

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 4712

**Aplikacija za pohranu i anotaciju video  
sadržaja igranja igara zasnovanih na  
računalnom oblaku**

Filip Jurčić

Zagreb, lipanj 2016.



## Sadržaj

1.	Uvod .....	3
2.	Igre zasnovane na računalnom oblaku .....	5
2.1	Arhitektura .....	5
2.2	Kvaliteta usluge .....	7
3.	Analiza video sadržaja .....	10
3.1	Anotacija.....	10
3.2	Metodologija istraživanja .....	13
3.2.1	Steam In-Home Streaming.....	13
3.2.2	Izračun metrika .....	14
3.2.3	Analizirane igre .....	15
4.	Aplikacija "CG Database" .....	18
4.1	Baza Podataka .....	18
4.2	UML dijagrami .....	20
4.3	Sučelje aplikacije .....	23
5.	Analiza i rezultati.....	27
6.	Zaključak .....	32
7.	Sažetak.....	33
8.	Summary .....	34
9.	Literatura .....	35

## 1. Uvod

Igre zasnovane na računalnom oblaku (engl. *cloud gaming* - CG) 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. Korisnik usluzi pristupa sa klijentskog uređaja (računalo, konzola, pametni telefon), pri čemu na njegov zahtjev započinje strujanje željene igre u obliku video sadržaja. Igra je pohranjena na udaljenom poslužitelju gdje se ona pokreće i izvršava, a video se direktno preko interneta šalje na korisnikov uređaj [1].

CG je postao aktualna tema zadnjih nekoliko godina primarno zbog jedne od svojih glavnih prednosti: pristup *high-end* igrama sa bilo kojeg uređaja i operacijskog sustava, neovisno o njegovim specifikacijama i mogućnostima. CG je prepoznat kao obećavajući pomak u mrežnom igranju [2], no nije još potpuno zaživio zbog određenih nedostataka. Strujanje video sadržaja zahtijeva veliku propusnost (engl. *bandwidth*) što veliki broj mrežnih operatera nije u stanju ponuditi. Potreba za stalnom povezanošću s Internetom i nemogućnost potpunog uklanjanja kašnjenja su također faktori koji se ne smiju zanemariti [3]. Najpoznatije platforme koje nude uslugu CG strujanja su *GamingAnywhere*, *Steam In-Home Streaming*, *Remote Play*, *Cloud Gaming eXtreme*, *NVIDIA GeForce Now* i *Ubisoft GameCloud*.

Kroz zadnjih nekoliko desetljeća industrija igara je doživjela nevjerojatan procvat: od malog broja naslova u 2-D-u, preko prelaska u treću dimenziju i sve kompleksnijih igara pa do današnjih naslova koji poprilično realno prikazuju stvarni svijet. Igre se razlikuju po raznim svojstvima; žanr, perspektiva kamere, broj igrača (*singleplayer/multiplayer*), detaljnost (zahtjevnost izvođenja na uređaju i "ljepota" prikaza), jednostavnost učenja i igranja... Sukladno različitim zahtjevima, pri korištenju usluge CG-a različite igre imaju različite mrežne zahtjeve. Dinamičnije igre zahtijevaju što brži i precizniji odziv na reakcije korisnika (kontrole), dok je kod manje dinamičnih igara bitnije fokus staviti na što ljepši i detaljniji grafički prikaz. U ovom radu će se pokušati uz pomoć analize objektivnih metrika dobivenih iz videozapisa igranja pojedinih igara odrediti parametre koji određuju prethodno navedene karakteristike.

Cilj ovoga rada je snimanje i analiza videa igranja igara preko računalnog oblaka uz različite parametre video kodiranja preko *Steam In-Home Streaming* platforme. Osim video parametara, zabilježavati će se i neka obilježja igara poput perspektive kamere, žanra igre, broja igrača i korisnički unos (broj klikova i pritisaka na tipkovnici). Kao tehnička podloga za pohranu rezultata analize izrađena je desktop aplikacija koja služi kao baza podataka za pohranu videa i dobivenih vrijednosti.

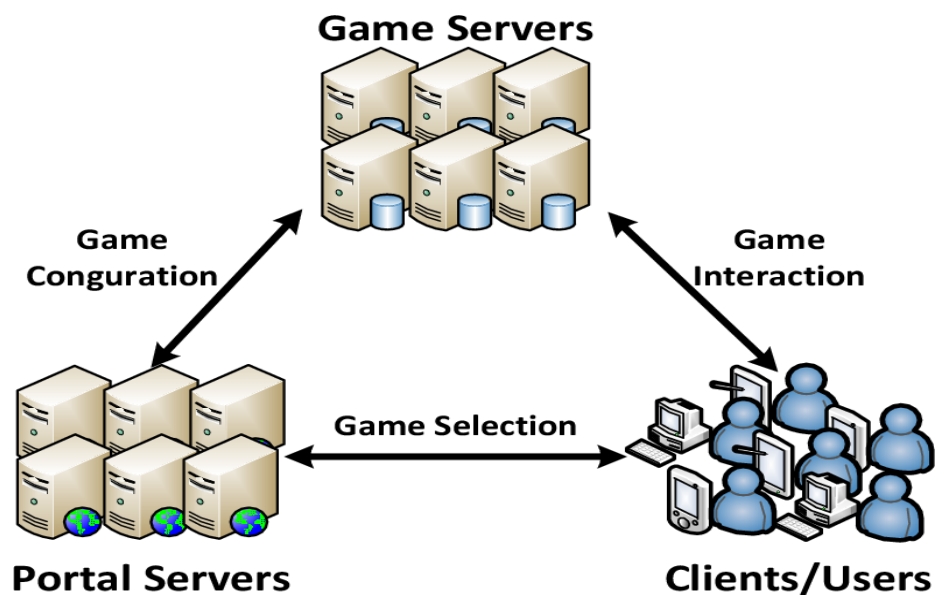
Ovaj rad se sastoji od 9 poglavlja. U drugom poglavlju je objašnjena osnovna funkcionalnost i ideja koja stoji iza koncepta CG-a te je prikazana osnovna arhitektura na primjeru *GamingAnywhere* platforme. Osim toga, prikazani su i objašnjeni funkcije i moduli potrebni za rad i osvrnulo se na problem iskustvene kvalitete i kvalitete usluge. U trećem poglavlju je opisan postupak analize video sadržaja. Nabrojane su i opisane osnovne metrike čije su se vrijednosti mjerile te način dobivanja istih. Prikazana su osnovna svojstva korištene platforme, *Steam In-Home Streaming* [19] te su nabrojane igre koje su se igrale i scenariji po kojima se snimao videosadržaj. Igre su podjeljene u kategorije koje se koriste prilikom prikaza rezultata. Četvrto poglavlje opisuje aplikaciju korištenu za pohranu rezultata mjerenja; način izrade i strukturu baze podataka, ponašanje sustava pomoću dijagrama te samo sučelje aplikacije. U petom poglavlju su grafički prikazani i objašnjeni rezultati mjerenja. Prikazani su odnosi vremenskih i prostornih metrika te radnje po minuti za svaku igru. Nakon navedenih poglavlja slijede zaključak rada, sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku te popis literature.

## 2. Igre zasnovane na računalnom oblaku

Kao što je prije spomenuto, CG omogućuje strujanje željene igre na zahtjev u obliku video sadržaja. Korisniku (klijentu) omogućuje igranje bilo koje igre koja se vrti na poslužiteljskim računalima sa svojim uređajem uz uvjet da je spojen na Internet. Ne mora se brinuti za hardverske zahtjeve i oslobođen je potrebe za čestom nadogradnjom starijeg uređaja. Tipični primjeri klijentskih uređaja su prijenosna računala, TV sa upravljačkom kutijom (engl. *Set-Top-Box*) i pokretni uređaji. Uz prethodno navedeno, nepotrebna instalacija dodatnog softvera (sve potrebno je na poslužitelju) uslugu čini zanimljivom tvorcima igara i krajnjim korisnicima [8].

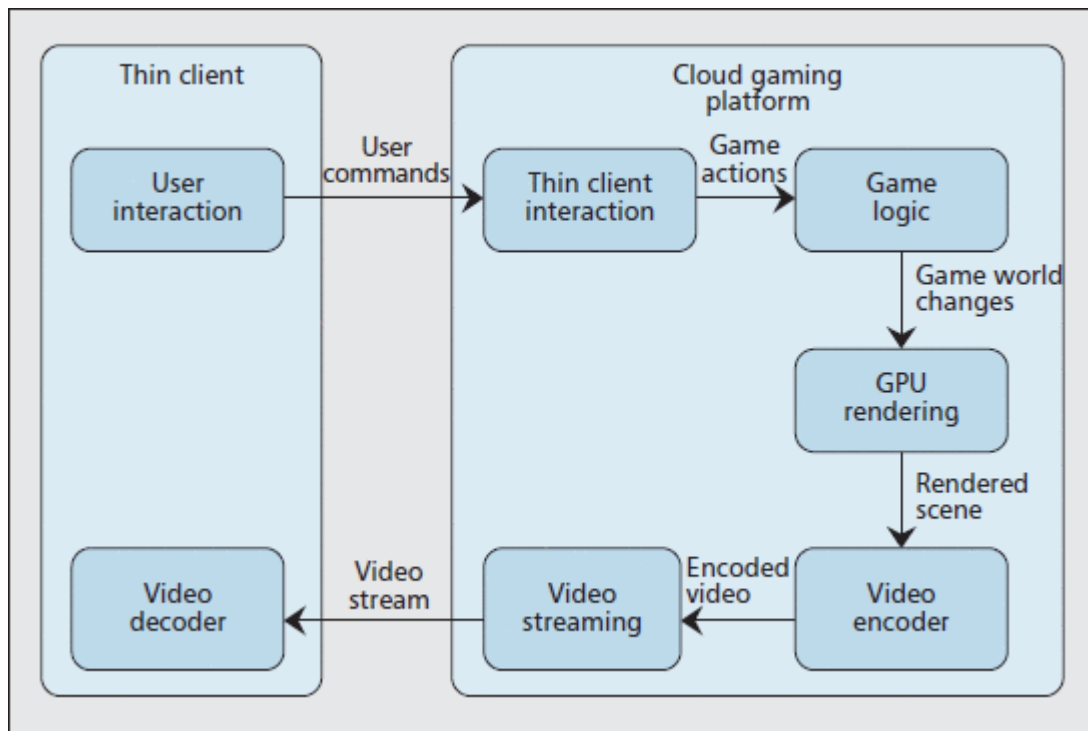
### 2.1 Arhitektura

Usluga CG-a bi se jednostavno mogla opisati kao razmjena podataka između klijenta i poslužitelja; klijent šalje zahtjev i poslužitelj mu vraća odgovor ovisno o zahtjevu. Detaljnije se to može opisati na primjeru *on-line* usluge koja nudi strujanje igraćeg sadržaja. U nastavku je arhitektura prikazana i opisana na primjeru usluge *GamingAnywhere*. Korisnik se sa svog računala prijavljuje u sustav preko portal poslužitelja, gdje mu se prikazuje lista dostupnih igara. Nakon odabira željene igre, portal poslužitelj traži dostupan poslužitelj na kojem će se vrtjeti igra, pokreće igru na njemu, te korisniku vraća URL tog poslužitelja [9]. Pomoću URL-a, korisnik se spaja na poslužitelj s igrom i igranje započinje. Opisani scenarij pokretanja prikazan je na slici (*Slika 1*).



