

ANALIZA SAOBRAĆAJNIH KARAKTERISTIKA VIDEO SEKVENCI HDTV TIPA

Ivana Kostić

Sadržaj — U ovom radu objašnjene su mogućnosti HDTV prenosa. Rad se zasniva na analizi video sekvenci tipa MPEG-2 i H.264/AVC. Broj bita po frejmu analiziran je na više načina. Pokazano je da komprimovani video kao i nekompresovani imaju multifraktalne osobine, što smo videli proučavanjem različitih tipova frejmova (I, P i B slike).

Ključne reči — HDTV, MPEG-2, H.264/AVC, LRD, Hurstov koeficijent, fraktalna i multifraktalna analiza, kvalitet video sekvenci.

I. UVOD

Multimedijalne aplikacije preuzele su veći deo saobraćaja u mreži i nisu promenile intenzitet i količinu saobraćaja već i njegovu prirodu. One su najzahtevnija vrsta saobraćaja u modernim telekomunikacijama, a osnovni problem je neophodni kapacitet telekomunikacionih resursa. Zato je dosta uloženo u razvijanju tehnika za kompresiju video sadržaja. Razvijeno je mnogo algoritama, koji su implementirani i testirani na postojećoj opremi. Organizacija ITU-T razvila je standarde H.261 i H.263 za prenos videokonferencija i videofonije, a MPEG je razvila standarde MPEG-1, MPEG-2 i MPEG-4. Zajedničkim naporima ove dve organizacije, razvijen je H.264/AVC standard [1].

U nastavku radu će biti ispitivani nedostaci i prednosti korišćenja kompresija koje su uobičajene za HDTV. Koristiće se MPEG-2 i H.264/AVC kompresije. H.264/AVC ima sve veću primenu u prenosu videokonferencijskih sadržaja, u internet televiziji, mobilnoj televiziji, ali i kao osnov nove generacije standarda za prenos digitalnog televizijskog signala. Da bismo opravdali njeno korišćenje, neophodno je uraditi analizu video trejsova.

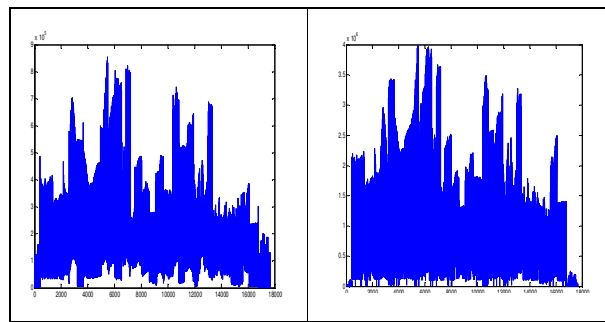
Neophodni video trejsovi preuzeti su sa sajta <http://trace.eas.asu.edu> za filmove Terminator 2 i Sony Demo u gore pomenutim kompresijama. Ispitane su osnovne karakteristike kao što je statistička analiza (maksimalna, minimalna i srednja veličina frejma, varijansa, kovarijansa).

Ispitan je uticaj QP parametra, analiziran je uticaj GOP strukture na kvalitet video signala i urađena je fraktalna i multifraktalna analiza.

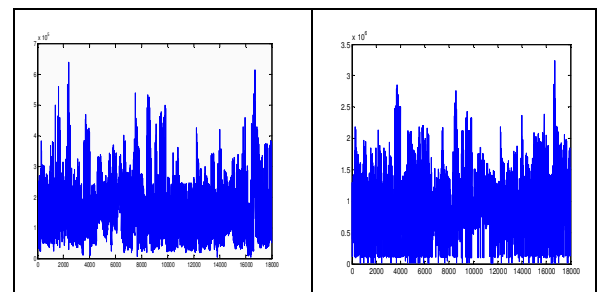
Ivana Kostić, MsC Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, Srbija (e-mail: kostic.ici@gmail.com).

