



Višemedijske komunikacije

12. Višekorisničke umrežene okoline.

Sadržaj predavanja



- ◆ Umrežena virtualna okruženja
- ◆ Umrežene višekorisničke igre

Sadržaj predavanja

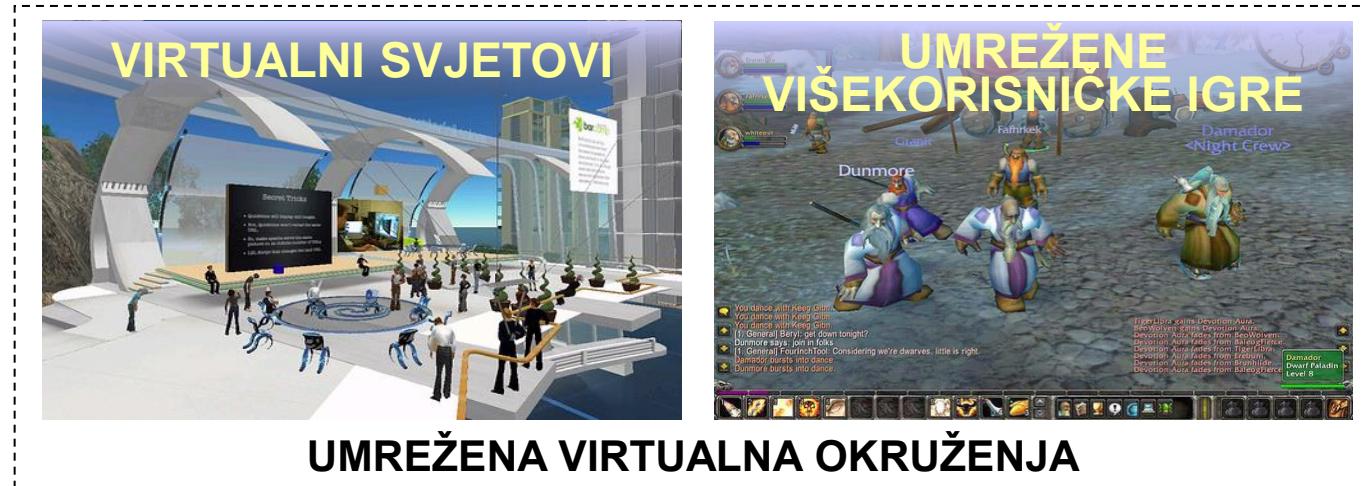
- ◆ Umrežena virtualna okruženja
- ◆ Umrežene višekorisničke igre



Više na predmetima **Osnove virtualnih okruženja**
(preddiplomski studij) i **Virtualna okruženja** (**diplomski studij**)

Umrežena virtualna okruženja (UVO)

- ◆ engl. *Networked Virtual Environments*
- ◆ Primjene
 - virtualni svjetovi – 3D okolina je dinamična
 - druženje
 - virtualna telekonferencija/zajednički rad
 - marketing, prodaja
 - učenje/obuka na daljinu
 - višekorisničke igre – 3D okolina je predefinirana

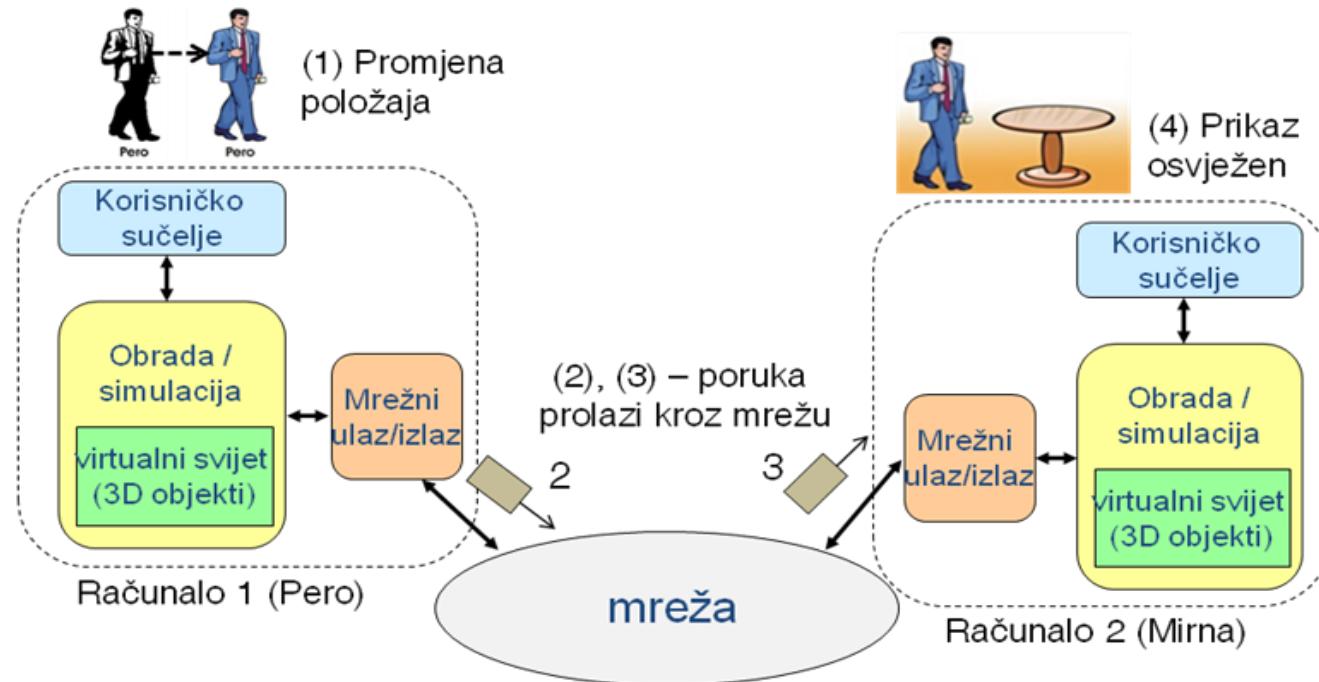


Razlike između igara i virtualnih svjetova



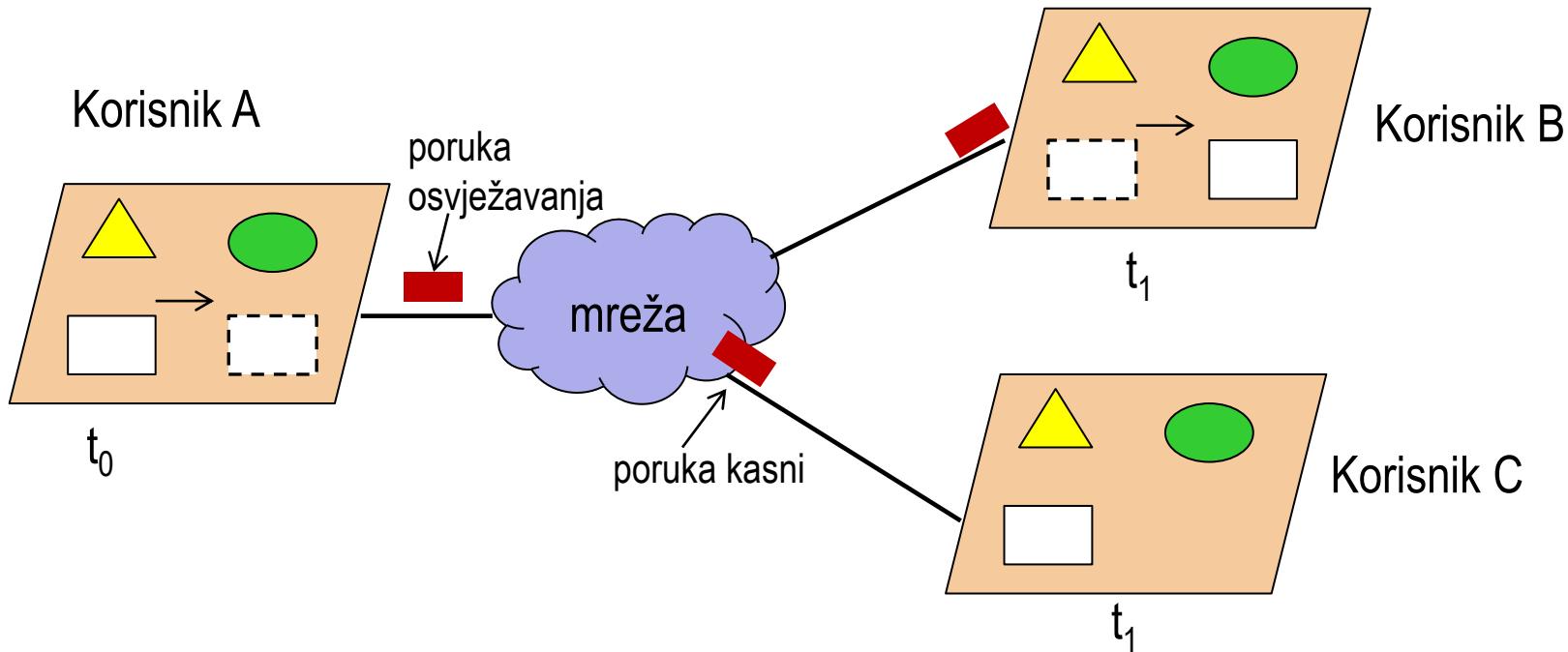
- ◆ Svrha
- ◆ Perzistentnost
 - Virtualni svjetovi su uglavnom perzistentni – postoje i mijenjaju se i dok korisnik nije u njima
 - Kod igara je puno češće iznova stvaranje virtualnog svijeta iz pohranjenih podataka (primjerice svaka bitka u Call of Duty se odvija na istoj mapi koja se iznova kreira)
- ◆ Mijenjanje 3D svijeta
 - Virtualni svjetovi dopuštaju dodavanje novih slika, tekstura, zvukova, videa i 3D objekata (primjerice Second Life)
 - Igre ne dopuštaju dodavanje novih informacija u svoj klijent (iako mogu dopuštati mijenjanje svijeta primjerice Fortnite)
- ◆ Karakteristike mrežnog prometa – jako ovisne o „promjenjivosti“ 3D svijeta jer ako korisnici mogu dodati nove informacije, drugi korisnici moraju te iste informacije preuzeti

Usklađivanje instanci UVÖ putem mreže



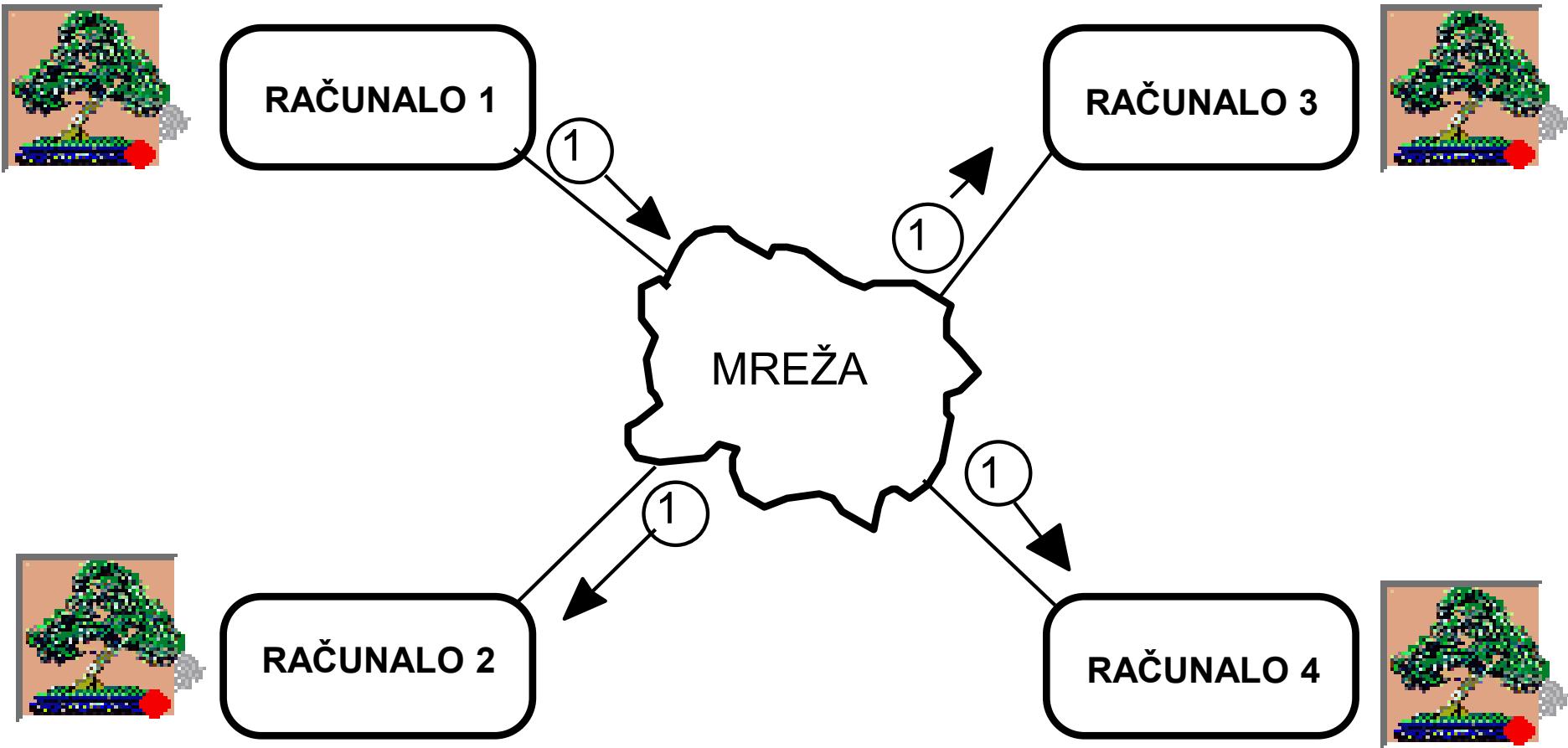
- ◆ Svaki korisnik ima pokrenutu instancu VO
- ◆ Promet raste s brojem korisnika
- ◆ Ne moramo slati elemente koji se ne mijenjaju (npr. teksture, gotovi 3D objekti)
- ◆ Kašnjenje nije isto za sve korisnike

Problem nekonzistentnosti

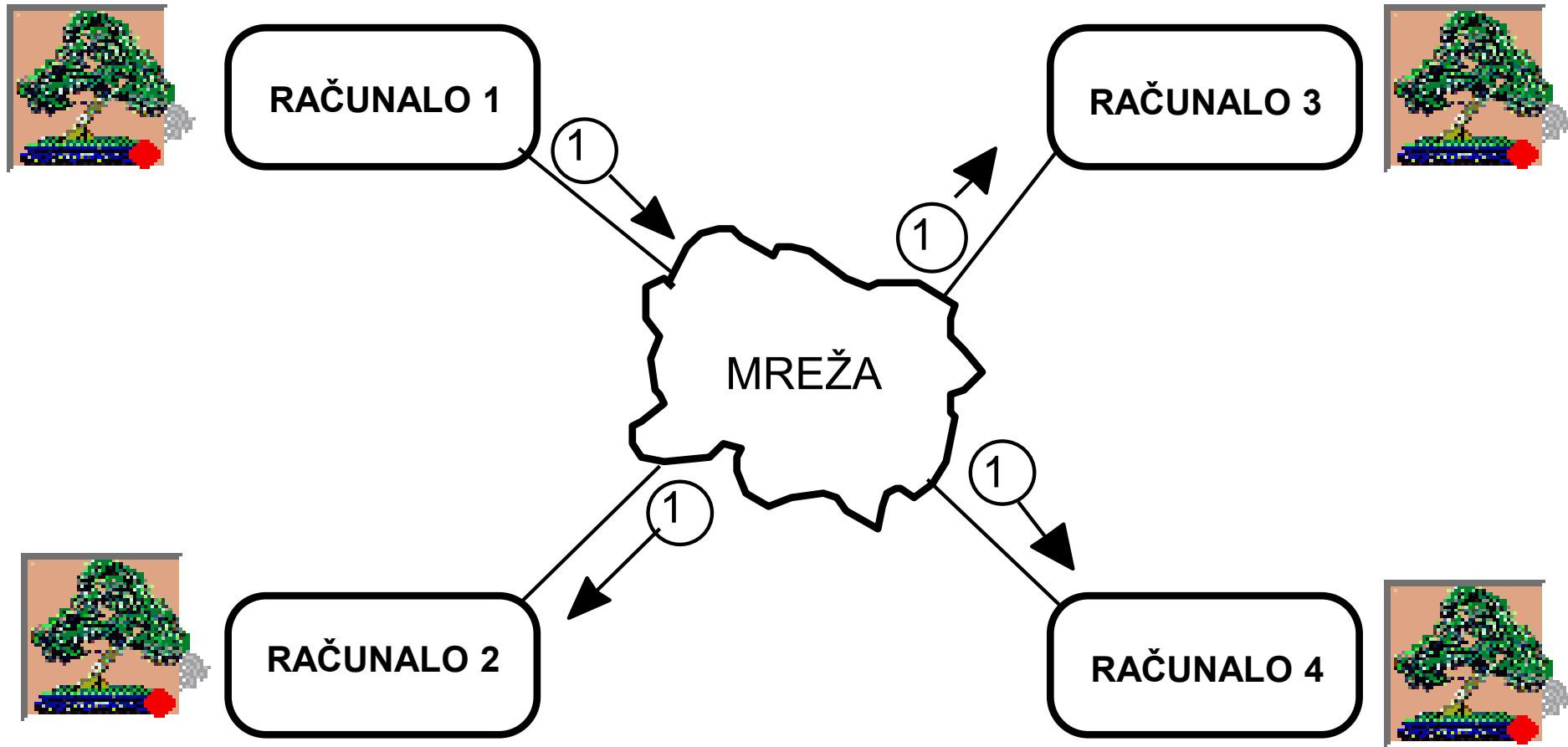


- ◆ Ključni izazov: održavanje raspodijeljenog zajedničkog stanja konzistentnim, ili približno konzistentnim, uz promjene koje nastaju (asinkrono, dinamički i raspodijeljeno).
- ◆ Zahtjeve na konzistentnost treba uskladiti s namjenom aplikacije
- ◆ Češće slanje poruka osvježavanja skraćuje potencijalni vremenski interval u kojem može doći do odstupanja, ali više opterećuje mrežu i proces za slanje i primanje poruka

Izvršavanje odmah – nekonzistentno, ali brzo



Odgodeno izvršavanje - konzistentno



Sadržaj predavanja



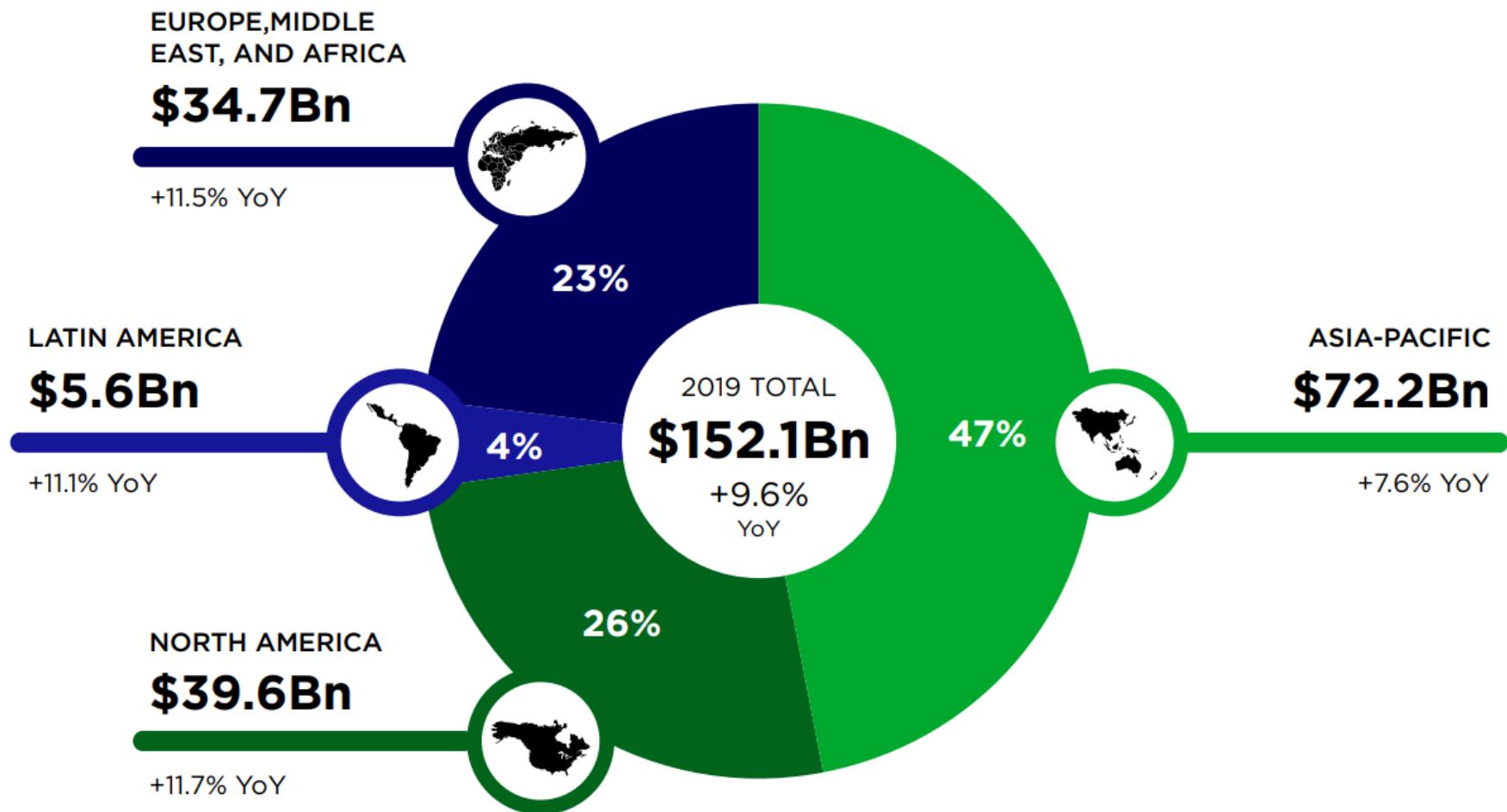
- ◆ Umrežena virtualna okruženja
- ◆ Umrežene višekorisničke igre

- ◆ Digitalne igre - igre koje se igraju pomoću računala ili igraće konzole
 - “Video games” – igre na konzoli
 - “Computer games” – igre na računalu
- ◆ Višekorisničke igre – više od jednog igrača može istovremeno igrati u istoj virtualnoj okolini
- ◆ Umrežene igre – potrebna mrežna povezanost
- ◆ Fokus predavanja – umrežene višekorisničke igre

- ◆ Klasifikacija igara (po mehanizmima igre):
 - Akcije (npr. *Mortal Combat*)
 - Pucačine (engl. *shooters*) (npr. *Quake*, *Call of Duty*)
 - Avanture (npr. *Broken Sword*)
 - Igre preuzimanja uloga (engl. *Role-Playing Game*, RPG) (npr. *WoW*)
 - Sportske igre (npr. *Pro Evolution Soccer*)
 - Trkaće igre (npr. *Need for Speed*)
 - Simulacije (npr. *Sim City*)
 - Slagalice i logičke igre (npr. *Mah Jong*)
 - Strategije (npr. *Starcraft*)
 - Ostale

Tržište igara – procjene 2020 (prvi dio godine)

