

Satelitske antene u pomorstvu

Glancer, Mislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:915557>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

MISLAV GLANCER

SATELITSKE ANTENE U POMORSTVU

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**SATELITSKE ANTENE U POMORSTVU
MARITIME SATELLITE ANTENNA**

**ZAVRŠNI RAD
BACHELOR THESIS**

Kolegij: Pomorski komunikacijski uređaji

Mentor: Doc. dr. sc. Zoran Mrak

Student: Mislav Glancer

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112080997

Rijeka, rujan 2024.

Student: Mislav Glancer

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112080997

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom
Satelitske antene u pomorstvu

(naslov završnog rada)

izradio samostalno pod mentorstvom
Doc. dr. sc. Zoran Mrak

(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)

te komentorstvom _____ / _____

stručnjaka iz tvrtke _____ / _____
(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



(potpis)

Ime i prezime studenta
Mislav Glancer

Student: Mislav Glancer

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112080997

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student – autor



(potpis)

Ime i prezime studenta
Mislav Glancer

SAŽETAK

Ovaj rad objašnjava važnost satelitskih antena u pomorskim komunikacijama i fokusira se na različite vrste antena i satelitskih sustava kao što su GEO, LEO i MEO. Naglašava ulogu ovih sustava, posebno mreže Inmarsat, u pružanju važnih komunikacijskih usluga brodovima. Tehnički aspekti kao što su pojačanje antene i polarizacija također su pokriveni kako bi se osigurala učinkovita komunikacija na moru. Također su detaljno objašnjene parabolične antene i fazni antenski nizovi.

Ključne riječi: Satelitska antena, komunikacija, satelitski sustav, spektar.

SUMMARY

This paper discusses the importance of satellite antennas in maritime communications and focuses on the different types of antennas and satellite systems such as GEO, LEO and MEO. It emphasizes the role of these systems, especially the Inmarsat network, in providing vital communications services to ships. Technical aspects such as antenna gain and polarization are also covered to ensure effective communications at sea. Parabolic antennas and phased array antennas are also explained in detail.

Keywords: Satellite antenna, communication, satellite system, spectrum.

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
2. SATELITSKA ANTENA I KOMUNIKACIJA	2
2.1. SATELITSKA ANTENA.....	2
2.2. SATELITSKE ORBITE I SUSTAVI.....	3
2.2.1. <i>GEO orbita</i>	3
2.2.2. <i>LEO orbita</i>	4
2.2.3. <i>MEO orbita</i>	4
2.3. INMARSAT I INMARSAT – C SUSTAV	5
2.3.1. <i>INMARSAT C sustav</i>	7
2.4. FREKVENCIJSKI SPEKTAR ZA SATELITSKE KOMUNIKACIJE.....	10
2.4.1. <i>L - pojas</i>	11
2.4.2. <i>C - pojas</i>	11
2.4.3. <i>Ku i Ka pojasevi</i>	12
3. KARAKTERISTIKE ANTENA	13
3.1. DOBITAK ANTENE	13
3.2. POLARIZACIJA	15
3.2.1. <i>Linearna polarizacija</i>	16
3.2.2. <i>Kružna polarizacija</i>	18
3.3. ŠIRINA SNOPA.....	18
4. VRSTE SATELITSKIH ANTENA	20
4.1. PARABOLIČNA ANTENA	20
4.2. FAZNI ANTENSKI NIZOVI.....	24
5. ZAKLJUČAK	28
LITERATURA	29
POPIS SLIKA	30

1. UVOD

Satelitska antena je komunikacijski element koji odašilje i prima signale između Zemlje i satelita u orbiti, omogućujući globalnu povezanost i razmjenu podataka. Sposobnost satelitske antene da omogućuje prijenos podataka velike brzine i velike količine ključna je za ispunjavanje današnjih komunikacijskih zahtjeva za velikom količinom podataka.

Antena je element koji se koristi za prijenos i primanje elektromagnetskih valova, a satelitska komunikacija je oblik bežične komunikacije koja koristi satelite u Zemljinoj orbiti za prijenos signala. Razvoj satelitskih komunikacija poboljšao je način na koji pomorska industrija funkcionira, osiguravajući pouzdane veze čak i u najudaljenijim područjima.

Antene koje se koriste u pomorstvu moraju zadovoljiti specifične tehničke zahtjeve kako bi se osigurala pouzdana i kvalitetna komunikacija. Tri ključne karakteristike antena su dobitak, polarizacija i širina snopa. Dobitak antene je mjera koliko učinkovito antena zrači ili prima elektromagnetske valove u određenom smjeru u usporedbi s idealnom izotropnom antenom. Veći dobitak omogućuje bolju usmjerenost i veći domet signala. Polarizacija antene odnosi se na orijentaciju elektromagnetskog polja signala koji antena emitira ili prima. Širina snopa antene definira kutni raspon unutar kojeg antena može učinkovito zračiti ili primati signal. Uska širina snopa opisuje antenu koja je prikladna za usmjerenu komunikaciju na velikim udaljenostima, dok veća šira širina snopa omogućuje pokrivanje većeg područja, ali na manjoj udaljenosti, što je korisno za komunikaciju sa satelitima u pokretu ili pri promjeni smjera plovila.

U pomorstvu se koriste brojne vrste antena, ali kada je riječ o satelitskim antenama najviše se koriste parabolične, višesmjerne i fazni antenski nizovi. Te antene se najviše koriste jer su najprilagođenije za satelitsku komunikaciju u pomorstvu i za održavanje neprekidne i kvalitetne satelitske komunikacije.

2. SATELITSKA ANTENA I KOMUNIKACIJA

2.1. SATELITSKA ANTENA

Satelitska antena je element dizajniran za slanje i primanje elektromagnetskih signala do i od satelita koji kruže oko Zemlje. Satelitske antene dolaze u raznim oblicima i veličinama, od kojih je svaka optimizirana za posebne svrhe i frekvencije. Primarna funkcija satelitskih antena je primanje signala sa satelita u orbiti i slanje signala natrag njima, olakšavajući dvosmjernu komunikaciju.

Satelitske antene mogu se podijeliti na temelju dizajna, frekvencijskog raspona i primjene.

Neki uobičajeni tipovi satelitskih antena su:

- Parabolične antene: najprepoznatljivija vrsta satelitske antene, parabolične antene sastoje se od konkavnog tanjurastog reflektora i dovodne antene u žarišnoj točki. Ove antene vrlo su usmjerene i zato se koriste kada je potrebno osigurati veliki dobitak i usmjerenost.
- Horn antene: Horn antene karakterizira njihova struktura u obliku roga. Često se koriste za radarske sustave, satelitsko praćenje i mikrovalnu komunikaciju zbog njihove dobre propusnost i visokog dobitka.
- Patch antene: Patch antene su ravne, kompaktne antene koje se obično koriste u satelitskoj komunikaciji, GPS (Global Positioning System) sustavima i bežičnim mrežama. Nude prednosti poput male veličine i jednostavnosti integracije u elektroničke uređaje.
- Antenski nizovi: to su antene koje se sastoje od više elemenata ili jedinica koje su raspoređene u određenom uzorku, kao što su linija, krug ili mreža. Antenski nizovi mogu kombinirati signale iz pojedinačnih elemenata u obliku jednog snopa ili više snopova elektromagnetskih valova. Antenski nizovi mogu imati različite vrste, kao što su logaritamski, Yagi-Uda, fazni nizovi ili adaptivni nizovi. Antenski nizovi se često koriste za aplikacije koje zahtijevaju upravljanje snopom, skeniranje ili raznolikost, kao što su radar, radioastronomija ili mobilna komunikacija.

Postoji veliki broj različitih vrsta satelitskih antena, ali zbog tehnoloških izazova postavljanja antena na brod i stalnog gibanja broda najčešće korištene su parabolične antene, antenski nizovi, višesmjerne antene i patch antene u manjim uređajima na brodu.

2.2. SATELITSKE ORBITE I SUSTAVI

Satelit je u osnovi samostalni komunikacijski sustav jer su dizajnirani za neovisno djelovanje u svemiru, bez potrebe za izravnom fizičkom intervencijom ili podrškom sa Zemlje. Jednom lansiran, satelit mora obavljati sve svoje funkcije autonomno, oslanjajući se isključivo na sustave i resurse koje nosi na sebi. Satelit ima sposobnost primanja signala sa Zemlje i ponovnog slanja tih signala natrag pomoću integriranog prijavnika i odašiljača radio signala. Glavne komponente satelitskog komunikacijskog sustava uključuju antene i transpondere koji primaju i reemitiraju signale i sustav napajanja koji uključuje solarne panele koji mu daju energiju.

Sateliti se obično klasificiraju na temelju njihove orbitalne visine (udaljenosti od Zemljine površine), što izravno utječe na njihovu pokrivenost i brzinu kojom putuju oko planeta. Prilikom odabira vrste orbite u obzir se uzima namjena satelita, podatke koje prikuplja i usluge koje nudi, kao i cijena, područje pokrivenosti i kompatibilnost različitih orbita. Tri glavne vrste satelita na temelju njihovih orbita su LEO (Low Earth orbit - niska Zemljina orbita), MEO (Medium Earth orbit - srednja Zemljina orbita) i GEO (Geostationary orbit - geostacionarna orbita). Na slici 1 prikazana je pokrivenost ovih orbita.

2.2.1. GEO orbita

GEO sateliti su najmoćnija vrsta satelita i orbitiraju iznad ekvatora na 35.768 km iznad Zemljine površine. Budući da njihova brzina i smjer odgovaraju Zemljinoj rotaciji, uvijek su fiksni, što objašnjava izraz geostacionarni. Inmarsat je bio prvi komercijalni pomorski satelitski komunikacijski sustav takve vrste, a koristi GEO satelite za pružanje pomorskih komunikacija i VSAT (Very Small Aperture Terminal) usluga.

Inmarsat trenutno ima svoju petu generaciju satelita. Prve četiri generacije bile su ograničene na L-pojas, a posljednja generacija radi u Ka-pojasu. Dva satelita treće generacije pružaju samo pomoćne usluge pomorske sigurnosti, a četvrta generacija (4 satelita L-pojava) i peta generacija (5 satelita Ka-pojava) također pružaju pomorsku sigurnost i potpuno komercijalnu brodsku komunikaciju.

