



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU



Fakultet  
elektrotehnike i  
računarstva

Diplomski studij

Računarstvo

Akademska godina  
2022/2023



# Umrežene igre

Mrežni parametri i njihov utjecaj  
na korisničko iskustvo  
umrežene videoigre

# Sadržaj

- Osnovni koncepti kvalitete
- Testiranje kvalitete
- Mrežni parametri i njihov utjecaj na kvalitetu

# Osnovni koncepti kvalitete - QoS

- Kvaliteta usluge (engl. Quality of Service – QoS)
  - Definirana kao u je stupanj zadovoljstva korisnika usluge u najširem smislu (ITU-T E.800)
  - Sam termin dolazi iz područja telekomunikacija
  - Vrlo mjerljiv i utemeljen u performansama mreže
  - Danas se koristi kako bi se definirale obveze pojedinih sudionika u dostavi usluga u telekomunikacijskim mrežama kroz ugovore o razini usluge
  - Prema ITU-T preporuci E.860, ugovor o razini usluge (engl. Service Level Agreement – SLA) je formalni ugovor između dva ili više subjekata do kojih se dođe nakon pregovaračke aktivnosti, s opsegom procjene karakteristika usluge, odgovornosti i prioriteta za svakog subjekta
- Više razina kvalitete:
  - kvaliteta na razini aplikacije ("korisnik" je čovjek) – uglavnom kvalitativni parametri
    - percepcija kvaliteta pojedinog medija
    - odnos među pojedinim medijima, kvaliteta međusobne usklađenosti
  - kvaliteta na razini sustava ("korisnik" je aplikacija) – kvalitativni i kvantitativni parametri
    - propusnost
    - vrijeme odziva
    - sustav posluživanja
    - raspoređivanje
  - kvaliteta na razini mreže ("korisnik" je sustav) – izražava se preko mjerljivih, kvantitativnih i kvalitativnih parametara kvalitete usluge
    - propusnost
    - kašnjenje
    - kolebanje kašnjenja
    - gubici
    - raspoloživost
    - blokiranje

# Osnovni koncepti kvalitete - QoE

- Kvaliteta iskustva
  - Dolazi iz područja telekomunikacija i računalne znanosti
  - Obuhvaća faktore utjecaja sustava (mreža, poslužitelj, aplikacija...), korisnika (iskustvo, dob, spol, raspoloženje...) i konteksta (u kakvom okruženju se obavlja usluga, vrijeme u danu, je li usluga plaćena ili besplatna...)
  - Definicija [ITU-T P.10, 2007]:
    - Iskustvena kvaliteta je sveukupna prihvatljivost aplikacije ili usluge, subjektivno percipirana od strane krajnjeg korisnika
    - Pojam iskustvene kvalitete obuhvaća sve učinke sustava s kraja na kraj (klijent, terminal, mreža, itd.). Korisnikova očekivanja i kontekst mogu također utjecati na ukupnu prihvatljivost aplikacije ili usluge.
  - Definicija [Qualinet 2014]
    - Iskustvena kvaliteta je stupanj oduševljenja ili neugodnosti korisnika aplikacije ili servisa. To proizlazi iz ispunjenja njegovih ili njezinih očekivanja u pogledu korisnosti i/ili uživanja u aplikaciji ili usluzi u svjetlu osobnosti korisnika i trenutnog stanja.

**Iskustvena kvaliteta je vezana uz subjektivnu percepciju kvalitete**

# Osnovne razlike: QoS i QoE

Karakteristike	QoS	QoE
<b>Područje primjene</b>	Uglavnom telekomunikacijske usluge	Šira primjena (nisu nužno u pitanju samo uslugu u mrežnom okruženju)
<b>Fokus</b>	Tehničke performanse sustava (mehanizmi kao npr. Diffserv)	ICT usluge ili aplikacije
<b>Metode mjerena</b>	Tehnološki orijentirane; empirijska ili simulacijska mjerena	Multi-disciplinaran pristup (razna subjektivna i objektivna mjerena)

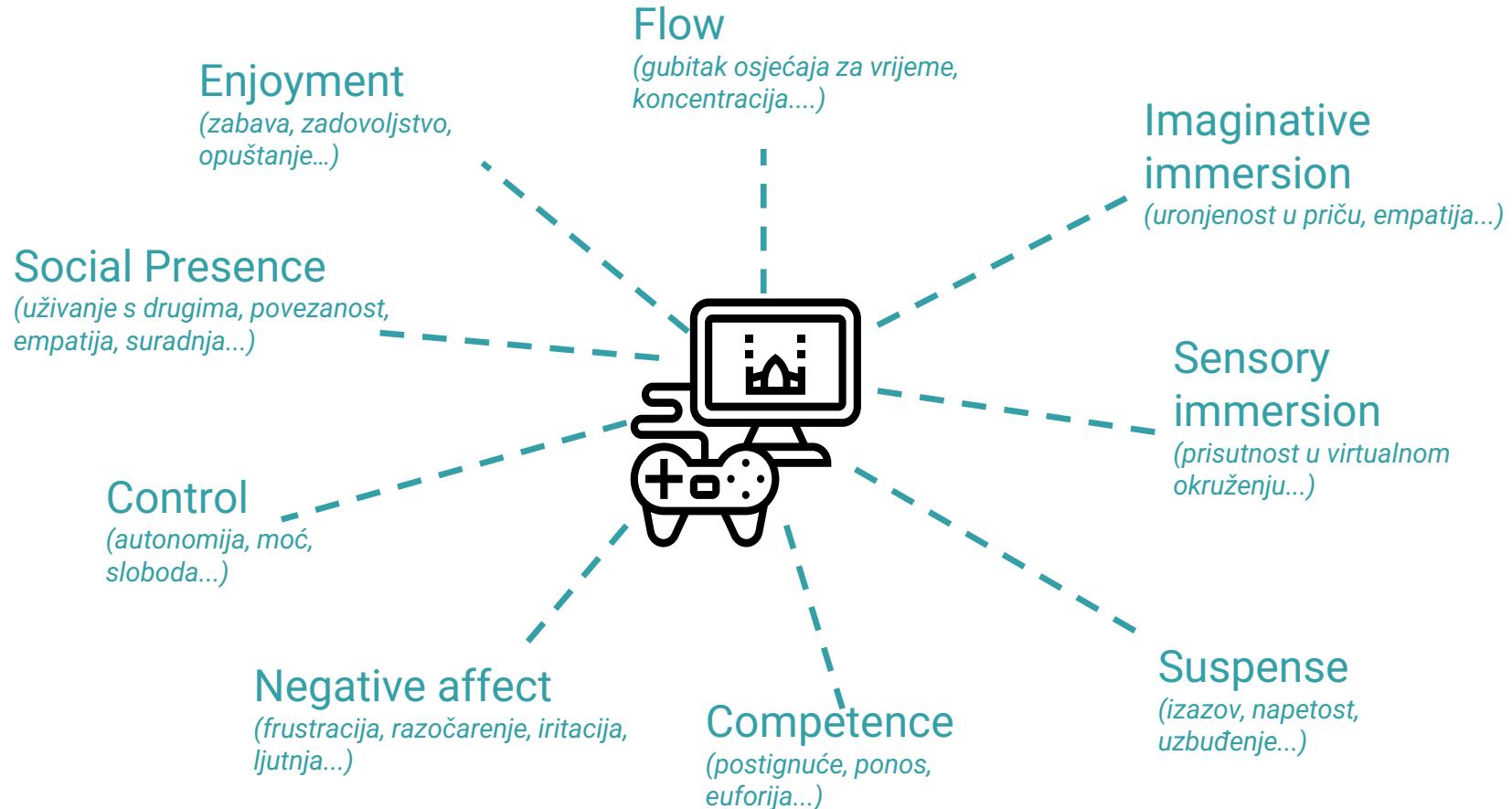
izvor: Qualinet White Paper on definitions of QoE, 2012

# Osnovni koncepti kvalitete - UX

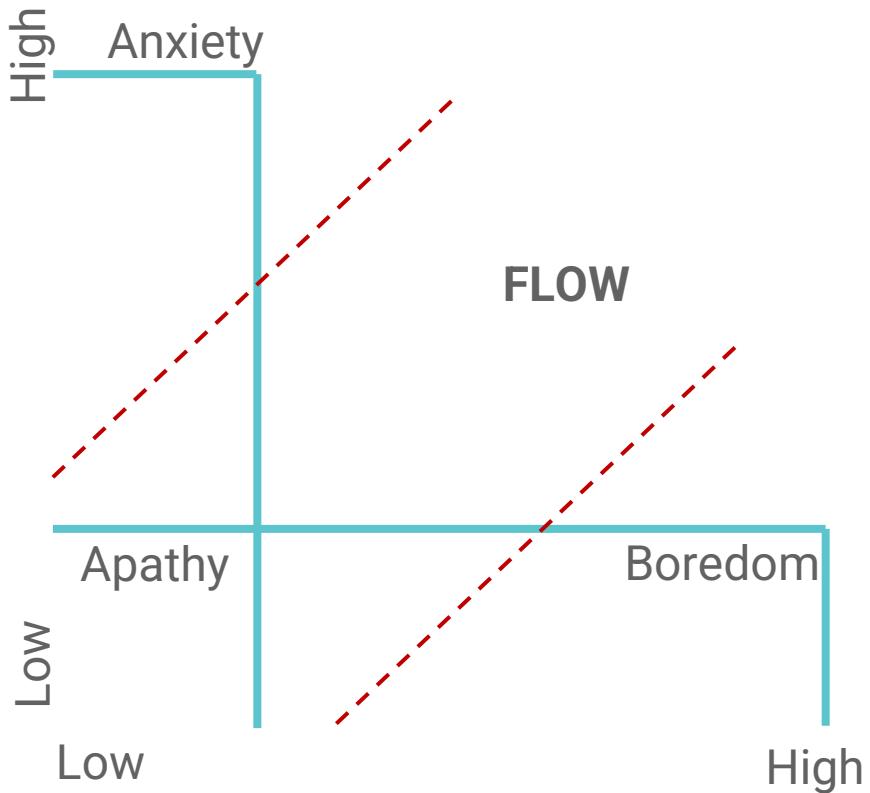
- Korisničko iskustvo (engl. User eXperience – UX)
  - Dolazi iz područja interakcije čovjeka i računala (engl. Human Computer Interface – HCI)
  - Možda najširi pojam jer obuhvaća i psihološke aspekte korištenja sustava
  - Definicije (nema jasne definicije još u zajednici):
    - UX je fokusiran na aspekte koji su širi od upotrebljivosti i njegove instrumentalne vrijednosti orientirane na zadatok (Hassenzahl 2003)
    - UX uključuje pogled na sve (kvalitativne) aspekte iskustva koje korisnik stvara tijekom interakcije s proizvodom (McCarthy i Wright 2004), ili na iskustvima stečenim tijekom interakcije s posebnom vrstom proizvoda, npr. mobilnim telefonom (Roto 2006.)
    - UX je fokusiran na visoko kvalitetno korištenje nekakve interaktivne tehnologije (cf. Forlizzi and Battarbee 2004, Hassenzahl and Tractinsky 2006, Hassenzahl et al. 2006, McCarthy and Wright 2004)
    - Trenutna ISO definicija govori da **UX uključuje sve korisnikove emocije, uvjerenja, sklonosti, percepcije, fizičke i psihološke reakcije, ponašanja i postignuća koja se javljaju prije, tijekom i nakon korištenja sustava ili usluge**

Izvor: Bernhaupt, Regina, ed. *Evaluating user experience in games: Concepts and methods*. Springer Science & Business Media, 2010.

# Razne dimenzije iskustva igranja (Poels et. al, 2007)



# Tok (engl. flow)

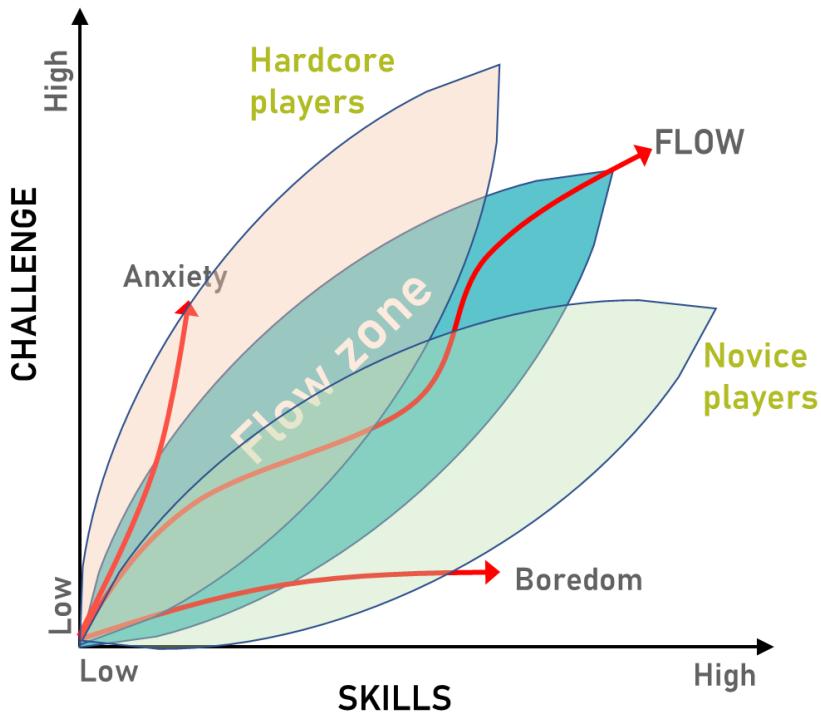


*Flow model*: često se koristi u kontekstu opisa doživljaja igranja igre

Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play*, San Francisco: Jossey-Bass

Ellis, G. D. et al. (1994). *Measurement and analysis issues with explanation of variance in daily experience using the flow model*. *Journal of leisure research*

# Tok i vještina igrača



- Različiti igrači imaju različite „flow zone”
- Igrači često cijene igru ovisno o tome jesu li ušli u flow zonu

Chen, J. (2007). *Flow in games (and everything else)*. Communications of the ACM, 50(4), 31-34.



