

MOGUĆNOSTI PRIMENE RETRODIREKCIONIH ANTENA U RADARSKIM SISTEMIMA

Pavić M. *Aleksandar*, Vojska Srbije,
126. brigada VOJIN, Beograd,
Nikolić Z. *Veljko*, Vojska Srbije,
Tehnički opitni centar, Beograd

DOI: 10.2298/vojtehg1202245P

OBLAST: stručni članak

VRSTA ČLANKA: radio-komunikacije, radarska tehnika

Sažetak:

U radu su prikazane mogućnosti primene retrodirekcionih antena u savremenim radarskim sistemima. Razmatraju se osnovne teorijske postavke retrodirekcije, praktične mogućnosti realizacije osnovnih elemenata antene preko ugaonih reflektora, Van Atta i hibridnih elemenata. Prikazan je i jedan model retrodirekcionog radara za automatsko praćenje ciljeva. Opisane su osnovne razlike u odnosu na trenutno aktuelne antene sa faziranom rešetkom, sa stanovišta pojednostavljenja i smanjenja cene prijemnika i signal-procesora i vremena detekcije cilja kao osnovne prednosti ove tehnologije. Obrazložene su prednosti i nedostaci ove tehnologije. U zaključku se navode mogućnosti primene ove tehnologije i pravci daljeg ispitivanja.

Ključne reči: *retrodirekcija, retrodirekciono antene, antene sa faziranom rešetkom, Van Atta elementi, hibridni retrodirekciono nizovi, vreme akvizicije cilja.*

Uvod

Osnovne karakteristike koje se nameću pred savremene telekomunikacione bežične sisteme odnose se, pre svega, na visok kvalitet digitalne obrade primljenog signala u realnom vremenu, modularnu konstrukciju i povećanje vremena bezotkaznog rada uz smanjenje dimenzija i ukupnih troškova održavanja. Razvoj antena i antenskih nizova je proces koji neprekidno traje radi zadovoljenja pomenutih potreba, što iziskuje pronalaženje i primenu novih konstrukcionih rešenja. Posebnu grupu sistema, čine sistemi namenjeni primeni u vojne svrhe. Oni pored navedenih zahteva moraju zadovoljiti pooštrene vojne kriterijume u pogledu žilavosti (mogućnost nesmetanog rada sa zadovoljavajućim funkcionalnim karakteristikama u uslovima aktivnih i pasivnih smetnji) i zaštite podataka.

Cilj ovog stručnog članka je da upozna širu javnost sa tehnologijom retrodirekcionih antena kroz najosnovnije teorijske principe i da skrene pažnju na ovu vrlo aktuelnu oblast u svetu savremenih naučno-tehničkih rešenja. Najveći doprinos ovog članka odnosi se na model retrodirekcionog radara za automatsko praćenje ciljeva u kome smo prikazali funkcionalnu šemu i objasnili osnovne principe funkcionisanja. Ovaj model je potrebno detaljnije razmatrati u sa ciljem daljeg unapređenja i stvaranja povoljne tehnološke platforme za budući eventualni razvoj jednog ovako sofisticiranog sistema.

Antene sa retrodirekcionim nizovima po svojoj konstrukciji i svojstvima odgovaraju zahtevima koji se nameću pred savremene vojne telekomunikacione sisteme. One predstavljaju specijalnu vrstu antenskih nizova koji vrše reemisiju signala u istom pravcu iz koga je došao incidentni signal, bez bilo kakvog prethodnog znanja o položaju izvora signala u prostoru, pa ne koriste složene algoritme za digitalnu obradu signala za razliku od tzv. „pametnih antena“. One obezbeđuju pokrivanje prostora kao omnidirekcionne antene uz održavanje dobitka antene na visokom nivou. Zbog svojih osobina nalaze primenu kod automatskog upravljanja, praćenja ciljeva, radarskih transpondera i u sistemima mobilnih komunikacija. Slanjem predajnog signala u tačno definisani deo prostora (fukusiranjem reemitovane energije direktno prema izvoru zračenja), ostvaruje se zadovoljavajuća usmerenost, što povećava odnos signal/šum smanjivanjem uticaja interferencija iz okolnog prostora i *multipath* efekta. Povećanjem broja elemenata antenskog niza, smanjuje se vrednost predajne snage svakog pojedinog elementa, što pojednostavljuje izradu i povećava pouzdanost.

