

Brodski vanjski komunikacijski sustavi

Knežević, Kristijan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:187:112067>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-07**



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

Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

KRISTIЈAN KNEŽEVIĆ

BRODSKI VANJSKI KOMUNIKACIJSKI SUSTAVI

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**BRODSKI VANJSKI KOMUNIKACIJSKI SUSTAVI
SHIP'S EXTERNAL COMMUNICATION SYSTEMS**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Ispitivanje brodskih električnih uređaja

Mentor: doc. dr. sc. Miroslav Bistović

Student: Kristijan Knežević

Studijski smjer: EITP

JMBAG: 0112077477

Rijeka, rujan 2023

Student: Kristijan Knežević

Studijski program: EITP

JMBAG: 0112077477

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom

BRODSKI VANJSKI KOMUNIKACIJSKI SUSTAVI

izradio samostalno pod mentorstvom

doc. dr. sc. Miroslav Bistović

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/la u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student

(potpis)



Student: Kristijan Knežević

Studijski program: EITP

JMBAG: 0112077477

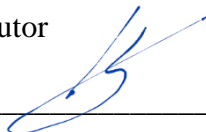
IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

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

(potpis)



SAŽETAK

Brodski vanjski komunikacijski sustavi, kao što je Globalni pomorski sustav za pomoć i sigurnost (GMDSS), radiokomunikacija i satelitska komunikacija, ključni su za učinkovitu komunikaciju i sigurnost u pomorskoj industriji. GMDSS integrira različite tehnologije, uključujući satelitsku komunikaciju, VHF i HF radio i Navtex, za prijenos poziva u pomoć, sigurnosnih informacija i navigacijskih upozorenja. VHF radio omogućuje komunikaciju brod-brod i brod-obala kratkog dometa, dok HF radio omogućuje komunikaciju velikog dometa. Satelitska komunikacija pruža globalnu pokrivenost, olakšavajući komunikaciju u stvarnom vremenu između plovila i postaja na obali. Ovi sustavi rade zajedno kako bi osigurali besprijekornu komunikaciju i koordinaciju, bez obzira na lokaciju plovila ili državu. Općenito, ovi sustavi povećavaju sigurnost, učinkovitost i koordinaciju pomorskih operacija.

Ključne riječi: GMDSS, vanjska komunikacija, radio komunikacija, satelitska komunikacija

SUMMARY

Ship's external communication systems, such as the Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS), radio communication, and satellite communication, are essential for effective communication and safety in the shipping industry. The GMDSS integrates various technologies, including satellite communication, VHF and HF radio and Navtex, to transmit distress calls, safety information, and navigational warnings. VHF radio enables short-range ship-to-ship and ship-to-shore communication, while HF radio allows for long-range communication. Satellite communication provides global coverage, facilitating real-time communication between vessels and shore-based stations. These systems work together to ensure seamless communication and coordination, regardless of vessel location or nationality. Overall, they enhance the safety, efficiency, and coordination of maritime operations.

Keywords: GMDSS, external communication, radio communication, satellite communication

SADRŽAJ

SAŽETAK	III
SUMMARY	III
SADRŽAJ	IV
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 METODE	2
1.5 STRUKTURA RADA.....	2
2. OPĆENITO O VANJSKIM KOMUNIKACIJAMA	3
2.1 RAZLIKA IZMEĐU UNUTARNJIH I VANJSKIH KOMUNIKACIJA	4
2.2 PRIMJENA U POMORSTVU	5
3. GMDSS	7
4. RADIO KOMUNIKACIJE	12
4.1 Tehnički aspekt radijskih komunikacija	13
4.2 HF Radio.....	17
4.2.1 <i>Primjena HF radija u pomorskoj komunikaciji</i>	18
4.2.2 <i>Prednosti korištenja HF radija u pomorskim uvjetima</i>	20
4.2.3 <i>Izazovi i ograničenja korištenja HF radija u pomorskim uvjetima</i>	21
4.3 VHF Radio.....	22
4.4 AIS.....	27
4.4.1 <i>Povijest AIS-a</i>	28
4.4.2 <i>Tehnički aspekt AIS-a</i>	30
4.5 NAVTEX.....	34
5. SATELITSKE KOMUNIKACIJE	38
5.1 Povijest satelitskih komunikacija	39
5.2 Primjena satelitskih komunikacija u pomorstvu.....	41
5.3 Način rada satelitske komunikacije	43
5.4 Inmarsat	48

6. ZAKLJUČAK.....	51
LITERATURA	53
POPIS SLIKA.....	55

1. UVOD

Manjak komunikacije na brodu uveliko smanjuje sigurnost broda, posade i okoliša. Primjena pouzdanih uređaja vanjskih komunikacija na brodu značajno povećava sigurnost te smanjuje rizik od potencijalne nesreće. Mogućnost sprječavanje nesreće se može promatrati kao vrijednost proporcionalnoj koliko je kvaliteta opreme vanjske brodske komunikacije napredovala.

1.1 PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

S obzirom da manjak komunikacije na relaciji kopno-brod, brod-brod može uzrokovati velike gubitke i štetu postavlja se pitanje na koji se način ti gubici mogu izbjeći ili u potpunosti svesti na minimum. Problem istraživanja je definiranje razlike između unutarnje i vanjske brodske komunikacije te kako funkcioniraju navedeni sustavi, dok je objekt istraživanja različite značajke sustava te uređaja koji se mogu primjenjivati kao objekti brodske vanjske komunikacije.

1.2 RADNA HIPOTEZA

Radnu hipotezu moguće je postaviti nakon navedenog problema, predmeta i objekta istraživanja te ona glasi: za postizanje kvalitetnog poslovanja, pogotovo unutar velikih sustava kao što je pomorstvo, neophodna je kvalitetna unutarnja komunikacija koju je moguće ostvariti uporabom različitih sustava i uređaja. Opisivanjem njihovih značajki moguće je utvrditi kako oni značajno doprinose postizanju kvalitetnog poslovanja.

1.3 SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Cilj, odnosno svrha ovog istraživanja je dokazati i predočiti čitatelju pregledni rad o brodskim vanjskim komunikacijama, te zašto se iste koriste.

1.4 ZNANSTVENE METODE

Znanstvene metode koje su korištene u ovom radu jesu: metoda promatranja, deduktivna metoda, metoda analize i sinteze, te metoda deskripcije.

1.5 STRUKTURA RADA

Rad je strukturiran u 5 dijelova uključujući uvod i zaključak. U drugom dijelu rada govori se općenito o vanjskim brodskim komunikacijama te koja je razlika između unutarnjih i vanjskih komunikacijskih sustava te primjeni vanjskih komunikacijskih sustava u pomorstvu.

Treći dio rada govori o GMDSS-u odnosno o Globalnom pomorskom sustavu za pomoć i sigurnost. Spominju se općenito o sustavu te se je citiralo što svaki brod mora imati po SOLAS konvenciji.

U četvrtom dijelu spominju se Radio komunikacije odnosno njihova povijest, tehnički aspekt te koji radiokomunikacijski sustavi se koriste na brodu. Objasnjen je način rada MF i VHF radiokomunikacijskih sustava te način rada AIS-a i NAVTEX-a.

U petom poglavlju objašnjene su satelitske komunikacije odnosno povijest, primjena u pomorstvu te način rada satelitske komunikacije. Također, objašnjen je i Inmarsat satelitski sustav.

Najvažniji rezultati istraživanja navode se nakraju rada pod poglavljem Zaključak.

2. OPĆENITO O VANJSKIM KOMUNIKACIJAMA

U svijetu pomorske industrije, vanjske brodske komunikacije igraju ključnu ulogu u održavanju sigurnosti i učinkovitosti morskih operacija. Omogućuju razmjenu podataka između broda i kopna, kao i međusobnu komunikaciju između brodova.¹

Postoje različiti sustavi za vanjsku brodsku komunikaciju koji se koriste na globalnoj razini:

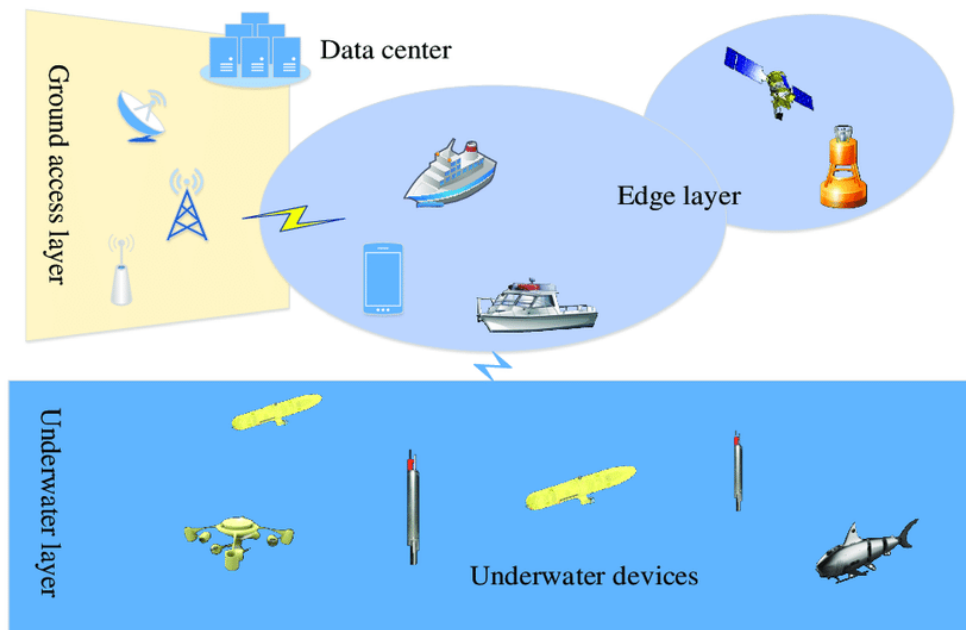
- Radiokomunikacija: Radiotelefonija je tradicionalni način komuniciranja s kopnom ili drugim brodovima putem radiofrekvencija. Koristi se VHF (*eng. Very High Frequency*) opseg za kratkotrajnu komunikaciju unutar obalnih voda ili AIS (*eng. Automatic identification system*) za razmjenu podataka između brodova.
- Satelitska komunikacija: Sateliti osiguravaju pokrivenost čak i na otvorenim morima gdje nema drugih oblika infrastrukture za telekomunikacijsku mrežu. Satelitska tehnologija omogućuje visokokvalitetne glasovne pozive, prijenos podataka, pristup internetu, praćenje brodova itd. Primjeri satelitskih usluga koje se koriste su: Inmarsat, Iridium ili Globalstar.
- Svjetski pomorski sustav za pogibelj i sigurnost (GMDSS): GMDSS (*eng. Global Maritime Distress and Safety System*) je međunarodni regulirani sustav koji osigurava obaveznu komunikaciju i sigurnost na moru. Uključuje satelitsku, radioslužbu i druge komponente koje omogućuju hitne pozive u slučaju nezgode ili potrebe za pomoći.
- Također, AIS je iznimno važan za identifikaciju brodova i stjecanje informacija o njima.²

Važno je napomenuti da su vanjske brodske komunikacije ključne za sigurnost na morima i efikasnost pomorskih operacija. Kroz upotrebu naprednih tehnologija kao što su sateliti, radiouređaji i digitalni sistemi, brodovi mogu biti povezani s kopnom te međusobno,

¹ <https://www.nautinst.org/uploads/assets/uploaded/d1af347a-7bca-4abb-9191982e536cf576.pdf>

² https://www.researchgate.net/profile/Ornulf-Rodseth-2/publication/280830195_A_system_architecture_for_an_unmanned_ship/links/55c85eb808aea2d9bdc8b28b/A-system-architecture-for-an-unmanned-ship.pdf

osiguravajući brzu razmjenu podataka i hitne komunikacije u slučajevima potrebe. Jedan primjer korištenja vanjske brodske komunikacije moguće je vidjeti na slici 1.



Slika 1. Primjer korištenja vanjske brodske komunikacije

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-maritime-communication-scenario_fig1_342753882 (14.8.2023)

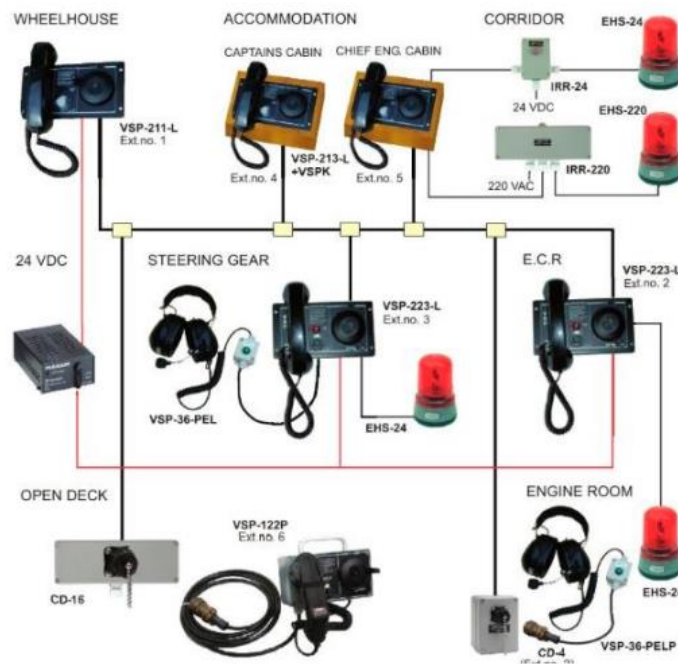
2.1 RAZLIKA IZMEĐU UNUTARNJIH I VANJSKIH KOMUNIKACIJA

Razlika između vanjske i unutarnje komunikacije možemo prikazati na način da unutarnja komunikacija pokriva komunikaciju između sudionika na brodu odnosno posade, dok vanjsku komunikaciju predstavlja komunikacija koja se događa na relaciji brod-brod ili brod-kopno. Unutarnja komunikacija može biti formalna i neformalna, dok je vanjska komunikacija u većini slučajeva formalna i detaljno dokumentirana.³

Najčešći načini komunikacije u sklopu unutarnje komunikacije se izvode putem razglasa, telefona, ručnih primopredajnika i kamerama za nadzor. Vanjska brodska komunikacija se realizira pomoću kopnenih i satelitskih sustava koji se sastoje od geostacionarnih satelita za

³ <https://repository.pfri.uniri.hr/islandora/object/pfri:2097>

odašiljanje i primanje signala kada ne postoji mogućnost korištenja obalnih stanica. Takav način komunikacije omogućuju Inmarsat, Navtex i AIS koji su zasigurno jedni od najvažnijih sustava u plovidbi. Na slici 2 moguće je vidjeti neke od vrsta unutarnjih komunikacija.



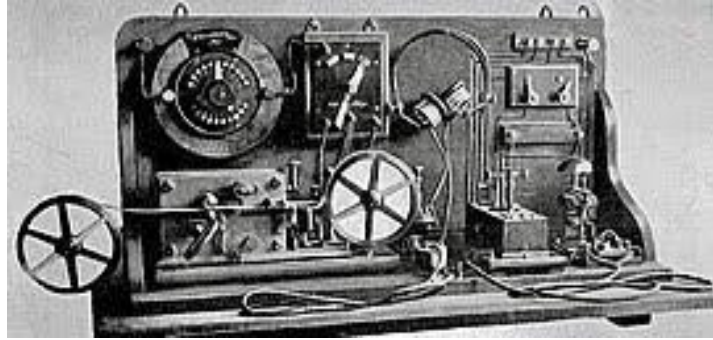
Slika 2. Prikaz unutarnje brodske komunikacije

Izvor: https://www.zenitel.com/?gclid=EAIaIQobChMI7tjUxb3q6gIViKkyCh1q3gCJEAAYASAAEgJmW_D_BwE (15.8.2023)

2.2 PRIMJENA U POMORSTVU

Kao što je već objašnjeno, komunikacija na moru uključuje prijenos informacija između raznih točaka na moru ili obali, tj. komunikacija brod-obala i brod-brod.

