

Performanse predikcionih modela sa konstantnom bitskom brzinom kod H.264 kodeka

Zoran Veličković

Visoka tehnička škola strukovnih studija
Niš, Srbija
zoran.velickovic@vtsnis.edu.rs

Milojko Jevtović

Inženjerska akademija Srbije
Beograd, Srbija
vladmijev@ptt.rs

Sadržaj—U ovom radu određene su performanse predikcionih modela koji generišu konstantnu bitsku brzinu videa kodovanog H.264/AVC kodekom. Kodovana je ista video sekvenca sa različitim bitskim brzinama i razmatran je dobijeni kvalitet u funkciji zahtevanog kapaciteta komunikacionog kanala. U multiservisnim mrežama nije uvek moguće ostvariti potreban kapacitet komunikacionog kanala, tako da je neophodno kodovanje videa odgovarajućom bitskom brzinom. Ovo će imati za posledicu varijabilni kvalitet video sadržaja, ali će korisniku pružiti najbolju multimedijalnu uslugu raspoloživu u tom trenutku. Izbor optimalnih kodnih parametara kod H.264 AVC kodeka nije jednostavan zadatak. Optimizacioni algoritmi ugrađeni u ovaj kodek su zasnovani na kompromisu između zahtevanog kvaliteta videa, raspoložive bitske brzine komunikacionog kanala i terminalne opreme klijenta.

Ključne riječi- Bitska brzina, H.264/AVC kodek, Kodovanje, Predikcioni modeli, PSNR.

I. UVOD

Od savremenih komunikacionih mreža se zahteva da opsluže heterogenu korisničku terminalnu opremu različitih proizvođača i tehničkih karakteristika. Internet, kao globalna multiservisna računarska mreža, nije dizajniran da obezbedi multimedijalnim aplikacijama zahtevane performanse [1]. Internet ovim aplikacijama može pružiti samo maksimum kapaciteta komunikacionog kanala koji je u tom trenutku raspoloživ. Međutim, to često nije dovoljno da zadovolji ogromne komunikacione apetite ovih aplikacija. Sa druge strane, značajan porast broja smart telefona i tablet uređaja koji poseduju bežičnu konekciju i dobru multimedijalnu podršku, zahtevaju adaptaciju multimedijalnih sadržaja na karakteristike terminalne opreme korisnika. Ovo je jedan od razloga koji zahteva tranziciju Interneta ka efikasnoj i funkcionalnoj multiservisnoj mreži. Osnovno obeležje ove tranzicije je razvoj novih klasa komunikacionih protokola na svim mrežnim slojevima uz istovremenu optimizaciju dodele mrežnih resursa. Algoritmi dodele mrežnih resursa moraju uvažiti više činjenica od kojih su najvažnije zahtevi aplikacija (korisnika) i tehničke karakteristike mrežne i terminalne opreme. Problemi raspodele mrežnih resursa uglavnom spadaju u klasu „*multi-objective*“ problema [2]. Rešenje ove klase problema nije jednostavan zadatak jer zahteva značajne računarske i memorijske resurse [3]. U pogledu mrežnih

resursa koje angažuje, video je najzahtevniji, te su za njega razvijene nove efikasne optimizacione tehnike [4], [5] i [6].

Mada se problem mrežne optimizacije može rešavati na razne načine, za ovaj rad je značajan razvoj novih kompresionih tehnika specijalizovanih za video sadržaj. Predikcioni model (šema) je proces redukcije redundanse u video sadržaju istraživanjem sličnosti između susjednih frejmova ili susjednih uzoraka u frejmu. Procesom predikcije moguće je odrediti sadržaj tekućeg video frejma ili bloka video podataka, na bazi istraženih sličnosti. Rezultat rada primenjene predikcione šeme je „residualni“ frejm koji se dobija oduzimanjem predikcije od tekućeg frejma. Kompresione metode primenjene na video sadržaj uklanjaju redundansu u videu, tako da se pojedini frejmovi mogu opisati sa znatno manjom količinom podataka od drugih. Ova činjenica može imati negativan efekat na karakteristike primljenog videa, obzirom na dinamičke varijacije raspoloživog propusnog opsega komunikacionog kanala. Izvori varijacije dodeljenog kapaciteta komunikacionog kanala mogu biti mnogobrojni. Od onih koji se odnose na varijacije i karakteristike mrežnog saobraćaja, do onih vezanih za raspoloživi kapacitet bežičnog komunikacionog kanala. Ako je dodeljeni propusni opseg komunikacionog kanala nedovoljan, to će kod multimedijalnih sadržaja rezultirati u nezadovoljenju aplikacijskog QoS-a. Obzirom na varijaciju podataka koji opisuju video sadržaj, kao i varijacije raspoloživosti komunikacionog kanala, protokoli komunikacionih mreža moraju biti u stanju da podrže varijabilnu bitsku brzinu (engl. *Bit Rate*) videa. Takođe, koderi multimedijalnih sadržaja moraju imati sposobnost redukcije podataka kada su mrežni uslovi loši, odnosno, obezbediti optimalnu količinu podataka koji opisuju video kada su mrežni uslovi povoljni. Jasno je da će veći bitski protok obezbediti veći kvalitet videa, ali će se cena platiti u zahtevanom procesorskom vremenu i količini podataka koju treba preneti. Sa druge strane, u slučaju kada se komunikacioni kanal koristi od strane broadcast emitera, fiksira se kapacitet komunikacionog kanala, tako da je za kodovanje videa efikasnije koristiti konstantnu bitsku brzinu.

