

# PREDSTAVITEV OMREŽJA UMTS IN NJEGOVA SIMULACIJA S POMOČJO SIMULACIJSKEGA ORODJA OPNET MODELER

Jože Mohorko, Saša Klampfer

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko,  
Maribor, Slovenija

**Ključne besede:** UMTS omrežje, 3G infrastruktura, Opnet Modeler, gradniki segmentov, kvaliteta sprejema, odzivni čas, aplikacije, domena.

**Izveček:** Članek opisuje posamezne gradnike omrežja UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), in njegovo simulacijo s programom Opnet Modeler. V fazi simuliranja omrežja se bomo omejili na dejavnike, ki vplivajo na kakovost posamezne storitve (aplikacije), predvsem pa na vpliv oddaljenosti in kvaliteto sprejema. Slednjo smo ovrednotili s pomočjo odzivnih časov pri spletni aplikaciji in telefoniji IP (ang. Internet Protocol).

## Presentation of UMTS network and his simulation using OPNET Modeler

**Key words:** UMTS network, 3G infrastructure, Opnet Modeler, segment build elements, receiving quality, response time, applications, domain.

**Abstract:** Now days the use of mobile communications, applications and mobile data transfer are rapidly increased. The standardization work of GSM-based systems has begun in the 1980s, when the developing of unique radio communications system for Europe, at 900MHz, has started. Since then many modifications have been made in order to fulfill the increasing demand from the operators and cellular users.

This paper describes a Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS) network and an example of data reception, when web application and voice over internet protocol (VoIP) are used. The UMTS represent third generation (3G), broadband packet based transmission of text, video, digitized voice and multimedia at data rates up to 2 megabits per second (Mbps). The UMTS is intention for consistent set of services to mobile computers and phone users, no matter where they are located in the world. Third generation technology is based on the Global System for Mobile (GSM) communication standard. It is also endorsed by major standards, bodies and manufacturers, as the planned standard for mobile users around the world. Because UMTS is today fully available, computers and phone users can be constantly attached to the internet wherever they are, wherever they travel and as they roam, will have exactly the same set of capabilities. Users will have access through a combination wireless and satellite transmissions. Even today, some places are not fully covered with UMTS, so in that case, users can use multimode devices that switch to the currently available technology, such as GSM 900 and 1800 where UMTS is not yet available. UMTS offers many different applications like: light and heavy web browsing, reading web mail, VoIP quality speech, video conferencing, base access, telnet session, file transfer, file copy, GSM and PCM quality speech, SMS, MMS and so on. We pick out only two applications, and that is light web browsing and VoIP, which are today very popular for most population on the world, because many applications allow user to connect with the whole world at any place and any time.

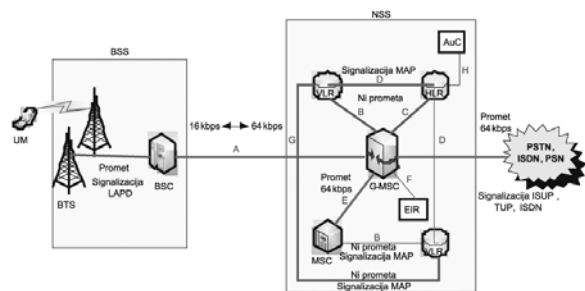
Under the third generation partnership project (3GPP) the third generation of UMTS cellular system was developed. The main parts of this systems are UMTS terrestrial radio access network (UTRAN), based on wide division multiple access (WCDMA) radio technology and GSM/EDGE radio access network (GERAN) based on global system for mobile telecommunications (GSM/enhanced data rates for global evolution (EDGE) radio technology). On the other hand the UMTS can be divided into three major parts: User Equipment (UE) that interfaces with the user and radio interface, UTRAN that handles all radio-related functionality, and the Core Network (CN), which is responsible for switching and routing calls and data connections to external networks. These elements are shown in Fig. 1. In second section the base UMTS elements and their function are presented on Fig. 2 and Fig. 3. Section 3 shortly represents the capabilities of the Opnet Modeler program and describes types of networks, which can be simulated. Section 4 represents the construction of UMTS network in the Opnet Modeler and describes the web application and VoIP. The web browsing is simulated in UMTS network application and object response time and page response time were observed. We located UMTS mobile node with name »Web2« near UMTS transmitter. If we compare positions for both nodes (Fig. 4), is very simple to say, that is node »Web2« closer to transmitter than node »Web1«. Both nodes are placed on fix position and both have identical parameters and identical settings, because of that, we can simply estimate remote distance influence at interdependence with object response time and page response time. Results of the simulations are shown on Fig. 5-6 and 8-9. Fig. 7 shows us UMTS structure for VoIP application. Section 5 concludes the paper.

