

OSNOVNE TEHNIKE INTRA I INTER PREDIKCIJE U HEVC-U
BASIC INTRA AND INTER PREDICTION TECHNIQUES IN HEVCIvan Repić, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je pregled osnovnih tehnika primenjenih u intra i inter predikciji slike u standardu HEVC.

Ključne reči: HEVC, H.264/AVC, intra predikcija, inter predikcija, AMVP, TMVP

Abstract – In this paper we give an overview of the basic techniques applied to the intra and inter picture prediction in the HEVC standard.

Keywords: HEVC, H.264/AVC, intra prediction, inter prediction, AMVP, TMVP

1. UVOD

Televizijski sistemi su razvijeni između dva svetska rata. To su bili analogni sistemi, razvijeni su paralelno po nekoliko različitih standarda. Zajednička osobina ovih standarda jeste diskretizacija signala po vertikali i vremenu, dok je signal po horizontali kontinualan. Krajem 20. veka došlo je do razvoja digitalnih televizijskih sistema. U postupku digitalizacije TV signala primenjuju se veoma složene tehnike i operacije. Video zapis se sastoji od sekvence slika. Da bi posmatrač stekao utisak da se radi o pokretnoj slici tj. da ne bi bilo treperenja ili isprekidanog pokreta, potrebno je da bude najmanje 25 slika u 1s, nezavisno od njihovog sadržaja i sličnosti sadržaja u slikama.

U digitalnim TV sistemima bi prenos celih slika bio neekonomičan zbog potrebne brzine digitalnog protoka. Zato su razvijeni složeni postupci kojima se za svaku sliku pronalazi njen suštinski sadržaj. Traži se sadržaj slike koji je neophodno preneti da bi se ova slika tačno reprodukovala u prijemniku. Predikcija slike je postupak kojim se sadržaj slike koju pripremamo za prenos, upoređuje sa drugim slikama, pre i posle nje.

Traže se sličnosti sa drugim slikama i iz date slike se izdvaja samo sadržaj koji je nov. To znači da se umesto prenošenja celih slika, prenosi samo sadržaj koji je nov (razlikuje se od sadržaja koji je već prenet), kao i svi podaci o sličnostima sa drugim slikama. Tema ovog rada jeste analiza predikcija slike u HEVC standardu. Postupak sadrži veoma mnogo složenih tehnika i detalja. Ovde je prikazan samo jedan deo osnovnih tehnika u okviru intra i inter predikcije slike.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željens Trpovski, vanr. prof.

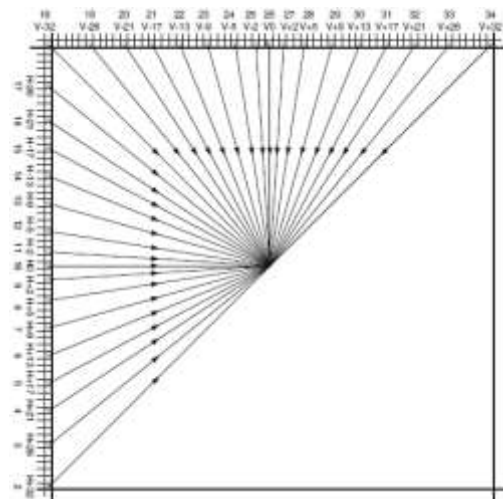
2. INTRA PREDIKCIJA

Intra predikcija predstavlja traženje sličnosti i pravilnosti unutar date slike. Sastoji se iz tri faze:

- formiranje niza referentnih uzoraka,
- predikcija uzorka i
- naknadna obrada dobijenih podataka.

Cilj predikcije jeste da ostvarimo visoku efikasnost kodovanja, uz istovremeno smanjenje računarskih zahteva u procesu obrade i reprodukcije. HEVC u intra predikciji ima set od 35 modova tj. metoda za modelovanje sadržaja slike. Za modelovanje direkcionih struktura koristi se 33 moda koji čine ugaonu predikciju. Za estimaciju glatkog sadržaja slike koriste se dva moda: planarni i DC. Svi modovi mogu se primeniti na blokove svih veličina koji su podržani: 4x4, 8x8, 16x16, 32x32 piksela. Ostvareno je unapređenje u odnosu na prethodni H.264 standard, koji radi sa blokovima veličina od 4x4 do 16x16. H.264 podržava 8 direkcionih modova i DC mod za blokove veličina 4x4 i 8x8, dok za blok 16x16 dozvoljava upotrebu 4 moda, a planarni mod se može primeniti samo na blok 16x16.