Tema ovog stručnog članka je proizvod praćenja savremenih trendova u oblasti radarske tehnike, kao i svakodnevni rad na održavanju sistema koja su trenutno upotrebljavaju u jedinicama Vojske Srbije. S obzirom na to da se oblast radio komunikacija bavi i radarskom tehnikom svakodnevno proizvodi nova tehnička rešenja kako bi se sistemi unapredili. Proučavanje retrodirekcije, posebno sa stanovišta praktične primene nameće se kao neko od budućih rešenja koje će zameniti i unaprediti postojeća.

Teorija retrodirekcije i osnovne topologije

Retrodirekcionne antene vrše predaju signala prema potencijalnom cilju (interogatoru) bez bilo kakvog prethodnog poznavanja pravca iz kojeg je došao signal i bez upotrebe složenih algoritama za obradu signala. Osnovni princip retrodirekcije zasniva se na konjukciji faze incidentnog signala. Svaki element antenskog niza vrši reemisiju incidentnog signala, tako da se faza predajnog signala ponaša kao konjugovana faza incidentnog signala. Drugim rečima, svaki element antenskog niza ima svoju fazu koja se formira na osnovu faze incidentnog signala. [1]

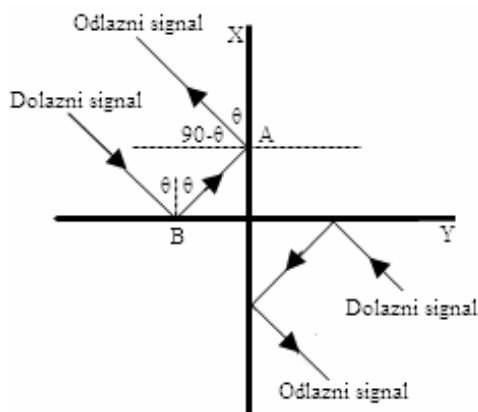
Retrodirekcionni antenski nizovi mogu se, prema složenosti, klasifikovati na:

- nizove sa ugaonim reflektorima,
- Van-Atta nizove i
- heterodine retrodirekzione nizove.

Retrodirekzione antenske nizove možemo klasifikovati i na osnovu tehnologije izrade na:

- pasivne nizove i
- aktivne nizove.

Ugaoni reflektor. Ova struktura predstavlja osnovu teorije retrodirekcije i njenu najjednostavniju topologiju. Objašnjen je princip konjukcije faza. Ugaoni reflektor (slika 1) sastavljen je od dve ravni koje su spojene pod uglom od 90° .



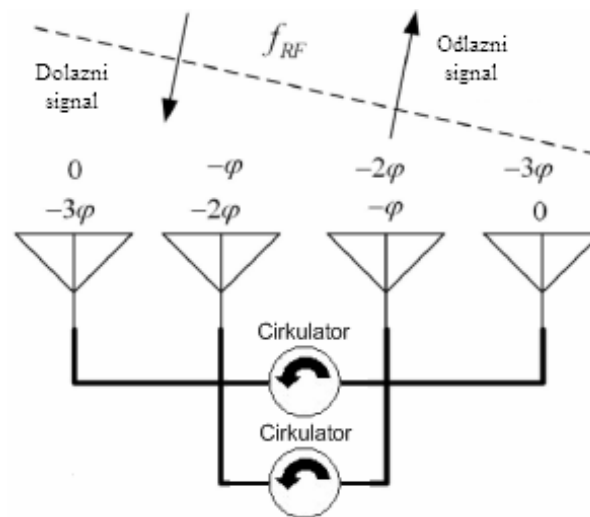
Slika 1 – Ugaoni reflektor
Figure 1 – Corner reflector

Uslovi prostiranja u ovom slučaju, s obzirom na to da se radi o teorijskoj postavci, idealni su, što znači da je sredina homogena, a koeficijent prelamanja talasa je 1.

Dolazni (incidentni) talas dolazi pod uglom θ na osu y i reflektuje se pod istim uglom θ . Reflektovani talas dolazi na x osu pod uglom $90^\circ - \theta$ i ponovo se reflektuje. Ako kroz tačku A povučemo pravu koja je paralelna sa osom y možemo zaključiti da talas koji izlazi ima istu fazu kao i incidentni talas, ali se kreće u suprotnom pravcu, ka istom mestu odakle je i došao. To predstavlja fundament teorije retrodirekcije. Ugaoni reflektor predstavlja element pasivnog niza. [2]

Van-Atta nizovi. Ova vrsta nizova sastoji se od parnog broja elemenata, koji su organizovani tako da su parovi elemenata povezani prenosnim vodovima iste dužine. Na ovaj način ostaje sačuvana informacija o fazi i fazni odnosi između elemenata niza. Mogu biti pasivni (bez cirkulatora) i aktivni (sa cirkulatorima uz dodatak pojačavača). [2]

Ova osobina ostavlja mogućnost da talasi mogu da dođu pod bilo kojim uglom, jer će bez korišćenja zahtevne obrade predajni signal biti poslat sa konjugovanim fazom u pravcu odakle je došao i incidentni talas.



