



UNIVERZITET METROPOLITAN BEOGRAD

FAKULTET DIGITALNIH UMETNOSTI

Nenad V. Čeranić

SFERE MUZIKE

pisani rad doktorskog umetničkog projekta

Beograd, mart 2022.



BELGRADE METROPOLITAN UNIVERSITY

FACULTY OF DIGITAL ARTS

Nenad V. Čeranić

SPHERES OF MUSIC

Doctoral Dissertation

Belgrade, March 2022.

Članovi komisije:

- dr um. Katarina Kaplarski Vuković, vanredni profesor, Univerzitet Metropolitan, Beograd, mentor
- dr um. Rastko Kukić, docent, Univerzitet Metropolitan, Beograd
- Ivan Kljajić , redovni profesor, Akademija umetnosti, Novi Sad

Datum odbrane: _____

Sadržaj

1. Apstrakt	7
2. Uvod	9
3. Istraživanje praksi virtuelne realnosti i definisanje njenih okvira	10
3.1 Definisanje i pojam virtuelne realnosti.....	10
3.2 Analiza ključnih istorijskih okvira u nastajanju i praksi virtuelne realnosti.....	17
3.3 Istraživanje metoda stvaranja virtuelne realnosti.....	25
3.4 Kontekst upotrebe virtualne realnosti u savremenom umetničkom izrazu.....	28
4. Virtuelna realnost kao galerijski eksponat	36
4.1 Istraživanje i definisanje izlagačkih okvira.....	36
4.2 Načini prezentacije.....	38
5. Istraživanje metoda prostornog snimanja zvuka, umetničke muzike u virtuelnom svetu multimedije i snimanja 360 videa	41
5.1 Definisanje pojmova virtualne realnosti i uranjajućeg zvuka.....	41
5.2 Tehničko-tehnološki aspekti virtualne realnosti i uranjajućeg zvuka.....	44
5.3 Primena virtualne realnosti i uranjajućeg zvuka u svrhu muzičkog izražavanja.....	52
6. Izrada umetničkog projekta	56
6.1 Predlog teme doktorske teze sa prilogom celokupnog teksta predloga.....	56
6.2 Planiranje umetničkog projekta.....	60
6.3 Istraživanje sličnih aktuelnih radova na polju novomedijske umetnosti.....	62
6.4 Tehničko-tehnološki aspekt rada sa testiranjem.....	65
6.5 Planiranje izložbe.....	71
6.6 Zaključci autora o mogućem daljem razvijanju i primeni ovog pristupa u stvaranju umetnosti.....	72

Prilog: partitura autorske kompozicije Nenada Čeranića „Sfere Muzike“.....	74
Prilog: fotografije sa izložbe doktorskog umetničkog rada „Sfere muzike“.....	95
LITERATURA I WEBOGRAFIJA.....	100
BIOGRAFIJA.....	102

Zahvalnica

U ovoj zahvalnici bih pomenuo osobe koju su mi, svaka na svoj način, pomogle na putu da se ovaj doktorski umetnički rad od ideje i skice dovede do realizacije i dobije svoj krajnji oblik.

Zahvaljujem se mentorki prof. dr um. Katarini Kaplarski i prof. dr Nenadu Periću koji su mi pomogli u definisanju koncepta umetničkog rada, kao i u procesu izrade istog.

Zahvaljujem se Tatjani Tatić, Prvoj balerini Narodnog pozorišta u Beogradu, na učešću u mom doktorskom umetničkom projektu kojem je svojom koreografijom dala poseban umetnički pečat.

Takođe, zahvalio bi se i distributeru Apple uređaja za Srbiju, firmi Sistemi, koja je pružila tehničku podršku za organizaciju izložbe dokorskog umetničkog projekta.

Apstrakt

Doktorski projekat "Sfere muzike" predstavlja umetnički projekat kojim se autorska klasična muzička kompozicija prikazuje u okviru sistema imerzivnog-sveobuhvatnog medija (eng. "immersive media"), odnosno kinematografskog videa od 360 stepeni u sistemu virtuelne realnosti (VR). Kompozicija se izvodi u tri različite akustičke sredine i u odnosu na ponašanje muzičkog instrumenta koji podleže zakonima akustike utiče i na naš emotivni doživljaj. Miks zvuka se radi specifičnim procesom da bi se dobio kompletan sferni zvuk.

Za imerzivno iskustvo u kinematografskoj virtualnoj stvarnosti potreban je prostorni zvuk. Video zapis izvođenja kompozicije snima se kamerom koja može da snima video od 360 stepeni kako bi se kreiralo vizuelno i zvučno iskustvo u virtuelnoj realnosti. Kroz istraživanje sam želeo da kreiram višemedijsko delo sačinjeno od zvučnih i vizuelnih komponenti koje, zbirno, čine narativnu celinu.

Fokus istraživanja je na doživljaju muzičke komponente umetničkog dela kroz prizmu imerzivnih medija, odnosno istražuje se na koji način tri različite prostorno-akustičke sredine utiču na čulnu percepciju kod posmatrača.

Cilj je da se istraže tehnički i kreativni modeli koji daju prednost tj. dominantnost muzičkoj komponenti u višemedijskom delu u odnosu na vizuelnu. Očekivani rezultati se ogledaju u otvaranju potpuno novog pristupa za razvoj višemedijske umetnosti sa akcentom na umetničku muziku u virtuelnom svetu multimedije. Ključni rezultat predstavlja potpunu integraciju uređaja za virtuelnu realnost i umetnika koji svojoj umetnosti daje potpuno novu dimenziju.

Abstract in English

The doctoral project "Spheres of Music" is an art project by which the author's classical music composition is presented within the system of immersive media, ie 360 ° cinematographic video in the system of virtual reality (VR).

The composition is performed in three different acoustic environments and in relation to the behavior of a musical instrument that is subject to the laws of acoustics, it also affects our emotional experience. The sound mix is done by a specific process to obtain a complete spherical sound.

An immersive experience in cinematic virtual reality requires spatial sound. The video of the composition is recorded by a camera that can record 360-degree video to create a visual and audio experience in virtual reality.

Through this research I wanted to create a multimedia work composed of sound and visual components that, collectively, form a narrative whole.

The focus of the research is on the experience of the musical component of the work of art through the prism of immersive media, ie it explores how three different spatial-acoustic environments affect the sensory perception of the observer.

The goal is to explore technical and creative models that give priority, ie. the dominance of the musical component in the multimedia work in relation to the visual. The expected results are reflected in the opening of a completely new approach to the development of multimedia art with an emphasis on art music in the virtual world of multimedia. The key result is the complete integration of a virtual reality device and an artist who gives his art a whole new dimension.

Uvod

Ovim projektom, želeo sam da tradicionalni pristup stvaranja umetničkog dela propustim kroz prizmu novih tehnologija i pomoću uranjajućeg zvuka i virtualne realnosti konzumentima umetnosti pružim potpuniji i senzibilniji osećaj.

Umetnički projekat „Sfere muzike”, prigrlio je više umetnosti: muziku, film i balet. Ovim pristupom, umetnost se konzumira na neposredniji način nego putem klasičnog videa i neuranjajućeg zvuka.

U fazi istraživanja novih tehnologija za virtualnu realnost i uranjajući zvuk, dosta sam vremena proveo testirajući različite kombinacije softvera i hardvera. Ono što bih izdvojio kao najveći problem jeste činjenica da u većini slučajeva tehnička dokumentacija vezana za softver nije u praksi ispunjavala očekivane kriterijume i samim tim, faza istraživanja trajala je duže nego što sam očekivao.

Na kraju, svaki deo ove velike slagalice je počeo da dolazi na svoje mesto i umetnički projekat „Sfere muzike” dobio je svoje obličje.

3. Istraživanje praksi virtuelne realnosti i definisanje njenih okvira

3.1 Definisanje i pojam virtuelne realnosti

Virtuelna stvarnost je medij sa ogromnim potencijalom. Sposobnost da budete transportovani na druga mesta, da budete u potpunosti uronjeni u iskustva i da se osećate kao da ste zaista prisutni otvara neslućene načine za interakciju i komunikaciju. Do nedavno, virtuelna stvarnost je bila nedostižna za prosečnog potrošača zbog troškovi i drugi faktori. Međutim, napredak u tehnologiji u poslednjih nekoliko godina postavio je scenu za revoluciju masovnog tržišta koja bi mogla biti uticajna poput uvođenja televizije, interneta ili pametnog telefona.

Virtuelna realnost (Virtual Reality - VR) je (računarski) generisano okruženje koje korisniku omogućava da iskusi drugačiju stvarnost, odnosno alternativnu stvarnost koja je predstavljena namenski osmišljenim narativom. Termin je prvi upotrebio Arto (Artaud)¹ ali ga je planetarno poznatim učinio američki naučnik, pisac i istraživač Džeron Lenijer (Jaron Lanier) 1989. godine.² Virtuelna realnost se najčešće gleda/prati putem vizira, ali i putem omni-traka za kretanje i specijalnih rukavica, čizama i slično. VR maska ili vizir, jeste uređaj koji anatomski prianja na glavu posmatrača, prekrivajući oči i uši, čime se vrši separacija korisnikove svesti od prostora u kojem se nalazi u trenutku korišćenja virtuelnog okruženja. Ovakva virtuelna okruženja mogu pretendovati da izgledaju kao realan svet, mogu biti relativno slična stvarnom svetu ili u potpunosti izmaštana, kreirajući iskustvo koje nije moguće doživeti u stvarnoj, fizičkoj realnosti. Najmasovnije virtuelno okruženje danas je Drugi život (Second Life), virtuelni svet koji je 2003. godine kreirala američka kompanija Linden Lab (Linden Lab). Drugi život trenutno ima oko 40 miliona registrovanih korisnika, koji pored zabave imaju i mogućnost pristupa virtuelnim muzejima, koncertima i drugim kulturnim sadržajima. „Mešovita stvarnost (Mixed Reality) je stapanje virtuelne i fizičke stvarnosti u okruženje u kome entiteti iz fizičke i virtuelne stvarnosti koegzistiraju i komuniciraju u realnom vremenu. Da bi se omogućila komunikacija između entiteta iz fizičke i virtuelne stvarnosti, u mešovitoj stvarnosti su entitetima iz fizičke stvarnosti obično dodate virtuelne osobine (Augement Reality) a entitetima iz virtuelne stvarnosti fizičke osobine”³. Najbolji primer implementacije mešovite stvarnosti su savremene igračke konzole opremljene uređajima za detekciju pokreta, poput Wii Remote ili Microsoft XBox 360 i Kinect-a koje su promenile paradigmu računarskih igara tako da igrač mora da bude fizički aktivan tokom igre sa protivnikom iz virtuelnog ili fizičkog sveta.

Virtuelna stvarnost ima jedan cilj: da vas ubedi da ste negde drugde. To radi tako što prevari ljudski mozak, posebno vizuelni korteks i delove mozga koji percipiraju kretanje⁴.

¹ Antonin Artaud, *The Theatre and its Double* (New York: Grove Weidenfeld, 1958).

² Jonathan Steuer, „Defining Virtual Reality Dimensions Determining Telepresence“, *Journal of Communication* 42, 4 (1992): 73–94.

³ Nikola Petrović, „Od molitve do virtuelne stvarnosti“, P.U.L.S.E. (2015), preuzeto 17. 3. 2019, pulse.rs/od-molitve-do-virtuelne-stvarnosti/.

⁴ Tony Parisi, *Learning Virtual Reality*, O'Reilly media, Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA, USA, 2015.

Različite tehnologije stvaraju iluziju stvarnosti:

- **Stereoskopski displeji**

Poznati i kao 3D displeji, ili displeji za montiranje na glavu (HMD – head mounted display).

Ovi ekrani koriste kombinaciju više slika, realističnog optičkog izobličenja i specijalnih sočiva da bi proizveli stereo sliku koju naše oči tumače kao da ima trodimenzionalnu dubinu.

- **Hardver za praćenje pokreta**

Žiroskopi, akcelerometri i druge jeftine komponente se koriste u hardveru virtualne realnosti da osete kada se naša tela kreću i okreću glave, tako da aplikacija može da ažurira naš pogled na 3D scenu.

- **Ulazni uređaji**

Virtualna stvarnost stvara potrebu za novim tipovima uređaja za unos osim tastature i miša, uključujući kontrolere za igre i senzore za praćenje ruku i tela koji mogu da prepoznaju pokrete i gestove.

- **Desktop i mobilne platforme**

Ovo uključuje računarski hardver, operativne sisteme, softver za povezivanje sa uređajima, okvire i mehanizme koji pokreću aplikacije i softverske alate za njihovu izradu.

Bez sve četiri gore navedene komponente, teško je postići potpuno imerzivno iskustvo virtualne stvarnosti.

Stereoskopski displeji

Glavni sastojak virtualne stvarnosti je uporna 3D vizuelna reprezentacija iskustva koja prenosi osećaj dubine. Da bi stvorili ovu dubinu, hardverski sistemi virtualne realnosti koriste 3D ekran, takođe poznat kao stereoskopski ekran ili ekran na glavi.

Godinama je jedna od najvećih prepreka virtualnoj stvarnosti potrošačkog kvaliteta bio pristupačan stereoskopski ekran koji je dovoljno lagan i udoban da se može nositi tokom dužeg perioda. Ova situacija se dramatično promenila kada je tim iz Oculus VR kreirao Oculus Rift. Prvi put predstavljen 2012. godine, Rift je predstavljao napredak u VR hardveru sa stereoskopskim ekranom i senzorom za praćenje glave ugrađenim u lagane slušalice koje su mogle da se kupe kao razvojni komplet za nekoliko stotina dolara. Iako je originalni razvojni komplet, poznat kao DK-1, bio prilično niske rezolucije, bio je dovoljan da uzbuđi čitavu industriju i pokrene oluju VR razvoja. Novije verzije Rift razvojnog kompleta, kao što je DK-2 imaju veću rezoluciju ekrana, praćenje položaja kao i orijentacije i bolje performanse.

Dakle, šta zapravo radi Oculus Rift? Da bismo stvorili iluziju dubine, potrebno je da generišemo zasebnu sliku za svako oko, jedno malo pomerenom od drugog, da bismo simulirali paralaksu – vizuelni fenomen gde naš mozak percipira dubinu na osnovu razlike u prividnom položaju objekata.

Da bismo stvorili zaista dobru iluziju, takođe želimo da izobličimo sliku kako bismo bolje oponašali sferni oblik oka. Oculus Rift radi oboje.



Slika 1 – Oculus Rift Consumer version 1 VR Headset (Izvor: Wikipedia)

Postoje i jeftini stereoskopski displeji za VR doživljaj poput Google cardboard-a. Godine 2014. Google je predstavio Cardboard VR kako bi omogućio korišćenje skoro svakog mobilnog telefona bez potrebe za novim hardverom.

Cardboard-u je potrebna samo kutija sa dva sočiva u koju stavljate telefon. Google-ova originalna Cardboard VR jedinica, debitovala na I/O konferenciji u maju 2014. Da biste iskusili Cardboard VR, jednostavno pokrenite aplikaciju spremnu za Cardboard i stavite svoj mobilni telefon u kutiju. Bićete uronjeni u VR iskustvo: stereo renderovana 3D scena u kojoj možete da gledate okolo i da se krećete po njoj okretanjem glave.

Kod Cardboard-a pametni telefon je u potpunosti smešten u kutiju, tako da korisnik nema pristup najčešće korišćenom mehanizmu mobilnog unosa, odnosno ekranu osetljivom na dodir. U gornjem levom uglu headset-a nalazi se metalni prsten koji povlačite nadole kada želite da izaberete nešto u VR sceni.

Prsten je zapravo magnet, a na unutrašnjoj strani kutije nalazi se drugi magnet. Povlačenjem magnetu nadole, korisnik ometa magnetno polje, a ovu perturbaciju detektuje magnetometar na telefonu.

Drugi proizvođači cardboard-ova eksperimentišu sa sofisticiranijim ulaznim uređajima, kao što su bluetooth kontroleri za igre.

Cardboard VR pristup stereo renderovanju je jednostavniji od Oculus-a: to je horizontalno vidno polje od 90 stepeni bez izobličenja. Ovo omogućava aplikacijama da rade jednostavno uporedno prikazivanje u dva prozora za prikaz, po jedan za svako oko. Praćenje glave u Cardboard-u je takođe malo jednostavnije nego kod Oculus-a. Koristi postojeću orijentaciju operativnog sistema koju generiše kompas i akcelerometar telefona, zajednički poznati kao inercijalna merna jedinica ili IMU.



Slika 2 – Google Cardboard Headset (Izvor: Wikipedia)

Hardver za praćenje pokreta

Drugi suštinski trik za navođenje mozga da veruje da se nalazi na drugom mestu je praćenje pokreta glave i ažuriranje prikazane scene u realnom vremenu. Ovo oponaša ono što se dešava kada pogledamo okolo u stvarnom svetu.

Jedna od inovacija u Oculus Rift-u je njegovo brzo praćenje pokreta glave pomoću inercijalne merne jedinice velike brzine (IMU – initial metric unit).

IMU za praćenje glave kombinuju hardver za žiroskop, akcelerometar i/ili magnetometar, sličan onima koji se danas nalaze u pametnim telefonima, kako bi precizno izmerili promene u rotaciji. VR hardverski sistemi obrađeni u sledećem poglavlju koriste različite IMU konfiguracije.

Praćenje pokreta glave je jednako važno, možda i važnije od kvalitetnog stereo renderovanja. Naši perceptivni sistemi su veoma osetljivi na pokret, i kao što je slučaj sa zaostajanjem u stereo renderovanju, velika latencija u praćenju glave može da prekine osećaj uronjenja i/ili izazove mučninu. IMU hardver virtuelne stvarnosti mora da prati kretanje glave što je brže moguće, a softver mora da prati korak. Kada se stereo renderovanje i praćenje pokreta glave pravilno kombinuju i ažuriraju sa dovoljnom frekvencijom, možemo postići pravi osećaj da smo uronjeni u iskustvo.

Ulazni uređaji

Da bi se stvorio ubedljiv osećaj „uronjenosti“, ekrani postavljeni na glavu potpuno zatvaraju oči korisnika, sprečavajući ih da vide spoljašnji svet.⁵ Ovo stvara zanimljivu situaciju u pogledu unosa: korisnici moraju da „slepe“, ne videći miša ili tastaturu kada ih koriste.

Većinu vremena, rad na slepo računarskom tastaturom i mišem ne nudi dobro iskustvo sa stanovišta ljudskih faktora. Iz tog razloga se dešava mnogo eksperimentisanja, sa sledećim tipovima ulaznih uređaja koji se koriste da bi se obezbedio veći osećaj uranjanja:

- **Ulazni senzori pokreta za praćenje ruku**
Tokom poslednjih nekoliko godina, dostupni su jeftini uređaji za unos pokreta, uključujući Leap Motion kontroler i NimbleVR. Ovi uređaji prate pokrete ruku i prepoznaju gestove, ali ne zahtevaju kontakt rukom ili dodirivanje, slično Xbox Kinect-u.
- **Bežični uređaji za praćenje ruku i tela**, kao što su STEM sistem za kretanje celog tela kompanije Sixense i Hydra od Razer-a. Ovi uređaji kombinuju senzor pokreta ruku poput stikova sa kontrolnim dugmadima sličnim onima koji se nalaze u kontrolerima za igre.
- **Kontroleri igara**, kao što su za Microsoft Xbox One i Sony PS4 konzole. Ovi kontroleri se mogu povezati sa desktop računarima za interakciju sa scenama virtuelne stvarnosti.



Slika 3 – Sony PS4 kontroler pokreta za VR okruženje (Izvor: Wikipedia)

⁵ Tony Parisi, Learning Virtual Reality, O'Reilly media, Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA, USA, 2015

Računarske platforme

Mnoge VR aplikacije će raditi na većini postojećih računara i mobilnih telefona. Relativno moderan stoni računar ili laptop velike snage mogu da rade sa Oculus Riftom. Pametni telefoni takođe mogu ponuditi dobro VR iskustvo, pod uslovom da imaju dovoljno jak CPU i grafičku snagu.

Za većinu nas to znači da naši postojeći računari i uređaji mogu postati kutije virtuelne stvarnosti jednostavnim dodavanjem nekoliko perifernih uređaja. Ali, za one koji traže iskustva sa super visokom proizvodnom vrednošću, najnoviji desktop računar sa najboljim grafičkim procesorom i najbržim CPU-om je nužan.

Kako VR sazreva i dobija na popularnosti, možda ćemo početi da vidimo i namenske računare, telefone i konzole posvećene jedinoj svrsi omogućavanja neverovatne virtuelne stvarnosti.

Web pregledači

U velikoj meri na način na koji je HTML5 dodao mobilne funkcije tokom kratkog broja godina, skoro postigavši paritet sa izvornim mobilnim mogućnostima, proizvođači pregledača (browsers) brzo prate razvoj virtuelne stvarnosti. U slučaju VR-a, usvajanje funkcija u web pregledače izgleda kao da će trajati samo jednu ili dve godine, a ne četiri do pet.

Rezultat ovoga je dvostruk: prvo, to znači da možemo da koristimo web tehnologije kao što su HTML5, WebGL i JavaScript za kreiranje naših aplikacija, što ih čini potencijalno bržim za kodiranje i više platformi; drugo, omogućava nam pristup svoj postojećoj infrastrukturi koju veb može da ponudi, kao što je hiperveza između VR iskustava, hostovanje sadržaja u oblaku, razvoj zajedničkih iskustava sa više korisnika i integrisanje web podataka direktno u naše aplikacije virtuelne realnosti.

Video plejeri

Stereoskopski video sam po sebi predstavlja čitavu klasu tehnologije virtuelne realnosti. Za razliku od video igara, gde je grafika aplikacije potpuno sintetička, zasnovana na ručno rađenim 3D modelima, animacijama, pozadinama i tako dalje, stereo video se snima iz stvarnog sveta. Ovo čini zaista realistična i često zapanjujuća iskustva: zamislite da virtuelno obidete pozorište u VR-u, i da možete da gledate predstavu ili balet kao da ste zaista tamo prisutni. Video nije u potpunosti interaktivan na način na koji može biti 3D virtuelno okruženje, tako da upotreba ovog tipa medija ima neka ograničenja.

Stereo video snimanje zahteva više kamera od najmanje dve. Ali ako želimo i da video bude panoramski, to jest, snimimo 360 pogled cele scene za korišćenje u virtuelnoj stvarnosti, onda nam je potrebno još više kamera, mada danas postoje specijalizovane kamere sa minimum dva sočiva koje snimaju stereoskopski video u rezolucijama većim od 4K.

Pioniri u ovoj oblasti, kao što je Jaunt VR sa sedištem u Kaliforniji, eksperimentišu sa podešavanjima koja koriste desetine kamera, za pravljenje prvih dugometražnih VR filmova. Snimanje i proizvodnja VR videa je polje u nastajanju. Nekoliko kompanija i istraživačkih projekata posvećuje svoje napore tome. Takođe postoje različiti VR video plejeri u razvoju.

Neki plejeri rade samo u izvornom okruženju, drugi samo za mobilne uređaje ili za web. Jedan od najvećih problema u ovom mladom poduhvatu je to što još uvek ne postoje standardni formati za skladištenje i reprodukciju video zapisa. Trenutno, za reprodukciju 360 video sadržaja najefikasniji su video plejeri koji su integrisani u web servis Youtube i socijalnu mrežu Facebook (od oktobra 2021. Facebook menja ime u Meta).

Ovi gore pomenuti video plejeri mogu reprodukovati 360 video sadržaj do rezolucije 8K a zvuk kao ambisonic prvog, drugog ili trećeg reda.

3.2 Analiza ključnih istorijskih okvira u nastajanju i praksi virtuelne realnosti

Ideja da se percepcije mogu promeniti nije ništa novo. Tokom vekova, umetnici, pronalazači i mađioničari stvarali su ponekad intrigantne iluzije koje prevare ljudsko oko i um. Prva proširena stvarnost se najverovatnije pojavila u obliku pećinskih crteža i petroglifa, što je činjenica koju je Hauard Rajngold istakao u svojoj ključnoj knjizi iz 1991. godine.

Vekovima kasnije, grafičari su počeli da eksperimentišu sa optičkim iluzijama. Na primer, nemački fiziolog Ludimar Hermann je 1870. godine nacrtao belu mrežu na crnoj pozadini. Dok oči pojedinca skeniraju ilustraciju, tačke preseka u suštini tačke, se menjaju napred i nazad od bele do sive.

Tokom 1920-ih, M. C. Escher, grafičar iz Holandije, počeo je da crta slike koje su pružale fizičke nemogućnosti, kao što je voda putujući uzbrdo. Njegova umetnost je i danas popularna. Ono što su Herman, Ešer i mnogi drugi razumeli je da se mozak može prevariti da veruje u stvari ili da vidi stvari koje ne postoje ili nemaju nužno logičan smisao. Pravi stimulans i senzorni unos mogu delovati jednako ubedljivo kao i stvarnost ili promeniti način na koji vidimo stvarnost. Još 1830-ih, pronalazači su počeli da se bave stereoskopima koji su koristili optiku i ogledala zajedno sa parom sočiva da bi proizveli 3D prikaz objekata. Kompanija View-Master je komercijalizovala koncept kada je 1939. godine predstavila ručni stereoskopski posmatrač.

Sistem je predstavljao 3D slike stvari i mesta širom sveta od Velikog kanjona do Pariza u Francuskoj. Oslanjao se na kartonske diskove sa parovima ugrađenih fotografskih slika u boji da bi proizveo realističniji osećaj „bivanja tamo“.⁶

Virtuelna stvarnost stvara iluziju da se čovek nalazi na drugom mestu. Možda je to sastanak sa poslovnim kolegama raštrkanim širom sveta. Ili je to možda skok padobranom iz aviona, vožnja rolerkosterom ili navigacija kroz kanale Venecije u Italiji.

Ipak, tek od uvođenja digitalnog računarstva koncept proširene stvarnosti (XR - extended reality) se pojavio na način na koji o njemu danas razmišljamo.

Računarski sistemi koji se sastoje od raznih digitalnih komponenti i softvera isporučuju ubedljive slike, zvuk, osećaj i druge senzorne elemente koji menjaju način na koji doživljavamo postojeće fizičke stvari (proširena stvarnost ili AR - augmented reality) ili stvaraju potpuno imaginarne, ali realistične svetove (virtuelne stvarnost ili VR - virtual reality).

U svakom slučaju, tehnologije proširene stvarnosti omogućavaju nam da prekoračimo, usuđujemo se da kažemo, ograničenja fizičkog sveta i istražimo mesta na koja je samo mašta mogla da ide u prošlost. Danas se AR i VR, zajedno sa mešovitom stvarnošću (XR), koja istovremeno spaja elemente fizičkog sveta sa virtuelnim svetom ili proširenim karakteristikama, pojavljuju na različitim mestima i u različitim situacijama.

⁶ Samuel Greengard, Virtual Reality, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2019, 26.

Oni su u filmovima, na konzolama za igre, na pametnim telefonima, u automobilima i na naočarima i ekranima na glavi tj. vizirima (HMD - head mounted display). Oni transformišu svet oko nas jednim klikom, dodirom ili pogledom. Konvergencija digitalnih tehnologija, zajedno sa izuzetnim napretkom u računarskoj snazi i veštačkoj inteligenciji (AI), isporučuje AR i VR na novu i često nepoznatu teritoriju.

Aplikacije za pametne telefone koriste kameru i AR da prepoznaju fizičke stvari i prikazuju imena, oznake i druge relevantne informacije na ekranu. Oni se bave prevodom jezika u realnom vremenu, oni pokazuju kako šminka ili odeća izgleda na osobi. Moguće je čak i videti kako etikete vina oživljavaju pomoću animiranog ekrana ili pokazati kako će soba izgledati sa određenim komadom nameštaja ili drugom šemom boja.

