

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 4622

**STRATEGIJE PRILAGODBE
PARAMETARA VIDEO KODIRANJA
USLUGE IGRANJA U POKRETU
ZASNOVANOG NA RAČUNALNOM
OBLAKU USMJERENE POBOLJŠAVANJU
ISKUSTVENE KVALITETE**

Mihael Šolčić

Zagreb, lipanj 2016.

Zagreb, 17. ožujka 2016.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4622

Pristupnik: **Mihael Šolčić (0036469199)**
Studij: Računarstvo
Modul: Telekomunikacije i informatika

Zadatak: **Strategije prilagodbe parametara video kodiranja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku usmjerene poboljšavanju iskustvene kvalitete**

Opis zadatka:

Igranje u pokretu zasnovano na računalnom oblaku (engl. mobile cloud gaming, MCG) je usluga mrežnog igranja koja omogućuje strujanje sadržaja igre od poslužitelja do pokretnog uređaja u obliku video sadržaja, dok se kontrole za igranje šalju u suprotnom smjeru. Zbog zahtjeva za visokom propusnošću, niskim odzivom i smanjenjem potrošnje baterije uređaja, ključni izazov s kojim se susreću pružatelji usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku leži u konfiguriranju parametara video kodiranja s ciljem da se maksimizira iskustvena kvaliteta (engl. Quality of Experience - QoE) korisnika uz zadovoljavanje ograničenja dostupnosti resursa mreže i korisničkog uređaja.

Vaš zadatak je osmisлити metodologiju testiranja iskustvene kvalitete tijekom korištenja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku. Potrebno je provesti korisnička testiranja kako bi ispitali utjecaj degradacija u mreži (gubitak paketa, mrežno kašnjenje, ograničena propusnost i sl.) na iskustvenu kvalitetu korisnika tijekom korištenja usluge MCG na pokretnom uređaju. Analizom rezultata dobivenih testiranjem potrebno je predložiti strategije prilagodbe usluge na degradacije u mreži kako bi se maksimizirala iskustvena kvaliteta korisnika uz minimalnu potrošnju baterije pokretnog uređaja.

Svu potrebnu literaturu i uvjete za rad osigurat će Vam Zavod za telekomunikacije.

Zadatak uručen pristupniku: 18. ožujka 2016.

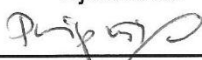
Rok za predaju rada: 17. lipnja 2016.

Mentor:



Doc. dr. sc. Lea Skorin-Kapov

Djelovođa:



Doc. dr. sc. Krešimir Pripužić

Predsjednik odbora za
završni rad modula:



Prof. dr. sc. Gordan Ježić

Sadržaj

Uvod	1
1. Igranje zasnovano na računalnom oblaku	3
1.1. Igranje u pokretu zasnovano na računalnom oblaku.....	3
1.2. GamingAnywhere	3
1.2.1. GamingAnywhere za operacijski sustav Android.....	4
2. Iskustvena kvaliteta	6
2.1. Iskustvena kvaliteta igranja zasnovanog na računalnom oblaku	7
3. Ispitivanje iskustvene kvalitete tijekom korištenja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku.....	8
3.1. Testna okolina.....	8
3.2. Metodologija ispitivanja	10
3.2.1. Parametri video kodiranja	11
3.3. Korisnička testiranja	12
4. Analiza rezultata	14
4.1. Rezultati upitnika i rasprava	14
4.2. Potrošnja baterije pokretnog uređaja	20
4.2.1. Mjerenje potrošnje baterije pokretnog uređaja.....	20
4.2.2. Dodatni testovi potrošnje baterije	21
4.3. Strategije prilagodbe parametara video kodiranja	22
Zaključak	24
Literatura	25
Sažetak.....	27
Summary.....	28
Privitak	29

Uvod

Globalno tržište igara iz godine u godinu raste za nekoliko milijardi dolara [1]. Prema podacima [1] za 2015. godinu, tržište igara je doseglo 91.8 milijardi dolara, a 2016. godine će dosegnuti gotovo 100 milijardi dolara od čega 37% čine mobilne igre. Igre svakim danom postaju sve popularnije, a samim time raste i broj korisnika. Razvoj tehnologije omogućio je značajan napredak u izradi igara koje postaju sve realističnije i iz godine u godinu zahtijevaju snažne i skupe računalne konfiguracije kako bi se mogle igrati na najjačim postavkama. Internetska usluga igranja u oblaku (engl. cloud gaming) čini igre pristupačnijima no potrebno je osigurati kvalitetan prijenos podataka.

Igranje u pokretu zasnovano na računalnom oblaku (engl. mobile cloud gaming, MCG) je usluga mrežnog igranja koja omogućuje strujanje sadržaja igre od poslužitelja do pokretnog uređaja u obliku video sadržaja, dok se kontrole za igranje šalju u suprotnom smjeru. Zbog zahtjeva za visokom propusnošću, niskim odzivom i smanjenjem potrošnje baterije uređaja, ključni izazov s kojim se susreću pružatelji usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku leži u konfiguriranju parametara video kodiranja s ciljem maksimiziranja iskustvene kvalitete (engl. Quality of Experience - QoE) korisnika uz zadovoljavanje ograničenja dostupnosti resursa mreže i korisničkog uređaja.

Cilj ovog rada je osmisliti metodologiju testiranja iskustvene kvalitete tijekom korištenja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku. Potrebno je provesti korisnička testiranja kako bi se ispitao utjecaj degradacija u mreži (gubitak paketa, mrežno kašnjenje, ograničena propusnost i sl.) na iskustvenu kvalitetu korisnika tijekom korištenja usluge MCG na pokretnom uređaju. Analizom rezultata dobivenih testiranjem bit će predložene strategije prilagodbe usluge na degradacije u mreži kako bi se maksimizirala iskustvena kvaliteta korisnika uz minimalnu potrošnju baterije pokretnog uređaja.

Ovaj rad sastoji se od 4 poglavlja. U prvom poglavlju opisana je usluga igranja u oblaku te platforma za pružanje te usluge koja će se koristiti u testiranjima. Drugo poglavlje objašnjava pojam iskustvene kvalitete gdje je fokus stavljen na iskustvenu kvalitetu igara u oblaku. U trećem poglavlju opisan je način ispitivanja iskustvene kvalitete tijekom korištenja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku. Objašnjeno je na koji način je

uspostavljena testna okolina te kakva je metodologija ispitivanja. Dan je i opis korisničkih testiranja. U četvrtom poglavlju prikazani su i analizirani rezultati testiranja koji su potom raspravljani. Zatim je ispitana potrošnja baterije pokretnog uređaja tijekom korištenja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku. Na temelju svih provedenih testova, predložene su strategije prilagodbe parametara video kodiranja za maksimiziranje iskustvene kvalitete. Nakon navedenih poglavlja slijedi zaključak, popis literature te sažetak s ključnim riječima na hrvatskom i engleskom jeziku. Na kraju rada nalazi se privitak odnosno obrazac za ocjenjivanje zadovoljstva korisnika koji je korišten u korisničkim testiranjima.

