

Kašnjenje pri prenosu Ethernet paketa preko SDH sistema OTS/ODS 622 IRITEL

Vladimir Kostić, Predrag Mićović, Ninko Radivojević, *IRITEL AD Beograd*

Grozdan Petrović, *Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu*

Sadržaj — U radu je analizirano kašnjenje koje nastaje pri prenosu Ethernet paketa preko SDH mreže. U okviru rada biće razmotreno propagaciono kašnjenje i njegov uticaj na diferencijalno kašnjenje, emisiono kašnjenje, kašnjenje usled upisa paketa u bafer, kašnjenje procesiranja paketa, kao i uticaj mehanizma kontrole protoka na ukupno kašnjenje paketa unutar SDH sistema prenosa OTS/ODS622 IRITEL. Prikazani su izmereni i izračunati rezultati kašnjenja u funkciji propusnosti.

Ključne reči — Ethernet, kašnjenje, SDH.

I. UVOD

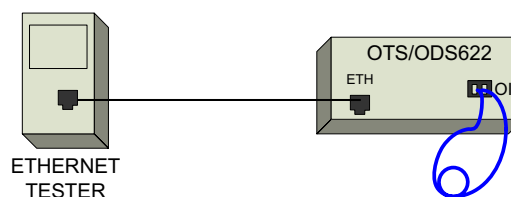
EVOLUCIJA SDH mreža zahtevala je veću fleksibilnost pri prenosu podataka. Zbog karakteristika i široke rasprostranjenosti Ethernet tehnologije, transportne mreže evoluiraju ka prenosu Ethernet paketa preko SDH (*Ethernet over SDH – EoS*).

Kombinacija virtuelnog povezivanja kontejnera (*Virtual Concatenation – VCAT*), LCAS (*Link Capacity Adjustment Scheme*) i GFP-F (Generic Framing Procedure Frame-Mapped) formiraju EoS podsistem u Iritelovim uređajima OTS/ODS622. GFP-F je omogućio efikasan metod enkapsulacije Ethernet paketa u GFP ram koji se prenosi virtuelnim kontejnerima VC-12, VC-3, VC-4. Princip enkapsulacije kod GFP-F je takav da se jedan Ethernet ram enkapsulira u jedan GFP ram. Pomoću VCAT formiraju se kapaciteti koji su potrebni za odgovarajuće aplikacije. LCAS je omogućio promenu kapaciteta linka bez prekida saobraćaja podataka korisnika kao i određene vrste zaštite prenosa podataka [1]. VCAT sa LCAS omogućio je optimizaciju postojećih SDH mreža za prenos paketskog saobraćaja. Novi servisi koji dolaze sa EoS sistemima donose jednostavnost i efikasnost koje nosi Ethernet, široko rasprostranjen u LAN mrežama, i pouzdanost iz SDH mreža sa sistemom za nadgledanje i monitorisanje mreže u sistemima prenosa.

U okviru EoS postoji nekoliko vrsta kašnjenja koji utiču na prenos podataka. Uticaj kašnjenja zavisi od vrste servisa koji se prenosi kroz mrežu (video konferencija i

VoIP su osetljivi i na varijacije u kašnjenju i na ukupno kašnjenje; prenos video signala osetljiv je samo na varijacije u kašnjenju, a manje na ukupno kašnjenje pri prenosu; transfer fajlova nije osetljiv ni na varijacije u kašnjenju ni na ukupno kašnjenje). Na ukupno kašnjenje utiču propagaciono kašnjenje, emisiono kašnjenje, kašnjenje baferovanja i procesiranja. U okviru kašnjenja koje nastaje usled baferovanja paketa i procesiranja postoji i uticaj mehanizma kontrole protoka (*flow control*) kojim se na MAC nivou reguliše protok između dva entiteta.

U prvom delu rada analizirano je propagaciono kašnjenje. U III i IV delu prikazani su rezultati emisnog kašnjenja i kašnjenja usled baferovanja. Na kraju pokazani su rezultati merenja na gigabitnom Ethernet portu. Merenje kašnjenja vršeno je po RFC 2544 preporuci, koja je izdata od strane IETF. Pri merenjima kašnjenja trajanje testa je 120s sa veličinama paketa 64 i 1518 okteta. Blok šema OTS sistema i Ethernet testera korišćena pri merenjima prikazana je na slici 1. Pri merenjima Ethernet saobraćaj koji se prima sa Ethernet testera mapira se u VCG (*Virtually Concatenated Group*) grupu odgovarajuće propusnosti koja se u matrici prospajanja šalje na optički interfejs sa kog se pomoću postavljene optičke petlje saobraćaj vraća u uređaj i prosleđuje se nazad instrumentu za testiranje.



