

PREGLED OPSEGA I UTICAJA INTERFERENCIJE NA PERFORMANSE SISTEMA ZA FIKSNE BEŽIČNE INTERNET MREŽE

Ljubomir Zelenbaba, *Elektrotehnički fakultet, Beograd*
Nebojša Pupavac, *Institut IMTEL, Novi Beograd*

Sadržaj – U ovom radu obrađeni su licencirani i nelicencirani opsezi koji se koriste za fiksne bežične Internet mreže u Evropi i Svetu. Problem interferencije je praktično predstavljen u nelicenciranom opsegu 2.4 GHz, koji je trenutno najviše u upotrebi kod nas. Na kraju rada predstavljeni su budući pravci razvoja ovih sistema i opsega koji će se koristiti.

1. UVOD

Fiksne bežične mreže se nameću kao najbolje rešenje za kvalitetan i brz pristup Internetu, čak i u gradskim sredinama, jer postojeća žična infrastruktura najčešće ne zadovoljava sve veće potrebe krajnjih korisnika, ili je uopšte nema. Koriste se razni opsezi od 2.4 do 38GHz, u novije vreme se razmišlja i o višim opsezima (60GHz u Japanu), a prisutni su i FSO (*Free Space Optics*) optički sistemi.

Proizvođači se često opredeljuju za nelicencirane opsege, pre svega ISM (*Industrial Scientific and Medical*) opseg 2.40-2.4835GHz. Međutim, postoje još dva ISM opsega u kojima nije potrebna dozvola za rad 5.8GHz i 24GHz.

Osnovni problem nelicenciranih opsega je interferencija, i sama širina opsega, koja je prilično limitirana. Kad je reč o licenciranim opsezima situacija je mnogo jasnija, najčešće su podeljeni u dva podopsega koji su dovoljno razmaknuti, tako da se filtrima jednostavno postiže rad u punom dupleksu, što je značajno za većinu servisa, pogotovo za protokole koji zahtevaju stalne potvrde o ispravnom prenosu paketa, kao što je slučaj kod Internet protokola (IP).

2. NELICENCIRANI OPSEZI

Da bi se cena veze smanjila često se biraju opsezi u kojima, prema preporukama CEPT-a, nije potrebna dozvola za rad. Najpopularniji nelicencirani opseg za fiksne bežične mreže je opseg 2.40 - 2.4835GHz. Opseg 5.725 - 5.825GHz poznat kao 'UNII band', se koristi za HiperLAN, i do skoro nije bio interesantan u fiksnim bežičnim Internet mrežama, dok je opseg 24 - 24.25GHz predviđen za uređaje kratkog dometa (*short range devices*), kao što su radari za merenje brzine, pa je teško dobiti dozvolu za upotrebu ovog opsega za prenos podataka.

Kada se radi u nelicenciranom opsegu, postoji velika verovatnoća da više različitih sistema koristi isti opseg, usled čega se javlja problem interferencije, koji u urbanim sredinama postaje dominantan. Da bi se problem interferencije rešio koriste se tehnike proširenog spektra. Kako su ISM opsezi prilično uski, širenjem spektra se smanjuje kapacitet veze (1Mb/s do najviše 10Mb/s).

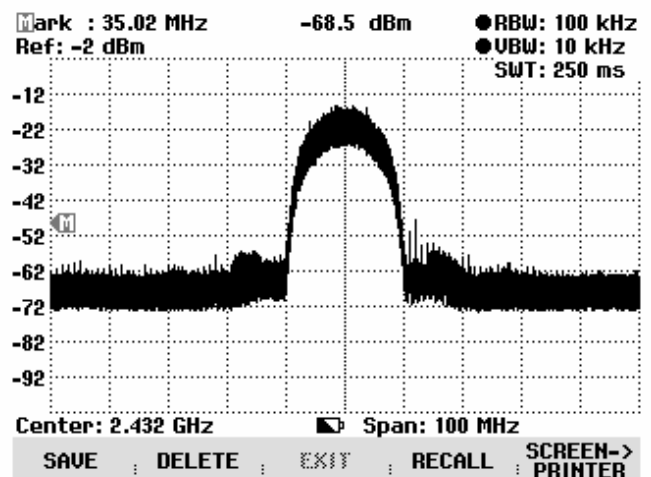
Na nivo interferencije pored ograničenog spektra, začajan uticaj imaju antene, od čijeg dijagrama zračenja zavisi koliki će biti nivo ometača. Na slici 2. dati su dijagrami zračenja Andrew-ovih [2] antenskih sistema za pomenuta tri opsega,

