

Brodski komunikacijski protokoli

Žlimen, Alen

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:187:785846>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-13**



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**

ALEN ŽLIMEN

BRODSKI KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**BRODSKI KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI
MARINE COMMUNICATION PROTOCOLS**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Ispitivanje brodskih elektroničkih uređaja

Mentor/komentor: doc. dr. sc. Miroslav Bistović

Student/studentica: Alen Žlimen

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u Pomorstvu

JMBAG:0112061449

Rijeka, Rujan, 2022

Student/studentica: Alen Žlimen

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u Pomorstvu

JMBAG: 0112061449

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom
BRODSKI KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI

izradio/la samostalno pod mentorstvom doc. dr. sc. Miroslav Bistrović

te komentorstvom _____

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____
(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la 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/la sam i povezao/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica



(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

Student/studentica: Alen Žlimen

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u Pomorstvu

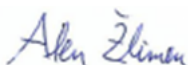
JMBAG: 0112061449

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/studentica – autor



(potpis)

SAŽETAK

Komunikacijski mrežni protokoli na brodovima su specifični za tu domenu, imaju posebne značajke koje omogućuju implementiranje uređaja različitih namjena ugrađenih na brodovima.

U ovom radu obrađujemo i analiziramo uobičajene i najčešće korištene komunikacijske protokole koji se primjenjuju na brodovima.

Najčešće korišteni mrežni komunikacijski protokoli koje ćemo analizirati u ovom radu su:

TCP/IP, NMEA 0183, NMEA 2000, OneNet, AIS, DSC.

Neki od protokola imaju ograničenja u smislu tehnologije i sigurnosti, poput NMEA 0183 i AIS a noviji protokoli poput NMEA 2000 i kompatibilni protokoli, pružaju veće mogućnosti i višu razinu sigurnosti podataka.

Ključne riječi: brodski; mrežni; NMEA 2000, NMEA 0183, TCP/IP, OneNet, AIS, DSC, VDES

SUMMARY

Communication network protocols on ships are specific to this domain, having special features that allow you to implement devices of different purposes built on ships.

In this paper, we process and analyze the usual and most commonly used communication protocols that apply on ships

The most common network communication protocols that we will analyze in this paper are

NMEA 2000, NMEA 0183, TCP/IP, OneNet, AIS, DSC.

Some of the protocols have limits in terms of technology and safety, such as NMEA 0183 and AIS and newer protocols such as NMEA 2000 and compatible protocol provide greater opportunities and higher data security levels.

Keywords: marine; network; NMEA 2000, NMEA 0183, TCP/IP, OneNet, AIS, DSC, VDES.

SADRŽAJ

SAŽETAK	II
SUMMARY	II
SADRŽAJ	III
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	2
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	2
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA.....	3
2. BRODSKI KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI	4
2.1. RS-232 PROTOKOL.....	6
2.2. RS-422 PROTOKOL.....	8
2.3. AIS PROTOKOL	10
2.3.1. VDES protokol	13
2.4. DSC PROTOKOL	14
2.5. SATCOM PROTOKOL	16
2.5.1. SATCOM C Standard.....	16
2.5.2. SATCOM F Standard	18
2.5.3. IRIDIUM SATCOM.....	20
2.5.4. VSAT SATCOM	22
3. TCP/IP	24
3.1. TCP/IP opis protokola	24
3.2. TCP/IP v4 protokol.....	25
3.3. TCP / IPv6 protokol.....	27
4. NMEA	29
4.1. NMEA 0183	31
4.1.1. Tehničke specifikacije NMEA 0183.....	32
4.1.2. Primjer povezivanja NMEA komunikacijske mreže NMEA 0183.....	34
4.2. NMEA 2000	36

4.2.1. NMEA 2000 opis protokola	36
4.2.2. NMEA 2000 specifikacije	37
4.2.2.1. T-protector, zaštni sklop za MNEA 2000.....	41
4.2.3. NMEA OneNet protokol	43
5. TESTIRANJE NMEA PROTOKOLA	49
5.1. ULAZNI PODACI	51
5.2. POSTUPAK TESTIRANJA.....	52
5.3. IZLAZNI PODACI.....	54
6. ZAKLJUČAK.....	55
LITERATURA	56
KAZALO KRATICA.....	59
POPIS SLIKA.....	Error! Bookmark not defined.
POPIS TABLICA	61

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Brodski komunikacijski protokoli su komunikacijski standardi koji definiraju pravila, sintaksu i postupak sinkronizacije između pojedinih brodova, koji mogu imati instaliranu opremu s različitim vrstama komunikacija.

