

O primeni Carrier Ethernet i NG-SDH tehnologija u transportnim mrežama

Petar Knežević, Miroslav Ilić, Ninko Radivojević, *IRITEL AD Beograd*

Sadržaj — Tekući trend u telekomunikacijama je porast paketskog saobraćaja koji je posledica stalnog rasta računске moći mikroprocesorskih uređaja kao što su računari i multimedijalni mobilni telefoni. Ovaj trend postavlja pitanje daljeg razvoja telekomunikacionih transportnih mreža: da li koristiti vremenski multipleksirani SDH sistem koji omogućava i prenos paketskog saobraćaja (NG-SDH) ili preći na paketske Carrier Ethernet mreže. U ovom radu biće dat kratki pregled Carrier Ethernet tehnologije i biće izvršeno poređenje sa SDH tehnologijom. Takođe, biće razmotren primer primene ovih tehnologija u Mobile Backhaul mrežama u kojima su navedeni trendovi porasta paketskog saobraćaja i konkurencije Carrier Ethernet i NG-SDH tehnologija jasno vidljivi.

Ključne reči — Carrier Ethernet, Mobile Backhaul, SDH

I. UVOD

SAVREMENE telekomunikacione mreže se odlikuju velikim i brzim promenama strukture i količine saobraćaja koji se kroz njih prenosi. Prethodne dve decenije odlikuje ubrzani porast paketskog saobraćaja, koji se može objasniti istim takvim porastom računске moći mikroprocesora u digitalnim uređajima kao što su računari, multimedijalni mobilni telefoni i drugi. Ovi uređaji za komunikaciju dominantno koriste internet grupu protokola, i njihov ubrzani razvoj, široka primena i mnoštvo umreženih aplikacija koje nude uzrok su sve većeg udela IP saobraćaja u ukupnom prenošenom telekomunikacionom saobraćaju.

Naglim porastom potreba za prenosom podataka, najpre u fiksnim, a u poslednje vreme i u mobilnim mrežama, protokoli tradicionalno vezani za računarske mreže postaju interesantni i za velike telekomunikacione operatere. Ethernet je ubedljivo najzastupljenija tehnologija kada je reč o lokalnim računarskim mrežama (LAN). Upotreba Ethernet-a u novom okruženju dovela je neizostavno do zahteva za promenama i proširenjima standarda kako bi se protokol, originalno namenjen plug-and-play i best effort lokalnim računarskim mrežama, mogao iskoristiti u transportnim mrežama visoke pouzdanosti i jasno definisanog kvaliteta servisa sa potencijalno globalnim pokrivanjem. U svojoj novoj ulozi Ethernet se naziva Carrier Ethernet i pojavljuje se kao alternativa već poznatim i uhodanim tehnologijama za prenos,

prvenstveno SONET/SDH tehnologiji nove generacije (NG-SDH).

II. CARRIER ETHERNET

Metro Ethernet Forum definiše pet atributa koji razlikuju Carrier Ethernet od LAN Ethernet-a: (1) postojanje standardizovanih servisa, (2) skalabilnost, (3) pouzdanost, (4) kvalitet servisa i (5) upravljanje servisima [1].

LAN Ethernet je nastao kao protokol za prenos podataka po zajedničkom medijumu, i kao takav nudio je jednostavan plug-and-play sistem komunikacije sa bilo kojim elementom iz iste lokalne mreže, zasnovan na globalno jedinstvenim MAC adresama. Ovo poreklo, kao i tadašnji stepen tehnološkog razvoja nametnuli su određena ograničenja vezana za dimenzije, topologiju i organizaciju lokalnih računarskih mreža, koja su u suprotnosti sa zahtevima modernih telekomunikacionih transportnih mreža.

