

JEDAN PRIJEDLOG RJEŠENJA USPOSTAVLJANJA SINHRONIZACIJE ZA FH-SS SISTEME DO 1000 hop/sec

Slavko Šajić, Đemal Kolonić, Milan Šunjevarić.

Sadržaj-U radu je dat prijedlog algoritma uspostavljanja sinhronizacije za FH-SS sisteme srednjih brzina (300-1000) hop/s. Pored navedenog, izvršena je analiza pojave lažnog alarma u odsustvu MF signala u prijemniku i predložena način za smanjenje vjerovatnoće pojave lažnog alarma. Takođe, kratko je obrađen digitalni korelator i predloženo korišćenje korelatora sa dva praga odlučivanja u cilju smanjenja broja potrebnih korelatora za predloženi model uspostavljanja sinhronizacije.

Gljučne riječi-FH-SS, korelator, kodna riječ, lažni alarm, sekvenca, sinhronizacija, sinhronizam.

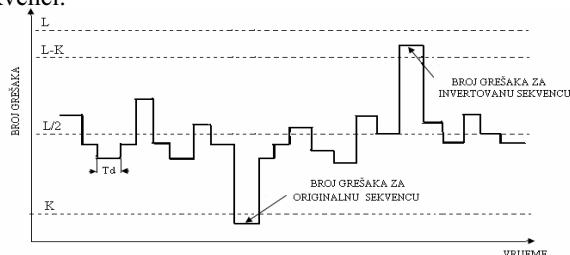
I. Uvod

Rad sačinjava nekoliko povezanih odjeljaka. U drugom odjeljku, kratko je iznesen princip rada digitalnog korelatora [1], [2], [3], a potom predloženi korelator sa dva praga odlučivanja. Treći odjeljak analizira vjerovatnoću lažnog alarma u odsustvu MF signala (signal međufrekvencije) [1], [4] dok je u četvrtom odjeljku dat konkretan prijedlog algoritma uspostavljanja sinhronizacije za FH-SS sisteme do 1000 hop/s.

II. Digitalni korelator

Digitalni korelator predstavlja jedan od ključnih sklopova u sinhronizacionoj šemi koja će biti predložena. Osnovna namjena digitalnog korelatora je da u režimu prijema "prepoznata" sekvencu bita (kodnu riječ) emitovanu od strane predajnika, kako bi prijemnik mogao da se podešava u odnosu na predajnik. Sekvencu bita ili kodnu riječ čini binarni niz dužine L sastavljen od logičkih nula i jedinica.

U svakom bitskom intervalu vrši se poređenje lokalno generisane sekvence sa primljenom sekvencom [3]. Prag odlučivanja korelatora na osnovu kojeg se donosi odluka da li smo primili očekivanu kodnu riječ, predstavlja broj (K) dozvoljenih pogrešno primjenjenih bita u prijemnoj sekvenci.



Sl. 1. Vremenski prikaz digitalnog korelatora sa dva praga odlučivanja

Slavko Šajić, "Čajavec" Telekomunikacije, Banjaluka, Republika Srpska, BiH (e-mail: sajics@teol.net)

Đemal Kolonić, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, Republika Srpska, BiH (+387 51 221 849)

Milan Šunjevarić, Institut IMTEL – komunikacije AD, Beograd, Srbija (e-mail: micosun@ptt.yu)

Ako se prijemna sekvenca generiše od šuma, sa istom vjerovatnoćom pojavljivanja nula i jedinica ($P_s=1/2$), broj grešaka u odnosu na lokalnu sekvencu variraće oko $L/2$ kako je prikazani na sl.1. U trenutku prijema očekivane sekvence broj grešaka postaje manji ili jednak K, pa izlaz digitalnog korelatora generiše korelacioni pik.

Na osnovu sl.1. postoji mogućnost detekcije dvije različite kodne riječi sa jednim digitalnim korelatorom. Kao što je rečeno, digitalni korelator detektuje kodnu riječ sa pragom do K pogrešno detektovanih bita, međutim, ukoliko bi se u korelatoru našla invertovana kodna riječ (sekvenca), digitalni korelator je može detektovati koristeći drugi prag odlučivanja od $(L-K)$ pogrešnih bita, odnosno, od 0 do K ispravnih u odnosu na originalnu kodnu riječ sl.1. Zbog simetričnosti pragova odlučivanja, vjerovatnoće detekcije originalne i invertovane kodne riječi (sekvence) su iste.