Počeci radio komunikacije između brodova i brodova s kopna bili su zasnovani na morse kodu (Morse code), ustvari to je praktički bio i jedini mogući komunikacijski protokol.

Takav način komunikacije bio je relativno skup, spor i s ograničenim mogućnostima. jer je zahtijevao specijalizirane radio-operatere koji su prevodili znakove morse koda u razumne riječi i brojeve.

Razvoj tehnologije u području pomorskih komunikacija, bitno je unaprijeđen uspostavljanjem satelitske komunikacije i novim komunikacijskim protokolima upotrebom telefax-a i telex-a.

Razvojna usluga za komunikaciju u pomorskom prometu, pojavila se potreba za stvaranjem jednoznačnog sučelja i protokola za digitalnu razmjenu podataka između različitih elektroničkih uređaja na brodu, pa je formirana organizacija Nacionalnog pomorskog elektroničkog udruženja (NMEA).

Formirani su komunikacijski standardi NMEA 0183 i NMEA 2000, iste su prihvatili proizvođači opreme i pomorske agencije diljem svijeta, tako da su postali glavni standard.

U ovom radu ističemo trenutno stanje pomorskih komunikacija i pružamo istraživačku analizu sigurnosnih rizika. Prvo opisujemo korištenje i povijest prijenosa podataka u pomorstvu.

Zatim raspravljamo o zahtjevima za ove protokole, poput hardvera, softvera i ljudskih resursa. Nadalje identificiramo mehanizme (ugrađene ili ne) koji se koriste za zaštitu pomorskih komunikacijskih mreža.

Uvodimo našu sigurnosnu analizu i identificiramo prednosti i slabosti pojedinog protokola. Rezultat toga je klasifikacija sigurnosnih rizika povezana sa svakim protokolom.

Protokoli kod pomorskih komunikacija često se implementiraju u softver, hardver ili kombinirano kao jedna cjelina.

Konačno, raspravljamo o temeljnim izazovima i mogućnostima Pomorskih komunikacijskih protokola.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Komunikacijski protokoli kod pomorskih komunikacijskih mreža, ranjivi su od strane zlonamjernih napada ili pogrešaka operatera. U smislu osiguranja komunikacijskih mreža u pomorstvu kao i procesiranih podataka, postavljena je radna hipoteza. Proizvođači opreme moraju napraviti model koji, osigurava integritet i dostupnost, koji uključuje i autentifikaciju, autorizaciju i verifikaciju od stvaranja do implementacije i održavanja upravljačkog softvera mrežnih uređaja.

Kod izgradnje pomorskih komunikacijskih mreža, neophodno je upotrebljavati opremu s implementiranim protokolima s višim stupnjem zaštite podataka.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha istraživanja je ispitivanje funkcionalnosti i sigurnosti pomorskih komunikacijskih mreža, mrežnih protokola i uređaja.

Mehanizmi kontrole pristupa i postupci provjere autentičnosti trebaju biti implementirani u program za kontrolu pristupa resursima. Nadalje, protokoli za šifriranje primjenjuju se za poboljšanje zaštite podataka.

Osiguravanje integriteta uključuje zaštitu informacija od modificiranja od strane neovlaštenih osoba. Slično kao i povjerljivost, kontrola pristupa i validacija uobičajene su metode koje proizvođači koriste kako bi osigurali integritet podataka i komunikacije.

Brodске komunikacijske mreže moraju jamčiti pristup podataka i usluga, koji pod određenim uvjetima mogu postati kritični za rad i misiju plovila.

Zaštita dostupnosti ovisi o specifikaciji i konfiguraciji hardvera kako bi se omogućilo prenošenje podataka s maksimalnom brzinom prijenosa protokola.

Verifikacija kod uspostave veza, firmware mora provjeriti je li prijemnik primio poruku i da li je prijemnik siguran u identitet pošiljatelja. Verifikacija postaje važna na drugim domenama sigurnosti, pa i u okruženju visokog rizika, poput pomorskih komercijalnih poduzeća.

