

Kaj bo prinesla 4. generacija (4G) mobilne telefonije?

Sašo Tomazič, Jaka Sodnik

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenija
E-pošta: saso.tomazic@fe.uni-lj.si

Povzetek. Mobilna telefonija je že nekaj časa eno najbolj vročih področij telekomunikacij, ki se vztrajno razvija in raste. Zdaj je aktualen razvoj tretje generacije, ki se počasi uveljavlja v večini evropskih držav. Vse kaže, da bo število mobilnih naprav, povezanih v internet, v nekaj letih presegló število statičnih osebnih računalnikov v internetu. V članku navajamo nekaj najpomembnejših akterjev na področju raziskav in razvoja prihodnje generacije mobilne telefonije. V Evropi je bil avgusta 2001 ustanovljen WWFR (Wireless World Research Forum), ki ga sestavljajo največji izdelovalci opreme in operaterji, pooblaščen za raziskave na tem področju. V članku je v grobem predstavljena vizija omenjenega foruma, ki na prvo mesto postavlja uporabnika in njegove želje. Mobilne telekomunikacije prihodnosti naj bi torej temeljile na popolni prilagojenosti uporabniku in preprosti uporabi. Uporabnikov terminal bo nekako poznal svojega lastnika in mu vedno ustregel na najboljši način. Upošteval bo trenutno lokacijo uporabnika, njegovo okolico, njegovo razpoloženje in podobno. Temeljni značilnosti, ki ju velja omeniti, bosta stalna priključitev terminalov na omrežje in popolna mobilnost. To pomeni, da bodo terminali omogočali povezovanje z več različnimi brezžičnimi omrežji in se bodo sposobni premikati iz enega omrežja v drugo brez podiranja obstoječih povezav. Osnova omrežij bo IP protokol, komunikacija pa bo bogato opremljena z multimedijskimi vsebinami. V nadaljevanju navajamo tudi nekatere tehnologije, ki bodo omogočale izpolnitev vseh teh zahtev. Raziskave na posameznih tehničnih področjih so naloga navedenih forumov in organizacij.

Ključne besede: mobilna telefonija, 4G, uporabnik, aplikacija, storitev, omrežje

Vision of the 4G mobile telephony

Extended abstract. The mobile telephony has been one of the most perspective areas in telecommunications for some time already and it is still developing and growing. At present, we are witnessing the development of the third generation which is slowly establishing itself in the majority of the European countries. Based on current trends, the number of mobile devices will soon exceed that of the stationery personal computers linked on the internet. The present paper focuses on some of the most important names in the areas of research and development of the mobile telephony of the next generation. In August, the biggest European telecommunications manufacturers and operators established the WWFR forum, which is in charge of the research in the field. The paper briefly presents its vision, which places users and their needs in the forefront. The mobile telecommunications of the future will be based on simple usage and absolute adjustment to the needs of users. Each terminal will be able to identify its users and will try to suit their needs in the best possible way. The terminal will take into account the current location of its users, surroundings, users mood, etc. The two basic features of the future devices worth mentioning are the on-line terminals and absolute mobility. With the latter terminals will allow connection with several different wireless networks and will be capa-

ble of moving from one into another without the existing connection failing. The networks will be based on the IP protocol and the communication will be enriched by multimedia contents. The paper further focuses on technologies that will enable the realization of all the presented demands. The research in specific areas is in the domain of the already mentioned forums and organizations.

Key words: mobile telephony, 4G, user, application, service, network

1 Zgodovina mobilnih komunikacij

Brezžični sistemi in komunikacija so bili sprva nekakšno pomožno sredstvo v določenih težko dostopnih krajih in regijah, kjer ni bilo mogoče postaviti in razviti žične infrastrukture [1]. Občutek mobilnosti in prostega gibanja in hkratno komuniciranje z drugimi ljudmi je človeku dokaj naraven in pisan na kožo. To je bil tudi povod za razvoj različnih mobilnih sistemov in več generacij mobilne telefonije, ki je trenutno na pragu razcveta tretje generacije.

Začetek mobilne telefonije sega v pozna osemde-

seta leta, ko je komercialno uporabo doživela t.i. prva generacija. Ta popolnoma analogna tehnologija je "uzakonila" nekaj splošnih dejstev, ki so bili podlaga vsem njenim naslednikom:

- celična arhitektura sistema,
- prosto gibanje in gostovanje v različnih domenah in
- neprekinjena komunikacija kljub spreminjanju razmer v mobilnem kanalu oziroma zamenjavi celic.

Prva generacija, katere predstavnik je NMT (Nordic Mobile Telephony), je omogočala samo govorno storitev, o prenosu podatkov v tej fazi še niso razmišljali. Cenovno je bil NMT še dokaj nedostopen in zato dosegljiv predvsem poslovnim uporabnikom.