### 1 Uvod

V zgodnjih osemdesetih letih se je pričel hiter razvoj analognih celičnih sistemov, ki predstavljajo prvo generacijo mobilnih telekomunikacij (1G). Problematika prve generacije je nastopila že ob razvoju tovrstnih sistemov, saj je vsaka država razvijala svoj sistem, kar je privedlo do omejene uporabnosti. Ta omejitev je bila povod za ustanovitev skupine »Groupe Speciale Mobile« (GSM) v Franciji, ki se je nato leta 1989 preimenovala v »Global System for Mobile telecommunications« in preselila v Anglijo. Skupina je

bila zadolžena za postavljanje kriterijev mobilnih brezžičnih omrežij, ki so se nanašali na kvaliteto govora, nizke stroške za terminale in storitve, mednarodno gostovanje, upravljanje terminalov, spektralno učinkovitost, združljivost s PSTN in kasnejšim ISDN itd. Leta 1995 je bil pod okriljem iste skupine zaključen standard druge generacije mobilnih telekomunikacij (2G), katere predstavnik je bilo implementirano GSM mobilno omrežje. Le to v osnovi vsebuje tri osnovne podsisteme in sicer, omrežni podsistem NSS (ang. Network SubSystem), upravljaljski omrežni sistem NMS (ang. Network Management System) in podsistem

bazne postaje BSS (ang. Base Station Subsystem). NSS vsebuje mobilni stikalni center MSS (ang. Mobile Switching Centre) in stikalne prehode GMSC (ang. Gateway Switches), ki predstavljajo točke povezav med GSM mobilnim omrežjem in PSTN, ISDN napravami. NMS vključuje opremo za delovanje in vzdrževanje mobilnega omrežja OMC (ang. Operation and Maintenance Centre), medtem ko podsistem bazne postaje BSS vključuje opremo za upravljanje radijskega vmesnika med mobilno postajo in celičnim radijskim omrežjem.

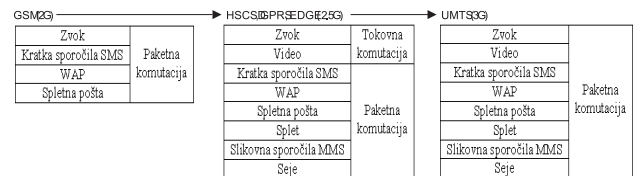


Slika 1: Zgradba GSM omrežja  
Fig. 1: GSM Architecture

Omrežje je sestavljeno iz mobilne postaje (MS), bazne oddajne postaje (BTS), nadzornika bazne postaje (BSC), podsistema bazne postaje (BSS), mobilnega stikalnega centra (MSC), autentifikacijskega registra (AuC), registra domače lokacije (HLR) in registra gostujoče lokacije (HLR), kot prikazuje slika 1. GSM uporablja kombinacijo dveh tehnologij dostopov med katere spadata TDMA (ang. Time Division Multiple Access) in FDMA (ang. Frequency Division Multiple Access) način. Z uporabo kombinacije obeh so-dostopov je bilo v GSM omrežju zagotovljenih več digitalnih prenosnih frekvenc, in sicer 450MHz, 900, 1800 in 1900 MHz. Višji kot je frekvenčni pas, večja je dodatna kapaciteta v prenosnem kanalu. Kljub hitremu razvoju GSM tehnologije in velike uporabnosti le te, je kmalu postalo jasno, da bo za sodobne aplikacije obstoječo tehnologijo potrebno nadgraditi. Ker je GSM omrežje v osnovi tokovno komutirano, se omejitve odraža v okrnjenem naboru razpoložljivih aplikacij med katere spadajo prenos zvoka, SMS sporočil, E-mail sporočil in WAP. Hiter razvoj IP tehnologije je prisilil snovalce k nadgradnji omrežja v smeri paketne komutacije, saj IP omrežja temeljijo zgolj na paketnih tehnologijah. V ta namen je prva izpeljanka do 3G omrežij (R99) že vsebovala oba načina komutacije, s čimer se je nabor aplikacij dodatno razširil. Dodatno so bile vpeljane še MMS, Web in Video aplikacije. Nadaljnji razvoj je potekal v smeri paketno komutiranega omrežja, ki ga definira izdaja 5-6 (ang. Release 5-6), ki predstavlja današnje UMTS omrežje tretje generacije (3G). Prehod iz 2G v 3G omrežje ni bil direkten, temveč so se vmes pojavile alternative kot so HSCSD, GPRS in EDGE, ki so predvsem operaterjem omogočile lažji prehod. Vmesna skupina sodi v družino 2.5G. Generacija 2.5G se razlikuje od predhodne predvsem v višji pasovni širini, ki je bila dosežena z združevanjem časovnih rezin. Dandanes so se komaj do dobra uveljavila 3G omrežja, pa vendarle že na vrata trka

četrt generacija HSPDA (4G), ki se bo po navedbah lahko ponašala z znatno višjo pasovno širino (do 14 Mbps).

V tem članku bomo v drugem poglavju podrobneje opisali razvoj omrežja UMTS in podali njegove gradnike. V tretjem poglavju bomo predstavili aplikacijo UMTS omrežja in ga simulirali s pomočjo paketa Opnet Modeler. V četrtem poglavju bomo predstavili eksperimentalne rezultate in članek zaključili s petim poglavjem /1/.

