# ARPA i AIS

**Đirlić, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:894822

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**
**POMORSKI FAKULTET**

**Mateo Đirlić**

# ARPA I AIS

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2017.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**
**POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

# ARPA I AIS

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**Dipl. ing. prof. Zoran Mikelić**

**STUDENT:**

**Mateo Đirlić**
**(MB: 1262954)**

**SPLIT, 2017.**

# SAŽETAK

U ovom završnom radu obrađena je tema uređaja za automatsko plotiranje (engl. Automatic Radar Plotting Aids - ARPA) i automatskog identifikacijskog sustava (engl. Automatic Identification System - AIS). To su uređaji koji se koriste kao navigacijska pomagala u svrhu što brže i sigurnije plovidbe. Cilj ovog rada je ukazati na značaj poznavanja teorije i principa rada ovih uređaja u svrhu jednostavnije uporabe tijekom navigacije. ARPA uređaj koristeći radiovalove daje informacije časniku o promatranom objektu kao što su udaljenost, brzina i pozicija. AIS uređaj omogućuje elektroničku razmjenu brodskih navigacijskih podataka koji obavezno uključuju identifikaciju broda, položaj broda te kurs i brzinu broda. Podaci se mogu prikazati na ekranu, radaru, sustavu elektroničkih karata(engl. Electronic Chart Display and Information System - ECDIS), itd. Oba uređaja su neizostavni dio integriranog navigacijskog sustava



**Ključne riječi:** *pozicija, integrirani navigacijski sustav, elektronička navigacija, ARPA, AIS*



# ABSTRACT

In this final work the theme are ARPA and AIS devices. Those are devices used as a navigational aids in purpose of faster and safer navigation. The goal of this final work is to point out importance of having theoretical knowledge and operating principle in purpose of easier use of ARPA and AIS during navigation. The ARPA device using radio waves provides information to the officer on the object being viewed such as distance, speed and position. The AIS device enables electronic excange of navigation informations which includes the identification of the ship, position of the vessel and sped of navigation. Data can be displayed on the screen, radar, ECDIS, etc. Both devices are an indispensable part of integrated navigation system.



**Key words:** *line of position, integrated navigation system, electronic navigation, ARPA, AIS*

# SADRŽAJ


1. UVOD ..... 1

2. INTEGRIRANI NAVIGACIJSKI SUSTAV – DIJELOVI I PRINCIP RADA ..... 2

2.1. PREDNOSTI ARPA RADARA ..... 4

2.2. PREDNOSTI AIS SUSTAVA ..... 6

3. ARPA RADAR ..... 8

3.1. PRAKTIČAN RAD ARPA UREĐAJEM ..... 12

3.2. OSNOVNI RADARSKI PRINCIPI ..... 13

3.2.1. Domet radara ..... 14

3.2.2. Radarski azimut ..... 15

3.2.3. Vrste prikaza i slike na radaru ..... 16

3.3. VEKTORI ..... 17

3.4. OBRADA PODATAKA ..... 19

3.5. ALARMI UPOZORENJA ..... 22

3.6. NAVIGACIJSKE TEHNIKE (PLOTIRANJE) PRI KORIŠTENJU ARPA RADARA ..... 23

3.6.1. Relativno plotiranje ..... 24

3.6.2. Pravo plotiranje ..... 25

3.6.3. Paralelni index ..... 25

4. AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS) ..... 27

4.1. POVIJEST AIS-A I DIJELOVI SUSTAVA ..... 27

4.2. PRINCIP RADA AIS SUSTAVA ..... 30

4.3. DOMET I ANTENA AIS-A ..... 33

4.4. AIS PORUKE ..... 34

5. AIS KAO SREDSTVO UNAPREĐENJA RADARSKOG SUSTAVA ..... 36

**5.1. NADOPUNA RADARSKOG UREĐAJA KORIŠTENJEM AIS-A ..... 36**

**5.2. NEDOSTACI RADARA PRILIKOM PRAĆENJA OBJEKATA ..... 37**

**6. ZAKLJUČAK ..... 40**

**LITERATURA ..... 42**

**POPIS SLIKA .....** Error! Bookmark not defined.

# 1. UVOD

Radar s automatskim pomagalom za plotiranje i automatski identifikacijski uređaj navigacijski su uređaji koji su dio navigacijskog integriranog sustava pomoću kojih časnik dobiva sve potrebne informacije o promatranom objektu. Potreba za uvođenjem ovakvih navigacijskih uređaja javljala se kako bi se sigurnost posade, putnika i tereta dovela do željene razine, a mogućnost pogreške svela na minimum. Tehnološki razvoj i napredak tehnologije zahvatio je i pomorstvo, samim time i razvoj navigacijskih pomagala. Integrirani navigacijski most, čiji su dio ARPA i AIS, uvelike je pomogao časnicima i plovidbu učinio sigurnijom i bržom. Kroz ovaj rad upoznat ćemo se s načinom rada ovih dvaju uređaja, njihovim dijelovima te funkcijma koje oni izvršavaju.

Nakon uvoda objašnjeno je što je integrirani navigacijski sustav, što mu je cilj, te su navedene sve prednosti korištenje ARPA i AIS uređaja.

U trećem poglavlju detaljno je obrađen ARPA uređaj, pojedničano je objašnjen domet radara te kako od radara dobivamo informacije poput udaljenosti, azimuta i brzine objekta. Stavljen je naglasak na obradu podataka i parametre kretanja broda, te je analizirano što se događa ukoliko su parametri netočni.

U četvrtom poglavlju obrađene su tehnike korištenja ARPA radara kojim dolazimo do informacija o promatranom objektu te kako pomoću paralelnog indeksa povećavamo sigurnost u plovidbi.

U petom poglavlju pojašnjen je princip rada AIS uređaja te kakvu ulogu on ima na integriranom navigacijskom mostu.

U šestom dijelu, dakle zaključku, objedinjeni su ključni dijelovi teme čitavog završnog rada uz zaključak koji naglašava ulogu obrađene teme u pomorskoj navigaciji.

# 2. INTEGRIRANI NAVIGACIJSKI SUSTAV – DIJELOVI I PRINCIP RADA

S ciljem povećanja sigurnosti plovidbe i smanjenjem radnog opterećenja časnika na straži pojavila se potreba za povezivanjem brodskih navigacijskih instrumenata, uređaja i sustava u jedan integrirani navigacijski sustav. *Integrirani sustav omogućava sinergijski, povezani nadzor i praćenje rada različitih sustava s istog, jedinstvenog operaterskog mjesta koristeći jedinstveno operatersko sučelje (monitor, tipkovnica), a moguća je i intervencija u rad obuhvaćenih podsustava.* Ovisno o broju povezanih uređaja i sustava, te o njihovoj namjeni, postoje različite izvedbe navigacijskih integriranih sustava, a osnovna svrha svakog integriranog navigacijskog sustava je prikaz svih bitnih podataka i funkcija za vođenje navigacije na radnoj stanici. Integrirani navigacijski sustavi moraju omogućiti navigacijske zadatke planiranja rute, nadzora rute, izbjegavanja sudara, prikaza podataka o navigacijskom statusu broda te upravljanje navigacijskim podacima i uzbunom. Kako bi se povećala učinkovitost integriranih navigacijskih sustava međusobno se povezuju gotovo svi brodski navigacijski uređaji i sustavi poput radara, autopilota, globalnog sustava za pozicioniranje (engl. Global Positioning System - GPS), ECDIS-a, AIS-a, zapisivača podataka o putovanju broda (engl. Voyage data recorder - VDR), kompasa, brzinomjera te meteoroloških instrumenata

Integrirani navigacijski sustav elektronički je sustav koji oslobađa navigatora od suvišnih podataka, odnosno koji će od svih prikazanih podataka odabrati, pratiti, analizirati i za određenu situaciju prikazati najvažnije podatke. To časniku straže omogućuje da više prati situaciju i na vrijeme pristupi manevru. Automatizacija pridonosi uštedi goriva i skraćuje vrijeme plovidbe. U takvom sklopu nalaze se i uređaji za automatsko upravljanje pogonskim postrojenjem. Jedinica koja čini takav sustav nalazi se na mostu. Glavni dio sustava je središnje računalo posebne konstrukcije. Zadatak računala je da prikupljene podatke obradi prema odabranom programu, odnosno prema trenutačnim potrebama.

Računalo ima tri modula:

-procesor koji kontrolira sve pomoćne jedinice koje s podacima opskrbljuju sustav, kao i sva osjetila koja daju podatke, obavlja potrebne izračune i rezultate prenosi na pokazivače sustava

-memorija pohranjuje primljene programirane podatke i omogućuje sustavu obavljanje pojedinih funkcija bez intervencije poslužitelja

-sučelje prima i obrađuje signale svih osjetila, uvodi ih u elektroničko računalo, povratno i prima od računala i pretvara u signale koji će aktivirati odgovarajući dio sustava.

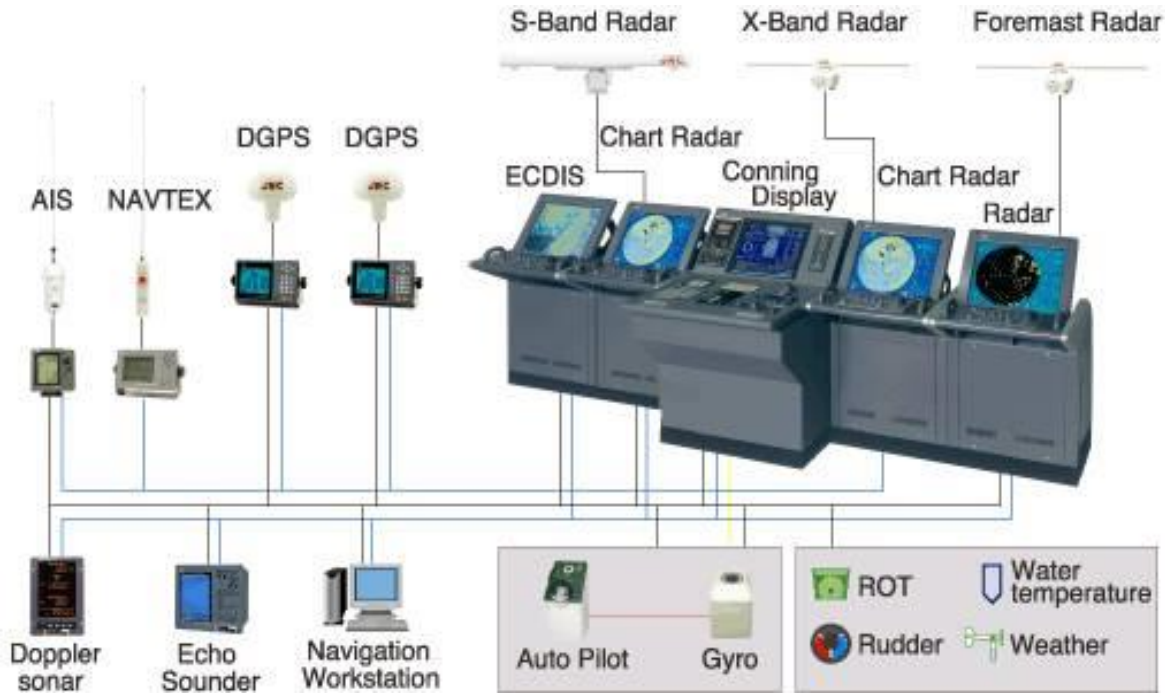
Koliko se navigator može pouzdati u točnost izračunatih podataka ovisi o samoj točnosti ulaznih podataka koja računalu daju pojedina osjetila. Zbog toga računalo obavlja dva nova zadatka:

-statistički uspoređuje podatke koje je dobilo od pojedinih osjetila s podacima unesenim u memoriju na temelju programiranog matematičkog modela, a zatim odabirom statističkih podataka određuje optimalnu trenutačnu zbrojenu poziciju

-dobivenu optimalnu poziciju broda povremeno uspoređuje s pozicijom koju daje GPS.

To radi jer pozicija dobivena GPS-om ne ovisi o osnovnim navigacijskim osjetilima.

