

# Analiza ADSL i dial-up saobraćaja u segmentu mreže Telekoma Srpske

Zvezdan Stojanović, Đorđe Babić

**Sadržaj:** U poslednjih nekoliko godina došlo je do značajnih promjena u mreži Telekoma Srpske. U većoj mjeri je završen proces digitalizacije postojećih prenosnih i komutacionih sistema. Došlo je i do velikog povećanja broja pretplatnika, prvenstveno mobilne telefonije i Interneta. U ovom radu ćemo razmotriti kako se kretala promjena broja Internet pretplatnika u posmatranom segmentu mreže Telekoma Srpske i ukazati na promjene u samoj strukturi Internet pretplatnika: umjesto do prije samo godinu dana preovladavajućeg klasičnog dial-up i ISDN pristupa Internetu, usljed drastičnog smanjenja cijena i povećanja brzine protoka, ADSL je preuzeo primat i postao dominantan način za pristup Internetu.

**Keyword:** Dial-up, ADSL, servisno vrijeme

## I. UVOD

U radu ćemo analizirati i uporediti dvije kategorije Internet pretplatnika u segmentu mreže Telekoma Srpske: dial-up (klasični i ISDN) i ADSL. Kompletna karakterizacija mrežnog saobraćaja se vrši na osnovu servisnog vremena. Servisno vrijeme ćemo definisati kao vrijeme u kojem je telefonska linija (ili modem) u upotrebi za datu sesiju, uključujući inicijalizaciju modema [1], [2]. Ovaj parametar zajedno sa izmjerenim saobraćajem će nam pokazati kako se mijenjao dial-up i ADSL saobraćaj u vremenu sa obzirom na dužine konekcija, broja konekcija i ostvarenog inteziteta saobraćaja.

Osnovni ograničavajući faktori prilikom sprovođenja analize, jesu podaci do kojih se moglo doći. Radi tačnosti analize bili su potrebni podaci u jednom dužem vremenskom periodu zbog čega smo se pri analizi morali ograničiti na zborničko numeraciono područje za koje se mogla dobiti većina potrebnih podataka kako mjerenjem saobraćaja na GC centrali u Zvorniku, tako i iz billing sistema u Banja Luci.

Podatci za dial-up i ADSL pretplatnike do avgusta mjeseca 2008 god su dobijeni iz billing sistema Telekoma Srpske. Dial-up pretplatnici su praćeni kroz billing sistem do maja 2009 god. Podaci koji su prikupljeni snimanjem protoka saobraćaja sa zborničkog DSLAM-a (preko BRAS servera u Banja Luci) mogu da posluže samo kao dobar orjentacioni pokazatelj o promjeni udjela ADSL saobraćaja u ukupnom saobraćaju podataka koji je za veoma kratko vrijeme do te mjere porastao da se već može govoriti o opravdanosti primjene klasičnih i ISDN dial-up modema isključivo u ruralnim područjima u kojima još nisu obezbjeđene osnovne tehničke pretpostavke (ili u

njima postoji stara centrala sa dvojničkim brojevima, ili nisu povezana optikom ili što je najčešći slučaj, planom tenderske nabavke DSLAM-ova još nisu došla na red).

U nastavku će se prvo opisati regresiona analiza koja treba da posluži za određivanje budućeg trenda ponašanja pretplatnika, a potom će biti sprovedena statistička analiza dial-up i ADSL saobraćaja.

## II. REGRESIONA ANALIZA I SIMULACIJA U MATLABU

Koristit ćemo regresioni model kako bismo analizirali uticaj povećanja broja pretplatnika na saobraćaj podataka za kategorije pretplatnika koje razmatramo. Regresiona analiza će nam omogućiti da pronademo budući trend ponašanja pretplatnika. Analiza će se sprovesti na osnovu realnih podataka dobijenih mjerenjem. Regresiona analiza uključuje procjenu nepoznatih parametara, izračunavanje disperzionih karakteristika i drugih statističko-analitičkih indeksa [3].

