

Primjena i analiza Inmarsat FleetBroadband sustava za brodske satelitske komunikacije

Katanar, Kristian

Master's thesis / Diplomski 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:187:303875>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-19**



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](#)



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

KRISTIAN KATANAR

**PRIMJENA I ANALIZA INMARSAT FLEETBROADBAND
SUSTAVA ZA BRODSKE SATELITSKE KOMUNIKACIJE**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**PRIMJENA I ANALIZA INMARSAT FLEETBROADBAND
SUSTAVA ZA BRODSKE SATELITSKE KOMUNIKACIJE
APPLICATION AND ANALYSIS OF THE INMARSAT
FLEETBROADBAND SYSTEM FOR SHIP SATELLITE
COMMUNICATIONS**

**DIPLOMSKI RAD
MASTER THESIS**

Kolegij: Primjena radiokomunikacijskih sustava u pomorstvu

Mentor: izv. prof. dr. sc. Sanjin Valčić

Student: Kristian Katanar

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112077622

Rijeka, rujan 2024.

Student: Kristian Katanar

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112077622

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom

Primjena i analiza Inmarsat FleetBroadband sustava za brodske satelitske komunikacije

izradio samostalno pod mentorstvom

izv. prof. dr. sc. Sanjin Valčić

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

Student

Katanar

Student: Kristian Katanar

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112077622

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta 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 diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student - autor



SAŽETAK

Ovaj rad obuhvaća uvid u primjenu i analizu Inmarsat FleetBroadband sustava za komunikaciju u pomorstvu. Satelitske komunikacije su temelj moderne komunikacije diljem svijeta, stoga je u ovom radu objašnjen njihov princip rada, različiti aspekti i značajke takvih komunikacija. Uz to, istaknuta je važnost te način primjene satelitskih komunikacija na brodu, to jest u pomorstvu. Budući da je tema ovog rada FleetBroadband sustav tvrtke Inmarsat, za lakše razumijevanje i praćenje sadržaja su obrađene pod teme vezane uz njihov cjelokupni satelitski sustav. Te pod teme se odnose na različite dijelove Inmarsat-ovog satelitskog sustava, poput svemirskog i zemaljskog segmenta te područja pokrivenosti satelita. Naposljetku, glavni dio rada je primjena i analiza FleetBroadband sustava. Time su navedene i objašnjene različite primjene FBB sustava u pomorstvu te su analizirana njegova sklopovlja i sastavne komponente.

Ključne riječi: oprema iznad palube, oprema ispod palube, brodske zemaljske stanice, Inmarsat satelitski sustav, FleetBroadband sustav.

SUMMARY

This paper includes insight into the application and analysis of the Inmarsat FleetBroadband maritime communication system. Satellite communications are the basis of modern communication around the world, so this paper explains their working principle, various aspects and features of this type of communication. In addition, the importance and applications of satellite communications on board ships, that is, in maritime in general, was highlighted. Since the topic of this paper is the FleetBroadband system of the company Inmarsat, subtopics related to their entire satellite system have been covered for understanding the content more easily. These subtopics relate to different parts of Inmarsat's satellite system, such as the space and ground segments and the satellite coverage area. After all, the main part of the paper is the application and analysis of the FleetBroadband system. The various applications of the FBB system in the maritime sector are listed and explained, as well as its circuitry and components.

Keywords: above deck equipment, below deck equipment, ship earth stations, Inmarsat satellite system, FleetBroadband system.

SADRŽAJ

SAŽETAK	II
SUMMARY	II
SADRŽAJ	III
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	1
1.4. ZNANSTVENE METODEDE	1
1.5. STRUKTURA RADA.....	2
2. SATELITSKE KOMUNIKACIJE	3
2.1. PRINCIP RADA.....	3
2.1.1. <i>Uzlazne i silazne veze</i>	4
2.1.2. <i>Vrste orbita</i>	5
2.1.3. <i>Utjecaj Van Allen radijacijskih pojaseva</i>	7
2.1.4. <i>Pouzdanost satelitskog komunikacijskog sustava</i>	8
2.2. PRIMJENA SATELITSKIH KOMUNIKACIJA NA BRODU.....	9
3. INMARSAT SATELITSKI SUSTAV	13
3.1. SVEMIRSKI SEGMENT	15
3.2. PODRUČJA POKRIVENOSTI	17
3.3. ZEMALJSKI SEGMENT.....	18
3.3.1. <i>Kopnene zemaljske stanice</i>	18
3.3.2. <i>Brodске zemaljske stanice</i>	20
4. INMARSAT FLEETBROADBAND	23
4.1. PRIMJENA FLEETBROADBAND SUSTAVA	23
4.1.1. <i>BGAN mreža</i>	24
4.1.2. <i>IP usluge</i>	26
4.1.3. <i>Telefonija</i>	27
4.2. ANALIZA SKLOPOVLJA I KOMPONENTI	27
4.2.1. <i>SAILOR 500 stanica</i>	28
4.2.1.1. <i>Oprema iznad palube</i>	28

4.2.1.2. Oprema ispod palube.....	33
4.2.2. <i>SAILOR 250 stanica</i>	34
4.2.2.1. Oprema iznad palube.....	35
4.2.2.2. Oprema ispod palube.....	39
4.2.3. <i>SAILOR 150 stanica</i>	39
4.2.3.1. Oprema iznad palube.....	40
4.2.3.2. Oprema ispod palube.....	41
4.2.4. <i>AC/DC napajanje</i>	41
4.2.5. <i>SAILOR 3771 alarmni sustav</i>	42
4.2.6. <i>Inmarsat Fleet Safety</i>	43
4.2.7. <i>Zaštita sustava</i>	45
4.2.7.1. Pozicioniranje antene.....	45
4.2.7.2. Uzemljenje i RF zaštita.....	45
4.2.7.3. Interferencija radara.....	47
4.2.7.4. Zaštita od zračenja.....	49
5. ZAKLJUČAK.....	51
POPIS LITERATURE.....	52
POPIS SLIKA.....	54
POPIS TABLICA.....	56

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

S obzirom na to da je vanjska komunikacija na brodu ključan čimbenik za učinkovitu i sigurnu plovidbu, od izuzetne važnosti je osigurati i koristiti kvalitetan sustav za komunikaciju i povezivanje broda s kopnom i drugim brodovima. Relevantne činjenice o problematici istraživanja predstavljaju osnovu za formuliranje problema istraživanja. Primjenom znanstvenih metoda istražuje se predmet istraživanja, konkretno Inmarsat FleetBroadband sustav. Problem i predmet istraživanja odnose se na dva povezana objekta istraživanja, a to su: satelitski sustav komunikacije i brodska antena.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Poznavanjem zahtjeva i funkcija FleetBroadband sustava, kao i njegove strukture u radnoj okolini kao što je brod, moguće je izvršiti detaljan uvid i analizu pojedinih podsustava pa time doći do saznanja o prednostima, nedostacima te njegovim ostalim karakteristikama.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha ovog rada je prikazati primjenu i analizu Inmarsat FleetBroadband-a u sklopu brodskih komunikacijskih sustava s ciljem da se naglasi i prikaže važnost i korisnost takvog sustava u dinamičnom brodskom okruženju i modernoj pomorskoj industriji. Postavljaju se i pitanja poput: „Što je FleetBroadband i zašto se koristi?“, „Koje su njegove funkcije na brodu?“, „Na koji način taj sustav može pridonijeti plovidbi?“, „Od kojih se komponenti i elemenata sastoji, čemu one služe te kako funkcioniraju?“, „Koje su prednosti i nedostaci FleetBroadband sustava?“ i „Može li se korištenjem takvog sustava riješiti problem povezanosti na mjestima bez kopnene terestričke infrastrukture?“

1.4. ZNANSTVENE METODE

Tijekom pisanja diplomskog rada korištene su sljedeće znanstvene metode u odgovarajućim kombinacijama: metoda apstrakcije i konkretizacije, metoda klasifikacije kao i komparativna metoda te metoda generalizacije.

1.5. STRUKTURA RADA

U prvom poglavlju ovog diplomskog rada navedeni su problem, predmet i objekt istraživanja, radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode i naposljetku je obrazložena struktura cijeloga rada. Drugo poglavlje upoznaje čitatelja sa definicijom satelitskih komunikacija. Radi jednostavnijeg i boljeg razumijevanja potrebno je shvatiti pozadinu i različite aspekte satelitskih komunikacija. Na taj se način može lakše pristupiti analizi Inmarsat-ovog satelitskog sustava što je ujedno i tema trećeg poglavlja. U četvrtom poglavlju, koje predstavlja glavnu ideju ovoga rada, navedene su i obrazložene primjene FleetBroadband sustava u pomorstvu te su analizirana njegova sklopovlja i sastavne komponente. Konačno, u zaključku je napisan kratki osvrt na cjelokupni predmet istraživanja te su navedeni najvažniji rezultati istoga.

2. SATELITSKE KOMUNIKACIJE

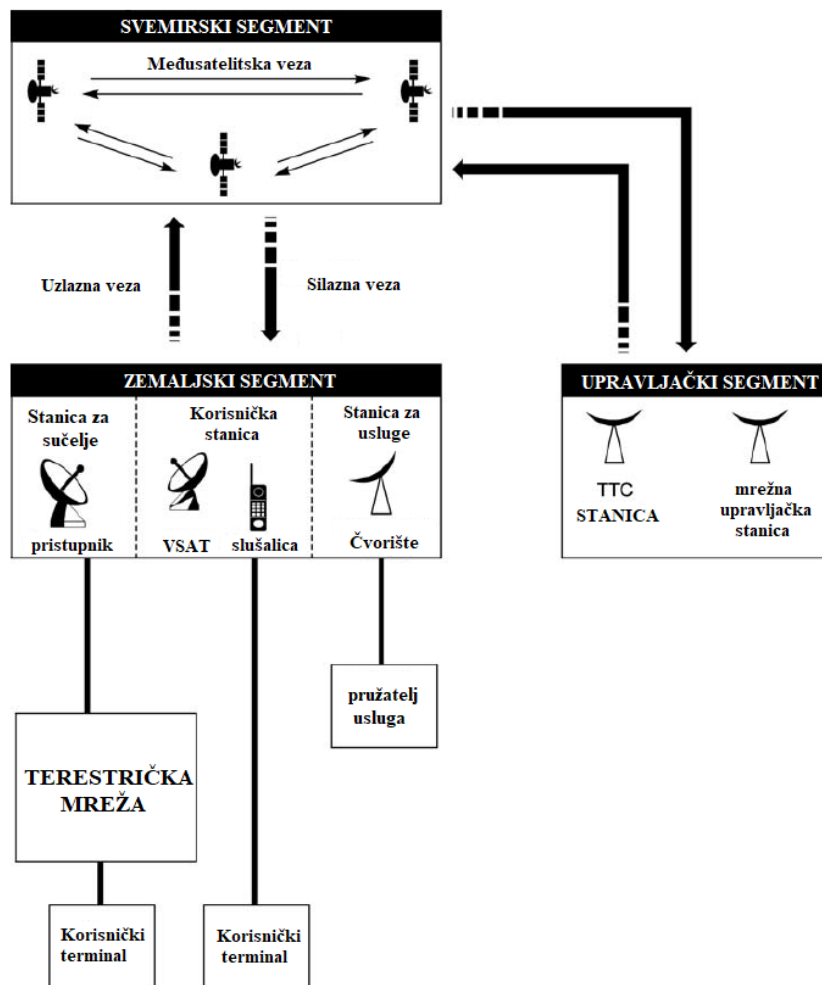
U posljednjih nekoliko desetljeća uvedene su značajne tehnološke promjene u području mobilnih komunikacija, a time i za potrebe pomorstva. Značajan razvoj se ostvario upravo u području mobilnih satelitskih komunikacija koje su osnova za današnju komunikaciju i povezanost diljem svijeta. Satelitske komunikacije rezultat su brojnih istraživanja svemirskih i komunikacijskih tehnologija. Cilj tih istraživanja je također bio ostvarivanje sve većih dometa i kapaciteta komunikacijskih kanala uz što veću učinkovitost i što manje troškove. Ovo poglavlje namijenjeno je za prikaz načina rada satelitskog komunikacijskog sustava i njegove uloge u brodskim satelitskim komunikacijama. Uz navedeno, prikazane su neke temeljne značajke te njihova korisnost i utjecaj na satelitski komunikacijski sustav.

2.1. PRINCIP RADA

Temeljni koncept satelitskog komunikacijskog sustava i njegova povezanost s terestričkom infrastrukturom prikazani su na slici 1. Kao što je vidljivo, satelitski sustav je načinjen od svemirskog segmenta, upravljačkog segmenta i kopnenog segmenta. Svemirski segment sastoji se od jednog ili više aktivnih satelita kao i rezervnih satelita postavljenih u satelitskoj konstelaciji. U tom segmentu su uspostavljene međusatelitske veze kojima su sateliti međusobno povezani i prenose podatke. Upravljački segment sadrži sve zemaljske objekte za upravljanje i nadgledanje satelita odnosno TT&C stanice (engl. Tracking, Telemetry and Command). Naposljetku, kopneni segment čine zemaljske postaje. Ovisno o vrsti usluge koje pružaju, zemaljske stanice mogu biti različitih izvedbi.

Zemaljske postaje se dijele na tri dijela, a to su: korisničke stanice (engl. user stations), poput slušalica, prijenosnih računala, mobilnih stanica i VSAT terminal, koji korisniku omogućuju izravan pristup svemirskom segmentu, točnije komunikaciju putem satelita; stanice za sučelja (engl. interface stations), koje mogu biti pristupnici (engl. gateways) čime se povezuje svemirski segment i terestrička mreža; te stanice za usluge (engl. service stations), npr. čvorišta (engl. hub), prikupljaju informacije iz korisničkih stanica. Komunikacija između korisnika uspostavlja se preko korisničkih terminala koji se sastoje od opreme poput telefona i računala koji su povezani na terestričku mrežu ili na korisničke stanice.¹

¹ Maral, G., Bousquet M., 2009, Satellite communications systems: Systems, Techniques and Technology, 5th edn., John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom p.3-4.



Slika 1. Satelitski komunikacijski sustav - svemirski, upravljački i zemaljski segment

Izvor: pripremio student prema [1]

2.1.1. Uzlazne i silazne veze

Vežu između opreme za odašiljanje signala i opreme za primanje signala čini radio ili optički val. Djelotvornost opreme za odašiljanje mjeri se njezinom efektivnom izotropnom zračenom snagom ili EIRP vrijednosti (engl. Effective Isotropic Radiated Power). Ta vrijednost se dobiva množenjem ulazne snage antene i dobitka antene (engl. antenna gain) u smjeru zračenja. S druge strane, djelotvornost opreme za primanje signala mjeri se s vrijednosti G/T. To je omjer dobitka antene u smjeru zračenja i temperature šuma antene. Nadalje, vrste veza u satelitskim komunikacijama, prikazane na slici 1, jesu:

— uzlazne veze (engl. uplink) - veze od zemaljskih stanica do satelita

- silazne veze (engl. downlink) - veze od satelita do zemaljskih stanica
- međusatelitske veze

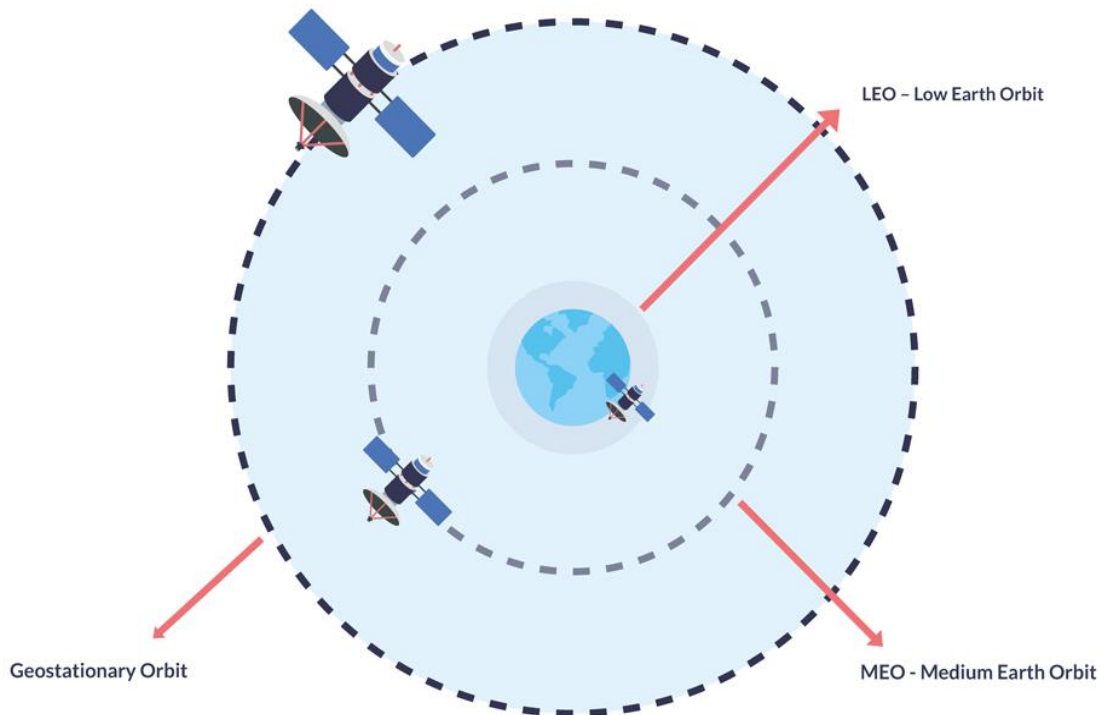
Uzlazne i silazne veze koriste RF modulirane valove, dok međusatelitske veze mogu koristiti RF i optičke nosioce vala za razmjenu signala. Nosioći su modulirani signalima osnovnog pojasa koji prenose informacije u komunikacijske svrhe. Za povezivanje krajnjih korisnika ili terminala potrebne su ulazne i silazne veze i uz to jedna ili više međusatelitska veza. Efikasnost veze može se izmjeriti omjerom primljene snage nosioca "C" i spektralnom gustoćom šuma "N₀". Taj omjer označava se kao "C/N₀" i izražava se mjernom jedinicom Hertz (Hz). Nadalje, vrijednosti C/N₀ za veze između krajnjih terminala određuju kvalitetu usluge koja se iskazuje učestalošću pogreške bita ili BER (engl. Bit Error Rate).

Još jedan važan parametar za uzlazne i silazne veze jest širina pojasa. Širina pojasa (engl. bandwidth) ovisi o brzini prijenosa podataka, brzini kodiranja kanala i vrsti korištene modulacije vala nosioca. Za satelitske veze, ravnoteža između potrebne snage vala nosioca i iskorištene širine pojasa ključna je za učinkovitost same veze. To je bitan faktor za satelitske komunikacije iz razloga što potrebna snaga utječe i na masu satelita i na veličinu kopnenih stanica dok je širina pojasa često ograničena regulativama. U satelitskom sustavu više stanica odašilje signal prema nekom satelitu, prema tome, satelit djeluje kao mrežni čvor. Korištene tehnike za organizaciju pristupa satelitima nazivaju se tehnike višestrukog pristupa. Tim tehnikama omogućuje se da satelit može istovremeno primiti signale od različitih postaja ili ih odašiljati, bez ikakvih smetnji tijekom tog procesa.