III. Analiza vjerovatnoće lažnog alarma u prijemniku

Prvo ćemo posvetiti pažnju vjerovatnoći pojave lažnog alarma (P_{la}) kada na ulazu prijemnika nije prisutan RF signal. U ovom slučaju izlazni signal FM demodulatora u prijemniku je šum čiji je spektar u opsegu $(0-B_m/2)$ Hz, gdje je B_m širina propusnog opsega MF filtra. Pretpostavimo da ulazni signal odmjeraemo svakih T_d sekundi i da je frekvencija odmjerenja niža od propusnog opsega kanala, pa možemo smatrati da su odmjerci nezavisni i da se na izlazu odlučivača sa jednakom vjerovatnoćom ($P_s=0,5$) pojavljuju binarne jedinice i nule, u svakom trenutku odmjerenja. Pod navedenim pretpostavkama, vjerovatnoća da se od šuma generiše lažna sinhronizovana binarnih simbola bez greške, dužine L, iznosi $P_o=2^{-L}$. Međutim, zbog zahtjeva za većom vjerovatnoćom detekcije stvarne sekvence pri definisanom odnosu signal – šum, prag korelatora se postavlja tako da se dozvoljava detekcija sekvence pri K pogrešnih simbola (bita) u sekvenci dužine L bita.

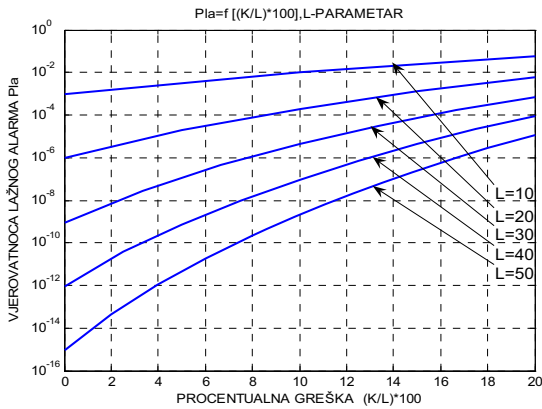
U takvim uslovima vjerovatnoća lažnog alarma (P_{la}) kad na ulazu nije prisutan VF signal, jednaka je zbiru vjerovatnoća generisanja svih sekvenci koje u sebi sadrže od 0 do K pogrešnih bita u odnosu na stvarnu sekvencu.

$$P_{la} = 2^{-L} \sum_{i=0}^K \binom{L}{i} \quad (1)$$

Koristeći relaciju 1 izvršena je analiza (sl.2) gdje je prikazana zavisnost vjerovatnoće lažnog alarma (P_{la}) od procenta dozvoljenih grešaka u sekvenci, gdje je parametar dužina sekvence L. Kao što se vidi, povećanjem procenta dozvoljenih grešaka (smanjenjem praga odlučivanja u korelatoru) vjerovatnoća lažnog alarma raste. Isto tako se uočava da za isti procenat dozvoljenih grešaka, duže sekvence daju bolje rezultate u pogledu pojave lažnog alarma [1].

Pošto se sadržaj registra u digitalnom korelatoru mijenja svaki interval odmjerenja T_d , postavlja se pitanje kolika je vjerovatnoća lažnog alarma u vremenu od r intervala (P_{lar}) T_d . Pomenutu vjerovatnoću možemo izraziti sledećim izrazom

$$P_{lar} = \sum_{i=1}^r \binom{r}{i} P_{la}^i (1 - P_{la})^{r-i} \quad (2)$$



Sl. 2. Vjerovatnoća lažnog alarma u funkciji procenta dozvoljenih grešaka

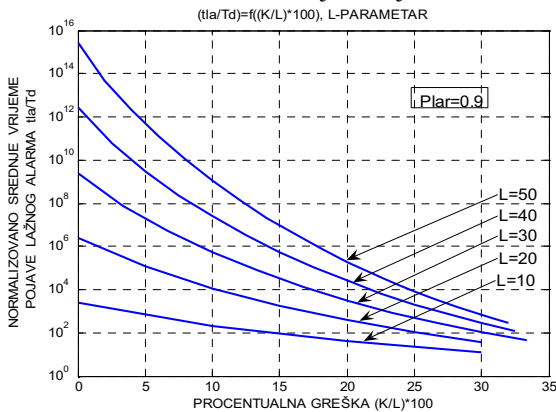
Prethodni izraz možemo napisati i u sledećoj formi