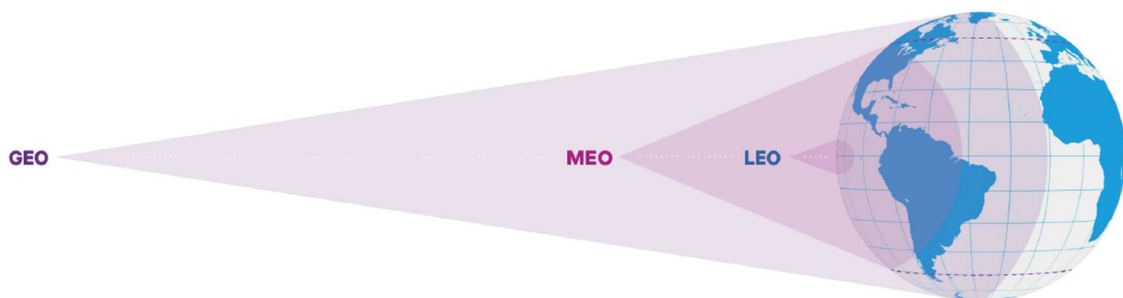
Stotine GEO satelita danas su u orbiti, isporučujući usluge kao što su podaci o vremenu, emitiranje televizije i neke podatkovne komunikacije male brzine.

2.2.2. LEO orbita

Konstelacije LEO, koje su najbliže Zemlji, sastoje se od više manjih satelita koji kruže oko Zemlje na visini između 160 i 1600 kilometara iznad Zemljine površine brzinama koje im omogućuju da završe orbitu u prosjeku za manje od dva sata. Često imaju kašnjenje manje od 0,05 sekundi, što ih čini savršenim za iznimno brzu komunikaciju s niskom latencijom. Zbog ograničene pokrivenosti pojedinačnih satelita, konstelacija od desetaka ili stotina satelita je potrebna za pokrivanje cijele površine planeta, uključujući polarna područja, gdje GEO sustavi ne mogu funkcionirati.

2.2.3. MEO orbita

MEO sateliti kruže u području između 5 000 i 12 000 km, što je niže od orbite GEO satelita. Usluge pozicioniranja i navigacije, poput GPS-a (Global Positioning System), u velikoj mjeri koriste MEO satelite. Nedavno su MEO konstelacije satelita visoke propusnosti (HTS - High-Throughput Satellite) puštene u rad kako bi se omogućila podatkovna komunikacija niske latencije pružateljima telekomunikacijskih usluga i komercijalnim organizacijama. MEO satelitima obično treba dva do osam sati, ovisno o njihovoj visini, da završe jednu orbitu oko Zemlje. Za pokrivanje cijele Zemlje potrebno je osam do dvadeset satelita zbog njihove niže orbite.



Slika 1: Usporedba pokrivenosti Zemljine površine GEO, MEO i LEO satelita

Izvor: <https://www.satellitetoday.com/content-collection/ses-hub-geo-meo-and-leo/> (17.07.2024.)

2.3. INMARSAT I INMARSAT – C SUSTAV

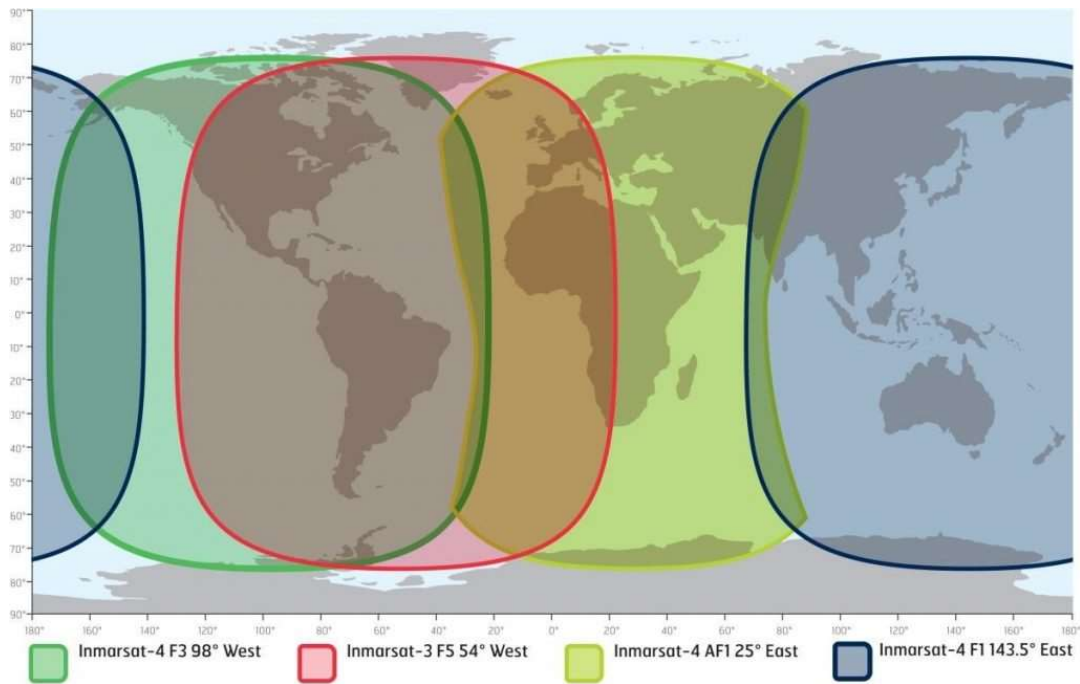
Međunarodna pomorska satelitska organizacija (Inmarsat) upravlja sustavom satelita koji pruža niz telekomunikacijskih usluga plovilima. Sustav također uključuje komunikaciju u slučaju opasnosti i sigurnost. Marine Inmarsat sustav koristi četiri operativna satelita u geostacionarnoj orbiti iznad ekvatora; iznad Atlantskog, Indijskog i Tihog oceana. U kombinaciji ti sateliti pružaju kontinuiranu komunikaciju visoke kvalitete i prekrivaju gotovo cijelu Zemljinu površinu osim polarnih regija. Pomoćni sateliti spremni su za korištenje ako je potrebno.

Napajan solarnom energijom, svaki satelit djeluje kao odašiljačka i prijamna stanica, prenoseći poruke između stanica koje se nalaze na površini Zemlje.

Svaki satelit ima vlastito područje pokrivenosti (poznato kao otisak) što je onaj dio Zemljine površine unutar kojeg antena može komunicirati s određenim satelitom.

Slika 2 prikazuje četiri Marine Inmarsat satelita i njihova područja pokrivenosti. Ta se područja nazivaju oceanske regije i označeni su kao:

- regija Tihog oceana na 143,5° istočno
- regija Indijskog oceana na 25° istočno
- istočno područje Atlantskog oceana na 54° zapadno
- zapadno područje Atlantskog oceana na 98° zapadno



Slika 2: Položaj i pokrivenost Inmarsat satelita

Izvor: <https://hansael.eu/lv/2018/04/16/global-changes-of-inmarsat-c-coverage/> (01.09.2024.)

Instalacija Inmarsata na bilo kojem plovilu naziva se brodska zemaljska stanica (SES – Ship Earth Station). Svaka oceanska regija ima niz kopnenih zemaljskih stanica (LES – Land Earth Station) koje pružaju komunikacijsko sučelje između plovila na moru i obalne telekomunikacijske mreže. Ova funkcija je potpuno automatizirana i transparentan što se tiče korisnika Inmarsat sustava.

Rad na ultra visokim frekvencijama (UHF – Ultra high frequency) od 1,5 do 1,6 GHz i super visokim frekvencijama (SHF – Super high frequency) od 4 do 6 GHz opsega, sustav Inmarsat pruža različite vrste komunikacija:

- teleks s mogućnošću pohranjivanja i prosljeđivanja;
- telefon
- računalni podaci u stvarnom vremenu i mogućnost pohranjivanja i prosljeđivanja.

2.3.1. INMARSAT C sustav

Inmarsat-C je dvosmjerni sustav za razmjenu podataka koji korisnicima omogućuje razmjenu poruka sa različitim komunikacijskim sustavima (e-mail, SMS poruke, telex) između brodskih zemaljskih stanica i kopnenih zemaljskih stanica.

Usluga Inmarsat-C radi na principu pohranjivanja i prosljeđivanja poruka. Poruka mora biti u potpunosti sastavljena od strane operatora sustava prije prijena. Kada je poruka spremna za slanje, šalje se u paketima ili nizovima podataka. Vrijeme isporuke za Inmarsat-C poruku ovisi o duljini poruke, ali je u pravilu potrebno dvije do sedam minuta.

Brodsko zemaljska stanica Inmarsat-C sastoji se od antene koja je najčešće višesmjerna (slika 3), elektroničke jedinice, procesora poruka, jedinice za vizualni prikaz (VDu – Visual display unit), tipkovnice i printera. Procesor poruka može sadržavati uređaj za pohranjivanje prenesenih i primljenih poruka. U sustav je ugrađen i prijamnik poboljšanog grupnog poziva (EGC – Enhanced Group Calling). Prenesene poruke sastavljaju se preko tipkovnice ili se mogu prenijeti s drugih izvora poput diskete ili SD kartice. Primljene poruke bit će dostupne na VDu i/ili pisaču. Terminal će pružiti zvučni i/ili vizualni alarm kako bi upozorio primatelja na poruku opasnosti ili drugu važnu poruku koju je primio sustav poboljšanog grupnog poziva.



Slika 3: Višesmjerna INMARSAT - C antena

Izvor: <https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=2350> (01.09.2024.)

Inmarsat-C zahtijeva samo usku propusnost radijskog spektra kako bi omogućio komunikaciju. To znači da je potrebna relativno mala snaga za komunikaciju sa satelitima i da je dovoljna mala, lagana višesmjerna antena. U idealnom slučaju, terminal Inmarsat-C trebao

bi biti povezan sa satelitskom opremom za fiksiranje položaja kao što je GPS, kako bi imao podatke o trenutnom položaju u slučaju opasnosti.