Metro Ethernet Forum je po pitanju standardizovanih servisa definisao terminologiju i metriku (E-Line, E-LAN i E-Tree tipovi servisa, parametri servisa i test procedure), međutim, mnogo veći problem predstavlja suštinska nemogućnost LAN Ethernet-a da izraste iz lokalnih u metro, nacionalne i globalne mreže. U evoluciji ka Carrier Ethernet-u krenulo se od tradicionalnog načina razdvajanja Ethernet broadcast domena VLAN tagovima [2], ali je problem bio u nedostatku transparentnosti za VLAN tagove krajnjih korisnika. Sledeći korak je bilo dodavanje posebnog transportnog S-VLAN taga [3], što se brzo pokazalo kao neadekvatno zbog malog broja mogućih vrednosti u situacijama sa više desetina hiljada korisnika i preopterećenosti MAC forwarding tabela [4]. Trenutno rešenje podrazumeva enkapsulaciju korisničkog Ethernet rama u novi backbone Carrier Ethernet ram, sa posebnim B-DA i B-SA MAC adresama iz relativno malog skupa adresa koje pripadaju samoj transportnoj mreži i dodatnim B-TAG i I-TAG poljima za definisanje backbone VLAN taga, tipa servisa i prioriteta (PBB [5] i PBB-TE [13]).

Tradicionalne transportne tehnologije postavile su visoke standarde po pitanju pouzdanosti, brze dijagnostike kvarova i kontinuiranog praćenja performansi. Zbog toga je Carrier Ethernet morao biti proširen čitavim nizom novih funkcija, od kojih su mnoge standardizovane po ugledu na SONET/SDH. IEEE 802.3-2005 (802.3ah) definiše dijagnostiku, testiranje i praćenje performansi na jednom linku, a IEEE 802.1ag [6] pokriva praćenje stanja servisa na celom putu kroz mrežu. ITU-T je sa svoje strane

Petar Knežević, IRITEL AD, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073456; e-mail: petar@iritel.com).

Miroslav Ilić, IRITEL AD, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3073456; e-mail: miroslav@iritel.com).

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

preporukom Y.1731 [7] obuhvatio nešto širu oblast od IEEE 802.1ag, i eksplicitno je definisao ETH-AIS, ETH-RDI i ETH-Test pakete, kao i pakete za merenje gubitaka i kašnjenja u mreži (ETH-LM, ETH-DM). Metro Ethernet Forum svojom tehničkom specifikacijom MEF 17 [8] daje samo grubi okvir za OAM funkcionalnosti koje se očekuju od Carrier Ethernet uređaja.

Mehanizmi zaštite saobraćaja su vrlo važan faktor u ukupnoj pouzdanosti koju obezbeđuju SONET/SDH mreže. ITU-T ih je praktično preneo u oblast Ethernet-a preporukama G.8031/Y.1342 [9] i G.8032/Y.1344 [10] (Ethernet linear protection switching i Ethernet ring protection switching). Ovi mehanizmi bi trebali da obezbede zaštitno prebacivanje saobraćaja u vremenu manjem od 50ms. Spanning Tree [11] protokol i njegovi derivati, koji su korišćeni u LAN Ethernet-u se ne koriste u Carrier Ethernet mrežama, prvenstveno zbog problema sa brzinom konvergencije, kao i zbog pitanja predvidljivosti i poželjnosti krajnjeg rezultata rada algoritma sa stanovišta obezbeđivanja ugovorenog kvaliteta servisa.

