



Ozren Kopajtić

Ozren Kopajtić

Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Hrvatska

Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Croatia

Ključne riječi:

3GPP

Konvergencija

All-IP

Horizontalno integrirane mreže

Vertikalno-integrirane mreže

Arhitektura mreža

Key words:

3GPP

Convergence

All-IP

Horizontally Integrated Network

Vertically Integrated Network

Network Architecture

Konver- gencija tele- komunikacijskih i podatkovnih sustava

Sažetak

Tijekom posljednjih desetak godina trend razvoja modernih telekomunikacijskih sustava karakterizira imperativ konvergencije prema jednoj, unificiranoj mreži. Inicijalna ideja odnosila se na migraciju postojećega glasovnog i podatkovnog prometa prema jedinstvenoj komunikacijskoj infrastrukturi. Posljednjih godina ideja konvergencije dodatno je proširena uvođenjem koncepta fiksno-mobilne konvergencije (FMC - *Fixed-Mobile Convergence*).

U članku se razmatraju konvergenjski trendovi i tehnologije te se analizira utjecaj konvergencije na daljnji razvoj modernih telekomunikacijskih sustava. Ideja konvergenjskoga procesa obrađena je na primjeru imaginarnoga Operatora A.

**CONVERGENCE OF
TELECOMMUNICATIONS AND DATA SYSTEMS***Abstract*

During the last decade overall trend of the telecom development has been focused on issues related to the convergence towards one, unified network. The initial idea was to migrate voice and data traffic to a single, high-speed communication infrastructure. Over the last few years, the idea of the convergence was further extended to accommodate a concept of the Fixed-Mobile Convergence.

This article provides an overview of convergence trends and technologies and analyzes its impact on overall development of the telecom systems. Convergence philosophy is further illustrated through an example of an imaginary Operator A.

1. Uvod

Usprkos snažnoj recesiji koja je pogodila telekomunikacijski sektor u devedesetim godinama 20. stoljeća, telekomunikacije su ostale jedna od najdinamičnijih i tehnološki najzahtjevnijih industrijskih grana. Poslovno okruženje telekomunikacijskih operatera ubrzano se mijenja, vođeno deregulacijom i otvaranjem tržišta.

Tradicionalni operateri (*incumbents*) izloženi su snažnom pritisku alternativnih operatera. Tržišna utakmica intenzivirana je do krajnjih granica, dok se operateri bore zadržati tržišni udio i povećati profit, istovremeno smanjujući troškove.

Tradicionalna organizacija telekomunikacijskih sustava zasnovana je na ideji da se svaki tip usluge (fiksna telefonija, podaci, mobilna telefonija i podaci, televizija, radio, itd.) realizira preko zasebne mreže. Operater koji želi istovremeno pružati više različitih usluga, primoran je stoga graditi nekoliko paralelnih sustava. Time se povećava ukupan iznos investicija u mrežu te iznos operativnih troškova. Telekomunikacijske mreže izgrađene na tom principu često se nazivaju vertikalno integriranim mrežama i financiranje njihove izgradnje predstavlja velik problem tzv. *greenfield* operatorima.

Alternativni pristup organizaciji telekomunikacijskih sustava donose mreže sljedeće generacije (NGN - *Next Generation Network*), zasnovane na internet-skim tehnologijama i principu horizontalno integrirane arhitekture. Desetogodišnji razvoj NGN tehnologija rezultirao je stabilnim sustavima, koji su sposobni ispuniti očekivanja operatera i osigurati proces konvergencije.

Ovaj članak bavi se problematikom migracije telekomunikacijskih sustava prema horizontalno integriranim arhitekturama, tj. konvergiranim mrežama. Razmatraju se topološke i tehnološke karakteristike konvergiranih sustava s posebnim osvrtom na koncept fiksno-mobilne konvergencije (*Fixed-Mobile Conver-*

gence). Valja napomenuti kako Ericsson Nikola Tesla, kompanija koja je tijekom svojega 55-godišnjega rada uvijek u svoju poslovnu strategiju uključivala najnovije telekomunikacijske trendove, svojim kupcima danas nudi i cjelovita rješenja konvergiranih mreža.

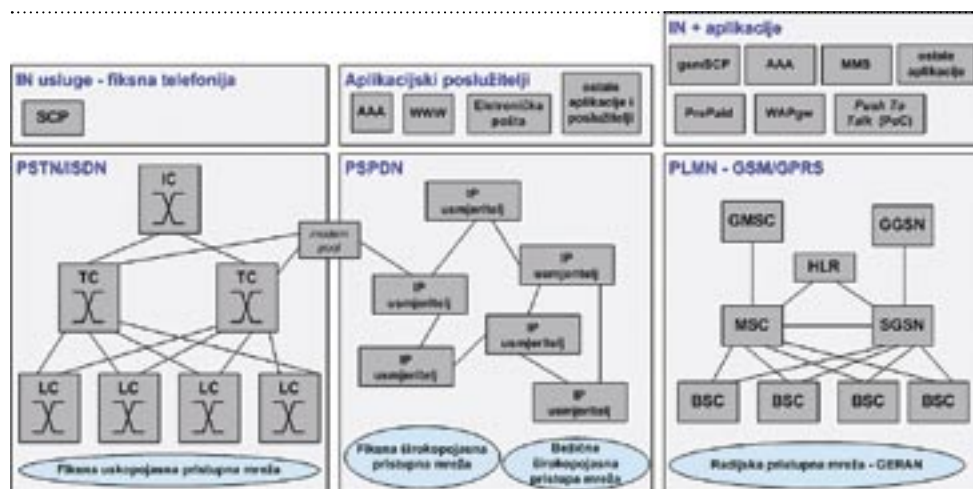
Ideja konvergencijskoga procesa obrađena je na primjeru zamišljenoga Operatora A koji svojim korisnicima pruža usluge mobilne i fiksne telefonije, širokopojsnoga podatkovnog pristupa, mobilnoga podatkovnog pristupa te usluge podatkovnog pristupa za poslovne korisnike.

2. Tradicionalne vertikalno integrirane mreže

Tradicionalne telekomunikacijske sustave karakterizira iznimna različitost u filozofiji izgradnje mreža. S jedne se strane nalaze tradicionalne mreže s komutacijom kanala, koje karakteriziraju moćni i kompleksni komutacijski čvorovi, sa složenim aplikacijskim sustavima i velikim brojem funkcija, nastalih tijekom stogodišnjega razvoja javnih telekomunikacijskih mreža (PSTN/ISDN - *Public Switched Telephone Network/Integrated Services Digital Network*). S druge strane nalaze se mreže s komutacijom paketa (PSPDN - *Public Switched Packet Data Network*), karakterizirane jednostavnijim komutacijskim čvorovima i decentraliziranom filozofijom u kojoj se mrežna inteligencija u velikoj mjeri nalazi u krajnjem uređaju, klijentu.

