

FRAKTALNA KARAKTERIZACIJA 3D VIDEO FORMATA

Amela Zeković^{1,2}, Irini Reljin¹

¹Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija,

²Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, Srbija
amelaz@viser.edu.rs, irini@etf.rs

Sadržaj: *Video sadržaj karakteriše velika promenljivost i pojava eksplozivnosti, posebno u slučaju kada je vrednost kvantizacionih parametara kodera konstantna. U ovom radu data je karakterizacija dinamike 3D video signala korišćenjem fraktalnih parametara: Hurstovog indeksa i generalizovanih dimenzija. Ispitivani su multiview (MV) format, frejm sekvencijalni (Frame Sequential, FS) format i Side-By-Side (SBS) reprezentacioni format, koristeći javno dostupne video trejsove 3D videa u visokoj rezoluciji. Dodatno, urađena je i fraktalna karakterizacija 3D video signala u slučaju emitovanja sa agregacijom frejmova. Dobijni rezultati pokazuju veoma veliku varijabilnost ovih signala i zavisnost na dugom opsegu vrednosti i indikuju odgovarajuće vrednosti za fraktalne modele saobraćaja ove vrste video signala.*

Ključne reči: *3D video, eksplozivnost saobraćaja, Hurstov indeks, generalizovane dimenzije*

1. Uvod

Da bi se omogućio efikasan prelaz sa aplikacija 3D videa za više korisnika (bioskop), na aplikacije u kućnom okruženju i za mobilne korisnike, potrebno je izvršiti potrebna prilagođenja videa sistemima za prenos. Među najvažnije faktore koji definišu efikasnost prelaza aplikacija spadaju povećanje efikasnosti kodovanja [1,2], unapređenje opreme za produkciju [3] i efikasnosti prikazivanja 3D video sadržaja [4]. Pored navedenih značajnih istraživanja 3D video formata, jednako važan pravac istraživanja 3D videa, sa ciljem što efikasnijih primena u komunikacionim sistemimama, je prenos 3D videa. Istraživanja prenosa videa obuhvataju ispitivanje statističkih osobina [5], potrebnih protokola [6], kvaliteta servisa [7], kao i modelovanja prenosa [8].

U [9] je pokazano da saobraćaj u komunikacionim mrežama ima samoslično ponašanje i da ima pojave kašenjenja i gubitaka kao posledicu ove osobine. Takođe, u [10] pokazano je da je samoslično ponašanje sa zavisnošću na dugom rasponu (*Long-Range Dependent*, LRD) razlog pojave eksplozivnosti (*burstiness*) u video saobraćaju.

U ovom preglednom radu analizirane su fraktalne karakteristike 3D video reprezentacionih formata, korišćenjem javno dostupnih, dugih video trejsova sa podacima o frejmovima [5,11]. Određene su i prezentovane vrednosti generalizovanih dimenzija ovih video formata, korišćenjem particionih funkcija. Za analizu fraktalne samosličnosti 3D video formata korišćene su grafička i rigoroznije statističke metode. Pokazana je

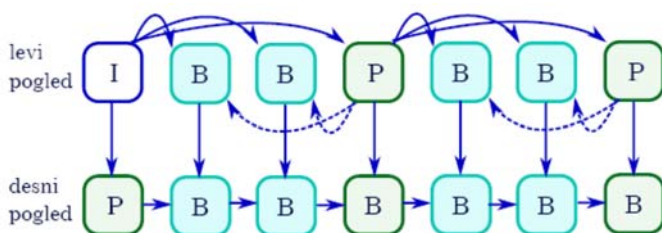
fraktalna samoslična priroda 3D video formata korišćenjem *Hurst*-ovog parametra. Dobijene vrednosti pokazuju da 3D video sekvence imaju izraženo LRD ponašanje prilikom prenosa. Pored ispitivanja 3D video formata istraživanje je obuhvatilo i određivanje karakteristika za 3D video sa različitim *streaming* metodama.

2. 3D video formati

3D video formati mogu se klasifikovati na osnovu broja video sekvenci na video formate sa jednom i na formate sa više video sekvenci. U video formate sa jednom video sekvencom spadaju frejm kompatibilni (*Frame Compatible*, FC) 3D video i frejm sekvencijalni (*Frame Sequential*, FS) 3D video, dok se video format sa dve ili više video sekvenci označavaju kao *multiview* (MV) 3D video format.

