

Kalkulator propusnog opsega za VoIP

Zvezdan Stojanović, Dušan Tošić

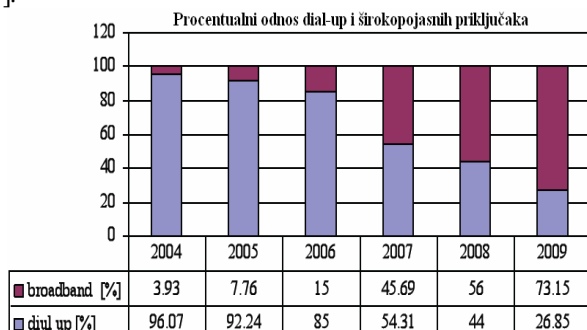
Sadržaj — Nakon dimenzionisanja PSTN mreže, dobija se optimalan broj kola koji predstavlja ulaznu veličinu za naš softverski alat pod nazivom Kalkulator propusnog opsega. Primjenom nekoliko najčešće korištenih kodnih standarda, uz razmatranje najvažnijih faktora, koji imaju uticaja na propusni opseg, izračunava se optimalan propusni opseg VoIP-a, za jednu veliku grupu pretplatnika. Pri tom se primjenjuje posebna tehnika za poboljšanje efikasnosti upotrebe propusnog opsega. Dobijeni rezultati će biti provjereni simulacijom u Matlabu.

Ključne reči — Propusni opseg, kodek, Erlangove formule, Kalkulator propusnog opsega.

I. UVOD

Posljednjih desetak godina došlo je do velikih promjena u oblasti telekomunikacija. Broj mobilnih i Internet korisnika je u stalnom porastu. Naprekan porast pretplatničke baze, upotreba aplikacija, koje zahtijevaju sve veće bitske protoke, kako za fiksne korisnike, (uvođenjem recimo IP/MPLS VPN usluge za poslovne korisnike, definisanjem ADSL tarifnih paketa sa mnogo većim protocima i uvođenjem IP TV-a preko ADSL-a za privatne), tako uvođenjem 3G-a i za mobilne korisnike, preuzimanje sve većih fajlova sa Interneta - sve to može dovesti do preopterećenja postojeće mrežne infrastrukture i može predstavljati velike probleme za mrežne administratore u njihovim pokušajima da obezbijede pouzdanost i kvalitet servisa u čitavoj mreži.

Prema podacima regulatorne agencije za komunikacije (RAK BiH), danas u BiH Internet koristi 37% ukupne populacije, dok je oko 83% korisnika mobilne telefonije, [1].



Sl.1. Odnos broja širokopojsnih i dial-up priključaka

Do prije samo par godina (Sl.1) većina korisnika je

pristup Internetu ostvarivala putem dial-up modema (56k i ISDN). Uvođenjem širokopojsnog pristupa (prvenstveno putem ADSL-a i djelimično putem infrastrukture kablovskih operatera), situacija se uveliko promijenila u korist širokopojsnosti.