Put do komunikacije moguć je zvučnim ili vizualnim signaliziranjem te putem radija ili elektroničke komunikacije. Signalizacija se dijeli na signalizaciju zastavicama, treptanje svjetlosne signalizacije Morseovim simbolima, zvučna signalizacija Morseovim simbolom i davanje signala radiom, odnosno radiotelegrafijom gdje je jedan takav uređaj moguće vidjeti na slici 3.



Slika 3. Povijesni primjerak bežične telegrafije

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Radiotelegraph_receiver_from_1914.jpg (17.8.2023)

Komunikacijska oprema broda doživjela je revolucionarni korak u razvoju i kreće se od tradicionalnih ručnih zastava, baklji, semafora, zvana, glasnogovornika, do suvremene opreme koja se koristi u radiju odnosno bežična telegrafija koja je vidljiva na slici 3, radiotelefonija i satelitske komunikacije, SSB (*eng. single side band*) odašiljači, walkie-talkie setovi, VHF i FM prijemnici, primopredajnici, teleks, faks, satcom i računala koja prikazuju digitalne podatke se mogu pronaći na gotovo svakom modernijem brodu.⁴

Komunikacija između dva entiteta mora koristiti jednostavan i jasan jezik. Da bi se izbjegla bilo kakva mogućnost nesporazuma, jezik sigurnosnih komunikacijskih procedura je kodificiran, prvo u Morseov signalni kod od strane ITU-a (*eng. International Telecommunication Union*)⁵, nakon čega je uslijedio Međunarodni signalni kodeks (ICS). IMO je standardizirao pomorski engleski, što je danas poznato kao "IMO standardni pomorski navigacijski rječnik".⁶ "Seaspeak" je najnovije poboljšanje IMO standardnog rječnika za korištenje u pomorskim komunikacijama, uglavnom putem VHF radija.

4

https://www.academia.edu/10729968/A_PRESENTATION_OF_LOUD_HAILER_AND_INTERNAL_COMMUNICATIONS_TO_SHIPS

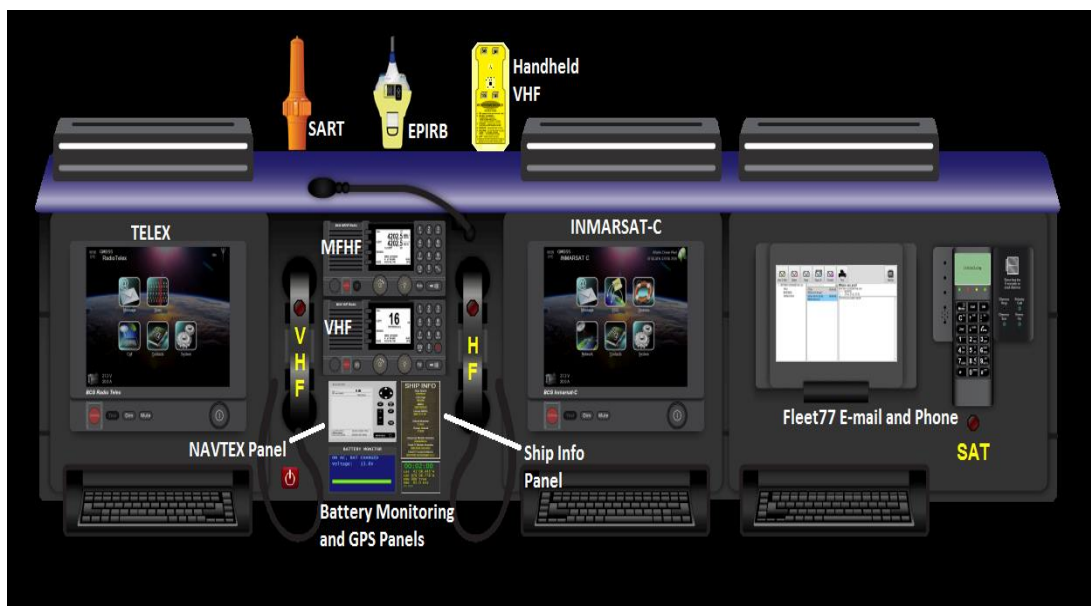
⁵ https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1677-1-200910-I!!PDF-E.pdf

⁶ <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/standardmarinecommunicationphrases.aspx>

3. GMDSS

Veliki komercijalni brodovi prelaze tisuće nautičkih milja, putujući kroz međunarodne vode dok su mjesecima na moru isporučujući teret ili pak pružaju važne usluge. Ukoliko se dogodi nesreća i brodu zatreba spašavanje i podrška, brodovi moraju koristiti međunarodno prihvaćeni sigurnosni sustav koji može upozoriti obližnje timove za potragu i spašavanje (*eng. SART- Search and Rescue*) na moru o njihovoj situaciji bilo gdje u svijetu. To se zove Globalni pomorski sustav za pomoć i sigurnost (*eng. Global Maritime Distress and Safety System*).

GMDSS je međunarodno dogovoreni radijski sigurnosni sustav i komunikacijski protokol za brodove ovlaštene od strane Međunarodne pomorske organizacije (*eng. IMO-International Maritime Organization*).⁷ GMDSS certificirana oprema koristi se za povećanje sigurnosti i olakšavanje spašavanja komercijalnih brodova u nevolji posjedovanjem jednog certificiranog sigurnosnog sustava. Brodovi koji obavljaju međunarodnu plovidbu (SOLAS) dužni su imati GMDSS certificiranu komunikacijsku opremu. Prikaz jedne GMDSS konzole moguće je vidjeti na slici 4.



Slika 4. GMDSS konzola

Izvor: <https://www.buffalocomputergraphics.com/gmdss-simulation> (25.8.2023)

⁷ <https://gmdstesters.com/radio-survey/general/global-maritime-distress-and-safety-system.html>

Svaki GMDSS brod mora imati sljedeću minimalnu opremu (kako je definirano SOLAS Chapter IV - Radiocommunications IV - Part C - Ship requirements - Regulation 7 - Radio equipment: General, page 439)⁸

1. Svaki brod mora imati:

.1. VHF radio koji može odašiljati i primati:

.1.1. DSC na frekvenciji 156,525 MHz (kanal 70). Mora biti moguće pokrenuti poziv u pomoć (*eng distress call*) u slučaju opasnosti na kanalu 70 od položaja s kojeg se brod normalno navigira

.1.2. radiotelefoniju na frekvencijama 156.300 MHz (kanal 6), 156.650 MHz (kanal 13) i 156.800 MHz (kanal 16);

.2. radioinstalacija sposobna održavati kontinuirani DSC nadzor na VHF kanalu 70 koji može biti odvojen od ili u kombinaciji s zahtjevom podstavke 1.1

.3. radarski transponder koji može raditi u pojasu od 9 GHz, koji:

.3.1. mora biti tako posložen da se može lako koristiti; i

.3.2. može biti jedna od onih koje zahtijeva pravilo III/2 za brodicu za spašavanje;

.4. prijamnik koji može primati međunarodne NAVTEX usluge emitiranja ako je brod angažiran na putovanjima u bilo kojem području u kojem se pruža međunarodna NAVTEX usluga;

.5. radio uređaj za primanje informacija o pomorskoj sigurnosti od strane Inmarsat poboljšanog sustava za grupno pozivanje ako je brod angažiran na putovanjima u bilo kojem području pokrivenosti Inmarsata, ali u kojem se ne pruža međunarodna NAVTEX usluga. Međutim, brodovi su angažirani isključivo na putovanjima u područjima gdje se pruža i opremljena HF

⁸ <https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/SOLAS.aspx>

telegrafaska služba za sigurnosnu pomorsku sigurnost s izravnim ispisa opreme koja može primiti takvu uslugu, može biti izuzeta od ovog zahtjeva.

.6. u skladu s odredbama pravila 8.3, satelitski radijski uređaj za označavanje položaja u nuždi (satelitski EPIRB) mora biti:

.6.1. sposoban odašiljati uzbunu u slučaju opasnosti ili putem satelitske službe u polarnoj orbiti koja radi u pojasu od 406 MHz ili, ako je brod angažiran samo na putovanjima unutar Inmarsat pokrivenosti, putem Inmarsat geostacionarne satelitske usluge koja radi u pojasu od 1,6 GHz;

.6.2. instaliran na lako dostupnom mjestu;

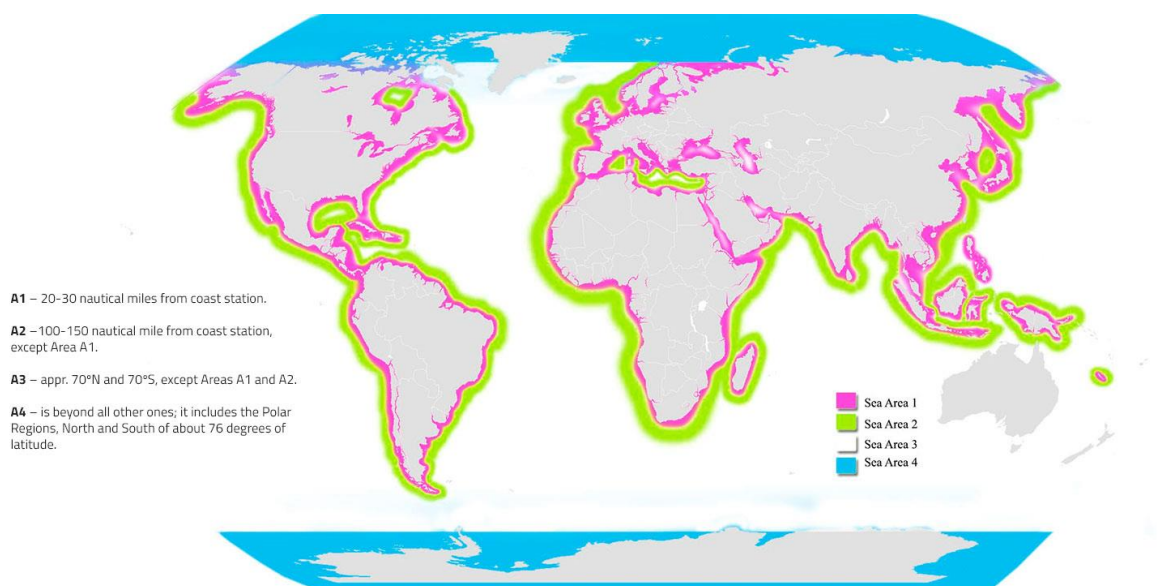
.6.3. spreman za ručno otpuštanje i sposoban za nošenje jedne osobe u čamcu za preživljavanje;

.6.4. mogu slobodno plutati ako brod potone i automatski se aktivirati kada plutaju; i

.6.5. mogućnost ručnog aktiviranja.

2. Svaki putnički brod mora imati sredstva za dvosmjernu radiokomunikaciju na licu mjesta u svrhu potrage i spašavanja korištenjem zrakoplovne frekvencije 121,5 MHz i 123,1 MHz od pozicije s koje se brod normalno upravlja.

GMDSS navodi da se određeni radijski uređaji mogu koristiti samo u vezi s područjem rada broda, a dalje u tekstu su objašnjena morska područja A1, A2, A3 i A4 i koje se vrste radijskih uređaja tamo mogu koristiti te kako su raspoređena područja u svijetu je moguće vidjeti na slici 5.



Slika 5. Karta područja pokrivenosti radijske komunikacije

Izvor: <https://gmdsstesters.com/radio-survey/general/gmdss-equipment-carriage-requirements-for-solas-ships.html> (25.8.2023)

A1 morsko područje:

Ovo područje je unutar pokrivenosti VHF obalnih postaja gdje je dostupno DSC (*eng. Digital selective calling*) (CH. 70/156,525 MHz) tako da je potrebno koristiti primopredajnike koji podržavaju VHF i DSC mogućnosti. Obično se ovo područje može protezati 30 do 40 nautičkih milja (56 do 74 km) od obalne radio postaje.

A2 morsko područje:

Ovo isključuje morsko područje A1 i pruža pokrivenost najmanje jedne MF obalne postaje i dostupno je kontinuirano DSC (2187,5 kHz) uzbunjivanje tako da je potrebno postaviti VHF i MF radio stanicu. Ovo se područje obično proteže do 180 nautičkih milja (330 km) od obale tijekom dana i 150 nautičkih milja (280 km) od obale tijekom noćnih sati.

A3 morsko područje:

Isključujući morska područja A1 i A2, ovo je područje unutar pokrivenosti geostacionarnih satelita INMARSAT. Ovdje je potreban kompletan VHF radio i MF/HF radio ili INMARSAT stanica. Ovo područje pokriva 70 stupnjeva sjeverne geografske širine i 70 stupnjeva južne geografske širine.

A4 morsko područje:

Ovo područje isključuje A1, A2 i A3 morskog područja i u biti je polarna regija. U ovom području mora se koristiti kompletna VHF i MF/HF radio postaja. Ovo pokriva 71 stupanj sjeverne geografske širine i iznad 71 stupnja južne geografske širine.

4. RADIO KOMUNIKACIJE

Povijest radio komunikacije fascinantno je putovanje koje se proteže više od jednog stoljeća, revolucionarizirajući komunikaciju i oblikujući suvremeni svijet. Radijska tehnologija može se pratiti unatrag do kraja 19. stoljeća kada je nekoliko izumitelja došlo do ključnih otkrića u bežičnoj telegrafiji. Povijest i napredak radija može se podijeliti u 10 ključnih događaja:

1. Izum bežične telegrafije: temelje za radio postavili su izumitelji poput Samuela Morsea, koji je razvio telegrafске sustave za slanje kodiranih poruka na velike udaljenosti pomoću električnih signala. To je dovelo do napretka u bežičnom prijenosu.
2. Otkriće elektromagnetskih valova: 1880-ih, teorija Jamesa Clerka Maxwella o elektromagnetskim valovima otkrila je način na koji se informacije mogu prenositi kroz prostor bez žica.
3. Eksperimenti Heinricha Hertza: Heinrich Hertz proveo je eksperimente između 1885. i 1889. koji su pokazali postojanje i svojstva elektromagnetskih valova, potvrđujući Maxwellove teorije.
4. Bežična komunikacija Guglielma Marconija: Talijanskom izumitelju Guglielmu Marconiju često se pripisuje značajan doprinos ranim praktičnim bežičnim komunikacijskim sustavima krajem 19. stoljeća. Uspješno je poslao bežične signale na velike udaljenosti preko kopna i vode.
5. Prvi transatlantski radioprijenos: U prosincu 1901. Marconi je postigao veliki napredak odašiljanjem radio signala preko Atlantskog oceana od Cornwalla u Engleskoj do St John'sa u Newfoundland dokazujući da radiokomunikacija ima ogroman potencijal.
6. Osnivanje postaja za emitiranje: Kako je vrijeme odmicalo, postaje za emitiranje počele su se pojavljivati diljem svijeta tijekom ranog 20. stoljeća. Te su se postaje u početku usredotočile na komunikaciju od točke do točke, ali su se kasnije razvile u zabavne emisije koje dopiru do masovne publike.
7. Razvoj frekvencijske modulacije (*eng. FM-Frequency modulation*): Američki inženjer Edwin Armstrong predstavio je FM kao poboljšanje u odnosu na amplitudnu modulaciju (*eng. AM-Amplitude modulation*) sredinom 1930-ih, nudeći bolju kvalitetu zvuka i otpornost na smetnje.

8. Rast komercijalnog radija: 1920-e godine obilježile su uspon komercijalnog radijskog emitiranja, a tvrtke su prepoznale njegov potencijal za oglašavanje i zabavu. Ovo je doba svjedočilo rađanju radijskih mreža i kulturnih emisija koje su postale sastavni dio popularne kulture.
9. Radio u vrijeme krize: Tijekom Drugog svjetskog rata radio je igrao ključnu ulogu u širenju vijesti, propagandi i jačanju morala među vojnicima i civilima. Nastavio je služiti kao kritični medij tijekom drugih velikih događaja kao što su prirodne katastrofe ili politički preokreti.
10. Evolucija u digitalno emitiranje: Posljednjih desetljeća, tradicionalni analogni radio je prešao na digitalne formate kao što je digitalno audio emitiranje (*eng. DAB- Digital Audio Broadcast*) i Internet streaming, nudeći poboljšanu kvalitetu zvuka i dodatne značajke.