Sledila je druga generacija, ki je povzročila pravo revolucijo na področju telekomunikacij. Razmah mobilne telefonije je zaradi padca cen storitev dosegal rekordno rast po vsem svetu. Poglavitna prednost 2G je v popolnoma digitalni tehnologiji, ki omogoča preprosto in učinkovito digitalno obdelavo, varovanje podatkov in uvajanje dopolnilnih storitev. Najbolj znan predstavnik druge generacije je GSM (Global System Mobile), ki je trenutno v svetu tudi prevladujoč sistem mobilnih komunikacij. GSM se je začel uveljavljati v začetku devetdesetih let. Zelo pomembna novost druge generacije je tudi uvedba t.i. kartic SIM, ki so naročniku poleg zaščite komunikacije omogočile tudi mobilnost terminalske opreme.

Potreba po prenosu drugih vrst podatkov in ne samo govora je bila povod, da se je proti koncu devetdesetih začel razmah t.i. 2.5 generacije mobilne telefonije. Ta zaradi svoje podatkovno usmerjene komunikacije temelji na paketni komutaciji in je le nekakšna nadgradnja druge generacije. 2G in 2.5G sta danes zelo aktualni, saj prva skrbi za prenos govora, druga pa za druge podatke, kot so internet, elektronska pošta in podobno. V sklopu 2.5G je veliko predstavnikov, najbolj znane so nedvomno tehnologije GPRS (General Packet Radio Service), HSCSD (High Speed Circuit Switch Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), itd.

Tretja generacija, ki je v zadnjih fazah standardizacije in hkrati že v fazi uvajanja, pomeni precejšen skok v primerjavi z 2G in 2.5G. Tokrat ne gre za nadgradnjo 2.5G, temveč za nov, ločen in neodvisen sistem, ki omogoča veliko večje prenosne hitrosti in je v svoji zasnovi popolnoma paketno komutiran. Pomembna novost v 3G je kodni sodostop do mobilnega kanala, ki omogoča učinkovitejša izrabo frekvenčnega prostora in s tem bistveno večje pasovne širine, potrebne za prenos multimedijskih vsebin

in drugih podatkovnih aplikacij. ITU-T je globalni standard za 3G izdala pod imenom IMT-2000 [2]. Pod omenjeni standard spadata tehnologiji CDMA2000 (ZDA, Kanada, Koreja, Japonska itd.) in WCDMA (Japonska, Norveška, Finska itd.). V slednjo skupino spada tudi dolgo pričakovani UMTS (Universal Mobile Telephony System)[3],[4], ki se vedno bolj uveljavlja tudi v Sloveniji.

Razvoj posameznih generacij mobilne telefonije in njihove tipične lastnosti so prikazane v tabeli 1 [1].

2 Četrta generacija (4G) mobilne telefonije

Z razvojem 2G je mobilna telefonija postala cenovno dostopna široki množici uporabnikov in njihovo število nenehno skoraj eksponentno narašča. Pričakovati je, da bo drugo generacijo uspešno zamenjala tretja, ki prinaša kar nekaj večjih sprememb v načinu komunikacije in izmenjave podatkov. Govorno orientirano komunikacijo bo zamenjala izmenjava multimedijskih sporočil, videotelefonija, videoaplikacije in podobno. Upravičeno je pričakovati, da bo mobilni terminal kmalu lahko popolnoma nadomestil osebni računalnik in širokopasovni dostop do interneta ter bo zato tudi število takih terminalov prehitelo število klasičnih računalnikov.

Na obzorju se že kažejo prvi obrisi in vizija četrte generacije mobilne telefonije. Razvoj je sicer še v povojih, vendar so načrtane prve smernice, ki nakazujejo njegovo smer. Nedvomno bo 4G temeljila na širokopasovnih multimedijskih storitvah, večji mobilnosti in prilagojenosti uporabniku [5],[6].

Z razvojem 4G se ukvarja veliko različnih delovnih skupin in forumov po vsem svetu. Sledi pregled najpomembnejših predstavnikov in njihovega področja raziskav in razvoja, predvsem tistih, ki bodo vplivala na razvoj v Evropi [7],[8].

3 4G delovne skupine in forumi

3.1 ITU-R

Glavni akter na področju telekomunikacij ITU-R (International Telecommunication Union - Radiocommunication Standardization Sector) [9] napoveduje, da bo glavna značilnost nove generacije enakomeren in nenehen razvoj brezžičnih dostopovnih tehnologij in medsebojno spajanje:

- obstoječih, nadgrajenih in novih sistemov celične telefonije,
- raznih nomadskih brezžičnih sistemov in

	1 G	2G	2.5G	3G
uveljavitev	1985	1992	1995	2002
bistvena novost	mobilnost	digitalen prenos, kartica SIM	hitrejši podatkov paketna komutacija	širokopasoven prenos, multimedija
predstavniki	NMT, AMPS...	GSM, TDMA...	GPRS, HSCSD, EDGE...	IMT-2000 (UMTS, WCDMA, CDMA2000)
frekvenčno območje	400 – 800 MHz	800 – 900 Mhz in 1800 – 1900 Mhz		2 GHz
prenosne hitrosti podatkov		do 14,4 kbps	do 384 kbps	do 5 Mbps
tehnike sodostopa	FDMA	FDMA TDMA	FDMA TDMA	CDMA
tipične storitve	govor	govor, SMS	govor, podatki, MMS	govor, podatki, multimedija

Tabela 1. Razvoj mobilne telefonije do 3 generacije

Table 1. Development of mobile telephony until 3G

- brezžičnih dostopovnih otkov (WLAN - Wireless Local Area Networks)

Pričakovati je, da bodo novi radijski vmesniki in dostopne tehnologije delovali povezano z obstoječimi sistemi GSM in UMTS, kar bo omogočalo še večje prenosne hitrosti. Radijski vmesniki bodo prilagojeni različnim dostopovnim tehnologijam in se bodo sproti prilagajali trenutnim radijskim razmeram. Uporabnik bo imel na voljo izjemno veliko različnih storitev in aplikacij ter se ne bo obremenjeval s tehnologijo in načinom, kako je njegov mobilni terminal povezan v omrežje.

