

Softver za analizu efekata interkonekcije telekomunikacionih mreža-SAIT

Rukovodilac projekta: Vladanka Aćimović-Raspopović

Odgovorno lice: Vladanka Aćimović-Raspopović

Autori: Aleksandra Kostić-Ljubisavljević, Snežana Mladenović i Vladanka Aćimović-Raspopović

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR-11013

Godina: 2009.- 2010.

Primena: telekom operatori

Kratak opis

Osnovni zadatak softvera SAIT (*Softver za analizu efekata interkonekcije telekomunikacionih mreža*) je simulacija saobraćaja u telekomunikacionoj mreži korišćenjem različitih metoda naplate interkonekcije pri različitim metodama rutiranja saobraćaja. Dodatni zadatak je statistička obrada relevantnih parametara rezultata simulacije. U strukturi programskog sistema izdvajaju se sledeće logičke celine: **Inicijalizacija mreže, Generisanje poziva, Simulacija opsluživanja poziva i Statistička obrada.** Zadatak **Inicijalizacije mreže** je da se graf mreže koji zadaje korisnik reprezentuje podesnim strukturama podataka koje su podržane implementacionim programskim jezikom. U procesu inicijalizacije korisnik definiše kapacitet svakog čvora i svaki link prisutan u mreži. **Generisanje poziva** ima za cilj da obezbedi ulaz za simulacioni proces. U svakom čvoru se generiše saobraćaj koji je pretstavljen Poasonovim potokom događaja, sa srednjom brojem poziva koja predstavlja umnožak kapaciteta čvora (intezitet saobraćaja). Intezitet saobraćaja je ulazna veličina u opsegu 0.1 do 20. Za zadatu mrežu i generisane pozive u proceduri **Simulacija opsluživanja poziva** korisnik bira jednu od ponuđenih metoda rutiranja i jedan od ponuđenih načina naplate interkonekcije. Nakon toga, aktivira proces simulacije opsluživanja poziva. Poziv može biti opslužen ili izgubljen. 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. Izlazi iz prethodne faze daju mogućnost da **Statistička obrada** formira brojne statistika vezanih za pozive, čvorove, linkove, putanje, troškove, ... Sve opisane logičke celine su implementirane kao programske celine u Microsoft Visual Basic 2005 okruženju i objedinjene u jednu Windows aplikaciju.

Tehničke karakteristike: Prvi prototip SAIT softverskog sistema testiran je na standardizovan način, kroz verifikaciju i validaciju. S obzirom da obimne izlazne datoteke koje čuvaju trag o svakom opsluženom ili izgubljenom pozivu, **korektnost** sistema je eksperimentalno dokazana pregledom i analizom velikog broja simulacionih izlaza. SAIT je **efikasan:** trajanje simulacije za intezitet saobraćaja 5 u mreži sa 10 čvorova i period posmatranja od 21 minuta ne prelazi u srednjem 25s na računaru ...Intel Core 2 Duo CPU E8400 3 GHz, 3.49GB RAM. Posmatrani softverski sistem je apsolutno **prilagodljiv** - neznatnim modifikacijama koda se može proširiti (nove metode rutiranja, novi tipovi statistika, itd.) i prilagoditi novim korisničkim zahtevima.

Tehničke mogućnosti: Izlazni rezultati su brojni i za svaku simulaciju obuhvataju: broj i procenat opsluženih ili izgubljenih poziva, ukupnu i prosečnu cenu prosleđenih poziva, ukupnu i procentualnu zauzetost linkova i putanja, broj realizovanih poziva između parova čvorova, kumulativne i prosečne troškove realizovanih poziva između parova čvorova, ... S obzirom da se za svaki realizovani poziv u izlaznoj datoteci čuvaju brojni podaci (izvorište, odredište, trenutak generisanja, trajanje, putanja po kojoj je prosleđen, cena realizacije i rang putanje prema zadatom kriterijumu izbora), moguće je formirati i dodatne statistike.

Realizatori: Katedra za telekomunikacioni saobraćaj i mreže, Saobraćajni fakultet u Beogradu.

