

Multiservisna SDH/Ethernet/CWDM/OADM platforma ODS2G5 IRITEL

Predrag Mićović, Dragan Pešić, Miroslav Ilić, Vladimir Kostić, Ninko Radivojević, *Member, IEEE*,
Rajko Đenić

Sadržaj — U radu je prikazana nova multiservisna platforma ODS2G5 IRITEL koja omogućava efikasan istovremeni prenos TDM i Ethernet paketskog saobraćaja (10/100baseT, 1GbE) preko SDH STM1/4/16 linkova. Maksimalna propusnost sistema od 2.5Gbit/s se znatno uvećava korišćenjem modula za pasivno optičko multipleksiranje (CWDM) i izdvajanje/dodavanje (OADM) talasnih dužina. Ovo povećanje propusnosti kao i ugrađena funkcionalnost L2 sviča, uz dokazani sistem za upravljanje i pouzdan prenos sinhronizacije predstavljaju savremeno rešenje za primenu u svim tipovima transportnih mreža.

Ključne reči — SDH, STM-16, Ethernet over SDH, transponder, L2, CWDM, OADM.

I. UVOD

SDH tehnologija je uvođenjem GFP (*Generic Framing Procedure*, ITU-T G.7041), VCAT (*Virtual Concatenation*, ITU-T G.707) i LCAS (*Link Capacity Adjustment Scheme*, ITU-T G.7042) procedura postala tehnologija koja omogućava efikasno, transparentno, granularno i dinamički promenljivo, po zauzetom kapacitetu, prenošenje paketskog saobraćaja. Na taj način dobija se objedinjen sistem za prenos TDM i Ethernet saobraćaja u transportnom sloju.

ODS2G5 IRITEL je sistem tipa NG-SDH (Next generation SDH) ili kako se u različitim varijantama još naziva MSPP (*Multiservice Provisioning Platform*) i MSTP (*Multiservice Transport Platform*) a koji omogućava prenos Ethernet i TDM saobraćaja preko optičkog vlakna protocima do STM-16 (2,5Gbit/s). Razlog za nastanak ove platforme su sve veći zahtevi za prenosom podataka (brzi pristup Internetu, IPTV) u transportnim mrežama kroz koje se prenosi i govor.

U narednom poglavlju biće opisane osnovne tehničke mogućnosti sistema ODS2G5 i to pre svega novine u odnosu na sistem ODS/OTS622 IRITEL [1] koji se uspešno proizvodi i primenjuje već nekoliko godina. Kao

glavna novina predstavljena je jedinica S16LE-2 koja obezbeđuje optičke linkove kapaciteta STM-16 i Gigabit Ethernet interfejsa punog kapaciteta. Opisana je i jedinica T2G5-8, transponder talasnih dužina, koja omogućuje konverziju talasnih dužina što u kombinaciji sa pasivnim optičkim filtrima za multipleksiranje (CWDM) i dodavanje/izdvajanje (OADM) talasnih dužina znatno povećava propusnost sistema (4x2.5Gbit/s, ili 8x2.5Gbit/s).

ODS2G5 je sistem u kojem je uvedena puna funkcionalnost drugog sloja preko jedinice koja u sebi sadrži upravljivi Ethernet switch. Funkcionalnosti koje donosi ova jedinica opisane su u trećem poglavlju.

U četvrtom poglavlju pokazani su servisi koje je moguće realizovati sa predhodno opisanim funkcionalnostima kao i primena opisane platforme u transportnim mrežama.

II. OSNOVNE MOGUĆNOSTI ODS2G5 SISTEMA

Sistem ODS2G5 podržava do 6 STM-16 i do 18 STM-4/1 optičkih interfejsa za rastojanja do 100km. Koriste se izmenjivi SFP optički ili električni primopredajnici. U okviru ODS2G5 korisniku su omogućeni i do 273 E1 interfejsa (2Mb/s), tri E3 (34Mb/s), 18 10/100BaseTx, tri 10/100BaseFx Ethernet interfejsa i do 15 1000BaseT/1000BaseX Gigabit Ethernet interfejsa [2].

Matrica prospajanja je neblokirajuća, kapaciteta 288x288 VC-4 do nivoa VC-12, sa mogućnošću postojanja radne i rezervne (zaštine) matrice u sistemu. Da bi se sve ovo omogućilo realizovane su zadnje ploče sa brzim linkovima ukupnog kapaciteta ~170Gb/s. Takođe zadržan je koncept „plug&play“ zamene jedinica čuvanjem informacija o konfiguraciji uređaja u memoriji na zadnjoj ploči.