2.1.2. Vrste orbita

Orbita je putanja u obliku elipse koju slijedi satelit. Satelit se pomiče sporije pri svojoj putanji što je njegova udaljenost od Zemlje veća. Načelno, orbite mogu imati različite orijentacije i oblike. Najznačajnije orbite za satelitske komunikacije i povezivanje su LEO, MEO i GEO orbite (Slika 2). Od tih triju orbita u pogledu ovog rada, najvažnija je GEO orbita te će se zato većim dijelom navoditi i analizirati. Satelitske sustave u ovim orbitama čine konstelacije satelita. Što se orbita nalazi na većoj udaljenosti od Zemlje, broj satelita u toj orbiti se smanjuje. Pri manjoj udaljenosti između orbite i Zemlje, kašnjenja signala i gubitci putanje biti će manji. LEO (engl. Low Earth Orbit) je niska Zemljina orbita koja se nalazi na otprilike 200 do 1200 kilometara iznad površine Zemlje. Sateliti u ovoj orbiti naprave jednu revoluciju oko Zemlje u otprilike 90 minuta pa zbog toga mijenjaju svoju poziciju vrlo brzo u odnosu na

fiksne zemaljske stanice. Zbog toga je potreban puno veći broj satelita za pokrivenost u usporedbi s GEO i MEO orbitama. Nadalje, MEO (engl. Medium Earth Orbit) je srednja Zemljina orbita na visini od otprilike 1200 do 35286 kilometara iznad površine Zemlje. U toj orbiti, sateliti su vidljivi puno dulje nego LEO sateliti, tipično od 2 do 8 sati. Zbog veće udaljenosti pri kojoj su sateliti pozicionirani u ovoj orbiti osigurano je veće područje pokrivenosti što naposljetku znači da je manji broj satelita potreban.



Slika 2. GEO, MEO i LEO orbite

Izvor: Ground Control, Ground Control Technologies UK Ltd, Online:

<https://www.groundcontrol.com/knowledge/guides/satellite-orbit-heights-impact-satellite-communication/>
(15.07.2024.)

Konačno, GEO (engl. Geostationary Orbit) orbita je najudaljenija orbita u odnosu na LEO i MEO orbite. Geostacionarna orbita se nalazi na udaljenosti od 35 786 kilometara iznad ekvatora. Iz perspektive promatrača na Zemlji, satelit u geostacionarnoj orbiti činio bi se nepomičnim. To je posljedica kretanja satelita brzinom koja je ista kao i brzina rotacije Zemlje. GEO orbita pruža veliku pokrivenost Zemlje samo jednim satelitom odnosno gotovo potpunu globalnu pokrivenost (izuzev polarnih područja) koristeći samo tri satelita u orbiti.²

² O. Montenbruck, E. Gill, 2005. *Satellite Orbits – Models, Methods and Applications*, Springer, Berlin, p. 2-8.

Glavni nedostatak geostacionarnih satelita je visina na kojoj se nalaze. Radiovalovima treba otprilike 250 do 500 milisekundi za prijelaz puta od zemaljskih stanica do satelita i za povratak vala na Zemlju. Kao rezultat prisutno je relativno malo, ali značajno kašnjenje signala. Takvo kašnjenje može pogoršati kvalitetu komunikacijskih usluga i uz potencijalno zagušenje satelitske mreže dodatno smanjiti djelotvornost uobičajenih mrežnih protokola. Pored toga, zbog velike udaljenosti od Zemlje, potrebna je velika predajna snaga te su antene skuplje i kompliciranijih izvedbi. Još jedan nedostatak, budući da Sunce predstavlja glavni izvor elektromagnetskog zračenja za satelite u GEO orbiti, jest da dolazi do povećanja pozadinskog elektromagnetskog šuma kada se satelit dovoljno približi Suncu. Ipak, to nije veliki problem s obzirom na činjenicu da se šum javlja jednom dnevno u trajanju od nekoliko minuta.³

2.1.3. Utjecaj Van Allen radijacijskih pojaseva

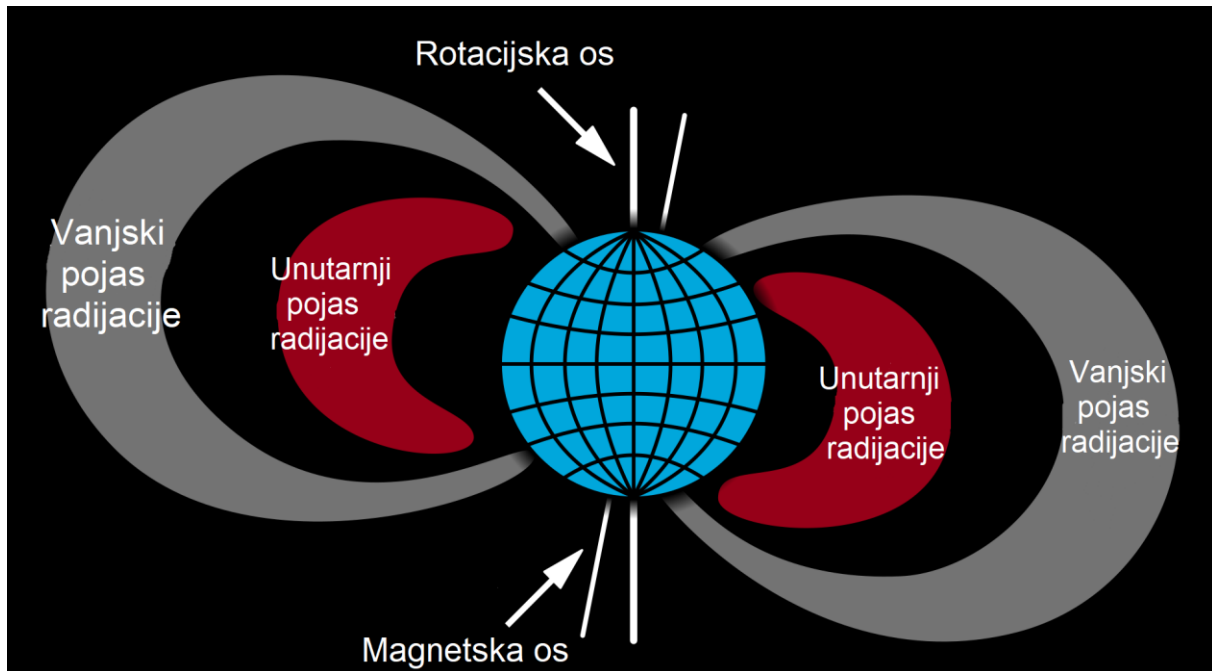
Van Allen pojas zračenja ili Van Allenovi pojasi su područja oko Zemlje u kojima se zbog djelovanja Zemljinog magnetskog polja električno nabijene čestice gibaju velikim brzinama i stvaraju snažan izvor elektromagnetskoga zračenja. Kako se čestice solarnog vjetera nabijaju, one međudjeluju sa magnetskim poljem zemlje i trajno se zadržavaju u tom pojasu. Pojasevi su nazvani po James Van Allenu, američkom fizičaru koji ih je otkrio 1958. godine koristeći podatke odaslane Explorer satelitom. Ti pojasi imaju najveći intenzitet zračenja iznad ekvatora dok su iznad polova praktički nepostojeći. Ne postoji granica nego je zapravo riječ o postepenom prijelazu između pojaseva. Slika 3 prikazuje ilustraciju Van Allen pojasa te njegove prijelaze iz unutarnjeg i vanjskog pojasa radijacije.

Središte unutarnjeg područja je približno 3000 km iznad površine Zemlje, dok je središte vanjskog područja na visini od oko 15 do 20 tisuća kilometara. Sateliti u geostacionarnoj orbiti nalaze se u vanjskom pojasu elektrona i izvan pojasa gdje su zadržane čestice protona. Na satelite dakle najviše utječu ti elektroni i protoni vrlo visoke energije koje stvaraju solarne baklje. Zastupljenost protona ovisi o intenzitetu solarnih aktivnosti. Solarne baklje većeg intenziteta gotovo sigurno nastanu u uobičajenom životnom vijeku satelita, konkretno u rasponu od 10 do 20 godina.⁴ Nadalje, ti pojasevi ugrožavaju satelite i njihove komponente i elemente, kao što su poluvodiči (npr. solarne ćelije i tranzistori) antene i druga elektronička

³ Nwankwo, V., Jibiri, N., Kio, M., 2020. *The Impact of Space Radiation Environment on Satellites Operation in Near-Earth Space*, Satellites Missions and Technologies for Geosciences. IntechOpen.

⁴ science.nasa.gov, *What are the Van Allen Belts and why do they matter?*, online: <https://science.nasa.gov/biological-physical/stories/van-allen-belts/>

sklopovlja. Ti osjetljivi elementi i komponente moraju biti zaštićeni odgovarajućim zaštitama (poput aluminijske) tijekom dužeg boravka u tim pojasevima kako bi primili vrlo nisku i neštetnu količinu zračenja.



Slika 3. Van Allen radijacijski pojas

Izvor: Space Center Houston, *What are the Van Allen radiation belts?*, 2020, Online: <https://spacecenter.org/what-are-the-van-allen-radiation-belts/> (14.05.2024.)

2.1.4. Pouzdanost satelitskog komunikacijskog sustava

Pouzdanost sustava definirana je vjerojatnošću ispravnog rada samog sustava tijekom njegovog vijeka trajanja. Pouzdanost kompletnog satelitskog komunikacijskog sustava ovisi o pouzdanosti njegova tri sastavna dijela (svemirski, kopneni i upravljački segment). S druge strane, raspoloživost je omjer stvarnog razdoblja ispravnog rada sustava i očekivanog razdoblja ispravnog rada. Raspoloživost cjelokupnog satelitskog komunikacijskog sustava ne ovisi samo o pouzdanosti sastavnih dijelova sustava, već i faktorima poput uspješnosti lansiranja satelita, potrebnom vremenu zamjene satelita i ukupnom broju operativnih odnosno aktivnih i rezervnih satelita. Isto tako, raspoloživost zemaljskih stanica ne ovisi samo o njihovoj pouzdanosti, nego i o njihovom održavanju. Za satelite, raspoloživost ovisi samo o pouzdanosti jer fizičko održavanje nije moguće realizirati s trenutnom tehnologijom i mogućnostima.⁵

⁵ A. Verma, et al., 2013., *Measurement of Reliability and Availability of Satellite Communication Links: Progress and Challenges*, International Conference on Intelligent Systems and Signal Processing (ISSP)

2.2. PRIMJENA SATELITSKIH KOMUNIKACIJA NA BRODU

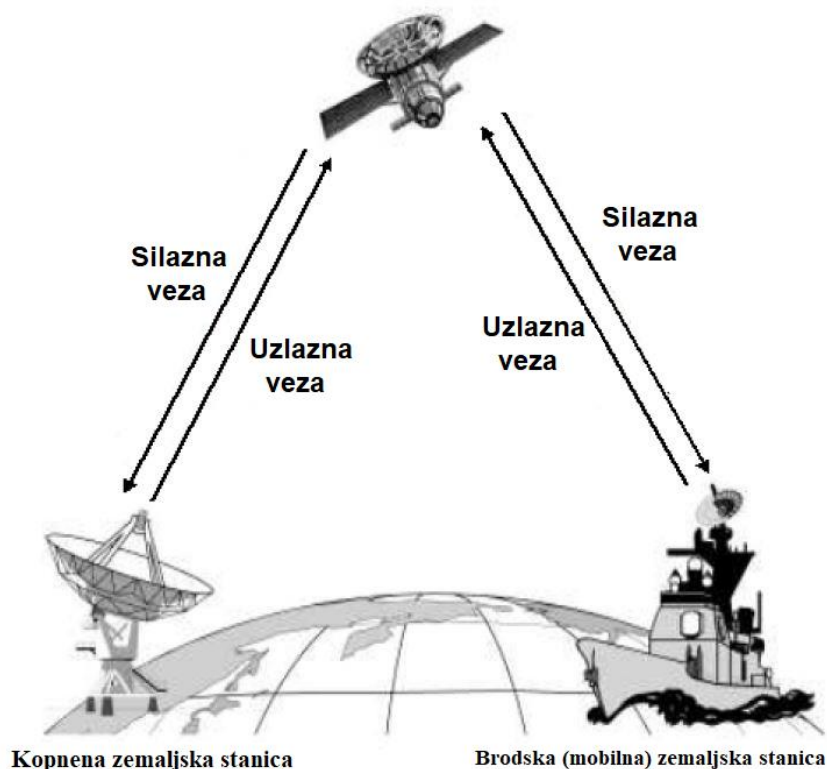
U pomorskoj industriji, brodari su često konzervativni kada su u pitanju nove tehnologije i regulative. Međutim, to nije uvijek slučaj kada se radi o brodskim komunikacijama. U ranim oblicima komunikacije, početkom 20. stoljeća, brodovi su komunicirali s obalom putem radija, iako su se u početku poruke slale Morse-ovim kodom, a ne glasom. Do kasnih 1970-ih, komunikaciju putem satelita koristio je mali broj komercijalnih brodova i mnogo više vojnih brodova. Poznato je da se tehnološka promjena usvaja tek nakon što dosegne fazu u kojoj može zadovoljiti jedinstvene zahtjeve pomorske industrije i dokazati svoju pouzdanost i robusnost u različitim uvjetima. Ako su brodari bili sporiji u prihvaćanju novih tehnologija komunikacije, često je bilo zbog poteškoća u implementaciji i visokih troškova komunikacije na velikim udaljenostima. Iz tog razloga su brodari tražili načine za smanjenje količine komunikacija potrebnih u komercijalne svrhe. Mali broj brodara i njihovih posada bavi se sa inženjerskim aspektom satelitskih komunikacijskih sustava i samih satelita. Naime, potrebno je razumijevanje osnova tih sustava kao i osnova radiokomunikacija kako bi se osiguralo sigurno i učinkovito obavljanje pomorskih pothvata.

Satelitska komunikacija se u načelu ne razlikuje previše od radiokomunikacija. Oba sustava zapravo imaju isti princip rada i koriste elektromagnetske valove. Konvencionalna radio oprema na brodu namijenjena je samo za komunikaciju između dvije točke osim kada se šalje signal za pomoć. Radiokomunikacijski sustavi imaju jedan veći ograničavajući faktor, a to je da signal ima vrlo ograničen domet u usporedbi s satelitskim sustavom. Iako se radio signali mogu odbijati od ionosfere i time povećati domet, to nije jednako učinkovito kao i korištenje satelita za prijenos signala. Satelit je uređaj u orbiti iznad Zemlje koji djeluje kao posrednik u komunikaciji i omogućuje prijenos podataka od ili do broda bez obzira na različite položaje broda na Zemlji. Satelitski komunikacijski sustavi imaju ključnu ulogu u slučajevima kada se brod nalazi u području koje nije pokriveno terestričkom infrastrukturom to jest kopnenim postajama.⁶

Svi sateliti koriste snop zračenja koja je zapravo uzorak elektromagnetskih valova. Sateliti koriste određeni uzorak, a snop te zrake može biti širok ili uzak i pokrivati veliko ili malo područje na zemlji. Antene na brodu su rijetko na istoj poziciji na Zemlji zbog kretanja plovila tijekom eksploatacije. Stoga je temeljni preduvjet za brodsku antenu sposobnost praćenja satelita u 3 dimenzije. Satelitska antena je vjerojatno najvažnija karika u

⁶ doc. dr. sc. Zoran Mrak, Predavanje iz kolegija "Pomorske radiokomunikacije" - Satelitske komunikacije, Merlin 19/20

komunikacijskom lancu na brodu. Za razliku od fiksnih stanica i sustava koji se koriste na kopnu, sposobnost antene za održavanje veze sa satelitom i prilagođavanje usmjerenja u sve 3 ravnine pri različitim teškim uvjetima na moru je ono što čini antenu prijeko potrebnom na brodu. Slikom 4 je prikazan način povezivanja broda i kopnene stanice putem satelita. Brod predstavlja brodsku odnosno mobilnu zemaljsku stanicu u satelitskom komunikacijskom sustavu. ITU udruga (engl. International Telecommunications Union) definira mobilnu zemaljsku stanicu kao zemaljsku stanicu za mobilne satelitske usluge koja je namijenjena za korištenje u kretanju ili tijekom zastoja na neodređenim točkama.⁷ Frekvencije silaznih veza su uvijek niže u usporedbi s uzlaznim vezama što je vidljivo u tablici 1 za sve frekvencijske pojase.



Slika 4. Povezanost broda putem satelita

Izvor: “Les Télécommunications par satellites” SlideShare - a Scribd company, 2023.

online: <https://www.slideshare.net/slideshow/les-tlcommunications-par-satellitespptx/257859681> (19.07.2024.)

Većina satelitskih komunikacijskih sustava koncipirani su tako da brodovi moraju dijeliti komunikacijske kanale s drugima. To je sasvim prihvatljivo za potrebe jednostavne brodske komunikacije, ali vrlo neučinkovito kada se radi s velikim količinama podataka koje

⁷ *Radio Regulations*, Volume 4., Section IV. Radio Stations and Systems – Article 1.68, 2020., ITU, Switzerland

se generiraju. To se može prevladati korištenjem VSAT terminala točnije terminala s vrlo malim otvorom antene. Nadalje, dostupnost većeg protoka podataka nije potrebna svim vrstama broda, no na primjer za platforme, kontejnerske i putničke brodove, je itekako poželjna. U slučaju platforme, ta dostupnost omogućuje prijenos podataka za pregled i nadzor rada sustava ili sličnih informacija, dok kontejnerski brodovi koriste velike količine podataka radi logističkih zadataka i planova skladištenja.

U radio i satelitskim komunikacijama se koriste elektromagnetski valovi za primanje i odašiljanje signala. Valne duljine i frekvencije tih valova uvelike se razlikuju s obzirom na njihovu primjenu. Kako bi se ti različiti valovi učinkovito koristili i razlikovali, grupiraju se u određene pojaseve odnosno grupe unutar cjelokupnog radijskog spektra. U pomorstvu se najčešće koriste pojasevi određeni od strane međunarodne organizacije IEEE (engl. Institute of Electrical and Electronics Engineers).⁸ Neki pojasevi se koriste više od drugih te se svaki pojas koristi za određenu svrhu.

