

VIDEO KOMPRESIJA – U SUSRET H.265

Irini Reljin^(1,2), Bojana Krstić⁽²⁾, Marija Zajeganović-Ivančić⁽¹⁾

⁽¹⁾Viša škola za informacione i komunikacione tehnologije, Beograd

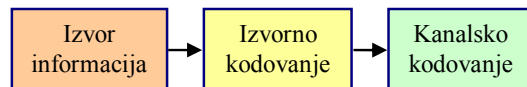
⁽²⁾Elektrotehnički fakultet, Beograd

Sadržaj: U radu je dat pregled H.26x i MPEG-x standarda. Opisani su osnovni pravci razvoja video kompresija i objašnjene primene svakog od njih. Takođe je analiziran novi standard Dirac. Premda je H.264 ITU-T preporuka donela niz novina koje poboljšavaju karakteristike komprimovanog videa sa stanovišta kvaliteta, pri relativno niskom protoku, tj. sa velikim stepenom kompresije, pokazuje se da mogućnosti izvornog kodovanja još nisu iscrpljene. Stoga se počelo sa pripremama za novi standard pod radnim nazivom H.265.

Ključne reči: H.26x kompresije, MPEG-x kompresije, otvoreni standardi i tehnologije.

1. Uvod

Prenos video signala, veoma zahtevnog u pogledu količine podataka koje treba preneti, malih dozvoljenih kašnjenja, osetljivosti na varijacije kašnjenja, spada u najosetljivije tehnike sa kojima se susrećemo u multimedijalnim telekomunikacijama [1,2]. U razvoju digitalnih telekomunikacija je uobičajeno da se količina podataka pre prenosa redukuje kako bi se uštedeli raspoloživi resursi. S druge strane, prenos sa sobom nosi probleme vezane za karakteristike kanala, prisustvo šuma, izobličenja, smetnje. Otac teorije informacija, Claude Shannon, je, uvodeći Pincip separacije, čitav problem prenosa sveo na proučavanje funkcija tri osnovna bloka, slika 1. Izvor generiše informaciju koju treba preneti ili memorisati. Izvorni koder treba da obavi kompresiju podataka kako bi protok na njegovom izlazu bio što je moguće više redukovan. Na ulazu izvornog koder, smatramo da imamo digitalizovani video signal, pri čemu je kvantovanje vršeno uniformnim kvantizerom. Nekomprimovani video signal se sastoji od *frame*-ova fiksne veličine, “*Presentation units*” (jedna slika standardne TV rezolucije zahteva 830 kB). Na izlazu izvornog koder video signala, nakon kompresije, signal sadrži znatno manje podataka u odnosu na izvorni, a odgovarajući komprimovani *frame*-ovi, “*Access units*”, su promenljive veličine, zavisno od sadržaja video materijala i od tipa kodovanja. Na ovaku smanjenu količinu podataka primenjuje se kanalsko kodovanje sa funkcijom zaštite podataka pri prenosu. Ovim se postupkom povećava količina podataka. Dakle, ide se u suprotnom smeru od izvornog kodovanja.