FC 3D video formati su formati sa dva pogleda na scenu (stereo video formati) gde su frejmovi iz pojedinačnih pogleda multipleksirani u jedan jedinstveni kodovani frejm, [1,12]. Tipična pakovanja frejmova FC formata su: podela rezolucije na dva dela, *interliving* (naizmenično smenjivanje) frejmova levog i desnog pogleda i pakovanje frejmova po principu šahovske table. Podela rezolucije FC formata na dva dela podrazumeva horizontalnu podelu rezolucije u okviru frejma, što se označava kao *Side-by-Side* (SBS) format, i vertikalnu podelu rezolucije karakterističnu za *Top-Bottom* (TB) format. Pakovanja levog i desnog pogleda u jedinstveni frejm moguće je se *interlivingom* po kolonama, redovima ili naizmeničnim smenjivanjem levog i desnog pogleda po kolonama i redovima. FC formati mogu da, bez izmena, funkcionišu u postojećoj infrastrukturi i sa već postojećim video dekoderima. Da bi se ova vrsta formata dalje unapredila, H.264/AVC (*Advanced Video Coding*) standard uveo je dodatne informacije za poboljšanje (*Supplemental Enhancement Information*, SEI). FS video formati nastaju kodovanjem pojedinačnih pogleda 3D videa po principu koji se koristi za kodovanje klasičnog videa sa jednom video sekvencom u punoj rezoluciji. Ovako dobijeni frejmovi se međusobno učešljavaju formirajući jednu video sekvencu, [1,12]. Prostorna rezolucija FS formata je jednaka prostornoj rezoluciji formata u osnovi. Za kodovanje ispitivanih SBS FC i FS video sekvenci korišćen je H.264 referentni softver JSVM (*Joint Scalable Video Model*) verzija 9.19.10 u modu kodovanja sa jednim slojem, [13].

Video koji sadrži dva ili više pogleda na istu scenu, gde je svaki pogled jedna video sekvenca sa frejmovima u punoj visokoj rezoluciji (*High Definition*, HD), označava se kao MV 3D video, [1,2,12]. Radi smanjenja količine podataka MV 3D videa, prilikom kodovanja pored vremenske i prostorne redundantnosti unutar jednog pogleda na scenu, iskorišćena je i *interview* redundantnost koja u velikoj meri postoji između pogleda. Koncept sa *interview* predikcijom uključen je u H.264/AVC standard kao amandman i označen sa MV video kodovanje (*Multiview Video Coding*, MVC), [1]. U okviru ovog kodovanja, za referentne frejmove koriste se intrakodovani (I) frejmovi, prediktivni (P) frejmovi i bidirekcionni (B) frejmovi, u skladu sa principom ilustrovanim na Slici 1. Dizajn MVC podrazumeva obavezno postojanje osnovnog pogleda, koji se može jednostavno izdvojiti i dekodovati i u sistemu sa 2D videom, [2,14]. Kodovanje korišćenih MV 3D video sekvenci je izvršeno korišćenjem referentnog softvera JMVC (*Joint Multiview Video Coding*) verzija 8.3.1, [15].



Slika 1. Ilustracija interview predikcije MV 3D video formata, (Slika nacrtana po uzoru na sliku u [1])

U ovom radu za fraktalnu karakterizaciju saobraćaja 3D videa ispitivani su SBS FC, FS i MV formati korišćenjem dugih, javno dostupnih, video trejsova, [11]. Ispitivani 3D video je imao dva pogleda ($V = 2$), levi pogled (*Left View*, LV) i desni pogled (*Right View*, RV), gde svaki pogled ima 51200 frejmova u punoj HD rezoluciji (1920×1080) i brzinu frejmova 24 *frames/s*. Za evaluaciju performansi 3D videa korišćen je *Tim Burton*-ov film *Alisa u zemlji čuda*, koji je kombinacija realnog i računarski generisanog filma. Ispitivane su video sekvence sa vrednostima kvantizacionih parametara $q_p(I, P, B)$: (24,24,24), (28,28,28) i (34,34,34). Glavna analiza je urađena za kvantizacione parametre $q_p(I, P, B) = (28,28,28)$. Dužina grupe slika (*Group of Picture*, GoP) za MV i SBS format je 16 frejmova, dok je za FS format 32 frejma, što omogućava jednako vreme prikazivanja između susednih I frejmova za svaki od formata. Šema grupe slika je B1, što znači da se jedan B frejm nalazi između uzastopnih I i P frejmova.

