

## H.264/AVC STANDARD I IPTV

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

<sup>1</sup>Saobraćajni fakultet u Beogradu

<sup>2</sup>Uprava za telekomunikacije i informatiku GŠ VS u Beogradu

**Sadržaj:** U radu je predstavljen koncept Internet televizije (IPTV) i multimedijalnog H.264/AVC video kodnog standarda. H.264/AVC video kodni standard značajno poboljšava efikasnost kompresije video signala. Od ne manjeg značaja je i povećanje fleksibilnosti kodovanja i prenosa. Na taj način ovaj standard je postao veoma pogodan za primenu kod različitih multimedijalnih tehnologija i sadržaja.

**Ključne reči:** H.264/AVC, MPEG-2, IPTV.

### 1. Uvod

H.264/AVC je video kodni standard koji je zajednički razvijen od strane eksperata iz JVT (Joint Video Team), odnosno ITU-T VCEG i ISO /IEC MPEG komiteta za standardizaciju [1, 2, 3]. Ciljevi ovih napora u toku procesa standardizacije bili su povećanje efikasnost kompresije i lakoća u mrežnom predstavljanju interaktivnih (video telefonija) i ne-interaktivnih aplikacija (broadcast, streaming, memorisanje, video na zahtev). H.264/AVC video kodni standard može u značajnoj meri da poboljša efikasnost kompresije u poređenju sa prethodnim standardima. Zbog ovog poboljšanja efikasnosti kompresije, kao i povećanja fleksibilnosti kodovanja i prenosa, H.264/AVC poseduje neophodan potencijal da omogući nove servise preko različitih tipova mreža. Poboljšanje efikasnosti kodovanja povećava kompleksnost koda. U skladu sa tim, H.264/AVC koristi različite metode za redukciju kompleksnosti implementacije. Osnovni funkcionalni elementi H.264/AVC standarda su: transformacija za redukciju prostorne korelacije i kvantizacija za kontrolu bitskog protoka. Od ne manje važnosti su predikcija kompenzacija pokreta za redukciju vremenske korelacije, kao i entropijsko kodovanje za redukciju statističke korelacije [4].

IPTV (Internet Protokol Televizija) je tehnika TV prenosa koja distribuira audio i video servise direktno do TV seta korisnika preko Internet veze velikom brzinom. Podaci se distribuiraju preko Interneta u paketima i rasporedu koji omogućava prijem istih na TV set-top boks, koji je povezan na ADSL ili kablovsku liniju [5].

Ne treba grešiti i reći da je IPTV samo *video striming* na kompjuteru, pošto je kvalitet IPTV na TV setu daleko bolji. Zahvaljujući povećanju brzine i kapaciteta širokopojasnog povezivanja, kao i boljoj tehnologiji za kompresiju videa, IPTV omogućava isporuku standardnog videa i videa visoke definicije koristeći pri tome danas dostupne širokopojasne tehnologije.

U prvom delu rada predstavljene su ukratko osnovne karakteristike H.264/AVC standarda, sa posebnim naglaskom na entropijsko kodovanje i robusnost i otpornost na greške. Drugi deo rada bavi se funkcionisanjem IPTV i elementima IPTV mreže. Treći ključni deo prikazuje mogućnost primene H.264/AVC standarda u IPTV tehnologiji.

## 2. H.264/AVC standard: arhitektura i relevantne karakteristike

Arhitektura H.264/AVC standarda se bazira na dva sloja (slika 1): Mrežni apstraktni sloj (Network Apstraction Layer, NAL) i Video kodni sloj (Video Coding Layer, VCL) [6, 7]. Mrežni apstraktni sloj je dizajniran da obezbedi „*network friendliness*“ i omogući elegantno i efikasno prilagođenje VCL za korišćenje u širokom spektru sistema. NAL obezbeđuje mapiranje H.264 VCL podataka u transportne nivoe kao što su: RTP/IP, H.32x i MPEG-2 za broadcasting. On sadrži karakteristike koji obezbeđuju veću robusnost i fleksibilnost nego kod prethodnih standarda, kao što su: parametarski setovi sekvence (Sequence Parametre Sets, SPS) i parametarski setovi slike (Picture Parametre Sets, PPSs). Svaka NAL jedinica može se smatrati paketom koji sadrži celi broj bita uključujući i zaglavlje i *payload*. Zaglavlje određuje tip NAL jedinice, dok *payload* sadrži odgovarajuće podatke.

