

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 4716

**EVALUACIJA UTJECAJA VARIJACIJA U
KVALITETI VIDEO SADRŽAJA NA
ISKUSTVENU KVALITETU IGARA
ZASNOVANIH NA RAČUNALNOM OBLAKU**

Dunja Šašić

Zagreb, lipanj 2016.

Sadržaj

Uvod	1
1. Igre zasnovane na računalnom oblaku.....	3
2. Iskustvena kvaliteta	5
2.1. QoE igara zasnovanih na računalnom oblaku	6
2.2. Dosadašnja istraživanja	6
2.3. Cilj rada	7
2.4. Metodologija ispitivanja.....	8
2.4.1. NVIDIA GeForce NOW.....	8
2.4.2. Odabir igara	9
2.4.3. Manipulacija mrežnih parametara	10
2.4.4. Izrada testnih scenarija	12
2.4.5. Upitnik.....	17
2.5. Provedba ispitivanja	18
3. Analiza rezultata.....	20
3.1. Prikupljeni podaci.....	20
3.2. Rasprava	22
Zaključak	36
Literatura	37
Sažetak.....	39
Summary.....	40
Privitak	41

Uvod

Ljudi svakodnevno međusobno komuniciraju u online okruženjima. Jedno od takvih okruženja čini i mrežno igranje. Tradicionalne video igre završavaju u određenom trenutku, često se počinju ponavljati i time postaju igraču dosadne za daljnje igranje [1]. Jedna od glavnih prednosti mrežnog igranja je socijalna interakcija jer se igrači međusobno natječu, izazivaju i time napreduju [2].

Igre zasnovane na računalnom oblaku (engl. *cloud gaming*) predstavljaju uslugu mrežnog igranja koja omogućuje strujanje sadržaja igre od poslužitelja do klijenta u obliku video sadržaja, dok se kontrole za igranje šalju u suprotnom smjeru [3][4]. Riječ je o relativno novom konceptu koji je proizašao kao rezultat razvoja računarstva u oblaku. Njime prednost dobivaju uređaji slabijih performansi koji inače ne bi bili u mogućnosti pokrenuti izuzetno grafički zahtjevne igre [5]. Glavni problem ovakvog tipa usluge predstavlja potreba za visokom mrežnom propusnošću te niskim odzivom kako bi se osiguralo dovoljno dobro igračće iskustvo. S obzirom na mrežna ograničenja ovaj problem ujedno je i ključni izazov s kojim se susreću pružatelji usluge igara zasnovanih na računalnom oblaku. Zbog toga se koriste razne strategije prilagodbe parametara video kodiranja kako bi se osigurala maksimalna iskustvena kvaliteta krajnjeg korisnika [3][4].

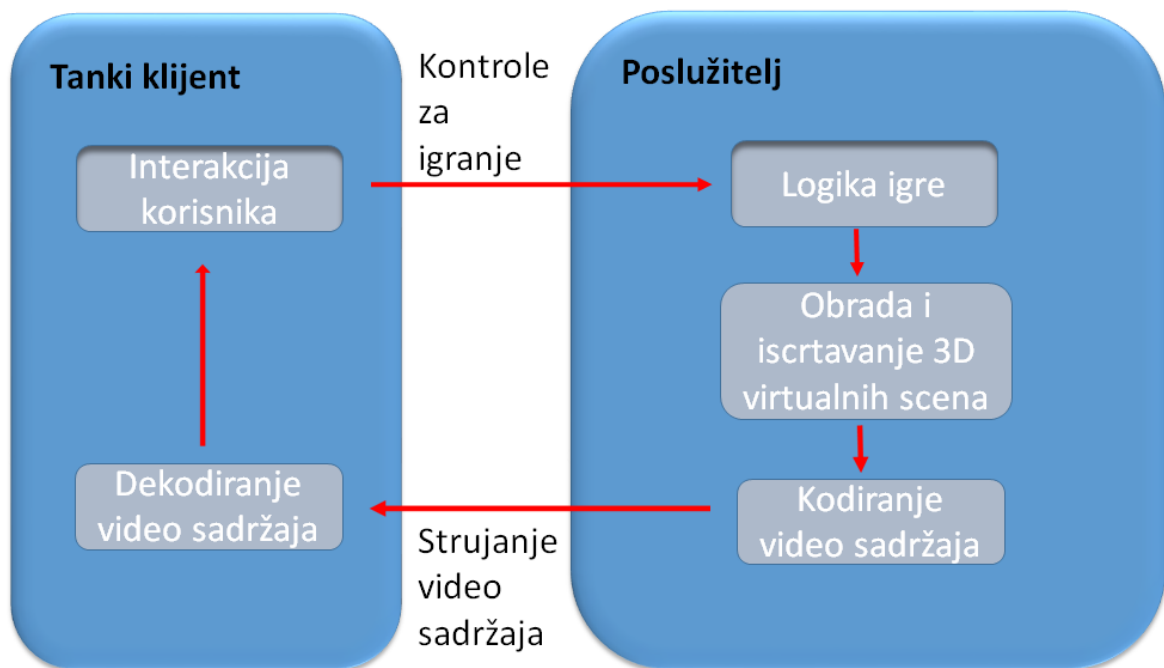
Cilj ovog rada je osmisliti metodologiju testiranja utjecaja prilagodbe parametara video kodiranja na iskustvenu kvalitetu igara zasnovanih u računalnom oblaku. Zadaća je ustanoviti postoji li i kakav je utjecaj samog procesa primjene strategije prilagodbe na korisničko iskustvo uz razne degradacije u mreži (gubitak paketa, mrežno kašnjenje, ograničena propusnost (engl. *bandwidth*), i sl.). Korisnička testiranja će se provoditi korištenjem usluge NVIDIA GeForce NOW. Analizom rezultata će se predložiti poboljšanja primjene strategije prilagodbe usluge NVIDIA GeForce NOW na razna ograničenja dostupnosti mrežnih resursa.

Ovaj rad se sastoji od 9 poglavlja. U drugom poglavlju opisan je koncept igara zasnovanih na računalnom oblaku, što omogućuje takva vrsta usluge, koje su njezine prednosti i s kojim problemima se susreće. Treće poglavlje govori o iskustvenoj kvaliteti (engl. *Quality of Experience*, QoE). Objašnjen je pojam QoE-a, zašto je bitan te njegov kontekst vezan uz igre zasnovane na računalnom oblaku. Ovo poglavlje također sadrži

pregled dosadašnjih istraživanja, opis cilja ovoga rada, metodologiju ispitivanja te opis provedba ispitivanja. U idućem poglavlju ispisani su i analizirani podaci dobiveni testiranjem te izvedeni zaključci na temelju dobivenih rezultata. Iza navedenih poglavlja slijedi zaključak rada, popis literature, sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku te privitak. U privitku je prikazan izgled cijelog upitnika koji su ispunjavali ispitanici za potrebe testiranja.

1. Igre zasnovane na računalnom oblaku

Igre zasnovane na računalnom oblaku predstavljaju tehnologiju koja omogućava igranje grafički izuzetno zahtjevnih igara na bilo kojem krajnjem uređaju. Korisnicima se tako želi omogućiti udaljeno igranje, neovisno o vrsti uređaja preko kojih pristupaju usluzi. Kompletna logika igre nalazi se u oblaku gdje poslužitelj obrađuje i iscrtava 3D virtualne scene te zatim kodira video sadržaj koji se nakon toga dostavlja krajnjem korisniku (tankom klijentu). Na strani korisnika se video sadržaj dekodira, te se kontrole za igranje šalju ponovno prema poslužitelju (Slika 1.1) [3][4].

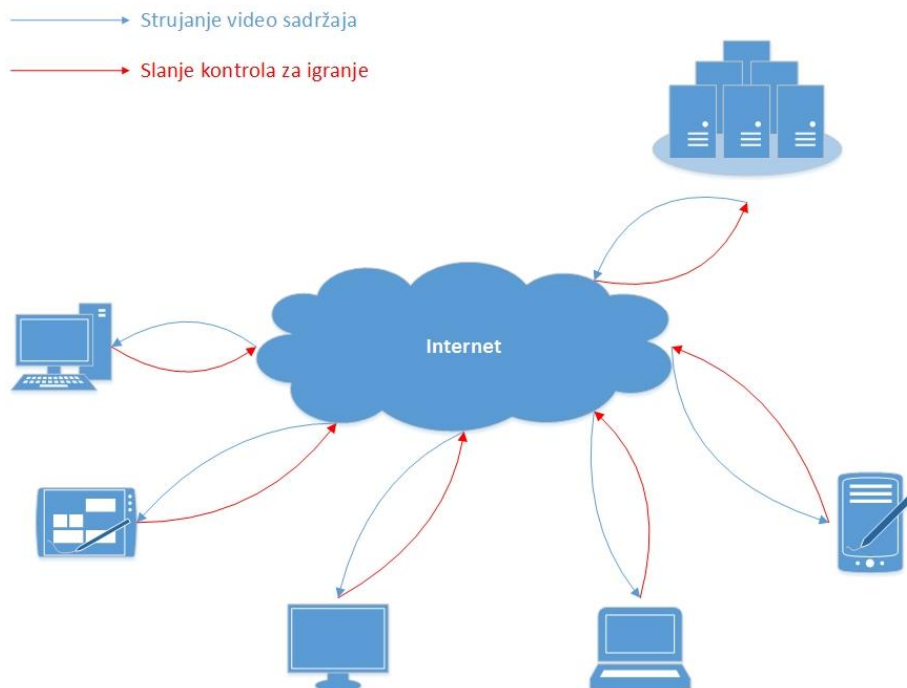


Slika 1.1 Opis procesa strujanja

Ovakav sustav ima čitav niz prednosti. Do nedavno, ako su željeli uživati u hardverski sve zahtjevnijim igrama, korisnici su morali kontinuirano nadograđivati svoja računala, instalirati nove programe i ažuriranja. Uvođenjem igara zasnovanih na računalnom oblaku omogućen je istovremeni pristup usluzi tj. željenoj igri. Pri tome pružatelji usluga nemaju dodatnih troškova oko distribucije, transporta ili prodaje. Programeri ne moraju više trošiti

dodatno vrijeme i prilagođavati svoj proizvod tako da bude funkcionalan na različitim platformama [6].

Arhitektura usluge prikazana je slikom (Slika 1.2). Poslužitelj prima poslone kontrole za igranje od strane korisnika preko Interneta, a zauzvrat struji video sadržaj krajnjim uređajima (korisnicima).



Slika 1.2 Arhitektura usluge

Pružanje visoke kvalitete u usluzi mrežnog igranja koja omogućuje strujanje sadržaja igre od strane poslužitelja do klijenta kroz javnu internetsku mrežu nije jednostavan zadatak. Jedan od ključnih problema je osigurati visoku propusnost te niski odziv. Poslužitelj pri tome nema nikakvu kontrolu nad mrežnim kašnjenjem, gubitkom paketa, ograničenom propusnošću, itd. [7]. Potrebna je funkcionalna i dinamička adaptacijska strategija koja bi se mogla primijeniti u slučajevima brojnih degradacija u mreži. Zbog toga se posebna važnost usmjerava na konfiguraciju parametara video kodiranja s ciljem da se maksimizira iskustvena kvaliteta korisnika uz zadovoljavanje ograničenja dostupnosti resursa mreže i sustava.

Jedni od prvih pružatelja *cloud gaming* usluge bili su OnLive i GaiKai [6]. Danas postoje brojna rješenja, komercijalna ili otvorenog koda (poput GA, GamingAnywhere).

2. Iskustvena kvaliteta

Standardizacijsko tijelo ETSI (engl. *European Telecommunications Standards Institute, ETSI*) objašnjava pojam QoE kao mjeru performansi koju korisnik postiže koristeći telekomunikacijsku uslugu ili proizvod, bazirano na objektivnim i subjektivnim psihološkim mjerenjima [20]. QoE se definira i kao stupanj zadovoljstva ili iritiranosti korisnika aplikacijom ili uslugom, koji proizlazi iz njegovih očekivanja obzirom na korist ili uživanje u usluzi/aplikaciji kao rezultat osobnosti korisnika i trenutnog stanja [8]. Iz navedenih definicija se vidi kako kvaliteta usluge ne predstavlja samo tehnički orijentirani koncept, već se usmjerava prema korisniku i kontekstu korištenja usluge [9].

Postoje dvije različite metode za vrednovanje iskustvene kvalitete:

- Objektivno vrednovanje iskustvene kvalitete,
- Subjektivno vrednovanje iskustvene kvalitete.

Objektivna metoda se oslanja na modele za predviđanje iskustvene kvalitete. Potrebno je definirati pouzdan model koristeći mjerljive parametre koji će imati utjecaja na iskustvenu kvalitetu korisnika. Oni se razlikuju ovisno o usluzi, a neki od njih su mrežni parametri, parametri usluge, kontekst itd. [9].

Za razliku od objektivnih metoda, subjektivne metode se oslanjaju na mišljenje korisnika. Najčešće provođenje subjektivnog vrednovanja iskustvene kvalitete je kroz anketiranje korisnika te subjektivno ispitivanje. Subjektivno ispitivanje je ujedno i najraširenije, a prednost takvog načina ispitivanja je mogućnost ponavljanja postupka provođenjem eksperimenta više puta u cilju dobivanja što točnijih rezultata. Nedostatak ove metode je u tome što najčešće testno okruženje ne predstavlja okruženje u stvarnosti pa su rezultati manje pouzdani [9].

Vrednovanje iskustvene kvalitete je od iznimne važnosti jer se njome dobiva informacija o zadovoljstvu krajnjeg korisnika. U slučaju da korisnik nije zadovoljan uslugom, velika je vjerojatnost da će je prestati koristiti ili početi koristiti uslugu koju pruža konkurencija. Povratnom informacijom pružatelji usluge mogu spriječiti ovakvu situaciju i osigurati zadovoljstvo krajnjeg korisnika neprestanim usavršavanjem svoje usluge.

2.1. QoE igara zasnovanih na računalnom oblaku

Igre zasnovane na računalnom oblaku predstavljaju novi koncept usluge mrežnog igranja, te kao posljedica toga ispitivanje iskustvene kvalitete ove usluge predstavlja novo područje istraživanja koje je još u samim začetcima. Još uvijek ne postoji jedinstvena metodologija za ispitivanje QoE niti su definirani postupci provođenja ispitivanja.

Trenutačno se većina ispitivanja usmjerava na proučavanje manjeg podskupa mogućih utjecaja na QoE, kao na primjer mrežno kašnjenje i utjecaj gubitka paketa, ali postoji još čitav niz faktora koji bi mogli imati značajan utjecaj na iskustvenu kvalitetu korisnika koji se do sada nisu uzimali u obzir (međusobno igranje naprednih i početnih igrača, mjesto igranja...) [9].