FER



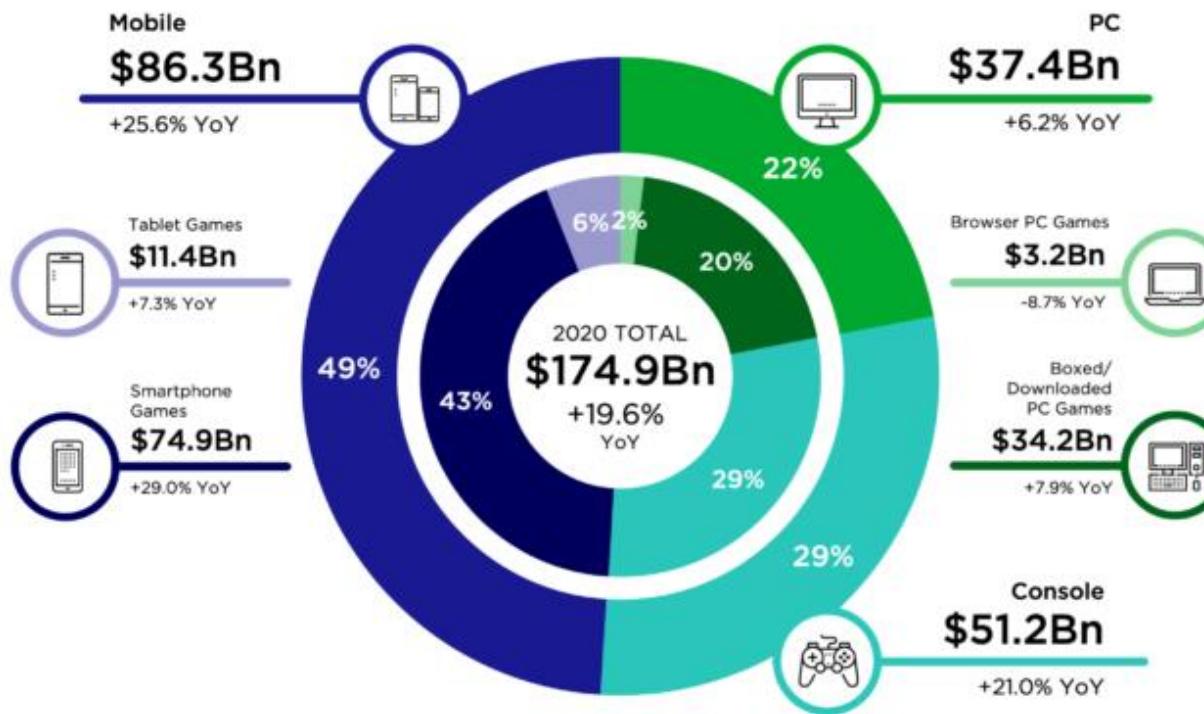
Tržište igara – procjene 2020 (drugi dio godine)

FER



2020 Global Games Market

Per Device & Segment With Year-on-Year Growth Rates



\$86.3Bn

Mobile game revenues in 2020 will account for 49% of the global market

Global Games Market Report
Now available in the Newzoo Platform



newzoo.com/globalgamesreport

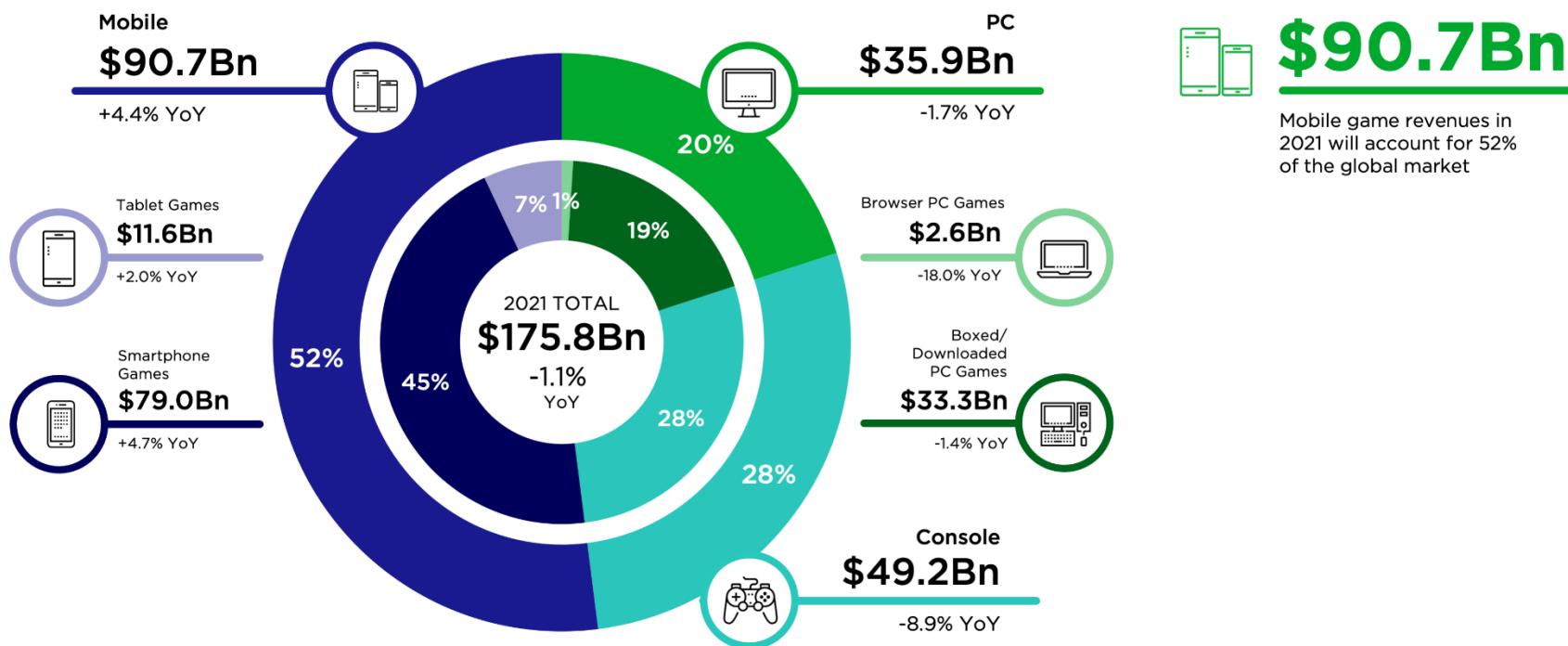
Source: ©Newzoo | 2020 Global Games Market Report | October Update

newzoo.com/globalgamesreport



2021 Global Games Market

Per Device & Segment With Year-on-Year Growth Rates



Source: ©Newzoo | Global Games Market Report | April 2021

newzoo.com/globalgamesreport

Porast korištenja igara preko Interneta

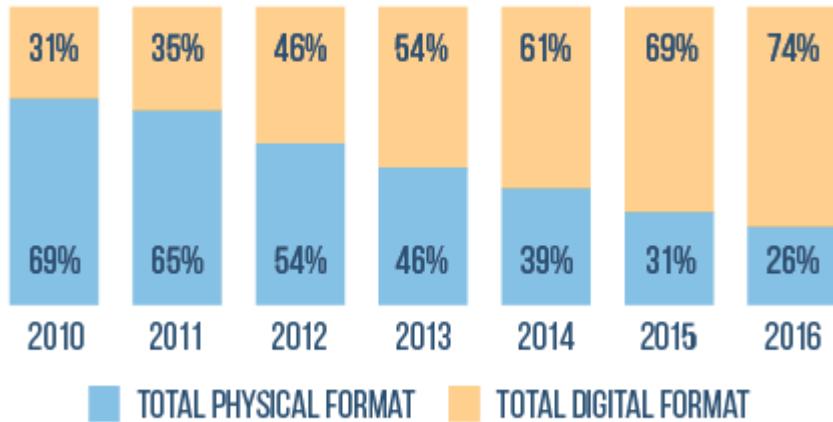


- ◆ Više igrača
- ◆ Zaštita autorskih prava (Digital rights management – DRM)
- ◆ Društvene igre
- ◆ Igre na pokretnim uređajima
- ◆ Distribucija sadržaja
- ◆ Igre na konzolama (XboX one – 300 000 poslužitelja, prethodna generacija XboX live samo 30 000)



RECENT DIGITAL* AND PHYSICAL SALES INFORMATION

*Digital format sales include subscriptions, digital full games, digital add-on content, mobile apps, and social network games.



Source: The NPD Group

Peak concurrent players

League of Legends – 7,5 million
Dota 2 – 1,2 million
World of Tanks – 1,1 million
Steam – 9,4 (3 in game) million

Mobilne igre – veliki rast



Top Grossing iPhone - Games UNITED STATES

#	FREE	PAID	GAME	PUBLISHER	PRICE	REVENUE	NEW INSTALLS
#	FREE	PAID	GAME	PUBLISHER	PRICE	REVENUE	NEW INSTALLS
1	-	-	Fortnite	Epic Games	Free	\$1,451,543	12,479
2	-	-	Candy Crush Saga	King	Free	\$1,407,996	15,346
3	-	-	Pokémon GO	Niantic, Inc.	Free	\$1,113,188	16,059
4	-	-	Clash of Clans	Supercell	Free	\$761,353	14,802
5	-	-	Brawl Stars	Supercell	Free	\$738,513	16,462
6	-	-	Toon Blast	Peak Games	Free	\$653,109	14,257
7	-	-	Golf Clash	Playdemic	Free	\$344,148	15,485
8	-	-	ROBLOX	Roblox Corporation	Free	\$317,298	16,232
9	-	-	Slotomania™ Vegas Casino Slots	Playtika Ltd	Free	\$277,483	11,843
10	-	-	MARVEL Contest of Champions	Kabam	Free	\$178,757	12,758

1,4 miliona \$ DNEVNO –
samo na iPhoneu u SAD-u

Mobilne igre – 52 % tržišta danas!



2012-2021 GLOBAL GAMES MARKET

REVENUES PER SEGMENT 2012-2021 WITH COMPOUND ANNUAL GROWTH RATES



Source: ©Newzoo | April 2018 Quarterly Update | Global Games Market Report
newzoo.com/globalgamesreport

newzoo



Zašto igre na mobitelima idu online?

FER

Najprodavanije igre

Pogledajte više



Minecraft
Mojang

★★★★★ 59,00 HRK



Grand Theft Auto: S
Rockstar Games

★★★★★ 59,99 HRK



Evertale
ZigZaGame Inc.

★★★★★ 6,60 HRK



RFS - Real Flight Si
RORTOS

★★★★★ 7,00 HRK



Terraria
505 Games Srl

★★★★★ 41,00 HRK



Hitman Sniper
SQUARE ENIX Ltd

★★★★★ 8,00 HRK



Bloons TD 6
ninja kiwi

★★★★★ 40,00 HRK



Monopoly - Board g
Marmalade Game Stud

★★★★★ 33,00 HRK



Ultimate Custom N
Clickteam USA LLC

★★★★★ 26,00 HRK

Igre s najvećim prihodom

Pogledajte više



Coin Master
Moon Active

★★★★★



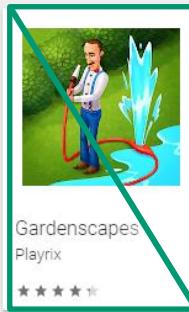
Brawl Stars
Supercell

★★★★★



Empires & Puzzles
Small Giant Games

★★★★★



Gardenscapes
Playrix

★★★★★



PUBG MOBILE - Ma
Tencent Games

★★★★★



Roblox
Roblox Corporation

★★★★★



State of Survival: St
KingsGroup Holdings

★★★★★



Lords Mobile: King
IGG.COM

★★★★★



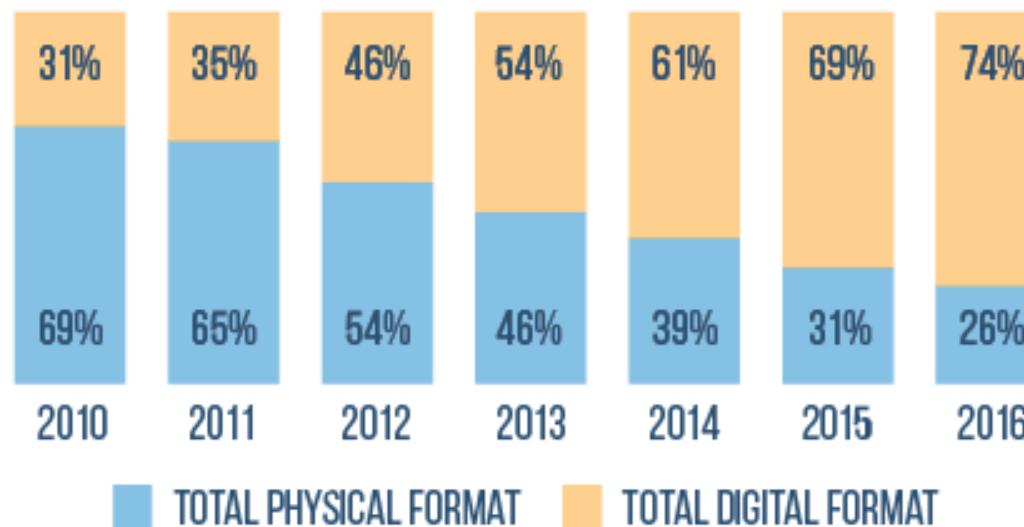
Rise of Empires: Ice
Age Long Tech Network Lim

★★★★★

- ◆ Digitalna distribucija postaje dominantan način prodaje igara
- ◆ Steam je u travnju 2019 imao milijardu korisnika te oko 90 milijuna mješečno aktivnih

RECENT DIGITAL* AND PHYSICAL SALES INFORMATION

*Digital format sales include subscriptions, digital full games, digital add-on content, mobile apps, and social network games.



Source: The NPD Group

◆ Pay-to-Play (P2P)

- Prodaja igre (Guild Wars)
- Pretplata (World of Warcraft)
- Prodaja dodataka na igru
 - Manji – (Downloadable Content - DLC) (Mass Effect 3)
 - Veći – ekspanzije (Age of Conan: Rise of the Godslayer)

◆ Free-to-Play (F2P)

- Besplatni dio igre ograničen (Star Wars: The Old Republic)
- Prodaja virtualnih dobara koji utječu na performanse (Travian)
- Prodaja kozmetičkih dodataka (Dota 2)
- “Porez” na trgovinu između igrača (Diablo 3)

◆ Hibridni modeli

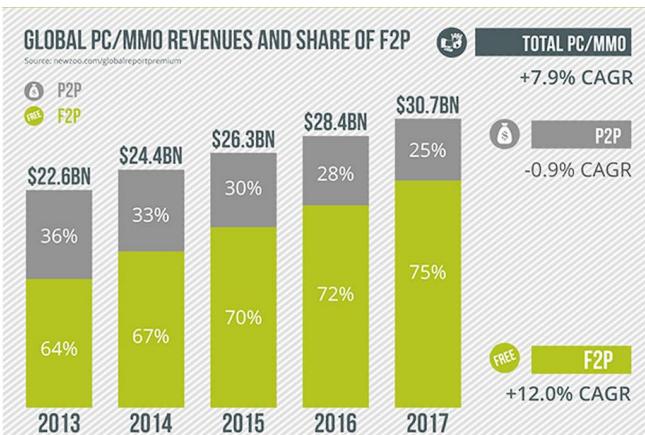
- Igra se plaća, ali postoje i dodatne mogućnosti unutar igre



Tržište – udio pojedinog modela



- ◆ F2P model preuzima tržište
- ◆ Mnoge „premium“ igre imaju F2P komponente (primjerice World of Warcraft)
 - Prvi plaćeni jahači konj unutar WoW igre je imao cijenu od 25 USD (dvije mjesечne pretplate)
 - Nakon izdavanja se stvorio rep čekanja od 140 000 ljudi koji su htjeli ga kupiti (čekalo se i do 7 sati) – 3,5 milijuna USD



TOP PC GAMES BY REVENUE IN 2017

FREE-TO-PLAY		PREMIUM	
TITLE	REVENUE	TITLE	REVENUE
LEAGUE OF LEGENDS	\$2.1B	PUBG	\$74M
DUNGEON FIGHTER ONLINE	\$1.6B	OVERWATCH	\$382M
CROSSFIRE	\$1.4B	CS:GO	\$341M
WORLD OF TANKS	\$471M	DESTINY 2	\$218M
DOTA 2	\$406M	GRAND THEFT AUTO V	\$118M
ROBLOX	\$310M	BATTLEFIELD 1	\$113M
MAPLESTORY	\$279M	MINECRAFT	\$92M
HEARTHSTONE	\$217M	GUILD WARS 2	\$87M
BLADE & SOUL	\$178M	DIVINITY: ORIGINAL SIN 2	\$85M
FIFA ONLINE 3	\$163M	RAINBOW SIX: SIEGE	\$67M
TOTAL:	\$7.1B	TOTAL:	\$2.2B



Izvori: SuperData research <https://www.superdataresearch.com/market-data/market-brief-year-in-review/>
<https://newzoo.com/globalgamesreport>

F2P model i skalabilnost

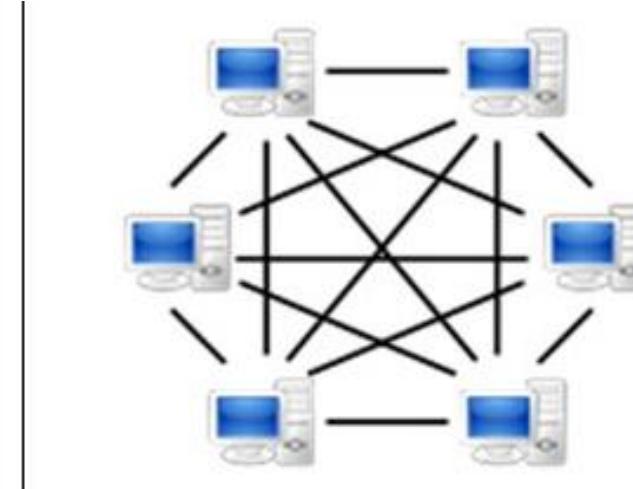
- ♦ F2P miče inicijalnu “branu” korisnicima koji bi igrali igru te omogućuje veći broj korisnika i brži rast
- ♦ Bitka za nasljednika DOTA-e
 - Dvije igre: HoN, 2010 and LoL 2009
 - Slične ocjene: LoL – 78%, HoN – 76%
 - LoL – F2P, HoN – P2P
- ♦ Danas: LoL – 90 milijun korisnika mjesечно, HoN oko 2 miliona
- ♦ LoL – problemi sa skalabilnošću

Date	Registered players	Monthly players	Daily players	Peak concurrent players	Daily hours of play
Jul. 2011	15 million	4 million	1.4 million	0.5 million	3.7 million
Nov. 2011	32.5 million	11.5 million	4.2 million	1.3 million	10.5 million

Funkcijska arhitektura

- ◆ Peer-to-Peer (P2P)
 - Dobra skalabilnost
 - Nedostaci: loša kontrola varanja, distribucija stanja virtualnog svijeta, problem konzistencije
 - Danas se rijetko koristi “samo P2P” (*Demigod*)
- ◆ Klijent – poslužitelj
 - Klasičan pristup
 - Dobra kontrola
 - Usko grlo – sve ide kroz poslužitelj
 - Više poslužitelja na strani proizvođača (World of Warcraft)
 - Farme poslužitelja na strani proizvođača (EvE online)
 - Klijent postaje poslužitelj (Warcraft III)
 - Namjenski (engl. dedicated) poslužitelji koje mogu održavati igrači (Call of Duty)

- ◆ Veliki broj igara distribuiraju poslužitelje na klijente
 - P2P – potpuna ili ne u potpunosti potpuna povezanost
 - Klijent kao poslužitelj – jedan igrač je poslužitelj a ostali se povezuju na računalo igrača koji služi kao poslužitelj
 - Ukoliko se igrač poslužitelj odspoji iz meča poslužitelj migrira na računalo drugog igrača



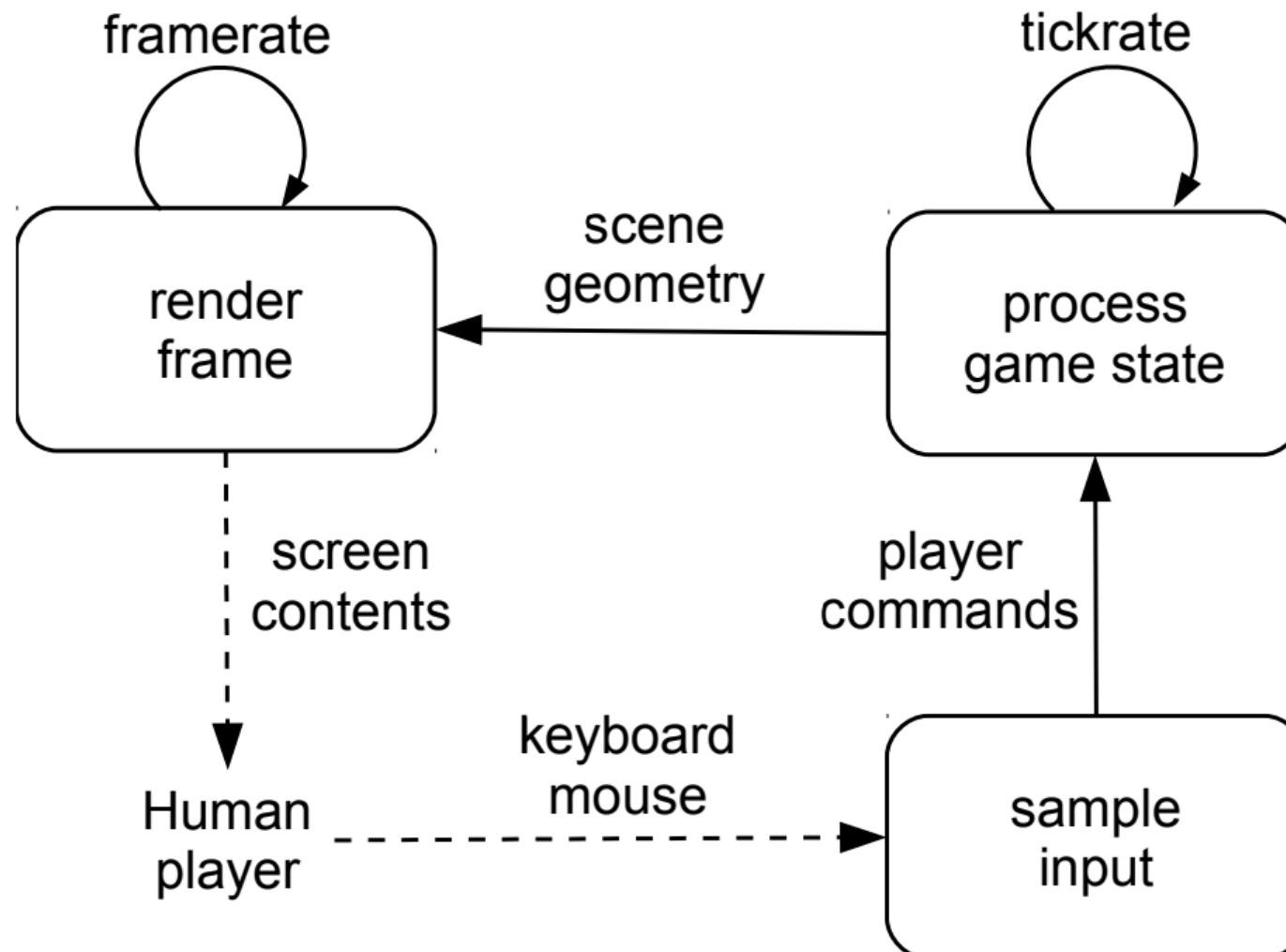
Demigod – zašto je P2P loš u praksi

- ◆ Prva igra nastala na konceptu DOTA-e
- ◆ Potpuna P2P arhitektura
- ◆ Dosta dobre ocjene kritičara
- ◆ Inicijalno privučeno puno igrača iako je igra naplaćivana
- ◆ Tehnički problemi
 - Problemi s Network Address Translator (NAT) poslužiteljima – poslužitelji za probijanje NAT-a nisu mogli obraditi veliki broj zahtjeva (veliko kašnjenje u obradi zahtjeva)
 - Veliki broj korisnika koji su bili ilegalni (18 000 regularnih i 100 000 ilegalnih)
 - Veliki broj korisnika su bili od spojeni od svojih mečeva
 - Vrlo loša iskustvena kvaliteta – katastrofalno lansiranje igre što je dugoročno upropastilo



- ◆ Osnovne funkcije
 - Unos komandi (uvijek na klijentu)
 - Izračun stanja virtualnog svijeta
 - IsCRTavanje stanja virtualnog svijeta (renderiranje virtualne scene)
- ◆ Sve funkcije na klijentu (nema poslužitelja)
- ◆ IsCRTavanje stanja virtualnog svijeta na klijentu, logika izračuna stanja virtualnog svijeta na poslužitelju (napomena može se lokalna simulacija izvoditi i na klijentu)
 - Tradicionalni način rasporeda funkcija
 - Poslužitelj šalje osvježenja stanja
- ◆ Logika izračuna stanja virtualnog svijeta te isCRTavanje virtualnog svijeta na poslužitelju – igre temeljene na računalnom oblaku (engl. cloud gaming)
 - Poslužitelj šalje video strujanje (dodatna funkcija kodiranja videa na poslužitelju)
 - Visoki zahtjevi na propusnost mreže
- ◆ Hibridni – dio na klijentu, a dio funkcija na poslužitelju

Osnovna petlja unutar video igre

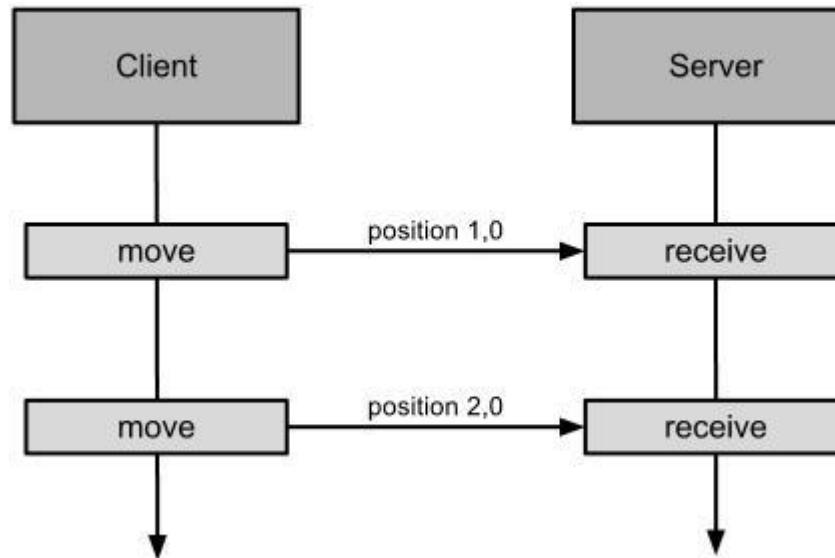


Metzger, F., Rafetseder, A. and Schwartz, C., 2016. A comprehensive end-to-end lag model for online and cloud video gaming. *5th ISCA/DEGA Work. Percept. Qual. Syst.(PQS 2016)*, pp.15-19.