Garantovanje ugovorenog kvaliteta servisa je moguće samo ukoliko operater ima potpunu kontrolu nad tokom korisničkog saobraćaja kroz transportnu mrežu. Kao što je već napomenuto, to podrazumeva izbegavanje upotrebe Spanning Tree familije protokola kao mehanizma zaštite u okviru Carrier Ethernet mreže, ali i odbacivanje korisničkih ramova pauze [12]. Pored toga, mehanizam učenja na kojem su zasnovani LAN Ethernet bridge uređaji je morao biti zamenjen, pošto bi slanje paketa sa nepoznatim B-DA adresama na sve raspoložive portove moglo da izazove kratkotrajna ali nepredvidljiva zagušenja linkova. Predloženo je rešenje u vidu statičkog rutiranja pod kontrolom operatera [13]. Za razliku od automatskog učenja koje se odvija bez intervencije sa strane, PBB-TE podrazumeva direktno učešće centralnog sistema za upravljanje mrežom u ostvarivanju veza kroz Carrier Ethernet mrežu. Izbor i standardizacija protokola koji će se koristiti u tu svrhu je i dalje u toku [14]. Treba naglasiti da postojanje eksplicitno projektovanih putanja kroz mrežu ne može da zameni funkcionalnosti trećeg sloja OSI modela prisutne u IP protokolu.

Sinhronizacija taktova uređaja u Ethernet lokalnim mrežama nije bila zahtev, pošto je zahvaljujući baferima i nepotpunoj iskorišćenosti linkova prenos moguć i bez precizne sinhronizacije uređaja. U transpornim mrežama postoji potreba za prenosom sinhronizacije između čvorišta transportne mreže, u cilju sinhronizacije uređaja koji se nalaze u tim čvorištima i vezani su na transportnu mrežu. Za prenos sinhronizacije preko Ethernet linkova koriste se dva standarda. Jedan standard je PTP (Precision Time Protocol) definisan u IEEE 1588 [15] i u njemu se sinhronizacija prenosi razmenom poruka između uređaja koje je potrebno sinhronisati i sinhronizacionih servera. Vremena slanja i prijema PTP paketa beleže se na samom fizičkom interfejsu čime se izbegava merenje vremena koje je paket proveo u krajnjim uređajima. Da bi se postigao potreban visoki nivo kvaliteta sinhronizacije Ethernet svičevi kroz koje PTP paketi prolaze treba i sami da

funkcionišu kao sinhronizacioni uređaji (Boundary Clock mod rada), ili da koriguju vremena zabeležena u PTP paketima koji kroz njih prolaze (Transparent Switch mod rada). U cilju očuvanja sinhronizacije u vremenskim intervalima između slanja PTP paketa, oscilatori u Carrier Ethernet uređajima treba da budu zadovoljavajuće kratkotrajne stabilnosti. Uvođenje oscilatora velike stabilnosti u Carrier Ethernet uređaje utiče na povećanje njihove cene u odnosu na LAN Ethernet uređaje, koji koriste jeftine oscilatore tačnosti 100ppm [16]. Poređenja radi, zahtevana tačnost u GSM mreži je 0.05ppm. Drugi standard za sinhronizaciju je tzv. sinhroni Ethernet [17] u kome se takt regeneriše na osnovu dolaznog signala na Ethernet portu uređaja, po istom principu po kome se vrši regeneracija takta u PDH i SDH uređajima.

III. CARRIER ETHERNET I NG-SDH

Uticao tradicionalnih transportnih tehnologija na Carrier Ethernet je značajan. Kao što je navedeno u prethodnom poglavlju, rešenja za probleme koji su sprečavali široku primenu LAN Ethernet-a u mrežama telekomunikacionih operatera su pronađena velikim delom po ugledu na SONET/SDH. To se moglo i očekivati pošto su u pitanju iste poteškoće koje je trebalo prevazići. U tom procesu, connectionless plug-and-play LAN Ethernet sa automatskim učenjem i kontrolom protoka je postao connection-oriented tehnologija sa statički definisanim putanjama, strogo ograničenim protocima i kategorizacijom saobraćaja. *To je, u svakom smislu, ozbiljna promena kompletne Ethernet paradigme.* Samim tim, postavlja se pitanje opravdanosti jednog dela argumenata u korist Carrier Ethernet platforme.

