

Poređenje nekih metoda naplate interkonekcije

Aleksandra Kostić-Ljubisavljević, Snežana Mladenović, Vladanka Aćimović-Raspopović

Sadržaj — U radu je dato poređenje nekih od metoda rutiranja pri različitim tipovima naplate interkonekcije. Poređene su sledeće metode rutiranja: rutiranje po najkraćoj putanji, rutiranje sa 3 hopa i rutiranje po putanjama koje se na slučajan način biraju. Što se naplate interkonekcije tiče primenjena je *bill and keep* metoda i metoda zasnovana na troškovima. Da bi sproveli jedno takvo poređenje razvili smo poseban softver.

Ključne reči — *bill and keep*, interkonekcija, rutiranje, softver, troškovi

I. UVOD

SA porastom broja operatora koji su prisutni na nekom telekomunikacionom tržištu i njihovom sve većom potrebom za interkonekcijom sa dominantnim operatorom, raste interesovanje za pronalaženje najefikasnijeg načina tarifiranja i iskorišćenja mreže. Kao jedan od ključnih elemenata u projektovanju, kao i eksploataciji telekomunikacione mreže, rutiranje ima značajnu ulogu u efikasnom iskorišćenju raspoloživih resursa mreže. Problem rutiranja i obezbeđenja potrebnih kapaciteta mreže je jedan od suštinskih problema koji treba rešiti u postupku projektovanja telekomunikacione mreže. Implementacija fleksibilnih metoda dinamičkog rutiranja saobraćaja je jedno od potencijalnih rešenja ovog problema koje se ne bazira isključivo na tradicionalnom pristupu fizičkog proširenja mreže. Mogućnost efikasnijeg i racionalnijeg korišćenja postojećih resursa telekomunikacione mreže je razlog intenzivnih istraživanja dinamičkog rutiranja saobraćaja tokom poslednjih dvadesetak godina.

Za razliku od metoda sa fiksnim pravilima rutiranja, u kojima se kapaciteti u mreži dodeljuju saglasno prognoziranom saobraćajnim zahtevima između parova komutacionih čvorova, dinamičko rutiranje se zasniva na konceptijskom potpuno drugačijem pristupu, koji podrazumeva dodeljivanje saobraćaja onim putanjama na kojima trenutno postoje slobodni kapaciteti. Ovo se može

postići zahvaljujući mogućnosti promene odluka o rutiranju, u skladu sa promenama saobraćajnih zahteva u mreži.

Zahvaljujući nekoincidentnosti saobraćaja u pojedinim delovima mreže, primenom metoda dinamičkog rutiranja saobraćaja mogu se ostvariti značajne uštede u troškovima mreže preraspodelom saobraćaja po onim rutama koje raspoložu trenutno slobodnim kapacitetima, bez potrebe za angažovanjem dodatnih resursa.

U današnje vreme liberalizacije telekomunikacionog tržišta interes istraživača se okreće ka interkonekciji i načinima za njenu naplatu. Sama interkonekcija se može opisati kao fizička konekcija dve različite telekomunikacione mreže na zahtev korisnika. Ona podrazumeva spajanje različitih mreža za komunikaciju, obezbeđujući koordinaciju usluga, što za direktnu posledicu ima veći broj usluga koje su korisnicima na raspolaganju.

Liberalizacija tržišta direktno utiče na principe postavljanja zaduženja za interkonekciju, što je precizno definisano i direktivama koje se tiču interkonekcije. Jasnost i transparentnost u pogledu određivanja interkonekcijskih zaduženja je preduslov za realno postavljanje tarifa od strane operatora. Kontrola vođenja interkonekcijskih procedura i kontrola zaduženja za interkonekciju od strane nacionalnih regulatornih vlasti je garant postavljanja uspešnih interkonekcijskih procedura i cena na zdravim osnovama.

Ovaj rad je koncipiran na sledeći način: U delu II je dat kratak pregled karakteristika fiksnog i dinamičkog rutiranja. Treći deo se odnosi na prikaz nekih od metoda koje se koriste za tarifiranje interkonekcije. U delu IV je dat osvrt na programski sistem realizovan za potrebe ovog istraživanja. Peti deo se odnosi na jednu konkretnu primenu implementiranog softvera, dok je u šestom delu dat prikaz nekih od brojnih rezultata koji su dobijeni njegovim korišćenjem.

