Analiza značajki prometnog toka prilikom umreženog igranja

Ilišević, Bruno

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Bruno Ilišević

ANALIZA ZNAČAJKI PROMETNOG TOKA PRILIKOM UMREŽENOG IGRANJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 17. rujna 2018.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4636

Pristupnik: **Bruno Ilišević (0135214767)**
Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

Zadatak: **Analiza značajki prometnog toka prilikom umreženog igranja**

Opis zadatka:

U ovome radu potrebno je, ponajprije, predstaviti umreženo igranje kao industriju, zanimanje i važno gospodarsko i ekonomsko područje te ga tehnološki opisati. Nadalje, rad mora pružiti uvid u obilježja prometnih tokova koje različite igre generiraju u realnim uvjetima. U tu svrhu, u ovome istraživanju potrebno je pokretanjem igara različitih žanrova generirati i snimati promet koji one stvaraju te analizirati prometne tokove. Iz analize prometnih tokova (duljine paketa, međudolazna vremena paketa, usnopljenost prometnog toka) potrebno je identificirati razlike između mrežnih zahtjeva različitih žanrova.

Mentor:

doc. dr. sc. Marko Matulin

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA ZNAČAJKI PROMETNOG TOKA PRILIKOM UMREŽENOG IGRANJA

ANALYSIS OF TRAFFIC FLOW CHARACTERISTICS DURING ONLINE GAMING

Mentor: doc. dr. sc. Marko Matulin

Student: Bruno Ilišević, 0135214767

Zagreb, rujan 2018.

Sažetak

U ovom radu je analiziran prometni tok generiran umreženim igranjem *League of Legends* i FIFA 18 igara, a za analizu je korišten PRTG (engl. *Paessler Router Traffic Grapher*) alat. Prometni tokovi su opisani brzinom prijenosa podataka, udjelom transportnih protokola u prenesenom prometu, brzinom prijenosa paketa i prosječnom duljinom paketa, a svi rezultati su prikazani odvojeno za odlazni i dolazni smjer toka podataka. Također je istražena uloga računalnih igara u suvremenom društvu kroz utjecaj na igrače i globalnu ekonomiju te tehnološke karakteristike informacijsko-komunikacijske mreže koja omogućava umreženo igranje. Opisani su uređaji za igranje, vrste igara, demografija igrača, natjecateljska grana umreženog igranja (*eSports*), komunikacijska mreža i njezini protokoli.

KLJUČNE RIJEČI: umreženo igranje, prometni tok, PRTG, *League of Legends*, FIFA 18

Summary

This paper analyzes the traffic flow generated by online gaming. Games analyzed are League of Legends and FIFA 18 and the tool used for the analysis is PRTG (Paessler Router Traffic Grapher). Traffic flows are described by the data transfer rate, the transport protocols share in the transmitted trafic, the packet transfer rate and the average packet length. All the results are displayed separately for incoming and outgoing data flows. The role of computer games in contemporary society has also been explored through its influnce on players and the global economy along with technological characteristics of the information and communication network that enables online gaming. The paper also describes gaming devices, game types, player demographics, competitive gaming (eSports) and communication network with its protocols.

Key words: online gaming, traffic flow, PRTG, League of Legends, FIFA 18

Sadržaj

1. Uvod ... 1
2. Industrija računalnih igara ... 3
   2.1. Utjecaj računalnih igara na ljude ... 3
   2.2. Uređaji za igranje računalnih igara ... 4
   2.3. Igrači računalnih igara ... 5
   2.4. Vrste računalnih igara ... 6
   2.5. Natjecateljski aspekt industrije video igara - *eSports* ... 7
   2.6. Ekonomski aspekt industrije računalnih igara ... 11
3. Prometne karakteristike usluge umreženog igranja ... 15
   3.1. Informacijsko-komunikacijska mreža prema OSI modelu ... 15
   3.2. Transportni protokoli UDP i TCP ... 17
   3.3. IP protokol ... 18
   3.4. Parametri prometnog toka ... 19
4. Alati i sadržaji korišteni u analizi prometnog toka ... 21
   4.1. PRTG hosted by Paessler ... 21
      4.1.1. PRTG arhitektura i hijerarhija ... 21
      4.1.2. Dodavanje i konfiguracija objekata u PRTG ... 24
      4.1.3. Nadzor prometnog toka u PRTG ... 24
   4.2. *Windows Resource Monitor* ... 27
   4.3. Sadržaji ... 29
      4.3.1. *League of Legends* ... 29
      4.3.2. FIFA *18* ... 30
5. Različiti scenariji provođenja eksperimenata ... 32
   5.1. Snimanje prometa senzorom mrežne kartice ... 32

5.2. Snimanje prometa *Packet Sniffer* senzorom 33
5.3. Nulti scenarij – osnovni procesi računala 34
5.4. Prvi scenarij – *League of Legends* 36
5.5. Drugi scenarij – FIFA 18 37
6. Karakteristike prometnih tokova u pojedinim scenarijima 38
6.1. Prometni tok u Nultom scenariju 39
6.2. Prometni tok u Prvom scenariju 41
6.2.1. Preneseni podaci u Prvom scenariju 42
6.2.2. Preneseni paketi u Prvom scenariju 44
6.3. Prometni tok u Drugom scenariju 45
6.3.1. Preneseni podaci u Drugom scenariju 45
6.3.2. Preneseni paketi u Drugom scenariju 48
6.4. Usporedba prometnih tokova u Prvom i Drugom scenariju 49
6.4.1. Usporedba dolaznog prometa 50
6.4.2. Usporedba odlaznog prometa 50
7. Zaključak 52
Literatura 53
Popis slika 55
Popis tablica 56
Popis grafova 57
Popis kratica 58

1. Uvod

Umreženo igranje je postalo jedan od najzastupljenijih oblika zabave suvremenog čovjeka zbog jedinstvene osobine povezivanja tehnologije, igre i socijalizacije. Najveća svjetska mreža, Internet, pridonijela je popularnosti umreženog igranja pružajući mogućnost ljudima iz cijelog svijeta da se međusobno povezuju. Telekomunikacijska mreža, kao sustav za prijenos podataka, ključan je tehnički okvir koji omogućava prijenos podataka između igrača kod umreženog igranja.

Zbog velike popularnosti, promet generiran umreženim igranjem čini značajan dio ukupnog prometa koji se prenosi telekomunikacijskom mrežom. Zato je, kod planiranja računalnih mreža, neophodno uzeti u obzir karakteristike prometnog toka koji se pritom generira. Osim utjecaja na telekomunikacijsku mrežu, umreženo igranje ima i značajan utjecaj na društvo, igrače i svjetsku ekonomiju. Ekonomski utjecaj je posebno zanimljiv jer je u značajnom porastu, a javljaju se i novi oblici zabave vezani za umreženo igranje kao što su elektronički sportovi (engl. *eSports*). Cilj diplomskog rada je predstaviti industriju računalnih igara i njezin utjecaj na čovjeka, s fokusom na zahtjeve koje umreženo igranje postavlja pred telekomunikacijsku mrežu. U tu svrhu je programskim alatom PRTG (engl. *Paessler Router Traffic Grapher*) snimljen i analiziran promet generiran umreženim igranjem dvaju igara različite vrste, *League of Legends* i FIFA 18.

Ovaj diplomski rad, naziva Analiza značajki prometnog toka prilikom umreženog igranja, podijeljen je u sedam cjelina:

1. Uvod;
2. Industrija računalnih igara;
3. Prometne karakteristike usluge umreženog igranja;
4. Alati i sadržaji korišteni u analizi prometnog toka;
5. Različiti scenariji provođenja eksperimenata;
6. Karakteristike prometnih tokova u pojedinim scenarijima i
7. Zaključak.

Drugo poglavlje je uvod u industriju računalnih igara i njezino značenje. Obrađeni su utjecaji računalnih igara na društvo, čovjeka i ekonomiju koji umreženo igranje čine zanimljivim predmetom istraživanja. Predstavljeni su i neki važni koncepti u industriji kao što

su uređaji potrebni za umreženo igranje, demografske statistike igrača, različite vrste igara i profesionalno igranje igara.

Za analizu značajki prometnog toka prilikom umreženog igranja potrebno je razumjeti tehnologije koje se koriste u prijenosu podataka. Zato je u trećem poglavlju obrađena telekomunikacijska mreža, odnosno njezina struktura i korištene tehnologije.

Četvrto poglavlje opisuje alate i sadržaje koji su korišteni u analizi parametara prometnog toka. Ovdje je objašnjen rad PRTG i *Windows Resource Monitor* alata te su opisane igre čiji promet je analiziran, *League of Legends* i FIFA 18.

U petom poglavlju su opisani scenariji provođenja eksperimenata. To uključuje opis okoline u kojoj je napravljen svaki od eksperimenata i postavke alata za snimanje prometa.

Šesto poglavlje je prezentacija prethodno snimljenih rezultata i njihova analiza. Prikazani su i objašnjeni rezultati u svakom od scenarija te su na kraju snimljeni rezultati uspoređeni.

Zadnje je poglavlje zaključak izveden iz rezultata dobivenih eksperimentima.

2. Industrija računalnih igara

Računalne igre i igrači postaju sve zastupljeniji u društvu, ali i utjecajniji na kulturu i gospodarstvo. Igre su oduvijek bile značajne za život igrača, ali nikada kao danas nisu imale toliki utjecaj na živote onih koji to nisu. Bilo kakav oblik igre zahtjeva fizički ili mentalni napor za pobjedu, a posvećenost cilju tjera igrače na testiranje i pomicanje vlastitih granica. Osim što pružaju zadovoljstvo pobjede, igre omogućavaju igraču bijeg od stvarnosti i problema, što rezultira smanjenjem stresa, koji je jedan od najvećih problema suvremenog čovjeka. Ovi čimbenici su igre oduvijek činili primamljivima, bile one računalne, sportske ili neke druge, ali trend prodiranja računalnih igara u sve segmente društva ne posustaje i dovodi industriju računalnih igara do statusa jedne od najbrže rastućih industrija svijeta, [1].

Najnovije istraživanje ESA-e[1] (engl. *Entertainment Software Association*), objavljeno je u izvještaju „*2017 Essential Facts About the Computer and Video Game Industry*“, u travnju 2017. U tom je istražvanju ispitano preko 4000 kućanstava u Sjedinjenim Američkim Državama (dalje u tekstu SAD) o njihovim navikama igranja računalnih igara (engl. *Gaming*), a rezultati se odnose na 2016. godinu. Istraživanja pokazuju da u SAD-u 65% kućanstava ima barem jednog člana koji igra računalne igre 3 ili više sati tjedno, dok 67% kućanstava posjeduje uređaj za igranje računalnih igara, [2].

2.1. Utjecaj računalnih igara na ljude

Nepobitno je da je igranje video igara ulazak u alternativnu stvarnost, a bijeg od stvarnosti je tehnika kojom se ljudi koriste kako bi se lakše nosili sa svakodnevnim stresom i problemima. Osim smanjenja stresa, prema [3], vrlo je važan utjecaj igara na razmišljanje pojedinaca. Susreti s raznim virtualnim stvarnostima i svjetovima pobuđuje maštu i potiče igrača na kreativno razmišljanje izvan granica onog što se smatra mogućim. Takvo razmišljanje dovodi do nastojanja da se promijeni i unaprijedi stvarnost što rezultira interesom za inovacije i napredne tehnologije. Video igre također zahtjevaju od igrača da razvija svoje sposobnosti strateškog razmišljanja, rješavanja zadataka, a kod umreženog igranja i timskog rada te socijalizacije.

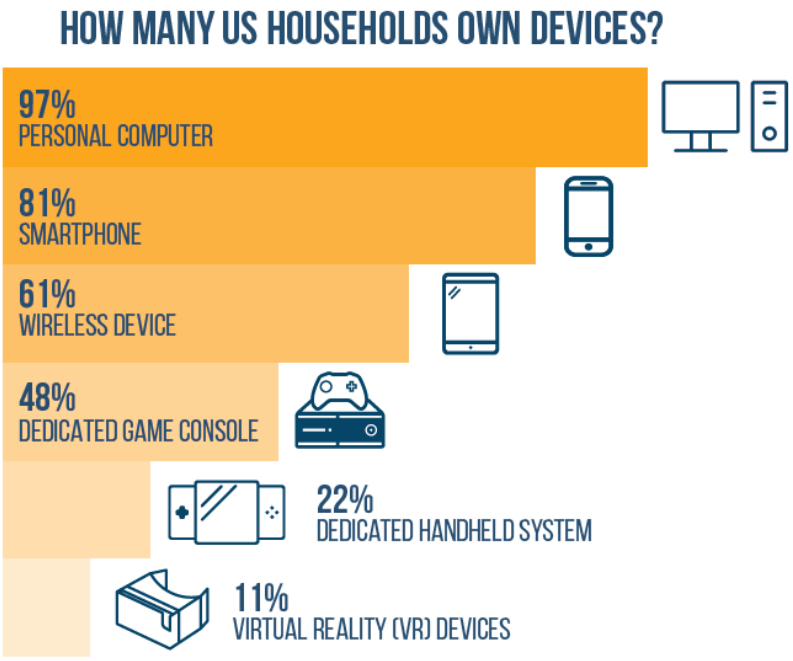
Gaming ima i svoju negativnu stranu. Često se spominje kao uzrok mentalnih poremećaja te se pojavila sumnja da izaziva ovisnost. Zbog toga je nastao termin *Internet*

[1] Udruga koja se bavi istraživanjem tržišta softvera zabavnog karaktera i jedan je od najpouzdanijih izvora podataka u industriji računalnih igara.

gaming poremećaj – mentalni poremećaj koji je uzrokovan igranjem računalnih igara preko *Interneta*. Američka Udruga Psihijatara (eng. *American Psychiatric Association* - APA) je 2017. godine provela istraživanje na tu temu, ispitujući utjecaj igranja računalnih igara preko interneta na ponašanje pojedinaca. Istraživanje je pokazalo da nema dokaza o postojanju *Internet gaming* poremećaja. Prema Dijagnostičkom i Statističkom Priručniku za Mentalne Poremećaje (engl. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* - DSM-5), koji definira devet simptoma koji upućuju na postojanje Internet *gaming* poremećaja, između 0,3% i 1% ispitanika bi potencijalno moglo patiti od ovog poremećaja, dok više od 65% ispitanika ne pokazuje nikakve simptome. Istraživanje je također pokazalo da ne postoje značajne razlike u mentalnom zdravlju, fizičkom zdravlju ili društvenim aktivnostima između ispitanika koji se mogu klasificirati kao potencijalno oboljeli od *Internet gaming* poremećaja i ispitanika koji ne pokazuju nikakve simptome. Iako je neupitno da je igranje računalnih igara u velikim količinama štetno za fizičko i psihičko zdravlje čovjeka, značajniji negativan utjecaj na populaciju igrača još uvijek nije dokazan.

2.2. Uređaji za igranje računalnih igara

Jedan od najvažnijih razloga rasta industrije računalnih igara (dalje u tekstu *gaming* industrija) je taj što su računalne igre dostupne gotovo svima. Dovoljno je posjedovati osobno računalo ili pametni telefon. Prema [2], za igranje računalnih igara danas se koriste razni uređaji, od osobnih računala, pametnih telefona ili bežičnih uređaja koji imaju višestruku uporabu, do namjenskih uređaja za igre poput igračih konzola, ručnih uređaja za igranje video igara ili VR (Virtualna stvarnost, engl. *Virtual Realit*y) uređaja.



Slika 1: Postotak kućanstava koja posjeduju određeni uređaj za igranje video igara, [2]

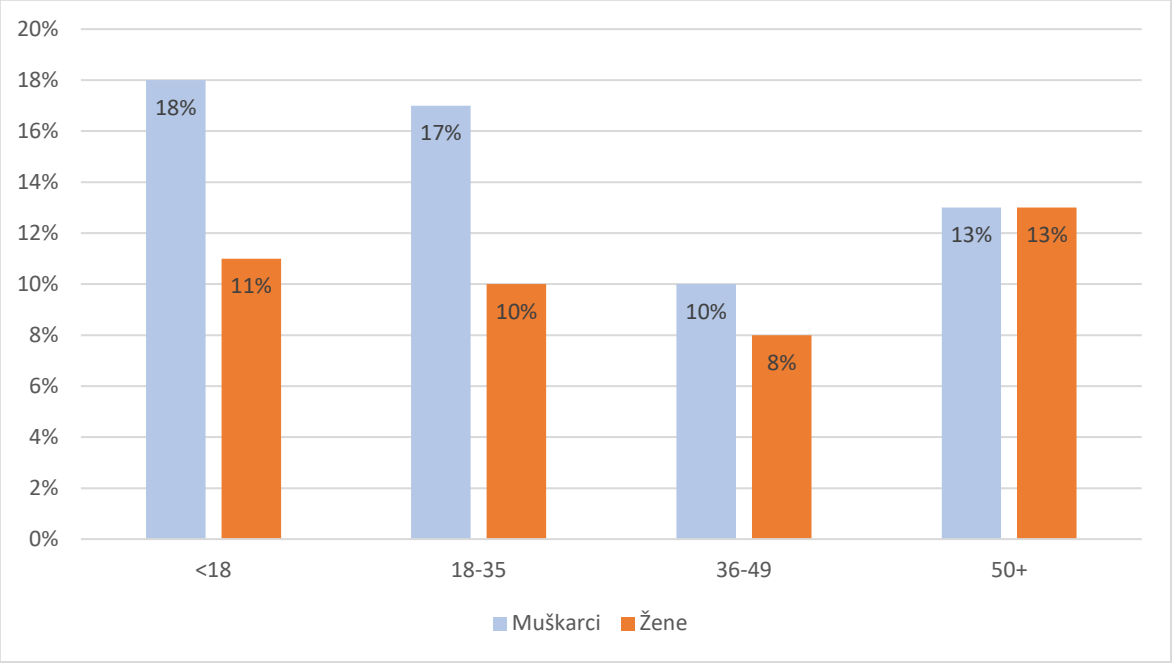
Slika 1 prikazuje da 97% kućanstava koja posjeduju barem jedan uređaj za igranje računalnih igara ima osobno računalo (engl. *personal computer*), 81% ih posjeduje pametni telefon (engl. *smartphone*), 61% posjeduje bežićne uređaje višestruke namjene (engl. *wireless device*), 48% ih posjeduje dediciranu igraču konzolu (engl. *dedicated game console*), 22% ih posjeduje ručni uređaj za igranje video igara (engl. *dedicated handheld system*) i 11% posjeduje VR uređaje. Logično je da su najčešće posjedovani uređaji osobno računalo i pametni telefon budući da su ova dva uređaja neizostavna u svakodnevnom životu, bez obzira na igranje računalnih igara.

2.3. Igrači računalnih igara

Od pojave arkadnih uređaja[2] i prvih kućnih igračih konzola sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća pa sve do nedavno, igrači video igara (engl. *gamer*) su često marginalizirani u društvu i smatrani društvenim izopćenicima, a video igre su dugo smatrane igrama za djecu i zabavom kojoj su skloniji muškarci. Ovakva percepcija igrača video igara se danas drastično mijenja kako broj igrača raste i ruši demografske barijere. Izvor [2] pokazuje da su u 2016. žene

[2] Uređaji u ugostiteljskim objektima ili specijaliziranim igraonicama koji pružaju mogućnost igranja video igre (engl. *Arcade machine*).

starije od 18 godina činile 31% ukupnog broja igrača, a muška djeca mlađa od 18 godina tek 18%.



Graf 1: Udio igrača računalnih igara prema dobi i spolu
Izvor [2]

Graf 1 prikazuje udio dobnih i spolnih skupina u *gaming* zajednici. Iz tablice se može zaključiti da je razlika u broju između muških i ženskih igrača znatno veća u ranijoj dobi, dok se s povećanjem broja godina ona naglo smanjuje, da bi u dobnoj skupini 50+ godina bio jednaki broj muških i ženskih igrača. Ukupan odnos između muških i ženskih *gamera* je 58% - 42%, što govori da je igranje video igara podjednako zastupljena kod oba spola. Najviše muških igrača je mlađe od 18 godina (18%), dok je najviše žena igračica starije od 50 godina (13%). Značajno je da je samo 29% igrača računalnih igara maloljetno.

2.4. Vrste računalnih igara

Definiranje vrsta računalnih igara vrlo je kompleksan problem. Prema [4], klasifikacija računalnih igara radi se u odnosu na različite kriterije. Neki od kriterija su stil igranja (engl. *gameplay*) (npr. akcija, sport, strategija), svrha (npr. edukativna, zabavna, društvena), ciljana skupina igrača (npr. svi igrači, stariji od 12 godina, djeca), točka gledišta (npr. prvo lice, treće lice, ptičja perspektiva), umreženost (*online, offline*), broj igrača (*singleplayer, multiplayer*), ali i mnogi drugi. Žanr uključuje kombinaciju nekoliko ovih karakteristika te se u različitim istraživanjima mogu susresti različiti opisi žanrova. Isto tako, jedna igra može sadržavati karakteristike nekoliko žanrova te nije neobično da se u različitim specifikacijama ili istraživanjima klasificira različito.

Iako su žanrovi najčešće kombinacija prethodno navedenih karakteristika, može se reći da je osnovna klasifikacija igara prema *gameplay*-u. Ova klasifikacija kao produkt daje osnovne skupine računalnih igara kako slijedi:

- Akcija (engl. *Action*);
- Avantura (engl. *Adventure*);
- Vožnja/utrkivanje (engl. *Racing*);
- Borba (engl. *Fighting*);
- RPG (Igranje Uloga, engl. *Role Playing Game*);
- Pucačina (engl. *Shooter*);
- Sportovi (engl. *Sports*) i
- Strategija (engl. *Strategy*).