II. OSOBINE VIDEO SEKVENCI

Na graficima je dat izgled ulazne video sekvence (broj bajtova ulaznog frejma u zavisnosti od rednog broja frejma) za filmove Terminator 2 i Sony demo za obe kompresije. Primećujemo iznenadne skokove i promene. Njih ima više kod filma Terminator 2, što nam govori o dinamici ovog filma i da je zahtevniji za prenos.



Slika 1. Video trace Sony Demo sekvenci u MPEG-2 i H.264/AVC

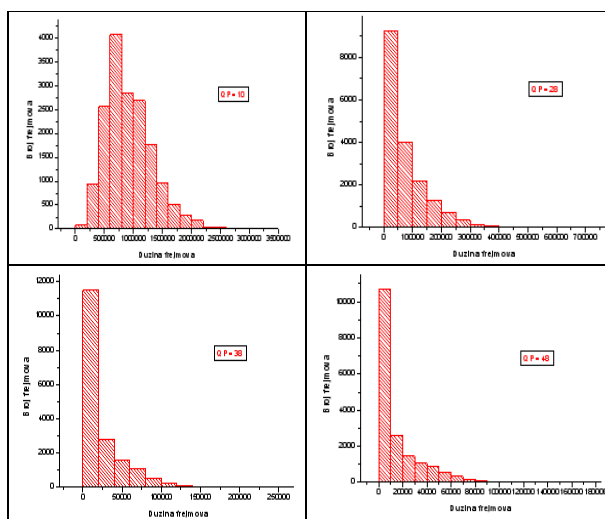


Slika 2. Video trace Terminator 2 sekvenci u MPEG-2 i H.264/AVC

Posmatranjem grafika uočljivo je da filmovi bez obzira na kompresiju zadržavaju slično ponašanje (pikovi se javljaju kod istih frejmova-njih je teže komprimovati; i kao što smo rekli prisutniji su kod filma Terminator 2). Kod oba filma je uočljivije da se kompresijom H.264/AVC prenosi veća količina podataka u odnosu na MPEG-2. Varijabilnost protoka je veća kod MPEG-2 kompresije kod oba filma.

A. Kontrola protoka

Količina video sadržaja koja se prenosi velika je i nakon kompresije, pa i nije baš pogodna za prenos kroz IP



Slika 3. Statistika za film Terminator 2 za QP=10, 28, 38, 48 (H.264/AVC)

mreže, jer izaziva zagušenje i kašnjenje koje može biti primetno kod krajnjeg korisnika. Kašnjenje ne zavisi samo od brzine kojom dolaze sekvence na ulaz, već i od načina na koji su kodovane te sekvence. Tako npr, slike I-tipa, B-tipa ili P-tipa zahtevaju različito vreme za dekodiranje. Kompresije daju varijabilan protok, a kada se takvi podaci prenose kroz mreže sa ograničenim opsegom, potreban nam je algoritam koji će kontrolisati punjenje i pražnjenje bafera kodaera i dekodera [2].

Baferi, na neki način, imaju kontrolu nad varijabilnim protokom, ali ne u potpunosti. Ako se brže pune nego što se prazne dolazi do znatnog gubitka informacija, javljaju se greške prilikom dekodovanja i do uzaludnog trošenja resursa. Neko bi rekao da ako je varijabilnost protoka veća zašto jednostavno ne povećamo kapacitet bafera. Kako je memorija uvek bila problem, radilo se na drugim idejama. Tu na scenu stupa QP parametar. Napomenimo da se u postupku kompresije može ograničiti, pa time i kontrolisati protok komprimovanog videa. Ovo se postiže kontrolisanim smanjenjem, odnosno povećanjem, skala faktora pri kvantizaciji videa.

Tu se javlja još jedna mogućnost. Da li održavati vrednost QP parametra konstantnim ili ne. To nije dobro s obzirom da se veličina frejmova menja, pa i ne možemo da odlučimo koju vrednost za QP da uzmemo. Ako za deo sa malom količinom podataka izaberemo jednu vrednost za QP, a zatim se protok znatno poveća, ta vrednost za QP nam sada nije od pomoći, jer nam je cilj da protok održavamo konstantnim. Zato je bolje primeniti kompleksniji algoritam gde će se vrednost za QP dinamički menjati u zavisnosti od veličine podataka koji se prenose. Na ovaj način postizemo željeni cilj. Protok održavamo konstantnim.

