

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 6854

**ANALIZA PROMETA IGARA ZASNOVANIH NA
RAČUNALNOM OBLAKU**

Stipe Paradžik

Zagreb, lipanj 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 6854

**ANALIZA PROMETA IGARA ZASNOVANIH NA
RAČUNALNOM OBLAKU**

Stipe Paradžik

Zagreb, lipanj 2020.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6854

Pristupnik: **Stipe Paradžik (0036508032)**
Studij: Računarstvo
Modul: Računarska znanost
Mentor: izv. prof. dr. sc. Lea Skorin-Kapov

Zadatak: **Analiza prometa igara zasnovanih na računalnom oblaku**

Opis zadatka:

Igre zasnovane na računalnom oblaku (engl. cloud gaming) je usluga mrežnog igranja koja omogućuje strujanje sadržaja igre od poslužitelja do klijenta u obliku video sadržaja, dok se kontrole za igranje šalju u suprotnom smjeru. S razvojem 5G mreže, koja omogućuje niski odziv i visoku mrežnu propusnost, mnogobrojne tvrtke su prepoznale tržišni potencijal igara zasnovanih na računalnom oblaku i razvijaju vlastita rješenja ove usluge mrežnog igranja. Vaš zadatak je proučiti prometne karakteristike igara zasnovanih na računalnom oblaku. Potrebno je snimiti i analizirati mrežni promet koji generira takva usluga koristeći više igara različitih žanrova. Dodatno, potrebno je proučiti mogućnost prilagodbe video toka usluge u uvjetima kada se mijenja raspoloživa širina prijenosnog pojasa u mreži. Svu potrebnu literaturu i uvjete za rad osigurat će Vam Zavod za telekomunikacije.

Rok za predaju rada: 12. lipnja 2020.

Sadržaj

1.	Uvod.....	2
2.	Računalni oblak i strujanje igara.....	4
2.1.	Računalni oblak.....	4
2.2.	Igre zasnovane na računalnom oblaku.....	5
2.3.	Steam	7
2.4.	Steam Link	7
3.	Provođenje analize prometa igara zasnovanih na računalnom oblaku.....	8
3.1.	Metodologija	8
3.2.	Wireshark.....	14
3.3.	RivaTuner Statistic Server	15
4.	Analiza rezultata	17
4.1.	Utjecaj brzine izvođenja igre na mrežni promet	17
4.2.	Utjecaj promjene rezolucije na količinu prenesenih podataka.....	21
4.3.	Utjecaj propusnosti na količinu prenesenih podataka	24
5.	Zaključak	29
6.	Literatura	30
7.	Sažetak.....	32
8.	Summary.....	33
9.	Dodatak: Popis slika.....	34
10.	Dodatak: Popis tablica	35

1. Uvod

Industrija igara svake godine se povećava, davno su prošli dani kada je po količini zarađenog novca nadmašila filmsku i glazbenu industriju [1]. Sve više ljudi, svih dobnih skupina, svoje slobodno vrijeme upotpunjava igranjem igara. Velik doprinos tome daju pametni telefoni, koji se ovih dana mogu naći u džepu skoro svake osobe. Iako su se posljednjih 10 godina nevjerojatnom brzinom razvili, još nisu dovoljno snažni za pokretanje jako složenih 3D igara namijenjenih osobnim računalima i konzolama. U ovakvom stanju industrije mnoge tvrtke vide priliku pružiti najbolje računalne usluge za male mjesečne naknade, u vidu računalnog oblaka. Pomoću računalnog oblaka svima se pruža mogućnost uživanja u najnaprednijima igrama, bez obveze posjedovanja računalnih resursa, koji bi inače bili potrebni za pokretanje tih igara, i još daju opciju igranja tih igara u pokretu, tj. bilo gdje korisnik ima pristup Internetu. Korisniku se daje ogromna fleksibilnost koja prije nije bila moguća bez posjedovanja više uređaja. Osoba može igrati igru u svome domu, te ako izlazi van, može na pametnom telefonu nastaviti omiljenu aktivnost, bez prekida i od točke na kojoj je napravila prekid.

Računalni oblak ima neke dječje bolesti koje se još moraju riješiti. Osim očitog problema o stalnom zahtijevanju internetske veze, to je još i problem ponude igara koji je još uvijek dosta ograničen, te brzine prijenosa koje su potrebne kako bi korisnik imao savršeno iskustvo, bez očite kompresije slike i sporoga odziva pri igranju.

Budućim razvojem 5G mreža i sve većom dostupnosti 5Ghz Wi-Fi modema neki od ovih problema će se početi rješavati, te će se otvoriti nove mogućnosti raspoloživosti igara na uređajima virtualne stvarnosti.

Cilj ovoga rada je analizirati promet koji se generira pri korištenju igre zasnovane na računalnom oblaku (engl. cloud gaming) i proučiti prilagodbe video toka pri različitim širinama prijenosnog pojasa za takav oblik igranja. Usluga koja je odabrana za testiranje je Steam Remote Play [10], igre će se prenositi s računala na uređaj Steam Link [2].

U drugom poglavlju su objašnjeni pojmovi računalnog oblaka i igara zasnovanih na računalnom oblaku, navedene su i informacije o Steam [7] platformi. Iduće poglavlje opisuje metodologiju rada i programe koji su korišteni pri snimanju mrežnog prometa. U četvrtom poglavlju se analiziraju ovisnosti mrežnog prometa o brzini izvođenja igre, mrežnoj propusnosti i rezoluciji. Zatim slijedi zaključak, nakon kojeg dolazi popis literature, sažetak, te popis slika i tablica.

2. Računalni oblak i strujanje igara

2.1. Računalni oblak

Računalnim oblakom možemo nazvati uslugu pružanja računalnih resursa (poslužitelja, sustava za pohranu podataka, računalnih mreža, aplikacija) preko Interneta do korisnika, na korisnički zahtjev [2]. Umjesto kupovanje računala za ostvarivanje određenih potreba korisnicima se omogućuje pristup računalima po potrebi. Počevši od jednostavnijih usluga kao što su skladištenje podataka, email, pa do kompleksnijih kao što su virtualna radna okruženja i strojno učenje, sve se može ostvariti korištenjem računalnog oblaka. Postoje tri osnovna oblika računarstva u oblaku [3]. To su: software kao usluga - SaaS (engl. Software as a Service), platforma kao usluga - PaaS (engl. Platform as a Service) i infrastruktura kao usluga - IaaS (engl. Infrastructure as a Service).

Software kao usluga - tipično predstavlja pristup korisnika preko tankog klijenta (engl. thin client), usluzi koju pružatelj usluge nudi. Aplikacije mogu biti besplatne ili imati neki pretplatnički oblik. Korisnik nema velike mogućnosti prilagođavanja aplikacije. Primjeri takvih usluga su: DropBox , Google Apps, Office 365, Gmail i Netflix.

Platforma kao usluga - pruža razvojne okoline na kojima je moguće razvijati vlastite programe. Korisnicima se olakšava razvoj aplikacija, ovom uslugom ne moraju praviti infrastrukturu za razvoj vlastitih aplikacija. Primjeri takvih usluga su: Microsoft Azure i Google App Engine.

Infrastruktura kao usluga - pruža korisnicima usluge kao što su obrada podataka, skladištenje podataka i virtualna okruženja. Primjeri takvih usluga su: Amazon EC2, Microsoft Azure i Google Compute Engine.

2.2. Igre zasnovane na računalnom oblaku

Mogućnost uživanja u najnovijim računalnim igrama, zahtijeva od igrača posjedovanje relativno snažnih računalnih konfiguracija ili igračih konzola. Možda neki od tih igrača namjeravaju igrati samo par igara na tim platformama i ne vide smisao u izdvajanje veće količine novca za kupovanje skuplje računalne opreme samo za jednu ili nekolicinu igara.

Rješenje za ovaj problem su igre zasnovane na računalnom oblaku (engl. cloud gaming). One rade na način da se igra pokreće u oblaku i šalje korisniku video preko Interneta [4]. Korisnik preko aplikacije na tankom klijentu šalje kontrole oblaku, tamo se izvršava igra, događa se promjena scene, nakon čega se na korisnikovu platformu šalje ta scena u obliku videa.



Slika 1. Arhitektura igara zasnovanih na oblaku [4]

Poboljšanjem internetskih veza u našim domovima otvara se mogućnost igranja preko oblaka. Iako ova vrsta igranja tehnički postoji od početka ovog stoljeća, tek se u zadnjih par godina ozbiljnije razvija. Prvi ozbiljniji igrači u ovome prostoru su bile tvrtke OnLive i Gaikai, te tvrtke su dale svoje ponude na tržište

oko 2010. godine [5]. OnLive su osim davanje svoje usluge na platformama kao što su Windows i Android, čak izdali vlastitu mikro konzolu koja je isključivo služila za strujanje igara. Iako su bili među prvima na tržištu, OnLive i Gaikai nisu bili financijski isplativi, obje kompanije preuzeo je Sony, koji sada ima vlastitu uslugu Playstation Now, gdje korisnik plaća mjesečnu pretplatu te ima pristup PS4, PS3 i PS2 igrama. Aplikacija se može koristiti na Windows računalima i Playstation konzolama. Nvidia ima svoju uslugu GeForce Now. Usluga nudi besplatno korištenje u sesijama u trajanju od sat vremena, kao i neograničeno korištenje u pretplatničkom modelu [6]. GeForce Now ne daje pristup igrama kao što nudi Playstation Now, već se od korisnika očekuje da posjeduje igre na platformama kao što su Steam, Uplay ili Epic Games. GeForce Now je dostupan na Windows, Mac i Android uređajima. Google Stadia zahtijeva od korisnika kupovanje igara na njihovom servisu, daje pretplatničku opciju uz koju je moguće igrati u 4k rezoluciji što trenutno nijedna druga usluga ne podržava [9].