II. METODE RUTIRANJA

U sadašnjim telekomunikacionim mrežama zastupljeni su različiti vidovi rutiranja saobraćaja, počevši od fiksnog, hijerarhijskog, do različitih metoda dinamičkog rutiranja [1]. Prema [2] i [3], metode rutiranja saobraćaja se mogu klasifikovati na osnovu kategorije (vrste) tabela rutiranja na fiksno rutiranje, dinamičko rutiranje zavisno od vremena, dinamičko rutiranje zavisno od stanja i dinamičko rutiranje zavisno od događaja. Dinamičko rutiranje ima brojne prednosti u odnosu na fiksno. Prvo, povećava efikasnost korišćenja resursa mreže promenom šema rutiranja u skladu sa promenom saobraćajnih

Ovaj rad je deo istraživanja na projektu broj T11013A, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

Aleksandra Kostić- Ljubisavljević, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-11-3091322; faks: 381-11-3096704; e-mail: a.kostic@sf.bg.ac.rs

Snežana Mladenović, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-11-3091209; faks: 381-11-3096704; e-mail: snezanam@sf.bg.ac.rs

Vladanka Aćimović-Raspopović, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-11-3091398; faks: 381-11-3096704; e-mail: v.acimovic@sf.bg.ac.rs

zahteva. Drugo, neograničavanjem broja mogućih ruta, što je slučaj u hijerarhijskoj strukturi sa fiksnim rutiranjem, povećava fleksibilnost. Dinamičko rutiranje pruža mogućnost za samostalni oporavak mreže obezbeđenjem selekcije ruta širom mreže i adaptacije na oštećenja.

Prednosti dinamičkog nad fiksnim rutiranjem su:

- praktično nema blokiranja tokom normalnih radnih dana i vikendom,
- poboljšanje performansi pri opterećenjima i oštećenjima mreže,
- smanjenje kapitalnih troškova primenom boljih rešenja pri projektovanju i planiranju mreže,
- povećanje prihoda,
- smanjenje troškova kroz centralizaciju i automatizaciju upravljanja mrežom,
- sveukupno povećanje kvaliteta i fleksibilnosti servisa.

III. METODE INTERKONEKCIJE

Evropska komisija definiše interkonekciju kao "fizičku i logičku vezu telekomunikacionih mreža korišćenu od strane istog ili različitih operatora, na zahtev pretplatnika jednog operatora da komuniciraju sa pretplatnicima istog ili drugog operatora. Interkonekcija, isto tako, podrazumeva da se pretplatnicima daje mogućnost da koriste usluge koje pružaju drugi operatori. Usluge mogu da pružaju delovi mreža koje su obuhvaćene interkonekcijom ili drugi provajderi koji imaju pristup mreži." [5], [6].

Postoje brojni koncepti koji se primenjuju u telekomunikacionim mrežama širom sveta u cilju određivanja adekvatne i prihvatljive cene interkonekcije sa aspekta operatora i regulatora [7], [8]. Neki od njih su: metode zasnovane na troškovima, *bill and keep*, podela profita, *price cap* i sl. U ovom radu će biti prikazana primena dve najčešće korišćene metode za naplatu interkonekcije i to *bill and keep* i metoda zasnovana na troškovima.

Bill and keep pristup podrazumeva da se operatorima interkonekcija uopšte ne naplaćuje. Svaki operator "naplati" svojim krajnjim korisnicima izlazni saobraćaj koji oni generišu ka drugoj mreži, i "zadržava" sav prihod koji proistekne. Ovaj model pretpostavlja sledeće - da postoje nadoknade za interkonekciju one bi se ionako međusobno poništile, što ne bi rezultiralo ni gubitkom ni dobitkom ni za jednog operatora. Dalje, time što propuštaju te nadoknade, operatori izbegavaju administrativni teret naplate jedne drugoj za razmenjen saobraćaj. Model *bill and keep* je najbolje primeniti u situacijama kada je saobraćaj između operatora u ravnoteži. U suprotnom, jedan operator će imati manju dobit zbog većih troškova terminiranja saobraćaja u njegovu mrežu. Da bi se ustanovilo da ta ravnoteža postoji potrebno je kontinualno merenje saobraćaja i troškova koji iz njega proističu. Ako se saobraćaj značajno promeni i poremeti ravnotežu, operatori mogu da obustave ovo uređenje bar privremeno, i da počnu da naplaćuju interkonekciju.