1. Igranje zasnovano na računalnom oblaku

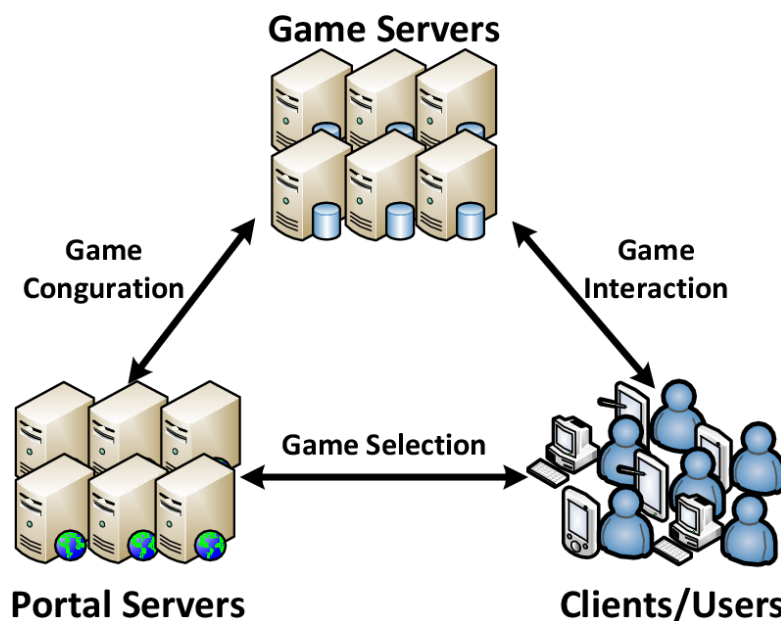
Igranje zasnovano na računalnom oblaku (engl. cloud gaming) nova je vrsta internetske usluge koja je nastala kao spoj računarstva u oblaku (engl. cloud computing) te igara. Ona omogućuje korisnicima udaljeno igranje, neovisno o vrsti uređaja preko kojih korisnik pristupa usluzi. Do njezinog razvoja dolazi zahvaljući širenju mogućnosti i kapaciteta računarstva u oblaku. Kompletna logika igre nalazi se u oblaku gdje poslužitelji obrađuju i iscertavaju virtualne scene koje se zatim u obliku video zapisa dostavljaju krajnjem korisniku. Tzv. „tanki klijenti“ na korisničkim uređajima dekodiraju i prikazuju primljeni video zapis te primaju i šalju korisničke naredbe nazad u oblak na ponovnu obradu.

1.1. Igranje u pokretu zasnovano na računalnom oblaku

Igranje u pokretu zasnovano na računalnom oblaku omogućuje igračima igranje igara na pokretnim uređajima slabijih hardverskih specifikacija. Nije potrebno imati snažan pokretni uređaj budući da se igra vrti na poslužitelju, a na pokretni uređaj strujanjem dolazi video sadržaj dok se kontrole za igranje šalju u suprotnom smjeru. Prema provedenom istraživanju [2] grafički prikaz igre na pokretnom uređaju može čak doprinjeti većem zadovoljstvu korisnika nego na stolnom računalu.

1.2. GamingAnywhere

Gaming Anywhere [3] je platforma za pružanje cloud gaming usluga. Za nju su zaslužni Chun-Ying Huang, Cheng-Hsin Hsu, Yu-Chun Chang i Kuan-Ta Chen. Riječ je o platformi otvorenog koda što joj daje veliku prednost jer omogućuje svojim korisnicima da ju prilagode po svojim željama i potrebama. Korisnik se prijavljuje na sustav preko Portal Servera koji sadrži listu dostupnih igara. Zatim korisnik odabire željenu igru i šalje zahtjev za njeno igranje. Portal Server potom traži slobodan Game Server i šalje odabranu igru na njega, i zatim korisniku vraća Game Server URL. Korisnik se zatim spaja na Game Server i počinje se igrati. Ideja otvorenosti GamingAnywhere-a jest da privuče pažnju kod kritičke mase na način da omogući njenim pripadnicima daljnje istraživanje, razvoj te testiranje cloud gaming usluga. Princip odvijanja usluge koristeći platformu GamingAnywhere prikazan je na slici 1.1.



Slika 1.1 - Razmještaj GamingAnywhere komponenti, slika preuzeta iz [2]

1.2.1. GamingAnywhere za operacijski sustav Android

Za igranje igrica na pokretnom uređaju zasnovanih na računalnom oblaku potrebna je platforma za pružanje cloud gaming usluga. GamingAnywhere platforma bila je logičan izbor za testiranja u ovom radu budući da se radi o platformi otvorenog koda koja je pogodna za istraživanje i testiranje cloud gaming usluga, a ujedno je i dostupna za operacijski sustav Android. Zadnja trenutno dostupna verzija klijentske aplikacije je GAClient-v22-20150228.apk [3] koja je i instalirana na oba tableta koja su korištena u testiranjima. Nakon instalacije, potrebno je unutar aplikacije kreirati profil te unijeti IP-adresu domaćina (engl. host). Prije spajanja na GamingAnywhere poslužitelj potrebno je odabrati tip kontrolera za igranje. Na raspolaganju je devet različitih kontrolera. Za igranje igre GRID 2 odabran je PSP (Emulated PSP controller) što je prikazano na slici 1.2 Za igranje igre Poker Night 2 odabran je Empty kontroler koji predstavlja lijevi klik miša na računalu što je prikazano na slici 1.3.



Slika 1.2 - Prikaz izgleda PSP kontrolera za vrijeme igranje igre GRID 2



Slika 1.3 - Prikaz izgleda Empty kontrolera za vrijeme igranja igre GRID 2

2. Iskustvena kvaliteta

Iskustvena kvaliteta (engl. Quality of Experience, skraćeno QoE) je mjera korisnikovih iskustava s nekom uslugom. Iskustvena kvaliteta fokusira se na cjelokupno iskustvo usluge. Polje iskustvene kvalitete je multidisciplinarno polje koje se bazira na socijalnoj psihologiji, kognitivnoj znanosti, ekonomiji te inženjerstvu. Iskustvena kvaliteta pokazatelj je čovjekovih očekivanja, osjećaja, percepcija, kognicije i zadovoljstva nekim proizvodom, uslugom ili aplikacijom [4].

U kontekstu telekomunikacijskih mreža iskustvenu kvalitetu definiramo kao stupanj zadovoljstva ili iritiranosti korisnika nekom aplikacijom ili uslugom kao rezultat ispunjenja njegovih ili njezinih očekivanja [5].

Iako je iskustvena kvaliteta bliska kvaliteti usluge (engl. Quality of Service, skraćeno QoS), radi se o dvije različite vrste mjere. Kvaliteta usluge koristi objektivnije metode za procjenu parametara usluge te najčešće nije ni povezana s iskustvima krajnjeg korisnika, nego sa samim medijem ili mrežom, dok se kod iskustvene kvalitete radi o subjektivnoj mjeri cjelokupne usluge iz perspektive korisnika.

Kako bi se stvorila što realnija slika o korisnikovom iskustvu potrebno je uzeti u obzir sve faktore koji pridonose korisnikovoj percepciji sveukupne kvalitete, što uključuje sistemske, ljudske i kontekstualne faktore [6][7]. Ti faktori uključuju korisnikov uređaj, okoliš u kojem je testirao uslugu, korisnikova očekivanja te svojstva i važnost sadržaja koji je testiran.

2.1. Iskustvena kvaliteta igranja zasnovanog na računalnom oblaku

Tijekom proteklih godina provedena su mnoga znanstvena istraživanja o iskustvenoj kvaliteti igranja zasnovanog na računalnom oblaku. Budući da se u ovom istraživanju koristi platforma GamingAnywhere, u nastavku će biti kratak osvrt na već provedena ispitivanja iskustvene kvalitete vezana uz tu platformu.

