

Revija

Broj/No 1, 2010. Ericsson Nikola Tesla d.d.

ISSN 1332-1382

IV. LTE – NOVA TEHNOLOGIJA ZA MOBILNI ŠIROKOPOJASNI PRISTUP



III. TRANSFORMACIJA MREŽE U MULTIMEDIJSKU TELEFONSKU MREŽU

II. SLJEDEĆA GENERACIJA PASIVNIH OPTIČKIH MREŽA

Revija

Broj 1/2010.

ISSN 1332-1382

Izdavač:

Ericsson Nikola Tesla d.d.
Krapinska 45, p.p. 93
HR – 10 002 Zagreb
Hrvatska

e-mail: etk.company@ericsson.com

tel.: +385 1 365 3647
tel.: +385 1 365 4055

Priprema:

Kompanijske komunikacije
Ericsona Nikole Tesle

Uredništvo:

Snježana Bahtijari, Hrvoje Benčić,
Tomislav Blajić, Damir Bušić,
dr. sc. Saša Dešić, mr. sc. Boris Drilo,
mr. sc. Branko Dronjić, mr. sc. Jasna Glavaš,
mr. sc. Gordana Kovačević, mr. sc. Smiljan Pilipović,
Igor Poljanšek, Željko Popović,
mr. sc. Dinka Vuković, mr. sc. Milan Živković

Glavna urednica:

mr. sc. Jasna Glavaš

Grafička urednica:

Ana Hećimović



Ubrzani tempo kojim živimo, okruženje u kojem poslujemo, a posebno razvoj informacijsko-komunikacijskih rješenja kojima se primarno bavimo, promijenili su našu svakodnevnicu te način na koji distribuiramo / konzumiramo informacije ili prezentiramo / usvajamo nova znanja. Stoga je i novi broj „Revije“ svojom osuvremenjenjom formom prilagođen čitanju sa zaslona računala, odnosno ispisu pojedinačnih članaka na priručnom pisaču. Želeći osigurati redovito izlaženje te ponuditi još zanimljivije i aktualnije teme osvježili smo i uredništvo.

Ključni termini ovog broja su: **konvergencija, evolucija i standardizacija.**

U današnjem poslovnom okruženju telekomunikacijski operatori su prisiljeni brzo mijenjati poslovne modele kako bi ostali konkurentni. Relevantne informacije o stanju korisničkog računa, tradicionalno distribuirane u više sustava, sve se češće obrađuju centralizirano, a takvi konvergentni sustavi terećenja i naplate omogućuju brzo puštanje u rad novih paketa usluga i poboljšanje ponude te time olakšavaju operatorima utrku s konkurencijom na ovom zahtjevnom tržištu.

Gigabitna pasivna optička mreža je trenutačno jedna od najbrže rastućih pristupnih komunikacijskih tehnologija, a njena evolucija i standardizacija nudi mnoge nove mogućnosti koje će podržati buduće širokopojasne pristupne mreže i usluge.

Usluge prijenosa isključivo govornog prometa putem tradicionalne mreže s komutacijom kanala su u opadanju te će ih u doglednoj budućnosti zamijeniti usluge gorovne komunikacije temeljene na IP protokolu, obogaćene podrškom za multimedijalne usluge. Standard MMTel predstavlja globalnu smjernicu pri transformaciji postojećih mreža u multimedijalne, a kao sljedeću stepenicu u evoluciji definira multimedijalnu komunikaciju u stvarnom vremenu.

Unatoč konstantnom unaprjeđivanju 3G tehnologije, zbog ograničenja kapaciteta i limitiranih mogućnosti postizanja još viših performansi, kao i zbog zahtjeva za povećanjem efikasnosti upotrebe radijskih resursa i sniženjem troškova održavanja, pokrenut je razvoj nove tehnologije pod nazivom LTE. Po prvi puta govorimo o globalnom, općem prihvaćenom standardu od strane brojnih proizvođača opreme i terminala kao i od mobilnih operatora diljem svijeta. LTE tehnologija prošla je prilično brz proces od standardizacije do današnje komercijalne realizacije, pri čemu je Ericsson odigrao vrlo važnu, aktivnu ulogu.

Detaljnije o svemu tome, kao i o smjernicama za budući razvoj komunikacijskih tehnologija i usluga, pročitajte u člancima novog broja stručnog časopisa „Revija“.

Jasna Glavaš
glavna urednica

SADRŽAJ:

-
- I KONVERGENTNA NAPLATA I TEREĆENJE STR. (5 - 20)
 - II SLJEDEĆA GENERACIJA PASIVNIH OPTIČKIH MREŽA STR. (21 - 40)
 - III TRANSFORMACIJA MREŽE U MULTIMEDIJSKU TELEFONSKU MREŽU STR. (41 - 60)
 - IV LTE – NOVA TEHNOLOGIJA ZA MOBILNI ŠIROKOPOJASNI PRISTUP STR. (61 - 84)
-



Mirna Kontak

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

KONVERGENTNA NAPLATA I TEREĆENJE CONVERGENT CHARGING AND BILLING

Sažetak

U sustavima konvergentnog terećenja i naplate, tarifiranje, terećenje i kontrola svih usluge, obavlja se u jednom konvergentnom sustavu. Relevantne informacije o stanju korisničkog računa, tradicionalno distribuirane u više sustava, obrađuju se na centralizirani način. Uvođenjem sustava konvergentnog terećenja i naplate operator smanjuje svoje operativne i kapitalne troškove, a istodobno poboljšava individualnu komunikaciju s preplatnikom i mogućnost kreiranja ciljane ponude po segmentima. Također, konvergentnim sustavom terećenja i naplate uvodi se kontrola sesije i tarifiranje u stvarnom vremenu za sve preplatnike čime se smanjuje odljev prihoda.

U današnjem poslovnom okruženju telekomunikacijski operatori su prisiljeni brzo mijenjati poslovne modele kako bi ostali konkurentni. Konvergentni sustavi terećenja i naplate omogućuju brzo puštanje u rad novih paketa usluga i time olakšavaju operatorima utrku s konkurencijom.

U ovom članku dan je opis konvergentnog rješenja terećenja i naplate iz poslovne i tehničke perspektive, s posebnim osvrtom na Ericssonovo rješenje. U članku su razmatrane strategije i izazovi uvođenja ovakvog sustava te je dan pregled osnovnih koristi za operatora. Opisana je arhitektura rješenje te poslovni procesi koji su podržani rješenjem.

Abstract

With convergent charging and billing solution, rating, charging and control of services is done in one convergent system. Relevant subscriber account information, originally distributed in different service systems, is now managed in a centralized manner.

Converged charging and billing system can help service providers reduce their operating costs while improving their customer intimacy, introducing session supervision, reducing revenue leakage and allowing them to more rapidly change their business model to get ahead of the competition. In this way charging solution, instead of being a burden that slows down the business becomes an active component of the changes, with the fast launch of new pricing strategies.

In this article description of Convergent charging and billing solution from business and technical perspective will be given, with references to Ericsson Convergent charging and billing solution. Some of operator strategies and challenges are discussed and also, main operator benefits. Solution architecture will be described and processes supported by the solution.

KLJUČNE RIJEČI:	KEY WORDS:
Naplaćivanje unaprijed	Prepaid
Naplaćivanje po izvršenju usluge	Postpaid
Sustav naplate	Billing System
Sustav terećenja u stvarnom vremenu	Online Charging System
Konvergencija	Convergence
Konvergentno terećenje i naplata	Convergent Charging and Billing
Kontrola terećenja	Charging Control
Poslovna horizontala	Business Horizontal

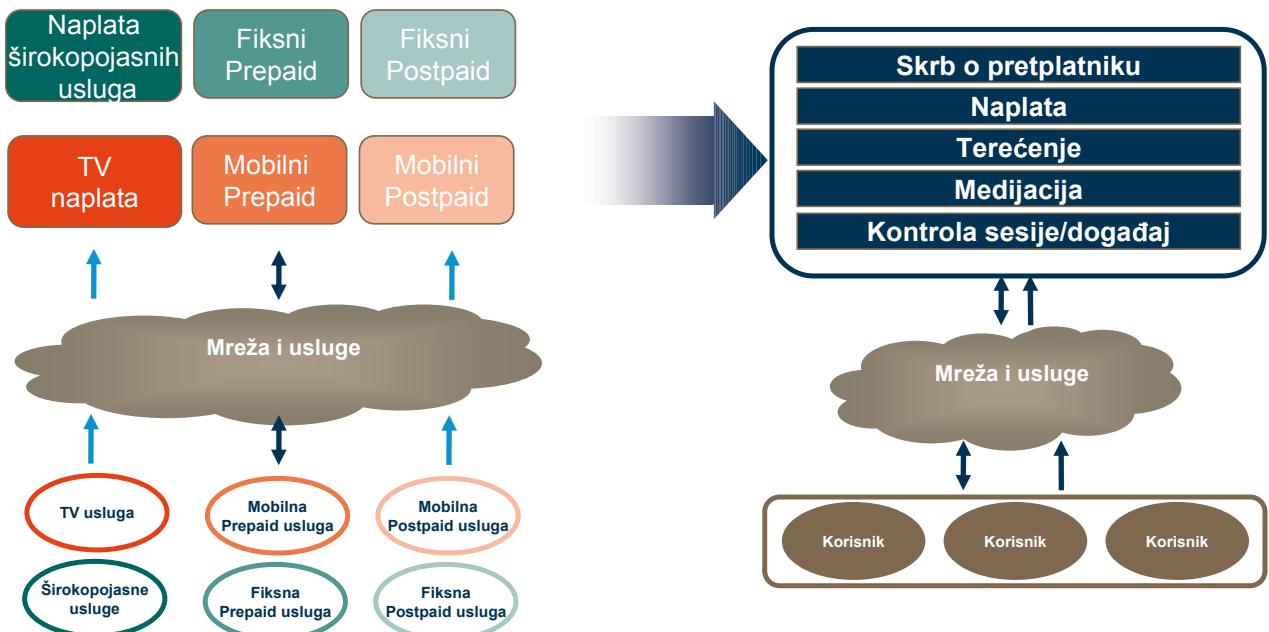
1 Uvod

U tradicionalnim telekomunikacijskim mrežama, sustavi za terećenje i naplatu usko su vezani uz pojedine usluge, pri čemu svaka usluga ima specifična pravila terećenja i format računa. Proces terećenja i naplate svake usluge je odvojen i nezavisan, a preplatnici pojedinih usluga definirani su u zasebnim sustavima, čime je ograničena ili otežana razmjena informacija i fleksibilnost u poslovanju.

Operatori se danas suočavaju s novim izazovima na tržištu, kao što su uvođenje kompleksnih multimedijalnih usluga, segmentacija preplatnika te upravljanje partnerima uz istodobnu potrebu za kontrolom troškova i osiguranjem prihoda.

Za uspjeh multimedijalnih usluga ključno je kreirati nove tržišne pakete i poslovne modele koji će privući preplatnike, a također i partnera. Tržišni paketi usluga moraju biti cijenovo i ponudom atraktivni, a istovremeno jednostavni i razumljivi krajnjem korisniku. Korisnik zahtjeva kontrolu troškova i personalizirani sadržaj. Operatori trebaju učinkovit i nemetljiv način kojim mogu pridobiti preplatnikovu pozornost, stimulirati korištenje usluga i osigurati lojalnost.

U takvom okruženju podjela preplatnika i usluga na različite sustave terećenja i naplate više nije poželjna niti potrebna, kako s tehnološkog, tako i s poslovног aspekta. Od sustava za terećenja i naplatu zahtjeva se fleksibilnost, uz fokus na smanjenje troškova pa tradicionalni, potpuno odvojeni vertikalni sustavi naplate nisu isplativo rješenje.



Slika 1: Migracija od vertikalne ka horizontalnoj arhitekturi sustava terećenja i naplate

Za razliku od tradicionalne, vertikalne arhitekture terećenja i naplate, konvergentno rješenje predviđa horizontalnu, slojevitu arhitekturu (Slika 1). Funkcionalnosti svakog sloja omogućuju zajedničko upravljanje terećenjem i naplatom za sve preplatnike i usluge.

Ericssonovo rješenje konvergencije bazirano je na principu operativnog sustava i sustava za podršku nove generacije (NGOSS - eng. New Generation Operating and Support Systems), prema referentnom okviru definiranom od strane organizacije TMF (eng. Telecom Management Forum). Rješenje predviđa podjelu na 5 slojeva prema funkcijama koje obavljaju: skrb o preplatniku, naplata, terećenje, medijacija i kontrola sesije/ događaja te jasnu definiciju sučelja i raspodjelu funkcionalnosti među slojevima.

Slojevi skrbi o preplatniku i naplate obavljaju generičke funkcije poput definicije produkta i preplatnika, upravljanje nalozima, ispostavljanje računa i upravljanje dugovima. Ova dva generička sloja definiramo kao poslovnu horizontalu.

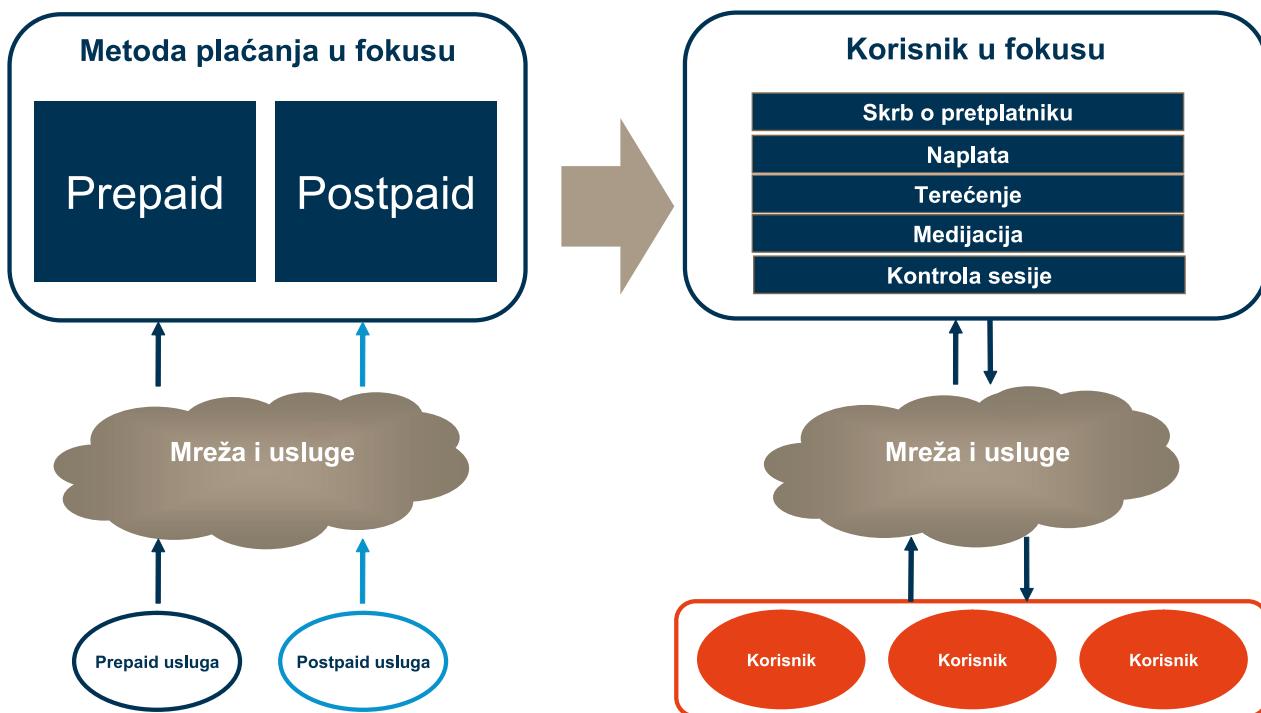
Slojevi terećenja, medijacije i kontrole sesije/događaja obavljaju funkcionalnosti specifične za telekom industriju, kao što su aktivacija usluga i preplatnika u mreži, tarifiranje i nadzor sesije u stvarnom vremenu, upravljanje bilancem i komunikacija s krajnjim korisnikom. Ove slojeve definiramo kao kontrolu terećenja specifičnu za telekomunikacijsku mrežu.

Ericsson svoje predverificirano rješenje konvergentnog terećenja i naplate bazira na BSCS iX poslovnoj horizontali, te na Ericssonovoj kontroli terećenja CS (eng. Charging System). BSCS iX je sustav naplate i skrbi o preplatniku kompanije LHS, koja je odnedavno dio Ericsson grupe. U dalnjem tekstu članka biti će obrađeno ovo rješenje.

Također su moguća rješenje s drugim sustavima u poslovnoj horizontali, a CS-om kao kontrolom terećenja, te rješenja gdje je poslovna horizontala bazirana na LHS BSCS sustavu, a kontrola terećenja na nekom drugim sustavom.

Kada govorimo o operatorima pokretnih mreža, prvi korak ka konvergentnom terećenju i naplati je konvergencija naplate unaprijed (eng. *prepaid*) i naplate po izvršenoj usluzi (eng. *postpaid*) (Slika 2). U tradicionalnom *prepaid* i *postpaid* načinu terećenja i naplate, postoje dvije različite baze kupaca i dva različita paketa usluga za ova dva načina plaćanja. Svaki put kada se uvodi neka nova usluga potrebno ju je implementirati i definirati u najmanje dva različita sustava.

U ranim danima pokretne telefonije *postpaid* korisnici su uobičajeno bili poslovni ljudi s dobrom kupovnom moći i potrebnim kredibilitetom, dok je *prepaid* u najvećem broju slučajeva bila domena mladih ljudi s limitirano platne moći, koju su operatori uglavnom smatrali većim finansijskim rizikom. To se promjenilo te mnogi današnji *prepaid* korisnici odabiru ovu metodu plaćanja, iako bi lako mogli zadovoljiti kriterije za dobivanje *postpaid* preplate. Prednosti poput jednostavnog korištenja te kontrole troška čine *prepaid* boljim izborom tipa preplatničkog odnosa za mnoge krajnje korisnike.



Slika 2: Migracija *prepaid* i *postpaid* vertikalnih sustava prema horizontalnoj arhitekturi sustava terećenja i naplate

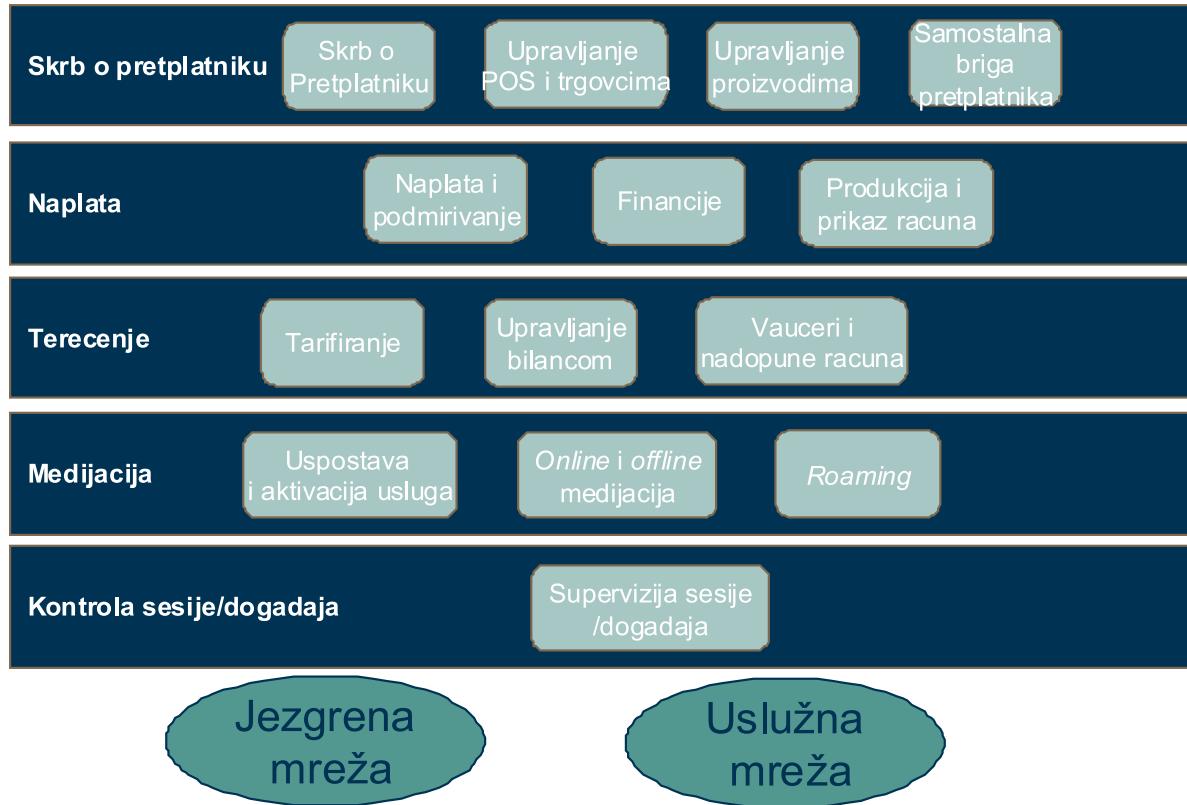
Osim u načinu plaćanja, između *prepaid* i *postpaid* usluga postoje i razlike vezane uz način implementacije. U postojećim mrežama *prepaid* usluge su razvijene u inteligentnim mrežama (IN - eng. Intelligent Network). Sve *prepaid* usluge moraju biti autorizirane prije korištenja mrežnih resursa od strane sustava terećenja u stvarnom vremenu. Trošak korištenja usluge odbija se od bilance preplatnikovog računa netom nakon isporuke usluge, a u nekim slučajevima čak i prije same isporuke usluge.

Kod *postpaid* preplatnika, nakon što je usluga korištena, kreira se zapis o terećenju (CDR - eng. Charging Data Record) koji se šalje na obradu u *postpaid* sustav za naplatu (eng. Billing System). Kod *postpaid* načina naplate, uvjek postoji vremenski odmak između samog kreiranja CDR-a i trenutka kada se trošak odbija od bilance preplatničkog računa. Vremenski odmak je još i veći za preplatnike koji se nalaze izvan domaće mreže.

Konvergentni sustav terećenja i naplate sadrži i *prepaid* i *postpaid* preplatnike u istom sustavu, omogućavajući im korištenje istovrsnih usluga i kontrolu troškova u stvarnom vremenu.

2 Pregled i komponente rješenja

Ericssonovo rješenje konvergentnog terećenja i naplate predviđa podjelu na 5 slojeva prema funkcijama koje obavljaju te jasnu definiciju sučelja i raspodjele funkcionalnosti među slojevima (Slika 3).



Slika 3: Pregled rješenja

Sloj skrbi o pretplatniku (eng. Customer Care) je zadužen za većinu interakcije s pretplatnikom i partnerima, te za upravljanje proizvodima.

Sloj naplate je zadužen za sve finansijske procese uključujući izdavanje i generiranje računa (eng. Invoicing and Bill Generation), te knjigovodstvo (eng. General Ledger Accounting).

Sloj terećenja (eng. Charging Layer) je zadužen za tarifiranje, upravljanje bilancom i vaučer aktivnosti.

Sloj medijacije (eng. Mediation Layer) je zadužen za uspostavu usluga, online i offline medijaciju, te procesiranje prometa ostvarenog izvan domaće mreže.

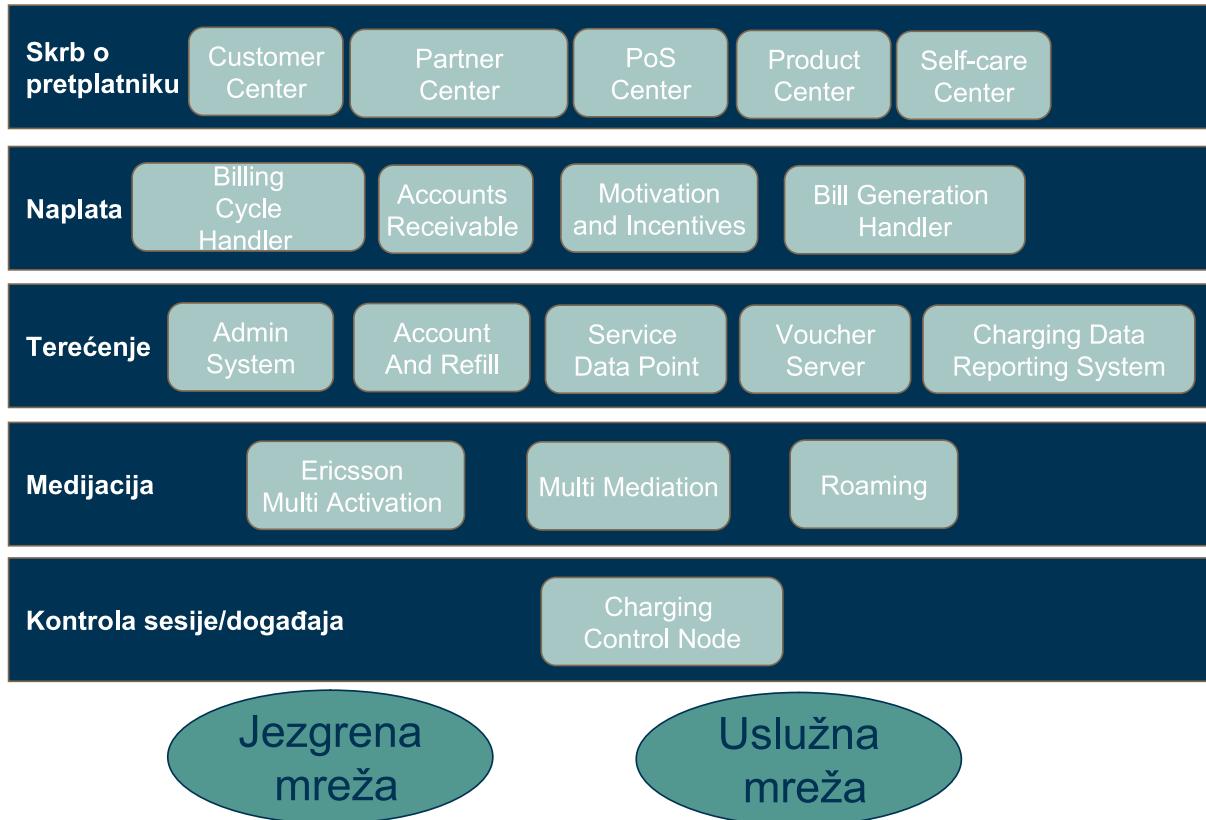
Sloj kontrole sesije/događaja (eng. Session Control Layer) je zadužen za nadzor sesije i događaja prema pristupnom sloju. Pristupni sloj (eng. Access Layer) komunicira sa sustavom terećenja i naplate preko sučelja u stvarnom vremenu. Pristupni sloj nije obuhvaćen rješenjem.

Predverificirano Ericssonovo rješenje konvergentnog terećenja i naplate sastoji se od dvije glavne komponente: poslovne horizontale s BSCS iX sustavom, te kontrole terećenja sa sustavima aktivacije (EMA - eng. Ericsson Multi Activation), terećenja (CS - eng. Charging System) i medijacije (MM - eng. Multi Mediation).

BSCS sustav pokriva funkcionalnosti sloja skrbi o pretplatniku i sloja naplate. EMA, CS i MM pokrivaju funkcionalnosti slojeva terećenja, medijacije i kontrole sesije/događaja.

Rješenje konvergentne naplate je unaprijed integrirano i verificirano. Integracijske točke između komponenti rješenja (BSCS, CS, EMA i MM) realizirane su preko adaptera.

Slika 4: Komponente rješenja



Funkcionalnosti sloja skrb o preplatniku, kreiranje i modificiranje podataka o preplatniku i ugovoru, obavljaju se koristeći sljedeće komponente (slika 4):

- » **Customer Center (CX)** komponenta omogućuje administriranje te prikaz preplatnika, njihovih ugovora i računa kroz cijeli životni ciklus preplate.
- » **Point of Sales (POS)** Centar je aplikacija namijenjena skrb o preplatniku, ali dizajnirana za korištenje na eksternim prodajnim lokacijama s individualno dizajniranim stranicama prilagođenim specifičnim potrebama prodajnog mjesta.
- » **Self-care Center (SX)** omogućuje preplatniku samostalno (kontrolirano) modificiranje i uvid u osobne podatke kroz web sučelje. Moguće je npr. mijenjati adresu, pregledati listu učinjenih troškova, mijenjati F&F (eng. - Friends & Family) podatke .
- » **Partner Center** omogućuje upravljanje poslovnim partnerima i njihovim ugovorima. Podržani su sljedeći tipovi poslovnih partnera: roaming partneri, interkoneksijski partneri, pružatelji usluga, pružatelji sadržaja.
- » **Product Center (PX)** se bavi zadaćama vezanim uz kreiranje proizvoda, pakiranje produkata njihovo pakiranje te načinom na koji će biti ponuđeni preplatniku. Tu se definiraju planovi tarifiranja, paketi usluga, usluge i njihovi parametri.

Funkcionalnosti sloja naplate obavljaju sljedeće BSCS aplikacije:

- » **Billing Cycle Handler (BCH)** je zadužen za kreiranje informacije potrebne za izdavanje računa. BCH može se pokrenuti u razliitim modovima, koji definiraju vrijeme pokretanja ciklusa naplate (eng. Bill Cycle), listu preplatnika ili individualnog preplatnika.
- » **Accounts Receivable (AR)** aplikacija zadužena je za ručni unos gotovinskih uplata i uplata unaprijed. AR obrađuje korekcije i nadoknadu uplata i depozita, upravlja računovodstvenim informacijama preplatnika i kontrolira naplaćivanje dugovanja. AR je također i sučelje prema finansijskim sustavima.
- » **General Ledger (GL)** aplikacija je knjigovodstveni sustav u kojem se akumuliraju rezultati svih finansijskih transakcija. Vode se zapisi o izdanim računima (BCH), izvršenim uplatama i izdanim kreditima. GL automatski kreira bilancu dobiti i gubitaka.
- » **Bill Generation Handler (BGH)** čita XML (eng. EXtensible Markup Language) datoteke kreirane od strane

drugih aplikacija (BCH) i konvertira ih u neki od standardnih formata, poput HTML-a ili PDF-a.

- » **Motivation and Incentives (MI)** je *online* aplikacija koja se koristi za definiranje promocija i marketinških akcija. Promocije uključuju popuste i bonuse. Pridjeljuju se preplatnicima na osnovu ugovora ili individualne situacije.

Funkcionalnosti sloja terećenja obavljaju sljedeće CS komponente:

- » **Admin System (AS)** služi za provoziranje računa u CS bazu računa. AS je integriran s aplikacijom za skrb o preplatniku preko CC-API (eng. Customer Care Application Programming Interface) sučelja kako bi se operatorima omogućilo da pogledavanje statusa računa i administriranje npr. promocija, F&F brojeva, ili naplatnih zajednica.
- » **Account Information and Refill Server (AIR)** zadužen je za nadopunu računa i upite o stanju računa. AIR komunicira sa SDP (eng. Service Data Point) i VS (eng. Voucher Server) komponentom kako bi dobio informaciju ili zatražio nadopunu računa. Nadopuna se može izvršiti kroz IVR (eng. Interactive Voice Response), USSD (eng. Unstructured Supplementary Service Data), SMS, web ili može biti inicirana od strane operatora. AIR je također zadužen za promocije bazirane na broju nadopuna ili vrijednosti nadopuna.
- » **Service Data Point (SDP)** sadrži logiku i funkcije za određivanje cijena, granične vrijednosti, notifikacije, informacije o životnom ciklusu, segmentaciju i preplatnički račun sa stanjem u realnom vremenu. SDP je zadužen za *online* i *offline* računanje cijena.
- » **Voucher Server (VS)** je zadužen za upravljanje vaučerima, što uključuje generiranje enkripcije, spremanje i administriranje.

Funkcionalnosti sloja medijacije obavljaju sljedeće komponente:

- » **Ericsson Multi Activation (EMA)** je zadužen za provoziranje preplatnika i usluga. EMA podržava različita sučelja čime omogućuje integraciju s mrežnim elementima i aplikacijama neovisno o tehnologiji i ponuditelju. EMA podržava višestruke i paralelne veze.
- » **Multi Mediation (MM)** se sastoji od modula za *offline* medijaciju (eng. File and Event Mediation) i modula za *online* medijaciju (eng. Online Mediation). *Offline* modul je zadužen za medijaciju zapisa podataka DR (eng. Data Record) između čvorova, a *online* modul za medijaciju komunikacije u stvarnom vremenu.

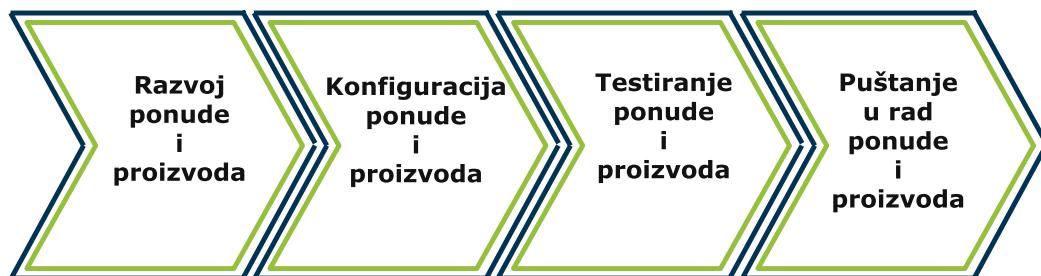
Charging Control Node (CCN) obavlja funkcionalnosti sloja kontrole sesije/događaja . CCN je zadužen za kontrolu isporuke usluga. Za usluge u stvarnom vremenu, CCN inicira komunikaciju sa SDP-om gdje se nalazi preplatnički račun s bilancem. Od SDP-a dobiva informacije potrebne za uspostavu naplative sesije i događaja, te šalje SDP-u informacije potrebne za ažuriranje preplatničkog računa.

3 Podržani procesi

Ericssonovim rješenjem konvergentnog terećenja i naplate podržano je jedinstveno rješenje za proizvode, administraciju korisnika, tarifiranje i naplatu neovisno o načinu plaćanja. Rješenje podržava sljedeće procese:

- » **Razvoj ponude i proizvoda** - proces se bavi s razvojem, konfiguracijom, testiranjem i lansiranjem proizvoda i ponude.
- » **Izvršavanje naloga** - proces se bavi registracijom korisnika, zajedno s zaprimanjem, izvršavanjem i aktivacijom naloga.
- » **Terećenje, naplata i naplaćivanje potraživanja** - proces omogućuje kontrolu sesije, tarifiranje, obračunavanje bonusa i popusta, obogaćivanje DR-a dodatnim informacijama potrebnim za naplatu, zatim izdavanje računa i naplatu potraživanja.
- » **Upravljanje odnosima s preplatnikom** - proces se bavi odnosima s preplatnikom putem jedinstvene okoline za skrb o preplatniku (eng. Customer Care).
- » **Upravljanje partnerima** - proces se bavi partnerskim ugovorima, obračunavanjem te isplatama i uplatama prema partneru.

3.1 Proces razvoja ponude i proizvoda



Razvoj ponude i proizvoda počinje u odjelu marketinga i upravljanja proizvodima koji daje okvire ponude. Za svaku ponudu potrebno je definirati plan tarifiranja. Planom su definirane informacije relevantne za terećenje usluga. Svaki plan odgovara paketu usluga i može biti dopunjena promotivnim paketima te povezana s jednokratnim i/ili višekratnim troškovima.

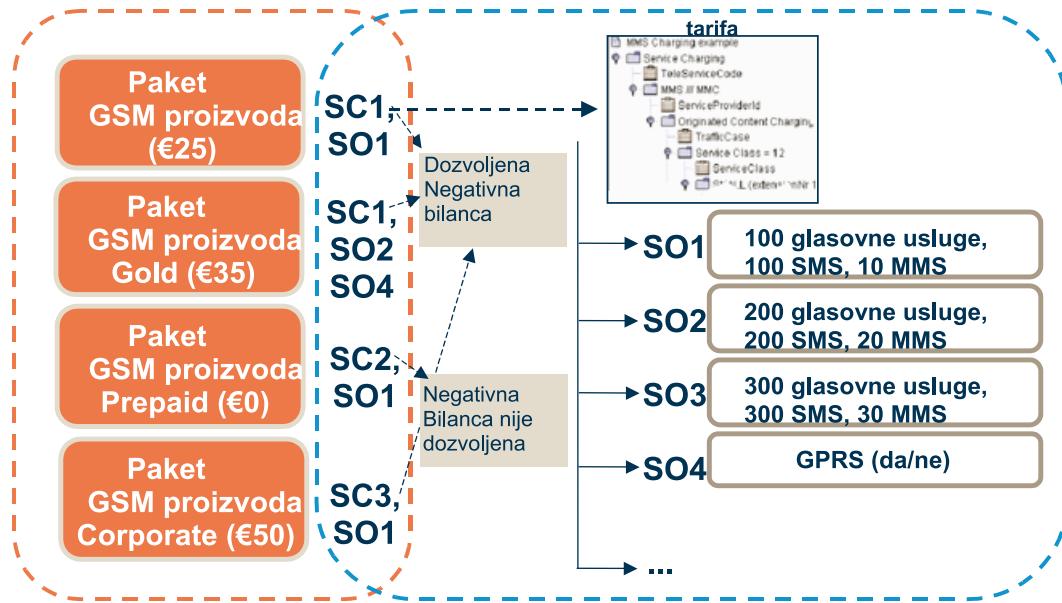
Na slici 5 je prikazana veza između pretplatnika, ugovora i tarifnog plana.



Slika 5: Veza između pretplatnika, ugovora i tarifnog plana

Proizvode konfiguriramo i u poslovnoj horizontali (BSCS) i u horizontali kontrole terećenja (CS). Konfiguraciju terećenja, vezanu uz troškove korištenja usluge (eng. usage charge), definiramo u sloju kontrole terećenja, dok konfiguraciju terećenja za ostale troškove (eng. non-usage charge) definiramo u poslovnoj horizontali.

Na slici 6 prikazan je primjer načina konfiguriranja ponude.



Slika 6: Primjer konfiguracije paketa proizvoda

Primjerice GSM Gold paket produkata ima ponavljajući trošak preplate (eng. recurring fee). Preplatnik smije imati negativnu bilancu na računu, dakle radi se o postpaid preplatniku. U mjesечnu preplatu je uključeno 200 minuta glasovnih usluga, 200 SMS-a i 20 MMS-a, te pristup GPRS usluzi.

Mjesečna preplata nije vezana uz korištenje usluge, a definirana je u katalogu proizvoda u BSCS sustavu.

SC (eng. Service Class), SO (eng. Service Offerings) i tarife vezane uz korištenje usluge implementirane su u CS-u.

SC definira tarife vezane uz korištenje usluge, bonuse, zajednice (eng. community), životni ciklus usluge, jezik, akumulatore korištenja, dedicirane račune te informaciju da li je na računu dozvoljena negativna bilanca.

SO parametri su povezani s individualnim računom u stvarnom vremenu. Potpuno su konfigurabilni te mogu služiti za razne svrhe kao u ovom primjeru gdje služe za uključivanje i isključivanje GPRS usluge.

