

Zagreb, 21. rujna 2017.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Tehnologija telekomunikacijskog prometa II**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 3868

Pristupnik: **Damir Vuković (0135217503)**  
Studij: Promet  
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

Zadatak: **Iskustvena kvaliteta usluge umreženog igranja za različite prometne slučajeve**

### Opis zadatka:

Radom je potrebno istražiti utjecaj različitih smetnji prilikom sesija umreženog igranja igara (primjerice, varijabilnost gubitka paketa, kašnjenja ili varijacije kašnjenja) na iskustvenu kvalitetu usluge kako ju percipira korisnik. S tim ciljem, potrebno je odabrati skup interaktivnih igara koje će se izvoditi u različitim mrežnim scenarijima, te će se ocjenjivati njihova kvaliteta na aplikacijskoj razini. Mrežne scenarije potrebno je kreirati upotrebom aplikacije Network Emulator Client koja omogućava manipulaciju gubitkom paketa, kašnjenjem, bit error rate-om, širinom pojasa i drugim mrežnim parametrima za vrijeme prijenosa sadržaja. U sklopu ovog istraživanja potrebno je provesti ispitivanje iskustvene kvalitete usluge nad skupinom ispitanika koji će sudjelovati u sesijama umreženog igranja u različitim mrežnim scenarijima. Također, potrebno je istražiti poveznicu između dostignute razine kvalitete usluge (QoS) u vidu mrežnih performansi te iskustvene kvalitete usluge (QoE).

Zadatak uručen pristupniku: 18. travnja 2017.  
Rok za predaju rada: 20. rujna 2017.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

dr. sc. Marko Matulin

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Damir Vuković

**ISKUSTVENA KVALITETA USLUGE UMREŽENOG IGRANJA ZA  
RAZLIČITE PROMETNE SLUČAJEVE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

Diplomski rad

**ISKUSTVENA KVALITETA USLUGE UMREŽENOG IGRANJA ZA  
RAZLIČITE PROMETNE SLUČAJEVE**

**Quality of Experience for Online Gaming and Different Traffic Scenarios**

Mentor:  
Dr. sc. Marko Matulin

Student:  
Damir Vuković, 0135217503

Zagreb, rujan 2017.

# ISKUSTVENA KVALITETA USLUGE UMREŽENOG IGRANJA ZA RAZLIČITE PROMETNE SLUČAJEVE

## SAŽETAK

Cilj ovog diplomskog rada jest analizirati iskustvenu kvalitetu korisnika kod umreženog igranja prilikom emulacije prometnih slučajeva koji se pojavljuju u stvarnom okruženju. Radi se o relativno novom načinu mjerenja korisničkog zadovoljstva prilikom korištenja usluge, prije su ti pokazatelji bili isključivo vezani za kvalitetu usluge (mrežni parametri). Sada se uz kvalitetu usluge uzimaju parametri vezani za samog korisnika kao što su korisnički faktori te kontekstni faktori. Kako se korisnički i kontekstni faktori individualno odražavaju za svakog korisnika, koriste se subjektivne metode za ispitivanje iskustvene. Povratni rezultati se koriste za unaprjeđenje usluge i povećavanje zadovoljstva krajnjeg korisnika. Da bi se stvorili mrežni slučajevi iz stvarnog okruženja u ovome radu koristi se program *Network Emulator Client* pomoću kojega se emulira šest različitih prometnih slučajeva za pet korisnika iz testne skupine. Testirana skupina za svaki slučaj ispunjava anketu od osam pitanja, te su rezultati ankete prezentirani pomoću grafikona i tablica. Iz dobivenih rezultata jasno se vidi kako koji prometni slučaj utječe na percepciju iskustvene kvalitete usluge za svakog pojedinog korisnika iz testne skupine.

## KLJUČNE RIJEČI

Iskustvena kvalitete usluge; Kvaliteta usluge; Emulacija; Različiti prometni slučajevi; Umreženo Igranje

## SUMMARY

The purpose of this graduate thesis is to analyze user's Quality of Experience in network gaming during emulation of traffic cases which may appear in real environment. This is relatively new method of measuring user's perception while using a service. Before this method, these indicators were only related to Quality of Service (network parameters). Now, besides the Quality of Service, there are parameters that are associated with a user like subjective and context factors. While these factors impact each user individually, subjective methods for testing Quality of Experience are used. Results are used for service improvement and increment of end user's contentment. To create real environment network cases in this thesis a program called Network Emulator Client which is used to emulate six different traffic

cases for five users from the test group. The test group gave answers on eight questions for every single case in the survey. From the obtained results we can clearly see which traffic case affects on perception of the Quality of Experience for every single user from the test group.

*KEYWORDS*

Quality of Experience; Quality of Service; Emulation; Different Traffic Scenarios; Online gaming

# SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	Koncept iskustvene kvalitete usluge.....	3
2.1	Definicije iskustvene kvalitete usluga – QoE.....	3
2.2	Vrednovanje iskustvene kvalitete .....	4
2.3	QoS/QoE odnos .....	5
3.	Značajke umreženog igranja igara .....	7
3.1	MMOR - Massively Multiplayer Online Racing .....	8
3.2	MMORPG – Massively Multiplayer Online Role-playing Game .....	9
3.3	MMOSG - Massively Multiplayer Online Social Game .....	10
3.4	FPS – First Person Shooter .....	11
3.5	RTS - Real Time Strategy.....	13
3.6	Sports .....	14
3.7	Puzzle.....	15
3.8	Fighting.....	16
3.9	Protokoli i prometne karakteristike pojedinog žanra .....	17
3.9.1	TCP protokol .....	17
3.9.2	UDP protokol.....	18
3.9.3	HTTP protokol.....	19
4.	Ispitivanje iskustvene kvalitete usluge umreženog igranja .....	21
4.1	Problematika iskustvene kvalitete .....	21
4.2	Utjecajni faktori na iskustvenu kvalitetu umreženog igranja .....	23
4.3	Vrednovanje iskustvene kvalitete igara .....	25
5.	Mrežni scenariji korišteni u analizi.....	26
5.1	Emulacija i simulacija.....	26
5.2	Metoda mrežne emulacije .....	26
5.3	Network Emulator Client - Network Emulator for Windows .....	27
5.4	Korišteni mrežni scenariji i njihovi intenziteti .....	34
5.5	Gubitak paketa i intenziteti.....	34
5.6	Povećano kašnjenje i intenziteti.....	34
6.	Testiranje iskustvene kvalitete usluge .....	36

6.1	Anketiranje dobrovoljnih korisnika usluge .....	38
6.2	Izvođenje ankete na odabranoj skupini.....	42
7.	Rezultati analize.....	44
7.1	Periodički gubitak paketa s intenzitetom gubljenja svakog desetog paketa .....	44
7.2	Periodički gubitak paketa s intenzitetom gubljenja svakog drugog paketa .....	46
7.3	Nasumični gubitak paketa s intenzitetom 0.3 ili 30% .....	48
7.4	Povećano kašnjenje s fiksnim kašnjenjem od 20 ms .....	50
7.5	Povećano kašnjenje s fiksnim kašnjenjem od 100 ms .....	52
7.6	Povećano kašnjenje s linearnim kašnjenjem uz donju granicu od 10 ms i gornju granicu od 50 ms u vremenskim intervalima od 5 sekundi .....	54
8.	ZAKLJUČAK.....	56
	LITERATURA .....	57
	POPIS KRATICA.....	59
	POPIS ILUSTRACIJA .....	60
	Popis slika .....	60
	Popis tablica .....	61
	Popis grafikona .....	61

## 1. UVOD

Naglim rastom tržišta koje obuhvaća igranje umreženih igara izdavačke kuće ulažu sve veće napore da se istaknu pred konkurencijom. Upravo podizanjem iskustvene kvalitete usluge dolazi se do te prednosti, te proizvođači ovakvih usluga pokušavaju na što precizniji način izmjeriti istu. Dosadašnji pokazatelji kao što su kvaliteta usluge, nisu mogli u cijelosti prikazati samo zadovoljstvo korisnika, jer se ona ipak oslanja na mrežne parametre. Kod iskustvene kvalitete usluge uz mrežne parametre dolazi do vrednovanja korisnikovog doživljaja prilikom korištenja same usluge. Ispitivanje korisnikovog doživljaja može biti subjektivno i objektivno no trenutno se u svijetu koriste većinom subjektivne metode.

Istraživanje u ovom diplomskom radu obuhvaća ispitivanje iskustvene kvalitete usluge subjektivnom metodom u različitim prometnim slučajevima. Kao testna usluga odabrana je umrežena igra *Call of Duty 2*, dok su prometni slučajevi u kojima se navedena igra izvodila emulirani pomoću programa *Network Emulator Client*. Anketiranje, prometni slučajevi i analiza rezultata prikazana je u nastavku diplomskog rada.

Rad se sastoji od osam poglavlja:

1. Uvod
2. Koncept iskustvene kvalitete usluge
3. Značajke umreženog igranja igara
4. Ispitivanje iskustvene kvalitete usluge umreženog igranja
5. Mrežni scenariji korišteni u analizi
6. Testiranje iskustvene kvalitete usluge
7. Rezultati analize
8. Zaključak.

U drugom poglavlju objašnjeni su pojmovi iskustvene kvalitete usluge te kvalitete usluge i način na koji se ta dva pojma preklapaju. Također je objašnjeno vrednovanje iskustvene kvalitete.

U trećem poglavlju opisuju se tipovi igara umreženog igranja, ukratko su opisani žanrovi koji se pojavljuju te protokoli koje koriste.



U četvrtom poglavlju opisuje se princip samog ispitivanja kvalitete usluge, koji su parametri obuhvaćeni prilikom provođenja samog istraživanja. Navedena su dva moguća načina prikupljanja informacija od testne skupine: subjektivno i objektivno.

U petom poglavlju naveden je i opisan program kojim se postiže emulacija mreže, navedene su razlike između simulacije i emulacije te koji su prometni slučajevi korišteni za istraživanje.

U šestom poglavlju predstavljen je anketni upitnik s mogućim odgovorima, objašnjen princip odgovaranja te na koji se način vrednuju odgovori. Opisana je i sama igra koja se koristi u istraživačkom djelu, minimalna konfiguracija za pokretanje igre te ukratko objašnjena pravila po kojima se istraživanje izvodi (u smislu postavki igre).

U sedmom poglavlju prezentirani su rezultati ankete, prije analize rezultata prikazani su prometni slučajevi preko *lagometra* (sastavni dio testne igre) koji je bio sakriven tijekom testiranja. Dobiveni rezultati prikazani su grafikonima i tablicama.

U zaključku se nalazi sumarni prikaz rada. Spominju se prometni modeli korišteni prilikom testiranja iskustvene kvalitete usluge, kako se oni odražavaju na igrače te u kojem bi smjeru istraživanje iskustvene kvalitete trebalo ići da se dobiju što pouzdaniji podaci.

## 2. Koncept iskustvene kvalitete usluge

### 2.1 Definicije iskustvene kvalitete usluga – QoE

Iskustvena kvaliteta QoE (engl. *Quality of Experience*) je mjera zadovoljstva krajnjeg korisnika korištenjem određenog proizvoda ili usluge. Za razliku od kvalitete usluga QoS (engl. *Quality of Service*) koja je više tehnički orijentirana, iskustvena kvaliteta u multidisciplinarnom području pokušava shvatiti korisničku percepciju kvalitete usluga, njegovo zadovoljstvo korištenjem te usluge u cilju poboljšanja same usluge i većeg zadovoljstva samog korisnika. To je novo područje istraživanja, a većina predloženih modela temelji se na određenom broju faktora koji utječu na kvalitetu usluge od strane korisnika. Svaka telekomunikacijska usluga ima svoje specifičnosti, ali je za određene tipove usluga moguće definirati pojedine modele za evaluaciju iskustvene kvalitete. Ona je nadopuna QoS korisničkom perspektivom za korištenje usluga, [1], [2].

Standardizacijsko tijelo ITU-T (eng. *International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*) u preporuci E.800 [3] definira kvalitetu usluge kao „*kolektivni utjecaj performansi usluge koji određuju stupanj zadovoljstva krajnjeg korisnika uslugom.*“ Morsel [1] uvodi pojam iskustvene kvalitete kao nove metrike povezane s korisničkim iskustvom i doživljajem telekomunikacijskih usluga, tako da ITU-T proširuje preporuku E.800 [4] definirajući kvalitetu usluge kao „*sveukupnost karakteristika telekomunikacijske usluge koje zadovoljavaju potrebe krajnjeg korisnika te usluge*“ a u proširenju P.10 preporuke G.100 [5] definira iskustvenu kvalitetu kao „*sveukupnu prihvatljivost aplikacije ili usluge, subjektivno percipiranu od strane krajnjeg korisnika*“, [5].

Standardizacijsko tijelo ETSI (engl. *European Telecommunications Standards Institute*) iskustvenu kvalitetu definira kao „*mjerilo uspješnosti korištenja telekomunikacijske usluge ili proizvoda temeljeno na objektivnim i subjektivnim psihološkim mjerama*“, [6].

Kroz COST akciju QUALINET iskustvena kvaliteta je definirana kao „*stupanj zadovoljstva ili iritiranosti korisnika aplikacije ili usluga; ona proizlazi iz njegovih očekivanja obzirom na korist i/ili uživanja u aplikaciji ili usluzi kao rezultat osobnosti korisnika i trenutnog stanja*“, [7].

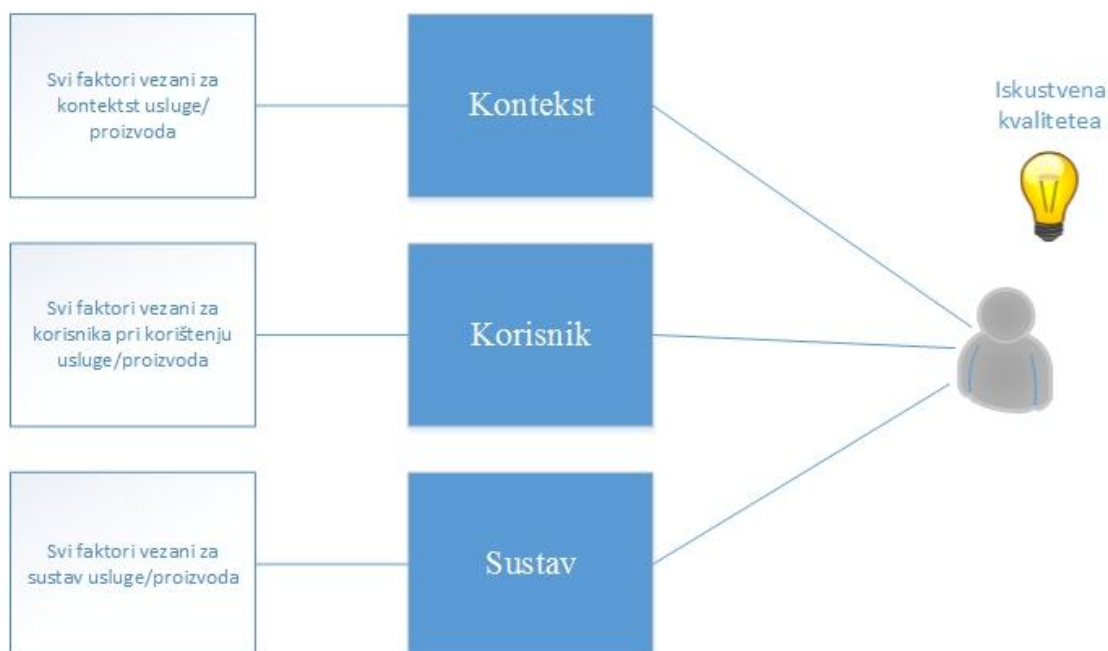
Prikazano navedenim zaključuje se da je došlo do širenja percepcije kvalitete usluga prema korisniku, te tako nastaju sve složeniji parametri iskustvene kvalitete.

## 2.2 Vrednovanje iskustvene kvalitete

Vrednovanje iskustvene kvalitete usluge temeljeno je na utjecajnim faktorima koji moraju biti mjerljivi i kontrolirani. Postoje dvije metode vrednovanja iskustvene kvalitete a to su subjektivna i objektivna metoda [11]. Metode vrednovanja iskustvene kvalitete zbog svoje kompleksnosti najčešće se prikazuju u subjektivnom smislu. Subjektivno vrednovanje temelji se na anketiranju korisnika i subjektivnom ispitivanju u testnom okruženju. Nedostatak ovakvog ispitivanja je različitost uvjeta stvarnog okruženja, što često ne odgovara uvjetima testne okoline. *Crowdsourcing* [8] se provodi u kontroliranim uvjetima, koja su dugotrajna i skupa.

MOS (eng. *Mean Opinion Score*) ljestvica najčešće se koristi kod subjektivnog ispitivanja. To je ljestvica kvantificiranja korisničkog iskustva, ali zbog različite interpretacije ocjena od strane korisnika nije najbolje rješenje. Subjektivnim iskustvom korisnici ocjenu kvalitete usluge izražavaju opisima *loše, dobro, izvrsno* i slično, a često odgovori anketiranih korisnika nisu u stanju kvalitativno opisati zadovoljstvo korištenom uslugom. Ocjena dobivena objektivnim mjerenjem je pouzdanija. ITU predlaže podjelu utjecajnih faktora na objektivne faktore (parametri usluga, mreže) i subjektivne (korisnička očekivanja, emocije) [9], [10]. Dok standardizacijsko tijelo ISO (engl. *International Organization for Standardization*) pojam korisničkog iskustva definira kao „*subjektivnu percepciju krajnjeg korisnika vezanu uz korištenje određene usluge ili proizvoda*“ [12], što bi značilo da je korisničko iskustvo ipak više vezano za subjektivnu percepciju.

Na slici 1 prikazani su faktori koji utječu na percepciju iskustvene kvalitete od strane korisnika.



Slika 1. Prikaz faktora koji utječu na iskustvenu kvalitetu, [2]

Utjecajni faktori na iskustvenu kvalitetu korisnika u sljedeći:

1. Faktori sustava (aplikacije, mrežni uređaji)
2. Korisnički faktori (prethodna iskustva, demografski podaci, očekivanja)
3. Kontekstni faktori (fizički kontekst, socijalni i kulturni kontekst).

Bitno je napomenuti da utjecajni faktori nisu jednaki za sve usluge i proizvode te da se prilikom testiranja iskustvene kvalitete kreira najbolji model za određenu uslugu radi što točnijih rezultata ispitivanja, [2].

### 2.3 QoS/QoE odnos

Kvaliteta usluge (QoS) odnosi se na sposobnost mreže ili mrežnog dijela pružanja funkcije vezane za komunikaciju između korisnika, [3]. Bitni QoS parametri su kašnjenje, gubitak paketa i dostupna propusnost. QoS predstavlja skup tehnologija korištenih za upravljanje mrežnim prometom i stvaranjem uvjeta za reduciranje cijene kojima je cilj poboljšanje iskustva korisnika, kako za poslovno, tako i za kućno okruženje. Korištenjem tih tehnologija otkrivaju se promjene u mrežnim uvjetima i mjere ranije spomenuti parametri. Istraživanje QoS efekata na *online* igrama potrebno je zbog činjenice što su današnje igre

postale vrlo interaktivne te imaju visoke QoS zahtjeve. Feng et al. i Svoboda et al. istraživali su karakteristike prometa nekolicine popularnih online igara, analizirajući QoS parametre kao što je propusnost, kašnjenje te gubitak paketa došli do zaključka da umreženo igranje iziskuje visoku razinu QoS-a, [13].

