterskih simulacija koji osjeti prisutnost i akcije korisnika i zamjenjuje ili proširuje povratne informacije na jedno ili više čula korisnika koji daju osjećaj mentalnog uranjanja ili prisutnosti u virtualnom svijetu. Ono što je zajedničko ovim definicijama je da virtualno okruženje prati radnje korisnika i povratno mu daje podražaje/informacije koje nisu stvarne ali se doimaju toliko stvarnim da korisnik stiče dojam da se on nalazi u tom virtualnom okruženju i on ima utjecaja na njega kao i on na njemu.

Sherman i Craig (2018) ističu da postoje 5 ključnih točki za njezino što bolje iskustvo. To su korisnici, stvoritelji, samo virtualno okruženje, uranjanje i interaktivnost. Ona se događa u umu korisnika čije iskustvo ovisi od korisnika do korisnika (čak i onih koji nisu ljudi). Stvoritelji su ti koji ulažu trud u stvaranju aplikacija virtualnih stvarnosti. Virtualno okruženje je onaj oblik zamisli koji je u slučaju virtualne stvarnosti stvoren na određen način od dotičnih autora koji stoji na raspolaganju da se iskusi kao primjerice skripte za predstave i filmove. Uranjanje označava što kvalitetniji osjećaj da se osoba nalazi u tom alternativnom svijetu i to za razliku od filmova i knjiga nije samo mentalno nego i fizičko (koje je prvo) jer korisnik je stvarno unutra i može vršiti utjecat na taj svijet. Što dovodi do interaktivnosti. Taj izmišljeni svijet u kojem se korisnik nalazi reagira na njegove akcije i te akcije dovode do reakcije.

Proširena stvarnost iako sadrži virtualne dijelove, oni se nastoje dodati u stvarnu okolinu. Pomoću nje se nadograđuje pogled osobe u stvarnom svijetu, odnosno proširuje kao što sam naziv kaže, dodatnim multimedijalnim sadržajima koju korisnik vidi dok osobe koju je ne koriste je nemaju mogućnosti vidjeti. Za razliku od virtualne stvarnosti koja svoje informacije pretežito povlači iz podataka koje računalo raspolaže i generira (izuzev ulaznih podataka korisnika koji bi se mogli smatrati jedinim podacima fizičke stvarnosti), Vasiljević, Borović i Vukić (2011) pojašnjavaju da proširena stvarnost uzima iz stvarnog svijeta temeljem kojeg stvara i prilagođava svoja proširenja. Dotična proširenja u pravilu trebaju biti lako i intuitivno dostupna i ona mijenja percepciju korisnika. Uobičajeno služi za obogaćivanje korisnika dodatnim informacijama ali može se upotrijebiti i suprotnom smjeru, da smanji, kako bi se pojednostavila situacija. Sherman i Craig (2018) smatraju da se ona može svrstavati kao vrsta virtualne stvarnosti jer slično njoj prebacuje korisnika u drugu stvarnost, samo što se ta stvarnost sastoji od spoja prave i virtualne stvarnosti. Autori također ističu da nisu svi spojevi prave stvarnosti i virtualne proširena stvarnost. Ako se elementi prave stvarnosti tretiraju kao elementi virtualne, dostupne bilo gdje u virtualnom okruženju, to onda nije proširena stvarnost.

Također primjeri koji koriste prikaz stvarnosti radi sigurnosnih razloga ili boljeg inputa iz stvarnog svijeta također nije oblik proširene stvarnosti.

Prema Cetinić (2010) ona ima tri osnovne karakteristike: Kombinacija stvarnog i virtualnog, interakcija u stvarnom vremenu i poravnanje u 3D. Bez njih svaka iluzija koja djeluje kao proširena stvarnost zapravo nije.

Sherman i Craig (2018) ističu da se virtualna i proširena stvarnost zajedno sa teleprisutnosti miješaju. Virtualna stvarnost se lako može odvojiti po tome što one nema nikakve veze sa stvarnošću u kojoj se osoba nalazi, odnosno ne djeluje u njoj. Teleprisutnost i proširena stvarnost u drugu ruku ipak djeluju. U slučaju teleprisutnosti ona djeluje na stvarnost koja je na drugom mjestu ili kako autori pišu stvarnost koja je 'tamo' dok proširena stvarnost djeluje u okolini osobe, odnosno stvarnost koja je ovdje, ali isto tako sastoji se od spoja virtualnih i fizičkih elemenata.

Prije pojašnjavanja principa rada virtualne i proširene stvarnosti također je bitno istaknuti da i jedna i druga tehnologija kao osnovni uređaj koriste računalo (bez obzira na dimenzije i dali je osnovno ili posebno dizajnirano za specifične zadatke) koje stvara virtualne elemente i kontrolira ih, obrađuje informacije i šalje informacije korisniku kako bi pružili što bolje iskustvo dotičnih stvarnosti.

2.1. Princip rada virtualne stvarnosti

Funkcioniranje virtualne stvarnosti se sastoji od ulaznih uređaja kojim se ostvaruju unosi u računalo koje ih prenosi u virtualnu stvarnost i time ostvaruje interakcija sa virtualnim okruženjem i izlaznim uređajima pomoću kojih se dobivaju podražaji iz virtualnog okruženja. Sherman i Craig (2018) dodavaju tome još računanje, prikaz svijeta i interakciju korisnika kao bitne stavke rada virtualne stvarnosti dok Jurjević (2017) ističe njegov cilj:„...dočarati korisniku svijet koji u realnom vremenu reagira na njegove podražaje te je autonoman." (Jurjević, 2017:7)

Ulazni uređaji se prema Popović, Cvetković i Marković (2010):

- Senzori položaja – pod koje spadaju elektromagnetski, akustički, optički, mehanički i inercijski senzori
- Senzori sile
- Senzori položaja tijela i ruke

- Senzori pokreta
- Ostali uređaji kao što su primjerice praćenje lica i očiju, upravljanje disanjem i/ili govorom

Elektromagnetski senzori se postavljaju na glavi i rukama korisnika, a oni primaju elektromagnetski signal koji prosljeđuju središnjoj jedinci koja na osnovi signala računa položaj senzora unutar elektromagnetskog polja. Nedostatak kod ovih senzora je ometanje metalnih površina zbog čega se stvara distorzija magnetskog polja (zbog pojave manjih magnetskih polja zbog vrtložne struje koja se inducira na metal) i time smanjuje i njihovu preciznost. To je problem koji je nastao zbog korištenja odašiljača sa izmjeničnom strujom koji se rješava zamjenom sa jednim koji koristi jednosmjernu struju čiji rezultat je razmak između odašiljanja i zaprimanja signala kako bi u tom razmaku nestala vrtložna struja koja potencijalno stvara smetnje.

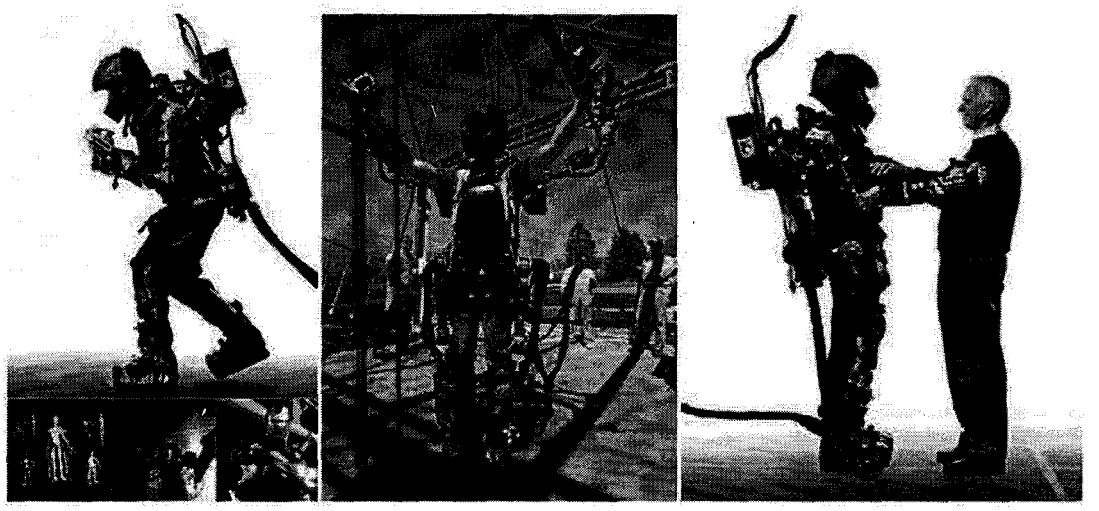
Akustički senzori rade slično kao elektromagnetski, samo što koriste zvuk visoke frekvencije koji primaju specijalni mikrofoni. Oni su jeftiniji i imaju dobar domet ali neprecizniji su u usporedbi sa elektromagnetskim senzorima, broj senzora koji se mogu istovremeno podržati je ograničen, ne smije biti prepreke između odašiljača i prijemnika, brzina zvuka varira u zraku i može se pojaviti jeka.

Optički senzori su sistem koji pomoću markera i kamera izračunava položaj i prati kretanje tijela. Pomoću markera se tijelo što preciznije moguće označava u prostoru koje je pokriveno kamerama koje prate markere postavljene na tijelo. Položaj markera od strane svih kamera kao i položaj kamera se koristi kako bi se utvrdio 3D položaj i kretanje u određenom prostoru.[1] Oni su veoma precizni, može se koristit velik broj senzora istovremeno i daje veliku količinu podataka za uzorkovanje ali negativna strana im može biti cijena.. Također postoje varijante kao laserBIRD sistem koji koristi dva laserska skenera i mobilnim trokutastim osjetnim elementom gdje skeneri emitiraju svijetlo unutar kojeg se element nalazi i registrira i varijanta HiBall koji koristi LED svjetionike sa panelima.

Mehanički senzori se sastoje od mehaničke konstrukcije s određenim brojem zglobova. Mjerenjem rotacije zgloba se može pratiti kretanje u odnosu na prvi postavljeni segment mehaničke konstrukcije. Postavljanjem takve na konstrukcije na tijelo, može se pratiti kretanje

[1] Primjer upotrebe optičkih senzora na rukama: https://www.youtube.com/watch?v=4GMCx4lkfjI

zglobova tijela i time cijelo tijelo. Oni nude visoku preciznost ali su zato nepraktični zbog svoje veličine ali s vremenom su podložni istrošenosti materijala.

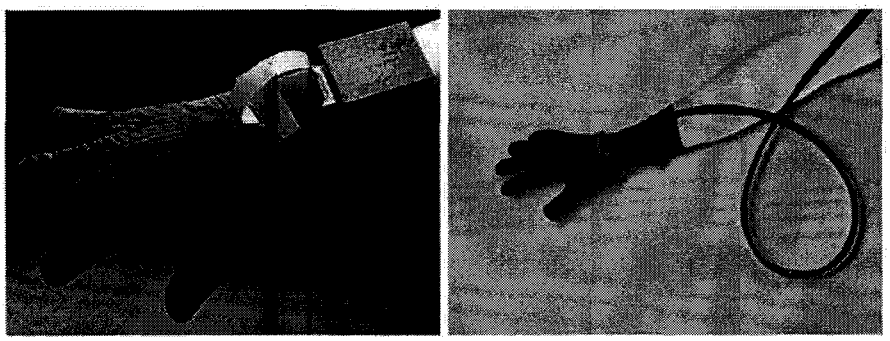


Slika 1 Primjer mehaničke konstrukcije montirane na tijelo, Izvor: Popović, Cvetković i Marković (2010:149)

Inercijski senzori mjere ubrzanje segmenata kako bi odredili njihov položaj i zbog točnosti potrebno je precizno odrediti početni položaj. „...koriste brzinometre i žiroskope kako bi odredili kutnu brzinu oko svake osi i promjene u položaju. Imaju neograničen domet i vrlo su brzi, no mogu detektirati samo 3 stupnja slobode, neprecizni su kada je riječ o sporim promjenama položaja te su skupi." (Jurjević, 2017:13).

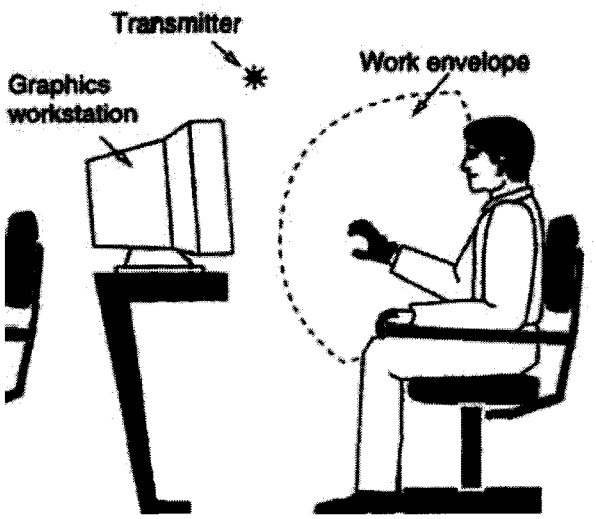
Senzori sile mjere moment sile i mogu biti dio sustava koji služi za simulaciju dodira. „Oni služe za prirodnije kretanje kroz virtualno okruženje i rukovanje 3D predmetima u njemu. Najpoznatiji takav uređaj je Spaceball. Korisnik se dlanom naslanja na postelje uređaja te ga time pridržava, a prstima gura i okreće kuglu. Kugla se pritom ne pomiče, nego senzorima mjeri silu koju korisnik vrši u sva 3 smjera..." (Haler, 2018:5).

Senzori položaja tijela su u odijelo integrirani senzori koji pomažu u registriranju položaja tijela koje se emitira u realnom vremenu i to skoro u potpunosti kako bi se pratilo kretanje segmenta u prostoru.



Slika 2 Senzor položaja ruke (eng. dataglove), Izvor: Popović, Cvetković i Marković (2010:151)

Senzori položaja ruke (eng. dataglove) su rukavice sa mnogo senzora kako bi pratili šaku i prste koji u kombinaciji sa simulatorom sile/dodira može biti i izlazni uređaj, odnosno takozvani haptički uređaji. Njihova zamišljena upotreba je prirodnija interakcija sa virtualnim okruženjem i davanje uputstva kompjuteru kroz razne gestikulacije.

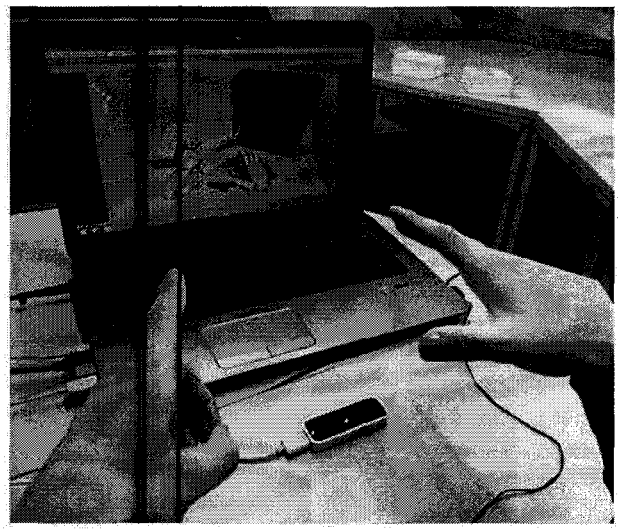


Slika 3 Ilustracija upotrebe senzora položaja ruke, Izvor: Burdea i Coiffet (2003:47)

Kao što je vidljivo u slici 3, takvim senzorom korisnik ima veću slobode rukovanja i prostor za navigaciju i rukovanje kroz datoteke, virtualne oblike ili crtanje gdje ima slobodu kretanja rukom i ovisi o njegovoj spretnosti rada rukom za razliku od računalnog miša čije funkcije su ograničene površinom pomicanja miša, klikanja i funkcije povlačenja i ispuštanja mišem. Jedina razlika među takvim rukavicama su vrsta senzora i njihov broj, dali su žičane ili bežične i druge tehničke specifikacije.

Senzori pokreta bilježe položaj objekta u stvarnom svijetu koje računalo obradi, prenosi i prikazuje u virtualnom i to u svakom trenutku. Ovi senzori omogućuju kretanje u mjestu obično okretanjem pedala ili volana ili hodanjem po pokretnoj traci.

Pod ulazne uređaje koji prate kretnje očiju prema Jurjeviću (2017) radi se o optičkim, elektrookularnim i elektromagnetskim uređajima koji rade na drugačijem principu (detektiraju smjer u kojem oči gledaju). Optički, koji su najrašireniji, koriste infracrveno LED svijetlo koje osvjetljuje oko i time stvorenom refleksijom na rožnici ustanovi smjer gledanja. Elektrookularni koriste uređaj naziva elektrookulogram koji koristi elektrode na koži za mjerenje potencijala unutar oka metaboličkim aktivnim tankim tkivom rožnice koji je neinvazivna metoda za oči ali manje stabilan. Elektromagnetski koristi leće u kojim se nalazi magnetski inducirana zavojnica čije vrijednosti mjeri za procjenu smjera pogleda. Sve navedene metode su nažalost poprilično skupe.



Slika 4 Upotreba Leap Motion uređaja za aplikaciju za sklapanje, Izvor: Poljanec i Kukec (2016:47)

Još jedan uređaj bitan za spomenuti je Leap Motion. Radi se malom uređaju koji ima 3 kamere i infracrvene senzore koji služe za praćenje ruke beskontaktno, odnosno nema potrebe za markerima za kamere kao primjerice kod nekih drugih optičkih senzora ili rukavice sa senzorima za praćenje položaja ruke. Time se pruža beskontaktni ulazni uređaj sličan rukavicama za praćenje položaja ruke koji ima istu namjenu, ali uz pomoć optičke tehnologije zbog čega je ovaj uređaj značajan napredak i potencijalna budućnost ulaznih uređaja za virtualna stvarnost. Njegova korištenje je relativno jednostavno, uređaj se spaja pomoću USB priključka na računalo (uz skidanje i instaliranje nužnog programa sa interneta) i ruke treba držati iznad uređaja čiji senzori jesu precizni ali imaju mali domet, kako bi prepoznao kretnje i gestikulacije koje se rade rukama.

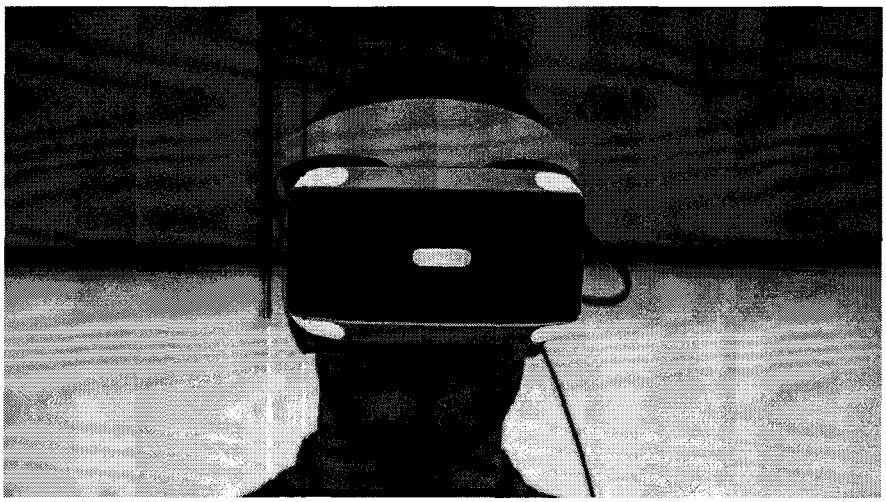
Popović, Cvetković i Marković (2010) ističu da svim navedenim uređajima je jedno zajedničko. Oni prate pokrete objekata u realnom vremenu u stvarnom svijetu i informacije koje prikupe o

objektima su prenosivi preko računalne obrade u virtualni oblik gdje se mogu u multimedijalnom obliku prikazati za izlazne uređaje (uglavnom animacije ili 3d digitalne replike snimljenih objekata i osoba).