Tarife korištenja usluge kreiramo kroz aplikaciju za upravljanje tarifom (eng. Tariff Management) u CS-u. Aplikacija ima ugrađene alate za testiranje tarifa.

Pakete proizvoda implementiramo u sustav nakon definiranja i testiranja .

3.2 Proces izvršavanja naloga



Pretplatnici se registriraju u aplikaciji za skrb o pretplatniku, pri čemu pretplatnik može biti ili potpuno nov ili povezan s već postojećim pretplatnikom.

BSCS iX sadrži informaciju o pretplatničkom ugovoru (fizička osoba ili registrirana kompanija). Pretplatnik može imati jedan ugovor ili više ugovora (kompanija ili obitelj).

BSCS iX baza preplatnika sadrži informacije o preplatniku: ime i prezime, adresa, adresa za slanje računa, račun, ciklus naplate, uvjeti plaćanja, promocijski program, profil upravljanja dugovima, itd.

Baza računa (eng. account database) u CS-u obračunava troškove u stvarnom vremenu i surađuje sa sustavom za tarifiranje i sustavom kontrole sesije/događaja. Baza računa sadrži trenutačno stanje preplatnikovog računa.

U proces zaprimanja naloga uključena je validacija upisanih konfiguracija i parametara naloga, tako da su dozvoljene samo valjane konfiguracije i parametri.

Aktivacija naloga se šalje iz BSCS iX sustava brige o preplatniku prema komponenti za aktivaciju usluga EMA.

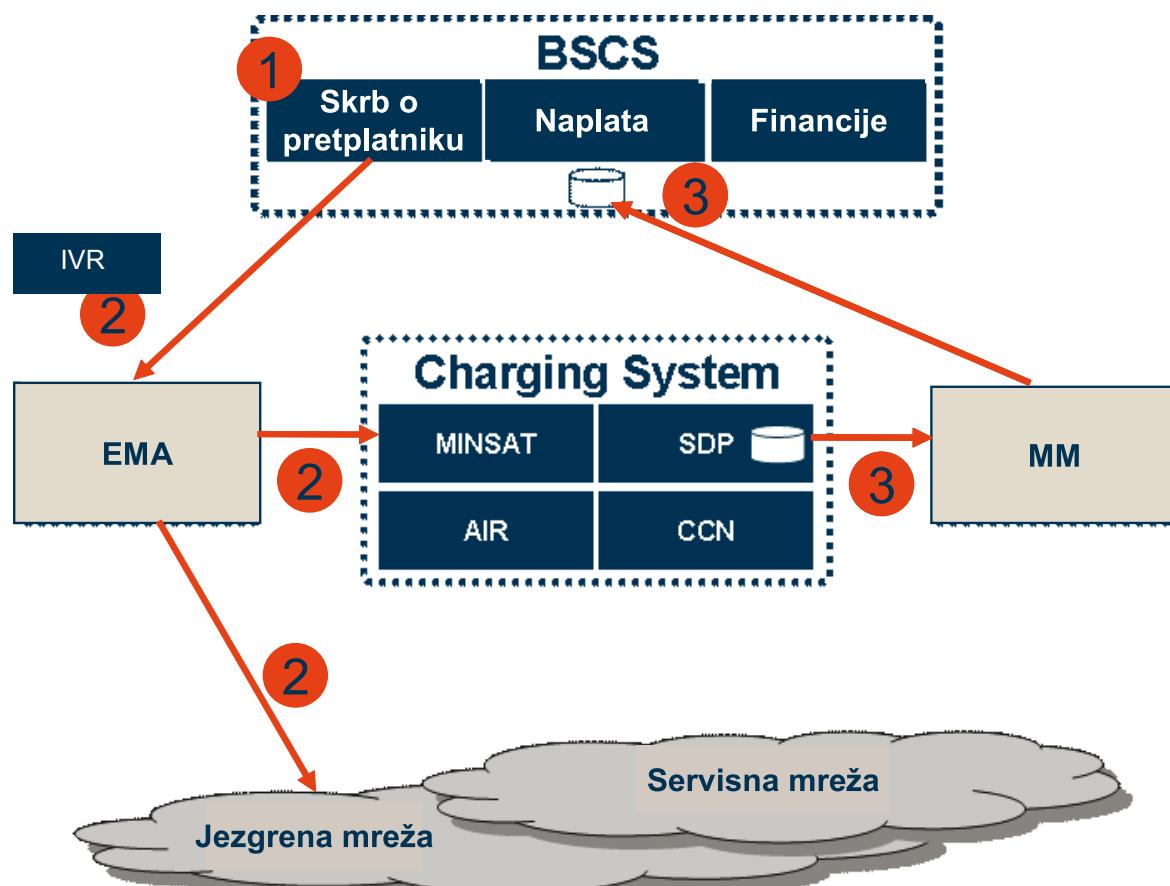
Komponenta za aktivaciju usluga EMA proslijeduje promjene zatražene od sustava brige o preplatniku prema odgovarajućim čvorovima i/ili aplikacijama, ovisno o tipu zahtjeva.

Na slici 7 prikazan je tijek podataka na primjeru kreiranja novog preplatnika preko aplikacije za brigu o preplatniku.

1 – Podaci o preplatniku upisuju se kroz grafičko korisničko sučelje aplikacije za brigu o preplatniku i spremaju u BSCS.

2 - BSCS šalje zahtjeve prema mreži kroz NPX (eng. Network Provisioning Extension) komponentu prema EMA koja proslijeduje zahtjeve relevantnim mrežnim elementima i CS sustavu. NPX je aplikacija za provoziranje i dio je BSCS sustava. MINSAT (eng. Mobile IN Service Administration Tool) komponenta CS-a prima nalog od EMA, te kreira preplatnički račun na SDP-u.

3 - SDP komponenta CS-a, kreira podatkovni zapis životnog ciklusa (eng. life-cycle data record) šalje ga u BSCS, kroz medijaciju, koja ga konvertira u UDR (eng. Usage Data Record) format. BSCS ažurira preplatnički zapis s podacima o životnom ciklusu.



Slika 7: Kreiranje novog preplatnika

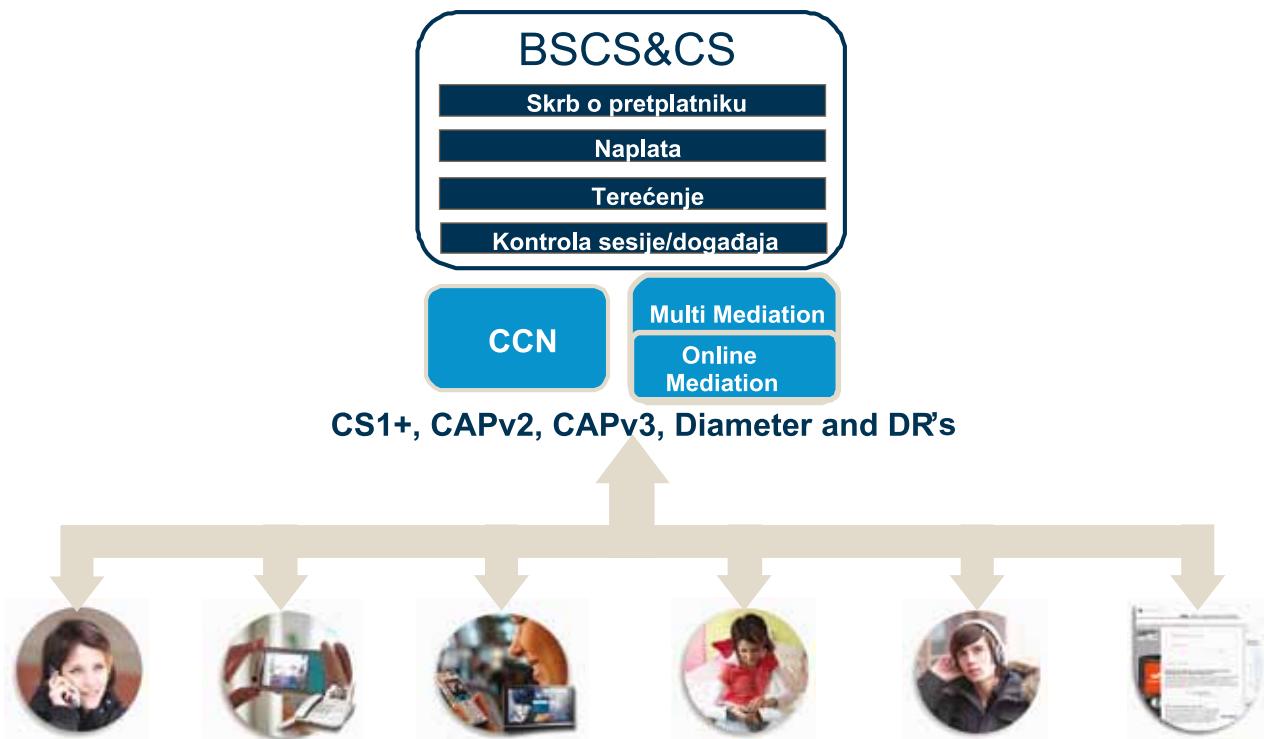
3.3 Proces tarifiranja, izdavanja računa i naplate potraživanja



Nadzor sesije/događaja se odvija u CS-u u stvarnom vremenu. Za sesiju se kontinuirano obračunava potrošen iznos i odbija od bilance na računu. Ako bilanca dosegne kreditni limit sesija se prekida. Za događaj se jednokratno odbija trošak od bilance računa.

Tarifiranje troškova vezanih uz korištenje usluge odvija se u CS sustavu za sve korisnike, kako za *online* tarifiranje u stvarnom vremenu, tako i za *offline* tarifiranje. U oba slučaja CS skida odgovarajuću količinu novaca s preplatničkog računa s bilancom u stvarnom vremenu te šalje datoteke s informacijom o naplati u BSCS, gdje se te informacije agregiraju za potrebe povijesti i izdavanja računa.

Konvergentno rješenje podržava standardna sučelja prema mreži za terećenje u stvarnom vremenu i naplatu putem CDR-ova (slika 8). Terećenje usluga u stvarnom vremenu omogućavaju protokoli CAMEL Phase 2 (glasovne usluge i SMS), Ericssonov CS1+ (glasovne usluge i SMS) , CAMEL Ph 3 (SMS i GPRS), Diameter SCAP i DCCA (sadržaji i usluge).



Slika 8: Podrška standardnih sučelja za terećenje u stvarnom vremenu i naplatu putem DR-a

Kod terećenja u stvarnom vremenu, tarifiranje je integralni dio isporuke usluge. Kada CS dobije zahtjev za tarifiranje, CS obavi izračun cijena usluge te provjeri status računa, a ako na računu ima dovoljno novaca odobrava se uspostavljanje sesije. Ako na računu nema dovoljno novaca ili je istekao životni ciklus, sesija se ne uspostavlja.

Na slici 9 prikazan je tok podataka između BSCS-a i CS-a u slučajevima kada se mijenja bilanca računa na CS-u.

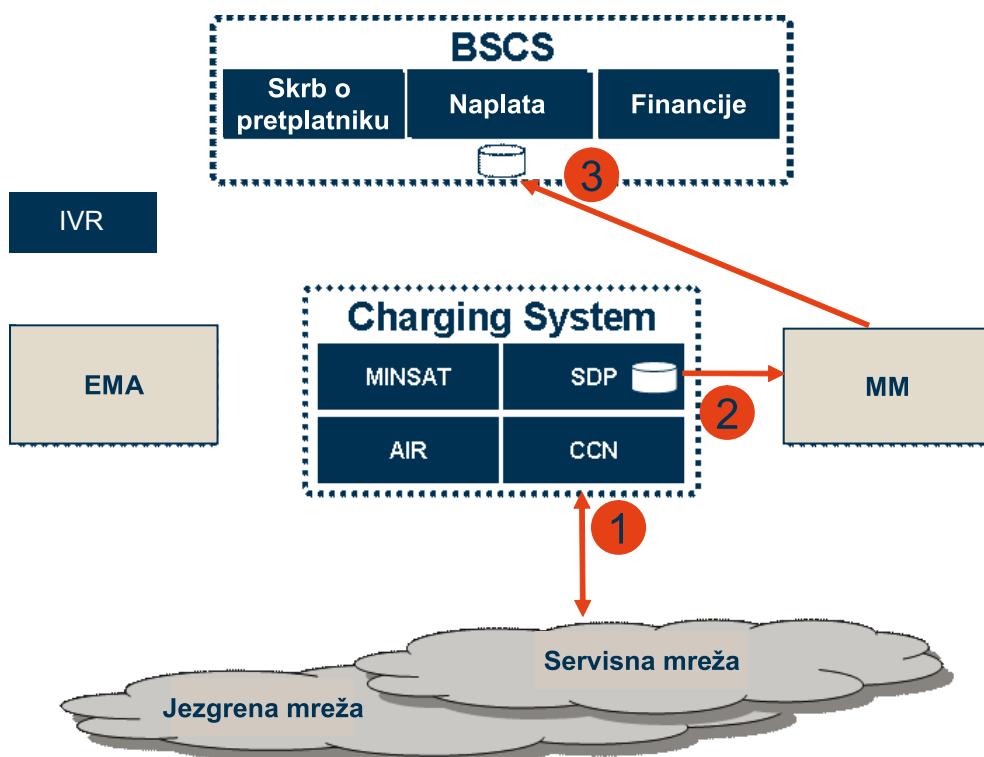
1 – Prije nego se uspostavi poziv u jezgrenoj mreži, CCN komponenta CS-a šalje upit prema SDP-u i dobiva informaciju da li je poziv dozvoljen i koje mu je dozvoljeno trajanje. Poziv se nadgleda u stvarnom vremenu te se obavlja rezervacija i oduzimanje novaca s pretplatničkog računa.

2 - Za svaki događaj koji mijenja bilancu računa na CS-u, SDP komponenta kreira podatkovni zapis i šalje ga prema medijaciji

3 - Medijacija obogaćuje podatke i formatira ih u BSCS BIR (eng. Balance Information Record) zapis. BSCS sprema podatke u pretplatničku bazu za potrebe povijesti naplate.

Jednokratni troškovi, kao troškovi instalacije, te mjesecna pretplata obračunavaju se u BSCS-u na osnovu pretplatničkog profila i odabranog paketa produkta.

Sustav tarifiranja uključuje tradicionalne uvijete kao što su prometni slučaj, doba dana, dan u tjednu, tarife bazirane na iskorištenom volumenu i tarife bazirane na bilanci računa. Također, sustav tarifiranja podržava atraktivne cjenovne planove, obračun bonusa i sniženja te promocije novih usluga.



Slika 9: Promjena bilance pretplatničkog računa

Bonuse i sniženja moguće je obračunati nakon prelaska definirane razine korištenja usluge, ili promjenom tarife ili generiranjem "kreditne" transakcije. Koristeći dinamičke akumulatore CS-a omogućeno je i dobivanje sniženja i bonusa između različitih usluga, npr. 10 besplatnih SMS-ova nakon potrošenih 3 sata glasovnih usluga. Također, moguće je dobivanje bonusa i sniženja bazirati na broju ili ukupnoj vrijednosti nadoplate računa.

BSCS kontrolira proces izdavanja računa i pokreće ga u određenom periodu. Medijacija kontinuirano šalje informacije o transakcijama iz CS-a u BSCS u formi UDR-ova koji se spremaju kao nenaplaćeni podaci. U procesu naplate računa troškovi vezani uz korištenje usluge se komplementiraju s ponavljajućim i jednokratnim troškovima kako bi se dobio konačni iznos koji je pretplatnik dužan platiti. U definiranom vremenskom trenutku (npr. jednom mjesечно u vrijeme izdavanja računa), stanje pretplatničkog računa na CS-u se resetira.

Na slici 10 prikazan je tijek informacija između BSCS-a i CS-a u procesu izdavanja računa.

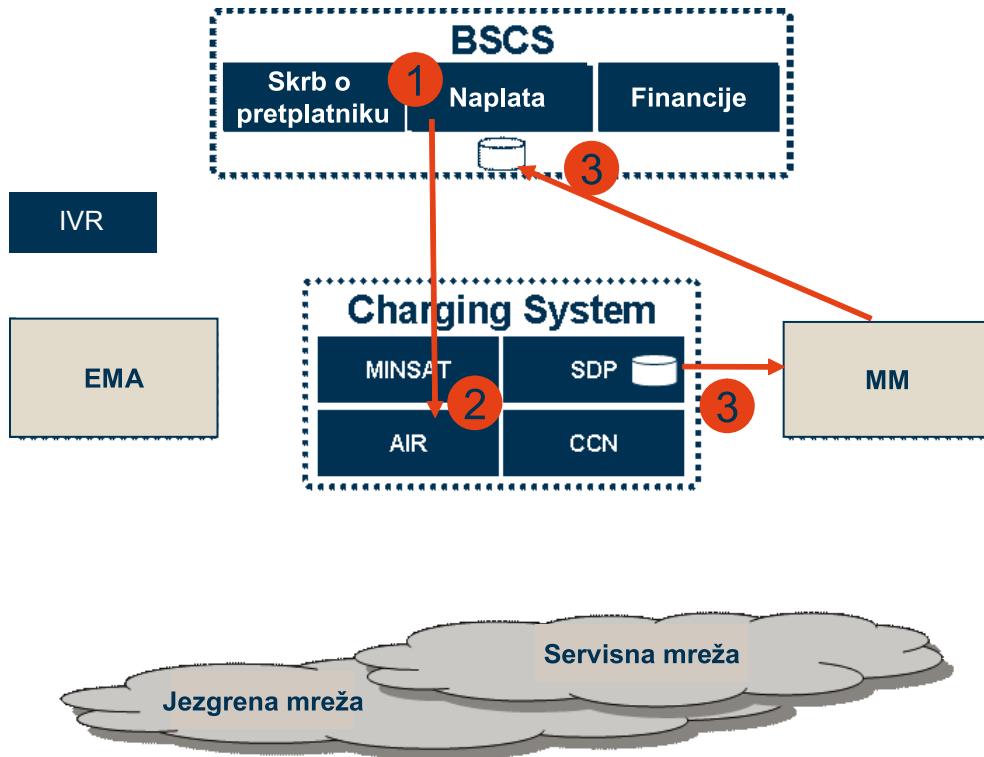
1 - BCH (eng. Bill Cycle Handler) komponenta BSCS-a dohvata podatke o korištenju usluge iz UDR baze BSCS-a. Uračunavaju se jednokratni i periodički troškovi, popusti i bonusi.

Naplatnoj informaciji u BSCS-u, dodaje se ime i prezime, adresa i dodatne informacije potrebne za naplatu na temelju čega je moguće kreirati pravni dokument koji se proslijeđuje u aplikaciju za ispis računa.

Na osnovu izdanog računa ažurira se i knjigovodstvena knjiga.

2 - Ukupni iznos troškova za korištenje usluga za određeni period, šalje se u AIR komponentu CS-a, prema čemu SDP podešava bilancu na računu.

3 - SDP šalje medijaciji informaciju o podešenoj bilanci koja se preoblikovana u BIR zapis i šalje u BSCS.



Slika 10: Proces izdavanja računa

Proces naplate potraživanja kontrolira se u BSCS-u gdje je AR komponenta centralna baza za sakupljanje potvrda o plaćanju.

Pretplatnički račun koji sadrži bilancu u stvarnom vremenu može biti nadopunjena korištenjem vaučera. Standardno rješenje nadopune vaučerom uključuje nadopunu kroz IVR ili nadopunu kroz USSD. PIN (eng. Personal Identification Number) vaučera se koristi kao jedinstveni identifikator.

3.4. Upravljanje odnosa s preplatnikom



Proces upravljanja odnosa s preplatnikom bavi se svim aspektima interakcije s preplatnikom: ručne ili automatizirane, preko bilo kojeg kanala (web, telefon, pismo, ...).

Povijest poziva i bilance na računu bavi se informacijama o nadopunama, uplatama, prilagodbama, promocijama, promjenama servisne klase, povijesti poziva te svim ostalim informacijama vezanim uz povijest terećenja i naplate.

Komunikacija s krajnjim korisnikom tiče se mogućnosti izravne komunikacije s preplatnikom vezane uz korištenje usluge i bonus programa, čime se smanjuje opterećenje službe skrbi o preplatniku. Korisnik može zatražiti informaciju o stanju računa i životnom ciklusu računa koristeći USSD ili IVR. CS može poslati notifikacije na kraju događaja s informacijom o statusu računa ili dodijeljenim bonusima, putem USSD-a ili opcionalno putem SMS-a.

Proces upravljanja partnerima omogućuje naplatu i izdavanje računa za interkonekcijski i promet izvan domaće mreže te upravljanje partnerskim ugovorima i podjelu dobiti s partnerima, poput isporučitelja sadržaja i reklamnih agencija.

4 Prednosti konvergentnog rješenja za operatora

Osnovne prednosti uvođenja konvergentnog rješenja terećenja i naplate mogu se sumirati kao:

- » Poboljšanje marketinških mogućnosti
- » Poboljšanje troškovne učinkovitosti
- » Osiguranje prihoda

4.1 Poboljšanje marketinških mogućnosti

S rješenjem konvergentnog terećenja i naplate operatoru se omogućuje bolje praćenje i segmentacija preplatnika, što rezultira davanjem ciljane ponude svakom segmentu u pravo vrijeme i s pravom cijenom. Postojećim preplatnicima poboljšava se ponuda te omogućuje ponuda novih produkata. Konvergentnim rješenjem dana je svim krajnjim korisnicima mogućnost kontroliranja vlastitih troškova te, eventualno, kontrola troškova svoje djece. Poslovni korisnici dobivaju mogućnost kontrole troškova svojih zaposlenika.

4.2 Poboljšanje troškovne učinkovitosti

Većina operatora danas koristi kompleksne, specifične i prilagođene sustave terećenja i naplate što uzrokuje visoke troškove održavanja i podrške. S jednim standardnim sustavom, umjesto više specifičnih sustava, te uklanjanjem dvostrukih funkcionalnosti u raznim sustavima i operativni i kapitalni troškovi se mogu značajno smanjiti.

Također, konvergentno rješenje omogućuje da se usluge prema svima preplatničkim segmentima uvedu istodobno, jer je integraciju potrebno izvršiti prema samo jednom, konvergentnom sustavu, umjesto prema više njih. Time se, osim vremena integracije, smanjuju i troškovi integracije.

4.3 Osiguranje prihoda

Analitičke kuće predviđaju da operatori prosječno gube između 2 i 12 posto svojih prihoda zbog „curenja“ prihoda. U nadolazećem telekomunikacijskom okruženju gdje većinu sadržaja isporučuju partneri, ovi gubici prihoda mogu dovesti i do dodatnih troškova za operatora.

Značajna količina „curenja“ i gubitka prihoda dešava se zbog kašnjenja i nepotpunih DR-a, preplatnika koji ne plaćaju račune i sl. Takvi problemi mogu se izbjegići korištenjem sustava sa nadzor sesije i tarifiranjem u stvarnom vremenu kakvi se koriste u sustavima konvergentnog terećenja i naplate.

5 Strategija i izazovi uvođenja sustava konvergentnog terećenja i naplate za operatora

Tranzicija tradicionalnog modela u konvergentno okružje obično je postupna evolucija koja se provodi u više koraka i koja se gradi na postojećim investicijama. Tranzicija ka konvergentnom rješenju često ima više dobro definiranih međurješenja koja moraju osiguravati maksimalni povrat uloženih sredstava (ROI - eng. Return of Investement) u svakoj fazi projekta. Važno je osigurati kompatibilnost s već postojećim funkcionalnostima i zaštiti postojeće investicije i preplatničku bazu.

Konvergentni sustavi terećenja i naplate su posebno atraktivni za tzv. greenfield operatore, jer nisu opterećeni tradicionalnom infrastrukturom i načinom poslovanja.

Za telekomunikacijske operatore koji imaju većinu *prepaid* korisničkih računa uvođenje konvergentnog terećenja i naplate je razvojni trend i logičan sljedeći korak u razvoju poslovanja. *Prepaid* korisnicima na taj način postaju dostupne sve usluge i paketi usluga te je omogućeno potpuno iskorištenje potencijala *prepaid* sektora.

Brojni su izazovi za operatora kod uvođenja konvergentnog sustava naplate. Operator mora i organizacijski i procesno popratići promjene u načinu terećenja i naplate.

Operatori moraju osigurati suradnju između raznih organizacijskih jedinica. Tradicionalno, IN i *prepaid* terećenje se nalaze u domeni mrežnog odjela, dok je *postpaid* naplata u domeni IT (eng. Information Technology) odjela. Često postoje razlike u internoj strukturi i prioritetima ova dva odjela pa je to primjer jedne od mogućih kočnica u uvođenju konvergentne platforme.

Ericsson je jedan od tehnoloških predvodnika u rješenjima konvergentnog terećenja i naplate u stvarnom vremenu te posjeduje stvarne reference i iskustvo u uvođenju ovakvih sustava kao primarni integrator. Ericsson može preuzeti odgovornost za dizajn, razvoj, integraciju, testiranje i puštanje u rad cijelokupnog rješenja te pružiti podršku operatoru kroz savjetodavni pristup, u definiranju funkcionalnih i tehničkih zahtjeva i prilagođavanju poslovnih procesa.

6 Zaključak

Konvergentno terećenje i naplata postaje razvojni trend za telekomunikacijsku industriju. Operatori koji kreću u tom smjeru trebaju pristupiti uvođenju konvergencije imajući na umu postojeće sustave i procese terećenja i naplate. Preporučena je postupna migracija te podjela projekta na međufaze, kako bi svaka faza osiguravala maksimalni ROI za operatora te kompatibilnost s postojećim funkcionalnostima.

Sustav konvergentnog terećenja i naplate potrebno je implementirati kao specifičan projekt sistemske integracije koji se temelji na konzultativnom pristupu. Time se osigurava da konačno rješenje ispuni sve zahtjeve operatora i osigura uspješnu prilagodbu poslovnih procesa.

Ericssonovim rješenjem konvergentnog terećenja i naplate podržano je jedinstveno rješenje za proizvode, administraciju korisnika, tarifiranje i naplatu neovisno o načinu plaćanja. Konvergentni sustavi predviđaju horizontalnu arhitekturu gdje funkcionalnosti svakog sloja omogućuju zajedničko upravljanje terećenjem i naplatom za sve preplatnike i usluge.

Rješenjem je predviđeno pet slojeva prema funkcijama koje obavljaju te jasna definicija sučelja i raspodjele funkcionalnosti među slojevima.

Tri su osnovna područja u kojima se reflektiraju prednosti konvergentnog terećenja i naplate:

- » Poboljšanje marketinških mogućnosti, kroz jednostavniju segmentaciju preplatnika i mogućnost kreiranje ciljane ponude za svaki segment. Komunikacija s krajnjim korisnikom postaje individualizirana i dio isporuke usluge te preplatnik osjeća da kontrolira vlastite troškove, čime se stimulira dodatno korištenje usluga.
- » Poboljšanje troškovne učinkovitosti, kroz uvođenje jednog konvergentnog sustava naplate za sve usluge, te na taj način smanjenje operativnih i kapitalnih troškova
- » Osiguranje prihoda uvođenjem kontrole sesije/dogadaja i tarifiranja u stvarnom vremenu. Na taj način operator smanjuje kreditni rizik i osigurava profitabilno poslovanje u novom telekomunikacijskom svijetu s puno raznih usluga, partnera i preplatničkih segmenata.

Popis kratica

AIR - Account Information and Refill server
API - Application Programming Interface
AR - Account Receivables
BC – Bill Cycle
BIR - Balance Information Record
CAI - Customer Application Interface
CCN - Charging Control Node
CDR - Charging Data Record / Call Detail Record
CRM - Customer Relationship Management
CS – Charging System
CC – Customer Care
EMA – Ericsson Multi Activation
GPRS - General Packet Radio Services
IN – Intelligent Network
IVR - Interactive Voice Response
MM - Multi Mediation
MMS - Multimedia Messaging Service
NGOSS - New Generation Operating and Support Systems
PIN - Personal Identification Number
SDP - Service Data Point
SIM - Subscriber Identity Module
SMS - Short Message Service
TMF - Telecom Management Forum
UDR - Usage Data Record
USSD - Unstructured Supplementary Service Data
VS - Voucher Server
XML - eXtensible Markup Language

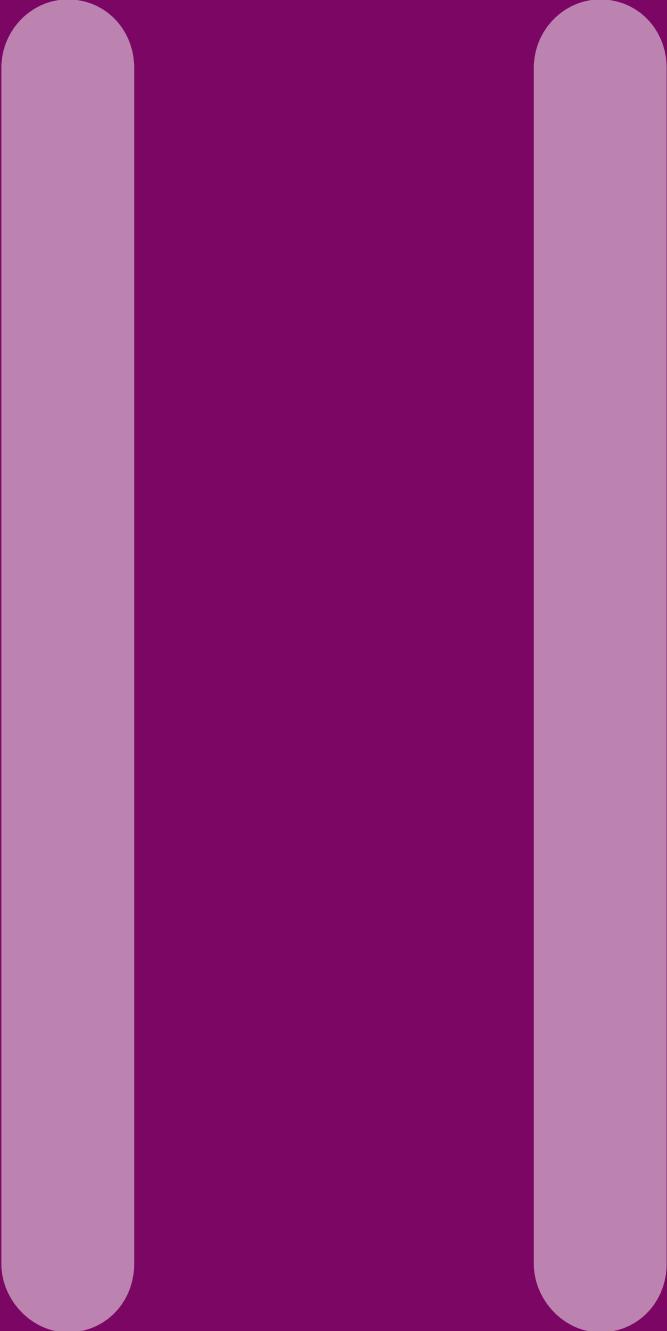
Literatura

Interna Ericssonova dokumentacija

Adresa autora:

Mirna Kontak
e-mail: [mirna.kontak @ericsson.com](mailto:mirna.kontak@ericsson.com)
Ericsson Nikola Tesla d.d.
Krapinska 45
p.p. 93
HR-10002 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo je primilo rukopis 14. listopada 2010.



Željko Popović

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

SLJEDEĆA GENERACIJA PASIVNIH OPTIČKIH MREŽA

NEXT GENERATION OF PASSIVE OPTICAL NETWORKS

Sažetak

Gigabitna pasivna optička mreža (GPON – eng. Gigabit Passive Optical Network) je trenutačno na tržištu jedna od najbrže rastućih pristupnih tehnologija. Ovaj rad opisuje aktualno stanje i buduće mogućnosti GPON-a. Evolucija i standardizacija GPON-a nudi mnoge nove mogućnosti koje će podržati buduće širokopojasne pristupne mreže i usluge. Migracija će biti omogućena planiranjem valnih duljina dopuštajući koegzistenciju više GPON-a ili koegzistenciju postojećeg GPON sustava i 10G GPON sustava u istoj optičkoj distribucijskoj mreži. Većina se slaže da će u bližoj budućnosti pristupne mreže temeljene na multipleksiranju s valnom podjelom (WDM – eng. Wavelength-division multiplexing) omogućiti nove generacije optičkih širokopojasnih pristupa. Ericsson razvija sljedeću generaciju tehnologija pasivnih optičkih mreža (PON – eng. Passive Optical Network), uključujući 10G GPON i WDM-PON.

Abstract

Gigabit Passive Optical Network (GPON) is currently one of the fastest access technologies to attract market interest. This paper describes the current status and future possibilities with GPON. The GPON evolution and standardization offers many new capabilities that will support broadband access networks and services for the future. Migration will be enabled by wavelength planning allowing for co-existence of multiple GPON's and/or 10G GPONs in the same optical distribution network. In the near future, it is in general agreed that WDM based access networks will be enabling the next-generation optical broadband access. Ericsson is developing next generation PON technologies, including 10G GPON and WDM-PON.

KLJUČNE RIJEČI:	KEY WORDS:
Gigabitne pasivne optičke mreže (GPON)	Gigabit Passive Optical Network (GPON)
Multipleksiranje s valnom podjelom (WDM)	Wavelength-division multiplexing (WDM)
Sljedeća generacija PON-a (NG-PON)	Next generation PON (NG-PON)

1 Uvod

Procjenjuje se da su današnje potrebe privatnih korisnika za komunikacijom podacima 100 Mbit/s u dolaznom smjeru (eng. downstream) te 30 Mbit/s u dolaznom smjeru (eng. upstream). Ti zahtjevi uglavnom proizilaze iz triple play usluga koje objedinjavaju prijenos govora, podataka i videa.

Nove usluge kao što su video na zahtjev (VoD – eng. Video on Demand), interaktivna IPTV, HDTV (eng. High Definition Television), 3D TV, videokonferencija više sudionika, telemedicina i ostale aplikacije koje zahtijevaju značajniji kapacitet, zasigurno će biti glavni pokretač razvoju sljedeće generacije pristupnih mreža koje će moći zadovoljiti sve veće zahtjeve u pogledu brzine prijenosa. Sasvim su realne procjene da će u skoroj budućnosti zahtijevana brzina po kućanstvu biti 1 Gbit/s.

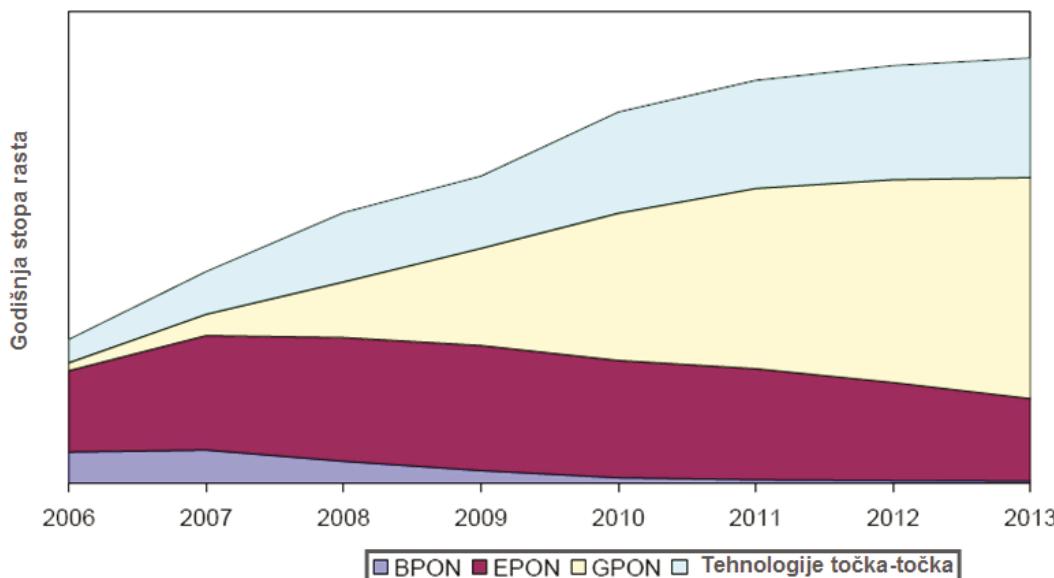
Nadalje, sve su veći zahtjevi i na simetričnost (dolazni i odlazni smjer prijenosa).

Prevladavajuća, danas implementirana rješenja širokopojasnih pristupnih mreža su mreže temeljene na digitalnoj pretplatničkoj liniji (DSL – eng. Digital Subscriber Line) i kabelskoj TV (CATV). Međutim, obje ove tehnologije imaju ograničenja jer su temeljene na infrastrukturi koja je primarno namijenjena prijenosu govora i analognog TV signala.

S obzirom na ograničenja postojećih bakrenih parica, nemoguće je svim paricama u nekom kabelu pridijeliti neku DSL tehnologiju, jer bi u takvom scenariju međusobni štetni utjecaji (tzv. preslušavanja) između parica u kabelu bili preveliki i dodatno bi ograničili domet i kvalitetu prijenosa. Nadalje, zbog zasićenosti, svi korisnici nemaju istu kvalitetu usluge širokopojasnog pristupa internetu i IP televizije te pojedine bakrene parice čak ni ne podržavaju navedene usluge.

U narednom je razdoblju za očekivati da će operatori ulagati u optičku pristupnu infrastrukturu, a sve s ciljem zadovoljenja potreba korisnika, odnosno kako bi bili u mogućnosti ponuditi široki opseg usluga kao što su prijenos višekanalskog HDTV-a, videa na zahtjev i videokonferencija te usluga prijenosa govora putem internetskog protokola (VoIP).

Predviđanja su da će u sljedećih par godina u svijetu značajno porasti broj pasivnih optičkih mreža (PON) uz dominaciju sustava GPON (Gigabit Passive Optical Network) kao optičke pristupne tehnologije. Ostale tehnologije kao što su BPON (Broadband PON) i EPON (Ethernet PON) bit će u narednim godinama prisutne na tržištu ali uz znatno manji porast (Slika 1.).



Slika 1: Predviđanja porasta različitih optičkih pristupnih tehnologija

Prihvaćenost GPON tehnologije uzrokovana je sljedećim razlozima:

- » GPON podržava najveće brzine prijenosa te široki raspon aplikacija i usluga, a naročito je pogodan za video i TV usluge.
- » GPON se može primijeniti u različitim mrežnim arhitekturama: u kombinaciji s VDSL2 (eng. Very high speed Digital Subscriber Line 2) u arhitekturi FTTC (eng. Fiber to the Curb) ili u arhitekturi FTTH (eng. Fiber to the Home) za rezidencijalni pristup.

Međutim, i postojeće optičke pristupne mreže imaju ograničenja u pogledu garantiranog propusnog pojasa i kvalitete usluge pa u doglednoj budućnosti neće moći zadovoljiti rastuće zahtjeve na kapacitet koji je potreban za nadolazeće usluge. Stoga je važno definirati jednostavan i efikasan evolucijski put od postojećih PON sustava ka sljedećoj generaciji PON sustava, bez značajnijih promjena u instaliranoj optičkoj infrastrukturi.