Iskustvena kvaliteta usluge je znatno dvosmislen koncept u pogledu parametara koji je određuju jer se ti parametri mogu razlikovati po uslugama na kojima se mjerenje provodi. Na primjer, grafička kvaliteta slike važna je kod video igara, iako u *Voice over Internet Protocol* (VoIP) pozivima to nije problem. U mrežnim uslugama iskustvena kvaliteta usluge može značajno ovisiti o mrežnoj kvaliteti QoS-u, ali i ostalim parametrima koji nisu pokriveni u toj domeni. Može se reći da prilikom mjerenja iskustvene kvalitete, kvaliteta usluge ima znatan utjecaj ali nije jedini parametar koji na to utječe, te se upravo zbog toga istraživanja vode subjektivnim metodama, [2].

### 3. Značajke umreženog igranja igara

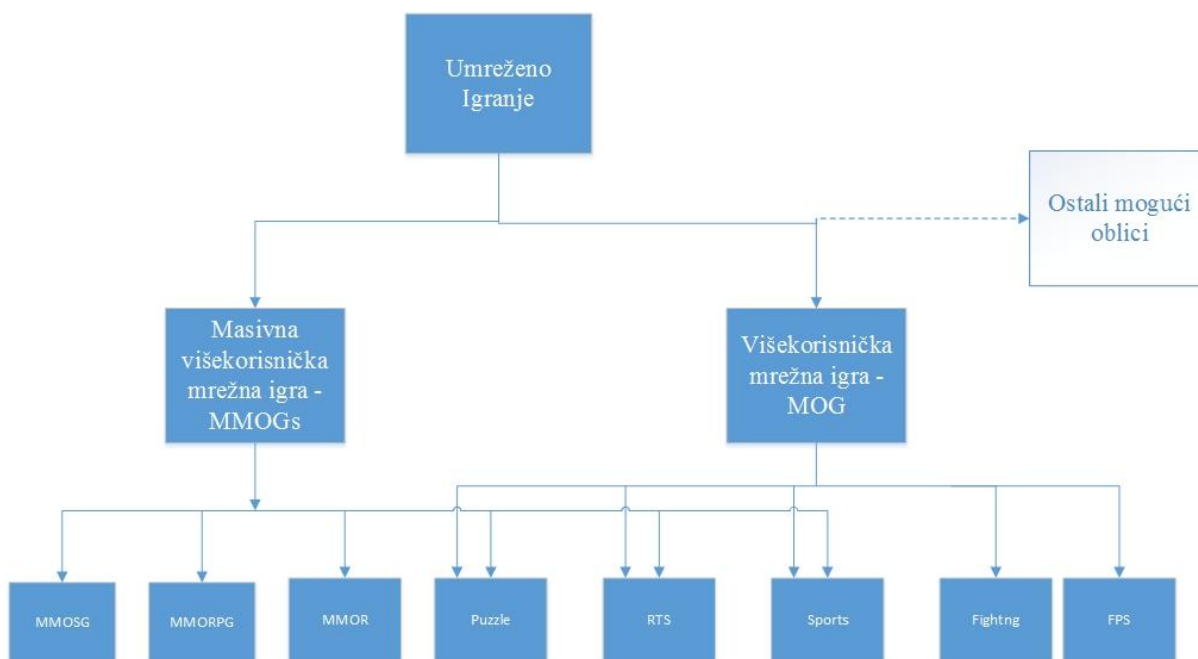
Značajke umreženog igranja za sada nisu nigdje strogo definirane budući da se radi o relativno novom pojmu u svijetu Interneta. Pojavom mreža koje su mogle ponuditi dovoljne brzine dolazi se do novog oblika sporta nazvan eSport. Pojavom komercijalnog širokopojasnog Interneta, umreženo igranje krenulo je ubrzano rasti zbog velike dostupnosti. Razvojem tehnologije ono uzima značajan dio tržišta, zbog velikog interesa mladih za ovaj oblik zabave. Same značajke nisu iste za sve vrste igara, ovise o tipu igre te interaktivnosti s okolinom i igračima u igrici, [14].

Većina literature koja se bavi ispitivanjem umreženog igranja je složna u jednom, a to je da se umreženo igranje može podijeliti na dva osnovna tipa [14]:

- Masivna višekorisnička mrežna igra (engl. *Massively Multiplayer Online Games* - MMOGs).
- Višekorisnička mrežna igra (engl. *Multiplayer Online Game* - MOG).

MMOGs obuhvaća igre koje same po sebi kreiraju virtualni svijet kojeg nastanjuju tisuće igrača koji su međusobno u interakciji, komunikacija između igrača se odvija preko kreiranih virtualnih likova koje im omogućuje sama igra. Trenutno postoji više podjela MMOGs i MOG-a koje se u nekim točkama poklapaju te upravo te vrste igara po svojim karakteristikama pripadaju i jednom i drugom tipu mrežnih igara. Za razliku od MMOGs-a, MOG su ograničene na manji broj igrača koji su u međusobnoj interakciji i to najčešće od 2 do 64 korisnika koji mogu igrati istovremeno. Upravo zbog tog manjeg broja igrača u ovom tipu se formiraju timovi, te se najčešće igra tim protiv tima. Za razliku od MMOGs-a ovaj tip igre nudi igračima manje personalizacije svog virtualnog lika te su svi likovi podjednake mogućnosti, što kod MMOGs-a nije slučaj. Jedino po čemu se igrači u ovom tipu igre mogu razlikovati je vještina igranja (engl. *Skill*) koja s vremenom postaje sve bolja. Upravo zbog te jednakosti u virtualnim likovima MOG tip igara je idealan za testiranje iskustvene kvalitete u različitim prometnim slučajevima. Također bitno je napomenuti da se kod MOG igara radnja ne odvija na jednom virtualnom svijetu nego su borbe svedene na mape ili arene koje se izmjenjuju.

Na slici 2 prikazana je podjela MMOGs i MOG-a te njihova preklapanja. Prvi tip umreženih igara MMOGs obuhvaća žanrove: MMOSG (engl. *Massively Multiplayer Online Social Game*), MMORPG (engl. *Massively Multiplayer Online Role-playing Game*), MMOR (engl. *Massively Multiplayer Online Racing*), *Puzzle*, RTS (engl. *Real Time Strategy*) i *Sports*. Drugi tip umreženih igara MOG obuhvaća preostale žanrove FPS (engl. *First Person Shooter*) i *Fighting* te žanrove koji se preklapaju s prvim tipom a to su *Sports*, RTS i *Puzzle*.



Slika 2. Podjela MMOGs i MOG-a, [14]

Svaka od navedenih podjela bit će prikazana i opisana u daljnjem dijelu diplomskog rada. Fokus je na FPS kategoriji koja spada u dio višekorisničkih mrežnih igara.

### 3.1 MMOR - Massively Multiplayer Online Racing

MMOR je vrsta simulacijskih igara gdje je igračima dozvoljeno upravljanje autima, avionima, brodovima, vlakovima i sličnim vozilima. Ovakav oblik igara su obično utrke u kojima se pokušava igraču približiti simulacija stvarne vožnje. Primjeri ovakvih igrica su *Need For Speed World* (NFS), *CSR Racing*, *Real Racing* itd. MMOR pripada prvoj kategoriji (masivna višekorisnička mrežna igra - MMOG) podjele umreženih igara. Na slici 3 prikazana je igrica *Need For Speed World*. Primjerice, kod NFS umreženog igranja putem interneta korisnici se spajaju na poslužitelja koji je u vlasništvu izdavačke kuće te svi skupa sudjeluju u kreiranom virtualnom svijetu. Kapacitet poslužitelja ograničen je tehnološkim

karakteristikama u koje spadaju sklopovlje samog *dedicated* poslužitelja te konekcija prema internetu. Ovakvi poslužitelji se nalaze isključivo u podatkovnim centrima gdje su optimalni uvjeti za rad. Oni mogu zaprimiti par tisuća igrača odjednom, bez narušavanja kvalitete igre.



Slika 3. Need For Speed World, [15]

Ovaj bi oblik bio pogodan za testiranje iskustvene kvalitete iz razloga što bi igračima pad kvalitete mreže uzrokovao sporiju interakciju između njihovog pokreta i reakcije vozila u igri. Današnje MMORPG igre imaju implementirane algoritme koji to ispravljaju, te zbog toga ova kategorija ne predstavlja najbolji izbor za istraživanje u ovom diplomskom radu, [14].

### 3.2 MMORPG – Massively Multiplayer Online Role-playing Game

MMORPG je igra koja stvara virtualni svijet na kojemu se nalaze tisuće igrača. Igrači komuniciraju s virtualnim svijetom i drugim igračima preko svojih likova. Nakon ostvarivanja određenih zadataka ili misija, likovi podižu svoj *level* igranosti i na taj način postaju jači u odnosu na prije. Ovakav tip igara spada u kategoriju prvog tipa (MMOGs). Glavni predstavnici ovakvog tipa igrice su *World of Warcraft* (WoW), *League of Legends* (LoL) itd. Umreženo igranje ovog tipa odvija se također na poslužiteljima zatvorenog tipa (u vlasništvu izdavačke kuće). Postoje poslužitelji koji su piratskog tipa i nisu po zakonu legalni. Poslužitelji se nalaze u podatkovnim centrima (u slučaju *World of Warcraft*-a i *League of*



*Legends* podatkovni centri su u vlasništvu kompanije zbog velikog obujma prometa te isplativosti). Zbog velikog broja igrača dolazi do povezivanja *dedicated* poslužitelja te se može reći da će poslužitelji ovog tipa uskoro prijeći na *cloud* sustave s ciljem smanjivanja vremena odziva između igrača i poslužitelja (igrača se nalaze po cijelom svijetu, teži se jednakosti prema igračima u smislu odziva prema poslužitelju). Slika 4 prikazuje igranje *World of Warcraft*-a.



Slika 4. Prikaz igre *World of Warcraft*, [16]

Kod MMORPG postoji velika razlika između igrača koji je tek krenuo igrati i igrača koji igra duže vrijeme i to ne samo u poznavanju igre nego u njihovim virtualnim likovima. Nivo vještine određenog virtualnog lika raste tijekom igre i dolazi do nepravednog omjera na razini stari – novi igrač. Upravo zbog te neravnomyjernosti kod igrača, bilo s ili bez mrežnih smetnji, novi igrača su uvijek na gubitku i ovakav oblik nije pogodan za istraživanje u ovom diplomatskom radu, [14].

### 3.3 MMOSG - Massively Multiplayer Online Social Game

MMOSG je vrsta igara u kojoj igrača kreiraju svoje gradove, farme, tržnice i slično. Igrači nemaju definirane misije nego se socijaliziraju s okolinom, odnosno s ostalim igračima. Sudionici se mogu međusobno pomagati u smislu poklona (vojska, oružje, razni ukrasi). Cilj

igre je socijalizacija igrača putem virtualnog svijeta. Često igrači na ovaj način razvijaju i prijateljstva. MMOSG je svoju popularnost stekao popularizacijom pametnih telefona, gdje je ovakav oblik igara najigraniji. Primjer ovakve igre su *Clash of Clans* (CoC), *Ogame*, *FarmVille* itd. MMOSG spada u kategoriju prvog tipa (MMOGs), [14].



Slika 5. Prikazuje igranje *Clash of Clans*-a, [17]

Na slici 5 prikazana je igra *Clash of Clans* koja je trenutno jedna od popularnijih u kategoriji MMOGs.

### 3.4 FPS – First Person Shooter

*First Person Shooter* je vrsta igre bazirana uglavnom na oružanom sukobu gdje igrači svoju okolinu gledaju iz prvog lica, po čemu je sam tip igre i dobio ime. Ovaj tip igre nudi igračima različite mogućnosti natjecanja. Neki od tih su:

- *Deathmatch* – popularno i pod nazivom *Free for all*, iz samog naziva se vidi da svaki igrač igra za sebe te ubija protivničke likove. Poanta ovakvog načina natjecanja je što prije doći do rezultata definiranog od strane administratora servera (najčešće pedeset ubojstava/poena). Ograničenje ne mora biti u poenima, može biti i vremenski.
- *Search and destroy* – tip igre u kojemu su igrači podijeljeni u dva tima. Jedan tim brani definirane objekte (engl. *Plant*), dok drugi tim pokušava zauzeti i uništiti te iste.

Borba se odvija na mapama/arenama. Postoje dva poluvremena u igri. Na poluvremenu timovi se mijenjaju iz obrane u napad. *Search and Destroy* je izuzetno popularan upravo zbog dinamike igre, gdje timovi koji igraju zajedno postaju sve uigraniji i sama igra postaje zanimljivija. Formiranjem timova dolazi se i do raznih natjecanja kao što su *Clan Base* te *Cyber Gaming* koji predstavljaju ligu ovakvog eSporta.

- *Capture the Flag* – način igre u kojemu je cilj „zarobiti“ protivničku zastavu i donijeti je u svoj tabor. Igra se također odvija u timovima gdje se na poluvremenu zamjene strane. Krajnji rezultat najčešće je ograničen vremenom.
- *HeadQuarters* – način igre u kojemu je potrebno zarobiti protivnički tabor i za svaku sekundu provedenu tamo, raste rezultat u korist tima. Ovaj tip igre nije pretjerano prihvaćen od strane igrača upravo zbog prevelike dinamičnosti, nije moguće uigravanje, kao primjerice kod *Search and Destroy* tipa.
- *Team Death match* – princip igre isti kao *death match* samo se igra u timovima, koji na poluvremenu mijenjaju strane. Uz *Search and destroy*, najpopularniji oblik igre trenutno.

FPS igre spadaju u drugi tip, odnosno MOG. Za razliku od MMOGs tipa igre, broj igrača koji igraju istovremeno je znatno manji što je pogodno za planiranje taktike i lakše uigravanje svog tima. Visoka popularnost FPS igara je i zbog toga što je vrijeme provedeno u ovom obliku zabave kraći nego kod MMOG tipa (po statistikama većina igrača nakon 2-3 odigrane mape napusti igru što bi značilo sat do sat i pol igre), [32]. FPS igrice zahtijevaju visoku razinu QoS (engl. *Quality of Service*) zato što je komunikacija između igrača i poslužitelja u stvarnom vremenu i odziv između njih treba biti što manji. Svaka smetnja nastala na vezi odražava se na kvalitetu igre te zbog toga FPS postaje idealan kandidat za istraživanje iskustvene kvalitete usluge umreženog igranja. Veličina paketa generiranih od strane poslužitelja kreće se u rasponu od 5-300 bitova, dok paketi generirani od strane klijenta iznose 15-110 bitova, što rezultira odzivom od strane servera 10-200 ms, a odziv od strane klijenta 5-120 ms. Upravo smanjenje paketa na korisničkoj strani rezultira boljoj kvaliteti usluge i iskustvenoj kvaliteti, [14].





Slika 6. Prikaz igre *Call of Duty 2*

Na slici 6 prikazan je izgled umreženog igranja za *Call of Duty 2* igru, ujedno na toj igri izvesti će se istraživanje koje je prikazano u šestom i sedmom poglavlju.

### 3.5 RTS - Real Time Strategy

RTS igre bazirane su na ratovima, odnosno bojištima. Bit igre je strateški usavršiti svoju bazu te se svodi na napadanje i branjenje od protivnika. RTS može biti borba čovjeka protiv računala (umjetne inteligencije gradirane po težini) ili se igrači mogu međusobno boriti. Predstavnicima ovakvog tipa igre su: *Age of Empires*, *Command and Conquer* itd. Na slici 7 prikazan je pogled u igru *Command and Conquer*. RTS se igra u stvarnom vremenu, ali potezi unutar igre ne trebaju biti ažurni (primjerice unaprjeđivanje nekog dijela baze može trajati danima, te u tim slučajevima odziv igrač – poslužitelj nije presudan faktor). Upravo zbog toga RTS nije pogodan za istraživački dio ovog rada, jer su potezi u igri više bazirani na strategiji umjesto brzini. Po klasifikaciji RTS može pripadati i prvom i drugom tipu umreženog igranja, [14].



Slika 7. Prikaz igre *Command and Conquer*, [18]

### 3.6 Sports

*Sports* predstavlja oblik igre koji preslikava sportaše, klubove, stadione/arene iz stvarnog u virtualni svijet. Pravila igre ovise o pravilima sporta u stvarnom svijetu te se ovaj tip igre koristi kao reklama popularnih sportova koji su interesantni široj javnosti. Najpopularnije igre ovog tipa su serijali FIFA, *Pro evolution Soccer* (PES), NBA itd. Proizvođači ovakvog tipa, EA sports i Konami su pokušali i s drugim sportovima kao što su NFL - *National Football League* (američki nogomet) i Olimpijada, ali te igre nikad nisu stekle popularnost kao simulacije nogometa i košarke. *Sports* žanr igre uglavnom se igraju u lokalnom okruženju gdje igrač igra protiv računala ili drugog igrača bez korištenja interneta. Postoji mogućnost i igranja na internetu, ali u malom obimu, te zbog toga ovaj tip igre nije pogodan za istraživački dio rada. Ovakav oblik igara (kao i FPS) zahtjeva interakciju u stvarnom vremenu uz što kraći odziv. Upravo zbog toga koristi se UDP (engl. *User Datagram Protocol*) protokol i paketi izmijenjeni od strane klijenta i poslužitelja iznose 32-90 bita. Odziv na relaciji igrač-poslužitelj može ići u intervalu od 0-308 ms, što je znatno više nego kod FPS igara. Kategorija *Sports* kao i RTS može pripadati prvom i drugom tipu umreženog igranja, [14].



Slika 8. Prikaz igre FIFA 2017, [19]

Na slici 8 prikazana je igra FIFA 2017 trenutno jedna od najpopularnijih simulacija nogometa.

### 3.7 Puzzle

*Puzzle* kategorija predstavlja igre koje igraču pružaju zadovoljstvo igranja u smislu razvijanja pamćenja, poboljšavanja refleksa, koordinacije te ukoliko se igra s drugim ljudima daje osjećaj socijalizacije s ljudima. Ovaj oblik igara često se igra preko internet pretraživača te igre, u većini slučajeva, nije potrebno prethodno instalirati na terminal. Interaktivnost između poslužitelja i igrača je svedena na poteze, iz čega se da zaključiti da gubitak paketa neće značajno utjecati na tijek igre. Zbog toga ova kategorija nije interesantna za ovo istraživanje. Ovisno o samoj igri, ova kategorija pripada prvom i drugom tipu umreženog igranja. Na slici 9 prikazana je igra *Candy Crush Saga* koja je svoju popularnost stekla rastom tržišta pametnih telefona, [14].





Slika 9. Prikaz igre *Candy Crush Saga*, [20]

### 3.8 Fighting

*Fighting* kategorija predstavlja borbu između dva ili više virtualnih likova. Ova kategorija podsjeća na kategoriju *Sports* što nije točno jer su izdavačke kuće uz presliku klasičnog sporta (kao što je igrice *WWE All Stars*) krenuli proizvoditi imaginarne borbe kao što je *Tekken* (slika 10). Upravo takve igre stekle su veliku popularnost. U ovim igrama borbe su najčešće jedan na jedan i to u lokalnom okruženju, bez prisustva mreže (na konzolama). Zbog toga ova kategorija nije pogodna za testiranje iskustvene kvalitete u različitim prometnim slučajevima. *Fighting* kategorija pripada drugom tipu umreženog igranja, [14].