Slika 1: Pokretanje željene igre pomoću CG usluge (slika preuzeta iz [9])

Na slici (Slika 2.) je prikazano što se događa tijekom igranja, kako se na poslužitelju obrađuju kontrole koje su poslone s klijenta, odnosno video sadržaj koji se šalje natrag klijentu. Korisnik igra igru pomoću neke vrste kontrolera (tipkovnica i miš, joystick, volan, zaslon osjetljiv na dodir...) i njegov unos se preko Interneta prenosi na CG sustav. Na njemu se kontrole pretvaraju u odgovarajuće akcije u igri, koje logika igre interpretira i sukladno s time prenosi u svijet igre. Dobivene promjene se potom obrađuju grafičkim procesorom poslužiteljskog računala u scenu igre. Scena se potom sažima pomoću video kodera i šalje se modulu za strujanje video sadržaja. Modul dobiveni video sadržaj šalje na klijentski uređaj, koji nakon dekodiranja korisniku prikazuje okvire videozapisa [1].



Slika 2: Funkcije i moduli potrebni za rad CG sustava (slika preuzeta iz [1])

Unatoč velikim prednostima koje usluga donosi za autore igara i krajnje korisnike, problem predstavlja i posebnu pažnju treba skrenuti na kvalitetu usluge (engl. *Quality of Service* – QoS) i iskustvenu kvalitetu (engl. *Quality of Experience* – QoE).

## 2.2 Kvaliteta usluge

Pojam QoS se u području mreža odnosi na skup standarda i mehanizama za osiguravanje visoke kvalitete izvođenja kritičnih aplikacija. Tradicionalno, koncept kvalitete je podrazumijevao da se sav promet u mreži tretira ravnopravno. No ukoliko neka od aplikacija zahtijeva veću propusnost, to može rezultirati lošim radom svih aplikacija u mreži. Zbog toga koncept kvalitete uzima u obzir da će neki korisnici i aplikacije imati veće mrežne zahtjeve te im se može dati prednost prilikom kontrole prometa. Cilj je omogućiti aplikacijama potrebnu uslugu tako da se osigura dovoljna propusnost mreže, nadziranje kašnjenja prijenosa te smanjenje gubitka podataka [10].



QoE se odnosi na zadovoljstvo ili nezadovoljstvo korištenjem neke usluge ili servisa te je rezultat ispunjenja korisnikovih očekivanja korištenja istih uzevši u obzir korisnikovu osobnost i trenutno stanje (subjektivni dojam) [11].

Kao što je prethodno spomenuto u uvodu, igre se međusobno razlikuju te sukladno s tim imaju i različite zahtjeve od pružatelja usluge da bi korištenje bilo optimalno. CG usluga je dosta slična "klasičnim" mrežnim igrama, gdje mrežni zahtjevi nisu veliki, a i kašnjenja je moguće smanjiti metodama kompenzacije kašnjenja. Međutim, to nije moguće kod CG-a iz razloga što se sve što je vezano uz rad igre odvija na poslužitelju te dok klijent ne dobije povratnu informaciju svog unosa (iscrtavanje scene, prenošenje kontrola u svijet igre...), on ne može vidjeti rezultate svojih akcija. Iz tog razloga je usluga znatno osjetljivija na kašnjenja u odnosu na „klasične“ mrežne igre. Prije spomenuta kompenzacija nije moguća iz razloga što koristi informacije o stanju igre, koje nisu dostupne klijentu u slučaju CG usluge [8].

Iz tih činjenica se lako da zaključiti da za optimalno iskustvo prilikom igranja na CG usluzi kašnjenje i gubici paketa moraju biti svedeni na minimum. Međutim, treba uzeti u obzir da nemaju sve igre jednake interakcije, iz čega slijedi da kašnjenje ne utječe jednako na sve igre [12]. Istraživanje [1] je pokazalo da je maksimalno kašnjenje kod FPS (engl. *First Person Shooter - FPS*) igara iznosi 100ms. Jako mala tolerancija na kašnjenje je rezultat neprestane akcije u takvoj vrsti igara i potrebe za brzom reakcijom. Kod RPG (engl. *Role Playing Game – RPG*) igrač od velikog broja akcija ne očekuje trenutni odziv i samim time je veća tolerancija kašnjenja – prihvatljivo je do 500 ms. Međutim, potrebna je brza registracija da je akcija inicirana. Kod RTS (engl. *Real Time Strategy - RTS*) igara se zbog prirode igara da se u isto vrijeme upravlja s više jedinica i obavlja više individualnih naredbi tolerira kašnjenje i do 1000 ms, koje igrač najčešće ni ne osjeti.

Prijašnja istraživanja na području CG-a što se tiče iskustvene kvalitete su pokazala različite rezultate. Pokazano je da igre kod kojih su učestale promjene na zaslonu i koje imaju veći intenzitet korisničkog unosa imaju veliki utjecaj na iskustvenu kvalitetu. Igre sa bržim tempom, poput FPS igara većinom imaju prije spomenute odlike te nisu prikladne za igranje u CG okruženju gdje se javljaju dodatna kašnjenja na poslužitelju uzrokovana kodiranjem i dekodiranjem videa te

obradom korisničkog unosa [8]. U drugom istraživanju se utvrdilo da gubitak paketa veći od 12% uzrokuje ozbiljan pad stope okvira [22]. Dok u igrama sa bržim tempom veliko vrijeme odziva uzrokuje značajan pad zadovoljstva korisnika, gubitak paketa nema primjetan utjecaj na korisničko nezadovoljstvo. Razlog tomu je korisnikova zaokupljenost učestalim promjenama na zaslonu zbog kojih ne primjećuju posljedice kompresije uzrokovane gubitkom paketa [23].

Općenito su zaključci do kojih se došlo da su igre sa visokim intenzitetom korisničkog unosa te brzim tempom osjetljive na kašnjenja u mreži. Za gubitak paketa se većinom ustanovilo da nema značajan utjecaj na iskustvenu kvalitetu kao kašnjenje ili propusnost u mreži [24].

Dostupnost mrežnih resursa se mijenja tijekom vremena prilikom čega može doći do različitih uvjeta pristupa mreži ili gdje različit broj igrača pristupa uskom grlu veze te se poslužitelj mora prilagoditi da bi zadovoljio različite dostupnosti propusnosti [2]. Poslužitelj mijenja konfiguraciju kodeka s obzirom na izmjerenu dostupnu propusnost u mreži (promjena brzine video kodiranja i FPS-a), što znatno može utjecati na QoE kod korisnika prilikom lošijih uvjeta u mreži.

### 3. Analiza video sadržaja

#### 3.1 Anotacija

Za analizu prostornih i vremenskih karakteristika video sadržaja koristit će se dva skupa objektivnih video metrika:

- Prvi skup metrika će biti izvučen sukladno s ITU-T preporukom P.910 (4/2008): prostorna percepcijska informacija (SI) i vremenska percepcijska informacija (TI) [5] ;
- Drugi skup metrika koji će biti koristan u ovom obrascu uporabe će biti postotak kodiranih makroblokova, odnosno postotak unaprijed/unazad ili intra-kodiranih makroblokova (PFIM) za vremenski aspekt videozapisa, dok se za prostorni koristi veličina intra-kodiranih blokova (IBS) [6] .

#### TI (engl. *Temporal perceptual Information - TI*)

TI je mjera koja općenito ukazuje na količinu vremenskih promjena unutar video slijeda. Uobičajeno je veća za slijedove s velikom količinom gibanja. Mjerenje informacije se temelji na svojstvu razlike pokreta,  $M_n(i, j)$ , što je razlika između vrijednosti piksela svjetlosti na istom mjestu u prostoru, ali u uzastopnim vremenima ili okvirima.  $M_n(i, j)$  kao funkcija vremena ( $n$ ) definirana je kao:

$$M_n(i, j) = F_n(i, j) - F_{n-1}(i, j)$$

Ovdje je  $F_n(i, j)$  piksel u  $i$ -tom redu i  $j$ -tom stupcu  $n$ -tog okvira u vremenu. Mjera vremenske informacije (TI) se izračunava kao maksimum po vremenu ( $\max_{time}$ ) standardne devijacije po prostoru ( $std_{space}$ ) od  $F_n(i, j)$  po svim  $i$  i  $j$ .

$$TI = \max_{time} \{std_{space} [M_n(i, j)]\}$$

Više pokreta u susjednim okvirima će rezultirati većim vrijednostima TI. Za scene koje sadrže rez, moguće je dobiti dvije vrijednosti: jedna gdje je rez prisutan u mjerenju vremenske informacije te druga gdje je isključen iz mjerenja.

### **SI (engl. *Spatial perceptual Information - SI*)**

SI je mjera koja se temelji na Sobel filteru. Svaki video okvir (*Luminance plane*) u vremenu  $n$  ( $F_n$ ) se prvo filtrira pomoću Sobel filtra [ $Sobel(F_n)$ ]. Nakon toga se izračunava standardna devijacija po pikselima ( $std_{space}$ ) u svakom filtriranom okviru. Ova radnja se ponavlja za svaki okvir u videu i rezultira u vremenskom slijedu prostorne informacije scene. Maksimalna vrijednost u vremenskom slijedu ( $max_{time}$ ) se odabire da predstavlja količinu informacije scene. Proces se može prikazati pomoću jednadžbe kao:

$$SI = \max_{time} \{std_{space} [Sobel(F_n)]\}$$

### **PFIM (engl. *Percentage of Forward/backward Intra-coded Macroblocks - PFIM*)**

Postotak kodiranih makroblokova je mjera pokreta unutar scene videozapisa. Logika koja stoji iza PFIM-a je da će se videu s vizualnim promjenama od okvira do okvira te promjene kodirati (bilo kod susjednih blokova ili neovisno o drugim blokovima), dok video bez vizualnih promjena može preskočiti veliku količinu kodiranja.

### **IBS (engl. *Intra-coded Block Size - IBS*)**

Veličina intra-kodiranih blokova je mjera kompleksnosti scene. Ukoliko je scena jednostavna, nema puno informacija koje je potrebno kodirati, tako da će veličina intra-kodiranog bloka biti mala. Ako je scena složenija, veličina intra-kodiranog bloka će biti velika da bi sadržavala sve potrebne informacije.

Osim objektivnih video metrika za analizu vremenskih i prostornih karakteristika, mjerit će se i sljedeće karakteristike:

### **APM (engl. *Actions Per Minute* – *APM*)**

APM je pojam koji u igrama prikazuje koliko igrač obavi radnji u tijeku jedne minute. U kontekstu ovog rada će služiti za prikaz prosječnog korisničkog unosa tijekom igranja neke igre čiji podaci će se potencijalno moći iskoristiti u kategorizaciji nakon analize ako se primijeti korelacija s drugim parametrima. Za mjerenje APM-a će se zabilježavati broj klikova mišem (lijevi i desni klikovi zajedno) i broj pritisaka na tipkovnicu.

### **FPS (engl. *Frames Per Second* – *FPS*)**

FPS označava frekvenciju kojom neki uređaj prikazuje uzastopne slike koje se nazivaju okvirima [13]. Pravilnije bi bilo reći da se pomoću FPS-a izražava vrijednost stope okvira (engl. *frame rate*). Veće vrijednosti FPS-a u igrama i videima rezultiraju "glatkijim" i samim time ljepšim prikazom.

### **Brzina video kodiranja (engl. *bitrate*)**

U kontekstu telekomunikacija pojam brzine video kodiranja označava broj bitova koji se prenose ili procesiraju po jedinici vremena [14]. U ovom radu je bitan za kvalitetu strujanja videozapisa s poslužitelja na klijenta, gdje veća vrijednost brzine video kodiranja znači veću kvalitetu sadržaja koji se prenosi strujanjem.