Pod izlazne uređaje Popović, Cvetković i Marković (2010) svrstavaju:

- Uređaje za 3D prikaz – VR naočale, ekrani sa izmjenjivom ili dvostrukom slikom, projekcijski sustavi
- Uređaje za 3D zvuk
- Uređaje za dodir i silu
- Ostalo – miris, vjetar i toplina.

Uređaj za 3D prikaz koji se danas najviše koristi su VR naočale (ili HMD-head mounted display) koje prosječnoj osobi pri izrazu virtualna stvarnost su vjerojatno prvi uređaj koji padne na pamet. Ispred svakog oka se nalazi projekcija slike (mali zasloni) i još između optički sistem kojim druga osoba na zaslonu može pratiti što gleda osoba koji nosi dotične naočale. Optički sistem je bitan kako bi prilagodio sliku vidnom polju korisnika. Korišteni zasloni u naočalama su obično LCD-ovi dok oni za profesionalnu upotrebu se baziraju na katodnim cijevima.



Slika 5 Primjer VR naočala od Playstationa, Izvor: Porter (2016:web članak)

Današnje VR naočale se rade u što manjem i udobnijem obliku sa što manjom težinom, za razliku od prijašnjih koji su više izgledale kao kacige, kako bi bili što lakše za uporabu za korisnika. Nije neuobičajeno da su upareni sa slušalicama i senzorima (kao primjerice kamere) kojim prate korisnika. Burdea i Coiffet (2003) ističu da je pri dizajniranju prikaza, ne samo 3D nego općenito grafičkih, veoma bitno shvatiti ljudski čulo vida. Bitno da je ono područje na koje je trenutno fokusirano ljudsko oko u tom trenutku prikazano što bolje, što zahtjeva

kvalitetne senzore koji prate kretanje očiju ili jednostavnije, što je i ujedno i zahtjevnije rješenje, cijelo okruženje prikazati što bolje. Osim fokusa treba uzeti u obzir vidno polje ljudskog oka i njegovu percepciju udaljenosti što je posebice bitno kod virtualne stvarnosti kako bi se stvorilo što kvalitetnije iskustvo uranjavanja u virtualno okruženje.

Na današnjem tržištu su dostupne Oculus Rift naočale sa posebno dizajniranim kontrolerima, naziva Oculus Touch, kao ulaznim uređajem i kamerom za praćenje položaja uz noviju inačicu naočala naziva Oculus Rift S[2] koji je izašao 2019. godine, HTC Vive[3] također sa posebno dizajniranim kontrolerima i novijom inačicom zvanom Vive Pro Eye koji ima ugrađene senzore koji prate kretnje očiju korisnika i Vive koristi drugačiju oblik praćenja u obliku skenera. Playstation VR (prikazan na slici 5) su VR naočale od Playstationa ali osmišljene kao periferija za Playstation 4 igraču konzolu u kombinaciji sa Playstation kamerom i Move kontrolerima koji imaju slične funkcije kao kontroleri Oculus Rifta i HTC Vivea. 2019. se priključio i Valve sa svojim Index sustavom (iako je Vive razvijen u suradnji sa Valve-om) početkom ljeta, koji bi trebao konkurirati Riftu i Viveu sa jednako kvalitetnim naočalama ali i kontrolerima koji imaju senzore za praćenje ruku i mjerenje sile i koriste isti skener za praćenje kao Vive[4]. Također su Google i Samsung (u suradnji sa Oculusom) razvili svoje VR naočale za koje su potrebne samo sami uređaj i kompatibilni pametni telefon, naziva Google Cardboard[5] i Samsung Gear VR. Leap Motion uređaj koji služi kao beskontaktni ulazni uređaj je kompatibilan sa VR naočalama čime se uklanja potreba za kupovinom posebnih kontrolera (osim ako nisu uključeni u cijenu), tako da se stavlja na same naočale da gleda prema naprijed.

Popović, Cvetković i Marković (2010) spominju takozvani CAVE sustav (Cave Automatic Virtual Environment) kao jedan od najnaprednijih projekcijskih sustava za 3D prikaz. Radi se o prostoru omeđenim platnom za projekciju koji tako kreira prikaz sobe u kojoj se nalazi korisnik. Korisnik nosi 3D naočale za što bolji doživljaj koji djeluju veoma realistično. Sherman i Craig (2018) spominju da je nedavnim tehnološkim naprecima on može izvest projekcijom gdje je projekcijska kamera pred platnom ili televizorskim ekranima kao primjerice noviji NexCAVE i CAVE2[6] sustavi dok su kod originalnog CAVE sustava projekcijske kamere bile iza platna.

---

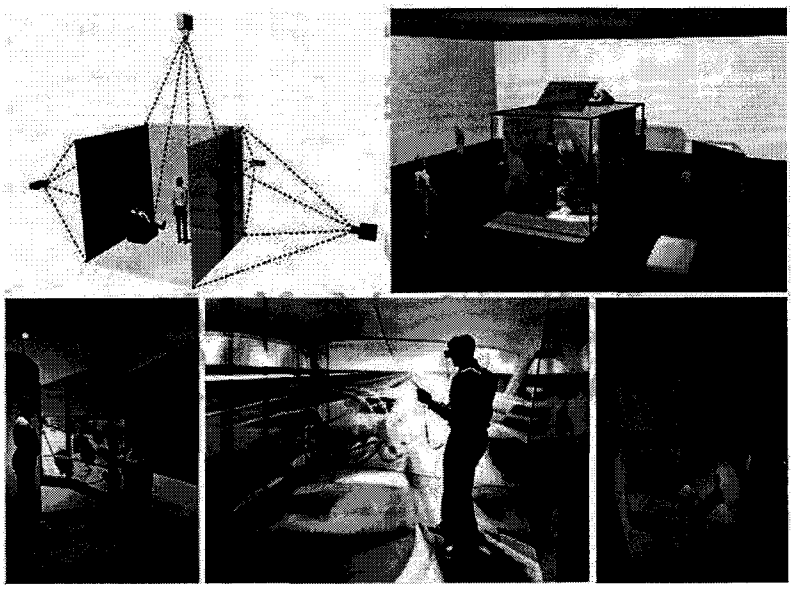
[2] Uz Oculus Quest koji zahtjeva pametne telefone i Oculus Go koji je samostalni uređaj, odnosno ne zahtjeva ni osobno računalo ni pametni telefon.

[3] Također sa samostalnim uređajem naziva Vive Focus

[4] Zbog čega se Index i HTC Vive Pro kontroleri i VR naočale mogu međusobno upariti zbog istog skenera. Index naočale i kontroleri se u trenutku pisanja ovog rada mogu rezervirati za kupnju kada ima dostupnih jedinica

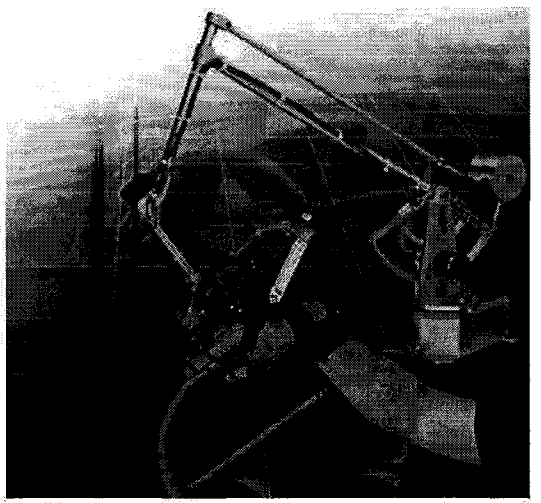
[5] Sa novijom i čvršćom inačicom naziva Daydream

[6] NexCave je demonstriran 2009. dok je Cave2 predstavljen 2012.



Slika 6 Shematski i stvarni prikaz CAVE sustava, Izvor: Popović, Cvetković i Marković (2010:152)

Uređaji za 3D zvuk služe za simulacije zvuka u virtualnom okruženju da bude slično kao i u stvarnom svijetu, odnosno odakle potječe. Postiže se različitom jačinom zvuka u lijevom i desnom uhu, odnosno odbijanja zvučnog vala ušnoj školjci i okolini na različitim frekvencijama.



Slika 7 Uređaj za dodir i silu CyberForce za CyberGlove rukavice, Izvor: Buzjak (2016:15)

Uređaji za dodir i silu (također zvani haptički uređaji) se svode na simulaciju dodira, sile i pomične platforme koje služe davanja osjećaja dodira i sile sa virtualnom okolinom i njezinim predmetima. Simulacija dodira se postiže vibriranjem ili termičkim elementima koje korisnik nosi i osjeti na prstima. Da bi funkcioniralo, ulazni uređaji koji prate položaj korisnika moraju biti jako precizni. Simulacija sile također zahtjeva precizno praćenje ali uz aktivne elemente

(kao primjerice motor ili elektromagnet) koji vrši silu na korisnika ili ulaznim uređajima koje koristi za interakciju sa virtualnim okruženjem. CyberGlove rukavice u kombinaciji sa CyberTouch/CyberGrasp su primjeri uređaja koji uz rukavicu sa senzorima pokreta sa uređajem za dodir/silu može stvoriti haptički uređaj koji bi trebao pružiti što bolji doživljaj rukovanja u virtualnom okruženju. Postoji još dodatak CyberForce koji je uređaj i za dodir i za silu kako bi pružio što bolje iskustvo dodira u virtualnom okruženju.

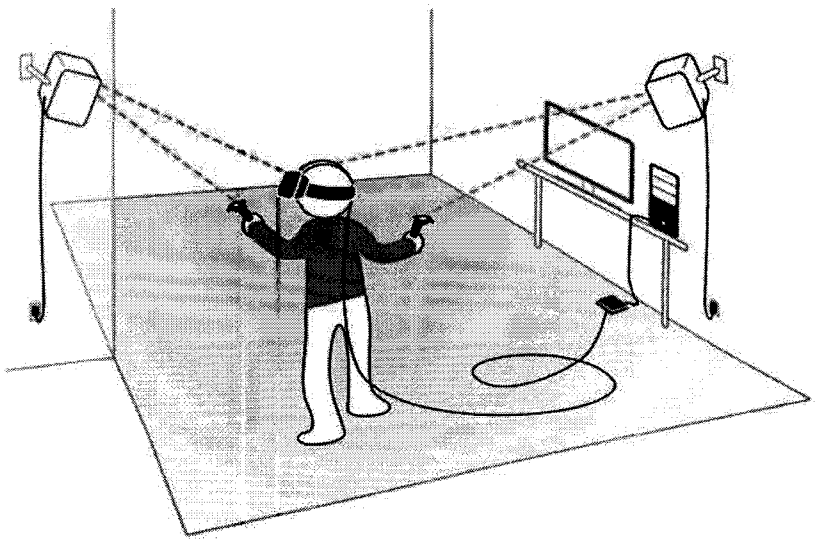


Slika 8 Primjer pomične platforme, Izvor: Grbavac i Grbavac (2015:53)

Pomične platforme simuliraju korištenje određenih prijevoznih sredstava pri čemu platforma pomicanjem simulira uvjete okoline dok korisnik upravlja prijevoznim sredstvom uz prikaz virtualnog okruženja na kojem vidi gdje se nalazi. Takvim platformama se nastoje stvoriti što realniji simulatori za vježbanje upravljanja avionom, brodom, autom i drugim prijevoznim sredstvima ali i industriji zabave za kvalitetnije iskustvo.

Također potrebni su programi kojim bi se stvorili 3D svjetovi a to su uglavnom oni isti koji se koriste i za druge potrebe stvaranja virtualnih okruženja kao primjerice Unity, koji je postao najpopularnije rješenje za stvaranje aplikacija za virtualnu stvarnost (ali i proširenu stvarnost), koji su širenjem na druge platforme pružili podršku i za kreiranje sadržaja za virtualnu stvarnost. Duk i Šehić (2017) u svojem radu opisuju i upotrebu A-FRAME-a, koji služi za kreiranje sadržaja virtualne stvarnosti za Internet preglednike.

Za opis rada virtualne stvarnosti upotrijebit će se sljedeća ilustracija koja ujedno predstavlja današnji primjer koji se ulazni i izlazni uređaji najčešće koriste za iskustvo virtualne stvarnosti i koji je ujedno i najdostupniji za nabaviti (ne računajući cijenu svih nužnih uređaja ili dostupnost prijenosnih za mobitele).



Slika 9 Ilustracija koja promatraču prikazuje osobu koja se nalazi u virtualnoj stvarnosti, Izvor: Jurjević (2017:12)

Kao što je prikazano u slici 9, korisnik stavlja VR naočale koje su potrebne za trodimenzionalni prikaz virtualnog okruženja (obično u kombinaciji sa 3D slušalicama za zvuk). Program stvara sliku koja daje dojam sličan stereoskopima sa zakrivljenom slikom predstavljena okom. Nužno je da program to izvršava sa minimalno 60 sličica po sekundi kako bi se postigao željeni doživljaj. Postavljeni skeneri/kamere na zidovima (koji su najčešće infracrveni jer su oni najučinkovitiji) prate senzore za praćenje postavljene u VR naočalama ali i posebnim kontrolerima (osim ako ne koristi igrači kontroler) i na predstavljenoj slici u naočalama prate kuda korisnik gleda i gdje se nalaze njegove 'šake' u virtualnom okruženju ako koristi posebne kontrolere. Svi navedeni uređaji su spojeni na računalo koje preko programa stvara virtualno okruženje, zaprima ulazne informacije o radnjama korisnika preko navedenih uređaja i povratno daje izlazne informacije o posljedicama njegovih radnji na VR naočale (i slušalice) koje koristi. Kretanje u virtualnom svijetu se vrši na dva načina[7]. Ili je putovanje kao primjerice vožnja u lunaparku prema određenom putu koje program sam od sebe vrši ili je na način da se teleportira na označenim točkama u virtualnom okruženju uz unos komande preko kontrolera kada korisnik kontrolerom pokaže na njega. Duk i Šehić (2017) napominju da je metoda putovanja nepogodna ako je velika brzina kretanja što može izazvati mučninu zbog čega je nužno smanjiti da se polako kreću ili se odabire metoda teleportiranja kod kojeg se mučnina ne javlja.

[7] Osim ako scenarij ili razina u videoigri je zamišljena tako da prostor koje je pokriveno skenerima/kamerama je dovoljno veliko da korisnik doslovno sam od sebe hoda po pokrivenom prostoru što se pomoću praćenja senzora na glavi u VR naočalama očitava kao kretanje po prikazanom virtualnom okruženju. Kao primjerice u jednoj sobi ili oko automobila što nudi videoigra Assetto Corsa sa naknadno dodanom podrškom za virtualnom stvarnošću što je vidljivo na sljedećem linku: https://www.youtube.com/watch?v=POGGklAK1fM . Također pokazuje pogled iz perspektive korisnika ali bez upotrebe posebnih kontrolera.

Kod upotrebe virtualne stvarnosti radi se o rekreiranju nečega gdje se nešto, kao u komunikaciji, pokušava što točnije prenijeti ali uvijek se dogodi da se nešto promijeni i nije kao original. Također treba imati na umu kod stvaranja virtualne stvarnosti o vrsti interpretacije svijeta, odnosno dali mora biti realna za primjerice simulatore ili više fikcija za izazivanje osjećaja kao umjetnička djela zbog čega je razumijevanje ljudske percepcije kao što navode Popović, Cvetković i Marković (2010) veoma bitno.

Sherman i Craig (2018) pošto virtualnu stvarnost opisuju kao medij, smatraju računalom izvođačem u kojem gledatelj/primatelj je korisnik koji sudjeluje u izvedbi računala i tako si stvara doživljaj o izvedbi, čak štoviše korisnik ima toliki utjecaj na izvedbu da se može smatrati suautorom. Ali postoji i negativna strana sa ovog gledišta. Pošto je virtualna stvarnost interaktivni medij, on nije prenosiv, odnosno iskustvo koje korisnik doživi ne može se u potpunosti prenijeti na drugu osobu kada se pohrani jer je onda modificiran više u oblik video sadržaja kao primjerice film ili video isječak i gubi svoju čar koju je imao kad se izvodio.

Autori također ističu kod virtualne stvarnosti bitnu ulogu ljudske percepcije i činjeničnog stanja kako elementi u stvarnosti funkcioniraju i kako to pretočiti u virtualnu stvarnosti. Kao primjer uzimaju zid kroz koji čovjek ne može proći ili pad s visine koju obično ne može preživjeti koji programeri moraju postaviti i u virtualnom okruženju. Također može se, ako su pravila tog svijeta tako postavljena, zanemariti gdje čovjek prolazi kroz zidove, preživljava padove ili čak leti bez upotrebe aviona. Isto tako je bitno pružiti što bolje povratne informacije sa što stvarnijim impulsima na odgovarajućim čulima ili barem na drugim kao supstituciju. Na umu treba imati iskustva koja korisnik ima iz stvarnog svijeta i/ili drugih digitalnih svjetova kao što su primjerice preko pametnih telefona ili iz videoigara, ali i korisnik koji prvi puta uranja u jedno virtualno okruženje dalje je kao beba koja otkriva svijet oko sebe.

Kao što je napomenuto, prilikom upotrebe može doći do mučnine pri velikim brzinama ali i kašnjenjem reakcije virtualne okoline, što dovodi do nepravilnosti između stvarnog stanja koje prima centar za ravnotežu korisnika i informacija koje se primaju od virtualnog okruženja. Treba imati na umu da je stvaranje elemenata u trodimenzionalnom prostoru složenije kao i sam rad u trodimenzionalnom okruženju što pred programere stvara izazov stvaranja jednostavnog sučelja kao primjerice kod upotrebe osobnog računala. Također ova tehnologija zahtjeva osobna računala koja raspolažu sa velikom procesorskom i grafičkom snagom.

2.2. Princip rada proširene stvarnosti

Proširena stvarnost također koristi određene vrste senzora kao virtualna stvarnost kako bi prikupila nužne podatke koje Cetinić (2010) opisuje kao metode za praćenje objekata (Cetinić, 2010:9):„

- računalni vid i obrada snimaka
- mehaničko praćenje
- magnetsko praćenje
- ultrazvučno praćenje
- inercijsko praćenje“

Kod metode računalnog vida i obrade snimaka Cetinić (2010) pojašnjava da se radi o metodi koja prati uz pomoć ili bez marketa. Kod metode praćenja markera se postavljaju LED diode ili reflektirajuće vrpce na rubovima elemenata ili dijelova scene koja se koristi i tako se iz slike dobiva procijenjeni položaj elemenata sa kojim će se dodati virtualni elementi. Metoda sa marketima je pogodna u zatvorenom prostoru dok je nezgodna u otvorenoj i nepoznatoj okolini gdje se mora izvoditi bez njih. Ona se postiže pomoću značajki fizički elemenata (rubovi, vrhovi ili tekstura) kojih nekad nema dovoljno što dodatno otežava praćenje kao i zamućenost slike i kako se svjetlost se odbija i lomi. Osim senzora za procjenu položaja tijela i praćenja njegove kretnje se koriste i kamere koje su integrirane u uređaje za prikaz.