Slika 10. Prikaz igre *Tekken 7*, [21]

### 3.9 Protokoli i prometne karakteristike pojedinog žanra

U radu je navedeno osam žanrova/kategorija igara. Svaki od njih ima svoje značajke te se u ovom potpoglavlju sumiraju sve karakteristike u tablici 1.

Tablica 1. Protokoli i prometne karakteristike pojedinog žanra, [14].

Žanr	Veličina paketa (bit)	Odziv (ms)	Korišteni protokol
MMOR	18-104	0-298	UDP
MMORPG	Server: 4-636 Client: 1-154	Server: 0-3179 Client: 0-1264	TCP
MMOSG	Server: 0-1400 Client: 0-900	Server: 0-680 Client: 0-160	TCP i UDP
FPS	Server: 5-300 Client: 15-110	Server: 10-200 Client: 5-120	UDP
RTS	0-300	9-64	TCP i UDP
Sports	32-90	0-308	UDP
Puzzle	Definirano HTTP-om	Definirano HTTP-om	HTTP
Fighting	1-154	0-1264	UDP

U radu se govori o umreženom igranju, potrebno je razjasniti koji se protokoli koriste za razmjenu podataka u samoj mreži. Iz tablice 1 vidljivo je da svi žanrovi koriste tri protokola, a to su TCP (engl. *Transmission Control Protocol*), UDP (engl. *User Datagram Protocol*) i HTTP (engl. *HyperText Transfer Protocol*).

#### 3.9.1 TCP protokol

TCP protokol jedan je od osnovnih protokola koji se koriste unutar TCP/IP (engl. *Internet Protocol*) grupe protokola. Ovaj protokol je definirao DoD (engl. *Department of Defence*) 1997 godine u Sjedinjenim Američkim državama. TCP protokol se koristi kao spojni protokol koji između dva ili više entiteta u mreži kreira virtualnu konekciju i putem te konekcije prenosi podatke. Upravo zbog toga se naziva i konekcijski protokol. Glavna karakteristika TCP protokola, usporedno s drugim prijenosnim protokolima, je njegova „sigurnost“. Kao što samo ime protokola kaže TCP protokol osigurava i kontrolira isporuku



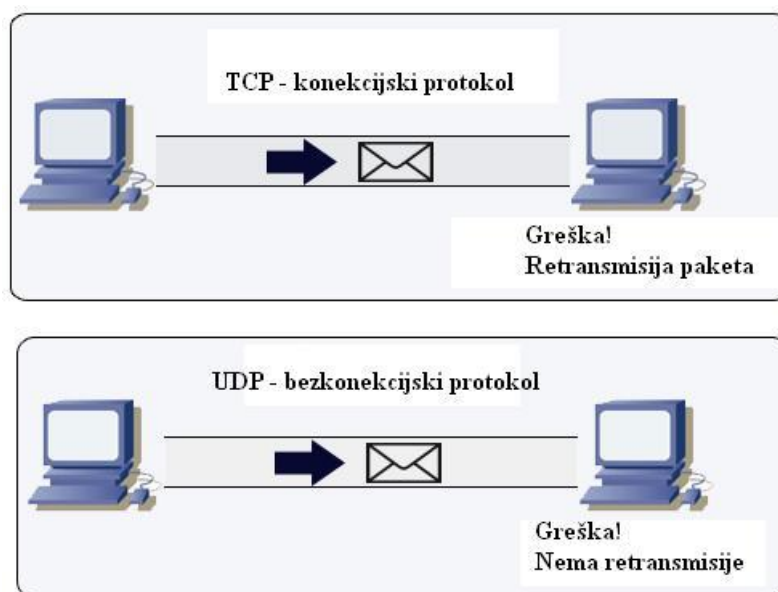
paketa između entiteta u mreži. Prilikom razmjene paketa, ukoliko jedan dio poruke (paket) ne stigne u pravilnom redosljedu ili uopće ne stigne, pošiljatelju se šalje poruka za retransmisiju tog paketa. Kad traženi paket stigne na odredište, dolazi do grupiranja svih paketa u cjelovitu poruku što zahtjeva dodatno vrijeme. Bitno je da su svi paketi stigli, a podaci koje se prenosi su kompletni. Osim što je TCP siguran i pouzdan protokol pruža mogućnosti i višestrukih istovremenih konekcija prema jednom poslužitelju od strane više klijenata (najčešći primjer toga su internet stranice). Osim što TCP osigurava pouzdan prijenos podataka, nudi mehanizme za kontrolu toka (engl. *Flow Control*), upravlja zagušenjem (engl. *Congestion Control*), obavlja segmentaciju kod višekorisničkog posluživanja te radi multipleksiranje i demultipleksiranje prenošenih podataka [22]. Sve ove prednosti TCP protokola zahtijevaju dodatno vrijeme obrade podataka te zbog toga produžavaju vrijeme prijenosa podataka. Kod umreženog igranja bitno je da se podaci prenose što brže, kako bi se odziv između klijenta i poslužitelja sveo na što manju jedinicu vremena. U slučaju odabira bilo koje kategorije video igara koje koriste TCP protokol, prilikom generiranja prometnog slučaja gdje dolazi do gubitka paketa dolazilo bi do ozbiljnih smetnji. Već pri malim ometanjima igra bi bila neigriva.

### 3.9.2 UDP protokol

UDP protokol je uz TCP jedan od najkorištenijih protokola koji se koriste danas na internetu. UDP još zvan i „brzi protokol“ poseban je po tome što preko njega aplikacije mogu slati poruke drugim korisnicima/aplikacijama bez prethodnog postavljanja kanala i definiranja puteva kojim će paketi/datagrami putovati (za razliku od TCP protokola). Ovaj protokol je definirao i osmislio David Patrick Reed 1980. godine [22].

Usporedivši UDP protokol s ostalim protokolima transportnog sloja dolazi se do zaključka da UDP radi osnovni minimum koji je potreban za nekakav transportni protokol. Ako se zanemari multipleksiranje i demultipleksiranje, osnovna provjera greške, UDP protokol ne dodaje ništa više IP protokolu. Programer koji se odluči za svoj projekt koristiti UDP protokol, pravi aplikaciju koja komunicira direktno s udaljenim klijentom na način da uzima prijenosnu poruku i na nju dodaje izvorni i krajnji broj porta (ovo je bitno za multipleksiranje i demultipleksiranje), dodaje polje za osnovnu provjeru i dužinu paketa te to u cjelini prenosi mrežom. Trenutak kada generirani promet aplikacije prelazi iz aplikacijskog sloja u transportni naziva se segmentacija. Segmentacija predstavlja dijeljenje samo sadržaja

poruke na manje dijelove/datagrame. Nakon što mreža zaprimi poruku/datagram usmjerava ga prema određenoj IP adresi. Ukoliko poruka stigne na željenu IP adresu, UDP pročita broj porta i na njega dostavlja podatke željenoj aplikaciji/klijentu. Unatoč tomu što je UDP veoma jednostavan protokol, on ne garantira isporuku paketa na odredište. To mu daje određenu prednost jer zbog svoje jednostavnosti dobiva na brzini komunikacije između entiteta u mreži [22]. Upravo zbog svoje brzine koristi se tamo gdje je ona potrebna. Komparacija UDP i TCP protokola prikazana je na slici 11.



Slika 11. Usporedba TCP i UDP protokola, [22]

Međutim, mora biti i određena tolerancija na gubitak paketa kao što je slučaj kod umreženog igranja. Ako se umreženo igranje izvodi preko UDP protokola, gubitak paketa će biti prezentiran kao trzanje grafičkog prikaza u igri ili *lagg*. Retransmisije paketa neće biti nego se igra nastavlja. Kod umreženog igranja sva interakcija između klijenta i poslužitelja ostvaruje se u stvarnom vremenu (najčešće prema više klijenata istovremeno), ovaj protokol idealan je odabir za uslugu umreženog igranja.

### 3.9.3 HTTP protokol

Za razliku od UDP i TCP protokola koji su protokoli transportnog sloja, HTTP je protokol aplikacijskog sloja. Sama skraćenica HTTP označava *HyperText Transfer Protocol*, te se iz njegovog naziva naslućuje da se radi o protokolu za prijenos. Ovim protokolom prenose se datoteke različitih sadržaja (slike, glazba, rezultati raznih pretraga i sl). HTTP se

uglavnom koristi prilikom pretraživanja interneta, te je osnova svakog internet pretraživača. Kao i svaki protokol HTTP ima svoje klijente/aplikacije. Kao što je već navedeno, radi se o internet pretraživačima. Komunikacija između klijenta i poslužitelja provodi se preko porta 80 koji je dogovoren na globalnoj razini.

Kada klijent uputi zahtjev prema željenom poslužitelju, poslužitelj odgovara nizom naredbi koje su definirane dotičnim protokolom. Ako klijent zahtijeva određenu datoteku, poslužitelj mu tu istu isporučuje kao kopiju te zadržava original ostalim potencijalnim klijentima. Naredbe kojima komuniciraju klijent i poslužitelj su tekstualno orijentirane. Video igre koje se zasnivaju na HTTP protokolu su uglavnom kategorija *Puzzle*, a u toj kategoriji se nalaze i igre s kartama i slično. Interaktivnost u ovakvom obliku igara je svedena na poteze te se samim time gubitak paketa ne reflektira na iskustvenu kvalitetu usluge. Do gubitka paketa može doći kao i kod bilo kojeg protokola, ali HTTP protokol za komunikaciju koristi naredbe/funkcije bazirane na funkcijama TCP protokola. Ako do gubitka dođe traži se retransmisija. Zaključno tome, može se reći da je HTTP protokol pogodan za siguran prijenos podataka, upravo zbog karakteristika koje kopira iz TCP protokola, [22].

## 4. Ispitivanje iskustvene kvalitete usluge umreženog igranja

Igranje umreženih igara je postalo multimilijunski posao, pa se stoga igračima nastoji pružiti što bolja iskustvena kvaliteta usluge QoE. Pružatelji usluga žele identificirati i izmjeriti učinkovitost i preciznost koliko god je to moguće. Međutim QoE je parametar koji može biti pod utjecajem više aspekata kao što je ljudska percepcija, socijalni aspekti, QoS i kvaliteta sadržaja izvora, koje može činiti kvantifikaciju parametara. Zapravo, jedini (trenutno raspoloživi) način mjerenje QoE je korištenje subjektivne mjerne tehnike koja je skupa, zbog činjenice da iziskuje vrijeme i testnu skupinu koja bi provela takvo testiranje. Alternativna solucija može biti korištenje eksperimentalnih rezultata dobivenih od subjektivnih eksperimenata kako bi se napravili i potvrdili modeli koji bi bili u mogućnosti izmjeriti QoE dovoljno točno [14].

Nekoliko modela i alata koji su trenutno dostupni mogu biti korišteni za mjerenje QoE za video ili zvuk, ali ne i za video igre u cijelosti. Postoje određeni alati za mjerenje QoE igara na Internetu, ali su ograničenih mogućnosti. Povrh toga, trenutno dostupni modeli za mjerenje QoE umreženih igara, fokusirani su samo na efekte QoS parametara od QoE, ignorirajući sve druge parametre. U tom slučaju treba predložiti model koji bi bio u mogućnosti obuhvatiti igrače i socijalne parametre te QoS. Uz sve to navedeno, alat bi trebao biti u stanju izdvojiti socijalne parametre, primjerice vrijeme provedeno u igri kada igrač igra sam s nepoznatim osobama naspram vremena provedenog u igri s prijateljima, povratne informacije socijalnog parametra imale bi značajnu ulogu u sveukupnoj ocjeni iskustvene kvalitete usluge. Nakon analize svih parametara, korelacijom istih se dolazi do rezultata subjektivne iskustvene kvalitete usluge [2], [14].

### 4.1 Problematika iskustvene kvalitete

Proteklih godina, industrija umreženih video igara predstavila je novu paradigmu OSG (engl. *Online Social Games*). OSG pruža platformu koja može istovremeno primiti veliku količinu igrača gdje se mogu igrati i socijalizirati. Socijalizacija je ugrađena u mnoge igrače žanrove i to je učinjeno na više različitih načina. U međuvremenu, umrežene igre su zaplijenile pozornost istraživača zbog socijalnih aspekata, QoE, mrežnih zahtjeva, prometnih karakteristika i mnogih domena.

Postoji nekoliko objava o socijalizaciji koje istražuju demografiju, odnose među igračima, dinamiku i ostale učinke socijalizacije. Većina tih studija su bazirane samo na subjektivnim podacima, [23]. Nakon pregledavanja svih tih studija, nameće se pitanje doprinosi li socijalizacija u igranju boljem QoE. Istina je kako se danas sve više socijalnih igara plasira na tržište na dnevnoj bazi, dok je jedan od najpopularnijih žanrova OSG koji ima milijune dnevno aktivnih sudionika DAU (engl. *Daily active users*). To pokazuje važnost istraživanja QoE igrača koji igraju OSG. Kako bi uklonili nesigurnosti, objektivno mjerenje može biti kombinirano sa subjektivnim mjerenjem u cilju dobivanja pouzdanijih rezultata. Trenutno, kompletno objektivne QoE studije ne mogu u cijelosti obuhvatit pojam iskustvene kvalitete igranja zbog toga što nema pouzdanog mjernog modela. Stoga se dolazi do zaključka da postoji potreba za pouzdanim mjerenjem QoE-a igrača (model koji je sastavljen od subjektivnih i objektivnih mjerenja) u igri kako bi se procijenio učinak socijalizacije na igračevu percepciju kvalitete. Namjera te teze je doći do odgovora na sljedeća pitanja [23]:

1. Ima li socijalizacija u *on line* igrama učinak na igračevu percepciju iskustvene kvalitete usluge i u kojem opsegu?
2. Koliko socijalizacija utječe na igračeve performanse? Napreduje li se brže pojedinačnim igranjem ili igranjem s prijateljima?
3. Postoji li povezanost između igračevog QoE-a i njegove osobnosti prilikom igranja?

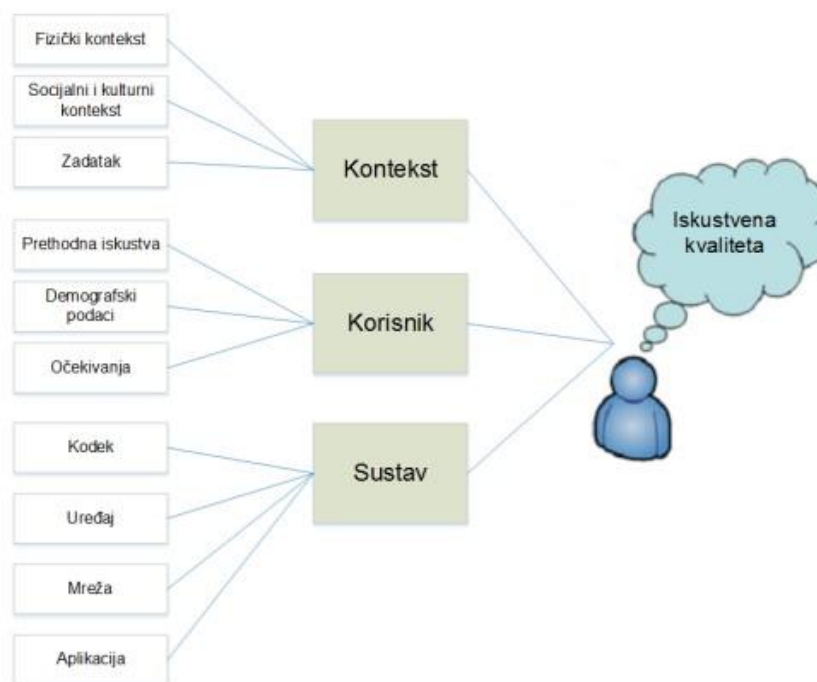
Različita istraživanja ispitala su iskustvenu kvalitetu OSG-a i aspekte socijalizacije OSG-a. Postojeće studije mogu biti klasificirane u tri razreda:

1. QoE studije – postoje neke studije koje ispituju subjektivan QoE igrača i predlažu model za objektivnu kvantifikaciju ili predviđanje kvalitete. U literaturi također postoje modeli kao što je *G-model* i *One-click Framework* [24].
2. QoS studije – nekoliko studija su ispitale QoS efekte na igračeve performanse te su pokazale učinke kašnjenja i gubitak paketa u iskustvenoj kvaliteti usluge. U različitim modelima je predloženo prebrojavanje i predviđanje odlaska i prijevremenog napuštanja baziranog na QoS parametrima. Štoviše, QoS utječe na igračeve performanse korištenjem različitih metodologija [25].
3. Socijalne studija – socijalni aspekti igara postali su glavna tema u istraživanju iskustvene kvalitete kod igara. Neka istraživanja su ispitala socijalne aspekte iz više

dimenzija. Različite studije su analizirale odnose u igri, prednosti igranja s prijateljima i demografiju [23].

## 4.2 Utjecajni faktori na iskustvenu kvalitetu umreženog igranja

Utjecajne faktore vezane za iskustvenu kvalitetu prema Molleru dijele se na tri osnovne skupine. To su: faktori vezani za kontekst, faktori vezani za korisnika i faktori vezani za sustav [2]. Svaka od navedenih skupina sadrži još svoje faktore koji su prikazani na slici 12.



Slika 12. Utjecajni faktori na QoE, [2]

Utjecajni faktori vezani za korisnika predstavljaju sve karakteristike koje se mogu povezati na njegovu subjektivnu interpretaciju iskustvene kvalitete. U istraživanjima je primijećeno da igrači koji imaju veće sposobnosti u igri (veću vještinu engl. *Skill*) prije primjećuju smetnje nastale u mreži (vezano za QoS mreže) od igrača koji su tek krenuli igrati. Može se zaključiti da igrač nakon određenog vremena provedenog u igri počinje razvijati osjećaj za igru. Bitno je napomenuti da iskusni igrači kad primijete određene nepravilnosti (mogućnost trzanja grafičkog prikaza, povišen odziv) prilagode svoj način igranja i sporije odustaju od igre od novih igrača. Novi igrači spomenute smetnje ne interpretiraju kao nešto negativno. Moguće je da to shvate kao normalnu pojavu ili čak misle kako je to rezultat njihove loše igre. Stil igre samog igrača ima bitnu ulogu u iskustvenoj kvaliteti usluge.

Primjerice, neki su igrači po prirodi nametljivi i pokušavaju dostići određene ciljeve prije drugih. Takvom igraču koji teži napretku igra je nedvojbeno zanimljivija nego igraču koji ulazi u igru čisto iz dosade ili sličnih razloga. Igrače ovakvog tipa u literaturi nazivaju se *achieveri*. Druga kategorizacija igrača su oni koji odlaze u virtualni svijet čisto da „pobjegnu“ od realnosti te u virtualnom svijetu ostvaruju nekakve svoje želje. Takvi igrači se nazivaju istraživači (*exploreri*). Treća kategorija, ujedno i najinteresantnija za mjerenje iskustvene kvalitete, su društvenjaci (*socializeri*). Društvenjaci igru koriste kao sredstvo za komunikaciju i održavanje društvenih veza s ostalim ljudima koji su njima slični. Kod treće kategorije dolazi do onog dijela gdje u iskustvenu kvalitetu ulazi i socijalni aspekt igrača. Ovaj dio je teško modelirati i izmjeriti jer broj faktora koji ulaze u obzir je prilično velik. Ostali faktori koji utječu na statistiku su spol, dob, jezik, mjesto odrastanja i slično [26].

