

Opis prometnog modela za paketske usluge u UMTS-u

Saša Barišić

Centar za projektiranje i komunikacijska rješenja, Mobilne mreže

Ericsson Nikola Tesla d.d.

Krapinska 45, Zagreb, Hrvatska

Telefon: 01-365 4246 Fax: 01-365 3129 E-mail: sasa.baristic@ericsson.com

Sažetak - UMTS je specificiran kao integrirano rješenje za mobilne usluge prijenosa govora i podataka sa širokim područjem pokrivanja koristeći globalni harmonizirani radijski spektar na 2GHz. S prijenosnim brzinama do 5.8 Mbit/s na uzlaznoj vezi (engl. uplink) i 14.4 Mbit/s na silaznoj vezi (engl. downlink) koje su usporedive s današnjim Ethernet baziranim mrežama nedvojbeno zastupljenih u fiksnom okruženju, UMTS nudi poslovnim korisnicima i potrošačima sve prednosti širokopojsnog pristupa dok su u pokretu. Veliki dio investicija u UMTS pristupnoj mreži odlazi na prijenosnu mrežu. Kako bi smanjili kapitalne i operativno troškove, potrebno je optimizirati pristupnu prijenosnu mrežu odnosno odrediti minimalno potrebni kapacitet. Za korištenje analitičkih metoda koje se inače koriste u mrežama s gubicima kao npr. Kaufman Roberts algoritam i potrebno je pokazati kako dolazni procesi za uspostavu govornih te podatkovnih poziva pristizu prema Poissonovom procesu. U ovom radu dokazana je navedena pretpostavka na osnovu podataka prikupljenih iz više komercijalnih UMTS mreža. Opisan je prometni model za paketske usluge te rezultati provedenih mjerenja. Usporedbom kumulativnih funkcija razdioba i korištenjem Q-Q grafa, pokazano je kako su zahtjevi za uspostavu paketskih poziva eksponencijalno raspodijeljeni.

I. UVOD

Prometni model opisuje karakteristike korisničkog prometa za različite tipove usluga kao i kombinaciju te prometni intenzitet usluga različitih korisničkih grupa. Kako bi se omogućilo dimenzioniranje sučelja UMTS pristupne mreže, prometno modeliranje se pojednostavljuje i aproksimira sa već poznatim procesima kao npr. Poisson za koje postoje analitički rezultati. U sustavu sa gubicima gdje pozivi stižu prema Poissonovom procesu i zahtjev za brzinu prijenosa je konstantan, matematičkim metodama može se izračunati vjerojatnost blokiranja usluge. Za slučaj gdje je samo jedna klasa usluge, koristi se Erlang B formula dok u slučaju višestrukih prometnih klasa Kaufman-Robertsova rekurzivna formula [1],[2].

Odabir prikladnog prometnog modela koji odražava ponašanje korisnika od velike je važnosti za uspješan dizajn i dimenzioniranje mreže. Ponašanje korisnika koji koristi govornu uslugu općenito možemo opisati s aktivnošću od vremena uspostave veze do raskida veze. Budući da aktivna faza kontinuirano zauzima kanal, promet koji generira ovakav tip korisnika je obično karakteriziran sa ON/OFF procesom. Parametri za ovakav tip prometa se mogu dobiti empirijski mjerenjima i sastoje se od prosječnog međudolaznog vremena između

uspostave poziva, zajedno sa prosječnim vremenom trajanja poziva.

U konvencijalnim sustavima i klasičnim telefonskim mrežama široko je prihvaćeno korištenje eksponencijalne razdiobe za oba parametra što rezultira opisom govornih korisnika s Poissonovim procesom.