U Ericssonovom rješenju GPON je integralni dio Full Service Broadband arhitekture, koja je dizajnirana da bi se zadovoljile potrebe fiksno-mobilne konvergencije i sljedeće generacije mreža za rezidencijalne i poslovne segmente.

Evolucija i standardizacija GPON-a nudi nove mogućnosti za buduće širokopojasne pristupne mreže i usluge. Sljedeći korak u evoluciji GPON-a je povećanje brzine prijenosa sa sadašnjih 2.5 Gbit/s na 10 Gbit/s u dolaznom smjeru te s 1.2 Gbit/s na 2.5 Gbit/s u odlaznom smjeru. Migracija je omogućena planiranjem valnih duljina koje dozvoljavaju koegzistenciju više GPON sustava ili koegzistenciju postojećeg GPON sustava i 10G GPON sustava u istoj optičkoj distribucijskoj mreži (ODN – eng. Optical Distribution Network).

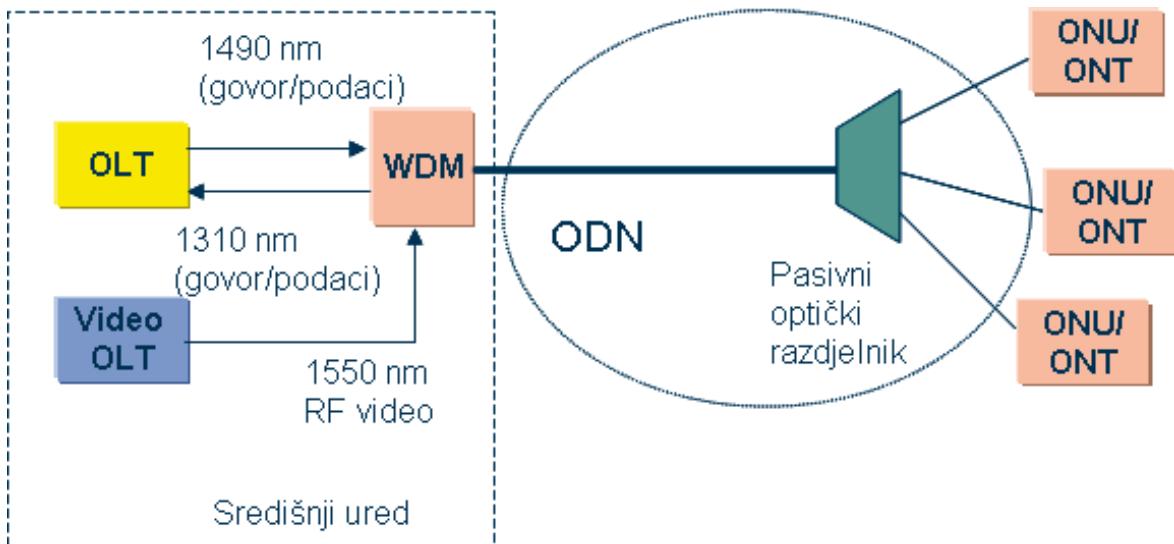
Mnogi operatori i proizvođači opreme smatraju da je dugoročno najpogodnija tehnologija za pasivne optičke mreže WDM-PON (eng. Wavelength Division Multiplexing - Passive Optical Network), gdje topologija PON-a podržava logičke veze od točke do točke (P2P – eng. Point-to-Point). WDM-PON ima velike prednosti u pogledu brzine prijenosa, fleksibilnosti i sigurnosti, međutim, zbog visoke cijene u odnosu na GPON, danas je na tržištu mali broj instalacija. Prisutna su intenzivna istraživanja i razvoj optičkih komponenata što će u doglednoj budućnosti značajno smanjiti troškove i cijenu WDM-PON sustava.

Sve više operatora danas razmatra konsolidaciju središnjih ureda (CO – eng. Central Office), odnosno smanjenje broja središnjih ureda u pristupnoj mreži. Na taj način bi se znatno smanjili operativni troškovi (OPEX) i pojednostavila pristupna mreža. Prisutne su mnoge razvojne aktivnosti za proširenje dometa u postojećim GPON mrežama.

2 Svojstva PON mreža

Općenita karakteristika pasivnih optičkih mreža je nepostojanje aktivnih komponenti u distribucijskoj mreži. Optičko linijsko zaključenje (OLT – eng. Optical Line Termination) je aktivna komponenta smještena u središnjem uredu CO, dok se na strani korisnika nalaze optičke mrežne jedinice (ONU – eng. Optical Network Unit) ili optički mrežni terminali (ONT – eng. Optical Network Terminal).

Osnovna prednost korištenja pasivnih optičkih mreža pred optičkim poveznicama od točke do točke leži u uštedama pri izgradnji kabelske infrastrukture, jer uporaba PON-a smanjuje potrebnu količinu optičkih vlakana. Snaga signala koji se šalju prema krajnjim korisnicima dijeli se u omjeru 1:N, pri čemu je N broj krajnjih korisnika vezanih na pasivni optički razdjelnik (eng. passive optical splitter). Optički razdjelnici se mogu smjestiti u blizini OLT-a ili bliže krajnjim korisnicima, ovisno o raspoloživosti optičke infrastrukture ili o operatorskoj strategiji implementacije PON-a. Općenito, pasivne optičke mreže se temelje na tri mrežne topologije: FTTH (eng. Fiber To The Home), FTTB (eng. Fiber To The Building) i FTTC (eng. Fiber To The Curb). Generička arhitektura PON sustava prikazana je na slici 2.



Slika 2: Generička arhitektura PON-a.

Kod pasivnih optičkih mreža utemeljenih na vremenskom multipleksiranju (TDM-PON) podaci se u smjeru prema krajnjem korisniku prenose načelom razašiljanja (broadcast), dok se u smjeru od korisnika prema mreži podaci prenose višestrukim pristupom TDMA (Time Division Multiple Access), tj. ukupni raspoloživi pojas poveznice koja povezuje OLT s ONU-om dijeli se između krajnjih korisnika. O broju krajnjih korisnika ovisi kolika će im prijenosna brzina biti na raspolaganju (nije definirana gornja granica na krajnji broj korisnika). Međutim, praktično ograničenje na krajnji broj korisnika predstavlja maksimalno pristupno kašnjenje (eng. access delay). Sukladno tome broj krajnjih korisnika po jednom razdjelniku obično ne prelazi 64.

Kod odlaznog smjera sve jedinice ONU/ONT međusobno su sinkronizirane. Taj se proces naziva rangiranje (eng. ranging). Jedinica OLT određuje vremenski odsječak u kojem će njoj pridružena jedinica ONU/ONT slati svoje informacije. Rangiranje se obavlja za vrijeme aktivacije optičkih jedinica ONU/ONT, a može se obavljati i za vrijeme rada.

Jedno od velikih prednosti PON-a je činjenica da može podržati razne brzine prijenosa i razne usluge bez promjena optičkih komponenti između središnjeg ureda CO i preplatničkih krajnjih uređaja. Ovo predstavlja jednostavno rješenje za optičku distribucijsku mrežu (ODN – eng. Optical Distribution Network). Nadalje, nema zahtjeva za napajanje, kontrolu temperature i održavanje kabinetra, što znatno smanjuje operativne troškove (OPEX).

Sva tri PON standarda su slična. Svi koriste jednostavni valni multipleks za rad u potpunom dupleksu (istovremeni promet u dolaznom i odlaznom smjeru) preko jednog optičkog vlakna, gdje se za dolazni smjer koristi valna duljina od 1490 nm, a za odlazni smjer valna duljina od 1310 nm. Za razašiljanje (eng. broadcast) TV signala rezervirana je dodatna valna duljina od 1550 nm.

Ovisno o mehanizmu korištenom za prijenos podataka optičkim vlaknima, definirano je nekoliko vrsta sustava TDM-PON, a to su BPON, GPON i EPON. Iako sva tri sustava rade na istim principima, postoji nekoliko razlika (tablica 1).

	EPON	BPON	GPON
Standard	IEEE 802.3ah	ITU-T G.983	ITU-T G.984
Protokol	Ethernet	ATM	Ethernet, TDM
Brzine (Mbit/s)	100, silazno i uzlazno	622 silazno, 155 uzlazno	2488 silazno, 1244 uzlazno
Razmak (km)	10	20	20
Odnos dijeljenja	16 ili 32	32	32 ili 64

Tablica 1: Usporedba PON sustava

Dva glavna tijela za standardizaciju pasivnih optičkih mreža su IEEE (Institute of Electrical & Electronics Engineers) i ITU-T. IEEE je odgovoran za standardizaciju EPON-a, a ITU-T (International Telecommunication Union - The Telecommunication Standardization Sector) je odgovoran za standardizaciju GPON-a. Iako je ITU službeno standardizacijsko tijelo odgovorno za standardizaciju BPON-a i GPON-a, većina aktivnosti na standardizaciji se odvija unutar grupe FSAN (Full Service Access Network). FSAN je grupa telekomunikacijskih operatera i proizvođače opreme koji su aktivno angažirani u definiranju zahtjeva i pripremi standarda za GPON, a koje ITU prihvata i ratificira.

Jedan od razloga veće prihvaćenosti GPON tehnologije na tržištu u odnosu na EPON je upravo u tome što GPON standardi odražavaju potrebe operatora.

2.1 Arhitektura GPON-a

Gigabitna pasivna optička mreža GPON (Gigabit Passive Optical Network) je evolucija BPON standarda, a standardizirana je serijom preporuka ITU-T G.984.x.

GPON podržava veće brzine prijenosa, povećanu sigurnost i veću efikasnost kod prijenosa različitih usluga.

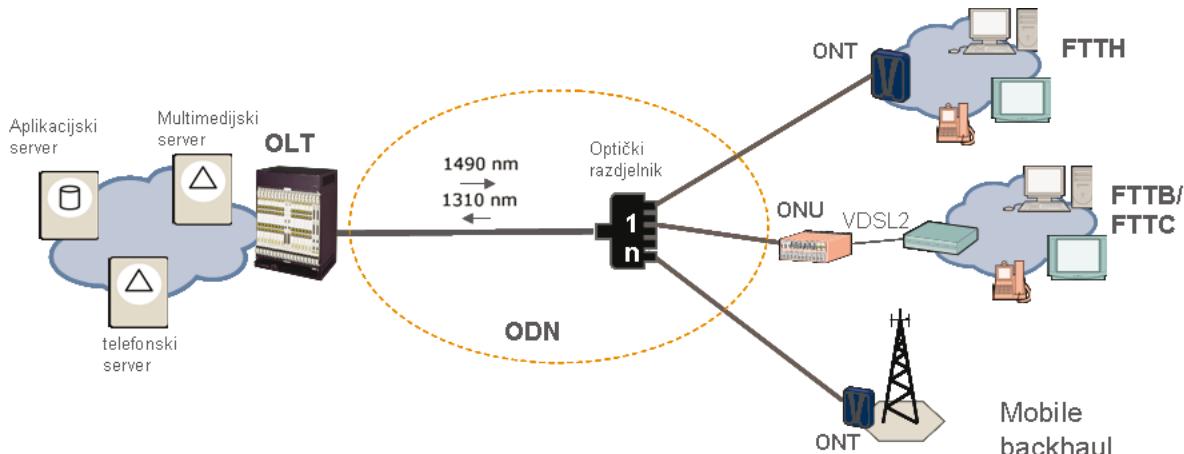
Iako standardi G.984.x dozvoljavaju izbor različitih brzina, uobičajeno brzina u dolaznom smjeru je 2.488 Gbit/s, a u odlaznom smjeru 1.244 Gbit/s.

ITU-T standard	Datum donošenja	Opis
G.984.1	03-2003 03-2008	Osnovna svojstva GPON mreža
G.984.2	03-2003	Specifikacije fizičkog sloja
G.984.3	03-2004 03-2008	Specifikacije prijenosnog sloja
G.984.4	06-2004 02-2008	Specifikacije sučelja za upravljanje i kontrolu ONT-ova
G.984.5	09-2007	Napredni pojas valnih duljina
G.984.6	03-2008	Produljenje dometa

Tablica 2: GPON standardizacija

Sustav GPON se sastoji od optičkog linijskog zaključenja OLT koje je obično smješteno u središnjem uredu CO, i većeg broja optičkih mrežnih terminala ONT koji se smještaju kod korisnika. Moguće je koristiti i optičku mrežnu jedinicu ONU u slučajevima kombiniranja s ostalim pristupnim tehnologijama (VDSL2, radio, kategorija kabela 5 i 6). Ove komponente GPON sustava su aktivne jer zahtijevaju električno napajanje. Optička distribucijska mreža ODN sadrži optička vlakna i optičke djelitele, a ove komponente su potpuno pasivne te ne zahtijevaju električno napajanje. Ovo znatno smanjuje kapitalne troškove (CAPEX) kao i operativne troškove (OPEX).

Na slici 3. prikazan je tipičan GPON sustav i korištenje različitih arhitektura (FTTH, FTTC, FTTB i Mobile Backhaul).



Slika 3. Arhitektura GPON sustava

Središnji terminal (OLT) s pasivnim optičkim razdjelnikom povezuje jedno optičko vlakno. Optički razdjelnik je uređaj koji ima jedan ulaz te 2^n (tipično 32) izlaza. Optička snaga signala na ulazu u razdjelnik raspodjeljuje se jednakom među izlazima razdjelnika pri čemu je optička snaga na svakom izlazu u odnosu na ulaz reducirana za faktor $n \times 3.5 \text{ dB}$ ($10 \log 2^n = n \times 10 \log 2$; 0.5 dB dodano je kako bi se uključili gubici u razdjelniku). Od optičkog razdjelnika do svakog korisnika dolazi po jedna optička nit. Prijenos podataka putem optičke niti od središnjeg uređa do pojedinog korisnika može se ostvariti na udaljenostima do 20 km.

Optička distribucijska mreža ODN je sastavljena od optičkih vlakana i pasivnih optičkih razdjelnika. Pasivna optička mreža omogućuje dijeljenje jedne svjetlovodne niti između više korisnika, s tim da se u takvoj mreži nalaze isključivo pasivni elementi. Omogućeno je da signal na optičkom vlaknu bude razdijeljen na više optičkih vlakana, kao i obrnuti slučaj, da se više optičkih signala kombinira u jedno optičko vlakno. Ako se za dvostruku komunikaciju koristi jedno optičko vlakno, dolazni i odlazni signali se razlikuju u valnim duljinama.

Preporuke G.983.3 i G.984.2 klasificiraju optičke distribucijske mreže u klase A do C, ovisno o iznosu gubitaka, odnosno optičkom prigušenju. Preporuke specificiraju parametre za optičko sučelje za svaku klasu. Maksimalni gubici za klase A, B i C su definirani kao 20, 25 i 30 dB.

Donedavno je klasa B+ imala najveće gubitke od 28 dB. U sustavu BPON specificirana je maksimalna udaljenost prijenosa od 20 km za broj dijeljenja 16 ili 32. Za sustav GPON udaljenost prijenosa je 20 km, a opcionalno 10 km, a broj dijeljenja je 16, 32 i 64. Ako odnos između broja dijeljenja i klase ODN-a nije izričito specificiran, klase A i B otprikljike odgovaraju broju dijeljenja od 16, dok klase B+ i C odgovaraju broju dijeljenja od 32 i više.

U sustavu GPON, danas je raspoloživa klasa C+ za ODN, koja osigurava omjer dijeljenja 1:64 na udaljenostima od 20 km.

U optičkoj distribucijskoj mreži postoje više izvora prigušenja. U sustavu GPON najveći izvori gubitaka su u pasivnom optičkom razdjelniku. U idealnom razdjelniku gubitak snage je 3 dB za svako dijeljenje, što u najčešćem slučaju, kod korištenja razdjelnika s omjerom dijeljenja 1:32, rezultira ukupno unesenim gubicima razdjelnika od 17,5 dB. U taj su iznos uračunati i gubici zbog starenja komponenti razdjelnika te gubici zbog promjene temperature.

Ostali izvori gubitaka u ODN-u su konektori, spojevi (eng. splices), gubici u optičkom vlaknu i gubici u WDM sprežniku. Gubici u ODN-u uglavnom ovise o udaljenosti (tj. o duljini optičkog vlakna) i broju dijeljenja na optičkom razdjelniku. Tipične vrijednosti gubitaka snage u ODN-u prikazane su u Tablici 3.

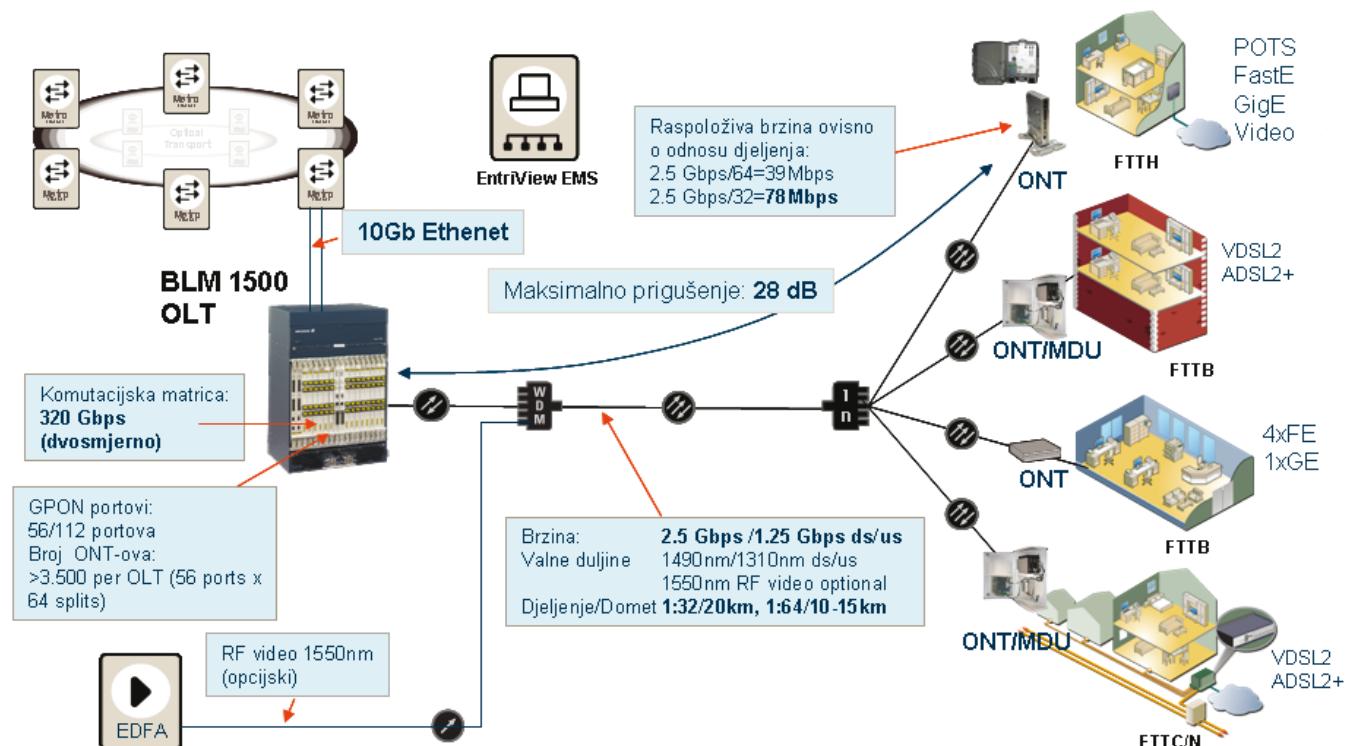
KOMPONENTA ODN-a	PRIGUŠENJE (dB)
Optički razdjelnik	17,5
Konektori, spojevi	1,5
Sprežnik	1,0
Optičko vlakno (SMF) 1310 nm 1490 nm 1550 nm	0,35/km 0,22/km 0,19/km

Tablica 3. Tipične vrijednosti gubitaka snage u ODN-u

Podaci se odnose za jednomodno optičko vlakno SMF (Single Mode Fiber) koje se u praksi najčešće koristi. Gubici ovise o valnoj duljini signala, tako da su ukupni gubici manji u dolaznom smjeru.

2.1.1 Ericssonovo rješenje GPON-a

Ericssonovo rješenje za GPON, sustav EDA 1500, dio je FSB (Full Service Broadband) arhitekture (slika 4), dizajnirane da bi se zadovoljile potrebe fiksno-mobilne konvergencije i sljedeće generacije mreža za rezidencijalne i poslovne segmente [2].



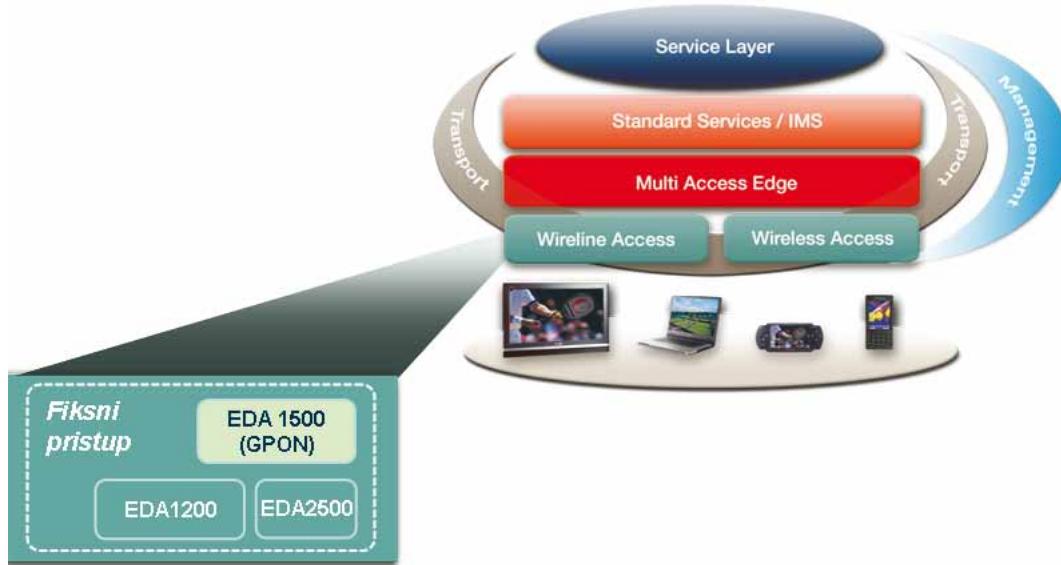
Slika 4. Full Service Broadband arhitektura

Rješenje EDA 1500 je u potpunosti uskladeno i temeljeno na specifikacijama standarda ITU-T G.984.x.

EDA 1500 osigurava skalabilno rješenje pristupne optičke mreže i omogućava jednostavnu evoluciju ka sljedećoj generaciji pasivnih optičkih pristupnih mreža.

Sustav se sastoji od optičke linijske jedinice BML 1500 i raznih tipova optičkih mrežnih terminala ONT/ONU [15]. Osnovne karakteristike EDA 1500 prikazane su na Slici 5.

Rješenje EDA 1500 se može primjeniti za sve scenarije: FTTH, FTTC, FTTB i aplikacije za poslovne korisnike. FTTC/FTTB se može unaprijediti s VDSL2 i Cat 5-6.



Slika 5. GPON rješenje EDA 1500

3 Sljedeća generacija PON-a

Gigabitne pasivne optičke mreže poput G-PON (ITU-T G.984 serija) i EPON (IEEE 802.3ah) su standardizirane i već se implementiraju. Najopćenitiji zahtjev za nove generacije PON (NG-PON) jest osiguranje znatno većih kapaciteta od G-PON i E-PON. S obzirom da su sustavi G-PON i E-PON već implementirani i u radu, a NG-PON još nije raspoloživ te s obzirom na velika potrebna ulaganja za implementaciju pasivne optičke mreže, drugi važan zahtjev se odnosi na potpunu migraciju korisnika s GPON na NG-PON. Nove tehnologije trebale bi podržati postojeće usluge kupcima te, još važnije nove tehnologije trebaju biti jeftine.

Postoji više migracijskih scenarija ovisno o različitim potrebama operatora. Najvjerojatniji scenarij je postupno uvođenje NG-PON-a u kojem mrežni operatori u početku mogu ponuditi novu uslugu koristeći NG-PON. Dio korisnika u sustavu GPON koji su zainteresirani za veće brzine prijenosa i napredne usluge mogu se migrirati na NG-PON, dok ostali korisnici koji su zadovoljni s postojećim uslugama ostaju na postojećim GPON sustavu. Iako neki mrežni operateri mogu raditi "prisilne migracije" iz GPON na NG-PON, vjerojatno će u posljednjoj fazi, kada broj preplatnika GPON-a postane mali, oba sustava, GPON i NG-PON, i u ovom scenariju koegzistirati relativno dugo vremena.

Opći zahtjevi za ovaj scenarij su:

- » koegzistencija između GPON i NG-PON sustava u istoj optičkoj distribucijskoj mreži,
- » minimalan prekid usluga korisnicima u slučaju nadogradnje sustava na NGPON,
- » NG PON mora podržavati sve postojeće usluge u slučaju potpune migracije.

NG-PON će ponuditi veće prosječne brzine po preplatniku u odnosu na GPON.

Sasvim drugačiji scenarij može biti u kojem je operator motiviran proširenjem broja korisnika (veći omjer dijeljenja) i smanjenjem operativnih troškova pristupne mreže što postiže uvođenjem sustava NG-PON. Operator može instalirati NG-PON sustav kao potpuno novu mrežu ili kao zamjenu postojeće GPON mreže. U ovom slučaju, koegzistencija sa postojećim GPON-om možda neće biti zahtijevana, jer zamjena može biti sustavno obavljena u relativno kratkom vremenu.

4 Evolucija GPON-a

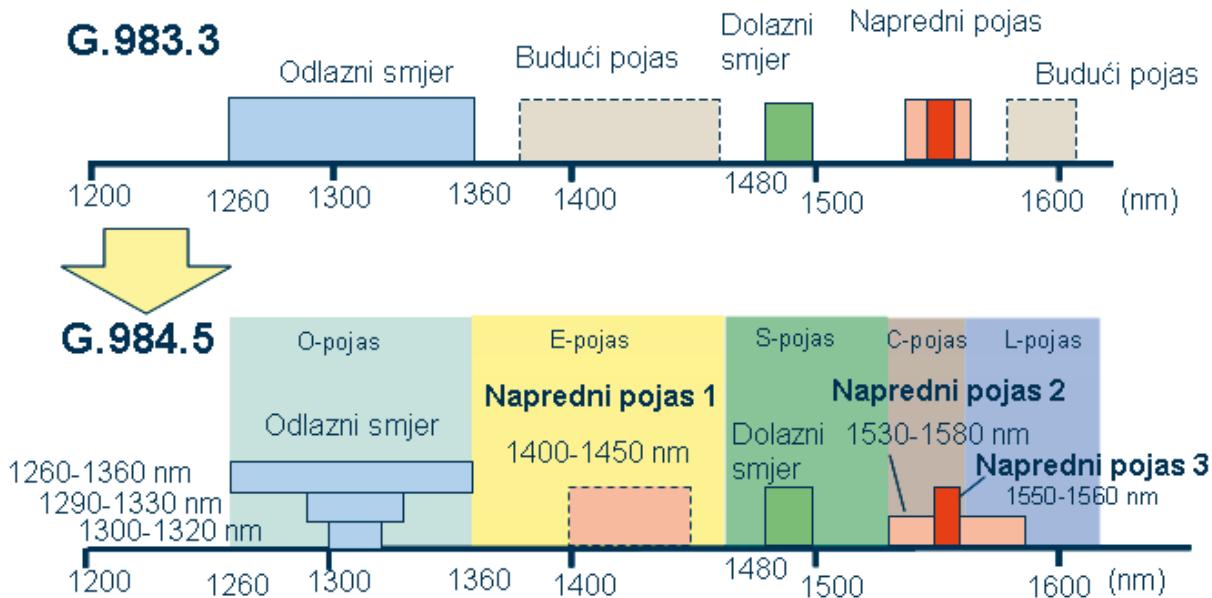
Standardizacijska tijela IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) i ITU su trenutačno aktivno uključena u razvoj sljedeće generacije PON-a. IEEE standardizacija za NGPON se razvija unutar grupe 802.3, a posebno unutar 802.3av. IEEE NGPON aktivnosti su usmjerene na 10G PON kao sljedeću evolucijsku izvedenicu iz postojeće 1G PON. Standard 802.3av je kompletiran i ratificiran u rujnu 2009.godine, a komercijalna rješenja bi se mogla pojaviti na tržištu već 2010. godine.

Unutar FSAN, postoje dvije razvojne faze na NGPON. Prvi razvojni staza (NG-PON1) sadrži razvoj NGPON-a koji mogu koegzistirati s trenutačnim GPON sustavom. Ovaj model prepostavlja da operatori nemaju svjetlovodnu infrastrukturu potrebnu za podršku kompletne prekrivajuće mreže. Druga, dugoročna razvojna faza (NG-PON2) istražuje mogućnosti poput DWDM-PON i brzine do 40 Gbits/s. Ovaj model prepostavlja da će se implementirati potpuno nova distribucijska mreža ODN.

	IEEE 802.3av 10G EPON	ITU-T/FSAN 10G GPON
Brzina u dolaznom smjeru	10 G	10G
Brzina u odlaznom smjeru	1G ili 10G	2.5 G (XGPON1) ili 10G (XGPON2)
Silazna valna duljina	1575-1580 nm	1575-1580 nm
Uzlazna valna duljina	1G: 1260-1360 nm (ista kao EPON) 10G: 1260-1280 nm	2.5G: 1260-1280 nm 10G: u razmatranju

Tablica 4: Usporedba 10G EPON i 10G GPON

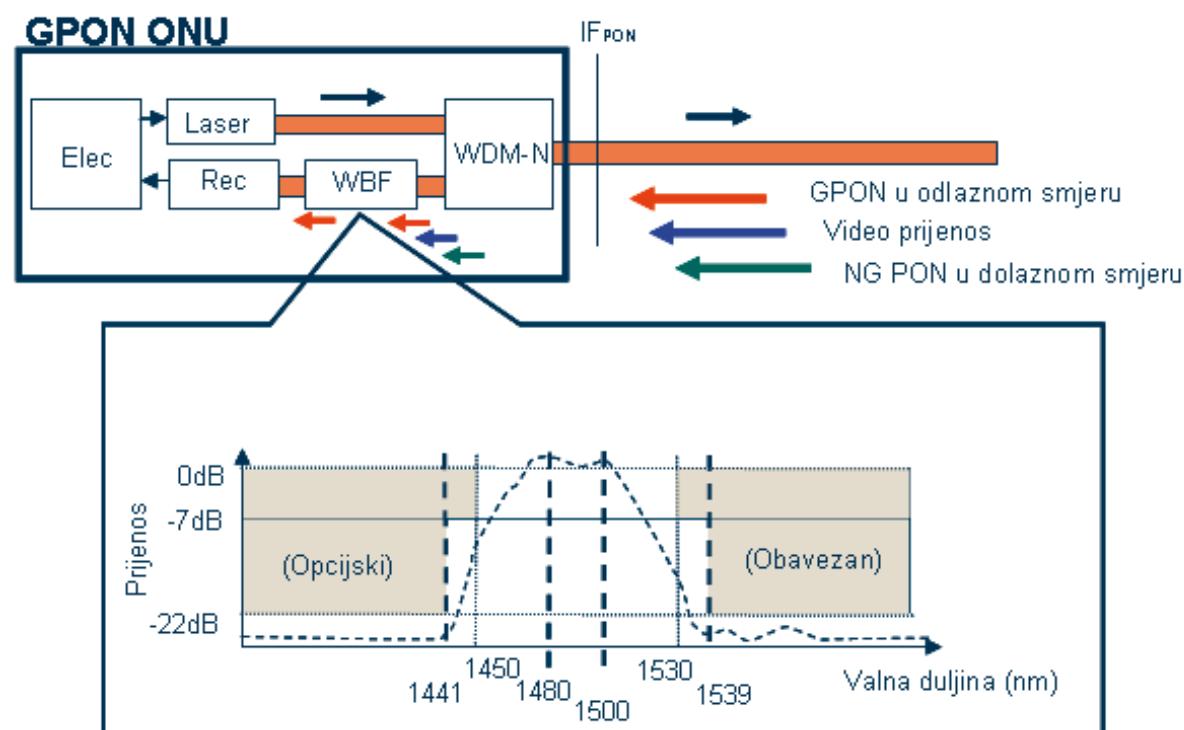
Područje valnih duljina u GPON sustavu specificirano je u preporuci G.984.2 Za dolazni signal specificirane su valne duljine od 1480 nm do 1500 nm a za odlazni signal 1260 nm do 1360 nm. Preporuka G.984.5 definira rezervirani pojedinačne valne duljine te specificira odstupanje za interferencije signala za optičke mrežne jedinice (ONU) kako bi se omogućila koegzistencija GPON-a i dodatne usluge, uključujući sljedeću generaciju pristupa i video usluge. Plan dodjeljivanja valnih duljina, uključujući pojaseve rezervirane za dodatne usluge, prikazan je na slici 6.



Slika 6. Raspodjela valnih duljina prema ITU-T G.984.5

Raspon valne duljine u GPON-u za dolazni signal je naveden kao „temeljni pojas“. Rezervirani opsezi su navedeni kao „napredni pojasi“. Aplikacije za napredni pojase uključuju video usluge i usluge sljedeće generacije pristupa. Raspon valne duljine za video usluge ostaje isti kako je definirano u preporuci G.983.3.

Postoji nekoliko tipova ODN arhitekture koje omogućavaju koegzistenciju G-PON sustava i dodatnih usluga uključujući sljedeću generaciju pristupa (NGA – eng. Next Generation Access) kao i usluge video distribucije. Na slici 7. prikazana je referentna arhitektura jedinice ONU gdje je pretpostavljeno korištenje filtera za blokiranje valnih duljina (WBF) u slučaju kada G-PON i NGA koriste istu optičku distribucijsku mrežu.



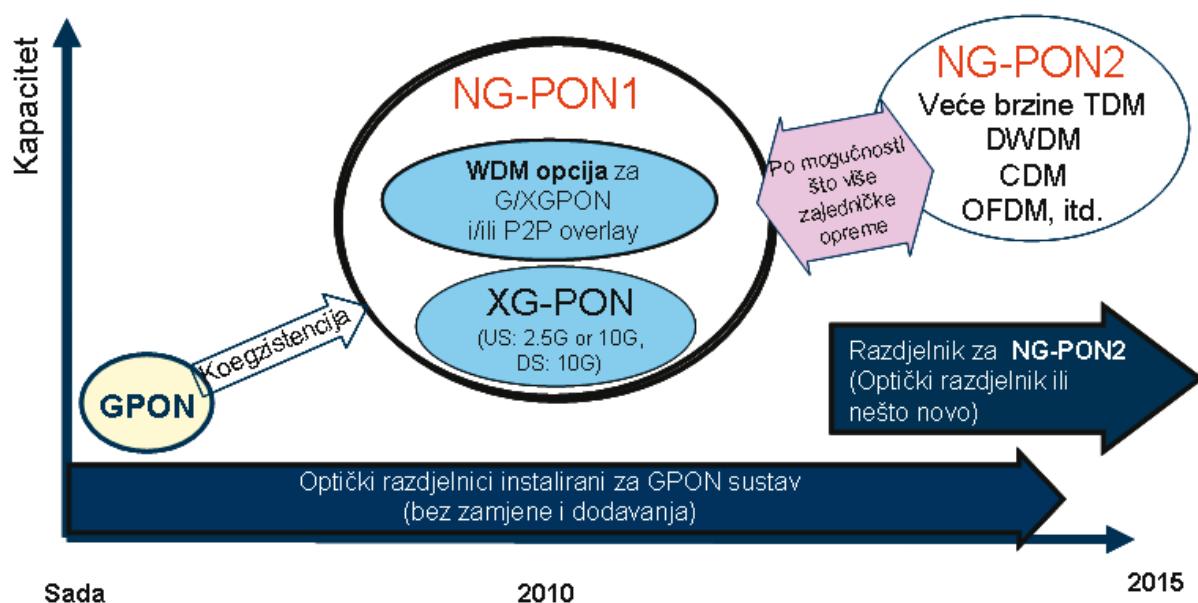
Slika 7: Filter za blokiranje valne duljine u ONU

Razmatrajući mogući scenarij koji dozvoljava koegzistenciju GPON-a, NGA i video usluga, pretpostavljeno je da su potrebni dodatni zaštitni opsezi.

Iako se smatra da će nekoliko sljedećih godina sustav GPON ponuditi dovoljno kapaciteta da bi se zaštitila ulaganja u današnje implementacije GPON sustava i svjetlovodne infrastrukture, već se razvijaju i GPON sustavi sljedeće generacije (NG-PON).. Osnovni zahtjev na NG-PON je veći kapacitet u odnosu na GPON, uz maksimalno korištenje postojećih GPON protokola, komponenti i infrastrukture.

Evolucija GPON-a prikazana je na slici 8, a definira dvije razvojne faze:

- » NG-PON1: NG-PON koegzistira na istoj distribucijskoj mreži ako je implementirana GPON mreža uskladjenja s preporukom G.984.5 (napredni plan valnih duljina). Ova faza definira sljedeće slučajeve:
 - XG-PON1: brzina prijenosa u dolaznom smjeru je 10 Gbit/s, i 2.5 Gbit/s u odlaznom smjeru,
 - XG-PON2: brzina prijenosa od 10 Gbit/s u dolaznom i odlaznom smjeru,
 - WDM opcija preklapanja više GPON sustava i/ili NG-PON na različitim valnim duljinama uz korištenje iste optičke infrastrukture, kao što je definirano u G.984.5,
 - Planovi za korištenje optičkih komponenti viših optičkih klasa od klase B +.
- » NG-PON2: znatno veći kapaciteti, bez zahtjeva za koegzistenciju s postojećim GPON sustavom. Predviđa se kompletiranje standarda oko 2015. godine.



Slika 8: Evolucija GPON-a

FSAN je izradio specifikacije za NG-PON1 krajem 2009. godine, a standardizacija od strane ITU bi trebala biti kompletirana krajem 2010. godine. Oba standardizacijska tijela, ITU i IEEE su usmjerena na povećanje brzine u sljedećoj generaciji PON-a i smatraju da je povećanje brzine na 10 Gbit/s za dolazni smjer prvi sljedeći logičan korak u evoluciji PON-a.

Tehnološki izazovi za povećanje dolazne brzine na 10 Gbit/s su upravljanje disperzijom, osjetljivost prijemnika i problemi koji se odnose na veću predajnu snagu.

Ericsson i ostali proizvođači opreme su u laboratorijskim uvjetima već demonstrirali brzinu od 10 Gbit/s. Ostali su izazovi u komercijalizaciji i smanjenju troškova.

Prva faza NG-PON 1 se odnosi na razvoj standarda koji će omogućiti koegzistenciju XG-PON sustava i postojećeg GPON sustava na istoj distribucijskoj mreži.