Jedan od najčešće navođenih razloga je da je logično da saobraćaj koji nastane kao Ethernet treba da se prenosi kao Ethernet. To bi bilo tačno da je u pitanju *native* Ethernet transport, to jest, da se korisnički saobraćaj može dodati ili izdvojiti u svakoj tački transportne mreže, bez potrebe za uvođenjem posebnih edge funkcionalnosti. Carrier Ethernet edge uređaji koji implementiraju PBB moraju da efektivno mapiraju ili enkapsuliraju korisnički saobraćaj u backbone MAC pakete. Sa stanovišta operatera, razlika između GFP [18] mapiranja koje se koristi u NG-SDH mrežama i mapiranja u novi backbone MAC paket nije velika. U oba slučaja neophodno je postojanje funkcionalnih blokova za adaptaciju kako bi se korisnički saobraćaj prilagodio za prenos kroz transportnu mrežu.

Drugi problematični argument je navođenje opšte zastupljenosti LAN Ethernet-a i posledične niske cene i troškova održavanja Carrier Ethernet opreme. Kao što je već pokazano, LAN Ethernet je neadekvatan za primenu u transportnim mrežama. Carrier Ethernet podrazumeva dizajniranje i proizvodnju novih tipova uređaja, sa čestim i značajnim ulaganjima u podršku za nove preporuke, pošto je standardizacija mnogih aspekata još uvek u toku. I dok cena opreme dobrim delom zavisi od marketinške politike proizvođača i ne mora direktno da odražava uložena sredstva, dodatna obuka za upotrebu i održavanje je neizbežna. Carrier Ethernet jeste zasnovan na LAN

Ethernet tehnologiji, ali preuzima mnoge koncepte iz PDH i SONET/SDH, tako da je period prilagođavanja neophodan bez obzira na prethodno iskustvo operatera.

Dodatni faktor vezan za poređenje cene Ethernet i SONET/SDH tehnologija je cena električne energije koju uređaji troše. SDH uređaji troše između jedne četvrtine i jedne polovine električne energije manje od Carrier Ethernet uređaja pri istoj količini prenesenog saobraćaja [19]. Veća potrošnja električne energije Carrier Ethernet uređaja posledica je činjenice da je obrada toka Carrier Ethernet paketa znatno zahtevnija od obrade SDH signala na istim brzinama prenosa. Pored uštede električne energije, koja će biti sve bitnija stavka u budžetu operatera telekomunikacionih mreža, korišćenje energetski efikasnije opreme je u skladu i sa Green Networks konceptom koji je sve prisutniji.

Fleksibilnost po pitanju propusnog opsega se takođe često navodi kao prednost Carrier Ethernet-a nad SONET/SDH mrežama. Istorijski gledano, dimenzije virtuelnih kontejnera, originalno namenjenih prenosu PDH signala, zaista nisu pogodovale prenosu Ethernet saobraćaja, niti su omogućavale postepeno dodavanje transportnih kapaciteta po potrebi. Uvođenje VCAT i LCAS mehanizama umnogome je prevazišlo ove probleme, donoseći granularnost paketskog prenosa na nivou kapaciteta jednog VC-12 kontejnera (2.176 Mbit/s) u NG-SDH. Sa druge strane, Carrier Ethernet je izgubio nešto od fleksibilnosti dodavanjem kontrolnih mehanizama (npr. periodično slanje i prijem Continuity Check poruka svakih 3.33ms kada se koristi zaštita saobraćaja [7]) i specifičnih tipova servisa (npr. prenos E1 signala) koji ne tolerišu odbacivanje paketa ili varijacije u kašnjenju. Uopšteno govoreći, mogu se povući paralele kako kod kapaciteta koji mora biti stalno na raspolaganju za određene kontrolne svrhe (overhead na različitim hijerarhijskim nivoima kod NG-SDH, administrativni paketi sa strogo periodičnim pojavljivanjem kod Carrier Ethernet-a) ili za prenos specifičnih tipova saobraćaja (VC-12 i VC-3 kontejneri koji nose E1 odnosno E3 saobraćaj u NG-SDH, strogo periodični paketi koji nose E1 saobraćaj kod Carrier Ethernet-a), tako i za kapacitete u okviru kojih je dozvoljeno statističko multipleksiranje korisničkog saobraćaja (virtuelne grupe sa GFP [18] mapiranim Ethernet-om u NG-SDH, ostatak propusnog opsega kod Carrier Ethernet-a). NG-SDH ima inherentnu sposobnost preciznog razdvajanja kapaciteta za svaku od navedenih primena, dok se u slučaju Carrier Ethernet-a to realizuje na nivou pojedinačnih paketa, podešavanjem nivoa prioriteta i Drop Eligibility indikatora. Krajnji rezultat, u smislu strogo periodičnog prisustva kontrolnih i vremenski osetljivih informacija, naravno, ne sme da dolazi u pitanje. Mehanizam kojim se taj determinizam osigurava je različit kod ove dve tehnologije, ali je krajnji rezultat, odnosno, nivo fleksibilnosti koji se postiže, u osnovi isti. U slučaju multiservisnih platformi koje uključuju i prenos TDM signala NG-SDH je prirodnije i već dokazano rešenje, dok su kompromisi (trade-offs) povezani sa paketskom enkapsulacijom vremenski