Za razliku od karakterizacije govornih korisnika, promet koji generiraju podatkovni korisnici je usnopljen i vrlo ovisan o aplikaciji. Varianca međudolaznog vremena između paketa kao i varijanca veličine paketa može biti vrlo velika. Stoga zbog prirode paketskih aplikacija nije dovoljno koristiti jednostavan Poissonov model. Osim aplikacije, na ponašanje korisnika mogu utjecati vanjski faktori kao npr. tarifna struktura unutar mreže. Ako je usluga skupa, manje korisnika će biti spremno platiti tu uslugu odnosno smanjit će se količina prenesenih podataka. Prenesena količina podataka također ovisi o propusnosti sustava i opterećenju tako da je ponašanje korisnika vrlo teško predvidjeti.

Najznačajnije usluge koje koriste paketski korisnici su WWW (*World Wide Web*), E-mail, MMS (*Multimedia Messaging Service*) i WAP (*Wireless Application Protocol*). Različita istraživanja su pokazala da najviše paketskog prometa pripada WWW prometu [3]. WWW pregledavanje je danas najvažnija usluga koja se koristi na Internetu i zbog toga je najviše pažnje posvećeno modeliranju tog prometa.

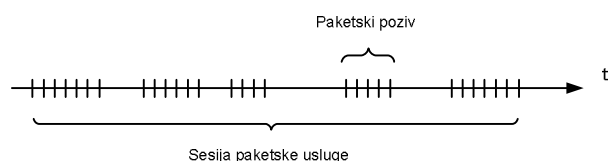
Istraživanja i radovi provedeni u području prometnog modeliranja te usporedba postojećih prometnih modela može se naći u [4]. Prilikom modeliranja prometa korišteni su različiti pristupi za mjerenje i karakterizaciju korisničkog ponašanja. Dok neki autori dijele uzorke u sesije i podsese i predlažu razdiobu međudolaznih vremena i trajanje sesije, drugi smatraju kompletno mjerenje kao jednu sesiju i opisuju detaljnije nivoe zahtjeva za WWW dokumentom. Nadalje, modeli se razlikuju po tome kako je utvrđen početak i kraj web stranice, stoga svaki od modela ima različite razdiobe i parametre koji ih opisuju.

U nastavku je opisan prometni model za WWW uslugu prema 3rd Generation Partnership Program (3GPP) standardu [5]. Ovaj model nije baziran na mjerenjima postojećeg prometa, ali se preporuča za analizu performansi sustava.

II. WWW PROMETNI MODEL

Tipična WWW sesija se sastoji od niza paketskih poziva. Korisnik inicira paketski poziv kada zahtjeva određenu informaciju. Tijekom paketskog poziva generira se nekoliko paketa što znači da se paketski poziv sastoji od

usnopljenog niza paketa. Primjer sesije za paketsku uslugu prikazan je na slici 1.



Sl. 1. Tipična sesija za paketsku uslugu

Sesija paketske usluge se sastoji od jednog ili više paketskih poziva ovisno o aplikaciji. Npr. sesija pregledavanja WWW stranica odgovara učitavanju WWW dokumenta. Nakon što je kompletan dokument učitao, korisnik troši određeno vrijeme na proučavanje dokumenta. Ovaj vremenski interval se naziva vrijeme čitanja. Tipično ponašanje korisnika prema 3GPP standardu moguće je modelirati na način kako je prikazano u tablici:

TABLICA I

Parametar koji se modelira	Proces/Razdioba
Proces dolazaka sesija	Poissonov proces
Broj paketskih poziva po sesiji	Geometrijska razdioba $\mu=5$
Vrijeme čitanja između paketskih poziva	Geometrijska razdioba $\mu=412$ [s]
Broj paketa unutar paketskog poziva	Geometrijska razdioba $\mu=25$
Međudolazno vrijeme između paketa	Geometrijska razdioba $\mu=0.5-0.00195$ [s]
Veličina paketa	Pareto razdioba $\alpha=1.1$, $k=81.5$ size=min (P, 66666 byte)

Proces dolazaka sesija modelira se Possonovim procesom. Ostali događaji modeliraju se korištenjem geometrijske razdiobe (diskretna reprezentacija eksponencijalne razdiobe) budući da se u simulacijama koristi diskretna vremenska skala. Za svaki od događaja definirana je srednja vrijednost (μ) geometrijske razdiobe. Vrijednost μ za međudolazno vrijeme između paketa ovisi o brzini podataka i definirana je za raspon od 8 kbit/s do 2048 kbit/s.

