

# Analiza dostignute efikasnosti HEVC standarda u odnosu na H.264/MPEG-4 AVC standard

Vanja Elčić, Dragoljub Pilipović  
Fakultet za informacione tehnologije  
Slobomir P Univerzitet  
Doboj, Republika Srpska, BiH  
vanja.elcic@gmail.com

*Sadržaj*—Velika popularnost High Definition (HD) videa uz iznad-HD 4kx2k i 8kx4k rezolucije, prenos kvalitetnog videa visoke rezolucije na zahtjev ka mobilnim i tablet-PC uređajima uz postojeće tehnologije transporta, te sve veći spektar usluga su neki od razloga zbog čega je razvoj novog High Efficiency Video Coding (HEVC) standarda neophodan. Ovaj rad daje pregled unapređenja HEVC u odnosu na prethodni H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding (AVC) standard, a testiranjem u referentnim modelima softvera pokazuje koliko je HEVC blizu svojih ciljeva, kao što je redukcija bitrejtta (eng. *bit rate*) za 50% uz isti perceptualni kvalitet.

**Ključne riječi**— *High Efficiency Video Coding (HEVC); H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding (AVC); Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC); Joint Model (JM) referentni softver; HEVC testni model (HM)*

## I. UVOD

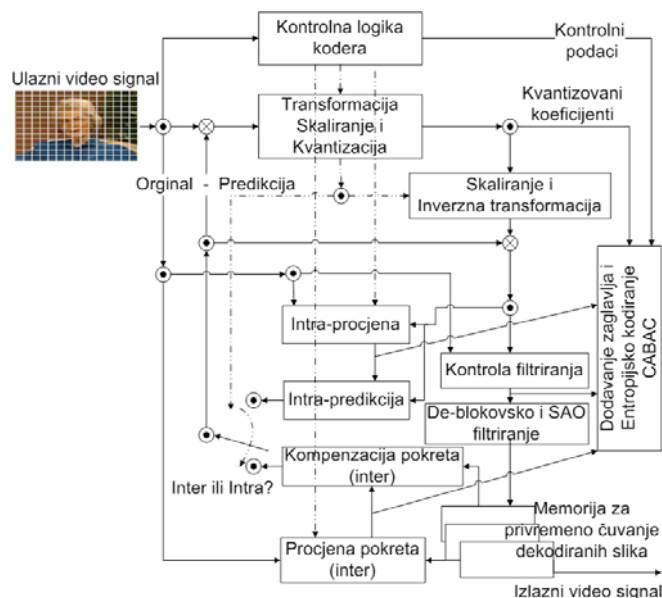
ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) i ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) standardizacione organizacije rade zajedno na razvoju HEVC standarda u timu nazvanom Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC)[1]. Prva verzija HEVC standarda se očekuje početkom 2013. godine. Direktni prethodnik mu je H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding (AVC) standard[1] razvijen u periodu od 1999-2003 godine. H.264/MPEG-4 je potisnuo starije standarde u svim oblastima i zastupljen je u širokoj paleti primjena kao što su: emitovanje HD TV signala (satelitski, kablovski), sistemi za akviziciju i editovanje video sadržaja, kamere, aplikacije za nadzor, video usluge za Internet i mobilne mreže, Blue-ray diskovi, video konferencije i slične real-time aplikacije. HEVC teži da zamjeni svog prethodnika koristeći generičku sintaksu koja bi se mogla prilagoditi i novijim nadolazećim aplikacijama. Želi da postigne više ciljeva kao što je: kodna efikasnost, prilagođenost različitim sistemima transporta, otpornost na greške i implementacija sa paralelnom obradom u višeprosorskoj arhitekturi.[3] Kao i kod prethodnih standarda, počevši od H.261 standarda, njegova specifikacija će da sadrži samo opis strukture i sintakse toka bita (eng. *bitstream*) kao i ograničenja koja se moraju ispoštovati da dekođer dobije validan izlaz.[3] Ograničen opis standarda doprinosi velikoj slobodi pri optimizaciji implementacije standarda. Kao što je za H.264/MPEG-4 razvijen Joint Model (JM) referentni softver[4], tako i za HEVC već od Oktobra 2010. postoji testna verzija implementacije

standarda (HM)[5], koja se koristi za testiranje i unapređivanje istog.

U ovom radu opisan je dizajn tipičnog video koda i proces kompresije pri čemu su navedeni koraci koje je unaprijedio HEVC (2. A). Posvećena je pažnja i filterima u petlji koda (2.B), zatim načinima prilagođavanja paralelnoj procesorskoj arhitekturi (2.C) kao i redoslijedu prikaza i dekodovanja slika sekvence (2.D). Izmjene u sintaksi visokog nivoa za prenos kodiranog sadržaja (eng. *Network Abstraction Layer – NAL*) navedene su u 3. poglavlju rada, dok je 4. poglavlje posvećeno profilima, slojevima i nivoima. 5. poglavlje navodi rezultate kodiranja video sadržaja pomoću referentnih softvera iz čega proizlazi i konačan zaključak rada (6. poglavlje).

