

ANALIZA E-MAIL SERVISA KROZ IP RADIO VVF MREŽU MALOG KAPACITETA

Jovan Bajčetić, Boban Pavlović
Vojna akademija u Beogradu

Sadržaj: *Ostvarivanje komunikacije na udaljenosti do 10 km, bez formirane mrežne strukture, a u lošim uslovima propagacije, uz ometanje moguće je VVF radio-komunikacionim sistemima sa ugrađenim mehanizmima zaštite. U jednoj VVF mreži moguće je ostvariti paketski prenos brzinama do 20 kb/s. Ograničenje brzine uslovljava širina kanala od 25 kHz, modulacija (8CPM), mehanizam pristupa medijumu (frekvencijsko skakanje) i zaštita informacije. Kao jedan od standardnih servisa, a za ovakvu vrstu mreže i najpodesnijih, predstavlja razmena e-mail poruka putem SMTP protokola. U radu je opisan i analiziran jedan realni mrežni scenario u kome su ispitane mogućnosti mreže sa aspekta mail server – mail client komunikacione sesije. Radi pronalaženja optimalne količine informacije koja se može preneti u ovim uslovima, testiran je prenos fajlova različitih veličina uz mogućnost segmentiranja podataka*

Ključne reči: *VVF radio mreža, SMTP, e-mail, paketski prenos, IP mreža, zaštita komunikacije*

1. Uvod

Radio komunikacione mreže su bazični sistem prenosa informacija za korisnike u pokretu. Tehnološki, bežične komunikacije, uzimajući u obzir servise koje korisnici najčešće koriste (video striming, pristup *web* sadržajima, SMTP mail komunikacija između servera i klijenta...) u potpunosti zadovoljavaju zahteve, jer brzinama prenosa, kao i kvalitetom servisa koji trenutno omogućavaju, ne predstavljaju „usko grlo“ u komunikacionoj liniji. Brzine prenosa od preko 2 Mb/s omogućavaju dovoljan protok za zahtevne aplikacije, a ostvarive su korišćenjem, po ceni, vrlo pristupačnih bazičnih mrežnih uređaja kao što su kartice za bežični pristup, bazične pristupne tačke i bežični ruteri. Javni sistem mobilne telefonije sa svojim modernim baznim stanicama, koje podržavaju inteligentnu raspodelu spektralnih resursa, omogućava da korisnici mobilne telefonije trenutno ostvaruju radio prenos brzinama do 5 Mb/s. Od najšire rasprostranjenih standardizovanih tehnika radio pristupa, ističu se WiFi (IEEE 802.11), WiMAX (IEEE 802.16), 3G mobilna telefonija (CDMA 2000, UMTS, HSPA), dok se u upotrebu, postepeno, u skladu sa rastućim zahtevima korisnika uvode i tehnike 4G bežičnog pristupa (HSPA+, IEEE 802.16e i LTE).

Za postizanje ovako širokog propusnog opsega zaslužna je napredna tehnologija pristupa za čije je ostvarivanje neophodno koristiti stacionarnu infrastrukturu na čije se resurse pokretni korisnici oslanjaju. Daljina ostvarivanja komunikacije je zavisna od mnoštva faktora u koje spadaju način pristupa medijumu, snaga predajnog signala bazne stanice ili pristupne tačke, osetljivost prijemnika, odnos snage korisnog signala i šuma + smetnje na mestu prijema čiji minimum je definisan vrstom modulacione tehnike, kao i fading koji može predstavljati problem, naročito u urbanim područjima.

U situacijama kada je dinamika aktivnosti takva da se u skladu sa pokretom korisnika mora menjati mrežna struktura i kada se uzme u obzir da je u specifičnim kriznim situacijama u svakom trenutku moguće da mrežni čvorovi ostanu bez izvora za napajanje ili budu uništeni, najpodesnije je komunikacionu mrežu bazirati na samoformirajućoj ad hoc (*ad hoc*) mreži [1]. Krizne situacije u kojima stacionarna mreža može biti u opasnosti mogu biti borbene situacije u slučaju eventualnog oružanog sukoba, masovno uništenje komunikacija, prenosnih puteva i mrežnih čvorova u slučaju elementarnih nepogoda, kao i narušavanje elektroenergetskog sistema u dužem periodu.