Ovaj parametar je veoma koristan, ali ima i mana. Kada želimo da imamo konstantan protok, izabran QP parametar istovremeno smanjuje kvalitet sekvence. Ako koristimo dinamički promenljiv QP parametar, između uzastopnih vrednosti razlika ne sme da bude veća od 2. U suprotnom bi se kvalitet drastično smanjio (razlika bi bila uočljivija, a to želimo da izbegnemo, jer nam je cilj da krajnji korisnik

bude zadovoljan kvalitetom). Ovaj parametar u nekim slučajevima može da radi i na principu odbacivanja frejmova [3].

U ovom delu posmatraćemo trejsove za film Terminator 2 za kompresiju H.264/AVC sa različitim vrednostima za QP=10, 28, 38 i 48. Sa povećanjem QP parametra, veličina frejmova se smanjuje, a sa njima i kvalitet (potvrda ove tvrdnje može se videti u nastavku rada, kada ispitujemo kvalitet na osnovu PSNR-a). To je cena koju moramo da platimo ako želimo konstantan protok. Sa povećanjem njegove vrednosti, razlike između veličine frejmova su manje. Broj manjih frejmova se povećava, što je očekivani rezultat. U nastavku rada, razmatran je uticaj ovog parametra na PSNR, GOP, fraktalnu i multifraktalnu analizu.

B. GOP i PSNR

GOP (*Group Of Pictures*) je niz I, P i B slika. GOP počinje I slikom, zatim slede P i B slike. U nekim slučajevima GOP struktura može imati i više od jedne I slike. Onda je veličina strima veća. Da bismo sačuvali opseg, najčešće koristimo jednu I sliku. Ukoliko dođe do greške u prenosu kod I slike ona će propagaciono da se prostire dok se ne pojavi sledeća I slika [4]. Prednost GOP strukture je u tome što gubitak I frejma ima samo uticaj unutar ove strukture, jer kad počne sledeća opet prvo dolazi I frejm, tako da se greška ne prostire u širem opsegu [5]. U okviru GOP strukture, ispitati je kvalitet videa (uticaj B slika kao i QP parametra). Pored ranije pomenutih metoda u ovom delu smo ispitivali vrednosti za vršni odnos signal/šum (PSNR- *peak-to-peak signal-to-noise ratio*) kao kriterijum za procenu video kvaliteta (sekvence sa većom vrednosti za PSNR imaju bolji kvalitet). Video signal koji posmatramo, može da se tretira kao zbir originalnog signala i signala greške. Vrednost PSNR-a povezana je sa srednjom kvadratnom greškom (MSE- *mean squared error*) na sledeći način:

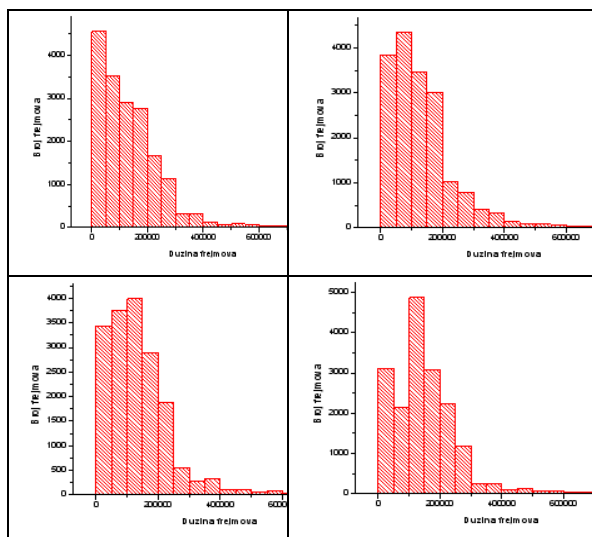
$$MSE = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{x=0}^{N_x-1} \sum_{y=0}^{N_y-1} [F(x, y) - R(x, y)]^2 \quad (1)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (2)$$

Gde N_x , odnosno N_y predstavlja broj piksela u slici, a $F(x,y)$ i $R(x,y)$ su pikseli u originalnoj odnosno komprimovanoj slici. Broj 255 je opseg vrednosti piksela.