koje karakteriše: jednostavna montaža, laka konstrukcija i povoljna cena. Antena za 2.4GHz je rešetkaste strukture, čime je postignuta otpornost na uticaj vetra i manja težina, dok su antene za 5.8 i 24GHz klasične parabole prečnika 60cm. Sve tri antene imaju linearnu polarizaciju, s tim što je očigledno da je na višim učestanostima dobitak antene mnogo veći, kao i potiskivanje bočnih lobova.

Bežični sistemi za povezivanje računarskih mreža i pristup Internet-u koji koriste ISM opseg 2.4GHz su sve rasprostranjeniji, tako da u urbanim sredinama dolazi do velikog zagušenja. Da bi se smanjio uticaj interferencije većina uređaja koji rade u ovom opsegu koriste tehnike proširenog spektra, najčešće direktnu sekvencu (DSSS – *Direct Sequence Spread Spectrum*) i frekvencijsko skakanje (FH – *Frequency Hopping*) ili kombinaciju. Kada se ima u vidu da je čitav opseg širok 83MHz, jasno je da će se veštačko širenje spektra odraziti na performanse sistema, zbog čega je interesantno proučiti ponašanje jednog takvog sistema u prisustvu ometača.

Standardom 802.11b HR (*High Rate*) su definisane dve tehnike proširenog spektra: DSSS za veće (5.5 i 11Mb/s), i FH za manje protoke (1 i 2Mb/s).