Javne mobilne mreže (PLMN - *Public Land Mobile Network*) nalaze se između ova dva tipa mreža, uzevši u obzir da su u mobilnom klijentu implementirane i govorne i podatkovne funkcije. Drugi važan element PLMN sustava je upravo mobilnost klijenta, koja povećava kompleksnost mrežnih čvorova u obje domene.

Kao primjer tipične vertikalno integrirane arhitekture uzet je sustav Operatora A, koji pruža usluge mobilnim i fiksnim korisnicima u obje komutacijske domene. Slika 1. ilustrira pojednostavljenu logičku or-



Slika 1.
Pojednostavljena organizacija mreže operatora A

organizaciju mreže Operatora A.

Tehnološki gledano, Operator A je sposoban pružiti relativno širok spektar usluga za različite profile korisnika te implementirati nove usluge i funkcije. Svaka od tri mreže može se modularno proširivati kako bi zadovoljila povećane prometne zahtjeve. Operator je, ujedno, u mogućnosti provesti svojevrsnu konvergenciju podatkovnih sustava uključivanjem javne paketne mreže (PSPDN - *Public Switched Packet Data Network*) u jezgrenu mrežu za transport mobilnog podatkovnog prometa.

S druge se strane nalazi lista nedostataka takvoga vertikalnog pristupa u organizaciji telekomunikacijskog sustava:

- Svaki tip prometa zahtijeva vlastitu mrežnu infrastrukturu, što za sobom povlači veće kapitalne investicije.
- Svaka od tri mreže posjeduje svoj nadzorni sustav i pridruženu organizaciju, a to podrazumijeva veće operativne troškove.
- Kompleksna (često i nemoguća) procedura uvođenja nove, jedinstvene usluge za više tipova korisnika.
- Neefikasno iskorištenje transmisijskoga sustava, a to je posebno važno kada je operator prinuđen iznajmljivati transmisijske resurse.
- Duplikacija resursa (poslužitelja, IN čvorova) u aplikacijskom sloju.
- Glomazna, često nedinamična organizacija, koja se teško prilagođava zahtjevima tržišta.

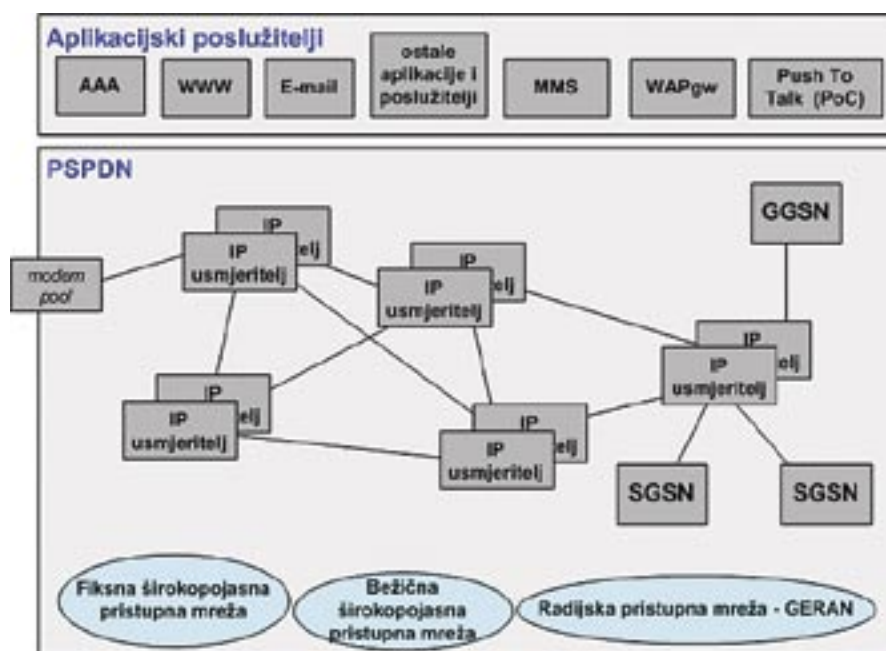
Konvergenijski proces operatoru bi morao donijeti smanjenje operativnih troškova, dugoročno smanjenje kapitalnih troškova, efikasniju organizaciju i veću di-

namičnost na tržištu (kraći proces implementacije novih usluga, bržu reakciju na prigovore korisnika, itd.).

2.1. Prvi korak prema konvergenciji - izgradnja temeljne IP mreže

Izgradnja jedinstvene temeljne IP mreže predstavlja prvi korak prema konvergenciji. Pred takvu mrežu postavljaju se vrlo specifični zahtjevi koji proizlaze iz prometnih karakteristika različitih tipova usluga koje postoje u cjelokupnom telekomunikacijskom sustavu. Pored sigurnosti i visoke propusnosti, IP mreža mora biti u stanju zadovoljiti striktno zahtjeve koji se odnose na kvalitetu usluge (QoS - *Quality of Service*) te osigurati visok stupanj pouzdanosti karakterističan za čvorove tradicionalnih telekomunikacijskih mreža s komutacijom kanala. Ispunjavanje tih zahtjeva podrazumijeva razvoj nove generacije IP usmjeritelja te promjenu filozofije topološkog i prometnog planiranja IP mreža.

Osnovne paradigme klasičnoga dizajna IP usmjeritelja su njihova relativna jednostavnost i niža cijena (u usporedbi s PSTN/ISDN komutacijskim čvorovima), što u konačnici rezultira čvorovima niže pouzdanosti i funkcionalnosti. Ta paradigma je danas promijenjena pojavom tzv. *carrier-class* IP usmjeritelja, koje karakterizira veća pouzdanost, visoka propusnost i složena funkcionalnost. Metodologija planiranja IP mreža je također promijenjena uvođenjem tandemskih usmjeritelja. Svaki IP komutacijski čvor implementira se zajedno s dva fizička čvora koji rade u tandemu. Slika 2. ilustrir-



Slika 2. Prvi korak prema konvergenciji - izgradnja *carrier-class* temeljne IP mreže

ra mrežu Operatora A nakon migracije IP mreže u skladu sa zahtjevima izgradnje konvergiranih mreža.