- ◆ Svakih period t server izračunava novo stanje svijeta na temelju primljenih unosa klijenata
- ◆ Taj period definira broj otkucaja (engl. tickrate) – koliko puta u sekundi se treba izračunati stanje svijeta – mjeri se u Hz
- ◆ Brzina izračuna stanja na poslužitelju ne mora biti ista kao i broj poslanih osvježenja – primjerice ako se stanje nije promijenilo ne mora se slati osvježenje
- ◆ Igre interpoliraju pozicije i stanje virtualnog svijeta između dva osvježenja stanja radi fluidnog prikaza, ali na razini poslužitelja postoje samo stanja izračunata svakog period t (interpolacija)
- ◆ Brzina prikaza igre na računalu je izražena u broju sličica u sekundi (engl. framerate)

- ◆ Klijent samo izvršava akcije koje mu je server autorizirao na temelju novog stanja – nema lokalne simulacije
- ◆ Klijent radi simulaciju izvođenja na temelju lokalnog unosa komandi – lokalna simulacija
- ◆ Simulirane kretnje kasnije autorizira poslužitelj
- ◆ Prednost lokalne simulacija
 - Smanjuje percepciju mrežnog kašnjenja – ne čeka se odgovor od poslužitelja nego se pretpostavlja da klijentska komanda je ispravna
- ◆ Mane lokalne simulacije
 - Problemi sa varanjem
 - Problemi s „povratkom“ na stvarno autorizirano stanje zbog interakcija s drugim igračima na poslužitelju
 - Problemi s „povratkom“ na stvarno autorizirano stanje zbog gubitka paketa

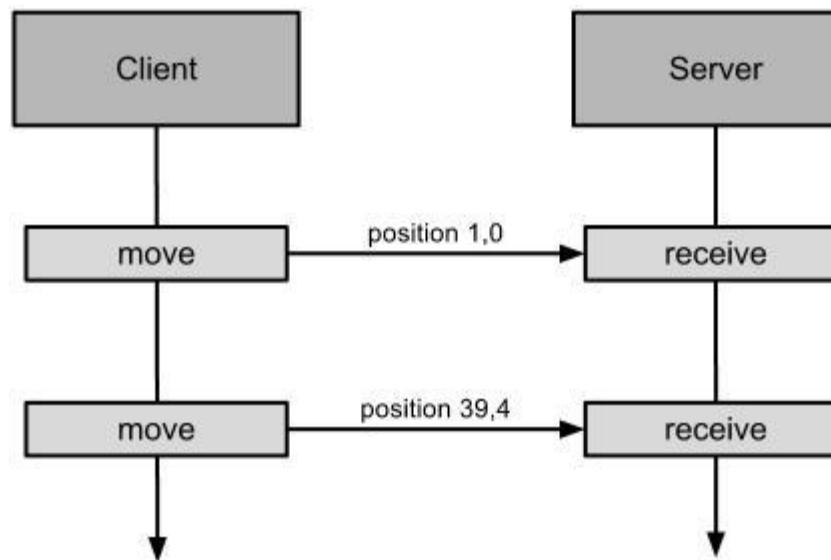
- ◆ Bez autoriteta poslužitelja
 - Klijent pošalje novu poziciju i komande poslužitelju
 - Poslužitelj računa prosljeđuje komande drugim igračima
 - Nema utjecaja kašnjenja na klijentskoj strani (odmah se izvršava svaka komanda)



Izvor: <https://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/gamedev-glossary-what-is-client-side-prediction--gamedev-3849>

Bez autoritativnog poslužitelja

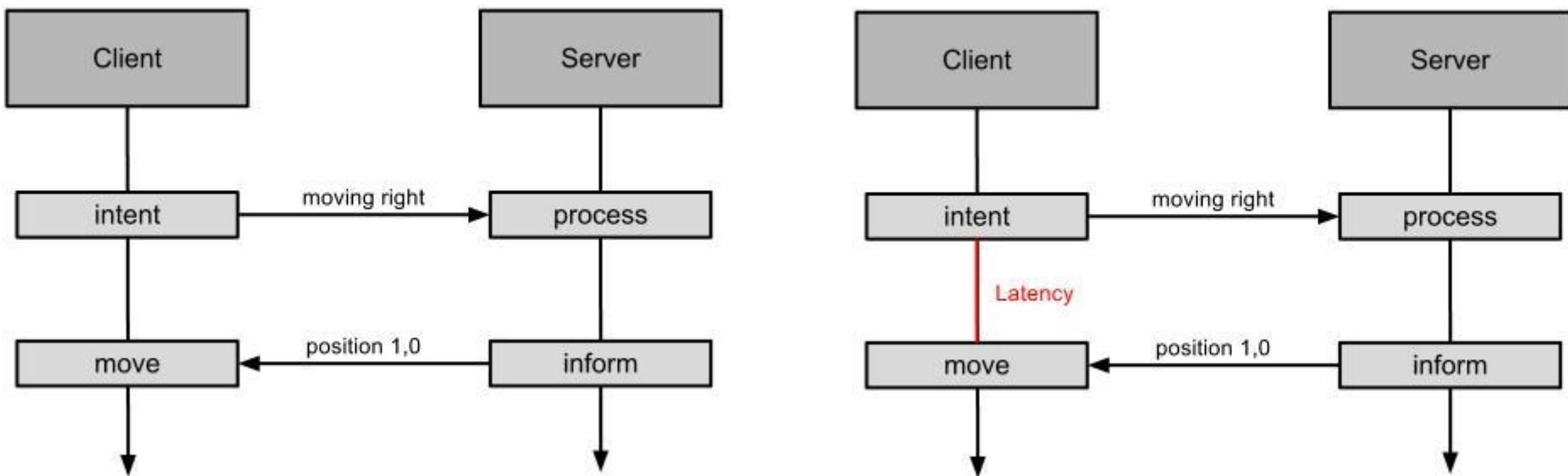
- ◆ Što ako klijent šalje neispravne podatke (varanje)?
- ◆ Primjer slanje promjene velike u poziciji koja inače nije u igri moguća (teleportiranje)
- ◆ Varanje uništava iskustvenu kvalitetu igre za druge igrače



Izvor: <https://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/gamedev-glossary-what-is-client-side-prediction--gamedev-3849>

Autoritativni poslužitelj

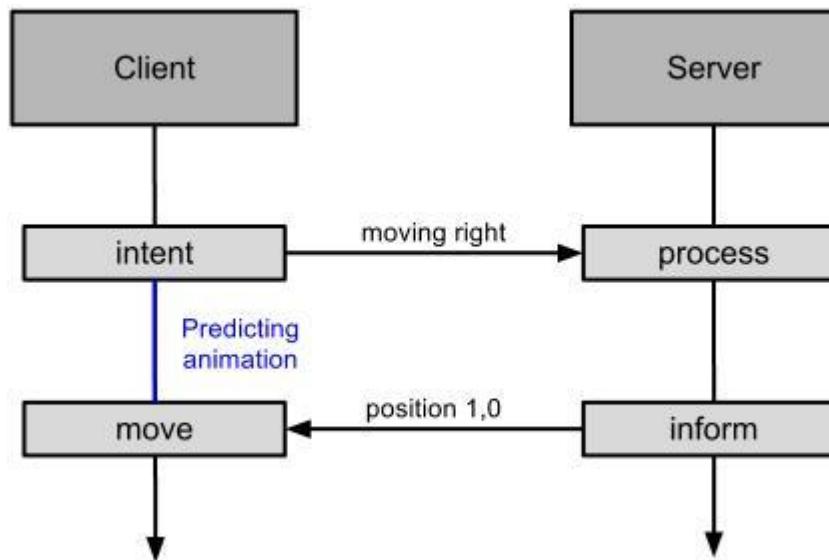
- ◆ Klijent prvo iskazuje namjeru za kretanje, odnosno šalje komandu na autorizaciju poslužitelju
- ◆ Nakon provjere komande da se provjeri je li ista legalna server je dozvoljava te šalje obavijest o promjeni pozicije klijentu
- ◆ Unosi se dodatno kašnjenje koje ovisi o procesorskom i mrežnom kašnjenu



Izvor: <https://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/gamedev-glossary-what-is-client-side-prediction--gamedev-3849>

Autoritativni poslužitelj – simulacija na razini klijenta (predikcija kretanja)

- ◆ Klijent odmah nakon slanja zahtjeva za kretanjem i izvršava (animira) dano kretanje na temelju predikcije kako će se isto dogoditi
- ◆ U slučaju da je predikcija dobra (najčešće je) rezultira smanjenim doživljajem kašnjenja
- ◆ U slučaju da je nešto sa strane poslužitelja zaustavilo to kretanje (primjerice šok granata) mora doći do korekcije predviđenog kretanja i pozicije što je novi problem

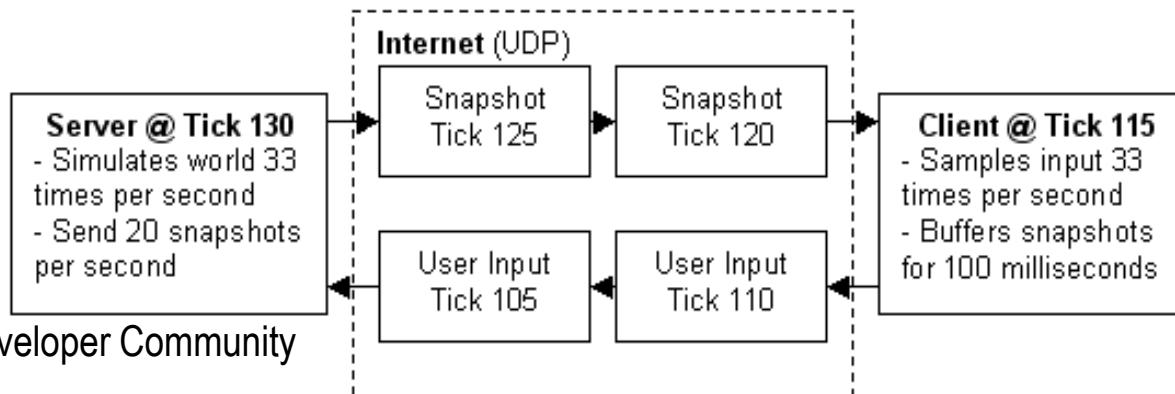


Izvor: <https://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/gamedev-glossary-what-is-client-side-prediction--gamedev-3849>

- ◆ Snimak – pojedino stanje virtualnog svijeta na poslužitelju za pojedini “tick”
- ◆ Tick – vremenski period u kojem poslužitelj izračunava stanje virtualnog svijeta
- ◆ Interpolacija – klijentska metoda u kojem se objekti renderiraju između dva dobivena osvježenja njihovih stanja

Mrežno funkcioniranje Source 1 pokretačkog sustava (tradicionalni koncept)

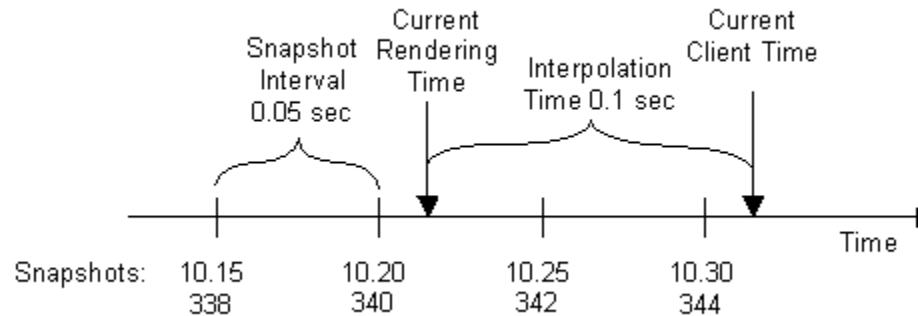
- ◆ Source pokretački sustav (engl. game engine) pokreće igre poput Counter Strike Source (CSS), Team Fortress 2 (TF2), Left 4 Dead (L4D) itd.
- ◆ Moguće uključiti i/ili isključiti lokalnu simulaciju
- ◆ Simulacija se izvršava na poslužitelju.
 - Tickrate 66 za CSS, a 30 za TF2 i L4D – ovisno i interaktivnosti igre
 - Poslužitelj šalje razlike između pojedinih snimaka, a ne cijelo stanje
- ◆ Klijent određuje mrežne parametre
 - Dojavljuje mrežnu propusnost – dizajnirano za propusnost od 40-60 Kb/s
 - Dojavljuje koliki broj osvježenja želi po sekundi (20 je predefinirani broj)
 - Klijent ne šalje zasebno svaku komandu već ih šalje određenom brzinom (30 puta u sekundi je predefiniran broj) te je obično više od jedne naredbe u jednom paketu
 - Klijent može zahtijevati kompletну snimku stanja



Izvor: Valve Developer Community

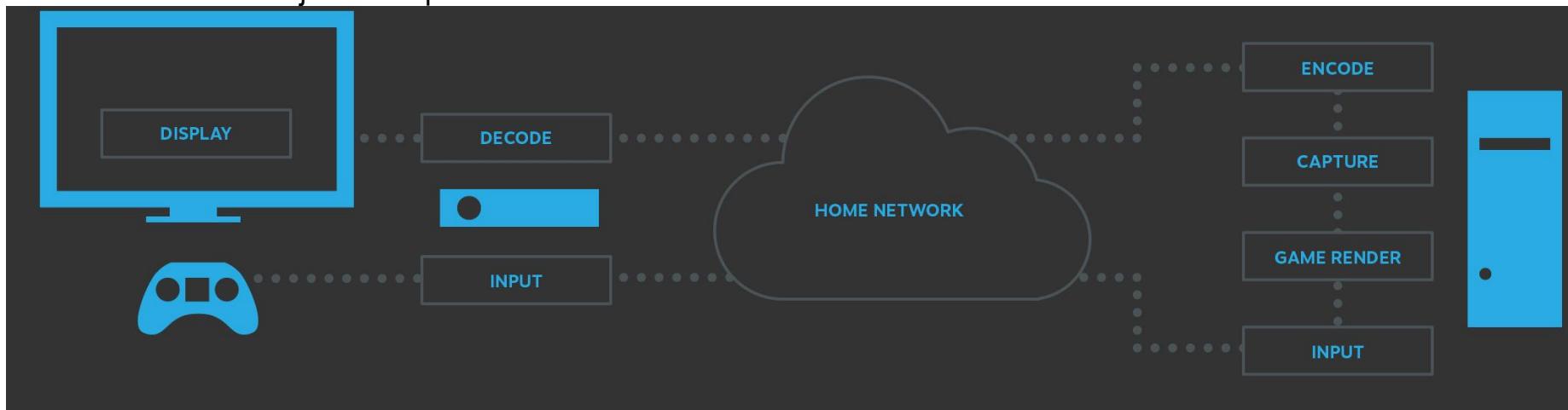
Mrežno funkcioniranje Source 1 pokretačkog sustava (tradicionalni koncept)

- ◆ Interpolacija na strani klijenta – odgoda izvođenja određene snimke kako bi se mogla interpolirati stanja entiteta između dvije snimke
- ◆ Pretpostavljeno frekvencija dostave osvježenja sa strane poslužitelja u Source engineu je 20 snimki u sekundi
- ◆ Pretpostavljeno vrijeme između dva osvježenja sa strane poslužitelja je 50 ms
- ◆ Ako bi se entiteti na klijentu renderirali samo u trenutcima dolaska novih osvježenja došlo bi do „trzavog“ izvođenja – entiteti se renderiraju većom frekvencijom
- ◆ Ako se vrijeme izvođenja nove snimke na klijentu „odgodi“ za 50 ms onda možemo cijelo vrijeme interpolirati između prošle snimke stanja i novoprdošle
- ◆ Ako se vrijeme izvođenja nove snimke na klijentu „odgodi“ za 100 ms onda možemo ispravno interpolirati čak i kad se izgubi jedna snimka zbog gubitka paketa



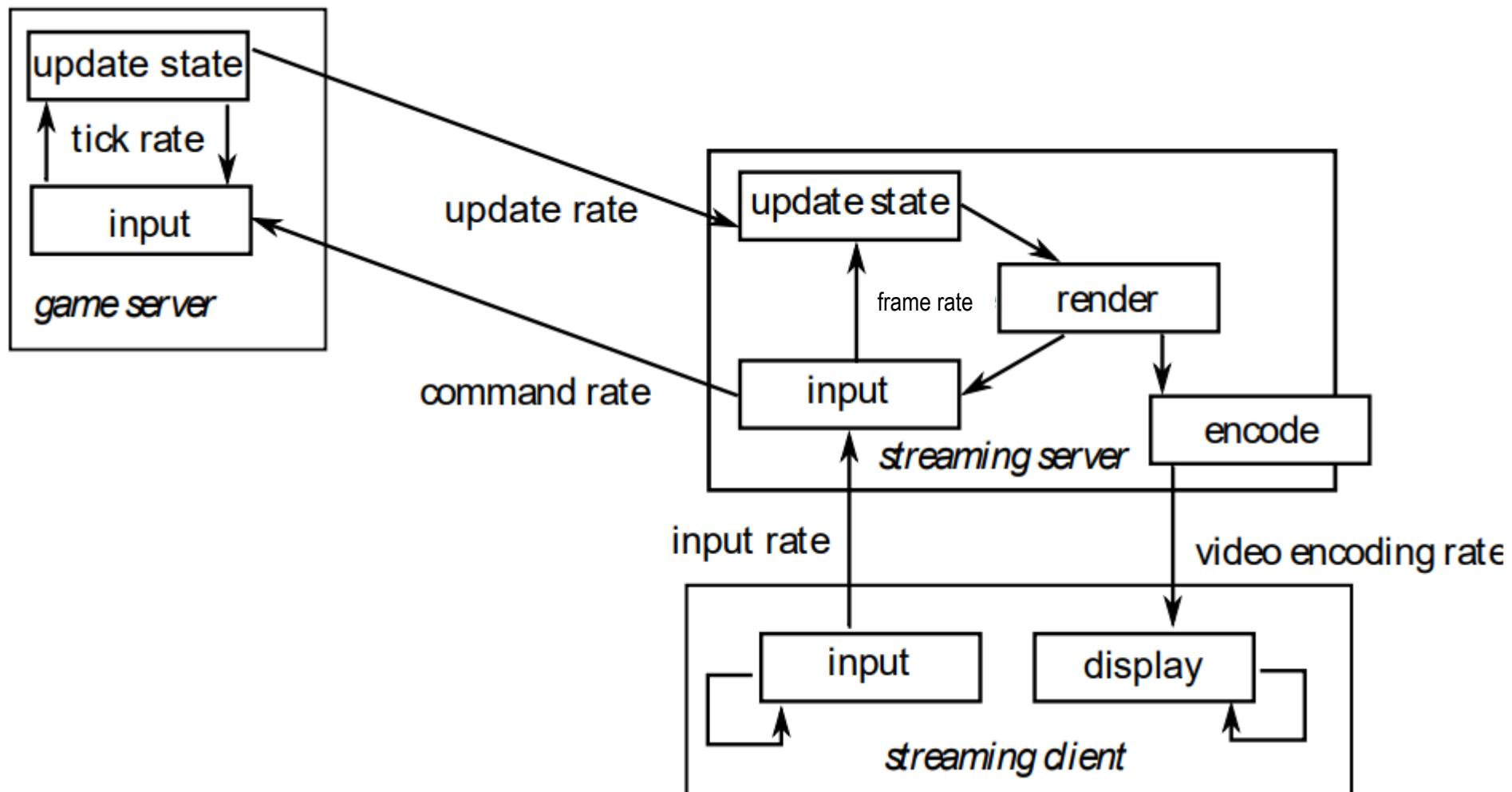
Koncept igranja u oblaku

- ◆ Kod igranja u oblaku (engl. cloud gaming) igra se izvršava na udaljenom poslužitelju u cijelosti, a klijentu se šalje video visoke razlučivosti dok klijent šalje komande ka poslužitelju
- ◆ Primjer na platformi Steam In-Home Streaming
- ◆ "Oblak" je snažno kućno računalo
- ◆ Osnovne funkcije:
 - Unos komandi
 - Računanje stanja igre
 - Renderiranje igre
 - Snimanje i kodiranje videa
 - Dekodiranje videa i prikaz



Izvor: https://support.steampowered.com/kb_article.php?ref=3629-RIAV-1617

Osnovna petlja za cloud gaming višekorisničku igru



Izvor: Jarschel, M., Schlosser, D., Scheuring, S. and Hoßfeld, T., 2011, June. An evaluation of QoE in cloud gaming based on subjective tests. In *2011 Fifth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing* (pp. 330-335). IEEE.