Video kodni sloj je dizajniran na blok-baziranom hibridnom video koderu u kome je svaka kodirana slika predstavljena *makroblokovima* piksela. VCL jedinica sadrži sledeće video kodirane podatke: video sekvenca, slika, isečak (*slice*), makroblok i blok.



Slika 1. Struktura H.264/AVC video kodera [6].

Neke ključne karakteristike H.264/AVC su:

#### ◆ Povećanje efikasnosti i preciznosti predikcije

- Kompenzacija pokreta sa višestrukim slikama [8], koristi na fleksibilniji način nego drugi standardi prethodno kodovane slike kao referentne, tako da omogućava da se u nekim slučajevima koriste i do 32 referentne slike. Ova specifična karakteristika obično omogućava poboljšanja u bitskoj brzini i kvalitetu kod većine scena. Kod određenih tipova scena npr. scene sa brzim ponavljanjem treptanja, ovo omogućava veoma značajnu redukciju u bitskoj brzini.
- Kompenzacija pokreta sa promenljivom veličinom blokova (Variable Block-Size Motion Compensation, VBSC) ne većim od 16x16 i ne manjim od 4x4, omogućava veoma preciznu segmentaciju pokretnih i nepokretnih regiona.
- Filtriranje za devijaciju predikcije  $\frac{1}{2}$  luma odbiraka, da bi se smanjilo izobličenje i eventualno obezbedila oštrija slika.
- $\frac{1}{4}$ -ska preciznost piksela za kompenzaciju pokreta, omogućava veoma preciznu deskripciju pokretnih oblasti. Za chromu rezolucija je prepolovljena, pa prema tome preciznost kompenzacije pokreta je smanjena na  $\frac{1}{8}$  piksela.
- Težinska predikcija omogućava koderu da specificira korišćenje skaliranja i offset-a kada vrši kompenzaciju pokreta i obezbeđuje značajnu dobit u performansama kod specijalnih slučajeva – *fade-to-back*, *fade-in* i *cross-fade* prelazi.
- Debloking filter u petlji [9] koji održava oštrinu i smanjuje „*blocking artifacts*“ jednostavnije nego druge tehnike bazirane na diskretnoj kosinusnoj transformaciji (Discrete Cosinus Transformation, DCT) za kompresiju slike. Filter je dizajniran da bude u velikoj meri adaptivan i sposoban da opazi razliku između veštačkih ivica ili „*blocking artifacts*“ i stvori jednu oštru sliku.
- Celobrojna 4x4 prostorna blok transformacija (slična dobro poznatoj DCT). U slučaju novih Fidelity Range Extension (FRExt) „*High*“ profila, koder ima sposobnost da adaptivno selektuje između transformacije veličine bloka od 4x4 i 8x8 za proces celobrojne transformacije.
- Elegantno višemodovsko intra frejm kodovanje koje koristi prednosti korelacije između susednih blokova za postizanje boljeg odnosa kompresije. Za intra\_4x4 tip koristi se 9 modova za predikciju.
- Sekundarna Hadamard-ova transformacija izvedena na „DC“ koeficijentima primarne prostorne transformacije za dobijanje čak veće kompresije u glatkim regionima.
- Prostorna predikcija od strane ivica susednih blokova za „intra“ kodovanje.

#### ◆ Entropijsko kodovanje sa visokim odnosom kompresije

- Binarno aritmetičko adaptivno kodovanje (Context Adaptive Binary Arithmetic Coding, CABAC) [10] predstavlja tehniku za kompresiju elemenata sintakse bez gubitaka u video toku. CABAC obuhvata 4 osnovne faze: binarizaciju, izbor modela konteksta, aritmetičko kodovanje i „*update*“ verovatnoća.
- Adaptivno kodovanje sa promenljivom kodnom reči (Context-Adaptive Variable Length Coding, CAVLC) [11] predstavlja manje kompleksnu alternativu CABAC-u namenjenu za kodovanje kvantovanih vrednosti koeficijenata transformacije. Mada manje kompleksnija od CABAC, CAVLC je razrađenija i efikasnija metoda nego

metode koje se koriste za kodovanje kojeficijenata u prethodno dizajniranim standardima.