Slika 1. *Shannon-ov PRINCIP SEPARACIJE*



Slika 2. *Redundanse: (a) prostorna; (b) vremenska; (c) statistička; (d) HVS.*

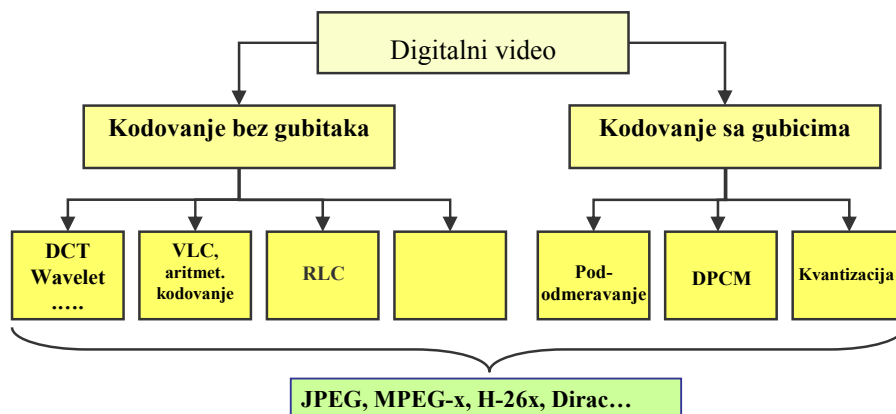
Kompresiju podataka možemo izvršiti tehnikama u kojima se smanjuje redundansa (informaciona suvišnost) koja je prisutna u signalu. Video signal sadrži četiri osnovna tipa suvišnosti [1-4]. *Prostorna suvišnost* je prisutna u svim, pa i u nepokretnim slikama, slika 2.a. Uočimo delove krošnje drвета koji, premda prostorno razdvojeni, imaju dosta vrlo sličnih ili identičnih detalja. Pokretna slika uvodi *vremensku redundansu* (pokret, na delovima susednih frejmova, može da se iskaže vektorima pokreta koji opisuju promenu pozicije tih delova), slika 2.b. Uočimo da se neki podaci koji opisuju sadržaje slika ili njenih delova, bilo u prostornom, bilo u transformacionom domenu, mogu pojavljivati češće od ostalih (neka su to simboličke vrednosti prikazane na slici 2.c.). U želji da se izvrši redukcija podataka, takvim vrednostima se dodeljuju kratke kodne reči (retkima se dodeljuju duže), što se vrši nekim od postupaka statističkog (VLC Variable Length Coding, aritmetičko,...) kodovanja. Time se smanjuje *statistička redundansa*. Najzad, treba istaći da ljudski vizuelni sistem (HVS, Human Visual System) nije savršen. Stoga se tehnika kompresije zasniva i na poznavanju, pa samim tim i ukljanjanju, *psihovizuelne redundanse*.

U ovom radu su objašnjeni pravci razvoja tehnika kompresije. U drugom poglavlju su navedene najvažnije ITU-T H.26x (International Telecommunication Union) preporuke i MPEG-x (Motion Picture Expert Group) standardi, i objašnjene njihove namene. U trećem poglavlju je opisan najnoviji standard Dirac, koji je razvio BBC (British Broadcast Company). Pored toga, navedeni su motivi koje ITU-T grupe navode kao opravdanje za razvoj nove tehnike kompresije, pod radnim nazivom H.265.