Korisnici: Telekom operatori

Podtip rešenja: softver (M85)

Stanje u svetu

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. 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 raspolazu trenutno slobodnim kapacitetima, bez potrebe za angažovanjem dodatnih resursa. Na osnovu karakteristika dinamičkog rutiranja telekomunikacionog saobraćaja može se zaključiti da adekvatan izbor metode rutiranja i metode naplate interkonekcije može dovesti do optimizacije rada mreže, kao i do potencijalnog balansa između zahteva korisnika (za što manjom tarifom) i zahteva operatora (za što većim prihodom).

Model i implementacija

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."

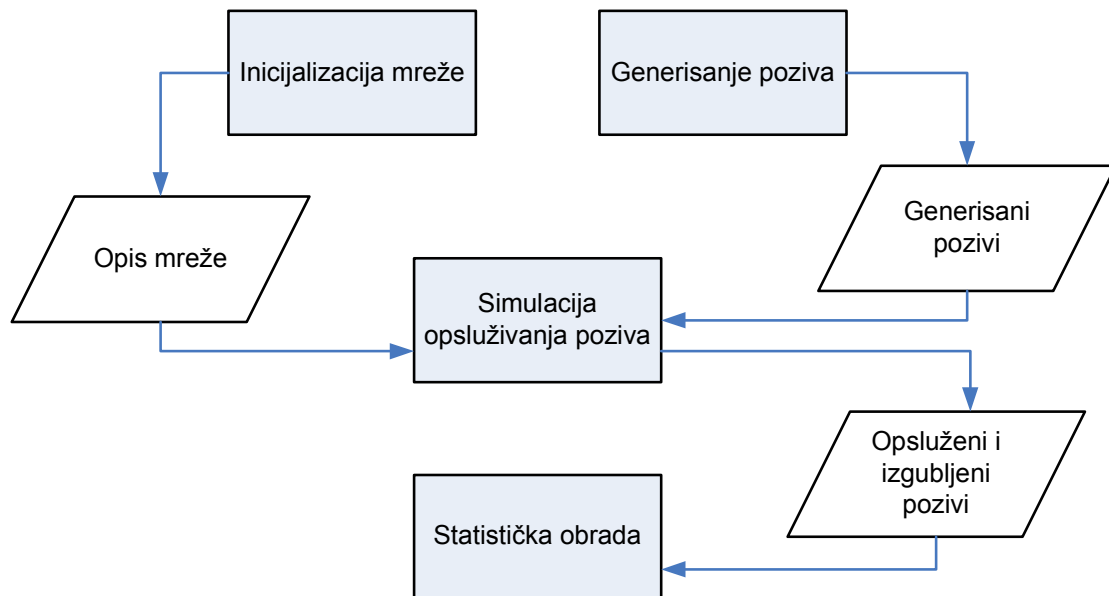
Postoje brojni koncepti koji se primenjuju u telekomunikacionim mrežama širom sveta u cilju određivanja adekvatne i prihvatljive cene interkonekcije sa aspekta operatora i regulatora. Najčešće su u upotrebi koncepti u kojima su cene bazirane na troškovima ili "bill and keep".

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, bi se trebalo nadoknaditi primenom varijabilnih tarifa. To jest, troškove zavisne od saobraćaja bi trebalo nadoknaditi naplatom interkonekcije po minutu. Ovo je možda naizgled jednostavan koncept, ali samo sa povremenom primenom na telekomunikacionim tržištima širom sveta. 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 najprikladnije. U svakom slučaju, veoma je teško ustanoviti sve sadržane troškove. Posao postaje i još teži kada se cena bazirana na troškovima mora ustanoviti za neobjedinjeni pristup mreži. Ipak, 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.

"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. Model naplati-i-zadrži 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. Ovaj model je najbolje primeniti u situacijama kada je saobraćaj između operatora u ravnoteži. U suprotnom, jedan operator će imati manju dobiti 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.

Kako je već istaknuto, osnovni zadatak softvera je poređenje različitih metoda naplate interkonekcije pri različitim metodama rutiranja saobraćaja u mreži. 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. Softver SAIT simulira opsluživanje poziva u telekomunikacionoj mreži i vrši statističku obradu relevantnih parametara.



Slika 1. Struktura SAIT softvera

U strukturi softvera SAIT, koja je šematski prikazana na Slici 1, izdvajaju se sledeće logičke celine:

Inicijalizacija mreže. Zadatak podsistema za inicijalizaciju mreže je da konstitutivne elemente grafa konkretne mreže reprezentuje strukturama podataka podesnim za proces simulacije. Konstitutivni elementi mreže su čvorovi i linkovi. 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 u njega ulaze i iz njega izlaze 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 slučaju će oni biti posmatrani pod zajedničkim nazivom trošak linka.

