

Mogućnosti realizacije IPTV servisa

Ana Petrović, Irini Reljin, *Member, IEEE*

Sadržaj — Cilj rada je analiza *overhead*-a u IPTV sadržaju, a u slučaju kada se vrši enkapsulacija zasnovana na transportnom toku i kada se primenjuje enkapsulacija u generički tok. U oba slučaja razmatraju se televizija standardne definicije, uz primenu MPEG-2 ili MPEG-4 kompresionog standarda i televizija visoke definicije, uz primenu MPEG-4 kompresionog standarda. Analiza je sprovedena u programskom paketu Matlab.

Gljučne reči — Enkapsulacija, generički tok, IPTV, matematički model, *overhead*, transportni tok

I. UVOD

SA razvojem IP (*Internet Protocol*) mreža i telekomunikacionih servisa javila se potreba za njihovom integracijom, odnosno, za realizacijom telekomunikacionih servisa kroz IP mrežu. Takav servis je i IPTV (*Internet Protocol Television*).

Međunarodna unija za telekomunikacije definiše IPTV kao grupu multimedijalnih servisa kao što su televizija, prenos video signala, audio signala, teksta, slika i podataka koji se korisniku pružaju po mreži zasnovanoj na IP protokolu, sa ciljem da se ostvari zahtevani nivo kvaliteta servisa, iskustva, zaštite prenešenih sadržaja, interaktivnosti i pouzdanosti, [1].

TV sadržaji izuzetno su zahtevni po pitanju protoka, pa ih je praktično nemoguće prenositi u nekomprimovanom obliku. Stoga se isti, po pravilu, komprimuju. U ove svrhe primenu imaju kompresioni standardi MPEG-2 i MPEG-4.

IPTV servis realizuje se po IP mreži čija se protokolska struktura najčešće predstavlja IP protokolskim modelom, gde na svakom od slojeva figurišu relevantni protokoli. Čitav paket višeg sloja smešta se u telo paketa nižeg sloja. Na njega se dodaje zaglavlje (i eventualno, začelje) u koje protokol upisuje dodatne podatke. Ovaj postupak naziva se enkapsulacija i predmet je razmatranja ovog rada.

U ovom radu, osnovni IP protokolski model usvojen je kao u [2] i [3], tj. u vidu strukture „četiri + jedan sloj”. Navedena struktura podrazumeva četiri sloja koja obuhvataju softverski deo (aplikativni, transportni i mrežni sloj) i mrežni interfejs (sloj veze), kao i jedan sloj koji se odnosi na hardver (fizički sloj). S obzirom na to da se enkapsulacija ne vrši na fizičkom sloju, u ovom radu razmatra se model koji čine sloj veze, mrežni, transportni i aplikativni sloj.

Odnos broja dodatnih bita koji pripadaju protokolu i ukupnog broja prenešenih bita definiše se kao prekoračenje ili *overhead*, (izraz (1), preuzet iz [4]), a cilj je da isti bude što je moguće manji.

Ana Petrović, MTID, Maršala Birjuzova 3-5, 11000 Beograd, Srbija; (e-mail: apetrodr@eunet.rs).

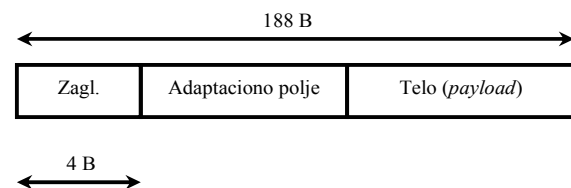
Irini Reljin, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija; MTID, Maršala Birjuzova 3-5, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: irinimts@gmail.com).

$$\text{Overhead} [\%] = \frac{\sum_{\text{po svim paketima}} \frac{\text{dodatni_podaci}}{\text{protokola}}}{\sum_{\text{po svim paketima}} \left(\frac{\text{dodatni_podaci}}{\text{protokola}} + \frac{\text{korisni}}{\text{podaci}} \right)} \cdot 100\% \quad (1)$$