Jedan od izazova u vrednovanju QoE predstavlja i prilagođavanje subjektivne metode vrednovanja u kontekstu igara zasnovanih na računalnom oblaku. Trenutno se provodi tako da ispitanik mora svaki put prekinuti igru kako bi odgovorio na pitanja iz upitnika i time mu se miče fokus s igre što zasigurno predstavlja određeni utjecaj na iskustvenu kvalitetu. Osmišljavanje učinkovitih metodologija ispitivanja definitivno je jedna od glavnih zadaća istraživačkih zajednica koje se bave ovim područjem.

2.2. Dosadašnja istraživanja

Strujanje video sadržaja tijekom igranja u oblaku predstavlja drugačije zahtjeve u smislu parametara kvalitete usluge od uobičajenog strujanja video sadržaja putem Interneta. Većina istraživanja se bavila upravo time, a kao rezultat se pokazalo da kašnjenje u mreži i gubitak paketa imaju najveći utjecaj kod iskustvene kvalitete korisnika [9].

Istraživanja su pokazala da spore i dinamične igre nisu jednako prilagodljive na igranje u oblaku [10]. Kod dinamičnih igara veliki utjecaj predstavlja mrežno kašnjenje jer za razliku od sporih igara veću važnost ima vrijeme izvršavanja. Tako dolazi do degradacije u iskustvenoj kvaliteti jer je potrebno određeno vrijeme da se kontrole za igranje koje je korisnik poslao obrade na poslužitelju, kodira video sadržaj te struji nazad korisniku. Dinamične igre iz tog razloga nisu toliko osjetljive na gubitak paketa za razliku od sporih igara. Detalji u igri u pozadini nisu toliko važni korisniku jer su izvan fokusa

njegova interesa. Zbog toga ne uočava određene promjene u kvaliteti prikaza igre što je puno uočljivije kod sporih igara.

Jedno od istraživanja se upravo bavilo uslugom NVIDIA GeForce NOW i kako se ponaša adaptacijski algoritam u određenim uvjetima u mreži [4]. Rezultati istraživanja su pokazali da adaptacijski algoritam puno više reagira na mrežno kašnjenje dok se ne zamara previše s gubitkom paketa. Utvrdilo se da se adaptacijski algoritam primjenjuje isključivo za vrijeme igranja igre dok kod izbora igre nema nikakvog utjecaja, a da prednost daje broju prikazanih slika u odnosu na rezoluciju. Određivanje trenutnog stanja mreže i adaptacijski algoritam su na neki način povezani preko *round trip time* (RTT). *Round trip time* predstavlja vrijeme koje je potrebno da se signal pošalje te da se dobije potvrda da je on primljen. Još se pokazalo da adaptacija rezolucije i okvira po sekundi (engl. *frames per second*, fps) djeluje neovisno o adaptaciji propusnosti, i da se najvjerojatnije temelji na trenutnoj kompleksnosti video sadržaja te trenutnoj brzini prijenosa koji video koder ima na raspolaganju. Trenutačna implementacija NVIDIA GeForce NOW adaptacijskog algoritma ne ovisi o vrsti igre koju korisnik igra niti o nekoj određenoj igri već samo o karakteristikama video sadržaja.

2.3. Cilj rada

Igranje u oblaku predstavlja relativno novo područje. Do sada provedena istraživanja, između ostaloga, pokazala su da se neki parametri usluge mogu mijenjati ovisno o stanju mreže. Nas je zanimalo kako ta prilagodba utječe na korisnika. [4]. Zbog toga smo proveli istraživanje kako određene promjene u mreži utječu na strategije prilagodbe te kako se to reflektira na iskustvo korisnika.

Tijekom vremena može doći do varijacija stanja mreže ili do povećanja broja igrača koji se žele koristiti uslugom. Kako je već rečeno, poslužitelj nema nikakvog utjecaja na takve promjene [7]. Mjereći količinu informacije koja može biti prenesena u određenom vremenskom periodu - propusnost, poslužitelj koristi određeni adaptacijski algoritam. Zbog toga je potrebna kvalitetna strategija prilagodbe kako navedene promjene ne bi imale utjecaja na samog igrača. Trenutne strategije prilagodbe se temelje na promjeni načina video kodiranja mijenjajući određene parametre, kao na primjer rezoluciju ili broj okvira u sekundi vrijednost na prethodno određenu.

2.4. Metodologija ispitivanja

2.4.1. NVIDIA GeForce NOW

NVIDIA GeForce NOW je usluga koja struji igre krajnjim korisnicima. Korisnicima je omogućen pristup usluzi strujanja igara povezivanjem SHIELD uređaja (Slika 2.1) na Internet i primanjem video sadržaja s NVIDIA-inih superračunala. Postoji veliki broj PC igara koje korisnik ima na raspolaganju, a strujanje video sadržaja je omogućeno u HD rezoluciji s 1080p i 60fps te čak i u 4K [11].



Slika 2.1 Prikaz uređaja NVIDIA Shield te NVIDIA kontrolera, preuzeto s [12]

GeForce NOW usluga podržava 4 predefinirane razine koje se sastoje od kombinacije rezolucije te broja okvira u sekundi (fps):

- 1080p@60FPS
- 1080p@30FPS
- 720p@60FPS
- 720p@30FPS

Jedna od dodatnih mogućnosti je opcija *auto*. Ako je korisnik odabere, usluga će odrediti najbolju moguću kombinaciju rezolucije i okvira u sekundi prema trenutnom procijenjenom stanju mreže. Preporučena propusnost iznosi više od 50Mbit/s dok je tražena veća od 20 Mbit/s. Testiranja su pokazala da će strujanje igre biti moguće i s puno manjom vrijednosti (4 Mbit/s) iako će kvaliteta video sadržaja biti izuzetno narušena [4].

2.4.2. Odabir igara

Za provođenje testiranja odabrane su dvije danas vrlo popularne igre. Riječ je o igrama DiRT3 (Slika 2.2) te Ultra Street Fighter IV (USF IV) (Slika 2.2).

DiRT3

Igra DiRT3 omogućuje utrkivanje u reli automobilima preko tri kontinenta – kroz šume Michigana, najpoznatijih staza u Finskoj pa sve do nacionalnih parkova Kenije. Proizvela je tvrtka Codemasters, jedna od najuspješnijih britanskih tvrtki u protekla tri desetljeća u području razvoja računalnih igara [13].



Slika 2.2 Logo igre DiRT3, preuzeta s [14]



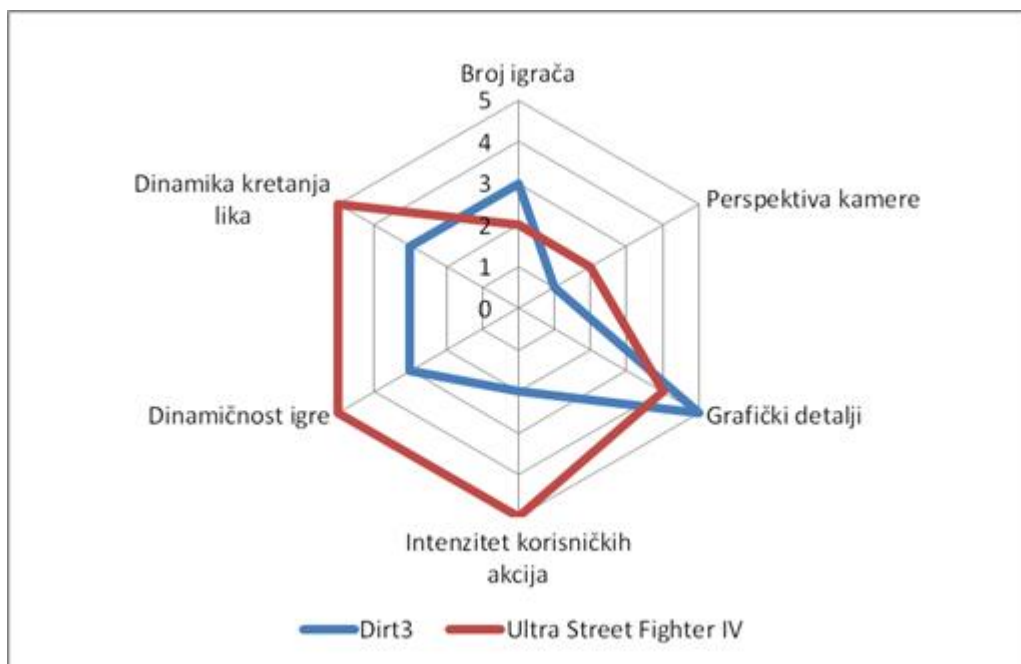
Slika 2.3 Logo igre USF IV, preuzeta s [16]

Ultra Street Fighter IV

Ultra Street Fighter IV je borilačka igra u kojoj igrač može birati između više likova, različitih okruženja u kojima se odvija sama borba te brojnim dodatnim opcijama koju ovu igru čine izuzetno popularnom kod rekreativaca, ali i kod igrača s naprednim iskustvom. Igru je razvila japanska tvrtka Capcom koja je ujedno poznata po računalnim igrama Mega Man, Street Fighter, Resident Evil, Devil May Cry, Ace Attorney te Monster Hunter [15].

Različitosti igara su prikazane slikom (Slika 2.4), a kategorizacija je napravljena po uzoru na [3][17]. Vrijednosti na osima predstavljaju različite dimenzije: broj igrača, perspektiva kamere, grafički detalji, intenzitet korisničkih akcija, dinamičnost igre te dinamika kretanja lika. Svaka dimenzija je podijeljena u 5 razina osim u slučaju perspektive kamere koja je u tri po uzoru na [18]. Broj igrača je podijeljen u pet razina: igra u kojoj sudjeluje jedan igrač, dva igrača, do deset igrača, do sto igrača i više od sto igrača. Igru DiRT3 smo smjestili u treću razinu, a igru Ultra Street Fighter IV u drugu. Prema perspektivi kamere ove dvije igre pripadaju različitim razinama, a razlikuju se i u kompleksnosti grafičkih detalja koji su složeniji kod DiRT3. Intenzitet korisničkih akcija je

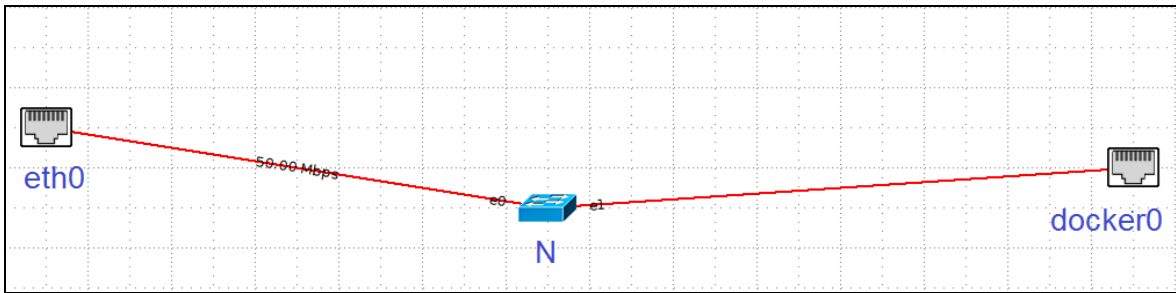
podijeljen na temelju prosjeka broja akcije po minuti (engl. *average action per minute rate*, APM). Prva razina je manje od 10 APM, druga između 10 i 20 APM, treća između 20 i 30, četvrta između 30 i 40 APM, a peta razina je više od 50 APM. DiRT3 pripada drugoj razini, a Ultra Street Fighter IV petoj razini. Dinamičnost igre se temelji na broju događaja u igri koji zahtijevaju reakciju igrača. Tako smo igri DiRT3 pridijelili treću razinu, a Ultra Street Fighteru IV petu razinu. Što se tiče dinamike kretanja lika, vrijednosti razina su jednake vrijednostima prethodno navedene dimenzije.



Slika 2.4 Usporedba karakteristika igre DiRT3 i Ultra Street Fighter IV

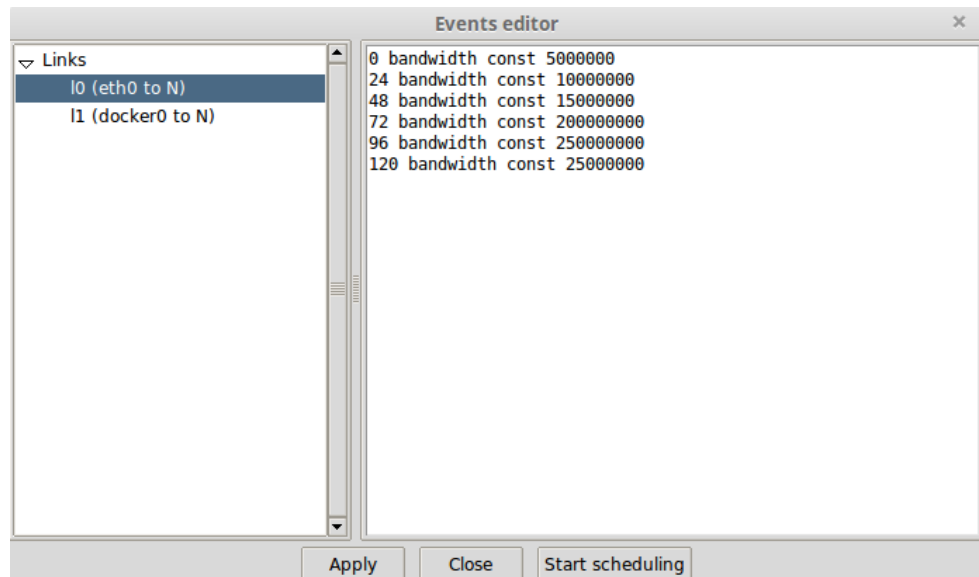
2.4.3. Manipulacija mrežnih parametara

Za manipulaciju mrežnih parametara koristio se alat IMUNES (engl. *Integrated Multiprotocol Network Emulator/Simulator, IMUNES*) [19]. On omogućava emulaciju odnosno simulaciju IP mrežne topologije u realnom vremenu. Temelji se na operacijskom sustavu FreeBSD i operacijskom sustavu Linux. Glavne prednosti ovog alata je već spomenuta emulacija/simulacija u realnom vremenu s gigabitnim brzinama, stotine do tisuće virtualnih čvorova na jednom fizičkom uređaju koji imaju mogućnost izvršavanja nemodificiranih UNIX aplikacija, otvorenost, dostupnost te lako prenosivost.