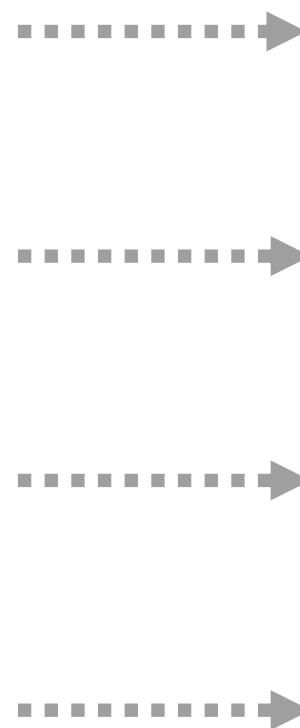
# Game User Behavior Research

- U posljednje vrijeme govori se i o istraživanju ponašanja igrača (engl. Game User Behavior) uz pojam UX-a
- International Game Developer's Association - IGDA
- Game Research & User Experience Special Interest Group IGDA – GRUX
- GRUX je integralni dio razvoja igara u današnjem dobu
  - Koriste se znanstveni principi prilikom dizajna koji pomažu u razumijevanju ponašanja igrača
  - Koristi se testiranje igranja (engl. playtesting) gdje se promatraju igrači
  - Analitičke metode na podacima o ponašanju
  - Biometrijske metode
  - ...
- Literatura:
  - <https://www.userbehavioristics.com/>
  - <https://static1.squarespace.com/static/5591e171e4b040c8aa3e29dc/t/55c28995e4b0f33d21f09139/1438812565814/CHI+2013+CHI+2013+Desurvire+%26+Wixon+Game+Principles+-+Making+Games+Better+copy+3.pdf>
  - [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-02774-1\\_60.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-02774-1_60.pdf)

# Što sve utječe na korisničko iskustvo?



Ljudski čimbenici



iskustvo igranja

motivacija

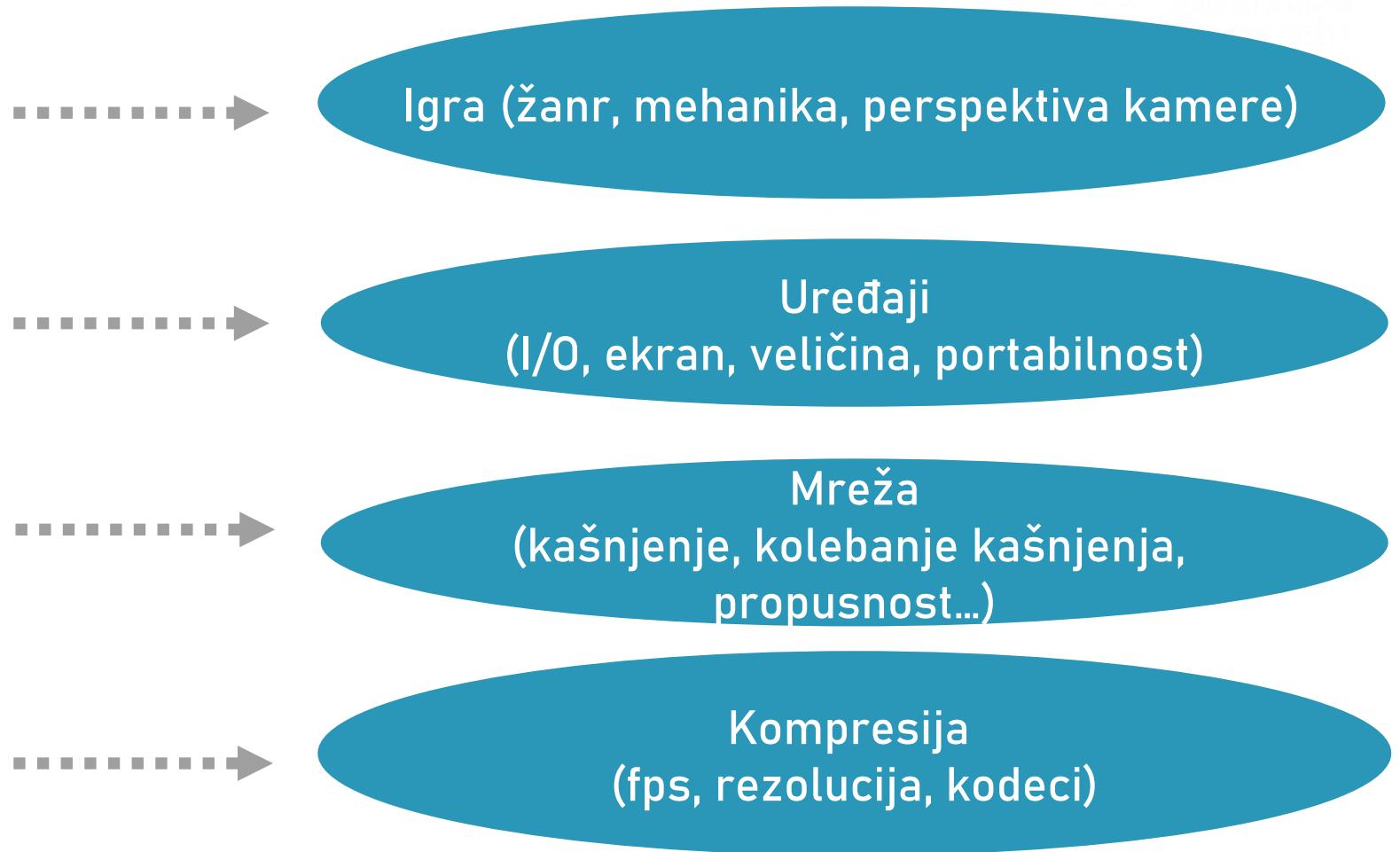
statički i dinamički faktori  
(npr. spol, godine)

vid, sluh...

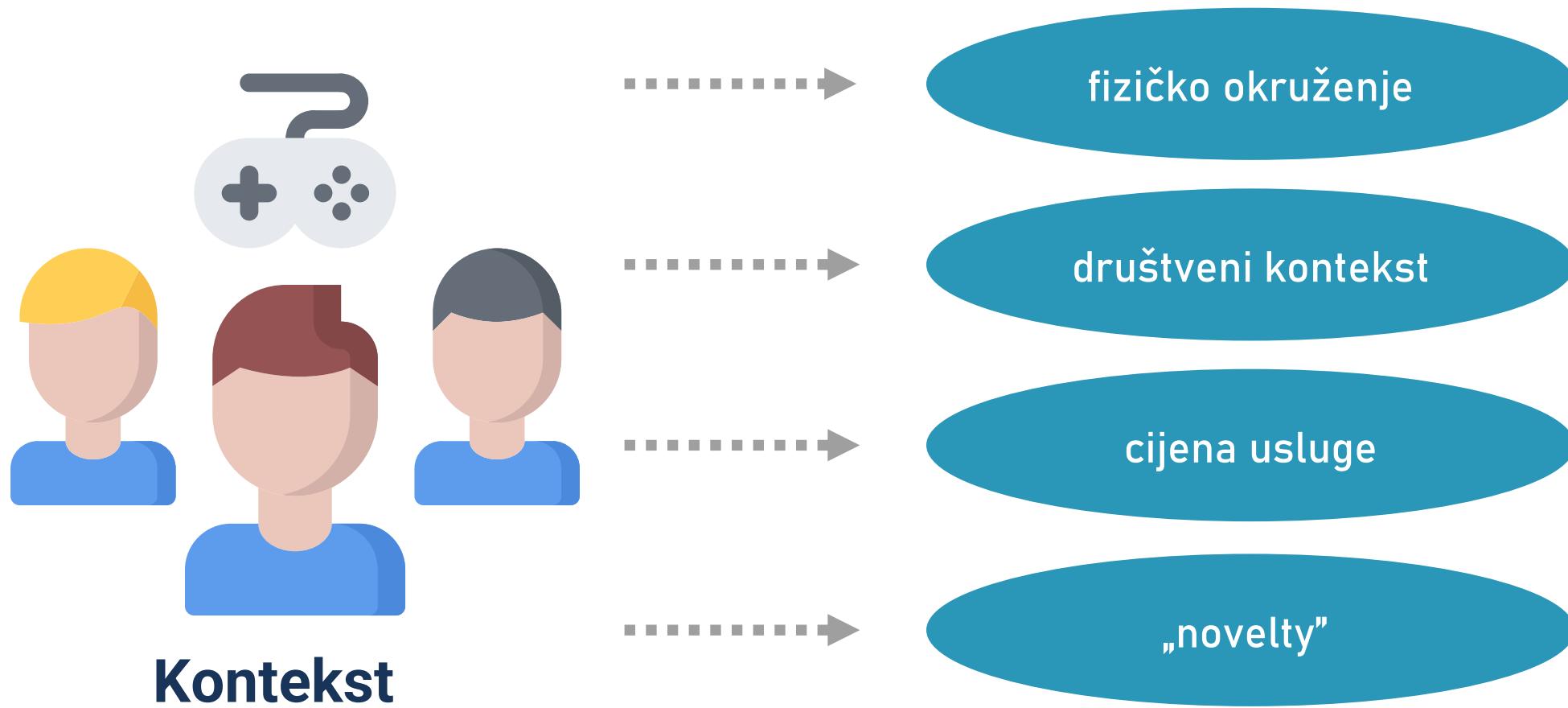
# Što sve utječe na korisničko iskustvo?



**Sustav**



# Što sve utječe na korisničko iskustvo?



# Testiranje korisničkog iskustva tijekom razvoja videoigre

*“Ako se korisničke studije ne provode tijekom procesa razvoja, problemi možda neće biti otkriveni prije izlaska igre na tržište. Nakon što se igra objavi, može postati bolno očito da se neki aspekti igre ne razumiju ili se ne doživljavaju na predviđeni način.”*

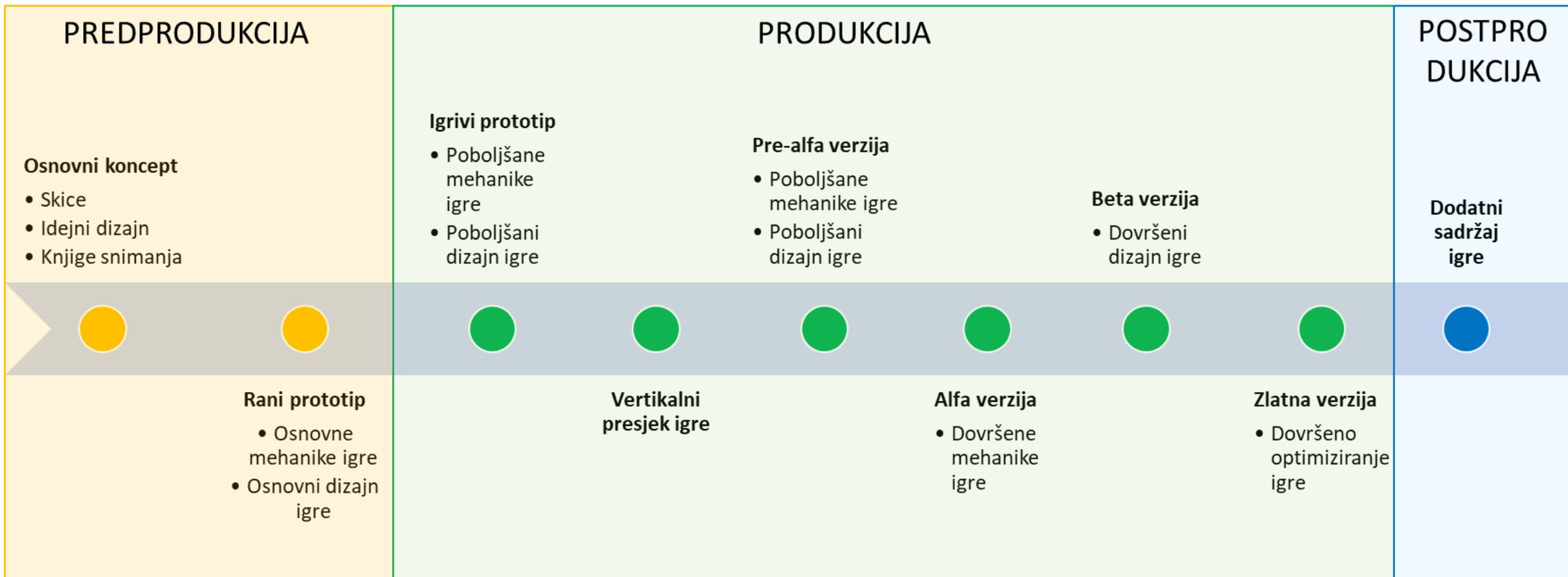
– Steve Bromley, 2021

- Razvoj videoigara se može podijeliti u tri ključne faze: fazu predprodukcije, fazu produkcije i fazu postprodukcije
- **Faza predprodukcije** se uglavnom sastoji od dviju manjih faza: razvoja koncepta i razvoja osnovnog prototipa videoigre
- **Faza produkcije** se sastoji od iterativnog razvoja videoigre, od prototipa pa do gotovog proizvoda
- **Faza postprodukcije** se sastoji od održavanje igre i izrada novog sadržaja (DLC ili nastavka) te počinje jednom kada je videoigra završena i poslana na tržište,

# Faze igre u produkciji

- **Rani prototip** – Inicijalno stanje videoigre koje je razvijeno u predprodukciji;
- **Igrivi prototip** (engl. *first playable*) – Prototip je vizualno ažuriran s resursima više kvalitete te su poboljšane osnovne mehanike igre;
- **Vertikalni presjek videoigre** (engl. *vertical slice*) – Predstavlja manji dio videoigre koji pruža osjećaj igranja visoke vjernosti. Iako vertikalni presjek videoigre pruža reprezentativni uzorak igranja, za sam razvoj takvog prototipa potrebno je implementirati sve osnovne dijelove videoigre, poput kretanja lika, načina interakcije s okolinom i slično. Takva implementacija predstavlja znatni utrošak resursa u tako ranoj fazi razvoja videoigre, no na temelju vremena potrebnog za razvoj vertikalnog presjeka videoigre može se procijeniti vrijeme potrebno za dovršetak ostatka videoigre;
- **Pre-alfa verzija** (engl. *pre-alpha version*) – Razvijena je većina glavnog sadržaja videoigre. U ovoj fazi se donose odluke o izbacivanju postojećeg sadržaja ili ubacivanju novog kako bi se poboljšala igrivost videoigre;
- **Alfa verzija** (engl. *alpha version*) – Videoigra sadrži sve glavne funkcionalnosti i u potpunosti je igriva od početka do kraja. Možda je još potrebna vizualna dorada resursa, ali mehanike igre i funkcionalnosti bi trebale u ovom momentu ispravno raditi;
- **Beta verzija** (engl. *beta version*) – Svi sadržaji i resursi se nalaze u videoigri. U ovoj fazi programski tim bi trebao prestati s dodavanjem novih funkcionalnosti i sadržaja, te bi se trebao fokusirati na optimiziranje dijelova videoigre;
- **Zlatna verzija** (engl. *gold master*) – Videoigra je završena i spremna za isporuku na tržište videoigara.

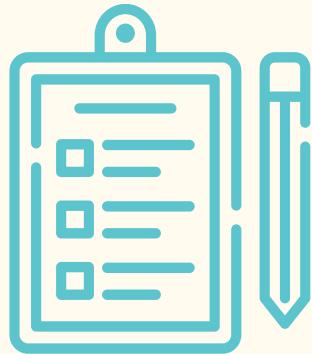
# Faze igre



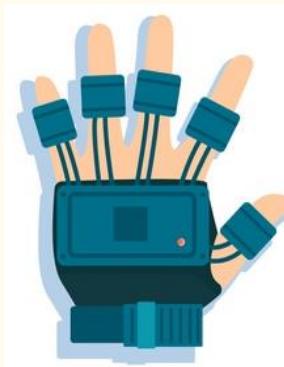
# Tipovi testiranja

- **Testiranje kvalitete videoigre** (QA testiranje) je pojam koji većina programera igara podrazumijeva kad čuju riječ testiranje u domeni videoigara
  - QA testiranje se odnosi na testiranje funkcionalnosti programskog kôda te pronađak i ispravljanje pronađenih grešaka
  - Tijekom QA testiranja cilj je pronaći greške u igri (npr. izlazak iz dopuštene zone kretanja, prijevremena interakcija s likovima i slično) koje će programeri videoigre ispraviti prije nego što postane dostupna igračima
- **Testiranje korisničkog iskustva videoigre** je usmjereni na samog igrača i podrazumijeva procjenjivanje njegovog korisničkog iskustva tijekom igranja
  - Cilj ovakvog testiranja nije pronaći neočekivane greške, grafičke probleme ili izazvati rušenje videoigre, nego što više poboljšati korisničko iskustvo igrača promatranjem igračevih reakcija i doživljaja tijekom igranja
  - Provodi se u svim fazama razvoja, najbitnije u ranoj fazi produkcije
  - Fokus grupe, gameplay testing, promatranje igrača, eksperimentalne evaluacije
- Obje vrste testiranja su važne za razvoj videoigre te njihova zajednička primjena rezultira **boljom igrom**.