II. POSTUPAK FORMIRANJA TRANSPORTNOG TOKA NA SLOJU APLIKACIJE IP PROTOKOLSKOG MODELA U IPTV

Paket transportnog toka (TS – *Transport Stream*) predstavlja osnovnu jedinicu podataka za enkapsulaciju po definisanim slojevima IP protokolskog modela. Negova struktura prikazana je na Sl. 1. Dug je 188 B, a počinje zaglavljem dužine 4 B. Adaptaciono polje nastavlja se na zaglavlje. U ovo polje upisuju se biti za popunu, čime se obezbeđuje da TS paket uvek bude iste dužine, nezavisno od količine korisnih podataka koje nosi. Sledi telo TS paketa, u koje se upisuju korisni podaci.

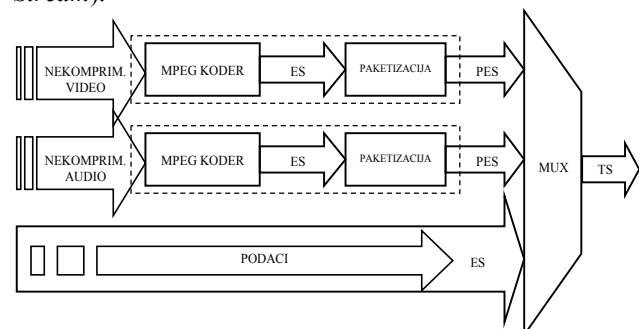
S obzirom na to da je maksimalna dužina Ethernet frejma 1518 B, istim Ethernet frejmom može se prenositi i više od jednog TS paketa.



Sl. 1: Format TS paketa, [5]

Na Sl. 2 data je pojednostavljena šema formiranja MPEG transportnog toka. Nakon što se video i audio signali digitalizuju, MPEG koder vrši kompresiju (prekodovanje) niza bita sa svog ulaza i na izlazu daje tzv. osnovni tok podataka, ES (*Elementary Stream*). Svaki TV sadržaj obuhvata više ovakvih tokova. Za razliku od video i audio sekvenci koje se komprimuju, tokovi podataka se dodatno ne koduju.

Zatim se vrši paketizacija osnovnog toka u tzv. paketizovani osnovni tok (PES – *Packetised Elementary Stream*).



Sl. 2: Postupak formiranja transportnog toka, [5]

Kao rezultat multipleksiranja paketizovanih osnovnih tokova nastaje transportni tok. S obzirom na to da se multipleksiranje vrši kako bi se više tokova moglo preneti

po istom kanalu, jasno je da su PES paketi suviše dugački i da bi njihovo multipleksiranje izazvalo veliko kašnjenje u prenosu. Zato se vrši njihovo cepanje na delove dužine 184B (koliko najviše može da se smesti u telo TS paketa) ili manje. Pri tome, prvi bajt PES paketa uvek mora biti i prvi bajt tela TS paketa, svi podaci smešteni u telo TS paketa moraju pripadati istom PES paketu i TS paket uvek mora biti dugačak 188 B.

Prethodno opisani postupci pripadaju sloju aplikacije, na kome se generišu korisnički podaci. Transportni tok se dalje enkapsulira, po definisanim nižim slojevima IP protokolskog modela.