- Jednostavna i visoko-strukturirana tehnika kodovanja promenljive dužine (Variable length coding, VCL), poznatija kao Exponential-Golomb (Exp-Golomb), namenjena za kodovanje većine elemenata sintakse koji nisu obrađeni pomoću CABAC i CAVLC metode.

#### ◆ Robusnost i otpornost na greške

- Komutirani iseći (SP (Switched P) i SI (Switched I) iseći) [12] omogućavaju koderu da naredi dekoder da uskoči u video tok koji se odvija, za namenu kao što je komutiranje bitske brzine video tok i „trick mod“ proces. Kada dekoder uskoči u sredinu video toka koristeći SP/SI karakteristiku, on može dobiti precizan nalog da dekoduje slike na toj lokaciji u video toku uprkos korišćenju različitih referentnih slika pre komutacije.
- Fleksibilni raspored makroblokova (Flexible Macroblock Ordering, FMO) i proizvoljan raspored isečaka (Arbitrary Slice Ordering, ASO) su tehnike za restrukturiranje rasporeda prikazivanja osnovnih regiona (nazvanih makroblokovi) u slici.
- Deljenje podatka (Data Partitioning, DP) je karakteristika koja omogućava da se izdvajaju važniji i manje važni elementi sintakse u različite pakete sa podacima, omogućavajući aplikaciji nedovoljnu zaštitu od greške (Unequal Error Protection, UEP) i druge vrste poboljšanja robusnosti.
- Redundanti isečak (Redundant slice, RS), omogućava koderu da pošalje dodatni prikaz regiona slike, koje se može koristiti ako je primarna slika izmenjena ili izgubljena.
- Jednostavan automatski proces za prevenciju akcidentnih izmena startnih kodova koji predstavljaju specijalne sekvence bita u kodiranom podatku i omogućavaju slučajni pristup u tok bita, kao i obnovu svrstanih bita u sistemima koji mogu izgubiti sinhronizaciju bita.
- Dodatna unapređena informacija (Supplement Enhancement Information, SEI) i video upotrebljiva informacija (Video Usability Information, VUI) su dodatne informacije koje se mogu ubaciti u tok bita da bi unapredile korišćenje videa za širi niz namena.
- Pomoćne slike, koje se mogu koristiti za namenu kao što je *alpha* mešavina.
- Broj frejma, karakteristika koja omogućava kreiranje „pod-sekvenci“ (omogućava vremensku skalabilnost pomoću opcionog uključivanja dodatnih slika između drugih slika) i detekciju i skrivanje gubitaka kod celih slika (koje se mogu dogoditi usled gubitaka paketa u mreži ili grešaka u kanalu).
- Brojač reda slike, karakteristika koja služi da zadrži raspored slika i vrednosti odbiraka u dekodovanim slikama izolovano od informacija o vremenu.

#### ◆ Profili, nivoi, aplikacije i ekstenzije

Za određene aplikacije, H.264 definiše *Profile* i *Nivo*e. Profili definišu skup kodnih alata i algoritama koji se mogu koristiti pri generisanju odgovarajućeg toka bita. H.264/AVC standard definiše sledeće profile: BL (*Baseline*), MP (*Main Profile*), EP (*Extended Profile*) i HPs (*High Profiles*). Za sve profile H.264/AVC definiše i skup nivoa

i podnivoa. Aplikacije podržane *BL* profilom su video-konferencija i video-telefonija. Sa druge strane, *MP* profil podržava broadcast video, dok *EP* profil podržava striming video.