Korišćenjem studija troškova i principa ekonomske efikasnosti, cene interkonekcije se mogu formirati tako da se u potpunosti postigne povraćaj troškova operatora. Fiksni troškovi se mogu nadoknaditi primenom

proporcionalnih fiksnih ili *flat* tarifa. Na primer, jednokratni trošak uspostavljanja kanala veze se može nadoknaditi nepovratnom tarifom u adekvatnom iznosu. Varijabilni troškovi, s druge strane, trebali bi se nadoknaditi primenom varijabilnih tarifa. To jest, troškove zavisne od saobraćaja bi trebalo nadoknaditi naplatom interkonekcije po minutu. Ovo su možda naizgled jednostavni koncepti, ali oni su se na mnogim tržištima praktikovali samo povremeno. Regulatori radije izaberu da uključe veliku količinu troškova u minutne tarife, nego da razdvoje troškove za različite komponente mreže i servise. Dominantni operatori se radije odlučuju za tarife koje su bazirane na upotrebi, jer takve tarife osiguravaju rastući profit od interkonekcije kad god se konkurent proširi i poveća saobraćaj u okviru svoje mreže. Međutim, oslanjanje isključivo na tarife bazirane na upotrebi i nije baš ekonomski najprikkladnije. U svakom slučaju, veoma je teško ustanoviti sve sadržane troškove. Ovaj koncept je jedan od najprihvaćenijih koncepata utvrđivanja cene interkonekcije širom sveta, i to upravo zbog izuzetno detaljnog pristupa pravilnom utvrđivanju troškova koji nastaju u telekomunikacionoj mreži.

IV. OSVRT NA PROGRAMSKO REŠENJE

Već decenijama se simulacioni modeli intezivno koriste za rešavanje problema rutiranja i projektovanja telekomunikacionih mreža. Kako je već istaknuto, osnovni cilj istraživanja, prikazanog u ovom radu, je poređenje različitih metoda rutiranja. Ovo poređenje treba obaviti uz variranje brojnih ulaznih veličina: topologije mreže, kapaciteta čvorova, troškova linka, broja poziva, ... Takođe, zaključci se mogu smatrati validnim samo ako su izvedeni na osnovu "dovoljnog" velikog broja eksperimenata. Stoga smo razvili softver koji simulira opsluživanje poziva u telekomunikacionoj mreži i vrši statističku obradu relevantnih parametara.

U strukturi programskog sistema, koji je šematski prikazan na Sl.1., izdvajaju se sledeće logičke celine:

Inicijalizacija mreže. U matematičkom smislu telekomunikaciona mreža predstavlja graf. Atribut čvora je kapacitet čvora a atributi linka su početni i krajnji čvor i trošak linka.

Pod pojmom kapacitet čvora ovde se smatra srednji broj poziva koje se može generisati u svakom čvoru. Zbog jednostavnijeg rada, a i kasnije lakše obrade dobijenih rezultata, kapaciteti čvorova su normalizovani na jedan. Pretpostavljeno je da svaki čvor može da prosledi sav tranzitni saobraćaj koji kroz njega prolazi, pod uslovom da su linkovi koji ulaze i izlaze iz njega slobodni.

Trošak linka se definiše kao onaj trošak koji snosi operator da bi opslužio poziv koji je generisan u njegovoj mreži, ili poziv koji tranzitira kroz njegovu mrežu, ili poziv koji terminira u njegovoj mreži. Iako ovi troškovi u praksi nisu na isti način definisani, niti se na isti način računaju, u ovom radu će oni biti posmatrani pod zajedničkim nazivom trošak linka.

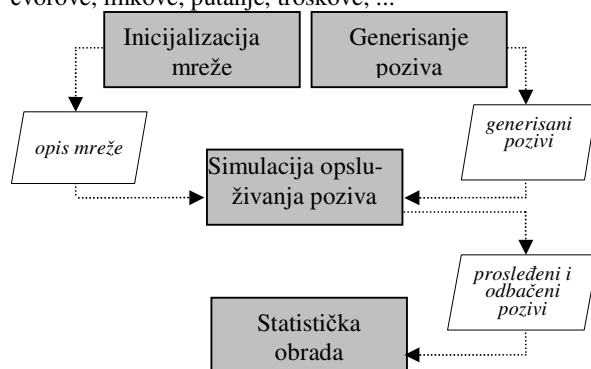
Zadatak podsistema za inicijalizaciju mreže je da konkretnu mrežu reprezentuje strukturama podataka podesnim za proces simulacije.