Korištenjem navedenih parametara za Pareto razdiobu može se izračunati prosječna veličina paketa koja iznosi 480 byte-a i prosječna veličina datoteke koja iznosi 12 kbyte-a.

Opisani prometni model odnosi se samo na jednu od mogućih usluga koje paketski korisnik može koristiti. Dakle, da bi opisali ukupan promet kojeg paketski korisnik generira potrebno je agregirati prometne modele različitih usluga. U tom slučaju koriste se složeniji modeli kao npr. Markovljev proces s gomilanjem (engl. Batch Markovian Arrival Process) [6].

U ovom radu, prometni model se zasniva na dolaznom procesu za uspostavu paketskih poziva u UMTS-u.

Paketski poziv podrazumijeva korištenje bilo koje paketske usluge odnosno objedinjuje sav promet koji korisnik generira u paketskoj domeni.

III. USPOSTAVA PAKETSKIH POZIVA U UMTS MREŽI

Osnovna usluga koju nudi WCDMA radijska mreža je radijski pristupni nosioc (Radio Access Bearer – RAB). Za uspostavljanje veze između korisničkog uređaja i radijske mreže potreban je RAB. Karakteristike RAB-a su različite ovisno o tome koja usluga/informacija se prenosi. Nadalje, RAB predstavlja dio UMTS nosioca unutar radijske pristupne mreže. RAB pruža uslugu prijenosa krajnjih korisničkih podataka koje su karakterizirane 3GPP standardom u 4 grupe sa prometnim karakteristikama i QoS zahtjevima [7].

Sljedeći RAB nosioci su trenutno najzastupljeniji u današnjim komercijalnim mrežama:

- Konverzijska usluga za prijenos govora komutacijom kanala (oznaka AMR 12.2)
- Konverzijska usluga za prijenos podataka brzinom 64 kbit/s komutacijom kanala (oznaka CS 64)
- Streaming usluga za netransparentni prijenos podataka brzinom 57.6 kbit/s komutacijom kanala (oznaka CS 57.6)
- Interaktivna usluga za prijenos podataka brzinom 64 kbit/s na uzlaznoj i silaznoj vezi komutacijom paketa (oznaka INT 64/64)
- Interaktivna usluga za prijenos podataka brzinom 64 kbit/s na uzlaznoj i 128 kbit/s na silaznoj vezi komutacijom paketa (oznaka INT 64/128)
- Interaktivna usluga za prijenos podataka brzinom 64 kbit/s na uzlaznoj i 384 kbit/s na silaznoj vezi komutacijom paketa (oznaka INT 64/384)
- Streaming usluga za prijenos podataka brzinom 16 kbit/s na uzlaznoj i 64 kbit/s na silaznoj vezi komutacijom paketa (oznaka PS STR 64/64)
- Kombinirani nosioc za prijenos govora i podataka (oznaka AMR 12.2 & INT 64/64)

Navedene oznake nisu standardizirane i uzete su proizvoljno kao kratice naziva RAB-a, a koristit će se u nastavku za lakši prikaz prijelaza između različitih stanja. Potrebno je napomenuti kako postoji niz drugih RAB-ova (u planu ili već u primjeni) ovisno o proizvođaču WCDMA opreme kao npr. HSDPA, HSUPA, razne kombinacije RAB-ova itd.

Pretpostavka je da su sve gore navedene usluge garantirane usluge odnosno da imaju definirane QoS i prometne parametre. Negarantirane usluge ili usluge prijenosa raspoloživom brzinom (engl. best effort) nemaju definirane QoS i prometne parametre i koriste ostatak kapaciteta kanala neiskorišten od strane garantiranih usluga. HSDPA usluga je najčešći primjer negarantirane usluge premda je moguće postaviti i ostale usluge namjenjene za prijenos podataka kao negarantirane.