Pored udvajanja na nivou matrice prospajanja realizovano je i udvajanje sinhronizacionog modula, optičkog interfejsa STM-1/4 na nivou radne i rezervne jedinice. Omogućeno je udvajanje i na nivou pritočne jedinice STI2-63 (1:N zaštita 2Mb/s pritoka). Takođe, realizovana je i zaštita saobraćaja na nivou multipleksne sekcije, 1+1, MSP, zaštita na nivou puta višeg ili nižeg reda (VC-12, VC-3, VC-4), i zaštita na nivou dela puta (SNCP). Algoritam MS-SPRing koristi K1, K2 i K3 bajtove za efikasnu zaštitu saobraćaja u konfiguracijama prstena.

S16LE-2 jedinicom omogućeni su Gigabit Ethernet interfejsi punog kapaciteta. Jedinica je realizovana sa četiri

P. Mićović, IRITEL, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija; (tel. +381 11 3073-455, e-mail: micovic@iritel.com).

D. Pešić, IRITEL, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija; (tel. +381 11 3073-455, e-mail: draganp@iritel.com).

M. Ilić, IRITEL, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija; (tel. +381 11 3073-456, e-mail: miroslav@iritel.com).

V. Kostić, IRITEL, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija; (tel. +381 11 3073-455, e-mail: kosticv@iritel.com).

N. Radivojević, IRITEL, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija; (tel. +381 11 3073-443, e-mail: radni@iritel.com).

R. Đenić, IRITEL, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija; (tel. +381 11 3073-454, e-mail: rajkodj@iritel.com).

optička linijska interfejsa kapaciteta dva STM-16, i do četiri STM-4/1. Pored toga na jedinici se nalaze četiri gigabitna Ethernet interfejsa. Ukupni kapacitet EoS mapera za sve GE iznosi 2,5Gb/s ka zadnjoj ploči.

T2G5-8 je multifunkcijska, višenamenska jedinica koja može obavljati funkciju transpondera talasnih dužina, funkciju medija konvertora, CWDM i OADM funkcije. Jedinica podržava do osam optičkih ili električnih linijskih interfejsa sa SFP modulima. Takođe, jedinica omogućava zaštitu puta prenosa 1+1 na fizičkom nivou kao i izbor algoritma zaštite.

CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*) moduli imaju mogućnost multipleksiranja 4 ili 8 talasnih dužina pomoću pasivnih optičkih filtara. Optički dodaj-oduzmi multiplekser (OADM) omogućava dodavanje i izdvajanje jedne ili dve talasne dužine iz optičkog signala.

Neprekidan nadzor i upravljanje uređajima ODS2G5 ostvaren je intergriranim sistemom za upravljanje telekomunikacionih uređaja SUNCE-M IRITEL.

Platforma ODS2G5 IRITEL realizovana je kroz nekoliko konfiguracija. Ukoliko je potrebno rešenje za aplikacije do 4 STM-16 linka, do 12 STM-4/1, do 15 FE i 10 GbE interfejsa realizovan je red (modul, subrack) sa osam jedinica ODS2G5C8. Za rešenja u kojima je potrebna i hardverska zaštita na nivou matrice prospajanja, sinhronizacionog modula i zaštita prisupne jedinice za E1 prirake i do šest STM-16 optička linijska interfejsa realizovan je ODS2G5C12 red.

Low-cost ODS2G5C3 platforma sa četiri optička linijska interfejsa do nivoa STM-16 i do 9 GbE interfejsa nudi se kao kompaktno MSPP rešenje. Zbog malih dimenzija ova platforma je pogodna za upotrebu u *outdoor* kabinetima.

III. ETHERNET FUNKCIONALNOSTI

U ODS2G5 se uvodi puna funkcionalnost drugog sloja (L2) preko jedinice sa upravljivim Ethernet svičem. Postoje dva modela jedinice sa svičem, sa i bez EoS mapera na samoj jedinici, sa osam 10/100/1000 Ethernet portova. EoS mapper ima vezu sa ostatkom sistema, kapaciteta STM-16, preko zadnje ploče. Realizovana jedinica sa EoS mapperom ima mogućnost postavljanja u red (modul) na mestima koja su predviđena za linijske jedinice, dok jedinica bez mapera ima mogućnost umetanja na bilo koju poziciju u modulima.

