



Željko Popović

Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Hrvatska
Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Croatia

ČETVRTA GENERACIJA IP MREŽA

FOURTH GENERATION OF IP NETWORKS

Sažetak

Nagli porast broja pametnih telefona, tablet računala i mobilnih aplikacija te značajno povećanje video prometa postavljaju nove zahtjeve na mrežu. Nove mreže trebaju biti tako dizajnirane da se jednostavno mogu prilagoditi novim zahtjevima. Četvrta generacija mreža je usmjerena na znatan porast mobilnog širokopojsnog pristupa, video promet, usluge u oblaku i mogućnosti priključenja velike količine raznovrsnih uređaja. Nova generacija mreža zahtijevat će bitno drugačiji pristup arhitekturi IP mreže. Mreže koja će se lako i brzo prilagoditi novim modelima korištenja i zahtjevima na performanse mreže. Ovaj članak također daje pregled Ericssonovog portfelja proizvoda i rješenja za četvrtu generaciju IP umrežavanja.

Abstract

The rapid growth of smartphones, tablets and mobile applications, along with the increase in bandwidth-hungry video traffic are putting new demands on network. The new networks need to be easily adapted to support new demands. The 4th Generation of IP Networking addresses the huge growth in mobile broadband, video, cloud services and the opportunity to connect all devices. The new generation network will require a refreshed architectural approach to IP networking. A new network will easily and quickly adapt to new usage models and performance requirements. This article also provides an overview of Ericsson's portfolio of products and solutions for the 4th generation of IP networking.

KLJUČNE RIJEČI:	KEY WORDS:
IP umrežavanje	IP networking
Mrežna arhitektura	Network infrastructure
OTT usluge	OTT (Over the top) services
Usluge u oblaku	Cloud services
Skalabilnost	Scalability
Vrhunske performanse	Superior performance
Pametne mreže	Smart networks

1 Uvod

Jedan od najznačajnijih trendova na telekomunikacijskom tržištu je nagli rast korištenja širokopojasnog pristupa u pokretnim mrežama ubrzan snažnim povećanjem broja pametnih telefona, povezanih osobnih računala i tablet računala te podržan uvođenjem boljih performansi mreže. Korisnici pametnih telefona sve više koriste aplikacije i pristup Internetu u pokretu. Globalno, podatkovni promet u pokretnim mrežama nastavlja i dalje snažno rasti. Procjenjuje se da će ukupni promet (govor i podaci) u pokretnim mrežama narasti za 15 puta do 2016. godine. Glavni pokretač ovog rasta prometa je video kao dominantni tip prometa.

Većina se širokopojasnih usluga pomiče prema novom konceptu isporuke usluga, a to su usluge u oblaku (eng. cloud services) i OTT (eng. Over-the-Top) usluge. Mnoge od ovih usluga su osobne i korisnici im žele pristupati bilo od kuda, u bilo koje vrijeme i preko više uređaja. Ovo je svakako veliki izazov za mrežne operatore ali i velika poslovna prilika da korištenjem ovog trenda povećaju vrijednost svojih IP mreža.

Masovnijim korištenjem usluga i aplikacija u oblaku dolaze do izražaja zahtjevi korisnika kao što su dobra kvaliteta iskustava korisnika (eng. QoE - Quality of Experience), visoka raspoloživost mreže i mobilnost.

Dosadašnji način isporuke usluga iz oblaka i OTT usluga preko Interneta temelji se na modelu najbolje moguće komunikacije (eng. best effort) gdje se svi oblici prometa tretiraju na isti način te nije moguće garantirati kvalitetu usluge. Kao odgovor na znatno povećanje prometa i broja povezanih uređaja, operatori trebaju u svojim mrežama povećati kapacitete i pokrivenost. Ovo je moguće investiranjem u širokopojasne radio pristupne mreže, spojne mreže (eng. backhaul), paketske jezgrene mreže, proširujući postojeću mrežu migracijom ka novim generacijama tehnologija kao što je LTE (eng. Long Term Evolution).

Fiksne i konvergirane širokopojasne mreže se također moraju mijenjati da bi zadovoljile nove zahtjeve, a potrebno je usvojiti i zahtjeve na mobilnost IP mreže. Današnji IP usmjeritelji u ovim mrežama nisu dizajnirani da upravljaju mobilnošću i količinom signalizacija sa priključenih uređaja, dok metro i spojne mobilne mreže (eng. mobile backhaul) nisu sjedinjene i dovoljno jednostavne da bi zadovoljili ove zahtjeve.

Dva značajna trenda ističu važnost performansi mreže u osiguranju visoke kvalitete iskustva korisnika. QoE je važna mjera performansi na razini usluge iz korisničke perspektive i predstavlja važan podatak za projektiranje sustava i inženjerstva.

Sadašnja struktura mreže će morati proći kroz značajne promjene kako bi se isporučile personalizirane IP usluge i aplikacije.