Iako su ove tehnologije raspoložive i sada, one su značajno skuplje i zahtijevaju povećanje snage u odnosu na postojeće PON tehnologije. To znači da bi NG-PON oprema temeljena na današnjoj tehnologiji bila veća, manje gustoće i zahtijevala bi puno više snage u odnosu na postojeći PON.

NG-PON2 je dugoročno ciljana pristupna arhitektura, a razvoj i kompletiranje standarda se očekuje poslije 2015. godine.

4.1 10G GPON

Da bi zadovoljio povećan zahtjev za brzinom prijenosa, sadašnji GPON sustavi bit će nadograđeni na sustav za potporu 10Gbps u dolaznom smjeru. Predviđa se da će 10G GPON naći svoje prve primjene u arhitekturama FTTB i FTTC.

U tijeku je razvoj serije preporuka G.987 od strane ITU-T, a kompletiranje preporuka 987.1 – 987.3 se planira do kraja 2010. godine. U početnoj fazi, ove preporuke definiraju samo sustav XG-PON1, jer na tržištu još nema zahtjeva za sustave XG-PON2.

Kao što zahtijeva FSAN, sustav 10G GPON mora raditi zajedno s već postojećim GPON sustavom na istoj mreži ODN.

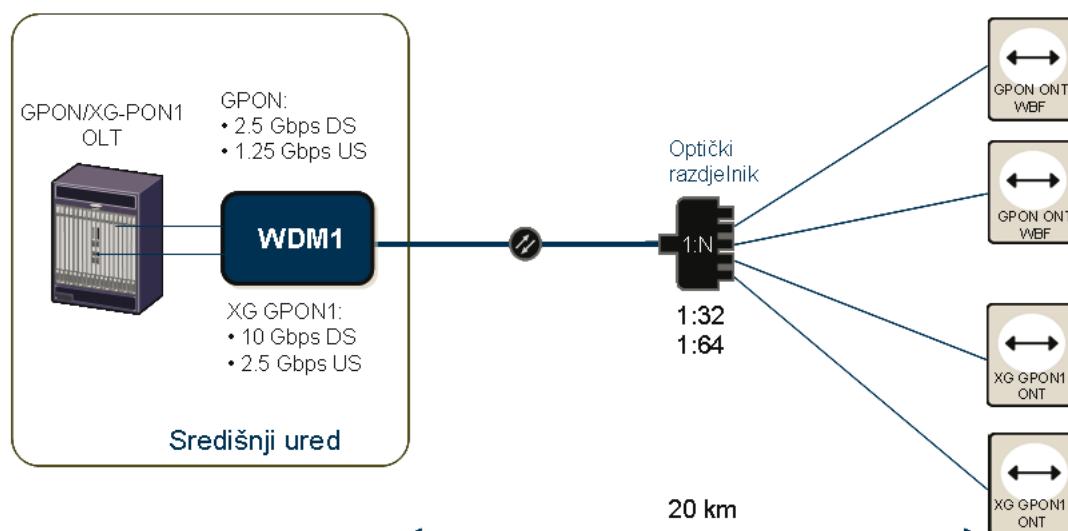
Jednostavan način dodavanja 10 Gbit/s postojećoj instalaciji sustava GPON je dodjela različitih valnih duljina u dolaznom smjeru. Za ovaj scenarij svi postojeći ONT-ovi moraju blokirati novu valnu duljinu. Ovo zahtjeva dodavanje filtera za blokiranje WBF u svaki ONT, a prema preporuci G.984.5. Koegzistencija se postiže stavljanjem 10G GPON sustava na drugoj valnoj duljini u odnosu na GPON sustav.

Raspon valnih duljina za XG-PON1 sustav u dolaznom smjeru je od 1575nm do 1580 nm, a u odlaznom smjeru je od 1260 nm do 1280 nm.

Na strani OLT-a, dva sustava se kombiniraju s WDM1 filtrom. Na strani jedinica ONT koriste se filtri WBF koji blokiraju neželjene valne duljine (slika 9).

Prepreka uvođenju sustava XG-PON1 zajedno s GPON-om u istoj distribucijskoj mreži je nepostojanje filtera za blokiranje u starijim tipovima ONT-ova. To se uglavnom odnosi na ONT-ove u BPON sustavima kao i na starije tipove ONT-ova za GPON. U zadnje vrijeme većina ONT-ova ima integrirane WBF filtere te je nadogradnja postojećeg GPON-a s XG-PON1 vrlo jednostavna. U ostalim slučajevima operator će morati promjeniti ODN ili instalirati WBF filtre na starije ONT-ove.

Jedan od problema kod nadogradnje na XG-PON1 je i prijenos RF video signala. Kako XG-PON1 zahtjeva veću snagu, s obzirom na veće brzine prijenosa, to će dovesti i do većih smetnji na RF video signal.



Slika 9: Koegzistencija GPON i 10G GPON

GPON standard je definirao integrirane tehnike ublažavanja smetnji iz podatkovnog kanala na RF video kanal, ali ove tehnike nisu učinkovite ni dovoljne kod većih snaga koje su zahtijevane u XG-PON1.

Jedno od rješenja je odvajanje signala odnosno fizičko dodavanje još jednog optičkog vlakna od središnjeg ureda do optičkog razdjelnika, gdje se obavlja rekombinacija signala. Ova nadogradnja će zahtijevati promjene u ODN-u (novo optičko vlakno do razdjelnika, nadogradnja na razdjelniku).

Ipak, najbolji način da se izbjegnu smetnje RF video signala je da se distribucija videa obavlja preko IP protokola, naročito u sljedećoj generaciji PON-a gdje je sve manje ograničenja na brzinu prijenosa.

4.2 WDM-PON

Mnogi operatori i proizvođači opreme smatraju da će se sustav NG-PON2 temeljiti na valnom multipleksiranju s gustom podjelom valnih duljina (DWDM – eng. Dense WDM). DWDM je prijenosna tehnologija gdje različite usluge i mreže mogu zajedno postojati na istom optičkom vlaknu pomoću različitih valnih duljina. Glavna razlika između WDM-PON i 10G GPON-a je da WDM-PON ne može koristiti GPON protokol.

Glavna prepreka za masovniju implementaciju WDM-PON-a je visoka cijena, jer je potrebno da predajnici emitiraju na određenoj valnoj duljini. To je osobito kritično za jedinice ONT, jer taj trošak izravno utječe na svaku korisničku liniju. Na strani središnjeg ureda, cijena može biti smanjena optičkom integracijom. Na strani korisnika potrebno je rješenje s malim brojem jedinstvenih tipova ONT-ova da bi se smanjili troškovi inventara i instalacija. Ovaj tip ONT-a se često naziva „colorless“ i do sada je predloženo nekoliko arhitektura koje su bile istraživane tijekom proteklih godina.

Rješenje s podesivim laserom (eng. tunable laser) pokazuje se kao najprirodnije: valna duljina u ONT-u može jednostavno biti konfigurirana kada se uključuje u mrežu, a nudi visok stupanj fleksibilnosti i performansi (domet, brzina i slično). Predložene su i ostale manje ili više egzotične WDM-PON tehnike, ali je često utvrđeno da te tehnologije imaju ograničenja u pogledu karakteristika (domet, kapacitet i sl.) ili cijene.

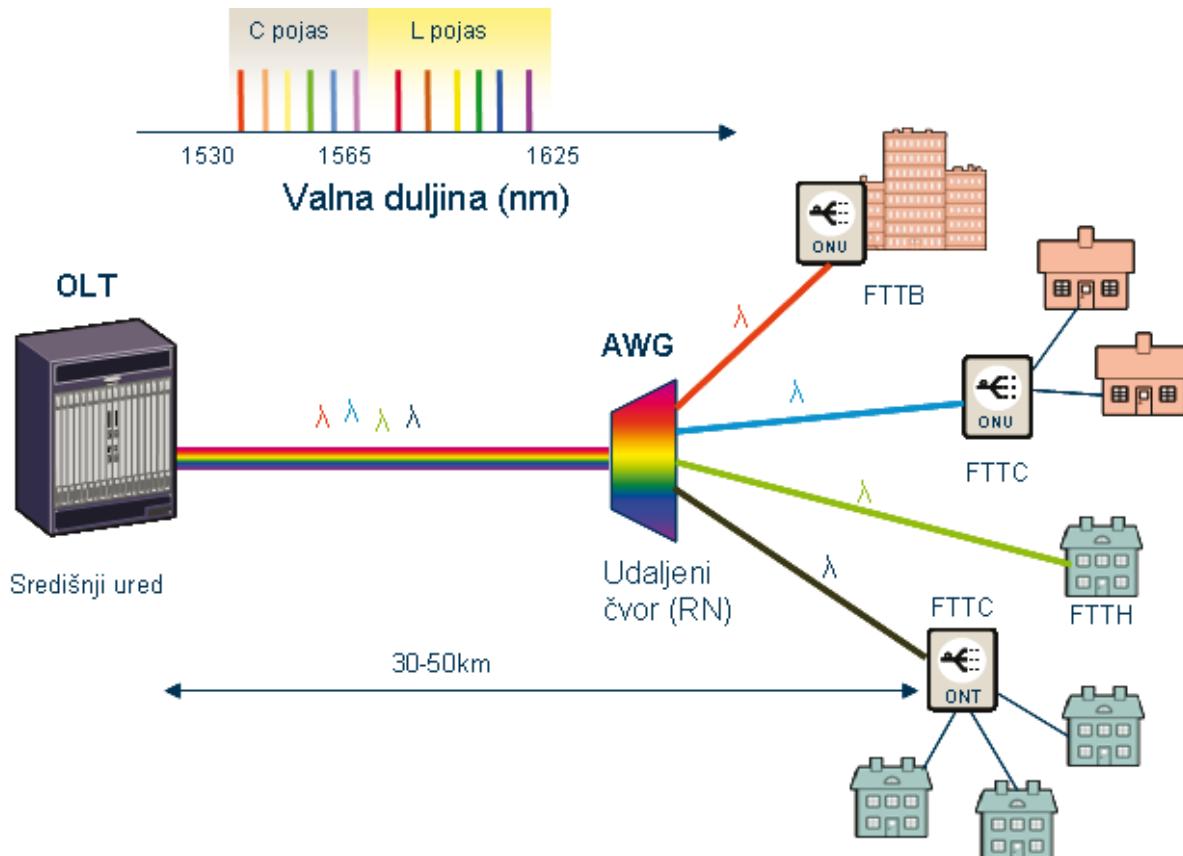
4.2.1 WDM-PON arhitektura

Arhitektura WDM-PON-a je identična FTTH arhitekturi EPON-a i GPON-a. Udaljeni čvor (RN – eng. Remote Node) u WDM-PON-u može biti izведен ili s optičkim razdjelnikom ili pasivnim usmjeriteljem valnih duljina. Optički razdjelnik distribuira sve dolazne signale na sve izlazne portove, što zahtjeva upotrebu filtra valnih duljina u svakom ONU. Iako je optički razdjelnik jednostavan uređaj, jeftin i distribuirane strukture, ova izvedba zahtjeva optičke filtere s različitim središnjim valnim duljinama u svakom ONU. Osim toga, veći su gubici u optičkom razdjelniku u odnosu na usmjeritelj valnih duljina.

Međutim, umjesto optičkog razdjelnika u udaljenom čvoru, koristi se usmjeritelj s valovodnom rešetkom (AWG – eng. Arrayed Waveguide Grating) koji razdvaja valne duljine i usmjerava ih na ONT-ove.

Prednosti valnog multipleksiranja su potpuno odvajanje valnih duljina u odlaznom smjeru za svakog korisnika. Ovo osigurava znatno veće kapacitete za svakog korisnika, veću sigurnost i bolju kontrolu rada jer nema smetnji između različitih valnih duljina u odlaznom smjeru.

Nadogradnja postojećeg PON sustava na WDM-PON zahtjeva zamjenu postojećeg optičkog razdjelnika s usmjeriteljem AWG. Međutim, ova nadogradnja nije naročito poželjna jer zahtjeva rad u vanjskim uvjetima i prekida rad postojećih korisnika. Kod topologije centraliziranog dijeljenja nadogradnja na WDM-PON može biti jednostavna.



Slika 10: Arhitektura WDM-PON-a

U dolaznom smjeru kod WDM-PON sustava, kanali valnih duljina se usmjeravaju od OLT na optičke mrežne jedinice pomoću usmjeritelja s valovodnom rešetkom AWG, koji je smješten u udaljenom čvoru RN (Remote Node), gdje su smješteni i optički pasivni razdjelnici koji se koriste u GPON sustavu.

AWG je pasivni optički uređaj s posebnim svojstvom cikličke periodičnosti što omogućuje da se AWG koristi i kao multipleksor i demultipleksor u isto vrijeme.

AWG je bio korišten u mnogim WDM prijenosnim sustavima kao multipleksor/ demultipleksor i kao ADM (eng. Add Drop Multiplexer). AWG usmjerava svaku pojedinu valnu duljinu na jedinstveni izlazni port, odvajajući više valnih duljina istodobno.

Uneseni gubitak (Insertion loss) u AWG-u je od oko 4-5 dB (bez obzira na broj kanala), a to je daleko manje nego kod optičkih razdjelnika. No, unatoč ovom dobrom svojstvu AWG-a, uslijed temperaturne promjene dolazi do pomaka centralne valne duljine od $0,01 \text{ nm} / ^\circ \text{C}$ što onemogućava korištenje AWG-a u RN, jer se RN nalazi u okolini velikih temperaturnih promjena gdje se granične vrijednosti mogu kretati od -40°C do $+85^\circ \text{C}$. Ova temperaturna ovisnost potječe iz indeksa promjene silicijskog valovoda, što dovodi do promjena u optičkim duljinama. Nedavno su se na tržištu pojavili atermalni usmjeritelji AWG koji su dizajnirani s termičkom kompenzacijom, a u kojima su korišteni materijali s temperaturnim koeficijentom koji imaju različitim od silicijevoj [8].

Postoji još jedan način za multipleksiranje/demultipleksiranje valnih duljina, pod nazivom tankoslojni filtri ili višeslojni filtri smetnje. Svaki filter je dizajniran da emitira jedinstvenu valnu duljinu, dok ostale reflektira. Ova vrsta filtra je pogodnija za multipleksiranje manjeg broja valnih duljina, npr. kod primjene CWDM-a, dok je AWG dobro rješenje za veliki broj kanala.

Danas su najjeftinija WDM-PON rješenja 2-3 puta skuplja od GPON sustava.

U okviru sedmog okvirnog programa FP7 (FP – eng. Framework Programme) EU je finansirala projekt GigaWam u kojem aktivno sudjeluje 9 kompanija: Ericsson AB, Danmarks Tekniske Universitet, Fraunhofer-Gesellschaft Zur Foerderung Der Angewandten Forschung E.V, Ficontec GmbH, Ignis Photonyx A/S, Ignis Photonyx Inc, Vertilas GmbH, Svedice Ab i Syntune Ab. Ulogu koordinacije i administriranje projekta preuzela je norveška R&D organizacija Nor-Tek.

Glavni cilj projekta je razvoj podsustava i visoki stupanj integracije specifičnih optičkih komponenti za WDM-PON i time značajno smanjenje troškova odnosno cijene sustava po korisniku. Cilj je da cijena bude niža u odnosu na današnji GPON sustav.

Projekt ima četiri glavna razvojna dijela:

- » Razvoj jeftinog valno ugodivog poluvodičkog lasera (Tunable laser) za optičke mrežne jedinice ONT
- » Nizovi fiksnih lasera – jeftina integracija lasera u OLT-u koji pokrivaju do 64 kanala
- » Razvoj atermalnog pasivnog usmjeritelja AWG
- » Hibridizacija fotoničkih komponenti u OLT-u i ONT-u

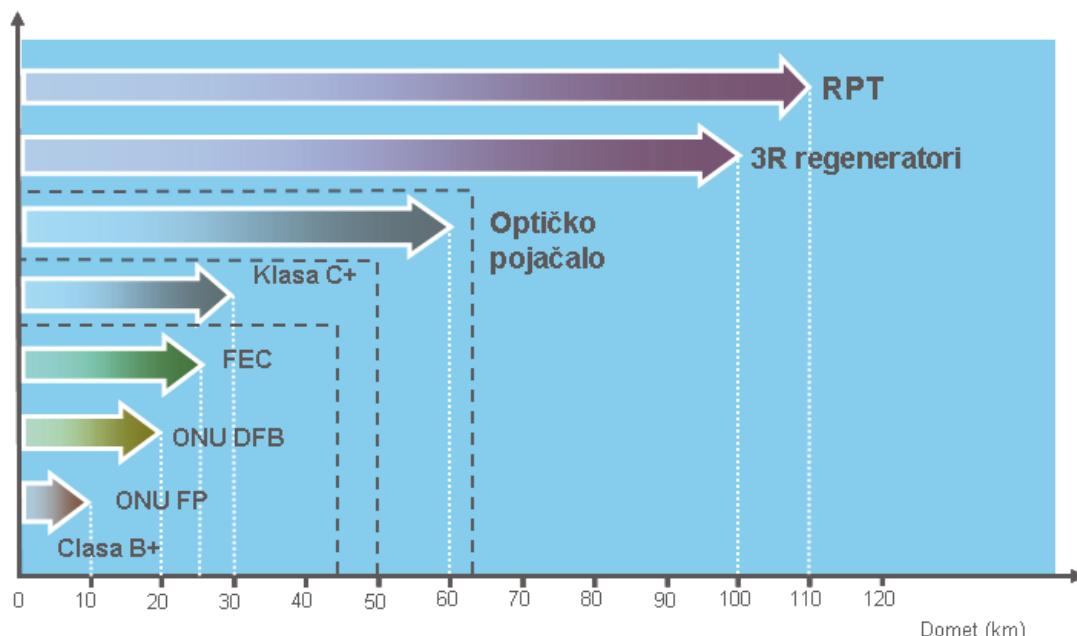
4.3 Produljenje dometa u pasivnim optičkim mrežama

Današnje standardne udaljenosti koje pokrivaju linkovi pristupne FTTH mreže su do 20 km. Svjetlovodi u pristupnim mrežama zamjenjuju klasične bakrene parice i time osiguravaju teorijski i praktično neograničen transmisijski kapacitet. To automatski vodi prema zahtjevima za većom pojasmom širinom (bandwidth) jezgrene mreže. Osim toga korisnici zahtijevaju ne samo veće brzine prijenosa nego i fleksibilnost povezivanja na pristupnu mrežu s dodatnim prijenosnim rješenjima i poboljšanim brzinama prijenosa.

Neki operatori trenutačno razmatraju valjana rješenja za implementaciju PON-a dugačkog dosega koje omogućuju smanjenje broja središnjih uređaja (OC). U već instaliranim GPON sustavima koji se temelje na TDM-u, produljenje dometa se može postići dodavanjem linijskih pojačala (extenders) na postojeću infrastrukturu.

Postoje dva osnovna načina produljenja dometa (slika 12) u mrežama GPON. Prvi način je unaprjeđenje funkcije optičkog primopredajnika uvođenjem optičkih pojačala u OLT-u ili ubacivanjem uređaja za produljenje dometa (extenders) negdje u sredini dovodnog optičkog linka (ITU-T G.984.6).

Tehnologija



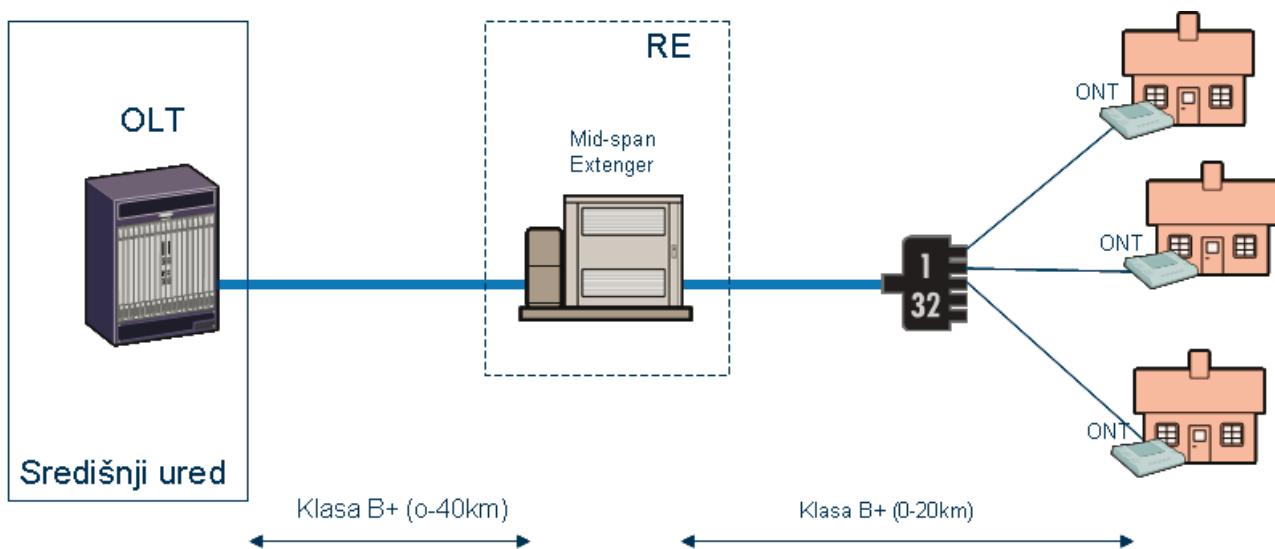
Slika 11. Razne tehnike za produljenje dometa u GPON mrežama

Slika 11 uspoređuje različite načine unapređenja performansi za produljenje dometa u PON mrežama. Tehnike ispravljanja pogrešaka u dolazu FEC (Forward Error Correction) mogu produljiti domet za tipično 5km. Isto tako, optička pojačala (vlakna, poluvodič ili distribuirana) mogu produljiti domet na 60 km ili više.

Preporuka ITU-T G.984.6 razmatra upotrebu aktivnog čvora (Mid-span extender) koji se smješta u sredini optičke mreže.

Ovaj uređaj mora biti kompatibilan s postojećim sustavom GPON tj. s optičkom distribucijskom mrežom ODN klase B+ i jedinice ONT klase B+. Moguće je da RE (eng. Reach Extender) podržava i druge klase ODN mreže, kao što je klasa C+ koji je specificiran u preporuci G.984.2 Am2.

Poluvodičke laserske diode su često korištene kao izvori svjetlosti u optičkim komunikacijskim sustavima. Glavni tipovi lasera pogodni za korištenje u PON mrežama su FP (eng. Fabry-Perot) laserske diode i DFB (eng. Distributed Feedback) laserske diode. Glavne karakteristike ovih laserskih dioda su velika optička izlazna snaga.



Slika 12. Produljenje dometa u GPON mrežama prema ITU-T G.984.5

Uređaji za produljenje dometa RE su aktivni uređaji koji se smještaju negdje u sredini optičke mreže da bi se povećala duljina optičkog vlakna i povećao odnos dijeljenja u GPON mrežama, kako je navedeno u preporuci ITU-T G.984.6. Na ovaj način moguće je produljiti domet na 60 km, što je i krajnji logički domet za GPON mreže.

Postoje dva tipa uređaja za produljenje dometa. Prvi je optičko pojačalo OA (Optical Amplifier), a drugi je optičko-električko-optički (OEO) regenerator. Moguća su i kombinirana rješenja, kao što su korištenje optičkog pojačala u dolaznom smjeru, a regeneratora u odlaznom smjeru.

Ovi uređaji zahtijevaju električko napajanje, što predstavlja problem jer se smješta u vanjskim uvjetima. Nadalje, izvor napajanja treba imati zaštitu protiv ispada glavnog izvora napajanja, obično koristeći baterije kao rezervno napajanje.

Optički regeneratori uključeni su u mrežu da bi se kompenzirali gubici snage optičkog signala. Optički regeneratori mogu se realizirati kao erbijem dopirana optička pojačala (EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier), kao poluvodička optička pojačala (SOA – Semiconductor Optical Amplifier) ili kao elektro-optički regeneratori [1].

Neki telekomunikacijski operatori vide mogućnost spajanja gradske i pristupne mreže u PON-ove dugog dometa. Takve mreže uključuju i upotrebu optičkih pojačala (stoga nisu potpuno pasivne) kako bi se povećala snaga signala, pojasna širina, domet i broj odgranjavanja. PON-ovima dugog dometa se premošćuju gradske mreže te se pristupna razina zaključuje na krajnjim čvorovima jezgrene mreže. Tim pristupom omogućava se ukidanje lokalnih komutacija ili udaljenih koncentratora. U planu je i upotreba PON-ova dugog dometa za udaljenosti od stotinjak kilometara s prijenosnom brzinom 10 Gbit/s.

5 Zaključak

Zbog stalnog povećanja zahtjeva na kapacitet pristupne mreže kao i zahtjeva na nove usluge, mnogi operatori prihvatali su PON tehnologiju kao najpogodnije rješenje optičkih pristupnih mreža, pri čemu je GPON tehnologija najviše prihvaćena.

Da bi osigurala dugovječnost i zaštitila ulaganja u već instalirane GPON sustave, standardiziraju se GPON sustavi sljedeće generacije. Sljedeći logičan korak u evoluciji GPON-a je 10G GPON koji će koegzistirati s postojećim GPON sustavom na istoj optičkoj distribucijskoj mreži.

Mnogi operatori i proizvođači opreme smatraju da je dugoročno najpogodnija tehnologija za pasivne optičke mreže WDM-PON, gdje topologija PON-a podržava logičke P2P (Point-to-Point) veze. WDM-PON ima velike prednosti u pogledu brzine prijenosa, fleksibilnosti, i sigurnosti, međutim zbog visoke cijene u odnosu na GPON, kao i nepostojanja standardizacije danas je na tržištu mali broj instalacija. Intenzivna istraživanja i razvoj optičkih komponenti u doglednoj će budućnosti značajno smanjiti troškove i cijenu WDM-PON sustava.

Konačno, uz produljenje dometa GPON sustava, operateri mogu smanjiti broj središnjih ureda CO i na taj način znatno smanjiti operativne troškove (OPEX). Nekoliko tehnologija za produljenje dometa dozvoljeno je standardima, čime se može povećati udaljenost do 60 km.

Ericsson je značajno angažiran u razvoju i standardizaciji sljedeće generacije PON tehnologija, uključujući 10G GPON i WDM-PON. Ericsson je prvi u svijetu demonstrirao prototip sustava 10 G GPON na sajmu NXTcomm u Las Vegasu 2008. godine.

Literatura

- [1] 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
- [2] "Full Service Broadband Architecture", Ericsson White paper, June 2008
- [3] Kyeong-Eun Han, Design of AWG-based WDM-PON Architecture with Multicast Capability
- [4] A.Banerjee, Y. Park, F. Clarke, H. Song, S. Yang, G. Kramer, K. Kim, B. Mukherjee, "Wavelength-Division Multiplexed Passive Optical Network (WDM-PON) Technologies for Broadband Access: A Review", Invited, J. Opt. Networking, 4 (11), 737–58, (2005).
- [5] K. Grobe, J.-P. Elbers, "PON in Adolescence: From TDMA to WDM-PON", IEEE Communications Magazine, Jan. (2008).
- [6] F. An, K. S. Kim, Y. Huseh, M. Rogge, W. Shaw, and L. Kazovsky, "Evolution, challenges and enabling technologies for future WDM-based optical access networks," presented at the 2nd Symposium on Photonics, Networking, and Computing, Cary, North Carolina, 26–30 September 2003.
- [7] Spiekman, Leo H. , Semiconductor optical amplifiers in access networks, OptoElectronics and Communications Conference, 2009. OECC 2009. 14th.
- [8] L. Leick, M. Boulanger, J. G. Nielsen, H. Imam, and J. Ingenhoff, "Athermal AWGs for Colourless WDM-PON with -40°C to +70°C and Underwater Operation," in Optical Fiber Communication Conference and Exposition and The National Fiber Optic Engineers Conference, Technical Digest (CD) (Optical Society of America, 2006), paper PDP31.

[9] G.984.1, Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics, 2003 (2008)

[10] G.984.2, GPON: Physical Media Dependent (PMD) layer specification, 2003 as amended in 2006 and 2008

[11] G.984.3, GPON: Transmission Convergence Layer Specification, 2004, amended 2005 (2008, amended 2009)

[12] G.984.4, GPON: ONT management and control interface specification, 2004, amended 2005 and 2006 (2008, amended 2008, 2009)

[13] G.984.5, Gigabit-capable Passive Optical Networks (G PON): Enhancement band (2007, amended 2009)

[14] G.984.6, Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Reach extension (2008, amended 2009)

[15] Željko Popović: Izgradnja digitalnih gradova, Revija-Ericsson Nikola Tesla, Br.1 2008.

Popis kratica

AWG Arrayed Waveguide Grating

BPON Broadband PON

CO Central Office

CWDM Coarse Wavelength Division Multiplexing

EDFA Erbium Doped Fiber Amplifier

EPON Ethernet PON

FEC Forward-error correction

FTTB Fiber To The Building

FTTC Fiber To The Curb

FTTH Fiber To The Home

FSAN Full-service access network

FSB Full Service Broadband

FSR Free Spectral Range

GPON Gigabit Passive Optical Network

HDTV High Definition TV

NG-GPON Next Generation GPON

NGA Next Generation Access

ODN Optical Distribution Network

OLT Optical Line Termination

ONT Optical Network Termination

ONU Optical Network Unit

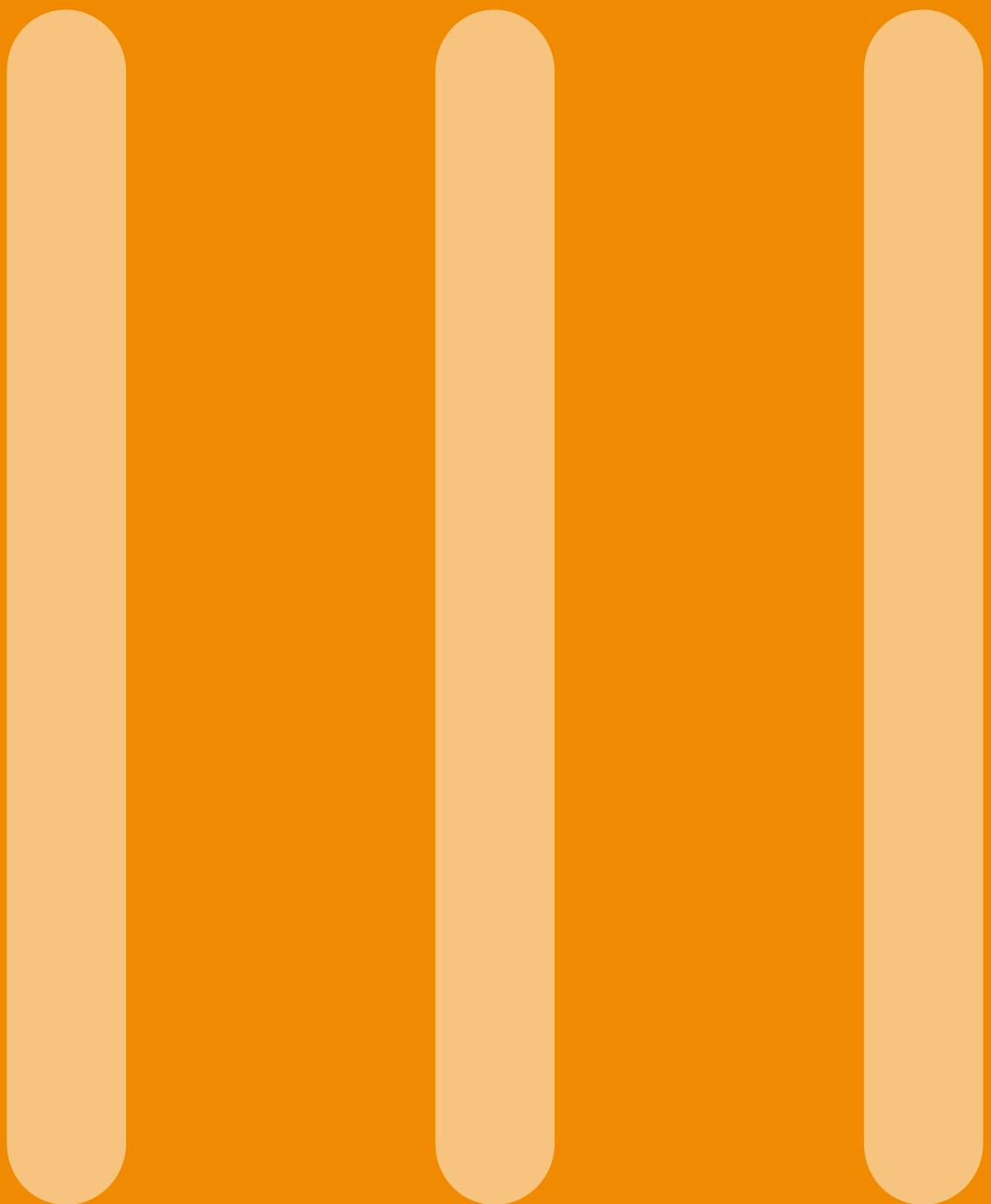
OPEX Operating Expenditure

PON Passive Optical Network
SOA Semiconductor optical amplifier
TDMA Time Division Multiple Access
VoD Video on Demand
WBF Wavelength Blocking Filter
WDM Wavelength Division Multiplexing

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 14. listopada 2010.



Barbara Pavelić Grbić

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

TRANSFORMACIJA MREŽE U MULTIMEDIJSKU TELEFONSKU MREŽU NETWORK TRANSFORMATION TO MULTIMEDIA TELEPHONY

Sažetak

Usluge prijenosa isključivo govornog prometa putem tradicionalne mreže s komutacijom kanala su u opadanju, ali i dalje čine velik i važan dio izvora prihoda za telekomunikacijske operatore. Usluge gorovne komunikacije će dominirati i u doglednoj budućnosti, ali temeljene na IP protokolu i obogaćene podrškom za multimedijalne usluge.

Osim modernizacije portfelja usluga uvođenjem multimedije, kriterij za odluku operatora o modernizaciji vlastite mreže je, prije svega, trošak održavanja postojeće mreže.

Standard MMTel koji definira telefonsku uslugu obogaćenu multimedijom imat će ključnu ulogu u modernizaciji i transformaciji mreža u multimedijalne mreže. Zbog svoje interoperabilnosti i industrijske prihvaćenosti, samo standardna rješenja mogu osnažiti tržište i osigurati mnoštvo međusobno povezanih operatora i pružatelja usluga.

U tom smislu MMTel predstavlja globalni standard za sljedeći korak evolucije telefonske usluge, a to je multimedijalna komunikacija u stvarnom vremenu koja će dugoročno zamijeniti fiksnu i mobilnu tehnologiju komutacije kanala.

Abstract

Voice services on circuit switched networks are in decline, but still constitute a large and important source of revenue for telecom operators.

Voice communications services will dominate the foreseeable future, but as IP-based and enriched with multimedia services. Except for modernization of service portfolio with new multimedia services, the criteria for operator on decision about present network modernization is primarily the cost of network operations and maintenance. MMTel standard will play a key role in the modernization and the transformation of traditional networks to multimedia networks. Because of its interoperability and industry acceptance, only standard solutions can strengthen the market and provide a vast number of interconnected operators and service providers. In this sense, MMTel is the global standard for the next step evolution of telephony service, which is the multimedia communication in real time, that will in the long-run replace fixed and mobile circuit switched networks.

KLJUČNE RIJEČI:	KEY WORDS:
MMTel, telefonska usluga obogaćena multimedijom	MMTel, multimedia enriched telephony
TISPAN, standardizacijsko tijelo	TISPAN, standardisation body
IMS, mrežna arhitektura za IP multimedijalni podsustav	IMS, IP Multimedia Subsystem network architecture

1 Uvod

Trendovi u telekomunikacijama, kao što je porast broja 3G pretplatnika i korištenja mobilnog pristupa Internetu, zatim pojava masovnog tržišta za širokopojasne usluge prijenosa govora IP mrežama VoIP (eng. Voice over IP) i pojava novih standardiziranih multimedijskih usluga doveli su do potrebe za modernizacijom i transformacijom operatorske mreže kako bi bilo moguće, s manjim kapitalnim investicijama i manjim troškovima održavanja, brzo i jednostavno uvesti nove usluge.

Iako definicija ne smije biti negativna, dobro je znati što transformacija mreže nije: to nije univerzalan, dobro definiran pojam, nego je podložan situaciji i interpretaciji; to nije tzv. plug-and-play uvođenje novih tehnologija, niti je jednostavno uvođenje novih proizvoda u mrežu.

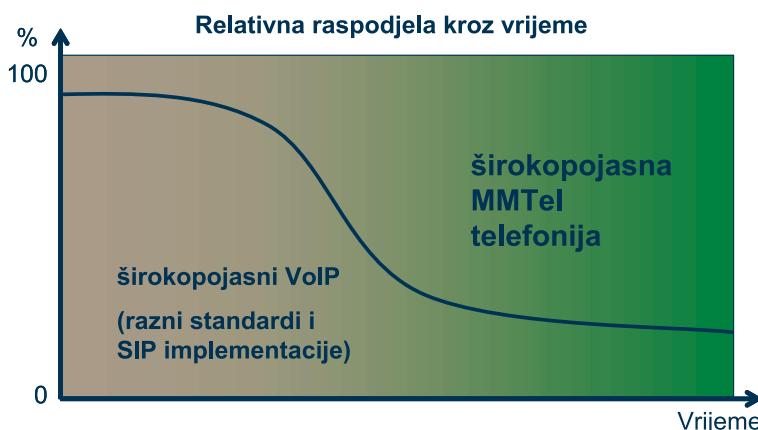
Ne postoji jednostavan recept za migracijski put operatora – to je rezultat nekoliko varijabli, kao što su postojeća mreža, njena starost, regulatorni zahtjevi tržišta, zahtjevi tržišta za novim uslugama, troškovi, vrijeme implementacije, obučenost osoblja za rad s novim tehnologijama, spremnost operatora na promjene kako u svojoj internoj strukturi, tako i u odnosu na usluge i korisnike ...

Kako bismo definirali što transformacija mreže jest, možemo reći da je to značajna promjena operatorske mreže, arhitekture i načina operativnog rada, motivirana poslovnim ciljevima porasta prihoda, obrane od konkurenčije i snižavanja troškova.

Pitanje koje većina operatora postavlja sebi samima, ali i Ericssonu i drugim velikim isporučiteljima mrežne opreme, jest: „Kada je pravi trenutak za modernizaciju mreže i kako to optimalno izvesti?“, ali u pravilu vrlo dobro i sami znaju zašto.

Odgovor na to pitanje definiraju različiti početni uvjeti poput trenutačnog stanja u mreži (stupanj modernizacije), poslovnih planova, penetracije širokopojasnog pristupa, planova za mrežu i servisnu konvergenciju itd.

Očekuje se da će širokopojasna telefonija prerasti u masovno tržište do 2011.g. s penetracijom od preko 200 milijuna linija*. Većina tih linija će od inicijalno širokopojasnih VoIP linija (druga telefonska linija) postati širokopojasna telefonija temeljena na arhitekturi MMTel (eng. MultiMedia Telephony) (kao prva telefonska linija) koja će preuzeti primat kao dominantna komunikacijska arhitektura.



