

Nagyon sok szereplős online szerepjáték forgalmak skálázási tulajdonságainak vizsgálata

Szabó Géza (szabog@tmit.bme.hu), Molnár Sándor (molnar@tmit.bme.hu)
BME Távközlési és Médiainformaticai Tanszék

Abstract:

Cikkünk egy átfogó skálázási analízisét mutatja be a négy legnépszerűbb nagyon sok szereplős online szerepjátéknak (MMORPG). A vizsgált játékok a World of Warcraft, Guild Wars, Eve Online és Star Wars Galaxies. Mind a szerver, mind a kliens forgalmat részletesen megvizsgáljuk. A cikkben bemutatjuk az alap statisztikai tulajdonságait a vizsgált játékoknak a korrelációs és skálázási tulajdonságokra fókuszálva.

Habár a vizsgált játékok mindegyike a nagyon sok szereplős online szerepjátékok típusába tartozik, és az olyan alapstatisztikák mint az átlagos csomagküldési sebesség, ennek szórása, az eloszlás torzultsága hasonló nagyságrendbe esik, ennek ellenére a játékok forgalom karakterisztikája különböző. Azt találtuk, hogy habár vannak hasonlóságok a skálázási tulajdonságaiban a vizsgált játékoknak, mégis különböző skálázási tulajdonságokat mutatnak, így nem lehet őket egy adott modellel jellemezni.

Bevezetés

A mai internet a szórakoztató ipar térnyerését is elősegíti. A hagyományos adat továbbítás mellett (pl. web, P2P), jelentős forgalom jelent meg amit online játékok generálnak. Online játékok közül is a legnépszerűbbek napjainkban a nagyon sok szereplős online szerepjátékok, akik nagyszámú játékost vonzanak egyidejűleg játszani a virtuális világokban..

Korábbi munkák az akkoriban népszerű játékokra fókuszáltak. Ilyen típusú játék a belső nézetű lövöldözős játék pl. a Counterstrike amit [1]-ben vizsgálták meg. Manapság a játékforgalom nagy részét a nagyon sok szereplős online szerepjátékok generálják, így az ezzel a forgalom típusal foglalkozó munkák is megjelentek. Chen és szerzőtársai egy közepes méretű, Taiwanon kereskedelmi forgalomba hozott MMORPG-t vizsgáltak [2]-ben. Ezt a munkát egészítették ki [3]-ban, ahol foglalkoztak a játékforgalom skálázási tulajdonságaival is. A kapott eredményeiket azzal magyarázták, hogy egy ON-OFF modellt lehetne konstruálni a vizsgálati eredmények alapján, ahol az ON és OFF periódusok a játékosok aktív és tétlen állapotaival vannak valamilyen indirekt kapcsolatban. A szerzői [4]-nek a Lineage II-t vizsgálták, ami egyike volt a legnagyobb MMORPG-knek az párhuzamosan online játékosok számát tekintve. A szerzői [5]-nek a Ragnarok Online-t vizsgálták és a bot-ok által generált forgalmat viszonyították egy emberi játékos által generált forgalomhoz képest. A szerzői [6]-nak a Crossfire-t - egy nyílt forrású MMOG - használták a saját teljesítmény modellük validálására.

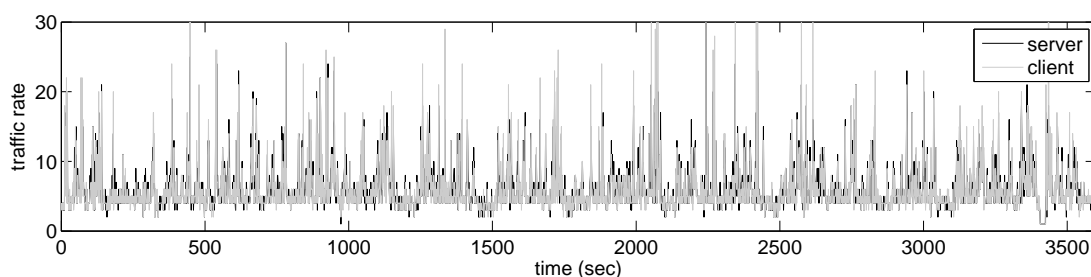
Manapság a helyzet megváltozott. [7]-en található információk szerint, messze a legtöbb játékosal bíró MMORPG a World of Warcraft. Az aktív előfizetők száma négyszerese a Lineage II-nek. A [7] diagramjain szereplő játékok közül a következőket vizsgáltuk meg: World of Warcraft, Eve Online, Star Wars Galaxies és Guild Wars. Döntésünk háttérben

egyrészt ezen játékok népszerűsége áll, a másik ok pedig, hogy ezek kereskedelmi forgalomban kapható játékok és eddig nem volt lehetőség ezeknek a forgalmát lemérni anélkül hogy megvásároltuk volna őket, ám lehetőség nyílt ingyenes próba periódusok alatt lemérni ezeket a forgalmakat. Harmadik ok az volt, hogy korábbi vizsgálatok az ázsiai piacon népszerű játékokat vizsgálták, de európai és amerikai hálózatok forgalmában ezekkel alig találkozunk.