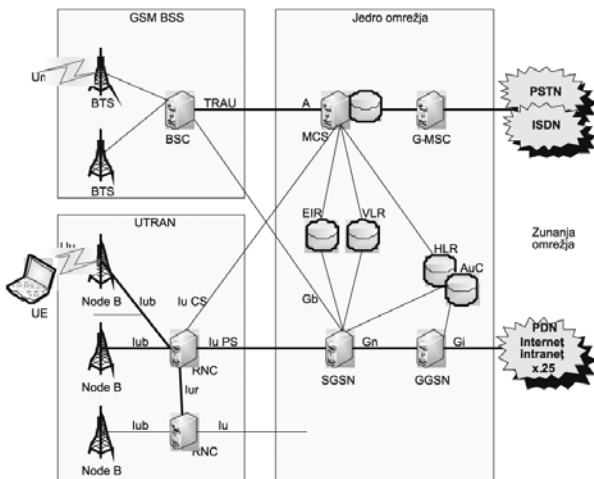


Slika 2: Potek razvoja mobilnih generacij  
Fig. 2: Development procedure of mobile generations

## 2 Poti razvoja UMTS omrežja

UMTS je tretja generacija (3G) mobilnih komunikacijskih sistemov, ki zagotavlja niz širokopasovnih storitev v svetu brezžičnih in mobilnih komunikacij. Predstavlja nizek strošek za operaterje, hkrati pa je sposoben zagotavljati pasovne širine do 2Mbps. Pasovna širina seveda ni konstantna v celotnem področju temveč je odvisna od trenutnega položaja. Tako se pasovne širine na podeželju gibljejo do 144 kbps, v primestnem okolju do 384 kbps in v neposredni bližini oddajne postaje (urbano okolje) tudi do 2 Mbps. UMTS ohranja zmožnost globalnega gostovanja v drugi generaciji mobilnega omrežja (GSM/GPRS), hkrati pa vpeljuje številne izboljšave. Tehnologija tretje generacije je namenjena prenosu slik, grafičnih vsebin, video komunikacij ter ostalih multi-medijskih informacij kot sta zvok in podatki (ang. data). Razvoj UMTS-a je temeljil na postopnem približevanju popolnemu IP omrežju z razširjeno drugo generacijo (2G) mobilnih omrežij, kjer se za prenos podatkov po zračnem vmesniku uporablja prostrani CDMA (ang. Wide-band Code Division Multiple Access). GPRS tako predstavlja konvergenčno točko med 2G tehnologijami in paketno komutirano domeno 3G UMTS omrežja, hkrati pa takšna točka skrbi za brezhibno predajo zveze med UMTS in GSM omrežji. Srce celotne arhitekture predstavlja jedro omrežja, ki ga prikazuje slika 3.

Jedro UMTS-a temelji na topologiji GSM/GPRS in skrbi za komutacijo, usmerjanje in funkcije podatkovne baze uporabniškega prometa. K jedru omrežja pripadajo tokovno komutirani elementi, kot so MSC, VLR in GMSC ter paketno komutirana gradnika SGSN, GGSN. Registri EIR, HLR in AuC so skupni obema načinoma komutacije. Gradniki SGSN, GGSN, Node B in RNC so prikazani na slikah 4 in 7, kjer smo slednje uporabili za izgradnjo UMTS omrežja v simulacijskem okolju Opnet Modeler.



Slika 3: Arhitektura UMTS omrežja  
 Fig. 3: Architecture of UMTS network

Metoda prenosa podatkov v jedru temelji na asinhronskem načinu ATM (ang. Asynchronous Transfere Mode). ATM prilagoditvena druga plast (AAL2) upravlja in skrbi za tokovno komutirane povezave, medtem ko za paketno komutacijo skrbi paketni povezavni protokol (AAL5), kateri še izvaja pravilno dostavo podatkov. Podrobnejši opis gradnikov sledi v nadaljevanju.

V prehodno/vmesno družino 2.5G tako spadajo HSCSD, GPRS in EDGE. Za HSCSD (ang. High Speed Circuit Switched Data) je značilna povezava do 57.6 kbps. Ker HSCSD temelji na tokovni orientiranosti ima uporabnik ves čas na voljo konstantno pasovno širino, ne glede na to ali jo potrebuje ali ne. Nivo višje glede pasovne širine se nahaja GPRS, ki ponuja povezave do 114 kbps (teoretično tudi do 171 kbps), vendar slednji že bazira na paketno orientirani domeni. Z uvedbo EDGE (ang. Enhanced Data Rates for GSM/Global Evolution) sistema so operaterji lahko zagotavljali kapacitete prenosnih kanalov, ki so že primerljive z UMTS-om. V osnovi gre zgolj za spremenjen način modulacije 8-PSK (ang. Phase Shift Key), katera zagotavlja višje prenosne hitrosti. Z optimalno povezavo 384 kbps predstavlja konkurenco 3G sistemom.

Dandanes UMTS ponuja različne kategorije storitev in aplikacij med katere spadajo internetni dostop (sporočanje, prenos videa in glasbe, zvok in video čez internetni protokol, bančništvo, trgovanje preko spleta), intranet in extranet dostop (spletna pošta, asistenca na poti, mobilna prodaja, tehnične storitve, dostop do baz, video telefonija, konferenčne seje) ter multimedijsko sporočanje kamor sodita SMS in MMS.

Soobstoj obeh, GSM in UMTS omrežij je v prvotni izvedbi zahteval tokovno in paketno komutirano področje (ang. domain) vendar različica UMTS omrežja, kot ga poznamo danes vsebuje zgolj paketno komutirano področje, saj se ves promet prenaša preko IP paketne domene, medtem ko se govorni promet prenaša kot VoIP (ang. Voice over IP). Ključna elementa paketne domene sta SGSN (ang.