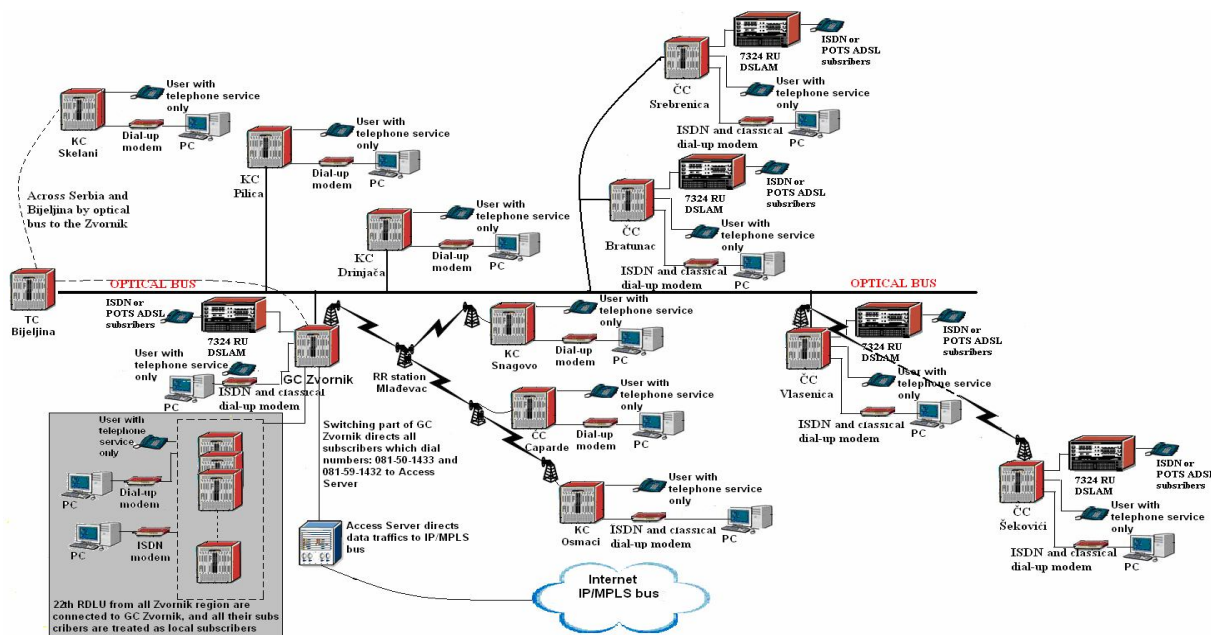
Nakon lansiranja na tržište flat tarifnih paketa i prelaskom na naplatu po protoku, a ne količini preuzetih podataka sa Interneta kao i padom cijena tarifnih paketa, saobraćaj koji generišu korisnici Interneta se značajno povećao. Navike pretplatnika se mijenjaju. Internet postaje omiljeno mjesto zabave. Pretplatnik sve više vremena provodi na Internetu, što je utvrđeno u [2] razmatranjem povećanja vremena trajanja sesije ADSL i dial-up korisnika.

Povećanje broja mobilnih pretplatnika i broja Internet pretplatnika, upotreba servisa koji zahtijevaju veće bitske protoke (veći propusni opseg), može da optereti postojeću mrežnu infrastrukturu. Velikim operaterima, koji posjeduju vlastitu mrežnu infrastrukturu na raspolaganju je nekoliko instrumenata za povećanje propusnog opsega: dodavanje novih vlakana magistralnoj mreži (skupo rješenje), uvođenje SDH opreme većeg bitskog protoka (uz vođenje računa o porastu hromatske disperzije i nelinearnih izobličenja kod STM-64), upotreba DWDM-a i primjena saobraćajnog inženjeringa za optimalno dimenzionisanje mreže i sprečavanje zagušenja.

Za male operatere bez vlastite infrastrukture, koji moraju da zakupljuju vodove od velikih mrežnih operatera (što je jako skupo), optimalno dimenzionisanje mreže je od još većeg značaja. Primjena servisa, kakav je VoIP, može pomoći manjim operaterima da postanu konkurentni na tržištu, budući da VoIP uvodi naprednije algoritme digitalne obrade govornog signala čijom primjenom se može dosta uštediti u veličini potrebnog propusnog opsega (a samim tim i na sredstvima potrebnim za njegovo iznajmljivanje).

U radu [3] je ispitana primjenjivost klasične analize zasnovanoj na Erlangovim dimenzionim formulama na dial-up (56k i ISDN) i ADSL saobraćaj. Određivanjem Hurstovog faktora za dial-up i ADSL saobraćaj, utvrđeno je da se pojava sebi-sličnosti kod ADSL saobraćaja ne može zanemariti. U [2] je data detaljnija statistička analiza dial-up i ADSL saobraćaja, uz provjeru početnih hipoteza vezanih za vrstu raspodjele, dok je u radu [3], određivanjem vrijednosti Hurstovog faktora ispitana primjenjivost klasične analize zasnovane na Erlangovim dimenzionim formulama na analizirani segment mreže Telekom Srpske. U ovom radu, polazeći od rezultata dobijenih u [2-6] i primjenom prve Erlangove B i proširene Erlangove B formule izračunavamo potreban broj kola što će predstavljati ulaznu veličinu u naš kalkulator propusnog opsega za VoIP.

Doc. dr Zvezdan Stojanović, Telekom Srpske (telefon: 387-56-231-900, e-mail: zvezdan.stojanovic@mtel.ba
 Red.prof. Dušan Tošić, Matematički fakultet, Beograd (e-mail: tdusan@turing.mi.sanu.ac.rs)



Sl. 2. Razmatrani segment mreže Telekoma Srpske

II. PRORAČUN PROPUSNOG OPSEGA ZA VOIP POZIVE

U radu [4] je izračunat propusni opseg jedne VoIP konekcije uz primjenu različitih algoritama kompresije uz razmatranje faktora koji imaju uticaja na veličinu propusnog opsega. U te faktore spadaju: veličina govornog payload-a (razmotreni su različiti intervalei semplovanja), uticaj linka podataka (kao primjer za L2 su uzeti Ethernet i PPP), kao i tehnike za poboljšanje efikasnosti upotrebe propusnog opsega (VAD i cRTP), [7] i [8].