Najzahtevnije aplikacije (npr. studijsko editovanje i post-produkcija, kao i distribucija sadržaja) zahtevale su nove ekstenzije u standardu (*Fidelity Range Extensions, FRExt*) [13]. *FRExt* amandman je specificirao četiri nova profila koji su zajedno nazvani „*High*“ profili: High profil (HP), High 10 profil (Hi10P) High 4:2:2 profil (H422P), High 4:4:4 profil (H444P).

### 3. Internet televizija (IPTV)

Internet protokol televizija (IPTV) je termin koji obuhvata mnogo različitih oblika video programa i servisa koji se mogu prenositi preko širokopojsnih mreža. Iz tog razloga IPTV servise često je teško definisati [14]. Tehnički, IPTV je isporuka video sadržaja, kao i većeg broja kanala i programa na zahtev, uz korišćenje Internet protokola preko širokopojsne veze do televizijskog okruženja [15]. IPTV se može odnositi i na sadržaj koji je memorisan i uživo prenošen. Takođe, IPTV predstavlja i tehnologiju koja omogućava korisniku da posmatra visoko kvalitetni digitalni TV preko Interneta i IPTV set top boksova ili PC. Isto tako, IPTV je tehnika TV prenosa koja distribuira audio i video servise direktno do TV korisnika preko Internet veze velikom brzinom.

U suštini IPTV se sastoji od dve komponente: Internet protokola (IP) i televizije (TV) koje zajedno predstavljaju specifičan medij za komunikaciju slikom, zvukom i podacima preko IP mreže.

Sa druge strane, IPTV servisi će biti unapređeni dodavanjem karakteristika kao što su trenutna statistika, digitalno video snimanje i web pretraživanje, a koje nisu raspoložive na standardnoj televiziji. Karakteristike mogu da variraju od provajdera do provajdera. U budućnosti IPTV servisi će verovatno integrisati i druge telekomunikacione ponude kao što su čekanje na poziv, identifikacija poziva i e-mail.

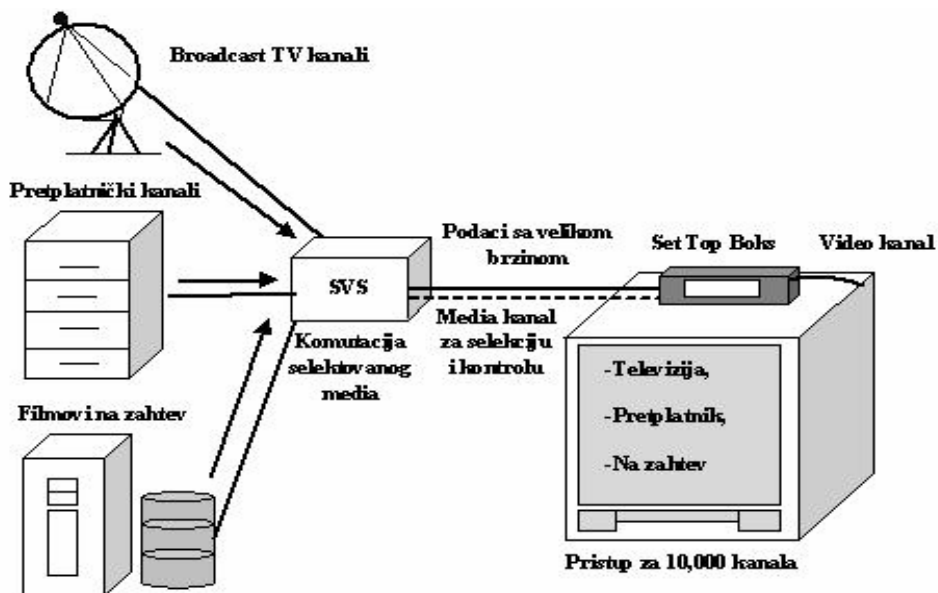
Ono što je zasigurno omogućilo IPTV je tranzicija analognog u digitalni video [16]. Isto tako, napredak u tehnologijama za kompresiju je olakšao isporuku audio i video signala standardne i visoke definicije (Standard Definition (SD) i High Definition (HD)).