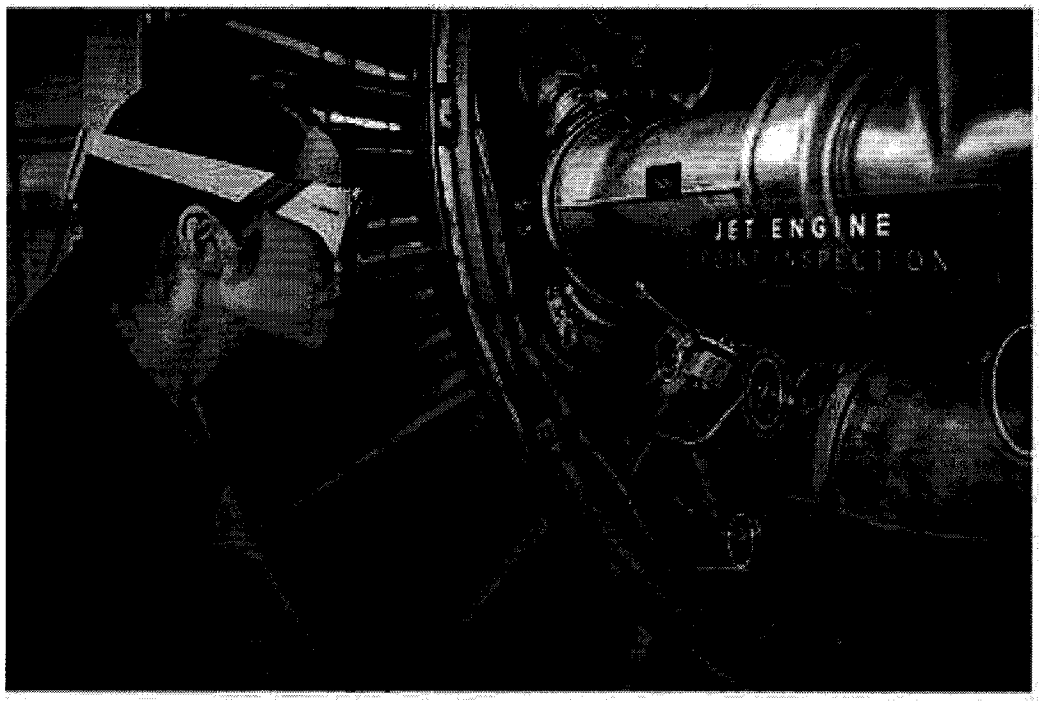
Određeni uređaj za 3D prikaz koji je naveden u prethodnom podpoglavlju može se svrstat i pod uređajima za proširenu stvarnost. VR naočale koje se uobičajeno koriste za 3D prikaz su u slučaju proširene stvarnosti prilagođene za prikaz okoline obogaćenu virtualnim elementima. Prije takvih naočala ali i posebno razvijenih koristili su se uređaji sa prenosivim ekranima, pametni telefon ili tablet računalo, ali sve naprednijim razvojem naočala dovodi do njihove veće upotrebe. To je dovelo do nastanka naočala kao što su Microsoftov HoloLens ili pametna kaciga i kasnije naočale od Daqria[8].

Naočale za proširenu stvarnost se rade s umom da korisnik je u potpunosti mobilan i zato takve naočale, kao primjerice pametni telefoni i tablet računala, se mogu smatrati mali prenosivim računalnim uređajima pošto imaju grafičke i računalne procesore, operacijski sustav ali i holografski procesor za interpretaciju podataka zadobivene od senzora (predmeti koji se

[8] Prikaz mogućnosti Daqrievih naočala i kacige: https://www.youtube.com/watch?v=9mIQPOWd-zY

detektiraju u okolini ali i gestikulacije koje radi korisnik). Hololens povrh toga još prima i glasovne naredbe.

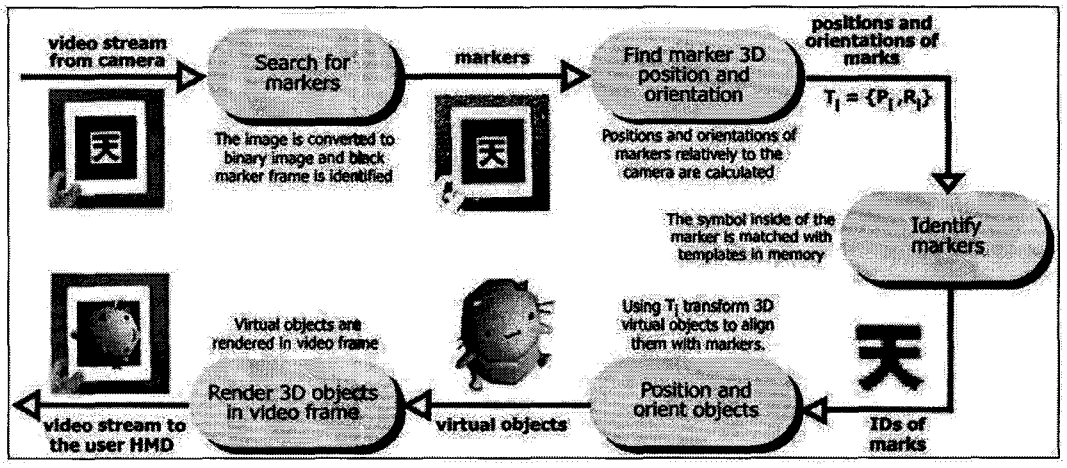
Tako je prema ulaznim i izlaznim uređajima koje koristi proširena stvarnost veoma slična virtualnoj, što nije začuđujuće jer koriste dobar dio slične tehnologije koja se koristi i u teleprisutnosti, izradi videoigara i ostalih industrija koji koriste grafičke komponente, sustavi za praćenje položaja i pokreta, što kvalitetniji prikaz slike i produžetak dosega čula dodatnim komponentama[9].



Slika 10 Darqi pametne naočale sa ilustrativnim primjerom proširenog vida, Izvor: Sherman i Craig (2018:23)

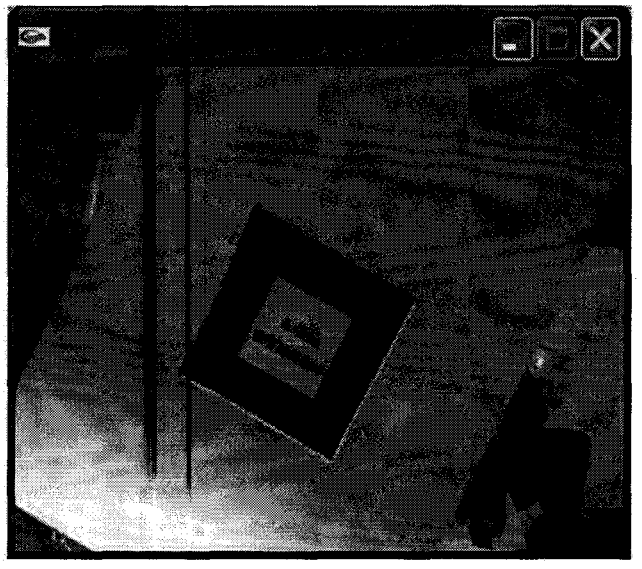
Programima se stvaraju aplikacije za korištenje proširene stvarnosti, odnosno daju se upute računalu koji uz ulazne uređaje prikuplja nužne podatke i pomoću izlaznih uređaja prikazuje korisniku. Kod proširene stvarnosti se koriste ARToolkit, NxARToolkit i FLARToolkit. Svi oni rade po istom principu razvoja aplikacija, jedina bitna razlika je koji programerski jezik koriste. Sam način rada proširene stvarnosti se može opisati uz pomoć slike 11.

[9] Izuzev možda uređaja koje posjeduju pametni telefoni i tablet računala za prepoznavanje načina kako su dotični uređaji okrenuti, GPS uređaji u njima i slično.



Slika 11 Princip rada proširene stvarnosti preko aplikacije napravljene pomoću ARToolkit-a koristeći metodu praćenja pomoću markera, Izvor: Cetinić (2010:13)

Cetinić (2010) ga pojašnjava na primjeru aplikacije koja koristi računalni vid i obradu snimke uz pomoć markera gdje prvo kamera bilježi stvarni svijet i video šalje na računalo, nakon čega aplikacija pretražuje svaki blok videa tražeći četverokutni oblik crne boje kao primjerice na slici 12.



Slika 12 Slika s web kamere u trenutku prepoznavanja markera, Izvor: Cetinić (2010:15)

Ako ga pronađe, aplikacija korištenjem određenog algoritma izračunava relativnu poziciju kamere naspram četverokuta. Kada je pozicija kamere poznata tada se virtualni element iscrtava s te pozicije povrh snimke stvarnog svijeta te tako djeluje kao da se nalazi na markeru, što se vidi na zaslonu uređaja kojeg korisnik koristi, kao primjerice virtualni čajnik na slici 13 gdje se vidi kombinacija virtualne i stvarne scene.



Slika 13 Slika na ekranu dobivene kamere u trenutku izvođenju programa-prikaz virtualnog čajnika, Izvor: Cetinić (2010:26)

Cetinić (2010) također napominje da se objekti programiranjem mogu pomaknuti i tako primjerice prikazani virtualni čajnik u slici 13 može okrenuti ili pomaknuti primjerice lijevo/desno od markera ili gore da djeluje kao da lebdi iznad markera ali i promijeniti veličinu virtualnog elementa.

Kod rada proširene stvarnosti se mora uvijek misliti na tome kako će se miješat slika i izvršiti poravnanje. Kod miješanja slike se radi o spajanju stvarne okoline sa virtualnim okruženjem. Poravnanje mora osigurati da se taj spoj ispravno dogodi.

Navedena kaciga i naočale od Dagria kao i Holones su primjer optičkog miješanja kod kojeg se koristi poluprozirno staklo, dok VR naočale, uz programiranje i dodavanje kamera za prikaz stvarne okoline bi bile video miješanje[10]. Prikaz na zaslonu je oblik miješanja koji se najlakše koristi, sa pametnim telefonom koji ima integriranu kameru i zaslon koji je osjetljiv na dodir i omogućuje interakciju, uz aplikacije koje pokreću proces proširene stvarnosti.

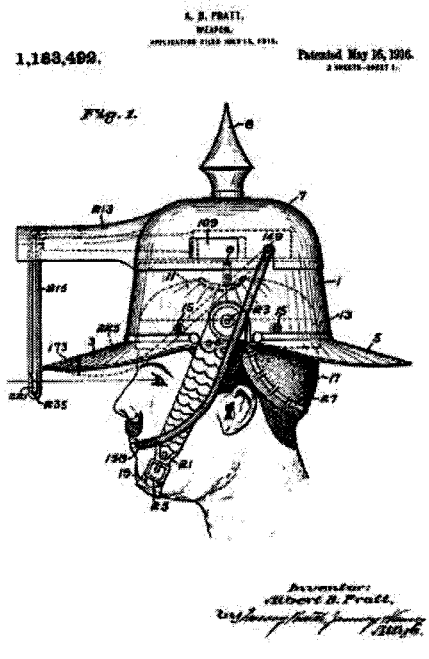
Cetinić (2010) poravnanje ipak smatra najvećim izazovom pošto je potrebno točno poravnati stvarne i virtualne elemente u trodimenzionalnom prostoru prema koordinatnom sustavu stvarnog svijeta. Nužna je velika preciznost kako se iz pogleda korisnika nebi preklapali virtualni i fizički elementi ili bile odvojeni na način koji nema smisla i time pokvarili percepciju proširene stvarnosti. Glavni način ostvarenja toga je praćenje već navedenim senzorima.

[10] Tako bi primjerice uz softverska rješenja za programiranje pametnih telefona uz upotrebu Samsung Gear VR ili Google Cardborad naočala predstavili lagano i relativno jeftino (posebice koristeći Google Cardborad) rješenje za AR naočale po principu video miješanja.

3. Povijest razvoja drugačijih stvarnosti

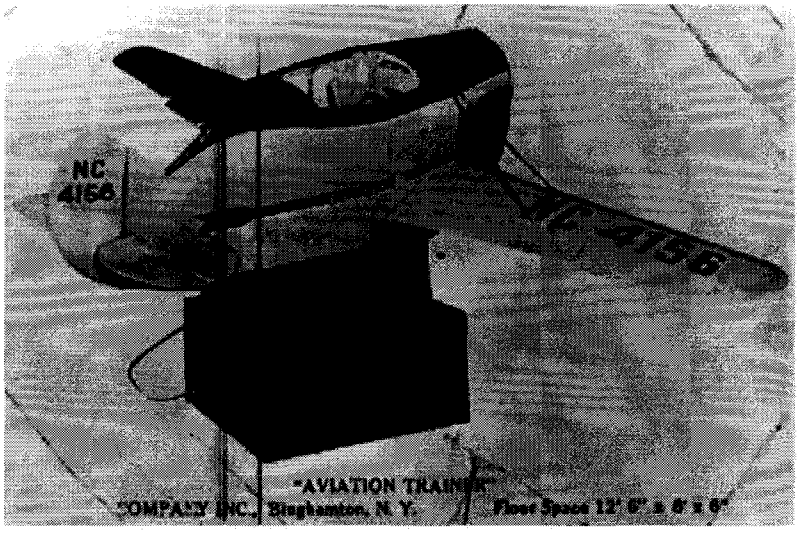
Tehnologija stvarnosti koja fizički zapravo nije tu, nego računalom stvorena, je svojih 5 minuta slave doživjela tijekom 80-ih kada su na tržište pušteni prvi uređaji virtualne stvarnosti prema Burdea i Coiffetu (2003). Ali Popović, Cvetković i Marković (2010) ističu ipak da mašta što bi sve mogla u teoriji naspram onoga što je tehnologija u tom vremenu mogla je dovela do propasti virtualne stvarnosti u 90-im. Novu popularnost, smatraju Sherman i Craig (2018), dobivaju između 2014. i 2016. sa uređajima nove generacije i kvalitetnijom izvedbom koja bolje ispunjavaju očekivanja koja nisu bila toliko visoka kao prije pošto se tržište već susrelo sa komercijalnom upotrebom tehnologije. Ipak njezin razvoj i upotreba počinje puno prije 80-ih.

Prema prikazu povijesnog razvoja kojeg su prikazali Sherman i Craig (2018) u svojoj knjizi početak se može naći prvo 1435/36. kada je Leon Battista Alberti objavio matematičke formule za prikaz linearne perspektive, konceptualni napredak bitan za stvaranje prikaza. 1787. u Engleskoj je Robert Barker patentirao aparat za izložbu slika. Radilo se o panoramskim slikama izloženim u kući sa dizajniranim zidovima kojim bi se omogućio prikaz takvih slika. Dojam koji bi se dobio je sličan današnjim kreacijama virtualne stvarnosti pošto promatrač gdje god okrene glavu ima dojam da se nalazi u mjestu na slici. 1838. Sir Charles Wheatstone izumljuje stereoskop, uređaj koji prikazuje dvije slike i tako korisniku daje dojam trodimenzionalnosti.



Slika 14 Patent periskopa postavljenog na glavu, Izvor: Sherman i Craig (2018:30)

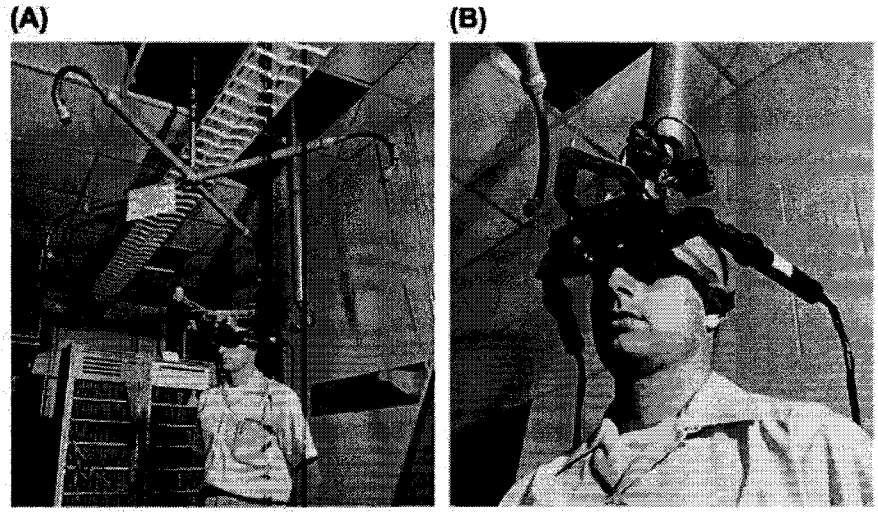
1916. je Albert B. Pratt patentirao u SAD-u periskop koji se postavlja na glavu. Dotični patent se može smatrati prvom inačicom HMD uređaja koji će se kasnije razvijati za razne primjene. Edwin Link 1927. razvija mehanički simulator leta, na primjeru i iskustvu aviona sa kratkim krilima koji zbog toga nisu mogli poletjeti, kako bi pilote obučavao u zatvorenim prostorijama. U kabini su bili replike instrumenata koje su piloti koristili kako bi se naučili letenju i navigaciji. Ovaj izum predstavlja prvu pomičnu platformu, bitan uređaj kod kreiranja što stvarnijih simulatora u virtualnoj stvarnosti.



Slika 15 Prvi simulator leta izumljen od Edwin Linka, Izvor: Sherman i Craig (2018:31)

1956. je prema Burdeai i Coiffetu (2003) i Buzjaku (2016) jedan kinematograf, Morton Heilig, razvio uređaj zvan Sensorama. Uređaj koji jednostavno rečeno je osim prikaza slike nastojao simulirati i druge stimulanse za ostala čula kao što zvuk, miris, vibracije i vjetar. Radio je i na naočalama koja su trebale omogućiti slične karakteristike kao Sensorama za koje je dobio patent 1960.. Ivan Sutherland je nastavio s njegovim radom na takvim naočalama, koje su kasnije zapravo bile VR naočale, gdje je radio na ugradnji katodnih cijevi pored korisnikovih ušiju koji služe za prikaz slike o čemu je pisao u svom radu 1968.[11] i tako postao prvi takav sustav čija namjena je bila interakcija u virtualnom okruženju stvorenog u potpunosti od računala. Dotične naočale, Burdea i Coiffet (2003) pojašnjavaju, su sadržavale mehaničke senzore djelomično zbog toga što su bile glomazne i teške zbog čega su mehanički uređaji služile kao potpora korisniku za nošenje.