# Metode procjene iskustvene kvalitete



Subjektivna  
procjena



Praćenje  
ponašanja



Psiho-  
fiziološke  
mjere

# Metode testiranja korisničkog iskustva

## KADA?

Faze razvoja videoigre

## ŠTO?

Primjeri pitanja vezana uz testiranje korisničkog iskustva

## KAKO?

Metode testiranja korisničkog iskustva

## PREDPRODUKCIJA

- Kakvo iskustvo želimo postići?
- Tko je ciljana publika?
- Kakve su preferencije igrača?
- Na kojoj platformi žele igrati igru?

## PRODUKCIJA

- Je li igra zabavna?
- Je li postignuta ciljana razina izazova?
- Koliko često se X događa?
- Koliko često igrači koriste X?
- Razumiju li igrači kako se X koristi?
- Sviđa li se igračima narativ?
- Ponaša li se X na očekivani način?
- Sviđaju li se igračima zvučni efekti?

## POSTPRODUKCIJA

- Je li igra zabavna?
- Koliko dugo igrači igraju igru?
- Koliko i što su igrači spremni platiti?
- Zašto igrači odustaju?

- Fokus grupe
- Intervjui
- Heuristička evaluacija ranog prototipa

- Rani test igranja (*ankete, praćenje igrača*)
- Produceni test igranja (*ankete, praćenje igrača*)
- Heuristička evaluacija igrivosti i uporabljivosti

- A/B testiranje
- Praćenje igrača
- Analiza povratnih informacija igrača putem društvenih mreža

# Mrežni parametri koji utječu na kvalitetu

- Kašnjenje
- Propusnost
- Gubitak paketa
- Varijacija kašnjenja
- Raspoloživost

# Mrežno kašnjenje

- Dva tipa kašnjenja
  - Jednosmjerno kašnjenje s kraja na kraj (engl. One way delay – OWD)
  - Kašnjenje vremena odziva od jednog entiteta do drugog i nazad (engl. Round Trip-Time – RTT)
  - Često se u literaturi samo navodi kašnjenje te treba obratiti pažnju na koje se misli!
- Sveukupno mrežno kašnjenje se sastoji od tri osnovne komponente
- Transmisijsko kašnjenje (engl. Transmission Delay – TD): vrijeme koje je potrebno da se informacija prenese na prijenosni medij s mrežnog sučelja.
  - Ovisi o brzini prijenosnog medija.
  - U modernim mrežama je ova komponenta kašnjenja vrlo mala. Npr. poznati rezultati za ispitne pakete duljine 40-bytova na T3 sučelju (44.736 Mbit/s) transmisijsko kašnjenje oko  $7 \mu\text{s}$ , a na T1 sučelju (1.544 Mbit/s) oko  $220 \mu\text{s}$ .
- **Propagacijsko kašnjenje (engl. Propagation delay – PD): vrijeme koje je potrebno da signal dođe kroz neki medij s jednog kraja do drugog kraja**
  - Ovo kašnjenje je ograničeno brzinom propagacije signala koja je u modernim mrežama oko dvije trećine brzine svjetlosti.
  - Često se samo na ovo kašnjenje misli kada se govorи o mrežnom kašnjenju
  - U lokalnim mrežama je zanemarivo (ispod 1 ms)
- Komutacijsko kašnjenje (engl. Switching delay – SD): vrijeme koje je potrebno da se signal komutira unutar usmjeritelja.
  - Interval počinje kada posljednji bi ulaznog okvira dostigne ulazna vrata i završava kada je prvi bit izlaznog okvira viđen na izlaznim vratima.
  - Sastoji se od dva dijela
    - Fiksno kašnjenje (engl. Fixed Delay – FD) – fiksno vrijeme koje je potrebno da se paket transportira unutar komutatora koji nema opterećenje ( engl. zero load)
    - Kašnjenje zbog repova čekanja (engl. Queueing Delay – QD) – vrijeme koje paket čeka u repovima čekanja na obradi i ovisi o razdiobi duljine repa čekanja odnosno o opterećenju mreže.
  - Komutacijsko kašnjenje kao komponenta sveukupnog mrežnog kašnjenja je u RFC1242 definirana kao vrijeme otkako zadnji bit ulaznog okvira dolazi na ulazni port do vremena kada prvi bit izlaznog okvira izlazi iz izlaznog prota

# Propusnost

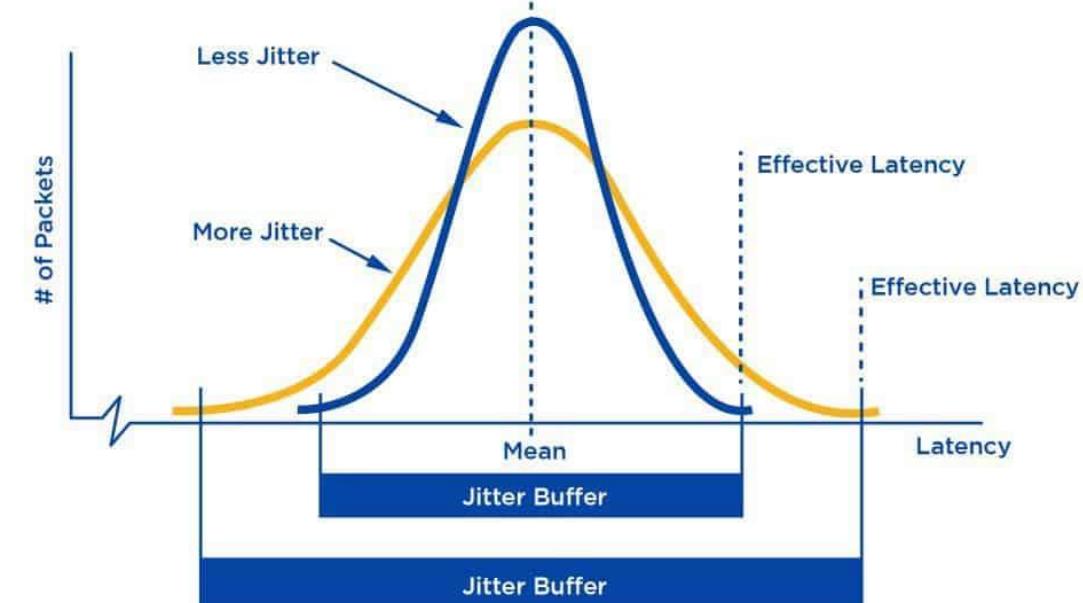
- Propusnost (engl. throughput) se po RFC 1242 na razini uređaja definira kao maksimalna bržina po kojoj nijedan od ponuđenih okvira se ne odbaci
  - Ponuđeni promet – onaj koji dolazi na ulaz uređaja
  - Posluženi promet – onaj koji izlazi s istog
  - Vrlo je korisna mjera s obzirom da gubitak paketa može uzrokovati značajna ili kašnjenja ili degradacije usluge
- Mjerne jedinice
  - Broj okvira s određenim brojem okteta po sekundi (paketi)
  - Broj bita u sekundi
- Dok se na razini poveznice propusnost većinom gleda na razini bita koji se mogu prenijeti, na razini mrežnog uređaja najčešće se gleda broj paketa koji se obrađuje
- Da bi izračunali vršnu i prosječnu iskorištenost veze, mjerimo promet u fiksnim intervalima
  - Interval veličine 15 minuta je prikladan za većinu planiranja kapaciteta;
  - Manji intervali se mogu koristiti za poboljšanje točnosti

# Gubitak paketa

- Stopa gubitka okvira (engl. Frame Loss Rate) se po RFC 1242 na razini uređaja: definira kao postotak okvira koji su trebali biti proslijedjeni dok je mrežni uređaj u stabilnom stanju (konstantno opterećenje), a koji nisu proslijedjeni zbog nedostatnih resursa
  - Gubitak paketa na razini uređaja zbog preopterećenja uređaja
- Mjerna jedinica
  - Postotak okvir s određenim brojem okteta koji su odbačeni
- Gubitak paketa u jednom smjeru po RFC 2680 je definirana kao događaj u kojem je izvorište na mrežu poslao prvi oktet paketa, ali da ga odredište nije primilo
  - Potrebna točna definicija između izgubljenog paketa i onog koji ima jako veliko kašnjenje
  - Duplicirani paket se računa kao neizguljen
  - Ako paket stigne, ali iskvaren (engl. corrupted) računa se kao izgubljen

# Varijacija kašnjenja

- Varijacija kašnjenja (engl. Packet Delay Variation PDV, a kolokvijalno se još naziva jitter) je varijacija distribucije međudolaznih vremenima uzastopnih paketa (nije prijevod „podrhtavanje“ što se često nađe u studentskim rādovima)
- Ako je prosječno kašnjenje konstantno jitter nam „razvlači“ distribuciju kašnjenja
- Najčešće se izračunava kao razlika dolaznih kašnjenja dvaju uzastopnih paketa
- U RFC 3393 naziv je Varijacija kašnjenja IP paketa, a izračunava se kao razlika u kašnjenju u jednom smjeru dva paketa u određenom mrežnom toku
- Vrlo bitan kod strujanja stvarnovremenskih medija
  - Razlika u dolaznom vremenu može degradirati subjektivni dojam
  - Koriste se često međuspremniци (engl. jitter buffer)



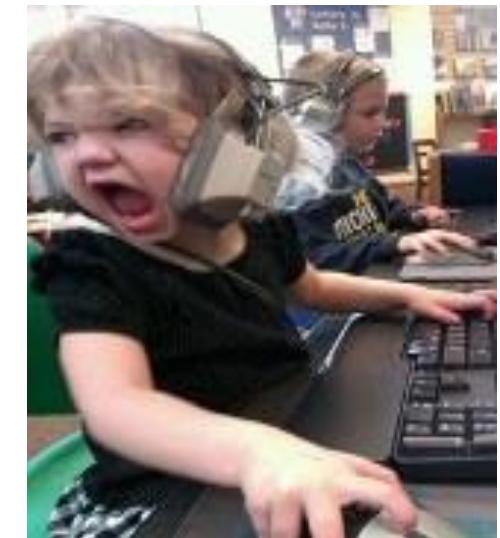
Izvor: Network Encyclopedia  
<https://networkencyclopedia.com/jitter/>

# Osnovne karakteristike prometa

- Mrežni tokovi igara:
  - Dugo trajanje
  - Visoka brzina paketa
  - Mala veličina paketa
  - **Niski zahtjevi na mrežnu propusnost**
  - Korištenje i UDP-a i TCP-a
  - **Karakteristike jako ovise o tipu igre**
- Zahtjevi :
  - Osjetljivi na kvalitetu mreže
  - Veliki signalizacijski overhead
  - Različita zahtijevana pouzdanost
- Izuzetak su igre u oblaku

