

# Efikasnost enkapsulacije video sadržaja za potrebe IP prenosa

Ana Petrović, Miloš Tomić, Irini Reljin, *Senior Member, IEEE*

**Sadržaj** — Osnovni motiv rada je potvrda rezultata izvedenih na osnovu simulacije televizijskog saobraćaja, u okviru prethodnih istraživanja. Rad sadrži analizu efikasnosti enkapsulacije u slučaju IP prenosa realnog video sadržaja sa stanovišta ostvarenog nivoa *overhead*-a. Pri tome se razmatraju dva slučaja – enkapsulacija zasnovana na transportnom toku, odnosno, na generičkom toku. U oba navedena slučaja obrađuju se video *trace*-ovi koji sadrže relevantne parametre i informacije o realnim video sadržajima.

Akvizicija i obrada karakterističnih parametara video sekvenci na osnovu video *trace*-ova, izvršena je u programskom paketu Matlab.

**Ključne reči** — Enkapsulacija, generički tok, *overhead*, transportni tok, video *trace*

## I. UVOD

PRENOS televizijskog sadržaja po IP mreži predstavlja zastupljeno rešenje u distribuciji televizijskog sadržaja do krajnjeg korisnika.

Protokolska struktura IP mreže najčešće se predstavlja u vidu IP protokolskog modela, gde na svakom od slojeva figurišu relevantni protokoli, [1] i [2]. Enkapsulacija predstavlja postupak u kome se paket višeg sloja smešta u telo paketa nižeg sloja, da bi se na njega potom dodalo zaglavlje (i eventualno, začelje) u koje protokol upisuje dodatne podatke.

Imajući u vidu da se enkapsulacija ne vrši na fizičkom sloju, u ovom radu je usvojena četvoroslojna struktura IP protokolskog modela (kao u [3]) koja se sastoji iz sloja veze, mrežnog, transportnog i aplikativnog sloja.

Obrada i analiza originalnog video sadržaja mogla bi biti izuzetno zahtevna, budući da video sadržaj podrazumeva veoma veliku količinu podataka. Iz tog razloga, umesto originalnog video sadržaja, primenu u istraživanjima često imaju video *trace*-ovi, koji predstavljaju “zapise o videu”, odnosno, sadrže relevantne informacije o svakom od frejmova video signala (redni broj, tip – I, P ili B, veličina u bajtovima, itd.). Istraživanja prikazana u ovom radu zasnivaju se na MPEG-4 video sekvencama, tj. njima odgovarajućim video *trace*-ovima, koji su dostupni na [4].

Ana Petrović, Vip mobile, Omladinskih brigada 21, 11000 Beograd, Srbija; (e-mail: [apetrovic986@gmail.com](mailto:apetrovic986@gmail.com))

Miloš Tomić, Elektrotehnički fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija; (e-mail: [tomicmilos@gmail.com](mailto:tomicmilos@gmail.com))

Irini Reljin, Elektrotehnički fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija; MTID, Pariska 7, 11000 Beograd, Srbija; (e-mail: [irinitms@gmail.com](mailto:irinitms@gmail.com))

*Overhead* ili prekoračenje predstavlja odnos količine dodatnih podataka koji pripadaju protokolu i ukupne prenešene količine podataka (izraz (1), preuzet iz [5]) i teži se da isti bude što je moguće niži, [1].

$$Overhead = \frac{\sum_{po\_svim\_frejmovima} \frac{dodatni\_podaci}{protokola}}{\sum_{po\_svim\_frejmovima} \left( \frac{dodatni\_podaci}{protokola} + \frac{korisni}{podaci} \right)} \cdot 100\% \quad (1)$$

Pored Uvoda i Zaključka, rad sadrži još četiri dela. U narednom delu ukratko je ukazano na neke od postojećih rezultata u oblasti istraživanja, odnosno, izloženi motivi za sprovođenje analiza prikazanih u ovom radu. Treći deo sadrži osnovne karakteristike transportnog i generičkog toka, dok četvrti deo obuhvata opis metode analize koja je primenjena. U petom delu prikazani su rezultati i dato je njihovo tumačenje.

## II. PREGLED IZVEDENIH REZULTATA U OBLASTI ISTRAŽIVANJA

Radovi [1] i [2] sadrže analizu *overhead*-a u IPTV sadržaju, u slučaju kada se vrši enkapsulacija zasnovana na transportnom toku (TS – *Transport Stream*) i kada se primenjuje enkapsulacija u generički tok (GSE – *Generic Stream Encapsulation*).