Slika 2 – Van-Atta aktivni element
Figure 2 – Van-Atta active element

Ako se zanemare gubici energije usled rasejanja talasa, energija re-emitovanog polja E_{rt} predstavljena je kao proizvod energije svakog pojedinačnog elementa, uzimajući da svaki element ima približno istu energiju, što se može se izraziti kao (jednačina 1) [1]:

$$E_{rt} = A \times e^{j(\omega t + \phi_L)} \sum_{n=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} e^{\frac{j 2 \pi x_n}{\lambda_0} (\sin \theta_t - \sin \theta_r)} \quad (1)$$

gde je:

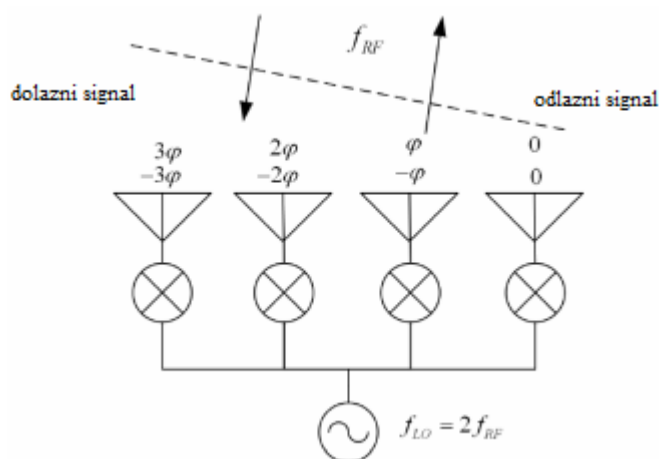
- A – broj parova elemenata antenskog niza
- ω – radna frekvencija niza izražena u radijanima po sekundi,
- ϕ_L – fazno kašnjenje korelacije u radijanima,
- θ_r – napadni ugao dolaznog talasa,
- θ_t – ugao odlaznog talasa,
- x_n – rastojanje u metrima n-tog elementa niza od centra niza.

Ukoliko je ispunjen uslov $\theta_r = \theta_t$ može se zaključiti da je proces retrodirekcije uspešno obavljen. Vrednost ϕ_L je potpuno proizvoljna.

Na slici 2 predstavljena je jedna mogućnost izrade Van-Atta aktivnog niza. U ovom slučaju cirkulatori se koriste za razdvajanje signala na primljeni i predajni signal. Predajni signal frekvencije f_{RF} se upotrebom pojačavača dodatno pojačava tako da imamo i dobitak linka. Problemi ovakve realizacije su dodatna greška u fazi (φ) zbog upotrebe pojačavača i cirkulatora, proširenje snopa talasa i pojava bočnih lobova. Van-Atta nizovi koriste se kod širokog opsega frekvencija, gde ograničenje predstavljaju dimenzije antene. Ovo rešenje ima i ograničenja u vidu simetrije niza i uniformnog talasnog fronta. Da bi se ovi nedostaci prevazišli, koriste se heterodini mešači.

Heterodini retrodirekcionni nizovi. Ovi nizovi koriste lokalni oscilator koji ima dvostruko veću ili dvostruko manju frekvenciju, f_{LO} od frekvencije signala, f_{RF} (slika 3 [2]). Na taj način vrši se fazna konjukcija incidentnog signala signalom lokalnog oscilatora i smanjuje greška u fazi (φ), u odnosu na Van-Atta nizove. Ovako konjugovan signal formira glavni snop u pravcu mesta odakle je došao signal. Najčešće primenjivan metod koristi kao osnovni element kola za konjukciju signala aktivni ili pasivni mešač. Pasivni mešači prilikom mešanja signala imaju određene gubitke snage, ali zato mogu da rade sa lokalnim oscilatorima malih snaga. Aktivni mešači koji obezbeđuju dodatno pojačanje signala takođe mogu da rade sa lokanim oscilatorima malih snaga, ali su bolje rešenje u odnosu na pasivne mešače po pitanju jeftinih rešenja retrodirekcionnih nizova. [4]

Mali frekvencijski ofset između dolaznog i odlaznog signala je dodatna pogodnost, jer je uključen u detektor koji nije savršen i poseduje određenu grešku.