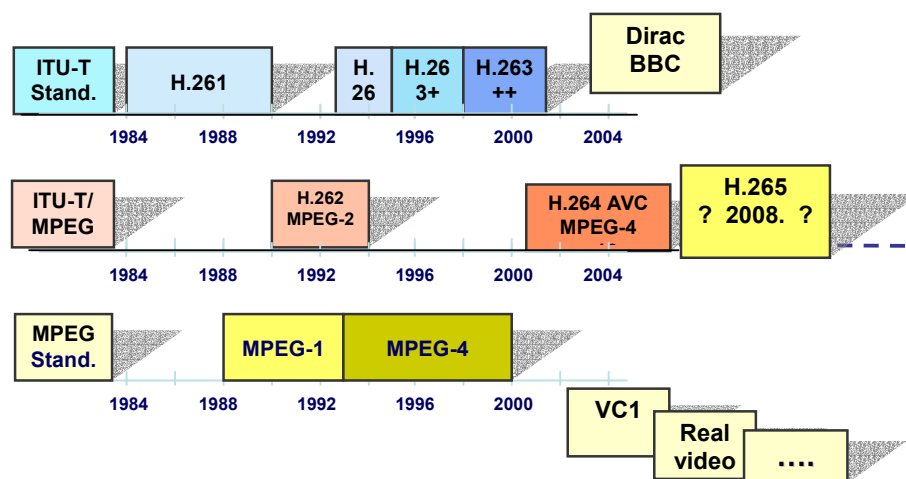
2. Pregled postojećih standarda

Metode kompresije se, generalno, mogu podeliti u dve osnovne kategorije: kodovanje bez gubitaka i sa gubicima [3-7], slika 3. *Kodovanje bez gubitaka* obuhvata transformacije od koji su najčešće diskretna kosinusna (DCT, Discrete Cosine Transform) i Wavelet. DCT se primenjuje na blokove (najčešće veličine 8x8 piksela). Transformacija ovog tipa je jednostavna i relativno brzo se izračunava. Wavelet

transformacija se primenjuje ili na delove slike, kao kod kodovanja po ravnilima objekata (pri kodovanju tekstone, na primer u H.264 AVC), ili na čitavu sliku (Dirac kompresija). Transformacije u sliku mogu uneti, međutim, računsku grešku usled zaokruživanja, što se i inače, u bilo kojoj obradi signala, događa. Statističko kodovanje (odvija se po nekoj look-up tabeli) ne uklanja podatke bez kojih se ne može izvršiti rekonstrukcija videa. RLC (Run Length and Level Coding) prenosi podatak o broju sukcesivnih nula do prvog „ne-nultog“ koeficijenta, čime se skraćuje količina podataka koje treba preneti uz omogućavanje rekonstrukcije. Povratni interval u snimljenom video signalu ne nosi informaciju o slici, te ne može uticati na rekonstrukciju. Kodovanje sa gubicima se zasniva na HVS karakteristici (pod-odmeravanje hrominentnog signala, kvantizacija matricom HVS, diferencijalno kodovanje). Ono unosi značajnu redukciju količine podataka koje treba preneti ili memorisati, ali ne mora vidno degradirati signal.



Slika 3. Pregled tehnika kodovanja video signala.



Slika 4. Pregled standarda za video kompresiju.

Algoritmi za video kompresiju su razvijani dugi niz godina i njihova namena, složenost i suština zavisila je od više faktora, pre svega od raspoložive tehnologije [3-9].

Standardizacija kompresija je izvršena od strane ITU i ISO (međunarodne organizacije za standardizaciju). Predlagana je od strane MPEG Foruma i komisija ITU, a često i od njihovih, zajednički organizovanih, istraživačkih grupa. Potrebno je istaći da se, u postojećim standardima, slika 4, uočava nekoliko pravaca razvoja:

Standard za prenos videokonferencijskih signala, H.261, podrazumevao je korišćenje ISDN kanala (stoga je poznat i pod nazivom px64kbps). Usavršavanje kompresionih algoritama je, kasnije, dovelo do uvođenja H.263 preporuke koja je doživela još dve modifikacije, H.263+ i H.263++. H.263 je namenjen sistemima 3G i veoma malim protocima, čak i ispod 32kbps. Kodovanje jednostavnih sekvenci poznatih pod nazivom „head and shoulders”, pogodno je raditi sa H.261 ili H.263.

MPEG-2 je najpoznatiji standard koji je u celom svetu prihvaćen kao televizijski (broadcast kvalitet), za komprimovanje videa namenjenog televiziji standardne (SDTV) i televiziji visoke rezolucije (HDTV). Koristi blokovsku DCT transformaciju. Protoci koji se dobijaju iz MPEG-2 koda su nekoliko Mbps, zavisno od toga kojoj širini kanala, odnosno kakvoj rezoluciji su namenjeni. Napomenimo da se u postupku kompresije može ograničiti, pa time i kontrolisati protok komprimovanog videa. Ovo se postiže kontrolisanim smanjenjem, odnosno povećanjem, skala faktora pri kvantizaciji (u HVS matrici) videa.

MPEG-1 standard je jedan od najstarijih (namenjen CD tehnici), a koji inače nije postigao komercijalni uspeh.