Povijest radija je široka i obuhvaća brojna tehnološka dostignuća koja su oblikovala naš današnji svijet. Transformirao se iz ranih eksperimenata u bežičnoj komunikaciji u esencijalni medij za širenje informacija, zabavu, hitne emisije i kulturno izražavanje.

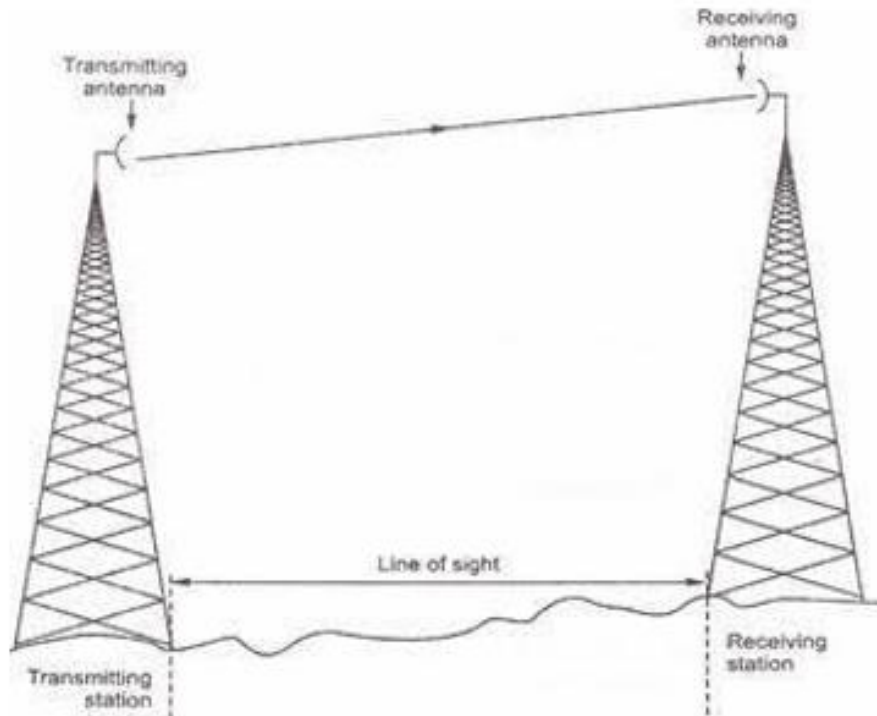
4.1 Tehnički aspekt radijskih komunikacija

Radio je uređaj ispunjen elektroničkim komponentama koji detektiraju i primaju radiovalove i pretvara ih natrag u zvukove koje ljudsko uho može čuti.⁹ Iako radijsko emitiranje nije toliko popularno kao nekada, osnovna ideja bežične komunikacije i dalje je iznimno važna: u posljednjih nekoliko godina radio je postao srce novih tehnologija kao što su bežični internet, mobiteli i RFID čipovi (*eng. Radio-frequency Identification*).

Smisao riječi radio znači slanje energije valovima. Drugim riječima, to je metoda prijenosa električne energije s jednog mjesta na drugo bez korištenja bilo kakve izravne, žičane veze te se zbog toga se često naziva bežičnim. Oprema koja šalje radio valove poznata je kao odašiljač (*eng. transmitter*). Radijski val koji šalje odašiljač putuje zrakom možda s jedne strane svijeta na drugu i završava svoje putovanje kada stigne do drugog dijela opreme koji se zove prijateljnik (*eng. receiver*).

⁹ <https://www.explainthatstuff.com/radio.html>

Kada se produži antena na radijskom prijamniku, ona dohvaća dio elektromagnetske energije koja prolazi. Podešavanjem radija na stanicu, elektronički sklop unutar radija odabire samo onaj program koji korisnik želi od svih onih koji se emitiraju. Kako radiovalovi putuju od odašiljača do prijamnika može se vidjeti na slici 6.



Slika 6. Prikaz komunikacije između antena

Izvor: [http://www.engineeringdone.com/microwave-propagation/microwave-propagation-system/\(1.9.2023\)](http://www.engineeringdone.com/microwave-propagation/microwave-propagation-system/(1.9.2023))

Redoslijed radnji prilikom radijske komunikacije:

1. Elektroni putuju gore-dolje po odašiljaču, stvarajući radio valove.
2. Radio valovi putuju kroz zrak brzinom svjetlosti.
3. Kada radiovalovi udare u prijamnik, tjeraju elektrone da vibriraju unutar njega, ponovno stvarajući izvorni signal. Taj se proces može dogoditi između jednog snažnog odašiljača i mnogo prijamnika—zbog čega tisuće ili milijuni ljudi mogu uhvatiti isti radijski signal u isto vrijeme.

Elektromagnetska energija, koja je mješavina elektriciteta i magnetizma, putuje konstantno u valovima poput onih na površini oceana. Oni se nazivaju radio valovi. Poput oceanskih valova,

radio valovi imaju određenu brzinu, duljinu i frekvenciju. Brzina je jednostavno koliko brzo val putuje između dva mjesta. Valna duljina (λ) je udaljenost između jednog vrha vala i sljedećeg, dok je frekvencija broj valova koji dolaze svake sekunde. Frekvencija se mjeri jedinicom koja se zove herc (Hz), pa ako u sekundi stigne sedam valova, to nazivamo sedam herca (7 Hz).

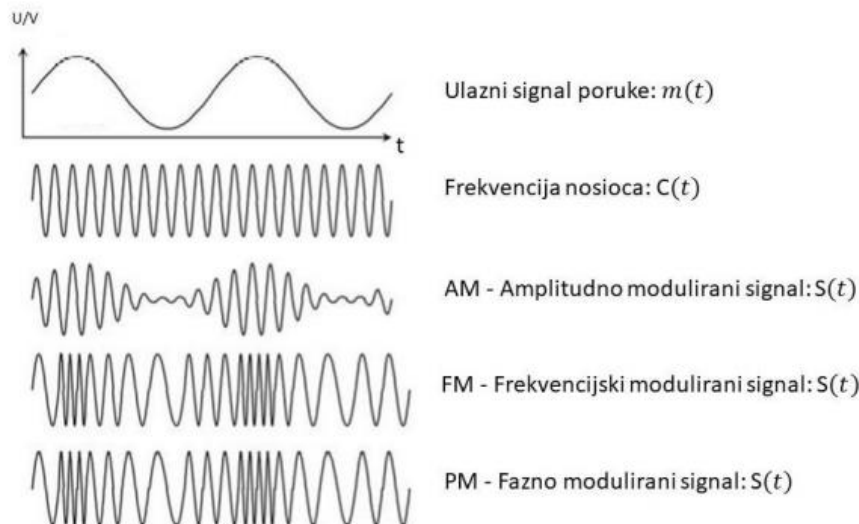
Promatranje radija koji stoji na polici i pokušava uhvatiti valove koji se gibaju u njegovom smjeru možemo usporediti sa promatranjem valova u moru. Međutim, radio valovi su mnogo brži, duži i češći od morskih valova. Njihova je valna duljina tipično stotinama metara — dakle, to je udaljenost između jednog vrha vala i sljedećeg. Ali njihova frekvencija može biti u milijunima herca—tako da milijuni ovih valova dolaze svake sekunde. Ako su valovi dugi stotine metara, kako ih milijuni mogu stizati tako često? Jednostavno je. Radio valovi putuju brzinom svjetlosti (300 000 m/s).

Morski valovi nose energiju tjerajući vodu da se kreće gore-dolje. Na gotovo isti način, radio valovi prenose energiju kao nevidljivo kretanje elektriciteta i magnetizma gore-dolje. Oni prenose signal s odašiljača antene, koja je spojena na radio stanicu, na manju antenu na radiju. Poruka se prenosi izmjenom radijskog vala koji se naziva val nosioc. Taj se proces naziva modulacija. Ponekad se poruka prenosi na način da signal uzrokuje fluktuacije frekvencije nositelja. To se zove frekventna modulacija (FM).¹⁰ Drugi način slanja radio signala je povećanje ili smanjenje vrhova vala nosioca. Budući da se veličina vala naziva njegovom amplitudom, ovaj proces je poznat kao amplitudna modulacija (AM). Frekvencijska modulacija je način na koji se emitira FM radio; amplitudna modulacija je tehnika koju koriste AM radio stanice. Fazna modulacija (*eng. PM- Phase Modulation*) je tehnika modulacije koja se koristi u komunikacijskim sustavima za kodiranje informacija mijenjanjem faze nosivog signala. Usko je povezana s frekvencijskom modulacijom (FM), budući da obje tehnike uključuju promjenu nekog aspekta vala nositelja za prijenos željenih podataka. U PM-u, trenutna faza signala nositelja modificira se prema ulaznom signalu.

Iz priložene slike 7. može se uočiti kako ulazni signal poruke $m(t)$ mijenja određene parametre signala nosioca $C(t)$ ovisno o tome koja tehnika modulacije se primjenjuje. Kod amplitudno moduliranog signala na slici 7. možemo vidjeti kako je signal poruke $m(t)$ utjecao na amplitudu signala nosioca $C(t)$ dok su sva ostala svojstva nosioca ostala ista. Kod frekvencijske

¹⁰ <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/frequency-modulation>

modulacije, za razliku od amplitudne modulacije, imamo stalnu (nepromjenjivu) vrijednost amplitude signala nosioca, dok se frekvencija i faza mijenjaju u ovisnosti o ulaznom signalu. Kod fazne modulacije faza je promjenjiva u ovisnosti o ulaznom modulirajućem signalu dok su svi ostali parametri (frekvencija i amplituda) nepromjenjivi.¹¹



Slika 7. Prikaz modulacije signala

Izvor: <https://repositorij.vuka.hr/en/islandora/object/vuka:2374> (2.9.2023)

Postupak kojim iz moduliranog vala uklanjamo val nosioc s ciljem dobivanja „čistog“ modulacijskog vala koji sadrži informaciju nazivamo demodulacija.¹² Kao i kod modulacije, postoje različite tehnike koje se koriste za demoduliranje radio signala ovisne o modulacijskoj shemi koja se koristi.

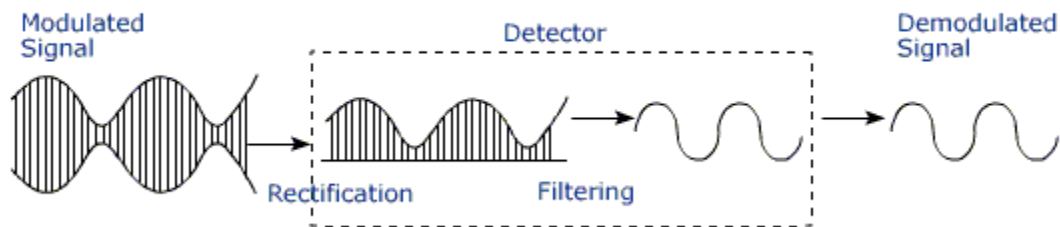
Amplitudna (AM) Demodulacija je jedna od najranijih i najjednostavnijih tehnika modulacije.¹³ Za oporavak osnovnopojasnog signala u AM demodulaciji koristimo tehnike poput “detekcije omotnice“ (*eng. Envelope detection*)” ili sinkrone detekcije pomoću dioda i filtara. Detekcija omotnice ispravlja i niskopropusni filtrira primljeni signal kako bi se izravno izdvojile njegove

¹¹ <https://repositorij.vuka.hr/en/islandora/object/vuka:2374>

¹² <https://zir.nsk.hr/islandora/object/phyri:238>

¹³ <https://mario-rodriquez.medium.com/amplitude-modulation-am-python-simulations-with-numpy-1fc50a4762af>

varijacije amplitude. S druge strane, sinkrona detekcija koristi lokalni oscilator sinkroniziran s nosivom frekvencijom za množenje s primljenim signalom i izdvajanje informacija o osnovnom pojasu.



Slika 8. Prikaz demodulacije signala

Izvor: <https://isaacscienceblog.com/2018/07/06/demodulation/> (2.9.2023)

Frekvencijska (FM) Demodulacija je modulacija koja kodira informacije promjenom frekvencijskih odstupanja unutar vala nositelja.¹⁴ Najčešća tehnika za FM demodulaciju naziva se "frekvenijski diskriminator" (eng. *Frequency discriminator*) ili "fazno zaključana petlja" (eng. *PLL-Phase-Locked Loop*). Ova tehnika uspoređuje fazne razlike između uzastopnih ciklusa dolaznih FM valova kako bi se proizveo izlazni napon proporcionalan varijacijama frekvencije poruke.

Fazna modulacija (PM) Demodulacija: PM mijenja samo karakteristike faze dok održava konstantnu amplitudu tijekom prijenosa. Jedna popularna metoda koja se koristi za PM demodulaciju poznata je kao "fazni detektor" ili "Costasova petlja". Koristi mikser i filtre zajedno s povratnim petljama za praćenje faznih promjena kako bi se točno dohvatili signali osnovnog pojasa.

4.2 HF Radio

Pomorska industrija uvelike se oslanja na različite komunikacijske sustave kako bi osigurala sigurne i učinkovite operacije na moru. Jedna ključna tehnologija koja se koristi u ovoj domeni je visokofrekventni (eng *HF- High Frequency*) radio. HF radio ima ključnu ulogu

¹⁴ <https://www.heavy.ai/technical-glossary/frequency-modulation>

u omogućavanju pouzdane komunikacije između brodova, obalnih postaja i drugih subjekata uključenih u pomorske aktivnosti.¹⁵ Na slici 9 moguće je vidjeti jednu vrstu HF radio uređaja.



Slika 9. HF radio

Izvor: https://www.motorolasolutions.com/en_xu/products/two-way-radios-licensed/analog-business-radios/vx-1700.html#tabaccessories(2.9.2023)

4.2.1 Primjena HF radija u pomorskoj komunikaciji

HF radijska tehnologija igra ključnu ulogu u omogućavanju učinkovite komunikacije unutar pomorske plovidbe te nudi nekoliko operacija koje osiguravaju sigurne i učinkovito korištenje.

Jedna od primarnih operacija HF radija u pomorskoj pomoći je komunikacija brod-kopno. Brodovi koji plovo daleko od kopna ili izvan dometa visokofrekventnih (*eng. VHF- Very High Ferquency*) radija komuniciraju na HF radijima kako bi uspostavili pouzdanu komunikaciju s obalnim postajama ili vlastima. Ovo brodovima omogućuje prijenos važnih informacija poput izvješća o položaju, ažuriranja padalina, funkcionalnih poruka, poziva u pomoć i zahtjeva za potporu. HF radio pruža brodovima ključno sredstvo za održavanje kontakta s kopnenim institucijama bez obzira na njihovu udaljenost od kopna. Ova sposobnost osigurava da brodovi

¹⁵ <https://www.collimator.ai/reference-guides/what-are-hf-band-conditions>

moгу trenutno prenijeti kritične informacije i primiti potrebne upute ili podršku kada se to od njih zatraži.

HF radio također olakšava izravnu komunikaciju između brodova kada su izvan područja sadržaja VHF radija ili imaju sigurne kanale za izvanrednu komunikaciju vezanu uz navigaciju ili sigurnosne protokole. U situacijama kada više brodova treba koordinirati svoje položaje ili dijeliti vitalne informacije na velikim udaljenostima, HF komunikacija između brodova je izrazito korisna. Također, pouzdana komunikacija između brodova poboljšava svjesnost situacije i omogućuje besprijekornu suradnju između brodova.

Obalne postaje opremljene snažnim odašiljačima služe kao vitalne točke za prijenos informacija između više brodova u golemim oceanskim regijama. Ove postaje djeluju kao posrednici koji povezuju brodove s kopnenim institucijama, poput lučkih vlasti, obalne straže, centra za kontrolu pomorskog poslovanja, meteoroloških udruženja i centara za spašavanje. Komunikacija uključuje prosljeđivanje nautičkih upozorenja, ažuriranja padalina, uputa za luke, poslovne savjete, carinske potvrde i druge bitne informacije potrebne za neometane pomorske operacije.