Slika 2.5 Prikaz sheme u IMUNES-u koja se koristi tijekom ispitivanja

Na slici je prikazana shema u IMUNES-u (Slika 2.5) koja predstavlja računalo s dvije mrežne kartice. Preko prvog mrežnog sučelja računalo je povezano s uređajem NVIDIA Shield, a preko drugog je povezano na Internet. Promet s jednog mrežnog sučelja se preusmjerava na drugo, a pomoću alata IMUNES može se manipulirati parametrima poveznice između ta dva mrežna sučelja.



Slika 2.6 Prikaz skripte u IMUNES-u

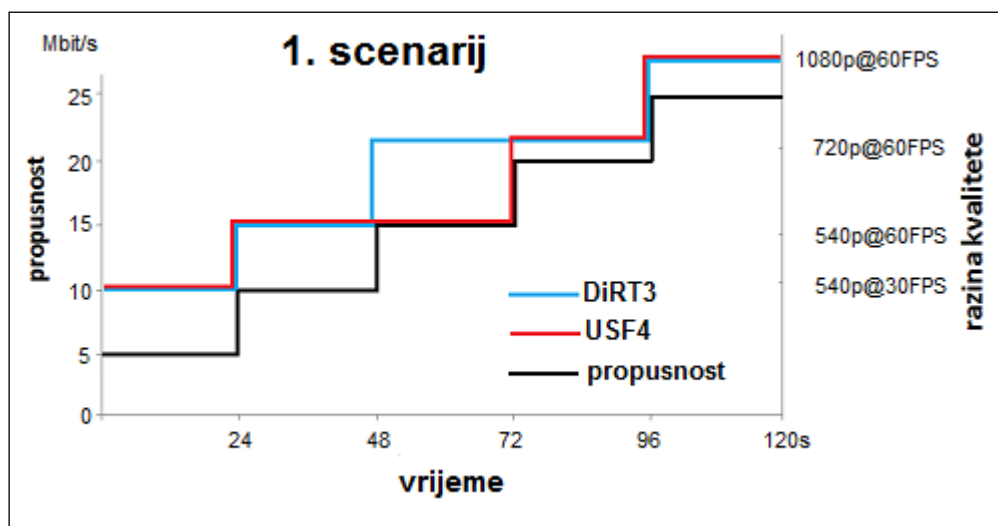
Mrežni parametar čije vrijednosti će se manipulirati u svrhu ostvarenja degradacija u mreži je propusnost. Na slici (Slika 2.6) je prikaz pisanja jednog od scenarija koji se koristio u svrhu testiranja iskustvene kvalitete. Na početku je vrijednost propusnosti iznosila 5 Mbit/s i zatim postepeno raste svake 24 sekunde. Vrijednost na koju će porasti je uvjetovana upisanom konstantom. Tako na primjer vidimo da će nakon 72 sekunde vrijednost propusnosti biti 20 Mbit/s. Skripta u IMUNES-u se uključuje neposredno prije početka igre. Igrač nije znao koja skripta se trenutačno odvija za vrijeme provođenja ispitivanja.

2.4.4. Izrada testnih scenarija

Pripremljeno je šest različitih testnih scenarija u kojima se varirala mrežna propusnost s ciljem da se prilagodba usluge razlikuje po frekvenciji, amplitudi i smjeru (od lošije kvalitete prema boljoj, odnosno obrnuto). Svaki scenarij trajao je 2 minute, odnosno 120 sekundi. Paralelno s promjenom vrijednosti propusnosti, usluga GeForce NOW se prilagođava novonastalim degradacijama u mreži promjenom rezolucije video sadržaja te promjenom broja okvira po sekundi. Svaki od šest scenarija je prikazan u nastavku i dodatno pojašnjen.

Prvi testni scenarij

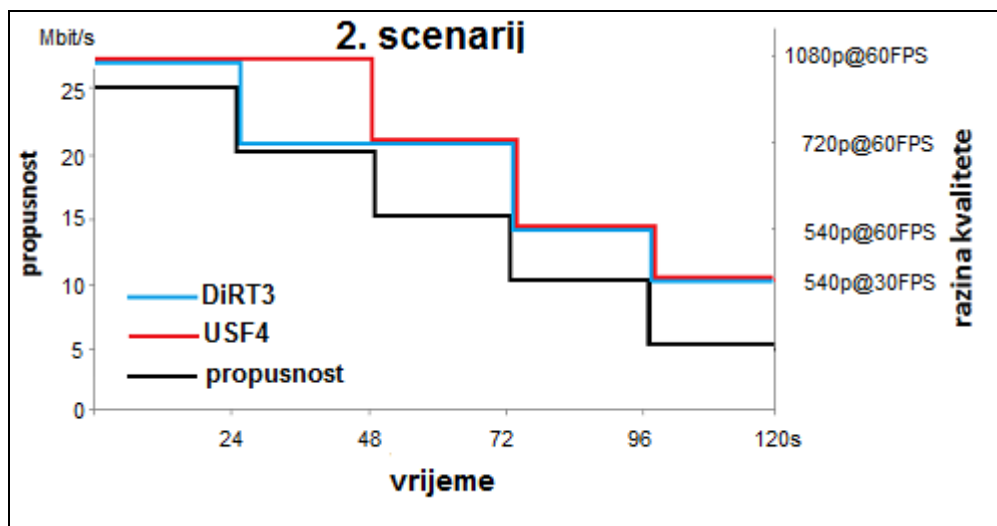
U prvom testnom scenariju (Slika 2.7) dolazi do postupnog porasta vrijednosti propusnosti svake 24 sekunde (za 5 Mbit/s) s početnih 5 Mbit/s do krajnjih 25 Mbit/s. Ponašanje adaptacijskog algoritma usluge NVIDIA GeForce NOW je različito u slučaju da se igra DiRT3 ili Ultra Street Fighter IV (USF IV). Razina kvalitete se povećava brže u prvom slučaju što se vidi na vremenskom intervalu između 48. i 72. sekunde gdje razina kvalitete u igri DiRT3 iznosi 720p@60FPS dok u istom vremenskom intervalu za igru Ultra Street Fighter IV iznosi 540p@60FPS. Graf prikazuje kako postupnim rastom vrijednosti propusnosti također dolazi do postupnog poboljšanja razine kvalitete prikazanog video sadržaja.



Slika 2.7 Promjena propusnosti te ponašanje adaptacijskog algoritma u slučaju prvog testnog scenarija

Drugi testni scenarij

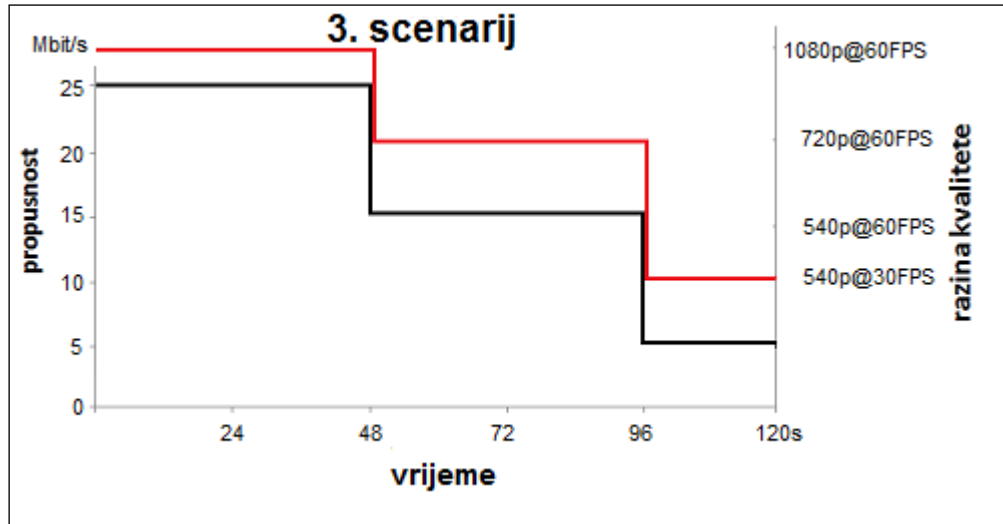
U drugom testnom scenariju dolazi do postupnog pada vrijednosti propusnosti s 25 Mbit/s na 5 Mbit/s (Slika 2.8). Iz grafa se vidi da postupnim padom vrijednosti propusnosti dolazi do padanja kvalitete rezolucije što se očituje u manjem broju piksela te okvira po sekundi. Time rezolucija s početne vrijednosti koja je najveća moguća (1080p@60FPS) pada do kraja scenarija na najmanju moguću (540p@30FPS). Razina kvalitete se smanjuje brže u slučaju igre DiRT3 što se vidi u vremenskom intervalu između 24. i 48. sekunde kad njena vrijednost iznosi 720p@60FPS dok za igru Ultra Street Fighter IV (USF) dolazi do kasnijeg pada vrijednosti rezolucije s 1080p@60FPS na 720p@60FPS. Postupnom degradacijom u mreži (smanjivanjem vrijednosti propusnosti) dolazi do pogoršanja u razini kvalitete video sadržaja.



Slika 2.8 Promjena propusnosti te ponašanje adaptacijskog algoritma u slučaju drugog testnog scenarija

Treći testni scenarij

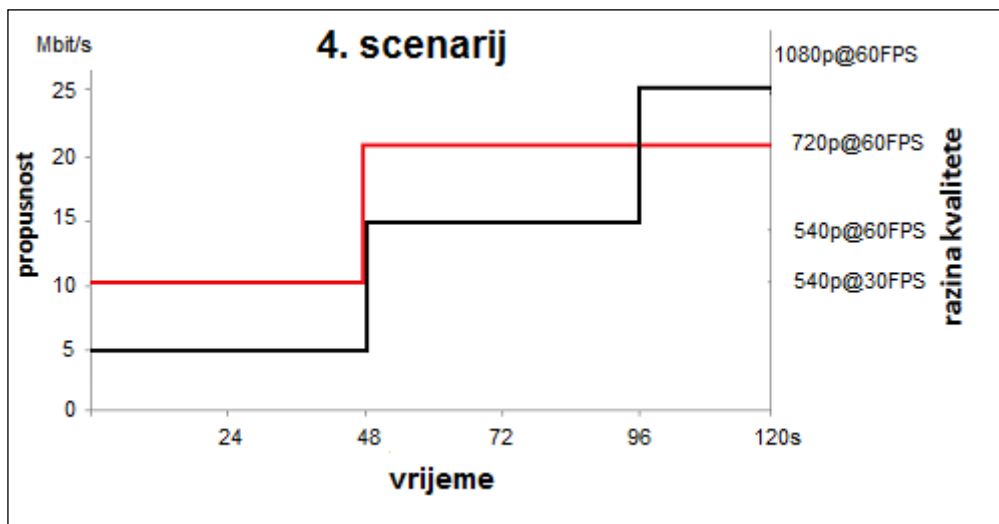
U trećem scenariju (Slika 2.9) pad vrijednosti propusnosti (za 10 Mbit/s) se događa svakih 48 sekundi. Smanjivanjem vrijednosti propusnosti također dolazi do pogoršanja u razini kvalitete video sadržaja. Na početku je razina kvalitete iznosila 1080p@60FPS, a do kraja scenarija je pala na najmanju moguću vrijednost 540p@30FPS.



Slika 2.9 Promjena propusnosti i ponašanje adaptacijskog algoritma u slučaju trećeg testnog scenarija

Četvrti testni scenarij

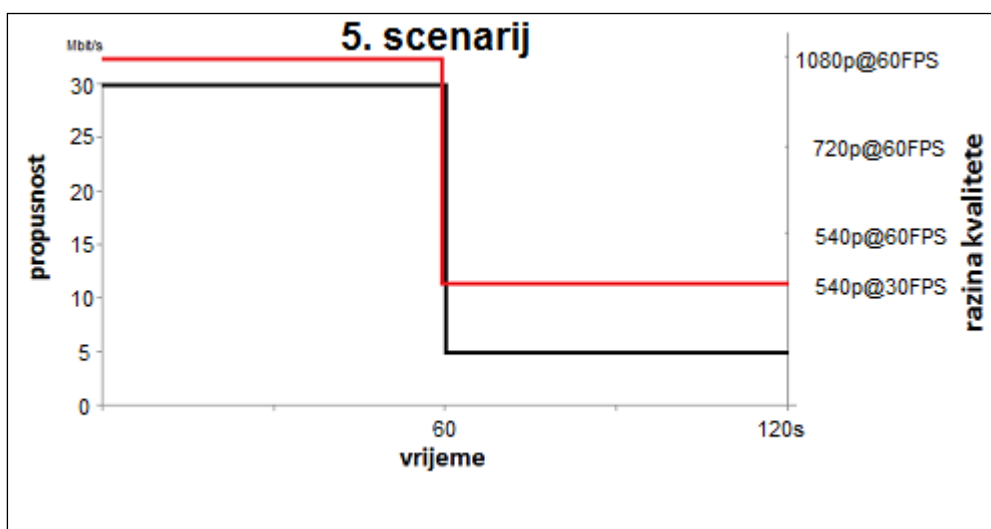
U četvrtom testnom scenariju (Slika 2.10) dolazi do postupnog rasta vrijednosti propusnosti. Rezultat takve promjene u mreži je poboljšanje kvalitete video sadržaja. Iz grafa vidimo da se sustav nije uspio oporaviti do maksimalne razine kvalitete unutar testnog scenarija čije je trajanje dvije minute unatoč tome što je propusnost porasla na vrijednost od 25 Mbit/s. Maksimalna vrijednost propusnosti iznosi 720p@60FPS. Uspoređujući s trećim testnim scenarijem vidimo da se sustav puno brže prilagođava negativnoj situaciji u sustavu za razliku od pozitivne i da je potrebno dulje vrijeme da se sustav u potpunosti oporavi tj. vrati na najveću moguću rezoluciju 1080p@60FPS.