$$P_{lar} = 1 - (1 - P_{la})^r \quad (3)$$

gdje drugi član u prethodnoj relaciji predstavlja vjerovatnoću da se lažni alarm ne desi ni u jednom od r intervala. Iz izraza (3) možemo izraziti srednje vrijeme pojave lažnog alarma kao [1]

$$T_{la} = r \cdot T_d = T_d \frac{\log(1 - P_{lar})}{\log(1 - P_{la})} \quad (4)$$

gdje je T_d – trajanje jednog bita u sekvenci (period odmjeravanja ulaznog signala), P_{lar} – vjerovatnoća lažnog alarma u r intervala i P_{la} – vjerovatnoća lažnog alarma u svakom trenutku odmjeravanja T_d



Sl. 3. Normalizovano srednje vrijeme pojave lažnog alarma u funkciji procenta dozvoljenih grešaka

Na sl.3. prikazana je zavisnost normalizovanog srednjeg vremena (T_{la}/T_d) pojave lažnog alarma od procenta dozvoljenih grešaka u sekvenci , gdje je dužina sekvence (L) parametar. Vrijeme T_{la} je računato za $P_{lar}=0,9$.

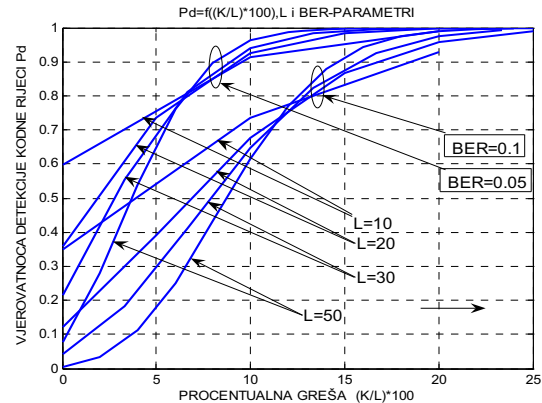
Kao što se vidi sa dijagrama, srednje vrijeme pojave lažnog alarma za kratke sekvence je malo i za relativno veliki prag odlučivanja u korelatoru.

Prag odlučivanja zavisi od zahtjeva za vjerovatnoćom detekcije P_d stvarne sekvence (kodne riječi) u trenucima kad je ona prisutna u prijemnom signalu pri određenom odnosu signal/šum u prijemniku , odnosno zadanom BER- u (Bite Error Rate) za definisanu osjetljivost prijemnika. Specificirani BER za definisanu osjetljivost predstavlja

vjerovatnoću greške binarnog simbola (P_s). Vjerovatnoća detekcije binarne sekvence (u buduće kodne riječi) P_d jednaka je zbiru vjerovatnoća da će primljena sekvenca imati broj pogrešnih bita od 0 do K, što se može izraziti na sledeći način

$$P_d = \sum_{i=0}^K \binom{L}{i} (BER)^i (1 - BER)^{L-i} \quad (5)$$

Na sl. 4. prikazana je vjerovatnoća P_d u funkciji procenta dozvoljenih grešaka, gdje su dužina sekvence (kodne riječi) L i BER parametri. Sa dijagrama se uočava da kraće sekvence daju veću vjerovatnoću detekcije pri manjim zahtjevima za P_d (manje od 0.7). Međutim, za veće zahtjeve za detekcijom vjerovatnoće P_d povoljnije su duže sekvence (kodne riječi).