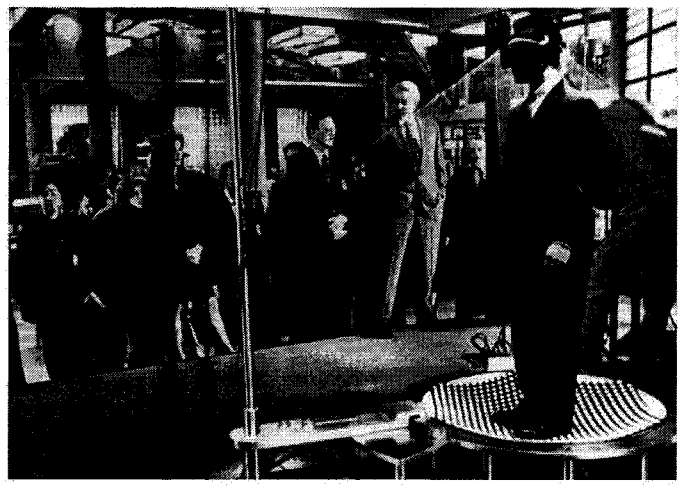
[11] Inspiraciju je dobio kad se susreo sa sličnim uređajem u Bell Helicopters kao dio eksperimenta za teleprisutnost koji je radio na istom principu uz akustične i mehaničke senzore.



Slika 16 A i B Primjer naočala koje je stvorio Sutherland, u A odjeljku su vidljive cijevi iznad osobe koje predstavljaju akustične senzore dok u B odjeljku se vidi mehanički senzor koji drži naočale korisniku i prati pokrete glave korisnika, nadimka Mač Damoclesa, Izvor: Sherman i Craig (2018:35)

Modernije naočale su puno manje i lakše zbog čega ne zahtijevaju potporu za držanje. Dok se ideja zasnivala na virtualnom prikazu analogno stvorenih slika, Sutherland je također shvatio da može upotrijebiti kompjuterski stvorenu sliku umjesto slikanja kamerom što je preteča današnjim grafičkim sklopovima što je važan dio za virtualnu stvarnost. Tada su to bili prikazi scena od malobrojnih poligona zbog tadašnjih tehničkih ograničenja.

Ali prve prave naočale za virtualnu stvarnost, prema Buzjak (2016), su nastale 1961. od tvrtke Philco Corporation naziva Headsight. Radi se o kacigi koja je magnetskim praćenjem korisnikove glave omogućila interakciju u specifičnom virtualnom okruženju čija namjena je bila praćenje situacije u drugoj prostoriji preko video sustava.



Slika 17 Headsight - Philco Corporation, Izvor: Buzjak (2016:6)

Također jedan bitan utjecaj je uradila igra Pong 1972. koju je razvila tvrtka Atari. Iako je više poznata kao jedna od prvih i najpoznatijih igara, ona prema Shermanu i Craigu (2018) predstavlja i bitan temelj za tehnologiju virtualne stvarnosti. Pong je prvi oblik interakcije između više korisnika u virtualnom okruženju što je jako bitna funkcionalnost u današnjoj virtualnoj ali i proširenoj stvarnosti u kojoj sudjeluje dvoje ili više korisnika. Autori također navode Myrona Kruegera koji je 1976. dovršio prototip zvan Videoplace, skup kamera i drugih ulaznih uređaja kojim se stvara virtualni svijet kojim upravlja korisnik bez da je ikako žičano povezan.

1979. je nastao prvi komercijalni sustav za praćenje pokreta (MoCap) od tvrtke Oxford Medical Systems. Jedno od vrsta optičkih senzora navedenih u prethodnom poglavlju, koji se prije svega koristi za animiranje pokreta u kompjuterskoj grafici i analizi ljudskog tijela. Zbog svoje preciznosti je postao upotrebljivim alatom za virtualnu stvarnost.

Grbavac i Grbavac (2015) ističu da je početkom 60-ih i sredinom 70-ih je virtualna stvarnost bila dio specijalnih projekata vladinih agencija SAD-a i dalje niz 70-ih do početka 80-ih koristi i u institucijama visokog obrazovanja koji kasnije sve do početka 90-ih dobiva sve širu primjenu i u drugim organizacijama. Nikodem (2003) napominje da je od sredine 80-ih, koje označava i kao trećem razdoblju razvoja kibernetike[12], virtualnost postaje dominanta tema koja dovodi kasnije do izvedenice virtualna stvarnost.

1981. pojavljuju se prvi oblik proširene stvarnosti naziva Super Cockpita pod vodstvom Tom Furnessa u zračnoj bazi Wright Patterson. Radilo se kacigi sa providnim zaslonom koji ovisno u kojem smjeru pilot gleda, pokazuje različite informacije kao primjerice na pogled krila aviona vidi informaciju o tome koje rakete su mu još preostale. Iste godine u MIT-u se počelo raditi na zaslonu proširene stvarnosti koji bi omogućio arhitektu vizualizaciju ili 3d pregled nacrta čipa i slično uz pomoć zrcala koje je napola oplemenjeno srebrom.

NASA je radila na simulatorima za što kvalitetniji obuku astronauta jer je bilo gotovo nemoguće rekreirat uvjete u svemiru ili drugim planetima. U te svrhe 1981. je nastao prototip skraćenice VIVED[13]. Koristili su LCD zaslone iz tada komercijalno dostupnih Sony televizora i ugrađivali na posebnu optiku[14], jer je bilo nužno fokusirati sliku blizu oka. Princip korišten tada koji je ostao kod današnjih uređaja za komercijalno upotrebu. Uz to im je bio nužan kompjuter kakvi

[12] Znanost o upravljanju i prijenosu informacija među strojevima ali i čovjeka i stroja.
[13] Virtual Visual Enviroment Display (hr. Prikaz virtualnog okruženja)
[14] LEEP sistem koji je razvio Eric Howlett 1979. koji je na mali zaslon donosio široko polje vida. Osim integracije u VIVED također se koristio u kasnije komercionalno dostupnim naočalama.

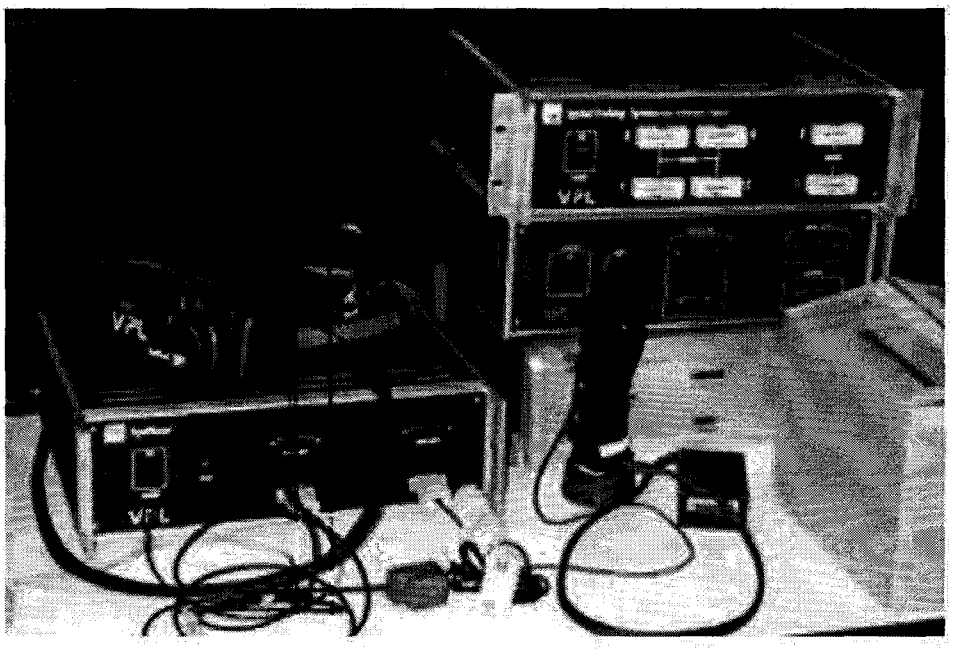
je koristio Sutherland od kojeg su ga nabavili i još senzor za praćenje pokreta glave korisnika. Burdea i Coiffet (2003) spominju Scotta Fishera koji se 1985.[15] pridružio projektu sa integracijom rukavica sa senzorima koji su razvili Thomas Zimmerman i Jaron Lanier. Dotična rukavica se prodavala od tvrtke VPL Inc. koju je vodio Lanier[16] sve do bankrota tvrtke 1992. i ona je bila prva komercijalno dostupna VR tehnologija. Funkcija rukavice je bilo mjerenje savijanja prstiju, pomoću optičkih senzora koji su bili fleksibilni, i time mogućnost interakcije gestikulativnim pokretima. Rukavica je patile od visoke cijene, dobivala se loša povratna informacija i nije bila prilagodljiva različitim oblicima ruku. Današnji upravljači u virtualnom i proširenom okruženju dizajnirani su drugačijih oblika koji su manje slični rukavicama ili prevladava i dan danas tastatura i miš, odnosno kontroler kod igraćih konzola.



Slika 18 NASA-in VIVED prototip sa rukavicama koje Fisher testira, Izvor: Burdea i Coiffet (2003:7)

1988. Fisher je sa Elizabeth Wenzel stvorio zvučno sklopovlje koje je moglo manipulirati do 4 različita 3D izvora zvuka što je donijelo prisutnost zvuka u virtualnom okruženju bez obzira u koji smjer korisnik je okrenuo glavu[17]. VIVED je kasnije postao VIEW[18] kod kojeg se koristilo HP 9000 računalo sa moćnijim grafičkim performansama za realističniji površinu.

[15] Navedeni datum spominju Burdea i Coiffet (2003) dok Sherman i Craig (2018) spominju 1984.
[16] I osnovao 1984. ali isprva za razvoj vizualnog programskog jezika
[17] Uz pomoć Scott Fostera 1987. koji je napravio dotični uređaj na bazi algoritama razvijenih na sveučilištu Wisconsina. Nazvan kasnije Convolvotron sustavom, dotični uređaj je simulirao i manipulirao zvuk na način da se može smjestiti u određeni položaj 3D prostora.
[18] Virtual Interface Enviroment Workstation (hr. Radna stanica za virtualno sučelje).



Slika 19 Prikaz rukavice DataGlove i naočala EyePhones, Izvor: Buzjak (2016:8)

Burdea i Coiffet (2003) ističu da ubrzo nakon pojave VPL-ovih rukavica pod nazivom DataGlove je Nintendo kreirao jeftiniju varijantu PowerGlove koja je koristila akustične senzore za procjenu položaja ruke i senzore od elektroničkog papira za mjerenje savijanja prstiju. 1989. VPL je pustio u prodaju i svoje VR naočale pod nazivom EyePhones ali su zbog niske rezolucije imali zamagljeni prikaz slike, bile su teške i također veoma skupe. Kao što već spomenuto, VPL je bankrotirao dok je Nintendov Powerglove doživio svoju propast kao periferija za igraću konzolu i time kraj 1993. zbog nedostatka igara koji su zahtijevali dotičnu periferiju za igranje igrica što u industriji videoigara može dovesti čak do propasti konzole, a dodatne periferije još vjerojatnije. Prema Shermanu i Craigu (2018) ona je ipak našla svoje mjesto kod sklapanja jeftinih sustava virtualne stvarnosti i upotrebu kod ljubitelja dotične stvarnosti.

80-te također obilježavaju događaji kao što doktorska disertacija Sare Bly (1982.) gdje istražuje upotrebu zvuka za prikaz velike količine podataka, takozvanu sonifikaciju. Koncept koji predstavlja temelje za upotrebu zvuka u virtualnoj stvarnosti od strane računala. Mark Callahan u MIT-u razvija VR naočale (1983.) čime također postaje još jedan u nizu projekata virtualne stvarnosti ali koje nisu djelo Sutherlanda. Polehlmus Inc., koji od 1970. proizvodi navigacijske uređaje, je predstavio 1987. Isotrak sustav praćenja na bazi magneta slično kao što funkcioniraju današnji elektromagnetski senzori.



Slika 20 Prikaz Dactyl Nightmaresa, Izvor: Sherman i Craig (2018:41)

Sherman i Craig (2018) 1990. spominju W-Industries koji pušta u prodaju prvi sajamski VR sustav naziva Virtuality. Radi se o igraćoj konzoli za igranje u virtualnoj stvarnosti sa igricama koje zahtijevaju dva igrača. Sastojao se od VR naočala, ručnog kontrolera i prostora nalik ringu za svakog igrača zasebno. Jedno od prvih igara je igra pod imenom Dactyl Nightmares u kojoj se dva igrača međusobno napucavaju u virtualnom svijetu sa više razina. Iste godine Jim Kramer (tada upravo stekao doktorat u Stanfordu) osnuje Virtual Technologies Inc. (od 2009. CyberGlove Systems) kako bi komercijalizirao svoju rukavicu naziva CyberGlove. Prema Burdeai i Coiffetu (2003) radi se o rukavici koja koristi tanke električne mjerače istegnuća postavljenim na materijalu od savitljivog najlona. Isprva napravljen kao pomagalo za osobe sa smetnjama u govoru ali je našao upotrebu kao sučelje za virtualnu stvarnost koji zbog svojih mnogobrojnih senzora, dobre programske podrške i mogućnosti pretvorbe u izlazni uređaj predstavlja kao mjerilo za visokokvalitetni uređaj za praćenje položaja i radnji ruku.



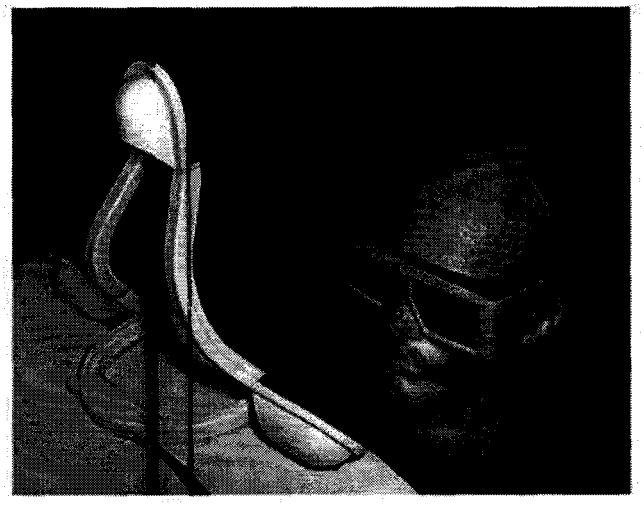
Slika 21 VR radna stanica Provision 100, Izvor: Burdea i Coiffet (2003:9)

Burdea i Coiffet (2003) ističu da jedno od tadašnjih problema sastavljanja VR sustava su mnogobrojne komponente, njihova glomaznost i njihova neintegriranost u jednu cjelinu. Na rješenju problema je prva došla britanska tvrtka Division Ltd. koja je 1991. stvorila prvu komercijalnu VR radnu stanicu pod nazivom Vision i ubrzo sa boljim modelom naziva Provision 100. Ona je nudila više procesora, nužni prikaz za VR naočale, 3D zvuk, praćenje ruku i prepoznavanje gestikulacija uz arhitekturu koja je nudila mogućnosti dodavanja još procesora. Uz još puno bolje grafičke performanse je bila puno bolja u usporedbi sa HP9000 računalom koji se koristio kod VIEW sustava. 1993. je Silicon Graphics Inc. izbacio još jaču radnu stanicu (Reality Engine) koja je bila tada najbrža.

Autori također spominju da programska rješenja i ispravljanje kvarova za virtualnu stvarnost su također bila problematika za koju su isplovila rješenja. Prvu je stvorila 1992. američka tvrtka Sense8 Co. Naziva WorldToolKit (WTK), a još jedno popularno rješenje je stvorila britanska tvrtka Dimension International (kasnije Superscape PLC) naziva Virtual Reality Toolkit (VRT3). Pomoću njih smanjilo se potrebno vrijeme za programiranje i ispravljanje grešaka. Ipak bilo je razlika u navedenim rješenjima. WTK se bazirao na tekstu zbog čega je imao puno veću funkcionalnost ali je bilo teže ga naučiti i rukovati zbog lošijeg sučelja, dok je VRT3 imao izbornike i ikone što je olakšalo korištenje i učenje programiranja ali uz manje funkcija.

Projekcijski sustavi virtualne stvarnosti, kao alternativa VR naočalama, su predstavljeni 1992. u Chicago-u gdje je jedno od glavnih atrakcija bio CAVE sustav Tom DeFantia, Dan Sandina i njihove ekipe sa sveučilišta Illinois-a. Sličan sustav naziva The Virtual Portal je predstavio

Sun Microsystems Inc. ali za razliku od CAVE-a kod kojeg je moglo biti više sudionika, kod ovog sustava je predviđena upotreba od samo jedne osobe. Ascension Technologies je pustio u prodaju elektromagnetski sustav praćenja koji je koristio odašiljač sa jednosmjernom strujom čiji senzori su se mogli pratiti u krugu od 2 metra i to od više prijemnika (primjerice jato ptica po kojem je dobio ime Flock of Birds) zbog čega se uobičajeno koristio u CAVE i drugim sličnim sustavima za prikaz.

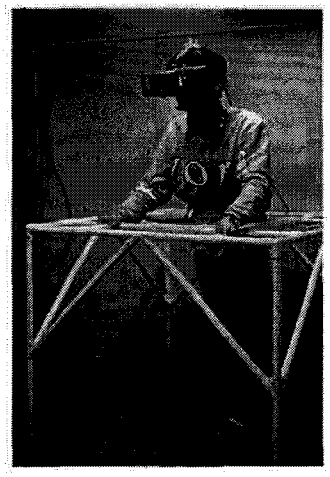


Slika 22 Logitech-ov akustični sustav praćenja, Izvor: Sherman i Craig (2018:44)

Logitech je predstavio 3D miš i aktivne stereoskopske naočale koje su koristile akustične metode praćenja. Prijemnici/mikrofoni su bili integrirani u miš i naočale dok su signali dolazili od tri odašiljača. Sustav prikladan za prikaz virtualne stvarnosti slično CAVE sustavu gdje korisnik se ne kreće i gleda u zaslon.

S vremenom su se dijelile informacije među malim skupinama stručnjaka, gdje je Francuska 1992., a kasnije iste godine i SAD, su organizirali konferencije sa tematikom virtualne stvarnosti. Tako barem prema tvrdnjama Burdea i Coiffeta (2003) dok Sherman i Craig (2018) navode konferencije 1993. u Seattle-u i San Jose-u kao prve konferencije održane za akademsku publiku.

1995. ImmersaDesk, projekcijski sustav na jednom ekranu, je predstavljen koji je bio kompatibilan sa aplikacijama CAVE sustava. Tu godinu obilježava i predstavljanje uređaja zvanog Virtual Perambulator od profesora Hiroo Iwatea. Radi se o sučelju niske frikcije između stopala korisnika i poda koje omogućava hodanje u mjestu koje se pretoči u kretanje u virtualnom okruženju.



Slika 23 Prototip uređaja Virual Perambulato, Izvor: Sherman i Craig (2018:46)

Nintendo je radio i na razvoju igrače konzole virtualne stvarnosti koju su pustili u prodaju 1995. naziva Virtual Boy. Konzola se sastojala od VR naočala sa povezanim posebnim kontrolerom. Njegov prikaz se sastojao od crvenih LED diodi koju je osmislio Reflection Technology Inc. 1985. i pokušavao od tada komercijalizirati. Nakon samo jedne godine je konzola umirovljena.