Svaki od ovih žanrova sadrži mnoge podžanrove, što dovodi do velike raznolikosti računalnih i video igara.

2.5. Natjecateljski aspekt industrije video igara - *eSports*

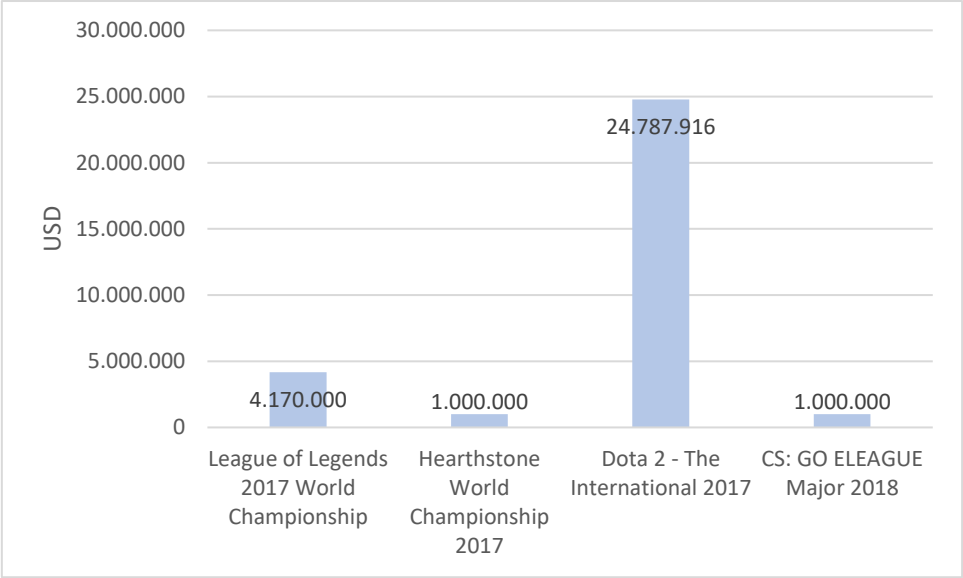
eSports je naziv koji se koristi za elektroničke sportove, odnosno vrsta sporta koja se izvodi na elektroničkom sustavu, a sve sportske aktivnosti se izvode preko sučelja za komunikaciju između čovjeka i računala. Iako se, službeno, računalne igre još uvijek ne smatraju sportom, elektronički sport (engl. *eSports*) je prihvaćeni naziv za kompetitivno igranje računalnih igara. Kompetitivni element u *eSportsu* donose natjecanja u obliku turnira i liga kao natjecateljskih platformi. Rastuća popularnost ovakvih natjecanja dovela je do pojave profesionalnih igrača i organizacija koje ih financiraju. Svake godine je organizacija ovih natjecanja na sve višoj razini, veća su ulaganja, veći je broj gledatelja i veći broj profesionalnih igrača, [5].

Agencija ESC (engl. *Esports Charts*) bavi se prikupljanjem podataka o *eSportsu* i *streamingu*[3]. *eSports* natjecanja prenose se putem *streaming* servisa kao što su *twitch.tv, Youtube, Hulu* i *huomao.com*. ESC prikuplja podatke koje objavljuju ovi servisi i na osnovu njih izrađuje izvještaje o *eSport* igrama i natjecanjima. Prema istraživanju ESC agencije iz [6], najpopularnija igra prema broju gledatelja na *streaming* platformama, je *League of Legends*, s

[3] Usluga prijenosa i distribucije sadržaja koji proizvode igrači računalnih igara prenoseći na taj način uživo svoj doživljaj igranja gledateljima.

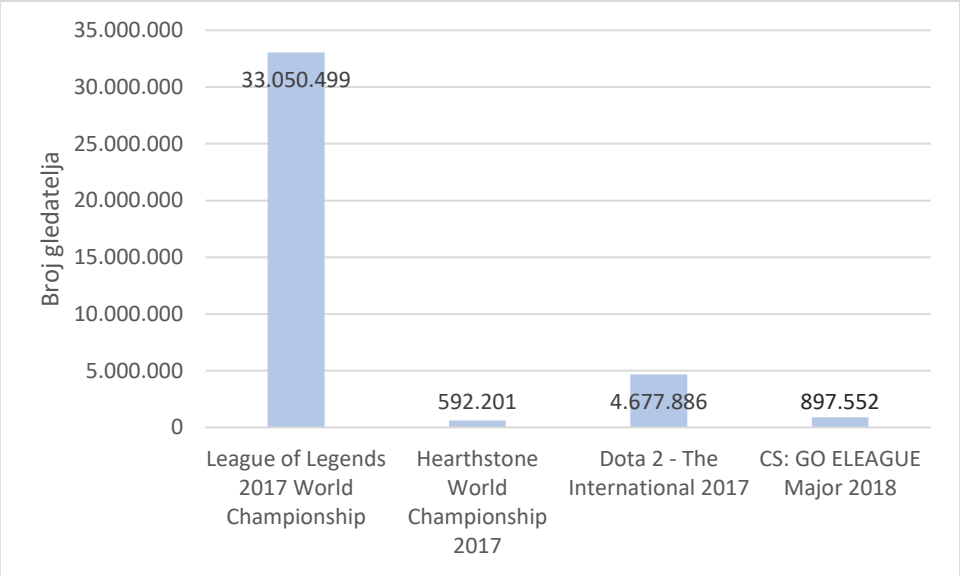
prosječnim brojem od preko 100 000 gledatelja samo na platformi *twitch.tv*. Dokaz utjecaja *eSportsa* na društvo najbolje pokazuju statistike zadnjih velikih turnira u nekim od najpopularnijih *eSports* igara: *League of Legends*, *Hearthstone*, DOTA 2 (engl. *Defense Of The Ancients* 2) i CS: GO (engl. *Counter Strike: Global Offensive).*

U posljednjih godinu dana održana su četiri velika natjecanja u navedenim igrama: *League of Legends 2017 World Championship, Hearthstone World Championship 2017, Dota 2 – The International 2017* i *CS: GO ELEAGUE Major 2018*. Svako od ovih natjecanja smatra se svojevrsnim svjetskim prvenstvom u toj igri i najvećim događajem godine za igrače. Graf 2 prikazuje iznose nagradnih fondova navedenih natjecanja. Prema [7], nagradni fond turnira *Dota 2 – The International 2017* odskače s više od 24 milijuna Američkih dolara (engl. *United States Dollar* - USD) koji su podijeljeni sudionicima natjecanja. Ovakvo odskakanje nagradnog fonda tog natjecanja od ostalih je posljedica odluke *Valve*-a, tvrtke proizvođača igre DOTA 2, da 25% prihoda od prodaje dodatne kozmetičke funkcionalnosti *Battle pass*, koja omogućava igračima vizualne nadogradnje unutar igre, ide u fond nagrada za *The International*. Fond nagrada za ostale turnire određuje organizator natjecanja, a početni fond nagrada za *The International 2017*, dodijeljen od organizatora, tvrtke *Valve*, iznosio je tek 1,6 milijuna USD. Kako je navedeno u [8], *Riot Games*, tvrtka proizvođač igre i organizator *League of Legends 2017 World Championship* za fond nagrada izdvojila je 2,3 milijuna USD, a drugih 2,3 milijuna je prikupljeno, slično kao i za *The International*, kroz prodaju kozmetičkih dodataka za igru. Gledajući samo sredstva izdvojena za nagrade od strane organizatora, *League of Legends 2017 World Championship* je turnir s najvećim fondom nagrada.



Graf 2: Nagradni fond na velikim eSports natjecanjima
Izvor [6]

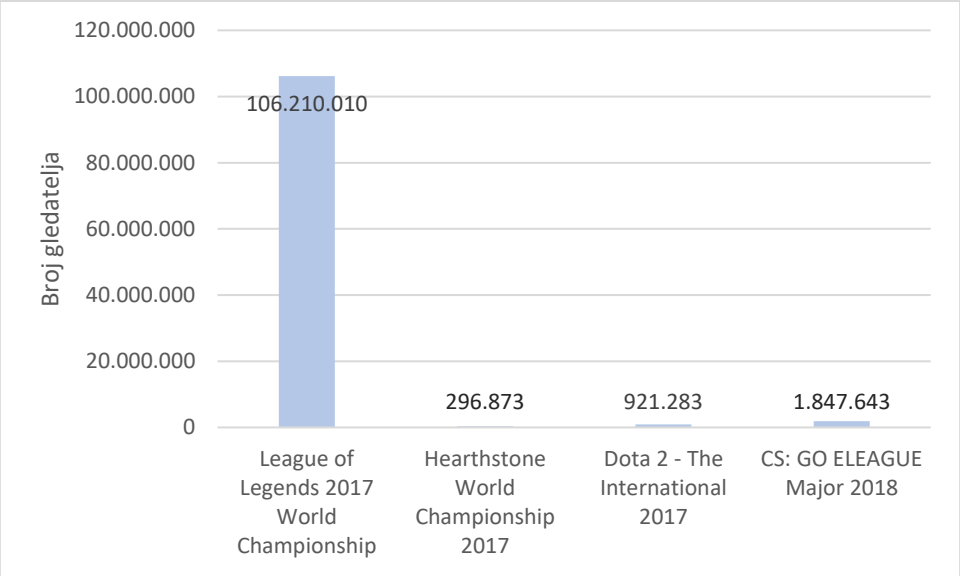
Milijunske fondove nagrada potrebno je opravdati, a za to je najvažniji čimbenik broj gledatelja. Graf 3 prikazuje prosječan broj gledatelja na navedenim turnirima, a tu odskače *League of Legends 2017 World Championship* s prosječnim brojem od 33 milijuna gledatelja. Visoka gledanost ovog turnira u određenoj je mjeri uzrokovana i time što je turnir održan u Kini, a Kina je zemlja s najvećim brojem gledatelja *eSports* turnira. *DOTA 2 The International* je na drugom mjestu s nešto više od 4,5 milijuna gledatelja u prosjeku, a *Hearthstone World Championship 2017* i *CS: GO ELEAGUE Major 2018* su znatno niže, na manje od milijun gledatelja. Jasna je veza između broja gledatelja i veličine nagradnog fonda, turniri s većim brojem gledatelja imaju veće nagradne fondove i obrnuto. Razlog tome je prihod koji se generira od sponzora, a koji je veći što više gledatelja prati turnir, [6].



Graf 3: Prosječan broj gledatelja najvećih eSports turnira u posljednjih godinu dana
Izvor [6]

Graf 4 prikazuje koliko je gledatelja u prosjeku pratilo najgledaniji susret turnira na najvećim *eSports* natjecanjima u posljednjih godinu dana. Ovom statistikom također dominira *League of Legends 2017 World Championship*, gdje je, u prosjeku, preko 100 milijuna gledatelja diljem svijeta istovremeno gledalo jedan susret. Za usporedbu, finale NFL-a[4] (engl. *National Football League*) 2018., *Super Bowl*, u prosjeku je pratilo 103,4 milijuna gledatelja samo u SAD-u. Iako je gledanost *eSports* natjecanja još uvijek manja od najvećih sportskih natjecanja, treba uzeti u obzir da se radi o vrlo mladoj industriji. Tek godinu dana starije izdanje *League of Legends World Championship* turnira, iz 2016, imalo je najveću prosječnu gledanost jednog susreta od 28,3 milijuna gledatelja, što govori da se broj gledatelja najgledanijeg susreta u godinu dana učetverostručio [6], [9].

[4] Državno prvenstvo Sjedinjenih Američkih Država u Američkom nogometu.



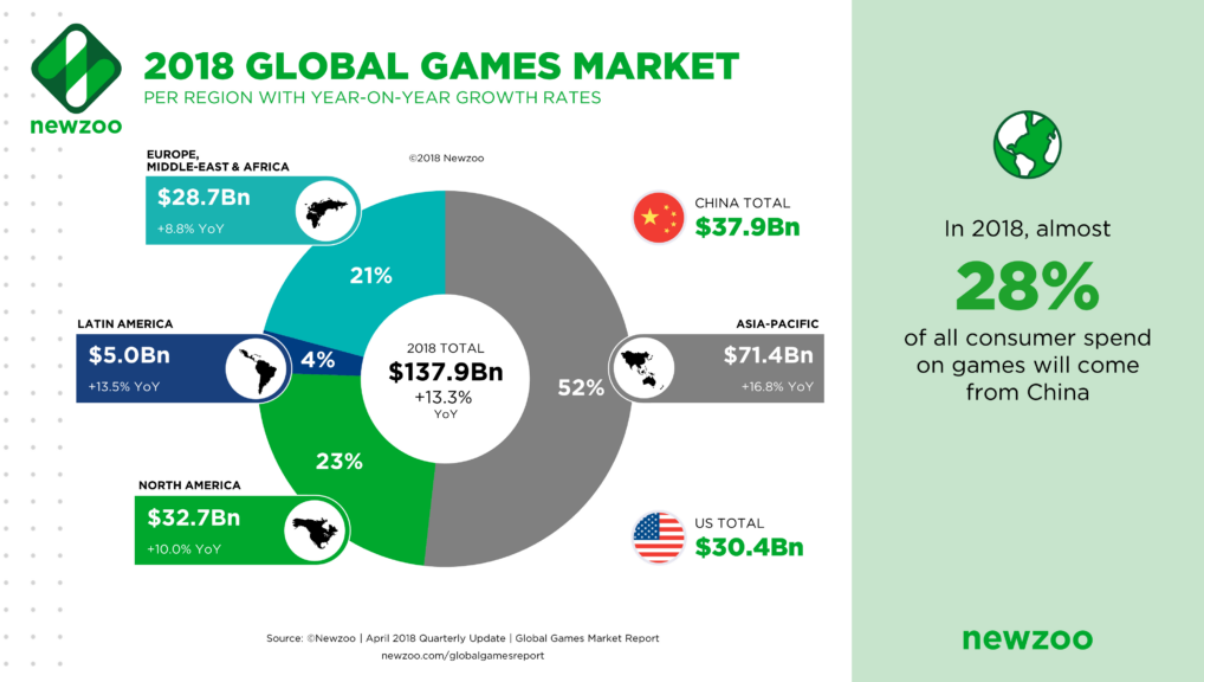
Graf 4: Prosječan broj gledatelja najgledanijeg susreta na najvećim eSports turnirima u posljednjih godinu dana Izvor [6]

2.6. Ekonomski aspekt industrije računalnih igara

Prema [10], industrija računalnih igara jedna je od najbrže rastućih u svijetu. Forbesovo istraživanje iz 2016. godine pokazuje da ova industrija pridonosi preko 11,5 milijardi USD bruto domaćem proizvodu (BDP) u Sjedinjenim Američkim Državama, a očekuje se kako će taj broj u narednim godinama značajno rasti. Prema istom istraživanju, u SAD-u postoji 2 858 kompanija koje se bave izradom računalnih igara. Od toga su 2 322 razvojne kompanije, odnosno bave se izradom računalnih igara, a 526 kompanija su izdavačke kuće. Broj zaposlenika u tim kompanijama doseže 65 678 s prosječnom godišnjom plaćom od 97 000 USD. Usporede li se ovi brojevi s ukupnim BDP-om SAD-a u 2016. godini, koji je prema podacima Svjetske Banke[5] iz [11] iznosio preko 18,5 bilijuna USD, utjecaj industrije računalnih igara ne djeluje toliko velik, ali treba uzeti u obzir da se radi o vrlo mladoj industriji s velikim potencijalom. Hrvatski BDP je u 2016.-oj godini iznosio 50,715 milijardi USD, što znači da je industrija računalnih igara u SAD-u 2016.-e godine iznosila nešto više od jedne petine ukupnog BDP-a Hrvatske.

[5] Svjetska Banka je međunarodna grupacija od pet institucija koje se bave financijskim istraživanjima i financiranjem zemalja u razoju.

Slika 2 prikazuje infografiku *Newzoo*[6]-ovg izvješća navedenog pod [12], o prihodima na svjetskom tržištu računalnih igara za prvi kvartal 2018. godine. Iz slike se može iščitati da su prihodi na globalnoj razini iznosili 137,9 milijardi USD u navedenom periodu, što je 13,3% više nego u istom periodu prošle godine (engl. *Year on Year* - YoY). Također se ističe dominacija Azijsko-Pacifičke regije u ovom području. 52% ukupnih prihoda od računalnih igara dolazi od korisnika iz te regije, dok samo iz Kine dolazi gotovo 28% globalnih prihoda. Druga regija po udjelu u svjetskim prihodima za prvi kvartal 2018. godine je Sjeverna Amerika s 23% ukupnih prihoda, a slijede Europa, Bliski Istok i Afrika s 21% i Latinska Amerika s 4%. U SAD-u je potrošeno približno 30,4 milijarde USD na računalne igre, što je približno 22% ukupnih prihoda, što čini SAD drugom državom s najvišom potrošnjom na računalne igre nakon Kine. Prvi zaključak iz ovog izvješća je da je da se trend rasta prihoda od računalnih igara nastavio i u ovoj godini, što znači da industrija nastavlja rasti. Drugi zaključak je da su računalne igre zastupljenije u razvijenim zemljama te da su korisnici iz zemalja s višim standardom skloniji izdvajanju novca za računalne igre.

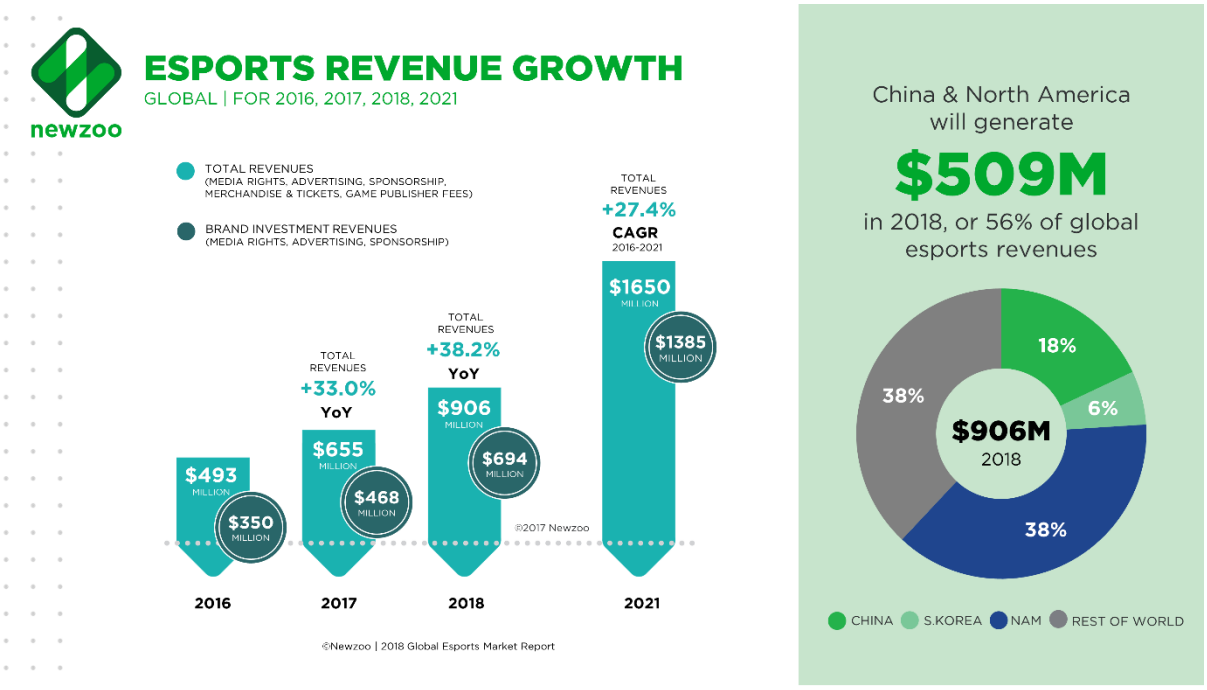


Slika 2: Infografika izvješća o globalnom tržištu računalnih igara za prvi kvartal 2018. godine, [12]

Govoreći o porastu industrije računalnih igara, mora se spomenuti i rast *eSports* industrije. Slika 3 prikazuje *Newzoo*-ovo predviđanje rasta prihoda od *eSportsa* do 2021.

[6] *Newzoo* je međunarodna kompanija koja se bavi istraživanjem tržišta na području računalnih igara, mobilnih aplikacija i eSportsa.

godine, a koje je temeljeno na podacima prikupljenim za 2016., 2017. i 2018. godinu. Infografika prikazuje svijetlo plavom bojom ukupne prihode (medijska prava, reklamiranje, sponzoriranje, prodaja tematske robe, predmeta i ulaznica te naknade za izdavače igara), a tamno plavom bojom prihode od robnih marki (samo medijska prava, reklamiranje i sponzoriranje). 2016. godine ukupni prihodi od *eSportsa* su iznosili 493 milijuna USD, od čega je 350 milijuna bilo prihoda od robnih marki. Sljedeće godine, 2017., zabilježen je porast u ukupnim prihodima od 33% te su oni iznosili 655 milijuna USD, dok je 468 milijuna bilo prihoda od robnih marki. Još intenzivniji porast očekuje se ove, 2018., godine, kada bi ukupni prihodi trebali porasti za 38,2% i iznositi 906 milijuna USD. Do 2021. se ipak očekuje da će rast prihoda malo usporiti pa se predviđa da srednji godišnji rast (oznaka CAGR, engl. *Compound Annual Growth Rate*) od 2016. do 2021. bude 27,4%. Prema tome bi ukupni prihodi od *eSportsa* 2021. trebali iznositi jednu milijardu i 650 milijuna USD, od čega bi jednu milijardu i 385 milijuna USD trebao biti prihod od robnih marki. Ovakav rast je posljedica čimbenika opisanih u prethodnom poglavlju, a to je prvenstveno popularizacija *eSports* natjecanja. Velik broj gledatelja privlači velik broj sponzora i ulagača što *eSports* čini još dostupnijim i popularnijim te se zbog toga iz godine u godinu bilježi sve veći rast, [12].