Istraživanje je obuhvatilo i određivanje karakteristika za 3D video sa različitim *streaming* metodama. Frejmovi mogu biti prenošeni u originalnoj formi jedan-po-jedan frejm, ili pogled-po-pogled za MV video. Drugi *streaming* metod podrazumeva da se vrši spajanje pogleda, sekvencijalno (*sequential*, S) ili sa agregacijom (kombinovanjem, *combining*, C). U slučaju sekvencijalnog spajanja, frejmovi iz pojedinačnih pogleda se koriste da bi se kreirala jedna sekvenca sa sledećim redosledom frejmova: frejm 1 iz pogleda 1, frejm 1 iz pogleda 2, ..., frejm 1 iz pogleda V , frejm 2 iz pogleda 1, frejm 2 iz pogleda 2, ... U slučaju spajanja sa agregacijom formiraju se MV frejmovi, gde jedan MV frejm predstavlja sumu svih frejmova sa istim rednim brojem iz različitih pogleda. Ovaj princip je primenjen na nivou agregacije sa dva frejma i na nivou agregacije sa dužinom grupe slika.

3. Fraktalna analiza 3D video formata

3.1. Osnove kompleksnih sistema

Kompleksni sistemi predstavljaju strukture koje se sastoje od relativno jednostavnih komponenti, čije međusobno delovanje jednih na druge dovodi do kreiranja složene strukture. Komunikacija komponenti je ograničena na određeni broj suseda u skladu sa pravilima funkcionisanja određenog sistema. Ova nova kolektivna celina, kompleksni sistem, kreira svoje oblike, koristi informacije, a ponekad i razvija se i uči, [16,17]. Teorija dinamičkih sistema bavi se opisom i predikcijom promena u kompleksnim sistemima. Zavisno od početnih uslova u sistemu, moguće je da dođe do

pojave haotičnog ponašanja, gde najmanja promena u početnim uslovima može da dovode do ogromnih promena pri dugoročnoj predikciji, [16,18].

Fraktali omogućavaju predstavljanje kompleksnih geometrijskih oblika i imaju finu strukturu na proizvoljno maloj skali. Fraktali obično imaju određeni stepen samosličnosti (*self-similarity*), što znači da deo fraktalnog objekta ima osobine koje podsećaju na objekat u celini. Ova sličnost može biti egzaktna ili statistička, [19, 20]. Kao mera fraktalnih struktura koristi se dimenzija, koja za ove strukture nije ceo broj.

3.2. Generalizovane dimenzije 3D video formata

Prvi korak u određivanju generalizovanih dimenzija je prekrivanje kompleksne strukture (samoslične mere) sa nepreklapajućim boksovima veličine ϵ_k . Korišćene vrednosti za veličine boksova su $\epsilon = [1,2,4,8,16]$. Sada se sprovodi izračunavanje particionih funkcija koje su definisane pomoću izraza:

$$X_q(\epsilon) = \sum \mu(\epsilon)^q \quad (1)$$

gde je q red momenta, $q \in R$, a $\mu(\epsilon)$ ukupna mera u boksovima veličine ϵ . Funkcija $\tau(q)$ se procenjuje na osnovu nagiba na grafiku $\log(X_q(\epsilon))$ u zavisnosti od $\log(\epsilon)$.

Sada se izračunava D_q spektar pomoću izraza

$$D_q = \frac{1}{q-1} \tau(q). \quad (2)$$

Vrednosti D_q su poznate kao generalizovane dimenzije [18,20]. Posebno interesantne su dimenzije za $q=0$, $q=1$ i $q=2$, D_0 , D_1 i D_2 respektivno. Dimenzija D_0 se obično označava kao fraktalna dimenzija, dimenzija D_1 kao informaciona dimenzija, dok se dimenzija D_2 zove korelaciona dimenzija. Dimenzija D_1 se zove informaciona pošto je proporcionalna sa $\mu \log(\mu)$ koje se skalira slično informaciji za raspodelu verovatnoće. Korelaciona dimenzija D_2 definiše verovatnoću da dve slučajno izabrane tačke imaju rastojanje veće od ϵ . Ove generalizovane dimenzije i D_q spektar su određeni za ispitivane 3D video signale pomoću izraza (2).

