

REPRODUKCIJA ZVUKA U VIRTUALNOJ 3D SCENI**SOUND RENDERING IN VIRTUAL 3D SCENE**Jelena Garić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Cilj ove studije jeste procjena učinka 3D prostornog zvuka na korisnikov osjećaj imersivnosti u virtualnom okruženju, kao i istraživanje metoda kojima se poboljšava taj uticaj. Prostorni zvuk u 3D virtualnoj sceni treba da uvjerljivo postavi audio u VR prostoru tako da ga korisnik percipira kao da dolazi od stvarnih fizičkih objekata sa scene. Dobro postavljen prostorni zvuk korisniku pruža bolje poznavanje VR prostora simulacije i znatno pomaže u orijentaciji na sceni. Zvuk je jedan od osnovnih alata kojim se postiže osjećaj apsolutnog prisustva u VR-u, i u ovoj studiji to je demonstrirano u posebno dizajniranoj 3D VR sceni u Unity pogonu igre.

Gljučne reči: Virtualna realnost, 3D prostorni zvuk, imersivnost, Unity

Abstract – The goal of this study is to evaluate the effect of 3D spatial sound on user's immersion feeling in virtual environment, as well as to explore the methods which improve this effect. Spatial audio should convincingly place sounds in a VR space so that the user perceives the sounds as coming from the real physical objects from the scene. Well placed spatial sound provides user a better knowledge of VR space of the simulation and it considerably helps with the orientation in the scene. Sound is one of the main tools to achieve the feeling of absolute presence in VR, and in this study, that is demonstrated by specially designed 3D VR scene in Unity game engine.

Keywords: Virtual reality, 3D spatial sound, immersiveness, Unity

1. UVOD

Za dobro dizajnirano okruženje virtualne realnosti, „prisustvo“ se smatra bitnim preduslovom. Kvalitetna reprodukcija zvuka je moćan način da se korisnik u potpunosti uroni u 3D VR prostor i da mu se pažnja sasvim usmjeri na dešavanja na sceni.

Ogroman dio naše pažnje može biti fokusiran audio znakovima, ali iskustvo potpune imerzije zahtijeva detaljnu kombinaciju prostora i zvuka, a ne samo znakova koji se dodaju kao naknadna ideja.

Izraz „zvučni pejzaž“ opisuje akustičko okruženje onako kako ga osoba doživljava i razumije (Međunarodna organizacija za standardizaciju, 2014). Zvučni pejzaž za virtualnu stvarnost može se sastojati od (a) pozadinske buke koja se koristi za stvaranje opšte atmosfere

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.

(npr. vjetar, zvukovi saobraćaja, muzika) i (b) predvidivih i impulsivnih zvučnih događaja (npr. koraci, otvaranje vrata) [1]. Za ovu studiju, za pozadinsku buku koriste se zvukovi prirode u VR sceni - žuborenje potoka, ptice i zvuk iskre magičnih prozora scene. Za drugi element korišten je zvuk koraka glavnog karaktera simulacije.

U ovoj studiji procjenjuje se učinak zvuka na osjećaj imerzije korisnika, te na njegovu orijentaciju i snalaženje na VR sceni. Apsolutno prisustvo u VR-u bi značilo da korisnik ima utisak da se zapravo nalazi u virtualnom okruženju i ne shvata da posrednička tehnologija postoji, pa se ponaša kao da nema medija. Upravo iz tog razloga, za najrealnije i najuticajnije iskustvo, prikladno je da dizajn zvuka bude dio kreativnog sadržaja od samog početka jer loš ili pogrešno postavljen audio dizajn i znakovi mogu odvratiti korisnika od željenog, uvjerljivog ishoda VR scene.