Od interesa je odrediti propusni opseg koji je potreban kada jedna veća grupa pretplatnika koristi VoIP servis. Ovdje ćemo razmotriti čitavo numeraciono područje (Sl.2) i pretpostaviti ćemo da su svi pretplatnici, koji ostvaruju konekciju na Internet, potencijalni korisnici VoIP servisa. Sa Sl.2 se vidi da se dial-up saobraćaj, koji dolazi na glavnu centralu u Zvorniku (GC na Sl.2), na osnovu biranih brojeva (1432 i 1433) razdvaja od govornog i potom vodi do pristupnog servera, a odatle na rubni ruter, i na magistralnu mrežu Telekoma Srpske. Mi ćemo odrediti potreban broj kola (kanala) za povezivanje glavne centrale i pristupnog servera, [5] i [6]

Intezitet dial-up saobraćaj između GC i pristupnog servera se može dati preko (1).

$$A_1 = A_{\text{dial-up}_{56k}} + A_{\text{dial-up}_{\text{ISDN}}} \quad (1)$$

Prva Erlangova formula se tada može dati preko (2).

$$P_B(m, A) = \frac{A_i^m}{\sum_{k=0}^m \frac{A_i^k}{k!}} \quad (2)$$

U (2), $P_B(m, A)$ predstavlja vjerovatnoća da su svi prenosnici u datom trenutku blokirani (u sistemu sa m servera i bez čekanja), A je intezitet dial-up saobraćaja.

Ova formula nije najpogodnija za numeričko izračunavanje jer $m!$ i A^m za veliko m dobijaju ogromne vrijednosti. Zbog toga se koristi rekurzivna formule (3) za vjerovatnoće stanja, [9] i [10].

$$P_B(m, A) = \frac{AP_B(m-1, A)}{m + AP(m-1, A)} \quad B(0, A) = 1 \quad (3)$$

Zbog same prirode dial-up saobraćaja, morali smo uzeti u obzir i određeni broj ponovljenih pokušaja uspostave konekcije. Uvodi se dodatni parametar r koji predstavlja faktor ponavljanja poziva, (Recall Factor). U Visual Basicu su napravljeni programi za proračunavanje potrebnog broja kola preko Erlangove B i proširene Erlangove B formule. Kao ulazna veličina uzet je sat najvećeg opterećenja u razmatranom periodu. Naime, na GC Zvornik je vršeno mjerenje inteziteta saobraćaja u trajanju od 20 radnih dana. Centrala je izmjerila intezitet saobraćaja koji predstavlja sumu govornog i saobraćaja podataka (Tabela 1). Na osnovu podataka dobijenih iz računovodstvenog (*billing*) sistema Telekoma Srpske za dial-up saobraćaj, mogli smo odrediti koliki je udio dial-up saobraćaja u ukupno izmjerenom saobraćaju.

Tabela 1. Mjerenje saobraćaja u GC Zvornik

Dan/Godina	BHT govornog i saobraćaja podataka (u Erlanzima)	BHT saobraćaja podataka (u Erlanzima)
15-Dec-08	74,30	26,70
16-Dec-08	70,10	25,19
17-Dec-08	74,80	26,88
18-Dec-08	69,20	24,87
19-Dec-08	74,30	26,70
22-Dec-08	75,90	27,27
23-Dec-08	71,30	25,62
24-Dec-08	74,60	26,81
25-Dec-08	75,90	27,27
26-Dec-08	76,20	27,38
19-Jan-09	66,10	27,77
20-Jan-09	71,60	30,08
21-Jan-09	67,60	28,40
22-Jan-09	67,20	28,23
23-Jan-09	68,20	28,65
26-Jan-09	72,50	30,46
27-Jan-09	70,00	29,41
28-Jan-09	64,60	27,14
29-Jan-09	66,80	28,06
30-Jan-09	70,70	29,70