U istraživanju [2] fokus je bio na usporedbi iskustvene kvalitete igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku s kvalitetom igranja zasnovanog na računalnom oblaku. Jedan GamingAnywhere klijent je predstavljalo stolno računalo s operacijskim sustavom Windows 7, a drugi klijent je bio pokretni uređaj Samsung Galaxy Nexus. Manipuliralo se parametrima video kodiranja kao što su: rezolucija, brzina video kodiranja (engl. bitrate), brzina osvježavanja okvira (engl. frame rate) i kašnjenje, a ispitivala se kvaliteta grafičkog prikaza, glatkoća izvođenja igre i kvaliteta kontrola za igranje.

Rezultati testiranja su pokazali da su igrači više zadovoljni kvalitetom grafičkog prikaza na pokretnom uređaju što je pomalo iznenađujuće. Navedena su dva moguća objašnjenja tog rezultata. Prvi je da ispitanici nisu imali velika očekivanja za kvalitetu grafičkog prikaza na pokretnom računalu, a drugi da je veličina ekrana pokretnog uređaja premala da bi se uočile nesavršenosti grafičkog prikaza. Glatkoća izvođenja igre bila je približno ista dok su igrači bili više zadovoljni kontrolama za igranje na stolnom računalu.

U istraživanju se također ispitivao utjecaj parametara video kodiranja na iskustvenu kvalitetu korisnika. Pokazalo se da rezolucija ima vrlo malen utjecaj na kvalitetu grafičkog prikaza. Također, ispostavilo se da je brzina video kodiranja najvažniji parametar koji utječe na kvalitetu grafičkog prikaza. Ako je brzina video kodiranja preniska, ispuštaju se podaci i narušava se kvaliteta grafičkog prikaza. Manja brzina osvježavanja okvira također negativno utječe na kvalitetu grafičkog prikaza, ali mnogo manje nego brzina video kodiranja.

3. Ispitivanje iskustvene kvalitete tijekom korištenja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku

3.1. Testna okolina

Testna okolina sastoji se od dva računala na kojima su postavljeni GamingAnywhere poslužitelji te dva pokretna uređaja (tableta) na kojima su postavljeni GamingAnywhere klijenti. Oba računala se nalaze u istoj lokalnoj mreži. Pokretni uređaji spajaju se na poslužitelje preko bežične mreže pri čemu je korišten usmjeritelj TP-Link Archer C5 AC1200. U postavkama usmjeritelja određeno je da se koristi IEEE 802.11ac standard prilikom korištenja bežične mreže kako bi se osiguralo paralelno korištenje pokretnih uređaja s brzinama prijenosa podataka od 10 Mb/s. Jedno računalo koristi operacijski sustav Windows 8 i na njemu je pokrenuta igra GRID 2. Drugo računalo koristi operacijski sustav Windows 10 i na njemu je pokrenuta igra Poker Night 2. Obje igre se pokreću pomoću platforme Steam. Oba računala imaju Intel Core i7-4790 procesor (8 MB cache, 3.6 GHz) i 8 GB DDR3 radne memorije. Također, oba računala posjeduju NVIDIA Geforce GTX 970 grafičku karticu s 4 GB DDR5 radne memorije koja je trenutno jedna od najjačih grafičkih kartica na tržištu. U testiranju su korištena dva identična tableta Samsung Galaxy Tab S (1.9 GHz četvero-jezgreni procesor, 3 GB radne memorije, Super AMOLED 10.5 inčni ekran s rezolucijom od 2500x1600 piksela) s operacijskim sustavom Android verzije 5.0.2. Testna okolina prikazana je na slici 3.1.

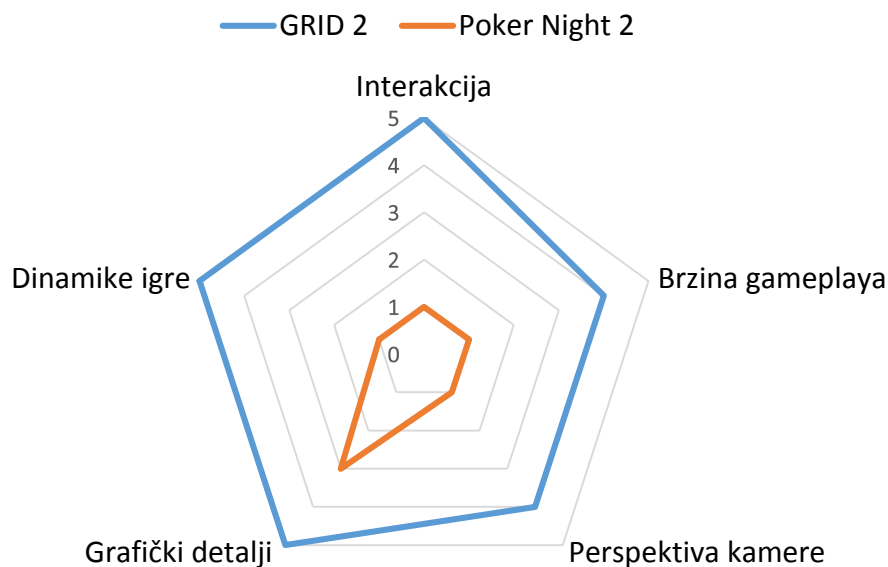


- > video strujanje (poslužitelj → klijent)
- - - - -> kontrole za igranje (klijent → poslužitelj)

Slika 3.1 - Testna okolina

3.2. Metodologija ispitivanja

Za ispitivanje iskustvene kvalitete bilo je potrebno odabrati dvije igre različitog žanra i različitih karakteristika. Igre trebaju biti igrive na tabletu kako ne bi došlo do frustracija ispitanika što može loše utjecati na iskustvenu kvalitetu. Igre se trebaju moći brzo pokrenuti kako bi se smanjilo vrijeme čekanja ispitanika i ubrao sam proces testiranja. Svaka od igara treba imati dio koji će se igrati u testiranju, a da svaki ispitanik ima jednake uvjete. Potrebno je odabrati igre za koje nije potrebna velika vještina i koje imaju mali broj intuitivnih kontrola kako bi se ispitanici brzo mogli prilagoditi i usvojiti kontrole. Vrlo važan uvjet koji igre moraju zadovoljiti je mogućnost pokretanja u načinu s prozorom budući da GamingAnywhere ne funkcionira u načinu prikaza punog ekrana. Posljednji uvjet, ali ne i manje bitan, je da igre budu zabavne ispitanicima kako ne bi bezvoljno ocjenjivali stupanj zadovoljstva što može dovesti do nerealnih konačnih rezultata. Uzevši u obzir sve prethodno navedene uvjete, za ispitivanje iskustvene kvalitete odabrane su igre GRID 2 i Poker Night 2. Obje igre izašle su na tržište 2013. godine. GRID 2 je trkaća simulacija koja predstavlja dinamičku igru s mnogo interakcije, a Poker Night 2 je relativno spora kartaška igra s malo interakcije. Različitosti u ovim igrama grafički su prikazane na slici 3.2.



Slika 3.2 - Usporedba karakteristika igara GRID 2 i Poker Night 2

Kako bi se što jasnije prikazala različitost u igrama, odabrane su sljedeće karakteristike: interakcija, brzina gameplaya, perspektiva kamere, grafički detalji i dinamika igre. Svaka od ovih karakteristika podijeljena je na pet kategorija. Interakcija se odnosi na prosječne akcije po minuti (engl. *actions per minute*, APM) prema sljedećim kategorijama: manje od 10 APM, između 10 i 20 APM, između 20 i 30 APM, između 30 i 40 APM, i više od 50 APM. Prema tome, GRID 2 je smješten u kategoriju 5, a Poker Night 2 u kategoriju 1. Brzina gameplaya je određena na temelju količine događaja u igri koji zahtijevaju reakciju igrača. GRID 2 je stoga smješten u kategoriju 5 budući da u istoj sekundi može utrkivati velik broj automobila, a Poker Night 2 je smješten u kategoriju 1 zato što je brzina igranja jako mala (igrači obično moraju reagirati na jedan ili dva događaja u minuti). Prema količini igranja i brzini interakcije, ove dvije igre predstavljaju dvije krajnosti te su stoga izabrane za ispitivanje u ovom radu.