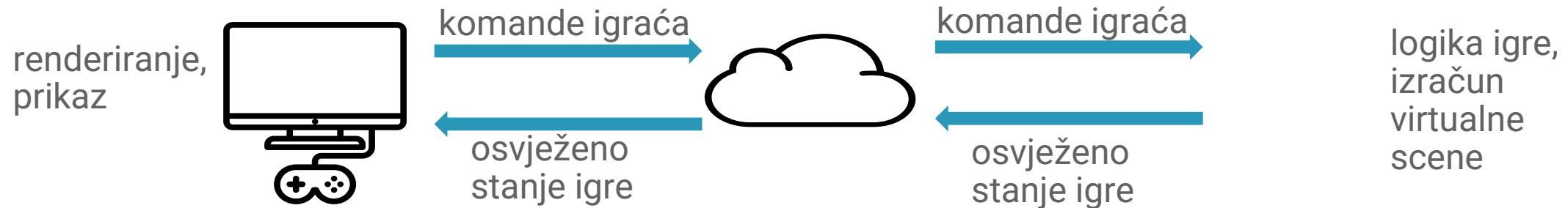
*120 hours of World of Warcraft*

by Elizabeth Harper Jul 24th 2007 at 8:10PM

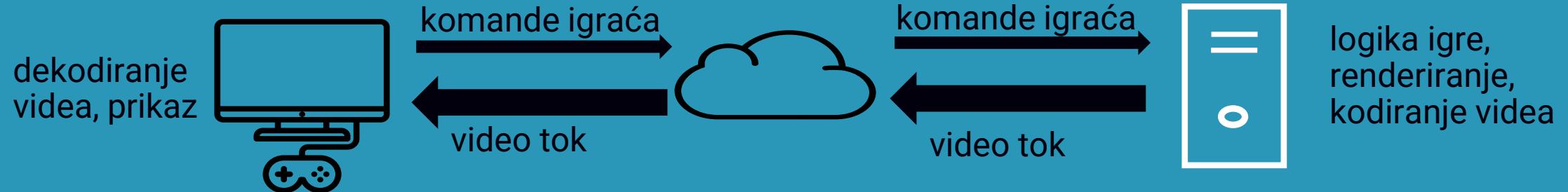


# Utjecaj platforme na karakteristike mrežnog prometa

## Platforma: tradicionalna mrežna igra

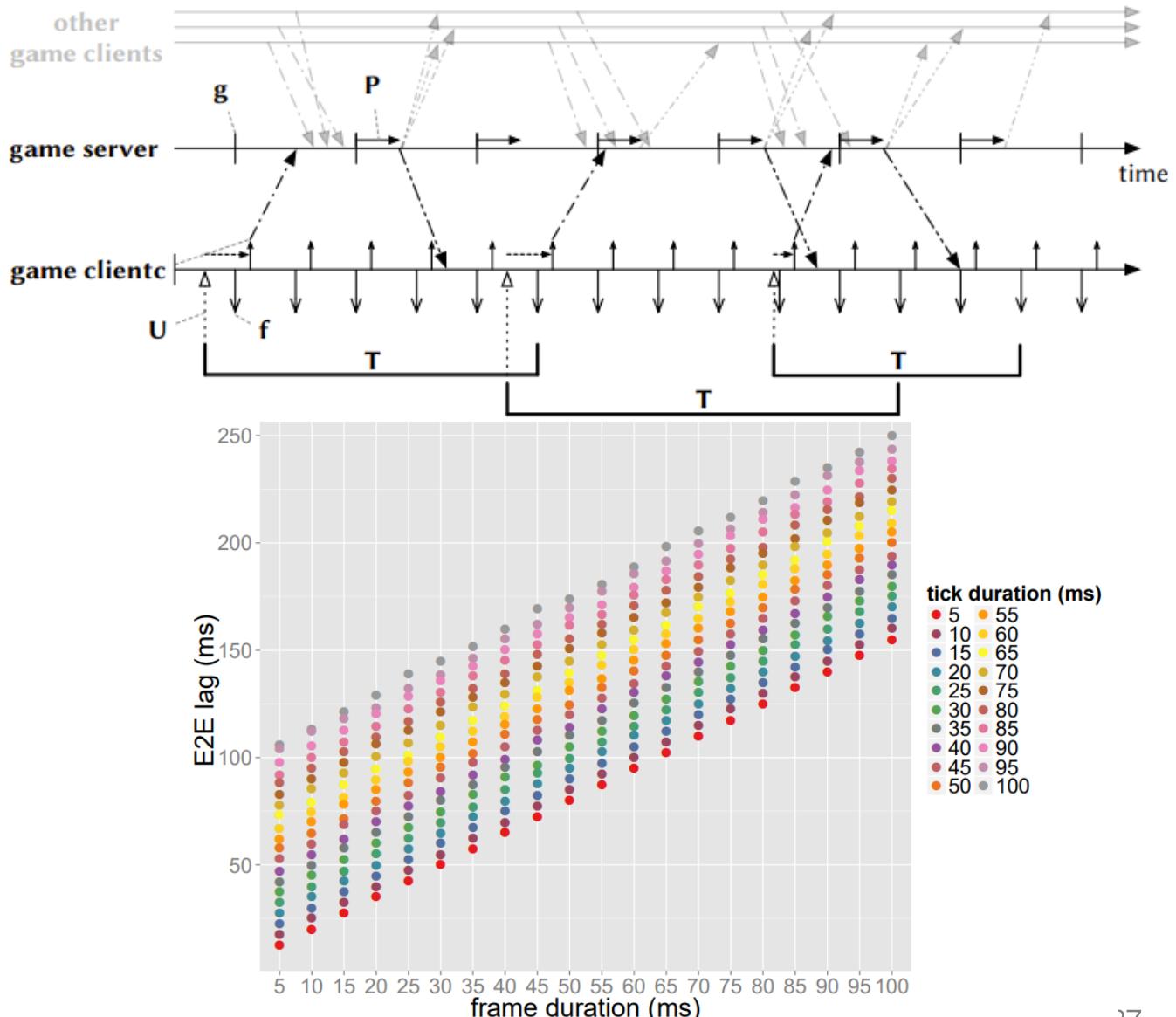


## Igre zasnovane na računalnom oblaku



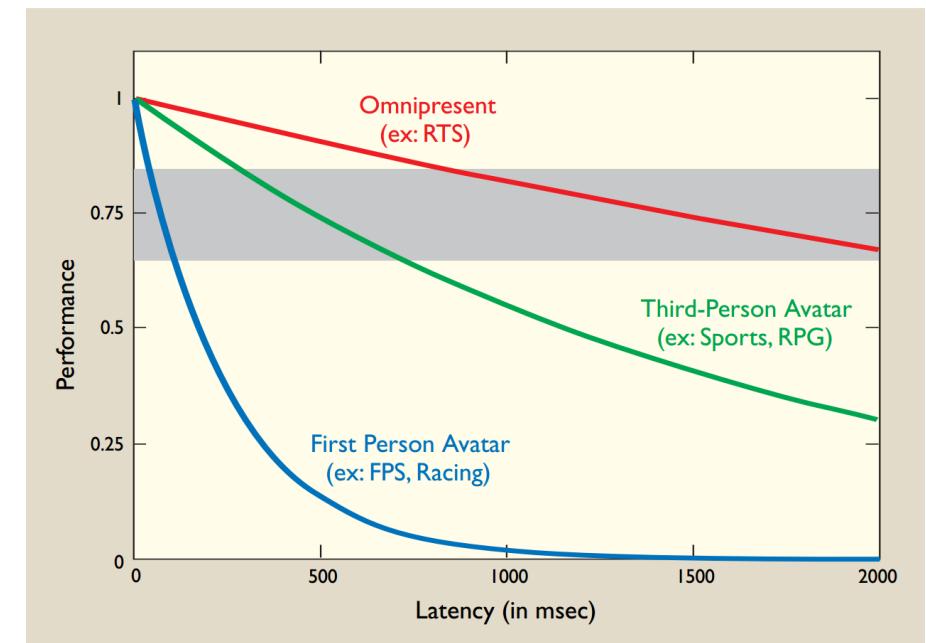
# Kašnjenje

- Ukupno kašnjenje u sustavu se sastoji od procesorskog kašnjenja na strani klijenta mrežnog kašnjenja te procesorskog kašnjenja na strani poslužitelja
- Dodatno, frekvencija procesiranja pojedinog otkucaja na klijentu i na serveru dodaje kašnjenje
- Na primjeru je frekvencija otkucaja na klijentu povezana s frekvencijom okvira, ali procesiranje počinje prije prikaza samog okvira
- Što su dulji intervali između otkucaja i pojedinačnih okvira to je veće ukupno doživljeno kašnjenje



# Utjecaj kašnjenja na ishod igre

- Utjecaj kašnjenja ovisi o vrsti igre!
  - Omnipresent – igre s pogledom “odozgo” na cijeli virtualni prostor (primjerice Warcraft 3)
  - 3 lice – pogled koji prati avatara iz određene perspektive (sportovi, RPG-ovi)
  - 1 lice – pogled iz perspektive avatara (FPS-ovi)
- Objektivne studije – pad učinkovitosti na 75%
  - Igre iz prvog lica – do 100 ms kašnjenje u oba smjera (engl. Round Trip Time)
  - Igre iz trećeg lica – do 500 ms RTT
  - Omnipresent igre – do 100 ms RTT
- Subjektivne studije – ocjena između 4 i 5
  - Igre iz prvog lica – do 160 ms kašnjenje u oba smjera (engl. Round Trip Time)
  - Igre iz trećeg lica – do 250 ms RTT
  - Omnipresent igre – do 400 ms RTT
- Novije studije:
  - Profesionalni igrači igara iz prvog lica gube performanse već na 50 ms RTT



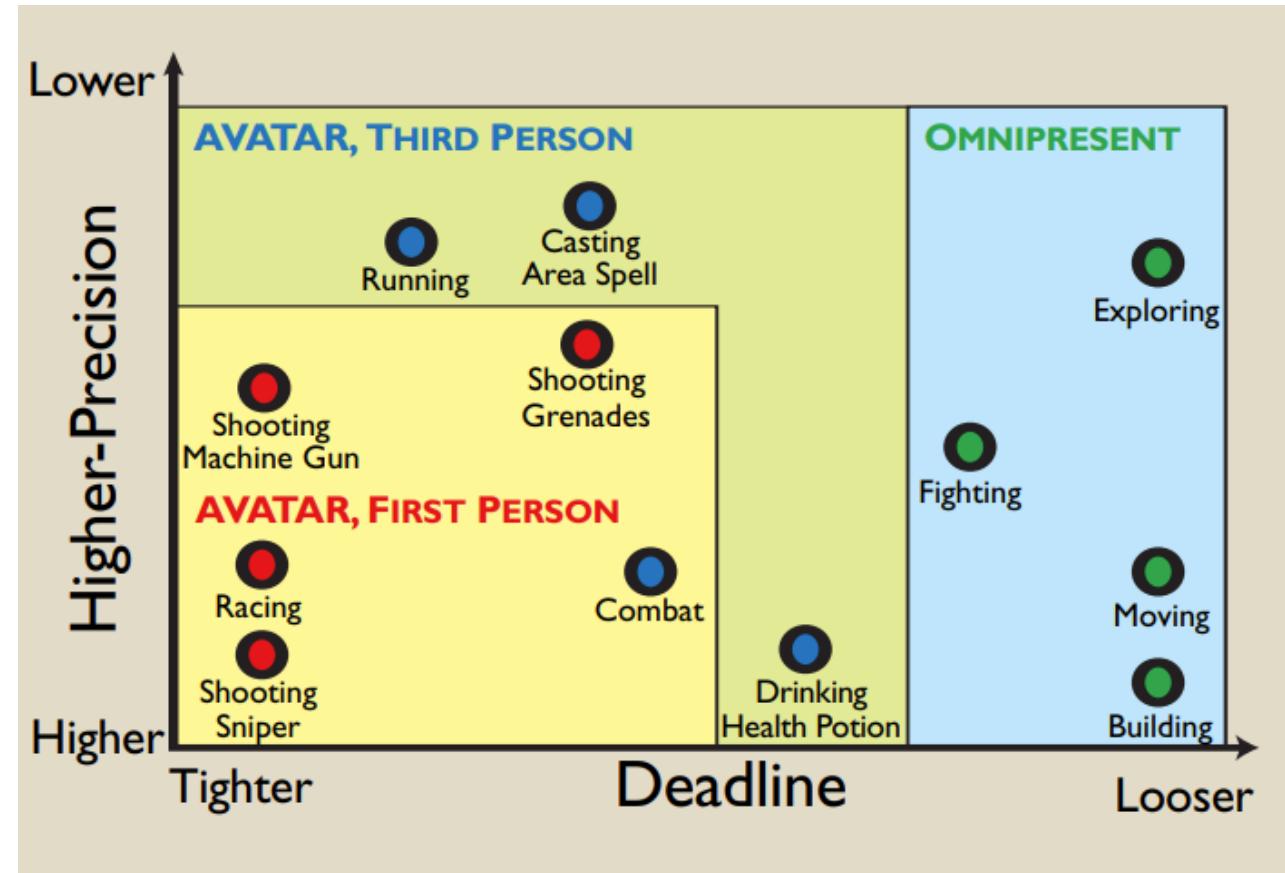
Izvor: Dick, M., Wellnitz, O., and L. Wolf, "Analysis of factors affecting players' performance and perception in multiplayer games", Proceedings of 4th ACM SIGCOMM workshop on Network and system support for games, pp. 1 - 7 , 2005.

Izvor: Cajada, M., "VFC-RTS: Vector-Field Consistency para Real- Time-Strategy Multiplayer Games", Master of Science Dissertation , 2012.

Izvori: M. Claypool and K.Claypool, Latency and player actions in online games. *Commun. ACM* 49, 11 (November 2006), 40-45

# Preciznost i hitnost akcija u igrama

- Preciznost – koliko precizna mora biti akcija (pučanje iz snajpera ili bacanje bombe širokog radiusa djelovanja)
- Hitnost – koliko brzo moramo izvršiti akciju (trebamo pogoditi nekog tko je na otvorenom sekundu ili dvije ili trebamo naći mjesto za izgradnju zgrade)



# Utjecaj kašnjenja ovisnosti preciznosti i hitnosti

- Dvije studije na VR FPS igri Serious Sam VR: The Last Hope
- Kaotična igra s puno neprijatelja na ekranu
- Prva studija – sva oružja
- Druga studija – samo oružja kojima se vide projektili (laseri, lanseri raketa itd.)
- Zaključci
  - Ljudi zapravo nisu vidjeli utjecaj kašnjenja od kaosa jer od puno neprijatelja uvijek bi nešto pogodili!
  - Prva studija neosjetljivost na kašnjenje do 300 ms
  - Druga studija – osjetljivost na kašnjenje preko 100 ms
  - Više umiranja nije utjecalo na QoE ocjene



Fig. 8. Different types of weapon triggering different visual effects: a) weapon displaying individual projectiles and their full ballistic trajectory, b) weapon displaying only a muzzle flash effect

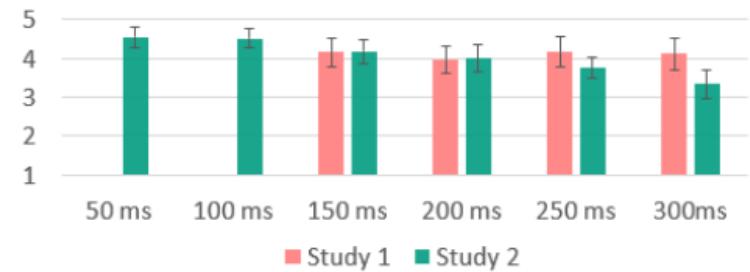


Fig. 2. Average QoE score per latency scenario

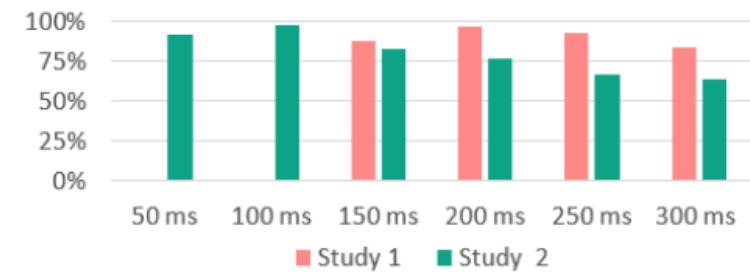


Fig. 3. Willingness to continue playing in given network conditions

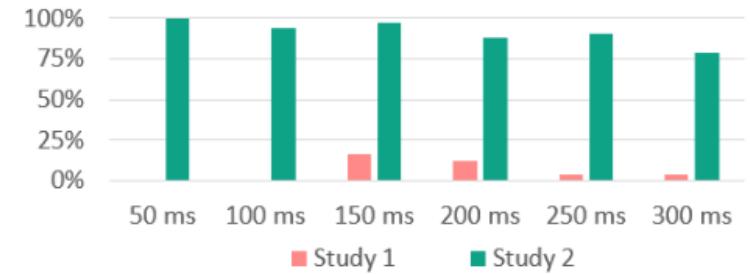
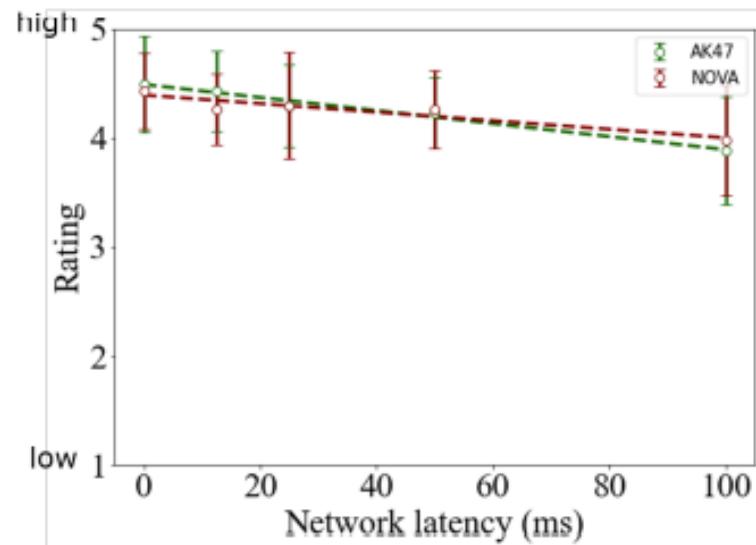
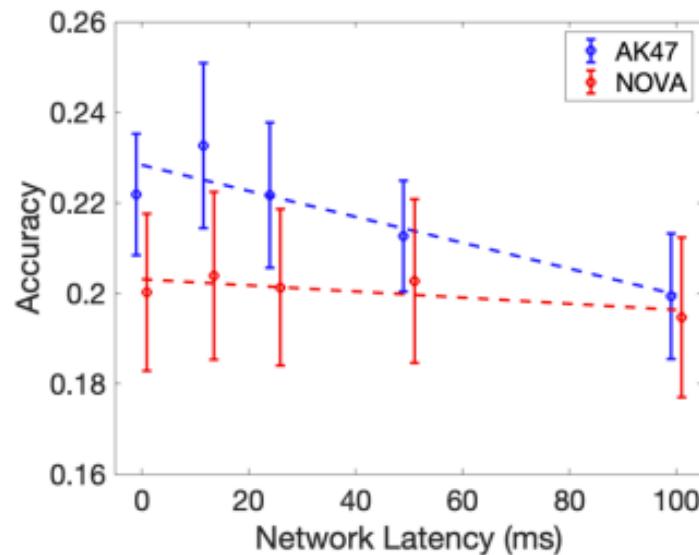