Kalkulator propusnog opsega														
BHT Saobraćaj (Erlang)		30,46												
Vjerovatnoća blokiranja		0,01												
Faktor ponavljanja pokušaja		0,2												
Broj kola:		Izracunaj		42										
Algoritam	Brzina kođeka (kbit/s)	Interval smplovanja kođeka (ms)	Veličina payload-a govora (bytes)	Broj paketa po sekundi	IP/UDP/RTP	L2	L2 zaaglavlje (bytes)	cRTP	Ukupna veličina paketa (bytes)	Propusni opseg po konekciji bez VAD-a (kbit/s)	Propusni opseg po konekciji sa VAD-om (kbit/s)	Propusni opseg (bez VAD-a) između Access Server-a i komutacionog dijela centrale (Mbit/sec)	Propusni opseg (sa VAD-om) između Access Server-a i komutacionog dijela centrale (Mbit/sec)	
G.711	64	10	80	100	40	Ethernet	38	not available	158	126,400	82,160	5,309	3,451	
		20	160	50					238	95,200	61,880	3,998	2,599	
		30	240	33					318	83,952	54,569	3,526	2,292	
G.711	64	10	80	100	40	PPP	8		128	102,400	66,560	4,301	2,796	
		20	160	50					208	83,200	54,080	3,494	2,271	
		30	240	33					288	76,032	49,421	3,193	2,076	
G.711	64	10	80	100	40	PPP	8	4	92	73,600	47,840	3,091	2,009	
		20	160	50					172	68,800	44,720	2,890	1,878	
		30	240	33					240	63,360	41,184	2,661	1,730	
G.729	8	10	10	100	40	Ethernet	38	not available	88	70,400	45,760	2,957	1,922	
		20	20	50					98	39,200	25,480	1,646	1,070	
		30	30	33					108	28,512	18,533	1,198	0,778	
G.729	8	10	10	100	40	PPP	8		118	23,600	15,340	0,991	0,644	
		20	20	50					58	46,400	30,160	1,949	1,267	
		30	30	33					68	27,200	17,680	1,142	0,743	
G.729	8	10	10	100	40	PPP	8	4	78	20,592	13,385	0,865	0,562	
		20	20	50					88	17,600	11,440	0,739	0,480	
		30	30	33					22	17,600	11,440	0,739	0,480	
G.723i63	6,3	30	24	33	40	Ethernet	38	not available	32	12,800	8,320	0,538	0,349	
		60	48	16					42	11,088	7,207	0,466	0,303	
		40	40	25					52	10,400	6,760	0,437	0,284	
G.723i63	6,3	30	24	33	40	PPP	8	4	102	26,928	17,503	1,131	0,735	
		60	48	16					126	16,128	10,483	0,677	0,440	
		40	40	25					72	19,008	12,355	0,798	0,519	
G.723i63	6,3	30	24	33	40	PPP	8	4	96	12,288	7,987	0,516	0,335	
		60	48	16					36	9,504	6,178	0,399	0,259	
		40	40	25					60	7,680	4,992	0,323	0,210	
G.723i53	5,3	30	20	33	40	Ethernet	38	not available	98	25,872	16,817	1,087	0,706	
		60	40	17					118	16,048	10,431	0,674	0,438	
		40	40	25					68	17,952	11,669	0,754	0,490	
G.723i53	5,3	30	20	33	40	PPP	8	4	88	11,968	7,779	12,010	0,327	
		60	40	17					32	8,448	5,491	0,355	0,231	
		40	40	25					40	5,440	3,536	0,228	0,149	

Sl. 3. Kalkulator propusnog opsega

Pri proračunu potrebnog broja kola između centrale i pristupnog servera, uzet ćemo najveći BHT u razmatranom periodu, tj. 30.46 Erlanga (kolona 3, Tabele 1). Ovo će nam predstavljati ulazni podatak za proračun potrebnog propusnog opsega za VoIP poziv, odnosno podatak koji ćemo primijeniti u Kalkulatoru propusnog opsega (Sl.3). Kako se vidi sa Sl.3, za ciljnu vjerovatnoću blokiranja od 1% i za faktor ponavljanja pokušaja od 20%, dobijen je rezultat od 42 kola što će predstavljati ulaznu veličinu u Kalkulator propusnog opsega iz rada [6] u kojem je predstavljen Kalkulator propusnog opsega za pojedinačnu VoIP konekciju. Umnožak dobijenog broja kola i propusnog opsega za pojedinačnu VoIP konekciju (kolone 11 i 12 Tabele 1), sa i bez primjene VAD-a, sa i bez primjene cRTP-a, daje potreban propusni opseg za čitavo numeraciono područje uz pretpostavku da su svi pretplatnici koji koriste dial-up, potencijalni korisnici VoIP servisa.