### **Žanr igre**

Žanr igre označava kategorizaciju igara s obzirom na neka zajednička svojstva s obzirom na interakcije unutar igre i neka obilježja koja su svojstvena tim igrama. Treba napomenuti da se tu ne misli na vizualne sličnosti ili sličnosti sadržaja unutar igre, nego sličnosti u načinu igranja igre te skup prepreka s kojima se igrač suočava tijekom igranja [14].

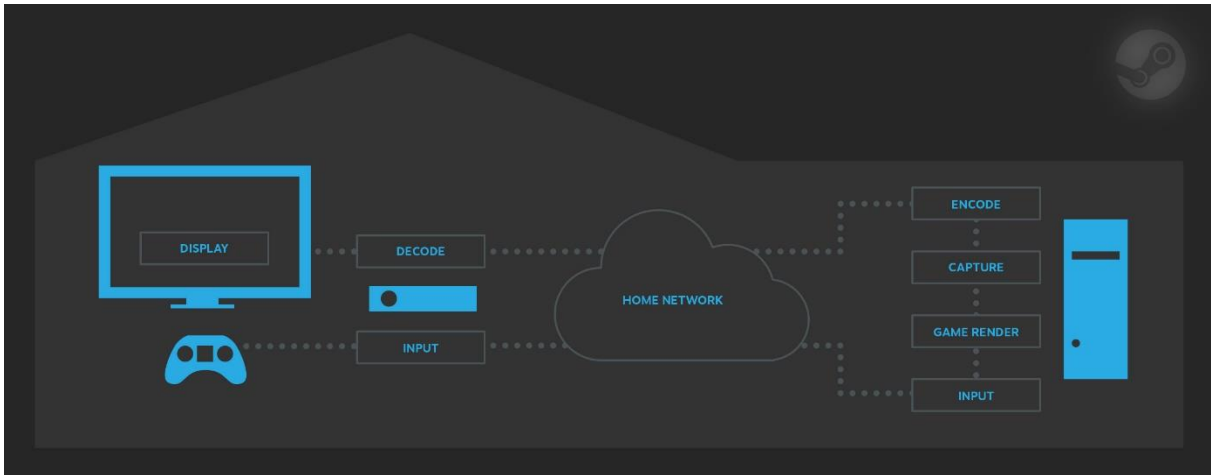
## 3.2 Metodologija istraživanja

### 3.2.1 Steam In-Home Streaming

CG usluga koja će se koristiti za snimanje i prikupljanje videozapisa u ovom radu bit će Valveova usluga *Steam In-Home Streaming* [19]. Usluga je jednostavna za podesiti i koristiti, pri čemu je glavni preduvjet da usluga funkcionira da su poslužiteljsko i klijentsko računalo spojeni na istu pod mrežu. Način rada usluge *Steam In-Home Streaming* je prikazan na slici (*Slika 3.*). Recimo da korisnik koristi uslugu u svom domu, gdje mu poslužitelj predstavlja kućno stolno računalo, a on želi igrati na svom TV-u (pomoću upravljačke kutije). Tijekom igranja, kontrole se šalju preko pod mreže na poslužitelj, gdje slijedi proces prepoznavanja kontrola (*input*). Kontrole se pretvaraju u odgovarajuće akcije te se sukladno s time stvara scena unutar igre (*render*). Nakon toga, dobiveni sadržaj se sažima i kodira (*capture* i *encode*), odakle se u obliku audiovizualnog toka šalje na klijentski uređaj. Uređaj dekodira primljeni sadržaj, i korisnik na TV-u vidi rezultat. Vrata (engl. port) koja se koriste za strujanje su UDP vrata 27031 i 27036 te TCP vrata 27036 i 27037 [16].

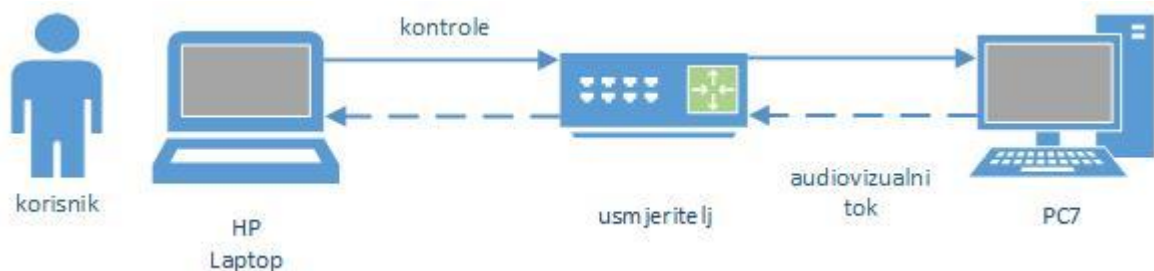
Računalo na kojem će se vrtjeti igre za optimalno iskustvo treba imati bolje komponente od računala na koje se prenosi video sadržaj. Poseban naglasak je na grafičkoj kartici te na procesoru, za kojeg Valve predlaže da barem ima četiri jezgre. Idealno bi bilo da su uređaji umreženi uz pomoć kabela, no to nije uvijek izvedivo[4].

Osim igara koje su dostupne na Steamu je moguće strujati igre koje nisu dostupne putem dućana Steam (uz prethodno dodavanje u *Library*), no ne mora nužno biti funkcionalno i nije službeno podržano.



Slika 3: Način rada Steam In-Home Streaminga (Slika preuzeta iz [4])

Na slici (Slika 4.) je prikazano okruženje pri kojem se obavljalo snimanje i testiranje u laboratoriju. Kao poslužiteljsko računalo je korišteno Windows radno računalo (operacijski sustav Windows 8, procesor Intel 3.6 Ghz i7, 8 GB RAM-a i grafička kartica ASUS GT740 OC), a kao klijent laptop HP Probook 4530s (operacijski sustav Windows 10, procesor Intel 2.5 Ghz i5, 4 GB RAM-a i grafička kartica AMD Radeon HD 7400M). Oba uređaja su pomoću LAN kabela spojeni na istu podmrežu u zavodskom laboratoriju.



Slika 4: Laboratorijsko okruženje

### 3.2.2 Izračun metrika

Za potrebe snimanja videa za ovaj rad će se koristiti program FRAPS [20]. Njegova osnovna primjena je snimanje videa igranja igara. Svoju veliku

popularnost zahvaljuje jednostavnom učenju i korištenju i mogućnostima koje ispunjavaju potrebe većine korisnika. U svojoj besplatnoj inačici, FRAPS omogućuje snimanje videa u različitim vrijednostima FPS-a (30, 50, 60 ili ručno unesena vrijednost) i duljine do 30 sekundi, što će biti dovoljno za potrebe ovog rada. Za mjerenje korisničkog unosa (broj klikova i pritisaka na tipkovnicu) se koristi aplikacija Mousotron [21]. Aplikacija je jednostavna za korištenje, prati sav korisnički unos tijekom rada na računalu, vrti se u pozadini i ukoliko se želi pauzirati/resetirati mjerenje potrebno je to ručno učiniti.

Prvi skup metrika (IBS i PFIM) će se dobiti pomoću skripti koje će se izvršavati na operacijskom sustavu Linux (Ubuntu inačica 14.04). Za pretvorbu videozapisa u potrebne formate za analizu su korištene *bash* skripte *getAviFragments* i *avisToMpegs* [7] te alat *mpeg\_stat* s Berkeleyja za dobivanje potrebnih statistika iz .mpeg fragmenata. Iz tih statistika se na kraju dobivaju vrijednosti za IBS i PFIM pomoću *python* skripti koje je napisao Mark Claypool [6].

Drugi skup metrika se izračunava pomoću MATLAB skripte autora Savvasa Argyropoulosa. Skripta kao ulaz prima ime datoteke (video u formatu .avi) te dodatne parametre koji određuju početak sekvence analize, kraj sekvence i prozor za izračun SI parametra tijekom analize. Nakon pokretanja, skripta učitava sve okvire u memoriju i kreće analiza, nakon koje su dobivena četiri parametra; maksimalna i srednja vrijednost TI i maksimalna i srednja vrijednost SI. Za ovaj rad će se koristiti informacije srednjih vrijednosti.

### 3.2.3 Analizirane igre

U sklopu ovog rada je igrano i analizirano 20 igara koje su većinom različitih žanrova, no za potrebe ovog rada su podijeljene u 6 općenitih kategorija; action (akcijske igre), racing (utrke), RPG (engl. *Role Playing Game* - *RPG*), strategy (strategije), shooter (pucačine), MOBA (engl. *Multiplayer Online Battle Arena* - *MOBA*). U nastavku će biti opisane sve igre i scenariji u kojima se provodilo snimanje i analiza.



Prva igra na kojoj je provedeno mjerenje je Dota 2, *on-line* MOBA (*Multiplayer Online Battle Arena*) za 10 igrača. Scenarij nad kojim se provodilo snimanje videa je igranje protiv računalnih protivnika (engl. *bots*). Druga igra je Warhammer 40,000: Dawn of War, RTS (engl. *Real Time Strategy - RTS*) igra koju je moguće igrati u 2-8 igrača. Scenarij u ovoj igri je bilo također igranje sa računalno upravljanim protivnicima u timovima (2 protiv 2). Bastion je akcijski RPG za jednog igrača, likom se upravlja u trećem licu (eng. *Third person view*). Scenarij igranja je bio igranje prve razine, koja igrača upoznaje s osnovnim kontrolama i načinom igranja. Civilization V je strategijska igra na poteze koju je moguće igrati u 2-12 igrača. Snimljeni scenarij je igranje protiv 3 računalno upravljana protivnika. Company of Heroes je RTS igra čija je radnja smještena u 2. svjetski rat. Scenarij snimanja je bio okršaj (engl. *skirmish*) protiv računalno upravljano protivnika. Fable je akcijski RPG kojeg igra jedan igrač, a snimani scenarij je igranje *story mode-a*, u kojem priča prati glavnog lika koji je sletom okolnosti prisiljen postati heroj. Heroes of the Storm je *on-line* MOBA za 10 igrača gdje se odvijaju borbe između junaka drugih Blizzardovih igara. Snimani scenarij je bio igranje protiv računalno upravljanih protivnika (5 protiv 5). Hearthstone je *on-line* kartaška igra za dva igrača. Scenarij snimanja je igra protiv ljudskog protivnika. Joe Danger 2 je akcijska igra za jednog igrača koja sadrži elemente trkaćih i platformskih igara. Scenarij snimanja je bio nad igranjem prve tri otključane razine. Medieval II: Total War je strategijska igra za 2-8 igrača koja se odvija u rundama gdje se igranje odvija na poteze, te borbe gdje se igranje odvija u stvarnom vremenu. Snimani scenarij je borba s računalno upravljanim protivnikom. Runner 2 je platformska igra gdje se scena promatra sa strane, a lik kojim se upravlja trči s lijevog dijela ekrana na desni. Snimani scenarij je igranje na dvije početne razine. The Elder Scrolls V: Skyrim je akcijski RPG otvorenog svijeta za jednog igrača. Snimani scenarij je igranje *story mode-a* gdje se nakon napada zmaja bježi iz zatočeništva. Batman: Arkham Origins je akcijska avantura za jednog igrača. Snimani scenarij je igranje *story mode-a* koji se odvija kroz zatvor gdje se potrebno boriti s protivnicima. Burnout: Paradise je trkaća igra za 1-8 igrača. Snimani scenarij je utrka kroz grad protiv računalno upravljanih protivnika. Counter-Strike: Global Offensive je *on-line First Person Shooter* za više igrača. Snimani scenarij je igranje protiv računalno upravljanih protivnika u timovima (5 protiv 5). Far Cry 2 je *First Person Shooter* otvorenog svijeta za jednog igrača. Snimani scenarij je

igranje *story-mode-a*. Grid 2 je trkaća igra koja se igra u 1-8 igrača. Snimani scenarij je utrka s računalno upravljanim protivnicima. HALO: Spartan Assault je pucačina u trećem licu za jednog ili više igrača. Snimani scenarij je igranje jedne od dostupnih misija. Rocket League je nogometna igra bazirana na fizici gdje igrači umjesto s ljudima upravljaju s vozilima. Scenarij snimanja je igranje protiv računalno upravljanih protivnika u timovima (2 protiv 2). Posljednja igra je South Park: The Stick of Truth je RPG za jednog igrača. Snimani scenarij je igranje početka *story-mode-a* gdje se upoznaje s kontrolama i načinom igranja igre.