Slika 1: Migracija od širokopojasnog VoIP-a prema MMTel telefoniji

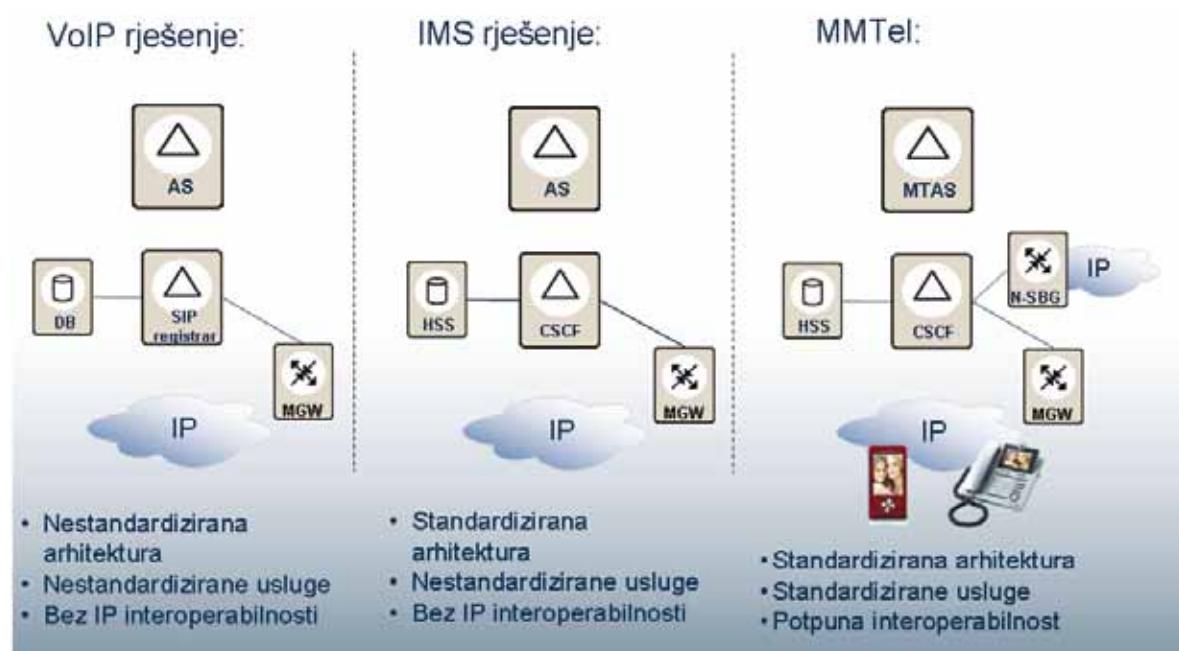
Ericsson vidi upravo ovu arhitekturu kao rješenje najpogodnije za modernizaciju i budući razvoj operatorskih mreža, pa je u skladu s tim i razvio svoje rješenje Ericsson MMTel za transformaciju mreža u multimedijiske mreže.

* Izvor: studija OVUM

2 Standardizacijski okviri

2.1 Uvod

Važnost standardizacije ukratko se može vidjeti i na primjeru sa slike 2 koja daje grubu usporedbu VoIP, IMS i MMTel rješenja.



Slika 2: Usporedba VoIP, IMS i MMTel arhitekture

VoIP mrežna arhitektura (na slici sasvim lijevo) zapravo ima nestandardnu arhitekturu koja preplatnicima nudi nestandardne usluge. To su uglavnom kratkoročna rješenja s vrlo ograničenim skupom usluga i njihovom specifičnom implementacijom kod svakog dobavljača koji dolazi integriran u samoj platformi. Naime, ova platforma nema otvorena standardna sučelja niti čvorove na kojima bi se dalje moglo razvijati nove usluge ili integrirati nove, već razvijene usluge trećih dobavljača, a kamoli sve to integrirati u iste sustave podrške, primjerice u sustav za upravljanje, medijaciju podataka o naplati i sustav za provoziranje usluga i preplatnika. Prednost takvih rješenja je u njihovoј cijeni, ali glavni su nedostaci vezani uz skalabilnost, integracijske mogućnosti i djelomično ili potpuno nepoštivanje standardizacije.

Mrežna arhitektura IMS (eng. IP Multimedia Subsystem), kakva je predstavljena u sredini slike, je rješenje u kojem arhitektura jezgrene mreže slijedi standardizaciju, ali usluge osigurane s aplikacijskog sloja ne slijede. To znači da skup usluga i njihova implementacija na tom određenom aplikacijskom poslužitelju nisu razvijane prema TISPAN (eng. Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks) standardizaciji te da implementacija svake pojedine usluge ovisi o dobavljaču, tj. ne mora biti ista kao u tradicionalnim mrežama, a niti jednaka usluži istog imena nekog drugog dobavljača, jednako kao i u VoIP arhitekturi. No, prednost ovakvog rješenja je u otvorenosti standardne arhitekture koja omogućava interoperabilnost čvorova različitih dobavljača u kontrolnom sloju mreže, razvoj novih usluga u aplikacijskom sloju i dodavanje novih aplikacijskih poslužitelja trećih dobavljača ukoliko podržavaju standardna sučelja prema mrežnoj jezgri.

Mrežna arhitektura MMTel, potpuno desno na slici, je arhitektura koja u potpunosti prati standardizaciju, i u kontrolnom sloju, ali i u aplikacijskom sloju, što u dosadašnjim arhitekturama

nije bio slučaj. Skup usluga, ali i sama njihova implementacija, definiran je u 3GPP/TISPAN-u pa se tako i implementiraju na aplikacijskom poslužitelju. Kako 3GPP/TISPAN definira i NNI (eng. Network to Network Interface) sučelje između dviju mreža, tako je ovom mrežnom arhitekturom standardizirana i osigurana interoperabilnost između različitih mreža. To znači interoperabilnost između različitih IP domena, ali i između IP i TDM (eng. Time Division Multiplex) domene, što je posebno važno u tranzicijskom periodu koji može potrajati i duže vrijeme.

Više o samom rješenju u poglavljiju 4.

Iz gore navedenih razloga o važnosti standardizacije, ovo poglavlje daje pregled relevantnih standarda.

2.2 3GPP

3GPP je skraćenica od 3rd Generation Partnership Project, a predstavlja uniju standardizacijskih tijela.

Originalni opseg rada 3GPP-a je bio izrada tehničke specifikacije i tehničkih izvještaja za 3G mobilne sustave koji se temelje na naprednim GSM (eng. Global System for Mobile communication) jezgrenim mrežama i radio pristupnim tehnologijama.

S vremenom je opseg rada proširen i na održavanje i razvoj GSM tehničkih specifikacija i tehničkih izvještaja uključujući naprednije pristupne radio tehnologije kao GPRS (General Packet Radio Service) i EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution).

IMS je, unutar 3GPP-a, originalno bio dizajniran kako bi se unaprijedilo UMTS (eng. Universal Mobile Telecommunications System) mreže podrškom za IP multimedijijske usluge za mobilne korisnike. IMS je postao ključna komponenta unutar 3G, kabelskih i fiksnih telekomunikacijskih mreža sljedeće generacije.

Kao signalni mehanizam za IMS odabran je protokol SIP (eng. Session Initiation Protocol) koji omogućava govornim, tekstualnim i multimedijijskim uslugama prijelaz kroz sve spojene mreže. 3GPP surađuje sa IETF (eng. Internet Engineering Task Force) standardizacijskim tijelom.

IMS specifikacije su započele verzijom 5 (R5) 3GPP-a kao dio evolucije jezgrenih mreža s komutacije kanala na komutaciju paketa, a dorađene su verzijama 6, 7 i 8. U verziji 7 (R7) uveden je i MMTEL koncept. U međuvremenu je još izdana i 3GPP verzija 9, a započeo je i rad na 3GPP verziji 10.

TISPAN je prihvatio IMS kao arhitekturu za jezgrene mreže, a također je i identificirao potrebu za proširenjem standarda na dodatne usluge poboljšane multimedijijskim mogućnostima. Definicija tih PSTN/ISDN (eng. Public Switched Telephony Service/ Integrated Services Digital Network) simulacijskih usluga je dovršena krajem 2005.godine.

Tijekom 2005.godine u 3GPP-u je inicirana paralelna aktivnost kojoj je cilj osigurati da se ista usluga može koristiti s 3GPP pristupom u svrhu fiksno-mobilne konvergencije. 3GPP je zadržao svoje definicije usluga, ali se referencira na odgovarajuću TISPAN dodatnu uslugu.

2.3 TISPAN

TISPAN je standardizacijsko tijelo koje pripada ETSI (eng. European Telecommunications Standards Institute) organizaciji, a bavi se prvenstveno standardizacijom u fiksnim mrežama i mrežnom konvergencijom.

TISPAN svoje specifikacije izdaje u grupama, tj. revizijama, pa je tako TISPAN NGN (eng. Next Generation Networks) Release 1 objavljen u prosincu 2005.godine.

TISPAN R1 specifikacije se temelje na 3GPP IMS standardu za SIP aplikacije, ali pridodani su i funkcionalni blokovi i podsustavi za ne-SIP aplikacije. TISPAN je originalno radio na usklađivanju

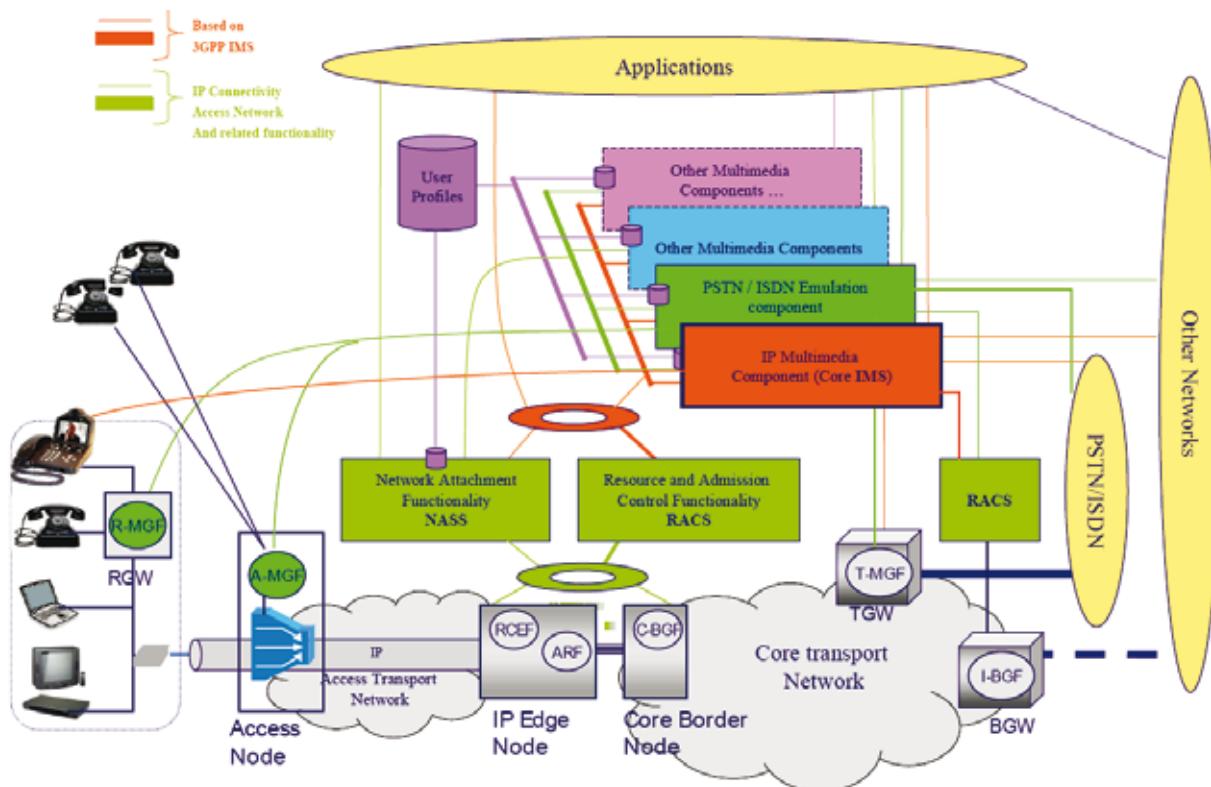
IMS mreža i za bežične i za žične mreže, no početkom 2008.godine zajedničke IMS specifikacije su prebačene u 3GPP, tako da je jedna standardizacijska organizacija odgovorna za definiranje IMS-a za sve mreže.

TISPAN R1 je sadržavao niz definicija osnovnih pojmljiva koji su vezani uz koncept mreže sljedeće generacije NGN, zatim osnovne definicije slojevite mrežne arhitekture i osnovne specifikacije potrebne za zamjenu PSTN linija.

Definirana arhitektura je slojevita i svaki sloj ima posebnu namjenu. Također, svaki je sloj podijeljen u različite funkcionalne entitete s definiranim točkama razgraničenja između entiteta i protokolima na tim točkama (slika 3).

U ovome su paketu također definirani pojmovi simulacije i emulacije.

Simulacijski podsustav, prema TISPAN-u, je podsustav koji osigurava usluge slične PSTN/ISDN uslugama za terminale koji podržavaju govor i multimedijalne usluge. Ne traži se da te usluge budu identične onima u PSTN/ISDN mreži niti da nužno koriste PSTN/ISDN model poziva ili signalizacijske protokole. Korisničko sučelje UNI (eng. User-to-Network-Interface) je sučelje između korisnika i mreže te može biti različito od onoga u PSTN/ISDN mreži, dok se kod emulacijskog modela radi o skupu istih PSTN/ISDN usluga s podrškom za PSTN/ISDN terminalne na različitoj mreži.



Slika 3: Globalni prikaz arhitekture NGN mreža prema TISPAN-u

U ovome su paketu također definirani pojmovi simulacije i emulacije.

Simulacijski podsustav, prema TISPAN-u, je podsustav koji osigurava usluge koje su slične PSTN/ISDN uslugama za terminale koji podržavaju govor i multimedijalne usluge. Ne traži se da te usluge budu identične onima u PSTN/ISDN mreži, niti da nužno koriste PSTN/ISDN model poziva ili signalizacijske protokole. Korisničko sučelje UNI (eng. User-to-Network-Interface) je sučelje između korisnika i mreže i može biti različito od onoga u PSTN/ISDN mreži, dok se kod emulacijskog modela radi o setu istih PSTN/ISDN usluga s podrškom za PSTN/ISDN terminalne na različitoj mreži.

Simulacija definirana u TISPAN R1 uključuje sljedeće obavezne usluge:

- » OIP/OIR (eng. Originating Identification Presentation/Originating Identification Restriction),
- » TIP/TIR (eng. Terminating Identification Presentation/Terminating Identification Restriction),
- » MCID (eng. Malicious Communication Identification),
- » ACR (eng. Anonymous Communication Rejection);

sljedeće preporučene usluge:

- » CDIV (eng. Communication Diversion),
- » CW (eng. Communication Waiting),
- » HOLD (eng. Call Hold),
- » CB (eng. Call Barring),
- » CCBS (eng. Call Completion to Busy Subscriber),
- » MWI (eng. Message Waiting Indication);

i sljedeće opcione usluge:

- » CONF (eng. Conference),
- » AoC (eng. Advice Of Charge),
- » ECT (eng. Explicit Communication Transfer),
- » Reverse Charging

PSTN/ISDN emulacijski podsustav (PES - eng. PSTN/ISDN Emulation Subsystem), prema definiciji, služi za emulaciju PSTN usluga za analogne terminale spojene na TISPAN NGN pomoću pristupnih ili rezidencijalnih pristupnika putem SIP ili H.248 protokola.

Većina funkcionalnih entiteta unutar PES-a su identični ili derivirani iz IMS analognih funkcija, uz iznimku čvora AGCF (eng. Access Gateway Control Function) koji kontrolira pristupne ili rezidencijalne pristupnike koristeći H.248 protokol.

NGN Release 2 je dovršen početkom 2008.godine i dodani su ključni elementi kao što je ne-IMS i IMS IPTV, kućne mreže i terminali i, na kraju, veza NGN mreža prema poslovnim komunikacijskim mrežama. U domeni kućnih mreža (eng. Home Networks) TISPAN definira zahtjeve za spajanje korisničke kućne mreže na NGN.

Oprilike u isto to vrijeme, TISPAN je započeo i sa radom na NGN Release 3. R3 uključuje poboljšanja u IPTV dijelu, interkonekciju između IP mreža, sigurnosne zahtjeve u NGN mrežama i QoS (eng. Quality of Service) te kontrolu preopterećenja.

Ovo standardizacijsko područje je vrlo zanimljivo i popularno, a dokumenti koje je generirala TISPAN grupa su rađeni za šиру tehničku publiku i čitki su.

2.4 GSMA RCS (Rich Communication Suite)

GSMA RCS je zajednička inicijativa vodećih telekomunikacijskih industrijalaca iz 2008.godine kojoj je cilj ubrzati prihvaćanje i korištenje novih interoperabilnih usluga temeljenih na IMS-u.

Članovi inicijative su vodeći svjetski operatori, proizvođači telekomunikacijske opreme uključujući Ericsson, proizvođači terminala i aplikacija.

RCS je zamišljen kao paket multimedijskih usluga za korisnike koji su uvijek spojeni na mrežu svojih društvenih kontakata te služi kao jednostavna početna točka za društvenu interakciju.

Spomenute usluge uključuju:

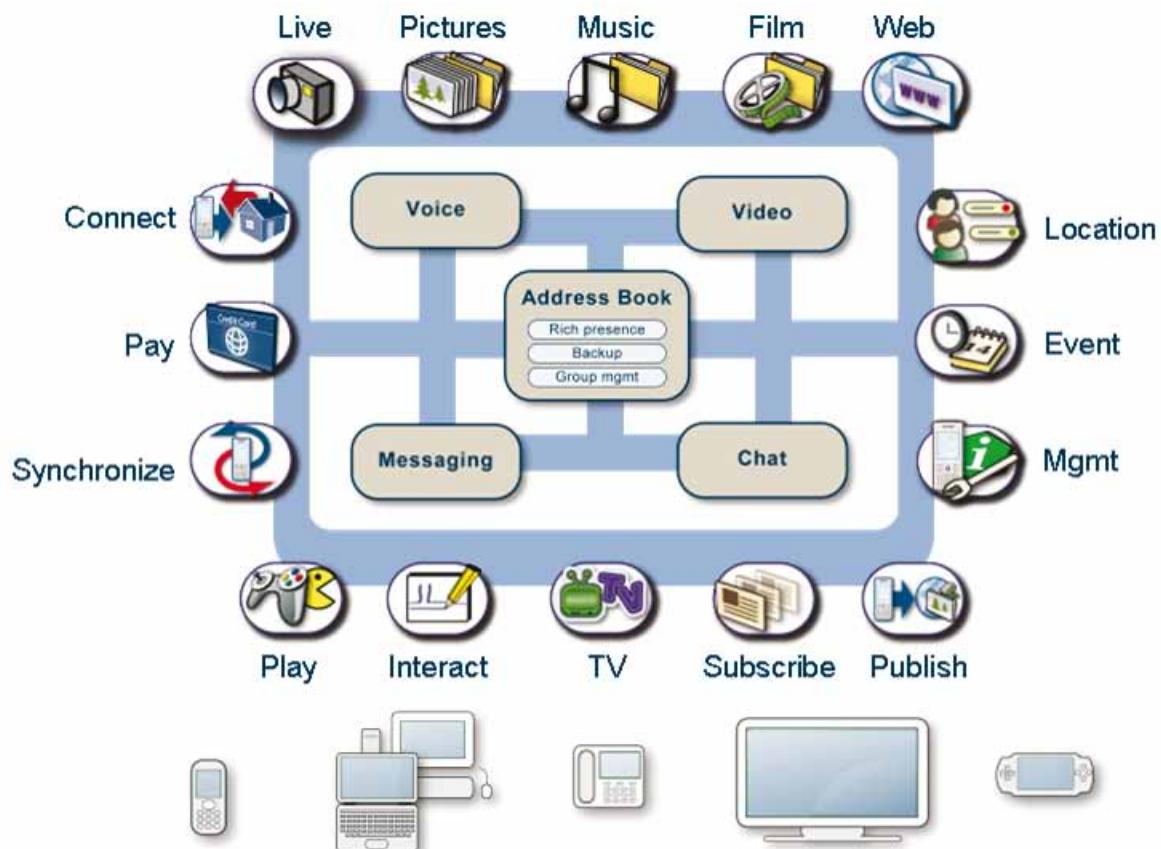
- » napredni telefonski imenik s prikazom prisutnosti i podržanih načina komunikacije koji omogućuje korisniku iniciranje govornog poziva, prijenos datoteka ili poruka, uključujući i integraciju elemenata kao što su fotografije ili kontakti,
- » napredni poziv koji omogućuje korisniku razmjenu različitih tipova sadržaja tijekom poziva, kao npr. video ili fotografije,
- » napredno poručivanje s podrškom za chat i povijest slanja poruka (eng. history),
- » pristup uslugama i s fiksног i s mobilnog uređaja.

Slika 4. prikazuje ciljano rješenje za sve multimedijске usluge: pristup cijelom nizu multimedijskih usluga s istog klijenta/terminala, s kojeg korisnik može kontaktirati (na bilo koji način – govornim ili video pozivom, chatom ili porukom) sve svoje kontakte, bez obzira na to da li su oni preplatnici istog ili drugog davatelja usluga (npr. kao što je moguće s telefonijom ili e-mail uslugom).

To je način na koji fiksni i mobilni operatori te proizvođači terminala mogu ubrzati korištenje novih, inovativnih i interoperabilnih osobnih usluga.

Bilo kakva ograničenja vezana uz interoperabilnost terminala i usluga drastično će utjecati na smanjenje adresiranog tržišta, ali to nikako ne znači nemogućnost diferencijacije u uslugama među operatorima.

Za krajnje korisnike, RCS je niz novih i uzbudljivih operatorskih usluga koje sve više čine mobilni telefon centralnim dijelom privatnog i poslovnog života, omogućuju dijeljenje fotografija s prijateljima ili podataka s kolegama diljem svijeta.



Slika 4: Pristup nizu multimedijskih usluga s istog terminala

3 Osuvremenjivanje mreže

3.1 Motivacija i koraci u modernizaciji mreže

Iako u opadanju, usluge prijenosa isključivo govornog prometa putem tradicionalne mreže s komutacijom kanala i dalje čine velik i važan dio izvora prihoda za fiksne i mobilne operatore. Usluga gorovne komunikacije će dominirati i doglednoj budućnosti, ali u svom ponešto modificiranom i obogaćenom obliku: zamjena tradicionalne TDM telefonije prijenosom govora IP protokolom (VoIP) i mobilnom telefonijom, s naglaskom na sve veću količinu podatkovnog prometa, a s vremenom i uz dodatne multimedejske usluge kao što je prisutnost (eng. presence), video i drugo.

Jednako kao fiksni, mobilni operatori moraju dodatno razviti portfelj usluga kako bi zadržali svoju razinu zarade po pretplatniku (ARPU - eng. Average Revenue Per User) i kako bi se obranili od gubitka pretplatnika u korist Internet usluga. Nove prilike za izravnu i neizravnu zaradu za mobilne operatore su u oglašavanju, e-trgovini i partnerstvu s dobavljačima sadržaja i aplikacija.

Dva najjača kriterija za odluku operatora kada i kako osuvremeniti svoju mrežu su trošak održavanja mreže, odnosno TCO (eng. Total Cost of Ownership) i modernizacija portfelja usluga uvođenjem multimedije.

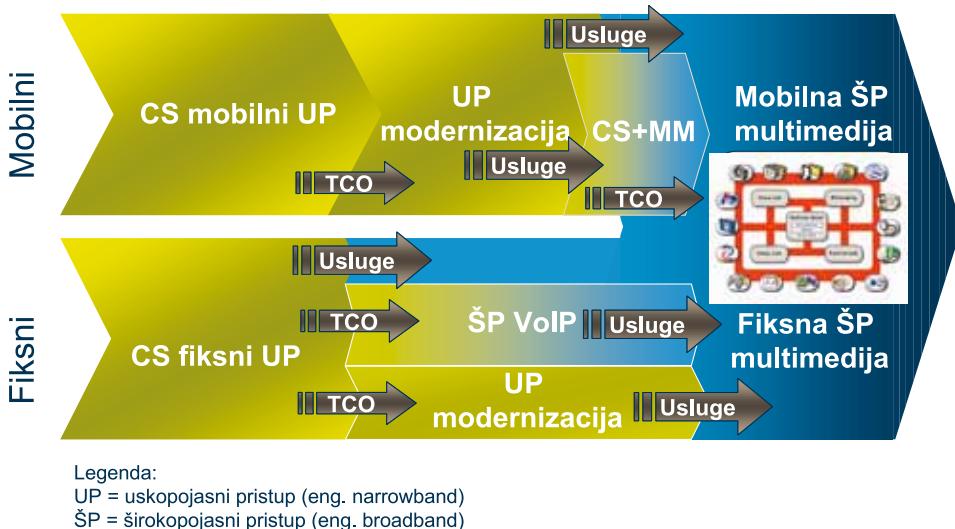
Fiksna uskopojasna mreža postaje, ili već jest, zastarjela, održavanje te mreže postaje skupo ili nemoguće (u nedostatku rezervnih dijelova), a i sama investicija u staru mrežu koja ne može podržati uvođenje novih multimedejskih usluga se najčešće svodi na samo „gašenje vatre“ tj. puko dodavanje najnužnijih kapaciteta bez mogućnosti podrške novih, atraktivnih usluga.

Kako bi osigurali svoje postojeće izvore prihoda i smanjili operativne troškove, operatori mogu (slika 5):

1. modernizirati fiksni uskopojasni pristup korištenjem IMS/MMTel rješenja i/ili Telephony softswitch-a kako bi se zamijenili zastarjeli čvorovi u mreži,
2. ponuditi širokopojasni pristup s VoIP uslugom kao jedinom uslugom; logično, takvo rješenje će u budućnosti biti moguće nadopuniti novim multimedejskim uslugama ako je u prvoj fazi kompatibilno s IMS arhitekturom, kao što je Ericsson MMTel rješenje,
3. povrh VoIP usluge dodati u ponudu i multimedejske usluge preko fiksног širokopojasnog pristupa prema MMTel standardu (video telefonija, poručivanje (eng. messaging), prisutnost (eng. presence), IPTV...),
4. modernizirati mobilni uskopojasni pristup korištenjem (mobilnog) softswitch-a, (MSS - eng. Mobile Softswitch) umjesto monolitnih MSC-ova,
5. kombinirati mobilni CS (eng. Circuit Switched) govor s paketskom multimedejskom uslugom u skladu s RCS inicijativom
6. dodavati multimedejske (rješenje MMTel) usluge mobilnom širokopojasnom pristupu (HSPA, LTE itd.).

Pri planiranju evolucije mreže treba, naravno, razmisiliti i drugim aspektima, kao što su tranzitni promet i IN usluge, ovisno o tome u koliko je mjeri potrebno zadržati funkcionalnost tradicionalne TDM mreže.

Gornji se koraci mogu različito kombinirati i implementirati u različitim trenucima, ovisno o strategiji, tj. da li je operatoru prioritet smanjiti TCO ili pak uvesti nove izvore prihoda od novih multimedejskih usluga ili oboje, ali cilj ostaje isti – multimedejske usluge za širokopojasni pristup.



Slika 5: Modernizacija mreže prema multimedijskim uslugama

Koraci prikazani slikom su detaljnije opisani u donjim poglavljima.

3.2 Osuvremenjivanje fiksnog uskopojasnog pristupa (UP)

PSTN/ISDN usluga se polako zamjenjuje širokopojasnim VoIP-om i mobilnom telefonijom, no PSTN/ISDN i dalje čini značajan i važan dio prihoda operatora, iako je u opadanju. Regulator na nekim tržištima prisiljava tradicionalne operatore da nastave nuditi iste PSTN/ISDN usluge sa istim značajkama, no to često predstavlja izazov jer je održavanje uskopojasne TDM mreže skupo i teško.

Strategija mnogih operatora je suprotstaviti se zamjeni od strane konkurenkcije ponudom VoIP usluge preko širokopojasnog pristupa, a istodobno zaštititi i investiciju i prihode od PSTN/ISDN mreže.

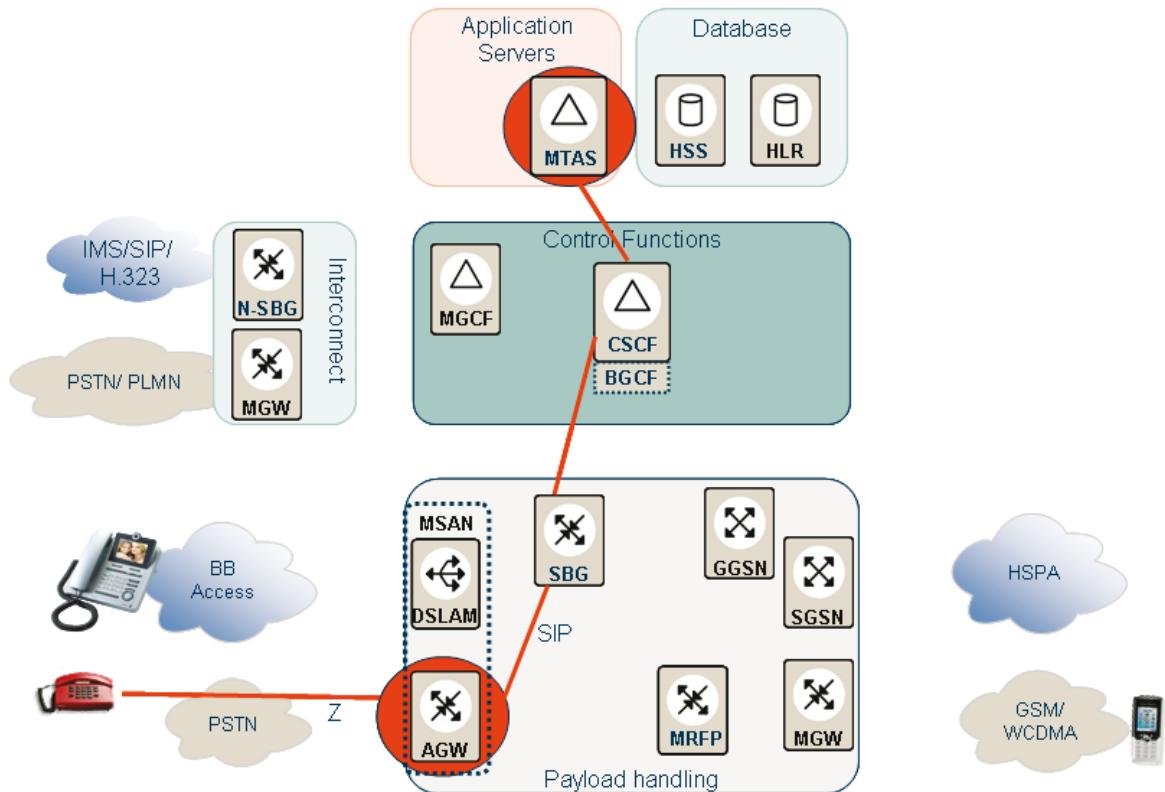
Kod velikog broja operatora se javlja potreba za osuvremenjivanjem vlastite tradicionalne mreže, uključujući i tranzitni sloj, kako bi zadržali kvalitetu usluge, smanjili operativne troškove i oslobodili mrežne kapacitete za nove usluge. Modernizacija mreže je vrlo često potaknuta i nedostatkom podrške proizvođača opreme za stari hardver.

Kod modernizacije fiksne uskopojasne mreže prema multimediji, Ericsson nudi rješenje MMTel za uskopojasni pristup (više o samom rješenju u poglavljiju 4).

Rješenje Ericsson MMTel za uskopojasni pristup može osigurati samostalnu uskopojasnu govornu uslugu, a uz dostupnost širokopojasnog pristupa isto rješenje može osigurati i VoIP i multimedijске usluge. U ovakvom slučaju operator treba samo jednu jezgrenu mrežu za pružanje govornih usluga za fiksne i mobilne širokopojasne korisnike i tradicionalne uskopojasne POTS (eng. Plain Old Telephony Service) korisnike.

Da bi se MMTel usluge pružile POTS pretplatnicima sa uskopojasnim pristupom, nužan je pristupnik AGW (eng. Access Gateway).

3GPP/TISPAN arhitektura definira i čvor AGCF koji vrši pretvorbu između SIP protokola na strani IMS jezgrenе mreže i H.248 protokola na pristupnoj strani. No, pokazalo se da je trend kod velikih operatora preskočiti AGCF i umjesto toga u pristupnoj mreži implementirati MSAN (eng. MultiService Access Node) pristupne čvorove s podrškom za SIP.



Slika 6: MMTel arhitektura za uskopojasni pristup

Glavna uslužna logika se nalazi na aplikacijskom poslužitelju rješenja MMTel, MTAS (eng. Multimedia Telephony Application Server). MTAS je dizajniran prema 3GPP/TISPAN standardizaciji po kojoj osigurava korisničke usluge prema TISPAN/3GPP simulacijskom modelu.

Termin „simulacija“ znači da je usluga originalno dizajnirana za IP okolinu, tj. ograničenja koja postavlja tehnologija komutacije kanala su uklonjena. Za širokopojasni pristup to znači da su usluge multimedejske. Simulacijski set usluga je sličan, ali ne i identičan tradicionalnom PSTN/ISDN setu usluga, a uključuje najčešće korištene dodatne usluge i podršku za regulatorne usluge (kao hitne pozive, zakonsko presretanje, prenosivost broja itd.).

Ukoliko postoji potreba za određenom uslugom koja nije implementirana u sklopu simulacijskih usluga na MTAS aplikacijskom poslužitelju, Ericsson može ponuditi razvoj te usluge na svom Ericsson Composition Engine rješenju.

Modernizacija uskopojasne pristupne mreže rješenjem MMTel namijenjena je onim operatorima koji žele modernizirati mrežu u skladu s MMTel mrežnom arhitekturom, kako bi u budućnosti istu tu mrežu mogli iskoristiti za pružanje multimedejskih usluga korisnicima sa širokopojasnim pristupom, a dugoročno i za fiksno-mobilnu konvergenciju, kao i onima koji prihvaćaju prednosti jedne jezgrene mreže za tzv. Class 5 korisnike i ne traže 100 postotnu kompatibilnost s tradicionalnim PSTN/ISDN setom usluga.

Za 100 postotnu podršku tradicionalnog seta PSTN/ISDN usluga, Ericsson može ponuditi svoje rješenje TSS (eng. Telephony Softswitch).

Ukratko, TSS pruža:

- » podršku za puni set tradicionalnih govornih usluga, regulatorne usluge, tržišne adaptacije i interkonekciju, prema ETSI/TISPAN PES,
- » modernizaciju internacionalnog i nacionalnog tranzitnog sloja (Class 3 i 4) a također i lokalnog sloja (Class 5) telefonijom preko IP protokola,

- » migracijski put za tradicionalnu pristupnu mrežu (RSS i AR) u softswitch rješenje,
- » smanjenje OPEX-a.

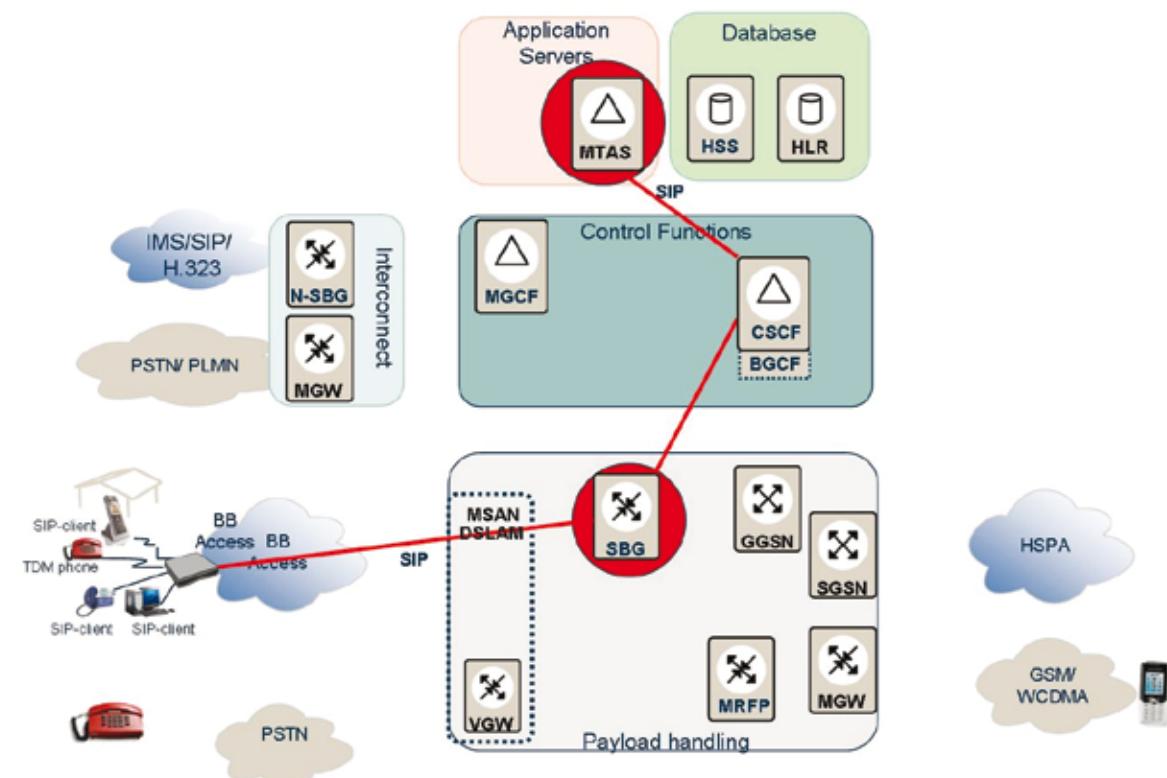
TSS također može biti pristupnik između IMS i TDM, a i nacionalni i internacionalni pristupnik, kao MGCF/MGw (eng. Media Gateway Controller Function /Media Gateway) dio IMS arhitekture, iako nije dizajniran kao 3GPP MGCF već prema IETF-u.

Više o TSS rješenju pročitajte u poglavlju 4.2.

3.3 Osuvremenjivanje fiksног širokopojasnog pristupa (ŠP VoIP)

Fiksno širokopojasno tržište se definira kao VoIP telefonija preko širokopojasnog pristupa za rezidencijalne preplatnike. VoIP usluga putem širokopojasnog pristupa se često koristi kao zamjena za tradicionalnu fiksnu telefoniju s komutacijom kanala, odnosno kao zamjena prve telefonske linije. Mnogi tradicionalni operatori su odabrali ovaj put kao prvi korak osuvremenjivanja mreže.

Slika 7 je shematski prikaz MMTel rješenja za ŠP VoIP.