Regresioni model se primjenjuje ako je potrebno analitički izraziti odnos između pojava. Cilj je pronaći odnos između jedne varijable Y i jedne ili više varijabli X. Najjednostavniji model regresije je linearna regresija (1).

$$Y = a + bX + u \quad (1)$$

X je nezavisna varijabla, Y je zavisna varijabla, u nepoznato rezidualno odstupanje (ocjena greške relacije), a i b su nepoznati parametri. Za n vrijednosti, (1) se može napisati u obliku (2):

$$y_i = \hat{y}_i + u_i, \text{ gdje je } \hat{y}_i = a + bx_i \quad (2)$$

pri čemu je  $\hat{y}_i$  deterministički dio modela. Rezidual se tada izračunava preko (3).

$$u_i = y_i - \hat{y}_i, \quad u_i = y_i - a - bx_i \quad (3)$$

U principu, bolji model se može napraviti preko metoda kvadratne regresije i metoda najmanjih kvadrata (4):

$$y_i = a + bx_i + cx_i^2 + u_i, \quad i=1,2,\dots,n, \quad (4)$$

Rezidualna suma kvadrata se može izraziti preko (5).

$$SQ = \sum_i^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (a + bx_i + cx_i^2))^2. \quad (5)$$

Nepoznati parametri a, b i c se nalaze rješavanjem sistema (6):

$$\frac{\partial SQ}{\partial a} = 0; \quad \frac{\partial SQ}{\partial b} = 0; \quad \frac{\partial SQ}{\partial c} = 0. \quad (6)$$

Koristit će se Matlab softverski paket za matematička izračunavanja.

Mr. Zvezdan Stojanović dipl.ing.el, Telekom Srpske  
Doc, dr Đorđe Babić, Slobomir P Univezitet, Bijeljina

### III. ANALIZA SAOBRAĆAJA

Sav saobraćaj podataka, bilo dial-up ili ADSL, se usmjerava na IP-MPLS magistralu, u slučaju dial-up-a preko Access Server-a, dok se u slučaju ADSL-a saobraćaj usmjerava direktno. Na Sl. 4 prikazan je segment mreže koji razmatramo. Ukupni saobraćaj podataka, koji izlazi na IP/MPLS magistralu se može izraziti formulom:

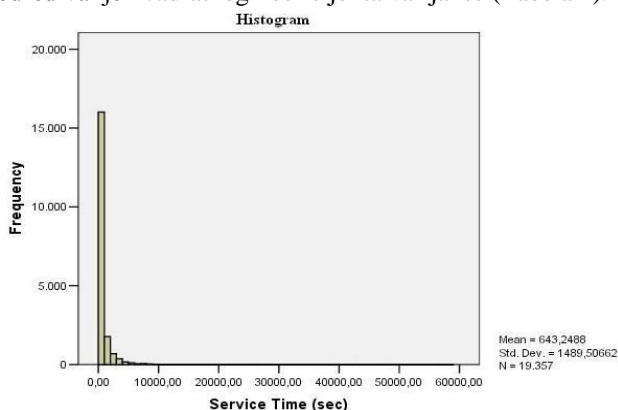
$$A_i = A_{\text{dial-up}_{56k}} + A_{\text{dial-up}_{\text{ISDN}}} + A_{\text{ADSL}} \quad (7)$$

U nastavku ćemo posmatrati prvo dial-up saobraćaj (prva dva sabirka u jednačini 7), a potom i ADSL saobraćaj.