## II. SLOJ KODIRANJA (VIDEO CODING LAYER)

Od H.261 standarda je zadržan isti hibridni pristup pri kodiranju videa koji uključuje inter/intra predikciju slike i 2D transformaciju. Na Sl. 1. se vidi model video koda kompatibilnog sa HEVC propisanim dekođerom.



Slika 1. HEVC video koder

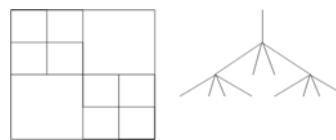
#### A. Opis osnovnih koraka procesa kompresije

Podržan je u oba slučaja video sa progresivnim i isprepletenim prikazom. Kod prvog je prikaz slika po slika, a kod drugog je svaka slika razbijena na parne i neparne linije(polja). Ili se svako polje tretira kao posebna slika ili se dva polja spajaju u jednu sliku.

Osnovna jedinica video sadržaja kod H.264 je makroblok (MB) koji se sastoji od: jednog bloka luma (Y) komponente sa 16x16 uzoraka; i obično dva bloka hroma komponenti (CbCr) koji imaju 8x8 uzoraka (YCbCr 4:2:0). Za HEVC je odabrana *Coding Tree Unit (CTU)* struktura stabla za osnovnu jedinicu kodiranja (kompresije) i sastoji se od luma i hroma blokova koji se zovu *Coding Tree Blocks (CTBs)* analogno makroblokovima. Takođe je propisana sintaksa koja opisuje strukturu stabla (CTU), tj. poziciju i veličinu blokova za kodiranje (eng. *coding blocks – CBs*). CTU stablo blokova (eng. *quadtree*) može imati samo jedan CTB ili biti razgranato. Veličina luma bloka može biti L=16, 32 ili 64 uzorka. Veći blokovi garantuju bolju kompresiju. Jedan luma blok i dva hroma bloka zajedno sa pridruženom sintaksom čine kodnu jedinicu (eng. *Coding Unit – CU*). Svaka slika se dijeli na CTUs. Na Sl. 2. je prikazan primjer podjele i dobijeno stablo.

Na prvu sliku sekvence se isključivo primjenjuje intra-predikcije (*prostorna predikcija od regiona do regiona iste slike i nije zavisna od drugih slika*). Ova slika je uvijek slika "čistog" slučajnog pristupa, dok ostale slike sekvence za većinu blokova koriste inter-pedikciju (*vremenska predikcija na osnovu susjednih slika sekvence*). Ako se intra-predikcija bavi uklanjanjem prostorne redundanse onda inter-predikcija uklanja vremensku redundansu. Slike iste sekvence su jako slične i predikcija bloka se vrši tako što se procjeni njegova translacija u odnosu na neku prethodnu ili narednu sliku sekvence (eng. *Motion Estimation – ME*). Tako se odredi vektor pomjeraja (eng. *Motion Vector – MV*). Zatim se vrši kompenzacija pokreta (eng. *Motion Compesation –MC*) tako što se oduzme originalni blok slike od predviđenog i dobije njihova razlika (eng. *residual*). Ova razlika se transformiše pomoću linearne prostorne transformacije i značajni koeficijenti se skaliraju, kvantizuju i šalju ka entropijskom koderu zajedno sa informacijama o predikciji. HEVC propisuje *Context-Adaptive Binary-Arithmetic Coding (CABAC)* sa unapređenim tehnikama modelovanja konteksta dok je H.264 propisivao i *Context-Adaptive Variable-Length Coding (CAVLC)*. Koder duplira petlju dekodera da bi se predikcija vršila na osnovu istih rekonstruisanih slika, jer dekodier nema pristup originalnom video zapisu. Zato se vrši inverzno skaliranje i transformacija, a dobija rezultat sličan rezidualu ali ne i isti zbog kvantizacionih gubitaka. Ovaj rezidual se dodaje predikciji i dodatno filtrira sa jednim ili dva filtera u petlji da bi se uklonili blokovski i drugi efekti nastali zbog kvantizacije transformisanih blokova. Rekonstrusane slike se čuvaju u posebnoj memoriji (eng. *Decoded Picture Buffer – DPB*) za potrebe predikcije sljedećih slika sekvence.

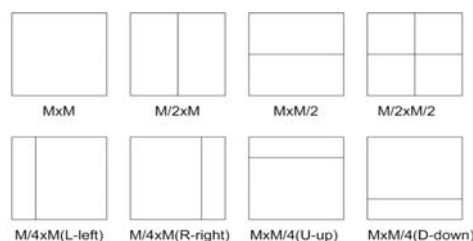
Da li će se vršiti inter ili intra predikcija određuje se na nivou CU, kod prethodnog standarda to je bio MB. Za potrebe inter predikcije MB je dijeljen na blokove 8x8, 4x8, 8x4 i 4x4 veličina što je omogućavalo precizniju procjenu pokreta (ME). [6] Ali HVEC nudi još veći raspon veličina predikcionih