Primjenom svih navedenih sigurnosnih standarda i tehnoloških rješenja, postiže se sigurnost, kvaliteta i stabilnost pomorskih komunikacija.

1.4. ZNANSTVENE METODE

Prilikom istraživanja, formuliranja i predstavljanja rezultata istraživanja korištene su u odgovarajućim kombinacijama sljedeće znanstvene metode: metoda analize i sinteze, metoda specijalizacije i generalizacije, metoda dokazivanja i opovrgavanja, statistička metoda, metoda klasifikacije, matematička metoda.

1.5. STRUKTURA RADA

U ovom radu obrađuje se primjena pojedinih protokola kod komunikacijskih mreža u pomorstvu.

Kao problem i objekt istraživanja, ovaj rad obrađuje komunikacijske protokole, s obzirom na vrstu i područje upotrebe te sigurnost mreže ovisno o primjenom protokolu.

Raspravljamo o temeljnim izazovima i mogućnostima pomorskih komunikacijskih protokola. Svrha istraživanja je ispitivanje funkcionalnosti pomorskih komunikacijskih mreža i protokola, mehanizmi kontrole pristupa, osiguranje integriteta mreže, verifikacije kod uspostave veze i prijenosa podataka.

Integracija brodskih sustava, senzori i kontrola unutar sustava, dijeljenje informacija i prikupljanje podataka javlja se sve većom obujmu na plovilima. Ove se operacije odvijaju u mnogim dijelovima plovila od strojarnice, do mosta, do administrativnog osoblja, pa čak i izvan broda do ureda vlasnika broda ili brodarskih kompanija putem satelitskih komunikacijskih veza.

U različitim stupnjevima, ove aplikacije postoje na trgovačkim i putničkim brodovima, obalnim plovilima, ribarskim brodovima i plovilima za rekreaciju i svaki od njih zahtijeva standardizirane komunikacijske protokole s različitim namjenama, mogućnostima i kapacitetima.

Najčešće korišteni komunikacijski protokoli kod pomorskih komunikacijskih mreža su, NMEA 0183, NMEA 2000, AIS, DSC, TDMA, TCP/IP.

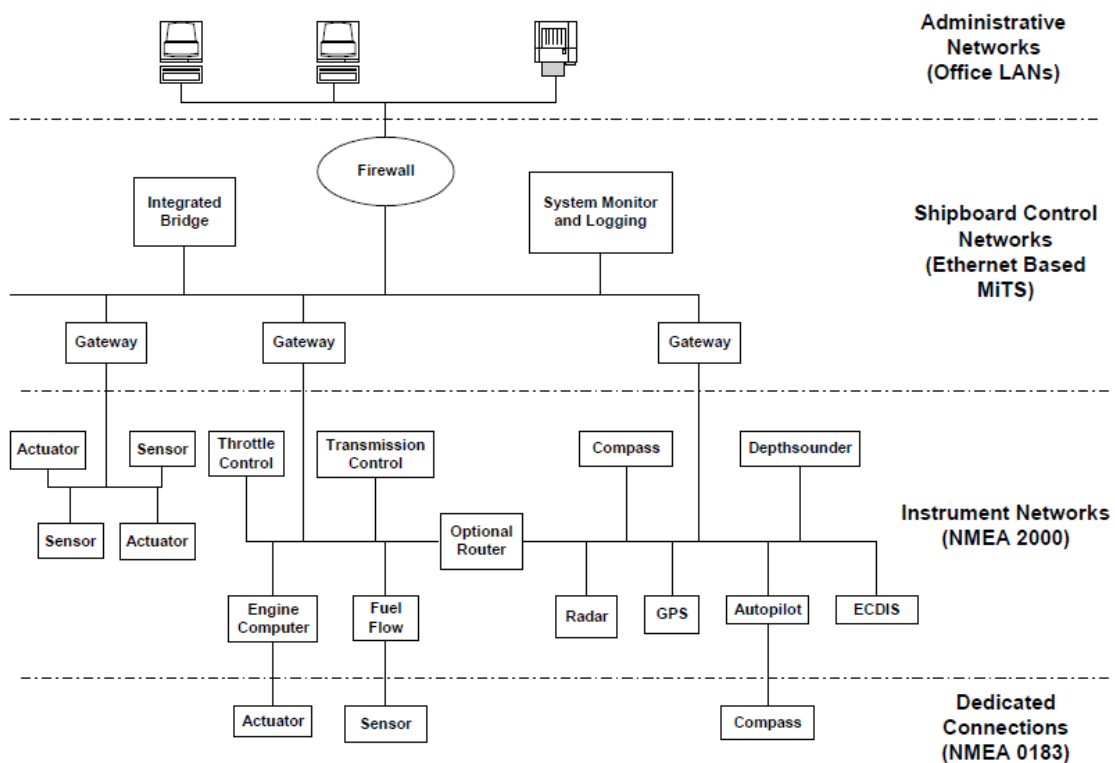
2. BRODSKI KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI

Pomorske komunikacije uključuju transfer informacija između pomorskih plovila međusobno, kao i između plovila i obalne infrastrukture a odvijaju se putem radio - komunikacijske opreme ili putem satelita u vidu elektroničkih komunikacija.

Razvojem brodske tehnologije, komunikacijski brodski sustav teži biti integriran i distribuiran, u cilju izmjena komunikacijski podataka i što bolje dostupnosti istih

Brodska komunikacijska mreža sastoji od nekoliko neovisnih podmreža (mreža senzora, mreža za prikaz, itd.) a unutar ukupne brodske komunikacijske mreže mogu se razmjenjivati informacije (referentni ulaz, izlaz postrojenja, kontrolni ulaz itd.) među podmrežama i sustavima, u tu svrhu se koriste različiti komunikacijski protokoli.

Protokoli pomorskih komunikacijskih mreža su komunikacijski standardi koji definiraju pravila, sintaksu i postupak sinkronizacije između pojedinih pomorskih uređaja ili pojedinih plovila.[1]

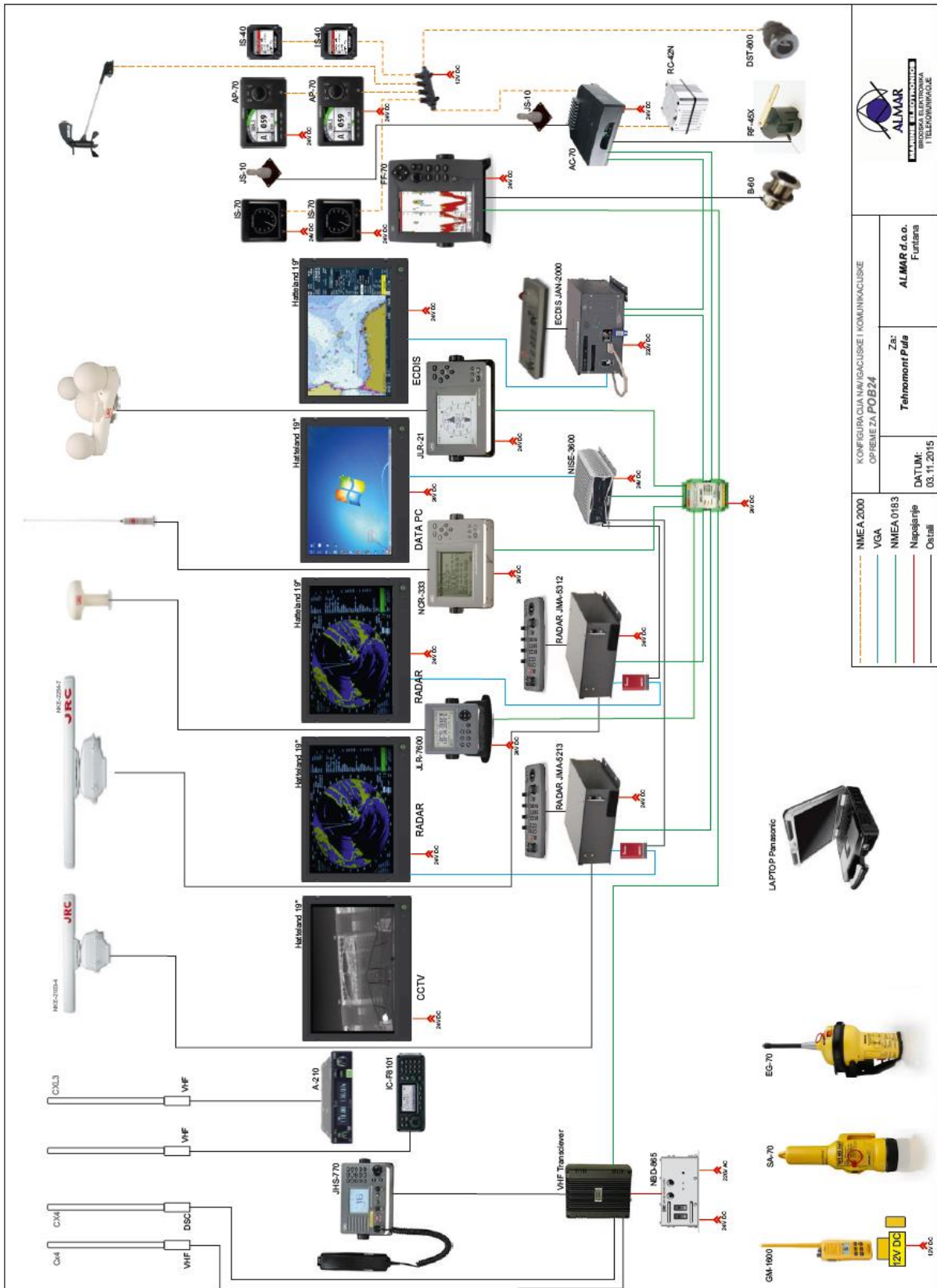


Shipboard Networks and Interfaces

2

Slika 1. Opća konfiguracija broda prikazana je na slici Brodske mreže i sučelja

Izvor: <https://www.nmea.org/Assets/2000-explained-white-paper.pdf>



NMEA 2000		KONFIGURACIJA NAVIGACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE	
VGA		OPREME ZA POB24	
NMEA 0183		Za: Tehnomont Pula	
Napajanje		Datum: 03.11.2015	
Ostali		ALMAR d.o.o. Funtana	

Slika 2. Primjena NMEA 0183, NMEA 2000, DSC, AIS protokola kod brodske komunikacijske mreže

Izvor: Tehnička dokumentacija ALMAR d.o.o. Funtana, Kamenarija 12, tel. +385 52 445005

2.1. RS-232 PROTOKOL

RS-232 (Recommended Standard 232), je komunikacijski protokol koji omogućuje razmjenu podataka metodom serijske komunikacije između računala i njegovih perifernih uređaja, a specificira uobičajenu konfiguraciju pinova, upravljačke signale i napon koji se koristi za komunikaciju.