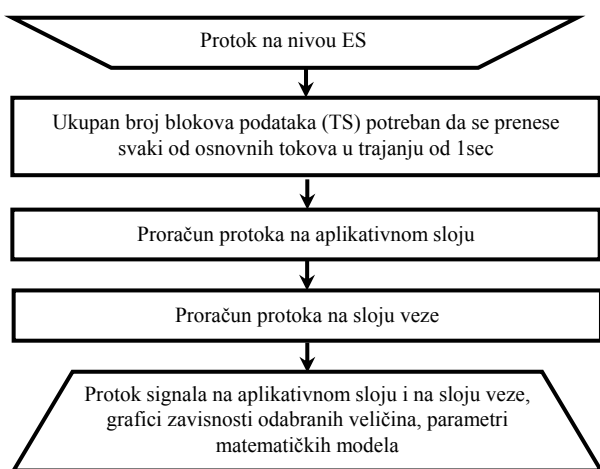
III. PROTOKOL ZA ENKAPSULACIJU PODATAKA U GENERIČKI TOK – GSE (*GENERIC STREAM ENCAPSULATION*)

Imajući u vidu prethodno opisanu strukturu TS paketa, jasno je da je njegova osnovna mana prisustvo adaptacionog polja u slučajevima kada je količina korisnih podataka nedovoljna da se popuni telo paketa. Na ovaj način, povećava se *overhead*.

Kako bi se otklonio pomenuti nedostatak, neki DVB standardi uvode podršku za enkapsulaciju podataka u generički tok. Na ovaj način, ne vrši se multipleksiranje osnovnih tokova u transportni tok, već se oni direktno enkapsuliraju po definisanim slojevima IP protokolskog modela. Specifičnost je u tome što na sloju veze figuriše protokol za enkapsulaciju u generički tok (GSE). Ovaj protokol omogućava efikasnu enkapsulaciju IP datagrama na račun promenljive dužine frejma na sloju veze, [6] i [7].

IV. PREDSTAVKA PRIMENJENOG ALGORITMA

Osnovni cilj ovog rada jeste određivanje matematičke zavisnosti protoka po izvršenoj enkapsulaciji od ukupnog protoka osnovnih tokova IPTV sadržaja. Analiza sprovedena uz primenu programa pisanog u Matlab-u sastoji se iz dva dela. U prvom delu razmatra se protok IPTV sadržaja čiji se osnovni tokovi multipleksiraju u transportni tok, dok se u drugom delu razmatra IPTV sadržaj na koji je primenjena enkapsulacija u generički tok.



Sl.3: Blok dijagram algoritma primenjenog u prvom delu analize

Na Sl. 3 prikazan je blok dijagram algoritma na kome se zasniva prvi deo analize. Kao ulazni parametar uzima se

protok osnovnog toka (ES). Imajući u vidu da je PES paket drastično veće dužine nego što je to slučaj sa TS paketom, zaglavlje PES paketa se zanemaruje, pa se transformacija iz ES u PES ne razmatra. Kao pogodan jedinični vremenski interval usvojena je jedna sekunda. Na osnovu broja bita koji odgovara jednoj sekundi osnovnog toka izračunava se odgovarajući broj TS paketa, poznajući dužinu njegovog tela. S obzirom na to da nisu svi TS paketi maksimalno popunjeni korisnim podacima, već u nekima postoji adaptaciono polje u koje se upisuju biti za popunu, jasno je da izračunati broj TS paketa predstavlja minimalnu teorijsku granicu. Kako bi se u obzir uzelo prisustvo bita za popunu u transportnom toku, izračunata granična vrednost broja TS paketa uvećava se za 5%. Na taj način dobija se konačan broj TS paketa potreban za prenos IPTV sadržaja u trajanju od jedne sekunde, odnosno, protok transportnog toka.

TABELA 1: DUŽINE ZAGLAVLJA PROTOKOLA IP PROTOKOLSKOG MODELA, [9]

Sloj IP prot. modela	Oznaka protokola	Dužina zaglavlja	Dužina začelja
Transportni sloj	RTP	12B	-
	UDP	8B	-
Mrežni sloj	IP	20B	-
Sloj veze	Ethernet	22B	4B