Istovremeno, VR se pojavljuje u igrama, istraživačkim laboratorijama i industrijskim postavkama koje koriste headsetove, audio opremu, haptičke rukavice i druge senzorne alate za stvaranje ultrarealističnih osećaja.

Tokom naredne decenije i dalje, ovi sistemi će promeniti bezbroj zadataka, procesa i industrija. Oni će takođe dramatično promeniti interakcije među ljudima korišćenjem teleprisutnosti i teleksistencije. Prvi termin se odnosi na sisteme koji omogućavaju ljudima da se osećaju „prisutno“ kada su fizički razdvojeni. Poslednja reč se vrti oko koncepta da osoba može biti na mestu odvojenom od njegovog ili njenog fizičkog prisustva.⁷

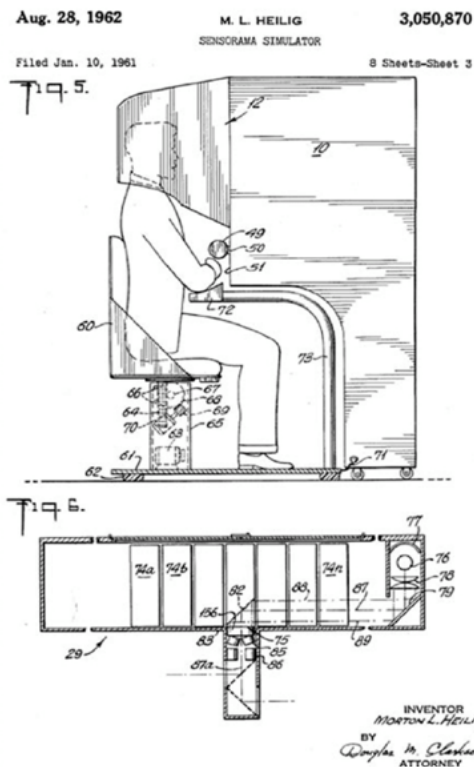
Godine 1932, Aldous Huxley je u romanu *Brave New World* predstavio ideju o filmovima koji bi pružili senzaciju ili „osećaje“ da transformišu scenu. Do 1935. godine, autor naučne fantastike Stanley G. Weinbaum uokvirio je koncept na opipljiviji i moderniji način. U priči pod naslovom „*Pygmalion's Spectacles*“ servirao je ideju o osobi koja nosi naočare koje bi mogle da oslikavaju izmišljeni svet. Glavni lik u priči, Dan Burke, je naišao na pronalazača po imenu Albert Ludwig, koji je konstruisao „magične naočare“ sposobne da proizvedu realistično virtuelno iskustvo, uključujući slike, miris, ukus i dodir. „*Pigmalionove naočare*“ su možda bile prva svetska digitalna ljubavna priča. Počinje Burke koji izgovara stih: „Ali šta je stvarnost?“ Ludwig odgovara: „Sve je san, sve je iluzija; Ja sam tvoja vizija kao što si i ti moja.“ Ludwig tada nudi Burke-u filmsko iskustvo koje prevazilazi sliku i zvuk.

Dok su autori poput Weinbaum-a prizivali divlje ideje o tome kako bi virtuelni svet mogao da izgleda i oseća, pronalazači su se bavili elektronskim komponentama koje bi poslužile kao skromno poreklo današnje AR i VR. Edward Link je 1929. godine predstavio Link Trainer, primitivnu verziju simulatora letenja. Godine 1945, Thelma McCollum je patentirala prvi stereoskopski televizor.

Dalje, 1962, Morton Heilig, filozof, filmski stvaralac i pronalazač, predstavio uređaj pod nazivom *Sensorama Simulator*, koji je opisao kao „teatar iskustva“. Heilig je zapravo izumeo *Sensorama* filmski projektor i 3D kameru za pokretne slike 1957. godine. Ali 1960. je dodao komponentu koja će transformisati različite tehnologije u radni sistem. Telesferna maska, ekran na glavi, proizvodio je stereoskopske slike, široki vid i stereofonski zvuk. Četiri godine kasnije Heilig je podneo seriju crteža i beleški američkom zavodu za patente. U suštini, osoba bi sedela na stolici sa glavom koja se proteže u okolni aparat koji stvara virtuelno okruženje.

⁷ Samuel Greengard, *Virtual Reality*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2019, 28.

Pored predstavljanja 3D vizuelnih slika projektovanih na „haubu“, Sensorama bi isporučivao pokretne vazdušne struje, različite mirise, binauralni zvuk i različite vrste vibracija, trzaja i drugih pokreta. Hajlig je napravio pet kratkih filmova za Sensoramu. Pojavili su se kao pokretne 3D slike.



Slika 4 – Sensorama VR sistem (Izvor: Wikipedia)

1961. godine, pojavio se prvi svetski ekran na glavi (HMD-head-mounted display). Korporacija Philco, proizvođač elektronike i televizora, počela je da istražuje ideju o kacigi koja bi koristila daljinski kontrolisani video sistem zatvorenog kruga za prikazivanje realističnih slika. Sistem, nazvan Philco Headsight oslanjao se na pokrete glave da bi pratio kako se osoba kreće i reaguje. Uređaj je prilagodio ekran u skladu sa tim.

Ubrzo su druge kompanije, uključujući Bell Helicopter Company, počele da istražuju upotrebu ekrana na glavi zajedno sa infracrvenom kamerom za proizvodnju noćnog vida. Cilj ovog AR alata bio je da pomogne vojnim pilotima da slete avione u izazovnim uslovima.

U istom periodu, polje kompjuterske grafike počinje da se oblikuje.⁸ Tako 1962. Ivan Edward Sutherland, dok je bio na MIT-u, razvio je softverski program pod nazivom Sketchpad, koji se takođe naziva Robot Draftsman. On je predstavio prvi svetski grafički korisnički interfejs (GUI - graphic user interface) koji je radio na CRT displeju i koristio svetlosnu olovku i kontrolnu ploču. Tehnologija se kasnije pojavila u personalnim računarima i iznedrila kompjuterski podržan dizajn (CAD). Objektno-centrična tehnologija Sketchpad-a i 3D kompjutersko modeliranje omogućili su dizajnerima i umetnicima da prikažu ubedljive prikaze stvarnih entiteta.

⁸ Samuel Greengard, Virtual Reality, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2019, 40.

1968. godine, proširena realnost napravila je ogroman skok napred. Sutherland je, zajedno sa studentom istraživačem, Bob Sproull-om, izumeo uređaj pod nazivom Damoklov mač. Ekran na glavi povezan je sa uređajem okačenim sa plafona kako bi se kompjuterski generisana grafika prenosila na specijalne stereoskopske naočare. Sistem bi mogao da prati pokrete glave i očiju korisnika i primeni specijalizovani softver za optimalno podešavanje slika.



Slika 5 – VR uređaj Damoklov mač (Izvor: Wikipedia)

Morton Heilig je 1969. patentirao Experience Theater - sofisticiraniju verziju Sensorama simulatora. Sastojao se od bioskopa sa velikim polusfernim ekranom koji je prikazivao 3D filmove zajedno sa zvučnicima ugrađenim u svaku stolicu. Sistem je uključivao periferne slike, usmeren zvuk, arome, vetar, varijacije temperature i sedišta koja su se naginjala. Pronalazak se odnosio na poboljšanu formu filmske ili televizijske zabave u kojoj je gledaocu omogućeno, iako u suštini svim svojim čulima, da realno doživi pun efekat ili iluziju.

Različiti istraživači su nastavili da istražuju i unapređuju tehnologiju. Godine 1981, Steve Mann, tada srednjoškolac, stavio je 8-bitni 6502 mikroprocesor - isti čip koji se koristi u Apple II personalnom računaru - u ranac i dodao fotografsku opremu, uključujući kameru na glavi. Ovo je stvorilo nosivi računar koji ne samo da je snimao slike fizičkog okruženja, već i postavljao kompjuterski generisane slike na scenu. Uređaj nazvan EyeTap omogućava korisniku da jednim okom gleda fizičko okruženje, a drugim virtuelno okruženje. Mann je kasnije postao ključni član Wearable Computing grupe u MIT Media Lab.

Tokom sledeće decenije, tehnologije koje okružuju XR su znatno napredovale. Istraživači su nastavili da razvijaju napredniju digitalnu tehnologiju koja je dovela do sofisticiranijih AR i VR sistema i podsistema. Headsetovi su počeli da se smanjuju i pretvaraju u naočare, a dizajneri i inženjeri su počeli da integrišu niz komponenti u AR i VR sisteme. To je uključivalo dugmad, tačpede, prepoznavanje govora, prepoznavanje pokreta i druge kontrole, uključujući praćenje očiju i interfejsse između mozga i računara. 1990. godine, istraživač kompanije Boeing, Tom Caudell skovao je termin „proširena stvarnost“ da bi opisao specijalizovani ekran koji spaja virtuelnu grafiku i fizičku stvarnost.⁹

⁹ Samuel Greengard, Virtual Reality, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2019, 49.

Krajem decenije, proširena stvarnost je debitovala na televiziji. 1998. godine, Sportvision prenos utakmice Nacionalne fudbalske lige uključivao je prvi virtuelni donji žuti marker. Dve godine kasnije, Hirokazu Kato, istraživač na Nara institutu za nauku i tehnologiju u Japanu, predstavio je AR toolkit, koji koristi video praćenje za preklapanje 3D kompjuterske grafike na video kameru. Ovaj sistem otvorenog koda se i danas koristi, uključujući i veb pretraživače.

Do sledeće decenije, AR je takođe počeo da se pojavljuje u vozilima. Sportski automobili i luksuzna vozila više klase uključivali su sisteme koji su projektovani brzinu vozila na vetrobransko staklo. Ovo je olakšalo vozaču da izbegne pogled sa puta. Danas, AR tehnologija se pojavljuje u brojnim proizvodima, od igračkica do kamera i pametnih telefona do industrijskih mašina.

Termin „virtuelna stvarnost“ se takođe pojavio u jeziku otprilike u to vreme. Jaron Lanier, kompjuterski naučnik koji je radio u kompaniji za igre Atari, počeo je da promovise koncept 1987. Njegova startup firma, VPL Research, proizvela je VR komponente koje su zajedno predstavljale prvi komercijalno dostupan proizvod. Uključivala je rukavice, audio sisteme, ekrane na glavi i 3D renderovanje u realnom vremenu. Lanier je takođe kreirao vizuelni programski jezik koji se koristi za kontrolu različitih komponenti i njihovo kombinovanje u potpunije VR iskustvo.

Otprilike u isto vreme, kompjuterski umetnik Myron Krueger počeo je da eksperimentise sa sistemima koji kombinuju video i audio projekciju u ličnom prostoru, a Douglas Engelbart, koji je najpoznatiji kao pronalazač kompjuterskog miša, počeo je da razvija naprednije ulazne uređaje i interfejs koji su služili kao polaznu tačku za mnoge današnje AR i VR sisteme.

Do 1990-ih, Atari, Nintendo, Sega i druge kompanije za igre i zabavu počele su da ozbiljno eksperimentisu sa virtuelnom stvarnošću. Prvi umreženi VR sistem za više igrača se pojavio 1991. i nazvan je Virtualit. Sistem je bio izvanredan jer je takođe uveo ideju interakcije u realnom vremenu. Igrači bi mogli da se takmiče u istom prostoru sa skoro nultim kašnjenjem. Projekat je bio zamisao Jonathon Waldern-a, koji je bio izvršni direktor Virtuality-ja.

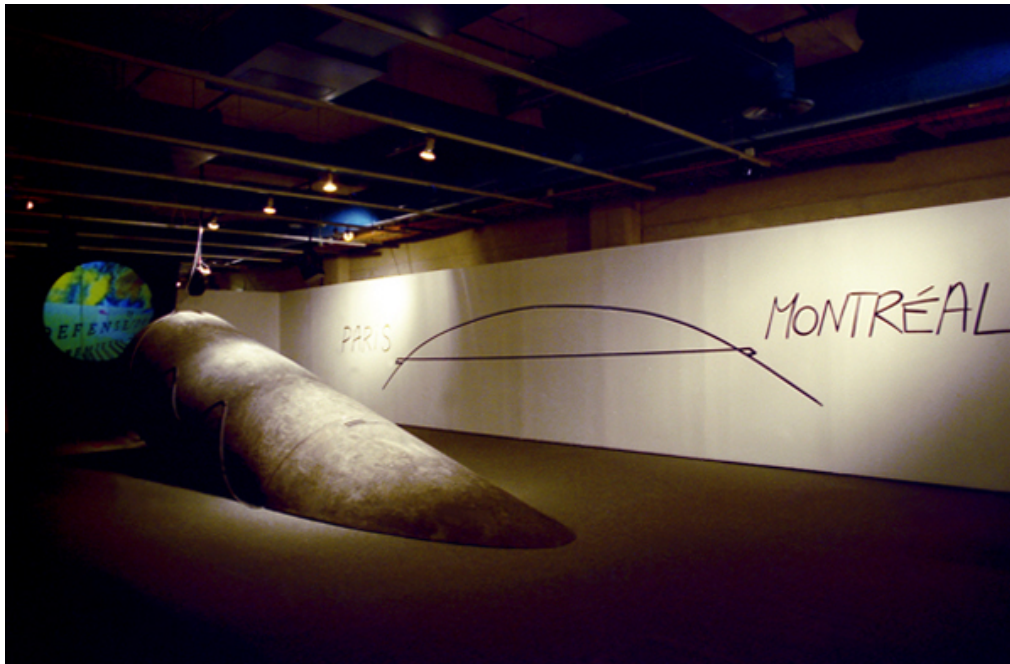
Film Lawnmower Man (Kosač) je uveo koncept virtuelne stvarnosti u mase. Originalnu kratku priču, koju je napisao pisac Stephen King, inspirisana je pionirima VR-a Jaron Lanier-om. Kako se vek bližio kraju, još jedan značajan film stigao je u bioskope: Matriks. Prikazivao je ljude koji žive u distopijskom virtuelnom svetu. Film je bio uspešan blokbuster i utisnuo je u društvo ideju virtuelnih svetova.

Takođe, počele su da se pojavljuju i igračke konzole sa virtuelnom realnošću - i često brzo nestaju. Nintendov Virtual Boy je objavljen u Japanu u julu 1995. i sledećeg meseca u SAD. Konzola za video igre je bila prva koja je isporučila stereoskopsku 3D grafiku koristeći HMD. Godinu dana kasnije, međutim, Nintendo je povukao projekat iz više razloga, uključujući visoke troškove razvoja i niske ocene korisnika. Konzola nije reprodukovala realističan raspon boja - nijanse su uglavnom bile crvene i crne a oni koji su koristili konzolu morali su da izdrže neprihvatljivo kašnjenje.

Tunel ispod Atlantika

Umetnik Maurice Benayoun bio je uključen u više projekata virtualne stvarnosti i interaktivne umetničke instalacije. Jedan važan rad ovog umetnika uključuje Tunel ispod Atlantika, dovršen 1995. Za svoju prvu samostalnu izložbu Maurice Benayoun predstavio je instalaciju virtualne stvarnosti koja povezuje dva velika muzeja: Pompidou centar u Parizu i Muzej savremene umetnosti u Montrealu.

Više od tehničke izvedbe i kao prvo interkontinentalno umetničko delo virtualne stvarnosti (nazvana "televirtualnost", Philippe Quéau, 1994.), ova instalacija bila je jedinstven primer onoga što Maurice Benayoun naziva arhitekturom komunikacije. World Skin, foto safari u zemlji rata, stvoren zajedno sa kompozitorom Jean-Baptisteom Barrièreom, impresivna je instalacija koja se često predstavlja kao referenca u virtualnoj umetnosti. Jedan od prvih dela virtualne stvarnosti sa specifičnim sadržajem: odnos između, rata, ličnog angažmana i sećanja, World Skin nagrađen je Zlatnom Nikom, Ars Electronica 1998, glavnim priznanjem u interaktivnoj umetnosti.¹⁰



Slika 6 – VR umetnička instalacija „Tunel ispod Atlantika” (Izvor: Wikipedia)

¹⁰ Maurice Benayoun „Virtual reality, cave, cameras, printer, Internet”, (1997.), preuzeto 03.10.2021, <https://benayoun.com/moben/1997/02/12/world-skin-a-photo-safari-in-the-land-of-war/>.

Ipak, tek 2010. moderna VR je počela da se oblikuje. Oculus Rift, sa kompaktnim HMD, predstavio je realističnije stereoskopske slike sa organskim diodama koje emituju svetlost (OLED) i vidno polje od 90 stepeni.

Tokom godina, Oculus platforma je nastavila da napreduje. U 2014, Facebook je kupio Oculus. Kompanija je od tada ugradila Oculus u veliku komercijalnu VR platformu i nastavlja da uvodi naprednije platforme, uključujući Quest, koju proglašava kao „prvi sve u jednom sistem za igre na svetu izgrađen za virtuelnu stvarnost“.

U oktobru 2021. Facebook menja ime u Meta tj. ime zasnovano na naučno-fantastičnom terminu metaverse, da opiše svoju viziju rada i igranja u virtuelnom svetu. Tokom proteklih nekoliko godina, kompanija je pojačala svoje napore u hardveru, uvodeći liniju Portal uređaja za video pozive, lansirajući Ray-Ban Stories naočare i lansirajući različite verzije Oculus headset-ova.

Kompanija je nagovestila da će proširena i virtuelna stvarnost biti ključni deo njene strategije u narednim godinama. U metaverzumu bi, prema Facebooku, trebalo biti moguće potpuno uroniti u taj virtualni svet pomoću vlastitog avatara i družiti se, igrati igre, raditi, kupovati, stvarati... ukratko, raditi sve što radite u stvarnom svetu, ali virtualno. “Verujem da je metaverzum sledeće poglavlje interneta, kao i naše kompanije. Baziramo se na tehnologiji koja pomaže spajati ljude jedne s drugima. Danas nas vide kao društvenu mrežu, ali u osnovi svega je da mi spajamo ljude. Metaverzum je sledeća granica, teleportovati se bilo gde, moći iskusiti šta god želite, s kime god želite, u bilo kojem trenutku. Zajedno možemo stvoriti cijelu novu platformu i stvoriti jednu novu kreativnu ekonomiju, u kojoj ćete stavljanjem naočara na glavu moći ući u novi svet. Aplikacije se neće promeniti, sve će ostati isto, ali metaverzum će biti u centru naših aktivnosti”, rekao je Mark Zuckerberg osnivač Facebook društvene mreže.¹¹



Slika 7 – Facebook je sada Meta (Izvor: Wikipedia)

¹¹ Mark Zuckerberg, „Founder’s letter”, (2021.), preuzeto 01.11.2021, <https://about.fb.com/news/2021/10/founders-letter/>.

Zuckerberg je prikazao svet koji zapravo neodoljivo podseća na onaj iz knjige “Ready Player One” Ernesta Clinea, gde se osoba teleportuje iz svog fizičkog sveta u virtualni univerzum u kojem može raditi, gledati, kupovati i biti šta god želi. Jedan od primera koje je Zuckerberg pokazao je sledeći: devojka iz Los Anđelesa uživo je na koncertu i telefonom nazove svoju prijateljicu iz japanskog Kyota, koja se virtualno prebaci na taj koncert koji se odvija uživo. Nakon toga obe zajedno i virtuelno odlaze na virtuelni afterparty, na kojem se druže s ljudima širom sveta.

Zuckerberg je poručio da je reč o dugotrajnom procesu, priznajući da mnogočemu još ni sami ne znaju dovoljno. Plan je da se u narednih desetak godina razvije ekosistem metaverzuma, u koji će biti uložene milijarde dolara i koji će stvoriti nove milijarde dolara u novim biznisima. Takođe, da će u tih narednih desetak godina metaverzum koristiti barem milijardu korisnika.

Kako su sistemi i softver napredovali, a hardver se smanjio, AR, VR i MR su počeli da se filtriraju u svakodnevni život. Šta proširenu stvarnost čini tako razornom i tako potencijalno vrednom? Rachel Ann Sibley, futurist i konsultant Univerziteta Singularity veruje da je to tehnološka platforma budućnosti. AR, VR i MR stavljaju podatke, slike i objekte u oblike i forme koji su prirodni i razumljivi. U stvari, ona se odnosi na proširenu i virtuelnu stvarnost kao na „vezivno tkivo“ budućnosti. Proširena stvarnost premošćuje psihološki ponor između mašina i ljudi.¹¹

3.3 Istraživanje metoda stvaranja virtuelne realnosti

Virtuelna stvarnost koristi kompjutersku tehnologiju za kreiranje interaktivnih virtuelnih iskustava koja se gledaju preko headset-ova. Pravljenje VR iskustva je mnogo sličnije stvaranju kompjuterske igre i može uključivati programere, stručnjake za prostorni zvuk, dizajnere, animatore. Korisnici su smešteni „unutar“ simuliranog sveta koji potencijalno daje veći osećaj uranjanja nego što se to doživljava na „tradicionalnom“ ravnom ekranu.

U čemu se najviše ogleda virtuelnost? Nju možemo potvrditi na sledeći način: iako su okruženja i predmeti u ovim iskustvima verodostojno predstavljeni i imitirani, oni ne služe svojoj svrsi jer su nepostojeći. Na primer, možemo učestvovati u iskustvu šetnje po šumi ili simulaciji skijanja, ali ni u jednoj od te dve situacije nećemo moći da osetimo miris biljaka ili hladnoću snega. U određenoj meri, to podseća na ulogu posmatrača jednog pejzaža na filmskom platnu, ali u ovom konkretnom slučaju smo iz uloge posmatrača prebačeni u ulogu učesnika, a i u određenim slučajevima čak i kreatora narativa. Napredni VR sistemi trenutno podržavaju i određeni nivo fizičkih povratnih informacija korisniku, poput vibracije kroz kontroler ili neki drugi uređaj koji spada u kategoriju haptičkih uređaja. Ovaj efekat se u vojnoj, saobraćajnoj i medicinskoj industriji video igara naziva silom povratne sprege i upotrebljava se u različitim vrstama simulatora. VR se takođe može koristiti za istraživanje nedostupnih lokacija na Zemlji - na primer, u kombinaciji sa Google Street View-om korisnici mogu da vide značajan deo naše planete, naročito naseljenih područja.

Veštačka realnost se već neko vreme koristi u arhitekturi kako bi se isprobao neki projekat pre same gradnje, odnosno stekao utisak o nekom prostoru / arhitektonskoj celini koja je u nastanku ili tek treba da počne da se pravi. Dalje, VR se koristi i za simulaciju stvarnih prostora za potrebe bezbednosti na radu, obrazovne svrhe i svrhe treniranja i obuke. U tom slučaju se najčešće primenjuje na način gde učenicima pruža iskustvo digitalnog okruženja u kome mogu da razvijaju svoje vešti- ne bez posledica koje bi ih zadesile u stvarnom svetu. Ovaj princip se uveliko koristi u osnovnom obrazovanju razvijenijih zemalja, vojnoj industriji i obuci, treningu astronauta, simulatorima leta i obuci vozača. Svakako, atraktivno polje predstavljaju i medicinska istraživanja. Vežbe i obuke za različite operacije se danas, uz upotrebu ove tehnologije, sprovode u virtuelnoj realnosti. Takođe, novije tendencije u lečenju različitih psiholoških bolesti, post-traumatskog poremećaja anksioznosti prikazuju značajne rezultate u izlaganju pacijenata tim fobijama i njihovom lečenju (gde su strahovi u kontrolisanom okruženju, i pacijent je u mogućnosti da se suoči sa njima bezbedno i uz minimum stresa), pa čak i posttraumatskog poremećaja ličnosti.¹³

Kada je u pitanju umetnost, prvi svetovi virtuelne realnosti su stvoreni sedamdesetih godina 20. veka, a razvojem tehnologije tokom devedesetih godina je došlo do veće ekspanzije ovog medija, naročito kroz film. Od momenta kada je komercijalna tehnologija za izradu i produkciju ovih sadržaja postala dostupnija, porasla je i potražnja za njima uz mnogobrojne alate i platforme koji omogućavaju ovakav način prikazivanja i/ili iskustva.

¹² Milan P. Ličina, Nenad N. Perić, Virtuelna realnost i Video-igre kao prošireni mediji filma, 2019.

Virtuelna realnost ima razne primene u mnogim poljima, ali se ipak najčešće koristi u zabavne svrhe i to u industriji video-igara i trodimenzionalnih bioskopa, što je posebno prisutno kod sportskih događaja, izvođačkih umetnosti, muzičkih spotova i kratkih formi. Počevši od 2015. godine, veliki broj zabavnih parkova je implementirao virtuelne rolerkoster vožnje. U našem okruženju je ova primena tehnologije nazvana 5D bioskopom. Kada je u pitanju robotika, virtuelna realnost se koristi za upravljanje na daljinu, dok se u društvenim naukama i psihologiji koristi za ispitivanja ljudskih interakcija u kontrolisanom okruženju.

Virtuelna stvarnost (VR) je uzbudljiv novi medij sa širokom primenom u zabavi, marketingu, dizajnu i još mnogo toga. Jednako fleksibilni i dinamični su profesionalci koji su specijalizovani za kreiranje i prilagođavanje sadržaja virtuelnoj stvarnosti. Kreatori VR sadržaja koriste dve glavne metode za kreiranje VR sadržaja: generisanje računara, gde je svaki deo sveta sintetički, dizajniran i integrisan u interaktivno iskustvo korišćenjem koda; i video od 360 stepeni, gde se video snima pomoću omnidirekcionih kamere i montira da bi se stvorilo impresivno iskustvo.

Interaktivni 3D razvoj

„Virtuelno“ u virtuelnoj stvarnosti je razlog zašto većina ljudi ima tendenciju da zamisli ovu vrstu sadržaja kada pomisle da stave VR kacigu. Ako je kreiranje VR sadržaja zasnovano na video zapisima poput snimanja filma, onda je kreiranje interaktivnog VR sadržaja poput razvijanja video igre. Kreatori koriste softver za razvoj 3D igara – koji se nazivaju endžini (engines) za izgradnju čitavih svetova iz temelja. To često znači kreiranje originalnih 3D modela i animacija pomoću softvera kao što su 3DS Max ili Maya; korišćenje aplikacija kao što su Photoshop ili Zbrush za dodavanje boje i teksture; korišćenje ugrađenih alata endžina za dodavanje osvetljenja sceni; i dizajniranje originalnih zvučnih efekata kako bi vizuelni sadržaj oživeo. Možda najvažnije, kreatori interaktivnog VR sadržaja pišu kod koristeći naprednu funkcionalnost koju pruža endžin za izradu igara—kako bi sve povezali u celinu.¹⁴

Iako je ovaj metod kreiranja VR sadržaja mnogo skuplji i dugotrajniji od snimanja videa od 360 stepeni, on ima prednost u interaktivnosti zahvaljujući kodu, što znači da korisnici mogu učiniti mnogo više od pukog razgledanja. Mogućnost podizanja stvari, pomeranja i uređivanja virtuelnih objekata u imerzivnom okruženju čini interaktivnu VR odličnom za kompjuterski podržan dizajn (CAD) kao i zabavu u stilu video igara. Autodeskov VRED, na primer, je virtuelni softver za izradu prototipa za dizajnere automobila koji im omogućava da vide i uređuju svoje dizajne u skali bez potrebe za pravljenjem modela.

¹³ Berklee College Of Music, „Virtual Reality Content Creator”, (2021.), preuzeto: 22.10.2021, <https://www.berklee.edu/careers/roles/virtual-reality-content-creator>.