HF radio igra ključnu ulogu u operacijama traženja i spašavanja (*eng. SAR- Search and Rescue*) u oceanu.¹⁶ Tijekom ekstremnih situacija ili nesreća s kojima se susreću brodovi ili pojedinci na brodu, HF radio uređaji daju sredstvo za učinkovitu komunikaciju za koordinaciju SAR-a. Namjenske frekvencije unutar HF pojasa dodijeljene su za potrebe SAR-a i one omogućuju jasne komunikacijske kanale među spasiocima na brodu ili zrakoplovima koji sudjeluju u traženju sa brodom koji traži podršku. Korištenje standardiziranih protokola osigurava učinkovitu razmjenu informacija tijekom SAR operacija uz održavanje suradnje s obalnim postajama i vlastima.

Meteorološka udruženja koriste namjensku frekvenciju unutar HF pojasa za emitiranje vremenskog izvješća ostalim sudionicima u pomorskom prometu. Ova emitiranja uključuju ključna ažuriranja poput upozorenja na oluje, upozorenja na valove, informacije o praćenju

¹⁶ <https://www.international-maritime-rescue.org/news/sar-communication-understanding-effective-human-communication-skills-2>

tropskih ciklona, izvješća o stanju oceana, stanje leda u polarnim regijama ili bilo koje druge meteorološke podatke primjenjive za sigurnu plovidbu.

4.2.2 Prednosti korištenja HF radija u pomorskim uvjetima

HF radio tehnologija nudi nekoliko prednosti kada se koristi u pomorskim okruženjima. Ove prednosti doprinose pouzdanosti, učinkovitosti i sigurnosti komunikacije na oceanu.

Jedna značajna prednost HF radija je njegova sposobnost pružanja sadržaja na velikim udaljenostima za komunikaciju na oceanu. Komunikacija na velikim udaljenostima koju omogućava HF radio posebno je koristan za brodove koji plove u udaljenim područjima ili na prekoceanskim prolazima gdje drugi oblici komunikacije mogu biti ograničeni ili nedostupni.¹⁷ Osigurava da brodovi mogu uspostaviti kontakt s obalnim postajama, vlastima ili drugim brodovima čak i kada se nalaze daleko od kopna.

U usporedbi sa satelitskim komunikacijskim sustavima, HF radijski uređaji nude dodatni troškovno učinkovit rezultat za pomorce koji nemaju pristup satelitskim komunikacijama ali ipak trebaju pouzdane glasovnu komunikaciju na velikim udaljenostima.

Satelitska slanja često uključuju značajne strukturne troškove i obnavljanje servisnih tereta. Nasuprot tome, HF radio sustav koji je prije bio instaliran na brodu, općenito zahtijeva manju zaštitu i izbjegava tekuće troškove pretplate. Ova ekonomičnost čini ga zanimljivim i pouzdanim izborom za brodovlasnike i pomorce koji žele uspostaviti pouzdanu komunikaciju na daljinu bez značajnih fiskalnih opterećenja.

Zaključno, prednosti korištenja HF radija u pomorskim okruženjima uključuju njegovu sposobnost pružanja sadržaja na velikim udaljenostima izvan granica vidljivosti, prilagodljivost tijekom kritičnih situacija kada drugi oblici komunikacije mogu zakazati i isplativost u usporedbi sa satelitskom komunikacijom. Ove prednosti čine HF radio neophodnim alatom za učinkovitu i pouzdanu komunikaciju na oceanu.

¹⁷ https://www.pfri.uniri.hr/bopri/documents/MaritimeCommunicationsandSMCP_002.pdf

4.2.3 Izazovi i ograničenja korištenja HF radija u pomorskim uvjetima

Iako HF radijska tehnologija nudi nekoliko prednosti za pomorsku komunikaciju, ona se također suočava s određenim izazovima i ograničenjima koja treba uzeti u obzir. Razumijevanje ovih čimbenika ključno je za učinkovito korištenje HF radija u pomorskoj industriji.

Jedan značajan izazov kod HF radija je održavanje dosljedne kvalitete signala.¹⁸ Na kvalitetu HF signala mogu utjecati različiti atmosferski uvjeti, poput sunčevih baklji ili geomagnetskih poremećaja, koji mogu uzrokovati blijedenje ili prekide tijekom prijenosa.¹⁹ Ovi uvjeti mogu dovesti do smanjene jasnoće i pouzdanosti komunikacije. Osim toga, smetnje iz drugih elektromagnetskih izvora predstavljaju potencijalni izazov pri radu na zajedničkim frekvencijskim pojasima. Elektronički uređaji u blizini ili snažni odašiljači koji rade na susjednim frekvencijama mogu unijeti šum u primljene signale, što dodatno pogoršava ukupnu kvalitetu signala. Ulažu se naponi kako bi se ublažili ovi izazovi kroz napredne modulacijske sheme, tehnike ispravljanja grešaka i adaptivne algoritme za obradu signala koji povećavaju robusnost HF komunikacija.

U usporedbi s modernim bežičnim tehnologijama poput satelitskih komunikacija ili širokopojsnih mreža, HF radio uređaji imaju ograničenu propusnost. Uska propusnost ograničava brzine prijenosa podataka koje se mogu postići putem ovog medija. Posljedično, prijenos velikih količina podataka preko HF veze postaje dugotrajan u usporedbi s alternativama veće brzine. Primarna svrha korištenja HF radija u pomorskoj komunikaciji često je glasovna komunikacija, a ne prijenos podataka velikom propusnošću. Međutim, napredak u digitalnim načinima rada kao što je Automatic Link Establishment (ALE) poboljšao je mogućnosti prijenosa podataka preko HF kanala, ali još uvijek zaostaje u usporedbi s danas dostupnim širokopojsnim rješenjima. Unatoč tome, uzimajući u obzir njegovu namjenu za govornu komunikaciju na velikim udaljenostima izvan ograničenja dometa vidljivosti, ograničena propusnost koju nudi HF radio ostaje dovoljna za većinu bitnih aplikacija na moru.

¹⁸ https://www.researchgate.net/publication/305445549_Secure_Wireless_HF_Communication_Networks

¹⁹ https://www.sws.bom.gov.au/HF_Systems/8/2

Pravilan rad HF radio sustava zahtijeva specijalizirano znanje o odabiru frekvencije, karakteristikama širenja, praksi ugađanja antene i razumijevanju protokola specifičnih za pomorske operacije. Ova složenost zahtijeva odgovarajuću obuku za učinkovitu upotrebu na brodovima. Pomorci moraju biti obučeni za korištenje HF radija kako bi se osigurala optimalna izvedba i iskorištenost. Poznavanje operativnih postupaka, tehnika za rješavanje problema i najboljih praksi bitno je za učinkovito korištenje HF radio sustava. Kako tehnologija napreduje i nove značajke se uvode u moderne HF primopredajnike, stalna obuka postaje neophodna kako bi osoblje bilo ažurirano o najnovijim mogućnostima i funkcionalnostima.

Korištenje HF radija unutar različitih regija može zahtijevati poštivanje regulatornih okvira koje su postavile nacionalne ili međunarodne vlasti. Zahtjevi za licenciranje ili dodjela spektra mogu se razlikovati od zemlje do zemlje. Pomorci moraju biti svjesni ovih propisa kada koriste svoje HF radio uređaje unutar teritorijalnih voda ili dok prelaze međunarodne granice.

Osiguravanje usklađenosti s relevantnim propisima osigurava da komunikacija korištenjem HF radija ostane zakonita i bez smetnji, dok se održava koordinacija između brodova u različitim jurisdikcijama.

Kako tehnologija napreduje, istraživanje koje je u tijeku ima za cilj rješavanje ovih izazova razvojem poboljšanih tehnika obrade signala, istraživanjem boljih shema modulacije i integracijom HF radio sustava s drugim novim tehnologijama. Iskorištavanjem prednosti HF radija uz rješavanje njegovih ograničenja, pomorska industrija može održavati učinkovite komunikacijske mreže koje povećavaju sigurnost i operativnu učinkovitost na moru.

4.3 VHF Radio

VHF radiokomunikacije igraju ključnu ulogu u osiguravanju učinkovite i pouzdane komunikacije unutar pomorske industrije.²⁰ Svojim jedinstvenim karakteristikama i funkcionalnostima VHF radijski uređaji koji je vidljiv na slici 10 postali su nezamjenjiv alat za koordinaciju i sigurnost na moru.

²⁰ <https://www.ijert.org/satellite-and-vhf-enabled-assistance-for-marine-navigation>



Slika 10. VHF radio

Izvor: <https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=1181>(5.9.2023)

Pomorska industrija uvelike se oslanja na učinkovite komunikacijske sustave kako bi osigurala sigurnu plovidbu, operativnu učinkovitost, sposobnosti odgovora u hitnim slučajevima i opću koordinaciju među brodova na moru. Među raznim dostupnim opcijama za bežične komunikacijske tehnologije kao što su već opisani HF , MF (*eng. Medium Frequency*), satelitski sustavi ili mobilne mreže, VHF radijski uređaji ističu se kao preferirani izbor zbog nekoliko prednosti specifičnih za ovaj frekvencijski raspon. VHF radijski uređaji rade unutar vrlo visokog frekvencijskog pojasa koji je globalno dodijeljen između 156 MHz i 174 MHz posebno za pomorsku komunikaciju.²¹ Ovaj frekvencijski raspon pruža brojne prednosti uključujući dobre atmosferske karakteristike širenja koje omogućuju jasan prijenos glasa na relativno kratkim udaljenostima bez značajne degradacije signala.

U kontekstu pomorske primjene, brojni čimbenici pridonose značaju VHF radio sustava. Sigurnosna komunikacija najvažnija je u svakoj pomorskoj operaciji gdje brzo uzbunjivanje u slučaju opasnosti može spasiti živote i omogućiti brze reakcije spašavanja. Korištenjem određenih kanala kao što je Channel 16 međunarodno priznat od strane organizacija kao što je Međunarodna pomorska organizacija (IMO), pomorci mogu odašiljati pozive u pomoć tijekom hitnih slučajeva koristeći tehnologiju digitalnog selektivnog pozivanja (DSC) ugrađenu u moderne pomorske VHF radio uređaje.

²¹ https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2231-1-2014-PDF-E.pdf

Koordinacija plovidbe još je jedan kritičan aspekt pomorskih operacija gdje precizna razmjena navigacijskih informacija osigurava siguran prolaz kroz zakrčene plovne putove ili usklađenost sa shemama razdvajanja prometa. VHF radijski uređaji omogućuju komunikaciju u stvarnom vremenu između brodova i između brodova i obalnih postaja, omogućujući razmjenu između mostova, širenje navigacijskih upozorenja, zahtjeve za pomoć pri pilotiranju i druge koordinacijske napore.

Radna ažuriranja i opća komunikacija brod-brod ili brod-obala olakšavaju se VHF radijima u pomorskoj industriji. Ovi sustavi služe kao primarni način komunikacije za razmjenu operativnih informacija u vezi s uputama za rukovanje teretom, dogovorima veza, ažuriranjem vremenskih uvjeta, provjerama usklađenosti sigurnosnih protokola. Nadalje, promiču društvene interakcije među članovima posade različitih brodova koji plove zajedno u neposrednoj blizini na moru.

Razmjena informacija o vremenu ključna je za pomorce kako bi donosili informirane odluke o planiranju rute i izbjegavanju nepovoljnih vremenskih uvjeta koji bi mogli ugroziti sigurnost broda. VHF radijski uređaji omogućuju pristup namjenskim postajama ili relevantnim tijelima odgovornim za emitiranje vremenskih izvješća u stvarnom vremenu, prognoza i upozorenja specifičnih za pomorsko područje.²² To pomorcima omogućuje prilagodbu rasporeda plovidbe u skladu s tim, istovremeno osiguravajući pripravnost tijekom jakih oluja ili drugih opasnih meteoroloških događaja.

U situacijama opasnosti u kojima je vrijeme kritično, pouzdani komunikacijski kanali ključni su za koordinaciju spasilačkih napora između brodova uključenih u operacije spašavanja i spašavanja i obalnih centara za koordinaciju spašavanja na obali. Signali za pomoć primljeni preko VHF radija opremljenih DSC tehnologijom ubrzavaju vrijeme odgovora pružanjem preciznih informacija o položaju koje se automatski prenose zajedno s upozorenjima za pomoć.

Tehnološki napredak značajno je poboljšao funkcionalnost pomorskih VHF radio sustava tijekom godina. Digitalno selektivno pozivanje (DSC) revolucioniralo je signaliziranje opasnosti automatiziranjem hitnih upozorenja s točnim podacima o položaju umjesto oslanjanja isključivo na metode glasovnog prijenosa. Ova značajka ubrzava odgovore u hitnim

²² https://www.pfri.uniri.hr/bopri/documents/MaritimeCommunicationsandSMCP_002.pdf

slučajevima istovremeno smanjujući potencijalne pogreške povezane s ručnim slanjem pojedinosti o poziciji.

Nadalje, moderni pomorski VHF radio uređaji uključuju dodatne značajke kao što su integracija AIS-a, mogućnosti upozorenja o vremenskim prilikama, integrirani GPS(*eng. Global Positioning System*) prijamnici i poboljšana kvaliteta zvuka za poboljšanu svijest o situaciji i učinkovitost komunikacije. Ovaj napredak transformirao je VHF radio u višenamjenske uređaje koji se mogu integrirati s drugom navigacijskom opremom na brodu.

Korištenje VHF radijskih sustava u pomorskoj komunikaciji regulirano je međunarodnim regulatornim okvirima koje su uspostavile organizacije poput ITU i IMO-a.²³ Ovi propisi osiguravaju standardizirane prakse u cijelom svijetu, istovremeno promičući učinkovito korištenje frekvencije, interoperabilnost između različitih brodova i objekata na obali u regijama, zahtjeve licenciranja za operatere

VHF radijski uređaji služe kao pouzdano sredstvo sigurnosne komunikacije na moru. S namjenskim kanalima za pomoć kao što je Kanal 16, pomorci mogu odašiljati pozive za pomoć tijekom hitnih slučajeva koristeći tehnologiju digitalnog selektivnog poziva (DSC) ugrađenu u moderne pomorske VHF radijske postaje. Ovo osigurava brzo uzbunjivanje i olakšava brze reakcije spašavanja, potencijalno spašavajući živote.

Učinkovita operativna ažuriranja ključna su za nesmetano pomorsko poslovanje. VHF radijski uređaji olakšavaju razmjenu uputa za rukovanje teretom u stvarnom vremenu, ažuriranja dogovora o pristaništu, izvješća o vremenskim uvjetima od nadležnih tijela. Pojednostavljanjem ovih komunikacijskih procesa, VHF radijski uređaji pridonose operativnoj učinkovitosti istovremeno smanjujući kašnjenja ili pogreške povezane s pogrešnom komunikacijom.

Pristup točnim vremenskim informacijama ključan je za sigurnu plovidbu morem. VHF radijski uređaji omogućuju pristup namjenskim postajama odgovornim za emitiranje vremenskih izvješća u stvarnom vremenu specifičnih za pomorsko područje. Pomorci mogu brzo dobiti

²³ <https://www.itu.int/hub/2022/12/wrs-22-trends-in-maritime-communications/>

vremensku prognozu i upozorenja, što im omogućuje donošenje informiranih odluka o odabiru rute i izbjegavanju nepovoljnih meteoroloških uvjeta koji bi mogli ugroziti sigurnost broda.

U vremenima nevolje ili hitnim situacijama na moru koje zahtijevaju operacije SAR-a, VHF radio sustavi igraju ključnu ulogu u učinkovitoj koordinaciji spasilačkih napora. Signali za pomoć primljeni putem VHF radija opremljenih DSC tehnologijom ubrzavaju vrijeme odgovora automatskim pružanjem preciznih informacija o položaju. Ova značajka pomaže centrima za koordinaciju spašavanja da brzo lociraju brod u nevolji i pokrenu odgovarajuću pomoć.

VHF radio postaje olakšavaju rutinsku komunikaciju između brodova u neposrednoj blizini na moru. Ova komunikacija uključuje razmjenu navigacijskih informacija, kao što su planirane promjene kursa ili usklađenost sa shemama razdvajanja prometa, kao i općenite razgovore vezane uz operativna pitanja ili društvene interakcije između članova posade različitih brodova koja plove zajedno.

