

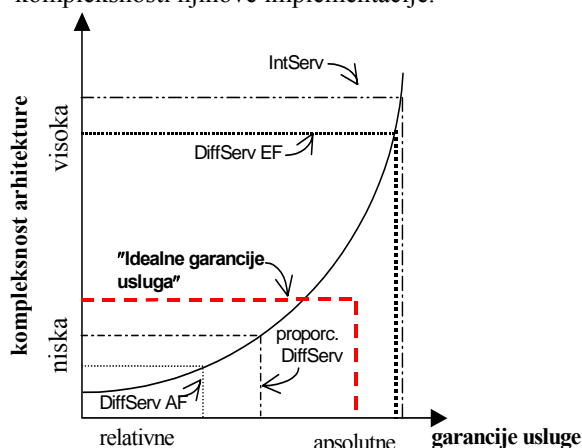
SIMULACIONI MODEL ALGORITMA "KVANTITATIVNE AF" DIFERENCIJACIJE USLUGA ZA PODRŠKU KVALITETU USLUGA U 3G "ALL-IP" MREŽAMA

Vesna Gardašević, Banja Luka

Sadržaj – U radu su prikazani rezultati primjene algoritma "kvantitativne AF" diferencijacije usluga koji predstavlja model za implementaciju "all-IP" arhitekture u telekomunikacionim mrežama treće i četvrte generacije.

1. UVOD

Potreba za diferencijacijom usluga u mrežama baziranim na paketskom prenosu podrazumijevala je definisanje složenijih modela i algoritama za analizu kvaliteta usluga, QoS (QoS – Quality of Service) od onih koji su zasnovani na tzv. "best effort" principu. Najveći broj predloženih QoS arhitektura baziran je na složenim aritmetičkim proračunima, što može prouzrokovati probleme vezane za skalabilnost linkova za prenos podataka i upravljačkih informacija. Na Sl.1 predstavljene su karakteristike pojedinih QoS arhitektura u zavisnosti od stepena QoS garancija koje obezbjeđuju i kompleksnosti njihove implementacije.



AF – Assured Forwarding
 EF- Expedited Forwarding

Sl.1 – Karakteristike pojedinih QoS arhitektura u zavisnosti od stepena QoS garancija i složenosti implementacije.

Mogu se izdvojiti dva osnovna kriterijuma za podjelu QoS arhitektura u povezanim mrežama.

Prvi kriterijum se odnosi na to da li se QoS garancije definišu za pojedinačne saobraćajne tokove (*per-flow* garancije) ili za grupe saobraćajnih tokova sa istim QoS zahtjevima (*per-class* garancije). *Per-flow* garancije, u opštem slučaju, zahtjevaju rezervaciju resursa, što nije slučaj kod *per-class* algoritama.

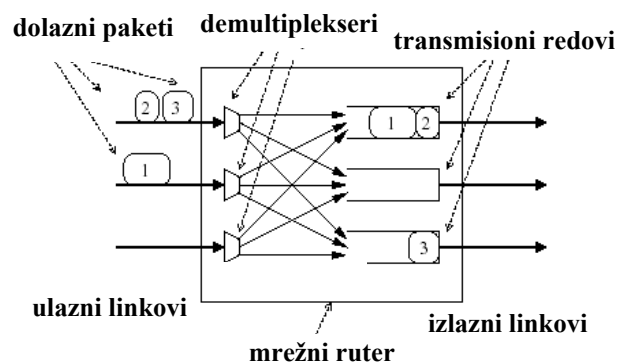
Drugi kriterijum za podjelu QoS arhitektura je način na koji se definišu i uspostavljaju garancije saobraćajnih tokova ili klasa. Razlikuju se QoS arhitekture sa *relativnim* i

apsolutnim garancijama. Primjeri *apsolutnih* garancija su npr. "kašnjenje klase 1 ≤ 10 ms", "efektivna brzina prenosa za klasu 2 ≥ 5 Mb/s" ili "gubitak paketa za klasu 3 $\leq 1\%$ ". *Relativne* garancije ne sadrže tako stroge zahtjeve u pogledu kvaliteta usluga, pa se predstavljaju u formi *kvalitativnih i proporcionalnih* garancija. Kvalitativne garancije uvode određeni redoslijed između saobraćajnih klasa, kao npr. kašnjenje klase 2 \leq kašnjenja klase 1. *Proporcionalne* garancije uvode diferencijaciju između klasa usluga na bazi odgovarajućeg konstantnog faktora proporcionalnosti, kao npr. $\frac{\text{kašnjenje klase 2}}{\text{kašnjenje klase 1}} \approx 5$, pri čemu se ne definiše gornja granica kašnjenja.