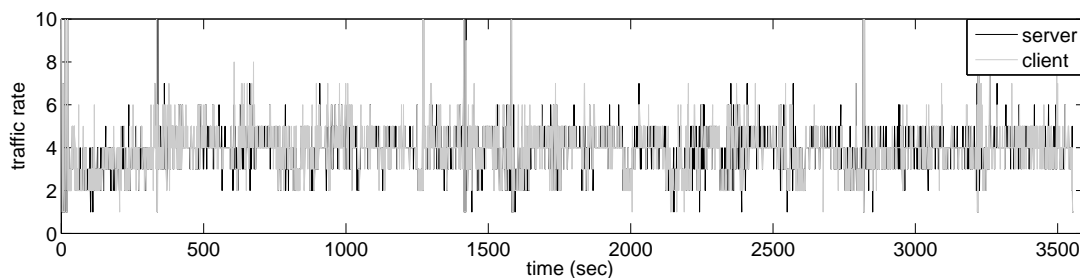
A motivációja ennek a munkának az, hogy megértsük a forgalom karakterisztikáit és különös tekintettel a skálázási tulajdonságait annak a forgalomnak amit az MMORPG-k generálnak. Habár a forgalmi ráták amiket a kliensek generálnak meglehetősen alacsonyak más alkalmazásokhoz képest, de a szerver oldali aggregációjuk már jelentős lehet a játékosok nagy populációja miatt. Az internet forgalom skálázási karakterisztikája, figyelembe véve a növekvő játékforgalmat, nagy hatással lehet a hálózati teljesítményjellemzőkre és hálózat tervezésre.

Mérések

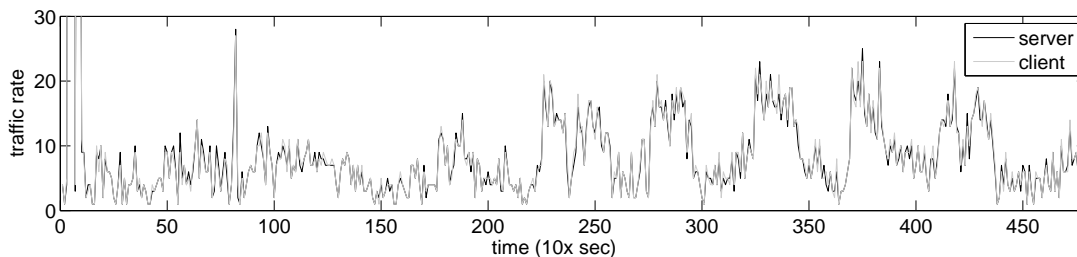
A méréseket egy egyetemi hálózatra kötött kliens gépen végeztük, ami 100MB FDDI-vel csatlakozik az internetre. A kapcsolat hálózati paraméterei jóval meghaladják azoknak a hálózatoknak a képességeit, amikre ezeket a játékokat tervezik, így feltételezhetjük, hogy nem kell semmilyen játékforgalom paraméter változásával számolnunk ami a hálózat elégtelenségéből származhatna. A mérési konfiguráció előnye az, hogy a kliens hálózati forgalmát csomagvesztéstől és hálózati késleltetéstől eltekintve lehet mérni. A méréseket a 19-20 órás periódusokban végeztük hétköznapokon 2007 januárjában. Mind a kliens felé lejövő forgalmat (amit ezentúl szerver forgalomnak fogunk hívni) és a kienstől a szerver felé menő forgalmat (kliens forgalom) mértük. A játékforgalmat a kliens gépen a Wireshark-kal mértük microsecundumos pontossággal. A különböző játékok szerver és kliens által generált forgalmát láthatjuk az 1-4-es ábrákon. Mivel a cikkben bemutatásra kerülő statisztikai vizsgálatok feltételezik az idősor stacionaritását, ezért az ábrák alatt jelezzük mely mérési szakaszok szolgálnak a további vizsgálataink alapjául.



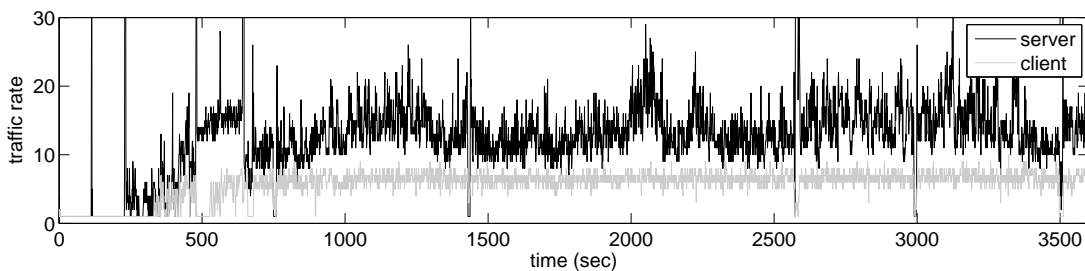
1.ábra World of Warcraft csomag generálási intenzitás (csomagszám/másodperc), vizsgált intervallum: 1100-2000