Karakteristike mrežnog prometa

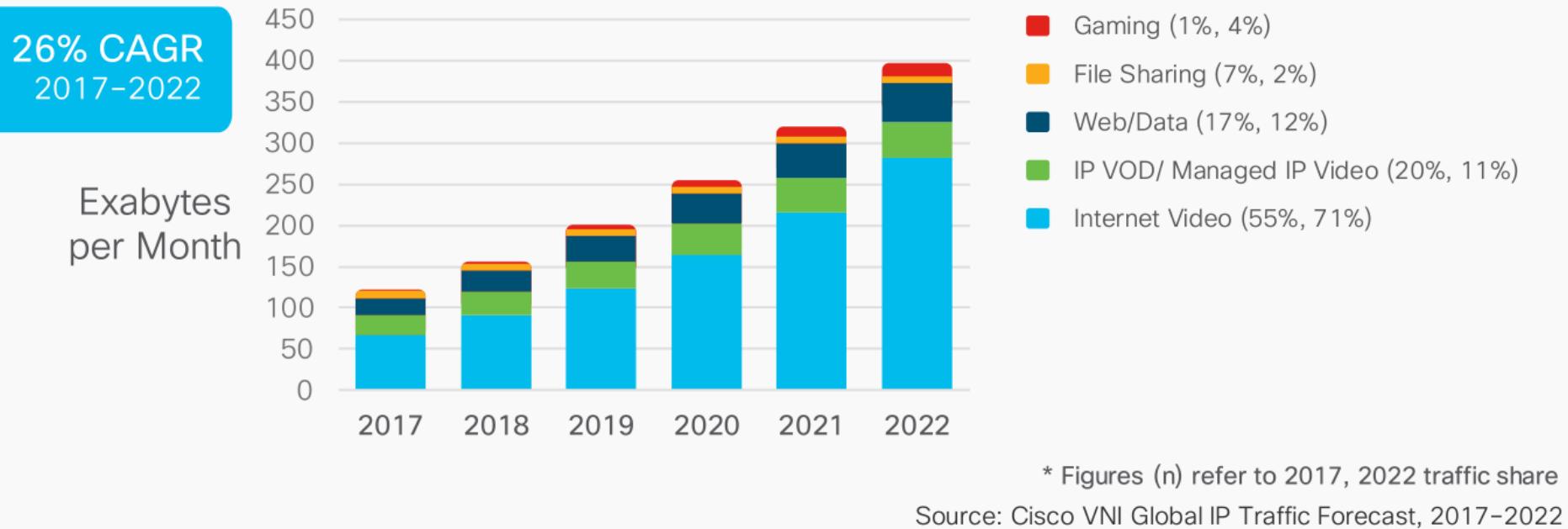
- ◆ Koje informacije prenosi mrežni promet igara?
 - Izlazni promet na klijentu - naredbe igrača
 - Izlazni promet na poslužitelju - osvježenja stanja virtualnog svijeta
 - Tekstualna komunikacija
 - Audio komunikacija među igračima
 - Neke igre imaju ugrađene sustave za VoIP komunikaciju
 - Mnogi igrači koriste i posebne aplikacije (TeamSpeak, Ventrilo, Skype...)
 - Igre u pravilu NE prenose 3D podatke – to je karakteristično za umrežene virtualne svjetove (npr. Second Life), informacije o 3D objektima su pohranjene na klijentima
 - Video – igre u oblaku
 - Strujanje igračih sjednica (www.twitch.tv)

- ◆ Protokoli TCP ili UDP?
 - Ovisno o tipu i zahtjevima igre
- ◆ FPS najčešće koriste UDP
 - Vrlo česte promjene stanja
 - Veliki broj paketa po sekundi
- ◆ MMORPG
 - Oba protokola
 - Češće TCP
 - Nagle algoritam? Odgođena potvrda? (Delayed Acknowledgment)

Protokol	MMORPGs
TCP	World of Warcraft, Lineage I/II, Guild Wars, Ragnarok Online, Anarchy Online, Mabinogi
UDP	EverQuest, City of Heroes, Star Wars Galaxies, Ultima Online, Asherons Call, Final Fantasy XI
TCP/ UDP	Dark Age of Camelot

Predviđanja rasta mrežnog prometa

- ◆ 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)



Izvor: Cisco Visual Networking Index

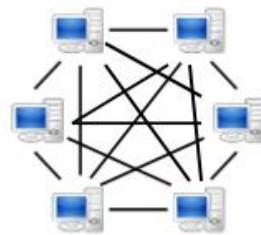
- ◆ Mrežni tokovi igara:
 - Dugo trajanje
 - Visoka brzina paketa
 - Mala veličina paketa
 - Niski zahtjevi na mrežnu propusnost
 - Korištenje i UDP-a i TCP-a
 - **Karakteristike jako ovise o tipu igre**
- ◆ Zahtjevi :
 - Osjetljivi na kvalitetu mreže
 - Veliki signalizacijski overhead
 - Različita zahtijevana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

120 hours of World of Warcraft

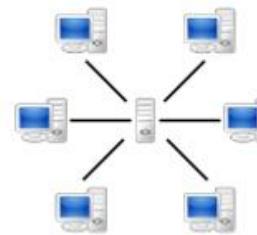
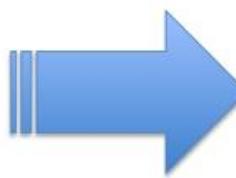
by Elizabeth Harper Jul 24th 2007 at 8:10PM



Evolucija mrežnog prometa? – Ne baš...



Peer-to-peer
Architecture



Server-client
Architecture



StarCraft I (1998-2010)

1 - 5 kbps
(2-8 igrača)

StarCraft II (2010-present)

2 - 3 kbps
(neovisno o broju
igrača)

M. Claypool, D. LaPoint, and J. Winslow, "Network Analysis of Counter-strike and Starcraft," in Proceedings of the 22nd IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC), USA, April 2003.

C-S. Lee, "The Revolution of StarCraft Network Traffic" in Proceedings of the 11th Annual Workshop on Network and Systems Support for Games NetGames 2012

Revolucija mrežnog prometa igara? Da*

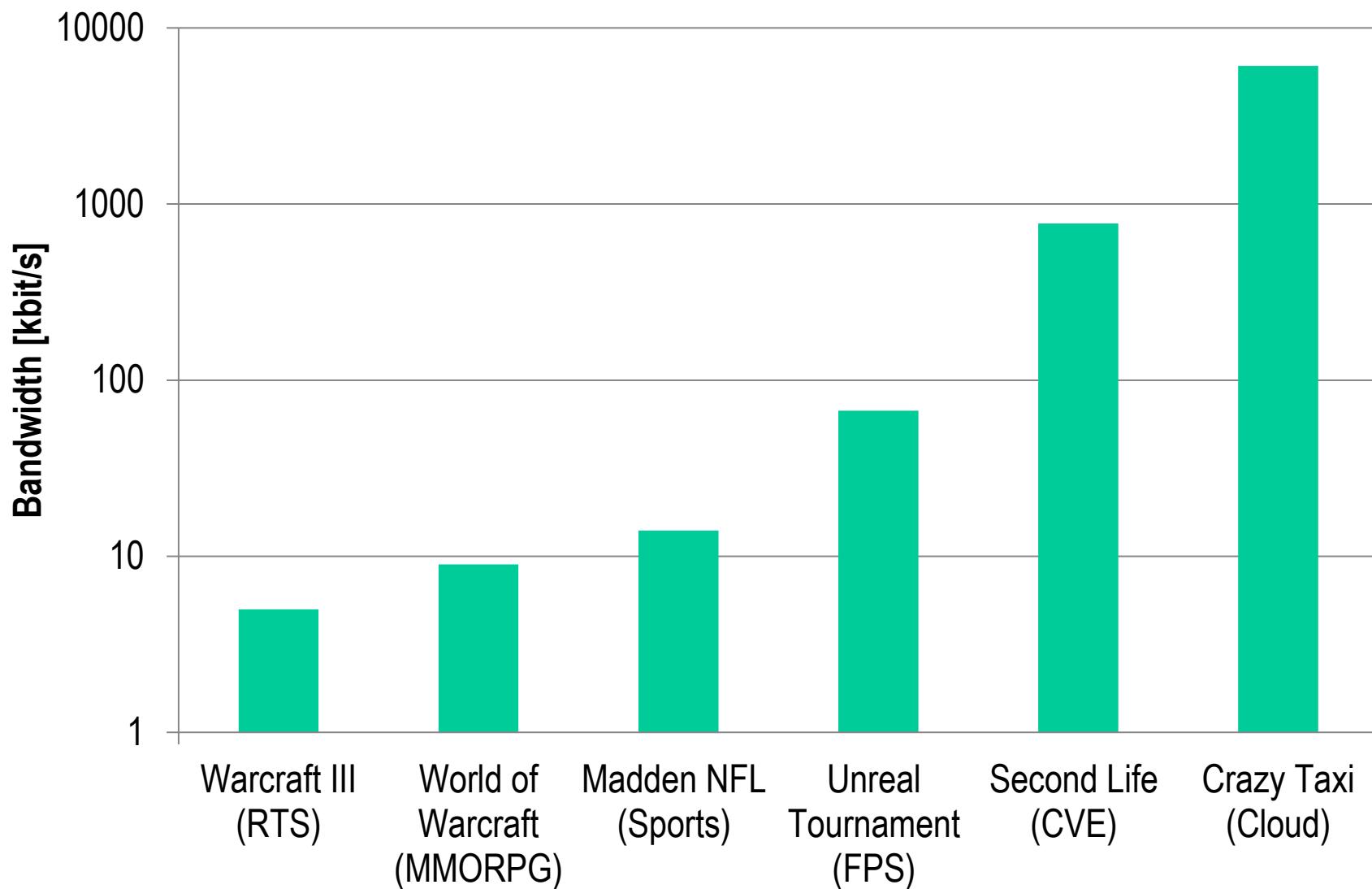
- ◆ Igre u oblaku
 - Izračun stanja i renderiranje virtualne scene se događa na poslužitelju
 - Klijentu se šalje strujanje videa visoke razlučivosti
- ◆ Fundamentalno različite karakteristike prometa
 - Vrlo visoki zahtjevi na propusnost veze
 - Viši zahtjevi na mrežno kašnjenje nego "standardne" igre
- ◆ *Bez većeg komercijalnog uspjeha
- ◆ Ako igranje u oblaku zaživi promet igara će postati jedna od najznačajnijih kategorija prometa u Interneta



RTP/UDP flows of the OnLive Streaming Protocol

Direction	RTP SSRC	RTP Payload Type	Flow description
Downstream	0x00000000	100	QoS monitoring flow
Downstream	0x00010000	100	OnLive Control
Downstream	0x00030000	100	Audio stream (CBR Codec)
Downstream	0x00040000	100	Cursor position
Downstream	0x00050000	101	Audio stream (VBR Codec)
Downstream	0x00060000	96	Video stream
Downstream	0x00080000	100	Voice Chat (Sound from other players)
Upstream	0x0000XXXX	100	User input (keyboard and mouse buttons)
Upstream	0x0001XXXX	100	Cursor movement
Upstream	0x0004XXXX	100	OnLive Control ACK
Upstream	0x0008XXXX	100	Voice Chat (Microphone from the user)

Mrežna propusnost – razlika među tipovima igara

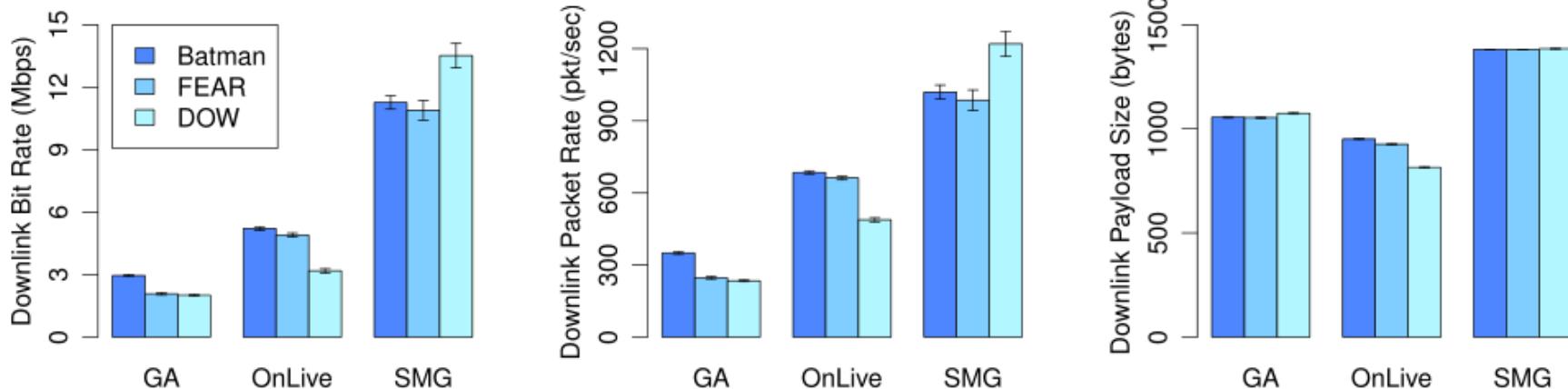


Razlike u propusnosti kod igra u oblaku

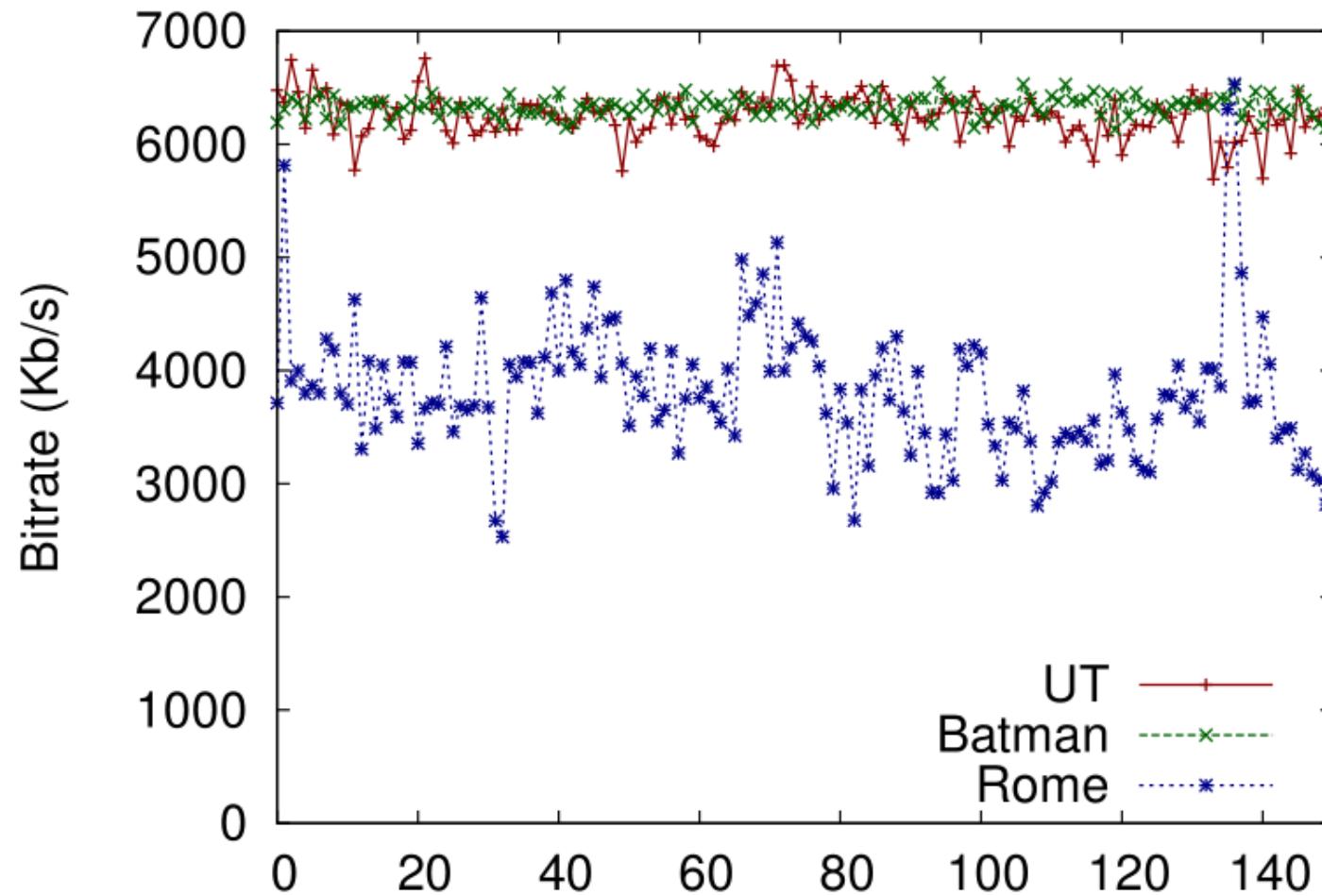
- ◆ Razlika zbog dinamike igre – različita dinamika videa

		<i>pes2012</i>	<i>unreal3</i>	<i>crazytaxi</i>	<i>aircombat</i>	<i>4elements</i>
Downstream	Total time (s)	249.41	261.16	200.56	239.68	236.59
	Number of packets	149004	174265	13867	153798	108619
	Avg. packets / sec	597.41	667.25	691.39	641.66	459.09
	Avg. packet size (B)	915.57	975.05	1014.99	955.65	722.58
	Bit rate (Mbps)	4.37	5.21	5.61	4.91	2.65
Upstream	Total time (s)	249.48	261.31	200.69	239.83	236.72
	Number of packets	8947	13943	6825	14677	14849
	Avg. packets / sec	35.86	53.35	34.01	61.19	62.72
	Avg. packet size (B)	168.49	157.8	170.08	154.81	154.91
	Bit rate (Mbps)	0.0048	0.067	0.046	0.075	0.077

Razlika u implementaciji platformi



OnLive downstream traffic



M. Claypool, D. Finkel, A. Grant, and M. Solano: "Thin to win? Network performance analysis of the OnLive thin client game system". *11th Annual Workshop on Network and Systems Support for Games (NetGames)*, 2012 (pp. 1-6). IEEE.

Utjecaj mrežnih degradacija

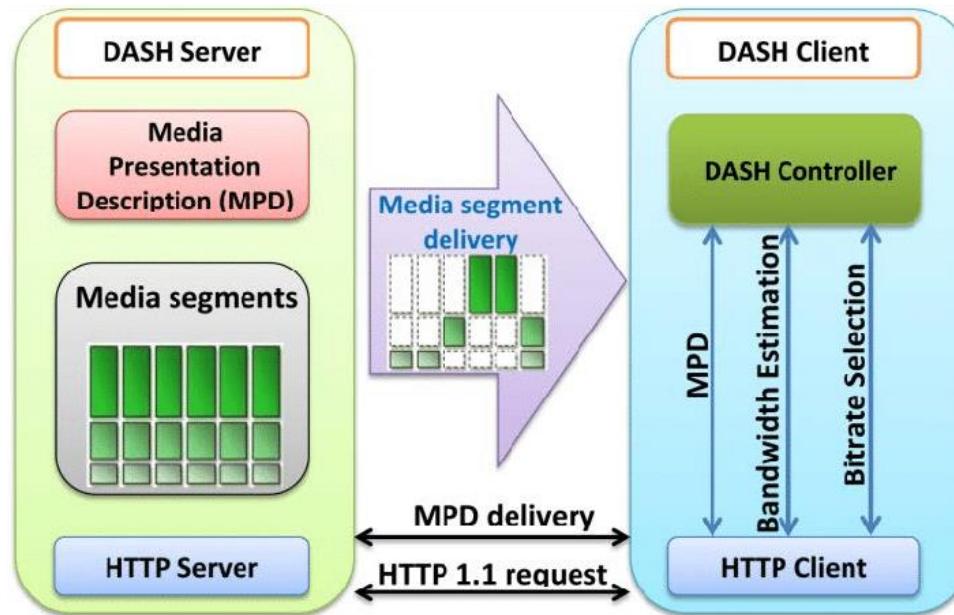
- ◆ Kvaliteta usluge (engl. Quality of Service - QoS) u najširem smislu je stupanj zadovoljstva korisnika usluge (ITU-T E.800)
- ◆ U praksi, QoS se pretežno odnosi na tehničke parametre (npr. parametri sustava, mreže)
- ◆ Iskustvena kvaliteta (engl. Quality of Experience – QoE) je sveukupna prihvatljivost 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.
- ◆ Glavni mrežni parametri koji utječu na iskustvenu kvalitetu igara su:
 - Propusnost (primarno za igre temeljene na računalnom oblaku)
 - Kašnjenje – osnovni parametar koji definira interaktivnost igre
 - Gubitak paketa – različito djeluje na igre temeljene na računalnom oblaku (artefakti u video prikazu) i na “tradicionalne” mrežne igre (u mnogome ovisi o načinu implementacije igre)

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

Izvor: Qualinet White Paper on definitions of QoE, 2012

Prilagodljivost propusnosti

- ◆ Usluga ima više verzija koje se mogu dostaviti
- ◆ Svaka od verzija ima određene zahtjeve na mrežu – najčešće u smislu propusnosti
- ◆ Primjer prilagodljivo strujanje na temelju protokola HTTP (engl. HTTP Adaptive Streaming – HAS)



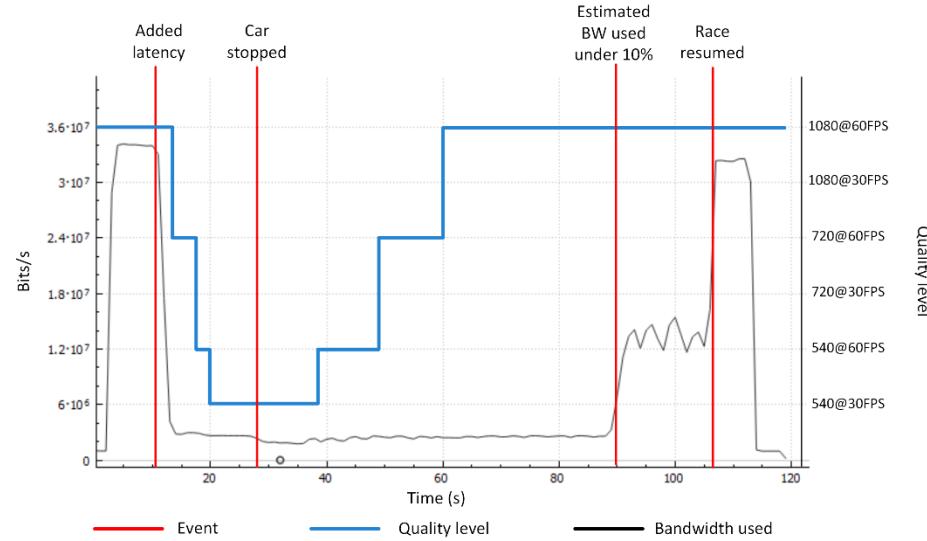
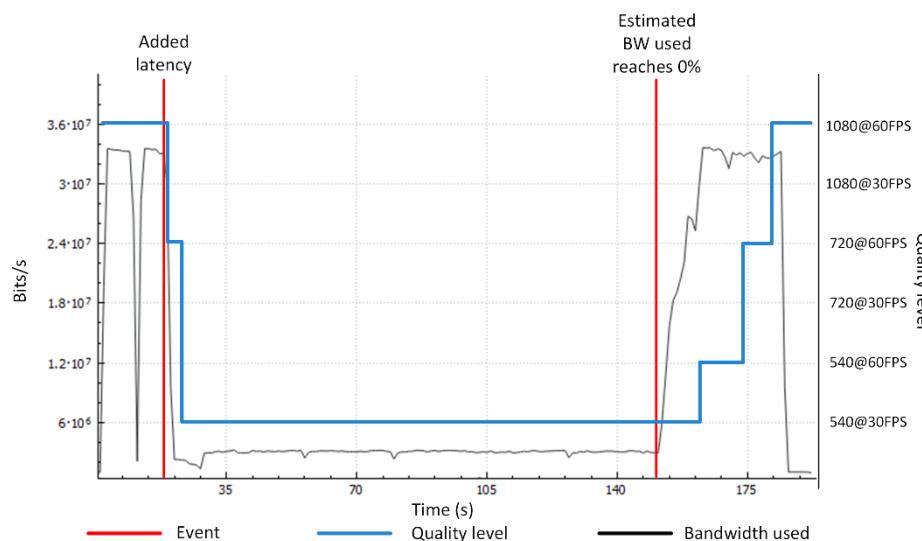
Vu, V.H., Mashal, I. and Chung, T.Y., 2017. A Novel Bandwidth Estimation Method Based on MACD for DASH. *KSII Transactions on Internet & Information Systems*, 11(3).