Slika 2.10 Promjena propusnosti i ponašanje adaptacijskog algoritma u slučaju četvrtog testnog scenarija

Peti testni scenarij

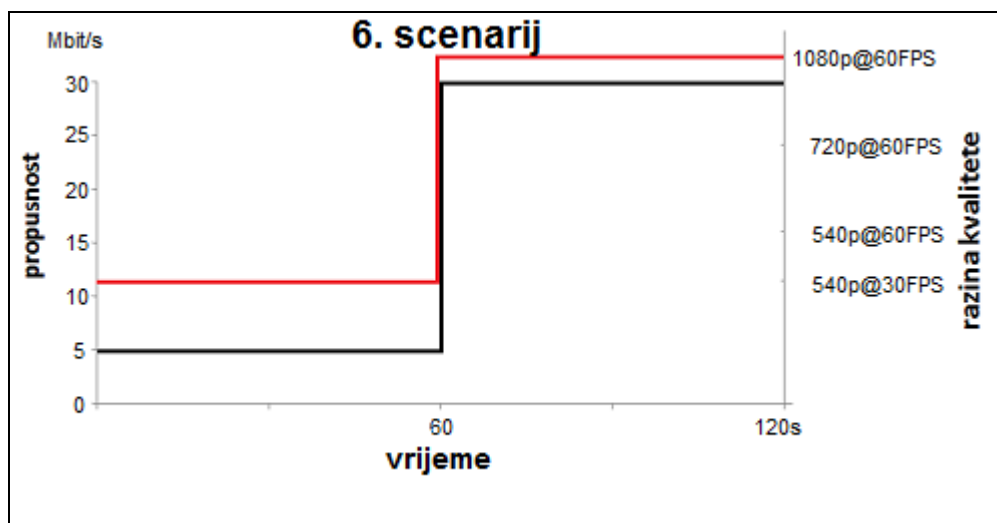
U petom testnom scenariju dolazi do naglog pada vrijednosti propusnosti s 30 Mbit/s na 5 Mbit/s (Slika 2.11). Sam pad vrijednosti se događa minutu od početka izvođenja testnog scenarija. Adaptacijski algoritam time smanjuje razinu kvalitete s maksimalne vrijednosti 1080p@60FPS na najmanju moguću koja iznosi 540p@30FPS. Promjena razine kvalitete se ne događa postupno već dolazi do naglog skoka. Na slici se vidi kako nagli pad vrijednosti propusnosti povlači naglu degradaciju u razini kvalitete.



Slika 2.11 Promjena propusnosti i ponašanje adaptacijskog algoritma u slučaju petog testnog scenarija

Šesti testni scenarij

U šestom testnom scenariju (Slika 2.12) dolazi do nagle porasti vrijednosti propusnosti s 5 Mbit/s na 30 Mbit/s. Riječ je zapravo o obrnutom slučaju petog testnog scenarija. Nagli skok vrijednosti se također događa nakon minute od početka izvođenja scenarija što uzrokuje naglo poboljšanje u razini kvalitete. Vrijednost skače s početnih 540p@30FPS na najveću moguću vrijednost 1080p@60FPS. Promjena se jednako kao u petom testnom scenariju ne događa postupno već dolazi do naglog skoka u razini kvalitete.



Slika 2.12 Promjena propusnosti i ponašanje adaptacijskog algoritma u šestom testnom scenariju

2.4.5. Upitnik

Na početku testiranja, ispitanik se upoznaje sa sadržajem upitnika te ispunjava osnovne informacije o sebi (Slika 2.13). Osim dobi te spola, upitnik sadrži i dva generalna pitanja koja mogu utjecati na ispitivanje, a to su pitanja o igračem iskustvu te prijašnjem iskustvu s igranjem u oblaku.

OBRAZAC

ZA OCJENJIVANJE ZADOVOLJSTVA KORISNIKA

Odgovori i podaci prikupljeni ovim upitnikom će se koristiti isključivo za potrebe znanstvenog istraživanja, te se neće koristiti za druge svrhe. Vaši osobni podaci će ostati anonimni, te se neće nigdje prikazivati niti objavljivati.

- 1) Dob: _____
- 2) Spol: M/Ž
- 3) Igraće iskustvo: (POČETNO/SREDNJE/NAPREDNO)
- 4) Prijašnje iskustvo s igranjem u oblaku: DA/NE

Slika 2.13 Prikaz početnog dijela upitnika koji ispunjava ispitanik sa svojim osobnim podacima

Nakon što ispitanik ispuni početna pitanja započinje testiranje i kreće provođenje jednog od šest testnih scenarija za određenu igru. Po završetku pojedinog testnog scenarija, ispitanik ispunjava ostali dio upitnika (Slika 2.14).

OCJENJIVANJE POKUSA (IGRA)

Pokus 1: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? Da, poboljšanje Da, pogoršanje Ne

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Slika 2.14 Prikaz dijela upitnika koji se koristi za ocjenjivanje pojedinog testnog scenarija

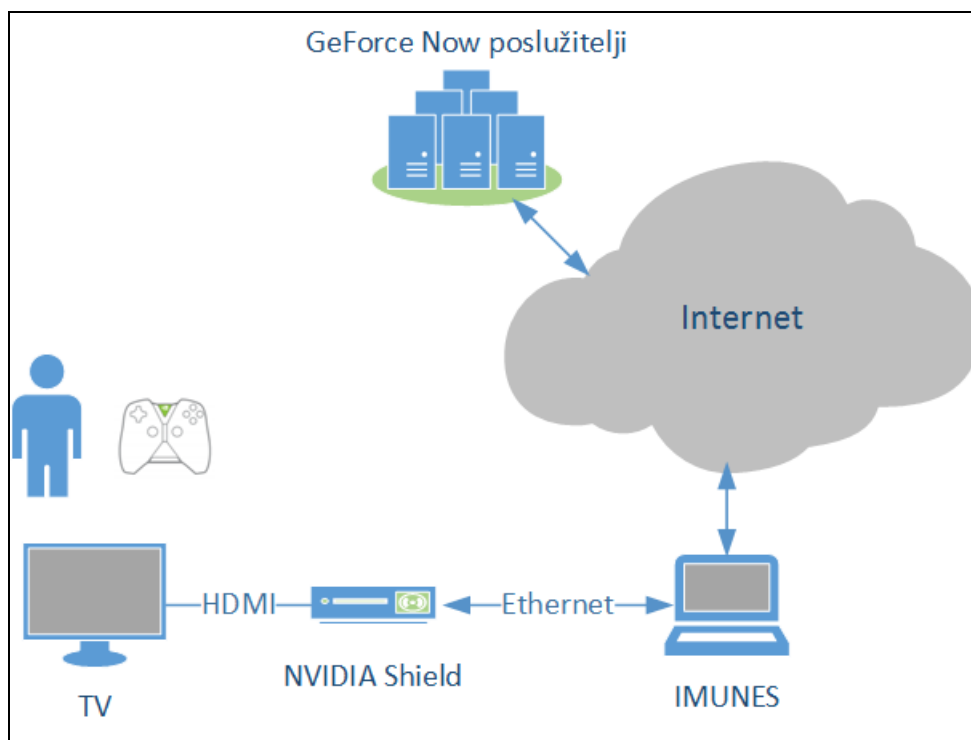
Ispunjavanje upitnika završava nakon što se prođu svih 12 testnih scenarija (šest scenarija za igru DiRT3 i šest scenarija za igru Ultra Street Fighter IV). U privitku je prikazan izgled cijelog upitnika.

2.5. Provedba ispitivanja

Sudionika ispitivanja se najprije upoznaje s obje igre. Nakon nekoliko minuta dobiva upitnik te mu se objašnjava način provođenja testiranja. Popunjava osnovne podatke o sebi i kreće provođenje prvog scenarija. Za to vrijeme počinje primjena skripte čiji rezultat su određene degradacije u mreži. Ispitanik nije upoznat s namjerno izazvanim degradacijama u mreži od strane ispitivača. Kad prođe minuta, ispitanika se pita: „Jeste li do sada primijetili kakvu promjenu kvalitete videa?“ Ukoliko jeste, je li ta promjena bila pozitivna ili negativna?“ Nakon što prođu 2 minute, prestaje s igranjem igre i popunjava upitnik. Postupak se ponavlja dok ispitanik ne odigra svih 6 testnih slučajeva za jednu i 6 testnih slučajeva za drugu igru. Testni se slučajevi za svakog ispitanika daju nasumično, a slučajan je i slijed igara. Time se želi postići međusobna neovisnost testnih slučajeva

tokom provođenja ispitivanja iskustvene kvalitete. Prosječno trajanje testiranja po ispitaniku je između 30 do 40 minuta. Ispitanici su u znak zahvale za sudjelovanje dobili kao poklon 32GB USB koji je osigurala Hrvatska zaklada za znanost u sklopu projekta Q-MANIC.

Na slici (Slika 2.15) je prikazano laboratorijsko okruženje gdje se izvodi testiranje iskustvene kvalitete igara zasnovanih na računalnom oblaku. Ispitanik uz pomoć NVIDIA-jinog kontrolera igra igru čiji se video sadržaj prikazuje na zaslonu TV. TV je spojen s uređajem NVIDIA Shield uz čiju pomoć se struja sadržaj s GeForce Now poslužitelja. Shield je spojen na Internet preko računala s dvije mrežne kartice (jedno mrežno sučelje za povezivanje s NVIDIA Shield, a drugo za Internet). Na računalu se nalazi alat IMUNES pomoću kojeg se simuliraju razne degradacije u mrežu.



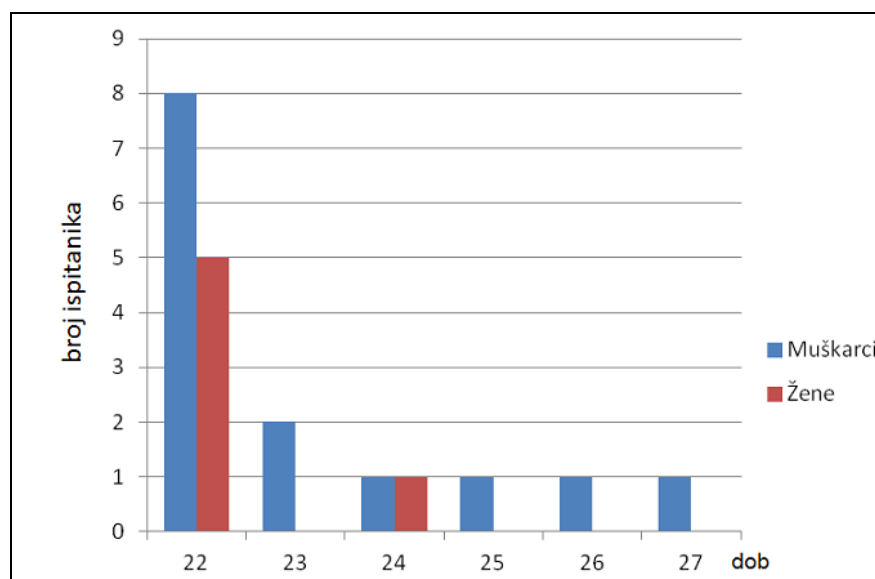
Slika 2.15 Shema laboratorijskog okruženja

3. Analiza rezultata

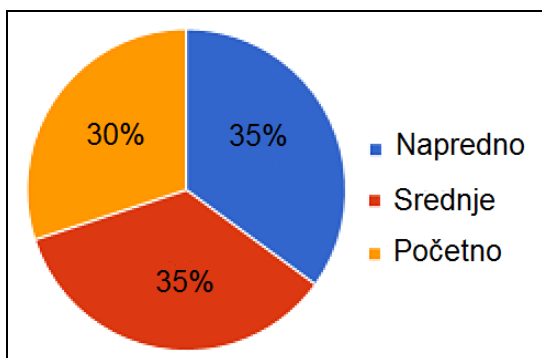
Analiza podataka rađena je u programu *Microsoft Office Excel*.

3.1. Prikupljeni podaci

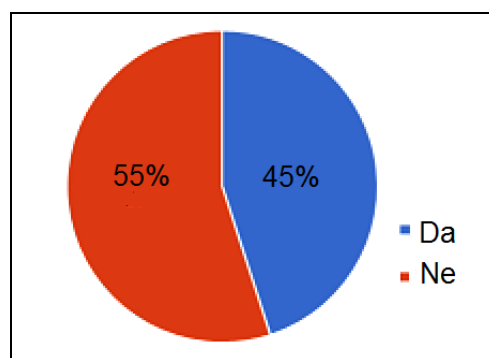
U ovom istraživanju je sudjelovalo 20 ispitanika, od čega su njih 14 muškarci, a ostalih šest žene. Dobno-spolna struktura ispitanika prikazana je grafikonom (Slika 3.1). Sudionici u testnoj skupini razlikovali su se i prema iskustvu u igranju. Neki su bili početnici, a neki napredni igrači s bogatim iskustvom. Igraće iskustvo ispitanika prikazano je grafom na slici (Slika 3.2), a ranije iskustvo s igranjem u oblaku grafom na slici (Slika 3.3)



Slika 3.1 Dobno-spolna struktura ispitanika



Slika 3.2 Igraće iskustvo ispitanika



Slika 3.3 Prijašnje iskustvo s igranjem u oblaku

U tablici (Tablica 3-1) su navedena pitanja iz upitnika na koje ispitanik odgovara nakon završetka pojedinog testnog scenarija. Uz svako pitanje je dana oznaka pomoću koje je lakše pratiti nadolazeću analizu te raspravu dobivenih rezultata te vrsta odgovora na dano pitanje.

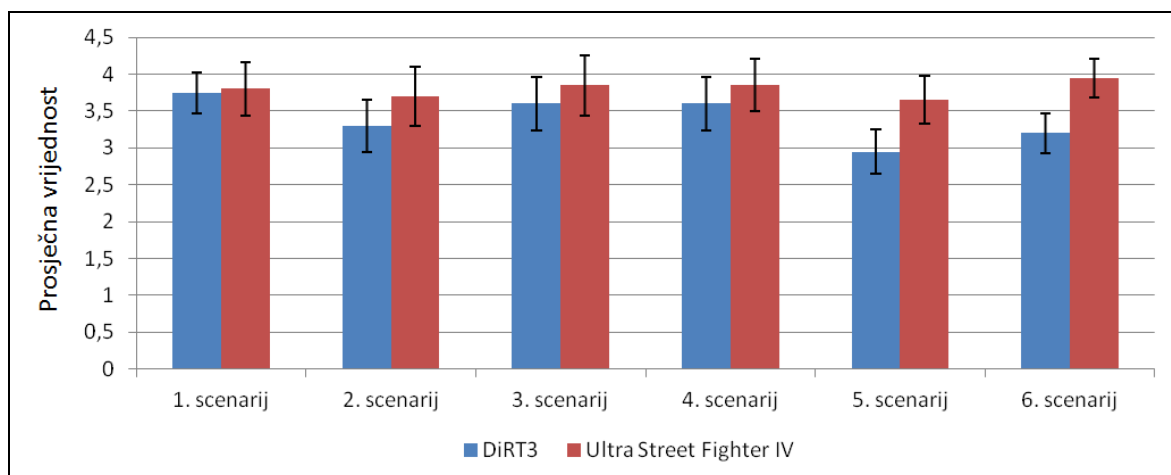
Tablica 3-1 Pitanja iz upitnika

Oznaka	Pitanje	Odgovor
QoE	Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	1 (vrlo loše) – 5 (odličan)
Fluidnost	Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. fluidity)	1 (vrlo loše) – 5 (odličan)
Grafika	Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	1 (vrlo loše) – 5 (odličan)
Promjena (P4)	Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja?	Da,poboljšanje/Da,pogoršanje/
Utjecaj	Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja?	1 (jako iritantno) – 5 (neprimjetno)
Dodatno pitanje (DP)	Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja do sada?	Da,poboljšanje/Da,pogoršanje/

3.2. Rasprava

Rezultati ispitivanja iskustvene kvalitete se podudaraju s manipulacijom stanja mreže za vrijeme igranja igri. Lošije su ocijenjeni testni scenariji u kojima je došlo do degradacije u mreži dok su bolje ocijenjeni oni u kojima je došlo do poboljšanja.