Sl. 4. Vjerovatnoća detekcije sinhro sekvence u funkciji Procenta dozvoljenih grešaka

Kao što se iz prethodne analize vidi , vjerovatnoću detekcije kodne riječi moguće je povećati smanjenjem praga odlučivanja u korelatoru, međutim smanjivanjem praga povećavamo vjerovatnoću lažnog alarma (lažna detekcija kodne riječi u odsustvu korisnog VF signala) [4]. Iz navedenog proizilazi da je neophodno naći kompromis između dužine kodne riječi i praga odlučivanja u digitalnom korelatoru. Za spore FH-SS sisteme (100 i manje hop/sec), traženje kompromisa ne predstavlja problem zbog mogućnosti korišćenja dužih kodnih riječi koje se mogu prenijeti u okviru jednog hop intervala T_h . Povećanjem brzine skakanja (smanjivanje T_h intervala) ograničava se vrijeme za emitovanje sinhro poruka što zahtijeva korišćenje kraćih kodnih riječi kod FH-SS sistema srednjih brzina (300-1000) hop/sec.

Relacija (4) pokazuje da je srednje vrijeme pojave lažnog alarma (T_{la}) proporcionalno broju intervala r u kojima se računa korelacija. Dakle , smanjivanjem broja intervala u kojima je digitalni korelator aktivan, može se smanjiti vjerovatnoća lažnog alarma (P_{la}) odnosno povećati srednje vrijeme pojave lažnog alarma (T_{la}). Drugim riječima korelaciju ćemo računati samo kada je na izlazu mješaća prisutan signal međufrekvencije (MF signal) , odnosno korelator treba blokirati kada je na izlazu MF filtra prisutan šum. Pri ovim uslovima u FH-SS sistemima postoji mogućnost korišćenja relativno kratkih sekvenci (kodnih riječi).

IV. Prijedlog algoritma uspostavljanja sinhronizacije

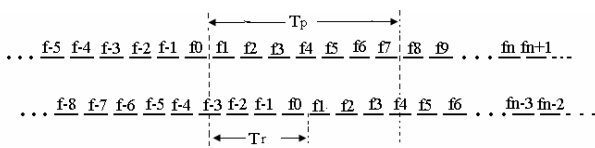
U ovom odjeljku biće predložen algoritam za uspostavljanje sinhronizacije u FH-SS sistemima srednjih brzina (300-1000) hop/sec, prvenstveno namijenjenim za primjenu u taktičkim radio-komunikacijama .

Koncept sinhronizacije je zasnovan na bazi korišćenja realnog vremena gdje realno vrijeme ulazi kao jedan od

parametara za generisanje kodova za sintezator frekvencija.

Realno vrijeme se uzima iz sata realnog vremena koji se realizuje u okviru radio uređaja. Vrijeme kao parametar određuje faznu poziciju iz koje će "startovati" generator nelinearne PN sekvence koja definiše pseudoslučajne brojeve za sintezator frekvencija. Dakle, zavisno od vremena koje se upiše kao početno stanje u registre PN generatora, PN generator može početi generisati pseudoslučajne brojeve počevši od različitih faznih pozicija PN sekvence. Ako su vremena prijemnika i predajnika ista, generisanje pseudoslučajnih brojeva će početi od iste fazne pozicije, pa će i pripadajući nizovi frekvencija u predajniku i prijemniku biti u fazi.

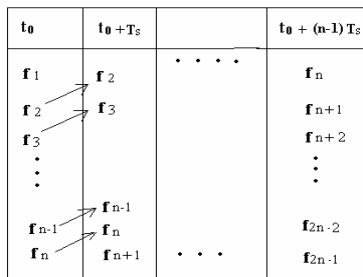
Na sl.5. prikazano je generisanje frekvencija u predajniku i prijemniku pri čemu su vremena satova pomjerena za vremenski interval T_r .



Sl. 5 Sinhro ramovi predajnika i prijemnika

Vremenska razdešenost satova povlači sa sobom i faznu razdešenost sinhro ramova. (sinhro ram sadrži n sinhro frekvencija). Ako se u nekom trenutku želi uspostaviti sinhronizacija, predajnik i prijemnik koriste sinhro frekvencije koje su se našle u vremenskom prozoru T_p . Za uspostavljanje sinhronizacije koristimo n sinhro frekvencija iz vremenskog prozora T_p , koje predajnik emituje na početku predaje. Međutim, zbog vremenske razdešenosti T_r , broj zajedničkih sinhro frekvencija je manji od n (u slučaju sa sl.5 iznosi 3). Razdešavanjem satova možemo doći u situaciju kada nemamo ni jednu zajedničku sinhro frekvenciju, pa u ovom slučaju ne možemo uspostaviti ni sinhronizaciju. Zbog navedenog, potrebno je u određenim vremenskim intervalima vršiti ažuriranje vremena internih časovnika, a naročito u slučaju velikog intervala radio ćutanja (nekorišćenja radio uređaja).