Kod preuzimanja video sadržaja na Internetu, najčešće se ograničava minimalna i maksimalna bitska brzina. Koderi video signala moraju imati podršku za sve pomenute situacije. Tako, efikasnost (primenljivost) koderu zavisi od njegove sposobnosti da se obezbedi adaptacija maksimalne i

minimalne bitske brzine, željena srednju vrednost bitske brzine ili željeni kvalitet videa.

Struktura rada je sledeća. U sekciji II su date osnovne karakteristike podržanih video formata na Internetu, dok su u sekciji III prikazane osnovne predikcionih modela kao i raspoloživi predikcioni modeli H.264 koda. U sekciji IV su prikazani dobijeni rezultati za predikcioni model sa konstantnom bitskom brzinom kod H.264 kodeka i razmatrane su prednosti i nedostaci ovog modela. Zaključak i perspektive budućih istraživanja su date u sekciji V.

II. KARAKTERISTIKE VIDEO FORMATA

Opšte je poznato da prenos digitalizovanog videa zahteva obezbeđenje velikog mrežnog protoka od strane komunikacionih kanala. Od ukupnog kapaciteta raspoloživog komunikacionog kanala treba rezervisati preko 200 Mb/s za prenos nekompresovanog video sadržaja digitalizovanog u standardnom video formatu (SD). Kod ovog video formata, lumentna komponenta videa se uzorkuje frekvencijom od 13.5 MHz, dok se hromanentna komponenta uzorkuje frekvencijom od 6.75 MHz. Na ovaj način se formira tzv. 4:2:2 format uzorkovanja (engl. *sampling format*) [5]. Najčešće korišćeni video formati (na Internetu) prikazani su Tabeli 1. U poslednjoj koloni ove tabele je prikazan broj bitova po frejmu za odgovarajući format. Lako se može uočiti da čak i najskromniji video format zahteva kompresiju video sadržaja u praktičnoj primeni. Evidentno je da u multiserijsnim mrežama, kakav je Internet, nije moguće rezervisati potreban kapacitet komunikacionog kanala samo za ove potrebe. Ako bi se zahtevani kapacitet komunikacionog kanala i odobrio (dodelio), ostale mrežne aplikacije bi bile gotovo onemogućene.

Na smanjenje količine podataka koji opisuju video sadržaj se može uticati na razne načine. U praksi se često koriste video formati koji podrazumevaju niže frekvencije uzorkovanja, manju aktivnu oblast uzorkovanja ili redukovani format uzorkovanja. Međutim, ni primena ovih ideja ne može rešiti problem potrebnog kapaciteta pogotovo za HD (engl. *High Definition*) formate. Standardne kompresione tehnike bez gubitaka takođe nisu u stanju da reše ovaj problem. Zbog toga su za potrebe kompresije video sadržaja razvijene metode specifične za problem koji se rešava. Dakle, koriste se specijalizovane metode kompresije koje treba da uklone redundansu u video sadržaju. Za ovaj rad su interesantni predikcioni modeli korišćeni u kompresiji video sadržaja raspoloživi u H.264/AVC standardu [4]-[6].