Slika 3 – Heterodini retrodirekcionni niz
 Figure 3 – Heterodyne retrodirective array

Sledeće jednačine pojašnjavaju kako se vrši generisanje konjugovanog signala. Najpre se vrši mešanje incidentnog signala i signala lokalnog oscilatora (jednačina 2) [1]:

$$V_{IF} = V_{RF} \cos(\omega_{RF}t + \theta_n) V_{LO} \cos(\omega_{LO}t) \quad (2)$$

Pošto je frekvencija lokalnog oscilatora duplo veća od frekvencije incidentnog signala, na izlazu mešača dobijamo [1]:

$$V_{IF} = \cos(\omega_{RF}t - \varphi) + \cos((3\omega_{RF})t + \varphi) \quad (3)$$

U jednačini 4 pored snovnog signala $\omega_{RF}t$ imamo i produkt $3\omega_{RF}t$ koji ne odgovara željenom rešenju ni po frekvenciji ni po fazi, pa ga je zato potrebno eliminisati. Primećuje se da je frekvencija IF signala identična frekvenciji incidentnog RF signala, ali su im faze konjugovane. Pošto je velika razlika u frekvenciji signala između prvog i drugog člana, neželjeni član je potrebno eliminisati i u etar poslati samo koristan signal. Drugi signal koji mora biti potisnut je RF dolazni signal koji „curi“ sa ulaza faznog konjugatora prema njegovom izlazu. RF signal je iste frekvencije kao i IF signal, ali nema konjugovanu fazu. Potiskivanje neželjenog RF signala predstavlja jednu od najvećih poteškoća kod ovog načina realizacije. [2]

Ovakav način konjukcije faze signala (direktno konjugovan signal na međufrekvenciji), koja je identična fazi RF dolaznog signala, zahteva korišćenje PLL petlje (Phase locked loop) tj. naponski kontrolisanog VCO oscilatorakoji čine niz frekventno autonomnim. Naime, korišćenjem PLL petlje u kombinaciji sa faznim detektorom koji vrši poređenje po fazi dolaznog signala i signala povratne sprege sa VCO oscilatora, aktivnim filtrom koji eliminiše sve neželjene produkte nastale mešanjem i VCO oscilatorom koji čine zasebnu granu antenskog niza, formira se signal koji se dovodi na mešač sa frekvencijom dva puta većom od frekvencije dolaznog signala. Na taj način antenski niz postaje frekventnonezavisan od incidentnog RF signala. Kako bi se izvršilo razdvajanje prijemnog od predajnog signala, koriste se različita rešenja. Najčešće su primenjivani minimalni frekvencijski ofset, ortogonalna međusobna polarizacija ili usmereni sprežnici.

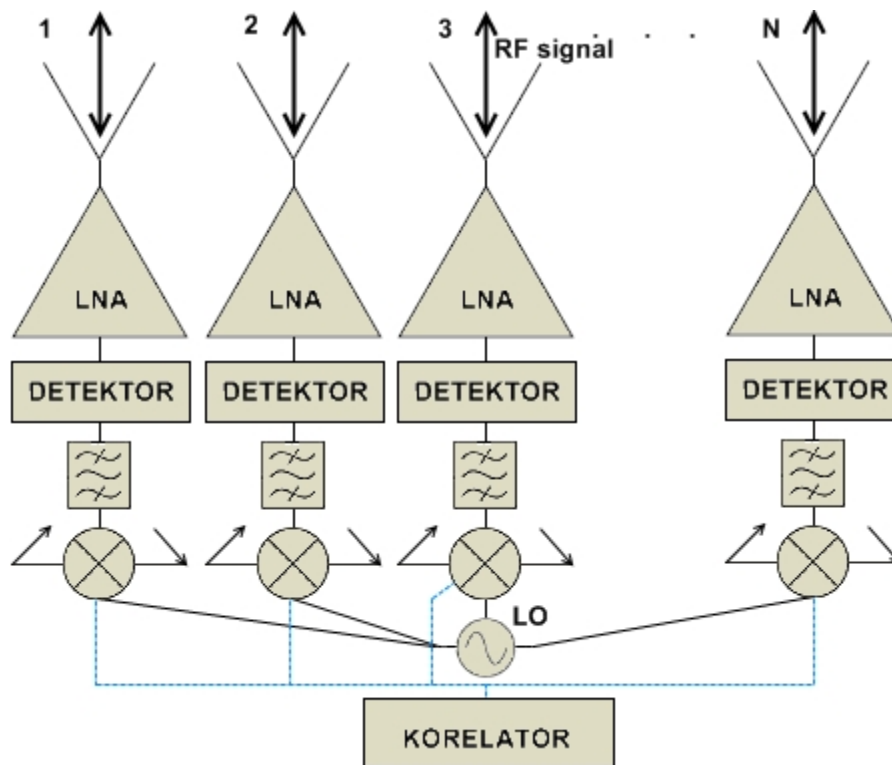
Korišćenjem pomenutih PLL petlji, eliminišu se nesavršenosti koje se javljaju kod klasičnih mešača:

- veliki gubici prilikom konverzije,
- neželjeni produkti mešanja signala,
- mala snaga reemitovanog signala,
- mogućnost pojave fazne greške usled nesavršenosti hardverskog rešenja.

Jedno od mogućih rešenja aktivnih nizova predstavlja korišćenje pojačavačkih MOSFET tranzistora koji prilikom konverzije dodatno pojačavaju signal, što pojednostavljuje konstrukciju i smanjuje cenu.

Model retrodirekcionog radara za automatsko praćenje ciljeva

Da bi se videla mogućnost primene retrodirekcionih antena u sistemu za automatsko praćenje ciljeva, potrebno je napraviti model ovakvog sistema. Sistem se sastoji od tri celine: sklopa retrodirekcionog antenskog niza, predajnog sklopa i sklopa prijelnika. Antena se sastoji od N retrodirekcionih aktivnih heterodinih elemenata koji su raspoređeni po anteni na rastojanju od $\lambda/4$, gde λ predstavlja talasnu dužinu predajnog signala. Obrada signala je podeljena na RF primarni deo na anteni i sekundarni deo u međufrekventnom opsegu u sklopu primopredajnika.



Slika 4 – Sklop antene
Figure 4 – Antenna assembly

Emitovanje RF signala u prostor vrši odgovarajući sklop predajnog signala. Prilikom kontakta predajnog signala sa ciljem u vazdušnom prostoru deo signala se vraća na element antene gde se vrši primarna obrada sig-

nala u RF opsegu. Po prijemu na element niza, signal prvo dolazi na niskošumni LNA pretpojačavač (*Low Noise Amplifier*) gde se vrši pojačanje signala (slika 4). Zatim, signal dolazi na detektor koji ima određeni prag prijema koji treba da bude zadovoljen da bi signal mogao dalje da se obrađuje. Ukoliko signal zadovolji zadati prag prijema odlazi na sledeći blok za obradu, tj. mešač. U bloku mešača vrši se množenje prispelog signala sa signalom iz lokalnog oscilatora čija je frekvencija dva puta veća od frekvencije signala koji se obrađuje. Posle mešanja dobija se signal koji se filtrira odbacujući nepotrebne harmonike signala, ostavljajući samo komponentu čija je faza konjugovana u odnosu na fazu prispelog signala. Tako dobijeni signal se dodatno pojačava u pojačavačkom stepenu i reemituje u etar. Ukoliko se ostvari određeni broj ovakvih iteracija koji je unapred definisan za redom na istom elementu niza, poboljšava se odnos signal/šum, a ujedno se tako uzorak prečišćenog signala preko filtera propusnika opsega šalje na RF korelator. U korelatoru se vrši autokorelacija signala sa više različitih elemenata antenskog niza, pa se dobijeni podaci šalju u prijemnik.

Sklop prijemnika. Prijemnik se sastoji od sledećih blokova: napajanja, obrade podataka (signal procesor), prikazivanja vazdušne situacije, ekstrakcije signala, komunikacije i ostalih blokova koji kod ovog razmatranja nemaju primarni značaj.

Ovakvim načinom digitalne obrade signala u sklopu prijemnika dobijaju se podaci o trenutku detekcije, brzini i azimutu praćenog cilja. Da bi se dobili podaci o trenutnoj elevaciji cilja neophodno je postojanje dva konstrukciono ista antenska niza vertikalno postavljena jedan u odnosu na drugi, na rastojanju koje mora biti veće od talasne dužine predajnog signala.

Podaci o trigeru predajnog signala, video signalu, signalu azimuta i elevacije šalju se na ekstraktor radarskih podataka gde se njihovim pridruživanjem formiraju plotovi i tragovi praćenih ciljeva. Posle generisanja više istorijskih plotova donosi se odluka da li je u pitanju koristan signal ili klater. Koristan signal se pojačava i šalje na izlaz ekstraktora, a signali klatera koriste se za dobijanje odgovarajuće mape klatera, koja u kombinaciji sa automatskom regulacijom pojačanja verovatnoću lažnog alarma smanjuje na najmanju moguću meru. Sa izlaza ekstraktora radarskih podataka plotovi i tragovi se šalju na izdvojeni radarski pokazivač radi praćenja vazdušne situacije u realnom vremenu.