Sustav Inmarsat-C koristi četiri mrežne koordinacijske stanice (NCS – Network Coordination Station), po jednu u svakoj oceanskoj regiji, za upravljanje komunikacije unutar te regije i satelita. Mrežne koordinacijske postaje povezane su s kopnom zemaljskom stanicom.

Svaki NCS kontinuirano emitira na posebnom satelitskom kanalu poznatom kao NCS zajednički kanal koji se koristi za slanje informacija. Prije nego što usluga Inmarsat-C bude dostupna brodskoj zemaljskoj stanici (SES), potrebno je da se taj SES zabilježi u NCS u odgovarajućoj oceanskoj regiji. Nakon što se prijavi, SES oprema kontinuirano prati NCS zajednički kanal kada je u stanju mirovanja. Korištenjem informacija sadržanih na NCS zajedničkom kanalu, SES oprema može automatski dobiti pristup kanalu za određenu kopnenu zemaljsku stanicu za prijenos ili prijam poruke.

Sustav Inmarsat pruža uslugu poznatu kao Enhanced Group Calling (EGC) koja omogućuje emitiranje informacija odabranim brodskim zemaljskim postajama u istoj oceanskoj regiji. Pod te informacije spadaju informacije o pomorskoj sigurnosti (MSI) koje uključuju upozorenja o opasnosti, navigacijska upozorenja, meteorološka upozorenja i prognoze i druge važne sigurnosne informacije za plovila.

EGC prijemnik ugrađen je u Inmarsat-C opremu.

Dostupne su dvije vrste EGC poruka SafetyNET i FleetNET. SafetyNET omogućuje ovlaštenim organizacijama emitiranje informacija o pomorskoj sigurnosti u relaciji obala-brod.

Ovlaštene organizacije su:

- hidrografski uredi, za navigacijska upozorenja
- meteorološki uredi, za vremenska upozorenja i prognoze
- središta za koordinaciju spašavanja na moru, za dojave opasnosti od obale do broda, komunikacije traganja i spašavanja i druge hitne ili važne informacije.

FleetNET omogućuje ovlaštenim organizacijama emitiranje informacija odabranim grupama brodskih zemaljskih postaja. Odabrani SES-ovi mogu pripadati određenoj floti ili zastavi ili biti registrirani pretplatnik komercijalne usluge.

Ovlašteni korisnici su;

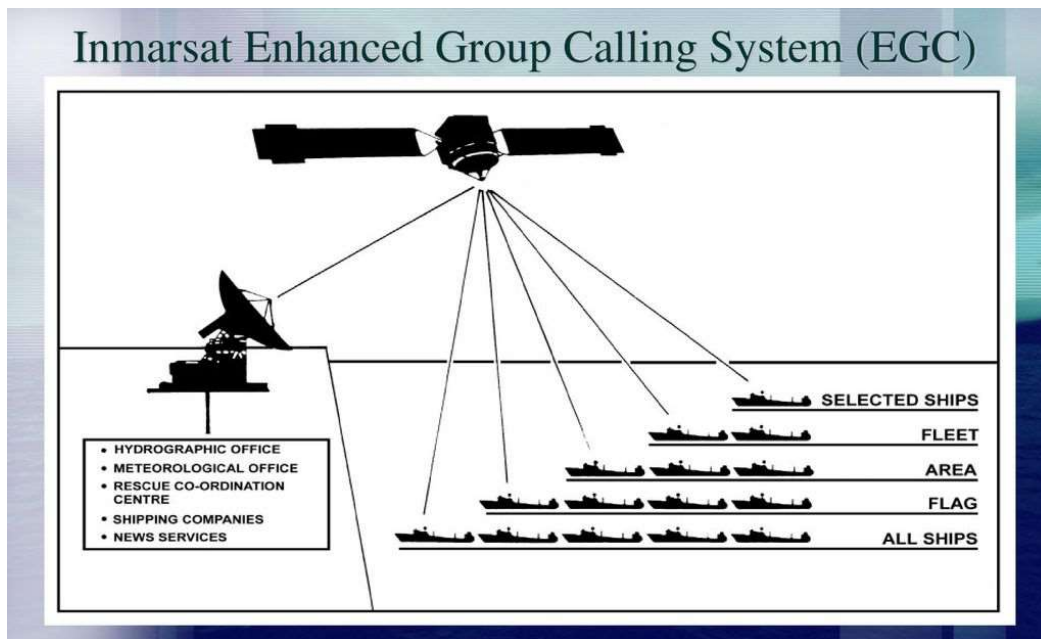
- brodovlasnici, za emitiranje informacija o floti ili tvrtki
- vladine, za emitiranje poruka plovilima određene zemlje
- usluge pretplate na vijesti, za emitiranje biltena s vijestima.

EGC poruka, bilo SafetyNET ili FleetNET, emitira se preko cijele regije oceana i primaju je sve brodske zemaljske postaje koje su podešene na zajednički kanal mrežne koordinacijske stanice. Međutim, poruku prihvataju samo oni EGC prijammnici koji se nalaze u zemljopisnom području navedenom u ovlaštenim informacijama davatelja usluga ili su programirani da prihvate tu određenu vrstu EGC poruke. Svi ostali EGC prijammnici odbijaju poruku.(slika 4)

Izbori EGC adresa koje može odrediti ovlašteni pružatelj informacija su:

- plovila unutar fiksnog ili jedinstveno definiranog zemljopisnog područja
- plovila koja pripadaju određenoj zastavi ili floti
- određeno plovilo
- sva plovila unutar oceanske regije.

Sve EGC poruke nose jedinstveno kodiranje koje omogućuje EGC prijammniku da automatski potisne pohranu i ispis poruka koje su primljene više puta ako je izvorna poruka ispravno primljena.



Slika 4: Primjer slanja EGC poruke

Izvor: <https://www.slideshare.net/slideshow/satellite-communications-lrg/36310810> (01.09.2024.)

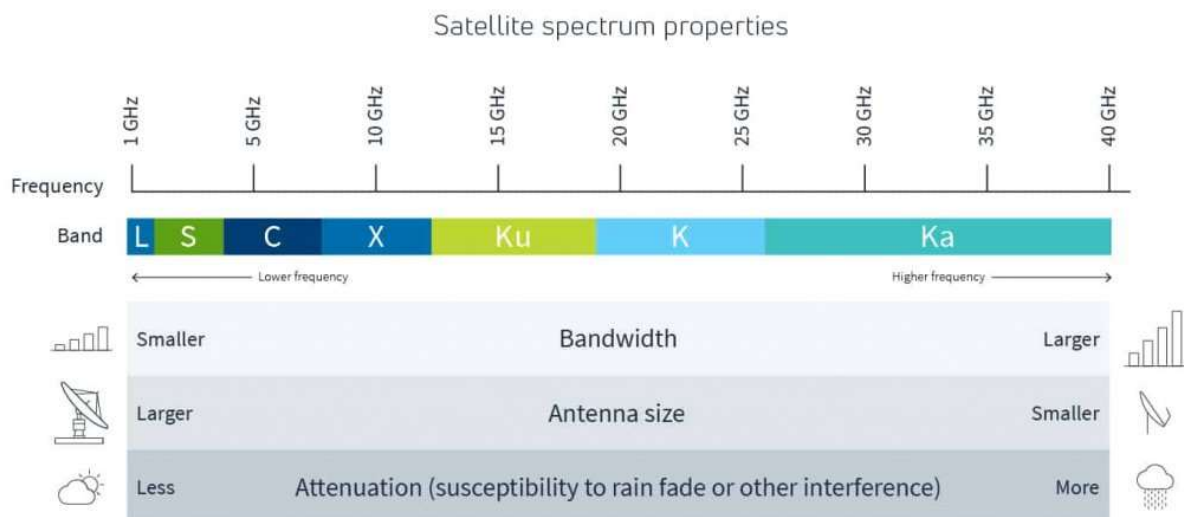
2.4. FREKVENCIJSKI SPEKTAR ZA SATELITSKE KOMUNIKACIJE

Frekvencija radiofrekvencijskog signala odnosi se na broj oscilacija osnovnog vala u sekundi. Frekvencija se mjeri u hercima (Hz), pri čemu je 1 Hz jednak jednom ciklusu u sekundi. Ova se jedinica može koristiti za sve valne oblike u cijelom elektromagnetskom spektru, što uključuje sve od gama zraka, x-zraka, vidljive svjetlosti, mikrovalova i radio valova.

Što je viša frekvencija više se podataka može prenijeti u sekundi. Međutim, više frekvencije znače i kraće valne duljine što može dovesti do smanjenja jačine signala na daljinu i povećanog rizika od smetnji signala.

Satelitska mreža Inmarsat trenutno koristi mikrovalne signale u rasponu između 1 GHz i 40 GHz koji su podijeljeni na više pojaseva.

Na slici 5 prikazana je usporedba glavnih svojstava satelitskih frekvencijskih pojaseva.



Slika 5: Pojasevi satelitskih frekvencija i njihova glavna svojstva

Izvor: <https://lotusarise.com/satellite-frequency-bands-upsc/> (17.07.2024.)

2.4.1. L - pojas

L – pojas djeluje na frekvencijama između 1 i 2 GHz. Budući da se radi o relativno niskoj frekvenciji, L-pojas je lakši za obradu, zahtijeva manje sofisticiranu i jeftiniju opremu.

Spektar L-pojasa ima dugu valnu duljinu što iz tehničkih razloga znači da može probiti prepreke poput olujnih oblaka ili jake kiše. To ga čini iznimno pouzdanim za slanje i primanje signala.

Mreža Inmarsat L - pojas koristi za globalne usluge pomorske i zračne sigurnosti,

L-pojas se također koristi za navigaciju, uključujući GPS i satelitske radio sustave diljem svijeta.