Slika 7: MMTel arhitektura za širokopojasni pristup

Uvođenjem širokopojasnog pristupa PSTN preplatnicima, fiksni operatori im mogu ponuditi nove usluge, a samim time povećati prihod i smanjiti odlazak preplatnika drugim davateljima usluga. Preduvjet za uspješnu i masovnu implementaciju širokopojasnog pristupa je i investicija u IP transportnu mrežu. Suživot TDM uskopojasne mreže za prijenos govora i paketske mreže za širokopojasni pristup povećava operatoru trošak održavanja tijekom prijelaznog perioda. Iz tog razloga je preporučljiv brži (koliko je to moguće) prelazak s TDM telefonije na paketski prijenos kako bi se održavala samo jedna, često zvana „All-IP“ transportna mreža.

Uvođenje VoIP-a kao način modernizacije je put kojim se obično kreće ako je penetracija širokopojasnog pristupa na tržištu visoka. Ovaj je način osuvremenjivanja prisutan već neko vrijeme i zadobio je veliku popularnost kod operatora.

Mnogi različiti davatelji usluga trenutačno nude ŠP VoIP:

- » Tradicionalni operatori čija konkurenca nudi ŠP VoIP. U isto vrijeme migriraju PSTN pretplatnike na ŠP VoIP i mijenjaju tradicionalnu PSTN mrežu troškovno efikasnijom IP mrežom. Primjeri takvih operatora su:
 - France Telecom sa Livebox ponudom u Francuskoj,
 - TDC Danska sa TDC Home Duo/Trio,
 - T-Com Njemačka.
- » Alternativni operatori nude ŠP VoIP kao dio triple-play paketa. To je konkurenca tradicionalnim operatorima. Primjeri ovakvih operatora su:
 - Bredbandsbolaget, davatelj usluga ŠP VoIP-a u Švedskoj,
 - ComHem, davatelj usluga kabelske TV i Švedskoj,
 - Mobistar, Belgija (u vlasništvu FT-a).
- » Tradicionalni mobilni operatori koji nude fiksni ŠP pristup (xDSL, HSPA/LTE itd.) kao konkurenčiju tradicionalnim fiksnim operatorima, kao npr:
 - O2 Njemačka,
 - Vfe Njemačka, Portugal, Češka.
- » VoIP operatori s raspletljonom lokalnom petljom (eng. Unbundled) koji nude VoIP telefoniju putem bilo kojeg ŠP pristupa, kao npr:
 - VONAGE, SAD,
 - Megaphone, Švedska.

Mnogi operatori ulaze u ŠP VoIP tržište, često s vlasničkim (eng. proprietary) VoIP rješenjima. Kad se usluga počne popularizirati, obično nastaju problemi sa skalabilnosti takvih rješenja.

Više o razlici između VoIP, IMS i MMTel mrežnih arhitektura pročitajte u poglavlju 2.1 Uvod.

Ericssonovo rješenje za modernizaciju širokopojasnog fiksнog pristupa je Ericsson MMTel. Više o samom rješenju pronađite u poglavlju 4.

3.4 Modernizacija mobilnog uskopojasnog pristupa i dodavanje paketske multimedejske usluge

Ericssonovo rješenje za modernizaciju klasičnih monolitnih arhitektura u mobilnim uskopojasnim mrežama je MSS (eng. Mobile Softswitch).

MSS je u komercijalnom radu od 2003.godine i to je najviše korišteno takvo rješenje u industriji. Više od 260 komercijalnih MSS mreža radi u više od 110 zemalja svijeta.

Kad spominjemo društvene mreže i web komunikacijske usluge, u mobilnoj domeni do sada nije bilo toliko aktivnosti kao u fiksnoj. No, komunikacijske navike mobilnih korisnika su se izmijenile.

U novom poslovnom modelu pretplatnici više ne plaćaju prema tome koliko koriste određenu uslugu, nego plaćaju fiksnu sumu za određenu uslugu, ili su usluge sasvim besplatne – što je i motiv za početno korištenje usluge. Takve se usluge obično financiraju npr. oglasima (najbolji primjer takvog poslovanja je kompanija Google). Internet kompanije planiraju uvođenje svojih Internet usluga i u mobilnu okolinu, na mobilne terminale, omogućujući komunikaciju Internet-mobilni telefon. Uvođenjem svojih komunikacijskih usluga, Internet kompanije srozavaju cijenu usluge telekomunikacijskim operatorima, što nije dobro za operatora, ali je dobro za krajnjeg kupca jer u istom cjenovnom razredu ima cijeli niz usluga i pružatelja usluga koji se bore za njegov novac.

Stoga telekomunikacijski operatori sada moraju donijeti odluku o svojoj ulozi u budućem svijetu telekomunikacija, kako bi spriječili gubitak odnosa s korisnicima i gubitak samih korisnika. Mobilni operatori prate taj trend koji se „vrati“ oko telefonskog adresara u mobilnom terminalu. Adresar bi trebao postati centralna početna točka društvene interakcije i komunikacije putem mobilnih terminala na način da se iz njega pokreću usluge kao npr. govorni poziv (kako je i danas), video poziv, zatim slanje poruka, datoteka (tipa slike, video isječci...), izmjene statusa prisutnosti, igre itd. Inicijativu oko promoviranja ovog dijela komunikacijskih usluga je preuzeo GSMA RCS.

Ericssonovo rješenje za modernizaciju uskopojasnog mobilnog pristupa je MSS, dok je rješenje za multimedijalne usluge za mobilne korisnike Ericsson RCS.

Više o samim rješenjima pročitajte u poglavljiju 4.

4 Ericssonova rješenja za osuvremenjivanje i transformaciju mreže prema multimediji

Ovo poglavlje daje pregled i kratke opise Ericssonovih rješenja za osuvremenjivanje i transformaciju uskopojasnih i širokopojasnih fiksnih i mobilnih mreža prema konvergentnim multimedijalnim mrežama spomenutim u prethodnom poglavlju.

4.1 Ericsson MMTel (MultiMedia Telephony) rješenje

4.1.1 Arhitektura

Rješenje Ericsson MMTel je namijenjeno modernizaciji fiksnih i mobilnih jezgrenih mreža prema MMTel/IMS arhitekturi s podrškom za multimedijalne usluge.

Rješenje se temelji na MMTel standardu i podržava fiksne širokopojasne, mobilne širokopojasne i tradicionalne CS (fiksne POTS i mobilne) pristupe.

MMTel sučelje između mreža (NNI - eng. Network to Network Interface) osigurava suradnju među operatorima i ima ključnu ulogu za operadora u održavanju poslovnog modela interkonekcije u IMS mrežama.

Arhitektura rješenja MMTel je prikazana slikom 8.

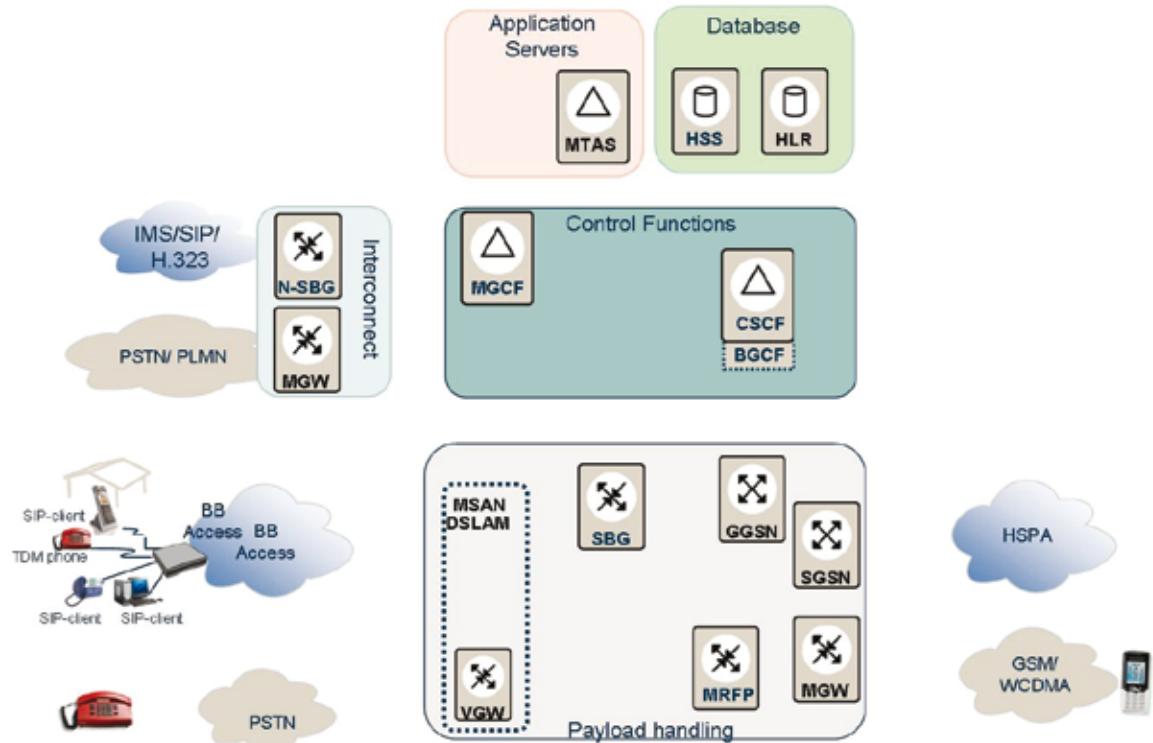
Rješenje MMTel ima višeslojnu arhitekturu:

Aplikacijski sloj sadrži aplikacije, poslužitelje za razvoj aplikacija, poslužitelje na kojima se pohranjuje sadržaj i sl.

Kontrolni sloj sadrži mrežne kontrolne čvorove odgovorne za uspostavu, izmjenu i raskidanje poziva/sesija. Kontrolni čvorovi mogu također biti odgovorni za funkcije kao upravljanje mobilnošću, sigurnost, naplata i suradnja s drugim, vanjskim mrežama.

Sloj prospajanja sadrži usmjeritelje, preklopnike, medijski pristupnik i sl. za suradnju različitih medijskih formata.

Sustavi podrške sadrže funkcije upravljanja mrežom i uslugama, medijacija podataka o naplati, DNS/ENUM i sustav koji preplatnici sami sebi provoziraju i konfiguriraju preplatničke usluge (AP/WUIGM).



Slika 8: MMTel arhitektura

Sveukupno, rješenje MMTel sadrži sljedeće čvorove:

- » jezgrene IMS čvorove: CSCF, SLF, HSS, MRFP,
- » čvorove za suradnju: SBG, MGCF, MGW,
- » aplikacijske poslužitelje: MTAS (s integriranim MRFC funkcionalnošću).
- » čvorove sustava podrške: EMA, MM, AP/WUIGM, DNS/ENUM.

4.1.2 Usluge

Korisničke i druge usluge se implementiraju na rješenju MMTel prema TISPAN/3GPP standardizaciji. Ericsson, kao član tih udruženja, u dizajnu svojih rješenja inzistira na praćenju standardizacije jer, bez implementiranih standarda na svim razinama, u budućim „All-IP“ mrežama s opremom različitih dobavljača neće biti moguća suradnja između operatora i usluga.

MMTel podržava usluge govornog poziva s podrškom za dodatne usluge prema 3GPP/TISPAN simulaciji, video poziv, dijeljenje datoteka, tekstualni chat itd. Usluge za krajnje korisnike mogu se proširiti integracijom s rješenjem za prisutnost, Ericsson PGM (eng. Presence and Group Management) i slično.

Kako bi se MMTel rješenje moglo koristiti za zamjenu prve telefonske linije, podržane su i regulatorne funkcije kao zakonsko presretanje (LI - eng. Lawful Intercept), hitni pozivi (EC - eng. Emergency calls), prenosivost broja (NP - eng. Number Portability), odabir i predodabir operatora (CS/CPS – eng. Carrier Select/Preselect), odbijanje anonimnih poziva (ACR - eng. Anonymous Communication Rejection) i sl.

MMTel rješenje je primjenjivo za sve operatore koji pružaju uslugu širokopojasnog pristupa, a planiraju korisnicima pružiti inovativne multimedejske usluge kako bi bili konkurentni drugim telekomunikacijskim operatorima, Skype-u, Google-u i drugim Internet „operatorima“, kako bi obogatili svoju ponudu tradicionalne telefonije, odgovorili na pad cijena i gubitak pretplatnika te smanjili troškove održavanja.

Za operatore koji su već počeli modernizaciju mreže IMS-om s drugim aplikacijama, MMTel je zanimljivo rješenje jer se uz druge (već postojeće ili nove) aplikacijske poslužitelje jednostavno može dodati MMTel aplikacijski poslužitelj zvan MTAS.

Također, za one operatore koji su već implementirali neki VoIP aplikacijski poslužitelj, MMTel rješenje može pomoći da se taj poslužitelj integrira u IMS mrežnu arhitekturu i tako je svodi pod zajednički „nazivnik“ na nekoliko načina:

- » zajednička IMS jezgrena mreža kojoj se pristupa iz različitih pristupnih mreža (kako fiksnih, tako i mobilnih) do istih aplikacija;
- » zajednički sustavi podrške za jezgru mreže ali i za sve aplikacije, točnije, upravljanje mrežom (eng. Network management), naplata (eng. Charging mediation) i sustav za provoziranje usluga i preplatnika,
- » mogućnost uvođenja novih, atraktivnih usluga jednostavnim dodavanjem aplikacije u aplikacijski sloj, čime je ona dostupna cijeloj pristupnoj mreži (već prema mogućnostima terminala)

4.1.3 Fiksno mobilna konvergencija

Standard MMTel jest standard za fiksno mobilnu konvergenciju (FMC – eng. Fixed-Mobile Convergence), pa tako i rješenje MMTel podržava FMC.

Prednosti konvergentnog rješenja su:

- » za FMC operatore MMTel omogućava uštede i u CAPEX i u OPEX dijelu jer se koristi ista jezgrena mreža kako za fiksne, tako i za mobilne širokopojasne korisnike,
- » moguće je konvergentno pakiranje usluga,
- » čim se izvrše promjene i uvedu novosti u setu usluga, one vrijede za sve načine pristupa,
- » postaje moguća ponuda usluga za više korisničkih uređaja – usluge se mogu koristiti s računala, mobilnih uređaja, IPTV uređaja i slično,
- » na multimedijiški poziv je moguće odgovoriti s tipa pristupa i uređaja koji je u tom trenutku korisniku najpodesniji,
- » promjene u postavkama usluge vrijede i ako korisnik promjeni pristup.

4.1.4 Skalabilnost

Ericssonovo MMTel rješenje je skalabilno; od konfiguracije za male mreže, IMS Low Entry (ILE), pa do rješenja za velike mreže na nacionalnoj razini.

Konfiguracija za male mreže, ILE, koristi kolociranje čvorova u istom kabinetu te u 1-2 kabinetima može troškovno efikasno podržati od 5.000 do 150.000 preplatnika. Kad broj preplatnika naraste preko tog broja, ILE konfiguraciju je lako proširiti na standardnu konfiguraciju dodavanjem hardvera.

Proširenja rješenja MMTel izvodi se jednostavnim dodavanjem novih pločica u postojeće magazine, čime se kapacitet (u broju preplatnika) može znatno povećati, pa skalabilnost rješenja MMTel predstavlja jednu od njegovih glavnih prednosti kod implementacija za rezidencijalne mreže.

4.2 Rješenje Telephony Softswitch (TSS)

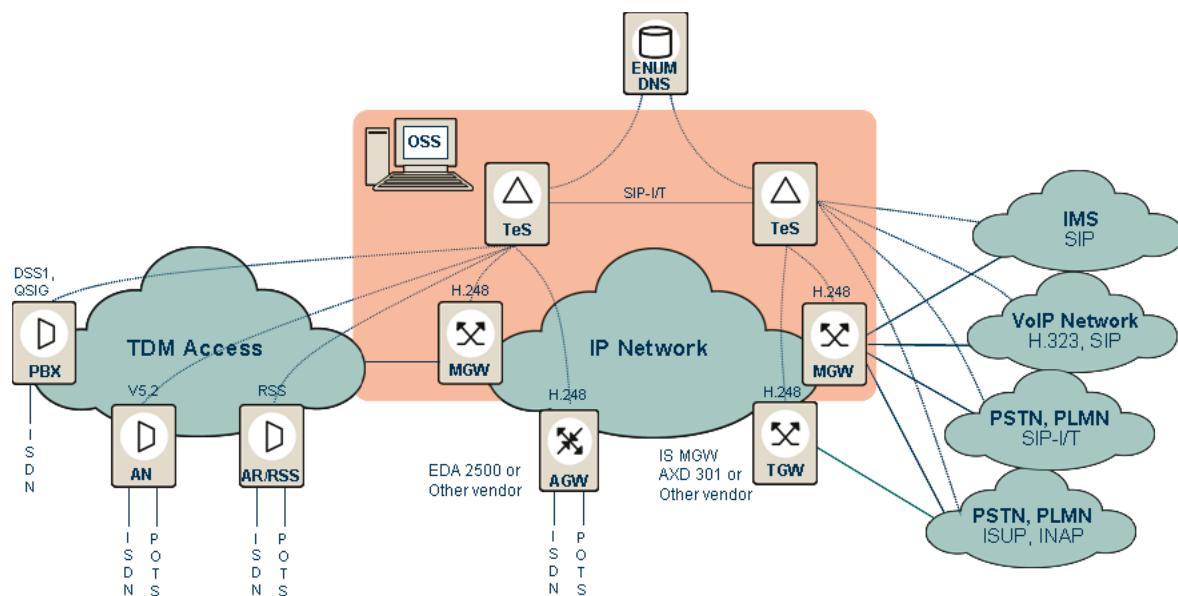
Jedno od dva rješenja koja Ericsson nudi za modernizaciju uskopojasne fiksne mreže je TSS.

Ericsson TSS je rješenje koje se potpuno temelji na IP tehnologiji, čime omogućava lakšu tranziciju TDM mreža u takozvana "All-IP" rješenja. TSS prati ETSI TISPAN standardizaciju po kojoj nudi

emulaciju PSTN/ISDN telefonskih usluga, znači 100 postotnu kompatibilnost s današnjim setom usluga. TSS arhitektura je u skladu sa specifikacijama NGN, pa tako ima izdvojeni sloj kontrole poziva (eng. Call Control), sloj veze (eng. Connectivity) i pristupni sloj (eng. Access).

TSS pruža punu podršku za tradicionalne telefonske usluge i za funkcionalnosti specifične za pojedino tržište. To uključuje potpunu kompatibilnost s tradicionalnim PSTN/ISDN telefonskim uslugama, uključujući i dodatne telefonske usluge za rezidencijalne i poslovne korisnike, faks, podršku za telefonske govornice, pulsno mjerjenje (eng. puls metering), regulatorne usluge, IN, VPN i postojeće adaptacije za pojedino tržište.

TSS podržava lokalnu, tranzitnu i internacionalnu aplikaciju. TSS pruža PSTN/ISDN telefonske usluge preplatnicima na tradicionalnim pristupnim čvorovima (RSS, AR ili V5.2) ili na H-248 pristupnicima (MGw).



Slika 9: Telephony Softswitch (TSS) arhitektura

Također, TSS se može koristiti i kao govorni pristupnik između IMS i PSTN mreže. MGW čvor je isti kao i u gornjem rješenju, dok se za MGC ne koristi IMS MGCF već TeS (Telephony Server), dio rješenja TSS.

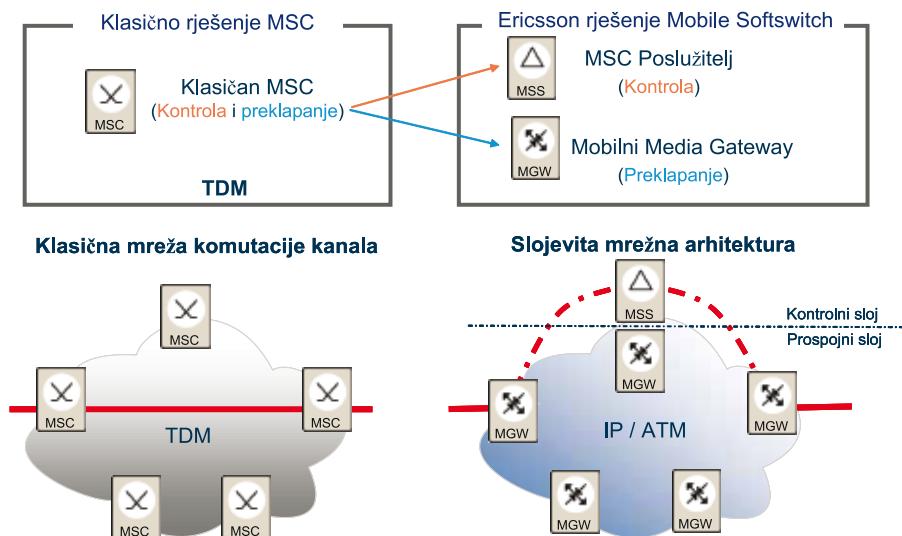
IMS jezgra mreže, točnije čvor CSCF se SIP protokolom veže na TeS. Čvor MGW vrši pretvorbu između TDM i IP domene, tj. u RTP, dok kontrolni čvor TeS ima ulogu signalnog pristupnika između SIP i ISUP protokola i vrši kontrolu čvora MGW H.248 kontrolnim protokolom.

4.3 MSS

MSS je rješenje za modernizaciju mobilne uskopojasne mreže. U komercijalnoj je primjeni još od 2003. godine. i jedno je od zrelijih i najrasprostranjenih rješenja na tržištu.

MSS se u potpunosti temelji na slojevitoj arhitekturi (za razliku od monolitne MSC arhitekture) kao zajedničko rješenje i za GSM i za WCDMA pristup.

Kontrola i izvršavanje poziva su implementirani u MSC-S (poslužiteljskom dijelu), dok korisnički promet prolazi kroz M-MGW (mobilni MGW). M-MGW podržava ATM i IP tehnologije i radi sa postojećom TDM bazom.



Slika 10: Ericssonovo rješenje Mobile Softswitch

4.4 Rješenje Ericsson RCS (Rich Communication Suite)

Ericsson RCS je rješenje za uvođenje multimedije u CS segment za modernizaciju mobilnih mreža.

To je modularno rješenje temeljeno na IMS standardu koje kombinira proizvode iz Ericssonovog IMS portfelja kao što su CSCF, HSS itd., aplikacijski poslužitelj za uslugu prisutnosti PGM (Presence Group and data Management) i za uslugu poručivanja (Messaging, IMS-M).

Rješenje je pogodno za mobilne operatore koji imaju IMS mrežnu arhitekturu u već implementiranu ili u svojoj strategiji, a u kombinaciji s rješenjem Ericsson MMTel čini konvergentno rješenje pogodno za fiksno-mobilno konvergentne (eng. Fixed Mobile Convergence, FMC) operatore.

Slika 11 daje primjer RCS aplikacije na mobilnom terminalu.



Slika 11: RCS aplikacija na mobilnom terminalu

5 Zaključak

Transformacija mreže u multimedijsku telefonsku mrežu je za svakog operatora velika promjena u samoj mrežnoj arhitekturi, ali i u operativnom radu, koja je prvenstveno motivirana radikalnim poslovnim ciljevima.

Ta je transformacija jedinstvena za svakog operatora, pa je tako i odgovor na pitanje s početka članka: „Zašto, kako i kada je pravi trenutak za modernizaciju mreže?“ jedinstven, s obzirom na postojeću situaciju u mreži, ciljeve i konkurenciju.

No, za kraj citiram izjavu koja mi se čini kao daleko najvažniji kriterij za uspješnost multimedijskih usluga i mreža, a to je Metcalfeov zakon: „Vrijednost komunikacijske mreže (i svake aplikacije) je proporcionalna kvadratu broja korisnika.“

Ericsson ima znatno iskustvo u modernizaciji mreža i migraciji na IMS arhitekturu i prvi je po IMS referencama. Ericsson je potpisao čak 63 komercijalna IMS ugovora, i to za fiksne, GSM/GPRS, WCDMA/HSPA i Wimax mreže, distribuirane po Americi, Europi, azijsko-pacifičkoj regiji i Africi.

Standard MMTel će imati ključnu ulogu u IMS višeuslužnom eko-sustavu. Zbog svoje interoperabilnosti i industrijske prihvaćenosti, samo standardna rješenja mogu osnažiti tržiste i osigurati mnoštvo međusobno povezanih operatora i pružatelja usluga.

U tom smislu MMTel ne predstavlja samo IMS uslugu, već globalni standard za sljedeći korak evolucije telefonske usluge, a to je multimedijska komunikacija u stvarnom vremenu koja će dugoročno zamijeniti fiksnu i mobilnu tehnologiju komutacije kanala.

Literatura

[1] <http://www.etsi.org/tispan/>

[2] <http://www.3gpp.org/>

[3] interna Ericssonova dokumentacija

Popis kratica

3G - 3rd Generation	EC - Emergency Call
3GPP - 3rd Generation Partnership Project	ECT - Explicit Communication Transfer
ACR - Anonymous Communication Rejection	EDGE - Enhanced Data rates for GSM Evolution
AGCF - Access Gateway Control Function	EMA - Ericsson MultiActivation
AGW - Access Gateway	ENUM - E.164 Number Mapping
AoC - Advice of Charge	ETSI - European Telecommunications Standards Institute
AP - Aggregation Proxy	FMC - Fixed-Mobile Convergence
AR - Access Ramp	GPRS - General Packet Radio Service
ARPU - Average Revenue Per User	GSM - Global System for Mobile communication
CB - Call Barring	GSMA - Global System for Mobile communication Association
CCBS - Call Completion to Busy Subscriber	HOLD - Call Hold
CDIV - Communication Diversion	IETF - Internet Engineering Task Force
CONF - Conference	IMS - IP Multimedia Subsystem
CS - Circuit Switched	IP - Internet Protocol
CS/CPS - Carrier Selection / Carrier PreSelection	IPTV - Internet Protocol Television
CSCF - Call Session Control Function	ISDN - Integrated Services Digital Network
CW - Communication Waiting	LI - Lawful Intercept
DNS - Domain Name System	MCID - Malicious Communication Identification

MGC - Media Gateway Controller
MGCF - Media Gateway Controller Function
MGW - Media Gateway
MM - MultiMediation
MMTel - Multimedia Telephony
MRFC - Multimedia Resource Function Controller
MSAN - Multi-Service Access Node
MSS - Mobile Softswitch
MTAS - Multimedia Telephony Application Server
MWI - Message Waiting Indication
NGN - Next Generation Networks
NP - Number Portability
OIP - Originating Identification Presentation
OIR - Originating Identification Restriction
PES - PSTN/ISDN Emulation Subsystem
POTS - Plain Old Telephony Service
PSTN - Public Switched Telephony Service
QoS - Quality of Service
RCS - Rich Communication Suite
RSS - Remote Subscriber Stage
RTP - Real Time Protocol
SIP - Session Initiated Protocol (IETF)
TCO - Total Cost of Ownership
TDM - Time Domain Multiplex
TeS - Telephony Server
TIP - Terminating Identification Presentation
TIR - Terminating Identification Restriction)
TISPAN - Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks
TSS - Telephony Softswitch
UMTS - Universal Mobile Telecommunications System
UNI - User to Network Interface
VoIP - Voice over IP
WUIGM - Web User Interface Group Management

Adresa autora:

Barbara Pavelić Grbić
e-mail: barbara.pavelic.grbic@ericsson.com
Ericsson Nikola Tesla d.d.
Krapinska 45
p.p. 93
HR-10002 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo je primilo rukopis 20. listopada 2010.



Tomislav Blajić

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

LTE – NOVA TEHNOLOGIJA ZA MOBILNI ŠIROKOPOJASNI PRISTUP

LTE – NEW TECHNOLOGY FOR MOBILE BROADBAND ACCESS

Sažetak

Današnja 3G tehnologija brzog paketskog pristupa (HSPA – eng. High Speed Packet Access) nametnula se kao nositelj naglog širenja širokopojasnog mobilnog pristupa internetu. Unatoč njenom konstantnom unapređivanju, zbog kapacitivnih ograničenja i limitiranih mogućnosti postizanja još viših performansi, kao i zbog zahtjeva za povećanjem efikasnosti upotrebe radijskih resursa i sniženjem troškova održavanja, krenulo se u razvoj nove tehnologije pod nazivom LTE (eng. Long Term Evolution – dugoročna evolucija 3G sustava). Navedeni zahtjevi proizlaze iz potrebe za podrškom novih naprednih usluga u mobilnom svijetu, od multimedijalne telefonije, preko prijenosa velike količine podataka kroz društveno umrežavanje do npr. streaminga HDTV signala, a sve uz mogućnost istovremenog pružanja širokopojasnog pristupa velikom broj korisnika mobilne mreže.

LTE se razvija kao novi globalno prihvaci 3GPP (eng. Third Generation Partnership Project) standard za evoluiranu UTRAN (eng. UMTS Terrestrial Radio Access Network) mrežu (E-UTRAN) uz istodobnu podršku u evoluiranoj jezgrenoj mreži (EPC – eng. Evolved Packet Core) proizašloj iz 3GPP studije evolucije arhitekture sustava (SAE – eng. System Architecture Evolution). Ključne tehnologije kojima se omogućuje postizanje visokih brzina prijenosa uključuju radijsko sučelje temeljeno na OFDM (eng. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) pristupu, upotrebu više-antenskih rješenja (MIMO – eng. Multiple Input, Multiple Output) te fleksibilnost upotrebe frekvencijskog spektra.

Abstract

3G technology for High Speed Packet Access (HSPA) enables mobile broadband growth that we can witness today. Despite continuous HSPA evolution, limitations in reaching even higher performances and higher capacity, together with existing demands for increased radio resource usage efficiency and lower operational expenses initiated development of new technology known as LTE (Long Term Evolution). These demands arise from the need to support new advanced mobile services, including multimedia telephony, transfer of high amount of data through social networking, mobile streaming of HDTV signal, all combined with mobile broadband access for high number of simultaneous users.

LTE is developed as new globally accepted 3GPP standard for Evolved UTRAN (E-UTRAN) with support for Evolved Packet Core (EPC) – result of 3GPP study for System Architecture Evolution (SAE). Key technologies for achieving high data rates include radio interface based on OFDM access, implementation of multiple antenna solutions (MIMO) and flexible usage of frequency spectrum.

KLJUČNE RIJEČI:	KEY WORDS:
LTE, Dugoročna evolucija 3G sustava	LTE, 3G Long-Term Evolution
SAE, Evolucija arhitekture sustava	SAE, System Architecture Evolution
EPC, Evoluirana paketska jezgrena mreža	EPC, Evolved Packet Core
E-UTRAN, Evoluirana UMTS zemaljska radijska pristupna mreža	E-UTRAN, Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
4G, četvrta generacija mobilnih komunikacija	4G, Fourth Generation Mobile Communications
3GPP standardizacija	3GPP standardization
Mobilni širokopojasni pristup	Mobile broadband
Zračno sučelje	Radio Interface
OFDM, Ortogonalno multipleksiranje frekvencijskim odvajanjem	OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplex
MIMO, Višeslojni prijenos, tj. višestruki ulaz – višestruki izlaz	MIMO, Multiple Input - Multiple Output, MIMO

1 Uvod

Razvoj suvremenih mobilnih tehnologija koji pratimo kroz protekla tri desetljeća hvata sve brži zamah pojavom svake nove tehnološke generacije. Prve celularne mreže (npr. NMT, AMPS i TACS, danas poznate i kao prva generacija, tj. 1G) zasnovane na analognom FDMA pristupu i govornim uslugama, razvijane su sedamdesetih godina prošlog stoljeća, a komercijalno su pokrenute početkom osamdesetih (npr. NMT 1981.). Već kod mreža druge generacije (GSM, D-AMPS, PDC, IS-95) korištenih za digitalni prijenos govora i podataka korištenjem TDMA ili CDMA pristupa, ciklus razvoja se skraćuje na ispod 10 godina. Tako je standardizacija GSM tehnologije započela 1982., dok se prve GSM mreže se pojavljuju 1991.

Slijedeći unaprjeđenja nastala uvođenjem paketskog prijenosa podataka u 2G mrežama (isprrva GPRS, kasnije i EDGE) te temelje postavljene od strane Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU - International Telecommunications Union) kroz okvir za globalne 3G standarde (IMT-2000), tijekom devedesetih se intenzivno standardiziraju 3G tehnologije. Tako se krajem 1998.g. formira Projekt partnerstva za treću generaciju (3GPP – eng. Third Generation Partnership Project) – kolaboracija više telekomunikacijsko-standardizacijskih tijela iz svih dijelova svijeta, koja razvija tehničke specifikacije za WCDMA (eng. Wideband Code Division Multiple Access) pristup u FDD i TDD modu UMTS sustava. Prve komercijalne 3G mreže pokrenute su 2001.godine u Japanu i 2003. u Europi. Danas smo svjedoci uspješne evolucije WCDMA mreža uvođenjem brzog paketskog pristupa (HSPA – eng. High Speed Packet Access) kroz kontinuirana unaprjeđenja koja donose nova izdanja 3GPP specifikacija (Release 5: HSDPA, Release 6: HSUPA, Release 7 i 8: HSPA+). Upravo je 3GPP standardizacijsko tijelo koje je odgovorno za nastanak i razvoj LTE standarda kao nove tehnologije na putu k mobilnim mrežama četvrte generacije (4G).

3GPP			
> Rel 99/Rel 4	- WCDMA – inicijalni paketski prijenos	R99	384 kbps
> Rel 5	- High Speed Downlink Packet Access	HSPA	14.4 / 5.8 Mbps
> Rel 6	- Enhanced Uplink (HSUPA)		
> Rel 7	- High Speed Packet Access + (modulacija višeg reda, MIMO)	HSPA +	28 / 12 Mbps
> Rel 8	- High Speed Packet Access + (višestruki nosioci – multi carrier) - Long Term Evolution	HSPA +	42 Mbps
		LTE	>100 Mbps

Slika 1: Evolucija 3GPP tehnologija

U studenom 2004. godine, 3GPP grupa za tehničke specifikacije radijskih sučelja (TSG RAN) organizira prvu radionicu na temu dugoročne evolucije 3G radijskog sučelja. Ta radionica predstavlja polazišnu točku u razvoju LTE standarda. Preko 50 istraživačkih instituta, operatora i proizvođača opreme, a među njima i Ericsson, iznijelo je svoje poglede i prijedloge vezane uz evoluciju UMTS zemaljske radijske pristupne mreže (UTRAN – eng. UMTS Terrestrial Radio Access Network). Već tada su definirani osnovni zahtjevi: smanjeni troškovi po bitu informacije, visoke brzine prijenosa uz malo kašnjenje, poboljšano pružanje velikog broja usluga, fleksibilnost upotrebe različitih frekvencijskih opsega, pojednostavljena arhitektura, otvorena sučelja, umjerena potrošnja snage u terminalima. Zaključeno je i da evoluirana mreža mora donijeti znatna unaprjeđenja kako bi opravdala standardizacijske napore.

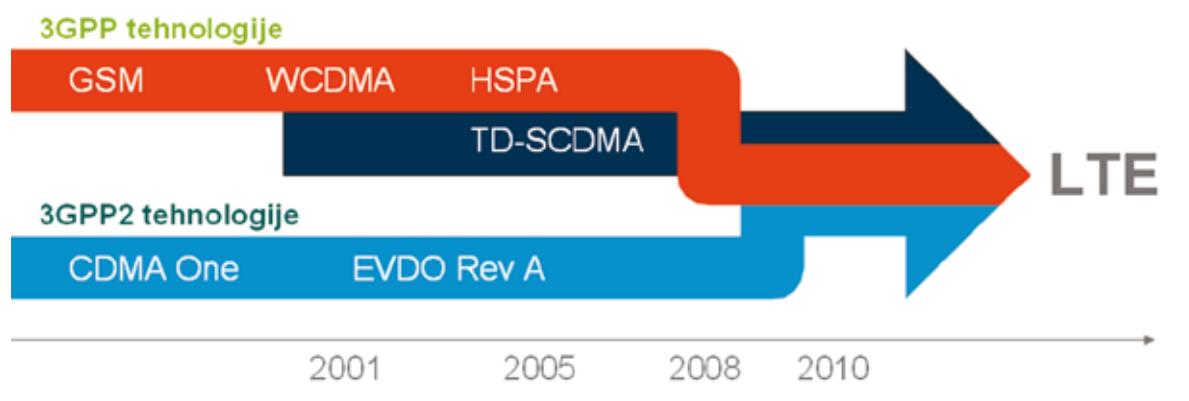
Na temelju zaključaka ove radionice te uz široku podršku članica 3GPP-a, krajem iste godine pokrenuta je studija izvodivosti čiji je cilj bio razvoj okvira za evoluciju postojeće 3GPP radijske pristupne tehnologije prema novoj tehnologiji visokih brzina prijenosa i niskog kašnjenja, optimiziranoj za paketni prijenos.

U proljeće 2005.godine 3GPP grupa za tehničke specifikacije arhitekture sustava (TSG SA) pokrenula je prateće istraživanje, budući da je zaključeno kako će novo radijsko LTE sučelje zahtijevati i odgovarajuću evoluiranu arhitekturu sustava (SAE – eng. System Architecture Evolution).

Paralelno s intenzivnim istraživanjima predvođenim 3GPP radnim grupama (RAN WG1-5, SA WG2), pokrenuta je i inicijativa za mobilne mreže slijedeće generacije (NGMN – eng. Next Generation Mobile Networks), koje provodi sedam velikih svjetskih mrežnih operatora. Cilj te inicijative je definiranje uskladene vizije tehnološke evolucije nakon 3G za konkurentno pružanje širokopojasnih bežičnih usluga. Početkom 2006. godine ova inicijativa izašla je sa svojim prioritetima ključnih karakteristika, preporukama i detaljnim zahtjevima na buduće tehnologije, uz veliki naglasak na troškove vezane za intelektualna prava (IPR – eng. Intellectual Property Rights).

Tijekom 2007. LTE tehnologija je napredovala od studije izvodivosti prema prvom izdanju tehničkih specifikacija – pokrenuta je nova (36.) serija specifikacija pod nazivom "Evolved UTRA (LTE) aspects". Prvi ključni korak razvoja LTE standarda predstavljalo je odobravanje specifikacija fizičkog sloja (zračnog sučelja) zasnovanog na OFDMA pristupu. Koncem 2008. konačno je odobreno "zamrzavanje" LTE standardiziranih funkcionalnosti kao dijela 8. izdanja (Release 8) 3GPP specifikacija, čime su one postale dovoljno stabilne za komercijalnu izvedbu.

Niz operatora pokazao je veliku opredijeljenost za upotrebu LTE tehnologije pa je efikasan i brz ciklus razvoja novog standarda (svega 5 godina) omogućio realizaciju planova rane implementacije već krajem 2009.godine. Ovdje je bitno je naglasiti da po prvi puta imamo priliku da zaživi jedan stvarno globalni telekomunikacijski standard. Naime, čak i operatori koji koriste 3G tehnologije izvan 3GPP svijeta (npr. CDMA 2000 u Americi i Aziji ili TD-SCDMA u Kini) prihvaćaju LTE kao tehnologiju za evoluciju svojih mreža.