U tablici (*Tablica 1.*) je prikazana kategorizacija igara korištena pri analizi rezultata.

*Tablica 1: Kategorizacija igara*

<b>Žanr igre</b>	<b>Igre</b>
Action	Bastion, Batman: Arkham Origins, Joe Danger 2, Runner 2, Rocket League
Racing	Burnout: Paradise, Grid 2
Role playing game	Fable, The Elder Scrolls V: Skyrim, South Park: The Stick of Truth
Strategy	Civilization V, Company of Heroes, Hearthstone, Medieval II: Total War, Warhammer 40k: Dawn of War
Shooter	Counter-Strike: Global Offensive, Far Cry 2, HALO: Spartan Assault
MOBA	Dota 2, Heroes of the Storm

## 4. Aplikacija "CG Database"

Osim analize snimljenog video sadržaja igranja igara, bilo je potrebno napraviti i *desktop* aplikaciju kojoj je funkcija pohrana svih dobivenih podataka u bazu podataka. U poglavlju 3.1. su spomenuti neki od podataka koje je potrebno pohraniti, osim njih je potrebno još zabilježiti broj igrača, te scenarij igranja po kojem se snimao video. Aplikacija je izrađena u razvojnom okruženju Microsoft Visual Studiu.

Microsoft Visual Studio je integrirano razvojno okruženje koje se koristi za razvoj računalnih programa, kao i web stranica, web aplikacija te web servisa. Visual Studio koristi Microsoftove razvojne platforme kao Windows API, Windows Forms, Windows Presentation Foundation, Windows Store i Microsoft Silverlight. Inicijalno podržani programski jezici unutar okruženja su C, C++, C#, VB.NET i F#, a ostali jezici su dostupni po potrebi putem dodatnih instalacija.

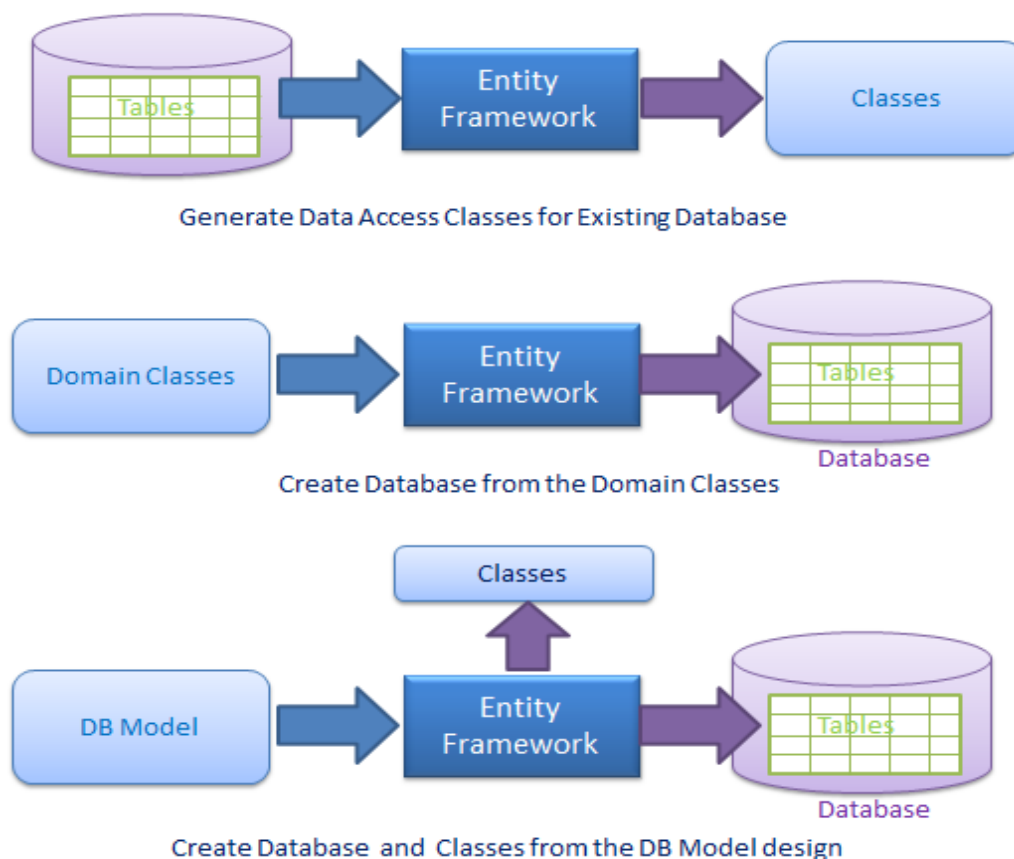
Aplikacija koja se koristi za pohranu videozapisa u ovom radu je izrađena pomoću Windows Forms library-a i pisana je u programskom jeziku C#. Jednostavna je za korištenje, a u nastavku će biti prikazano njeno sučelje i funkcionalnost.

### 4.1 Baza Podataka

Bazom podataka se upravlja pomoću Entity Framework (engl. *Entity Framework- EF*) modela, koji služi za objektno relacijsko preslikavanje, što omogućuje rad s relacijskim podacima koristeći objekte specifične za domenu [17]. Tri su načina generiranja EF modela;

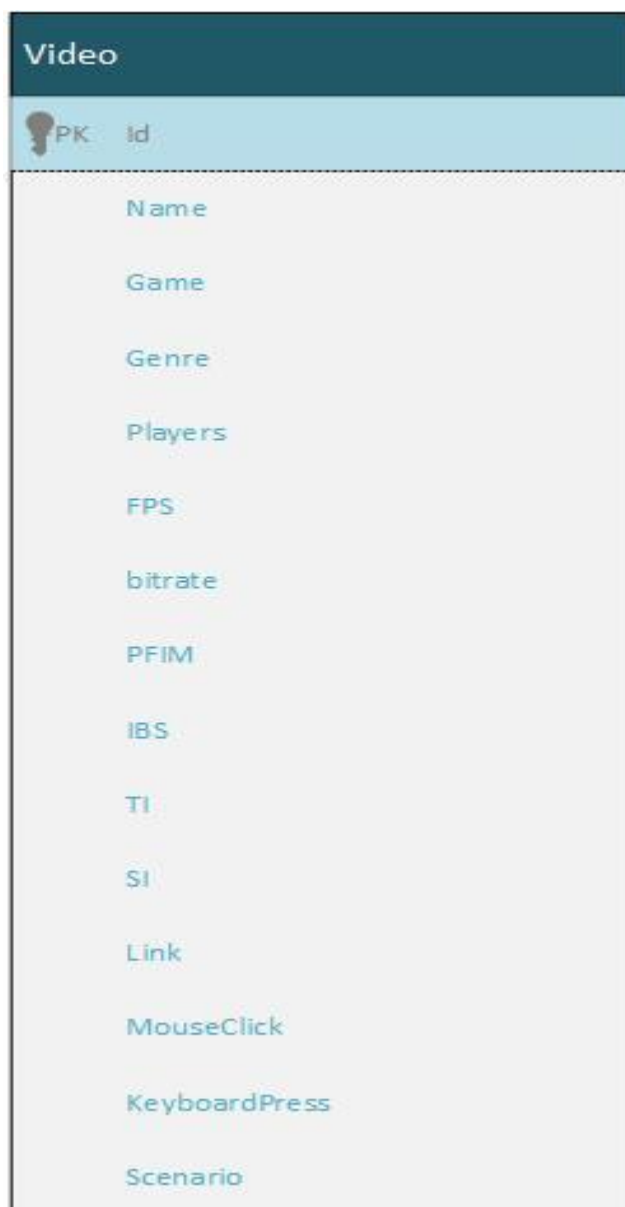
- **Database First** – Baza podataka već postoji i model se generira obrnutim inženjerstvom baze podataka;
- **Code First** – Model je opisan pomoću ručno napisanih razreda, te se baza podataka stvara na temelju tih razreda;
- **Model First** – Model se dizajnira pomoću grafičkog sučelja, a potom se baza podataka generira iz modela.

Na slici (Slika 5.) su redom vizualno prikazani prethodno navedeni načini generiranja.



Slika 5: Načini generiranja EF modela (preuzeto s [17])

Za CG Database aplikaciju je korišten pristup *database first*. Baza podataka se sastoji od jedne tablice koja je prikazana na slici (Slika 6.) U tablici *Video* su pohranjeni podaci o pojedinom videozapisu. To uključuje njegov identifikacijski broj (*Id*) kojeg ne unosi korisnik nego se automatski pridjeljuje zapisu, ime videa (*Name*), igra za koju je sniman video (*Game*), žanr igre (*Genre*), maksimalni broj igrača koji može igrati igru (*Players*), vrijednost FPS-a kojom je video sniman (*FPS*), brzina video kodiranja pri kojem se odvijalo strujanje (*bitrate*), vrijednosti objektivnih video metrika (*PFIM*, *IBS*, *TI*, *SI*), mjesto gdje se videozapis nalazi na tvrdom disku (*Link*), korisnički unos (*MouseClicked*, *KeyboardPress*) te scenarij pri kojem se obavljalo snimanje (*Scenario*).