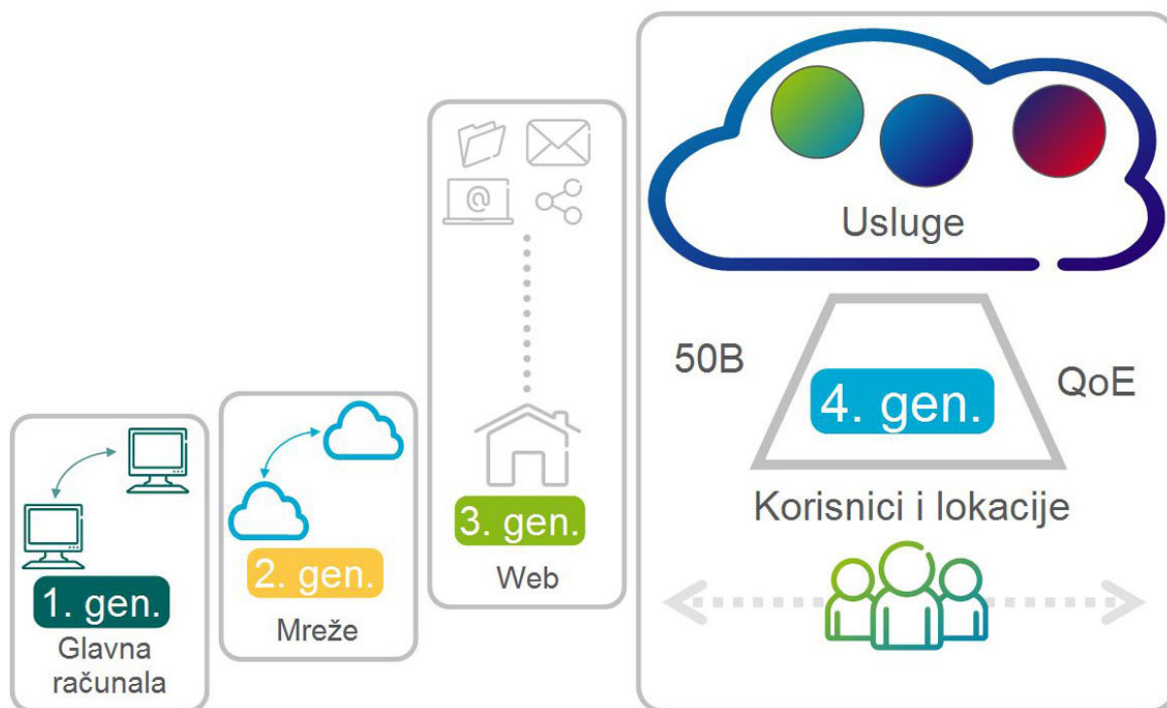
Na tržištu postoje razlike u količini prometa generiranog u fiksnim mrežama nasuprot pokretnim mrežama. Fiksne mreže zahtijevaju značajnije kapacitete mreže, a povećanje kapaciteta uzrokovano je videom kao dominantnim tipom prometa. Da bi povećali profitabilnost, operatori trebaju ponuditi različite cjenovne modele za razliku od *flat rate* pristupa i početi naplaćivati sadržaj od davatelja usluga u oblaku (eng. cloud services). Jedan od načina da bi se to postiglo je povećanje inteligencije na razini mrežnih usluga, tako da operatori mogu proširiti mogućnosti ponude krajnjim korisnicima s boljim iskustvom.

Flat rate pristup sveprisutnim uslugama koje nude OTT davatelji usluga sve je veća prijetnja mrežnim operatorima u ostvarenju njihovih profita.

Da bi implementirali složenije cjenovne i poslovne modele za OTT video usluge, davatelji usluga moraju osigurati inteligentnije i fleksibilnije mreže. Ovo se postiže kroz pametno umrežavanje koje uključuje upravljanje širokopojasnom politikom, pomagalicama kao što su duboka inspekcija paketa DPI (eng. Deep Packet Inspection) te upravljanjem prometom na aplikacijskom sloju.

Kroz kombinaciju duboke inspekcije paketa i heurističke analize moguće je prepoznati promet koji se prenosi preko mreže. Ovo je osnova za isporuku usluga visoke kvalitete i jednostavnog korištenja usluge koje je moguće naplatiti na način smislen za pretplatnike. Prepoznavanjem i kategorizacijom različitih tipova prometa, mrežni resursi se mogu iskoristiti na pametniji način. Ovo znači prioritizaciju zahtjevnih usluga u pogledu kapaciteta i usluga osjetljivih na kašnjenje koje su često profitabilne *premium* usluge. Povećanjem kontrole, operatori mogu osigurati da manji dio korisnika ne zauzima mnoštvo mrežnih resursa.

Kao posljedica ovih trendova nastaje nova generacija IP mreža koju smo definirali kao četvrtu generaciju IP umrežavanja. Nova generacija mreža će zahtijevati znatno drugačiji pristup dizajnu IP mreže. Slijedeća generacija IP mreža je jednostavnije arhitekture i s visokim performansama, pametnija i skalabilnija. Mreža će omogućiti jednostavniju promjenu poslovnih modela. Nova generacija mreža će omogućiti kvalitetu korisničkog iskustva, troškovno učinkovit transport, skalabilnost, mobilnost i razlikovne usluge.



Slika 1. Generacije IP mreža

Prve dvije generacije mreža odnose se na povezivanje glavnih računala odnosno međusobno povezivanje mreža. Treća generacija mreža je izgrađena za podršku pristupa Internetu. Treća generacija mreža također uvodi usluge elektroničke pošte i poruka na temelju osobne komunikacije.

Mobilni širokopojasni pristup je jedno od najbrže rastućih područja u telekomunikacijama. Promet raste 60% godišnje, nastaju nove inovativne i nepredvidive aplikacije, a implementacijom raznovrsnih tehnologija pristupa kao što je HSPA, LTE i WiFi povećava se značajno pokrivenost i kapacitet. Na mnogim je tržištima u tijeku evolucija mobilnog širokopojasnog pristupa iz prve faze u drugu, gdje postoji segmentacija pretplate, personalizacija i povezivanje velikog broja raznovrsnih uređaja (više od 50 milijardi do 2020.g).

2 Temeljni zahtjevi na sljedeću generaciju IP mreža

Sigurno je da će budući poslovni modeli biti sve raznolikiji, međutim nije moguće utvrditi na koji način, primjerice s kojim uslugama, koja partnerstva, koji modeli, kakva regulacija itd. Veliki izazov u dizajnu budućih mreža je osiguranje kontrole i mogućnosti prilagodbe nepredvidivih promjena. Stoga će osnovne značajke nove generacija IP umrežavanja biti:

- » skalabilnost; Ako operatori ugrade skalabilnost mreže na pravi način i u pravo vrijeme, bit će u mogućnosti bez problema upravljati povećanim prometom, pretplatnicima i uređajima.
- » inteligencija; S ugrađenom inteligencijom u mreži, operatori će imati snažne alate za razlikovanje usluga i brzine isporuke usluga, a istovremeno će funkcije inteligencije omogućiti učinkovitije korištenje mrežnih resursa.
- » vrhunske performanse; Korisnici postaju svjesniji i ovisniji o dobroj kvaliteti mreže. Pokrivenost, kapacitet, brzina, kašnjenje, kolebanje kašnjenja i ostali parametri performansi mreže osiguravaju mogućnost razlikovanja operatora. Ove performanse također omogućuju učinkovitiju organizaciju.

Dobro dizajnirana mreža će maksimizirati ukupnu vrijednost vlasništva (eng. Total Value of Ownership - TVO) i dobru ravnotežu između brzine upravljanja nepredvidivim promjenama te kontrole troškova, kako bi se osigurala isporuka profitabilnih usluga.

Usluge u Internetu koriste tzv. *best effort* model: mreža će nastojati zadovoljiti korisnikove zahtjeve, ali bez ikakvih garancija na traženu kvalitetu usluge. U većini primjera zastupa se elastičan pristup kvaliteti usluge, tj. prilagođavanje promjenama u propusnosti i kašnjenju, a usluga se ne odbija, niti u slučaju mrežnog zagušenja, već svi korisnici osjećaju pogoršanje kvalitete. Za multimedijske primjene, kao i primjene u stvarnom vremenu, takav model nije prihvatljiv.