2. ALGORITAM "KVANTITATIVNE AF" DIFERENCIJACIJE USLUGA

Imajući u vidu zahtjeve za obezbjeđivanje kvaliteta usluga u povezanim mrežama, odnosno pri prenosu saobraćajnih tokova kroz različite mrežne infrastrukture, moguće rješenje je primjena tzv. "kvantitativne AF" diferencijacije usluga [1].

Mehanizam diferencijacije usluga podrazumijeva operacije nad paketima (klasifikacija, odbacivanje, usmjeravanje) u tzv. izlaznim redovima (queue) arhitekture rutera (Sl.2).



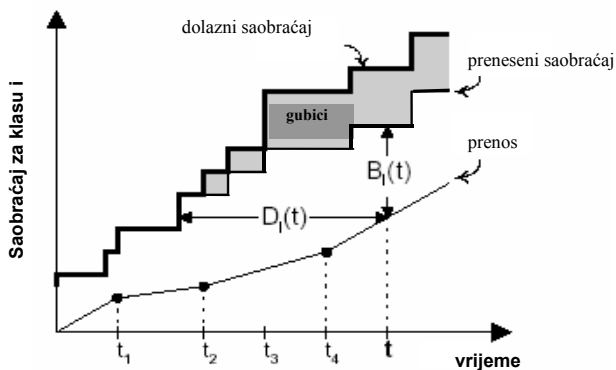
Sl.2 – Arhitektura rutera sa izlaznim redovima čekanja.

S obzirom da su PC-ruteri, uglavnom, realizovani kao arhitekture sa djeljivom memorijom, efektivna brzina prenosa između ulaznih i izlaznih redova čekanja je određena brzinom procesora i vremenom pristupa memoriji. Ova brzina je značajno veća od brzine prenosa između izlaznih redova i sljedećeg rutera (koja je ograničena kapacitetom izlaznog linka). Iz ovog razloga se upravljanje saobraćajem ne može realizovati u ulaznim redovima.

Svakoj klasi saobraćaja pridružen je odgovarajući "per-class" bafer. Kada se paket prosljedi do interfejsa sa izlaznim linkom, klasifikator utvrđuje kojoj klasi paket pripada (a ne

kojem saobraćajnom toku) i postavlja paket u pripadajući "per-class" bafer. Nakon toga se obavlja alokacija brzina i eventualno odbacivanje paketa kako bi se realizovali postavljeni QoS zahtjevi za datu klasu.

Računanje ovih vrijednosti zasniva se na podacima o trenutnom opterećenju reda, broju dolaznih paketa, gubicima paketa, kao i na izvještajima o kašnjenjima u redu čekanja.



Sl.3 – Parametri algoritma dinamičke raspodjele brzina za klasu-*i*.

Za svaku pojedinu klasu, algoritam obrađuje informacije o dolaznom i prenesenom saobraćaju od trenutka posmatranja. Na Sl.3, kašnjenje označeno sa $D_i(t)$ predstavlja horizontalno rastojanje između krive prenesenog saobraćaja i krive prenosa, dok vertikalno rastojanje ove dvije krive predstavlja opterećenje bafera $B_i(t)$. Nagib krive prenosa određuje brzinu za pojedinu klasu. Sa ovim parametrima algoritam određuje da li je potrebno prilagoditi brzinu za datu klasu, ili eventualno odbaciti pakete. Na Sl.3 ove brzine se podešavaju u trenucima t_1 , t_2 i t_3 , a paketi se odbacuju u trenucima t_2 i t_3 . Za svaki dolazak paketa algoritam utvrđuje minimalnu brzinu potrebnu da se prenese sadržaj bafera za svaku klasu, u okviru definisanih granica kašnjenja. Ako je za neku klasu ova minimalna brzina veća od trenutno dodijeljene brzine, algoritam pokušava ponovnu alokaciju brzine tako da ne naruši ograničenja u pogledu kašnjenja. Međutim, ako se ne mogu ispuniti zahtjevi za kašnjenje ili ako se detektuje preopterećenje bafera, algoritam redukuje kapacitet bafera za određenu klasu tako što će pojedini paketi biti odbačeni u skladu sa definisanom granicom dozvoljenih gubitaka. U tom slučaju, u okviru dodijeljenih brzina sa svaku klasu, algoritam vrši podešavanje koje će obezbijediti garancije za proporcionalno kašnjenje. Vrijednosti brzina za pojedine klase, određene primjenom prethodno opisanog algoritma alokacije brzine, mora se "preslikati" u odgovarajući format koji će omogućiti odlučivaču da donese odluku o usmjeravanju paketa.