Slika 3: Infografika rasta prihoda od eSportsa,, [12]

Kako u prihodima od računalnih igara, tako Kina prednjači i u prihodima od *eSportsa* s predviđenim udjelom od 38% u ukupnim prihodima za 2018. godinu. Očekuje se da će još 18% ukupnih prihoda dodati Sjeverna Amerika, čime će zajedno sudjelovati u ukupnim prihodima

sa 56% ili 509 milijuna USD. Južna Koreja bi se trebala pridružiti sa 6%, dok će preostalih 38% biti raspodijeljeno na ostatak svijeta. *Gaming* industrija najjača je u zemljama Azijsko-Pacifičke regije, a posljedično tome razumljiv je i njihov veći interes za *eSports* u odnosu na ostatak svijeta. Iako su još uvijek iza, zapadne zemlje također usvajaju ovaj oblik zabave pa se tako područje Sjeverne Amerike polako približava Kini u ovom gospodarskom segmentu. U slabije razvijenim zemljama je slabija i razina informatičke pismenosti te slabija Internetska pokrivenost što rezultira time da ovakav oblik zabave tamo nije popularan. Razvojem takvih zemalja logično je očekivati i jačanje *eSports* industrije, [12].

3. Prometne karakteristike usluge umreženog igranja

Kako bi se napravila analiza prometnog toka kod umreženog igranja, potrebno je razumjeti mrežu i parametre prometnog toka te poznavati terminologiju. Pri umreženom igranju, podaci se prenose informacijsko-komunikacijskom mrežom. To je mreža koja služi za udaljeni prijenos informacija između korisnika koji mogu biti osobe s odgovarajućom pristupnom komunikacijskom opremom ili uređaji s mrežnim sučeljima. Prijenos podataka informacijsko-komunikacijskom mrežom stvara prometni tok, a osnovna jedinica prometnog toka kod umreženog igranja je protokolska podatkovna jedinica (engl. *Protocol Data Unit* – PDU) za koju se najčešće koristi naziv paket. Paket je entitet koji prenosi podatke od jednog korisnika mreže do drugog. Za objašnjavanje rada informacijsko-komunikacijske mreže koristi se OSI (engl. *Open System Interconnection*) model, [13], [14].

3.1. Informacijsko-komunikacijska mreža prema OSI modelu

OSI model je prikaz mrežne komunikacije koji je napravila Međunarodna Organizacija za Standardizaciju (engl. *International Organization for Standardization* – ISO) 1977. Prema [14], radi se o modelu koji informacijsko-komunikacijsku mrežu dijeli na sedam slojeva koji se navode od najvišeg prema najnižem, kao što je prikazano na slici 4. Podaci se na izvorišnoj strani spuštaju po slojevima OSI modela i u svakom sloju dobivaju informacije tog sloja u obliku zaglavlja, što se naziva enkapsulacija. Na strani primatelja proces je obrnut, prolazeći kroz slojeve, zaglavlja se skidaju sa podatkovne jedinice te se krajnjoj aplikaciji predaju samo korisni podaci.

Slika 4: Slojevi OSI modela,, [15]

Aplikacijski sloj je sloj najviši sloj OSI modela i predstavlja komunikaciju između mreže i aplikacija i programa na terminalnom uređaju korisnika. To je sloj koji korisničkim programima i aplikacijama omogućava pristup informacijsko-komunikacijskoj mreži.

Prezentacijski sloj primarno ima ulogu prevoditelja između aplikacija na terminalnim uređajima i mrežnih uređaja. Osim te uloge, prezentacijski sloj ima i ulogu zaštite podataka koji se prenose. Proces zaštitnog kodiranja poruka u prezentacijskom sloju naziva se enkripcija, a povratni postupak dekodiranja dekripcija.

Sloj sesije je sloj zadužen za uspostavu i održavanje komunikacije između procesa na mreži.

Transportni sloj je zadužen za definiranje funkcija i metoda za uspostavu krajnje komunikacije između procesa koji rade na uređajima u mreži. To znači da prima poruke od viših slojeva, dijeli ih na manje dijelove procesom segmentacije te proslijeđuje nižem sloju na strani pošiljatelja. Na primateljevoj strani u transportnom se sloju manje poruke spajaju u cjelinu i takve predaju aplikacijskom sloju. Procesom segmentacije se podatkovna jedinica pretvara u segmente ili datagrame, ovisno o korištenom protokolu. OSI model definira funkcije za svaki od slojeva, a pri projektiranju mreža i usluga se odabiru protokoli koji će osigurati da se one obave. TCP (engl. *Transport Control Protocol*) i UDP (engl. *Universal Datagram Protocol*) su najčešći protokoli kojima se obavljaju funkcije transportnog sloja na Internetu. U slučaju da se koristi pouzdani, TCP protokol, prometni entitet se naziva segment, a u slučaju da se koristi nepouzdani, UDP protokol, naziva se datagram.

Mrežni sloj brine za usmjeravanje podataka kroz mrežu, najboljim putem, od izvorišta do odredišta. Protokol koji se najčešće koristi za usmjeravanje na Internetu se naziva IP (engl. *Internet Protocol*) protokol, a adrese mrežnih uređaja IP adrese. IP adresa odredišta potrebna je kako bi podaci mogli stići na svoje odredište, a IP adresa izvorišta kako bi se podaci mogli poslati u suprotnom smjeru. Izvorišna i odredišna IP adresa nalaze se u zaglavlju mrežnog sloja, a segment ili datagram kojem je dodano ovo zaglavlje naziva se paket. Paket je ujedno i generalni naziv za prometni entitet u informacijsko-komunikacijskom sustavu.

Sloj veza ima zadaću definirati tehnologije pristupa mreži i mrežnom mediju te pripremiti pakete za pristup i prijenos mrežnim medijima. Paket sa zaglavljem sloja veze se naziva okvir, a sloj veze definira različite formate okvira za različite tehnologije prijenosa. U ovom sloju se podaci prilagođavaju za prijenos žičanim, bežičnim i optičkim vezama koje koriste različite načine prijenosa i omogućava se prijenos istog paketa preko nekoliko različitih

medija bez utjecaja na protokole viših slojeva ili korisne podatke. U zaglavlju sloja veze nalazi se fizička adresa mrežnog uređaja, a ona se naziva MAC (eng. *Medium Access Control*) adresa.

Fizički sloj prevodi informacije dobivene iz viših slojeva u signale koje zatim šalje fizičkim medijem kroz mrežu. Signali mogu biti različiti s obzirom na medij prijenosa (bakrena žica, optički kabel ili zrak), a najmanja jedinica informacije, koja se prenosi signalom, je bit (oznaka b). Da bi računalu informacija bila čitljiva, ona mora biti zapisana u bitovima, odnosno u nizu nula i jedinica. Jedan bit informacije tako može poprimiti samo dvije vrijednosti, nula i jedan te je on osnovna mjerna jedinica za prijenos podataka. Varijacije kilobit (kb – 10^3 bita), megabit (Mb – 10^6 bita) i gigabit (Gb – 10^9 bita) se koriste kao mjerne jedinice ako se radi o većoj količini prenesenih podataka. Bajt (oznaka B) je mjerna jedinica za pohranu podataka i on označava niz od osam bitova. Za veće količine podataka se također koriste njegove varijacije: kilobajt (kB – 10^3 bajta), megabajt (MB – 10^6 bajta), gigabajt (GB – 10^9 bajta) i terabajt (TB – 10^{12} bajta), [14].

3.2. Transportni protokoli UDP i TCP

UDP protokol je opisan dokumentom RFC[7] (engl. *Request for Comments*) 768 i naslanja se na IP protokol mrežnog sloja, [16]. To je protokol koji ne uspostavlja vezu i ne garantira isporuku paketa, zbog čega je nepouzdan. Nepouzdanost UDP protokola nije njegov nedostatak, nego prednost pri prijenosu usluga koje zahtjevaju brz prijenos u stvarnom vremenu. Umreženo igranje, kao interaktivna usluga u stvarnom vremenu, jedna je od takvih usluga. Te usluge ne toleriraju kašnjenja paketa jer je zakašnjela informacija beskorisna pa se zakašnjeli paketi odbacuju, dok su manji gubici paketa gotovo ili potpuno neprimjetni. Nepouzdani UDP protokol je idealan za prijenos podataka u takvim uvijetima jer mu je prioritet brza, a ne sigurna isporuka, a pritom ne uspostavlja vezu s poslužiteljem koja bi dovela do dodatnog opterećenja resursa, [13], [14], [15].

Za razliku od UDP-a, TCP je konekcijski i siguran protokol transportnog sloja, a definiran je RFC 793 dokumentom, [17]. TCP uz funkcije segmentacije i multipleksiranja/demultipleksiranja, ima i funkcije pouzdanog prijenosa podataka, kontrole toka i upravljanja zagušenjima. Ti mehanizmi pomažu da podaci sigurno stignu na odredište te sprječavaju zagušenost mreže, ali isto tako usporavaju prijenos podataka. TCP protokol tako nije pogodan za prijenos podataka tokom umreženog igranja, ali se na Internetu i dalje koristi

[7] RFC je oznaka za dokumente izdane od strane IETF (*Internet Engineering Task Force*) organizacije, a koji sadrže tehničke ili organizacijske upute za umrežavanje na Internetu.

u velikoj mjeri za prijenos podataka usluga elektroničke pošte, prijenosa datoteka, udaljenog pristupa na uređaje i pristupanja web stranicama, [14].

Svaki od ovih protokola, TCP i UDP, mora identificirati proces kojem se pristupa na višem sloju. Ta se identifikacija na transportnom sloju prikazuje u obliku porta, 16-bitnog podatka zapisanog u zaglavlju TCP i UDP paketa. Pomoću porta identificira proces na računalu kojem je paket namijenjen, ali ne i samo računalo. Identifikacija računala radi se preko IP adrese na mrežnom sloju, a kombinacija porta i IP adrese naziva se vrata (engl. *socket*). *Socket* pruža potpunu informaciju kojem uređaju i procesu je određeni paket namijenjen.

3.3. IP protokol

Potrebno je razlikovati dvije vrste IP protokola: IPv4 (IP verzija 4) i IPv6 (IP verzija 6). Dok je IPv6 mrežni protokol koji se rijetko koristi, IPv4 je mrežni protokol koji se koristi na najvećoj i najpoznatijoj svjetskoj mreži, Internetu. Prema [14], osnovna obilježja IP protokola su:

- Ne uspostavlja vezu između izvorišta i odredišta kojom bi rezervirao mrežne resurse;
- Ne šalje kontrolne pakete kojima bi garantirao isporuku i
- Neovisan je o prijenosnom mediju.

Budući da ne radi kontrolu isporuke nego prioritizira brzinu, kaže se da pruža najbržu moguću (engl. *Best effort*) uslugu, a kontrolu prepušta protokolima viših slojeva. U slučaju da se na njega naslanja TCP protokol, paketi će biti provjereni na transportnom sloju i tražit će se potvrda njihove isporuke, ali u slučaju da se koristi UDP protokol, provjera isporuke se ugrađuje u aplikaciju ako je ona potrebna.

IP adresa se naziva još i logičkom adresom uređaja na mreži. IPv4 adresa se koristi za usmjeravanje paketa na Internetu, a duljine je 32 bita, odnosno četiri niza od osam bitova koji su odvojeni točkama. Prevedeno u dekadski brojevni sustav, IPv4 adresa se sastoji od četiri broja od 0 do 255 koji su odvojeni točkama. Primjer IP adrese je 192.168.1.1. Kako se koristi za usmjeravanje, IP adresa mora biti jedinstvena, odnosno dva uređaja unutar mreže ne smiju imati istu IP adresu. Budući da je broj uređaja na Internetu jako velik, razlikuju se dvije vrste IP adrese: javna IP adresa i privatna (lokalna) IP adresa. Svaka podmreža na Internetu ima svoju jedinstvenu javnu IP adresu, dobivenu od pružatelja usluge pristupa Internetu. Uređaji unutar podmreže imaju privatne IP adrese koje su dostupne na korištenje svima, ali također moraju biti jedinstvene u toj podmreži. Od svih mogućih IP adresa, određeni skupovi su klasificirani kao

privatne IP adrese, dok su ostali klasificirani kao javne. Tako će uređaj koji podmrežu povezuje s Internetom (usmjernik) znati usmjeravati pakete na ispravna odredišta. Ako mu stigne paket s adresom odredišta iz skupa privatnih IP adresa, poslat će ga na uređaj unutar podmreže kojem je ta adresa dodijeljena, a ako mu stigne paket s adresom odredišta iz skupa javnih IP adresa, poslat će ga prema Internetu, [14].

3.4. Parametri prometnog toka

Analiza zahtjeva koje usluge postavljaju pred informacijsko-komunikacijsku mrežu radi se, najčešće, zbog upravljanja, projektiranja i konfiguriranja mreže na način da se postigne zadovoljavajuća kvaliteta usluge (engl. *Quality of Service* – QoS). QoS se definira kao sposobnost pružanja usluga različite razine raznim Internet aplikacijama u skladu s njihovim zahtjevima. Usluge najčešće postavljaju zahtjeve u obliku:

- Potrebne širine prijenosnog pojasa (engl. *bandwidth*);
- Kašnjenja (engl. *latency*);
- Kolebanja kašnjenja (engl. *jitter*) i
- Gubitka paketa (engl. *packet loss*).

Širina prijenosnog pojasa predstavlja brzinu kojom pojedini mrežni sustav može prenositi podatke. Zahtjevi za širinom prijenosnog pojasa potrebnog za prijenos podataka značajno variraju od usluge do usluge. Potrebna širina prijenosnog pojasa ovisi o brzini prijenosa podataka. Osim što različite usluge šalju podatke različitim brzinama, neke će usluge odašiljati podatke jednolikom brzinom pa će potrebna širina prijenosnog pojasa biti konstantna, dok druge usluge šalju podatke u snopovima pa je potrebna širina prijenosnog pojasa za takve usluge varijabilna. Također, neke usluge imaju potrebu za prijenosom podataka u samo jednom smjeru, dok druge rade prijenos podataka u oba smjera. Odlazni smjer podrazumijeva podatke koji se šalju, a dolazni podatke koji se primaju. Podaci se prenose u paketima, a količina podataka koju jedan paket sadrži također ovisi o usluzi. Neki će paketi biti kraći, dok će drugi biti duži. Više kraćih paketa rezultirat će većim brojem zaglavlja, odnosno većom količinom kontrolnih informacija koje se prenose, ali će se paketi slati brže te će se njihovim gubitkom izgubiti manji dio korisnih informacija. Dulji paketi će se duže puniti podacima, ali će nositi manje kontrolnih informacija i tako predstavljati manje opterećenje za mrežu te manju potrebu za širinom prijenosnog pojasa. S obzirom na potrebnu širinu prijenosnog pojasa, može se zaključiti da su relevantni parametri prometnog toka koje generira neka usluga:

- Brzina prijenosa podataka;

- Usnopljenost;
- Smjer prijenosa podataka i
- Duljina paketa.

Kao što je prethodno navedeno, ovom popisu se još može dodati i korišteni mrežni protokol, budući da on također utječe na opterećenje mreže. Ovi parametri prometnog toka biti će analizirani u posljednjem poglavlju za uslugu umreženog igranja.

Kašnjenje paketa je vrijeme potrebno da paket stigne od pošiljatelja do primatelja, a mjeri se u sekundama. Kolebanje kašnjenja događa se kada dođe do varijacije u međudolaznim vremenima paketa iste sesije, odnosno kada dva uzastopna paketa iste sesije imaju različita trajanja putovanja od izvorišta do odredišta. Gubitak paketa se u IP mrežama najčešće događa zbog prelijevanja međuspremnika u čvorovima. Ako paketi dolaze u čvor većom brzinom od one kojom ih čvor obrađuje i usmjerava, oni se pohranjuju u spremnike u kojima čekaju na obradu. U slučaju da je spremnik pun, paket se nema gdje pohraniti te se gubi, [14], [18].

4. Alati i sadržaji korišteni u analizi prometnog toka

Za analizu prometnog toka kod umreženog igranja potrebne su dvije osnovne komponente. Prva komponenta je alat kojim se promet snima, prikuplja i analizira, a druga komponenta su sadržaji koji generiraju promet. Kako je fokus na prometu generiranom kod umreženog igranja, sadržaji će biti računalne igre koje pružaju tu mogućnost.

4.1. PRTG hosted by Paessler

Alat korišten za snimanje, prikupljanje i analizu prometa kod umreženog igranja je PRTG (engl. *Paessler Router Traffic Grapher*) *hosted by Paessler* (u daljnjem tekstu samo PRTG), verzija 18.2.40.1683+, izdanje licence *PRTG Network Monitor Freeware* koje omogućava postavljanje do 100 senzora. PRTG je softverska usluga u oblaku[8] za nadzor računalnih sustava, mreža i aplikacija, a dizajniran je kao sveobuhvatno rješenje za nadzor sustava davatelja mrežne usluge. Za potrebe eksperimenata, u ovom će se radu koristiti samo njegov modul za nadzor mrežnog prometa, [19].

Sučelje za upravljanje PRTG nadzorom je bazirano na AJAX (Asinkroni *Java Script* i XML[9]) tehnologiji koja omogućava interaktivni dizajn. Korisnik PRTG alata prijavljuje se u sustav nadzora preko Internet preglednika unosom IP adrese za pristup upravljačkom sučelju. Nakon što se korisnik prijavio u sustav, PRTG pomoću AJAX poziva kontinuirano osvježava podatke koji se prikazuju korisniku alata u intervalima koje korisnik sam određuje. Što je interval osvježavanja podataka kraći, podaci su precizniji, ali je i veće optrećenje računala.

4.1.1. PRTG arhitektura i hijerarhija

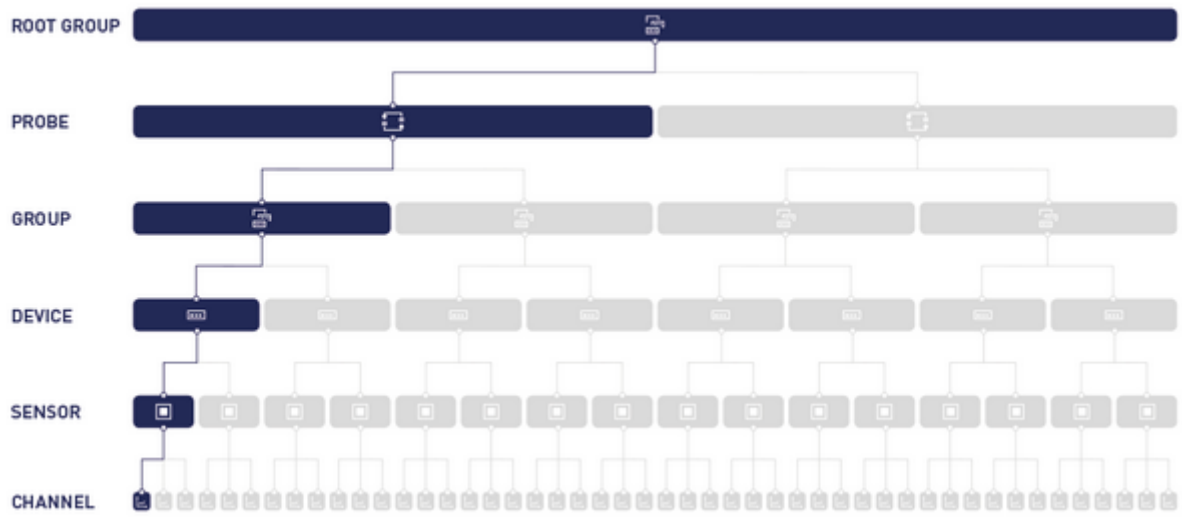
Kako je navedeno u [22], svaki element koji se nadzire u PRTG-u naziva se objektom. Objekti ne moraju biti istovrsni, odnosno, neki objekti mogu biti skupovi drugih objekata. Takva arhitektura, u kojoj neki objekt u sustavu pripada drugom objektu je hijerarhijska arhitektura. Primjerice, u sustavu koji se nadzire PRTG-om, jedan objekt može biti lokalna mreža (engl. *Local Area Network* – LAN), a drugi objekt računalo unutar te lokalne mreže. Iako lokalna mreža nije fizički jedan objekt, nego skup objekata, u hijerahijskoj arhitekturi PRTG-a

[8] Usluge u oblaku (engl. *cloud services*) podrazumjevaju isporuku računalnih usluga preko Interneta, [20].

[9] XML je akronim za *eXtensible Markup Language*, jezik dizajniran za pohranu i prijenos podataka, čitljiv računalima i ljudima, [21].

je objekt više razine u odnosu na računalo. U PRTG-u postoji šest hijerarhijskih razina koje su prikazane slici 5, a vrste objekata prema hijerarhiji su:

- *Root* grupa (engl. *Root* group);
- Sonda (engl. *Probe*);
- Grupa (engl. *Group*);
- Uređaj (engl. *Device*);
- Senzor (engl. *Sensor*) i
- Kanal (engl. *Channel*).