2.1 Skalabilnost mreže

Različite usluge skaliraju u različitim smjerovima. Za usluge televizije visoke rezolucije (HDTV) zahtjeva se visoki kapacitet prijenosa dok usluge telemetrije povezuju veliki broj uređaja ali zahtijevaju male kapacitete.

Za isporuku videa i ostalih multimedijskih usluga, mreža treba pohraniti sadržaj što bliže korisniku kako bi se smanjili transportni troškovi i u velikoj mjeri poboljšala kvaliteta iskustva korisnika zbog manje latencije.

Razni čimbenici rasta, u rasponu od rasta prometa do rasta broja veza i uređaja ili promjene tipa prometa, imaju različite utjecaje na mrežu. Mreže trebaju skalirati u tri različite dimenzije, a to su kapacitet, uređaji i signalizacija (slika 2).



Slika 2. Skaliranost mreže u tri dimenzije

Skaliranje kapaciteta: Rast prometa ima utjecaj na kapacitet usmjeritelja, pristupnika, transportne i pristupne čvorove te sigurnost pristupnika, ali nema neposrednog utjecaja na sustav operativne potpore i sustav za upravljanje odnosima s korisnicima (CRM). Najznačajniji faktor skaliranja u radio mrežama će i dalje biti omogućavanje brzine i pokrivenosti. Jedno od rješenja je korištenje heterogenih mreža, u kojima radio bazne postaje odašilju razne razine snage, ili čak korištenje različitih bežičnih pristupnih tehnologija.

Skaliranje uređaja: Skaliranje kapaciteta mora biti usklađeno s odgovarajućom skalabilnosti nadzornog sustava koji se odnosi na priključene uređaje. Provizioniranje će biti potrebno za upravljanje velim brojem povezanih uređaja koji su u većini slučajeva povezani s partnerima davatelja usluga. Da bi se osigurao dovoljan adresni prostor potrebno je uvesti IPv6.

Skaliranje signalizacije: Pametni telefoni, tableti i veliki broj novih uređaja generiraju značajno više kontrolnog prometa po korisniku nego za tradicionalne govorne usluge. Mreže moraju osigurati skaliranost nadzornih ravnina kako bi zadovoljile zahtjeve na aktivne aplikacije.

Pokretne mreže prolaze ogromne transformacije za rješavanje današnjih izazovnih zahtjeva. Zahtjevi na mrežu postavljaju se u tri različite dimenzije. Nove jezgrene mreže trebaju obrađivati veći broj različitih uređaja, upravljati kapacitetom i raznim signalizacijama koje koriste ti uređaji. Osnovni problem rješavanja ovih izazova jest činjenica da zahtjevi na mrežu mogu s vremenom varirati na bilo kojoj od tih dimenzija. Tijekom radnog vremena može postojati više signalnih poruka zbog aktiviranih sinkronizacija ili ažuriranja lokacije, dok bi u večernjim satima mogao biti veći zahtjev na kapacitet zbog gledanja videa. Ako imamo mrežu koja može skalirati samo jednu ili dvije dimenzije, korisničko iskustvo će biti narušeno.

Nova mreža također može upravljati različitim uređajima. Primjerice, pametni mjerni uređaji mogu napraviti kratka ažuriranja u pravilnim vremenskim intervalima, a može ih biti milijun, dok pametni telefon može generirati mnogo signalizacije, a uređaj za daljinski nadzor može trošiti veliku širinu pojasa. Nova mreža treba biti u mogućnosti dinamički se pobrinuti o ovim različitim zahtjevima.

2.2 Pametne mreže

Pametna mreža je mreža koja posjeduje znanje o svojim pretplatnicima, zna kontrolirati promet i naplatiti usluge.

Aspekt znanja o pretplatnicima podrazumijeva da mreža poduzima akcije u različitim situacijama na temelju ažurne informacije o pretplatničkim profilima i postavkama.

Informacije se mogu registrirati preko operatorskog sustava za provizioniranje ili sami pretplatnici mogu to učiniti korištenjem portala.

Upravljanje prometom ima dvije glavne namjene. Prvo, važno je oblikovati promet za vrijeme većih opterećenja mreže i posebno za vrijeme velikih događanja, da bi se spriječila zagušenja mreže i mreža istodobno zaštitila od potpunog ispada. Upravljanje prometom na pravi način znači da su osigurane performanse *premium* usluga i aplikacija osjetljivih na kašnjenje, dok je u isto vrijeme osigurana optimizacija resursa mreže.

Općenito, postoje dva tipa politike: ona usmjerena na mrežu (eng. network-centric) te politika usmjerena na pretplatu (eng. subscription-centric).

Politika usmjerena na mrežu se uglavnom odnosi na upravljanje prometom. Do sada najpopularnija aplikacija je politika pravednog korištenja (eng. fair usage) koja štiti manjinu zahtjevnih korisnika od narušavanja korisničkog iskustva uzrokovano potraživanjima većine pretplatnika. Ostale važne aplikacije su kontrola kvalitete usluge i sesije inicirane od mreže. Kontrola QoS-a može se koristiti za davanje prioriteta prometu iz perspektive krajnjeg korisnika, prije nego ograničavanjem prometa u jezgrenoj mreži.

Druga značajka, sesije inicirane mrežom će biti važna za *premium* i OTT usluge kao i za M2M aplikacije. Značajka se može koristiti za uspostavu posvećenih (eng. dedicated) sesija sa specifičnom kvalitetom usluge ili iniciranje sesije za pasivne terminale.

Politika usmjerena na pretplatu, uglavnom se odnosi na komercijalne uvjete ponuda. One bi se na primjer mogle koristiti za različite oblike promocija, kampanja ili realizaciju paketa različitih tipova usluga.

2.3 Vrhunske performanse

Da bi se postigle ciljane vrhunske performanse mreže, potrebno je razmatrati cjelokupni sustav i dizajn mreže, kao i performanse proizvoda, optimizaciju performansi potpunog sustava, definiranje okvira usluga, kao i osigurati izgradnju mreže učinkovite dostupnosti i odgovarajućeg kapaciteta.