2.ábra Guild Wars csomag generálási intenzitás (csomagszám/másodperc), vizsgált intervallum: 1600-2800



3.ábra Eve Online csomag generálási intenzitás (csomagszám/másodperc), vizsgált intervallum: 50-450



4.ábra Star Wars Galaxies csomag generálási intenzitás (csomagszám/másodperc), vizsgált intervallum: 1500-2000

Alap forgalmi statisztikák

A kliensről a szerver felé menő csomagok érkezési időköz eloszlását vizsgálva találhatunk nagyon jellemző értékeket. Ez a játék kliens belső működési mechanizmusából adódik, mivel a mérés során nem adódott semmilyen késleltetés a kliens által generált forgalomhoz. A vizsgált játékoknak a 200 msec-es csomagérkezési időköz körül van egy jellemző érték. Ez egy érthető tervezési ok miatt van, ugyanis az MMORPG-eket úgy tervezik, hogy még 1250 msec-es hálózati késleltetés esetén is a játszható szinten tartják a játékot, így a 200 msec-es periódus még egy újraküldési fázisba is belefér. A World of Warcraft és Guild Wars játékoknak 300 msec-nél van egy csúcsuk, amíg a Star Wars Galaxies-nak 140 msec-nél. Ez az alacsonyabb érték azzal magyarázható, hogy ez a játék az UDP protokollt használja rengeteg kis méretű csomagot generálva, így a kommunikációs modellje ennek a játéknak más mint a többi vizsgált játéknak. Az Eve Online nagyon ritkán generál csomagot a többi játékhoz képest.

A szerver oldali csomag érkezési időkülönbségeket megvizsgálva több kiugró értéket is találhatunk. A nagyon alacsony érték a csomag darabolás miatt van. A jellegzetes csomagérkezési időkülönbség értékek jól használhatóak forgalomosztályozásra.

A csomag méret eloszlásokat megvizsgálva azt találjuk, hogy a zéró és más kis méretű csomagok gyakoriak mind a kliens mind a szerver oldalon. Egyik oka ennek, hogy a TCP csomagokat le kell ACK-olni akkor is ha az adott fél adatot nem is akart küldeni. Másik ok, hogy a játék protokoll még ráépül a TCP protokollra, mint pl. a World of Warcraft esetén a szerver oldali csomagok 4 byte WoW fejléccel, a kliens oldaliak 6 byte WoW fejléccel hordoznak minden csomagban, így bármelyik fél bármilyen adatot küld a fejléccel kívül, ezek a csomagok legalább ekkorák lesznek. Korábbi munkákat megerősíthetünk, hogy a kliens által küldött csomagok kisebbek a szerver által küldött csomagoknál, mivel a kliens által küldött csomagok csak egy játékos információit tartalmazzák, míg a szerver oldaliak a környező játékosok és szörnyek információit.

Összehasonlítva a szerver és kliens oldali csomag generálási sebességet azt találjuk, hogy azok a játékok amik a TCP-t használják kommunikációra hasonló a forgalom ráta eloszlásuk, míg a Star Wars Galaxies esetén ami az UDP-t használja kommunikációra, eltérő abban az értelemben, hogy a szerver által generált forgalom ráta magasabb mint a kliens által generált forgalom ráta. Egyéb alap forgalmi statisztikákat mutatunk be az 1. táblázatban.

		World of Warcraft	Guild Wars	Eve Online	Star Wars Galaxies
Szerver	Hossz	900	1200	4000	500
	Csomagszám	5756	4516	3391	6129
	Átlagos csomagszám/sec	6.39	3.76	0.84	12.26
	Átlagos csméret (bytes)	220.25	183.19	261.18	156.47
	Méret (bytes)	1267766	827319	885680	959036
	Átlagos kbits/sec	11.01	5.38	1.73	14.98
Kliens	Csomagszám	5582	4597	3429	3169
	Átlagos csomagszám/sec	6.21	3.83	0.86	6.34
	Átlagos csméret (bytes)	71.12	57.58	64.41	77.25
	Méret (bytes)	39990	264705	220870	2448806
	Átlagos kbits/sec	3.45	1.72	0.43	3.82

Táblázat 1 Az alap statisztikai jellemzői a vizsgált forgalmaknak

Hosszútávú összefüggőség vizsgálata

Egy forgalom folyamannak a hosszútávú összefüggőségi tulajdonsággal rendelkezésére az autokorrelációs függvény nagy időkülönbségeknél lassú lecsengésének vizsgálata alapján deríthetünk fényt: $r(k) \sim c|k|^{2H-2}, k \rightarrow \infty, H \in (0.5,1)$ és c konstans. A lecsengés mértékét a Hurst paraméter (H) határozza meg. Intuitívan, a hosszútávú összefüggőség méri a folyamat memóriáját. Hosszútávú összefüggő folyamat autokorrelációs függvénye lassan cseng le, míg egy rövidtávú összefüggő folyamaté gyorsan (exponenciálisan).