2. PROSTORNI ZVUK

Prostorni zvuk čini ono što čujemo uvjerljivim slušnim iskustvom koje odgovara onome što vidimo i doživljavamo. Koncept prostornog zvuka zapravo je prisutan već duže vrijeme i obuhvata niz različitih audio tipova. Ljudski mozak interpretira zvučne signale na specifičan način koji mu omogućava donošenje odluka o okolini. Koristimo svoj sluh, zajedno sa sposobnošću kretanja, za donošenje boljih odluka o položaju audio signala i okruženju koje produkuje zvuk. U najosnovnijem, prostorni zvuk je jednostavno svaki zvuk koji nije mono [2] (tj. proizlazi iz jednog kanala). Stoga se stereo zvuk (zvuk snimljen i pomiješan u odvojenim lijevim i desnim kanalima) može smatrati prostornim zvukom. Drugi oblici zvuka koji se takođe mogu smatrati „prostornim“ u prirodi uključuju okolinski (surround) zvuk i binauralni zvuk. „Surround“ zvuk je način reprodukcije takav da je slušalac okružen zvučnicima, dok je binauralni zvuk snimljen tako da je bitna lokacija izvora zvuka u odnosu na uređaj koji snima, u toku samog snimanja.

Iako ove vrste zvuka zaista povećavaju iskustvo imersivnosti slušaoca u „head-locked“ okruženju, poput bioskopa, to je nedovoljno za potpuno efikasan doživljaj virtualne realnosti. To je zato što se korisnik u virtualnom svijetu kreće i gleda okolo kao u stvarnom svijetu. Ako se čuje ptica koja cvrkuće na drvetu s lijeve strane, trebalo bi da korisnik čuje taj zvuk najjače na lijevom uhu. Ali ako pomakne glavu da gleda direktno u pticu, zvuk bi trebao postati jednako uravnotežen u oba uha. Ovo je izazov s kojim se programeri suočavaju pri stvaranju prostornog zvuka za VR aplikacije. Ako se jačina zvuka i orijentacija ne promijene sa suptilnom promjenom položaja glave, to može duboko uticati na korisničko iskustvo.

Prostorni zvuk u virtualnoj realnosti uključuje manipulaciju audio signalima tako da oponašaju akustičko ponašanje u stvarnom svijetu. Precizna zvučna predstava virtualnog svijeta vrlo je moćan način za stvaranje uvjerljivog i sveobuhvatnog iskustva i zato prostorni zvuk ne služi samo kao mehanizam za dovršetak imerzivnog iskustva, već je i vrlo učinkovit kao element korisničkog interfejsa: zvučni znakovi mogu privući pažnju na različite žarišne tačke u naraciji ili privući korisnika da gleda određene dijelove simulacije, na primjer. Prostorni zvuk se najbolje može doživjeti upotrebom običnih slušalica - nisu potrebni posebni zvučnici, hardver ili višekanalne slušalice.

Cilj 3D prostornog zvuka je uvjerljivo smjestiti zvukove u trodimenzionalni prostor tako da korisnik percipira zvukove koji dolaze iz stvarnih fizičkih objekata u njihovom VR doživljaju. Iako se u VR-u samo fizički vidi ono što je direktno ispred korisnika, prostorni zvuk može ukazivati korisniku na ono što se vizualno događa iznad, ispod, iza i sa strane.

U prostornom zvuku, za razliku od stereo zvuka, zvuk je zaključan u prostoru. Ovo korisniku omogućava kretanje po prostoriji, a zvuk će ostati prostorno zaključan u okruženju. Da bi se generisao prostorni zvuk, mora postojati mogućnost kombinovanja zvuka s podacima o koordinatama koji će upozoriti sistem da opazi suptilne pokrete glave.

2.1. Ambisonic zvuk

Ambisonic Audio, iako zapravo nije nova tehnologija, postao je mnogo važniji nakon pojave VR -a i 360° videa. Najbolji način da se to zamisli je neka vrsta audio Skybox -a. U simulaciji (igri) bi Skybox stvorio iluziju 3D neba i udaljenog horizonta, koji se rotira pokretima glave igrača, ali da se nikada ne možete približiti ili udaljiti od njih, a nalazi se iza geometrije "stvarnog" svijeta.

Ambisonic Audio radi na sličan način. Kretanje svijetom neće promijeniti glasnoću zvuka, ali rotiranje glave mijenja ili barem mijenja jačinu četiri (ponekad i više) kanala u datoteci Ambisonic, zavisno u kojem smjeru gleda korisnik.