Generisanje poziva. U svakom čvoru se generiše saobraćaj koji je pretstavljen Poasonovim potokom događaja, sa srednjom brojem poziva koja predstavlja umnožak kapaciteta čvora. Umnožak i kapacitet čvora su ulazne veličine. Umnožak se unosi sa ekranskog obrasca (veličina *saob*) a kapaciteti čvorova iz ulazne datoteke. Atributi poziva su: izvorište, odredište, trenutak generisanja i trajanje. Trajanje je slučajna promenljiva koja ima eksponencijalnu raspodelu sa srednjim vremenom od 3 minuta. Kako odabrani implementacioni jezik Visual Basic ima ugrađenu mogućnost generisanja samo slučajnih brojeva po uniformnoj raspodeli, korišćeni su iz literature poznati algoritmi za prelazak sa uniformne na Poissonovu, tj. eksponencijalnu raspodelu.

Simulacija opsluživanja poziva. Za zadatu mrežu i generisane pozive, korisnik bira jednu od ponuđenih metoda rutiranja, jedan od ponuđenih načina naplate interkonekcije i broj kanala po linku. Nakon toga, aktivira se proces simulacije opsluživanja poziva. Poziv može biti opslužen ili izgubljen. Izlaz procesa simulacije je datoteka predstavljena na Slici 2. Kolone ove datoteke označavaju:

1. kolona – redni broj (šifra) izvorišnog čvora,
2. kolona - redni broj (šifra) odredišnog čvora,
3. kolona – trenutak generisanja poziva,
4. kolona – trajanje poziva u sekundama,
5. kolona – putanja po kojoj je poziv realizovan ili naznaka (----) da nije realizovan,
6. kolona – cena opsluženog poziva
7. kolona – trenutak okončanja poziva,
8. kolona – rang putanje po kojoj je poziv opslužen.

File	Edit	Format	View	Help			
6	9	521	528	6 -> 5 -> 9	9	1049	1
10	1	521	70	-----			
2	7	521	303	2 -> 7	5	824	1
1	7	522	89	-----			
6	7	522	145	6 -> 5 -> 3 -> 2 -> 4 -> 7	17	667	8
3	8	522	214	3 -> 2 -> 8	8	736	1
1	3	523	279	-----			
8	10	524	326	-----			
4	1	524	33	-----			
7	1	524	115	-----			
7	9	524	137	-----			
6	4	524	174	6 -> 4	3	698	1
1	8	524	106	-----			
5	1	525	111	-----			
5	9	526	14	5 -> 9	6	540	1
4	10	526	103	4 -> 5 -> 10	9	629	1
5	6	526	774	5 -> 6	3	1300	1
6	7	526	36	-----			
6	8	527	38	-----			
2	7	527	30	2 -> 7	5	557	1
5	1	527	388	-----			
6	4	528	62	-----			
1	9	528	52	-----			
4	9	528	164	-----			
8	4	528	184	8 -> 4	5	712	1
2	8	528	189	-----			
6	8	529	456	-----			
3	1	532	57	3 -> 2 -> 1	6	589	2
5	8	532	213	5 -> 4 -> 8	8	745	1
6	5	532	305	-----			
1	2	532	43	-----			
5	7	533	396	5 -> 6 -> 4 -> 7	11	929	4

Slika 2. Fragment datoteke *realizacija simulacije* – tragovi opsluženih poziva

Statistička obrada. Izlazi iz prethodne faze daju mogućnost formiranja brojnih statistika vezanih za pozive, čvorove, linkove, putanje, troškove, ... Statistički podaci se smestaju u datoteku *stastika*, čiji je jedan jedan fragment predstavljen na Slika 3.