A különböző módszerek közül, amit a hosszútávú összefüggőség vizsgálatára lehet alkalmazni [10] mi a periodogram analízist, az R/S analízist, a rezidumok szórása, szórás-
idő görbét, és a Whittle-beclsőt alkalmaztuk, illetve a wavelet transzformáción alapuló logscale diagrammal [8] verifikáltuk az eredményeinket.

A hosszútávú összefüggőség analízis eredményeit megtalálhatjuk az 1. táblázatban. Láthatjuk, hogy a World of Warcraft forgalom erősen hosszútávú összefüggő a szerver forgalmat tekintve. A statisztikai pontatlanság miatt ugyanez nem mondható el a kliens

forgalomról. A Guild Wars kliens forgalma hosszútávú összefüggőséget mutat, de a szerver forgalomra a vizsgálatok pontatlanok a magasabb időskálákon kevés adat miatt. A Star wars Galaxies szerver forgalma is hosszútávú összefüggést mutat $H = 0.75$ paraméterrel. A kliens forgalom nem becsülhető hasonló okokból kifolyólag, mint a Guild Wars szerver forgalom. Az Eve Online szerver forgalom esetében a magasabb időskálákat nem lehet használni hosszútávú összefüggőségi paraméter becslésére az ebben az időskálán található kevés adat miatt. Ugyanez a helyzet a kliens forgalom esetén. A 2. táblázatban található a forgalmak hosszútávú összefüggés vizsgálatának eredménye összefoglalva.

		World of Warcraft	Guild Wars	Eve Online	Star Wars Galaxies
Szerver	Arby-Veitch	0.84	-	-	0.71
	Periodogram	0.89	-	-	0.72
	R/S	0.86	-	-	0.80
	Rezidumok szórása	0.89	-	-	0.85
	Szórás-idő görbe	0.85	-	-	0.75
	Whittle becslő	0.81	-	-	0.70
	Átlagos Hurst paraméter	0.86	-	-	0.75
Kliens	Arby-Veitch	-	0.78	-	-
	Periodogram	-	0.85	-	-
	R/S	-	0.79	-	-
	Rezidumok szórása	-	0.80	-	-
	Szórás-idő görbe	-	0.78	-	-
	Whittle becslő	-	0.75	-	-
	Átlagos Hurst paraméter	-	0.79	-	-

Táblázat 2 A forgalmak hosszútávú összefüggés vizsgálatának eredménye

Skálázódási vizsgálat

A forgalom skálázódási tulajdonságait hatékonyan lehet a multifraktál analízis, speciálisan a wavelet-alapú módszerek segítségével vizsgálni [8].

A diszkrét idejű wavelet transzformáció az n hosszú X adatsort a j -edik skálázódási szinten egy wavelet koefficiens csoporttal ábrázol $d_x(j, k), k = 1, 2, \dots, n_j$, ahol $n_j = 2^{-j}n$.

Definiáljuk a q -adik rendű Logscale diagramot (q -LD) a log-lineáris görbéjével a becsült

q -adik momentumnak $\mu_j(q) = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} |d_x(j, k)|^q$ a j oktáv függvényében. Az LD-k

linearitása a különböző q -adik momentumoknál az idősor skálázódási tulajdonságaira utal, pl. $\log_2 \mu_j(q) = j\alpha(q) + c_2(q)$, ahol $\alpha(q)$ a skálázódási exponens és $c_2(q)$ konstans. A

teszt eredményeinkben $y_j = \log_2 \mu_j(q)$ -t $q = 2$ -re ábrázoljuk, amit a másodrangú

logscale diagramnak hívunk. $\alpha(q)$ ábrázolása q függvényében megmutatja a skálázódás típusát [9]. A monofraktál skálázódásnál $\alpha(q)$ lineárisan változik q -val, míg a

multifraktáloknál a változás nem lineáris. Ahhoz hogy ezt a viselkedést vizsgáljuk, a lineáris multiscale diagramot (LMD) hatékonyan használhatjuk, amit a

$h_q = \alpha(q) / q - 1/2$ definiál.

A World of Warcraft logscale diagramja (5. ábra) közel lineáris az egész tartományt nézve, az LRD tulajdonságot sugallva amit LRD tesztek is mutattak. Mivel a linearitás fennáll az egész vizsgált tartományra, így lehetséges statisztikai önhasonlóságot is mutat ezeken a időtartományokon. A lineáris multiscale diagram (13. ábra) megerősíti ezt a megfigyelést. A World of Warcraft LMD-je gyorsan felvesz egy stabil értéket $h_q = -0.16$ körül, ami a $H = 0.84$ becslőt adja, mivel $H = h_q + 1$ minden q -ra önhasonló forgalmak esetén.

A becsült érték megegyezik a LRD tesztek esetén kapottakkal. Levonhatjuk a következtetést, hogy a World of Warcraft szerver forgalom nem csak LRD, de a statisztikailag önhasonlóság egy jó modell erre a forgalomra a vizsgált időskálákat tekintve. A vizsgált időskálák, amiatt ezek lettek, mivel számottevő rátafüggvény nincs az 1 másodperces időskála alatt, így a forgalom alacsony csomagküldési rátája egy alsó korlátot jelent a vizsgálat során. A magasabb időtartományokat tekintve, a lehető leghosszabb stacioner részeit igyekeztünk kiválasztania forgalomnak, de még ezzel a módszerrel sem lehet több mintát szerezni a magas időtartományokból, mint amennyit mi ebben a munkában felhasználtunk.

