

# Multiservisna optička transportna platforma ODS10G IRITELE

Predrag Z. Mićović, Ninko B. Radivojević, *Member, IEEE*, Vladimir M. Kostić, Dragan V. Pešić,  
Rajko B. Đenić

**Sadržaj** — U radu je prikazana platforma ODS10G Iritel za prenos po optičkim vlaknima paketskog i TDM saobraćaja, za protoke do 10 Gbit/s. Osnovna ideja ODS10G je proširenje prethodne platforme ODS2G5 Iritel novim jedinicama i funkcionalnostima. Opisano rešenje udružuje tehnologije OTN, SDH i Ethernet u jedan uređaj. Predstavljena je jedinica OT10G-2 koja na bazi OTN tehnologije omogućava proširenje postojećih Iritelovih transportnih mreža na protoke 10 Gbit/s. Druga opisana jedinica L2GbE-10 omogućava funkcionalnost upravljivog L2+ Ethernet sviča, takođe za protoke do 10 Gbit/s. Nabrojane su Carrier grade Ethernet funkcionalnosti koje ove dve jedinice ispunjavaju. Na kraju su predstavljene moguće primene.

**Ključne reči** — SDH, OTN, Ethernet, 10 Gbit/s, Carrier Ethernet.

## I. UVOD

Tehnologije koje se danas koriste u transportnim mrežama i sistemima prenosa i koje su objedinile prenos govora, podataka i video signala su *NG-SDH* (Next Generation Synchronous Digital Hierarchy), *OTN* (Optical Transport Network) i *Ethernet*. ODS10G predstavlja proširenje postojećih Iritelovih sistema prenosa ODS2G5 [1,2] i postojećih mreža koje su već par godina u proizvodnji i eksploataciji. Nova jedinica OT10G-2 omogućava prenos saobraćaja protocima do 10 Gbit/s po jednom interfejsu, bilo kao OTN OTU-2, SDH STM-64 ili 10 Gigabit Ethernet. Upotrebom jedinice L2GbE-10 dobija se L2+ funkcionalnost, za interfejse 1 GbE (Gigabit Ethernet) i 10 GbE. Obe jedinice omogućavaju Carrier grade Ethernet funkcionalnosti.

U prvom delu rada opisan je koncept, blok šema i karakteristike OT10G-2 jedinice. Nakon toga opisane su funkcionalnosti OTN, SDH i Ethernet interfejsa realizovanih na samoj jedinici. U drugom delu rada opisan je koncept L2GbE-10 jedinice i Ethernet funkcije koje ta jedinica omogućava.

U trećem delu rada nabrojane su Carrier Grade Ethernet funkcionalnosti sistema koje najavljuju njegovu upotrebu

P. Z. Mićović, Iritel AD Beograd, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073455; e-mail: [micovic@iritel.com](mailto:micovic@iritel.com)).

N. B. Radivojević, Iritel AD Beograd, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073443; e-mail: [radni@iritel.com](mailto:radni@iritel.com)).

V. M. Kostić, Iritel AD Beograd, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073454; e-mail: [kosticv@iritel.com](mailto:kosticv@iritel.com)).

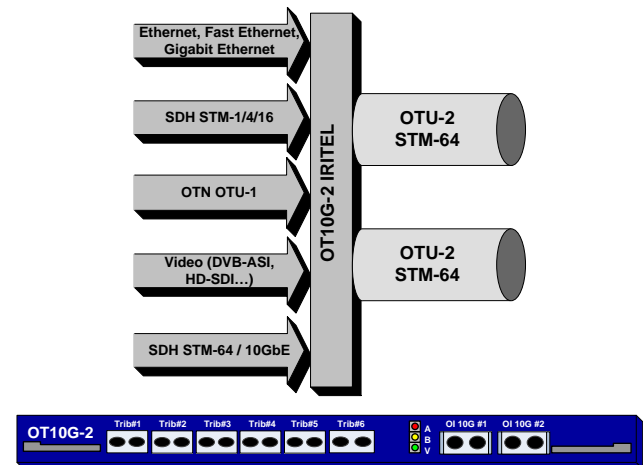
D. V. Pešić, Iritel AD Beograd, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073455; e-mail: [draganp@iritel.com](mailto:draganp@iritel.com)).