Slika 5: Objekti u PRTG-u prema hijerarhijskom ustroju

Root grupa je hijerarhijski najviši objekt u PRTG-u i svi ostali objekti spadaju pod nju. *Root* grupa označava skupinu svih objekata čiji se nadzor radi sa središnjeg PRTG poslužitelja (engl. *Core server*). Na ovoj se grupi konfiguriraju postavke koje će se većinski koristiti u ostalim objektima kako bi postavljanje sustava nadzora bilo jednostavnije.

Sonda označava objekt s kojeg središnji poslužitelj radi nadzor. Prilikom instalacije PRTG alata, na računalo koje služi kao PRTG poslužitelj automatski se postavlja lokalna sonda (engl. *local probe*) koja prati promet s tog računala i ostalih dostupnih uređaja u mreži. Jedna sonda može raditi nadzor uređaja na kojem je instalirana i onih uređaja unutar podmreže koji joj hardverski, softverski i administrativno omogućavaju nadzor. To znači da se s jednog poslužitelja može raditi nadzor, primjerice, usmjernika, ali samo ako taj usmjernik podržava protokole za nadzor kao što je SNMP (engl. *Simple Network Management Protocol*). Za nadzor dvaju ili više mreža, potrebno je postaviti udaljene sonde (engl. *remote probe*) na uređaje koji

pripadaju tim mrežama. Sve udaljene sonde prikupljene podatke šalju na središnji PRTG poslužitelj koji te podatke onda pohranjuje, obrađuje i prikazuje.

Objekt koji se hijerarhijski nalazi ispod sonde je grupa. Grupa je organizacijski objekt koji može obuhvaćati bilo koju skupinu uređaja koji pripadaju jednoj sondi. To znači da grupa fizički ne predstavlja neki određeni uređaj ili neku specifičnu skupinu uređaja, nego postoji isključivo kako bi se uređajima koje nadzire jedna sonda moglo lakše upravljati. U grupe se stavljaju uređaji koji imaju neka zajednička svojstva kako bi njihova konfiguracija bila jednostavnija, a koliko će grupa biti i po kojem će se kriteriju se uređaji svrstavati u grupe ovisi o tome što se nadzire i kakva je struktura mreže.

Uređaj u PRTG hijerarhiji može biti bilo koji uređaj unutar mreže koji posjeduje IP adresu. Najčešće su to podatkovni, aplikacijski ili mrežni poslužitelji, klijentska računala ili mrežni preklopnici i usmjernici. Jedan fizički uređaj u mreži ne mora nužno imati jedan uređaj kao hijerarhijski objekt u PRTG-u. Fizičke uređaje je moguće ukloniti iz PRTG-a, ako nisu od interesa, na način da im se izbriše pripadajući objekt u PRTG-u. Također, jednom fizičkom uređaju se može dodijeliti više objekata kako bi se preglednije pratile performanse različitih vrsta. Sustav automatski dodijeljuje uređaj sonde (engl. *Probe Device*) lokalnoj sondi. Uređaj sonde je poslužitelj ili računalo na kojem je pokrenuta lokalna sonda. Preko uređaja sonde se kontrolira središnje računalo s kojeg se nadzire mreža.

Da bi se napravio nadzor uređaja, potrebno je na njemu definirati senzore. Svaki senzor nadzire određenu skupinu parametara na uređaju. Senzorima se može raditi nadzor velikog broja parametara, kao što su promet na mrežnoj kartici, opterećenje procesora uređaja ili opterećenje memorije uređaja.

Hijerarhijski najniži objekt je kanal. Na svakom se senzoru definira jedan ili više kanala koji predstavljaju određeni tok podataka koje taj senzor prikuplja. Primjerice, postavi li se senzor koji nadzire promet na mrežnoj kartici, na njemu se, između ostalih, mogu definirati sljedeći kanali:

- Broj poslanih paketa;
- Broj primljenih paketa;
- Izlazni promet (kb/s) i
- Ulazni promet (kb/s).

4.1.2. Dodavanje i konfiguracija objekata u PRTG

Objekti u PRTG-u se mogu dodati u sustav automatskim otkrivanjem (engl. *Auto-discovery*) mreže ili ručnom konfiguracijom. U slučaju automatskog otkrivanja mreže, PRTG sonda koristi različite komunikacijske protokole kako bi otkrila konfiguraciju mreže i uređaje koji se u njoj nalaze. U sklopu automatskog otkrivanja postavljaju se i preporučeni senzori i kanali. Prema vrsti uređaja i konfiguraciji mreže, PRTG zaključuje ulogu uređaja te za njega izrađuje senzore i kanale koji su za njegovu ulogu namijenjeni. Automatsko otkrivanje mreže je odlično za početak korištenja alata jer svojim automatskim postavkama daje opći prikaz mreže ili sustava koji nadzire. Nakon automatskog otkrivanja, moguće je ručno rekonfigurirati objekte: stvoriti grupe uređaja, ukloniti one uređaje koje nije potrebno nadzirati, postaviti senzore i kanale kako bi se mjerile performanse od interesa, a ukloniti višak kako bi rad u sustavu bio jednostavniji. Ručna konfiguracija uređaja podrazumjeva poznavanje arhitekture mreže i ručno dodavanje svih objekata u PRTG-ov sustav nadzora.

Kod konfiguracije i rekonfiguracije uređaja definiraju se različita svojstva koja se mogu uvelike razlikovati od objekta do objekta. Općenito, ta se svojstva mogu podijeliti na osnovna svojstva, svojstva specifična za taj objekt i nasljedna svojstva.

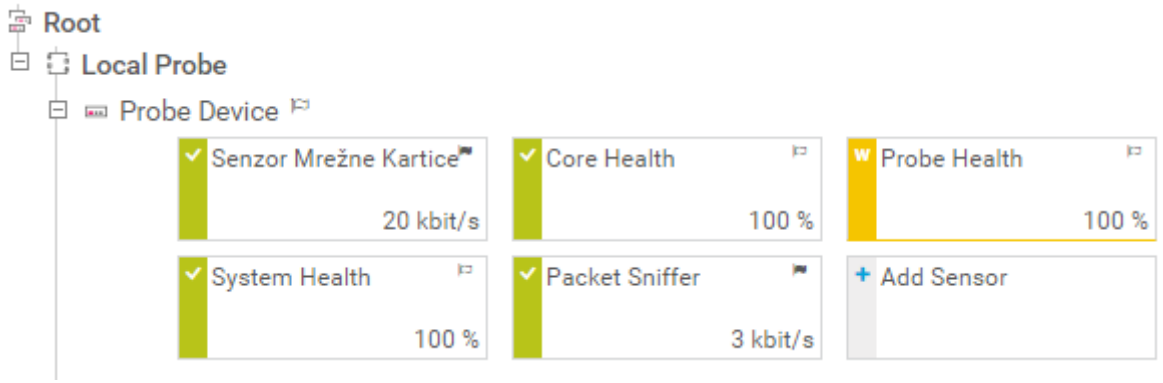
U osnovna svojstva spadaju informacije poput naziva objekta, oznaka i važnosti. Specifična svojstva su ona koja su jedinstvena za tu vrstu objekta. Primjerice, senzor za mjerenje prometa na mrežnoj kartici ima specifično svojstvo odabira sučelja za mjerenje, odnosno naziv mrežne kartice na kojoj se promet mjeri. Takvo svojstvo neće imati senzor koji mjeri opterećenje procesora uređaja. Nasljedna svojstva su ona koja se mogu preuzeti od objekta na višoj hijerarhijskoj razini. Nasljednost u PRTG-u značajno pojednostavnjuje proces konfiguracije jer se na objektu najviše razine mogu definirati svojstva kao što su interval skeniranja, prava pristupa i pristupni podaci za određene uređaje ili aplikacije i mjerne jedinice. Svi objekti niže razine će preuzeti ova svojstva od objekta više razine, a ako je potrebno da ona za taj objekt budu drugačija, naslijeđivanje se može isključiti, [22].

4.1.3. Nadzor prometnog toka u PRTG

Kao što je ranije napomenuto, PRTG omogućava nadzor različitih elemenata i parametara u računalnoj mreži, ali u ovom je radu jedino njegov segment za nadzor prometnog toka od interesa. Postavljanjem nadzora prometnog toka na mrežnu karticu računala prikupit će se podaci potrebni za analizu prometnog toka. Izdvajanje podataka koji su prikupljeni prilikom umreženog igranja i njihovim prikazom omogućava se analiza parametara prometnog toka kod umreženog igranja. Pri postavljanju nadzora prometnog toka važno je definirati sljedeće:

1. Objekt na kojemu će se raditi nadzor;
2. Senzore koji će se koristiti za prikupljanje podataka;
3. Kanale koji su relevantni za nadzor parametara prometnog toka kod umreženog igranja.

Na slici 6 se nalazi prikaz *Root* grupe, lokalne sonde, uređaja sonde i pripadajućih senzora u PRTG-u.



Slika 6: Prikaz objekata u PRTG-u

Temeljnoj, *Root*, grupi objekata pripadaju svi objekti koji se nadziru ovim PRTG alatom. Među tim objektima je i lokalna sonda pa se na slici nalazi ispod *Root* grupe kako bi se naglasio odnos pripadnosti. Ispod lokalne sonde se nalazi uređaj sonde koji predstavlja računalo na kojem je postavljena. Budući da se prometni tok analizira na mrežnoj kartici računala na kojem se nalazi i lokalna sonda, nije potrebno dodavati novi uređaj za analizu performansi jer je upravo to računalo već identificirano kao uređaj sonde. Na uređaju sonde postavljeni su sljedeći senzori:

- *Packet Sniffer*;
- Senzor mrežne kartice;
- *Core Health*;
- *Probe Health* i
- *System Health*.

Na desnoj strani se još vidi i opcija za dodavanje novog senzora (engl. *Add Sensor*). Posljednja tri senzora nisu vezana za mrežne performanse nego za zdravlje hardverskih komponenata uređaja, odnosno parametre kao što je opterećenje procesora ili radne memorije računala. Kako to nisu parametri potrebni za analizu prometnog toka, neće se dublje ulaziti u

njihovu funkciju. Prva dva senzora, *Packet Sniffer* i senzor mrežne kartice, su ključna za analizu prometnog toka.

Kako je objašnjeno u [23], *Packet Sniffer* je senzor koji snima zaglavlja podatkovnih paketa dok prolaze kroz mrežnu karticu računala. Snimanje paketa (engl. *packet sniffing*) je tehnika kojom se hvataju svi paketi koji prolaze kroz neko mrežno sučelje te se sadržaj njihovih zaglavlja snima i zapisuje. Osnovna upotreba ovog senzora je za nadzor ponašanja pojedinih aplikacija u mreži i prometa kojeg generiraju. Za potrebe kasnijih testiranja koristit će se snimanje paketa samo na sučelju računala na kojem će biti pokrenuta računalna igra.

Senzor mrežne kartice koristi WMI (engl. *Windows Management Instrumentation*) tehnologiju te se takva vrsta senzora u PRTG-u naziva WMI senzor. WMI se koristi isključivo na *Windows* sustavima, a kako računalo na kojem će se raditi analiza prometnog toka koristi *Windows* operativni sustav, ova je tehnika primjenjiva, [24].

Iako oba senzora, *Packet Sniffer* i senzor mrežne kartice, imaju sličnu namjenu, različite su im mogućnosti te ih je zbog toga najbolje koristiti u kombinaciji. Tablica 1 pokazuje kako se dva navedena senzora nadopunjavaju.

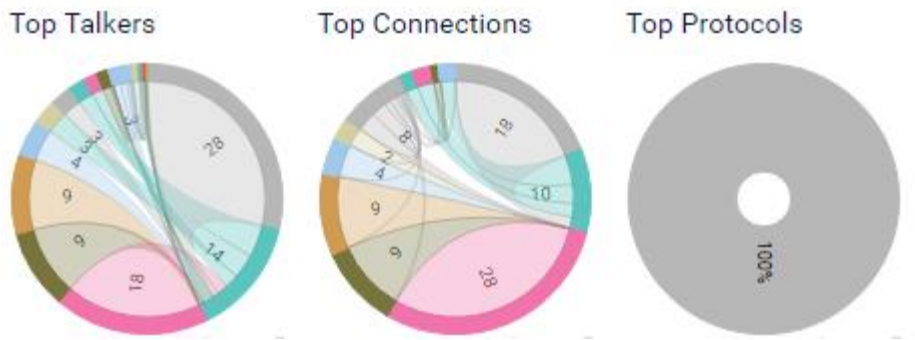
Tablica 1: Razlike između Senzora mrežne kartice i Packet Sniffera

	Senzor mrežne kartice	***Packet Sniffer***
Konfiguracija	Jednostavna	Jednostavna do složena (ovisno o pravilima filtriranja)
Promet se može filtrirati	Ne	Da
Razlikovanje korištenja prijenosnog pojasa prema protokolu i IP adresi	Ne	Da
Prikaz Toplista	Ne	Da
Filtriranje korištenja prijenosnog pojasa prema IP adresi	Ne	Da
Filtriranje korištenja prijenosnog pojasa prema MAC adresi	Ne	Da
Filtriranje korištenja prijenosnog pojasa prema fizičkom mrežnom ulazu	Da	Ne
Nadzor drugih mrežnih parametara osim korištenja prijenosnog pojasa	Da	Ne
Opterećenje računala koje radi nadzor	Malo	Visoko, ovisno o količini prometa
Korištenje prijenosnog pojasa za nadzor	Malo	Nikakvo

Konfiguracija i postavljanje oba senzora je prilično jednostavno u slučaju analize prometnog toka kod umreženog igranja na jednom računalu, ali *Packet Sniffer* ima nešto više parametara koji se mogu odrediti, zbog čega njegova konfiguracija može biti i složenija. Dok *Packet Sniffer* razlikuje promet prema protokolu, MAC i IP adresi te prema tim parametrima

omogućava i filtriranje, značajan nedostatak mu je što može pratiti samo korištenje prijenosnog pojasa. Svi kanali definirani na ovom senzoru se odnose na količinu prenesenih podataka, ali se zato ti podaci mogu segmentirati prema protokolima, MAC i IP adresama i portovima, što je korisno pri analizi parametara prometnog toka kod umreženog igranja.

Kod prikaza prikupljenih podataka, *Packet Sniffer* nudi Topliste. Toplista podrazumijeva grafički i tablični prikaz najprometnijih destinacija (engl. *Top Talkers*), veza (engl. *Top Connections*) ili protokola (engl. *Top Protocols*) u zadanom vremenskom intervalu. Osim ovih toplisti, moguće je kreirati i vlastite topliste prema parametrima kao što su izvorišna ili odredišna MAC adresa, izvorišni ili odredišni port i drugi parametri, većinom vezani za niže slojeve OSI modela računalne mreže. Grafički prikaz osnovnih Toplisti nalazi se na slici 7, a podaci koje prikazuje su testni pa ih nije potrebno detaljnije opisivati.

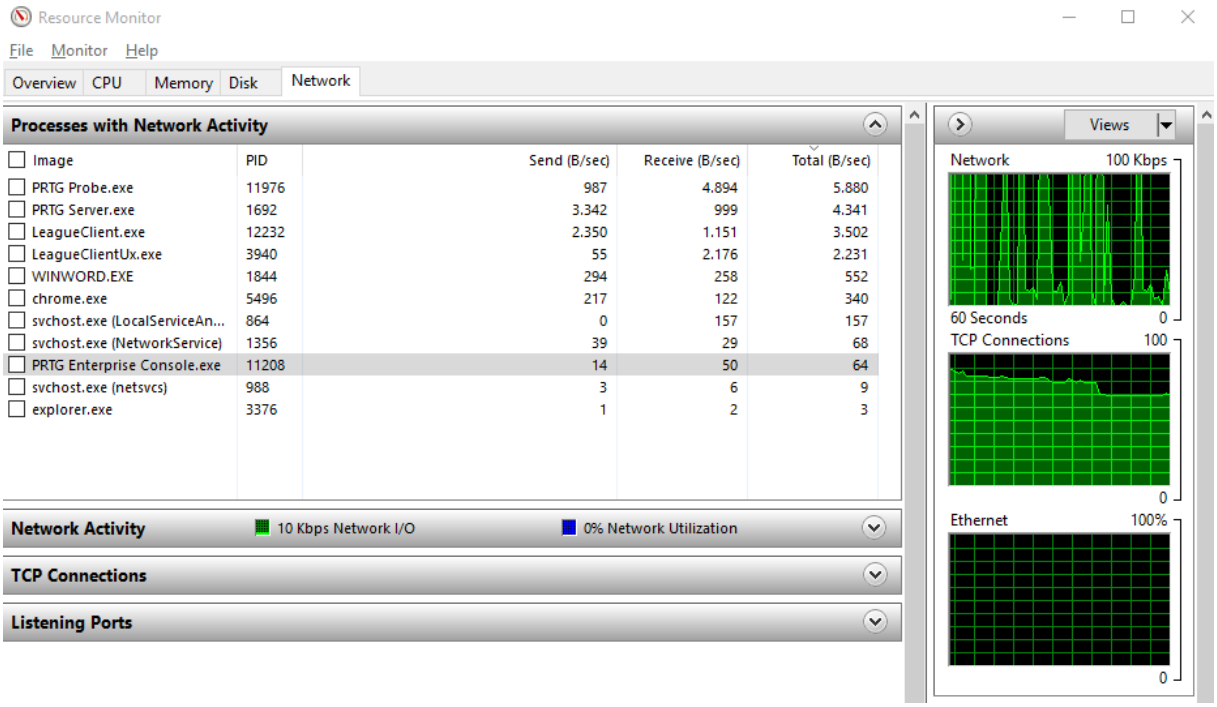


Slika 7: Grafički prikaz osnovnih Toplisti Packet Sniffera

Senzor mrežne kartice ne omogućava filtriranje snimljenog prometa niti njegovu segmentaciju, nego prikazuje sav promet koji prolazi kroz sučelje mrežne kartice računala. Neke od njegovig prednosti u odnosu na *Packet Sniffer* su mogućnost praćenja broja odbačenih paketa, broja grešaka nastalih u prijenosu te broja prenesenih paketa. Na temelju broja prenesenih paketa i ostvarenog prometa može se utvrditi prosječna duljina paketa kod umreženog igranja.

4.2. *Windows Resource Monitor*

Windows Resource Monitor je integrirani alat operativnog sustava *Windows* 10, na računalu na kojem se izvode eksperimenti. Ovaj alat će se koristiti kao pomoćni alat prilikom snimanja prometa kako bi se dobio detaljniji uvid u stanje na računalu. Kao i kod PRTG-a, koristit će se samo onaj dio alata koji se odnosi na nadzor mreže. *Resource Monitor* nudi prikaz aplikacija pokrenutih na računalu koje koriste mrežne resurse te koliko mrežnih resursa zauzimaju kao što pokazuje slika 8.



Slika 8: Windows Resource Monitor

S lijeve strane slike se nalaze tablice koje se mogu proširiti kako bi se dobio uvid u detaljnije informacije. Na slici je proširena prva tablica, naslova *Processes with Network Activity*, koja prikazuje koliko mrežnih resursa zauzima pojedina aplikacija trenutno pokrenuta na računalu. Kolone u tablici su sljedeće:

- Image – naziv aplikacije koja koristi mrežne resurse;
- PID (engl. *Process ID*) – identifikacijska oznaka procesa koji koristi mrežne resurse;
- *Send* (B/sec) – količina poslanog prometa u *Byte* po sekundi;
- *Receive* (B/sec) – količina primljenog prometa u *Byte* po sekundi;
- *Total* (B/sec) – količina poslanog i primljenog prometa u *Byte* po sekundi.

Desno od tablice se nalaze grafički prikazi za ukupno korištenje mrežnih resursa (*Network*) u Kbps (kilobit po sekundi), broj TCP veza te iskorištenost *Ethernet* veze u postocima. Svi grafovi prikazuju podatke za posljednjih 60 sekundi, a osvježavaju se svake sekunde.

Network Activity je tablica prikazuje trenutni ulazni i izlazni promet na mrežnoj kartici računala u Kb/s te postotak iskorištenosti mrežnog kapaciteta, dok je *TCP Connections* tablica koja, kada se proširi, prikazuje popis svih aktivnih TCP veza na računalu i aplikacija kojima pripadaju. Na dnu se nalazi tablica *Listening Ports* u kojoj se može vidjeti koji mrežni portovi se koriste i od strane koje aplikacije.

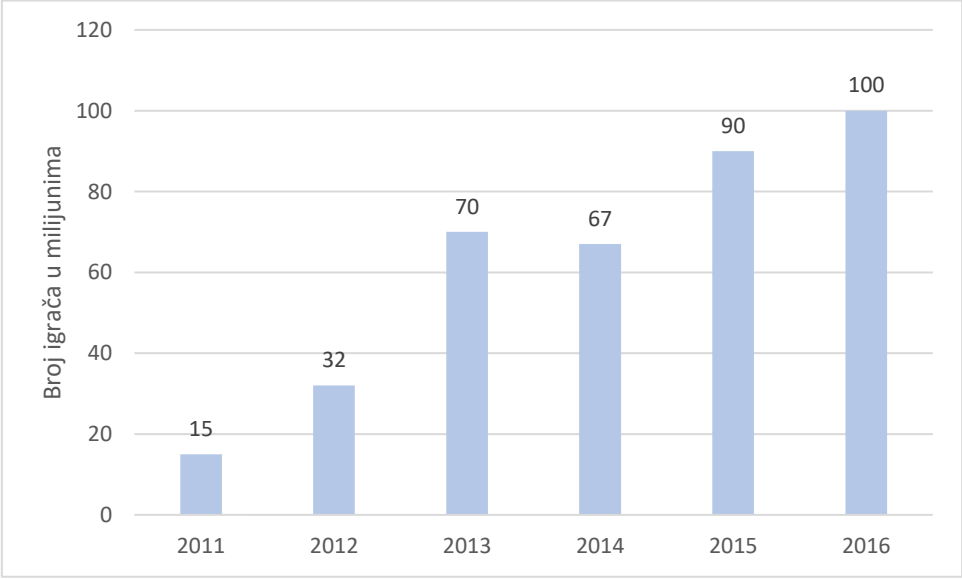
Razlog korištenja ovog alata je osiguravanje što boljih uvijeta za snimanje prometa prilikom umreženog igranja. Pomoću *Windows Resource Monitora* će se moći identificirati aplikacije koje koriste mrežne resurse, a nisu vezane za umreženo igranje. Takve aplikacije će biti isključene kako bi promet snimljen PRTG-om sadržavao samo promet računalne igre.