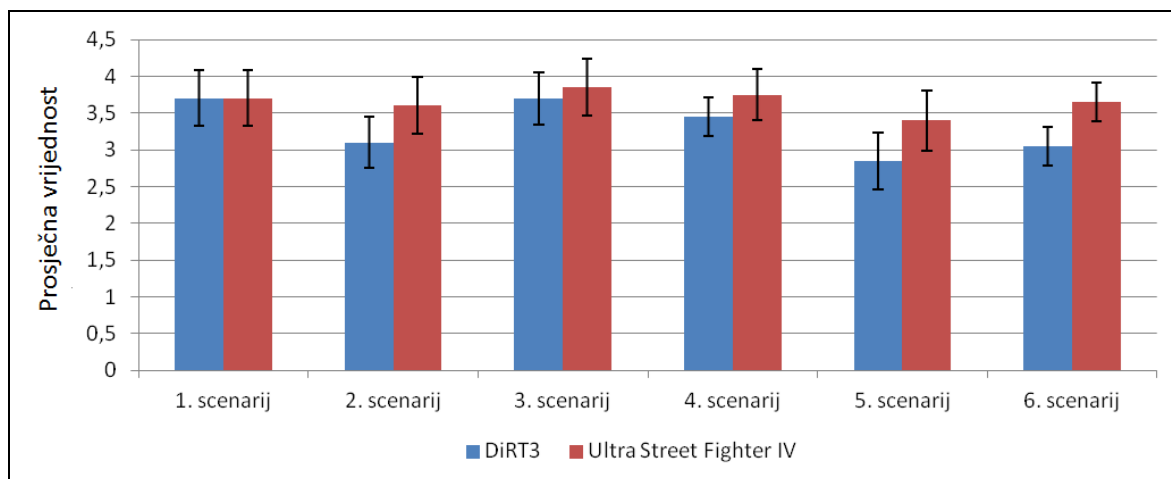
Na slici (Slika 3.4) su prikazane prosječne vrijednosti rezultata ispitivanja za *QoE* s 95 postotnim intervalima pouzdanosti. U prvom pitanju (*QoE* - Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.) najbolja kvaliteta je bila za vrijeme provođenja prvog testnog scenarija (DiRT3) s prosječnom ocjenom 3.75 te šestog testnog scenarija (Ultra Street Fighter IV) s prosječnom ocjenom 3.95. Najlošije ocijenjeni scenarij je peti testni scenarij za obje igre s prosječnom ocjenom 2.95 za igru DiRT3 te 3.65 za igru Ultra Street Fighter IV. Možemo zaključiti da su ispitanici peti testni scenarij ocijenili lošim u slučaju igre DiRT3. Iz grafa (Slika 3.4) vidimo da postoji razlika između igara u petom i šestom testnom scenariju.



Slika 3.4 Prosječne vrijednosti rezultata ispitivanja za *QoE* s intervalima pouzdanosti razine 95%

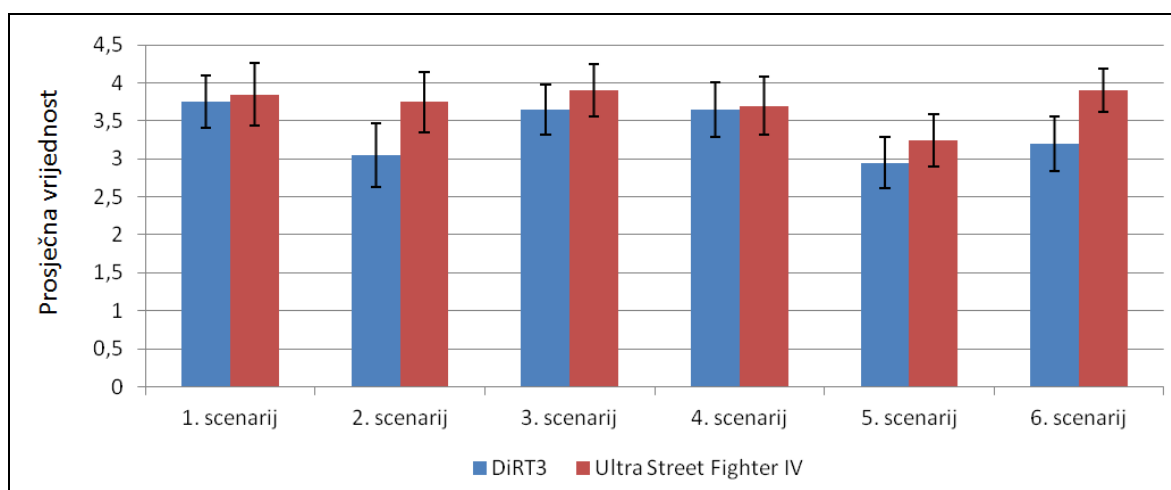
U drugom pitanju (Fluidnost - Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. fluidity)) (Slika 3.5) ponovno je najlošije bio ocijenjen peti testni scenarij za vrijeme igranja obje igre s time da je kod DiRT3 prosječna ocjena bila 2.85 dok je za vrijeme igranja Ultra Street Fighter IV ona iznosila 3.4. Ponovno možemo zaključiti da je u slučaju igre DiRT3 ovaj scenarij proglašen lošim. Najbolje ocijene su dane za treći scenarij. Prosječna ocjena za igru DiRT3 je bila 3.7, a za Ultra Street Fighter IV 3.85.

Vidimo da je i fluidnost najlošija prilikom naglog pada vrijednosti propusnosti što je slučaj petog testnog scenarija, ali je zanimljivo da je pozitivno ocijenjen treći testni scenarij u kojem dolazi do postupnog pogoršanja stanja mreže. Iz rezultata vidimo da ova promjena nije negativno utjecala na prikaz virtualnog svijeta.



Slika 3.5 Prosječne vrijednosti rezultata ispitivanja za *Fluidnost* s intervalima pouzdanosti razine 95%

U trećem pitanju (Grafika - Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.) ponovno su najlošije ocjene dane tokom izvođenja petog testnog scenarija (prosječna ocjena za DiRT3 bila je 2.95, a za Ultra Street Fighter IV 3.25.) (Slika 3.6) Grafički prikaz je najbolje ocijenjen za vrijeme igranja Ultra Street Fighter IV s ocjenom 3.9 (treći i šesti scenarij) dok je kod DiRT3 bila u prvom scenariju s 3.75.



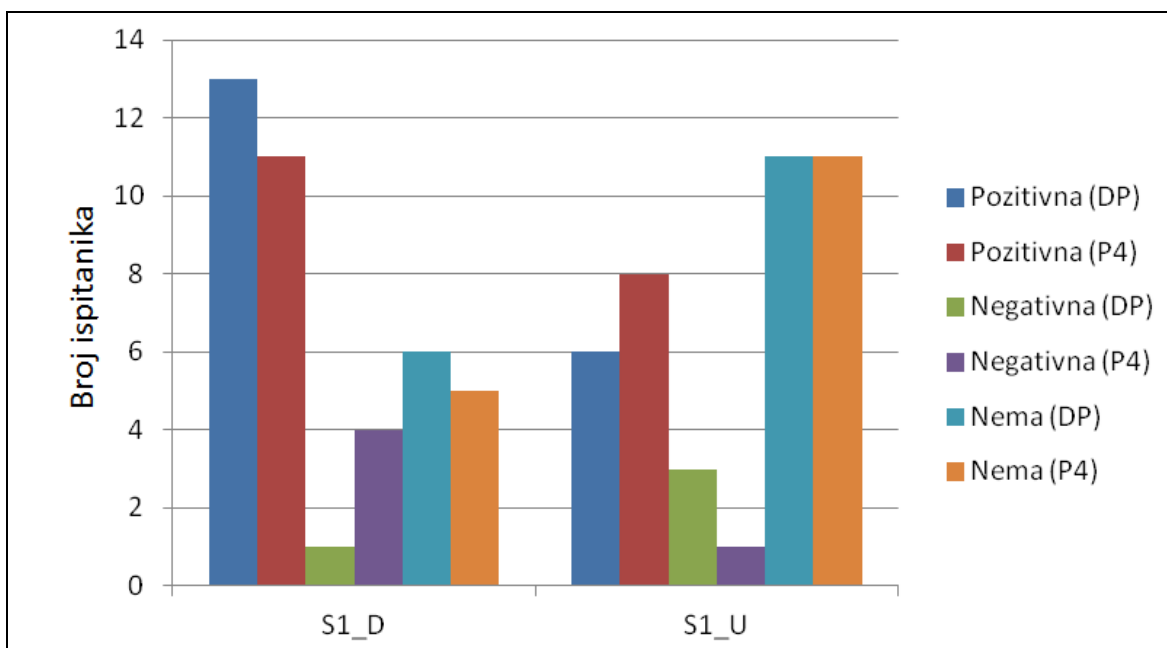
Slika 3.6 Prosječne vrijednosti rezultata ispitivanja za *Grafiku* s intervalima pouzdanosti razine 95%

Općenito je ukupna kvaliteta iskustva igranja, fluidnost te kvaliteta grafičkog prikaza bila bolja za vrijeme igranja Ultra Street Fighter IV. Peti testni scenarij je bio najlošije ocijenjen u svakom pitanju zbog čega zaključujemo da je nagla degradacija mreže najgori scenarij i da najviše utječe na dobru kvalitetu grafičkog prikaza, fluidnost pa time i na ukupnu kvalitetu iskustva igranja. Zanimljivo je da postupna degradacija mreže u trećem testnom scenariju nije utjecala na fluidnost te kvalitetu grafičkog prikaza već da je lošije ocijenjen drugi testni scenarij u kojem do pada vrijednosti propusnosti dolazi svakih 24 sekunde dok kod trećeg scenarija dolazi svakih 48 sekundi. Na temelju toga zaključujemo da je bolji slučaj u kojem dolazi do pada vrijednosti propusnosti za 10 Mbit/s svakih 48 sekundi od scenarija gdje se pad događa svakih 24 sekunde, ali za 5 Mbit/s.

Grafovi (Slika 3.7, Slika 3.8, Slika 3.9, Slika 3.10, Slika 3.11 i Slika 3.12) prikazuju broj ispitanika koji su primijetili određenu promjenu u ovisnosti o testnom scenariju. Najprije su prikazani rezultati za igru DiRT3, a zatim za Ultra Street Fighter IV. Tako oznaka S1_D na (Slika 3.7) predstavlja prvi scenarij za vrijeme igranja DiRT3 dok S1_U predstavlja prvi scenarij za vrijeme igranja Ultra Street Fighter IV. Analogno tome su označeni grafovi s ostalim scenarijima. Iz legende grafa se može vidjeti o kakvoj vrsti promjene je bila riječ. Oznaka DP označava dodatno pitanje, a P4 *Promjenu*.

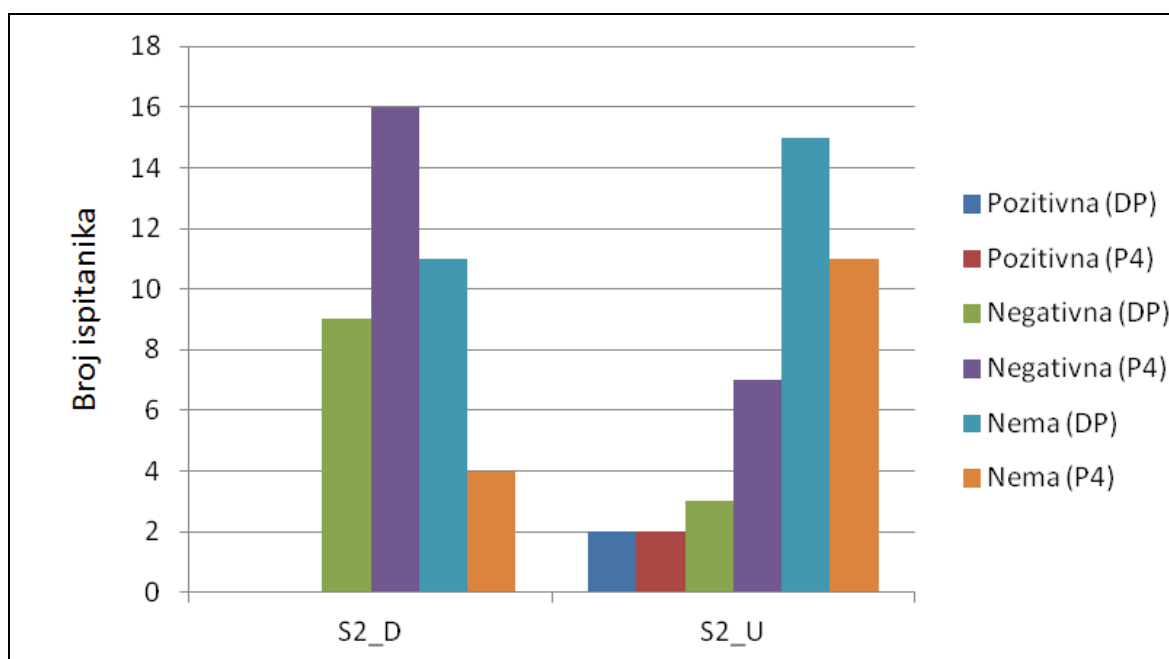
Vrijednosti odgovora za *Promjenu* – P4 (Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja?) te DP (Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja do sada?) ćemo paralelno uspoređivati.