Frekvencije u sinhro setu se mijenjaju kako teče vrijeme, što je prikazano na sl.6. Sa sl.6. se vidi da se svakih T_s sekundi generiše jedna nova sinhro frekvencija na poziciji f_n koja potiskuje „najstariju“ sinhro frekvenciju sa pozicije f_1 . Osvježavanje sinhro seta (nadalje sinhro rama) svakih T_s sekundi sa novom sinhro frekvencijom povećava imunost uspostavljanja sinhronizacije na elektronsaka dejstva. Naime, sinhro ram sadrži relativno mali broj frekvencija zbog zahtjeva za brži ulazak sistema u sinhronizaciju



Sl. 6. Izmjena frekvencija sinhro seta

U uslovima prisutnih elektronskih dejstava, poželjno je da vrijeme osvježavanja (T_s) sinhro rama bude što kraće, međutim ograničavajući faktor je tačnost realnih satova odnosno njihova razdešenost. Veća razdešenost satova između prijemnika i predajnika, zahtijeva duže vrijeme osvježavanja sinhro rama (T_s) novom sinhro frekvencijom. Isto tako, treba primijetiti da veći broj sinhro frekvencija, dozvoljava veću razdešenost između satova. Ili, ako je broj sinhro frekvencija veći, za zadovoljavajuću razdešenost satova može se dozvoliti kraće vrijeme osvježavanja sinhro rama (T_s) novom frekvencijom što obezbjeđuje veću otpornost sistema na ometanje.

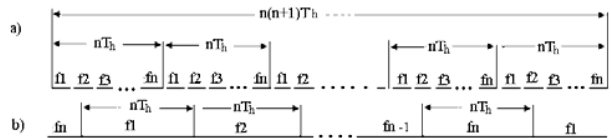
Promjena sinhro-frekvencija predajnika u fazi uspostavljanja sinhronizacije prikazana je na sl.7a. Kao što se vidi sa sl.7, predajnik na početku predaje emituje $(n+1)$ sinhro ram dok je trajanje jednog sinhro rama nT_h intervala skakanja.

Iz navedenog proizilazi da je vrijeme uspostavljanja sinhronizacije (T_{us})

$$T_{us} = n(n+1)T_h \quad (6)$$

gdje je n-broj frekvencija u sinhro setu a T_h -trajanje jednog intervala skakanja. Izraz (6) pokazuje da za definisanu brzinu skakanja, vrijeme uspostavljanja sinhronizacije zavisi od broja frekvencija u sinhro setu.

Promjene sinhro-frekvencija prijemnika u režimu pasivnog prijema (bez prisustva korisnog VF signala na ulazu) prikazane su na sl.7b. Predajnik u momentu odlaska u predaju emituje sinhro frekvencije svakih T_h sekundi, dok se prijemnik u fazi uspostavljanja sinhronizacije zadržava nT_h sec. na jednoj od sinhro-frekvencija sve dok ne primi prvi korelacioni pik (prepozna jednu od kodnih riječi).



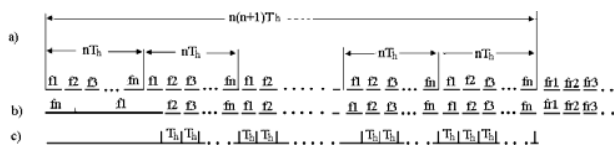
Sl. 7. (a) sinhro frekvencije predajnika u fazi uspostave (b)dežuranje prijemnika u pasivnom prijemu