Na slici 1. prikazani su direkcionni modovi HEVC-a. Vidimo da modovi pokrivaju ugao od 180 stepeni, tako da je moguće ostvariti predikciju rotacije objekta. Ova rotacija se može ostvariti po tri ose, ali i kombinovano.

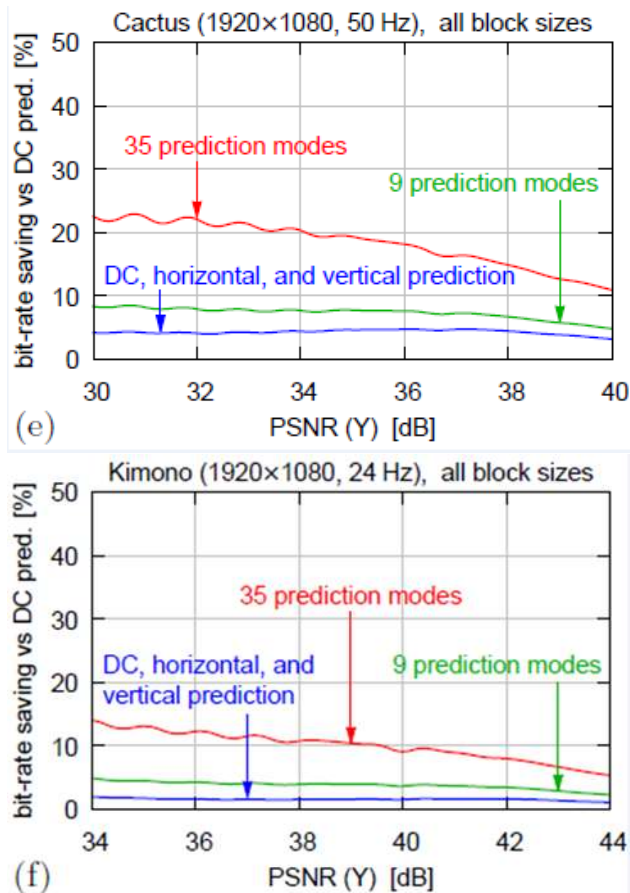


Slika 1. Definicija ugla ugaone intra predikcije [1]

U prirodi se mnogo češće pojavljuju vertikalne i horizontalne strukture, nego strukture u drugim pravcima. Sa slike 1. vidimo da su između skoro horizontalnih i skoro vertikalnih modova male razlike ugla, dok su te razlike veće za dijagonalne modove, čime se odlično prate prirodni procesi. Na slici 2. prikazano je kako se u intra predikciji menja zavisnost efikasnosti kodovanja od

veličine predikcionog bloka pri transformacionom kodovanju. Efikasnost kodovanja raste sa povećanjem veličine predikcionog bloka.

Međutim, intra predikcija je najefikasnija kada radi sa manjim blokovima. Sa povećanjem veličine bloka i obrada postaje računarski kompleksnija. Malo povećanje efikasnosti kodovanja sa povećanjem veličine predikcionog bloka, često nije opravdano. Optimalan izbor veličine predikcionog bloka zavisi od osobina video sadržaja koji se prenosi i od potreba korisnika.



Slika 2. Ušteda bitske brzine u slučaju kada su prisutni blokovi svih veličina koje HEVC dopušta [2]

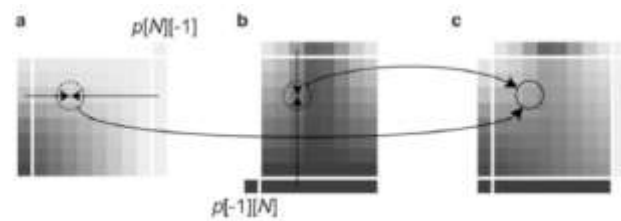
Svi modovi za predikciju koriste referentne uzorke koji su preuzeti iz ranije rekonstruisanih blokova. U toku DC predikcije posmatramo prosečne referentne uzorke koji se nalaze iznad i levo od bloka koji se prediktuje.

Uzimaju se konstantne vrednosti koje predstavljaju date prosečne referentne uzorke pomoću koji se određuje vrednost posmatranog uzorka.