ITU-R še nima izdelane točne definicije in vizije četrte generacije, saj trenutno v njenem okviru delujeta dve skupini. Prva se koncentrira predvsem na doseganje visokih prenosnih hitrosti (do 100 Mb/s), druga pa na t.i. odprto arhitekturo sistemov.

Ob uvajanju 4G bo nedvomno na prvem mestu možnost povezovanja z obstoječimi mobilnimi sistemi, možnost medsebojnega gostovanja enih in drugih sistemov, zagotavljanje varnosti in kakovosti storitev. Temeljno vodilo pri razvoju bo torej združevanje različnih sistemov v nekakšen novit brezžični dostopovni sistem z veliko načini povezovanja in možnostmi nadgradnje.

3.2 4Gmobile forum

Forum 4Gmobile deluje pod okriljem organizacije IEEE in je še v povojih, saj je bil prvi sestanek

forumu januarja 2004 [10]. Namen foruma je postati mednarodno tehnično telo, ki bo skrbelo za razvoj širokopasovnih brezžičnih komunikacij, konvergenco različnih brezžičnih in mobilnih sistemov ter omrežij WLAN in PDM (Packet Divison Multiplexed). Cilj je zagotoviti mobilnim uporabnikom udoben širokopasovni brezžični dostop do raznih aplikacij in storitev, varovanje podatkov in zagotavljanje kakovosti. Bodoči standardi naj bi se koncentrirali predvsem na tehnologije aplikacijskega in MAC (Media Access Control) sloja modela OSI.

3.3 WWRF

V Evropi je za razvoj 4G pooblaščen WWRF (Wireless World Research Forum) [11], ki ga sestavljajo vsi največji proizvajalci mobilne terminalske opreme, nekateri največji operaterji in drugi (Nokia, Alcatel, Ericsson, Siemens, itd.). Tesno sodeluje z drugimi raziskovalnimi skupinami in ima izdelano precej jasno vizijo prihajajoče 4G. Organiziran je v štiri delovne skupine, ki se ukvarjajo z:

- WG1 – uporabniško perspektivo 4G,
- WG2 – arhitekturo storitev,
- WG3 – kooperativnimi in priložnostnimi omrežji,
- WG4 –novimi radijskimi vmesniki, pametnimi antenami itd.,

- WG5 – radijskimi komunikacijami na kratkih razdaljah,
- WG6 – rekonfigurativnostjo,
- SIG1 – radijskim spektrom,
- SIG2 – varnostjo in zaupanjem,
- SIG3 – samoorganizacijo v brezžičnem svetu.

Forum je leta 2002 in 2004 izdal svojo knjigo vizij (Book of Visions) [12], kjer so opisane glavne smerice dela in aktivnosti posameznih delovnih skupin.

4 Uporabnik v 4G

Razvoj telekomunikacij in pripadajoče tehnologije močno vpliva na človeško družbo, saj so nekatere potrebe, o katerih pred nekaj sto leti nihče ni niti sanjal, postale naše nujne oziroma osnovne potrebe. Predstavljajmo si, kako je vplival na ljudi razvoj stacionarne telefonije, predvsem v času, ko je bilo potovanje v različne dele sveta zamudno in drago. Danes se zdi nekaj povsem naravnega in vsakdanjega, da se lahko kadarkoli pogovarjamo z ljudmi, ki niso v našem slišnem območju. Ob tem lahko kot zanimivost navedemo dejstvo, da kar tretjina človeštva ni nikoli v življenju telefonirala.

Sto let za razvojem stacionarne telefonije smo ljudje lahko začeli telefonirati med gibanjem in smo bili tako dosegljivi v vsakem trenutku, začela se je t.i. doba 2G. Kljub sedanjim nizkim cenam in dostopnosti naprav pa zanimivo uporablja mobilni telefon razmeroma majhen odstotek svetovnega prebivalstva.

Ljudje smo vajeni izmenjave vedno večje količine podatkov, tako s stacionarnimi kot tudi z mobilnimi napravami. Ta potreba je temelj za razvoj mobilne telefonije 3G, ki je danes že realnost. Potrebe človeštva pa so in bodo vedno ostale različne. Nekaterim bo še dolgo zadoščalo, če bodo lahko s stacionarnega telefona opravili telefonski klic na nek drug stacionaren telefon, drugi bi to radi opravili med vožnjo v avtu, tretji pa bi morda med ležanjem na plaži ali vožnjo v letalu gledali videoprenos nogometne tekme ali pa bi se udeležili videokonference. Prav ta tretja skupina uporabnikov je tista, ki bo gibal za razvoj brezžičnega sveta oziroma 4G. Pričakovati je, da se bo ta skupina uporabnikov v prihodnosti naglo večala in nekoč popolnoma prevladala.

