

Izbor pseudoslučajnih sekvenci za zaštitu upravljačkog signala bespilotne letilice

Vladimir D. Orlić, Miroslav L. Dukić i Branislav M. Todorović

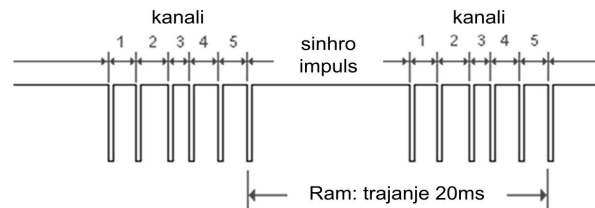
Sadržaj — Primena tehnike prenosa u proširenom spektru na bazi direktne sekvence predstavlja efikasan metod zaštite upravljačkog signala bespilotne letilice. Pored dobrih autokorelacionih osobina pseudoslučajnih (PS) sekvenci primenjenih za zaštitu upravljačkog signala, od velike važnosti je da istovremeno i međukorelaciona svojstva primenjenih sekvenci budu maksimalno dobra. U ovom radu analizirane su korelacione osobine linearnih PS sekvenci maksimalne dužine, Goldovih i Kasamijevih sekvenci, kao i mogućnosti njihove primene u zaštiti upravljačkog signala bespilotne letilice.

Gljučne reči — PPS-DS, bespilotna letilica, pseudoslučajne sekvence, korelacija.

I. UVOD

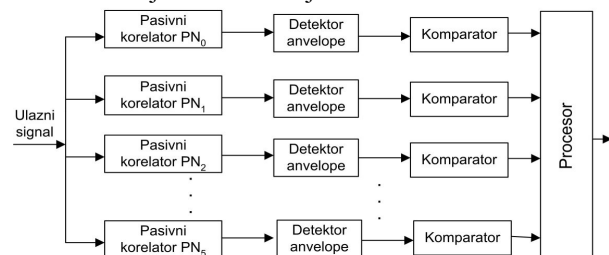
BESPILOTNE letilice (BL) se poslednjih godina ubrzano razvijaju za različite vojne i civilne primene. U zavisnosti od načina upravljanja, one mogu biti: (1) daljinski upravljane, i (2) autonomno vođene na osnovu prethodno programiranog plana leta, [1]. Jedan od najčešće korišćenih sistema za daljinsko upravljanje bespilotnim letilicama je onaj koji se zasniva na primeni impulsne položajne modulacije. Ovako modulisan signal može da se zaštititi od potencijalnog ometanja i neovlašćene detekcije primenom tehnike prenosa u proširenom spektru na bazi direktne sekvence (PPS-DS), [2]. Metod zaštite upravljačkog signala BL primenom (N+1) različitih PS sekvenci opisan je u [3], a proračun performansi je prikazan detaljno u [4]. U usvojenoj koncepciji, upravljački signal BL formira se u vidu rama fiksnog trajanja 20ms, koji se sastoji iz sinhro-impulsa i N kanala. Broj kanala N jednak je broju servo-motora na letilici i on je promenljiv (od 4 do 8), a tipično iznosi 5. Ovih (N+1) segmenata rama razdvojeni su međusobno pauzama jednakog trajanja 0.3ms, dok su širine samih impulsa promenljive: impulsi koji odgovaraju kanalima mogu biti trajanja između 1ms i 2ms, a trajanje sinhro-impulsa se određuje tako da ukupno trajanje rama bude konstantno. Struktura rama upravljačkog signala BL, koji sadrži 5 kanala, prikazana je na Sl.1. Svih (N+1) osnovnih segmenata upravljačkog signala (sinhro-impuls + N

kanala) u svakom ramu mogu se modulirati različitim PS sekvencama: $PS_0 - PS_N$.



Sl.1. Ram upravljačkog signala BL.