Más viselkedés figyelhető meg a World of Warcraft kliens forgalmánál. A logscale diagramot (6. ábra) vizsgálva csak a $j = 1$ és $j = 4$ (1 sec-16 sec) tartományokon lehet skálázódást megfigyelni. A multiscale diagram (14. ábra) megmutatja a skálázási tulajdonságot ezen a tartományon: a nem lineáris LMD alapján ez multifraktális tulajdonságú. A multifraktális viselkedés gyakran együtt szerepel a a ráta eloszlása nem-Gauss peremeloszlása miatt. Ebben az esetben is ez a helyzet. A forgalom ráta nem Gauss eloszlású. A csúcosság (13,53) és torzultság (2,89) mértéke nagyon eltér egy Gauss-szerű eloszlástól (Egy Gauss eloszlás csúcosság és torzultság értéke 3 és 0). A magasabb időtartományokra (16 másodperc felettiekre) nem jellemző skálázódási tulajdonság. Fontos megjegyezni, hogy az önhasonlóság egy karakterisztikus tulajdonsága az 50-100 msec-nél magasabb időtartományoknak, pl. a TCP RTT-je esetében is. Ez alatt a korlát alatt, a fraktál tulajdonság figyelhető meg, de a mi esetünkben a kliens multifraktális tulajdonsága figyelhető meg még az olyan nagy időskálákon is, mint az 1-16 másodperces.

A Guild Wars szerver forgalmának logscale diagramja (7. ábra) két tartományra osztható: $j = 1-4$ (1 sec-16 sec) és $j = 4-6$ (16 sec-1 min), ahol a skálázódási tartományt csak alacsonyabb tartományokban lehet detektálni. Lerajzolva az LMD-t (15. ábra) az 1-4 tartományokban, azt láthatjuk, hogy végig ugyanaz az értéke a vizsgált momentumoknak. Így levonhatjuk a következtetést, hogy a Guild Wars szerver forgalmat egy monofractal modellel lehet leírni $h = 0.63$ skálázási paraméterrel ezeken az időskálákon.

Megvizsgálva a 8. ábrát azt láthatjuk, hogy a logscale diagramja a Guild Wars kliens forgalmának lineárisnak becsülhető, önhasonlóságot mutatva a vizsgált időtartományokon.

Az LMD (16. ábra) azt mutatja, hogy a Guild Wars kliens forgalom valóban önhasonló. A becsült $H = 0.78$ paraméter az LD diagramról egybeesik a becsült $H = 0.79$ paraméterrel amit az LRD tesztekéből kaptunk.

Az önhasznó skálázódás miatt Gauss-szerű ráta eloszlást várunk. Mind a ráta függvény alakja, mind a becsült csúcsosság (3,09) és torzítottság (0,04) megerősíti, hogy a várakozásunknak megfelelően alakultak a kapott értékek.

Eve Online szerver forgalmának logscale diagramját (9. ábra) két tartományra oszthatjuk, ahol a skálázódási tulajdonságot vizsgáljuk: 1-3 (10 sec-80 sec) és 3-5 (80 sec-5 percen is túl). A 3-5 közötti tartomány nagyon kevés adatot tartalmaz, így a becslők meglehetősen pontatlanok ebben a tartományban. Az 1-3 közötti tartományt vizsgálva a multiscale diagrammal (17. ábra), azt láthatjuk, hogy a számolt skálázási paraméter 0.54 körül van, ami azt sugallja, hogy nincs skálázódási (zaj-szerű) tulajdonság. Azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az Eve Online forgalmának az egész tartományban nincs skálázódási tulajdonsága.

Hasonló a helyzet a kliens forgalom esetén is (10., 18. ábra): a skálázási paraméter 1-3 (10 sec-80 sec) között $h = 0.52$, a 3-5 (80 sec-5 min) közötti tartományon pedig kevés adatot tartalmazott, így azt a következtetést vonhatjuk le, hogy nincs skálázási tulajdonsága az Eve Online forgalomnak az egész időtartományon.

Megvizsgálva a Star Wars Galaxies szerver forgalmát, azt láthatjuk a logscale diagramon (11. ábra), hogy többnyire lineáris az egész tartományon, és az LMD diagramból (19. ábra) kiolvasható, hogy $h_q = 0.29$. Így a Star Wars Galaxies forgalmat modellezhetjük statisztikailag önhasznó folyamattal, ahol $H = 0.71$ paraméter becsülését az LD diagramból kapjuk. Ez a becsülés megegyezik a $H = 0.75$ paraméterrel, amit az LRD tesztek alapján számoltunk. Az önhasznó tulajdonság a Gauss-féle eloszlásokat is indukálja, amit a ráta eloszlás görbékből és a becsült csúcsosság (3,23) és torzítottság (0,45) értékekből is láthatnánk.