Pored toga što je IPTV tehnički servis za podatke, on je veoma važan iz perspective prihoda. IPTV se sastoji od videa na zahtev (Video on Demand, VoD) i komutiranog digitalnog videa (Switched Digital Video, SDV). Sa videom na zahtev IP tok je vidljiv pomoću jednog i samo jednog TV-a. Sa komutiranim digitalnim videom više TV-a mogu videti jedan IP tok. Tako da se VoD oslanja na IP *unicast*, a SDV na IP *multicast*. Oba zahtevaju visoki kvalitet servisa (QoS) da bi se smanjili gubici frejmova, veliki propusni opseg da bi se minimizirao „*blue screens*” i brzi sistem zadužen da smanji vreme za promenu kanala.

#### 3.1 Kako funkcioniše IPTV?

Slika 2 pokazuje kako se IP televizijski sistem može koristiti za pristup većini različitih izvora media kroz jednu vezu [5]. Takođe, slika 2 pokazuje kako je standardni televizijski set povezan na set top boks (STB) koji translira IP video podatke u standardni televizijski signal. STB predstavlja *gateway* prema IP video komutacionom sistemu. Kod ovog primera, komutacioni sistem za video servise (Switched Video Service System, SVS)

omogućava korisniku da se konektuje na različite tipove izvora televizijskog media uključujući *live broadcast* kanale, pretplatničke servise i filmove na zahtev.

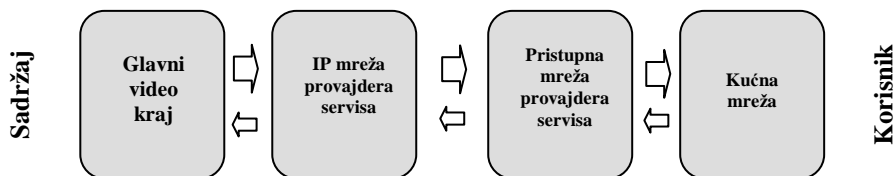


Slika 2. IPTV video sistem [5].

Kada korisnik želi da pristupi ovim izvorima, preko daljinske kontrole šalje komandu prema SVS koji nakon toga povezuje korisnika na željeni sadržaj. Korisniku treba samo jedan video kanal do SVS-a da bi imao pristup neograničenom virtualnom broju video izvora.

### 3.2 Elementi IPTV mreže

IPTV sistem se sastoji od četiri glavna elementa: Glavnog video kraja (Video Head End), IP mreže provajdera servisa (Service Provider Core/Edge IP Network), pristupne mreže provajdera servisa (Service Provider Access Network) i kućne mreže (Home network) [17].



Slika 3. IPTV mrežni elementi [17].

Slika 3 ilustruje dvosmernu prirodu IPTV mreže, koja doprinosi mnogim prednostima koje ima IPTV u odnosu na tradicionalne modele isporuke televizijskih servisa. Kombinovani IPTV elementi mreže formiraju arhitekturu poznatu kao komutirani digitalni video (SDV). Komutirani digitalni video predstavlja mrežnu arhitekturu televizijskog distributivnog sistema u kome samo selektovani kanal(i) su distribuirani do pojedinačnog korisnika.

Glavni video kraj je tačka u mreži u kojoj linerani (npr. broadcast TV) i sadržaj na zahtev (npr. filmovi) su uzeti i formatirani za prenos preko IP mreže. Glavni video kraj uzima svaki pojedinačni kanal i koduje ga u digitalni video format kao što je MPEG-2. Širokopolasni servis provajderi danas koriste i MPEG-4 standard i pripremaju se za korišćenje H.264/AVC standarda, pošto isti ima neka preimutstva u odnosu na MPEG-2, kao što je na primer niža bitska brzinu za kodovanje televizijskog signala standardne i visoke definicije. Posle kodovanja svaki kanal je enkapsuliran u IP i poslat preko mreže. Ovi kanali su tipični IP multicast tokovi. IP multicast ima nekoliko očiglednih prednosti zato što omogućava provajderu servisa da prenosi jedan IP tok po širokopolasnom kanalu od glavnog video kraja do pristupne mreže provajdera servisa. Ovo je povoljnost kada više korisnika želi da se uključi u isti broadcast kanal u isto vreme.