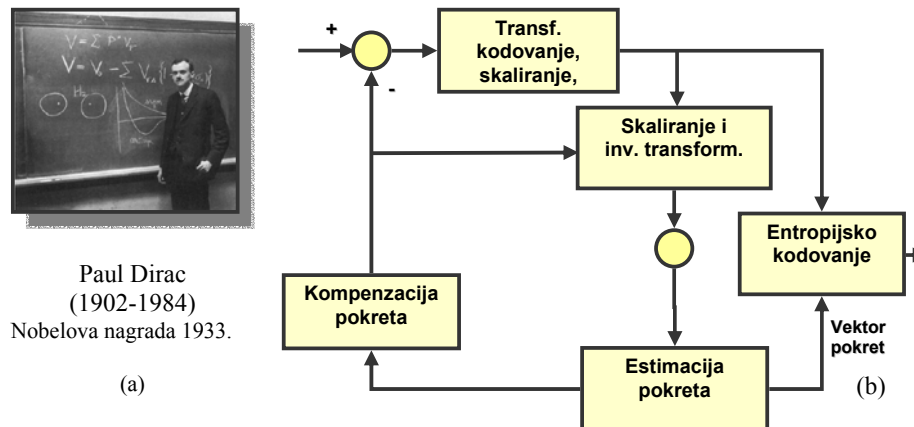
MPEG-4 je najduže razvijan, doživeo je veliki broj verzija, namenjen je multimedijalnim sadržajima. Kaže se da je defokusiran jer nema jasan cilj (na primer mali protok ili veliki protok za izuzetan kvalitet). Ipak on je doneo najviše, vrlo važnih, novina. Razvio je kodovanje zasnovano na modelu, usavršio skalabilno kodovanje, uveo kodovanje po objektnim ravnama, predikciju na osnovu većeg broja susednih frejmova, i mnoga drugea, na prvi pogled mala poboljšanja u tehnici kompresije. Mnoge od ovih novina su uvedene kasnije i u druge standarde.

H.264 AVC (Advanced Video Coding) ili MPEG-4 verzija 10, razvijen je zajedničkim snagama od MPEG Foruma i ITU-a. Njegov je cilj što manji protok (navodi se dva puta manji od istoga za MPEG-2) za dobar kvalitet (broadcast). To je prvi standard koji je ozbiljno poljuljao primat MPEG-2. H.264 ne uvodi neku izuzetno veliku novinu; on, nizom malih poboljšanja, postiže dobar kvalitet pri umerenim protocima. Očekuje se da će biti usvojen za DVB (Digital Video Broadcasting) over IP (Internet Protocol), kao i za DVB-H (za Handheld monitore).

3. Nove tehnike kompresije

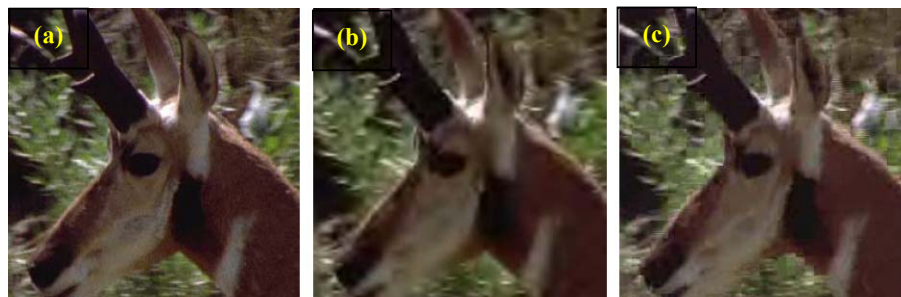
U vreme razvoja H.264, Microsoft je preko SMPTE (Society of Motion Picture Television Engineers) uveo svoj Windows media 9, koji je kasnije nazvan VC-1 (Video Coding). Real networks, razvija paralelno svoj Real Video. Mnogi drugi proizvođači na tržište iznose svoje proizvode. Koderi su softverski, tipa *open standard*, ali su namenjeni specifičnoj tehnologiji. To znači da je potrebno posedovati interfejs koji omogućavaju