Rezultati istraživanja prikazani u [1] i [2] pokazali su da se optimalan prenos u pogledu *overhead*-a postiže kada se telo *Ethernet* frejma maksimalno popuni korisnim podacima i primeni se enkapsulacija u generički tok.

Pomenuta analiza zasnovana je na simulaciji televizijskog saobraćaja, te kao takva ima izvesne nedostatke koji se uglavnom odnose na nedovoljnu preciznost i pouzdanost usvojenog modela generisanja saobraćaja. Ipak, prednost simulacije (pod uslovom da su poznate precizne statističke karakteristike saobraćaja) u odnosu na obradu realnog saobraćaja (ili njemu odgovarajućih *trace*-ova) je u tome što se na osnovu iste može izvršiti analiza koja bi uzela manje vremena, odnosno, procesorskih resursa.

Osnovni motiv ovog rada je potvrda rezultata dobijenih na osnovu simulacije saobraćaja, i povećanje njihove preciznosti, pa isti predstavlja nastavak istraživanja prikazanih u [1] i [2]. Usled neraspodaganja zapisima o audio signalima i signalima podataka, koji zajedno sa videom čine TV sadržaj, u ovom radu analiziraju se samo video signali. Ipak, budući da video čini najveću i za prenos najkritičniju komponentu TV signala, [6], smatra se da će dobijeni rezultati biti sasvim pogodni za poređenje sa rezultatima iz [1] i [2].

### III. PRIMENJENI POSTUPCI ENKAPSULACIJE I METODE ANALIZE

S obzirom na to da su postupci enkapsulacije u transportni, kao i u generički tok detaljno opisani u [1], u ovom radu dat je samo kratak pregled njihovih osnovnih postavki.

#### A. Enkapsulacija zasnovana na transportnom toku

Transportni tok (TS) predstavlja niz transportnih paketa kojim se prenosi jedan ili više multipleksiranih signala (video, audio, *data*) koji čine multimedijalni sadržaj. Transportni paket ima fiksnu dužinu od 188B i sastoji se iz tri polja – zaglavlja (4B), adaptacionog polja i tela paketa.

Posmatrano sa stanovišta efikasnosti prenosa, tj. rezultujućeg *overhead*-a, osnovni nedostatak prenosa koji se zasniva na transportnom toku jeste neophodnost da paketi budu fiksne dužine. Stoga se u slučajevima kada je količina korisnih podataka nedovoljna da popuni telo transportnog paketa, između zaglavlja i tela umeće adaptaciono polje u koje se upisuju biti za popunu. Na ovaj način, povećava se količina dodatnih podataka u transportnom toku, što direktno utiče na porast *overhead*-a, odnosno, prouzrokuje nižu efikasnost prenosa.

#### B. Enkapsulacija zasnovana na generičkom toku

Enkapsulacija zasnovana na generičkom toku (GS) je rešenje koje uvode neki DVB standardi. Ona podrazumeva da se signal sa izlaza MPEG koda direktno enkapsulira po slojevima IP modela, bez prethodnog multipleksiranja u transportni tok. Na sloju veze figuriše protokol za enkapsulaciju u generički tok (GSE), koji obezbeđuje efikasnu enkapsulaciju IP datagrama na račun promenljive dužine frejma na sloju veze, [1], [7] i [8].

### IV. PREDSTAVKA PRIMENJENOG POSTUPKA ANALIZE

Za cilj ovog rada utvrđeno je:

- određivanje i poređenje nivoa *overhead*-a u slučaju IP prenosa realnog video sadržaja transportnim tokom, odnosno, generičkim tokom;
- potvrda rezultata prikazanih u [1] i [2];
- izvođenje zaključka o metodi koja obezbeđuje optimalan prenos.

Sva izračunavanja i analize video *trace*-ova sprovedene su u okviru programa pisanog u programskom paketu Matlab.

#### A. Pregled video *trace*-ova koji su predmet analize

U toku istraživanja sprovedena je analiza 15 video *trace*-ova koji sadrže podatke o MPEG-4 kodovanim video sekvencama, dostupnim na [4]. Trajanje deset od analiziranih sekvenci je 60min, dok su četiri sekvence trajanja 30min, a jedna 15min.

Razmatrane sekvence su podeljene u četiri grupe, prema tematici koju prikazuju, i to: crtani filmovi, filmovi, sportski snimci i televizijske emisije.

