

## **PREDLOG ALGORITMA ZA INTRA/INTER PREDIKCIJU KOD H.264/AVC STANDARDA**

Zoran Miličević<sup>1</sup>, Zoran Bojković<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uprava za telekomunikacije i informatiku Generalštaba VS u Beogradu

<sup>2</sup>Saobraćajni fakultet u Beogradu

**Sadržaj:** U radu je dat predlog algoritma za intra/inter predikciju kod H.264/AVC standarda. Sa predloženim algoritmom procesirane su test sekvence u Standardnoj i Visokoj rezoluciji. Rezultati simulacije pokazuju da je računarsko vreme smanjeno u proseku preko 15% zavisno od test sekvence, kroz redukovanje broja modova kandidata kod intra i inter predikcije. Međutim, treba napomenuti da postoje neznatni gubici u vrednostima vršnog odnosa signal/šum, dok vrednosti brzine prenosa variraju.

**Ključne reči:** H.264/AVC, intra predikcija, inter predikcija

### **1. Uvod**

H.264/AVC je video kodni standard koji su zajednički razvili eksperati iz *JVT* (*Joint Video Team*), odnosno *ITU-T VCEG* i *ISO/IEC MPEG* komiteta za standardizaciju [1, 2]. H.264/AVC standard u poređenju sa prethodnim standardima obezbeđuje veću kompresiju, efikasnije kodovanje video sadržaja, kao i niže bitske protoke uz mnogo prihvatljiviji perceptualni kvalitet. Takođe, standard podržava fleksibilnost u kodovanju, kao i organizaciju kodovanih podataka tako da je povećana otpornost na greške i gubitke. Poboľšanje kodnih performansi produkt je uglavnom dela za predikciju. H.264/AVC standard koristi nekoliko efikasnih kodnih metoda da bi ostvario visoki stepen kompresije video sadržaja. Da bi se efikasnije redukovala prostorna i vremenska redundansa kod video sekvenci, u postupku kompenzacije pokreta koriste se blokovi različite veličine, dok se kod intra predikcije pretražuju svi raspoloživi modovi kodovanja da bi se izabrao najbolji. Usled velikog broja kombinacija modova kodovanja, proces donošenja odluke o najboljem modu kodovanja zahteva veoma kompleksno izračunavanje [3, 4, 5].

Pojam Standardna definicija (*Standard Definition, SD*) odnosi se na "nasleđeni" stari način gledanja i memorisanja video sadržaja, kao i sisteme prenosa čiji su predstavnici *NTSC* (*National Television System(s) Committee*), *PAL* (*Phase Alternating Line*) i *SECAM* (*Sequential Color with Memory*) iz vremena kada je kolor televizija postala realnost. Sa uvođenjem digitalnog videa ovi nasleđeni sistemi su predstavljeni pomoću digitalizovane mreže piksela kod video sadržaja. Takođe ovi sistemi su ograničeni sa

brzinom osvežavanja, brzinom frejmova kod *NTSC* i *PAL* (29.97 fps i 25fps respektivno), kao i užom širinom propusnog opsega (sumom informacija u jedinici vremena) od 4-6 MHz i ograničenim brojem dodeljenih linija skeniranja (525 i 625 respektivno) [6].

Visoka definicija (*High Definition, HD*) ima jednostavno značenje "više od standardne definicije". Najveći format u Standardnoj definiciji (*SD*) rezoluciji je *PAL*, sa 576 linija. Tako, da svaki video frejm čija je veličina veća od 576 linija predstavlja vrstu Visoke definicije (*HD*). *HD* video predstavlja format 1920x1080 ili 1280x720, sa *aspect ratio* 16:9. Međutim, postoji mnogo primera gde i druge veličine mogu biti odgovarajuće, kao na primer kada se pušta video sadržaj na računaru. Treba napomenuti da veličine 720 nemaju opcije za analizu sa preredom (*interlaced*), dok veličine 1080 ne podržavaju progresivnu analizu za veće brzine prenosa [7].

Prvo poglavlje je uvodno. U drugom poglavlju opisan je intra/inter metod predikcije i naglašen zanačaj primene *rate-distortion* optimizacije. Posled toga, detaljno je predstavljen predloženi algoritma za intra/inter predikciju. Potom su prikazani i obrazloženi eksperimentalni rezultati. Na kraju su data zaključna razmatranja.

## 2. Intra/inter predikcija i rate-distortion optimizacija

*Rate-Distortion Optimizacija (RDO)* je veoma efikasan alat koji je prihvaćen od strane H.264/AVC kodeka za određivanje moda kodovanja za makroblokove i koji donosi veću efikasnost kodovanja. Međutim, zbog preciznijeg proračuna trenutne distorzije makroblokova i kodovanih bita za svaki mod kodovanja, mod odluke koji se bazira na RDO sadrži veću kompleksnost izračunavanja [8].