Osim ove vrste strujanje igara preko Interneta korisnici mogu u vlastitom domu postaviti računalo koje će služiti za izvođenje igara, te igre igrati na drugim uređajima kao što su mobiteli. Steam daje opciju Remote Play [10] koja pruža upravo ovu gore opisanu uslugu. Osim te opcije, nudi korisnicima mogućnost da igraju igre sa svojim prijateljima, gdje se samo od jedne osobe zahtijeva da posjeduje igru dok druga struja igru do svog uređaja. Steam je uz to prije par godina izdao uređaj Steam Link [11] koji se s ekranom povezuje preko HDMI sučelja te može strujati igre s lokalne mreže ili spojiti se s udaljenim računalom.

Iako postoji dosta ponuda na tržištu, ova vrsta igara je još u svojim počecima, te ima još prepreka koje mora prijeći, no vjeruje se da će u budućnosti biti glavni oblik igranja.

2.3. Steam

Steam je trenutno najveći digitalni distributer igara [11]. Tvrtka Valve je vlasnik platforme, Steam je stavio na tržište 2003. godine kao DRM (Digital Rights Management) za svoje igre, poslije čega je evoluirao u trgovinu za PC igre[7]. 2015. godine na tržište izbacuju svoj prvi hardware Steam Machines (računala namijenjena isključivo igranju), Steam Controller i Steam Link. Remote Play je naziv za strujanje igara s vlastitog računala na druge uređaje. Ove godine su najavili planove za Steam Cloud Play servis, preko kojega bi korisnici mogli igrati igre koje se pokreću u oblaku.

2.4. Steam Link

Steam Link je uređaj koji prvi put dopijeva na tržište u studenom 2015.godine, po cijeni od 49.99 USD [11]. Svrha mu je strujanje igara s osobnog računala na priključeni zaslon. Ima 3 USB 2.0 porta, HDMI utor za slanje video signala, Ethernet utor propusnosti 100Mbit/s, Intel Wireless 802.11ac 2×2 adapter koji podržava spajanje na 2.4Ghz i 5Ghz Wi-Fi mreže, Bluetooth 4.0. Podržava spajanje tipkovnica, miševa i kontrolera (Steam Controller, Dualshock 4, Xbox One, Xbox 360, Switch Pro Controller te Logitech kontroleri) preko USB portova ili preko Bluetooth-a [13]. Steam klijent koristi H.264 video kodek, svi se podaci šalju i dekodiraju na Steam Link uređaju [14]. Specifikacije uređaja su Marvell DE3005-A1 CPU, Vivante GC1000 GPU, 512MB RAM i 4GB memorije za pohranu podataka [12]. Kao operativni sustav koristi modificiranu verziju 3.8 Linux kernela. Valve je u studenom 2018. najavio prekid proizvodnje Steam Link uređaja. Ime Steam Link se koristi za aplikacije dostupne na iOS i Android mobitelima, te na Samsung-ovim pametnim televizijama koje služe istoj svrsi kao i ovaj uređaj [14].

3. Provođenje analize prometa igara zasnovanih na računalnom oblaku

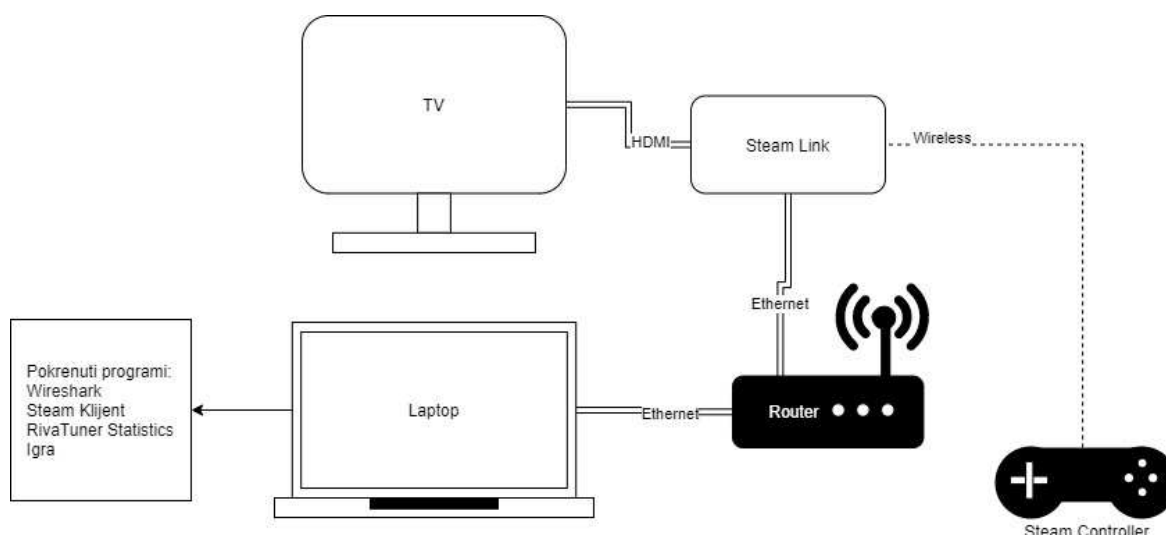
Pri pokretanju Steam Remote Play-a, korisniku se daju opcije kontroliranja propusnosti mreže i ograničavanja rezolucije igre. Uz ta dva parametra, još ćemo uvesti i brzinu izvođenja igre (engl. framerate). Kod propusnost želimo doznati kako utječe na kvalitetu slike koja se prikazuje, dok za rezoluciju i brzinu izvođenja analiziramo njihov utjecaj na veličinu prometa koji se generira pri strujanju igre.

3.1. Metodologija

Programi koji su se koristili u provođenju mjerenja su: Wireshark, RivaTuner Statistic Server i Steam klijent. Uređaji su postavljeni (Slika 2) tako da je Steam Link spojen preko HDMI-a na LG Smart Tv, Steam Controller je spojen na Steam Link te služi za upravljanje tim uređajem i Steam aplikacijom nakon spajanje Steam Link-a s računalom.

Računalo na kojemu se igre pokreću kao operativni sustav koristi Windows 10 sa slijedećim specifikacijama:

- CPU: Intel Core i7-6700HQ,
- GPU: NVIDIA GeForce GTX 950M,
- RAM: 8GB.



Slika 2. Povezivanje uređaja

Steam Link nudi različite postavke za ograničavanje propusnosti i rezolucije, uz to nudi i tri opcije - *Beautiful*, *Balanced* i *Fast* - kojima korisnik može odlučiti želi li najbolju kvalitetu slike i mogući lošiji odziv (vremenska razlika između korisničkog davanje naredba i izvršenja te naredbe) s opcijom *Beautiful*, ili možda želi najbolji mogući odziv uz žrtvovanje kvalitete slike s opcijom *Fast*, ili želi ravnotežu između odziva i kvalitete slike s opcijom *Balanced*. Odabir opcija korisnik može obaviti u postavkama Steam Linka prije spajanja na računalo, ili bilo kada dok je spojen unutar Steam aplikacije.

Steam Link za ograničavanje rezolucije ima 4 opcije:

- 1920x1080 (1080p),
- 1600x900 (900p),
- 1280x720 (720p),
- 852x480 (480p).

Za ograničenje propusnosti nudi automatski odabir ili postavljanje na jednu od granica (3 Mbit/s, 5 Mbit/s, 10 Mbit/s, 15 Mbit/s, 20 Mbit/s, 25 Mbit/s, 30 Mbit/s), ili opciju *Unlimited*.

Koraci pri provođenju mjerenja su sljedeći:

1. Pokretanje Steam Link uređaja.
2. Odabir željenih ograničenja rezolucije i propusnosti podataka.
3. Pokretanje Steam aplikacije na računalu i odabir igre za testiranje.
4. Otvaranje RivaTunera i odabir brzine (engl. Framerate) izvođenja igre.
5. Unutra igre odabrati scenariji unutar igre koje će se ponoviti za svako mjerenje.
6. Otvoriti Wireshark i pokrenuti snimanje prometa.
7. Igrati igru određeni vremenski rok.
8. Zaustaviti strujanje na Steam Link.
9. Ugasiti igru.
10. Zaustaviti snimanje prometa na Wireshark-u.
11. Ugasiti Steam aplikaciju.
12. Filtriranje i spremanje snimljenog prometa na Wireshark-u.
13. Uzimanje `streaming_log.txt` datoteke koju Steam radi pri svakom strujanju.

Ukupno je testirano 10 igara iz različitih žanrova. Sve igre su navedene u Tablici 1.

Tablica 1. Testirane igre

Žanr	Naziv Igre
Akcijske igre	Ace Combat: Assault Horizon, Furi, Tomb Raider, Yakuza 0
Strategijske igre	Shadow Tactics Blades of the Shogun
Simulacije	Dirt Rally
2D igre	Bastion, Broforce
Igre iz prvog lica	Bioshock Infinite, Portal 2

Sve igre su testirane pri rezoluciji 720p i 1080p, za svaku rezoluciju su mijenjane propusnosti od 5 Mbit/s, 10 Mbit/s, 20 Mbit/s i opcija *Unlimited*, uz tu za svaku postavku rezolucije i propusnosti dodatno su postavljane brzine izvođenja igre od 25fps, 45fps i 60fps. Vremenski raspon u kojem je sniman promet različit je za odabrane igre, zato što se u svakoj igri tražio scenariji koji je lako ponoviti više puta. Korišteni vremenski rasponi za pojedine testne slučajeve su sljedeći:

- Ace Combat: Assault Horizon – 45s,
- Bastion – 60s,
- Bioshock Infinite – 80s,

- Broforce – 40s,
- Dirt Rally – 45s,
- Furi – 45s,
- Portal 2 - 60s,
- Shadow Tactics: Blades of the Shogun – 40s,
- Tomb Raider – 67s,
- Yakuza 0 - 45s.