interoperabilnost. Otvoreni standardi su poznati, ali za njihovu primenu se mora platiti vlasnicima patenata koji su ugrađeni u standarde. Dakle, plaća se tehnologija. Sa razvojem Internet prenosa, TV kuće su zainteresovane da što više gledalaca može da primi njihov signal. Što manji troškovi raspoloživog kanala za gledaoca podrazumevaju i otvorenu tehnologiju za koju se neće dodatno plaćati. Stoga je BBC bio zainteresovan za razvoj standarda kompresije kao otvorenog tehnološkog rešenja [9]. Nazvan je Dirak po poznatom engleskom fizičaru Paul Dirac-u, slika 5.a. Dirak ima veoma jednostavan koder, slika 5.b. koji u sebi sadrži sve poznate elemente za kompresiju video signala.



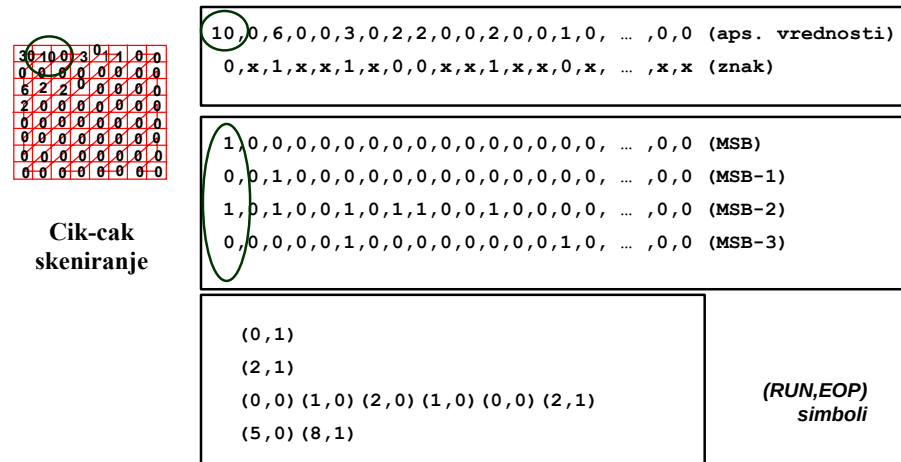
Slika 5. Dirak kompresija: (a) Paul Dirac; (b) Blok šema Dirak koda.

Dirak je, kao i MPEG standardi, hibridnog tipa. Kompresija se vrši u transformacionom domenu uz dodatno korišćenje kompenzacije pokreta. Za razliku od većine prethodnih koda, transformacija koja se u Diraku primenjuje je wavelet i vrši se na celoj slici. Entropijsko kodovanje koje sledi iza wavelet bloka je aritmetičkog tipa. S obzirom da se ne vrši blokovska transformacija, artefakta Dirak kodovanja nemaju blokovsku strukturu, slika 6.b. Kao što je poznato, blok artefakta su na nepokretnoj poziciji, dok se pokretna slika ispod nje menja, što je veoma neprijatno na pokretima. Sa druge strane, MPEG slike su nešto oštrije.



Slika 6. Slika "Jelen" (a) Originalna; (b) Dirak komprimovana; (c) MPEG-2 komprimovana.

Dirak je razvijen u C++ jeziku. Ima znatno jednostavniju strukturu stream-a od MPEG koda. U poziciji svakog frejma (slike) definiše se gde je prethodni i naredni frejm, što znatno olakšava navigaciju kroz stream.