4.3. Sadržaji

Za analizu prometnog toka kod umreženog igranja, korišteni sadržaji će biti računalne igre s mogućnošću umreženog igranja. Igre koje će se koristiti za analizu prometnog toka su *League of Legends* i FIFA 18. Primarni razlog odabira ovih igara je njihova različitost u načinu igranja. Prometni tok će biti snimljen za svaku igru u jednom scenariju te će rezulati nakon toga biti uspoređeni.

4.3.1. *League of Legends*

League of Legends je igra koju je 2009. godine proizvela američka kompanija *Riot Games*. Posljednjih godina ova igra je postala najpopularnija mrežna računalna igra na svijetu. Ova tvrdnja se temelji na broju mjesečno aktivnih igrača prema [25], odnosno broju igrača koji su tokom godine barem jednom mjesečno igrali navedenu igru. Graf 5 prikazuje kretanje broja mjesečno aktivnh igrača *League of Legends* od 2011. do 2016. godine. Graf prikazuje da je 2011. igra imala oko 15 milijuna aktivnih korisnika, da bi taj broj do 2016. godine narastao na 100 milijuna.



Graf 5: Broj mjesečno aktivnih League of Legends igrača od 2011. do 2016.
izvor [25]

Kako bi se mogla shvatiti težina ovog podatka, potrebno je navesti kakve su brojeve 2016. godine bilježili konkurenti:

- *Hearthstone* – 50 milijuna registriranih igrača, [26];
- DOTA 2 (engl. *Defense of the Ancients* 2) – 13 milijuna mjesečno aktivnih igrača, [27];
- WoW (engl. *World of Warcraft*) - 5,6 milijuna mjesečno aktivnih igrača, [28].

Iako je pretpostavka da je nakon 2016. godine ova igra doživjela lagan pad popularnosti, prema *Newzoo*-ovom istraživanju, *League of Legends* i u srpnju 2018. drži poziciju najpopularnije mrežne igre u Europi i SAD-u, [29].

Žanr kojem *League of Legends* pripada naziva se MOBA (engl. *Multiplayer Online Battle Arena*). Žanr je nastao 2002. godine kao mod[10] koji su igrači stvorili u popularnoj strateškoj igri *Starcraft*. Igrači su podijeljeni u dva tima (pet igrača po timu u *League of Legends*) te svaki igrač upravlja jednim likom u igri. Igrači mogu odabrati jednog od 141 lika koji se nazivaju herojima. Cilj igre je srušiti glavnu građevinu protivničkog tima (u *League of Legends* se ona naziva *Nexus*), a na putu do tog cilja stoje protivnički igrači, vojska kojom upravlja računalo te obrambene građevine protivničkog tima. Osim mehaničkih sposobnosti poput refleksa i brzog računanja, igra zahtjeva i strateško razmišljanje, što je posebno istaknuto kod boljih igrača. Od svog skromnog nastanka, 2002. godine, do danas, ovaj žanr je postao najigraniji žanr računalnih igara na svijetu, [30].

Postoji više modova unutar same *League of Legends* igre, što znači nekoliko različitih načina igranja. Prije nego što igrač započne igru, mora napraviti autentikaciju i autorizaciju svojim korisničkim podacima, odabrati mod, pronaći suigrače i protivnike te izabrati heroja. Ove aktivnosti prije početka igre rade se u konzoli koja naziva *LoL Client*.

4.3.2. FIFA *18*

Prema [31] i [32], FIFA (fran. *Federation Internationale de Football Association*) je serijal nogometnih simulacija star preko 20 godina, a danas je najpopularnija sportska simulacija na svijetu, što dokazuje podatak da je 2017. godine njezina verzija za *PlayStation* 4 bila četvrta najprodavanija igra na konzolama s preko deset milijuna prodanih primjeraka. Radi se o igri tvrtke *Electronic Arts inc.* koja je dobila ime po istoimenoj krovnoj svjetskoj nogometnoj organizaciji. FIFA 18 je najnovije izdanje ovog serijala koji izbacuje novu igru svake godine, a dostupan je na svim većim igračim platformama: računalima s *Microsoft*

[10] Mod je varijacija igranja neke računalne igre. Mnoge igre nude različite modove koji se mogu razlikovati u broju igrača, uvijetima za pobjedu ili nekim drugim varijacijama koje iskustvo igranja čine drugačijim.

Windows operativnim sustavom i konzolama *PlayStation* 4, *PlayStation* 3, *Xbox* 360, *Xbox One* i *Nintendo Switch*.

FIFA 18 nudi pregršt modova za igru, a najpopularniji je FUT (engl. *FIFA Ultimate Team*) mod koji je zadnjih godina potpuno promijenio način umreženog igranja za nogometne simulacije i postavio standard za konkurenciju. Radi se o modu koji uspješno spaja dvije strasti ljubitelja nogometa: igranje nogometnih simulacija i skupljanje kartica s nogometašima. U ovom modu svaki igrač izrađuje svoj tim od nogometaša čije kartice je skupio. Igrač do kartica s nogometašima može doći na dva načina: otvaranjem raznih paketa u kojima se nalaze kartice nogometašima ili kupovanjem kartica u trgovini nogometašima unutar igre za novac koji je stekao igranjem (valuta je FIFA novčić). Dok se kartice u trgovini nogometašima kupuju isključivo za FIFA novčiće, do paketa s karticama se može doći i drugom valutom u igri, FIFA bodovima. FIFA bodovi su valuta koja se isključivo može kupiti stvarnim novcem, što pretstavlja još jedan izvor prihoda za proizvođača. Igranjem različitih liga i turnira protiv drugih igrača ili računala, ispunjavanjem dnevnih i tjednih zadataka te sudjelovanjem na posebnim događajima, igrači mogu doći do posebnih paketa s karticama ili posebnih kartica s nogometašima. Velik broj mogućnosti za igru u obliku različitih liga i turnira, posebni sezonski događaji, posebne kartice i slični detalji čine ovaj mod izuzetno dinamičnim i popularnim.

Da bi igrač pristupio FUT modu, mora imati vezu s Internetom jer se podaci o profilima igrača pohranjuju na poslužitelju. Čak i ako igrač odabere igru protiv računala, tokom igre će komunicirati s udaljenim poslužiteljem.

Jedna utakmica u FUT modu službeno traje minimalno 12 minuta, s dva poluvremena u trajanju od 6 minuta. Međutim, budući da se kod svakog prekida igre vrijeme zaustavlja, igrači imaju mogućnost pauziranja igre, gledanja ponovljenih snimki golova i pauzu između poluvremena, realno trajanje jedne utakmice iznosi oko 20 minuta.

Platforma preko koje FIFA 18 radi na računalima zove se *Origin*, čiji je proizvođač također *Electronic Arts inc*. *Origin* je platforma za kupovinu, preuzimanje i pokretanje različitih računalnih igara te također zahtjeva pristup Internetu kako bi se pokrenula većina tih igara, uključujući igru FIFA 18.

5. Različiti scenariji provođenja eksperimenata

Scenariji provođenja eksperimenata se razlikuju prema sadržaju, načinu na koji se snima promet te, u nekim slučajevima, obilježjima prometnog toka koja se analiziraju. U ovom poglavlju su opisani scenariji provođenja eksperimenata i postupak prikupljanja podataka za svaki od njih.

Analiza mrežnog prometa kod umreženog igranja je često teška zbog činjenice da je promet koji generiraju mrežne igre vrlo raznovrstan, što čini njegovo odvajanje od ostalog prometa na računalu gotovo nemogućim. Danas računalne igre ne rade preko jedinstvenog poslužitelja, već preko njih nekoliko, istovremeno, za različite segmente igre. Tako se može dogoditi da promet koji generira *chat* u igri radi preko jednog poslužitelja, aplikacija preko koje se radi pokretanje igre te uparivanje protivnika i timova preko drugog, učitavanje polja preko trećeg, a sama igra preko četvrtog. Zato, tokom igre, računalo na kojem je ona pokrenuta može radi komunikaciju s nekoliko poslužitelja, koristeći nekoliko protokola preko nekoliko različitih portova. Također, zbog velikog broja igrača se generiraju velike količine prometa, zbog čega uvijek postoji velik broj poslužitelja iste namjene kako bi ga uspješno obrađivali. Igračima se tako nasumično dodijeljuju poslužitelji svaki puta kada pokrenu igru, a isto vrijedi i za portove.

Svi scenariji su izvedeni na istom računalu, u istoj mreži, što znači da je mrežno okruženje u svim scenarijima jednako. Naziv računala je DESKTOP-N35G4ER sa 64-bitnim operativnim sustavom *Windows 10 Pro,* a mrežna kartica je *Realtek PCIe GBE Family Controller* s propusnošću 100 Mb/s i lokalnom IP adresom[11] 192.168.1.8. U periodu kada se izvodi snimanje prometa kod umreženog igranja, na računalu su aktivni jedino procesi neophodni za rad sustava, PRTG *Server* koji je neophodan za snimanje prometa te procesi koji se snimaju, odnosno procesi igre.

5.1. Snimanje prometa senzorom mrežne kartice

Za snimanje prometnog toka u svim scenarijima je korišten senzor mrežne kartice i njegovi kanali:

- *Packets Received* – broj primljenih paketa;
- *Packets Sent* – broj poslanih paketa;
- *Traffic in* – količina primljenih podataka;

[11] Lokalna IP adresa je IP adresa mrežnog sučelja u lokalnoj, u ovom slučaju kućnoj, mreži.

- *Traffic out* – količina poslanih podataka.

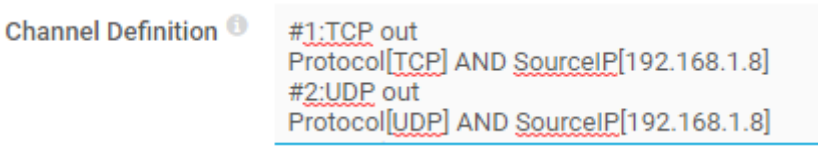
Kanali *Traffic in* i *Traffic out* bilježe ukupnu količinu prometa prenesenu u vremenskom intervalu koji je postavljen u PRTG alatu (interval je 30 sekundi za sve scenarije), ali i prosječnu brzinu prijenosa podataka u istom intervalu. *Packets Received* i *Packets Sent* isto tako zapisuju ukupan broj paketa prenesen u intervalu, ali odmah računaju i prosječnu brzinu prijenosa u tom intervalu izraženu u broju paketa po sekundi (#/s). Senzor mrežne kartice je dodan na lokalnu sondu automatskim otkrivanjem mreže, zajedno sa još nekoliko senzora kao što su *Core Health* ili *System Health*. Budući da su kanali potrebni za analizu prometnog toka na ovom senzoru automatski postavljeni, nije ih potrebno ručno dodavati.

5.2. Snimanje prometa *Packet Sniffer* senzorom

Kako bi se napravila detaljnija analiza prometnog toka, potrebno je upotrijebiti i *Packet Sniffer* senzor zbog njegove mogućnosti razlikovanja prometa prema IP adresi, portu i protokolu. Za razliku od senzora mrežne kartice, *Packet Sniffer* nije senzor kojeg PRTG postavlja pri automatskoj konfiguraciji, nego ga je potrebno ručno dodati i konfigurirati. Za dodavanje senzora potrebno je odabrati opciju *Add Sensor*. Prvi korak pri izradi senzora je pronaći i odabrati *Packet Sniffer (Custom)* na listi mogućih senzora. Drugi korak je konfiguracija senzora koja uključuje osnovne postavke i postavke specifične za taj senzor. Osnovne postavke uključuju parametre po kojima će se senzor moći pronaći i identificirati u alatu, a sačinjavaju ih: naziv senzora, oznake senzora i prioritet senzora. Postavke specifične za *Packet Sniffer* senzore uključuju filtere prometa (prema IP ili MAC adresi, protokolu, portu itd.) i definiranje kanala koje će senzor prikazivati. Pri definiranju kanala također se može filtrirati samo određena vrsta prometa. U specifičnim postavkama se odabire i mrežno sučelje na kojem će se promet snimati te se nudi opcija za automatsku pohranu snimljenih podataka na disk računala. Naziv senzora koji se koristi u svim scenarijima je *Packet Sniffer*, a na njemu su definirani sljedeći kanali:

1. *TCP out* – kanal snima samo izlazni TCP promet;
2. *UDP out* – kanal snima samo izlazni UDP promet;
3. *TCP in* – kanal snima samo ulazni TCP promet;
4. *UDP in* – kanal snima samo ulazni UDP promet.

Slika 9 prikazuje kako se u PRTG-u definiraju kanali, odnosno kako su definirani kanali *TCP out* i *UDP out*.

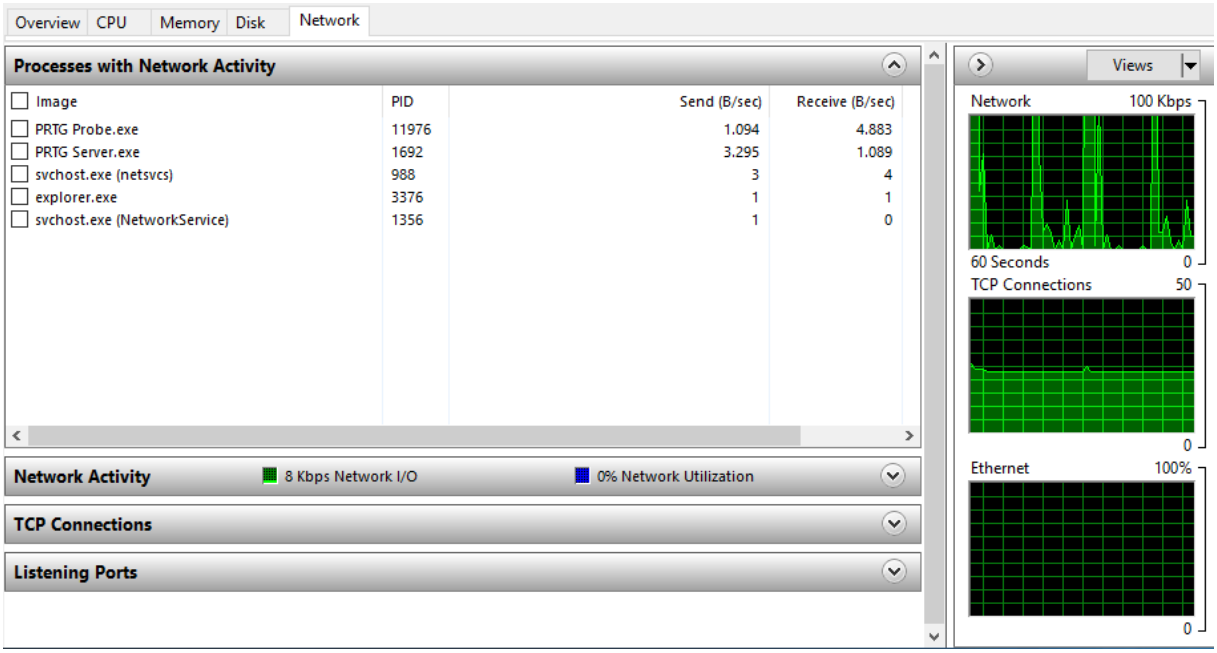


Slika 9: Konfiguracija kanala TCP out i UDP out na Packet Sniffer senzoru

Definiciju svakog kanala je potrebno započeti znakom „#“ i brojem, što čini identifikacijsku oznaku kanala na senzoru, odnosno ID kanala. Nakon ID-a slijedi znak „:“ i proizvoljan naziv kanala. U sljedećem retku se mogu ispisati uvijeti koje promet mora zadovoljavati te se oni mogu povezivati logičkim operatorom „I“ (engl. *AND*) i „ILI“ (engl. *OR*). Prvi uvijet za ove kanale je protokol, koji kod *TCP out* kanala mora biti TCP, a kod *UDP out* kanala UDP. Drugi uvijet je izvorišna IP adresa (engl. *SourceIP*), jer je kod izlaznog prometa na računalu izvorišna IP adresa uvijek IP adresa tog računala, odnosno 192.168.1.8. Za *TCP in* i *UDP in* kanale je definicija slična kao kod prethodnih kanala, jedina razlika je što se IP adresa računala, 192.168.1.8, umjesto kao izvorišna, definira kao odredišna IP adresa (engl. *DestinationIP*).

5.3. Nulti scenarij – osnovni procesi računala

Iz ranije navedenih razloga, najbolji način za analizu prometa kod umreženog igranja je da se na računalu eliminiraju svi procesi koji generiraju mrežni promet, a nisu neophodni za rad računala, alata za snimanje prometa i igre. Kako bi se to postiglo, potrebno je identificirati procese koji su aktivni na računalu te ukloniti sve koji su višak. Slika 10 prikazuje procese koji rade na računalu neposredno prije pokretanja Prvog scenarija.



Slika 10: Procesi na računalu neposredno prije Prvog scenarija

Procesi na slici 10 su:

- *PRTG Probe.exe* – PRTG sonda koja je pokrenuta na računalu;
- *PRTG Server.exe* – PRTG poslužitelj koji je pokrenut na računalu;
- *Svchost.exe (netsvcs)* i *Svchost.exe (NetworkService)* – kontrolni procesi *Windows* operativnog sustava, neophodni za mrežni rad računala;
- *Explorer.exe* – procesi *Windows* operativnog sustava koji omogućavaju rad *Windows Resource Monitora.*

Zaključak je da, u stanju mirovanja, jedini procesi koji koriste mrežne resurse na računalu su oni koji pripadaju PRTG alatu i operativnom sustavu računala. Kako *Resource Monitor* prikazuje sve mrežno aktivne procese u posljednjih 60 sekundi, na ovoj se listi povremeno pojavljuju i drugi procesi operativnog sustava, ali njihovo korištenje mrežnih kapaciteta je zanemarivo i oni vrlo brzo nestanu s liste. Računalo je 5.9.2018. ostavljeno u stanju mirovanja od 17:55 do 18:00 sati kako bi se snimio promet ovih procesa, što je Nulti ili početni scenarij. U ovom scenariju se želi ispitati koliku količinu prometa ostvaruju procesi PRTG alata i operativnog sustava kako bi se mogao procjeniti njihov utjecaj na rezultate ostalih scenarija. PRTG-ov senzor mrežne kartice ima mnogo dostupnih kanala, ali u ovom slučaju se želi vidjeti prosječna količina prenesenih podataka u dolazu i odlazu pa će se pratiti samo kanali *Traffic in* (dolazni promet) i *Traffic out* (odlazni promet). Pomoću ovih kanala će biti prikazane prosječne brzine prijenosa podataka u vremenskim intervalima od 30 sekundi.

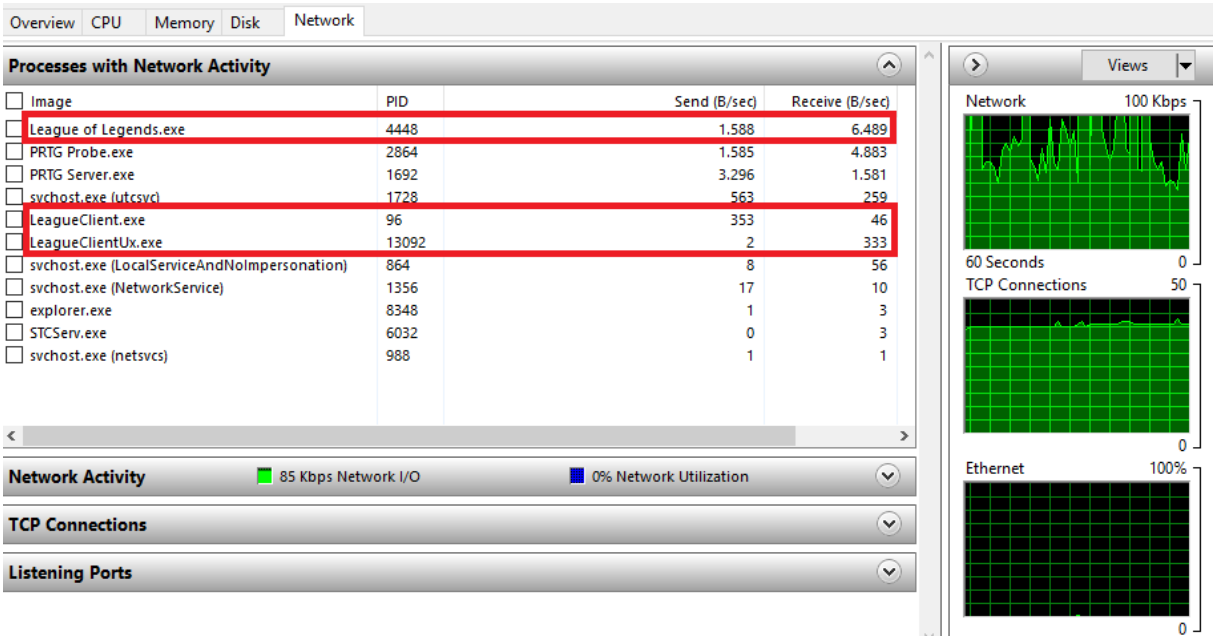
5.4. Prvi scenarij – *League of Legends*

Summoner's Rift je mod *League of Legends* igre koji je korišten u Prvom scenariju. Ovo je najpopularniji mod u *League of Legends* igri i jedini u kojem se igrači mogu međusobno profesionalno natjecati, odnosno za koji postoji *eSports* scena. U *Summoner's Riftu* sudjeluje deset igrača, po pet u svakom od timova te oni nastoje srušiti protivnikovu glavnu građevinu, *Nexus*. Ključna razlika između ovog i ostalih modova *League of Legends* igre je broj puteva kojima su dva suparnička *Nexusa* povezana te broju igrača koji sudjeluju u igri. U *Summoner's Riftu* se radi o tri moguća puta kojima igrači mogu krenuti, u igri sudjeluje deset igrača, a partije najčešće traju između 25 i 40 minuta.