Najveći pad kod iskustvene kvalitete usluge dolazi zbog gubitka paketa ili povećanog kašnjenja (parametri vezani za QoS mreže). Zbog ovakvih problema koji mogu nastati u mreži proizvođači igara koje su osjetljive na pad QoS-a implementiraju različite algoritme koji služe za kompenzaciju kašnjenja i gubitka paketa na korisničkoj strani. Jedan od ovakvih algoritama je *Dead Reckoning* (DR) koji u slučaju smetnji u mreži pokušava ispraviti lokaciju igrača na mapi te na taj način povećati QoE na strani igrača, [27].

Većina igara koje se trenutno nalaze na tržištu nisu u potpunosti otporne na smetnje u mreži, unatoč određenoj toleranciji na visoko kašnjenje i gubitak paketa ovakve se smetnje odražavaju prilikom sinkronizacije stanja igre (engl. *game state*). Ukoliko dođe do gubitka paketa koji sadrži informacije o osvježavanju igre (engl. *game state update*) dolazi do poremećaja same sinkronizacije igre što se naročito očituje kod FPS igara. Ukoliko poruka o osvježavanju igre koja sadrži lokaciju igrača zakasni i algoritam za ispravljanje ju ne može ispraviti, dolazi do periodičnog pomicanja igrača po mapi, odnosno igrač se „teleportira“ i vrlo je teško ostvariti bilo kakvu interakciju igrača prema poslužitelju, a i ostalih igrača prema njemu [27]. Ova pojava se u službenom žargonu naziva *lagg*. Upravo taj *lagg* je glavni uzrok pada iskustvene kvalitete kod igrača i može dovesti do prekida igre jer korisnici izgube strpljenje.

Glavne karakteristike koje opisuju umreženo igranje i daju stvarnu percepciju QoE-a su: odziv na korisničke radnje (engl. *responsiveness*), pravednost (engl. *fairness*) i preciznost (engl. *precision*) [28]. Primjerice, ako su odziv na korisničke radnje i preciznost jednake kod

svih igrača tada je između njih jednaka pravednost u igri. Izmjenom bilo kojeg od prva dva parametra dolazi do narušavanja pravednosti i samim tim dolazi do dozvoljavanja nedosljednosti što prouzrokuje smanjenje QoE. Problem visokog kašnjenja se može riješiti da sustav sam prepozna takve korisnike po njihovom odzivu i automatski im poboljšava propusnost ukoliko je to moguće. Na taj način bi se produžilo njihovo vrijeme igranja. Također, istraživanje je pokazalo da trzanje (engl. *lagg*) uzrokuju najveći pad QoE-a jer ukoliko se problem konstantno ponavlja igrači napuštaju igru. Treba napomenuti da iskustvena kvaliteta usluge ovisi i o vrsti uređaja koji se koristi za igru. Primjerice, osobe koje igraju na prijenosnim terminalima nemaju iste zahtjeve kao korisnici sa stolnim računalima jer su svjesni da nije moguće očekivati vrhunsku kvalitetu usluge na terminalu koji nije po karakteristikama (a i cijeni) jednak stolnom računalu, [27], [28].

### 4.3 Vrednovanje iskustvene kvalitete igara

Prilikom vrednovanja iskustvene kvalitete umreženih igara najčešće se koriste subjektivne metode. Kod subjektivnih metoda popunjavaju se ankete koje sadrže pitanja na zaokruživanje te pitanja na koja se odgovora gradacijom (u smislu jako loše, loše, dobro, vrlo dobro, odlično) te je gradacija najčešće izvedena u obliku pet razinske ili deset razinske ljestvice. Glavni nedostatak ove metode je gubitak vremena na rješavanje anketa, dekoncentracija prilikom testiranja te značajnu ulogu igra i osobnost anketiranog korisnika. Objektivne metode koje bi bile pouzdanije mogu se izvesti pomoću uređaja za mjerenje psihofizičkih podražaja. Jedna od metoda objektivnog mjerenja bila bi facijalna elektromiografija [29] koja mjeri aktivnost mišića na podražaje prilikom igranja. Ovakva metoda daje informacije na temelju pokreta lica (mrštenje i smijanje), dok bi se uzbuđenje mjerilo pomoću GSR-a (engl. *Galvanic skin response*) gdje se mjeri provodnost kože. Za objektivna istraživanja potrebno je dosta financijskog napora te vjerodostojan broj ljudi na kojima se provodi mjerenje. To oduzima znatno više vremena nego kod subjektivnog ispitivanja. Napredovanjem tehnologije i širenjem spoznaja koji faktori su ključni i kako ih izmjeriti digitalnim putem, može se reći da objektivno istraživanje ima svijetlu budućnost u ovakvom području istraživanja. Trenutno sva istraživanja su obavljena pomoću subjektivnog ispitivanja [29].



## 5. Mrežni scenariji korišteni u analizi

### 5.1 Emulacija i simulacija

Kako bi se namjerno kreirali određeni prometni slučajevi u mreži kao što su gubitak paketa ili povećanje kašnjenja odziva na relaciji klijent poslužitelj potrebna je emulacija mreže. Emulacija predstavlja tehniku testiranja samih performansi određene aplikacije preko virtualne mreže. Sama emulacija se razlikuje od simulacije jer osim matematičkih modela prometa daje najrealniji uvid koji je virtual stvoren. Također bitna razlika između emulacije i simulacije je po tome što se emulator ponaša kao mreža koja povezuje krajnje terminale, ali ne predstavlja same terminale. Simulator mreže obično predstavlja program koji se koristi na jednom računalu i generira apstraktni opis mrežnog prometa i njegovih performansi u obliku statističkih podataka, [14].

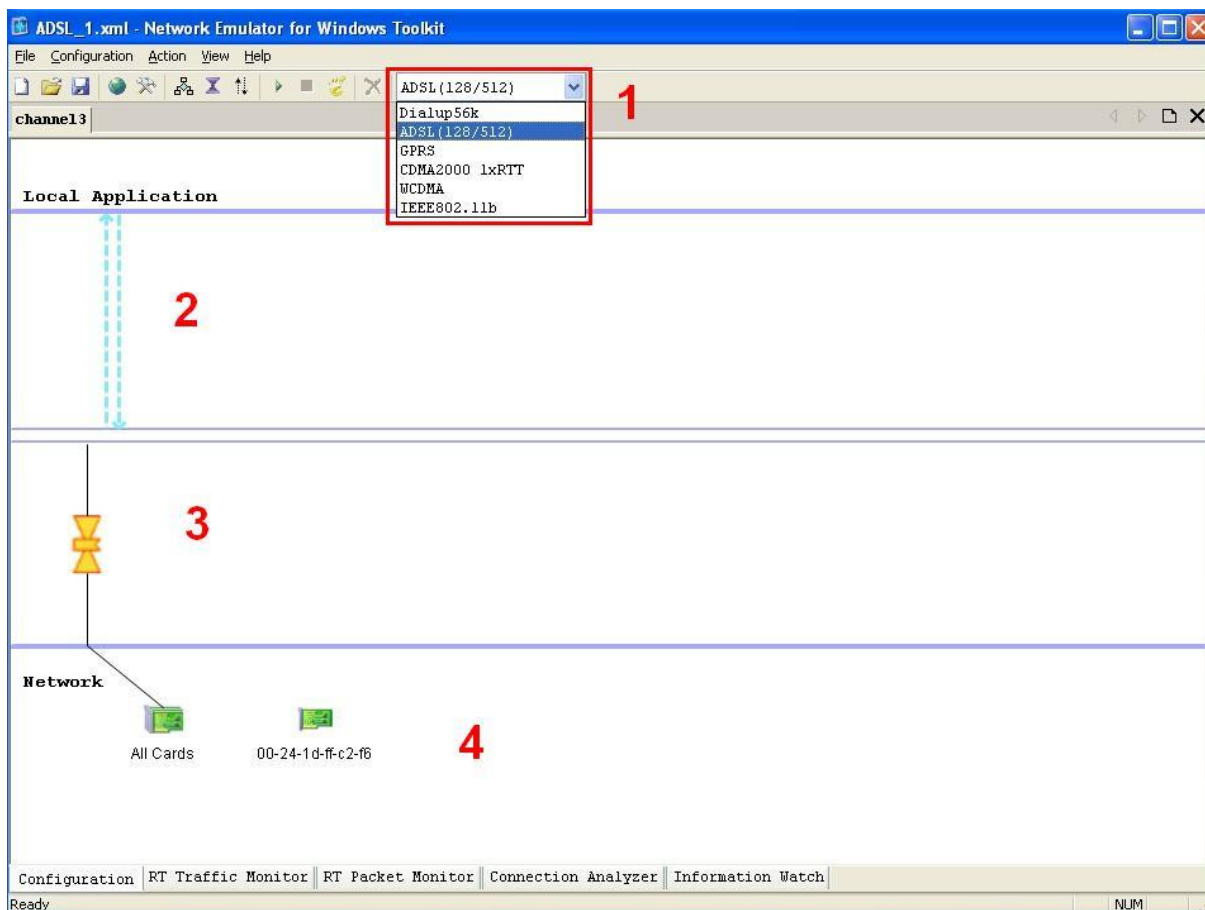
Cilj emulacija je testiranje nekog novog programa. Programere uglavnom zanima kako se on ponaša pri gubitku paketa i povećanom vremenu odziva. Upravo koristeći emulaciju postiže se željeno na način da se regulira vrijeme povrata odziva, protok podataka, pojavom prijenosnih bitova s greškama, ispadanjem mreže iz rada i slično. Emulatori su dostupni u obliku aplikacije koja se instalira na razvojno okruženje ili mogu biti bazirani na internet sučelju. Prilikom kreiranja različitih prometnih slučajeva, u ovom diplomskom radu, koristila se aplikacija *Network Emulator Client* koja je opisana u nastavku rada.

### 5.2 Metoda mrežne emulacije

Metodom mrežne emulacije postiže se spajanje terminala na testnu mrežu koja manipulira paketima na način kojim se oponašaju slučajevi u živim mrežama kao što su LAN (engl. *Local Area Network*) ili WAN (engl. *Wide Area Network*). Kad se emulator pokrene na terminalu potrebno je definirati atribute mreže kao što su: vrijeme odziva (latencija), veličina raspoloživog pojasa (engl. *Bandwidth*), određeni stupanj gubitka paketa, preusmjeravanje paketa, modifikaciju paketa, gubitak signala na putu i pojavu bitova s greškom. Sve navedene atribute moguće je definirati zasebno za dolazni i odlazni promet. Mrežnim emulatorima glavni zadatak je stvaranje okruženja u kojem omogućuje korisniku povezivanje svojih uređaja ili aplikacija. Tako procjenjuje njihove performanse, povećava stabilnost i funkcionalnost u stvarnoj mreži. Nakon testiranja dobiva se realni prikaz ponašanja u stvarnoj mreži s predviđenim problemima.

### 5.3 Network Emulator Client - Network Emulator for Windows

Kao što je već spomenuto, za istraživački dio ovog diplomskog rada koristi se programski baziran emulator *Network Emulator for Windows* – NEWT. Glavna karakteristika ovog programskog alata je da može emulirati ponašanje žične i bežične veze, koristeći pouzdanu fizičku vezu (u ovom slučaju Ethernet). Na slici 13 prikazan je dotični program.

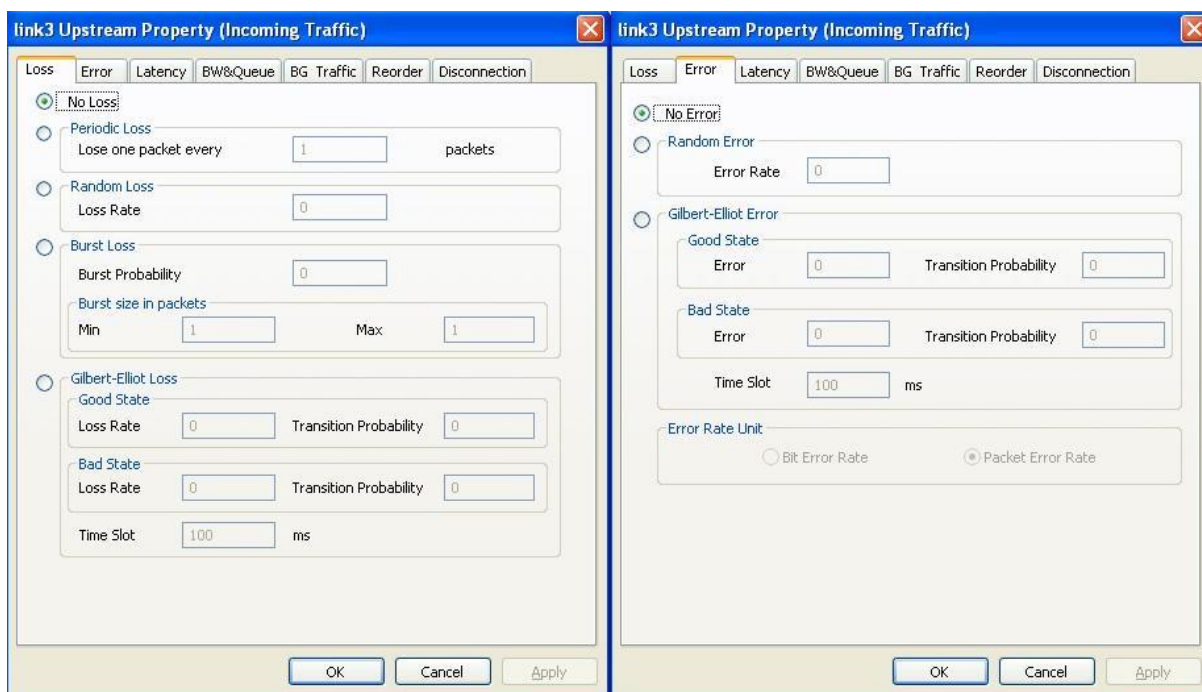


Slika 13. Prikaz Network Emulator Client-a, [23]

NEWT emulator omogućava veliku raznolikost mrežnih atributa (svi navedeni iz prethodnog poglavlja). Pruža fleksibilnost filtriranja paketa koji su bazirani na IP adresama i protokolima kao što su UDP, TCP, ICMP (engl. *Internet Control Message Protocol*). Prilikom pokretanja programa potrebno je odabrati postavke virtualnog kanala. Neke od njih su unaprijed definirane i njih se odabire u padajućem izborniku koji je prikazan na slici 14 pod brojem jedan. Pogled na virtualni link prikazan je pod brojem dva. Kao što se vidi prikazane su dvije smjerno orijentirane strelice. Lijeva predstavlja promet koji se šalje s računala u virtualni kanal, a desna promet koji dolazi prema računalu. Pod oznakama tri i

četiri nalaze se filteri kojima se definiraju krajnje točke virtualne mreže. Pod brojem tri definira se udaljena krajnja točka ili točke, dok dio programa definiran brojem četiri označava koji mrežni adapteri na korisničkoj strani sudjeluju u emulaciji.

Virtualni link (na slici 14 označen brojem dva) nudi dosta mogućnosti za kreiranje emulacije, do kojih se dolazi dvoklikom na strelice koje predstavljaju smjer odlaska i dolaska paketa iz virtualne mreže. Prvo se popunjavaju karakteristike prometnog toka za odlazni smjer (engl. *Upload*) a nakon toga za dolazni smjer (engl. *Download*). Same karakteristike su jednako ponuđene u oba slučaja te se kombiniraju po potrebi i želji. Prilikom dvoklika otvara se izbornik za unos atributa kojih ima ukupno osam. Na slici 14 prikazana su prva dva atributa, [23].



Slika 14. Izbornici gubitka paketa (lijevo) i učestalosti greška tijekom prijenosa (desno), [23]

Gubitak paketa (engl. *Packet Loss*) u stvarnom okruženju predstavlja mogućnost da se paket koji prolazi mrežom ne pojavi na odredištu, te tako nastaje gubitak paketa. U NEWT, ponašanje gubljenja paketa može biti specificirano za pojedini smjer komunikacije. Četiri primjera gubljenja paketa implementirana su u NEWT, [23]:

- Periodični gubici (engl. *Periodic loss*) - predstavljao bi gubljenje jednog paketa za svaki točno određeni broj paketa koji prolaze mrežom.
- Nasumični gubici (engl. *Random loss*) - paketi se gube nasumično ovisno o zadanoj stopi gubitka.
- Usnopljeni gubici (engl. *Burst loss*) - prema zadanoj vjerojatnosti gubitaka dolazi do gubljenja paketa, a kada nastupi gubitak tada dovodi do višestrukih gubitaka paketa koji se javljaju redom.
- Gilbert-Elliot gubici (engl. *Gilbert-Elliot*) - gubitak paketa uzrokovan je ponašanjem Gilbert-Elliot modela koji se sastoji od dva stanja, dobro i loše stanje. Stope gubitaka paketa specificirane su za ta dva stanja. Mrežni promet između navedenih stanja je u danim prijelaznim vjerojatnostima.

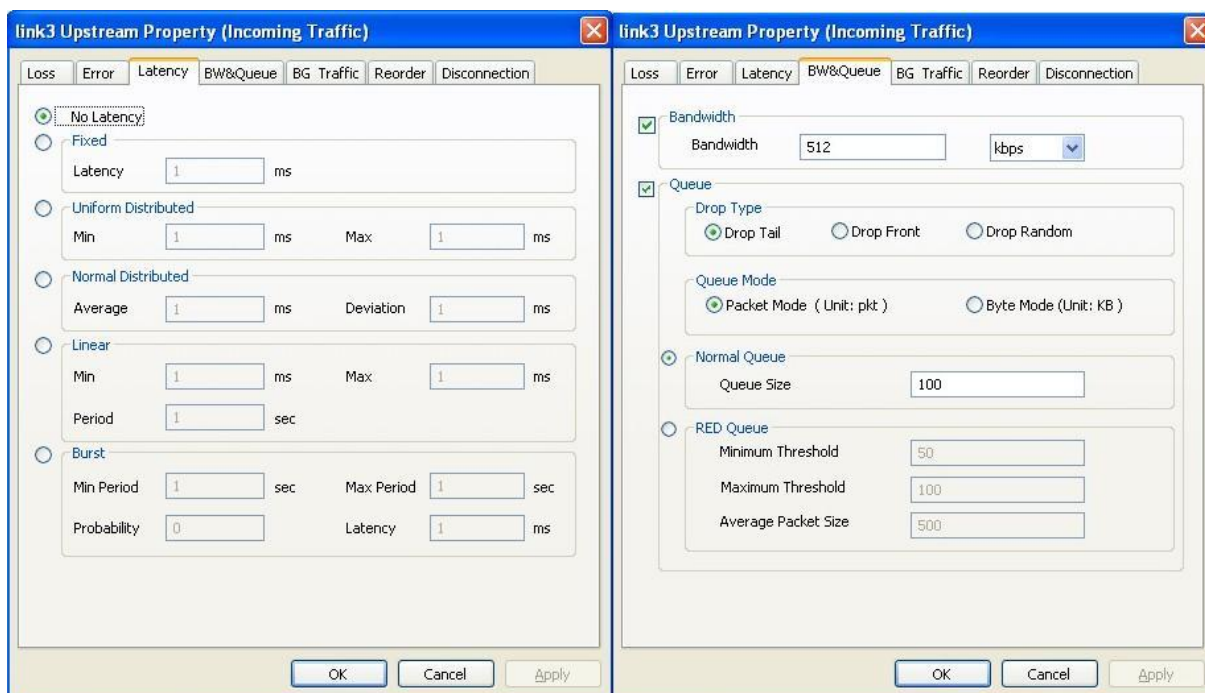
Ako nije navedeno ponašanje gubitka paketa za pojedini smjer komunikacije, NEWT neće ispustiti pakete koji će oponašati gubitak paketa.