Povezivanjem ARPA-e i AIS-a dovelo je do toga da je časniku plovidbene straže uveliko olakšan posao praćenja onoga što se događa oko njega, te mu je omogućilo mnogo sigurnije vođenje navigacije što je i primarni cilj integriranog navigacijskog sustava (engl. Integrated Navigation System - INS). Oba uređaja imaju poneke nedostatke, no kad su upareni idealno se nadopunjuju. U integraciji s radarom AIS omogućuje konstantno pokrivanje, čak i kad je zbog smetnji radarska slika oslabljena. AIS omogućuje otkrivanje objekata koji se nalaze u radarskoj sjeni, odnosno objekata koji su zbog raznih prepreka nevidljivi radaru. AIS sustav može se također korisiti za davanje podataka pomorskih agencija, podataka o luci, poziciji sidrenja, vremenskih izvješća i sl. No sama iskoristivost INS-a i uređaja koji su uključeni u njega ovisi ponajprije o operatoru, to jest čovjeku. Časnik je taj koji određuje kolika će biti iskoristivost uređaja, a najbolji primjer toga je rukovanje AIS-om. Podaci o vlastitom brodu bit će dostupni drugim brodovima kao što su jedinstveni devet brojčani identifikacijski broj (engl. Maritime Mobile Service Identity – MMSI), ime i tip broda te status plovidbe, no također časnik može unijeti podatke kao što su gaz broda, podaci o opasnom teretu i ostalo što na kraju uvelike može biti važno osobi odgovornoj za navigaciju na drugim brodovima u blizini. Ono što može predstavljati problem je gašenje AIS uređaja od strane manjih brodova, pa takvi postupci često predstavljaju opasnost unatoč tome što ti brodovi i dalje mogu biti vidljivi na radaru. [1]




**Slika 1.** Komponente integriranog sustava[11]

## 2.1. PREDNOSTI ARPA RADARA

Temelj prednosti ARPA radara u odnosu prema klasičnom je u obradi podataka o otkrivenim objektima. Prednosti su višestruke, a sve se mogu klasificirati u dvije vrste:

- prednosti vezane za kvalitetu slike
- prednosti vezane za ARPA sustav kao izvor navigacijskih podataka.

Bolja kvaliteta slike postiže se efikasnijim brisanjem smetnji, svjetlijom slikom, jednakim termičkim i optičkim opterećenjem ekrana, mogućnostima prikaza reljefa, odnosno generiranjem slike u boji, a posebno mogućnošću distribuiranja slike na više mjesta na brodu (ponavljači radarske slike). Te su prednosti posljedica kompjutorske obrade signala.

*Tehnički je sintetiziranje slike omogućeno podjelom radarskog ekrana na veliki broj malih površina koji su definirani kutom i udaljenošću od središta ekrana. Te površine nazivaju se pikseli, a jedan piksel je najmanja površina ekrana koja može biti osvijetljena ili zatamnjena. Broj takvih površina po osi x i osi y definira rezoluciju ekrana. Na primjer, radar „CONCEPT“ firme „Kelwin Hughes“ ima ekran koji je podijeljen u $2^{10}$ x $2^{10}$ točaka. U memoriji računala svakom je pikselu dodijeljena jedna ćelija, tako da je u*

*računalu pohranjena matrica memorijskih ćelija u koju se upisuju podaci o radarskim odrazima*. Svakoj elementarnoj površini ekrana odgovara jedna memorijska ćelija, odnosno svakom sektoru ekrana i njemu pripadajućeg prostora po jedan red ćelija. Nakon uključivanja radara impuls se upućuje u određenom smjeru u prostoru. Emitira se jedan impuls uskog snopa i velike snage, a vraća se više odjeka, zavisno o tome na koliko je prepreka naišao impuls. Jeke se propuštaju kroz mješac i pojačalo, te pohranjuju u matrici memorijskih ćelija, tako da svakom pikselu odgovara određena adresa u jednom registru. Nakon toga antena radara zarotira za određeni kut te se emitira drugi impuls, a jeke se pohranjuju na određenim adresama matrice u drugom registru. Okretanjem antene popunjavaju se i ostali registri, a nakon punog okreta antene radar ponovo analizira prvi sektor te usporedi broj odraza s podacima u prvom registru. Nakon nekoliko promatranja istog sektora računalo određuje koji se odrazi mogu smatrati kao odrazi objekata, a koji kao smetnje.

Broj promatranja i pojavnost odraza na ekranu ovisi o računalu. Na takav način računalo je statističkom provjerom broja pojavljivanja određenog odraza pojedine eliminirao kao smetnje, a pojedine propustio kao odraze od objekata u prostoru.

Brisanje smetnji kod ARPA radara razlikuje se, dakle, od brisanja smetnji kod klasičnog radara. Kod običnog radara smetnje se otklanjaju smanjivanjem snage slabijih signala, dok se kod ARPA uređaja smetnje otklanjaju bez smanjivanja snage primljenog signala. Rad kompletnog sklopa temeljen je na obradi signala, odnosno sklopu za memoriranje i komparatorima za usporedbu signala. Nakon prvog primanja impuls je prošao kroz jedan komparator, a u drugom primanju uspoređuje se s prvim signalom u drugom komparatoru. Usporedbom se propuštaju signali koji su stalno primani i otklanjaju oni koji se primaju samo povremeno. Tako se sasvim sigurno otklanjaju interferencijski signali i signali kontaminirani smetnjama, ali se mogu eliminirati i korisni signali ako se primaju samo povremeno, na primjer signal plutače koja se njiše na nemirnom moru. Zapisi radarskih odraza koji su nakon digitalnog filtriranja i komparacija ostali zapisani u memorijskoj matrici računala pretvaraju se u ujednačene pravokutne impulse koji se šalju na ekran na kojem tvore sintetiziranu sliku okolnog prostora.

S obzirom da računalo može analizirati i snagu odraza, na ekran je moguće poslati signal različitog intenziteta ili različite boje. Tako se dobije reljefna slika okolnog prostora, ili se signalima različite snage dodjeljuju određene boje pa se može dobiti sintetizirana slika u boji. Na takvoj radarskoj slici obala i metalni dijelovi u blizini radara koji daju jak odraz na

ekranu bit će prikazani crvenom bojom, odrazi slabije snage bojama od žute do zelene, dok je morska površina i ostali prostor bez jeke prikazan plavom bojom.

Jasna i svijetla slika ARPA radara koja je jednako kvalitetna u svim dometima posljedica je organizacije vremenske baze. U klasičnom radaru svakom emisijskom impulsu pripada jedna vremenska baza, dok između pojedinih vremenskih baza elektronski snop iz elektronskog topa katodne cijevi udara u središte ekrana i grije ga dok slika postupno blijedi kako vremenska baza nastavlja kretanje. Osim toga nagib vremenske baze (a time i osvijetljenost slike) ovisna je o dometu radara. Kod ARPA radara sadržaj slike pohranjen je u memorijskoj matrici pa se ona može višestruko upisivati generiranjem niza sekundarnih vremenskih baza. Višestrukim ispisivanjem slike ona postaje mnogo jasnija dok je središte ekrana termički znatno manje opterećeno, a perzistencija ekrana može biti mnogo kraća, tako da se kod promjene dometa nova slika postavlja mnogo brže. Osim toga nagib vremenske baze, odnosno njezino trajanje, neovisno je o dometu radara, a to znači da je slika jednako svijetla na svim dometima. [10]

## 2.2. PREDNOSTI AIS SUSTAVA

Glavna prednost AIS sustava je u tome što uklanja neke nedostatke radarskog uređaja i stvara mogućnost učinkovitijeg plovljenja, na način da se efikasnije izbjegavaju sudari. Osim toga uvodi neke novine, poput primjerice automatske identifikacije radarskih ciljeva i poboljšava već postojeći radarski način rada.

Kada govorimo o automatskoj identifikaciji radarskih ciljeva to znači da ciljevi koji su vidljivi na zaslonu radara mogu biti u potpunosti identificirani u pogledu osnovnih podataka, poput imena broda, tipa broda i vrsta tereta, IMO(engl. International Maritime Organization) broja, te mnoštvo drugih informacija koje nam mogu biti od značajne koristi.

Primjeri prednosti AIS sustava:

1.) Način rada AIS sustava, odnosno jedna od karakteristika visokofrekvencijskih (engl. Very high frequency - VHF**)** valova je u tome što daju mogućnost praćenja radarske sjenke, što povećava razinu sigurnosti u plovidbi. Osim toga način rada omogućuje detekciju ciljeva koji su zaklonjeni preprekama, primjerice poput ciljeva koji se nalaze iza malih otoka.

2.) Nakon što se uveo AIS sustav uklonila se dvosmislenost u tumačenju radarskih slika. Primjerice, ako su dva objekta relativno malo udaljena, tj. ako ih horizontalna širina radarskog snopa (razdvajanje po kutu) istodobno obuhvati oni će na ekranu biti prikazani kao jedan objekt, što u navigaciji predstavlja problem za sigurnost. Uvođenjem AIS-a na brodove potpuno se otklanjaju ti problemi. Bez obzira na udaljenost na kojoj se ti objekti nalaze oni šalju samostalne AIS izvještaje, i ti će se prikazati časniku koji je u straži na izabranom displeju (AIS-a, ARPA-e, ECDIS-a), tako da unatoč što vidi jedan objekt shvatit će da se radi o dva objekta i imat će sve potrebne dodatne informacije koje se šalju AIS izvještajima redovitim putem.

3.) AIS sustav je otporan na hidrometeorološke promjene, npr. visoki valovi, snijeg, kiša, zbog toga što se koristi VHF transmisijom. Upravo zato je važan činitelj za praćenje brodova radi izbjegavanja sudara.

4.) AIS uređaj, osim svih ostalih podataka, prima i podatke o veličini brodova koji se nalaze u okruženju. To je jako bitno jer se pri izbjegavanju sudara treba u obzir uzeti i veličina broda, upravo iz razloga što veći brodovi imaju manju manevarsku sposobnost.

5.) Podaci koje odašilje AIS su točniji, jer sustav radi u realnom vremenu. ARPA do tih podataka dolazi uzastopnim snimanjima praćenog objekta stoga podaci ne stižu u realnom vremenu.

O prednostima AIS sustava može govoriti u dva različita smjera, prednosti za zapovjednike i časnike u straži i prednosti za osoblje u sustavu pomorskog prometa (engl. Vessel Traffic service - VTS) na obali. [3] [5]

# 3. ARPA RADAR

Radar s automatskim pomagalom za plotiranje (ARPA) ima sposobnost izračunavanja kursa, brzine i najbliže točke dolaska nekog određenog objekta, te nas upozorava postoji li opasnost od sudara/udara s drugim brodom ili kopnom. Potpomognuta računalnim procesuiranim sistemima, ARPA nam omogućava iščitavanje vektora i ostalih informacija o kretanju broda. Potreba za ARPA-om dogodila se nakon nesreće talijanskog linijskog broda „ANDREA DORIA“.

*Razvoj ARPA-e započeo je 1960.-ih napretkom tehnologije i mikroelemenata. Pristupačnost navedenog omogućila je napredak komercijalnih radara. IMO je odredio standarde i zahtjeve koje brodovi moraju ispuniti i održavati, a to je posjedovanje jednog ili više ARPA uređaja na mostu. Time su pokušali poboljšati standard izbjegavanja sudara na moru i smanjiti radno opterećenje osoba na mostu, pa su omogućili plotiranje i dobivanje više informacija o više brodova odjednom.* ARPA kao uređaj zamišljena je da bude samostalan uređaj, što je dovodilo do uštede vremena i novca. Ipak to nije bilo idealno te je ARPA postala integrirana. Moderni ARPA uređaj kombinira konvencionalne podatke radara sa sustavima za obradu podataka u računalnom sustavu u jednu cjelinu. Glavna operativna prednost je da su podaci sa radara i ARPA-e lako usporedivi. [9] [10]




**Slika 2**. Moderni ARPA radar[12]

**Predajnik**

Master oscilator ima funkciju uključivanja uređaja. To je zapravo bistabilni multivibrator koji generira igličaste impulse vrlo stabilne frekvencije. U jednoj sekundi master oscilator generira 500 do 3500 impulsa. Impulsi iz master oscilatora račvaju se na dva dijela: jedan dio vodi prema predajniku, a drugi prema prijemniku.

Magnetron je šuplji rezonator (ili više njih) na kojeg je nametnut vrlo visoki napon (do 10 kV) čime se proizvodi potrebna snaga signala (20 do 100 kW). Magnetron generira impuls vrlo visoke frekvencije (do 12,5 GHz) i velike snage (do 100 kW), a impuls se generira samo onoliko vremena koliko traje pravokutni modulirani signal iz modulatora. Duljina impulsa u prostoru definira kvalitetu razdvajanja objekta po udaljenosti i minimalni domet radara.

Valovod je šuplja cijev pravokutnog oblika koja se može shvatiti i kao velik broj šupljih rezonatora spojenih u seriju. Prolaskom kroz valovod elektromagnetski val se ne rasipa i ne slabi jer su dimenzije šupljih rezonatora (valovoda) sinkronizirane s valnom dužinom impulsa. Na taj način impuls u antenu dolazi bez gubitka energije.

Antena je kod novijih radara zapravo produžetak valovoda zaokrenutog za 90° koji može rotirati. Na anteni su prorezi širine jedne četvrtine valne dužine (1/4) čime se postiže

direktno emitiranje impulsa iz valovoda u prostor, te da impuls ima vrlo uski horizontalni kut emitiranja.

**Prijemnik**

Jeka ima istu frekvenciju kao i emitirani signal, a signal takve frekvencije ne može se pojačavati, što je nužno da bi se, kao videosignal, mogao registrirati na zaslonu katodne cijevi. Zbog toga se frekvencija primljene jeke preoblikuje u elektronskom sklopu koji se zove mješac.

Mješac je sklop u kojem se miješa frekvencija jeke s frekvencijom koju generiraju posebni elektronski elementi, a koja je od frekvencije magnetrona manja, između 40 i 60 MHz. Miješanjem dvaju različitih frekvencija javlja se takozvani superheterodinski efekt, tj. val superponiranih amplituda.

