

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 6509

**IZRADA VIŠEKORISNIČKE APLIKACIJE ZA PROŠIRENU
STVARNOST SA PERZISTENTNIM OZNAKAMA ZA
ANDROID SUSTAV**

Ana Sundji

Zagreb, lipanj 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 6509

**IZRADA VIŠEKORISNIČKE APLIKACIJE ZA PROŠIRENU
STVARNOST SA PERZISTENTNIM OZNAKAMA ZA
ANDROID SUSTAV**

Ana Sundji

Zagreb, lipanj 2020.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6509

Pristupnica: **Ana Sundji (0036491800)**

Studij: Računarstvo

Modul: Programsko inženjerstvo i informacijski sustavi

Mentor: doc. dr. sc. Mirko Sužnjević

Zadatak: **Izrada višekorisničke aplikacije za proširenu stvarnost sa perzistentnim oznakama za Android sustav**

Opis zadatka:

Tržište proširene stvarnosti raste velikom brzinom posljednjih godina te se na tržištu pojavio i veliki broj različitih sustava za razvoj aplikacija u proširenoj stvarnosti. Jedna od novih funkcionalnosti je umrežavanje prikaza različitih korisnika i postavljanje perzistentnih markera u stvarni prostor koje mogu vidjeti različiti korisnici. Jedan od sustava za razvoj aplikacija s podrškom za ovu funkcionalnost je ARCore. Vaš zadatak je proučiti sustav za proširenu stvarnost ARCore i za njega razviti interaktivnu aplikaciju za demonstraciju njegovih funkcionalnosti, primarno pozicioniranja perzistentnih markera u prostor. Na temelju razvijene aplikacije potrebno je provesti testiranje kvalitete pozicioniranja markera pri različitim osvjetljenjima, primjerice ugašenim i upaljenim svjetlima. Dodatno, potrebno je evaluirati kvalitetu praćenja pokreta te razumijevanja okoline, odnosno detekcije horizontalnih, vertikalnih i nagnutih površina. Svu potrebnu literaturu i uvjete za rad osigurat će Vam Zavod za telekomunikacije.

Rok za predaju rada: 12. lipnja 2020.

Sadržaj

Uvod	1
1. Proširena stvarnost.....	2
1.1. Uvod u proširenu stvarnost.....	2
1.2. Budućnost proširene stvarnosti.....	2
2. Opis problema i specifikacija zahtjeva.....	4
2.1. Opis problema i ideja aplikacije	4
2.2. Specifikacija zahtjeva	4
2.2.1. Funkcionalni zahtjevi	4
2.2.2. Obrasci uporabe	5
2.2.3. Ostali zahtjevi	9
3. Korištene tehnologije i alati.....	10
3.1. Unity	10
3.2. ARCore.....	11
3.3. Ostale korištene tehnologije i alati	12
4. Implementacija	13
4.1. O aplikaciji	13
4.2. Korisničko sučelje aplikacije.....	14
4.3. Upravljanje višekorisničkim načinom rada	18
4.4. Upravljanje proširenom stvarnošću	20
4.5. Ostale skripte	21
5. Ispitivanje kvalitete.....	22
5.1. Provedba ispitivanja	22
5.2. Ispitivanje kvalitete postavljanja oznake	23
5.2.1. Zadatak	23

5.2.2.	Rezultati.....	23
5.3.	Ispitivanje kvalitete praćenja kretanja	26
5.3.1.	Zadatak	26
5.3.2.	Rezultati.....	26
5.4.	Ispitivanje kvalitete prepoznavanja ravnih površina	27
5.4.1.	Zadatak	27
5.4.2.	Rezultati.....	28
6.	Nedostaci	30
6.1.	Nedostaci u implementaciji	30
6.2.	Nedostaci sustava ARCore	31
	Zaključak	32
	Literatura	33
	Sažetak.....	34
	Summary.....	35

Uvod

Proširena stvarnost (engl. *Augmented Reality*, AR) je tehnologija kojom se ostvaruje miješanje digitalnog sadržaja i stvarnog svijeta. Uz virtualnu stvarnost (engl. *Virtual Reality*, VR), predstavlja jedan od najbrže rastućih trendova u tehnologiji [1] te se procjenjuje da će se u idućim godinama njena primjena širiti u različite aspekte ljudskog života, od zabave do primjene na radnom mjestu.

Rastom potražnje aplikacija temeljenih na proširenoj stvarnosti raste i razvoj sustava koji podržavaju njihovu izradu, a među njima se posebno ističe sustav ARCore tvrtke Google. U tri godine od svoje prve objave, postao je jedan od najpopularnijih sustava za izradu sadržaja proširene stvarnosti [2]. Značajkama poput praćenja kretanja, razumijevanja okoline i procjene uvjeta osvjetljenja omogućava stvaranje kvalitetnog sadržaja proširene stvarnosti, a dodatnu preciznost postiže postavljanjem oznaka u prostor koje koristi za prepoznavanje okoline [3].

Sustav ARCore korištenjem posebnih vrsta oznaka omogućava izradu višekorisničkih aplikacija za dijeljeni pogled u proširenu stvarnost, a korak dalje čini omogućavanjem vremenske perzistentnosti istih. Tako ARCore otvara mogućnost izrade oznaka u stvarnom svijetu koje će biti dostupne većem broju korisnika kroz dulji period.

Cilj ovoga rada je istražiti sustav ARCore i izraditi višekorisničku aplikaciju temeljenu na proširenoj stvarnosti koja će demonstrirati njegove sposobnosti. Uz izradu aplikacije, potrebno je provesti ispitivanje kvalitete postavljanja oznaka u prostor, praćenja kretanja i prepoznavanja ravnih površina u prostoru.

1. Proširena stvarnost

1.1. Uvod u proširenu stvarnost

Proširena stvarnost je tehnologija koja omogućava stvaranje digitalnog sadržaja preko slike stvarnog svijeta. Za razliku od virtualne stvarnosti, u kojem je korisniku prikazan posve virtualan svijet, proširena stvarnost sadržaj stvara kao sloj iznad stvarnog svijeta nadopunjujući ga novim informacijama [4].

Prihvaćena definicija proširene stvarnosti pojavila se već 1997. godine te govori kako proširena stvarnost mora zadovoljiti tri uvjeta:

- kombinira stvarni i virtualni svijet,
- interaktivna je u stvarnom vremenu te
- mora biti registrirana u trodimenzionalnom obliku [5].

Premda koncept proširene stvarnosti postoji više od 30 godina, popularnost i napredovanje tehnologije eksponencijalno je poraslo zahvaljujući pametnim uređajima koji imaju bitne mogućnosti za proširenu stvarnost, kao što je prepoznavanje ploha te praćenje kretanja i položaja u prostoru.

1.2. Budućnost proširene stvarnosti

Proširena stvarnost je tehnologija koja ima potencijala za različite primjene, no najrašireniju primjenu i dalje pronalazi u industriji zabave. Jedan od najpoznatijih primjera za to je mobilna igra Pokémon Go koja je ove godine korisnicima predstavila umreženu proširenu stvarnost. Proširena stvarnost popularizirala se i na društvenim mrežama, kao što su Snapchat i Instagram, u obliku raznih filtera koji uz tehnologiju proširene stvarnosti koriste i tehnologiju prepoznavanja lica.

Proširena stvarnost nudi brojne mogućnosti za grane ljudske djelatnosti poput turizma, kulture i edukacije, no postoje i brojni drugi trendovi koji se mijenjaju prema potrebama industrija i željama korisnika.

Neki od predviđanih trendova proširene stvarnosti za 2020. godinu su izrada web sadržaja proširene stvarnosti, proširena stvarnost upotpunjena umjetnom inteligencijom te proširena stvarnost prilikom kupovine [6].

