

Deformacija signala zbog prisustva fizičkih prepreka u Wi-Fi bežičnim mrežama

Edin Mujčić, Sandra Pajazetović

Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet

Bihać, BiH

edin.mujcic@gmail.com, sandra_pajazetovic@hotmail.com

Sažetak- U zadnjoj deceniji se sve više koriste Wi-Fi bežične mreže zbog svojih dobrih osobina. Te osobine se ogledaju u tome da je veoma jednostavna instalacija, održavanje i pristup ovim mrežama. Međutim, Wi-Fi bežične komunikacijske mreže imaju i mane kao što su: ograničena brzina prijenosa, uticaj drugih mreža, broja korisnika i neravnomjernost jačine signala uslijed fizičkih prepreka. Fizičke prepreke uglavnom ne možemo ukloniti već moramo računati na njihovo postojanje kao i na njihov uticaj. U ovom radu je opisan uticaj fizičkih prepreka na deformaciju signala pri upotrebi bežičnih Wi-Fi komunikacijskih mreža. Pri tome su korištene najčešće fizičke prepreke koje se javljaju pri radu ovih mreža: metalne prepreke, zidovi i armirano-betonske strukture. Bitno je napomenuti da deformacija signala može narušiti pasivnost komunikacijskog kanala. Pasivnost komunikacijskog kanala je veoma bitna kod upravljanja upotrebom Interneta jer može izazvati gubitak stabilnosti teleoperacijskog sistema.

Ključne riječi - Wi-Fi računarske mreže; deformacija signala; fizičke prepreke; klijent; server.

I. UVOD

Upravljanje preko Interneta je mlado istraživačko područje koje se svakim danom sve više razvija i sve više širi na različita područja primjene. Razlog tome su velike prednosti upravljanja preko Interneta u odnosu na ostale načine upravljanja na daljinu. Te prednosti se ogledaju u tome da je upravljanje preko Interneta jeftino rješenje te se može obavljati s bilo koje lokacije u svijetu koja je povezana na Internet. Informacije se pri tome mogu lako razmjenjivati između različitih računarskih sistema, omogućava dobro sučelje za upravljačke sistemi koji koriste web itd. [1]. S druge strane, upravljanje preko Interneta ima i niz nedostataka i ograničenja koja usporavaju razvoj ove oblasti. Ti se nedostaci ogledaju u tome da upravljački sistemi obično rade u stvarnom vremenu, tj. zahtijevaju pravovremene i potpune informacije. Međutim, pri prijenosu podataka preko Interneta dolazi do njihovog nasumičnog kašnjenja, kao i gubitka dijela podataka uslijed zagruženja prometa [2]-[4]. Ovi nedostaci mogu u znatnoj mjeri ograničiti upravljačke sposobnosti ovakvih sistema, pa čak i učiniti sistem nestabilnim.

Iz dana u dan, sve više se koriste bežične Wi-Fi komunikacijske mreže. Razlog tome je laka instalacija, pristup i održavanje ovih mreža. Međutim, Wi-Fi bežične mreže imaju i mane: ograničen domet, kapacitet, ali i uticaj raznih fizičkih prepreka na njihov rad. Ukoliko, npr. živimo u nekom naselju s puno zgrada, onda će same zgrade koje se nalaze oko nas predstavljati prepreke kroz koje nećemo dobiti nikakav

signal iz nekog udaljenog izvora. Također, u većim gradovima, gdje imamo gušće naseljena mjesta, nije neobično vidjeti 50-100 Wi-Fi mreža u okolini od 200 m. U ovim uvjetima će bilo kakva nova mreža na istom frekvencijskom opsegu (2.4 GHz) također raditi [5]. Kvaliteta wireless veze, a time i domet, ovisi o oba uređaja koja sudjeluju u komunikaciji. Wi-Fi bežična komunikacija je dvosmjerna pa tako i ako ovisi i o uređaju koji se nalazi s druge strane. Kako se najčešće koriste mobiteli ili prenosni računari (laptopi) onda bi i njima trebalo staviti jače antene kako bi mogli vratiti signal nazad, međutim to često nije moguće. Negdje ima smisla zamijeniti tvorničku antenu s jačom no često to neće imati željeni učinak povećanja dometa. Radio signali iz mikrovalne pećnice ili sličnih uređaja, također, negativno utiču na rad Wi-Fi bežične mreže. Wi-Fi konekcijski protokoli koji rade na 2.4 GHz su više podložni smetnjama u stambenim zgradama zbog češće upotrebe tog frekvencijskog opsega kod potrošačkih uređaja [6]. Imajući u vidu prethodno opisane nedostatke, bežične Wi-Fi komunikacijske mreže se ipak, sve više i više koriste.