III. PREDIKCIONI MODELI

Već je napomenuto da se pod predikcionim modelom podrazumeva proces istraživanja sličnosti u tekućoj slici ili slikama koje prethode odnosno slede. Predviđajući sadržaj pojedinih delova slike na osnovu uočenih sličnosti, moguće je formirati „residualni“ frejm sa znatno manje podataka. U teoriji su analizirani različiti algoritmi predikcija koji se u kontekstu kompresije video sadržaja H.264 kodekom nazivaju predikcionim modelima (šemama). Uobičajeno je da se

TABELA I. SD I HD FORMATI VIDEO SADRŽAJA ZA 4:2:0 FORMAT UZORKOVANJA

Format	Rezolucija [H×V]	Biti/frejmu
SQCIF	128×96	147456
QCIF	176×144	304128
CIF	352×288	1216512
SD	720×576	4976640
HD 720p	1280×720	11059200
HD 1080p	1920×1080	24883200

pojedini predikcioni modeli mogu selektovati prilikom kodovanja videa H.264 kodekom. Od izabranog predikcionog modela u velikoj meri zavisi kvalitet kodovanog videa i zahtevani bitski protok. Predikcioni modeli (šeme) su možda najznačajniji aspekt H.264 video kodeka koje presudno utiču na njegove kompresione performanse. U poređenju sa drugim kodecima, H.264/AVC ostvaruje viši stepen kompresije za isti kvalitet slike. Njihov značaj leži u činjenici da od efikasnosti predikcionih modela zavisi sa kojom količinom podataka će se opisati neki frejm. Tako, što je ta količina podataka manja, ostvaruju se veće kompresione performanse i obratno.

A. Predikcioni modeli kod H.264 kodeka

H.264/AVC koder podržava široki spektar predikcionih modela. Inter (engl. *Inter*) predikcioni modeli se zasnivaju na korišćenju podataka iz tekućeg frejma, dok se intra (engl. *Intra*) predikcioni modeli zasnivaju na kompenzaciji pokreta iz prethodnog frejma. Izbor različitih veličina predikcionih blokova kao i višestruko korišćenje referentnih frejmova su osnovni izvori dobrih predikcionih karakteristika kod intra predikcionih šema. Ugrađeni digitalni filtri i interpolacione tehnike smanjuju greške u slici koje su posledica kompresije. Izbor najbolje predikcione šeme za svaki blok podataka u videu imaće za posledicu visoko kompresovan video zapis. Veliki broj predikcionih modela koje pruža H.264/AVC kodek ga čine veoma fleksibilnim i upotrebljivim u širokom spektru aplikacija. Međutim, preveliki broj predikcionih modela povećava vreme pretraživanja skupa potencijanih rešenja, tako da ga često čini matematički neefikasnim procesom. U cilju skraćivanja vremena pretraživanja razvijene su metode ranog terminiranja koje daju zadovoljavajuće sub-optimalne rezultate.

Veličina predikcionih blokova kod H.264 standarda je promenljiva i kreće se od 16x16 do 4x4 piksela. U zavisnosti od izvora podataka koji učestvuju u predikciji nekog bloka, frejmovi se mogu podeliti na I, P i B tipove. Tako, kod I predikcionog bloka participiraju podaci samo iz tekućeg frejma kod kojih se istražuje sličnost susednih uzoraka. Predikcija P makrobloka se zasniva na podacima prethodno kodovanog frejma koji se može nalaziti bilo pre ili posle tekuće slike u redosledu prikazivanja. Predikcija P makrobloka se može odrediti iz podataka više različitih frejmova. Predikcija B makrobloka se zasniva na podacima iz jednog ili dva prethodno kodovana frejma. Tako, predikcija B makrobloka se može zasnivati na jednom frejmu iz „prošlosti“ i jednog iz „budućnosti“.

Kod ovog predikcionog modela u H.264 standardu se mogu birati veličine predikcionih blokova za lumentnu komponentu. Standardno se mogu selektovati predikcioni blokovi veličina 16×16, 8×8 ili 4×4 piksela. Za svaki hromanentni blok se formira po jedan predikcioni blok.

Izbor veličine predikcionih blokova je veoma značajan zadatak u algoritmu kodovanja video sadržaja H.264 koderom. Manji predikcioni blokovi daju pouzdaniju predikciju, i samim tim, manje podataka u rezidualnom frejmu. U tom slučaju, samo nekoliko bitova je potrebno za kodiranje kvantizacionih koeficijenata. Međutim, znatno veći broj bitova je potreban za kodovanje predikcionog izbora. Sa druge strane, veći predikcioni blokovi daju manje pouzdanu predikciju, i otuda se generiše veći broj podataka u rezidualnom frejmu. Samo nekoliko bitova je potrebno za kodovanje predikcionog izbora.