Nakon što su svi suvišni procesi na računalu isključeni, kao što je prikazano na slici 10 u Nultom scenariju, pokrenut je *League of Legends Client*. *Windows Resource Monitor* je odmah uhvatio dva nova procesa koji koriste mrežne resurse, a oba pripadaju *League of Legends* igri. Ti procesi su:

- *LeagueClient.exe* i
- *LeagueClientUx.exe.*

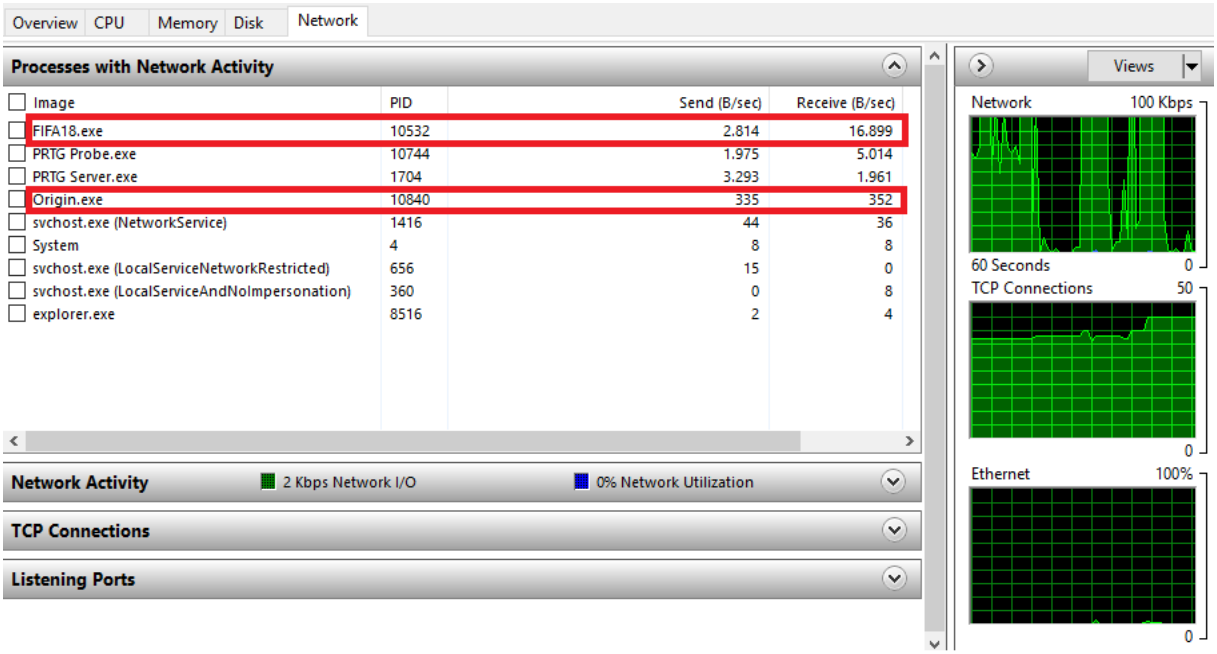
Nakon pokretanja igre, na popisu se pojavio još jedan proces, *League of Legends.exe*. To je proces igre čiji promet je predmet snimanja i kasnije analize. Svi navedeni procesi prikazani su na slici 11. Igra je u ovom eksperimentu trajala od 12:13 do 12:55 sati, odnosno 42 minute i podaci snimljeni u tom periodu će biti analizirani.



Slika 11: Procesi aktivni na računalu tokom snimanja prometa u Prvom scenariju

5.5. Drugi scenarij – FIFA 18

U Drugom scenariju snimljen je promet igre FIFA 18, FUT moda. Prije početka eksperimenta, osigurani su najbolji mogući uvjeti na računalu, odnosno isključeni svi procesi osim onih PRTG-a i sustava. Prvo je pokrenut *Origin*, a zatim i sama igra. Odmah nakon pokretanja *Origina* i igre FIFA 18, njihovi procesi su se pojavili na listi u *Resource Monitoru* kao što je prikazano na slici 12.



Slika 12: Procesi aktivni na računalu tokom snimanja prometa u Drugom scenariju

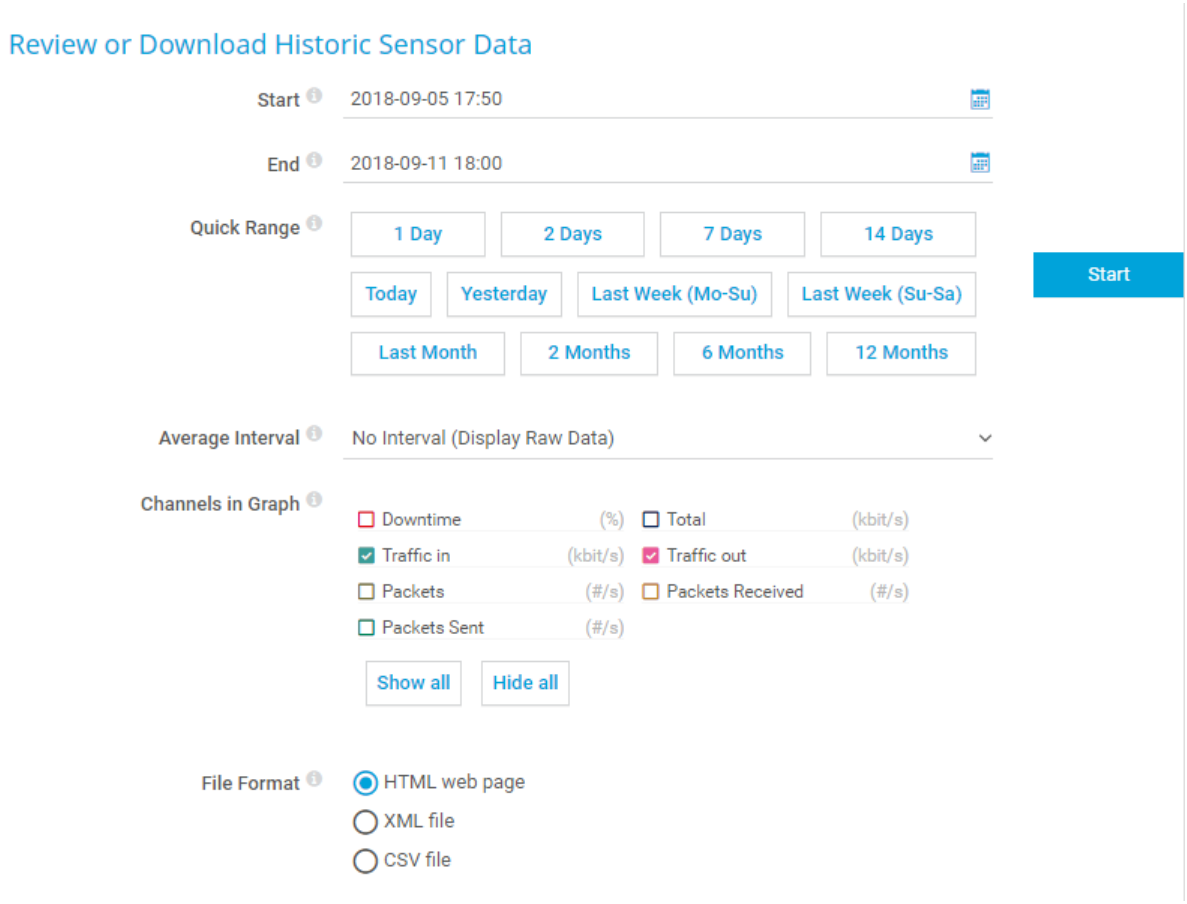
Mrežno aktivni procesi na računalu tokom igranja igre FIFA 18 su:

- *FIFA18.exe* i
- *Origin.exe*.

U ovom scenariju odigrane dvije utakmice. Obje su prekinute ranije od očekivanog jer je protivnički igrač napustio igru. Prva utakmica je počela u 03:15 sati, a završila u 03:24. Druga je utakmica počela u 03:29 sati, a završila u 03:42. Prva je utakmica, dakle, trajala 9 minuta, a druga 13 minuta. Od 03:24 sati do 03:29 je bila pauza između utakmica, odnosno pronalazak novog suparnika i pokretanje nove igre.

6. Karakteristike prometnih tokova u pojedinim scenarijima

Za prikaz i analizu snimljenog prometa u svakom od pojedinih scenarija koriste se grafovi preuzeti iz PRTG-ovog *Historic Data* izvještaja. Ovaj je izvještaj dostupan na svakom senzoru, a pri generiranju izvještaja je potrebno definirati parametre prikazane na slici 13.



Slika 13: Parametri za izradu Historic Data reporta u PRTG-u

Parametri za generiranje *Historic Data* izvještaja su:

- *Start* – datum i vrijeme od kada se prikazuju podaci;
- *End* – datum i vrijeme do kada se prikazuju podaci;
- *Quick Range* – izbornik u kojem se može brzo odabrati neki od predefiniranih perioda: danas, jučer, prethodni tjedan (od ponedjeljka do nedjelje), prethodni tjedan (od nedjelje do subote), prethodni mjesec, prethodna dva mjeseca, prethodnih šest mjeseci ili prethodnih 12 mjeseci;
- *Average Interval* – interval prikaza podataka koji se može postaviti na „Bez intervala“ (podaci su prikazani u intervalima u kojima ih je senzor bilježio) ili na neki vremenski interval od 15 sekundi do 24 sata;

- *Channels in Graph* – odabir kanala na senzoru koje će izvještaj prikazivati;
- *File Format* – format u kojem se generira izvještaj. Može biti HTML (engl. *Hypertext Markup Language*)[12] web stranica s grafičkim i tabličnim prikazom, XML (engl. *Extensible Markup Language*) datoteka[13] ili CSV (engl. *Comma Separated Value*) datoteka[14];

Start i *End* parametri su jedinstveni za svaki scenarij, dok *Quick range* parametar nije korišten budući da su korišteni *Start* i *End* parametri. *Average Interval* je uvijek postavljen na vrijednost „Bez intervala“ jer je to najprecizniji prikaz. *Channels in Graph* je parametar čija vrijednost varira ovisno o skupu podataka koji se želi prikazati, a *File Format* parametar je postavljen na:

- HTML web stranicu za prikaz podataka unutar PRTG alata ili
- CSV datoteku za korištenje podataka u *Excel* tablici zbog usporedbe rezultata ili zato što je period koji se želi prikazati kraći od 30 minuta, što je minimalni period za HTML prikaz.

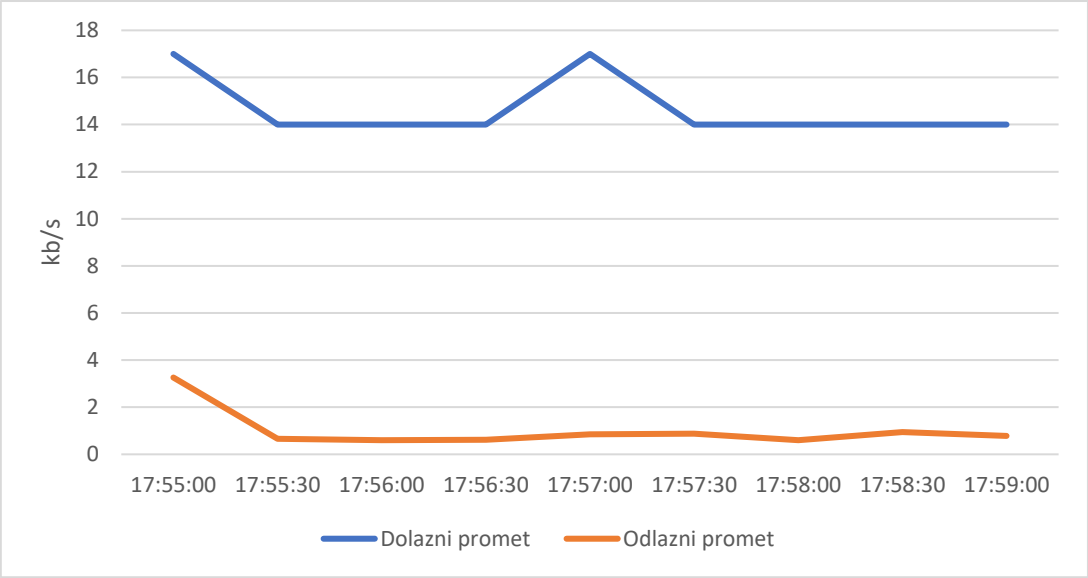
6.1. Prometni tok u Nultom scenariju

Pomoću PRTG alata i senzora mrežne kartice snimljen je promet ostvaren u stanju mirovanja. Na grafu 6 se nalazi prikaz brzina prijenosa u 30-sekundnim intervalima od 17:55 do 17:59 sati. Iz grafa se može iščitati kako je brzina prijenosa podataka dok rade samo osnovni procesi u dolazu između 14 i 18 kb/s, dok je u odlazu većinom manja od 1 kb/s. Prosječna brzina prijenosa podataka za cijeli prikazani period je 14,67 kb/s u dolazu te 1,02 kb/s u odlazu.

[12] Jednostavan jezik za zapisivanje dokumenata koji su neovisni o platformi. Koristi se za izradu web stranica, [31].

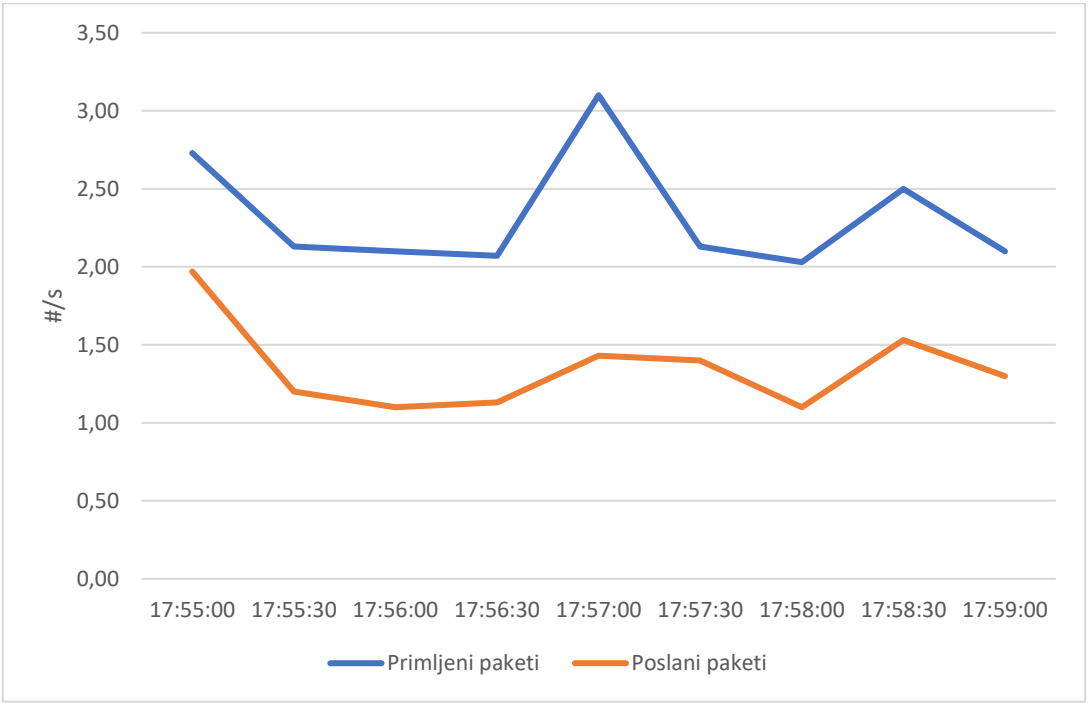
[13] Datoteka pisana proširivim jezikom za zapisivanje podataka i dokumenata u tekstualnom formatu. Ovaj je jezik prvenstveno namjenjen za programersku obradu, ali je čitljiv i ljudima, [32].

[14] Datoteka pisana jezikom koji koriste različiti alati za proračunske tablice, a u kojem su vrijednosti koje se upisuju u različite kolone razdvojene zarezom, [33].



Graf 6: Prosječna brzina prijenosa podataka u Nultom scenariju

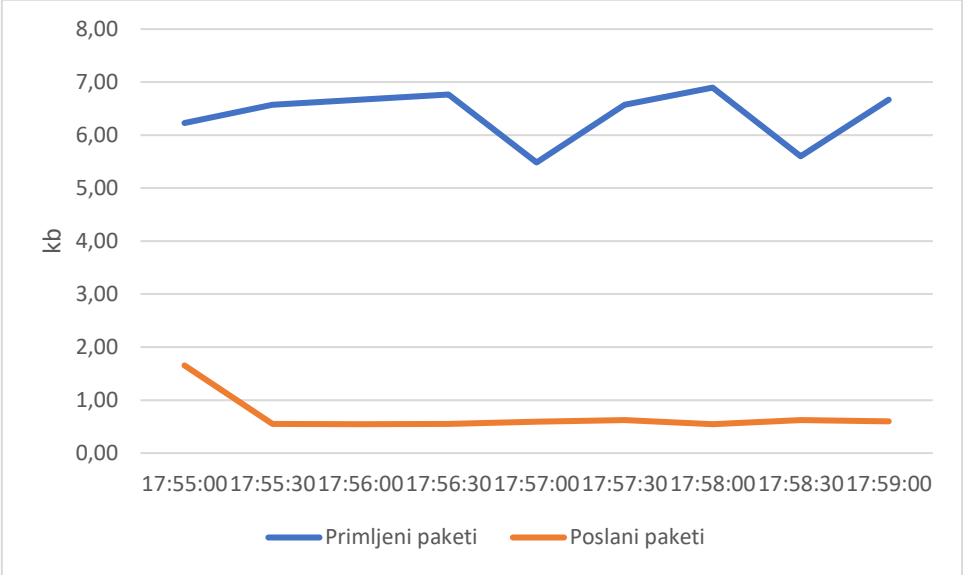
Također, snimljene su i brzine prijenosa paketa u stanju mirovanja, a one su prikazane na grafu 7. One variraju između dva i tri paketa po sekundi (oznaka #/s) u dolazu te jedan i dva paketa po sekundi u odlazu. Prosječna brzina prijenosa paketa za cijeli prikazani period iznosi 2,32 paketa po sekundi u dolazu te 1,35 paketa po sekundi u odlazu.



Graf 7: Prosječna brzina prijenosa paketa u Nultom scenariju

Podaci se prenose u paketima pa se, u slučaju poznavanja brzine prijenosa podataka i brzine prijenosa paketa, može izračunati i duljina paketa u kilobitima (kb), i to tako da se brzina

prijenosa podataka podijeli s brzinom prijenosa paketa. Slijedom navedenog postupka, dobivaju se rezultati prikazani na grafu 8.



Graf 8: Prosječna duljina paketa u Nultom scenariju

Iz grafa 8 je vidljivo da je duljina primljenih paketa između 5,5 kb i 7 kb, dok je duljina poslanih paketa između 0,55 kb i 1,65 kb. Prosječna duljina paketa za cijeli prikazani period iznosi 6,38 kb u dolazu te 0,7 kb u odlazu.

Rezultati snimljeni u Nultom scenariju služe za usporedbu s rezultatima u ostalim scenarijima. Njima se dokazuju promjene u prometnom toku između stanja mirovanja računala i umreženog igranja.

6.2. Prometni tok u Prvom scenariju

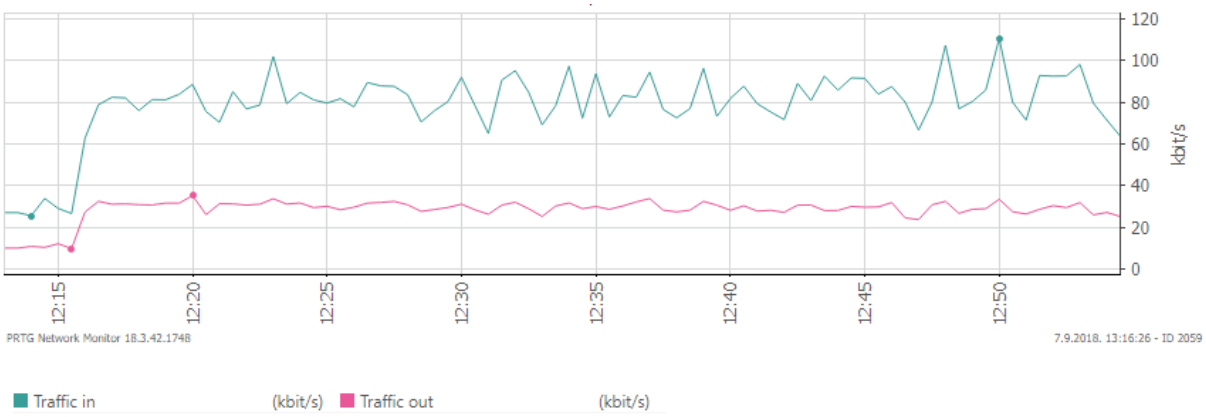
Sve slike grafova prikazanih u Prvom scenariju su preuzete iz PRTG-ovog *Historic Report* izvještaja u formatu HTML web stranice. Detalji kao što su prosječne, ukupne, minimalne i maksimalne vrijednosti su preuzeti iz tabličnog prikaza podataka u PRTG-ovog *Historic Reporta*. Tablični prikazi izvještaja su, zbog velike količine informacija, vrlo veliki pa nisu prikazani u svom izvornom obliku.