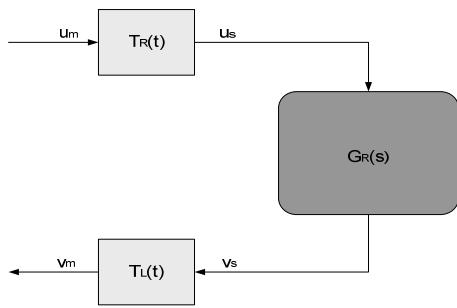
U ovom radu je izvršeno testiranje wireless mreže u prisustvu najčešćih fizičkih prepreka. Pri testiranju je korišten programski jezik Java zbog svojih dobrih osobina pri radu u mrežama i ulazni sinusni signal. Isprogramirana je klijent-server aplikacija za komunikaciju u bežičnoj wireless mreži. Ovaj signal se šalje sa jednog računara preko wireless mreže (jedne ili više) do drugog računara. Drugi računar samo prosljeđuje primljeni signal do prvog računara. Nakon toga se poređi poslani i primljeni sinusni signal. Pri tome se koriste razne vrste prepreka i TCP/IP protokol. Obrada rezultata je izvršena u programskom jeziku MATLAB zbog njegovih veoma dobrih osobina za grafički prikaz podataka.

II. DEFORMACIJA SIGNALA ZBOG PROMJENJIVOГ KOMUNIKACIJSKOG KAŠNJENJA I NJEN UTICAJ NA STABILNOST TELEOPERACIJSKIH SISTEMA

U ovom dijelu rada je opisano promjenjivo komunikacijsko kašnjenje i njegov uticaj na deformaciju i pasivnost komunikacijskog kanala a time i stabilnost cijelog upravljačkog sistema.

Promjenjivo komunikacijsko kašnjenje uzrokuje bočne deformacije u valnim signalima u_m i v_s pri njihovom prolasku kroz komunikacijski kanal [4], [7] i [8]. Ako posmatramo sistem kao na Sl.1 onda imamo kašnjenje ulaznih informacija do desne strane sistema i kašnjenje povratnih informacija od

desne strane sistema. Ovakva prezentacija sistema se često koristi kod bilateralnih teleoperatora.



Slika 1. Udaljeni sistem sa pripadajućim komunikacijskim kašnjenjima

Promjenjivo komunikacijsko kašnjenje podataka $T_R(t)$, koji se kreću udesno, može se predstaviti kao:

$$T_R(t) = T_R + \Delta T_R(t), \quad (1)$$

a promjenjivo komunikacijsko kašnjenje podataka $T_L(t)$, koje se kreću ulijevo kao:

$$T_L(t) = T_L + \Delta T_L(t). \quad (2)$$

gdje su $\Delta T_R(t)$, i $\Delta T_L(t)$, smetnje pri komunikacijskom kašnjenju, a T_R , i T_L , prosječno komunikacijsko kašnjenje podataka.

Uzimajući u obzir gore navedeno, može se oblikovati komunikacijski proces kao:

$$u_s(t) = u_m(t - T_R) + \Delta u_m(t) \quad (3)$$

i

$$v_m(t) = v_s(t - T_L) + \Delta v_s(t). \quad (4)$$

Da bi sistem ostao pasivan pri promjenljivom komunikacijskom kašnjenju, vraćena energija mora biti manja nego poslana. Zbog toga, da bi udaljeni sistem ostao stabilan mora biti ispunjen uslov, [4] i [7]:

$$\frac{1}{2} \int_0^t u_m^T u_m dt - \int_0^t v_m^T v_m dt > 0. \quad (5)$$

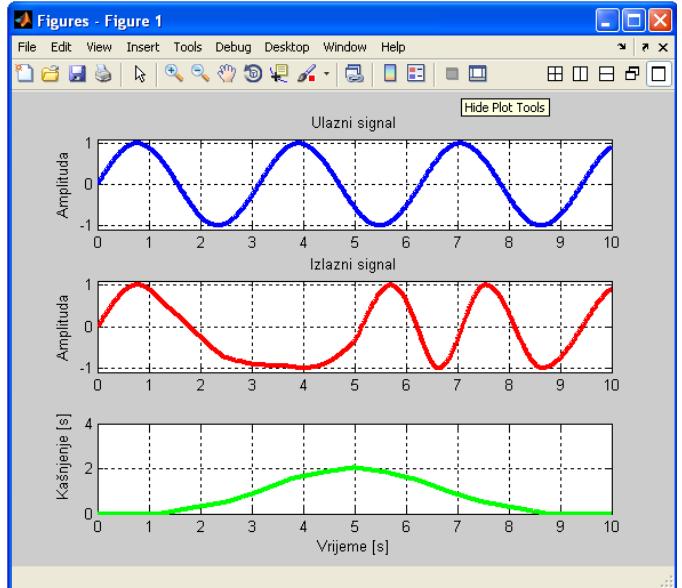
Međutim, poznato je da je disipacija energije u udaljenim sistemima definisana kao:

$$E_d(t) = \frac{1}{2} \int_0^t u_s^T u_s dt - \int_0^t v_s^T v_s dt, \quad (6)$$

pa zbog stalne promjene kašnjenja u komunikacijskoj vezi, veza bi trebala kompresovati ili izdužiti val te na taj način smanjiti ili povećati snagu vala koji se kreće.