Z razvojem novih in novih sistemov, ki temeljijo na čedalje bolj zahtevnih in zapletenih tehnologijah, je postala tudi uporaba telekomunikacijskih naprav uporabniku dokaj zahtevna in neprilagojena. Za preprosto komunikacijo ali telefonski klic je treba prek

majhne in nepriročne tipkovnice vnesti veliko podatkov in informacij, ki jih sistem potrebuje za delovanje. Prav to nakazuje dejstvo, da bodo sistemi v prihodnosti morali postati uporabniku bolj prijazni in preprosti za uporabo. Potreben bo razvoj novih učinkovitih uporabniških vmesnikov, ki bodo izkoriščali različne zmožnosti človeških čutil ter bodo poznali uporabnikove navade in želje. Temeljili bodo na človeku prijaznih načinih komunikacije s strojem, kot so: prepoznavna in sinteza govora, prepoznavna določenih človeških kretenj, zaznava možganskih aktivnosti in podobno. Komunikacija bo morala poleg vida in sluha izkoriščati tudi druge načine medsebojne interakcije.

S ciljem razvoja takšnih in podobnih interakcijskih tehnik WWRF navaja tri glavna področja raziskav:

- razumevanje uporabnika, njegovih navad, želja in pričakovanj,
- nove generične aplikacije, ki bodo izkoriščale mobilnost naprav, se bodo zavedale uporabnika in njegovega trenutnega položaja ter se ustrezno odzvale in se prilagajale in
- nove uporabniške vmesnike, ki bodo temeljili na množici različnih čutil: dotik, vid, sluh, okus itd.

5 Storitve v 4G

Najbolj značilna lastnost storitev 4G bo popolna prilagojenost uporabniku, njegovim individualnim zahtevam in željam glede na njegovo starost in socialni položaj. Angleški izraz za takšno arhitekturo je "I-centric", kar lahko preprosto prevedemo kot "JAZ-usmerjenost". Takšna arhitektura upošteva človeške navade in reakcije v njegovem vsakdanjem okolju in mu je popolnoma prilagojena. Namen te prilagojenosti oziroma personalizacije sta preprosta uporaba storitev ter preprosto filtriranje in sprejemanje velikih količin informacij. Celotna arhitektura storitev bo uporabniku skrita, na voljo bo vedno le tisto, kar bo uporabnik potreboval in želel.

Uporabnik bo vedno priključen v omrežje, ne glede na gibanje ali mirovanje oziroma trenutno lokacijo. Omogočeno bo prosto prehajanje med različnimi omrežji in operaterji, ne da bi se uporabnik tega zavedal. Zelo pomemben segment bodočih aplikacij bosta nedvomno varnost in zagotavljanje kakovosti. Aplikacije in storitve se bodo sproti prilagajale zmogljivostim trenutnega omrežja in uporabnikove terminalske opreme.

Danes so aktualne aplikacije on-line, ki upoštevajo uporabnikovo trenutno lokacijo in omogočajo pomoč pri orientaciji, iskanje najbližjih gostinskih lokalov,

bančnih avtomatov in podobno. V prihodnosti bo lokacijsko prilagajanje nadgrajeno s t.i. vsebinskim prilagajanjem. Določena storitev bo dobro poznala uporabnika: kakšno glasbo posluša, kdaj ga lahko zmoti z določenim prihajajočim klicem in kdaj ne, kakšen jezik mu ustreza, kako je razpoložen itd. Če bo uporabnik med vožnjo v avtu prejel elektronsko pošto, bo sistem avtomatično namesto prikaza vsebine na zaslonu s sintezo govora pošto prebral uporabniku prek ustreznega zvočnega sistema.

Na obliko in vsebino neke določene storitve bo torej vplivalo več dejavnikov:

- profil uporabnika (zanimanja, želje, prioritete, ...),
- lokacija uporabnika (smer gibanja, okolica, temperatura, vlažnost, ...),
- stanje opreme in omrežja (prenosna hitrost, ki je na voljo, terminalska oprema, ...) in
- lastnosti neke storitve (cena, kvaliteta, ...).

Za zagotavljanje zgornjih parametrov bo potreben velik napredek na področju senzorjev. Tako terminalska oprema kot tudi okolica bosta opremljeni z velikim številom raznih senzorjev, ki bodo omogočali pridobivanje vseh informacij o uporabniku in okolju. Tudi danes že najdemo naprave, ki skušajo biti čim bolj uporabniku prijazne in se prilagajajo okolici. Tak primer je na primer TV sprejemnik, ki sproti prilagaja svetlost in kontrast slike svetlobi okolice in tako optimizira sliko.

Pomembna je ugotovitev, da v bodočih mobilnih omrežjih gibalno razvoja ne bo nenehno povečevanje prenosnih hitrosti, temveč predvsem izvirne, zanimive in uporabne aplikacije in storitve, ki bodo pritegnile uporabnike.