Prednost proširene stvarnosti je mogućnost korištenja mobilnih uređaja za prikaz čime u početku ima veliki broj potencijalnih korisnika. Uzimajući u obzir i raznovrsnu mogućnost primjene, proširena stvarnost ima ogromni potencijal postati jednom od najkorištenijih tehnologija, a tome u prilog idu i ulaganja velikih tvrtki, kao što su Google i Facebook, u proširenu stvarnost i njeno daljnje razvijanje [7].

2. Opis problema i specifikacija zahtjeva

2.1. Opis problema i ideja aplikacije

Zadatak je osmisliti i implementirati višekorisničku aplikaciju koja će demonstrirati funkcionalnosti sustava za izradu sadržaja proširene stvarnosti ARCore na operacijskom sustavu Android. Aplikacija mora korisnicima omogućavati postavljanje oznaka (engl. *Marker*) i objekata u prostor te njihovo dijeljenje s umreženim korisnicima. Razvijenu aplikaciju potrebno je iskoristiti za provođenje ispitivanja kvalitete postavljanja oznaka, praćenja pokreta te prepoznavanja ravnih površina.

Uzimajući u obzir navedene zahtjeve, za rad je odabrana višekorisnička aplikacija za uređenje prostora temeljena na proširenoj stvarnosti. Takva aplikacija podrazumijeva postavljanje većeg broja objekata u prostor te potrebu za preciznijim prepoznavanjem i razumijevanjem okolnog prostora što ju čini pogodnom za provedbu zadanog ispitivanja. Odabirom teme postavljaju se dodatni funkcionalni zahtjevi pomoću kojih se daje jasna ideja o željenom ponašanju aplikacije.

2.2. Specifikacija zahtjeva

2.2.1. Funkcionalni zahtjevi

Aktori sustava su programer, korisnici, poslužitelj i platforma Google Cloud¹.

Programer, inicijator, može:

- dodavati nove kategorije objekata,
- dodavati nove objekte te
- mijenjati i brisati postojeće podatke.

Korisnik, inicijator, može:

¹ Obavezno korištenje platforme Google Cloud zbog omogućavanja višekorisničkog rada sustavom ARCore.

- stvoriti novu umreženu sjednicu,
- priključiti se postojećoj umreženoj sjednici,
- postaviti oznaku u prostor,
- postaviti objekt u prostor,
- odabrati novi objekt za postavljanje u prostor te
- mijenjati veličinu i rotaciju postavljenog objekta.

Poslužitelj, sudionik:

- pohranjuje podatke o umreženim sjednicama te
- pohranjuje podatke o objektima unutar umrežene sjednice.

Platforma Google Cloud, sudionik:

- pohranjuje podatke o ARCore sjednicama te
- pohranjuje podatke o stvorenim oznakama.

2.2.2. Obrasci uporabe

UC1: STVARANJE NOVE UMREŽENE SJEDNICE

- **glavni sudionik:** korisnik
- **cilj:** stvoriti novu umreženu sjednicu
- **sudionici:** korisnik, poslužitelj
- **preduvjeti:**
 - korisnik ima uspostavljenu vezu s Internetom
 - korisnik se nalazi u glavnom izborniku aplikacije
- **opis osnovnog tijeka:**
 - korisnik odabire opciju za stvaranje nove umrežene sjednice
 - poslužitelj stvara novu umreženu sjednicu kojoj pridružuje korisnika
 - korisniku je dan prikaz proširene stvarnosti

UC2: PRIKLJUČIVANJE POSTOJEĆOJ UMREŽENOJ SJEDNICI

- **glavni sudionik:** korisnik
- **cilj:** pridružiti se postojećoj umreženoj zajednici
- **sudionici:** korisnik, poslužitelj
- **preduvjeti:**
 - korisnik ima uspostavljenu vezu s Internetom
 - korisnik se nalazi u glavnom izborniku aplikacije
 - postoji barem jedna umrežena sjednica na poslužitelju
- **opis osnovnog tijeka:**
 - korisnik odabire opciju za pridruživanje postojećoj umreženoj sjednici
 - poslužitelj dohvaća podatke o umreženoj sjednici kojoj pridružuje korisnika
 - korisniku je dan prikaz proširene stvarnosti

UC3: POSTAVLJANJE OZNAKE U PROSTOR

- **glavni sudionik:** korisnik
- **cilj:** postaviti oznaku u prostor
- **sudionici:** korisnik, platforma Google Cloud
- **preduvjeti:**
 - korisnik ima uspostavljenu vezu s Internetom
 - korisniku je dan prikaz proširene stvarnosti
 - oznaka nije postavljena
- **opis osnovnog tijeka:**
 - korisnik dodirnom gestom odabire poziciju na koju želi postaviti oznaku
 - platforma Google Cloud dohvaća podatke o postavljenoj oznaci te generira 3D kartu okoline
- **opis mogućih odstupanja**
 - odabrana pozicija ne nalazi se na jednoj od prepoznatih površina zbog čega se oznaka ne postavlja u prostor

- greška tijekom razmjene podataka s platformom Google Cloud zbog čega se korisnika vraća u glavni izbornik

UC4: POSTAVLJANJE OBJEKTA U PROSTOR

- **glavni sudionik:** korisnik
- **cilj:** postaviti objekt u prostor
- **sudionici:** korisnik
- **preduvjeti:**
 - korisniku je dan prikaz proširene stvarnosti
 - oznaka je stvorena
- **opis osnovnog tijeka:**
 - korisnik dodirnom gestom odabire poziciju na koju želi postaviti objekt
 - objekt se stvara na odabranoj poziciji
 - korisniku je dan prikaz za uređivanje objekta
- **opis mogućih odstupanja:**
 - odabrana pozicija ne nalazi se na jednoj od prepoznatih površina zbog čega se objekt ne postavlja u prostor

UC5: ODABIR NOVOG OBJEKTA ZA POSTAVLJANJE U PROSTOR

- **glavni sudionik:** korisnik
- **cilj:** odabrati novi objekt za postavljanje u prostor
- **sudionici:** korisnik
- **preduvjeti:**
 - korisniku je dan prikaz proširene stvarnosti
- **opis osnovnog tijeka:**
 - korisnik odabire opciju za otvaranje kataloga
 - korisnik odabire objekt iz kataloga
 - novi objekt sprema se kao objekt za postavljanje u prostor

UC6: MIJENJANJE VELIČINE I ROTACIJE POSTAVLJENOG OBJEKTA

- **glavni sudionik:** korisnik
- **cilj:** promijeniti veličinu i rotaciju postavljenog objekta
- **sudionici:** korisnik
- **preduvjeti:**
 - korisniku je dan prikaz za uređivanje objekta
- **opis osnovnog tijeka:**
 - korisnik dodirnim gestama mijenja veličinu i rotaciju objekta

UC7: PRIHVAĆANJE POSTAVLJENOG OBJEKTA

- **glavni sudionik:** korisnik
- **cilj:** zadržati postavljeni objekt i podijeliti ga s ostalim korisnicima
- **sudionici:** korisnik, poslužitelj
- **preduvjeti:**
 - korisnik ima uspostavljenu vezu s Internetom
 - korisniku je dan prikaz za uređivanje objekta
- **opis osnovnog tijeka:**
 - korisnik odabire opciju za prihvaćanje postavljenog objekta
 - poslužitelj dohvaća podatke o postavljenom objektu te ih dijeli s umreženim korisnicima

UC8: ODBIJANJE POSTAVLJENOG OBJEKTA

- **glavni sudionik:** korisnik
- **cilj:** obrisati postavljeni objekt
- **sudionici:** korisnik
- **preduvjeti:**
 - korisniku je dan prikaz za uređivanje objekta
- **opis osnovnog tijeka:**

- korisnik odabire opciju za odbijanje postavljenog objekta
- objekt se briše iz prostora

2.2.3. Ostali zahtjevi

Aplikacija treba ispunjavati sljedeće zahtjeve:

- mora biti intuitivna za korištenje,
- mora biti lako održiva,
- mora raditi ispravno te
- ne smije se rušiti.