Da bi se razmotrio efekat kompresovanja ili izduživanja vala pri promjenjivom komunikacijskom kašnjenju, provest će se simulacijska analiza.

Rezultati simulacijske analize prikazani su na Sl. 2. Promjenjivo komunikacijsko kašnjenje pri ovim simulacijama je mijenjano od 0 do 2 sekunde.



Slika 2. Deformacija sinusnog signala zbog promjenjivog komunikacijskog kašnjenja od 0 do 2 sekunde

Sa Sl. 2 može se vidjeti da je izlazni val deformisan zbog promjenjivog komunikacijskog kašnjenja. Zbog deformacije vala povećava se ili smanjuje energija signala koji prolazi kroz komunikacijski kanal.

Energija ulaznog sinusnog signala sa Sl. 2 iznosi:

$$\frac{1}{2} \int_0^{10} u_m^T u_m dt = 2.451 \text{ Ws}, \quad (7)$$

a energija izlaznog signala sa Sl. 2 je:

$$\frac{1}{2} \int_0^{10} u_s^T u_s dt = 2.591 \text{ Ws}. \quad (8)$$

Iz izraza (7) i (8) može se vidjeti da je energija na izlazu komunikacijskog kanala veća od energije na ulazu komunikacijskog kanala, čime je narušena pasivnost komunikacijskog kanala.

Na osnovu simulacijskih analiza, može se zaključiti da promjenjivo komunikacijsko kašnjenje vrši deformaciju signala, i da utiče na energiju signala a time i na pasivnost sistema.

Za sistem prikazan na Sl. 1, može se pisati da je energija sadržana u valu u_m koji se kreće udesno u skladu sa [4] data kao:

$$\frac{1}{2} \int_0^t u_m^T u_m dt = \frac{1}{2} \int_0^t u_s^T u_s dt + E_{TR}(t) - E_R(t), \quad (9)$$

dok je energija sadržana u valu v_s koji se kreće uljevo data sa:

$$\frac{1}{2} \int_0^t v_s^T v_s dt = \frac{1}{2} \int_0^t v_m^T v_m dt + E_{TL}(t) - E_L(t), \quad (10)$$

pri čemu su $E_{TR}(t)$, i $E_{TL}(t)$ trenutne energije nagomilane u komunikacijskoj liniji, a $E_R(t)$, i $E_L(t)$ su energije koje opadaju ili rastu zbog promjenjivog komunikacijskog kašnjenja. Koristeći izraze (6), (9) i (10), a nakon sređivanja izraz (5) postaje:

$$E_d(t) + E_{TR}(t) + E_{TL}(t) - E_R(t) - E_L(t) > 0, \quad (11)$$

osiguravajući tako uslov za pasivnost udaljenog sistema [4], [7], [8]. $E_{TR}(t)$ i $E_{TL}(t)$ su uvijek pozitivni, pa se može zaključiti da je udaljeni sistem stabilan ako je sistem $G_R(s)$ pasivan i rasipanje energije dovoljno, tako da je jednačina (11) zadovoljena.

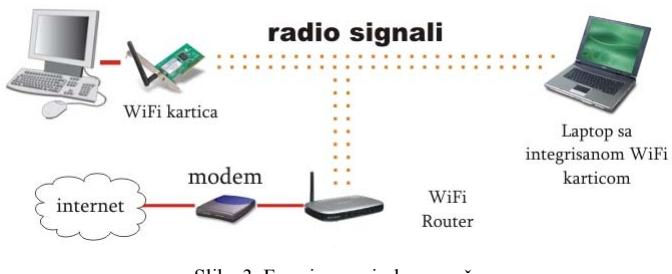
Ovim je pokazano da promjenjivo komunikacijsko kašnjenje pored deformacije signala može prouzrokovati i gubitak pasivnosti komunikacijskog kanala, a time i gubitak pasivnosti cijelokupnog teleoperacijskog sistema. Kod teleoperacijskih sistema za pasivnost komunikacijskog kanala je nužan uslov za stabilnost teleoperacijskog sistema [4], [7] i [8].

U nastavku ovog rada je opisana eksperimentalna analiza uticaja fizičkih prepreka na deformaciju signala u wireless mrežama. Čim postoji deformacija signala postoji i promjena energije u komunikacijskom kanalu i komunikacijsko kašnjenje. To može uzrokovati gubitak pasivnosti komunikacijskog kanala, a time i stabilnost čitavog upravljačkog sistema [8].