Ovakvim pristupom su prijem signala i pravilno određivanje trajanja pojedinačnih upravljačkih impulsa suštinski pojednostavljeni – nema potrebe za održavanjem kodne sinhronizacije, niti za demodulacijom, već se u okviru prijemnika vrši samo pasivna korelacija. Struktura takvog prijemnika prikazana je na Sl.2. U svakoj od (N+1) grana prijemnika nalazi se po jedan pasivni korelator (prilagođeni filter) za svaku od (N+1) različitih PS sekvenci koje se koriste za kodiranje upravljačkog signala. Analizu signala na izlazu iz pasivnog korelatora, nakon detekcije anvelope i upoređivanja sa pragom odlučivanja, vrši procesor. Uloga procesora je da prati pravilnosti u pojavljivanju vrhova autokorelacione funkcije primenjenih sekvenci sa ciljem odbacivanja lažnih alarma.



Sl.2. Struktura prijemnika.

Od suštinskog značaja za ispravan rad procesora prilikom analize signala u granama prijemnika, ali i za detekciju generalno, jesu dobra autokorelaciona svojstva PS sekvenci koje se koriste. Dodatno, budući da se signal na ulazu u prijemnik distribuira ka svim prilagođenim filterima bez ikakve predobrade, minimizacija verovatnoće pojave lažnih alarma upućuje na neophodnost da se obezbede dobre međukorelacione osobine primenjenih PS sekvenci. Prilikom izbora sekvenci za zaštitu upravljačkog signala BL sve pomenute aspekte treba zadovoljiti istovremeno. Stroga pravilnost međusobnih rastojanja uzastopnih vrhova autokorelacije pojedinačnih sekvenci u prijemniku omogućava procesoru da obavi verifikaciju odluka o prisustvu signala u određenom kanalu. Pri tom, procesor može izvršiti korekciju vrednosti praga

V.D. Orlić, IMTEL Komunikacije A.D., Bul. M. Pupina 165B, 11070 N. Beograd, Srbija (telefon: 381-64-8236530; e-mail: cheggy@insimtel.com).

M.L. Dukić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija (e-mail: dukic@etf.rs).

B.M. Todorović, IMTEL Komunikacije A.D., Bul. M. Pupina 165B, 11070 N. Beograd, Srbija (e-mail: todorovic@insimtel.com).

odlučivanja sa ciljem povećanja verovatnoće uspešne detekcije vrhova autokorelacije, ukoliko ona ima smisla sa aspekta korelacionih osobina primenjenih sekvenci. Zbog ove specifične odlike opisanog sistema, prilikom izbora između skupova sekvenci sličnih međukorelacionih osobina, prednost treba svakako dati onim sekvencama koje odlikuju bolja autokorelaciona svojstva.

II. IZBOR PSS ZA KODIRANJE UPRAVLJAČKOG SIGNALA

Svaki od $(N+1)$ segmenata upravljačkog signala BL se zajedno sa pauzom koja mu prethodi kodira određenom PS sekvencom. Kako bi na izlazu iz pasivnog korelatora u odgovarajućoj grani prijemnika pojava vrha autokorelacione funkcije nastupila istovremeno sa početkom impulsa (što predstavlja znak procesoru da započne merenje trajanja impulsa), period primenjene PS sekvence se bira tako da bude jednak trajanju signala pauze (0.3ms). Ovo važi za svih $(N+1)$ sekvenci koje su pridružene pojedinim segmentima upravljačkog signala. Smatrajući da je vrednost procesnog pojačanja prilikom širenja spektra signala primenom PS sekvenci dužine $L=255$ prihvatljiva sa stanovišta potreba sistema, ova vrednost L je usvojena u generalnom konceptu sistema. Vrednost osnovne učestanosti signala takta koji se koristi prilikom generisanja PS sekvenci stoga iznosi, $f_c = 255/0.3\text{ms} = 0.85\text{MHz}$.