R. B. Đenić, Iritel AD Beograd, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073454; e-mail: [rajkodj@iritel.com](mailto:rajkodj@iritel.com)).

kako u postojećim Iritelovim sistemima i mrežama tako i u novim aplikacijama. Na kraju su predstavljene moguće primene sistema.

## II. OTN FUNKCIONALNOSTI

Jedinica OT10G-2 omogućava proširenje postojećih Iritelovih optičkih transportnih sistema sa OTN OTU-2 i SDH STM-64 hijerarhijskim optičkim interfejsima. Ova jedinica omogućava multipleksiranje Ethernet, TDM, video DVB, fiber channel, SDH i OTN saobraćaja ukupnog kapaciteta do 10 Gbit/s po jednom optičkom portu. Na slici 1. prikazana je blok šema OT10G-2 jedinice i njen izgled sa prednje strane.



Sl. 1 Blok šema i izgled OT10G-2 jedinice.

Na jedinici su izvedena dva linijska interfejsa koji mogu biti OTN OTU-2 (ITU-T G.709) ili SDH STM-64 (ITU-T G.707) dometa do 100km po paru optičkih vlakana. Izbor tipa interfejsa vrši se softverski uz izbor odgovarajućih optičkih interfejsa. Postoji mogućnost konfiguracije jednog od ova dva interfejsa kao 10 Gigabit Ethernet LAN interfejsa u cilju mapiranja saobraćaja sa ovog interfejsa u OTN OTU-2 ram.

Pritočni saobraćaj za ova dva porta dovodi se brzim linkovima ukupnog kapaciteta 12.5 Gbit/s koji su povezani sa centralnom matricom prospajanja preko zadnje ploče sistema. Dodatnih šest pritočnih interfejsa na prednjoj strani realizovani su umetanjem odgovarajućih SFP primopredajnika i softverskom konfiguracijom interfejsa. Zbog velikog broja podržanih tipova pritočnih interfejsa primenjeno rešenje podržava koncept multifunkcionalnosti svih pritočnih portova sistema do nivoa protoka od 2.7 Gbit/s (*any service – any rate – any port*). Podržani su sledeći tipovi interfejsa:

- OTN OTU-1,
- SDH STM-1/4-16,
- Fast Ethernet, Gigabit Ethernet,
- Video DVB-ASI,
- Fiber Channel.

Enkapsulacija paketskog saobraćaja na OT10G-2 jedinici realizovana je pomoću *GFP* (Generic Framing Procedure). *Frame-mapped GFP* (GFP-F) se koristi za enkapsulaciju Ethernet saobraćaja. Jedan Ethernet ram se enkapsulira u jedan GFP ram. *Transparent GFP* (GFP-T) je namenjen mapiranju blok-kodovanih korisničkih signala koji su osetljivi na kašnjenje. Posle dekodovanja korisničkog signala odmah se formiraju GFP ramovi (koji su fiksne dužine), ne čekajući da se primi kompletan ram korisničkog signala. Primena GFP-T je pri enkapsulaciji Fiber Channel, Video i sličnih signala.

Ova jedinica podržava *VCAT* (*Virtual Concatenation*) mehanizam finog podešavanja protoka. Tim mehanizmom se omogućava udruživanje više virtuelnih kontejnera čime se formira kanal većeg transportnog kapaciteta (*Virtual Concatenation Group – VCG*) za prenos paketskog saobraćaja. To je plansko-orjentisani mehanizam kojim se kreiraju grupe udruživanjem više članova. Članovi se nezavisno rutiraju u mreži čime je omogućeno efikasno korišćenje raspoloživih resursa. Usled nezavisnog rutiranja članova različitim putanjama javlja se diferencijalno kašnjenje u njihovom prijemu na određistu. Sistem podržava maksimalno diferencijalno kašnjenje do 64 ms između najbržeg i najsporijeg člana VCG. *LCAS* (*Link Capacity Adjustment Scheme*) omogućava dinamičku promenu kapaciteta VCG bez prekida saobraćaja korisnika. VCAT i LCAS omogućavaju i realizaciju zaštitnog mehanizma. Na OTN OTU-2 i OTU-1 interfejsima implementirana je *FEC* (*Forward Error Correction*) procedura za pronalaženje i ispravljanje grešaka u prijemnom signalu.