Izgradnja temeljne IP mreže omogućava stvaranje jedinstvene paketne domene za mobilni i fiksni podatkovni promet, uz logičku separaciju prometa, kako bi se zadovoljili specifični prometni zahtjevi. Na Slici 2. prikazana je i zajednička aplikacijska domena za sve podatkovne usluge, čiji je nastanak logična posljedica postojanja temeljne IP mreže.

2.2. Drugi korak prema konvergenciji - integracija IN usluga i tranzitnoga komutacijskog sloja

Paralelno s izgradnjom temeljne IP mreže, Operatoru A otvara se mogućnost integracije usluga inteligentne mreže (IN - *Intelligent Network*) na jednoj platformi. Ideja IN konvergencije sastoji se u tome da se aplikacijska logika za mobilne i fiksne IN korisnike integrira u jednom čvoru ili u zajedničkoj IN domeni.

Ujedno, može se provesti spajanje mobilnih komutacijskih čvorova (MSC - *Mobile Switching Center*) na tranzitne čvorove PSTN/ISDN mreže, čime se u velikoj mjeri pojednostavljuje arhitektura domene s komutacijom kanala.

U primjeru se pretpostavlja da Operator A stvara zajednički IN sloj uvođenjem uslužnoga kontrolnoga čvora (SCP - *Service Control Point*) za implementaciju zajedničkih IN usluga (kao što su npr. *Freephone*, *Voting*, *Premium number*, itd.), koje mogu koristiti fiksni i mobilni korisnici. Usluge specifične za mobilne korisnike (npr., *prepaid*) implementiraju se na posebnim

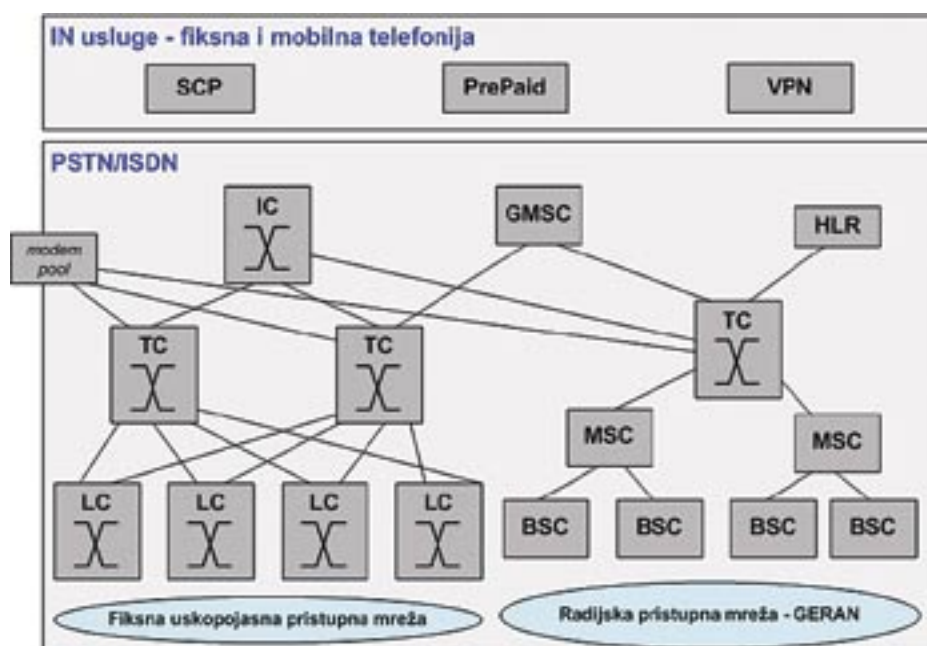
čvorovima ili u sklopu čvora gsmSCP. Slika 3. ilustrira drugi korak konvergencije u mreži Operatora A.

Izgradnjom temeljne IP mreže i zajedničke tranzitne jezgre te stvaranjem jedinstvene IN domene, ispunjeni su osnovni preduvjeti za nastavak konvergencijskoga procesa prema jednostavnijoj, efikasnijoj i jeftinijoj mreži.

3. Arhitekture konvergiranih telekomunikacijskih sustava

Osnovna ideja konvergencije sastoji se u izgradnji jedne, zajedničke mreže s komutacijom paketa. U skladu s trendovima, konvergirani sustavi izgrađeni su na IP porodici protokola, dok se tek u manjem broju slučajeva kao temeljna tehnologija pojavljuje ATM.

Većina relevantnih standardizacijskih organizacija i udruga (ITU-T, IETF, 3GPP, IPCC, itd.) objavila je svoje viđenje buduće referentne arhitekture konvergiranih mreža. Iako razlike postoje, opći je konsenzus da će se prvi korak konvergencije primarno fokusirati na uvođenje IP transportnog sloja s dugoročnim ciljem izgradnje tzv. All-IP arhitekture. Ericssonova dugoročna strategija razvoja usklađena je 3GPP referentnom arhitekturom koja je primijenjena na mobilne i fiksne telekomunikacijske sustave. Takvim pristupom dodatno se potencira ideja fiksno-mobilne konvergencije i sugerira zajednički razvoj komunikacijskih platformi i aplikacija. Važno je napomenuti da je kod izgradnje konvergirane mrežne arhitekture, proizvođačima telekomunikacijske opreme dopušteno integriranje više logičkih funkcionalnosti u jedan fizički čvor (npr. kom-



Slika 3. Drugi korak prema konvergenciji - integracija IN i tranzitnoga sloja domene s komutacijom kanala.

binirani CSCF/MGC/SGW čvor), ali svi čvorovi moraju prema drugim mrežnim elementima podržavati standardizirane komunikacijske protokole.

Konvergentnu mrežnu arhitekturu karakteriziraju sljedeća obilježja:

- Sličan princip evolucije mreža za mobilne i fiksne mreže;
- Zajednički aplikacijski (multimedijalni) sloj, izgrađen na temelju 3GPP IMS arhitekture;
- Sve pristupne tehnologije vežu se na zajedničku temeljnu IP mrežu;
- Podjela mreže na slojeve - pristupni, komutacijski (IP), upravljački i aplikacijski (uslužni) sloj.

U primjeru konvergenijskoga procesa Operatora A, kao referentna arhitektura uzet će se model 3GPP R5, koji će se prilagoditi filozofiji fiksno-mobilne konvergenije.

Prije daljnje razrade primjera, slijedi opis 3GPP referentne arhitekture i njene prilagodbe zahtjevima fiksne mreže.