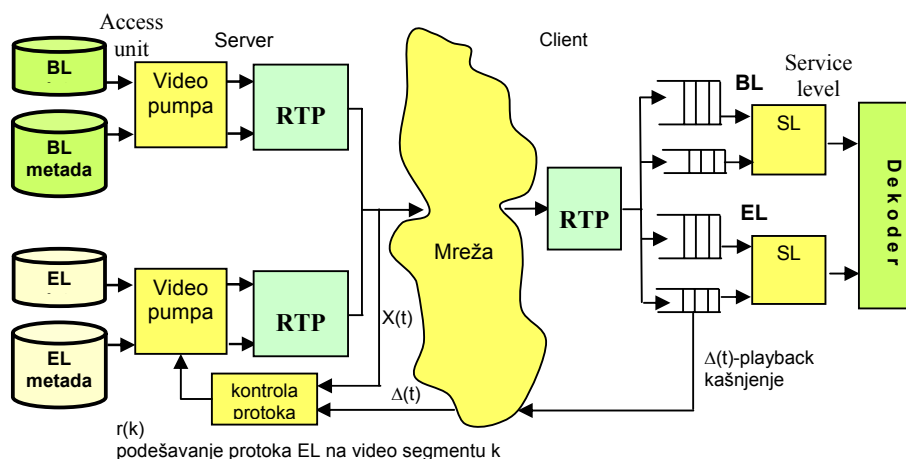


Slika 7. Primer bit-plane kodovanja

Uočavajući da će u postuku integracije telekomunikacija i računara (vreme njihove konvergencije se smatra da je odavno prošlo), pokazuje se da je neophodno sve više računati na multimedijalni, kao i televizijski prenos preko Interneta. Stoga, rešenja kompresionih algoritama moraju da računaju na intenzivnu primenu, na primer skalabilnog kodovanja. Prijemnici video sadržaja veoma se razlikuju i po kvalitetu, i po rezoluciji i po dimenzijama. H.263 preporuka, kao i MPEG-4 standard, uveli su tri tipa skalabilnosti: *prostornu* (omogućava se prijem na monitorima različitih veličina), *vremensku* (ubacuju se ili izbacuju frejmovi dobijeni predikcijom), *SNR* (signal-to-noise ratio). MPEG-4 uvodi i *FGS* (*Fine Granularity Scalability, granularna skalabilnost*). U ovom se postupku DCT blokovi ne prenose vrednostima svojih koeficijenata, već se od njih (iza cik-cak skeniranja DCT koeficijenata) formiraju ravni koje odgovaraju pojedinim bitima iz svakog od DCT koeficijenata, slika 7. Kodovanje je sada RLC, ali na nivou pojedinih bita [10]. Prenosi se broj nula (RUN) i podatak EOP (End of Plane). Ovakvo kodovanje smanjuje propagaciju greške, jednostavnije je za obnavljanje i to iz samo jednog, osnovnog sloja (Base Layer). Ukoliko se formira obogaćena slika iz obogaćenog sloja (Enhancement Layer, EL), on se može prekinuti u bilo kojoj tački, na nivou bita (jer je RLC kodovan na nivou bita) i zatim prilagoditi promenama mrežnih resursa.

MPEG-4 standard je predvideo da se multimedijalni sadžaj koji se njime koduje prenosi Internetom. Na raspolaganju je povratni kanal kojim se šalje informacija o zagušenjima na mreži i tako vrši podešavanje protoka kodovanog signala, slika 8. Prema slici se prenose samo dva sloja, osnovni i obogaćeni, a uz komprimovani video materijal

idu i metadata („data about data”) koji opisuju sadžaj videa, olakšavaju pretraživanja. Multiplesirani podaci oba sloja se zajedno prenose kanalom [11].



Slika 8. Arhitektura streaming prenosa multimedijalnih sadržaja.

Veliki opus mogućnosti koje nudi MPEG-4 je dobrim delom iskorišćen u H.264. Formiran je standard koji pokušava da se nametne starom rešenju MPEG-2 za prenos televizijskih signala. S druge strane, nameću se nove tehnološke mogućnosti koje zahtevaju prenos ne samo konvencionalnim kanalima (zemaljski, satelitski, kablovski klasični prenosi), već i Internetom. Stoga je neophodno da H.264 bude robustan i da ponudi brze kodere. Uočavajući neke od njegovih nedostataka, kao i neiskorišćene ideje iz MPEG-4, istraživači su predvideli uvođenje novog standarda. Obrazlažući zašto H.264 ne treba da ima usavršene verzije (poput H.263+ i H.263++), navodi se da se tehnologija brzo menja i da treba sa tim računati. Znači H.265 je na vidiku – prva verzija se očekuje 2008. godine.