6 Komunikacijsko okolje in omrežja 4G

Najpomembnejša zahteva uporabnika 4G bosta stalna prisotnost omrežja in stalna priključitev nanj. Bodoče omrežje bo nekakšen hibrid obstoječih in novih komunikacijskih omrežij. Danes mobilna telekomunikacijska omrežja, kot so 2G, 2.5G in 3G, že omogočajo mobilni dostop do interneta in podporo protokolu IP. Do neke mere je vsaj teoretično omogočeno tudi zagotavljanje kakovosti storitev.

Med temeljnimi značilnostmi uporabniških terminalov bodočih mobilnih omrežij je njihova mobilnost (mobility). To pomeni sproti prilagajanje naslova uporabnika glede na omrežje, v katerem se trenutno nahaja. Učinkovita mobilnost zahteva:

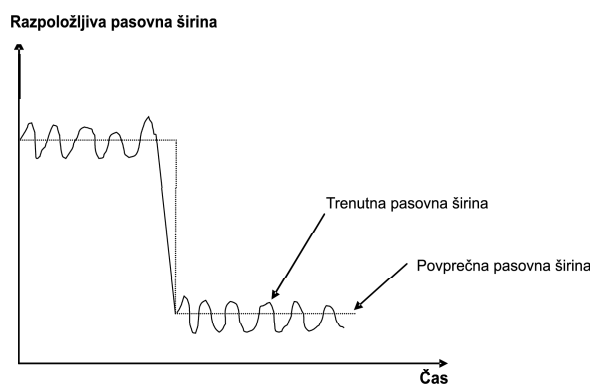
- kratek prehodni čas: čas, ko se uporabnik povezuje na novo dostopovno točko ali bazno

postajo, mora biti zelo kratek, da lahko aplikacije v realnem času nemoteno delujejo,

- majhno izgubo paketov: med spreminjanjem mesta priključitve ne sme priti do velike izgube paketov, saj so nekatere aplikacije na to zelo občutljive, in
- učinkovito izrabo virov: stalna in velika omejitev bosta ozka pasovna širina in baterijsko napajanje, zato bo treba učinkovito izrabljati vire in prenašati le nujno potrebne informacije za zagotavljanje storitve.

Mobilnost z vsemi potrebnimi parametri mora biti zagotovljena na omrežni ravni, da aplikacije lahko delujejo nemoteno, ne glede na omrežje, v katero je uporabnik povezan. Poleg mobilnosti bo zelo pomemben segment zagotavljanje kakovosti posameznih storitev (QoS – Quality of Service). To pomeni določene rezervacije zmogljivosti omrežja za nemoteno delovanje aplikacij. S stališča aplikacije in uporabnika bo kakovost storitev enotna in enaka ne glede na dostopovno vozlišče oziroma omrežje, ki bo trenutno na voljo. S stališča posameznih naprav pa bo to seveda pomenilo nenehno pogajanje s posameznimi omrežnimi elementi in tekmovanje za omrežne zmogljivosti.

Kot primer si zamislimo multimedijsko aplikacijo, ki za delovanje zahteva stalno prenosno hitrost in omejene zakasnitve. Uporabnik, ki bo tako aplikacijo uporabljal v hitrem omrežju WLAN (Wireless Local Area Network), bo želel nadaljevati uporabo, tudi ko bo zapustil območje dosega dostopovne točke WLAN. Ko bo njegov terminal preklopil na UMTS ali GPRS, se bo prenosna hitrost drastično zmanjšala [13].



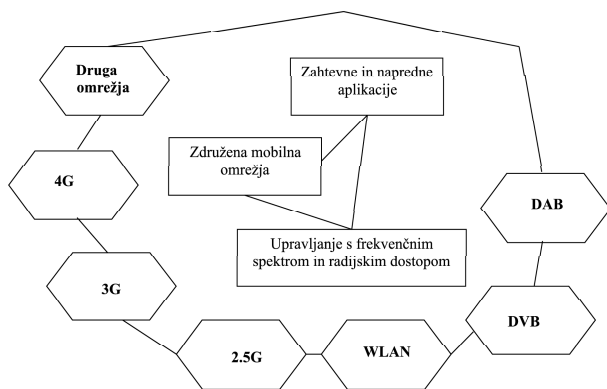
Slika 1. Spremenljive razmere v omrežjih 4G
Figure 1. Changing environment in 4G networks

Aplikacija se bo morala sama prilagoditi novim razmeram, tako, da bo svoje delovanje prilagodila manjši hitrosti z uporabo postopkov za učinkovitejše

stiskanje podatkov na račun poslabšanja kakovosti multimedijske vsebine.

Pomembna lastnost bodočih omrežnih elementov bo tudi hitro prilagajanje razmeram v omrežju. Konfiguracija, na primer, nove dostopovne točke WLAN bo morala biti avtomatizirana. Ko bo ta priključena v neko omrežje, ne bo potrebno ročno vnašanje parametrov omrežja, temveč bodo za to skrbeli posebni nadzorni strežniki. Prav tako bodo posamezni elementi hitro zaznali morebitne probleme v omrežju, recimo izpad neke dostopovne točke. V takih primerih bodo morale preostale dostopovne točke vzpostaviti povezave do prizadetih uporabnikov oziroma njihovih terminalov.