3.1. 3GPP referentna arhitektura

Organizacija 3GPP (*3rd Generation Partnership Program*) predstavlja jednu od najsnažnijih inicijativa koje potiču konvergenciju telekomunikacijskih sustava.

Iako je inicijalno krenula kao mobilna inicijativa, 3GPP referentna arhitektura evoluirala je kako bi prihvatila i ostale oblike pristupa i usluga - WLAN, široko-

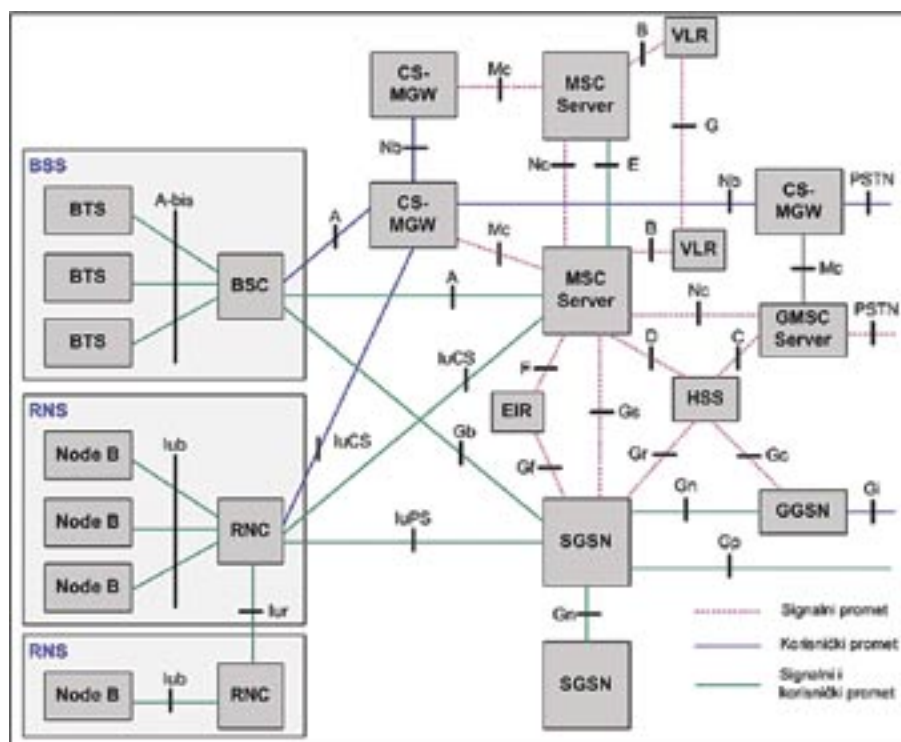
pojasni pristup, uskopojasni pristup. Slika 4. ilustrira mrežnu arhitekturu u skladu s referentnim modelom 3GPP R5. (Temeljna IP mreža nije ilustrirana zbog nastojanja da se pojednostavi prikaz.)

Referentna arhitektura 3GPP R5 uvodi striktnu podjelu domene s komutacijom kanala (CSD - *Circuit Switched Domain*) na upravljački (MSC poslužitelj) i komutacijski dio (CS-MGW), što je prvi korak prema konvergiranoj mreži. Govorni promet i signalizacija su u velikoj mjeri razdvojeni, a sam promet prosljeđuje se komutacijom IP paketa. Operatorima koji u svojim mrežama implementiraju R5 arhitekturu otvara se mogućnost izgradnje konvergirane IP mreže za posluživanje prometa s komutacijom kanala i paketa.

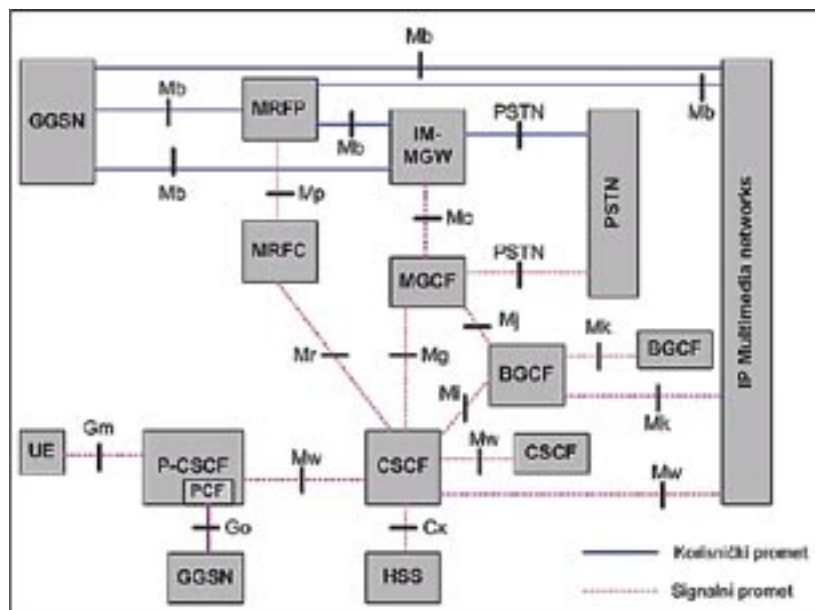
Sljedeći važan element 3GPP R5 arhitekture je uvođenje aplikacijske domene IMS (*IP Multimedia Subsystem*).

U IMS domeni nalaze se mrežni elementi čiji je zadatak implementacija, aktivacija i pružanje multimedijalnih i ostalih usluga. IMS domena zasnovana je na *All-IP* ideji po kojoj se svi tipovi prometa enkapsuliraju u IP pakete.

Uvođenjem IMS-a u 3G sustave olakšan je ulazak računalne industrije na telekomunikacijsko tržište. Pretpostavlja se da će veliki broj aktivnih kompanija u tom području donijeti 3G tehnologiji pravi uzlet stvaranjem velikoga broja aplikacija koje će biti privlačne širokom krugu potencijalnih korisnika. All-IP tehnologija primijenjena u IMS-u nije ograničena samo na mobilne korisnike. Nove aplikacije mogu biti usmjerene i na fik-



Slika 4. 3GPP R5 arhitektura bez IMS domene



Slika 5. Arhitektura IMS domene prema 3GPP

sne i na WLAN korisnike, pri čemu se prilagodba sadržaja (*content adaptation*) provodi u ovisnosti o mogućnostima klijenta i širini raspoloživoga prijenosnog pojasa. Mobilni govorni promet u 3GPP R5 mrežama također se komutira kroz IP domenu. Slika 5. ilustrira IMS domenu u skladu s 3GPP R5.