Ugaona predikcija daje dobre rezultate kada radi sa jasnim ivicama, ali može stvoriti konture u glatkim oblastima.

DC predikcija takođe može stvoriti blokove u glatkim oblastima jer se dešava da se svi prediktovani uzorci zamene jednom vrednošću i tada na levoj i na gornjoj strani bloka nastaju diskontinuiteti. Problem ovih diskontinuiteta rešava planarna predikcija tako što se uzimaju prosečne vrednosti horizontalne i vertikalne predikcije. Na slici 3. prikazan je ovaj proces. Gornji-desni referentni uzorak $p[N][-1]$ koristi se kao referenca za horizontalno filtriranje. Slično, donji-levi referentni uzorak $p[-1][N]$ koristi se kao referenca za sve vertikalne

operacije. Finalna predikcija vrednosti za svaki od uzoraka dobija se kada se uzme prosečna vrednost horizontalnih i vertikalnih predikcija [3].

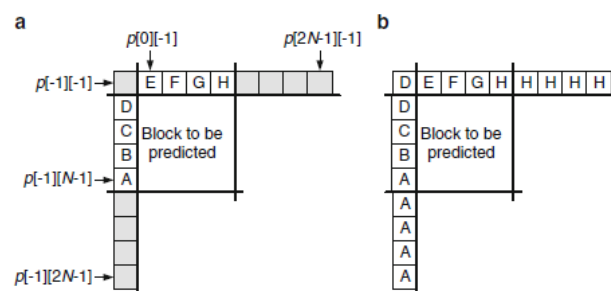


Slika 3. Primer planarne predikcije: (a) ilustruje kalkulaciju horizontalne komponente, (b) ilustruje generisanje vertikalne komponente i (c) daje primer finalne planarne predikcije dobijene uzimanjem vrednosti horizontalnih i vertikalnih komponenti [3].

2.1 Generisanje referentnog uzorka

U intra predikciji, na osnovu moda predikcije vrši se proširenje vrednosti uzoraka pomoću grupe referentnih uzoraka. Može se dogoditi da pojedini ili svi referentni uzorci budu nedostupni za predikciju.

Za razliku od H.264, HEVC ima mogućnost zamene referentnog uzorka. Uzorci izvan slike, izvan „slice“ i izvan „tile“ se posmatraju kao nedostupni uzorci. Zatim, uzorci unutar date jedinice predikcije (PU) se tretiraju kao nedostupni, da ne bi došlo do propagacije greške. Naime, postoji mogućnost da su prethodno dekodovane slike pogrešno rekonstruisane. U slučaju kada nije dostupan nijedan referentni uzorak vrši se zamena svih referentnih uzoraka sa nominalnom prosečnom vrednošću uzoraka za datu dubinu bita. Na slici 4. vidimo proces zamene referentnog uzorka. Zamena se izvodi: pomoću prvog dostupnog referentnog uzorka, nedostupni uzorci oblika $p[-1][y]$ gde je $y = 2N-2 \dots -1$, zamenjuju se sa referentnim uzorcima čije su vrednosti oblika $p[-1][y+1]$ [17] i nedostupni uzorci oblika $p[x][-1]$ gde je $x = 0 \dots 2N-1$, zamenjuju se referentnim uzorcima čije su vrednosti oblika $p[x-1][-1]$.



Slika 4. Nedostupni referentni uzorci označeni su sivom bojom: (a) referentni uzorci pre procesa zamene (b) referentni uzorci posle procesa zamene [3].

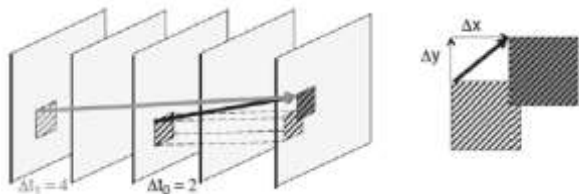
2.2 Filtriranje referentnih uzoraka

HEVC u intra predikciji izvodi uslovno filtriranje uzoraka primenom „smoothing“ filtra, da bi se izbegle skokovite promene vrednosti referentnih uzoraka koje bi mogle da stvore neželjene direkcione ivice na predikcijskom bloku.

Primena zavisi od veličine predikcijskog bloka i izabranog moda. Standardno se koristi 3-tap filtar $[1 \ 2 \ 1]/4$. Za blok veličine 32×32 se za generisanje referentnih uzoraka koristi linearna interpolacija između tri ugla referentnih uzoraka $p[-1][63]$, $p[-1][-1]$ i $p[63][1]$.