Zdaj je dostop do interneta zelo razpršen. Do njega dostopamo prek zelo različnih dostopovnih točk in na zelo različne načine. Vsak ponudnik na svoj način rešuje avtentikacijo in zaračunavanje storitev in zahteva svoj način priklopa oziroma prijave. Klasični ponudniki za dostop prek raznih žičnih povezav ponujajo možnosti s klicnim dostopom ali stalno linijo, kjer je vhodna točka fiksna, oziroma je to neki statični osebni računalnik. Mobilni operaterji omogočajo dostop do interneta s poljubnih lokacij, avtentikacija je zelo različna. Zadnje čase so popularni tudi t.i. otoki WLAN, ki so zopet tretji način avtentikacije in zaračunavanja same storitve. V prihodnosti bodo morali biti ti različni načini dostopa poenoteni in dovolj preprosti za uporabnika. Prehajanje med omrežji in gostovanje bo nekaj samo po sebi umevnega. Uporabnik se ne bo obremenjeval, kateremu operaterju pripada omrežje, v katero je trenutno priključen, in kako se bo prijavil vanj. Tudi postopki avtentikacije in zaračunavanja bodo poenoteni. Osnovna ideja je torej v za uporabnika enotnem dostopu do internetnega omrežja z več različnimi dostopovnimi načini in tehnologijami.



Slika 2. Omrežja v 4G
Figure 2. Different networks in 4G

Uporabniški mobilni terminali bodo znali delovati z vsemi obstoječimi omrežji, kar pomeni, da

bodo znali komunicirati na veliko načinov. To je tehnološko zahtevna ovira, zato raziskave že danes potekajo tudi v tej smeri. Obstoječa tehnologija, ki je še v povojih, je t.i. programsko določen radio – SDR (Software Defined Radio). Za njegov razvoj je bil ustanovljen forum SDR, katerega cilj je razvoj zmogljivih, kakovostnih in poceni radijskih naprav, ki bodo znale delovati s različnimi omrežji in različnimi radijskimi vmesniki.

Bodoča omrežja bodo najverjetneje v celoti zasnovana na protokolu IP. Nešteto potencialnih naprav, ki bodo ves čas povezane v internet, zahteva uvedbo protokola IPv6, ki je nadgradnja zdaj zelo razširjenega protokola IPv4. Razvoju protokola IPv6 je namenjen poseben forum IPv6 [14], o katerem bo nekaj govora v nadaljevanju.

Drugi zelo pomemben protokol prihodnosti je protokol SIP (Session Initiation Protocol), ki ga je leta 1999 izdala IETF (Internet Engineering Task Force) [15]. V osnovi je to multimedijski protokol za nadzor in prenos elektronske pošte, slik, videovsebin, govora in podobnega. Omogoča tudi seje z več udeleženci in skupinami udeležencev v konferenčnih zvezah.

Zelo pomemben segment bodočih omrežij je vsesplošna mobilnost. Sistemi 2G in 3G na zelo učinkovit način zagotavljajo mobilnost svojih uporabnikov znotraj omrežij in medsebojno gostovanje (t.i. mikromobilnost), ne rešujejo pa problema prehajanja med različnimi tipi omrežij. Internet in protokol IP v svoji osnovi nista bila zasnovana za mobilno okolje, zato tu nastaja veliko problemov. IETF je v ta namen definirala protokol MIPv6 (Mobile IPv6), ki bo skrbel za nemoteno delovanje aplikacij in stalno povezanost v internet tudi med menjavami različnih omrežij (makromobilnost).

Aktualna tehnologija prihodnosti je tudi tehnologija pametnih agentov, ki so namenjeni varčevanju z uporabnikovim časom in denarjem. Gre za posebne programe, ki bodo na podlagi določenih parametrov in prioriteten list uporabnika na primer iskali določene vsebine v internetu brez neposrednega nadzora uporabnika. To bodo lahko počeli ponoči, ko je omrežje manj obremenjeno in so zato stroški nižji.

7 Radijski vmesniki v 4G

Kot smo že večkrat omenili, bo osnovna značilnost naprav 4G neprekinjen dostop do omrežja. To pomeni, da lahko na določenih mestih pride do velike koncentracije naprav z različnimi zahtevami za radijske vmesnike in omrežne elemente. Za omogočanje stalne povezanosti tako velike množice naprav bosta nedvomno potrebna stalno povečevanje zmogljivosti omrežij in nenehno dopolnjevanje in

gradnja novih in novih dostopovnih točk. Ta širitev bo zaznamovana s številnimi problemi, s katerimi se srečujemo že danes. Dobra radijska pokritost je na primer obratno sorazmerna z zmogljivostjo oziroma prenosnimi hitrostmi naprav. Pokrivanje velikih površin v razpršenih omrežjih zahteva nizke radijske frekvence, visoke prenosne hitrosti pa težijo k čim višjim frekvencam. Problem je tudi v relativno ozkih frekvenčnih pasovih, ki so dodeljeni posameznim radijskim napravam. To zahteva čedalje zahtevnejše postopke kodiranja, modulacije in prenosa, ki omogočajo učinkovitejšo izrabo pasovne širine (razmerja bits/Hz/s/km²), ki so časovno-prostorsko kodiranje, sistemi pametnih anten in podobno.