VHF radio omogućuje učinkovitu komunikaciju između brodova i obalnih subjekata kao što su lučke vlasti, lučke kapetanije, i ustanove za hitne slučajeve. Dostupnost pouzdanih komunikacijskih kanala brod-obala ključna je tijekom procedura dolaska/odlaska, hitnih slučajeva koji zahtijevaju trenutnu pomoć ili provjeru usklađenosti s propisima.

Priroda vidljivosti VHF radio signala nameće ograničenja udaljenosti na njihov domet prijena. Iako ova karakteristika osigurava relativno jasan prijenos glasa na kratkim udaljenostima bez značajne degradacije signala, može predstavljati ograničenje za komunikacijske zahtjeve velikog dometa u određenim pomorskim scenarijima gdje druge tehnologije poput satelitskih sustava mogu biti prikladnije.

Atmosferski uvjeti mogu utjecati na performanse VHF radio signala na moru. Čimbenici kao što su atmosferski kanali ili difrakcija uzrokovana velikim objektima (npr. planine) mogu utjecati na karakteristike širenja signala i uzrokovati slabljenje. U nepovoljnim vremenskim uvjetima s jakim kišnim olujama ili maglom, kvaliteta signala može dodatno opasti zbog povećanih smetnji od čestica vode prisutnih u atmosferi.

Smetnje drugih elektroničkih uređaja koji rade na sličnim frekvencijama predstavljaju izazov za VHF radio komunikaciju. U zakrčenim područjima s više brodova ili obalnim područjima s velikim radijskim prometom, moguće je doživjeti smetnje od obližnjih radija koji rade na istoj frekvenciji. To može dovesti do smanjene jasnoće komunikacije i mogućeg pogrešnog tumačenja poruka.

VHF radio sustavi koji se koriste u pomorskoj komunikaciji općenito ne nude mogućnosti šifriranja prema zadanim postavkama. Iako to omogućuje otvorenu i pristupačnu komunikaciju među različitim brodovima i obalnim subjektima, to također znači da prenesene informacije mogu biti podložne neovlaštenom presretanju ili prisluškivanju. Za osjetljive komunikacije koje zahtijevaju povjerljivost, možda će biti potrebno primijeniti dodatne mjere ili alternativne sigurne metode komunikacije.

VHF radijski uređaji prvenstveno su usmjereni na prijenos glasa, a ne na prijenos podataka velikim brzinama.²⁴ Iako neki moderni pomorski VHF radijski uređaji uključuju značajke poput integriranih GPS prijarnika, obično imaju ograničenu propusnost dostupnu za učinkovit prijenos velike količine podataka. Za aplikacije koje zahtijevaju opsežnu razmjenu podataka kao što je video streaming u stvarnom vremenu ili prijenos velikih datoteka, alternativne tehnologije mogu biti prikladnije.

Vidljivost VHF signala ograničava izravnu komunikaciju izvan vidljivih horizonata zbog Zemljine zakrivljenost. Ovo ograničenje zahtijeva dodatnu infrastrukturnu potporu kao što su repetitorske stanice strateški smještene duž obale ili na visokim građevinama kako bi se poboljšala pokrivenost signalom za proširene domete gdje propagacija linije vidljivosti nije izvediva.

4.4 AIS

Sustav za automatsku identifikaciju (*eng. AIS-Automatic Identification System*) pomorski je sustav za praćenje i komunikaciju koji brodovima omogućuje međusobnu razmjenu informacija kao i sa stanicama na obali.²⁵ Korištenjem radijskih frekvencija, AIS pruža podatke

²⁴ <https://academic-accelerator.com/encyclopedia/marine-vhf-radio>

²⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780080977522000052>

u stvarnom vremenu o položaju broda, brzini, kursu i drugim relevantnim informacijama kao što je vidljivo na slici 11.



Slika 11. Prikaz AIS-a

Izvor: <https://globalsolochallenge.com/ais/> (3.9.2023)

4.2.1 Povijest AIS-a

Povijest sustava za automatsku identifikaciju (AIS) seže u kasno 20. stoljeće kada je pomorska industrija prepoznala potrebu za sveobuhvatnim sustavom praćenja i komunikacije brodova. Potreba za praćenjem brodova i izbjegavanjem sudara postala je očita kako se pomorski promet povećavao, posebno u prometnim plovim putovima i zakrčenim lukama. U 1970-ima i 1980-ima razvijeni su različiti sustavi za rješavanje ovih izazova, uključujući sustave i transpondere temeljene na radaru. Međutim, ti rani sustavi imali su ograničenja u pogledu pokrivenosti, točnosti i interoperabilnosti.

U 1990-ima, Međunarodna pomorska organizacija (IMO), agencija Ujedinjenih naroda odgovorna za pomorsku sigurnost i zaštitu, prepoznala je potencijal automatiziranog sustava za

praćenje brodova. IMO je pokrenuo napore za razvoj standardiziranog sustava koji bi brodovima omogućio razmjenu informacija i poboljšao sigurnost na moru.

Godine 1994. IMO je osnovao radnu skupinu sa zadatkom da razvije tehničke specifikacije za AIS. Cilj je bio stvoriti sustav koji bi pružao informacije o brodu u stvarnom vremenu, poboljšao izbjegavanje sudara i poboljšao upravljanje prometom brodova. Radna skupina surađivala je s industrijskim stručnjacima kako bi definirala zahtjeve i standarde za AIS.

Kako bi se potvrdila učinkovitost AIS-a, tijekom kasnih 1990-ih i ranih 2000-ih provedeno je nekoliko ispitivanja. Ta su ispitivanja uključivala ugradnju AIS transpondera na ograničeni broj brodova i uspostavu obalnih nadzornih stanica. Rezultati ovih ispitivanja bili su obećavajući, pokazujući potencijal AIS-a u poboljšanju sigurnosti i učinkovitosti.

Na temelju pozitivnih rezultata ispitivanja, IMO je odlučio učiniti AIS obveznim za određene vrste broda. Godine 2000. IMO je prihvatio Međunarodnu konvenciju o sigurnosti života na moru (SOLAS), koja je zahtijevala da brodovi veći od određene veličine i brodovi za prijevoz putnika moraju imati AIS transpondere.²⁶ Implementacija AIS-a provedena je u fazama, što je omogućilo postupan prijelaz i široko usvajanje. Početna faza bila je usredotočena na brodove uključene u međunarodna putovanja i ona koja rade u područjima s velikim prometom. Naknadne faze proširile su zahtjev za AIS na manja brodove, ribarske brodove i druge vrste pomorskog dobra.

Tijekom godina, AIS tehnologija se razvila kako bi zadovoljila promjenjive potrebe pomorske industrije. Rani AIS sustavi radili su na SOTDMA (*eng. Self-Organizing Time Division Multiple Access*) tehnici, pružajući pouzdanu i učinkovitu razmjenu podataka. Naknadni napredak uključivao je uvođenje AIS-a klase B za manje brodove i integraciju AIS-a s drugim pomorskim sustavima, poput radara i sustava za prikaz elektroničkih karata.

AIS je naširoko prihvaćen diljem svijeta, a većina pomorskih država provodi AIS propise u skladu sa zahtjevima IMO-a. AIS podaci sada su integrirani u usluge prometa brodova i druge sustave pomorskog nadzora, omogućujući sveobuhvatno praćenje broda i upravljanje prometom.

²⁶ <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/AIS.aspx>

4.4.2 Tehnički aspekt AIS-a

AIS sustav sastoji se od nekoliko ključnih komponenti:

AIS transponderi su ugrađeni uređaji instalirani na brodovima koji odašilju i primaju AIS poruke. Postoje dvije vrste transpondera: klasa A i klasa B. Transponderi klase A obavezni su za velike brodove, dok su transponderi klase B namijenjeni manjim brodovima.²⁷

Bazne stanice AIS-a su prijemne stanice na obali ili satelitu koje prikupljaju AIS poruke s transpondera. Bazne stanice igraju ključnu ulogu u uspostavljanju mreže za razmjenu podataka i praćenje broda.

AIS podatkovna mreža povezuje AIS bazne stanice, omogućujući razmjenu AIS poruka između broda i obalnih postaja. Ova mreža omogućuje nadzor i praćenje broda u stvarnom vremenu.

AIS prenosi podatke pomoću VHF (vrlo visoke frekvencije) radio valova. Transponderi kontinuirano emitiraju AIS poruke na namjenskim VHF kanalima. AIS poruke sadrže informacije kao što su identifikacija broda, položaj, kurs, brzina, navigacijski status i druge relevantne podatke. AIS koristi tehniku vremenskog višestrukog pristupa (*eng. TDMA- Time-division multiple access*) za prijenos podataka. Svaka AIS poruka zauzima određeni vremenski odsječak unutar određenog vremenskog okvira, osiguravajući učinkovitu razmjenu podataka između brodova i obalnih postaja.

AIS poruke su razvrstane u različite vrste, od kojih svaka služi određenoj svrsi. Neke uobičajene vrste AIS poruka uključuju:

- MMSI (Identitet pomorske mobilne usluge): Jedinostveni 9-znamenkasti broj dodijeljen svakom brodu, što omogućuje jednostavnu identifikaciju.
- Položaj: Zemljopisna širina i dužina broda, izvedena iz GPS-a ili drugih sustava za pozicioniranje.
- Brzina iznad tla (SOG): trenutna brzina broda.

²⁷ <https://www.marinetraffic.com/blog/ais-faq/>

- Kurs prema tlu (COG): trenutni kurs ili smjer broda.
- Navigacijski status: Informacije o operativnom statusu broda, kao što je "u tijeku koristeći motor", "na sidru" ili "usidren".
- Dimenzije broda: Dužina, širina i visina broda.
- Informacije vezane uz putovanje: Odredište, ETA (procijenjeno vrijeme dolaska) i drugi relevantni detalji

Na slici 12 moguće je vidjeti navedene vrste podataka na stvarnom primjeru na brodu.

AIS Track	
Name	HANIBAL LUCIC
Callsign	9A3042
Ship Type	Passenger Ship
Destination	HR ZAD>HR VIZ
Nav Status	Moored
Latitude	44°07.1273' N
Longitude	15°13.3816' E
Speed	0.0 kn
Course	0.0 °
Rot	-
True Heading	-
MMSI	238113340
IMO	9121936
Length	51 m
Width	16 m
ETA	3/15/2013 12:55:00 AM
Draught	2.9 m
Target Type	Class A
Time Stamp	3/15/2012 9:59:20 AM
Flag	HR

Slika 12. Prikazani podaci na AIS-u

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/UN-LOCODE-in-AIS-destination-filed-Source-Made-by-authors_fig1_236723236 (8.9.2023)

AIS sustav radi na distribuiranoj arhitekturi, uključujući više brodova i obalnih stanica. Arhitektura se sastoji od sljedećih komponenti:

- Arhitektura na strani broda: Ovo uključuje AIS transpondere instalirane na brodu, koji kontinuirano odašilju AIS poruke koje sadrže podatke o brodu.
- Arhitektura obalne strane: Sastoji se od AIS baznih stanica koje primaju AIS poruke od brodova unutar svog područja pokrivenosti. Ove bazne stanice prikupljaju i obrađuju primljene podatke.
- Podatkovna mreža: AIS podatkovna mreža povezuje obalne AIS bazne stanice, omogućujući razmjenu AIS poruka između broda i obalnih postaja. Ova mreža čini okosnicu AIS sustava, olakšavajući praćenje broda i komunikaciju u stvarnom vremenu.

AIS ima širok raspon primjena u pomorskoj industriji, pridonoseći sigurnosti, učinkovitosti i zaštiti okoliša. Jedna od primarnih primjena AIS-a je izbjegavanje sudara. Pružanjem podataka u stvarnom vremenu o obližnjim brodovima, AIS omogućuje brodovima otkrivanje potencijalnih rizika od sudara i poduzimanje odgovarajućih radnji za izbjegavanje nesreća. AIS poboljšava svijest o situaciji, posebno u zakrčenim područjima, smanjujući rizik od sudara i poboljšavajući sigurnost plovidbe. Obalne vlasti i lučki operateri koriste AIS podatke za praćenje kretanja brodova, optimiziranje protoka prometa i osiguranje učinkovite upotrebe plovnih putova. Analizirajući podatke AIS-a, vlasti mogu donositi informirane odluke o usmjeravanju prometa, dodjeli vezova i odgovoru na hitne slučajeve. AIS pomaže u operacijama potrage i spašavanja dajući točne pozicije broda. U slučaju opasnosti ili hitnih situacija, AIS podaci pomažu središtima za koordinaciju spašavanja i obližnjim brodovima da lociraju brod u nevolji i odmah im pomognu.²⁸ Ova sposobnost poboljšava djelotvornost i učinkovitost potrage i spašavanja, potencijalno spašavajući živote.

AIS podaci se također mogu koristiti za praćenje i zaštitu okoliša. Praćenjem kretanja broda i emisija, vlasti mogu procijeniti utjecaj pomorskih aktivnosti na okoliš. AIS pomaže u otkrivanju i reagiranju na izlivanje nafte, upravljanju zaštićenim morskim područjima i praćenju poštivanja ekoloških propisa. AIS doprinosi pomorskoj sigurnosti praćenjem kretanja broda i otkrivanjem sumnjivih aktivnosti. Pomaže u sprječavanju piratstva, krijumčarenja i ilegalnog ribolova. AIS podaci mogu se integrirati s drugim sigurnosnim sustavima kako bi se poboljšao nadzor i pružilo rano upozorenje na potencijalne sigurnosne prijetnje.

²⁸ https://www.pfri.uniri.hr/bopri/documents/MaritimeCommunicationsandSMCP_002.pdf

Implementacija AIS-a donosi nekoliko prednosti pomorskoj industriji:

- Poboljšana sigurnost: AIS povećava sigurnost broda i članova posade pružajući informacije u stvarnom vremenu o obližnjim brodovima, omogućujući rano otkrivanje sudara i učinkovit odgovor.
- Poboljšana navigacija: AIS podaci pomažu brodovima u sigurnoj navigaciji, posebno u zakrčenim područjima, pružajući točne informacije o položajima brodova, brzinama i kursovima.
- Učinkovito upravljanje prometom: AIS pomaže optimizirati protok brodskog prometa, smanjujući zagušenja i poboljšavajući učinkovitost lučkih operacija.
- Precizna istraga incidenata: AIS podaci su vrijedni za istragu i analizu incidenata. Pruža točne informacije o položaju i kretanju broda, pomaže pri utvrđivanju uzroka nesreća i razvijanju preventivnih mjera.
- Zaštita okoliša: AIS doprinosi zaštiti okoliša omogućavanjem boljeg praćenja emisija brodova, izlivanja ulja i drugih potencijalnih opasnosti za okoliš.

Budućnost AIS-a nudi nekoliko uzbudljivih mogućnosti za daljnje poboljšanje i integraciju kao što je satelitski AIS. Korištenje satelitskih AIS sustava proširuje AIS pokrivenost na udaljena područja i poboljšava globalne mogućnosti praćenja broda. AIS se može integrirati s drugim pomorskim sustavima, kao što su radar i elektronički prikaz karata i informacijski sustavi (*eng. ECDIS- Electronic Chart Display and Information System*), kako bi se pružila sveobuhvatnija i preciznija slika pomorskog dobra. Korištenje napredne analize podataka i tehnika umjetne inteligencije omogućuje izvlačenje vrijednih uvida iz AIS podataka. To može dovesti do poboljšanog usmjeravanja broda, praćenja performansi, prediktivnog održavanja i analize rizika. Kako AIS postaje sve više međusobno povezan, mjere kibernetičke sigurnosti igrat će ključnu ulogu u zaštiti sustava od potencijalnih prijetnji i osiguravanju integriteta i autentičnosti AIS podataka.

Sustav automatske identifikacije (AIS) vitalni je alat u pomorskoj industriji, pruža informacije o brodu u stvarnom vremenu, povećava sigurnost, učinkovitost i zaštitu. Njegove primjene sežu od izbjegavanja sudara i upravljanja prometom brodova do praćenja okoliša i operacija potrage i spašavanja. Kako tehnologija napreduje, očekuje se da će se AIS dalje razvijati, omogućujući sveobuhvatniju svijest o pomorskom području i doprinoseći održivom razvoju pomorske industrije.