Megvizsgálva a logscale diagramját a Star Wars Galaxies kliens forgalmának (12. ábra), két részre lehet osztani a tartományokat, ahol a skálázási tulajdonságot vizsgálhatjuk: 1-3 (1 sec-8 sec) és a 3-5 (8 sec-1 min). A 3-5 közötti tartomány olyan kevés adatot tartalmaz, hogy a becslők nagyon pontatlanná válnak ebben a tartományban. Megvizsgálva az 1-3 közötti tartományokat a multiscale diagrammal (20. ábra), azt láthatjuk, hogy a számolt skálázási paraméter 0.5 körül van, ami azt jelenti, hogy nincs skálázódási (zaj jellegű) tulajdonsága. Azt a következtetést vonhatjuk le, hogy nincs skálázódási tulajdonsága a Star Wars Galaxies kliens forgalmának az egész tartományban.

A 3. táblázatban található a forgalmak skálázódási vizsgálatának eredménye összefoglalva.

	Server	Client
World of Warcraft	önhasznó $H=0.86$ (1 sec-1 perc)	multifraktál (1 sec-16 sec), nincs skálázódás (16 sec fölött)
Guild Wars	monofraktál $h=0.63$ (1 sec-16 sec), nincs skálázódás (16 sec-1 perc)	önhasznó $H=0.79$ (1 sec-1 perc)
Eve Online	nincs skálázódás	nincs skálázódás
Star Wars Galaxies	önhasznó $H=0.75$ (1 sec-1 perc)	nincs skálázódás

Táblázat 3 A forgalmak skálázódási vizsgálatának eredménye

Összefoglalás

Ebben a munkában megvizsgáltunk négy népszerű játék mind a kliens mind a szerver forgalmát. Bemutattuk a fontos statisztikai karakterisztikáit ezeknek a játékoknak, megvizsgálva a hosszú távú összefüggőség és a skálázódási tulajdonságok szempontjából wavelet-alapú módszerek segítségével.

Más-más skálázódási tulajdonságokat találtunk a vizsgált MMORPG-knél. A World of Warcraft szerver forgalma statisztikailag önhasonló 0.86-os Hurst paraméterrel. A kliens forgalma pedig multifraktál jellegű a 16 másodperces időskála alatt. A Guild Wars kliens forgalom statisztikailag önhasonló 0.79-es Hurst-paraméterrel. A szerver forgalom ebben az esetben monofraktál skálázási tulajdonságokat mutat az alacsony időskálákon. Star Wars Galaxies szerver forgalom önhasonló tulajdonsággal bír 0.75-os Hurst paraméterrel. Ennek a játékforgalomnak nincs skálázódási tulajdonsága a másik irányt tekintve. Végül, sem a kliens sem a szerver forgalma az Eve Online-nak nem mutat skálázási tulajdonságot.

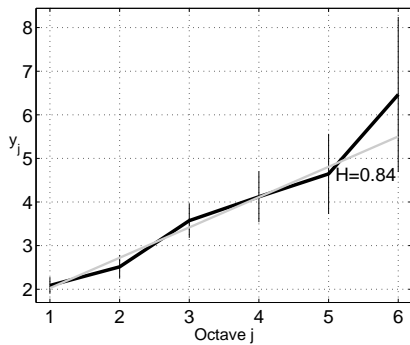
Azt találtuk, hogy holott vannak hasonlóságok a skálázási tulajdonságokban, ennek ellenére a játékoknak alapjában véve eltérőek a skálázási tulajdonságai. Ezekből az eredményekből azt a következtetést lehet levonni, hogy az MMORPG-k forgalmát nem lehet egy adott modellel leírni általánosan, hanem az éppen domináns játék határozza meg az Interneten mért játékforgalom karakterisztikáját.

A továbbiakban szeretnénk megvizsgálni játékforgalom aggregátumokat, és ezeket is szeretnénk modellezni. További tervünk a játékforgalmak hálózati teljesítményjellemzőkre okozott hatásának vizsgálata.