Učestalost greške (engl. *Error rate*) nudi načine na koji će se oni prezentirati, [23]:

- Nasumična greška (engl. *Random error*) - opcija u kojoj se stavlja broj grešaka koji se pojavi nasumično.
- Gilbert-Elliot greška (engl. *Gilbert-Elliot error*) - greška uzrokovana prema Gilbert-Elliot modelu koji slično kao i kod gubitka paketa ima dva stanja te se unosi vremenski period u kojem se stanja aktiviraju.

U oba slučaja može se izabrati radi li se o grešci po bitu ili grešci po paketu.

Na slici 15 prikazana su sljedeća dva izbornika: kašnjenje i širina pojasa kod redova u repu.



Slika 15. Prikaz izbornika kašnjenje (lijevo) i izbornika propusnost i redovi (desno), [23]

Kašnjenje (engl. *Latency*) predstavlja vrijeme potrebno paketu koji sadrži podatke da bude poslan od strane jedne aplikacije i primljen od strane druge aplikacije. Ovo uključuje tranzitno vrijeme u mreži i vrijeme procesiranja na odašiljačkom i prijemnom računalu.

U NEWT programu, kašnjenje je specificirano za pojedini smjer komunikacije. Pet različitih tipova kašnjenja implementiranih u programu su, [23]:

- Fiksno kašnjenje (engl. *Fixed delay*) gdje paketi kasne fiksno određeno vrijeme.
- Uniformno kašnjenje (eng. *Uniform delay*), paketi kasne prema vjerojatnošću uniformne distribucije.
- Normalno kašnjenje (engl. *Normal delay*) je slučaj gdje paketi kasne prema vjerojatnošću normalne distribucije.
- Linearno kašnjenje (engl. *Linear delay*), paketi kasne određeno vrijeme koje se linearno povećava od određenog minimuma do određenog maksimuma u zadanom vremenskom periodu, pa tako vrijeme kašnjenja kreće sve iz početka, tj. od minimuma do maksimuma gdje dostigne maksimalnu vrijednost kašnjenja.

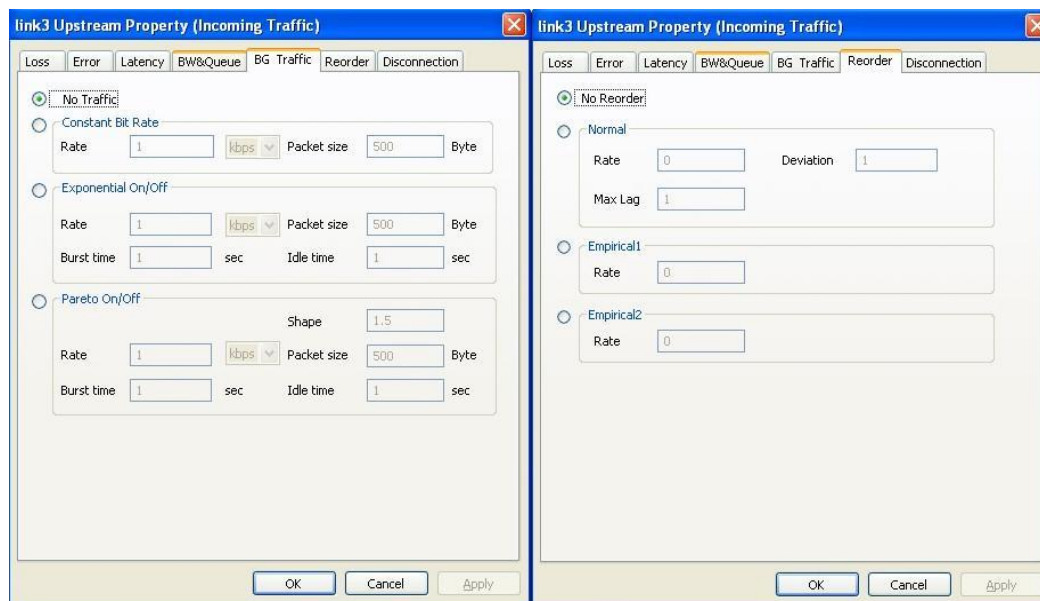
- Usnopljeno kašnjenje (engl. *Burst delay*) predstavlja kašnjenje gdje paketi kasne ovisno o zadanoj vjerojatnosti. Kad jedan paket zakasni, tada će više uzastopnih paketa biti odgođeno.

Propusnost i redovi predstavljaju karticu na kojoj se definira propusnost/širine samog virtualnog kanala i kako se paketi ponašaju ako dođe do formiranja reda. U ovoj kartici može se definirati sljedeće, [23]:

- Propusnost (engl. *Bandwidth*) virtualnog kanala kojeg se može definirati u kilo bitima po sekundi ili mega bitima po sekundi.
- Red (engl. *Queue*) definira koliko se paketa nalazi u redu na posluživanje i kako će se ponašati ako se taj broj prekorači. Nakon prekoračenja broja paketa u redu paketi se odbijaju na način da se miču s početka reda, kraja reda ili slučajnim odabirom. Također red može biti definiran po paketima ili u težinskog jedinici kbit (engl. *Kilo Bit*).
- RED čekanje (engl. *Random early detection Queue*) je zasebna opcija prilikom odabira režima čekanja u redu. Kod RED čekanja unose se prosječna veličina paketa, minimalna i maksimalna duljina reda koja se očekuje te se na osnovu tih podataka generira model koji odlučuje da li se paket obrađuje ili odbija.

Pozadinski tok (slika 16 - lijevo ) podrazumijeva razmjenu paketa na mreži koji nije zadržan u samom virtualnom kanalu ali njegova razmjena ima utjecaj na prijenos u samom prijenosnom kanalu jer primjerice koriste isti mrežni čvor. Utjecaj pozadinskih tokova na virtualni kanal rezultira dodatna kašnjenja paketa na relaciji klijent poslužitelj. NEWT pozadinski tok simulira na način da generira pakete željene veličine i pušta ih u željeni smjer komunikacije (samo jedan smjer bez povrata). Postoje tri načina uzrokovanja pozadinskog toka, [23]:

- Konstantna brzina prijenosa CBR (engl. *Constant bit rate*) gdje se pozadinski promet generira u skladu s određenom brzinom konstantnog bita.
- Eksponencijalni promet (engl. *Exponential traffic*) gdje se pozadinski promet generira prema eksponencijalnoj raspodjeli vremena uključivanja/isključivanja.
- Pareto promet (engl. *Pareto traffic*) gdje se pozadinski promet generira prema Pareto On / Off vremenskoj distribuciji.

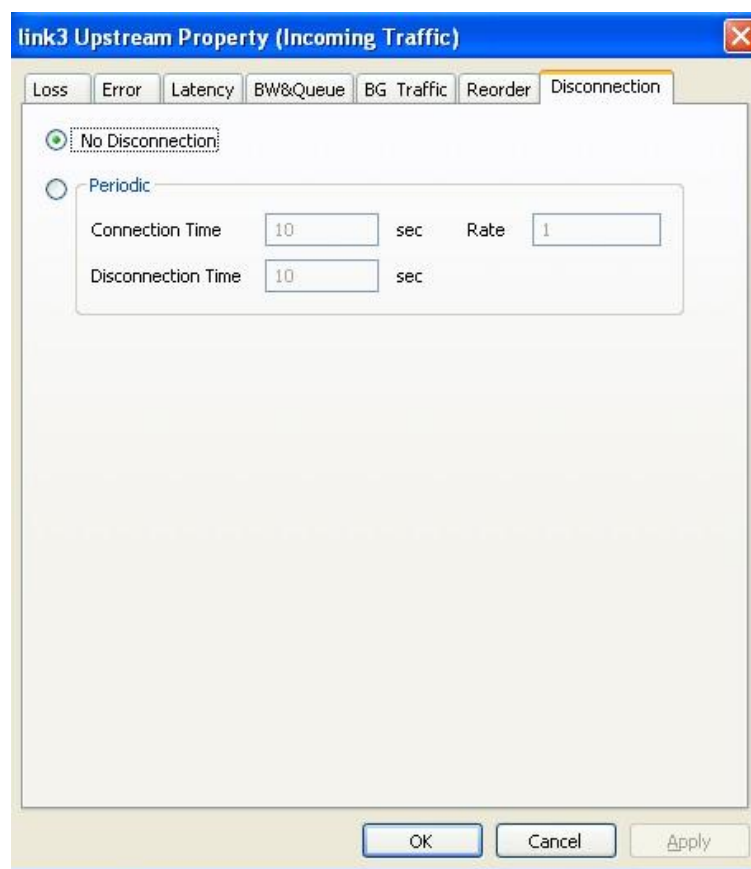


Slika 16. Prikaz izbornika, pozadinski tok (lijevo) te preraspodjele paketa (desno), [23]

Preraspodjela paketa (slika 16 - desno) je normalna pojava kod velikih višечvornih mreža. Preraspodjela paketa podrazumijeva da paketi ne dolaze na odredište istim redoslijedom kako su poslani. U NEWT ovo je izvedeno na način da se uvode dodatna kašnjenja za određene pakete te na kraju paketi dolaze pomiješani na odredište. U emulatoru postoje tri metode kojima se ovo postiže, [23]:

- Normalni redoslijed (engl. *Normal reorder*) distribucija paketnog sadržaja slijedi desnu polovicu normalne distribucije koja je centrirana na nulu. Može se odrediti broj ukupnih preusmjerenih paketa, odstupanje od normalne distribucije te maksimalno kašnjenje paketa.
- Empirijski redoslijed (engl. *Empirical reorder*) ponašanje redoslijeda paketa emulira se referiranjem podataka ranije prikupljenih. Prikupljeni podaci se moraju definirati unaprijed.
- Empirijski redoslijed 2 definira ponašanje reorganiziranih referentnih paketa koji se emuliraju prema prikupljenim podacima na CERNET-u (engl. *China Education and Research Network*).

Na slici 17 prikazan je zadnji izbornik za definiranje atributa prijenosnog linka, radi se o izborniku za definiranje prekida veze.



Slika 17. Prikaz izbornika za definiranje pucanja veze, [23]

Prekid veze (engl. *Disconnection*) je parametar koji definira prekide virtualnog linka radi simuliranja mogućih stvarnih uvjeta na mreži. Po zadanim postavkama ovaj parametar je isključen, a prilikom uključivanja nudi se periodični prekid veze. Kod definiranja periodičkog prekida koristi se vrijeme trajanja konekcije, vrijeme prekida konekcije te period ponavljanja, [23].



## 5.4 Korišteni mrežni scenariji i njihovi intenziteti

Atributi gubitka paketa i povećanog vremena odziva su najinteresantniji za ovakav oblik istraživanja, te će upravo oni biti korišteni u istraživačkom dijelu. Također, ova dva atributa se često spominju u dosadašnjim istraživanjima, što je spomenuto u četvrtom poglavlju.

## 5.5 Gubitak paketa i intenziteti

Prilikom testiranja NEWT-a s virtualnim linkom na kojemu su forsirane smetnje gubitka paketa odabrane su metoda periodičkog gubljenja paketa i nasumično gubljenje paketa. Intenziteti gubljenja paketa za ovaj prometni slučaj će biti gubljenje svakog desetog te gubljenje svakog drugog za periodičko gubljenje paketa, kod nasumičnog gubljenja paketa i intenzitet gubljenje paketa 30% nasumičnim izborom programa. *Call of Duty 2* igra koristi UDP protokol koji je poznat kao brzi protokol. Ne zahtijeva retransmisiju paketa koji se gube te bi se s izabranim intenzitetima trebali dobiti jasni rezultati kako se ovi prometni slučajevi odražavaju na iskustvenu kvalitetu.

## 5.6 Povećano kašnjenje i intenziteti

Povećano kašnjenje u stvarnom okruženju se događa kroz dva slučaja. Prvi slučaj je konstantno povišeno kašnjenje što je uzrokovano infrastrukturom davatelja usluga preko kojeg se pristupa Internetu. Drugi slučaj je povećano kašnjenje zbog dijeljenja pristupa Interneta s drugim korisnikom. Kako bi se simulirao prvi slučaj koristilo se fiksno povećanje kašnjenja i to s intenzitetima 20 ms i 100 ms. Kod drugog slučaja sami parametri ovise o radnjama drugog korisnika s kojime se dijeli pristup Internetu. Primjerice, ukoliko drugi korisnik gleda neki videosadržaj putem interneta, dolazi do učitavanja sadržaja (engl. *Buffering*). Nakon što se određeni dio sadržaja učita dolazi do prekida preuzimanja. Takav scenarij uzrokuje pilasti graf na lagometru korisnika koji je u istom trenutku u igri, a taj slučaj se najbolje opisuje sa linearnim kašnjenjem u NEWT-u. Kod linearnog kašnjenja, u simuliranom prometnom slučaju, pod donju granicu uzima se kašnjenje od 10 ms, a gornja granica iznosi 50 ms. Vremenski interval na kojemu se kašnjenje povećava je 5 sekundi.

Sumirano tome dolazi se do šest prometnih slučajeva za ispitivanje koji su prikazani u tablici 2.

Tablica 2. Prikaz prometnih slučajeva korištenih u testiranju iskustvene kvalitete umreženog igranja.

Scenarij	Prometni slučaj	Intenzitet
1.	Gubitak paketa	Konstantno gubljenje svakog desetog paketa
2.	Gubitak paketa	Konstantno gubljenje svakog drugog paketa
3.	Gubitak paketa	Nasumični gubitak paketa s intenzitetom 0,3 ili 30%
4.	Povećano kašnjenje	Fiksno kašnjenje od 20 ms
5.	Povećano kašnjenje	Fiksno kašnjenje od 100 ms
6.	Povećano kašnjenje	Linearno kašnjenje uz donju granicu od 10 ms i gornju granicu od 50 ms u vremenskim intervalima od 5 sekundi

## 6. Testiranje iskustvene kvalitete usluge

Za testiranje iskustvene kvalitete odabrana je umrežena verzija igre *Call of Duty 2*. Igra je puštena u prodaju 2005. godine od strane Activision (po cijelom svijetu) i Konami (Japan) izdavačkih kuća. Radi se o igri iz prvog lica (engl. *First Person Shooter*) koja je rađena na tematiku Drugog svjetskog rata kopirajući stvarna bojišta u igraće mape, kojima je Activision posvetio posebnu pažnju za što bolji ugođaj igranja. U tablici 3 prikazane su tražene tehničke specifikacije za pokretanje ove igre. Upravo zbog slabe zahtjevnosti izvođenja ova igra je idealna za testiranje iskustvene kvalitete, grafičko sučelje se može staviti na najviše performanse.

Tablica 3. Tehničke specifikacije poželjne za igru, [33]

Hardverski zahtjevi	
<b>Procesor:</b>	Pentium 4 ili Athlon XP
<b>Brzina procesora:</b>	2.2 GHz
<b>RAM:</b>	512 MB
<b>Operacijski sustav:</b>	Microsoft Windows 2000/XP
<b>Grafička kartica:</b>	3D Grafička kartica - 100% DirectX 9.0c kompatibilna s minimalno 128 MB RAM memorije
<b>Zvučna kartica:</b>	DA (2.1 minimalno)
<b>Slobodni prostor na HDD:</b>	4.0 GB prostora na tvrdom disku
<b>CD-ROM:</b>	Minimalno 8X brzinski CD-ROM ili 2X brzinski DVD-ROM drive

Prva verzija umreženog igranja *Call of Duty 2* igre imala je dosta pogrešaka, izdana je verzija 1.3 te se ona mora instalirati ukoliko se želi pristupiti poslužiteljima. Nakon toga mora se ažurirati *Punk Buster* servis koji je zadužen za izbacivanje igrača koji varaju tijekom igre (zadnje ažuriranje 2013. godine). Posljednji korak je odabir poslužitelja na kojemu će se testiranje provesti te prilagodba konfiguracija na korisničkoj strani. Odabrani poslužitelj je *Callofdutymania SD* (engl. *Search and Destroy*) s IP adresom 185.4.149.14:28962, na poslužitelju se igra timska vrsta natjecanja *Search & Destroy*.

Prilikom prvog spajanja na poslužitelj utvrđeno je da odziv varira između 55-65 ms što je u granicama normalnog (anketirana skupina je imala raspon odziva između 30-65 ms u realnim uvjetima rada). Grafika je bila na maksimalnim postavkama te se igra na stabilnih 250 FPS-a (engl. *Frames per second*) što je ujedno i maksimalno dozvoljeno od strane poslužitelja. Slika 18 prikazuje izgled ekrana nakon što se izvrši spajanje na poslužitelj.

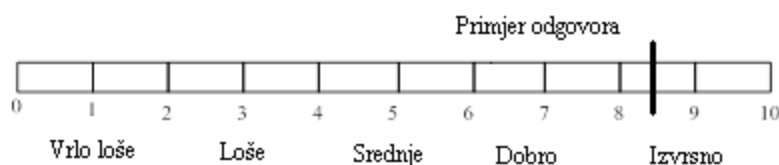


Slika 18. Spajanje na Callofdutymania poslužitelj

Važnost stabilnog FPS-a je u tome da je sama fluidnost igre veća ako je FPS stabilan i bliži broju 250, što je u ovom slučaju postavljeno na maksimalno. U desnom donjem kutu se vide dvije linije plava i zelena (engl. *Lagometer*). Plava linija označava trenutno stanje računala (FPS) a zelena stanje mreže (eng. *Ping*). Prilikom testiranja igre kad je pokrenut virtualni kanal preko NEWT-a primijećeno je da gubitak paketa i povećanje kašnjenja rezultira nepravilnosti na lagometru, pa čak i variranje FPS-a te se iz tog razloga ova dva alata uklanjaju za potrebe testiranja.

## 6.1 Anketiranje dobrovoljnih korisnika usluge

Samo anketiranje provedeno je na korisnicima koji već igraju igru duže vrijeme. Razlog tome je što novi korisnici nemaju predodžbu igre bez smetnji pa prema tome teško bi uočili bilo kakve promjene jer nemaju referencu za normalnu igru. Prilikom testiranja fokus je stavljen na subjektivne parametre kao što su koristila istraživanja navedena u četvrtom poglavlju. Anketa je napravljena da se korisnici izraze svojim zadovoljstvom igre, a ne rezultatima ostvarenima u igri, subjektivno orijentirani parametri upravo to pokazuju. Anketa se sastoji od osam smisleno povezanih pitanja koja će biti objašnjena u nastavku teksta. Rješavanje upitnika, čiji je odgovor percipiran gradacijom, rješava se kao primjer na slici 19.