U Tabeli 1. date su generalizovane dimenzije D_0 , D_1 i D_2 za 3D video reprezentacione formate. Dimenzija D_0 je približno jednaka 1 u svim ispitivanim slučajevima. Ove vrednosti znače da fraktalna dimenzija sa najvećom učestanošću ima približno jednaku vrednost za sve 3D video reprezentacione formate. Ako se redosled 3D video formata uredi na osnovu njihove informacione i korelacione dimenzije, koje su date u Tabeli 2, uočava se veoma slična pravilnost. Najveća vrednost korelacione dimenzije je u slučaju CV video, a zatim slede LV, SBS, FS i RV video. U istraživanju saobraćaja 3D video formata [5], gde su korišćeni isti 3D video sadržaji, redosled video formata po kriterijumu koeficijenta varijacije (*Coefficient of Variation*, CoV) je isti kao u rezultatima za korelacionu dimenziju D_2 .

Tabela 1. Poređenje generalizovanih dimenzija za 3D video reprezentacione formate primenom metode momenta

3D video	D_0	D_1	D_2
LV	1.0000	0.9013	0.8195
RV	1.0000	0.9799	0.9585
CV	1.0000	0.8990	0.7893
SBS	1.0000	0.9016	0.8231
FS	1.0000	0.9456	0.8736
CV-C 2	1.0000	0.9375	0.8831
CV-C 16	1.0006	0.9800	0.9593
FS-C 2	1.0000	0.9735	0.9406
FS-C 16	1.0005	0.9857	0.9672

Agregacija video sadržaja na nivou 2 frejma vodi do nižih vrednosti za CoV i bližih karakteristika po pitanju varijabilnosti za CV i FS formate (CV CoV opada sa 1.3334 na 1.0731, a za FS sa 1.0338 na 0.8108), što je u skladu sa većim i bližim vrednostima korelacionih dimenzija za ove formate. Vrednosti za CoV za agregaciju videa na nivou GoP za CV i FS formate za film *Alice in Wonderland* nisu dati u [5], ali ponavljanjem i proširenjem njihovog istraživanja određeno je da CoV za CV-C 16 ima vrednost 0.7416, a za FS-C 16 0.6507, što znači da su CV i FS video formati u smislu koeficijenta varijacije još bliži po varijabilnosti. Ista regularnost je uočena za vrednosti korelacionih dimenzija D_2 , datih u Tabeli 2, gde vrednosti dimenzija postaju veće i bliže. Na osnovu vrednosti za CoV i D_2 , FS 3D format ima za nijansu ravniji (*smoother*) saobraćaj nego CV 3D format, čak i za slučajeve sa agregacijom frejmova.

3.3. Analiza samosličnosti 3D video formata

Proces čije su vrednosti realne $X(t)$ je samosličan sa parametrom H ako su za svaki pozitivni faktor c raspodele konačnih dimenzija $X(ct)$ jednake po raspodeli $c^H X(t)$, [9,19]. Tako, tipične samoslične serije ili samoslični procesi kvalitativno izgledaju isto bez obzira na vremensku skalu na kojoj se posmatraju. Ovo ne znači da se ista slika ponavlja na identičan način, već je to generalni utisak da proces ostaje isti.

Jedna od prednosti samosličnog modela je što se stepen samosličnosti izražava pomoću samo jednog broja, parametra H . Ovaj parametar se ponekad označava kao *Hurst*-ov eksponent, po hidrologu čije je ime *Herold Hurst*, koji je istraživao skaliranje fluktuacija reka i dizajn rezervoara, [21]. Pomoću parametra H moguće je opisati dinamiku promena u nizu i tendencije rasta ili opadanja, [22]. Vrednosti *Hurst*-ovog parametra mogu se podeliti u tri kategorije:

- opseg $0 < H < 1/2$ koji karakteriše procese koji imaju zavisnost na kratkom opsegu (*Short-Range Dependent*, SRD);
- $H = 1/2$ za procese sa slučajnim promenama (*random walk*);
- opseg $1/2 < H < 1$ koji karakteriše procese koji imaju zavisnost na dugom opsegu (*Long-Range Dependent*, LRD).

U ovom istraživanju korišćene su tri metode za ispitivanje samosličnosti 3D videa. Algoritmi korišćenih metoda biće objašnjeni u nastavku teksta, dok se dodatna objašnjenja i metode ispitivanja samosličnosti mogu naći u [9,23]. U ovom radu korišćene su: metoda agregacije varijanse (*aggregated variance method*), R/S statistička metoda (*R/S statistic method*) i metoda više skala (*multiscale method*). Korišćeni algoritmi su sa uspehom testirani na generisanom procesu sa fraktalnim Gausovim šumom, sa predefinisanim vrednošću *Hurst*-ovog parametra.