Fig. 4. Survival rate per latency scenario

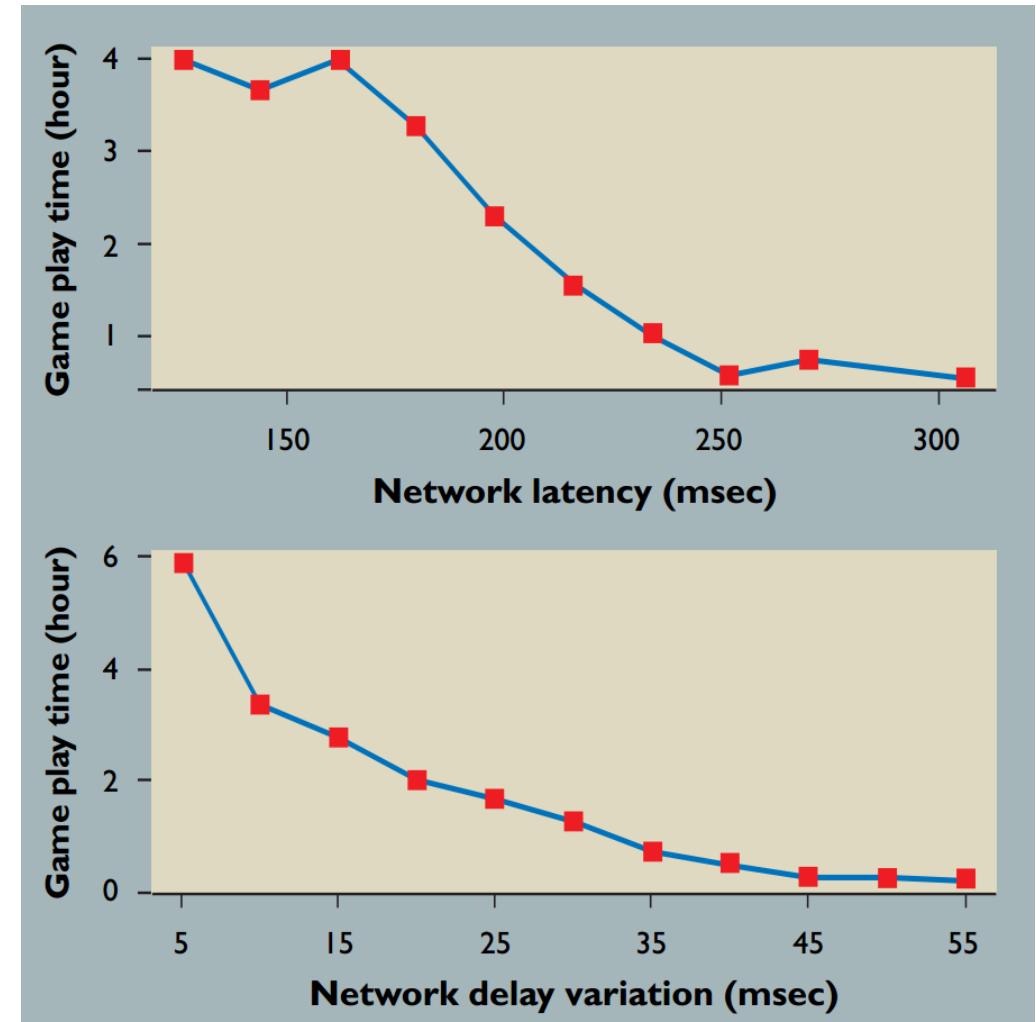
# Utjecaj kašnjenja ovisnosti preciznosti i hitnosti

- Dodatno utjecaj kašnjenja ovisi i o kontekstu same igre i oružja koji se u njoj koristi
  - Preciznije oružje (AK47) ima veći utjecaj kašnjenja od nepreciznog (NOVA – sačmarica)
  - Za preciznije oružje pad performansi od 15% za kašnjenje od 100 ms



# Utjecaj kašnjenja na prosječno trajanje sjednice

- Studija na kineskom MMORPG-u
- Kašnjenje preko 160 ms počinje smanjivati trajanje sjednice
- Varijacija kašnjenja preko 10 ms već značajno skraćuje trajanje sjednice
- Generalno mrežno kašnjenje **od 100ms RTT-a** ili manje je dovoljno za svaki tip igre za visoku kvalitetu odnosno da korisnici igre ne mogu zamijetiti utjecaj mreže



Izvor K.-T. Chen, P. Huang, and C.-L. Lei, "How sensitive are online gamers to network quality?" Communications of the ACM, vol. 49, no. 11, pp. 34–38, 2006.

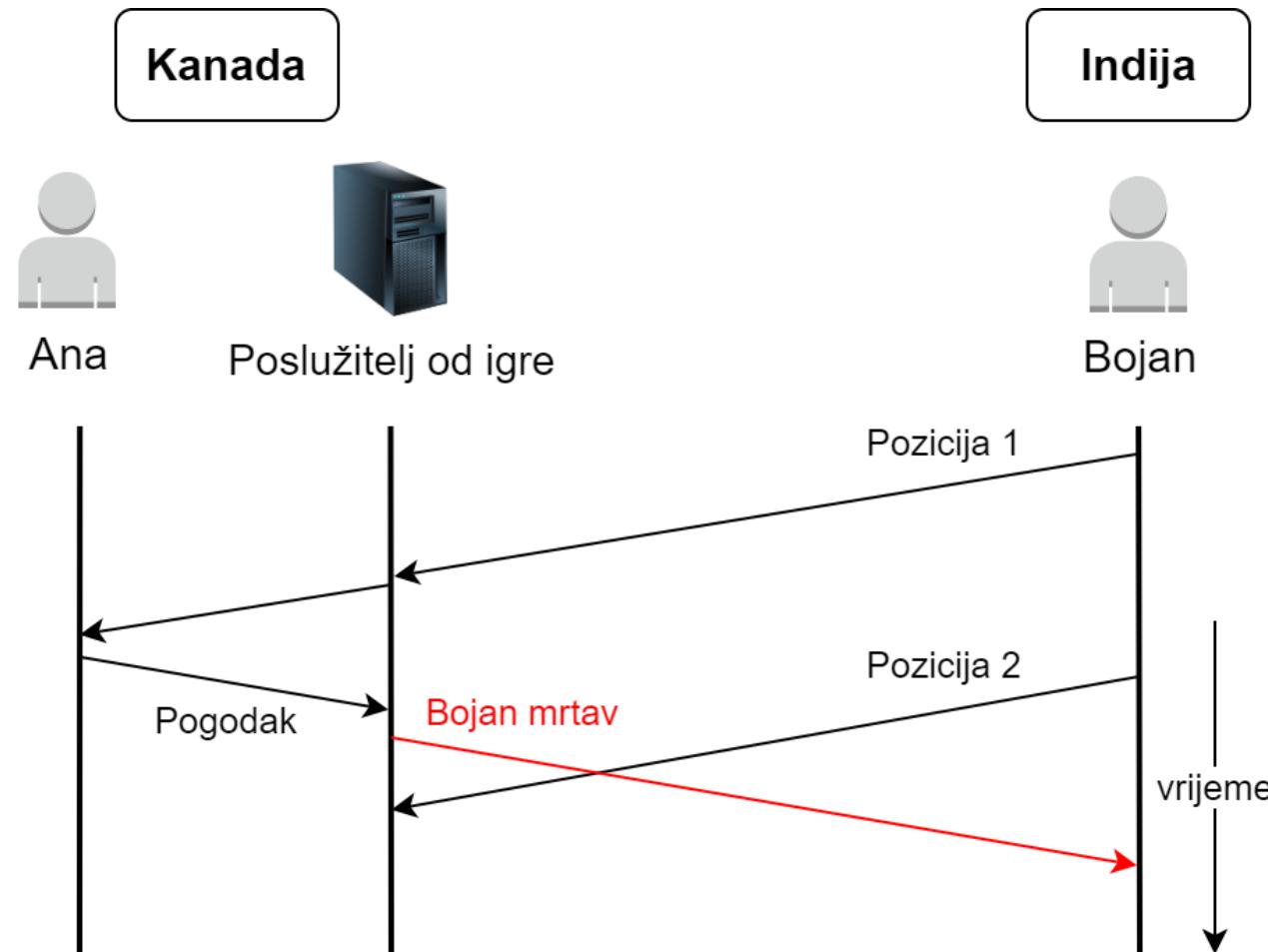
# Kašnjenje za igre temeljene na računalnom oblaku

- Tradicionalne igre imaju razne metode za borbu protiv kašnjenja koje se mogu koristiti na strani klijenta
- U igrama temeljenim na računalnom oblaku imamo „tankog“ klijenta koji je zapravo samo aplikacija koja skuplja unose igrača te prikazuje video
- Zbog toga potrebno **manje** kašnjenje nego kod igara temeljenih na tradicionalnoj arhitekturi
- GeForceNOW traži manje od **80ms RTT-a** za normalno izvođenje usluge

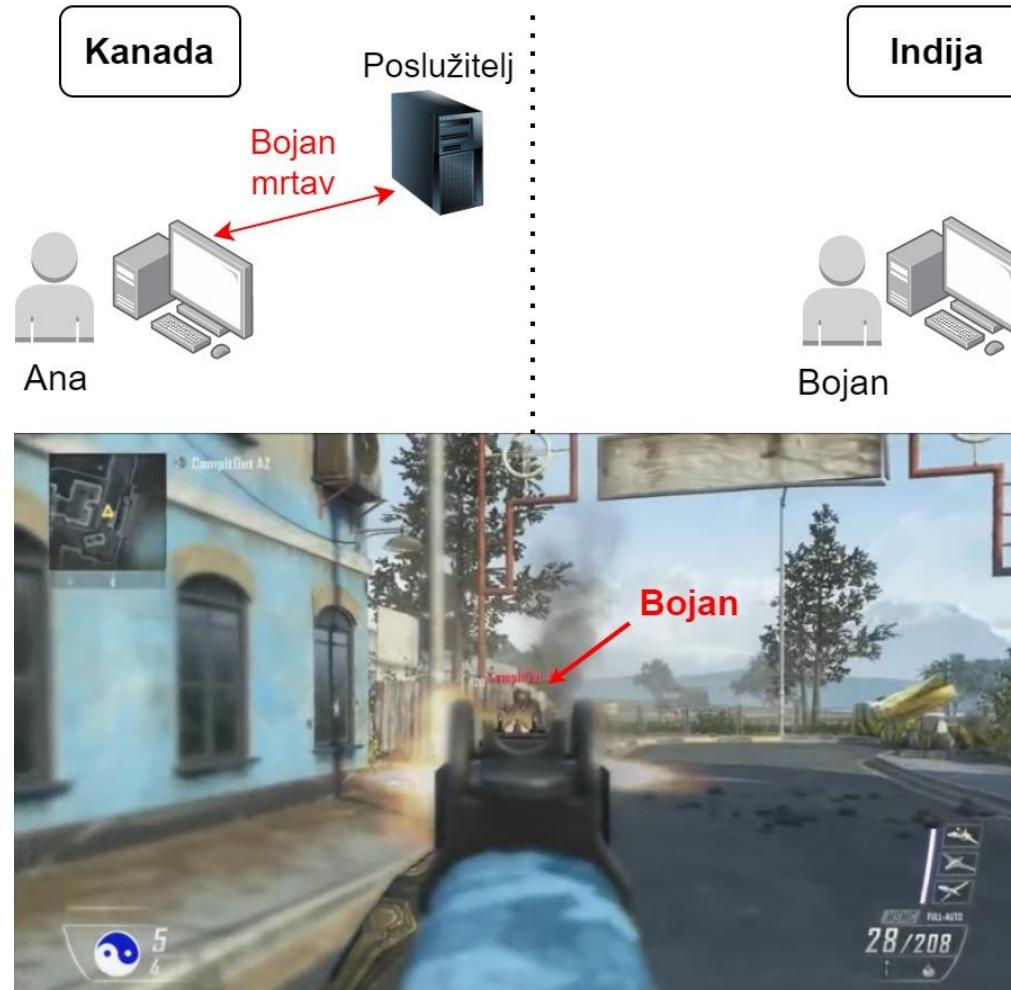
# Razlika kašnjenja između igrača

- Slučaj u kojem igrači mogu imati različito kašnjenje uzrokuje nekonzistentnosti koje mogu biti vrlo pogubne za percepciju kvalitete
- Uzrokovane razlike variraju od tipa igre do tipa igre, ali najveći utjecaj imaju u vrlo interaktivnim igrama kao što su FPS-ovi
- Primjer Ane i Bojana koji igraju s različitim lokacijama u Kanadi i Indiji, a poslužitelj se nalazi u SAD-u
- Dolazi do problema smrti iza zida
- Ovakvi problemi se rješavaju metodama za kompenzaciju kašnjenja o kojima više na idućim predavanjima

# Smrt iza zida



# Smrt iza zida

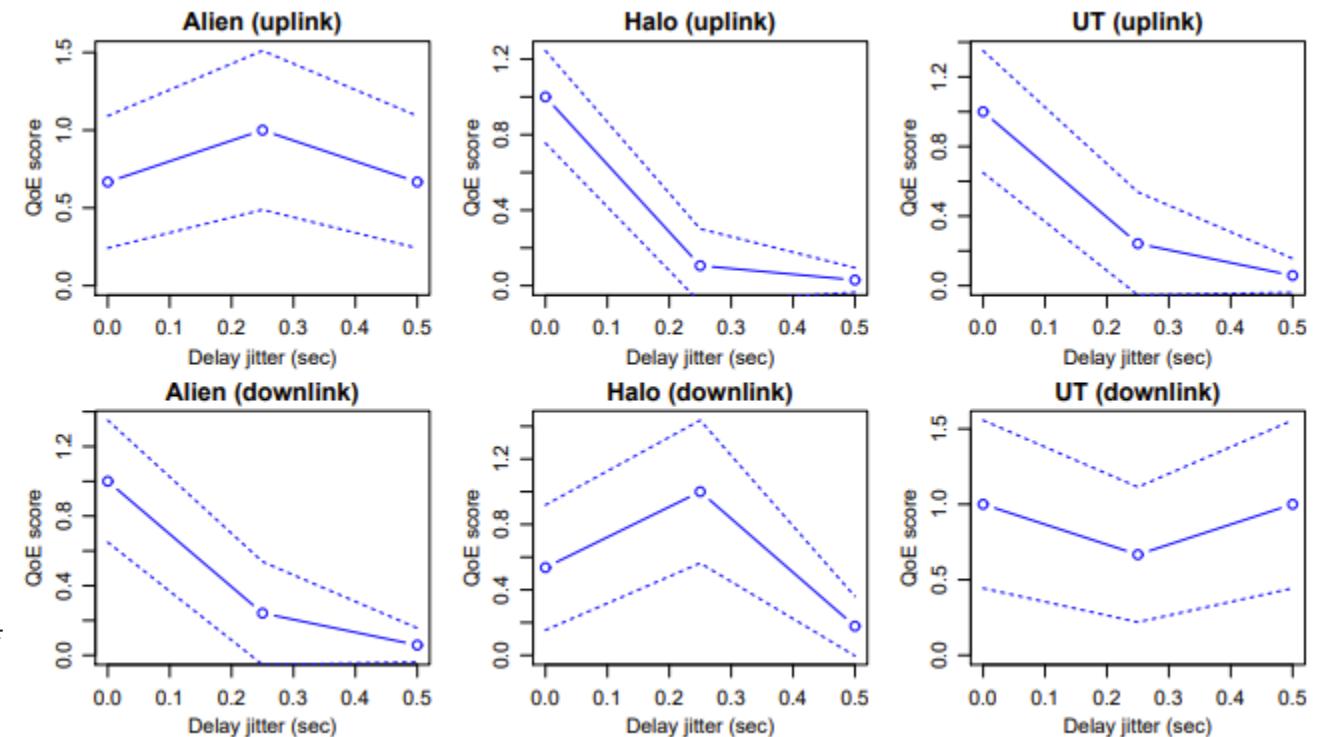
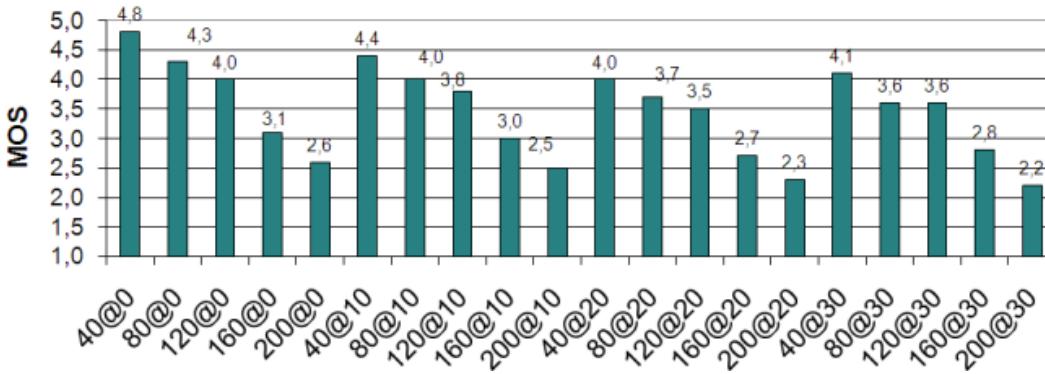