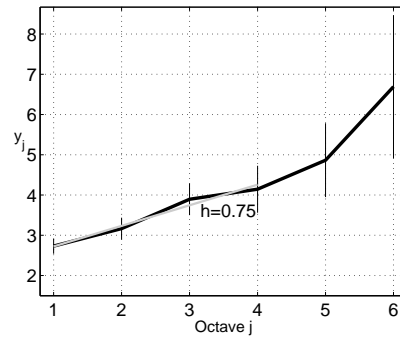
Irodalomjegyzék

- [1] W. Feng, F. Chang, W. Feng, and J. Walpole. Provisioning on-line games: A traffic analysis of a busy Counter-strike server. In SIGCOMM Internet, Measurement Workshop, Marseille, France, 2002.
- [2] K. Chen, P. Huang, C. Huang, and C. Lei. Game traffic analysis: an MMORPG perspective. In NOSSDAV '05, New York, USA, 2005.
- [3] K.-T. Chen, P. Huang, and C.-L. Lei. Game traffic analysis: An MMORPG perspective. Computer Networks, 51(3), 2007. Article In Press.
- [4] J. Kim, J. Choi, D. Chang, T. Kwon, Y. Choi, and E. Yuk. Traffic characteristics of a massively multi-player online role playing game. In NetGames '05, New York, USA, 2005.
- [5] K. Chen, J. Jiang, P. Huang, H. Chu, C. Lei, and W. Chen. Identifying MMORPG bots: A traffic analysis approach. In ACM SIGCHI ACE'06, Los Angeles, USA, Jun 2006.
- [6] M. Ye and L. Cheng. System-performance modeling for massively multiplayer online role-playing games. IBM Syst. J., 45(1):45–58, 2006.
- [7] MMOGChart.com. <http://www.mmogchart.com>.
- [8] P. Abry and D. Veitch. Wavelet analysis of long-range-dependent traffic. IEEE Transactions on Information Theory, 44(1):2–15, 1998.
- [9] P. Abry, P. Flandrin, M. Taqqu, and D. Veitch. Wavelets for the analysis, estimation and synthesis of scaling data. Self Similar Network Traffic Analysis and Performance Evaluation, K. park and W. Willinger, Eds., 1999.
- [10] J. Beran. Statistics for long-memory processes. Chapman And Hall, One Penn Plaza, 1995.

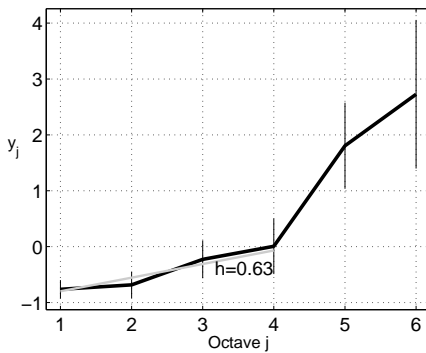
Appendix



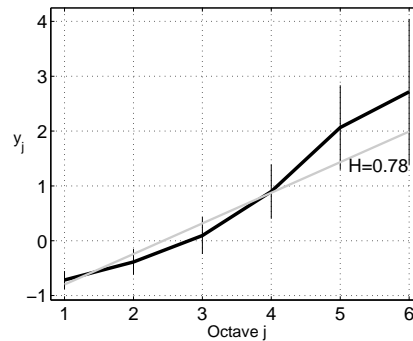
5.ábra World of Warcraft szerver logscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



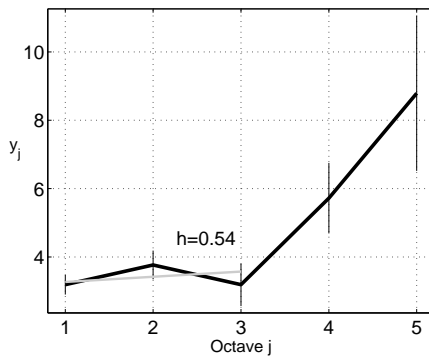
6.ábra World of Warcraft kliens logscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



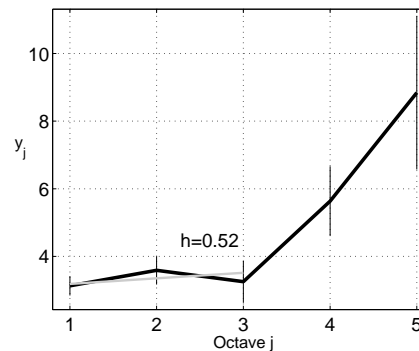
7.ábra Guild Wars szerver logscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



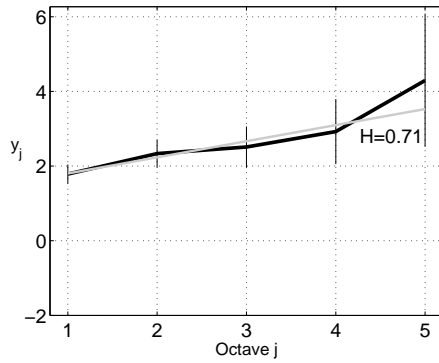
8.ábra Guild Wars kliens logscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



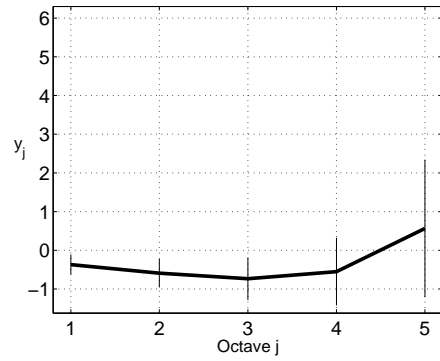
9.ábra Eve Online szerver logscale diagram az 10 sec-1 perc időtartományokban



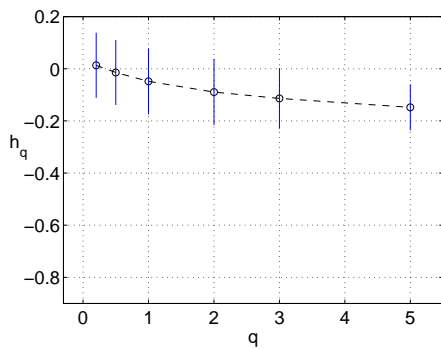
10.ábra Eve Online kliens logscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