Vojne taktičke bežične komunikacione mreže zasnivaju se na brzoformirajućim mrežama čiji su informacioni tokovi višestruko zaštićeni, prenos je otporan na ometanje, a udaljenosti na kojima se formiraju veze se mere desetinama kilometara. Ovakve komunikacije se ostvaruju koršćenjem resursa VVF frekvencijskog opsega gde je širina kanala najčešće, u skladu sa modulacionim tehnikama limitirana na 25 kHz. Tehnika pristupa medijumu zasniva se na CSMA/CD principu, a proces prenosa se vrši frekvencijskim skakanjem, po pseudoslučajnom obrascu, u skladu sa ključem za zaštitu komunikacije. Modulacione tehnike za prenos su otporne na ometanje, tako da se veza može smatrati vrlo žilavom u slučaju postojanja ometačkog signala.

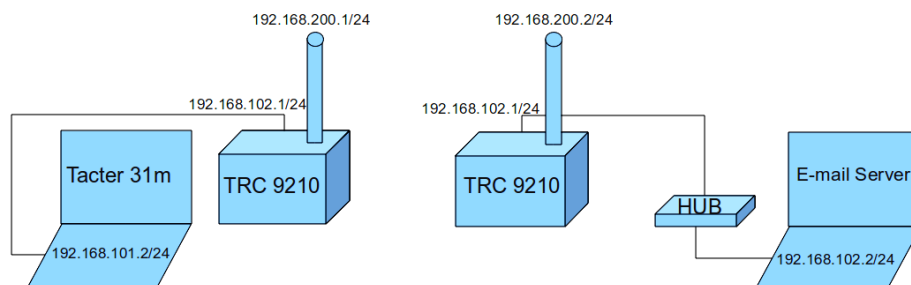
Korisnici ovakvih mreža moraju se pomiriti sa činjenicom da su iz svega navedenog, moguće brzine prenosa limitirane na svega nekoliko desetina kb/s. Pod ovakvim okolnostima, potrebno je da se aplikacije koje se koriste u ovakvim mrežama optimiziraju na način da što efikasnije koriste dodeljen propusni opseg radi prenosa informacije. Jedna od situacija u kojima se može naći korisnik ovakve mreže je opisana u radu, a analiza prenosnih mogućnosti mreže se zasnivala na pouzdanom prenosu korisnog saobraćaja uobličenog po SMTP protokolu, tj. na komunikacionoj sesiji između *e-mail* servera i *e-mail* klijenta posredstvom zaštićene komunikacije upotrebom kanala u VVF frekvencijskom opsegu.

2. Osnovne karakteristike radio mreže

Digitalno bojište predstavlja situaciju u kojoj je krajnji cilj prenos informacije na pravo mesto, u pravo vreme. Elektromagnetni spektar predstavlja vrlo negostoljubivo okruženje u uslovima elektronskog rata, a njegovo korišćenje na pravi način u uslovima inteligentnih izviđačkih i ometačkih sistema predstavlja svojevrstan izazov. Radi smanjenja verovatnoće presretanja signala koji nosi informaciju, u ovakvim uslovima je neophodno da se pristup medijumu ostvaruje tehnikom koja će proširiti spektar prenošenog signala i smanjiti njegovu spektralnu gustinu srednje snage u opsegu prenosa. Najčešće korišćena tehnika širenja spektra ostvaruje se metodom frekvencijskog skakanja. Odabir frekvencija skakanja, najčešće se vrši po pseudoslučajnom obrascu koji generiše tajni algoritam, a na osnovu slučajno izgenerisanog ključa. Vreme zadržavanja

na svakoj frekvenciji traje oko 3 ms, što daje brzinu skakanja od 300 skokova u sekundi. Drugi nivo zaštite informacije kod prenosa podrazumeva njena kriptozštićenost, koja se vrši upotrebom drugog, opet slučajno izgenerisanog ključa. Posle ovakve obrade, eventualni kompromitujući elemenat koji bi neovlašćeno da dođe do informacije je u problemu za čije rešavanje se zahteva tehnološka nadmoć u smislu praćenja signala, a zatim i ogromna brzina procesorske obrade primljenog signala radi dolaženja do otvorene informacije. Korisna digitalna informacija se posle više nivoa obrade u koje, pored navedenih, spada i neki od standardizovanih sistema za detekciju i korekciju grešaka, emituje putem radio linka čiji je propusni opseg dosta uzak.