### III. ETHERNET FUNKCIONALNOST

Jedinica L2GbE-10 predstavlja desetoporni kompletno upravljivi transportni L2+ Ethernet svič koji može biti ekipiran na bilo koju slobodnu poziciju sistema ODS2G5 i ODS10G. Do dva (opciono četiri) Ethernet interfejsa se konfiguriraju kao 10 Gigabit Ethernet, a preostali kao Fast ili Gigabit Ethernet interfejsi. Izgled L2GbE-10 sa prednje strane prikazan je na slici 2.



Sl. 2 Izgled L2GbE-10 jedinice.

Pored funkcije prospajanja paketskog unicast, multicast i broadcast saobraćaja na drugom sloju (data layer) implementirane su i dodatne aplikacije za podršku VLAN funkcionalnosti (IEEE 802.1Q), Q-in-Q dvostruko tagovanim frejmovima (IEEE 802.1ad) i agregaciji Ethernet linkova (LACP) (IEEE 802.3ad). Kao podrška servisima sa garantovanim nivoima kvaliteta implementirana je funkcija filtriranja i utiskivanja prioriternih tagova u Ethernet pakete kao i njihovo mapiranje u četiri QoS klase servisa. U cilju sprečavanja pojave petlji i zaštite saobraćaja implementirani su

*Spanning Tree Protocol (STP)*, *Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)* i *Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP)* (IEEE 802.1D i 802.1Q).

*VLAN funkcionalnost* podržava definisanje do 4K nezavisnih virtuelnih mreža. Filtriranje paketa i raspodela obavlja se diferenciranjem po ulaznom portu, određenoj MAC adresi, tipu protokola višeg reda ili IP podmreži izvora saobraćaja. Utiskivanje i brisanje VLAN tagova iz paketa u ulaznim tačkama VLAN mreže je programski definisano.

Funkcionalnost povezivanja korisničkih mreža koje u sebi već sadrže definisane lokalne virtuelne mreže realizovana je implementacijom dodatnog *servisnog VLAN taga* (Q-in-Q tagging) čime je kompletno očuvana struktura virtuelnih mreža korisnika. Dodela servisnog VLAN taga se realizuje po tipu servisa, pripadnosti korisničkoj grupi ili nekom drugom kriterijumu.

*Agregacija linkova (LACP)* realizuje udruživanje više nezavisnih Ethernet linkova istog kapaciteta koji povezuju dva uređaja u jedan zbirni Ethernet link većeg kapaciteta. Pored veće fleksibilnosti pri kreiranju propusnosti, grupisanjem dva ili više portova omogućava se zaštita saobraćaja odstranjivanjem neispravnih linkova iz grupe. U slučaju otkaza na nekom fizičkom linku korisničkom saobraćaju biće na raspolaganju preostali ispravni linkovi. Takođe realizovano je praćenje statistike saobraćaja po svakom Ethernet portu.

Jedinica L2GbE-10 podržava definisanje *prioriteta* dolaznim paketima (IEEE 802.1D, 802.1Q i 802.1ad). Moguće je definisati osam različitih nivoa prioriteta za svaki paket. Prema prioritetima paketi se mapiraju u jednu od četiri raspoložive *klase servisa (CoS)*. U okviru definisanih karakteristika svaka pojedina klasa servisa ima zasebne resurse u baferima i matricama prospajanja čime se postižu zahtevane performanse servisa. Prosleđivanje paketa ka izlaznim portovima se programski konfiguriraju po principu striktnog poštovanja prioriteta (paketi višeg klase servisa se prvo prosleđuju) ili dodeljivanjem težinskih koeficijenata koji statistički definišu udeo paketa određenih klasa servisa na izlaznom portu (Weighted Round Robin).

L2GbE-10 svič podržava i distribuciju multicast saobraćaja do unapred *statički* definisanih članova IP multicast grupa ili pomoću *dinamički* kontrolisanog *IGMP Snooping* algoritma.

Uz prenos Ethernet paketa standardnih dužina L2GbE-10 jedinica podržava i prenos *Jumbo* Ethernet paketa do 9600 okteta. Na Ethernet portovima ka korisniku moguće je softversko ograničenje protoka saobraćaja po portu. Na taj način kontroliše se maksimalna propusnost koju krajnji korisnik može da ostvari u mreži. Upotrebom mehanizma kontrole protoka pomoću ramova pauze nema gubitaka paketa na samim interfejsima.