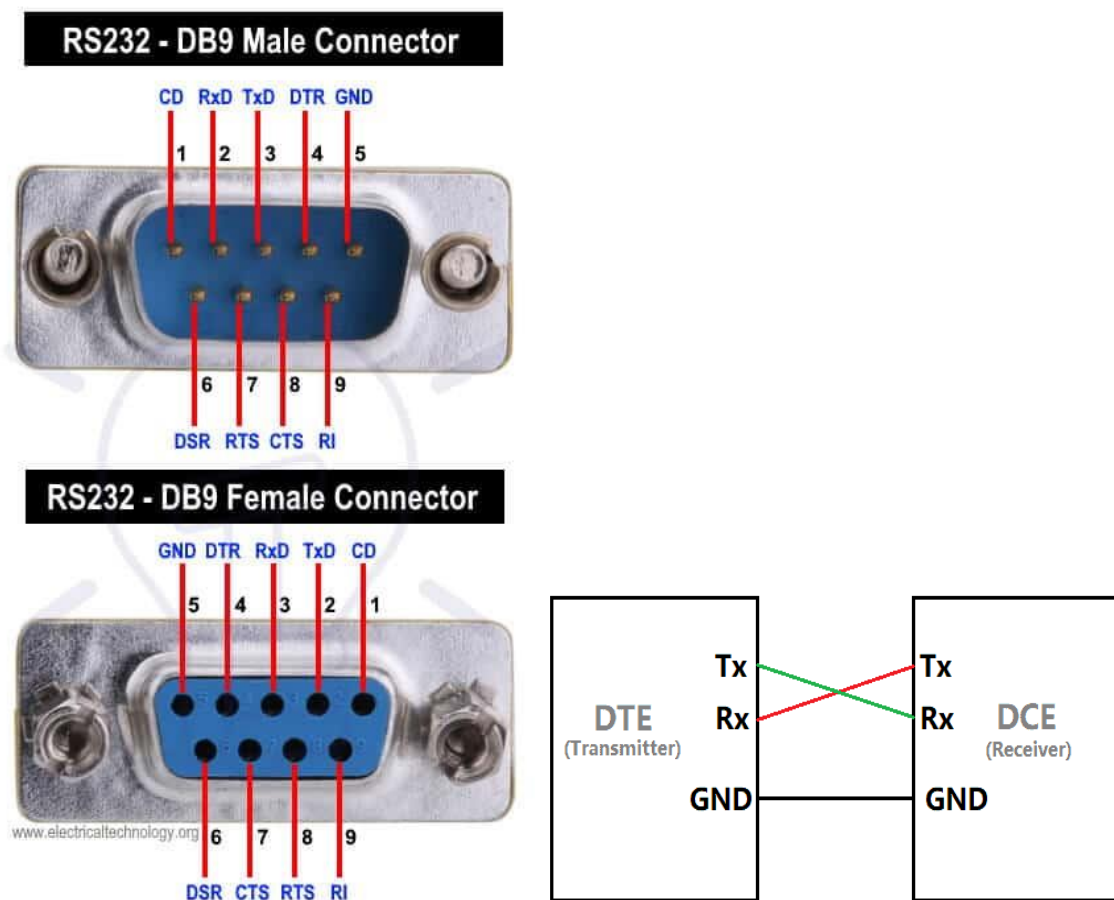
Prema definiciji EIA, RS232 je sučelje koje služi za povezivanje podatkovne terminalne opreme i opreme za podatkovnu komunikaciju.

Računalni uređaj koji se koristi kao izvor podataka DTE (Data Terminal Equipment) omogućuje pretvaranje korisničkih podataka u serijske signale za slanje preko RS232 protokola u oprema za podatkovnu komunikaciju DCE (Data Communication Equipment). Istovremeno DTE može primiti podatke od DCE-a. Signali primljeni od DCE preko odgovarajućeg komunikacijskog kanala ponovno se pretvaraju pomoću DTE. Podatkovna terminalna oprema (DTE) za spajanje koristi muški RS232 konektor i obavlja kontrolnu funkciju unutar RS232 komunikacije. Podatkovna komunikacijska oprema (DCE) je komunikacijski linijski uređaj (npr. modem, preklopnik, koncentrador, pretvarač) koji služi za prijenos, konverziju i poboljšanje signala koji generira DTE. DCE za spajanje koristi ženski RS232 konektor. Proces razmjene podataka između DTE i DCE uređaja temelji se na tri glavna signala: Tx (prijenosna linija), Rx (prijemna linija) i GN (zemlja). Za potvrdu komunikacije kod izmjene podataka, uređaji se koriste metodom rukovanja (handshaking), kojom računala i drugi uređaji razmjenjuju informacije o statusu. U RS-232 standardu, signale rukovanja koriste međusobno povezani uređaji da bi jedan drugog obavijestili o svojoj spremnosti za slanje ili primanje podataka. Kod serijskog prijenosa podataka: uobičajeno se koriste dva najčeća načina, sinkroni i asinkroni protokol.

Sinkroni protokol RS 232 omogućuje slanje i primanje nekoliko dijelova podataka unutar određenog vremenskog intervala. Naime, rad obaju primopredajnika sinkronizira se na početku komunikacijske sesije. U sinkronom protokolu nema startnih i stop bitova što znači da se podaci mogu brže komunicirati.

Asinshoni protokol RS 232, kod početka komunikacije, prijenosa podataka za najavu komunikacije, uređaj šalje početni bit (0). Nakon toga se prenose stvarni bitovi podataka (obično 8 bita). Zatim uređaj šalje stop bit (1) koji označava da je prijenos podataka završen. Paritetni bit se u prošlosti često koristio za provjeru grešaka u komunikaciji, danas se rijetko.