Steam pri svakome strujanju stvara `streaming_log` datoteku (Slika 3). U njoj su sadržane informacije o postavkama koje su se koristile pri igranju kao što su rezolucija, ograničenje brzine izvođenja igre, ograničenje propusnosti, te o vrsti kontrolera koja se koristila za igranje. Uz to sadrži i prosječne izmjerene veličine brzine prijenosa, brzine izvođenja igre, odziva ekrana, ping-a, propusnosti mreže. Datoteke koristimo kao kontrolu da li je mjerenje provedeno s ispravnim postavkama.


```
[2020-05-29 02:26:41] "SessionStats"
{
  "ClientDeviceID"           "Steam Link"
  "ClientDeviceVersionID"    "build 775"
  "GameNameID"               "ACE COMBAT™ ASSAULT HORIZON Enhanced Edition"
  "appid"                     "228400"
  "TimeSubmitted"            "1590712001"
  "ResolutionX"               "1280"
  "ResolutionY"               "720"
  "CaptureDescriptionID"     "Game threaded D3D9 NV12 + NVENC H264"
  "DecoderDescriptionID"     "Marvell hardware decoding"
  "BandwidthLimit"           "30000"
  "FramerateLimit"           "0"
  "Transport"                 "1"
  "SlowGamePercent"          "41.7662429809570313"
  "SlowCapturePercent"       "0"
  "SlowConvertPercent"       "0"
  "SlowEncodePercent"        "0"
  "SlowNetworkPercent"       "0"
  "SlowDecodePercent"        "0"
  "SlowDisplayPercent"       "0"
  "AvgClientBitrate"         "74.5301437377929688"
  "StdDevClientBitrate"      "12.9487514495849609"
  "AvgServerBitrate"         "11257.4462890625"
  "StdDevServerBitrate"      "0"
  "AvgLinkBandwidth"         "100000.0078125"
  "AvgPingMS"                 "0.0318444333970546722"
  "StdDevPingMS"             "0.033557940274477005"
  "AvgCaptureMS"             "1.34427356719970703"
  "StdDevCaptureMS"          "5.09987020492553711"
  "AvgConvertMS"              "0.12385665625333786"
  "StdDevConvertMS"          "0.881824910640716553"
  "AvgEncodeMS"               "6.01443004608154297"
  "StdDevEncodeMS"           "0.8254280686378479"
  "AvgNetworkMS"              "2.97779560089111328"
  "StdDevNetworkMS"          "2.06046938896179199"
  "AvgDecodeMS"               "1.72752976417541504"
  "StdDevDecodeMS"           "0.477157235145568848"
  "AvgDisplayMS"              "0.197927907109260559"
  "StdDevDisplayMS"          "0.301134049892425537"
  "AvgFrameMS"                "29.4598503112792969"
  "StdDevFrameMS"            "12.4974184036254883"
  "AvgFPS"                     "25.00982666015625"
  "StdDevFPS"                 "3.62799739837646484"
  "BigPicture"                 "1"
  "KeyboardMouseInput"        "0"
  "SteamControllerInput"      "1"
  "TouchControllerInput"      "0"
  "GameControllerInput"       "0"
  "XBox360ControllerInput"     "0"
  "XBoxOneControllerInput"     "0"
  "PS3ControllerInput"        "0"
  .. ..
}
```

Slika 3 Primjer streaming_log datoteke

3.2. Wireshark

Wireshark [15] je besplatni open-source program koji služi za analizu paketa. Razvijen je 1998. godine pod imenom Ethereal, 2006. godine je preimenovan. Dopršta analizu mrežnog prometa te filtriranje po IP adresama paketa koji stižu i odlaze s računala. Pri strujanju sadržaja na Steam Link, protokol kojim se prenose podatci je UDP, te koriste se vrata (engl. port) 27031 - 27036.[8]

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	63	27031 -> 54593 Len=21
2	0.002815	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
3	0.003303	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	63	27031 -> 54593 Len=21
4	0.009631	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	624	27031 -> 54593 Len=582
5	0.010028	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	108	27031 -> 54593 Len=66
6	0.013282	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	63	27031 -> 54593 Len=21
7	0.013342	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	63	27031 -> 54593 Len=21
8	0.013636	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
9	0.024855	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
10	0.025082	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
11	0.035613	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
12	0.042227	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	623	27031 -> 54593 Len=581
13	0.046543	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
14	0.058069	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
15	0.069485	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
16	0.075256	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	624	27031 -> 54593 Len=582
17	0.080545	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
18	0.091642	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
19	0.102588	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
20	0.114640	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
21	0.114944	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
22	0.119256	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	655	27031 -> 54593 Len=613
23	0.119325	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	108	27031 -> 54593 Len=66
24	0.126211	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	75	27031 -> 54593 Len=33
25	0.135873	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	92	27031 -> 54593 Len=50
26	0.135956	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	124	27031 -> 54593 Len=82
27	0.136026	192.168.5.15	192.168.5.10	UDP	1510	27031 -> 54593 Len=1468

> Frame 1: 63 bytes on wire (504 bits), 63 bytes captured (504 bits) on interface \Device\NPF_{BB662CA2-CDFE-4068-B14C-99193BE93C95}, id 0
> Ethernet II, Src: WistronI_b5:9f:9f (54:ee:75:b5:9f:9f), Dst: Valve_08:58:66 (e0:31:9e:08:58:66)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.5.15, Dst: 192.168.5.10
> User Datagram Protocol, Src Port: 27031, Dst Port: 54593
> Data (21 bytes)

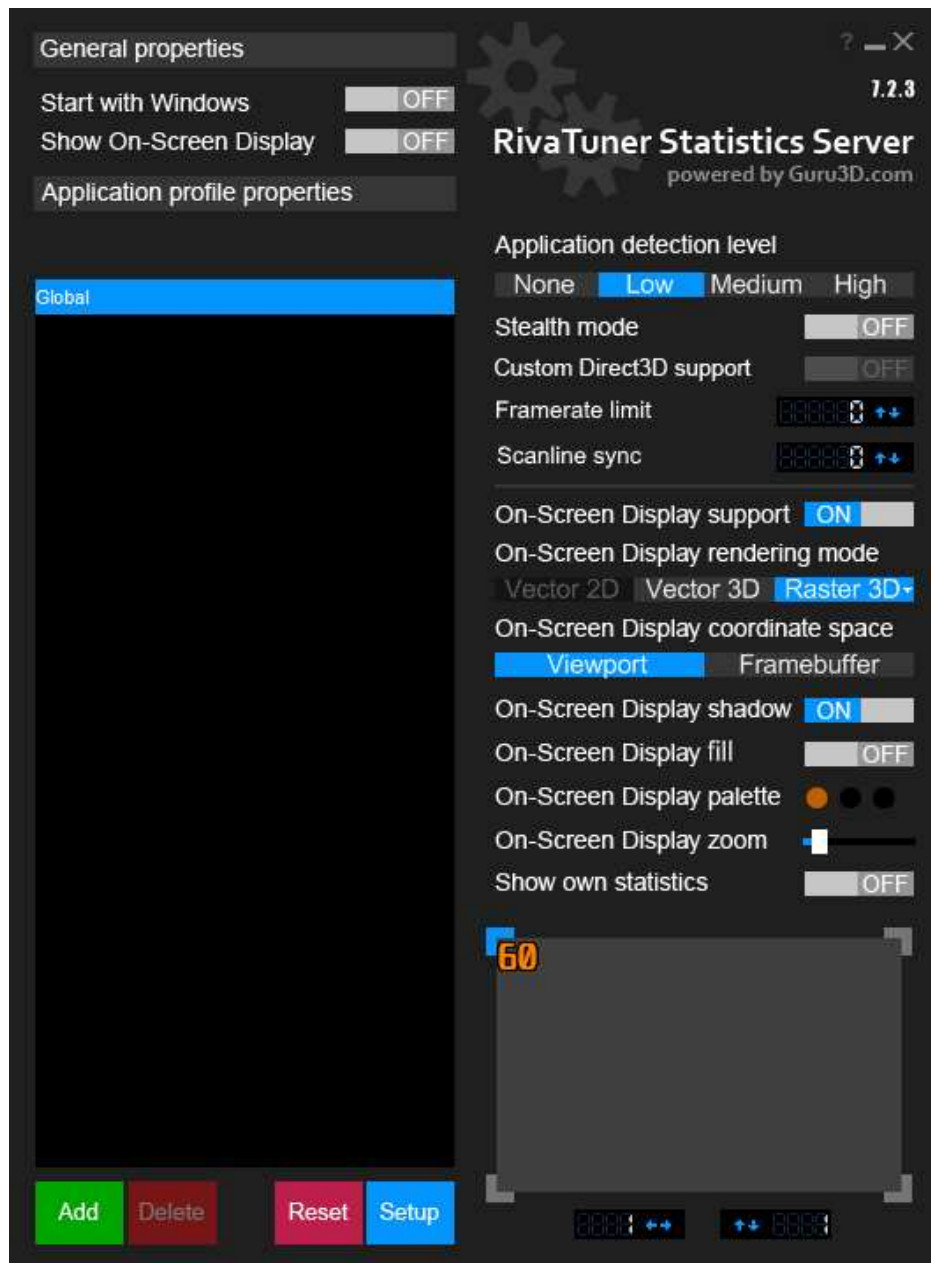
Slika 4 Primjer snimljenog prometa

Slika 4 prikazuje primjer snimljenog prometa pri strujanju igre s računala na Steam Link, u programu Wireshark. Prvi stupac imena *No.* prikazuje redni broj paketa od trenutka kada je počelo snimanje, u primjeru je prikazano prvih 27 paketa. Stupac *Time* daje podatak u koje je vrijeme od početka snimanja paket zabilježen, ovdje je vremenski razmak između prvog i zadnjeg prikazanog paketa oko 136ms. *Source* daje izvorišnu IP adresu paketa, u našem slučaju 192.168.5.15, dok *Destination* daje odredišnu koja je ovdje 192.168.5.10.