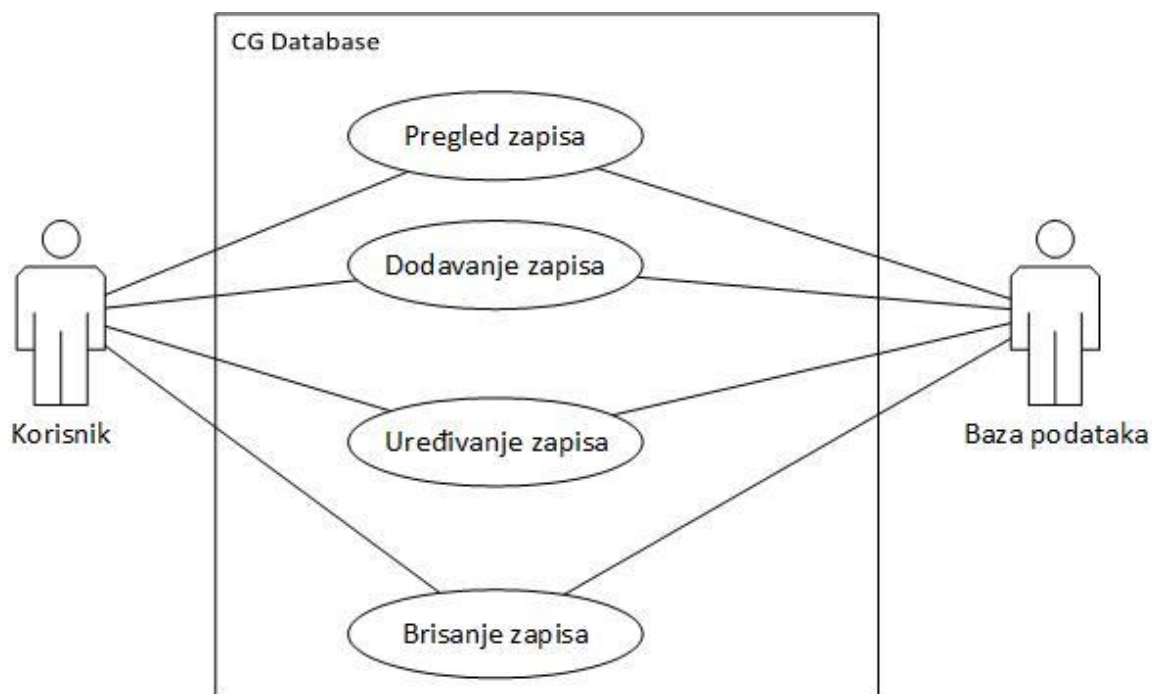
Slika 6: Baza podataka aplikacije CG Database

## 4.2 UML dijagrami

Ujedinjeni jezik za modeliranje (engl. *Unified Modelling Language - UML*) je normirani jezik opće namjene koji se koristi za modeliranje računalnih sustava temeljenih na objektno orijentiranoj paradigmi. UML uključuje skup tehnika koje pomoću dijagrama ostvaruju grafički prikaz objektno orijentiranih računalnih sustava. Sustavi se mogu modelirati raznovrsnim dijagramima, gdje se prikazuje iz različitih perspektiva [18]. U nastavku će biti prikazani dijagram obrasca uporabe

(engl. *use-case diagram*) i sekvencijski dijagrami (engl. *sequence diagram*) za CG Database aplikaciju.

Dijagram obrasca uporabe je statički UML dijagram koji prikazuje ponašanje sustava, dijela sustava ili konkretnog razreda na način vidljiv korisniku sustava. Osnovni elementi dijagrama su akteri, obrasci uporabe i veze između elemenata. Na slici (*Slika 7.*) je prikazan dijagram obrasca uporabe, koji prikazuje funkcionalnost koju aplikacija treba zadovoljiti. Korisniku aplikacije je omogućen pregled postojećih zapisa u bazi podataka i dodavanje, uređivanje i brisanje postojećih zapisa unutar baze. Baza podataka sadrži podatke o video zapisima.

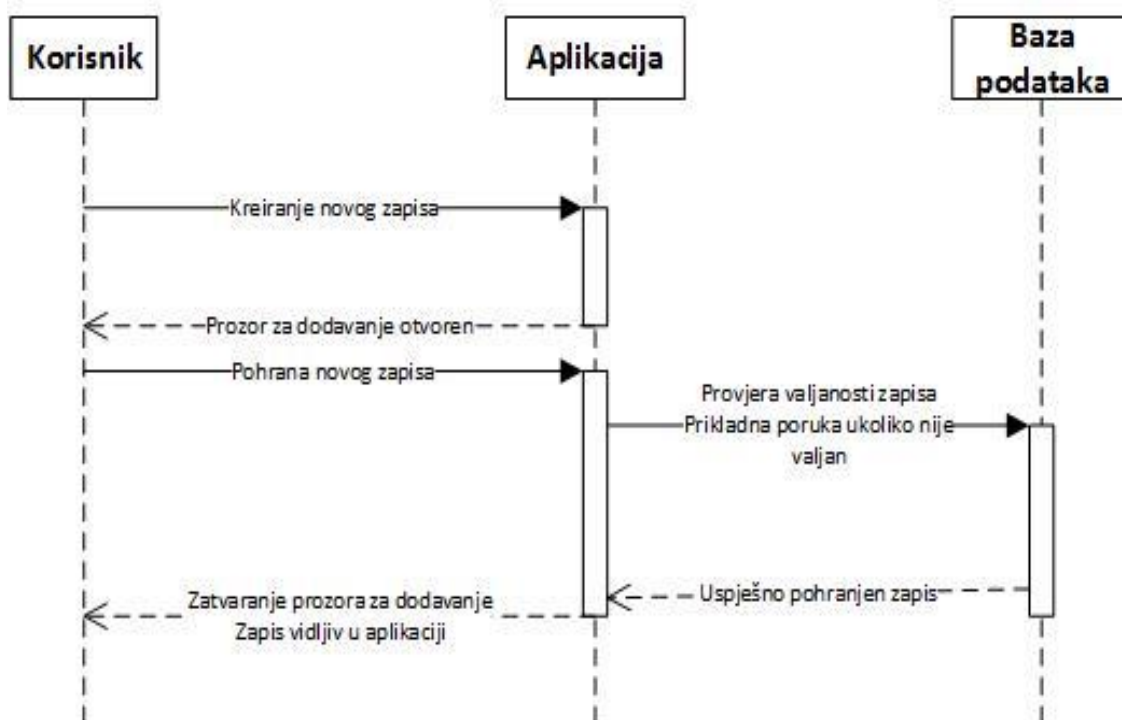


*Slika 7: Dijagram obrasca uporabe*

Sekvencijski dijagrami pripadaju skupini UML dijagrama međudjelovanja. Za razliku o dijagrama obrasca uporabe, sekvencijski dijagram stavlja naglasak na vremenski redoslijed u kojem se odvija međudjelovanje sudionika u sustavu. Zbog toga sekvencijski pripada i u skupinu dinamičkih dijagrama.

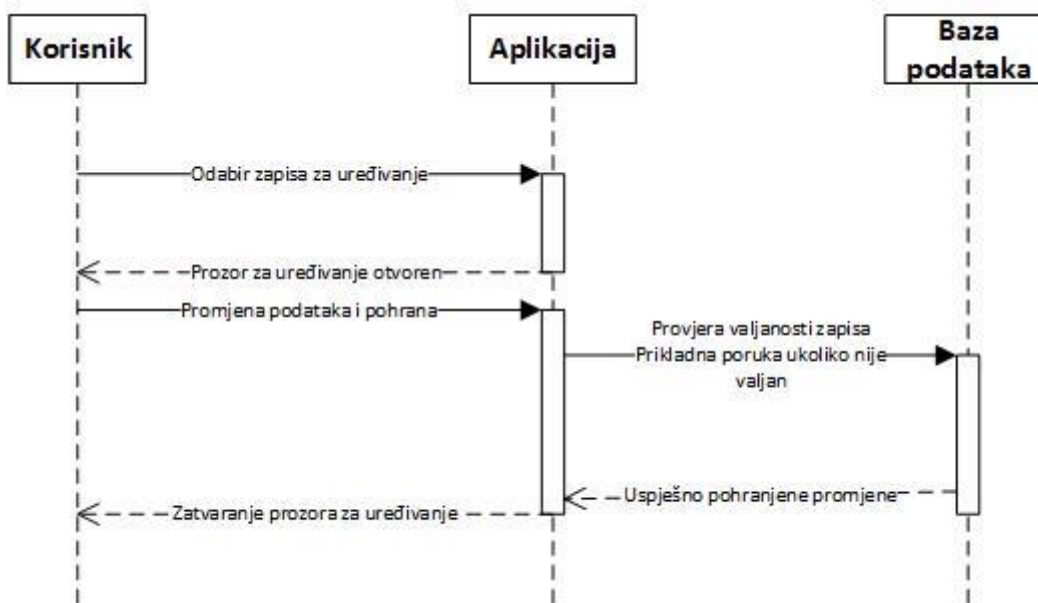
Na slici (*Slika 8.*) je prikazan sekvencijski dijagram za dodavanje novog zapisa u bazu podataka. U glavnom izborniku se odabire opcija za dodavanje novog zapisa, nakon čega se otvara novi prozor za unos željenih podataka. Nakon

unos, korisnik zahtijeva pohranu zapisa u bazu podataka koja je uspješna ukoliko se nakon provjere uspostavi da su podaci valjani. Zatvara se prozor za dodavanje novog zapisa i zapis je vidljiv u aplikaciji.



Slika 8: Sekvencijski dijagram dodavanja zapisa u bazu

Slika 9. prikazuje sekvencijski dijagram uređivanja postojećeg zapisa u bazi podataka. U glavnom izborniku, nakon odabira željenog zapisa, odabire se opcija uređivanja zapisa. Otvara se novi prozor te se korisniku omogućuje uređivanje željenih podataka u zapisu. Nakon što završi, korisnik zahtijeva pohranu promjena u bazu podataka koja je uspješna ukoliko se nakon provjere ustanovi da su podaci valjani. Zatvara se prozor za uređivanje zapisa te su promjene vidljive u aplikaciji.

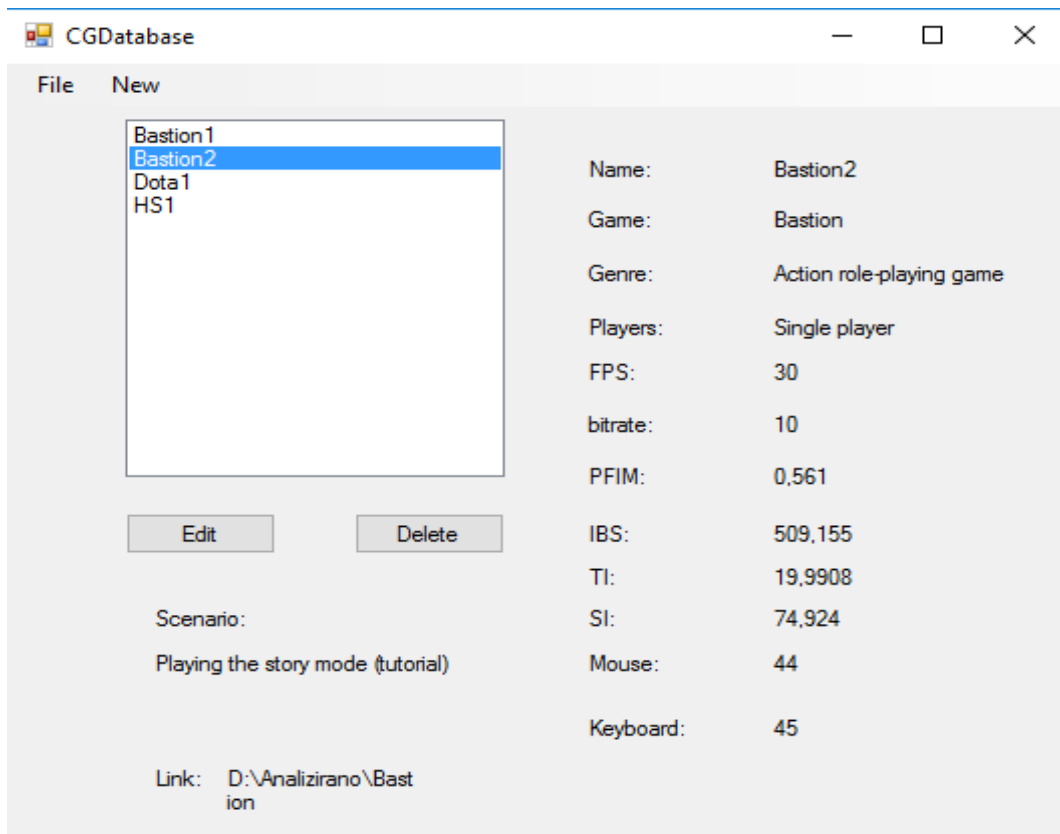


Slika 9: Sekvencijski dijagram uređivanja postojećeg zapisa

### 4.3 Sučelje aplikacije

U ovom poglavlju će biti prikazan izgled aplikacije CG Database i način korištenja njenih mogućnosti. Na slici (Slika 10.) je prikazan osnovni prozor aplikacije. U gornjem dijelu aplikacije se nalazi traka izbornika (engl. *menu bar*) koja na kratici *File* nudi mogućnost izlaska iz aplikacije, a na kratici *New* nudi mogućnost dodavanja novog zapisa u bazu podataka. Ispod trake izbornika se nalazi lista (engl. *List Box*) sa svim trenutno postojećim zapisima u bazi podataka. Sa desne strane liste se nalaze podatci u prethodnim poglavljima opisani podatci o video zapisu, dok su ispod radi preglednosti prikazani scenarij snimanja videa, te mjesto na kojem je zapis pohranjen na tvrdom disku.