A. Linearne sekvence maksimalne dužine

Dobre autokorelacione osobine linearnih PS sekvenci maksimalne dužine (tzv. m-sekvenci) upućuju na zaključak da upotreba ove klase sekvenci može biti dobar izbor. Jednostavna struktura generatora linearnih PS sekvenci, u vidu linearnih pomeračkih registara sa povratnom spregom, predstavlja dodatni motiv za izbor ovih sekvenci.

Postoji ukupno 16 m-sekvenci precizirane dužine $L = 2^m - 1 = 255$ ($m=8$), a realizuju se pomoću različitih mehanizama povratne sprege u pomeračkom registru. formule generišućih polinoma i logika formiranja povratne sprege za svaku od ovih sekvenci prikazane su u Tabeli 1 [5]. Ukoliko je $N=5$, među prikazanim PS sekvencama treba odabrati njih šest, za modulisanje svakog od šest segmenata upravljačkog signala. Vrhovi autokorelacione funkcije PS sekvence, koji se pojavljuju na izlazu iz pasivnog korelatora u odgovarajućoj grani prijemnika tokom trajanja pojedinačnog impulsa upravljačkog signala, se nalaze na međusobnim rastojanjima od 255 čipova, što procesor može sa lakoćom da prati zahvaljujući veoma pravilnom izgledu autokorelacionih funkcija m-sekvenci. Potencijalni problem predstavlja mogućnost pojave vrhova i u granama prijemnika u kojim se nalaze pasivni korelatori prilagođeni sekvencama različitim od one kojom je modulisan impuls koji se nalazi na ulazu u prijemnik, a koji potiču od neidealnih oblika funkcija međukorelacije m-sekvenci. Stoga upravo pitanje međukorelacionih svojstava sekvenci prikazanih u Tabeli 1 predstavlja kriterijum po kom treba odabrati njih šest za upotrebu u okviru sistema.

Raspored pojavljivanja primenjenih PSS u prijemniku je

unapred poznat, jer je međusobni raspored impulsa (sinhro i upravljačkih kanala) uvek isti, a svaki segment upravljačkog signala se kodira uvek istom, jedinstvenom PS sekvencom. Pojava lažnih alarma usled izraženih vrhova funkcije međukorelacije je stoga potencijalno opasna tek ukoliko do nje dolazi u kanalu u kom se nalazi filter prilagođen „prvoj narednoj“ sekvenci u odnosu na tekuću (onu koja odgovara segmentu signala koji se trenutno nalazi na ulazu u predajnik) – u suprotnom je procesor u stanju da detektuje pojavu odstupanja od očekivanog rasporeda PS sekvenci i lažni alarm prepozna i odbaci kao takav. Dakle, samo susedne sekvence u nizu treba da poseduju što je moguće bolje međukorelacione osobine. U [5] je opisan algoritam rada softvera projektovanog sa ciljem da izvrši analizu funkcija međukorelacije svih uređenih parova iz skupa m-sekvenci dužine $L=255$, i odabere onih šest kod kojih se međukorelacione funkcije uzajamno susednih sekvenci odlikuju vrhovima najnižih mogućih vrednosti, i to u optimalnom rasporedu.

TABELA 1: M-SEKVENCE DUŽINE $L=255$.

Oktalni kod povr. sprege	Način formiranja povr. sprege	Redni broj (oznaka)
435	$x(8)+x(4)+x(3)+x(2)$	9
453	$x(8)+x(5)+x(3)+x(1)$	10
455	$x(8)+x(5)+x(3)+x(2)$	11
515	$x(8)+x(6)+x(3)+x(2)$	12
537	$x(8)+x(6)+x(4)+x(3)+x(2)+x(1)$	13
543	$x(8)+x(6)+x(5)+x(1)$	14
545	$x(8)+x(6)+x(5)+x(2)$	6
551	$x(8)+x(6)+x(5)+x(3)$	5
561	$x(8)+x(6)+x(5)+x(4)$	4
607	$x(8)+x(7)+x(2)+x(1)$	15
615	$x(8)+x(7)+x(3)+x(2)$	3
651	$x(8)+x(7)+x(5)+x(3)$	2
703	$x(8)+x(7)+x(6)+x(1)$	1
717	$x(8)+x(7)+x(6)+x(3)+x(2)+x(1)$	16
747	$x(8)+x(7)+x(6)+x(5)+x(2)+x(1)$	7
765	$x(8)+x(7)+x(6)+x(5)+x(4)+x(2)$	8