Promet namijenjen IMS domeni komutira se kroz SGSN i GGSN te temeljnu IP mrežu.

Cilj 3GPP R5 arhitekture je konvergencija govornog i podatkovnog prometa u IP transportnoj mreži. IP mreža mora moći osigurati separaciju prometa, sigurnost transakcija te adekvatnu kvalitetu usluge za pojedine tipove prometa.

Napredne verzije 3GPP arhitekture (3GPP R6 i dalje) razmatraju daljnju implementaciju *All-IP* arhitekture, uvođenje IP tehnologije na sva mrežna sučelja, uvođenje slojevite mreže u paketnu domenu (SGSN poslužitelj i PS-MGW) te implementaciju novih funkcionalnosti u IMS, CS i PS domenama.

3.2. 3GPP arhitektura za fiksne mreže

Gotovo sve relevantne standardizacijske udruge bave se problematikom migracije, tj. konvergencije fiksnih telekomunikacijskih mreža. Bez obzira na neke manje razlike, filozofija pristupa je uvijek slična. Komutacijski sloj zasniva se na temeljnoj IP mreži koja povezuje pristupnu mrežu spojenu preko čvorova MGW, upravljački sloj i aplikacijski sloj. Pri tome je važno zamijetiti da *All-IP* pristup, koji se primjenjuje u konvergenciji fiksnih mreža, otvara vrata korištenju zajedničkoga aplikacijskog sloja za fiksne i mobilne usluge (IMS domena). Ericssonov dugoročni pristup konvergenciji fik-

snih mreža sastoji se u adaptaciji 3GPP R5 arhitekture zahtjevima fiksnih usluga, čime se olakšava razrada scenarija fiksno-mobilne konvergencije.

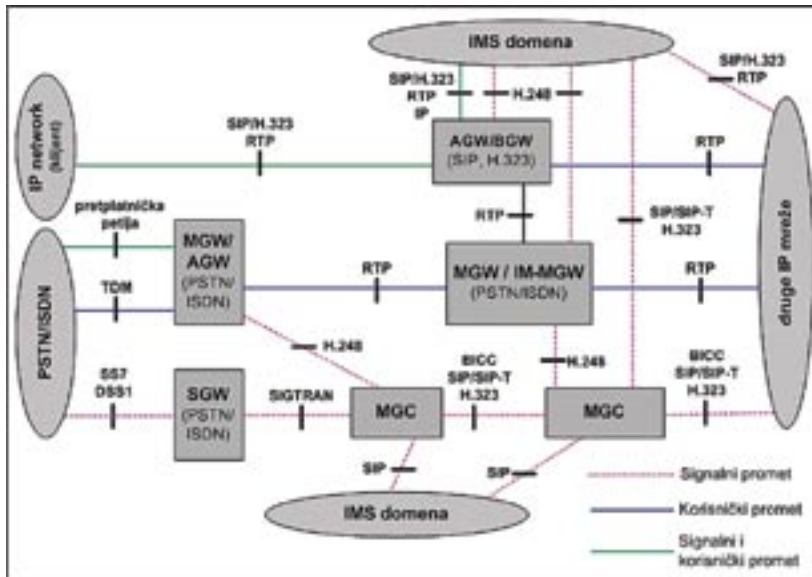
Slika 6. ilustrira generičku mrežnu arhitekturu konvergiranu fiksne mreže, u skladu s 3GPP R5 filozofijom.

Fiksnu mrežu karakterizira podjela na govornu i podatkovnu domenu. Pri tome treba uzeti u obzir da govorna domena također omogućava podatkovni pristup, ali s malom širinom prijenosnog pojasa (do 56 kbit/s preko modema ili 128 kbit/s sa dva kanala u ISDN BRA). Na Slici 7. ilustrirana je prilagođena IMS domena za fiksne usluge.

Može se pretpostaviti da će vrlo mali broj korisnika pristupiti naprednim multimedijalnim aplikacijama preko takve, uskopojasne infrastrukture.

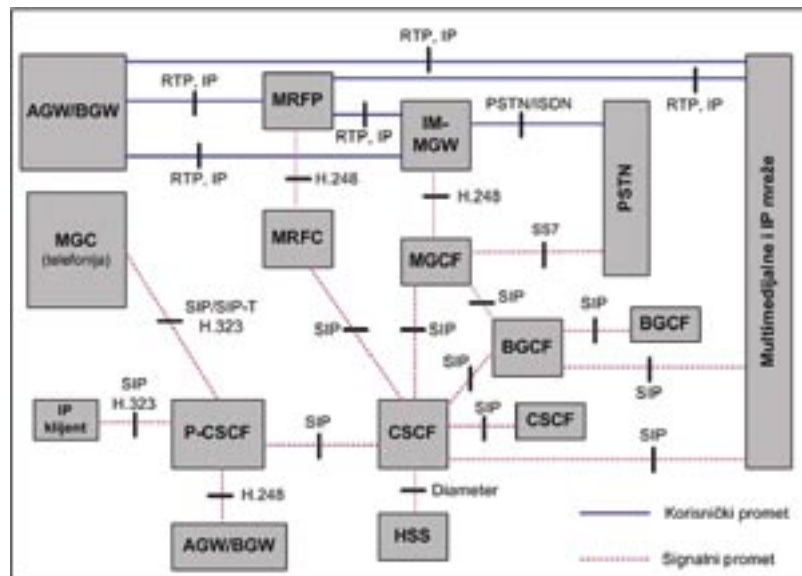
U podatkovnoj domeni zastupljene su razne pristupne tehnologije, od iznajmljenih linija, preko xDSL, WLAN i kabelskih tehnologija, do javnih Ethernet mreža. Nabrojani tipovi podatkovnoga pristupa u konačnici su karakterizirani većom širinom prijenosnog pojasa i direktnim vezanjem na temeljnu IP mrežu.