3. Korištene tehnologije i alati

3.1. Unity

Unity je pogon za izradu igara (engl. *Game Engine*) tvrtke Unity Technologies. Dostupan je za operacijske sustave Windows, macOS i Linux, a podržava izradu 2D i 3D igara za razne platforme. U pogon je ugrađeno i razvojno okruženje Unity Editor uz pokretač za igru Unity Player koji omogućava pokretanje igre unutar razvojnog okruženja. Unity na svojim stranicama nudi pregled dokumentacije za različite verzije, ali i posebnu stranicu Unity Asset Store s koje korisnici mogu preuzeti razne dodatke za svoj projekt.

Unity se odlikuje jednostavnošću korisničkog sučelja i lakoćom dodavanja dodanih paketa i resursa u projekt pomoću funkcionalnosti povuci i ispusti (engl. *Drag-and-Drop*) ili korištenjem ugrađenog upravitelja za pakete (engl. *Packet Manager*). Podržava pisanje skripti u programskom jeziku C#, ali nudi i brojne gotove komponente (engl. *Components*) kojima se može ostvariti određeno ponašanje objekata u igri bez pisanja skripti, poput komponenti za svjetlo, kameru i fizikalno tijelo.

Premda prvenstveno namijenjen izradi igara, Unity je svojim značajkama proširio korištenje i izvan industrije videoigara. Unity se tako koristi u edukaciji, umjetnosti i arhitekturi [8], ali i u brojnim drugim inženjerskim industrijama. Jedna od glavnih značajki, koja je omogućila široku primjenu pogona Unity, je činjenica da pogon podržava izradu aplikacija temeljenih na proširenoj i virtualnoj stvarnosti. Unity je korišten pri izradi čak 60% sadržaja proširene i virtualne stvarnosti na tržištu [1].

Za izradu aplikacije korištena je verzija Unity 2019.2.21f1 uz instalirane pakete razvojnih alata za Android (engl. *Android Software Development Kit*, Android SDK) i Javu (engl. *Java Development Kit*, JDK) koji omogućavaju izradu aplikacije za operacijski sustav Android.

3.2. ARCore

ARCore je sustav, koji je razvila tvrtka Google, za izradu sadržaja u proširenoj stvarnosti. Jedan je od najpopularnijih sustava za proširenu stvarnost i omogućava izradu aplikacija za operacijske sustave Android i iOS [2].

Glavne značajke sustava, koje zajednički omogućavaju izradu realističnog sadržaja u proširenoj stvarnosti, su:

- praćenje pokreta,
- razumijevanje okoline te
- procjena svjetlosnih uvjeta.

Sustav ARCore funkcionira tako da prati kretanje uređaja stvarajući pritom bolje razumijevanje okoline. Pomoću stražnje kamere uređaja, sustav identificira zanimljive točke u prostoru praćenjem kojih stječe razumijevanje o položaju uređaja. Zanimljive točke su lako prepoznatljive značajke prostora koje se, osim za razumijevanje pokreta, koriste i prilikom prepoznavanja ravnih površina te određivanja njihovih granica. Sustav također prati informacije o svjetlosnim uvjetima kako bi stvorio slične uvjete za generirani sadržaj pridodajući time osjećaju da su objekti stvarno postavljeni u prostor [9].

Važna značajka sustava je da korisnicima nudi mogućnost postavljanja oznaka, takozvanih sidra (engl. *Anchor*) u prostor. Sidra su posebni objekti pomoću kojih se pamte položaj i rotacija u odnosu na koordinatni sustav virtualnog svijeta te koji se koriste za postavljanje drugih objekata u prostor. Postoji i posebna verzija sidra, sidro u oblaku (engl. *Cloud Anchor*), koja se koristi u višekorisničkom načinu rada i omogućava dijeljenje podataka o sidrima te generiranje 3D karti koje omogućuju njihovo prepoznavanje. Sidra u oblaku dostupna su za ponovno učitavanje kroz 24 sata nakon početnog učitavanja, a tvrtka i dalje radi na razvoju perzistentnosti sidra u oblaku.

ARCore nudi poseban paket razvojnih alata za omogućavanje korištenja u pogonu za izradu igara Unity. Za potrebe ovog rada korišten je paket razvojnih alata za Unity verzije 1.15.0.

3.3. Ostale korištene tehnologije i alati

Višekorisnički rad aplikacije temeljene na sustavu za ARCore zahtijeva korištenje usluge ARCore Cloud Anchor platforme Google Cloud. Usluga omogućava stvaranje sidra u oblaku, generiranje 3D karte okolnog područja te dijeljenje pohranjenih informacija. Na platformi Google Cloud napravljen je novi projekt, koji služi za pohranu podataka, te je unutar njega izrađen API ključ. API ključ navodi se u postavkama Unity projekta kako bi se Unity projekt mogao povezati s Google Cloud projektom.

Kao okruženje za pisanje koda korišteno je integrirano razvojno okruženje (engl. *Integrated Development Environment*, IDE) Visual Studio 2019 tvrtke Microsoft uz instalirane alate za rad s pogonom Unity.

4. Implementacija

4.1. O aplikaciji

Razvijena je višekorisnička aplikacija za uređenje prostora temeljena na proširenoj stvarnosti. Aplikacija je napravljena u pogonu za izradu igara Unity uz korištenje sustava za proširenu stvarnost ARCore te je podržana na operacijskom sustavu Android.

Korisnici aplikacije mogu:

- stvoriti novu umreženu sjednicu, odnosno sobu,
- priključiti se postojećoj sobi,
- izraditi snimku zaslona,
- postaviti oznaku, koja će predstavljati središte scene, u prostor,
- postaviti namještaj u prostor,
- mijenjati veličinu i rotaciju postavljenog namještaja pomoću dodirnih gesti te
- otvoriti katalog unutar kojeg mogu vidjeti informacije o namještaju i odabrati drugi model namještaja za postavljanje u prostor.

Glavne značajke aplikacije su korisničko sučelje (engl. *User Interface*, UI), skripte i objekti za upravljanje višekorisničkim radom aplikacije te skripte i objekti za upravljanje proširenom stvarnošću.

Za izradu korisničkog sučelja aplikacije korištene su ikone preuzete s Interneta², a za namještaj su korišteni modeli iz dva paketa preuzetih iz trgovine Unity Asset Store³⁴.