2.4.2. C - pojas

C-pojas djeluje na frekvencijama između 4 i 8 GHz. Ovaj frekvencijski pojas uglavnom se koristi za satelitske komunikacije, stalne satelitske TV mreže ili neobrađene satelitske izvore. C-pojas je poželjniji od Ku i Ka pojasa za satelitsku komunikaciju jer je manje osjetljiv na gubitke zbog kiše od Ku pojasa. C -pojas se također koristi za vremenske radare.

Frekvencijski opsezi dostupni za satelitsku komunikaciju su 3,4 do 4,2 GHz svemir-Zemlja i 5,925 do 6,725 GHz Zemlja-svemir. U satelitskim komunikacijama, frekvencijski pojasevi od 3,7 do 4,2 GHz (svemir-Zemlja) i 5,925 do 6,425 GHz (Zemlja-svemir) nazivaju se standardnim C-pojasom, a pojasevi od 3,4 do 3,7 GHz (svemir- do Zemlje) i 6,425 do 6,725 GHz (zemlja-svemir) poznati su kao prošireni C-pojas.

2.4.3. Ku i Ka pojasevi

Ku-pojas je donji dio K-pojasa, pri čemu "u" predstavlja "ispod" na njemačkom, dok se "a" u Ka-pojasu odnosi na "iznad" ili gornji dio K-pojasa. Ku-pojas djeluje na frekvencijama između 12 i 18 GHz i obično se koristi za satelitsku televiziju i primarni je izbor za većinu VSAT sustava na današnjim jahtama i brodovima. Nudi veću propusnost u usporedbi s C ili L-pojasom, što ga čini isplativijom opcijom. Ku-pojas je osjetljiv na slabljenje zbog kiše. Točnost usmjeravanja antena za Ku-pojas mora biti mnogo veća od L-pojasnih antena zbog uže širine snopa, što antene čini preciznijima i skupljima.

Ka-pojas u rasponu od 26 do 40 GHz jedan je od najpopularnijih pojaseva kada je potrebno korištenje satelitskog interneta velike brzine. Satelitska komunikacija zahtijeva visokofrekventne pojaseve, po mogućnosti Ka-pojase, kako bi se osigurale visoke brzine prijenosa podataka i velika propusnost. U satelitskim komunikacijama veća propusnost i velike brzine prijenosa podataka povećavaju performanse komunikacijskog sustava, zbog čega se često koriste Ka-pojasi. Korištenje fokusiranih točkastih zraka ili višestrukih zraka u frekvenciji Ka-pojasa omogućuje ponovno korištenje istog frekvencijskog pojasa, što povećava pokrivenost i kapacitet satelitskog komunikacijskog sustava.

3. KARAKTERISTIKE ANTENA

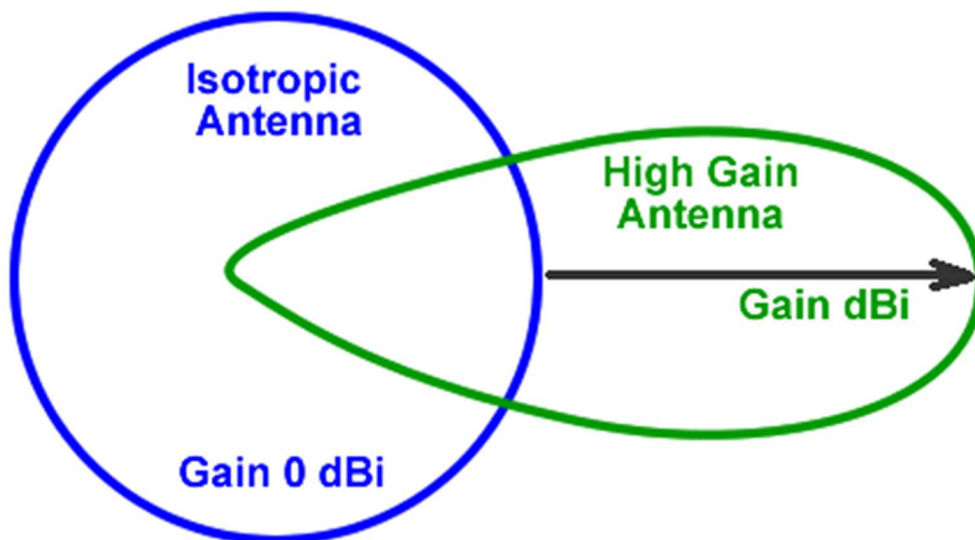
Učinkovitost antena ovisi o nekoliko ključnih karakteristika koje definiraju njihovu izvedbu, pouzdanost i prikladnost za specifične namjene. Neke od važnijih karakteristika antena su dobitak, polarizacija i širina snopa.

Dobro razumijevanje tih karakteristika omogućit će nam da dobro razumijemo i kako funkcioniraju pojedine vrste satelitskih antena.

3.1. DOBITAK ANTENE

Dobitak antene je mjera maksimalne učinkovitosti s kojom antena može zračiti snagu koju joj isporučuje odašiljač prema odredištu.

Dobitak antene obično se označava simbolom G i definira se kao maksimalni intenzitet zračenja koji proizvodi antena u usporedbi s intenzitetom zračenja izotropnog radijatora bez gubitaka koji ima istu razinu snage (slika 6).



Slika 6: Zračenje antene u uspoređi sa idealnom izotropnom antenom.

Izvor: <https://www.ahsystems.com/articles/Understanding-antenna-gain-beamwidth-directivity.php>

(18.07.2024.)

Dobitak antene je najvažniji parametar u projektiranju antena. Veliki dobitak postiže se povećanjem površine otvora antene (A). Dobitak odašiljanja i dobitak prijema antene su isti, a antena se može analizirati ispitivanjem kao prijemna ili odašiljačka antena. Dobitak antene računa se preko formule: (1)

$$G = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi\eta A}{\lambda^2} \right) \quad (1)$$

Gdje je:

G = dobitak antene

η = učinkovost (decimalni broj)

λ = valna duljina = c/f , gdje je c = brzina svjetlosti, f = frekvencija

A = područje otvora antene (m^2)

Dobitak antene može se definirati uspoređujući odnos sa izotropnom antenom ili sa poluvalnom dipol antenom i obično se analizira kao odašiljačka antena. Izotropna antena je idealizirana antena koja zrači jednako u svim smjerovima. Poluvalna dipolna antena jednostavna je i često korištena antena koja radi rezonirajući na polovici valne duljine poslanog ili primljenog signala, što je čini jednom od glavnih antena korištenih u radiokomunikacijskim sustavima.

Dobitak antene u određenom smjeru je omjer gustoće snage koju proizvodi u tom smjeru podijeljen s gustoćom snage koju proizvodi izotropna antena. Izraz dBi (DeciBel Isotropic) koristi se za izražavanje dobitka antene u odnosu na izotropnu antenu. Izraz dBd (DeciBel Dipol) koristi se za izražavanje dobitka antene u odnosu na poluvalni dipol ($0 \text{ dBd} = 2,1 \text{ dBi}$).

Ako je dobitak antene 2 (3 dB), to znači da je efektivna snaga poslana dvostruko veća od efektivne snage poslana iz izotropne antene, što zauzvrat udvostručuje snagu odašiljača u tom određenom smjeru. Ako je dobitak antene 4 (6 dB) efektivna poslana snaga je četverostruko veća itd. (slika 7)



Slika 7: Prikaz dvostrukog, četverostrukog i osmostrukog dobitka antene

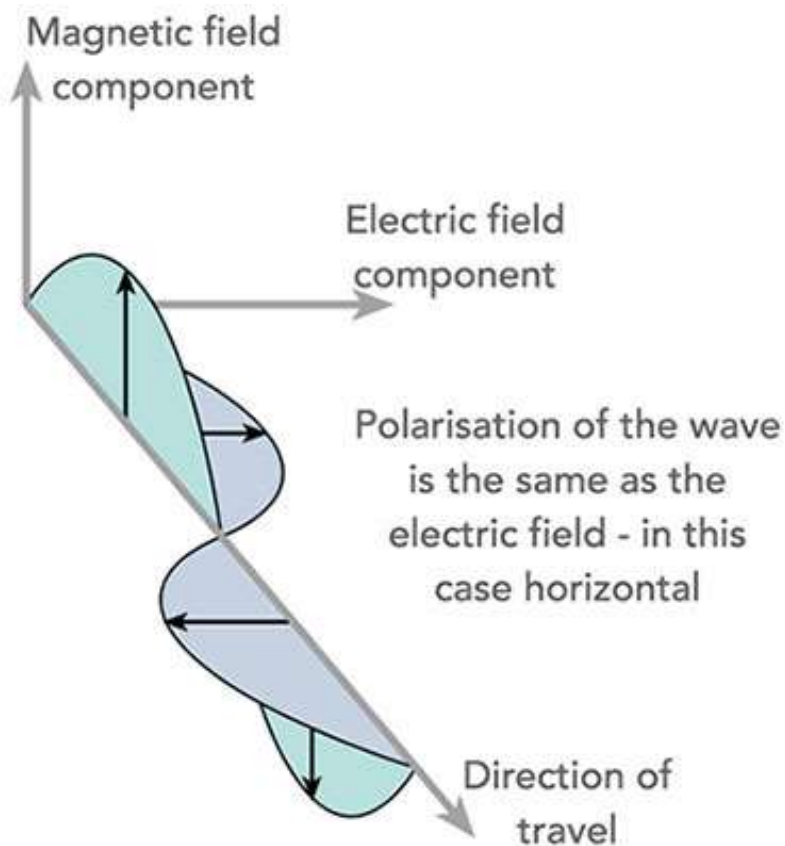
Izvor: <https://www.data-alliance.net/blog/dbi-db-dbm-dbmw-defined-explained-and-differentiated/>

(18.07.2024.)

Dobitak antene je omjer i stoga nema jedinica. U idealnom slučaju, postigla bi se njegova maksimalna moguća vrijednost, pri čemu energija koju prenosi odašiljač ne bi bila izgubljena i sva bi bila koncentrirana u optimalnom obliku zrake. U praksi to nije ostvarivo jer se dio snage gubi u svladavanju otpora u anteni, a energija se ne može koncentrirati u stvarno optimalan oblik zrake. Dobre tehnike dizajna antene mogu smanjiti električne gubitke u anteni na vrlo male vrijednosti, a antene koje se koriste u pomorstvu mogu jako dobro i učinkovito koncentrirati snagu.