Za vrednosti PSNR-a između 0.5-1 dB, kažemo da je slika primetljiva. Prihvatljiv kvalitet ima tek sa 25 dB. U nastavku je urađena statistička analiza GOP strukture, zavisnost PSNR-a od QP parametra, kao i njenu multifraktalnu analizu. Ispitane su sledeće GOP strukture G16-B1, G16-B3, G16-B7 i G16-B15.

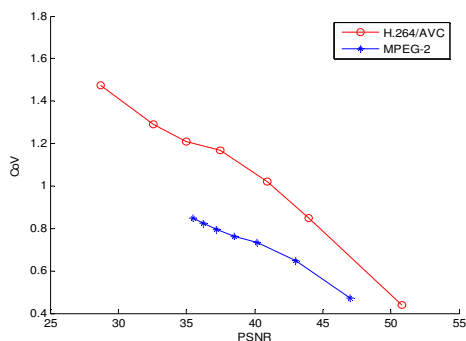
Korišćeni su trejsovi za film Sony Demo u kompresiji H.264/AVC za QP=10. Na narednim slikama prikazani su statistički podaci analiziranih GOP struktura. Pošto u konfiguraciji G16-B15 nema P slika, veličina B frejma je



Slika 4. Histogram GOP strukture (B1, B3, B7, B15)

u proseku veća nego kod ostalih konfiguracija [6]. Vrednost za CoV je najmanja za strukturu G16-B1, i to ukazuje na veću korelisanost frejmova i na bolji kvalitet video sadržaja.

Statističkom analizom ne možemo doći do konkretnih zaključaka. Zato je urađena zavisnost PSNR-a od CoV parametra za različite vrednosti QP za MPEG-2 i H.264/AVC kompresiju.

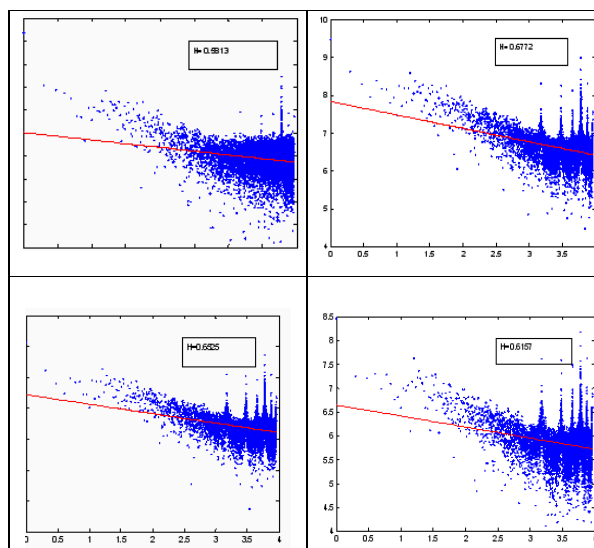


Slika 5. Vrednosti PSNR u odnosu na CoV za različite vrednosti QP parametra za film Terminator 2 sa kompresijama MPEG-2 i H.264/AVC

U slučaju za obe kompresije PSNR opada sa porastom QP-a, a CoV raste. Možemo da zaključimo da postoji direktna povezanost između kvaliteta signala i QP-a. Veći kvalitet postizemo ukoliko koristimo manju vrednost QP parametra i obrnuto, manji kvalitet ukoliko koristimo veću vrednost za QP parametar. Oba parametra ukazuju na kvalitet (PSNR i CoV), ali posmatrajući obe kompresije možemo zaključiti da za istu vrednost kovarijanse, H.264/AVC kompresija ima veću vrednost PSNR-a za skoro 9dB. To ukazuje na bolji kvalitet ove kompresije u odnosu na MPEG-2. Povećanje QP parametra kod MPEG-2 kompresije, za veće vrednosti od 20, nema veliki uticaj na promenu kvaliteta kao što je to slučaj kod H.264/AVC [6]. Sa povećanjem QP parametra, uočljiva je degradacija kvaliteta sa stanovišta oba parametra.

