



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU



Fakultet
elektrotehnike i
računarstva

Diplomski studij

Računarstvo

Akademska godina
2022/2023



Umrežene igre

Mehanizmi i prilagodbe za podršku
skalabilnosti. Mehanizmi za procjenu
vještine igrača i kreiranje mečeva

Posjet Gamepriesu

- Predložen posjet idući tjedan
- Niti jedan termin ne mogu svi 😞
- Preporučeni termin
utorak 17. 1. 2023. u 11:30

Mjesec	Tjedan	Dan	16. – 22. sij. 2023				
			pon. 16.1	uto. 17.1	sri. 18.1	čet. 19.1	pet. 20.1
Cijeli dan							
7:00							
8:00	8:00 - 37s;8z	8:00 - 26s;19z;30	8:00 - 23s;22z	8:00 - 42s;3z	8:00 - 36s;9z;20		
	8:30 - 37s;8z	8:30 - 26s;19z;30	8:30 - 23s;22z	8:30 - 38s;7z	8:30 - 36s;9z;20		
9:00	9:00 - 37s;8z	9:00 - 26s;19z;30	9:00 - 23s;22z	9:00 - 32s;13z	9:00 - 36s;9z;20		
	9:30 - 37s;8z	9:30 - 26s;19z;30	9:30 - 23s;22z	9:30 - 32s;13z	9:30 - 35s;10z;20		
10:00	10:00 - 33s;12z	10:00 - 31s;14z	10:00 - 35s;10z	10:00 - 37s;8z;10	10:00 - 37s;8z;10		
	10:30 - 33s;12z	10:30 - 31s;14z	10:30 - 36s;9z	10:30 - 37s;8z;10	10:30 - 36s;9z;10		
11:00	11:00 - 26s;19z	11:00 - 41s;4z	11:00 - 34s;11z	11:00 - 39s;6z;10	11:00 - 39s;6z;10		
	11:30 - 26s;19z	11:30 - 41s;4z	11:30 - 34s;11z	11:30 - 39s;6z;10	11:30 - 39s;6z;10		
12:00	12:00 - 34s;11z	12:00 - 41s;4z	12:00 - 38s;7z	12:00 - 29s;16z	12:00 - 35s;10z		
	12:30 - 34s;11z	12:30 - 41s;4z	12:30 - 38s;7z	12:30 - 29s;16z	12:30 - 35s;10z		
13:00	13:00 - 29s;16z;30	13:00 - 34s;11z	13:00 - 38s;7z	13:00 - 28s;17z	13:00 - 40s;5z		
	13:30 - 29s;16z;30	13:30 - 34s;11z	13:30 - 38s;7z	13:30 - 28s;17z	13:30 - 40s;5z		
14:00	14:00 - 33s;12z	14:00 - 27s;18z	14:00 - 38s;7z	14:00 - 22s;23z;10	14:00 - 33s;12z;30		
	14:30 - 33s;12z	14:30 - 27s;18z	14:30 - 38s;7z	14:30 - 22s;23z;10	14:30 - 33s;12z;30		
15:00	15:00 - 33s;12z;10	15:00 - 26s;19z	15:00 - 36s;9z	15:00 - 34s;11z	15:00 - 33s;12z;30		
	15:30 - 33s;12z;10	15:30 - 26s;19z	15:30 - 36s;9z	15:30 - 34s;11z	15:30 - 33s;12z;30		

Projekt - podsjetnik

- U okviru posljednjeg termina predavanja bit će prezentacije projekata
- Svaki tim treba pripremiti prezentaciju u trajanju od maksimalno 10 minuta
 - Unutar prezentacije treba prezentirati sve što je obećano u planu projekta te povući paralelu s onim što je ostvareno
 - Idealno bi bilo u sklopu prezentacije kratko prikazati igranje igre
 - Igranje bi trebalo biti na stvarnoj mreži (lokalni WiFi StreamsLab – lozinka Rovkp2016!)
 - ISPROBAJTE RANIJE IGRE (možete se javiti asistentu za pristup učionici)
 - U krajnjem slučaju može se prikazati video igranja
 - Prezentacija se boduje za projekt!

Sadržaj

- Skalabilnost
- Kompetitivnost u igrama
- Algoritmi za procjenu vještine igrača
- Sustavi za spajanje igrača u mečeve

Skalabilnost

- **Skalabilnost** se definira kao sposobnost sustava za rast (najčešće u smislu broja korisnika), a da se pri tom ne naruši njegova funkcija
- Skalabilnost u umreženim igrama je ograničena programskom složenosti algoritma za izračunavanje novog stanja virtualnog svijeta
- Recimo da imamo tri igrača: Anu, Bojana i Cvitu
 - Svi se nalaze u jednoj sobi Ana puca na Bojana, Cvita liječi Bojana, a Bojan pokušava pogoditi Anu
 - Sve njihove međusobne interakcije kao i položaji moraju se izračunati u istom otkucaju poslužitelja i potom poslati igračima.
 - U ovom slučaju broj interakcija je šest (Ana – Bojan, Bojan – Ana, Ana – Cvita, Cvita – Ana i Bojan – Cvita, Cvita – Bojan).
 - U općem slučaju složenost algoritma se izračunava s $n^*(n-1)$ gdje je n broj sudionika u virtualnom svijetu
 - To se prenosi u složenost $O(n^2)$ odnosno znači da složenost ovisi o kvadratu broja korisnika



Broj igrača

- Sveukupni broj igrača u igri ne predstavlja automatski i izazov za skalabilnost
- Igre koje su arhitektурno ograničene na 100 ili manje igrača u istom virtualnom svijetu nemaju velikih problema
- Trenutno najveća igra po broju registriranih igrača PUBG: Battlegrounds
- Primjer CoD: Warzone
 - 100 milijuna korisnika
 - 1 poslužitelj ima maksimalno 100 korisnika
 - Dimenzioniranje jednog poslužitelja nije problem
 - Isti poslužitelj se zahvaljujući infrastrukturi računalnog oblaka lako replicira jer su resursi računalnog oblaka gotovo neograničeni
- Problem su igre koje omogućuju više stotina igrača u istoj instanci virtualnog svijeta – najčešće su to masivne višekorisničke igre (engl. Massive Multiplayer Online Games – MMOGs)

Massively Multiplayer Online Role-Playing Games (MMORPG)

- 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

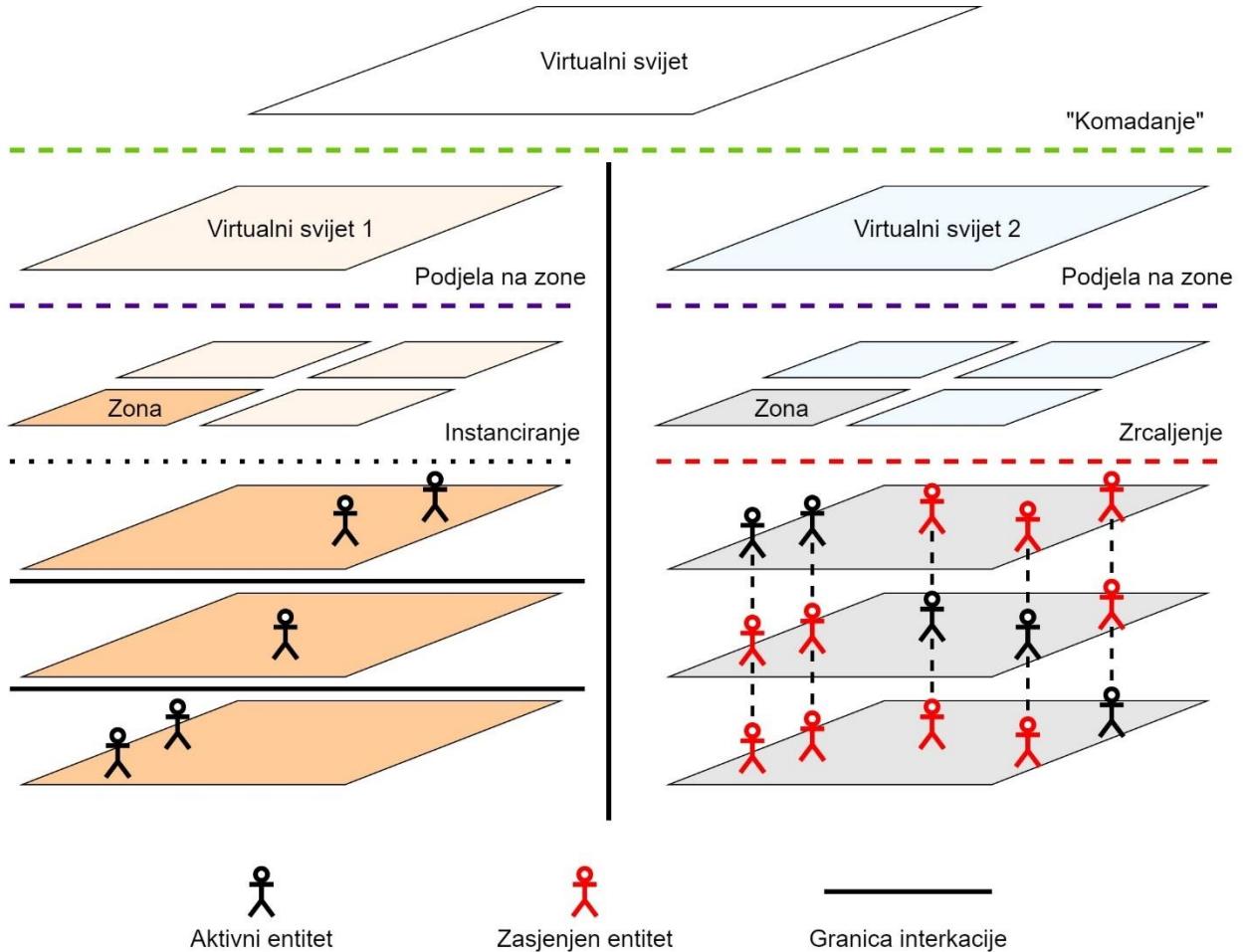


Izazovi skalabilnosti u igrama

- U masivno višekorisničkim igrama najveći problemi skalabilnosti su:
 - izračunavanje stanja virtualnog svijeta – kada je poslužitelj preopterećen velikim brojem igrača on ne može da u vremenu koje je predviđeno za jedan otkucaj izračunati kompletno stanje virtualnog svijeta.
 - održavanje konzistentnosti stanja virtualnog svijeta – kada je poslužitelj preopterećen ne dobivaju svi sudionici odgovarajuća osvježenja jer se za sve i ne izračunavaju i
 - svi poslužitelji su na strani proizvođača – raste opterećenje na infrastrukturu s brojem korisnika.
- Postoje različite tehnike koje osiguravaju skalabilnost takvih sustava