*Slika 10: Osnovni prozor aplikacije*

Na slici (*Slika 11.*) je prikazan prozor za dodavanje novog zapisa u bazu. Sadržaj prozora se sastoji od polja u koje korisnik unosi podatke o videozapisu. Pritiskom na gumb *Save* se inicira pohrana zapisa u bazu podataka. Polja ne smiju biti prazna niti sadržavati neispravne podatke, inače aplikacija izbacuje grešku sa prikladnom porukom. Pritisak na gumb *Cancel* prekida proces dodavanja zapisa i zatvara prozor.

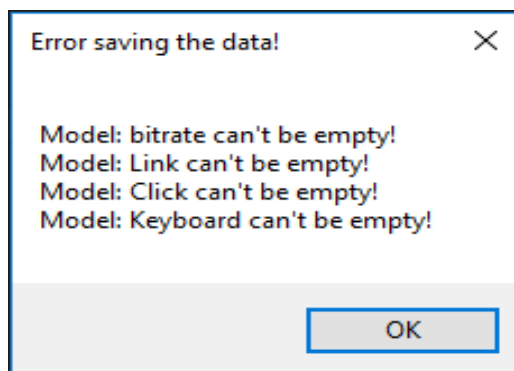
The 'AddVideo' dialog box features the following fields:

Name:	<input type="text"/>	bitrate:	<input type="text"/>
Game:	<input type="text"/>	PFIM:	<input type="text"/>
Genre:	<input type="text"/>	IBS:	<input type="text"/>
Players:	<input type="text"/>	TI:	<input type="text"/>
FPS:	<input type="text"/>	SI:	<input type="text"/>
Clicks:	<input type="text"/>	Link:	<input type="text"/>
Keyboard:	<input type="text"/>	Scenario:	<input type="text"/>

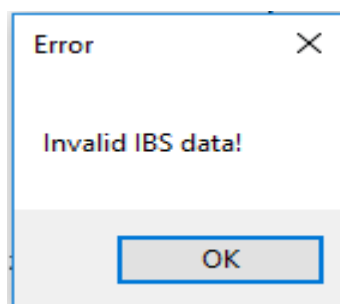
Buttons: Add, Cancel

*Slika 11: Prozor za dodavanje novog zapisa*

Na slikama (*Slika 12.* i *Slika 13.*) su prikazani primjeri poruka koje korisnik dobije ukoliko su podatci koji su uneseni neispravni.

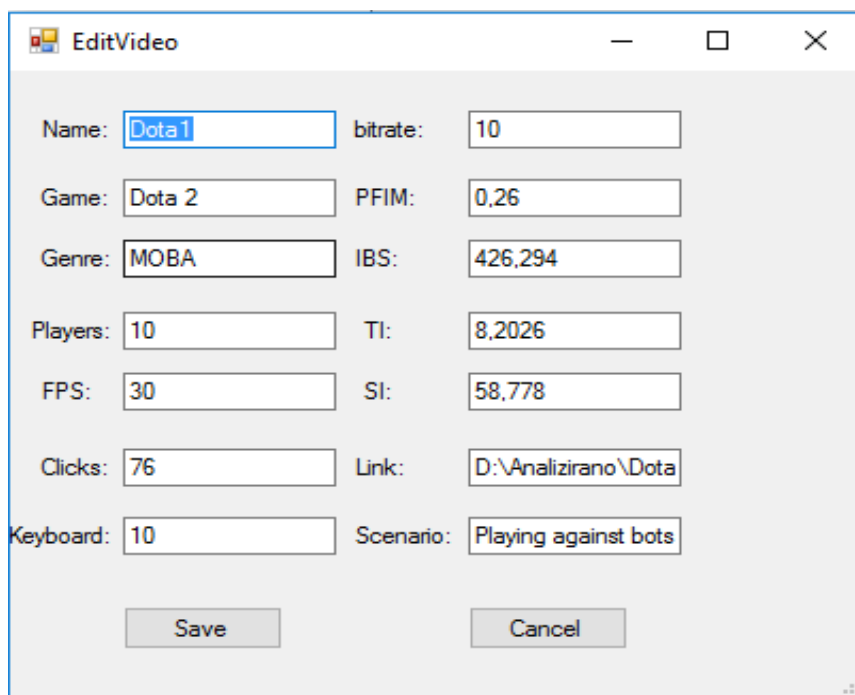


*Slika 12: Greška: jedno ili više praznih polja*



*Slika 13: Unesen neispravan tip podatka*

Prozor za uređivanje postojećeg zapisa je identičan prozoru za novi zapis (Slika 14.) uz razliku da se u okviru za tekst (engl. *textbox*) nalaze podatci odabranog zapisa za uređivanje. Pravila za ispravnost podataka su jednaka kao kod dodavanja novog zapisa te se u slučaju neispravnosti prikazuju poruke na isti način kao što je prethodno opisano.



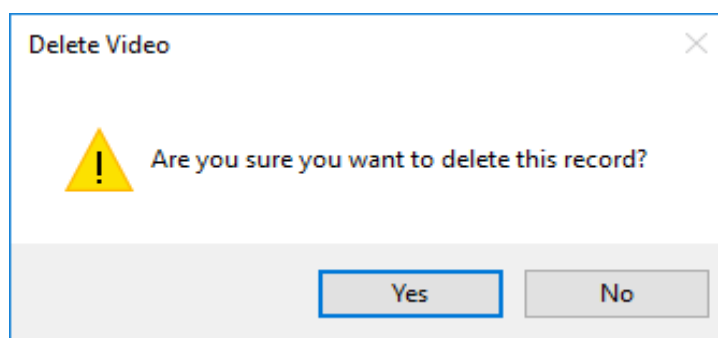
The screenshot shows a window titled "EditVideo" with a standard Windows title bar (minimize, maximize, close). The window contains a form with the following fields:

Name:	<input type="text" value="Dota1"/>	bitrate:	<input type="text" value="10"/>
Game:	<input type="text" value="Dota 2"/>	PFIM:	<input type="text" value="0,26"/>
Genre:	<input type="text" value="MOBA"/>	IBS:	<input type="text" value="426,294"/>
Players:	<input type="text" value="10"/>	TI:	<input type="text" value="8,2026"/>
FPS:	<input type="text" value="30"/>	SI:	<input type="text" value="58,778"/>
Clicks:	<input type="text" value="76"/>	Link:	<input type="text" value="D:\Analizirano\Dota"/>
Keyboard:	<input type="text" value="10"/>	Scenario:	<input type="text" value="Playing against bots"/>

At the bottom of the window are two buttons: "Save" and "Cancel".

Slika 14: Prozor za uređivanje postojećeg zapisa

Preostala funkcionalnost aplikacije se pokreće odabirom zapisa i pritiskom na gumb *Delete*, čija je funkcija brisanje zapisa iz baze podataka. Nakon pritiska, prije obavljanja brisanja pomoću okvira se provjerava da li je korisnik siguran u svoju odluku (Slika 15.). Potvrđan odgovor briše zapis iz baze podataka, a negativan prekida postupak.

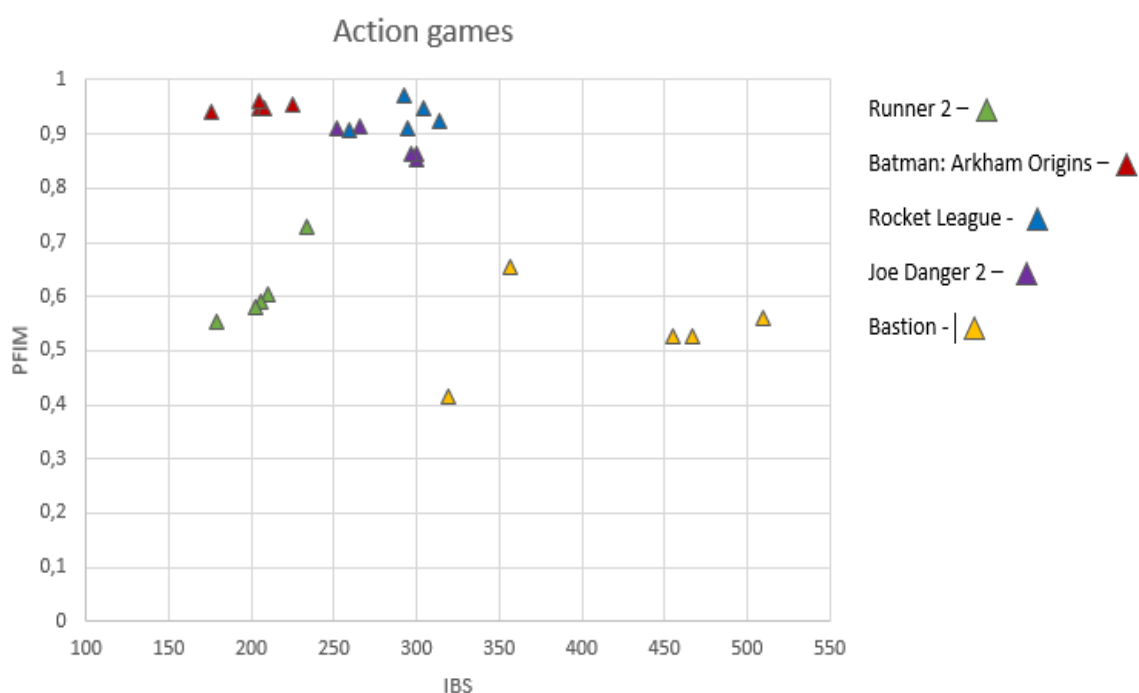


The screenshot shows a dialog box titled "Delete Video" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains a yellow warning triangle icon and the text "Are you sure you want to delete this record?". At the bottom, there are two buttons: "Yes" and "No".