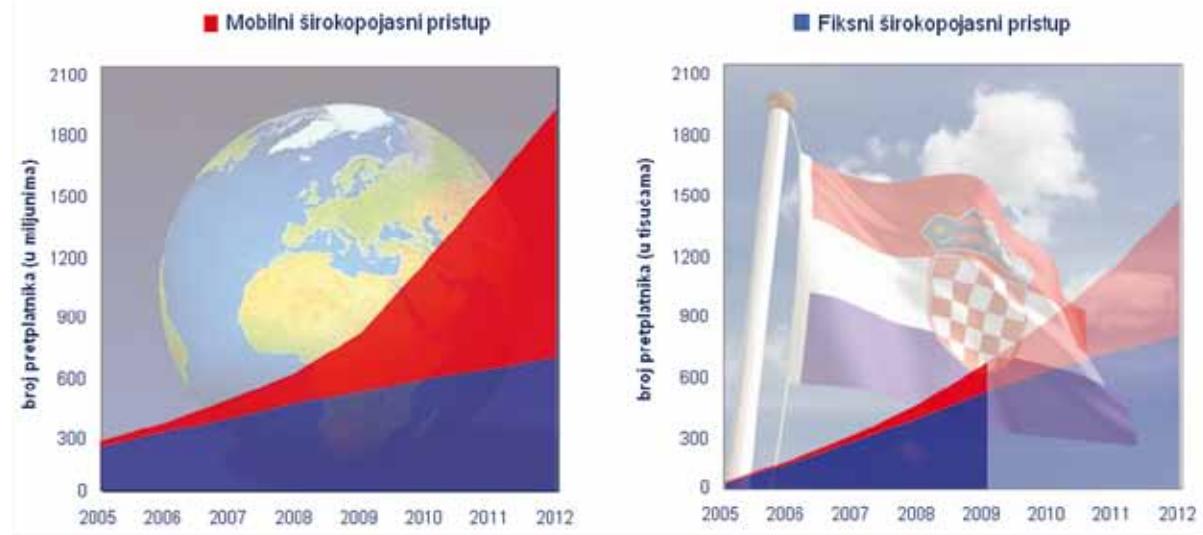


Slika 2: LTE – globalno prihvaćen standard

Kako se razvoj tehnologije nastavlja ubrzavati, tako se i 3GPP fokusira na daljnje poboljšavanje LTE standarda radi osiguravanja njegove optimalne učinkovitosti u budućnosti. To uključuje i razvoj novih specifikacija za LTE-Advanced (kao dio 10. izdanja specifikacija, Release 10, koje se očekuju već početkom 2011.) čija daljnja unaprjeđenja zapravo odgovaraju četvrtoj generaciji mobilnih sustava (4G) prema zahtjevima koje ITU postavlja pod nazivom "IMT Advanced".

2 LTE ciljevi

Danas smo svjedoci nagle promjene u načinu korištenja interneta - umjesto prethodne usmjerenoosti na informaciju i sadržaj sve bitniji postaje aspekt komunikacije, a samim tim i potreba stalne povezanosti. Širokopojasni pristup internetu postaje jedna od osnovnih potreba današnjeg svijeta, a u njegovom razvoju sve veći udio zauzima mobilni širokopojasni pristup. Predviđanja (Slika 3) pokazuju da bi do 2012. godine u svijetu trebalo biti više od 1,8 milijardi pretplatnika širokopojasnog pristupa, od čega bi čak dvije trećine bili mobilni korisnici (slični trendovi su vidljivi i u Hrvatskoj).



Slika 3: Predviđanja rasta širokopojasnog pristupa u svijetu i Hrvatskoj (izvori: OVUM, Strategy Analytics, HAKOM, Cullen International i Ericsson, 2009.)

Današnji rast udjela mobilnog internata možemo zahvaliti prvenstveno 3G tehnologiji brzog paketskog pristupa (HSPA), a razlozi leže u velikom zamahu u pogledu ostvarenog prometa, atraktivnim cijenama (na razini cijena fiksног pristupa) i paketima (npr. pretplata uz računalо) te velikom broju dostupnih uređaja (USB modemi, podatkovne kartice, kućni usmjernici, kamere...). Bitan element u cijeloj priči je i kontinuirana evolucija tehnologije koja povećava maksimalne brzine i kapacitet sustava.

Zahtjevi i očekivanja korisnika neprestano rastu zbog novih zahtjevnijih aplikacija, (npr. VoIP, mobilna TV, online igre, video na zahtjev i sl.), ali i želje za jednostavnijim korištenjem (npr. uz manje vrijeme čekanja i brži odziv). Operatori, s druge strane, teže što učinkovitijem načinu pružanja usluga (smanjeni troškovi po bitu informacije) uz zadržavanje prihoda i smanjenje troškova izgradnje i održavanja. Sve to djeluje kao pokretač dugoročne evolucije 3G sustava kroz uvođenje nove, fleksibilnije tehnologije (LTE).

Ključni ciljevi s aspekta performansi i mogućnosti koje 3GPP stavlja pred LTE su:

- » visoke brzine prijenosa – cilja se na vršne brzine prijenosa podataka veće od 100 Mbps u silaznoj vezi, odnosno 50 Mbps u uzlaznoj vezi, te ostvarivost 2-3 puta većih brzina na rubu ćelije u odnosu na HSPA Release 6,
- » smanjenje vremena čekanja – niska latencija (ispod 10 ms) u korisničkoj ravnini poradi poboljšanja performansi protokola u višim slojevima (npr. TCP) kao i smanjenje kašnjenja povezanog s procedurama u kontrolnoj ravnini (npr. uspostava sjednice/sesije, ispod 100 ms)
- » visoka spektralna efikasnost (bps/Hz/site) – 2-3 puta veća u odnosu na HSPA Release 6,

- » umjerena potrošnja snage u terminalima,
- » fleksibilnost upotrebe različitih frekvencijskih opsega – mogućnost upotrebe raznih frekvencijskih područja (bilo već postojećih ili novih), uz široku mogućnost izbora širine pojasa (1,4; 3; 5; 10; 15 ili 20 MHz), te izbor između FDD ili TDD moda rada,
- » pojednostavljena arhitektura – manje čvorova, a time i manje signalizacije, korištenje samo paketske domene (all-IP rješenje),
- » pojednostavljeno održavanje – podrška za samo-organizirajuće mreže (SON – eng. Self Organizing Networks), npr. mogućnost automatske konfiguracije,
- » isplativa migracija sa trenutačnih mreža - mogućnost ponovnog korištenja dosadašnjih investicija.

Jedan od najbitnijih elemenata u implementaciji LTE mreža bit će dostupnost i cijena frekvencijskog spektra - radi ostvarivanja što veće podatkovne propusnosti i kapaciteta najvećih dobitaka, potreban je i što širi spektar, a samim time se javlja i potreba za nabavkom dodatnih frekvencijskih područja. Slika 4 prikazuje danas identificirane LTE frekvencijske pojaseve.

Osim navedenih frekvencijskih područja, može se očekivati da će značajnu ulogu za implementaciju LTE tehnologije imati i pojas koji se oslobođa prelaskom emitiranja televizijskog programa s analogne na digitalnu tehnologiju (tzv. digitalna dividenda) - u Europi je riječ o području 790-862 MHz. Ovaj je pojas vrlo interesantan budući da pruža mogućnost znatno boljeg pokrivanja (zbog niskih frekvencija), što bi rezultiralo i manjim potrebnim brojem lokacija (pogotovo u slučaju ruralnog pokrivanja).

Premda je oslobođanje tog pojasa globalno definirano tek od 2015.godine, prema odlukama Svjetske radio konferencije iz 2007 (WRC-07 – World Radio Conference), moguće je i ranije izvršiti prenamjenu za mobilne tehnologije (IMT-2000). Prema inicijativi Europske komisije, za FDD mod rada na raspolaganju će biti dostupno 30 MHz upareno za silaznu (791-821 MHz) i uzlaznu vezu (832-863 MHz), dok je u slučaju TDD moda rada predviđeno neuparenih 65 MHz (797-862 MHz).

FDD			TDD		
Pojas	Identitet	Frekvencije (MHz)	Pojas	Identitet	Frekvencije (MHz)
1	IMT osnovni pojas	1920-1980/2110-2170	33,34	TDD 2000	1900-1920 2010-2025
2	PCS 1900	1850-1910/1930-1990	35,36	TDD 1900	1850-1910 1930-1990
3	GSM 1800	1710-1785/1805-1880	37	PCS centralni razmak	(1915) 1910-1930
4	AWS	1710-1755/2110-2155	38	IMT ekstenzija – centralni razmak	2570-2620
5	850	824-849/869-894	39	Kina TDD	1880-1920
6	850 (Japan)	830-840/875-885	40	2.3 TDD	2300-2400
7	IMT ekstenzija	2500-2570/2620-2690	u razvoju (FDD&TDD)		
8	GSM 900	880-915/925-960	22/41	3.5 GHz	3400-3600
9	1700 (Japan)	1750-1785/1845-1880	23/42	3.7 GHz	3600-3800
10	3G (Amerika)	1710-1770/2110-2170			
11	UMTS1500	1428-1453/1476-1501			
12	US 700	698-716/728-746			
13	US 700	776-788/746-758			
14	US 700	788-798/758-768			
17	US 700	704-716/734-746			
18	850 (Japan #2)	815-830/860-875			
19	850 (Japan #3)	830-845/875-890			
20	Digitalna dividenda	791-821/832-862			
21	1500 (Japan #2)	1448-1463/1496-1511			

Slika 4: Identificirani LTE frekvencijski pojasevi

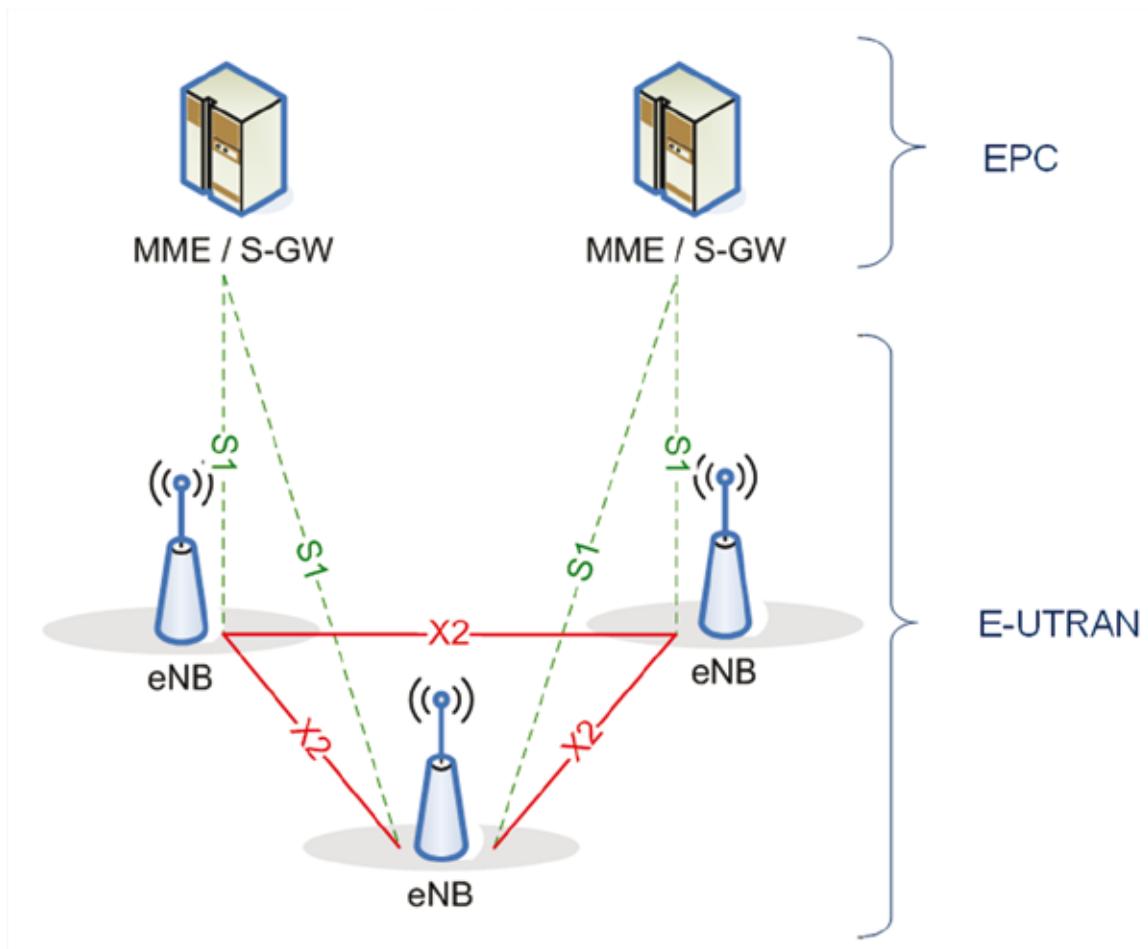
3 Arhitektura EPS sustava

Kada spominjemo LTE i SAE zapravo se referenciramo na tehnologije koje specificira 3GPP (u svojem osmom izdanju specifikacija, Release 8) kao temelj za evoluciju 3G mobilnih mreža. Stvarna mreža zasnovana na tim tehnologijama zapravo će tvoriti evoluirani paketski sustav (EPS – eng. Evolved Packet System). EPS se sastoji od evoluirane paketske jezgrene mreže (EPC – eng. Evolved Packet Core) i evoluirane UMTS zemaljske radijske pristupne mreže (E-UTRAN – Evolved UTRAN).

EPC pruža pristup prema vanjskim podatkovnim mrežama (npr. Internet) i operatorskim servisima (npr. MMS, MBMS), upravlja funkcijama vezanima uz sigurnost (autentifikacija, dodjela sigurnosnih ključeva), pretplatničke informacije, naplatu i mobilnost prema drugim pristupnim mrežama (GERAN, UTRAN, CDMA2000, WLAN ...), te prati mobilnost ne-aktivnih terminala.

E-UTRAN obavlja sve radijske funkcije za aktivne terminale. Sastoje se od radijskih osnovnih postaja (eNB – eng. e-Node B). Između EPC i E-UTRAN-a nalazi se S1 sučelje, dok su eNB povezane X2 sučeljem. Korisnički terminal povezan je izravno na E-UTRAN, no dio funkcionalnosti protokolnog složaja kontrolne ravnine zatvara se u EPC.

EPS podržava isključivo paketsku domenu (PS – eng. Packet Switched) – servisi koji tradicionalno koriste komutaciju kanala (CS – eng. Circuit Switched) prenositi će se također preko PS nositelja.



Slika 5: Generalna EPS arhitektura

3.1 EPC

Evoluiranu paketsku jezgenu mrežu tvore sljedeći logički čvorovi:

- » u kontrolnoj ravnini – MME (eng. Mobility Management Entity)
- » u korisničkoj ravnini – S-GW (eng. Serving Gateway) i P-GW (eng. Packet Data Network Gateway)

MME sadrži kontrolne funkcionalnosti koje su konceptualno slične kontrolnoj SGSN ravnini (najčešće se fizički i izvodi kao softverska funkcionalnost unutar SGSN čvora). MME zaključuje protokole kontrolne ravnine prema korisničkom terminalu te obrađuje sljedeće funkcije vezane uz mobilnost i upravljanje sesijom:

- » UE attach/detach procedura – omogućuje mobilnoj stanici da se registrira na mrežu ili odregistriira sa iste,
- » sigurnost – funkcije autentifikacije i autorizacije radi provjere identiteta korisnika, odobravanje pristupa mreži i praćenje korisničke aktivnosti,
- » upravljanje EPS nositeljem – uspostava, izmjena i raskidanje EPS nositelja,
- » mobilnost neaktivnih korisnika – nadzor korisnika u idle modu, pri čemu se položaj korisnika prati samo na razini područja praćenja (TA – eng. Tracking Area)
- » pozivanje korisnika (paging)
- » prekapčanje prema drugim tehnologijama (IRAT handover) – upravlja mobilnost prilikom prelaska prema drugim mrežama (GSM, WCDMA ...).

Korisnik je spojen na isti MME čvor sve dok se nalazi u unutar područja koje nadzire isti skup MME-ova (MME pool).

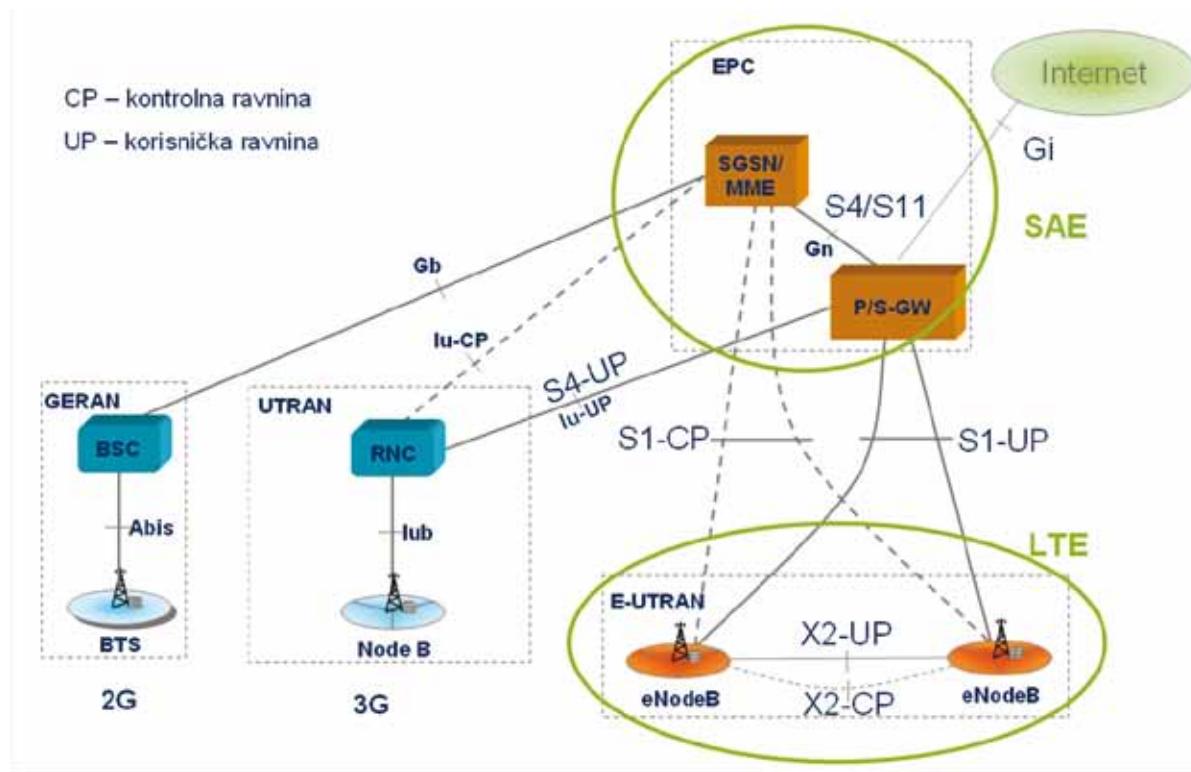
Funkcionalnosti S-GW i P-GW čvorova za slučaj bez roaminga nalaze se unutar mreže istog operatora te mogu biti implementirane u kombiniranom P/S-GW čvoru (također se koristi i naziv SAE-GW). Najčešće su izvedeni kao softverska nadogradnja postojećeg GGSN (eng. Gateway GPRS Support Node) čvora. P/S-GW predstavlja sidrišnu točku korisničke ravnine terminala koji se kreće između više eNB čvorova. Do promjene S-GW dolazi samo ukoliko korisnik prelazi u područje drugog S-GW skupa (S-GW pool), dok se isti P-GW zadržava sve dok je korisnički terminal priključen na mrežu.

P/S-GW obavlja sljedeće funkcije kontrolne ravnine:

- » upravljanje EPS nositeljem – pokreće uspostavu EPS nositelja nakon zahtjeva od strane viših slojeva,
- » sidrenje mobilnosti – P-GW predstavlja IP točku prisutnosti (PoP – eng. Point of Presence) za terminal koji je spojen na mrežu – on dodjeljuje IP adresu svakom terminalu čija mobilnost time biva skrivena prema fiksnoj mreži,

P/S-GW također obavlja i sljedeće funkcije korisničke ravnine:

- » kontrola i provođenje zadane kvalitete usluga (QoS) – povezivanje korisničkog toka podataka sa odgovarajućim QoS klasama te sprečavanje prekoračenja limita definiranih pretplatničkim ugovorom,
- » naplata,
- » zakonsko presretanje prometa.



Slika 6: Tipčna SAE/LTE implementacija - odgovarajuća sučelja i protokoli

3.2 E-UTRAN

U odnosu na UTRAN mrežu, E-UTRAN donosi značajno pojednostavljenje arhitekture – uključuje samo evoluirane radijske osnovne postaje (e-Node B, eNB). Kako se izostavlja čvor za upravljanje (RNC – Radio Network Controller), jedan dio njegovih funkcionalnosti prebačen je u EPC (točnije S-GW), no većina njih prebacuje se u eNB (što je trend započet već uvođenjem HSDPA u WCDMA mreže).

eNB predstavlja čvor radijske pristupne mreže zadužen za radijsko odašiljanje i prijem od strane korisničke upreme (UE – User Equipment) u jednoj ili više celija (najčešće 3).

Lista eNB funkcionalnosti uključuje:

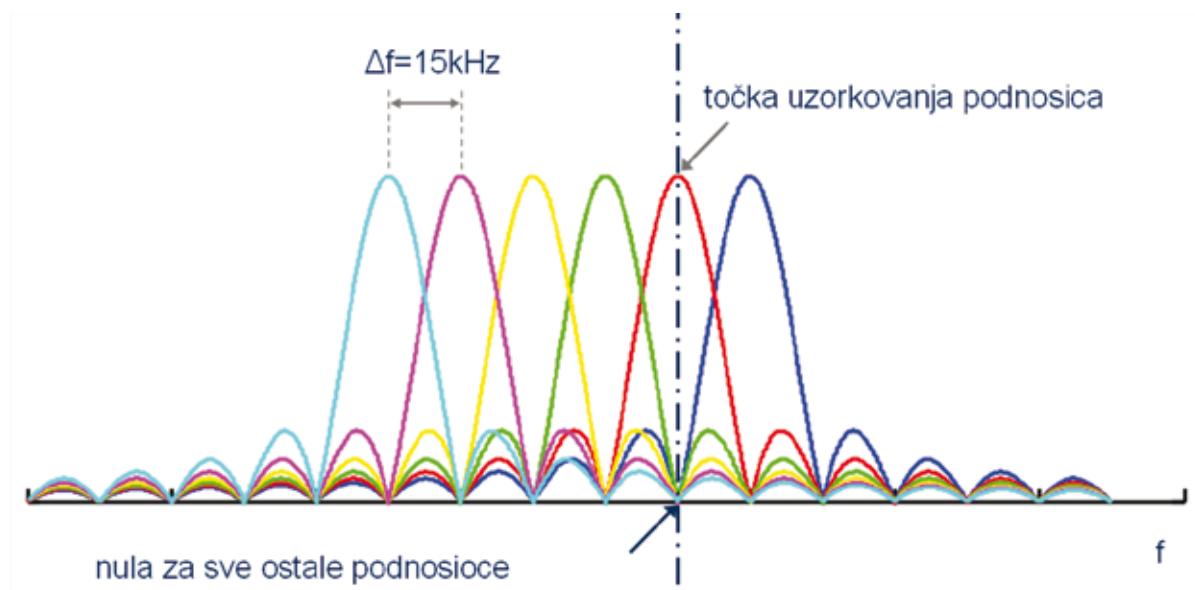
- » kontrolu celija i podršku MME skupu – eNB posjeduje i kontrolira radijske resurse svojih celija, koji su zahtijevani od i odobreni određenom MME skupu (eng. MME pool),
- » kontrolu mobilnosti – za aktivne terminalne, uključuje UE naloge za obavljanje mjerjenja i izvršenja prekapčanja (eng. handover) kad je to potrebno,
- » sigurnost kontrolne i korisničke ravnine – šifriranje (eng. ciphering),
- » upravljanje dijeljenim kanalom – pridjeljivanje resursa dijeljenog kanala i kanala za slučajni pristup,
- » segmentaciju i spajanje – na RLC (eng. Radio Link Control) sloju se obavlja adaptacija korisnih paketa na veličinu prijenosnog bloka (eng. transport block),
- » upravljanje retransmisijom (HARQ procesi),
- » raspoređivanje korisnika (eng. scheduling) – uz podršku definiranih QoS klasa,
- » funkcionalnosti fizičkog sloja tj. pseudo-slučajno kodiranje (eng. scrambling), odašiljačke diverzite, procesiranje antenskog upravljanja, OFDM modulaciju,
- » mjerjenje i prijavljivanje – podaci prikupljeni mjerjenjima koriste se za upravljanje radijskim resursima (RRM – eng. Radio Resource Management),
- » automatizirani rad i nadzor.

4 Osnovne značajke zračnog sučelja

LTE radijsko sučelje zasniva se na upotrebi ortogonalnog multipleksiranja frekvencijskim odvajanjem (OFDM – eng. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) s OFDMA (eng. Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) višestrukim pristupom u silaznoj vezi te višestrukog pristupa s frekvencijskom raspodjelom na jednom nositelju (SC-FDMA – eng. Single Carrier Frequency Division Multiple Access) u uzlaznoj vezi. Za ostvarivanje visokih brzina prijenosa bitna je i podrška više-antenskih rješenja kako na osnovnoj postaji, tako i u terminalima. To uključuje metode višeslojnih prijenosa, tj. višestruki ulaz – višestruki izlaz (MIMO – eng. Multiple Input Multiple Output), kao i tehnikе odašiljačke i prijemne raznolikosti (eng.TX/RX diversity) te upravljanja dijagramom zračenja antene (eng. beamforming).

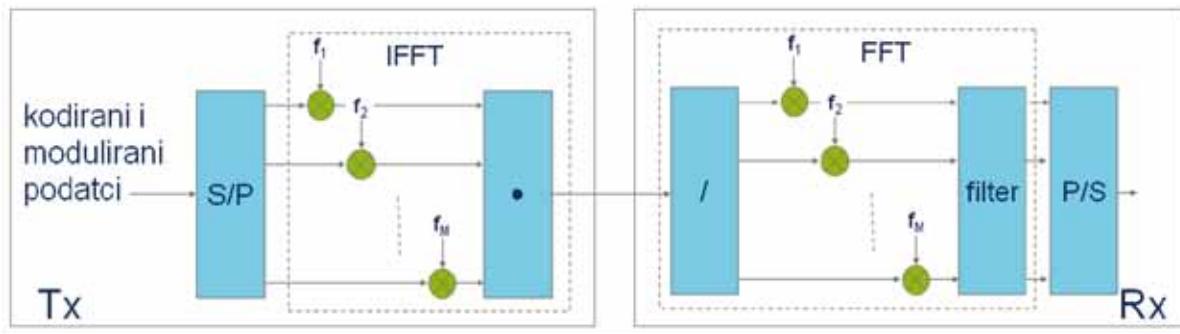
Izbor OFDM tehnologije za LTE omogućava prilagodbu prijenosnih parametara sustava u frekvencijskoj domeni, zadovoljavajući zahtjeve za spektralnom efikasnosti, a prikladna je i za neusmjereni ili grupno odašiljanje (eng. Broadcast/Multicast).

OFDM je modulacijska tehnika izrazito otporna na frekvencijski selektivno slabljenje (eng. fading) i stoga pokazuje dobre performanse u visoko vremenski disperzivnim radijskim okružjima (što je najčešći slučaj u urbanom okruženju). Sveukupni tok podataka razdvaja se u veliki broj tokova koji se potom prenose na zasebnim podnositeljima (eng. subcarriers). Budući da svaki podnositelj ima nisku brzinu prijenosa simbola (eng. symbol rate), njihovo trajanje je produženo. Samim time smanjen je i utjecaj među-simbolne interferencije (ISI – eng. Inter Symbol Interference). Kako su podnositelji postavljeni tako da svi ostali imaju vrijednost nula u trenutku uzorkovanja pojedinog podnositelja, ostvarena je njihova potpuna ortogonalnost.



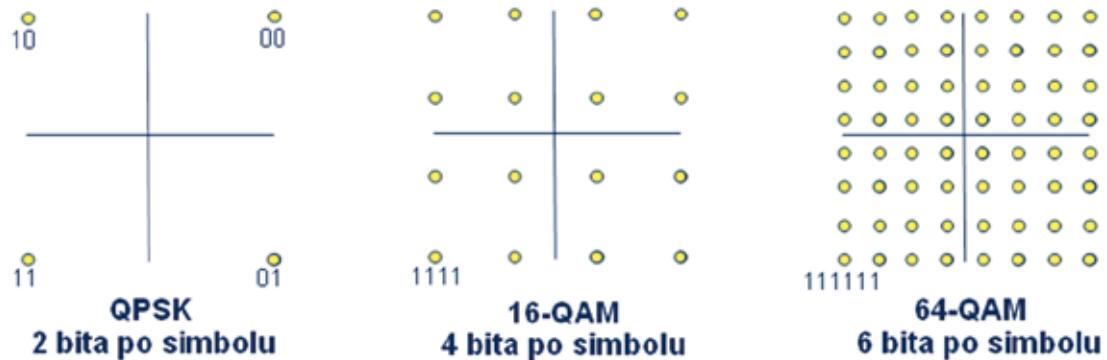
Slika 7: OFDM podnositelji

Implementacija OFDM tehnike je razmjerno jednostavna. OFDM odašiljač se tipično izvodi korištenjem inverzne brze Fourierove transformacije (IFFT), čija složenost nije velika. Ciklički prefiks se dodaje svakom simbolu prije odašiljanja kako bi se zadržala ortogonalnost uz minimiziranje među-simbolne interferencije. Korištenjem inverzne brze Fourierove transformacije prijemnik može potpuno detektirati odaslan signal, uz pretpostavku da je maksimalno raspršenje kašnjenja (eng. delay spread) u radijskom kanalu kraće od dužine dodanog cikličkog prefiksa.



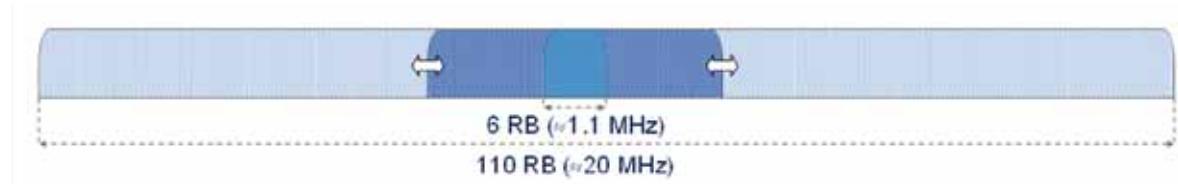
Slika 8: Implementacija OFDM tehnike uz pomoć IFFT/FFT u odašiljanju i prijemu

Svaki od podnositelja nosi jedan OFDM simbol koji sadrži informacijske bitove modulirane QPSK, 16QAM ili 64QAM modulacijom (dakle imamo 2,4 ili 6 bita po simbolu). Modulacija višeg reda je osjetljivija na smetnje te zahtijeva bolje radijske uvjete, tj. bolji odnos snage nositelja prema interferenciji (C/I – eng. Carrier to Interference).



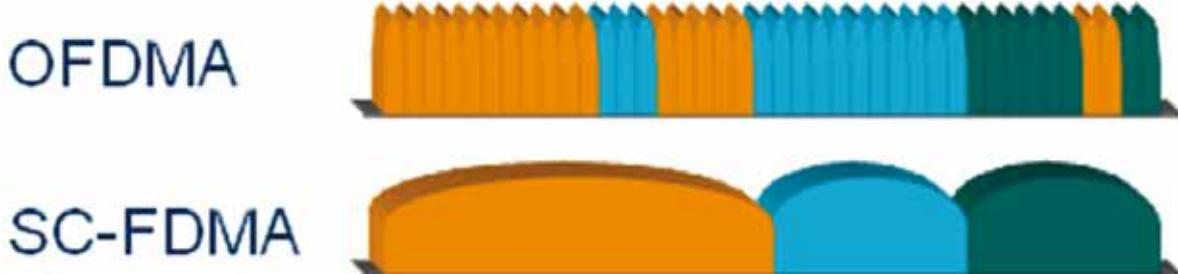
Slika 9: LTE podržane modulacije

Mijenjanjem broja podnositelja moguća je podrška za različite pridjeljenje širine frekvencijskog pojasa, od 1,4 MHz sve do 20 MHz. Pri tome je granularnost definirana na razini jednog resursnog bloka (RB – eng. Resource Block) kojeg predstavlja 12 podnositelja od 15 KHz (dakle ukupno 180 KHz). Centralni blok od 6 RB-a oko istosmernog nositelja (eng. DC carrier) predstavlja minimum zauzeća, dok se korištenjem više RB-a s bočnih strana može izvesti širenje. Pojedinoj mobilnoj stanicici može biti dodijeljeno maksimalno 100 RB-ova (ostatak 20 MHz pojasa otpada na filtriranje i zaštitni pojas), a dodijeljeni RB-ovi u silaznoj vezi ne moraju biti kontinuirani.



Slika 10: Promjenjiva širina frekvencijskog pojasa

Kod uzlazne veze koristi se posebna izvedba OFDMA pristupa, takozvani pred-kodirani OFDMA, odnosno SC-FDMA (eng. Single Carrier FDMA), čije je osnovno obilježje da pojedini korisnik dobiva kontinuirani skup podnositelja (koji onda djeluje kao jedan širi nositelj). Osnovna motivacija za takav pristup je smanjenje potrošnje baterije u mobilnom terminalu zbog manjeg odnosa vršne i prosječne snage (PAPR – eng. Peak to Average Power Ratio), a time i boljeg pokrivanja u uzlaznoj vezi.



Slika 11: Usporedba OFDMA i SC-FDMA pristupa

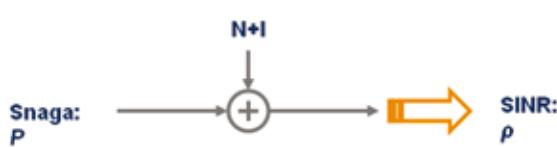
Korištenjem više antena na TX i RX strani moguće je ostvariti različite dobitke. Oblikovanje dijagrama zračenja pri tom osigurava veći odnos signal-šum te time i bolje pokrivanje, dok se višeslojni prijenos može iskoristiti za ostvarivanje većih brzina prijenosa. Prijelaz između različitih tehnika može biti dinamički.



Slika 12: Više-antenske tehnike za LTE

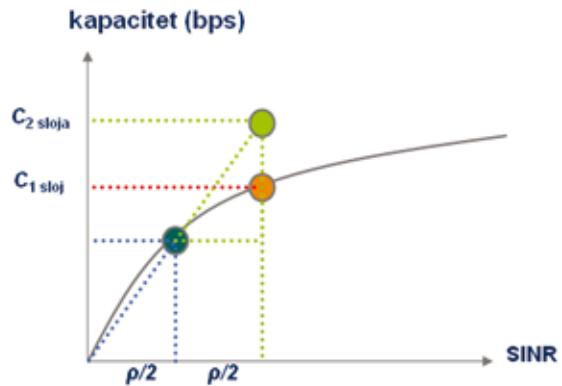
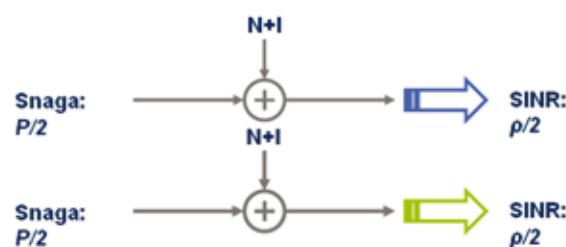
Dijagram zračenja oblikujemo tako da mijenjamo faze signala između pojedinih antena i na taj način laticu zračenja usmjeravamo prema ciljanom korisniku (time se smanjuje interferencija u ostatku ćelije). Kod MIMO tehnike dobitak ostvarujemo boljim iskorištavanjem postojećeg odnosa signal-šum. Za razliku od tehnika odašiljačke i prijemne raznolikosti gdje na više antena šaljemo iste (eventualno različito kodirane) informacije, za MIMO odašiljemo različite tokove podataka po pojedinom antenskom sloju i svaki od njih primamo na pojedinoj prijemnoj anteni. Time zapravo ostvarujemo linearni rast kapaciteta s povećanjem odnosa signal-šum, koji bi inače bio logaritamski, što bi limitiralo maksimalne vrijednosti. Može se uočiti da je zbog toga dobitak ostvariv uz MIMO više izražen u slučajevima visokog odnosa signal-šum. MIMO se može koristiti i u kombinaciji s oblikovanjem dijagrama zračenja.