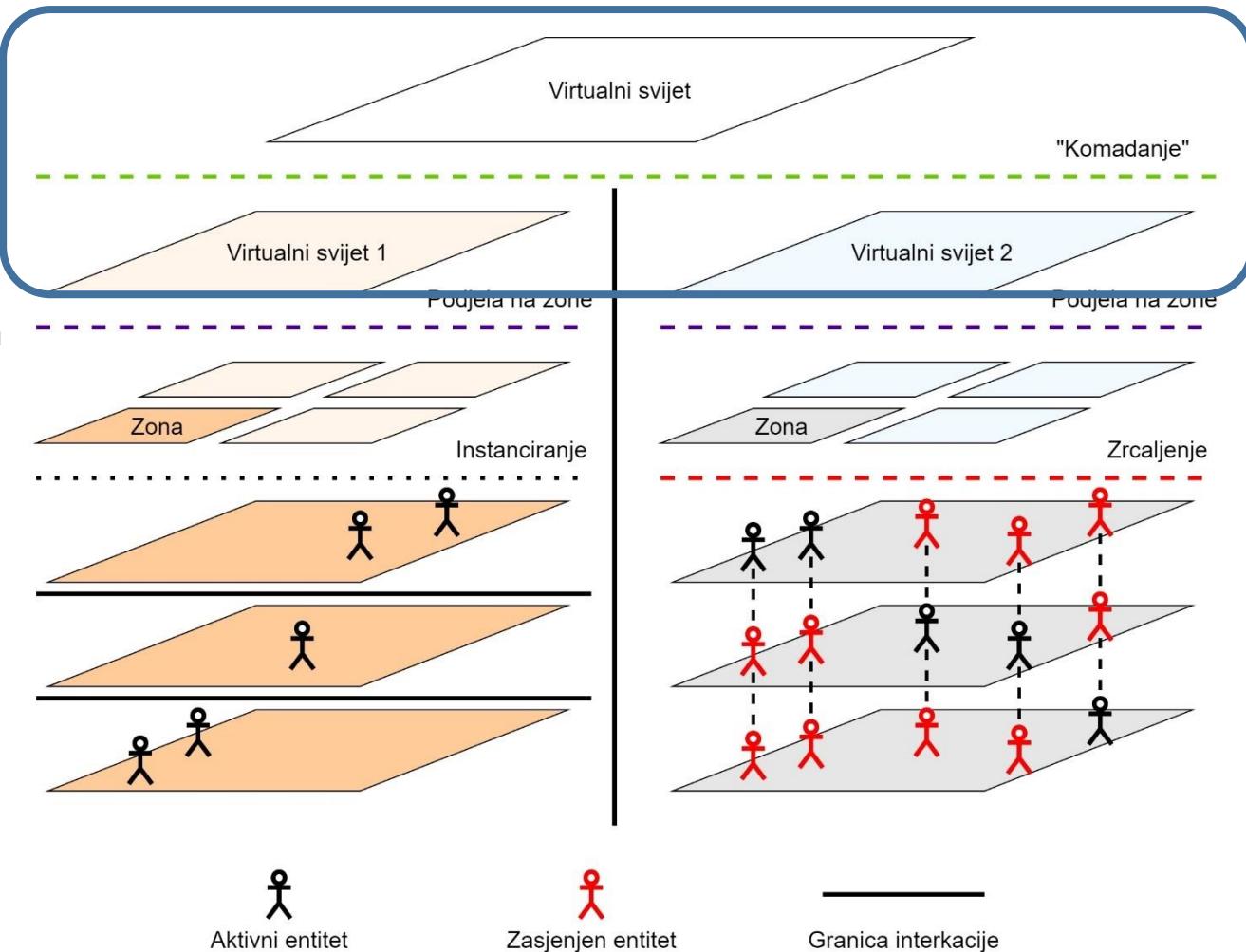
Tehnike skalabilnosti

- Tehnike na razini arhitekture
 - Velike poslužiteljske farme
 - Podjela na „komade“ virtualnog svijeta (engl. žargon: server “shards”)
- Tehnike na razini pojedinačnog virtualnog svijeta tehnike
 - Na razini cijelog virtualnog svijeta
 - Područne
 - Lokalne



Podjela na komade

- Podjela na **komade** (engl. shard) – cijeli virtualni svijet se replicira više puta te se sveukupna populacija igre raspoređuje na te komade odnosno poslužitelje
 - Igrači ne mogu interaktivirati s igračima na drugom komadu iako se nalaze na istom mjestu u virtualnom svijetu
 - Jedan komad najčešće ima nekoliko tisuća igrača
 - Smanjivanje skale problema sa stotinu tisuća igrača na tisuće igrača
 - Primjer World of Warcraft
 - Svi podaci PROCIJENJENI
 - U 2022. godini procjena oko 4,6 milijuna pretplatnika (jedinstvenih igrača)
 - Dnevno od 750 tisuća do 1,65 milijuna korisnika
 - Danas brojke vjerojatno veće (nedavno izašla nova ekspanzija Dragonflight)
 - Najveći poslužitelj u EU Kazzak ima 74 927 registriranih aktivnih likova (jedan igrač može imati više likova) – prosjeci puno manji
 - Bladefist poslužitelj – samo oko 600 igrača, spojen s druga dva manja poslužitelja



Poslužiteljska infrastruktura – WoW

- Primjer poslužiteljske arhitekture temeljene na komadanju svijeta je World of Warcraft (WoW)
- WoW stanje (2009.):
 - 13 250 poslužitelja
 - 75 000 CPU jezgri
 - 11,5 TB blade RAM
 - 11 podatkovnih centara u svijetu (USA, Europe, China, Australia...)
- WoW (2022.):
 - 246 odvojenih poslužitelja (komada) u USA
 - Serversku infrastrukturu poslužuje AT&T



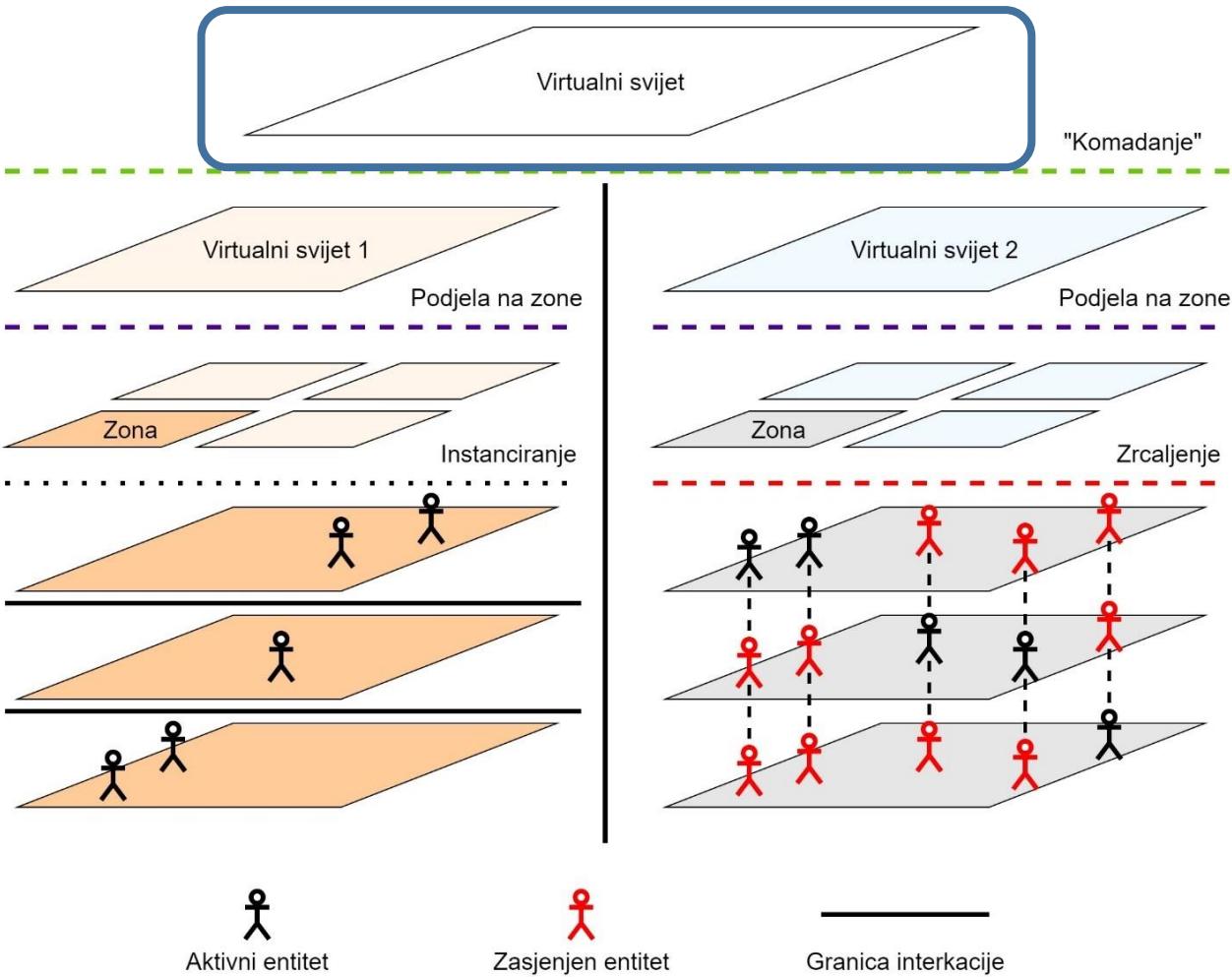
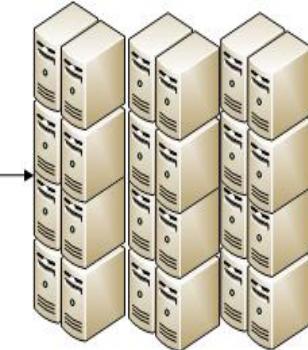
Problemi sa skalabilnošću kod komadanja

- Primjer velike bitke u WoW-u „War without the Warchief“
 - Događaj u igri koji su igrači sami organizirali
 - Oko osam stotina igrača se našlo u području u virtualnom svijetu koje nije namijenjeno za tako velik broj igrača (zapravo ni jedno područje nije namijenjeno za tako velik broj igrača)
- Posljedice
 - Poslužitelj se srušio više puta
 - Igra se nakon rušenja vratila u povijest na posljednji sigurnosni zapis (oko 10tak minuta)
 - Igra kompletno ne odgovara na komande
 - Zastajkivanja, teleportacija, greške u animacijama...
 - Pola igrača namjerno isključeno s poslužitelja od strane administratora
 - Uveden red čekanja za ponovno spajanje na poslužitelj
- Arhitektura jednostavno nije dizajnirana za tako velike bitke



Farma poslužitelja (grozd)

- Svi korisnici unutar istog virtualnog svijeta (EvE online, World of Tanks)
- Velike farme poslužitelja
- Problemi s izračunom stanja virtualnog svijeta (moguć jako veliki broj korisnika na jednom mjestu)
- EvE Online ima posebne čvorove u svom računalnom centru za preopterećene sustave – Everest čvorovi (6 čvorova od 2016. godine)