Prilagodljivost propusnosti kod igara temeljenih na računalnom oblaku

- ◆ Mrežne karakteristike mogu varirati u vremenu
- ◆ U slučaju da se brzina video strujanja ne prilagodi dolazi do gubitka paketa te vidljivih degradacija video toka
- ◆ Igre temeljene na računalnom oblaku imaju specifične karakteristike
 - Vrlo zahtjevna usluga – čak do 50Mbit/s
 - Sadržaj ne postoji unaprijed – dinamički se generira
 - Kratko vrijeme za kodiranje – uvjetovano stvarnovremenskim zahtjevima na interaktivnost igre
 - Potrebna vrlo brza procjena propusnosti te algoritam prilagodbe

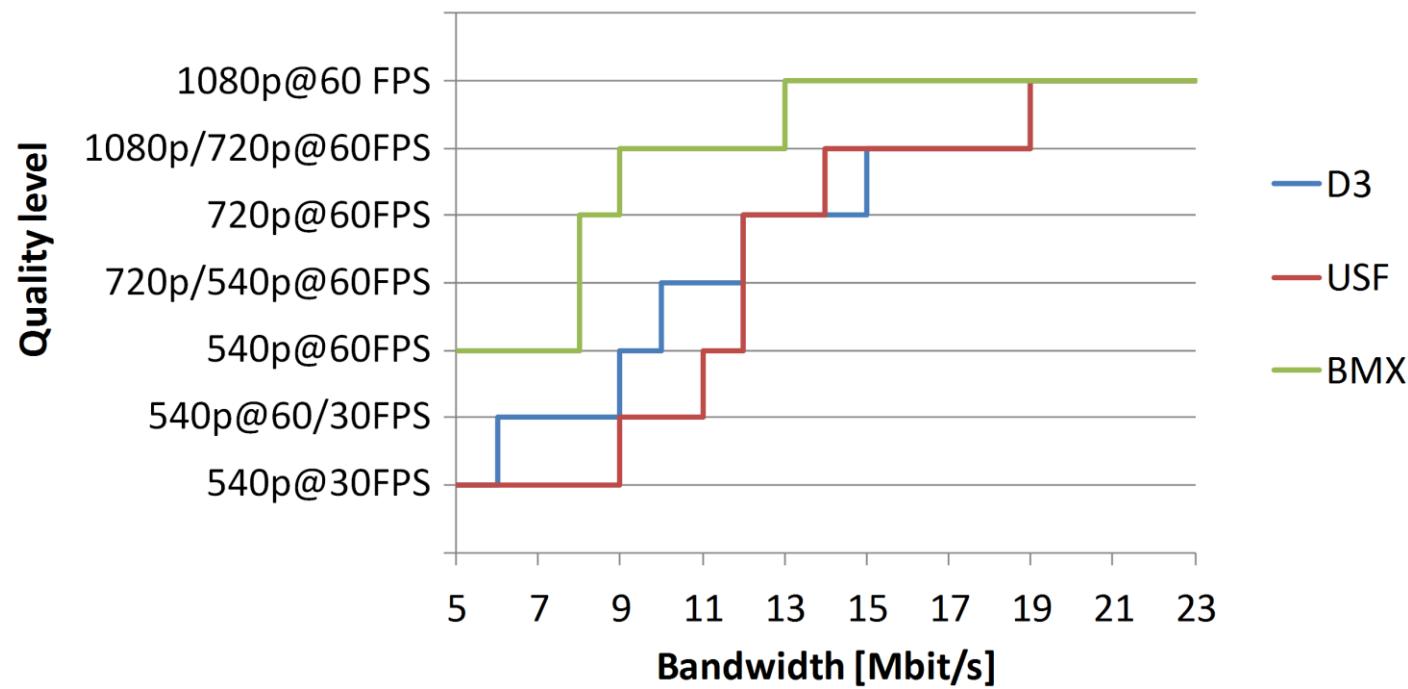
Algoritam procjene propusnosti – GeForce Now

- ◆ 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



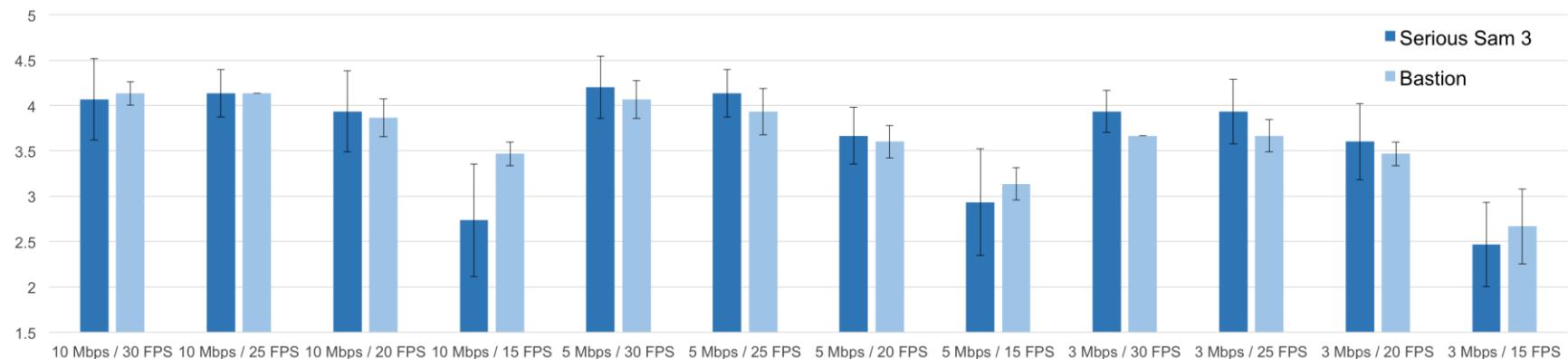
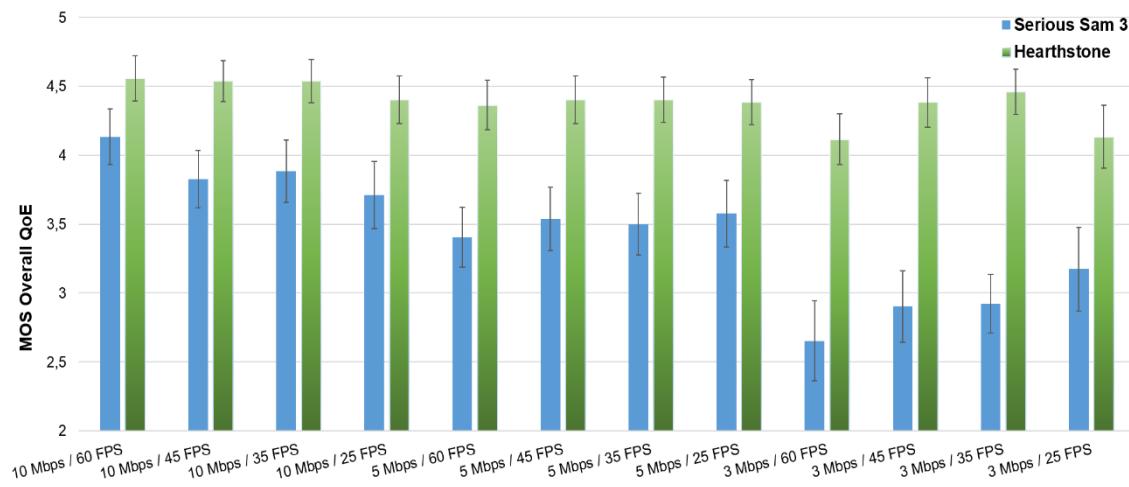
◆ Razlike po platformama

- Steam InHome Streaming – ne mijenja se rezolucija ni brzina osvježavanja ekrana s padom propusnosti
- GeForce NOW – traži 30 Mbit/s za punu kvalitetu, ali implementira adaptacijski algoritam koji snižava rezoluciju pa potom brzinu osvježavanja sličica na 30 FPS
- Koji je najbolji način prilagodbe? Temeljeno na QoE modelima

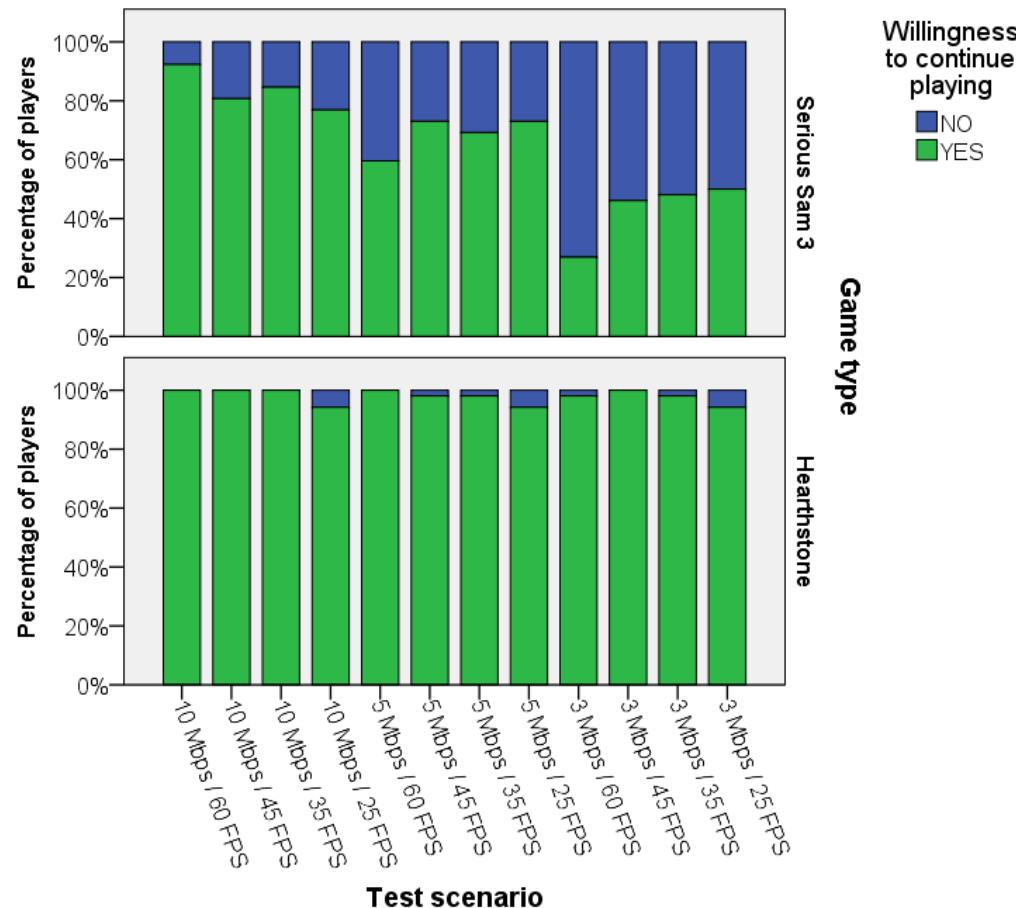


QoE različitih igara

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



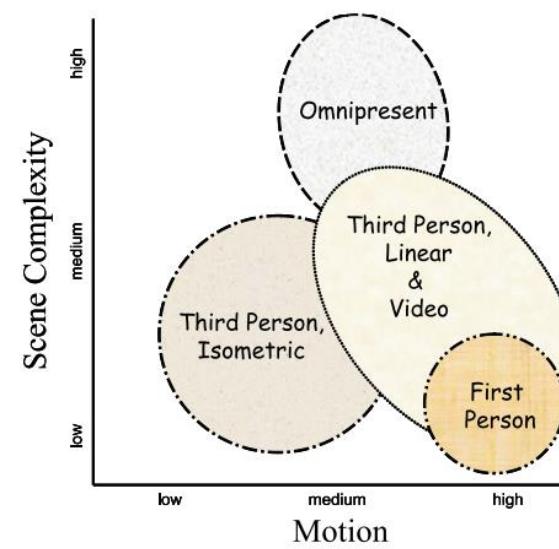
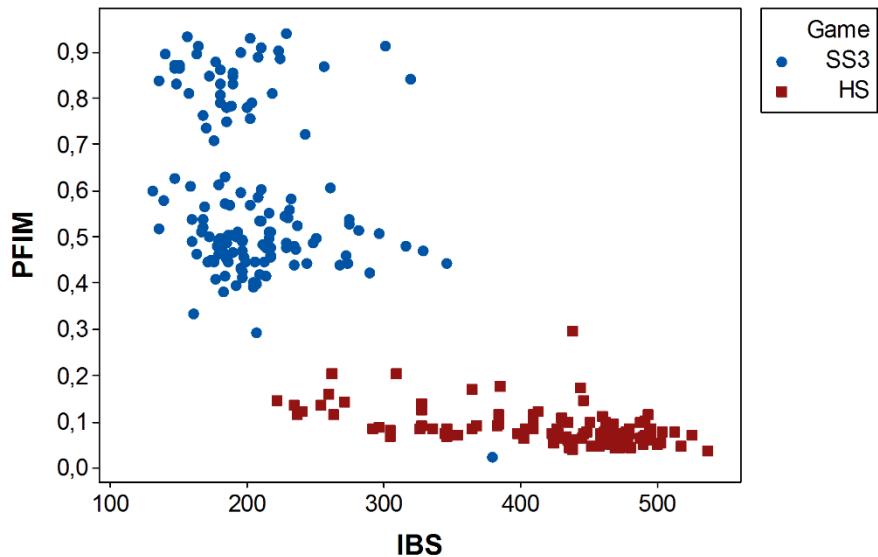
Voljnost nastavka igranja



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?

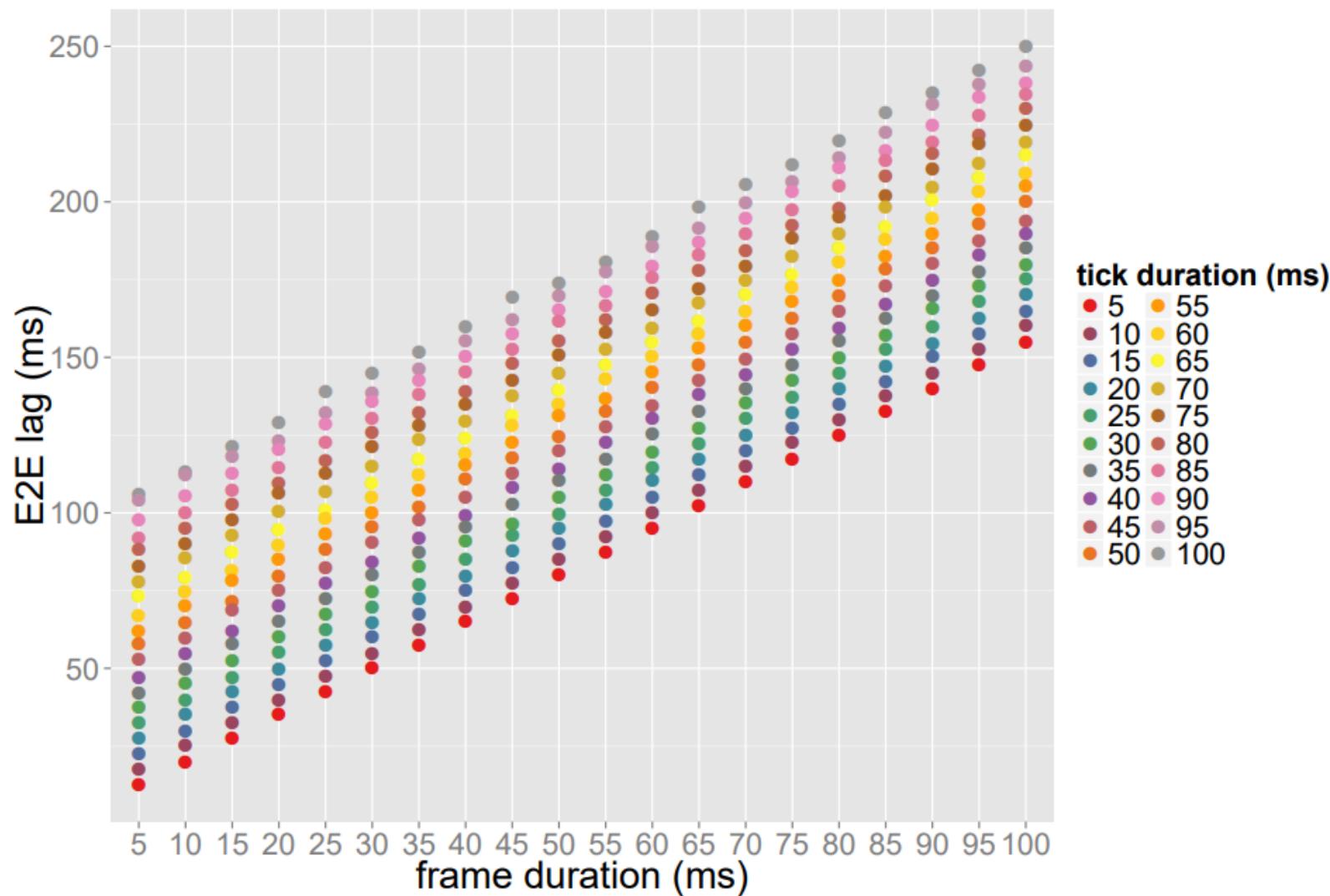


Slivar, Ivan, Lea Skorin-Kapov, and Mirko Suznjevic. "Cloud gaming QoE models for deriving video encoding adaptation strategies." *Proceedings of the 7th International Conference on Multimedia Systems*. ACM, 2016.

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

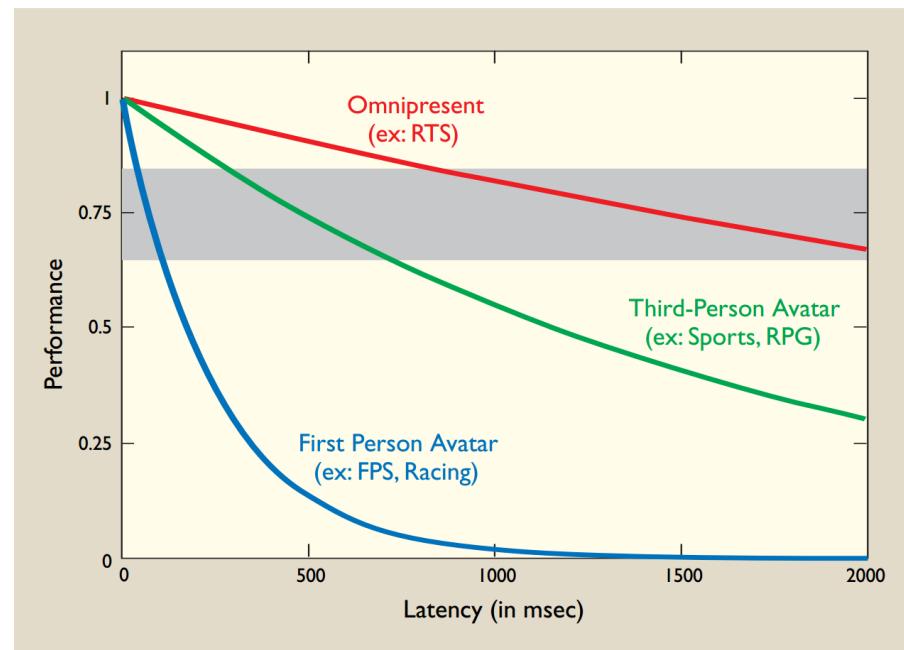
- ◆ Osnovne komponente mrežnog kašnjenja
 - Propagacijsko – ograničenje: brzina svjetlosti
 - Procesorsko – kašnjenje zbog obrade u usmjerenjima
 - Transmisijsko – kašnjenje uzrokovano slanjem podataka na prijenosni medij
 - Kašnjenje u redovima čekanja – kašnjenje uzrokovano čekanjem u međuspremnicima
- ◆ Kašnjenje je UVIJEK prisutno! (kao i razlika u kašnjenju pojedinih igrača)
- ◆ Mrežno kašnjenje je jedan od najvažnijih parametara kvalitete umreženih igara – potrebno je održati iluziju da virtualni svijet nije distribuiran u mreži

Ukupno kašnjenje u sustavu



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)
- ◆ Subjektivne studije:
 - 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, ‘

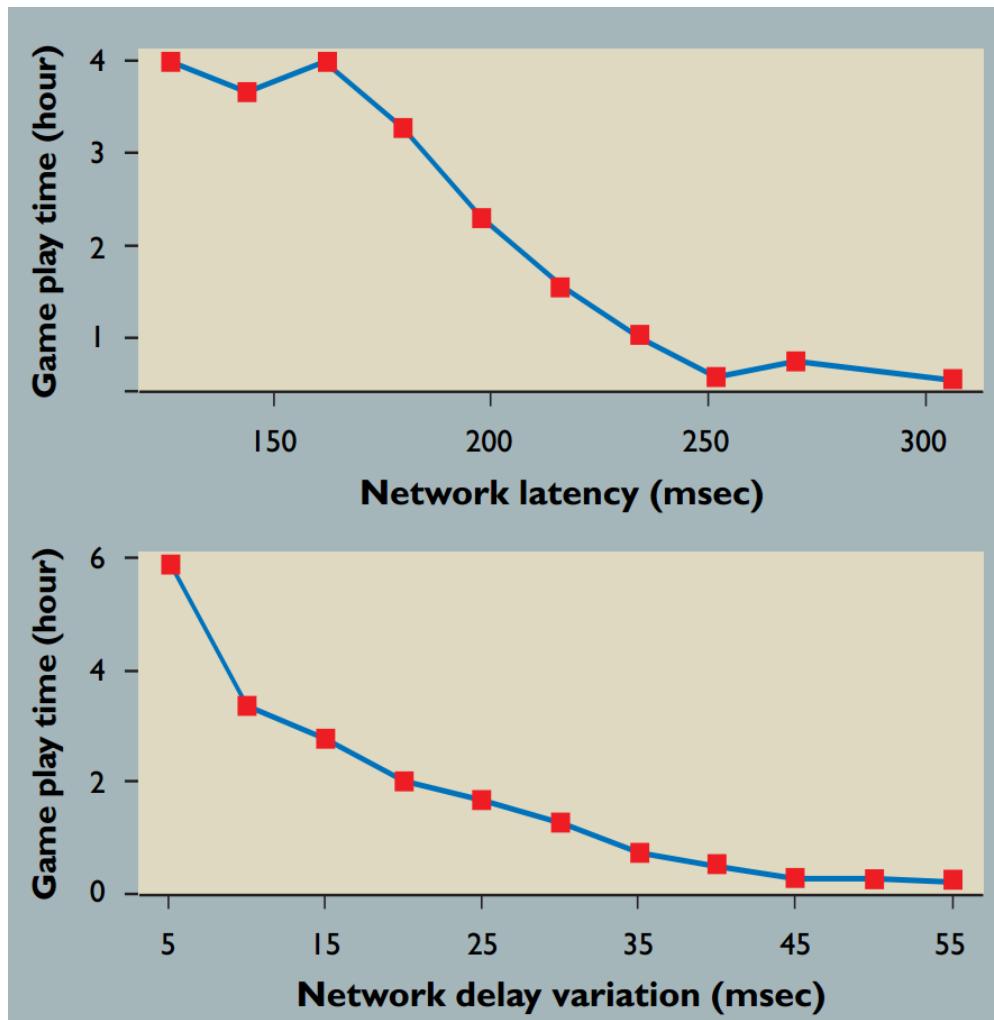


Izvori: M. Claypool and K. Claypool, Latency and player actions in online games. *Commun. ACM* 49, 11 (November 2006), 40-45

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.