Sl.1. – Blok šema povezivanja pri merenjima kašnjenja.

II. PROPAGACIONO KAŠNJENJE I UTICAJ NA DIFERENCIJALNO KAŠNJENJE

VCAT sa LCAS omogućio je nezavisno rutiranje članova jedne VCG. VCG je skup virtuelnih kontejnera čija celina formira propusnost koja je na raspolaganju korisniku za prenos podataka. Na taj način formiraju se kapaciteti koji su potrebni aplikacijama. Nezavisno rutiranje članova VCG kroz SDH mrežu ima značaj što ukoliko dođe do oštećenja jednog linka saobraćaj podataka će u toj situaciji nastaviti sa prenosom po preostalim, ispravnim, članovima koji čine grupu. Na taj način aplikacija korisnika nastaviće sa radom samo sa smanjenim kapacitetom. Pošto je svaki član VCG poseban

Vladimir Kostić autor, Iritel AD Beograd, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073454; e-mail: kosticv@iritel.com).

Predrag Mićović autor, Iritel AD Beograd, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073454; e-mail: micovic@iritel.com).

Ninko Radivojević autor, Iritel AD Beograd, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073443; e-mail: radni@iritel.com).

Grozdan Petrović autor, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija; (e-mail: petrovic@etf.bg.ac.yu).

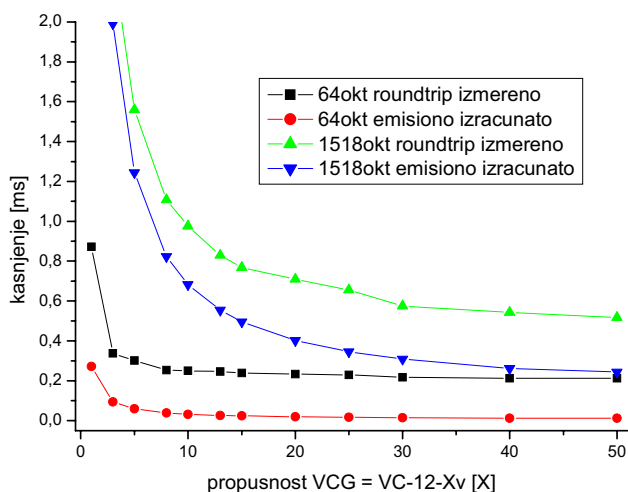
entitet, omogućeno je njihovo nezavisno rutiranje uz slanje informacija o poziciji u VCG, o ispravnosti rada, itd svakog člana VCG na trasi. Na osnovu informacija koje nose članovi, na određitu se formira VCG od primljenih članova. Obrada članova VCG je potrebna samo na terminalnim uređajima u okviru SDH mreže.

Pošto se elementi VCG mogu rutirati nezavisno različitim putanjama, može se javiti pojava različitog propagacionog kašnjenja. Propagaciono kašnjenje se javlja u optičkim vlaknima i ono ne zavisi od protoka na linku već samo od dužine vlakna i iznosi:

$$\tau = L / (c / \eta) \quad (1)$$

gde L predstavlja rastojanje, η je indeks prelamanja u vlaknu, a c brzina svetlosti (na primer: za dužinu vlakna od 1000km sa indeksom prelamanja 1.46 dobija se kašnjenje 4.87ms). Iz primera se pokazuje i da pri razlici u putanji od 1000km unela bi se razlika u kašnjenju manja od 5ms.

Diferencijalno kašnjenje predstavlja relativno vreme dolazaka između članova VCG. Stoga procesiranje elemenata VCG i kompenzacija diferencijalnog kašnjenja obavlja se samo na terminalnim uređajima u EoS podsystemu. OTS/ODS622 IRITEL ima mogućnost kompenzacije maksimalnog diferencijalnog kašnjenja od 64ms.



Sl.2. – Roundtrip kašnjenje i emisiono kašnjenje.