Aktivni entitet

Zasjenjen entitet

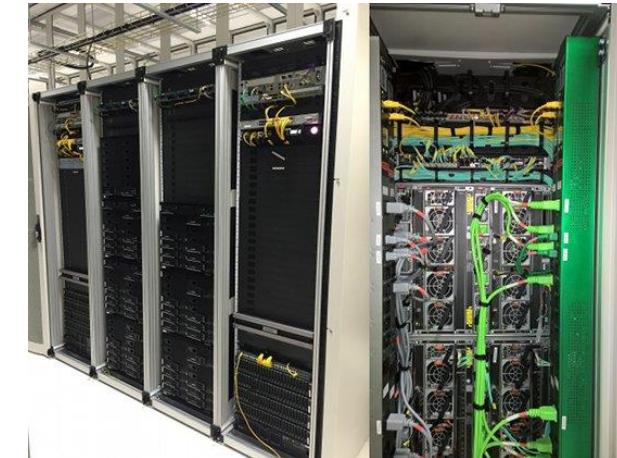
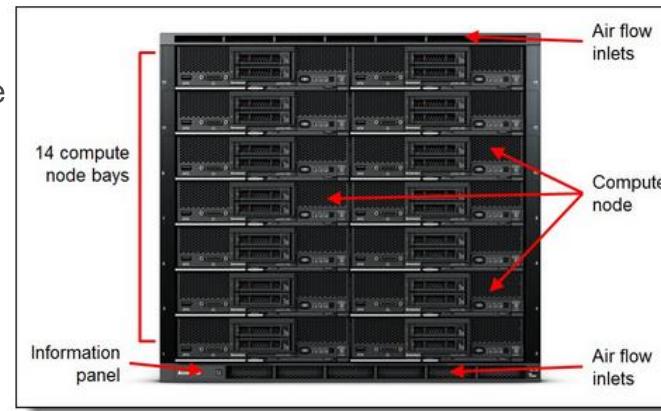
Aktivni entitet

Zasjenjen entitet

Granica interakcije

Poslužiteljska infrastruktura – EvE online

- Primjer poslužiteljske arhitekture temeljene na velikim poslužiteljskim farmama je EvE online
- Zapravo 4 odvojena svijeta
 - "Tranquility" – glavni poslužitelj za većinu svijeta
 - "Serenity" – poslužitelj za Kinu zbog kineske regulative
 - "Singularity" – javni testni poslužitelj
 - "Thunderdome" – poslužitelj koji se koristi za turnire
- EvE online (2013.):
 - Farma poslužitelja "Tranquility", u Londonu, UK
 - 3 936 GB RAM
 - 2 574 GHz of CPU snage
- EvE 2015 – Tranquility III
 - 6 IBM Flex kontejnera
 - Standardni SOL čvorovi – **30x IBM x240 – Intel E5-2637-V3 CPU @ 3.5GHz CPU s 64GB RAM (2133MHz)** za SOL čvorove (dva procesa odnosno solarna sustava po SOL čvoru)
 - Pojačani SOL čvorovi – **6x IBM x240 – Intel E5-2667 v3 CPU @ 3.2GHz sa 128GB RAM (2133MHz)** za SOL čvorove posebno opterećenih solarnih sustava (dva procesa, ali jedan nije dodijeljen solarnom sustavu već se koristi kod većeg opterećenja)
 - Posrednički (engl. proxy) čvorovi **6x IBM x240 – Intel E5-2667 v3 CPU @ 3.2GHz with 128GB (2133MHz)** za proxy čvorove
 - Virtualizacijski čvorovi – **6x IBM Flex x240 Intel E5 2640 v3 @ 2.6GHz 386GB RAM (2133MHz)**
 - Poslužitelji za bazu podataka – **2x X880 X6 FlexNode – Intel E7-8893 V3 @ 3.2 GHz with 768GB RAM (1866 MHz)**
 - Posebni čvorovi za „Everest“ sustav koji se aktivira kod jako velikih bitaka u EvE svijetu – **podaci tajni**
 - Svaki kontejner 4 x 10 Gb/s linkove
 - 30Gb/s vanjska mrežna veza s maksimalnim brojem konekcija od 4 do 24 milijuna



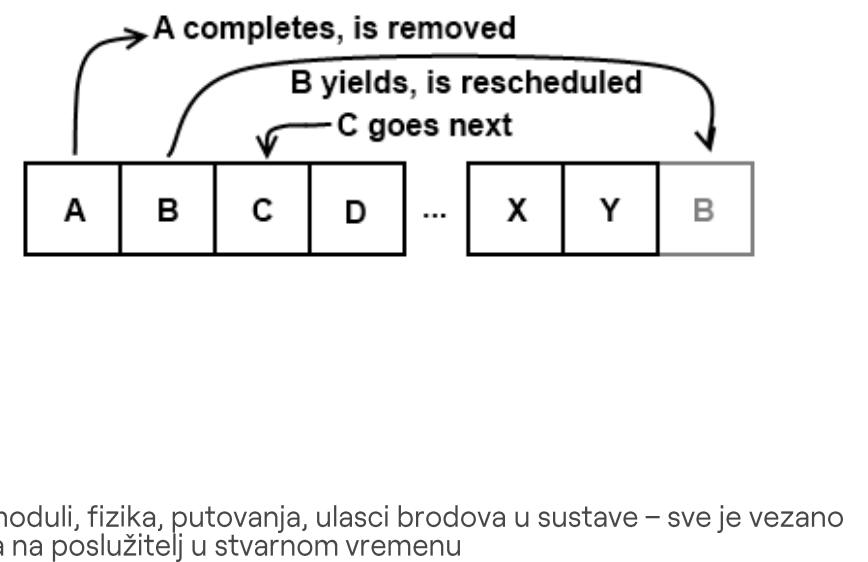
Velike bitke kod poslužiteljskih farmi – EvE online

- Dva pristupa velikom opterećenju
 - Cijeli proces solarnog sustava u kojem je bitka se seli na poseban dio farme odnosno čvor „Everest”
 - Uvodi se proces „razvlačenja vremena“ (engl. time dilatation)
- Primjer bitke Bloodbath of B-R5RB
 - Preko 7,548 jedinstvenih likova sudjelovalo u bitci
 - 6,058 sudjelovalo u samom B-R5RB solarnom sustavu
 - Istovremeno u sustavu maksimalno 2,670 igrača
 - Gubici procijenjeni između \$300,000 i 330,000 USD
- <https://youtu.be/RCK-E5AopVI?t=95>



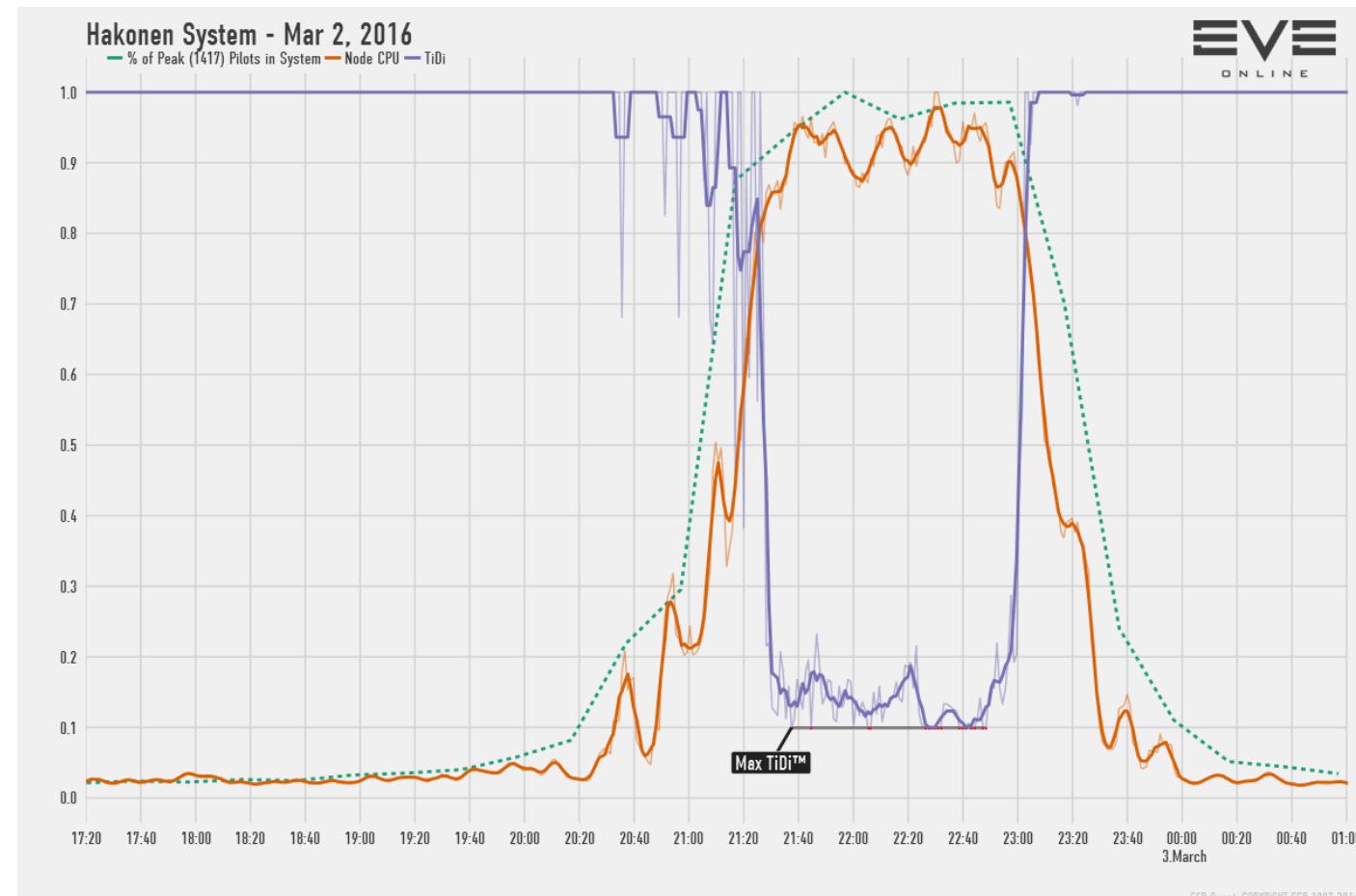
Rastezanje vremena

- 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 koje 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) i ako se vrijeme unutar igre uspori dolazi do manjeg opterećenja na poslužitelj u stvarnom vremenu