Tablica 1. Frekvencijsko područje rada satelitskih komunikacijskih sustava

Frekvencijski pojas	Frekvencija silazne veze	Frekvencija uzlazne veze	Tipična širina pojasa
L - pojas	0.9 - 1.6 GHz	0.9-1.6 GHz	15 MHz
S - pojas	1.610 - 1.626 GHz	2.483 - 2.5 GHz	70 MHz
C - pojas	3.7 - 4.2 GHz	5.925 - 6.425 GHz	500 MHz
X - pojas	7.25 - 7.75 GHz	7.9 - 8.4 GHz	500 MHz
Ku - pojas	11.7 - 12.2 GHz	14 - 14.5 GHz	500 MHz
Ka - pojas (vojni)	17.7 - 21.2 GHz	27.5 - 31 GHz	3,500 MHz
	20.2 - 21.2 GHz	30 - 31 GHz	1,000 MHz

Izvor: Pripremio student prema [9]

Radio komunikacije na niskim frekvencijama (LF), srednjim frekvencijama (MF), visokim frekvencijama (HF), vrlo visokim frekvencijama (VHF) i ultravisokim frekvencijama (UHF) koriste frekvencije ispod 1 GHz što predstavlja najnižu točku u dodijeljenom spektru za satelitske komunikacije i brodske radare. Satelitski komunikacijski sustavi koji se koriste na

⁸ IEEE, 2020. *IEEE Standard Letter Designations for Radar-Frequency Bands*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, New York, USA

brodovima se razlikuju prije svega prema radnom frekvencijskom području⁹, što je prikazano tablicom 1. Gotovo sve komunikacijske usluge tvrtke Inmarsat koriste L frekvencijski pojas koji je vrlo uzak u usporedbi s onima poput Ku i Ka pojasa. Budući da L pojas sadrži relativno nisku frekvenciju za satelitske komunikacijske sustave, jednostavniji je za obradu signala te je zbog toga potrebna jeftinija i manje sofisticirana RF oprema. Također, za razliku od ostalih pojaseva, nije potrebno precizno usmjerenje antene zbog veće širine snopa. Samo mali postotak L pojasa (1.3 - 1.7 GHz)¹⁰ dodijeljen je brodskim satelitskim komunikacijama za Inmarsat usluge kao što je FleetBroadband. Zbog toga, manja propusnost može uzrokovati visoke cijene troškova za usluge.

⁹ doc. dr. sc. Sanjin Valčić, Predavanje iz kolegija "Primjena radiokomunikacijskih sustava u pomorstvu" - Merlin 22/23

¹⁰ Marine Satellite Systems, 2012, Satellite Frequency Bands
online: http://www.marinesatellitesystems.com/index.php?page_id=101 (20.07.2024.)

3. INMARSAT SATELITSKI SUSTAV

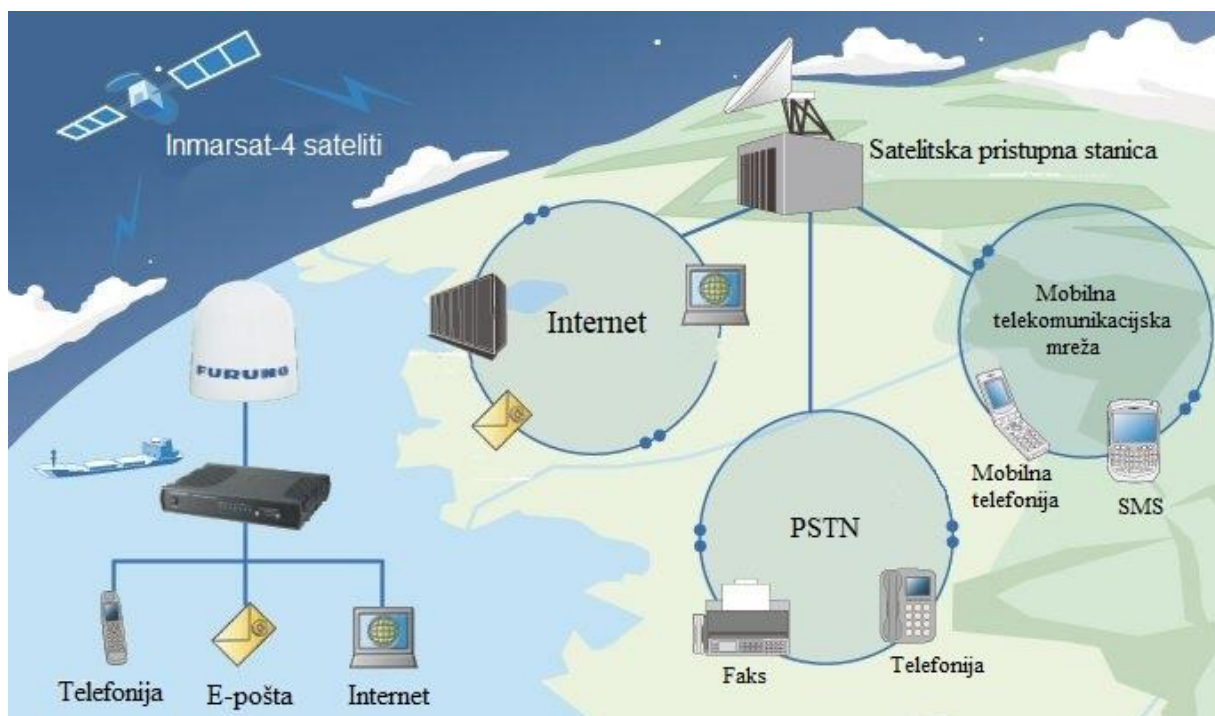
Kako je već prije naznačeno, satelitske komunikacije su glavni čimbenik suvremenih telekomunikacija, pa zbog toga imaju veliku važnost i u pomorstvu. Značajan dio satelitskih usluga namijenjen je mobilnim korisnicima, a uz to i za potrebe pomorstva. Najistaknutiji sustav koji je dugi niz godina razvijao, nadgledao i organizirao satelitske komunikacije u pomorstvu je sustav međunarodne tvrtke i organizacije Inmarsat (engl. International Mobile Satellite Organisation). Osnovana je 1976. godine na međunarodnoj konferenciji IMO-a (engl. International Maritime Organization) te je 1979. godine prihvaćena kao međuvladina organizacija. Inmarsat postaje privatiziran 1999. godine pa uz pružanje usluga za pomorske komunikacije počinje nuditi komunikacijske usluge na svjetskoj razini za više različitih korisnika.¹¹

Jasno je da se usluge putem satelita za ostvarivanje veza poput brod - kopno i kopno - brod mogu realizirati i pomoću drugih satelitskih sustava. To su mobilni, globalni i regionalni sustavi poput Iridium, Thuraya, Globalstar te VSAT sustavi koji omogućuju kvalitetnu vezu broda s kopnenim mrežama. Ipak, u pomorskim komunikacijama uz Iridium se danas u velikoj mjeri koristi Inmarsat sustav. No, bez obzira na to koji satelitski sustav se koristi, sve satelitske veze se temelje na digitalnoj komunikaciji. Time se postižu sve veće brzine prijenosa te korisnicima omogućuje korištenje modernih usluga koje su dostupne i korisnicima na kopnu. Dakako, najbitnije odlike satelitskih veza jesu mobilna telefonija, prijenos podataka te pristup internetu (slika 5).

U usporedbi s klasičnim radiovezama, satelitske veze su prvenstveno dominantne zbog svojeg većeg dometa. To je posebno izraženo za veze na velikim udaljenostima, na relaciji brod - kopno i kopno - brod. Jedino u slučaju neposredne blizine brodova gdje je osigurana povezanost drugim načinom komunikacije, satelitske veze nemaju veću primjenu. Za to se koriste klasične radioveze na VHF područjima, a nužne su i zbog GMDSS regulative. Uz to, VHF i MF radiovezama se lakše provodi traganje i spašavanje kad je poželjno da svi sudionici, konkretno brodovi u okolini mjesta pogibelji budu na istom komunikacijskom kanalu. Isto tako, važan je COSPAS/SARSAT satelitski sustav u segmentu pozicioniranja i uzbunjivanja, koji je već pokazao svoju korisnost pri spašavanju života velikog broja pomoraca. Među ostalima, važni su sustavi za globalno pozicioniranje, GPS i GLONASS. Ti sustavi služe kao koristan

¹¹ dr. sc. Srećko Krile, 2004., *Elektroničke komunikacije u pomorstvu - Mobilne satelitske veze*, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, p. 2-6.

alat pri uzbunjivanju, navigaciji i kratkom izvješćivanju. Za potrebe sigurnosti i uzbunjivanja satelitski sustavi imaju važnu ulogu zbog GMDSS-a (engl. Global Maritime Distress and Safety System), koji se u velikoj mjeri oslanja na satelitski sustav Inmarsat-a. Njime je omogućeno kvalitetno uzbunjivanje te drugi načini komuniciranja za potrebe sigurnosti, ali i emitiranje važnih informacija brodovima. Sve prije spomenuto, a vezano s uvođenjem novih usluga komuniciranja u pomorstvu, može u trenucima hitnosti i pogibelji znatno povećati brzinu i kvalitetu predaje poruka.¹² Slikom 5. prikazana je globalna upotreba Inmarsat-ova satelitskog sustava za raznovrsne usluge i povezivanje velikog broja različitih korisnika.



Slika 5. Pojednostavljeni prikaz globalne upotrebe Inmarsat satelitskog sustava

Izvor: Satellite Technology for Maritime Security and Safety, *Link Communications Systems*, 2017.
 Online: <https://www.linksystems-uk.com/satellite-technology-maritime-security-safety/> (22.07.2024.)

Inmarsat sustav čini 5 segmenta:

- Svemirski (satelitski) sustav
- Kontrolni centri
- Satelitske pristupne stanice (SAS)
- Zemaljske kopnene stanice (LES)
- Brodske zemaljske stanice (SES)

¹² Inmarsat.com, *Marine Safety Solutions*, Online: <https://www.inmarsat.com/en/solutions-services/maritime/solutions/safety.html>

Ključni dio cjelokupnog Inmarsat sustava je zapravo glavni centar za nadzor i upravljanje sustavom odnosno NOC (engl. Network Operation Centre) koji se nalazi u Inmarsat-ovom sjedištu u Ujedinjenom Kraljevstvu. Uz njega je važan i pričuvni OBC centar za upravljanje (engl. Operational Backup Centre), koji je smješten u Nizozemskoj. NOC centar je odgovoran i zadužen za kontrolu svih operacija Inmarsat sustava. NOC djeluje 24 sata dnevno, tijekom čega koordinira široki opseg usluga i aktivnosti korisnika.

3.1. SVEMIRSKI SEGMENT

Svemirski segment satelitskog sustava čine sateliti to jest njihove konstelacije, međusatelitske veze te uzlazne i silazne veze. Cjelokupni satelitski sustav je složeni aspekt svemirskog segmenta kojeg je potrebno optimalno i robusno projektirati u skladu s realnim sposobnostima satelita i njihovih komponenti.

Inmarsat trenutno upravlja s više satelitskih konstelacija sastavljenih od 15 geostacionarnih satelita koje uključuju I-3, I-4, I-5 i I-6 satelite. Za ostvarivanje povezanosti, I-3 i I-4 sateliti koriste L frekvencijski pojas koji se uz već navedeno koristi i za Inmarsat BGAN mrežu (engl. Broadband Global Access Network). Pored toga I-6 sateliti najnovije generacije također koriste L pojas za ELERA mrežu. ELERA je moderna globalna uskopojasna mreža koja pruža inovacije u globalnim mobilnim satelitskim komunikacijama.

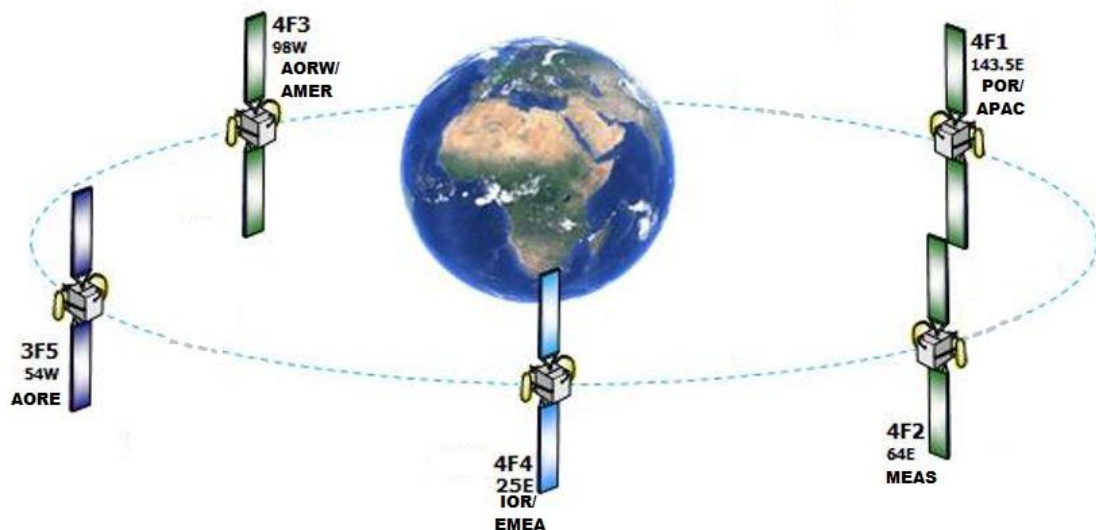
Uz L pojas, I-5 sateliti koriste Ka pojas za Global Xpress (GX) usluge Inmarsata. Ti sateliti se većim dijelom koriste za mobilne širokopojasne komunikacije na brodovima, u avionskoj industriji te za glasovne i podatkovne usluge diljem svijeta. Global Xpress je bežična širokopojasna mreža koja koristi Ka pojas, točnije raspon frekvencija od 18 GHz do 31 GHz.

Nadalje, I-6 sateliti su Inmarsat-ovi najveći i najsofisticiraniji komercijalni komunikacijski sateliti ikada lansirani. Također su i prvi hibridni Inmarsat sateliti iz razloga što se koriste i za ELERA i Global Xpress mrežu. Time se unaprijeđuje kvaliteta usluga, kapacitet te povećava pokrivenost. Inmarsat ima predviđeno lansiranje novih I-8 satelita u GEO orbitu do 2026. godine. Ti sateliti osme generacije će osigurati dodatni kapacitet u cjelokupnom satelitskom sustavu, ali i veću otpornost i duži vijek trajanja. I-8 sateliti će sadržavati radionavigacijske transpondere kojim će se omogućiti precizne funkcije praćenja za sigurnu navigaciju zrakoplova i brodova na moru.¹³

¹³ Inmarsat.com, *Global Coverage, Infinite Connections 2024.*, online: <https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html>

Slikom 6 je prikazana konstelacija I-3 i I-4 satelita te su oni ujedno i primarni sateliti za GMDSS usluge na Inmarsat C, Mini C, Fleet77, Fleet Safety i FleetBroadband terminalima. Te primarne satelite podržavaju još i tri pričuvna I-3/I-4 satelita kako bi se jamčila brza obnova osnovnih GMDSS usluga u slučaju neočekivanog kvara nekog od glavnih satelita.¹⁴ I-3 i I-4 sateliti nazvani su prema područjima plovidbe koje pokrivaju, a to su:

- I-3 satelit AOR-E (engl. Atlantic Ocean region - East) - istočno područje Atlantskog oceana
- I-4 satelit AOR-W (engl. Atlantic Ocean Region - West) - zapadno područje Atlantskog oceana
- I-4 satelit IOR (engl. Indian Ocean region) - područje Indijskog oceana
- I-4 satelit POR (engl. Pacific Ocean region) - područje Tihog oceana
- I-4 satelit EMEA (engl. Europe, Middle East and Africa) – područje Europe, Bliskog Istoka i Afrike
- I-4 satelit APAC (engl. Asia and Pacific) – područje Azije i Tihog oceana
- I-4 satelit MEAS (engl. Middle East and Asia) – područje Bliskog Istoka i Azije
- I-4 satelit AMER (engl. Americas) – područje Sjeverne i Južne Amerike



Slika 6. Inmarsat I-3 i I-4 satelitska konstelacija

Izvor: International Maritime Organization, 2019., *GMDSS manual : global maritime distress and safety system / IMO*, 10th edition, IMO Publication, London

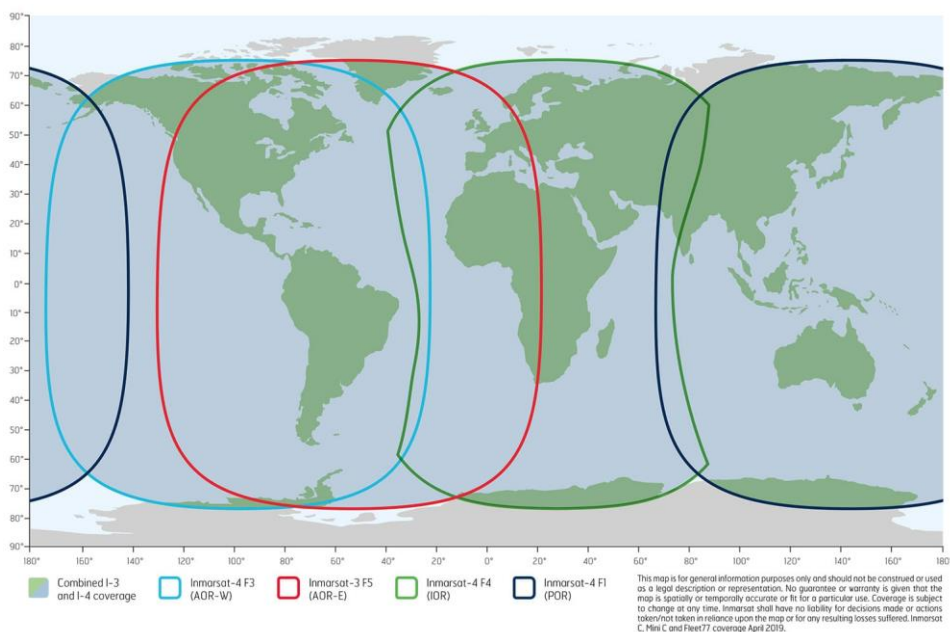
¹⁴ International Maritime Organization, 2019., *GMDSS manual : global maritime distress and safety system / IMO*, 10th edition, IMO Publication, London, p. 14-15.

Svi sateliti nalaze se u već spomenutoj geostacionarnoj orbiti na visini od 35 786 km iznad ekvatora. S te visine svaki od njih pokriva gotovo trećinu Zemlje što je vidljivo na slici 7. Nadalje, svi sateliti u toj orbiti kreću se usporedno sa Zemljom stoga su stalno na istoj poziciji u odnosu na Zemlju.

3.2. PODRUČJA POKRIVENOSTI

Područja pokrivenosti su dijelovi Zemlje na kojima se može stvoriti veza sa satelitom, a time i ostvariti komunikacijska usluga. Antene na satelitima mogu osigurati pokrivenost na dva načina, a to su globalna pokrivenost (engl. global coverage) i točkasta pokrivenost (engl. spot coverage). Globalna pokrivenost, kao što sam naziv upućuje, pokriva gotovo cijelu površinu Zemlje (osim polova), dok se točkasta pokrivenost odnosi na određena manja područja na Zemlji iz perspektive satelita.