Video sa imersivnim sadržajem od 360 stepeni

Daleko najjeftiniji i najbrži metod kreiranja sadržaja virtuelne realnosti je video od 360 stepeni. Naravno, to ne znači da je ovaj sadržaj lako kreirati ni da je celokupan proces izrade jeftin. Video se snima pomoću omnidirekcionne kamere, spaja se pomoću specijalnog softvera za spajanje video zapisa i dalje se uređuje kako bi se optimizovao za gledanje na ekranu montiranom na glavu (HMD). Često će kreatori sadržaja obavljati više od jedne uloge u jednom projektu, ali kreatori VR sadržaja koji rade u ovom mediju mogu da preuzmu brojne poslove, uključujući:

- smišljanje i vođenje projekta
- snimanje (podešavanje stativa, vođenje steadicam-a ili upravljanje kamerom postavljenom na dron)
- snimanje zvuka—podešavanje mikrofona za snimanje prostornog zvuka (spatial sound) i post produkcija koja zahteva poznavanje procesa miksovanja ambisonic-a prvog, drugog, trećeg ili višeg reda.

Što se tiče samih projekata, video od 360 stepeni može da podrži izmišljene narative i dokumentarne filmove, baš kao i tradicionalni video, ali je posebno efikasan kada je u pitanju marketing i upravljanje događajima. Mogućnost emitovanja VR sadržaja uživo omogućava da sportske igre, koncerti, konferencije i sajmovi postanu impresivna iskustva za publiku kod kuće, dok brendovi koriste prednost privlačnog medija kako bi privukli gledaoce na sajtovima kao što su Facebook i Youtube.¹³

VR zasnovana na video zapisima takođe ima najsavremenije aplikacije u oblastima kao što su turizam, nekretnine, obrazovanje i nadzor – u vojsci i drugim oblastima. Video od 360 stepeni omogućava nam da uživamo u kulturno-umetničkim sadržajima snimljenim na ovaj način: pozorišna predstava, opera, balet, koncert.



Slika 8 – Omnidirekciona kamera za snimanje 360 video sadržaja sa dva objektivna (Izvor: Wikipedia)

¹³ Berklee College Of Music, „Virtual Reality Content Creator”, (2021.), preuzeto: 22.10.2021, <https://www.berklee.edu/careers/roles/virtual-reality-content-creator>.

3.3 Kontekst upotrebe virtualne realnosti u savremenom umetničkom izrazu

Svaki put kada novi medij postane dostupan, umetnici ga prihvataju sa entuzijazmom, fascinirani njegovom novinom i motivisani željom da uspostave direktnije odnose sa svojom publikom ili da dođu do novih. To se desilo sa filmom, radiom, telefonom, video tehnologijama, personalnim računarom i internetom. Obično su ovi procesi bili pokrenuti komercijalizacijom određenih uređaja, a ključni primer je kamera Sony Portapak koja je objavljena kasnih 1960-ih i podstakla je rađanje video umetnosti.



Slika 9 – Sony Portapak kamera (Izvor: Wikipedia)

Virtuelna stvarnost je imala sličan uticaj: ne samo da su vizuelni umetnici bili željni da eksperimentišu sa njom, već su neki od njih čak doprineli evoluciji njene tehnologije. Od 1977. do 1984. David Em, umetnik pionir u američkom kompjuterskom oslikavanju, radio je u NASA-inoj Laboratoriji za grafiku za mlazni pogon i stvorio prve grafičke virtuelne svetove, zanimljivo podsećajući na pejzaže koje su slikali nadrealistički umetnici kao što su Salvador Dali i Iv Tangi.

Američki kompjuterski naučnik, umetnik i pisac Jaron Lanier imao je ključnu ulogu u unapređenju i popularizaciji VR-a. U intervjuu iz 1989. godine, Lanier je izjavio: „Postoji nekoliko posebnih stvari o virtuelnoj stvarnosti koje treba imati na umu, stvari koje je čine važnom. Jedna je da je to stvarnost u kojoj sve može biti moguće, pod uslovom da je deo spoljašnjeg sveta. To je svet bez ograničenja, svet neograničen poput snova. To je takođe svet koji se deli, kao što je fizički svet, ni više, ni manje”.¹⁴

¹⁴ Lanier, Jaron, “Virtual Reality: An Interview with Jaron Lanier,” Whole Earth Review, 1989.

Kako su VR slušalice počele da kruže ranih 1990-ih na tržištu video igara (npr. Sega VR slušalice su komercijalizovane 1991), sve više vizuelnih umetnike je privukao umerzivni potencijal ove tehnologije. Britanski kompjuterski umetnik William Latham istraživao je psihodeličnu dimenziju VR, uranjajući gledaoce u računarske ekosisteme naseljene organskim životnim oblicima generisanim algoritmima koji podseća na morske anemone, pečurke, fosile i viruse. Osamdesetih godina prošlog veka, zajedno sa programerom Stephen-om Todd-om, Latham je osnovao Mutator VR tim, koji je i danas aktivan. Njihova poslednja instalacija, koju je producirao VIVE Arts, predstavljena je na izložbi Neuron: Simulirana inteligencija 2020. u Centru Pompidou u Parizu.

Još jedna ključna figura u evoluciji VR-a u savremenoj umetnosti je australijski umetnik Jeffrey Shaw. Njegova Virtuelna skulptura (1981) bila je pionirska instalacija proširene stvarnosti: gledaoci su mogli da nagnu monitor sa Fresnelovim sočivom i poluprovidnim ogledalom i vizuelizuju kompjuterski generisane figure koje lebde u okolnom prostoru. Šooov najrevolucionarniji projekat za VR (bez headset-a) je Čitljiv grad (Legible City, 1989–1991), interaktivna instalacija koja je posetiocima omogućila da se kreću kompjuterski generisanim gradskim pejzažom vozeći stacionarni bicikl ispred ekrana. Iako su zasnovane na mapama stvarnih gradova (Menhetn, Amsterdam, Karlsruhe), 3D reči i fraze zauzele su mesto zgradama.¹⁵



Slika 10 – Čitljiv grad (Legible City, 1989–1991) (Izvor: www.jeffreyshawcompendium.com)

¹⁵ Francesco Maria Spampinato, Valentino Carticalà, Contemporary Art and Virtual Reality, 2021, 121.

Italijanski medijski naučnici Frančesko Kazeti i Andrea Pinoti identifikovali su tri glavne ose savremenog imerzivnog iskustva: neuokvirenost, sadašnjost i neposrednost. Pod „neuokvirenošću“ oni misle na gubitak okvira. Ekran i okvir - ključni elementi "tradicionalnih" oblika filmskog narativnog iskustva - izgleda da nestaju u VR. Sa horizontom od 360 stepeni, ivice okvira se skupljaju omogućavajući korisniku da istražuje polje u celosti. „Prisutnost“, sugerišu oni, „treba shvatiti u dvostrukom smislu: osećaja prisustva korisnika u okruženju (stanje koje se često naziva formulom „biti tamo“) i digitalnih objekata koji se percipiraju kao stvarno prisutni u okruženju. prostor-vreme korisnika“¹⁶ Pod „neposrednošću“ oni se odnose na osećaj da ste u potpunosti apsorbovani u virtuelni svet, osećaj koji je predodređen da se povećava što se više tehnologija povezuje sa našim telom ili postaje produžetak našeg tela.

Rane eksperimente u korišćenju VR-a u vizuelnim umetnostima vodili su od 1970-ih do 1990-ih umetnici poput Latham-a i Shaw-a, a karakterisali su ih, kao što je bio slučaj i sa drugim tehnologijama, istraživačkim pristupom estetskom i narativne mogućnosti koje nudi novi medij. Interesovanje za VR je splasnulo tokom kasnih 1990-ih, ali počevši od 2016. godine, u skladu sa komercijalizacijom Oculus Rift-a i razvojem softvera prilagođenog korisniku, kao što su Unreal Engine i Unity, pojavio se novi talas VR umetničkih projekata. Sistem Oculus Rift VR, koji je dizajnirao američki preduzetnik Palmer Luckey 2010. godine, lansiran je 2012. kroz kampanju na Kickstarteru i slavno ga je kupio Facebook 2014. za 3 milijarde dolara, čime je ušao na tržište 2016. Njegov revolucionarni uticaj je bio zahvaljujući displeju headset-a kao i brzini osvežavanja slike od 90Hz u kombinaciji sa niskom latencijom, omogućavajući korisnicima sveobuhvatno iskustvo.

Sve više i više muzeja i arheoloških lokaliteta takođe je usvojilo VR, kako bi posetiocima ponudilo uranjanje u naslikane scene, šetnje grčkim polisima ili zastrašujuće susrete sa dinosaurima. Međutim, većina ovih VR aplikacija nisu ništa drugo do pojačane verzije drevnih oblika iluzionizma i prate logiku zabave, tržišta i pedagogije.¹⁷

Uspon kompanija za proizvodnju VR umetnosti

Dokaz nedavnog interesovanja za odnose između vizuelnih umetnosti i VR je rađanje i povećanje aktivnosti kompanija koje imaju za cilj proizvodnju VR umetničkih projekata. Acute Art, Khora Contemporari i VIVE Arts, svi rođeni u poslednjih pet godina, usmerili su svoja sredstva ka imerzivnosti, otvarajući nove puteve za konvergenciju umetnosti, tehnologije i inovacija.

Saradnja između vizuelnih umetnika, programera i tehničara nije novost u istoriji umetnosti. 1960-te su bile zlatno doba, međutim, današnja proizvodnja VR umetničkih projekata ukazuje na fenomen bez presedana, koji utiče na „modus operandi“ mnogih vizuelnih umetnika i način razmišljanja programera tehnoloških oblasti.

¹⁶ Casetti Francesco, Andrea Pinotti, "Post-cinema Ecology." In Post-cinema: Cinema in the Post-art, 2020.

¹⁷ Francesco Maria Spampinato, Valentino Carticalà, Contemporary Art and Virtual Reality, 2021, 122.

Ovaj hibridni scenario u nastajanju odmah postavlja ključno pitanje: zašto bi tehnološkoj kompaniji bili potrebni vizuelni umetnici? I obrnuto, zašto bi vizuelnom umetniku bila potrebna tehnološka kompanija da napravi umetničko delo? Mnogi od umetničkih eksperimenata sa tehnologijom razvijaju nove kritičke pristupe. Pojavljuje se novi hibridni tip umetnika, koji je s jedne strane sve više zabrinut za inovacije, uključen u stalni dijalog sa programerima i tehničarima, a sa druge strane donosi kritički pogled, gurajući tehnološko polje da preispita svoje prioritete.¹⁸

Acute Art, Khora Contemporari i VIVE Arts su izabrali saradnju sa vizuelnim umetnicima kao svoju osnovnu delatnost, verujući da umetnici mogu pokrenuti inovativne ideje. Aktivna od 2017. godine, Acute Art je verovatno najpoznatija od tri kompanije. Njegova samoprogllašena misija, kako je navedeno na početnoj stranici njihove veb stranice, je da „sarađuju sa vodećim svetskim savremenim umetnicima, obezbeđujući pristup najsavremenijim tehnologijama koje im omogućavaju da prevedu svoju kreativnu viziju u nove digitalne medije uključujući virtuelnu, proširenu i mešovitu stvarnost. Na listi umetnika koji sarađuju sa Acute Art nalaze se ličnosti čija je popularnost prevazišla granice sveta umetnosti kao što su Marina Abramović, Jef Koons, Olafur Eliasson i Anish Kapoor. Ovi umetnici su uvek pomerili granice između umetnosti i zabave. Obračanje VR-u je bio logičan korak. Zanimljivo je da su ovi umetnici prvi put pristupili VR zahvaljujući Acute Art. Posebna sposobnost kompanije je da stimuliše već etablirane umetnike da se suoče sa novim izazovima u pravcu imerzivne tehnologije i stvaraju nove sinergije između njih i tehničara. Nije slučajno da je istaknuti kustos savremene umetnosti, Šveđanin Daniel Birnbaum, izabran za umetničkog direktora kompanije. Birnbaum je renomirano ime u svetu savremene umetnosti, režirao je 53. Venecijansko bijenale 2009. i Moderna Museet u Stokholmu od 2010. do 2018. Birnbaumova nominacija za šefa Acute Art 2019. je dokaz da je sama definicija umetnika i ceo sistem umetnosti je krenuo u masivni proces promene. Eksperimentisanje sa novim oblicima kulturne produkcije kroz usvajanje tehnologije je način da se zaobiđe logika umetničkog tržišta i doprinese tehnološkim inovacijama na različitim prostorima od onih u bilo kom drugom tehnološkom biznisu.

Uloga kustosa je od suštinskog značaja u pridavanju kredibiliteta aktivnostima ovih kompanija, u uokvirivanju ovih hibridnih produkcija kao umetničkih dela, a ne kao pukih oblika medijske zabave.¹⁹ Na primer, Birnbaum predstavlja pravu vezu između kompanije, umetnika i sveta kulture u celini. Ima veštine da upravlja radom umetnika koji inače proizvode pod različitim uslovima. Povodom samita o „umetnosti u digitalnom dobu“, koji je održan u Verbijeu u Švajcarskoj 2018. godine, Birnbaum je imao priliku da razgovara o VR-u sa kanadskim romanopiscem i umetnikom Douglas-om Coupland-om. Sa velikim entuzijazmom je tvrdio: „Čini se da se jednom ili možda dvaput u svakom veku dogodi tehnološki proboj koji menja fundamentalne uslove našeg bića-u-svetu“²⁰. Ono što se pojavljuje nije nužno utopijski pogled na VR, već priznanje glavne uloge koju igra VR u rešavanju pitanja identiteta, materijalnosti, percepcije i empatije.

¹⁸ Francesco Maria Spampinato· Valentino Carticalà, *Contemporary Art and Virtual Reality*, 2021, 123.

¹⁹ Francesco Maria Spampinato· Valentino Carticalà, *Contemporary Art and Virtual Reality*, 2021, 124.

²⁰ Birnbaum, Daniel and Michelle Kuo, *More Than Real: Art in the Digital Age*. London: Verbier, 2018.

Rad Khora Contemporari odvija se na istoj liniji kao i Acute Art. Misija kompanije, kako se pojavljuje na njenoj veb stranici, je da „pruži umetnicima najbolju pomoć da razviju i oslobode svoje maštovite vizije istražujući ovaj novi medij i njegove neograničene mogućnosti“. VR komad kineskog umetnika Yu Hong-a She's Already Gone (2017), koji je producirala Khora, zasnovan je na virtuelnom proširenju umetnikove slikarske prakse. Njeni portreti kineskih žena, različitih uzrasta, nagoveštavaju psihološki uticaj društvenih transformacija koje se dešavaju u njenoj zemlji. Predstavljen u Fondaciji Faurschou u Pekingu, u ovom VR radu korisnik prati život kineskinje, od rođenja do starosti, krećući se u različitim prostorima. Definišuća karakteristika ovog dela je ručno oslikan osećaj svakog prostora, koji karakterišu vidljivi potezi kistom, koji virtuelnom svetu dodaje sloj fizičnosti i istovremeno jača moć slikarstva u adresiranju mentalnog stanja kroz ekspresionistički pristup zasnovan na pamćenju i kulturi.²¹

Za razliku od Acute i Khora, VIVE Arts nije isključivo uključen u projekte vizuelne umetnosti. Njegove produkcije su artikulisane u četiri različite oblasti: kulturno nasleđe; umetnost i fotografija; arhitektura i dizajn; film i performans. Njegova posebnost je da njegovi projekti nisu samoinicijativni, već se uvek razvijaju u partnerstvu sa institucijama od muzeja do bijenala, od filmskih festivala do modnih revija. Projekti VIVE Arts istražuju imersivni potencijal VR zahvaljujući vrhunskoj tehnologiji i stručnosti tajvanske korporacije HTC, čiji je VIVE odeljenje, i retko su zainteresovani za metajezičke forme kritike samog medija.

Na primer, Mesečarenje u zabranjenom gradu Cai Guo-Kiang-a (2020) za Muzej palate u Pekingu je očaravajuća ceremonija virtuelnog vatrometa slična koreografskim spektaklima baruta kao umetničkim događajima, koji se obično postavljaju na otvorenom. Jedinствена VIVE produkcija je Endodrome francuskog umetnika Dominique Gonzalez Foerster-a (2019), napravljena za 58. Venecijansko bijenale. Gonzalez-Foerster se pojavio ranih 1990-ih u saradnji sa pokretom Relaciona estetika koji je teoretisao Nicolas Bourriaud, i poznat je po stvaranju interaktivnih instalacija zasnovanih na izobličenoj percepciji svakodnevnih prostora. Sa Endodrome-om čiji naslov kombinuje grčku reč endon, što znači „unutrašnji“ i dromos, što znači „rasa“ umetnik predlaže imerzivno istraživanje apstraktnog prostora koji je metafora izmenjenog stanja uma.

Ojačano zvučnom podlogom Corine Sombrun, osmominutno putovanje predviđa iskustvo šamanskog transa. Rad podseća na psihodelične svetlosne emisije iz 1960-ih, sa jedinom razlikom što se, zahvaljujući „neuokvirenosti“ VR-a, oseća da se ovaj virtuelni prostor u sopstvenoj glavi doživljava kao prava halucinacija. Štaviše, to je i kritika izolacionističke dinamike VR medija.

²¹ Francesco Maria Spampinato, Valentino Carticalà, Contemporary Art and Virtual Reality, 2021, 127.

U većini slučajeva, kao i kod VR, spekulativni pristup koji savremeni umetnici imaju u pogledu tehnologije navodi ih da zamišljaju distopičnu budućnost. Ne radi se o tome da su umetnici anti-tehnologija ili anti-progres. Upravo suprotno: većina umetnika je hvalila dolazak novih tehnologija, ali su i predlagali različite aplikacije za njih. Dok većina VR aplikacija podrazumeva promenu pozicije korisnika, od posmatrača do stvaraoca priča, u većini VR umetničkih projekata suočeni smo sa neizbežnim uslovom pasivnog gledanja, bez obzira koliko je iluzionistički uranjanje i interakcija sa VR prostorom. Mnogi savremeni umetnici koji koriste VR poništavaju načine pripovedanja koji su tipični za većinu primena ove tehnologije, odnosno imerzivnu verziju tradicionalnih kinematografskih narativnih formi koje zavise od pokreta korisnika i ponašanja očiju. Naravno, čovek ima osećaj da se kreće i doživljava prilagođeno uranjanje u VR prostor, bilo da stoji ili sedi u sobi. Međutim, korisnici ne mogu da se kreću, mogu samo da gledaju.

Ideja pripovedanja manje je zasnovana na istraživanju iluzionističke dinamike neuokvirenosti, sadašnjosti i neposrednosti, a više je usmerena na poboljšanje kritičke svesti gledaoca o samom mehanizmu VR. Dakle, naracija postaje manje dinamična i više se zasniva na činu gledanja, koji, iako podrazumeva (i često eksploatiše) mogućnost kretanja, kao u bioskopu i televiziji, ostavlja telo u miru.

Vraćajući primat vida nad pokretom, umetnici o kojima se govori u ovom radu pokazuju kako se privlačnost VR-a oslanja na činjenicu da nudi nove i ekskluzivne načine gledanja. Prema italijanskom medijskom naučniku Simone-u Arcagni-ju, „da biste pristupili drugom vizuelnom svetu, potrebno je potpuno isključiti „pravi“ preko headset-a koji prvo eliminiše vid, a zatim aktivira novi. Virtuelna stvarnost se stoga rađa unutar resetovanja vizije, neke vrste početnog slepila koje označava čist raskid sa bilo kog drugog vidljivog do ovog trenutka ostvarenog“.²² Dok većina VR aplikacija u igricama i bioskopu koristi ovaj aspekt kako bi omogućila korisnicima da iskuse iluzionističke napade u virtuelne svetove, vizuelni umetnici su izgleda više zainteresovani da otvore diskusiju o našem trenutnom tehnološkom stanju. Umesto uzbuđenog istraživača fantazmagoričnih univerzuma, stimulisanog na različitim senzomotornim stepenima, korisnik se podseća da se veći deo svog života sve više vodi iza paravana: od iluzornog osećaja uronjenosti čovek može samo da bude frustriran.²³

U protekloj deceniji, pionirski VR programer Lanier se pretvorio u plodnog pisca koji polemizira protiv savremene internet industrije, posebno društvenih mreža, kroz uspešne knjige kao što su *Who owns the future* (2010) i *You Are Not a Gadget* (2013).

Za razliku od ovih, *Dawn of the New Everything: Encounters with Reality and Virtual Reality* (2017), koji je izašao kada je VR ponovo postao relevantan, podržava isti tehnofilski stav koji je karakterisao njegove eksperimente iz 1980-ih i rane nosive uređaje. „VR je sredstvo za stvaranje sveobuhvatnih iluzija da se nalazite na drugom mestu... A ipak, to je i aparat za istraživanje šta je ljudsko biće u smislu spoznaje i percepcije. Nikada medij nije bio tako moćan za lepotu i tako ranjiv na jezivost. Virtuelna stvarnost će nas testirati. To će pojačati naš karakter više nego što su drugi mediji ikada imali“.²⁴

²² Arcagni, Simone, *L'occhio della macchina*, Turin: Einaudi, 2018.

²³ Francesco Maria Spampinato· Valentino Carticalà, *Contemporary Art and Virtual Reality*, 2021, 128.

²⁴ Lanier, Jaron, *Dawn of the New Everything: Encounters with Reality and Virtual Reality*, New York: Henry Holt and Company, 2017, 27.

Lanierov entuzijastičan pogled na VR se nije promenio tokom vremena. Prema ovom vizionarskom ocu VR-a, za razliku od drugih tehnologija, VR je uvek predstavljao alat za samoanalizu, osamdesetih godina prošlog veka, kao i četrdeset godina kasnije. Vizuelni umetnici o kojima je do sada bilo reči razvili su sličan pristup. Njihova kritika nije nužno kritika samog medija, već načina na koji se koristi. U razvoju oblika pripovedanja zasnovanih na metajezičkim istraživanjima medija, ovi umetnici obnavljaju suštinsku karakteristiku VR, odnosno njenu sposobnost da omogući korisnicima priliku da istraže šta je ljudsko biće u smislu spoznaje i percepcije²⁵. Upravo o tome govori Endodrom Gonzalez-Foerster: umetnik preuzima ulogu šamana koji, stvarajući virtuelno stanje transa, dovodi korisnika u izmenjeno stanje svesti, poznato i kao stanje protoka, u kojem se nalazi potpunu kontrolu i dobrovoljno se stapa sa okolnom nefizičkom stvarnošću.

Pored Laniera, retko koja od nedavnih studija o VR-u ne govori o ovoj tehnologiji na sličan način ili kao o uređaju za psihološku introspekciju. U delu *Storytelling for Virtual Reality: Methods and Principles for Crafting Immersive Narratives* (2017), na primer, John Bucker istražuje kako se klasični načini pripovedanja mogu primeniti na VR, fokusirajući se na bioskop i animaciju.

Bucker zastupa stav da postoje dva glavna pristupa pripovedanja u VR-u, jedan u kojem korisnik gleda scenu koja se odigrava u okolnom prostoru, a drugi gde korisnik postaje kamera. Baker tvrdi da je „Pripovedanje priča u virtuelnoj stvarnosti manje pričanje priče gledaocu, a više omogućavanje gledaocu da otkrije priču“²⁶.

Ono što ova i druge studije o VR-u ne priznaju je sposobnost VR-a da poboljša svest korisnika. Ako je pripovedanje priča u VR-u, kao što Bucker sugerise, omogućavanje korisniku da otkrije priču, onda se većina VR umetničkih projekata oslanja na vrstu pripovedanja koja ga gura da otkrije, ili bolje rečeno, da se suoči sa sobom.

Da li će VR nestati i uskoro postati zastarela tehnologija? Imajući u vidu njen promenljiv napredak, posebno činjenicu da na prelazu milenijuma nije privlačio veliku pažnju, ovo je vrlo predvidivo. Drugi pokazatelj je pad prodaje u industriji video igara nakon rane faze uzbuđenja. Osim konzumerizma zabave, VR bi se sve više mogao koristiti za stvaranje realističnih simulacija sa obukom ili testiranjem u različitim poljima kao što su vojska, medicina, obrazovanje, automobilska industrija i svemirske agencije. Nije slučajno što je jedan od prvih korisnika Lanierovih nosivih uređaja 1980-ih bila NASA.

Uzimajući u obzir trenutnu pandemiju COVID-a i srodne buduće scenarije zasnovane na socijalnom distanciranju, VR aplikacije bi mogle biti razvijene za obavljanje svakodnevnih aktivnosti na daljinu, od posla preko rasonode. Međutim, potrebno je napraviti mnoga tehnološka poboljšanja, posebno u vezi sa neželjenim simptomima uzrokovanim produženom upotrebom VR-a.

²⁵ Lanier, Jaron, *Dawn of the New Everything: Encounters with Reality and Virtual Reality*, New York: Henry Holt and Company, 2017, 59.

²⁶ Bucker, John (2017). *Storytelling for Virtual Reality: Methods and Principles for Crafting Immersive Narratives*. London: Routledge.

Kada su umetnici usvojili Sony Portapak kasnih 1960-ih, neki od njih su analizirali mehanizam videa kao medija i kako se koristi u televizijskoj industriji. Drugi, povezani sa pokretom gerilske televizije, eksperimentisali su sa novim oblicima pripovedanja što je na kraju dovelo do novih načina bavljenja novinarstvom, dokumentarnim filmovima i filmskim stvaralaštvom uopšte. Sa VR danas, čini se da smo na sličnom pragu: neki umetnici dekonstruišu mehanizme VR kao medija i jezika, čak i u narativnom smislu; drugi predlažu nove njegove primene, u strogoj saradnji sa vrhunskim kompanijama koje su u stanju da čak i konceptualne pristupe pretvore u izvodljiva rešenja. Ovi umetnici nisu zainteresovani da istražuju imerzivno, multi-senzorno iskustvo koje nudi VR radi samog sebe, već da ga iskoriste da bi korisnici bili svesni otuđujućeg i desenzibilizirajućeg uticaja digitalnih tehnologija, osnažujući ih da razlikuju stvarnu stvarnost od njene surogati, ma koliko oni bili iluzorni.²⁷

²⁷ Francesco Maria Spampinato, Valentino Carticalà, *Contemporary Art and Virtual Reality*, 2021, 29.

4. Virtuelna realnost kao galerijski eksponat

4.1 Istraživanje i definisanje izlagačkih okvira

Pandemija virusom COVID-19 primorala je svet na zaključavanje, skoro sve je počelo da se obavlja online, putem interneta: poslovni sastanci, treninzi, koncerti, predstave. Nalazimo se usred nove digitalne revolucije, koju je COVID-19 izazvao. Desila se eksplozija virtuelnih/onlajn izložbi. Neki su otišli toliko daleko da su ih nazvali izložbama virtuelne realnosti, čak i ako ono što se pojavljuje nije ništa više od veb-sajta sa klikom - bez headset-a na vidiku. Ovo poslednje je razumljivo, s obzirom na to koliko malo domova zaista poseduje VR headset. Tehnologija postaje pristupačnija i izveštaji o brzom rastu industrije predviđaju da će se veličina tržišta hardvera i softvera za virtuelnu stvarnost za potrošače povećati sa 6,2 milijarde dolara u 2019. na više od 16 milijardi dolara do 2022.

Neposredno pre zatvaranja u Velikoj Britaniji, Space Popular je dizajnirao prvu izložbu virtuelne stvarnosti za Kraljevski institut britanskih arhitekata (RIBA). Posetioci Freestile: Architectural Adventures in Mass Media izložbe, nosili su slušalice kako bi gledali kako se crna maketa pretvara u objekte koji prate trag 500 godina istorije arhitekture. Primorana da se zatvori usred pandemije, RIBA je naručila od Space Popular da premesti izložbu na internet. Šef izložbi i interpretacije RIBA-e, Marie Bak Mortensen, pohvalila je Space Popular jer nije zapao u podrazumevani položaj kreiranja onlajn izložbe koja je oponašala Galeriju arhitekture u RIBA-i. Stvorili su novi virtuelni enterijer koji je poboljšao onlajn mogućnosti, čineći besprekornu vezu između artefakata na izložbi i virtuelne stvarnosti.