Budući da je igra u Prvom scenariju trajala 12:13 do 12:55 sati, parametar *Start* je postavljen na vrijednost 12:13, a parametar *End* na vrijednost 12:55. Na taj način, izvještajem je obuhvaćen samo period trajanja igre. Vrijednosti ovih parametara su jednako postavljene za generiranje izvještaja na oba senzora, senzor mrežne kartice i *Packet Sniffer*, ali budući da senzore nije moguće kreirati istovremeno, postoji mali odmak u intervalima u kojima senzori zapisuju promet. Oba senzora bilježe podatke u intervalima od 30 sekundi i prikazuju prosječnu

vrijednost u intervalu, ali intervali senzora mrežne kartice počinju i završavaju u 17. ili 47. sekundi u minuti, a intervali *Packet Sniffera* počinju i završavaju na punu minutu ili točno pola minute. Zapis vremenskog intervala je u obliku sat:minuta:sekunda i označava početnu sekundu intervala.

6.2.1. Preneseni podaci u Prvom scenariju

Slika 14 prikazuje brzinu prijenosa svog prometa u Prvom scenariju. Na x-osi se nalazi vrijeme, dok je na y-osi brzina prijenosa podataka u kbit/s. Plava linija predstavlja dolazni promet (oznaka *Traffic in*), a ružičasta odlazni (oznaka *Traffic out*). Prvi interval za koji su prikazani podaci je interval od 12:13:17 do 12:13:47.



Slika 14: Brzina prijenosa svog odlaznog i dolaznog prometa u Prvom scenariju

Ono što se na prvi pogled može zaključiti iz prikaza jest da je prenesena količina prometa asinkrona, odnosno da su brzine prijenosa podataka znatno veće u dolaznom nego u odlaznom smjeru. Prosječna brzina prijenosa podataka u dolaznom smjeru tako iznosi 80 kb/s (na slici kbit/s), a u odlaznom 29 kb/s. Tablični prikaz u izvještaju također pokazuje i da ukupno prenesena količina podataka tokom igre u dolaznom smjeru iznosi 24 462 kB, a u odlaznom 8 793 kB. To znači da je gotovo tri puta više podataka preneseno od strane poslužitelja prema klijentskom računalu nego u obrnutom smjeru.

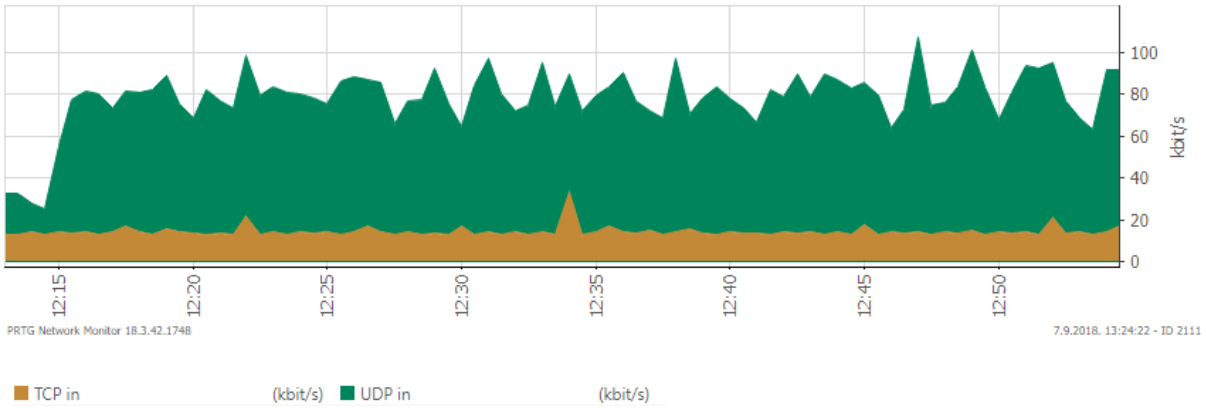
Primjetno je da generirani promet nije jednolik, odnosno da brzina prijenosa podataka varira ovisno o fazi igre i događanjima unutar nje. Tokom prve dvije minute (intervali od 12:13:17 do 12:15:17), brzina prijenosa podataka je znatno manja nego u preostalih 40 minuta. Razlog tome je što se u prve dvije minute igrači tek raspoređuju na polju za igru te nema mnogo vizualnih efekata i interakcija između igrača koje bi zahtjevale veće brzine prijenosa podataka.

U tom periodu se postižu i najniže brzine prijenosa podataka u Prvom scenariju, koje iznose 26 kb/s u dolaznom smjeru (interval od 12:13:47) te 9,76 kb/s u odlaznom smjeru

(interval od 12:15:17). Tokom sljedećih 40 minuta igre brzina prijenosa podataka je znatno veća i postižu se najviše brzine prijenosa podataka u Prvom scenariju, koje iznose 111 kb/s u dolaznom smjeru (interval od 12:49:47) i 35 kb/s u odlaznom smjeru (interval od 12:19:47).

Na slikama 15 i 16 su prikazane brzine prijenosa u Prvom scenariju, a bojama su označeni korišteni transportni protokoli. Ovaj izvještaj je generiran preko *Packet Sniffer* senzora koji razlikuje protokole i ima definirane kanale za TCP i UDP promet. Oba grafa na slikama su složeni grafovi (engl. *stacked chart*), što znači da se vrijednosti na njima slažu jedna na drugu.

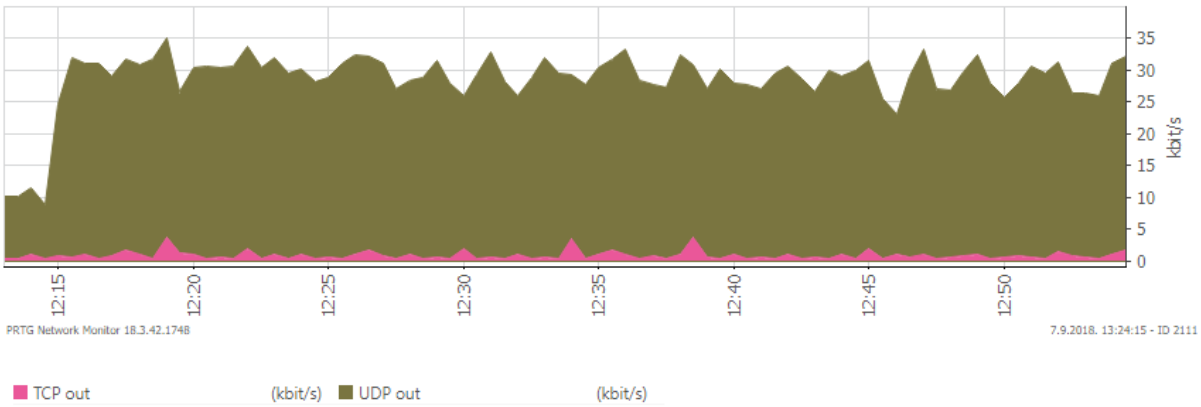
Na slici 15 zelenom bojom su označene brzine prijenosa podataka u dolaznom smjeru UDP protokolom (oznaka *UDP in*), a narančastom brzine prijenosa podataka u dolaznom smjeru TCP protokolom (oznaka *TCP in*).



Slika 15: Brzina prijenosa dolaznog prometa u Prvom scenariju podijeljena na UDP i TCP promet

Pri samom pogledu na grafički prikaz na slici 15, vidljivo je da se UDP protokolom ostvaruju znatno veće brzine prijenosa podataka. Prosječna brzina prenesenih podataka tokom cijelog perioda trajanja eksperimenta u dolaznom smjeru UDP protokolom iznosi 64 kb/s, a TCP protokolom 15 kb/s. Dakle, od ukupnih 79 kb/s, koliko iznosi brzina prijenosa podataka u dolaznom smjeru preko oba protokola, 81% otpada na UDP promet, a 19% na TCP promet. Budući da je umreženo igranje usluga u stvarnom vremenu, dominacija UDP prometa je očekivana.

Slika 16 prikazuje brzine prijenosa odlaznog prometa. Žuto-zelenom bojom označene su brzine prijenosa podataka u odlaznom smjeru UDP protokolom (oznaka *UDP out*), a ružičastom brzine prijenosa podataka u odlaznom smjeru TCP protokolom (oznaka *TCP out*).

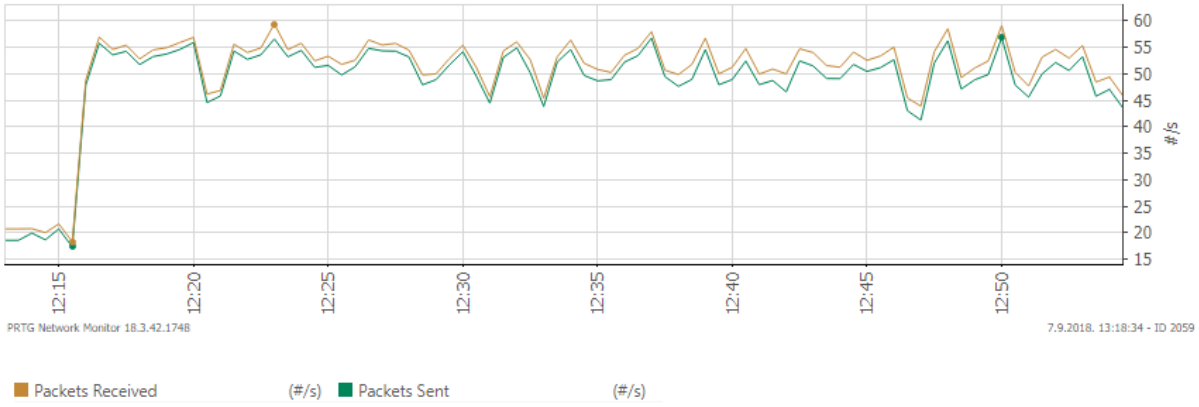


Slika 16: Brzina prijenosa odlaznog prometa u Prvom scenariju podijeljena na UDP i TCP promet

Kod odlaznog prometa, još je izraženija dominacija UDP protokola. Prosječna brzina prijenosa podataka UDP protokolom za cijeli period trajanja eksperimenta ovdje iznosi 28 kb/s, a TCP protokolom svega 1,08 kb/s. Zbrojem ova dva iznosa dobiva se prosječna brzina prijenosa od 29 kb/s, od čega 96,5% otpada na UDP promet, a samo 3,5% na TCP promet. Može se izvesti zaključak da podaci koje klijentsko računalo šalje tokom umreženog igranja *League of Legends* gotovo isključivo koriste UDP transportni protokol.

6.2.2. Preneseni paketi u Prvom scenariju

Brzina prijenosa paketa u Prvom scenariju prikazana je na slici 17. Oznaka za broj prenesenih paketa po sekundi je #/s. Primljeni paketi su označeni narančastom bojom (oznaka *Packets Received*), a poslani zelenom (oznaka *Packets Sent*).



Slika 17: Brzina prijenosa paketa u Prvom scenariju

Brzine prijenosa paketa prate brzine prijenosa podataka, ali je između odlaznog i dolaznog smjera znatno manja razlika u broju prenesenih paketa po sekundi, nego što je to kod prijenosa podataka. To znači da, iako je odlazni promet kod umreženog igranja manji nego dolazni, broj paketa je gotovo jednak. Iz toga je lako zaključiti da su paketi koje šalje klijentsko

računalo pri umreženom igranju *League of Legends* znatno manji od paketa koje to računalo prima.

Prosječna brzina primanja paketa u Prvom scenariju tako iznosi 49 paket/s, a prosječna brzina slanja iznosi 51 paket/s. Uzme li se u obzir prosječna brzina prijenosa podataka koja iznosi 29 kb/s u odlaznom smjeru i 80 kb/s u dolaznom te se ona podijeli na broj paketa, dobiva se prosječna duljina paketa od 0,59 kb/paket u odlaznom smjeru, te 1,57 kb/paket u dolaznom.

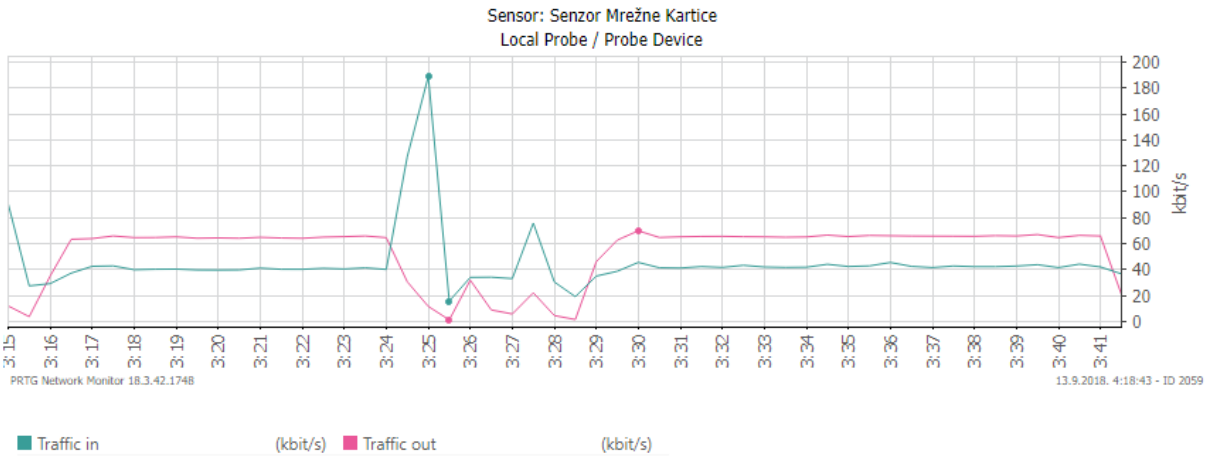
6.3. Prometni tok u Drugom scenariju

Kao što je opisano u poglavlju 4.5., u Drugom scenariju je snimljen promet igre FIFA 18. Kao i u Prvom scenariju, podaci su preuzeti iz PRTG-ovog *Historic Report* izvještaja. Slike grafova iz HTML web prikaza su priložene u nastavku, a podaci iz tabličnog prikaza (prosječne, ukupne, minimalne i maksimalne vrijednosti) su navedeni u tekstu.

Pri generiranju izvještaja, *Start* parametar je postavljen na vrijednost 03:15, a *End* parametar na 03:42. Tako je obuhvaćeno ukupno 37 minuta igre u kojima su odigrane dvije utakmice, prva od 03:15 do 03:24 sati, a druga od 03:29 do 03:42 sati. Podaci su snimani istim senzorima i u istim intervalima kao u Prvom scenariju. Senzor mrežne kartice je zapisivao podatke u intervalima od 30 sekundi, počevši od 03:15:02. *Packet Sniffer* je također zapisivao podatke u intervalima od 30 sekundi, ali počevši od 03:15:00.

6.3.1. Preneseni podaci u Drugom scenariju

Slika 18 prikazuje odlaznu i dolaznu brzinu prijenosa podataka u Drugom scenariju. Na x-osi se nalazi vrijeme, dok je na y-osi brzina prijenosa podataka u kb/s. Kao i u Prvom scenariju, plava linija predstavlja dolazni promet (oznaka *Traffic in*), a ružičasta odlazni (oznaka *Traffic out*). Prvi interval za koji su prikazani podaci je od 03:15:02 do 03:15:32.



Slika 18: Brzina prijenosa svog odlaznog i dolaznog prometa u Drugom scenariju

Uspoređujući odlazni i dolazni promet, vidljivo je da je tokom trajanja utakmica (od 03:15 do 03:24 i od 3:29 do 3:42) više podataka poslano nego primljeno, što je suprotno podacima snimljenim u Prvom scenariju. Brzina prijenosa je gotovo ista tokom obje utakmice, iznoseći oko 65 kb/s (na slici kbit/s) u odlaznom te oko 40 kb/s (na slici kbit/s) u dolaznom smjeru.

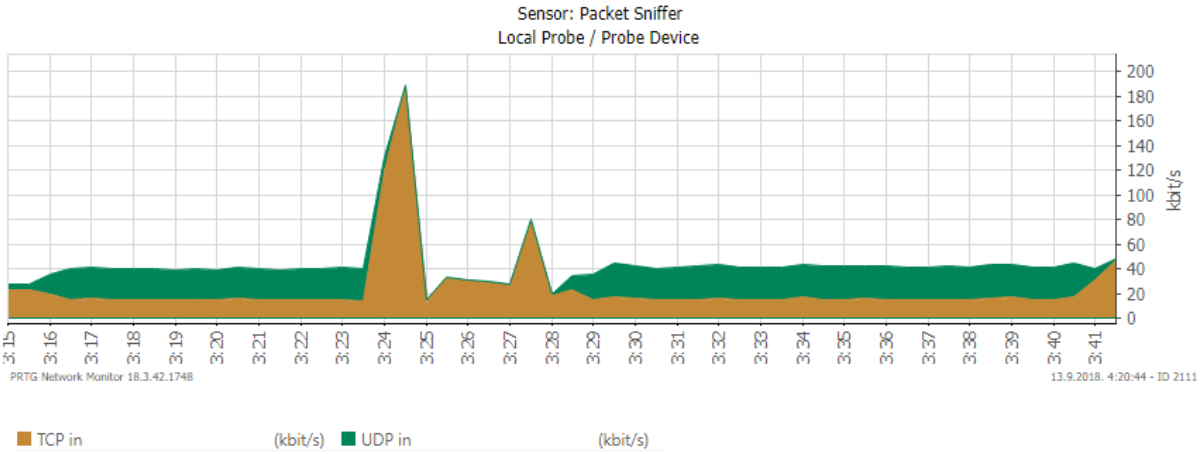
Graf na slici 18 se u periodu između utakmica (od 03:24 do 03:29) značajno mijenja. Prvo se događa veliki skok u količini primljenih podataka, dok poslani podaci značajno padaju, a zatim se nastavlja varijabilna brzina prijenosa podataka u oba smjera, s tim da je veća brzina sada u odlaznom smjeru. Skok u količini dolaznih podataka oko 03:25 je vjerojatno izazvan prekidom prve utakmice (protivnik napustio igru) i slanjem obavijesti o prekidu. U tih pet minuta između utakmica u izborniku je odabrana nova igra te je uslijedilo traženje protivnika. Zaključak je da kod traženja protivnika primljena količina podataka nešto veća od poslane.

Gledajući snimljeni promet tokom obje utakmice i perioda između njih, prosječna brzina prijenosa podataka u dolaznom smjeru iznosi 45 kb/s, a u odlaznom 53 kb/s. Ukupna količina prenesenih podataka u dolaznom smjeru iznosi 8 963 kB, a u odlaznom 10 445 kB, što govori da je, za razliku od Prvog scenarija, više podataka poslano nego primljeno.

Najveća brzina u dolaznom smjeru je zabilježena u intervalu od 03:25:02, odmah nakon prekida prve utakmice, a iznosila je 189 kb/s. Najveća brzina u odlaznom smjeru zabilježena je u intervalu od 3:30:02, pri samom početku druge utakmice, a iznosila je 70 kb/s. Najniže brzine u oba smjera su zabilježene u intervalu od 03:25:32, a iznosile su 16 kb/s u dolaznom te 1,29 kb/s u odlaznom smjeru. U tom intervalu je trajao odabir nove igre u izborniku.

Slikama 19 i 20 su prikazane brzine prijenosa u Drugom scenariju prema korištenim transportnim protokolima. Kao i u Prvom scenariju, ovaj izvještaj je generiran preko *Packet Sniffer* senzora koji razlikuje transportne protokole i ima definirane kanale za TCP i UDP promet. Kao što je slučaj s grafovima *Packet sniffer* senzora u Prvom scenariju, tako su i ovdje podaci prikazani složenim grafovima.

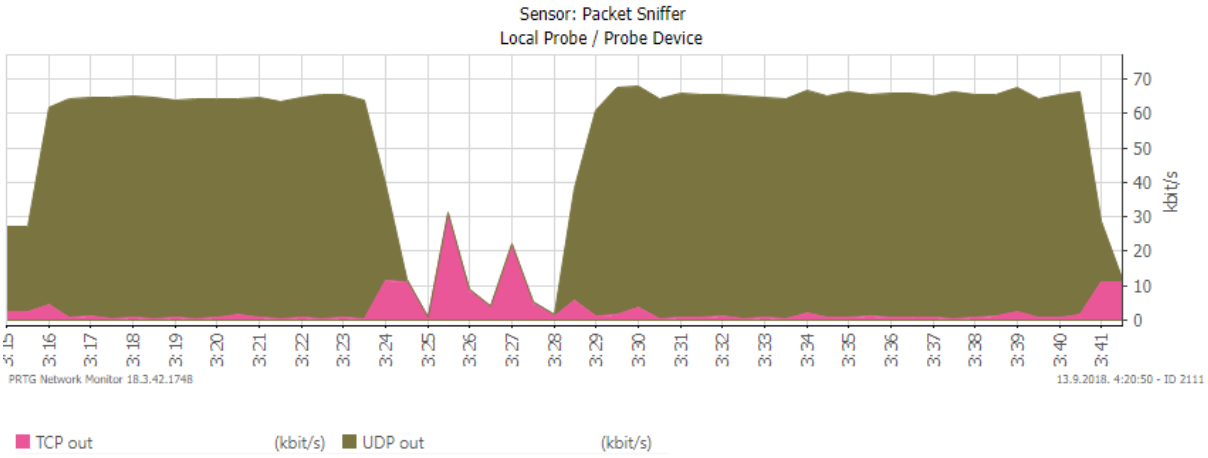
Na slici 19 zelenom bojom su označene brzine prijenosa podataka u dolaznom smjeru UDP protokolom (oznaka *UDP in*), a narančastom brzine prijenosa podataka u dolaznom smjeru TCP protokolom (oznaka *TCP in*).