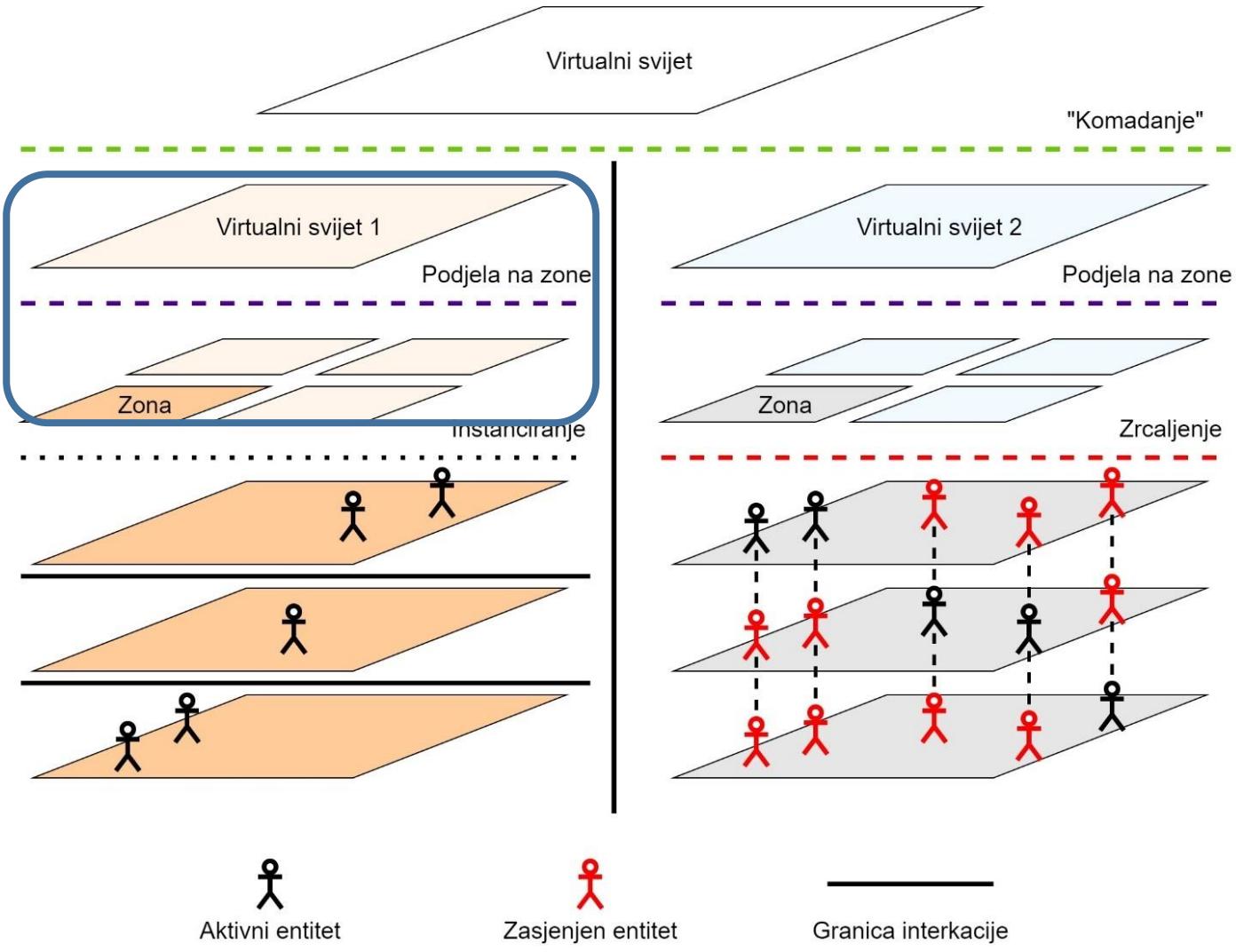
Razvlačenje vremena i opterećenje CPU-a

- Najveća razina rastezanja vremena je 0.1 odnosno 10 puta usporeno vrijeme
- Kada poslužitelj dođe do te razine opterećenja može doći do nekonzistentnosti
- Dok je razina usporenja iznad 0.1 poslužitelj uspješno prerađuje sve komande
- Primjer bitke u sustavu Hakonen iz 2016. godine – samo nekoliko puta došlo do krajnjeg usporavanja 10 puta uz vršni broj aktivnih igrača od 1417



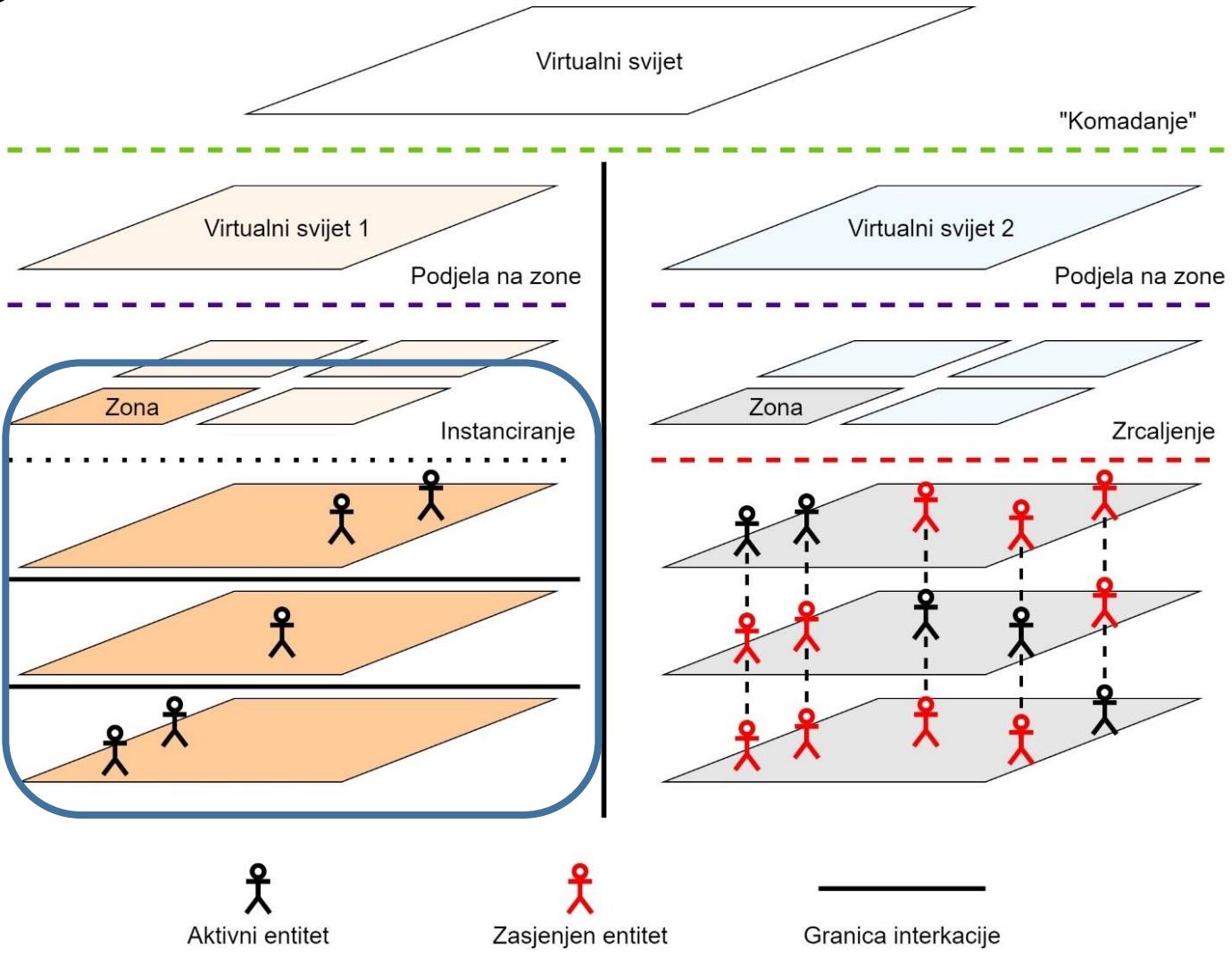
Tehnika područja

- Podjela na **geografska područja** (engl. zone) – populacija igrača cijelog virtualnog svijeta se raspoređuje na definirane zone koje su geografski raspoređene u virtualnom svijetu
 - Na taj način se rastereće svaka od zona koja ima manji broj korisnika, a i koja se također može izmjestiti u zaseban poslužitelj, ako za to postoji potreba
 - Jako dobra interakcija s tehnikom upravljanja područjem interesa
 - Pojedino područje se može postaviti na svoj poslužitelj ako je potrebno



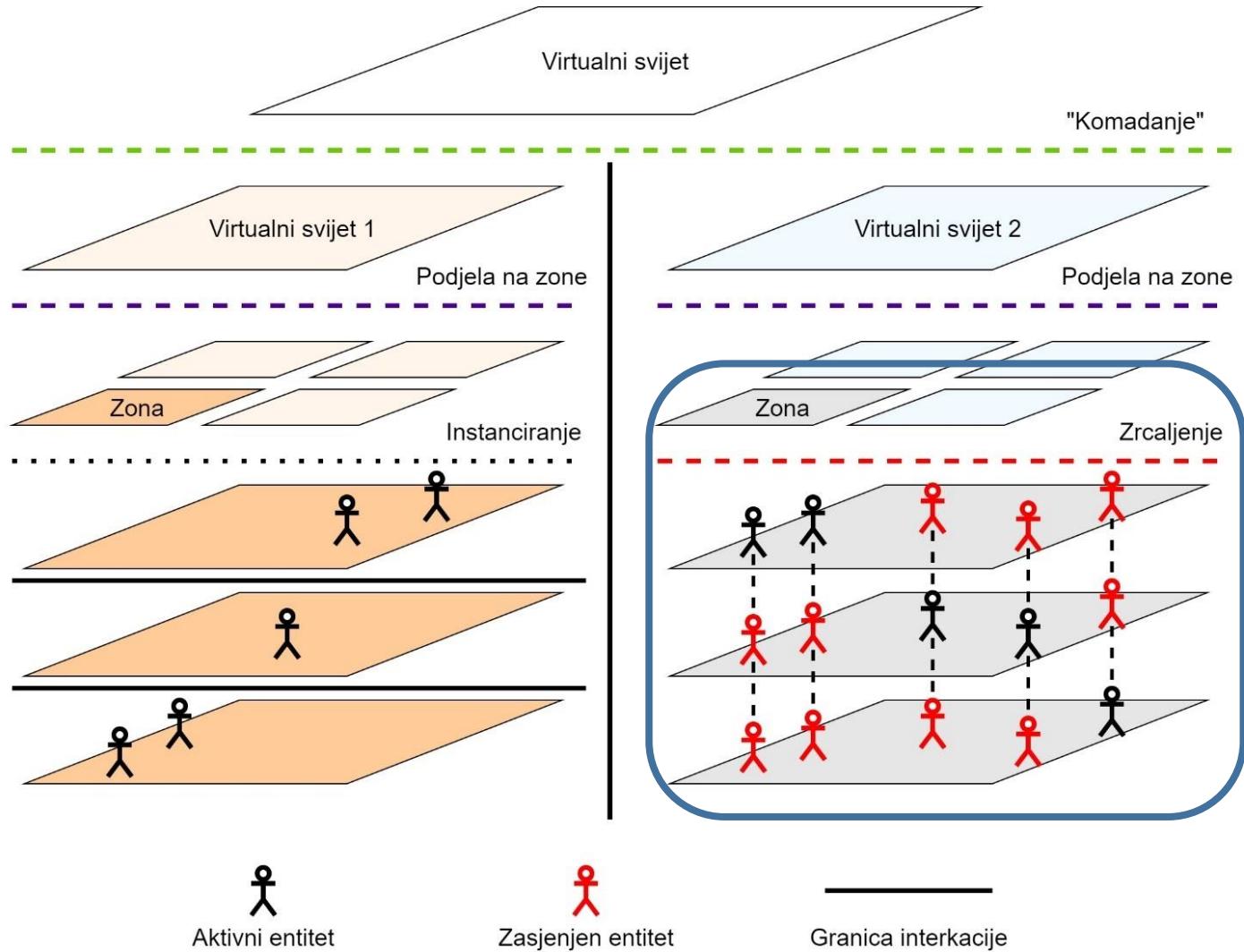
Tehnika instanciranja

- **Instanciranje** (engl. instancing) je tehnika u kojoj se jedna zona stvara u više instanci te se korisnici raspoređuju u te instance
 - Funkcionira slično komadanju, ali je na razini područja, a ne cijelog svijeta
 - Igrači u pojedinoj instanci ne mogu interaktirati s drugim igračima koji su u drugoj instanci iako se nalaze na istom mjestu u virtualnom svijetu