Gun dioda danas se koristi u svim uređajima koji rade na vrlo visokim frekvencijama, a smještena je u šupljom rezonatoru. Proizvodi stabilne frekvencije, a u modernim radarima koristi se umjesto klistrona koji se prethodno koristio kod prvih radara. Superheterodinski signal ima frekvenciju koja omogućava pojačavanje. S obzirom da je snaga signala koji izlazi iz mješca vrlo mala signal se mora mnogostruko pojačati. Zbog toga se signal pojačava dvaput: najprije u predpojačalu, a zatim u pojačalu. Na izlasku iz pojačala signal ima vrlo veliku snagu i može se registrirati na zaslonu katodne cijevi kao video signal.

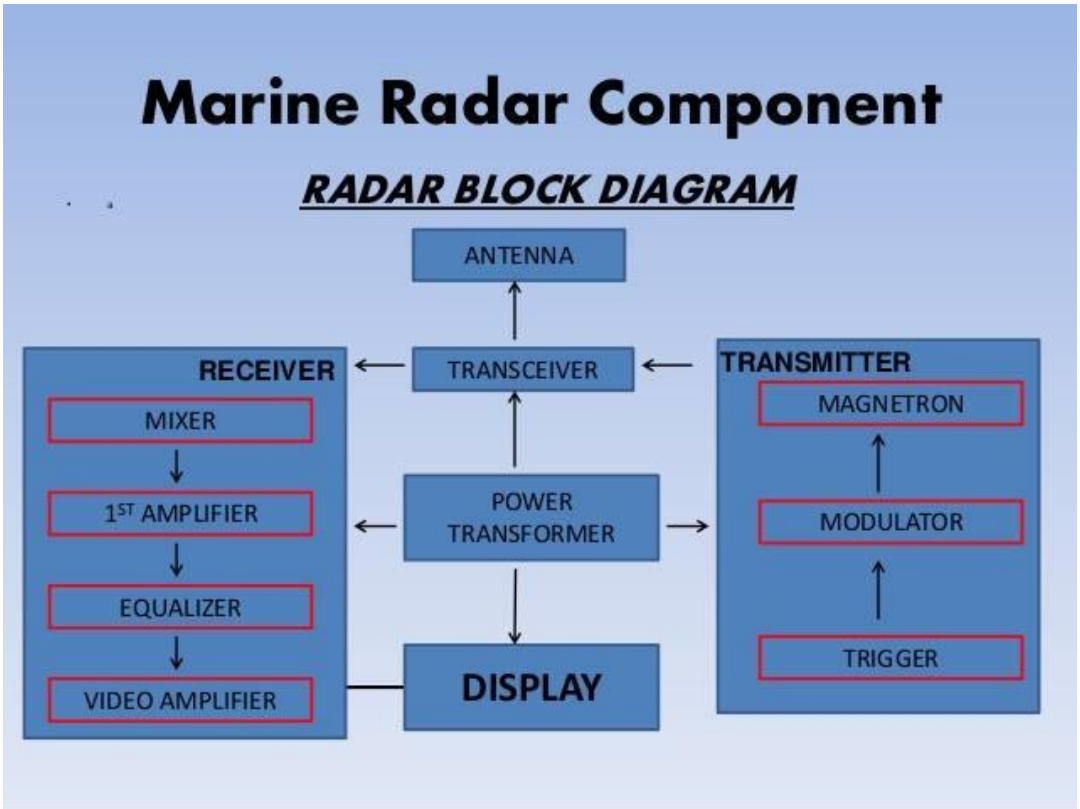
Ograničavač je sklop koji vrlo pojačani signal slabi na snagu koja je dovoljna da se propusti prema zaslonu katodne cijevi. Ovaj postupak nužan je zbog ujednačavanja intenziteta jeka različitih snaga. Ako bi se jednako pojačavale sve jeke onda bi one od bližih objekata imale višestruko veću snagu i time bi na zaslonu radara ostavljale videosignal mnogostruko većeg intenziteta.

U pojačalo dolaze signali i iz anticluttera, to jest sklopa na koji se može ručno djelovati u svrhu smanjivanja snage signala. Ovo je potrebno ukoliko se na radarskom ekranu pojavljuju smetnje nastale utjecajima valova ili kiše. Podešavanjem sea clutera slabe se signali u blizini središta ekrana, odnosno u blizini broda kod true motion radara, a podešavanjem rain clutter slabe se svi signali. Na takav način otklanjaju se neželjene jeke, ali se ponekad mogu izgubiti i korisni signali.

Blok generator uključuje i isključuje katodnu cijev. Igličasti impulsi iz multivibratora u ovom se sklopu pretvaraju u pravokutne impulse dugog trajanja (do 1 milisekunde). Za vrijeme trajanja pravokutnog impulsa aktivira se anodna rešetka katodne cijevi tako da elektronski top katodne cijevi emitira elektrone. Zbog toga se period trajanja

pravokutnog impulsa naziva svijetli period, a period u kojem tog impulsa nema naziva se tamni period.

Katodna cijev elektronski je sklop koji omogućava da se jeka registrira kao videosignal. To je visokovakuumska cijev s elementima koji formiraju sliku okolnog prostora. Katoda je žica koja je jako grijana i zbog toga emitira elektrone koji velikom brzinom ulijeću u vakuum. S obzirom da su negativno nabijeni privlači ih anoda. [10]

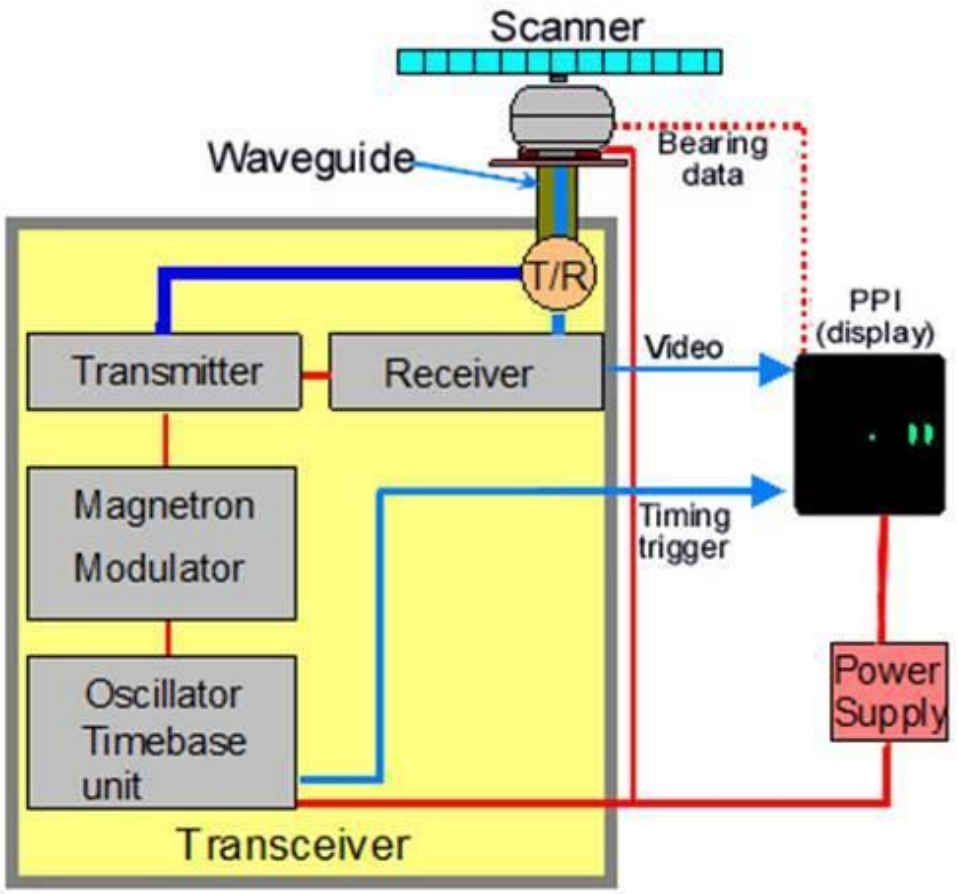



**Slika 3**. Blok dijagram radara[13]

**Princip rada**

Radar je sistem koji koristeći radiovalove određuje udaljenost, kut i brzinu promatranog objekta. Radiovalovi koji se odašilju iz predajnika vraćaju se u prijemnik, daju informaciju o lokaciji i brzini objekta. Radar povezujemo s digitalnim signalom koji računalo proučava, te iz njega izvlači sve potrebne informacije. *Potreba za radarom prvotno se javila za vrijeme Drugog svjetskog rata, ali je već 1886. godine njemački fizičar Heinirch Hertz dokazao da se radiovalovi mogu odbijati od tvrdih objekata, dok je*

*njemački inovator Christian Hulsmeye otkrio da radiovalovi otkrivaju prisutnost metalnih objekata. 1904. godine demonstrirao je otkrivanje broda u magli koristeći radar, no pomoću njega nije mogao odrediti udaljenost broda.* [9]




**Slika 4.** Prikaz dijelova radara[10]

## 3.1. PRAKTIČAN RAD ARPA UREĐAJEM

### Kontrole

Kontrole radara mogu biti vanjske i unutrašnje. Unutrašnje služe za podešavanje konfiguracije radara i u načelu se koriste samo povremeno. Vanjske kontrole su osnovne ili sekundarne.

Osnovne kontrole su: On-Off i scanner On-Off. On-Off aktiviraju motor generator i griju vakuumske elektronske cijevi, ali ne i generatore visokih napona. Nakon uključivanja potrebno je pričekati dvije minute dok se ne uključi termički prekidač. Scanner On-Off je

prekidač za uključivanje ili isključivanje antene. Kod novih uređaja antena se automatski uključuje uključivanjem predajnika. Kod nekih radara položaj „Stand by“ omogućava da se radar ne isključi sasvim već se njegovi elementi drže u stanju spremnim za rad. Ako se radar gasi kraće vrijeme preporuča se postavljanje na „Stand by“ režim.

Najvažnije sekundarne kontrole su „brilliance“, „gain“ i „tune“. „Brilliance“ omogućava podešavanje osvijetljenosti ekrana. Ovim dugmetom djeluje se na katodnu cijev. „Gain“ omogućava pojačavanje prijemnika. Ovom se kontrolom djeluje na limiter. „Tune“ omogućava sinkronizaciju frekvencije mješaca. Ovom se kontrolom djeluje na gun diodu (odnosno klistron). [10]




**Slika 5.** Osnovne kontrole radara[14]

## 3.2. OSNOVNI RADARSKI PRINCIPI

Elektronički princip na osnovu kojeg radar radi sličan je principu odbijanja zvučnih valova. Ako se neki zvuk proizvodi u smjeru objekta ili prostora koji stvara jeku, te ako znamo brzinu zvuka, možemo izračunati smjer i udaljenost tog objekta ili prostora.

### 3.2.1. Domet radara

Radarski domet je najveća daljina na kojoj se objekt može otkriti i pokazati na radarskom zaslonu, uz vjerojatnost od 90 posto i mogućnost pogrešne interpretacije $10^{-8}$. Za navigaciju je najvažnije poznavati visinu radarske antene, te fizičke i geometrijske osobine motrenih objekata. Što se tiče frekvencije, za otkrivanje objekata na većim udaljenostima povoljnije su niže radne frekvencije. Daljina otkrivanja radarom raste s povećanjem njegove impulsne snage, no uz dvostruku povećanje snage daljina otkrivanja raste samo za 19 posto. Dužim impulsima zračenje elektromagnetske energije je veće pa je i daljina otkrivanja objekata sigurnija. Snaga impulsa i interval između impulsa moraju biti toliki da se i na najvećoj daljini otkrivanja signal jeke vrati u antenu s dovoljno jačine i prije odašiljanja idućeg impulsa. Uzevši u obzir širinu snopa radara otkrivanje i razlikovanje objekta bolje je što je snop uži. Neke objekte je lakše otkriti i raspoznati od drugih.

Objekt koji daje bolju radarsku jeku zove se markantni radarski objekt te se on na kartama označuje posebnom oznakom (MO). Veličina i visina objekta iznimno su važni za njegovo otkrivanje radarom. Radarski se valovi šire pravocrtno, stoga je visina objekta iznimno važna. Objekte izvan radarskog obzora radar ne može otkriti ako nije barem jedan njegov dio iznad tog obzora. Do određenih granica objekti većih refleksnih površina daju veću i intezitetom jaču jeku nego manji objekti. Granica toga jest vodoravna širina snopa jer površina o koju trenutno ne udara radarski snop ne može ni dati jeku, odnosno ne utječe na jakost jeke. Međutim, zbog perzistencije radarskog zaslona i tromosti oka na njemu se stalno vidi panoramska slika obzora, ali ne svagdje istog inteziteta.

Vertikalne dimenzije najvećeg broja navigacijskih objekata male su u usporedbi s vertikalnom širinom snopa navigacijskih radara, pa ona redovito ne utječe na intezitet jeke, odnosno mrlje koja predstavlja objekt na zaslonu. U strmih i oblih objekata samo vertikalno projicirana površina koja svojom dužinom leži unutar ekvivalentne vrijednosti trajanja impulsa može dati jeku u bilo kojem trenutku.