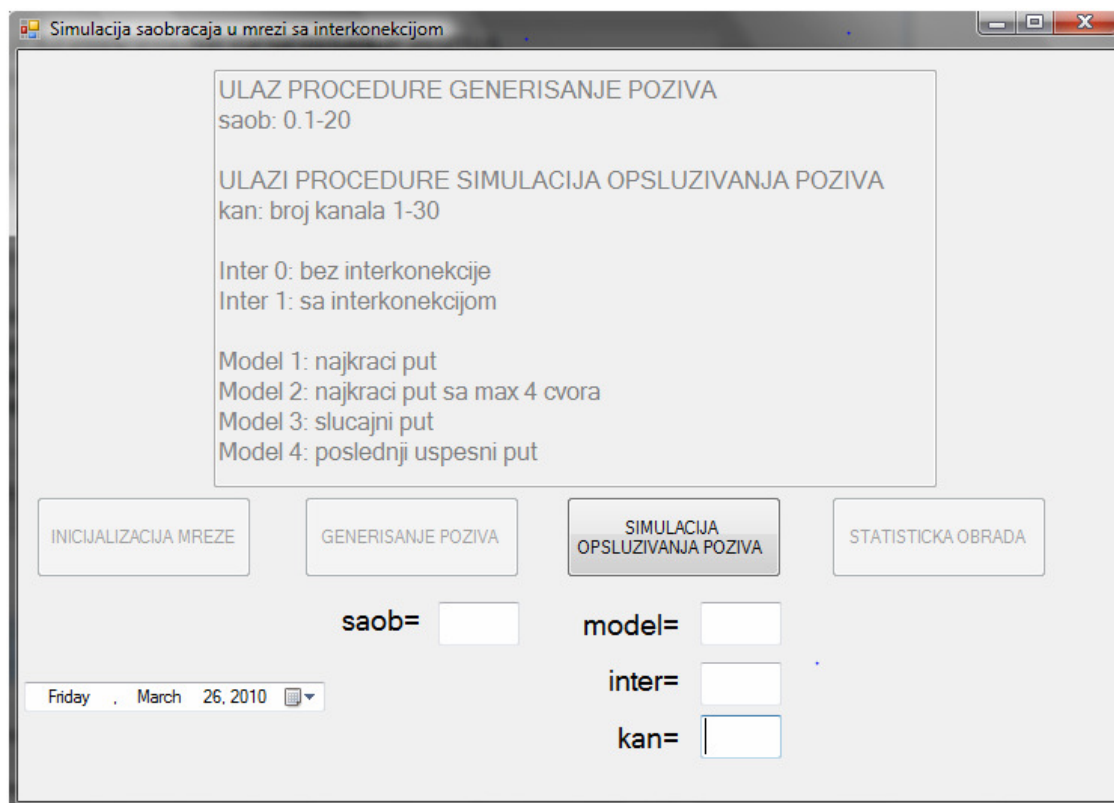
BROJ	REALIZOVANIH	POZIVA	IZMEDJU	PAROVA						
0	24	19	14	15	10	13	16	17	21	149
23	0	12	28	13	14	28	24	14	17	173
3	5	0	9	15	8	8	13	31	24	116
10	23	4	0	8	10	13	19	13	9	109
8	14	17	15	0	11	9	12	28	22	136
12	19	17	28	19	0	18	19	15	21	168
8	11	2	14	4	10	0	9	4	8	70
4	12	12	16	3	6	4	0	7	4	68
4	4	10	3	7	8	3	3	0	17	59
4	6	18	6	19	7	6	5	12	0	83

76	118	111	133	103	84	102	120	141	143	
KUMULATIVNI	TROSKOVI	REALIZOVANIH	POZIVA	IZMEDJU	PAROVA					
0	111	82	145	151	128	116	177	174	242	
84	0	107	199	173	150	185	143	186	221	
25	43	0	88	148	54	79	122	249	234	
83	174	48	0	39	70	71	141	142	126	
78	148	184	91	0	82	108	144	168	159	
132	200	138	90	112	0	172	211	157	210	
98	55	25	96	48	99	0	93	62	133	
38	63	145	83	36	51	40	0	110	59	
39	45	63	33	42	72	42	42	0	204	
39	67	159	85	150	66	105	73	144	0	
PROSECVNI	TROSKOVI	REALIZOVANIH	POZIVA	IZMEDJU	PAROVA					
NaN	4.63	4.32	10.36	10.07	12.8	8.92	11.06	10.24	11.52	
3.65	NaN	8.92	7.11	13.31	10.71	6.61	5.96	13.29	13	
8.33	8.6	NaN	9.78	9.87	6.75	9.88	9.38	8.03	9.75	

Slika 3. Fragment izlazne datoteke *statistika*

Sve opisane logičke celine su implementirane kao programske celine u Microsoft Visual Basic 2005 okruženju i objedinjene u Windows aplikaciju nazvanu SIMULACIJA SAOBRAĆAJA U MREŽI SA INTERKONEKCIJOM. Glavni prozor aplikacije predstavljen je na Slici 4. 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.