Protocol daje ime protokola kojim je paket poslan, svi paketi su poslani protokolom UDP. *Length* daje veličinu paketa izraženu u bajtovima koja se ovdje kreće od 63 do 1510 bajtova. *Info* daje vrata koja se koriste za razmjenu podataka. Izlazna vrata su 27031, dok odredišna su 58306.

3.3. RivaTuner Statistic Server

RivaTuner (Slika 5) je besplatni program za Windows operativne sustave čija je primarna svrha upravljanje radnim taktom grafičkih kartica i nadgledanje informacija koje grafičke kartice vraćaju korisniku. Razvijen je 1997. godine. Prvotno je bio namijenjen za Nvidia grafičke kartice. Sada radi na svim grafičkim karticama koje imaju podršku za DirectX, OpenGL ili Vulkan API (application programming interface). Program je licenciran raznim tvrtkama, te se nalazi kao dio programa MSI Afterburner, EVGA Precision X i ASUS GPU Tweak. Isto tako daje mogućnost ograničavanja brzine izvođenja programa na željeni broj sličica po sekundi [16].

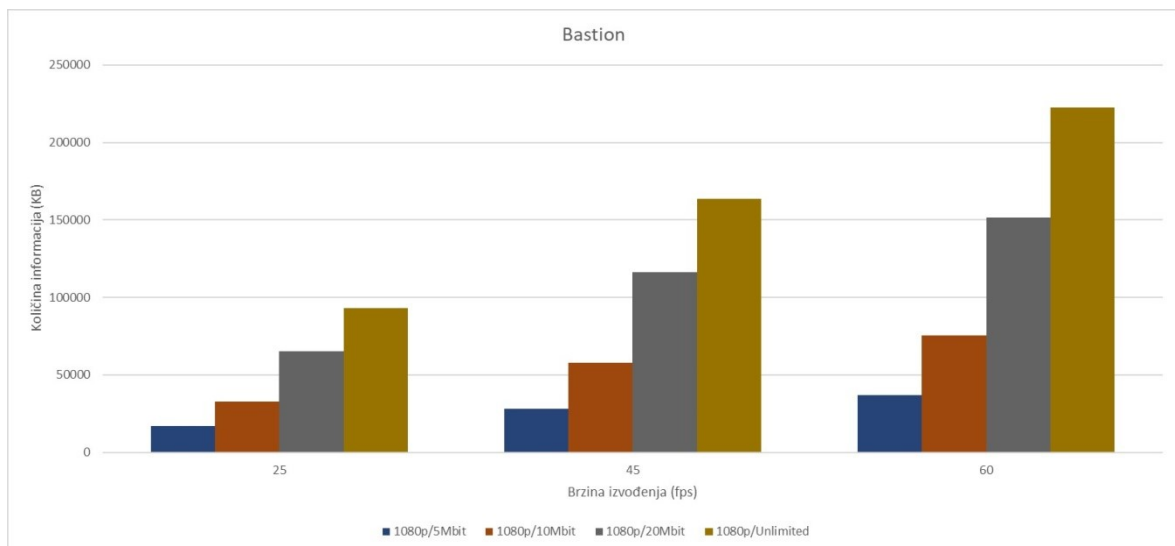


Slika 5 RivaTuner Statistic sučelje

4. Analiza rezultata

4.1. Utjecaj brzine izvođenja igre na mrežni promet

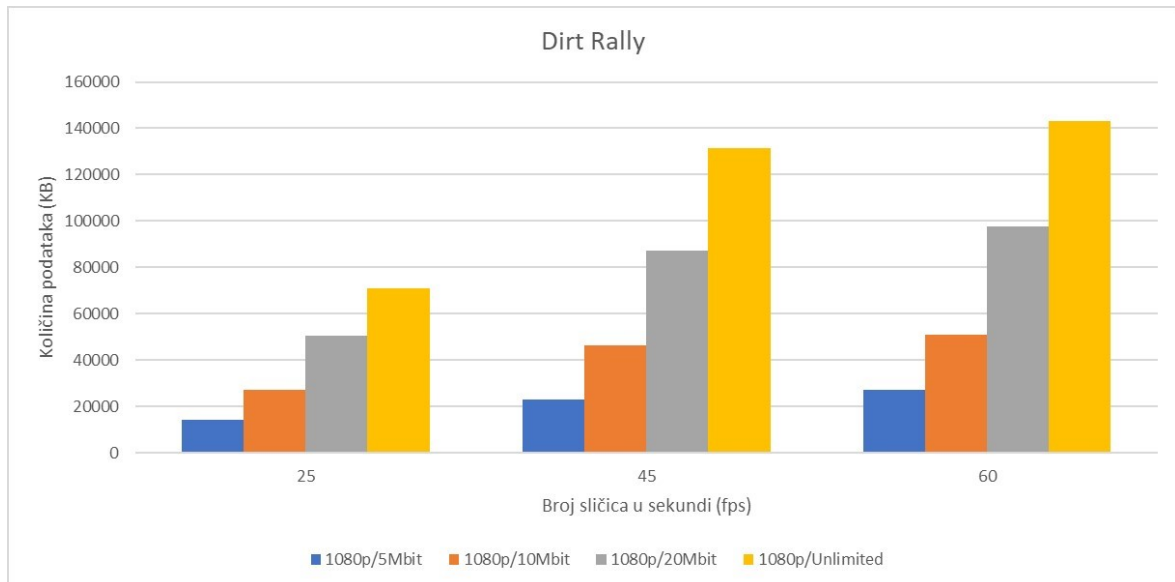
Za postavljanje brzine izvođenja igre korišten je alat RivaTuner, prilikom čega su odabrane 3 različite postavke za testiranje: 25 fps, 45 fps i 60 fps. U nastavku su prikazani grafovi za igre Bastion, Dirt Rally, Tomb Raider i Ace Combat: Assault Horizon. Snimanje prometa za Dirt Rally i Ace Combat je rađeno u vremenskom toku od oko 45 sekundi, za Bastion 60 sekundi dok za Tomb Raider 67 sekundi.



Slika 6 Bastion: količina podataka za različite brzine izvođenja

Bastion (Slika 6) je 2D igra kod koje opadanje kvalitete slike pri različitim postavkama propusnosti nije bilo toliko primjetno kao kod nekih kompleksnijih 3D igara. Vidimo da opadanje prenesene količine podataka približno odgovara smanjenju u brzini izvođenja igre. Kod postavki sa 45 sličica je preneseno između 23 posto (propusnost 20Mbit/s) i 26 posto (propusnost *Unlimited*) manje podataka nego kod 60 sličica što približno odgovara smanjenju u brzini izvođenja. Razlika u podacima između 60 i 25 iznosi 53 posto (5 Mbit/s) i 58

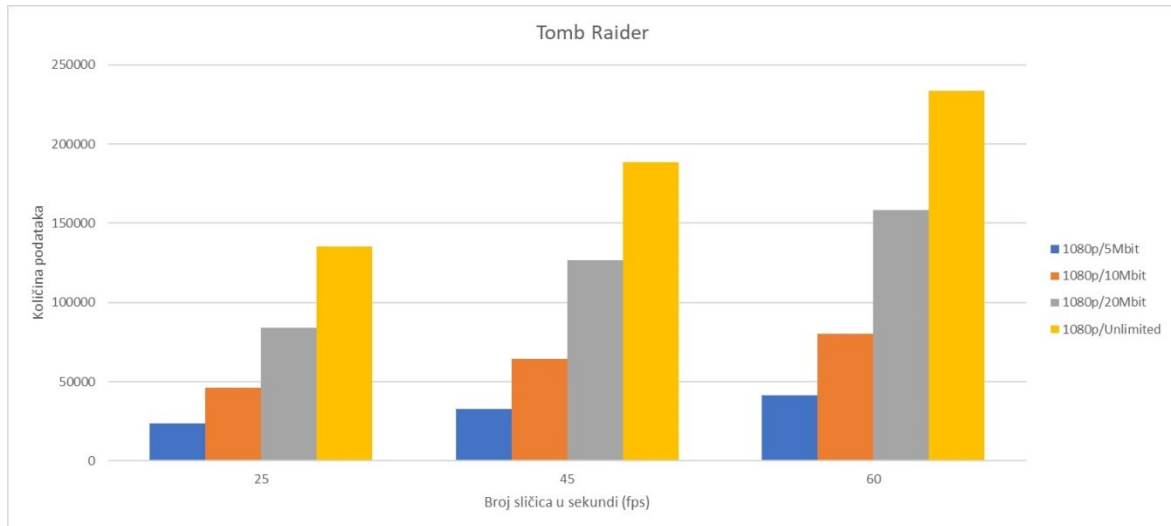
postu (*Unlimited*) što isto odgovara 58 postotnoj razlici između te dvije brzine izvođenja.