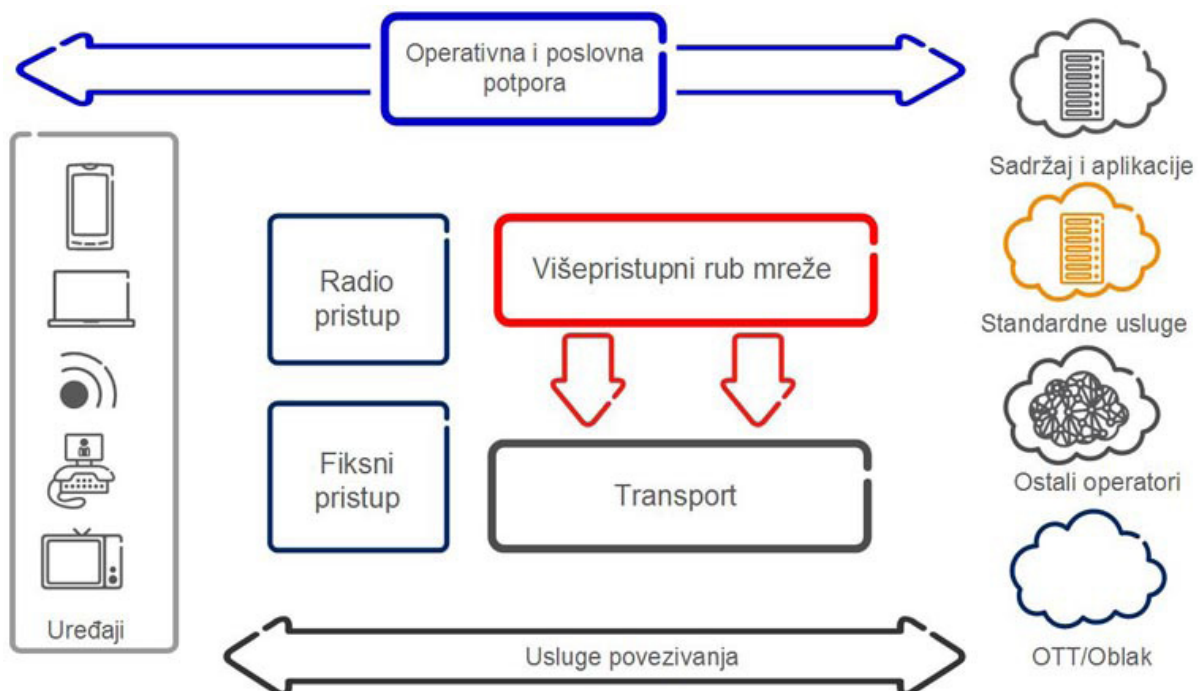
Procjene su da oko 25 posto korisnika prelazi drugim operatorima zbog slabih performansi mreže. Ostali aspekti kvalitete usluge odnose se na jednostavno ugovaranje usluga, jednostavni pristup uslugama i kvalitetu potpore.

Korisnici prije svega percipiraju izvrsnu kvalitetu iskustva i vrijednost *premium* usluga kroz performanse koje su vidljivo bolje od ostalih usluga, u pogledu raspoloživosti, integriteta (npr. latencija i gubitak bitova) i sigurnosti. Performanse se mogu razlikovati za rangirane cjenovne modele i vrijednost kroz zajamčenu isporuku određenih OTT usluga i sadržaja. Dobre performanse usluge mogu povećati spremnost korisnika da plati *premium* klasu usluge, smanji troškove podrške te istodobno smanjiti prijelaz korisnika drugom operatoru. Osoblje mrežne operativne podrške također ima koristi od sustava podrške visokih performansi.

Za razliku od *best-effort* usluga, QoS usluge obično zahtijevaju rezervaciju resursa. Put je predefiniiran i resursi na definiranom putu su rezervirani prije stvarnog prijenosa podataka. Drugim riječima, put ili veza između izvorišta i odredišta se prvo uspostavlja, pa tek onda kreće prijenos podataka. Kada je prijenos završen, oslobađa se put i rezervirani resursi. Da bi se rezervirali resursi toka podataka, usmjeritelji na putu moraju imati informaciju o stanju toka. Ukratko, da bi se osigurala kvaliteta usluge usmjeritelji moraju imati informacije o vezi i informacije o stanju.

3 Izgradnja budućih mreža

Funkcionalno, pristupne i transportne domene su neophodne kako bi se omogućilo skaliranje mreža s prometom. Višestruki pristupni rub mreže je ključan za osiguranje sposobnosti inteligencije dok je operativna i poslovna potpora i poslovna potpora ključna za osiguranje usluga povezanosti s visokim performansama, uz korištenje mrežne opreme koja sve to omogućuje.



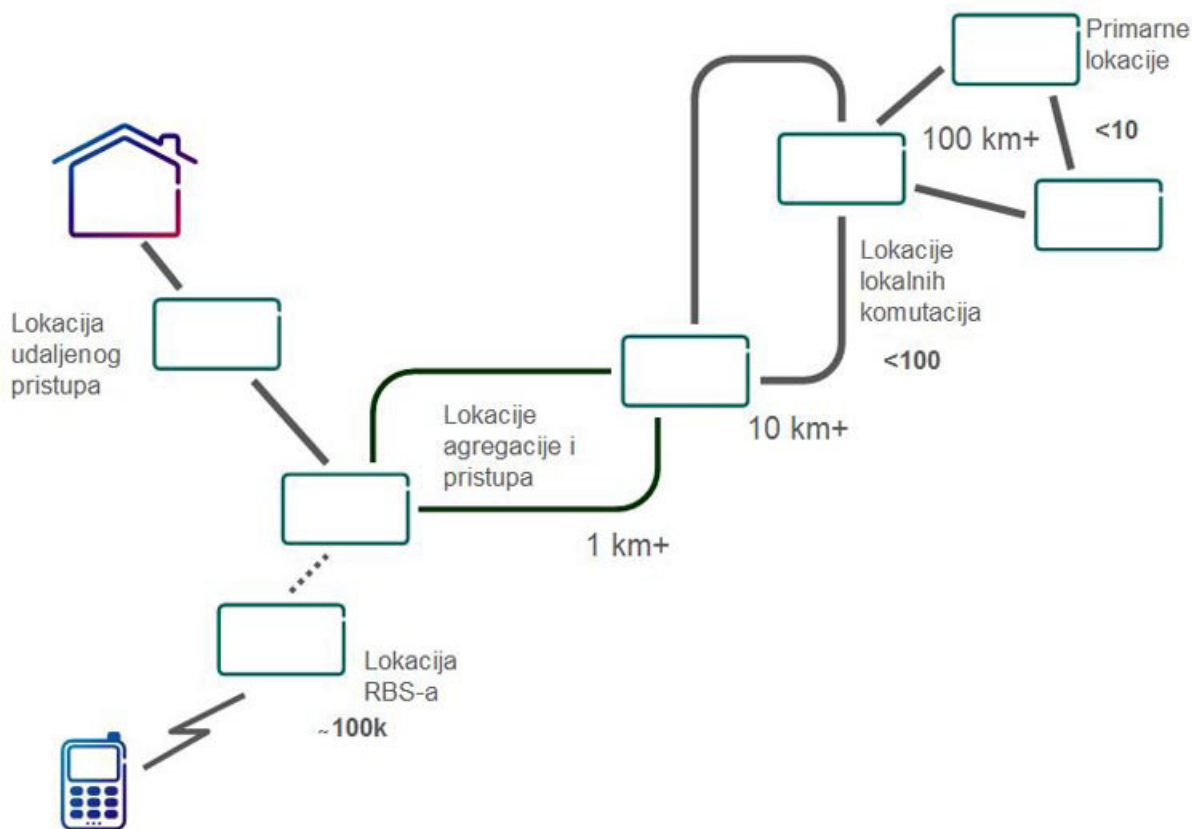
Slika 3. Pojednostavljena referentna funkcionalna arhitektura mreže