² <https://icons8.com/icons>

³ <https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/furniture/gray-furniture-pack-40580>

⁴ <https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/furniture/hq-modern-sofas-pack-52202>

4.2. Korisničko sučelje aplikacije

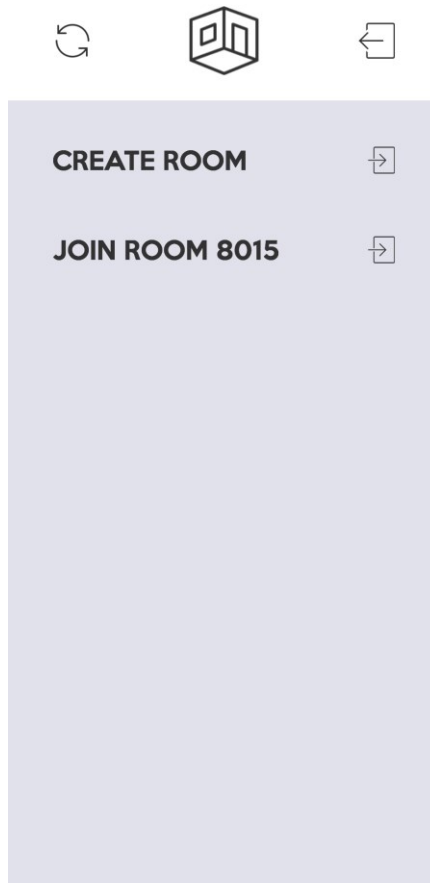
Korisničko sučelje aplikacije izrađeno je korištenjem postojećih Unity objekata za korisničko sučelje. Glavni dio korisničkog sučelja čini platno (engl. *Canvas*) s pet platna od kojih svako sadrži dio korisničkog sučelja namijenjen za određeni prikaz.

Prikazi u aplikaciji su:

- prikaz predvorja, odnosno izbornika za stvaranje ili odabir sobe,
- prikaz proširene stvarnosti,
- prikaz za uređivanje postavljenog objekta,
- prikaz za pomoć te
- prikaz kataloga.

Aplikacija je izvedena u jednoj sceni stoga je radi lakšeg upravljanja opsežnim korisničkim sučeljem, čiji se dijelovi dinamički aktiviraju i deaktiviraju, napisana skripta `UserInterfaceManager`. U skripti se pohranjuju reference na potrebne elemente korisničkog sučelja te ona definira sve metode vezane uz korisničkog sučelje i omogućava ispravnu zamjenu aktivnog platna. Za izradu skripte korišten je oblikovni obrazac `Singleton` kojim se ostvaruje postojanje jedne instance tipa `UserInterfaceManager`. Instanca se čuva u privatnoj statičkoj varijabli i javno dostupnom svojstvu (engl. *Property*) čime se izbjegava potreba za traženjem instance iz drugih skripti tijekom izvođenja koda.

Pokretanjem aplikacije, korisnik ulazi u predvorje. Korisničko sučelje prikaza za predvorje nalazi se na platnu `LobbyCanvas` te se sastoji od gumba za izlaz iz aplikacije, gumba za ponovno dohvaćanje raspoloživih soba te kliznog pogleda (engl. *Scroll View*) u koji su smješteni gumb za stvaranje nove sobe i dinamički stvarani gumbi za priključivanje postojećim sobama. Izgled korisničkog sučelja pogleda za predvorje prikazan je na slici (Slika 4.1).



Slika 4.1 Korisničko sučelje prikaza za predvorje

Gumbi za priključivanje postojećim sobama dinamički se stvaraju na temelju predanog predloška (engl. *Prefab*) koji kao komponentu sadrži skriptu `JoinRoomButton`. Skripta služi za pohranu i prikaz podataka o sobi te pozivanje metode za ulazak u sobu. Stvaranje gumbi za priključivanje postojećim sobama poziva se u metodi `RefreshDisplay()` skripte `UserInterfaceManager`. U metodi se, prije stvaranja gumbi na temelju broja dohvaćenih soba, brišu gumbi o prethodno dohvaćenim sobama.

Odabirom stvaranja nove sobe ili pridruživanja postojećoj, korisniku se zatvara prikaz za predvorje i otvara prikaz za proširenu stvarnost. Korisničko sučelje prikaza za proširenu stvarnost nalazi se na platnu `ARCanvas` te se sastoji od teksta za prikaz broja sobe i gumbi za izlazak iz aplikacije, izrade snimke zaslona, otvaranja kataloga i otvaranja prikaza za pomoć. Korisničko sučelje prikaza za proširenu stvarnost napravljeno je s ciljem da bude minimalističko kako korisnicima ne bi smetalo prilikom postavljanja oznake ili namještaja u prostor. Izgled korisničkog sučelja prikazan je na slici (Slika 4.2).

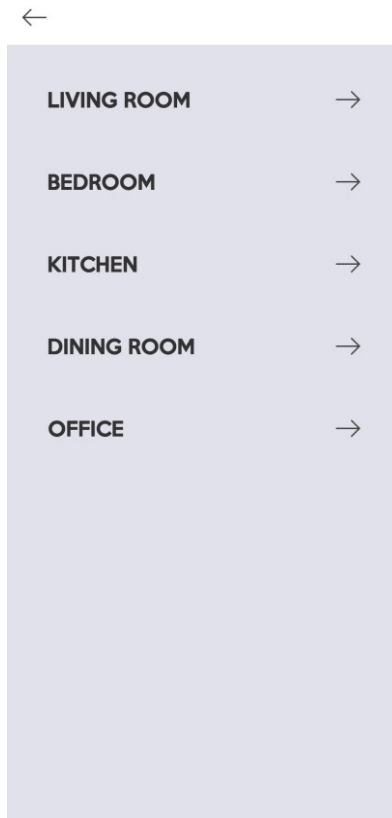


Slika 4.2 Korisničko sučelje prikaza za proširenu stvarnost

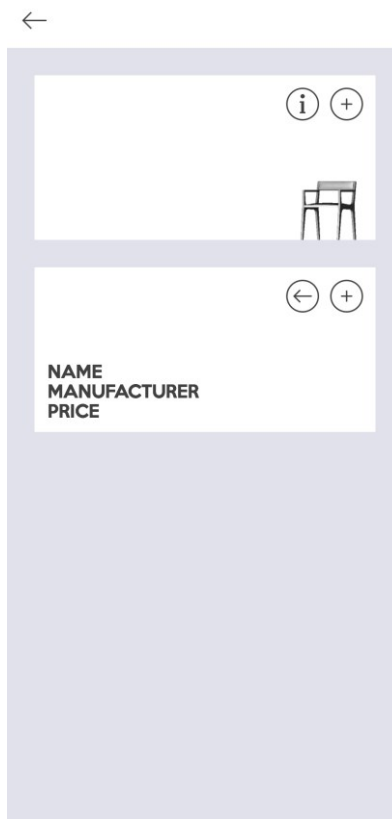
Ako korisnik dodirnom gestom postavi namještaj u prostor, poziva se deaktivacija platna `ARCanvas` i aktivacija platna `EditCanvas`. Platno `EditCanvas` sadrži elemente korisničkog sučelja za prikaz uređivanja postavljenog objekta. Kako se objekt mijenja pomoću dodirnih gesti, sučelje sadrži samo gumb za prihvatanje postavljenog objekta i gumb za odbijanje postavljenog objekta.

Odabirom gumba u donjem lijevom kutu, korisniku se otvara platno `HelpCanvas` koje sadrži korisničko sučelje prikaza za pomoć. Na korisničkom sučelju nalazi se gumb za povratak u prikaz proširene stvarnosti te klizni pogled u kojem su dane upute za korištenje aplikacije. Kako upute ovise o tome je li korisnik stvorio sobu ili se priključio postojećoj, skripta `UserInterfaceManager` svakom aktivacijom platna provjerava koje upute treba prikazati te ga postavlja u klizni pogled.

Odabirom gumba u donjem desnom kutu, korisniku se otvara katalog. Korisničko sučelje za prikaz kataloga nalazi se na platnu `CatalogueCanvas` te se sastoji od platna za odabir kategorije namještaja, izgled prikazan na slici (Slika 4.3), i platna za odabir namještaja, izgled prikazan na slici (Slika 4.4).