Inmarsat sateliti pokrivaju područja od otprilike 70° sjeverne do 70° južne geografske širine. Njihova područja pokrivanja se preklapaju, što znači da su određeni dijelovi svijeta pokriveni s više satelita. Najveći dio je pokriven s tri, veći dio s dva, a manji dio svijeta i samo jednim satelitom (slika 7). To znači da satelitske postaje na Zemlji točnije zemaljske stanice (LES/MES) mogu gledajući sa Zemlje “vidjeti” jedan, dva ili čak tri satelita, ovisno o poziciji stanice.



Slika 7. Područja pokrivenosti Inmarsat satelita za GMDSS

Izvor: Pulsar Beyond, *Inmarsat Coverage*, 2022., Online: <https://www.pulsarbeyond.com/inmarsatcoverage>

(24.07.2024.)

Ako zemaljske stanice rade putem više satelita, tada koriste više usmjerenih antena. Velike antene koje koriste zemaljske stanice nije potrebno preusmjeravati što je kod mobilnih zemaljskih stanica poput brodova nužno. Intenzitet prometa komunikacija znatno ovisi o geografskom položaju korisnika, a komunikacija se ostvaruje preko određenog satelita koji MES “vidi”, odnosno s kojim može uspostaviti satelitsku vezu.¹⁵

3.3. ZEMALJSKI SEGMENT

Zemaljski segment čine zemaljske satelitske postaje odnosno kopnene stanice - LES (engl. Land Earth Station) ili obalne zemaljske stanice - CES (engl. Coast Earth Station) i brodske zemaljske stanice - SES (engl. Ship Earth Station), to jest mobilne zemaljske stanice - MES (engl. Mobile Earth Station). Kopnene stanice imaju funkciju posrednika u Inmarsat sustavu preko kojih se provodi komunikacija i one su u vlasništvu pružatelja komunikacijskih usluga, točnije telekomunikacijskih operatera. Drugim riječima, kopnene stanice predstavljaju vezu između satelita i terestričkih komunikacijskih mreža.

Pored ranije spomenutog NOC-a, po jedna mrežna kontrolna stanica - NCS (engl. Network Coordination Station) smještena je u području svakog oceana te je zadužena za nadzor i upravljanje komunikacija jednog od četiri satelita tog područja. Naime, zadatak nadzora i upravljanja mogu izvršavati i pojedine zemaljske stanice (LES/CES). Osim što NCS nadzire i koordinira promet, također posreduje u razmjeni određenih poziva i poruka u svrhu sigurnosti i uzbuñivanja. NCS sudjeluje u svakom pozivu bez obzira na smjer poziva (od korisnika/prema korisniku).

3.3.1. Kopnene zemaljske stanice

U svakom mobilnom satelitskom sustavu pa tako i u Inmarsat-ovom, kopnena zemaljska stanica ima ulogu prespajanja veza. Komunikacijske veze se ostvaruju preko:

- veza MES - satelit
- veza satelit - LES
- kanala terestričkih mreža (najčešće javne mreže)

¹⁵ The International Telecommunication Union, 2003. *Handbook of satellite communications*, 3rd edition, John Wiley & Sons Inc., p. 85-93.

Za komunikaciju između dva mobilna terminala unutar Inmarsat sustava (MES - MES) postoji više mogućih opcija za njihovo međusobno povezivanje¹⁶:

- stvaranje veze preko istog LES-a i satelita
- stvaranje veze preko istog LES-a, ali preko dva različita satelita (međusatelitska veza)
- stvaranje veze preko dva LES-a i satelita

Najčešće, LES postaje koriste paraboličnu antenu promjera 11 do 14 metara kojom se prenose signali prema satelitu koristeći frekvencije C pojasa. Istom antenom ili nekom namjenskom antenom za prijenos i prijam mrežnih upravljačkih signala u L pojasu na frekvenciji od (1.6 GHz /1.5 GHz). Te velike usmjerene antene mogu podržavati višestruke, odnosno istovremene veze u svakom području pokrivenosti, za velik broj mobilnih korisnika. Veza s mobilnim terminalom, to jest korisnikom uvijek se ostvaruje preko najmanje jednog LES-a. Ukoliko se veza stvara između dva MES-a unutar Inmarsat-ova sustava, također se ostvaruje pomoću LES-a. Nadalje, SAS ili satelitske pristupne postaje (engl. Satellite Access Station) posjeduje Inmarsat i služe za ostvarivanje BGAN usluga u koje spadaju i Inmarsat Fleet Safety usluge. Za sve novije generacije satelita poput I-5 i I-6 satelita, SAS postaje imaju istu funkciju i obavljaju slične radnje kao i LES postaje. SAS je u principu dosta sličan izvedbi LES postaja po tome što koristi paraboličnu antenu promjera 13 do 18 metara kojom se prenose signali na istim frekvencijama kao i kod LES stanica. Pored BGAN i Fleet Safety usluga, SAS pruža komunikacijske kanale na zahtjev brodskih zemaljskih stanica za GMDSS i komercijalne potrebe.¹³

Povezivanje dva mobilna korisnika se odvija i izvan okvira pomorstva. Mobilni korisnik koji komunicira s brodom ne mora nužno biti na drugom brodu, nego može biti na primjer ustanova iz pomorske djelatnosti (lučke vlasti, brodari, agencije), druge mobilne zemaljske stanice, krajnji korisnik osobne mobilne komunikacije (GSM) itd. S obzirom na komunikacijske standarde, mogućnosti mobilnih (brodskih) terminala se razlikuju, a time i kvaliteta pružanih usluga. U ostvarenju telekomunikacijskih usluga prema MES-u, bez obzira na vrstu satelitskog standarda, mora biti uključen i određeni teleoperator koji se prepoznaje pod nazivom LESO (engl. Land Earth Station Operator). LESO je pružatelj satelitskih usluga (engl. satellite service provider) i ima ključnu ulogu u obradi, preusmjeravanju i naravno naplati

¹⁶ S. D. Ilčev, 2017., *Global Mobile Satellite Communications Applications - For Maritime, Land and Aeronautical Applications Volume 2*, 2nd edition, Springer, Durban, South Africa, p. 17-23.

¹³ International Maritime Organization, 2019., *GMDSS manual : global maritime distress and safety system / IMO*, 10th edition, IMO Publication, London, p. 16

ostvarenog prometa. LESO posjeduje ili surađuje s različitim LES postajama i preko njih se stvara satelitski promet. Nadalje, LES operateri nastoje osigurati prijenosne kanale za različite telekomunikacijske mreže na kopnu. Time omogućuje korisnicima sučelja za povezivanje na javnu telefonsku mrežu, teleks mrežu, podatkovnu mrežu, ISDN (engl. Integrated Services Digital Network) mrežu, lokalne računalne mreže ili LAN mreže (engl. Local Area Network) itd. Također, s obzirom na sve veću zastupljenost internet aktivnosti, preusmjerenje prometa (engl. routing) prema određenim mrežama omogućuje korisnicima korištenje raznovrsnih usluga čime se povećava kvaliteta usluga ili QoS (engl. Quality of Service) LES postaja.¹⁷

3.3.2. Brodske zemaljske stanice

Najzastupljeniji dio Inmarsat sustava su zapravo mobilne zemaljske stanice (MES), odnosno mobilni satelitski terminali. U okviru pomorstva to su brodske zemaljske stanice - SES. Brodske zemaljske stanice, to jest brodske satelitske stanice, sastoje se od primopredajnog uređaja i terminalske opreme koja se dalje dijeli na opremu ispod palube - BDE (engl. Below Deck Equipment) i opremu iznad palube ADE (engl. Above Deck Equipment) koja je u većini slučajeva antenski sustav.

Od početka razvitka mobilnih satelitskih komunikacija do danas, broj mobilnih korisnika Inmarsat sustava se uvelike povećao, posebice u pomorstvu. Tijekom razvoja satelitskih veza u svrhu pomorskih komunikacija dosad je razvijeno nekoliko komunikacijskih standarda i terminala. Prema tome, brojni proizvođači nude vlastite mobilne satelitske terminale koji se koriste za gotovo sve vrste komunikacija i komunikacijskih usluga. Dakle, za Inmarsat terminale razlikujemo¹⁵:

- Inmarsat A - brodska zemaljska stanica uvedena je 1982. godine, a 2007. godine prestaje se upotrebljavati primarno zbog analognog sustava koji je tada već bio zastarjeli način rada. Sustav je nudio analognu telefoniju, korištenje teleksa, faksa, elektroničke pošte te prijenos podataka.
- Inmarsat B - uveden je 1995. godine kao digitalni nasljednik Inmarsat A sustava. Sustav je omogućavao digitalnu telefoniju, faks i teleks te brzi prijenos podataka do 64 kbit/s. S obzirom na to da je bio digitalni sustav, bolje se uklapao za tadašnje nove digitalne

¹⁷ R. Cochetti, 2015, *Mobile Satellite Communications Handbook*, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, p.83-87.

¹⁵ S. D. Ilčev, 2017., *Global Mobile Satellite Communications Applications - For Maritime, Land and Aeronautical Applications Volume 2*, 2nd edition, Springer, Durban, South Africa, p. 336-344.

usluge. Neke inačice terminala uz manju nadogradnju mogle su pružiti i značajke kao što su videotelefonija, telekonferencija, telemedicina i slično.

- Inmarsat C - stanica je uvedena 1991. godine kojom nije moguća telefonska komunikacija, ali nudi usluge teleksa i prijenos podataka brzinom od 6 kbita/s. Ova stanica, točnije terminal je u usporedbi s Inmarsat A bila ekonomski isplativija za komunikaciju zbog svoje vrlo male i neusmjerene antene.
- Inmarsat D+ - terminali džepnih formata koji su se koristili za dvosmjerno slanje kratkih poruka. Mogli su biti integrirani s GPS-om pa je bilo moguće automatsko praćenje mobilnih terminala kao i izvješćivanje o stanjima određenih parametra na brodu.
- Inmarsat M - započeo je s radom 1993. godine kao ekonomična verzija Inmarsat B terminala. Uglavnom je bio namijenjen za govorne usluge i prijenos podataka pri nižim brzinama od Inmarsat B sustava.
- Inmarsat mini M - uveden 1996., a prekinut s radom 2016. godine, nudio je digitalnu telefoniju do 8 kbit/s, korištenje faksa i prijenos podataka brzinom do 2,4 kbit/s. Mini M terminali su bili znatno manjih dimenzija nego ostale brodske stanice te su koristile manje usmjerene antene.
- Inmarsat Fleet77 - brodska zemaljska stanica koja je uvedena u rad 2001. godine i u cijelosti je usklađena sa GMDSS zahtjevima. Podržava govorne komunikacije, faks poruke, prijenos podataka te brzine prijenosa do 128 kbit/s. Sam Fleet77 terminal je autonomna SES stanica koja se sastoji od ADE opreme - parabolične antene i njene pripadajuće elektronike te BDE opreme - napajanja, elektroničkih dijelova i različitih sučelja. Nadalje, sučelja za drugu opremu poput telefona, računala i adaptera za ISDN terminale također su sastavni dijelovi BDE opreme. Fleet 77 prestaje s radom 2020. godine.
- Inmarsat Fleet Xpress - sastavni je dio Inmarsat Global Xpress usluge koja omogućuje korištenje vrlo brze širokopropusne mreže na globalnoj razini. Sustav djeluje putem četiri I-5 satelita koji koriste opseg frekvencija između 27 i 40 GHz, što pripada Ka frekvencijskom pojasu. Fleet Xpress sustavom mogu se primjenjivati VoIP (engl. Voice over Internet Protocol) usluge, održavati videokonferencije, prenositi podatci većim brzinama itd.
- Fleet One - je moderan sustav koji omogućuje povezanost broda koristeći L pojas za ostvarivanje komunikacija. Fleet one pruža prijenos podataka brzinama do 100 kbit/s kao i obavljanje glasovnih poziva na jednoj liniji. Sustav je karakteriziran jednostavnom

i kompaktnom antenom koja je jednostavna za instalirati i ugraditi na brod. Usluge Fleet One-a su idealne za manja rekreativna plovila kojima je potrebna pouzdana glasovna i podatkovna komunikacija u bilo kojem trenutku. Usluge su dostupne na razini globalne pokrivenosti i obalne pokrivenosti.

- Fleet Secure – je Inmarsat-ova usluga koja predstavlja rješenje za kibernetičku sigurnost u pomorskoj industriji. Kod prosječnog kibernetičkog napada i prodora informacijskog sustava, a pogotovo u slučaju pomorstva, šteta često može biti katastrofalna iz više razloga. Veliki gubitci osjetljivih informacija, kompromitirane operacije, financijski gubitci zbog kašnjenja uslijed oporavljanja sustava, nezadovoljstvo klijenta, sve su razlozi koji mogu dovesti do pogoršanja reputacije kompanija ukoliko se ne poduzmu odgovarajuće mjere zaštite.
- Fleet Data – je IoT (engl. Internet of Things) platforma koja mijenja način na koji se prikupljaju, prenose, pohranjuju i analiziraju podatci na brodu. Ova platforma je kompatibilna sa širokim opsegom uređaja, aplikacijama i neovisnim dobavljačima (engl. third party suppliers). Pomoću usluga Fleet Data-e se stvara infrastruktura s gotovo neograničenim mogućnostima za pružanje podrške i potpuno iskorištavanje budućih inovacija vezanih uz IoT tehnologije.
- Fleet Reach - prosječni brod provede do otprilike 40% vremena tijekom svojih eksploatacija u lukama i obalnim područjima pa je za očekivati da će tijekom tog vremena imati uspostavljenu najbolju moguću vezu. Međutim, u prenapučenim područjima gdje je mnogim plovilima također potrebna uspostava veze i povezanost, to nije uvijek bilo moguće. S Fleet Reach terminalima se brod automatski povezuje na lokalnu i brzu LTE (engl. Long Term Evolution) mrežu te neprestano pregledava kvalitetu trenutnog signala, ali i ostale dostupne LTE mreže da se zadrži najbolja moguća povezanost.

4. INMARSAT FLEETBROADBAND

FleetBroadband (FBB) je Inmarsat-ov sustav komunikacije namijenjen za pomorstvo koji je pokrenut 2007. godine. Baziran je na 3G standardima i pruža istovremeni pristup glasovnim pozivima i visokopropusnom prijenosu podataka. Postoje četiri podvrste FBB terminala, a to su Fleet One, FB150, FB 250 i FB500. Sve četiri varijante koriste različite antene pa ovisno o terminalu, dostupne su brzine prijenosa do najviše 492 kbit/s. Uz to, svi terminali podržavaju glasovne komunikacije, faks i SMS usluge te pristup internetu.

FBB sustav funkcionira putem BGAN mreže i četiri I-4 satelita koja osiguravaju globalnu pokrivenost (osim polarnih područja) i nude glasovne pozive u slučajima nužde kao i za hitne usluge, npr. u slučaju medicinske pomoći ili pomoći pri spašavanju. Bez obzira na vrstu ili veličinu plovnog objekta, FBB sustav nudi kompaktna rješenja koja se mogu jednostavno integrirati u postojeće okruženje na brodu. Njegovim korištenjem osigurava se kvalitetna i učinkovita povezanost diljem Zemlje neovisno o geografskoj lokaciji i uvjetima na moru. Pored korištenja nekih funkcija, na primjer interneta za ažuriranje ECDIS karti i meteoroloških prognoza u realnom vremenu za učinkovitiju plovidbu, moguće je istovremeno upotrebljavati glasovne, podatkovne i ostale usluge nesmetano putem jednog terminala.

4.1. PRIMJENA FLEETBROADBAND SUSTAVA

Kako je već navedeno u prethodnim potpoglavljima, FleetBroadband je u modernom pomorskom okruženju vrlo koristan sustav, prvenstveno zbog mogućnosti komuniciranja i povezivanja s ostatkom svijeta, ali i zbog ostalih prednosti i funkcija koje ga čine poželjnim na brodu. Glavne primjene FBB-a mogu se podijeliti na različite aspekte upravljanja na brodu¹⁸. To su upravljanje plovidbom, što se odnosi na analizu i praćenje performansi broda, aplikacije zaštite i sigurnosti broda i unutarnjih sustava i elektroničke karte; tehničko upravljanje pod koje spada planirano održavanje, e-održavanje, rezultati održavanja, VPN pristup i daljinski video nadzor; upravljanje teretom, podrazumijeva rad sa klijentima, to jest kupcima tereta, praćenje tereta, status i uvjeti tereta; IT upravljanje podrazumijeva testiranje aplikacija i softvera, unaprijeđenje sustava, baze podataka, daljinsko nadgledanje i održavanje informatičkog sustava; uredsko upravljanje, sastoji se od uredskog dopisivanja (e-pošta), prijenos podataka, upravljanje projektima, videokonferencije i slično; naposljetku rukovođenje posadom, odnosi

¹⁸ Inmarsat Global Ltd., 2009., *FleetBroadband best practices manual*, International Mobile Satellite Organisation, p. 57.

se na dobrobit i blagostanje posade. Sve ove upravljačke funkcije zahtijevaju ili generiraju podatke bez kojih ne mogu funkcionirati. Uz sve veću primjenu sofisticiranih IT mreža i sustava, kako na kopnu tako i na plovilima, raznolikost i doprinos FleetBroadband usluga bit će neprocjenjivi u bližoj budućnosti.

4.1.1. BGAN mreža

Širokopoljaska globalna mreža odnosno BGAN (engl. Broadband Global Area Network) je globalna satelitska mreža koja je u vlasništvu Inmarsat-a. Mreži se može pristupiti koristeći pripadajuće BGAN terminale koji se najčešće povezuju prijenosnim računalom. Generalno, ukoliko je satelit u vidnom polju terminala i ne postoje nekakve druge smetnje, može se uspješno pristupiti mreži. Jedna od glavnih značajki BGAN terminala je što za korištenje nije nužno potrebna antena velike mase i dimenzija. Terminal je otprilike veličine prijenosnog računala te je lako prenosiv. Sama mreža djeluje putem četiri I-4 satelita pa se time postiže globalna pokrivenost. Koncept BGAN mreže prikazan je slikom 8.