Metoda agregacije varijanse se sastoji od sledećih koraka. Ako je sa N obeležen broj frejmova u trejsu, X_n , $n=1, \dots, N$, veličina pojedinačnih frejmova, \bar{X} srednja vrednost frejmova, i S_X^2 varijansa veličine trejsova, agregacioni trejsovi veličine frejmova, čiji je nivo agregacije dat sa a , su definisani kao:

$$X_n^{(a)} = \frac{1}{a} \sum_{j=(n-1)a+1}^{na} X_j, n=1, 2, \dots, N/a. \quad (3)$$

Varijansa trejsa sa agregacijom je sada

$$S_X^{2(a)} = \frac{1}{N/a} \sum_{n=1}^{N/a} (X_n^{(a)} - \bar{X})^2 \quad (4)$$

Ovaj proces se ponavlja za različite vrednosti nivoa agregacije a . U ovom istraživanju za nivo agregacije korišćene su vrednosti koje predstavljaju umnožak dužine jedne grupe slika videa da bi se izbegla *intra* GoP korelacija. Vrednosti nivoa agregacije i vrednosti za varijansu trejsa sa agregacijom frejmova se prikazuju na log-log grafiku. Dobijene tačke iscrtavaju pravu liniju čiji je nagib jednak $\beta = 2H - 2$.

Drugi metod za određivanje *Hurst*-ovog parametra, koji je korišćen u ovom istraživanju, je R/S statistički metod. Podaci o veličinama frejmova su podeljeni na K nepreklapajućih blokova. Zatim su određeni reskalirani podešeni opsezi $R(t_i, d)/S(t_i, d)$ za više vrednosti parametra d , gde su $t_i = N/K(i-1)+1$ početne tačke blokova koje ispunjavaju uslov $(t_i - 1) + d \leq N$,

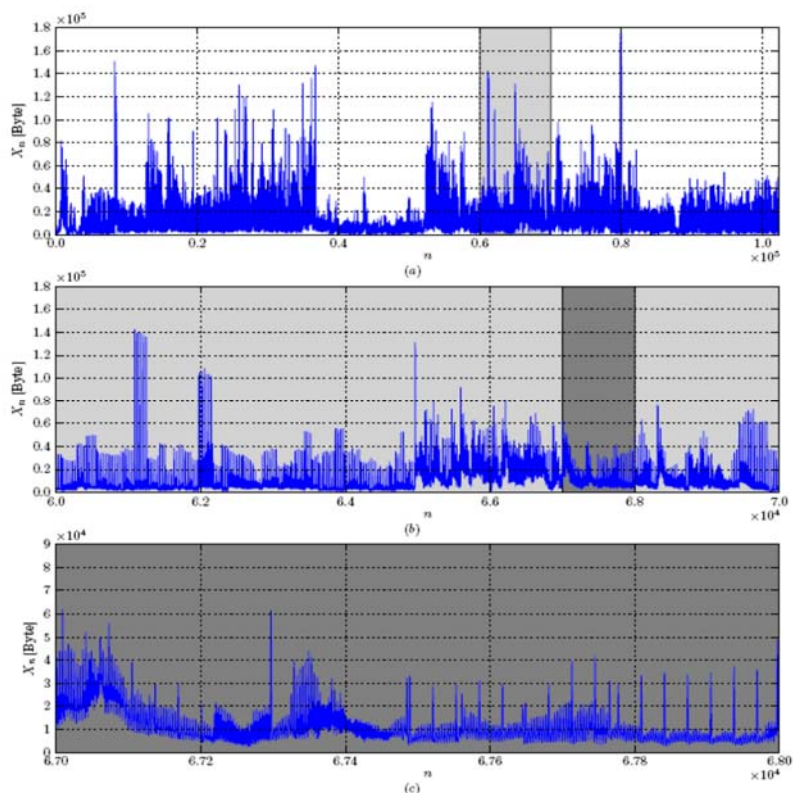
$$R(t_i, d) = \max\{0, W(t_i, 1), \dots, W(t_i, d)\} - \min\{0, W(t_i, 1), \dots, W(t_i, d)\} \quad (5)$$

gde je,

$$W(t_i, k) = \sum_{j=1}^k X_{t_i+j-1} - k \left(\frac{1}{d} \sum_{j=1}^d X_{t_i+j-1} \right), k=1, \dots, d \quad (6)$$

i $S^2(t_i, d)$ varijansa podataka $X_{t_i}, \dots, X_{t_i+d-1}$. Za svaku vrednost parametra d određene su R/S vrednosti. Ovaj broj opada sa porastom vrednosti parametra d što je posledica ograničenja koja postoje za t_i vrednosti. Crtanjem grafika vrednosti $\log(R(t_i, d)/S(t_i, d))$ u zavisnosti od $\log d$ dobija se takozvani R/S dijagram. Nagib regresione prave R/S vrednosti daje procenu *Hurst*-ovog parametra.