Kodovani video tok je transportovan preko IP mreže provajdera servisa (Service Provider Core/Edge IP Network). Svaka od ovih mreža je jedinstvena za provajdera servisa i obično obuhvata opremu od više proizvođača. Ove mreže mogu biti mešavina postojećih IP mreža ili namenski izgrađenih IP mreža za video prenos. Na mrežnom kraju, IP mreža je povezana na pristupnu mrežu.

Pristupna mreža je link između provajdera servisa i krajnjeg korisnika. IPTV mreža će koristiti varijantu asimetrične DSL (ADSL) i veoma brze DSL (VDSL) linije da obezbedi zahtevanu širinu opsega. Provajderi servisa će postaviti uređaj (DSL modem) na lokaciji korisnika da bi isporučili Ethernet vezu do kućne mreže.

Kućna mreža distribuira IPTV servise kroz kućnu instalaciju. Postoje različiti tipovi kućnih mreža, ali IPTV zahteva veoma robusnu kućnu mrežu velikog propusnog opsega koja se danas može izvesti samo sa korišćenjem žične tehnologije.

#### **4. H.264/AVC standard pogodan za IPTV tehnologiju**

Evidentno je da domaćinstva postaju sve više digitalna sa svakim novim tehnološkim razvojem. Korisnici danas imaju na raspolaganju razne uređaje kao što su MP3 playeri, set-top boksovi, personalni video rekorderi, digitalne kamere, fotoaparati i HDTV. Osim toga svi se ti uređaji povezuju u lokalnu bežičnu mrežu sa ostalim uređajima u kući kao što su multimedijalni set top boksovi, PC-i ili laptop računari, tako da digitalna kuća nije samo budućnost već stvarnost. Danas većina domaćinstava u svetu koriste Internet i DSL (Digital Subscriber Line) tehnologiju da bi razmenjivali fotografije, muziku, filmove i komunicirali s rodbinom i prijateljima. Sa H.264/AVC standardom IPTV tehnologija predstavlja novi tehnološki napredak koji se koristi u digitalnoj kući [18].

MPEG-2 je video kodek koji je već duži niz godina prihvaćen od strane industrije kao standard za digitalni video *broadcast* za aplikacije koje zahtevaju u prenosu veće bitske brzine. MPEG-2 zahteva 2 Mbps propusnog opsega, a što je moguće dobiti preko koaksijalnog kabla i satelitskim linkom, za kvalitetan *broadcast* prenos digitalnog videa bez varijacije kašnjenja.

MPEG-4 Simple Profile (SP) i Advanced Simple Profile (ASP) standardi su razvijeni za emitovanje *streaming* videa preko Interneta. MPEG-4 nudi softverska rešenja kompresije i dekompresije video sadržaja za prenos preko mreže koja obezbeđuje samo najbolju moguću vezu sa širokim propusnim opsegom za bitske brzine. Rezultat MPEG-4 standarda u početku nije bio ono što su gledaoci očekivali na TV-u, ali dovoljno da ponudi i pokaže nove interesantne usluge i da pojača utisak o potencijalu koji ima Internet.

H.264/AVC stavlja naglasak na potrebu za većom kompresijom što naravno vodi smanjenju potrebnog propusnog opsega za prenos i samim tim nižim bitskim brzinama, ali uz održavanje kvaliteta *broadcast* prenosa potrebnog za usluge *video-on-demand* i HDTV-a. H.264/AVC zadovoljava potrebe za kvalitetom *broadcast* emitovanja i Internet *streaming*-a smanjujući širinu potrebnog opsega za otprilike pola od širine koja je bila potrebna da se prenese MPEG-2, ali i dalje bez gubitaka u kvalitetu. Koristeći H.264/AVC i *hardware* platformu koji obezbeđuje H.264 kompresiju, transport i dekompresiju, telekomunikacione kompanije i Internet servis provajeri mogu povećati svoje prihode sa novim interesantnim uslugama kao što su *video-on-demand* (VOD), HDTV prenos i interaktivna TV. Sve ovo ukazuje na značaj IPTV-a preko xDSL-a.