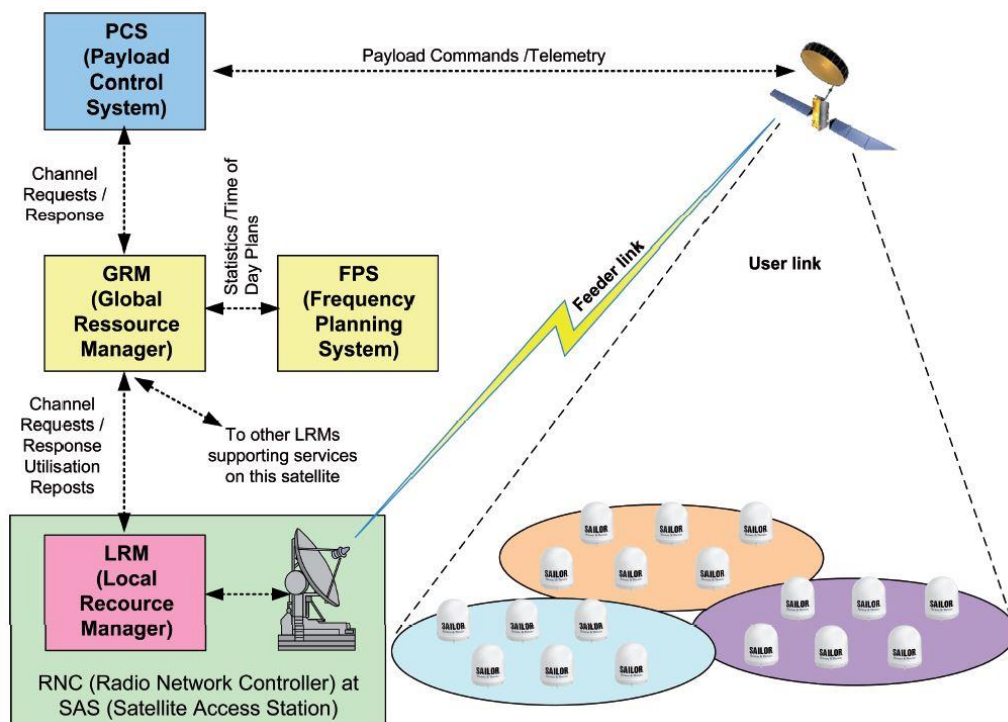
Slika 8. Temeljni koncept BGAN mreže

Izvor: Cobham SATCOM, 2018., *FleetBroadband SAILOR 500_250 - User Manual* (22.05.2024.)

BGAN također ima integriranu telefoniju s vrlo visokom kvalitetom poziva zahvaljujući L pojasu. Taj pojas nije sklon utjecajima kiše i drugih vremenskih neprilika koje štetno utječu na satelitske sustave viših frekvencija. Nadalje, brzine preuzimanja (engl. download) iznose do

432 kbit/s kao i brzine prenošenja (engl. upload). Kao i sa svim geostacionarnim satelitskim vezama glavni je problem kašnjenje signala. Prosječno kašnjenje terminala iznosi 0.6 do 1.5 sekundi za IP usluge.¹⁹

Na dubljoj razini, resursima BGAN mreže raspolaže skupina distribuiranih entiteta koji zajednički upravljaju kolektivnim kapacitetom satelita. Slikom 9 je prikazana arhitektura distribucije te upravljanje radio resursima BGAN mreže u koje su uključeni entiteti poput: upravitelja radio mreže - RNC, upravitelja lokalnih resursa - LRM, upravitelja globalnih resursa - GRM, sustava za kontrolu opterećenja satelita - PCS, sustava za planiranje frekvencija - FPS.



Slika 9. Prikaz upravljanja radio resursima BGAN mreže

Izvor: Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual*

Upravitelj radio mreže (engl. Radio Network Controller) u SAS postajama upravlja radio resursima za individualne FleetBroadband terminale, a upravitelj lokalnih resursa (engl. Local Resource Manager) je entitet unutar RNC-a. LRM kontinuirano mjeri potražnju za resursima u svakom točkastom snopu zračenja satelita pa zatim odlučuje ako je broj satelitskih kanala za svaki snop dovoljan za tu potražnju. Ako u snopu postoji nezadovoljena potražnja,

¹⁹ Inmarsat.com, *BGAN*, Online: <https://www.inmarsat.com/en/solutions-services/enterprise/services/bgan.html>

LRM će od upravitelja globalnih resursa (engl. Global Resource Manager) zatražiti više kanala. Isto tako, ako LRM ima višak ili neiskorištene kanale, vratiti će ih GRM-u.

GRM upravlja cjelokupnim radio resursima za satelit. Njegova je uloga da odlučuje i odabire jedan zahtjev između više konkurentskih zahtjeva različitih usluga satelita. Nadalje, GRM pruža fiksni kapacitet koji upotrebljava i FleetBroadband sustav u globalnim te regionalnim snopovima zračenja. Također, održava skup dinamičnih satelitskih kanala kojima opskrbljuje LRM upravitelje kada podnesu zahtjeve za usluge. Ako LRM zatraži kapacitet u određenom snopu gdje GRM nema kapaciteta, GRM će zatražiti od sustava za kontrolu opterećenja (engl. Payload Control System) da preusmjeri kanal u taj snop. Takve rekonfiguracije ne traju više od nekoliko sekundi. Nije moguće predvidjeti potreban broj kanala koje LRM zahtijeva, no približne procjene su vrlo korisne za potrebe planiranja. GRM naposljetku prikuplja statistiku korištenja kanala kroz LRM-ove. Sustav za planiranje frekvencija (engl. Frequency Planning System) koristi ove statistike za planiranje kapaciteta kanala.

FPS sustav analizira trendove potražnje i koristi rezultate za predviđanje potražnje tijekom sljedeća 24 sata, ali i u daljnoj budućnosti. Sustav zatim periodički izdaje ažurirane planove frekvencija i kanala GRM-u. Nakon toga, GRM primjenjuje te planove i pritom ponovno postavlja kanale koji se koriste na satelitu, kako bi osigurao da je kapacitet dostupan prije perioda maksimalne potražnje. Predviđanjem porasta i pada potražnje te prijevremenim postavljanjem približno točnog broja kanala za svaki snop, može se brže rasporediti kapacitet satelita. Time se ostvaruju manja zagušenja i omogućuje ponovna upotreba frekvencija za daljnje korištenje.²⁰

4.1.2. IP usluge

FleetBroadband podržava dvije vrste podatkovnih veza: veze zasnovane na komutaciji krugova (engl. circuit switching) i na komutaciji paketa (engl. packet switching). Komutacija paketa čine 2 podvrste podatkovnih usluga, a to su standardna IP podatkovna usluga (engl. standard IP data service) i strujanje podataka (engl. Streaming IP data service). Prema tome, FBB nudi ukupno tri tipa podatkovnih veza što znači da korisnik može odabrati i koristiti onaj tip usluge koja mu je najviše isplativa i odgovara njegovim potrebama.

Standardna IP usluga omogućuje brzinu veze do 432 kbit/s. Naime, ukoliko je veza „zauzeta“ odnosno više korisnika ju koristi, tada će brzina biti manja nego u slučaju kada je

²⁰ Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual*

veza „tihan“ ili bez aktivnih korisnika. Ovaj naćin povezivanja je najkorišteniji od ta tri tipa te najprikladniji za uobićajene uredske primjene, poput internet pregledavanja, korištenja e-pošte, prijenaosa podataka i radnji vezanih za pomorstvo (elektronićke karte, vremenske prognoze).

Za korisnike kojima je potrebna zajamćena veza i mrežna propusnost, opcija strujanja podataka nudi više kanala koji imaju propusnost od 32, 64, 128 ili 256 kbit/s. Strujanje podataka dostupno je na zahtjev korisnika. Ako je zatraženi kanal nedostupan, korisnik mođe zatražiti drugi kanal. Usluga strujanja podataka je korisna i za prijenoase podataka u realnom vremenu (npr. audio/video prijenos uđivo, videokonferencije).¹⁷

4.1.3. Telefonija

FleetBroadband uz ostale usluge nudi i glasovno pozivanje odnosno digitalnu telefoniju. Glas je kodiran pri brzini od 4kbit/s što znaći da se govor toćnije audio signal pretvara u digitalni signal i komprimira. Time se ućinkovito koristi satelitski podatkovni kapacitet i ostvaruje dobra kvaliteta pozivanja. FBB-om je moguće istovremeno obavljati glasovne pozive i upotrebljavati IP podatkovne usluge, bez utjecaja jednog na drugo. Nadalje, glasovni pozivi su dostupni na svim FBB terminalima i mogu se obavljati u oba smjera prema terestrićkim mrežama, mobilnim mrežama te ostalim FBB terminalima, a uz to je kvaliteta poziva ista kao i na kopnenim mrežama.¹⁷

4.2. ANALIZA SKLOPOVLJA I KOMPONENTI

Kako je navedeno u naslovu, ovim poglavljem su analizirana razlićita sklopovlja i komponente stanica FleetBroadband sustava tvrtke Cobham SATCOM, konkretno SAILOR 500, 250 i 150 FBB stanice. Cobham SATCOM je vodeći proizvođać satelitskih i radiokomunikacijskih terminala i zemaljskih stanica za kopnene, pomorske i zraćne primjene. Iz tog razlog su za ovaj rad i analizu odabrani njihovi modeli i oprema. S obzirom na to da se oprema brodskih zemaljskih stanica primarno dijeli na opremu iznad i ispod palube, prema tome su oblikovana potpoglavlja za svaku FBB stanicu. Na kraju su izdvojena dodatna potpoglavlja o SAILOR 3771 alarmnom sustavu, SAILOR Fleet Safety terminalu te potrebnim zaštitama za FleetBroadband sustave i njihove korisnike (interferencija i elektromagnetska

¹⁷ Inmarsat Global Ltd., 2009., *FleetBroadband best practices manual, International Mobile Satellite Organisation*, p. 3-4., 6-7.

kompatibilnost opreme, zaštita od zračenja). Nadalje, u SAILOR Fleet Safety potpoglavlju je analiziran njegov pripadni terminal i objašnjena je njegova važnost i funkcija na brodu.

4.2.1. SAILOR 500 stanica

Temeljna razlika SAILOR 500, 250 i 150 stanica je u anteni koja se koristi u svakom od navedenih stanica. SAILOR 500 FleetBroadband sustav koristi jednu od ukupno tri mogućih verzija TT-3052 antene, točnije TT-3052A, TT-3052B i TT-3052C. Sve tri verzije antene su BGAN antene klase 8 namijenjene za korištenje u pomorstvu. BGAN antena klase 8 znači da su dostupne sve usluge brzog prijenosa podataka na BGAN mreži. Općenito, sva tri SAILOR sustava koriste isti tip terminala, međutim SAILOR 500 nudi nekoliko više značajki nego 250 i 150 sustav.²⁰ Slikom 10 je prikazana SAILOR 500 FBB stanica.

Nadalje, SAILOR 500 FBB sustav sastoji se od tri komponenti:

- TT-3052 BGAN antene (ADE oprema)
- TT-3738A FBB terminala (BDE oprema)
- TT-3670A IP telefona (BDE oprema)



Slika 10. SAILOR 500 FleetBroadband stanica

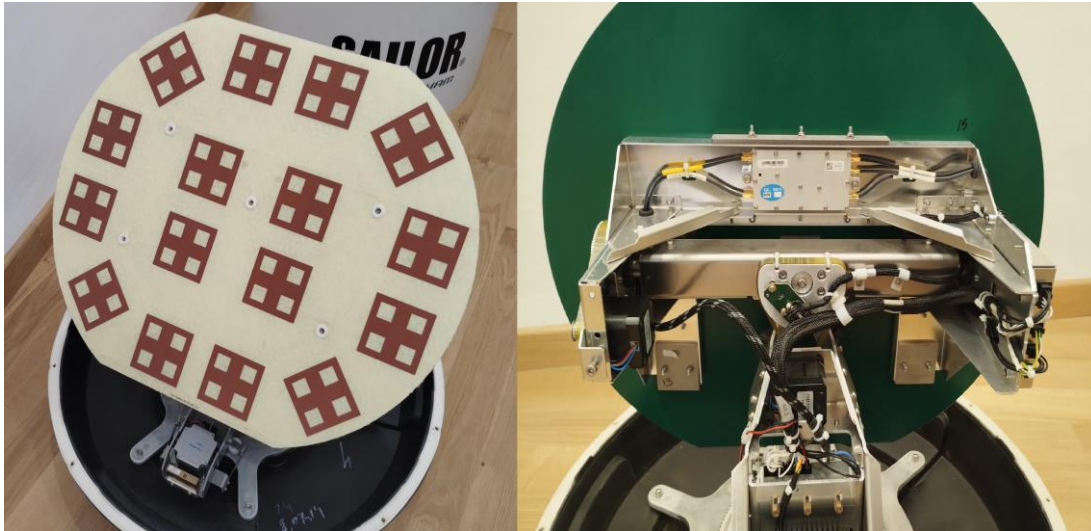
Izvor: Bluesat Solutions, *Sailor 500 FleetBroadband*, Online: <https://www.bluesat.com/sailor-500-fleet-broadband.html> (26.07.2024.)

4.2.1.1. Oprema iznad palube

Središnji dio SAILOR 500 FleetBroadband ADE opreme odnosno opreme iznad palube je antenska jedinica TT-3052 (A, B i C verzije) koja koristi stabiliziranu usmjerenu antenu.

²⁰ Cobham SATCOM, 2018., *SAILOR 500/250 FleetBroadband - Installation Manual*

Antena je većih dimenzija i koristi veći raspon frekvencijskog pojasa u usporedbi s TT-3050A i TT-3050C antenama koje se koriste u SAILOR 250 i 150 sustavima. Na slici 11 prikazan je izgled TT-3052C antenske jedinice bez kupole te su vidljivi njezini sastavni dijelovi.



Slika 11. SAILOR 500 TT-3052C antenska jedinica - prednji i stražnji prikaz

Izvor: izradio student

Sve tri verzije TT-3052 antenske jedinice sadrže potrebne funkcije za praćenje satelita, uključujući i GPS (engl. Global Positioning System) sustav. Jednim koaksijalnim kablom se prenosi kompletna RF komunikacija, dovodi napon napajanja za module antene te omogućuje unutarnja komunikacija između antene i terminala. Zbog stalnog kretanja broda tijekom plovidbe, antena mora biti mobilna u sve 3 dimenzije kako bi se mogla učinkovito primjenjivati. Sama antena je prekrivena kupolom, ali ukoliko se promatra bez zaštitne kupole, može se vidjeti da se antenski sustav točnije antenska jedinica sastoji od više različitih dijelova i elektroničkih komponenti.

Neki od najvažnijih komponenti i sklopova antenske jedinice jesu:

- ploča antene (engl. antenna panel)
- ploča antene za praćenje satelita - ATB (engl. Antenna Tracking Board)
- GPS modul
- modul antene za praćenje satelita - ATM (engl. Antenna Tracking Module)
- prijamnik antene za praćenje satelita - ATR (engl. Antenna Tracking Receiver)
- pojačalo velike snage - HPA (engl. High Power Amplifier)
- motori
- zupčanici

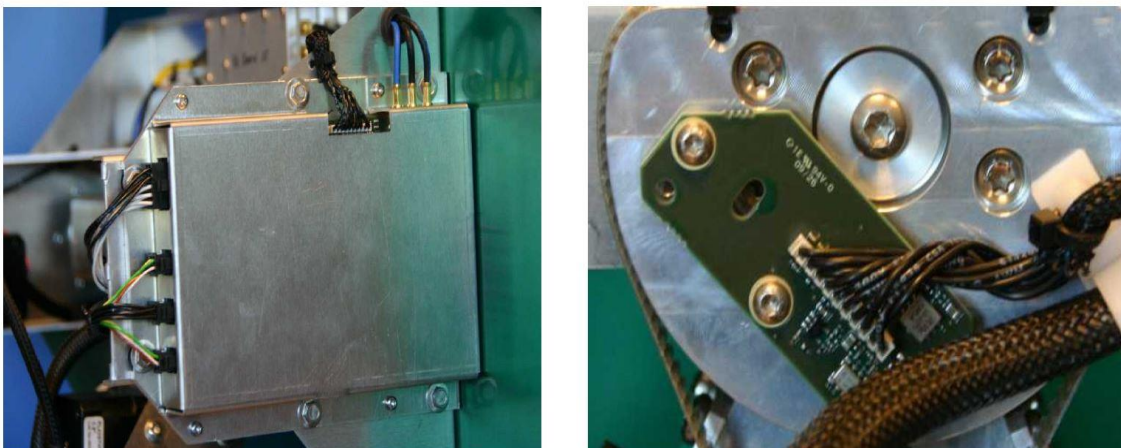
- rotacijski zglobovi

TT-3052A antenska jedinica je prva verzija SAILOR 500 ADE opreme te sadrži sve komponente i sklopovlja kao i njezine nasljedne verzije, TT-3052B i TT-3052C. TT-3052B je druga verzija ADE opreme koju je u potpunosti dizajnirao i proizveo Cobham SATCOM. TT-3052C je posljednja verzija ADE opreme, a razlikuje se od prethodne verzije samo po gornjoj i donjoj kupoli antenske jedinice.

Ploča antene je opremljena sa 16 kvadratnih spojeva koji služe za primanje i odašiljanje RF signala satelitu. Na antenskoj ploči je također montiran razdjelnik za diferencijalne satelitske signale, koji se dalje šalju na prijamnik za praćenje satelita. Ploča antene je vidljiva na prednjem prikazu na slici 11.

Ploča za praćenje antene je višenamjenska komponenta koja prima, filtrira i prati signal satelita. Uz to dobiva i računa ulazne vrijednosti pomoću senzora kojima se određuje napajanje motora te naposljetku pomiče i usmjerava ploču ili antenu prema satelitu. ATB se može vidjeti na slici 11.

Modul antene za praćenje satelita (slika 12) se sastoji od dva dijela i obavlja više radnji. Jedna od radnji je detekcija kretanja antene kako bi se snop zračenja antenske ploče konstantno održavao horizontalno. Druga radnja je kontroliranje pogona za tri koračna motora. Time se održava usmjerenost ploče antene prema satelitu. Ulazne informacije se dobivaju putem terminala, GPS-a, ATR-a i senzora. U ATM modulu se pohranjuju podaci o vrsti antene SAILOR 500 ADE opreme.