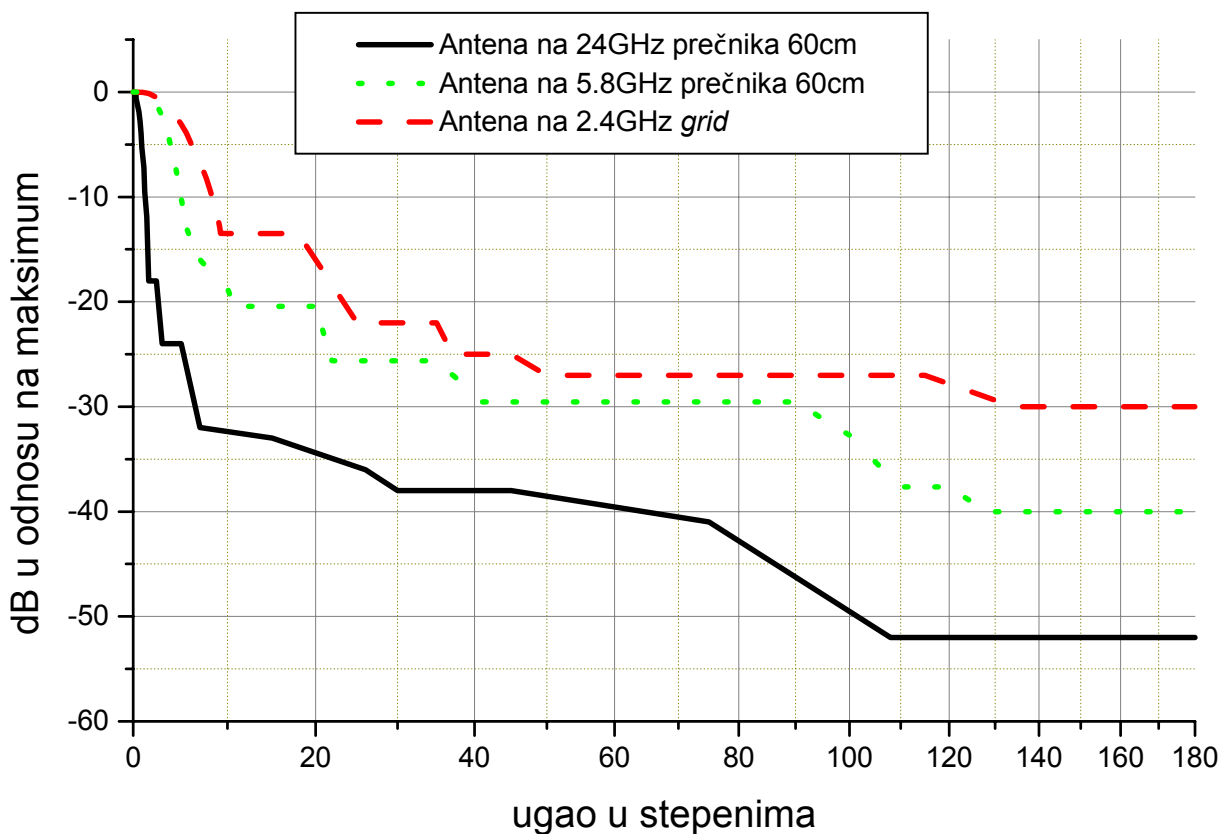
Zbog potrebe za većim protokom od interesa je tehnika širenja spektra pomoću direktne sekvence. DSSS funkcioniše tako što se originalna povorka bita koduje pseudoslučajnom sekvencom brzine 11MHz, bez obzira koliki je osnovni protok, tako da se na predaju šalje povorka koja je uvek iste brzine (11Mchips/s), što se može potvrditi posmatranjem spektra na izlazu predajnika, koji za sve protoke ima isti izgled (*slika 1.*). Obzirom da se koristi QPSK modulacija i poludupleks, potrebno je izvesno vreme za sinhronizaciju prijemnika, tako da je definisan format rama koji pored korisne informacije, sadrži dugačku preambulu, koju čine: sinhro biti, zaglavljiva, zaštitni biti, kao i različiti servisni biti.



Slika 1. Spektar na izlazu BreezeNET DS.11

BreezeNET DS.11 [3] je tipičan primer bežičnih sistema na 2.4GHz. Baziran je na WLAN (*WirelessLocalAreaNetwork*) tehnologiji (standard IEEE 802.11b HR). Pogodan je za povezivanje udaljenih LAN mreža (kao *wireless bridge*), kao i za pristup Internetu više korisnika u *point-to-point* i *point-to-multipoint* konfiguraciji. BreezeNET DS.11, kao i drugi

WLAN sistemi, radi u poludupleksu, kad se koristi kao *bridge*, dok u *point-to-multipoint* konfiguraciji koristi pristup na bazi vremenske raspodele (TDMA – *Time Division Multiple Access*). Osnovne karakteristike sistema date su u tabeli 1.