# Smrt iza zida



# Varijacija kašnjenja

- Varijacija kašnjenja je vrlo utjecajna mrežni parametar
- Vrijednosti od **30 ms** varijacije kašnjenja su već na 40 ms kašnjenja uzrokovali značajan pad kvalitete i pad ocjene za skoro cijeli poen u studiji na World Of Warcraftu
- Različite vrijednosti varijacije kašnjenja različito utjecali na studiju na FPS igrama (Alien, Halo i UT) ovisno je li se radi o dolaznom ili odlaznom prometu s klijenta
  - Autori rada pretpostavljaju da je do različitih lokacija na kojima se igra sinkronizira (Alien sinkronizira na klijentu dok Halo i UT na poslužitelju)

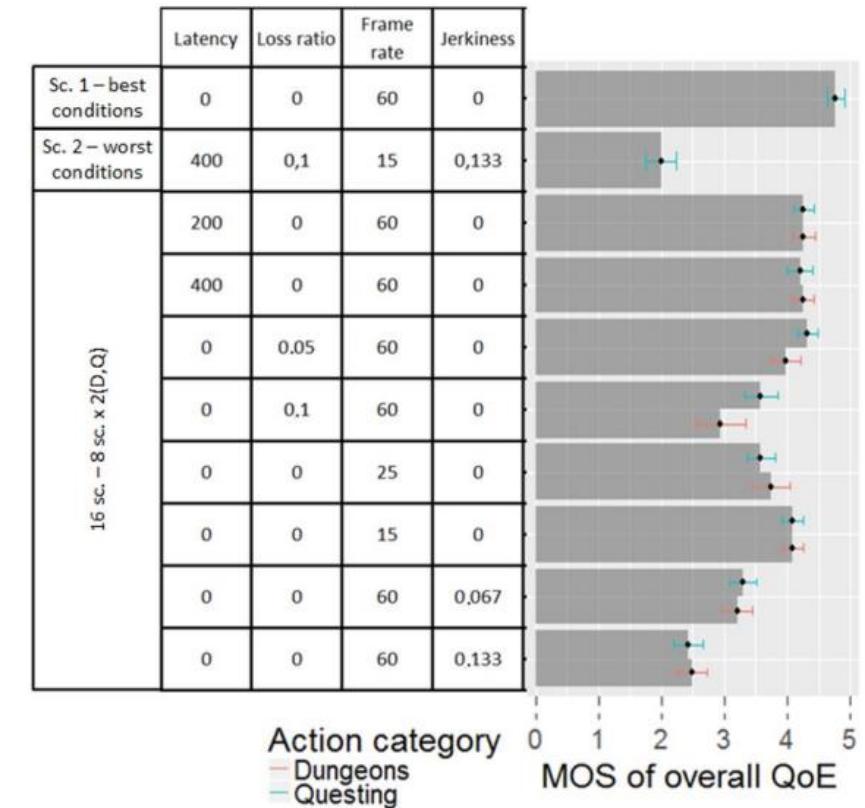
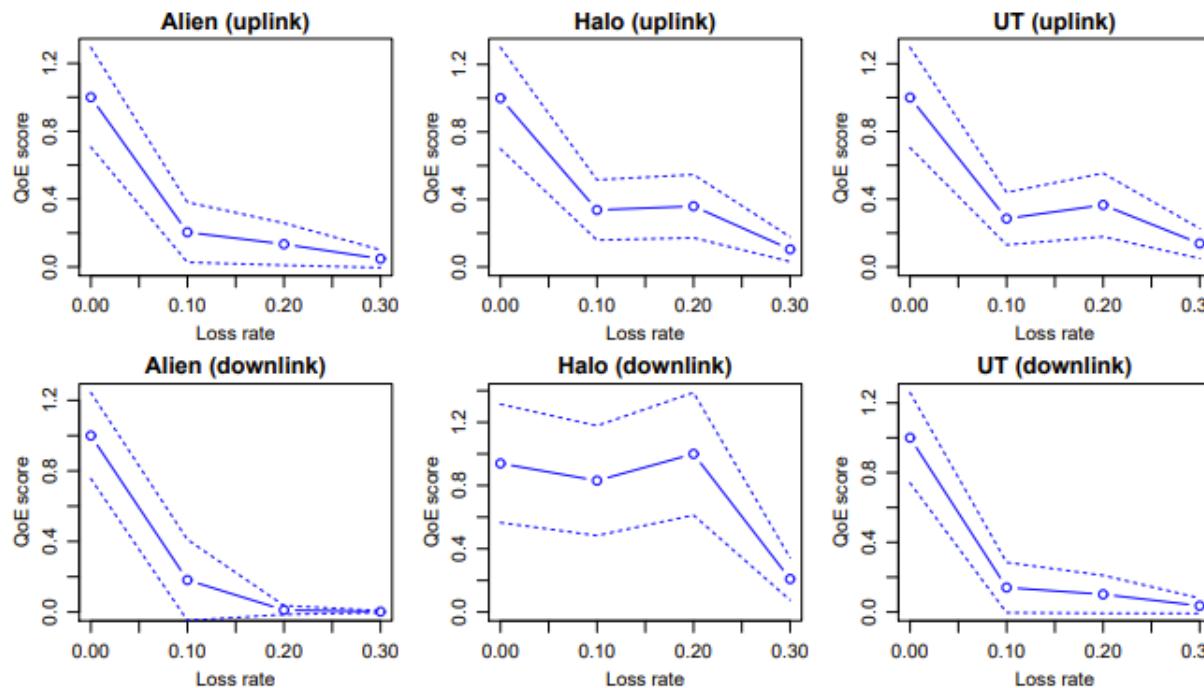


Izvori: Ries, Michal, Philipp Svoboda, and Markus Rupp. "Empirical study of subjective quality for massive multiplayer games." *2008 15th International Conference on Systems, Signals and Image Processing*. IEEE, 2008.

Chang, Yu-Chun, et al. "Online game QoE evaluation using paired comparisons." *2010 IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability (CQR 2010)*. IEEE, 2010.

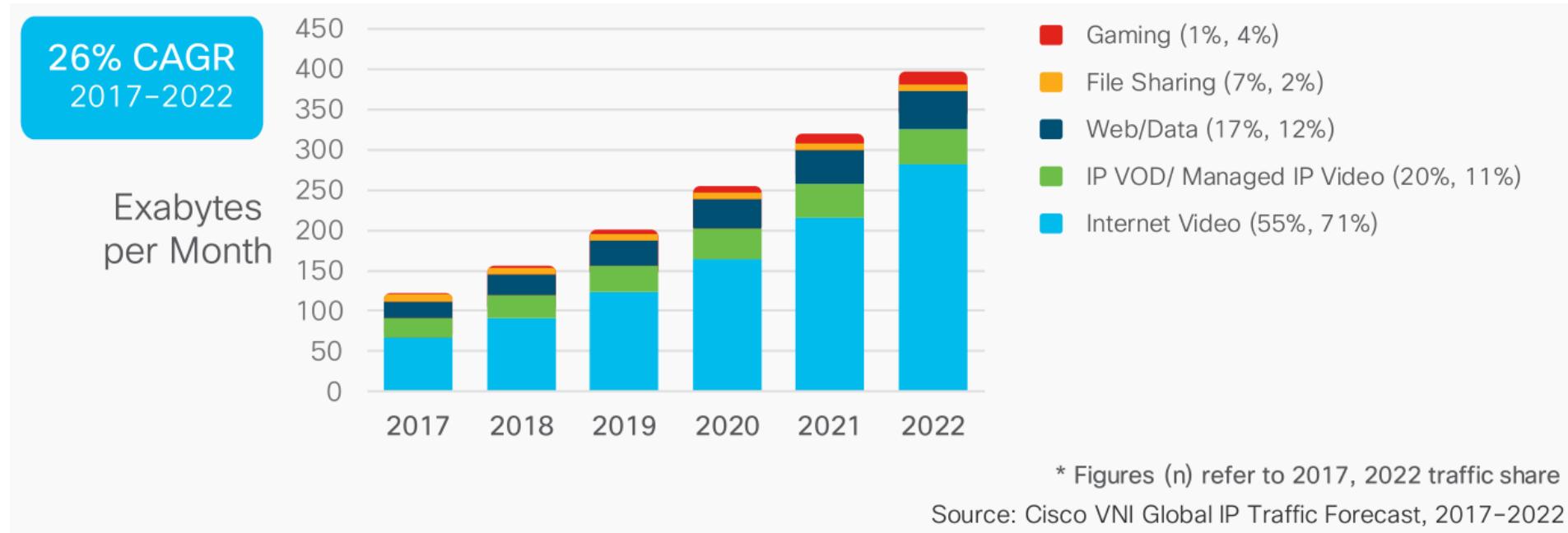
# Gubitak paketa

- Gubitak paketa je mrežni parametar koji može vrlo različito utjecati na igru ovisno o tome kako je napravljen netcode igre te koji se protokol koristi
- Gubici od 10 posto na bilo kojoj testiranoj igri i bilo kojem prometu značajno degradiraju performanse igre, osim u slučaju Halo gdje čak 20% izgubljenih paketa nije degradiralo performanse
- U slučaju World of Warcrafta koji se temelji na TCP-u, degradacija od 5% izgubljenih paketa na dolaznoj i odlaznoj strani je degradirala performanse do ocjene 4 – 4,5, a sa 10% ocjena se degradirala na vrijednost od 3 – 4



# Propusnost – udio igara u ukupnom prometu

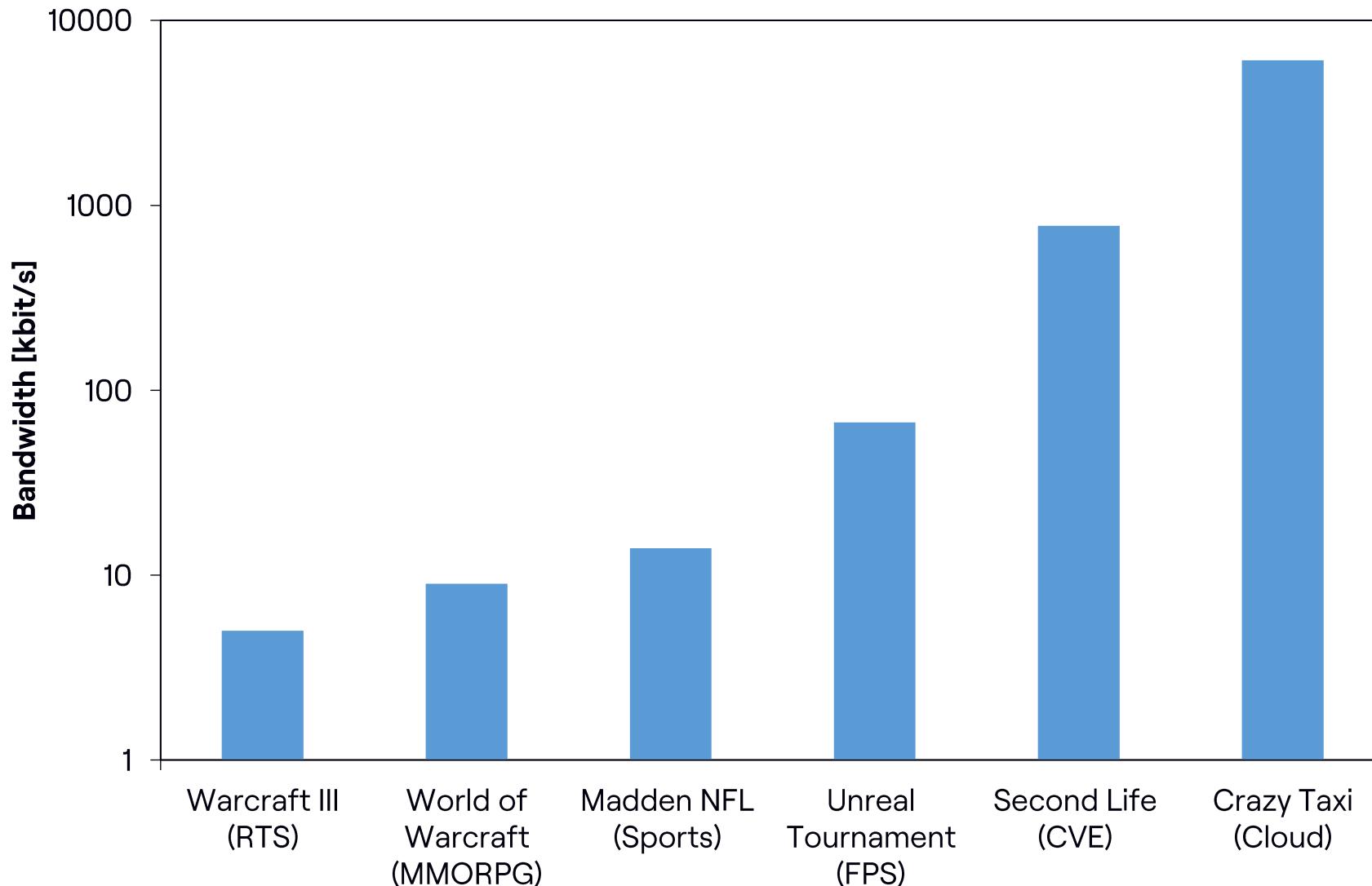
- Promet igara je mali dio sveukupnog prometa (1%), dok mu je stopa rasta 4%
- Igre generalno imaju niske zahtjeve na mrežnu propusnost, ali visoke zahtjeve na kvalitetu mreže (traže vrlo niska kašnjenja, kolebanja kašnjenja i gubitke paketa )



# Propusnost

- Igre tradicionalne arhitekture generalno zahtijevaju malu propusnost
- Razina modernih FPS igara je oko nekoliko desetaka do nekoliko stotina kbps
- World of Warcraft – oko 80 kbps
- Call of Duty WW2 – između 150 do 200 kbps