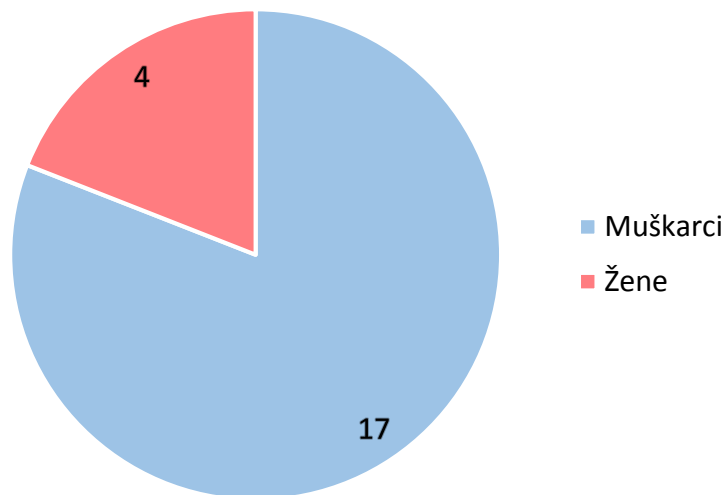
3.2.1. Parametri video kodiranja

Fokus u ovom radu nije stavljen na analizu utjecaja mrežnih parametara na igranje u oblaku već na istraživanje kako parametri video kodiranja utječu na iskustvenu kvalitetu. Naime, zbog zahtjeva za visokom propusnošću, niskim odzivom i smanjenjem potrošnje baterije uređaja, ključni izazov s kojim se susreću pružatelji usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku leži u konfiguriranju parametara video kodiranja s ciljem da se maksimizira iskustvena kvaliteta korisnika uz zadovoljavanje ograničenja dostupnosti resursa mreže i korisničkog uređaja. Stoga se u testiranju manipuliralo s dva bitna parametra video kodiranja, a to su brzina video kodiranja i brzina osvježavanja okvira izražena brojem okvira po sekundi (engl. *frames per second*, skraćeno *fps*). Mijenjanjem tih parametara mijenja se i kvaliteta grafičkog prikaza te fluidnost virtualnog svijeta. Potrebno je provjeriti kako, na koji način i u kojoj mjeri ovi parametri utječu na iskustvenu kvalitetu korisnika ovisno o žanru igre. Svrha tog istraživanja je da se na temelju rezultata ispitivanja predlože strategije prilagodbe usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku uz održavanje visoke iskustvene kvalitete i smanjene potrošnje baterije. Odlučeno je da će se brzina osvježavanja okvira ispitivati kroz 3 razine: 60 fps, 30 fps i 15 fps. Brzina video kodiranja će se također ispitivati kroz 3 razine: 10 Mbps, 5 Mbps i 3 Mbps. Kombiniranjem ovih parametara dolazi se do 9 različitih testnih scenarija za svaku igru. Manipulacija ovih

parametara odvija se preko konfiguracijskih datoteka na strani GamingAnywhere poslužitelja.

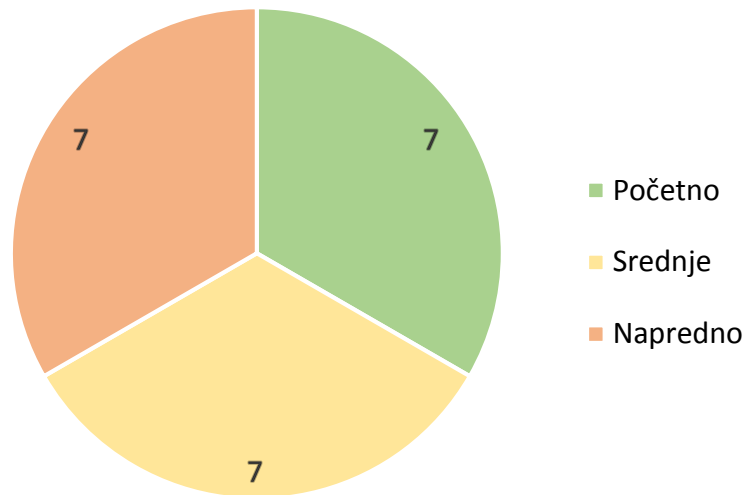
3.3. Korisnička testiranja

Sudionici u ispitivanju iskustvene kvalitete bili su studenti Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu gdje je i provedeno testiranje. Ukupno je testiranju pristupila 21 osoba od kojih je 17 muškaraca i 4 žene u dobi od 21 do 26 godina (prosjeak godina svih sudionika je 23). Raspodjela sudionika u ispitivanju prema spolu grafički je prikazana na slici 3.3.



Slika 3.3 - Raspodjela sudionika u ispitivanju prema spolu

Ispitivanje iskustvene kvalitete je provedeno na način da sudionici igraju igre u laboratorijskom okruženju kao što je prikazano na slici 3.1. Nakon dolaska u testnu okolinu, sudionici su bili upoznati s konceptom igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku. Nakon toga upoznati su s obrascem za ocjenjivanje zadovoljstva korisnika kojeg su trebali popuniti. Sudionici su bili pitani za dob, spol, igraće iskustvo (početno/srednje/napredno) te za prijašnje iskustvo s igranjem u oblaku. Prema ispunjenim obrascima, testiranju je pristupilo po 7 osoba s početnim, 7 osoba sa srednjim i 7 osoba s naprednim igraćim iskustvom što je grafički prikazano na slici 3.4.



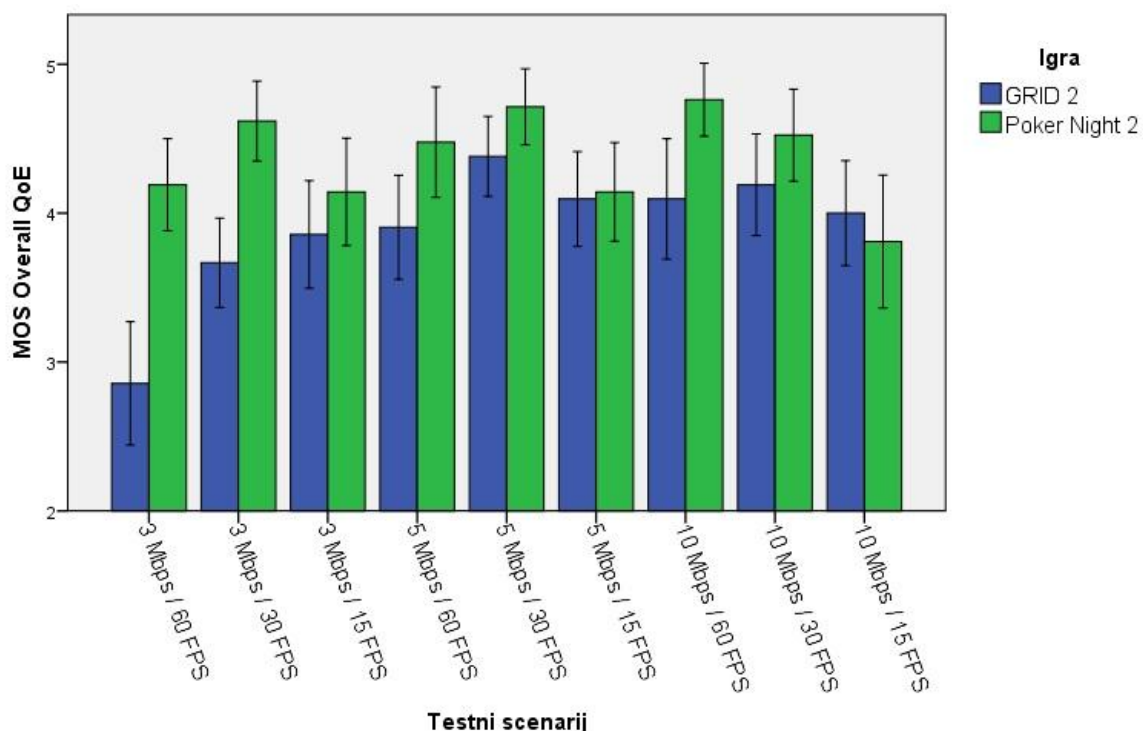
Slika 3.4 - Broj sudionika u testiranju prema igračem iskustvu