Slika 19. Primjer odgovaranja na upitnik

Pitanja na koja su odgovori gradirani od 0 do 10 odgovaraju se povlačenjem okomite linije na polje koje se smatra zadovoljavajućim za odgovor. Ispod gradacije brojevima nalazi se tekstualni opis koji služi za lakšu orijentaciju. Ako upitnik zahtjeva da se odgovor zaokruži, moguće je zaokružiti jedno ili više rješenja ovisno kako je upitnik formuliran (objašnjenje u uputama za rješavanje).

### 1. Jeste li prilikom igranja primijetili pojavu smetnji u bilo kojem trenutku?

Prvo pitanje u anketi definira je li korisnik svjestan smetnji tijekom igre. Ako je korisnik primijetio smetnje odgovara na pitanje dva, tri, četiri, pet a ako nije prelazi na pitanja šest, sedam i osam. Povratna informacija ovog pitanja daje uvid u kojem intenzitetu gubitak paketa ili povećani odziv uopće dovodi do smanjenja kvalitete usluge. Ako korisnik na ovo pitanje odgovori negativno znači da smetnje nisu utjecale na njegovu igru. Mogući odgovori na ovo pitanje su:

- A) DA B) NE

## 2. Percipirane smetnje ste doživjeli kao?

U drugom pitanju od korisnika se potražuje da zaokruži reakciju igre na određeni prometni slučaj. Na taj način dobiva se povratna informacija kako se koja smetnja i u kojem intenzitetu prenosi na ponašanje virtualnog lika prema okolini i drugim igračima. Primjerice, porastom kašnjenja je logično da interakcija između igrača i okoline zaostaje ali se nameće pitanje prilikom kolikog kašnjenja igra postaje neigriva. Kod prometnih slučajeva gdje se forsira gubitak paketa moguće su smetnje prezentirane „štekanjem“ igrice, informacija na kojem intenzitetu je značajna za definiranje kvalitete doživljaja. Mogući odgovori su:

- A) Lik u igri pomicao se isprekidano.
- B) Kašnjenje prilikom upravljanja likom.
- C) Dolazilo je do nekontroliranih pokreta.
- D) Dolazilo je do gubitka veze.
- E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.

## 3. Koliko ste često primijetili smetnje prilikom igranja?

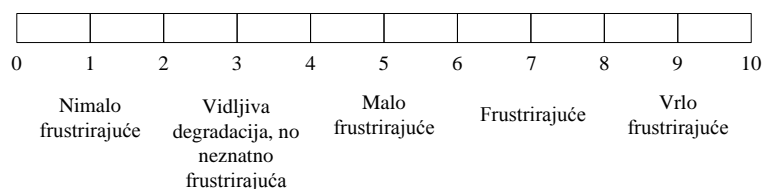
Treće pitanje ispituje korisnika koliko je često primijetio smetnje. Prilikom generiranja virtualnog kanala s povećanim odzivom smetnja je konstantna. Kod gubitka paketa smetnje se pojavljuju periodički ili nsumično te se na taj način vidi je li korisnik smetnje prepoznao. Mogući odgovori na treće pa sve do osmog pitanja su gradacija od 0 do 10. Na slici 20 prikazani su ponuđeni odgovori za treće pitanje.



Slika 20. Odgovori za treće pitanje u anketi

#### 4. Kako se na Vas odrazilo pojavljivanje smetnji tijekom igranja?

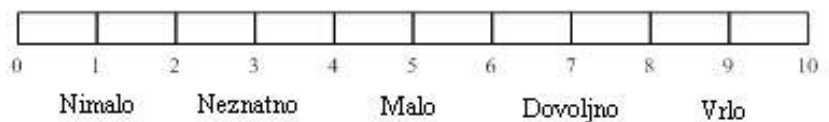
Četvrto pitanje dohvaća korisničku percepciju u smislu razine stresa izazvanog smetnjama. Ispituje se koliko su pojavljene smetnje bile frustrirajuće za korisnika. Tu će se točno vidjeti kako se pojedini prometni slučaj prezentirao na korisnika po pitanju frustracije. Na slici 21 prikazani su ponuđeni odgovori za četvrto pitanje.



Slika 21. Odgovori za četvrto pitanje u anketi

#### 5. Kako su smetnje utjecale na Vašu igru?

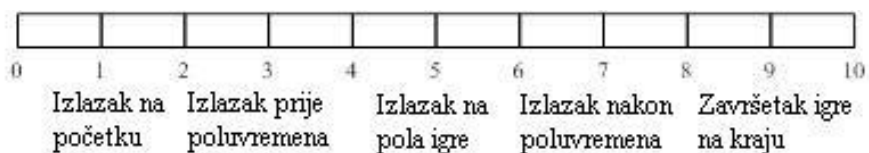
Peto pitanje sumira posljednja tri pitanja te glasi koliko su primijećene smetnje utjecale na igračevu igru. Ovo obuhvaća i korisnikovo psihičko stanje koje se odražava padom QoS-a. Pitanje je zanimljivo jer se radi o igračima s iskustvom te bi oni trebali primijetiti i najmanja odstupanja. Također, imaju razvijen smisao za igru te bi se trebali bolje snaći u ovakvim situacijama od nekog tko se prvi puta susreće s igrom. Na slici 22 prikazani su ponuđeni odgovori za peto pitanje.



Slika 22. Odgovori za peto pitanje u anketi

## 6. Koliko dugo ste igrali video igru?

Šesto pitanje ispituje korisnika koliko je vremena proveo u igri. Misli se na vrijeme igranja jedne mape, odnosno 20 rundi, koliko traje testiranje jednog prometnog slučaja. Ukoliko smetnje uzrokuju toliki pad zadovoljstva korisnika on bi trebao izaći iz igre. Ukratko, kod pojave smetnji prilikom igre vrijeme igranja se smanjuje i takvi prometni slučajevi (s određenim intenzitetom) trebaju biti eliminirani iz mogućnosti nastajanja u stvarnom okruženju. Također, ovdje veliku ulogu igra i sam igrač jer tu značajnu ulogu uzima i njegova osobnost. Na slici 23 prikazani su ponuđeni odgovori za šesto pitanje.



Slika 23. Odgovori za šesto pitanje u anketi

## 7. Označite na ljestvici kakva je razina kvalitete igranja umrežene igre koju ste trenutno igrali.

Sedmo pitanje u anketi od korisnika traži da nakon odigrane mape (ili ranijeg završetka) izrazi svoje mišljenje o kvalitete igranja. Korisnik ne zna o kojem se prometnom slučaju radi (gubitak paketa ili povećano kašnjenje) dobiva se podatak o njegovoj percepciji kvalitete igranja. Po povratnim informacijama na ovo pitanje može se točno utvrditi koji od ova dva prometna slučaja (ovisno i o intenzitetu) utječe na korisnikov pogled u doživljaju igranja. Na slici 24 prikazani su ponuđeni odgovori za sedmo pitanje.

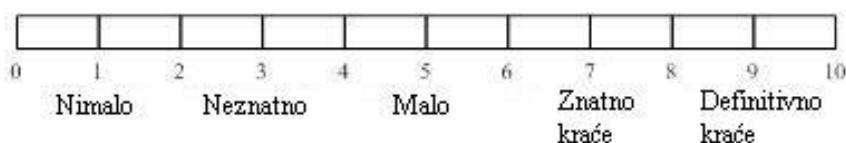


Slika 24. Odgovori za sedmo pitanje u anketi



## 8. Bi li vrijeme provedeno u igri bilo kraće da se igra s nepoznatim igračima?

Osmo pitanje vezano je za socijalizaciju korisnika. Anketirani su korisnici bili povezani i prije anketiranja preko ove igre, moje očekivanje je bilo da će anketu odraditi do kraja bez odustajanja (sve prometne slučajeve), te da bi vrijeme igranja bilo znatno kraće (odustajanje prije završetka mape i same ankete) ako se anketirani korisnici prvi put susreću. Samo anketiranje iziskuje dosta vremena, uzme li se u obzir da se po mapi igra 20 rundi, a runda traje maksimalno dvije minute. Na slici 25 prikazani su ponuđeni odgovori za osmo pitanje.



Slika 25. Odgovori za osmo pitanje u anketi

## 6.2 Izvođenje ankete na odabranoj skupini

Prilikom odabira ispitanika za testiranje iskustvene kvalitete bitan faktor je njihovo korisničko iskustvo vezano za igru *Call of Duty 2*. Za anketiranje je odabrano pet ljudi, raspon godina je između 22 i 29 godina, a imaju između 1000 do 5000 sati ove igre umreženim putem. Odabrana skupina trebala bi odigrati ukupno šest mapa, ne znajući na kojoj mapi je aktivan koji prometni slučaj i na koji način je taj prometni slučaj izveden (model i intenzitet). Anketirani korisnici mogli su u bilo kojem trenutku napustiti igru baš kao i u stvarnom okruženju te nakon što napuste igru ili se mapa odigra do kraja popunjavaju anketu. Anketirana skupina je dobrovoljno pristala na istraživanje te je njihov identitet anonimn. Svi igrači igrali su na istoj konfiguraciji igre (engl. *Config\_mp.cfg*) mogli su prilagoditi jedino brzinu miša (engl. *Sensitivity*) i rezoluciju zbog dimenzija samog ekrana. U postavkama konfiguracijske datoteke FPS je bio limitiran na 250, a indikatori za FPS i lagometar su sakriveni. Veza između korisnika i poslužitelja izvedena je žičanim putem preko Ethernet kabela.

Podaci o igranosti na početku je bilježio program Xfire. A nakon gašenja ove društvene mreže podaci su prebačeni na Evolve društvenu mrežu. Na slici 26 prikazan je primjer praćenja vremena provedenog u određenoj igri izraženo u danima na društvenoj mreži Evolve za korisničko ime wuxacro<sup>1</sup> koje iznosi približno 3324 sata.



Slika 26. Mjerenje vremena provedenog u igri na društvenoj mreži Evolve, [30]

Upravo preko tih društvenih mreža igrači se socijaliziraju, uz profile preko web stranice postoje i programi, koji nakon instalacije omogućavaju razgovore unutar i van igre (slično kao primjerice *MSN messenger* ali namijenjeno igračima igrica).

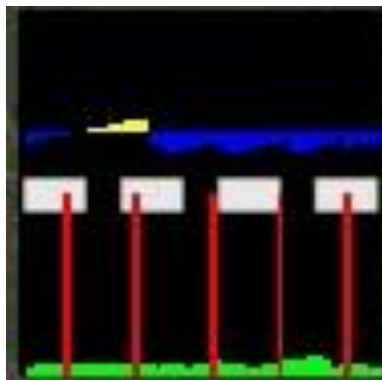
---

<sup>1</sup> [www.evolvehq.com/players/wuxacro](http://www.evolvehq.com/players/wuxacro)

## 7. Rezultati analize

### 7.1 Periodički gubitak paketa s intenzitetom gubljenja svakog desetog paketa

Prilikom prometnog slučaja gdje se paketi gubi periodički s intenzitetom gubljenja svakog desetog paketa dolazi do situacije prikazane na slici 27.



Slika 27. Prikaz lagometra za periodički gubitak paketa s intenzitetom gubitka svakog desetog paketa

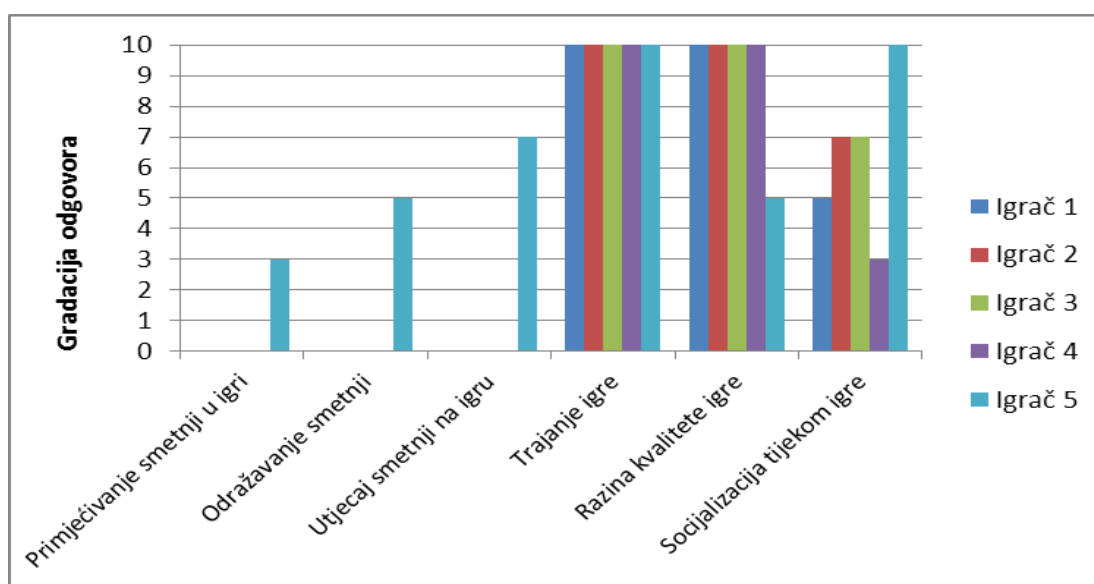
Na zelenoj liniji, koja predstavlja stanje mreže pojavljuju se okomite crvene linije koje upravo prezentiraju taj gubitak. Odziv od korisnika prema poslužitelju se povećava ali minimalno (u testiranom slučaju sa 60 na 65 ms). Za ponuđeni prometni slučaj plava linija, koja predstavlja stanje računala – FPS ima minimalne oscilacije, može se reći da gubitak paketa ovog intenziteta ne utječe na oscilacije FPS-a. Anketirani korisnici ovim informacijama ne raspolažu. U nastavku slijedi analiza ankete po pitanjima.

Na prvo pitanje prva četiri anketirana igrača izjavila su da nisu primijetili nikakve smetnje tijekom igre, dok je igrač broj pet primijetio smetnje. Trebalo bi napomenuti da je prilikom testiranja igrač broj pet imao dva pucanja veze što nikako ne bi trebalo biti uzrokovano ovim intenzitetom gubitka paketa. Problem je vjerojatno bio od strane davatelja usluge pristupa Internetu. Na postavljeno drugo pitanje odgovara samo peti ispitanik jer je jedini primijetio smetnje. Kao odgovor je napisao da je dolazilo do gubitka veze. Rezultati prva dva pitanja prikazana su u tablici 4.

Tablica 4. Odgovori na prva dva anketna pitanja

	Pitanje 1	Pitanje 2
Igrač 1	NE	-
Igrač 2	NE	-
Igrač 3	NE	-
Igrač 4	NE	-
Igrač 5	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze.

Odgovori na ostalih šest anketnih pitanja su gradacija od 0 do 10. Na grafikonu 1 nalazi se prikaz odgovora dobivenih gradacijom za ponuđena pitanja drugog dijela prve ankete.



Grafikon 1. Grafički prikaz odgovora dobivenih u drugom dijelu prve ankete

Na treće pitanje odgovara jedino igrač broj 5 budući da je on jedini primijetio smetnje, odgovorio je s brojem 3 što odgovara maloj učestalosti smetnje (korisnik je imao 2 prekida veze u 20 odigranih rundi). Kao i na prošlo pitanje, na četvrto pitanje odgovara samo igrač broj 5, koji je dao odgovor s brojem 5 što odgovara malo frustrirajućem doživljaju tijekom igre. Na peto pitanje odgovara s brojem 7 što znači da su smetnje dovoljno utjecale na njegovu igru. Na šesto pitanje odgovaraju svi anketirani igrači. Svi su odigrali mapu do kraja i dali ocjenu 10 koja je maksimalna za ovo pitanje. Na sljedećem pitanju prva četiri igrača su dala ocjenu 10 iz čega se može zaključiti da nisu osjetili jednoliki gubitak svakog desetog paketa, dok je igrač broj 5 dao ocjenu 5 koja odgovara srednjoj kvaliteti igre. On je također ocijenio da bi vrijeme provedeno u igri bilo definitivno kraće da je igrao s nepoznatim

osobama dok su ostali u prosjeku dali srednju ocjenu 5 što znači da je malo vjerojatno da bi ranije napustili igru. Zadnje pitanje u anketi je dalo dosta zanimljive odgovore. Budući da većina nije primijetila nikakve poteškoće prilikom igre i dalje tvrde da bi vrijeme provedeno u igri bilo kraće da se igra s potpunim strancima.

## 7.2 Periodički gubitak paketa s intenzitetom gubljenja svakog drugog paketa

Prilikom drugog prometnog slučaja gdje se paketi gubi periodički s intenzitetom gubljenja svakog drugog paketa dolazi do situacije prikazane na slici 28.



Slika 28. Prikaz lagometra za periodički gubitak paketa s intenzitetom gubitka svakog drugog paketa

Na zelenoj liniji koja predstavlja stanje mreže vidljivo je da dolazi do povećanja odziva na relaciji klijent poslužitelj, odziv je porastao s prosječne vrijednosti 60 ms na 100 ms te okomite crvene linije predstavljaju gubitak paketa. Također plava linija koja predstavlja stanje FPS-a dobiva pilasti oblik na donjoj strani te sam FPS postaje nestabilan i oscilira s vrijednosti 230 do 250 FPS-a. Ovi podaci kao i u prvom prometnom slučaju nisu vidljivi testnoj skupini.

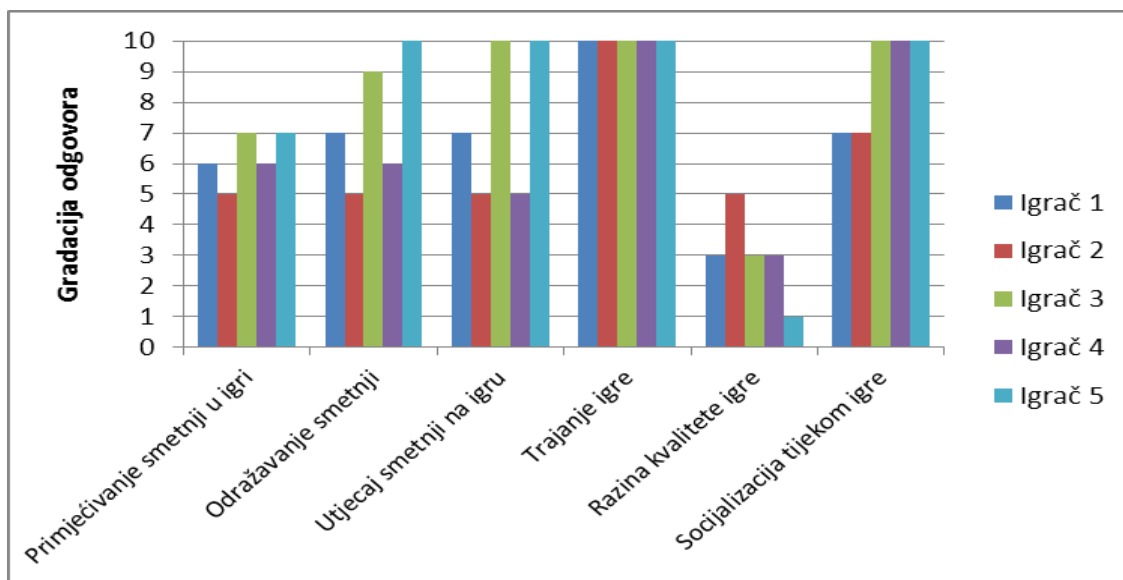
Na prvo pitanje u anketi, u ovom prometnom slučaju, svi anketirani korisnici su primijetili smetnju. Korisnici su primijetili smetnje u sljedećim oblicima prikazanim u tablici 5.