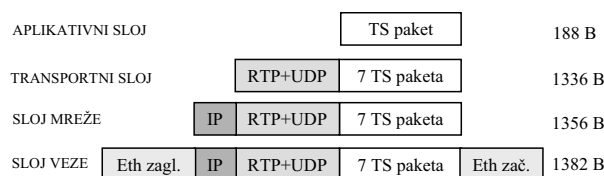
#### B. Enkapsulacija zasnovana na transportnom toku

U [1] i [2] je pokazano da što je telo *Ethernet* frejma duže, tj. popunjenije, to je prenos efikasniji, sa stanovišta *overhead*-a. Budući da maksimalna dužina *Ethernet*

frejma iznosi 1518B, istim *Ethernet* frejmom se može prenositi najviše 7 TS paketa, što je u ovom radu usvojeno kao princip. Pri tome, svi korisni podaci u telu *Ethernet* frejma pripadaju istom video frejmu. Ukoliko se desi da se telo nekog od *Ethernet* frejmova ne može popuniti podacima istog video frejma, ono biva delimično popunjeno.

Iako je u [1] i [2] razmatran i trivijalan slučaj u kome se svaki transportni paket prenosi zasebnim *Ethernet* frejmom, potvrda odgovarajućih rezultata se neće vršiti, budući da je i samo na osnovu simulacije sasvim jasno da bi efikasnost ovakvog rešenja bila izuzetno loša, te da isto ne bi imalo smisla primenjivati u praksi.

Na Sl.1 dat je šematski prikaz enkapsulacije u slučaju IP prenosa videa, zasnovanog na transportnom toku. Na sloju aplikacije vrši se multipleksiranje osnovnih tokova u TS. Blokovi od sedam sukcesivnih TS paketa enkapsuliraju se po slojevima usvojenog IP modela, tako što im se na transportnom sloju dodaje zaglavlje RTP i UDP protokola (ukupno 20B), na sloju mreže zaglavlje IP protokola (20B) i na sloju veze zaglavlje i začelje *Ethernet* paketa (ukupno 22B+4B). Niz ovako formiranih *Ethernet* paketa predstavlja tok podataka kojim se prenose video signali.

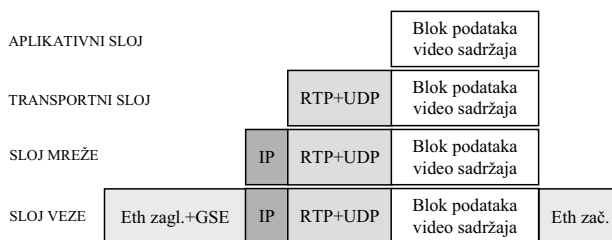


Sl. 1. Postupak enkapsulacije zasnovan na TS

#### C. Enkapsulacija zasnovana na generičkom toku

Na Sl.2 šematski je prikazan usvojeni princip enkapsulacije u generički tok. Blok podataka video sadržaja direktno se enkapsulira po slojevima usvojenog IP modela, bez prethodnog multipleksiranja u transportni tok.

Korisni podaci nastaju na aplikativnom sloju. Na njih se dodaju RTP i UDP zaglavlje na transportnom sloju, IP zaglavlje na mrežnom sloju, a na sloju veze se dodaje GSE zaglavlje, kao i *Ethernet* zaglavlje i začelje.



Sl. 2. Postupak GS enkapsulacije

### V. REZULTATI

Osnovni izlazni parametar programa pisanog za potrebe ovog rada je prosečna vrednost *overhead*-a. Ovaj parametar izračunava se na osnovu izraza (1), za slučaj enkapsulacije zasnovane na transportnom, odnosno, generičkom toku.

TABELA 1: PREGLED IZRAČUNATIH NIVOVA OVERHEAD-A

Sekvenca	Broj video frejmova	Prosečna vrednost overhead-a [%]	
		GSE	TS
<b>Crtani filmovi</b>			
<i>Aladin</i>	89998	6.58	24.20
<i>Maza i Lunja</i>	89998	6.76	24.75
<i>Simpsonovi</i>	30334	5.54	21.84
<i>Robin Hood</i>	89998	5.75	22.36
<b>Prosek na nivou grupe</b>		<b>6.16</b>	<b>23.29</b>
<b>Filmovi</b>			
<i>Mr Bean</i>	89113	6.16	23.35
<i>Silence of the Lambs</i>	89998	6.12	23.37
<i>From Dusk Till Down</i>	89998	6.00	22.95
<i>Star Wars</i>	89998	7.21	26.14
<b>Prosek na nivou grupe</b>		<b>6.37</b>	<b>23.95</b>
<b>Sportski snimci</b>			
<i>Alpine ski</i>	89998	5.82	22.53
<i>Formula 1</i>	44998	5.82	22.52
<i>Soccer</i>	89998	5.62	22.06
<b>Prosek na nivou grupe</b>		<b>5.75</b>	<b>22.37</b>
<b>TV emisije</b>			
<i>ARD News</i>	22498	5.98	22.83
<i>ARD Talk</i>	67498	6.33	23.51
<i>N3 Talk</i>	89998	6.21	23.48
<i>Viva clips</i>	44998	5.64	22.08
<b>Prosek na nivou grupe</b>		<b>6.04</b>	<b>22.98</b>
<b>Prosek</b>		<b>6.10</b>	<b>23.20</b>