multipleksiranih signala još uvek predmet aktivnog razmatranja i standardizacije.

U okviru poređenja dve tehnologije transportnih telekomunikacionih mreža potrebno je razmotriti i kašnjenje, džiter i raspoloživost veza koje te mreže pružaju. Tabela 1 [20] prikazuje garantovane vrednosti kašnjenja, džitera i raspoloživosti u Carrier Ethernet mreži i SDH mrežama. U Tabeli 1 se vidi da su trajanje kašnjenja, džiter i vreme koje mreža provede u neispravnom stanju u SDH mrežama za nekoliko redova veličine manji u odnosu na vrednosti ovih parametara u Carrier Ethernet mrežama. Poređenja radi, u Tabeli 1 su dati i zahtevano trajanje kašnjenja, zahtevani džiter i raspoloživost u mreži mobilne telefonije. Poređenjem vrednosti u prvoj i trećoj koloni se vidi da Metro Ethernet forum specifikacije ni po jednom od prikazanih kriterijuma ne zadovoljavaju zahteve mobilne telefonije. Pojedini proizvođači Carrier Ethernet opreme deklariraju znatno manje vrednosti ovih granica, čime se uklapaju u zahteve mreža za koje proizvode uređaje. Ipak, visoke vrednosti ovih granica definisane od strane Metro Ethernet Forum (MEF), koji je udruženje proizvođača Ethernet opreme, govore da postizanje vrednosti kašnjenja, džitera i raspoloživosti poredivih sa onima koje nude SDH mreže u dolednoj perspektivi nisu dostižne.

TABELA 1: ZAHTEVI ZA KAŠNJENJE, DŽITER, RASPOLOŽIVOST I TAČNOST SINHRONIZACIJE U CARRIER ETHERNET MREŽI, SDH MREŽI I MREŽI MOBILNE TELEFONIJE.

Parametar	Carrier Ethernet [MEF]	SDH	Mobilna telefonija
Kašnjenje	< 25ms	< 100 μ s	< 5 ms
Džiter	< 10 ms	< 3.2 μ s	1 ms
Raspoloživost	99.95% < 263 min./god.	99.999% < 5.3 min./god.	99.999% < 5.3 min./god.
Tačnost sinhronizacije mreže	< 50 ppb *	< 50 ppb *	50ppb
	* postiže se korišćenjem kvalitetnih oscilatora		

IV. PRIMENA CARRIER ETHERNET-A I SDH U MOBILE BACKHAUL MREŽAMA

Mobile Backhaul mreža je transportna telekomunikaciona mreža koja povezuje bazne stanice mobilne telefonije i kontrolere baznih stanica. Kontroleri baznih stanica su sa druge strane povezani sa komutacionim centrima mobilne telefonije [20].