Rezultat je mnogo realističniji prikaz ambijentalnog zvuka, koji odlično funkcionira za ambijentalne zvučne pejzaže [2]. Jedan od najčešćih formata Ambisonic datoteka, B-Format, koji se ponekad naziva i Ambisonics prvog reda, sastoji se od četiri kanala. Jednostavno rečeno, četiri kanala predstavljaju 3 usmjerena kanala duž osi X, Y i Z i svesmijerni kanal W, koji sadrži snimak svih zvukova u Ambisonic sferi.

Potrebno je pvu vrstu zvuka ukombinovati sa podrškom za 3D zvuk (koji svi pogoni igara pružaju) kako bi se ostvario sasvim realan efekat odašiljanja prostornog zvuka iz izvora.

3. IMPLEMENTACIJA U POGONU IGRE UNITY

Simulacija virtualne realnosti je implementirana u Unity programu (verzija 2020.3.19f). Ona pruža gledaocu hod po prirodi u stilu RPG igrice sa jednim glavnim karakterom. Korisnik upravlja jednostavnom kontrolom kretanjem ovog karaktera (na računaru je to klik miša, što je analogno odgovarajućem kontrolnom dugmetu na svakom VR

headset-u). Komponenta virtualne kamere je definisana kroz objekat čija glavna komponenta jeste XR Rig (XR je spoj VR i AR tehnologija), iz XR Interaction Toolkit paketa. Ovaj paket dodaje Unity pogonu frejmwork koji apstrahuje sistem interakcije za kreiranje VR i AR iskustava, i baziran je na radu sa komponentama.

Ukoliko se simulacija želi testirati na nekom VR headset-u, potrebno je instalirati XR Plugin Management sistem, koji pruža opciju da se doda odgovarajući provajder za uređaj na kom se isprobava simulacija (Oculus, Windows Mixed Reality, ARCore...). XR Rig komponenta zahtijeva standardnu glavnu kameru i Camera Floor Offset objekat (služi za definisanje razmaka između posmatrača i glavne kamere). Na glavnu kameru dodata je Tracked Pose Driver komponenta, koja omogućava da glavna kamera prati pokrete headset-a - odnosno, ukoliko korisnik gleda na desno, kamera će takođe da se okrene u tu stranu.

U slučaju ove simulacije, kamera prati centar očiju na headset-u. Kamera je smještena tako da uvijek gleda između glavnog karaktera simulacije, i na nju je dodata skripta koja uvijek prati likove kretanje. Na početku je pozicija kamere definisana formulom:

$$i(x,y,z) = p(x,y,z) - t(x,y,z) \quad (1)$$

gdje je trodimenzionalni vektor i inicijalni ofset VR kamere, p je trenutna pozicija kamere i t je pozicija predmeta koji se prati (*target*), u ovom slučaju karaktera kojim se upravlja u simulaciji. Svako naredno ažuriranje se dešava kretanjem karaktera i definisano je formulom:

$$c(x,y,z) = t(x,y,z) + i(x,y,z) \quad (2)$$

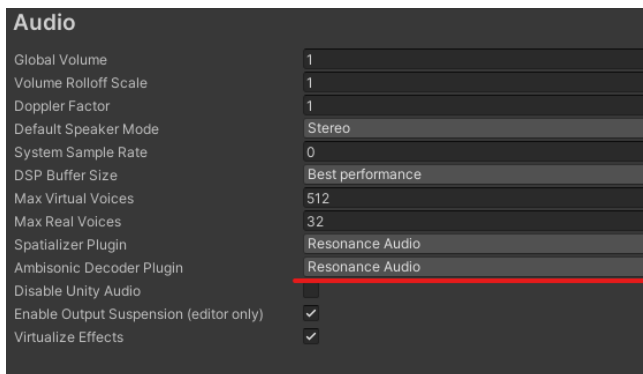
$$p(x,y,z) = t(x,y,z) + (c(x,y,z) - t(x,y,z)) \cdot d$$

gdje je vektor c pozicija kamere u trenutku ažuriranja i računa se kao zbir pozicije praćenog predmeta i inicijalnog ofseta kamere. Zatim se pozicija VR kamere postavlja na interpoliranu vrijednost između pozicije praćenog objekta i stare pozicije kamere, a interpolant je d , što je u slučaju ove simulacije proizvod faktora glatкости pokreta kamere i vremena za koje se ažurira fizika i frame-rate u Unity pogonu.