III. OPREMA I RAZVIJENE APLIKACIJE ZA TESTIRANJE U WIRELESS MREŽAMA

Za ovo testiranja se koristio router TP-Link WR340GD [9] koji posjeduje brzinu od 54 Mbit/s za osnovne Internet aplikacije. Ovaj router integrira full-duplex 10/100 Mbit/s switch, NAT-router (engl. *Network Address Translation*), bežičnu pristupnu tačku (engl. *Wireless AP*), i on je predviđen za manje firme i kuće, omogućavajući nam da kreiramo žičanu ili bežičnu mrežu.

Da bi se provele potrebne analize potrebno je prvo formirati wireless mrežu (Sl. 3).



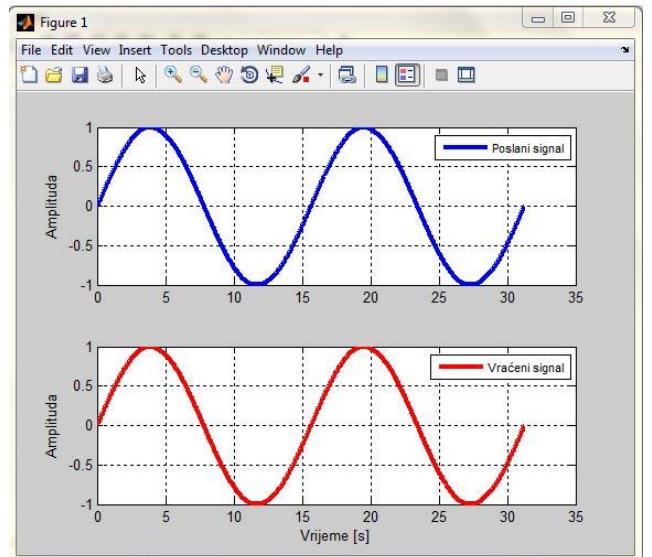
Slika 3. Formirana wireless mreža

Kod ovih analiza koriste se dva računara i jedan wireless router koji je spojen na globalnu mrežu Internet, osim u zadnjoj analizi kada se koriste dva routera. Nakon formiranja i

provjere rada mreže potrebno je napisati programe za klijent-server aplikaciju u odgovarajućem programskom jeziku.

Programi su napisani u programskom jeziku Java upotrebom niti, da bi se ostvario paralelizam u radu a time i istovremeni prijem i slanje podataka. Na jednom računaru se instalira i pokrene server aplikacija, a na drugom klijent aplikacija. Pri testiranju se prvo pokreće server koji "osluškuje" zahtjeve za konekcijom a nakon toga i klijent. Klijent šalje testni sinusni signal prema server, server prima a odmah zatim i vraća primljeni signal ka klijentu. Klijent nadalje poredi poslani i primljeni signal. Vrijeme uzorkovanja je veoma malo i iznosi $T=1$ ms. Razlog za uzimanje ovako malog vremena uzorkovanja je da bi se dobila što jasnija slika kako fizičke prepreke utiču na deformaciju ulaznog signala.

Za daljnju analizu se upotrebljava programski jezik MATLAB koji ima veoma dobre alate za grafičku obradu podataka. Bez prepreka dobivamo eksperimentalne rezultate koji su prikazani na Sl. 4.



Slika 4. Poslani i primljeni signal bez prisustva fizičkih prepreka

Sa Sl. 4 vidimo da je primljeni sinusni signal nedeformisan tj. potpuno identičan poslanom sinusnom signalu. Razlog tome je veoma malo komunikacijsko kašnjenje u zatvorenoj petlji. U ovom slučaju je energija izlaznog vala jednaka energiji ulaznog vala.

IV. UTICAJ FIZIČKIH PREPREKA NA DEFORMACIJU SIGNALA U WIRELESS MREŽI

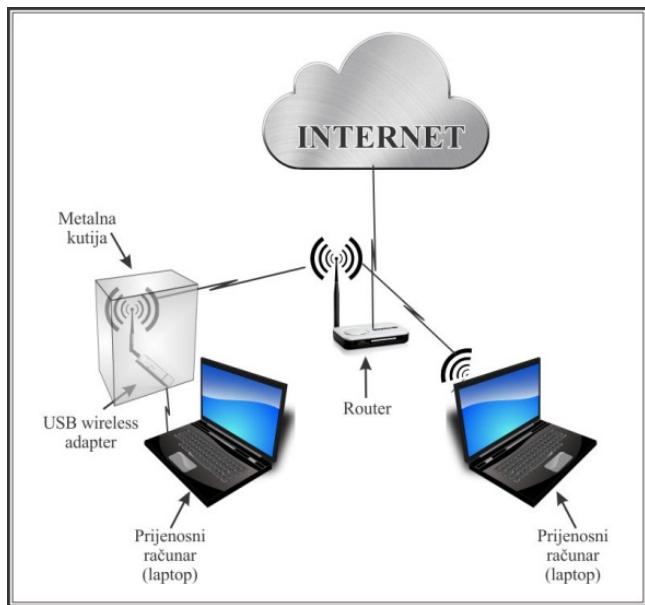
U nastavku ovog rada je izvršena analiza uticaja najčešćih fizičkih prepreka na deformaciju ulaznog sinusnog signala. Kao prepreke su se koristile: metalna kutija, zidovi i armirano betonske strukture. Analiza je izvršena i sa ostalim preprekama: drvo, staklo, voda ali je uticaj ovih prepreka veoma mali na deformaciju ulaznog sinusnog signala. Vrijeme uzorkovanja je $T=1$ ms.