U slučaju prvog testnog scenarija (Slika 3.7) za vrijeme igranje DiRT3 više od pola ispitanika (njih trinaest) je primijetilo poboljšanje unutar prve minute izvođenja scenarija dok je šest ispitanika reklo da nije bilo promjene, a samo jedna osoba je promjenu ocijenila negativnom. Nakon završetka izvođenja scenarija, jedanaestero ispitanika je doživjelo poboljšanje kvalitete videa dok je četvero ispitanika smatralo da je došlo do pogoršanja kvalitete. Petero ih je smatralo da je kvaliteta videa ostala nepromijenjena. Zanimljivo je da je samo šest ispitanika igrajući *Ultra Street Fighter IV* primijetilo poboljšanje unutar prve minute izvođenja scenarija dok ih je troje smatralo da je došlo do pogoršanja, a njih jedanaestero da nije bilo promjene. Rezultati na kraju izvođenja testiranja su se tek neznatno promijenili. Njih osam je smatralo da je došlo do poboljšanja kvalitete videa, jedna osoba je uočila pogoršanje, a njih jedanaestero je ocijenilo da nije bilo promjene u kvaliteti. Na temelju toga zaključujemo da je pažnja ispitanika za vrijeme igranja *Ultra Street Fighter IV* bila usmjerena na samu dinamiku igre, a ne na ono što se događa u pozadini i zbog toga nisu uočavali određene promjene (u ovom slučaju poboljšanje) u kvaliteti videa koje su puno uočljivije kod sporijih igara što je slučaj u igri DiRT3.



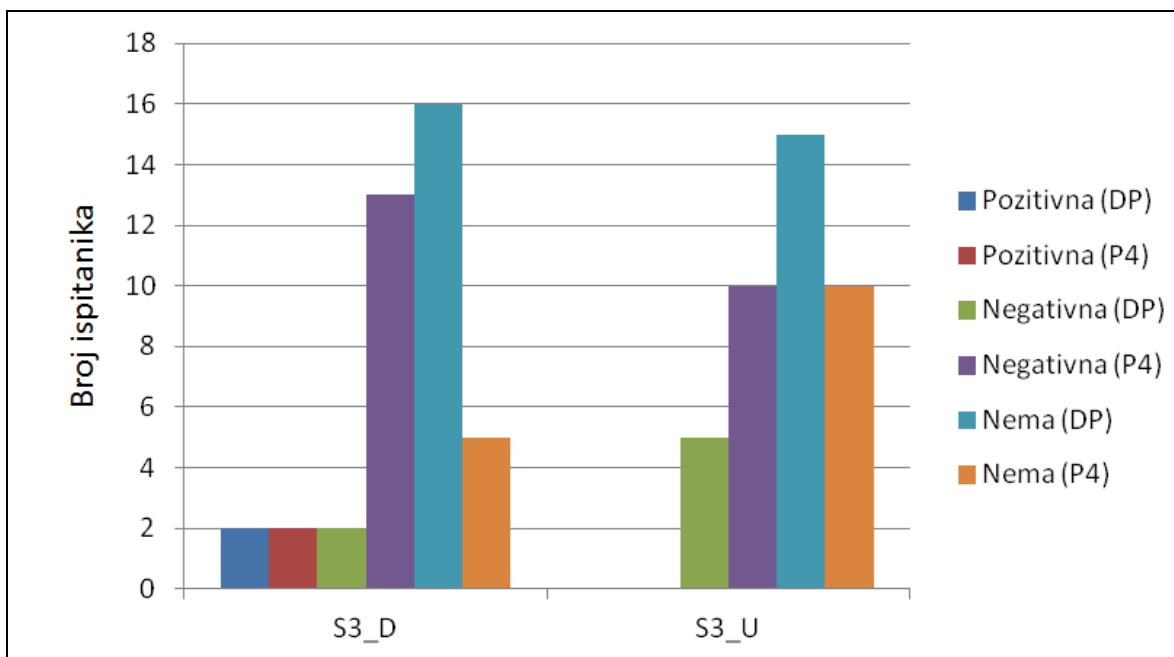
Slika 3.7 Broj ispitanika koji su primijetili određenu promjenu u prvom scenariju

Jednak slučaj je i za drugi testni scenarij (Slika 3.8) u kojem dolazi do postupnog pogoršanja. Najveći broj ispitanika je za vrijeme igranja DiRT3 uočilo pogoršanje u kvaliteti (čak njih šesnaestero) dok za vrijeme igranja Ultra Street Fighter IV nisu primijetili nikakvu promjenu u kvaliteti videa čime potvrđujemo prethodno doneseni zaključak. Jedan dio ispitanika je za vrijeme Ultra Street Fightera primijetilo negativnu promjenu, dok je neznatni dio čak pozitivnu. Razlog vjerojatno leži u tome što je riječ o izuzetno dinamičnoj igri pa je koncentracija ispitanika usmjerena većim dijelom ako ne i isključivo na samu dinamiku igre. Zbog toga se nisu mogli koncentrirati na prikaz igre i ono što se događa u pozadini.



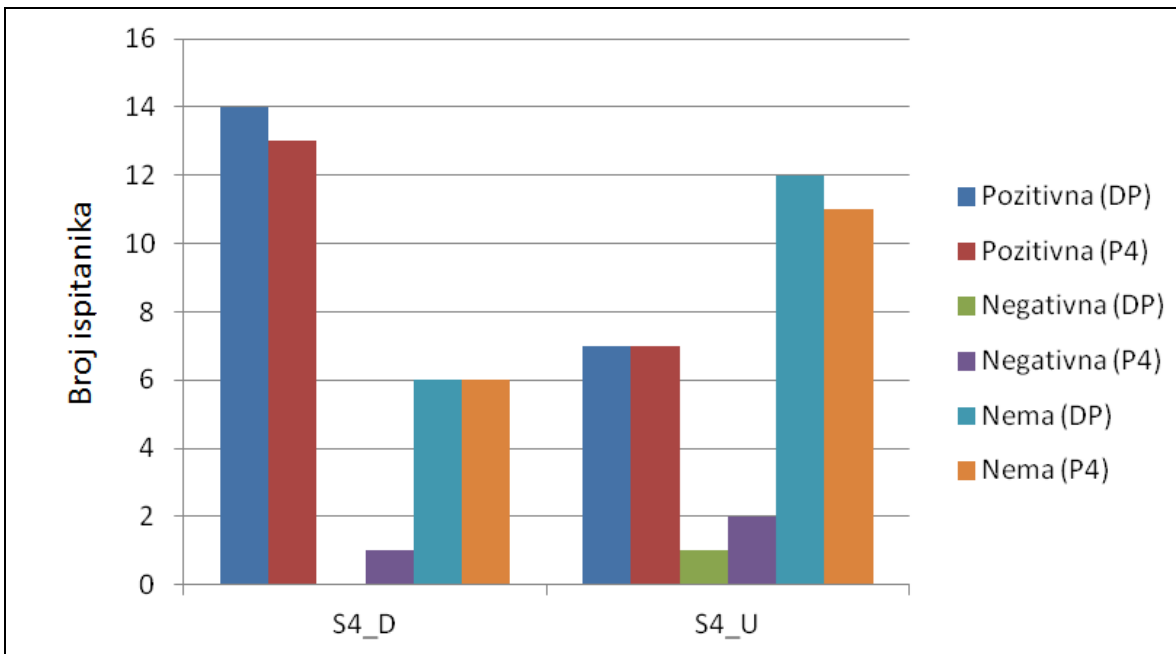
Slika 3.8 Broj ispitanika koji su primijetili određenu promjenu u drugom scenariju

U trećem scenariju (Slika 3.9) najveći broj ispitanika tijekom igranja DiRT3 unutar prve minute nije primijetilo nikakvu promjenu dok su po završetku scenarija promjenu smatrali negativnom. Jednak slučaj je i s igrom Ultra Street Fighter IV unutar prve minute. Po završetku scenarija jednak broj ispitanika je smatrao da je došlo do pogoršanja i da do promjene u kvaliteti nije bilo. Možemo zaključiti da pad vrijednosti propusnosti s 25 Mbit/s na 15 Mbit/s nema utjecaj na percepciju korisnika da je došlo do promjene u kvaliteti već on smanjivanje kvalitete videa percipira tek u drugom dijelu izvođenja testnog scenarija kad vrijednost propusnosti na posljetku pada na 5 Mbit/s.



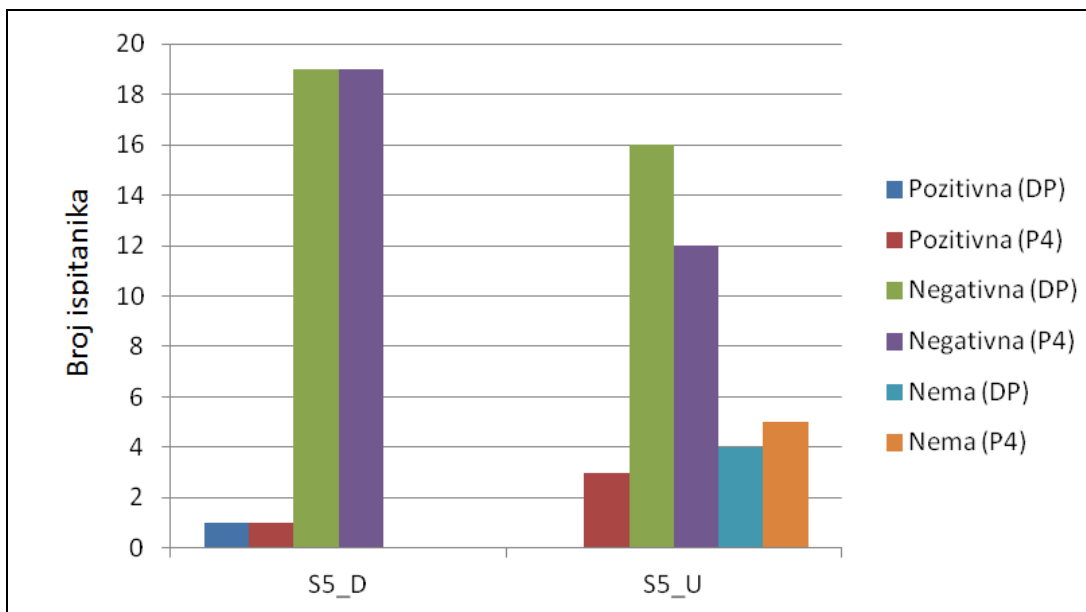
Slika 3.9 Broj ispitanika koji su primijetili određenu promjenu u trećem scenariju

U četvrtom testnom scenariju (Slika 3.10) najveći broj ispitanika tijekom igranja DiRT3 (njih četrnaesto) je već unutar prve minute uočilo poboljšanje u kvaliteti videa dok tijekom igranja Ultra Street Fighter IV najveći dio ispitanika nije primijetio promjenu, a dio njih je smatralo da je došlo do poboljšanja kvalitete. Ovime možemo potvrditi naš prethodni zaključak da promjena vrijednosti propusnosti s 5 Mbit/s na 15 Mbit/s (te u prethodnom slučaju s 15 Mbit/s na 5 Mbit/s) stvara negativne posljedice kod iskustvene kvalitete korisnika.



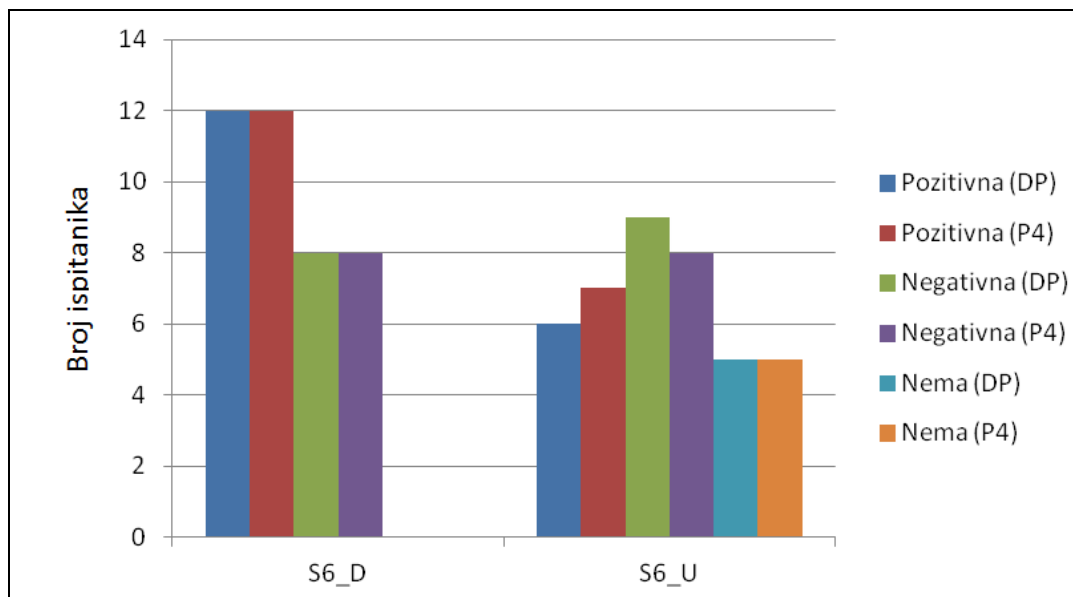
Slika 3.10 Broj ispitanika koji su primijetili određenu promjenu u četvrtom scenariju

U petom testnom scenariju (Slika 3.11) čak je devetnaestero ispitanika uočilo negativnu promjenu tijekom igranja DiRT3 unutar prve minute, a njih šesnaestero tijekom Ultra Street Fighter IV. Zaključujemo da nagli pad vrijednosti propusnosti (s 30 Mbit/s na 5 Mbit/s) ima veliki utjecaj na kvalitetu videa i možemo tvrditi da je ovakva degradacija mreže ujedno i najgori slučaj za iskustvenu kvalitetu korisnika.