Slika 7 Dirt Rally: količina podataka za različite brzine izvođenja

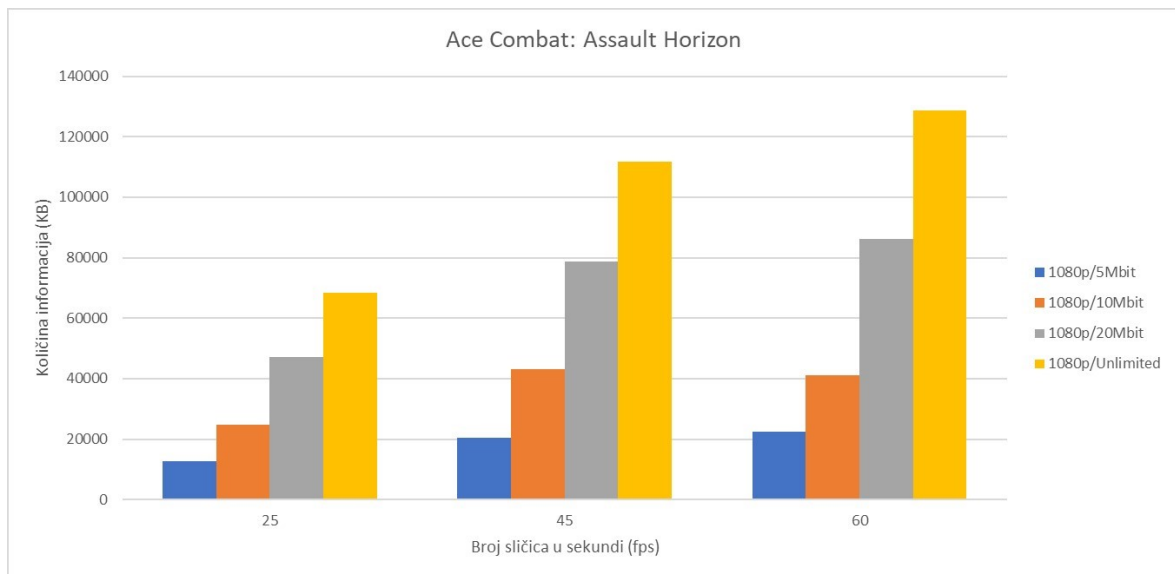
Kod testiranja igre Dirt Rally (Slika 7) primijećeni su najveći problemi s kompresijom, čak i pri postavljenju propusnosti na *Unlimited* kvaliteta slike je bila relativno loša. Ta igra ima dosta vegetacije i detalja na cestama s kojima se H.264 metoda kompresije ne nosi dobro. Razlika u količini podataka koja se prenese na 45 sličica u sekundi, u najboljem slučaju je manja za oko 8 posto (propusnost postavljena na *Unlimited*) nego ona u 60, dok je najveća razlika oko 16 posto (propusnost na 5 Mbit/s), razlika prenesene količine podataka između 60 i 25 sličica u sekundi je u najgorem slučaju 50 posto manja (propusnost *Unlimited*), dok u najboljem slučaju je oko 47 posto manja (propusnost 10 Mbit/s). Brzina izvođenja od 45 je 25 posto manja nego ona od 60 sličica u sekundi, dok je količina podataka koja se u najgorem slučaju prenese manja za 16 posto, što sugerira da se koristi manje agresivna kompresija, 25 sličica u sekundi je 58 posto manje nego 60, a razlika između količine podataka koja se prenese u najgorem slučaju je 50 posto, što sugerira

da kompresija slike koja se koristi je opet manja, ali postoji granica do kojeg će se kvaliteta slike poboljšati, te neće se iskoristiti puni potencijal propusnosti mreže.



Slika 8 Tomb Rider: količina podataka za različite brzine izvođenja

Tomb Raider (Slika 8) je isto kompleksna 3D igra, no scena u kojoj je igra testirana nije imalo puno sitnih detalja, te je kvaliteta slike bila bolja od one u Dirt Rally-u, iako lošija od one u Bastion-u, te tako predstavlja sredinu između te dvije igre. Za 45 sličica, količina podataka koja se prenese, za sve je slučajeve 19 posto manja nego ona kod 60 sličica, dok razlika između 60 i 25 kreće od 42 posto (*Unlimited*) do 47 (20 Mbit/s), što pokazuje da je moguće poboljšanje u kvaliteti slike, ali nije toliko veliko kao kod Dirt Rally i nije toliko malo kao kod Bastiona.

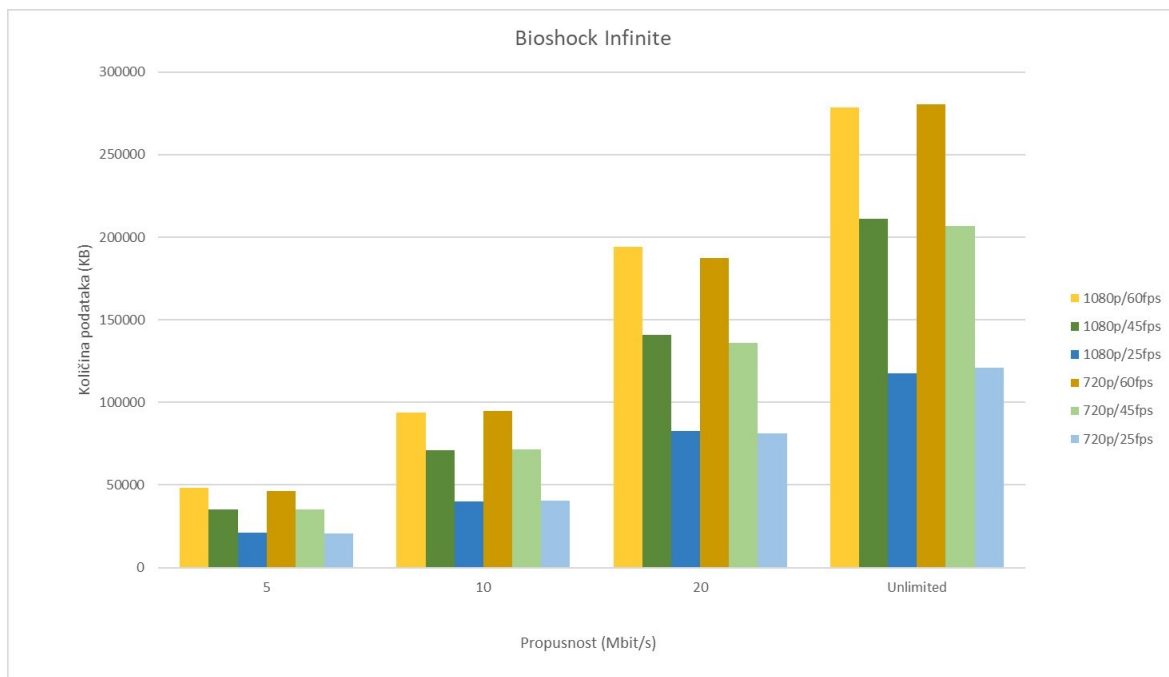


Slika 9 Ace Combat: količina podataka za različite brzine izvođenja

Ace Combat (Slika 9) je igra koja simulira borbu vojnim avionima, te je od svih testiranih igara najbolje sakrivala kompresiju. Razlika između količine prenesenih podataka na 60fps i 45fps kreće se od -5 posto (10 Mbit/s) do 13 posto (*Unlimited*), dok razlika između 60fps i 25fps kreće se od 39 posto (10Mbit/s) do 46 posto (*Unlimited*). Igra je dosta dinamična, stoga je jako teško ponoviti slične scenarije, zbog toga se javlja ova razlika od -5 posto. Zanimljivo je da su rezultati dosta slični s igrom Dirt Rally koja je imala najlošiju kvalitetu slike. Vjerojatno su rezultati slični jer većinu ekrana zauzima nebo koje je u raznim nijansama plave, bijele i sive boje, i kako nije jako detaljno puno je ugodnije za gledati nakon provedene kompresije.

4.2. Utjecaj promjene rezolucije na količinu prenesenih podataka

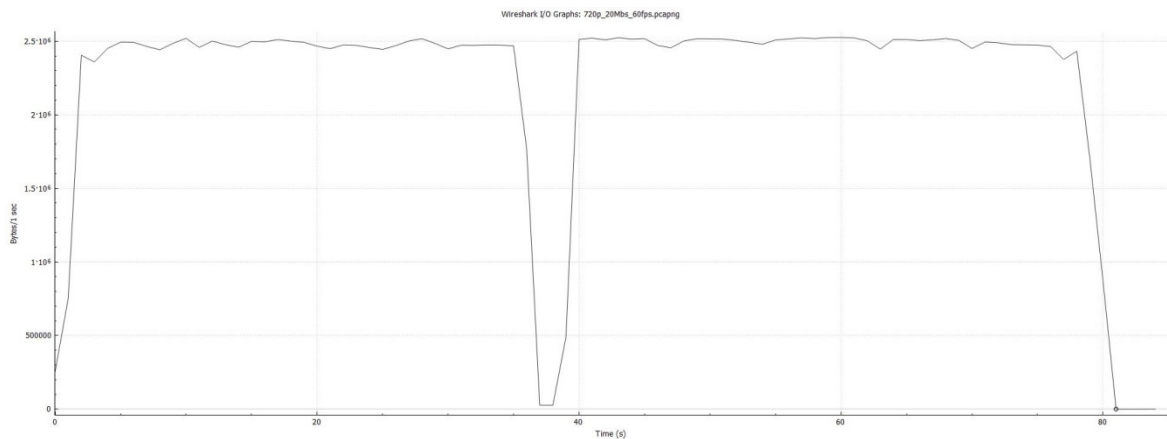
Ograničenja rezolucija koja smo koristili pri testiranju su 720p i 1080p. Želimo utvrditi da li smanjenje rezolucije daje manje prenesenih podataka. U nastavku su prikazani grafovi (Slika 10 i Slika 13) koji će uspoređivati količine prenesenih podataka za različite propusnosti (5Mbit/s, 10Mbit/s, 20Mbit/s i *Unlimited*). Uz to svaka rezolucija je testirana za sve brzine izvođenja (25fps, 45fps i 60fps). Prikazani su i grafovi (Slika 11 i Slika 12) koji prikazuju propusnost kroz vrijeme (engl. throughput).