Topološki prikaz mreže je presudan za analizu ukupne vrijednosti vlasništva, ovisno o pouzdanosti, geografskoj udaljenosti, broju lokacija, troškovima prijenosa i smještaju točaka pristupa na mrežu.

Potreba za povećanjem brzine pristupa i pokrivenosti u fiksnim mrežama pokreće operatore na instaliranje optičke infrastrukture što bliže krajnjem korisniku korištenjem P2P (eng. Point-to-point) ili P2MP (eng. Point to Multi Point) veza.

Jedna od mogućih prednosti uvođenja optičke infrastrukture, zamjenom postojeće žične infrastrukture, jest mogućnost povećanja dosega što omogućuje smanjenje broja postojećih pristupnih čvorova. Ovako optimizirana pristupna mreža ima utjecaja na smanjenje operativnih troškova odnosno na povećanje ukupne vrijednosti vlasništva.

Unutar svakog tržišnog segmenta, dizajn mreže, ovisno o zahtijevanim performansama i ukupnoj vrijednosti vlasništva, bit će ovisan o odabranom setu usluga. Na primjer, u segmentu povezivanja poslovnih korisnika, težište je na isporuci usluga u oblaku, što pretpostavlja strukturu povezanosti u obliku stabla, dok se za usluge virtualnih privatnih mreža (eng. Virtual private Network - VPN) zahtjeva isprepletena (eng. mesh) struktura mreže. Mjesto i veličina funkcionalnosti procesiranja prometa pokrenuti su uslugama koje trebaju inspekciju prometa i kontrolu politike memoriranje sadržaja.



Slika 4. Pojednostavljeni prikaz topološke arhitekture

3.1 Optimizacija transportne i agregacijske mreže

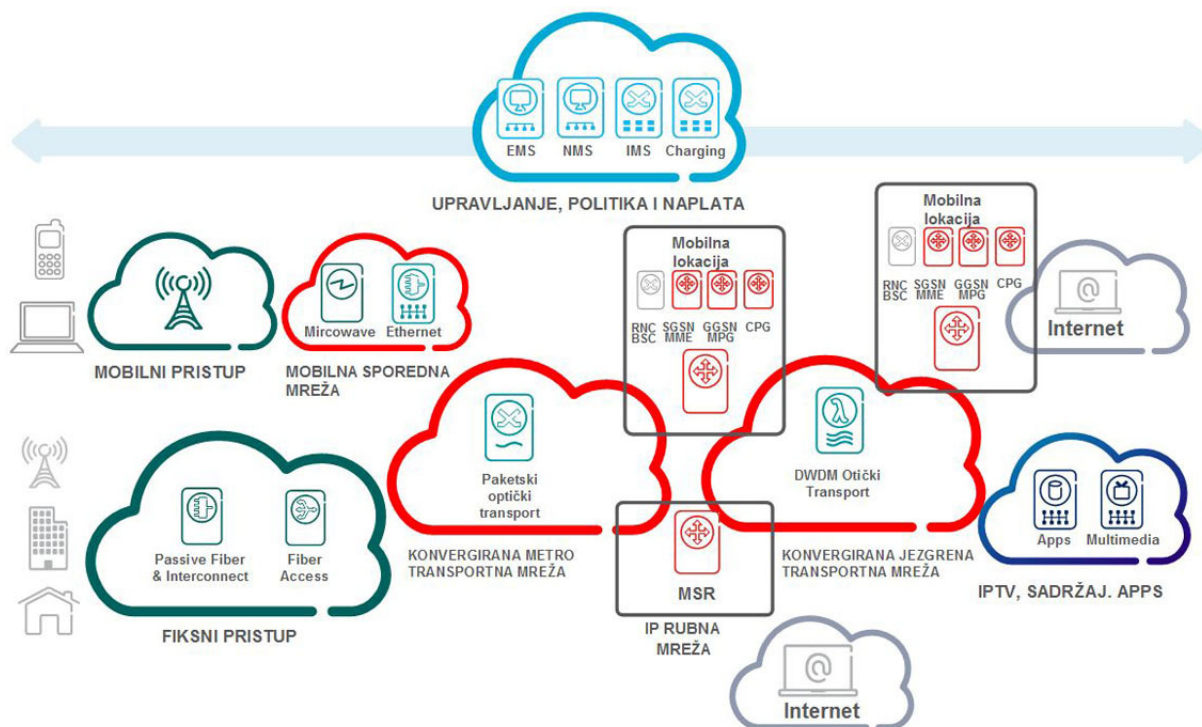
Postoji potreba transformacije i migracije transportne, transmisijske i agregacijske mreže. S vremenom ove mreže trebaju upravljati puno većim volumenom prometa i brzim porastom prometa. To zahtjeva jednostavnu strukturu mreže, veće raspoloživosti za OTT usluge, kao i prilagodljivost za nove usluge i puno veću skalabilnost za podršku promjena prometa.

Sloj povezivosti ostvaruje protok korisničke informacije između korisnika priključenih preko jedne ili više pristupnih mreža te prema korisnicima koji su spojeni na istovrsne mreže ili na druge vrste mreža. Povezivanje se ostvaruje sustavima koji komutiraju i usmjeravaju korisničku informaciju.

Protokolni složaj poveznog sloja ovisan je o prijenosnom mediju (žično – parica, bežično, optičko vlakno) i načinu komuniciranja (kanal, paket), pri čemu se primjenjuju različita rješenja za paketsku arhitekturu (npr. IP/SDH/optičko vlakno, IP/Ethernet/optičko vlakno, IP over Dense Wavelength Division Multiplex). Kanalski se način rada zamjenjuje paketskim, s mrežnim protokolom IP.