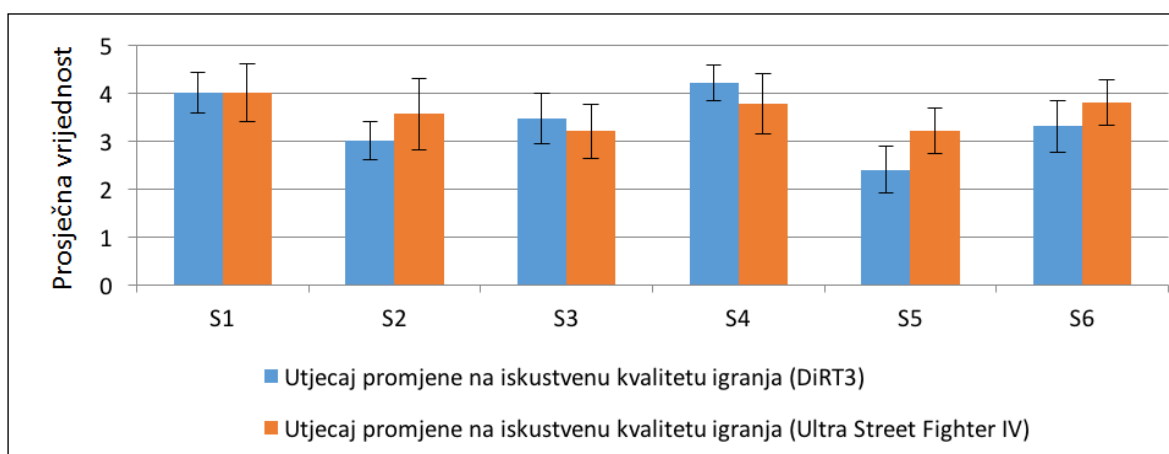
Slika 3.11 Broj ispitanika koji su primijetili određenu promjenu u petom scenariju

Rezultati šestog testnog scenarija (Slika 3.12) su izuzetno zanimljivi jer je riječ o pozitivnoj promjeni (vrijednost propusnosti naglo raste s 5 Mbit/s na 30 Mbit/s), a nezanemariv dio ispitanika je promjenu smatrao negativnom. U slučaju igranja DiRT3 dvanaestero ispitanika je promjenu smatralo pozitivnom, a čak osam negativnom dok su za slučaj igranja Ultra Street Fighter IV rezultati bili podijeljeni između poboljšanja, pogoršanja te da nije bilo promjene kvalitete videa. Možemo tvrditi da nagla porast vrijednosti propusnosti ne povlači obavezno poboljšavanje kvalitete videa te da veći broj korisnika ovakvu promjenu doživljava negativnom. Pretpostavljamo da se adaptacijski algoritam puno teže prilagođava naglim promjenama stanje mreže, te da unatoč pozitivnoj promjeni može doći do negativne iskustvene kvalitete korisnika.



Slika 3.12 Broj ispitanika koji su primijetili određenu promjenu u šestom scenariju

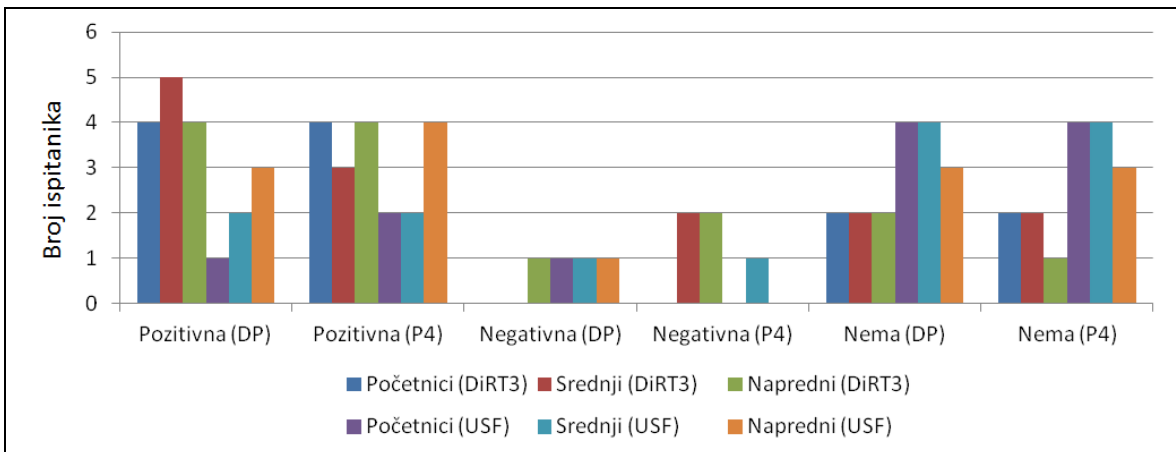
Na slici (Slika 3.13) su prikazane prosječne vrijednosti odgovora ispitanika na pitanje kako je utjecala promjena na iskustvenu kvalitetu igranja (*Utjecaj*) s 95 postotnim intervalom povjerenja. Ispitanici su kao najiritantniju promjenu doživjeli izvođenje petog testnog scenarija neovisno o tome koja se igra igrala dok su najpozitivniju promjenu za igru DiRT3 smatrali onu u četvrtom testnom scenariju, a za igru Ultra Street Fighter IV onu u prvom testnom scenariju.



Slika 3.13 Prosječne vrijednosti rezultata ispitivanja s intervalima pouzdanosti razine 95% za *Utjecaj – P4*

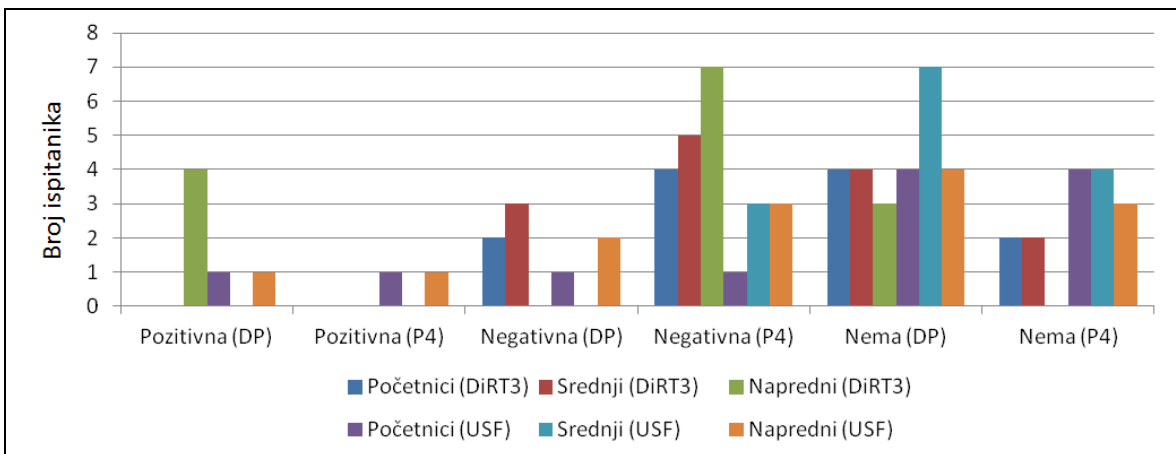
Grafovi na prikazima (Slika 3.14, Slika 3.15, Slika 3.16, Slika 3.17, Slika 3.18 i Slika 3.19) pokazuju broj ispitanika koji su primijetili određenu promjenu ovisno o njihovom igračem iskustvu. Svaka slika predstavlja jedan od scenarija. Za svaki scenarij su dane vrijednosti odgovora za obje igre. Najprije su prikazani odgovori za igru DiRT3, a nakon toga za Ultra Street Fighter IV (USF). Iz legende grafa vidi se je li riječ o početnicima, igračima sa srednjim iskustvom ili naprednim igračima.

Ako u obzir uzmemo igraće iskustvo ispitanika (Slika 3.14), u prvom testnom scenariju su neovisno o iskustvu primijetili poboljšanje tijekom igre DiRT3, ali su igrači s naprednim iskustvom vidjeli pozitivnu promjenu tijekom igranja igre Ultra Street Fighter IV dok su oni sa srednjim i početnim iskustvom smatrali da do promjene kvalitete nije došlo.



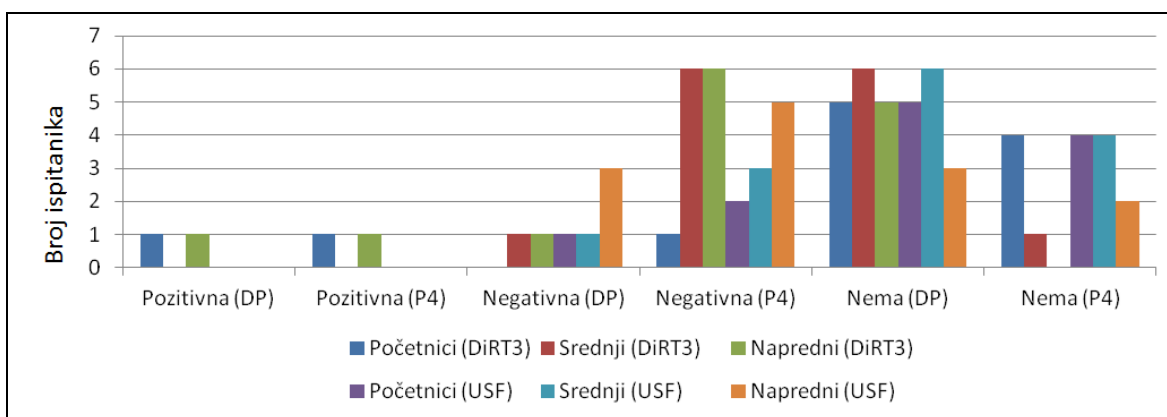
Slika 3.14 Broj ispitanika po igračem iskustvu koji su primijetili određenu promjenu u prvom scenariju

Sličan slučaj je i u drugom testnom scenariju (Slika 3.15), iako ovdje najveći broj ispitanika koji su primijetili negativnu promjenu u slučaju DiRT3 imaju napredno igračće iskustvo dok su za igru Ultra Street Fighter IV negativnu promjenu uočili dio naprednih igračća te oni sa srednjim igračćim iskustvom dok je većina ispitanika smatrala da do promjene nije došlo.



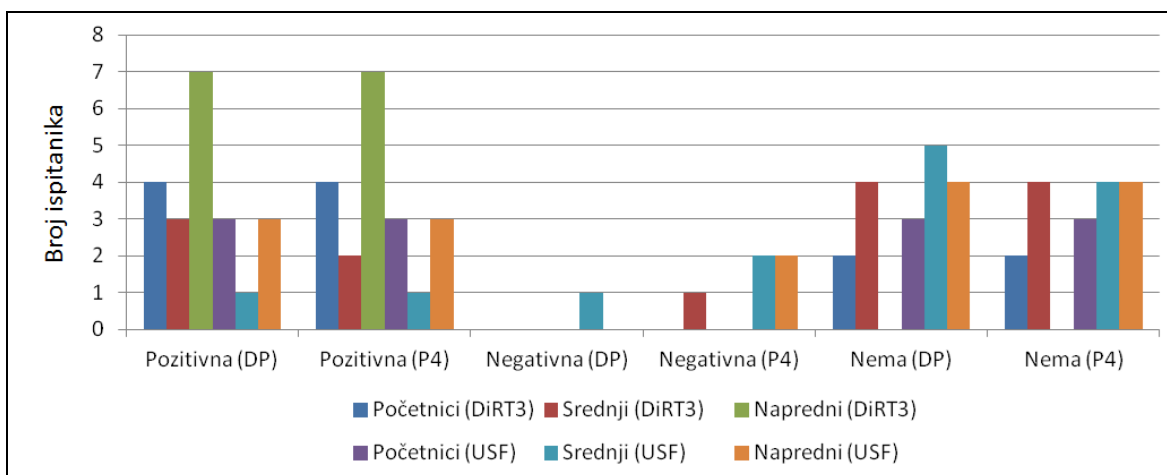
Slika 3.15 Broj ispitanika po igračem iskustvu koji su primijetili određenu promjenu u drugom scenariju

U trećem scenariju (Slika 3.16) većina naprednih igračća te dio srednjih je primijetilo pogoršanje dok je ostatak smatrao da do promjene nije došlo.



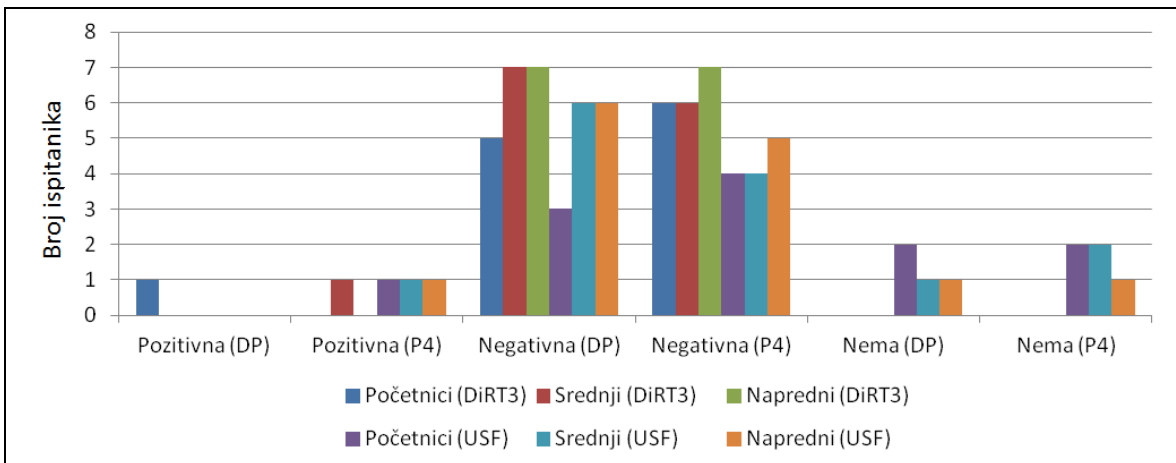
Slika 3.16 Broj ispitanika po igračem iskustvu koji su primijetili određenu promjenu u trećem scenariju

Jednak je slučaj i s četvrtim scenarijem s tim da je ovdje bila riječ o pozitivnoj promjeni (Slika 3.17).

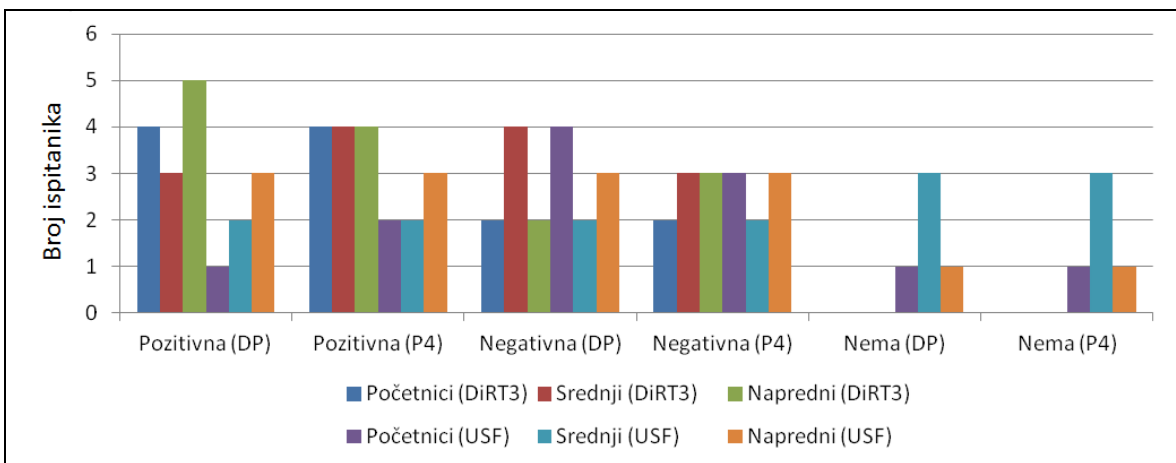


Slika 3.17 Broj ispitanika po igračem iskustvu koji su primijetili određenu promjenu u četvrtom scenariju

Peti testni scenarij (Slika 3.18) su svi ocijenili kao negativnu promjenu neovisno o igračem iskustvu. Šesti testni scenarij (Slika 3.19) je podjednako ocijenjen kao pozitivna promjena te kao negativna neovisno o igračem iskustvu ispitanika.