3.2. POLARIZACIJA

Za razumijevanje polarizacije potrebno je razumjeti osnove elektromagnetskih valova. Elektromagnetski valovi se sastoje od električnog polja (E polje) i magnetskog polja (H polje) koji se kreću u jednom smjeru. E i H polja su okomita jedno na drugo i na smjer širenja ravnog vala. (slika 8)



Slika 8: Komponente elektromagnetskog vala

Izvor: <https://www.digikey.com/en/blog/antenna-polarization-what-it-is-and-why-it-matters> (18.07.2024.)

Za elektromagnetske valove polarizacija je zapravo ravnina u kojoj električno polje oscilira. Ovo je važno za antene jer su osjetljive na polarizaciju i obično primaju ili odašilju samo signale s određenom polarizacijom. Za većinu antena polarizaciju je lako odrediti. Polarizacija je u istoj ravnini kao i komponente antene. Dakle antene s vertikalnim komponentama najbolje primaju vertikalno polarizirane signale, a horizontalne antene najbolje primaju horizontalno polarizirane signale.

Vrlo je važno uskladiti polarizaciju antene s polarizacijom dolaznog signala jer to omogućuje maksimalnu učinkovitost. Ako polarizacija antene ne odgovara polarizaciji signala, razina signala će se smanjiti za faktor kosinusa kuta između polarizacije antene i signala.

3.2.1. Linearna polarizacija

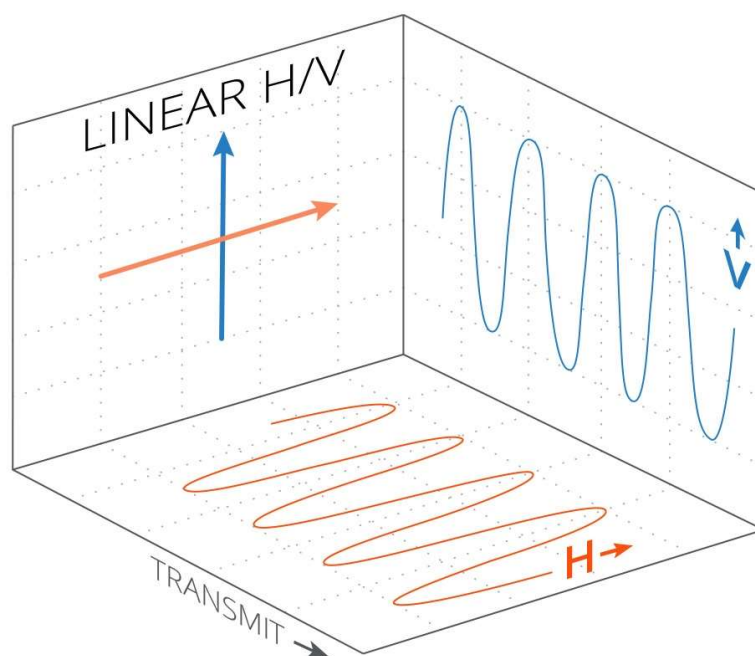
Linearna polarizacija je najčešći oblik polarizacije antene. Linearnu polarizaciju karakterizira to da svo zračenje leži u jednoj ravnini odakle i naziv linearno (slika 9).

Postoje tri različite vrste linearne polarizacije:

Horizontalna polarizacija: Ovaj oblik polarizacije antene ima horizontalne elemente. Prima i odašilje horizontalno polarizirane signale, tj. horizontalni elektromagnetski valovi stvaraju električno polje u horizontalnoj ravnini.

Vertikalna polarizacija: Ovaj oblik antene karakterizira to da unutar antene postoje vertikalni elementi. Moguće je da to bude samo jedan vertikalni element. Jedan od razloga za korištenje vertikalne polarizacije je taj što antena koja se sastoji od jednog vertikalnog elementa može jednoliko zračiti oko sebe u horizontalnoj ravnini. Najčešće vertikalno polarizirane antene imaju niski kut snopa, dopuštajući da većina njihove snage bude zračena pod kutom blizu površine zemlje.

Kosa polarizacija: Ovo je oblik polarizacije radio antene koja je pod kutom u odnosu na vodoravnu ili okomitu ravninu. Na ovaj način i vertikalne i horizontalno polarizirane antene mogu primati signal. Kosa polarizacija je na ± 45 stupnjeva od horizontalne referentne ravnine. Iako je ovo zapravo još jedan oblik linearne polarizacije, izraz linearna općenito se odnosi samo na antene koje su horizontalno ili vertikalno polarizirane.



Slika 9: Horizontalna i vertikalna linearna polarizacija

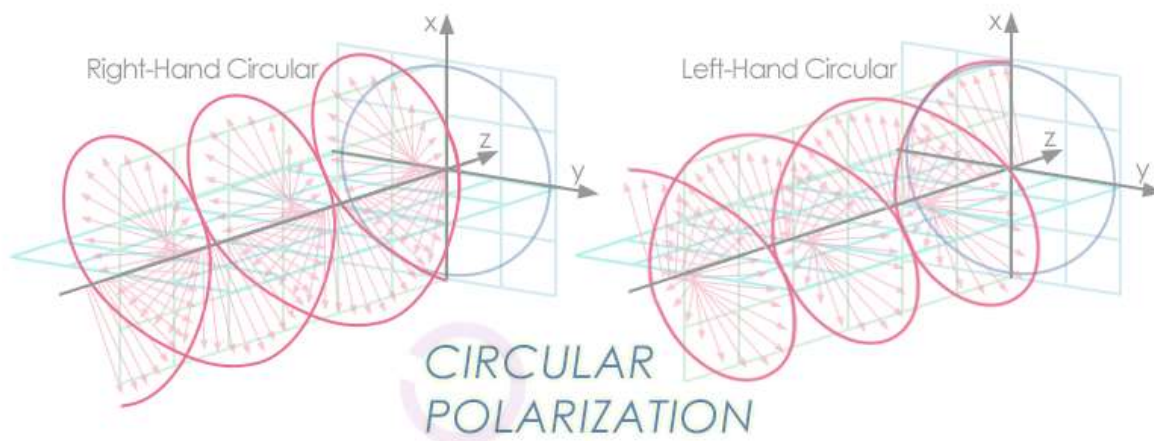
Izvor: <https://mimosa.co/white-papers/antenna-polarization> (18.07.2024.)

3.2.2. Kružna polarizacija

Kružna polarizacija odnosi se na val koji rotira kako se signal širi. Kada se okreće udesno, polarizacija se naziva desna kružna polarizacija; kada se okreće ulijevo, naziva se lijevom kružnom polarizacijom.(slika 10)

Kružno polarizirani signal se sastoji od dva ortogonalna linearna vala koji nisu u fazi. Za njegovo stvaranje potrebna su tri uvjeta. Električno polje mora imati dvije ortogonalne komponente; moraju biti izvan faze za 90 stupnjeva i imati jednaku magnitudu.

Linearno polarizirana antena uhvatiti će komponentu u fazi kružno polariziranog vala. Kao rezultat toga, linearno polarizirana antena će imati gubitak neusklađenosti polarizacije od 0,5 (-3dB), bez obzira pod kojim kutom je linearno polarizirana antena zakrenuta.



Slika 10: Desna i lijeva kružna polarizacija

Izvor: <https://jemengineering.com/blog-intro-to-antenna-polarization/> (01.09.2024.)

3.3. ŠIRINA SNOPA

Širina snopa antene je kutni raspon glavnog snopa dijagrama zračenja antene odnosno područje dijagrama gdje se zrači većina snage. Širina snopa se obično mjeri pod kutom između dvije točke s obje strane glavnog snopa također poznate kao točke polovice snage ili točke -3dB, gdje izračena snaga pada na polovicu svoje maksimalne vrijednosti. Širina snopa se mjeri u stupnjevima, a može se mjeriti u vodoravnoj ili okomitoj ravnini.

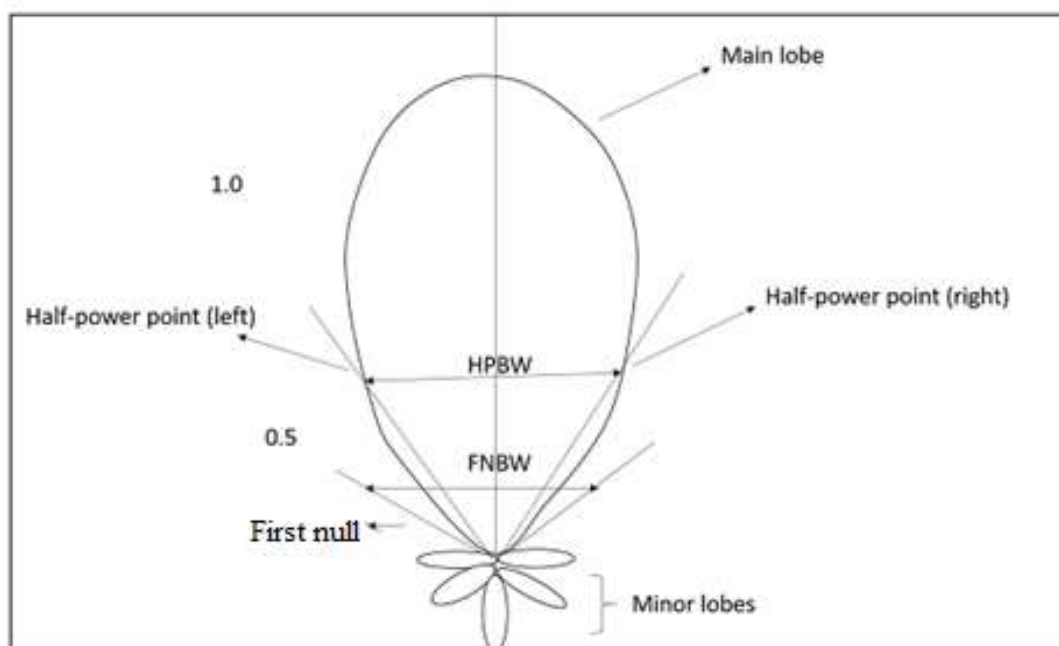
Širina snopa antene važan je parametar jer određuje usmjerenost i područje pokrivanja antene. Uska širina snopa ukazuje na vrlo usmjerenu antenu koja je prikladna za komunikaciju

na velikim udaljenostima, dok je šira širina snopa prikladnija za komunikaciju na kratke domete i za pokrivanje šireg područja. Širina snopa varirat će zbog niza različitih čimbenika, kao što su vrsta antene, dizajn antene, orijentacija i radio frekvencija.