Metod više skala koristi funkcije koje se koriste prilikom određivanja generalizovanih dimenzija, $X_q(\epsilon)$ i $\tau(q)$. Postupak izračunavanja ovih funkcija je opisan u sekciji posvećenoj generalizovanim dimenzijama. Aproksimativna vrednost *Hurst*-ovog parametra se određuje pomoću izraza $H = (\tau(2)+1)/2$.



Slika 2. Veličina frejmova u zavisnosti od rednog broja u sekvenci za MV 3D videa: (a) ceo video trejs veličina frejmova, (b) uvećana sekcija dela trejsa obeležena pod (a) i (c) dalje uvećana sekcija dela trejsa obeležena pod (b).

Trejsovi veličine frejmova MV 3D videa su grafički prikazani na Slici 2 (a), kao relacija veličine frejmova i njihovog rednog broja u sekvenci. Video trejs je prikazan i za dva manja opsega za redne brojeve frejmova na Slici 2 (b) i Slici 2 (c). Izabrani opsezi su obeleženi na Slici 2. Kvalitativno, samosličnost MV 3D videa se uočava na Slici 2.

Ovaj test za samosličnost je samo grafički, pa su za prikazivanje samoslične prirode 3D video formata potrebne rigoroznije statističke metode. Kompletni rezultati procene *Hurst*-ovog indeksa za 3D video formate dati su u Tabeli 2. Na osnovu rezultata zaključuje se da *Hurst*-ov indeks za 3D video formate ima velike vrednosti, u opsegu $0.88 < H < 1.00$, indikujući visok nivo zavisnosti na dugom opsegu za 3D video sadržaje, a time i veliku eksplozivnost saobraćaja. Dalje, na osnovu rezultata u Tabeli 2. vidi se da povećanje vrednosti kvantizacionih parametara u većini slučajeva vodi do smanjenja *Hurst*-ovog parametra.

Prethodni rezultati važe za video sadržaje kada su frejmovi emitovani jedan-po-jedan. U Tabeli 3. dati su rezultati za analizu samoslične prirode za *streaming* 3D videa gde je izvršena agregacija frejmova u parovima (označeno sa C-2) ili agregacija na nivou grupe slike (označeno sa C-16). Rezultati pokazuju samoslično LRD ponašanje 3D video sadržaja sa agregacijom, ali sa generalno manjim vrednostima *Hurst*-ovog parametra.

SBS format ima najmanji nivo korelisane varijanse u sekvenci, dok MV 3D video format i FS format imaju veće, međusobno bliske, vrednosti.

Tabela 2. Vrednosti Hurst-ovog indeksa za 3D video reprezentacione formate

video	$H_{aggregated-variance}$			$H_{R/S}$			$H_{multiscale-method}$		
	$q_p = 24$	$q_p = 28$	$q_p = 34$	$q_p = 24$	$q_p = 28$	$q_p = 34$	$q_p = 24$	$q_p = 28$	$q_p = 34$
LV	0.901	0.900	0.903	0.978	0.963	0.951	0.955	0.928	0.992
RV	0.885	0.884	0.889	0.982	0.977	0.977	1.004	1.003	1.004
CV	0.916	0.916	0.919	0.929	0.974	0.969	0.931	0.912	0.908
SBS	0.904	0.903	0.905	0.970	0.960	0.954	0.944	0.930	0.926
FS	0.919	0.921	0.926	0.991	0.988	0.981	0.968	0.957	0.956

Tabela 3. Poređenje vrednosti Hurst-ovog indeksa za 3D video reprezentacione formate sa agregacijom para frejmova (C 2) i GoP agregacijom (C 16)