Slika 3.18 Broj ispitanika po igračem iskustvu koji su primijetili određenu promjenu u petom scenariju

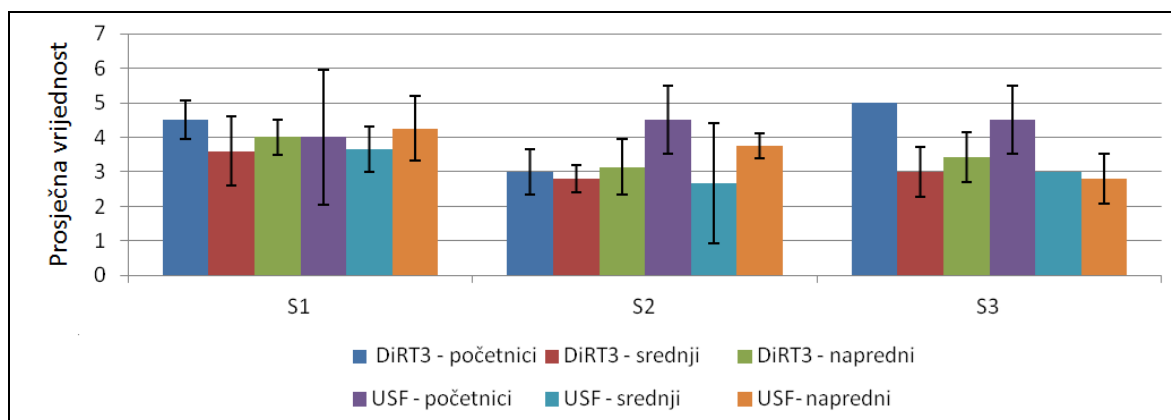


Slika 3.19 Broj ispitanika po igračem iskustvu koji su primijetili određenu promjenu u šestom scenariju

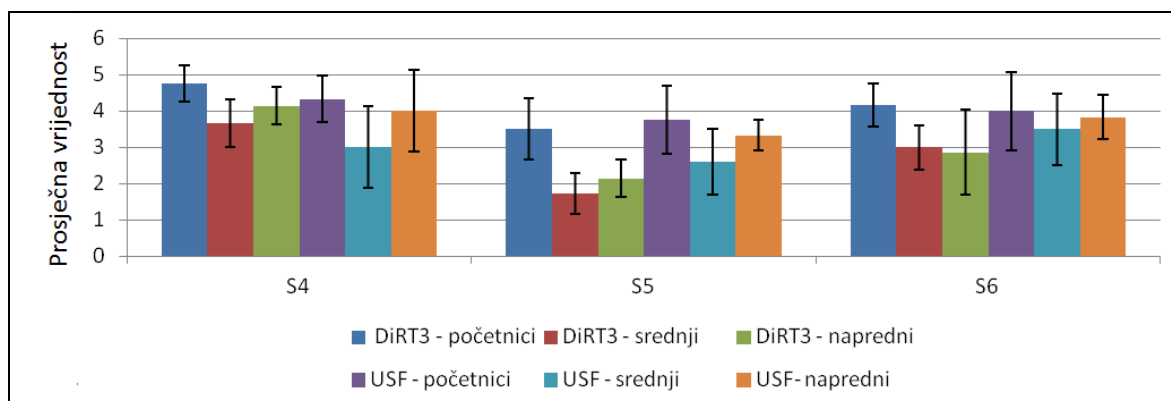
Igrači s početnim igračem iskustvom su promjene doživljavali većinom neprimjetno ili primjetno, ali ih sama promjena nije iritirala dok su promjene najviše iritirale igrače sa srednjim iskustvom, a nakon njih one s naprednim.

Slika 3.20 i Slika 3.21 prikazuju prosječne rezultate vrijednosti ispitivanja s 95 postotnim intervalima pouzdanosti za *Utjecaj – P4* (Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja?) ovisno o igračem iskustvu ispitanika. Rezultati su grupirani po scenarijima, a broj uz slovo S označava broj scenarija. Tako na

primjer S1 označava prvi scenarij. Najprije su prikazani rezultati za igru DiRT3, a zatim za Ultra Street Fighter IV. Iz legende se može vidjeti kojem igračem iskustvu pripadaju pojedini rezultati ispitivanja.



Slika 3.20 Prosječne vrijednosti rezultata ispitivanja s intervalima pouzdanosti razine 95% za *Utjecaj* u ovisnosti o igračem iskustvu (1.dio)



Slika 3.21 Prosječne vrijednosti rezultata ispitivanja s intervalima pouzdanosti razine 95% za *Utjecaj* u ovisnosti o igračem iskustvu (2.dio)

Zaključak

Upravo zbog toga što je riječ o novom konceptu, javlja se potreba za brojnim istraživanjima kako bi se poboljšala iskustvena kvaliteta korisnika pri različitim uvjetima u mreži. Vrednovanje iskustvene kvalitete je od izuzetne važnosti jer se njome dobiva povratna informacija od strane krajnjeg korisnika i time pružatelji usluge mogu osigurati zadovoljstvo korištenja njihove usluge. Trenutačno ne postoji jedinstvena metodologija za ispitivanje QoE igara zasnovanih na računalnom oblaku niti definirani postupci za provođenje ispitivanja, ali je istraživačka zajednica uvidjela potrebu za njihovim razvojem te svakodnevno raste broj novih istraživanja.

U radu je ispitano postoji li i kakav je utjecaj samog procesa primjene strategije prilagodbe na korisničko iskustvo korištenjem usluge NVIDIA GeForce NOW uz razne degradacije stanja mreže. Uslugu je ispitalo 20 korisnika. Najslabije je bio ocijenjen prikaz virtualnog svijeta – fluidnost dok je ukupna kvaliteta iskustva igranja imala podjednako dobre ocjene kao i kvaliteta grafičkog prikaza. Ispitanici su općenito primjećivali promjene stanja mreže. Igrači s početnim igračem iskustvom su promjene doživljavali većinom neprimjetno ili primjetno, ali ih sama promjena nije iritirala dok su promjene najviše iritirale igrače sa srednjim iskustvom, a nakon njih one s naprednim. Napredni igrači su uočavali i sitnije, postupne promjene, dok su početnici većinom uočavali one izraženije. Ovakvi rezultati su i u skladu s očekivanjem. Analizom rezultata možemo utvrditi da se trenutni adaptacijski algoritam relativno dobro prilagođava stanju mreže, ali da bi bilo dobro u budućnosti razmisliti o njegovoj ovisnosti o igri koju korisnik igra te usavršiti strategije prilagodbe kod naglih promjena stanja mreže.

Literatura

- [1] Ng, Brian D., and Peter Wiemer-Hastings. "Addiction to the internet and online gaming." *Cyberpsychology & behavior* 8.2 (2005): 110-113.
- [2] Yee, Nick. "Motivations for play in online games." *CyberPsychology & behavior* 9.6 (2006): 772-775.
- [3] Slivar, Ivan, Lea Skorin-Kapov, and Mirko Suznjevic. "Cloud gaming QoE models for deriving video encoding adaptation strategies." *Proceedings of the 7th International Conference on Multimedia Systems*. ACM, 2016.
- [4] Slivar, Ivan, Lea Skorin-Kapov, and Mirko Suznjevic. "Analysis and QoE Evaluation of Cloud Gaming Service Adaptation Under Different Network Conditions: the Case of NVIDIA GeForce NOW." 2016.
- [5] Shea, Ryan, et al. "Cloud gaming: architecture and performance." *Network, IEEE* 27.4 2013: 16-21.
- [6] Cai, Wei, et al. "The Future of Cloud Gaming [Point of View]." *Proceedings of the IEEE* 104.4 (2016): 687-691.
- [7] Hong, Hua-Jun, et al. "Enabling adaptive cloud gaming in an open-source cloud gaming platform." *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on* 25.12 (2015): 2078-2091.
- [8] Brunnström, Kjell, et al. "Qualinet white paper on definitions of quality of experience." 2013.
- [9] Slivar, Ivan. "Iskustvena kvaliteta mrežnih igara.", 2014.
- [10] Jarschel, Michael, et al. "Gaming in the clouds: QoE and the users' perspective." *Mathematical and Computer Modelling* 57.11 (2013): 2883-2894.
- [11] Compare streaming platforms, zadnji pristup: 26.5.2016.
<https://shield.nvidia.com/geforce-now-vs-playstation-now-vs-gamefly>
- [12] NVIDIA SHIELD with Controller, zadnji pristup: 26.5.2016.
<http://nvidianews.nvidia.com/multimedia>
- [13] DiRT3, zadnji pristup: 26.5.2016.
http://www.codemasters.com/game/dirt_3/
- [14] DiRT3 Complete Edition, zadnji pristup: 26.5.2016.
http://store.steampowered.com/app/321040/?snr=1_5_9_412
- [15] OVERVIEW, zadnji pristup: 26.5.2016.
<http://games.streetfighter.com/us/usfiv/>
- [16] Ultra Street Fighter IV, zadnji pristup: 26.5.2016.
<http://store.steampowered.com/app/45760/>

- [17] Suznjevic, Mirko, Ognjen Dobrijevic, and Maja Matijasevic. "MMORPG player actions: Network performance, session patterns and latency requirements analysis." *Multimedia Tools and Applications* 45.1-3 (2009): 191-214.
- [18] Claypool, Mark, and Kajal Claypool. "Perspectives, frame rates and resolutions: it's all in the game." *Proceedings of the 4th International Conference on Foundations of Digital Games*. ACM, 2009.
- [19] Integrated Multiprotocol Network Emulator/Simulator, zadnji pristup: 27.5.2016.
<http://imunes.net/>
- [20] ETSI - TR 102 643, "Human Factors (HF);Quality of Experience (QoE) requirements for real-time communication services," 2010.

Sažetak

Igre zasnovane na računalnom oblaku (engl. *cloud gaming*) pripadaju usluzi mrežnog igranja koja omogućuje strujanje sadržaja igre od poslužitelja do klijenta u obliku video sadržaja, dok se kontrole za igranje šalju u suprotnom smjeru. Zbog zahtjeva za visokom propusnošću i niskim odzivom, ključni izazov s kojima se susreću pružatelji usluge leži u konfiguriranju parametara video kodiranja s ciljem da se maksimizira iskustvena kvaliteta korisnika.

Cilj ovog rada je proučiti utjecaj strategija prilagodbe usluge NVIDIA GeForce Now na iskustvenu kvalitetu krajnjeg korisnika pri različitim mrežnim uvjetima. Testiranjem su prikupljeni rezultati od 20 ispitanika koji su koristili uslugu NVIDIA GeForce NOW u 6 različitim testnih scenarija ovisnih o emulaciji parametra propusnosti mreže. Testovi su provedeni u laboratorijskom okruženju, a rezultati testiranja su analizirani i raspravljeni. Rezultati su pokazali da se trenutni adaptacijski algoritam relativno dobro prilagođava stanju mreže, ali u budućnosti bi se dodatni naglasak trebao staviti na vrstu igre koju korisnik igra te usavršiti strategije prilagodbe adaptacijskog algoritma kod naglih promjena stanja mreže.

Ključne riječi: igre zasnovane na računalnom oblaku, NVIDIA GeForce NOW, propusnost, iskustvena kvaliteta, QoE

Summary

Cloud gaming is a network service that streams the game content from the server to the client in the form of a video, while the controls for playing are sent in the opposite direction. Due to the demands for high throughput and low latency, a key challenge faced by service providers lies in configuring the parameters of video coding in order to maximize the quality of experience of the user.

The aim of the thesis is to study the impact of the NVIDIA GeForce Now service adaptation strategy on end-user Quality of Experience under variable network conditions. Testing results were collected from 20 participants who have used the service NVIDIA GeForce NOW in six test scenarios differing in terms of emulated network bandwidth. Tests were conducted in a laboratory environment, and the results are analyzed and discussed. Results show that the current adaptation strategy is relatively well – adjusted to the network conditions, but in the future it is necessary to put an additional emphasis on the kind of games that user plays and improve adaptation strategies to the sudden changes in network status.

Keywords: cloud gaming, NVIDIA GeForce NOW, bandwidth, quality of experience,

QoE

Privitak

Upitnik korišten u testiranju

OBRAZAC

ZA OCJENJIVANJE ZADOVOLJSTVA KORISNIKA

Odgovori i podaci prikupljeni ovim upitnikom će se koristiti isključivo za potrebe znanstvenog istraživanja, te se neće koristiti za druge svrhe. Vaši osobni podaci će ostati anonimni, te se neće nigdje prikazivati niti objavljivati.

Svojim potpisom potvrđujem da se slažem sa svim ovdje navedenim. _____

- 1) Dob: _____
- 2) Spol: M/Ž
- 3) Igraće iskustvo: (POČETNO/SREDNJE/NAPREDNO)
- 4) Prijašnje iskustvo s igranjem u oblaku: DA/NE

OCJENJIVANJE POKUSA (IGRA _____)

Pokus 1: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? Da, poboljšanje Da, pogoršanje Ne

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 2: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 3: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 4: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<i>fluidity</i>)	
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 5: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 6: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OCJENJIVANJE POKUSA (IGRA)

Pokus 1: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 2: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 3: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 4: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<i>fluidity)</i>	
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 5: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno, "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno, "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pokus 6: Unesite broj konfiguracije: _____

Odgovorite na sljedeća pitanja vezana uz navedeni pokus. "5" označava odličan, "4" dobar, "3" prihvatljiv, "2" loš i "1" vrlo loš.

	1	2	3	4	5
1. Ocijenite ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovom pokusu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Ocijenite koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan (engl. <i>fluidity</i>)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3. Ocijenite kvalitetu grafičkog prikaza.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Jeste li primijetili promjenu kvalitete videa tijekom igranja? **Da**, poboljšanje **Da**, pogoršanje **Ne**

Ukoliko jeste, kako je promjena utjecala na vašu iskustvenu kvalitetu igranja? "5" označava neprimjetno , "4" primjetno, ali nije iritantno, "3" pomalo iritantno , "2" iritantno i "1" jako iritantno.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>