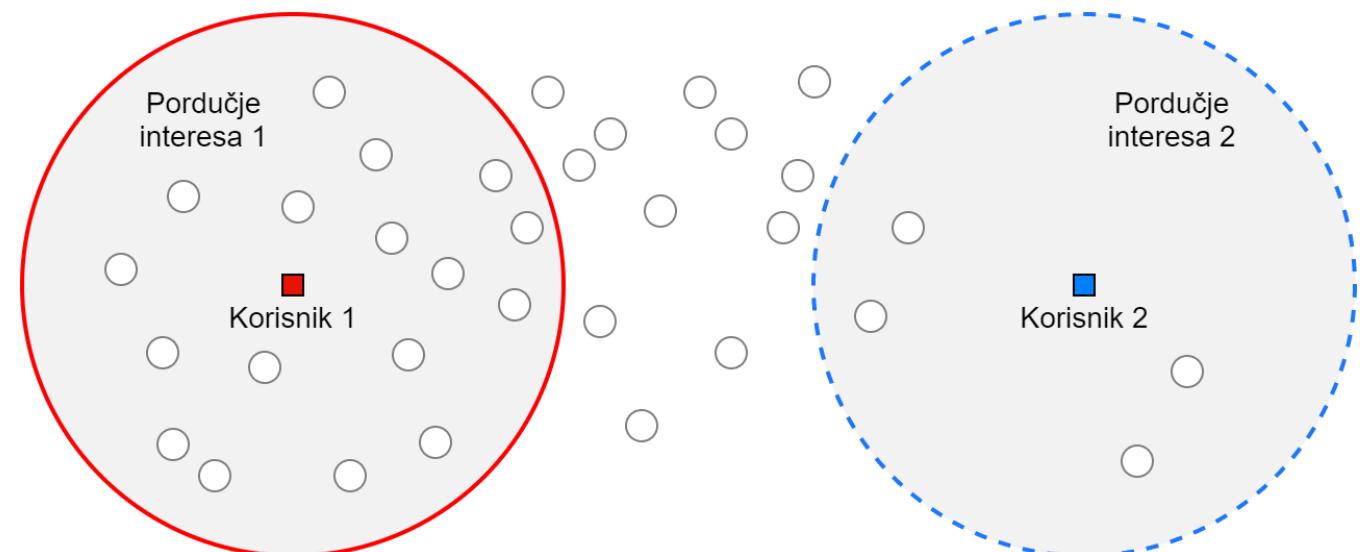
Tehnika zrcaljenja ili odraza

- **Tehnika zrcaljenja** (engl. mirroring) u kojem se jedna zona replicira između više poslužitelja te se korisnici raspoređuju na te poslužitelje
 - Korisnici koji su unutar poslužitelja se nazivaju aktivnim korisnicima
 - Korisnici koji su na drugom poslužitelju se nazivaju korisnicima sjenama ili duhovima
 - Svi korisnici mogu interaktirati međusobno, samo poslužitelji agregiraju interakcije svojih korisnika te ih izmjenjuju međusobno



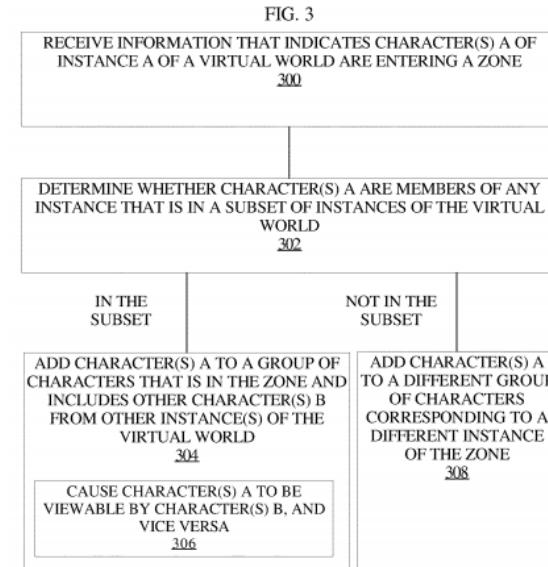
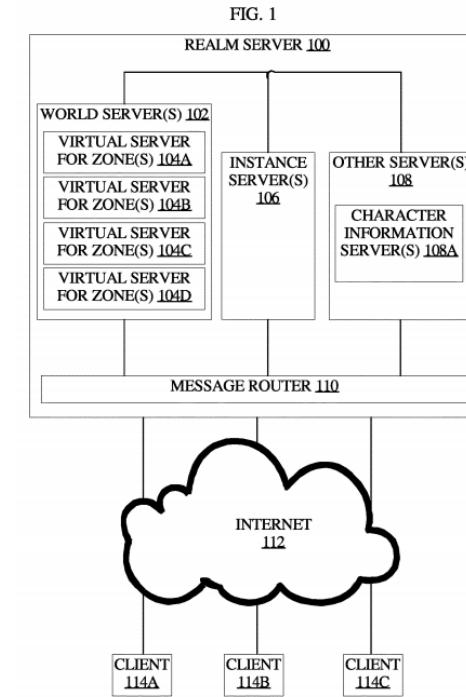
Tehnika upravljanja područjem interesa

- **Područje interesa** je određeni dio virtualnog svijeta oko pojedinačnog korisnika u kojem se nalaze entiteti koji na njega mogu djelovati i na koje on može djelovati
- **Upravljanje područjem interesa** (engl. Area of Interest Management skr. AOIM) je najvažnija tehnika skalabilnosti kod umreženih igara
- Za pojedinačnog korisnika se izračunavaju interakcije samo s entitetima koji su u području interesa, a ne sa svim koji se nalaze u virtualnom svijetu
- Kroz definiranje područja interesa pojedinog korisnika umnogome se smanjuje opterećenje poslužitelja, ali ova tehnika vrijedi samo ako su korisnici geografski distribuirani u virtualnom svijetu (što najčešće i jesu)



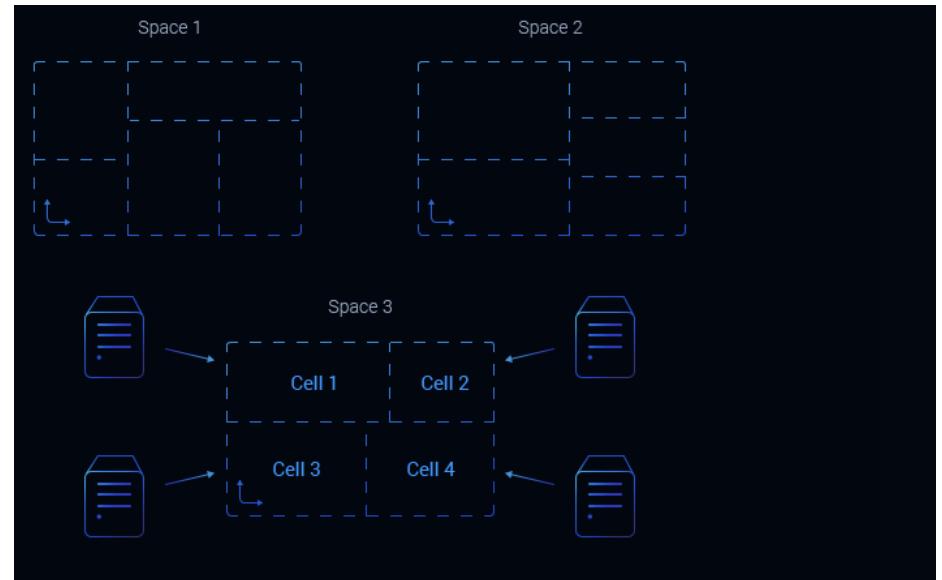
Dijeljena područja ili dinamičke zone

- Dijeljena područja (engl. zone) – kombinira pristup komadanja, definiranja zona i instanciranja
- Primjer WoW
 - Od 2012. posebna tehnologija naknadnog povezivanja poslužitelja po zonama – moguće „seljenje“ igrača iz zone jednog poslužitelja u drugu s različitim komada
 - Korisnik može se u stvarnom vremenu transferirati između zona na pojedinom komadu
 - Ograničenje broja korisnika u pojedinoj zoni
 - Stari dijelovi svijeta u kojima nema puno igrača se dijele između više komada kako bi virtualni svijet bio „življi“ odnosno Nema više „mrtvih“ zona odnosno zona s jako malim brojem korisnika
 - „Nadsustav“ povezivanja s prijateljima preko Battle.net računa, prijatelj kojeg vođa grupe pozove u grupu se transferira na poslužitelj vođe grupe