3D video	$H_{aggregated-variance}$	$H_{R/S}$	$H_{multiscale-method}$
CV-C 2	0.8995	0.9811	0.9624
CV-C 16	0.7899	0.8681	1.0030
SBS-C 2	0.8757	0.9504	0.9819
SBS-C 16	0.5820	0.8676	1.0006
FS-C 2	0.9050	0.9860	0.9929
FS-C 16	0.8028	0.8567	1.0072

4. Zaključak

Statistička analiza saobraćaja 3D video sadržaja i analiza kvaliteta daju osnovne podatke o ponašanju 3D video materijala prilikom prenosa, ali su zbog velike promenljivosti sadržaja i pojave eksplozivnosti potrebne i kompleksnije fraktalne analize. U ovom radu napravljen je suštinski pregled 3D video reprezentacionih i kompresionih formata po fraktalnim osobinama, [24,25]. Sprovedena je karakterizacija fraktalnih osobina različitih 3D video formata i njihovo poređenje, pomoću generalizovanih dimenzija, [25], koja je pokazala da MV video ima najizraženiju fraktalnu strukturu, dok je najmanje izražena fraktalna priroda prisutna kod FS videa. Urađena je karakterizacija fraktalnih samosličnih osobina 3D videa, realizovana pomoću vizuelne metode i detaljnog proračuna pomoću rigoroznih statističkih metoda: metode agregacije varijanse, R/S statističke metode i metode više skala, koje su pokazala visoke vrednosti Hurst-ovog parametra od oko 0.95 indikujući visok nivo eksplozivnosti i LRD karakteristike, [24].

Postupci izračunavanja generalizovanih dimenzija i metode određivanja samosličnih fraktalnih parametara realizovani su korišćenjem kodova napisanih u programima *Matlab* i *Python*.

Vrednosti fraktalnih parametara 3D video reprezentacionih formata čiji je pregled dat u ovom radu, bi mogle da se koriste za modelovanje saobraćaja 3D videa u komunikacionim sistemima, [20,24,25], uzevši u obzir njegovu samosličnu prirodu [9,26]. Prednost ovakve vrste modelovanja je mali broj parametara koji su potrebni za generisanje modela. Ovi modeli bi dalje mogli da posluže za efikasniji proračun ponašanja videa u komunikacionoj mreži, jednostavnije kreiranje heterogenog video saobraćaja i kreiranje sintetičkih video trejsova za ispitivanje transporta videa, [27].

Literatura

- [1] A. Vetro, T. Wiegand, and G. J. Sullivan, "Overview of the stereo and multiview video coding extensions of the H.264/MPEG-4 AVC standard," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 4, pp. 626–642, 2011.
- [2] K. Müller, P. Merkle, G. Tech, and T. Wiegand, "3D video formats and coding methods," in *Proceedings of the 17th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP): 26–29 September 2010; Hong Kong*, pp. 2389–2392, 2010.
- [3] E. Stoykova, A. Alatan, P. Benzie, N. Grammalidis, S. Malassiotis, J. Ostermann, S. Piekh, V. Sainov, C. Theobalt, T. Thevar, and X. Zabulis, "3D time-varying scene capture technologies - a survey," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 17, no. 11, pp. 1568–1586, 2007.
- [4] P. Benzie, J. Watson, P. Surman, I. Rakkolainen, K. Hopf, H. Urey, V. Sainov, and C. von Kopylow, "A survey of 3DTV displays: Techniques and technologies," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 17, no. 11, pp. 1647–1658, 2007.
- [5] A. Pulipaka, P. Seeling, M. Reisslein, and L. Karam, "Traffic and statistical multiplexing characterization of 3D video representation formats," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 59, no. 2, pp. 382–389, 2013.
- [6] H. Mohib, M. R. Swash, and A. H. Sadka, "Multi-view video delivery over wireless networks using HTTP," in *Proceedings of International Conference on Communications, Signal Processing, and their Applications*, pp. 1–5, 2013.
- [7] H. H. Yen, "Power-aware, bandwidth-aware and video-quality-aware cooperative routing algorithm for 3D video transmission in wireless networks," in *Proceedings of IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PacRim)*, 23–26 Aug. 2011; Victoria, BC, Canada, pp. 470–475, 2011.
- [8] J. Cosmas, J. Loo, A. Aggoun, and E. Tsekleves, "Matlab traffic and network flow model for planning impact of 3D applications on networks," in *Proceedings of IEEE Int. Symp. on Broadband Multimedia Systems and Broadcast.*, China, pp. 1–7, 2010.
- [9] O. Sheluhin, S. Smolskiy, and A. Osin, *Self-Similar Processes in Telecommunications*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [10] I. Reljin, A. Samcovic, and B. Reljin, "H.264/AVC video compressed traces: Multifractal and fractal analysis," *EURASIP Journal on Advances in Signal Proc.* 2006.
- [11] "Video trace library." <http://trace.eas.asu.edu>, Access date: 20 July 2013.
- [12] P. Merkle, K. Müller, and T. Wiegand, "3D video: acquisition, coding, and display," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 56, no. 2, pp. 946–950, 2010.
- [13] "JSVM Reference Software." obtained at cvs-d: pserver: jvtuser@garcon.ient.rwthachen. de: /cvs/jvt checkout jsvm, Access date: 8 Aug. 2014.
- [14] A. Smolic, K. Mueller, P. Merkle, C. Fehn, P. Käuff, P. Eisert, and T. Wiegand, "3D video and free viewpoint video - technologies, applications and MPEG standards," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo: 9–12 July 2006; Toronto, Canada*, pp. 2161–2164, 2006.
- [15] "JMVC Reference Software." obtained at cvs-d: pserver: jvtuser@garcon.ient.rwthachen. de: /cvs/jvt checkout jmvc, Access date: 8 Aug. 2014.