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

Utjecaj kašnjenja na prosječno trajanje sjednice



- ◆ 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.

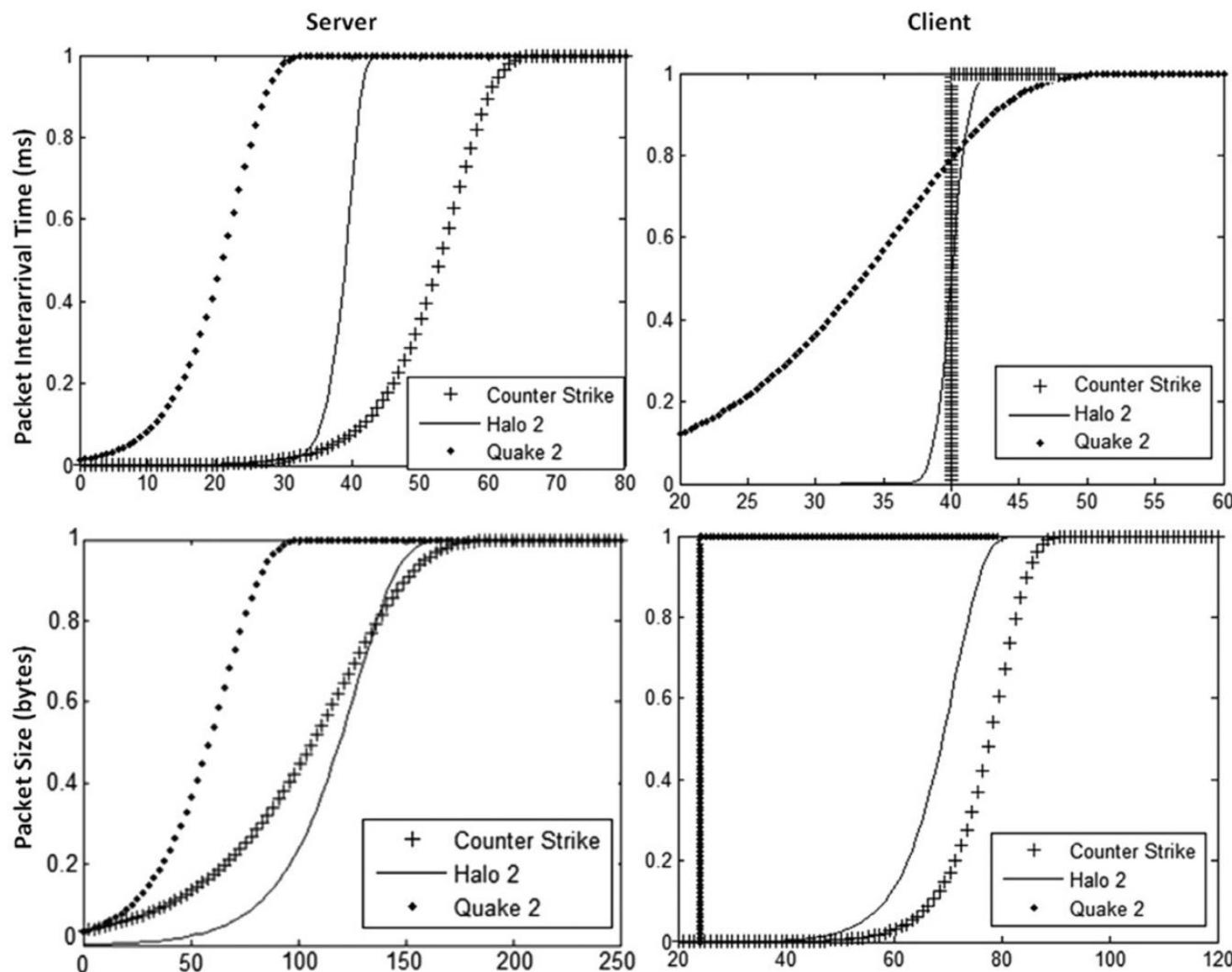
- ◆ Karakteristike žanra:

- Vrlo interaktivne igre koje zahtijevaju brze reakcije
- Vrlo osjetljive na kašnjenje (potrebno ispod 160 ms RTT)
- Nekoliko desetina igrača u istoj inačici virtualnog svijeta

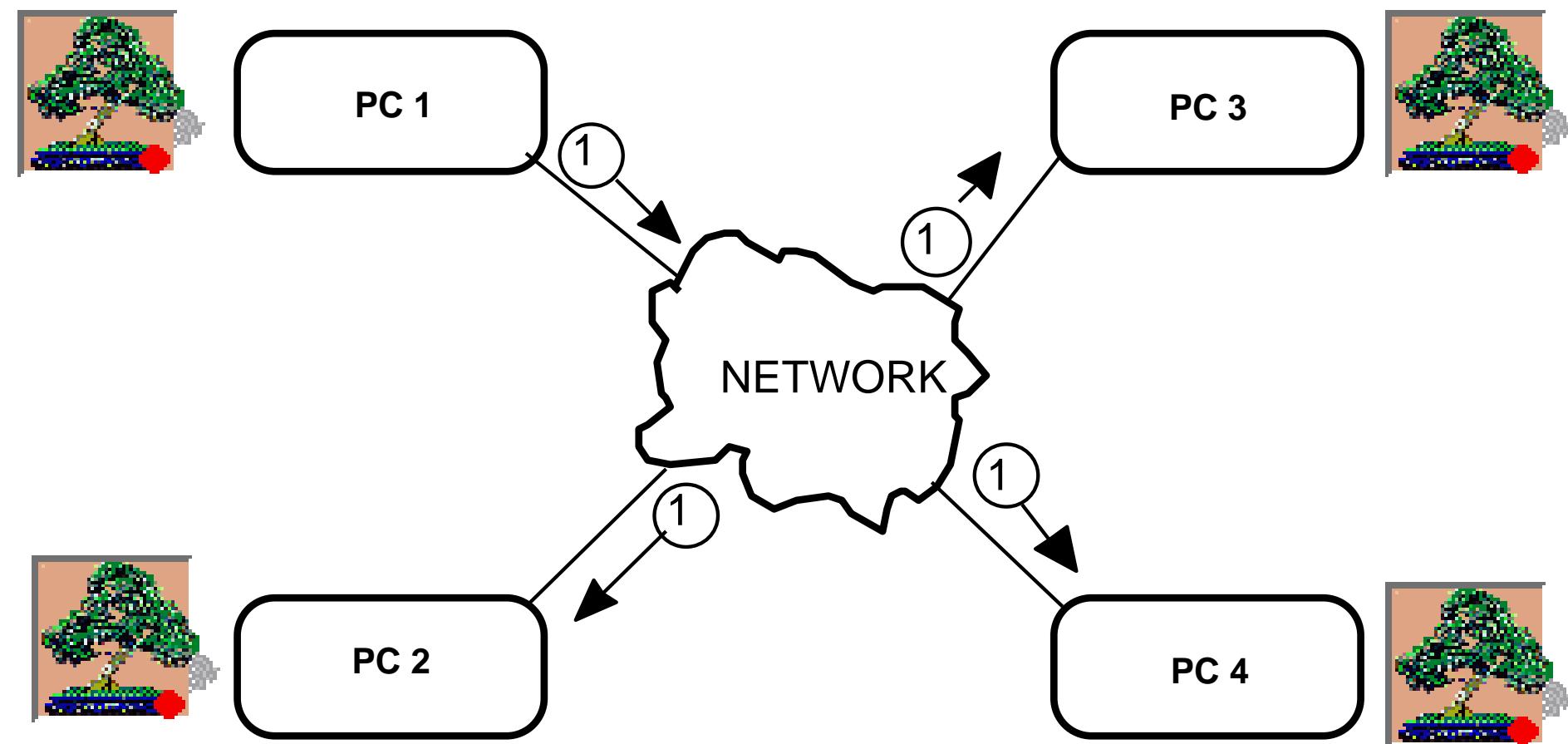
- ◆ Karakteristike prometa

- Koriste UDP
- Visoka tolerancija na gubitke paketa (ovisi o igri)
- Učestala osvježenja virtualnog svijeta
- Najčešće predefinirane veličine paketa
- Najčešće predefinirana međudolazna vremena paketa
- Najzahtjevniji žanr igara što se tiče propusnosti (obično manje od 300kb/s)

Mrežni promet – karakteristike (FPS)



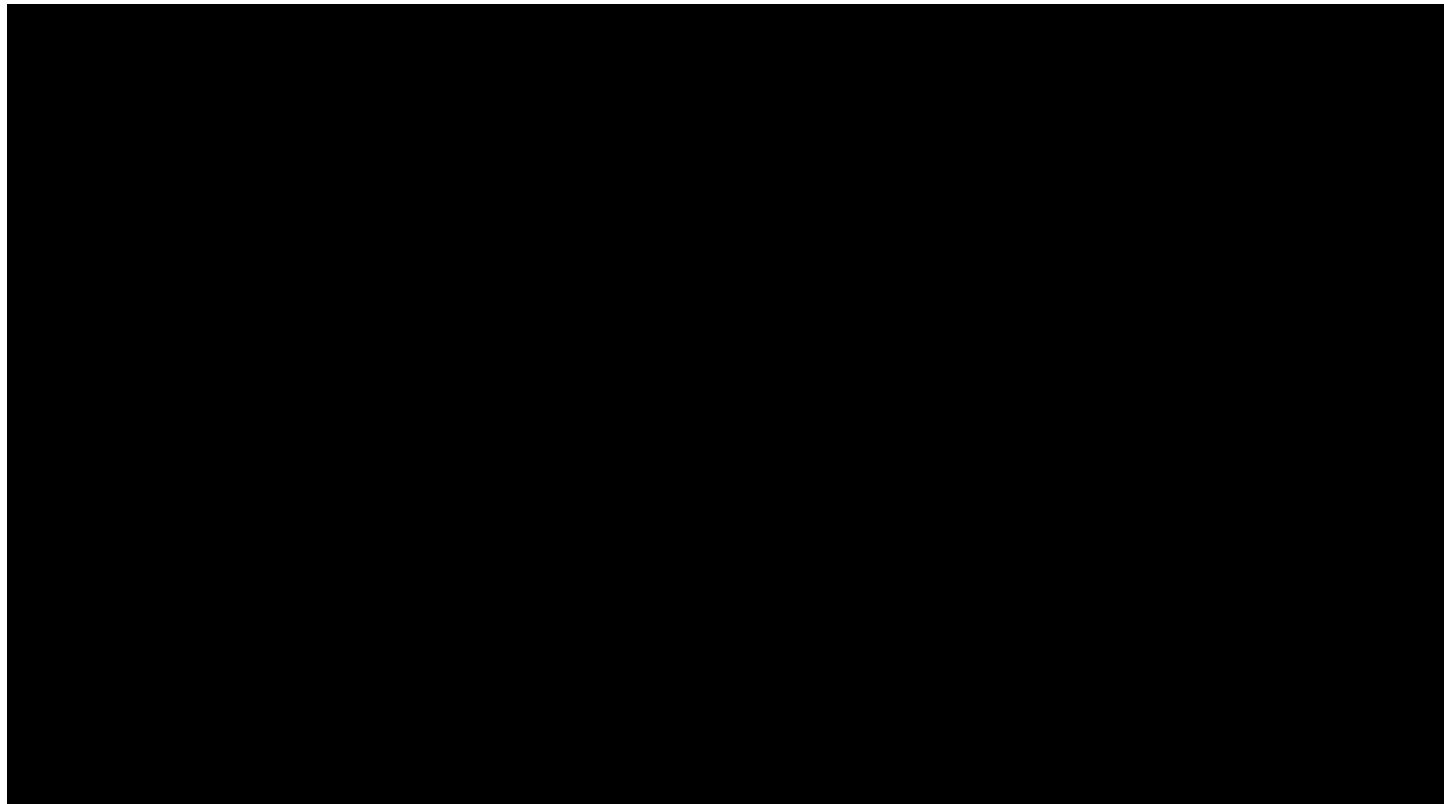
Kašnjenje i distribucija stanja virtualnog svijeta – asinkroni model



Paralelni svjetovi pomaknuti u vremenu



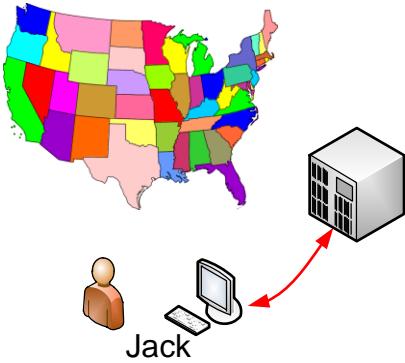
- ◆ Primjer FPS sa 4 igrača (jedan služi kao poslužitelj, a ostali imaju 50, 100, i 150 ms kašnjenja)



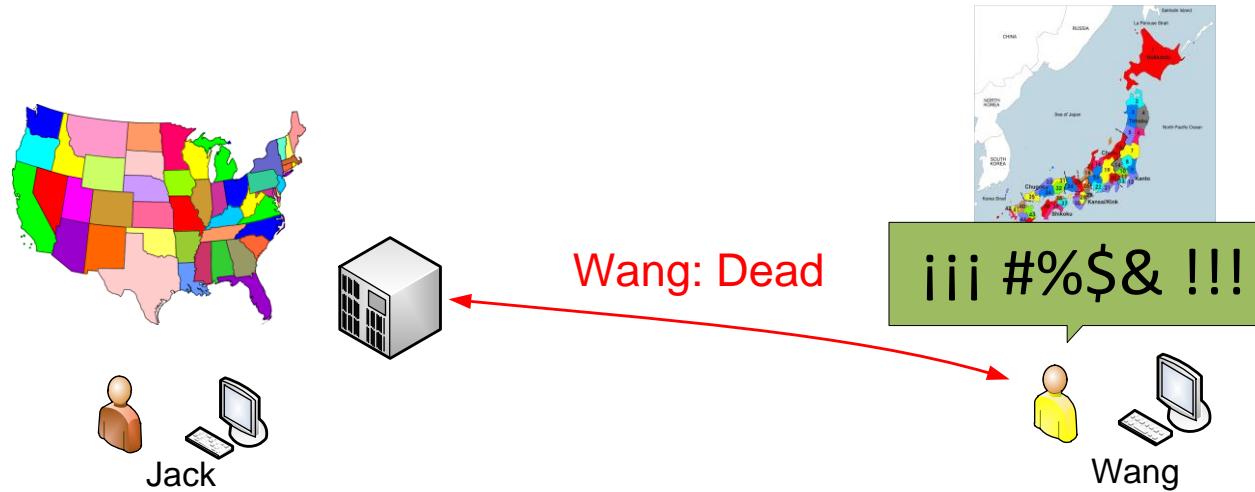
Video URL: <https://www.youtube.com/watch?v=xyCQtUFOJmA#t=728>

Kašnjenje i konzistentnost stanja - primjer

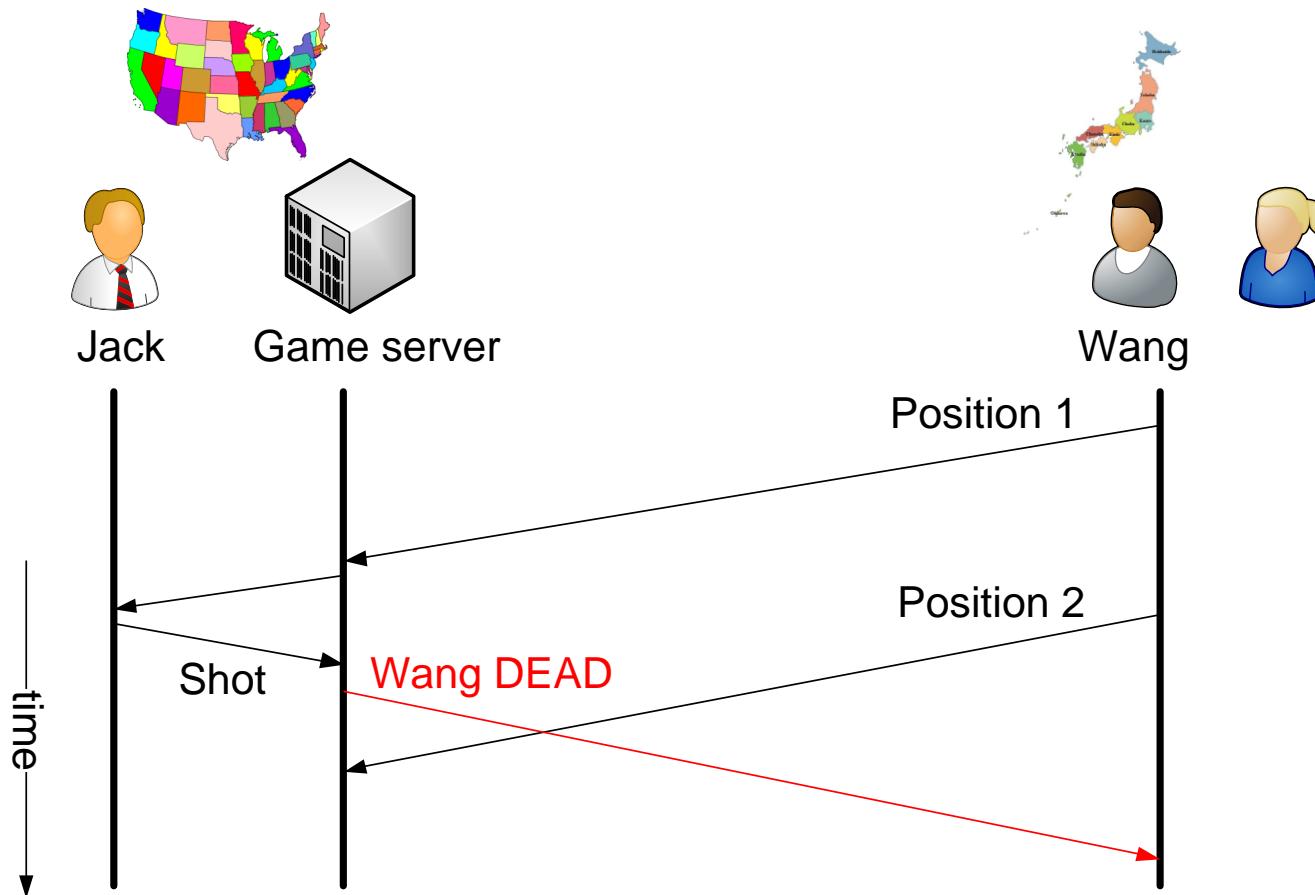
- ◆ Problem smrti iza zida u FPS-u
- ◆ FPS-ovi koriste asinkroni model



Kašnjenje i konzistentnost stanja – primjer II



Kašnjenje i konzistentnost stanja – primjer III



Kako osigurati pravednost?

Utjecaj zemljopisne lokacije na kašnjenje



Zemljopisna lokacija – FPS

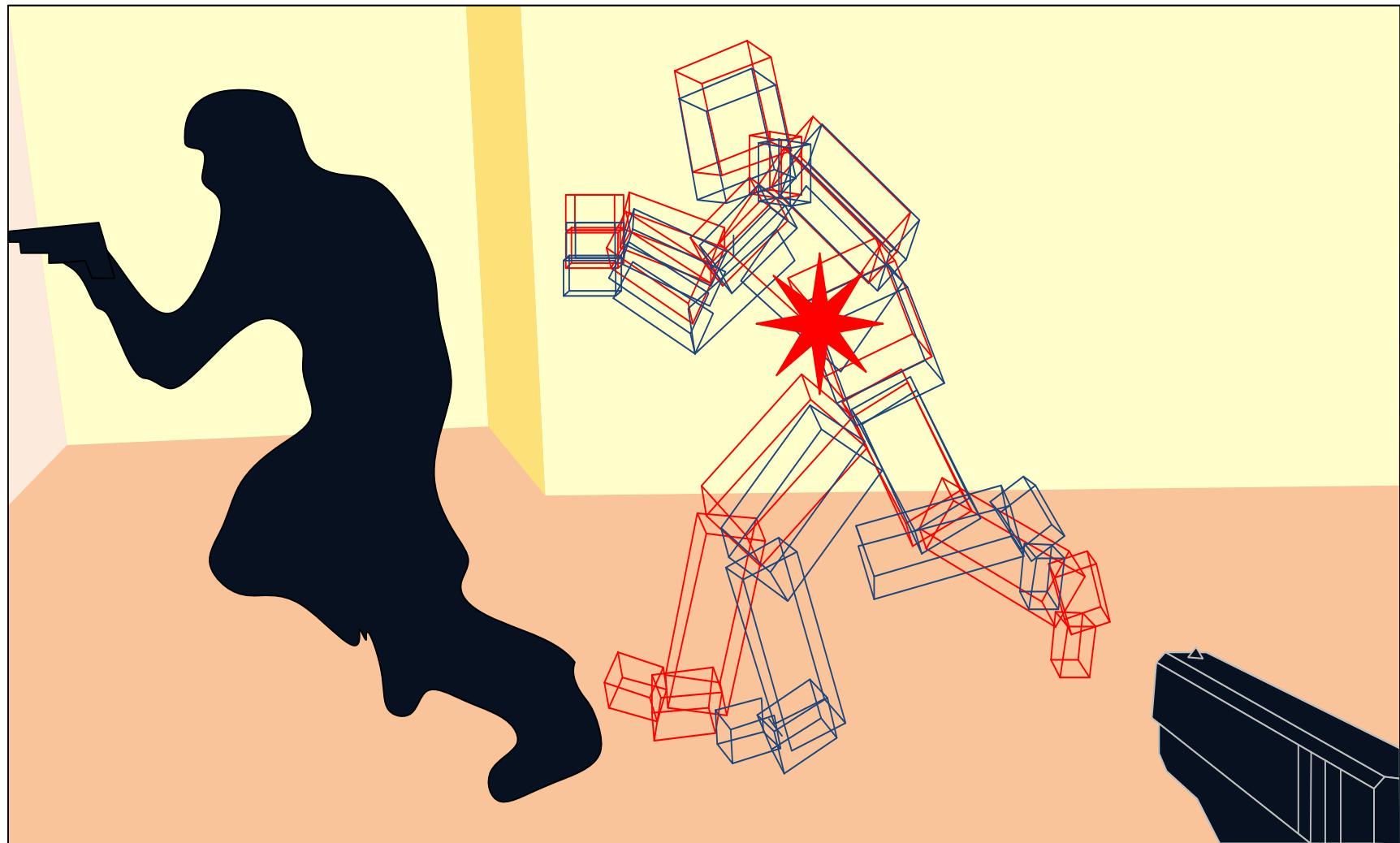
- ◆ Tip igara osjetljiviji na kašnjenje
 - “Time to kill” (vrijeme od prvog pucnja do smrti protivnika) u Call of Duty Black Ops 2 može biti 185 ms!!!
- ◆ Puno veća granulacija poslužitelja
 - Manja složenost poslužitelja
 - Integracijski sustavi koji obuhvaćaju više poslužitelja (statistiku, komunikaciju i sl.)