Slika 15: Provjera da li korisnik sigurno želi izbrisati zapis

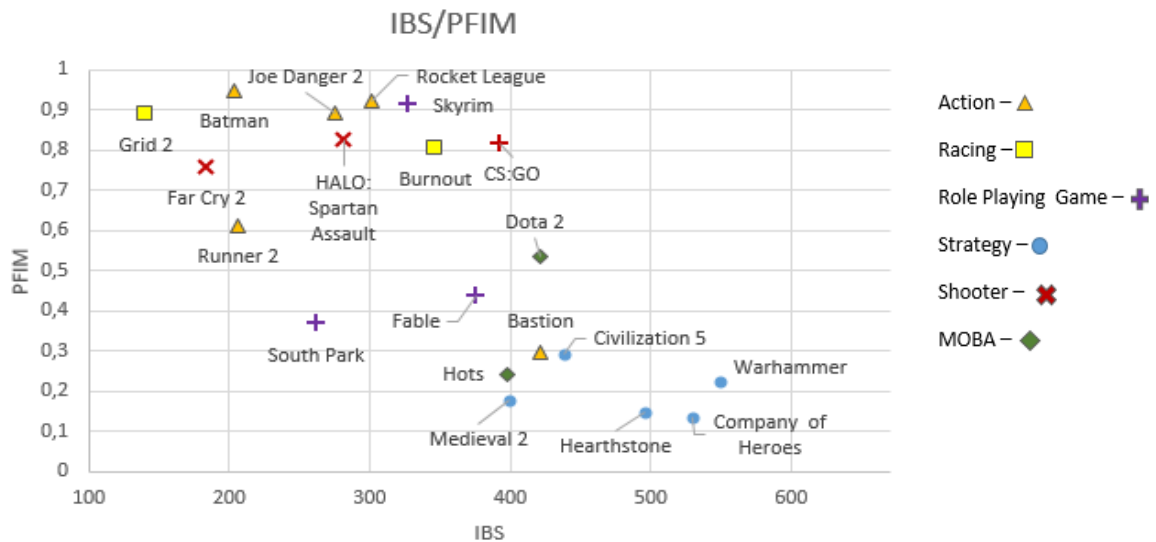
## 5. Analiza i rezultati

U ovom poglavlju će biti grafički prikazani i pojašnjeni rezultati analize videozapisa. Snimljeno je ukupno 100 videozapisa pri 30 FPS-a i brzini video kodiranja od 10 Mbit/s. Na slikama (*Slika 16.* i *Slika 17.*) su grafički prikazane vrijednosti IBS naspram PFIM vrijednosti. Prvi graf prikazuje vrijednosti svih snimljenih videa za akcijske igre, dok drugi graf prikazuje vrijednosti za sve igre koje su dobivene pronalaskom srednje vrijednosti za PFIM i IBS od svakog videa za pojedinu igru.



*Slika 16: IBS i PFIM vrijednosti za akcijske igre*

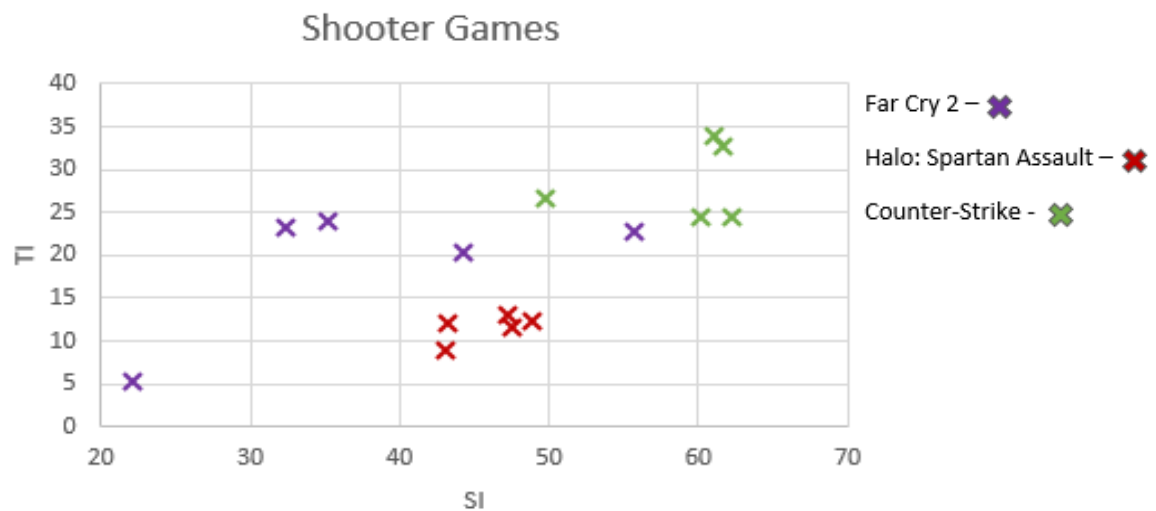
Iz grafa se može vidjeti da su vrijednosti za pojedine igre većinom jako bliske, osim za igru Bastion gdje se očito tijekom gameplaya mijenjala dinamičnost i detaljnost scene. To također vrijedi i općenito za vrijednosti, gdje je Bastion na desnom dijelu grafa, dok ostalim igrama sve vrijednosti teže u gornji lijevi kut grafa.



Slika 17: IBS i PFIM vrijednosti za sve igre

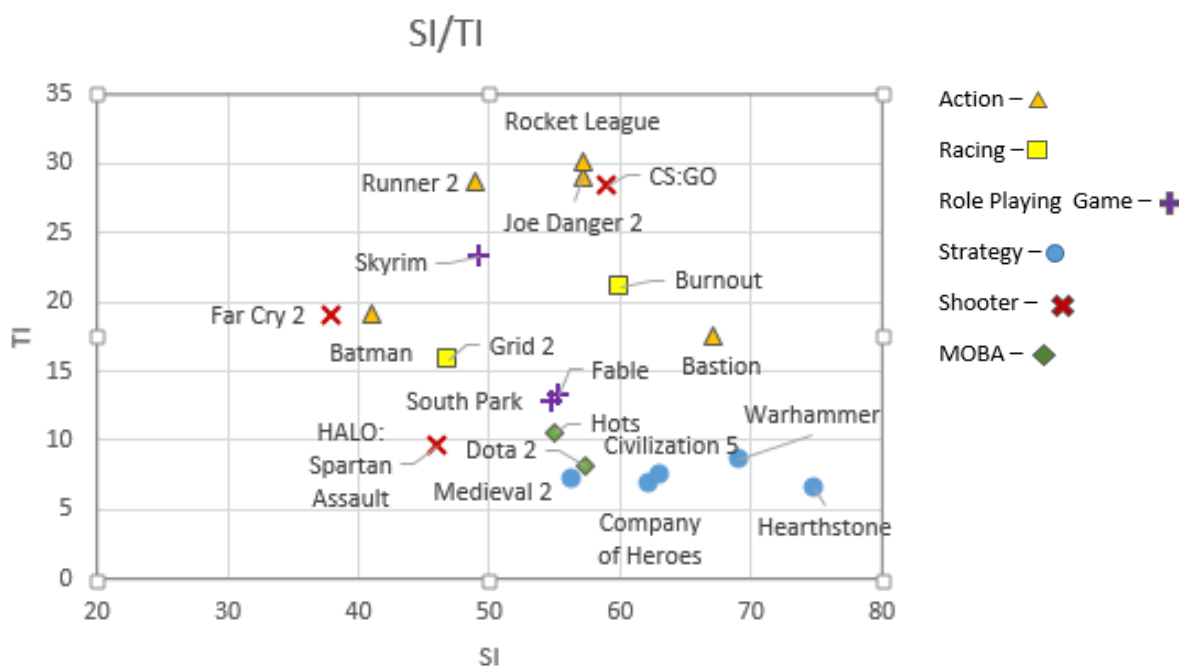
Na grafu se lako mogu uočiti dvije velike grupacije gdje igre istog žanra imaju približne vrijednosti; strategijske igre te akcijske igre, osim Bastiona, za koju je nepravilnost primijećena već na prethodnom grafu. Kod igara ostalih žanrova nije primijećena veća razlika, osim kod *role playing* igara gdje se vrijednosti kod Skyrima bitno razlikuju od ostalih vrijednosti kod istog žanra.

Na slikama (Slika 18. i Slika 19.) su na isti način prikazani dobiveni rezultati za TI i SI objektivne metrike uz razliku da prvi graf prikazuje *shooter* umjesto akcijskih igara.



Slika 18: TI i SI vrijednosti za shooter igre

Na grafu je vidljivo da su vrijednosti izvučene iz videozapisa za Halo: Spartan Assault te Counter-Strike: Global Offensive dosta slične, dok su vrijednosti za Far Cry 2 raštrkane po cijelom grafu. Razlog tomu mogu biti različiti scenariji prilikom snimanja videa; pucanje s računalno upravljanim protivnicima, vožnja, te istraživanje bez nekih posebnih događanja u okolini što je utjecalo na različite vrijednosti u različitim videozapisima.



Slika 19: TI i SI vrijednosti za sve igre

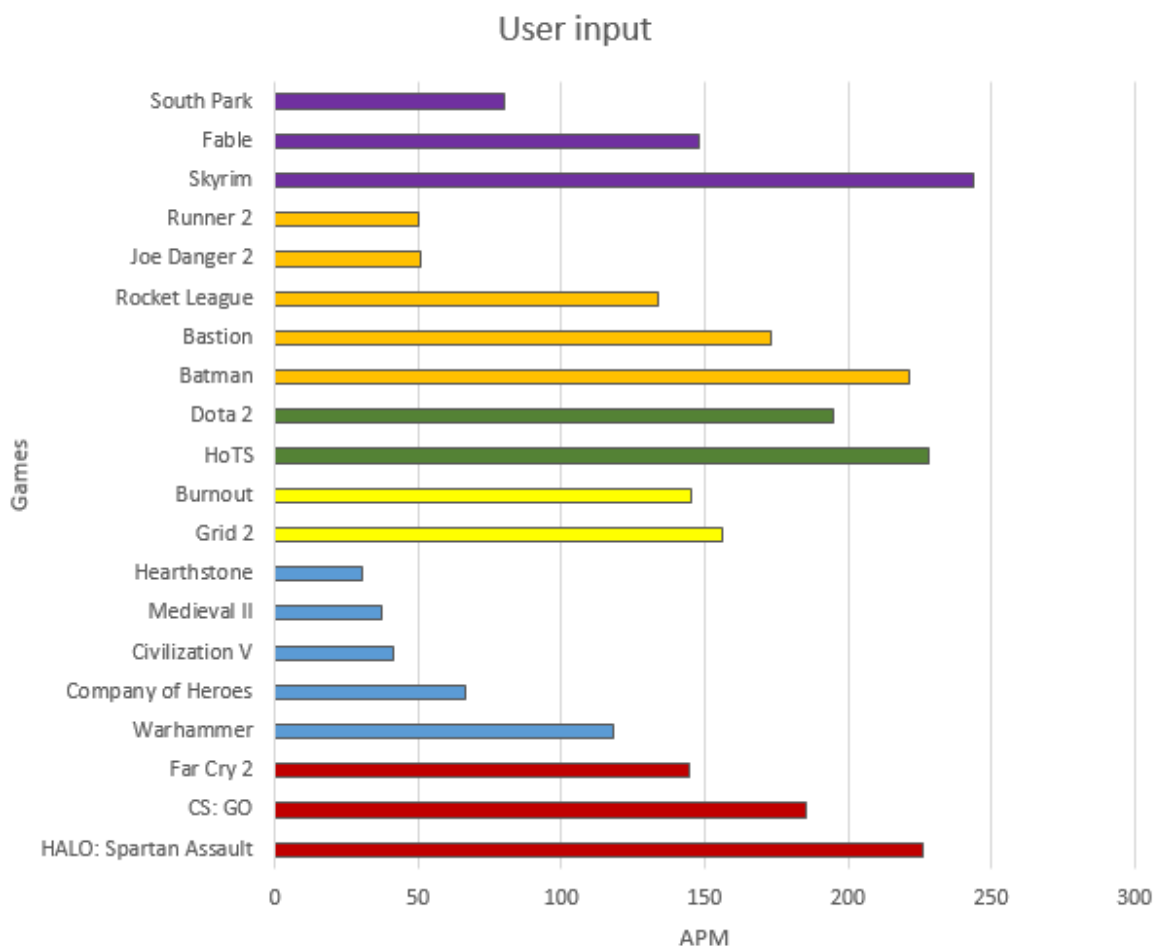
Na priloženom grafu se može uočiti da su grupacije dobivenih vrijednosti dosta slične onima na slici (Slika 17.) Kao što je objašnjeno u jednom od prethodnih poglavlja, veće vrijednosti SI parametra znače detaljniju scenu unutar videozapisa, a veće vrijednosti TI parametra su indikator veće dinamike scene unutar videozapisa.