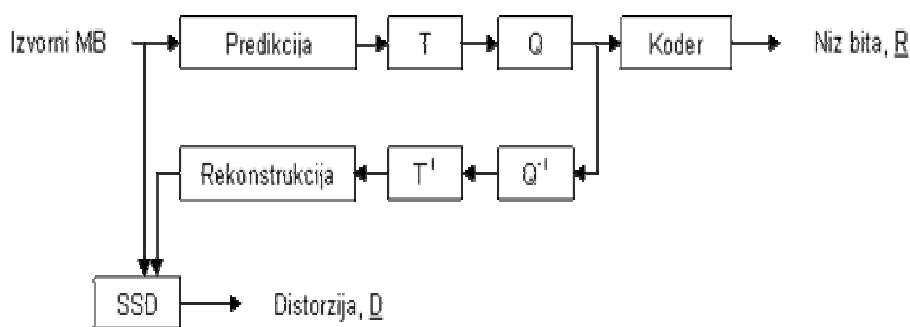
*Rate Distortion Optimizacija* kod video kodovanja, koja koristi tehniku primene Lagranžovog multiplikatora data je u [9]. Ova tehnika odlučuje o *INTRA*, *SKIP*, *INTER 16x16* ili *INTER 8x8* modovima radi efikasnog kodovanja makrobloka (*MB*) kod H.263 kodera. Mada različiti video standardi podržavaju različite opcije kodovanja, tehnika optimizacije sa Lagranžovim multiplikatorom obezbeđuje sistematični način za selekciju optimalnog moda kodovanja [10] sa *R-D*, izraženu pomoću

$$J=D+\lambda R \quad (1)$$

gde  $\lambda$  predstavlja Lagranžov multiplikator,  $D$  je distorzija posle rekonstrukcije i  $R$  je broj kodovanih bita svake kodovane jedinice.

Da bi dostigao dobre *rate-distortion* performanse, proces selekcije moda *Rate Distortion Optimizacije (RDO)* [11] vrednuje distorziju i brzinu svakog moda kandidata pre selektovanja moda za trenutni makroblok. Kod *Joint Model (JM)* referentnog kodera, ovo se izvodi sa kodvanjem makrobloka u svakom od mogućih modova i izborom moda koji minimizira vrednost *rate-distortion* funkcije [12]. Brzina ( $R$ ) i distorzija ( $D$ ) svakog od modova kandidata se izračunavaju sa korišćenjem procesa prikazanog na slici 1 [13]. Izvorni makroblok je kodovan (koristi se intra ili inter predikcija, transformacija unapred, kvantizacija i kodovanje) da bi se dobila sekvenca od  $R$  bita, gde  $R$  predstavlja brzina u vezi sa odgovarajućim modom kandidatom. Koeficijenti kvantizacije su reskalirani, inverzno transformisani i rekonstruisani, dok distorzija,  $D$ , to jest *Sum of Squared Differences (SSD)* je izračunata između izvornih i rekonstruisanih makroblokova. Vrednost *rate-distortion* se izračunava pomoću jednačine (1). Ovo se ponavlja za svaki mod koji je kandidat. Svi modovi kandidati se vrednuju, pa je na izlazu niz bita za najbolji mod, tj. mod koji minimizira  $D+\lambda R$ .

Ovaj proces potpunog vrednovanja svakog moda zahteva značajno izračunavanje. Međutim, pomoću automatske procene izlaznih rezultata procesa, moguće je značajno eliminisati kompleksnost H.264 standarda, dok se održavaju visoke performanse kompresije i dobar video kvalitet [13].



Slika 1. Procesiranje moda kandidata i kod makrobloka  $n$  radi određivanja brzine  $R$  i distorzije  $D$  [13].