O fizikalnim osobinama građe i veličine objekata ovisi količina reflektirane energije, a o njegovu obliku i hrapavosti njegove površine ovisi smjer refleksije. Zbog toga oblik objekta ima veći utjecaj na jačinu jeke nego veličina i građa objekta. Ravna površina okomita na radarski snop kao što su bok čeličnog broda ili strma obalna stijena daje vrlo

jaku jeku. Glatka konačna površina ne reflektira dovoljno zračenu energiju prema anteni, nego samo ako su joj površine hrapave. Problem refleksije od objekata nepovoljnih oblika rješava se tako da se postavi kutni reflektor na njih (npr. oko kule svjetionika i tornja). Tekstura objekta ima veliku ulogu i utjecaj kakva će biti refleksija od toga objekta. Glatka građa nastoji pojačati refleksiju i jeku, no ako izgled i oblik objekta nisu takvi da reflektiranu energiju usmjeravaju prema anteni glatka površina velik dio energije reflektira u drugom smjeru. Nasuprot tome gruba površina razbija refleksiju i općenito pojačava jeku objekta. Ako su plohe hrapave površine manje od valne dužine radarskog snopa refleksije će biti veće i usmjerenije. O visini radarske antene ovisi udaljenost radarskog obzora, a time i najveća daljina otkrivanja objekata. Veća visina antene smanjuje negativan utjecaj refleksije radarskih valova od morske površine (clutter), čime se povećava domet i bolje otkrivaju manji objekti. Osjetljivi prijamnici omogućuju otkrivanje objekata na većim udaljenostima, ali osjetljivi su i na smetnje koje se na zaslonu javljaju od nepoželjnih odraza. To se regulira tipkom koja mijenja jačinu pojačala radara (gain), a intezitet mrlje valja podešavati kombinacijom tipki za reguliranje jakosti osvjetljenja zaslona (brillance).

Zbog nadmorske visine antene i stožastog oblika radarskog snopa, mali objekti blizu broda mogu ostati u sjeni radarskog snopa i ne pokazati se na radarskom zaslonu što je naročito važno pri plovidbi u uskim područjima, pri manevriranju u luci i uskim prostorima. Taj se nedostatak na velikim brodovima rješava tako što se na pramac postavlja radarska antena. [7]

### 3.2.2. Radarski azimut

**Radarski azimut**

Pouzdanost radarskog azimuta ovisi o nekoliko činitelja. Točnost mjerenja azimuta bolja je što je vodoravna širina snopa uža. Nekoliko objekata jedan blizu drugoga na zaslonu mogu dati samo jednu zajedničku mrlju, čime se sprječava mjerenje azimuta jednog od objekata. Slabljenjem jačine prijema smanjuje se osjetljivost prijamnika kao i daljina otkrivanja, ali se dobiva bolja točnost azimuta. Stabilizirana slika na zaslonu daje pouzdaniji azimut od nestabilizirane, jer trenutačno odstupanje broda od naređenog kursa ne utječe na točnost azimuta. Ako početak vremenske osnovice nije točno centriran izmjereni azimut bit će pogrešan.

Pogreška je u azimutu veća što je mrlja objekta b1iža središtu zaslona. Ona se smanjuje ako se promijeni ljestvica mjernog područja tako da mrlja objekta na zaslonu bude bliža njegovoj obodnici. Nepravilna uporaba mehaničkog smjerala uzrokuje pogrešku u azimutu. Pri postavljanju smjerala na sredinu svijetle mrlje, crtu smjerala valja gledati točno sprijeda, a ne sa strane. Elektronsko smjeralo upotrijebljeno na stabiliziranoj radarskoj slici daje mnogo točniji azimut jer nije podvrgnut utjecaju paralaktičke pogreške ni pogreške centriranja vremenske osnovice. [7]

### 3.2.3. Vrste prikaza i slike na radaru

Većina navigacijskih radara radi na trocentimetarskim valovima, s frekvencijama magnetrona od oko 9,4 GHz, dok manji dio koristi desetcentimetarske valove i frekvencije od 3,05 GHz. Impulsna snaga radarskih odašiljača kreće se između 5 i 50 kW. Trajanje impulsa manje je u manjim mjernim područjima i veće na duljim, a u prosjeku traje između 0,06 do 1,2 mikrosekundi. Antena se ujednačeno vrti s 22 do 28 okretaja u minuti (mehanički ili elektronski). Horizontalna širina snopa iznosi od 0,5° do 2°, a vertikalna između 15° i 30°. Situacija se na radarskom ekranu može prikazati na relativan ili apsolutan (pravi) način.

Prema načinu prikazivanja slike navigacijski se radari dijele na: radari koji prikazuju samo relativnu sliku (relative motion ), radari koji prikazuju relativnu (relative motion ) i pravu sliku (true motion), antisudarni (antikoluzijski) radari koji prikazuju sintetiziranu relativnu ili pravu sliku s dodatnim simbolima kojima se označavaju promatrani objekti, te koji su u stanju rješavati i mnoge druge probleme u svrhu izbjegavanja sudara (u ovu grupu spada i ARPA radar).

Ekran s relativnim prikazivanjem slike (relative motion display ) imaju svi pokazivači, bez obzira na njihove daljnje mogućnosti. Kod relativnog prikazivanja položaj vlastitog broda podrazumijeva se u središtu ekrana (kod nekih ekscentrično orijentiranih radara s relativnim pokazivanjem vlastiti položaj nalazi se izvan središta ekrana). Vlastiti brod miruje u središtu ekrana, a promatrani objekti pomiču se relativnim brzinama i relativnim kursevima. Objekti koji miruju pomiču se u protukursu brzinom broda. Relativno prikazivanje ne daje pravu sliku situacije već samo sliku koja može poslužiti za

orijentaciju. Iz relativnog prikaza direktno se mogu dobiti samo udaljenost i azimut. Svi ostali podaci o drugim brodovima, koji su važni za izbjegavanje sudara, mogu se utvrditi samo grafičkim rješavanjima (plotiranjem) neposredno na ekranu ili na posebnom dijagramu.

Slika s relativnim prikazivanjem može biti stabilizirana ili nestabilizirana. Nestabilizirana slika nije sinkronizirana s drugim navigacijskim uređajima, a orijentirana je s nulom podjele prema pramcu (Head Up orijentacija). Na tako orijentiranoj slici moguće je samo očitati pramčane kutove dok se azimuti izračunavaju pribrajanjem kursa koji se očitava neovisno o radaru. Stabilizirana radarska slika sinkronizirana je s cerkom žirokompasa, a može biti orijentirana s nulom prema pramcu („Head Up“), s pramčanicom na oznaci vrijednosti kursa (Course Up) ili s nulom u pravom meridijanu.

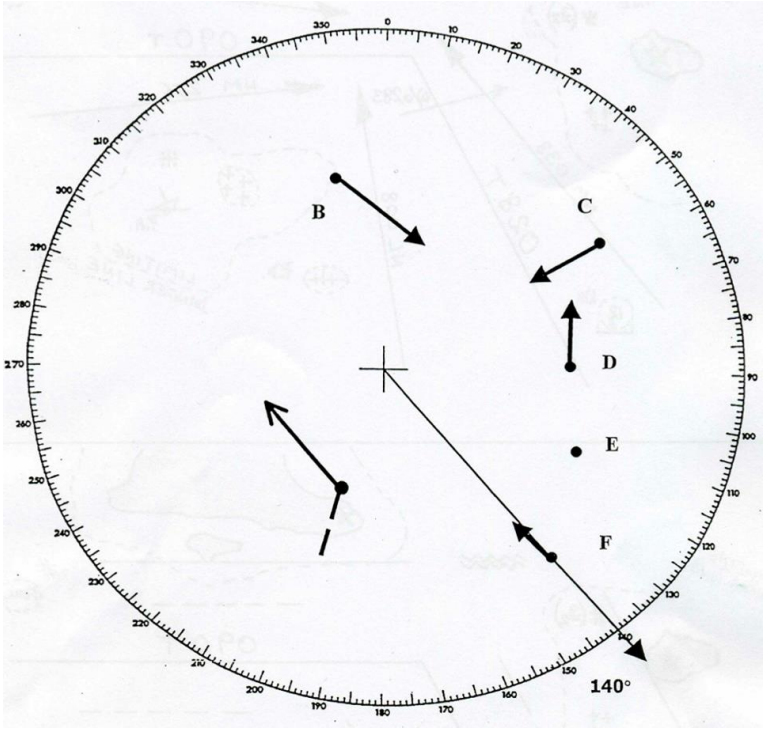
Ekran s prikazivanjem prave (apsolutne) slike (true motion, true course, chart plan display) koristi isključivo stabiliziranu sliku orijentiranu prema sjeveru („North Up“). Kod takvog prikaza slike svi objekti koji nemaju vlastito kretanje miruju na ekranu, dok se svi pokretni objekti, uključujući i vlastiti brod, kreću u pravim kursevima koji su proporcionalni stvarnim brzinama. Vlastiti brod počinje kretanjem s jednog ruba ekrana (obično na 2/3 njegova polumjera), kreće se preko ekrana i čim prijeđe središte oko 1/3 polumjera ekrana automatski se vraća dijametralno na drugu stranu ekrana, ali ako situacija tako zahtijeva njegovo se kretanje može produžiti. Tehnički to se kretanje postiže posebnim dodatnim zavojnicama oko katodne cijevi, a pomake računa posebni procesor koristeći pritom podatke žirokompasa i brzinomjera. [7] [10]

## 3.3. VEKTORI

Parametri kretanja broda koji se prati prikazani su u obliku vektora koji mogu biti relativni ili pravi. Izbor vrste vektora određuje sam operator. Kod relativnog vektora prikazuje se relativni pravac kretanja broda kojeg se prati (u odnosu na kretanje vlastitog broda), a dužina relativnog vektora proporcionalna je relativnoj brzini praćenog broda u odnosu prema brzini vlastitog broda. Opasnost od sudara postoji ukoliko je smjer relativnog vektora usmjeren prema položaju vlastitog broda. Vektor nepokretnog objekta imat će smjer suprotan smjeru kretanja vlastitog broda, a dužina vektora nepokretnog objekta bit će proporcionalna brzini vlastitog broda. Pravi vektori prikazuju stvarna

kretanja praćenih objekata. Smjer pravih vektora odgovara kursu praćenog broda, a dužina je proporcionalna brzini praćenog broda. Opasnost od sudara postoji ukoliko se vrhovi pravih vektora vlastitog broda i broda koji se prati podudaraju.

Relativni vektori nastaju praćenjem uzastopnih položaja broda koji se prati i na njega ne utječu pogreške perifernih uređaja (žirokompasa i brzinomjera), kao ni vanjski utjecaji (struja i vjetar), tako da, u smislu procjene mogućnosti sudara, relativni vektor je pouzdaniji. Pravi vektori nastaju analizom međusobnih položaja vlastitog broda i broda koji se prati, pri čemu se potrebni podaci vlastitog broda čitaju s perifernih uređaja (žirokompasa, brzinomjera, GPS-a). Na točnost pravog vektora utječu pogreške tih perifernih uređaja. Ako postoje i vanjski utjecaji koji se ne mogu registrirati perifernim uređajima (na primjer struja ili vjetar) oni ne mogu biti prikazani u veličini i smjeru pravog vektora, ali ako su ti utjecaji poznati oni se mogu unijeti u memoriju računala kao podaci. Ako su podaci o struji i utjecajima vjetra uneseni (unosi se posebno smjer, a posebno brzina struje) smjer pravog vektora vlastitog broda pokazivat će put preko dna. S obzirom da je pramčanica postavljena na vrijednost kursa (kod North Up orijentacije) to se pravi vektor i pramčanica neće poklapati.




**Slika 6.** Radarski vektor[15]

**Pogreške u vektorima**

Pogreške u prikazu vektora kretanja ovise o tome je li računalo pamti relativne ili prave položaje objekata. Ako pamti relativne položaje korektno će biti prikazan relativan pomak. Kao što je rečeno, takav prikaz je pouzdaniji jer na prikaz situacije ne utječu pogreške perifernih uređaja ni vanjskih utjecaja. Uz pohranjivanje pravih položaja prava je slika pouzdanija, ali na prikaz utječu pogreške perifernih uređaja i vanjski utjecaji. Iz tog razloga je uspoređivati relativne vektore s pravima.

Posebno gruba može biti pogreška ako se zamijene vektori, to jest ako je prikazana jedna vrst vektora a slika se tumači kao da su prikazani vektori druge vrsti. Zbog toga neki tipovi ARPA uređaja imaju stalno uključenu jednu vrstu vektora dok se druga vrsta vektora dobije pridržavanjem sklopke s oprugom.