Jasno je da je i u ovom slučaju potrebno odrediti optimalne kodne parametre, odnosno, načiniti kompromis između veličine predikcionog bloka i zahtevanog kapaciteta komunikacionog kanala. Najčešći optimizacioni problem je minimizacija potrebnog kapaciteta komunikacionog kanala u funkciji predikcionog intra modela.

Inter predikcioni model podrazumeva predikciju lumentnog i hromanentnog bloka na osnovu prethodno kodovane i poslate slike (referentne slike). Referentne slike se biraju iz skupa prethodno kodovanih slika koje se čuvaju u baferu slika (engl. *Picture Buffer*). Pomeraj između trenutne pozicije i referentne slike je definisan vektorom pokreta MV (engl. *Motion Vector*). Svaki MV se diferencijalno koduje u odnosu na MV susednog bloka.

Predikcioni blok se može formirati na osnovu jednog predikcionog regiona u referentnoj slici za P ili B makroblok, ili na osnovu dva predikciona regiona u referentnim slikama za B makroblok.

Dekodovane slike se smeštaju u bafrer dekodovanih slika DPB (engl. *Decoded Picture Buffer*) i mogu se koristiti u procesu predikcije kao referentne. Uticaj ovog parametra (broja referentnih slika) na kvalitet videa je razmatran u prethodnim radovima [7], ali nije istražen njegov uticaj na zahtevani kapacitet komunikacionog kanala pri ograničenim bitskim brzinama. Ovo će biti predmet detaljnog istraživanja u narednim radovima.

B. Kompariranje performansi i QoS

Iz dosada rečenog se može zaključiti da se H.264 standardom ne definiše način kodovanja video sadržaja, već se samo definiše način dekodovanja. Obzirom na činjenicu da su ovim standardom obuhvaćene klase video sadržaja od onih za kućnu upotrebu do onih za profesionalnu upotrebu, izgradnja generalizovanog dekodera nije racionalna. Ovo podrazumeva nivo hardverske i softverske podrške potrebne za realizaciju pojedinih klasa dekodera. Prilikom realizacije odgovarajućeg koder, često se javlja problem kapaciteta komunikacionog kanala koju terminal ima prema mreži, ili veličina klijentskog displeja. Problem kapaciteta komunikacionog kanala je veoma izražen kod bežičnih komunikacija koje imaju varijabilne karakteristike zbog prirode komunikacionog medijuma. Za primenu u bežičnim mrežama H.264/AVC pruža mogućnost,

najpovoljnijeg algoritma za kodovanje video izvora. U zavisnosti od primene, mogu se izabrati predikcioni modeli koji zadovoljavaju specifične potrebe. Na jednom ekstremu potreba može se naći kodovanje video sadržaja sa visokim kvalitetom videa (što podrazumeva veliki kapacitet komunikacionog kanala), dok se na drugom ekstremu nalazi mogućnost kodovanja koje zahteva mali kapacitet komunikacionog kanala uz nešto slabiji kvalitet video sadržaja.

Performanse kvaliteta video koder se najčešće određuju u „*Rate-Distortion*“ (RD) parametarskom prostoru. RD performanse pokazuju stepen distorzije dekodovanog videa u funkciji generisane bitske brzine. Kao objektivna mera kvaliteta dekodovane video sekvence, u ovom radu se koristi PSNR (engl. *Peak Signal To Noise Ratio*). Uobičajeno je da se izračunava PSNR samo za lumentnu komponentu video sekvence, iako se PSNR može odrediti i za hromanentne komponente video sekvence. Ako se lumentna komponenta originalnog video frejma označi sa $F(x,y)$, a dekodovanog (rekonstruisanog) frejma sa $R(x,y)$, onda se srednja kvadratna greška MSE (engl. *Mean Square Error*) rekonstruisane lumentne komponente jednog frejma izračunava na sledeći način:

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

gde N_x i N_y predstavljaju širinu i visinu frejma u pikselima respektivno, a x i y lokaciju piksela u frejmu. Da bi se prilagodio logaritamskoj karakteristici osetljivosti oka, PSNR se izračunava na osnovu MSE-a prema sledećem izrazu:

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

C. Transformacija i kvantizacija

U procesu kodovanja video sadržaja, blok rezidualnog frejma se transformiše primenom DCT-a (engl. *Discrete Cosine Transform*) u niz transformacionih koeficijenata. U nastavku procesa kodovanja, dobijeni transformacioni koeficijenti se dele celobrojnim kvantizacionim parametrom QP (engl. *Quantization Parameter*), a rezultat se zaokružuje na najbližu celu vrednost. Jasno je da se u procesu kvantizacije redukuje preciznost određivanja transformacionih koeficijenata u funkciji vrednosti kvantizacionog parametra QP. Očekivana posledica kvantizacije je pojava velikog broja kvantizacionih koeficijenata čija je vrednost nula. Tako, sa povećanjem vrednosti kvantizacionog parametra QP pojavljuje se sve veći broj transformacionih koeficijenata čija je vrednost nula. Sa druge strane, smanjivanjem vrednosti kvantizacionog parametra QP, smanjuje se broj transformacionih koeficijenata čija je vrednost nula (ili se može reći da se pojavljuje sve veći broj transformacionih koeficijenata koji su različiti od nule), čime se povećava kvalitet slike, ali se redukuje nivo kompresije video sadržaja. Dakle, izbor optimalnog kvantizacionog parametra QP može biti zadatak optimizacionog algoritma koji je implementiran u koder. U ovom radu je pokazana zavisnost kvaliteta slike u funkciji

kvantizacionog parametra QP. Takođe, razmatran je uticaj vrednosti kvantizacionog parametra na nivo kompresije. Kada se multimedijalni sadržaji prenose komunikacionim kanalima uobičajeno je da se rezultati prikazuju u funkciji kapaciteta zahtevanog komunikacionog kanala.

D. Šema sa varijabilnom bitskom brzinom

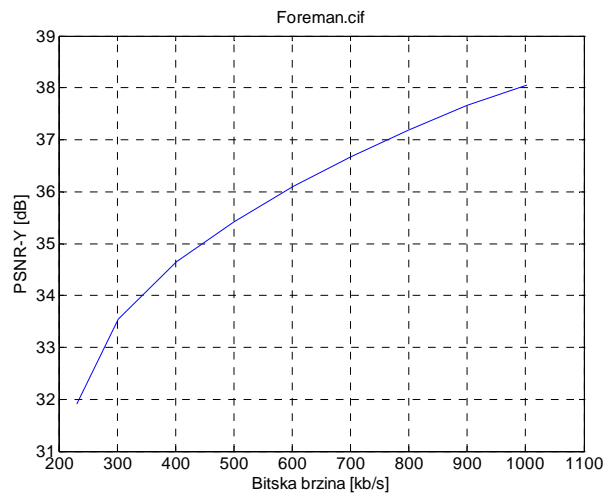
Već je napomeneuto da H.264 kodek raspolaže kodnim alatima koji omogućavaju kodovanje videa sa varijabilnom bitskom brzinom. Veliki broj kodnih parametara može uticati na vrednost bitske brzine. Najznačajniji parametar koji utiče na vrednost bitske brzine je kvantizacioni parametar QP. Na varijaciju bitske brzine takođe utiče i struktura GOP-a (engl. *Group Of Pictures*). Ako se kodovanje video sadržaja obavlja sa konstantnim kvantizacionim parametrom (QP=const), zbog različitog sadržaja frejmova biće generisan video strim sa varijabilnom bitskom brzinom. Kodovanje sa fiksnim kvantizacionim parametrom daje video strim ujednačenog kvaliteta, ali varijabilnost bitske brzine zahteva od komunikacionih protokola da ispune ovaj zahtev. Predikcioni modeli sa varijabilnom bitskom brzinom su značajni u primeni na Internetu uz ograničenja vezana za maksimalnu i minimalnu bitsku brzinu.