Širina snopa polovice snage (HPBW – Half Power Beam Width) je kut između dvije točke koje se nazivaju točke polovice snage ili točka -3 dB na uzorku zračenja gdje je snaga polovica maksimalne vrijednosti. Uži HPBW označava usmjereniju antenu s većim pojačanjem, dok širi HPBW označava manje usmjerenu antenu s manjim pojačanjem.

Prva nulta širina snopa (FNBW – First null Beam Width) je kutna širina koja se mjeri između prvih nultih ili prvih bočnih snopova dijagrama zračenja antene. FNBW je važan parametar za dizajn antena jer određuje sposobnost antene da odbije signale i smetnje iz neželjenih smjerova. Uži FNBW označava bolju sposobnost odbijanja signala iz neželjenih smjerova, dok širi FNBW označava manju sposobnost odbijanja signala i smetnji iz neželjenih smjerova.

Razliku između HPBW i FNBW možemo vidjeti na slici 11.



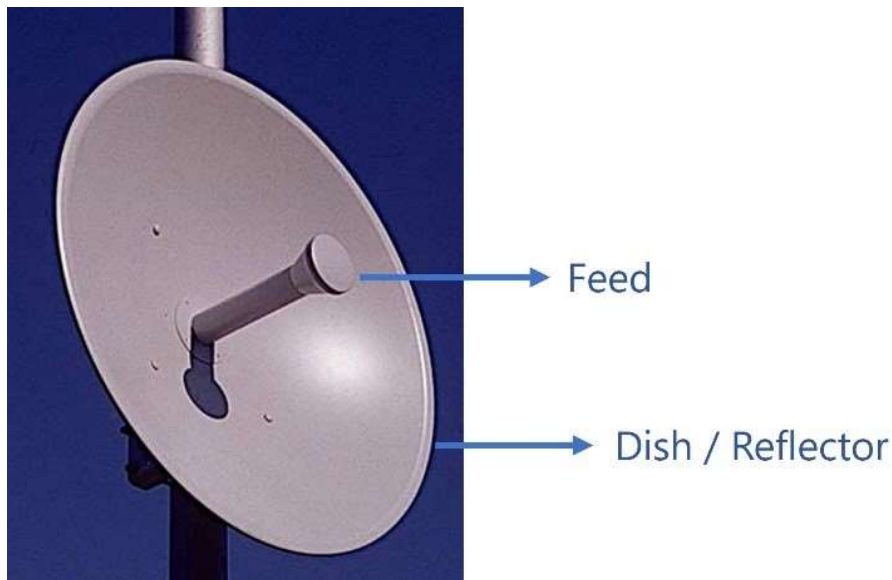
Slika 11: Primjer HPBW-a i FNBW-a na dijagramu zračenja antene

Izvor: https://www.tutorialspoint.com/antenna_theory/antenna_theory_beam_width.htm (01.09.2024.)

4. VRSTE SATELITSKIH ANTENA

4.1. PARABOLIČNA ANTENA

Parabolična antena je vrsta usmjerene antene visokog pojačanja koju karakterizira parabolični reflektor. Sastoji se od dva glavna dijela: paraboličnog reflektora i dovodne antene smještene u fokusu parabolične antene.(slika 12)



Slika 12: Glavni dijelovi parabolične antene

Izvor: <https://www.everythingrf.com/community/what-are-parabolic-antennas> (01.09.2024.)

Parabolična antena obično ima vrlo veliko pojačanje i nisku unakrsnu polarizaciju i koristi se za usmjeravanje radiovalova u uskom snopu ili za njihov prijem iz određenog smjera. Unakrsna polarizacija je polarizacija ortogonalna na željenu polarizaciju. Na primjer, ako polja iz antene trebaju biti horizontalno polarizirana, unakrsna polarizacija u ovom slučaju je vertikalna polarizacija. Ako se radi o desnoj kružnoj polarizaciji unakrsna polarizacija je lijeva kružna polarizacija. Unakrsna polarizacija je važna zbog smanjivanja interferencije valova; što je unakrsna polarizacija niža smanjuje se interferencija valova.

Parabolični oblik antene osigurava da su signali fokusirani, što rezultira poboljšanom snagom i dometom signala. Zbog velike usmjerenosti i pojačanja, parabolična antena se koristi kod visokofrekventnih signala, obično iznad 1 MHz.

Parabolična antena izrađuje se od metala ili drugih reflektirajućih materijala. Najčešći metal je aluminij zbog svoje male težine i reflektirajućih svojstava. Mogu se koristiti i drugi

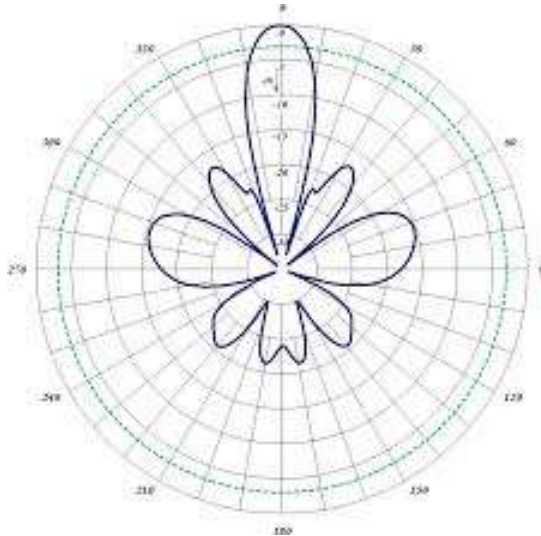
metali, poput čelika ili bakra, ali oni su skuplji i teži. Reflektor je premazan slojem boje i ako je predviđen za rad na moru smješten unutar zaštitne kupole kako bi mu se produžio vijek trajanja.(slika 13)



Slika 13: Parabolična antena unutar zaštitne kupole

Izvor: <https://diteltech.com/cases-detail/ditel-v90-vsantenna-installed-on-cruise-ship-16> (01.09.2024.)

Dijagram zračenja parabolične antene karakterizira visoko usmjereni glavni snop, koji je zapravo uski snop koji fokusira većinu zračene energije u određenom smjeru i osigurava visoko pojačanje i usmjerenost. Oko glavnog snopa su manji bočni snopovi, gdje se energija zrači na puno nižim razinama, a proizvođači antene ih nastoje minimizirati kako bi povećali učinkovitost. Na uzorak zračenja utječu čimbenici kao što su veličina reflektora, položaj i vrsta napajanja te površina antene. Na slici 14 prikazano je kako otprilike izgleda dijagram zračenja parabolične antene.



Slika 14: Dijagram zračenja Parabolične antene.

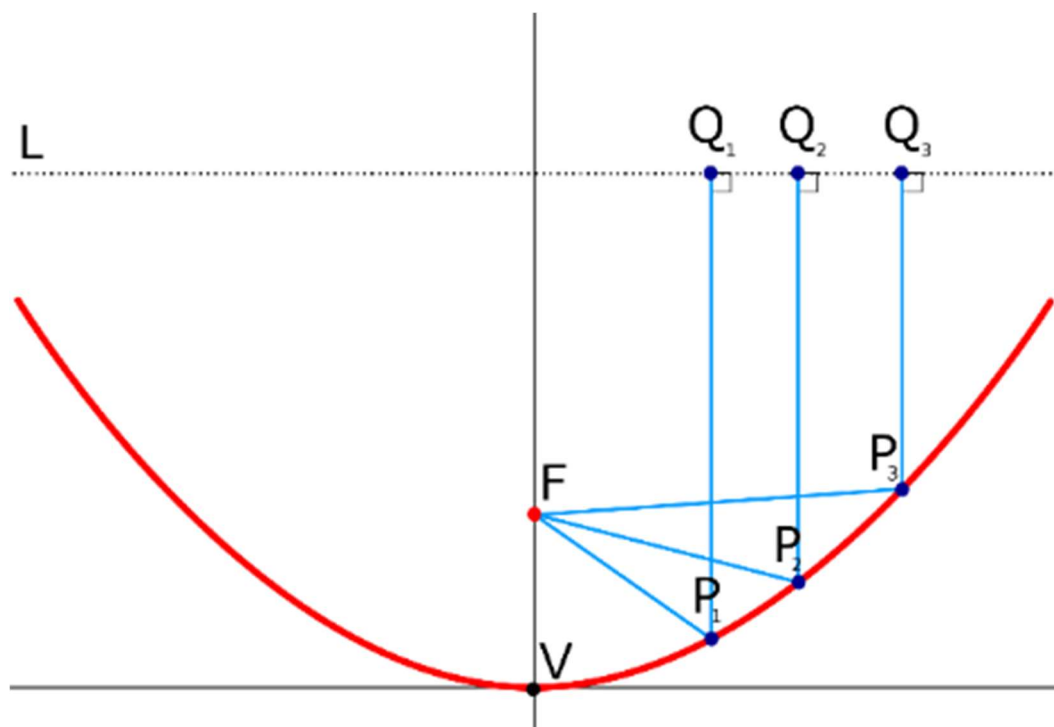
Izvor: <https://comprodcom.com/shop/antennas-clamps/reflector-antennas/parabolic-reflector-antenna-965-70-hdbr/> (01.09.2024.)

Princip rada parabolične antene - Parabolične antene temelje se na geometrijskom svojstvu paraboloida tako da se paralelne zrake elektromagnetskih valova koje padaju na paraboličnu površinu reflektiraju i skupljaju u jednoj točki, poznatoj kao žarišna točka ili fokus.