Prvi prototip softverskog sistema testiran je na standardizovan način, kroz verifikaciju i validaciju. Verifikacijom se proverava da li je sistem korektno razvili (interni kvaliteta softvera) a validacija proverava da li je razvijeni sistem zadovoljava potrebe korisnika (eksterni kvaliteta softvera). Testiranje ovog softvera je obavljeno prema standardnim kriterijumima a to su: korektnost, pouzdanost, efiksanost, reupotrebljivost, prilagodljivost, mogućnost interakcije sa drugim softverskim sistema, lakoća održavanja, lakoća testiranja, lakoća upotrebe. Prvi prototip softvera za SIMULACIJU SAOBRAĆAJA U MREŽI SA INTERKONEKCIJOM.cenjen je po svim kriterijuma kvaliteta, a posebna pažnja je, uzimajući u obzir prirodu problema, posvećena korektnosti, efikasnosti i prilagodljivosti.



Slika 4. Glavni prozor aplikacije SIMULACIJA SAOBRAĆAJA U MREŽI SA INTERKONEKCIJOM

Korektnost je osobina softvera da tačno izvršava funkciju radi koje je konstruisan. Softver za analizu efekata interkonekcije telekomunikacionih mreža mora apsolutno verno oponašati taj saobraćaj. Uvidom u obimne izlazne datoteke koje čuvaju trag o svakom opsluženom ili izgubljenom pozivu, može se sa velikom verovatnoćom tvrditi da je softver korektan, tj. da implementira sva važeća pravila opsluživanja poziva u telekomunikacionoj mreži. Za nekorektan softver nema smisla razmatrati ostale kriterijume kvaliteta.

Simulacioni softver, po pravilu mora biti **efikasan** (sa što je moguće kraćim vremenom izvršavanja) kako bi korisnik bio u prilici da zaključke izvodi na osnovu velikog broja sprovedenih eksperimenata. U našem slučaju, za mrežu prikazanu na slici Slici 5. i period posmatranja od 21 minuta registrovano je CPU vreme simulacije na računaru Intel Core 2 Duo CPU E8400 3 GHz, 3.49GB RAM.. za intezitete saobraćaja od 0,5 do 5, metode rutiranja (modele) detaljnije opisane u tekstu koji sledi i fiksni broj kanala koji iznosi 30. Rezultati merenja trajanja simulacije prikazani su u Tabeli 1 i uveravaju nas da je realizovani simulacioni softver efikasan. Inicijalizacija mreže, generisanje poziva i stastička obrada imaju zanemarljivo trajanje u poređenju sa simulacijom, a i učestalost poziva ovih procedura je neuporedivo manja.

Posmatrani softverski sistem je apsolutno **prilagodljiv** - neznatnim modifikacijama koda se može proširiti (nove metode rutiranja, novi tipovi statistika, itd.) i prilagoditi novim korisničkim zahtevima. Ako je softver korektan, njegova efikasnost i prilagodljivost se mogu popravljati (efikasniji algoritmi, brži hardver, bolja interna struktura modula, ...), dok obratno naravno ne važi.

Tabela 1. Efikasnost simulacionog softvera za različite metode rutiranja i različite intezitete saobraćaja za fiksni broj kanala

Saobraćaj	Model 1	Model 2	Model 3	Model 1	Model 2	Model 1
	Inter 0	Inter 0	Inter 0	Inter 1	Inter 1	Inter 3
srednje CPU vreme u sekundima						
0,5	2	1	2	2	1	3
1	4	2	5	5	1	5
1,5	7	2	7	7	3	7
2	10	3	9	10	3	10
2,5	13	3	11	13	4	12
5	16	5	14	15	5	14
3,5	18	6	16	18	5	16
4	21	6	19	20	6	19
4,5	23	7	21	24	7	20
5	24	7	21	24	7	21