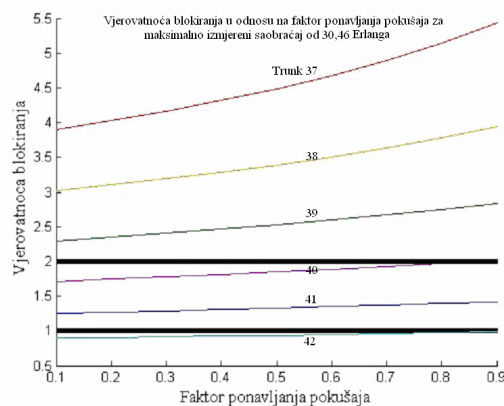
Poređenjem rezultata iz kolona 11 i 12, odnosno 13 i 14, vidimo da se primjenom naprednijih algoritama kompresije može značajno smanjiti potrebni propusni opseg za VoIP (a time i cijena iznajmljivanja istog), ali se povećava kašnjenje pri paketizaciji i vrijeme potrebno za prenos govornih paketa, što može degradirati kvalitet prenošenog govora. Potrebno je naći kompromis između cijene propusnog opsega i kvaliteta prenošenog govora [4].

III. PROVJERA DOBIJENIH REZULTATA

Sada ćemo dobijeni rezultat od 42 kola provjeriti

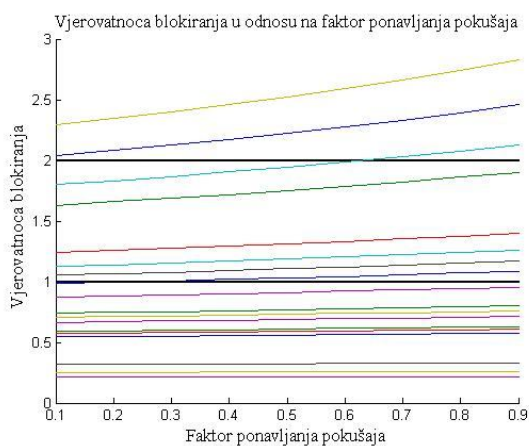
preko Matlaba. U Matlabu su napravljene Erlangova B i proširena Erlangova B formula. Podaci o satima najvećeg opterećenja iz Tabele 1 (treća kolona) će biti ulazne veličine u Matlab.

U Matlabu ćemo uraditi provjeru na dva načina. Kao ulazna veličina u prvoj provjeri (Sl.4) će biti sat najvećeg opterećenja iz kolone 3, Tabele 1, tj. 30.46 Erlanga. Broj kola mijenjamo u opsegu od 37 do 42, a faktor ponavljanja pokušaja od 0,1 do 0,9. Sa Sl. 4 se vidi da je za vjerovatnoću blokiranja od 1% traženi broj kola 42.

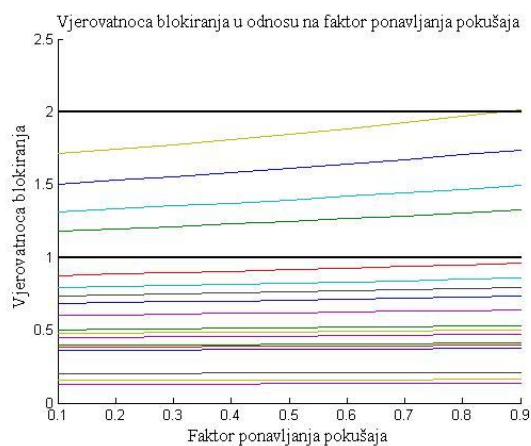


Sl.4. Odnos vjerovatnoće blokiranja i faktora ponavljanja pokušaja za maksimalni BHT (30.46 Erlanga)

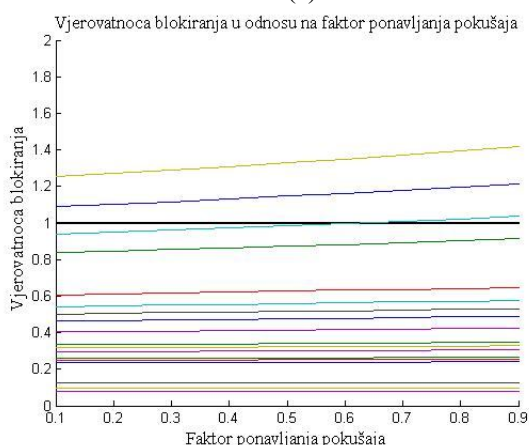
Uradit ćemo provjeru i na drugi način. Na slici 5 smo mijenjali potreban broj kola od 39 (a) do 42 (d)