SEARCH RESULTS Searching: Call of Duty 2 Servers × in Croatia ×

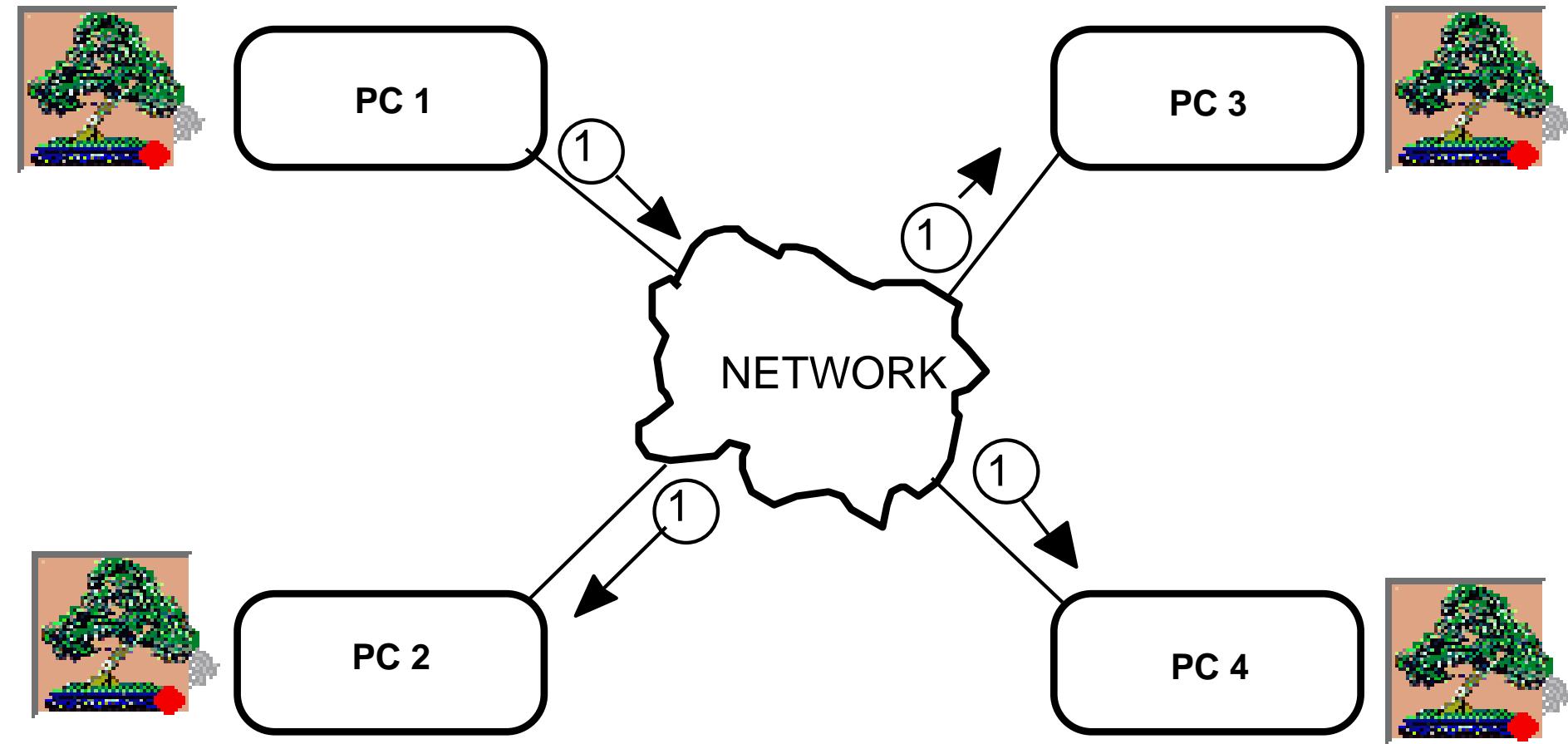
Rank ↓	Gm	Server Name	Players	Loc	IP:Port	Server Map
8.	★ 2	Kameni*Momci Cracked TDM 7/24*hrs	JOIN 24/30	SRB	213.149.60.38:28952	mp_trainstation
11.	★ 2	OMNIGENUS CALLOFDUTYMANIA SD SERVER omnigenus	JOIN 23/26	SRB	213.149.60.42:29008	mp_matmata
32.	★ 2	Lan-Wars.com Toujane TDM Only TS3:ts.lan-wars.com	JOIN 25/28	SRB	212.92.192.214:28960	mp_toujane
36.	★ 2	Crn@M@mb@CrackedExtrem1.3v	JOIN 16/30	SRB	213.149.60.35:28839	mp_breakout
43.	★ 2	Jigsaw'Networks ~ Rifle/Scope & Toujane ~ 24/7 ~ Li	JOIN 7/28	SRB	213.149.60.34:28952	mp_toujane
49.	★ 2	Legionari Team Cracked v1.3	JOIN 15/28	SRB	213.149.60.35:28928	mp_decoy
59.	★ 2	e-sport.hr DM Server Powerd by Omnipgenus!	JOIN 16/22	SRB	213.149.60.44:28989	mp_toujane
60.	★ 2	ZiZ Public Server All Weapons [SD] www.ziz-clan.co	JOIN 2/24	SRB	213.149.60.35:28957	mp_toujane
81.	★ 2	Drunk'Clan All RiFleS MoD ToujaNe OnLy ~HardC	JOIN 20/20	SRB	85.94.70.50:28870	mp_toujane
97.	★ 2	CRO JUDGES ALL RIFLE WEAPONS TDM Powered	JOIN 18/26	SRB	82.193.210.125:28961	mp_toujane
101.	★ 2	Alcoholic-Team Public server	JOIN 20/28	SRB	213.149.60.37:28993	mp_toujane
107.	★ 2	EAGLESS SD ~ PUBLIC RIFLES & SNIPERS 1.0v	JOIN 19/32	SRB	46.4.19.83:28942	mp_toujane
113.	★ 2	QUBiC GaminG SYMBOLIC x Team Public SD Serv	JOIN 12/16	SRB	213.149.60.36:28945	mp_toujane

- ◆ Predikcija na strani klijenta
 - Predikcija kretanja samog igrača - primjerice izvršavanje komande prije nego što ju je poslužitelj autorizirao
 - Predikcija kretanja drugih entiteta (dead reckoning) - na temelju dosadašnjeg vektora kretanja izračunava se novo stanje iako osvježenje stanja nije došlo na vrijeme
- ◆ Mehanizmi na strani poslužitelja
 - Veća geografska granulacija poslužitelja (što manje propagacijsko kašnjenje)
 - Vremenski odmak u izračunu stanja nakon dolaska komandi kako bi se kompenziralo klijente s većim kašnjenjem
 - “Prenos vremena” – poslužitelj čuva prošla stanja te za pojedinog klijenta prenosi vrijeme kako bi znao koje točno stanje klijent vidi u pojedinom trenutku

Kompenzacija kašnjenja na strani poslužitelja – premotavanje vremena



Kašnjenje i distribucija stanja virtualnog svijeta – sinkroni model



Primjer sinkronog modela – Starcraft 2



- ◆ Starcraft 2 koristi sinkroni model determinističke simulacije
 - Arhitektura je P2P kroz poslužitelj
 - Poslužitelj ne drži repliku stanja igre na klijentima
 - Igra je potpuno deterministička – isti unosi na svim klijentima daju istovjetne rezultate
 - Komanda svakog igrača se stavlja u rep čekanja te izvršava u određenom trenu u budućnosti (200ms).
 - Svaki igrač šalje svoje komande ostalim sudionicima u meču kroz poslužitelj
 - Kada su svi unosi primljeni za prethodni period novo stanje “tick” se izračunava na strani svakog klijenta

- ◆ Prednosti

- Puno je jednostavnija obrada komandi i njihova sinkronizacija e nego da se šalje informacija o pokretu i interakciji svake pojedine jedinice
- Značajno manje korištenje mrežnog prometa

- ◆ Mane

- Postoji kašnjenje u “unisu” komandi – igra ne reagira odmah
- Najsporiji igrač može usporiti igru za druge igrače
- Kako stanje se ne čuva na centralnom poslužitelju može doći do desinkronizacije

Skalabilnost

- ◆ Skalabilnost – koliko neki sustav može rasti, a da se pri tom ne naruši njegova funkcija
- ◆ Virtualni svjetovi
 - Najčešće kvazi-srednjovjekovna okruženja inspirirana literaturom iz žanra fantastike, uključuju čarobnjake, vitezove, patuljke...
 - Rjeđe futuristički ili iz današnjeg vremena
- ◆ Igrači
 - Preuzimaju uloge jednog virtualnog lika
 - Uloge mogu biti različite lovac, čarobnjak, trgovac
 - Likovi se razvijaju i personaliziraju tijekom igre
 - Igrači često trebaju uskladiti svoje stvarne obveze
- ◆ Aktivnosti u virtualnom svijetu
 - Istraživanje svijeta, suradnju s drugim igračima, trgovinu, borbu...
 - Ciljevi često zahtijevaju suradnju više igrača

MMORPG - primjeri

FER

Walk here

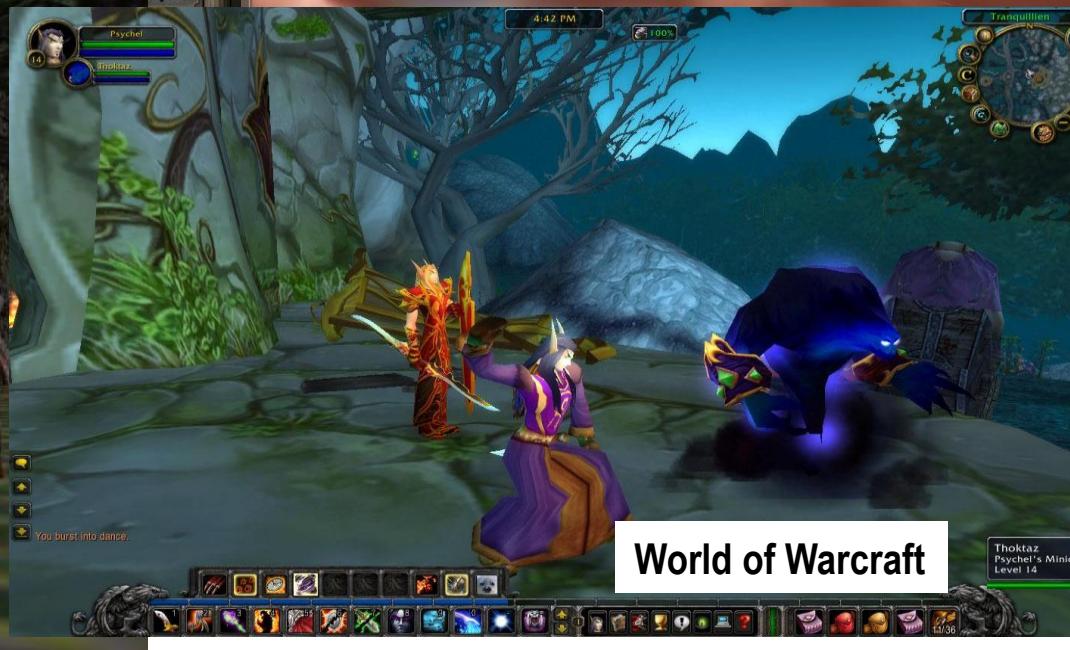
RuneScape



EVE Online



EverQuest

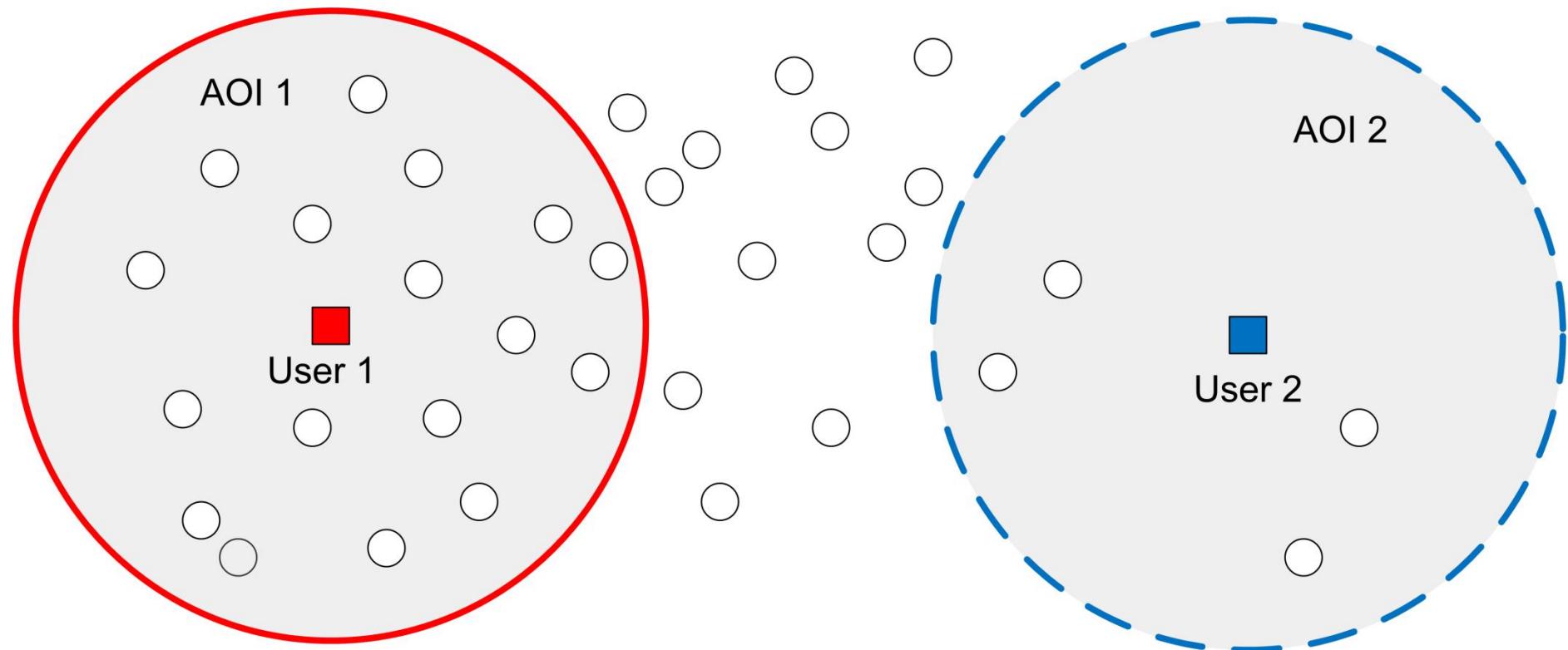


World of Warcraft

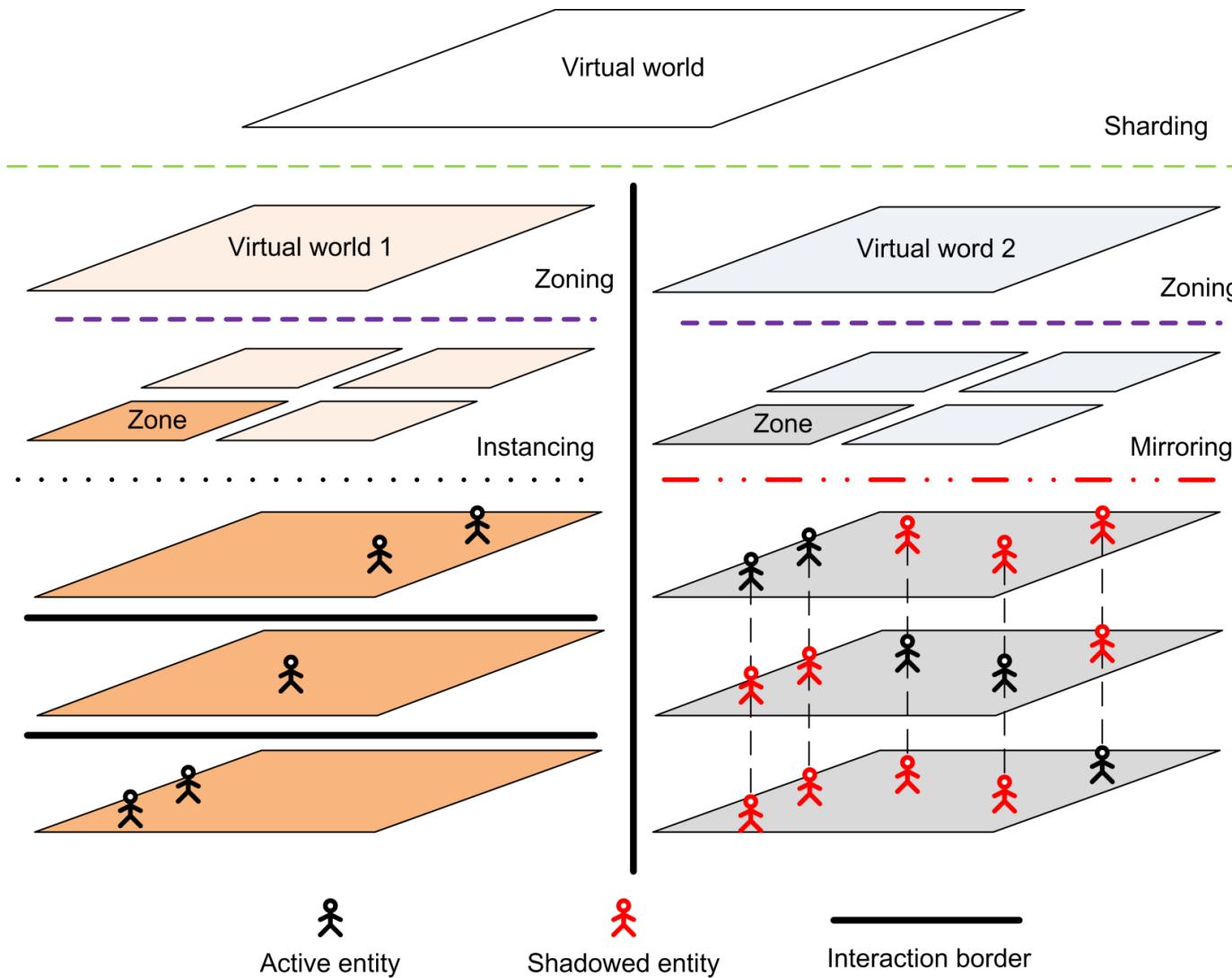
- ◆ **Massively** Multiplayer Online Role-Playing Games
 - Veliki broj korisnika koji dijele jedan virtualni svijet
 - WoW – 12 miliona korisnika (na vrhuncu popularnosti)
- ◆ Glavni problemi:
 - Izračunavanje stanja virtualnog svijeta ($O(n^2)$)
 - Održavanje konzistentnosti stanja virtualnog svijeta
 - Kontrola varanja
 - Svi poslužitelji na strani proizvođača

Tehnike za skalabilnost: područje interesa

- ◆ Područje interesa (Area of Interest – AOI)



Tehnike za skalabilnost



- ◆ **Zoniranje** – podjela virtualnog svijeta na geografska područja koja će se samostalno obraditi odvojenim strojevima
- ◆ **Zrcaljenje** – način distribucije opterećenja umnožavanjem iste zone igre na nekoliko poslužitelja. Svaki replicirani poslužitelj izračunava stanje za podskup entiteta koji se naziva aktivni entiteti, dok se preostali, koji se nazivaju entitetima sjene (koji su aktivni u drugim poslužiteljima koji sudjeluju), sinkroniziraju preko poslužitelja
- ◆ **Instanciranje** – pojednostavljenje zrcaljenja koje distribuira opterećenje sesije pokretanjem više paralelnih instanci visoko naseljenih zona. Igrači u različitiminstancama ne mogu komunicirati

Prodan, Radu, and Vlad Nae. "Prediction-based real-time resource provisioning for massively multiplayer online games." *Future Generation Computer Systems* 25.7 (2009): 785-793.

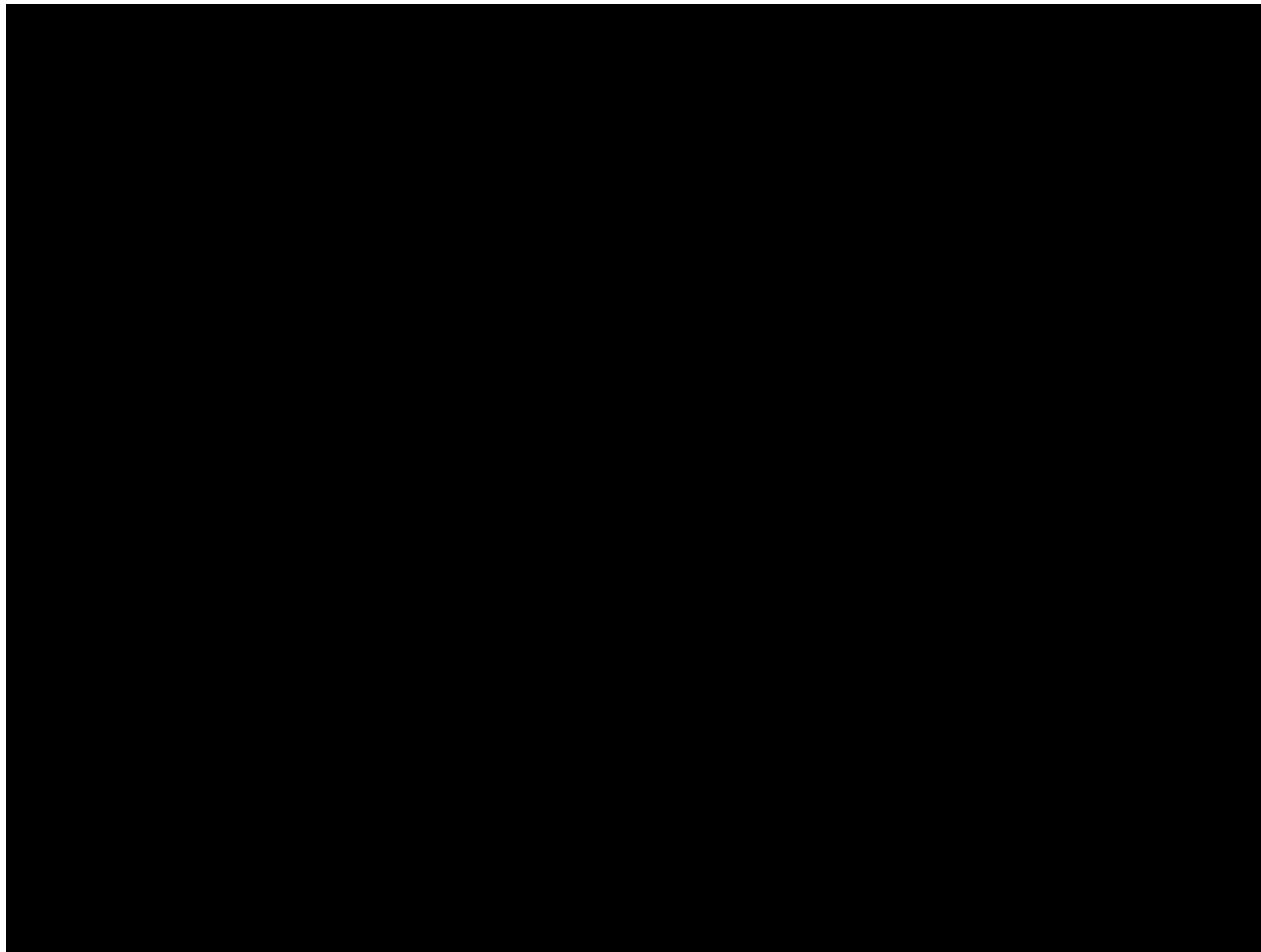
- ◆ Dva arhitekturalna rješenja
 - Velike poslužiteljske farme
 - “Komadanje” virtualnog svijeta (engl. žargon: server “shards”)
- ◆ World of Warcraft-a (2009.):
 - 13 250 poslužitelja
 - 75 000 CPU jezgri
 - 11,5 TB blade RAM
 - 11 podatkovnih centara u svijetu (USA, Europe, China, Australia...)
- ◆ EvE online (2013.):
 - Supercomputer “Tranquility”, u Londonu, UK
 - 3 936 GB RAM
 - 2 574 GHz of CPU snage

Farma poslužitelja (grozd)

- ◆ Svi korisnici unutar istog virtualnog svijeta (EvE online, World of Tanks)
- ◆ Velike farme poslužitelja
- ◆ Problemi s izračunom stanja virtualnog svijeta (moguć veliki broj korisnika na jednom mjestu)