#### A. Analiza dial-up saobraćaja

U mreži Telekoma Srpske postoje dvije kategorije dial-up pretplatnika i to pretplatnici koji koriste standardni dial-up (kod koga je pristup Internetu omogućen upotrebom korisničkog imena i lozinke a vrijeme koje se može provesti na Internetu se zakupljuje unaprijed i pretplatnici koriste analogne ili ISDN modeme za pristup Internetu) i pretplatnici koji koriste anonimni dial-up (njega koriste pretplatnici koji nemaju registrovan nalog i on je koristan za nekoga ko je recimo potrošio svo vrijeme na svom korisničkom nalogu, ali mu je potrebno da hitno pristupi Internetu, recimo radi preuzimanja e-mail-a). Pretplatnicima kod anonimnog dial-up-a nije potrebno ni korisničko ime ni šifra za pristup Internetu, a koriste za pristup takođe dial-up i ISDN modeme.

Pretpostavka od koje se pošlo pri karakterizaciji saobraćaja dial-up pretplatnika preko servisnog vremena jeste ta da se ono podvrgava eksponencijalnoj raspodjeli. Postoji više načina da se provjeri ta početna pretpostavka, a ovdje se ograničilo na crtanje histograma (Sl.1) i na određivanje kvadratnog koeficijenta varijanse (Tabela 1).



Sl. 1. Histogram servisnog vremena

Sa histograma (Sl.1) se jasno vidi da je za najveći broj konekcija servisno vrijeme jako kratko. To nas može navesti na zaključak, da recimo korisnici dial-up-a obavljaju relativno kratke operacije putem dial-up-a, kao što su pregledavanje mail-ova, preuzimanje tekućih obaveza zaposlenih, ili recimo to može biti posljedica neuspješnog ostvarivanja dial-up konekcija.

Tabela 1: Statistike servisnog vremena po danima

	Average Number of Sessions	Mean (sec)	Standard Deviation	50 % Median	Variance	$C_x^2$
MONDAY	979,00	643,25	1.489,51	167	2.218,630	5,36
TUESDAY	961,00	588,62	1.373,00	132	1.885,139	5,44
WEDNESDAY	945,00	598,88	1.291,33	130	1.667,536	4,65
THURSDAY	971,00	621,78	1.498,38	146	2.245,164	5,81
FRIDAY	945,00	614,40	1.467,29	138	2.152,931	5,70
SATURDAY	821,00	622,87	1.617,34	129	2.615,778	6,74
SUNDAY	808,00	637,38	1.425,07	130	2.030,814	5,00

Za bolju karakterizaciju servisnog vremena dial-up saobraćaja izračunat ćemo srednje vrijeme (prsto aritmetičko), varijansu i standardnu devijaciju (Tabela 1).

Za crtanje narednih dijagrama posmatrano je šest mjeseci za dial-up od avgusta 2008 do januara 2009 god. Zanimljive razlike bi bile za bilo koji izabrani skup kod dial-up (radilo se sa podacima od 17 mjeseci).

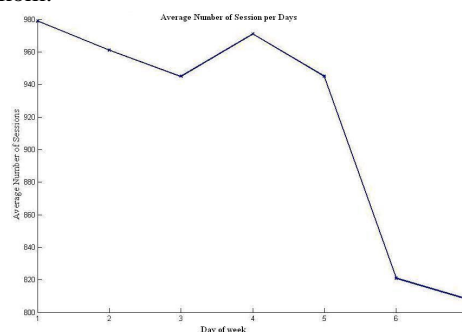
Iz Tabele 1 bi se moglo zaključiti da pretplatnici ostvaruju nešto manji broj dial-up konekcija vikendom, dok se vremena trajanja konekcija po danima malo razlikuju.

Iz Tabele 1 se može iz sedme kolone pročitati jedan jako bitan podatak koji nam može sa velikom tačnošću reći kojoj vrsti raspodjele podliježe servisno vrijeme. To je kvadratni koeficijent varijanse koji se izračunava prema (8).