Pored Ethernet saobraćaja pri prenosu kroz SDH sisteme koji ima garantovani protok, upotrebom funkcionalnosti Ethernet sviča omogućeno je statističko multipleksiranje Ethernet saobraćaja. Agregacija paketskog saobraćaja u jednoj VCG omogućuje u pojedinim aplikacijama efikasnije korišćenje resursa mreže. Na ovaj način npr. mobilni operateri mogu govornom saobraćaju garantovati kvalitet, dok je za servise prenosa podataka moguće obezbediti maksimalno dostupan opseg (statističkim multipleksiranjem saobraćaja koji se skuplja sa više baznih stanica).

A. Spanning Tree protokol (STP)

STP (definisan u preporuci IEEE 802.1D) razvijen je da

bi se u Ethernet mrežama izbegle petlje koje mogu dovesti do pojave situacije u kojoj broadcast paketi zagušuju mrežu usled ponovnog slanja paketa zbog petlji u mreži.

RSTP (*Rapid STP*)— pri promeni u okviru mreže (dodavanje ili ukidanje čvora *node*) sa STP potrebno vreme rekonfiguracije je oko 50s. Nemogućnost rada mreže u tom vremenskom periodu nije prihvatljiva u sistemima prenosa. RSTP ubrzava taj proces rekonfiguracije mreže do nekoliko stotina milisekundi posle promene topologije mreže. To vreme je i dalje više od 50ms koje se zahteva u SDH mrežama ali je brže od STP. RSTP pored obezbeđivanja postojanja mreže bez petlji, takođe obezbeđuje i zaštitu u Ethernet mreži.

MSTP (*Multiple STP*, IEEE 802.1Q) omogućuje kreiranje nezavisnih stabala pomoću STP za različite VLAN grupe. Na taj način je moguće efikasnije korišćenje resursa dostupnih u mreži jer se prave stabla koja mogu imati različite putanje za različite korisnike.

B. Agregacija linkova

Agregacija linkova (*Link Aggregation Control Protocol* - LACP, IEEE 802.3) je mehanizam koji logički proširuje Ethernet portove tako što se više fizičkih portova paralelno povezuje i koriste se kao jedan. Mehanizmi rutiranja paketa (STP,...) će udružene paralelne portove posmatrati kao jedan link, jednu logičku celinu za sve nivoe. Mehanizam je zasnovan na principu da kada se na jednom fizičkom portu dostigne pun kapacitet, preostali saobraćaj, paketi, se prosleđuju na drugi port koji pripada istoj logičkoj celini. Tako na primer pomoću dva FE porta punog kapaciteta udruživanjem u jednu logičku celinu, agregacijom linkova, moguće je realizovati link kapaciteta 200Mb/s.

C. Multicast paketi

Postoji tri vrste paketa u Ethernet saobraćaju: *unicast*, *broadcast* i *multicast*. Unicast paketi su namenjeni jednom primaocu. Broadcast paketi su namenjeni za sve članove mreže. Postoji tip saobraćaja koji je namenjen grupi korisnika, a korišćenje broadcast paketa u tu svrhu bi opterećivalo resurse mreže. Multicast paketi nalaze primenu u servisima kao IPTV, gde se kanal sa određenim sadržajem prosleđuje svim korisnicima koji trenutno gledaju isti. Isto ovo se može postići i unicast paketima ali to ne bi bilo optimalno korišćenje mrežnih resursa. kapaciteta, jer bi tom realizacijom bilo potrebno napraviti kopije istog sadržaja i proslediti ga svim korisnicima pojedinačno. Za efikasno prosleđivanje multicast paketa formiraju se tabele koje imaju informaciju na koje portove se prosleđuju multicast paketi. Jedan od mehanizama koji obezbeđuje formiranje multicast tabela je IGMP snooping (*IGMP – Internet Group Management Protocol*). IGMP je protokol trećeg sloja za kontrolu pripadnosti multicast grupama. Korisnik koji želi da pristupi multicast grupi šalje IGMP poruku za pridruživanje ili napuštanje IP multicast grupe.