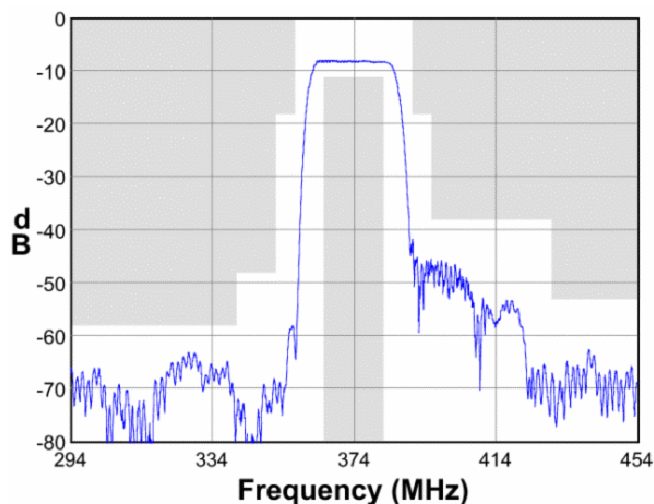


ka 2. Tipični dijagrami zračenja antena na 2.4, 5.8 i 24GHz

Sli

Frekventni opseg	2.4- 2.4835 GHz ISM (ETSI, FCC)	
Teh. proširenog spektra	<i>Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)</i>	
WLAN Standard	IEEE 802.11b HR	
Izbor kanala	FCC	1-11
	ETSI	1-13
Maksimalana izlazna snaga	FCC	24 (dBm)
	ETSI	14 (dBm)
Osetljivost (BER 1E-6)	Radio protokol	Osetljivost
	11 Mbps	-85 dBm
	5.5 Mbps	-88 dBm
	2 Mbps	-90 dBm
Domest	1 Mbps	-93 dBm
	ETSI (20 dBm EIRP)	Do 10 km
	US FCC	Do 25 km

Tabela 1. Karakteristike uređaja BreezeNET DS.11



Slika 3. Frekventni odziv SAW filtra

Imunost na interferenciju jednog sistema jeste osobina prijemnika. Kod BreezeNET DS.11 IQ demodulaciju obavlja Intersil-ov čip HFA3783 u kome su integrisani IQ modulator, demodulator i sintezator učestanosti [5]. HFA3783

demoduliše signal na međučestanosti (375MHz) koji se prethodno filtrira pomoću SAW filtra, čiji je frekventni odziv dat na slici 3.

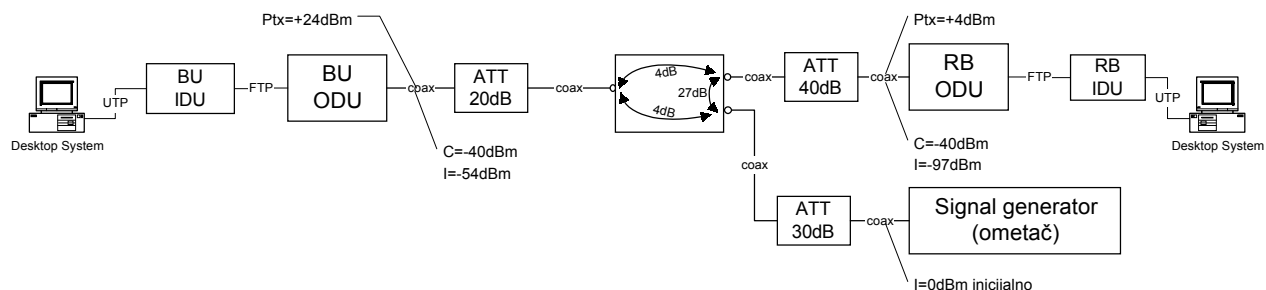
3. UTICAJ INTERFERENCIJE

Osnovna namena fiksnih bežičnih sistema je povezivanje računarskih mreža koje koriste IP protokol. Da bi se merio uticaj ometača na performanse testiranje je vršeno merenjem kašnjenja paketa kao osnovne mere kvaliteta veze, koja koristi IP protokol.