4.5 NAVTEX

Navtex, skraćeno od Navigational Telex, globalni je sustav koji se koristi za širenje pomorskih informacija brodovima na moru. Služi kao osnovni komunikacijski alat za prijenos navigacijskih upozorenja, savjeta, vremenske prognoze i drugih ključnih informacija pomorcima.

Evolucija Navtexa može se pratiti unatrag do potrebe za učinkovitijom i isplativijom metodom pomorske komunikacije. Prije pojave Navtexa, pomorske informacije su se prenosile preko teletypewritera, što je zahtijevalo fizičku dostavu tiskanih poruka. Prepoznajući ograničenja ovog sustava, Međunarodna pomorska organizacija (IMO) uspostavila je Navtex kao modernu i automatiziranu alternativu. Primarna svrha Navtexa je povećati sigurnost na moru pružanjem pravovremenih i relevantnih informacija pomorcima, omogućujući im da donose informirane odluke i umanjuju potencijalne rizike.

Navtex radi korištenjem radio valova za prijenos poruka s obalnih postaja do brodova opremljenih Navtex prijammnicima. Obalne postaje, strateški smještene diljem svijeta, emitiraju kodirane poruke na određenim frekvencijama unutar MF pojasa. Ove se poruke šalju u ponavljajućem ciklusu, osiguravajući da brodovi unutar označenih područja pokrivenosti imaju više prilika za primanje informacija. Brodovi opremljeni Navtex prijemnicima presreću te poruke i prikazuju ih na zaslonu na brodu, omogućujući pomorcima pristup kritičnim informacijama u stvarnom vremenu. Na slici 13 moguće je vidjeti jednu vrstu Navtex uređaja od proizvođača Furuno.

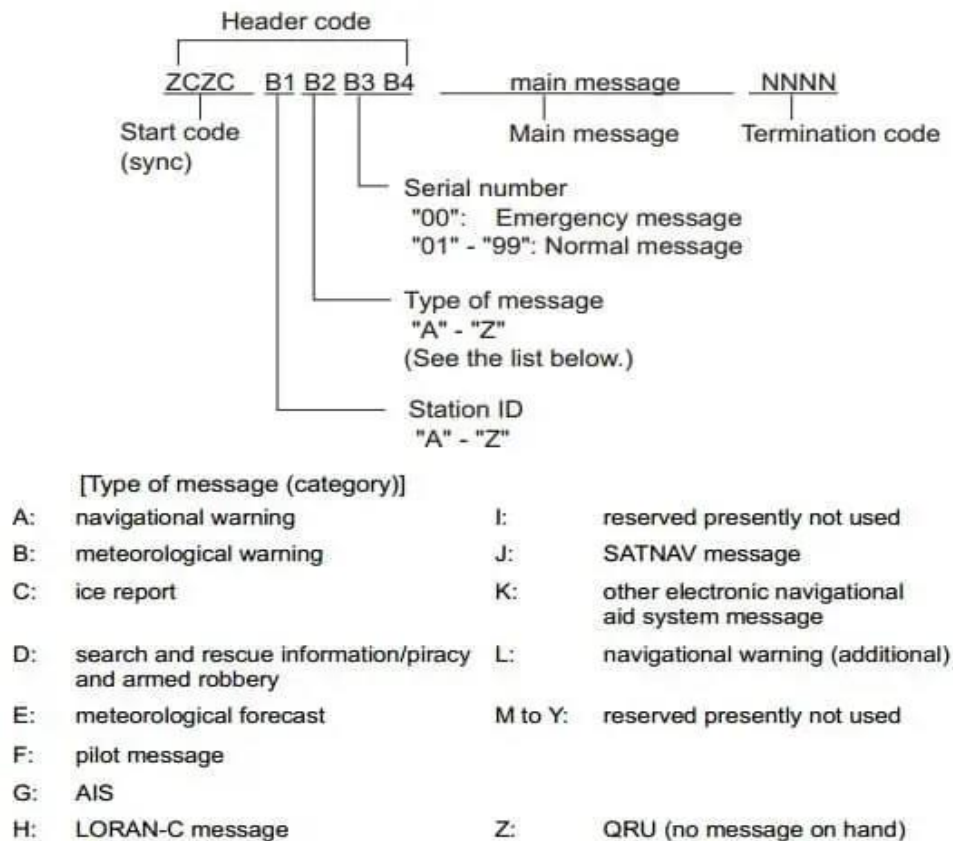


Slika 13. Navtex

Izvor: <https://cultofsea.com/gmdss/how-navtex-works/> (8.9.2023)

Navtex poruke se prenose na određenim frekvencijama unutar srednje MF pojasa, obično u rasponu od 518 kHz do 490 kHz. Frekvencije su odabrane kako bi se osigurala optimalna pokrivenost obalnih područja i osiguralo da brodovi u dometu mogu primiti poruke. Na učinkovit domet Navtex prijenosa utječu različiti čimbenici kao što su atmosferski uvjeti, visina antene i osjetljivost brodskih prijamnika. Različite obalne postaje diljem svijeta rade na različitim frekvencijama kako bi izbjegle smetnje i osigurale učinkovitu dostavu poruka.

Navtex poruke su dizajnirane da budu koncizne i precizne, prenoseći bitne informacije u standardiziranom formatu. Sadržaj Navtex poruka uključuje različite vrste informacija od vitalnog značaja za sigurnost i plovidbu brodova. To može uključivati vremenske prognoze, navigacijska upozorenja, izvješća o ledu, informacije o traganju i spašavanju, informacije o privremenim promjenama sustava plutača i druge komunikacije povezane s pomorskom sigurnošću. Poruke slijede standardizirani format, koriste specifične kodove i kratice za učinkovit prijenos i razumijevanje kao što je moguće vidjeti na slici 14.



Slika 14. Primjer poruke u Navtexu

Izvor: <https://cultofsea.com/gmdss/how-navtex-works/> (9.9.2023)

Navtex igra ključnu ulogu u povećanju sigurnosti i učinkovitosti pomorske plovidbe. Pružanjem informacija o vremenskim uvjetima u stvarnom vremenu, pomorci mogu donositi informirane odluke o planiranju rute, poduzimajući potrebne mjere opreza kako bi izbjegli nepovoljne vremenske uvjete. Navigacijska upozorenja koja se prenose putem Navtexa omogućuju brodovima da izbjegnu potencijalne opasnosti kao što su potopljene olupine, navigacijske prepreke ili privremene promjene sustava plutača. Dostupnost takvih kritičnih informacija osigurava sigurnost i nesmetano odvijanje pomorskog prometa.

Navtex nudi nekoliko pogodnosti pomorskoj industriji i pomorcima diljem svijeta. Prvo, pruža troškovno učinkovit način širenja informacija na veliki broj plovila istovremeno. Automatizirana priroda sustava smanjuje ljudski napor i smanjuje potrebu za ručnim prijenosom poruka, osiguravajući pravovremenu i točnu dostavu informacija. Drugo, Navtex prijmnici su relativno jeftini i lako ih je instalirati na brodove, što ih čini dostupnim širokom rasponu plovila, uključujući manje komercijalne brodove, ribarske brodove i brodove za rekreaciju. Ovo široko usvajanje poboljšava sigurnosne standarde u cijeloj pomorskoj industriji.

Navtex prijmnici mogu se integrirati s brodskim navigacijskim i komunikacijskim sustavima, omogućujući besprijekoran prijenos podataka i poboljšanu svijest o situaciji. Moderni Navtex prijmnici mogu se povezati s elektroničkim prikazom karata i informacijskim sustavima (ECDIS), omogućujući automatski prikaz i prekrivanje Navtex upozorenja na elektroničkim kartama. Ova integracija pojednostavljuje proces donošenja odluka za pomorce, pružajući im sveobuhvatan pregled relevantnih informacija na jednom zaslonu. Također, osigurava da su Navtex informacije lako dostupne i da se mogu učinkovito koristiti u navigacijske svrhe.

Navtex djeluje na međunarodnoj razini, s raznim obalnim postajama i brodovima iz različitih zemalja koji sudjeluju u sustavu. Međunarodna pomorska organizacija (IMO) igra ključnu ulogu u nadgledanju standardizacije Navtex operacija, osiguravajući jednoobraznost i kompatibilnost u različitim regijama. Ova međunarodna suradnja omogućuje besprijekornu komunikaciju između brodova i obalnih postaja, neovisno o njihovoj nacionalnosti ili lokaciji. Standardizacija osigurava da se Navtex poruke mogu lako tumačiti i koristiti od strane pomoraca širom svijeta, dodatno povećavajući sigurnost i učinkovitost komunikacije.

Iako je Navtex pouzdan i učinkovit sustav za pomorsku komunikaciju, suočava se s izazovima u prilagodbi tehnologijama u razvoju i rastućim zahtjevima za informacijama. Sve veće oslanjanje na satelitske komunikacijske sustave za prijenos podataka potaknulo je rasprave o integraciji Navtexa s modernim satelitskim uslugama. Ova bi integracija osigurala širu

pokrivenost i brže širenje poruka, dodatno povećavajući sigurnost i učinkovitost pomorske plovidbe. Osim toga, ulažu se naponi da se istraži potencijal Navtexa u uključivanju dodatnih izvora informacija, kao što su podaci o okolišu, kako bi se dobila sveobuhvatnija slika pomorskog okoliša.

Navtex se razvio kao vitalni sustav za širenje pomorskih informacija, pružajući pomorcima bitne podatke za sigurnu i učinkovitu plovidbu. Njegova automatizirana priroda, standardizirani format i mogućnosti integracije čine ga nezamjenjivim alatom u modernoj pomorskoj komunikaciji. Unatoč izazovima koje postavljaju tehnologije u razvoju, tekući razvoj i međunarodna suradnja nastavljaju povećavati učinkovitost i budući potencijal Navtexa.

5. SATELITSKE KOMUNIKACIJE

Pomorske satelitske komunikacije revolucionirale su način na koji brodovi ostaju povezani na moru.²⁹ U eri u kojoj je povezanost ključna za učinkovite i sigurne pomorske operacije, satelitska tehnologija postala je nezamjenjiv alat. Omogućujući globalnu pokrivenost, mogućnosti velike propusnosti, pouzdane glasovne komunikacijske kanale i sigurnosne usluge, pomorske satelitske komunikacije transformirale su korištenje komunikacije u pomorskoj industriji.

Prostranost naših oceana predstavlja jedinstvene izazove kada je u pitanju održavanje stalnog kontakta između brodova i obalnih entiteta. Tradicionalni zemaljski komunikacijski sustavi limitirani su ograničenjima dometa i dostupnosti, što otežava brodovima da ostanu povezani dok plove udaljenim ili međunarodnim vodama. Međutim, s pomorskim satelitskim komunikacijama ta su ograničenja otklonjena.

Satelitske mreže dizajnirane posebno za pomorsku upotrebu nude besprijekornu povezanost čak i na najprostranijim dijelovima oceana. Bilo da brodovi plovi u blizini obalnih područja ili prelazi prekooceanske rute, sateliti postavljeni u geostacionarnim orbitama ili niskim orbitama Zemlje osiguravaju da brodovi mogu uspostaviti stalne veze s kopnenim centrima bez obzira na njihov geografski položaj.

Jedna od ključnih prednosti pomorskih satelitskih komunikacija je njihova sposobnost pružanja brzog prijenosa podataka i aplikacija na brodovima koji zahtijevaju veliku propusnost. Ova sposobnost omogućuje širok raspon ključnih funkcija kao što su ažuriranje vremenske prognoze u stvarnom vremenu za potrebe navigacije, video konferencije za obuku posade ili sastanke, sustavi daljinskog nadzora za optimizaciju operativne učinkovitosti, pristup internetu za potrebe dobrobiti posade tijekom dugih putovanja izvan matičnih luka.

Što se tiče sigurnosti na moru, pomorske satelitske komunikacije igraju ključnu ulogu u osiguravanju brzog vremena odgovora tijekom hitnih slučajeva putem usluga poput sustava za uzbuđivanje u slučaju opasnosti kao što je GMDSS. Ovi sustavi koriste satelite za odašiljanje

²⁹ <https://www.globalsatellite.gi/marine-satellite-communications-stay-connected-anywhere/>

signala za pomoć izravno centrima za koordinaciju spašavanja širom svijeta - omogućujući brze napore traženja i spašavanja koji spašavaju živote u kritičnim situacijama.

Kako tehnologija nastavlja brzo napredovati u ovom području, novi razvoji preoblikuju sadašnjost pomorskih satelitskih komunikacija. Na primjer, sateliti visoke propusnosti (*eng. HTS - High Throughput Satellite*) pružaju veći kapacitet i učinkovitost u usporedbi s tradicionalnim satelitima. HTS iskorištava naprednu tehnologiju snopa s više točaka, optimizirajući korištenje spektra uz pružanje većih brzina prijenosa podataka kako bi zadovoljio sve veće zahtjeve pomorskih aplikacija. Nadalje, integracija satelitskih sustava s novim tehnologijama kao što su 5G mreže ili hibridna rješenja koja kombiniraju više vrsta povezivanja dobiva na zamahu. Ove integracije obećavaju još veću propusnost, nižu latenciju i poboljšanu pouzdanost za potrebe pomorske komunikacije.

5.1 Povijest satelitskih komunikacija

Pomorska satelitska komunikacija odigrala je ključnu ulogu u transformaciji načina na koji brodovi i pomorske operacije ostaju povezani na moru.³⁰ Povijest pomorske satelitske komunikacije obuhvaća nekoliko desetljeća, obilježena značajnim napretkom i inovacijama koje su revolucionirale komunikacije u pomorskoj industriji.

Porijeklo pomorske satelitske komunikacije može se pratiti unazad do 1970-ih kada su organizacije poput INMARSAT-a (International Mobile Satellite Organization) provele pionirske eksperimente za uspostavljanje pouzdane i učinkovite povezanosti za brodove koji plove udaljenim oceanskim regijama. Ovi rani napori bili su usmjereni na rješavanje izazova s kojima se suočavaju brodovi u održavanju komunikacija dok rade daleko od kopnene infrastrukture.

Tijekom 1980-ih i ranih 1990-ih uvedeni su analogni sustavi poput Inmarsat-A, koji su nudili osnovne glasovne komunikacijske mogućnosti za brodove na moru. Ovi su sustavi koristili

³⁰ <https://yachtfindersglobal.com/starlink-maritime-a-game-changer-for-yachts-and-ships-worldwide/>

geostacionarne satelite za pokrivanje ogromnih oceanskih područja, ali su imali ograničene mogućnosti prijenosa podataka u usporedbi s modernim standardima.

Digitalna revolucija donijela je značajan napredak u pomorskoj satelitskoj komunikaciji sredinom 1990-ih. Uvedeni su sustavi poput Inmarsat-B i Mini-M, koji su označili prijelaz s analogne na digitalnu tehnologiju. Digitalni sustavi nudili su poboljšane brzine prijenosa podataka, proširenu funkcionalnost i pouzdanije veze od analognih sustava. Oni su utrli put daljnjem razvoju koji će oblikovati buduće generacije pomorskih satelitskih komunikacijskih rješenja.

Uvođenje globalnog pomorskog sigurnosnog sustava u slučaju opasnosti (GMDSS): Jedna ključna prekretnica u povijesti pomorske satelitske komunikacije je uspostavljanje GMDSS-a od strane Međunarodne pomorske organizacije (IMO) 1999. godine. GMDSS je međunarodno priznat komunikacijski sustav u slučaju opasnosti i sigurnosti dizajniran za poboljšanje pomorske sigurnost na moru. Nalaže korištenje satelitskih komunikacija, uključujući usluge Inmarsata, za hitne komunikacije na brodovima diljem svijeta.

Kasne 1990-e označile su značajnu prekretnicu uvođenjem opcija širokopojasnog povezivanja posebno dizajniranih za pomorske aplikacije. Inmarsatov FleetBroadband pojavio se kao jedna od vodećih ponuda, pružajući pristup internetu velike brzine na brodovima diljem svijeta. Ova tehnologija omogućila je različite aplikacije kao što su razmjena e-pošte, pregledavanje weba, glasovni pozivi, videokonferencije, pa čak i mogućnosti strujanja medija dok ste na moru.