Pregled rezultata analiza svake od razmatranih sekvenci dat je u Tabeli 1. Ova tabela sadrži uređene parove izlaznih parametara za svaki od obrađivanih video *trace*-ova, kao i prosečne vrednosti rezultata na nivou definisanih grupa *trace*-ova, odnosno, prosečne vrednosti po svim razmatranim *trace*-ovima.

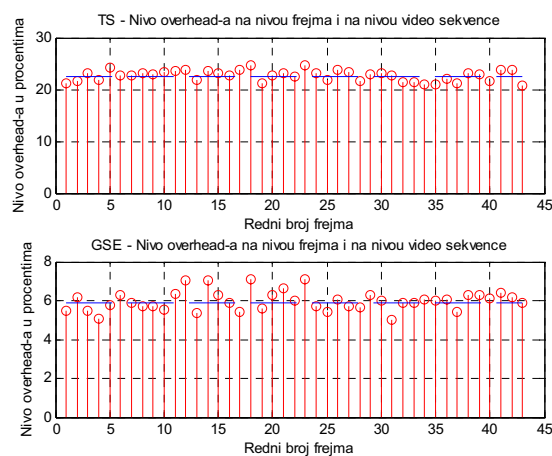
Na osnovu vrednosti iz Tabele 1. moguće je uočiti da su nivoi *overhead*-a u slučaju enkapsulacije zasnovane na generičkom toku oko četiri puta niži u odnosu na slučaj transportnog toka, što je veoma značajno poboljšanje.

Pored toga, može se pokazati i da je broj *Ethernet* frejmova potreban da se prenese jedan video frejm u slučaju GS enkapsulacije za oko 13% manji u odnosu na TS enkapsulaciju. Ako se ima u vidu da se radi o istoj količini korisnih podataka kojima je zapisan video frejm, jasno je da je i sa ovog stanovišta GS enkapsulacija u prednosti.

Za potrebe ilustrativnog grafičkog prikaza rezultata u ovom radu, a iz razloga preglednosti, posebno je analiziran jedan manji segment sekvence *Robin Hood*, u trajanju od 43 video frejma.

Na Sl.3 dat je uporedni prikaz nivoa *overhead*-a na nivou video frejma, kao i njegove prosečne vrednosti na nivou video sekvence, u slučajevima TS, odnosno, GS enkapsulacije. Sa Sl.3 se jasno vidi da nivo *overhead*-a na nivou video frejma u slučaju TS enkapsulacije ne pada

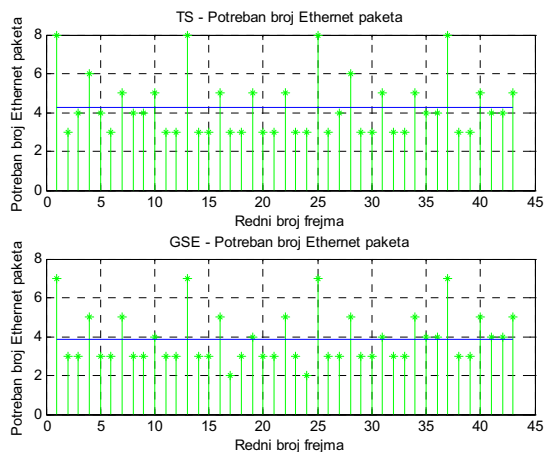
ispod 20%, dok u slučaju GS enkapsulacije ovaj parametar ne dostiže 8%. Takođe, prosečna vrednost *overhead*-a na nivou video sekvence u prvom slučaju iznosi preko 22%, dok je u drugom slučaju nešto niža od 6%.