Poređenje faznih i retrodirekcionih antenskih nizova

Tokom šezdesetih godina počele su prve eksperimentalne upotrebe antena sa faziranim rešetkama. Prostim pasivnim antenama sa nizom talasovoda različitih preseza vršeno je emitovanje signala sa različitim faznim

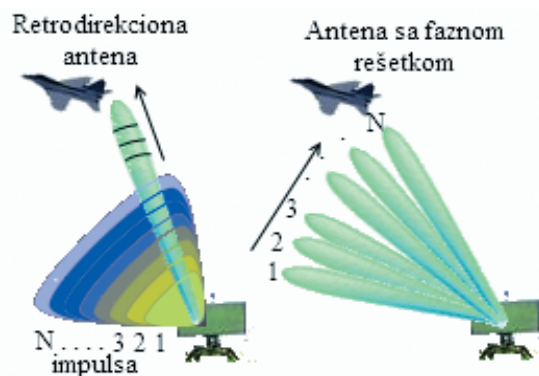
pomerajem bez mogućnosti direktne kontrole emitovanog snopa. Daljim napretkom pojavile su se antene koje su emitovale ne samo jedan snop već više užih snopova (*pencil beam*) i na taj način omogućavale pokrivanje većeg vazdušnog prostora i formiranje željenog oblika snopa dijagrama zračenja u zavisnosti od namene uređaja. Sledeći korak bila je elektronska kontrola tih snopova, tako da su počele da se primenjuju aktivne antene sa faziranim rešetkama. Ovakve antene sastavljene su od elemenata koji na sebi sadrže pojačavačke stepene, i svaki element vrši emitovanje signala. Elektronski kontrolisni snopovi omogućavaju da svaki pojedinačni snop usmerimo u određenu zonu od interesa. *Solid state* tehnologija koristi pojačavačke tranzistore velike snage, koji rade u oblasti visokih frekvencija. Moderan radarski sistem danas je zasnovan na predajniku koji je izrađen na bazi *solid state* tehnologije i nezamisljiv bez antene sa faziranom rešetkom bilo da je pasivna ili aktivna. U pozadini svega ovoga stoji izuzetno komplikovan sistem obrade signala, kako na predaji, tako i na prijemu.

Poređenje ova dva antenska rešenja može se najlakše započeti načinom emitovanja impulsa, što je i prikazano na slici 5. Odmah se može primetiti prva suštinska razlika, a ona se odnosi na način emitovanja impulsa. Naime, antena sa faziranom rešetkom vrši skeniranje određenog prostora tako što šalje impulse sa različitim faznim stavovima po definisanom prostoru. Antena sa retrodirekcionim elementima takođe vrši skeniranje celokupnog prostora. Međutim, ukoliko se impuls vrati od nekog cilja antenski element automatski šalje novi impuls u istom pravcu i tako sve dok postoji incidentni signal. To je osnovna razlika iz koje proizilaze ostale prednosti antena sa retrodirekcionim elementima. Ovo rešenje može umnogome uprostiti stvari kada su vojne komunikacije u pitanju. Dakle, ulogu osmatračkog i nišanskog radara praktično preuzima jedan uređaj sa retrodirekcionom antenom.

Uzimajući u obzir osnovnu razliku iz nje proizilaze dve vrlo bitne karakteristike po kojima se ove antene razlikuju, a to su: složenost prijemnika (signal-procesora) i brzina detekcije cilja.

Signal-procesor je teorijski zasnovan na velikom broju različitih algoritama za obradu i praćenje ciljeva, a tehnološki je realizovan upotrebom savremenih DSP i FPGA platformi. Na ovaj način svi podaci dobijeni na prijemniku uvode se u kompleksan sistem obrade i odlučivanja o tome šta predstavlja koristan signal, a šta klater. Realizacija prijemnika je, pored kompleksnosti, i veoma skupa. Upotrebom retrodirekcionih antena jedan deo obrade automatski bi se vršio na samoj anteni, samostalno bez potrebe za bilo kakve kontrole i upotrebe složenih algoritama. Posle svakog poslanog impulsa dolazi do poboljšanja odnosa signal-šum, naravno u određenim granicama. To je posledica činjenice da poslani signal ne ide nasumično u nepoznatom pravcu, već ka objektu koji je prethodno izvršio reflektovanje EM talasa, odnosno ka sekundarnom izvoru zračenja.