Pošto su dužine zaglavlja (i začelja) protokola nižih slojeva razmatranog IP protokolskog modela poznate (Tabela 1), one se dodaju na podatke sloja aplikacije, tj. na TS pakete. Pri tome, izdvojene su dve mogućnosti koje se razmatraju i porede. Prva mogućnost podrazumeva da se svaki TS paket prenosi zasebnim Ethernet frejmom, a druga da se sedam (usvojeno iz [8]) TS paketa prenosi istim Ethernet frejmom. Na taj način dobija se konačan broj bita na sloju veze koji odgovara jednom TS paketu, odnosno, bloku od 7 TS paketa. Kako je broj TS paketa, odnosno, blokova od 7 TS paketa koji odgovara jediničnom vremenskom intervalu poznat, množenjem istog sa konačnom dužinom Ethernet frejma u datom slučaju, moguće je odrediti protok signala na sloju veze, što je i jedan od krajnjih ciljeva rada.

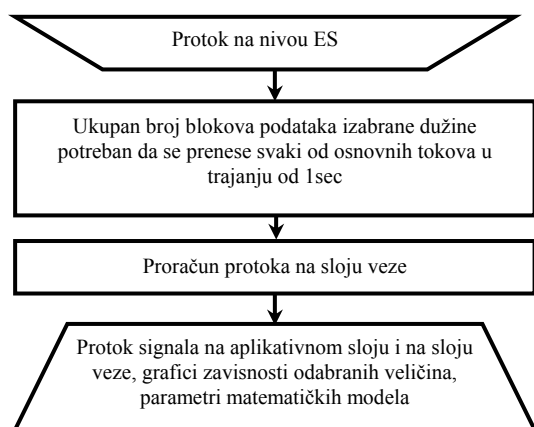
Na osnovu dobijenih rezultata i jednačine prave određene koordinatama dveju tačaka koje joj pripadaju, programski se izvodi matematički model po kome je moguće izračunati protok IPTV sadržaja na sloju veze kada je poznat protok osnovnih tokova (ES).

Programski kod pisan je prema algoritmu prikazanom na Sl. 3, ali tako da se paralelno analiziraju obe gore navedene mogućnosti, u tri slučaja: televizija standardne definicije (SDTV – *Standard Definition TV*) primenom standarda MPEG-2 ili standarda MPEG-4 i televizija visoke definicije (HDTV – *High Definition TV*) primenom standarda MPEG-4.

Drugi deo analize zasniva se na nešto drugačijem algoritmu, prikazanom na Sl. 4. Podatke sloja aplikacije predstavljaju osnovni tokovi. Pretpostavljeno je da se iz osnovnog toka izdvajaju blokovi podataka veličine 1,288kB. Izabrana je baš ova vrednost, imajući u vidu da ukupna, maksimalna količina podataka koji se mogu smestiti u tela sedam TS paketa iznosi upravo toliko.

Na osnovu protoka osnovnih tokova i navedene dužine

bloka podataka, proračunava se broj blokova potreban da se prenese IPTV sadržaj u trajanju od jedne sekunde. Svaki od izdvojenih blokova podataka dalje se smešta u telo UDP paketa. Dakle, na blok korisnih podataka dodaju se UDP i RTP zaglavlja na transportnom sloju, a potom i IP zaglavlje na mrežnom sloju. Na sloju veze dodaju se GSE i Ethernet zaglavlja.



Sl.4: Blok dijagram algoritma primenjenog u drugom delu analize

V. PRIKAZ REZULTATA

A. Enkapsulacija IPTV sadržaja zasnovana na transportnom toku

Prvi deo analize razmatra *overhead* u IPTV sadržaju, na koji je primenjena enkapsulacija zasnovana na transportnom toku. Za potrebe ovog rada, usvojeno je da se IPTV sadržaj sastoji iz jedne video sekvence, dve audio sekvence i jednog toka podataka.

Razmatraju se dve ranije opisane mogućnosti, u po tri slučaja. Prvom slučaju odgovara SD video sekvenca kodovana prema standardu MPEG-2, dve audio sekvence kodovane prema istom standardu i tok podataka konstantnog protoka. Drugi i treći slučaj razmatraju SD i HD video sekvence, respektivno, kodovane prema standardu MPEG-4, dve audio sekvence kodovane istim standardom i tok podataka konstantnog protoka.