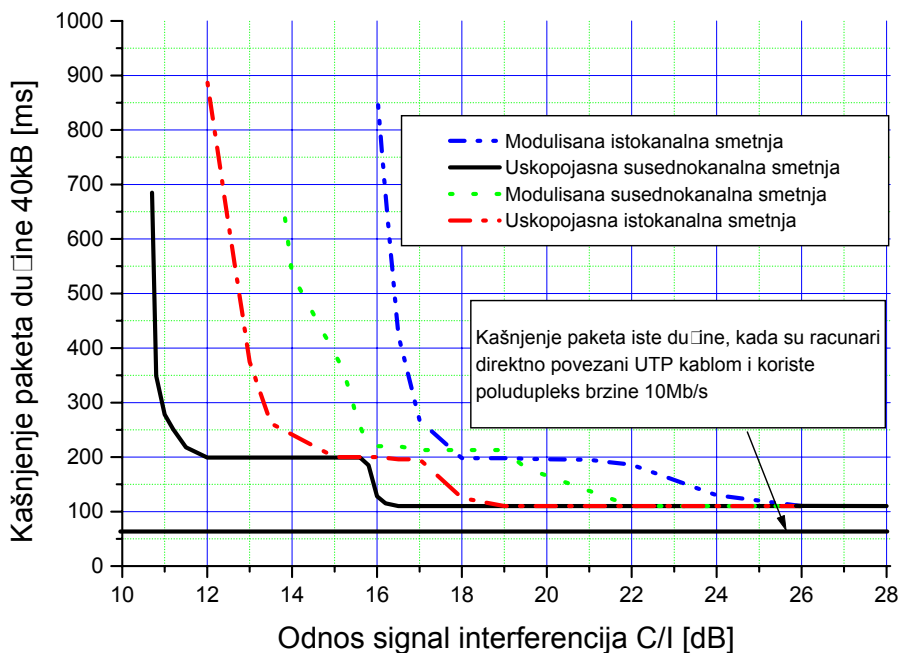
Merenje je vršeno u laboratorijskim uslovima, pri čemu su uređaji povezani mikrotalasnim kablovima i odgovarajućim atenuatorima, koji su odabrani tako da je nivo prijemnog za 25dB viši od praga prijema za radio protok od 11Mb/s. Ometač se pomoću *Wilkinson*-ovog spreznjaka (koji

obezbeđuje izolaciju od 27dB, dok je uneto slabljenje oko 4dB) dovodi na prijemnik BU (*Base Unit*) jedinice (slika 4.), dok je nivo ometača na prijemu RB (*Remote Bridge*) jedinice zanemarljiv, tako da na kašnjenje paketa utiče samo jedan prijemnik. Komandom 'ping xxx.xxx.xxx.xxx -t -l 40000' se više puta uzastopno šalje paket dužine 40kB i meri srednje vreme kašnjenja paketa. Kao ometač korišćen je signal generatoru HP, pomoću koga su dobijeni uskopojasni i modulirani signali promenljivog nivoa na učestanosti radnog i susednog kanala.

Rezultati merenja su dati grafički (slika 5.), s tim da je na apscisi dat odnos signal - ometač (C/I), a na ordinati kašnjenje paketa. Treba imati u vidu da je kašnjenje paketa dužine 40kB oko 50ms, kada su računari povezani direktno, a kartice podešene na 10Mb/s u poludupleksnom režimu.



Slika 4. Metoda za merenje performansi sistema u prisustvu ometača



Slika 5. Rezultat merenja performansi u prisustvu ometača

4. OSTALI OPSEZI I PERFORMANSE

ISM opseg 5.8GHz nije previše interesantan proizvođačima, mada u novije vreme postaje sve sve atraktivniji. Osnovna karakteristika sistema na 5.8GHz je da koriste MCW (*multi carrier wave*) modulacije sa više

nosilaca, kao što je OFDM. Sa OFDM modulacijama se postižu veći bitski protoci, imunost na višestruku propagaciju, dok je prošireni spektar praktično inherentna osobina. Bežični sistemi firme Cisco koriste posebnu vektorsku VOFDM modulaciju, koja je posebno otporna na višestruku propagaciju, tako da se može koristiti i kada nemamo potpuno slobodnu prvu *Fresnel*-ovu zonu. Sistemi sa

OFDM modulacijom koriste jako komplikovanu obradu u osnovnom opsegu što za novije DSP (*Digital Signal Processing*) procesore nije problem, tako da se može očekivati da ovaj ISM opseg postane mnogo interesantiji.