Prije početka igranja igre, sudionici su bili upoznati s kontrolama za igranje. Prvih devet testnih scenarija uključuje igranje igre GRID 2 gdje se za svaki scenarij vozi jedan krug na istoj trkaćoj stazi istim automobilom. Drugih devet testnih scenarija uključuje igranje igre Poker Night 2 gdje jedan testni scenarij uključuje dva dijeljenja karata u pokeru. Testni scenariji su svakom sudioniku bili pokrenuti nasumičnim odabirom. Nakon završetka svakog testnog scenarija, ispitanici su ocjenjivali ukupnu kvalitetu iskustva igranja u pokusu, koliko je prikaz virtualnog svijeta fluidan/tečan te kvalitetu grafičkog prikaza na 5-stupanjskoj ACR skali. Dodatno, sudionici su odgovarali na pitanje bi li nastavili igrati igru pod danim uvjetima (da/ne). Kada je jedan sudionik igrao GRID 2, drugi je za to vrijeme igrao Poker Night 2 nakon čega su zamjenili uloge. Dok su sudionici ispunjavali obrazac za određeni testni scenarij, na polužiteljskom računalu su promijenjeni parametri video kodiranja pokretanjem naredbe iz komandne linije koja pokreće strujanje video sadržaja na pokretni uređaj. Teestiranje je trajalo oko sat vremena.

4. Analiza rezultata

4.1. Rezultati upitnika i rasprava

Svi rezultati su grafički prikazani nakon detaljne analize upitnika za ocjenjivanje zadovoljstva korisnika kojeg je dobrovoljno ispunio 21 ispitanik.



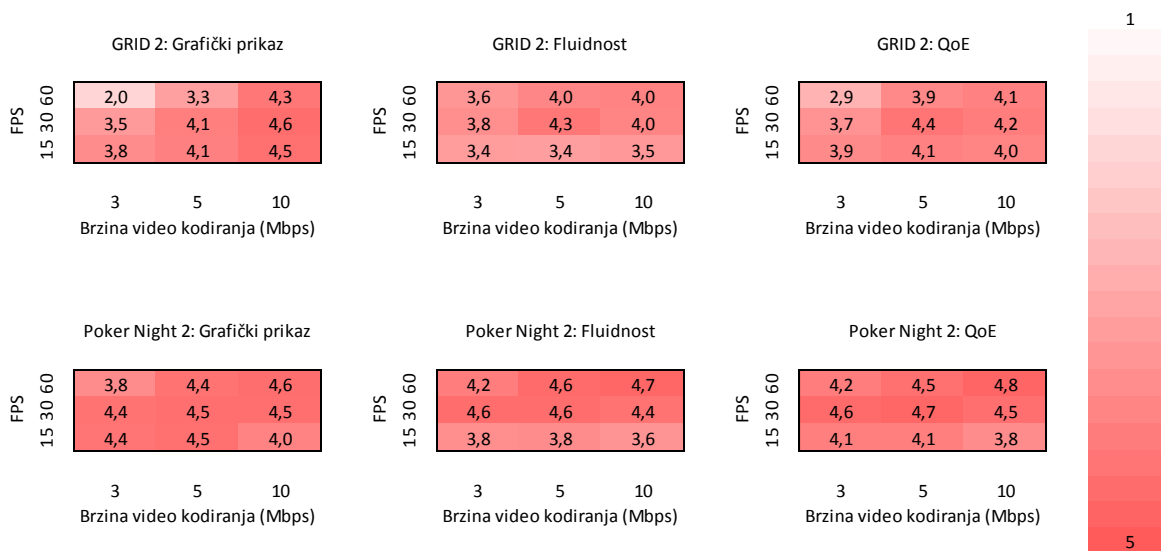
Slika 4.1 - Subjektivne ocjene ukupne iskustvene kvalitete s intervalima pouzdanosti razine 95%

Na slici 4.1 grafički je prikazana vrijednost cjelokupne iskustvene kvalitete za igre GRID 2 i Poker Night 2 prema svim testnim scenarijima s 95%-tnim intervalima pouzdanosti. Lako se može uočiti da je cjelokupna iskustvena kvaliteta veća za igru Poker Night 2 u svim testnim scenarijima osim u posljednjem. Naime, kada je strujanje igre Poker Night 2 bilo pokrenuto na GamingAnywhere poslužitelju sa zadanim parametrima 10 Mbps i 15 fps, klijentska aplikacija GAClient na tabletu bi često prestajala funkcionirati odnosno strujanje video sadržaja bi prestalo. To je zasigurno utjecalo na iskustvenu kvalitetu korisnika koji su dali nižu ocjenu pa ovaj testni scenarij možemo promatrati kao izolirani slučaj. Strujanje video sadržaja s parametrima 10 Mbps i 15 fps je besprijekorno funkcioniralo za igru GRID 2. Strujanje video sadržaja igre Poker Night 2 očito zbog svoje specifičnosti u implementaciji ne funkcionira s velikom brzinom kodiranja i niskom brzinom

osvježavanja okvira. Vrijedi istaknuti kako prosječna ocjena iskustvene kvalitete za igru Poker Night 2 nije nikad manja od 4, osim u navedenom izoliranom slučaju. Osim toga, opaženo je da ni snižavanje brzine video kodiranja ni brzine osvježavanje okvira kod igre Poker Night 2 nije imalo značajan utjecaj na percipiranu iskustvenu kvalitetu tijekom igranja. Može se pretpostaviti da su tijekom testiranja manipulirani parametri bilo dovoljno visoki da ispitanici nisu primjetili značajne razlike za sporu igru Poker Night 2.