III. EMISIONO KAŠNJENJE

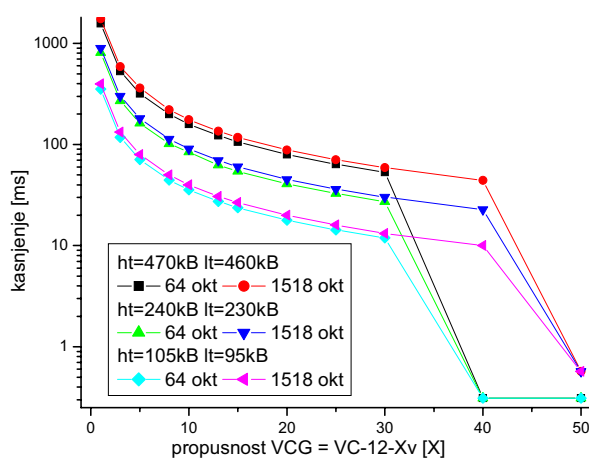
GFP-F enkapsulira Ethernet pakete u ram koji je pogodan za prenos kroz SDH mrežu. GFP-F podrazumeva baferovanje Ethernet rama pre transmisije usled čega nastaje emisiono kašnjenje. Pri enkapsulaciji Ethernet rama odbacuje se suvišan deo preambula i SFD, i kao takav Ethernet ram se enkapsulira u GFP ram koji nosi svoje zaglavlje od 8 okteta. GFP ram može imati i dodatno polje sa CRC proverom. Uticaj emisnog kašnjenja se povećava sa smanjenjem emisnog opsega (broja dodeljenih kontejnera). Emisno kašnjenje postoji u smeru slanja GFP paketa kroz VCG i u smeru slanja Ethernet paketa ka Ethernet interfejsu. Emisno kašnjenje iznosi:

$$\tau_e = \frac{L_{rama}}{C} \quad (2)$$

, gde je Lrama dužina rama koji se isčitava iz bafera i C propusnost, tj. brzina slanja paketa. Ostala kašnjenja koja nastaju u uređaju kao posledice funkcija EoS bloka, filtriranja, upravljanja saobraćaja itd. mogu uneti dodatna kašnjenja. Na slici 2 prikazane su vrednosti roundtrip kašnjenja (srednja vrednost kašnjenja jednog paketa na trasi) dobijene merenjem i izračunate vrednosti emisnog kašnjenja za veličine Ethernet paketa od 64 i 1518 okteta u funkciji veličine VCG (X je broj VC-12 koji čine VCG).

Analizom grafika pokazuje se da je emisno kašnjenje dominantno u odnosu na ostala kašnjenja pri prenosu Ethernet paketa preko Iritelovih SDH sistema OTS/ODS 622. Sva ostala kašnjenja koja nastaju unutar uređaja u celokupnom procesu EoS bloka su reda veličine 200μs (sa grafika na slici 2 razlika ukupnog kašnjenje Ethernet paketa i izračunatog emisnog kašnjenja).

Dodatne funkcije drugog sloja poput funkcija razgranavanja i grupisanja, kontrole protoka na intrfejsima sa granulacijama saobraćaja na nivou Ethernet interfejsa od 64kb/s i 1Mb/s, funkcije filtriranja i odbacivanja paketa u Iritelovim uređajima OTS/ODS622 opisane u [2, 3] koje doprinose efikasnijem korišćenju resursa EoS podsystema unose dodatno kašnjenja < 100μs samo na terminalnim SDH uređajima kroz koje se prenosi Ethernet paketi.



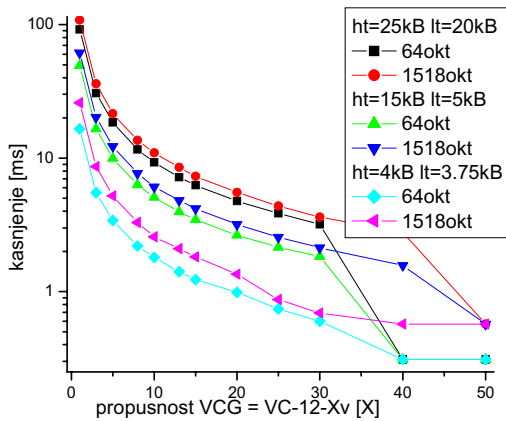
Sl.3. – Nepodešeni ht i lt kada se može javiti veliko kašnjenje pri maloj propusnosti.