## 3.4. OBRADA PODATAKA

ARPA radar je izvor navigacijskih podataka koji omogućavaju svrsishodnu akciju u svrhu izbjegavanja pogibeljnih situacija. Broj i vrsta podataka koje uređaj pruža ovise o tipu i proizvođaču opreme. Navigacijski podaci koji se mogu dobiti korištenjem ARPA sustava ipak mogu biti podložni pogreškama u prikazu ili interpretaciji, a moguća je i pojavnost sustavnih pogrešaka samog uređaja. Nakon upisa ulaznih vrijednosti i aktiviranja objekata sustav pruža velik broj navigacijskih podataka koji su prikazani na ekranu ili ih je moguće očitati na posebnim alfanumeričkim pokazivačima (display ). [8]




**Slika 7.** Antena, procesor i display ARPA radara[16]

Najčešći podaci koje ARPA radar može osigurati su:

1. Podaci o vlastitom brodu

- kurs i brzina broda izračunati su preko žirokompasa odnosno brzinomjera; pogreške u prikazu ovisne su o pogreškama ovih instrumenata,
- zaokret broda dobije se deriviranjem kursa po vremenu, a izražen je u stupnjevima po jedinici vremena,
- broj okretaja motora i smjer vožnje.

2. Podaci o odabranom objektu (select target):

- kurs i brzina izračunavaju se regresijskom analizom koja je već objašnjena, a prikazani su na ekranu radara u obliku vektora odnosno na digitalnom pokazivaču,
- prethodni položaj objekta (history) označen je nizom kružnica koje predstavljaju nekoliko ranijih položaja promatranog objekta, a taj podatak može poslužiti za sigurniju prognozu sljedećeg položaja, te za iscrtavanje traga plovidbe

- stanje objekta prikazano je simbolima: vektorom brzine računalo označava pokretne objekte a ostalim simbolima nepokretne; promatranjem relativnog pomaka objekta (relative vectors) može se uočiti opasnost od sudara, a pravi prikaz (true picture ili true vectors) olakšava izbor potrebnog manevra,
- kut i udaljenost objekta prikazani su s obzirom na vlastiti brod ili na neki izabrani objekt pri čemu su izabrani i referentni objekt spojeni isprekidanom crtom
- minimalna udaljenost, mimoilaženje i vrijeme plovidbe do minimalne udaljenosti mimoilaženja prikazani su uz uvjet da brodovi ne mijenjaju ni kurs ni brzinu unutar intervala plotiranja, a ako neki objekt mijenja kurs ili brzinu računalo ponavlja postupak s novim podacima,
- poruka o nestalom objektu javlja se ako neki praćeni objekt iziđe izvan dometa radara ili ga zakloni neki drugi objekt; u oba slučaja računalo reagira porukom o nestalom objektu, a ista poruka dobije se i ako objekt ostane na ekranu ali se, iz nekih razloga, izbriše iz memorijske matrice računala.

3. Podaci o navigacijskoj situaciji

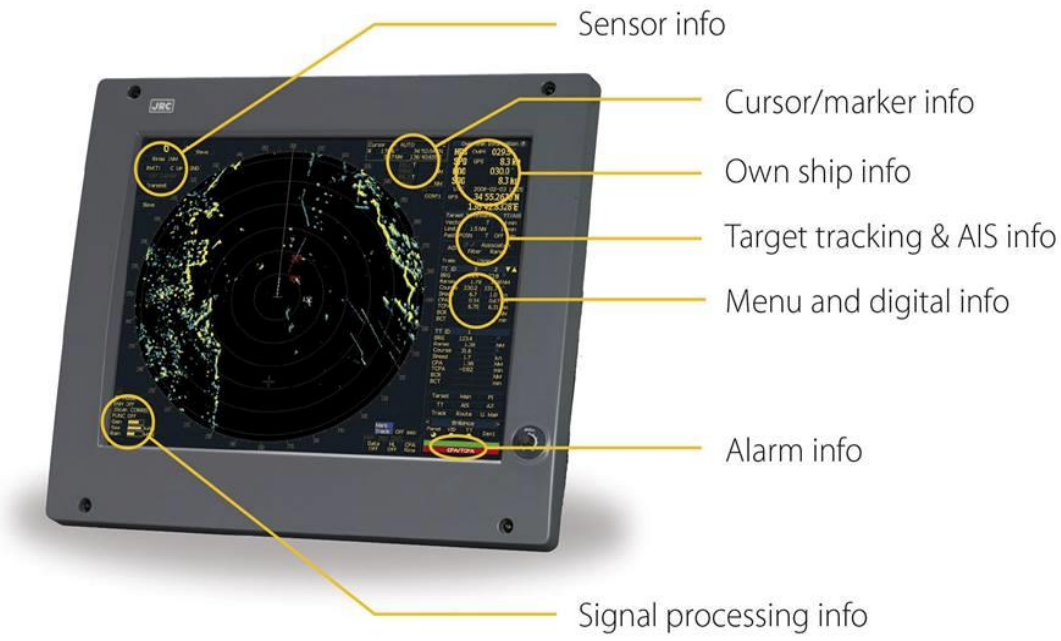
- zone nadzora: ovisno o navigacijskoj situaciji promatrač može ucrtati zonu automatskog aktiviranja te definirati najbližu točku mimoilaženja (engl. Closest Point of Approach - CPA) i vrijeme do najbliže točke mimoilaženja (engl. Time to Closest Point of Approach - TCPA), a oblik zone nadzora prilagođen je stvarnoj situaciji; na otvorenom moru najčešće je označena kao sektor ispred pramca, dok je u kanalima čitava širina kanala zapravo zona automatskog nadzora. U svakom slučaju kao zonu nadzora potrebno je isključiti kopno zbog velikog opterećenja memorije
- alarmiranje opasne blizine: ako neki od objekata prijeđe prostornu ili vremensku granicu zone nadzora računalo aktivira alarm upozorenja
- nadzor plovnog puta: osim zone nadzora omogućen je i nadzor plovnog puta, pri čemu računalo vodi računa da vlastiti brod ne prijeđe ucrtanu granicu plovnog puta,
- potencijalne točke sudara: prateći odabrane objekte računalo izračunava kurseve vlastitog broda koji bi doveli do sudara, a operator(navigacijski časnik) mora te kurseve izbjegavati,

- zone moguće opasnosti: računalo definira sigurnosne zone u okolini točaka mogućeg sudara, a veličina tih zona ovisi o nepreciznostima ulaznih podataka sustava i veličini brodova
- dodatna stabilizacija slike: ručnim odabirom i označavanjem poznate nepomične točke (dio obale, plutača, racon) računalo može nadzirati točnost i pogreške senzora sustava (brzinomjer i žirokompas) [7] [8]

## 3.5. ALARMI UPOZORENJA

Svaka situacija koja može dovesti do opasnosti sudara oglašava se alarmom. Pojava alarmnih stanja definirana je granicom minimalnih udaljenosti mimoilaženja (CPA) i vremenom minimalne udaljenosti mimoilaženja (TCPA). Alarm koji upućuje na opasnu blizinu ispisuje se na radarskom ekranu u obliku upozorenja, dok se istovremeno vektor broda koji dolazi u opasnu blizinu naizmjenično gasi i pali. Vektorski prikaz može biti pravi ili relativni. Ako je prikazan relativni vektor opasnost od sudara postoji ukoliko je vektor usmjeren prema položaju vlastitog broda. Ako je prikazan pravi vektor, opasnost od sudara postoji ako se vrhovi vektora vlastitog broda i broda koji se prati podudaraju. Osim alarma koji upućuje na opasnost sudara ispisuje se i alarm koji ukazuje na gubitak praćenog objekta.

Pogreške u prikazu vektora kretanja ovise o tome je li računalo pamti relativne ili prave položaje objekata. Ako pamti relativne položaje korektno će biti prikazan relativan pomak. Kao što je rečeno, takav prikaz je pouzdaniji jer na prikaz situacije ne utječu pogreške perifernih uređaja ni vanjskih utjecaja. Uz pohranjivanje pravih položaja prava je slika pouzdanija, ali na prikaz utječu pogreške perifernih uređaja i vanjski utjecaji. Posebno gruba može biti pogreška ako se zamijene vektori, to jest ako je prikazana jedna vrsta vektora, a slika se tumači kao da su prikazani vektori druge vrsti. Zbog toga neki tipovi ARPA uređaja imaju stalno uključenu jednu vrstu vektora, dok se druga vrsta vektora dobije pridržavanjem sklopke s oprugom.[8] [10]




**Slika 8.** Display radara[17]

## 3.6. NAVIGACIJSKE TEHNIKE (PLOTIRANJE) PRI KORIŠTENJU ARPA RADARA

Temeljno pomagalo za izbjegavanje sudara na moru je ARPA radar. *Standarde kojima mora udovoljavati navedeni su u IMO rezoluciji A.422(11) a odnose se na radare postavljene do 1. siječnja 1997. godine i rezoluciji A.823(19) za radare postavljene nakon 1. siječnja 1997. godine.* ARPA radar mora navigatoru za svaki plotirani objekt prikazati sljedeće navigacijske parametare:

•identifikaciju tj. broj plotiranog objekta

•kurs pravi plotiranog objekta
•brzinu pravu plotiranog objekta
•azimut plotiranog objekta
•udaljenost do plotiranog objekta
•vrijeme do točke minimalne udaljenosti mimoilaženja (TCPA)
•minimalnu udaljenost mimoilaženja (CPA)

Plotiranje bi trebalo postati svakodnevna praksa navigatora, u svim potencijalno opasnim situacijama (izbjegavanje sudara …) i to prvenstveno automatsko plotiranje primjenom „TRIAL sustava“ na ARPA radarima, te manualno plotiranje zbog provjere ispravnosti ARPA sustava u dobrim vremenskim uvjetima.

Također može se konstatirati da pomorci premalo koriste stabiliziranu radarsku sliku koja ima velikih prednosti pred nestabiliziranom, prednost je posebno izražena kod čestih promjena kursa broda.

U domeni maritimne kinematike za izbjegavanju sudara na moru koristite se dvije metode za plotiranje i to:
•navigacijsko ili pravo plotiranje
•relativno plotiranje.

### 3.6.1. Relativno plotiranje

Osnovna karakteristika ove metode plotiranja je da se vlastiti brod prividno ne kreće jer se stalno nalazi u središtu radarskog ekrana, a svi opaženi objekti kreću se po ekranu radara. Kod ove metode, budući da se pretpostavlja da se vlastiti brod ne kreće, sva prikazana kretanja su relativna u odnosu na „nepokretni“ položaj vlastitog broda. Relativno se može ručno plotirati na besparalaksnoj ploči ekrana radara, na ploteru ili na radarskom manevarskom dijagramu, dok se automatsko relativno plotiranje može izvoditi na ARPA radaru.

**Relativno plotiranje na radaru sa stabiliziranom slikom**

Radar je stabiliziran kada se na ekranu radara mogu odrediti sve točke horizonta što se postiže sinkronizacijom sa žiro kompasom ili na osnovu podataka koji se dobiju sa sustava satelitske navigacije ili sustava elektroničke navigacije.

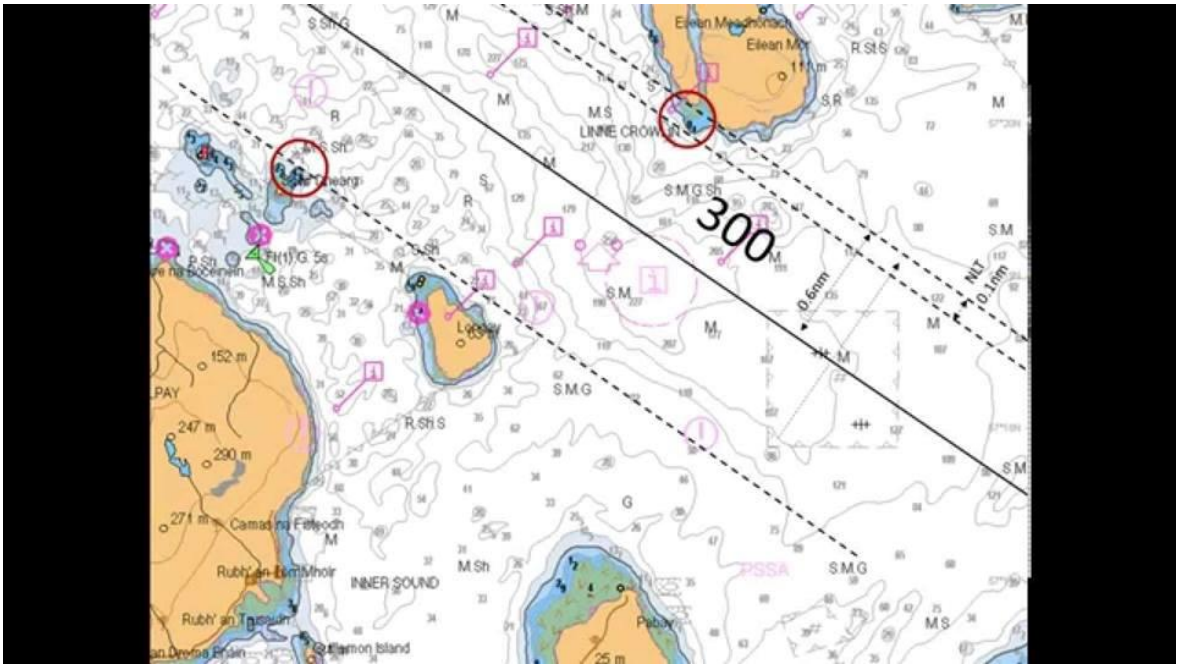
### 3.6.2. Pravo plotiranje

Kod ove metode plotiranja navigator prenosi položaj vlastitog broda i susjednog broda (ili brodova) na pomorsku kartu (ili na komad papira u odgovarajućem mjerilu) i u svakom trenutku ima pred sobom pravi položaj i raspored brodova. Sva kretanja objekata i vlastitog broda koja se prikazuju kod ove metode su prava, a na ekranu radara ili na dijagramu prikazuju se kao da se gleda iz „ptičje perspektive“ na površinu zemlje. [8] [10]