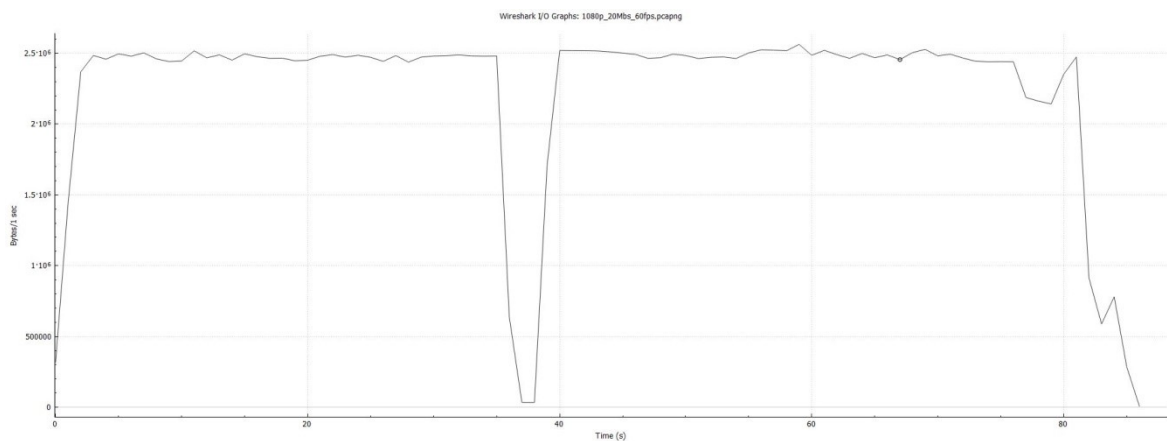
Slika 10 Bioshock Infinite: količina podataka za različite propusnosti i rezolucije

Za igru Bioshock Infinite (Slika 10) vidimo da je količina podataka koja se prenosi za obje rezolucije gotovo identična. Pri testiranju ove igre kod nižih propusnosti (5Mbit/s i 10Mbit/s), primijećeno je poboljšanje kvalitete slike za nižu rezoluciju, uz stvaranje manje blokova (engl. blockiness). Slika 11 i slika 12 prikazuju brzinu prijenosa podataka (engl. throughput) kroz vrijeme za 720p

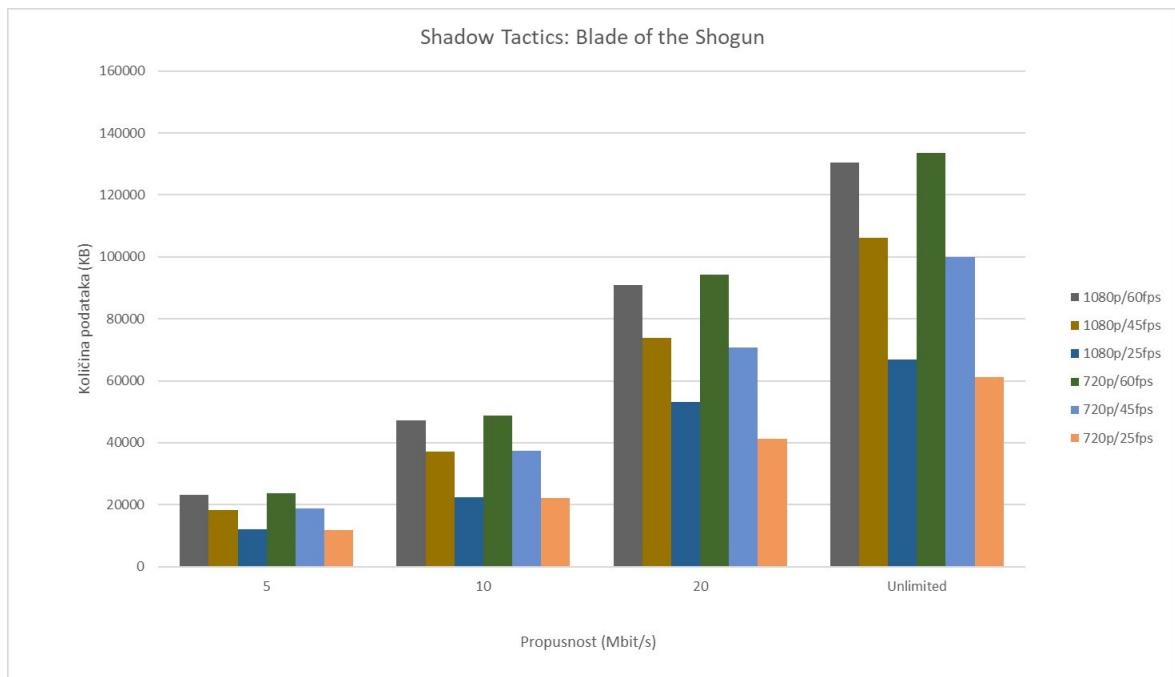
rezoluciju (slika 11) i 1080p rezoluciju (slika 12), ostale postavke su iste (propusnost 20Mbit/s i 60fps). Iz toga je vidljiva gotovo ista brzinu prijenosa podataka. Iz oba grafa vidimo kako se blizu sredine događa ogroman pad u količini prenesenih podataka, to je iz razloga što se u testiranoj sceni za ovu igru dogodi kratko učitavanje podataka i ekran se potpuno zacrni za to vrijeme.



Slika 11 Bioshock Infinite: brzina prijenosa podataka pri 20 Mbit/s, rezoluciji 720p i 60fps



Slika 12 Bioshock Infinite: brzina prijenosa podataka pri 20 Mbit/s, rezoluciji 1080p i 60fps



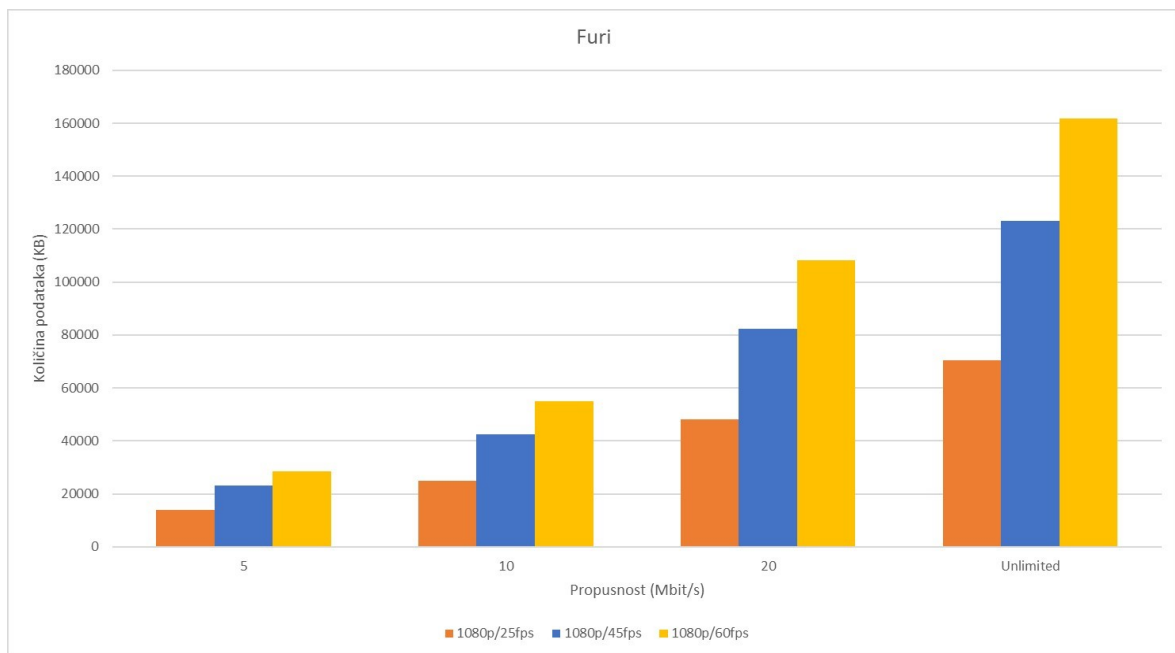
Slika 13 Shadow Tactics: Blade of the Shogun: količina podataka za različite propusnosti i rezolucije

Za igru Shadow Tactics (Slika 13) imamo dosta sličnu situaciju kao sa Bioshock Infinite. Količina podatka koja se prenese za različite rezolucije gotovo je identična.

Pri testiranju svih igara, i pri promjeni rezolucije nije nijednom uočena promjena u količini prenesenih podataka. Velika razlika što se tiče kvalitete slike je primjetna u izbornicima, pogotovo u Steam izborniku gdje su slova puno oštrija pri većoj rezoluciji. Pri samome igranju nije uočena velika razlika u kvaliteti slike. Steam Remote Play ne bi nikada promijenio rezoluciju pri smanjenu propusnosti.