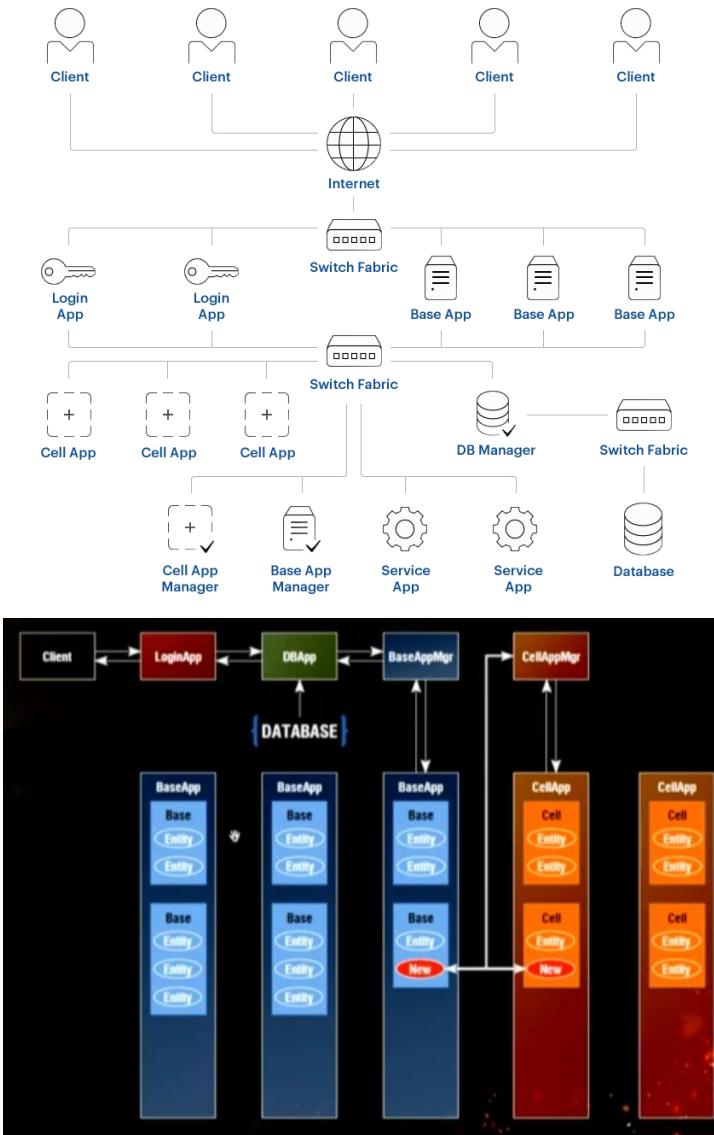
Dinamički promjenjive geografske zone

- Rješenje za skalabilnost **BigWorld tvrtke Wargaming** koji se primjenjuje u World of Tanks (WoT)
- **Dinamička prilagodba veličine** područja u virtualnom svijetu koje obrađuje pojedini poslužitelj u ovisnosti o broju korisnika
- Složena arhitektura za upravljanje pojedinačnim virtualnim prostorima koji se mogu sastojati od više celija
- Ako neko područje ima smanjeni broj korisnika njegova površina se povećava
- Ako neko područje ima povećan broj korisnika njegova površina se smanjuje
- Ako je potrebno dodatno područje ono se kreira i dodjeljuje novom poslužiteljskom procesu odgovornom za pojedinu celiju
- **Uspješno simulirano čak 100 000 korisnika**



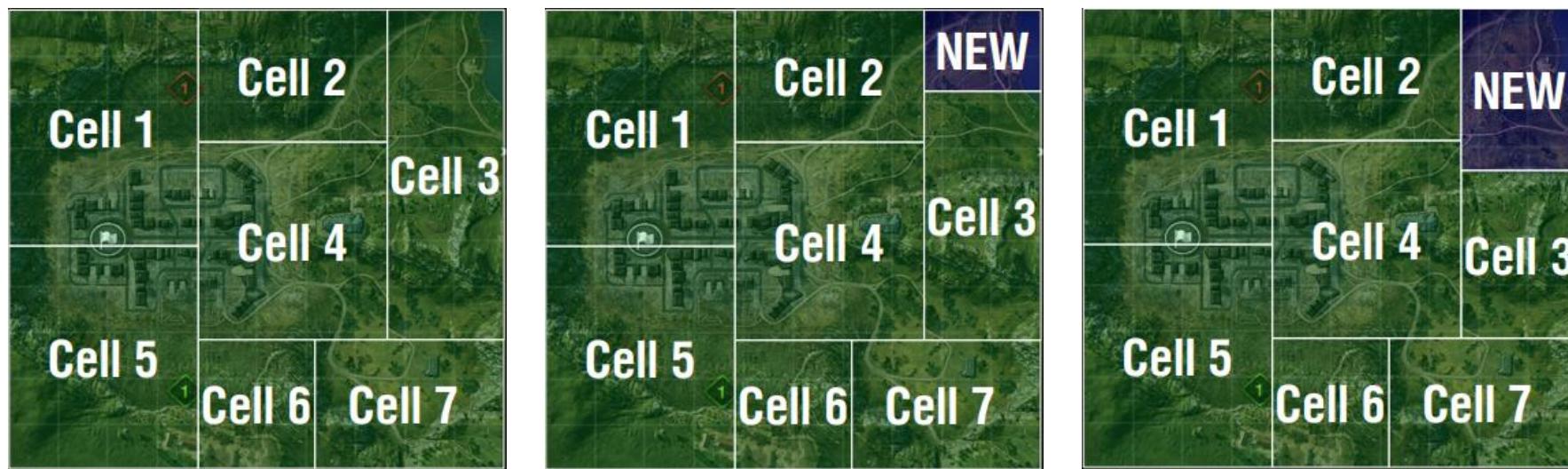
Arhitektura iza dinamičkog sustava

- Arhitektura jednog podatkovnog centra za WoT
 - Login App – za autoriziranje u sustav, poslužitelji s javnom IP adresom
 - CellApp – proces koji izvršava samu bitku između tenkova, opterećenje se dinamički dodjeljuje između pojedinih CellApp procesa
 - BaseApp – posrednički proces između igrača i samog podatkovnog centra, na njima se izvodi logika hangara te imaju javnu IP adresu
 - DBApp – izvršava pohranu podataka
 - *Manager – procesi koji upravljaju određenim drugim procesima



Princip funkcioniranja dinamičke prilagodbe veličine i kreiranja ćelija

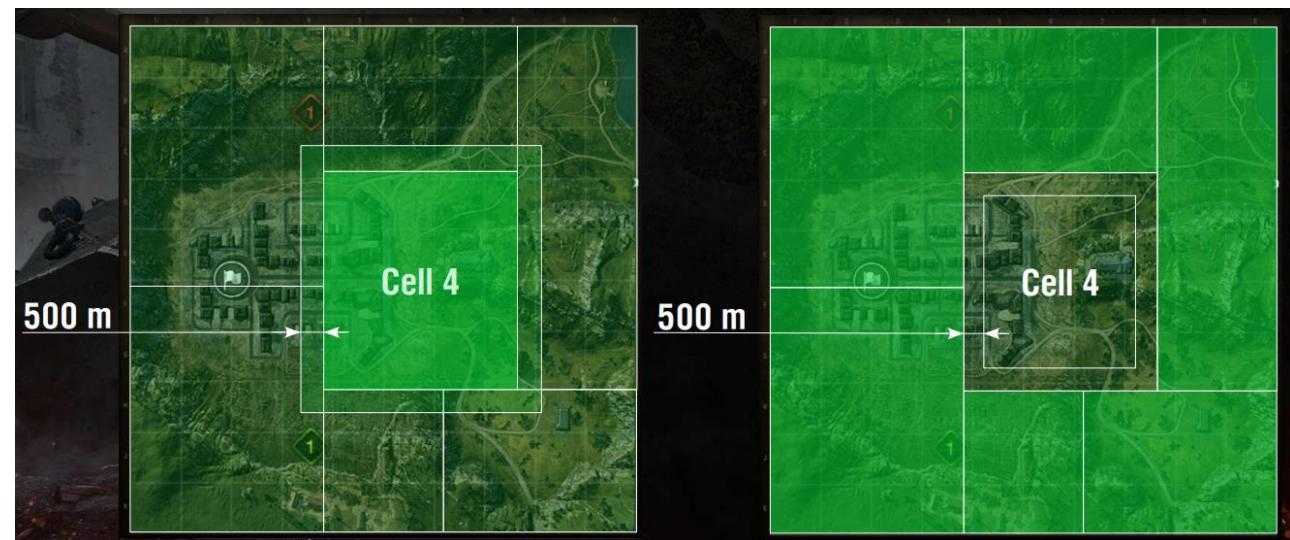
- Ćelijsko opterećenje – količina vremena koju stanica troši pri izračunu jednog otkucaja igre podijeljena s duljinom otkucaja
- CellAppMgr – mijenja veličine stanica u stvarnom vremenu kako bi zadržite opterećenje svake ćelije ispod postavljenog praga
- CellApMgr – može dodati i nove ćelije kada je to potrebno, odnosno kada se vidi da je preopterećenje na cijeloj mapi, kao i ukinuti ćeliju kada je opterećenje premalo odnosno manje od zadanog praga



Izvor: <https://www.gdcvault.com/play/1023222/Engineering-Decisions-Behind-World-of>

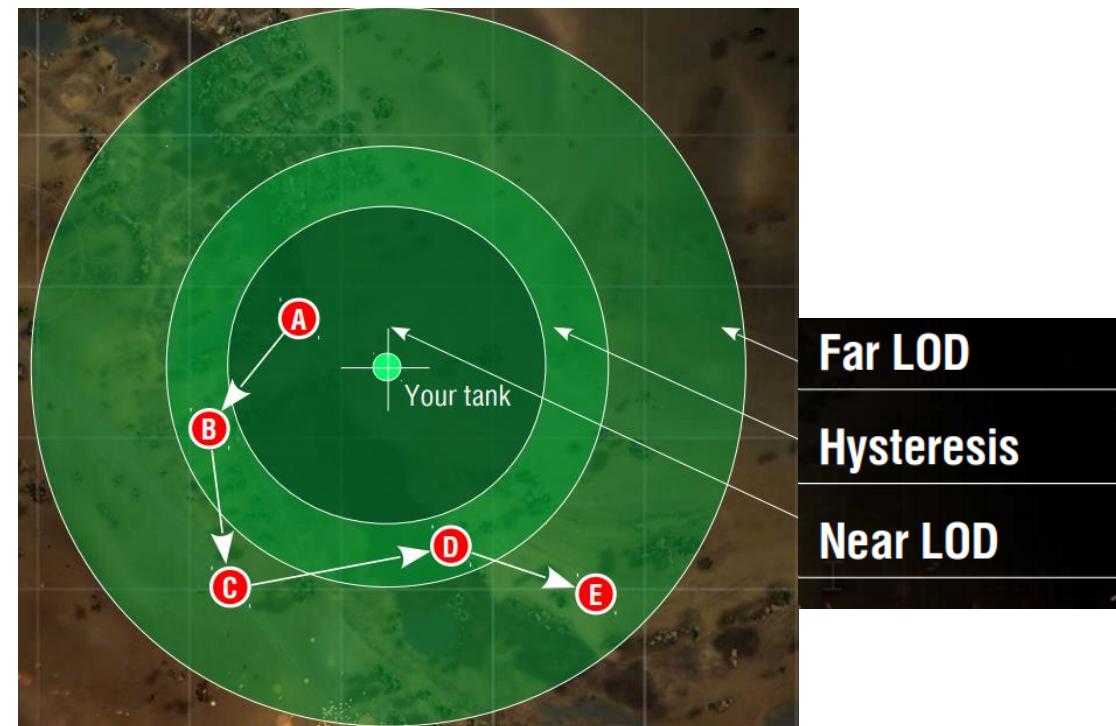
Problem vidljivosti i prebacivanja između ćelija

- Kako spriječiti da se tenk koji se „šeće“ po granici ćelija stalno prebacuje iz jedne u drugu ćeliju?
- Postoji udaljenost koja se mora preći nakon granice ćelije da bi došlo do prebačaja u iduću ćeliju – histereza
- Histereza (grč. manjak, zaostajanje) je pojava da učinci nekoga djelovanja kasne u odnosu na to djelovanje
- Uvijek je to područje histereze unutar druge ćelije odnosno nije u onoj u kojoj sad je igrač
- Iznos širine tog područja je 500 metara (domet AOL područja u WoT)
- U tom području se dodatno koristi princip zrcaljenja, odnosno pojavljuju se entiteti duhovi
 - Na granici smo između ćelija 4 i 3, ali smo u ćeliji 4
 - Vidimo drugog tenka koji je u ćeliji 3
 - Za njega je odgovorna ćelija 3, ali našoj ćeliji komunicira informacije o njemu tako da ga mi možemo vidjeti



Dinamička promjena nivoa detalja

- Istovjetno kao kod promjene nadležne ćelije
- Primjer protivničkog tenka koji se kreće oko našeg tenka
 - Protivnik u točki A je u visokom nivou detalja (engl. Near LoD)
 - Protivnik ulazi u područje histereze u točki B i zadržava visok nivo detalja
 - Protivnik izlazi iz područja histereze u točku C i dobiva nizak nivo detalja (engl. Far LOD)
 - Protivnik ulazi u područje histereze u točki D i zadržava prethodnu razinu nivoa detalja odnosno nizak nivo detalja
 - Protivnik izlazi iz područja histereze i zadržava nizak nivo detalja u točki E
- Korištenjem principa histereze spriječeno je mijenjanje nivoa detalja koji bi se često primjenili da je korištena stroga granica



Kako prevariti igrača (kroz lažiranje skalabilnosti)?