Slika 2. Podjela CTB u kodne blokove (CBs)

blokova (PB) od 64x64 do 4x4. Ovi blokovi čine strukturu predikcione jedinice (eng. *Predicition Unit – PU*) čiji je korijen u CU. Da bi se izbjegao najgori slučaj opterećenja memorije PBs 4x4 veličine nisu dozvoljeni za inter-predikciju a 4x8 i 8x4 su definisani za slike sa jednosmjernom predikcijom, jer podržane su u oba standarda i slike sa bi-predikcijom. Ako CBima veličinu MxM, onda PBs mogu imati za intra režim MxM i M/2xM/2 veličine, a za inter režim predikcije M/2xM i MxM/2 kao i asimetrične M/4xM(L,R) i MxM/4(U,D) veličine. (Sl. 3) Kada se ne koristi inter-predikcija uzorci na susjednim blokovima PBs se koriste kao referentne vrijednosti za intra-predikciju. HEVC definiše 33 direkcionone predikcije (u poređenju sa H.264 koji je definisao 8), takođe definiše planarnu i DC predikciju. (Sl. 4.) Planarna se dobije pomoću procjene vrijednosti dvije linearne funkcije dobijene na osnovu vrijednosti horizontalnih odnosno vertikalnih referentnih uzoraka, dok DC predstavlja prosječnu vrijednost svih referentnih uzoraka.

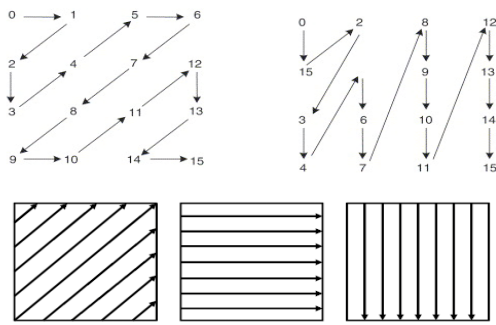
HEVC definiše i novi režim sažimanja (eng. *merge mode*) gdje se podaci o pokretu na nivou CU primjenjuju na pojedine ili sve PU. Ovako se suvišne informacije o pokretu eliminišu. Pošto se bolja kompenzacija pokreta postiže pomoću procesa interpolacije uzoraka te određivanja pokreta na 1/2 ili 1/4 uzorka H.264 je koristio 6-tap filter za interpolaciju na 1/2 uzorka koji je pratila bi-linearna interpolacija za određivanje 1/4 uzorka. HEVC koristi dva posebna filtra: 7-tap za određivanje 1/4 uzorka i 8-tap za određivanje 1/2 uzorka. Ovakav izbor filtera se objašnjava time da je 1/4 mnogo bliže cijeloj vrijednosti uzorka od 1/2 koja je efektivno obično preciznije rješenje. [3] Takođe se koristi kod oba standarda težinska predikcija sa primjenom skaliranja i pomjeraja na referencne slike u odnosu na njihovu vremensku blizinu ili udaljenost od slike koja se predviđa.



Slika 3. Načini podjele CB u PBs



Slika 4. HEVC mogući pravci intra-predikcije



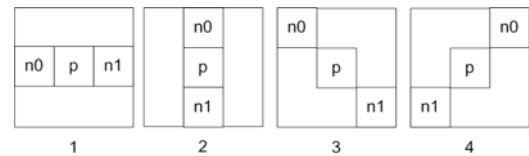
Slika 5. Načini skeniranja koeficijenata

U procesu transformacije CU se dalje dijeli na jednu ili više jedinica za transformaciju (*eng. Transform Unit-TU*). Ova jedinica takođe ima strukturu stabla gdje blokovi za transformisanje (*eng. Transform Block-TBs*) mogu odgovarati CB ili biti manji. Dozvoljene veličine TBs su od 4x4 do 32x32. Koristi se kao i kod H.264 cjelobrojna transformacija slična diskretnoj kosinusnoj transformaciji (DCT) koja je definisana kod HEVC za sve navedene veličine blokova transformacije. Skeniranje koeficijenata transformacije kod H.264 je bilo u direktnoj vezi sa tipom ulaznog video signala, tj. da li je progresivni ili isprepleteni. I u prvom slučaju se koristilo cik-cak skeniranje, a u drugom nešto izmijenjen cik-cak. (prvi red Sl. 5.) [6] Kod HEVC se koristi adaptivno skeniranje koeficijenata u odnosu na vrstu predikcije koja je korištena. TB se dijeli na blokove 4x4 veličine i nad njima se primjenjuje jedan od tri metoda skeniranja. Ukoliko je korištena intra-predikcija bliska horizontalnoj koristi se vertikalno skeniranje; ukoliko je intra-predikcija bliska vertikalnoj koristi se horizontalno skeniranje; u ostalim slučajevima dijagonalno ka gore.(drugi red Sl. 5.) Ovakva izmjena doprinosi mnogo efikasnijem entropijskom kodiranju.