Zbog značajnog porasta prometa u mreži, operatori traže nova rješenja kako bi osigurali dovoljano kapacitet. Zahtjevi za visokom kvalitetom usluge QoS i povećanje kapaciteta za usluge kao što su video i širokopojasni pristup u pokretnim mrežama, znače da jednostavno dodavanje kapaciteta nije zadovoljavajuće rješenje. Slojeviti pristup mreži je potreban da bi se unaprijedile performanse svakog dijela mreže.

U transportnom sloju, postoje određeni zahtjevi za smanjenje troškova te povećanje kapaciteta i fleksibilnost za paketski i za komutirani promet. Jedno od rješenja koje se primjenjuje je optička transportna mreža (eng. Optical Transport Network - OTN), definirana kroz preporuku G.709 od strane ITU-T standardizacijskog tijela [1]. OTN definira zahtjeve mrežne arhitekture, sučelja i hijerarhiju raspona brzina. OTN će povećati prednosti SDH mreža povećanjem optičkih prijenosnih kapaciteta i dometa na kojima se može ostvariti prijenos optičkih signala. Buduće OTN mreže će u kombinaciji s WDM (eng. Wavelength division multiplexing) tehnologijom, omogućiti neposredno i fleksibilno mapiranje velike količine korisničkih signala temeljenih na različitim protokolima (IP, Ethernet, SDH ili OTN) na pojedine valne duljine.



Slika 5. Konvergirana transportna mreža

U istoj mreži treba omogućiti suživot komutacije kanala i komutacije paketa u optičkoj domeni, pri čemu one imaju različita obilježja s obzirom na prijenos podataka, a time pružaju i različitu podršku kvaliteti usluge. Uz pitanje komutacije nameće se i optimizacija protokolnog složaja iz današnjeg složaja s velikim brojem protokola i preklapajućom funkcionalnosti prema jednostavnoj paradigmi IP-preko-optike (eng. IP over optical) u kojoj postoji zajednička upravljačka ravnina i dijeljenje podataka o topologiji i usmjeravanju, što je ujedno i osnova inteligencije fotoničkog sloja.

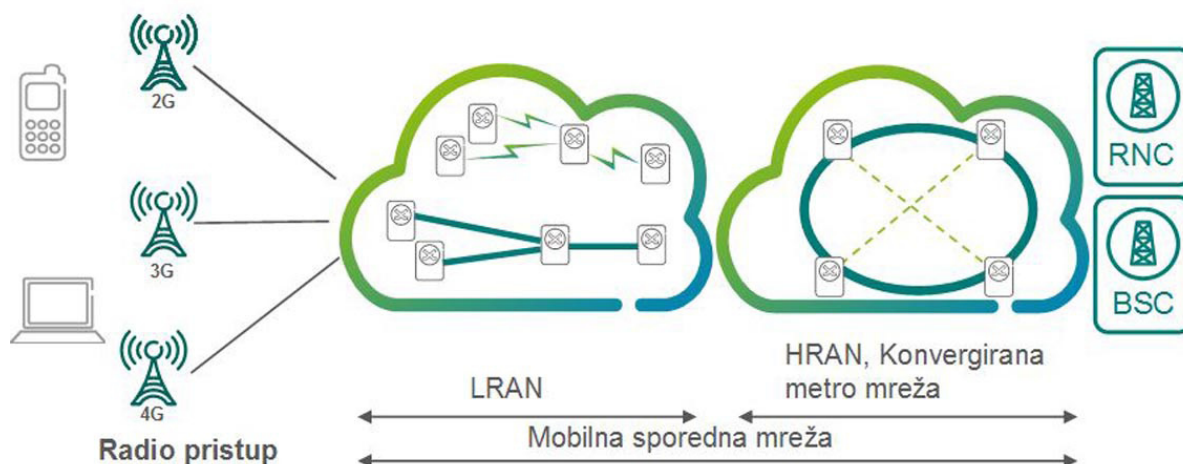
Cilj dodavanja inteligencije upravljanja optičkoj mreži je automatiziranje dodavanja resursa u samoj optičkoj mreži kao i između optičke i paketske mreže ovisno o traženoj usluzi. Takva je inteligencija nužna za potpuno iskorištavanje raspoloživih elektroničkih i optičkih mrežnih elemenata.



Slika 6. Pojednostavljenje transportne mreže

3.2 Optimizacija mobilne transportne mreže

Znatan rast podatkovnog prometa stvara nove zahtjeve na transportnu i sporednu mobilnu mrežu MBH (eng. mobile backhaul). Povećanjem brzine u radio pristupnoj mreži, sporedna mobilna mreža postaje usko grlo i može narušiti kvalitetu korisničkog iskustva. Prilikom dizajna transportne mreže operatori se moraju usmjeriti na dva segmenta sporedne mreže (slika 7.).



Slika 7. Mobilna sporedna mreža (backhaul)

LRAN (eng. Low Radio Access Network) je pristupni dio radio mreže koji sadrži raznovrsne pristupne tehnologije (mikrovalne veze, žičane veze i optičko vlakno). HRAN (eng. High Radio Access Network) je dio mreže koja skuplja, agregira i koncentrira promet iz LRAN za povezivanje s kontrolom radio pristupa (eng. Radio Network Controller - RNC) i baznih stanica (eng. Base Station Controller - BSC). Ovaj dio mreže temelji se na optičkoj tehnologiji.

Mikrovalni sustavi su znatno zastupljenija tehnologija za mobilno rješenje sporedne mreže kako bi se omogućila troškovno učinkovita i brza izgradnja širokopojsnog pristupa u pokretnim mrežama. Mikrovalna radijska rješenja se temelje na postojećim mikrovalnim vezama i tradicionalnom frekvencijskom pojasu, a mogu se razvijati za prijenos većih kapaciteta. Primjenom različitih tehnika, kao što su adaptivne modulacije, MIMO (Multiple- input, multiple-output) i druge, mogu se povećati kapaciteti do 2 Gbit/s u postojećem frekvencijskom pojasu, što ih čini pogodnim za buduće LTE sustave.

Primjena ove tehnologije na novo dostupnim frekvencijskim pojasevima od 42GHz i 70/80GHz omogućava postizanje kapaciteta od približno 10Gbit/s i 40Gbit/s [6].

Prednosti rješenja primjenom mikrovalnih tehnologija su brza implementacija, fleksibilnost i niski ukupni trošak.