E. Šema sa konstantnom bitskom brzinom

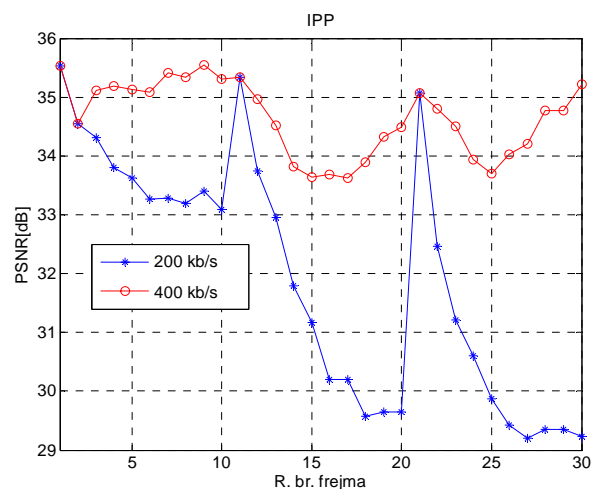
Kodne šeme kod H.264 kodeka koje omogućavaju kodovanje videa sa promenljivim kvantizacionim parametrom QP, imaju za posledicu video strim sa konstantnom bitskom brzinom. Za željenu (zadatu) bitsku brzinu video strima, obavlja se adaptacija kvantizacionih parametara za svaki frejm pojedinačno. Kodovanje videa sa konstantnom bitskom brzinom je značajno kod broadcast emitera koji zakupljuju odgovarajuće bitske protoke komunikacionih kanala. U cilju iskorišćavanja zakupljenog kapaciteta i obezbeđivanja odgovarajućeg QoS-a multimedijalnim aplikacijama, video strim se koduje sa konstantnom bitskom brzinom. Nedostatak ovog kodnog modela je u varijabilnom kvalitetu videa, obzirom na varijaciju kvantizacionih parametara od frejma do frejma. Ovaj nedostatak je posebno izražen prilikom nedostataka potrebnog kapaciteta komunikacionog kanala. Kada je na raspolaganju komunikacioni kanal velikog kapaciteta (što je slučaj prilikom zakupa komunikacionog kanala od strane broadcast emitera), kodni parametar QP je dovoljno mali, tako da se subjektivna varijacija kvaliteta videa ne može primetiti. Međutim, kada je video strimu dodeljen komunikacioni kanal malog kapaciteta (ili varijabilni bežični kanal sa fadingom), varijacije u kvalitetu videa su primetne i nisu zanemarljive. Varijabilnost kvaliteta videa je posledica adaptacije kvantizacionih parametara od frejma do frejma, tako da prilikom kodovanja malim bitskim brzinama ovaj problem dolazi do izražaja. Jedan takav primer je ilustrovan u nastavku rada.

IV. REZULTATI SIMULACIJE

Testiranje performansi predikcionih modela sa konstantnom bitskom brzinom H.264 kodeka je realizovano u okruženju Matlab-a. Za kodovanje i dekodovanje video sekvenci korišćen je JM referentni softver koji predstavlja

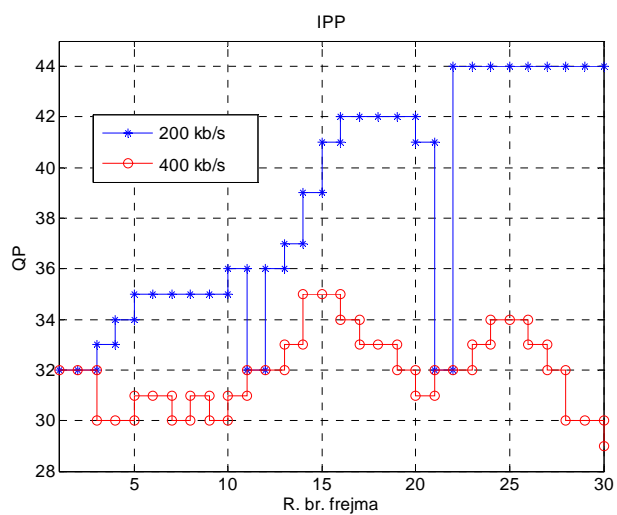


Slika 1. PSNR u funkciji bitske brzine.

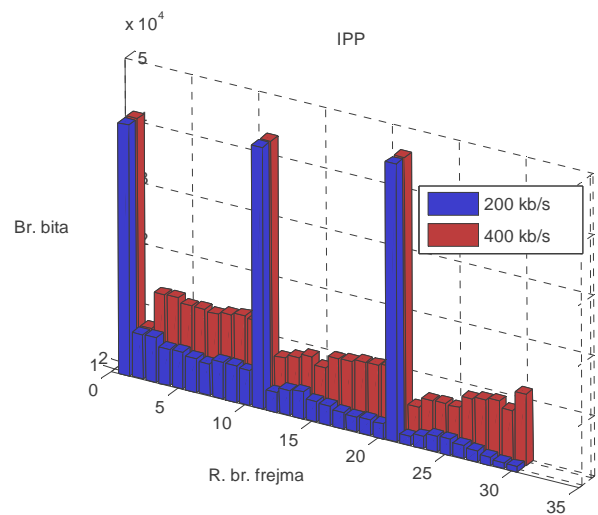


Slika 2. PSNR za svaki pojedinačni frejm videa kodovanog bitskim brzinama od 200 kb/s, odnosno 400 kBit/s.