Slika 4.3 Korisničko sučelje za odabir kategorije namještaja



Slika 4.4 Korisničko sučelje za odabir namještaja

Oba platna korisničkog sučelja za prikaz kataloga sadrže zaglavlje s gumbom za povratak u prikaz za proširenu stvarnost, ako je riječ o platnu odabira kategorije, i gumbom za povratak na platno odabira kategorije, ako je riječ o platnu odabira namještaja, te klizni pogled u koji se dinamički stvaraju gumbi otvaranjem kataloga. Dinamičko stvaranje gumbi za kategorije namještaja i modele namještaja omogućava dodavanje novih podataka u aplikaciju bez potrebe za izmjenom korisničkog sučelja. Gumbi za kategorije stvaraju se na temelju predloška sa skriptom `CategoryDisplay` kao komponentom. Skripta pohranjuje podatak o kategoriji koju predstavlja te na odabir gumba poziva metodu `ChooseCategory(Category category)` skripte `UserInterfaceManager` kojom se aktivira platno za odabir namještaja s gumbima koji predstavljaju namještaj iz odabrane kategorije. Gumbi za namještaj stvaraju se na temelju predloška sa skriptom `ItemDisplay`. Gumb može biti u načinu da korisnik vidi izgled namještaja na slici gumba ili u načinu da korisnik vidi informacije o namještaju na bijeloj pozadini, a oba načina prikazana su na slici (Slika 4.4). Skripta `ItemDisplay`, osim što pohranjuje informacije o namještaju, sadrži metodu za izmjenu načina gumba i metodu za odabir namještaja čime se korisnika opet vraća u pogled za proširenu stvarnost.

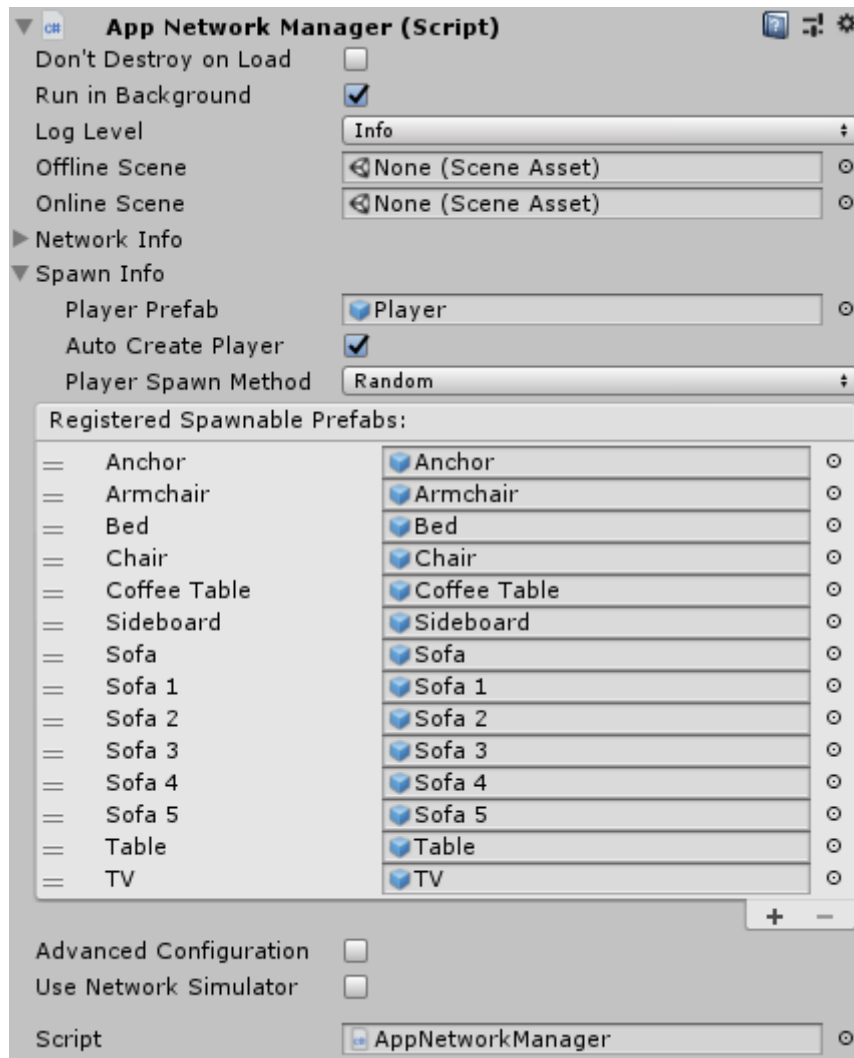
4.3. Upravljanje višekorisničkim načinom rada

Korisnik započinje rad u aplikaciji stvaranjem nove sobe ili priključivanjem jednoj od postojećih soba. Podaci o postavljenoj oznaci i objektima u prostoru dijele se između korisnika u istoj sobi.

Za izvedbu višekorisničkog rada korištena su postojeća Unity rješenja za rad s umreženim aplikacijama za više korisnika. Premda korištena rješenja nisu najbolji odabir, te će biti napuštena kroz koju godinu [10], nude mogućnost jednostavnog povezivanja korisnika u sobe korištenjem Unity servera. Podaci razmijenjeni unutar sobe ne šalju se na Unity server, već se korisnik, koji je otvorio sobu, istovremeno ponaša kao klijent i kao poslužitelj. Time je izbjegnuta potreba za dodatnim poslužiteljem, ali gubitkom vlasnika sobe se gubi i soba te svi podaci dijeljeni u njoj.

Skripte omogućavanje rada sa sobama su `AppNetworkManager`, koja nasljeđuje klasu `NetworkManager` i primarno služi za povezivanje na Unity server za umrežene sjednice (engl. *Matchmaker*), te `AppNetworkManagerController` koji koristi skriptu `AppNetworkManager` za rad sa sobama.

Skripta `AppNetworkManager`, zbog nasljeđivanja klase `NetworkManager`, omogućava postavljanje raznih varijabli i postavki kroz inspektor, poput predloška za igrača, registriranih objekata koji mogu biti stvoreni na serveru i slično. Detaljniji prikaz inspektora za `AppNetworkManager` dan je na slici (Slika 4.5).



Slika 4.5 Izgled komponente `AppNetworkManager` u inspektoru

Skripta `AppNetworkManagerController` za upravljanje sobama koristi skriptu `AppNetworkManager` koju čuva kao privatnu referencu. Skripta omogućava stvaranje sobe, priključivanje postojećoj, izlazak iz sobe te dohvat liste soba. U svakoj od tih metoda oslanja se na mogućnost komuniciranja s Unity serverom za višekorisnički rad putem skripte `AppNetworkManager`.

Za višekorisnički rad važan je predložak koji predstavlja korisnika. Kako korisnik mora biti dijeljen u mreži, predložak mora sadržavati komponentu `NetworkIdentity` te mora biti dodan u listu registriranih objekata za stvaranje na serveru.

Ponašanje korisnika definirano je u skripti `Player` na istoimenom predlošku. Skripta omogućuje stvaranje oznaka i objekata u prostoru te pohranjuje podatak o trenutno izabranom objektu za postavljanje u prostor. Da bi drugi korisnici mogli dobiti informacije o dijeljenim objektima igre u aplikaciji, svi objekti igre trebaju biti stvoreni na serveru. Zbog toga skripta nasljeđuje klasu `NetworkBehaviour` koja joj omogućuje definiranje komandi (engl. *Command*), odnosno posebnih metodi koje će se izvoditi na serveru, a ne lokalno na klijentu. Komanda se koristi za stvaranje namještaja u mreži, ali tek nakon što korisnik prihvati postavljanje namještaja.