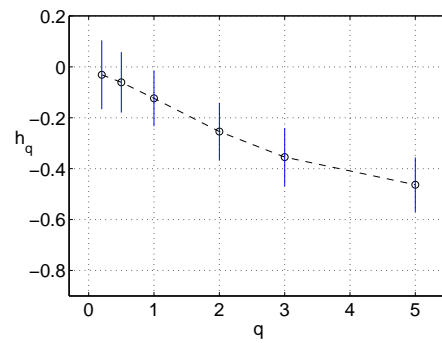
11.ábra Star Wars Galaxies szerver logscale diagram az 1 sec-32 sec időtartományokban



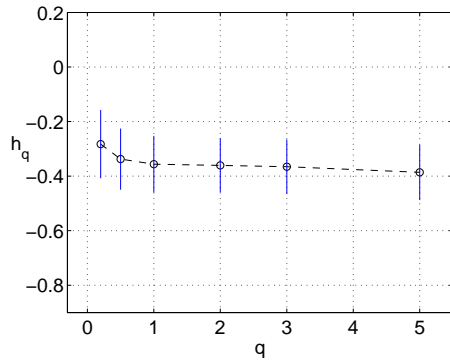
12.ábra Star Wars Galaxies kliens logscale diagram az 1 sec-32 sec időtartományokban



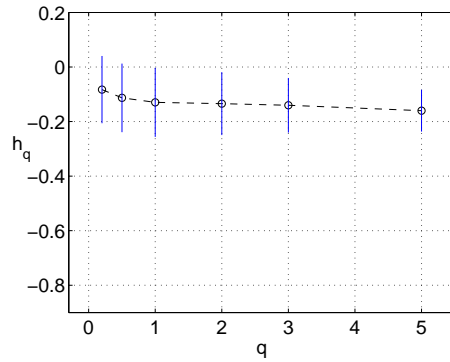
13.ábra World of Warcraft szerver multiscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



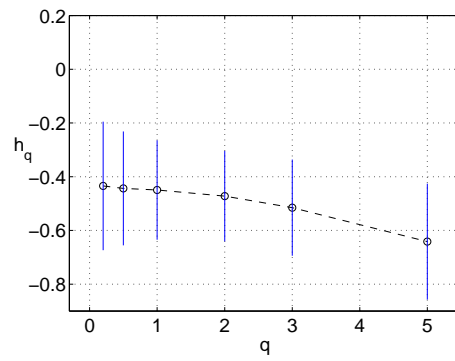
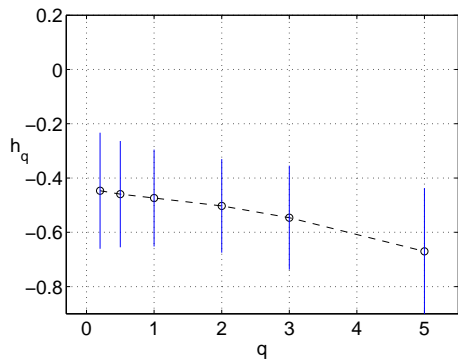
14.ábra World of Warcraft kliens multiscale diagram az 1 sec-16 sec időtartományokban



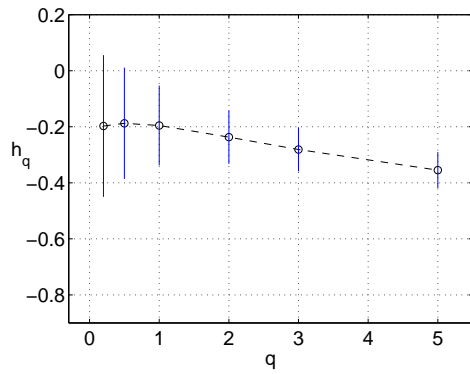
15.ábra Guild Wars szerver multiscale diagram az 1 sec-16 sec időtartományokban



16.ábra Guild Wars kliens multiscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban

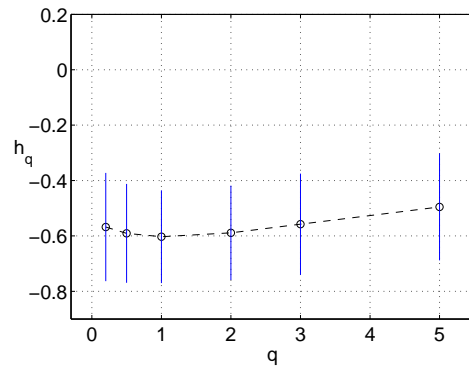


17.ábra Eve Online szerver multiscale diagram az 10 sec-1 perc időtartományokban



19.ábra Star Wars Galaxies szerver multiscale diagram az 1 sec-32 sec időtartományokban

18.ábra Eve Online kliens multiscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



20.ábra Star Wars Galaxies kliens multiscale diagram az 1 sec-8 sec időtartományokban