Iz svega navedenog proističe da se u ovakvom komunikacionom sistemu, za potrebe prenosa informacije zasnovane na nekom od standardizovanih protokola mora praviti kompromis između kvaliteta servisa i vremena potrebnog da bi informacija stigla na određite. Za prenos podataka, u slučaju analiziranom u ovom radu, korišćen je sistem terminalnog uređaja povezanog na radio pristupnu tačku (slika 1).



Slika 1. Veza terminalnog uređaja i radio pristupne tačke

Radio pristupna tačka (radio uređaj) je VVF radio uređaj F@stnet TRC-9210 francuskog proizvođača THALES [2]. Radio uređaj TRC 9210 je prenosni, primopredajni, softverski definisani radio uređaj VVF opsega male snage. U radio uređaj je ugrađen GPS prijemnik i IP ploča. Namenjen je za održavanje radio veze na kraćim odstojanjima u poljskim uslovima rada u mestu i pokretu. Omogućava prenos nezaštićenog ili zaštićenog govora i podataka u različitim komunikacionim režimima i vrstama rada.

Tabela 1. Parametri fizičkog sloja

Vrsta rada	Frekvencijsko skakanje, 300 skokova/s
Nominalna brzina prenosa	19200 kb/s
Rezervna brzina prenosa	9600 kb/s
Frekvencijski opsezi rada	40-43 i 62-65 MHz
Korak skakanja u okviru opsega rada	25 kHz
Snaga zračenja	27 dBm
Komunikacioni režim	IP/PAS

Radio uređaj može raditi u sledećim komunikacionim režimima:

- Borbena radio mreža (CNR – *Combat Network Radio*) za simpleksni prenos govora i podataka. U ovom režimu rada kompatibilan je sa svim radio uređajima koji rade na fiksnoj frekvenciji;
- Multipleks (IP/MUX – *Multiplex*) za jednovremeni prenos govora i IP podataka;
- Servis paketskog pristupa (IP/PAS – *Packet Access Service*) omogućava isključivo prenos IP podataka.

Za potrebe istraživanja, radio uređaj je konfigurisan za rad u IP/PAS komunikacionom režimu sa parametrima fizičkog sloja u radio mreži datim u tabeli 1.

Kao terminal mobilnog korisnika korišćen je taktički terminal Tacter-31M izraelskog proizvođača Elbit Systems [3]. Zapravo, terminal je laptop računar namenjen za rad u poljskim uslovima rada, zaštićen od elektromagnetnog ometanja, sa Windows XP SP2 operativnim sistemom na kojem je kao *e-mail* klijent aplikacija korišćen Microsoft Outlook Express. Terminal je posredstvom ugrađenog mrežnog adaptera, po ethernet portu povezan u istoj mreži sa ethernet portom radio uređaja.

3. IP/PAS komunikacioni način rada

Osnovna karakteristika IP/PAS komunikacionog režima je da korisnicima u samoformirajućoj, otpornoj na ometanje i do određenog nivoa samosvesnoj radio mreži omogući siguran prenos IP podataka i formiranje IP mrežne radio okosnice relativno male propusne moći. U IP/PAS komunikacionom režimu je od servisa koje su na raspolaganju korisniku moguće prenositi samo paketski uokvirene podatke. IP/PAS komunikacioni način rada zahteva da radio uređaj bude u FH (*Frequency Hopping*) vrsti rada, pri čemu je obezbeđen samo prenos podataka. Prenos paketa se obavlja u ramovima veličine 4 kB, pri maksimalnoj brzini prenosa od 19,2 kb/s.