Serving GPRS Support Node), ki predstavlja podporno vozlišče za strežni GPRS in GGSN (ang. Gateway GPRS Support Node), ki predstavlja podporno vozlišče za GPRS prehod. SGSN shrani naročniški profil uporabnika, ki je registriran v SGSN, hkrati pa upravlja informacije o njegovi lokaciji ter usmerja paketni promet po jedru omrežja do drugega SGSN ali pa do primerne GGSN. Slednji povezuje jedro omrežja z zunanjimi paketnimi omrežji, kot je internet in skrbi za usmerjanje prometa v takšna omrežja oziroma iz takšnih omrežij do mobilnega terminala. Vmesnik, ki se nahaja med enoto SGSN in enoto GGSN imenujemo protokol tuneliranja GTP (ang. GPRS Tunelling Protocol).

Tokovno komutirano domeno sestavljajo komutacijski center za mobilne storitve MSC, komutacijski center za prehodne mobilne storitve GMSC in register gostujočih naročnikov VLR (ang. Visitor Location Register). MSC in GMSC imata enako vlogo kot SGSN ter GGSN v paketni domeni, VLR pa predstavlja register z informacijami o uporabnikih, hkrati pa skrbi za registracijo uporabnika, ko le ta pride v območje nove bazne postaje. Register domačih naročnikov HLR, register za identifikacijo opreme EIR in avtentikacijski center AuC so skupni obema domenama (področjema). Prvi izmed njih vsebuje podatke o naročnikih in sodeluje z VLR registrom, medtem ko ostala dva služita za preverjanje, varnost in identifikacijo strojne opreme (mobilnega terminala). HLR, AuC, VLR, EIR, MSC so elementi omrežnega podsistema.

Centrala mobilnih uslug MSC (ang. Mobile Switching Center) predstavlja telekomunikacijske, prenosne in dodatne usluge. Njena naloga je skrb za komutacijo zvez in iskanje prostih zvez med mobilnimi postajami ter mobilnimi postajami in naročniki javnega omrežja. MSC črpa potrebne informacije tako iz podatkovnih baz NSS, kot tudi iz podatkovnih baz znotraj BSS in OSS. Področje, ki ga pokriva ena centrala mobilnih uslug imenujemo MSC področje.

Register domače lokacije HLR (ang. Home Location Register) predstavlja bazo podatkov, katera vsebuje vse informacije o naročnikih, ki domujejo v danem MSC področju (GSM in ISDN identifikacija, naročene telekomunikacijske, prenosne in dodatne storitve). HLR hrani podatke o trenutnem položaju vseh njenih domačih mobilnih postaj, ne glede na to ali se mobilna postaja trenutno nahaja na njenem področju, ali pa celo gostuje v katerem drugem MSC področju. Te podatke potrebuje centrala v primeru dohodnega klica, da lahko ugotovi v katero celico mora poslati klic oziroma, da klic usmeri v ustrezno MSC področje. V kolikor se v MSC področju pojavi mobilna postaja, katere status ni »domač« za to področje, bo ta MSC poslal zahtevo po podatkih tako imenovanemu »domačemu« MSC-ju. Ta mu pošlje podatke o naročniku iz svoje HLR baze. V trenutku, ko prvi MSC dobi podatke jih vpiše v svoj VLR register.

Register gostujoče lokacije VLR (ang. Visitor Location Register) ima podobno funkcijo kot njegov predhodnik HLR, le

da vsebuje podatke o vseh gostujočih uporabnikih. Ta lastnost omogoča vzpostavljanje tudi odhodnih klicev. VLR v bistvu ni nič kaj drugega, kot uporabnikova dinamična baza podatkov, ki potrebuje intenzivno izmenjavo podatkov z njegovim HLR-jem in se mora ohranjati vse dokler uporabnik ne odide v drugo MSC področje.

Avtentifikacijski center AuC (ang. Authentication Center) vsebuje shranjene podatke, ki so potrebni za preučevanje prisluškovanja na radijskem prenosu ter podatke za preprečevanje uporabe omrežja neregistriranim uporabnikom. Iz tega vidika vsebuje številne šifrirne ključe za šifriranje in dešifriranje začetnih podatkov radijskega prenosa, postopke za ugotavljanje pristnosti SIM kartice itd. Dostop do baze je skrbno varovan. AuC vključuje tudi EIR (ang. Equipment Identity Register) register.

Vsaka mobilna postaja ima svojo identifikacijsko številko, ki se nahaja pod kratico IMEI (International Mobile Equipment Identity). Register EIR vključuje sezname s številkami mobilnih postaj, katerim je dostop dovoljen in katerim ne. S pomočjo takšnega registra se odkriva telefonske aparate, ki so bili odtujeni (kraja).

Podsistem bazne postaje sestavljata dva ključna dela, in sicer BTS in BSC.