TABELA 2: USVOJENE GRANIČNE VREDNOSTI PROTOKA VIDEO SEKVENCE NA IZLAZU KODERA

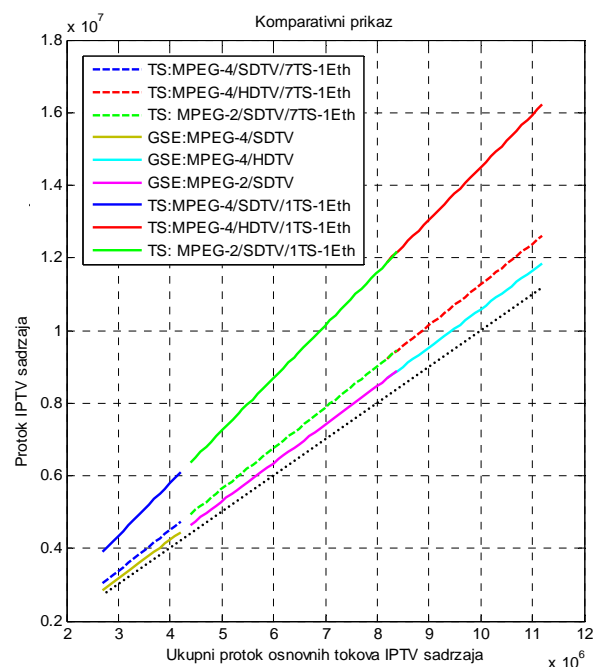
		<i>Minimalna razmatrana vrednost protoka</i>	<i>Maksimalna razmatrana vrednost protoka</i>
MPEG-2	SDTV	4Mb/s, [5]	8Mb/s, [5]
	HDTV	-	-
MPEG-4	SDTV	2,5Mb/s, [5]	4Mb/s, [5]
	HDTV	8Mb/s, [5]	11Mb/s, [5]

U Tabeli 2 date su usvojene granične vrednosti protoka video sekvence na izlazu kodera, a u Tabeli 3 usvojene vrednosti protoka audio signala na izlazu kodera, kao i odgovarajućeg toka podataka. Ove vrednosti predstavljaju ulazne veličine proračuna, a preuzete su iz literature [5] i [8]. Proračun se vrši za čitav zadati raspon vrednosti protoka video signala, u koracima od 100 kb/s, na osnovu algoritma prikazanog na Sl. 3.

TABELA 3: PARAMETRI AUDIO SIGNALA I DODATNIH PODATAKA KOJI SE MULTIPLEKSIRAJU SA VIDEO SEKVENCOM

	<i>Razmatrana vrednost protoka</i>	
	<i>Primenjeni kompresioni standard</i>	<i>Pretpostavljeni protok</i>
Audio signal	MPEG-2	192 kb/s, [5]
	MPEG-4	96 kb/s, [10]
Podaci	5 kb/s, [5]	

Na Sl. 5 dat je komparativni prikaz zavisnosti ukupnog protoka IPTV sadržaja na sloju veze od ukupnog protoka četiri osnovna toka (ES). Sa Sl. 5 može se zaključiti da su obe dobijene zavisnosti linearne, što je i očekivano, s obzirom na to da je enkapsulacija linearna operacija. Metodama analitičke geometrije pokazuje se da su tri razmatrana segmenta kolinearna, što je i potvrđeno rezultatima proračuna, nezavisno od toga da li se Ethernet frejmom prenosi jedan ili sedam TS paketa.



Sl.5: Komparativni prikaz zavisnosti protoka IPTV sadržaja na sloju veze od ukupnog protoka osnovnih tokova

Pored zavisnosti prikazanih na Sl. 5, kao izlazne veličine primenjenog programa dobijaju se i parametri jednačina matematičkih modela (koeficijenti pravca i slobodni članovi), za dve razmatrane mogućnosti.