Brzina prenosa je adaptivna u skladu sa trenutnim uslovima propagacije i ona se bira na osnovu proračuna koji vrše sve stanice prilikom svakog prijema informacije. U mrežama koje rade u IP/PAS modu, moguće je ostvariti prenos preko radio kanala brzinama od 2400b/s, 4800b/s, 9600b/s i 19200b/s. U toku prijema, svaka stanica procenjuje odnos signal/(šum+smetnja) i na osnovu toga bira brzinu prenosa po radio spojnom putu.

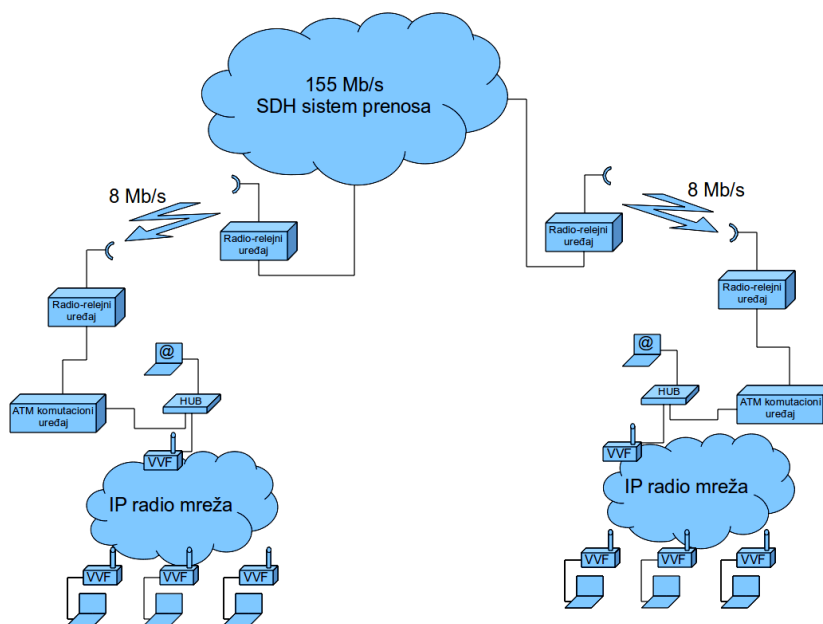
Formiranje radio međustanice (repetitora) je moguće uz pomoć samo jedne stanice koja se u tom slučaju ponaša kao ruter koji po istom radio interfejsu reemituje poruku u susednu mrežu. U mreži može postojati do 32 učesnika. Zagarantovan je kvalitet servisa (potvrda prijema paketa) za aplikacije koje ne zahtevaju širok propusni opseg radi prenosa u realnom vremenu [4].

Pristup medijumu je ostvaren prema CSMA-CD (*Carrier Sense Multiple Access – Collision Detection*) principu za pristup medijumu. U IP/PAS komunikacionom režimu, dostupne su tri vrste servisa: tačka-tačka (*point-to-point*), difuzni prenos (*broadcast*) i tačka-više tačaka (*point-to-multipoint*) prenos.

Glavna prednost IP/PAS vrste rada predstavlja mogućnost fleksibilne rekonfiguracije prema saobraćajnom opterećenju i topološkim promenama sve dok brzina kretanja mrežnih čvorova nije veća od brzine formiranja mrežne topologije.

4. Opis mrežnog scenarija

Integracija stacionarnih i pokretnih elemenata u jednu mrežnu strukturu, ukoliko se koristi oprema različitih proizvođača, može predstavljati problem. Najčešće je izvor problema eventualna nekompatibilnost između upotrebljenih komunikacionih protokola, a posebno lokalno razvijenih adaptacionih, nestandardizovanih slojeva [5]. Testna platforma sastavljena za potrebe istraživanja mogućnosti, analize i razvoja sistema komunikacije između elemenata stacionarne strukturne mreže širokopropusnog opsega i elemenata bežične strukture uskopropusnog opsega, formirana je u okviru Laboratorije vojno-elektronskih sistema na Vojnoj akademiji. Ona predstavlja u potpunosti integrisan sistem servisa koji stoje na raspolaganju korisnicima, kako u pogledu komunikacionih protokola koji su u potpunosti standardizovani i poznati, tako i u pogledu hardverske kompatibilnosti. Specifičnost celokupne mreže u odnosu na široko rasprostranjene komercijalne strukture ogleda se upravo na korišćenju u uslovima elektromagnetnog ratovanja. Elementi stacionarne strukture su komutacioni čvorovi bazirani na ATM saobraćaju koji objedinjavaju IP komponentu i komponentu nasleđenih servisa (govor, faks...) [6]. Komutacioni čvorovi su nomadski (povremeno pokretljivi elementi pristupne komunikacione ravni) koji se, u načelu oslanjaju na u potpunosti stacionaran SDH sistem prenosa, a sa kojim se uvezuju radio-relejnimi linkovima kapaciteta do 8 Mb/s (slika 2).