Kao rezultat analize sekvenci iz posmatranog skupa, softver prijavljuje sledeći rezultat: optimalni izbor i raspored m-sekvenci dužine $L=255$, opisanih rednim brojevima (Tabela 1):

$$1, 15, 16, 6, 12, 7. \quad (1)$$

Ukoliko sekvence iz prethodne liste označimo kao $PS_0 - PS_5$, redom, pomoću korišćenog softvera se mogu odrediti vrednosti vrhova korelacije odabranih sekvenci. Ove vrednosti su prikazane u Tabeli 2. Kao što se može uočiti iz Tabele 2, normalizovane vrednosti vrhova autokorelacije pojedinačnih sekvenci iznose 1, dok su vrednosti vrhova međukorelacije susednih sekvenci izrazito niske (oko 0.1216) – višestruko niže od maksimalnih vrednosti vrhova međukorelacije m-sekvenci odabrane dužine (koje iznose 0.3725 [6]).

TABELA 2: VREDNOSTI VRHOVA KORELACIJE ODABRANIH M-SEKVENCI DUŽINE $L=255$.

	PS ₀	PS ₁	PS ₂	PS ₃	PS ₄	PS ₅
PS ₀	1.000	0.1216	0.2471	0.2471	0.1843	0.1216
PS ₁	0.1216	1.000	0.1216	0.1843	0.2471	0.2471
PS ₂	0.2471	0.1216	1.000	0.1216	0.2471	0.1216
PS ₃	0.2471	0.1843	0.1216	1.000	0.1216	0.2471
PS ₄	0.1843	0.2471	0.2471	0.1216	1.000	0.1216
PS ₅	0.1216	0.2471	0.1216	0.2471	0.1216	1.000

Sve vrednosti prikazane u Tabeli 2 određene su bez uzimanja u obzir tzv. „sopstvenog šuma“ korelatora [7]. Proračuni koji slede biće učinjeni pod istom pretpostavkom.

B. Goldove sekvence

Goldove sekvence predstavljaju veliki skup sekvenci dobrih međukorelacionih karakteristika, [8]. Goldove sekvence dužine $L = 2^m - 1$ formiraju se na osnovu odabranog para sekvenci u i v , dužine L , koje se nazivaju „preferiranim parom“ sekvenci. Dve sekvence u i v čine preferirani par ukoliko zadovoljavaju uslov da su m-sekvence, čija međukorelaciona funkcija ima samo tri vrednosti: -1 , $-t(m)$ i $t(m)-2$, gde $t(m)$ predstavlja vrednost:

$$t(m) = 1 + 2^{(m+2)/2}. \quad (2)$$

Skup Goldovih sekvenci izvedenih iz odabranog preferiranog para $G(u, v)$ se definiše na sledeći način:

$$G(u, v) \triangleq \{u, v, u \oplus v, u \oplus Tv, u \oplus T^2v, \dots, u \oplus T^{L-1}v\}, \quad (3)$$

gde T predstavlja operator cikličnog pomeranja vektora za jedno mesto u levo, a \oplus označava sabiranje po modulu 2. Preferirani parovi PS sekvenci postoje samo za one dužine sekvenci za koje ne važi $m \equiv 0 \pmod{4}$. Međutim, metoda za generisanje sekvenci data formulom (3) se može primeniti i kada važi $m \equiv 0 \pmod{4}$. U [6] se ove sekvence nazivaju sekvencama „nalik Goldovim sekvencama“ (*Gold-like*), i navodi se da maksimalna vrednost vrha međukorelacije ovih sekvenci iznosi koliko i kod Goldovih sekvenci: $t(m)$. U slučaju sekvenci dužine $L=255$ (tj. $m=8$) izraz (2) daje vrednost $t(8) = 33$, tj. odgovarajuća normalizovana maksimalna vrednost vrha međukorelacije iznosi 0.1294.