Prethodno navedenu prednost teorijski možemo obrazložiti upotrebom tehnika korelacije šuma [3]. Korelacijom primljenog signala sa istim tim, samo zakašnjenim signalom dobija se „pik“ znatno iznad nivoa šuma čime je izvršena detekcija signala. Odnos signal-šum dodatno se popravlja naknadnim filtriranjem tako dobijemnog signala, kao i činjenicom da je šum stohastički proces, pa se korelacijom smanjuje u dovoljnoj meri.



Slika 5 – Uporedni prikaz emitovanja impulsa
Figure 5 – Comparativereview of broadcasting pulses

Vrlo je bitno razmotriti i drugu karakteristiku, a to je brzina detekcije cilja. Kod klasičnih antena sa faziranom rešetkom svaki impuls koji se vrati na antenu, za vreme tzv. mrtvog vremena šalje se u prijemnik, odnosno signal-procesor gde se vrši komplikovana obrada. Potreban je određen broj impulsa da se međusobno korelišu da bi se dobio traženi plot, a samim tim potrebno je i više istorijskih plotova da bi se na pokazivaču prikazale željene informacije o cilju. Potrebno je određeno vreme da se izvrše sve te operacije. To vreme može se podeliti na vreme razmene impulsa i vreme obrade u signal-procesoru. Retrodirekciona antena samim tim što sama vrši reemitovanje signala iz pravca odakle je stigao signal na antenski element, posle nekoliko iteracija može da u predajnik pošalje interapt o postojanju određenog cilja pod uslovom da taj signal ima veći nivo od predviđenog praga prijema, a nije klater ili neka spoljnja smetnja (odluka o tome donosi se detaljnijom obradom signala). S obzirom na to da je potreban otprilike isti broj impulsa da bi se dobila potvrda o nekom cilju, može se zaključiti da je vreme otkrivanja cilja kraće gotovo za vreme obrade signala u signal-procesoru, što je značajan dobitak, posebno u vojnim radarskim sistemima. To nije toliko interesantno sa stanovišta otkrivanja vazduhoplova koliko sa stanovišta otkrivanja protivradarskih raketa. Rano otkrivanje cilja je od presudnog značaja, naročito kada su u pitanju protivradarske rakete, čije blagovremeno otkrivanje povećava verovatnoću njihovog uništenja, što povećava žilavost i produžava životni vek sistema.

Radi bolje ilustracije u tabeli 1 prikazano je poređenje bitnih parametara radara sa antenom izrađenom tehnologijom fazirane rešetke [6] u odnosu na retrodirekcionu antenu. Vrednosti parametara radara sa faznom rešetkom koje su ovde iskorišćene nisu vezane ni za jedan konkretan model već predstavljaju trenutno aktuelne veličine koje su karakteristične za savremena sredstva ovog tipa. Vrednosti parametara radara sa retrodirekcionom antenom rezultat su ispitivanja koja su sprovedena na modelu u laboratorijskim uslovima [5].

Tabela 1
Table 1

Poređenje parametara radara
Comparison of radar parameters

Parametar (Parameter)	Fazirana antena (Phase array antenna)	Retrodirekciona antena (Retrodirection array antenna)
Verovatnoća detekcije (The probability of detection)	0.9	0.9
Vereovatnoća lažnog alarma (The probability of false alarm)	10^{-6}	10^{-6}
Broj elemenata niza (Number of array elements)	45	45
Predajna snaga (Transmit power)	P_0	$25P_0$
Vreme akvizicije cilja (Target acquisition time)	$10t_a$	t_a

Zaključak

Prethodno razmatrana retrodirekciona tehnologija, sa stanovišta primene u radarskim sistemima, donosi pojednostavljenja i pojeftinjenja u realizaciji signal-procesora. Kompletna RF obrada signala realizuje se na anteni, skraćuje se vreme potrebno za detekciju cilja i povećava se žilavost sistema i otpornost na namerne i nenamerne smetnje. Sve to pokazuje da ova tehnologija ima mogućnost da nasledi sadašnje aktuelne tehnologije u izradi radarskih antena. Prikazani model radara za automatsko praćenje ciljeva predstavlja osnovu nekog budućeg radarskog sistema sa retrodirekcionom antenom. Zbog toga je potrebno da se, pored teorijskih aspekata, razmotre mogućnosti praktične realizacije sistema kroz odgovarajuća eksperimentalna ispitivanja. Na osnovu svega navedenog, retrodirekcionne antene imaju ulogu ne samo u radarskim sistemima, pasivnim multisenzorskim sistemima [7], već i u širokom spektru bežičnih komunikacionih tehnologija.