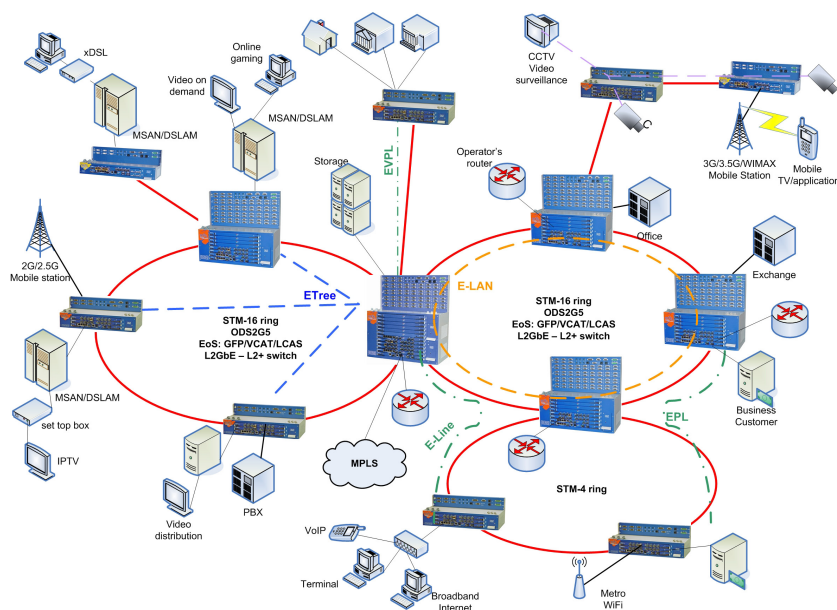
Paketski prenos podataka u sistemima prenosa ODS2G5 bez upotrebe L2GbE-10 jedinice je *connection-oriented* sa mogućnošću realizacije E-Line tipa servisa. *E-Line* servis je tačka-tačka servis u kome je Ethernet saobraćaju dodeljena odgovarajuća propusnost u prenosnim sistemima. Prenosom Ethernet saobraćaja preko sistema ODS2G5 Ethernet postaje servis sa garantovanim kvalitetom. Garantuje se protok, kašnjenje, nizak nivo

paketskog džitera, nema gubitaka paketa usled statističkog multipleksiranja a na raspolaganju su mehanizmi zaštite saobraćaja koji važe u SDH mrežama.

Ukoliko se ekipira jedinica L2GbE-10 omogućava se realizacija tipa servisa E-LAN i E-Tree [3]. Na slici 3. prikazana je primena L2GbE-10 jedinice u mrežama prenosa baziranim na ODS2G5 i ODS10G sistemima. E-LAN tip servisa obezbeđuje međusobne veze između više korisnika servisa pri čemu korisnik servisa može imati direktnu vezu ka više drugih korisnika (multipoint to multipoint). U realizaciji E-Tree servisa omogućena je komunikacija tačka-više tačaka gde grane komuniciraju sa centralnim čvorištem ali ne i međusobno. E-Tree nalazi primenu u distribuciji video signala, IPTV i video

konferencijama. Sama jedinica predstavlja upravljivi L2+ transportni Ethernet svič čije se kompletno konfigurisanje, nadgledanje, praćenje MAC statistike i brojača vrši pomoću softvera SUNCE koji se koristi kao *element* i *network* menadžer svih Iritelovih sistema. Takođe, konfigurisanje i nadgledanje L2GbE-10 jedinice može se ostvariti korišćenjem SNMP protokola.

Jedinica L2GbE-10 predstavlja hardversku osnovu za razvoj transportnog Carrier Ethernet sviča koji će obezbediti kompletnu Carrier Ethernet funkcionalnost uz emulaciju kola za pristupni PDH E1 i SDH STM-1 saobraćaj, implementaciju Sinhronog Ethernet (SynchE) (ITU-T G.8261 i G.8262), kao i prenos sinhronizacije prema IEEE 1588v2 (PTP) protokolu.



Sl. 3. Primena L2GbE-10 jedinice u sistemima prenosa.

#### IV. CARRIER GRADE ETHERNET FUNKCIONALNOSTI

Primenom OT10G-2 i L2GbE-10 jedinice realizovane su Carrier grade Ethernet funkcionalnosti za prenos paketskog saobraćaja.