Izvršeno je više eksperimentalnih provjera iz razloga što su wireless mreže dinamične u ovisnosti od trenutnog opterećenja mreže ali i internet mreže na koju je prključena data wireless

mreža. Svaki eksperiment je popraćen sa odgovarajućim funkcionalnim dijagramom.

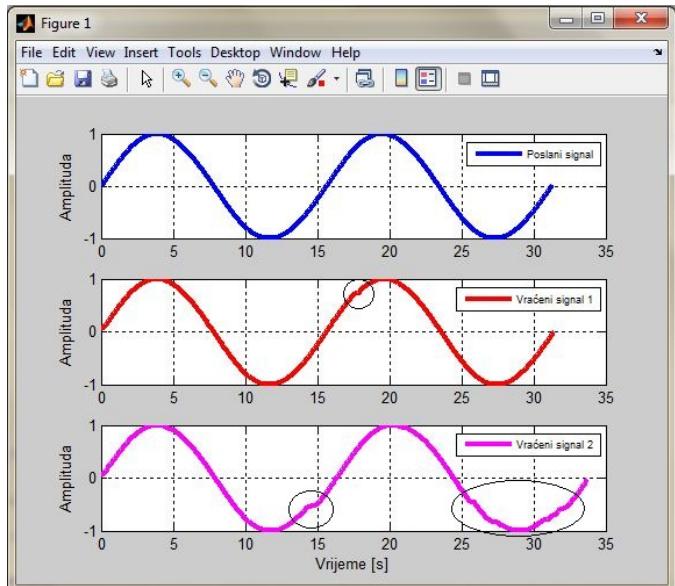
A. Metalna kutija kao fizička prepreka

Prva prepreka koja je analizirana je metalna kutija. Metalna kutija se upotrebljava da poslani/primljeni signal mora u svakom slučaju proći kroz zid metalne kutije. Na Sl. 5 je prikazan izgled bežične računarske mreže kada se kao fizička prepreka koristi metalna kutija. U metalnu kutiju je postavljen USB wireless adapter preko kojeg prvi računara prima signal. Drugi računar prima podatke putem integrisane wireless mrežne kartice (Sl. 5).



Slika 5. Metalna kutija kao fizička prepreka u wireless mreži

Nakon provedene eksperimentalne analize upotrebom TCP/IP protokola dobivaju se eksperimentalni rezultati koji su prikazani na Sl. 6.

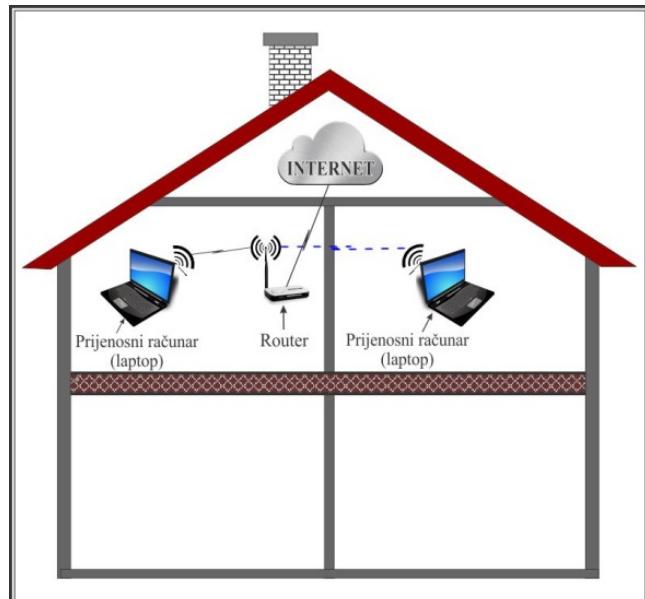


Slika 6. Poslani i primljeni signali upotrebom TCP/IP protokola pri upotrebi metalne kutije kao prepreke

Sa Sl. 6 možemo vidjeti da se poslani i primljeni signali dosta razlikuju. Primljeni signali su deformisani i izduženi. Upotreboom TCP/IP protokola svi ulazni podaci su vraćeni nazad ali je vrijeme za njihovo slanje znatno duže. TCP/IP protokol vrši provjeru da li je signal stigao, ako nije on se šalje ponovo [10]-[12].