Međutim, vrednosti međukorelacije m-sekvenci koje je softver izabrao kao optimalno rešenje, izraz (1), prikazane u Tabeli 2, upućuju na sledeći zaključak: polazeći od para susednih sekvenci iz izraza (1), i primenjujući metod formiranja dat izrazom (2), moguće je kreirati skup od $L+2$ sekvence čije maksimalne vrednosti vrha međukorelacije iznose koliko i kod polaznih sekvenci: 0.1216. Primenjujući ovaj pristup, sekvence označene rednim brojevima 1 i 15 u Tabeli 1 uzimamo za u i v , a zatim određujemo prvih 6 sekvenci po pravilu (3), dodeljujući im oznake kao PS₀ – PS₅, redom. Vrednosti vrhova korelacije na ovaj način dobijenih sekvenci, izračunate pomoću upotrebljenog softvera, prikazane su u Tabeli 3: kao što se i očekuje, vrednosti vrhova međukorelacije svih sekvenci

iznose 0.1216.

Dakle, sa aspekta primenljivosti u okviru opisanog sistema za zaštitu upravljačkog signala BL, međukorelaciona svojstva formiranog skupa PS sekvenci nalik Goldovim sekvencama su podjednako dobra kao svojstva ranije odabranih m-sekvenci (jer su od interesa samo međukorelacije parova susednih sekvenci). Međutim, samo prve dve (polazne) sekvence iz novoformiranog skupa poseduju autokorelacione karakteristike m-sekvenci, dok kod svih ostalih PS sekvenci nalik Goldovim sekvencama postoje i vrhovi autokorelacije visine 0.1216, pored jediničnih (što je i očekivan rezultat [8]). Stoga se može zaključiti da primena odabranih m-sekvenci u ovom specifičnom slučaju predstavlja bolje rešenje. Za razliku od primene sekvenci nalik Goldovim, primena m-sekvenci iz odabranog skupa pruža mogućnost smanjenja vrednosti praga odlučivanja tokom procesa verifikacije (nakon detekcije prvog vrha autokorelacije), koja rezultuje pouzdanijom detekcijom.

Dobijeni rezultat je posledica specifičnih karakteristika opisanog sistema: posmatranja samo „prvog narednog“ kanala i korekcije praga odlučivanja tokom verifikacije. U klasičnom pristupu problemu detekcije, međukorelacione osobine m-sekvenci bi bile kvalifikovane kao generalno lošije u odnosu na Goldove, a njihova dobra autokorelaciona svojstva ne bi predstavljala tako značajnu prednost. Pogodnost odabranog skupa m-sekvenci proizlazi iz specifičnosti strukture ovih sekvenci: kod njih važi $m \equiv 0 \pmod{4}$, i njihove međukorelacione funkcije imaju samo četiri međusobno različite vrednosti, neuobičajeno niske maksimalne vrednosti vrha međukorelacije $t(m)-2$ (tj. 31 za $m=8$, što iznosi 0.1216 nakon normalizacije). U [6] se ove sekvence nazivaju „sekvencama Teoreme 2“.

TABELA 3: VREDNOSTI VRHOVA KORELACIJE FORMIRANIH „PS SEKVENCI NALIK GOLDOVIM SEKVENCAMA“ DUŽINE $L=255$.

	PS ₀	PS ₁	PS ₂	PS ₃	PS ₄	PS ₅
PS ₀	1.000	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216
PS ₁	0.1216	1.000	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216
PS ₂	0.1216	0.1216	1.000	0.1216	0.1216	0.1216
PS ₃	0.1216	0.1216	0.1216	1.000	0.1216	0.1216
PS ₄	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	1.000	0.1216
PS ₅	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	1.000

Kao dodatak svemu navedenom, napomenimo još i da je rezultat primene procedure opisane izrazom (3) interesantan, jer je nešto bolji od onog koji se očekuje u skladu sa [6].