Negarantirane usluge i njihov promet je teško opisati jednostavnim prometnim modelima, a proračun kapaciteta kanala je vrlo složen. Stoga se ovaj tip prometa neće uzimati u obzir u našem slučaju.

Na slici 2 prikazani su mogući prelasci između različitih stanja radijskih pristupnih nosioca odnosno radijskih nosioca.

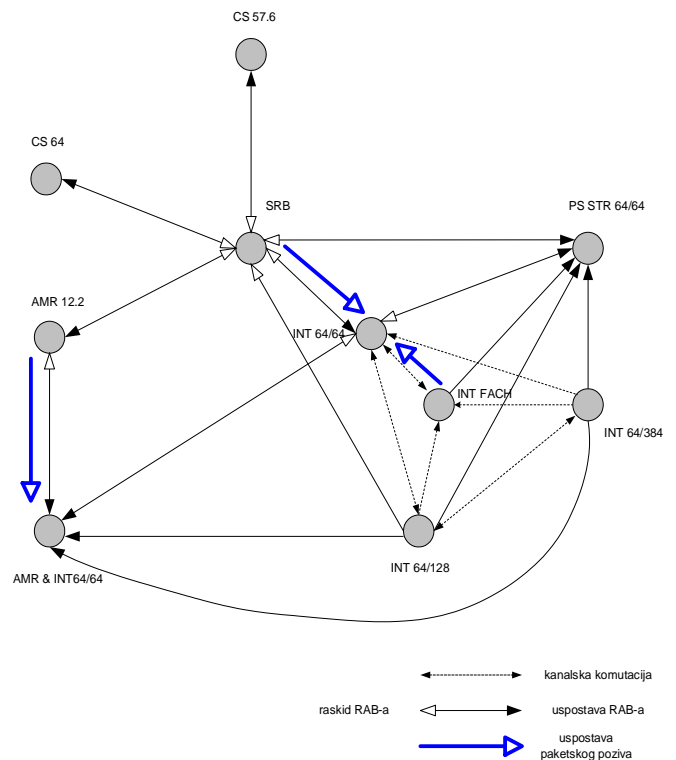
SRB (Signaling Radio Bearer) je početno stanje u kojem korisnik ima signalizacijsku vezu s mrežom. Ostala stanja kao npr. AMR 12.2, CS 64, CS 57.6 itd., predstavljaju stanje u kojem korisnik ima jedan od radijskih pristupnih nosioca. Stanje INT FACH predstavlja stanje u kojem korisnik može koristiti zajednički kanal koji se dijeli s ostalim korisnicima u toj ćeliji. U ovom stanju korisnik će biti samo u slučaju potrebe za malim brzinama i malom količinom podataka. Čim potreba za brzinom i količinom podataka pređe određenu granicu korisnik se prebacuje na dodijeljeni kanal, i tako dalje na RABove sa višom brzinom (npr. sa INT 64/64 na INT 64/128). U suprotnom, kada zahtjev za brzinom ili količinom podataka padne ispod određene granice, korisnik se prebacuje na niži RAB (npr. sa INT 64/384 na INT 64/128) sve do INT FACH stanja. Ako korisnik u INT FACH stanju nema potrebe za prijenosom podataka, nakon određenog vremena mreža će ga vratiti u stanje SRB.

Prelasci iz stanja u stanje se izvode kao rezultat uspostave RAB-a, raskida RAB-a i kanalske komutacije (*channel switching*). Zapravo, sve promjene u brzini prijenosa interaktivnog RAB-a se upravljaju sa kanalskom komutacijom.

Tri prelaska su istaknuta na slici 2:

- Iz stanja SRB u INT 64/64 stanje (uspostava RAB-a)
- Iz stanja INT FACH u INT 64/64 stanje (kanalska komutacija)
- Iz stanja AMR 12.2 u stanje AMR & INT 64/64 (uspostava RAB-a).