U ovakvoj strategiji dežuranja prijemnika, detekcija kodne riječi (korelacionog pika) se može pojaviti na bilo kojoj od n sinhro-frekvencija ako je relativna razdešenost satova mala. Međutim ako relativna razdešenost iznosi T_s sekundi (period osvježavanja sinhro-seta novom frekvencijom), tada je moguća detekcija kodne riječi na $(n-1)$ sinhro-frekvencija. Daljim razdešavanjem satova smanjuje se broj sinhro frekvencija koje su iste za prijemnik i predajnik što se može vidjeti sa sl.6. Razdešenost satova za $(n-1)T_s$ obezbjeđuje samo jednu zajedničku sinhro frekvenciju koja zbog relativne razdešenosti u okviru jednog hop intervala (start predajnika je slučajna) ne obezbjeđuje pouzdanu detekciju kodne riječi ali još uvijek se sa određenom vjerovatnoćom može detektovati korelacioni pik. Razdešenost satova za nT_s i više sekundi, ne obezbjeđuje nijednu zajedničku sinhro frekvenciju, pa se u ovom slučaju ne može uspostaviti sinhronizacija. Iz navedenog se vidi da je moguće uspostaviti sinhronizaciju za razdešenost satova do $(n-1)T_s$ sekundi. Izbor vremena T_s (vrijeme osvježavanja sinhro-seta) zavisi od tačnosti raspoloživih satova, broja sinhro frekvencija (n) i postavljenih zahtjeva za vjerovatnoćom uspotave sinhronizacije poslije dugog radio ćutanja.

Na sl.7. prikazan je način izmjene sinhro-frekvencija predajnika u fazi uspostavljanja sinhronizacije, kao i strategija dežuranja prijemnika u pasivnom prijemu (odsustvo korisnog

VF signala na ulazu). U trenutku emitovanja predajnih sinhro ramova, fazna razdešenost između sinhro ramova prijemnika i predajnika može imati bilo koju vrijednost u intervalu nT_h . Napomenimo da u slučaju idealno tačnih satova sinhro setovi bi bili faznao razdešeni samo u okviru jednog intervala T_h što predstavlja najpovoljniji slučaj za uspostavljanje sinhronizacije.

Pod realnom pretpostavkom da je razdešenost satova mnogo manja od vremena osviježavanja T_s sinhro setova, na sl.8. prikazana je strategija uspostavljanja sinhronizacije. Svaka sinhro frekvencija emitovana od strane predajnika prenosi odgovarajuću kodnu riječ. Prijemnik u fazi čekanja predajnog sinhro seta mijenja sinhro frekvencije po istom zakonu kao i predajnik samo što se na svakoj zadržava nT_h sekundi (n - broj frekvencija u sinhro ramu). Ova faza u prijemniku traje sve do prijema jedne od n kodnih riječi emitovane od strane predajnika na nekoj od n sinhro frekvencija. Kodne riječi nose sa sobom informaciju o rednom broju sinhro frekvencije u okviru sinhro ramova koje emituje predajnik, tako da po prijemu prvog korelacionog pika prijemnik zna koja je sledeća sinhro-frekvencija i nastavlja da mijenja svoje sinhro-frekvencije istom brzinom kao predajnik, što je prikazano na sl.8, odnosno započinje fazu provjere sinhronizacije koja traje narednih n intervala skakanja T_h . Trajanje provjere od nT_h sekundi obezbeđuje mogućnost uspostavljanja sinhronizacije u slučaju kada usled uticaja smetnji, ostane na raspolaganju samo jedna od n sinhro frekvencija.



Sl.8. Prikaz izmjene sinhro frekvencija u fazi uspostave sinhronizacije (a) sinhro frekvencije predajnika, (b) sinhro frekvencije prijemnika, (c) kor. pikovi

U fazi provjere mogući su sledeći slučajevi:

- Ukoliko se u narednih nT_h sekundi po prijemu prvog korelacionog pika ne primi ni jedan korelacioni pik znači da je provjera inicirana lažnim alarmom i prijemnik se vraća na predhodnu fazu tj. strategiju dežuranja u pasivnom prijemu.
- Ako se u nT_h sekundi pojavi jedan ili više korelacionih pikova koji su međusobno pomjereni za kT_h sekundi ($1 \leq k \leq n$) u odnosu na prvi korelacioni pik, provjera je uspješno obavljena i nastavlja se dalji prijem korelacionih pikova sve do isteka svih $(n+1)$ ciklusa slanja sinhro ramova od strane predajnika.