Tablica 5. Rezultati ankete na prva dva pitanja druge ankete.

	Pitanje 1	Pitanje 2
Igrač 1	DA	C) Dolazilo je do nekontroliranih pokreta.
Igrač 2	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze.
Igrač 3	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze, E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.
Igrač 4	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze.
Igrač 5	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze.

Povećano primjećivanje smetnji bilo je očekivano, radi se o gubitku paketa pet puta većem nego u prošlom prometnom slučaju. Gubitak veze bio je vidljiv samo u početku runde kada svi igrači šalju poslužitelju informacije o izmjenama svojih lokacija na mapi, tijekom igre prekidanja veze nije bilo. Nekontrolirani pokreti od strane virtualnog lika događaju se prilikom gubitka veze. Očito je da je igrač broj 1 bio znatno iznerviran ovom pojavom koja traje kratko vrijeme. Nemogućnost pogađanja protivnika moguća je, jer se ovoliki intenzitet gubitka paketa uzrokuje i porast odziva, te je interakcija između klijenta i poslužitelja bila oko 100 ms, a razmjena informacija bila je otežana.

Na drugi dio ankete na koji se odgovara gradacijom od 1 do 10 testirana skupina je imala sljedeće odgovore prikazane na grafikonu 2.



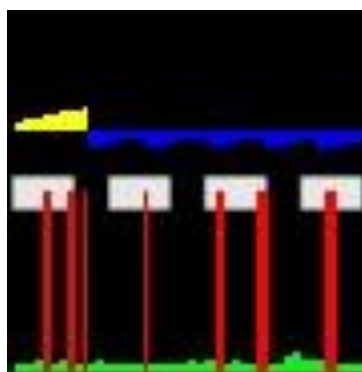
Grafikon 2. Prikaz odgovora drugog dijela druge ankete

Na pitanje o primjećivanju smetnji testirana skupina je imala dosta visoke odgovore, u prosjeku 6,2 što bi odgovaralo visokoj učestalosti smetnji. Budući da su gubljenja paketa bila konstantna s dosta visokim intenzitetom, ovaj odgovor je realan. Na četvrto pitanje, kako se

na igrače odrazilo pojavljivanje smetnji, prosječan odgovor je bio 7,4 što odgovara frustrirajućim doživljajem pogotovo igrač 5 koji je ovo doživio kao vrlo frustrirajuće. Na pitanje kako su smetnje utjecale na igru anketirana skupina odgovara s istim prosječnim odgovorom kao i na prošlo pitanje 7,4 igrač broj 5 opet daje maksimalnu ocjenu. Unatoč dosta visokim ocjenama koje upućuju na nezadovoljstvo korisnika svi su odigrali mapu do kraja te se na kraju izrazili da je kvaliteta igre u prosjeku 3 što odgovara lošoj kvaliteti. Anketirana skupina je bila složna i prilikom posljednjeg pitanja odgovaraju da bi vrijeme igranja bilo znatno do definitivno kraće.

### 7.3 Nasumični gubitak paketa s intenzitetom 0.3 ili 30%

U trećem prometnom slučaju koristi se nasumični gubitak paketa s intenzitetom 30% što znači da će se u 30% vremena nasumično gubiti paketi. Slika prikaza lagometra u ovom prometnom slučaju prikazana je na slici 29.



Slika 29. Prikaz lagometra za nasumični gubitak paketa s intenzitetom gubitka 0.3

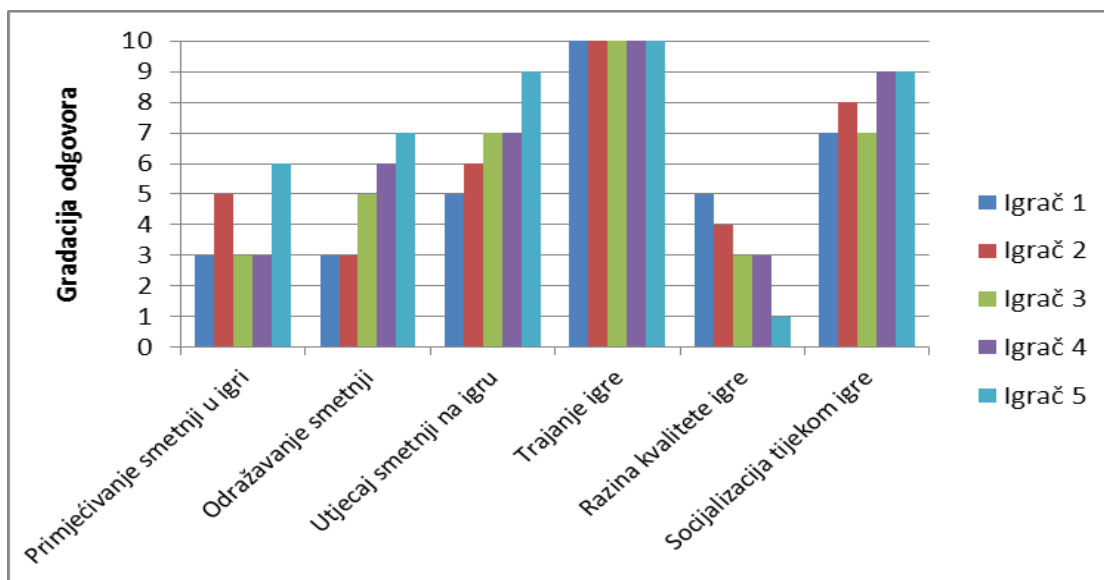
Vidljivo je da se na zelenoj liniji, koja predstavlja stanje mreže pojavljuju crvene okomite koje nisu jednoliko raspoređene već nasumično. Nasumični gubitak paketa s ovim intenzitetom uzrokuje različite oscilacije odziva te se on oscilira od 60 ms do 80 ms. Prilikom učestalijeg gubitka paketa pojavljuje se porast amplitude na plavoj liniji koje predstavljaju stanje FPS-a te oni uzrokuju blago trzanje u igri. Kao i u prošlim prometnim slučajevima ovi podaci nisu vidljivi testiranoj skupini.

Rezultatima ankete utvrđeno je da su svi igrači primijetili smetnje te su one prezentirane odgovorima u tablici 6.

Tablica 6. Prikaz odgovora prvog dijela treće ankete

	Pitanje 1	Pitanje 2
Igrač 1	DA	A) Lik u igri pomicao se isprekidano
Igrač 2	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze.
Igrač 3	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze.
Igrač 4	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze.
Igrač 5	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze.

U drugom dijelu ankete, anketirana skupina se izjasnila da su smetnje primjećivali u rasponu od male učestalosti do srednje, gradacijom prosječne ocjene 4. Smetnje koje su se pojavile u igri na njih su djelovale malo frustrirajuće, ponovno igrač broj 5 najviše primjećuje smetnje te daje ocjenu 7 koja definira frustrirajuće stanje tijekom igre. Pojavljene smetnje su dovoljno utjecale na njihovu igru. Grafički prikaz odgovora prikazan je na grafikonu 3.



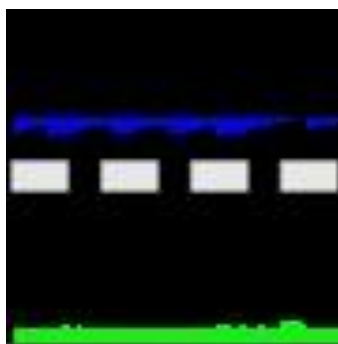
Grafikon 3. Grafički prikaz odgovora drugog dijela treće ankete

Igrači su unatoč primijećenim smetnjama odigrali mapu do kraja, nitko kao ni u prva dva prometna slučaja nije prekinuo igru ranije. Prosječna ocjena za kvalitetu igre je dosta niska, svega 3,2 što odgovara lošoj kvaliteti igre ali opet veća nego kod prethodnog prometnog slučaja. Kod trećeg prometnog slučaja anketirana skupina se izjasnila da bi vrijeme provedeno u igri bilo znatno do definitivno kraće da se igra s nepoznatim igračima.



#### 7.4 Povećano kašnjenje s fiksnim kašnjenjem od 20 ms

U četvrtom prometnom slučaju emulacijom se postiže povećano fiksno kašnjenje od 20 ms (u dolaznom i odlaznom smjeru). Na prosječno kašnjenje od 50-60 ms dolazi do povećanja na 80 do 90 ms (jer se povećava kašnjenje i u dolaznom i odlaznom smjeru). Na slici 30 prikazan je dotični prometni slučaj na lagometru u igri.



Slika 30. Prikaz lagometra za povećano fiksno kašnjenje od 20 ms

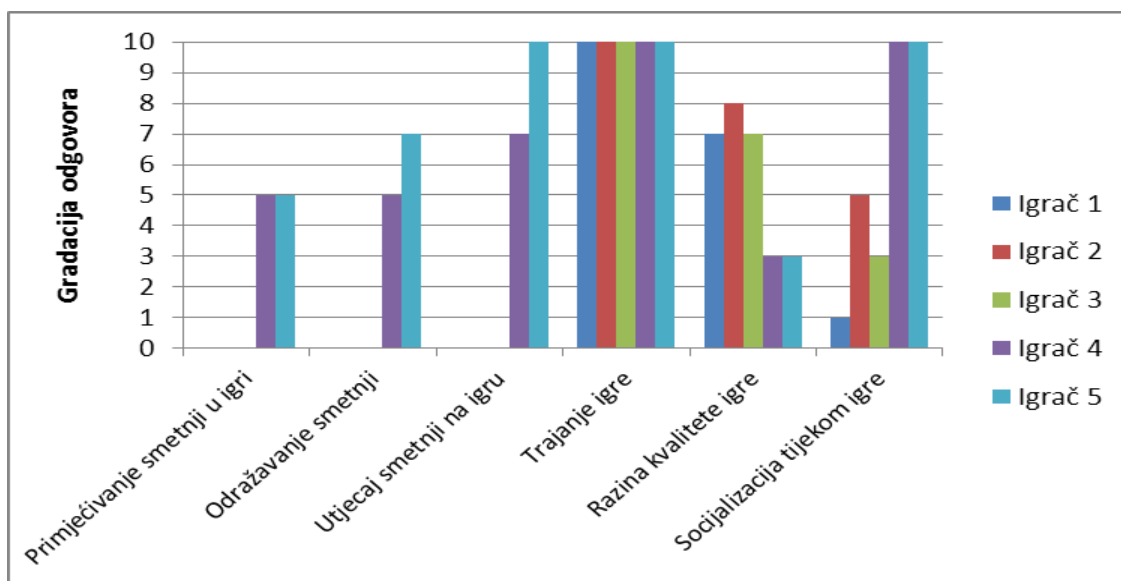
Na lagometru zelenom linijom prikazano je stanje mreže, gdje se prikazuje zadebljanje koje predstavlja odziv od 80 do 90 ms. Na stanju mreže nema crvenih linija, odnosno na ovaj prometni tok ne uzrokuje gubitak paketa. Plava linija, koja predstavlja stanje FPS-a ostaje nepromijenjena u odnosu na stanje bez ikakvih smetnji.

Tablica 7. Odgovori prvog dijela četvrte ankete

	Pitanje 1	Pitanje 2
Igrač 1	NE	-
Igrač 2	NE	-
Igrač 3	NE	-
Igrač 4	DA	B)Kašnjenje prilikom upravljanja likom
Igrač 5	DA	A)Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.

U tablici 7 prikazani su odgovori na prvi dio četvrte ankete. Testirana skupina imala je podijeljena mišljenja oko primjećivanja smetnji tijekom igre. Prva tri igrača nisu primijetila nikakve smetnje, dok igrači 4 i 5 primjećuju smetnje u obliku kašnjenja prilikom upravljanja likom i nemogućnosti pogađanja protivnika. Povećano kašnjenje uzrokuje navedene probleme. Primjerice kod upravljanja likom postoji povećano vrijeme interakcije te isto tako prilikom gađanja protivnika, ali prilikom kašnjenja od 80 do 90 ms nije toliko istaknuto. Igrači 4 i 5 očigledno imaju dosta visoke kriterije kvalitete usluge.

U drugom dijelu četvrte ankete igrači koji primjećuju smetnje daju odgovore da su smetnje srednje učestalosti, iako se radi o smetnji koja djeluje konstantno (ali s relativno mali intenzitetom). Također odgovaraju kako su se smetnje na njih odrazile dosta malo frustrirajuće odnosno frustrirajuće. Smetnje su na ova dva igrača imale u prosjeku vrlo jak utjecaj, odnosno odrazile su se u negativnom smislu. Grafikon 4 prikazuje sve odgovore na ovaj prometni slučaj.



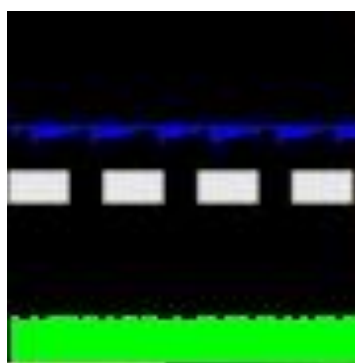
Grafikon 4. Grafički prikaz odgovora drugog djela četvrte ankete

Svi anketirani korisnici su odigrali mapu do kraja odnosno nitko od njih nije izašao prije kraja zbog utjecaja smetnji. Igrači koji su se u prvom djelu ankete izrazili da ne primjećuju smetnje znatno izjasnili su se da je kvalitete igre dobra, dok igrači koji su primijetili smetnje odgovaraju s lošom kvalitetom. Ovdje se prvi put susreću kontradiktorni odgovori. I na kraju ankete skupina koja nije primijetila smetnje odgovara da bi njihovo vrijeme u igri bilo

neznatno kraće ako bi igrali s nepoznatim igračima, dok skupina koja primjećuje smetnje odgovara da bi njihovo vrijeme igre bilo definitivno kraće ako bi igrali s istima.

## 7.5 Povećano kašnjenje s fiksnim kašnjenjem od 100 ms

U četvrtom prometnom slučaju emulacijom se postiže povećano fiksno kašnjenje od 100 ms (u dolaznom i odlaznom smjeru). Na prosječno kašnjenje od 50-60 ms dolazi do povećanja na 250 do 260 ms (jer se povećava kašnjenje i u dolaznom i odlaznom smjeru). Na slici 31 prikazan je dotični prometni slučaj na lagometru u igri.



Slika 31. Prikaz lagometra za povećano fiksno kašnjenje od 100 ms

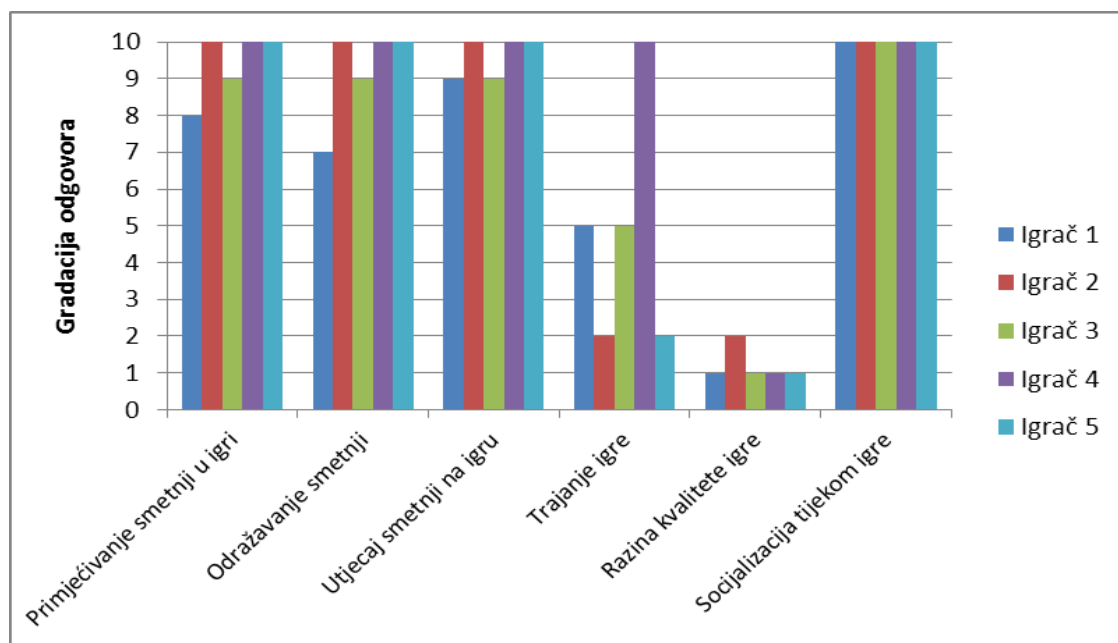
Na slici 31 zelenom linijom prikazano je stanje mreže, kao što se može primijetiti linija je znatno „deblja“ nego kod bilo kojeg drugog prometnog slučaja. Odziv na relaciji klijent – poslužitelj u ovom prometnom slučaju varira između 250 i 260 ms što bi značilo da se poruke izmjenjuju s kašnjenjem od 0,25 sekundi. Dosta povećano kašnjenje nema odraza na stanje FPS-a računala, što se vidi na plavoj liniji lagometra. Također nema crvenih okomitih linija na zelenoj liniji te se može zaključiti da nema gubitka paketa.

Tablica 8. Odgovori prvog dijela pete ankete

	Pitanje 1	Pitanje2
Igrač 1	DA	B) Kašnjenje prilikom upravljanja likom, E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.
Igrač 2	DA	E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.
Igrač 3	DA	E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.
Igrač 4	DA	E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.
Igrač 5	DA	E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.

U tablici 8 nalaze se odgovori na prvi dio pete ankete, kako je vidljivo u tablici svi anketirani korisnici su primijetili smetnje koje su se prezentirale kao poteškoće u obliku

kašnjenja kod upravljanja virtualnim likom i otežano pogađanje protivnika. Kako se radi o odzivu koji je iznad granica normalnog ovakve smetnje su očekivane, primjerice pogoditi metu koja se kreće s kašnjenjem 260 ms je skoro pa nemoguće. Poteškoća kod upravljanja virtualnim likom je također opravdana, primjerice ako igrač baci bombu ona se ispusti skoro trećinu sekunde kasnije i to ne može proći neopaženo od strane korisnika.

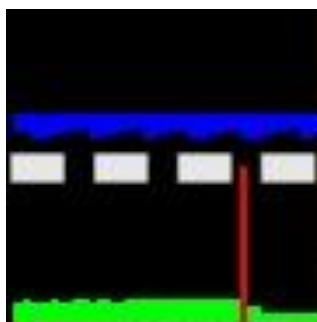


Grafikon 5. Grafički prikaz odgovora drugog dijela pete ankete

U drugom dijelu ankete testirana skupina je na pitanje koliko često su primijetili smetnje prilikom igranja odgovorila s prosječnim odgovorom velike učestalosti odnosno prevelike učestalosti. Odgovor na ovo pitanje je dosljedan uvjetima igranja, radi se o konstantnoj smetnji te je njen intenzitet iznad granice normalnog. Pojavljene smetnje tijekom igre na testiranu skupinu odrazile su se u prosjeku vrlo frustrirajuće, radi se o uvjetima koji nisu predviđeni za normalnu igru te su ovakvi odgovori očekivani. Budući da sama igra nije predviđena za ovoliko kašnjenje odziva, iz rezultata ankete petog pitanja vidi se da su smetnje utjecale na njihovu igru skoro maksimalno. Po prvi put u svim prometnim slučajevima koji su testirani dolazi do ranijeg izlaska iz igre, jedini igrač koji je odigrao do kraja je igrač 4. Igrač 1 i 3 su izašli na poluvremenu dok su igrači 2 i 5 izašli u periodu između početka igre i kraja prvog poluvremena. Budući da dosta teške uvijete igre, korisnici su ocijenili kvalitetu igre kao vrlo lošu te su se izjasnili da bi vrijeme igre bilo definitivno kraće da su igrali s nepoznatim igračima. Ovakav prometni slučaj u stvarnom okruženju treba definitivno izbjeći.