Literatura

- [1] Ulapavalli, K., An Active Subharmonic Retrodirective Array Using Dual Polarized Microstrip Antennas, Texas Tech University, 2004.
- [2] Guo, C., Shi, W., Chen, L., Retrodirective Array Technology, Progress In Electromagnetics Research, Vol. 5, 153–167, 2008.
- [3] Gupta, S., Brown, E. R., Retrodirekcionni Radar sa Korelisanim Šumom/Retrodirective Noise Correlating Radar, IEE Transactions and Microwave Techniques, 2004.
- [4] Yorgensen, D., Loadman, C., Chen, Z. D., Retrodirective Antenna Systems for Wireless Communications, CNSR, Canada, 2003.
- [5] Umali A., Retrodirective Noise Correlating Radar, UCLA Undergraduate Research Program in Electrical Engineering, 2005.
- [6] Sokolović, V., Popović, V., Zona detekcije radara pod dejstvom aktivnog ometanja, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 57, No. 3, pp. 331–343, ISSN 0042-8469, UDC 623+355/359, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd, 2009.
- [7] Erić, M., Kostić, A., Nadzor vazdušnog prostora pasivnim multisenzorskim sistemima, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 53, No. 3–4, pp. 331–343, ISSN 0042-8469, UDC 623+355/359, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd, 2004.

POSSIBILITIES TO USE RETRODIRECTIVE ANTENNAS IN RADAR SYSTEMS

FIELD: Radio communications, Radar technology
ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Possibilities to use retrodirective antennas in modern radar systems are presented in this paper. The basics of retrodirective theory, practical realizations of retrodirective arrays using corner reflectors, Van-Atta and heterodyne elements are considered. A model of a retrodirective radar for automatic target tracking is presented as well as the differences between commonly used phase arrays and retrodirective arrays with simpler, cheaper signal processors and faster target detection, as mayor advantages of this technology. Its advantages and disadvantages are explained. In the end, some possibilities for this technology application are discussed as well as further research trends.

Introduction

Modern wireless telecommunications systems for data transmission require high-quality antenna systems. The application of retrodirective antenna arrays is one possible solution. The application of this technology provides distinct advantages in terms of technical features, ease of implementation and development costs. A particularly interesting application is one in military telecommunications systems.

Retrodirective theory and basic topologies

Retrodirective antennas transmit signals to a potential target (interogator) without any prior knowledge of the incident signal direction and without the use of complex signal processing algorithms. Retrodirectivity is based on the self-phase conjugation of the input signal. Retrodirective antenna arrays can be classified according to their complexity into: sequences with corner reflectors, Van Atta arrays and retrodirective heterodyne arrays. On the basis of technology development, retrodirective antenna arrays can be classified into passive and active arrays.

Model of a retrodirective automatic tracking radar

In order to explore possibilities of retrodirective antenna systems used for automatic target tracking, it is necessary to make a model of such a system. The system consists of three parts: retrodirective antenna array assembly, transmitting circuit and receiver circuit. Signal processing is divided into a primary part of the RF antenna and a secondary part in the IF range within the transceiver. RF signals are transmitted by a relevant transmitting signal assembly. The receiver consists of the blocks for power supply, data processing (signal processor), display of air situation, signal extraction, and communication as well as for other purposes without particular significance for this discussion.

Comparison of phase and retrodirective antenna arrays

This section compares some basic characteristics of two types of antenna arrays, currently widely used phase arrays and retrodirective antenna arrays. The first major difference is in the way of signal transmission (Fig. 5). Phase array antennas scan a certain area by transmitting pulses with different phase positions into a defined space. Elements of retrodirective antennas also scan the whole space; however, if a pulse is reflected from any target, the antenna element automatically transmits a new pulse in the same direction as long as the incident signal occurs. This fundamental difference leads to two key differences: the complexity of the receiver (signal processor) and speed of target detection. Table 1 presents the main parameters of the two types of antennas.

Conclusion

It can be concluded that this technology, simpler and cheaper to implement, improves the characteristics of the whole system. This technology has its place in modern science and technology, but further efforts are needed both in theory and in practice to implement this solution.

Key words: Retrodirectivity, retrodirective antennas, phase array antennas, Van Atta elements, hybrid retrodirectivity sequences, target acquisition time.

Datum prijema članka: 26. 01. 2011.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 15. 02. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 16. 02. 2012.