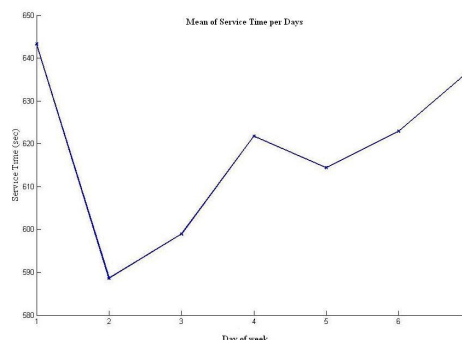
$$C_x^2 = \text{var}(x) / E(x)^2 \quad (8)$$

Podatke o varijansi i srednjem vremenu trajanja konekcije očitavano iz pete, odnosno treće kolone tabele 1.

Ako bi  $C_x^2$  bilo jednako 1, radilo bi se o eksponencijalnoj raspodjeli, za  $C_x^2 = 1/k$  u pitanju bi bila Erlang k distribucija, a za  $C_x^2 > 1$  u pitanju je n-stepena hipereksponecijalna distribucija, što je naš slučaj. To je u saglasnosti sa radovima [4] i [5] u kojima se kaže da za mali intezitet saobraćaja, kratke intervale i malu gustinu paketa raspodjela odstupa od eksponencijalne (naš slučaj), ali će se za velike intezitete saobracaja približiti njoj. Na osnovu podataka iz tabele 1 možemo nacrtati dijagrame koji pokazuju grafički kako se mijenjao broj konekcija po danima (Sl.2) i dijagram na Sl.3 koji nam prikazuje dužine trajanja konekcije (u sekundama) po danima. Sa Sl.2 i iz Tabele 1 (druga kolona) se vidi da je najveći broj sesija ponedjeljkom.

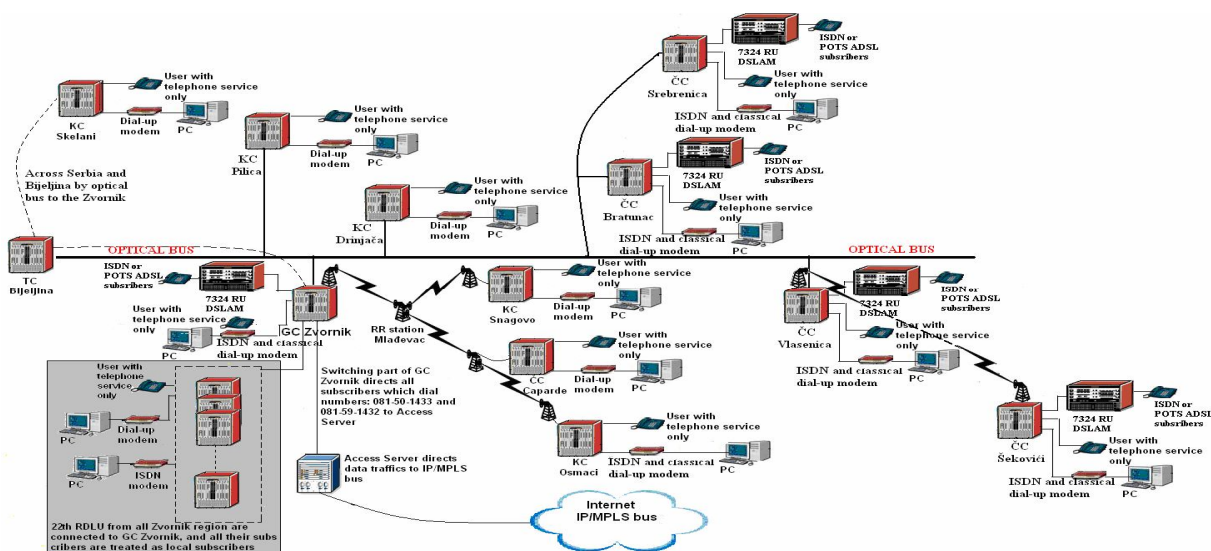


Sl. 2. Srednje vrijeme broja konekcije po danima



Sl. 3. Srednje vrijeme trajanja konekcije po danima

Iz Tabele 1 (kolona 3) i sa Sl.3 se vidi da je najduže srednje vrijeme trajanja sesije ponedjeljkom i iznosi oko 10 min.