Održavanje izložbe u virtuelnom prostoru nije sasvim nov koncept. Galerija David Zwirner, na primer, otvorila je onlajn prostore 2017. godine, iste godine kada je lansiran samo onlajn Univerzalni muzej umetnosti. Ali, kao što je bio slučaj u drugim industrijama – maloprodaja, ugostiteljstvo i kancelarije kao glavni primeri – kriza je ubrzala usvajanje postojećih ideja i od strane dobavljača i potrošača. Galerija David Zwirner je dokaz ovog drugog, a David Zwirner Online doživljava povećan promet tokom zaključavanja. Slično tome, Muzej savremene umetnosti Savina u Seulu – koji je 2012. postao jedan od prvih muzeja u Južnoj Koreji koji nudi VR izložbe – video je da se broj posetilaca njegove digitalne ponude povećao skoro deset puta od izbijanja koronavirusa.

Neki su umesto toga koristili društvene mreže, iskoristivši neposrednost i doseg platformi kao što je Instagram. Otprilike pet nedelja nakon što su vlasti u Kini prvi put zatvorile Vuhan i druge gradove u provinciji Hubej, Državna uprava za kulturnu baštinu odlučila je da stanovništvu koje je zatvoreno u kućama obezbedi neku kulturnu hranu. To je okupilo muzeje širom zemlje da pokrenu virtuelne izložbe na postojećim digitalnim platformama kao što je Weibo. Kako je u martu izvestila Kineska globalna televizijska mreža, „prema preliminarnim statistikama, više od 1.300 muzeja je izložilo više od 2.000 predmeta onlajn preko veb sajtova, Weibo i WeChat“.²⁸ Weibo je postao važna platforma za posete muzejima na mreži, a zvanični Weibo muzeja na svim nivoima je korišćen za pokretanje onlajn izložbi.

²⁸ Frame, „WE ANALYSE HOW THE VIRTUAL (REALITY) EXHIBITION WILL EVOLVE“, (2020.), preuzeto 23.10.2021, <https://www.frameweb.com/article/f-136-new-typology-virtual-reality-exhibition>.

Otkako je virtuelna stvarnost popularizovana u industriji video igara, ljudi širom sveta eksperimentišu koliko daleko možemo da pomerimo njene granice. Kao rezultat toga, VR više nije samo oblik za video igre; to je sopstveni prostor koji možemo popuniti idejama.

Kada je Kosta Popov osnovao Cappsiti for Art, upravo je to imao na umu. Popov, bivši izvršni direktor kompanije za proizvodnju video igara, prvobitno je dizajnirao Cappsiti da pomogne preduzećima da prave digitalne prezentacije u proširenoj stvarnosti. Međutim, nakon što je postigao komercijalni uspeh u ovoj sferi, Popov je odlučio da ponovo prisvoji softver kako bi bio kompatibilan sa kustosom umetničkih galerija. „Partnerstvo između Cappsitija i njujorške Akademije umetnosti počelo je sa zajedničkim uverenjem da je moguća brza i kvalitetna proizvodnja virtuelnih muzeja, galerija i izložbi“, kaže Popov.²⁹ Iskustvo je trebalo da pomogne u pretvaranju posetilaca na mreži u fizičke.

Za one koji nisu upoznati sa virtuelnom stvarnošću, kada nosite VR headset i povežete ga sa kompatibilnim softverom, sa svih strana postajete okruženi onim što se prikazuje na ekranu. U suštini, sve što vidite i sve što čujete je prošireno da uskladi prostor koji kreira softver sa detaljima koje opažate oko sebe. Senzorna stvarnost je zamenjena virtuelnom stvarnošću, koja vam u slučaju umetničke galerije omogućava da sagledate slike i skulpture oko sebe sa živopisnim detaljima.

U prošlosti su programeri igara koketirali sa idejom digitalnog turizma i obrazovanja. Na primer, Ubisoftova popularna igra Assassin's Creed je dodala funkciju Discovery Tour u Assassin's Creed: Origins. Kada je ovo omogućeno, možete da izbegavate borbu i nareciju za obilazak Doline kraljeva sa vodičem. Dok prolazite kroz ovaj veličanstveni digitalni prostor, pričaju vam priče koje pričaju profesori i istoričari iz celog sveta.

Funkcija Discovery Tour je promenila Assassin's Creed's Egypt u značajan istorijski prostor koji možete istraživati i učiti o njemu iz udobnosti sopstvenog doma, dodajući ogroman potencijal obrazovnoj vrednosti interaktivnih medija. Međutim, Cappsity nije samo promenio igru za potencijalne posetioce muzeja.

„Kreiranje platforme za digitalizaciju 3D umetničkih dela lake za korišćenje omogućilo je vajarima Akademije umetnosti u Njujorku i umetnicima mešovitim medija da precizno i lepo prikažu svoj rad kao nikada ranije“, kaže Popov. „Očekujemo da Cappsity postane industrijski standard za digitalne portfelje učenika umetničkih škola u narednih nekoliko godina. Kako partnerstvo sa Akademijom umetnosti u Njujorku nastavlja da cveta, inicijativa Cappsity for Art će dobiti zamah, nadamo se da će u bliskoj budućnosti postati široko priznato oruđe kustosa“.²⁹

²⁹ Clain Maher, „Could virtual reality be the future of art exhibitions?“, (2019.), preuzeto 21.04.2021, <https://www.irishtimes.com/culture/art-and-design/visual-art/could-virtual-reality-be-the-future-of-art-exhibitions-1.3905993>.

4.2 Načini prezentacije

Kao i mnoge druge industrije, svet nastupa uživo, muzičkih koncerata i festivala prilagođava se novoj „normalnosti“. Nova ograničenja putovanja i naredbe o zatvaranju koje su uvele državne i lokalne vlasti širom sveta zbog pandemije COVID-19 sprečavaju ljude da se okupljaju i prisustvuju koncertima uživo i muzičkim festivalima. A pošto mnogi muziku shvataju kao nešto što treba „doživeti“, a ne samo „slušati“, ljudi traže nova impresivna i interaktivna muzička iskustva. Virtuelna stvarnost (VR) ulazi u centar pažnje kako bi zadovoljila tu potrebu.

2017. godine britanski bend Gorillaz koristio je YouTube video funkciju od 360 stepeni da uvede novu vrstu muzičkih spotova sa novom video verzijom njihove pesme „Saturnz Barz“, podnaslovljenom „Spirit House“. Od tada, VR muzička iskustva su dramatično evoluirala i kompanije kao što su Wave i MelodyVR prikupile su milione dolara na osnovu impresivnih procena za domaćine virtuelnih koncerata i nastupa uživo kako bi omogućile umetnicima i ljubiteljima muzike da se povežu na nove načine koristeći VR.

Billie Eilish, muzički izvođač, je nastupala u virtuelnoj realnosti koristeći aplikaciju Oculus Venues na Oculus Quest uređaju. Proslavljena elektronska violinistkinja, Lindsey Stirling, napravila je potpuno virtuelni nastup pred publikom od 400.000 ljudi uživo, takođe putem VR-a. Reper Travis Scott je predvodio virtuelni koncert na Fortnite-u koji je privukao više od 27 miliona igrača u istoimenoj igri, što je podstaklo Fortnite da organizuje dodatne VR zabave i događaje sa muzičarima kao što su Dillon Francis, Steve Aoki, Deadmau5 i Dominic Fike. Čak je i umetnik, dobitnik nagrada Emmy, Grammy i Oskara, John Legend, bio domaćin VR nastupa uživo koji se prenosio uživo širom sveta.



Slika 11 – VR nastup muzičara John-a Legend-a – Wave aplikacija (Izvor: <https://medium.com>)

Nate Nanzer, šef globalnog partnerstva u Fortnite-ovoj matičnoj kompaniji, Epic Games, primetio je u intervjuu za Rolling Stone „poruka muzičkoj industriji je, da je pozornica otvorena. Interaktivni, imersivni i društveni VR koncerti otvaraju nove mogućnosti muzičkoj industriji da angažuje ljubitelje muzike u svetu posle COVID-a. Jednostavnim stavljanjem VR headset-a, možete se prevesti na koncert po vašem izboru, koji se izvodi na drugom kraju planete. Korišćenjem VR-a, svaki posetilac koncerta može da uživa u sedištu u prvom redu po pristupačnoj ceni, dok omogućava organizatorima događaja da se odreknu potrebe da brinu o kapacitetima mesta. Prema Nanzer-u, VR koncerti predstavljaju „...drugačiji nivo veze.“³⁰

Otkako su YouTube i Facebook omogućili postavljanje video zapisa od 360 stepeni još 2015. godine, ljudi su počeli da stvaraju imersivne video snimke. Jedan od najpopularnijih primera je muzički video grupe Gorillaz za virtuelnu realnost pod nazivom „Saturnz Barz“, koji je generisao više od 3 miliona pregleda za samo 48 sati. Muzički video vas prvo vodi u vožnju vozom. Posle toga, u ukletu kuću. A onda, do uzbudljivijih scena u svemiru sa privlačnim vizuelnim prikazima i vanzemaljskim čudovištima.

Da bi virtuelna realnost bila dopadljiva, nije nužno da ste u svemiru i okruženi animiranim senzacijskim elementima. Upravo to nam govori drugi primer, muzički spot švedskog pevača i producenta Roomie-a za pesmu „Summer“ benda Maroon 5 sadrži imersivne poglede od 360 stepeni na scene iz Velike Britanije. Mogli ste da se vozite žičarom igrajući se sa bubnjevima ili gledati nastup uličnih igrača u Lesteru. Gledanje ovih video zapisa sa VR headset-om u potpunosti pojačava doživljaj muzičkog videa.³¹

Virtuelna stvarnost definitivno odgovara istraživačkoj prirodi muzičke industrije. Međutim, činjenica je da VR iskustva još uvek imaju prostora za rast kako bi se smatrala mejnstrimom. Na umetnicima, producentima i inženjerima će biti da stvore mogućnosti za ljude da pristupe različitim muzičkim iskustvima VR. Stručnjaci predviđaju da će trend biti u tome da umetnici puštaju fanove u sopstveni VR univerzum, umesto da se jednostavno angažuju sa jednim muzičkim spotom ili koncertom. Uz virtuelnu stvarnost, muzika može biti moćnija, posebno za obožavaoce koji traže potpunije iskustvo slušanja.

VR se brzo infiltrirao u video igre, filmove i sve druge medije oko nas, tako da nije zaobišao ni balet. Sa „Night Fall“ (Pada noć), Holandska nacionalna opera i balet kreirala je prvi VR balet na svetu, 2016. godine. Gledalac je smešten u mračnu prostoriju zajedno sa plesačima i violinistom koji svira partituru za izvođenje.

Koreografija za komad je kreirana posebno za VR, uzimajući u obzir činjenicu da gledaoci mogu da gledaju oko sebe. Plesači trče oko kamere i ne ograničavaju svoj nastup na jedno mesto, već koriste celu prostoriju.

Kao i kod mnogih klasičnih baletskih komada, Night Fall počinje grupom balerina u belim tutuima (kratka baletska suknja), koje se vrtaju oko dve glavne plesačice dok se zajedno podižu, skaču i okreću. Za razliku od poznatih baleta koji imaju sličnu formulu, poput Labudovog jezera, Bajadere, Žizele, pa čak i Krcka Oraščića, ovaj zamašni ples se ne odvija na sceni već u skladištu. A mi, publika, ne gledamo sa sedišta od crvenog somota, već smo zapravo deo dela, zahvaljujući virtuelnoj stvarnosti.

³⁰ echo3D, „How virtual reality is changing the music industry“, (2020.), preuzeto 15.04.2021, <https://medium.com/echo3d/how-virtual-reality-is-changing-the-music-industry-9b874ee166ab>.

³¹ Nicola K. Smith, „How virtual reality is shaking up the music industry“, (2017.), preuzeto 26.05.2021, <https://www.bbc.com/news/business-38795190>.

Marketing menadžer Nationale Opera & Ballet Harm-Jan Keizer objašnjava da je balet prvi put osmišljen u septembru 2015. nakon gledanja komad Njujorške filharmonije uspomoć VR headset-a. „Posle nekoliko minuta počeli ste da se dosađujete, jer ste samo stajali na sceni“. Osećao si se kao duh na mestu gde ne pripadaš. Niko te nije gledao.”³²

Imajući to na umu, kompanija je odlučila da napravi video od 360 stepeni gde plesači nastupaju - i, na neki način, direktno komuniciraju - sa gledaocem. „Ako kreirate balet, kreirate ga za scenu“, kaže Harm-Jan Keizer. „Kao plesač, imate jednu tačku fokusa, a to je publika. Ali ako radite za virtuelnu stvarnost, onda u zavisnosti od toga gde se nalazite u prostoriji, morate da promenite svoj pravac. Koreografija bi zaista trebalo da bude drugačija. Tako smo švatili da moramo da napravimo nešto novo. Novi balet.” Ovo nije prvi put da je Holandski nacionalni balet u prvom planu promene načina na koji društvo gleda na balet, čineći ga dostupnijim različitoj publici korišćenjem novih medija. Sedamdesetih godina bili su jedna od prvih kompanija koje su uključile video snimke nastupa uživo.



Slika 12 – Prvi svetski VR balet (Izvor: <https://medium.com>)

³² Sarah Bellman, „The first virtual reality ballet springs to life in Amsterdam”, (2017.), preuzeto 23.03.2021., <https://www.vice.com/en/article/pgq7by/dutch-national-ballet-virtual-reality-night-fall>.

5. Istraživanje metoda prostornog snimanja zvuka, umetničke muzike u virtuelnom svetu multimedije i snimanja 360 videa

5.1 Definisane pojmove virtualne realnosti i uranjajućeg zvuka

VR sadržaj i video od 360 funkcionišu tako što zamenjuju naš stvarni svet vizuelnom predstavom virtuelnog sveta. VR headsetovi pokrivaju naše oči i potpuno zamenjuju našu sposobnost da vidimo bilo koji aspekt stvarnog sveta.

Ako samo do pola postavimo VR headset tako da i dalje možemo da vidimo bilo koji aspekt stvarnog sveta, osećaj uranjanja je potkopan ili potpuno uništen. Iluzija da se nalazimo u virtuelnom svetu funkcioniše samo zato što na tačnom mestu gde naše oči počnu da primaju vizuelni signal, zamenjujemo sve što oko može da vidi virtuelnim sadržajem. Zvuk za VR i video od 360 je isti. Tačno na mestu gde bi naše uši uhvatile zvučne talase, blokiramo stvarni svet i zamenjujemo taj signal virtuelnim sadržajem. Dakle, mi pružamo publici sve što bi trebalo da čuje u virtuelnom svetu: prostornu lokaciju izvora zvuka, relevantne refleksije prostorija za naš virtuelni prostor i faktore ponašanja virtuelnog zvuka. Opet, pokušaj korišćenja zvučnika za obezbeđivanje audio sadržaja za ove formate je kao predstavljanje VR iskustva na standardnom kompjuterskom monitoru.

Naravno, publika može da vidi virtuelni svet na ekranu, ali videti taj sadržaj nije isto što i biti „unutar” tog sadržaja. Osećaj uronjenosti i angažovanja oslanja se na predstavljanje svih sadržaja tako da ih čula publike ubede da se zaista nalaze u virtuelnom prostoru. Bilo kakve praznine u toj senzornoj podršci umanjuju uticaj iskustva.³³

Izuzetak od ovoga su iskustva u prostoriji. Ako je okruženje postavljeno i pažljivo kreirano kako bi se publici pružilo specifično iskustvo koje uključuje VR vizuelne efekte sa izlazom zasnovanim na zvučnicima koji je ključan za određene lokacije i pravce, onda se mogu stvoriti zanimljiva iskustva.

U svom sadašnjem obliku, virtuelna stvarnost ima za cilj da zameni svet korisnika. Tipično, headset u potpunosti zamenjuje direktan i periferni vid sa prikazanim svetom. Ovo može biti ili linearni video ili interaktivni 3D prostor. Generalno, iskustvo takođe uključuje slušalice koje maskiraju sav zvuk iz stvarnog sveta virtuelnim zvukom.

Audio, vizuelni, narativni elementi i haptička povratna informacija su uobičajeni aspekti VR medija. Zbog „potpune“ prirode VR iskustva, dizajn i implementacija zvuka su od ključne važnosti za stvaranje uranjanja koje ljudi očekuju. Nije važno koliko su vizuelni elementi dobri i koliko ubedljivo mehanika pokreta simulira određeno iskustvo, loš audio dizajn i implementacija mogu lako da razbiju osećaj uranjanja. Čak i sada, brojne recenzije ranih VR igara komentarišu kako je loš zvuk uticao na celokupno iskustvo i izvukao igrača iz virtuelnog sveta.

³³ Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, *New realities in audio*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018, 25.

Audio u VR ne samo da podržava naraciju i prati vizuelne elemente. Zvuk utiče na to kako naš mozak postavlja predmete u stvarnom svetu. Razumevanje šta audio treba da radi u VR okruženju pomaže nam da bolje pristupimo izazovu stvaranja VR zvuka.³⁴

Video od 360 stepeni obično koristi VR headset za gledanje, ali to je format koji se brzo razvija i zaslužuje sopstvenu definiciju. Generalno, video od 360 stepeni je linearno iskustvo koje može da koristi prostorni zvuk. Iskustvo je najefikasnije kada se gleda kroz VR headset sa slušalicama, i zato je povezano sa VR-om. Postoje alati koji omogućavaju snimanje video i audio sadržaja od 360 stepeni i mnogi od glavnih onlajn video kanala već podržavaju ovaj format (Youtube, Facebook, Vimeo). Pošto se može gledati na mobilnim uređajima sa perifernim headset adapterom, ovaj format ima najveći potencijal za brz rast potrošača. Svako može da gleda video od 360 stepeni pomoću jeftinog headset adaptera za svoj mobilni uređaj.



Slika 13 – 360 pogled u programu Insta360 Studio - screenshot

Iako video od 360 stepeni možda nema isti nivo interakcije koji je moguć u VR igrama, on ima mnogo faktora koji su slični VR sadržaju i aktivniji je za publiku nego tradicionalni film ili televizija. Sve ovo znači da postoje novi izazovi sa kojima treba da se pozabavimo i pregršt mogućnosti za kreiranje zanimljivog sadržaja.

Uranjanje se akustički odnosi na zvukove koji dolaze iz svih pravaca oko slušaoca, što je obično neizbežna posledica prirodnog ljudskog slušanja u vazdušnom mediju. Zvučni izvori zvuka su svuda u stvarnim okruženjima gde se zvučni talasi šire i reflektuju sa površina oko slušaoca. Čak i u najtišim okruženjima, kao što je gluva soba, zvuci sopstvenog tela biće čujni. Međutim, uobičajeno značenje uranjanja u audio i akustiku odnosi se na psihološki osećaj okruženosti određenim izvorima zvuka, kao i ambijentalnim zvukom. Iako akustički zvuk može dopreti do slušaoca iz više okolnih pravaca, njegove prostorne karakteristike mogu se oceniti kao nerealne, statične ili ograničene.

³⁴ Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, *New realities in audio*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018, 26.

Na primer, akustika koncertne dvorane dobrog kvaliteta je tradicionalno bila u korelaciji sa senzacijom slušaoca da je uronjen u zvuk orkestra, za razliku od zvuka koji se čini dalekim i udaljenim. Tehnike prostornog zvuka, posebno 3D audio, mogu pružiti uranjajuće iskustvo jer virtualni izvori zvuka i refleksije zvuka mogu da se pojave sa bilo kog mesta u prostoru oko slušaoca. Slušna percepcija je složena pojava determinisana fiziologijom slušnog sistema i na koju utiču kognitivni procesi. Slušni sistem transformiše fundamentalne nezavisne aspekte zvučnih stimulansa, kao što su njihov spektralni sadržaj, vremenska svojstva i lokacija u prostoru u različite obrasce neuronske aktivnosti. Ovi obrasci će dovesti do kvalitativnog doživljaja visine tona, glasnoće, tembra i lokacije. Oni će na kraju biti integrisani sa informacijama iz drugih senzornih sistema kako bi se formirala jedinstvena perceptivna slika i obezbedilo uputstvo za ponašanje koje uključuje orijentaciju na akustične stimulse i angažovanje u komunikaciji unutar vrste.³⁵

Auditivna prostorna percepcija se odnosi na sposobnost lokalizacije pojedinačnih izvora zvuka u 3D prostoru čak i kada je prisutno više, istovremenih izvora. Za razliku od vizuelnog i somatosenzornog sistema, prostorne informacije nisu direktno predstavljene na senzornom receptoru u slušnom sistemu. Umesto toga, prostorne lokacije se procenjuju integracijom neuronskih binauralnih svojstava i frekvencijsko-zavisnog filtriranja (binauralni i mono signali). Lokacija izvora zvuka se često navodi u smislu azimuta, elevacije i udaljenosti koristeći koordinatni sistem u kojem je slušalac okrenut direktno napred definisan kao 0° azimut i 0° elevacije. Azimut je definisan uglom (θ) između lokacije izvora i srednje ravni na azimutu od 0° (projektovano na horizontalnu ravan), a elevacija je ugao (δ) između lokacije izvora i horizontalne ravni na 0° elevacije (projektovana na srednju ravan). Azimuti desno od slušaoca su pozitivni, levo negativni, a zadnji deo je definisan kao 180°. Visine su pozitivne za gornje pravce i negativne za niže pravce u odnosu na slušaoca. Udaljenost se definiše kao poluprečnik (r) projektovan duž vektora formiranog azimutom i elevacijom izvora. Još jedna važna terminološka razlika relevantna za interauralne znakove je između ipsilateralnih i kontralateralnih ušiju. Ipsilateralno uho je najbliže izvoru zvuka; zvuk tako stiže prvi i jači je u ipsilateralnom uhu. Kontralateralno uvo je najdalje od izvora zvuka, tako da zvuk stiže kasnije i sa manjim intenzitetom u kontralateralno uvo. Lokalizacija izvora zvuka u horizontalnoj dimenziji (azimut) je rezultat detekcije levo-desnih interauralnih razlika u vremenu dolaska i interauralnih razlika u intenzitetu na dva uva. Da bi lokalizovao zvuk u vertikalnoj dimenziji (elevaciji) i da bi rešio zabune prednje i zadnje strane, slušni sistem se oslanja na detaljnu geometriju, uzrokujući difrakciju akustičkih talasa i podvrgavanje refleksijama zavisnim od smera. Dva različita načina indirektnog kodiranja položaja izvora zvuka u prostoru (u poređenju sa direktnim prostornim kodiranjem vizuelnih stimulusa) rezultiraju razlikama u prostornoj rezoluciji u ova dva pravca.³⁶ Na percepciju uranjanja slušaoca utiče složen skup interakcija između ljudi i akustičnih talasa, počevši od perifernog slušnog sistema i završavajući aspektima kognicije u procesu obrade informacija. Svaka od ovih interakcija doprinosi ukupnoj proceni prostornih atributa ovih osećaja, uključujući osećaj akustičnog uranjanja i lokaciju specifičnih izvora zvuka.

³⁵ Agnieszka Roginska, Paul Geluso, Immersive sound, Routledge, New York and London, 2018, 1.

³⁶ Ibid., 2.

5.2 Tehničko-tehnološki aspekti virtualne realnosti i uranjajućeg zvuka

Linearni mediji kao što su film i televizija imaju malo drugačiji cilj od onoga što imamo u virtualnoj realnosti. U linearnim medijima, mi gledamo u svet kroz prozor. Možemo da vidimo određene aspekte tog sveta, one koji su najkritičniji za narativ. Pisac i reditelj pažljivo su odabrali koji su elementi važni kako bi publika imala najzabavniji pogled na taj svet. U skoro svim slučajevima, uloga zvuka je da podrži naraciju. Na filmu i televiziji, to se postiže fokusiranjem na ključne aspekte audio okruženja okoline. Zanimljivi narativni elementi, kao što je automobil koji prolazi, istaknuti su zvučnim akcentima. Pošto imamo ovaj prozor u narativni svet, daleko je važnije okružiti slušaoca elementima ovog sveta kako bi se pomogao proces uranjanja. Nove tehnologije se značajno razlikuju od linearnih medija, jer je cela poenta iskustva osećaj uranjanja i delovanja. Kada ste unutar virtuelnog sveta, osećate vezu jer ste unutra i možete se kretati u odnosu na taj svet. Imate izbor da promenite svoju percepciju u bilo kom trenutku jednostavnim okretanjem glave. Čak i blagi pokreti menjaju ono što možete da vidite i ono što biste trebali da čujete.³⁷

Najsloženiji niz zvučnika jednostavno ne može da obezbedi ovu vrstu responzivne funkcionalnosti. Virtuelna realnost uključuje nošenje headset-a i slušalica. Ovo nije samo zbog načina na koji je vizuelni materijal predstavljen, već zato što može biti najbolji način da doživite prostorni zvuk od 360 stepeni preko slušalica. Da biste zaista iskusili sferni audio doživljaj bez slušalica, trebalo bi da pristupite složenom i skupom nizu zvučnika. Dizajn za 22,2-kanalni niz zvučnika postoji, i postoji nekoliko radnih instalacija u svetu sa ovim podešavanjem, koje omogućava jednoj osobi da sedi u optimalnom položaju i da na taj način doživi uranjanje.

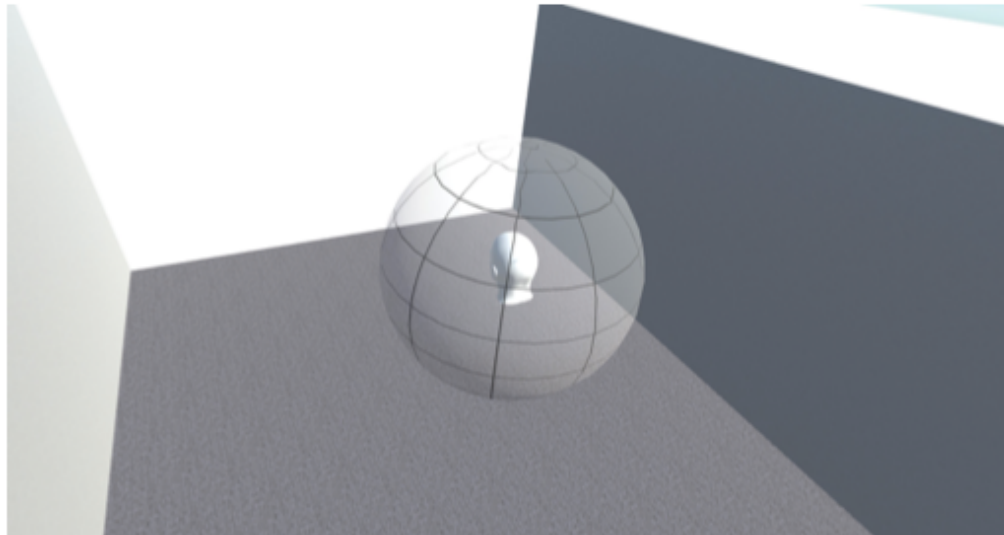
Osim nepraktičnosti postavljanja ovakvog sistema zvučnika, postoji još jedan, važniji element koji treba razmotriti. Korišćenje headseta virtuelne realnosti (VR) ili alternativne realnosti (AR) bez slušalica rizikuje potpuni prekid veze između onoga što korisnik vidi i pratećeg zvuka. Ako korisnik okrene glavu, vizuelni prikaz će se promeniti, ali će zvuk biti u fiksnoj poziciji, bez obzira na to koliko zvučnika koristite.