### B. Filteri u petlji kodera/dekoder

Filter za uklanjanje blokovskih efekata je kod oba standarda naveden u petlji kodera nakon inverzne transformacije a prije smještanja slike u bafer memoriju. Najveća zamjerka filtru je bila velika kompleksnost procesiranja. HEVC je zbog toga uveo da se filtriranje ne vrši nad blokovima 4x4 veličine već 8x8, čime se vizuelni kvalitet nije značajno degradirao. HEVC koristi tri različite vrijednosti filtra od 0 do 2, dok je prethodnik koristio čak 5 što je značilo i više uslovnih grananja pri procesiranju. Najjači filter je korišten za ivice MB i za intra-predikciju jer je tu blokovski efekat najizraženiji.

Ako se usvoji da su p i q dva susjedna bloka od po 8x8 uzoraka i filtriraju se njihove ivice. Ivica ima snagu (*eng. Boundary Strength – BS*) 2 kada je korištena intra predikcija kod jednog od blokova p ili q; 1 je jačina filtriranja ukoliko jedan od dva bloka sadrži bar jedan značajan koeficijent transformacije (DC) ili ako su različite referentne slike blokova čija se ivica filtrira ili ako su im MV različiti ili je razlika između MV veća od cijelog uzorka. Na osnovu kvantizacionog QP parametra (*kojim se određuje stepen kvantizacije*) i BS parametra se na osnovu ekperimentalno određenih tabela



Slika 6. Četiri klase gradijenta ivice

odabiru posebni pragovi filtriranja na osnovu kojih se vrši za luma komponentu jako, slabo ili nema filtriranja a za hroma komponentu normalno i nema filtriranja. HEVC propisuje da se prvo vrši vertikalno pa onda horizontalno filtriranje cijele slike. Isti redoslijed je poštovao i H.264. Ali HEVC takođe omogućuje da se filtriranje prilagodi na nivo CTB i da se paralelno procesiraju vertikalne i horizontalne ivice uz manja zakašnjenja.

HEVC uvodi i Sample Adaptive Offset (SAO) koji se obično izvršava na nivou CTB. Na osnovu lokalnog gradijenta uzorka koji se posmatra dodjeljuje mu se određeni pomjeraj (*eng. offset*) vrijednosti. Poseban sintaksni *sao\_type\_idx* element je uveden i ako je on 0 SAO se ne koristi nad regionom, a ako je 1 ili 2 onda se SAO koristi nad regionom. 1 vrijednost ukazuje da je u pitanju trakasti efekat (*eng. banding*) a 2 da je identifikovana ivica (*eng. edge*). Ako je vrijednost 2 tada se definiše novi sintaksni element *sao\_eo\_class* sa vrijednostima od 1 do 4. Ove vrijednosti ukazuju na tip ivice da li je vertikalna, horizontalna ili je jedna od dijagonalnih, a vide se na Sl. 6. Ako je odabrana jedna od četiri klase gradijenta ivice za svaki uzorak u CTB se određuje *EdgeIdx* upoređujući uzorak p sa dva susjedna n0 i n1. Ovu klasifikaciju uzoraka ponavljaju i koder i dekođer. U Tabeli I. je prikazan način određivanja *EdgeIdx*. [7] Za vrijednosti od 1 do 4 određuje se pomjeraj vrijednosti i dodaje uzorku.

Ukoliko je *sao\_type\_idx* jednak 1 pomjeraji vrijednosti direktno zavise od amplitude uzoraka. Opseg amplitude uzoraka regiona se dijeli na 32 trake. Na osnovu gradijenta regiona koder određuje 4 susjedne trake i određuju im se pomjeraji.[7] U okviru CTB broj različitih traka je obično mali, a 4 je i broj različitih pomjeraja u slučaju identifikovane ivice. SAO omogućuje bolju oštrinu ivica koje obično zamuti prethodni filter, a takođe se pokazao dobro u uklanjanju lažnih ivica i trakastih efekata. Ali koder određuje 4 pomjeraja, 4 susjedne trake za određeni CTB i slično, što predstavlja i dodatne podatke koje treba kodirati i prenijeti ka dekođeru.

TABELA I. PRIMJERI EDGEIDX KATEGORIJA U SAO KLASAMA IVICA

EdgeIdx	Uslov	Značenje
0	$p=n0$ i $p=n1$	ravan (flat)
1	$p<n0$ i $p<n1$	lokalni minimum
2	$p<n0$ i $p=n1$ ili $p>n1$ i $p=n0$	ivica
3	$p>n0$ i $p=n1$ ili $p>n1$ i $p=n0$	ivica
4	$p>n0$ i $p>n1$	lokalni maksimum

### C. Načini prilagođavanja paralelnom procesiranju (Slice, Tile i WPP)

Isječak (*eng. slice*) predstavlja sekvencu CTU jedinica koje se procesiraju u raster redosljedju. Jedna slika može biti podjeljena u jedan ili više isječaka. "Slice" je samoodrživa cjelina čije zaglavlje omogućuje da se izvrši njegovo dekodiranje bez dodatnih informacija vezanih za sliku ili susjedne isječke. Jedino filteri u petlji mogu zahtijevati informacije vezane za više isječaka iste slike. Postoje tri tipa isječka:

- I slice: sve njegove kodne jedinice (CU) su kodirane koristeći intra predikciju;
- P slice: neke kodne jedinice mogu da koriste inter predikciju ali u jednom smjeru pomoću jedne referentne slike koja se nalazi u svojoj listi 0 bafer memorije;
- B slice: ovaj slice takođe koristi inter predikciju pri čemu se koriste dvije referentne slike iz bafer memorije.