Klasu `NetworkBehaviour` nasljeđuju i skripte `AnchorNetworkBehaviour` te `ItemNetworkBehaviour`. Skripta `AnchorNetworkBehaviour` koristi komandu za dijeljenje identifikatora postavljene oznake te posebnu oznaku `SyncVar` za varijablu identifikatora kojom se omogućava sinkronizacija vrijednosti varijable na serveru i svim klijentima. Skripta `ItemNetworkBehaviour` također koristi oznake `SyncVar` i to za sinkronizaciju veličine i rotacije postavljenog objekta. Naime, instanciranjem novog objekta na serveru točno se bilježe podaci o poziciji objekta, ali se podaci o veličini i rotaciji ne dijele. Zbog toga je potrebno naknadno pozvati postavljanje tih vrijednosti i omogućiti njihovu sinkronizaciju kako bi se objekti ispravno prikazivali svim korisnicima.

4.4. Upravljanje proširenom stvarnošću

Aplikacija za proširenu stvarnost koristi posebne oznake, takozvana sidra u oblaku, kako bi omogućila dijeljenje s drugim korisnicima. Svaki korisnik, nakon što sam otvori sobu, može postaviti oznaku u prostor. Ako je oznaka ispravno učitana, ostali umreženi korisnici mogu pronaći oznaku u prostoru i nakon toga zajedno dijeliti pogled proširene stvarnosti.

ARCore paket za pogon za izradu igara Unity sadrži nekoliko predložaka i primjera koji demonstriraju njegove sposobnosti.

Prilikom izrade rada korišteni su sljedeći predlošci iz ARCore paketa:

- ARCore Device, objekt koji predstavlja ARCore uređaj,
- AR Core World Origin Helper, objekt koji pomaže postaviti oznaku kao središte scene,
- Environmental Light, svijetlo koje se prilagođava uvjetima osvjetljenja,

- Point Cloud, točka koja predstavlja zanimljivu točku u prostoru te
- Detected Plane Visualizer, koji stvara prikaz prepoznatih površina.

Korištenjem navedenih predložaka jednostavno je složiti osnovnu aplikaciju temeljenu na proširenoj stvarnosti.

Aplikacija, uz navedene predloške, koristi skripte `AppController` te `AnchorNetworkBehaviour`. Skripta `AnchorNetworkBehaviour` predstavlja sidro, odnosno oznaku u prostoru. Omogućava dijeljenje oznake te prepoznavanje postavljene oznake na temelju identifikatora. Skripta `AppController` služi za upravljanje aplikacijom. Skripta vodi računa o stanju aplikacije za korisnika, je li u stanju dijeljenja ili traženja oznake, te ovisno o stanju omogućuje ili ne omogućuje korisniku postavljanje oznake i objekata u prostor. U skripti se poziva i postavljanje oznake kao središta scene te, u slučaju greške, aplikacija vraća korisnika u glavni izbornik ili ga izbacuje iz aplikacije.

4.5. Ostale skripte

Za objekte se, uz skriptu `ItemNetworkBehaviour`, koriste još skripte `ItemDetails` i `Item` koje pohranjuju osnovne informacije o objektima.

Nakon što korisnik postavi objekt u prostor, javlja mu se mogućnost da uređuje veličinu i rotaciju objekta prije nego prihvati ili odbije postavljeni objekt. Promjene objekta vrše se kroz posebnu skriptu `ItemEditor` koja prihvaća kao parametar objekt igre i omogućava njegovu izmjenu pomoću dodirnih gesti. Nakon što korisnik završi uređivanje, objekt se briše iz scene. Stvaranje istovjetnog objekta na serveru se poziva prije brisanja u slučaju da korisnik odabere opciju prihvaćanja postavljenog objekta.

Premda je vizualno dio korisničkog sučelja, katalog logiku drži odvojeno od prikaza u korisničkom sučelju što omogućava ponovno korištenje kataloga, ali i mogućnost brzog i jednostavnog dodavanja novih objekata u katalog. Informacije o katalogu pohranjene su u skripti `Catalogue`, a skripta sadrži samo listu dostupnih objekata te metode za dohvat cijele liste ili određenog objekta.

5. Ispitivanje kvalitete

5.1. Provedba ispitivanja

Ispitivanje kvalitete provedeno je tako da ispitanici isprobaju aplikaciju u svom domu i izvrše nekoliko zadataka nakon kojih odgovaraju na pitanja postavljena u upitniku. Svakom ispitaniku je poslana aplikacija za instaliranje i upitnik u koji su dodane upute za korištenje aplikacije te dodatna objašnjenja za bolje razumijevanje zadataka koje trebaju izvršiti.

Zadaci se odnose na:

- ispitivanje kvalitete postavljanja oznake pri različitom osvjetljenju,
- ispitivanje kvalitete praćenja kretanja te
- ispitivanje kvalitete prepoznavanja ravnih površina.

U ispitivanju je sudjelovalo sedmero ispitanika. Kako kvaliteta sadržaja proširene stvarnosti ovisi o sposobnostima uređaja, u tablici (Tablica 5.1) su navedeni ispitanici i modeli korištenih uređaja.

Ispitanik	Uređaj
1	Samsung Galaxy Note 10+
2	Samsung Galaxy S8
3	Samsung Galaxy S10+
4	Huawei P20 Lite
5	Huawei Mate 20 Pro
6	Huawei P20 Lite
7	Huawei P20 Lite

Tablica 5.1 Popis ispitanika i korištenih uređaja

Ispitivanje iskustvene kvalitete za objekt koji je postavio drugi korisnik zahtijeva da se korisnici nalaze u istoj prostoriji. Zbog izvanrednih okolnosti, nije bilo moguće provesti takvo ispitivanje.

5.2. Ispitivanje kvalitete postavljanja oznake

5.2.1. Zadatak

Kvaliteta postavljanja oznake ispitivala se tako da korisnici pokušaju postaviti oznaku u prostor pri normalnom osvjetljenju, lošijem osvjetljenju s upaljenim svjetlima te lošijem osvjetljenju s ugašenim svjetlima. Kako bi ispitanici mogli znati da je oznaka uspješno postavljena, od njih se tražilo da nakon postavljanja oznake u prostor pokušaju postaviti i neki objekt. Nakon izvršenja zadataka, ispitanici su trebali ocijeniti koliko je lagano postaviti oznaku za svaki od uvjeta osvjetljenja u odnosu na druga dva.

5.2.2. Rezultati

Svi ispitanici su uspješno odradili zadatak. Aplikacija najbolje rezultate daje pri normalnim uvjetima osvjetljenja, u kojim ima dosta dnevnog svjetla, a najgore pri lošijim uvjetima osvjetljenja s ugašenim svjetlima kad su svi ispitanici trebali dodatno skenirati okolinu kako bi aplikacija prepoznala stabilne ravnine. Detaljniji rezultati prikazani su u tablicama (Tablica 5.2), (Tablica 5.3) i (Tablica 5.4).