Što se tiče niskofrekventnog sadržaja kao što su kanali sabvufera, ljudi koriste ceo frekventni spektar da bi lokalizovali zvuk tako da će nam možda trebati te frekvencije vezane za objekte u našem sfernom prostoru. To znači da usmeravanje niskofrekventnog sadržaja na način na koji bismo mogli da uradimo za 5.1 DVD film rizikuje da izazove zabunu u prostornom pomeranju i podriva neke aspekte koji prostorni zvuk čine efikasnijim.

Ništa od ovoga ne znači da virtuelna realnost ne može da koristi eksterne sisteme zvučnika ili da kombinovanje nizova zvučnika sa headsetom ili headsetom sa slušalicama možda neće proizvesti neka zanimljiva i privlačna iskustva. Ali važno je razumeti osnovni dizajn kako se virtuelna realnost razlikuje od tradicionalnih tehnika medijske prezentacije i kako se te razlike mogu iskoristiti da bi se maksimalno povećala iskustva publike.

³⁷ Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, *New realities in audio*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018, 56.

Jedna od primarnih prednosti proizvodnje audio sadržaja za slušalice je ta što trodimenzionalna (3D) tehnologija dodataka omogućava kreatorima sadržaja da iskoriste punu sferičnu prostornost. Dakle, umesto pomeranja između dva ili više fiksnih zvučnika, izvori zvuka se mogu postaviti bilo gde u virtuelnom prostoru. To znači da se može iskoristiti ceo volumen sfere.



Slika 14 – Prostorne audio tačke mogu biti pozicionirane bilo gde unutar sfere (uranjajući zvuk) - Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, New realities in audio, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.

Postoji niz međusobno povezanih pojmova koji su važni za temu virtuelne realnosti i uranjajućeg zvuka.

Haptika (Haptics)

Haptika je bilo koji oblik povratne informacije koja uključuje dodir (kao što su vibracioni kontroleri, jastučići za pritisak ili druge fizičke povratne informacije).

Funkcija prenosa (Transfer Function)

U suštini, najlakše je definisati kao način da se opiše odnos između ulaza i izlaza. Funkcije prenosa se mogu koristiti u različite svrhe; ali u odnosu na HRTF, oni se odnose na informacije o frekvencijskom odzivu i vremenskom odzivu.

Funkcija prenosa u vezi sa glavom (Head-Related Transfer Function)

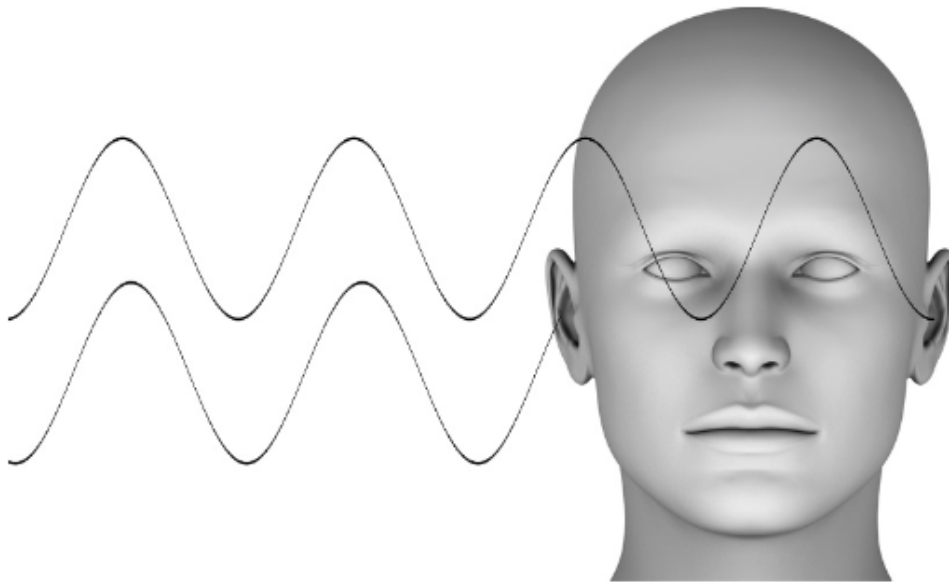
HRTF opisuje kako uho prima zvuk sa određene lokacije u prostoru. Za simulaciju binauralnog sluha potreban je par HRTF-ova. Ljudi imaju samo dva uha, a ipak možemo da lokalizujemo ili trianguliramo zvuk u 3D prostoru. Postoje ograničenja u našoj sposobnosti da pratimo zvukove i mnoge životinje su daleko efikasnije u lokalizaciji zvukova od ljudi, ali mi smo i dalje relativno efikasni u otkrivanju lokacije zvuka u našem okruženju.

Dakle, iako možemo razumeti kako uho prima zvučne talase kroz vazduh, važnije je kako ljudi obrađuju suptilne razlike između načina na koji zvuk primaju naša dva uha i kako nam to omogućava da lociramo izvor zvuka u 3D prostoru. .

Sa dva oka, vid nam daje stereo viziju i pruža nam osećaj dubine dok se krećemo svetom. Binauralni sluh radi sličnu stvar sa sluhom. Neko ko je gluv na jedno uho bi se borio da tačno lokalizuje zvukove.

Interauralna vremenska razlika (Interaural Time Difference)

Interauralna vremenska razlika (ITD) je vremensko kašnjenje koje je potrebno zvuku da stigne do oba uha. Zvuk u sredini će dopreti do oba uha u isto vreme u odnosu na zvuk koji se nalazi sa naše leve strane koji će stići do levog uha pre nego do desnog uha. Ovo kašnjenje je deo informacija koje mozak koristi da nam kaže da je zvuk pozicioniran sa naše leve strane.



Slika 15 – Interauralna vremenska razlika - Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, New realities in audio, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.

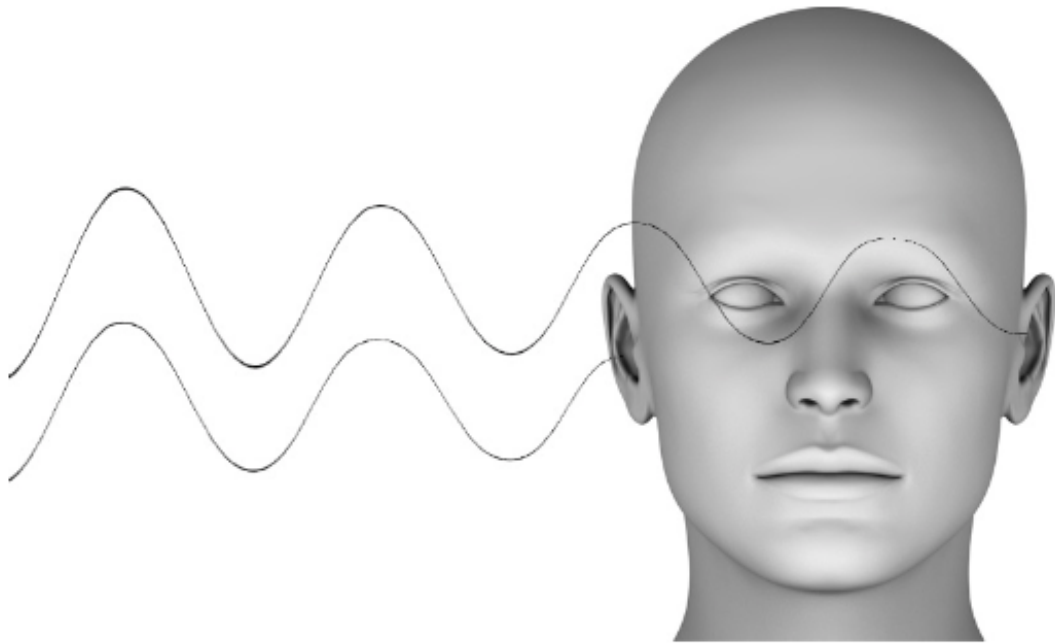
IID ili ILD (Interaural intensity difference i interaural loudness difference)

Interauralna razlika u intenzitetu (IID) ili razlika u interauralnoj glasnoći (ILD) odnosi se na razliku u amplitudi između naših ušiju. Zvuk pozicioniran na jednu ili drugu stranu će prikazati interauralna vremenska razlika (ITD) jer je potrebno više vremena da dopre do najudaljenijeg uha; međutim, zbog oblika i sastava naše glave, zvuk će često biti i tiši za uho koje je najudaljenije.

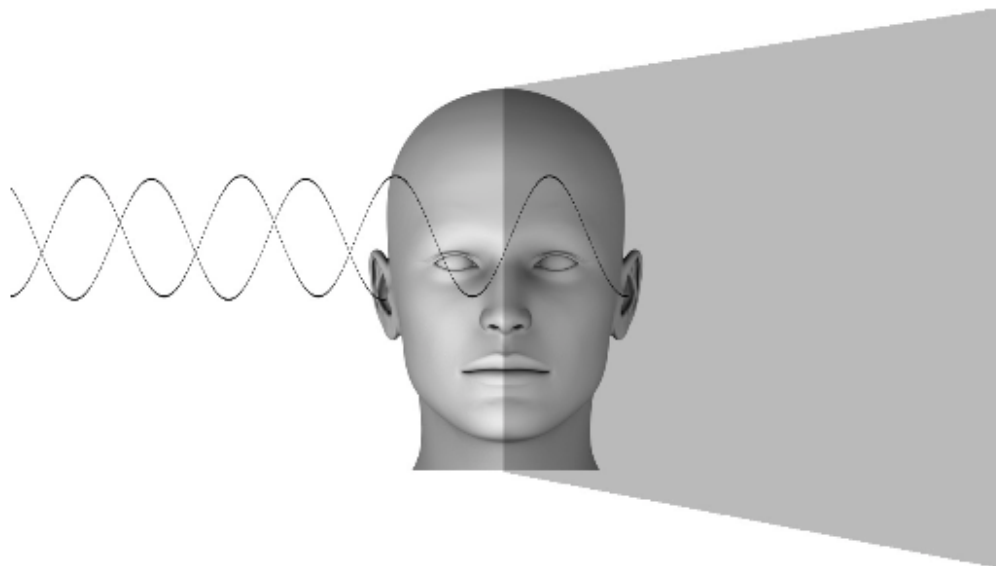
Interauralna fazna razlika (Interaural phase difference)

Interauralna fazna razlika (IPD) je razlika u fazi zvučnog talasa koji dopire do svakog uha. Ovo zavisi od frekvencijskog sadržaja zvuka koji čujemo i interauralne vremenske razlika (ITD-a). Na primer, u slučaju sinusnog talasa od 1000 Hz, dužina zvučnog talasa znači da ako ovaj zvuk stigne do jednog uha 0,5 ms pre nego što stigne do drugog uha, postojaće fazna razlika od 180 stepeni između onoga što svako uho čuje. Iako je gotovo nemoguće aktivno primetiti razliku u zvuku koji dopire do svakog uha, naš mozak može otkriti razliku i koristiti informacije za

lociranje izvora zvuka. Ljudi mogu otkriti fazne razlike od samo 3 stepena; stoga je IPD važan i za prostornu lokalizaciju i za određivanje frekvencijskog sadržaja zvuka koji čujemo.



Slika 16 – Interauralna razlika u glasnoći (ILD) - Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, New realities in audio, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.



Slika 17 – Interauralna fazna razlika (IPD) - Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, New realities in audio, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.

Konus konfuzije

Jedna od slabosti ljudskog sluha se naziva konus konfuzije. Zvuk koji se javlja pod uglom od 45 stepeni napred i levo od slušaoca će rezultirati istim ITD i IID kao zvuk koji se javlja na 45 stepeni pozadi i levo. Isto važi i za nadmorsku visinu. Zvuk koji je 45 stepeni ulevo i iznad biće percipiran kao isti kao 45 stepeni levo i ispod. Kao opšte pravilo, sadržaj viših frekvencija olakšava lokalizaciju i tako može smanjiti efekat konfuzije. Ljudi imaju tendenciju da rotiraju svoje glave kako bi dodatno pomogli u lokalizaciji zvuka; ovo je posebno korisno za sadržaj u kome su dominantne niže frekvencije i takođe za smanjenje efekta konusne konfuzije. Pomeranje glave takođe pomaže u otkrivanju promena u nadmorskoj visini. Sadržaj frekvencije ispod 1.000 Hz se uglavnom detektuje preko ITD, a sadržaj iznad 1.500 Hz se uglavnom detektuje preko IID.

Oblik spoljašnjeg uha utiče na zvučne talase dok putuju do unutrašnjeg uha. Spektralne karakteristike različitih frekvencija se menjaju u zavisnosti od oblika i veličine ušiju. Upadamo u probleme sa stvaranjem HRTF-ova jer je svaki čovek drugačiji. Naši lični HTRF su specifični za naš individualni oblik uha i veličinu i oblik naših glava. To znači da je svaki HRTF koji kreiramo za više korisnika kao generički model manje precizan u informacijama koje pojedinac obično prima. Ovo može biti dodatno komplikovano razlikama u uređajima za reprodukciju kao što su slušalice. Zaista tačan HRTF bi bio modeliran na osnovu našeg tačnog oblika uha i glave, ali bi takođe uzeo u obzir našu kosu, pa čak i oblik i položaj torza i ramena.

Transkodiranje (Transcoding)

Transkodiranje je termin koji se prilično redovno pojavljuje kada se govori o ambisonics i drugim surround formatima. U suštini, transkodiranje je čin pretvaranja signala iz jednog formata u drugi. Konvertovanje 5.1 miksa u stereo je primer transkodiranja. Dakle, iako možemo da kodiramo datoteku u 5.1 u originalnom proizvodnom procesu, možda ćemo morati da transkodujemo 5.1 format u stereo format da bismo mu omogućili da efikasno funkcioniše na određenim platformama.

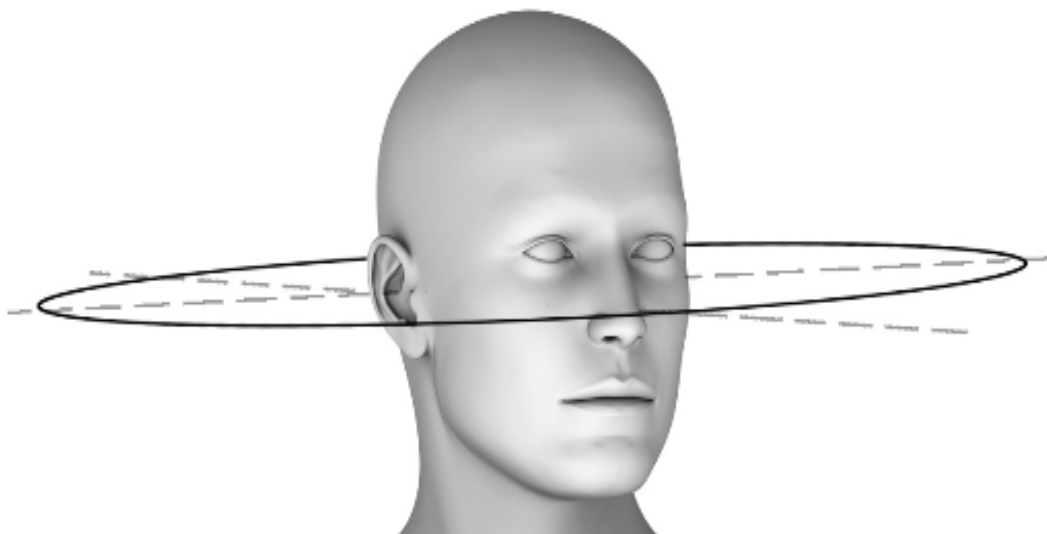
Transkodiranje je relevantno za ambisonični sadržaj jer će potpuna sferična priroda sirovog materijala morati biti transkodirana u prikladan format za proizvodnju i reprodukciju.

Ravna ravan ili nulta ravan (Flat Plane i Zero Plane)

Kada govorimo o ravnoj ravni ili nultoj ravni, mislimo na nevidljivu ravan na istoj visini kao naše uši. Ovo je relevantno jer većina zvuka i muzike koju smo do sada sreli postoji na ovoj ravnoj ravni. Kada slušamo film ili naš omiljeni bend, možemo čuti kako se zvukovi kreću napred-nazad, možemo čuti bubnjeve na levoj strani i gitaru na desnoj, ali svi ovi zvučni primeri postoje na ravnoj ravni. Oni su kao čamci koji plutaju po mirnom moru.

Konvencionalni mediji nisu se pomerili dalje od ravne ravni sve dok Dolby Atmos nije uveo ideju audio sadržaja koji dolazi odozgo. Atmos je efikasno dodao poklopac našoj kutiji za surround zvuk.³⁸

³⁸ Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, *New realities in audio*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018, 57.



Slika 18 – Ravna ravan ili nulta ravan - Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, New realities in audio, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.

„Dijegetički” (Diegetic)

Izraz „dijegetika“ potiče od grčkog izraza diegesis, što znači da se priča priča ili prepričava umesto da se prikaže ili odigra.

Dijegetička muzika je, približno rečeno, ekvivalent muzici iz kadra, a nedijegetička pozadinskoj partituri. Tekst u tom smislu razmatra načine na koje muzika, bivajući dijegetička ili nedijegetička participira naraciji, odnosno obavlja ne samo predstavljačku već i pripovedačku funkciju unutar složene strukture kakva je filmski sistem.

Formati

„Format“ je specifičan termin jer može da pokrije širok spektar različitih stvari: od opisa načina na koje se susrećemo sa sadržajem (film naspram VR nasuprot ekrana monitora) do vrsta datoteka koje koristimo za isporuku sadržaja (zvuk datoteke, zvučne banke, itd.) ili čak zahtevi platforme, kao što su surround zvučne datoteke za konzolu ili drugi formati za zahteve mobilne platforme.

Vezano za implementaciju zvuka za virtuelnu realnost, postoji niz formata snimanja, proizvodnje i isporuke zvuka koji su od suštinskog značaja za razumevanje mogućih tokova rada za nove tehnologije.

Audio zasnovan na kanalu (Channel-Based Audio)

Kao što ime sugerise, zvuk zasnovan na kanalu je bilo koji sadržaj gde primarni format isporuke usmerava audio signal na izlazni kanal. Tehnički, svaki zvuk proizveden preko zvučnika može se nazvati usmeravanjem kroz kanal, ali termin ima specifičnu definiciju koja nam omogućava da ga razlikujemo od drugih formata.

Zvuk zasnovan na kanalu za naše svrhe odnosi se na to kako je zvuk prostorno uređen. Svi tradicionalni formati produkcije zvuka spadaju u kategoriju zvuka zasnovanog na kanalima. Od originalnih mono gramofona, preko stereo, kvadrafonskih i surround pozorišnih sistema, svi oni su zasnovani na kanalima. Određeni broj zvučnika je definisan pre početka proizvodnje, a sadržaj je napravljen tako da se izvuče iz tih dostupnih zvučnika. Sve što je izvan mono formata omogućava nam da kreiramo prostorni izlaz. Balansiranjem sadržaja između izlaznih kanala, moguće je stvoriti iluziju da je izvor zvuka pozicioniran između seta zvučnika, a ne da se u potpunosti proizvodi iz stvarnog zvučnika.

Ono što ovaj format definiše kao zasnovano na kanalu je da se za svaki signal donosi odluka o njegovom konačnom usmeravanju ka izlaznom kanalu. Bez obzira na to koliko kanala postoji i kako se signal prikazuje kroz različite izlaze, on je linearan i zaključan format. Broj kanala i položaj zvučnika definišu oblik koji će zvuk formirati u prostoru za izvođenje. 5.1 sistem stvara kutiju u kojoj se generiše audio. 2.2 sistem će stvoriti više sfernog prostora u kome se generiše zvuk. Prostor za izvođenje će uticati na ono što publika čuje, jer se zvuk odbija od objekata unutar prostora i izvan granica tog prostora (zidova). Čak je i Dolby Atmos u suštini „kutija sa poklopcem“. Ograničenja zvuka zasnovanog na kanalima su praktična i razumna.

Kompletna sfera zvučnika bila bi skupa i nepraktična jer bi samo jedan slušalac zaista mogao da zauzme centralno slatko mesto. Pozorišta i saloni moraju biti u mogućnosti da prime ljude u praktičnom stvarnom svetu, svakodnevnom okruženju. Dakle, pozicioniranje zvučnika oko prostora za publiku u obliku kvadrata ili kocke je do sada bio najpogodniji dizajn.

Binaural

Binaural je tehnika snimanja koja koristi dva ili više mikrofona na specifičan način za snimanje „3D zvučnog pejzaža“. Binauralna tehnika postoji od kasnih 1800-ih i od tada se koristi na različite načine. Ovaj proces snimanja nikada nije dobio ozbiljno prihvatanje kao potrošački format. Nažalost, 1950-ih godina muzička industrija je često koristila termin za označavanje stereo formata i to je stvorilo određenu zabunu i pogrešno razumevanje formata.

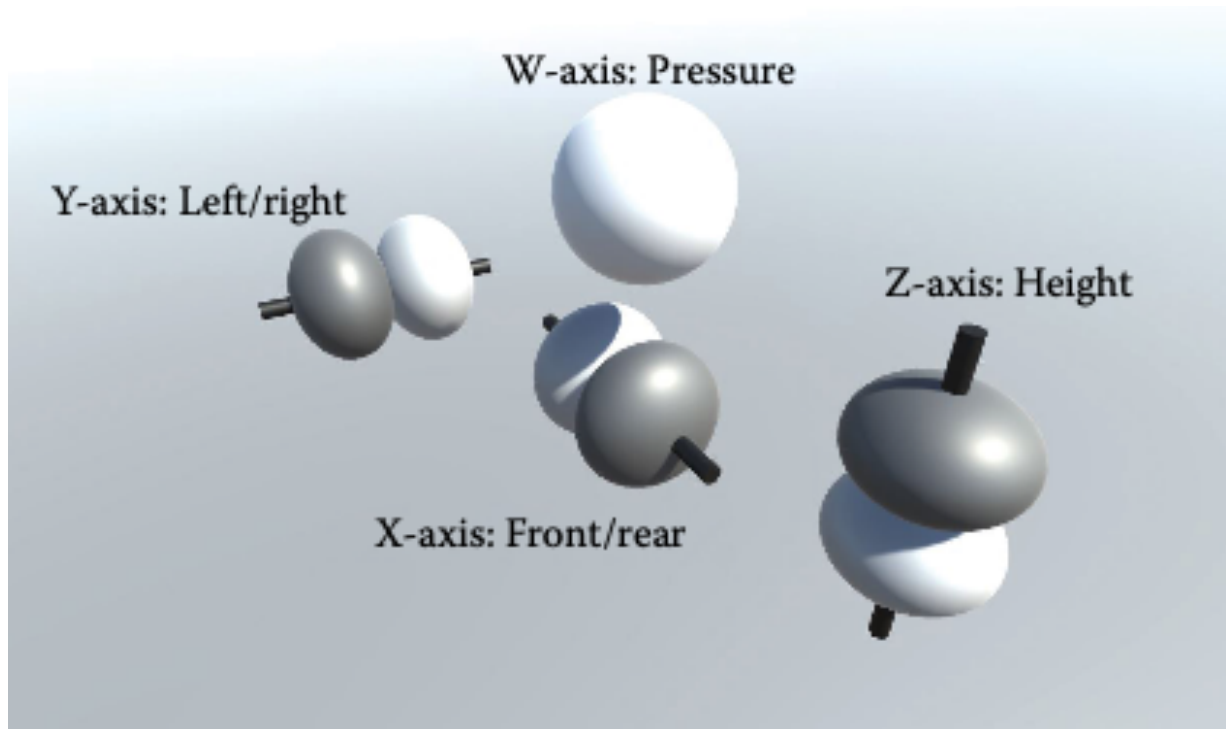
Ambisonics

Ambisonics nije novi format. Ambisonics su razvili Peter Fellget i Michael Gerzon 1970-ih i takođe je nezaštićeni format. Uprkos ranom početku, nikada nije postao popularan format za potrošače jer nije bilo očiglednih aplikacija za tehnologiju. Napredak u VR i AR tehnologiji je doveo do ponovnog interesovanja za ambisonično snimanje i proizvodne procese i tehnologiju. Glavni razlog za to je što Ambisonics nije ograničen kanalima. Što je više kanala, veća je usmerena rezolucija; tako da će vam korišćenje četiri kanala dati punu sfernu usmerenost, uključujući elevaciju i deklinaciju (Ambisonics prvog reda). Pored toga, korišćenje Ambisonics olakšava sferično pomeranje.

Na osnovnom nivou, ambisonsko snimanje se sastoji od četiri signala W, X, Y i Z - horizontalna ravan je W, X i Y; Z je za informacije o visini. W je omnidirektivan.

X, Y i Z su bidirektivni (karakteristika osmice). Ambisonics je sasvim jasno definisan. Stereo zvuk se može snimiti na mnogo različitih načina, od kojih neki možda nisu kompatibilni sa određenim vrstama sadržaja projekta. Ambisonics ima jednu definisanu metodu snimanja, pa čak i kada dodate više redoslede, svi su zasnovani na istoj metodologiji.

Ambisonics podjednako hvata zvuk unutar sfere, što znači da je pogodan za četiri zvučnika koliko i za 40. Obnovljeno interesovanje za ambisonic format dovelo je do nekoliko značajnih razvoja softvera. Ranije je transkodiranje i formatiranje ambisoničnog materijala zahtevalo skupe hardverske komponente.³⁹



Slika 19 – Ose ambisonskog polja prvog reda (*The ambisonic 1st order field axis*) - Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, *New realities in audio*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.

Sada postoji više softverskih rešenja koja pružaju mogućnost formatiranja ambisonskog sadržaja u niz formata zasnovanih na kanalima, a mnoga od ovih rešenja su jeftina ili čak besplatna.

Ambisonics se takođe može povećati u rezoluciji. Gornji dijagram ilustruje ambisonični format prvog reda. To znači da za svaku osu postoji jedna figura osmice (bidirektivna karakteristika). Moguće je dodati više mikrofona na svakoj osi (ovo mora biti urađeno ujednačeno) da bi se povećala rezolucija snimanja. Dakle—drugi red, treći, četvrti, itd. Dodatni mikrofoni funkcionišu kao da povećavaju broj piksela za fotografiju. Na fotografiji dobijate više jasnoće i detalja sa povećanim brojem piksela. Sa Ambisonics-om, to znači da ima više mikrofona koji snimaju svaku osu. Dakle, umesto da prednja/zadnja osa bude snimljena jednim mikrofonom bidirektivne usmerenosti (figura osmice), može postojati više mikrofona tako da ima više tačaka dok se krećete između osa.

³⁹ Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, *New realities in audio*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018, 285.

Kodiranje (Encoding)

Kodiranje uključuje kombinovanje snimaka ili pozicioniranih izvora u skup srodnih kanala koji dijagnostikuje raspored, u skladu sa matematičkim pravilima koja su optimizovana da ekonomično sačuvaju prostorne informacije za kasniju upotrebu.

Dekodiranje

Glavna razlika između ambisoničnih sistema uključuje faze dekodiranja i reprodukcije. Pošto je ulaz – prikaz zvučnog polja – isti za sve ambisonične dekodere, to znači da proizvođači sadržaja ne moraju da brinu o razlikama u renderovanju.

Ambisonics je dobro uspostavljena nezaštićena tehnologija, matematički rigorozna, ali jednostavna za primenu, i progresivno se povećava i smanjuje od mono do bilo kojeg broja kanala. Kako dodajete kanale, to postaje matematički ekvivalentno sintezi talasnog polja, alternativnom pristupu surround zvuku koji se obično oslanja na veoma veliki broj zvučnika. Jedna ključna praktična razlika je u tome što možete postepeno dodavati kanale ambisoničnoj reprodukciji.

Ambisonics je prvi put korišćen u eri kvadrafonskog zvuka, gde je nudio kompatibilnost unapred i unazad. Napred - na veće horizontalne nizove zvučnika, kao što je šestougao u centru modernog 7.1 bioskopa, i dalje do pravog 3D zvuka sa zvučnicima (ili izvorima zvuka) iznad i ispod slušaoca. Nazad - na mono i stereo, bez neslaganja u pozicioniranju povezanih sa preklapanjem, gde korelacija između kanala utiče na balans mešanih zvukova.