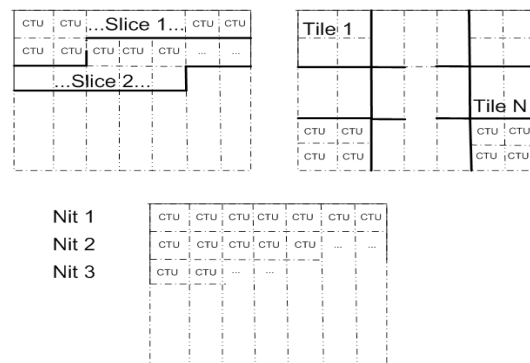
Osnovna svrha slice-a je da omogući resinhronizaciju dekodera nakon gubitka podataka. Često mora da sadrži maksimalan broj bita određen paketom transporta pa broj CTU jedinica u okviru isječka varira u zavisnosti od dinamičnosti video scene.

HEVC je definisao i pločice (*eng. tiles*) takođe samoodržive cjeline slike koji su kvadratnog oblika i obično svi sadrže jednak broj CTU jedinica. Glavna svrha mu je da se omogući paralelno kodiranje/dekodiranje.

Usljed grube podjele slike na pločice mogu se javiti vizuelni artefakti. Zbog toga ali i praktično pokazane veće kompresije definisana je *Wavefront parallel processing (WPP)* metoda paralelnog procesiranja. "Slice" se podijeli na redove CTU jedinica. Prvi red može da procesira jedna nit, drugi red se može procesirati nakon što je nekoliko koraka izvršeno nad prvim i tako dalje. [3] Kontekstni model entropijskog koda se podešava u odnosu na rezultate prethodnog reda sa malim zaostatom u procesu procesiranja. Sl. 7. Ilustruje slice, tile i WPP.

### D. Redosljed dekodovanja i prikaza slika

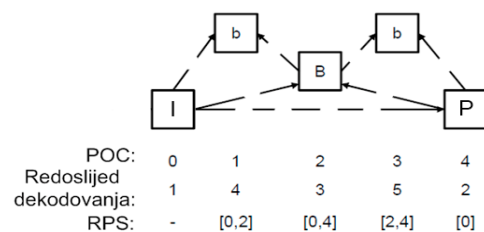
Redosljed prikazivanja slike je različiti u odnosu na redosljed dekodiranja slika. (Sl. 8.) Da bi se dekovala slika koja je nastala predikcijom potrebno je da su dostupne referentne slike. Te slike se, kao što je već pomenuto, čuvaju u posebnoj memoriji DPB. Da bi se identifikovalo koje slike treba čuvati u baferu u zaglavlju slice-a se čuva *Picture Order Count (POC)* koji nudi informaciju kojim redosljedom treba dekodovati, odnosno prikazivati slike. Set ovih slika se naziva *Reference Picture Set (RPS)*. Kao i kod H.264 pamte se dvije liste referentnih slika list 0 i list 1. Slike koje se predviđaju na osnovu jedne slike moraju znati indeks te slike u jednoj od listi (indeks i lista se pamte); a slike koje se predviđaju na osnovu dvije slike moraju da pamte dva indeksa u dvije liste. Slika koja se predviđa na osnovu 0-te u sekvenci ne nosi ovu informaciju, ona se implicitno podrazumjeva. HEVC je i sintaksu ovog područja podjednostavio i napravio eksplicitnijom da što manje zavisi od trenutnog procesa dekodovanja toka bita.



Slika 7. Slice, Tile i WPP metoda

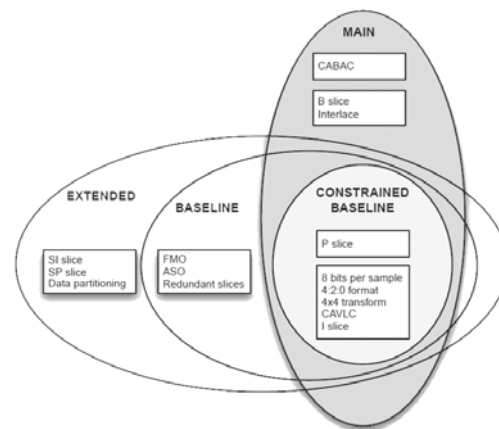
### III. SINTAKSA VISOKOG NIVOA (NETWORK ABSTRACTION LAYER)