oficijelnu verziju ITU-a (engl. *International Telecommunication Union*) u verziji 14.2 FRExt [8], [9]. Kodovane su izvorne video sekvence CIF rezolucije nekomprimovanog .YUV formata koje se mogu naći na [10]. MSE i PSNR se računaju upravo u odnosu na ove nekodovane formate. Posle dekodovanja, FRExt obezbeđuje .YUV video sekvence koje odgovaraju rekonstruisanim sekvencama što pojednostavljuje određivanje performansi kodera. Za testiranje prediktivnih karakteristika H.264 kodeka korišćeno je prvih 30 frejmova video sekvence „Foreman“ u CIF rezoluciji i formatu uzorkovanja 4:2:0. Testirana predikciona šema ima 10 frejmova u GOP-u od kojih je prvi frejm I tipa, a ostali su P tipa (oznaka IPP na graficima). U procesu predikcije korišćeno je prethodnih 6 frejmova. Ključni kodni parametri u JM softveru koji određuju pomenutu kodnu šemu su: *IntraPeriod=10*, *NumberReferenceFrames=6*, a *RateControlEnable=1*. Vrednost kodnog parametra QP se u ovom slučaju adaptira prema zahtevanoj bitskoj brzini i maksimalno dostižnom kvalitetu videa. Na slikama 1-4 su prikazani dobijeni simulacioni rezultati. Na slici 1 je prikazan PSNR testiranog videa u funkciji bitske brzine.



Slika 3. Vrednost parametra QP za svaki pojedinačni frejm videa kodovanog bitskim brzinama od 200 kb/s, odnosno 400 kb/s.



Slika 4. Broj bitova neophodnih za kodovanje pojedinog frejma za bitsku brzinu od 200 kbit/s, odnosno 400 kb/s.



Slika 5. Sukcesivni frejmovi videa (r. br. 20 – gore i r. br. 21-dole) kodovani bitskim brzinama 200 kb/s (levo), odnosno 400 kb/s (desno).

Startna vrednost kodnog parametra na početku GOP-a je $QP=32$. Evidentno je da sa povećanjem željenog PSNR-a treba obezbediti sve veći bitski protok. Ovaj zaključak je logičan i u skladu je sa očekivanim. Za bitsku brzinu od 200 kb/s vrednost PSNR-a je 31 dB, dok se za bitsku brzinu od 1000 kb/s može ostvariti vrednost PSNR-a od 38 dB. Prikazani PSNR je zapravo srednja vrednost ostvarenog PSNR-a za testirani video.

Na slici 2 su prikazane vrednosti PSNR-a za svaki frejm videa kodovanog sa 200 kb/s, odnosno 400 kb/s. Lako je uočiti da su varijacije PSNR-a videa kodovanog bitskom brzinom od 200 kb/s znatno veće od onog kodovanog sa 400 kb/s. Ovo će imati za posledicu znatno veću varijaciju kvaliteta reprodukovanog videa kodovanog manjom bitskom brzinom (od 35.5 dB do 29.2 dB). Varijacije u kvalitetu videa su posledice adaptacije parametra kvantizacije QP u funkciji bitske brzine. Vrednost adaptiranog parametra QP za svaki frejm kodovanog videa za 200 kb/s i 400 kb/s je prikazana na slici 3. Preklapanje vrednosti parametra QP se dešava samo na granicama GOP-a jer su ove vrednosti zadate kao startne vrednosti u fazi kodovanja videa (sl. 3). Na manjoj bitskoj brzini (200 kb/s) iz frejma u frejm se povećava vrednost parametra QP (čime se broj bitova po frejmu smanjuje). Ovo ima za posledicu varijabilni kvalitet videa kodovanog ovom bitskom brzinom.

Drastična promena parametra QP će rezultirati u drastičnoj varijaciji kvaliteta reprodukovanog videa (može se primetiti drastična promena PSNR-a na granici GOP-a između 20 i 21 frejma – slika 2 i slika 3 na manjoj bitskoj brzini). Sa druge strane ova promena je zanemarljiva kod videa kodovanog većom bitskom brzinom od 400 kb/s.