3. INTER PREDIKCIJA

Inter predikcija se zasniva na vremenskoj povezanosti između slika. Izvodi se prediktor kompenzacije pokreta (MCP) za dati blok odbiraka (piksela). Ovo izvođenje se radi na osnovu prethodno dekodovanih blokova. koncept predikcije kompenzacije pokreta zasniva se na translaciji pokreta, prikazano na slici 5. Vektorom (Δx , Δy), gde su Δx i Δy horizontalni i vertikalni pomeraj u odnosu na položaj bloka koji posmatramo, označava se pozicija bloka u prethodno dekodovanoj slici. Radi preciznijeg modelovanja kretanja objekta ($\Delta x, \Delta y$) može se koristiti i necelobrojna (frakcionalna) preciznost. U tom slučaju, da bi izdvojili signal predikcije primenjuje se interpolacija na prethodno dekodovane slike.



Slika 5. Koncept predikcije inter-slike i parametri koji koriste model translacionog kretanja [3].

Pomoću prethodno dekodovanih slika pravimo listu referentnih slika, pri čemu svaka ima svoj referentni indeks Δt . Primenom modela translacije pokreta dobijaju se parametri koje nazivamo podaci pokreta. To su npr. vektori pokreta i referentni indeksi.

Imamo dve vrste inter predikcije: uni-predikcija i bi-predikcija. Kada koristimo bi-predikciju radi se sa dva seta podataka ($\Delta x_0, \Delta y_0, \Delta t_0$ i $\Delta x_1, \Delta y_1, \Delta t_1$). Na osnovu ova dva seta podataka formiramo dva MCP-a, koji najverovatnije potiču od različitih slika. Njihovom kombinacijom dobijamo finalni MCP, najčešće se uzima njihova prosečna vrednost. Pri primeni ponderisane predikcije možemo koristiti različite „težine“ na svaki MCP. Na ovaj način možemo nadomestiti „izbledele“ scene pomoću ponderisane predikcije. Pri primeni bi-predikcije koriste se dve odvojene liste (lista 0 i lista 1) za čuvanje referentnih slika. Bi-predikcija povećava digitalni protok i potrošnju memorije u „slice“. HEVC ograničava potrošnju memorije tako što je propisao da PU koji sadrži lumentne predikcione blokove (PB) veličina 4×8 i 8×4 (mnogo blokova najmanje veličine) bude obrađivan samo uni-predikcijom.

Estimacija pokreta koristi se u koderu radi dobijanja podataka pokreta. Nije definisana HEVC standardom. Ostavljeno je konstruktorima koderu da ostvare različite odnose kompleksnosti i kvaliteta u skladu sa njihovom primenom.

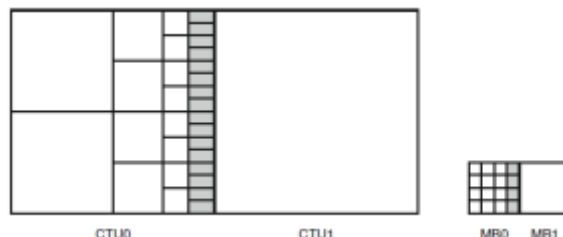
Korelacija podataka pokreta datog bloka sa podacima pokreta susednih blokova, omogućava da se podatak pokreta datog bloka prediktivno koduje na osnovu susednog podatka pokreta. Zato vektore pokreta u susednim blokovima koristimo kao prediktore.

3.1 Napredna predikcija vektora pokreta (AMVP)

U HEVC-u je unapređeno prediktivno kodovanje vektora pokreta uvođenjem napredne predikcije vektora pokreta (AMVP). AMVP obezbeđuje da najbolji prediktor svakog bloka bude signaliziran dekoderu. Prilagodljivo

partitionisanje koje se ostvaruje „quadtree“ strukturom predstavlja unapređenje. Omogućava nam da koristimo velike blokove za oblasti slike u kojima nema detalja, npr. delovi slike na kojima se prikazuje nebo bez oblaka, dok za delove slike koji imaju puno detalja možemo izvršiti podelu na više malih blokova.