Bazno oddajno/sprejemna postaja BTS (ang. Base Transceiver Station) ima nalogo zagotavljanja potrebnih frekvenčnih kanalov, oziroma nosilcev za vzpostavitev dvosmernih (ang. duplex) radijskih zvez do mobilne postaje, ki se trenutno nahaja v njenem dosegu. BTS postaja lahko pokriva področje ene ali več celic. Znotraj ene BSS je lahko tudi do nekaj sto baznih postaj. BSS opravlja naloge šifriranja koristnih informacij zaradi prisluškovanja, pretvarja radijski prenos v digitalno obliko, katera se uporablja v fiksnem delu, izvaja najrazličnejše meritve signala med prenosom ter ga nato posreduje BSC enoti, tvori časovno izravnavo med oddanimi in sprejetimi signali ipd. BTS vsebuje modulatorje, demodulatorje, kanalske koderje, dekoderje, naprave za digitalni prenos...

Nadzornik bazne postaje BSC (ang. Base Station Controller) opravlja funkcijo nadzorne in upravljaljske postaje v BSS podsistemu, ki je neposredno povezan z MSC, hkrati pa je preko podatkovnega omrežja X.25 povezana z OSS podsistemom. BSC na osnovi teh dveh povezav pridobi dodatne podatke, ki jih potrebuje za svoje delovanje. Ob tem BSC skrbi še za predajo zveze med celicami (ang. handover), dodeljevanje frekvenčnih nosilcev radijskim zvezam, zagotavlja potrebne kvalitete glede na rezultate meritev, ki mu jih posredujejo BTS enote (popravlja oddajne moči BTS-a, sporoča MS-u potrebno oddajno moč, popravlja časovno razliko med oddanimi in sprejetimi signali, preklaplja na boljšo radijsko zvezo znotraj celice itd.)

Operacijski in vzdrževalni podsistem OSS podpira enega ali več OMC-jev, ki izvajajo nadziranje in vzdrževanje delovanja celotnega sistema. OMC (ang. Operation Maintenance Center) vzdržuje in nadzira delovanje vseh ele-

mentov omrežja, kot so MSC, BSC, BTS, MS. Iz tega razloga vsebuje podatke o fizični strukturi omrežja (število posameznih elementov), podatke o organizaciji frekvenčnega plana ter opreme, ki poganja sistem.

Omrežje UTRAN je sestavljeno iz več podsistemov, ki so preko lu vmesnika povezani z nosilnim omrežjem. Vsak podsistem RNS (ang. Radio Network Subsystem) sestavlja ena radijska kontrolna enota (kratica RNC) ter eno ali več vozlišč (baznih postaj BTS). Vsak takšen podsistem upravlja z radijskimi kapacitetami celic, katere pokriva. Za vsako povezavo med mobilnim terminalom in omrežjem je definiran po en podsistem radijskega omrežja (RNS), kot strežni podsistem radijskega omrežja SRNS, ki je odgovoren za radijsko povezavo med mobilnim terminalom in omrežjem dostopa. Kadar nastane potreba, ki presega zmogljivosti SRNS, je lahko ob tem definiran še namenski podsistem DRNS (ang. Drift RNS). Slednji se uporabi pri prehodu med dvema celicama, hkrati pa v takšnem primeru SRNS predstavlja lu vmesnik do nosilnega omrežja.

UTRAN omrežje vsebuje dva ključna gradnika in sicer bazno postajo in omrežni radio kontroler RNC. Bazna postaja je v osnovi enaka enoti BTS v GSM omrežju, le, da ta za razliko od predhodne zagotavlja podporo za UMTS radijski vmesnik. RNC predstavlja srce novega dostopnega omrežja. Vsi sklepi, odločitve in preverjanja o obratovanju omrežja se določajo v tem segmentu, v samem RNC centru pa se nahaja visoko hitrostno paketno stikalo, s katerim se omogoči zadovoljiva prepustnost prometa. RNC tako vsebuje podporni mehanizem za povezovanje z mobilno postajo, ki ima dovoljenje komuniciranja znotraj njegovega področja. Primarna naloga RNC člana se navezuje na zagotavljanje kvalitetne in učinkovite paketne povezave s paketnimi elementi jedra omrežja, kamor spada SGSN. Prav tako kot BSC tudi RNC skrbi za kontrolo nad radijskim prenosom, kvaliteto prenosa, oddajno močjo, vzpostavlja in prekinja povezave in skrbi za mehko predajo zveze med celicami. RNC lahko premore še dodatno funkcionalnost, kot je upravljanje radijskih resursov RRM (ang. Radio Resource Management) ipd.

Hrbtenično omrežje predstavlja most med jedrom omrežja in UTRAN omrežjem, hkrati pa omogoča širokopasovni dostop ter medsebojno povezovanje med uporabniki. Temelj hrbteničnega omrežja predstavljajo paketne tehnologije in sicer IP oziroma ATM. To pomeni, da je hrbtenično omrežje sestavljeno iz skupine IP usmerjevalnikov ali ATM vozlišč medsebojno povezanih s pomočjo povezav točka-točka.

Osnovna postaja uporablja CDMA metodo so-dostopa, katera širi signal v vse smeri, kar omogoča mnogo boljšo izrabo pasovne širine, hkrati pa operaterju omogoči lažji način povečevanja kapacitete prenosnega kanala na določenih predelih. Način so-dostopa iz vseh strani najdemo v mnogih literaturah tudi pod imenom WCDMA (ang. Wide-band CDMA) /1/, /2/, /3/.