H.264/AVC koristi metode za predikciju intra kodovanih makroblokova da bi se redukovala velika količina bita koja je kodovana sa sopstvenim originalnim ulaznim signalom. Za kodovanje bloka ili bloka u intra kodovanom modu, blok predikcije je formiran na osnovu prethodno rekonstruisanih (ali, ne filtriranih za deblocking) blokova[5]. Rezidualni signal između trenutnog bloka i bloka predikcije je potom kodovan. Za lumentne odbirke, blok predikcije se može formirati za svaki 4x4 makroblok, svaki 8x8 blok, ili za 16x16 makroblok. Jedan način je selekcija ukupno 9 modova predikcije za svaki 4x4 i 8x8 lumentni blok, 4 moda za 16x16 lumentni blok i 4 moda za svaki hrominentni blok. Za predikciju svih 16x16 lumentnih komponenti makrobloka raspoloživa su četiri moda. Za mod 0 (vertikalni), mod 1 (horizontalni), mod 2 ( $DC$ ), predikcije su slične kao u slučaju 4x4 lumentnog bloka. Za mod 4 (ravan) linearna ravna funkcija je prikladna za gornje i leve odbirke. Za predikciju svakog 8x8 lumentnog bloka, selektuje se jedan mod od 9 modova, slično kao kod (4x4) intra bloka predikcije.

Svaka hrominentna komponenta makrobloka je prediktovana iz gornjih i/ili levih hrominentnih odbiraka koji su prethodno kodovani ili rekonstruisani. Hrominentna predikcija je definisana za tri moguće veličine bloka, 8x8 hrominentnog u 4:2:0 formatu, 8x16 hrominentnog u 4:2:0 formatu i 16x16 hrominentnog u 4:2:0 formatu. Četiri moda predikcije za sve ove slučajeve su slični kao kod 16x16 lumentnih modova predikcije, osim što je različit raspored brojeva modova: mod 0 ( $DC$ ), mod 1 (horizontalni), mod 2 (vertikalni) i mod 3 (ravni).

Inter predikcija redukuje vremensku korelaciju uz pomoć estimacije i kompenzacije pokreta. Kod H.264 trenutna slika je izdvojena na makroblokove ili manje blokove. Makroblok od 16x16 lumentnih odbiraka se deli na manje blokove veličine do 4x4. Postoje 4 slučaja za 16x16 makroblok mod: 16x16, 16x8, 8x16 ili 8x8, i takođe četiri slučaja 8x8, 8x4, 4x8, 4x4 za 8x8 mod. Blok manje veličine zahteva veći broj bita za signal vektora pokreta i ekstra podatke za tip particije. Međutim, kompenzacijom pokreta rezidualni podaci se mogu redukovati. Mada veličine particije zavisi od ulaznih

video karakteristika. Uopšteno, veća veličina particije odgovara homogenim oblastima frejma, dok manja veličina particije je korisnija za oblasti sa detaljima. Svaka particija i pod-makroblok particija kod inter kodovanog makrobloka je prediktovana iz oblasti iste veličine. Razlika između dve oblasti (vektor pokreta) ima preciznost od  $\frac{1}{4}$  rezolucije odbirka za lumentnu komponentu i  $\frac{1}{8}$  rezolucije odbirka za hrominentne komponente. Proces intra predikcije odabiranja bloka može da obuhvati da se selektovane slike koriste kao referentne slike iz brojnih memorisanih i prethodno dekodovanih slika. Referentne slike za kompenzaciju pokreta se memorišu u baferu za slike. Sa uvažavanjem trenutne slike, slike koje su ispred i posle trenutne slike u redosledu prikazivanja su memorisane u baferu za slike. Postoje „kratkotrajne“ i dugotrajne“ referentne slike. Dugotrajne referentne slike su uvedene da prošire oblast pretrage pokreta sa korišćenjem višestrukih dekodovanih slika, umesto korišćenja samo jedne dekodovane kratkotrajne slike. Upravljanje memorijom brine o formiranju nekih memorisanih slika, kao „ne korišćenih“ i odlučuje koje slike treba da se brišu iz bafera radi efikasnijeg upravljanja memorijom [5].

### 3. Predloženi algoritam za intra/inter predikciju

Intra predikcija koristi prostornu korelaciju između blokova u okviru slike za redukciju prostorne redundanse.

Za intra predikciju predlaže se šema predikcija sa selektivnim intra modom odluke [14]. Ključna stvar kod ove šeme proizlazi iz činjenice da dominantni pravac predikcije kod većeg bloka je sličan kao kod manjeg bloka. Najbolji mod predikcije 4x4 lumentnog bloka unutar 16x16 bloka ima isti smer predikcije kao kod 16x16 lumentnog bloka.