Slika 2. Veza između elemenata stacionarne i bežične strukture

U takvoj komunikacionoj strukturi, pristup krajnjim korisnicima je obezbeđen posredstvom terminala – elemenata u strukturi radio komunikacionih mreža, a razmena informacija se zasniva na povremenom slanju izveštaja i podataka bitnih za trenutnu situaciju. Najkonvencionalniji način slanja takve vrste podataka ostvariv je korišćenjem

e-mail servisa u Intranet mreži gde bi *e-mail* server bio jedinstven za deo celokupne mrežne strukture, a komunikacija između korisnika (*e-mail* klijenta) i servera ostvarivala bi se po zahtevu.

Iz ukupne mreže, izdvojen je elemenat dela IP radio mreže i stacionarne strukture čije su komunikacione karakteristike analizirane. Za snimanje saobraćaja korišćena je *Wireshark* aplikacija pokrenuta na terminalnom uređaju [7]. *E-mail* server je bio uvezan u stacionarnu strukturnu mrežu putem 10 Mb/s *hub* uređaja na čiji je jedan od portova bio povezan i radio uređaj u ulozu radio pristupne tačke (*Radio Access Point*). Komunikacija između *e-mail* servera i *e-mail* klijenta tekla je po protokol steku prikazanom na slici 3.

SMTP (<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>)
TCP (<i>Transmission Control Protocol</i>)
IP (<i>Internet Protocol</i>)
ETHERNET II (DIX)
<i>Physical Frame</i>

Slika 3. Stek protokol za komunikaciju

5. Analiza rezultata istraživanja

U ovom radu, izvršeno je merenje komunikacionih parametara prema sledećim kategorijama:

1. Vreme potrebno za prenos određene količine podataka sa kraja na kraj komunikacione strukture (korisne informacije);
2. Prosečna brzina prenosa podataka bez uticaja ometanja;
3. Ukupna i korisna količina podataka u komunikaciji i njihov odnos;
4. Broj neispravno primljenih paketa i njihova retransmisija koju nosi sa sobom TCP protokol, kao i uticaj retransmisije na primarne karakteristike prenosa – brzinu prenosa i vreme potrebno za prenos;
5. Kašnjenje u toku prenosa.

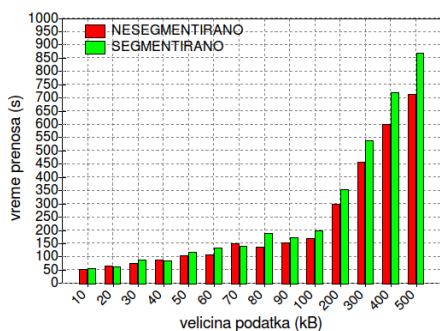
Tabela 2. Ukupno vreme prenosa korisne informacije

Redni broj		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Poruka (kB)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	500
Ukupno vreme prenosa (s)	S	49,729	55,3	82,734	77,936	110,749	128,034	134,282	182,53	166,893	190,391	347,184	531,897	712,309	862,42
	NS	45,339	59,158	69,38	80,398	97,573	102,087	142,594	131,258	147,913	161,765	292,699	451,38	595,04	706,904

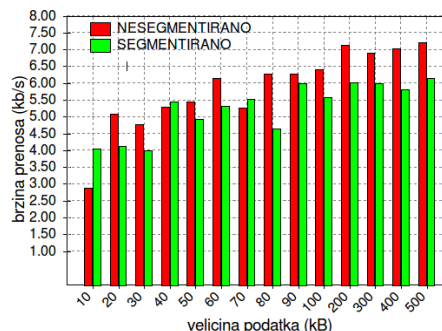
Vrednosti prethodno navedenih parametara dobijene su pomoću dva merenja. Prvo su kroz mrežu prenošeni nesegmentirani *e-mail*-ovi, (NS), a zatim je izvršeno

poređenje rezultata sa segmentiranim načinom slanja (S) kod koga su formirani segmenti veličine po 50 kB.