Slika 12. Modul antene za praćenje satelita

Izvor: Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual*

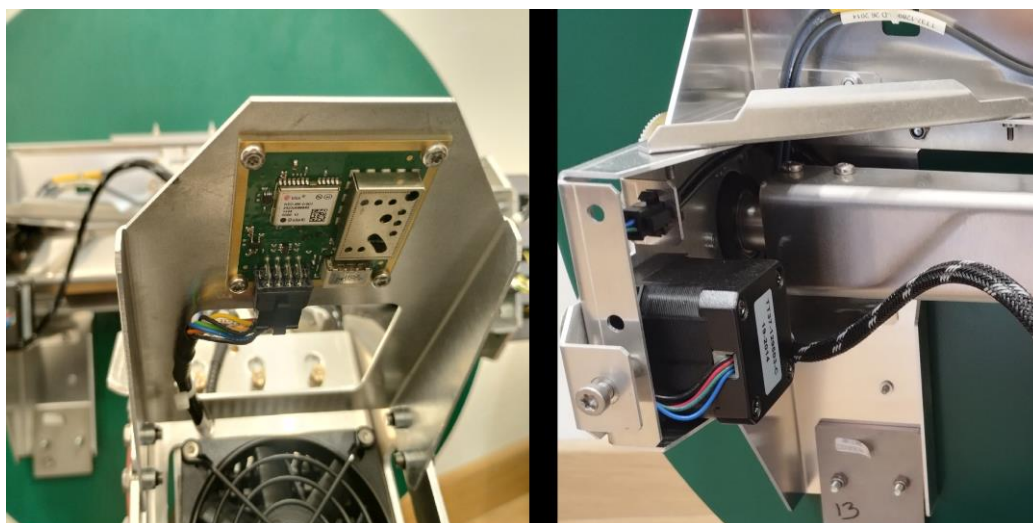
Prijamnik antene za praćenje satelita (slika 13) spojen je na obje polovice ploče antene za odašiljanje i primanje RF signala. Tijekom odašiljanja, signali se primaju od pojačala velike snage te se dalje šalju na sve dijelove ploče antene. Tijekom primanja, signale satelita prihvaćaju kvadratni spojevi na ploči antene te se pojačavaju prije slanja u HPA pojačalo. Pored toga, ATR obrađuje i diferencijalne signale L pojasa koje dobiva od satelita preko ploče antene te dalje šalje ATM modulu.



Slika 13. Prijamnik antene za praćenje satelita

Izvor: Cobham SATCOM, 2018. FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual

GPS modul (slika 14) za svoj rad koristi prijamnik i procesor. Modul prima signale GPS satelita i dokle god su dostupna četiri ili više satelitska signala, modul može odrediti koordinate odnosno svoj položaj na Zemlji. Modul je identičan u svih pet antena SAILOR FBB-a. Zbog toga se neće više opisivati u daljnjem tekstu, već samo navesti kao dio opreme drugih sustava.



Slika 14. GPS modul i motor SAILOR 500 antenskog sustava

Izvor: izradio student

Primarna svrha pojačala velike snage je upravljanje komunikacijom između antene i opreme ispod palube to jest terminala. Primljene RF signale satelita pojačava na odgovarajuću razinu i prenosi ih na terminal pa zatim natrag odašilje satelitu. Sekundarna svrha pojačala je da pretvara i distribuira ulaznu snagu iz terminala za periferne antenske module. U HPA se pohranjuju informacije o vrsti antene FBB-a. Kao i kod GPS modula, identična HPA komponenta se koristi u svim SAILOR stanicama.

Motor (slika 14) i zupčanici omogućuju da antena zadrži usmjerenje prema povezanom satelitu u različitim uvjetima na moru tijekom eksploatacije. Antenski sustav ima tri motora od kojih svaki od njih služi za rotaciju antene po tri osi. Rotacijski zglobovi ne služe samo kao mehanička komponenta antenskog sustava. Pored toga osiguravaju prijenos RF signala, napajanje iz terminala i internu komunikaciju između terminala i antene.^{20 21}U tablici 2 navedene su tehničke karakteristike antene.

Tablica 2. Tehničke karakteristike SAILOR 500 antene

Opis	Specifikacija
Tip antene	BGAN klasa 8, pomorska antena, mehaničko praćenje satelita
Radne frekvencije - Inmarsat I-4 sateliti Slanje Primanje	1626.5 - 1660.5 MHz 1525.0 - 1559.0 MHz
Razmak kanala	1.25 kHz
Dobitak antene	Primanje signala (minimalno): 17.8 dBi Odašiljanje (tipično): 17.8 dBi
EIRP	Minimalni: 10 dBW Maksimalni: 23 dBW
Gubici kabela	Pri 1660 MHz - maksimalno 20 dB Pri 54 MHz - maksimalno 4 dB Pri 36 MHz - maksimalno 3 dB
Snaga antene	56 W
Ulazni napon antene	28 V
Masa antene	16 kg

Izvor: izradio student prema [20]

²⁰ Cobham SATCOM, 2018., *SAILOR 500/250 FleetBroadband – Installation manual*

²¹ Cobham SATCOM, 2018., *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair – Training manual*

4.2.1.2. Oprema ispod palube

Oprema ispod palube FleetBroadband sustava odnosi se na terminal i IP telefon. Terminal TT-3738A je dio SAILOR 500 stanice koji služi za povezivanje antene i uređaja poput prijenosnog računala korisnika. Također, sadrži primarne elektroničke komponente i dijelove za SAILOR 500 stanicu, sva korisnička sučelja i LED indikatore. Koristi napajanje od 24V istosmjernog napona i isto tako napaja 18-29 V antenu putem jednog koaksijalnog kabela. Općenito, SAILOR 500 terminal je isti kao i onaj u SAILOR 250 i 150 stanicama.

IP telefon koristi se za obavljanje poziva preko IP mreže (engl. internet protocol network). Kada se poziv obavlja putem BGAN terminala, komunikacija se odvija putem IP mreže samo između IP telefona i BGAN terminala. SAILOR telefon je posebno konstruiran za korištenje u teškim uvjetima te je otporna na prašinu i prskanje vodom. Izvrsna kvaliteta zvuka poziva postiže se pomoću najsvremenijeg softvera za poništavanje jake i suzbijanja buke. Grafičko korisničko sučelje omogućuje jednostavan pristup svim funkcijama poput telefonskih kontakata i postavki.



Slika 15. SAILOR 500 terminal i IP telefon

Izvor: Cobham SATCOM, 2018., *SAILOR 500/250 FleetBroadband - Installation Manual* (04.08.2024.)

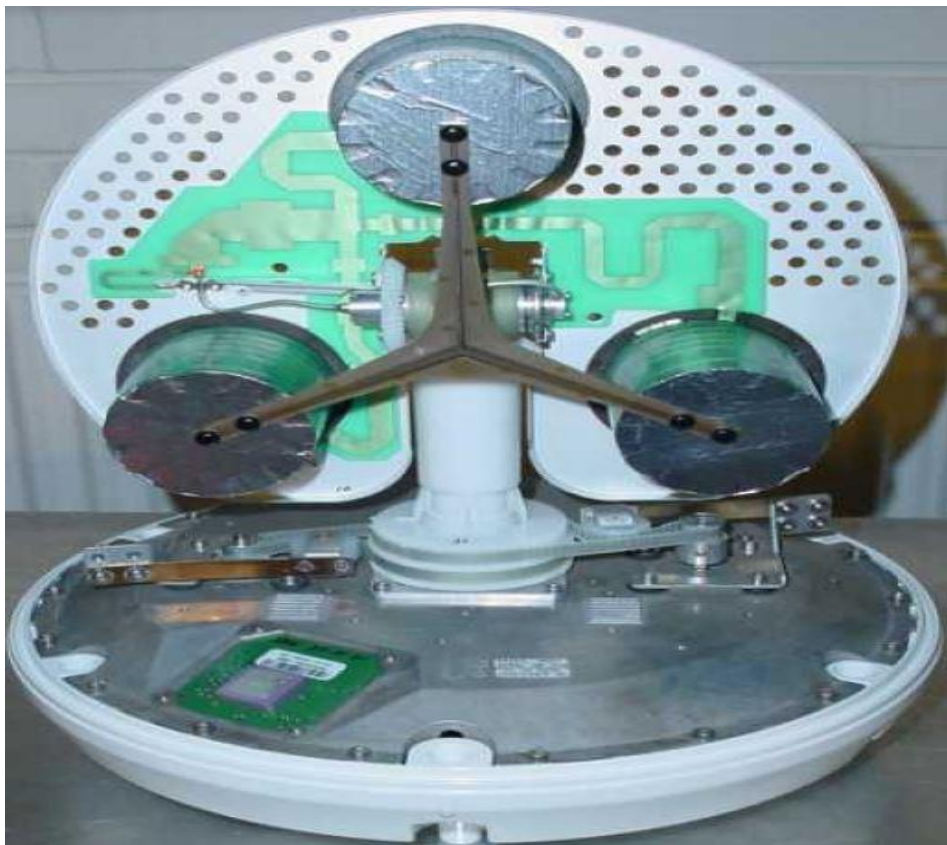
Dostupne su dvije verzije telefona: žičani model TT-3672A i bežični model TT-3672B. Telefon se napaja izravno sa LAN sučelja na terminalu SAILOR FBB-a koristeći napajanje preko Ethernet-a za PoE (engl. Power over Ethernet) funkcije, tako da vanjsko napajanje nije potrebno. IP telefon ima postolje koje se spaja sa LAN kabelom na LAN priključak za korištenje

PoE funkcije za satelitsku komunikaciju. Na slici 15 su prikazani TT-3738A terminal i TT-3672A IP telefon.¹⁹

4.2.2. SAILOR 250 stanica

SAILOR 250 FleetBroadband stanica je širokopoljasni sustav za pomorstvo koji pruža istovremeno korištenje podatkovnog prometa, glasovno pozivanje i komunikaciju pomoću satelita putem BGAN mreže. Na slici 16 je prikazana SAILOR 250 antenska jedinica odnosno oprema iznad palube. SAILOR 250 ADE i BDE oprema sastoji se od²¹:

- TT-3050A antene (ADE oprema)
- TT-3738A FBB terminala (BDE oprema)
- TT-3670A IP telefona (BDE oprema)



Slika 16. SAILOR 250 antenska jedinica

Izvor: Cobham SATCOM, 2018., *SAILOR 500/250 FleetBroadband - Installation Manual* (06.08.2024.)

¹⁹ Cobham SATCOM, 2018., *SAILOR 500/250 FleetBroadband - Installation Manual*

²¹ Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual*

SAILOR 250 sustav sadrži sljedeće značajke i sučelja:

- Do 6 glasovnih poziva (istovremeno) i podatkovni promet putem BGAN mreže, brzine poziva do 4kbit/s
- Istodobni prijenos podataka između dva uređaja (engl. full duplex), za jednog ili više korisnika, brzina prijenosa do 284 kbit/s
- Strujanje podataka pri 8, 16, 32, 64 i 128 kbit/s
- Četiri LAN priključka na terminalu za PoE funkciju
- Dva standardna telefonska i faks priključka
- L pojas priključak za povezivanje prijarnika
- Višenamjenski konektor sa pet prilagodivih ulaznih i izlaznih priključaka
- Utor za FleetBroadband SIM karticu
- Ugrađeni DHCP/NAT ruter
- Ugrađeno web sučelje i dostupni daljinski pristup sučelju

4.2.2.1. Oprema iznad palube

SAILOR 250 opremu iznad palube čini antenska jedinica koja obuhvaća slične funkcije za rad i praćenje satelita kao i prethodno obrađena jedinica. Antenska jedinica sadrži TT-3050A antenu srednje veličine, BGAN klase 9, koja je namijenjena za pomorstvo. Ta klasa antene podržava nešto niže brzine prijenosa podataka nego antena klase 8 u SAILOR 500 stanici, ali zbog niže cijene opreme i kompaktne veličine je idealna za manja nekomercijalna plovila. Kao i kod SAILOR 500 sustava, SAILOR 250 koristi jedan koaksijalni kabel kojim se prenosi sva RF komunikacija, osigurava napon napajanja za različite module antene te omogućuje unutarnja komunikacija sustava, konkretno između antene i terminala.

Glavni sklopovi i moduli antenske jedinice su duplekser/niskošumno pojačalo - DLNA (engl. Duplexer Low Noise Amplifier), ploča za određivanje nulte točke - ZRB (engl. Zero Reference Board), modul za kontrolu antene - ACM (engl. Antenna Control Module), modul za pogon motora antenske jedinice - MDM (engl. Motor Drive Module) te ACM/MDM kombinirani modul.

Duplekser/niskošumno pojačalo (DLNA) prikazan je na slici 17. Sklop se nalazi na donjem dijelu antenske jedinice i glavna uloga mu je pojačavanje dvosmjernih RF signala (odašiljanje i primanje). Tijekom odašiljanja signala, duplekser šalje RF signale izravno od pojačala visoke snage prema anteni. Za vrijeme primanja signala, duplekser usmjerava RF signale od antene kroz filtre za šum do pojačala visoke snage.

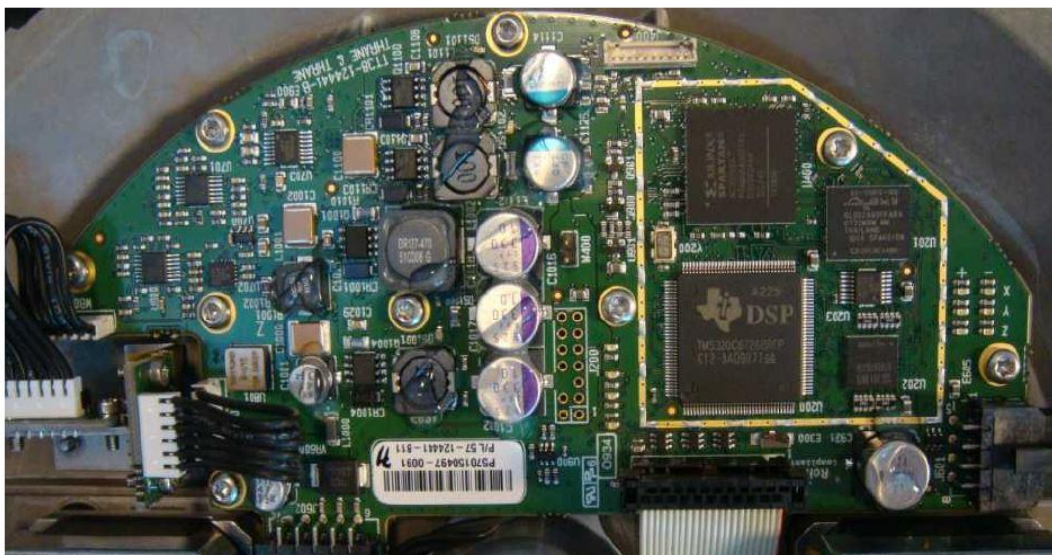


Slika 17. Duplekser/niskošumno pojačalo - DLNA

Izvor: Cobham SATCOM, 2018., *SAILOR 500/250 FleetBroadband - Installation Manual* (08.08.2024.)

Ploča za određivanje nulte točke (ZRB) sadrži dva senzora koja detektiraju “nulti” ili početni položaj antene, smjer i elevaciju od 0° pomoću malog magneta u svakom od pogonskih kotača. Informacije o položaju šalju se modulu za praćenje antene (engl. antenna tracking module).

Modul za kontrolu antene (ACM) nalazi se na donjem dijelu antenske jedinice i djeluje kao osjetilo za visinu i ubrzanje same jedinice. Modul upravlja i “step” ili koračnim motorima koji se kreću zajedno sa postoljem antene. Na slici 18 je prikazan taj isti modul.



Slika 18. ACM - modul za kontrolu antene

Izvor: Cobham SATCOM, 2018., *SAILOR 500/250 FleetBroadband - Installation Manual* (08.08.2024.)

ACM modul sastoji se od:

- Inercijalne navigacijske jedinice
- Sklopovlja za kontrolu koračnih motora
- Sklopovlja za određivanje nulte točke
- Kruga za napajanje

Inercijalna navigacijska jedinica određuje poziciju i kretanje broda te zatim računa azimut i visinu kuta potrebnog za usmjerenje antene prema satelitu. Informacije o poziciji i kretanju broda se dobivaju pomoću akcelerometra i žiroskopa. Krug za napajanje distribuira energiju pomoću ACM modula dalje na modul za pogon motora, GPS modul i ploču za određivanje nulte točke.

Modul za pogon motora (MDM) antene se također nalazi na donjoj strani antenskog sustava. Sadrži pokretački krug za koračne motore koji prima naredbe od ACM modula i upravlja motorima prema tim naredbama. U MDM-u se pohranjuju informacije o anteni SAILOR 250 FBB sustava.

Kombinirani sklop ACM/MDM je izveden kao spoj modula za kontrolu antene i modula za pogon motora, no ima istu funkciju kao ta dva modula. ACM/MCM je kompatibilan s prijašnjim verzijama zasebnih modula čime se osigurava postojeća funkcionalnost i trajnost sustava. Modul je prikazan na slici 19.



Slika 19. ACM/MDM kombinirani modul

Izvor: Cobham SATCOM, 2018., *SAILOR 500/250 FleetBroadband - Installation Manual* (08.08.2024.)

Nadalje, neki od ostalih dijelova i komponenti ADE opreme, točnije antenske jedinice su GPS modul, pojačalo velike snage (HPA), rotacijski zglobovi, pogonski motori te ploča antene. Koriste se dva pogonska motora koja zajedno zakreću i orijentiraju ploču na kojoj se nalazi antena. Naredbe za zakretanje dobivaju od modula za pogon motora. Motori pokreću postolje, to jest ploču antene putem pogonskih remena. Remene automatski prilagođava zatezač pogonskog remena koji se nalazi u svakom od tri kućišta motora (slika 16). GPS modul i pojačalo velike snage su isti kao i oni koji se koriste u SAILOR 500 sustavu.

Tablicom 3 su navedene tehničke specifikacije SAILOR 250 antene kao što su frekvencijski rasponi za odašiljanje i primanje signala, frekvencijski razmak između kanala, radna snaga antene, efektivna izotropna snaga zračenja ili EIRP, dobitak itd.²²

Tablica 3. Tehničke specifikacije SAILOR 250 antene

Opis	Specifikacija
Tip antene	BGAN klasa 9, pomorska antena, mehaničko praćenje satelita
Radne frekvencije - Inmarsat I-4 sateliti	
Slanje	1626.5 - 1660.5 MHz
Primanje	1525.0 - 1559.0 MHz
Razmak kanala	1.25 kHz
Dobitak antene	Primanje signala (minimalno) - 11.0 dB
EIRP	Minimalni: 3.1 dBW Maksimalni: 16.1 dBW
Gubici kabela	20 dB pri 1620.0 MHz 3 dB pri 36 MHz 4 dB pri 54 MHz
Ulazni napon	22.7 V
Radna snaga	Maksimalno 39 W
Masa antene	3.9 kg

Izvor: izradio student prema [20] [22]

²² Cobham SATCOM, 2013. *SAILOR 250 FleetBroadband Product Sheet*

4.2.2.2. Oprema ispod palube

BDE opremu SAILOR 250 sustava čine TT-3738A terminal i TT-3670A IP telefon. Ovaj terminal je isti kao i terminal u SAILOR 500 sustavu. U njemu su sadržani glavni elektronički dijelovi i sklopovlja, sva korisnička sučelja, priključci, LED indikatori te su spremljeni podaci o postavkama samoga terminala. Ulazni napon je 24 V DC, a terminal dovodi 18-29 V DC napajanje na antenu putem jednog koaksijalnog kabela.

TT-3670A IP telefon je standardni dio sve SAILOR FleetBroadband opreme. Telefon se napaja direktno putem LAN priključka na terminalu, koristeći PoE funkciju. TT-3670A IP telefon sastoji se od TT-3672A IP žičane slušalice i TT-3674A postolja. IP slušalica povezuje se sa postoljem IP telefona putem kabela. Postolje je priključeno LAN kabelom na LAN priključak čime se omogućuje satelitska komunikacija.