Jednoslojni prijenos:



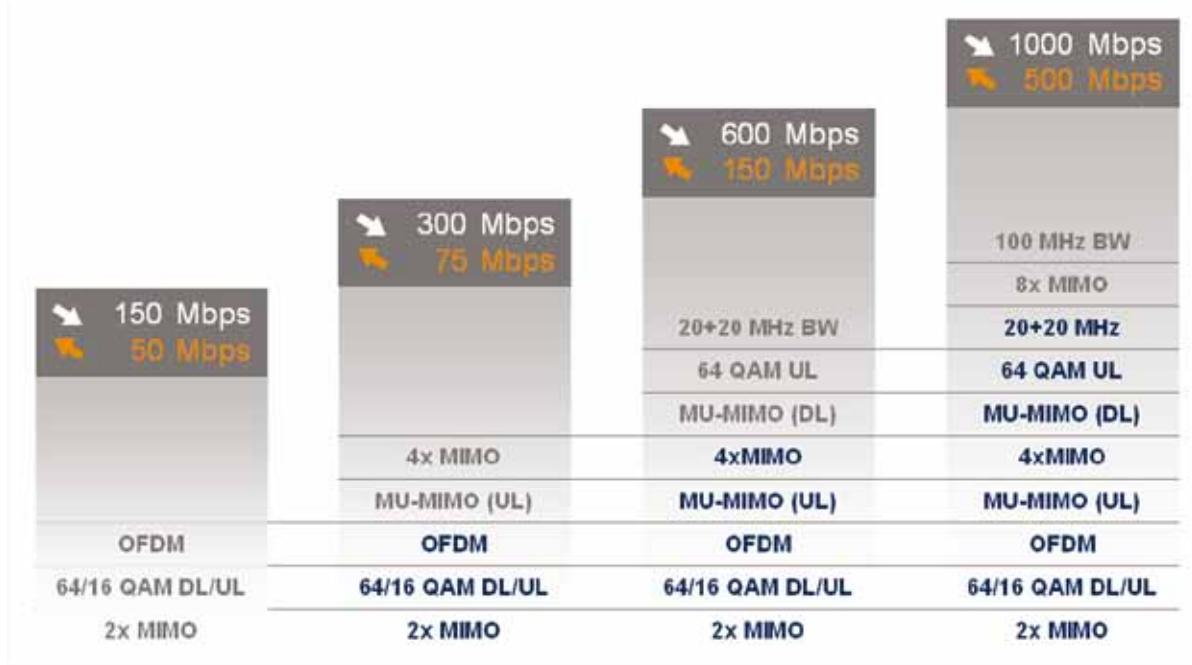
$$\text{kapacitet} = \text{širina pojasa} * \log_2(1+\text{SINR})$$

Višeslojni prijenos:



Slika 13: Dobitak kapaciteta u slučaju višeslojnog prijenosa (MIMO)

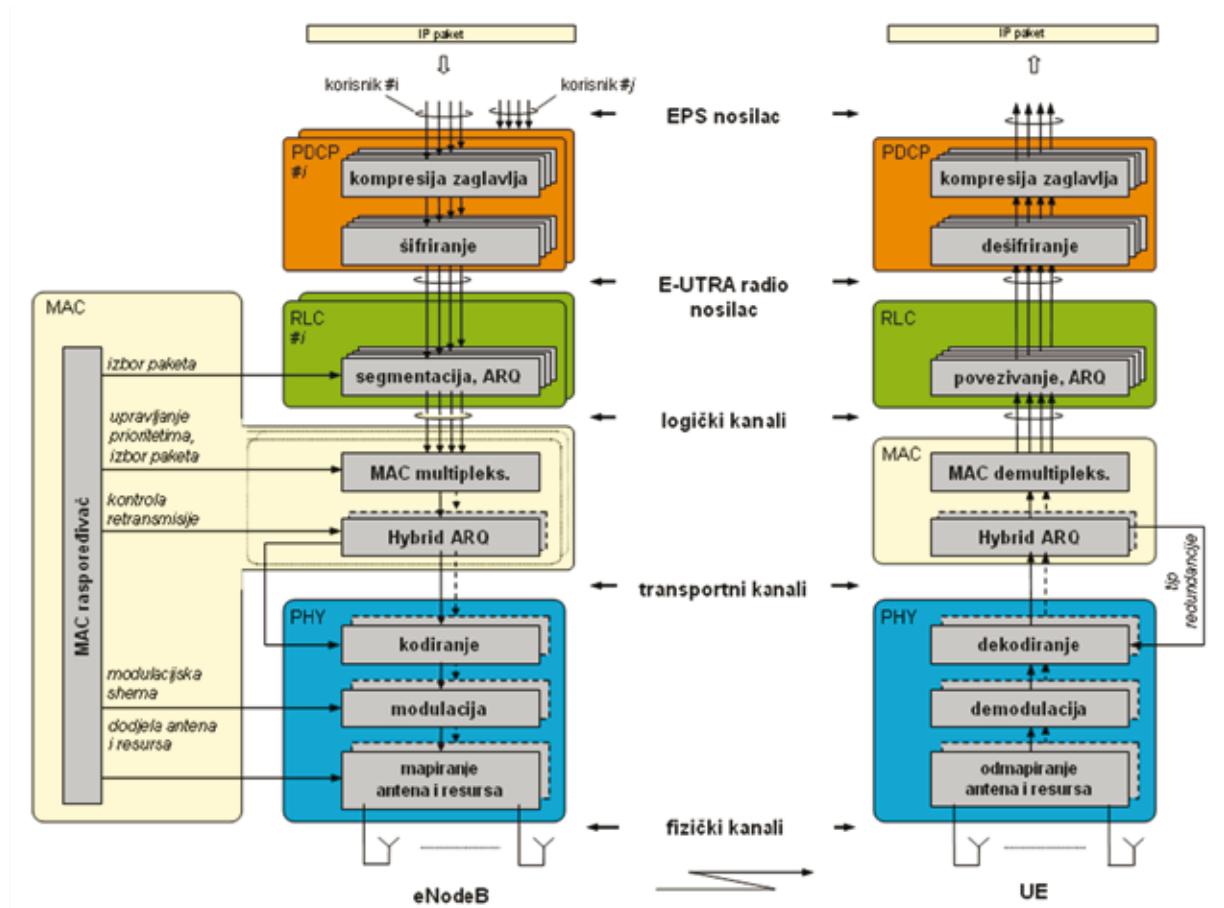
Kombinacijom svih navedenih elemenata LTE zračnog sučelja moguće je ostvariti ciljane performanse sustava. Maksimalne brzine prijenosa u silaznoj i uzlaznoj vezi ovisit će o konkretnoj konfiguraciji – one se povećavaju kasnijim korištenjem složenijih MIMO konfiguracija (4 umjesto 2 predajne i prijemne antene, kasnije i 8), korištenjem modulacija višeg reda (64 QAM) i u uzlaznoj vezi te povećanjem širine pojasa (bilo kombiniranjem više pojasa, bilo širenjem do 100 MHz). Time će biti ispunjeni i zahtjevi koji se stavljuju pred mreže četvrte generacije (4G), što će se ostvariti u sklopu LTE-Advanced tehnologije (3GPP Release 10).



Slika 14: Razvojni put LTE tehnologije prema LTE-Advanced

5 LTE protokolni složaj

Slika 15. prikazuje LTE protokolni složaj. EPS nositelj (koji odgovara PDP kontekstu) prenosi podatke s 3. sloja te uslugu sa kraja na kraj (end-to-end service). Njega na radijskom sučelju prenosi E-UTRA radijski nositelj kojeg pak prenose radijski kanali (logički, transportni i fizički).



Slika 15: Struktura LTE radijskog sučelja

Protokoli koji obavljaju zadaće radijskog sučelja su:

- » PDCP (eng. Packet Data Convergence Protocol) – mapira EPS na E-UTRAN radijski nositelj te provodi robusnu kompresiju zaglavija (ROHC),
- » RLC (eng. Radio Link Protocol) – vrši mapiranje na logičke kanale te obavlja segmentaciju, slijednu isporuku i retransmisije,
- » MAC (eng. Medium Access Control) – vrši mapiranje na transportne kanale, te je odgovoran za HARQ procese i raspoređivanje (eng. scheduling),
- » fizički sloj – obavlja mapiranje na fizičke kanale te provodi kanalno kodiranje, modulaciju i sl.

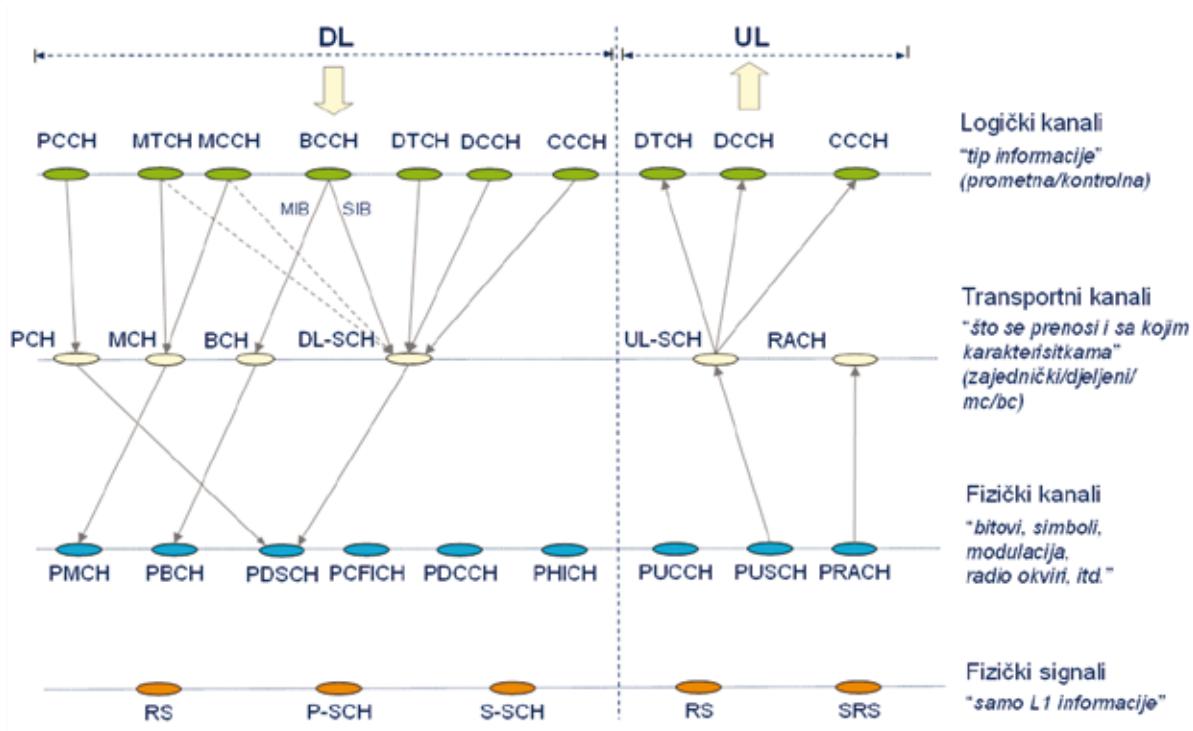
5.1 Struktura kanala

Logički kanali opisuju koji tip podataka se prenosi, a dijele se na kontrolne (za prijenos informacija kontrolne ravnine) i prometne (za prijenos informacija korisničke ravnine). LTE podržava sljedeće logičke kanale:

- » odašiljački kontrolni kanal (BCCH – eng. Broadcast Control Channel) – za odašiljanje sistemskih kontrolnih informacija u silaznoj vezi,
- » kontrolni kanal za upravljanje radio pozivima (PCCH – eng. Paging Control Channel) – za prijenos radio poziva (eng. paging) u silaznoj vezi (koristi se kad mreža ne zna točnu lokaciju mobilne stanice),
- » zajednički kontrolni kanal (CCCH – eng. Common Control Channel) – za odašiljanje kontrolnih informacija između mreže i UE u oba smjera (obično ga koriste one mobilne stanice koje nemaju RRC konekciju s mrežom i mobilne stanice koje koriste zajedničke transportne kanale kad pristupaju novoj ćeliji nakon rezbora ćelije),
- » pridijeljeni kontrolni kanal (DCCH – eng. Dedicated Control Channel) - dvosmjerni kanal za odašiljanje kontrolnih informacija između mreže i mobilne stanice (uspostavlja se kroz postupak RRC uspostave konekcije),
- » kontrolni kanal za grupno odašiljanje (MCCH – eng. Multicast Control Channel) - za prijenos MBMS raspoređivanja i kontrolnih informacija prema mobilnim stanicama koje koriste MBMS,
- » pridijeljeni prometni kanal (DTCH – eng. Dedicated Traffic Channel) – kanal dodijeljen samo jednoj mobilnoj stanici za prijenos korisničkih informacija (postoji u oba smjera),
- » prometni kanal za grupno odašiljanje (MTCH – eng. Multicast Traffic Channel) – za prijenos prometnih podataka prema mobilnim stanicama koje koriste MBMS.

Logički kanali mapiraju se na transportne kanale. Broj transportnih kanala za LTE je sveden na minimum kako bi se izbjegle česte promjene tipova kanala koje uvode nepotrebna kašnjenja:

- odašiljački kanal (BCH – eng. Broadcast Channel) – koristi se za prijenos specifičnih informacija u silaznoj vezi prema svim mobilnim stanicama na području jedne ćelije, ne podržava upravljanje dijagramom zračenja,
- dijeljeni kanal u silaznoj vezi (DL-SCH – eng. Downlink Shared Channel) – kanal čiji se resursi dijele između korisnika u silaznoj vezi, podržava adaptaciju veze izmjenama modulacije, kodiranja ili odašiljačke snage, diskontinuirani prijem (DRX – eng. Discontinuous Reception) te ima mogućnost upravljanja dijagramom zračenja,
- pozivni kanal (PCH – eng. Paging Channel) – odašilje se u cijeloj ćeliji, podržava diskontinuirani prijem,
- kanal za grupno odašiljanje (MCH – eng. Multicast Channel) – MBMS transportni kanal koji se odašilje na području cijele ćelije, podržava MBMS odašiljanje s više ćelija (MBSFN – eng. MBMS Single Frequency Network),
- dijeljeni kanal u uzlaznoj vezi (UL-SCH – eng. Uplink Shared Channel) – kanal čiji se resursi dijele između korisnika na uzlaznoj vezi, podržava adaptaciju veze izmjenama modulacije, kodiranja ili odašiljačke snage, a moguće je i upravljanje dijagramom zračenja,
- kanal za slučajni pristup (RACH – eng. Random Access Channel) – kanal u uzlaznoj vezi koji se koristi za ostvarivanje vremenske sinkronizacije te odašiljanje informacija za pribavljanje odobrenja za slanje podataka, više UE se najčešće natječe za njegovo odašiljanje.



Slika 16: Mapiranje kanala

Fizički sloj prima podatke za odašiljanje s MAC sloja u obliku transportnih blokova. Osim fizičkih kanala na koje se izravno mapiraju odgovarajući transportni kanali (PDSCH – eng. Physical Downlink Shared Channel, PUSCH – eng. Physical Uplink Shared Channel, PBCH – eng. Physical Broadcast Channel, PMCH – eng. Physical Multicast Channel i PRACH – eng. Physical Random Access Channel) imamo i fizičke kanale koji nose kontrolne informacije sa MAC sloja ili prema njemu:

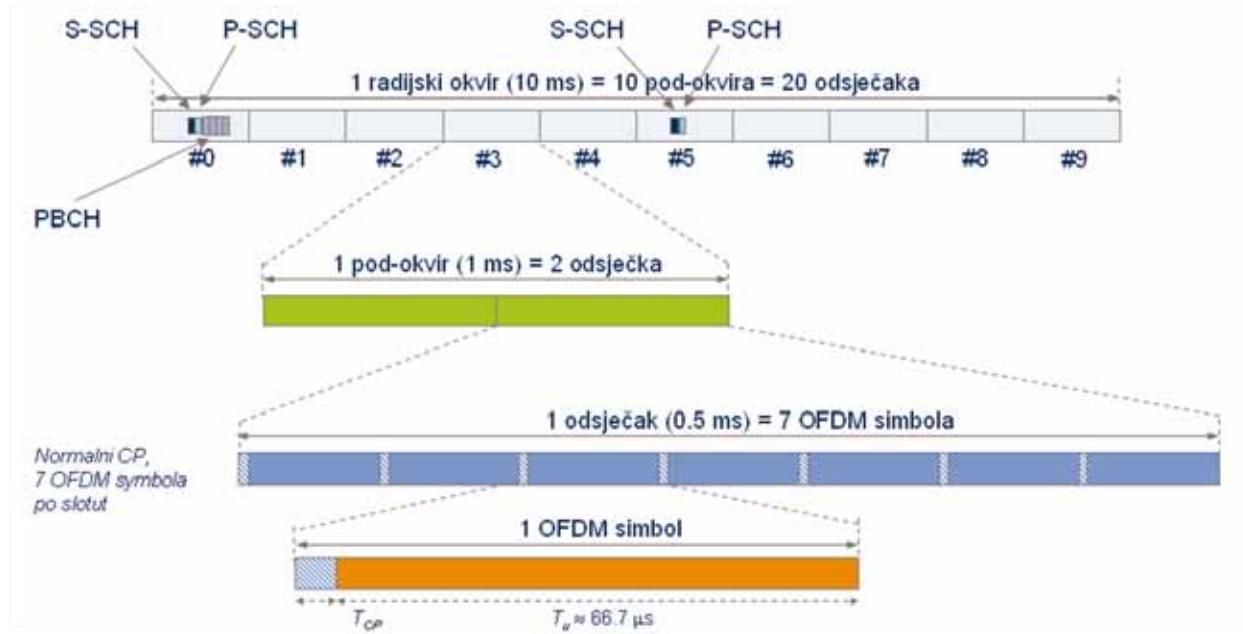
- » fizički kontrolni kanal u silaznoj vezi (PDCCH – eng. Physical Downlink Control Channel) – kontrolna signalizacija (za kontrolu snage, raspoređivanje u silaznoj vezi i odobravanje raspoređivanja u uzlaznoj vezi),
- » fizički kontrolni kanal u uzlaznoj vezi (PUCCH – eng. Physical Uplink Control Channel) – kontrolna signalizacija (zahtjevi za raspoređivanjem u uzlaznoj vezi, CQI, ACK/NACK),
- » kanal indikatora kontrolnog formata (PCFICH – eng. Physical Control Format Indicator Channel) – definira format PDCCH na silaznoj vezi,
- » kanal HARQ indikatora (PHICH – eng. Physical Hybrid ARQ Indicator Channel) – prenosi HARQ informacije (ACK/NACK) u silaznoj vezi.

Osim fizičkih kanala postoje i fizički signali koji podržavaju funkcije fizičkog sloja ali ne prenose nikakvu informaciju s MAC sloja:

- » referentni signali (RS – eng. Reference Signals) – za mjerjenja i koherentnu detekciju u silaznoj i uzlaznoj vezi, prenesena sekvenca jednoznačno definira ćelije (proizvod 3 ortogonalne sekvene i 168 pseudo-slučajnih sekvenci – ukupno 504 moguće sekvene),
- » sinkronizacijski signali (P-SCH i S-SCH – eng. Primary and Secondary Synchronization signals) – koriste se u silaznoj vezi u procesu izbora ćelije (definiraju sinkronizaciju na okvire i služe za detekciju identiteta ćelije),
- » referentni signal za ispitivanje (SRS – eng. Sounding Reference Signal) – za mjerjenja radi raspoređivanja u uzlaznoj vezi.

5.2 Struktura fizičkoga sloja radijskog sučelja

Slika 17. ilustrira vremensku domenu strukture LTE prijenosa u slučaju FDD radnog moda (vrijedi za silaznu i uzlaznu vezu, osim PBCH, P-SCH i S-SCH odsječaka koji su prisutni samo u silaznoj vezi). Svaki radijski okvir (eng. frame) od 10 ms sadrži 10 pod-okvira (trajanja 1 ms), od kojih se svaki sastoji od dva podjednaka odsječaka (eng. slot). Ovisno o trajanju cikličkog prefiksa (normalni – 4,7 µs ili produženi – 16,7 µs), jedan odsječak nosi 7, odnosno 6 OFDM simbola (trajanja 66,7 µs). Na razini jednog pod-okvira (1ms) obavlja se raspoređivanje (eng. scheduling) korisnika.

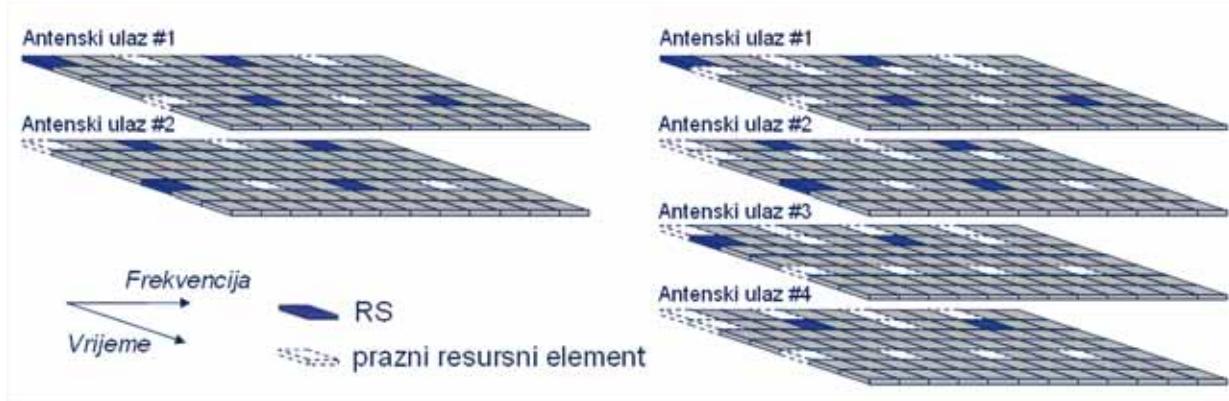


Slika 17: Struktura LTE-FDD moda u vremenskoj domeni

U slučaju TDD radnog moda struktura u vremenskoj domeni izgleda drugačije zbog same prirode tog moda (silazna i uzlazna veza se izmjenjuju u određenim pod-okvirima, ovisno o izabranoj konfiguraciji, tj. omjeru DL/UL prometa). To je ujedno i jedina stvarna razlika u korištenju FDD ili TDD radnog moda – sve ostalo je identično.

Dvanaest OFDM podnositelja za trajanja jednog odsječka (0.5 ms) čini jedan resursni blok (RB). Svaki resursni blok sadrži 84 resursna elementa (12 podnositelja x 7 OFDM simbola). Pojedini resursni elementi u silaznoj vezi pridjeljuju se odgovarajućim fizičkim kanalima ili signalima na sljedeći način (promatrajući vremensku i frekvencijsku domenu za FDD slučaj):

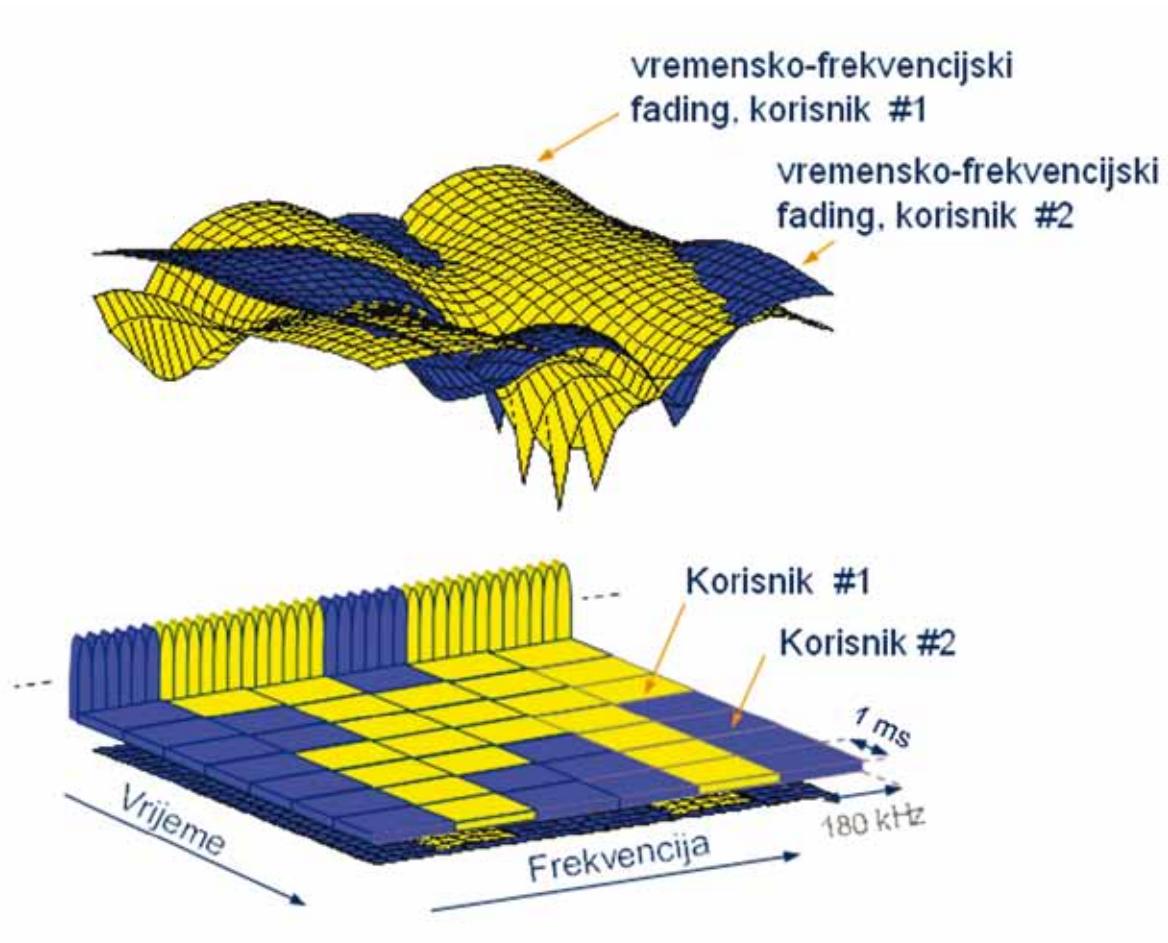
- » PBCH – šalje se u pod-okviru br. 0, odsječak br.1, simboli 0-3 tijekom 4 uzastopna radijskih okvira (tj. kroz 40 ms) – koriste se samo 72 centralna podnositelja (tj. 6 RB) u frekvencijskoj domeni,
- » SCH – šalje se u pod-okviru br. 0 i 5, odsječak br. 0 i 10, simboli 5 (S-SCH) i 6 (P-SCH) – koristi se samo 60 centralnih podnositelja (tj. unutar 6 RB) u frekvencijskoj domeni,
- » PDCCH – šalje se u 1-4 prvih simbola svakog odsječka, osim na resursnim elementima već iskorištenim za PCFICH i PHICH (po 4 resursna elementa na prvom simbolu), kao i za RS,
- » RS – umeću se na specifične pozicije u vremensko-frekvencijskoj mreži resursnih elemenata ovisno o antenskoj konfiguraciji (primjer - slika 18).



Slika 18: Raspored referentnih simbola (RS) za slučaj upotrebe više-antenskih rješenja (silazna veza)

5.3 Raspoređivanje resursa

Raspoređivanje (eng. scheduling) korisnika obavlja se u vremenskoj i frekvenčijskoj domeni na razini jednog odsječka (1 ms, trajanje dva RB), odnosno 12 podnositelja (širina jednog RB), što definira rasporedni blok (eng. Scheduling block). U silaznoj vezi korisniku mogu biti dodjeljeni razmaknuti rasporedni blokovi, na temelju adaptacije na kvalitetu signala u vremensko-frekvenčijskoj domeni.

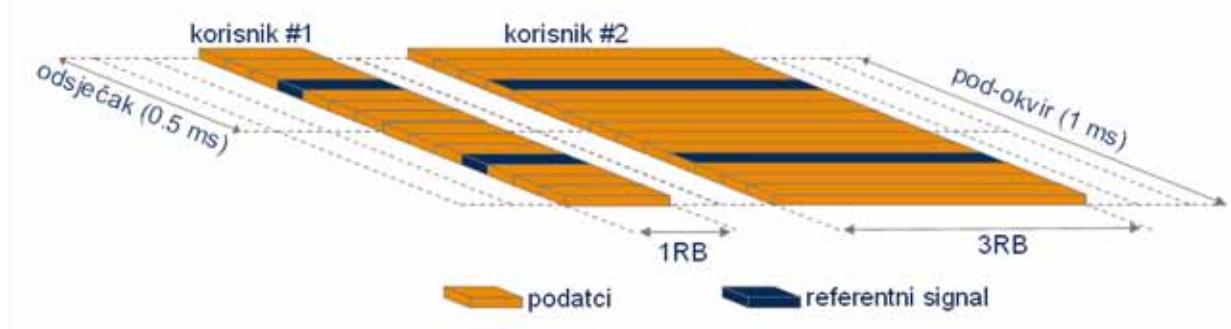


Slika 19: Raspoređivanje ovisno o kvaliteti kanala (silazna veza)

Iskoristivost resursnih elemenata u silaznoj vezi za korisnički promet (tj. PDSCH kanal) ovisi o korištenoj širini frekvencijskog pojasa. Tako za slučaj s 1,4 MHz čak do 40% svih resursnih elemenata otpada na kontrolne kanale, dok se u slučaju s 20 MHz to spušta i ispod 20% (budući da su PBCH i SCH definirani samo na centralnih 1,4 MHz).

U slučaju uzlazne veze raspodjela je nešto drugačija budući da se resursi jednom korisniku dodjeljuju kao kontinuirani blok (zbog SC-FDMA principa). Korisnik gledano u vremenskoj domeni može dobiti različit broj rasporednih bolokova svakih 1ms, no taj broj mora biti ili 1 ili višekratnik brojeva 2, 3 ili 5.

Referentni signali (RS) svakog korisnika šalju se na njegovim simbolima br. 3 i 11. Referentni signal za ispitivanje (SRS) se za sve korisnike šalje na simbolu br. 0, neovisno o dodijeljenom frekvencijskom pojusu za korisničke podatke (PUSCH). Fizički kontrolni kanal u uzlaznoj vezi (PUCCH) se dijeli između više korisnika, a šalje se na prvom i zadnjem resursnom bloku korištenog frekvencijskog opsega.



Slika 20: Raspoređivanje korisnika u uzlaznoj vezi

6 Ericsson i LTE

Ericsson kao jedan od ključnih nositelja globalnih otvorenih standarda od samih početaka sudjeluje u procesu razvoja i standardizacije LTE/SAE tehnologije. Ericsson vjeruje da samo globalni, otvoreni standardi mogu povećati telekomunikacijski promet i prihode za operatore širom svijeta te omogućiti prvorazredne neograničene komunikacije i usluge za korisnike. Zbog toga Ericsson igra veliku i aktivnu ulogu u svim najutjecajnijim međunarodnim standardizacijskim tijelima, uključujući i 3GPP.

Ericsson otpočetka aktivno sudjeluje i unutar LTE/SAE ispitne inicijative (LSTI – eng. LTE/SAE Trial Initiative) uz niz operatora i proizvođača opreme. Cilj te otvorene inicijative je industrijalizacija LTE/SAE tehnologije kroz demonstracije mogućnosti LTE/SAE opreme u odnosu na zahtjeve od strane 3GPP-a i NGMN-a, kao i stimulacija razvoja LTE/SAE ekosustava. Ericsson je prvi demonstrirao rad FDD i TDD moda na istoj platformi osnovnih postaja, poziv s kraja-nakraj (E2E) na ručnim uređajima, rad u više-čelijskom okruženju s više simultanih korisnika uz mobilnost te brzine od 1.2Gbit/s.

Nakon što je sredinom prosinca 2009.godine Telia Sonera u suradnji s Ericsson-om u Stockholmu pokrenula prvu komercijalnu LTE mrežu u svijetu, otpočela je nova era mobilnog širokopojasnog pristupa. Zahvaljujući pokazanim performansama mreže u Stockholmu, već mjesec dana kasnije Telia Sonera je izabrala Ericsson kao jedinog isporučitelja zajedničke jezgrene mreže u nordijskim i baltičkim državama, te kao isporučitelja LTE radio baznih stanica u Švedskoj i Norveškoj. Osim navedenog, Ericsson je do kraja 2010. godine potpisao LTE ugovore i s kompanijama Verizon Wireless i MetroPCS u SAD (prva komercijalno pokrenuta LTE mreža na američkom kontinentu), NTT DoCoMo u Japanu, China Mobile u HongKongu te s još nekoliko europskih operatora. U tijeku je također niz testiranja i demonstracija sa svim velikim operatorima, čije su LTE mreže pred komercijalnim pokretanjima.

Ericsson Nikola Tesla također aktivno sudjeluje u razvoju i implementaciji LTE sustava, npr. kroz razvoj novih funkcionalnosti koje će omogućiti nesmetano korištenje 2G/3G i LTE mreža. Tako npr. SRVCC (eng. Single Radio Voice Call Continuity) omogućava da poziv iniciran u E-UTRAN domeni s komutacijom paketa od strane IMS preplatnika bude nesmetano nastavljen nakon prebacivanja (eng. handover) u GERAN/UTRAN domenu s komutacijom kanala i obratno. CS fallback je pak komplementarna funkcija koja omogućava upotrebu standardnih servisa iz CS domene u domeni LTE/E-UTRAN. Stručnjaci Ericssona Nikole Tesle od samih početaka sudjeluju u definiranju metodologije dimenzioniranja radijskog dijela mreže (LTE RAN). U suradnji Ericssona Nikole Tesle i Hrvatskog Telekoma, krajem 2010.godine, Hrvatska se našla među prvim zemljama koje implementiraju probnu LTE mrežu.

6.1 Osnovne karakteristike radijske opreme

Posljednje generacije osnovnih postaja za WCDMA (iz RBS 3000 obitelji) i GSM (iz RBS 2000 obitelji) već su unaprijed pripremljene za uvođenje LTE rješenja. One će podržavati LTE na postojećem hardveru uz tek neznatnu hardversku dogradnju s novim radijskim jedinicama i dodatnom procesnom jedinicom u osnovnom pojasu (eng. baseband).



Slika 21: Univerzalni moduli za Ericssonove osnovne postaje (RBS)

Nova obitelj osnovnih postaja RBS 6000 predstavlja kompletno rješenje za multi-standardni čvor (GSM, WCDMA i LTE). Unutar istog kabineta nalaze se radijske jedinice (RU – eng. Radio Unit), digitalne jedinice (DU – eng. Digital unit), napajanje, transportna oprema, klimatizacija i baterije (u vanjskoj izvedbi). Radijske i digitalne jedinice isprva su dostupne ili u zasebnim varijantama po pojedinoj tehnologiji (npr. RUL i DUL za LTE), ili u multi-standardnoj varijanti (RUS i DUS) gdje se softverski određuje izbor podržane tehnologije (ili kombinacije istih).

Radijska jedinica uključuje primopredajnik (TRX), pojačalo, dupleks, antenske filtre i nadzor odnosa stojnih valova (VSWR). Tako npr. RU za LTE podržava 60 W izlazne snage na širini frekvencijskog pojasa od 20 MHz. Više radijskih jedinica može se kombinirati u različite konfiguracije (npr. 1-6 sektora, 1 ili 2 pojasa od 20 MHz). S 2 RU po sektoru podržani su MIMO, TX diversity te 4-smjerni RX diversity. Ugrađena je i podrška za TMA/ASC/RIU po 3GPP/AISG standardu.

Digitalna jedinica obavlja procesiranje u osnovnom pojasu (eng. baseband), distribuciju sinkronizacijskog signala, procesiranje kontrolnih informacija, sučelje za transportnu mrežu, međupovezivanje radijskih jedinica te sučelje za održavanje i nadzor. DU za LTE trenutačno podržava vršne vrijednosti protoka podataka od 173 Mbit/s, maksimalno 500 simultanih korisnika te potpunu IP povezivost uz gigabitno Ethernet sučelje prema transportnoj mreži.



Slika 22: RBS 6102 osnovna postaja

7 Zaključak

LTE predstavlja novi 3GPP standard za prijenos podataka u širokopojasnim mobilnim mrežama, na putu k četvrtoj generaciji (4G) mobilnih mreža. Osnovne karakteristike LTE-a zasnovanog na korištenju OFDM radijske pristupne tehnologije i više-antenskih rješenja (MIMO) uključuju ostvarivanje velikih brzina prijenosa (isprva do 150 Mbit/s, kasnije čak i do 1 Gbit/s) uz vrlo malo kašnjenje pri prijenosu i uspostavi konekcije (do 10 ms), a sve uz mogućnost istodobnog pružanja širokopojasnog pristupa velikom broju korisnika mobilne mreže.

Veliku prednost u uvođenju LTE tehnologije predstavlja njena fleksibilnost, posebice po pitanju korištenja različitih frekvencijskih opsega (od trenutačno aktualnih, do nekih novih, npr. 700 MHz ili 2,6 GHz) uz različite dostupne širine pojasa (od 1,4 do 20 MHz). Važno je napomenuti i pojednostavljenu arhitekturu samog sustava zasnovanu na evoluiranoj jezgrenoj mreži (EPC) i all-IP rješenju, kao i olakšani i automatizirani nadzor i upravljanje nad samom mrežom.

LTE tehnologija prošla je prilično brz proces od standardizacije do današnje komercijalne realizacije. Po prvi puta govorimo o globalnom, opće prihvaćenom standardu, i to od strane brojnih proizvođača opreme i terminala kao i mobilnih operatera diljem svijeta.

Popis kratica

3G – Third Generation
3GPP – Third Generation Partnership Project
AMPS – Advanced Mobile Phone Service
CDMA – Code Division Multiple Access
C/I – Carrier to Interference
D-AMPS – Dual-mode AMPS
DRX – Discontinuous Reception
EPC – Evolved Packet Core
EDGE – Enhanced Data rates for GSM Evolution
eNodeB – Evolved Node B
E-UL – Enhanced Uplink
E-UTRAN – Evolved UTRAN
FDD – Frequency Division Duplex
FDMA – Frequency Division Multiple Access
FFT – Fast Fourier Transform
GGSN – Gateway GPRS Support Node
GPRS – General Packet radio Service
GSM – Global System for Mobile Communications
HARQ – Hybrid Automatic Repeat Request
HSDPA - High Speed Downlink Packet Data Access
HSPA - High Speed Packet Access
HSPA+ – Evolved HSPA
HSUPA - High Speed Uplink Packet Access
IFFT – Inverse Fast Fourier Transform
IP – Internet Protocol
ISI – Inter Symbol Interference
ITU – International Telecommunication Union
LSTI - LTE/SAE Trial Initiative
LTE – Long-Term Evolution
MAC – Medium Access Control
MBMS – Multimedia Broadcast and Multicast Services
MIMO – Multiple Input, Multiple Output
NGMN – Next Generation Mobile Networks
MME – Mobility Management Entity
NMT – Nordic Mobile Telephony
OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
OFDMA – Orthogonal Frequency-Division Multiple Access

QAM – Quadrature Amplitude Modulation
 QoS – Quality of Service
 QPSK – Quadrature Phase Shift Keying
 PAPR – Peak to Average Power Ratio
 PDC – Personal Digital Communications
 PGW – Packet Data Network Gateway
 RAB – Radio Access Bearer
 RAN – Radio Access Network
 RBS – Radio Base Station
 RLC – Radio Link Control
 SC-FDMA – Single Carrier - Frequency Division Multiple Access
 SGSN – Serving GPRS Support Node
 SGW – Serving Gateway
 SINR – Signal to Interference and Noise Ratio
 TACS – Total Acces Communication System
 TCP – Transmission Control Protocol
 TDD – Time Division Duplex
 TDMA – Time Division Multiple Access
 TD-SCDMA – Time Division - Synchronous Code Division Multiple Access
 TTI – Time Transmission Interval
 UE – User Equipment
 UMTS – Universal Mobile Telecommunication System
 UTRA – UMTS Terrestrial Radio Access
 UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network
 WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access
 WLAN – Wireless Local Area Network
 VoIP – Voice over IP

Literatura

1. E. Dahlman, S. Parkvall, J. Sköld, P. Beming «3G Evolution - HSPA and LTE for Mobile Broadband», Academic Press - Elsevier, 1. izdanje, 2007.
2. 3GPP TR 36.300 (V8.10.0) « Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2», rujan 2009.
3. T. Blajić «Evolucija radijske pristupne mreže u mobilnim sustavima treće generacije», ETK Revija, studeni 2006.
4. T. Blajić, M. Družijanić, Z. Čimić «Prospects of MIMO Techniques for Broadband Wireless Systems», Mipro CTI, svibanj 2006.
5. T. Blajić, D. Nogulić, M. Družijanić «Latency Improvements in 3G Long Term Evolution», Mipro CTI, svibanj 2006.

6. N.Malić « Univerzalni sustav pokretnih telekomunikacija », ETK Revija, studeni 2003.
7. Interna Ericssonova dokumentacija

Adresa autora:

Tomislav Blajić
e-mail: tomislav.blajic@ericsson.com
Ericsson Nikola Tesla d.d.
Krapinska 45
p.p. 93
HR-10002 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo je primilo rukopis 16. prosinca 2010.