3.1. Resonance Audio Renderer

S obzirom da kamera prati karakter u simulaciji, uz kratko kašnjenje zbog razmaka između kamere i karaktera, korisnik će da čuje sve zvukove koje proizvode audio-izvori kraj kojih karakter prolazi. Ukoliko korisnik naredi karakteru da prođe pored potoka, glasnije će čuti zvuk vode, i to jače na ono uho prema kome je potok u simulaciji bliži. Ukoliko korisnik okrene glavu, i zvuk će se pojačati na suprotnom uhu.

Prema Serafinovoj definiciji [1], ovo je prva komponenta zvučnog pejzaža - okolinski (ambijentalni) zvuk. U Unity pogonu, ovakav uvjerljiv prostorni zvuk omogućen je pomoću Resonance Audio SDK paketa. Resonance Audio komponente poboljšavaju karakteristike Unity ugrađenih audio komponenti. Nakon što se ovaj renderer skine, potrebno je u Edit->Project Settings->Audio meniju postaviti Spatializer Plugin i Ambisonic Decoder Plugin opcije na Resonance Audio.



Slika 1. Dodavanje Resonance Audio Renderera u grupu audio miksera

Dodavanjem Resonance Audio Renderera u grupu audio miksera u Unity-ju se uvodi Ambisonic Audio u opšti audio kanal tako da se može čuti i mogu se primjenjivati efekti na njega.

Resonance audio poboljšava Unity AudioListener (komponenta koja “sluša”) funkcije uvođenjem dodatnih opcionalnih parametara, kao što su šabloni usmjerenja zvuka (koji su istraženi detaljnije u poglavlju 3), globalne maske pojačanja i maske za zaklanjanje izvora. Takođe uključuje Ambisonic rekorder zvučnog polja koji može da ubaci prostorne audio izvore u scenu (u Ambisonic zvučno polje).

Komponenta Resonance Audio Soundfield, predstavlja potpun 360° prostorni zvuk tako što kodira zvučne talase na virtualnu sferu oko slušaoca. Resonance Audio Room, simulira efekte sobe (eho) za određen prostor tako što koristi Transform svojstva (veličina, pozicija i stepen rotacije) objekta u igri i primjenjuje efekte sobe shodno tome (kada je objekat u odgovarajućem dijelu sobe).

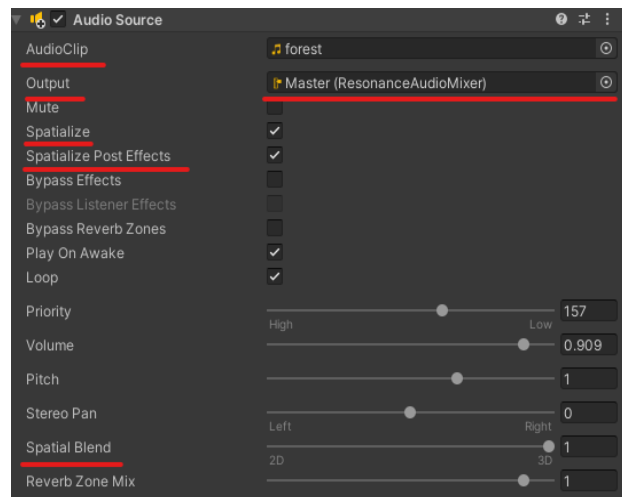
Da bi se omogućio potpun efekat prostornog zvuka, treba da se doda Resonance Audio Listener komponenta u scenu -uobičajeno se stavlja na komponentu glavne kamere.