IV. UTICAJ MEHANIZMA KONTROLE PROTOKA NA KAŠNJENJE

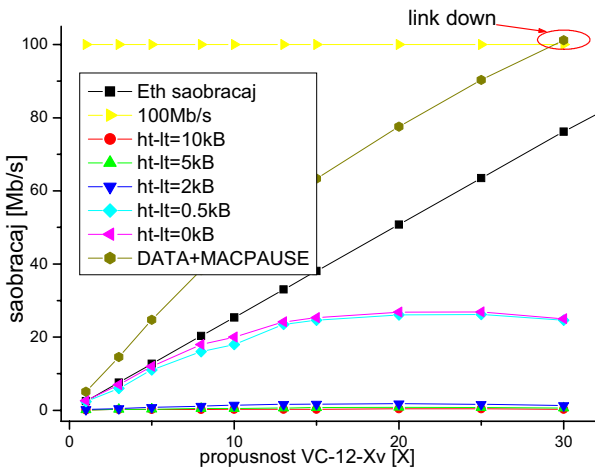
Veličina bafera u kom se vrši smeštanje dolaznih Ethernet paketa pre formiranja GFP rama u ODS/OTS 622 sistemu iznosi 512kB za svaki Ethernet port. Unutar EoS sistema implementirana je funkcija kontrole protoka na MAC nivou. Kontrola protoka se obavlja tako što se definiše granica kada se počinju i granica kada se prestaju slati ramovi pauze povezanom uređaju koji nose u sebi informaciju da treba napraviti pauzu u slanju podataka radi preopterećenja linka. Na ovaj način dobija se efektivni protok koji odgovara kapacitetu linka i nema

gubitka paketa usled nemogućnosti prosleđivanja unutar EoS podsistema.

Pošto je priroda saobraćaja podataka takva da se u kratkim vremenskim intervalima može javiti potreba za velikom količinom podataka (*burst traffic*), sa podešavanjem da je veći prag u baferu postoji mogućnost prijema veće količine paketa u kratkom vremenskom intervalu. Međutim u tim slučajevima može se javiti povećano kašnjenje paketa što može izazvati probleme u aplikacijama osetljivim na kašnjenja. Baferi rade po principu FIFO (*First-In-First-Out*) tako da usled konstantne opterećenosti bafera mogu se javiti problemi pogotovu pri formiranim manjim protocima.



Sl.4. – Podešeni *ht* i *lt* kada se može pojaviti kašnjenje do 100ms pri maloj propusnosti.



Sl.5. – Protok MAC ramova pauze pri različitim podešavanjima razlike *ht* i *lt* za srednju vrednost 10kB.

Na slici 3 prikazana su kašnjenja dobijena merenjima za različite veličine pragova koji nisu podešeni za rad sa malom propusnošću (*high threshold – ht, low threshold – lt*). U slučajevima sa manjom propusnošću pri konstantnom opterećenju linka mogu se jasno uočiti opisani problemi. U tim situacijama se može javiti kašnjenje i od 1s.

Za rešenje nastalog problema potrebno je smanjiti pragove pri kojima će se slati ramovi pauze. Pri smanjenju pragova dobijaju se bolji rezultati u pogledu kašnjenja

usled baferovanja jer se na nižem pragu postavljaju granice. Na slici 4 prikazani su rezultati merenja ukupnog kašnjenja koji su dobijeni pri podešavanjima *ht* i *lt* na niže vrednosti.

Pri pronalazenju optimalnog podešavanja granica *ht* i *lt* za određene situacije može se javiti i problem obaranja linka. Što su granice *ht* i *lt* bliže javlja se veći količina ramova pauze koje se prosleđuje, jer je pokazivač na osnovu koga se šalju pauze konstantno na ivici. Na slici 5 prikazani su eksperimentalno dobijeni protoci ramova pauze koji se javljaju pri situacijama kada se *ht* i *lt* razlikuju za 10kB, 5kB, 2kB, 0,5kB i 0kB. Srednja vrednost *ht* i *lt* iznosi 10kB.

U svim situacijama dobijena je očekivano približno ista vrednost za maksimalno ukupno kašnjenje pri konstantnoj maksimalnoj opterećenosti linka što je prikazano u tabeli 1 za dužine paketa 64 i 1518 okteta. Na slici 5 se može uočiti trenutak u kom će doći do obaranja linka usled prepunjenosti kapaciteta od 100Mb/s za situacije $ht - lt < 1kB$.

TABELA 1: UKUPNO KAŠNENJE PRI SREDNJOJ GRANICI OD 10kB ZA SLANJE RAMOVA PAUZE PRI VCG=VC-12-Xv .