C. Fraktalna i multifraktalna analiza

Ova dva načina analize nam zapravo daju rezultate koje je najlakše tumačiti. Koriste se za opisivanje nepravilnih struktura raznih prirodnih objekata i fenomena. Osnovni analitički parametar za opisivanje ovakvih struktura je samosličnost [7]. Za fraktalnu analizu radili smo autokorelaciju i računali smo Hurst-ov koeficijent (njegove vrednosti se kreću u opsegu od 0 do 1). Izračunavanje je urađeno kodom napisanom u Matlab-u.



Slika 6. Terminator 2, Hurst-ovi koeficijenti za H.264/AVC QP=10, 22,34,42

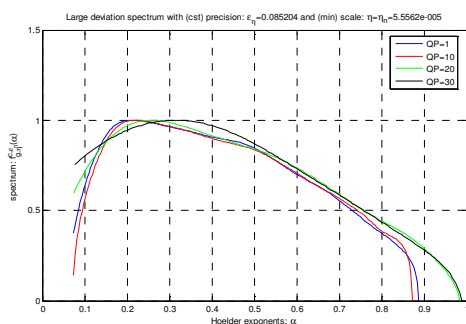
Ispitivanjem sekvenci istog filma sa različitim QP parametrima, ne možemo da donesemo konkretne zaključke. Odnosno, ne možemo da kažemo da sa povećanjem QP parametra Hurst-ov opada ili raste. To je zato što se unutar fraktala mogu uočiti podskupovi koji imaju istu fraktalnu dimenziju, ali ti podskupovi međusobno imaju različite fraktalne dimenzije.

Tabela 1. Hurst-ovi koeficijenti za različite dužine frejmova

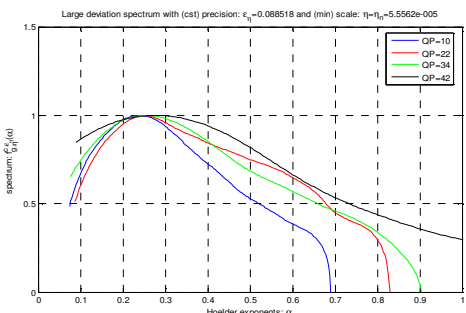
Broj frejmova	QP=10	QP=22	QP=34
500	0,6306	0,5931	0,5731
1000	0,5901	0,6824	0,6482
2000	0,5875	0,7104	0,6999
5000	0,5938	0,7053	0,6844
10000	0,5815	0,6960	0,6658

To možemo dokazati i posmatranjem vrednosti Hurst-ovog koeficijenta za sekvence različitih dužina za različite vrednosti QP parametra.

Zato ćemo uraditi multifraktalnu analizu u okviru alata *Fraclab* u programu Matlab.

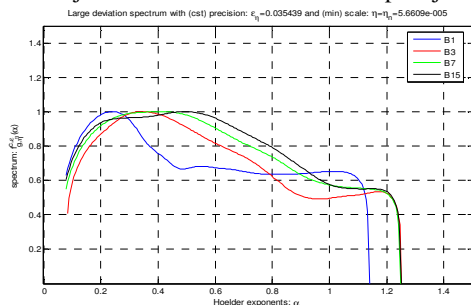


Slika 7. Fraktalni spektri MPEG-2 video sekvenci za film Terminator



Slika 8. Fraktalni spektri H.264/AVC video sekvenci za film Terminator 2

Oblici spektra su (kvazi)paraboličnog oblika. Sa priloženih slika možemo da uočimo da se, sa povećanjem QP parametra, spektar u oba slučaja pomera u desno, a istovremeno postaje širi. Pošto smo rekli da sa povećanjem QP parametra smanjujemo kvalitet video sadržaja, možemo doneti opšti zaključak da sa smanjenjem kvaliteta spektri postaju širi. Istovremeno važi i da se spektri u tom slučaju pomeraju udesno, pa je ovo još jedan parametar na osnovu kog možemo da ocenimo kvalitet [8]. Poređenjem spektara, primećuje se da je spektar kod H.264/AVC kompresije uži u odnosu na MPEG-2 kod oba filma, što govori o boljem kvalitetu H.264/AVC kompresije.