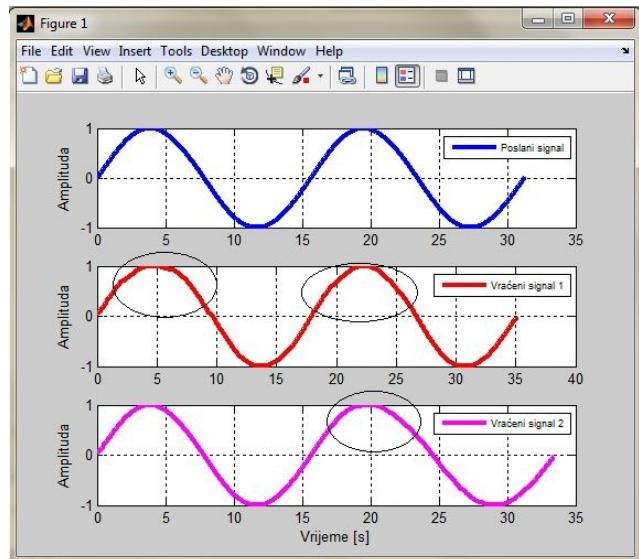
B. Zid kao fizička prepreka

Obično se za pristupanje bežičnoj računarskoj mreži koriste prijenosni uređaji kao npr. prijenosni računari, tablet mobiteli koji mijenjaju svoj položaj tj. mjesto u odnosu na router koji je stacionaran. Zbog te činjenice često se dešava da se npr. prijenosni računar nalazi u jednoj prostoriji a router u drugoj, pa su zidovi jedna od najčešćih prepreka (Sl. 7).



Slika 7. Zid kao fizička prepreka u wireless mreži

Nakon provedenih eksperimentalata upotrebom TCP/IP protokola dobivaju se eksperimentalni rezultati koji su prikazani na Sl. 8.



Slika 8. Poslani i primljeni signali upotrebom TCP/IP protokola pri upotrebi zida kao fizičke prepreke

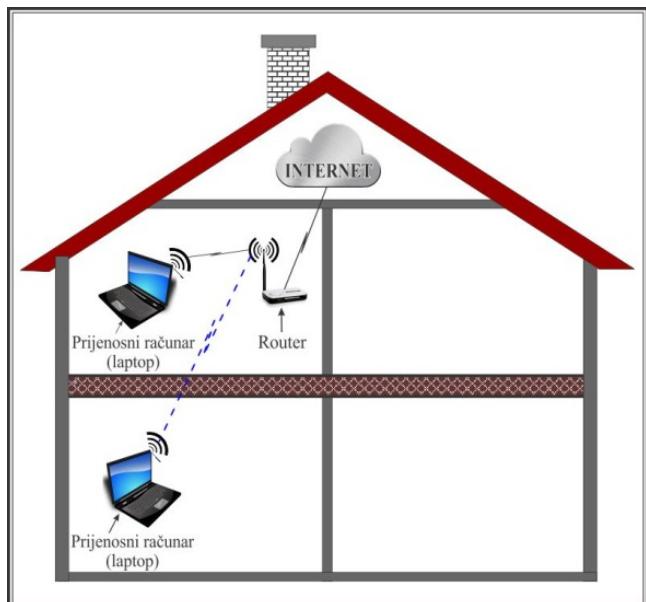
Na Sl. 8 prvi signal (plava boja) predstavlja signal koji je klijent, nakon uspostave veze, poslao serveru, tj. početni signal. Taj signal nema izobličenja, amplituda je od -1 do 1, a vrijeme koje je bilo potrebno da se pošalje cijeli signal je 32 s. Na Sl. 8 su prikazana i dva izlazna signala iz dva nezavisna mjerjenja. Vidimo da su ovi povratni signali izobličeni i da je njihovo trajanje mnogo duže od poslanog sinusnog signala oko 35 s, odnosno 34 s.

Kada ovako dobivene rezultate uporedimo sa rezultatima dobivenim pri korištenju metalne kutije kao prepreke, možemo zaključiti da zid kao fizička prepreka puno više utiče na deformaciju ulaznog sinusnog signala.

C. Armirano-betonska struktura kao fizička prepreka

Jedna od fizičkih prepreka koja je, također, dosta zastupljena u svakodnevnom životu, je armirano-betonska struktura.

Ljudi veoma često postavljaju router na viši sprat a bežičnu računarsku mrežu koriste npr. u prizemlju, ne misleći da će im to puno utjecati na kvalitetu signala. Takva situacija je prikazan na Sl. 9. Dakle, između routera i računara koji prima signal nalazi se armirano-betonska struktura.