U agregacijskom dijelu mreže dominantne tehnologije će biti Ethernet ili MPLS (eng. Multi-protocol label Switching), podržane u optičkoj paketskoj transportnoj platformi POTP (eng. Packet Optical Transport Platform).

U agregacijskoj mreži koristi se protokol MPLS-TP (eng. Multi-protocol label Switching Transport profile) koji sadrži poboljšanja postojećeg MPLS protokola, a uz to i podršku tradicionalnih transportnih funkcionalnosti, kao što je podrška za kvalitetu usluge i snažniji mehanizmi za funkcije održavanja i nadzora (OAM).

Prvi korak u evoluciji je uvođenje MPLS-TP u metro agregacijski dio mreže (HRAN) te i dalje podržavanje tradicionalnog TDM i paketskog prijenosa. Drugi korak u evoluciji je uvođenje MPLS-TP u LRAN.

GMPLS (eng. Generalized Multi-Protocol Label Switching) proširuje MPLS skup protokola kako bi osigurao mogućnost signalizacije i usmjeravanja u različite domene prijenosa. Ovo je omogućeno potpunim odvajanjem kontrolne ravnine i podatkovne ravnine preko različitih mreža.

4 Ericssonovi proizvodi i rješenja za IP umrežavanje

Novi Ericssonovi proizvodi i rješenja dizajnirani su kako bi ubrzali rast mobilnog širokopojsnog pristupa, video usluga i usluga u oblaku, kao i M2M aplikacija.

Ericssonov portfelj za četvrtu generaciju mreža uključuje slijedeće proizvode i rješenja:

- » Smart Services Router (SSR)
- » Evolved Packet Gateway (EPG)
- » Sljedeća generacija Serving SGSN-MME (eng. GPRS Support Node – Mobility Management Entity)
- » MINI-LINK SP (eng. Smart Packet) and PT (eng. Packet Terminal)
- » Smart Packet Optical (SPO) 1400
- » Rješenje Deep Fiber Access (DFA)
- » IP Transport NMS (eng. Network Management System)

4.1 Smart Services Router

Pametni uslužni usmjeritelj SSR (Smart Service Router) je Ericssonov usmjeritelj slijedeće generacije koji skalira u više dimenzija:

- » procesiranje više aplikacija: video, mobilnost, poslovne i rezidencijske usluge sa snažnom dubokom paketskom inspekcijom (DPI) i provedbom politike;
- » pretplatnici / uređaji: skalabilnost broja pretplatnika, signalizacija i broja aplikacija, u kombinaciji s fleksibilnim upravljanjem pretplatnika;
- » kapacitet: 16 Tb/s za sustav, 400 Gbit/s full-duplex po toru, jednostavna nadogradnja.

Uvođenjem SSR-a operatori će prepoznati nove prilike za prihode kroz brze implementacije usluga s dodanom vrijednošću i optimizacijom korisničkog iskustva. Oni također mogu smanjiti operativne troškove kroz funkcionalnu konsolidaciju, jedinstveno upravljanje i nisku potrošnju električne energije.

4.2 Evolved Packet Gateway

Unaprijeđeni paketski pristupnik EPG (eng. Ericsson Packet Gateway) je proširenje linije proizvoda mobilnih paketskih pristupnika, dizajniran za podršku masivnog mobilnog širokopojasnog pristupa. EPG je ključna aplikacija koja će:

- » biti instalirana na SSR platformi s programskom podrškom za mobilnost;
- » omogućiti masovnost mobilnog širokopojasnog pristupa s IPv6 te funkcionalnost duboke paketske inspekcije DPI,
- » podržati skaliranost u dimenziji signalizacije za podršku velikog volumena M2M komunikacija i pametnih telefona.

EPG omogućuje kapacitet i integraciju aplikacija ovisno o operatorskim potrebama za skaliranjem svojih 3G i 4G (LTE) mreža kako bi povećali tržišni udjel na konkurentnom tržištu mobilnog širokopojasnog pristupa.

4.3 Sljedeća generacija SGSN-MME

Nova generacija potpornog čvora SGSN-MME MkVIII je rezultat razvoja postojećeg SGSN čvora gdje je MME (eng. Mobility Management Entity) funkcionalnost postignuta jednostavnim uvođenjem nove verzije programske podrške. SGSN-MME proizvod ima svojstva:

- » vrlo visoke skalabilnosti i procesorske snaga za obradu transakcija i signalizaciju,
- » podrške za raznovrsne radio pristupne tehnologije (2G,3G i LTE).

4.4 MINI-LINK SP (Smart Packet) i PT (Packet Terminal)

MINI-LINK SP sadrži seriju višepriputnih agregacijskih platformi koje osiguravaju migraciju od kanalskog prijenosa ka sljedećoj generaciji paketskih mreža.

Njegove odlike su:

- » kompaktnost: čvorovi male potrošnje pogodni za pružanje usluga i agregaciju prometa;
- » integracija TDM, paketa i DWDM-a za smanjenje troškova energije i upravljanja;
- » korištenje Ethernet i MPLS-TP koje pojednostavljuje paketsko umrežavanje;
- » ugrađena visoka zaštita i obnavljanje za TDM, paketski i DWDM prijenos.

Sve tri komponente 4. generacije IP umrežavanja (MINI-LINK, SP, PT i Ericsson SPO) koriste zajednički sustav upravljanja.

Novi proizvodi MINI-LINK SP i MINI-LINK PT proširuju rješenje za mobilne sporedne mreže. Rješenje integrira mikrovalne veze i optički transport u jedinstvenu platformu.

MINI-LINK PT osigurava:

- » najniži trošak, otvoreni radio transport za konfiguracije visokih kapaciteta;
- » visoki kapacitet veze za spajanje baznih postaja različitih generacija (2G, 3G i 4G/LTE)

MINI-LINK SP osigurava:

- » fleksibilnost podrške za različite medije (optičko vlakno i mikrovalne veze) u sporednim mobilnim mrežama;
- » sučelja za brzine do 10 Gb;
- » mogućnost kombiniranja s MINI-LINK PT-om za mikrovalne veze u sporednim mobilnim mrežama;
- » zajedničko rješenje za upravljanje mrežom za MINILINK liniju proizvoda.