Rezultati sprovedenih analiza prikazani su u Tabeli 4. Donja granična i idealna vrednost nagibnog ugla jednaka je 45°. U tom slučaju bi protok IPTV sadržaja na sloju veze bio isti kao zbirni protok osnovnih tokova, što bi značilo da protokol vrši funkciju a da pri tome ne dodaje svoje podatke, tj. ne unosi *overhead*. Ipak, jasno je da je to nemoguće ostvariti, iako se u inženjerskoj praksi teži postizanju nagibnog ugla koji je što je moguće bliži navedenoj vrednosti. Odgovarajuća idealna zavisnost predstavljena je tačkastom crnom linijom na Sl. 5 i ona predstavlja referencu.

TABELA 4: REZULTATI SPROVEDENIH ANALIZA¹

		<i>Matematički model</i>	<i>Nagibni ugao</i>	<i>Ovrhd [%]</i>
TS	1Eth~1TS	$V_{FS} \approx 1,45 \cdot V_{ES}$ [Mb/s]	55,41°	31%
	1Eth~7TS	$V_{FS} \approx 1,13 \cdot V_{ES}$ [Mb/s]	48,49°	11,5%
GSE		$V_{FS} \approx 1,06 \cdot V_{ES}$ [Mb/s]	46,67°	5,66%
Idealno		$V_{FS} \approx V_{ES}$ [Mb/s]	45°	0%

U slučaju kada se svaki TS paket prenosi zasebnim Ethernet frejmom postoji odstupanje nagibnog ugla od 10,41° u odnosu na idealni grafik zavisnosti, a u slučaju kada se po sedam TS paketa smešta u isti Ethernet frejm postoji odstupanje od 3,49°. Na osnovu odstupanja realnog i idealnog grafika zavisnosti može se direktno odrediti količina prisutnih podataka koji nisu korisnički.

U poslednjoj koloni Tabele 4 prikazane su vrednosti *overhead*-a u procentima, izračunate na osnovu izraza (1). Poredeći rezultate dobijene u slučaju kada se svaki TS paket prenosi zasebnim Ethernet frejmom i u slučaju kada se po sedam TS paketa smešta u isti Ethernet frejm, pokazuje se da je u drugom slučaju efikasnost protokolskog mehanizma bolja oko 2,7 puta. Navedeno je sasvim opravdano, imajući u vidu da se, na nivou jednog Ethernet frejma, ista količina podataka zaglavlja dodaje na veću količinu korisničkih podataka. Samim tim i *overhead* opada.

B. Enkapsulacija IPTV sadržaja u generički tok

Drugi deo analize razmatra *overhead* u IPTV sadržaju, u slučaju kada se vrši enkapsulacija u generički tok (GSE), za iste vrednosti parametara signala kao u prethodnom delu analize (Tabele 2 i 3) i za slučajeve SDTV primenom standarda MPEG-4 ili MPEG-2 i za HDTV primenom standarda MPEG-4, a na osnovu algoritma prikazanog na Sl. 4.

Na Sl. 5 dat je grafički prikaz dobijene zavisnosti, odakle se može videti da se i u ovom slučaju radi o linearnom grafiku, što je sasvim ispravno iz razloga linearnosti mehanizma enkapsulacije. Izvedeni matematički model, nagibni ugao zavisnosti i procentualna vrednost *overhead*-a dati su u Tabeli 4. S obzirom na to da je dužina bloka korisnih podataka za enkapsulaciju u generički tok izabrana tako da bude jednaka količini korisnih podataka koji se mogu smestiti u sedam TS paketa, rezultate analize enkapsulacije u generički tok pogodno je uporediti sa rezultatima analize enkapsulacije zasnovane na transportnom toku, pri čemu se sedam TS paketa prenosi istim Ethernet frejmom.