Brzi rast udela paketskog saobraćaja u telekomunikacionim mrežama prisutan je i u Mobile Backhaul mrežama. Prenos videa i drugih podataka sa Interneta ka mobilnim telefonima nove generacije doveo je do brzog porasta paketskog saobraćaja u Mobile Backhaul mrežama. Saobraćaj koji se sa baznom stanicom razmenjuje tipično obuhvata 4 do 8 E1 vremenskih multipleksa namenjenih prenosu govora. Brzi rast paketskog saobraćaja koga generišu mobilni telefoni dovodi do potrebe za prenosom značajne količine

paketskog saobraćaja koja u raznim procenama, zavisno od primenjene tehnologije i lokacije bazne stanice, u sledećim godinama može iznositi od nekoliko Mb/s do 100Mb/s.

Bazne stanice su na Mobile Backhaul mrežu tipično povezane korišćenjem mikrotalasnih linkova na mestima koja su teže dostupna ili korišćenjem parica koje nose E1 signale. Potreba za prenosom povećane količine podataka i stalno širenje optičke mreže dovodi do priključenja mnogih baznih stanica korišćenjem optičkih vlakana.

Kao i u opštem slučaju transportne telekomunikacione mreže razmotrenom u odeljku III i u slučaju Mobile Backhaul transportne mreže postavlja se pitanje izbora između danas dominantnih SDH i Carrier Ethernet tehnologija za optički deo Mobile Backhaul mreže. Pitanje topologije SDH Mobile Backhaul mreža razmotreno je u [21], dok su pitanja primene Carrier Ethernet tehnologije u Mobile Backhaul mrežama razmotrena u preporuci MEF 22 [22]. Mobile backhaul transportne mreže relativno su male u odnosu na nacionalne transportne mreže i njihove topologije su često jednostavne. Ipak, i u ovim mrežama važne su nabrojane prednosti SDH mreža u odnosu na Carrier Ethernet mreže, kao što su zaštita saobraćaja i funkcije upravljanja, kvalitet prenosa sa stanovišta kašnjenja i džitera i nedostatak Carrier Ethernet uređaja koji se odnosi na veću potrošnju energije za isti prenosni kapacitet (odeljak III).

V. ZAKLJUČAK

Argument u korist primene Carrier Ethernet mreže koji se često pominje je da, pošto će većina prenošenog saobraćaja uskoro biti paketski internet saobraćaj, treba preći na potpuno paketsku Carrier Ethernet mrežu. Sa stanovišta pritočnih signala, bili oni Ethernet ili telefonski signali, interni način rada transportne mreže, paketski ili vremenski multipleksirani, nije bitan. Ova tvrdnja važi i za odnos Ethernet paketskog saobraćaja, kao pritočnog saobraćaja, i Carrier Ethernet transportne mreže. U Carrier Ethernet mreži vrši se potpuna enkapsulacija pritočnog Ethernet saobraćaja i njegov prenos duž prethodno određene putanje, kao u SDH mreži. Jedino što prenošeni signali vide je uticaj koji je transportna mreža imala na njih sa stanovišta džitera, kašnjenja, raspoloživosti veze i garancije propusnog opsega. U ovom radu je pokazano da je sa stanovišta ovih osobina decenijama razvijani i usavršavani vremenski multipleksirani prenos koji se ogleda u SDH mreži kvalitetniji od Carrier Ethernet rešenja koje je još u razvoju.

Sa stanovišta operatera, bitna su i pitanja cene mreže. Ova cena se ogleda u ceni uređaja, koja je za dve tehnologije podjednaka, i ceni održavanja, koja je manja u slučaju SDH mreže zbog manje potrošnje električne energije i razvijenog sistema upravljanja. Takođe, upotrebom SDH mreže nije potrebna obuka osoblja za korišćenje nove tehnologije i period prilagođavanja i sticanja iskustva.