Slika 9. Spektri GOP strukture H.264/AVC video sekvenci

Ranije su ispitivane GOP strukture. Uticaj B slika uočljiv je multifraktalnom analizom, jer relevantne zaključke nismo mogli da dobijemo čak ni ispitivanjem PSNR-a. Na osnovu ranijih tumačenja multifraktalne analize, koju možemo da primenimo i na ovaj spektar, najbolji kvalitet ima G16B1 struktura. Sa prethodne slike

je očigledno da se sa povećanjem B slika smanjuje kvalitet. Odnosno da sa povećanjem B slika spektar postaje širi i da se pomera udesno, što je na osnovu prethodne analize dokaz o uticaju B slika.

III. ZAKLJUČAK

U ovom radu ispitano je nekoliko parametara koji utiču na količinu podataka koji prenosimo, a da pritom ne umanjimo kvalitet aplikacije. Kada kažemo HDTV, misli se na televiziju visokog kvaliteta. Od ove tehnike se mnogo očekuje. Da bi se postigao cilj, koriste se 2 kompresije: MPEG-2 i H.264/AVC. Upoređujući ova dva standarda, uočljivo je da je H.264/AVC je najmanje dvaput efikasniji. Sistem dizajneri (operateri) ga koriste jer se njime postiže bolja rezolucija, ali u slučaju protoka manjeg od 64kbps bolje je koristiti MPEG-2 kompresiju.

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se prof. dr Irini Reljin za uloženi trud pri pregledanju rada i nesebičnu pomoć pri izradi rada.

LITERATURA

- [1] Irini Reljin, Marija Zajeganović-Ivančić, Biljana Krstić, "Analiza komprimovanih animiranih video sekvenci", 11. Telekomunikacioni forum TELFOR 2006, 25.-27. novembar 2003.
- [2] A. Ahmadi, M.M.Azadfar, "Implementation of fast motion estimation algorithms and comparison with full search method in H.264", IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.8 No.3, March 2008
- [3] Zhao Min, Takeshi Ikenaga, Satoshi Goto, "A novel rate control algorithm for H.264/AVC", The 23rd International Technical Conference on Circuits/Systems, 2008
- [4] Chih-Wei Chiou, Chia-Ming Tsai, and Chia-Wen Lin, "Fast mode decisions algorithms for adaptive GOP structure in the scalable extension of H.263/AVC", January 2007
- [5] Dragan Ristić, Ivan Josifović, "Subjektivna procena kvaliteta kodovanog videa", 13. Telekomunikacioni forum TELFOR 2006, 22.-24. novembar 2005.
- [6] Geert Van der Auwera, Prasanth T. David, Martin Reisslein, "Traffic and Quality Characterization of Single-Layer Video Streams Encoded with the H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding Standard and Scalable Video Coding Extension", *IEEE Transactions on Broadcasting*, 54(3):698-718, September 2008.
- [7] Ivan Ivanović, "Karakteristike multimedijalnog saobraćaja", Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, 2007
- [8] I. Reljin, A. Samčović, B. Reljin, "H.264/AVC video compressed traces: Multifractal and fractal analysis", *EURASIP Journal on Applied Signal Processing - Special Issue on Advanced Video Technologies and Applications for H.264/AVC and Beyond*, Vol. 2006, pp. 1-13, June 2006.

ABSTRACT

This work tries to explain new possibilities in HDTV signal transmission. The work also considers the video sequences coded according to the MPEG-2 and H.264/AVC standards. Compressed video, as well as the real video, exhibits the strong additive nature of multifractal (MF) process, produced by different sizes of different types of frames (I, P and B).

TRAFFIC CHARACTERIZATION OF HDTV VIDEO TRACES

Ivana Kostić