D. Jumbo paketi

Standardna veličina Ethernet paketa (IEEE 802.3) iznosi 1518 okteta. Pri prenosu video paketa koji su veći

vršila bi se fragmentacija paketa. U ODS2G5 sistemu podržava se upotreba *jumbo* paketa maksimalne veličine 9600 okteta. Upotrebom jumbo paketa povećana je efikasnost ODS2G5 sistema posebno kada se prenosi multimedijalni *streaming* saobraćaj. Efektivni protok koji korisnik ima na raspolaganju je veći zbog manjeg udela zaglavlja Ethernet rama, a kašnjenje je manje zbog redeg procesiranja paketa.

E. Kvalitet servisa

Ethernet switch jedinica omogućuje da se realizuju servisi koji omogućuju garantovan kvalitet pri prenosu Ethernet paketa. Realizovana je mogućnost dodele prioriteta Ethernet paketima sa četiri klase prioriteta po portu. Minimalana propusnost garantovana je pomoću WRR (*Weighted round robin*). Podržana je kontrola protoka u full-duplex modu i half-duplex back pressure.

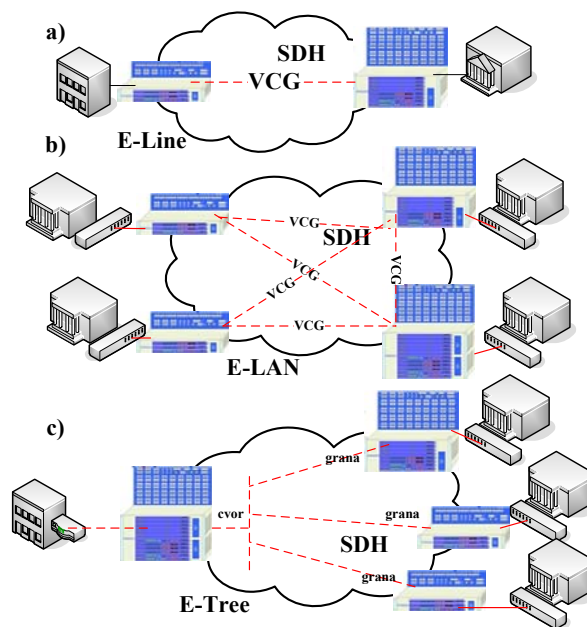
SDH tehnologija u kombinaciji sa protokolima za zaštitu u paketskim mrežama nudi široku mogućnost povećanja stepena dostupnosti servisa zasnovanih na Ethernet paketima. Pored SDH zaštita 1+1, MS-SPRING, ..., pri prenosu Ethernet paketa upotrebom VCAT, LCAS mehanizma oštećeni kontejneri kroz koji se nosi Ethernet saobraćaj se automatski privremeno isključuju sve dok su u neispravnom stanju. Po oporavku neispravnih članova VCG, isti se automatski vraćaju u stanje upotrebe, a kapacitet linkova se vraća na prvobitno stanje. Kako je VCAT donelo fleksibilnost pri projektovanju linkova sa finijom granulacijom do kapaciteta koji su potrebni odgovarajućim servisima, tako je i LCAS doneo na dinamičnosti pri prenosu Ethernet paketa preko SDH. To se ogleda u pogledu efikasnog dodavanja i smanjenja kapaciteta linkova bez prekida saobraćaja. Modeli STP protokola i agregacija linkova takođe doprinose kvalitetu paketskog saobraćaja rutiranjem paketa na drugom sloju koji efikasno koriste resurse SDH mreže. Kombinacija različitih nivoa zaštite u jedinstveni slojeviti sistem postiže se i pogodnim izborom Hold off i Wait to Restore vremena kojima se omogućava optimalno slaganje zaštitnih protokola i izbegava se nepotrebno prekidanje saobraćaja.

Na ukupno kašnjenje pri prenosu Ethernet paketa kroz SDH mrežu utiče 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. Propagaciono kašnjenje ne zavisi od brzine protoka već samo od dužine optičkog vlakna. Ostala kašnjenja emisiono, kašnjenje baferovanja i procesiranja postižu vreme mnogo manje od 1ms [3] koje omogućuje efikasnu upotrebu ODS2G5 sistema za servise koji su osetljivi kako na ukupno kašnjenje tako i na varijacije u kašnjenju (IPTV, VoIP, video konferencija).