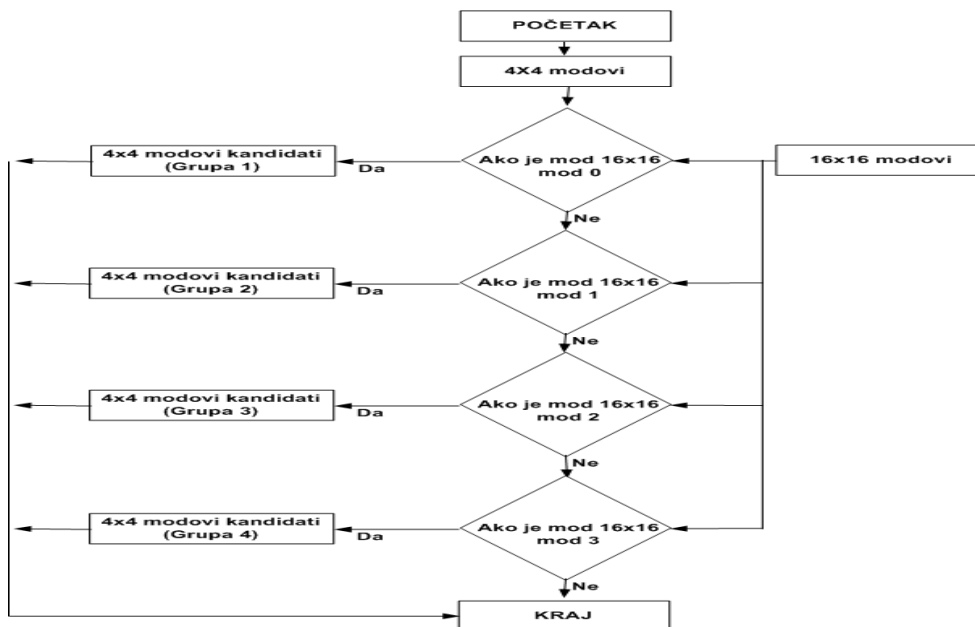
Za efikasniji proces kodovanja, H.264/AVC koduje makroblok tako što ponavlja sve lumentne intra odluke za svaki mogući hrominentni intra mod. U skladu sa tim, broj kombinacija modova za lumentne i hrominentne komponente kod makrobloka je  $C8x(L4x16 + L16)$ , gde C8, L4 i L16 predstavljaju broj modova za hrominentnu predikciju, 4x4 lumentnu predikciju i 16x16 predikciju, respektivno. Ovo sve znači da je za makroblok potrebno da se izvrši  $4x(9x16 + 4) = 592$  različita *RDO* proračuna pre nego što se odredi najbolji *RDO*.

Ukupno 9 modova kod 4x4 bloka formira četiri grupe kandidata u skladu sa informacijama o smerovima kod 16x16 bloka. Prema tome modovi, koji su manje verovatni, se filtriraju pre *RDO* proračuna baziranih na korelaciji smerova između 16x16 i 4x4 lumentnog bloka. Postoje 4 moda predikcije za 16x16 intra predikciju (vertikalni, horizontalni, *DC* i ravni). Mod 0 (vertikalni) i mod 1 (horizontalni) kod 16x16 bloka imaju iste smerove predikcije kao mod 0 (vertikalni) i mod 1 (horizontalni) kod 4x4 bloka. Mod 2 (*DC*) kod 16x16 bloka i mod 2 (*DC*) kod 4x4 bloka nemaju smerove, pa se koristi srednja vrednost susednih blokova. Mod 3 (ravni) kod 16x16 bloka se koristi za linearnu funkciju između susednog levog i gornjeg bloka, tako da je smer predikcije sličan modu 3 (dijagonalno dole-levo) kod 4x4 bloka. Na bazi ovih informacija, formira se 9 modova kod 4x4 intra predikcije kod svake grupe kandidata, prema direktnim informacijama za koje su već izračunati rezultati 16x16 intra moda predikcije, a u skladu sa sledećim pravilima:

- Ako je mod za predikciju kod 16x16 bloka mod 0 (vertikalni), modovi kandidati kod 4x4 bloka su mod 0 (vertikalni) i susedna 2 moda (mod 7, 5);
  - Ako je mod za predikciju kod 16x16 bloka mod 1 (horizontalni), modovi kandidati kod 4x4 bloka su mod 1 (horizontalni) i susedna 2 moda (mod 8, 6);
  - Ako je mod za predikciju kod 16x16 bloka mod 2 (DC), kao modovi kandidati kod 4x4 bloka su izabrani modovi mod 0, 1, 3, 4;
  - Ako je mod za predikciju kod 16x16 bloka mod 3 (ravni), modovi kandidati kod 4x4 bloka su mod 3 (dijagonalno dole-levo), moda 0 i 1;
  - Pošto DC predikcija ima veću verovatnoću da od 9 modova predikcije bude najbolji mod predikcije, svaka grupa kandidata ima mod 2 (DC);
  - Pošto mod bloka *U* (gornji) i mod bloka *L* (levi) ima prostornu korelaciju sa blokom koji se koduje, svaka grupa kandidata ima mod bloka *U* i mod bloka *L*.
- Prema opisanim kriterijumima mogu se odrediti sledeće grupe kandidata (Tabela 1). Na slici 2 prikazan je dijagram algoritama za formiranje 4x4 grupa kandidata od 16x16 modova.