Ispitanik	Jeste li uspješno postavili oznaku pri normalnim uvjetima osvjetljenja?
1	da
2	da
3	da
4	da
5	da
6	da
7	da

Tablica 5.2 Rezultati ispitivanja kvalitete postavljanja oznake pri normalnim uvjetima osvjetljenja

Ispitanik	Jeste li uspješno postavili oznaku pri lošijim uvjetima osvjetljenja s upaljenim svjetlima?
1	da
2	da
3	da
4	da (no bilo je potrebno dulje skenirati okolinu kako bi površine bile prepoznate)
5	da
6	da
7	da (no bilo je potrebno dulje skenirati okolinu kako bi površine bile prepoznate)

Tablica 5.3 Rezultati ispitivanja kvalitete postavljanja oznake pri lošijim uvjetima osvjetljenja s upaljenim svjetlima

Ispitanik	Jeste li uspješno postavili oznaku pri lošijim uvjetima osvjetljenja s ugašenim svjetlima?
1	da (no bilo je potrebno dulje skenirati okolinu kako bi površine bile prepoznate)
2	da (no bilo je potrebno dulje skenirati okolinu kako bi površine bile prepoznate)
3	da (no bilo je potrebno dulje skenirati okolinu kako bi površine bile prepoznate)
4	da (no bilo je potrebno dulje skenirati okolinu kako bi površine bile prepoznate)
5	da (no bilo je potrebno dulje skenirati okolinu kako bi površine bile prepoznate)
6	da (no bilo je potrebno dulje skenirati okolinu kako bi površine bile prepoznate)
7	da (no bilo je potrebno dulje skenirati okolinu kako bi površine bile prepoznate)

Tablica 5.4 Rezultati ispitivanja kvalitete postavljanja oznake pri lošijim uvjetima osvjetljenja s ugašenim svjetlima

Među odgovorima je još bilo ponuđeno:

- ne (nisu bile prepoznate površine),
- ne (površine su prepoznate, no kretale su se),
- ne (oznaka je bila stvorena, ali nije bilo moguće postaviti objekt) te
- ne (objašnjenje nije ponuđeno).

Rezultate potvrđuje i ocjenjivanje za svaki od uvjeta u odnosu na druge. Na skali od 1 do 5, svi ispitanici su postavljanje oznaka pri normalnim uvjetima osvjetljenja ocijenili s 5, postavljanje oznaka pri lošijim uvjetima osvjetljenja s upaljenim svjetlima s 5 ili 4, a postavljanje oznaka pri lošijim uvjetima s ugašenim svjetlima s 4 ili 3.

Ispitanik	Koliko je lagano postaviti oznaku pri normalnim uvjetima osvjetljenja?	Koliko je lagano postaviti oznaku pri lošijim uvjetima osvjetljenja s upaljenim svjetlima?	Koliko je lagano postaviti oznaku pri lošijim uvjetima osvjetljenja s ugašenim svjetlima?
1	5	5	4
2	5	5	3
3	5	5	3
4	5	4	4
5	5	5	4
6	5	5	3
7	5	4	3

Tablica 5.5 Rezultati ocjenjivanja postavljanja oznake pri svakom od uvjeta

5.3. Ispitivanje kvalitete praćenja kretanja

5.3.1. Zadatak

Ispitivanje kvalitete praćenja kretanja provodilo se tako da ispitanici postavе oznaku i nekoliko objekata te da se potom kreću prostorom i promatraju kako im se mijenja pogled na postavljene objekte. Zadatak se prvo obavio s kamerom usmjerenom prema oznaci, a potom usmjerenom od oznake kako bi se provjerilo može li aplikacija jednako kvalitetno pratiti kretanje i bez pogleda na oznaku. Ispitivanje se provodilo pri normalnim uvjetima osvjetljenja.

5.3.2. Rezultati

Svi ispitanici su uspješno odradili zadatak. Oriјentacija kamere, prema oznaci ili ne, nije utjecala na rezultate kod nijednog ispitanika i svi su ispitanici imali pogled na objekte kao da su objekti stvarno postavljeni u prostor. Rezultati su prikazani u tablicama (Tablica 5.6) i (Tablica 5.7).

Ispitanik	Ako se udaljite od svoje početne pozicije u bilo kojem smjeru, pritom držeći kameru usmjerenу prema oznaci, ostaju li objekti na istom mjestu kao da su stvarno postavljeni u prostor?
1	da
2	da
3	da
4	da
5	da
6	da
7	da

Tablica 5.6 Rezultati ispitivanja kvalitete praćenja kretanja uz kameru okrenutu prema oznaci

Ispitanik	Ako se udaljite od svoje početne pozicije u bilo kojem smjeru, pritom držeći kameru usmjerenu prema oznaci, ostaju li objekti na istom mjestu kao da su stvarno postavljeni u prostor?
1	da
2	da
3	da
4	da
5	da
6	da
7	da

Tablica 5.7 Rezultati ispitivanja kvalitete praćenja kretanja bez kamere okrenute prema oznaci

5.4. Ispitivanje kvalitete prepoznavanja ravnih površina

5.4.1. Zadatak

Ispitivanje kvalitete prepoznavanja ravnih površina provodilo se tako da ispitanici pokušaju pronaći nekoliko površina i potom na njih postaviti nekoliko objekata kako bi provjerili je li površina točno prepoznata. Ispitivanje se provodilo za vertikalne površine, horizontalne površine usmjerene prema gore te horizontalne površine usmjerene prema dolje pri normalnim uvjetima osvjetljenja.

Ispitanici su nakon izvršenja svakog zadatka, u slučaju da su ga uspješno izvršili, ocjenjivali koliko dobro je aplikacija prepoznavala tražene površine i koliko točno su objekti bili postavljeni na njih.

5.4.2. Rezultati

Svi ispitanici su uspješno prepoznali većinu horizontalnih površina usmjerenih prema gore. Objekti postavljeni na takve površine su u pravilu točno postavljeni. Detaljniji rezultati ispitivanja prepoznavanja horizontalnih površina usmjerenih prema gore dani su u tablici (Tablica 5.8).

Ispitanik	Koliko su dobro prepoznate horizontalne površine usmjerene prema gore na skali od 1 do 5?	Koliko su dobro postavljeni objekti na horizontalne površine usmjerene prema gore na skali od 1 do 5?
1	5	5
2	4	5
3	4	4
4	5	5
5	5	5
6	5	5
7	4	4

Tablica 5.8 Rezultati ispitivanja kvalitete prepoznavanja horizontalnih površina usmjerenih prema gore

Horizontalne površine usmjerene prema dolje nije uspjelo prepoznati troje od sedmero ispitanika. Kod jednog ispitanika prepoznata je samo jedna horizontalna površina usmjerena prema dolje, a kod preostalih troje su prepoznate sve ili većina njih. Svi objekti postavljeni na takve površine bili su točno postavljeni. Detaljniji rezultati ispitivanja prepoznavanja horizontalnih površina usmjerenih prema dolje dani su u tablici (Tablica 5.9), pri čemu su dani podaci za ispitanike koji su uspješno odradili zadatak.

Ispitanik	Koliko su dobro prepoznate horizontalne površine usmjerene prema dolje na skali od 1 do 5?	Koliko su dobro postavljeni objekti na horizontalne površine usmjerene prema dolje na skali od 1 do 5?
1	5	5
2	4	5
5	4	5
6	2	5

Tablica 5.9 Rezultati ispitivanja kvalitete prepoznavanja horizontalnih površina usmjerenih prema dolje

Vertikalne površine nisu prepoznate kod samo jednog ispitanika. Kod dijela ispitanika je prepoznata većina vertikalnih površina, dok je dio imao problema s prepoznavanjem. Različiti rezultati dobiveni su i za točnost postavljenih objekata. Detaljniji rezultati dani su u tablici (Tablica 5.10), pri čemu su dani podaci za ispitanike koji su uspješno izvršili zadatak.

Ispitanik	Koliko su dobro prepoznate horizontalne površine usmjerene prema dolje na skali od 1 do 5?	Koliko su dobro postavljeni objekti na horizontalne površine usmjerene prema dolje na skali od 1 do 5?
1	5	5
2	2	2
3	4	3
4	3	4
5	4	5
6	5	5

Tablica 5.10 Rezultati ispitivanja kvalitete prepoznavanja vertikalnih površina

6. Nedostaci

6.1. Nedostaci u implementaciji

Provedba ispitivanja pokazala je kako aplikacija radi na željeni način, no postoje manji problemi koji su se mogli izvesti na bolji način.