U najvećem broju elemenata sintaksa visokog nivoa HEVC standarda odgovara *Network Abstraction Layer – NAL* sloju koji je definisao H.264 standard. NAL daje specifikaciju kako da se *Video Coding Layer (VCL)* koji predstavlja sadržaj kodiranog videa prilagodi različitim transportnim sistemima, kao što je RTP/IP, ISO MP4 i H.222.0/MPEG-2 ali i da ponudi mehanizme otpornosti na gubitke podataka prilikom prenosa. Osnovna jedinica NAL-a je *NAL Unit* koja prenosi *VCL* ili *ne-VCL* sadržaj ;tj. da li prenosi kodirane slike ili neke druge prateće podatke. Kod HEVC standarda NAL jedinica sa VCL sadržajem ima pridružen odgovarajući tip prema tipu slike koji se prenosi. Npr. Tip 12 predstavlja sliku sa čistim slučajnim pristupom (*eng. Clean Random Access – CRA*). Kada je u pitanju slučajni pristup H.264 je definisao *Instantaneous Decoding Refresh (IDR)* pristupnu jedinicu i ona sadrži I-isječke koji nisu zavisni u odnosu na druge slike sekvence. HEVC definiše nove CRA slike kojima se može slučajno pristupiti, odnosno zadovoljavaju uslov da nije potrebno dekodirati ni jednu sliku prije CRA da bi se mogla ona prikazati. Ovo omogućuje lakše premotavanje videa ili usluge dinamičkog videa na zahtjev. Nakon CRA slike koje su sljedeće po redosljedju dekodiranja a zavise od slika prije CRA su označene sa *Tagged for discard (TFD)* i dekodir ih preskače. *Decodable leading picture (DLP)* su slike koje su sljedeće nakon CRA slike ali se ne preskaču. *Broken Link Access (BLA)* su slike služe za spajanje prekinutog toka bita. Tako da HEVC definiše *Random Access Pictures (RAP)* slike koje mogu biti : IDR, CRA ili BLA slike.



Slika 8. Redosljed prikaza, dekodovanja slika u dolazećem toku i pridruženi im set referencnih slika

H.264 je definisao i proširenje standarda kojim se može kodirati video sadržaj i prikazivati sa različitim vremenskom učestanošću i ovo proširenje se naziva *Scalable Video Coding Extension (SVCE)*. HEVC daje specifikaciju posebnog vremenskog identifikatora koji se nalazi u zaglavlju NAL jedinice kojem nivou u hijerarhiji video sekvenci sa različitim vremenskim odbircima pripada NAL jedinica. Različite video sekvence u hijerarhiji se obično razlikuju u broju predikcionih slika. Ovakav sadržaj je moguće onda dekodovati sa najvećom ili najmanjom vremenskom učestanošću slika. Prije se ovaj indikator nije nalazio u zaglavlju NAL jedinice već je bilo potrebno dekodovati dio toka bitova da bi mu se otkrila struktura. Uvedena su još dva indikatora slika: *Temporal sub-layer access (TSA)* i *step-wise TSA* slika. Ako je slika TSA onda se može sa nje preći na dekodovanje na bilo koji viši vremenski podsloj, dok kod step-wise TSA možemo preći samo za jedan podsloj više u hijerarhiji. Definisan je i dodatni set metapodataka *Video Parametar Set (VPS)* koji garantuje kompatibilnost HEVC sadržaja sa starim dekoderima.



Slika 9. Profili Main, Baseline, Extended H.264 standarda

#### IV. PROFILI, NIVOI I SLOJEVI

Profilom (*eng. profile*) se definiše skup kodnih alata ili algoritama koji, ako se koriste, obezbjeđuju kompatibilnost izlaznog toka kodiranih bita sa primjenama standarda koje pripadaju tom profilu, odnosno imaju slične funkcionalne zahtjeve. Nivo (*eng. level*) se odnosi na ograničenja nad tokom bita koja određuju memorijske i resursne zahtjeve dekodera. U ova ograničenja spada maksimalan broj uzoraka i maksimalan broj uzoraka po sekundi koji se može dekodovati (*eng. sample rate*), maksimalna veličina slike, maksimalni bitrejt (*koliko bita može koder u prosjeku da potroši po sekundi video zapisa*), minimalni stepen kompresije, veličina bafer memorije itd. U HEVC standardu radi različitosti nekih aplikacija samo u bitrejt-u i bafer memoriji koja se koristi za čuvanje kodiranih slika (*upravljanje tokom podataka*) definisana su i dva sloja (*eng. tiers*): osnovni "Main" i zahtjevniji "High". [3] Trenutno nacrt HEVC standarda ima definisan samo jedan profil "Main", a očekuje se da će biti definisano još profila. Želi se smanjiti broj profila da bi se omogućila maksimalna interoperabilnost između uređaja, a takođe i zbog činjenice da nekada odvojeni servisi poput emitovanja tv signala, mobilne usluge i video na zahtjev konvergiraju danas ka uređajima koji trebaju da podrže sve njih skupa. [3] Trenutno je Main ograničen na 8-bitni 4:2:0 video zapis i ukoliko se koristi podjela slika na pločice "tiles" onda se ne može koristiti i WPP. Slike su veličine od 176x144 do 7680x4320 (8kx4k). Na slici 9. se vide osnovni profili definisani za H.264/MPEG-4. Nakon njih su definisana tri High profila koja omogućuju i do 14 bita po uzorku, velike rezolucije slike i formate kao što su 4:0:0 ili 4:4:4. [6] Pa se daljim razvojem broj povećao na 21 profil. Upravo ovo želi da izbjegne HEVC.