### 3 Aplikacije UMTS omrežja

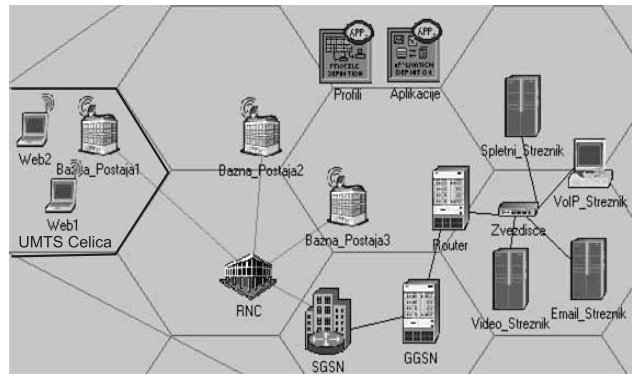
Aplikacije, ki so nam dandanes na voljo lahko simuliramo s simulacijskimi orodji. Opnet Modeler je vodilno razvojno okolje v industriji, ki se uporablja za modeliranje in simuliranje komunikacijskih mrež, hkrati omogoča konstruiranje in študije telekomunikacijskih infrastruktur, posameznih naprav, protokolov ter aplikacij. Orodje stremi k objektivno orientiranemu modeliranju, ki vključuje grafične urejevalnike (urejevalnik enot in procesov). Ustvarjeni kontinuirani modeli predstavljajo zrcalo strukture dejanskih omrežij in omrežnih komponent, s čimer se model toliko bolj usklajuje z dejanskim omrežjem ali njegovim segmentom. Pristna je podpora za vse tipe komunikacijskih mrež z naprednimi tehnologijami. Simulacijski jezik bazira na seriji hierarhičnih urejevalnikov, ki vzporedno ponazorijo strukturo protokolov, opreme, mreže. Zagotovljena je tudi animacija dogajanja v omrežjih, kar še dodatno poenostavi razumevanje delovanja posameznega elementa. Na ta način lahko tvorimo najrazličnejše topologije omrežij kot so »fast ethernet«, »WiFi«, UMTS, GSM, »coax ethernet« itd.

UMTS premore aplikacije spletnega deskanja, prebiranje spletne pošte, FTP prenos, kopiranje datotek, video konference, video telefonijo, VoIP telefonijo, SMS, MMS, dostop do baz, telnet seje in še in še. V takšnem okolju lahko definiramo aplikacije, katerim lahko dodelimo poljubne utežnostne stopnje in sicer na primer manjše obremenjevanje omrežja z določeno aplikacijo (ang. Light) in težje obremenjevanje omrežja z določeno aplikacijo (ang. Heavy). Ker je dandanes priljubljeno mobilno spletno deskanje smo si za preizkus UMTS omrežja izbrali aplikacijo lahkega spletnega deskanja ter vpliv parametra oddaljenosti na kvaliteto storitve, kar bomo predstavili v četrtem poglavju /4/.

### 4 Vpliv parametra oddaljenosti na aplikacijo spletnega deskanja in VoIP

Hitrosti prenosa v UMTS omrežju so neposredno v odvisnosti glede na oddaljenost enote od oddajnika. To pomeni, da se lahko enota v neposredni bližini oddajnika povezuje z mnogo višjo hitrostjo (do 2 Mbit/s) v primerjavi s tisto, ki se nahaja na samem robu sprejemne zmogljivosti (zgolj 144 kbit/s in manj). To tezo bomo potrdili z uporabo spletne aplikacije na sledeč način: uporabnika smo postavili v UMTS celico in sicer tako, da je eden izmed njiju v neposredni bližini oddajnika, drugi pa na večji oddaljenosti.

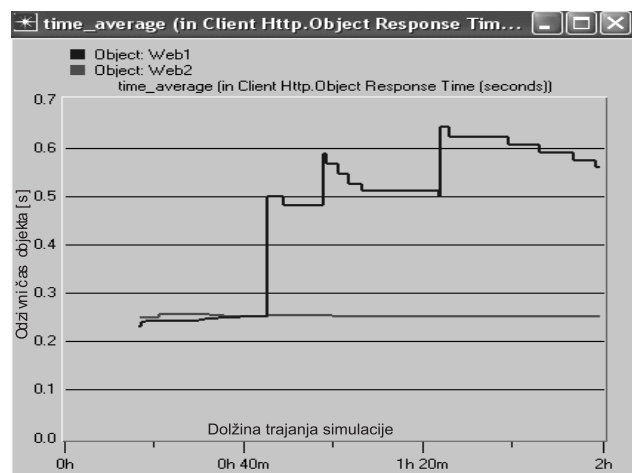
Simulacijsko strukturo sestavljata dva uporabnika spletne aplikacije, ki se nahajata znotraj iste UMTS celice. Do aplikacije, ki se nahaja na spletnem strežniku se povezujeta preko radijskega dostopa in WCDMA vmesnika do bazne postaje, katera je naprej preko ATM-OC3 fizične povezave priključena na radijsko nadzorno postajo RNC, ta pa je naprej preko identične povezave priključena na SGSN enoto. SGSN uporablja za dostop do SGSN in usmerjeval-