Generisanje poziva. U svakom čvoru se generiše saobraćaj koji je pretstavljen Poasonovim potokom

dogadaj, sa srednjom brojem poziva koja predstavlja umnožak kapaciteta čvora. Umnožak i kapacitet čvora su ulazne veličine. Atributi poziva su: izvoriste, odredište, trenutak generisanja i trajanje. Trajanje je slučajna promenljiva koja ima eksponencijalnu raspodelu sa srednjim vremenom od 3 minuta. [2].

Simulacija opsluživanja poziva. Za zadatu mrežu i generisane pozive, korisnik bira jednu od ponuđenih metoda rutiranja i jedan od ponuđenih načina naplate interkonekcije. Nakon toga aktivira proces simulacije opsluživanja poziva. Poziv može biti prosleđen ili odbačen. Za svaki prosleđeni poziv, osim podataka poznatih iz faze generisanja, memoriše se i putanja po kojoj je realizovan, cena realizacije poziva i rang putanje po kojoj je realizovan.

Statistička obrada. Izlazi iz prethodne faze daju mogućnost formiranja brojnih statistika vezanih za pozive, čvorove, linkove, putanje, troškove, ...



Sl. 1. Struktura programskog rešenja

Sve opisane logičke celine su implementirane kao programske celine u Microsoft Visual Basic 2005 okruženju. Pošto je softver modularno koncipiran moguće ga je proširiti dodatnim funkcijama (npr. novim metodama rutiranja) ili bi se neke od postojećih funkcija mogle usavršiti. Stoga je opredeljenje da se ovaj softverski sistem razvija inkrementalno, razvojem serije prototipova, pri čemu će svaki sledeći prototip uzimati u obzir nove ili dopunjene zahteve korisnika (tzv. spiralni model razvoja softvera). Stoga se može smatrati da je u ovoj fazi razvijen prvi prototip i eksperimenti koji će biti opisani sprovedeni su na njemu.

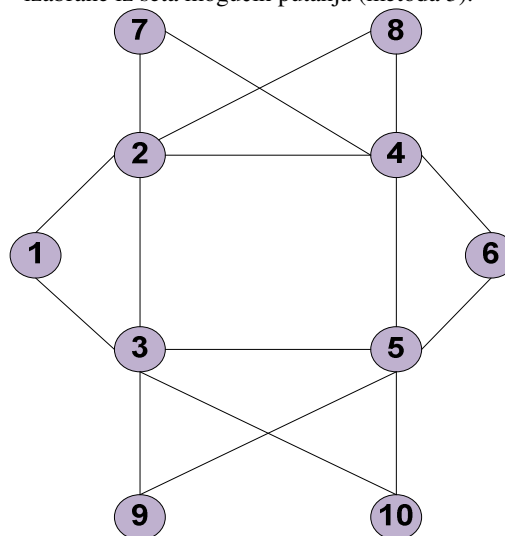
V. EKSPERIMENTI I ANALIZA REZULTATA

Posmatra se telekomunikaciona mreža, koje se sastoji od ukupno 10 čvorova, koji su povezani na način prikazan na Sl.2. Uočava se da se celokupna mreža sastoji od tri međusobno povezana segmenta. Čvorovi 7 i 8 pripadaju mreži A, čvorovi 9 i 10 mreži B, dok su ostali čvorovi u dominantnoj mreži C. Mreže A i B su sa mrežom C povezane preko tačaka interkonekcije.

Softverski sistem dopušta da korisnik definiše period koji se simulira. Za eksperimentisanje je odabran period od 21 minuta rada mreže [2], [9], [10], pri čemu su iz statističke obrade izostavljeni prva 3 i poslednja 3 minuta ovog perioda.

U posmatranoj mreži može biti izabrana jedna od 3 različite metode rutiranja i jedan od dva načina naplate interkonekcije. Metode rutiranja podržane u prvom prototipu softverskog sistema su:

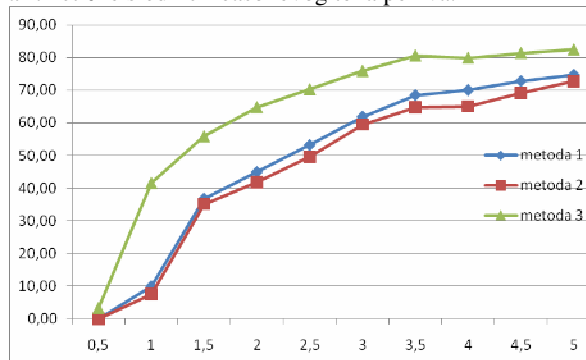
- Rutiranje po najkraćoj putanji (metoda 1),
- Rutiranje po putanjama koje u sebi sadrže samo 4 čvora – ruta sa 3 hopa (metoda 2),
- Rutiranje po putanjama koje su na slučajnan način izabrane iz seta mogućih putanja (metoda 3).