Pomembna lastnost sedanjih (UMTS) in bodočih mobilnih sistemov je asimetrična razdelitev pasovne širine, ki je na voljo določenemu uporabniku. Večina uporabniških aplikacij zahteva večji prenos podatkov do uporabnika kot od njega, zato se za smer navzdol (k uporabniku) predvideva večja prenosna hitrost. Tako je izraba pasovne širine veliko učinkovitejša.

Največje prenosne hitrosti z brezžičnim povezovanjem v internet trenutno omogočajo sistemi WLAN [16]. Ti bodo nedvomno dopolnjevali celična omrežja na določenih področjih, kjer bo več uporabnikov in zahteve po večjih hitrostih prenosa. Temeljili bodo na standardih ETSI/BRAN HiperLan/2 ali na IEEE 802.11. Združevanje mobilne telefonije 3G in področij WLAN ter prosto prehajanje med njima je pričakovati že zelo kmalu.

Stalna priključitev mobilnega terminala v enega od razpoložljivih omrežij bo zahtevala zmogljivost terminalov, da bodo zmožni delovati z različnimi radijskimi vmesniki. Terminal bo priključen na omrežje in bo hkrati pregledoval razpoložljivost drugih hitrejših ali zanesljivejših omrežij. Izbira enega od razpoložljivih omrežij bo v domeni terminala in ne uporabnika. Terminal bo omrežje izbral na podlagi naslednjih meril:

- razpoložljivost omrežja glede na razmere, v katerih terminal deluje ali bo deloval v prihodnje (mirovanje ali gibanje),
- trajanje neke določene storitve,
- cene posameznih omrežij in
- kakovost storitev, ki jo daje posamezno omrežje glede na zahtevano storitev (storitev v realnem času, pogostost napak, ...).

To pomeni, da bo terminal izbral omrežje glede na trenutne potrebe uporabnika. Če bo uporabnik sedel v lokalu in pil kavo ter pri tem gledal videoposnetek, bo terminal izbral hitro omrežje, ki ima lahko

tudi majhno radijsko pokritost, saj uporabnik miruje. Če pa bo bo uporabnik sedel na vlaku, bo terminal izbral omrežje, ki zagotavlja pokritost kljub gibanju, čeprav morda na račun nižje prenosne hitrosti.

Poleg velikih forumov, kot sta WWRF in 4G mobile forum, ki pokrivata dejansko celotno področje raziskav in vizij mobilne telefonije 4G, je ustanovljenih tudi veliko forumov, namenjenih reševanju zelo specifičnih tehničnih problemov. V nadaljevanju omenimo dva najpomembnejša za področji, ki bosta najverjetneje ključni za razvoj bodoče mobilne telefonije.

8 Specifični forumi 4G

8.1 IPv6 forum

Pričakovati je, da bo bodoča mobilna infrastruktura v celoti temeljila na protokolu IPv6, ki ima takorekoč neomejen naslovni prostor in je tako tudi neomejeno število različnih naprav z lastnimi naslovi IP. IPv6 je naslednik protokola IPv4, osnovna razlika med njima pa je prav v povečanem naslovnem prostoru. V novi verziji je predviden tudi učinkovit mehanizem, ki bo zagotavljal kakovost storitev. Pomemben segment protokola IPv6 je tudi pripadajoči protokol Mobile IPv6 ali MIPv6, ki ga je standardiziral IETF. Protokol skrbi za neomejeno mobilnost med različnimi dostopovnimi omrežji. To pomeni, da se lahko uporabnik poljubno premika in prijavlja v različna podomrežja, ne da bi za to naprave, s katerimi komunicira, to vedele. Rešitev je v tem, da ima vsaka mobilna naprava v svojem domačem omrežju domačega agenta. To je poseben računalnik oziroma strežnik, ki edini ves čas pozna trenutno lokacijo in podomrežje mobilne enote. Namesto nje sprejema pakete, ki so lahko tako vedno poslani na isti naslov, in jih pošilja naprej na trenutno lokacijo mobilne naprave. Za druge udeležence v taki komunikaciji ima torej mobilna naprava ves čas isti naslov IP, vse vzpostavljene povezave pa lahko nemoteno tečejo tudi ob menjavi omrežij.

8.2 OFDM forum

OFDM (Ortogonal Frequency Division Multiplex) [17] je oblika sodostopa, ki se uporablja v hitrih brezžičnih omrežjih. Forum temelji na prostovoljnem udejstvovanju izdelovalcev strojne in programske opreme ter drugih razvijalcev brezžičnih komunikacij, ki uporabljajo tehnologijo OFDM. Člani foruma so prepričani, da je to osnova za bodoča hitra brezžična omrežja, kot sta IEEE 802.11 in ETSI/BRAN, ter se borijo za standardizacijo enotnega standarda OFDM po vsem svetu.