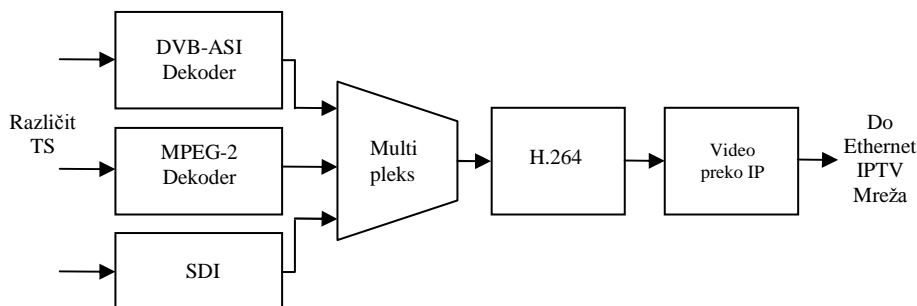
H.264/MPEG-4 AVC smanjuje za polovinu zahteve za prenos videa *full-screen* DVD-kvaliteta do korisnika, a takođe smanjuje zahteve za širinom opsega za prenos standardnog televizijskog digitalnog signala na 700 kbps. Dakle potreban *propusni opseg* koji će osigurati xDSL tehnologije. Koristeći novu H.264/AVC prenosnu platformu i standardne PC ili STB-ove, telekomunikacione kompanije mogu ponuditi postojeće IP video usluge kao što su *video-on-demand*, lokalnu, nacionalnu i televiziju s posebnim sadržajima, TV igre, muzičke sadržaje kao i interaktivnu televiziju svojim kućnim i poslovnim korisnicima preko postojeće bakarne infrastructure korisnika.

Dakle, brзом implementacijom xDSL tehnologije telekomunikacione kompanije dobijaju ponovo veliku prednost u ponudi i pružanju IPTV usluga većem broju korisnika nego kablovski operateri. H.264 je prekretnica za prenos IPTV video signala preko DSL-a, tako što [18]:

- Udvostručuje efikasnost kompresije, smanjuje bitsku brzinu za polovinu one koji je bila kod MPEG-2 standarda potrebna za prenos *high-quality* video signala. Takođe, smanjuje i kapacitet koji je potreban za memorisanje.
- Omogućuje prenos više sadržaja preko već postojeće infrastructure.
- Smanjuje troškove prenosa jer se ista informacija prenosi duplo brže.
- Smanjuje troškove investicije jer je *hardware* potreban za H.264/AVC sastavljen od standardnih komponenti za čiju realizaciju nije potrebno projektovati posebni signal-processing *hardware*.
- Ugrađeni NAL će omogućiti veliku fleksibilnost u prenosu, bilo da se radi o paketskim mrežama ili *bit stream* mrežama, omogućavajući laku nadogradnju na postojeća MPEG-2 rešenja.
- Održava visoki nivo poverenja korisnika u paketske i *wireless bit stream* mreže kroz otpornost na greške.

Slika 4 prikazuje opšti blok dijagram IPTV sistema prenosa. Video sadržaj koji se prenosi može biti standardne ili visoke definicije, ne komprimovani video ili MPEG-2 transportni streaming (TS). Svi ovi formati će biti konvertovani u H.264/AVC format da bi se obezbedio kvalitetan video komprimovani sadržaj za prenos preko IP mreže [19].





Slika 4. Blok dijagram IPTV sistema prenosa [19].

## 5. Zaključak

H.264/AVC standard predstavlja savremenu tehnologiju za video kodovanje. Svojim karakteristikama obezbeđuju otprilike 50% uštede na bitskom protoku za jednaki perceptualni kvalitet u odnosu na prethodne standarde. Međutim, poboljšanje efikasnosti kodovanja i povećanje fleksibilnosti u prenosu povećava kompleksnost implementacije kodera.

Sa druge strane, IPTV je tehnika TV prenosa koja distribuira audio i video servise direktno do TV korisnika preko Interneta, što je čini veoma značajnom kako sa stanovišta prihoda telekomunikacionim kompanijama tako i za primenu u svakodnevnom životu.