Tabela 1. Broj modova kandidata.

16x16 modovi	4x4 modovi kandidati
mod 0 (vertikalni)	mod 7, 0, 5, 2, mod od U, L
mod 1 (horizontalni)	mod 8, 1, 6, 2, mod od U, L
mod 2 (DC)	mod 0, 1, 3, 4, 2, mod od U, L
mod 3 (ravni)	mod 0, 1, 3, 2, mod od U, L



Slika 2. Dijagram algoritma za formiranje 4x4 grupa kandidata od 16x16 modova.

Šemom predikcije za selektivni intra mod odluke za 8x8 hrominentne modove predložena je intra predikcija da bi se unapredila hrominentna intra predikcija. Iako su lumentni i hrominentni blok iz posebnih lumentnih i hrominentnih signala, oni koduju iste sekcije slike, makrobloka veličine 16x16 piksela i dele ukupanu sumu informacija o smerovima. Za najbolji mod predikcije 16x16 lumentnog bloka, broj hrominentnih modova predikcije se redukuje sa 4 na 2.

U najboljem slučaju sa predloženim algoritmom broj mogućih kombinacija modova za svaki makroblok je samo  $1 \times (4 \times 16 + 4) = 68$ , dok trenutni proračun *RDO* kod H.264/AVC zahteva  $4 \times (9 \times 16 + 4) = 592$ . Broj modova kandidata za mod odluke kod selektivne intra predikcije je prikazan u Tabeli 2.

Tabela 2. Broj modova kandidata za mod odluke selektivne intra predikcije.

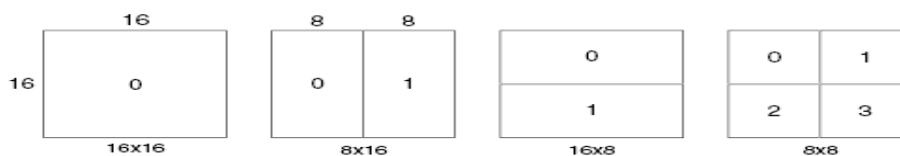
Komponente slike	Veličina bloka	Ukupan broj modova	Broj modova kandidata
Lumentna komponenta (Y)	4x4	9	4 do 7
Lumentna komponenta (Y)	16x16	4	4
Hrominentne komponente (U, V)	8x8	4	1 do 2

Drugi deo predloženog video kodnog algoritma kod H.264/AVC kodera predstavlja metod optimizirane inter predikcije i namenjen je za redukciju kompleksnosti.

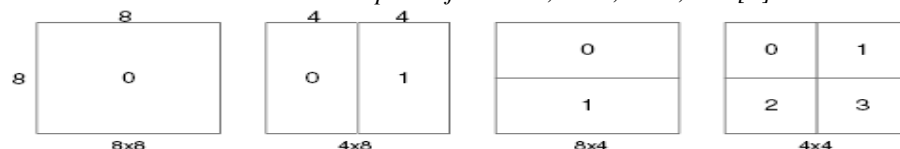
Kod inter predikcije, model predikcije je kreiran od jednog ili više prethodno kodovanih video frejmova ili polja sa korišćenjem na bloku bazirane kompenzacije pokreta. Važna razlika u odnosu na prethodne standard obuhvata podršku za različite veličine blokova (od 16x16 do 4x4) i precizne pododbirke vektora pokreta (1/4 rezolucija odbirka za lumentnu komponentu).

Lumentna komponenta svakog makrobloka (16x16 odbiraka) može se podeliti na četiri načina (slika 3), tako da se nakon kompenzacije pokreta dobije jedna 16x16 makroblok particija, dve 8x16 particije, dve 16x8 particije ili četiri 8x8 particije.

Ako se izabere mod 8x8, svaki od četiri 8x8 podmakrobloka unutar makrobloka se može podeliti na još četiri načina (slika 4) i to bilo kao jedna 8x8 podmakroblok particija, dve 4x8 podmakroblok particije, dve 8x4 podmakroblok particije ili četiri 4x4 podmakroblok particije. Ove particije i podmakroblokovi povećavaju broj mogućih kombinacija unutar svakog makrobloka [3].



Slika 3. Makroblok particije: 16x16, 8x16, 16x8, 8x8 [3].



Slika 4. Podmakroblok particije: 8x8, 4x8, 8x4, 4x4 [3].