- <https://youtu.be/6uvxnFiLMhM?t=432>
- Serious Sam 4, tisuće NPC-a u bitci na običnom računalu
- Kako? „Smoke and mirrors“ odnosno prevare
 - Jako veliki broj NPC-ova omogućuje maskiranje određenih funkcionalnosti
 - Blokovsko kretanje AI-a (ne „razmišlja“ jedan NPC zasebno već cijeli blokovi NPC-a „razmišljaju skupa“)
 - Modeli nakon udaljenosti -> spriteovi (ne vide se zbog udaljenosti i velikog broja)
 - Zvukovi -> smanjen broj ne generira svaki NPC zvuk
 - Statički teren – hodanje po unaprijed definiranom pravcu (nije potrebno računanje kolizije)
 - Osvjetljenje – unaprijed napravljeno (engl. baked)
 - Ciljanje i pucanje – lažirano, nema detekcije kolizije slučajni neprijatelji padaju mrtvi, a pucnji su u određenom smjeru

Kompetitivnosti u videoigrama

- **Prvo zabilježeno natjecanje** u videoigrama održalo se na sveučilištu Stanford 1972.
- Pet studenata natjecalo se na **Intergalactic Spacewar Olympics** u igri Spacewar, a pobjednik je dobio godišnju pretplatu na časopis Rolling Stone
- U ovakvim igrama, igrači su se natjecali na način da pokušaju dobiti što više bodova, tako da direktno natjecanje unutar igre još nije postojalo nego je došlo tek kasnije



Kompetitivnosti u videoigrama

- Tijekom 90-ih godina, značajan dio rasta kompetitivnog igranja i esporta dolazi od **borilačkih videoigara i videoigara gađanja iz prvog lica (FPS)**
- Godine 1991. **Street Fighter II** je revolucionirao kompetitivno igranje oslanjajući se na igranje **uživo**, igrač protiv igrača, umjesto odvojenog skupljanja bodova.
- FPS žanr napravio je sličan utjecaj 1993. s deathmatchom za četiri igrača u igri **Doom** – ovo je otvorilo put online igrama za više igrača kao što su danas Halo, Call of Duty i Overwatch



Kompetitivnosti u videoigrama

- Od 2000. do 2010. esportovi su se u nekim državama počeli **emitirati na televiziji**
- Iako je esport ušao u TV emitiranje kasnih 1990-ih, cijeli svijet nikada nije mogao biti dio kompetitivne industrije videoigara **zbog pravnih bitaka i različitim medijima** za gledanje diljem svijeta
- Ovo se promijenilo **razvojem interneta**, a posebno usluga za prijenos videa uživo (engl. video streaming) – danas najpopularnija platforma za streaming esporta i općenito sadržaja vezanog za videoigre jest **Twitch**
- Trenutno su najpopularnija natjecanja u igrama **Counter Strike: Global Offensive, League of Legends i Dota 2**
- Natjecanja u ovim igrama su privukla milijune gledatelja online, ali isto i tako tisuće gledatelja uživo na organiziranim događajima gdje se glavne nagrade kreću u svotama od nekoliko milijuna dolara



Psihološka pozadina kompetitivnosti

- **Kompetitivnost** se može definirati kao **mjera želje osobe da nadmaši druge**
- Visoko kompetitivna osoba će vjerojatnije vidjeti situaciju kao natjecanje, čak i kad nema eksplicitnog pobjednika ili gubitnika
- Na primjer, tinejdžeri mogu uspoređivati svoju razinu popularnosti na društvenim mrežama sa svojim prijateljima, iako **ne postoji eksplicitna nagrada** za veći broj „lajkova“ ili „pratitelja“
- Suparnici od takvog pojedinca možda niti **ne shvaćaju** da se natječu
- Tijekom igre ili natjecanja, kompetitivna osoba može poduzeti **što god je potrebno** kako bi ostvarila pobjedu
- Natjecanja isto mogu motivirati osobu da se potrudi **više nego što bi to napravila sama**

Psihološka pozadina kompetitivnosti

- Moguće je biti **hiperkompetitivan**, što znanstvenici definiraju kao "neurotičnu potrebu za pobjedom pod svaku cijenu"
- Hiperkompetitivni pojedinci će vjerojatno imati makijavistički pogled na svijet, drugim riječima, oni tada vjeruju da "**cilj opravdava sredstvo**"
- Pretjerana kompetitivnost također može **naštetići** pojedincu – osoba može uložiti toliko truda trenirajući kako bi uspjela da zanemaruje druge dijelove svog života, poput prijateljstva ili hobija.
 - To može brzo dovesti do „**izgaranja**“ (engl. Burnout) i izolacije od drugih.
- Kompetitivnost sama po sebi nije **ni dobra ni loša**
- U biologiji, natjecanje između organizama je prirodni rezultat evolucije
- Svi se organizmi moraju **natjecati** za ograničen broj resursa, kao što su hrana, sklonište ili partneri za parenje
- Ljudska sklonost kompetitivnosti je vrlo vjerojatno **prirodni rezultat** ovog biološkog natjecanja – međutim, psihološka karakteristika kompetitivnosti često **nema** nikakve veze s opstankom
- Zdrava razina kompetitivnosti može pomoći u **poboljšanju samopoštovanja i sreće u životu** – također može **motivirati** lude da se više trude kako bi ostvarili svoje ciljeve

Psihološka pozadina kompetitivnosti

- Kompetitivnost se često opisuje kao osobina ličnosti, ali **puno je manje stabilna tijekom života** za razliku od ostalih osobina
- Neki ljudi skloniji biti konkurentniji od drugih, no određene situacije također mogu povećati kompetitivnost ljudi
- Ljudi koji su odgajani u kulturama koje više cijene kompetitivnost također imaju veću vjerojatnost da će biti konkurentni (azijske kulture)
- Kompetitivnost se kod ljudi može češće manifestirati kada:
 - Svoju vrijednost mjeru uspoređujući se s drugima
 - Natjecanje se odnosi na nešto što im je važno
 - Njihov suparnik ima sličnu razinu vještine
 - Osobno poznaju svojeg suparnika
 - Imaju publiku
 - Imaju vrlo dobre ili vrlo loše rezultate
 - Resursi su ograničeni
- U igrama, posebno višekorisničkim **kompetitivnost je odličan motivator**



Kako mjeriti vještinu igrača?

- U svim videoigrama, bez obzira na žanr, može se reći da igrač posjeduje **određenu vještinu**
- Kada se govori o videoigrama u kojima jedan igrač ili tim igra protiv drugog igrača ili tima, bitno je da su **njihove vještine podjednake** kako bi videoigra bila što **zanimljivija**
- **Vrlo bitno kod kompetitivnih videoigara!**
- U slučaju da neki igrač ima **premalo znanja i iskustva**, videoigra mu može biti **naporna**, dok igraču koji ima **više iskustva od ostalih**, videoigra postaje **nezanimljiva**
- Razvijatelji igara žele da je igračima igra ugodna odnosno između ova dva ekstrema!

Zanesenost (engl. flow)

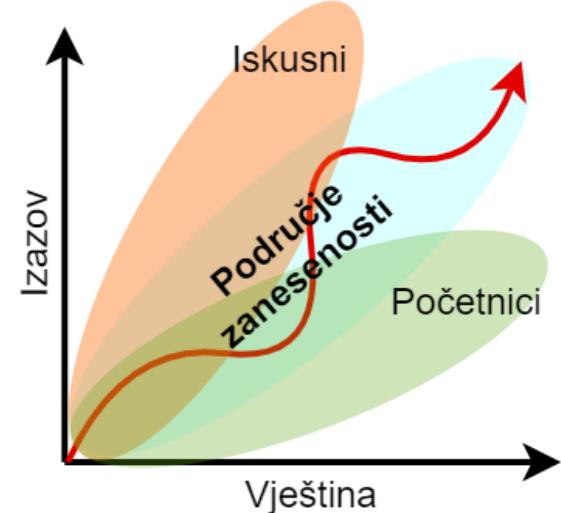
- Psihološki koncept **zanesenosti** (engl. *flow*) se definira kao izrazito ugodno, optimalno psihološko stanje koje ljudi osjećaju kada su u tolikoj mjeri usmjereni na zadatak da su posve zaokupljeni tim zadatkom
- Primjeri:
 - Čitanje knjige
 - Veslanje
 - Penjanje
 - Igranje igre
 - Bilo kakva aktivnost koja u potpunosti obuzima čovjeka sama od sebe (čovjek nije u prisili da je radi) – aktivnost postaje sama sebi nagrada!
- Pozornost je **u potpunosti** usmjerena na zadatak, a osoba funkcioniра u svom punom kapacitetu
- *Flow* se u hrvatskom jeziku još prevodi kao **preplavljenost** ili **obuzetost**
- U videoigrama se to manifestira na način da se stanje zanesenosti postiže kada su **u ravnoteži izazovi i vještine igrača**

Zanesenost

- Ta zona u kojoj su izazovi i vještine u ravnoteži ne mora biti **jednaka** za sve igrače
- Može doći do napora i anksioznosti u igri, odnosno dosade u slučaju da izazovi i vještine nisu u suglasju.