## 7.6 Povećano kašnjenje s linearnim kašnjenjem uz donju granicu od 10 ms i gornju granicu od 50 ms u vremenskim intervalima od 5 sekundi

U šestom prometnom slučaju koristi se model povećanja kašnjenja linearnim putem od 10 ms do 50 ms u vremenskom intervalu od 5 sekundi. Odziv na relaciji klijent – poslužitelj od normalnih 50-60 ms raste prosječnu vrijednost od 70 do 100 ms u vremenskom intervalu od 5 sekundi, nakon pete sekunde se vrati u normalno stanje i opet kreće rasti. Na slici 32 prikazan je lagometar u igri za ovaj prometni slučaj.



Slika 32. Prikaz lagometra za povećano šesti prometni slučaj

Na slici 32 zelenom linijom prikazano je stanje mreže, vidljivo je da dolazi do linearnog rasta kašnjenja te se nakon isteka intervala odziv vraća u normalu. U trenutku kada se odziv vraća u normalnu vidljiva je okomita crvena linija koja prikazuje da dolazi do gubitka paketa u tom trenutku, gubitak paketa predstavlja kraj forsiranog povećanja kašnjenja i nakon toga se kašnjenje vraća u normalu. Plava linija označava stanje FPS-a računala i na njoj nema značajnih promjena osim kratkotrajne varijacije FPS-a prilikom gubitka paketa.

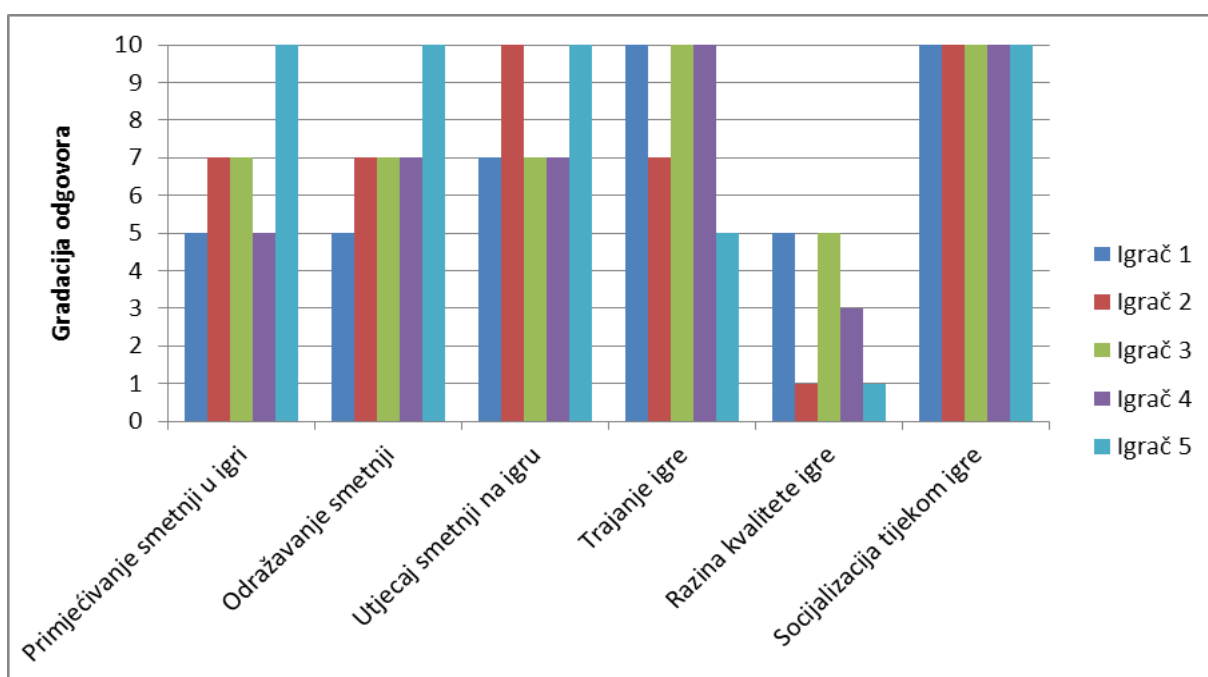
U prvom dijelu ankete testirana skupina je primijetila smetnje prilikom igranja koje su se prezentirale kao kašnjenje prilikom upravljanja likom, poteškoće prilikom pogađanja protivnika te kratkotrajnim gubitkom veze. Odgovori su prikazani u tablici 8.

Tablica 9. Odgovori prvog dijela šeste ankete

	Pitanje 1	Pitanje 2
Igrač 1	DA	D) Dolazilo je do gubitka veze, E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.
Igrač 2	DA	B) Kašnjenje prilikom upravljanja likom, E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.
Igrač 3	DA	A) Kašnjenje prilikom upravljanja likom.
Igrač 4	DA	A) Kašnjenje prilikom upravljanja likom.
Igrač 5	DA	A) Kašnjenje prilikom upravljanja likom. E) Bilo je nemoguće pogoditi protivnika.

Smetnje koje su korisnici osjetili nisu neobične za ovaj prometni slučaj, pogotovo kada odziv dođe do 100 ms, kašnjenje prilikom upravljanja virtualnim likom se očituje kao i prošlom prometnom slučaju samo s manjim intenzitetom i nije konstantno, prilikom porasta odziva dolazi i do težeg pogađanje protivničkog igrača.

U dugom dijelu šeste ankete testirana skupina se izjašnjava da je frekvencija pojave smetnji bila srednje učestalosti, osim igrača 5 koji je frekvenciju pojave smetnji definirao kao preveliku učestalost. Pojavljene smetnje na korisnike djelovale su malo frustrirajuće do frustrirajuće, opet je iznimka igrač 5 koji je ovo doživio kao vrlo frustrirajuće. Na grafikonu 6. prikazan je grafički prikaz odgovora drugog dijela šeste ankete.



Grafikon 6. Grafički prikaz odgovora drugog dijela šeste ankete

Pojavljene smetnje tijekom igre imale su vrlo velik utjecaj na igru anketirane skupine, što se vidi i vremenu provedenom u igri koje smanjuje. Tri igrača su odigrala mapu do kraja, dok su igrači 2 i 5 igru napustili poslije poluvremena, odnosno igrač 5 na poluvremenu. Ovo je drugi slučaj ranijeg izlaska igrača iz igre. Korisnici su razinu kvalitete igre ocijenili vrlo nisko, u prosjeku loša kvaliteta te je iz ovoga vidljivo da su rezultati kod povećanog kašnjenja dosta lošiji od rezultata kod prometnih slučajeva s gubitkom paketa. Testirana skupina se izjasnila da bi vrijeme u igri bilo definitivno kraće da se igra s nepoznatim igračima.

## 8. ZAKLJUČAK

Iskustvena kvaliteta usluge ima ključnu ulogu u razvoju usluga te se zbog toga treba što preciznije izmjeriti. Trenutno postoje dvije metode mjerenja iskustvene kvalitete doživljaja, a to su objektivna i subjektivna metoda. Kod subjektivne metode povratna informacija se dobiva preko anketnog upitnika te je ovakav način ispitivanja pouzdan na većem broju ispitanika, dok se kod objektivne metode koriste razne tehnologije koje prepoznaju govor tijela ispitanika i na taj način bilježe rezultati. Ne postoji univerzalni model za mjerenje iskustvene kvalitete usluge te bi se za svaku uslugu model morao dodatno modificirati. U budućnosti idealni pristup ovakvom mjerenju potražuje spajanje dvije navedene metode u jednu i razvijati dovoljno kompleksan model za obuhvaćanje što više usluga kojima se može na ovaj način izraziti iskustvena kvaliteta usluge.

U istraživačkom dijelu rada prikazani su rezultati ankete za šest prometnih slučajeva. U prva tri prometna slučajeva dolazilo je do gubitka paketa a u druga tri do povećanog kašnjenja. Rezultati pokazuju da su igrači umrežene igre *Call of Duty 2* dosta osjetljiviji na povećano kašnjenje nego na gubitak paketa. Primjerice, kod gubitka paketa ni u jednom od ponuđenih prometnih slučajeva (bez obzira na intenzitet i način pojavljivanja smetnji) nije došlo do ranijeg izlaska iz igre, dok kod povećanog kašnjenja to je zabilježeno u dva od tri slučaja. Također testirana skupina je izrazila dosta veliko nezadovoljstvo prilikom igranja sa smetnjama uzrokovanim povećanim kašnjenjem te bi upravo takav oblik smetnji trebao biti reguliran od strane davatelja ovakvih usluga umreženog igranja. Također iz ankete je vidljivo da testirana skupina iako podvrgnuta prometnim slučajevima na koje nisu navikli ostaje na testiranju do kraja, radi se o igračima koji se od prije poznaju što je očit znak da socijalizacija ima dosta utjecaja kod ocjenjivanja iskustvene kvalitete usluge.

Sumirano sa svime do sada napisano, potrebno je razvijati standarde koji će točno definirati način mjerenja iskustvene kvalitete određene usluge, te usluge kategorizirati po sličnostima. Na taj se način može kreirati dovoljno opširan model (za svaku kategoriju) koji daje točne informacije na osnovu kojih se dolazi do rješavanja problema koji smanjuju iskustvenu kvalitetu usluge.

## LITERATURA

- [1] Van Moorsel, A.: “*Metrics for the internet age: Quality of experience and quality of business,*” na Fifth International Workshop on Performability Modeling of Computer and Communication Systems, Arbeitsberichte des Instituts für Informatik, Universität Erlangen-Nürnberg, Germany, vol. 34, no. 13. Citeseer, 2001, pp. 26–31.
- [2] Schatz, R., Hoßfeld, T., Janowski, L., Egger, S.: “*From Packets to People: Quality of Experience as New Measurement Challenge,*” Volume 7754, 2013.
- [3] ITU: E.800: „*Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability*“, 1994.
- [4] ITU-T: E.800: „*Definitions of terms related to quality of service*“, 2008.
- [5] ITU-T - G.100: “*Recommendation ITU-T G.100 - Vocabulary for performance and quality of service,*” 2006.
- [6] ETSI - TR 102 643: “*Human Factors (HF);Quality of Experience (QoE) requirements for real-time communication services,*” 2010.
- [7] Le Callet, S. M. Patrick, Perkis, A.: “*Qualinet white paper on definitions of quality of experience (2012),*” Lausanne, Switzerland, 2013.
- [8] Gardlo, B., Ries, M., Hossfeld, T.: “*Impact of screening technique on crowdsourcing qoe assessments,*” International Conference. IEEE, 2012, pp. 1–4.
- [9] Chen, K.T., Wu, C.C., Chang, Y.C., Lei, C.-L.: “*A crowdsourcable qoe evaluation framework for multimedia content,*” in Proceedings of the 17th ACM
- [10] ITU-T - G.1080: “*Recommendation ITU-T G.1080 - Quality of experience*” 2008.
- [11] ITU-T - G.1011: “*Recommendation ITU-T G.1011 - Reference guide to quality of experience assessment methodologies,*” 2013.
- [12] ISO - 9241-11: “*Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems,*” 2010.
- [13] Kuipers, F. A., *Quality of Service Routing in the Internet: Theory, Complexity and Algorithms*, The Netherlands, 2004.
- [14] Dias, E.J.: *A model to Evaluate QoE of Online Social Gaming*, The Netherlands, 2014.
- [15] <https://goo.gl/rtXpPJ> (10.9.2017)



- [16] <https://goo.gl/MsPdJF> (10.9.2017)
- [17] <https://goo.gl/urzMYF> (10.9.2017)
- [18] <https://goo.gl/6LhqvR> (10.9.2017)
- [19] <https://goo.gl/Ae5Br1> (10.9.2017)
- [20] <https://goo.gl/RT6Mxm> (10.9.2017)
- [21] <https://goo.gl/z9QijL> (10.9.2017)
- [22] James, F. K., Keith, W. R: *Computer Networking - A Top-down Approach Featuring the Internet*, Amherst, 2011
- [23] Griffiths, D., Mark: *Breaking the Stereotype: The Case of Online Gaming*, CyberPsychology & Behaviour, pp 81-91, 2003.
- [24] Chen, K.T., C.C., Wu, Xiao, W.-C.: “Oneclick: A framework for measuring network quality of experience,” in INFOCOM 2009, IEEE, April, pp. 702–710
- [25] Chen, K.T., Wu, C.C., Chang: “Effect of network quality on player departure behavior in online games,” *Parallel and Distributed Systems*, IEEE Transactions on, vol. 20, no. 5, pp. 593–606, 2009.
- [26] Zander, S. Zander; Armitage,G., “Empirically measuring the qos sensitivity of interactive online game players,” in Proc. ATNAC, 2004,
- [27] Claypool, M., Claypool, K. Claypool: “Latency and player actions in online games,” *Commun. ACM*, vol. 49, no. 11, pp. 40–45, Nov. 2006
- [28] Chen, P., Zarki, M.: “Perceptual view inconsistency: An objective evaluation framework for online game quality of experience in *Network and Systems Support for Games*“, 2011
- [29] Nacke, L., Lindley, C. A.: “Flow and immersion in first-person shooters: measuring the player’s gameplay experience,” *Conference on Future Play*: 2008, pp. 81–88.
- [30] [www.evolvehq.com/players/wuxacro](http://www.evolvehq.com/players/wuxacro) (10.9.2017)
- [31] [www.gametracker.com/search/cod2/](http://www.gametracker.com/search/cod2/) (10.9.2017)
- [32] Microsoft Corporation, *Network Emulator Client - Network Emulator for Windows*, 2007
- [33] [www.store.steampowered.com/app/2630/Call\\_of\\_Duty\\_2/](http://www.store.steampowered.com/app/2630/Call_of_Duty_2/) (10.9.2017)

## POPIS KRATICA

CBR	Constant bit rate
CoC	Clash of Clans
DAU	Daily active users
DoD	Department of Defence
DR	Dead Reckoning
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FPS	First Person Shooter
FPS*	Frames per second
GSR	Galvanic skin response
HTTP	HyperText Transfer Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
ISO	International Organization for Standardization
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector
LAN	Local area network
LoL	League of Legends
MMGOs	Massively Multiplayer Online Games
MMOR	Massively Multiplayer Online Racing
MMORPG	Massively Multiplayer Online Role-playing Game
MMOSG	Massively Multiplayer Online Social Game
MOG	Multiplayer Online Game
MOS	Mean Opinion Score
NEWT	Network Emulator for Windows
OSG	Online Social Games
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
RED	Random early detection Queue
RTS	Real Time Strategy
SD	Search and Destroy
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
WoW	World of Warcraft

## POPIS ILUSTRACIJA

### Popis slika

Slika 1. Prikaz faktora koji utječu na iskustvenu kvalitetu.....	5
Slika 2. Podjela MMOGs i MOG-a.....	8
Slika 3. Need For Speed World.....	9
Slika 4. Prikaz igre <i>World of Warcraft</i> .....	10
Slika 5. Prikazuje igranje <i>Clash of Clans</i> -a.....	11
Slika 6. Prikaz igre <i>Call of Duty 2</i> .....	13
Slika 7. Prikaz igre <i>Command and Conquer</i> .....	14
Slika 8. Prikaz igre FIFA 2017.....	15
Slika 9. Prikaz igre <i>Candy Crush Saga</i> .....	16
Slika 10. Prikaz igre <i>Tekken 7</i> .....	16
Slika 11. Usporedba TCP i UDP protokola.....	19
Slika 12. Utjecajni faktori na QoE.....	23
Slika 13. Prikaz Network Emulator Client-a.....	27
Slika 14. Izbornici gubitka paketa (lijevo) i učestalosti greška tijekom prijenosa (desno).....	28
Slika 15. Prikaz izbornika kašnjenje (lijevo) i izbornika propusnost i redovi (desno),.....	30
Slika 16. Prikaz izbornika, pozadinski tok (lijevo) te preraspodjele paketa (desno).....	32
Slika 17. Prikaz izbornika za definiranje pucanja veze.....	33
Slika 18. Spajanje na Callofdutymania poslužitelj.....	37
Slika 19. Primjer odgovaranja na upitnik.....	38
Slika 20. Odgovori za treće pitanje u anketi.....	39
Slika 21. Odgovori za četvrto pitanje u anketi.....	40
Slika 22. Odgovori za peto pitanje u anketi.....	40
Slika 23. Odgovori za šesto pitanje u anketi.....	41
Slika 24. Odgovori za sedmo pitanje u anketi.....	41
Slika 25. Odgovori za osmo pitanje u anketi.....	42
Slika 26. Mjerenje vremena provedenog u igri na društvenoj mreži Evolve.....	43
Slika 27. Prikaz lagometra za periodički gubitak paketa s intenzitetom gubitka svakog desetog paketa.....	44
Slika 28. Prikaz lagometra za periodički gubitak paketa s intenzitetom gubitka svakog drugog paketa.....	46
Slika 29. Prikaz lagometra za nasumični gubitak paketa s intenzitetom gubitka 0.3.....	48

Slika 30. Prikaz lagometra za povećano fiksno kašnjenje od 20 ms .....	50
Slika 31. Prikaz lagometra za povećano fiksno kašnjenje od 100 ms .....	52
Slika 32. Prikaz lagometra za povećano šesti prometni slučaj .....	54

## **Popis tablica**

Tablica 1. Protokoli i prometne karakteristike pojedinog žanra, .....	17
Tablica 2. Prikaz prometnih slučajeva korištenih u testiranju iskustvene kvalitete umreženog igranja. ....	35
Tablica 3. Tehničke specifikacije poželjne za igru.....	36
Tablica 4. Odgovori na prva dva anketna pitanja .....	45
Tablica 5. Rezultati ankete na prva dva pitanja druge ankete. ....	47
Tablica 6. Prikaz odgovora prvog dijela treće ankete .....	49
Tablica 7. Odgovori prvog dijela četvrte ankete .....	50
Tablica 8. Odgovori prvog dijela pete ankete .....	52
Tablica 9. Odgovori prvog dijela šeste ankete .....	54

## **Popis grafikona**

Grafikon 1. Grafički prikaz odgovora dobivenih u drugom dijelu prve ankete .....	45
Grafikon 2. Prikaz odgovora drugog dijela druge ankete .....	47
Grafikon 3. Grafički prikaz odgovora drugog dijela treće ankete .....	49
Grafikon 4. Grafički prikaz odgovora drugog dijela četvrte ankete .....	51
Grafikon 5. Grafički prikaz odgovora drugog dijela pete ankete .....	53
Grafikon 6. Grafički prikaz odgovora drugog dijela šeste ankete .....	55



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada  
pod naslovom **ISKUSTVENA KVALITETA USLUGE UMREŽENOG IGRANJA**

### **ZA RAZLIČITE PROMETNE SLUČAJEVE**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 23.9.2017

\_\_\_\_\_  
(potpis)