Sl. 2. Topologija mreže na koju je primenjen softver

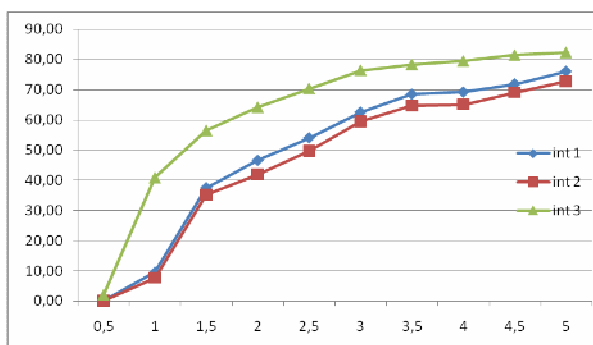
Što se interkonekcije tiče, posmatrana su dva načina naplate: *bill and keep* i naplata bazirana na troškovima. Saobraćaj je variran od 0,5 do 5. U skladu sa tim, na graficima koji pokazuju dobijene rezultate, metode rutiranja na koje je primenjena *bill and keep* interkonekcija su označene sa metoda 1, 2 i 3, a metode rutiranja sa naplatom interkonekcije su označene sa int1, int2 i int3, respektivno. Realizovani softver daje mogućnost da se za kratko obavli veliki broj eksperimenata (što je i urađeno), pa samim tim i da se dobije veliki broj izlaznih podataka. U radu je prikazan samo mali broj odabranih rezultata. Analiziran je broj opsluženih poziva, broj izgubljenih poziva, prosečan trošak poziva, i prosečna iskorišćenost mreže. Sve analize su rađene za svih 6 mogućih opcija rutiranja.

Na Sl.3 i Sl.4. su prikazani grafici na kojima je data zavisnost procenta izgubljenih poziva od intenziteta ponuđenog saobraćaja. Na apscisi su prikazani umnoški aritmetičke sredine Poasonovog toka poziva.



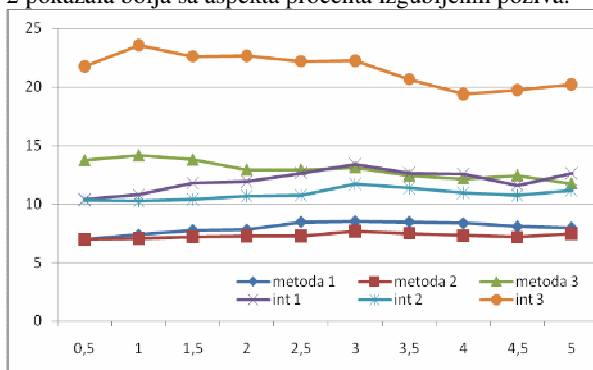
Sl.3. Zavisnost procenta izgubljenih poziva od ponuđenog saobraćaja za *bill and keep* pristup

Prvo što se može uočiti je da su rezultati dobijeni pri simulaciji rada mreže sa *bill and keep* interkonekcijom vrlo slični rezultatima koji su dobijeni simulacijom naplate interkonekcije.



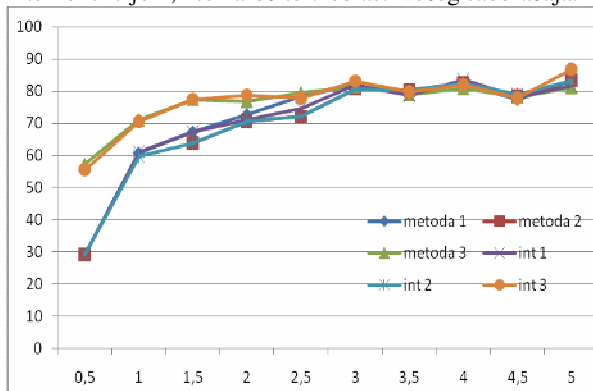
Sl.4. Zavisnosti procenta izgubljenih poziva od ponuđenog saobraćaja u mreži sa naplatom interkonekcije

Vidi se da najlošije karakteristike ima rutiranje poziva po putanjama koje se na slučajan način biraju iz raspoloživog seta putanja. Rutiranje po najkraćoj putanji (metoda 1) i rutiranje sa 3 hopa (metoda 2) imaju slične izlazne rezultate u situacijama sa manjim saobraćajnim opterećenjem, dok se pri većem opterećenju mreže metoda 2 pokazala bolja sa aspekta procenta izgubljenih poziva.