Iskustvo zanesenosti igrača tijekom igranja



Različiti igrači i područja zanesenosti

Algoritmi za procjenu vještine igrača

- Da ne bi do **neusklađenosti** vještine i izazova, koriste se razni algoritmi za ocjenjivanje vještine igrača te svrstavanje tih igrača u **prikladne timove**
- Većina postojećih algoritama za ocjenu vještine igrača (engl. *rating*) temelji se samo na ishodu pojedine partije, ne uzimajući pritom u obzir performanse igrača unutar partije
- Ovo može ponekad biti **nepravedno** i dovesti do pogrešne procjene vještine nekih igrača u timu – npr. iako se jedan od igrača u timu iskazao u usporedbi s ostalima, svi igrači će biti isto nagrađeni u slučaju pobjede ili kažnjeni u slučaju poraza

Elo algoritam

- Prvi i najpoznatiji sustav za određivanje vještine igrača i rangiranje igrača prema njihovoj vještini je sustav **Elo** koji je razvio Arpad Elo 1959. godine
- Izvorno je zamišljen kao poboljšani sustav ocjenjivanja u šahu u odnosu na prethodno korišteni **Harknessov** sustav, ali se također koristi kao sustav rangiranja u nogometu, bejzbolu, košarci, stolnom tenisu, biljaru i esportu.



Elo algoritam

- Elo ocjena igrača predstavljena je brojem koji se može promijeniti ovisno o **ishodu** ocijenjenih igara
 - Temelji se na Bradley-Terry modelu za usporedbu parova
 - Nakon svake igre pobjednički igrač **uzima bodove od poraženog**
 - Razlika između ocjena pobjednika i gubitnika određuje ukupan broj bodova dobivenih ili izgubljenih nakon igre
 - Ako pobijedi igrač s višom ocjenom, tada će se igraču s nižom ocjenom uzeti samo **nekoliko** bodova
 - Ako igrač s nižim ocjenama postigne iznenadujuću pobjedu, prenijet će mu se **mnogo** bodova
 - Igrač s nižim ocjenama će dobiti nekoliko bodova od igrača s višim ocjenama u slučaju **neriješenog rezultata** - to znači da je ovaj sustav ocjenjivanja **samoispravljući**
- Igrači čije su ocjene preniske ili previsoke trebale bi, dugoročno gledano, postati bolje ili lošije nego što sustav ocjenjivanja predviđa i tako dobivati ili gubiti bodove sve dok se ocjene ne odraze njihovu **pravu razinu vještine**

Elo algoritam

- Formula očekivanog rezultata

$$Rez_{očekivano} = \frac{1}{1 + 10^{-(v_a - v_b)/400}}$$

- v_a i v_b trenutne ocjene vještine igrača A i B.
- Očekivani rezultat može poprimiti vrijednosti od 0 do 1 te se može reći da je to zapravo vjerojatnost pobjede
- Ako je rezultat 1, pretpostavlja se da će igrač A pobijediti, a ako je 0 da će izgubiti
- U slučaju da su trenutne ocjene vještine igrača jednake, rezultat će biti 1/2 što se može protumačiti kao neriješeno
- Sama promjena ocjene vještine igrača ovisi o broju partija koje je igrač odigrao

Glicko algoritam

- Jedan od glavnih nedostataka sustava Elo je taj što postoji **zadani broj partija** koje igrač mora odigrati kako bi se mogla utvrditi njegova vještina
- Postoji mogućnost da igrač zapravo zaslužuje veću ocjenu vještine, ali zbog načina na koji Elo vrši promjene, ista se mijenja relativno **sporo**
- Kako bi riješio taj nedostatak, **Mark E. Glickman** predlaže 1999. godine sustav **Glicko**
 - Prilikom računanja ocjene vještine igrača, uzima se u obzir i **standardna devijacija** koja zapravo predstavlja **sigurnost** u trenutnu vještinu igrača
 - Ista raste linearno s vremenom u kojem igrač ne igra igru – manja je ako igrač **redovito** igra, a veća ako igra **povremeno** ili **nije igrao** neko duže vrijeme
 - Time je omogućeno da se ista ocjena vještine dvaju igrača ne gleda isto u slučaju da jedan igrač igra cijelo vrijeme, a drugi je zadnju igru odigrao prije npr. godinu dana.

TrueSkill algoritam

- Iako oba navedena sustava uspješno ocjenjuju vještinu igrača, njihov nedostatak je taj što su razvijeni za igre u kojima postoji samo **dva igrača**
- U video igrama obično postoji **više igrača ili više timova** igrača te je iz tog razloga Microsoft Research 2006. godine razvio sustav **TrueSkill** za Xbox Live
- TrueSkill, isto kao i Glicko, uzima u obzir **standardnu devijaciju** ocjene vještine igrača
- U slučaju kada u igri sudjeluju timovi, moguće je iz ukupnog rezultata "izvući" ocjenu vještine pojedinca
- Promjene prosječne ocjene vještine igrača i standardne devijacije vrše se isključivo na temelju konačnog ishoda pojedine partije, ne uzimajući u obzir podatke kao što su npr. za koliko je bodova igrač pobijedio
- Primjer sličnog sustava (nije potvrđeno da je Glicko ili TrueSkill) je imala igra Heroes of Newerth – novi igrači bi imali puno veće promjene vrijednosti procjene vještine da bi ih se brže svrstalo u kategoriju vještine koja im je primjerena



Primjene postojećih algoritama

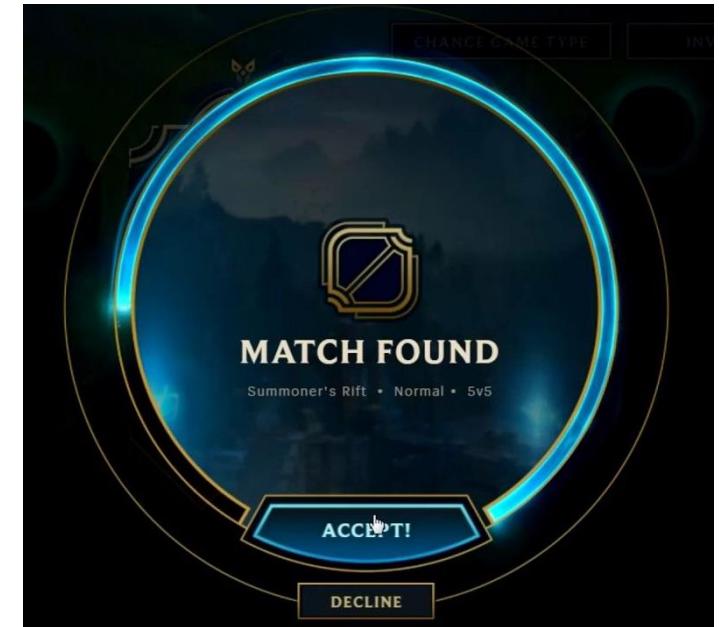
- Iako je od navedenih sustava za ocjenu vještine igrača jedino TrueSkill namijenjen igrana u kojima sudjeluje više igrača ili timova, u **MOBA** igrana se većinom koriste **modifikacije** sustava Elo
- Iste se koriste u igrana **Dota 2 i Heroes of Newerth**, dok se u igri League of Legends prije također koristila modifikacija sustava Elo, a od 3. sezone je razvijen novi sustav - **League system**
- Načini izračuna promjene ocjene vještine igrača i stvaranja timova nisu javno objavljeni – ono što je poznato, jest da se u svim sustavima konačna ocjena vještine igrača računa samo na temelju ishoda partije, ne uzimajući pritom u obzir učinak igrača u partiji

Sustavi za spajanje igrača u mečeve

- U višekorisničkim igramama **spajanje igrača u susrete, igre ili mečeve** (engl. *matchmaking*) je proces **povezivanja** igrača u jedan meč
- Sustavi koji podržavaju kreiranje mečeva mogu spajati od dva igrača pa sve do stotine igrača u pojedine mečeve
- U spajanju može sudjelovati sam igrač ili skupina igrača (engl. *party*) te se u te svrhe mogu koristiti i različiti algoritmi
- Većina današnjih višekorisničkih igara ima implementirane ovakve sustave, a one koje nemaju ili imaju djelomične su pod pritiskom igrača da ih se implementira.

Sustavi za spajanje igrača u mečeve

- Sustavi za kreiranje mečeva igrača mogu se podijeliti na:
 - **Manualne** – meč se kreira te se pokaže igračima u određenom izborniku, a oni sami izabiru hoće li se i pridružiti danom meču.
 - **Automatske** – igrači se prijave za meč, a sustavi ih grupiraju. Unutar automatskih sustava mogu se koristiti algoritmi za procjenu vještine igrača kao ulaz – tada se najčešće radi o opciji „**rangirane igre**“ (engl. *ranked play*). U slučaju da se ne koristi procjena vještine igrače takve igre se najčešće nazivao **brzim** (engl. *quick*), **nerangiranim** (engl. *unranked*), **ležernim** (engl. *casual*) i slično.



Manualni sustavi za spajanje igrača

- **Manualni sustavi** su relativno jednostavni, kada se kreira meč šalje se notifikacija preko odgovarajućeg programskog sučelja te se meč objavljuje u **listi** mečeva svih zainteresiranih korisnika
- Najčešće se takvi izbornici nazivaju **liste poslužitelja** (engl. *server browser*)
 - u njima često postoji određeno **filtriranje** ponuđenih mečeva po kašnjenju, tipu igre, i mogućnost textualne **komunikacije**
- Predvorje (engl. *lobby*) samog meča je sučelje ili scena igre u kojoj mogu komunicirati korisnici koji su odabrali taj meč i čekaju da se meč pokrene ili da dode dovoljan broj igrača za pokretanje



Automatski sustavi za spajanje igrača

- Automatski sustavi grupiraju igrače uzimajući u obzir različite parametre
- Glavni parametar je često procijenjena vrijednost vještine
- U algoritmima za kreiranje mečeva mogu postojati ograničenja u rasponu vještina koji imaju igrači koji se pridružuju u meč ili cijeli timovi ako se radi o spajanju timova
- Ostali parametri koji se uzimaju u obzir
 - Bitno je da igrači imaju što manja i sličnija kašnjenja kako bi se minimizirali mogući efekti koji proizlaze iz njih
 - Bitno je da sam proces spajanja igrača ne traje predugo – kako vrijeme prolazi mogu se olabaviti ograničenja drugih parametara kao što su vještina i kašnjenje
 - Parametri specifični za igru
- Ako su igrači novi u određenoj videoigri za njih se mogu koristiti specifična pravila kako u stvaranju timova tako i u algoritmima za procjenu da bi se igrača brže „svrstalo“ u kategoriju kojoj pripada
- Sami detalji ovise o implementaciji pojedinačnog sustava za stvaranje mečeva, kao i o korištenom algoritmu za procjenu vještine igrača



Automatski sustavi za spajanje igrača

- Uz vještinu, u mnogim umreženim igram, sustav za kreiranje mečeva se temelji i na **ulogama ili klasama**
- Vrsta uloge ili klase koju igrač igra uvelike je povezana s njegovom **vještinom**
- Igre poput *World of Warcraft*, *League of Legends* ili *Dota 2* se čvrsto oslanjaju na **klasne sustave**, a vještinu koju igrač stekne u jednoj klasi može biti teško usporediti s drugom klasom, stoga se igračima dopušta grupiranje temeljeno na željenoj klasi ili ulozi



Zadatak za iduće predavanje

- Pripremiti prezentaciju projekta 😊