U radu su pored predstavljanja osnovnih karakteristika H.264/AVC standarda i opšteg koncepta IPTV, razmatrane prednosti i mogućnosti koje ima H.264/AVC standard kada je u pitanju IPTV.

## Literatura

- [1] K.R.Rao, Z.S.Bojkovic, D.A.Milovanovic, *Multimedia communication systems: techniques, standards and networks*, Prentice Hall, New York, 2002.
- [2] K.R.Rao, Z.S.Bojkovic, D.A.Milovanovic, *"Introduction to multimedia communication: application, middleware, networking"*, John Wiley, USA, 2005.
- [3] 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.
- [4] Z. Bojković, Z. Miličević *"Poređenje multimedijalnog H.264/AVC standarda sa drugim video kodnim standardima"*, XXIV Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, Beograd, 2006.
- [5] [www.idigitalsales.co.uk/content/lowdown/documents/IPTVJan06.pdf](http://www.idigitalsales.co.uk/content/lowdown/documents/IPTVJan06.pdf)
- [6] H.264: International Telecommunication Union, "Recommendation ITU-T H.264: Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services," ITU-T, 2003.
- [7] Iain 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.

- [8] S. Kwon, A. Tamhankar, K. R. Rao "Overview of the H.264/MPEG-4 part 10" Journal of Visual Communication and Image Representation 17, pp. 186-215, 2006.
- [9] P. List, A. Joch, J. Lainema, G. Bjontegaard, M. Karczewicz, "Adaptive Deblocking Filter", IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology, vol.13, no.7, pp. 614-619, July 2003.
- [10] D. Marple, H. Schwrts, and T. Wiegand, "Context-based adaptive binary arithmetic coding in the H.264/AVC video compression standard", IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology, vol.13, no.7, pp.620-636, July 2003.
- [11] G. Bjontegaard and K. Lillevold, "Context-adaptive VLC coding of coefficients", JVT document C028, Fairfax, May 2002.
- [12] M. Karczewicz and R. Kurceren, "The SP and SI frames design for H.264/AVC," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol.13, no.7, pp.637-644, July 2003.
- [13] G. Sullivan, P. Topiwala and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Advanced Video Coding Standard: Overview and introduction to the Fidelity Range Extensions", SPIE Conference on Applications of Digital Image Processing, August, 2004.
- [14] [www.newmilleniumresearch.org/archive/IPTV\\_Report\\_060706.pdf](http://www.newmilleniumresearch.org/archive/IPTV_Report_060706.pdf),
- [15] A. Harris and G. Ireland, "Enabling IPTV: What Carriers Need to Know to Succeed", IDC White paper, May 2005.
- [16] [www.ati.amd.com/technology/Avivo/pdf/ATIAvivoHDAddressingtheChallengesofHDPlayback-LowRes.pdf](http://www.ati.amd.com/technology/Avivo/pdf/ATIAvivoHDAddressingtheChallengesofHDPlayback-LowRes.pdf)
- [17] [www.broadbandservicesforum.org/images/Pages/IPTV%20Explained.pdf](http://www.broadbandservicesforum.org/images/Pages/IPTV%20Explained.pdf)
- [18] [www.envio.com/pdf/whitepaper\\_H264\\_IPTV\\_Over\\_DSL.pdf](http://www.envio.com/pdf/whitepaper_H264_IPTV_Over_DSL.pdf),
- [19] [www.altera.com/literature/wp/wp-brdcst.pdf](http://www.altera.com/literature/wp/wp-brdcst.pdf)

**Abstract:** *This article provides an overview of the IPTV concept and multimedia video coding standard H.264/AVC. New generation video coding standard H.264/AVC significantly improves video signal coding efficiency and increases coding and transmission flexibility in order to become suitable for usage from various multimedia technologies as well as IPTV.*

**Keywords:** *H.264/AVC, MPEG-2, IPTV.*

## **H.264/AVC STANDARD AND IPTV**

Zoran Bojkovic, Zoran Milicevic