4.2.3. SAILOR 150 stanica

Posljednji FleetBroadband sustav je SAILOR 150 koji je najmanji od svih triju stanica. Jednostavan je za instalirati i koristiti te jednako pouzdan kao i druge verzije. Kao i ostale FBB verzije, SAILOR 150 je širokopolasni sustav namijenjen za pomorstvo. Nudi istovremeni prijenos podataka i glasovnu komunikaciju putem satelita kroz BGAN mrežu. Naime, za razliku od SAILOR 500 sustava, SAILOR 150 ne nudi strujanje podacima niti ISDN uslugu. SAILOR 150 ADE i BDE oprema sastoji se od²¹:

- TT-3050C antene (ADE)
- TT-3739A terminala (BDE)
- TT-3670A IP telefona (BDE)

SAILOR 150 sustav sadrži sljedeće značajke i sučelja²³:

- Do 4 glasovnih poziva (istovremeno) i podatkovni promet preko BGAN mreže, brzine poziva do 4kbit/s
- Istodobni prijenos podataka između dva uređaja (engl. full duplex), za jednog ili više korisnika, brzina prijenosa do 150 kbit/s
- Dva LAN priključka na terminalu za PoE funkciju
- Jedan standardni telefonski priključak

²¹ Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual*

²³ Cobham SATCOM, 2013., *SAILOR 150 Product Sheet*

- Višenamjenski konektor sa pet prilagodivih ulaznih i izlaznih priključaka
- Utor za FleetBroadband SIM karticu
- Ugrađeni DHCP/NAT ruter
- Ugrađeno web sučelje i daljinski pristup sučelju

4.2.3.1. Oprema iznad palube

SAILOR 150 antenska jedinica uključuje TT-3050C antenu, točnije BGAN antenu klase 14 za pomorstvo. Antena jedinica kao i ostale SAILOR stanice sadrži sve funkcije za satelitsko praćenje. Jednim kabelom se osigurava sva RF komunikacija kao i interna komunikacija između antene i terminala, napon napajanja za antenu, njezine sklopove i module. Funkcionalnost i sklopovlje ADE opreme je u velikoj mjeri identično onoj u SAILOR 250. Koristi se isti modul za kontrolu antene (ACM), kojega isto čine inercijalna navigacijska jedinica, sklopovlje za kontrolu koračnih motora, sklopovlje za određivanje nulte točke i krug za napajanje. Slikom 20 je prikazana SAILOR 150 antenska jedinica, a tablicom 4 su navedene tehničke specifikacije antene.



Slika 20. SAILOR 150 antenska jedinica

Izvor: Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual* (13.08.2024.)

Nadalje, drugi moduli, komponente i dijelovi antenske jedinice koje se isto koriste su modul za pogon motora (MDM), ACM/MDM kombinirani sklop, ploča za određivanje nulte točke (ZRB), GPS modul, pojačalo velike snage (HPA), duplekser/niskošumno pojačalo (DLNA), pogonski motori i rotacijski zglobovi.

Tablica 4. Tehničke specifikacije SAILOR 150 antene

Opis	Specifikacija
Radne frekvencije - Inmarsat I-4 sateliti	
Slanje	1626.5 - 1660.5 MHz
Primanje	1525.0 - 1559.0 MHz
Razmak kanala	1.25 kHz
Dobitak antene	Minimalno 11.0 dB
EIRP	Minimalni 3.1 dBW Maksimalni 16.1 dBW
Gubici kabela	20 dB pri 1620.0 MHz 3 dB pri 36 MHz 4 dB pri 54 MHz

Izvor: izradio student prema [21] [23]

4.2.3.2. Oprema ispod palube

SAILOR 150 BDE oprema sastoji se od terminala i IP telefona kao i ostali SAILOR FBB sustavi. Terminal je drugačijeg izgleda i dizajna u usporedbi s ostalim SAILOR BDE terminalima, no ovdje je razlika samo u nedostatku LED indikatora na samom terminalu, a ostala su potrebna sučelja prisutna u ovoj izvedbi.

Terminal je TT-3739A i služi kao glavna upravljačka jedinica u ovom SAILOR sustavu. Kao i ostali FBB terminali, sadrži primarne elektroničke dijelove, sva potrebna korisnička sučelja i podatke o postavkama koji se pohranjuju u samom uređaju. Na ulaz terminala se dovodi istosmjerni napon od 24 V kojim putem jednog koaksijalnog kabela terminal napaja i antenu s 18 - 29 V DC.

IP telefon je standardni FBB TT-3670A koji kao i druge verzije SAILOR BDE opreme se koristi uz TT-3674A postolje. LAN kabelom se priključuje na LAN priključak kako bi se koristila PoE funkcija za satelitske komunikacije. Uz to, postoje dvije inačice slušalice, a to su žičani model TT-3672A i bežični model TT-3672B.

4.2.4. AC/DC napajanje

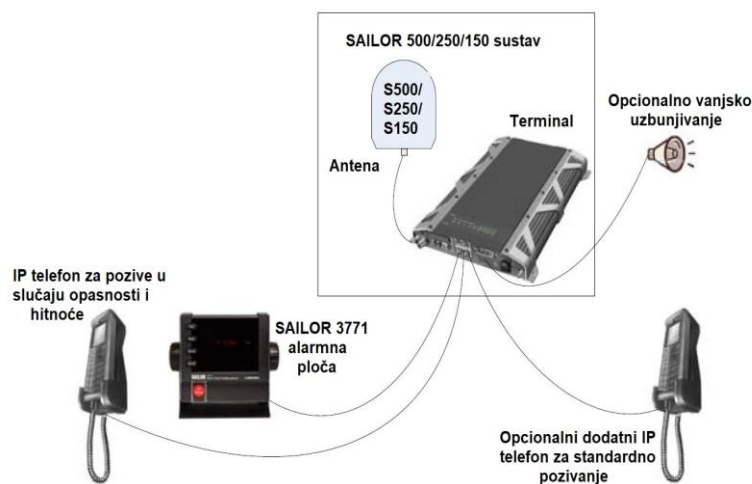
Svi SAILOR FleetBroadband sustavi mogu koristiti vlastito napajanje, konkretno TT-6080A jedinicu za napajanje. TT-6080A je standardni dio opreme SAILOR 500 sustava, dok je opcionalan za SAILOR 250 i 150 sustave. Napajanje je predviđeno za pružanje nominalne

izlazne snage od 300 W i vršnu snagu od 370 W u trajanju od približno dvije minute sa ulaznim između 100 i 240 V AC. AC/DC jedinica se napaja izmjeničnom strujom, ali može koristiti i baterijski način rada da se napaja istosmjernom strujom. Potrebni ulazni napon za TT-6080A je 100 do 240 V AC ili 28 V DC putem baterija, dok na izlazu daje napon od 28.7 do 31.2 VDC.

Napajanje ima prekidač za uključivanje i isključivanje koji svijetli kada je napajanje uključeno. Svi priključci su smješteni na istom dijelu jedinice čime se pojednostavljuje instalacija kablova i korištenje. Ploča za ukapčanje konektora je odvojena polutransparentnim poklopcem za zaštitu korisnika. Napajanje također ima ugrađenu zaštitu od kratkog spoja i previsoke temperature. Ukoliko se montira okomito, TT-6080A ispunjava IP32 ocjenu na internim dijelovima napajanja većim od 42 V, a ocjenu IP22 u ostalim dijelovima. Time je napajanje zaštićeno od mogućih upada prašine, vode, ali i čvrstih predmeta poput nekih alata.²¹

4.2.5. SAILOR 3771 alarmni sustav

SAILOR 3771 alarmni sustav primarno služi za pokretanje poziva u slučaju nesreće i hitnoće prema SOLAS konvenciji. SAILOR 3771 alarmni sustav odnosi se na alarmnu ploču koja se koristi zajedno sa SAILOR 500, 250 ili 150 FBB sustavima te IP telefonom namijenjenim za upotrebu u slučajevima opasnosti i hitnoće. Povezivanje SAILOR 3771 alarmnog sustava i SAILOR FBB sustava prikazano je na slici 21.



Slika 21. Povezivanje SAILOR 3771 alarmnog sustava i SAILOR FBB sustava

Izvor: Cobham SATCOM, 2013., *Inmarsat FleetBroadband SAILOR 3771 Alarm Panel - User manual*
(15.08.2024.)

²¹ Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual*

Sustav za alarm čine četiri glavne komponente²⁴:

- FBB SAILOR 3771 alarmna ploča
- FBB IP telefon
- FBB terminal
- FBB antena

Pritiskom na crvenu tipku za pomoć, na alarmnoj ploči se pokreće poziv s IP telefonom za pomoć u slučaju opasnosti. Pored toga, prekidaju se svi pozivi koji nisu pokrenuti u tu svrhu pa se time prekidaju i mogući pozivi koji su u tijeku. Korisnik koji poziva zbog nesreće ili opasnosti se dalje prespaja s operaterom iz jednog od tri centra za koordinirano pomorsko spašavanje (engl. Maritime Rescue Co-ordination Centre) koji su strateški smješteni diljem svijeta. Nadalje, može se omogućiti i prioritarno pozivanje u hitnim slučajevima, putem jednog od SAILOR FleetBroadband terminala. Za to je potrebno povezati IP telefon s LAN kablom na LAN sučelje i pridijeliti ga za hitne slučajeve.

4.2.6. Inmarsat Fleet Safety

Inmarsat je uveo novi sustav za sigurnost na moru, 2018. godine pod nazivom Fleet Safety, kojega je odobrila IMO organizacija (engl. International Maritime Organization). To je usluga podataka namijenjena isključivo za pomorstvo koja je usklađena sa GMDSS-om za glasovne, podatkovne i sigurnosne komunikacije u slučaju opasnosti i hitnoće. Povezivanjem pomorskih sigurnosnih terminala - MST (engl. Maritime Safety Terminal) s postojećim FleetBroadband uslugama, Fleet Safety predstavlja značajan napredak u pomorskoj sigurnosti.¹⁴ Fleet Safety sustav je sastavljen od 4 segmenta koji su prikazani na slici 22. Ti segmenti su:

- Kopneni dio
- Zemaljska infrastruktura
- Svemirski segment
- Brodske zemaljske stanice

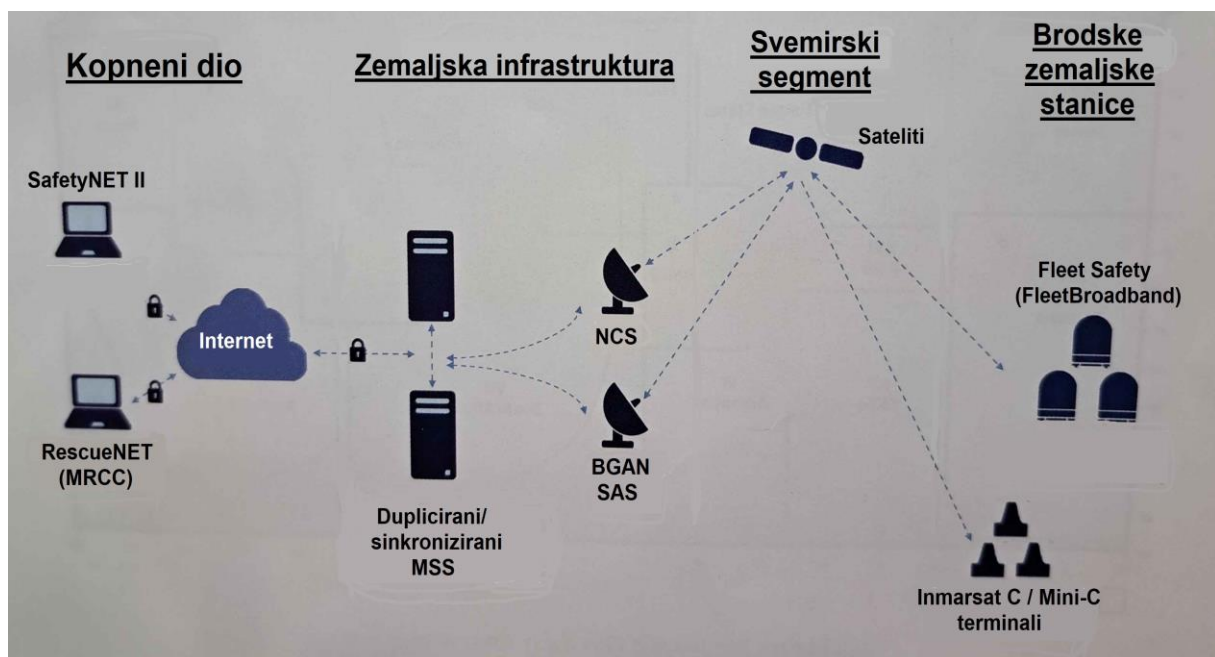
Inmarsat Fleet Safety je osmišljen za pružanje komunikacijskih usluga u slučajevima pogibelji, sigurnosti i hitnoće te korištenje istih preko jednog IP sustava. To je cjelovito rješenje

²⁴ Cobham SATCOM, 2013., *Inmarsat FleetBroadband SAILOR 3771 Alarm Panel - User manual*

¹⁴ International Maritime Organization, 2019., *GMDSS manual : global maritime distress and safety system / IMO*, 10th edition, IMO Publication, London, p. 19.

koje nudi poboljšane GMDSS mogućnosti pomorcima, pomorskim spasilačkim koordinacijskim centrima - MRCC (engl. Maritime Rescue Coordination Centre) i pružateljima informacija o pomorskoj sigurnosti - MSI (engl. Maritime Safety Information). MRCC i pružatelji MSI usluga uspostavljaju vezu putem sigurnog web sučelja i ne zahtijevaju dodatnu opremu.

Kako bi FleetBroadband terminal mogao pristupiti funkcijama GMDSS-a, prvo mora biti spojen na pomorski sigurnosni terminal (MST) kojega je prethodno odobrio Inmarsat za korištenje. Pomorski sigurnosni terminal pruža i grafičko sučelje čime se korisniku ili pomorcu omogućuje da u potpunosti iskoristi Fleety Safety usluge neovisno o drugim FleetBroadband komunikacijama. Instalirani softver u tim pomorskim sigurnosnim terminalima je standardiziran te ga održava i isporučuje Inmarsat za sve proizvođače FleetBroadband sustava. Time se osigurava standardizacija sigurnosnih funkcija kod svih proizvođača terminala. Koristeći FBB sustav koji je opremljen MST terminalom, pomorci mogu primjenjivati funkcije GMDSS usluga kao i poboljšane sigurnosne usluge Inmarsat-a poput MSI pronalaženja (engl. Maritime Safety Information retrieval) i razgovora u slučaju opasnosti (engl. distress chat). Fleet Safety usluga je dostupna samo u područjima pokrivenosti svih četiri I-4 satelita.



Slika 22. Inmarsat Fleet Safety sustav

Izvor: International Maritime Organization, 2019., *GMDSS manual : global maritime distress and safety system / IMO*, 10th edition, IMO Publication, London

Satelitska konstelacija I-4 koja se koristi za Inmarsat Fleet Safety upotrebljava širokopojasnu globalnu pristupnu mrežu - BGAN. U toj mreži djeluju satelitske pristupne postaje (SAS) koje su u vlasništvu i pod upravom Inmarsat-a. Te su pristupne postaje međusobno povezane preko robusne duplicirane globalne terestričke mreže koja upravlja prometom podataka. BGAN platforma upravlja satelitskim prometom konstelacije I-4 satelita na drugačiji način nego kod postojećih sustava koji koriste I-3 konstelaciju, gdje se prometom upravlja preko LES stanica koje nisu u vlasništvu i kojima ne upravlja Inmarsat.

4.2.7. Zaštita sustava

Kako bi se zaštitila i odugovječila ADE i BDE oprema SAILOR FleetBroadband sustava potrebno je pridržavati se određenih pravila i uputstva. Također se te zaštite i smjernice odnose i na fizičku zaštitu korisnika na brodu od mogućih štetnih uvjeta prouzrokovanih radom SAILOR sustava. Ova potpoglavlja se odnose se na najvažnije aspekte očuvanja opreme kao i cjelokupne FBB stanice. Uz navedeno, treba obratiti pažnju i na manje važne fizičke zaštite opreme. To mogu biti zaštite od prodora vode, stvaranje kondenzacije unutar kupole antenske jedinice i intenzivnih i štetnih vibracija tijekom plovidbe.

4.2.7.1. Pozicioniranje antene

Antena ima sposobnost rotacije 360 stupnjeva oko svoje osi kako bi mogla kontinuirano pratiti satelit i u najtežim uvjetima na moru. Objekti koji nisu dio antenske jedinice, a nalaze se u bliskom prostoru antene mogu uzrokovati degradaciju signala. Postotak degradacije ovisi o veličini objekta i njegovoj udaljenosti od antene. Antena se ne bi smjela držati u blizini velikih objekta koji bi mogli zaklanjati njezin pogled prema satelitu. U korisničkom priručniku SAILOR sustava su navedene minimalne udaljenosti ADE opreme, točnije antene od objekta. Za objekte veličine maksimalno 16 cm je minimalna preporučena udaljenost 3m, za objekte veličine 26 cm udaljenost od 5 m, a za objekte veličine od 52 do 104 cm preporučena udaljenost između 10 i 20 m.²¹

4.2.7.2. Uzemljenje i RF zaštita

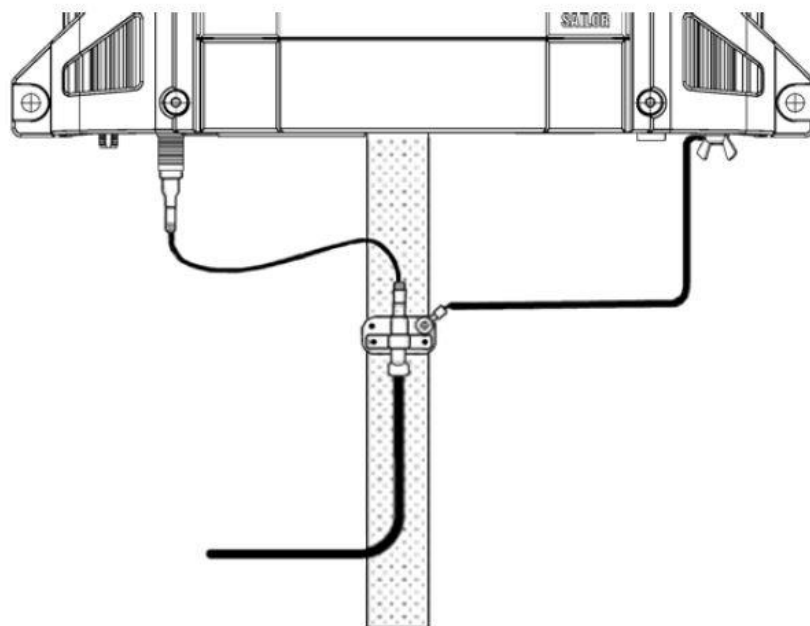
Uzemljenje SAILOR FleetBroadband sustava je potrebno iz 3 razloga:

- Sigurnost korisnika

²¹ Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual*

- Zaštita sustava
- Pravilan rad sustav

Prije svega uzemljenje je potrebno iz sigurnosnih razloga. U slučaju udara munje u antenu to jest naglog pražnjenja atmosferskog električnog naboja, pravilno uzemljenje osigurati će put niskog otpora za preusmjerenje istog pražnjenja naboja u more. Sljedeće je ESD zaštita ili zaštita od elektrostatičkog pražnjenja (engl. Electrostatic Discharge). ESD zaštitni krugovi u samom terminalu oslanjaju se na uzemljenje sustava kako bi ispravno radili. Inače bi se osjetljivi krugovi unutar terminala mogli oštetiti zbog elektrostatičkog pražnjenja dok na primjer korisnik rukuje opremom. Način uzemljenja pomoću terminala antene prikazan je na slici 23. Terminal se mora uzemljiti na način da se koristi kabel za uzemljenje antene kao i oprema za uzemljenje te se time spoji na trup broda. Konačno, uzemljenjem se postiže nesmetana komunikacija između ADE i BDE opreme što je ključno za optimalni rad cjelokupnog SAILOR FBB sustava.