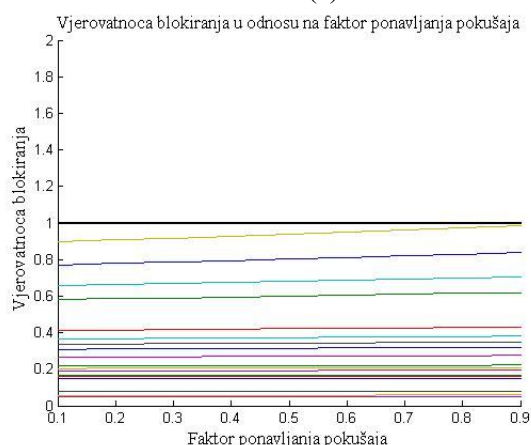
(a)



(b)



(c)



(d)

Sl.5. Odnos vjerovatnoće blokiranja i faktora ponavljanja pokušaja za konstantan broj kanala

dok nismo dostigli ciljnu vjerovatnoću blokiranja od 1% za 42 kola.

Na ovaj način smo provjerili rezultat dobijen preko našeg Kalkulatora propusnog opsega.

IV. ZAKLJUČAK

Nakon dimenzionisanja mreže i određivanja optimalnog broja kola za ciljnu vjerovatnoću blokiranja od 1% i za faktor ponavljanja pokušaja od 20%, vodeći računa o najvažnijim faktorima koji imaju uticaja na veličinu propusnog opsega, izračunat je propusni opseg za VoIP za dial-up pretplatnike pod pretpostavkom da su svi potencijalni korisnici VoIP-a.

LITERATURA

- [1] RAK BiH, "Godišnji izvještaj regulatorne agencije za komunikacije za 2009 godinu," tehnički izvještaj, april 2010.
- [2] Z.Stojanović i Đorđe Babić, "Analiza ADSL i dial-up saobraćaja u segmentu mreže Telekoma Srpske", *17ti Telekomunikacioni forum TELFOR*, Beograd, Srbija, 2009 pp. 126-129.
- [3] Z.Stojanovic and Đ-Babić, "Pojava sebi-sličnosti saobraćaja u pristupnoj mreži Telekoma Srpske" *18ti Telfor 2010.*, submitted for publication.
- [4] Z.Stojanovic i D.Tošić, "Proračun potrebnog propusnog opsega za VoIP poziv", *17ti Telekomunikacioni forum TELFOR*, Beograd, Srbija, novembar 2009, pp 447-450.
- [5] Z.Stojanovic and Đ.Babić, "Bandwidth Calculation for VoIP Network Based on PSTN Statistical Model", *Facta Universitatis*, vol 23, No 21, april 2010, pp 73-88.
- [6] Z. Stojanović and Đ. Babić, "Traffic engineering for VoIP network based on PSTN statistical models", *9th IEEE*

International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS, Niš, Srbija, 2009., pp. 564-568.

- [7] Anonymous, "Voice over IP-Per Call Bandwidth Consumption", White-Paper, Cisco Press, April 2005.
- [8] Anonymous, "Traffic Analysis for Voice over IP", White-Paper, Cisco Press, Jun 2001.
- [9] V. B. Iverson, "Teletraffic engineering handbook", Technical University of Denmark, Jun 2006.
- [10] M.R. Bakmaz i Z.S Bojković "Uticaj Erlangovih istraživanja na razvoj Teorije telekomunikacionog saobraćaja", *15ti Telekomunikacioni forum TELFOR*, Beograd, Srbija, 2007, pp 56-62.

ABSTRACT

In this paper an analysis about calculation proper bandwidth for VoIP calls after proper dimensioning of PSTN network is done. For this purpose, we use Erlang B and extended Erlang B formulae. Further, we have developed a software tool, named Bandwidth Calculator, to calculate proper number of the circuits on the PSTN side and after that IP bandwidth. Traffic analysis is conducted for VoIP networks networks considering impact of the following factors on the bandwidth: voice codecs, samples, VAD, RTP compression. The results obtained by bandwidth calculator are compared to simulation results and data obtained by measurements.

Bandwidth calculator for VoIP
Zvezdan Stojanović, Dušan Tošić