5.3 Primena virtualne realnosti i uranjajućeg zvuka u svrhu muzičkog izražavanja

Koristeći HRTF možemo pozicionirati naše muzičke izvore bilo gde oko publike. Dakle, pun orkestar sa delom truba - fanfara koje sviraju odozgo na balkonu može se doživeti preko slušalica sa osećajem veoma sličnim izvođenju uživo.

Ali sferični zvuk ne pruža samo dodavanje dodatnih informacija o položaju. Rotacija i elevacija su očigledne dodatne prednosti sferičnog zvuka. Izvor zvuka možemo postaviti bilo gde oko nas u ravnoj ravni od 360 stepeni, tako da nas naš orkestar može u potpunosti okružiti.

Ovo nam pruža savršenu centralnu poziciju slušaoca za gudački kvartet. Ova postavka bi se mogla prilično lako replicirati na bilo koji sistem zvučnika sa četiri ili više zvučnika ako je publika statična, ali prednost novih tehnologija je u tome što puštaju slušaoca da se kreće. Praćenje glave u HRTF-u bilo bi slično okretanju glave ako bi svaki od instrumenata bio usmeren kroz jedan od četiri fiksna zvučnika u prostoriji, sa jednom značajnom razlikom.

U stvarnom svetu, ako su instrumenti izvučeni iz zvučnika, tada svaki kanal reprodukuje zvuk snimljenog instrumenta u okruženju u kome je snimljen. Zadnji desni zvučnik bi svirao violončelo sa snimljenim ambijentom iz sobe u koji je violončelo snimljen.

Ako okrenete glavu u odnosu na zvučnik koji emituje violončelo, čućete promenu u načinu na koji čujete taj izlaz kako se menja vaš odnos prema zvučniku i prostoriji za reprodukciju. Ali ono što čujete je boja signala zvučnika u prostoriji za reprodukciju u kojoj se nalazite, a ne u prostoru u kome je violončelo snimljeno. Ako je violončelo snimljeno bez ikakvih refleksija, jedini reverb će doći iz prostora za reprodukciju. Ovo iskustvo u VR-u sa HRTF zvukom može se kreirati da emituje zvuk violončela iz tačke unutar virtuelnog prostora za izvođenje. Ako okrenete glavu, HRTF će promeniti ono što čujete u odnosu na taj virtuelni prostor. Dakle, ako je virtuelni prostor prelepa katedrala sa predivnom akustikom, čućete promene u akustici u odnosu na vašu poziciju slušanja unutar virtuelne katedrale, tako da ne bi trebalo da postoji boja zvuka iz bilo koje sobe u kojoj se fizički nalazite. U tom smislu, možemo doživeti performanse sa daleko tačnijom predstavom akustike prostora za izvođenja.

No, da li je ovo poželjan ili koristan format za muziku, tek treba da se istraži. Postoji jaz u našem znanju između zamišljanja onoga što bi moglo biti moguće u novoj stvarnosti i saznanja šta funkcioniše, a šta ne iz iskustva.

Pre nego što istražimo neke od drugih mogućnosti muzičkog izvođenja HRTF-a, vredi razmotriti neke od potencijalnih opasnosti rada sa novom tehnologijom.⁴⁰

Od 19. veka, naprednije tehnologije su omogućile i preciznije predstavljanje zvučnih pejzaža u stvarnom svetu, kao i zvučnih prostora koji nemaju korelaciju u fizičkoj stvarnosti. Prethodni trend se sada koristi u brzom razvoju zvuka za aplikacije virtuelne realnosti, koje koriste ekrane i headsetove na glavi i stoga se oslanjaju na metode binauralne reprodukcije. Poslednji trend istraživanja novog nefizičkog prostornog zvuka manifestovao se u sistemima proširene stvarnosti, koji koriste prostorni auditivni sadržaj da bi predstavili informacije izvan onih koje se susreću u stvarnom svetu. Iako ovi sistemi mogu da koriste višekanalne ili talasne metode zvučnika u određenim kontrolisanim okruženjima, oni takođe zahtevaju binauralnu reprodukciju za primenu u svakodnevnom životu, posebno imajući u vidu sveprisutnost slušalica u ušima. Višekanalne metode i dalje postoje za filmski audio i sisteme kućnog bioskopa, ali u budućnosti se ova tržišta mogu suočiti i sa povećanom konkurencijom binauralnog ili transauralnog sadržaja kako se metode individualizacije HRTF-a budu poboljšavale.

Šta nam istorija 3D zvuka može reći o budućnosti ove oblasti? Konkretna predviđanja su teška jer nam istorija pokazuje mnogo suprotnih trendova koji mogu dovesti ili do brzog napretka i standardizacije ili pak do atomizacije i stagnacije. Špekulativno ulaganje bez razvoja pacijenata može dovesti do još jednog neuspeha kao što je kvadrofonski zvuk, koji je izgubio pažnju šire javnosti i verovatno odložio implementaciju ambicioznijih prostornih audio formata. Možda će neka jadna duša ocrtati vrednost napretka u narednom veku, ali će čamiti u mraku, kao što je to učinio Blumlajn.

S druge strane, saradnja između naučnika i kreatora sadržaja, kao na primeru Flečera i Stokovskog, može dovesti do bržeg razvoja nego što bi se inače očekivalo. Znak pune nade je nedavna saradnja između mnogih različitih institucija za istraživanje zvuka na stvaranju prostorno orijentisanog formata za akustiku (SOFA), standardizovanog formata fajla koji omogućava konsolidaciju dugogodišnjeg istraživanja HRTF-a iz celog sveta.

⁴⁰ Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, *New realities in audio*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018, 48.

Ako ovaj format datoteke usvoje muzičari, dizajneri igara, inženjeri zvuka i drugi kreatori audio sadržaja, to bi moglo dovesti do nove renesanse u korišćenju i doživljaju 3D zvuka. Istorija sadrži mnogo primera koji izazivaju pesimistična predviđanja za budućnost. Stoga je najbolje nastaviti da se nadamo optimističnoj viziji, ali mi na terenu, bilo da smo naučnici ili umetnici, takođe moramo da nastavimo da radimo na tome da ta vizija postane stvarnost.⁴¹

Pošto se čini da filmska industrija i industrija igara predvode zvučnu revoluciju, profesionalni kompozitori koji stvaraju muziku za takve svetove mogu biti prva klasa muzičara koja je usvojila imerzivni zvuk kao novi standard. Ne samo da povećana zvučna sloboda pomaže ovim kompozitorima da izraze više emocija, već omogućava partituri da napravi prostor za akciju i dijalog ispred (ili oko) gledaoca. Ako ste profesionalni kompozitor ili želite da to budete, ne možete sebi priuštiti da ignorišete imersivan - uranjajući zvuk. Za prosečnog muzičara, s druge strane, muzički spotovi od 360 stepeni imaju najočigledniju primenu. Pošto kamere od 360 stepeni i ambisonični mikrofoni postaju sve pristupačniji, umetnici sada imaju alate da dovedu slušaoca na svoje nastupe kao nikada ranije - bilo da je u pitanju ulični nastup, svirka uživo ili kompletna studijska produkcija.

Audio inženjeri i producenti će definitivno želeći da se upoznaju sa imersivnim zvukom - na kraju krajeva, tim naprednim kompozitorima i muzičarima će trebati neko da uređuje i miksa njihov rad. Čak i DJ-evi mogu da se upuste u zabavu imersivnog zvuka. Noćni klubovi opremaju se Dolby Atmos zvučnim sistemima, kako bi pružili imersivno iskustvo za posetioce klubova. Dolby je čak napravio aplikaciju koja omogućava di-džejevima da manipulišu zvučnim poljem u realnom vremenu, obavijajući publiku u vrtlogu ritmova, sintisajzera i semplova.

Muzičari sa sklonošću eksperimentisanju najviše će voleti imersivan zvuk - mogućnosti za fantastične studijske produkcije, hipnotičke nastupe uživo i ambiciozne umetničke instalacije su beskrajne.⁴²

Najveće kompanije za zabavu postaju sve više zainteresovani za prostornu audio tehnologiju, kamen temeljac za iskustvo metaverzuma jer nudi zvučno iskustvo od 360 stepeni koje drastično uvećava i poboljšava uranjanje korisnika. Prema kompaniji za istraživanje tržišta Strategy Analytics Inc., očekuje se da će globalno tržište metaverzuma dostići 280 milijardi dolara do 2025. godine – rast više od šest puta u poređenju sa 46 milijardi dolara u 2020.

Neke od osnovnih tehnologija potrebnih za stvaranje metaverzuma su imerzivne tehnologije kao što su proširena stvarnost (AR), virtuelna realnost (VR) i proširena stvarnost (XR). Konkretno, zvuk se smatra ključnim elementom metaverzuma jer bi bilo nemoguće stvoriti „stvarno okruženje“ bez zadovoljenja jednog od pet glavnih čula: sluha. Ovo je takođe razlog zašto najveći igrači u industriji zabave, uključujući platforme za strimovanje muzike, izdavačke kuće, muzičari i umetnici, žure da ojačaju svoje uporište u segmentu prostornog zvuka. Na primer, Apple Music je u proleće 2021. godine najavio da će ponuditi 75 miliona audio datoteka nekompresovanog formata i pružiti podršku za prostorni zvuk. Najveća svetska muzička kuća Universal Music, kao i Amazon i Netflix takođe su najavili podršku za prostorni zvuk.

⁴¹ Agnieszka Roginska, Paul Geluso, Immersive sound, Routledge, New York and London, 2018.

⁴² Dante Fumo, „Will immersive audio change the future of music?“, (2019.), preuzeto 20.06.2021., <https://reverb.com/news/will-immersive-audio-change-the-future-of-music>.

Čak i orkestarski muzički umetnici, umetnici klasične muzike i umetnici pop muzike objavljuju originalne snimke. Globalne diskografske kuće pružaju podršku za prostorni zvuk kako bi poboljšale zadovoljstvo potrošača, ali se to takođe tumači kao potez za njih da postave temelje za ekosistem metaverzuma⁴³, rekao je zvaničnik iz industrije, dodajući da je audio jedna od tehnologija najbližih metaverzumu.

Stručnjaci iz industrije kažu da gotovo da nema ograničenja za korišćenje prostornog zvuka u metaverzumu. Kada se prostorni audio ekosistem dobro uspostavi, on će poboljšati imersivno iskustvo beskontaktnih ili virtuelnih koncerata koji su postali popularni usred globalne pandemije.⁴³

Kroz prostornu audio tehnologiju, učesnici onlajn koncerta će moći da iskuse zvuk iz svakog ugla - od nastupa na sceni do sesije benda, kao i uzvike publike na koncertu. Ključ metaverzuma je sužavanje jaza između fizičkog sveta i virtuelnog sveta, što se može postići putem prostornog zvuka zahvaljujući isporuci zvuka od 360 stepeni.

Muzička industrija se stalno razvija i integriše nove usluge dok umetnici traže nove načine da dopru do obožavalaca. AR i VR bi mogli biti sledeći korak u toj evoluciji. Od virtuelnih koncerata do sesija u VR studiju, simulirana stvarnost mogla bi da oblikuje muzičku industriju sutrašnjice. Iako su VR i AR tehnologije još uvek novi u muzičkoj industriji, već su počele da nižu uspehe. Kako se popularniji umetnici uključuju u ovu vrstu projekata, tehnologija bi mogla postati industrijski standard. Od toga će imati koristi i umetnici i publika u budućnosti.

⁴³ Soong-soo Bae, „Spatial audio becomes keystone for metaverse; attracts content giants", (2021.), preuzeto 06.09.2021, <https://www.kedglobal.com/newsView/ked202107080010?lang=1>.

6. Izrada umetničkog projekta

6.1 Predlog teme doktorske teze sa prilogom celokupnog teksta predloga

Proces izrade doktorskog rada podrazumeva pisanje predloga teme doktorske teze koji komisija treba da odobri. Koncept je odobren od strane komisije i tokom izrade doktorskog umetničkog projekta vrlo malo se izlazilo van okvira predloženog. Konkretno, tehničko – tehnološki aspekt je pretrpeo manje izmene zbog nemogućnosti nabavke određene tehničke opreme, a sve uslovljeno globalnom pandemijom usled virusa COVID-19.

Takođe, zbog gore pomenute situacije promenjen je način izlaganja galerijskog eksponata – izložba će biti online, putem web prezentacije.

Prilog: Celokupni tekst predloga

Datum: Beograd, mart 2020.

Eksplikacija praktičnog rada i naznake teorijskog razmatranja doktorske teze

Definisanje i opis predmeta istraživanja

Rad "Sfere muzike" predstavlja umetnički projekat kojim će autorska klasična muzička kompozicija prikazuje u okviru sistema imerzivnog-sveobuhvatnog medija (eng. "immersive media"), odnosno kinematografskog videa od 360° u sistemu virtuelne realnosti (VR).

Kompozicija se izvodi u tri različite akustičke sredine i u odnosu na ponašanje muzičkog instrumenta koji podleže zakonima akustike utiče i na naš emotivni doživljaj. Snimanje zvuka se izvodi posebnom vrstom mikrofona koji služi da iz jedne tačke u prostoru snimi 3D zvuk - kompletan sferni zvuk.

Za imerzivno iskustvo u kinematografskoj virtualnoj stvarnosti potreban je prostorni zvuk. Video zapis izvođenja kompozicije snima se kamerom koja može da snima video od 360 stepeni kako bi se kreiralo vizuelno i zvučno iskustvo u virtuelnoj realnosti.

Kroz ovo istraživanje, kandidat želi da kreira višemedijsko delo sačinjeno od zvučnih i vizuelnih komponenti koje, zbirno, čine narativnu celinu.

Fokus istraživanja je na doživljaju muzičke komponente umetničkog dela kroz prizmu imerzivnih medija, odnosno istražuje se na koji način tri različite prostorno-akustičke sredine utiču na čulnu percepciju kod posmatrača.

Pregled vladajućih stavova i shvatanja u literaturi u području umetničkog istraživanja sa navodom literature koja je konsultovana

Imerzivni (sveobuhvatni) zvuk reprodukovano preko zvučnika ili slušalica koristeći višekanalne i binauralne tehnologije ima sposobnost da odaje bešavnu iluziju alternativne stvarnosti i promeni način na koji percipiramo i reagujemo na zvuk. To iskustvo može uticati na način na koji komuniciramo, slušamo i živimo sa muzikom, može redefinisati kako se zabavljamo, kako komuniciramo i kako saradujemo, odnosno otvara kreativnu mogućnost koja nikada ranije nije bila zamišljena i ima potencijal da poboljša kvalitet života. Imerzivni zvuk je strateški usklađen s budućnošću komunikacije i zabave.

Iako prostorne (eng. "spatial") audio tehnike imaju bogat istorijski kontekst, istraživači i programeri su odnedavno potrošačima ponudili novu paradigmu u slušnom iskustvu kroz obradu signala i strujanje visokokvalitetnog digitalnog zvuka.

Uskoro ćemo doći na čelo velikih promena u načinu na koji će ljudi pristupati audio informacijama i komunicirati sa njima.¹ VR kaciga kao uređaj koji pruža sveobuhvatno iskustvo je zaista upečatljiva, i može duboko promeniti našu kulturu pripovedanja i način na koji pričamo priče. U toku je rasprava u vezi s razlikom između termina „virtualna stvarnost“ i „video od 360 °.“ Neki vole da kažu da se VR odnosi samo na iskustva zasnovana na video igrama, jer omogućava slobodu kretanja. Isti sadržaj može biti i VR i 360 °, ovisno o tome koja se platforma koristi za njegovo prikazivanje. VR platforme uključuju (ali nisu ograničene na njih) Steam, Oculus Store ili Samsung Gear VR. VR kaciga kao jedan od uređaja za virtuelnu realnost sadrži ekran montiran na glavi (head mounted display). Platforme od 360 ° uključuju YouTube 360, Facebook 360 itd. Youtube 360 nema smisla ukoliko se ne koristi neka vrsta kacige za virtuelnu realnost ili npr. Google cardboard-zbog stereoskopske slike, dok je Facebook 360 opcija koja se može koristiti i bez VR kacige.²

Postoje dve glavne vrste zvuka kojima se bavimo prilikom stvaranja imerzivnih iskustava: binauralni i ambisonični. Binauralni zvuk, takođe poznat kao 3D audio, ima dugu istoriju. Binauralni uređaj za snimanje pomaže obrađivanju sveta oko nas koji oblikuje zvuk, poput oblika prostorije, refleksije, pa čak i naših sopstvenih tela. Svi ovi elementi mogu filtrirati, oblikovati i obojiti zvuk. Ali šta je, zapravo, prostorni (Spatial) zvuk? To je osećaj blizine izvora zvuka. Da li naši koraci odjekuju iza nas? Koliko perceptivno tačni možemo biti kada to ponovimo? Ambisonični zvuk je poput poentilističke slike: ako želimo, možemo da stavimo zvuk 45 centimetara od vašeg desnog oka, a to su prilično zabavne stvari.³

Od ranog dela dvadesetog veka, možda čak i poslednjih godina devetnaestog, inženjeri zvuka su svesni potrebe prostorne dimenzije zvuka zarad svoje umetnosti. Početkom dvadeset prvog veka, inženjeri zvuka izvan filmske industrije konačno su u sretnoj poziciji da se mogu osloboditi ograničenja konvencionalnog dvokanalnog sterea, bilo koristeći binauralnu tehniku obrade signala ili reprodukciju višekanalnih zvučnika.⁴

-
1. Geluso, Paul. Roginska, Agnieszka. Immersive sound. London: Routledge, 2017.
 2. Tricart, Celine. Virtual Reality Filmmaking. London: Focal Press, Routledge, 2017.
 3. Ottenritter, Cheryl. DeLouise, Amy. Nonfiction Sound and Story for Film and Video. London: Focal Press Routledge, 2019.
 4. Rumsey, Francis. Spatial audio. London: Focal Press, Routledge, 2001.

Cilj istraživanja sa naglaskom na rezultate koji se očekuju

Cilj je da se istraže tehnički i kreativni modeli koji daju prednost tj. dominantnost muzičkoj komponenti u višemedijskom delu u odnosu na vizuelnu. Očekivani rezultati se ogledaju u otvaranju potpuno novog pristupa za razvoj višemedijske umetnosti sa akcentom na umetničku muziku u virtuelnom svetu multimedije. Ključni rezultat predstavlja potpunu integraciju uređaja za virtuelnu realnost i umetnika koji svojoj umetnosti daje potpuno novu dimenziju.

Programi istraživanja (faze) i orijentacioni sadržaj doktorske disertacije

Faza 1: Istraživanje praksi Virtuelne realnosti i definisanje njenih okvira

Faza 2: Virtuelna realnost kao galerijski eksponat

Faza 3: Istraživanje metoda prostornog snimanja zvuka, snimanja 360 videa i umetničke muzike u virtuelnom svetu multimedije

Faza 4: Izrada umetničkog projekta

Orijentacioni sadržaj dokorskog projekta (umetničkog projekta i pisanog rada)

- Uvod - apstrakt
- Istraživanje praksi Virtuelne realnosti i definisanje njenih okvira
- Definisanje i pojam virtuelne realnosti
- Analiza ključnih istorijskih okvira u nastajanju i praksi virtuelne realnosti
- Istraživanje metoda stvaranja virtuelne realnosti
- Kontekst upotrebe virtualne realnosti u savremenom umetničkom izrazu
- Virtuelna realnost kao galerijski eksponat
- Istraživanje i definisanje izlagačkih okvira
- Načini prezentacije
- Istraživanje metoda prostornog snimanja zvuka, umetničke muzike u virtuelnom svetu multimedije i snimanja 360 videa
- Definisanje pojmova virtualne realnosti i uranjajućeg zvuka
- Tehničko-tehnološki aspekti virtualne realnosti i uranjajućeg zvuka
- Primena virtualne realnosti u svrhu muzičkog izražavanja
- Metodologija rada u pripremi i prezentaciji eksponata
- Izrada umetničkog projekta
- Planiranje umetničkog projekta
- Istraživanje sličnih aktuelnih radova na polju novomedijske umetnosti
- Analiza kreiranog sadržaja kroz kritički pristup sagledavanja umetničkog dela
- Tehničko-tehnološki aspekt rada sa testiranjem
- Prostorno planiranje izložbe
- Zaključci autora o mogućem daljem razvijanju i primeni ovog pristupa u stvaranju umetnosti

Metodologija rada u pripremi i prezentaciji umetničkog rada

Nakon što sam završio proces aranžiranja muzike i miksovanja zvuka u ambisonics formatu prvog reda, pristupio sam snimanju videa od 360 stepeni na tri različite lokacije. Ta tri videa (od 360 stepeni) se međusobno razlikuju po akustičkim parametrima koji utiču na zvuk i samim tim će gledaoci moći da na neposredan način dožive jednu autorsku kompoziciju iz različitih

uglova, uronjeni u VR. Potom je usledila faza sinhronizacije muzike i videa i konvertovanje u određeni format pogodan za online reprodukciju.

Način prezentacije eksponata podrazumeva 3 cardboard head set-a, 3 mobilna telefona i 3 para slušalica. Svi telefoni su povezani na internet mrežu pomoću koje se pristupa Youtube platformi na kome su pohranjena 3 različita video snimka od 360 stepeni.

Prezentacija će se odvijati u galerijskom prostoru Univerziteta Metropolitan i online na web adresi: <https://nenadceranic.wixsite.com/sferemuzike>, sinhrono.

Način predstavljanja umetničkog projekta

Usled još uvek aktuelne pandemije izazvane virusom COVID-19, iz zdravstveno – bezbednosnih razloga odustao sam od klasične galerijske postavke umetničkog projekta. Odlučio sam se da pripremim

Mogućnost primene očekivanih rezultata

Produkcija novomedijskih umetničkih sadržaja sa akcentom na umetničku muziku, edukacija umetnika i dizajnera o savremenom novomedijskom pristupu za prezentaciju umetničkih dela, proširivanje nastavnih planova visokoškolskih umetničkih ustanova predmetima vezanim za korišćenje virtualne realnosti i 3D zvuka u dizajnerskom procesu kao i u procesu prezentovanja muzičke umetnosti.

Literatura i druga građa

1) Knjige

1. Geluso, Paul. Roginska, Agnieszka. Immersive sound. London: Focal Press, Routledge, 2017.
2. Ottenritter, Cheryl. DeLouise, Amy. Nonfiction Sound and Story for Film and Video. London: Focal Press, Routledge, 2019.
3. Gitelman, Lisa. Always Already New: Media, History, and the Data of Culture. Cambridge: The MIT Press, 2008.
4. Rumsey, Francis. Spatial audio. London: Focal Press, Routledge, 2001.
5. Tricart, Celine. Virtual Reality Filmmaking. London: Focal Press, Routledge, 2017.
6. Tribe, Mark. New Media Art. Germany: Taschen, 2009.
7. Manovich, Lev. The Language of New Media. Cambridge: The MIT Press, 2002.

2) Internet izvori

1. Spatial audio:
<https://abbeyroadinstitute.nl/blog/spatial-audio-continuing-evolution/>
2. Facebook 360 / Spatial Workstation:
<https://facebook360.fb.com/spatial-workstation/>
3. Facebook 360 Video:
<https://facebook360.fb.com>

6.2 Planiranje umetničkog projekta

Prvobitan plan za izradu umetničkog projekta bio je snimanje gudačkog kvarteta ambisoničnim mikrofonom u različitim akustičkim prostorima. Naravno, snimanje zvuka bi teklo sinhrono sa snimanjem 360 videa. Ideja je bila da se jedna kompozicija izvede u tri različite akustičke sredine te da se na taj način dobije određeni utisak od strane gledaoca tj. slušaoca.

Usled pandemije izazvane virusom COVID-19 nastali su problemi sa uvozom tehničke robe te nije bilo moguće nabaviti ambisonični mikrofonom. Sa ove distance, ta nemogućnost nabavke specifične tehničke opreme navela me je da još više istražujem sfere virtualne realnosti i uranjajućeg zvuka.

Upravo je 2020. godine radna stanica Cubase u verziji 10.5 donela poboljšanja koja su me navela da aranžman za originalnu kompoziciju uradim pomoću virtualnih instrumenata a krajnji miks u formatu uranjajućeg zvuka, ambisonic prvog reda. To mi je dalo mogućnost da zvučna slika bude dosta šira od prvobitne zamisli i prostog snimanja ambisoničnim mikrofonom.

Uspeo sam da dođem i do Open Acoustic Impulse Response (Open AIR) baze impulsa za reverberaciju različitih enterijera koji su snimljeni ambisoničnim mikrofonom i koji su mi služili da muziku mogu adekvatno da obojim u odnosu na prostor u kome će se snimati video od 360 stepeni. Naravno, ideja nije bila da reverberacija bude identična, već da određenu dozu iluzije pri reprodukciji dela.



Slika 20 – Efekt procesor REVerence u okviru radne stanice Cubase 10.5 (Impuls reverba u B formatu ambisonic prvog reda) - Screenshot

Jack Lyons Concert Hall (University of York)

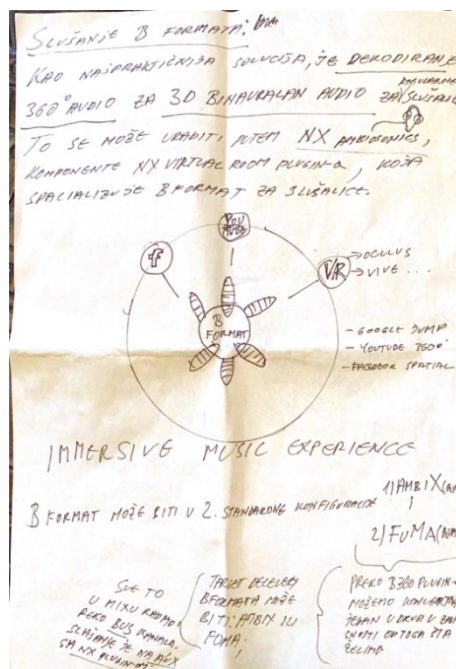
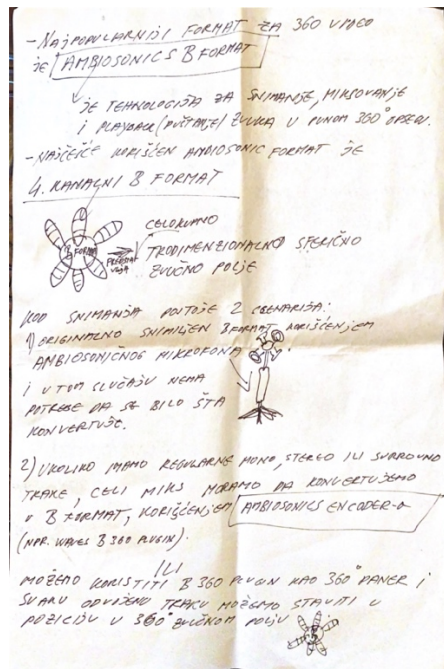
	Information	Images	Impulse Responses	Acoustic Parameters	Attribution					
Octave Band	31.25 Hz	62.5 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	16 kHz
Reverberation Time RT60 T30 (seconds)	3.55	2.28	2.18	2.05	1.89	1.86	1.69	1.28	0.9	5.53
Early Decay Time EDT (seconds)	2.72	1.95	1.7	2.21	2.08	2.08	1.82	1.44	1.06	0.42
Definition D50	0.06	0.19	0.25	0.12	0.15	0.19	0.2	0.33	0.41	0.83
Clarity C50 (dB)	-12.08	-6.4	-4.76	-8.49	-7.57	-6.27	-6.11	-3.16	-1.62	6.9
Clarity C80 (dB)	-7.02	-2.45	-0.66	-3.54	-2.86	-2.84	-2.37	0.46	2.63	11.94

Slika 21 – Parametri jednog u projektu korišćenog reverb impulsa iz Open Acoustic Impulse Response (Open AIR) baze impulsa - Screenshot

Postojao je još jedan problem. Naime, uklanjanjem instrumentalista iz kadra, prostor je postao prazan a sav akcenat se prebacio na zvuk. Taj prazan prostor mi je smetao. Nikako nisam mogao da pronađem rešenje za ovaj problem, do jednog dana kada sam prolazio pored Narodnog pozorišta u Beogradu i video plakat za baletsku predstavu. Tog trenutka su se sve kockice virtuelnog mozaika uklopile i video sam jasnu sliku umetničkog projekta „Sfere muzike”.