Princip realizacije govorne domene horizontalno integrirane mreže često se još naziva i *Softswitch* koncept. Samo ime koncepta pretpostavlja da su upravljački čvorovi mreže (poglavito MGC čvor) realizirani na komercijalnom sklopovlju s više ili manje generičkim operativnim sustavom. Premda su čvorovi u mrežama za prijenos govora preko IP tehnologije (VoIP - *Voice over IP*) često izgrađeni na jednostavnijim platformama, u javnim mrežama takav pristup je krajnje neprikladan. VoIP sustavi namijenjeni migraciji postojećih PSTN/ISDN mreža moraju zadovoljavati sve, ili ba-



Slika 6. Primjena 3GPP R5 arhitekture u fiksnoj konvergiranoj mreži

Slika 7. Prilagođena IMS domena za fiksne usluge



rem većinu, zahtjeva koji se postavljaju pred tradicionalne komutacijske čvorove s komutacijom kanala. Tu se prvenstveno misli na izrazito visoku pouzdanost (redundantna arhitektura čvorova, raspoloživost od 99,999%), veliku brzinu usmjeravanja, modularnost aplikacijskog i operativnog sustava, modularnost čvorova sa stanovišta povećanja kapaciteta. Takvi zahtjevi pretpostavljaju upotrebu specijaliziranoga sklopovlja i programske podrške, dok se samo neki, manje kritični, elementi čvorova mogu realizirati upotrebom opće dostupnog sklopovlja (npr., DSP procesori, IVR moduli i sl.) i komercijalnih programskih komponenti (npr., komercijalni OS - Linux, Windows).

3.3. Fiksno-mobilna konvergencija - pretpostavljena arhitektura

Korištenjem 3GPP R5 arhitekture u dizajnu horizontalno integriranih arhitektura za mobilne i fiksne, podatkovne i govorne korisnike otvara se mogućnost izgradnje konvergirane, fiksno-mobilne arhitekture.

Neka primarna obilježja fiksno-mobilne konvergirane arhitekture su:

- Zajednička transmisijska mreža (SDH/DWDM ili Ethernet);
- Zajednička temeljna IP mreža - različiti tipovi prometa su logički separirani i poslužuju se u skladu sa zahtijevanim profilom QoS;

- Pristupni čvorovi (MGW - *Media Gateway*, AGW - *Access Gateway*, SGW - *Signaling Gateway*) - pružaju usluge konverzije različitih tipova medija i prilagodbe transportnoga sloja, a opcionalno i neke dodatne funkcije (procesiranje signala, govorne poruke i sl.);

- Sloj upravljanja pozivom (CCL - *Call Control Layer*) - "inteligencija" mreže, čvorovi za uspostavu i raskidanje poziva i sesija;

- Zajednički aplikacijski (uslužni) sloj - implementacija 3GPP R5 IMS domene za fiksne i mobilne podatkovne korisnike te čvorova za mobilne i fiksne IN korisnike.

Kada se govori o upravljačkom sloju obično se misli na čvorove koji su zaduženi za nadzor poziva u govornoj domeni. Ovisno o načinu interpretacije konvergenijskoga pristupa, ponekad se u upravljački sloj stavljaju i nadzorni čvorovi za paketnu komunikaciju, tj. uspostavu i nadzor SIP/H.323 sesija, poput CSCF (*Call Serving Control Function*) čvora. U primjeru opisanom u ovom članku, korištena je 3GPP R5 referentna arhitektura, koja CSCF čvor smješta u IMS domenu.

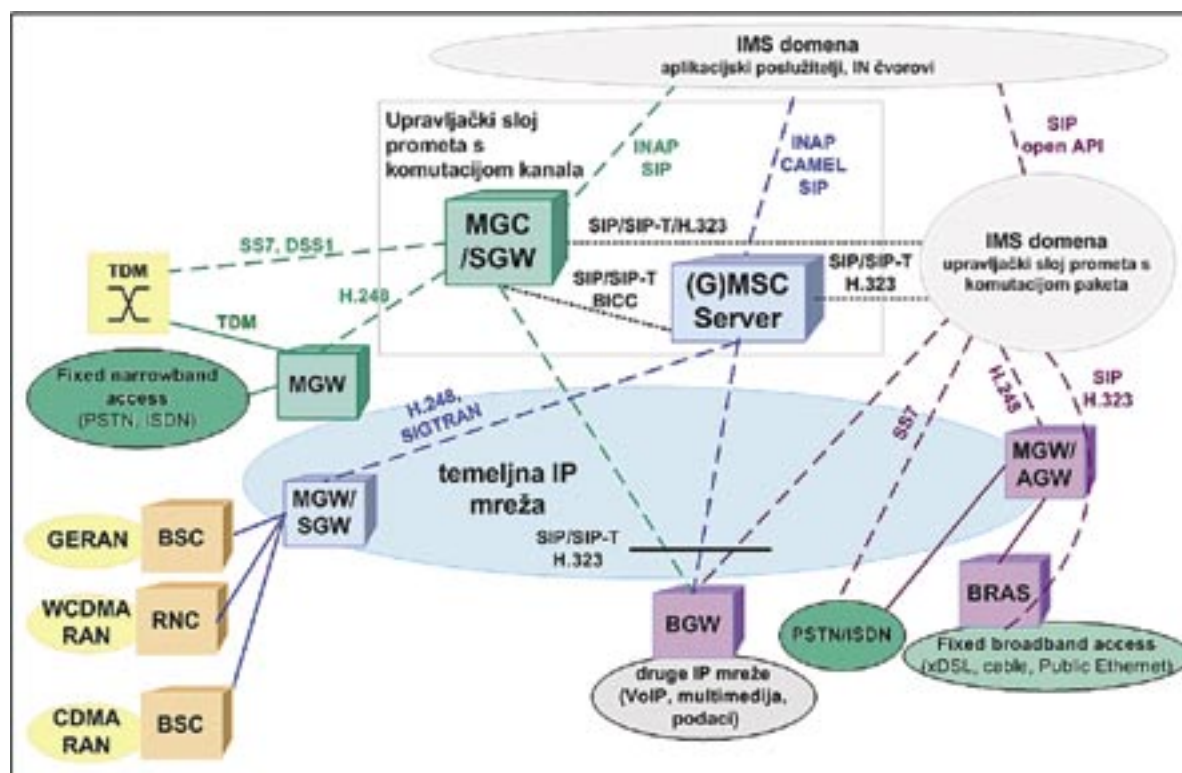
Na Slici 8. prikazan je pojednostavljeni primjer moguće arhitekture, prilagođen zahtjevima fiksno-mobilne konvergencije. Kao idejni predložak korištena je referentna arhitektura 3GPP R5 u skladu s modelima opisanim u poglavljima 3.1 i 3.2. Zbog jednostavnosti, na Slici 8. nisu detaljno prikazani jezgri dio paketne domene mobilne mreže i IMS (*IP Multimedia Subsystem*) domena za mobilne i fiksne korisnike, niti neki