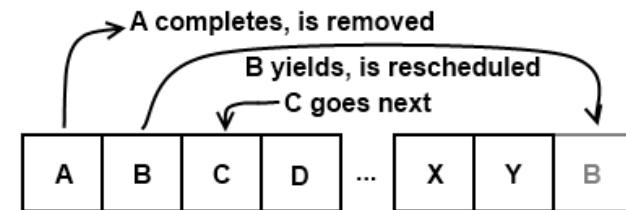


The Asakai incident



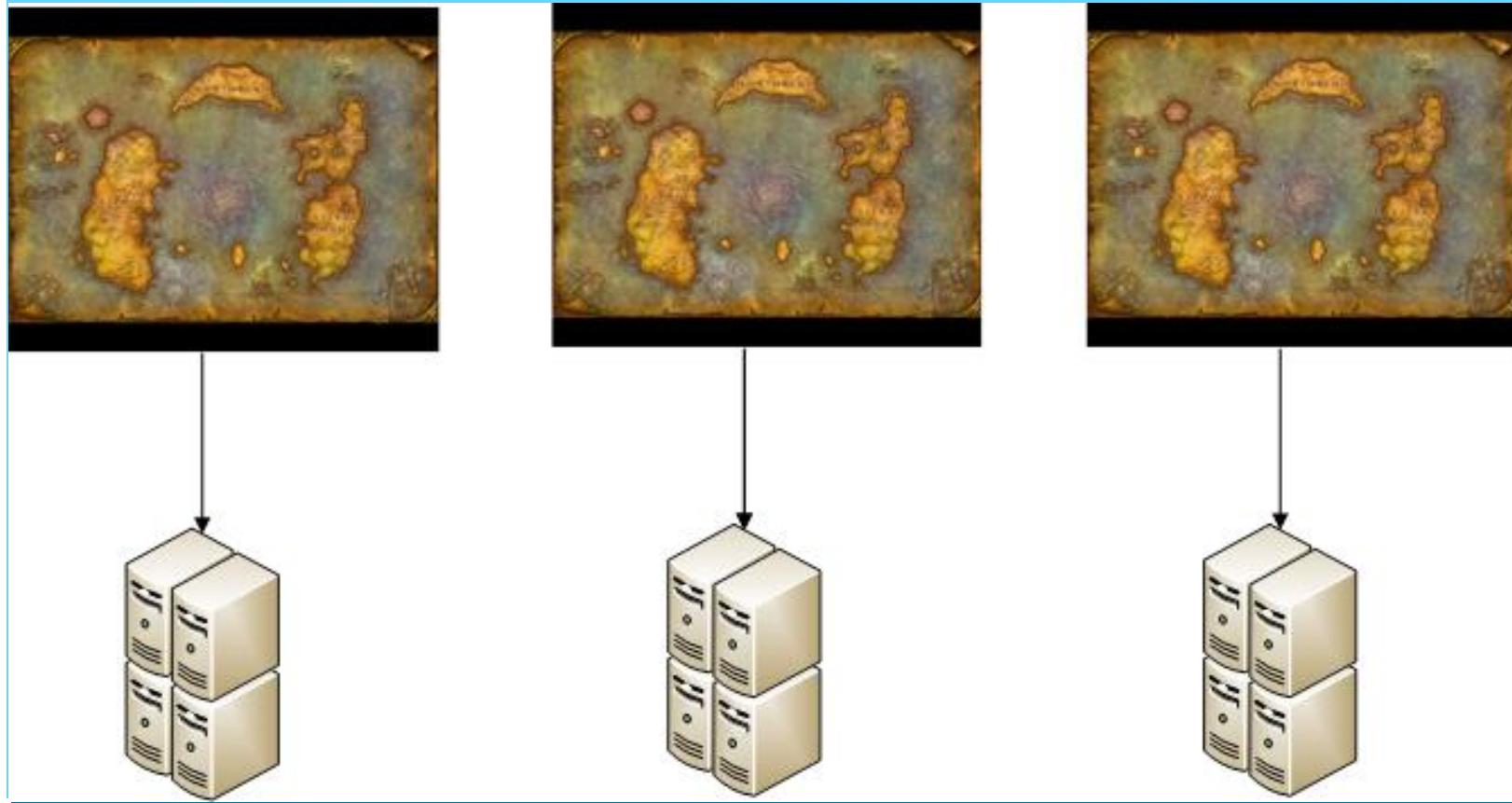
Video URL: https://www.youtube.com/watch?v=_jQw3YcLoQU

- ◆ Rastezanje vremena (engl. time dilation)
- ◆ EvE online funkcionira na sustavu zadataka (svaki korisnički ulaz, stanje pojedinog modula itd.)
- ◆ Raspoređivač (engl. scheduler) raspoređuje zadatke
- ◆ EvE online koristi se raspoređivanje unaokolo (engl. round robin) – svaki zadatak ima mogućnost ili se izvršiti ili odustaje daje priliku drugim zadacima čime ponovno ide na kraj repa čekanja
- ◆ Odustajanje
 - Čekanje na informacije iz drugih zadataka (primjerice baza podataka)
 - Dugi zadaci koji trebaju više vremena mogu pustiti hitnije zadatke
 - Pod velikim opterećenjem nakon odustajanja može doći do velikog čekanja (primjerice uništenje broda koji koristi jako puno interakcija s bazom podataka)
 - Veliko čekanje – nerealistično ponašanje, gubitak kauzalnosti
- ◆ Kako smanjiti čekanje?
 - Povećati procesorske mogućnosti
 - Optimizacije – korištenje višedretvenih sustava može pomoći do određene razine
 - Kupovina nove opreme - povećava troškove
 - Smanjiti opterećenje
 - Metode dizajna igre – ograničavajuće za igrače
 - Usporavanje vremena unutar igre – većina zadataka unutar igre vezana je za vrijeme (moduli, fizika, putovanja, ulasci brodova u sustave – sve je vezano za vrijeme unutar igre)

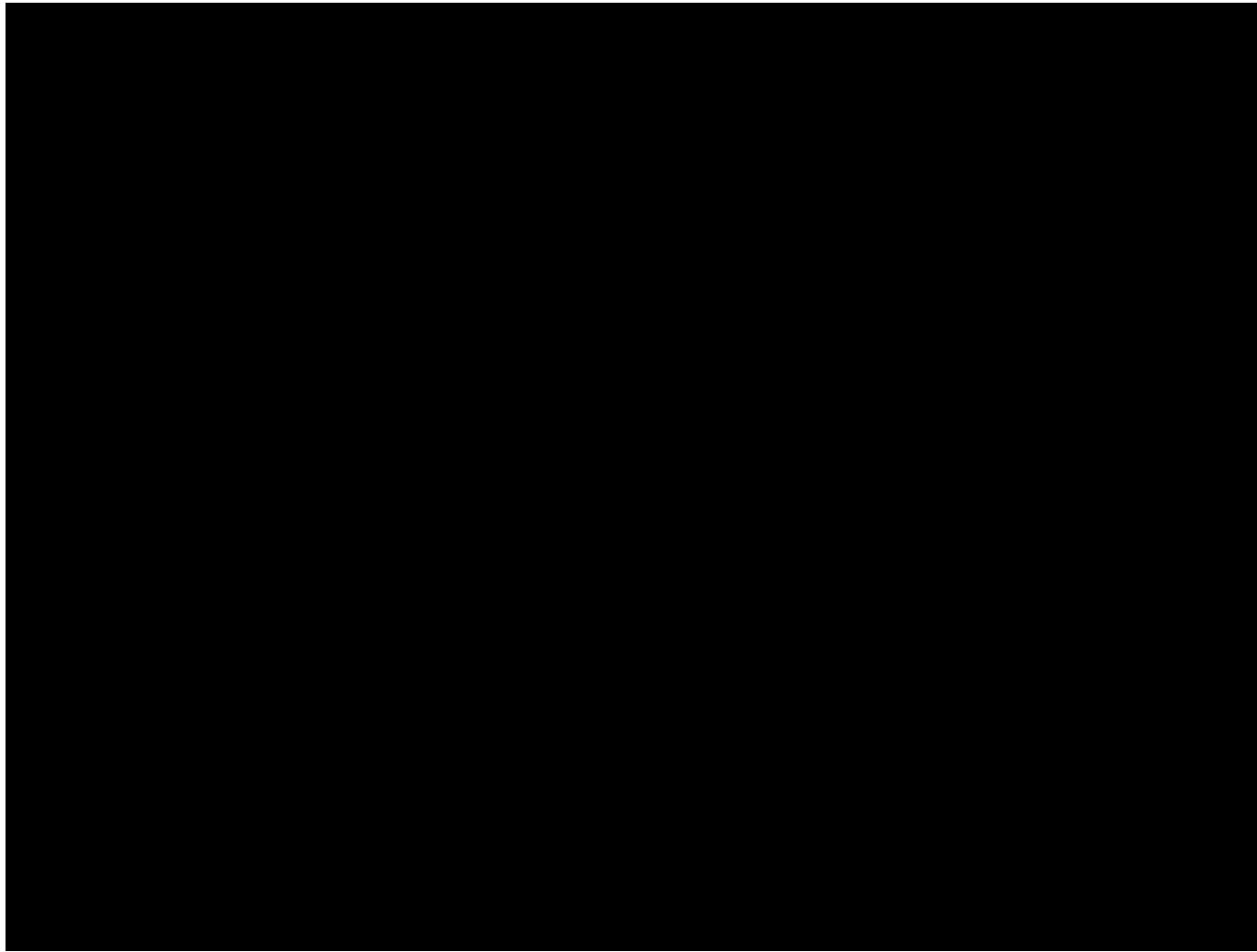


Izvor: <https://www.eveonline.com/article/introducing-time-dilation-tidi>

- ◆ Repliciran cijeli virtualni svijet na svakom “komadu”
- ◆ Razdvojeni korisnici
- ◆ Smanjenje skale (sa 10 miliona na nekoliko tisuća)



War without the warchief



Video URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ZzsliSTnQfI>

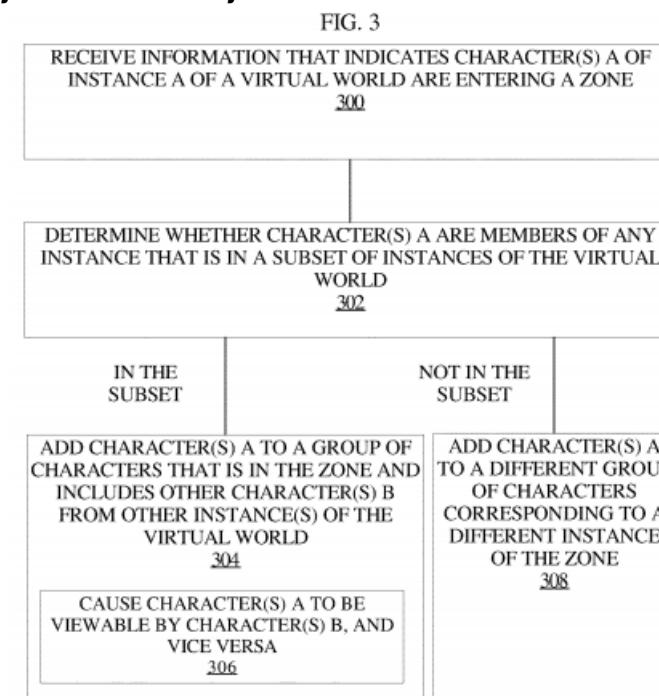
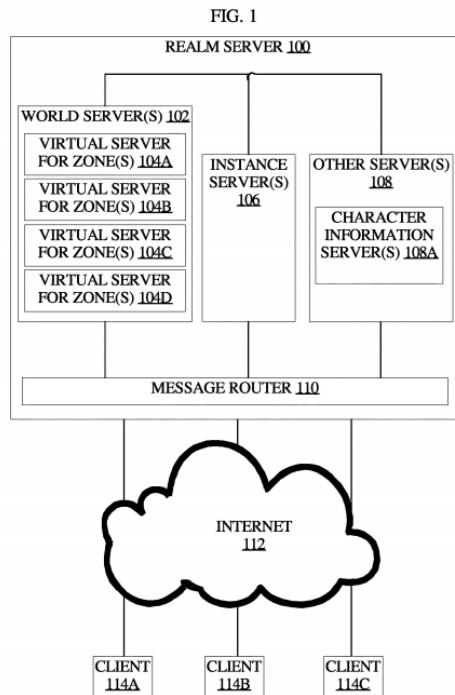
Izlazak Warlords of Draenor ekspanzije za World of Warcraft



- ◆ 13.11.2014
- ◆ Veliki problemi s poslužiteljima
- ◆ Usluga je bila djelomično ili u potpunosti nedostupna 4 dana
- ◆ Riješen problem kroz ograničavanje broja igrača na pojedinom poslužitelju – uzrokovalo redove čekanja ponekad i po nekoliko sati
- ◆ ***Skalabilnost u velikim virtualnim svjetovima je još uvijek neriješen problem!***

Dinamičke zone

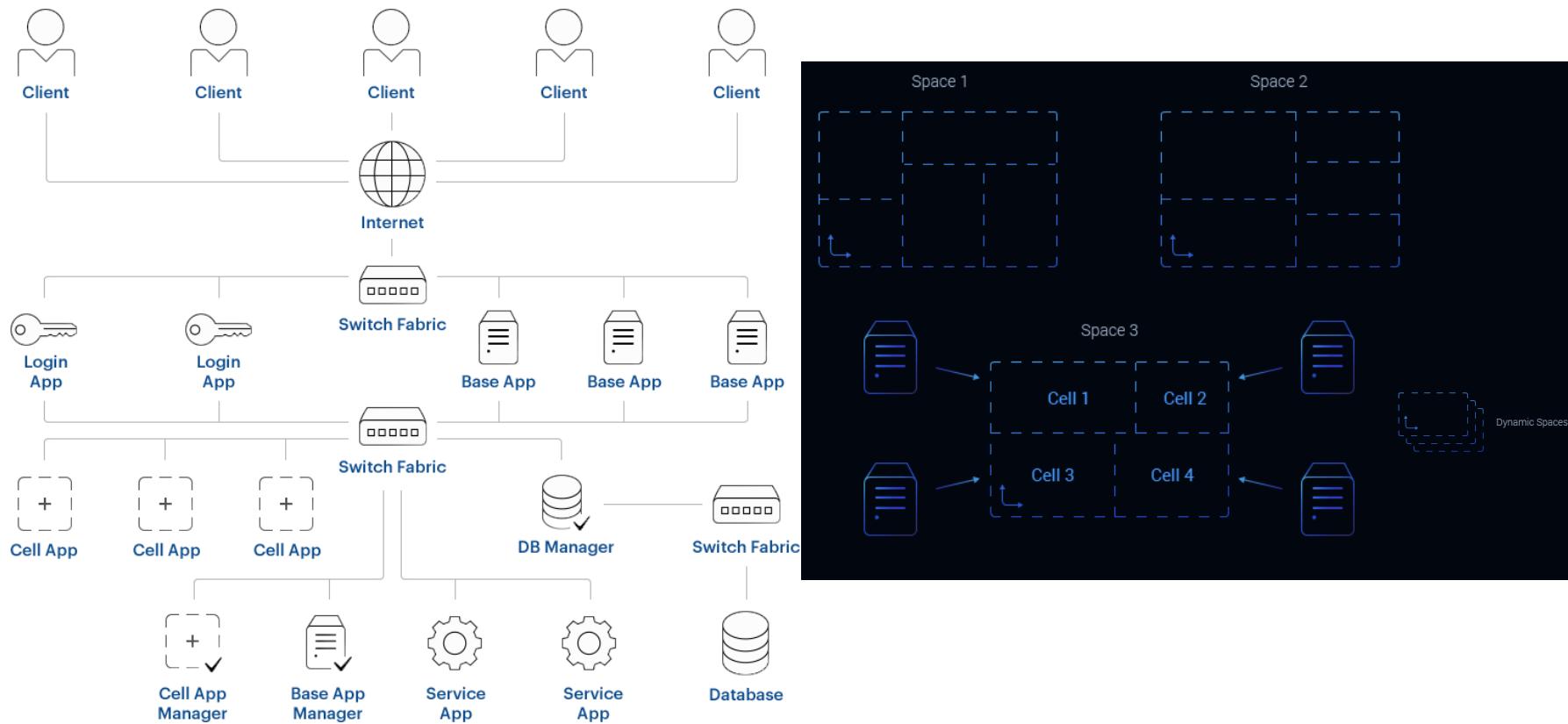
- World of Warcraft sa smanjenjem broja ljudi uvodi "cross-realm" mogućnost – dinamička pripadnost pojedinog korisnika određenoj zoni
 - Korisnik može se u stvarnom vremenu transferirati između zona
 - Ograničenje broja korisnika u pojedinoj zoni
 - Nema više „mrtvih“ zona odnosno zona s jako malim brojem korisnika



Izvor: Patent No: US 10 , 086 , 279 B2

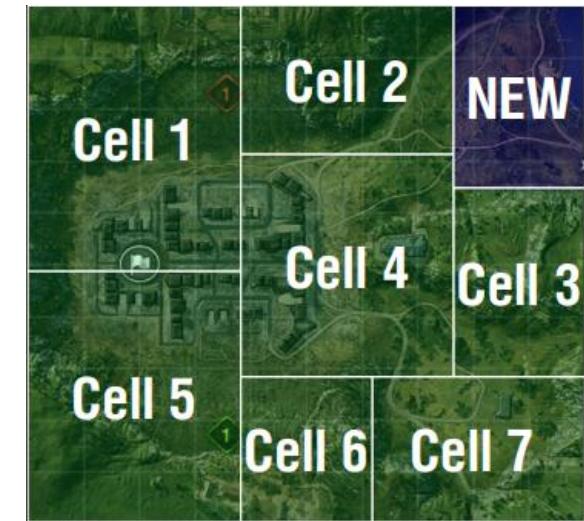
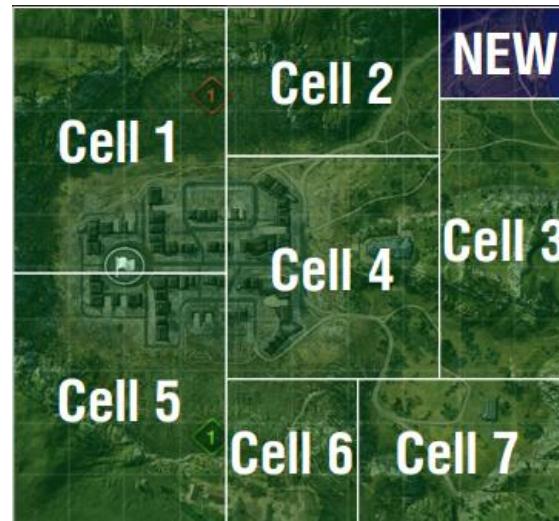
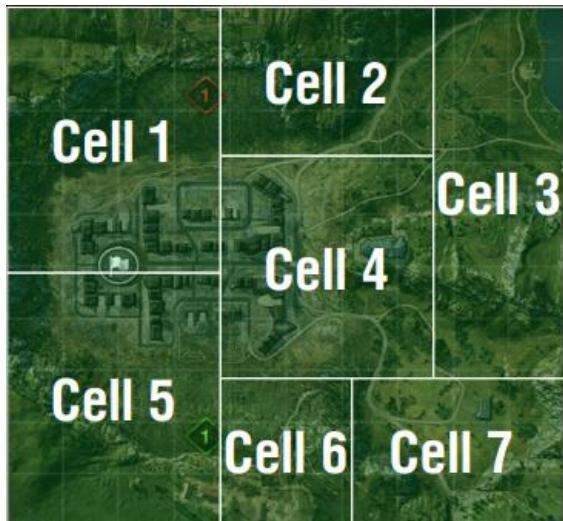
Riješenja za skalabilnost– BigWorld (Wargaming)

- ◆ Dinamička prilagodba veličine područja u virtualnom svijetu koje obrađuje pojedini poslužitelj u ovisnosti o broju korisnika
- ◆ Ukoliko neko područje ima smanjeni broj korisnika njegovo područje se povećava
- ◆ Uspješno simulirano čak 100 000 korisnika



Princip funkcioniranja

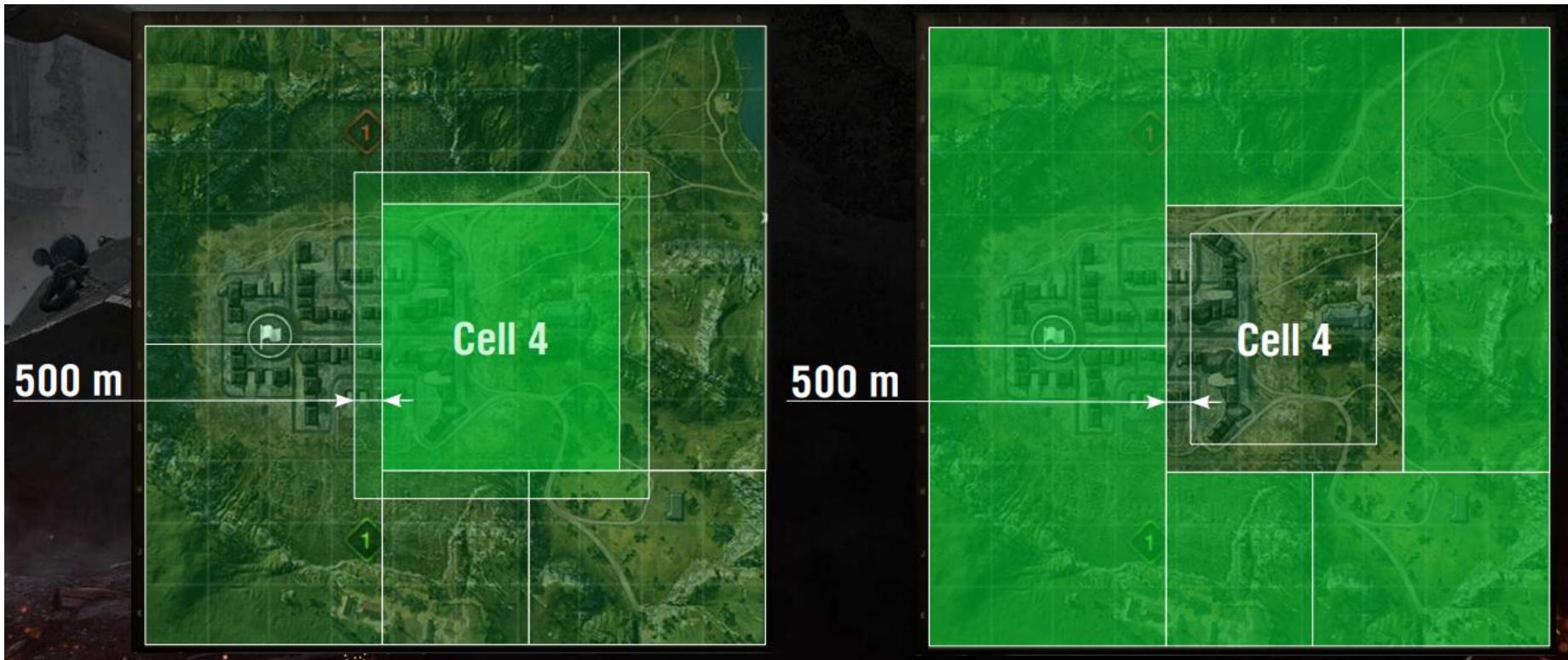
- ◆ Ćelijsko opterećenje – količina vremena koju stanica troši pri izračunu jednog ticka igre podijeljena s duljinom ticka
- ◆ CellAppMgr – mijenja veličine stanica u stvarnom vremenu kako bi zadržite opterećenje svake ćelije ispod postavljenog praga
- ◆ CellApMgr – može dodati i nove ćelije



Izvor: <http://netgames2015.fer.hr/presentations/MaksimBaryshnikov.pdf>

Spriječavanje čestog prebacivanja ćelija

- Postoji udaljenost koja se mora preći nakon granice ćelije da bi došlo do prebačaja u iduću ćeliju – histereza



Dinamička promjena nivoa detalja