# Propusnost po tipu igre

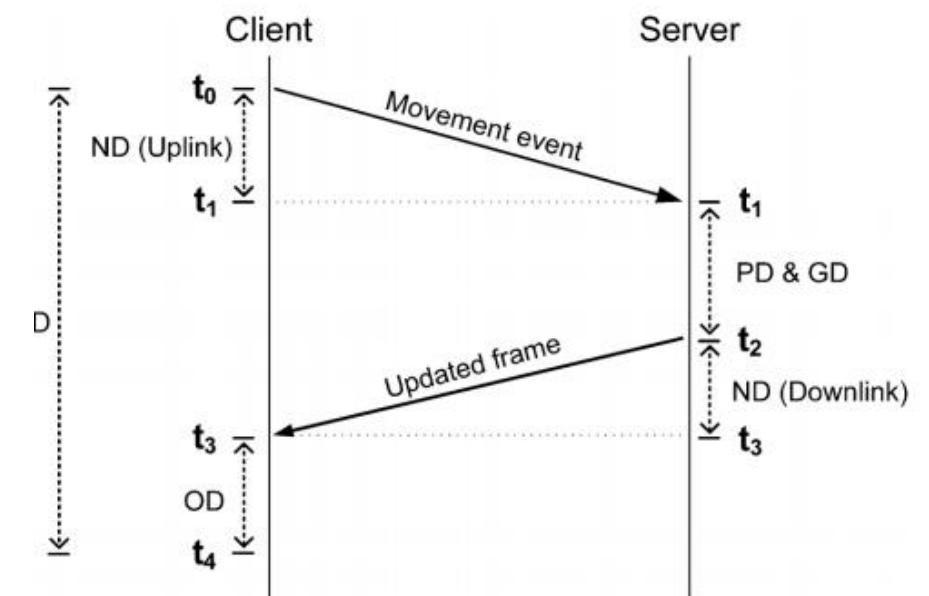


# Propusnost kod igara u oblaku

- Igre u oblaku
  - Izračun stanja i renderiranje virtualne scene se događa na poslužitelju
  - Klijentu se šalje strujanje videa visoke razlučivosti
- Fundamentalno različite karakteristike prometa
  - Vrlo visoki zahtjevi na propusnost veze
  - Viši zahtjevi na mrežno kašnjenje nego "standardne" igre
- \*Bez većeg komercijalnog uspjeha
- Ako igranje u oblaku zaživi promet igara će postati jedna od najznačajnijih kategorija prometa u Interneta
- Zahtjevi su veliki:
  - **Nvidia GeForceNOW treba 15Mbps za 720p na 60 FPS, 25Mbps za 1080p na 60 FPS**
  - **Nware – treba minimalno 10 Mbps**
  - **Luna – treba minimalno 10 Mbps**

# Zašto je kod igara u oblaku velika propusnost?

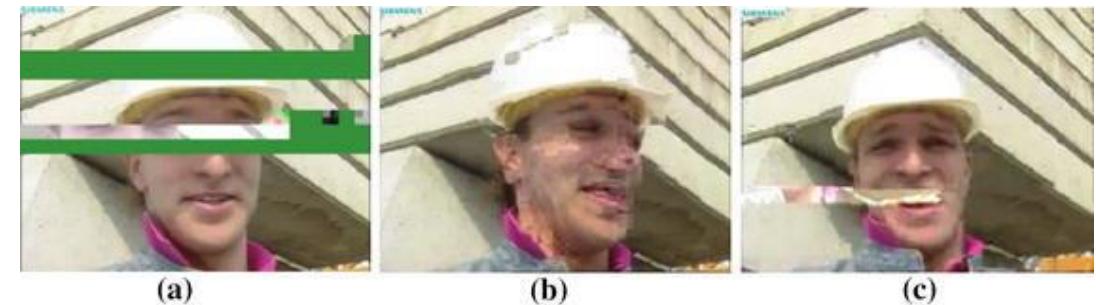
- Video koder koji se koristi – H264
- Igre su interaktivna stvarnovremenska usluga – korisnik očekuje
  - Visoku kvalitetu (visoka rezolucija i veliki broj sličica u sekundi)
  - Sadržaj ne postoji unaprijed – dinamički se generira
  - Da igra “odgovori” na komande u stvarnom vremenu (nekoliko desetina ms)
- Kompromis između vremena kodiranja videa, te složenosti korištenih algoritama (razine komprimiranja)
- Danas standard 60 FPS i HD rezolucija



Izvor: Chen, Kuan-Ta, et al. "On the quality of service of cloud gaming systems." *Multimedia, IEEE Transactions on* 16.2 (2014): 480-495.

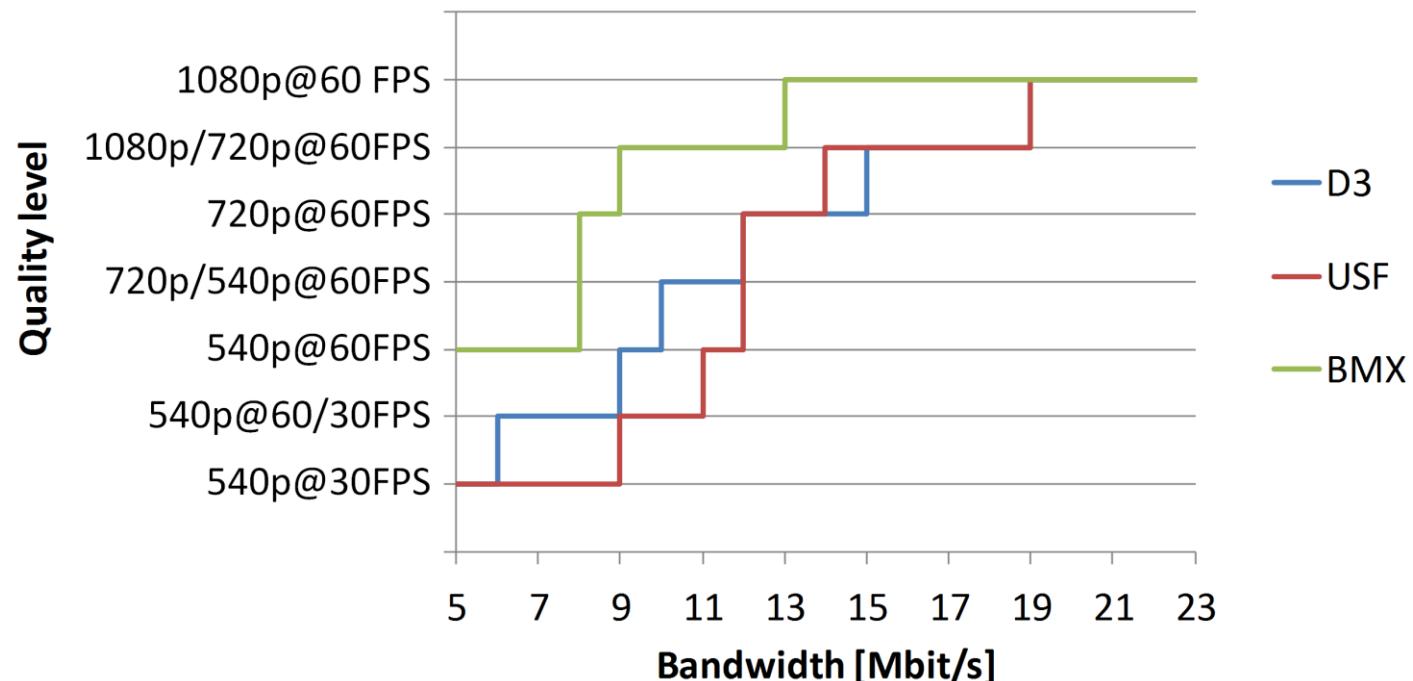
# Iskustvena kvaliteta ovisno o propusnosti

- Iskustvena kvaliteta (QoE) kod igara temeljenih na standardnoj arhitekturi ne ovisi toliko o propusnosti zbog malih zahtjeva
- Kod igara temeljenih na računalnom oblaku je drugačija situacija
- Ako se šalje video veći nego što je propusnost dolazi do gubitka okvira
- Gubitak okvira kod video strujanja kreira velike degradacije kvalitete koje nisu prihvatljive za strujanje računalnih igara
- Kod igara temeljenih na računalnom oblaku postoje mehanizmi za kodiranje videa koji će na razini kodera prilagoditi izlazni bitrate ponuđenoj propusnosti smanjenjem detalja u slici kroz prilagodbu kvantizacijskog parametra (QP) ili smanjivanjem brzine okvira (FPS)



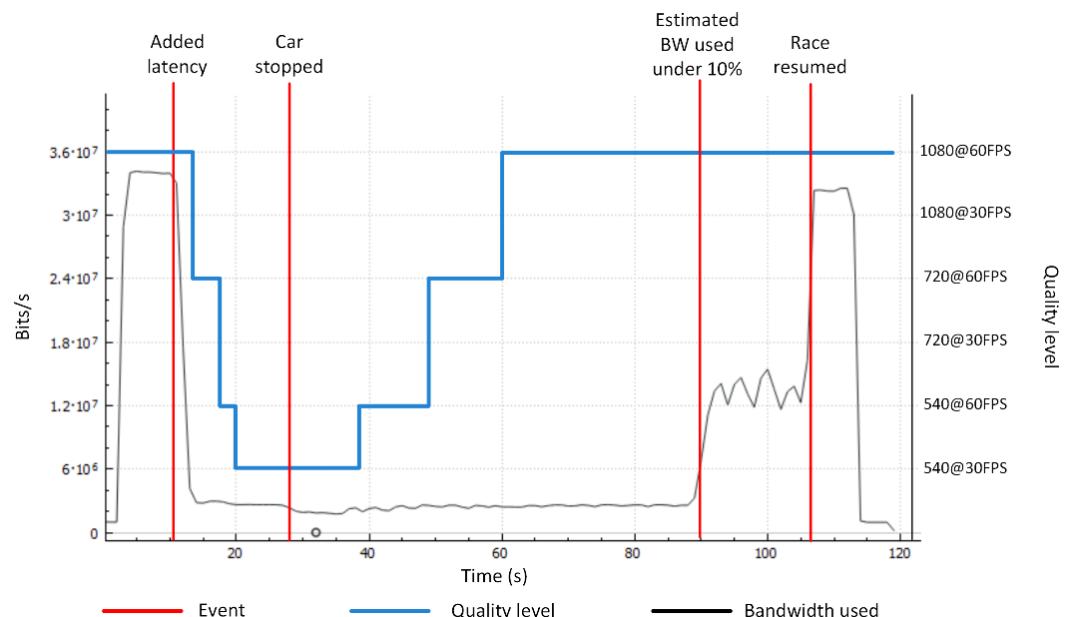
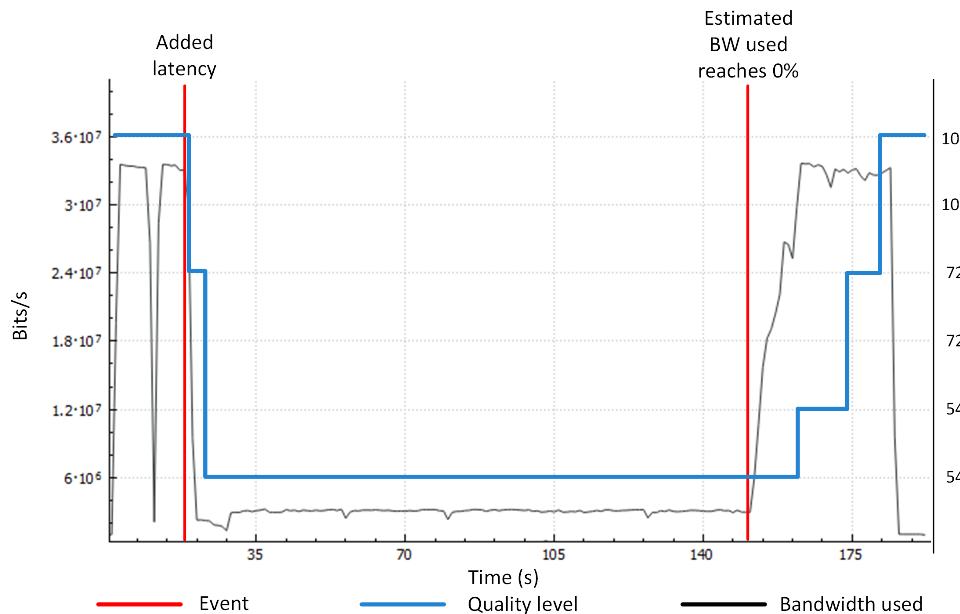
# Algoritam prilagodbe propusnosti – GeForce Now

- Više razina kvalitete definiranih rezolucijom i brzinom okvira
- Prvo algoritam spušta rezoluciju, a kasnije broj okvira
- Ovisno i o stanju videa odnosno njegovoj složenosti koju definira tip igre
- Neke igre na istoj propusnosti će biti na većoj razini kvalitete zbog manje složenosti videa kojim se prezentira stanje u igri



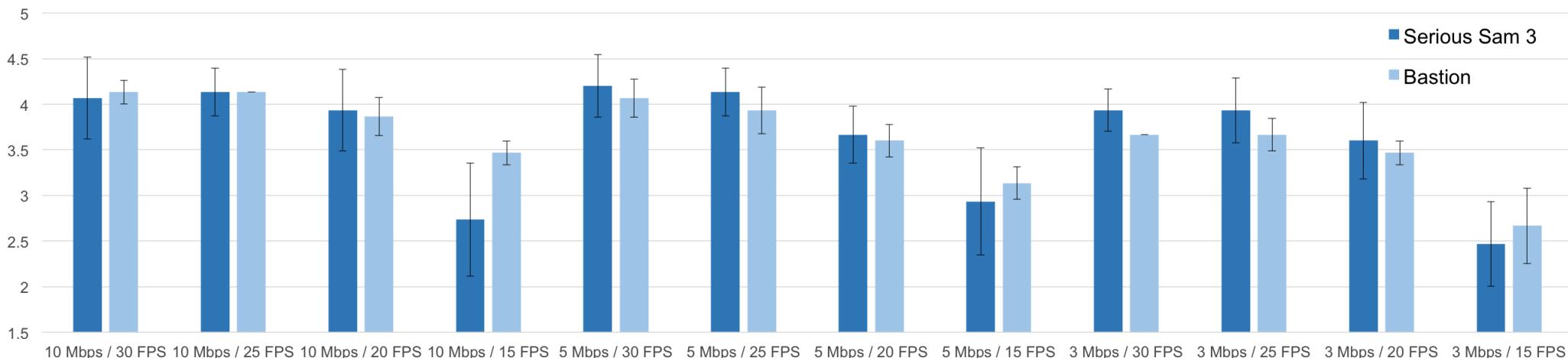
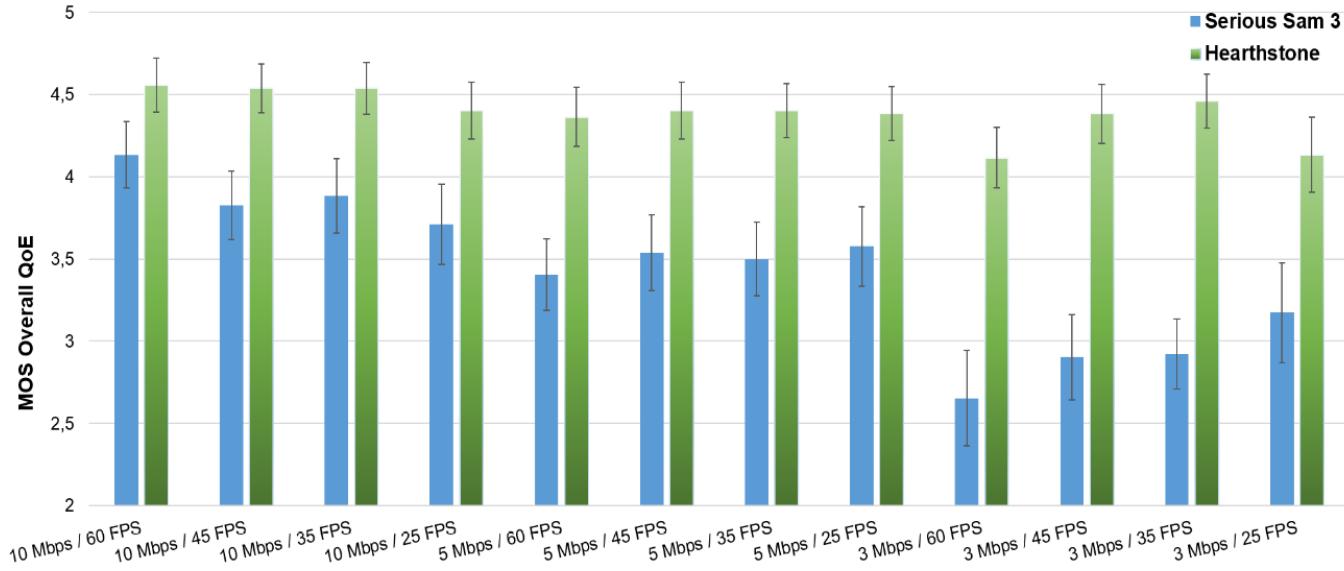
# Algoritam procjene propusnosti – GeForce Now