Napredak tehnologije bio je ključan u oblikovanju pomorske satelitske komunikacije tijekom vremena. Sateliti veće propusnosti (HTS), razvijeni izričito za poboljšanu pomorsku povezanost, značajno su poboljšali brzine prijenosa podataka i povećali kapacitet propusnosti u usporedbi s prethodnim generacijama satelita. Ova poboljšanja omogućuju veće brzine interneta i podržavaju aplikacije koje zahtijevaju intenzivnu propusnost potrebne za moderne brodske operacije.

S porastom IoT tehnologija u industrijama, pomorska satelitska komunikacija prihvatila je integraciju IoT-a u svoje sustave. Ova integracija olakšava daljinsko praćenje opreme i kontrolu na brodovima, omogućujući prediktivne prakse održavanja i optimizirajući operativnu učinkovitost u pomorskom sektoru.

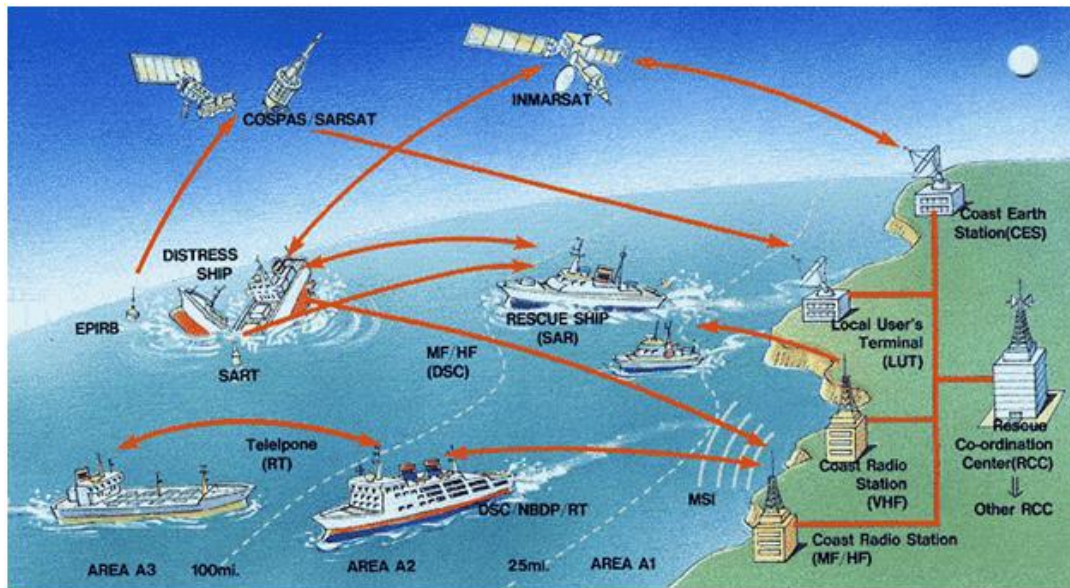
Regulatorni okviri odigrali su ključnu ulogu u osiguravanju sigurne i učinkovite pomorske satelitske komunikacije na globalnoj razini. IMO je uspostavio propise koji reguliraju pomorske komunikacije kako bi se povećala sigurnost na moru i osigurala učinkovita upotreba frekvencijskog spektra bez smetnji između različitih sustava koji rade u neposrednoj blizini.

Gledajući unaprijed, očekuje se da će nekoliko trendova oblikovati budući krajolik pomorske satelitske komunikacije. To uključuje kontinuirani napredak u HTS tehnologiji, pojavu konstelacija niske Zemljine orbite (LEO) koje pružaju globalnu pokrivenost sa smanjenom latencijom, daljnju integraciju s IoT uređajima i aplikacijama te usvajanje umjetne inteligencije (*eng. AI-Artificial Intelligence*) za poboljšanu operativnu učinkovitost.

U zaključku, povijest pomorske satelitske komunikacije pokazuje izvanredan put od ranih analognih sustava do modernih širokopojasnih rješenja. Formiranje Inmarsata i njegov naknadni doprinos globalnoj pomorskoj povezanosti bili su ključni u revoluciji komunikacija na moru. S napretkom u tehnologiji, integracijom IoT mogućnosti i poštivanjem regulatornih mjera usklađenosti, pomorska satelitska komunikacija nastavlja se razvijati, pružajući pouzdanu i učinkovitu povezanost za brodova širom svijeta.

5.2 Primjena satelitskih komunikacija u pomorstvu

Satelitska komunikacija igra ključnu ulogu u pomorskoj industriji, osiguravajući pouzdanu i učinkovitu povezanost za različite primjene. Od sigurnosti i navigacije do dobrobiti posade i operativne učinkovitosti, Satelitska komunikacija je promijenila način rada brodova na moru. Jedna od primarnih primjena satelitskih komunikacija u pomorskom sektoru je osiguranje sigurnosti na moru a GMDSS nalaže satelitske komunikacijske sustave za upozorenja u slučaju opasnosti, koordinaciju potrage i spašavanja te komunikaciju u hitnim slučajevima na brodovima diljem svijeta. Satelitske komunikacije omogućuje komunikaciju u stvarnom vremenu između brodova i obalnih vlasti tijekom hitnih ili kritičnih situacija, pružajući trenutnu pomoć kada je potrebna kao što je vidljivo na slici 15.



Slika 15. Primjer upotrebe infrastrukture za satelitsku komunikaciju

Izvor: <http://hb9rcx.homeip.net/gmdss.html> (10.9.2023)

Globalni sustav pozicioniranja (GPS) koristi satelite za pružanje točnih informacija o položaju, omogućavajući preciznu navigaciju, planiranje rute, izbjegavanje sudara i siguran prolaz kroz izazovne vodene putove ili zakrčena područja. Održavanje povezanosti pomoraca s njihovim obiteljima i pružanje osnovnih usluga na brodu ključni su za dobrobit posade. Također, satelitski telefoni omogućuju pomorcima glasovne pozive s bilo kojeg mjesta na moru, osiguravajući redoviti kontakt sa svojim voljenima. Širokopolasne satelitske veze omogućuju pomorcima pristup internetu, olakšavajući razmjenu e-pošte, pregledavanje interneta, korištenje društvenih medija, mogućnosti zabave na mreži i pristup obrazovnim resursima dok nisu kod kuće.

Satelitska rješenja pomažu brodovlasnicima i operaterima u praćenju parametara performansi broda radi optimizacije potrošnje goriva, smanjenja emisija i poboljšanja ukupne operativne učinkovitosti. Putem sustava daljinskog nadzora integriranih sa satelitskom tehnologijom moguće je vidjeti informacije kao što su:

- podaci o performansama motora
- potrošnja goriva
- vremenski uvjeti

- prijenos informacija za optimizaciji rute može se analizirati na kopnu, omogućujući informirano donošenje odluka za povećanje učinkovitosti broda i smanjenje troškova.

Također ta rješenja omogućuje praćenje broda u stvarnom vremenu, osiguravanje usklađenosti s propisima o pomorskom prometu, praćenje kretanja brodova u zaštićenim područjima i sprječavanje neovlaštenih aktivnosti kao i praćenje emisija. Satelitski sustavi mogu pratiti emisije s brodova, podupirući usklađenost sa zahtjevima za kontrolu emisija i doprinoseći praksi održivog prijevoza.

Dijagnostika i održavanje opreme na daljinu može se omogućiti satelitskom povezanošću kako bi se omogućilo daljinsku dijagnostiku i prediktivno održavanje opreme na brodu bez potrebe za fizičkom prisutnošću. Također senzori instalirani na kritičnim strojevima prenose podatke u stvarnom vremenu, omogućujući kontinuirano praćenje performansi opreme kako bi se proaktivno otkrile anomalije ili potencijalni kvarovi

Pristup točnim vremenskim informacijama ključan je za sigurnu plovidbu na moru. Satelitske usluge vremenskog usmjeravanja pružaju ažurirane meteorološke podatke, uključujući upozorenja o oluji, predviđanja visine valova, uvjete vjetera i oceanske struje, što pomaže optimizirati planiranje putovanja, smanjiti potrošnju goriva, smanjiti rizike povezane s nepovoljnim vremenskim uvjetima i poboljšati posadu sigurnost.

Pojavom satelitskih sustava došlo je do revolucije u pomorskoj industriji nudeći širok raspon aplikacija koje osiguravaju sigurnost, pomoć u navigaciji, dobrobit posade, praćenje performansi broda, učinkovitost goriva, informirano donošenje odluka u vezi s optimizacijom ruta, provedbu ekoloških standarda, upravljanje održavanjem, kritične komunikacije tijekom hitnih slučajeva, i više. Ove aplikacije pridonose poboljšanoj operativnoj učinkovitosti, sigurnosti, usklađenosti s propisima i ukupnoj održivosti u pomorskom sektoru.

5.3 Način rada satelitske komunikacije

Pomorske satelitske komunikacije revolucioniraju način na koji brodovi komuniciraju i djeluju na moru. Ovi sustavi koriste naprednu tehnologiju za pružanje pouzdane, globalne povezanosti, omogućavajući besprijekornu komunikaciju između broda i subjekata na obali.

Satelitske konstelacije: pomorske satelitske komunikacije oslanjaju se na mrežu satelita smještenih u različitim orbitama oko Zemlje. Dvije najčešće korištene vrste su:

- Sateliti u geostacionarnoj orbiti (GEO): GEO sateliti nalaze se otprilike 36 000 kilometara iznad ekvatora i odgovaraju rotaciji Zemlje dok putuju i tako ostaju iznad iste točke na zemlji³¹. Stotine GEO satelita danas su u orbiti, tradicionalno isporučujući usluge kao što su podaci o vremenu, televizijsko emitiranje i neke podatkovne komunikacije male brzine. Tijekom proteklih nekoliko godina GEO je značajno poboljšan satelitima visoke propusnosti (HTS), koji su namjenski izgrađeni za podatke.
- Sateliti u srednjoj zemljinoj orbiti (MEO): MEO se kroz povijest koristio za GPS i druge navigacijske aplikacije.³² U novije vrijeme, HTS MEO konstelacije su postavljene za pružanje podatkovne povezanosti niske latencije i velike propusnosti davateljima usluga, vladinim agencijama i komercijalnim poduzećima.. MEO sateliti donose dobre performanse u udaljena područja kao što su krstarenja, komercijalni pomorski promet, zrakoplovi, offshore platforme, operacije humanitarne pomoći
- Sateliti niske Zemljine orbite (LEO): LEO sateliti kruže puno bliže Zemlji na visinama u rasponu od nekoliko stotina do nekoliko tisuća kilometara. Višestruki LEO sateliti rade zajedno unutar konstelacija kako bi postigli globalnu pokrivenost dok se brzo kreću nebom u usporedbi s GEO satelitima.³³

Za uspostavljanje veze s pomorskim satelitskim sustavima, brodovi zahtijevaju posebnu opremu na brodu. Pomorske antene primaju signale sa satelita i prenose podatke natrag preko dvosmjernih veza koristeći radiofrekventne valove. Modemi/usmjerivači su uređaji kodiraju/dekodiraju podatkovne signale za prijenos/prijem putem satelitskih veza dok upravljaju protokom podataka između različitih brodskih sustava.

³¹ <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/geostationary-satellite>

³² <https://www.symmetryelectronics.com/blog/leo-vs-meo-vs-geo-satellites-what-s-the-difference-symmetry-blog/>

³³ <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/low-earth-orbit>

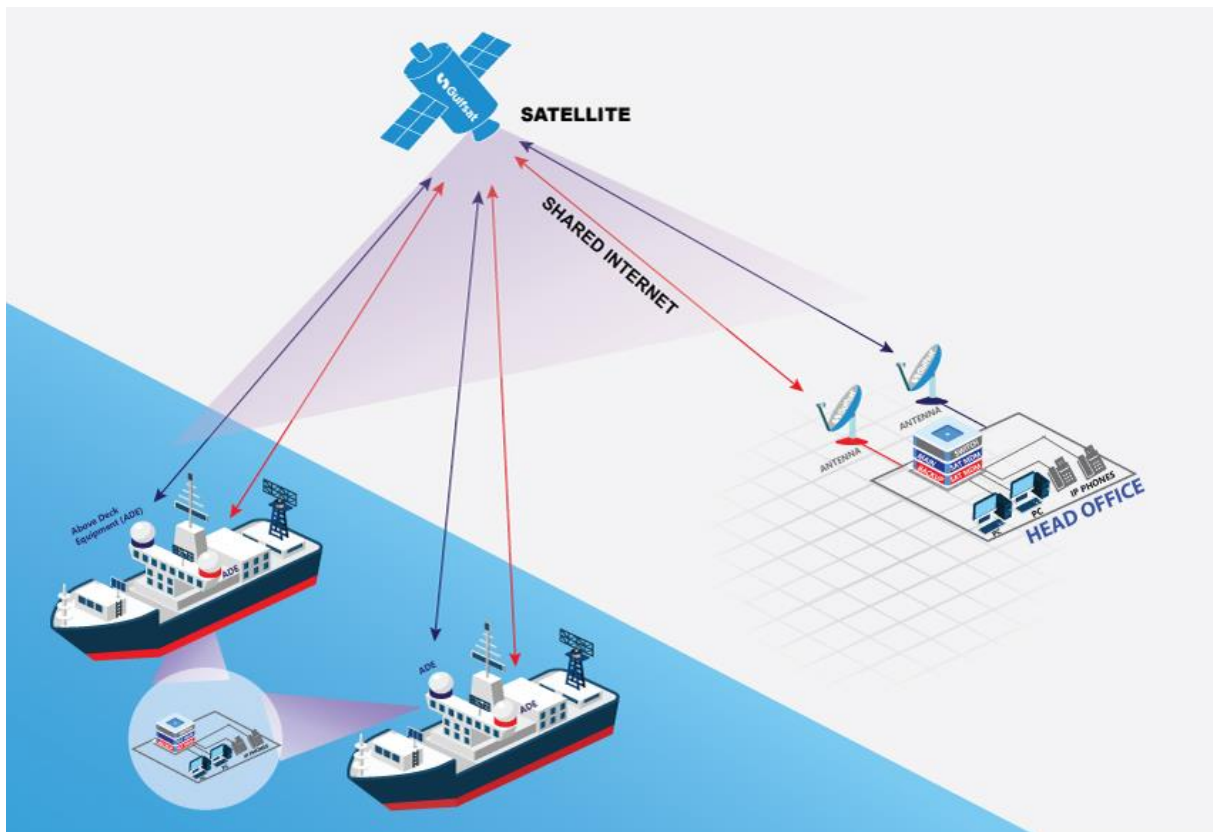
Proces uspostavljanja komunikacije pomoću pomorskih satelitskih sustava uključuje nekoliko koraka:

1. Uspostavljanje veze između broda i satelita: Kada brod namjerava započeti komunikaciju ili se povezati s mrežama na kopnu putem satelita, ono prvo uspostavlja kontakt s dostupnim satelitom iznad sebe usmjeravanjem svoje antene prema tom specifičnom orbitalnom položaju.
2. Nakon povezivanja, glasovni ili podatkovni signali generirani na brodu moduliraju se u radiofrekventne valove prikladne za prijenos kroz antenski sustav prema ciljnom satelitu.
3. Ciljni satelit prima odaslane signale i preusmjerava ih prema zemaljskoj postaji ili teleportu na Zemlji. Zemaljske postaje djeluju kao posrednici, usmjeravajući komunikaciju između satelita i zemaljskih mreža.
4. Nakon što stignu do zemaljske stanice, podaci se prenose u kopnene mreže preko optičkih kabela visokog kapaciteta, mikrovalnih veza ili drugih načina zemaljske povezanosti.
5. Na kraju, podaci se usmjeravaju kroz različite mrežne čvorove sve dok ne dođu do željenog odredišta (npr. drugi brod, sjedište brodarske tvrtke, lučka uprava).

Za optimizaciju korištenja propusnosti preko pomorskih satelitskih veza i osiguranje sigurne komunikacije:

6. Kompresija podataka: brodski sustavi često koriste tehnike kompresije podataka koje smanjuju veličinu prenesenih datoteka bez značajnog ugrožavanja njihove kvalitete. To pomaže maksimizirati dostupnu propusnost za učinkovit prijenos podataka.
7. Enkripcija: Osjetljive informacije koje se prenose putem pomorskih satelitskih sustava mogu biti šifrirane pomoću kriptografskih algoritama za zaštitu od neovlaštenog pristupa ili presretanja.