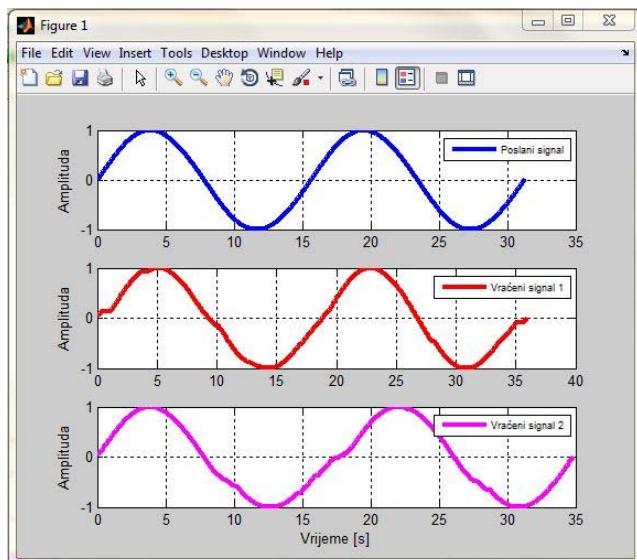


Slika 9. Armirano-betonska struktura kao fizička prepreka

Sa Sl. 9 vidimo da signal mora proći kroz armirano-betonsku strukturu (betonska ploča) od routera do računara i obratno.

Nakon provedenih eksperimenata dobivamo eksperimentalne rezultate koji su prikazani na Sl. 10.

Na osnovu Sl. 10 možemo zaključiti da je u ovom slučaju signal veoma deformisan i da je prijem podataka trajao duže (35 s odnosno 36 s) u odnosu na ranije prepreke, metalnu prepreku i zid.

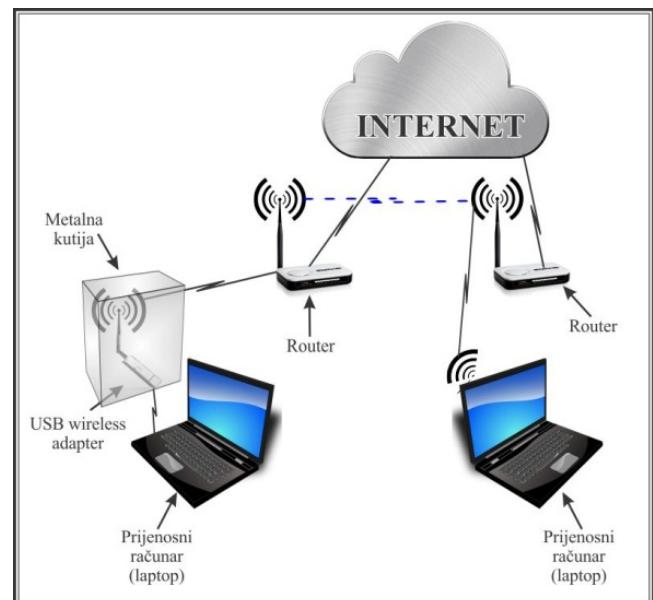


Slika 10. Poslani i primljeni signali upotrebom TCP/IP protokola pri upotrebi armirano-betonske strukture kao fizičke prepreke

Nakon provedenih eksperimenata možemo zaključiti da armirano-betonske strukture predstavljaju glavne fizičke prepreke pri radu u wireless mreži. Ostali fizičke prepreke (staklo, drvo, voda itd.) nisu uzrokovale značajnije deformisanje signala, pa je njihov uticaj kao samostalnih prepreka zanemariv. Kombinacija pojedinačnih prepreka će u zavisnost od vrste prepreka, predstavljati zbir pojedinačnih uticaja fizičkih prepreka.

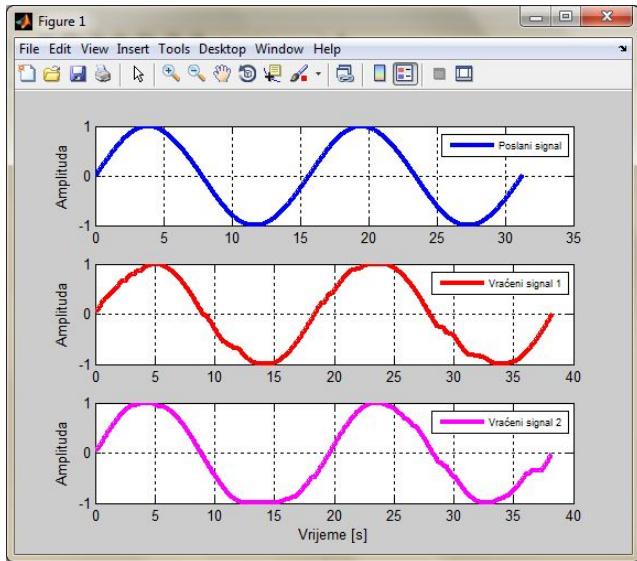
V. UTICAJ FIZIČKIH PREPREKA NA DEFORMACIJU SIGNALA U WIRELESS MREŽAMA

Sljedeći provedeni eksperiment odnosi se na dvije wireless mreže i metalnu kutiju kao prepreku. To je prikazano na Sl.11.