Najveća razlika u ocjenama iskustvene kvalitete je u prva dva testna scenarija gdje igra GRID 2 ima dosta nižu ocjenu u odnosu na igru Poker Night 2. Prosječna ocjena iskustvene kvalitete za igru GRID 2 nije veća od 4 niti u jednom testnom scenariju kada je brzina video kodiranja 3 Mbps. Nadalje, kombinacija parametara od 3 Mbps i 60 fps pokazala se kao uvjerljivo najgora opcija za video kodiranje brze igre GRID 2. Također, prosječna ocjena iskustvene kvalitete za igru GRID 2 nije nikada manja od 4 dok je brzina video kodiranja 10 Mbps i minimalno 15 fps. Pri brzini video kodiranja od 10 Mbps čak ni snižavanje brzine osvježavanja okvira na 15 fps nije značajno doprinjelo smanjenju iskustvene kvalitete. Igra GRID 2 ostvarila je najveću prosječnu ocjenu iskustvene kvalitete za kombinaciju parametara od 5 Mbps i 30 fps što je pokazatelj da čak ni za brzu igru poput ove brzina video kodiranja ne mora nužno biti velika jer neće doći do smanjenja iskustvene kvalitete. Također, ako je brzina video kodiranja mala (3 Mbps), onda snižavanje brzine osvježavanja okvira dovodi do smanjenja iskustvene kvalitete

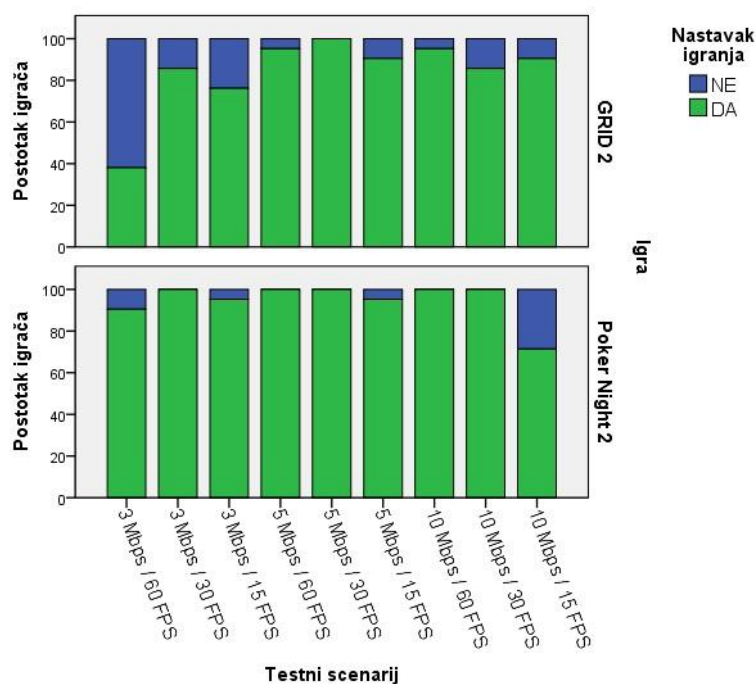
Osim prikupljanja podataka za ukupnu iskustvenu kvalitetu, prikupljeni su podaci za fluidnost i kvalitetu grafičkog prikaza. Pregled “toplinske karte“ s prikupljenim podacima dan je na slici 4.2. Na toj slici prikazane su prosječne ocjene za grafički prikaz, fluidnost i iskustvenu kvalitetu u ovisnosti o parametrima video kodiranja.



Slika 4.2 - Prosječne ocjene za grafički prikaz, fluidnost i iskustvenu kvalitetu

Može se primjetiti da igra Poker Night 2 gotovo u svim testnim scenarijima ima veće prosječne ocjene za svaki od prikupljenih podataka. Pretpostavlja se da većina igrača teško primjeti razlike za svaki od prikupljenih podataka tijekom igranje spore igre kao što je Poker Night 2. Prema ovim podacima, kod brze igre GRID 2 većina igrača je najlakše primjetila promjene u kvaliteti grafičkog prikaza. Također, smanjenjem brzine osvježavanja okvira na 15 fps, većina igrača je primjetila lošiju fluidnost virtualnog svijeta. Smanjenjem brzine osvježavanja okvira s 60 fps na 30 fps, prosječna ocjena fluidnosti nije se značajno mijenjala.

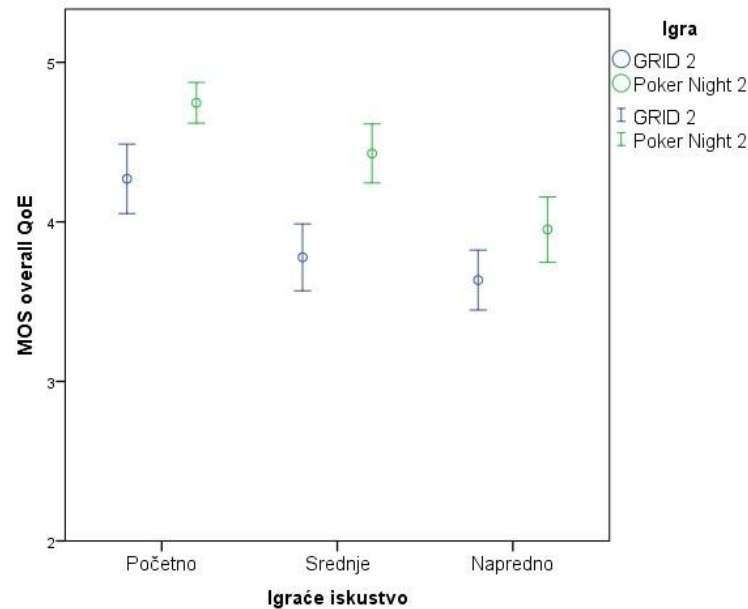
U istraživanju su također prikupljeni podaci za voljnost nastavka igranje igre pod danim testnim scenarijima što je prikazano grafom na slici 4.3.



Slika 4.3 - Voljnost nastavljanja igranja igre pod različitim testnim scenarijima za obje igre

U ovisnosti o scenariju, vidljivo je da bi veći postotak igrača htio nastaviti igrati igru Poker Night 2 nego GRID 2. Naravno, ovo se ne odnosi na već spomenuti izolirani slučaj (10 Mbps, 15 fps) u igri Poker Night 2 kad je klijentska aplikacija GAClient na tabletu prestajala s radom. U testnom scenariju s parametrima 3 Mbps i 60 fps, postotak igrača koji bi htjeli nastaviti igrati igru GRID 2 je manji od postotka igrača koji ne bi htjeli nastaviti igrati igru. Ovime je samo potvrđena tvrdnja da su ti parametri najgora kombinacija (od testiranih) za video kodiranje brze i dinamičke igre kao što je GRID 2. Od 189 slučajeva igranja igre, igrači su 30 puta izjavili da ne bi nastavili igrati igru GRID 2 što daje 15.9 % odustajanja od igre. Za isti broj slučajeva igranje igre Poker Night 2, igrači su 10 puta izjavili da ne bi nastavili igrati igru što daje postotak od 5.3 %. Dakle, može se pretpostaviti da je bitnije s kojim parametrima video kodiranja se provodi strujanje brže i dinamičke igre.

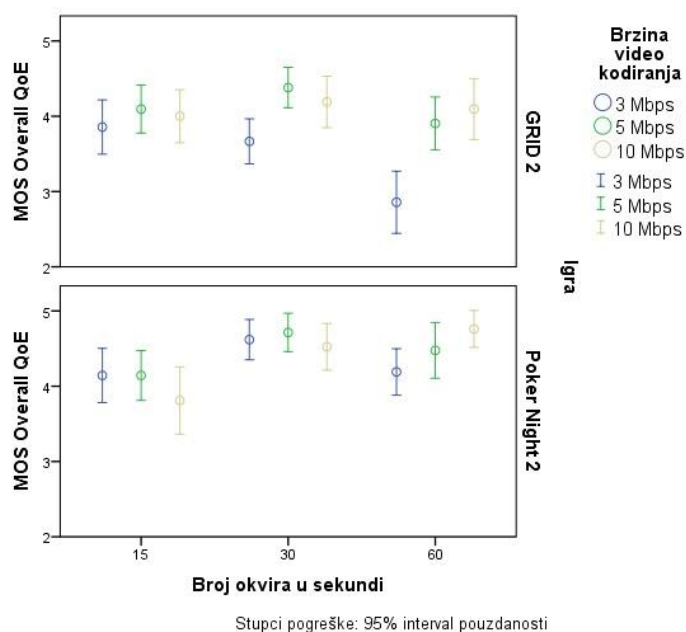
Još jedan od ciljeva u ovom radu bio je ispitati kako prijašnje igrače iskustvo utječe na iskustvenu kvalitetu. Subjektivne ocjene cjelokupne iskustvene kvalitete za igre GRID 2 i Poker Night 2 prikazane su grafom na slici 4.4.