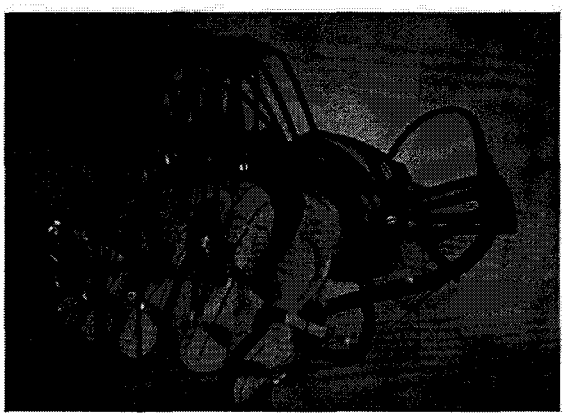


Slika 24 Nintendo Virtual Boy igrača konzola sa njezinim kontrolerom, Izvor: Wikipedia (2019)

Igranje je bilo zamišljeno sjedeći za stolom, nisu postojali senzori za praćenje okreta glave korisnika zbog čega je prikaz bio fiksan kao kod klasičnog zaslona i pošto se radilo od isključivo crvenih LED diodi, prikaz se sastojao od crvenih elemenata na crnoj podlozi. Iako je zbog cijene zadobila kritiku, njezinu propast nakon jedne godine je prouzročila činjenica da prikaz nije bio u boji (čime se Nintendo pravdao da bi povećalo cijenu), lošeg iskustva uranjanja u svijet zbog tehničkih nedostataka, potencijalnih zdravstvenih problema, igara užasne kvalitete i osjećaja nelagode prilikom korištenja. Prema Wikipediji (2019) je Virtual Boy Nintendov-a druga najlošije prodavana igrača konzola.

CyberGrasp od Virtual Technologies Inc. je predstavljen 1997., uređaj za rukavice koje se koriste u virtualnom okruženju, čija funkcija je bila da bude simulator sile koji bi sprječavao

kretnje prstiju i time stvarao realniji prikaz virtualne stvarnosti simulirajući stvarniji dodir i osjećaj hvatanja.



Slika 25 CyberGrasp postavljen na rukavici CyberGlove za virtualno okruženje, Izvor: Sherman i Craig (2018:47)

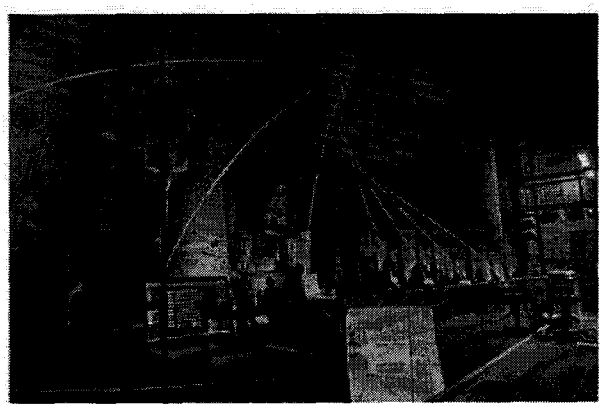
Burdea i Coiffet (2003) ističu da se rezolucijski prikaz i time kvaliteta slike na VR naočalama također poboljšala u to vrijeme čija je prvotna rezolucija od 360x240 piksela 1997. povećana na 640x480. Također se radilo i na boljoj ergonomiji gdje primjerice spominju Sony-jeve Glasstron naočale lagane tek 310 grama koje su se pojavile 1998., a Kaiser Electro-Optics je pustio u prodaju prve naočale sa rezolucijom od 1024x768 piksela koje su slično Glasstronu također bile lagane naspram starijih naočala. 1999. je razvijen ARToolKit od dr. Hirokazu Kato-a[19]. Radi se programu za video praćenje osmišljen za proširenu stvarnost za što je potrebno samo osobno računalo i kamera kao ulazni uređaj i razvoj aplikacija za proširenu stvarnost uz programske jezike. On se i dan danas koristi i može nabaviti besplatno.

Idućih godina nema značajnijih tehnoloških napretka direktno vezanih za virtualnu ili proširenu stvarnost. Radilo se o napretku već stvorenih tehnolog i njihovu širu upotrebu ali zanos kakav je bio tijekom 90-ih je ohladio. Time nije bilo novih inovacija direktno vezanih za virtualnu i proširenu stvarnost sve do 2006. sa izlaskom igraće konzole Nintendo Wii. Iako sama konzola i prikaz su zapravo više klasične prirode kao ostale na tržištu, ono što ju odvaja su zapravo njezini kontroleri za igranje. Takozvani Wii remote je sadržavao senzore u paru sa postavljenom infracrvenom kamerom za praćenje pokreta. Prema Shermanu i Craigu (2018) su oni time postali jeftini ulazni uređaj za virtualnu stvarnost. Playstation Move kontroler koji se koristi u

[19] Shermain i Craig (2018) navode 1999. kao datum kada je postao dostupan ARToolKit dok Cetinić (2010) navodi da je on tek postao dostupan široj javnosti 2003. zbog nestabilnosti i specifične primjene za razvijanje izvedivog oblika proširene stvarnosti.

kombinaciji sa Playstation VR naočalama je nastao po uzoru ali i zbog popularnosti Wii-a i njegovih jedinstvenih kontrolera.

2007. obilježava otvaranje atrakcije AlloSphere kod sveučilišta Kalifornije. Radi se o projekcijskom sustavu za virtualnu stvarnost u obliku sfere. Sfera je prepolovljena u dvije polovice u sredini kojih se nalazi pista po kojoj se korisnik kreće



Slika 26 Primjer AlloSphere, Izvor: Sherman i Craig (2018:51)

Iste godine se pojavljuju 3D televizori, OptiTrack od NaturalPoint što je rješenje za praćenje pokreta ne primarno za virtualnu stvarnost ali jako dobro i jeftino i još pametni telefoni sa integriranim kamerama koji dovode do lakše dostupnosti tehnologije virtualne i proširene stvarnosti, njihove šire primjene i time polako do novog zanosa. U idućim godinama izlazi Kinect od Microsofta (2010.) koje je jeftino rješenje za praćenje pokreta ali orijentirano više kao periferija za igraću konzolu, dok ART-ov SMARTTRACK (2011.) nudi kvalitetnije rješenje na profesionalnoj razini sa punom većom cijenom, a NaturalPoint je pustio u prodaju slično rješenje Trio i Duo ali po puno manjoj cijeni ali i lošije kvalitete. O dotičnim rješenjima se radi o kamerama ugrađene u tabli koje mogu pratiti pokrete.

Pri kraju povijesnog pregleda razvoja virtualne stvarnosti Sherman i Craig (2018) spominju 2012. gdje Palmer Luckey, dizajner Oculus Rift naočala, osmišljava prototip naočala i pokreće crowd-funding kampanju koje je uspješna i počinju se dostavljati prve varijante razvojne jedinice 2013., iduće godine druga varijanta. 2013. je dostupan i Leap Motion ali za razvojne programere kojeg označava i relativno niska cijena, dok je Google pustio u prodaju svoje pametne naočale Google Glass također za razvojne programere. 2014. osim navedene Oculus razvojne jedinice Samsung surađuje s tvrtkom Oculus kako bi kreirao Samsung Gear VR, naočale za virtualnu stvarnost uz pomoć pametnog telefona, na kojim je radio i Google pod nazivom Google Cardboard. Dok su Google-ove naočale imale samo magnetski senzor,

programsko sučelje i pojedine aplikacije za pametne telefone, Samsung-ove su imale dodatne senzore, upravljačka dugmad i malo površinu osjetljivu na dodir kao ulazni uređaj. Google naočale su napravljene od kartona i plastične optike (ali su napravili nadograđenu verziju 2015. naziva Google Daydream) dok Samsung naočale su napravljene od čvrste plastike.

Oculus nije jedini razvijao VR naočale. 2015. je Valve, koji se inače bavi stvaranjem i prodajom videoigara, u suradnji sa HTC-om, koji se bavi elektronikom, najavio svoje VR naočale naziva HTC Vive u kompletu sa svojim rješenjem za praćenje pokreta naziva Lighthouse.[20]

2016. definitivno obilježava drugo razdoblje virtualne i proširene stvarnosti jer na tržište nastupaju Oculus Rift, HTC Vive ali i Sony sa svojim naočalama Playstation VR kao periferijom za Playstation 4 igraću konzolu. Iste godine postoji i napredak za proširenu stvarnost u obliku pametne kacige koje razvija Daqri i puštanja u prodaju Microsoftove razvojne jedinice Hololens naočala koje također služe za prikaz proširene stvarnosti.

Jedna važna opaska kod razvoja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti je utjecaj razvoja računalnih komponenti (prije svega grafički, a onda i ostali kao primjerice programska podrška za modifikaciju upotrebe računala) koja indirektno ima utjecaja na razvoj navedenih stvarnosti zbog čega ih Sherman i Craig (2018) navode u svom pregledu razvoja virtualne stvarnosti. Onog trenutka kada je Sutherland odlučio stvoriti grafičke scene je dan kada je razvoj virtualne i proširene stvarnosti bio usko vezan sa razvojem grafičkih procesora, a kasnije i drugih komponenti pomoću kojeg virtualno okruženje se može za sva osjetila graditi. Tako kada se razmatraju nova postignuća računalne tehnologije niz povijest (kao primjerice nove grafičke kartice sa novim tehnologijama u sebi, procesori koji se mogu modificirati, programi kao Unity koji razvojem prošire potporu na virtualnu i proširenu stvarnost itd.) oni također predstavljaju i tehnološki napredak za virtualnu i proširenu stvarnost koja se samo morala s vremenom implementirati u njihovu namjenu. Čak ljudskom dovitljivošću se stvore i novi načini za virtualnu stvarnost ili ukaže put u koji smjer bi se mogla razvijati, kao primjerice kod prenamjene Wii Remote kontrolera za Virtualnu stvarnost koja kasnije se može smatrati pretečom kontrolera koje koriste današnji sustavi za virtualnu stvarnost. Zato autori i navode trenutke kao što su početak prodaje Nintendo Wii igraće konzole, 3Dfx Voodoo grafička kartica (1995.) koja nudi trodimenzionalni prikaz i nVidia GeForce 3 gračičku karticu (2000.) ili Buzjak (2016) koji spominje mikroprocesoru u System 21 računalu iz 1968..

[20] Sorenson i drugi suradnici su 1989. objavili rad o prototipnom senzoru za trodimenzionalno praćenje kretnji pomičnih dijelova tijela, ljudski ili robotski, na kojem se Lighthouse bazira.

4. Područja primjene

Područja primjene su mnogobrojna, ali područja iz čijih će se prikazati odabrani primjeri su oni kod kojih se najviše koriste ili imaju najveći potencijal. Popović, Cvetković i Marković (2010) i Grbavac i Grbavac (2015) kod primjerice zdravstva (kao jedno od najjačih područja primjene) navode da se u kirurgiji koristi za obuku ili planiranje zahvata, dobivanje 3D prikaza snimaka, preklapanje medicinske slike sa pacijentom da se dobije vrsta virtualnog rendgena u realnom vremenu ili u psihijatriji za liječenje psihičkih poremećaja. Također vojna industrija sa što kvalitetnijim simulatorima ili dodatne informacije u kacigi pilota za učinkovitiju borbu ima široku primjenu, a u zabavi (kod igrica najviše). Kod modeliranja i inženjeringa prototipa proizvoda, dizajniranja interijera postavljanjem virtualnih predloška namještaja, edukacije ili atraktivnim načinom promocije u marketingu pošto je to rijetka i zanimljiva pojava također leži potencijal upotrebe.

Ipak još je potrebno dosta vremena za razvoj kako bi se ostvarila šira upotreba u pojedinim područjima pošto neki od ovih primjera su još uvijek prototipovi dok drugi su od nedavno dobili komercijalnu upotrebu i imaju još prostora za pomak. Također već navedeni problem mučnine nije još u potpunosti riješen kod virtualne stvarnosti i još je to tehnologija koja drži cijenu koja bi s vremenom mogla se spustiti ili razviti razine kvalitete po različitim cijenama, ali ona kao na primjeru mobilnih uređaja za pametne telefone je sve lakše dostupna cjenovno.

4.1. Industrija zabave

Virtualna stvarnost je zadnjih godina dobila veliki potencijal kod zabavne industrije, ovisno o preferencijama svakog pojedinca to je najviše ili u videoigrama ili gledanju filmova iz nove perspektive ili nove vrste filmova koji su snimljeni s karakteristikama virtualne stvarnosti na umu. Već navedeni Playstation VR, HTC Vive i Oculus Rift primarnu namjenu pronalaze u videoigrama i gledanje filmova (izuzev Playstationa VR u početku).

Gledanje filma se vrši unutar virtualnog okruženja koje je inače u obliku kina ili dnevnog boravka sa velikim virtualnim ekranom. Također se radi i na filmovima koji su zamišljeni da se gleda u virtualnoj stvarnosti kao primjerice film 7 Miracles[21], ali se uglavnom radi o filmovima koji nude korisniku pogled u 360 stupnjeva što već postoji i dostupno je gledanjem

[21] Film koji prati sedam čuda koje je izveo Isus Krist.

na običnom zaslonu (primjerice video isječci i najave filmova na Youtubeu). Ali takvu karakteristiku aplikacijama kao Google Earth nudi novu perspektivu i zanimljiviju upotrebu s potencijalom za upotrebu i u edukativne svrhe.

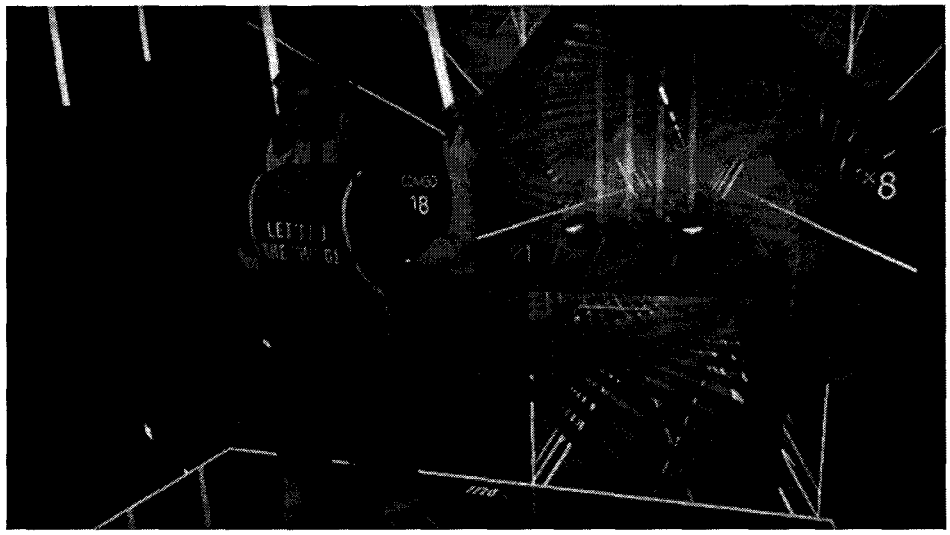


Slika 27 Google Earth VR aplikacija, Izvor: Oculus (2019)

Ipak jedno od najvjerojatnijih načina upotrebe u svrhu zabave je videoigra. Dosadašnji naslovi za virtualnu stvarnost se mogu generalno podijeliti na 2 načina (ne uzimajući u obzir žanrove i ostalo): na videoigre koje su dodale podršku za igranje u virtualnoj stvarnosti i videoigre koje su dizajnirane na način da se gotovo isključivo može igrati pomoću tehnologije virtualne stvarnosti. Jedno od poznatijih videoigara koje su dodale podršku za virtualnu stvarnost je Resident Evil 7[22] dok za dobar primjer videoigre dizajnirane da se odvija u virtualnoj stvarnosti je Beat Saber[23].

[22] Horor iz prvog lica gdje se pokušava preživjeti najezdu strašnih opasnosti u zabačenoj kući koja zbog svoje postavke da se odvija iz prvo lica može smatrati relativno laganom prilikom za dodavanje podrške za virtualnu stvarnost, primjer igrine podrške za virtualnu stvarnost u praksi: https://www.youtube.com/watch?v=ybRgwY7QGuQ

[23] Ritmička igra koja zahtjeva i posebne kontrolere kod kojih se zadanim kontrolerom prikazanim kao svjetlosnim sabljama određene boje isto obojane nadolazeće kocke moraju sjeći u zacrtanom smjeru, primjer: https://www.youtube.com/watch?v=GAlwSC5PQZo



Slika 28 Ilustracija Beat Sabera u akciji, Izvor: Togoh (2018:web članak)

Proširena stvarnost ima isto primjenu i to na televizijskim ekranima gledatelja sportskih događaja ili analiza istih gdje u studiju se dodavaju dodatne informacije o određenih akcijama na terenu ili sudionicima natjecanjima. Tako primjerice kod plivačkog natjecanja se može razaznat ime/država svakog po redu koji je završio etapu na bazenu sa tv ekrana ili kod snimki nogometnih akcija bolje predočiti kretnje, akcije i događaje na terenu.[24]

4.2. Marketing i turizam

Virtualna stvarnost pronalazi svoju upotrebu u marketingu gdje Jurjević (2017) napominje Audi koji je od 2015. počeo koristiti Oculus Rift u svojim trgovinama kao vizualnu pomoć kupcima za prilagodbu automobila po narudžbi i prezentaciju kako bi to izgledalo se utrkivati u njemu ili pomniji pregled ispod haube.[25]

Cetinić (2010) kod upotrebe proširene stvarnosti u marketinške svrhe ističe mogućnost da korisnici isprobaju određene komade odjeće ili modni dodatak kao što su primjerice naočale ili sat. U slici 29 je prikazan primjer upotrebe otisnutog markera u obliku papirnatog sata i onda uz web kameru i aplikaciju može korisnik isprobavati razne satove da vidi kako mu stoji i dali mu se sviđa modni izričaj koji bi ostvario nošenjem pojedinih modela satova. Još jedan primjer upotrebe proširene stvarnosti navodi Haler (2018) kod Ikeae koja je 2013. izdala katalog koji je posjedovao posebnim simbolom označen sadržaj koji se mogao prošireno pogledati pomoću

[24] Primjer analize gola na nogometnoj utakmici pomoću proširene stvarnost: https://www.vizrt.com/sports/news-articles/sky-sports-germany-and-viz-libero

[25] Primjer Audijevog iskustva virtualne stvarnosti za kupce: https://www.youtube.com/watch?v=OlR22W7eHrw

pametnih telefona i njihove aplikacije. Simbol bi se skenirao pametnim mobitelom i time dobile dodatne informacije o određenim artiklima.



Slika 29 Primjer isprobavanja sata pomoću proširene stvarnosti, Izvor: Cetinić (2010:41)

Cetinić (2010) također ističe mogućnost upotrebe proširene stvarnosti u turizmu zbog sve veće upotrebe prenosivih uređaja, odnosno pametnih telefona i tablet računala, preko kojih se mogu koristit aplikacije za dobivanje dodatnih informacija o zgradi ispred koje se stoji i blizini raznih objekata (banke, restorani i slično). Osim zgrada to uključuje i druge znamenitosti i tako bi se olakšalo i učinilo zanimljivije informiranje turista o različitim pojedinostima mjesta kojeg posjećuju.