Slika 4: Fiksna postavitev UMTS spletnih odjemalcev v neposredno bližino oddajne enote

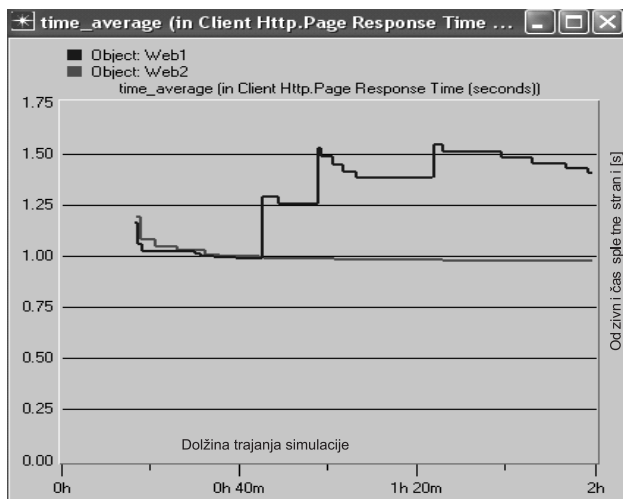
Fig. 4: UMTS user unit placement in UMTS cell

nika PPP-DS3 povezavo. Strežniki so z zvezdiščem medsebojno povezani z 10 Base-T tipom povezave, katera tudi predstavlja most med zvezdiščem in usmerjevalnikom. Na zvezdišče so priključeni strežnik spletne pošte, video, spletne ter VoIP aplikacije, izmed katerih je v uporabi samo spletni strežnik, kamor se UMTS enoti povezujeta do zelene storitve. Določitev, katero aplikacijo izmed vseh navedenih naj enoti uporabljata, določata definiciji profila in aplikacije. UMTS enota z imenom »Web2« se nahaja bližje oddajnika v primerjavi z mobilno enoto »Web1«. Iz tega razloga pričakujemo boljše rezultate tiste enote, ki je bližje oddajniku. Naša teza se je izkazala za pravilno, saj je imela enota »Web2« opazno manjši odzivni čas objekta, hkrati pa tudi manjši odzivni čas spletne strani. Sliki 5-6 prikazujeta oba odzivna časa v sekundah, tekem dve urnega simulacijskega obdobja. Maksimalni odzivni čas objekta postaje na večji oddaljenosti znaša 0.63 sekunde, medtem ko je za postajo v neposredni bližini slednji bolj kot ne konstanten. Odzivni čas spletne strani za enoto na večji oddaljenosti ne preseže vrednosti 1.51 sekunde.



Slika 5: Odzivni čas objekta za uporabnika »Web1« (modra) in uporabnika »Web2« (rdeča), kjer je prvi izmed navedenih oddaljen dlje od oddajnika

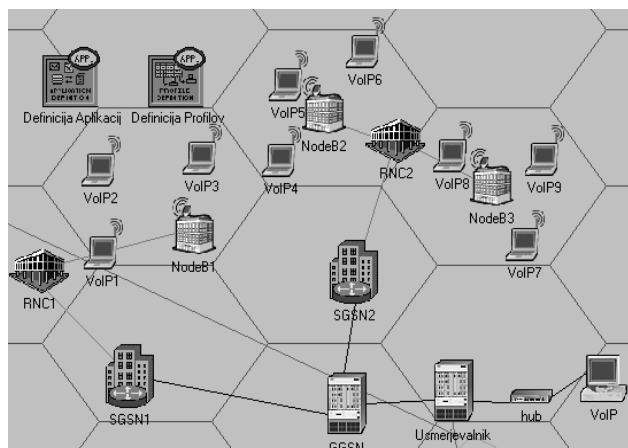
Fig. 5: Object response time



Slika 6: Odzivni čas spletne strani za uporabnika »Web1« (modra) in uporabnika »Web2« (rdeča)  
 Fig. 6: Page response time

Poudariti je potrebno, da imata oba UMTS odjemalca identične nastavitve, s čimer smo zagotovili enakopravnost obeh enot, s tem pa izluščili vpliv parametra oddaljenosti, ki nas zanima za tovrstno aplikacijo. Vsekakor obe sliki ponazarjata izrazito povečanje odzivnega časa enote na večji oddaljenosti.

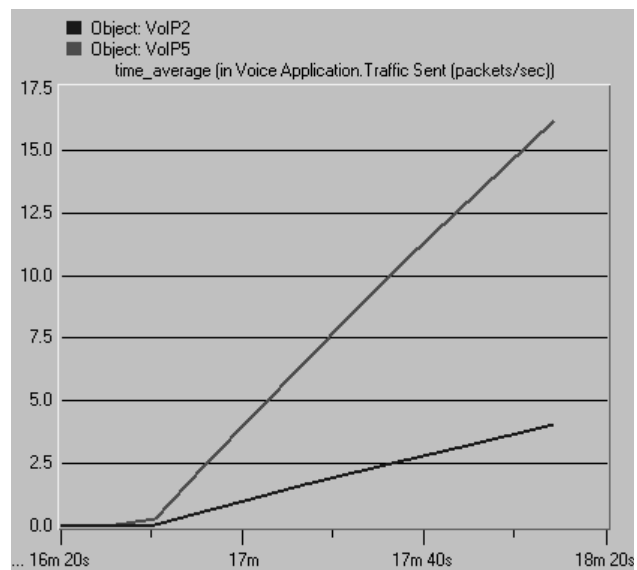
Da bo predstava res popolna si še oglejmo, kako vpliva parameter oddaljenosti mobilne enote na VoIP aplikacijo. Tudi v tem primeru so nastavitve vseh postaj enake, opazujemo pa količino ustvarjenega in naknadno prejetega prometa, ki ga ustvarjata enoti »VoIP2« in »VoIP5«, ki se nahajata na različnih oddaljenostih.