3. IMPLEMENTACIJA ALGORITMA

Implementacijom prethodno opisanog algoritma u odgovarajućim mrežnim uređajima (ruterima) mogu se obezbijediti garancije kvantitativnog osiguranog prosljeđivanja, QAF (QAF – Quantitative Assured Forwarding) u povezanim UMTS/IP mrežama. Primjenom ovakvih rutera na "kritičnim" mjestima u povezanim

mrežama, omogućeno je obezbjeđivanje QoS garancija i u mrežama baziranim na IP.

U posmatranom JoBS algoritmu primjenjeni su sljedeći kriterijumi za diferencijaciju klasa:

- **ADC** (ADC – Absolute Delay Constraints): Ovaj uslov primjenjen na klasu i podrazumijeva da je zadovoljeno tzv. "worst-case" granično kašnjenje d_i .
- **RLC** (RLC – Relative Loss Constraints): Određuje proporcionalnu diferencijaciju gubitaka paketa između klasa (k_i, k_i').
- **ALC** (ALC – Absolute Loss Constraints): Ovaj zahtjev određuje gornju granicu gubitaka paketa L_i za klasu i .
- **ARC** (ARC – Absolute Rate Constraints): Ovaj zahtjev određuje donju granicu efektivnog protoka μ_i , za klasu i .

JoBS algoritam definiše prioritete tako da vrijedi $ALC > ADC$, $ARC >$ relativnih garancija. U slučaju da nije moguće obezbijediti i apsolutne i relativne garancije, prednost se daje ispunjenju apsolutnih garancija. Struktura mrežnih interfejsa u ovom algoritmu opisuje se odgovarajućim konfiguracionim fajlovima. Ovi fajlovi sadrže karakteristične podatke o izlaznim interfejsima, garancije za svaku od saobraćajnih klasa i filtere koje koriste klasifikatori za pridruživanje paketa odgovarajućoj klasi.

Pokretanje JoBS (JoBS – Joint Buffer Management and Scheduling) simulacije zahtijeva prethodnu realizaciju sljedećih aktivnosti: kreiranje i konfigurisanje odgovarajućih linkova koji povezuju čvorove mreže, kreiranje i konfigurisanje *Markera* i *Demarkera* za praćenje saobraćaja i odgovarajuće statistike, i definisanje karakteristika generatora saobraćaja [2]. Markeri su FIFO (FIFO – First-In-First-Out) redovi koji određuju indeks klase za svaki paket. Demarkeri omogućavaju praćenje statistike u pogledu kašnjenja "s kraja na kraj".

Algoritam dinamički pridružuje brzine prenosa klasama usluga, ali tako da su ispunjeni postavljeni QoS zahtjevi. Brzine izvedene na osnovu apsolutnih garancija dodjeljuju se po dolasku svakog paketa, a brzine izvedene iz relativnih garancija se računaju po prijemu svakih N paketa. Ako nije moguće na ovaj način pridružiti brzine prenosa ili dođe do prekoračenja kapaciteta bafera, paketi se odbacuju na osnovu utvrđenih prioriteta.

Simulacija algoritma za obezbjeđivanje QoS garancija u povezanim UMTS/IP mrežama, na bazi proporcionalne diferencijacije usluga, izvedena je korištenjem:

1. Operativnog sistema – Linux Redhat 9 sa C++ kompajlerom g++3.2.
2. Mrežnog simulatora *ns* (Network Simulator) verzije ns-2.26 [3].
3. Softverskog paketa QoSbox za proširenje mrežnog simulatora.
4. PC računara – Intel Pentium IV, 2.40 GHz, 248 MB RAM.
5. Programa autora koji povezuje i adaptira simulacione programe i omogućava komunikaciju korisnika sa procesom simulacije.