Obzirom da upotreba opsega od 24.05 do 24.25GHz (koji jeste ISM opseg) nije definisana za potrebe prenosa podataka, mali je broj sistema koji rade u tom opsegu. Osim firme Teligent, koja koristi Nortel-ovu opremu, i radio amatera, praktično nema poznatih sistema za pristup Internetu koji koriste ovaj opseg. Opseg 24GHz ima dvostruko širi opseg, što uz osobine propagacije na tako visokim učestanostima i veliku usmerenost antena (*slika 2.*) predstavlja veliku prednost u odnosu na druga dva ISM opsega

5. LICENCIRANI OPSEZI I NOVA REŠENJA

Pored ISM opsega za fiksne bežične Internet mreže se koristi i veliki broj licenciranih opsega između 2.5 i 38GHz, kao što su 3.5, 10, 18, 25, 26, 28, 31, 38GHz i drugi. Obzirom da Internet protokol zahteva dvosmernu komunikaciju, čak i kada se prenos podataka obavlja samo u jednom smeru, proizvođači koji koriste ISM opsege imaju velike probleme kako da, u opsegu koji je prilično uzak, ostvare dvosmernu komunikaciju. Zato se kod ISM opsega najčešće koristi TD (*Time Division*) dupleks, kod koga se na bazi vremenske raspodele ostvaruje dvosmerna komunikacija, što zapravo i nije pravi dupleks, već poludupleks. Kod licenciranih opsega postoje definisani podopsezi koji su odvojeni zaštitnim opsegom, tako da se pomoću relativno jednostavnih filtara odvajaju prijem i predaja čime je omogućeno korišćenje FDD-a (*Frequency Division Duplex*). Kod FDD tehnike koristimo dva nosioca (dve frekvencije), tako da oba smera rade bez prekida, čime se ostvaruje pun dupleks. Ovakvim pristupom se eliminišu komplikovani komunikacioni protokoli i dugačke preambule, koje TDD sistemi koriste, da bi se prijemnici sinhronisali. Kod FDD sistema deklarisan protok odgovara realnom protoku, za razliku od TDD sistema gde je realan protok dva do tri puta manji od deklarisanog, kada se testira prenos u samo jednom smeru. Takođe, FDD sistemi se mogu koristiti i za druge potrebe, a ne samo za povezivanje računarskih mreža.

Za razvoj savremene fiksne bežične Internet mreže koja koriste 'mash' (*multipoint-to-multipoint*) topologiju, gde

imamo veliki broj linkova koji povezuju čvorove u mreži, potrebno je odabrati optimalan frekventni opseg. Kod licenciranih opsega, pored očiglednih prednosti u pogledu performansi, značajno je lakše planiranje radio mreža. Suština 'mash' mreža je da rešavaju problem optičke vidljivosti, dok su tipična rastojanja skraćena, tako da pravi dobitak 'mash' topologije dobijamo ako se koriste visoke učestanosti.

Osobine propagacije na ovako visokim učestanostima omogućavaju razvoj gustih radio mreža (u urbanim sredinama). Ovaj opseg je pogodan za razvoj (inteligentnih) štampanih antena, koje su malih gabarita, jednostavne su za montažu, a po karakteristikama ne zaostaju za (mehanički) složenim antenskim sistemima. Radio uređaj za bežične Internet mreže treba da bude što jeftiniji, jednostavan za montažu i da podržava što veći broj radnih kanala. Na opsegu 26GHz definisan je veliki broj radnih kanala različite širine, što je pogodno za razvoj uređaja većih protoka.

LITERATURA

- [1] *IEEE Standard 802.11b 1999.*
- [2] *Andrew Catalog 38 & Power Tools CD Sotware*
- [3] *"BreezeNET DS11", User Manual, Alvarion*
- [4] *"Sawtek" Data Sheet Part Number 855653, April 2002.*
- [5] *"Intersil" Data Sheet, i/g modulator, demodulator and synth HFA 3783, September 2001.*

Abstract - This paper provides an overview of both licensed and non-licensed ranges used for fixed wireless Internet networks in Europe and worldwide. The problem of interference is treated in non-licensed range of 2.4GHz most frequently used in this country. The paper also anticipates further development of these systems and the relevant ranges.

AN OVERVIEW OF RANGES AND EFFECTS OF INTERFERENCE IN FIXED WIRELESS INTERNET NETWORKS

Ljubomir Zelenbaba, Nebojša Pupavac