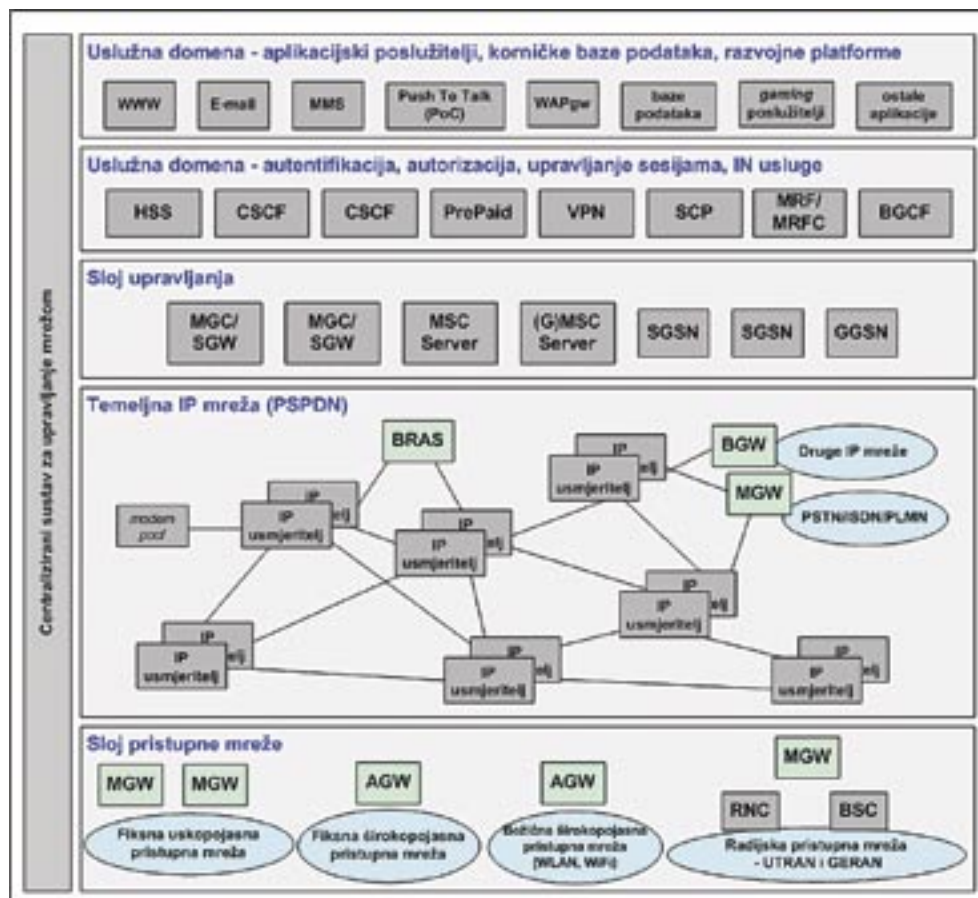
komunikacijski protokoli između pojedinih čvorova konvergirane mreže.

Kao što je ranije napomenuto, logička podjela čvorova ne mora nužno podrazumijevati i njihovu fizičku implementaciju. Na Slici 8. su čvorovi MGW i SGW za mobilni govorni promet integrirani u jedan čvor, dok je SGW za fiksni promet integriran s upravljačkim čvorom MGC.

Provođenjem prva dva koraka konvergencije, izgradnjom temeljne IP mreže i stvaranjem zajedničkoga IN sustava za fiksne i mobilne korisnike, mreža Operatora A je u velikoj mjeri pripremljena za konačan korak migracije prema fiksno-mobilnoj, konvergiranoj mreži. Sama migracija obično se planira u nekoliko faza s postupnim uvođenjem specifičnih elemenata horizontalno integrirane arhitekture (npr. MGW, SGW, AGW čvorovi). Pri tome je od ključne važnosti provesti kvalitetno dimenzioniranje i konfiguriranje resursa temeljne IP mreže s obzirom na to da novonastali prometni tokovi, kombinirani unutar jednog transportnog sustava, mogu izazvati iznenadne fluktuacije performansi sustava. Fluktuacije utječu na degradaciju performansi u svim domenama. Degradacija performansi posebno utječe na rad usluga koje su izrazito ovisne o vremenskim parametrima paketnog prometa (kašnjenje s kraja na kraj veze, međudolazno vrijeme paketa),

Slika 8. Konvergirana fiksno-mobilna mreža prema 3GPP R5 referentnoj arhitekturi.





Slika 9. Ilustracija mreže Operatora A nakon konvergencije na zajedničku temeljnu IP mrežu

poput interaktivnoga govora i videa ili mrežnog igranja. Tradicionalne IP aplikacije (HTTP, FTP, *e-mail*), kao i neke novije podatkovne usluge (MMS/SMS, pristup bazama podataka) su inherentno "otpornije" na degradaciju performansi, zbog toga što su dizajnirane za mreže slabije propusnosti i pouzdanosti (ili slabijih performansi) i zbog neusporedivo veće tolerancije krajnjih korisnika.

Slika 9. ilustrira konvergirano arhitekturu mreže Operatora A, nakon provođenja svih faza migracije.

Slika 9. jasno ilustrira podjelu mreže na horizontalne slojeve, pri čemu se aplikacijska kompleksnost skriva od transportne i pristupne mreže, a složenost implementacije novih usluga pada od aplikacijskoga prema pristupnom sloju. Kao primjer može se uzeti uvođenje nove aplikacije za napredno pretraživanje baza podataka (*advanced data-mining*). Uvođenje nove aplikacije bit će potpuno transparentno za donja tri sloja mreže (pristup, temeljna mreža, sloj upravljanja). Aktivnosti oko implementacije usluge bit će ograničene na aplikacijski poslužitelj te eventualno čvor za nadzor sesije (CSCF, WAPgw). Pri tome se kompleksnost implementacije dodatno smanjuje upotrebom standardiziranih i otvorenih razvojnih i aplikacijskih sučelja.

Izuzetno važan element svake konvergirane mreže

su centralizirani sustavi za upravljanje i nadzor mrežom te sustav naplate (*billing system*). Posebno je važna izgradnja integriranoga sustava naplate s obzirom da u konvergiranoj *All-IP* okolišu, korisnik s jednom pretplatom (i s jednim terminalom) može koristiti veliki broj različitih usluga, preko različitih tipova pristupa. Kao primjer može se uzeti korisnik koji iz svoga doma pristupa video poslužitelju preko pristupne tehnologije ADSL, tijekom puta provjerava *e-mail* korištenjem WCDMA, a zatim na aerodromu koristi WLAN za pristup FTP poslužitelju. Takav korisnik od svog pružatelja usluge, osim kvalitetne i dostupne usluge, očekuje detaljan i jasan račun, u kojem su objedinjene sve njegove aktivnosti i jasno prezentirani elementi na osnovu kojih se vrši izračun troškova.