Sl. 3. Nivo *overhead*-a na nivou frejma i na nivou sekvence (*Robin Hood*)

Na Sl.4 dat je uporedan ilustrativan prikaz potrebnog broja *Ethernet* frejmova za prenos video frejma, kao i

prosečne vrednosti ovog parametra, u oba razmatrana slučaja. Sa pomenute slike je moguće uočiti da je broj *Ethernet* frejmova u slučaju GS enkapsulacije nešto niži u odnosu na broj istih u slučaju TS enkapsulacije.

Navedene konstatacije govore u prilog enkapsulaciji zasnovanoj na generičkom toku, odnosno, njenim znatno boljim performansama u pogledu nivoa *overhead*-a.



Sl. 4. Potreban broj *Ethernet* paketa za prenos jednog video frejma (*Robin Hood*)

Konačno, na osnovu prikazanog, može se zaključiti da je GS enkapsulacija, u pogledu *overhead*-a, tri do četiri puta efikasnija od TS enkapsulacije, kao i da se, u slučaju generičkog toka, telo *Ethernet* frejma popunjava za oko 10 do 15% više.

Na osnovu simulacije televizijskog saobraćaja predstavljene u [1] i [2], pokazano je da *overhead* u slučaju TS enkapsulacije iznosi oko 11,5%, dok je u slučaju GS enkapsulacije ova vrednost 6,55%.

Poredeći prvu navedenu vrednost sa odgovarajućim rezultatima dobijenim analizom video *trace*-ova, dolazi se do zaključka da je simulacija saobraćaja dala upola nižu vrednost *overhead*-a nego što to realno jeste. Kao potencijalni uzrok nastalog odstupanja je neprecizno modelovanje količine podataka kojima se popunjavaju adaptaciona polja u TS paketima, uzrokovano neraspoloživošću odgovarajućih preciznih statističkih vrednosti parametara.

U slučaju generičkog toka, vrednosti dobijene simulacijom TV saobraćaja i na osnovu video *trace*-a su približne, te se može zaključiti da su u ovom slučaju rezultati iz [1] i [2] potvrđeni, odnosno da se njima odgovarajuća simulacija može pouzdano koristiti u daljim istraživanjima.

## VI. ZAKLJUČAK

Analiza predstavljenih rezultata pokazala je da GS enkapsulacija rezultuje značajno nižim nivoom *overhead*-a, u odnosu na TS enkapsulaciju.

Pokazano je i da su rezultati prikazani u [1] i [2] ispravni u slučaju GS enkapsulacije, te se ova simulacija može primenjivati u budućim istraživanjima, dok postoji odstupanje u rezultatima koji se odnose na TS enkapsulaciju, te je u odgovarajućem delu simulacije potrebno izvršiti izmene algoritma, kako bi se obezbedila njena tačnost. Pomenuta statistička analiza i njena implementacija u simulaciji saobraćaja predstavljaju potencijal za nastavak predstavljenih istraživanja.

Pored toga, analiza *overhead*-a u prenosu po drugim tipovima medijuma/standarda i uključivanje različitih dodatnih funkcionalnosti GSE protokola, viđeni su kao mogućnost za nastavak istraživanja.

## LITERATURA

- [1] A. Petrović, I. Reljin, «Mogućnosti realizacije IPTV servisa», Telfor 2009.
- [2] Ana Petrović, «Mogućnosti realizacije IPTV servisa», Master rad, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, 2009, *unpublished*.
- [3] C. Kozierok, „The TCP/IP Guide”, 2005.
- [4] <http://www.tkn.tu-berlin.de/research/trace/lvtv.html>
- [5] Generic Stream Encapsulation - Implementation Guide, DVB Document A134, 2009.
- [6] I. Reljin, A. Samčović, B. Reljin, “H.264/AVC Video Compressed Traces: Multifractal and Fractal Analysis”, EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Vol. 2006
- [7] Generic Stream Encapsulation Fact Sheet, DVB, July 2009
- [8] Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol – ETSI TS 102 606 v1.1.1 (2007-10)

## ABSTRACT

Purpose of this paper is the confirmation of results acquired during previous researches via simulation of TV traffic. The paper contains efficiency analysis of encapsulation in IP transmission of real video content in respect of the resulting overhead level. Two cases are analyzed – transport stream based encapsulation, as well as generic stream encapsulation. In both cases, video traces that contain relevant parameters and information on real video content are processed.

Acquisition and processing of characteristic parameters of a video sequence from video trace is performed using Matlab software tool.

## EFFICIENCY OF VIDEO CONTENT ENCAPSULATION IN IP TRANSMISSION

Ana Petrović, Miloš Tomić, Irini Reljin