Slika 4.4 - Subjektivne ocjene cjelokupne iskustvene kvalitete s 95 %-tnim intervalima pouzdanosti za igre GRID 2 i Poker Night 2 grupirane po igračem iskustvu

Iz grafa na slici 4.4 može se uočiti da su iskusniji igrači ocjenili cjelokupnu iskustvenu kvalitetu nižim ocjenama što je i logično jer su osjetljiviji na promjene i lakše ih prepoznaju. Potrebno je istaknuti da vrijednosti na slici 4.4 predstavljaju prosječne rezultate. Razlika u subjektivnim ocjenama po igračem iskustvu nije velika, ali je pokazatelj da igrače iskustvo utječe na subjektivne ocjene cjelokupne iskustvene kvalitete za obje igre.

Osnova testiranja bila je manipulacija bitnih parametara video kodiranja kao što su brzina video kodiranja i brzina osvježavanja okvira. Utjecaj tih parametara video kodiranja na cjelokupnu iskustvenu kvalitetu za obje igre prikazan je na slici 4.5.



Slika 4.5 - Utjecaj parametara video kodiranja na ocjene cjelokupne iskustvene kvalitete za igre GRID 2 i Poker Night 2

Graf jasno pokazuje kako igrajući GRID 2 pri brzini video kodiranja od 3 Mbps ocjena iskustvene kvalitete pada povećanjem brzine osvježavanja okvira. Igrači su to prepoznali kao smanjenje fluidnosti virtualnog svijeta. Pri brzini video kodiranja od 10 Mbps ocjena subjektivne kvalitete je gotova ista za brzinu osvježavanja okvira od 30 fps i 60 fps dok je ta ocjena nešto niža pri 15 fps zbog smanjene fluidnosti. Nadalje, vidljivo je kako pri brzini video kodiranja od 5 Mbps, veća brzina osvježavanja okvira ne znači ujedno i bolju iskustvenu kvalitetu.

Za sporiju igru Poker Night 2 pokazalo se da pri nižim brzinama video kodiranja od 3 Mbps i 5 Mbps najbolje odgovara brzina osvježavanja okvira od 30 fps. Za veću brzinu video kodiranja poput testirane od 10 Mbps, brzina osvježavanja okvira od 60 fps doprinosi većoj iskustvenoj kvaliteti.

Rezultati su dosta slični za brzine video kodiranja od 5 Mbps i 10 Mbps. Na niskoj brzini video kodiranja (3 Mbps) vidljiva je velika razlika pa se može zaključiti kako ne treba uvijek koristiti iste parametre video kodiranja za različite žanrove igri.

4.2. Potrošnja baterije pokretnog uređaja

Igranje igrice na pokretnom uređaju zahtjeva izdržljivu i dugotrajnu bateriju u samom uređaju. Današnje baterije u pokretnim uređajima ne mogu izdržati višesatnu interakciju, posebice kada korisnik želi igrati neku zahtjevniju igru, a uz to ima pokrenut veliki broj aplikacija na svom pokretnom uređaju. Upravo zbog mnogobrojnih pokrenutih aplikacija i česte interakcije, većina pokretnih uređaja treba se puniti jednom dnevno što nije idealna opcija za igranje igrice. Što se tiče igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku, glavno pitanje koje se postavlja je kako parametri video kodiranja utječu na potrošnju baterije. U nastavku ovog poglavlja prikazat će se rezultati mjerenja potrošnje baterije pokretnog uređaja tijekom igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku.

4.2.1. Mjerenje potrošnje baterije pokretnog uređaja

U svrhu provedbe mjerenja potrošnje baterije pokretnog uređaja igrala se igra GRID 2 na tabletu uz mjerenje kapaciteta baterije. Provedeno je devet testnih scenarija. Na GamingAnywhere poslužitelju pokrenuta je određena konfiguracija, a parametri koji su se mijenjali ovisno o konfiguraciji su bitrate i frame rate kako je prikazano u Tablici 5.1. Tablet koji je korišten u testiranju ima litij-ionsku bateriju kapaciteta 7900 mAh, a za mjerenje kapaciteta baterije korištena je aplikacija Battery Monitor Widget [8]. Tablet se povezuje na GamingAnywhere poslužitelj koristeći IEEE 802.11ac standard. Kako bi se osigurala ravnopravnost rezultata, svaki testni scenarij je započeo kad je kapacitet baterije bio 100% (7900 mAh) i svaki testni scenarij je trajao 20 minuta.

Tablica 5.1 - Rezultat mjerenja potrošnje baterije

Konfiguracija	Bitrate [Mbps]	Frame rate [FPS]	Kapacitet baterije nakon 20 minuta
1	3	60	7584 mAh
2		30	
3		15	
4	5	60	
5		30	
6		15	
7	10	60	
8		30	
9		15	

Mjerenja su pokazala da je potrošnja baterije ista bez obzira s kojim parametrima je bila pokrenuta igra. Nakon 20 minuta igranja, kapacitet baterije je u svakom testnom scenariju pao s 7900 mAh na 7584 mAh što je pad za 4%.

4.2.2. Dodatni testovi potrošnje baterije

Nakon provedenih mjerenja potrošnje baterije pokretnog uređaja u trajanju od 20 minuta po scenariju, provedena su još dva dodatna mjerenja za konfiguraciju 3 (3 Mb/s i 15 fps) i konfiguraciju 7 (10 Mb/s i 60 fps) u trajanju od sat vremena. U oba testna scenarija kapacitet baterije je nakon sat vremena igranja s 7900 mAh pao na 6952 mAh što je pad za 12%. Prema ovim mjerenjima, dok je WLAN aktivan, potrošnja baterije na pokretnom uređaju ne ovisi o parametrima video kodiranja kao što su brzina video kodiranja i brzina osvježavanja okvira.

4.3. Strategije prilagodbe parametara video kodiranja

Nakon svih provedenih testiranja i mjerenja, prikupljeno je i analizirano dovoljno podataka da bi se mogle predložiti strategije prilagodbe parametara video kodiranja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku kako bi se maksimizirala iskustvena kvaliteta korisnika. Mjerenjem potrošnje baterije pokretnog uređaja tijekom korištenja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku pokazalo se da potrošnja baterije ne ovisi o parametrima video kodiranja. Kako bi se maksimizirala iskustvena kvaliteta, preporuča se prilagođavanje parametara video kodiranja sukladno korisničkim željama. U nastavku će biti obrazložene strategije prilagodbe koje će doprinjeti maksimiziranju iskustvene kvalitete.

Mogućnosti usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku mnogo ovise o mrežnoj infrastrukturi. Ako je moguće postići veliku brzinu video kodiranja onda se uz to preporuča i velika brzina osvježavanja okvira (Primjerice, 10 Mbps i 60 fps). Ako nije moguće postići brzinu video kodiranja veću od 3 Mbps onda se preporuča da brzina osvježavanja okvira bude između 20 i 25 fps. Ako je moguće postići brzinu video kodiranja od barem 5 Mbps, onda se preporučuje da brzina osvježavanja okvira bude 30 fps. Prethodno navedene strategije moguće je koristiti i za brze i za spore igre. U provedenom testiranju pokazalo se da korisnici lako uoče pad fluidnosti virtualnog svijeta ako je brzina osvježavanja okvira 15 fps. Stoga se preporučuje da brzina osvježavanja okvira ne bude manja od 20 fps bez obzira o kojem se žanru igre radi.