Sl. 4. Razmatrani segment mreže Telekoma Srpske

Nakon sprovedene statističke analize dial-up saobraćaja na osnovu podataka iz billing sistema u trajanju od 17 mjeseci, pokazat će se kako se mijenjao broj pretplatnika dial-up-a u tom periodu, kao i saobraćaj koji pretplatnici generišu (preko sata najvećeg opterećenja).

Na Sl.4 je prikazan segment mreže koji analiziramo. Sa Sl.4 se vidi da pretplatnici sa krajnjih centrala (KC na Sl.4) koriste iste trunk-ove za prenos govora i podataka do glavne centrale (GC na Sl.4) u Zvorniku. Komutacioni dio EWSD centrale u Zvorniku vrši razdvajanje govornog saobraća i saobraćaja podataka na osnovu biranog broja. Anonimni dial-up korisnici biraju broj 081-59-1433, dok klasični dial-up korisnici biraju broj 081-59-1432, kao i svi pretplatnici GC EWSD centrale (bilo da su u Zvorniku ili u nekom od RDLU-ova). Sve pretplatnike koji biraju ove brojeve komutacioni dio EWSD-a usmjerava na Access Server. Komutacioni dio EWSD centrale i Access Server-a su spojeni sa tri primarna pristupa. Poslije toga podaci se usmjeravaju na IP-MPLS magistralu.

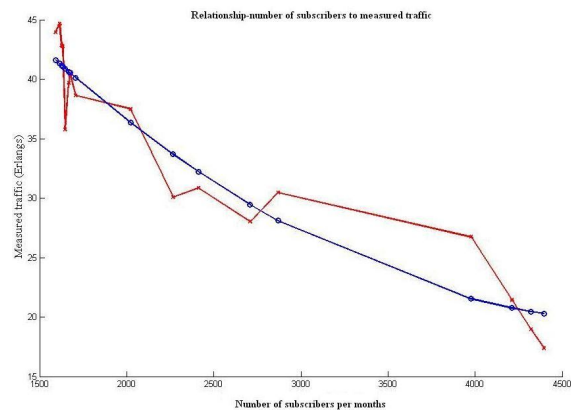
Tabela 2: Broj dial-up pretplatnika po mjesecima i BHT iz billing sistema Telekoma Srpske i izračunatim preko Matlaba

Month / Year	Number of Dial-up Subscribers Per Month	Measured Data Traffic BHT (Erlang)	Regression Data Traffic BHT (Erlang)
Jan-08	1591	43,94	41,61
Feb-08	1615	44,66	41,30
Mar-08	1625	42,85	41,17
Apr-08	1633	42,76	41,07
May-08	1647	35,78	40,89
Jun-08	1667	39,68	40,63
Jul-08	1675	40,42	40,53
Aug-08	1706	38,64	40,14
Sep-08	2022	37,50	36,35
Oct-08	2266	30,09	33,69
Nov-08	2411	30,84	32,21
Dec-08	2709	28,01	29,45
Jan-09	2869	30,46	28,10
Feb-09	3978	26,74	21,52
Mar-09	4211	21,43	20,75
Apr-09	4321	18,95	20,46
May-09	4395	17,38	20,29

Na osnovu podataka dobijenih iz billing sistema Telekom Srpske i na osnovu usvojenog pojednostavljenja da sat najvećeg opterećenja (BHT) čini 17% saobraćaja za taj dan, izračunati su sati najvećeg opterećenja (Tabela 2) za jedan dugi vremenski period od 17 mjeseci. Upotrebom

regresione analize (korišćena je kvadratna regresija) i na osnovu izračunatih podataka iz Tabele 2 (2 i 4ta kolona) nacrtana je plava kriva dok je crvena kriva nacrtana na osnovu stvarnih podataka (2 i 3će kolone).