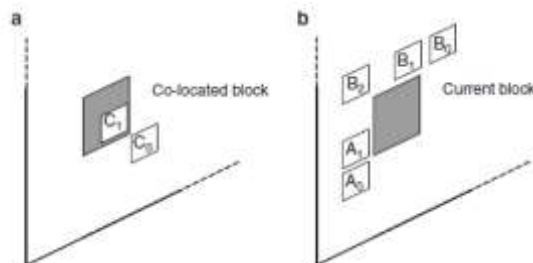
Međutim, pri primeni „quadtree“ strukture mogu nastati i dva problema. Prvi je prikazan na slici 6. Vidimo da lumentni predikcioni blok veličine 64×64 nije podeljen i da sa leve strane, kao susedni blok ima blok sa najvećom mogućom podelom: 16 predikcionih blokova veličine 8×4 . Znači da ima 16 kandidata za predikciju. HEVC je uveo AMVP da bi pojednostavio ovakav problem.



Slika 6. Najgori scenario tj. maksimalan broj levih suseda u HEVC je prikazana na slici levo, na desnoj strani je najgori scenario u H.264 [3].

3.1.1. Formiranje liste kandidata za AMVP

Izvođenje prediktora vektora pokreta (MVP) se zasniva na kompeticiji vektora pokreta. Prvo treba odrediti koji prediktori vektora pokreta će ići na listu kandidata. Na osnovu liste se izvodi vektor pokreta. Listu kandidata za AMVP čine dva prediktora vektora pokreta. Dobijaju se na sledeći način. Ako je dostupno 5 prostornih kandidata, onda se od njih izvode do dva prostorna kandidata. Ako oba prostorna kandidata nisu dostupna ili su identična, onda se koriste dva vremenski kolocirana bloka: pomoću njih se izvodi jedan vremenski kandidat. Kada nisu dostupni prostorni, vremenski ili oba kandidata, imamo nula vektor. Na slici 7. prikazani su prostorni i vremenski kandidati. Pri traženju prostornog MVP kandidata posmatraju se samo prostorno susedni blokovi, sa leve i sa gornje strane posmatranog bloka. Blokovi desno i ispod posmatranog bloka se ne koriste jer nisu još uvek dekodovani. Vektor pokreta se skalira samo kada trenutna referentna slika i kandidat za referentnu sliku postoje u kratkom vremenskom trenutku. Kada tražimo vremenskog kandidata koristi se kolocirana slika, tj slika koja je već dekodovana.



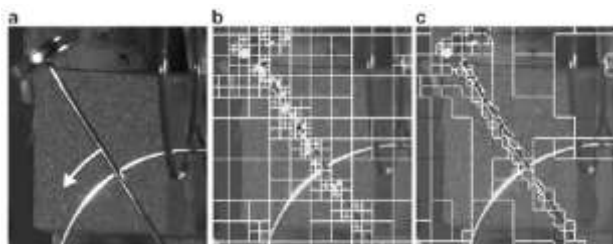
Slika 7. Prediktor vektora pokreta i spajanje kandidata. (a) Vremensko. (b) Prostorno [3]

Najbolji kandidati za traženje vremenskog prediktora vektora (TMVP) su C0 i C1. Prvo se traži podatak pokreta iz C0, pa ako nije dostupan, koristi se podatak pokreta iz C1. Skaliranje vektora pokreta obavezno je za TMVP. U

HEVC-u je moguće za svaku sliku navesti koja slika se posmatra kao kolocirana slika.

3.2 Spajanje blokova

Drugi problem koji nastaje primenom „quadtree“ partitionisanja je nastanak neefikasnih granica blokova. Primer je prikazan na slici 8. Prikazano je klatno koje se kreće velikom brzinom ispred pozadine koja je „mirna“. U prirodi su česte ovakve scene. Dolazi do velikog „usitnjavanja“ oblasti oko klatna kako bi se „uhvatilo“ kretanje klatna. Kada se objekat relativno brzo kreće dolazi do naglih promena parametara pokreta i zato nastaje preterano partitionisanje. Problem nastaje jer „quadtree“ struktura ne dozvoljava da se manji blokovi koji se nalaze u različitim velikim blokovima zajednički opisuju. Mogućnost da se blok podeli na četiri manja bloka, takođe može stvoriti problem neefikasnih granica.