4.5 Smart Packet Optical (SPO) 1400

SPO 1400 je linija paketskih optičkih transportnih platformi (POTP) koji imaju hibridnu arhitekturu s podrškom za TDM, WDM i paketske prijenosne tehnologije. SPO 1400 podržava protokol MPLS-TP (Transport Profile) koji osigurava konekcijski orijentiran prijenos za paketske i TDM usluge te omogućuje povezivanje s jezgrenom mrežom koja se temelji na SDH, Ethernetu ili IP/MPLS. Kao konvergirana platforma za TDM i paketski prijenos SPO 1400 je pogodan za rješenja posrednih mreža fiksnog pristupa velikim brzinama kao i radio pristupnih mreža (2G, 3G i 4G). Glavne značajke proizvoda SPO 1400 su:

- » skalabilnost za TDM usluge u rasponu od E1 do STM-64;
- » skalabilnost za Ethernet usluge u rasponu od 100 Mbit/s do 10 Gbit/s;
- » veliki kapacitet TDM prospoynika – 60Gbit/s;
- » veliki kapacitet prospajanja za Ethernet – 320 Gbit/s;
- » velika gustoća sučelja po modulu za TDM, Ethernet i WDM.

4.6 Deep Fiber Access (DFA)

Ericssonov DFA portfelj sadrži rješenja i proizvode za izgradnju fiksne širokopojasne infrastrukture. Obitelj proizvoda EDA sadrži potpuno konvergiranu širokopojasnu pristupnu platformu koja je izrazito fleksibilna za bilo koji scenarij instalacije te posjeduje fleksibilnost za rast poslovanja.

EDA 1500 osigurava GPON (Gigabit Passive Optical Network) i XGPON za rezidencijske i poslovne aplikacije a glavne značajke su:

- » gustoća od 14.000 FTTH pretplatnika po jednom kućištu;
- » integrirani TDM Gateway (ITG), omogućuje konvergiranu platformu za paketske i kanalske usluge za fiksne poslovne i mobilne aplikacije;
- » arhitektura osigurava najbolju kvalitetu iskustva putem distribuirane arhitekture upravljanja prometom.

Sustav EDA 1500 GPON i njegova aplikacijska podrška može se troškovno učinkovito implementirati za sve instalirane sustave te se može koristiti za sporedne veze u heterogenim mrežama (HetNet).

4.7 IPT Transport NMS

Sustav za upravljanje mrežom (IPT-NMS) objedinjuje elemente portfelja četvrte generacije pod zajedničkim sustavom, a karakterizira ga: višeslojna arhitektura (0-3, IP, Ethernet, SDH, WDM, MPLS-TP) i podrška za više domena (širokopojasni pristup, mikrovalna veza, optika, rubna mreža). S prikazom jedne mreže i potpuno integrirano administriranje, održavanje i nadzor (OAM), omogućena je postupna evolucija mreže za SDH (Synchronous digital hierarchy) ka paketskom prijenosu, mobilna sporedna mreža te izgradnja IP i Ethernet paketske mreže. IPT-NMS poboljšava poslovanje s provizioniranjem paketskih usluga, preko više slojeva i domena te omogućava jedinstven multi-vizualni (fizički, logički, grafički, hibridni) prikaz mreže i potpuno integrirani nadzor i upravljanje (O&M).

5 Zaključak

Četvrtu generaciju IP umrežavanja karakterizira ogroman rast mobilniog širokopojasnog pristupa, video usluge, usluge u oblaku i mogućnosti povezivanja raznovrsnih uređaja.

Uslijed znatnog porasta prometa i broja povezanih uređaja, operatori trebaju povećati kapacitet i pokrivenost u svojim mrežama. Ovo je moguće postići investiranjem u širokopojasne pokretne mreže i to u dijelovima radio pristupa, mobilnih sporednih mreža i paketske jezgrene mreže, proširenjem postojeće mrežne infrastrukture kao i migracijom ka novim tehnologijama kao što je LTE. Osigurati najbolje korisničko iskustvo preko vrhunskih performansi mreže je način diferencijacije operatora na tržištu.

6 Literatura

- [1] ITU-T, December 2009. Interfaces for the Optical Transport network (OTN), Recommendation G.709.
- [2] Ericsson AB., August 2009. Evolution to optical packet transport (white paper). [Online]. Available at: http://www.ericsson.com/news/090801_evolution_to_optical_packet_transport_20100510174715 [Accessed August 20 2010].
- [3] Ericsson AB., August 2010. Deciding when and where to use MPLS to improve end-to-end packet performance (white paper). [Online]. Dostupno na: http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/MPLS_0822_high.pdf
- [4] Ericsson AB., February 2011. Network 4 – Scalable, Smart networks with superior performance (white paper) [Online]. Dostupno na <http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-network4.pdf>
- [5] Ericsson AB, August 2010, Data switching Future (White paper)
- [6] J.Hansery, J. Edstam, Microwave capacity Evolution, Ericsson Review, No1, 2011.
- [7] Trojer, E., Dahlfort, S., Hood, D. and Mickelsson, H.: Current and next-generation PONs: A technical overview of present and future PON technology. Ericsson Review, Vol. 85(2008)2, pp. 64–69.
- [8] F. Castro, I. Michael Forster, A. Mar, A. Sanz Merino, J. Javier Pastor, G. Steven Robinson, SAPC: Ericsson's convergent policy controller, Ericsson Review, No 1, 2010.
- [9] R. Chundury, Mobile
- [10] Broadband backhaul: Addressing the Challenge, Ericsson Review, No.3, 2008.

7 Popis kratica

DFA	Deep Fiber Access
DPI	Deep Packet Inspection
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMPLS	Generalized Multi-protocol Label Switching
HDTV	High Definition TV
HRAN	High RAN
HSPA	High-speed Packet Access
IPv6	Internet Protocol version 6
LRAN	Low RAN
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine-to-Machine
MBH	Mobile Backhaul
MIMO	Multiple-input, Multiple-output
MPLS-TP	Multi-protocol label Switching Transport profile
MSER	Multi-service edge router
OPEX	Operating Expenditure
OTN	Optical Transport Network
OTT	Over - the - Top

POTP	Packet optical transport platform
ROADM	Raconfigurable Optical add-drop multiplexer
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
SAPC	Service-Aware Policy Controller
SDH	Synchronous digital hierarchy
SGSN	Serving GPRS Support Node
SSR	Smart Services Router
RAN	Radio access network
TCO	Total Cost of Ownership
TDM	Time division multiplexing
TVO	Total Value of Ownership
VPN	Virtual private network
WAN	Wide area network
WCDMA	Wideband Code-division multiple access
WDM	Wavelength division multiplexing
WSS	Wavelength selective switching

Adresa autora:

Željko Popović
e-mail: zeljko.popovic@ericsson.com
Ericsson Nikola Tesla d.d.
Krapinska 45
p.p. 93
HR-10002 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo je primilo rukopis 28. listopada 2011.