### 3.6.3. Paralelni indeksi

Paralelni indeksi (Parallel Indexi) – često su upotrebljavani (brzi) načini kontrole pozicije broda u svim hidro-meteorološkim uvjetima i njihova upotreba pokazala se kao dobra, sigurna i često primjenjiva metoda u plovidbi brodom ograničenim plovnim područjem. Paralelni indeksi ucrtavaju se na kartama kao linije koje su pozicionirane unutar linija granica sigurnosti, a istovremeno su paralelne s kursom broda. Podatkom udaljenosti povezane su s objektima na kopnu ili moru (plutačama, usamljenim opasnostima, svjetionicima, obalom i sl.). Zbog jednostavne i brze kontrole trenutne pozicije (plovidbe) broda paralelni indeksi se programiraju i ucrtavaju na radarske ekrane i ECDIS uređaje. *Kod korištenja radarskog uređaja on mora biti prethodno već postavljen na North-Up i Relative Motion Mode (u ovom radarskom režimu sve programirane linije paralelnih indeksa pokazivat će realno kretanje broda) i radarska slika bit će orijentirana prema sjeveru, kao i nautička karta. Prilikom programiranja (crtanja) parallel indexa na radarskom ekranu, posebna pozornost mora biti posvećena azimutu i udaljenosti na određene objekte koji se koriste kao referentne točke s kojih se očitavaju vrijednosti*

*udaljenosti direktno s nautičkih karata*. Parallel indexi se često koriste u označavanju proračunatih točaka okreta broda (WOP) .




**Slika 9.** Paralelni indeksi[18]

# 4. AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS)

## 4.1. POVIJEST AIS-A I DIJELOVI SUSTAVA

*Za nastanak AIS zaslužan je švedski znanstvenik Hekan Lansa, koji je patentirao inovativnu metodu komunikacije koja je omogućavala istovremeni prijenos podataka s više odašiljača preko jednog uskopojasnog radiokanala i to prema određenom vremenskom standardu*. Prije uvođenja AIS-a objekti koji su se nalazili u pomorskoj navigaciji samo su se pojavljivali na dometu navigacijskog radara, te nije bilo nekih drugih parametara identifikacije. Opis položaja u odnosu na neki prepoznatljiv objekt bilo je moguće dobiti jedino putem radiotelefonije koja je imala ograničen domet. Uz domet, nedostatak predstavlja i jezik sudionika, koji često nije njihov materinji jezik, stoga dolazi do nejasnoća u opisu, a sam postupak identifikacije traje dugo i nepouzdan je.

*U početku AIS je bio zamišljen kao sredstvo za komunikaciju između broda i obale. Međutim, već nakon prvih istraživanja pokazalo se da postoji veliki potencijal za komunikaciju između brodova. Vrijeme je pokazalo da su doista navigacijski časnici ti koji imaju više koristi od uvođenja toga sustava.*

Temelj sigurnosti na moru pravovremena je razmjena informacija između objekata, gdje točna i brza identifikacija igra ključnu ulogu.

AIS ima dualnu funkciju, prvo s gledišta brodova kojima omogućuje kontrolu u trenutnom okruženju pri izbjegavanju sudara, a zatim unaprjeđenje postojećeg radarskog sustava i povećana sigurnost plovidbe.

Automatski identifikacijski sustav je samostalni primopredajnik za neprekidno automatsko emitiranje i razmjenu identifikacijskih podataka između brodova kao i razmjenu podataka s VTS centrima na kopnu putem dogovorenih VHF kanala, a prvenstveno služi za identifikaciju i lociranje plovila. AIS omogućuje elektroničku razmjenu brodskih navigacijskih podataka koji obavezno uključuju identifikaciju broda, položaj broda te kurs i brzinu broda. Podaci se mogu prikazati na ekranu, radaru, ECDIS-su, itd. Koncept današnjeg AIS sustava bazira se na komunikacijskim tehnikama koje velikom broju primopredajnika omogućavaju istovremeno slanje niza podataka preko samo jednog radio kanala, sinkroniziranjem emitiranja podataka pomoću vrlo preciznog standarda vremenskog odmjeravanja odaslanih poruka.

AIS sustav mora udovoljavati načinu rada brod-brod i načinu rada brod-kopno uz zahtijevanu točnost, pouzdanost i učestalost. Pored navedenog AIS sustav mora imati sljedeće mogućnosti operativnog djelovanja:

•autonoman, samostalan i trajan način rada u svim područjima uz mogućnost uključivanja jednog od alternativnih načina rada zahtijevanog od nadležne državne vlasti

•dodijeljeni način rada u području koje podliježe nadležnim državnim vlastima odgovornim za nadzor i kontrolu pomorskog prometa, tako da se interval davanja podataka može daljinski podesiti od tih vlasti

•oglašavanje ili upravljani način rada u kojem se davanje podataka javlja kao odgovor na pitanja s broda ili od nadležnih državnih vlasti

Dijelovi AIS sustava:

- VHF i GPS antena
- radijski primopredajnik
- korisničko sučelje – ekran s tipkovnicom
- sabirnica za slanje izlaznih podataka za vanjske sustave, npr. ARPA
- izvor električne energije

Rad AIS-a temelji se na neprekidnoj autonomnoj razmjeni podataka između brodova u pomorskom prometu. U tom načinu rada svaki brod emitira svoje podatke ostalim brodovima opremljenim AIS sustavom unutar VHF dometa. Na taj način omogućen je neprekidni protok podataka neovisan o bilo kakvoj kontrolnoj postaji. Podaci s AIS-a se mogu proslijediti i spremiti u uređaju zapisa podataka o pomorskom putovanju (VDR-u). Također postoji mogućnost da peljar može priključiti svoje prijenosno peljarsko računalo izravno na brodski AIS.

AIS sustav može se inkorporirati u rad DGPS-a odnosno diferencijalnog globalnog pozicijskog sustava, a također obalne stanice mogu koristiti kanal AIS-a za vezu kopno-brod te emitirati podatke o morskim mijenama, lokalnim vremenskim prognozama, navigacijskim opasnostima i upozorenjima itd.

Časnicima na brodovima AIS sustav omogućuje nedvosmislenu identifikaciju radarskih odraza, smanjenje govornih VHF komunikacija jer se podaci izmjenjuju automatski, dobivanje informacija o kretanjima okolnih brodova u realnom vremenu, uočavanje brodova skrivenih u radarskoj sjeni, eliminaciju problema razlikovanja objekata

po azimutu i udaljenosti na radarskim ekranima, te mogućnost arhiviranja podataka okolnih brodova u proteklom vremenu.

Časnicima u VTS centrima AIS sustav omogućuje nedvosmislenu identifikaciju radarskih odraza, neprekidan pregled razvoja situacije kretanja brodova u svim vremenskim uvjetima, izbjegavanje problema radarskih smetnji, rješenje problema zamjene radarskih odraza, smanjenje potrebnog ručnog unašanja podataka, automatsko slanje sigurnosnih poruka brodovima u području dometa, arhiviranje podataka u proteklom vremenu, itd.

AIS se u pomorskoj navigaciji prvenstveno koristi u svrhu izbjegavanja sudara plovila u skladu s međunarodnim pravilima za izbjegavanje sudara na moru jer se podaci s AIS sustava integriraju u ECDIS odnosno elektroničku kartu kao i u radar. U područjima gdje je uspostavljena kontrola i nadzor pomorskog prometa (VTS sustav) AIS omogućuje stalni dotok informacija o kretanju svih brodova u realnom vremenu.

AIS sustav omogućuje emitiranje položaja i imena drugih objekata osim vlastitog broda, odnosno može emitirati kao navigacijsko pomagalo i služiti kao položajni marker. AIS u tom obliku može biti lociran na kopnu , primjerice na svjetioniku, na platformi ili na plutači. Također američka obalna straža (engl. US Coast Guard ) sugerira da AIS sustav može zamijeniti klasični radarski far odgovarač (engl. racon) koji se standardno koristi kao pomagalo u elektroničkoj navigaciji. [3] [4] [5]




**Slika 10.** AIS uređaj[19]

## 4.2. PRINCIP RADA AIS SUSTAVA

AIS transponder automatski emitira podatke o položaju broda, brzini broda, navigacijskom statusu broda itd., u pravilnim vremenskim razmacima putem VHF odašiljača koji je ugrađen u transponderu. Podaci se dobivaju iz brodskih navigacijskih senzora GPS, žirokompas,…), a ostale informacije kao ime broda, pozivni znak, itd. upisuju se ručno i također se emitiraju u pravilnim vremenskim razmacima. Emitirani signali se primaju putem AIS transpondera kojima su opremljeni brodovi ili kopneni VTS sustavi. Primljeni podaci prikazuju se na display-u radara, ECDIS-a, elektroničkih karata,…

AIS standard podrazumijeva dvije osnovne klase AIS jedinica :
klasa A – namijenjena je za uporabu na brodovima SOLAS konvencije poglavlje V
klasa B – namijenjena je za uporabu na ne-SOLAS brodovima

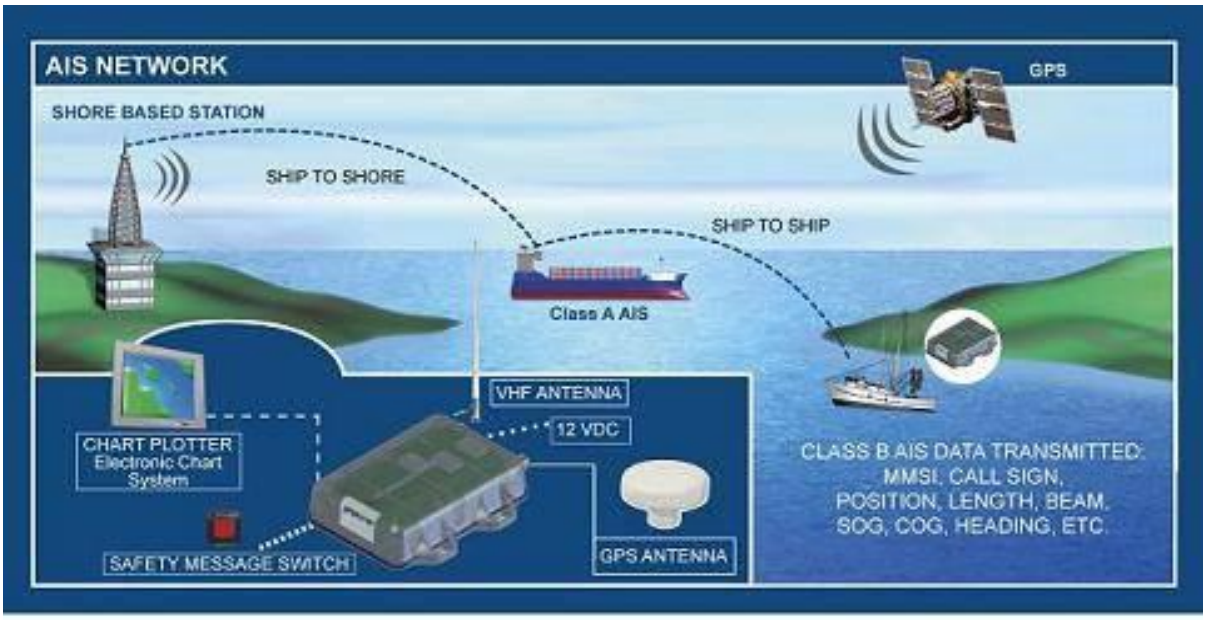
**AIS sustav klasa A**

Svaki AIS transponder klase A sastoji se od jednog VHF odašiljača, dva VHF TDMA (engl . VHF TDMA – very high frequency time division multiple access – vrlo visoka frekvencija/vremenski podijeljen višestruki pristup) prijemnika, jednog DSC (engl. VHF DSC – very high frequency digital selective calling – vrlo visoka frekvencija/digitalno selektivno pozivanje) prijemnika, veza s brodskim uređajima i senzorima putem standardnih pomorskih elektroničkih komunikacija NMEA 0183 poznatih kao IEC 61162. Klasa A AIS sustava ima ugrađen GPS prijemnik zbog sinkronizacije vremena dok se položaj broda dobiva iz vanjskog odnosno brodskog GPS prijemnika, Loran-C prijemnika, sustava inercijalne navigacije itd. Ostali navigacijski parametri dobivaju se iz navigacijskih senzora broda (kurs, brzina, kut nagiba broda, …). AIS transponder uobičajeno emitira u autonomnom i neprekidnom načinu rada bez obzira nalazi li se brod blizu obale ili na otvorenom moru. Emitiranje se odvija na dvjema frekvencijama VHF pomorskih kanala 87B (161,975 MHz) i 88B (162,025 MHz). Iako je dovoljan samo jedan radio kanal, svaka AIS stanica emitira i prima preko dva radio kanala da se izbjegnu problemi interferencije i da se onemogući gubitak komunikacije. Sustav je projektiran tako da i u slučaju preopterećenja uspješno radi.