U odašiljačkoj anteni, radiofrekventna struja iz odašiljača dovodi se preko prijenosnog kabela do dovodne antene, koja je pretvara u radio valove. Dovodna antena emitira radio valove natrag prema anteni i reflektira se od antene u paralelnu zraku, dok se u prijemnoj anteni dolazni radio valovi odbijaju od antene i fokusiraju na točku na dovodnoj anteni, koja ih pretvara u električnu struju koja putuje prijenosnim kabelom do radio prijammnika.

Standardna definicija parabole je - skup točaka za koje vrijedi da im je udaljenost od zadanog pravca (direktrise) jednaka udaljenosti od zadane točke (fokus), koja ne pripada direktrisi.

Slika 15 prikazuje geometriju paraboličnog reflektora. Točka F je fokus (dovodna antena), a V je tjeme paraboličnog reflektora. Pravac koji spaja F i V je os simetrije. P i Q su reflektirane zrake gdje L predstavlja direktrisu pravca na kojoj leže reflektirane točke. Dakle, prema gornjoj definiciji, udaljenost između F i L je konstantna s obzirom na valove koji se fokusiraju.



Slika 15: Geometrija paraboličnog reflektora.

Izvor: <https://sciencing.com/parabolic-microphone-works-5398652.html> (01.09.2024.)

Parabola se može u potpunosti opisati s dva parametra, promjerom D i žarišnom duljinom f . Omjer ta dva parametra važan je parametar paraboličnog reflektora i služi za određivanje žarišne duljine parabolične antene. Njegova vrijednost varira od 0,25 do 0,50. Ako je f/D omjer nizak dovodna antena mora biti blizu paraboličnog reflektora i treba raširiti signal koji šalje prema paraboličnom reflektoru pod širokim kutom. Stoga dovodna antena mora biti malog promjera.

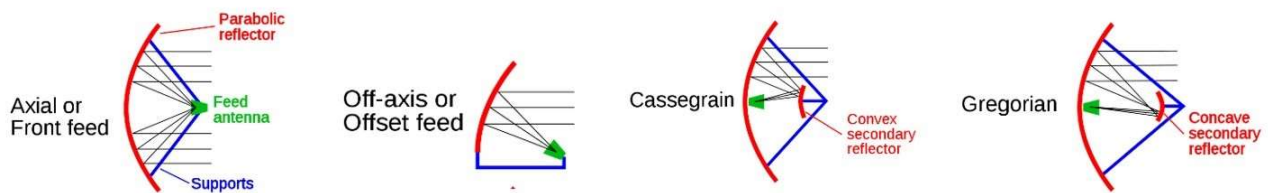
Ako je f/D omjer velik dovodna antena će biti dalje od paraboličnog reflektora i treba svoju snagu projicirati u užu kut.

Klasifikacija parabolične antene - Parabolične antene klasificiraju se prema različitim izvedbama dovodne antene.

Ovisno o vrsti dovodne antene, parabolične antene se dijele na aksijalne, izvan osi, cassegrainove i gregorijanske.(slika 16) Aksijalni je najčešći tip dovoda, s dovodnom antenom smještenom ispred antene u fokusu na osi snopa, usmjerenom unatrag prema anteni.

Kod izvan osnog dovoda antene, reflektor je asimetrični segment paraboloida, tako da se fokus i dovodna antena nalaze na jednoj strani antene. Kod Cassegrain antene, izvor se nalazi na ili iza antene i zrači prema naprijed, osvjetljavajući konveksni hiperboloidni sekundarni

reflektor u fokusu antene. Gregorijanski je sličan Cassegrain dizajnu osim što je sekundarni reflektor konkavnog oblika.



Slika 16: Klasifikacija parabolične antene prema vrsti dovodne antene

Izvor: https://www.tutorialspoint.com/antenna_theory/antenna_theory_parabolic_reflector.htm (01.09.2024.)

4.2. FAZNI ANTENSKI NIZOVI

Fazni antenski niz je vrsta antenskog sustava koji može elektronički upravljati smjerom svog snopa bez fizičkog pomicanja antene.

Za razliku od tradicionalnih antena, koje se oslanjaju na mehaničko kretanje za usmjeravanje signala, fazne antenske rešetke koriste niz od više pojedinačnih antenskih elemenata. Elementi se kontroliraju mijenjanjem faze signala na svakom elementu, omogućujući anteni da trenutno usmjeri svoj snop prema željenoj lokaciji. Ova tehnologija omogućuje visoku preciznost, brzi odgovor i fleksibilnost, čineći fazne antenske nizove ključnima u aplikacijama kao što su radarski sustavi, telekomunikacije, satelitske komunikacije i bežične mreže.

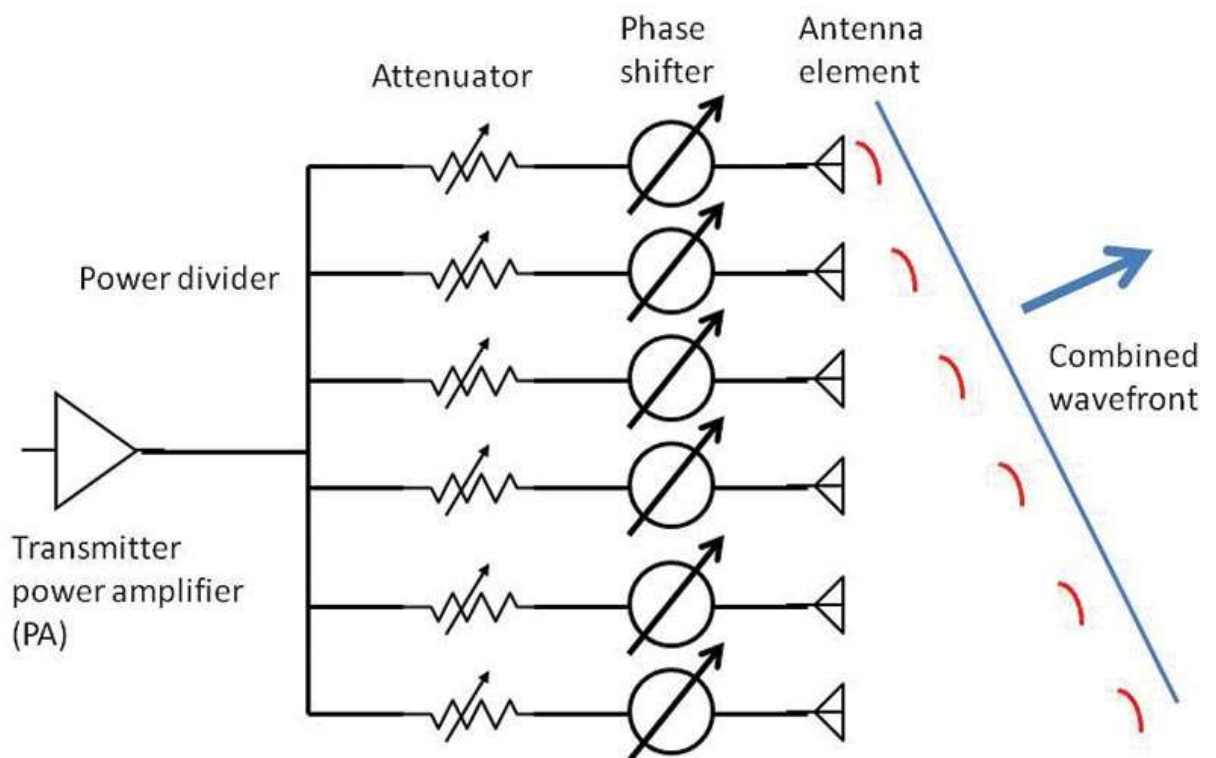
Njihova sposobnost da brzo prilagode smjer snopa i fokusiraju više snopova istovremeno omogućuje poboljšanu snagu signala, poboljšanu pokrivenost i povećanu pouzdanost.

Princip rada faznih antenskih nizova - Fazni antenski nizovi rade tako da elektronički kontroliraju fazu signala na svakom elementu antene, dopuštajući anteni da upravlja smjerom i oblikom zrake bez fizičkog pomicanja antene. To se postiže uzimanjem uzoraka zračenja svake od antena u nizu i njihovim zbrajanjem na takav način da koncentriraju energiju u uski snop. Pojedinačni antenski signali interferiraju jedan s drugim bilo konstruktivno bilo destruktivno. Neki se signali kombiniraju u jači kompozitni signal, dok se drugi djelomično poništavaju.

Radio signal koji se prenosi je sinusni val. Kada se algebarski zbroje dva sinusna vala iste frekvencije, ali različitih faza, dobije se još jedan sinusni val iste frekvencije, ali s različitom

amplitudom i fazom. Manipuliranjem faze i amplitude signala na svakoj anteni, dobiveni snop može varirati u širini i duljini (razina snage). Osim toga, snop se može usmjeravati u željenom smjeru.

Postoji nekoliko načina implementacije faznog niza. Starija analogna metoda prikazana je na slici 17. Signal iz pojačala snage (PA – Power amplifier) šalje se u razdjelnik snage koji dijeli signal u jednake količine signala, stvarajući više puteva do antena. Signali prolaze kroz prigušivače signala (atenuatore) i sklopove kojima se kontrolira fazni pomak signala, čime se omogućuje individualno podešavanje razine i faze signala svakom elementu antene.