Svaka particija ili podparticija zahteva poseban vektor pokreta. Svaki vektor pokreta mora biti kodovan i prenesen, dok izabrana particija(e) mogu biti kodovane u komprimovanom toku bita. Izbor veće veličine particije (16x16, 16x8, 8x16) znači da mali broj bita je potreban za signal izbranog vektora pokreta i tipa particije, ali da ostatak može sadržati značajnu količinu energije i to u oblastima sa više detalja na frejmu. Izbor manje particije (8x4, 4x4, itd.) može dati ostatak koji sadrži manje energije nakon kompenzacije pokreta, ali zahtevati veći broj bita za signal vektora pokreta i izabrane particije(u). Generalno, veća veličina particije je podesnija za homogene oblasti u okviru frejma, dok je manja veličina particija podesnija za oblasti sa više detalja.

Da bi izvršila optimizacija procesa inter predikcije, razmatran je uticaj različite veličine particije na performanse kompresije. Predložen je metod optimizacije velikog broja mogućih kombinacija (modova) za makroblok i podmakroblok particije unutar svakog makrobloka. Odlučeno je da se izbegnu particije male veličine (od 8x8 do 4x4), zato što ih već sadrže particije veće veličine. Na ovaj način moguće je smanjiti broj mogućih kombinacija (modova) kod inter predikcije.

U skladu sa prethodnim, u procesu inter predikcije razmatrani su samo sledeće moguće kombinacije (modovi) za *I* i *P* isečke: *Intra 4x4*, *Intra 16x16*, *P slice skip*, *P slice 16x16*, *P slice 16x8*, *P slice 8x16*. Sa druge strane za *B* isečke razmatrane su sledeće moguće kombinacije: *B slice Direct*, *B slice 16x16*, *B slice 16x8*, *B slice 8x16*, *Bi-prediction 16x16*, *Bi-prediction 16x8* and *Bi-prediction 8x16*.

#### 4. Eksperimentalni rezultati i diskusija

Predloženi kombinovani algoritam je implementiran u verziju *JM 16.0* H.264/AVC referentnog softvera [15]. Rezultati eksperimenta su dobijeni pod sledećim opštim uslovima: (1) Izabran je *Main* profil, (2) Izabrane su vrednosti Nivoa: 3.0, 3.1 i 5.0 (3) Za opseg pretrage vektora pokreta izabrana je vrednost od 16 piksela za oba formata sekvenci *SD* i *HD*, (4) Mod sa nižom kompleksnošću je izabran za mod *R-D* optimizacije, (5) Vrednost broja referentnih frejmova je 5, (6) Korišćeno je binarno aritmetičko adaptivno entropijsko kodovanje (*CABAC*), (7) Korišćena je *Hadamard* transformacija, (8) Izabrana je *IBBP* struktura grupe slika, (9) Testirano je prvih 100 frejmova u okviru svake sekvence, (10) Korišćene su *i* i *B* slike.

Za testiranje je korišćena sledeća systemska platforma: *Intel Dual Core* procesor brzine 2.2 GHz, 2 GB *RAM-a* i operativni sistem *Microsoft Windows XP*. Za poređenje i analizu izlaznih rezultata kod svih eksperimenata koriste se promena srednje vrednosti tri dobro poznata faktora: vršnog odnosa signal/šum ( $\Delta PSNR$ ) za lumentnu (*Y*) kompenetu slike, bitskog protoka ( $\Delta$  bitski protok) i računarskog vremena ( $\Delta$  Vreme). Računarsko vreme je dobijeno kao izlazna vrednost nakon svakog testiranja.

Da bi se dobila i vrednovala ušteda (razlika) u računarskom vremenu kod verzije *JM 16.0* H.264/AVC referentnog softvera (kodera) sa i bez predloženog kombinovanog algoritma selektivne intra predikcije i optimizirane inter predikcije korišćena je sledeća jednačina:

$$\Delta Time = \frac{T_{PA} - T_{JM}}{T_{JM}} * 100 \% \quad (2)$$

U jednačini (2)  $T_{JM}$  predstavlja vreme potrebno za kodovanje kada se koristi referentni koder verzije *JM 16.0* bez predloženog algoritma, dok  $T_{PA}$  je vreme kodovanja sa predloženim algoritmom.