#### V. REZULTATI TESTIRANJA

Radi upoređivanja performansi HEVC standarda i H.264/MPEG-4 standarda korišteni su referentni softveri [4][5] i potrebna uputstva za njihovo korištenje. [8][9] Testni video zapisi [10] su kodirani pomoću JM18.4 i HM9.0 softvera. Oni su u YUV formatu koji se obično koristi za analogni video.

TABELA II. PREGLED BITREJTA HEVC I H.264 KOMPRESIJE

Test sekvencica	Slika	Br F-va	F./s	Profil / nivo	Veličina bitstream fajla (KB)		Birejt (kbps)	
					H.264	HEVC	H.264	HEVC
BUS	176x144	74	15	Main /11	61.30	36.01	101.80	59.79
CITY	352x288	20	30	Main /20	20.30	14.14	250.64	172.64
FOOTBALL	352x288	20	30	Main /20	84.75	47.40	1041.43	583.54
CREW	704x576	20	30	Main /31	40.68	22.77	499.34	279.74
HARBOUR	704x576	20	30	Main /31	105.00	70.50	1294.68	867.10
FOUR PEOPLE	1280x720	10	60	Main /40	39.29	29.50	1931.23	1450.13
SLIDE EDITING	1280x720	10	30	Main /40	115.00	89.74	2847.26	2204.14

a. F. oznaka se odnosi na Frejm/sliku.

TABELA III. PREGLED PSNR-A HEVC I H.264 KOMPRESIJE

Test sekvencica	Slika	PSNR(dB) H.264			PSNR(dB) HEVC		
		Y	U	V	Y	U	V
BUS	176x144	33.490	43.614	44.544	31.440	41.849	42.776
CITY	352x288	34.725	46.263	47.910	33.832	44.384	45.502
FOOTBALL	352x288	33.903	39.940	42.506	31.667	38.371	41.134
CREW	704x576	38.857	45.285	44.608	38.548	45.132	43.644
HARBOUR	704x576	35.385	46.019	47.229	33.904	44.263	45.700
FOUR PEOPLE	1280x720	37.555	42.390	43.438	38.008	42.697	43.961
SLIDE EDITING	1280x720	36.328	38.523	38.297	37.977	38.875	38.899

Pri testiranju je korišten za svaku sekvencu QP(kvantizacioni parametar)=32 i GOP (*eng. Group Of Pictures*)=4. GOP se odnosi na raspored i tip slika sekvence npr. IBBPBBP... Testiranje je izvršeno na računaru čija je procesorska jedinica Pentium Dual-Core sa 2GB RAM -a. Testirane su slike od 176x144 (*Quarter Common Intermediate*

Format-QCIF) do 1280x720 (High Definition-HD). Rezultati testiranja se mogu vidjeti u Tabeli II. i Tabeli III. Prva pokazuje rezultate bitrejtja, a druga PSNR.

Postoje metode objektivnog i subjektivnog određivanja kvaliteta dobijenog video zapisa. Jedna od najčešće korištenih objektivnih metrika za određivanje kvaliteta dobijenog video sadržaja pomoću neke kompresione metode je SNR (eng. *Signal to Noise Ratio*) ili PSNR (eng. *Peak Signal to Noise Ratio*). [11] Predstavlja odnos između originalnog video signala i onog koji se dobijen dekodovanjem kompresije (rekonstruisan). Ako je slika veličine  $m \times n$  i  $I$  predstavlja njen original, a  $K$  je dobijena aproksimacija, onda se MSE (eng. *Mean Square Error*) dobija kao što pokazuje jednačina (1). Na osnovu MSE se izračunava PSNR (jednačina (2)). MAXI je maksimalna moguća vrijednost piksela (uzorka) slike. Ako se koristi 8 bita po pikselu, onda je to 255.

$$MSE = \frac{1}{m * n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i, j) - K(i, j)]^2 \quad (1)$$

$$PSNR = 20 * \log_{10}(MAX_I) - 10 * \log_{10}(MSE) \quad (2)$$

Prikazani rezultati pokazuju da je bitrejt kod HEVC standarda manji za sve veličine slika, a procentualno u odnosu na H.264/MPEG-4 varira od 56% do 77%. Lošiji rezultat ima kod video zapisa sa jako puno detalja (CITY, HARBOUR), dok je i kod jako dinamičnih video zapisa (BUS, FOOTBALL) rezultat mnogo bliži redukciji za 50%. Najlošiji rezultat ima kod FOUR PEOPLE i SLIDE EDITING video sekvenci sa velikom rezolucijom i mnogo detalja. Objektivna ocjena kvaliteta prema PSNR pokazuje da HEVC ima lošije rezultate gdje je ostvaren veći stepen kompresije, a tamo gdje je bitrejt veći ima bolje rezultate (manji PSNR) od H.264. Subjektivnom metodom upoređivanja frejmova rekonstruisanih video sekvenci od strane posmatrača može se utvrditi da HEVC mnogo bolje čuva detalje, ivice dok u ostalim slučajevima nije vidljivo degradiran u odnosu na H.264/MPEG-4 standard.