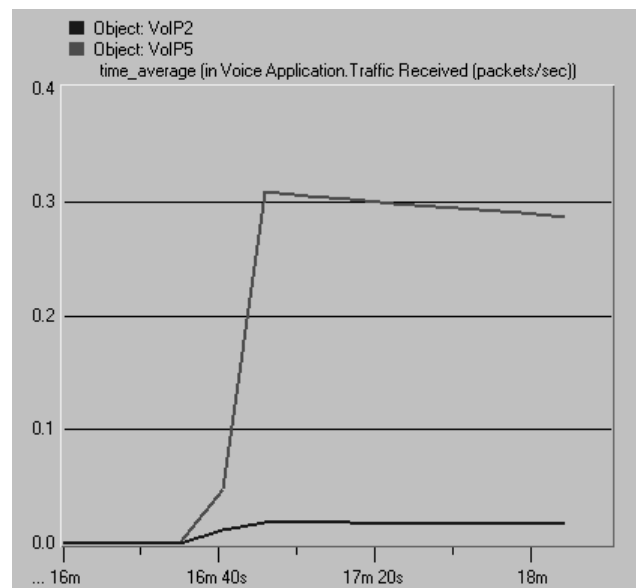
Slika 7: Zgradba UMTS s pomočjo predhodno opisanih gradnikov  
 Fig. 7: UMTS structure consist with before described base elements

Postaja »VoIP5« lahko zaradi neposredne bližine oddajnika ustvarja mnogo več prometa ter ga pošilja v omrežje po znatno večji pasovni širini, kot enota »VoIP2«, ki je veliko bolj oddaljena. Večja pasovna širina enote »VoIP5« pa ne pomeni samo večjo količino ustvarjenega prometa, tem-

več tudi večjo količino sprejetega prometa na časovno enoto, kot je prikazano na slikah 8-9.



Slika 8: Količina prometa VoIP – oddajanje  
 Fig. 8: VoIP traffic capacity – transmitting



Slika 9: Količina prometa VoIP – sprejemanje  
 Fig. 9: VoIP traffic capacity – receiveing

Rezultati na slikah 8-9 so prikazani v številu poslanih paketov na sekundo v simulacijskem obdobju dveh minut. V najboljšem primeru dosežemo pri oddajanju 16 oddanih paketov na časovno enoto v najslabšem pa v povprečju 4.2 paketa. Ker poznamo velikost paketa (2048 bitov), lahko izračunamo bitno hitrost povezave, ki znaša za optimalni primer 262 kbps, za najslabši primer pa 68 kbps. Povezave, ki jih dobimo s krajšim računskim postopkom vendarle nekoliko odstopajo od teoretičnih navedb, vsekakor pa optimalne 2 Mbps nismo nikakor dosegli.

## 5 Zaključek

Rezultati simulacij nam nazorno prikazujejo, kako že sama oddaljenost enot od oddajnika vpliva na kvaliteto storitve, zraven tega pa še lahko na kvaliteto vplivajo drugi dejavniki, ki so nam še kako dobro znani iz brezžičnih povezav (oblika reliefa, kvaliteta pokritosti reliefa s signalom, vegetacija, klima, podnebje ipd.) Na osnovi tega lahko podamo zaključni sklep, da se je za izvajanje kvalitetnih storitev potrebno posluževati drugih mehanizmov, kateri enotam na večji oddaljenosti in slabših sprejemnih pogojih lahko zagotavljajo boljšo kvaliteto (prilagajanje oddajne moči za posamezno enoto, ustrezne modulacije, komprimiranje).

## 6 Literatura

- /1/ John Wiley & Sons Ltd, Ham Holma, Antti Toskala, WCDMA for UMTS - Third Edition, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, Engald, 2004
- /2/ John Wiley & Sons Ltd, David Soldani, Man Li, Renaud Cuny, QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, Engald, 2006

- /3/ 3G Tutorial, UMTS overview by UMTS World
- /4/ John Wiley & Sons Ltd GSM, GPRS and EDGE Performance, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, Engald, 2003

*Jože Mohorko, Saša Klampfer*  
*Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko,*  
*računalništvo in informatiko,*  
*Smetanova 17, 2000 Maribor*  
*sasa.klampfer@uni-mb.si*

***Saša Klampfer je diplomiral leta 2007 na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, v Mariboru in je podiplomski študent na FERi Maribor. Njegovo raziskovalno področje zajema telekomunikacijske sisteme, modeliranje komunikacijskih sistemov, robotske sisteme in regulacijske sisteme.***

*Prispelo (Arrived): 24.04.07*

*Sprejeto (Accepted): 28.5.08*