Sl.5. Zavisnost prosečnih troškova opsluživanja poziva kroz mrežu za sve metode rutiranja

Na Sl.5. je prikazan grafik zavisnosti prosečnih troškova od intenziteta ponuđenog saobraćaja. Očekivano je bilo da je trošak poziva veći u slučaju rutiranja sa naplatom troškova interkonekcije. Međutim, pokazalo se da čak i kada se naplati interkonekcija, troškovi poziva primenom metode 2 imaju manje vrednosti od metode 3 bez naplate interkonekcije, dok metoda 1 sa naplatom interkonekcije ima slične karakteristike kao i metoda 3 sa *bill and keep* interkonekcijom, i to naročito u oblasti većeg saobraćaja.



Sl.6. Zavisnosti prosečne iskorišćenosti mreže od ponuđenog saobraćaja za sve metode rutiranja

Na Sl.6 je prikazana prosečna iskorišćenost mreže u zavisnosti od intenziteta saobraćaja. On što je zanimljivo,

je da iskorišćenost mreže ne prelazi 90% čak i kada je procenat izgubljenih poziva izuzetno veliki (80%).

VI. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati dobijeni poređenjem tri metode rutiranja koje mogu da se primene u mrežama sa komutacijom kola. To su rutiranje po najkraćoj putanji, rutiranje po putanjama koje u sebi sadrže samo 4 čvora (3 hopa), i rutiranje po putanjama koje su na slučajan način izabrane iz seta mogućih putanja. Poređenje je izvršeno za dva najčešće korišćena načina tarifiranja interkonekcije: *bill and keep* i tarifiranje na osnovu troškova.

Za potrebe ovog poređenja u mreži sa više operatora razvijen je prvi prototip programskog sistema koji simulira opsluživanje poziva u telekomunikacionoj mreži i vrši statističku obradu relevantnih parametara. Pokazalo se da rutiranje po putanjama koje su na slučajan način izabrane iz seta mogućih putanja u većini slučajeva pokazuje najlošije performanse.

Akcentat pri projektovanju i implementaciji ovog softvera je stavljen na efikasnost i prilagodljivost. Efikasnost sistema omogućava da se za kratko vreme obavi veliki broj eksperimenata, a prilagodljivost da se neznatnim modifikacijama on proširi i plagodi novim korisničkim zahtevima.

LITERATURA

- [1] G. R. Ash, *Dynamic Routing in Telecommunication Networks*, McGraw-Hill, New York, 1998
- [2] ITU-T Recommendations E series
- [3] M. Pioro, D. Medhi: *Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks*, Elsevier, 2004
- [4] *WTO Agreement on Basic Telecommunications services*, dostupno na www.wto.org
- [5] *Directive 97/13/EC of the European Parliament and of the Council on interconnection in telecommunications*, dostupno na ec.europa.eu
- [6] DeGraba, Patrick Bill and Keep at the Central Office as the Efficient Interconnection Regime Federal Communications Commission, *OPP Working Paper Series No. 33*, 2004.
- [7] Hermalin, Benjamin E., and Katz, Michael L., Sender or Receiver: Who Should Pay to Exchange an Electronic Message *Rand Journal of Economics*, Autumn 2004, pp423 – 447, 2004.
- [8] Armstrong, M. Network Interconnections in Telecommunications, *Economic Journal*, Vol. 108 (1998), pp. 545-564.
- [9] *Teletraffic engineering Handbook*, ITU-D SG2/16 & ITC, 2003, revised 2008
- [10] Vladanka Aćimović- Raspopović, Aleksandra Kostić-Ljubisavljević, "Saobraćajni inženjering u telekomunikacijama", *XXII PosTel 2004.*, Beograd 2004, str 15-24

ABSTRACT

This paper shows analysis of routing methods in multioperator network. Three different routing methods were compared by several criteria. Methods are: shortest path routing method, 3-hop routing method and routing on random paths. Also, in this paper two main charging approaches in interconnection were tested: *bill and keep* approach and cost-based approach. In order to achieve proper results we create a modular software.

COMPARATION OF SOME INTERCONNECTION CHARGING METHODS

Aleksandra Kostić-Ljubisavljević, Snežana Mladenović, Vladanka Aćimović-Raspopović