4. REZULTATI SIMULACIJE

U ovom eksperimentu prikazani su rezultati primjene JoBS algoritma u slučaju kombinovanih garancija za kašnjenje i gubitke. Rezultati potvrđuju da funkcije upravljanja baferom i alokacije brzina u JoBS algoritmu podržavaju istovremeno apsolutne i relativne garancije, čak i u slučajevima kada se odbacuju paketi, tj. kada postoji mogućnost da se ne održe apsolutne garancije u pogledu kašnjenja. U ovom primjeru, JoBS algoritam je implementiran u dva rutera (Sl.4), svi linkovi su kapaciteta 10 Mb/s, propagaciono kašnjenje na svim linkovima je 1ms, kapacitet bafera je 500 paketa, a paketi su veličine 500 bajtova. Period simulacije je 20 s.

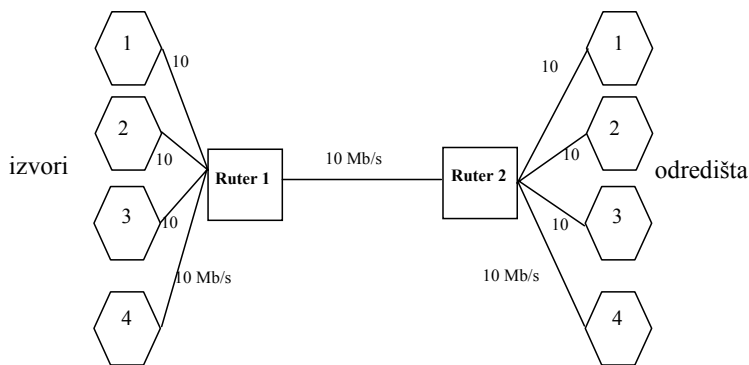
Definisane su sljedeće QoS garancije:

- ADC za klasu 1 je $dt = 5$ ms.
- ALC za klasu 1 je $Lt = 1$ %.
- Parametri koji određuju relativnu diferencijaciju klasa određeni su koeficijentima $ki=4$, $ki'=2$.

ADC karakteristike za ostale tri klase su 4ms, 16ms i 64ms, respektivno. Saobraćaj je tzv. "randomized" CBR.

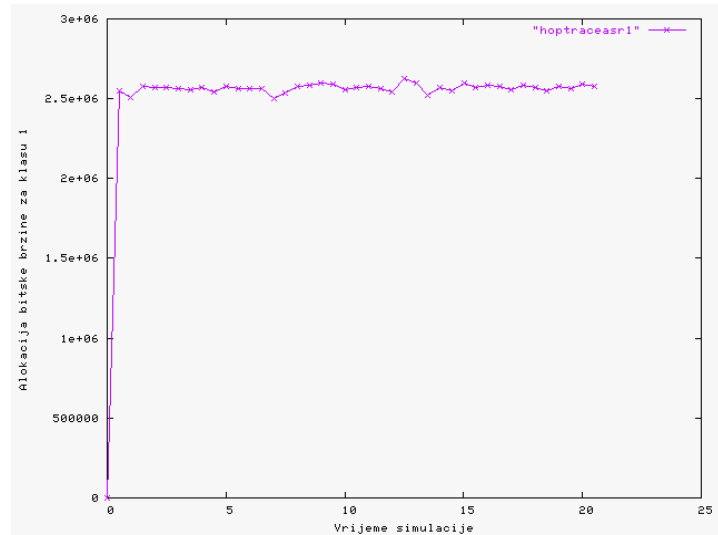
Klasa	Garancije usluga				
	ADC	ALC	ARC	RDC	RLC
1	5 ms	1%	-	-	-
2	-	-	-	4	2
3	-	-	-	4	2
4	-	-	-	4	2