Čim sam pripremio kompoziciju, pozvao sam Prvu balerinu Narodnog pozorišta Tatjanu Tatić, da čuje delo. Bila je oduševljena, a ja presrećan jer iako sam do tog trenutka prilično malo znao o baletu, uspeo sam da komponujem muziku koja balerinu inspiriše na igru. Nakon tri dana snimanja, procesa miksa i montaže, snimci su otpremljeni na Youtube platformu za reprodukciju VR sadržaja i video snimaka od 360 stepeni.

Nakon završene izrade umetničkog projekta pristupio sam pisanju teksta. U toku faze istraživanja kao i faze izrade umetničkog projekta, pisao sam o problemima na koje sam naišao i načinima na koje sam uspevao da ih otklonim. Najveći deo literature i ilustracija koje sam koristio pri pisanju ovog rada, pronašao sam na internetu.



Slika 22 – Jedna od početnih skica vezana za tehničko - tehnološki pristup projektu - Scan

6.3 Istraživanje sličnih aktuelnih radova na polju novomedijske umetnosti

Za jedan od najboljih VR projekata koji akcentuje balet kroz VR zaslužan je poslednji projekat Bostonskog Baleta. Šest plesača kruži oko gledaoca i slušaoca, jureći par centimetara od njihovog lica. Obuhvaćeni ste pokretom, naprežete se da uhvatite akciju. Plesači jure u parovima, a žene izvode bravure u savršenoj harmoniji sa tonovima klavira koji se ne vidi. Oduvek inovator baletske forme, Bostonski Balet je angažovao tri koreografa da kreiraju dela koja su u potpunosti dizajnirana za VR. Ovo je najnoviji projekat — Zoom In od Kena Ossole, prerađena verzija Pickett-ove čuvene Petal.

„Moramo da budemo živo pozorište, za današnje ljude“, kaže Mikko Nisinen, umetnički direktor Bostonskog baleta. "Da bismo to postali, morali smo da preuzmemo ovaj rizik."⁴⁴ Bostonski Balet je prva velika kompanija koja je spojila VR i balet do takvog stepena.

⁴⁴ Genevieve Curtis, „Ballet’s brave new world in virtual reality”, (2021.), preuzeto 10.08.2021, <https://www.ft.com/content/2437f525-f6f7-4068-ace7-35e572e56277>.

Bostonski koreografi su shvatili da VR razbija ustaljene konvencije plesnog izvođenja, jer gde god gledalac pogleda, dešava se nešto drugačije. „Sva koreografija mora biti dizajnirana da se kreće oko kamere na kružni način“, kaže Ossola. „Otkrio sam nove načine da vodim publiku. Morate da upravljate prostorom da biste ih stalno uzbuđivali.”⁴⁴

VR preokreće fantaziju baleta kao savršene konstrukcije. Nije samo publika ta koja se mora prilagoditi. „Uvežbavanje dela je bilo teško“, kaže Ossola. „Energija plesača se oslanja na osećaj napetosti u publici. Očigledno ga nema u VR-u.” „Svaki plesač mora da pleše celu stvar kao da je solo“, kaže Stromile. „Zato što u svakom trenutku neko može izabrati da te gleda sve vreme.” Pošto se koreografija mora prilagoditi jedinstvenim pritiscima VR publike, postavlja se pitanje: da li će VR ples postati podžanr sam po sebi?⁴⁴

Sydney Skybetter, profesor koreografije na Univerzitetu Brown i jedan od najistaknutijih svetskih mislilaca o ukrštanju plesa i novih tehnologija, nije iznenađen što je VR konačno preuzela industrija. „Scena je, kao koncept, zapravo bila disruptivna tehnologija kada je prvi put ušla u svet baleta, tako da ne treba da se čudimo kada savremene tehnologije neizbežno potiskuju starije“, kaže on.

Nije samo publika ta koja se mora prilagoditi. „Uvežbavanje dela je bilo teško“, kaže Ossola. „Energija plesača se oslanja na osećaj napetosti u publici. Očigledno ga nema u VR-u.“ „Svaki plesač mora da pleše celu stvar kao da je solo“, kaže Stromile. „Zato što u svakom trenutku neko može izabrati da te gleda sve vreme.”⁴⁴

Pošto se koreografija mora prilagoditi jedinstvenim pritiscima VR publike, postavlja se pitanje: da li će VR ples postati podžanr sam po sebi, drugi rođak proscenijuma? Škotski balet se dosledno zalagao za uvođenje baleta u 21. vek. 2017.godine, postala je prva baletska kuća koja je predstavila digitalnu sezonu.

Umetnički direktor i vizionar Christopher Hampson misli da će sledeća velika stvar u plesu i tehnologiji biti povezivanje VR-a sa haptikom — tehnologijama koje mogu da stvore iskustvo dodira. „To bi moglo da otvori potpuno novo carstvo kretanja. To će izazvati kreatore da razmišljaju drugačije“, kaže on.⁴⁴

Jedan takav kreator je kompanija Alexander Whitley koja prkosi žanru. Njihov tim radi na interpretaciji Djagiljevog Obreda Proleća. Njegovi Budući Obredi (premijera bi trebalo da bude 2022. godine) koristiće veštačku inteligenciju kako bi omogućili publici da pleše zajedno sa profesionalcima. „Biće to iskustvo sa velikim učešćem“, kaže Whitley. Član publike će moći da kontroliše svoj avatar i da se kreće pored plesača. Pošto su „primarni jezik plesa emocije“, Whitley veruje da će Budući Obredi razgovarati sa ljudima na tom najosnovnijem nivou.⁴⁴

Po svojoj prirodi, ples koristi emocije i empatiju da nas vrati u naša tela. Ali ples na virtuelnoj sceni ima impresivnu moć da nas u potpunosti izvuče iz njih. Dok je Bostonski balet otvorio nove terene, pravi test dugovečnosti VR-a će biti tamo gde ona ide odavde. Samo će vreme pokazati da li druge kompanije mogu da nastave da pomeraju spoljne granice baleta — umetničke forme koja nije poznata po svom zagrljaju modernosti ili napretka.

„Mislim da će, ako mlađe generacije mogu da dožive balet na ovaj način, doći u pozorište“, kaže Picket. „I sigurno, to je argument za druge kompanije da se uključe.”⁴⁴



Slika 23 – Bostonski Balet, „Petal“ od Helen Pickett - <https://www.ft.com>

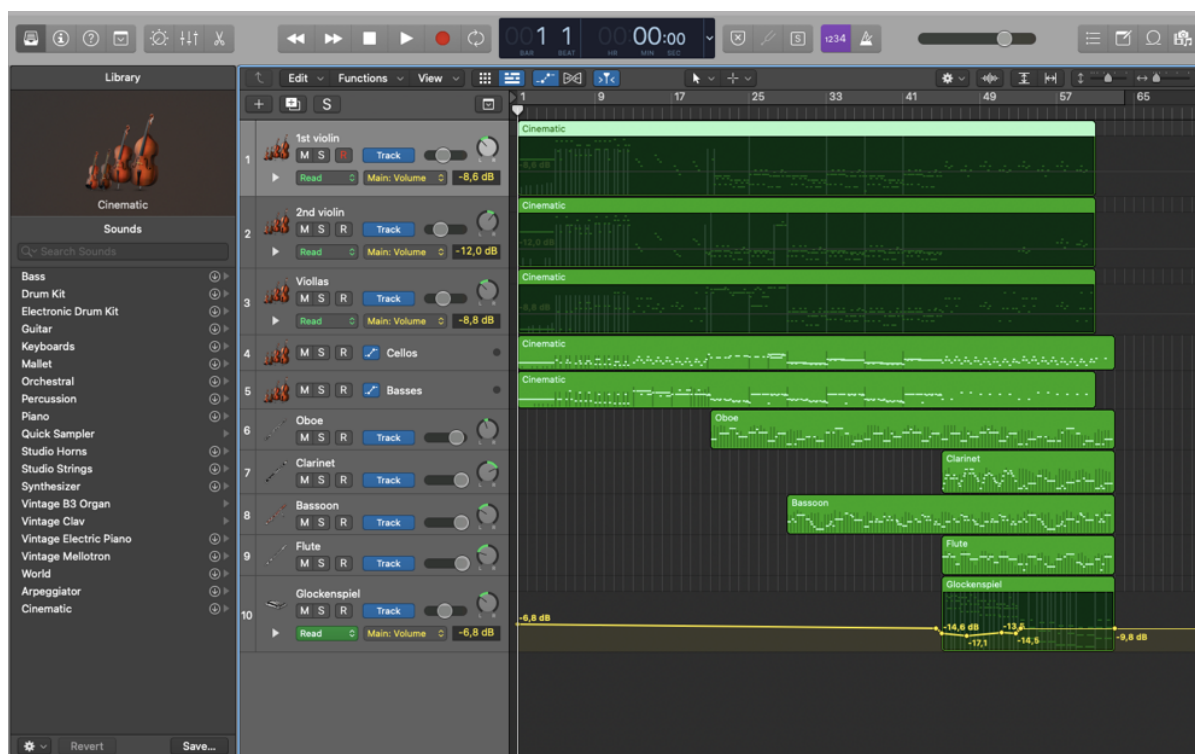
6.4 Tehničko-tehnološki aspekt rada sa testiranjem

Tehničko-tehnološki aspekt rada sa testiranjem doktorskog umetničkog projekta „Sfere muzike”, možemo podeliti u više etapa:

1. Komponovanje i aranžiranje originalne muzike
2. Miks autorske muzike u formatu ambisonics 1st order (prvog reda)
3. Snimanje 360 videa
4. Miks slike i zvuka
5. Otpremanje projekta na platformu za reprodukciju 360 videa sa pripadajućim ambisonics zvukom

Komponovanje i aranžiranje originalne muzike

Komponovanje sam započeo za klavirom, a ideja mi je bila da muzika koju stvaram bude adekvatna i nadasve inspirativna za baletsko izvođenje. Artikulaciju i ekspresiju nisam mogao da ostvarim kroz klavir kao instrument pa sam ubrzo uveo virtualne instrumente poput gudačkih i drvenih duvačkih instrumenata. Aranžman sam pripremio u Logic Pro digitalnoj radnoj stanici.



Slika 24 – Aranžman za originalnu muziku – screenshot

Miks autorske muzike u formatu ambisonics 1st order (prvog reda)

Kada sam finalizovao aranžman, sve audio kanale sam prebacio u Cubase Pro 10.5 radnu stanicu jer je bila najpogodnija za rad sa ambisonics formatima tj. zvuk za okruženje virtualne realnosti.

Immerse aplikacija koja je prilagođena mojim ušima mi je pomogla da sferični zvuk i sve njegove promene u miksu čujem u visokoj rezoluciji i da putem slušalica lociram i najmanju promenu u prostoru sfere zvuka – pomoću ove aplikacije imao sam svoj lični HRTF.

Zahvaljujući položaju i obliku naših ušiju, naš mozak može da locira zvukove u svim pravcima. Ali svačije uši su različite i tako se zvuk jedinstveno menja na putu od spoljašnjeg uha do bubne opne. Immerse aplikacija u okviru Cubase Pro radne stanice koristi algoritme mašinskog učenja vođene veštačkom inteligencijom da analizira hiljade funkcija sa jedne slike našeg desnog uha, omogućavajući nam da repliciramo svoj individualni HRTF (Head-related transfer function) preko Immerse aplikacije i VST AmbiDecoder-a u Cubase Pro 10.5 radnoj stanici.



Slika 25 – Immerse aplikacija u okviru Cubase Pro 10.5 radne stanice – screenshot

Ambisonics je tehnologija koja stvara sferično zvučno polje. Za razliku od tradicionalnih imerzivnih zvučnih formata, on nije zasnovan na kanalima, već koristi kodirani skup višestrukih audio signala koji nam omogućava da postavimo izvore zvuka na bilo koju poziciju u zvučnoj sferi.

Cubase Pro 10.5 podržava Ambisonics prvog, drugog i trećeg reda. Ovi formati se razlikuju po broju audio signala koji se koriste. Ambisonic višeg reda obezbeđuje više signala i omogućava veću preciznost pozicioniranja. Konkretno, ovaj projekat je rađen kao Ambisonics prvog reda.

Da bi smo reprodukovali zvučnu sferu, signali Ambisonics datoteke moraju biti dekodirani. Zvučnu sferu sam reprodukovao korišćenjem slušalica i binauralnim dekodiranjem. Korišćenjem pravilno usklađene konfiguracije prenosne funkcije u vezi sa glavom (HRTF) stvara se realistično, potpuno sferično zvučno polje od 360°. Zvuk se percipira još realističnije ako binauralno kodiranje uzima u obzir pokrete glave slušaoca koristeći tehnologiju praćenja glave. Takođe, koristio sam VST MultiPanner da bih kreirao Ambisonics mikseve iz mono izvora. Naravno, izlazna magistrala u Ambisonics formatu stavljena je kao Main Mix (Glavni miks).



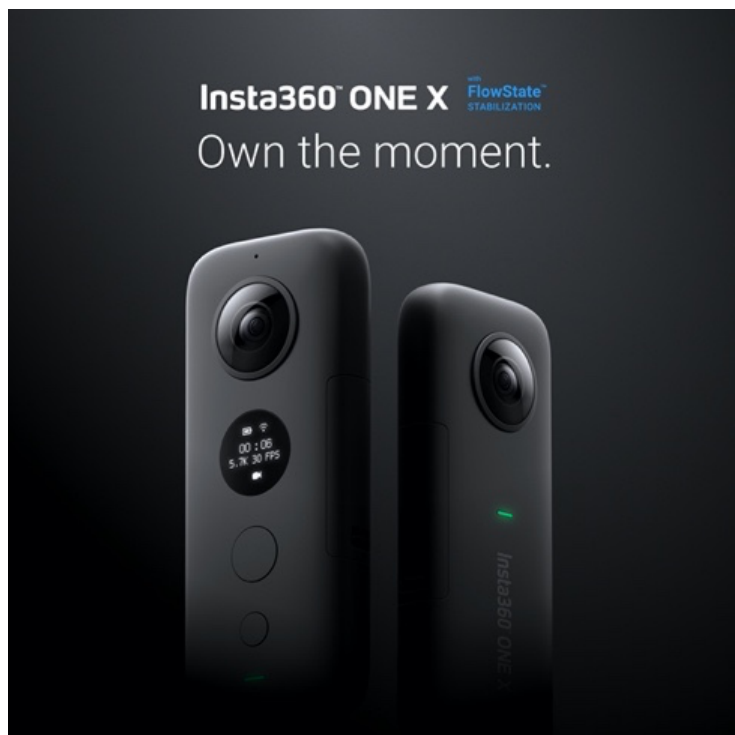
Slika 26 – VST Multi Panner u okviru Cubase Pro 10.5 radne stanice – screenshot



Slika 27 – Ambisonics prvog reda miks u okviru Cubase Pro 10.5 radne stanice – screenshot

Snimanje 360 videa

Za snimanje 360 videa koristio sam specijalnu kameru koja služi za snimanje 360 videa, Insta360 One X. Ova kamera koristi dvostruka sočiva od 200 stepeni, otvora blende F2.0 za kreiranje sferičnih video zapisa u 5,7 K rezoluciji pri 60 frejmova u sekundi. Parametre brzine zatvarača (shutter speed) i ISO vrednosti sam nameštio manuelno u odnosu na svetlo.



Slika 28 – Insta360 One X kamera za snimanje 360 videa (Izvor: <https://www.insta360.com>)

Snimanje se vršilo u tri akustički različite sredine: dve baletske sale Narodnog Pozorišta u Beogradu i u Amfiteatru letnje pozornice na Gardošu. Primabalerina Narodnog Pozorišta u Beogradu Tatjana Tatić, u sva tri video snimka istu originalnu muzičku kompoziciju kroz balet doživljava na različite načine vođena ne samo vizuelnom različitosti prostora već i akustičkim osobenostima istih.



Slika 29 – Snimanje 360 videa u baletskoj sali Narodnog pozorišta u Beogradu - screenshot

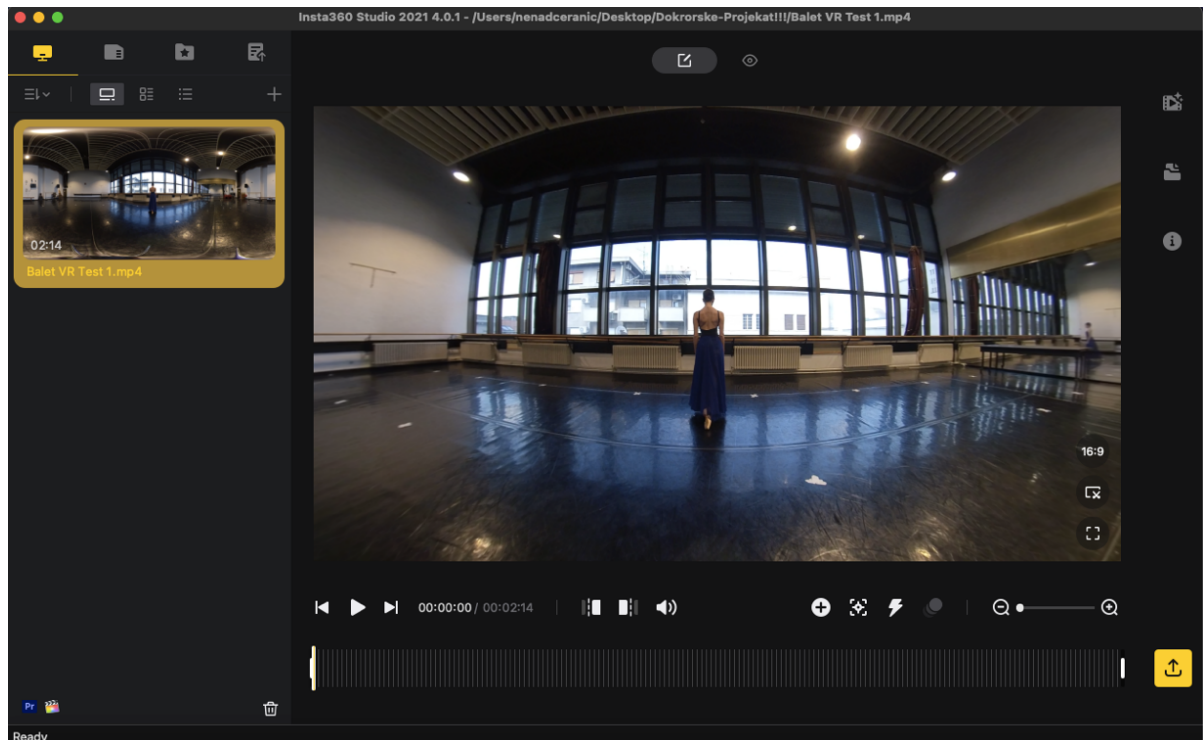
U toku snimanja 360 videa, muzička kompozicija se reprodukovala sa eksternih zvučnika a kasnije je u toku montaže videa zvuk snimljen kamerom, uklonjen.

Miks slike i zvuka

Proces sinhronizacije muzike i slike rađen je u programu Insta360 Studio, koji je upravo namenjen za rad sa 360 video fajlovima.

Audio ambisonics prvog reda i 360 video fajl su dodatno morali da prođu kroz Facebook 360 Spatial Workstation enkoder da bi na export-u dobili fajl koji je pogodan za otpremanje na

Youtube streaming servis za 360 video materijal u punoj rezoluciji 5,7K sa zvukom u ambisonics formatu prvog reda.



Slika 30 – Montaža 360 videa u programu Insta360 Studio - screenshot

Otpremanje projekta na platformu za reprodukciju 360 videa sa pripadajućim ambisonics zvukom

Youtube streaming platforma se pokazala kao najpogodnija za kombinaciju 360 videa rezolucije 5,7K i ambisonics zvuka prvog reda.

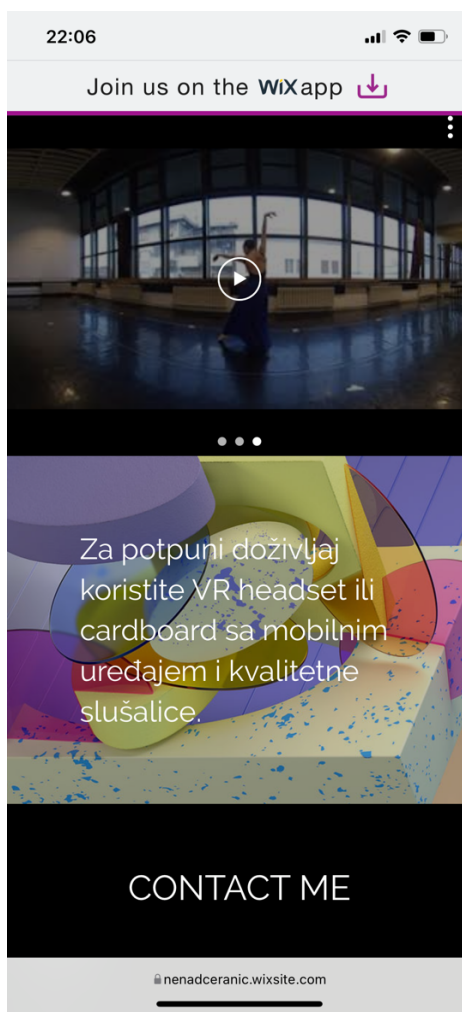
Facebook 360 platforma u datom trenutku nije podržavala rezolucije veće od 4K, a eksterni video plejeri za headset tipa HTC Vive, koji sam koristio u fazi istraživanja, nisu dali zadovoljavajuće rezultate iz razloga različitih nekompatibilnosti.

Prednost Youtube streaming platforme je takođe u tome što pomoću pametnog telefona, jeftinog Google Cardboard uređaja i parom slušalica, gotovo svakome postaje dostupno da uroni u svet virtualne realnosti, odnosno 360 videa.

6.5 Planiranje izložbe

Usled još uvek aktuelne pandemije izazvane virusom COVID-19, iz zdravstveno – bezbednosnih razloga odustao sam od klasične višednevne galerijske postavke eksponata.

Odlučio sam da priprelim web prezentaciju (<https://nenadceranic.wixsite.com/sferemuzike>) kojoj će svako moći da pristupi i pomoću VR headset-a, slušalica i mobilnog telefona uroni u umetnički projekat „Sfere muzike”.



Slika 31, 32 – Web prezentacija umetničkog projekta „Sfere muzike” (Izvor: <https://nenadceranic.wixsite.com/sferemuzike>).

6.6 Zaključci autora o mogućem daljem razvijanju i primeni ovog pristupa u stvaranju umetnosti

Ovaj pristup stvaranja umetnosti omogućava umetniku veću slobodu u izražavanju, proširivanje granica koje su bile aktuelne do pre samo koju godinu. Ipak, ono što je možda najbitnije, omogućava potpuno uranjanje publike u novomedijski umetnički sadržaj.

Implementacija VR-a u sve moderne tokove se odvija velikom brzinom, kao što je slučaj sa nedavnim otvaranjem prve VR galerije sa nezamenljivim tokenima (NFT). U svetu digitalne umetnosti, gdje je NFT suludom brzinom postao fenomenom višemilionskih aukcija, screenshot je bezvredan koliko i replika ili klasični falsifikat. NFT original nešto je poput potpisane slike. Ove godine se pokazalo da im ni cene nisu daleko od Van Gogha i Picassa. NFT funkcioniše na principu blockchain tehnologije.

Rekli bismo da je VR već postala sadašnjost. Ali to je definitivno i budućnost. U godinama koje dolaze primetićete više kompanija koje koriste VR na različite načine kako bi privukle vašu pažnju. Ne samo to, već će više ljudi biti uvučeno u ovaj svet virtuelne stvarnosti. Možda ćemo ga jednog dana koristiti za više od stvaranja umetnosti u virtuelnoj stvarnosti ili video igrice za zabavu. VR bi mogla postati jedina stvarnost koju poznajemo jednog dana, ali još je rano za ovakvu teoriju. VR era je tek počela i tek treba da vidimo šta nam donosi budućnost.



Slika 33 – Prva VR galerija sa nezamenljivim tokenima NFT (non-fungible token); (Izvor: <https://vr-nft.com>)

Pošto VR tehnologija tek treba da bude široko prihvaćena od strane javnosti, samo mali broj ljudi će imati istinsko razumevanje kako ova iskustva funkcionišu. Čak i kada se pandemija završi, biće ljudi koji bi voleli da vide predstavu, projekciju ili nastup na otvorenom, ali to neće moći da učine zbog finansijskih ili logističkih ograničenja. VR mreže će omogućiti korisnicima da budu više uronjeni u iskustvo, više nego što i TV prenos visoke definicije može da pruži.

VR mreže mogle bi biti upravo ono što treba muzičkoj industriji. Obožavaoci će moći da se uključe u fizičke događaje digitalno, možda čak i na pola sveta daleko, u određenom stepenu „lično“.

Iako je sveukupno iskustvo još daleko od toga da bude realna zamena za prisustvo na koncertu ili zabavi, mi smo još uvek u ranoj fazi njegovog razvoja, tako da možemo očekivati da će se znatno poboljšati u budućnosti.

Prilog: partitura autorske kompozicije Nenada Čeranića „Sfere Muzike“

U aranžmanu koji sam pripremio za autorsku kompoziciju „Sfere Muzike“, dominiraju gudački instrumenti.

Pored toga i oboa, kao muzički instrument prepoznatljiv po jasnom, čujnom i intonativno preciznom zvuku - koji se uzima i kao merodavna intonacija za štimovanje orkestra, ima zapaženo mesto u određenim delovima aranžmana.

Aranžman se završava dominantnom ulogom glokenšpila (zvončića), a inspiraciju za tu muzičku deonicu pronašao sam u zvuku muzičke kutije iz mog detinjstva, koja bi kada se mehanizam navije a poklopac kutije otvori, prikazivala balerinu koja se rotira oko svoje ose aludirajući na izvođenje piruete u baletu.

Muzički instrumenti prisutni u aranžmanu:

- Prva violina
- Druga violina
- Viola
- Violončelo
- Kontrabas
- Oboa
- Klarinet
- Fagot
- Flauta
- Glokenšpil (Zvončići)

Sfere muzike

1st violin

2nd violin

Viollas

Cellos

Basses

Oboe

Clarinet

Bassoon

Flute

Glockenspiel

The musical score is written in 4/4 time. The 1st and 2nd violins play a melody of half notes. The violas play a similar melody in the bass clef. The cellos play a melody of quarter notes in the bass clef. The basses play a melody of quarter notes in the bass clef. The oboe plays a melody of quarter notes in the treble clef. The clarinet, bassoon, and flute parts are marked with rests. The Glockenspiel part is also marked with rests.

8

The musical score on page 2 begins at measure 8. It features a vocal line and piano accompaniment. The piano part is divided into guitar and keyboard sections. The guitar part consists of a single melodic line in the treble clef. The keyboard part consists of two staves, treble and bass clef, with a grand staff brace on the left. The vocal line is in the treble clef. The score is written in a 4/4 time signature. The key signature has one flat (B-flat). The tempo is marked 'Allegretto'. The score is divided into four measures. The first measure contains the vocal entry and the beginning of the piano accompaniment. The second measure continues the vocal line and piano accompaniment. The third measure continues the vocal line and piano accompaniment. The fourth measure concludes the vocal line and piano accompaniment. The piano accompaniment for guitar and keyboard is a simple harmonic accompaniment, primarily consisting of quarter and eighth notes.