Slika 11. Metalna kutija kao fizička prepreka u wireless mrežama

Nakon provedenih eksperimenata dobivamo eksperimentalne rezultate koji su prikazani na Sl. 12.



Slika 12. Poslani i primljeni signali upotrebom TCP/IP protokola pri upotrebi metalne prepreke u wireless mrežama

Sa Sl. 12 možemo zaključiti da se u ovom slučaju deformacija signala povećava a prolazak signala kroz komunikacijski kanal traje znatno duže, oko 37 s. Za zid i armirano-betonsku strukturu deformacije su još veće kao i vrijeme prolaska signala kroz komunikacijski kanal.

VI. ZAKLJUČAK

Na osnovu eksperimentalnih rezultata možemo zaključiti da fizičke prepreke utiču na deformaciju ulaznog signala a time i na pasivnost odnosno stabilnost teleoperacijskih sistema.

Naravno, u ovom radu su prikazani rezultati za određenu vrstu prepreka u smislu npr. da je naš zid određene debljine sastava itd. Kolika će biti deformacija signala i da li će biti ugrožena pasivnost pored fizičkih prepreka utiče i snaga Wi-Fi routera kao i vrijeme uzorkovanja poslanog/primljenog signala.

Na osnovu gore navedenog možemo zaključiti da pri upotrebi wireless mreža kao medija za prijenos podataka u teleoperacijskim sistemima moramo obavezno uzeti u obzir i prisustvo fizičkih prepreka, zbog njihovo uticaja na komunikacijsko kašnjenje, deformaciju signala, pasivnost a time i stabilnost teleoperacijskih sistema.

LITERATURA

- [1] Alise, M. T., "Expansion and Implementation of the Wave Variable Method in Multiple Degree-Of-Freedom System", PhD thesis, Florida State University, Tallahassee, USA, 2007.
- [2] Xiu, Z. , Akitagawa, A., Wu, P., "A Study on Bilateral Telecontrol of Networked Robot with Variable Time-delay", Proceedings of the 6th JFPS International Symposium on Fluid Power, ,Tsukuba, 2005., pp. 652-657.
- [3] Zen, X., Ato, K., Pingdong, W., "A Study on Bilateral Telecontrol of Networked Robot with Variable Time-delay," 6th JFPS International Symposium on Fluid Power, Tsukuba 2005.
- [4] Munir, S., "Internet-Based Teleoperation", PhD thesis, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA, 2001.

- [5] Jeneeth, S., S., Guna, S., D., Harinath, R., C., Manikanta, M. "Implementation of Wired and Wireless Networks, Analysis Simulation and Result Comparison Using Ns2", International Journal of Electrical and Electronics, Vol. 2, Issue 3, pp: (209-225), July - September , 2014.
- [6] Lagkas, S., Angelidis, P., Georgiadis, L., Wireless Network Traffic and Quality of Service Support: Trends and Standards, University of Western Macedonia, Greece, 2010.
- [7] Laurence B., "Enhanced Performance of Delayed Teleoperator Systems Operating Within Nondeterministic Environments", PhD thesis, University of Wollongong, Wollongong, Australia, 2010.
- [8] Niemeyer, G., "Using Wave Variables in Time Delayed Force Reflecting Teleoperation", PhD thesis, Dept of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, 1996.
- [9] www.tp-link.com , pristupljeno 05.01.2015.
- [10] Tanenbaum A., Računarske mreže, Prevod četvrtog izdanja, Mikroknjiga 2005.
- [11] Komar B., Administracija TCP/IP mreže, 2004.
- [12] Lee J-y.Transport Protocols for the Internet Interactive Applications, 2009.

ABSTRACT

Due to good features Wi-Fi wireless networks are more in use in the last decade. Characteristics that occur are the installation, servicing and access to this wireless networks is very easy. However, Wi-Fi wireless communication networks also have shortcomings such as: limited transfer speed, other networks influence, number of users and nonlinearity signal strength due to physical delays. Physical barriers usually can not be eliminated, but we need to count on their existence as also as on their impact. In this paper is described the influence of physical delays on signal deformation in use of wireless Wi-Fi communication networks. Thereby are often used physical delays occurring at work of this networks: metal barriers, walls and reinforced-concrete structures. Deformation of signal can disrupt passivity of communication channel. The passivity of communication channel is very important in control of use of the internet because it can cause loss of stability in teleoperation system.

DEFORMATION OF THE SIGNAL DUE TO THE PRESENCE OF PHYSICAL BARRIERS IN THE WI-FI WIRELESS NETWORKS

Edin Mujčić, Sandra Pajazetović