Eth ram	X=1	X=3	X=5	X=8	X=10	X=13
64 okt	49,17ms	16,5ms	9,64ms	6,24ms	4,92ms	3,92ms
1518okt	62,09ms	20,5ms	11,35ms	7,69ms	6,18ms	4,96ms
	X=15	X=20	X=25	X=30	X=40	X=50
64 okt	3,38ms	2,63ms	2,18ms	1,85ms	0,31ms	0,31ms
1518okt	4,17ms	3,15ms	2,52ms	2,15ms	1,63ms	0,57ms

U zavisnosti od potreba aplikacije koja se prenosi kroz Ethernet pakete preko SDH sistema na osnovu dobijenih rezultata formira se potrebna propusnost, tj. veličina VCG grupe, kao i prag pri kojoj će se slati ramovi pauze da bi pri prenosu podataka imali kašnjenje manje od dozvoljenog koje odgovara zahtevima aplikacije u pogledu kvaliteta servisa.

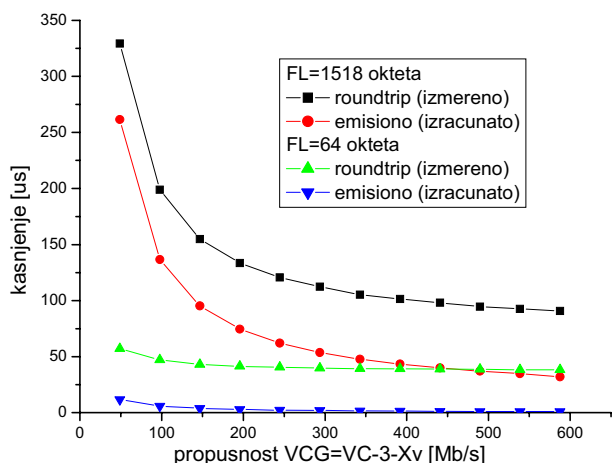
V. KAŠNENJE U RADU SA GIGABITNIM ETHERNETOM

U Iritelovim sistemima OTS/ODS622 postoje i gigabitni Ethernet (GbE) portovi čiji saobraćaj se može prenositi preko SDH mreže. U EoS podsistemu OTS/ODS622 IRITEL Ethernet se mapira u VCG do kapaciteta STM-4, što znači da je maksimalni kapacitet pri mapiranju GbE jednak VC-3-12v, odnosno VC-4-4v. Unutar samog EoS bloka i kod FE i kod GbE GFP-F, VCAT, LCAS su na isti način implementirani tako da je u tim blokovima i isto kašnjenje.

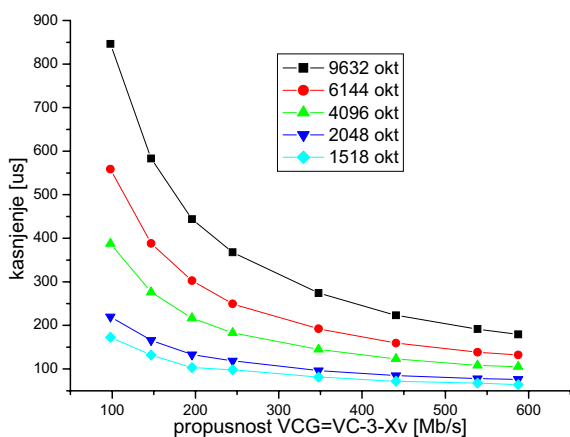
Na slici 6 prikazana su *roundtrip* kašnjenja i emisiona kašnjenja za veličine paketa 1518okteta i 64 okteta. Pri upotrebi GbE javlja se kao korisna osobina prenos i *jumbo* ramova radi što većeg efektivnog protoka same aplikacije koja se prenosi kroz Ethernet ram [2] (ukupan udeo Ethernet zaglavlja u odnosu na koristan deo je manji kod *jumbo* ramova). Iritelovi sistemi omogućuju prenos Ethernet paketa dužine do 9632 okteta.

Na slici 7 prikazani su rezultati merenja kašnjenja na GbE pri različitim dužinama *jumbo* paketa pri protocima dobijenim RFC2544 *throughput* testom. Granice za kontrolu protoka na MAC nivou postavljene su na $ht=470kB$, $lt=460kB$ radi mogućnosti primanja veće

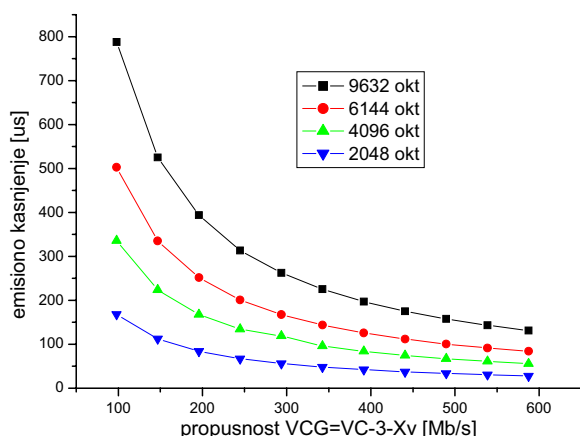
količine paketa u kratkim vremenskim intervalima. Na slici 8 prikazane su vrednosti emisijonog kašnjenja izračunate za *jumbo* pakete.