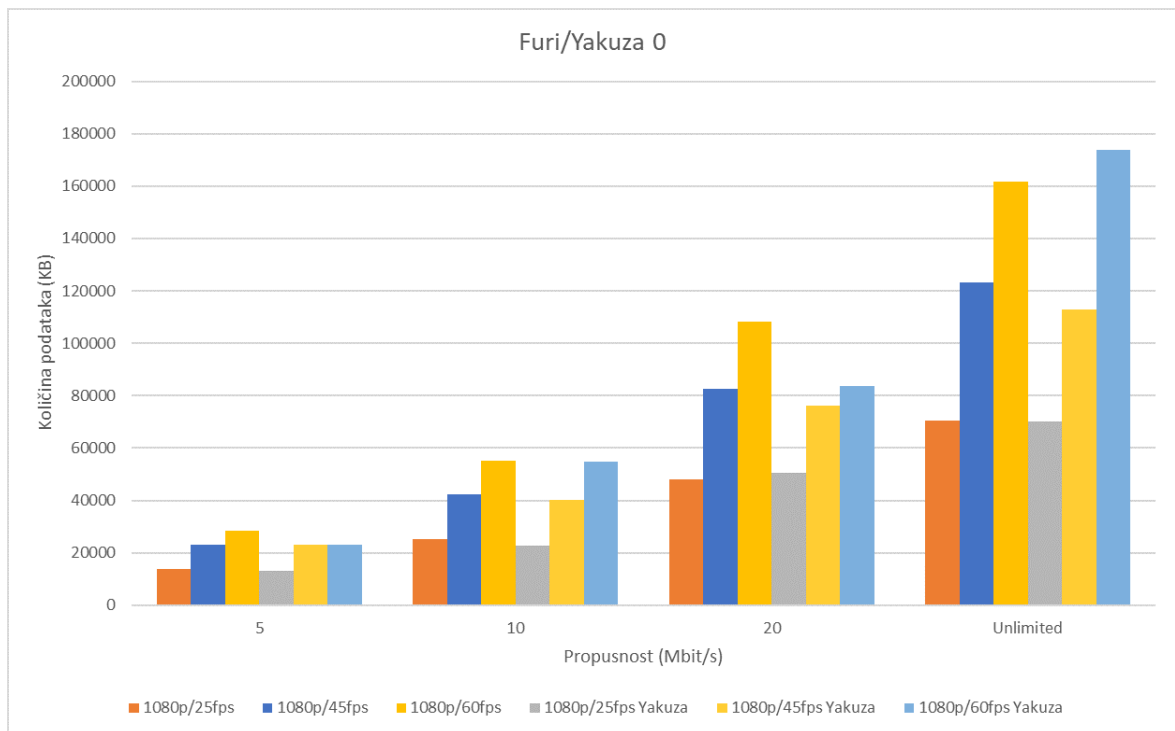
4.3. Utjecaj propusnosti na količinu prenesenih podataka

Za testiranje koristila su se 3 ograničenja propusnosti (5Mbit/s, 10Mbit/s i 20Mbit/s) i opcija *Unlimited* koja bi trebala iskoristiti punu propusnost mreže. Za prikaz grafova uzeta je 1080p rezolucija kao konstanta. Za tu rezoluciju uzete su sve 3 brzine izvođenja igre (25fps, 45fps i 60fps).



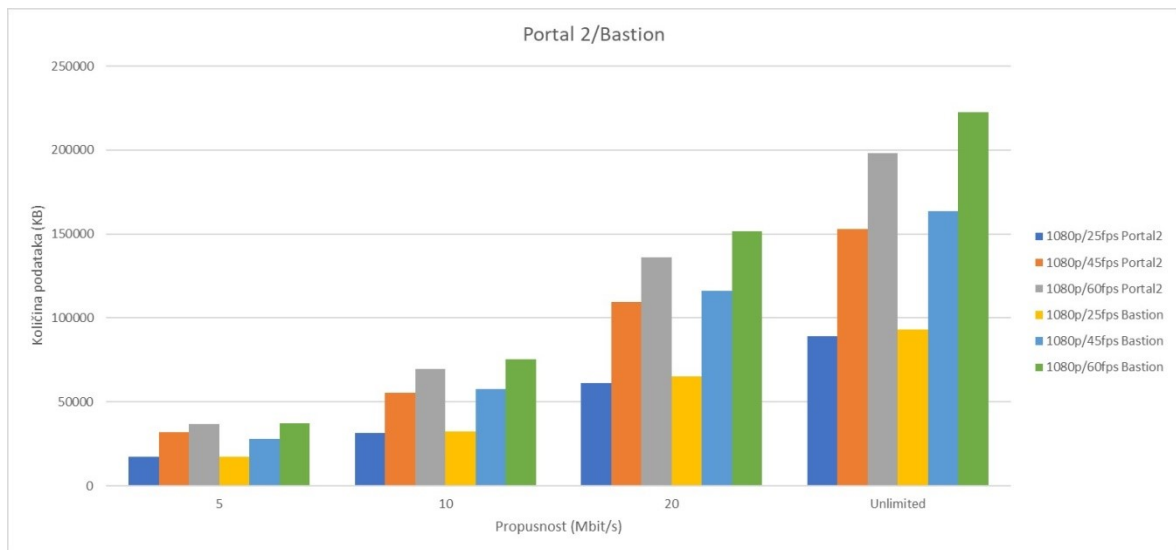
Slika 14 Furi: količina podataka za različite propusnosti

Neovisno o postavljenoj brzini izvođenja igre uvijek je količina podataka koja se prenese na 5 Mbit/s za oko 50 posto manja nego ona za 10 Mbit/s, te je ta za oko 50 posto manja nego ona na 20 Mbit/s. Zanimljiva je količina prijenosa *Unlimited* koja se u `streaming_log` datotekama bilježi kao propusnost od 30 Mbit/s, tj. najveće ograničenje koji Steam Link dopušta, što odgovara podacima koje ovdje imamo, jer je količina podatka koje dobivamo na 20 Mbit/s manja za oko 33 posto nego ona na postavci *Unlimited*.

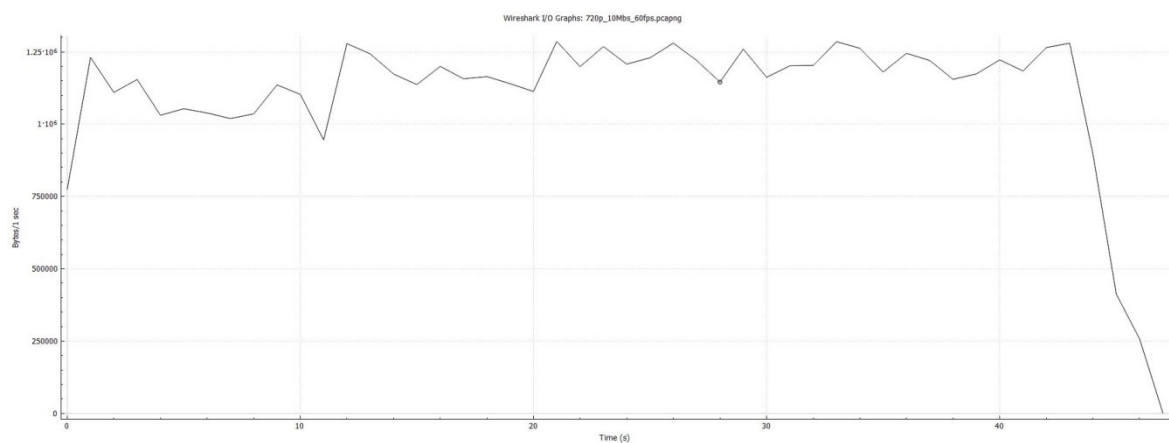


Slika 15 Furi i Yakuza 0: usporedba količine podataka za različite propusnosti

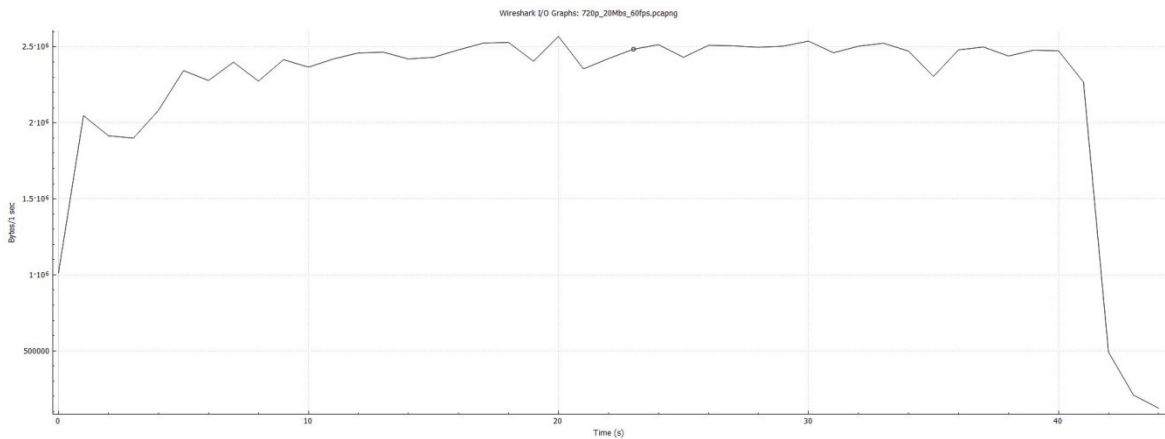
Ako usporedimo dvije igre koje su testirane na jednakim vremenskim intervalima kao što su Furi i Yakuza 0 (Slika 15) i koje su dosta različite po svom izgledu. Furi ima okruženje u kojem nema kompleksnih 3D objekata, paleta boja koja se koristi je dosta slična, dok Yakuza ima realistične likove i svijet. Iz podataka koje imamo vidimo kako je količina informacija koja se prenese dosta slična, s manjim istupanjima za koja možemo okriviti nemogućnost potpune vremenske točnosti snimanja prometa.



Slika 16 Portal 2 i Bastion: usporedba količine podataka za različite propusnosti
 Iz usporedbe Portal 2 i Bastiona (Slika 12) vidimo dosta slične veličine paketa koje se prenose, za prilično različite igre, ali pri većim propusnostima vidljivo je kako se oko 10 posto manje podataka prenese kod igre Portal 2 u odnosu na Bastion.