Pokazuje se da grafik zavisnosti kome odgovara enkapsulacija u generički tok ima za 1,82° niži ugao nagiba u odnosu na enkapsulaciju koja podrazumeva prenos sedam TS paketa istim Ethernet frejmom, što je

¹ Značenje oznaka u Tabeli 4:

V_{FS} – protok na fizičkom sloju IP protokolskog modela,

V_{ES} – ukupni protok osnovnih tokova koji ulaze u sastav IPTV sadržaja

direktan pokazatelj nižeg *overhead*-a, odnosno, efikasnijeg protokolskog mehanizma. Iznešenu konstataciju potvrđuje upola manja procentualna vrednost *overhead*-a u slučaju enkapsulacije u generički tok.

VI. ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih analiza nameće se zaključak da se najbolje od prikazanih rešenja, u smislu *overhead*-a, dobija kada se postigne maksimalna dozvoljena dužina Ethernet frejma i primeni enkapsulacija u generički tok.

Prilikom razmatranja mogućnosti daljeg proširenja i unapređenja prikazanih algoritama, akcent se stavlja na poboljšanje preciznosti modela i uzimanje u obzir dodatnih funkcionalnosti razmatranih protokola.

Treba imati u vidu da dobijeni rezultati nisu sasvim tačni, te se mogu koristiti samo za grube procene. Zanimarivanjem *overhead*-a koji se javlja transformacijom iz ES toka u PES tok, svesno se unosi greška. Pored toga, prilikom proračuna potrebnog broja transportnih paketa za prenos IPTV sadržaja u trajanju od jedne sekunde, dobijena teorijska granična vrednost je uvećana za pretpostavljenu vrednost u procentima, kako bi se u obzir uzelo prisustvo adaptacionih polja u paketima transportnog toka. Detaljnim statističkim analizama koje bi kao rezultat dale optimalne količine bita koji se, u proseku, unose pri navedenim operacijama i uvođenjem istih u program, mogla bi se popraviti tačnost dobijenih rezultata i izvedenih modela.

Razmatrajući enkapsulaciju u generički tok, u obzir su uzete samo osnovne funkcionalnosti GSE protokola. Shodno tome, moguće proširenje prikazanog algoritma odnosi se na uvrščivanje dodatnih funkcionalnosti navedenog protokola u isti, čime bi se mogla ostvariti dodatna redukcija *overhead*-a.

LITERATURA

- [1] Soohong Daniel Park, „Mobile IPTV”, http://edu.tta.or.kr/upload/3/sub/4-2_%B9%DA%BC%F6%C8%AB-MIPTV.pdf
- [2] C. Kozierok, „The TCP/IP Guide”, 2005.
- [3] D. Comer, „Internetworking with TCP/IP: Principles, Protocols and Architecture”, Prentice Hall, 2005
- [4] Generic Stream Encapsulation - Implementation Guide, DVB Document A134, 2009.
- [5] W. Simpson, H. Greenfield, „IPTV and Internet Video”, Elsevier, 2007.
- [6] Generic Stream Encapsulation Fact Sheet, DVB, July 2009
- [7] Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol – ETSI TS 102 606 v1.1.1 (2007-10)
- [8] IPTV Cross Layer Measurements – Delivering Superior Quality of Service in IPTV Networks, Tektronix, 2008.
- [9] S. Panwar, S. Mao, J. Ryoo, Y. Li, „TCP/IP Essentials, A Lab Based Approach”, Cambridge University Press, 2004.
- [10] Wes Simpson, „Video over IP”, Focal Press, 2008.

ABSTRACT

The purpose of this written work is to examine the overhead level in the IPTV service, in cases of transport stream based encapsulation and generic stream encapsulation. In both cases MPEG-2 and MPEG-4 compression standards applied for SDTV and MPEG-4 compression standard applied for HDTV are considered. The analysis is done using Matlab software tool.

IPTV service realization possibilities

Ana Petrović, Irini Reljin