ZAHVALNICA

Ministartstvu nauke Republike Srbije koje je delimično finansiralo rad na projektu TR-11036 „Multiservisna

SDH/Ethernet/CWDM/DWDM platforma za prenos 2,5Gbit/s/1000baseTx saobraćaja”.

LITERATURA

- [1] Metro Ethernet Forum, “What Is Carrier Ethernet?”, http://metroethernetforum.org/page_loader.php?p_id=140
- [2] IEEE 802.1Q, Recommendations for Virtual LANs
- [3] IEEE 802.1ad, Provider Bridges (Q-in-Q)
- [4] MAC-in-MAC and Transport Scenarios, Paul Buttorf, Michael Chen, Dirceu Cavendish et al., IEEE, <http://www.ieee802.org/1/files/public/docs2003/IEEE%20Mac-in-Mac%20V.ppt>
- [5] IEEE 802.1ah, Provider Backbone Bridges (MAC-in-MAC)
- [6] IEEE 802.1ag, Connectivity Fault Management
- [7] ITU-T Recommendation Y.1731 (02/08), “OAM functions and mechanisms for Ethernet based networks”, February 2008
- [8] MEF 17, Service OAM Requirements and Framework
- [9] ITU-T Recommendation G.8031/Y.1342, Ethernet Linear Protection Switching, June 2006.
- [10] ITU-T Recommendation G.8032/Y.1344, Ethernet Ring Protection Switching, June 2008.
- [11] Perlman Radia, An Algorithm for Distributed Computation of a Spanning Tree in an Extended LAN, DEC Report, 1987.
- [12] MEF 6.1 Ethernet Services Definitions - Phase 2
- [13] IEEE 802.1Qay, Provider Backbone Bridges Traffic Engineering
- [14] Generalized Multiprotocol Label Switching (GMPLS) control of Ethernet PBB-TE, IEEE, <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-ccamp-gmpls-ethernet-pbb-te-02>
- [15] IEEE-1588, Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems, <http://ieee1588.nist.gov/>
- [16] IEEE 802.3-2008, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and Physical Layer specifications
- [17] ITU-T Recommendation G.8262/Y.1362, Timing characteristics of synchronous Ethernet equipment slave clock (EEC), August 2007.
- [18] ITU-T Recommendation G.7041/Y.1303, Generic framing procedure (GFP), December 2003.
- [19] Wolfgang Froberg, “Auf Moore's Spuren - Energieverbrauch in der Telekommunikation”, NET 12/08, S. 20-22, http://www.net-im-web.de/freedocs/0812_s20_Froberg_Energieverbrauch.pdf
- [20] Randy Eisenach, “Understanding Mobile Backhaul”, CedMagazine.com, April, 2008
- [21] Alain Billionnet et al., “Designing radio mobile access networks based on synchronous digital hierarchy rings”, Computers and Operations Research 32, pp. 379-394, 2005.
- [22] MEF 22, Mobile Backhaul Implementation Agreement

ABSTRACT

Present trend in telecommunications is increase of packet traffic, which is consequence of constant increase of processing power of microprocessor devices like computers and multimedia mobile phones. This trend raises question of future development of telecommunication transport networks: should operators use time multiplexed SDH system with the ability to carry packet traffic (NG-SDH) or transit to Carrier Ethernet networks. This paper presents short overview of Carrier Ethernet technology and its comparison with SDH technology. It also presents consideration of application of these technologies in Mobile Backhaul networks in which aforementioned trends of increase of packet traffic and competition between Carrier Ethernet and NG-SDH are clearly visible.

A LOOK AT APPLICATION OF CARRIER ETHERNET AND NG-SDH TECHNOLOGIES IN TRANSPORT NETWORKS

Petar Knežević, Miroslav Ilić, Ninko Radivojević