Slika 8. (a) Objekat koji se kreće (klatno), kretanje je označeno strelicom. (b) Stepem distorzije optimizovanog „quadtree“ partitionisanja. (c) Pokazane su samo granice koje odvajaju blokove sa različitim parametrima pokreta [4].

HEVC tehnikom spajanja blokova rešava problem neefikasnih granica. Ova tehnika omogućava da se kodovanje pokreta izvrši jednostavnije sa smanjenim protokom bitova. Pomoću tehnike spajanja blokova, za dati sub-blok možemo upotrebiti parametre pokreta koje koriste susedni blokovi. Funkcioniše kao AMVP.

3.2.1. Konstrukcija liste spojenih kandidata

U AMVP postoji jedna referentna lista kandidata (koriste se samo vektori pokreta). Tehnika spojenih kandidata ima 1 ili 2 liste referentnih kandidata (koristi se vektor pokreta za svaku sliku i referentni indeks). Lista spojenih kandidata sadrži: do 4 prostorna kandidata (izvode se od 5 kandidata), 1 vremenski kandidat (izvodi se od dva vremenski kolocirana bloka). Mogu se koristiti i dodatni spojeni kandidati.

Prostorni kandidati

Posmatraju se isti prostorni susedi kako kod AMVP-a. Prvo se proverava da li je susedni blok dostupan i da li sadrži podatke pokreta. Zatim se vrši provera redundantnosti koja ima dve namene. Prva je izbegavanje da na listi budu kandidati sa redundantnim podatkom pokreta. Druga je da spreči spajanje dve particije koje bi se mogle izraziti i na još neki način.

Vremenski kandidat

Izvođenje je isto kao kod TMVP. Provera redundantnosti se ne vrši.

Dodatni kandidat

Lista spojenih kandidata ima fiksnu dužinu. Ako je nismo popunili sa prostornim i vremenskim kandidatima, onda koristimo dodatne kandidate.

To su kombinovani bi-predikcioni kandidati i kandidati nula vektora pokreta. Referentni indeks se inkrementira za svakog dodatnog kandidata sve dok se ne dostigne maksimalni dozvoljeni referentni indeks.

4. ZAKLJUČAK

Predikcija u HEVC-u nije donela revolucionarni skok u razvoju predikcije digitalnih TV sistema. Ona predstavlja očekivani napredak u odnosu na predikcije u prethodnom standardu H.264/AVC. Tako su poboljšane tehnike korišćene u prethodnim standardima i uvedene neke nove. Povećana je maksimalna veličina bloka za intra predikciju na 32x32, dok je u H.264/AVC bila 16x16. HEVC ima 33 moda za obradu direkcionihih struktura, dok H.264/AVC ima 8 modova.

U predikciji hrominentnih i lumentnih blokova HEVC primenjuje sve modove, a H.264/AVC za predikciju hrominentnog bloka ima dva moda. HEVC kontinuitet na granicama blokova obezbeđuje primenom unapređenog planarnog moda i primenom naknadnog filtriranja. Mogu se nadomestiti svi nedostupni referentni odbirci (pikseli). Uvođenjem AMVP je inter predikcija unapređena. TMVP donosi poboljšanje. Tehnika spajanja je olakšala signalizaciju podataka pokreta. Pored navedenih tehnika, HEVC donosi još tehnika koje su unapredile predikciju. Npr. izvođenje najverovatnijeg moda za predikciju lumentne komponente. Izabrani mod se može primeniti i na hrominentnu komponentu. Uvedeni su regioni estimacije. Unapređena je frakciona interpolacija a uvedena su i još mnoga druga poboljšanja.

5. LITERATURA

- [1] Lainema J, Bossen F, Han W-J, Min J, Ugur K (2012) Intra coding of the HEVC standard. IEEE Trans Circuits Syst Video Technol 22(12):1792–1801
- [2] Schwarz H, Wiegand T, (2016) Video Coding: Part II of Fundamentals of Source and Video Coding
- [3] Vivienne S, Budagavi M, Sullivan G (Eds) (2014) High Efficiency Video Coding (HEVC): Algorithms and Architectures
- [4] Helle P, Oudin S, Bross B, Marpe D, Bici M, Ugur K, Jung J, Clare G, Wiegand T (2012) Block merging for quadtree-based partitioning in HEVC. IEEE Trans Circuits Syst Video Technol 22(12):1720–1731

Kratka biografija:

Ivan Repić rođen je u Prizrenu 1977. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2018.god.



Željko Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.