C. Kasamijeve sekvence

Kasamijeve sekvence predstavljaju skup sekvenci sa još boljim međukorelacionim osobinama u odnosu na Goldove sekvence [8]. Maksimalna vrednost vrhova međukorelacije Kasamijevih sekvenci odgovaraju tzv. Welch-ovoj donjoj granici, što čini Kasamijeve sekvence optimalnim u smislu međukorelacionih svojstava. U praktičnim primenama u kojima su dobre međukorelacione osobine sekvenci od

naročito interesa (poput CDMA sistema) Kasamijeve sekvence se retko primenjuju, jer je njihov broj nedovoljan (eksponencijalno manji od broja Goldovih sekvenci identične dužine). Međutim, kako u sistemu za zaštitu upravljačkog signala BL opisanog u ovom tekstu postoji potreba za strogo ograničenim brojem od $(N+1)=6$ sekvenci, primena Kasamijevih sekvenci dužine $L=255$ svakako jeste jedna od opcija.

Kasamijeve sekvence (preciznije, tzv. „mali skup Kasamijevih sekvenci“, koji poseduje optimalne vrednosti vrhova međukorelacije) se formira na sledeći način:

$$K_s(u) \triangleq \{u, u \oplus \omega, u \oplus T\omega, u \oplus T^2\omega, \dots, u \oplus T^{2^{m/2}-2}\omega\}, \quad (4)$$

gde ω predstavlja sekvencu dobijenu decimacijom m-sekvence u za $2^{m/2}+1$, T predstavlja operator cikličnog pomeranja vektora za jedno mesto u levo, a \oplus označava sabiranje po modulu 2. Maksimalna vrednost vrhova međukorelacije Kasamijevih sekvenci iznosi $1+2^{m/2}$, a sekvenci iz ovog skupa ima ukupno $2^{m/2}$.

Polazeći od sekvence označene rednim brojem 1 u Tabeli 1 (sekvenca u za izraz (4)), određuje se prvih 6 sekvenci iz formule za formiranje Kasamijevih sekvenci, i dobija novi skup PS sekvenci $PS_0 - PS_5$, redom. Vrednosti vrhova korelacije na ovaj način dobijenih sekvenci, izračunate pomoću realizovanog softvera, prikazane su u Tabeli 4. Vrednosti vrhova međukorelacije svih sekvenci odgovaraju očekivanim maksimumima međukorelacije Kasamijevih sekvenci: $1+2^{m/2} \Big|_{m=8} = 17$, tj. 0.0667 nakon normalizacije.

TABELA4: VREDNOSTI VRHOVA KORELACIJE FORMIRANIH KASAMIJEVIH SEKVENCI DUŽINE $L=255$.

	PS_0	PS_1	PS_2	PS_3	PS_4	PS_5
PS_0	1.000	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
PS_1	0.0667	1.000	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
PS_2	0.0667	0.0667	1.000	0.0667	0.0667	0.0667
PS_3	0.0667	0.0667	0.0667	1.000	0.0667	0.0667
PS_4	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	1.000	0.0667
PS_5	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	1.000

Kao što se može uočiti iz Tabele 4, međukorelaciona svojstva Kasamijevih sekvenci su dvostruko bolja u odnosu na međukorelaciona svojstva odabranog skupa m-sekvenci, sa aspekta analizirane primene PS sekvenci. Međutim, autokorelacione osobine m-sekvenci su bolje. Samo prva (polazna) sekvenca iz formiranog skupa Kasamijevih sekvenci poseduje autokorelacione osobine m-sekvenci, dok kod svih ostalih postoje i vrhovi autokorelacije visine 0.0667, pored jediničnog, što zahteva viši prag odlučivanja tokom verifikacije, a time se smanjuje verovatnoća detekcije. Dakle, izbor između odabranog skupa m-sekvenci i skupa Kasamijevih sekvenci, za potrebe primene u okviru analiziranog sistema, treba napraviti na osnovu detaljne analize potencijalnog dobitka u vidu smanjenja verovatnoće lažnog alarma i potencijalnog gubitka u vidu smanjenja verovatnoće detekcije, i obratno. Eventualna upotreba Kasamijevih sekvenci zasigurno rezultuje većom