9 Sklep

V članku so bile na kratko predstavljene osnovne značilnosti, ki naj bi jih imeli mobilni sistemi v prihodnosti, to je sistemi četrte generacije mobilne telefonije. Predstavljen je bil pregled evropskih in svetovnih organizacij ter forumov, ki so in bodo nedvomno glavni akterji na tem področju. Ker na razvoj najmočnejše vplivajo posamezniki in podjetja, ki obvladujejo trg, smo v središče postavili vizijo 4G, kot jo vidijo člani foruma WWRF, to so vsi največji izdelovalci in operaterji mobilne telefonije v Evropi.

Na kratko lahko povzamemo ključne karakteristike, ki bodo zaznamovale mobilno telefonijo prihodnosti. Razvoj je in bo usmerjen v zadovoljevanje potreb uporabnika, zato bo na prvem mestu prilaganje naprav in sistema uporabniku. Glavno vodilo bosta velika zmogljivost in preprosta uporaba kljub zahtevni in napredni tehnologiji. Uporabnik se bo ukvarjal izključno s storitvijo in ne z nastavljanjem terminalov. Pomembna lastnost 4G bo neprekinjena povezava v omrežje. Mobilne naprave bodo delovale z veliko različnimi omrežji in vedno izbirale najprimernejše. Pomembno bo prosto prehanje med omrežji tudi med potekom komunikacije, kar bo omogočeno z gostovanjem pri različnih operaterjih. Celotna infrastruktura bo temeljila na IP in nekaterih dodatnih protokolih, ki bodo poskrbeli za mobilnost in prenos ustreznih vsebin. Vsebina bo večinoma multimedijsko predstavljena.

Pomembna lastnost terminalov kot tudi določenih omrežnih elementov bo, da se bodo zavedali potreb uporabnika in se mu bodo nenehno prilagajali. Poznali bodo njegove navade in zahteve ter se v različnih situacijah temu ustrezno odzvali.

V članku je navedenih tudi nekaj pomembnejših forumov, ki se ukvarjajo z določenimi tehničnimi podrobnostmi, ki bodo omogočale razvoj opisane infrastrukture.

10 Literatura

- [1] J. Sun, J. Sauvola, and D. Howie: Features in Future: 4G Visions From a Technical Perspective, *Proceedings of the IEEE Global Communications Conference*, San Antonio, TX, vol. 6, pp. 3533-3537, 2001.
- [2] ITU-T Study Group 13, <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/index.asp>
- [3] UMTS World, <http://www.umtsworld.com>
- [4] UMTS Forum, <http://www.umts-forum.org>
- [5] A. Dornan: Fast forward to 4G, <http://www.networkmagazine.com/shared/article/>
- [6] N. McKay: 4G - Turn-on, Tune-in, No Dropout, <http://www.thefeature.com/article?articleid=15014>

- [7] W. W. Lu, B. H. Walke, X. Shen: 4G Mobile Communications: Toward Open Wireless Architecture, *IEEE Wireless Communications*, str. 6-8, April 2004.
- [8] W. W. Lu: Open Wireless Architecture and Enhanced Performance, *IEEE Wireless Communications*, str. 92-93, June 2003.
- [9] ITU-R Radiocommunication Sector, <http://www.itu.int/ITU-R/index.html>
- [10] 4Gmobile Forum, <http://www.4gmobile.com/showArticle.jhtml?articleId=8703331&pgno=1>
- [11] WWRF, <http://www.wireless-world-research.org/>
- [12] WWRF Book of Visions, http://www.wireless-world-research.org/general_info/BoV2001-final.pdf
- [13] F. Paint, P. Engelstad, E. Vanem, T. Haselstad, A. M. Nordvik, K. Myksvoll, S. Svae: Telenor R&D N 43/2002: Mobility Aspects in 4G Networks - White Paper, <http://www.comp.nus.edu.sg/sourabhs/4274/4GWhitePaper.pdf>
- [14] W. Fritsche, F. Heissenhuber: Mobile IPv6 - Mobility support for the Next Generation Internet, http://www.ipv6forum.com/navbar/papers/MobileIPv6_Whitepaper.pdf
- [15] The Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org/>
- [16] H. Bryhni: Public WLAN and seamless, secure mobility over public and enterprise networks as foundation for 4G, *Petnajsta delavnica o telekomunikacijah*, 17. in 18. november 2003, Brdo pri Kranju, Slovenija. *Mobilni internet. zbornik referatov*, (VITEL zbornik referatov, 15), str. 1-12, Ljubljana: Elektrotehniška zveza Slovenije, 2003.
- [17] OFDM Forum, <http://www.ofdmforum.com/index.asp>

Sašo Tomažič je zaposlen kot redni profesor na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani in je predstojnik Katedre za telekomunikacije. Njegovo sedanje delo obsega raziskave na področju obdelave signalov, varnosti v telekomunikacijah, elektronskega poslovanja in porazdeljenih podatkovnih sistemov.

Jaka Sodnik je diplomiral leta 2002 na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Zaposlen je kot mladi raziskovalec v Laboratoriju za komunikacijske naprave in je študent podiplomskega študija elektrotehnike. Njegovo raziskovalno delo obsega področje akustike in komunikacijskih omrežij.