Tab.1 – Garancije usluga za simulaciju

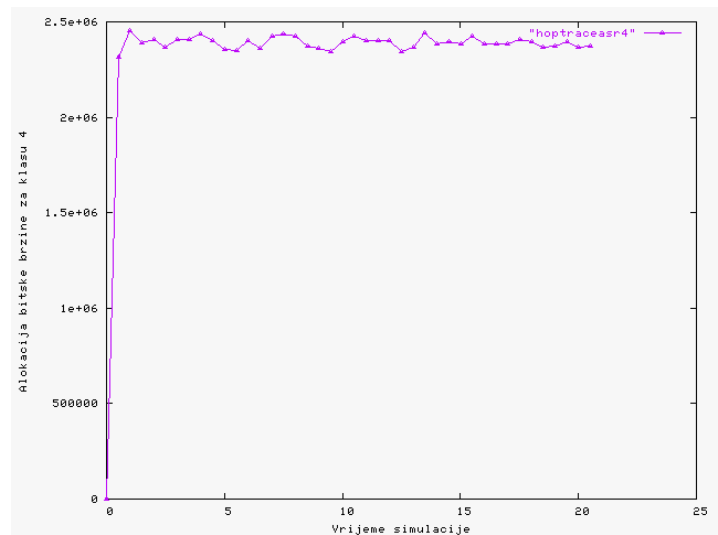


Sl.4 – Mrežna topologija za simulaciju

Na Sl. 5 predstavljeni su grafici alokacije bitskih brzina za klase 1 i 4, u skladu sa postavljenim QoS zahtjevima. Na Sl.6 predstavljen je grafik apsolutnog kašnjenja paketa za svaku pojedinu klasu 1. Granica kašnjenja za klasu 1 nije narušena. Očuvana je relativna diferencijacija između klasa u pogledu kašnjenja.

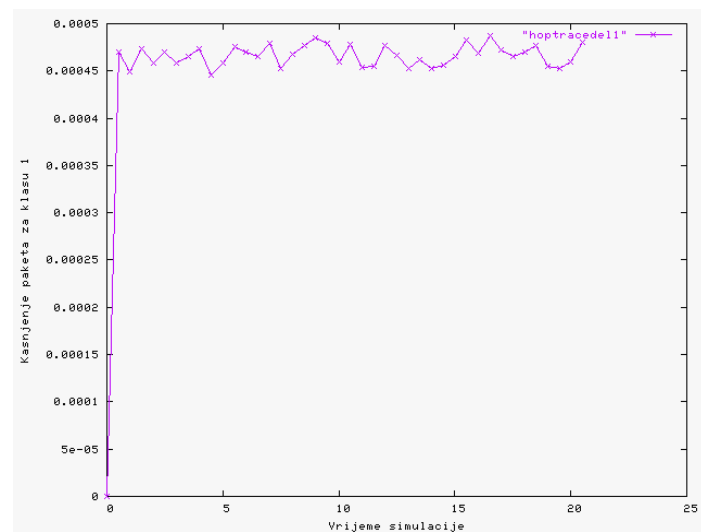


a) Alokacija bitske brzine za klasu 1

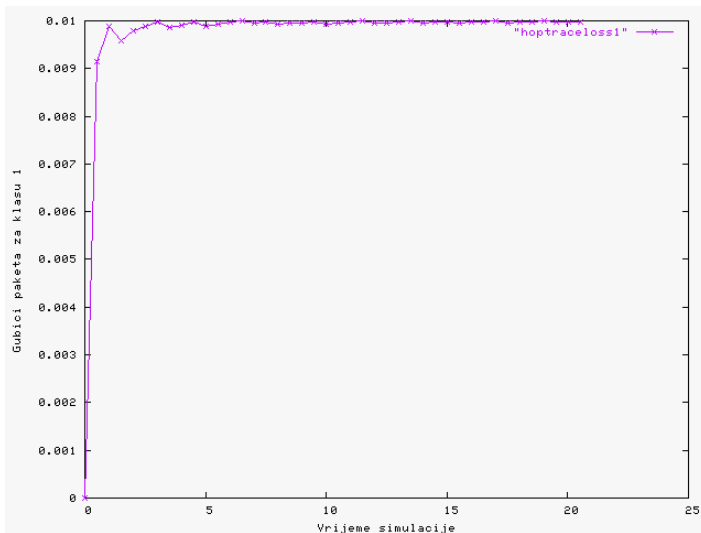


b) Alokacija bitske brzine za klasu 4

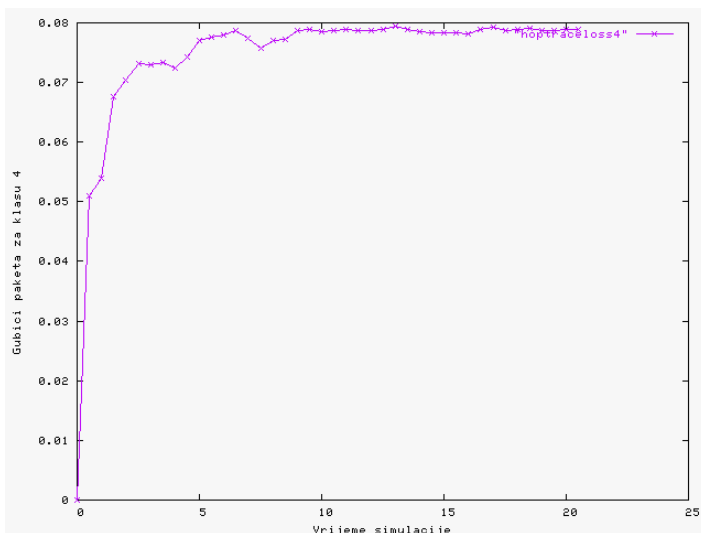
Sl.5 – Alokacija bitskih brzina za klase 1 i 4