Vremenski intervali neophodni za prenos korisne informacije (datoteke pridružene *e-mail-u*) za svaku polaznu veličinu datoteke su prikazani u tabeli 2 i na slici 4. Merenje je vršeno za tekstualne datoteke (formata *.rtf*) veličina od 10 kB do 100 kB sa inkrementom od 10 i od 100 kB do 500 kB sa inkrementom od 100.



Slika 4. Ukupno vreme prenosa korisnih informacija



Slika 5. Brzina prenosa ukupnog saobraćaja

Analizom ukupnog vremena potrebnog za prenos korisne informacije, došlo se do zaključka da je za prenos većih datoteka (200kB, 300kB, 400kB, 500kB i više) svrsishodno ne vršiti segmentiranje poruka radi povećanja kvaliteta servisa, što predstavlja jedan od koraka u optimizaciji servisa za prenos *e-mail* poruka preko dostupnog radio spojnog puta. Segmentiranje velike količine saobraćaja znatno produžava ukupno vreme prenosa.

Tabela 3. Prosečna brzina prenosa ukupnog saobraćaja i korisnih informacija

R.b.	Poruka (kB)	Prosečna brzina prenosa podataka (kb/s)		Prosečna brzina prenosa korisnih podataka (kb/s)	
		NS	S	NS	S
1.	10	2,819128	4,005208	8,502304	7,729992
2.	20	5,026096	4,068408	8,5276	8,09076
3.	30	4,724712	3,956272	6,691536	6,37504
4.	40	5,247104	5,40668	6,897304	7,245424
5.	50	5,387448	4,881368	7,54032	7,051464
6.	60	6,09	5,268904	7,777464	6,789232
7.	70	5,209408	5,487336	5,827808	7,21808
8.	80	6,225792	4,606488	7,306192	6,044112
9.	90	6,215152	5,947864	7,34488	7,28362
10.	100	6,344752	5,528912	7,047576	7,149536
11.	200	7,07484	5,960112	7,292304	7,5540944
12.	300	6,840088	5,94792	6,810016	7,16052
13.	400	6,990672	5,75684	6,868312	7,46788
14.	500	7,16656	6,096168	7,0112	7,277808

Iz snimljenih karakteristika, došlo se do prosečne brzine prenosa ukupnog saobraćaja (tabela 3 i slika 5), kao i brzine prenosa korisnih informacija za svaku

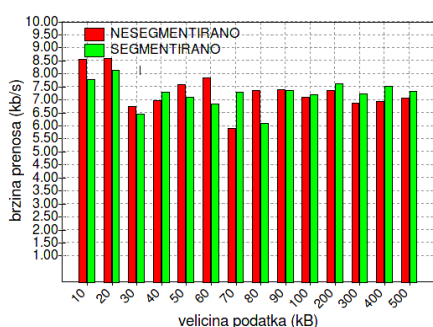
razmatranu veličinu poruke (tabela 3 i slika 6). Kritični segment komunikacionog puta sa najmanjom propusnom moći je upravo radio link između korisničkog radio uređaja i radio pristupne tačke. Sa slike 5 možemo zaključiti da ukupna brzina prenosa podataka postepeno raste porastom količine informacije. Taj porast brzine prenosa je izraženiji kod nesegmentiranog prenosa, dok se kod segmentiranog primeti konstantna prosečna brzina sa određenim nivoom odstupanja. Što se tiče brzine prenosa korisne informacije, primeti se blagi pad brzine za nesegmentirani prenos, a ne uočava se značajan uticaj na porast brzine prilikom segmentiranja poruke.