IV. EOS SERVISI I APLIKACIJE

Servise koje pruža prenos Ethernet paketa preko SDH u ODS2G5 sistemima se mogu podeliti u tri grupe: Ethernet veza (E-Line), Ethernet proširenje lokalne mreže (E-LAN)

i Ethernet stablo (Etree) [4]. Ethernet privatna veza (Ethernet Private Line – EPL, slika 1a) je tip servisa koji obezbeđuje veze tačka-tačka fiksne (garantovane) propusnosti i može se koristiti u servisima koji zahtevaju mala kašnjenja, garantovani protok, mali džiter. Pošto svaki korisnik ima svoju VCG, ne postoji mogućnost degradacije kvaliteta servisa usled aktivnosti drugih korisnika. Sa servisom EPL pri prenosu preko SDH Ethernet je od *best-effort* saobraćaja postao saobraćaj sa garantovanim kvalitetom servisa. Garantuje se protok i kašnjenje.



Sl. 1. Tipovi servisa koje omogućava ODS2G5 sistema sa Ethernet svičom: a)EPL, b)E-LAN, c)E-Tree.

Ethernet virtualne privatne veze su veze tačka-tačka kod kojih više korisnika povezanih na Ethernet fizičke interfejsne dele jedan link (VCG). Obezbeđuje im se best-effort saobraćaj, gde je sa funkcijom ograničavanja maksimalnog protoka na fizičkom portu moguće obezbediti raspodelu korišćenja zajedničkog resursa. Upotrebom ovog servisa omogućuje se efikasnija upotreba dodeljene propusnosti.

E-LAN servis obezbeđuje više tačaka-više tačaka veze kao proširenje postojećih korisničkih LAN mreža, pristupom ka više lokacija, slika 1b.

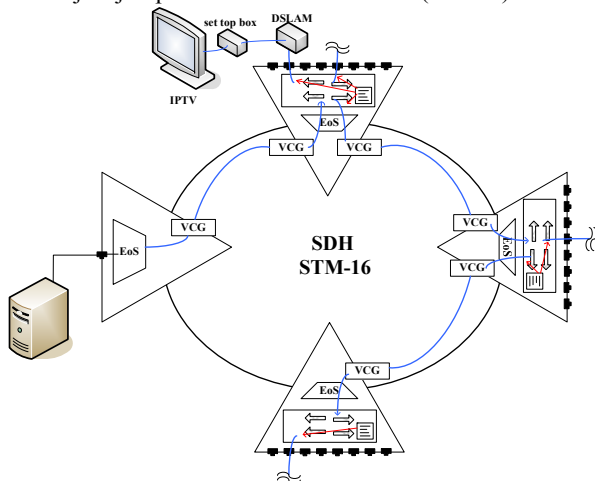
Etree (slika 1c) predstavlja servis sa kojim je omogućena komunikacija tačka – više tačaka, gde svaka grana komunicira samo sa čvorom, ali nema i komunikacije između grana međusobno. Primena servisa može biti u efikasnom korišćenju resursa mreže pri realizaciji IPTV servisa.

MSPP, MSTP ODS2G5 IRITEL se odlikuje kao kombinacija SDH/SONET, Ethernet transporta (prenos Ethernet paketa preko SDH pomoću GFP-F, VCAT, LCAS) i rutiranja Ethernet paketa u okviru Ethernet switch jedinice. Sa ODS2G5 generacijom Iritelovi optički digitalni sistemi prenosa u potpunosti su spremni za

„Triple play“ servise. Ispunjeni su svi zahtevi za efikasan prenos VoIP, IPTV i širokopolasnog Internet pristupa.

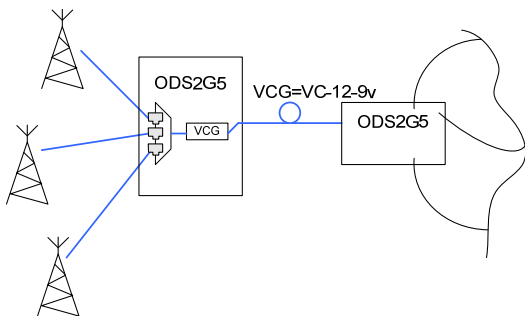
Pouzdan prenos VoIP paketa je obezbeđen pomoću malog kašnjenja pri prenosu Ethernet paketa, definisanim karakteristikama u pogledu džitera koji se prenosi iz SDH mreže, i sistemima zaštite sa kojima se može obezbediti prekid manji od 50ms.