Sl.6 – Kašnjenje paketa za klasu 1



a) Gubici paketa za klasu 1



b) Gubici paketa za klasu 4

Sl.7 – Gubici paketa za klase 1 i 4

Na Sl.7 predstavljeni su grafici gubitaka paketa za klase 1 i 4. Uslov za klasu 1 (ALC je $L1 = 1\%$), Sl.7a, nije narušen. I za ostale klase su vrijednosti gubitaka u okviru utvrđenih granica (Tab.1).

5. ZAKLJUČAK

Analizom naučnih radova i stručnih publikacija koje se bave ovom problematikom uočava se da je moguće rješenje primjena tzv. "kvantitativne AF" diferencijacije usluga za implementaciju "all-IP" arhitekture u mrežama treće i četvrte generacije [4].

Primjena kvantitativne diferencijacije usluga ima nekoliko značajnih prednosti u odnosu na druge QoS algoritme:

- Ne zahtjeva prethodnu primjenu mehanizama, kao što su uobličavanje saobraćaja (engl. traffic shaping) ili kontrola dozvole veze (engl. admission control) da bi se obezbijedile željene QoS garancije;
- Obezbeđuje dinamičku adaptaciju pri usmjeravanju paketa i kontrolu opterećenja bafera na osnovu trenutnog dolaznog saobraćaja;
- Omogućava istovremeno definisanje apsolutnih i proporcionalnih QoS garancija radi ispunjenja QoS zahtjeva u pogledu kašnjenja, paketskih gubitaka, efektivnog protoka i dr.
- Može se implementirati nezavisno u proizvoljnom boju rutera na putanji od izvora do odredišta;
- Algoritam diferencijacije usluga se obavlja u kratkim vremenskim intervalima (u periodima najvećeg opterećenja), pa se izlazni link može brzo prilagoditi na promjene intenziteta saobraćaja.

Prethodno navedene karakteristike algoritma "kvantitativne QoS diferencijacije usluga" ukazuju na mogućnost njegove primjene u povezanim mrežama, pa prema tome i u povezanim UMTS/IP mrežama. Potpunu podršku implementaciji QoS-a pri multimedijalnoj komunikaciji "s kraja na kraj" moguće je obezbijediti kombinacijom DiffServ i MPLS (MPLS – MultiProtocol Label Switching) mehanizama. MPLS omogućava upravljanje saobraćajem u smislu ravnomjernog saobraćajnog opterećenja na linkovima prenosa, kao i brzog preusmjeravanja u slučaju preopterećenja ili otkaza na linkovima. U toku su istraživačke aktivnosti na pronalaženju optimalnog modela implementacije ova dva mehanizma u 3G i 4G mrežama.

LITERATURA

- [1] N. Christin, J. Liebeherr, T. F. Abdelzaher, "A Quantitative Assured Forwarding Service", PROCEEDINGS of IEEE INFOCOM 2002, New York, June 2002.
- [2] N. Christin, J. Liebeherr, "The QoSbox: A PC-Router for quantitative service differentiation in IP networks", Technical Report CS-2001-28, University of Virginia, November 2001.
- [3] ns-2 network simulator, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [4] Y. Cheng, et al., "Efficient Resource Allocation for China's 3G/4G Wireless Networks", IEEE Communications Magazine, vol. 43, no. 1, pp. 76-83, January 2005.

Abstract –In this paper the results of the Quantitative AF Differentiation Service Algorithm are presented. This algorithm is the model for the "all-IP" architecture implementation in 3G and 4G Telecommunications Networks.

SIMULATION MODEL OF QUANTITATIVE AF DIFFERENTIATION SERVICE ALGORITHM FOR QoS SUPPORT IN 3G "ALL-IP" NETWORKS

V. Gardašević