Svaki od istaknutih prelazaka označava zahtjev za uspostavu INT 64/64 RAB-a. Ovi događaji su vrlo bitni budući da predstavljaju dolazni proces zahtjeva za uspostavu paketskih poziva.



Sl. 2. Prelasci između različitih stanja radijskih pristupnih nosioca

Događaji se mogu bilježiti na RNC čvoru pomoću posebnog programa za snimanje događaja. Za potrebe ovog rada, događaji se snimaju na Ericssonovom RNC čvoru sa GPEH (*General Performance Event Handling*) softverskim programom.

Za svaki snimljeni događaj, pored ostalih parametara, bilježi se oznaka vremena (*time stamp*) nastanka događaja. Ta vremena su bitna za izračun međudolaznih vremena (*inter-arrival time*) za dolazni proces. Slikoviti prikaz procesa može se vidjeti na slici 3.



Sl. 3. Proces zahtjeva za uspostavu paketskih poziva

T_1, T_2, \dots, T_n predstavlja vrijeme dolaska prvog, drugog, ..., n -tog zahtjeva za uspostavu paketskog poziva. Cilj je pokazati kako se ovaj proces može opisati Poissonovim procesom. Da bi to dokazali, međudolazna vremena ($T_1 - T_0, T_2 - T_1, \dots, T_n - T_{n-1}$) moraju biti raspodijeljena eksponencijalnom razdiobom.

Široko je prihvaćena pretpostavka u svijetu da se zahtjevi za uspostavu poziva baziranih na komutaciji kanala (*circuit switched*) mogu vrlo dobro opisati Poissonovim procesom. Ova pretpostavka se neće posebno dokazivati u ovom radu.

IV. RAZDIOBA MEĐUDOLAZNIH VREMENA KOD USPOSTAVE PAKETSKIH POZIVA

A. Analiza rezultata

Kako bi potvrdili da eksponencijalna razdioba najbolje opisuje međudolazni proces kod supostave paketskih poziva u WCDMA mreži, uzeti su uzorci iz nekolicine stvarnih (komercijalnih) mreža u svijetu. Prikazani su rezultati za uzorke uzete u različitim vremenima dana i za različite duljine intervala. Za usporedbu dobivenih rezultata mjerenja sa eksponencijalnom razdiobom poslužili smo se sa sljedećim metodama:

- Usporedba kumulativne funkcije razdiobe
- Quantile-Quantile (Q-Q) graf

Q-Q graf prikazuje razliku odnosno odstupanje vrijednosti između dobivenih rezultata i pretpostavljene (eksponencijalne) razdiobe. Na primjer, za određenu vrijednost međudolaznog vremena na grafu kumulativne funkcije razdiobe rezultata, uzima se vrijednost kumulativne funkcije i za tu istu se traži vrijednost međudolaznog vremena za pretpostavljenu razdiobu. Ravna linija predstavlja idealno poklapanje rezultata. Što su točke grafa bliže toj ravnoj liniji, rezultati se bolje poklapaju sa pretpostavljenom razdiobom.

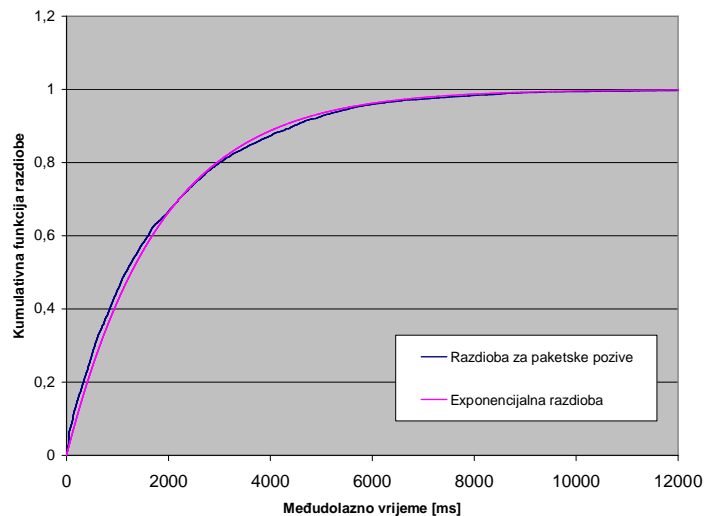
Gotovo svi rezultati pokazali su da se proces uspostave paketski poziva vrlo dobro može opisati eksponencijalnom razdiobom budući da se kumulativne funkcije poklapaju. Najveći broj uzoraka odnosno Q-Q grafova zorno potvrđuje pretpostavku o eksponencijalnoj razdiobi premda je za nekoliko uzoraka utvrđeno i poklapanje sa Weibulovom razdiobom. Za pretpostaviti je da su to iznimke i da je uzrok tome što se radi o periodima izvan glavnog prometnog sata, dakle rano ujutro ili kasno navečer.