- [16] M. Mitchell, *Complexity: A Guided Tour*, New York, Oxford University Press, 2009.
- [17] D. Kuzmanovic, N. Vasovic, S. Kostic, S. Simic, I. Franovic, I. Grozdanovic, K. Todorovic-Vasovic, and B. R. Plazinic, *Uvod u teoriju haosa*. Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija: Univerzitet u Beogradu – Saobracajni fakultet, 2013.
- [18] S. H. Strogatz, *Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications To Physics, Biology, Chemistry, And Engineering*. Cambridge, Massachusetts: Westview Press, 2001.
- [19] H. Peitgen, H. Jürgens, and D. Saupe, *Chaos and Fractals*. New York, Springer, 1992.
- [20] J. Feder, *Fractals*. New York: Springer Science – Business Media, 1988.
- [21] H. Hurst, “Long-term storage of reservoirs: an experimental study,” *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. 116, no. 1, pp. 770–799, 1951.
- [22] B. Mandelbrot and R. L. Hudson, *The Misbehavior of Markets: A Fractal View of Financial Turbulence*. New York: Basic Books, 2006.
- [23] W. Leland, M. Taqqu, W. Willinger, and D. V. Wilson, “On the self-similar nature of Ethernet traffic (extended version),” *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 2, no. 1, pp. 1–15, 1994.
- [24] A. Zekovic and I. Reljin, “Self-similar nature of 3D video formats,” in *Proceedings of Multiple Access Communications - 7th International Workshop, MACOM 2014*, Halmstad, Sweden, August 27-28, 2014. *Lecture Notes in Computer Science* series (M. Jonsson, A. V. Vinel, B. Bellalta, and E. Belyaev, eds.), vol. 8715, pp. 102–111, Springer, 2014.
- [25] A. Zekovic and I. Reljin, “Multifractal analysis of 3D video representation formats,” *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, vol. 2014, no. 181, pp. 1–14, 2014.
- [26] X. Bai and A. Shami, “Modeling self-similar traffic for network simulation, Technical report, NetRep-2005-01,” 2005.
- [27] P. Seeling and M. Reisslein, “Evaluating multimedia networking mechanisms using video traces,” *IEEE Potentials*, vol. 24, no. 4, pp. 21–25, 2005.

Abstract: *Video signals have very high variability and burstiness, especially in the case of the fixed values of the quantization parameters of the video encoder. In this paper, we have characterized dynamics of 3D video signals by means of fractal parameters: Hurst parameter, and generalized fractal dimensions. We analyzed different 3D video formats, namely the multiview (MV) video, the frame sequential (FS) and the side-by-side (SBS) representation video formats using publicly available long video frame-size traces of 3D video in full high definition. Additionally, fractal characterization of 3D videos with streaming approach with aggregation of frames is showed. Obtained results show very high variability of these signals, long-range dependency (LRD), and indicate the appropriate values for fractal traffic models of these videos.*

Keywords: *3D video, burstiness, Hurst parameter, generalized dimensions, traffic*

FRACTAL CHARACTERIZATION OF 3D VIDEO FORMATS

Amela Zeković, Irini Reljin