Dodaje se i AudioSource komponenta na objekat iz simulacije koji je namijenjen da bude izvor zvuka. Za razliku od Ambisonic zvuka, koji se namješta preko audio isječka, prostorni zvuk odabire se na samom izvoru zvuka. Kako bi se dozvolilo Resonance Audio rendereru da načini ovaj objekat izvorom prostornog zvuka, AudioSource svojstva objekta treba da se podeše; treba da se odabere audio isječak koji će izvor reprodukovati (u ovom slučaju zvuk potoka, ptica itd.).

Takođe, potrebno je namjestiti izlaz audio mikser grupe na glavnu traku Resonance Audio Mixer-a. Treba da se omogući Spatialize i Spatialize Post Effects opcija da bi se primijenili prostorni efekti na izvor zvuka, kao i njihova naknadna dejstva.

Da se kontroliše željeni smijer zvukova u audio Ambisonic datoteci, može se jednostavno rotirati objekat izvora zvuka dok se zvukovi ne poravnaju tamo gdje je željeno (npr. u ambijentu ove simulacije, zvukove potoka koji su zapljuskuju obalu treba uskladiti sa smjerom struje potoka u prizoru).

Većina ostalih postavki na izvoru zvuka, poput glasnoće i visine tona, nastaviće raditi kao i obično.

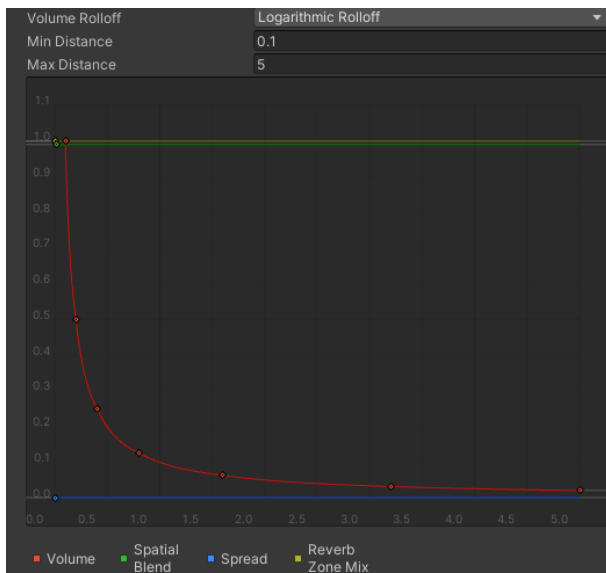


Slika 2. Podešavanje izvora zvuka kako bi se omogućio 3D prostorni zvuk

U pitanju je 3D simulacija, pa će se zvuk pojavljivati iz sva tri smijera objekta audio izvora. To znači da će zvuk zvučati kao da dolazi sa svoje 3D lokacije, ali neće biti tiši dok se od njega udaljava korisnik, baš kao i sa Ambisonic audio isječkom. Razlog tome je način na koji Resonance Audio izračunava prostorni zvuk na razmjerljiv način. Radi tako što kombinuje više prostornih audio izvora u jednu Ambisonic audio sliku koja omogućava da Resonance Audio podržava veliki broj prostornih audio izvora, bez značajnih troškova obrade. Da bi se omogućili 3D efekti – mijenjanje jačine zvuka u odnosu na poziciju u sceni, podešava se Spatial Blend (mapiranje kanala) svojstvo na 3D. Ovo svojstvo je moguće kontinualno podešavati između 2D i 3D krajnosti. U standardnoj Unity AudioSource komponenti, moguće je upravljati funkcijom koja određuje jačinu zvuka u zavisnosti od pozicije slušaoca na izvor. Na sljedećoj slici prikazana je logaritamska kriva koja određuje ovo svojstvo na jednom od izvora simulacije:

Na slici 3 se pored jačine zvuka vide i ostala svojstva izvora -Spatial Blend mapiranje kanala je uvijek postavljeno na 3D zvuk (vrijednost 1). Spread svojstvo je 0 i označava ugao (broj stepeni) širenja zvuka. 3D zvuk je u tom slučaju jako prilijepljen za smijer porijekla. U ovoj simulaciji, ukoliko kamera prolazi kraj drveća direktno sa lijeve strane, zvuk ptica će da bude pušten samo na lijevu slušalicu. Reverb Zone Mix [3] svojstvo radi sa audio isječkom tako što primijeni distorziju na njega u zavisnosti gdje je slušalac lociran u odnosu na podešenu zonu – npr ukoliko karakter ulazi u pećinu postepeno treba da se mijenja ambijentalni efekat.