Sl.6. – Roundtrip kašnjenje i emisijonog kašnjenje GbE.



Sl.7. – Kašnjenje pri prenosu *jumbo* ramova sa GbE kroz EoS OTS/ODS622.



Sl.8. – Emisijonog kašnjenje *jumbo* ramova na GbE EoS OTS/ODS622.

Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da ukoliko članovi VCG grupe prolaze kroz SDH uređaje OTS/ODS 622 na kojima nije terminacija VCG, već samo prospajanje

članova VCG, maksimalno kašnjenje je manje od $40\mu s$.

VI. ZAKLJUČAK

Analizirana diferencijalna kašnjenja koja mogu nastati kao posledica različitog rutiranja članova VCG pokazuju da u regionalnim mrežama mogućnost kompenzacije od 64ms u OTS/ODS622 IRITEL sistemima neće dovesti do problema u radu.

Pokazano je i da je dominantno kašnjenje pri prenosu Ethernet paketa preko SDH emisijonog kašnjenje, koje je obrnuto srazmerno dodeljenoj propusnosti VCG. Aplikacijama koje zahtevaju manje kašnjenje pri prenosu kroz EoS potrebno je dodeliti veću propusnost. Granice za kontrolu protoka na MAC nivou treba postavljati na niže vrednosti pri radu VCG sa manjom propusnošću i sa konstantnim opterećenjem linka radi smanjenja kašnjenja usled popunjenosti FIFO bafera. Ukoliko se javljaju periodične potrebe za većom količinom saobraćaja u kratkim vremenskim intervalima podesiti uređaj sa većim granicama za slanje MAC ramova pauze.

Pored rezultata koji se mogu primeniti na podešavanje kašnjenja pri prenosu Ethernet paketa preko SDH u OTS/ODS622 IRITEL pokazuje se još jedna osobina SDH mreža u pogledu kvaliteta servisa. SDH mreže pored sistema za gledanje i upravljanje, pouzdanosti, zaštite pri prenosu (redundantna zaštita hardvera, zaštite saobraćaja i zaštite Ethernet paketa pomoću VCAT, LCAS [3,1,2]) doprinose visokom kvalitetu prenosa koji se odlikuje i u vrlo malom kašnjenju pri prenosu Ethernet saobraćaja.

ZAHVALNICA

Rad na ovom projektu delimično je finansiran sredstvima Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Srbije.

LITERATURA

- [1] Dragan Pešić, Vladimir Kostić, Miroslav Ilić, Knežević Petar, Radivojević Ninko, Zoran Čiča, Predrag Ivaniš: „OTS 155/622 IRITEL – Prenos Ethernet paketa preko SDH mreže“, 13. Telekomunikacion forum Telfor 2005, Beograd
- [2] Vladimir Kostić, Dragan Pešić, Predrag Mićović, Darko Lazović, Ninko Radivojević, Predrag Ivaniš, Grozdan Petrović: „Funkcije drugog sloja EoS bloka SDH uređajima OTS/ODS622 IRITEL“, 14. Telekomunikacion forum Telfor 2006, Beograd.
- [3] Vladimir Kostić, Dragan Pešić, Darko Lazović, Ninko Radivojević, Grozdan Petrović: „Korišćenje EoS funkcionalnosti uređaja OTS622/ODS622 IRITEL za rutiranja paketskog saobraćaja unutar SDH mesh mreže“, 50. konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku ETRAN 2006, Beograd.

ABSTRACT

In this paper we presented transport delay of Ethernet packets over SDH multiservice optical transport systems OTS/ODS 622 IRITEL. We described acquired results, and how to set device to get proper delay for data traffic over OTS/ODS622 to achieve requested quality of service.

TRANSPORT DELAY OF ETHERNET PACKETS OVER SDH SYSTEMS OTS/ODS 622 IRITEL

Vladimir Kostić, Predrag Mićović, Ninko Radivojević, Grozdan Petrović