U slijedećoj tablici (Tablica 2.) su prikazane vrijednosti korisničkog unosa za svaku igru. Vrijednosti za svaku igru su dobivene izračunom srednje vrijednosti za sve videozapise.

Tablica 2. Korisnički unos

Igra	Klikovi mišem	Pritisci tipkovnice	APM
Bastion	44,6	42	173,2
Batman	70,2	40,4	221,2
Burnout: Paradise	0,2	72,6	145,6
Civilization V	20,6	0	41,2
CoH	31,8	1,6	66,8
CS: GO	41,6	51,2	185,6
Dota 2	83,6	13,8	194,8
Warhammer DoW	53,2	5,8	118
Fable	43,4	30,6	148
Far Cry 2	23,4	49	144,8
Grid 2	0	78,2	156,4
HALO	46,8	66,2	226
HoTS	100,2	14	228,4
Hearthstone	15,2	0	30,4
Joe Danger 2	0	25,4	50,8
Medieval II	17,4	1,2	37,2
Rocket League	12,4	54,6	134
Runner 2	0	25	50
South Park	16,4	23,6	80
Skyrim	57,8	64	243,6

Na slici (*Slika 20.*) su grafički prikazani rezultati iz tablice. Igre su po bojama grupirane po žanrovima kao na prethodnim grafovima.



*Slika 20. Korisnički unos*

Proučavanjem grafa se mogu uočiti bitne razlike između žanrova, ali i unutar istih razlika između vrijednosti može biti znatna. Razlog tomu je dosta gruba kategorizacija igara, gdje npr. akcijske igre pripadaju dosta različitim podžanrovima, što se očituje u dobivenim različitostima vrijednosti. Također što se može uočiti je da je korisnički unos kod strateških igara većinom manji nego kod ostalih žanrova. Ostali žanrovi imaju većinom slične vrijednosti gdje MOBA igre imaju dosta visoke vrijednosti.



## 6. Zaključak

Igre zasnovane na računalnom oblaku će zasigurno igrati veliku ulogu u budućnosti igrace industrije. Nepotrebnost posjedovanja računala s najnovijim komponentama, nepotrebnost instalacija igara ili potrebnih dodatnih programa i dostupnost na širokom spektru uređaja su samo neka od svojstava usluge koja ju čine zanimljivom korisnicima i tvorcima igara. Već danas postoje usluge koje nude igranje igara zasnovanih na računalnom oblaku koje su jako jednostavne za korištenje. Nažalost usluga nije još zaživjela zbog raznih prepreka koje su spomenute u ovom radu. Jako bitan čimbenik za visoku kvalitetu usluge je iskustvena kvaliteta kod krajnjeg korisnika. Prijašnja istraživanja su pokazala da žanr igre ima najveći utjecaj na iskustvenu kvalitetu, poglavito zbog različitih mrežnih zahtjeva i razlike u toleranciji na kašnjenje.

U ovom radu se snimao videosadržaj igranja igara zasnovanih na računalnom oblaku. Korištena je usluga *Steam In-Home Streaming* [19] koja strujanje omogućuje uređajima koji se nalaze u istoj podmreži. Usluga je jednostavna za korištenje, sve se podešava uz par jednostavnih koraka pomoću *Steam* aplikacije na oba računala. Snimano je igranje 20 različitih igara koje su podijeljene na različite kategorije prema žanrovima. Cilj snimanja videozapisa je dobivanje objektivnih video metrika te drugih podataka vezanih uz igru koji bi mogli biti korisni pri predlaganju taksonomije za igre. Dobivene vrijednosti prostornih i vremenskih metrika su prikazane grafički zbog lakše usporedbe rezultata te se mogu uočiti sličnije vrijednosti kod igara istog žanra. Postoje i iznimke, poglavito zbog razloga što su igre dosta grubo podijeljene u općenite žanrove pa se npr. akcijske igre mogu bitno razlikovati u svojstvima i načinu igranja. Prikazane su također i vrijednosti korisničkog unosa, gdje se može vidjeti kod kojih igara je intenzivniji, a koje igre zahtijevaju manju količinu korisničkog unosa i samim time imaju veću toleranciju na kašnjenja.

## 7. Sažetak

Cilj ovog rada je bio snimanje i analiza videosadržaja igranja igara na računalnom oblaku s ciljem utvrđivanja zajedničkih svojstava igara s obzirom na prostorne i vremenske metrike. U radu je objašnjen osnovni koncept usluge igara na računalnom oblaku te arhitektura sustava. Pojašnjen je i problem kvalitete usluge i iskustvene kvalitete korisnika. Nadalje, predstavljene su objektivne video metrike i ostali podatci koji mogu biti korisni pri analizi rezultata i način dobivanja istih. Prikazan je način rada korištene *Steam In-Home Streaming* usluge te su nabrojane i opisane igre koje su se igrale. Za potrebe pohrane videa i pripadajućih podataka je izrađena aplikacija s bazom podataka. Na kraju su pomoću grafova prikazani i objašnjeni dobiveni rezultati.

**Ključne riječi:** igre zasnovane na računalnom oblaku, objektivne video metrike, snimanje videosadržaja, iskustvena kvaliteta

## 8. Summary

The aim of this study was to record and analyze videocontent of gameplay on the cloud gaming platform with the goal of determining common characteristics of the games considering temporal and spatial metrics. The study explains the basic concept and architecture of the cloud gaming platform. It also explains the problems of the quality of service and users quality of experience. Furthermore, objective video metrics are presented with other data which can be useful in the result analysis and the method of calculating the same. The way of the used *Steam In-Home Streaming* service is shown and the played games are listed and described. An application with a database has been made for the needs of saving the videocontent and related data. In the end the results are shown and explained with the help of charts.

**Key words:** cloud gaming, objective video metrics, videocontent recording, quality of experience

## 9. Literatura

- [1]- Shea, R., Liu, J., Ngai, E., & Cui, Y. (2013). Cloud gaming: architecture and performance. *Network, IEEE*, 27(4), 16-21.
- [2] – Slivar, I., Skorin-Kapov, L., & Suznjevic, M. (2016, May). Cloud gaming QoE models for deriving video encoding adaptation strategies. In *Proceedings of the 7th International Conference on Multimedia Systems* (p. 18). ACM.
- [3] - Criss Hoffman, "What is Cloud Gaming and Is it The future? ", <http://www.howtogeek.com/160851/htg-explains-what-is-cloud-gaming-and-is-it-the-future/> , [posjećeno 20.5.2016.]
- [4] – Brad Chacos; "How Steam in-home streaming can turn your old laptop or Windows tablet into a PC gaming force“, <http://www.pcworld.com/article/2359241/how-steam-in-home-streaming-can-turn-your-old-laptop-or-windows-tablet-into-a-pc-gaming-force.html> , [posjećeno 20.5.2016]
- [5]- P.910 ITU-T Recommendation, "Subjective video quality assesment methods for multimedia applications", 1999.
- [6] – Mark Claypool, "Motion and scene complexity for streaming video games" in *Proceedings of the 4th International Conference on Foundations of Digital Games*. ACM, 2009,pp. 34-41
- [7] – Suznjevic, M., Beyer, J., Skorin-Kapov, L., Moller, S., & Sorsa, N. (2014, July). Towards understanding the relationship between game type and network traffic for cloud gaming. In *Multimedia and Expo Workshops (ICMEW), 2014 IEEE International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- [8] - Lee, Y. T., Chen, K. T., Su, H. I., & Lei, C. L. (2012, November). Are all games equally cloud-gaming-friendly? an electromyographic approach. In *Network and Systems Support for Games (NetGames), 2012 11th Annual Workshop on* (pp. 1-6). IEEE.
- [9] - Huang, C. Y., Hsu, C. H., Chang, Y. C., & Chen, K. T. (2013, February). GamingAnywhere: an open cloud gaming system. In *Proceedings of the 4th ACM multimedia systems conference* (pp. 36-47). ACM.

- [10] – "What is QoS? " , [https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc757120\(v=ws.10\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc757120(v=ws.10).aspx) , [posjećeno 05.06.2016.]
- [11] - Le Callet, P., Möller, S., & Perkis, A. (2012). Qualinet white paper on definitions of quality of experience. *European Network on Quality of Experience in Multimedia Systems and Services (COST Action IC 1003)*.
- [12] - Claypool, M., & Claypool, K. (2006). Latency and player actions in online games. *Communications of the ACM*, 49(11), 40-45.
- [13] – „Frame rate“, [https://en.wikipedia.org/wiki/Frame\\_rate](https://en.wikipedia.org/wiki/Frame_rate) , [posjećeno 06.06.2016.]
- [14] – „Bit rate“, [https://en.wikipedia.org/wiki/Bit\\_rate](https://en.wikipedia.org/wiki/Bit_rate) , [posjećeno 06.06.2016.]
- [15] – „Video game genre“, [https://en.wikipedia.org/wiki/Video\\_game\\_genre](https://en.wikipedia.org/wiki/Video_game_genre) , [posjećeno 06.06.2016.]
- [16] – „Steam In-Home Streaming Support“  
[https://support.steampowered.com/kb\\_article.php?ref=3629-RIAV-1617#networkports](https://support.steampowered.com/kb_article.php?ref=3629-RIAV-1617#networkports) , [posjećeno 21.5.2016.]
- [17]- „What is Entity Framework“, <http://www.entityframeworktutorial.net/what-is-entityframework.aspx> , [posjećeno 08.06.2016.]
- [18] – [2013.] A. Jović, M. Horvat, I. Grudenić, UML-Dijagrami: Zbirka primjera i riješenih zadataka
- [19] – „Steam In-Home streaming“ , <http://store.steampowered.com/streaming/> , [posjećeno 14.6.2016.]
- [20] - „Fraps – real time video capturing & benchmarking“ , <http://www.fraps.com/> , [posjećeno 14.6.2016.]
- [21] – „Mousotron- Mouse and Keyboard usage management“ , <http://www.blacksunsoftware.com/mousotron.html> [posjećeno 14.6.2016.]
- [22] - Claypool, M., Finkel, D., Grant, A., & Solano, M. (2014). On the performance of OnLive thin client games. *Multimedia Systems*, 20(5), 471-484
- [23] - Jarschel, M., Schlosser, D., Scheuring, S., & Hoßfeld, T. (2011, June). An evaluation of QoE in cloud gaming based on subjective tests. In *Innovative Mobile*

*and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS), 2011 Fifth International Conference on* (pp. 330-335). IEEE.

[24] - Chang, Y. C., Tseng, P. H., Chen, K. T., & Lei, C. L. (2011, May). Understanding the performance of thin-client gaming. In *Communications Quality and Reliability (CQR), 2011 IEEE International Workshop Technical Committee on* (pp. 1-6). IEEE.