Tabela 4. Odnos korisne i ukupne količine podataka

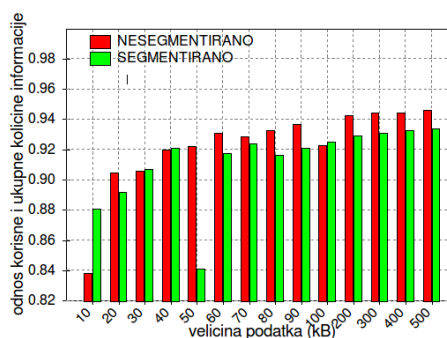
R.b.	Poruka (kB)	Odnos korisne i ukupne količine podataka	
		NS	S
1.	10	0,836781897	0,879704382
2.	20	0,90327441	0,890943356
3.	30	0,90442953	0,905755835
4.	40	0,91896761	0,920014429
5.	50	0,921000167	0,840091157
6.	60	0,929575109	0,916525348
7.	70	0,927466776	0,92290823
8.	80	0,931706935	0,915045241
9.	90	0,935664372	0,920109283
10.	100	0,921563584	0,923659771
11.	200	0,941309639	0,928260206
12.	300	0,943371293	0,930003034
13.	400	0,943157822	0,931265498
14.	500	0,945084081	0,932454023

Tabela 5. Broj ponovno poslanih paketa (izgubljenih paketa)

R.b.	Poruka (kB)	Broj ponovno poslanih paketa	
		NS	S
1.	10	0	16
2.	20	16	0
3.	30	0	0
4.	40	0	0
5.	50	0	6
6.	60	0	8
7.	70	20	0
8.	80	0	2
9.	90	0	10
10.	100	3	0
11.	200	10	4
12.	300	31	31
13.	400	46	16
14.	500	32	44



Slika 6. Brzina prenosa korisne informacije

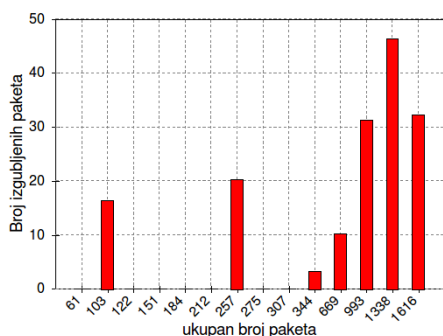


Slika 7. Odnos korisne i ukupne količine podataka

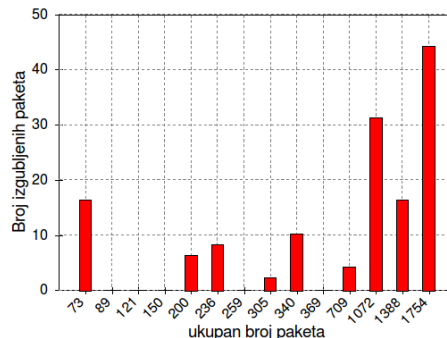
Odnos korisne i ukupne količine podataka prikazan je u tabeli 4, odnosno grafički je predstavljen na slici 7. U prethodnim razmatranjima, pod korisnim

saobraćajem smatrali su se samo paketi koji su nosili informaciju konkretnog *e-mail*-a, a ukupna količina podataka (informacije) se ticala zbira svih dodatnih paketa (koji prate komunikacionu sesiju) i korisnih paketa. Veličina korisnih paketa, kao i njihov ukupan broj bili su varijabilni u skladu sa količinom prenošene informacije. Analizom slike 7, dolazi se do zaključka da uvođenjem segmentiranja paketa, smanjuje se odnos korisne i ukupne veličine podataka, što takođe predstavlja važan podatak pri izboru optimalne količine informacije koju treba preneti radio spojnim putem. Drugi važan zaključak je vezan za činjenicu da se povećanjem količine podatka značajno povećava odnos korisne i ukupne količine informacije, pogotovo za nesegmentirani prenos.

Kao merilo upoređenja nesegmentiranog i segmentiranog načina prenosa *e-mail*-a uzet je u obzir i broj neispravno primljenih, tj. broj ponovno poslatih paketa (tabela 5 i slika 8 i 9). Radio spojni put prilikom merenja ovog parametra nije bio ometan nikakvom vrstom ometačkog signala. Upoređivanjem slike 8 i slike 9, dolazimo do zaključka da je u apsolutnom iznosu veći broj izgubljenih paketa kod nesegmentiranog prenosa. Izgled signala u RF domenu prikazan je na slici 10, gde je analizatorom spektra u relanom vremenu snimljen prenos u podopsegu od 62 do 65 MHz.