Slika 23. Uzemljenje SAILOR antenske jedinice

Izvor: Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual* (18.08.2024.)

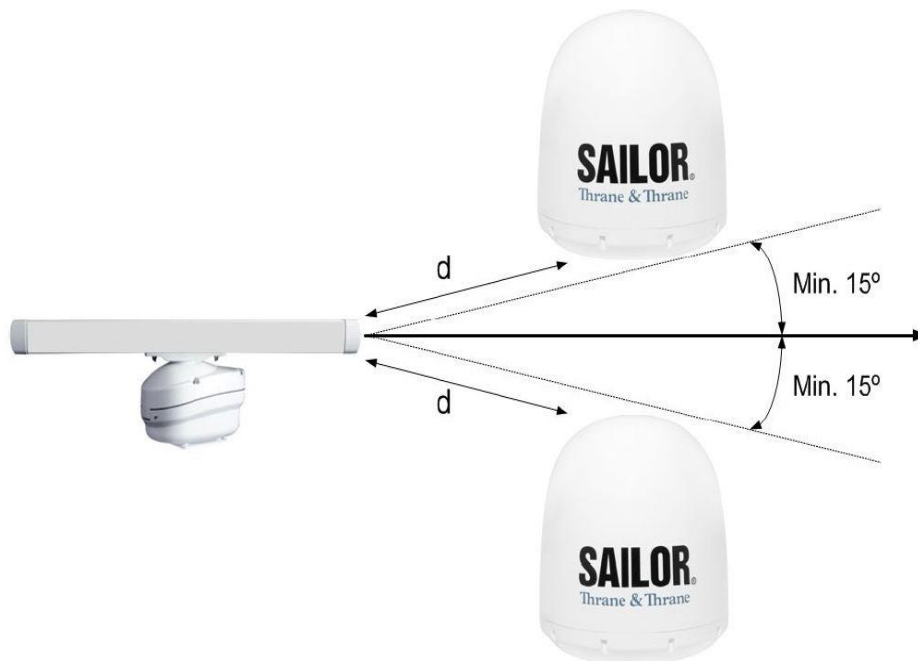
Nadalje, smetnje uzrokovane zbog obližnjih RF uređaja poput odašiljača mogu proizvesti elektromagnetske smetnje. Te smetnje predstavljaju problem za SAILOR sustav i opremu te naposljetku može doći i do trajnog oštećenja sustava i opreme. Ako postoje problemi

vezani uz smetnje koje su proizvedene zbog takvih obližnjih uređaja, Inmarsat preporučuje montiranje feritnih stezaljki na koaksijalni kabel čime se potiskuju inducirani RF signali.

4.2.7.3. Interferencija radara

Antena mora biti postavljena što dalje od broskog radara i RF uređaja velike snage, što uključuje i druge Inmarsat uređaje i sustave iz razloga i oni mogu smanjiti djelotvornost antene. RF zračenje radara može prouzročiti i štetu na anteni. Sama SAILOR antena može stvarati smetnje drugim RF uređajima i sustavima na brodu, poput radara i GPS-a. U većini slučajeva, teško je odrediti adekvatnu minimalnu udaljenost između radara i antene jer se njegova snaga, uzorak zračenja, frekvencija i duljina impulsa razlikuju ovisno o modelu radara.

Budući da radar odašilje zrake horizontalnom širinom od nekoliko stupnjeva i okomitom visinom od 15 stupnjeva, najintenzivnije smetnje mogu se izbjeći postavljanjem antene na razini od 15 stupnjeva ispod ili iznad radara (slika 24). Zbog toga, Inmarsat preporuča da se postigne što veće udaljevanje ispod ili iznad radara ako se antena mora postaviti u njegovoj neposrednoj blizini.



Slika 24. Prihvatljiva udaljenost SAILOR antene od broskog radara

Izvor: Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual* (19.08.2024.)

Minimalna prihvatljiva udaljenost između radara i antene ovisi o već spomenutim frekvencijama i snagama kojom radar zrači. Tablicom 5 i 6 su prikazane općenite smjernice za

minimalne udaljenosti antene i radara koji koriste X i S frekvencijski pojas, budući da su to najčešće korišteni frekvencijski pojasevi brodskih radara. Ukoliko se primijene parametri “d min”, točnije minimalna udaljenost za SAILOR 500, 250 i 150 antene pri navedenim snagama radara, spriječiti će se moguća šteta na antenama. Shodno tome, minimalna udaljenost za radara C frekvencijskog pojasa će generalno biti ista.

Međutim, pri većim udaljenostima od preporučene minimalne udaljenosti i dalje postoji mogućnost za smanjenje radne karakteristike SAILOR FBB antena. Prisutnost jednog ili više aktivnih radara X frekvencijskog pojasa u blizini od 100 m može uzrokovati manju degradaciju signala SAILOR antene. Degradacija je najznačajnija pri vrlo čestom ponavljanju pulseva radara. Sve dok su uvjeti primanja signala na SAILOR anteni optimalni, ta degradacija je zanemariva. Međutim, ako su uvjeti lošiji zbog na primjer velike količine kiše, naglih kretnji broda ili objekta koji zaklanja pogled antene prema satelitu, sve to može negativno utjecati na kvalitetu komunikacija. Glasovni poziv može sadržavati znatnu količinu šuma prije nego li se prekine veza, dok se kod podatkovne veze može znatno usporiti brzina prijenosa, ali ne i prekinuti veza.

Tablica 5. Preporučene minimalne udaljenosti između SAILOR antena i radara X frekvencijskih pojaseva

X pojas (~3 cm / 10 GHz) štetna udaljenost						
Snaga radara	SAILOR 500 FBB		SAILOR 250 FBB		SAILOR 150 FBB	
	Minimalna udaljenost za 15 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 60 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 15 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 60 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 15 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 60 ° okomito odvajanje
0 - 10 kW	0.8 m	0.4 m	0.8 m	0.4 m	0.8 m	0.4 m
30 kW	2.4 m	1.2 m	2.4 m	1.2 m	2.4 m	1.2 m
50 kW	4.0 m	2.0 m	4.0 m	2.0 m	4.0 m	2.0 m

Izvor: izradio student prema [21]

Antena se ne bi trebala pozicionirati i instalirati na mjestu gdje bi bila na manjoj udaljenosti od “d min” ili preporučene minimalne udaljenosti od radara (tablica 5 i 6). Preporučena minimalna udaljenost od drugih Inmarsat antena je 10 m. Za adekvatni rad se preporuča minimalna udaljenost od 3 m za BGAN antene u odnosu na VSAT antene. Pored toga, kvalitetni GPS prijammnici će raditi nesmetano u neposrednoj blizini antene. S druge strane, kod jednostavnih GPS prijammnika sa lošijom frekvencijskom diskriminacijom će biti prisutne smetnje antene. Stoga je poželjno testirati performanse GPS prijammnika prije njegove upotrebe.

Tablica 6. Preporučene minimalne udaljenosti između SAILOR antena i radara S frekvencijskih pojaseva

S pojas (~ 10 cm / 3 GHz) štetna udaljenost						
Snaga radara	SAILOR 500 FBB		SAILOR 250 FBB		SAILOR 150 FBB	
	Minimalna udaljenost za 15 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 60 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 15 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 60 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 15 ° okomito odvajanje	Minimalna udaljenost za 60 ° okomito odvajanje
0 - 10 kW	0.4 m	0.2 m	0.4 m	0.2 m	0.4 m	0.2 m
30 kW	1.0 m	0.5 m	1.0 m	0.5 m	1.0 m	0.5 m
50 kW	2.0 m	1.0 m	2.0 m	1.0 m	2.0 m	1.0 m

Izvor: izradio student prema [21]

4.2.7.4. Zaštita od zračenja

SAILOR FleetBroadband antene tijekom svojeg rada zrače RF energiju koja je štetna za ljudsko tijelo. Stoga, kad god je antenska jedinica aktivna, to jest pod naponom potrebno je održavati minimalni razmak od iste. Premda antena samo zrači energiju sprijeda pri odašiljanju, u svakom slučaju potrebno je pridržavati se sigurnosne udaljenosti. Budući da nije vidljivo u kojem smjeru antena zrači jer je pokrivena zaštitnom kupolom, cijelo područje oko antene mora

se smatrati opasnom zonom. Za SAILOR antene vrijede sljedeće sigurnosne udaljenosti za određene razine zračenja²¹:

- SAILOR 500 antena zrači do 22 dBW EIRP (158.5 W). To znači minimalnu sigurnosnu udaljenost od 1.3 m od antene na temelju razine zračenja od 10 W/m². Za razine zračenja od 100 W/m² je minimalna sigurnosna udaljenost 0.4 m.
- SAILOR 250 antena zrači do 16.1 dBW EIRP (41 W). To znači minimalnu sigurnosnu udaljenost od 0.6 m od antene na temelju razine zračenja od 10 W/m². Za razine zračenja od 100 W/m² je minimalna sigurnosna udaljenost 0.2 m.
- SAILOR 150 antena zrači do 16.1 dBW EIRP (41 W). To znači minimalnu sigurnosnu udaljenost od 0.6 m od antene na temelju razine zračenja od 10 W/m². Za razine zračenja od 100 W/m² je minimalna sigurnosna udaljenost 0.2 m.

²¹ Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual*

5. ZAKLJUČAK

Ovim radom je predstavljena i objašnjena uloga Inmarsat FleetBroadband sustava kao i njegova funkcija u cjelokupnom sustavu satelitskih komunikacija. Kroz ovaj rad je vidljivo da su satelitske komunikacije na moru danas pristupačnije nego ikad prije. Inmarsat FleetBroadband, širokopropusni pomorski sustav za komunikaciju, omogućuje korištenje satelitskih komunikacijskih usluga poput glasovnih poziva, prijenosa podataka te pristup internet mreži. Uz sve te usluge, FBB pruža i uzbunjivanje te različite načine komuniciranja u slučajima opasnosti i hitnoće. Svim tim funkcijama se povećava učinkovitost komunikacije, sama plovidba i razina sigurnosti na moru. Bez obzira na vrstu ili veličinu plovnog objekta, FBB sustav nudi kompaktna rješenja koja se mogu jednostavno integrirati u postojeće okruženje na brodu. Njegovom upotrebom se osigurava kvalitetna i učinkovita povezanost diljem Zemlje neovisno o geografskoj lokaciji i uvjetima na moru.

Promjene u pomorskoj industriji i trendovima koje utječu na cjelokupni transport i plovidbu imaju za posljedicu izazove u pogledu razvoja i održivosti takvog sustava. FleetBroadband je komunikacijsko središte za različite sustave upravljanja na brodu poput: tehničkog i IT upravljanja, uredskog upravljanja, upravljanja teretom, posadom, putovanjem i sličnog. Sve ove upravljačke funkcije generirat će ili zahtijevati podatke bez kojih ne mogu funkcionirati. Uz sve veću primjenu sofisticiranih IT mreža i sustava kako na kopnu tako i na plovilima, snaga i fleksibilnost FleetBroadband usluga biti će neprocjenjiva.

Maksimalna korist Inmarsat FleetBroadband-a se postiže kada se koristi za implementaciju rješenja koja zapravo optimiziraju i smanjuju ukupne troškove brodskih eksploatacija. Naknade za satelitsku komunikaciju obično su manje od jedan posto ukupnih operativnih troškova broda. Ako se korištenjem FleetBroadbanda mogu ostvariti značajne uštede troškova u drugim područjima brodskih operacija, tada će doći do značajnog ukupnog smanjenja operativnih troškova broda, čak i ako se trošak satelitskih komunikacija zaista poveća.

POPIS LITERATURE

- [1] Maral, G., Bousquet M., 2009., *Satellite communications systems: Systems, Techniques and Technology*, 5th edn., John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom p. 3-4.
- [2] O. Montenbruck, E. Gill, 2005., *Satellite Orbits – Models, Methods and Applications*, Springer, Berlin, p. 2-8.
- [3] Nwankwo, V., Jibiri, N., Kio, M., 2020. *The Impact of Space Radiation Environment on Satellites Operation in Near-Earth Space*, Satellites Missions and Technologies for Geosciences. IntechOpen.
- [4] science.nasa.gov, *What are Van Allen Belts and why do they matter?*, Online: <https://science.nasa.gov/biological-physical/stories/van-allen-belts/> (15.07.2024.)
- [5] A. Verma, et al., 2013., *Measurement of Reliability and Availability of Satellite Communication Links: Progress and Challenges*, International Conference on Intelligent Systems and Signal Processing (ISSP)
- [6] doc. dr. sc. Zoran Mrak, Predavanje iz kolegija „Pomorske radiokomunikacije“, - Merlin 19/20
- [7] ITU, 2020., *Radio Regulations*, Volume 4., Section IV. Radio Stations and Systems – Article 1.68, ITU, Switzerland
- [8] IEEE, 2020. *IEEE Standard Letter Designations for Radar-Frequency Bands*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, New York, USA
- [9] doc. dr. sc. Sanjin Valčić, Predavanje iz kolegija "Primjena radiokomunikacijskih sustava u pomorstvu" - Merlin 22/23
- [10] Marine Satellite Systems, 2012, *Satellite Frequency Bands*, Online: http://www.marinesatellitesystems.com/index.php?page_id=101 (20.07.2024.)
- [11] dr. sc. S. Krile, 2004., *Elektroničke komunikacije u pomorstvu - Mobilne satelitske veze*, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, p. 2-6.
- [12] Inmarsat.com, *Marine Safety Solutions*, Online: <https://www.inmarsat.com/en/solutions-services/maritime/solutions/safety.html> (21.07.2024.)

- [13] Inmarsat.com, Global Coverage, Infinite Connections 2024., online: <https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html>
- [14] International Maritime Organization, 2019., *GMDSS manual : global maritime distress and safety system / IMO*, 10th edition, IMO Publication, London, p. 14-15., 16., 19.
- [15] The International Telecommunication Union, 2003. *Handbook of satellite communications*, 3rd edition, John Wiley & Sons Inc., p. 85-93.
- [16] S. D. Ilčev, 2017., *Global Mobile Satellite Communications Applications - For Maritime, Land and Aeronautical Applications*, Volume 2, 2nd edition, Springer, Durban, South Africa, p. 17-23., 336-344.
- [17] R. Cochetti, 2015, *Mobile Satellite Communications Handbook*, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, p.83-87.
- [18] Inmarsat Global Ltd., 2009., *FleetBroadband best practices manual*, International Mobile Satellite Organisation, p. 57., 3-4., 6-7.
- [19] Inmarsat.com, *BGAN*, Online: <https://www.inmarsat.com/en/solutions-services/enterprise/services/bgan.html> (24.07.2024.)
- [20] Cobham SATCOM, 2018., *SAILOR 500/250 FleetBroadband - Installation Manual*
- [21] Cobham SATCOM, 2018. *FleetBroadband Installation, Commissioning and On Board repair - Training manual*
- [22] Cobham SATCOM, 2013., *SAILOR 250 FleetBroadband Product Sheet*
- [23] Cobham SATCOM, 2013., *SAILOR 150 FleetBroadband Product Sheet*
- [24] Cobham SATCOM, 2013., *Inmarsat FleetBroadband SAILOR 3771 Alarm Panel - User manual*

POPIS SLIKA

Slika 1. Satelitski komunikacijski sustav - svemirski, upravljački i zemaljski segment.....	4
Slika 2. GEO, MEO i LEO orbite.....	6
Slika 3. Van Allen radijacijski pojas.....	8
Slika 4. Povezanost broda putem satelita.....	10
Slika 5. Pojednostavljeni prikaz globalne upotrebe Inmarsat satelitskog sustava.....	14
Slika 6. Inmarsat I-3 i I-4 satelitska konstelacija.....	16
Slika 7, Područja pokrivenosti Inmarsat satelita za GMDSS.....	17
Slika 8. Temeljni koncept BGAN mreže.....	24
Slika 9. Prikaz upravljanja radio resursima BGAN mreže.....	24
Slika 10. SAILOR 500 FleetBroadband.....	28
Slika 11. SAILOR 500 TT-3052C antenska jedinica - prednji i stražnji prikaz.....	29
Slika 12. Modul antene za praćenje satelita.....	30
Slika 13. Prijamnik antene za praćenje satelita.....	31
Slika 14. GPS modul i motor SAILOR 500 antenskog sustava.....	31
Slika 15. SAILOR 500 terminal i IP telefon.....	33
Slika 16. SAILOR 250 antenska jedinica.....	34
Slika 17. Duplekser/niskošumno pojačalo - DLNA.....	36
Slika 18. ACM - modul za kontrolu antene.....	36
Slika 19. ACM/MDM kombinirani modul.....	37
Slika 20. SAILOR 150 antenska jedinica.....	40
Slika 21. Povezivanje SAILOR 3771 alarmnog sustava i SAILOR FBB sustava.....	42
Slika 22. Inmarsat Fleet Safety sustav.....	44

Slika 23. Uzemljenje SAILOR antenske jedinice.....	46
Slika 24. Prihvatljiva udaljenost SAILOR antene od brodskog radara.....	47

POPIS TABLICA

Tablica 1. Frekvencijsko područje rada satelitskih komunikacijskih sustava.....	11
Tablica 2. Tehničke karakteristike SAILOR 500 antene.....	32
Tablica 3. Tehničke specifikacije SAILOR 250 antene.....	38
Tablica 4. Tehničke specifikacije SAILOR 150 antene.....	41
Tablica 5. Preporučene minimalne udaljenosti između SAILOR antena i radara X frekvencijskih pojaseva.....	48
Tablica 6. Preporučene minimalne udaljenosti između SAILOR antena i radara S frekvencijskih pojaseva.....	49