4. Zaključci

Očigledno je da savremena tehnologija, orjentisana ka Internet aplikacijama, i prenosu, ne samo multimedijalnog, već i televizijskog sadržaja ovim putem, zahteva nova tehnološka rešenja za kompresiju video materijala. Neophodno je da ona budu jednostavna za primenu, jeftina za korisnike servisa, a da kvalitet reprodukovano materijala bude zadovoljavajući. Nova tehnološka rešenja, kao što je Dirak, verovatno će biti široko usvojena.

S druge strane, treba istaći da video kompresija koja se može očekivati da bude primenjena i u okviru pojedinih DVB standarda (DVB-H, DVB-S2), sa, ne tako velikim protokom a dobrim kvalitetom, jeste H.264 tipa. Uočavajući nedostatke postojećeg, kao što je složenost izračunavanja, ITU komisije su predložile izradu novog H.265 standarda.

Literatura

- [1] K. Rao, Z. Bojkovic, D. Milovanovic, *Multimedia Communication Systems: Techniques, Standards, and Networks*, Prentice Hall, NJ, 2002.
- [2] A. Sadka, *Compressed Video Communications*, Wiley, 2002.
- [3] R. Schäfer, T. Wiegand, H. Schwarz, "The emerging H.264/AVC standard", *EBU Technical Review*, January 2003.
- [4] R. Koenen (Ed.), *Overview of the MPEG-4 Standard*, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, <http://mpeg.telecomitalialab.com/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>, March 2002.
- [5] F. Fitzek, M. Zorzi, P. Seeling, M. Reisslein, "Video and audio trace files of pre-encoded video content for network performance measurements", 2003, <http://www.eas.asu.edu/trace>
- [6] I. Reljin, B. Reljin, "Multimedia traffic performances - different compression techniques" (invited paper), in *Proc. 6th Int. Conf. TELSIKS 2003*, pp. 369-376, Nish, Oct. 2000.
- [7] I. Reljin, B. Reljin, "H.264 AVC - pre i posle", *Zbornik radova 20. simp. o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju*, str. 204-214, Saobraćajni fakultet, Beograd, 7-8. dec. 2004.
- [8] I. Reljin, M. Zajeganović-Ivančić, B. Krstić "Analiza komprimovanih animiranih video sekvenci", *Zbornik radova TELFOR-03*, Beograd, novembar 2003.
- [9] T. Borer, T. Davies, "Dirac-video compression using open technology", *EBU Technical Review*, July 2005.
- [10] P. de Quetos, *Network and content adaptive streaming of layered-encoded video over Internet*, PHD thesis, EURECOM, Sophia-Antipolis, Sept. 2003.
- [11] P. Seeling, *The rate-variability distortion (VD) curve of encoded video*, PHD thesis, ASU, July 2005.

Abstract: *The paper gives the overview of H.26x and MPEG-x standards. The main directions of the video compression developments, as well as its applications, are explained. The newest one, Dirac compression standard, is analyzed, as well. Though the H.264 ITU-T Recommendation had brought many enhancements in the compressed video from the reconstructed video quality viewpoint, at rather low bit rates, i.e. at high compression ratios, it is obvious that the possibilities of the source coding are not completely exploited. Hence, the draft version of the new standard H.265 is being prepared.*

Keywords: *H.26x compression, MPEG-x compression, open standards and open technologies.*

VIDEO COMPRESSION – TOWARDS THE H.265

Irina Reljin, Bojana Krstić, Marija Zajeganović-Ivančić