Eksperimenti su realizovani sa predloženim *SD* i *HD* sekvencama sa vrednošću parametra kvantizacije  $QP=28$ . Prosečna  $\Delta$  kod bitskog protoka predstavlja razliku bitskog protoka izraženu u procentima kod verzije *JM 16.0* koda sa i bez predloženog algoritma. Vrednosti *PSNR* (*Peak Signal-to-Noise Ratio*) lumentne (*Y*) komponente slike se proračunava iz jednačine:

$$\overline{PSNR} = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{MSE} \right) \quad (3)$$

gde je *MSE* (*Mean Square Error*) srednja kvadratna greška. Prosečan vršni odnos signal/šum (*PSNR*), predstavlja razliku vršnog odnosa signal/šum izraženu u procentima između verzije *JM 16.0* koda sa i bez predloženog algoritma.

Odabrane sekvence su u *SD* rezoluciji (720x576 piksela) i dve *HD* rezolucije (1280x720 and 1920x1088 piksela). Test sekvence su odabrane tako da se naglasi razlika u sadržaju i pokretu. U eksperimentu se koristi prvih 100 frejmova 4 (četiri) različite sekvence (*Pedestrian*, *Blue sky*, *River bed* i *Rush hour*).

Uzimajući u obzir činjenicu da video kodni standard H.264/AVC sadrži dve metode entropijskog kodovanja t.j. *CABAC* i *CAVLC*, koristi se *CABAC* zato što ovaj metod daje mnogo bolje rezultate nego adaptivno kodovanje sa promenljivom kodnom reči (*CAVLC*) u odnosu na video sadržaj i predstavlja jedan od alata namenjenih za kodovanje kada se koristi Main profil [16].

Izmeren je odnos signal/šum samo za lumentnu komponentu slike (*Y*), zato što je ljudski vizuelni sistem osetljiviji na lumentnu nego na hrominentne (*Cb* i *Cr*) komponente slike.

Takođe, koristi se *Hadamard* transformacija zato što ona ima bolje performanse kod video kodovanja u poređenju sa drugim vrstama transformacija [17].

Tabela 3 prikazuje performanse predloženog algoritma za procesiranje *P* i *B* slika u *IBBP* strukturi za  $QP=28$ , respektivno. Kada je broj referentnih frejmova 5 i kada su sve test sekvence u *SD* rezoluciji, sa predloženim algoritmom, ušteda u računarskom vremenu je u rasponu od 15% to 16%. Računarsko vreme je smanjeno više od 15%. To ukazuje da je referentni koder verzije *JM 16.0* sa predloženim algoritmom brži, nego bez istog.

Međutim, treba napomenuti da postoje neznatni gubici u vrednostima  $\Delta PSNR-a$  i to u proseku samo 0,47 (dB), kao i da su se vrednosti bitskog protoka smanjile i to u proseku 1,90%.

Tabela 3. Eksperimentalni rezultati za *P* i *B* slike u *IBBP* formatu i  $QP=28$

Test sekvence	Format	$\Delta$ Vreme (%)	$\Delta$ PSNR - Y (dB)	$\Delta$ Bitski protok (%)
Pedestrian	SD (720x576)	-15,10	0,48	0,81
Blue sky	SD (720x576)	-15,20	0,36	-2,54
River bed	SD (720x576)	-16,02	0,59	-0,17
Rush hour	SD (720x576)	-14,94	0,43	-5,69
<b>Prosečno</b>		<b>-15,31</b>	<b>0,47</b>	<b>-1,90</b>



Tabela 4 prikazuje performanse predloženog algoritma kada je analizirana samo test sekvenca *Pedestrian*, ali u tri različite rezolucije (*SD* i dve *HD*). Takođe su procesirane *P* i *B* slika u *IBBP* strukturi za  $QP=28$ , respektivno. Eksperimentalni rezultati pokazuju da se predloženim algoritmom obezbeđuje ušteda u računarskom vremenu u proseku više od 15%. Međutim, evidentno je da postoje neznatni gubici u vrednostima  $\Delta PSNR-a$  i to u proseku samo 0,36 (dB), kao i da su se vrednosti bitskog protoka neznatno povećale i to u proseku 0.65%.

Tabela 4. Eksperimentalni rezultati za *P* i *B* slike u *IBBP* formatu i  $QP=28$

Test sekvenca	Format	$\Delta$ Vreme (%)	$\Delta$ PSNR - Y (dB)	$\Delta$ Bitski protok (%)
Pedestrian	SD (720x576)	-15,10	0,48	0,81
Pedestrian	HD (1280x720)	-15,53	0,39	0,53
Pedestrian	HD (1920x1088)	-16,44	0,21	0,61
<b>Prosečno</b>		<b>-15,69</b>	<b>0,36</b>	<b>0,65</b>

## 5. Zaključak

U radu je predložen kombinovani intra/inter algoritam za unapređenje procesa video kodovanja kod H.264/AVC standarda. Glavni doprinosi ovog istraživanja su:

- Kada se koristi predloženi algoritam i analiziraju test sekvence u *SD* rezoluciji, ušteda u računarskom vremenu je u proseku od 15% do 16% za  $QP=28$ . Međutim, treba napomenuti da postoje neznatni gubici u vrednostima  $\Delta PSNR-a$ , dok su se vrednosti bitskog protoka smanjile.
- Kada se analizira samo test sekvenca *Pedestrian* u *SD* i *HD* rezoluciji, eksperimentalni rezultati pokazuju da se sa predloženim algoritmom obezbeđuje ušteda u računarskom vremenu u proseku više od 15%. Takođe, postoje neznatni gubici u vrednostima  $\Delta PSNR-a$ , dok su se vrednosti bitskog protoka neznatno povećale.

## Literatura

- [1] T. Weigand, G. Sullivan, G. Bjontegaard and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard", *IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology*, vol. 13, no. 7, pp. 560-576, July 2003.
- [2] K. R. Rao, Z. S. Bojkovic, D. A. Milovanović, *WirelessMultimedia Communications: Convergence, DSP, QoS and Security*, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2009.
- [3] I. E. G. Richardson, H.264 and MPEG-4 video compression video coding for next-generation multimedia, John Wiley & Sons Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO 19 8SQ, England, 2003.
- [4] H.264: International Telecommunication Union, Recommendation ITU-T H.264: Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services, ITU-T, 2003.
- [5] S. Kwon, A. Tamhankar, K. R. Rao, "Overview of the H.264/MPEG-4 part 10", *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 17, is. 9, pp. 186-215, April 2006.

- [6] <http://www.sonyhdvinfo.com/article.php?filename=High-Definition-vs-Standard-Definition>
- [7] <http://www.adobe.com/products/premiere/pdfs/hdprimer.pdf>
- [8] I. Choi, J. Lee and B. Jeon, "Fast Coding Mode Selection With Rate-Distortion Optimization for MPEG-4 part-10 AVC/H.264", *IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology*, vol. 16, no. 12, pp. 1557-1561, December 2006.
- [9] T. Wiegand, M. Lightstone, D. Mukherjee, T. Campbell and S. K. Mitra, "Rate distortion optimized mode selection for very low bit rate video coding and the emerging H.263 standard", *IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 182-190, 1996.
- [10] G. Sullivan and T. Wiegand, "Rate-distortion optimization for video compression", *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 15, no. 11, pp. 74-90, 1996.
- [11] T. Wiegand, H. Schwarz, A. Joch, F. Kossentini and G. J. Sullivan, "Rate-Constrained Coder Control and Comparison of Video Coding Standards", *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, no. 7, pp. 688-703, July 2003.
- [12] JVT-K049, Joint Model Reference Encoding Methods and Decoding Concealment Methods, ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG Joint Video Team, 2004.
- [13] M. Bystrom, I. Richardson and Y. Zhao, "Efficient mode selection for H.264 complexity reduction in a bayesian framework", *Signal Processing: Image Communication*, vol. 23, is. 2, pp. 71-86, February 2008.
- [14] J. S. Park, and H. J. Song, "Selective Intra Prediction Mode Decision for H.264/AVC Encoders", *Transactions on Engineering, Computing and Technology*, vol. 13, pp. 51-55, May 2006.
- [15] <http://bs.hhi.de/~suehring/tml/download/JM16.01>
- [16] A. Puri, H. Chen, A. Luthra, Video coding using the H.264/MPEG-4 AVC compression standard, *Signal Processing: Image Communication*, vol. 19, is. 9, pp. 793-846, October 2004.
- [17] J. Ostermann, J. Bormans, P. List, D. Marple, M. Narroschke, F. Pereira, T. Stockhammer, and T. Wedi, "Video coding with H.264/AVC: tools, performances, and complexity", *IEEE Circuits and System Magazine*, pp. 7-28, first quarter 2004.

**Abstract:** *This paper presents proposal of the algorithm for intra/inter prediction in H.264/AVC standard. Standard Definition and High Definition test sequences are processed by the proposed algorithm. Experimental results show that the coding time is reduced in average more than 15% depending on test sequence through reducing the number of intra and inter candidate modes. However, there is negligible loss in term of peak signal to noise ratio, while bit rate values fluctuate.*

**Keywords:** *H.264/AVC, intra prediction, inter prediction*

### **PROPOSED ALGORITHM FOR INTRA/INTER PREDICTION IN H.264/AVC STANDARD**

Zoran Milicevic, Zoran Bojkovic