IPTV servis omogućuje prenos video signala do korisnika. Upotreba multicast paketa sa IGMP snooping u okviru ODS2G5 Ethernet switch jedinice omogućuje automatsko formiranje Ethernet Multicast tabela po kojima se prosleđuju video paketi ka odgovarajućim korisnicima. Upotrebom *jumbo* paketa efikasnije se koriste resursi dodeljenih VCG. Malo kašnjenje i varijacije kašnjenja se prenose iz karakteristika prenosa Ethernet paketa preko SDH sa realizovanim Etree servisom i dozvoljavaju upotrebu IPTV u ODS2G5 (slika 2.)



Sl. 2. Primena ODS2G5 sistema pri realizaciji IPTV servisa.

Širokopolasni Internet pristup se može realizovati kao *best-effort* servis u ODS2G5 sistemima što je omogućeno statističkim multipleksiranjem signala u okviru Ethernet virtuelnih privatnih veza i ELAN servisa. Na slici 3. je prikazan primer upotrebe sistema prenosa pri povezivanju 3G mobilnih stanica za prenos Internet saobraćaja. Umesto prenosa do svake bazne stanice posebne VCG, dodelila bi se jedna VCG u kojoj bi se popunjavao statistički multipleskirani saobraćaj korisnika baznih stanica.



Sl. 3. Primena ODS2G5 sistema sa Ethernet switch jedinicom za realizaciju virtuelne EPL pri prenosu Internet saobraćaja mobilnih operatera.

V. ZAKLJUČAK

Prikazana multiservisna platforma ODS2G5 IRITEL znatno povećava funkcionalnosti u odnosu na platformu ODS/OTS622 IRITEL kako sa stanovišta broja i kapaciteta SDH linkova tako i sa stanovišta Ethernet funkcija.

Jedinica S16LE-2 obezbeđuje optičke linkove kapaciteta STM-16 i Gigabit Ethernet interfejsa punog kapaciteta. Implementacija Gigabit Ethernet porta i L2 funkcionalnosti omogućili su kako kvalitetno povezivanje mreža na Ethernet sloju, tako i povezivanje multiservisnih pristupnih multipleksera (MSAN) na softswitch (IP centrale) i efikasniji prenos saobraćaja Internet servis provajdera (DSLAM).

Jedinica T2G5-8, transponder talasnih dužina, omogućuje konverziju talasnih dužina što u kombinaciji sa pasivnim optičkim filtrima za multipleksiranje (CWDM) i dodavanje/izdvajanje (OADM) talasnih dužina znatno povećava propusnost sistema (4x2.5Gbit/s, ili 8x2.5Gbit/s).

Ovo povećanje propusnosti kao i ugrađena funkcionalnost L2 sviča, uz dokazani sistem za upravljanje i pouzdan prenos sinhronizacije (kritično pitanje u potpunim paketskim mrežama) predstavljaju savremeno rešenje za primenu u svim tipovima transportnih mreža

ZAHVALNICA

Rad na ovom projektu delimično je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku Srbije.

LITERATURA

- [1] D. Pešić, V. Kostić, P. Mićović, M. Ilić, P. Knežević, N. Radivojević, Z. Čiča, P. Ivaniš „OTS155/622 IRITEL – Prenos Ethernet paketa preko SDH mreže“, TELFOR 2005., Beograd.
- [2] „IRITEL ODS2G5 - SDH Optički digitalni sistem 2,5Gb/s“, tehnička dokumentacija IRITEL, 2008. Beograd.
- [3] Vladimir Kostić, Predrag Mićović, Ninko Radivojević, Grozdan Petrović, “Kašnjenje pri prenosu Ethernet paketa preko SDH sistema OTS/ODS 622 IRITEL”, Telfor 2007., Beograd.
- [4] „MEF 6.1 – Ethernet Service Definition, phase 2“, Metro Ethernet Forum 2008., metroethernetforum.org.

ABSTRACT

In this paper we present a new multi-service platform ODS2G5 IRITEL for efficient simultaneous transmission of TDM and Ethernet (10/100baseT, 1GbE) packet traffics over SDH STM1/4/16 links. Maximum throughput of system 2.5Gb/s is significant increased by using modules for passive optical multiplexing (CWDM) and add/drop (OADM) of wavelengths. These increased throughput and built L2 function, with mature network management system and reliable transmission of synchronization represent a good solution for all kind of transport networks.

Multiservice SDH/Ethernet/CWDM/OADM platform ODS2G5 IRITEL

P. Mićović, D. Pešić, M. Ilić, V. Kostić, N. Radivojević, *Member IEEE*, R. Djenić