Primjećeno je da su veća odstupanja na Q-Q grafu za uzorke kod kojih je vrijednost kumulativne funkcije veća od 0,99. Razlog tome je što se radi o malom broju uzoraka (do 1%), a vrijednosti za međudolazna vremena su najveća, pa je i za očekivat lošiju preciznost i poklapanje za pretpostavljenom razdiobom. Iz tog razloga, na Q-Q grafu se neprikazuju vrijednosti za najviša međudolazna vremena.

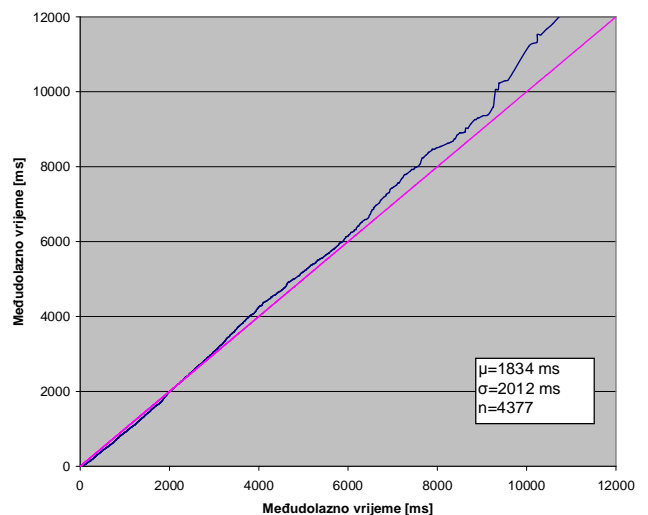
Također moguće je primjetiti da je za niske vrijednosti srednjeg međudolaznog vremena broj uzoraka vrlo velik i obratno. Nije primjećena ovisnost broja uzoraka i kvaliteta poklapanja rezultata sa eksponencijalnom razdiobom, odnosno i za veliki broj i za mali broj uzoraka, kumulativne funkcije se poklapaju.

U nastavku su prikazani rezultati za određena mjerenja. Uz svaki rezultat naznačena je srednja vrijednost među dolaznog vremena (μ), standardna devijacija (σ) i broj uzoraka (n).