Ako je provjera uspješno obavljena, korelator čeka $(n+1)$ sinhro ram na kojem treba da primi najmanje jedan korelacioni pik, kako bi prijemnik znao kad se završava faza uspostavljanja sinhronizacije i prelazak na radne frekvencije. Ukoliko se prvi korelacioni pik detektuje u n -tom sinhro ramu, faza provjere će se preklopiti sa $(n+1)$ -vim sinhro ramom pa ćemo u ovom slučaju dozvoliti uspostavljanje sinhronizacije ako se u $(n+1)$ -vim ramu primi bar jedan korelacioni pik. U predloženoj koncepciji sinhronizacije predviđeno je da svaka sinhro-frekvencija prenosi samo pripadajuću kodnu riječ jer nema mjesta za prenos dodatnih sinhro informacija (ograničenje predstavlja trajanje jednog hop intervala T_h). Jedna od

nepohodnih sinhro informacija bila bi redni broj sinhro frekvencije u okviru sinhro rama, koji dolazi od predajnika a na osnovu koje bi prijemnik po prijemu prvog korelacionog pika tačno znao koja je sledeća sinhro frekvencija predajnika, što bi mu omogućilo dalje praćenje predajnika. Isto tako nepohodno je znati redni broj sinhro rama emitovanog od predajnika, kako bi prijemnik znao kad se završava faza uspostavljanja sinhronizacije i prelazak na radne frekvencije na kojim se obavlja prenos informacija. Prenos rednih brojeva može se obaviti koristeći n različitih kodnih riječi, tako što će kodna riječ koja se prenosi na nekoj sinhro frekvenciji predstavljati i redni broj te frekvencije u okviru sinhro rama. Slanjem $(n+1)$ -vog sinhro rama sa novih n kodnih riječi određujemo trenutak prelaska na radne frekvencije (prijem informacija). S obzirom da neznamo na kojoj frekvenciji ćemo primiti prvi korelacioni pik, potrebno je imati na raspolaganju n digitalnih korelatora. Nadalje, korišćenjem korelatora sa dva praga odlučivanja, broj potrebnih korelatora se smanjuje na $n/2$ (za n parno) odnosno na $(n+1)/2$ (za n neparno), što je sasvim prihvatljivo sa stanovišta praktične realizacije.

V. Zaključak

Glavni doprinos rada je prijedlog originalnog algoritma uspostavljanja sinhronizacije za FH-SS sisteme srednjih brzina. U okviru rada, predloženo je uvođenje detektora MF signala u cilju smanjenja vjerovatnoće lažnog alarma, što omogućuje korišćenje relativno kratkih kodnih riječi u fazi uspostavljanja sinhronizacije. Isto tako, uvođenje digitalnog korelatora sa dva praga odlučivanja, znatno se smanjuje broj korelatora i olakšava praktična realizacija.

ZAHVALNICA

Ovaj rad predstavlja djelimične rezultate koji su nastali u okviru istraživanja na projekatu "Istraživanje tehničkih rješenja za uspostavljanje i održavanje sinhronizacije u radio komunikacionim sistemima na bazi prenosa u proširenom opsegu metodom frekvencijskog skakanja (FH-SS) pri brzini promjene frekvencije do 1000 skokova u sekundi", koji sufinansira Ministarstvo nauke i tehnologije Vlade Republike Srpske.

LITERATURA

- [1] Popović R. Šajić S. Elaborat o istraživanju u oblasti VVF FH-SS radio veza, Banjaluka, Čajavec, decembar 1985.
- [2] B.Todorović, M.Šunjevarić, D.Lepir: "Modified Three Level Code Acquisition Scheme for Frequency Hopping Radio in Channels with Fading", *ETT*, Vol. 10, No.5, 1999
- [3] Robert C. Dixon, Spread Spectrum System with Commercial applications 1994.
- [4] Savo G. Glišić, Sinhronizacija signala sa ekspanovanim spektrom, Beograd, 1985.

Abstract

In this paper, an algorithm for acquisition of synchronisation in the FH systems with (300-1000) hop/s is suggested. An analysis of the false alarm in the absence of the signal is performed and an approach for reducing of the false alarm probability is offered. The digital correlator is described and a technical solution for signal synchronisation acquisition based on the two decision level correlator is suggested.

A TWO-LEVEL CODE ACQUISITION SOLUTION FOR FREQUENCY HOPPING RADIO WITH (300-1000) hops/s
Slavko Šajić, Đemal Kolonić, Milan Šunjevarić