Na slici 4 su uporedno predstavljeni brojevi bitova po svakom frejmu neophodnih za kodovanje videa zadatom bitskom brzinama od 200 kb/s, odnosno 400 kb/s. Plavim paralelopipedima je predstavljen broj potrebnih bitova za pojedine frejmove kada je video kodovan bitskom brzinom od 200 kb/s, dok je crvenim paralelopipedima predstavljen broj bitova po svakom frejmu kada je video kodovan bitskom brzinom od 400 kb/s. Evidentno je da je za kodovanje videa bitskom brzinom od 400 kb/s veći broj bitova korišćen za opis frejma, što ima za posledicu i bolji PSNR. Sa ove slike se takođe može uočiti da je na kodovanje I frejma „potrošen“ veliki deo potrebnog kapaciteta komunikacionog kanala. Ova činjenica je još izraženija kod kodovanja videa manjim bitskim brzinama. Jasno je da je bolji kvalitet videa u ovom slučaju ostvaren na račun veće bitske brzine.

Na slici 5 su prikazani upravo frejmovi broj 20 (gore) i 21 (dole) kako bi se uočila pomenuta varijacija kvaliteta u rekonstruisanom videu. Frejmovi su kodovani bitskom brzinom od 200 kb/s (levo), odnosno 400 kb/s (desno). Poredeći kvalitete prikazanih frejmova na slici 5 se može uočiti značajna razlika između susednih frejmova kod videa kodovanog bitskom brzinom od 200 kb/s. Iako je ova pojava uočljiva i kod videa kodovanog sa 400 kb/s, efekat je znatno manji. Na većim bitskim brzinama ovaj efekat je teško i uočiti.

U ovom radu određene su performanse predikcionih modela koji generišu konstantnu bitsku brzinu kodovanog videa. Kodekom H.264/AVC je kodovana ista video sekvenca sa različitim bitskim brzinama. Pokazano je da kodovanje većom bitskom brzinom ostvaruje i veći PSNR, odnosno bolji kvalitet videa. Međutim, u multiservisnim mrežama kakav je Internet, nije uvek moguće ostvariti potreban kapacitet komunikacionog kanala za multimedijalne aplikacije, tako da je jedno od rešenja koje se susreće u praksi kodovanje video sadržaja adekvatnom bitskom brzinom. Ovo će imati za posledicu varijabilni kvalitet video sadržaja, ali će se korisniku pružiti najbolja multimedijalna usluga raspoloživa u tom trenutku. U nastavku istraživanja će biti razmatrani modeli sa varijabilnom bitskom brzinom, kao i različite strukture GOP-a. Izbor optimalnih kodnih parametara kod H.264/AVC kodeka nije jednostavan zadatak obzirom na veličinu parametarskog prostora za pretraživanje. Optimizacioni algoritmi ugrađeni u ovaj kodek su zasnovani na kompromisu između zahtevanog kvaliteta videa, raspoložive bitske brzine komunikacionog kanala i terminalne opreme klijenta.

LITERATURA

- [1] M. van der Schaar, P. Chou, editors, "Multimedia over IP and Wireless Networks: Compression, Networking, and Systems," Academic Press, 2007.
- [2] M. Jevtović, Z. Veličković, "Protokoli prepletenih slojeva", Akademska misao, Beograd, 2013.
- [3] Z. Veličković, M. Jevtović, „Adaptive Cross-layer Optimization Based on Markov Decision Process”, International Journal Elektronika Ir Electrotehnika, pp. 39-42, 2011.
- [4] ITU-T, Recommendation H.264, Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services. Technical report, ITU-T, 2011.
- [5] I. E. Richardson, *The H.264 advanced video compression standard*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Ltd, 2010.
- [6] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjøntegaard, A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 13, no. 7, pp. 560–576, Jul. 2003.
- [7] Z. Veličković, M. Jevtović, "Performanse predikcionih šema H.264/AVC kodeka", Informacione tehnologije, Žabljak, 2013.
- [8] A. M. Tourapis, A. Leontaris, K. Suehring and G. Sullivan, "H.264/MPEG-4AVC Reference Software Manual", Joint Video Team Document JVT-AD010, January 2009.
- [9] JM reference software version 16.0, <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>, July 2009.
- [10] <http://trace.eas.asu.edu/yuv>

ABSTRACT

This paper examines the effect of predictive models that generate constant bit rate encoded with H.264/AVC video codec in detail. The same video sequences were encoded with different bit rates and quality is considered in relation to the required channel capacity.

PERFORMANCE OF PREDICTION MODEL WITH A CONSTANT BIT RATE FOR H.264 CODEC

Zoran Veličković, Miloško Jevtović