Vremena koja su bila potrebno za kodiranje navedenih sekvenci H.264/MPEG-4 koderu su: BUS(3209s), CITY(2661s), FOOTBALL(2839s), CREW(11269), HARBOUR(10609s), FOUR PEOPLE(8881s), SLIDE EDITING(8630s). Kod HEVC su redom zabilježena sljedeća vremena: BUS(1235s), CITY(981s), FOOTBALL(1508s), CREW(3800s), HARBOUR(4318s), FOUR PEOPLE(2612s), SLIDE EDITING(2745s). HEVC je uspio da ubrza proces kodiranja dva i više puta.

## VI. ZAKLJUČAK

HEVC standard je uspio prosječno 35% da smanji svoj bitrejt u odnosu na H.264/MPEG-4, čime je još daleko od postavljenog cilja od 50%. Međutim prilagođavanjem paralelnom izvršavanju njegovih algoritama kodovanja vrijeme potrebno za kodovanje je smanjeno dva i više puta u odnosu na H.264/MPEG-4. Ovo odgovara zahtjevima svih real-time aplikacija i čini da je za njih HEVC mnogo prihvatljiviji od svih prethodnih standarda. HEVC nudi isti perceptualni kvalitet i mnogo vjernije prikazuje detalje i ivice slike. Takođe je uočeno

da u slučajevima gdje je bitrejt veći, broj detalja koje nosi slika je veći, a vrijeme obrade je manje i obratno. Još uvijek prva verzija standarda nije objavljena, tako da se očekuje da će JCT-VC naravno uspjeti u narednim verzijama nacrtati do konačne HEVC specifikacije da dostigne sve postavljene ciljeve.

## LITERATURA

- [1] JCT-VC, document management system (URL: <http://phenix.int-evry.fr/jct/>).
- [2] ITU-T and ISO/IEC JTC 1, "Advanced Video Coding for generic audio-visual services," ITU T Rec. H.264 and ISO/IEC 14496-10 (AVC), May 2003.
- [3] G. J. Sullivan, J.-R. Ohm, W.-J. Han, and T. Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard", IEEE Circuits and Systems for Video Technology, December 2012, prepublished draft.
- [4] JM reference Software 18.4 (URL: <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>).
- [5] HEVC test model (URL: [https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn\\_HEVCSoftware/tags/HM-9.0-dev/](https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/tags/HM-9.0-dev/)).
- [6] E. Richardson, "The H.264 Advanced Video Compression standard" 2nd ed., A John Wiley and Sons, United Kingdom, 2010.
- [7] K. McCann, B. Bross, S. Sekiguchi, and W.-J. Han, "Encoder-side description of HEVC Test Model (HM)", ITU-T/ISO/IEC Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) document JCTVC-C402, October 2010.
- [8] T. Wiegand, W.-J. Han, B. Bross, J.-R. Ohm, and G. J. Sullivan, "WD1: working draft 1 of high-efficiency video coding", ITU-T/ISO/IEC Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) document JCTVC-C402, October 2010.
- [9] Joint Video Team Document JVT-AE010, "H.264/14496-10 AVC Reference Software Manual", London, 28 June – 3 July 2009.
- [10] Izvori test sekvenci (URL: <ftp://hvc:US88Hula@ftp.tnt.uni-hannover.de/testsequences/>, <ftp://hvc:US88Hula@ftp.tnt.uni-hannover.de/testsequences/>).
- [11] Wikipedia, PSNR (URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Peak\\_signal-to-noise\\_ratio](http://en.wikipedia.org/wiki/Peak_signal-to-noise_ratio)).

## ABSTRACT

The great popularity of High Definition (HD) videos with the beyond-HD 4kx2k and 8kx4k resolutions, the transmission of quality video with high resolution on demand to mobile and tablet-PC devices with existing transport technologies, and an increasing variety of services are some of the reasons why the development of a new High Efficiency Video Coding (HEVC) standard is essential. This paper provides an overview of improvements of the HEVC over the previous H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding (AVC) standard, and the testing in the reference software models shows how close the HEVC to its goals is, such as bitrate reduction by 50% with the same perceptual quality.

Key words - High Efficiency Video Coding (HEVC); H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding (AVC); Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC); Joint Model (JM) reference software; HEVC test model (HM)

## THE ANALYSIS OF THE REACHED EFFICIENCY OF THE HEVC STANDARD IN COMPARISON TO THE H.264/MPEG-4 AVC STANDARD

Vanja Elcic, Dragoljub Pilipovic