4. Zaključak

Konvergirane mreže, izgrađene prema postojećim preporukama organizacija poput 3GPP, ITU-T i IETF, u velikoj su mjeri pripremljene za promjene koje donosi daljnji razvoj telekomunikacija i informatike. U tijeku je veliko spajanje informatičke i telekomunikacijske industrije, koje već danas rezultira stvaranjem paradigme po kojoj korisnici žele bilo koju uslugu (apli-

kaciju), bilo gdje, bilo kada i sa zadovoljavajućim performansama. Pri tome se često govori o informacijsko-komunikacijskim tehnologijama (ICT - *Information and Communication Technologies*). Postojeći konvergirani sustavi još uvijek nisu u mogućnosti ispuniti te zahtjeve, ali se ubrzano kreću u pravom smjeru. Neki od zahtjeva koji se postavljaju pred konvergirane sustave su:

- Apsolutna mobilnost korisnika (*subscriber mobility*) - korisnik mora biti identificiran bez obzira na to koji terminal koristi i mora mu se osigurati poznata virtualna radna okolina (VHE - *Virtual Home Environment*);

- Mobilnost terminala - terminal mora podržavati veći broj pristupnih tehnologija i omogućiti korisniku potpunu mobilnost, dinamički se prilagođavajući raspoloživoj pristupnoj mreži;

- Brza i relativno jednostavna implementacija novih usluga;

- Visoke performanse - pretpostavljaju razvijene mehanizme osiguranja kvalitete usluge i cjelokupne pouzdanosti sustava;

- Automatsko prilagođavanje mreže ponašanju i zahtjevima krajnjih korisnika (*Subscriber Service Self-Provisioning, Automatic Device Configuration*);

- Integrirani sustav nadzora i upravljanja mrežom, povezan sa sustavom naplate i organizacijom za brigu o korisnicima (*customer care*).

Može se pretpostaviti da će implementacija navedenih zahtjeva rezultirati porastom kompleksnosti uslužnoga i upravljačkog sloja mreže, pri čemu će još više do izražaja doći smislenost izgradnje horizontalno integrirane arhitekture. Zadrži li tradicionalnu, vertikalno integriranu mrežnu arhitekturu, u kojoj su podatkovna i govorna domena striktno razdvojene, operator neće moći pružiti svojim korisnicima zadovoljavajući spektar usluga, ili će to moći učiniti uz veliki trošak. Izgradnja horizontalno integrirane arhitekture, pak, omogućava operatoru da poveća svoju konkurentnost na vrlo kompetitivnom telekomunikacijskom tržištu.

Kratice

3GPP	- 3rd Generation Partnership Project
AAA	- Authentication, Authorization and Accounting
AGW	- Access Gateway
ATM	- Asynchronous Transfer Mode
BGCF	- Border Gateway Control Function
BGW	- Border Gateway
BRA	- Basic Rate Access
BRAS	- Broadband Residential Access Server
BSC	- Base Station Controller
BTS	- Base Transceiver Station
CCL	- Call Control Layer
CSCF	- Call Serving Control Function

CSD	- Circuit Switched Domain
CS-MGW	- Circuit Switched - Media Gateway
DWDM	- Dense Wave Division Multiplexing
EIR	- Equipment Identity Register
FMC	- Fixed-Mobile Convergence
FR	- Frame Relay
FTP	- File Transfer Protocol
GERAN	- GSM/EDGE Radio Access Network
GGSN	- Gateway GPRS Support Node
GMSC	- Gateway Mobile Switching Center
GPRS	- General Packet Radio Service
GSM	- Global System for Mobile communications
HLR	- Home Location Register
HSS	- Home Subscriber Server
HTTP	- Hyper-Text Transfer Protocol
IC	- Internacionalna centrala
ICT	- Information and Communication Technologies
IETF	- Internet Engineering Task Force
IM-MGW	- IP Multimedia - Media Gateway
IMS	- IP Multimedia Subsystem
IN	- Inteligentna mreža
IP	- Internet Protocol
IPCC	- International Packet Communications Consortium
ISDN	- Integrated Service Digital Network
ITU	- International Telecommunications Union
LC	- Lokalna centrala
MGC	- Media Gateway Controller
MGCF	- Media Gateway Control Function
MGW	- Media Gateway
MMS	- Multimedia Messaging System
MRFC	- Media Resource Function Controller
MRFP	- Media Resource Function Platform
MSC	- Mobile Switching Center
NGN	- Next Generation Network
P-CSCF	- Proxy - Call Serving Control Function
PLMN	- Public Land Mobile Network
PSD	- Packet Switched Domain
PSPDN	- Public Switched Packet Data Network
PSTN	- Public Switched Telephone Network
QoS	- Quality of Service
RNC	- Radio Network Controller
SCP	- Service Control Point
SDH	- Synchronous Digital Hierarchy
SGSN	- Serving GPRS Support Node
SGW	- Signaling Gateway
SIP	- Session Initiation Protocol
TC	- Tranzitna centrala
UE	- User Equipment
UTRAN	- UMTS Radio Access Network
VHE	- Virtual Home Environment
VLR	- Visitor Location Register
VPN	- Virtual Private Network
WAPgw	- WAP Gateway
WWW	- World Wide Web

Literatura

- [1] Juha Korhonen: "Introduction to 3G Mobile Communications", 2nd edition, Artech House, London, 2003.
- [2] Ramjee Prasad, Marian Ruggieri: "Technology trends in wireless communications", 2nd edition, Artech House, London, 2003.
- [3] Ray Horak: "Communications Systems and Networks", 3rd edition, Wiley Publishing Inc., Indianapolis, 2002.
- [4] "Network Architecture Evolution Strategy", Ericsson Internal, 2004.
- [5] "The Ericsson view on All-IP", Ericsson Internal, 2004.
- [6] Franklin D. Ohrtman: "Softswitch, architecture for VoIP", 1st edition, McGraw-Hill Companies Inc., New York, 2003.
- [7] Kari Seppänen: "Transport services for converging networks", Licentiate's Thesis, Helsinki University of Technology, Helsinki, 2002.

ADRESA AUTORA:

Ozren Kopajtić

e-mail: ozren.kopajtic@ericsson.com

Ericsson Nikola Tesla d.d.

Krapinska 45

p.p. 93

HR-10 002 Zagreb

Hrvatska

Uredništvo je primilo rukopis 13. listopada 2004.