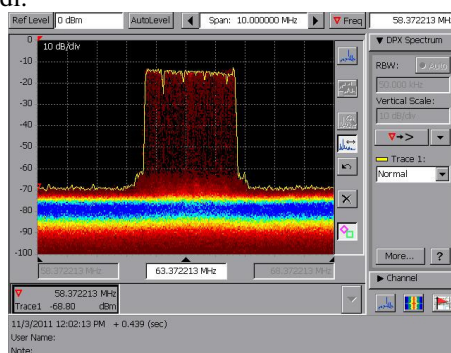


Slika 8. Broj izgubljenih paketa (nesegmentirani prenos)



Slika 9. Broj izgubljenih paketa (segmentirani prenos)

Prosečno kašnjenje u toku prenosa mereno je na informacionim SMTP paketima i iznosilo je 2,29 sekundi.



Slika 10. Izgled signala u RF domenu na analizatoru spektra

5. Zaključak

U radu je izvršena analiza prenosa *e-mail* poruka različitih veličina kroz realnu VHF radio mrežu upotrebom protokola za prenos koji zadovoljavaju visok nivo kvaliteta servisa. Na osnovu izvršenih merenja, saobraćaja na komunikacionom putu između *e-mail* klijenta i *e-mail* servera, dobijeni su i proračunati određeni komunikacioni parametri.

Analizom navedenih parametara, govoreći sa aspekta krajnjeg korisnika, izbor optimalne količine podataka koja se može preneti kroz mrežu, kao i način slanja – podelom na manje grupe paketa ili kontinualno, može značajno uticati na izbor komunikacione aplikacije. Vreme prenosa, kao opredeljujući faktor nameće cilj narednog istraživanja – ponašanje VHF radio mreže u uslovima prenosa IP podataka posredstvom protokol steka koji ne garantuje pouzdan prenos, kao i razvoj aplikacija optimiziranih za prenos u analiziranoj mreži.

Literatura

- [1] B. Pavlović, *Analiza karakteristika algoritama rutiranja u MANET mrežama*, XVI Konferencija YUINFO, Kopaonik, mart 2010.
- [2] http://www.thalesgroup.com/Portfolio/Defence/Defence_Products/Combat_NetRadios_PR4G/
- [3] http://ruggedpcreview.com/3_handhelds_tallatech_tacter-31m.html
- [4] "Implementing Mobile Ad Hoc Networking (MANET) Over Legacy Tactical Radio Links", Thales Communications, Inc., MILCOM, 2007.
- [5] I. Miladinović, J. Bajčetić, *Komparativna analiza performansi taktičke IP mreže I simulacionog scenarija u GNS-3 simulatoru*, 54. Konferencija ETRAN, Donji Milanovac, jun 2010.
- [6] S. Devetak, J. Bajčetić, Z. Perišić, *Modularni taktički komutacioni sistem*, III Konferencija OTEH, Beograd, oktobar 2011.
- [7] <http://wireshark.org>

Abstract: *Communication realization at distances up to 10 km, without network structure in difficult and disturbed propagation is possible using VHF radio communication systems with built-in crypto protection. In a VHF network, it is possible to achieve data transfer rates up to 20 kb/s. The speed is limited by the channel width of 25 kHz, modulation technique (8CPM), medium access mechanism (frequency hopping) and the communication protection. One of the standard services, for this kind of network the fittest one, is the e-mail exchange via SMTP. This paper describes and analyzes a realistic network scenario in which the capacity of the network in terms of mail server - mail client communication sessions is tested. In order to find an optimum amount of information that can be transferred in these conditions, different size files which were non-segmented and than segmented were transferred.*

Keywords: *VHF radio network, SMTP, e-mail, packet service, IP network, communication protection*

E-MAIL SERVICE ANALYSIS USING LOW-CAPACITY VHF IP RADIO NETWORK

Jovan Bajčetić, Boban Pavlović