- Algoritam za procjenu propusnosti temelji se na mjerenu mrežnog kašnjenja
- Nakon uvođenja dodatnog kašnjenja sustav za procjenu propusnosti prepostavlja da je mreža preopterećena – smanjuje bitrate kodiranja na vrlo nisku razinu
- Nakon određenog vremena procjene pojase širine „oporavlja“ i procjenjuje točnu širinu pojasa
- Vrijeme oporavka razlikuje se ovisno o značajkama videozapisa

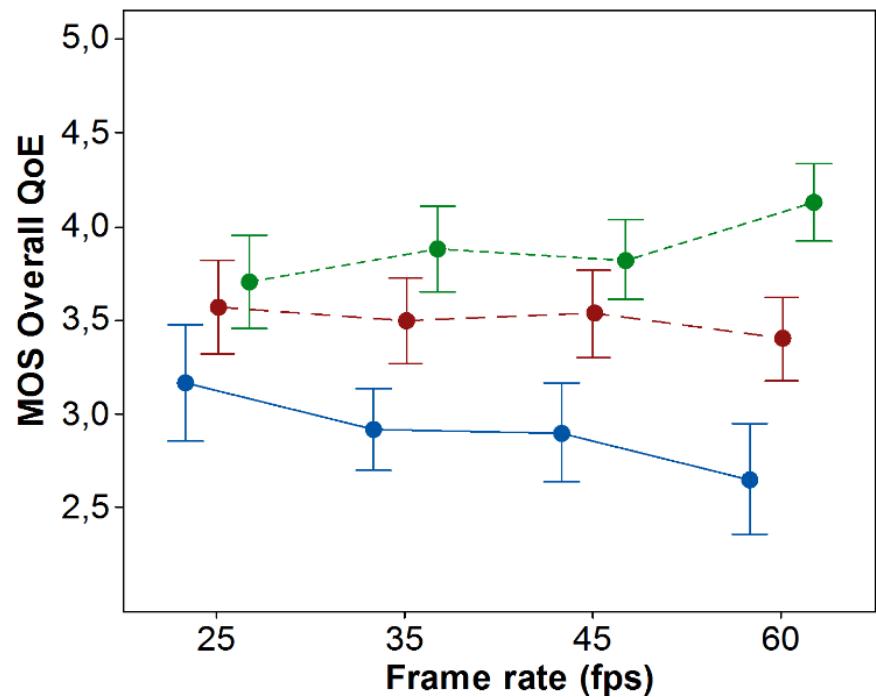


# Primjer: Iskustvena kvaliteta (QoE) kao funkcija parametara video kodiranja

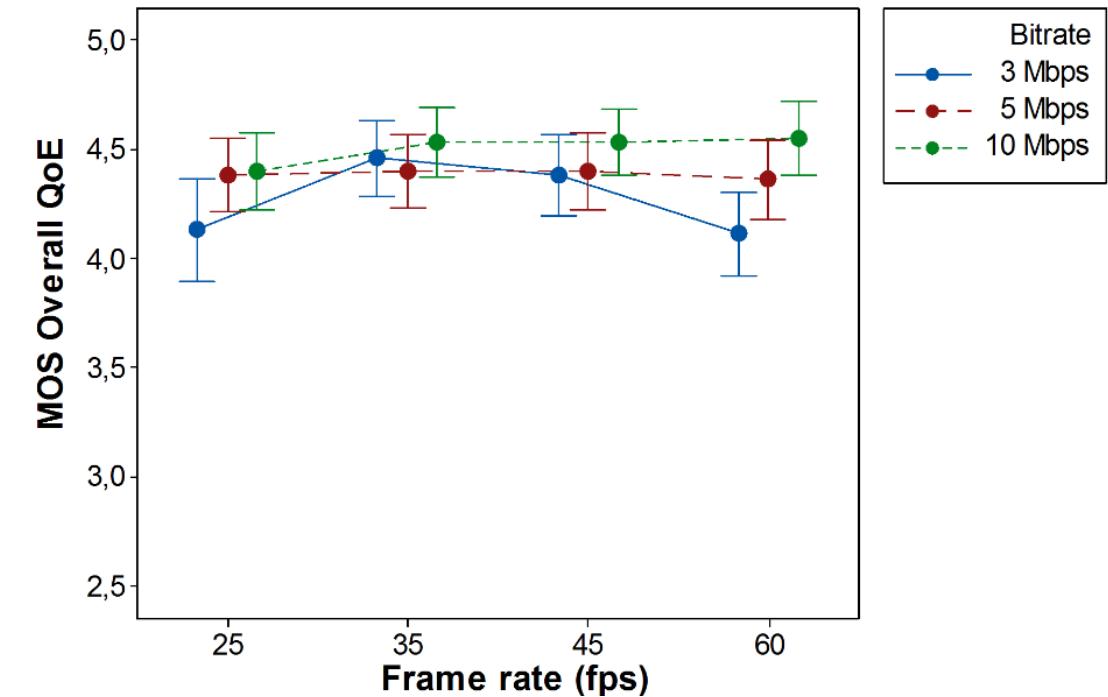
- Subjektivne studije na Sveučilištu u Zagrebu
- Nekoliko testiranih igara: Serious Sam 3 (FPS igra) Hearthstone (kartaska igra) Bastion (platformska igra) Orcs must die (akcijska igra)
- Na neke igre iste postavke kodeka (frame rate / resolution / bitrate) utječu isto, a neke različito!
- Zašto?



# Primjer: Iskustvena kvaliteta (QoE) kao funkcija parametara video kodiranja

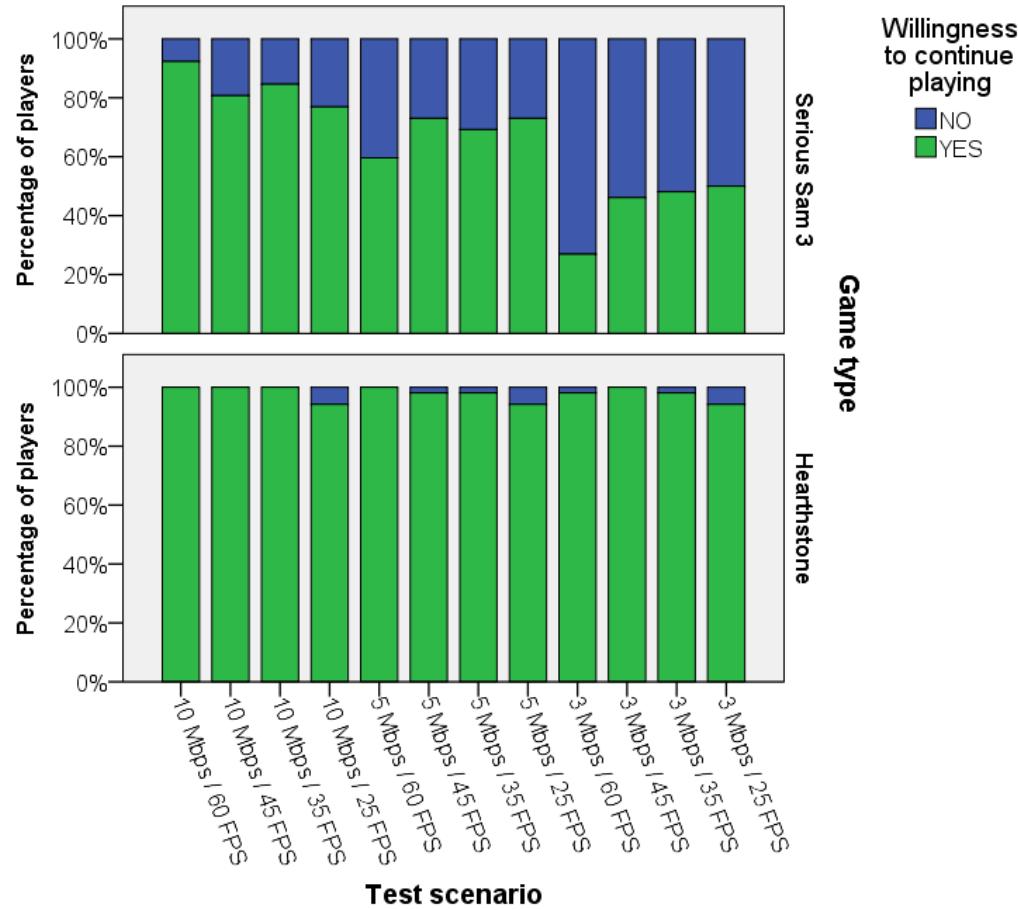


Serious Sam 3



Hearthstone

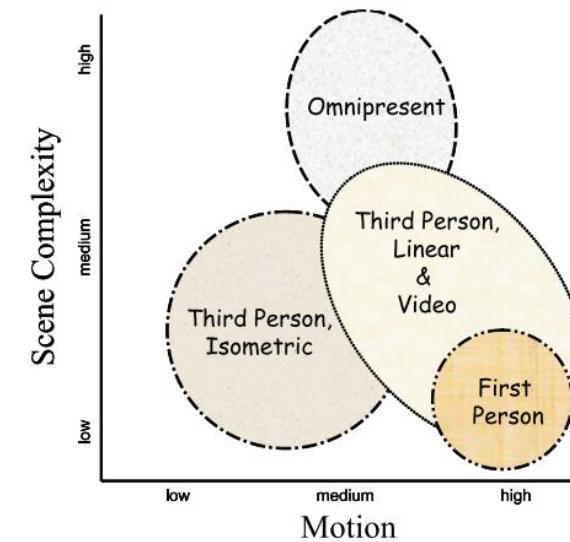
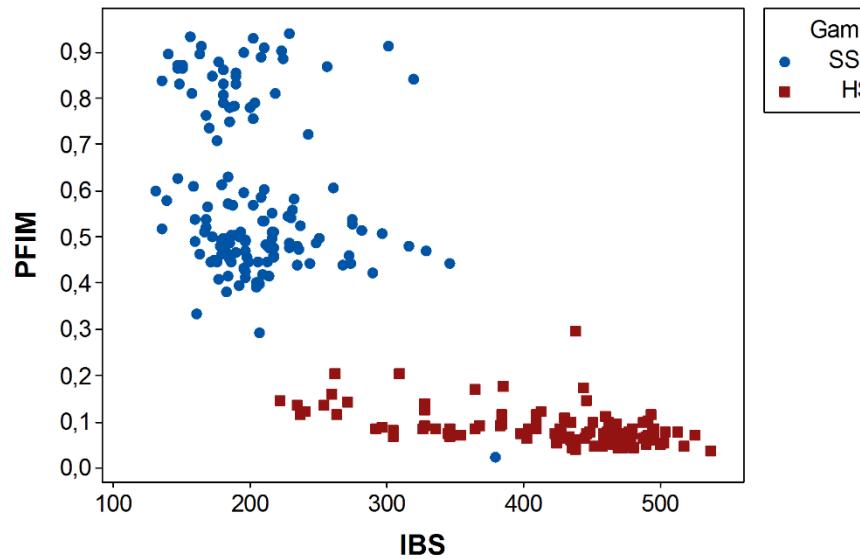
# Voljnost nastavka igranja



Izvor: Slivar, Ivan, Mirko Suznjevic, and Lea Skorin-Kapov. "The impact of video encoding parameters and game type on QoE for cloud gaming: A case study using the Steam platform." *Quality of Multimedia Experience (QoMEX), 2015 Seventh International Workshop on*. IEEE, 2015.

# Karakteristike videa

- Mjera pokreta - postotak kodiranih makroblokova, tj. Postotak makroblokova naprijed / nazad ili unutar kodiranih (PFIM) u svim okvirima
- Mjerenje složenosti scene, prosjek Intra-kodiranih veličina bloka (IBS)
- Značajke videa, a ne vrsta igre - diktira QoE na različitim postavkama video kodeka



Slivar, Ivan, Lea Skorin-Kapov, and Mirko Suznjevic. "Cloud gaming QoE models for deriving video encoding adaptation strategies." *Proceedings of the 7th International Conference on Multimedia Systems*. ACM, 2016.

Claypool, Mark. "Motion and scene complexity for streaming video games." *Proceedings of the 4th International Conference on Foundations of Digital Games*. ACM, 2009.

# Raspoloživost

- **Postotak vremena u kojem je određeni mrežni element/usluga dostupan/na, odnosno ispunjava svoju svrhu**
- Izračunava se najčešće na razini od jedne godine kao omjer vremena ispravnog rada i totalnog proteklog vremena
- Direktno povezano s pouzданošću koja je zapravo sposobnost komponente da funkcioniра bez kvara
- Treba imati u vidu da kako bi se osigurala pouzdanost sustava koji se sastoji od više elemenata treba uzeti u obzir vjerojatnost kvara svakog od elemenata
- Često se kao visoka dostupnost u telekomunikacijama navodi „pet devetki” odnosno dostupnost od 99.999% što znači godišnji zastoj od 5,26 minuta
- U svijetu usluga poput igara stvari su malo složenije
  - Ovisno o igri moguća periodička nedostupnost igre zbog apliciranja nadogradnji, zakrpa, održavanja sustava i slično
  - Bitno da su igrači pravovremeno obaviješteni o tome te da im je dan kontekst
    - Ako je redovno održavanje u pitanju sat ili dva neraspoloživosti usluge je u redu
    - Ako se primjenjuje velika zakrpa ili novi sadržaj – prihvatljiva i nedostupnost od više sati
  - Neplanirane neraspoloživosti usluge su puno više degradirajuće za kvalitetu iskustva usluge
  - Česte primjene online stranica za prikaz raspoloživosti servera (jesu li serveri „živi”)

# Zadatak za iduće predavanje

- Pročitati poglavlje 5 sljedećeg rada i upoznati se s tehnikama kompenzacije kašnjenja koje se koriste u industriji:
- <https://ftp.cs.wpi.edu/pub/techreports/pdf/21-06.pdf>