Slika 17: Shema faznog antenskog niza

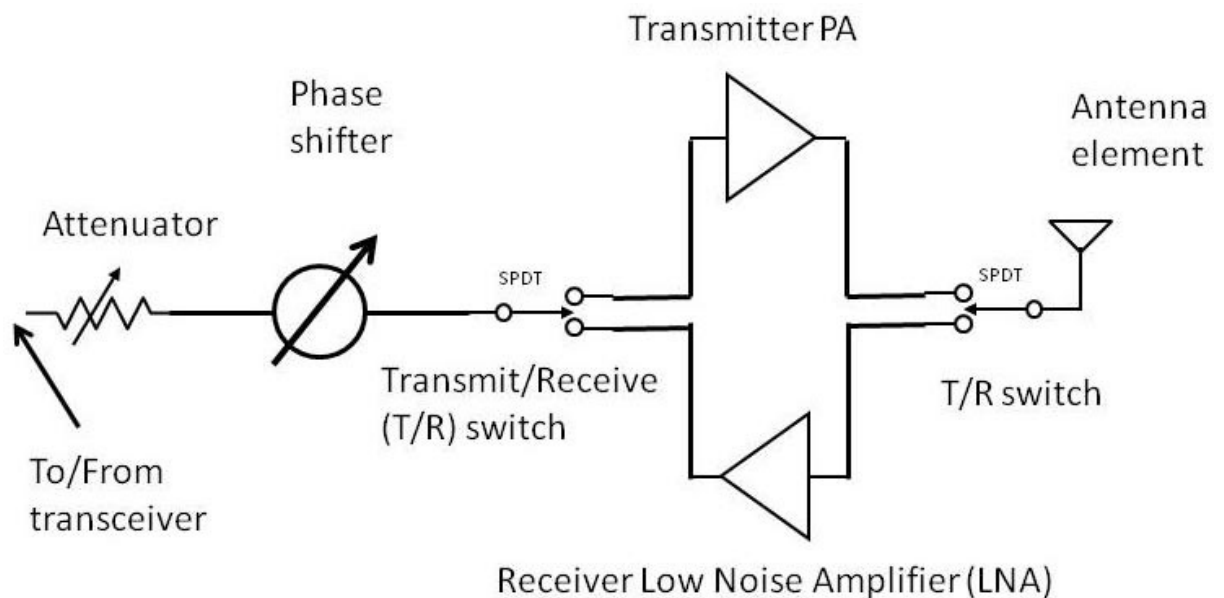
Izvor: <https://www.nutsvolts.com/magazine/article/how-phased-array-antennas-work> (01.09.2024.)

Sklopovi za kontroliranje faznog pomaka signala uvode kratku odgodu koja se može mijenjati. Ti sklopovi i prigušivači signala mogu se podesiti elektronički tako da se promjene mogu izvršiti brzo prema potrebi.

Slika 18 prikazuje kako sklopovi za kontroliranje faznog pomaka signala utječu na dobiveni signal. Crvena krivulja predstavlja valnu frontu svake antene. Bez kašnjenja na gornjoj anteni i jednakih inkrementalnih kašnjenja na donjim elementima, vidi se da se odgođeni valovi pojavljuju dalje u vremenu udesno. Zatim se kombiniraju kako bi stvorili frontu vala koja je pomaknuta prema gore pod kutom.

Ova starija metoda koristila je zasebne prigušivače signala, sklopove za kontroliranje faznog pomaka signala i druge komponente. Noviji pristup je modularan. Antenski element i odašiljačka i prijamna pojačala, sklopovi za kontroliranje faznog pomaka signala, prigušivači signala i T/R (transmit/receive) sklopke izrađeni su kao jedna cjelina i smješteni na jedan modul kao što je prikazano na slici 17.

U načinu odašiljanja, signal iz primopredajnika prolazi kroz prigušivač signala, sklop za kontroliranje faznog pomaka signala i T/R sklopku do pojačala snage signala i zatim do antene.



Slika 18: Shema modula faznog antenskog niza

Izvor: <https://www.nutsvolts.com/magazine/article/how-phased-array-antennas-work> (01.09.2024.)

U načinu prijema, signal s antene prolazi kroz sklopku T/R do niskošumnog pojačala i kroz sklop za kontroliranje faznog pomaka signala i prigušivač signala do prijemnog dijela primopredajnika.

Ovi se moduli po potrebi mogu pakirati zajedno kao niz. Danas nam poluvodička tehnologija omogućuje postavljanje jednog ili više modula na jedan poluvodički čip.

Vrste faznih antenskih nizova - Fazni antenski nizovi mogu biti različitih vrsta, no postoje tri najčešće korištene vrste:

- Pasivni elektronički upravljani niz (PESA – Passive electronically scanned array)
- Aktivni elektronički upravljani niz (AESA – Active electronically scanned array)
- Digitalno oblikovanje snopa (DBF – Digital beam forming)

Pasivni elektronički upravljani niz (PESA) -PESA je vrsta fazne antene koja koristi jedan odašiljač za sve prisutne antene. U ovoj postavci, svaki element antene ima fazni pomak koji fazno pomiče signal prema potrebi antene za reguliranje antenskog snopa. Pasivni elektronički upravljani antenski nizovi mogu se smatrati prvom generacijom faznih antenskih nizova i korišteni su u raznim aplikacijama.

Aktivni elektronički fazni niz (AESA) - AESA je druga generacija faznih antenskih nizova. Ovdje postoje zasebni odašiljači za svaki element antene, a svi su računalno kontrolirani. Ova postavka je naprednija od PESA-e i može odašiljati nekoliko radio valova različitih frekvencija istovremeno u različitim smjerovima.

Digitalno oblikovanje snopa (DBF) – DBF je napredna tehnika koja se koristi u faznim antenskim nizovima za kontrolu smjera i oblika zračenog snopa korištenjem digitalne obrade signala. Za razliku od osnovnih metoda oblikovanja snopa, koje se oslanjaju na analogne sklopove za kontroliranje faznog pomaka signala, DBF koristi digitalno procesiranje signala za promjene faze i amplitude signala na svakom elementu antene.

5. ZAKLJUČAK

Satelitska antena je ključni element u satelitskom sustavu. Odabir antena i satelitskih sustava mora biti prilagođen specifičnim zahtjevima kao što su pokrivenost, brzine prijenosa podataka i zahtjevi za kašnjenjem. Sateliti su sustavi koji ovisno o namjeni i potrebama korisnika pružaju različite performanse. Ovisno o karakteristikama satelita oni su smješteni u različitim orbitama. Najvažnije orbite za satelitsku komunikaciju su LEO, MEO i GEO orbita. INMARSAT sustav je vodeći sustav satelitske komunikacije u pomorstvu, a INMARSAT – C sustav je jedan od osnovnih satelitskih komunikacijskih sustava korištenih na brodu.

Antene imaju različite parametre prema kojima se one izrađuju i biraju za pojedine usluge. Glavni parametri antene su dobitak antene, polarizacija i širina snopa.

Najčešće korištene satelitske antene na brodu su parabolične antene i fazni antenski nizovi. Parabolične antene su usmjerene antene s velikim pojačanjem i niskom unakrsnom polarizacijom smještene u zaštitnu kupolu i zbog toga su najkorištenije satelitske antene na brodu. Fazni antenski nizovi su antene kojima je emitirani snop električno upravljani. Njihova mogućnost modularne proizvodnje pruža mogućnost za daljnji napredak satelitskih antena.

LITERATURA

- [1] 'Satellite systems and networks explained', online: <https://www.gtmaritime.com/resources/satellite-systems-and-networks-explained/> (16.07.2024.)
- [2] Bevelacqua J. P. 2022, 'Antenna - theory', online: <https://www.antenna-theory.com/> (16.07.2024.)
- [3] Roddy D. 2006, *Satellite Communications*, 4. izdanje, McGraw – Hill, New York
- [4] 'GEO, MEO, and LEO', 2020, online: <https://www.satellitetoday.com/content-collection/ses-hub-geo-meo-and-leo/> (17.07.2024.)
- [5] Australian Maritime College, 'MARITIME COMMUNICATIONS SATELLITE SYSTEM AND EQUIPMENT', 2014. online:
https://www.amc.edu.au/_data/assets/pdf_file/0004/838408/MSCSSE_Handbook_August_2019.pdf
(05.08.2024.)
- [5] '7 best frequency bands for satellite communications', 2024., online:
http://www.marinesatellitesystems.com/index.php?page_id=101 (17.07.2024.)
- [6] Vijay K. Garg, 'Antennas, Diversity, and Link Analysis', 2007, online:
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/antenna-gain> (18.07.2024.)
- [7] 'How to Calculate the Antenna Gain?', 2024, online: <https://www.geeksforgeeks.org/how-to-calculate-the-antenna-gain> (07.08.2024.)
- [8] Schweber B. 2022, 'Antenna Polarization: What It Is and Why It Matters', online:
<https://www.digikey.com/en/blog/antenna-polarization-what-it-is-and-why-it-matters> (18.07.2024.)
- [9] 'What is antenna beamwidth', 2023, online: <https://www.everythingrf.com/community/what-is-antenna-beamwidth> (18.07.2024.)
- [10] 'Antenna theory – Parabolic reflector', online:
https://www.tutorialspoint.com/antenna_theory/antenna_theory_parabolic_reflector.htm (10.08.2024.)
- [11] Frenzel E. L. 2018, *How Phased Array Antennas Work*, online:
<https://www.nutsvolts.com/magazine/article/how-phased-array-antennas-work> (10.08.2024.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Usporedba pokrivenosti Zemljine površine GEO, MEO i LEO satelita.....	4
Slika 2. Položaj i pokrivenost Inmarsat satelita.....	6
Slika 3. Višesmjerna INMARSAT - C antena.....	7
Slika 4. Primjer slanja EGC poruke.....	10
Slika 5. Pojasevi satelitskih frekvencija i njihova glavna svojstva.....	11
Slika 6. Zračenje antene u uspoređi sa idealnom izotropnom antenom.....	13
Slika 7. Prikaz dvostrukog, četverostrukog i osmostrukog dobitka antene.....	15
Slika 8. Komponente elektromagnetskog vala.....	16
Slika 9. Horizontalna i vertikalna linearna polarizacija.....	17
Slika 10. Desna i lijeva kružna polarizacija.....	18
Slika 11. Primjer HPBW-a i FNBW-a na dijagramu zračenja antene.....	19
Slika 12. : Glavni dijelovi parabolične antene.....	20
Slika 13. Parabolična antena unutar zaštitne kupole.....	21
Slika 14. Dijagram zračenja Parabolične antene.....	22
Slika 15. Geometrija paraboličnog reflektora.....	23
Slika 16. Klasifikacija parabolične antene prema vrsti dovodne antene.....	24
Slika 17. Shema faznog antenskog niza.....	25
Slika 18. Shema modula faznog antenskog niza.....	26