U Hrvatskoj ima jedan takav primjer koji ističe Haler (2018) naziva Zagreb Time Travel. Radi se o turističkoj turi grada Zagreba pomoću tablet računala koji koristi i virtualnu i proširenu stvarnost i time je 'digitalni prozor' u prošlost grada. Ideja je da se aplikacijom prođe kroz četrnaest urbanih atrakcija grada navigacijom preko tableta koji onda pruža multimedijalne sadržaje i autentične slike i prikaze kao primjerice pomoću kamere od tableta za proširenu stvarnost kako bi pružili što bolje ali i edukativno iskustvo turistima koji posjećuju grad.[26]

Osim navedene turističke ture postoji još primjera u Hrvatskoj koje su djelo Culexa, tvrtke u Osijeku koja se specijalizira na izgradnji iskustva u virtualnoj stvarnosti. Jedno od njih su primjerice virtualna šetnja kroz turističko naselje smještenog u Nacionalnom parku Plitvička jezera[27] koji omogućuje potencijalnim posjetiteljima posjet u virtualnom okruženju prije nego što se odluče za posjet fizički. Osim virtualne stvarnosti rade i na proširenoj stvarnosti, kao primjerice VukovarAR knjižica proširene stvarnosti. Princip rada je sličan Ikea-inom katalogu

[26] Primjer kako aplikacija funkcionira: https://www.youtube.com/watch?v=SpHrhy6P7nU
[27] Dostupnim na: https://roundme.com/tour/305470/view/1320672/

sa proširenom sadržaju, samo u ovom slučaju radi se o knjižici vukovarskim znamenitostima. Kako sami navode na svojoj stranici odabrano je 10 znamenitosti koje su u knjižici prikazani kao motivi koje predstavljaju važne ljude, mjesta i događaje koji su obilježili povijest Vukovara. Nužno je skinut potrebnu aplikaciju na pametni telefon kako bi se mogao pregledati sadržaj proširene stvarnosti koji dotične motive prikazuje kao 3D objekte na zaslonu koji se mogu okretati i mijenjati njihova veličina po želji korisnika.[28]

Osim knjižice su i stvorili, kako Culex (2019) sam opisuje, prvi virtualni spomenik naziva Samostalni zrakoplovni vod koji su napravili u suradnji sa Memorijalnim centrom Domovinskog rata Vukovar u spomen osnivača voda Marka Živkovića, pilota Mirka Vukušića[29] te padobranaca Ante Plazibata i Rade Grive koji su poginuli na zadnjem letu 2. prosinca 1991 godine. Radi se o simulaciji jednog od letova iznad Vukovara 1991. godine koji se provodi u izložbenom primjerku aviona kakav se koristio tada u kombinaciji sa VR naočalama HTC Vive Pro, automatski ventilatorom i zvučnik koji imitira rad motora. Simulacija počinje u Đakova nakon čega je iduća scena let iznad Vukovara tokom rata gdje virtualni padobranci u određenim trenutcima izbacuju paket pomoći dok neprijatelj pokušava oboriti avion. Dotična simulacija osim što je spomenik može poslužiti i u edukativne svrhe, slično sljedećem primjeru koji se spominje u idućem podpoglavlju.

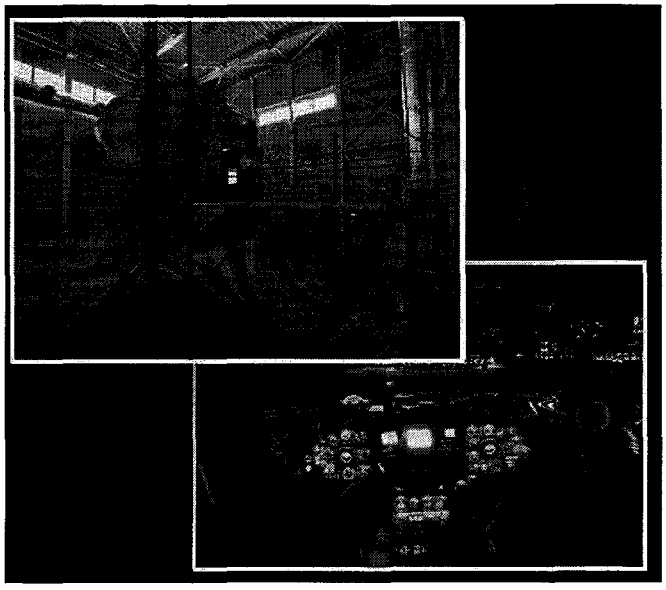
4.3. Edukacija

Virtualna stvarnost kod edukacije predstavlja zanimljiv medij za vizualizaciju, primjerice događaja iz povijesti kako bi se dali novi i zanimljiviji pogledi na njih. Jedan od njih je izložba "Povratak na mjesec" održana 2017. u Pomorskome i povijesnom muzeju Hrvatskog primorja Rijeka. U izložbi se koristio Oculus Rift za Apollo 11 VR edukacijsku aplikaciju. Dotična aplikacija rekreira događaje misije Apollo 11. Kako Tutek (2017) opisuje, osoba je sudionik u tom iskustvu koje počinje gledanjem Kennedyjevog govora u virtualnom okruženju nakon kojeg se kreće liftom prema raketi. Idući etapa je letenje prema Mjesecu, hodanje po njegovoj površini, vršenje eksperimenata i povratak na Zemlju. Rezultati primjene aplikacije prema autoru su iznimno dobre i smatra da će se više primjenjivati u edukaciji i muzejima ali prepreka su cijena i nemogućnost više osoba da prati iskustvo.

[28] Primjer upotrebe knjižice: https://www.youtube.com/watch?v=q9Ef-GUAbDg

[29] Samostalnog zrakoplovnog voda Osijek koji je bio jedan od prvih zrakoplovnih postrojbi formiranih u Hrvatskoj.

Još jedna upotreba koja se već puno ranije koristi ali i dalje je jako bitna i korisna je kreiranje simulatora uz pomoć pomičnih platformi sa prikazom virtualne okoline na zaslonima. Jedno od takvih se nalazi i u Hrvatskoj, točnije Krapinskim Toplicama, naziva Heli centar Toplice.



Slika 30 Prikaz pomične platforme izvana (gornja slika) i kokpit tijekom upotrebe (doljnja slika), Izvor: Heli centar Toplice (2019:mi-17-1v simulator)

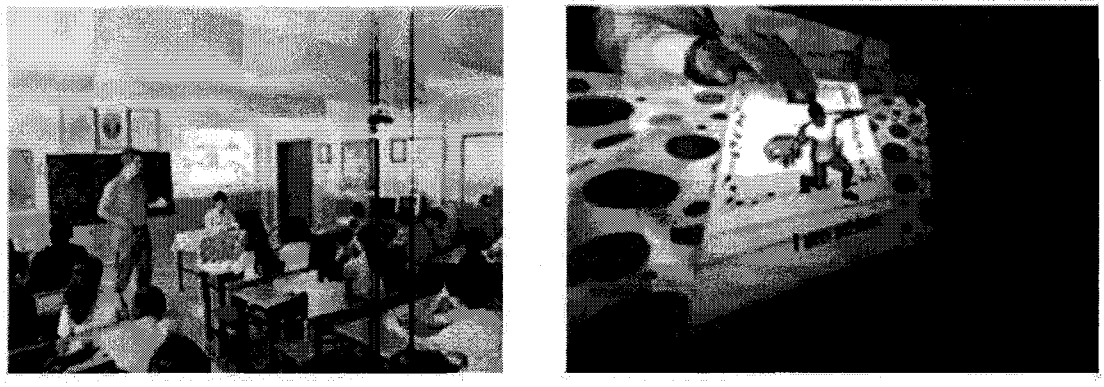
Lechpammer, S. (2019) navodi da su radom započeli 2015. i da u njemu dolaze na trening piloti iz cijelog svijeta gdje se određene situacije moraju provježbati što u stvarnosti nije moguće jer su veoma opasne. Pomična platforma tijekom simulacije se rotira, trese, i pomiče u različitim smjerovima. Centar posjeduje još jedan simulator koji nije pomična platforma dok je sve ostalo isto na njemu. Kako sami navode na svojim stranicama njihov centar nudi trening za MI-17 helikopter (koji je najpopularniji za upotrebu u svijetu) za obnavljanje obuke, usavršavanje ili osvježavanje vještina, noćne letove, planinske rute letenja, letenje u formaciji, let prema brodovima i naftnim platformama, po nevremenu itd.

Postoje istraživanja koja testiraju kako virtualna i proširena stvarnost pomaže u nastavi. Među njima su istraživanje Yilmaz, Aydemir, Karaman i Goktas koji su proučavali koliko su aktivni studenti koji koriste virtualnu stvarnost[30] kao sredstvo za nastavu na daljinu (naspram videokonferencije) i Solak i Cakir koji su ispitali ulogu proširene stvarnosti u nastavi jezika.

Yilmaz, Aydemir, Karaman i Goktas (2016) su pripremili virtualnu učionicu u odabranom virtualnom okruženju kroz koje su održavali predavanje za odabranu grupu studenata dok su za

[30] Doduše radi se o Second life virtualnom svijetu što bi se moglo smatrati videoigrom, zbog čega obuhvaćenost odabranih studenata virtualnom stvarnošću je neobuhvatna virtualna stvarnost.

još jednu koristili jedan od odabranih programa za videokonferenciju (Adobe Connect). Njihovi zaključci su da je virtualno okruženje olakšalo komunikaciju studentima jer im takav način nastave nije dao dojam otuđenosti. U takvom okruženju su se osjećali ugodno što pospješilo međusobnu suradnju studenata kao i aktivnost i društvenost. Sve to naspram videokonferencije jer za razliku od nje oni mogu ostvariti bolju interakciju i time se osjećaju kao dio okruženja. Ipak autori naglašavaju da je potrebno duže i detaljnije istraživanje ove tematike kako bi se otkrile sve činjenice (i potencijalne nedostatke).



Slika 31 Ilustracija upotrjebljene proširene stvarnosti istraživanja Solak i Cakir, Izvor: Solak, Cakir (2016:1071)

Solak i Cakir (2016) su u svom istraživanju koristili tada dostupne primjene proširene stvarnosti naspram obične nastave stranog jezika kod osnovnoškolaca petog razreda. I u ovom istraživanju se to provodilo na dvije skupine. Jedna skupina je imala uobičajenu nastavu jezika, odnosno tradicionalnim metodama, s ciljem proširenja vokabulara dok se kod druge skupine koristila proširena stvarnost s istim ciljem. Obje skupine su imale test prije i poslije nastave. Rezultati njihovog istraživanja ukazuju da su učenici pomoću proširene stvarnosti ostvarili bolje rezultate s naglaskom da je znanje i jedne i druge skupine prije nastave bilo gotovo jednako. Također su rezultati pokazali da skupina izložena proširenoj stvarnosti je naučeno upamtilo bolje u dugoročnom pamćenju. Autori smatraju temeljem svojeg istraživanja da je nastavu uz proširenu stvarnost učinkovitija za mlađe učenike jer potiče njihovu motivaciju ali također naglašavaju da je njihovo istraživanje samo odraz o procesu učenja učenika i nužno je opširnije istraživanje koje uključuje dodatne faktore utjecaja.

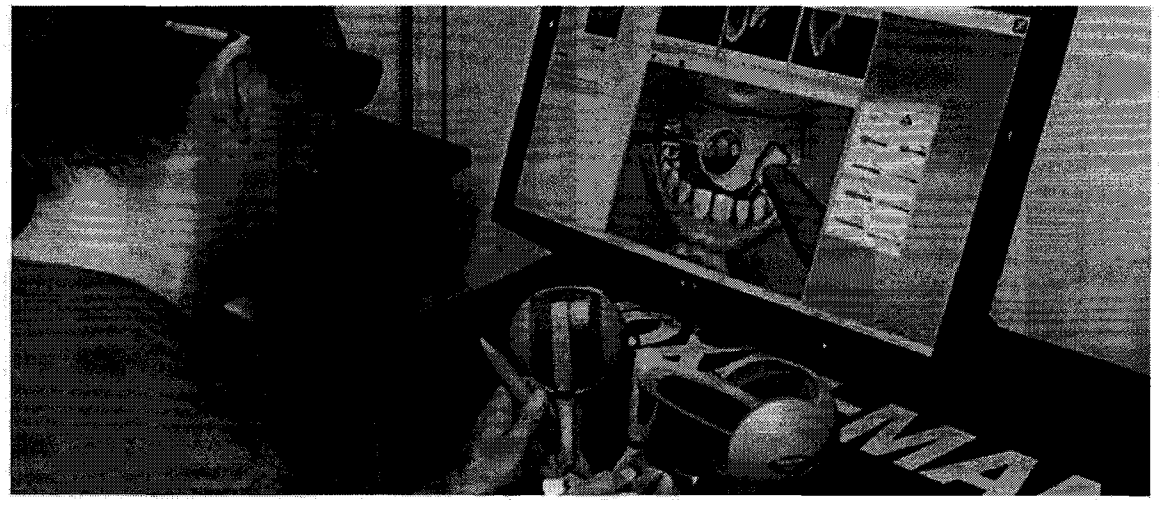
Radosavljević, Radosavljević, Grgurović i Jelić (2018) smatraju da se proširena stvarnost može upotrijebiti i kod mobilnog učenja[31]. To bi trebalo biti interaktivna mobilna proširena realnost

[31] Pod vrsta e-učenja koje označava upotrebu prijenosnog uređaja (npr. pametni telefon, laptop ili tablet računalo) kod kojeg učenik/student bira kada i gdje će učiti. Osim prilagodbe uvjeta individualnog učenja, takvo učenje je bogatije multimedijalnim sadržajem i nudi interaktivno učenje.

gdje je dostupan materijal interaktivan dok kamera je uređaj za praćenje. Prikazom 3D modela, uz ostale multimedijalne sadržaje, bi pojašnjenje trebalo biti lakše i učinkovitije. Autori zamišljaju da bi se proces provodio na način da učenik/student skine aplikaciju na svoj mobilni uređaj, aplikacija kada se pokrene ažurira nove lekcije za učenje, mobilni uređaj preko senzora pronalazi markere za prikaz virtualnih elemenata na registriranoj slici i prikazuje na zaslonu. Učenik/student promatra i manipulira virtualnim elementima koji u ovom slučaju su dodatne informacije i za kraj se propitkivanjem ocjenjuje učenik/student. Takvim načinom bi primjerice učenici koji moraju za zadaću napraviti herbarij to uradili bez ubiranja biljaka uz lakšu dostupnost informacija, zanimljiviji prikaz biljke na zaslonu i pomoglo barem malo u očuvanje prirode jer bi se uklonile invazivne radnje, makar one bile u edukativne ili znanstvene svrhe.

4.4. Zdravstvena industrija

Prednostima virtualne stvarnosti najviše profitiraju kirurzi. Buzjak (2016) ističe NeuroVR, uređaj koji služi za treniranje kirurga preko virtualnog simulatora. Sastoji se od integriranog računala za pokretanje simulacija, zaslona za prikaz, dva uređaja za simulaciju sile (naziva PHANToM) i vježbe koje se temelje na stvarnim nalazima pacijenata. Tim uređajem kirurzi početnici dobivaju nužno iskustvo kako bi se izbjegle potencijale greške na ljudima i simulacijom sile dobivaju nužni osjećaj za rezanje i pritisak kod stvarnih situacija kako bi bili što precizniji i učinkovitiji ili pripremljeni za one osjetljive slučajeve kao što su operacije mozga. Osim samostalnim učenjem se također uklanjaju troškovi jednokratnih materijala i upotrebe dezinfekcijskih sredstava i sterilnog materijala.



Slika 32 VOXEL-MAN dental u upotrebi, Izvor: Buzjak (2016:41)

Autor također navodi i VOXEL-MAN dental, sličan simulator ali za stomatologe. Sličnih postavki kao NeuroVR, uz haptički uređaj koji omogućuje razlikovanje cakline, mesnog tkiva i ostalog kod stomatoloških zahvata kao i točna simulacija svih instrumenata koje stomatologu stoje na raspolaganju (ali i upotreba nožne papučice kojom se upravlja brzina brusilice). Slično kao i kod kirurga omogućuje samostalno vježbanje radi stjecanja iskustva i time izbjegavanja potencijalnih grešaka, uklanjanje troškova kao i uklanjanje troška korištenje vode i komprimiranog zraka.

Također u kombinaciji sa robotom može poslužiti i za rehabilitaciju. Tutak (2017) navodi primjer sa upotrebom ELISE robota, robotski okvir, sa servomotorima, koji pokriva cijeli gornji ljudski ud (od ruke do ramena) koji služi za biološku povratnu snagu kod žrtava moždanog udara, koji su od udara zadobili paralizu u gornjim udovima. Dok sam robot služi za aktivne vježbe, gdje korisnik vrši radnje koje robot bilježi, i pasivne vježbe, gdje robot vrši tražene radnje prikazane u virtualnoj stvarnosti, virtualna stvarnost nudi još i dodatne impulse za mozak u obliku vizualnih i audio elemenata.

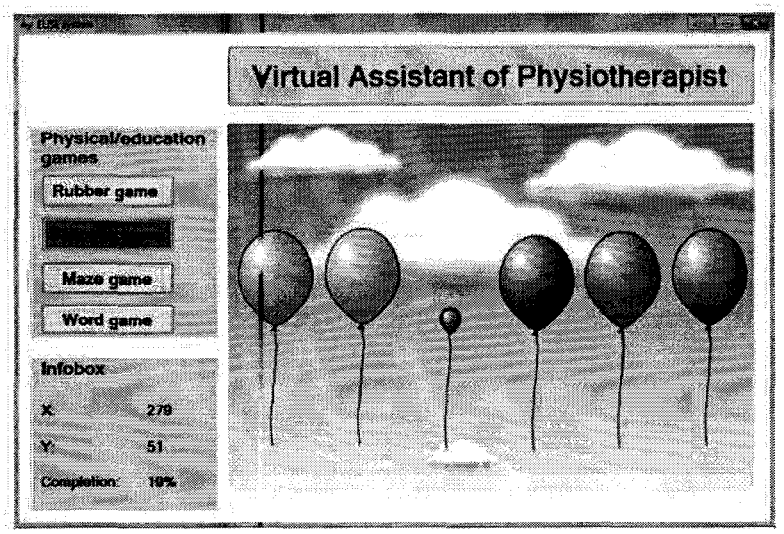


Slika 33 ELISE u upotrebi sa virtualnom stvarnošću, Izvor: Tutak (2017:452)

Autor opisuje četiri igre[32] koje su dostupne za upotrebu sa robotom, tri koje služe za vježbanje određene radnje sa rukom i jedna koja je igra riječi kao edukacijska igra. Kod vježbi aktivnosti pacijent kod jedne igra mora uhvatiti rukom gumeni vršak robotske ruke i pomicat u prostoru kako bi otkrio sliku, kod druge isti taj gumeni vršak mora stiskati i opuštati kako bi ispuštao ili napunio zrak u balone na ekranu dok kod treće igre se radi o preciznosti pomicanja pokazatelja

[32] Koje Tutak (2017) navodi dolazni standardno sa ELISE robotom. One su prilagodljive od strane fizioterapeuta kako bi ih prilagodili trenutnom stanju pacijenta.

na ekranu kroz skučeni prostor. Kod igre riječi pacijent mora izdvojiti uljeza kod ponuđenih riječi. Dok su prve tri vježbe dizajnirane kako bi stimulirali ponovno korištenje uda kako bi se uklonila paraliza, edukacijska vježba je stvorena zbog potencijalne poteškoće kod dotičnih žrtava koja se može javljati, a to je problem sa korištenjem ili razumijevanjem riječi.