AIS sustav klase A koristi jedinstveni protokol za razmjenu podataka preko jednog uskopojasnog kanala. Protokol koji je u upotrebi naziva se samoorganizirajući vremenski podijeljen višestruki pristup, odnosno SOTDMA protokol (engl. Self Organizing Time Division Multiple Acess). AIS sustav kontinuirano sinkronizira međusobni izbor vremenskih jedinica. Vremenske jedinice i vremensko trajanje emitiranja odabiru se na bazi slučajnih brojeva. Kada AIS sustav promijeni svoju dodijeljenu jedinicu, tada svim ostalim AIS sustavima na tom kanalu objavljuje svoju novu poziciju i vrijeme emitiranja za tu poziciju. Svaki AIS sustav kontinuirano ažurira svoje vremenske jedinice.

Najznačajniji element SOTDMA protokola je dostupnost preciznog standarda referentnog vremena prema kojem se svi AIS sustavi mogu sinkronizirati u svojim dodijeljenim jedinicama kako bi se izbjeglo miješanje komunikacijskih elemenata. Vremenska referenca uzima se od preciznog vremenskog signala sadržanog u GPS satelitskoj poruci.

AIS predajnik kada je brod u plovidbi emitira podatke svake dvije do deset sekundi što ovisi o brzini kretanja broda, dok u slučaju da je brod usidren podaci se emitiraju svake tri minute. Emitiraju se sljedeći podaci : MMSI (engl. Maritime Mobile Service Identity – jedinstveni devet brojčani identifikacijski broj), navigacijski status – na sidru, u plovidbi itd., stopa okreta broda – od 0 do 720 stupnjeva po minuti, brzina preko dna – od 0 do 102 čvora uz razlučivost od 1/10 čvora, položaj broda ($\varphi$ , $\lambda$), kurs preko dna uz razlučivost od 0,1 stupnja, kurs kroz vodu, UT vrijeme. U dodatku svakih šest minuta emitiraju se sljedeći podaci : IMO broj – sedmeroznamenkasti broj koji uvijek ostaje pridružen brodu bez obzira na promjenu vlasništva, radio pozivni znak, ime broda, vrsta broda/tereta, osnovne dimenzije broda, položaj antena pozicijskih sustava, vrsta pozicijskih sustava (GPS, DGPS, Loran-C, itd), gaz broda luka odredišta, očekivano vrijeme dolaska (engl. Estimated time of arrival – ETA). [2] [3] [6]




**Slika 11.** Princip rada AIS-a[20]

**Podaci AIS sustava**

Statički podaci unose se u AIS uređaj ručno, a uključuju MMSI broj, pozivni znak i ime broda, IMO broj, dužinu i širinu broda, vrstu broda te položaj antene AIS sustava.

Dinamički podaci unose se automatski te su neovisni o navigatoru. Ta grupa podataka uključuje položaj broda, UT vrijeme, kurs broda preko dna, brzinu broda preko dna, kurs kroz vodu, navigacijski status broda (usidren, privezan, plovi na vlastiti pogon,…), kut nagiba broda, stopa okreta broda, posrtanje i valjanje broda.

Podaci o putovanju unose se ručno kao što su gaz broda, opasan teret na br odu, luka odredišta i očekivano vrijeme dolaska broda, plan putovanja.

Relevantne publikacije koje se odnose na AIS sustav: IMO Rezolucija MSC. 74(69) Anex 3, IMO Rezolucija A 917(22), IMO Safety Navigational Circular 227, IALA Guidelines on the Automatic Identification System (AIS) Vol. I, ITU Reccomendation M 1373-1, IEC 61993-2, IEC 62287-1, IEC 62320-1

## 4.3. DOMET I ANTENA AIS-A

Domet, odnosno pokrivenost sustava je slična VHF-ovom, te se temelji na visini predajne antene hTX i prijamne antene hRX. Izračunava se prema formulama:
d (NM) = 2.22( √hTx (m) + √hPx (m) )
d (km) = 4.12( √hTx (m) + √hPx (m) )

Propagacija AIS antene nešto je bolja od radarske antene, zbog veće valne duljine, tako da je moguće "vidjeti" i iza kutova, iza otoka i zemljanih masa koje nisu previsoke. Za očekivati je da možemo očitati informacije o drugim brodovima na udaljenosti između 20 i 40 nautičkih milja. Pomoću ponavljačkih postaja može se povećati pokrivenost kako brodske tako i obalne VTS stanice. Uzevši u obzir da se elektromagnetski valovi gotovo isključivo šire kao direktni valovi, a za razliku od površine Zemlje, more ima dobru električnu vodljivost, istovremeno se javljaju i reflektirani valovi.

*Položaj antene skup je statističkih podataka koji je zaštićen zaporkom, za čiju ispravnost odgovara zapovjednik broda. Podaci se unose ručno, unosom veličina A, B, C i D. Položaj antene ovisi o dimenzijama broda. Pozicija AIS antene i antene vanjskog sustava za pozicioniranje moraju se obavezno unijeti. AIS ima svoju GPS i VHF antenu.*
Međutim, u svakoj konfiguraciji potrebno je u AIS fizički spojiti kabel i NMEA signal (je specifikacija elektroničkog podatka za komunikaciju između elektroničkih uređaja kao što su echo sounderi, sonari, žirokompasi, autopilot, GPS prijemnici i ostali uređaji) iz glavnog GPS-a na brodu. To je obično GPS No.1, a njegova antena naziva se EXTERNAL GPS. AIS-ova GPS antena nema prioritet kod slanja pozicije putem AIS-a, pa se naziva INTERNAL i djeluje kao backup pravom brodskom GPS-u u npr. slučaju kvara. [2] [3]

## 4.4. AIS PORUKE

AIS pruža informacije kao što su :

1. Statistički podaci (unose se ručno):

- IMO broj plovila kada je dostupan,
- pozivni znak i ime plovila,
- dužina i širina plovila,
- tip plovila,
- lokacija pričvršćivanja antene na brodu

2. Dinamički podaci (unose se neovisno o navigatoru odnosno unose se ručno):

- pozicija plovila i stupanj točnosti
- UTC vrijeme
- brzina kretanja
- podaci o smjeru kretanja (npr. "na sidru", "bez komande"- ručni unos prema potrebi)
- stupanj zakretanja
- status plovidbe

3. Podaci vezani uz putovanje (unose se ručno):

- pramčani i krmeni gaz
- vrste opasnog tereta
- odredište
- ETA

4. Sigurnosni podaci (Short Safety – Related Messages)

To su tekstualne poruke adresirane prema određenom AIS prijemniku. Maksimalan broj znakova po poruci iznosi 158. Ukoliko je broj znakova manji, vremenski interval će se brže pronaći. [5]




**Slika 12**. AIS poruka[21]

# 5. AIS KAO SREDSTVO UNAPREĐENJA RADARSKOG SUSTAVA

## 5.1. NADOPUNA RADARSKOG UREĐAJA KORIŠTENJEM AIS-A

Nedostaci radarskog sustava odnose se na prirodu valova kojima se radar koristi i na mogućnost netočnih informacija koje pruža. Ti radarski nedostaci jesu: stvaranje radarske sjenke, razdvajanje objekata po kutu i udaljenosti, mogućnost dvosmislenog tumačenja objekata na radarskoj slici, rad radara u raznim vremenskim uvjetima, „sirovi" radarski ciljevi, radarske informacije i praćenje i predviđanje kretanja radarskih ciljeva. Radarska slika ne daje istinitu sliku objekata u smislu njihove veličine. Tako, gledajući iz azimutalne perspektive i ovisno o prirodi i udaljenosti objekta, radarski eho može biti znatno manji za veće udaljenosti ili znatno povećan na srednjim udaljenostima za isti objekt. Ta veličina predstavlja funkciju širine snopa koji emitira radarska antena. Ciljevi koji su vidljivi na radarskom zaslonu sada mogu biti u potpunosti identificirani u pogledu njihovih osnovnih podataka (ime broda, pozivni znak, IMO broj i sl.).

U pomorskoj praksi nije rijetko da brodovi moraju komunicirati, i uzajamno se dogovarati o izbjegavanju sudara. U područjima gdje nema velikog prometa brodova to je lagan i jednostavan zadatak. Međutim, u područjima velikog prometa to može biti veoma ozbiljan problem. Slaba vidljivost ili tamna noć stvaraju gotovo nepremostive prepreke ispravnoj komunikaciji. U tim okolnostima, do pojave AIS-a, časnik je „vidio" drugi brod na radarskom ekranu u obliku radarske mete, bez identifikacijskih podataka. Ako je želio komunikaciju s odabranim brodom morao ga je pozvati koristeći se glasovnom komunikacijom na za to određenim radiokanalima. Da bi ga mogao identificirati, i da bi brod kojemu je poziv upućen mogao odgovoriti, morao se u tom pozivu „prepoznati". To prepoznavanje obavljalo se pomoću dosta neodređenih termina kao što su: „Brod s moje desne/lijeve strane, udaljen..., plovi u kursu..., brzi-nom..., na poziciji... itd."

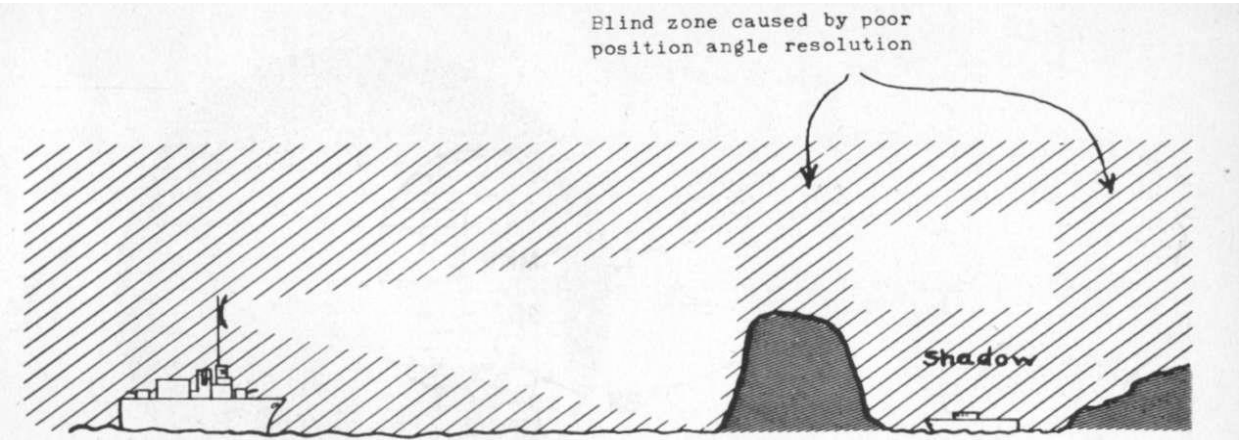
Takvim načinom pozivanja željenog broda u većini slučajeva časnik koji poziva brod dobivao bi nekoliko istovremenih odgovora od različitih brodova koji su se na osnovi njegova poziva smatrali pozvanima. Takve su situacije redovite u područjima gustoga brodskog prometa, u blizini prometnih plovnih puteva, a dodatnu komplikaciju donose

relativno male udaljenosti između brodova i njihovi kursevi koji se minimalno razlikuju zbog istoga, utvrđenog toka plovidbe. Takav način identifikacije je nesiguran i zahtijeva mnogo vremena, što može biti presudno u izbjegavanju sudara. AIS instaliran na brodu nadvladava takve poteškoće jer časnik u službi sada zna ime broda i ostale podatke, pa ga može veoma jednostavno pozvati i postići dogovor za buduće akcije. [1] [4]

## 5.2. NEDOSTACI RADARA PRILIKOM PRAĆENJA OBJEKATA

### Radarske sjenke

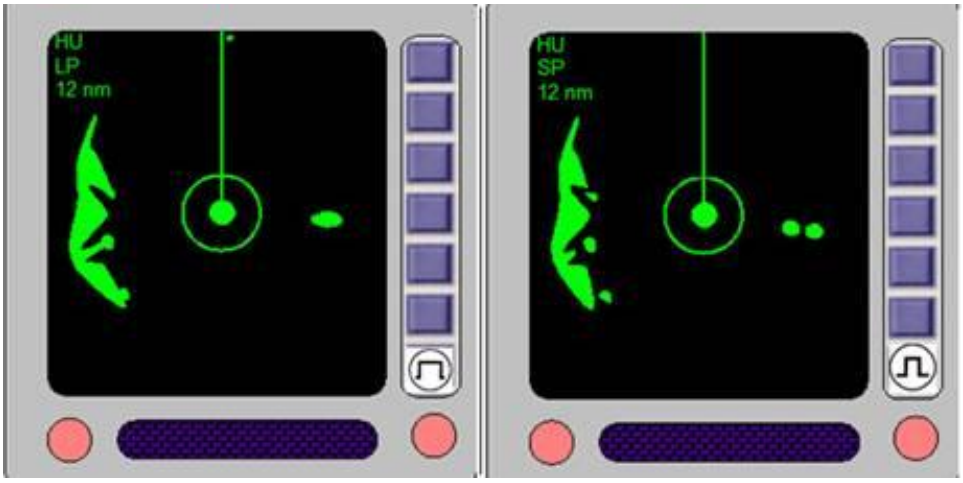
U obalnim i lučkim vodama radarsko praćenje brodova može često biti onemogućeno blizinom obale i/ili kopnenih, lučkih postrojenja koja stvaraju sjenku, to jest ne dopuštaju prolaske elektromagnetnih valova koje emitira radarski uređaj. Sličan učinak može biti i kad veći brod „zakloni" manji. Posljedica je pritom da časnik u službi izgubi brod (metu) na radarskom displeju, što onemogućuje precizno praćenje ukupnoga prometnog stanja. Način rada AIS-a, to jest priroda VHF valova, daje mogućnost praćenja objekata u sjenci (izrazita osobina refleksije VHF valova), što je povećan stupanj sigurnosti u plovidbi. Uz to način rada AIS sustava omogućuje detekciju ciljeva koji su zaklonjeni nekim preprekama (ciljevi iza manjih otoka i dr.).