12

The musical score begins at measure 12. It features a vocal line and piano accompaniment. The piano part consists of multiple systems of staves, including grand staves (treble and bass clefs) and individual staves. The notation includes various note values, rests, and articulation marks. The score is presented in a clean, black-and-white format.

15

This musical score consists of three systems of staves. The first system includes a grand piano (G-clef and F-clef) and a vocal line (C-clef). The second system includes a grand piano and a vocal line. The third system includes a grand piano and a vocal line. The piano part in the first system has a treble clef and a bass clef. The piano part in the second system has a bass clef. The piano part in the third system has a bass clef. The vocal line in the first system has a C-clef. The vocal line in the second system has a C-clef. The vocal line in the third system has a C-clef. The score contains various musical notations including notes, rests, and accidentals.

18

Musical score for page 18, measures 18-20. The score is written in 4/4 time and consists of 18 staves. The first system (measures 18-20) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The second system (measures 21-23) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The third system (measures 24-26) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The fourth system (measures 27-29) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The fifth system (measures 30-32) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The sixth system (measures 33-35) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The seventh system (measures 36-38) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The eighth system (measures 39-41) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The ninth system (measures 42-44) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The tenth system (measures 45-47) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The eleventh system (measures 48-50) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The twelfth system (measures 51-53) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The thirteenth system (measures 54-56) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The fourteenth system (measures 57-59) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The fifteenth system (measures 60-62) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The sixteenth system (measures 63-65) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The seventeenth system (measures 66-68) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The eighteenth system (measures 69-71) includes a grand staff with treble and bass clefs, and a vocal line. The score features various musical notations including rests, notes, and accidentals.

21

This page of a musical score, numbered 21, is set in 4/4 time. It features a complex arrangement of staves. The top staff is a single treble clef line with a melodic line of eighth and sixteenth notes, including a sharp sign. Below it is a grand staff (treble and bass clefs) with a bass line starting with a fermata. The middle section consists of two grand staves, each with a treble and bass clef line. The first grand staff has a treble line with eighth notes and a bass line with rests. The second grand staff has a treble line with rests and a bass line with eighth notes. The bottom section consists of two more grand staves, each with a treble and bass clef line, both containing rests. The score is written in black ink on a white background.

23

This musical score page, numbered 23, features a piano accompaniment and a vocal line. The piano part is written in a grand staff with two systems of three staves each. The first system includes a treble clef staff with a melodic line, a bass clef staff with a bass line, and a grand staff with a treble clef staff containing a complex rhythmic accompaniment. The second system continues the piano accompaniment with similar parts. The vocal line is written in a single treble clef staff, featuring a melodic line with lyrics. The lyrics are: "I am a little like a bird / I am a little like a bird / I am a little like a bird / I am a little like a bird". The score is written in a key signature of one sharp (F#) and a common time signature (C). The piano accompaniment consists of a melodic line in the treble clef, a bass line in the bass clef, and a complex rhythmic accompaniment in the grand staff. The vocal line is written in a single treble clef staff.

25

This page of a musical score, numbered 25, contains several systems of staves. The first system consists of a grand staff with a treble clef on the top staff and a bass clef on the bottom staff, with a brace on the left. The top staff contains a melodic line with eighth and sixteenth notes, while the bottom staff contains a bass line with rests and some notes. The second system has two staves, both with treble clefs, containing sparse notes and rests. The third system has two staves, both with treble clefs, containing notes and rests. The fourth system has two staves, both with bass clefs, containing notes and rests. The fifth system has two staves, both with treble clefs, which are mostly empty. The sixth system has two staves, both with bass clefs, which are also mostly empty. The seventh system has two staves, both with treble clefs, which are empty. The eighth system has two staves, both with bass clefs, which are empty. The score is written in a standard musical notation style with a key signature of one sharp (F#) and a common time signature.

27

Musical score for page 27, measures 27-30. The score is written in 4/4 time and consists of 12 staves. The first two staves are a grand staff (treble and bass clefs). The next two staves are a grand staff with a treble clef on the top staff and a bass clef on the bottom staff. The following two staves are a grand staff with a treble clef on the top staff and a bass clef on the bottom staff. The last four staves are a grand staff with a treble clef on the top staff and a bass clef on the bottom staff. The music is primarily in the bass clef, with some treble clef staves containing rests or simple accompaniment. The key signature has one sharp (F#).

29

Musical score for page 29, featuring multiple staves with treble and bass clefs, 4/4 time signature, and various musical notations including notes, rests, and accidentals.

The score is organized into several systems:

- System 1:** Treble clef staff with a melodic line starting on a quarter rest, followed by eighth and sixteenth notes. Bass clef staff with a rhythmic accompaniment of eighth notes.
- System 2:** Bass clef staff with a melodic line of eighth notes. Below it, two empty bass clef staves.
- System 3:** Bass clef staff with a melodic line of eighth notes. Below it, two empty bass clef staves.
- System 4:** Bass clef staff with a melodic line of eighth notes. Treble clef staff with a melodic line of eighth notes. Below them, two empty bass clef staves.
- System 5:** Treble clef staff with a melodic line of eighth notes. Bass clef staff with a rhythmic accompaniment of eighth notes.
- System 6:** Treble clef staff with a melodic line of eighth notes. Bass clef staff with a rhythmic accompaniment of eighth notes.
- System 7:** Treble clef staff with a melodic line of eighth notes. Bass clef staff with a rhythmic accompaniment of eighth notes.
- System 8:** Treble clef staff with a melodic line of eighth notes. Bass clef staff with a rhythmic accompaniment of eighth notes.

32

This musical score consists of three systems of staves. The first system includes a vocal line in treble clef and a piano accompaniment in bass clef. The second system features a bass line in bass clef and a piano accompaniment in bass clef. The third system shows a vocal line in treble clef and a piano accompaniment in bass clef. The piano accompaniment in the first system is mostly silent, with some notes in the second and third measures. The bass line in the second system is active throughout. The piano accompaniment in the third system is also mostly silent, with a few notes in the second measure.

38

This musical score consists of seven systems of staves. The first system features a grand staff with a treble clef on the upper staff and a bass clef on the lower staff. The upper staff contains a melodic line with eighth and sixteenth notes, while the lower staff provides a bass line with eighth notes. The second system continues the bass line from the first system. The third system shows a new bass line in the lower staff, with the upper staff remaining empty. The fourth system features a bass line with eighth notes and rests, and a new treble staff with a bass clef containing a melodic line with eighth notes and rests. The fifth system continues the bass line from the fourth system. The sixth system features a treble staff with a bass clef containing a melodic line with eighth notes and rests, and a bass line with eighth notes and rests. The seventh system shows both the treble and bass staves empty.

41

The musical score for page 14, starting at measure 41, is presented in ten systems. The first system features a treble clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment. The second system has a bass clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment. The third system has a bass clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment. The fourth system has a bass clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment. The fifth system has a bass clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment. The sixth system has a bass clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment. The seventh system has a treble clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment. The eighth system has a treble clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment. The ninth system has a treble clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment. The tenth system has a treble clef staff with a melodic line and a bass clef staff with a rhythmic accompaniment.

44

Musical score for page 44, measures 44-46. The score is in 4/4 time and consists of 11 staves. The first system (measures 44-46) features a treble clef staff with a melodic line and a grand staff (treble and bass clefs) with a bass line. The second system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff. The third system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff. The fourth system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff. The fifth system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff. The sixth system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff. The seventh system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff. The eighth system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff. The ninth system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff. The tenth system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff. The eleventh system (measures 44-46) features a grand staff with a bass line in the upper staff and a treble line in the lower staff.

47

The musical score consists of three measures, numbered 47, 48, and 49. It features a vocal line and piano accompaniment. The piano part is divided into two systems. The first system includes a grand staff (treble and bass clefs) and a separate bass line. The second system includes a grand staff and a separate bass line. The vocal line is written in a single staff with a treble clef. The piano accompaniment includes chords and melodic lines in both hands. The score is marked with a 'p' (piano) dynamic. The measures are separated by bar lines, and there are repeat signs at the end of each measure.

50

Musical score for page 50, featuring a piano accompaniment and a vocal line. The score is written in 3/4 time and consists of 12 measures. The piano part is written in G major and features a variety of textures, including chords, arpeggios, and moving lines. The vocal line is written in the soprano clef and features a melodic line with some rests. The score is divided into three systems, each containing two staves. The first system has a treble and bass staff. The second system has a treble and bass staff. The third system has a treble and bass staff. The piano part is written in G major and features a variety of textures, including chords, arpeggios, and moving lines. The vocal line is written in the soprano clef and features a melodic line with some rests. The score is divided into three systems, each containing two staves. The first system has a treble and bass staff. The second system has a treble and bass staff. The third system has a treble and bass staff.

53

The musical score for page 18, starting at measure 53, is arranged in a multi-staff format. It includes a grand staff for the piano (treble and bass clefs) and a separate bass line. The voice part is on a single staff. The score is divided into four measures. Pedal markings are present at the bottom of the page.

Ped. Ped. Ped. Ped.

61

This musical score for page 61 consists of 12 staves. The top four staves are grouped as a piano accompaniment, with two treble clefs and two bass clefs. The bottom four staves are grouped as a vocal line, with two treble clefs and two bass clefs. The music is in 4/4 time. The piano part features a simple harmonic accompaniment with quarter notes and rests. The vocal line includes a melody with quarter notes, eighth notes, and rests. The score is divided into two measures, each ending with a double bar line. The page number '61' is written above the first measure.

Prilog: fotografije sa izložbe doktorskog umetničkog rada „Sfere muzike“

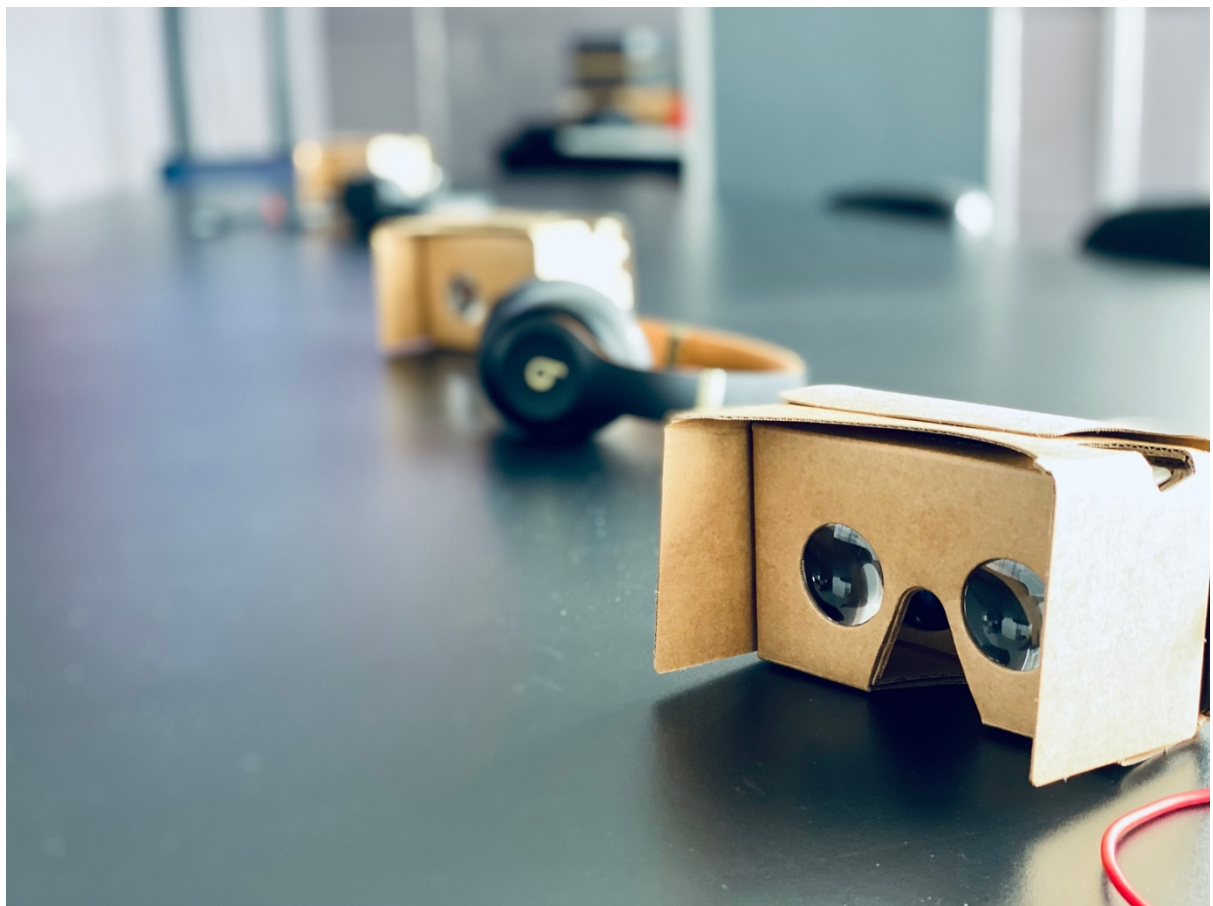
„Sfere muzike“ izložba doktorskog umetničkog rada Nenada Čeranića prikazana je u svečanoj sali Univerziteta Metropolitan, u sredu 09.03.2022. od 12h.

Rad „Sfere muzike“ predstavlja umetnički projekat kojim se autorska klasična muzička kompozicija prikazuje u okviru sistema imerzivnog-sveobuhvatnog medija (eng. „immersive media“), odnosno kinematografskog videa od 360° u sistemu virtuelne realnosti (VR).

Fokus istraživanja je na doživljaju muzičke komponente umetničkog dela kroz prizmu imerzivnih medija, odnosno, sam rad bavi se istraživanjem na koji način tri različite prostorno-akustične sredine utiču na čulnu percepciju kod posmatrača.



Dizajn pozivnice za izložbu doktorskog umetničkog rada „Sfere muzike“









Autor izložbe Nenad Čeranić

LITERATURA I WEBOGRAFIJA

- Antonin Artaud, *The Theatre and its Double Trans* (New York: Grove Weidenfeld, 1958).
- Tony Parisi, *Learning Virtual Reality*, O'Reilly media, Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA, USA, 2015.
- Samuel Greengard, *Virtual Reality*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2019.
- Francesco Maria Spampinato, Valentino Carticalà, *Contemporary Art and Virtual Reality*, 2021.
- Casetti Francesco, Andrea Pinotti, "Post-cinema Ecology." In *Post-cinema: Cinema in the Post-art*, 2020.
- Birnbaum, Daniel and Michelle Kuo, *More Than Real: Art in the Digital Age*. London: Verbier, 2018.
- Arcagni, Simone, *L'occhio della macchina*, Turin: Einaudi, 2018.
- Lanier, Jaron, *Dawn of the New Everything: Encounters with Reality and Virtual Reality*, New York: Henry Holt and Company, 2017.
- Bucker, John (2017). *Storytelling for Virtual Reality: Methods and Principles for Crafting Immersive Narratives*. London: Routledge.
- Stephan Schütze, Anna Irwin-Schütze, *New realities in audio*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.
- Agnieszka Roginska, Paul Geluso, *Immersive sound*, Routledge, New York and London, 2018.

Eseji i druge publikacije

- Nikola Petrović, „Od molitve do virtuelne stvarnosti“, P.U.L.S.E. (2015), preuzeto 17. 3. 2019, pulse.rs/od-molitve-do-virtuelne-stvarnosti/.
- Lanier, Jaron, "Virtual Reality: An Interview with Jaron Lanier," *Whole Earth Review*, 1989.
- Milan P. Ličina, Nenad N. Perić, *Virtuelna realnost i Video-igre kao prošireni mediji filma*, 2019.
- Jonathan Steuer, „Defining Virtual Reality Dimensions Determining Telepresence“, *Journal of Communication* 42, 4 (1992): 73–94.

Webografija

- Maurice Benayoun, „Virtual reality, cave, cameras, printer, Internet”, (1997.), preuzeto 03.10.2021, <https://benayoun.com/moben/1997/02/12/world-skin-a-photo-safari-in-the-land-of-war/>.
- Mark Zuckerberg, „Founder’s letter”, (2021.), preuzeto 01.11.2021, <https://about.fb.com/news/2021/10/founders-letter/>.
- Berklee College Of Music, „Virtual Reality Content Creator”, (2021.), preuzeto: 22.10.2021, <https://www.berklee.edu/careers/roles/virtual-reality-content-creator>.
- Frame, „WE ANALYSE HOW THE VIRTUAL (REALITY) EXHIBITION WILL EVOLVE”, (2020.), preuzeto 23.10.2021, <https://www.frameweb.com/article/f-136-new-typology-virtual-reality-exhibition>.
- Clain Maher, „Could virtual reality be the future of art exhibitions?“, (2019.), preuzeto 21.04.2021, <https://www.irishtimes.com/culture/art-and-design/visual-art/could-virtual-reality-be-the-future-of-art-exhibitions-1.3905993>.
- echo3D, „How virtual reality is changing the music industry”, (2020.), preuzeto 15.04.2021, <https://medium.com/echo3d/how-virtual-reality-is-changing-the-music-industry-9b874ee166ab>.
- Nicola K. Smith, „How virtual reality is shaking up the music industry”, (2017.), preuzeto 26.05.2021, <https://www.bbc.com/news/business-38795190>.
- Sarah Bellman, „The first virtual reality ballet springs to life in Amsterdam”, (2017.), preuzeto 23.03.2021, <https://www.vice.com/en/article/pgq7by/dutch-national-ballet-virtual-reality-night-fall>.
- Dante Fumo, „Will immersive audio change the future of music?”, (2019.), preuzeto 20.06.2021, <https://reverb.com/news/will-immersive-audio-change-the-future-of-music>.
- Soong-soo Bae, „Spatial audio becomes keystone for metaverse; attracts content giants”, (2021.), preuzeto 06.09.2021, <https://www.kedglobal.com/newsView/ked202107080010?lang=1>.
- Genevieve Curtis, „Ballet’s brave new world in virtual reality”, (2021.), preuzeto 10.08.2021, <https://www.ft.com/content/2437f525-f6f7-4068-ace7-35e572e56277>.

BIOGRAFIJA

Nenad Čeranić, rođen je 07.09.1982. u Beogradu, živi i radi u Beogradu.

OBRAZOVANJE

- STUDENT NA DOKTORSKOM STUDIJSKOM PROGRAMU „DIZAJN NOVIH MEDIJA“ NA UNIVERZITETU METROPOLITAN U BEOGRADU.
- 2011. MASTER MUZIČKI UMETNIK - AKADEMIJA UMETNOSTI ALFA UNIVERZITETA U BEOGRADU.
- 2009. DIPLOMIRAO JE MUZIČKU PRODUKCIJU SA OCENOM 10 KAO PRVI U KLASI NA AKADEMIJI UMETNOSTI "BK" UNIVERZITETA U BEOGRADU. PROSEČNA OCENA ZA STUDIJE: 9,41.

RADNO ISKUSTVO

- 2019-. VANREDNI PROFESOR NA FAKULTETU ZA BEZBEDNOST I DIPLOMATIJU-ODSEK:PRODUKCIJA, UNIVERZITETA „NIKOLA TESLA UNION“ U BEOGRADU. PREDMETI: MUZIČKA PRODUKCIJA 1 I 2
- 2014-2019. NASTAVNIK U SREDNJOJ UMETNIČKOJ ŠKOLI „ARTIMEDIJA“ U BEOGRADU NA PREDMETIMA: PRIMENJENA MUZIKA, MUZIČKA PRODUKCIJA I OSNOVI SNIMANJA MUZIKE.
- 2013-. DOCENT NA UNIVERZITETU METROPOLITAN U BEOGRADU ZA PREDMETE: DRAMATURGIJA ZVUKA I SNIMANJE I DIZAJN ZVUKA.
- 2012-2013. DOCENT NA MUZIČKOJ AKADEMIJI - ALFA UNIVERZITET U BEOGRADU.
- 2008-. MUZIČKI PRODUCENT, DIZAJNER ZVUKA, KOMPOZITOR, ARANŽER, VOKAL I MULTIINSTRUMENTALISTA U VELIKOM BROJU MUZIČKIH DELA RAZLIČITIH ŽANROVA.
- VEŠTINE U OBLASTI UMETNOSTI: AUDIO PRODUKCIJA, DIZAJN ZVUKA, KOMPONOVANJE PRIMENJENE MUZIKE ZA FILMOVE I TV EMISIJE, KOMPONOVANJE MUZIKE ZA VIDEO IGRE, AUDIO MASTERING, FOLEY EFEKTI-ZVUČNI EFEKTI, ARANŽIRANJE.

PROFESIONALNO ISKUSTVO

- U JANUARU 2022. KOMPONOVAO I ARANŽIRAO MUZIKU ZA REKLAMNI FILM UNIVERZITETA METROPOLITAN
- U OKTOBRU 2021. KOMPONOVAO I ARANŽIRAO MUZIKU ZA VIDEO IGRU MET TOWER DEFENSE
- U FEBRUARU 2022. KOMPONOVAO, ARANŽIRAO I PRODUCIRAO PESMU „BRZINA“ KOJA JE UŠLA U FINALNI IZBOR PESAMA U OKVIRU FESTIVALA „IZBOR ZA PESMU EVROVIZIJE 2022.“, SRBIJA
- U MAJU 2020. KOMPONOVAO I ARANŽIRAO MUZIKU ZA VIDEO IGRU METI GO

- U FEBRUARU 2020. KOMPONOVAO, NAPISAO TEKST I ARANŽIRAO MUZIKU ZA PESMU „VERUJ U SEBE” KOJOM SE I KAO IZVOĐAČ PREDSTAVIO NA FESTIVALU BEOVIZIJA 2020 - IZBOR ZA PREDSTAVNIKA EUROSONG MUZIČKOG TAKMIČENJA
- U AVGUSTU 2019. KOMPONOVAO, NAPISAO TEKST I ARANŽIRAO MUZIKU ZA ANIMACIJU - MUZIČKI SPOT „TRI DRUGARA”
- U MAJU 2019. KOMPONOVAO, NAPISAO TEKST I ARANŽIRAO MUZIKU ZA ANIMACIJU - MUZIČKI SPOT „MALA KOALA”
- U MARTU 2019. KOMPONOVAO I ARANŽIRAO MUZIKU ZA ANIMACIJU POSLOVNI IMEJL (RNIDS - REGISTAR NACIONALNIH INTERNET DOMENA SRBIJE).
- U SEPTEMBRU 2018. KOMPONOVAO I ARANŽIRAO MUZIKU ZA ANIMACIJU 10 GODINA .RS DOMENA (RNIDS - REGISTAR NACIONALNIH INTERNET DOMENA SRBIJE)
- U MAJU 2018. NAPRAVIO JE ZVUČNU INSTALACIJU U GALERIJU PROZOR ZA POMOĆ OSOBAMA SA INVALIDITETOM - IZLOŽBA FDU, UNIVERZITET METROPOLITAN.
- 2016-2017. ČLAN JE RADNE GRUPE ZAVODA ZA UNAPREĐENJE OBRAZOVANJA REPUBLIKE SRBIJE.
- SEPTEMBRA 2015. UČESNIK NA MEĐUNARODNOJ KONFERENCIJI ELEARNING SA TEMOM „SOUND IN VIRTUAL REALITY SYSTEMS"
- OD 2014. STALNI JE ČLAN KOMISIJE ZA OCENU UČESNIKA U TAKMIČENJU „METROPOLITAN TALENTI“ IZ POLJA – RAZVOJ RAČUNARSKIH IGARA
- U JUNU 2011. KOMPOZITOR, TEKSTOPISAC, ARANŽER I DIZAJNER ZVUKA ZA PESMU BEOGRADSKIH VRTIČA „MI SMO BUDUĆNOST“. PESMA JE PREMIJERNO IZVEDENA NA BEOGRADSKOM KARNEVALU PREDŠKOLSKIH USTANOVA NA KALEMEGDANU, U ORGANIZACIJI GRADA BEOGRADA
- LEKSIKOGRAFSKA JEDINICA U NAUČNOJ PUBLIKACIJI OD NACIONALNOG ZNAČAJA - M 46 / VEŽBE ZA SOLO PEVANJE – MILOJKO PAJEVIĆ, 2010.
- APRILA 2009. KOMPONOVAO JE HIMNU AKADEMIJE UMETNOSTI, NAPISAO TEKST I DIZAJNIRAO ZVUK
- DECEMBAR 2008. - OBJAVIO CD - MUZIČKI ALBUM „UVERTIRA"

NAGRADE

- JULA 2010. DOBITNIK NAGRADE ZLATNA SIRENA ZA OTKRIĆE GODINE I IZVOĐAČA U REVIJALNOM DELU MUZIČKOG FESTIVALA „SUNČANE SKALE“ U HERCEG NOVOM, CRNA GORA
- JUNA 2010 DOBITNIK NAJVEĆEG PRIZNANJA AKADEMIJE UMETNOSTI U BEOGRADU "SVETI VID" ZA IZUZETAN DOPRINOS KULTURI I UMETNOSTI. PRIZNANJE MU JE LIČNO DODELILA NJENO KRALJEVSKO VIŠOČANSTVO PRINCEZA JELISAVETA KARADORĐEVIĆ
- MAJA 2010. DOBITNIK NAGRADE „BEST SONG FROM MONTENEGRO“ NA PRVIM BALKAN MUSIC AWARDS, ODRŽANIM U SOFIJI, BUGARSKA

- 10. JULA 2009. PREDSTAVLJAO JE SRBIJU KAO IZVOĐAČ I KOMPOZITOR NA NAJVEĆEM FESTIVALU POP MUZIKE U JUGOISTOČNOJ EVROPI "SLAVJANSKI BAZAR" U BELORUSIJI. OSVOJIO JE POSEBNU NAGRADU ZA NAJBOLJI VOKAL I KOMPOZICIJU NA FESTIVALU

ČLANSTVO U ORGANIZACIJAMA

- SOKOJ - ORGANIZACIJA MUZIČKIH AUTORA SRBIJE
- PI - ORGANIZACIJA ZA KOLEKTIVNO OSTVARIVANJE PRAVA IZVOĐAČA
- UDRUŽENJE MUZIČARA DŽEZ-A, ZABAVNE I ROK MUZIKE SRBIJE

LINKOVI

- Wiki: https://sr.wikipedia.org/sr-ec/Nenad_Ćeranić
- Youtube: <https://www.youtube.com/user/NenadCeranicTV>
- LinkedIn: <https://www.linkedin.com/feed/>

IZJAVA O AUTORSTVU

Ime i prezime autora: **Nenad Čeranić**

Broj indeksa: **2220**

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom: **Sfere muzike**

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio/la intelektualnu svojinu drugih lica.

U Beogradu, 17.03.2022.

Potpis autora:



**IZJAVA O ISTOVETNOSTI ŠTAMPANE I ELEKTRONSKE VERZIJE
DOKTORSKOG RADA**

Ime i prezime autora: **Nenad Čeranić**

Broj indeksa: **2220**

Studijski program: **Dizajn novih medija**

Naslov rada: **Sfere muzike**

Mentor: **dr um. Katarina Kaplarski Vuković, vanredni profesor, Univerzitet**

Metropolitan, Beograd

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la radi pohranjena u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 17.03.2022.

Potpis Autora



IZJAVA O KORIŠĆENJU

Ovlašćujem Univerzitet Metropolitan da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom: **Sfere muzike**, koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo (CC BY)

2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)

5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci. Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

U Beogradu, 17.03.2022.

Potpis Autora