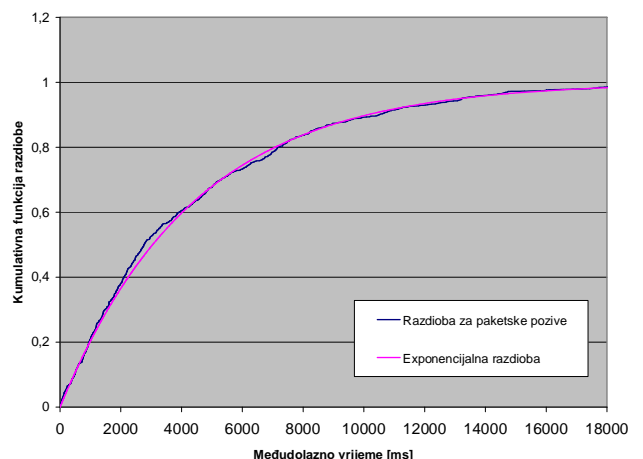
B. Rezultati mjerenja



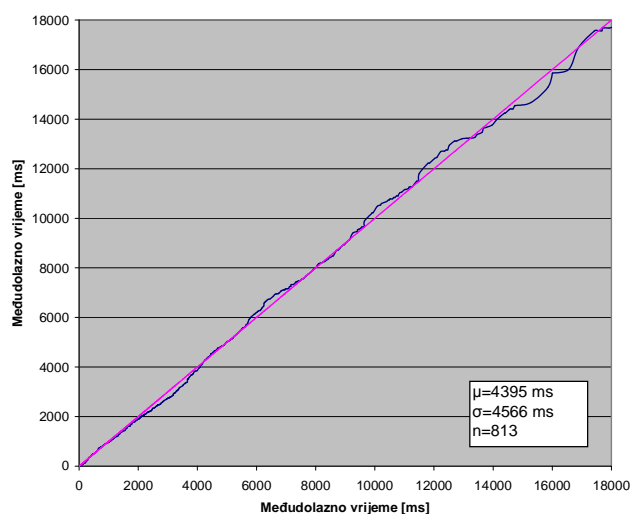
S1.4. Usporedba funkcija razdiobe za paketske pozive i eksponencijalne razdiobe, Operator 1



S1.5. Q-Q graf za paketske pozive i eksponencijalnu razdiobu, Operator 1



Sl.6. Usporedba funkcija razdiobe za paketske pozive i eksponencijalne razdiobe, Operator 2



Sl.7. Q-Q graf za paketske pozive i eksponencijalnu razdiobu, Operator 2

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu je objašnjen proces kod uspostave paketskih poziva u UMTS-u. Opisani su i objašnjeni osnovni prometni modeli kao npr. za WWW uslugu. Opisani su osnovni i najčešće korišteni radijski pristupni nosioci te mogući prelasci između njih. Na nekoliko primjera iz realnih UMTS mreža, pokazano je da se su međudolazna vremena za uspostavu paketskih poziva eksponencijalno raspodijeljena. Na isti način može se pokazati da je vrijeme trajanja paketskih poziva eksponencijalno raspodijeljeno. Stoga se dolazni proces kod uspostave paketskih poziva može opisati Poissonovim procesom, a što je preduvjet za korištenje analitičkih metoda kao što su Kaufman Roberts algoritam i Erlang B formula kod projektiranja kapaciteta na sučeljima u pristupnoj mreži UMTS-a. Projektiranje kapaciteta UMTS pristupne prijenosne mreže za paketski promet od velike je važnosti operaterima, posebno na vezi između osnovne bazne postaje i RNC-a, budući da se njenom optimizacijom mogu postići značajne uštede.

LITERATURA

- [1] J.S. Kaufman, "Blocking in a Shared Resources Environment", IEEE Trans. Commun. COM-29, 1981
- [2] J.W. Roberts, "A service system with heterogeneous user requirements", Performance of Data Communications Systems and Their Applications, 1981.
- [3] Vicari, N., Koehler, S. „Measuring Internet User Traffic Behaviour Dependent on Access Speed“, Institut of Computer Science, University of Wurzburg, Technical Report No.238, October 1999.
- [4] D.Staehle, K. Leibnitz, P.Tran-Gia, Source Traffic Modeling of Wireless Applications, University of Wurzburg, Technical Report No.261, 2000S.
- [5] 3GPP: UMTS: „selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS“, Technical Report TR 101 112 v3.2.0, ETSI, April, 1998.
- [6] Klemm, A., Lindemann, C., Lohmann, M.:Traffic Modeling and Characterization for UMTS networks. Proc. of the Globecom, Internet Performance Symposium. San Antonio TX. November 2001
- [7] 3GPP: General UMTS Architecture, 3GPP TS 23.101. Dec 2004.
- [8] F.P. Kelly, “Modeling Communication Networks, Present and Future,“ Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. A354, pp.437-463, 1995.