**Slika 13**. Radarska sjena[22]

**Razdvajanje objekata po udaljenosti i kutu.**

Ako se dva objekta nalaze radijalno na nekoj udaljenosti od broda, na radaru mogu biti prikazana kao jedan ili dva razdvojena objekta. Kako će biti prikazani ovisi o dužini emisijskog impulsa radara, veličini objekta i međusobnoj udaljenosti. U praksi je često „sjedinjavanje" objekata, tako da časnik na radarskom ekranu vidi mrlju kao jedan objekt, što ga može dovesti u zabunu i inicirati pogrešne postupke. Također, ako su dva objekta na maloj međusobnoj udaljenosti, to jest ako ih horizontalna širina radarskoga snopa (razdvajanje po kutu) istodobno obuhvati, oni će na ekranu biti prikazani kao jedan objekt, što je opet problem za navigacijsku sigurnost. Uspostavljanjem AIS-a na brodovima potpuno će se otkloniti ti problemi. Naime, bez obzira na to na kojoj se međusobnoj udaljenosti dva objekta nalaze, oni će slati samostalne AIS izvještaje, i ti će se očitovati časniku u službi na izabranom displeju (AIS-a, ARPA-e, ECDIS-a) tako da unatoč tomu što on vidi na radaru jedan objekt, shvatit će da su to dva objekta i imat će sve dodatne informacije koje se redovito šalju u AIS izvještajima.




**Slika 14.** Razdvajanje objekata[23]

Takvim načinom rada otklonjena je dvosmislenost tumačenja radarske slike jer sustav daje potpunu preciznost i sigurnost, na osnovi kojih će časnik procijeniti trenutnu situaciju u plovnom području. [4]

**Smanjenje utjecaja vremenskih prilika na praćenje brodova**.

Sigurna navigacija zasnovana na radarskom praćenju brodova često je bila ometana vremenskim neprilikama. Radarski sustav nije imun na hidro-meteorološko stanje u okruženju. Visoki morski valovi, kiša, snijeg, pješčane oluje, pa i niski oblaci u mnogome slabe radarsku sliku, a samim time i čitav sustav čine nesigurnim. AIS, koristeći se VHF transmisijom, nije podložan takvim smetnjama, pa je zato veoma važan činitelj za praćenje brodova radi izbjegavanja sudara na moru, posebno u područjima gdje su loši vremenski uvjeti česta pojava. U takvim područjima postoji velika opasnost da se objekt ne može vidjeti na ekranu, što se posebno odnosi na dimenzijski manje brodove, ali će službujući časnik uz pomoć AIS-a znati za pojavu nekoga objekta u danom području. [4]

**Praćenje i predviđanje kretanja radarskih ciljeva.**

Rad je radara bitno unaprijeđen automatskim sredstvom za pilotiranje brodova u okruženju (ARPA). ARPA je radar s računalom koji je u stanju da, na osnovi relativnog gibanja radarskih ciljeva na zaslonu, izračuna njihov relativan kurs i relativnu brzinu, i prikaže ih u obliku vektora. Ti podaci daju mogućnost da se pronalaze najbliže točke prolaska izabranog objekta nedaleko od vlastitog broda (CPA) i vrijeme u kojem će se taj prolazak dogoditi (TCPA). ARPA daje mogućnost i predočavanja pravih kurseva i brzina objekata. Ti podaci glavni su parametri u određivanju rizika sudara, a samim time i akcije izbjegavanja. Dobiveni podatci, CPA i TCPA valjani su jedino ako praćeni objekt i vlastiti brod zadrže isti kurs i istu brzinu. Ako objekti koji se prate mijenjaju kurs i/ili brzinu, potrebno je određeno vrijeme da bi ARPA izračunala nove vrijednosti željenih parametara. Suvremeni ARPA uređaji imaju kapacitet praćenja 20 ciljeva sa stupnjem ažuriranja od 3 sekunde. Međutim, da bi krenulo praćenje, potrebno je oko 15 okretaja radarske antene, pri čemu dobivene vrijednosti, to jest vektore, treba uzimati u razmatranje s određenom rezervom jer su samo približno točni. Tako, ako neki objekt mijenja kurs i/ili brzinu, potrebno je određeno vrijeme da bi tu promjenu ARPA detektirala. To vrijeme može iznositi i do 120 sekunda, što u područjima gustog prometa i današnjih brzina brodova predstavlja zakašnjenje koje može ugroziti sigurnost broda. AIS podatci su „stvarniji" jer se dobivaju od instrumenata praćenoga broda, i to gotovo u realnom vremenu. ARPA dolazi do ovih podataka uzastopnim snimanjima praćenoga objekta, kojega krajnji rezultati znatno kasne za realnim vremenom. [4]

# 6. ZAKLJUČAK

Tehnološkim napretkom u pomorstvu i razvijanjem novih navigacijskih metoda i sustava od časnika se očekuje da u što kraćem roku obavi sve zadatke koji su stavljeni ispred njega. Kako bi se povećala učinkovitost, a samim time i sigurnost, došlo je do potrebe za razvojem postojećih uređaja koje smo pronalazili na navigacijskom mostu, a tako i za uvođenjem novih kao što je AIS. Za svakog časnika od iznimne važnosti je da poznaje princip rada navigacijskih uređaja, te da je upoznat sa svim njihovim funkcijama.

AIS je primopredajni uređaj koji koristeći VHF frekvencije za izmjenu podataka omogućuje brodovima i obalnim postajama identifikaciju brodova u blizini. Primljene i odaslane informacije sadržavaju osnovne navigacijske podatke o brodovima koji nas okružuju a prikazuju se na odgovarajućem pokazivaču. AIS sustav je od posebne važnosti u područjima gdje je frekventan promet, poput luka i kanala, jer pomoću njega brodovi na jednostavan i brz način razmjenjuju podatke ključne za navigaciju, a omogućuje i praćenje brodova u stvarnom vremenu. Glavna prednost AIS sustava nad radarom je ta što može detektirati ciljeve zaklonjene preprekama, jer za razliku od radara koristi VHF valove. AIS kao uređaj ima bolju pokrivenost područja(unutar 40 nautičkih milja), te za razliku od ARPA radara daje više informacija o objektu koji je promatran, signal je stabilniji pa samim tim i pozicija je točnija. Iako najbolju iskoristivost ova dva uređaja imaju kada su međusobno integrirani, IMO je propisao (IMO Res. A.1106(29)) da se AIS uređaj ne koristi kao zamjena za radar/ARPA zbog učestalog korištenja AIS-a od strane časnika kao jedinog izvora informacija za izbjegavanje sudara. Upravo to i je jedan od ciljeva integriranog mosta, da se prikupljanjem informacija o putovanju i promatranim objektima s različitih uređaja, opasnost od sudara/udara i drugih opasnosti koje se javljaju za vrijeme putovanja svede na minimum .

Radar s automatskim pomagalom za plotiranje ima sposobnost izračunavanja kursa, brzine i najbliže točke dolaska nekog određenog objekta. ARPA radar uvelike je pridonio poboljšanju standarda izbjegavanja sudara na moru. Prvenstveno dizajniran kao protusudarni radar, ARPA tehnologija uklonila je zadaću izrade ciljeva ručno na reflektorskom ploteru ili zasebnoj pomoćnoj ploči. Sustav je u stanju automatski stjecati i stalno pratiti više ciljeva, iscrtavati brzine i kurseve, predstaviti ih kao vektore na zaslonu, ažurirati svakim pomicanjem antene i izračunati njihove najbliže točke pristupa vlastitom brodu. Uz poznavanje teorijskih karakteristika radara iskustvo pomorca u primjeni tih

znanja također je jedan od ključnih čimbenika. Postoje pogreške koje utječu na točnost radara, stoga je bitno poznavati prirodu tih pogrešaka i znati ih prepoznati, odnosno znati pravovremeno reagirati u situaciji koja bi mogla dovesti do opasnosti koja je izazvana greškom radara.

Iako je danas sve na navigacijskom mostu automatizirano, bez obzira na svo znanje o elektroničkoj navigaciji, časnik i dalje mora poznavati terestičku i astronomsku navigaciju. U slučaju kvara i otkazivanja pojedinog sustava, časnik je obavezan pomoću terestičkih i astronomskih objekata doći do željene informacije, koju bi mu inače dao neki od sustava i uređaja na mostu. Samim time sigurnost plovidbe višestruko je povećana jer navigacijski časnik nije ovisan niti o jednom sustavu ili metodi određivanja pozicije, već u svakoj situaciji ima na raspolaganju izbor od nekoliko različitih načina kojima može utvrditi točnu poziciju broda i očuvati sigurnost pomorskog pothvata.

# LITERATURA


1. Ristov, P. i Mrvica, A., Pomorski integrirani informacijski sustavi, Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2013.
2. Kos, S: AIS ECDIS VDR, predavanja, Pomorski fakultet u Rijeci
3. Badurina, E: AIS, predavanja, Pomorski fakultet u Rijeci
4. Rašković, M: Potencijali AIS sustava u navigaciji
5. Simović, A. T: Elektronička navigacija , Element, Zagreb 2000.
6. Bole, A.G. and Dinely W.O.; *Radar and ARPA manual,* Second edition, 2005.
7. URL: http://www.marinetraffic.com/ais/
8. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_identification_system
9. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_radar
10. URL: www.unizd.hr/portals/1/nastmat/Elektronicka/Predavanje_3.PDF
11.URL: http://blog.smeclabs.com/navigation-and-communication-equipment/
12.URL: http://www.globemarine.co.uk/radar/furuno-far-2837s-arpa-radar/
13.URL: https://www.slideshare.net/abhi6991/radar-by-abhishek-mahajan
14.URL: http://www.furuno.com/img/prev/en/markets/merchant/radar/stress_img_001.jpg
15.URL: http://www.tstarmet.com/free-study-aids/navigation/arpa-and-radar-plots/Default.htm
16.URL: https://www.coastalmonitoring.com/features/radars
17.URL: https://bahadirolmez.wordpress.com/2012/02/05/elektronik-radar-plotlama
18.URL: https://i.ytimg.com/vi/wz_rPKfhyGI/maxresdefault.jpg
19.URL: http://www.thecoastalpassage.com/ais.html
20.URL:https://www.marineelectronicsjournal.com/content/newsm/news.asp?show=VIEW&a=10
21.URL: https://opencpn.org/
22.URL: https://www.ibiblio.org/hyperwar/USN/ref/RADONEA/COMINCH-P-08-06.html
23.URL: http://www.splashmaritime.com.au/Marops/data/text/Radartex/Radartex.htm

# POPIS SLIKA

**Slika 1.** Komponente integriranog sustava ..... 4
**Slika 2**. Moderni ARPA radar ..... 9
**Slika 3**. Blok dijagram radara ..... 11
**Slika 4.** Prikaz djelova radara ..... 12
**Slika 5.** Osnovne kontrole radara ..... 13
**Slika 6.** Radarski vektor ..... 18
**Slika 7.** Antena, procesor i display ARPA radara ..... 20
**Slika 8.** Display radara ..... 23
**Slika 9.** Paralelni indeksi ..... 26
**Slika 10.** AIS uređaj ..... 29
**Slika 11.** Princip rada AIS-a ..... 32
**Slika 12**. AIS poruka ..... 35
**Slika 13**. Radarska sjena ..... 37
**Slika 14.** Razdvajanje objekata ..... 38