Postoji više nivoa zaštitnih mehanizama. SDH zaštitni mehanizmi MSP 1+1, Path Protection višeg i nižeg reda, SNCP, MS-SPRing omogućuju zaštitno prebacivanje saobraćaja korisnika za vreme manje od 50ms sa radnog na zaštitni pravac. Pored toga postoji zaštitni mehanizam realizovan pomoću LCAS kojim se prate svi članovi koji formiraju VCG odgovarajuće propusnosti. U slučaju oštećenja prilikom transporta nekih od članova VCG preko njih se ne prenosi saobraćaj do njihovog oporavka. Ispunjen je zahtev za dostupnost servisa od 99,999% koji se prenosi iz zahteva u SDH mrežama.

Za efikasnu lokalizaciju i otklanjanje smetnji na Ethernet linkovima upotrebljavaju se Alarm Indication Signal (AIS) i Remote Defect Indication (RDI) alarmi (IEEE 802.1ag i ITU-T Y.1731). Pored toga, realizovan je Ethernet Link OAM (IEEE 802.3ah) kojim se prenose kontrolni Ethernet paketi za praćenje stanja linkova.

Implementirano je sveobuhvatno i hijerarhijsko praćenje alarma i performansi kao i posebni kanali za nadzor,

upravljanje i konfigurisanje uređaja.

Prenosom SDH STM-1/4/16 saobraćaja putem OTN OTU-1 i OTU-2 interfejsa prenose se i sinhronizacioni kriterijumi i taktovi za sinhronizaciju mreže.

Implementacijom L2GbE-10 jedinice u sistem podržani su E-Line, E-LAN i E-Tree [3] tipovi Carrier Ethernet servisa opisani u prethodnom poglavlju.

#### V. PRIMENA

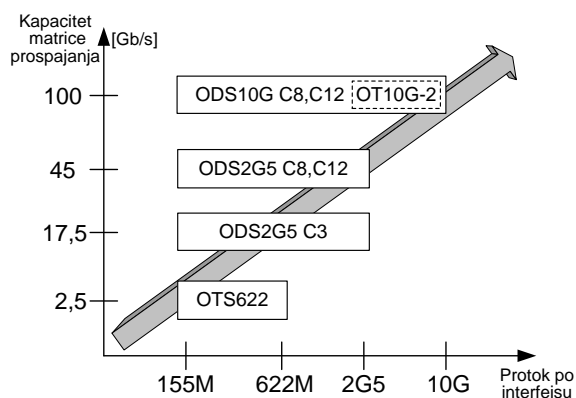
Sistemi prenosa sa ODS10G IRITEL imaju primenu u različitim strukturama i tipovima mreža baziranim na OTN, SDH i Ethernet tehnologijama. Mogu se realizovati različite strukture SDH i OTN mreža: tačka-tačka, lanac, prsten i kompleksne *mesh* strukture.

Zbog različitih pristupnih interfejsa ODS10G sistem može se koristiti za formiranje pristupnih i agregacionih metro mreža, ali i za realizaciju okosnica mreža. Na samom sistemu su izvedeni sledeći interfejsi:

- PDH priključci E12, E3
- Ethernet priključci: FE, GE, 10GE
- Fiber Channel
- Video DVB
- SDH STM-1/4/16/64
- OTN OTU-1/OTU-2



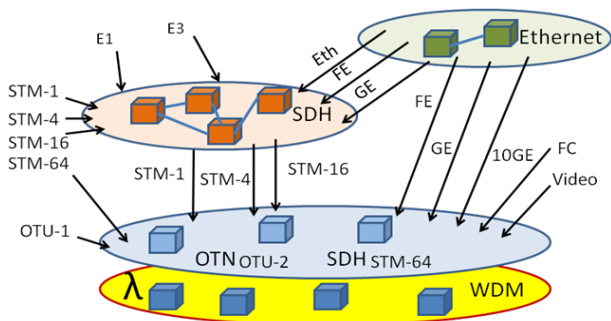
Jedinica OT10G-2 se koristi za nadogradnju postojećih Iritelovih SDH ODS2G5 sistema i mreža u ODS10G radi postizanja većeg kapaciteta (10 Gbit/s).



Sl. 4. Kapacitet matrice prospajanja i rasponi protoka na interfejsima u Iritelovim sistemima digitalnog prenosa.