verovatnoćom detekcije prvog pika autokorelacije, dok je verifikacija prisustva signala u određenom kanalu prijemnika pouzdanija ukoliko se koriste m-sekvence. U klasičnom pristupu problemu detekcije pomenuta dilema ne postoji i prednost bi nedvosmisleno bila na strani Kasamijevih sekvenci. U slučaju primene Kasamijevih sekvenci u opisanom sistemu, prvu (polaznu) sekvencu svakako treba pridružiti sinhro impulsu upravljačkog signala BL, kako bi se obezbedili maksimalno pogodni uslovi za inicijalnu detekciju signala i uspešan početak rada opisanog algoritma u prijemniku.

III. ZAKLJUČAK

Sprovedenom analizom zaključeno je da za potrebe zaštite upravljačkog signala BL treba koristiti odabrane m-sekvence dužine $L=255$ ili Kasamijeve sekvence iste dužine. Za donošenje definitivne odluke neophodno je sprovesti dodatnu analizu vrednosti verovatnoće ispravne detekcije vrha autokorelacije i verovatnoće lažnog alarma koje odlikuju pomenute skupove PS sekvenci. Takođe, kriterijum treba proširiti analizom vrednosti sopstvenog šuma korelatora pomenutih klasa PS sekvenci, što predstavlja temu za buduća istraživanja.

LITERATURA

- [1] K.P. Valavanis (Ed.), *Advances in Unmanned Aerial Vehicles*, Springer, 2008.
- [2] D. Torrieri, *Principles of Spread-Spectrum Communication Systems*, Springer, 2005.
- [3] B.M. Todorović and V.D. Orlić: "Direct Sequence Spread Spectrum Scheme for an Unmanned Aerial Vehicle PPM Control Signal Protection", *IEEE Communications Letters*, to be published in October 2009.
- [4] B.M. Todorović and V.D. Orlić, "An Application of Direct Sequence Spread Spectrum Unmanned Aerial Vehicle PPM Control Signal Protection", *Proc. of IEEE Conference TELSIKS 2009*, Niš, 2009, accepted for publication.
- [5] V.D. Orlić, B.M. Todorović, "Algoritam za automatsku selekciju PS sekvenci za zaštitu upravljačkog signala bespilotne letilice", Konferencija OTEH 2009, Beograd, 2009, accepted for publication.
- [6] D.V. Sarwate and M.B. Pursley, "Crosscorrelation Properties of Pseudorandom and Related Sequences", *Proc. of the IEEE*, vol. 68, no. 5, May 1980., pp. 593-619
- [7] V.M. Jovanovic and M.S. Sousa, "Analysis of Non-Coherent Correlation in DS/BPSK Spread Spectrum Acquisition", *IEEE Trans. Communications*, vol. 43, Issue 234, 1995., pp. 565-573
- [8] J.G. Proakis, *Digital Communications*, New York, McGraw Hill, 1995.

ABSTRACT

Direct Sequence Spread Spectrum represents effective technique for unmanned aerial vehicle (UAV) control signal protection. Pseudorandom sequences adopted for protection ought to have good autocorrelation and crosscorrelation properties. In this paper, we consider correlation properties of linear maximal-length, Gold and Kasami sequences, and investigate possibilities of their application in UAV control signal protection.

CHOICE OF PSEUDORANDOM SEQUENCES FOR UAV CONTROL SIGNAL PROTECTION

Vladimir D. Orlić, Miroslav L. Dukić,
Branislav M. Todorović