Sa Sl.4 i iz tabele 2 se vidi da iako broj dial-up pretplatnika neprekidno raste, saobraćaj koji oni generišu opada. To je posljedica činjenice da je danas prevladajući način pristupa Internetu preko ADSL-a. Svaki pretplatnik, uz otvoren ADSL nalog, dobija besplatno i nekoliko dial-up naloga, koje mahom ne koriste ili koriste za kratke servise poput čitanja e-mail-ova, tako da se može reći da je porast broja dial-up pretplatnika više fiktivan, nego stvarni.



Sl. 5. Odnos između broja pretplatnika i izmjerenog saobraćaja

### B. Analiza ADSL saobraćaja

Statistička analiza ADSL saobraćaja je sprovedena od marta do avgusta mjeseca 2008. To je period u kojem je, nakon prvobitnog „buma“ i nakon što su se instalisani kapaciteti jako brzo popunili, do septembra mjeseca i novih proširenja i uvođenja flat tarifnih paketa, broj pretplatnika jaka malo ili nikako mijenjao (zbog tadašnje komplikovane tenderske nabavke).

Ova analiza se mora razlikovati u odnosu na sprovedenu analizu saobraćaja dial-up pretplatnika, ne samo zbog toga što se radi o mnogo manjoj pretplatničkoj bazi, nego što se pri analizi trajanja ADSL konekcije u naznačenom

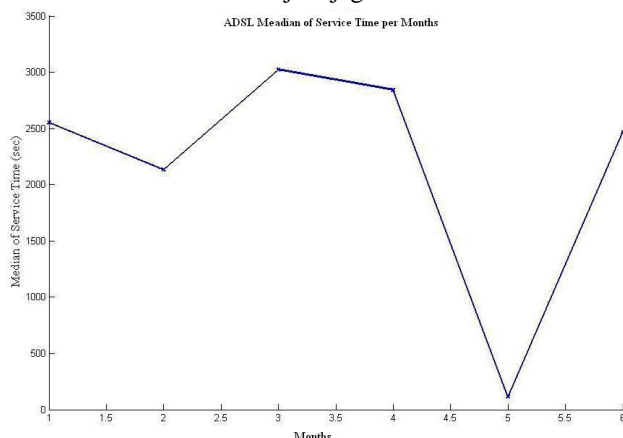


vremenskom intervalu, primijetilo nekoliko ekstremnih vrijednosti. Ove jako velike vrijednosti, vjerovatno su posljedica činjenice da je pretplatnik ostavio konekciju otvorenom (tada se naplaćivala količina preuzetih podataka a ne trajanje konekcije). To bi uveliko narušilo tačnost analize, tako da se u radu umjesto izračunate aritmetičke srednje vrijednosti koristila poziciona medijana srednja vrijednost i analiza se vršila kumulativno po mjesecima a ne po danima (Tabela 3, kolona 4).

Tabela 3: Statistike servisnog vremena po mjesecima

Month	Average Number of Session (sec)	Standard Deviation	50 % Median
Mar-09	23706,06	84862,62	2554,00
Apr-09	18598,26	70477,57	2133,50
May-09	27770,77	84020,19	3024,00
Jun-09	26300,13	88813,58	2844,00
Jul-09	14738,92	75476,43	113,00
Aug-09	32418,04	139065,22	2469,50

Zadovoljavajuća tačnost se dobija i prostim odbacivanjem tih ekstremnih vrijednosti. Na osnovu podataka iz tabele 1 nacrtan je dijagram na Sl.6.