Proširenje kapaciteta ODS2G5 sistema moguće je izvesti dodavanjem do tri OT10G-2 jedinice na pozicije predviđene za optičke linijske jedinice. Na slici 4. prikazani su kapaciteti matrice prospajanja u različitim Iritelovim sistemima i rasponi podržanih protoka na optičkim interfejsima tih sistema. Matrice prospajanja su neblokirajuće granulacije do *LO* (*low order*) nivoa.

Za dalje povećanje kapaciteta prenosa po jednom optičkom vlaknu mogu se koristiti različite tehnologije multipleksiranja signala po talasnim dužinama (WDM/CWDM/DWDM) (slika 5.).



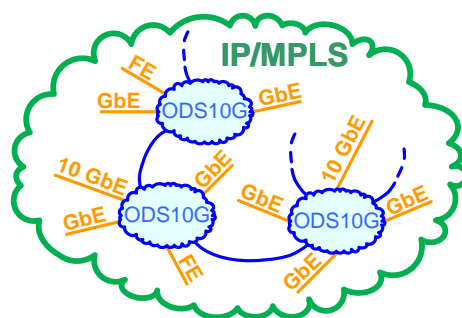
Sl. 5. Primena ODS10G sistema.

L2GbE-10 Ethernet svič jedinica ekipira se na bilo koju slobodnu poziciju u sistemu. Povezivanje na njene Ethernet interfejse obavlja se sa prednje strane jedinice.

Upotrebom L2GbE-10 u sistemu ODS10G moguće je pored E-Line servisa realizovati E-LAN i E-Tree kao osnovne servise Carrier Ethernet mreža. ODS10G omogućava da se sve Carrier funkcionalnosti SDH i OTN mreža prenesu i na Ethernet mreže.

Moguće je realizovati i Ethernet mesh mreže sa protocima do 10 Gbit/s. Obezbeđena je i podrška za Ethernet OAM pakete koja omogućuje praćenje otkaza i performansi na Ethernet nivou.

ODS10G sistem se može koristiti u transportnoj ravni za uspostavljanje veza između core i edge rutera u okviru IP/MPLS mreža (slika 6.).



Sl. 6. Povezivanje Ethernet, IP/MPLS mreža.

Programski paketi SUNCE i SUNCE+ pružaju mogućnost upravljanja sistemima ODS2G5 i ODS10G kako na nivou elementa mreže tako i upravljanja celom mrežom uređaja.

## VI. ZAKLJUČAK

U radu je opisana multiservisna transportna platforma ODS10G. Opisane su dve nove jedinice OT10G-2 i L2GbE-2 kojima se vrši proširivanje prethodne OTS2G5 platforme. Predstavljene su nove OTN i Ethernet funkcionalnosti ovih jedinica kao i Carrier Ethernet funkcionalnosti sistema. Na kraju su je prikazano nekoliko tipičnih primera primene ODS10G sistema prenosa.

## ZAHVALNICA

Ministarstvu nauke Republike Srbije koje je delimično finansiralo rad na projektu TR-11036 „Multiservisna SDH/Ethernet/CWDM/DWDM platforma za prenos 2,5 Gbit/s/1000baseTx saobraćaja”.

## LITERATURA

- [1] „IRITEL ODS2G5 – SDH Optički digitalni sistem 2,5Gb/s“, Tehnička dokumentacija IRITEL, 2008. Beograd
- [2] Predrag Mićović, Dragan Pešić, Miroslav Ilić, Vladimir Kostić, Ninko Radivojević, Rajko Đenić „Multiservisna SDH/Ethernet/CWDM/OADM platforma ODS2G5 IRITEL“, TELFOR 2008, Beograd
- [3] MEF Technical Specification, Metro Ethernet Forum, [www.metroethernetforum.org](http://www.metroethernetforum.org)

## ABSTRACT

In this paper we present the Multiservice Optical Transport Platform ODS10G IRITEL, which combines OTN, SDH-NG, Ethernet, Video and DVB SAN technologies. We explain the process of expanding existing ODS2G5 systems into ODS10G, and focus on added Carrier Ethernet functionalities. Increased throughput and built-in L2+ Ethernet switch functionalities, together with mature network management system and reliable transmission of synchronization, enable ODS10G to be a good solution for a wide range of transport networks.

## MULTISERVICE OPTICAL TRANSPORT PLATFORM ODS10G IRITEL

Predrag Z. Mićović, Ninko B. Radivojević, *Member, IEEE*, Vladimir M. Kostić, Dragan V. Pešić, Rajko B. Đenić