Slika 17 Yakuza 0: brzina prijenosa podataka pri 10Mbit/s, rezoluciji 720p i 60fps



Slika 18 Yakuza 0: brzina prijenosa podataka pri 20 Mbit/s, rezoluciji 720p i 60fps

Na slici 13 i slici 14 možemo vidjeti brzinu prijenosa podataka u bajtovima za igru Yakuza 0. Slika 13 prikazuje promet za propusnost od 10 Mbit/s, dok slika 14 propusnost od 20 Mbit/s, sve ostale postavke (rezolucija i brzina izvođenja) su jednake. Vidimo da je prenošenje podataka dosta jednolično. Pri propusnosti od 20 Mbit/s, prosječno se po sekundi prenese dvostruko više podataka nego pri propusnosti od 10 Mbit/s.

Mijenjanje propusnosti pri testiranju je imalo velike posljedice na kvalitetu slike. Za neke igre kao što su Bastion, Broforce, Ace Combat i Shadow Tactics promjena na manje vrijednosti je bila vidljiva, iako su rezultati bili relativno dobri. Igra Dirt Rally je imala daleko najviše problema s kvalitetom slike, čak i pri opciji *Unlimited* kompresija je bila vidljiva, a kod propusnosti 5Mbit/s i 10Mbit/s pojavili bi se veliki blokovi (engl. blockiness) koji bi jako utjecali na kvalitetu igranja. Ta igra ima staze koje su pune sitnih detalja (kao što su kamenčići), te okoliš igre je pun vegetacije. Ta dva faktora predstavljaju veliki problem za H.264 video kodek. Igra koja je uz Dirt Rally imala probleme, iako dosta blaže je Bioshock Infinite. Pri manjim propusnostima listovi u krošnjama stabla nisu bili vidljivi, a u slučaju pojave magle u igri opet bi se pojavili vidljivi blokovi. Kod statičnih scena određeni dijelovi slike bi dobili više detalja. Ostale

igre spadaju u kategoriju gdje niža propusnost vidljivo utječe na kvalitetu slike, ali se igre i dalje mogu igrati bez nekih problema koji bi mogli nastupiti iz lošije kvalitete videa. Promjena propusnosti nije utjecala na sporiji odziv kontrola, te se jednako dobro moglo igrati na 5 Mbit/s kao i na 20 Mbit/s.

5. Zaključak

Igre zasnovane na računalnom oblaku predstavljaju budućnost industrije video igara, način na koji će većina korisnika konzumirati sadržaj. Polako ulazimo u vrijeme kada će 5G mreže biti široko dostupne, te internetske brzine od 100 Mbps više nisu rijetka pojava. Cilj ovoga rada je bila analize prometa mreže pri strujanju igra na Steam Link. Za provedbu zadatka testirano je 10 igara iz različitih žanrova. Kod testiranja mijenjala su se tri parametra: ograničenja propusnosti mreže, ograničenje rezolucije i brzina izvođenja igre. Kvaliteta slika je uvelike ovisila o testiranoj igri, te obično 2D igre i 3D igre koje nemaju jako detaljne okoliše nisu imale probleme s kvalitetom slike, dok igre koje imaju u svome okolišu puno vegetacije su imale vidno lošiju sliku. Brzine izvođenja igre je imala je utjecaj na poboljšanja kvalitete slike, no lakoća kontroliranja igre bi opala zbog manjeg broja sličica po sekundi. Postavljanje ograničenja rezolucije ne bi utjecalo na količinu prenesenih podataka, no niže rezolucije s manjim propusnostima bi dale vidno bolje rezultate u kvaliteti slike nego niže propusnosti s većom rezolucijom, dok za veće propusnosti veća rezolucija bi dala oštriju sliku bez vidljivog opadanje kvalitete slike.

Možemo zaključiti da bi kompleksnije 3D igre imale velike koristi od prelaska na veće brzine prijenosa ili na bolje metode kompresije kao što je H.265, dok jednostavnije igre daju dosta dobru kvalitetu slike i pri manjim propusnostima te je testirana tehnologija i više nego adekvatna za takve igre.

6. Literatura

- [1] “Gaming worth more than video and music combined - BBC News,” *BBC*. <https://www.bbc.com/news/technology-46746593> (Zadnji pristup: 11.06.2020).
- [2] “Steam Link.” <https://store.steampowered.com/steamlink/about/> (Zadnji pristup: 11.06.2020).
- [3] Mell, P., & Grance, T. (2011). "The NIST definition of cloud computing", Special Publication 800-145
- [4] Shea, R., Liu, J., Ngai, E. C. H., & Cui, Y. (2013). Cloud gaming: architecture and performance. *IEEE Network*, 27(4), 16-21
- [5] Huang, Chun-Ying & Hsu, Cheng-Hsin & Chang, Yu-Chun & Chen, Kuan-Ta. (2013). GamingAnywhere: An open cloud gaming system. *Proceedings of the 4th ACM Multimedia Systems Conference, MMSys 2013*. 36-47. 10.1145/2483977.2483981.
- [6] “Your Games. Your Devices. Play Anywhere | NVIDIA GeForce NOW.” <https://www.nvidia.com/en-eu/geforce-now/> (Zadnji pristup 11.06.2020).
- [7] “Steam, The Ultimate Online Game Platform.” <https://store.steampowered.com/about/> (Zadnji pristup 11.06. 2020).
- [8] “Required Ports for Steam - Network/Connection Issues - Knowledge Base - Steam Support.” https://support.steampowered.com/kb_article.php?ref=8571-GLVN-8711 (Zadnji pristup 11.06.2020).
- [9] “Stadia – One place for all the ways we play.” <https://stadia.google.com> (Zadnji pristup 11.06.2020).

- [10] “Steam Remote Play.” <https://store.steampowered.com/remoteplay> (Zadnji pristup 11.06.2020).
- [11] “Steam (service),” *Wikipedia*. Jun. 05, 2020, [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Steam_\(service\)&oldid=960903343](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Steam_(service)&oldid=960903343). (Zadnji pristup: Zadnji pristup: 11.06.2020)
- [12] “What’s the Steam Link Made Of?,” *Boiling Steam*, Oct. 20, 2015. <https://boilingsteam.com/whats-the-steam-link-made-of/> (Zadnji pristup: 11.06.2020).
- [13] “Steam Link Hardware - Steam Link - Knowledge Base - Steam Support.” https://support.steampowered.com/kb_article.php?ref=9221-RTID-4643 (Zadnji pristup: 11.06.2020).
- [14] “Steam Link.” <https://store.steampowered.com/steamlink/about/> (Zadnji pristup: 11.06.2020).
- [15] “1.4. A Brief History Of Wireshark.” https://www.wireshark.org/docs/wsug_html_chunked/ChIntroHistory.html (Zadnji pristup: 11.06.2020).
- [16] “RivaTuner,” *Wikipedia*. Feb. 06, 2020, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=RivaTuner&oldid=939382341>. (Zadnji pristup: 11.06.2020)

7. Sažetak

Računalni oblak otvara nove mogućnosti za igranje igara u svome domu, kao i izvan njega bez potrebe za skupim računalnim konfiguracijama, koje su isključivo namijenjene za igre. Od korisnika se samo zahtijeva pristup Internetu, te ekran na koji može prikazati sadržaj.

U ovome radu je analiziran mrežni promet pri strujanju igara na uređaj Steam Link. Za testiranje je uzeto 10 igara i 3 postavke koje su se mijenjale, a to su rezolucija, propusnost i brzina izvođenja igre. Nakon provođenja mjerenja došlo se do zaključaka o ovisnosti količine podataka koja se prenese za te različite postavke.

Ključne riječi: analiza mrežnog prometa, igre zasnovane na računalnom oblaku, Steam Remote Play, Steam Link, Wireshark

8. Summary

Cloud computing opens up new possibilities for playing games in and out of your home without the need for expensive computer configurations, which are exclusively designed for gaming. The user is only required to have Internet access, and a screen on which to display content.

In this paper, we analyze the network traffic when streaming games to the Steam Link. For testing, 10 games were considered and 3 different settings were manipulated, namely resolution, bandwidth, and framerate. After performing the measurements, conclusions were drawn regarding the dependence of the amount of data transmitted for these different settings.

Keywords: network traffic analysis, Cloud gaming, Steam Remote Play, Steam Link, Wireshark

9. Dodatak: Popis slika

Slika 1. Arhitektura igara zasnovanih na oblaku [4]	5
Slika 2. Povezivanje uređaja	9
Slika 3 Primjer streaming_log datoteke	13
Slika 4 Primjer snimljenog prometa	14
Slika 5 RivaTuner Statistic sučelje	16
Slika 6 Bastion: količina podataka za različite brzine izvođenja	17
Slika 7 Dirt Rally: količina podataka za različite brzine izvođenja	18
Slika 8 Tomb Rider: količina podataka za različite brzine izvođenja	19
Slika 9 Ace Combat: količina podataka za različite brzine izvođenja	20
Slika 10 Bioshock Infinite: količina podataka za različite propusnosti i rezolucije	21
Slika 11 Bioshock Infinite: brzina prijenosa podataka pri 20 Mbit/s, rezoluciji 720p i 60fps	22
Slika 12 Bioshock Infinite: brzina prijenosa podataka pri 20 Mbit/s, rezoluciji 1080p i 60fps	22
Slika 13 Shadow Tactics: Blade of the Shogun: količina podataka za različite propusnosti i rezolucije	23
Slika 14 Furi: količina podataka za različite propusnosti	24
Slika 15 Furi i Yakuza 0: usporedba količine podataka za različite propusnosti	25
Slika 16 Portal 2 i Bastion: usporedba količine podataka za različite propusnosti	26
Slika 17 Yakuza 0: brzina prijenosa podataka pri 10Mbit/s, rezoluciji 720p i 60fps	26
Slika 18 Yakuza 0: brzina prijenosa podataka pri 20 Mbit/s, rezoluciji 720p i 60fps	27

10. Dodatak: Popis tablica

Tablica 1. Testirane igre.....	11
--------------------------------	----