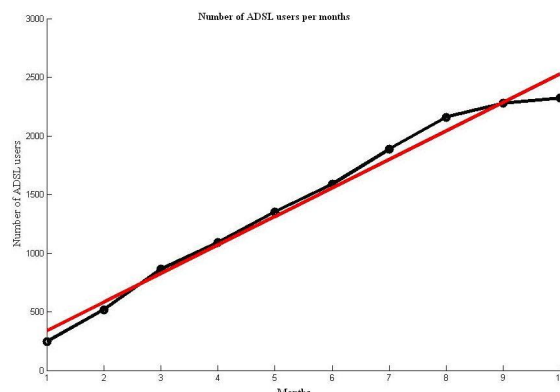
Sl. 6. Medijana servisnog vremena po mjesecima

Na Sl.6 se vidi kako se kretala medijana servisnog vremena po mjesecima. Na osnovu podataka sa Sl.6 i iz Tabele 3, vidi se da se medijana servisnog vremena kod ADSL korisnika veća nego kod dial-up korisnika. Analiza je vršena za period dok su još postojali tarifni paketi gdje se naplaćivala količina preuzetih podataka sa Interneta. Situacija se uvođenjem flat tarifnih paketa još više promijenila u korist ADSL saobraćaja u odnosu na dial-up. Broj ADSL pretplatnika je u stalnom porastu (Tabela 4).

Tabela 4: Broj ADSL pretplatnika (POTS+ISDN)

Month / Year	Number of ADSL Subscribers Per Month	Regression Number of ADSL Subscribers Per Month
Aug-08	244	336
Sep-08	519	579
Oct-08	864	822
Nov-08	1089	1065
Dec-08	1351	1308
Jan-09	1587	1551
Feb-09	1887	1795
Mar-09	2160	2038
Apr-09	2277	2281
May-09	2321	2524

Na Sl.7 je prikazana grafička prezentacija povećanja broja pretplatnika u vremenu pri čemu je crvena kriva regresiona kriva (korištena je linearna regresija), dok je crna kriva nacrtana na osnovu stvarnih podataka.



Sl. 7. Povećanje broja ADSL pretplatnika u vremenu

Na osnovu podataka dobijenih mjerenjem saobraćaja sa zvoničkog DSLAM-a (razdvajanjem saobraćaja na BRAS serveru u Banja Luci) provedenih u trajanju od četiri dana u maju mjesecu 2009 dobijeni su podaci o satu najvećeg opterećenja za ta četiri dana od oko 500 erlanga (nije dobijeno dovoljno podataka radi bolje analize).

Ovaj podatak ipak možemo uzeti kao orjentacioni i kad ga poredimo sa 18 erlanga BHT-a, izmjerenih za dial-up pretplatnike u tom mjesecu, ipak možemo zaključiti da je ADSL tehnika pristupa Internetu uveliko odnijela prevagu, a da se dial-up danas koristi većinom u ruralnim oblastima bez tehničke mogućnosti za ADSL ili za kratke servise poput e-mail-a, čitanja izvještaja o vremenu i sl.

## LITERATURA

- [1] D. C. Novak, "A methodology for characterization and performance analysis of connection-based network access technologies", Ph. D dissertation Virginia Polytechnic institute and State University, 2001
- [2] J. Färber, S. Bodamer, J. Charzinski, „Statistical evaluation and modeling of Internet dial-up traffic“, University of Stuttgart, 1999
- [3] I. Šošić, V Serder „Uvod u statistiku, Zagreb, 2000.
- [4] J. W. Roberts, "Traffic Theory and the Internet", IEEE Communication Magazine, 2001
- [5] V. Gout, S. Cunningham, "A note on the distribution of packet arrivals in high-speed data networks", University of Wales, 2004.

## ABSTRACT

In this paper we present statistical analysis of ADSL and dial-up traffic which is based on a large set of data obtained by traffic measurements. It can be conclude that ADSL traffic is dominant technology today. Dial-up access today can be used mainly in rural regions with no technical solutions for broadband access or possible for the short time services such as e-mail, weather report, or so on.

### Analysis of ADSL and dial-up traffic in a segment of Telekom Srpske network

Zvezdan Stojanović, Đorđe Babić