Kada su u pitanju igre s puno dinamike kao što je GRID 2, na niskim brzinama video kodiranja potrebno je izbjegavati visoku brzinu osvježavanja okvira. Primjerice, kombinacija od 3 Mbps i 60 fps nije dobra jer će grafički prikaz biti toliko loš da neće biti prihvatljiv korisnicima. Za spore igre navedena kombinacija je prihvatljiva, ali nije idealno rješenje za korisnike s naprednim igračim iskustvom. Također, za igrače s početnim igračim iskustvom parametri video kodiranja sporih igara nisu bitni jer ne primjete razliku, no u brzim igrama gotovo svi korisnici primjete razlike. Parametri video kodiranja stoga prvenstveno trebaju biti prilagođeni brzim igrama jer je u takvim igrama lakše uočiti nedostatke u grafičkom prikazu i fluidnosti virtualnog svijeta.

Brza igra GRID 2 je od ispitanika dobila najveću prosječnu ocjenu za kombinaciju parametara 5 Mbps i 30 fps, a spora igra Poker Night 2 za kombinaciju parametara 10 Mbps i 60 fps pa se stoga preporučuje korištenje ovih parametra video kodiranja ako je moguće.

Zaključak

Igranje u pokretu zasnovano na računalnom oblaku zasigurno je usluga koja će u skorije vrijeme pronaći velik broj korisnika. Usluga omogućuje igranje igara za stolna računala na pokretnom uređaju. Time se korisnicima omogućuje igranje velikog broja igri u svakom kutku svog doma. Usluga je vrlo jednostavna za korištenje te ne zahtjeva nikakve posebne vještine za rukovanje.

U ovom radu je ispitana iskustvena kvaliteta (QoE) usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku. Ispitivanje je provedeno među dvadeset i jednim ispitanikom, a igrale su se dvije igre različitog žanra koristeći ovu uslugu. Metodologija ispitivanja je osmišljena na način da se ispita utjecaj parametara video kodiranja (brzina video kodiranja i brzina osvježavanja okvira) na kvalitetu grafičkog prikaza, fluidnost virtualnog svijeta te cjelokupnu iskustvenu kvalitetu. Također, ispitivao se i utjecaj prijašnjeg igračkog iskustva na iskustvenu kvalitetu.

Nakon ispitivanja, napravljena je detaljna analiza rezultata. Rezultati su pokazali da oba ispitana parametara video kodiranja igraju veliku ulogu u ocjeni iskustvene kvalitete. Također, igrači s većim igraćim iskustvom lakše uočavaju promjene kvaliteti grafičkog prikaza i fluidnosti virtualnog svijeta. Ispostavilo se da ne postoji linearna ovisnost između brzine osvježavanja okvira i iskustvene kvalitete. U neki slučajevima je čak bolje smanjiti brzinu osvježavanja okvira kako bi se povećala kvaliteta grafičkog prikaza. Dodatna testiranja su pokazala da parametri video kodiranja ne utječu na potrošnju baterije pokretnog uređaja te ih stoga treba prilagoditi korisničkim željama kako bi se maksimizirala iskustvena kvaliteta.

Literatura

[1] Newzoo - Games, Esports & Mobile Market Intelligence

<https://newzoo.com/insights/articles/global-games-market-reaches-99-6-billion-2016-mobile-generating-37/>

[2] [To cloud or not to cloud: Measuring the performance of mobile gaming](#)

CY Huang, YL Huang, YH Chi, KT Chen, CH Hsu - Proceedings of the 2nd Workshop on Mobile Gaming, 2015.

[3] GamingAnywhere

<http://gaminganywhere.org/>

[4] ["IEEE Xplore Abstract - QoE Aware Service Delivery in Distributed Environment"](#).

ieeexplore.ieee.org. 2011-03-25. [doi:10.1109/WAINA.2011.58](https://doi.org/10.1109/WAINA.2011.58). Retrieved 2014-03-03.

[5] Qualinet White Paper on Definitions of Quality of Experience (2012). European Network on Quality of Experience in Multimedia Systems and Services (COST Action IC 1003), Patrick Le Callet, Sebastian Möller and Andrew Perkis, eds., Lausanne, Switzerland, Version 1.2, March 2013

[6] Scott, Michael; Guntuku, Sharath Chandra; Huan, Yang; Lin, Weisi; Ghinea, Gheorghita (26 October 2015). [Modelling Human Factors in Perceptual Multimedia Quality: On the Role of Personality and Culture](#) (pdf). Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Multimedia. New York: ACM. pp. 481–490. [doi:10.1145/2733373.2806254](https://doi.org/10.1145/2733373.2806254). Retrieved March 25, 2016.

[7] Reiter, Ulrich; Brunnström, Kjell; Moor, Katrien De; Larabi, Mohamed-Chaker; Pereira, Manuela; Pinheiro, Antonio; You, Junyong; Zgank, Andrej (2014-01-01). Möller, Sebastian; Raake, Alexander, eds. [Factors Influencing Quality of Experience](#). T-Labs Series in Telecommunication Services. Springer International Publishing. pp. 55–72. [doi:10.1007/978-3-319-02681-7_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02681-7_4). ISBN 978-3-319-02680-0.

[8] Battery Monitor Widget

<https://play.google.com/store/apps/details?id=ccc71.bmw&hl=en>

Sažetak

Igranje u pokretu zasnovano na računalnom oblaku je usluga mrežnog igranja koja omogućuje strujanje sadržaja igre od poslužitelja do pokretnog uređaja u obliku video sadržaja, dok se kontrole za igranje šalju u suprotnom smjeru.

U početnom dijelu rada opisana je usluga igranja zasnovanog na računalnom oblaku te platforma koja se koristi za pružanje takve usluge. Zatim je objašnjen osnovni koncept iskustvene kvalitete (engl. Quality of Experience, skraćeno QoE) te je dan kratak pregled nekih već provedenih istraživanja iskustvene kvalitete igranja u računalnom oblaku.

Provedeno je ispitivanje iskustvene kvalitete u kojem su prikupljeni rezultati 21 ispitanika koji su igrali dvije igre različitog žanra. Na temelju analize rezultata, predložene su strategije prilagodbe parametara video kodiranja usluge igranja u pokretu zasnovanog na računalnom oblaku kako bi se poboljšala iskustvena kvaliteta.

Ključne riječi: igranje u pokretu zasnovano na računalnom oblaku, iskustvena kvaliteta, QoE, strategije prilagodbe

Summary

Mobile cloud gaming is a network-based gaming service that enables streaming game content from a server to a mobile device in video form, while player controls are sent in the opposite direction.

In the first part of this paper, the concept of mobile cloud gaming and the platform used to deliver such a service are described. Then the basic concept of Quality of Experience - QoE is described. Finally, an overview of research already made on this topic is presented.

The quality of experience was tested on 21 participants which played two games of different genres. Based on the results, adaptation strategies for tuning the video encoding parameters of the mobile cloud gaming service are suggested. These can be used to improve the quality of experience.

Keywords: Mobile cloud gaming, Quality of Experience, QoE, adaptation strategies

Privitak

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 (GRID 2)

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

Pokus 7: 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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

Pokus 8: 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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

Pokus 9: 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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

OCJENJIVANJE POKUSA (Poker Night 2)

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

Pokus 7: 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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

Pokus 8: 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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne

Pokus 9: 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. fluidity)	<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"/>

4. Biste li nastavili igrati igru u ovakvim uvjetima? Da Ne