Kroz komponentu Resonance Audio izvora moguće je fino podešavanje ovih svojstava; npr. smijer za slušaoca ili za izvor se podešava kroz dvije opcije – Alpha i Sharpness. Ovo je šablon tj. oblik koji je povezan sa zaklanjanjem objekta i predstavlja način na koji će zvuk proizilaziti iz izvora u različitim pravcima. Zvuk izvora će se čuti drugačije u zavisnosti od ovog šablona i lokacije kamere u odnosu na izvor.



Slika 3. Logaritamska funkcija odnosa jačine zvuka i rastojanja između slušaoca i izvora

Min i Max Distance parametri određuju minimalnu i maksimalnu udaljenost slušaoca od izvora gdje zvuk počinje odnosno prestaje da se čuje. Najuvjerljiviji zvuk u simulaciji dobijen je kombinacijom parametara kao na slici 3, sa logaritamskim opadanjem.

4. ZAKLJUČAK

Virtualna realnost zahtijeva novi način razmišljanja o obradi zvuka. U dugogodišnjoj istoriji igara i videa na ravnim ekranima, standard realizma za reprodukciju zvuka ostao je relativno nizak, posebno u poređenju sa savremenim napretkom grafike i kinematografskog prikazivanja videa. Iako je sluh i trodimenzionalno čulo, zvuk za igre i kino/video obično je smanjio upotrebu 3D i drugih naprednih tehnologija za reprodukciju zvuka, iz jednostavnog razloga što su sva grafika i video pred korisnikom.

Sa izuzetkom nekih FPS igara u kojima 3D zvuk pruža taktičku pomoć koju igrači nauče koristiti u svoju korist, previše realizma u zvuku za igru ili film s ravnim ekranom ponekad može odvratiti pažnju, pogotovo ako nije u skladu sa vizualnim doživljajem. U svijetu VR-a, prostorni zvuk odličan je alat koji može pomoći pri lociranju i navigaciji za objekte u VR okruženjima.

Rezultati mnogih istraživanja sugerišu da prostorni zvuk može povećati percepciju korisnika u tri dimenzije dok traži skrivene objekte, stoga se može zaključiti da je 3D zvuk vrijedan faktor za obavljanje zadatka za većinu korisnika u VR-u.

Iako je nekad ovo predstavljalo programsku prepreku pri pravljenju simulacija, danas postoje mnoge biblioteke sa priključcima za pogone igara koji apstrahuju i pojednostavljaju čitav proces uvođenja 3D prostornog zvuka, i jedan od načina za postizanje ovog procesa je objašnjen u ovom radu. Osim pomoći korisniku pri orijentaciji, dobar način reprodukcije 3D zvuka u VR-u je neizostavan za poboljšanje osjećaja prisutnosti.

5. LITERATURA

- [1] Serafin, S., i Serafin, G. (2004). "Sound design to enhance presence in photorealistic virtual reality," ICAD 04-Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display (Sydney, NSW).
- [2] Anton Venema, on November 14, 2018, <https://www.frozenmountain.com/developers/blog/archive/spatial-audio-in-vr-why-and-how> (pristupljeno u oktobru, 2021.)
- [3] <https://docs.unity3d.com/Manual/class-AudioSource.html> (pristupljeno u oktobru, 2021.)

Kratka biografija:



Jelena Garić rođena je u Brčkom, BiH, 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Reprodukcijska zvuka u 3D virtualnoj sceni odbranila je 2021.god.

kontakt: nephalem46@gmail.com