Na slici 16 moguće je vidjeti primjer povezanosti broda sa obalnom stanicom putem satelitske komunikacije.



Slika 16. Povezanost broda s kopnom putem satelita

Izvor: <https://www.gulfsat.com/index.php/maritime/> (10.9.2023)

Pružatelji usluga i područja pokrivenosti: Nekoliko pružatelja usluga specijalizirano je za pružanje usluga pomorske satelitske komunikacije na globalnoj razini:

1. Inmarsat: vodeći pružatelj usluga s višestrukim GEO satelitima koji pokrivaju većinu dijelova svjetskih oceana.
2. Iridium Communications: koristi LEO konstelacije za pružanje globalne pokrivenosti čak i u udaljenim regijama kao što su polarna područja.
3. Globalstar: Još jedan pružatelj koji upravlja LEO satelitima koji se primarno fokusira na usluge glasovne komunikacije.

Pomorske satelitske komunikacije podržavaju različite usluge ključne za sigurnu plovidbu, operativnu učinkovitost, dobrobit posade, koordinaciju odgovora u hitnim slučajevima:

- Glasovni pozivi: Satelitski telefoni omogućuju glasovne pozive između brodova na moru ili s obalama.
- Pristup internetu i usluge e-pošte: Pomorska širokopojasna povezanost omogućuje pregledavanje interneta na brodu olakšavajući razmjenu e-pošte s uredima/članovima obitelji na kopnu.
- Ažuriranje vremenske prognoze i navigacijska pomoć: Sateliti daju vremensku prognozu/upozorenja u stvarnom vremenu osiguravajući da brodovima mogu prilagoditi rute, optimizirati potrošnju goriva i izbjeći nepovoljne vremenske uvjete.
- Nadzor i praćenje broda: Satelitski sustavi poput sustava za automatsku identifikaciju (AIS) omogućuju praćenje broda u stvarnom vremenu.³⁴ To pomaže u izbjegavanju sudara, operacijama potrage i spašavanja ili nadzoru usklađenosti brodova s međunarodnim propisima.
- Komunikacije u hitnim slučajevima: U hitnim slučajevima kao što su pozivi u pomoć ili medicinski incidenti na brodu, pomorske satelitske komunikacije pružaju pouzdan način za traženje pomoći obalne straže ili obližnjih brodova opremljenih AIS tehnologijom.

Pomorske satelitske komunikacije nastavljaju se razvijati kako bi zadovoljile sve veće zahtjeve i tehnološki napredak:

- Implementacija satelita visoke propusnosti omogućuje veće brzine prijenosa podataka za aplikacije koje zahtijevaju veliku propusnost kao što su video konferencije.
- Pomorski satelitski sustavi integriraju se s tehnologijama interneta stvari (IoT) koje olakšavaju daljinsko praćenje/kontrolu brodskih sustava/opreme za prediktivne prakse održavanja i poboljšanu operativnu učinkovitost.
- Kako se digitalizacija povećava u pomorskom sektoru, snažne mjere kibernetičke sigurnosti postaju ključne za zaštitu od potencijalnih kibernetičkih prijetnji usmjerenih na satelitske komunikacijske mreže.
- Satelitski sustavi pomažu u zaštiti okoliša pružanjem mogućnosti kao što je daljinsko očitavanje koje može otkriti izlivanje nafte/incidente onečišćenja ili pratiti ilegalne ribolovne aktivnosti na velikim područjima oceana/vodenih tijela.

³⁴ <https://hrcak.srce.hr/file/311764>

5.4 Inmarsat

Pomorska komunikacija igra ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti i učinkovitosti pomorskih operacija. Inmarsat, vodeći pružatelj usluga globalne mobilne satelitske komunikacije, nudi niz inovativnih rješenja posebno dizajniranih za pomorsku industriju.

Maritime Inmarsat odnosi se na skup satelitskih komunikacijskih usluga koje Inmarsat pruža za brodove na moru.³⁵ Ove usluge omogućuju pouzdanu i učinkovitu povezanost između brodova, obalnih operativnih centara, članova posade i drugih dionika uključenih u pomorske aktivnosti.

FleetBroadband jedna je od vodećih ponuda Maritime Inmarsata. Omogućuje brzi širokopojasni pristup internetu na brodu, omogućujući različite aplikacije kao što su razmjena e-pošte, pregledavanje weba, glasovni pozivi, videokonferencije, pa čak i gledanje medijskih sadržaja. Ova usluga osigurava da posada može ostati povezana sa svojim obiteljima na obali, a istovremeno olakšava učinkovito upravljanje broda putem prijenosa podataka u stvarnom vremenu.

Fleet Xpress kombinira prednosti Ka-band tehnologije visoke propusnosti s L-band backup mogućnostima koje nudi Global Xpress (GX). Ovo hibridno rješenje pruža besprijekornu povezanost čak i u udaljenim regijama gdje tradicionalne zemaljske mreže možda nisu dostupne ili dovoljno pouzdane. Fleet Xpress omogućuje veće brzine podataka i povećani kapacitet propusnosti za aplikacije koje zahtijevaju veliku propusnost kao što su sustavi video nadzora ili daljinsko praćenje opreme.

U skladu sa svojom predanošću sigurnosti na moru, Maritime Inmarsat pruža usluge usklađene s GMDSS-om koje igraju ključnu ulogu tijekom situacija u nevolji na brodu diljem svijeta. GMDSS sustav olakšava komunikaciju u hitnim slučajevima uključujući pozive u pomoć putem satelitskih terminala instaliranih na brodovima.

VSAT(*eng. Very small aperture terminal*) sustavi još su jedna bitna stavka Maritime Inmarsata. Ovi sustavi pružaju stabilnu širokopojasnu povezanost prikladnu za pomorske

³⁵ https://www.amc.edu.au/__data/assets/pdf_file/0004/838408/MSCSSE_Handbook_August_2019.pdf

aplikacije s velikom propusnošću. VSAT rješenja osiguravaju pouzdanu i visokokvalitetnu komunikaciju između brodova, obalnih operativnih centara i ostalih sudionika uključenih u pomorsku industriju.³⁶ Jednu vrstu VSAT sustava od proizvođača Intellian se može vidjeti na slici 17.



Slika 17. VSAT antena

Izvor: *Izradio student*

Prednosti Maritime Inmarsata su to što nudi sveobuhvatnu globalnu pokrivenost putem svoje konstelacije geostacionarnih satelita strateški postavljenih diljem svijeta. To osigurava da

³⁶ <https://ts2-space.webpkgcache.com/doc/-/s/ts2.space/en/can-vsats-be-used-in-maritime-environments/>

brodovi mogu ostati povezani bez obzira na njihovu lokaciju na moru. Također, Inmarsatova satelitska mreža pruža robusnu i otpornu komunikacijsku infrastrukturu za pomorske operacije. Omogućuje posadama da održavaju stalni kontakt s timovima za podršku na kopnu, osiguravajući nesmetanu koordinaciju i učinkovito donošenje odluka.

Usluge usklađene s GMDSS-om koje nudi Maritime Inmarsat povećavaju sigurnost na moru omogućavanjem komunikacije u slučaju opasnosti tijekom hitnih slučajeva. Brodovi opremljeni ovim sustavima mogu brzo odašiljati signale opasnosti, osiguravajući brzu reakciju tijela za potragu i spašavanje.

Omogućavanjem brzog pristupa internetu na brodovima, Maritime Inmarsat povećava operativnu učinkovitost na različite načine. Članovi posade mogu pristupiti najnovijim informacijama o vremenskoj prognozi u stvarnom vremenu, navigacijskim kartama ili podacima o optimizaciji rute kako bi donosili informirane odluke. Nadalje, mogućnosti daljinskog nadzora opreme omogućuju prediktivne prakse održavanja koje minimiziraju zastoje i optimiziraju rad brodova.

Maritime Inmarsat nudi fleksibilne planove cijena prilagođene različitim zahtjevima kupaca. Ovi planovi omogućuju brodskim operaterima da odaberu najisplativije opcije na temelju svojih specifičnih potreba, a istovremeno održavaju pouzdanu povezanost tijekom svojih putovanja.

6. ZAKLJUČAK

Zaključno, brodski vanjski komunikacijski sustavi razvili su se tijekom vremena kako bi zadovoljili rastuće zahtjeve pomorske industrije. Ovi sustavi igraju ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti, učinkovitosti i neometanog rada pomorske plovidbe.

Evolucija vanjskih pomorskih komunikacijskih sustava može se pratiti unatrag do potrebe za učinkovitom i pouzdanom komunikacijom između brodova i tijela na obali. Od tradicionalnih metoda poput signalnih zastavica i Morseove abecede, industrija je napredovala do modernih sustava koji koriste radio valove, satelitsku tehnologiju i digitalne platforme.

Jedan od ključnih sustava u pomorskoj vanjskoj komunikaciji je Globalni pomorski sustav za pomoć i sigurnost (GMDSS). GMDSS integrira različite komunikacijske tehnologije, uključujući satelitsku komunikaciju, Navtex i VHF radio, kako bi pomorcima pružio sveobuhvatnu i pouzdanu komunikacijsku mrežu. Ovaj sustav osigurava da se pozivi u pomoć, sigurnosne informacije i navigacijska upozorenja učinkovito prenose i primaju od strane brodova i obalnih vlasti diljem svijeta.

Drugi važan sustav je sustav za automatsku identifikaciju (AIS), koji koristi VHF radio valove za razmjenu informacija u stvarnom vremenu između plovila i obalnih postaja. AIS omogućuje brodovima praćenje i nadziranje međusobnih položaja, povećavajući svijest o situaciji i pomažući u izbjegavanju sudara.

Važnost vanjskih pomorskih komunikacijskih sustava ne može se precijeniti. Omogućuju pomorcima da ostanu povezani s vlastima na obali, primaju pravovremenu vremensku prognozu, navigacijska upozorenja i druge bitne informacije. Ovi sustavi značajno doprinose sigurnosti plovila, posade i tereta, kao i zaštiti morskog okoliša.

Međutim, i dalje postoje izazovi u području vanjskih pomorskih komunikacijskih sustava. Ti izazovi uključuju osiguravanje interoperabilnosti između različitih sustava, rješavanje problema kibernetičke sigurnosti i prilagodbu tehnologijama u nastajanju. U tijeku su naponi za rješavanje ovih izazova i daljnje poboljšanje mogućnosti ovih sustava za dobrobit pomorske industrije.

Zaključno, vanjski pomorski komunikacijski sustavi su doživjeli značajan napredak, pružajući pomorcima učinkovita i pouzdana sredstva komunikacije. Integracija različitih tehnologija, standardizacija i međunarodna suradnja uvelike su poboljšali sigurnost i učinkovitost na moru. Kako se pomorska industrija nastavlja razvijati, ovi će sustavi i dalje igrati ključnu ulogu u omogućavanju učinkovite komunikacije i podržavanju neometanog rada pomorske navigacije.

LITERATURA

- [1] <https://www.nautinst.org/uploads/assets/uploaded/d1af347a-7bca-4abb-9191982e536cf576.pdf> (14.8.2023)
- [2] https://www.researchgate.net/profile/Ornulf-Rodseth-2/publication/280830195_A_system_architecture_for_an_unmanned_ship/links/55c85eb808aea2d9bd8b28b/A-system-architecture-for-an-unmanned-ship.pdf (14.8.2023)
- [3] <https://repository.pfri.uniri.hr/islandora/object/pfri:2097> (14.8.2023)
- [4] https://www.academia.edu/10729968/A_PRESENTATION_OF_LOUD_HAILER_AND_INTERNA_L_COMMUNICATIONS_TO_SHIPS (14.8.2023)
- [5] https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1677-1-200910-I!!PDF-E.pdf (15.8.2023)
- [6] <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/standardmarinecommunicationphrases.aspx> (15.8.2023)
- [7] <https://gmdsstesters.com/radio-survey/general/global-maritime-distress-and-safety-system.html> (16.8.2023)
- [8] <https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/SOLAS.aspx> (17.8.2023)
- [9] <https://www.explainthatstuff.com/radio.html> (20.8.2023)
- [10] <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/frequency-modulation> (19.8.2023)
- [11] <https://repositorij.vuka.hr/en/islandora/object/vuka:2374> (22.8.2023)
- [12] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/phyri:238> (21.8.2023)
- [13] <https://mario-rodriuez.medium.com/amplitude-modulation-am-python-simulations-with-numpy-1fc50a4762af> (25.8.2023)
- [14] <https://www.heavy.ai/technical-glossary/frequency-modulation> (2.9.2023)
- [15] <https://www.collimator.ai/reference-guides/what-are-hf-band-conditions> (2.9.2023)
- [16] <https://www.international-maritime-rescue.org/news/sar-communication-understanding-effective-human-communication-skills-2> (2.9.2023)
- [17] https://www.pfri.uniri.hr/bopri/documents/MaritimeCommunicationsandSMCP_002.pdf (2.9.2023)
- [18] https://www.researchgate.net/publication/305445549_Secure_Wireless_HF_Communication_Network (5.9.2023)
- [19] https://www.sws.bom.gov.au/HF_Systems/8/2 (5.9.2023)
- [20] <https://www.ijert.org/satellite-and-vhf-enabled-assistance-for-marine-navigation> (5.9.2023)
- [21] https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2231-1-2014-PDF-E.pdf (5.9.2023)

- [22] https://www.pfri.uniri.hr/bopri/documents/MaritimeCommunicationsandSMCP_002.pdf (5.9.2023)
- [23] <https://www.itu.int/hub/2022/12/wrs-22-trends-in-maritime-communications/> (7.9.2023)
- [24] <https://academic-accelerator.com/encyclopedia/marine-vhf-radio> (5.9.2023)
- [25] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780080977522000052> (7.9.2023)
- [26] <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/AIS.aspx> (7.9.2023)
- [27] <https://www.marinetraffic.com/blog/ais-faq/> (9.9.2023)
- [28] https://www.pfri.uniri.hr/bopri/documents/MaritimeCommunicationsandSMCP_002.pdf (10.9.2023)
- [29] <https://www.globalsatellite.gi/marine-satellite-communications-stay-connected-anywhere/>
- [30] <https://yachtfindersglobal.com/starlink-maritime-a-game-changer-for-yachts-and-ships-worldwide/> (10.9.2023)
- [31] <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/geostationary-satellite> (10.9.2023)
- [32] <https://www.symmetryelectronics.com/blog/leo-vs-meo-vs-geo-satellites-what-s-the-difference-symmetry-blog/> (10.9.2023)
- [33] <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/low-earth-orbit> (10.9.2023)
- [34] <https://hrcak.srce.hr/file/311764> (10.9.2023)
- [35] https://www.amc.edu.au/_data/assets/pdf_file/0004/838408/MSCSSE_Handbook_August_2019.pdf (10.9.2023)
- [36] <https://ts2-space.webpkgcache.com/doc/-/s/ts2.space/en/can-vsats-be-used-in-maritime-environments/> (10.9.2023)

POPIS SLIKA

str.

Slika 1. Primjer korištenja vanjske brodske komunikacije	4
Slika 2. Prikaz unutarnje brodske komunikacije	5
Slika 3. Povijesni primjerak bežične telegrafije	6
Slika 4. GMDSS konzola	7
Slika 5. Karta područja pokrivenosti radijske komunikacije	10
Slika 6. Prikaz komunikacije između antena	14
Slika 7. Prikaz modulacije signala	16
Slika 8. Prikaz demodulacije signala.....	17
Slika 9. HF radio	18
Slika 10. VHF radio	23
Slika 11. Prikaz AIS-a.....	28
Slika 12. Prikazani podaci na AIS-u	31
Slika 13. Navtex	34
Slika 14. Primjer poruke u Navtexu	35
Slika 15. Primjer upotrebe infrastrukture za satelitsku komunikaciju	42
Slika 16. Povezanost broda s kopnom putem satelita	46
Slika 17. VSAT antena.....	49