Slika 34 Jedno od igara za rehabilitaciju- igra balona za vježbe stiskanja, Izvor: Tutak (2017:454)

Dotični robot osim kao pomagalo za rehabilitaciju predstavlja i dodatnim izvorom podataka oko izvedbe pacijenata kako bi se mogla postaviti što bolja dijagnoza ali ne predstavlja zamjenu fizioterapeuta, posebice pošto se ovaj sustav koristi pod nadzorom dotičnog terapeuta.

Upotrebe proširene stvarnosti na način da se medicinske slike preklapaju preko pacijenta imaju veliki potencijal ali kako Cetinić (2010) navodi potrebna je izuzetna preciznost zbog čega nije u široj uporabi i zbog toga je sigurnije je upotrijebiti u situacijama kao primjerice planiranje zahvata u kirurgiji jer u medicini je greška nešto što se ne može priuštiti.

Još jedna bitna stavka kod svih ovih primjera i razvoja za medicinsku tehnologiju je i razvoj programske podrške za sve navedene i ostale upotrebe u medicinske svrhe, od kojih je jedan primjer SOFA Framework. Radi se o simulatoru fizike , prije svega medicinske ali pronalazi i upotrebu i u drugim granama, koji je 2005. prikazan. Bez nužne programske podrške je otežano stvaranje adekvatnih rješenja bilo to za virtualnu ili proširenu stvarnost, bez obzira kakvi sve uređaji se pojave na raspolaganju.[33]

[33] Primjer upotrebe Oculus Rifta za simulaciju sječenja jetre pomoću SOFA-e: https://www.youtube.com/watch?v=w89t7Z6sG6g

4.5. Inženjering i modeliranje

Virtualna stvarnost prema Jurjević (2017) može imati veliku ulogu u dizajnu, arhitekturi i inženjerstvu jer čak i one najmanje odluke mogu imati veliki utjecaj i obično u ovim područjima su potrebna velika preciznost kako završni proizvod, vrijeme i uloženi novac nebi bili upropašteni. Isto tako omogućuje sigurno mjesto za testiranje prototipova u sigurnoj okolini i to sve dok se sa sigurnošću može utvrditi da su svi manjkovi uklonjeni čime bi se izbjegli i vanredni rashodi.

Mandić i Ćosić (2011.) su u svom članku predviđali kako će sustavi virtualnog inženjeringa dobiti na sve većem značaju, među kojem i virtualna stvarnost preko svojih ulaznih i izlaznih uređaja igra bitnu ulogu za vizualizaciju u virtualnom okruženju. Razlog tomu je što će u dotičnom sustavu izrada virtualnih prototipova postati neizbježna komponenta kod stvaranja digitalnog modela[34] kojeg primjerice označava njegov razvoj, dizajniranje i testiranje proizvedenog proizvoda radi kontrole kvalitete. Oni opisuju slične prednosti kao Jurjević (2017).

Buzjak (2016) to pokazuje u svom radu na primjeru montaže kućišta puhača za lišće na računalu pomoću posebnih programa za takve primjene gdje je usporedio upotrebu jednog haptičkog uređaja (PHANToM) naspram uobičajenog pristupa, odnosno miša i tipkovnice. Zaključke koje je izvukao iz dotičnog primjera su da korištenje takvog sustava zahtijeva učenje i prilagodbu za razliku od miša i tipkovnice koji su lako dostupni i u većini slučajeva njihovo korištenje je poznato. Ipak za razliku od klasičnog sklapanja, uz odgovarajuće uređaje, ovim načinom se može osim vizualnih povratnih informacija dati i osjećaji dodira i sile koji su za inženjere jako korisne informacije i već navedenu mogućnost ranog otkrivanja grešaka i uštede koje bi se ostvarile otkrićem, bez obzira što ovakav način zahtjeva više vremena nego izrada fizičkog prototipa i njegovo testiranje dijelova (posebice kod jako skupih).

Ali kako tehnologija napreduje i time ulazni uređaji, tako se stvaraju i testiraju nove mogućnosti za interakciju koja bi olakšala radnju u virtualnom okruženju koje počinje biti sve isplativije. Jedno takvo je prikazano u radu Poljaneca i Kukeca (2016) koji su prikazali upotrebu Leap Motion uređaja kod aplikacije sastavljanja računala[35]. Time su pokazali jedno od, kako i sami

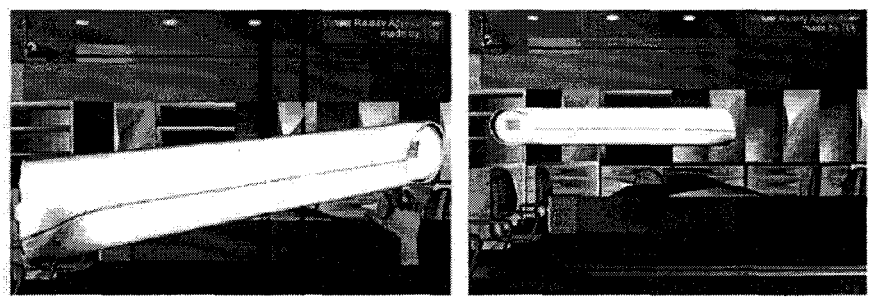
[34] Koju autori opisuju kao platformu pod koju se zadnjih godina sve tehnologije virtualnog inženjeringa svrstava.
[35] Koju su sami za potrebe rada izradili

kažu, potencijalnih mogućnosti kakvu nudi ovaj uređaj među kojim ističu i edukacijske mogućnosti.



Slika 35 Usporedba između sklapanja u virtualnom okruženju i fizičkoj stvarnosti, Izvor: Buzjak (2016:37)

Buzjak (2016) također navodi primjer i kod dizajniranja pokretne trake u virtualnoj stvarnosti, čija primarna zadaća je da se uklone (ili barem što bolje minimaliziraju) opasnosti za zaposlenike od ozljede na radu, povećala sigurnost pri radu i olakšalo obavljanje zadanih zadataka. To se vrši virtualnim kreiranjem postrojenja, 3D printanjem nužnih maketa (za što bolju rekreaciju pravog primjera) i obavljanje virtualnih, u stvarnosti potencijalno opasnih, zadataka koji zaposlenici obavljaju fizički. Na temelju rezultata virtualnog sklapanja vrše se zaključci o nužnim promjenama koje treba izvršiti. Kao primjer navodi Ford koji je dotičnu metodu upotrijebio kod dizajniranja Mustanga 2015.,F-150 i Explorer 2016. i povrh toga smanjio stupanj ozljeda na traci za 70%.



Slika 36 Provjera nanovo dizajnirane ručke u virtualnom okruženju pomoću virtualne stvarnosti, Izvor: Mandić, Ćosić (2011:377)

Mandić i Ćosić (2011.) su prikazali svojom studijom slučaja primjer reinženjeringa već postojećeg dijela ručke kod koje su se skenirali postojeći dio i pripremak, stvorili prototip novog dijela, testirali i provjerili preko specijalnog programa i pregledali virtualni dio pomoću virtualne stvarnosti kako bi izradili prilagođeni dio ručke. Autori navode da je bitno izraditi

fizički prototip, ali brzi fizički prototip, što pojašnjavaju je potrebno radi usporedbe sa prethodnim fizičkim ali i provjeru dijela stvorenim u virtualnom okruženju koje također skeniraju nakon izrade za prijenos u virtualno okruženje. Prema primjeru dizajniranja pokretne trake ali i reinženjeringa ručke je vidljivo ipak da unatoč mogućnosti virtualne stvarnosti i preciznosti računala je nužno napraviti i fizički prototip radi provjere na greške i propuste u razvoju.[36]

Za implementaciju virtualne stvarnosti sa posebnim programima u sve navedene svrhe, nužno je imati program koji će omogućiti integriranje stvorenih podataka i stvaranje sučelja kojim se može prikazati i manipulirati stvoreni modeli u virtualnom okruženju. Jedno od takvih je IrisVR koji je dizajniran za sva navedena područja[37] ali i za, kao što i sami navode na svojim stranicama, edukacijski alat za dizajn, inženjerstvo itd., za što bolju prezentaciju klijentima ili međusobni dogovor i raspravu kod zaposlenika bez obzira na njihovu razinu obrazovanja.[38]

Prema Cetinić (2010) proširena stvarnost ima potencijala upotrebe kod dizajna interijera ili vizualizaciji instalacije i strukture. Tako se primjerice može određena prostorija označiti markerima i izradom 3D modela dizajna prostorije koji se uklopi u označeni prostor stvoriti bolji primjer i dojam kako bi prostorija izgledala uživo nakon uređenja[39] ili dobiti bolji opis provoda struje, vode i slično u zgradi kao i "kostur" same zgrade.



Slika 37 Primjer upotrebe proširene stvarnosti kod dizajna interijera u prostoriji označeno markerima, Izvor: Cetinić (2010:40)

[36] Dotičan pristup Mattila (2016). smatra da ima potencijala i kod modne industrije preko aplikacija za proširenu stvarnost i 3D na principu from-Roll-to-BAG u kojem se proizvodnja lokalizira, a dizajn odjeće prepušta kupcima preko aplikacija ali bez kreiranja brzog prototipa kao što je slučaj u inženjeringu.

[37] Primjer upotrebe IrisVR (ranije verzije): https://www.youtube.com/watch?v=EHmBc3AxpRw

[38] Funkcijom koju zovu Multiuser Meetings. Pomoću dotične funkcije više sudionika može se nalaziti i manipulirati virtualnim okruženjem kojeg dijele.

[39] Također jedan takav sličan primjer koji zahtjeva samo pametni telefon i instalaciju aplikacije je IKEA-ina IKEA Place aplikacija kojom odabirete određeni namještaj i usmjeravanjem kamerom u određeno mjesto i samim smještanjem i okretanjem se dobiva dojam na zaslonu pametnog telefona kako bi otprilike izgledalo ako bi se određeni komad namještaja kupio i smjestio u prostoriji koja se snima kamerom.

Još jedna potencijalna primjena proširene stvarnosti povezana sa rukovanjem mehanikom i proizvodima je i olakšano održavanje postrojenja ili prijevoznih sredstava. Vasiljević, Borović i Vukić (2011) spominju testiranja sveučilišta Columbia kod kojeg brodski mehaničar uz pomoć posebnih naočala koji prikazuje strjelice, uputstva, upozorenja i 3d model nužnog alata, uz pametni telefon na zapešću za interakciju sa proširenom stvarnošću. Prvi rezultati su pokazali da je ovaj sustav od pomoći (zato što u tom poslu se radi o provlačenju u uskom prostoru i održavanje kompleksnih postrojenja zbog čega bi nošenje laptopa i papirnate dokumentacije otežalo stvari), a radi se o tehnologija koja se već koristi u automobilskoj industriji.

4.6. Vojna industrija

Virtualna stvarnost je svoju primjenu našla i u vojsci u obliku simulatora sa pomičnim platformama ali i upotrebu oružja kao i obuku u upotrebi taktika, vježbanje scenarija, komunikacija i slično. Jedno od takvih je simulacija naziva Virtual Battlespace (skraćeno VBS) čija je prva inačica nastala 2001. temeljem videoigre Operation Flashpoint: Cold War Crisis koja je izašla ranije iste godine i bila po žanru pucačina iz prvog lica ali je radila na tome da bude što realističnija za razliku od drugih u žanru.[40] Druga inačica (VBS2) je nastala opet na temelju Operation Flashpoint videoigrice (točnije ARMA: Armed Assault 2006.) i izdana je 2007., dok je trenutna najnovija inačica VBS3 (izdana 2014.) koju koristi preko 50 vojski država članica NATO-a među kojim Štimac (2013) navodi su Oružane snage RH (od VBS2) na temelju ARMA3 videoigre.



Slika 38 Vojnik koji uz pomoć projektora, posebne optike na oružju i VBS3 simulatoru vježba gađanje snajperom, Izvor: Bohemia Interactive Simulations (2019:small arms weapons training)

[40] Gdje je lik kojim igrač upravlja ima karakteristike super vojnika ili kao u akcijskim filmovima, gdje glavni lik raspolaže sa iznimnim vještinama i refleksima kojim je praktički vojska od samo jednog čovjeka. Sve je to napravljeno prije svega kao zabavno iskustvo za igrača dok Operation Flashpoint nastoji prikazati igraču kako se oružani konflikti odvijaju u stvarnom svijetu, sa realnijim ishodima i posljedicama.

Barron i Bohemia Interactive Simulations (2019) na svojim stranicama navode kako se njihova simulacija koristi za treninge kao što su čišćenje ruta, prepoznavanje vozila, nauka protivničkog razmišljanja, pretraga objekata i vozila, upravljanje vozilom[41], uvježbavanje posade tenka[42], prva pomoć, uvježbavanje inženjera, ronjenje, korištenje radio uređaja, padobranstvo[43], upoznavanje s brodom, pravila borbe itd.[44], koji posjeduje mnoge modele vojnika, civila, vozila (civilnih i vojnih), vrsta terena kao i alat za analizu ishoda simulacija. Stalnom nadogradnjom su i proširili podršku na uređaje virtualne stvarnosti (od 2016. za Oculus Rift i HTC Vive a kasnije i za druge) kako bi se rekreirale što bolje simulacije.

Jedan sličan simulator koji je više videoigra se zove Digital Combat Simulator koji se koncentrira na simuliranju upravljanja raznih zrakoplova i helikoptera, čiju upotrebu je našao i u izgradnji simulatora aviona zvanog A-10C za američku vojsku za treniranje pilota čije točne specifikacije su tajna.

Ovi navedeni primjeri ukazuju na nove mogućnosti obučavanja vojnog osoblja koje je sigurnije i iziskuje manje troškove nego upotreba prave opreme zbog čega je jako primamljiva alternativa fizičkih vježbi kod koje može doći i do smrtnih slučajeva[45], ali daleko od toga da može u potpunosti zamijeniti. Ipak postoje i opasnosti kao primjerice desenzibilizacija osobe prema drugima i time oblikovanja uma da obavi zadatak, odnosno da ubije ciljane osobe kao bezosjećajni stroj. Štimac (2013) navodi primjer modernih američkih podmornica (klase Virginia) koje prve nemaju fizički periskop, nego se oslanjaju na digitalne senzore i njihova očitavanja preko kojih posada ne može praktički svojim čulima biti sigurna dali se novi svjetski rati odvija ili jeli je gotov ako do njega ikad dođe.

---

[41] Primjer upotrebe u kombinaciji sa Rheinmetall pomičnom platformom: https://www.youtube.com/watch?v=6N9dyZ4IFA0 i Novatech VR RHIB simulator sa VR naočalama: https://www.youtube.com/watch?v=CDxPhZY6zvA

[42] Primjer upotrebe: https://www.youtube.com/watch?v=mBcJJvWzDhE

[43] Primjer upotrebe sa posebno dizajniranom platformom PARASIM: https://www.youtube.com/watch?v=1piQAEumeFM

[44] Primjer postavljenog simulatora za više različitih jedinica za što bolju međusobnu komunikaciju od vojnika sve do pilota u zraku, time se objedinjava više treninga u jednom preko simulatora: https://www.youtube.com/watch?v=rclctnbr3-0

[45] Kao primjer može poslužiti najnoviji izvještaj britanskog ministarstva obrane za razdoblje od 2000. do 2018. koje ustvrdilo da oko 6% preminulih u sastavu vojnih jedinica je umrlo na raznim vrstama vježbi, doduše od raznih razloga koji nužno nisu direktno povezani sa vježbama, kao primjerice od bolesti. (dostupno na: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/746547/20180927_UK_Armed_Forces_Training_and_Exercise_deaths_v2-O.pdf)

5. Udaljena stvarnost na primjeru ORQA FPV One

U ovom poglavlju se opisuje ORQA FPV One naočale, koju je izumila hrvatska tvrtka Orqa LTD koja je registrirana u Irskoj ali postrojenje za razvoj i proizvodnju se nalazi u Osijeku. Njihove naočale iako svojim izgledom podsjećaju na naočale za virtualnu stvarnost, zapravo se radi o naočalama za udaljenu stvarnost (eng. remote reality) čiji pojam se opisuje u prvom podpoglavlju i uspoređuje naspram virtualne stvarnosti. U drugom podpoglavlju ukratko opisuje se razlog nastanka naočala i u trećem nastoji pojasniti kako one funkcioniraju.

5.1. Definicija udaljene stvarnosti i razlika naspram virtualne stvarnosti

Udaljena stvarnost se odnosi na tehnologiju koja nastoji pružiti iskustvo prisutnosti u stvarnom okruženju gdje se korisnik nalazi u drugom fizičkom mjestu. Cilj ove tehnologije je to postići sa što manjim kašnjenjima prijenosa slike kako bi se mogla primijeniti u dinamičnim uvjetima okoline. Načina na koji to postiže su naočale koje, kao i VR naočale, posjeduju montirane zaslone na posebnu optiku pred očima korisnika, uređajem za snimanje (odnosno kamerom) i odašiljačem i prijamnikom snimljene slike.

Orqa (2019) ističe da se ona smatra vrstom virtualne stvarnosti (prije svega zbog upotrebe posebnih naočala) ali zbog uređaja koje koristi ona je posve druga vrsta tehnologije. Posebice pošto određeni nedostaci na koje Orqa ukazuje su i njihove razlike.

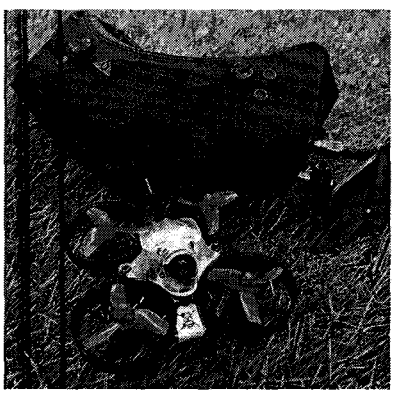
To je prije svega nužno vidno polje. Kod virtualne stvarnosti ona se pokušava povećati što više dok kod udaljene stvarnosti ona se svodi više na fokusirano polje zbog dva razloga: radi što manjeg kašnjenja prijenosa i što bolji fokus korisnika na nužne informacije u dinamičnim situacijama. Također virtualna stvarnost zahtjeva veliku procesorsku moć i time i crpi dosta električne energije zbog čega se ona teže može koristiti u mobilnoj inačici (iako u zadnje vrijeme nova mobilna rješenja kao Oculus Quest i Go i HTC Vive Focus ukazuju na drugačije) što kod uređaja za udaljenu stvarnost nije slučaj zbog manjeg vidnog polja i time se mogu napraviti i manje naočale.