Glavni nedostaci aplikacije su:

- dizajn korisničkog sučelja,
- gubitak umrežene sjednice u slučaju odlaska pokretača sjednice te
- manjak mogućnosti ponovnog dohvaćanja oznaka i postavljenih objekata.

Korisničko sučelje aplikacije dizajnirano je s namjerom da bude minimalističko kako svojim izgledom i veličinom komponenti ne bi bio prepreka pogledu u proširenu stvarnost. Problem u dizajnu najbolje se vidi isprobavanjem aplikacije u veoma svijetlom prostoru. Zbog odabira bijelih gumbi za dio korisničkog sučelja s pogledom u proširenu stvarnost, korisnici aplikacije često ne uoče neku od opcija što je posebno nezgodno u situaciji kad moraju prihvatiti ili odbaciti postavljanje objekta prije nego mogu postaviti novu objekt.

Zbog jednostavnosti izrade, kao server za razmjenu podataka unutar iste mrežne zajednice, odnosno sobe, postavlja se pokretač sjednice. Odlaskom pokretača iz sobe nestaje server, a samim time se gubi i umrežena sjednica. Premda Unity nudi rješenje za odabir drugog korisnika kao servera⁵, takvo rješenje nije bilo moguće implementirati u izrađenu aplikacije te zahtijeva velike promjene u kodu.

Gubitak umrežene sjednice korisniku onemogućava ponovno korištenje postavljene oznake i postavljenih objekata čime se ne iskorištava puni potencijal vremenske perzistentnosti oznaka sustava ARCore. Razlog tome je što se podaci o postavljenim oznakama i objektima pohranjuju u sklopu sjednice, a gubitkom iste korisnik više ne može pristupiti podacima potrebnim za ponovni dohvat.

⁵ <https://docs.unity3d.com/Manual/UNetHostMigration.html>

6.2. Nedostaci sustava ARCore

ARCore se pokazao kao dobar sustav za izradu sadržaja u proširenoj stvarnosti, no ima i nekoliko nedostataka. Jedan od glavnih nedostataka je potreba za velikim brojem zanimljivih točaka kako bi sustav lakše prepoznao ravne površine što je vidljivo i iz provedenog ispitivanja. Naime, većina korisnika kao vertikalne i horizontalne površine usmjerene prema dolje odabire zidove i strop, koji se često svojim značajkama ne ističu u prostoru, i time sustav ne pronalazi dovoljan broj zanimljivih točaka u prostoru za njihovo prepoznavanje. Nasuprot tome, horizontalne površine usmjerene prema gore, poput poda ili površine stola, često svojom bojom iskaču iz okoline zbog čega ih je lakše prepoznati.

Sustav je također zahtjevan za procesor. Svaka novopostavljena oznaka omogućava veću preciznost sustava, no ujedno traži dodatno procesorsko vrijeme. Kod višekorisničkog rada, odnosno prilikom korištenja oznake u oblaku, preporuka je koristiti samo jednu oznaku ako je riječ o istoj prostoriji, no i to nije spriječilo da nekoliko ispitanika prijavi zagrijavanje uređaja nakon duljeg korištenja aplikacije.

Posljednji nedostatak odnosi se ponajviše na korisničko iskustvo u višekorisničkom radu. Kako bi se generirala što preciznija 3D karta za područje oko oznake, od korisnika se traži da barem trideset sekundi skeniraju područje oko pozicije na koju žele postaviti oznaku pritom držeći otprilike istu udaljenost od te pozicije. Korisnici često ne žele provoditi toliko vremena skenirajući područje, već žele rezultate odmah, i tako unaprijed smanjuju kvalitetu generiranog sadržaja.

Zaključak

Sustav za izradu sadržaja proširene stvarnosti ARCore programerima omogućava jednostavnu implementaciju aplikacija temeljenih na proširenoj stvarnosti, a ako se pravilno koristi, korisnicima omogućuje pogled na kvalitetan i realističan sadržaj.

Poseban značaj sustavu daje mogućnost postavljanja oznaka koja doprinosi prepoznavanju okoline i postizanju preciznijih rezultata, a posebno oznaka u oblaku kojima se ostvaruje dijeljenje pogleda u proširenu stvarnost te dulji period očuvanja oznaka.

Daljnjim unaprjeđenjem mogućnosti prostornog razumijevanja te posebno radom na perzistentnim oznakama, čime bi se eliminirala potreba za unaprijed definiranim oznakama ugrađenih u aplikaciju, ARCore otvara mogućnosti razvoju aplikacija za brojna područja ljudskog života i kao takav predstavlja dobar izbor prilikom implementacije aplikacija temeljenih na proširenoj stvarnosti.

Literatura

- [1] Unity (2020.); *Top 2020 Trends: Enterprise AR & VR*
- [2] Michael Romilly (25. siječnja 2019.); *12 Best Augmented Reality SDKs*; poveznica: <https://dzone.com/articles/12-best-augmented-reality-sdks>
- [3] Abner Li (12. rujna 2019.); *Google Laying the groundwork for 'persistent' AR layers over the real world*; poveznica: <https://9to5google.com/2019/09/12/google-ar-cloud-anchors/>
- [4] Nadia Kovach; *What is Augmented Reality (AR) and How does it work*; poveznica: <https://thinkmobiles.com/blog/what-is-augmented-reality/>
- [5] Dieter Schmalstieg, Tobias Höllerer (lipanj 2016.); *Augmented Reality: Principles and Practice*
- [6] Andrew Makarov (2. listopada 2019.); *9 Augmented Reality Trends To Watch in 2020*; poveznica: <https://mobidev.biz/blog/augmented-reality-future-trends-2018-2020>
- [7] Yariv Levski; *3 Augmented Reality (AR) Investment Opportunities*; poveznica: <https://appeal-vr.com/blog/invest-in-augmented-reality-technology/>
- [8] Dan Adams (5. lipnja 2014.); *No Limits – Unity in Cross Industry Development*; poveznica: <https://blogs.unity3d.com/2014/06/05/no-limits-unity-in-cross-industry-development/>
- [9] ARCore Fundamental Concepts; poveznica: <https://developers.google.com/ar/discover/concepts>
- [10] Brandi House (2. kolovoza 2018.); *Evolving Multiplayer games beyond UNet*; poveznica: <https://blogs.unity3d.com/2018/08/02/evolving-multiplayer-games-beyond-unet/>
- [11] Unity User Manual (2019.2); poveznica: <https://docs.unity3d.com/2019.2/Documentation/Manual/index.html>

Sažetak

Izrada višekorisničke aplikacije za proširenu stvarnost sa perzistentnim oznakama za Android sustav

U ovom radu proučene su mogućnosti sustava za izradu sadržaja proširene stvarnosti ARCore za operacijski sustav Android te je dan opis implementacije višekorisničke aplikacije za uređivanje prostora koja demonstrira njegove mogućnosti. Na temelju izrađene aplikacije provedeno je ispitivanje kvalitete postavljanja oznaka, praćenja kretanja i prepoznavanja ravnih površina čiji su rezultati također predstavljeni u radu. Za izradu aplikacije korišten je pogon za izradu igara Unity.

Ključne riječi: proširena stvarnost, ARCore, perzistentna oznaka, praćenje kretanja, prepoznavanje ravnih površina

Summary

Development of Android multiuser application for augmented reality with persistent markers

This paper studies the possibilities of the platform ARCore for creating augmented reality content for the Android operating system and gives an overview of the implementation of a multiuser application for home decoration that demonstrates the platform's possibilities. The results of the quality testing for marker placement, motion tracking and flat surface recognition conducted for the implemented application are also presented in this paper. The application was implemented with the use of the game engine Unity.

Key words: augmented reality, ARCore, persistent marker, motion tracking, flat surface recognition