Slika 19: Brzina prijenosa dolaznog prometa u Prvom scenariju podijeljena na UDP i TCP promet

Tokom trajanja utakmica, malo se više podataka prima UDP protokolom, ali u periodu između utakmica je znatno više prometa primljeno TCP protokolom. Prosječna brzina prijenosa dolaznih podataka tokom trajanja utakmica UDP protokolom iznosi oko 25 kb/s, a TCP protokolom oko 15 kb/s. Uzme li se u obzir i period između utakmica, prosječna brzina prijenosa dolaznih podataka UDP protokolom iznosi 20 kb/s, dok je kod TCP protokola prosječna brzina prijenosa 24 kb/s. U Drugom je scenariju UDP protkolom preneseno 45%, a TCP protokolom 55% prometa.

Brzine prijenosa podataka u odlaznom smjeru prikazane su na slici 20. Žuto-zelenom bojom su označene brzine prijenosa podataka UDP protokolom (oznaka *UDP out*), a ružičastom brzine prijenosa podataka TCP protokolom (oznaka *TCP out*).



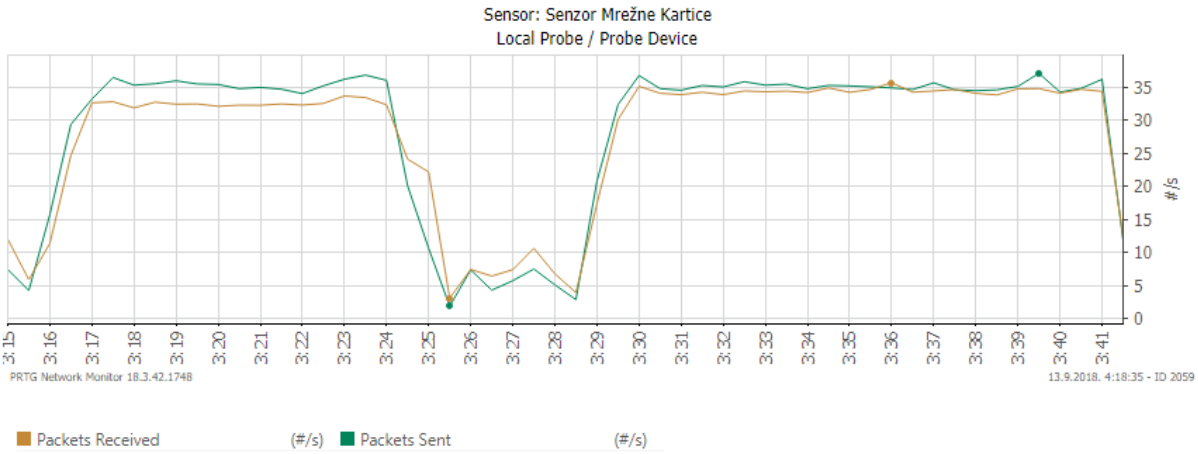
Slika 20: Brzina prijenosa odlaznog prometa u Drugom scenariju podijeljena na UDP i TCP promet

Za razliku od dolaznog prometa, odlazni je promet u Drugom scenariju uglavnom prenesen UDP protokolom. Iznimka je ponovo period između utakmica gdje je gotovo sav promet poslan TCP protokolom. Prosječna brzina prijenosa podataka u odlaznom smjeru UDP protokolom ovdje iznosi oko 70 kb/s, a TCP protokolom oko 2 kb/s.

Za ukupni period u Drugom scenariju prosječna brzina prijenosa podataka UDP protokolom u odlaznom smjeru iznosi 49 kb/s, a TCP protokolom 3.17 kb/s. To znači da je od ukupno prenesenih podataka u odlaznom smjeru 94% UDP, a 6% TCP promet.

6.3.2. Preneseni paketi u Drugom scenariju

Slika 21 prikazuje brzinu prijenosa paketa u Drugom scenariju. Oznake su jednake kao i na slici 17 u Prvom scenariju.



Slika 21: Brzina prijenosa paketa u Prvom scenariju

U periodima kada su igrane utakmice, brzina slanja paketa u oba smjera je bila znatno veća nego u periodu između utakmica. Tokom trajanja utakmica, paketi su slani prosječnom brzinom od oko 35 paketa po sekundi, a primani nešto manjom brzinom, oko 33 paketa po sekundi. Za period između utakmica, te su brzine znatno manje: oko 5 paketa u sekundi u odlaznom i oko 7 paketa po sekundi u dolaznom smjeru.

Prosječna brzina slanja paketa u cijelom periodu Drugog scenarija je jednaka u oba smjera, a iznosi 28 paketa po sekundi. Budući da je prosječna brzina primanja podataka za isti period 45 kb/s, a slanja 53 kb/s, prosječne su duljine paketa u ovom scenariju 1,6 kb za dolazne pakete i 1,9 kb za odlazne.

6.4. Usporedba prometnih tokova u Prvom i Drugom scenariju

U Drugom scenariju su snimane dvije utakmice čiji su snimljeni parametri gotovo identični, ali između njih se nalazi period u kojem snimljeni podaci odstupaju u velikoj mjeri. Zato što je u Prvom scenariju sniman samo period kada je aktivno igrana računalna igra, za usporedbu će se iz Drugog scenarija koristiti samo period druge utakmice koji počinje intervalom od 03:29:02, a završava intervalom od 03:41:32.

Usporedba prometnih tokova u Prvom i Drugom scenariju je napravljena prema sljedećim kriterijima:

- Prosječna brzina prijenosa podataka (kb/s);
- Minimalna brzina prijenosa podataka (kb/s);
- Maksimalna brzina prijenosa podataka (kb/s);
- Udio TCP i UDP protokola u prenesenom prometu (kb/s) i
- Prosječna duljina paketa (kb).

6.4.1. Usporedba dolaznog prometa

Parametri dolaznog prometa za Prvi i Drugi scenarij prikupljeni su PRTG alatom i prikazani u tablici 2. Kao i za analizu prometa svakog od scenarija, korišten je izvještaj *Historic Data*.

Tablica 2: Usporedba dolaznog prometa u Prvom i Drugom scenariju

	Prosječna brzina prijenosa (kb/s)	Minimalna brzina prijenosa (kb/s)	Maksimalna brzina prijenosa (kb/s)	Udio UDP prometa	Udio TCP prometa	Prosječna duljina paketa (kb)
Prvi scenarij	80	26	111	96,5%	3,5%	1,57
Drugi scenarij	45	37	46	58,5%	41,5%	1,89

Usporedbom prosječne brzine prijenosa podataka u dolaznom smjeru, primjećuje se da su gotovo dvostruko veće brzine prijenosa ostvarene u Prvom scenariju, kada je eksperiment napravljen na igrom *League of Legends*. Osim veće prosječne brzine prijenosa podataka, veće su i oscilacije. Minimalna brzina ostvarena u Prvom scenariju u dolaznom smjeru iznosi samo 26 kb/s, dok je maksimalna čak 111 kb/s. S druge strane, FIFA 18 je minimalno zahtjevala 37 kb/s, a maksimalno 46 kb/s. Iz eksperimenata se može zaključiti da igra *League of Legends* zahtjeva veću širinu prijenosnog pojasa u dolaznom smjeru od igre FIFA 18.

Iako je većina dolaznog prometa u oba scenarija prenesena UDP protokolom, u odnosu na *League of Legends*, FIFA 18 u puno većoj mjeri koristi TCP promet. U Prvom scenariju je samo 3,5% dolaznog prometa preneseno TCP protokolom, dok je u Drugom čak 41,5%. Dolazni paketi su u oba scenarija slične veličine. Ipak, *League of Legends* koristi nešto manje pakete, prosječne duljine 1,57 kb, dok FIFA 18 koristi pakete prosječne duljine 1,89 kb.

6.4.2. Usporedba odlaznog prometa

Parametri odlaznog prometa za Prvi i Drugi scenarij prikupljeni su kao i za dolazni promet. Usporedba scenarija prema tim parametrima prikazana je tablicom 3.

Tablica 3: Usporedba odlaznog prometa u Prvom i Drugom scenariju

	Prosječna brzina prijenosa (kbit/s)	Minimalna brzina prijenosa (kbit/s)	Maksimalna brzina prijenosa (kbit/s)	Udio UDP prometa	Udio TCP prometa	Prosječna duljina paketa (kb)
Prvi scenarij	29	9,76	35	81%	19%	0,59
Drugi scenarij	53	21	70	96,7%	3,3%	1,61

Suprotno omjeru parametara u dolaznom smjeru, prosječna brzina prijenosa podataka u odlaznom smjeru je gotovo veća u Drugom scenariju. *League of Legends* u prosjeku šalje podatke brzinom 29 kb/s te ostvaruje više nego dvostruko manje minimalnu (9,76 kb/s) i maksimalnu (35 kb/s) brzinu prijenosa nego što ih ostvaruje FIFA 18. FIFA 18 je tako gotovo dvostruko zahtjevnija po pitanju širine prijenosnog pojasa nego *League of Legends,* s minimalnom brzinom u iznosu od 21 kb/s, maksimalnom u iznosu od 70 kb/s te prosječnom u iznosu od 53 kb/s. Iako u dolaznom smjeru veće zahtjeve za kapacitetom mreže ima igra *League of Legends*, FIFA 18 ima veće zahtjeve u odlaznom smjeru.

Što se udjela UDP i TCP protokola tiče, za razliku od dolaznog prometa, u odlaznom prometu je veći udio UDP prometa kod igre FIFA 18. Iako su udjeli UDP i TCP prometa u dolaznom prometu bili na podjednakim razinama kod igre FIFA 18, u odlaznom prometu dominira UDP protokol sa 96,7%. U Prvom scenariju je i dalje visok udio UDP prometa s 81%, ali ipak manji nego u Drugom. Prosječna duljina paketa je veća u Drugom scenariju i kod odlaznog prometa, ali ovdje je razlika između dva scenarija znatno veća. *League of Legends* u prosjeku šalje pakete duljine samo 0,59 kb, dok FIFA 18 šalje pakete prosječne duljine 1,61 kb, što tek 0,28 kb kraće od paketa koje prima.

7. Zaključak

Izuzetan porast industrije računalnih igara, i to ponajviše umreženih, čini ju značajnim ekonomskim i gospodarskim čimbenikom u svijetu. Razvoj grana kao što je eSports uvelike je pridonio popularnosti i značaju ove industrije. Zbog interaktivne prirode prijenosa podataka prilikom umreženog igranja vrlo je važno da su zadovoljene potrebe za mrežnim kapacitetom kako bi se ova industrija nastavila razvijati. Umreženo igranje je posebno osjetljivo na kašnjenja paketa jer zakašnjela informacija kod interaktivnih usluga nema korisnu vrijednost. Kako bi se postigla visoka kvaliteta pružene usluge važno je paziti, prije svega, na širinu prijenosnog pojasa koja je dostupna igračima, ali i na druge parametre kao što su gubitak paketa, kašnjenje i kolebanja kašnjenja.

Analizom parametara prometnog toka prilikom umreženog igranja računalnih igara *League of Legends* i FIFA 18 dokazano je da *League of Legends* ima znatno veće zahtjeve za širinom prijenosnog pojasa u dolaznom smjeru nego FIFA 18. U odlaznom smjeru, situacija je obrnuta, FIFA 18 ima znatno veće zahtjeve za širinom prijenosnog pojasa nego *League of Legends*. Uzrok tome bi mogla biti činjenica da s igračem *League of Legends* igra još devet drugih igrača, dok s igračem FIFA 18 igra samo jedan.

Analizom je također utvrđeno da je, zbog svoje brzine, UDP promet znatno pogodniji za prijenos podataka prilikom umreženog igranja. Sigurnost TCP protokola se upotrebljava prilikom traženja protivnika ili postavljanja igre, ali tokom same igre je u oba slučaja primjećeno da se uglavnom koristi UDP protokol. *League of Legends* također koristi manje pakete, pogotovo u odlaznom smjeru gdje oni iznose samo 0,59 kb. Prosječne duljine paketa za League of Legends u dolaznom smjeru te FIFA 18 u oba smjera iznose između 1,57 i 1,89 kb. Zbog potrebe za pravovremenom isporukom informacija i kako bi utjecaj na igru u slučaju gubitka paketa bio što manji, kod umreženog se igranja koriste mali paketi.

Zajedničko svojstvo različitih igara je da se umreženim igranjem uglavnom generiraju kraći, UDP paketi. S druge strane, *League of Legends* i FIFA 18 imaju međusobno različite zahtjeve za širinom prijenosnog pojasa, što znači da je pri planiranju mreža važno voditi računa i o različitostima mrežnih igara kako bi se rastući zahtjevi za tom uslugom mogli kvalitetno zadovoljiti.

Literatura

[1] McGonigal, J.: Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World, The Penguin Press, New York, 2011.

[2] Entertainment Software Association: 2017 Essential Facts About the Computer and Video Game Industry

[3] https://www.psychiatry.org/news-room/apa-blogs/apa-blog/2017/05/internet-gaming-addictive-potential (27.07.2018.)

[4] https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/47323/057_ready.pdf (27.07.2018.)

[5] https://www.futuremarketinsights.com/reports/esports-market (01.08.2018.)

[6] https://esc.watch/ (28.07.2018.)

[7] http://www.dota2.com/international/battlepass/ (28.07.2018.)

[8] http://www.lolesports.com/en_US/articles/update-fan-contribution-worlds-2017-prize-pool-0 (01.08.2018.)

[9] https://www.statista.com/statistics/216526/super-bowl-us-tv-viewership/ (03.08.2018.)

[10] https://www.forbes.com/sites/kevinanderton/2017/04/29/the-business-of-video-games-a-multi-billion-dollar-industry-infographic/#6edb987e6d27 (03.08.2018.)

[11] https://data.worldbank.org/country (07.08.2018.)

[12] https://newzoo.com/key-numbers/ (09.08.2018.)

[13] Mrvelj, Š.: Predavanja iz kolegija Tehnologija telekomunikacijskog prometa II Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014

[14] http://www.umag.hr/sadrzaj/dokumenti/NATJECAJ_informaticki_referent_Uvod_u_racunalne_mreze_Visoko_uciliste_Algebra.pdf (09,08,2018,)

[15] https://www.ietf.org (09.08.2018.)

[16] https://tools.ietf.org/html/rfc768 (09.08.2018.)

[17] https://tools.ietf.org/html/rfc793 (09.08.2018.)

[18] Mrvelj, Š.: Predavanja iz kolegija Tehnologija telekomunikacijskog prometa Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009

[19] https://www.paessler.com/prtg/prtg-in-the-cloud-service-description (09.08.2018.)

[20] https://azure.microsoft.com/en-in/overview/what-is-cloud-computing/ (12.08.2018.)

[21] https://www.w3schools.com/xml/ (12.08.2018.)

[22] https://www.paessler.com/manuals/prtg/object_hierarchy (09.08.2018.)

[23] https://www.paessler.com/manuals/prtg/packet_sniffer_monitoring (09.08.2018.)

[24] https://www.paessler.com/manuals/prtg/wmi_monitoring (12.08.2018.)

[25] https://www.statista.com/statistics/317099/number-lol-registered-users-worldwide/ (12.08.2018.)

[26] https://www.statista.com/statistics/323239/number-gamers-hearthstone-heroes-warcraft-worldwide/ (20.08.2018.)

[27] https://www.statista.com/statistics/607472/dota2-users-number/ (20.08.2018.)

[28] https://www.statista.com/statistics/276601/number-of-world-of-warcraft-subscribers-by-quarter/ (03.09.2018.)

[29] https://newzoo.com/insights/rankings/top-20-core-pc-games/ (03.09.2018.)

[30] https://www.redbull.com/int-en/genetically-engineered-how-mobas-invaded-esports (03.09.2018.)

[31] https://www.ea.com/ (03.09.2018.)

[32] https://www.statista.com/statistics/273335/sales-of-the-worlds-most-popular-console-games-in-2011/ (03.09.2018.)

[33] https://tools.ietf.org/html/rfc1866 (12.09.2018.)

[34] https://www.w3.org/XML/xml-V11-2e-errata (12.09.2018.)

[35] https://tools.ietf.org/html/rfc4180#page-2 (12.09.2018.)

Popis slika

Slika 1: Postotak kućanstava koja posjeduju određeni uređaj za igranje video igara 5
Slika 2: Infografika izvješća o globalnom tržištu računalnih igara za prvi kvartal 2018. godine 12
Slika 3: Infografika rasta prihoda od eSportsa 13
Slika 4: Slojevi OSI modela 15
Slika 5: Objekti u PRTG-u prema hijerarhijskom ustroju 22
Slika 6: Prikaz objekata u PRTG-u 25
Slika 7: Grafički prikaz osnovnih Toplisti Packet Sniffera 27
Slika 8: Windows Resource Monitor 28
Slika 9: Konfiguracija kanala TCP out i UDP out na Packet Sniffer senzoru 34
Slika 10: Procesi na računalu neposredno prije Prvog scenarija 35
Slika 11: Procesi aktivni na računalu tokom snimanja prometa u Prvom scenariju 36
Slika 12: Procesi aktivni na računalu tokom snimanja prometa u Drugom scenariju 37
Slika 13: Parametri za izradu Historic Data reporta u PRTG-u 38
Slika 14: Brzina prijenosa svog odlaznog i dolaznog prometa u Prvom scenariju 42
Slika 15: Brzina prijenosa dolaznog prometa u Prvom scenariju podijeljena na UDP i TCP promet 43
Slika 16: Brzina prijenosa odlaznog prometa u Prvom scenariju podijeljena na UDP i TCP promet 44
Slika 17: Brzina prijenosa paketa u Prvom scenariju 44
Slika 18: Brzina prijenosa svog odlaznog i dolaznog prometa u Drugom scenariju 46
Slika 19: Brzina prijenosa dolaznog prometa u Prvom scenariju podijeljena na UDP i TCP promet 47
Slika 20: Brzina prijenosa odlaznog prometa u Drugom scenariju podijeljena na UDP i TCP promet 48
Slika 21: Brzina prijenosa paketa u Prvom scenariju 49

Popis tablica

Tablica 1: Razlike između Senzora mrežne kartice i Packet Sniffera 26
Tablica 2: Usporedba dolaznog prometa u Prvom i Drugom scenariju 50
Tablica 3: Usporedba odlaznog prometa u Prvom i Drugom scenariju 50

Popis grafova

Graf 1: Udio igrača računalnih igara prema dobi i spolu 6
Graf 2: Nagradni fond na velikim eSports natjecanjima 9
Graf 3: Prosječan broj gledatelja najvećih eSports turnira u posljednjih godinu dana 10
Graf 4: Prosječan broj gledatelja najgledanijeg susreta na najvećim eSports turnirima u posljednjih godinu dana 11
Graf 5: Broj mjesečno aktivnih League of Legends igrača od 2011. do 2016. 29
Graf 6: Prosječna brzina prijenosa podataka u Nultom scenariju 40
Graf 7: Prosječna brzina prijenosa paketa u Nultom scenariju 40
Graf 8: Prosječna duljina paketa u Nultom scenariju 41

Popis kratica

AJAX - Asinkroni *Java Script* i XML

APA – *American Psychiatric Association*

B – bajt

b – bit

BDP – Bruto Domaći Proizvod

CS: GO – *Counter Strike: Global Offensive*

CSV – *Comma Separated Value*

DOTA 2 – *Defense Of The Ancients* 2

DSM-5 – *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*

ESA – *Entertainment Software Association*

ESC – *Esports Charts*

FIFA – *Federation Internationale de Football Association*

HTML – *Hypertext Markup Language*

IETF – *Internet Engineering Task Force*

IP – *Internet Protocol*

IPv4 – IP verzija 4

IPv6 – IP verzija 6

ISO – *International Organization for Standardization*

LAN – *Local Area Network*

LoL – *League of Legends*

MAC – *Medium Access Control*

MOBA – *Multiplayer Online Battle Arena*

NFL – *National Football League*

OSI – *Open System Interconnection*

PDU – *Protocol Data Unit*

PID – *Process ID*

PRTG - *Paessler Router Traffic Grapher*

QoS – *Quality of Service*

RFC – *Request for Comments*

RPG – *Role Playing Game*

SAD – Sjedinjene Američke Države

SNMP – *Simple Network Management Protocol*

TCP – *Transport Control Protocol*

UDP – *Universal Datagram Protocol*

USD – *United States Dollar*

VR – *Virtual Reality*

WMI – *Windows Management Instrumentation*

XML – *eXtensible Markup Language*

YoY – *Year on Year*

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 **Analiza značajki prometnog toka prilikom umreženog igranja**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 17.9.2018

(potpis)