5.2. Nastanak ORQA-e i FPV One-a

ORQA je uvidjela razlike udaljene stvarnosti naspram virtualne stvarnosti i odlučila da postane najbolja tvrtka u izradi tehnoloških rješenja za upotrebu udaljene stvarnosti, posebice pošto je tehnološka industrija koncentrirana na virtualnu stvarnost. Prema njima dostupnim podacima tržište udaljene stvarnosti će biti otprilike jednake veličine kao tržišta virtualne i proširene stvarnosti (otprilike 45 milijardi dolara) i razvojem tehnologije udaljene stvarnosti ona će postati svoja vlastita domena u kojoj oni žele biti jedno od prvih dobavljača kako bi ostvarili dominantnost na tom tržištu. Tim činjenicama su osnivači osnovali Orqa-u i počeli na razvoju naočala ORQA FPV One.

5.3. Princip rada

Kao što je već navedeno udaljena stvarnost zahtjeva posebno dizajnirane naočale, uređaj za snimanje i odašiljač i prijamnik za prijenos slike.



Slika 39 ORQA FPV One naočale sa priključenim prijamnikom i dron koji ima kameru i odašiljač, Izvor: Orqa (2019:Instagram profil)

U slici su prikazane naočale i prikačeni prijamnik (antena FPV.P1) na njima dok antena još ima dodatni dio što je kamera i odašiljač što snima (dok u slici se koristi poseban dron), koji se postavljaju na razna vozila, ali trenutnu primjenu pronalazi na dronove. Ono što kamera snima se odašilje na antenu koja je montirana na naočale i prikazuje sliku na naočalama korisniku[46]. To se ostvaruje pomoću radio ili LAN prijenosa slike u lokalnoj udaljenosti ali se Orqa nada da će dolaskom 5G tehnologije omogućiti bolju primjenu. Zasad je najšira upotreba kod dronova i u svom načinu rada podsjeća na teleprisutnost što zahtjeva usporedbu s njom.[47]

[46] Primjer upotrebe Orqa FPV One sa dronom i prikaz slike iz korisnikovog kuta: http://www.youtube.com/watch?v=qCD3ur2C2o8&t=5m20s

[47] Doduše taj pojam postoji od prije i opisan je od Terry Boult-a još 1998. o kojem se može pročitati na: http://www.cs.columbia.edu/CAVE/publications/pdfs/Boult_IUW98.pdf

6. Zaključak

Virtualna i proširena stvarnost označavaju stvaranje virtualnih elemenata, gdje proširena nastoji te elemente implementirati u fizički stvarnost čovjeka dok virtualna nastoji stvoriti u potpunosti sintetičku okolinu za sva čula čovjeka i njegovu percepciju. To se ostvaruje pomoću niz senzora koje bilježe radnje korisnika u tim stvarnostima dok pomoću raznih izlaznih uređaja (prije svega posebnih naočala koje su prenosivi zasloni) doživljava kako se ti potpuno ili djelomično sintetički svjetovi odvijaju, uključujući njegovim utjecajem.

Ove tehnologije stvarnosti postoje i razvijaju se kroz više desetljeća i za širu javnost su uglavnom bili u sjeni dok ga je profesionalni i znanstveni svijet stvorio i razvijao kako bi ostvario što bolje svoje ciljeve ili se pripremio što bolje za ostvarivanje istih. Ipak komercijalizacijom 80-ih i 90-ih i ponovnom popularnošću zadnjih godina ove tehnologije dobivaju na značaju u svijetu prosječne osobe, posebice pošto se radi na njezinoj dostupnošću ali i realnijim očekivanjima o tome što ova tehnologija nudi. Za razliku od 80-ih i 90-ih gdje su očekivanja bila nerealna, a podrška slaba, u današnjem razdoblju to nije slučaj pošto pronalazi široku uporabu kod već postojećih oblika, kao primjerice igrica ili aplikacija i simulatora za vojsku i civilne sektore koje šire podršku za virtualnu stvarnost zbog koristi koje donosi i bolje/realnije iskustvo dotičnih događaj, ali i stvaranjem podrške na način da se sadržaj razvija sa dizajnerskom filozofijom za virtualnu stvarnost dok je klasičan prikaz (ako je uopće moguć) inferioran. Također današnja kvaliteta izvedbe ovih tehnologija koji zadovoljava potražnju prosječnog korisnika definitivno nije na odmet tom uspjehu, što kod prvog vala komercijalizacije nije baš bio slučaj, ali i iskorištavanje tehnologije koja je razvijena za druge digitalne grane također obilježava razvojni put virtualne i proširene stvarnosti pošto dosta toga zajedničkog dijele, posebice pošto im je svima u srži računalo osnovni okvir.

Udaljena stvarnost je pojam koji se miješa sa virtualnom stvarnošću ali već u svojoj ranoj fazi se može smatrati posve drugačijem od nje. Ipak svojim načinom rada podsjeća na teleprisutnost zbog čega je nužno pratiti razvoj ovog pojma i njegove tehnologije kako bi se u adekvatnom trenutku njezinog razvoja mogla usporediti sa tehnologijom teleprisutnosti.

Jedno je ipak sigurno, virtualna i proširena stvarnost je oduvijek postojala i bila prisutna, samo je trebala vremena da stasa i za širu uporabu. S trenutnog gledišta je tehnologija koja će opstati kao pametni uređaji i internet prije njih i dalje se razvijati kako bi prodrla u sve grane koje ima potencijala za upotrebu.

Literatura

1. Barron, A. (2019) Projekti Andrew Barrona. Andrew Barron portfolio [Online] Dostupno na: http://andrewbarron.net/projects/ [pristupljeno 29.ožujka 2019.]
2. Bohemia Interactive Simulations (2019) Bohemia Interactive Simulations web stranice, Dostupno na: https://bisimulations.com/ [pristupljeno 29.ožujka 2019.]
3. Burdea, C.G., Coiffet, P. (2003) Virtual Reality Technology Second Edition. [Online] Hoboken:John Wiley & Sons, Inc. Dostupno na: https://books.google.hr/books?id=0xWgPZbcz4AC&hl=hr [pristupljeno 30.ožujka 2019.]
4. Buzjak, D. (2016) Virtualna stvarnost i njezine primjene. Završni rad [Online] Dostupno na: http://repozitorij.fsb.hr/5022/ [pristupljeno 27.veljače 2019.]
5. Cetinić, E. (2010) Kombinacija stvarnih i Virtualnih scena. Završni rad [Online] Dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/476812.Zavrsni_Rad.pdf [pristupljeno 28.veljače 2019.]
6. Culex (2019) Culex XR studio i agencija za digitalne medije. Dostupno na: https://culex.hr/ [pristupljeno 8.srpnja 2019.]
7. Duk, S., Šehić, D. (2017) Izrada VR igre pomoću A-frame radnog okvira. Polytechnic and design, Vol. 5 No. 2, 2017. [Online] str. 156-163 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/194912 [pristupljeno: 26.veljače 2019.]
8. Facebook Technologies (2019) Oculus web stranice, Dostupno na: https://www.oculus.com/ [pristupljeno 30.ožujka 2019.]
9. Grbavac, J., Grbavac, V. (2015) Utjecal multimedija posredstvom tehnologija virtualne realnosti na komunikacije. Media, culture and public relations, Vol. 6 No. 1, 2015. [Online] str.44-55 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/140077 [pristupljeno 4.ožujka 2019.]
10. Haler, K. (2018) Poslovna primjena virtualne i proširene stvarnosti. Završni Rad [Online] Dostupno na: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:112:985653 [pristupljeno 1.ožuka 2019.]
11. Heli Centar Toplice (2019) Centar za obuku zrakoplovstva Heli Centar Toplice web stranice, Dostupno na: https://www.heli-center.com/ [pristupljeno 31.ožujka 2019.]
12. HTC (2019) VIVE, Dostupno na: https://www.vive.com [pristupljeno 30.ožujka 2019.]

13. IrisVR (2019) IrisVR web stranice, Dostupno na: https://irisvr.com/ [pristupljeno 30.ožujka 2019.]
14. Jurjević, T. (2017) Virtualna stvarnost i uređaji za reprodukciju virtualne stvarnosti. Završni rad [Online] Dostupno na: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:155:007056 [pristupljeno: 27.veljače 2019.]
15. Lechpammer, S. (2019) Najmoderniji Heli centar u srcu Zagorja: Ovdje se obučavaju vojni piloti iz cijelog svijeta. Članak Večernjeg lista [Online] Dostupno na: https://www.vecernji.hr/vijesti/video-najmoderniji-heli-centar-u-srcu-zagorja-ovdje-se-obucavaju-vojni-piloti-iz-cijelog-svijeta-1310154 [pristupljeno 31.ožujka 2019.]
16. Mandić, V., Ćosić, P. (2011) Integrirani razvoj proizvoda i proces u kolaborativnom virtualnom inženjering okruženju. Tehnički vjesnik,Vol.18 No.3, 2011.[Online]str.369-378 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/71817 [pristupljeno 23.veljače 2019.]
17. Mattila, H. (2016) Digitalna moda – kako i kada?. Tekstil: časopis za tekstilnu i odjevnu tehnologiju, Vol. 65 No. 9-10, 2016 [Online] str. 327-333 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/186569 [pristupljeno: 23.veljače 2019.]
18. Nikodem, K. (2003) Čiji su to svjetovi iza nas? Virtualna stvarnost i ljudski identiteti. Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline, Vol. 12 No. 3-4, 2003. [Online] str. 211-230 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/47898 [pristupljeno 22. veljače 2019.]
19. Orqa (n.d.) ORQA web stranice, Dostupno na: https://orqafpv.com/, White paper i Executive Summary 2019 (nabavljeno od suosnivača Ivan Jelušić) [pristupljeno 31.ožujka 2019.]
20. Poljanec, N., Kukec, M. (2016) Upravljanje elementima korisničkog sučelja virtualne stvarnosti bez fizičkog kontakta s unosnim uređajem u okviru aplikacije za učenje. Tehnički glasnik, Vol. 10 No. 1-2, 2016. [Online] str. 45-50 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/162086 [pristupljeno: 25.veljače 2019.]
21. Popović, R., Cvetković, D., Marković, D. (2010) Multimedija. [Online] Beograd:Univerzitet Singidunum Dostupno na: https://books.google.hr/books?id=5D3ZPW1lw6sC&hl=hr [pristupljeno 28.ožujka 2019.]
22. Porter, J. (2016) Here are the best non-VR uses for the PlayStation VR. Članak TechRadara [Online] Dostupno na: https://www.techradar.com/news/here-are-the-best-non-vr-uses-for-the-playstation-vr [pristupljeno 8.lipnja 2019.]

23. Radosavljević, S., Radosavljević, V., Grgurović, B., Jelić, G. (2018) Proširena realnost kao deo mobilnog učenja. U 25. festival informatičkih dostignuća INFOFEST 2018. Ljumović, R. (ur.). Budva, Crna Gora. 30.rujna-8.listopada. 2018. Podgorica/Beograd: Ministarstvo javne uprave Crne Gore/Biznis Link. Str.128-137 Dostupno na: https://books.google.hr/books?id=8ohxDwAAQBAJ&hl=hr&redir_esc=y [pristupljeno 28.ožujka 2019.]
24. Sherman, R.W., Craig, B.A. (2018) Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design Second Edition [Online] Burlington:Morgan Kaufmann Dostupno na: https://books.google.hr/books?id=D-OcBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=hr#v=onepage&q&f=false [pristupljeno 30.ožujka 2019.]
25. SOFA Consortium (2019) SOFA-Simulation Open Framework Architecture, Dostupno na: https://www.sofa-framework.org/ [pristupljeno 29.ožujka 2019.]
26. Solak, E., Cakir, R. (2016) Istraživanje uloge tehnologije proširene stvarnosti u nastavi jezika. Hrvarski časopis za odgoj i obrazovanje,Vol. 18 No. 4,2016. [Online] str.1067-1085 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/172319 [pristupljeno: 26.veljače 2019.]
27. Štimac, D. (2013) Računalne igre kao Rezervoar Taktika i Alat za regrutaciju Virtualnih Ratnika: Armed Assault,ACE,VBS2. Polemos: Časopis za interdisciplinarna istraživanja rata i mira, Vol. XVI No. 32, 2013. [Online] str. 169-179 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/118738 [pristupljeno 25.veljače 2019.]
28. The Fighter Collection & Eagle Dynamics (2019) Digital Combat Simulator, Dostupno na: https://www.digitalcombatsimulator.com [pristupljeno 29.ožujka 2019.]
29. Togoh, I. (2018) This guy absolutely smashed a game of Beat Saber and it'll make you want to play. Članak Irish Independenta [Online] Dostupno na: https://www.independent.ie/world-news/and-finally/this-guy-absolutely-smashed-a-game-of-beat-saber-and-itll-make-you-want-to-play-36922840.html [pristupljeno 28.lipnja 2019.]
30. Tutak, S. J. (2017) Virtualna stvarnost i vježbe za gornji ud zahvaćen paralizom za preživjele nakon moždanog udara. Tehnički vjesnik, Vol 24 No. Suplement 2,2017. [Online] str. 451-458 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/186088 [pristupljeno 23. veljače 2019.]
31. Tutek, T. (2017) Apollo 11 VR- Oculus Rift na izložbi "Povratak na Mjesec". Informatica museologica, No. 48, 2017. [Online] str. 129-130 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/202828 [pristupljeno 22.veljače 2019.]

32. Valve Corporation (2019) Valve Index web stranice, Dostupno na: https://www.valvesoftware.com/en/index [pristupljeno 9.srpnja 2019.]
33. Vasiljević, A., Borović, B., Vukić, Z. (2011) Augmented Reality in Marine Applications. Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike, Vol. 62 No. 2, 2011. [Online] str.136-142 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/71509 [pristupljeno 4.ožujka 2019.]
34. Wikipedia (2019) Nintendo Virtual Boy. Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_Boy [pristupljeno 31.ožujka 2019.]
35. Yilmaz, R., Aydemir, M., Karaman, S., Goktas, Y. (2016) Društvena prisutnost u trodimenzionalnim virtualnim svjetovima koji se primjenjuju u nastavi na daljinu.Hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje, Vol. 18 No. 3, 2016. [Online] str. 859-897 Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/167970 [pristupljeno: 26.veljače 2019.]

Popis slika

Slika 1 Primjer mehaničke konstrukcije montirane na tijelo, Izvor: Popović, Cvetković i Marković (2010:149) 7
Slika 2 Senzor položaja ruke (eng. dataglove), Izvor: Popović, Cvetković i Marković (2010:151) 8
Slika 3 Ilustracija upotrebe senzora položaja ruke, Izvor: Burdea i Coiffet (2003:47) 8
Slika 4 Upotreba Leap Motion uređaja za aplikaciju za sklapanje, Izvor: Poljanec i Kukec (2016:47) 9
Slika 5 Primjer VR naočala od Playstationa, Izvor: Porter (2016:web članak) 10
Slika 6 Shematski i stvarni prikaz CAVE sustava, Izvor: Popović, Cvetković i Marković (2010:152) 12
Slika 7 Uređaj za dodir i silu CyberForce za CyberGlove rukavice, Izvor: Buzjak (2016:15) 12
Slika 8 Primjer pomične platforme, Izvor: Grbavac i Grbavac (2015:53) 13
Slika 9 Ilustracija koja promatraču prikazuje osobu koja se nalazi u virtualnoj stvarnosti, Izvor: Jurjević (2017:12) 14
Slika 10 Darqi pametne naočale sa ilustrativnim primjerom proširenog vida, Izvor: Sherman i Craig (2018:23) 17
Slika 11 Princip rada proširene stvarnosti preko aplikacije napravljene pomoću ARToolkit-a koristeći metodu praćenja pomoću markera, Izvor: Cetinić (2010:13) 18
Slika 12 Slika s web kamere u trenutku prepoznavanja markera, Izvor: Cetinić (2010:15) 18
Slika 13 Slika na ekranu dobivene kamere u trenutku izvođenju programa-prikaz virtualnog čajnika, Izvor: Cetinić (2010:26) 19
Slika 14 Patent periskopa postavljenog na glavu, Izvor: Sherman i Craig (2018:30) 20
Slika 15 Prvi simulator leta izumljen od Edwin Linka, Izvor: Sherman i Craig (2018:31) 21
Slika 16 A i B Primjer naočala koje je stvorio Sutherland, u A odjeljku su vidljive cijevi iznad osobe koje predstavljaju akustične senzore dok u B odjeljku se vidi mehanički senzor koji drži naočale korisniku i prati pokrete glave korisnika, nadimka Mač Damoclesa, Izvor: Sherman i Craig (2018:35) 22
Slika 17 Headsight - Philco Corporation, Izvor: Buzjak (2016:6) 22
Slika 18 NASA-in VIVED prototip sa rukavicama koje Fisher testira, Izvor: Burdea i Coiffet (2003:7) 24
Slika 19 Prikaz rukavice DataGlove i naočala EyePhones, Izvor: Buzjak (2016:8) 25

Slika 20 Prikaz Dactyl Nightmaresa, Izvor: Sherman i Craig (2018:41) 26
Slika 21 VR radna stanica Provision 100, Izvor: Burdea i Coiffet (2003:9) 27
Slika 22 Logitech-ov akustični sustav praćenja, Izvor: Sherman i Craig (2018:44) 28
Slika 23 Prototip uređaja Virual Perambulato, Izvor: Sherman i Craig (2018:46) 29
Slika 24 Nintendo Virtual Boy igrača konzola sa njezinim kontrolerom, Izvor: Wikipedia (2019) 29
Slika 25 CyberGrasp postavljen na rukavici CyberGlove za virtualno okruženje, Izvor: Sherman i Craig (2018:47) 30
Slika 26 Primjer AlloSphere, Izvor: Sherman i Craig (2018:51) 31
Slika 27 Google Earth VR aplikacija, Izvor: Oculus (2019) 34
Slika 28 Ilustracija Beat Sabera u akciji, Izvor: Togoh (2018:web članak) 35
Slika 29 Primjer isprobavanja sata pomoću proširene stvarnosti, Izvor: Cetinić (2010:41) 36
Slika 30 Prikaz pomične platforme izvana (gornja slika) i kokpit tijekom upotrebe (doljnja slika), Izvor: Heli centar Toplice (2019:mi-17-1v simulator) 38
Slika 31 Ilustracija upotrjebljene proširene stvarnosti istraživanja Solak i Cakir, Izvor: Solak, Cakir (2016:1071) 39
Slika 32 VOXEL-MAN dental u upotrebi, Izvor: Buzjak (2016:41) 40
Slika 33 ELISE u upotrebi sa virtualnom stvarnošću, Izvor: Tutak (2017:452) 41
Slika 34 Jedno od igara za rehabilitaciju- igra balona za vježbe stiskanja, Izvor: Tutak (2017:454) 42
Slika 35 Usporedba između sklapanja u virtualnom okruženju i fizičkoj stvarnosti, Izvor: Buzjak (2016:37) 44
Slika 36 Provjera nanovo dizajnirane ručke u virtualnom okruženju pomoću virtualne stvarnosti, Izvor: Mandić, Ćosić (2011:377) 44
Slika 37 Primjer upotrebe proširene stvarnosti kod dizajna interijera u prostoriji označeno markerima, Izvor: Cetinić (2010:40) 45
Slika 38 Vojnik koji uz pomoć projektora, posebne optike na oružju i VBS3 simulatoru vježba gađanje snajperom, Izvor: Bohemia Interactive Simulations (2019:small arms weapons training) 46
Slika 39 ORQA FPV One naočale sa priključenim prijamnikom i dron koji ima kameru i odašiljač, Izvor: Orqa (2019:Instagram profil) 49