RS-232 komunikacijsku tehnologiju često koriste inženjeri za industrijsku kontrolu, inženjeri za razvoj perifernog softvera, integratori sustava, inženjeri za kontrolu kvalitete i mnogi drugi stručnjaci, koji rade u područjima industrijske automatizacije, automatizacije u pomorstvu itd. Kod tehnologije pomorskih komunikacijskih mreža RS 232 se koristi za spajanje raznih senzora, dojavnika, terminala, GPS signala na navigacijske i komunikacijske uređaju. Računalni tehničari i serviseri elektronske komunikacijske opreme mogu koristiti RS 232 COM portove kao kontrolnu konzolu prilikom dijagnosticiranja ili konfiguriranja opreme. [2]

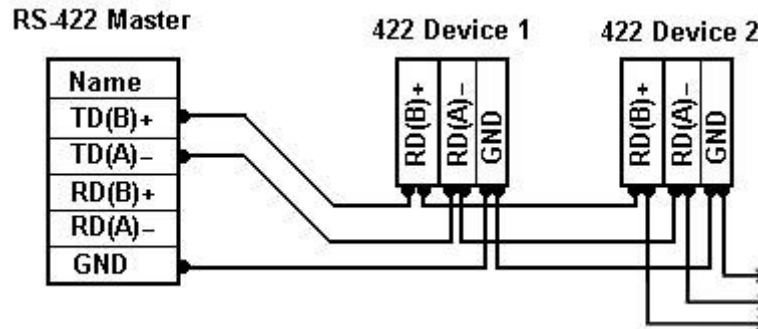


Slika 3. Spajanje uređaja kod RS 232

Izvor: <https://www.electricaltechnology.org/2020/05/rs232-serial-communication-protocol.html>

2.2. RS-422 PROTOKOL

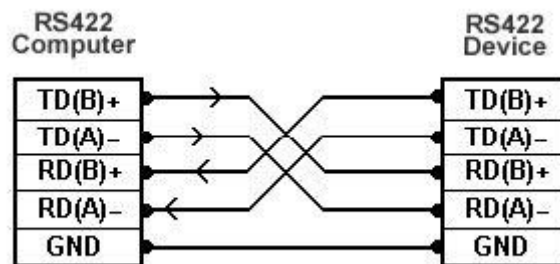
Prijenos podataka RS-422 sa upotrebom samo dva vodiča/žice ("2-wire") koristi se kod jednosmjerne komunikacije, gdje glavni signal koristi jedan par žica i uzemljenje za komunikaciju, prijenos podataka na više uređaja koji samo primaju, bez povratne komunikacije. Takav način komunikacije se koristi kod prijenosa NMEA podataka od GPS-a ili umnožilaca (multiplier), prema navigacijskim, komunikacijskim ili uređajima za sigurnost.



Slika 4. Grafički prikaz spajanja RS-422 u konfiguraciji dvožilnog spajanja

Izvor: https://www.usconverters.com/index.php?main_page=page&id=35&chapter=

Kod diferencionalnog načina komunikacije svaki signal nosi par žica, jedan par služi za predaju podataka, drugi za prijem. Na udaljenostima do 12 metara maksimalna brzina prijenosa podataka je 10 Mbts/sec u sekundi, dok kod duljine voda od 1200 metara, brzina prijenosa podataka je 1000 kbts/sec.



Slika 5. Grafički prikaz spajanja RS-422 u konfiguraciji četverožilnog spajanja

Izvor: https://www.usconverters.com/index.php?main_page=page&id=35&chapter=

Za međusobno spajanje uređaja u komunikacijskoj mreži po standardu RS 422, koriste se spojnice, konektori DB-9, DB-25 i RJ-45.

U novije vrijeme obično se koriste DB-9 i RJ-45, a kod uređaja starije generacije, obično su to bili DB-25. [3]

Tablica 1. Prikaz spajanja na kontakte konektora mreže sa RS-422 (EIA-422)

EIA-422 Pinouts for DB-9, DB-25 and RJ-45 Connectors

Signal	Description	DB-9 Pin	DB-25 Pin	RJ-45 10 Pin
TxD+	Transmitted Data (+)	3	2	5
TxD-	Transmitted Data (-)	9	14	1
RxD+	Received Data (+)	2	3	6
RxD-	Received Data (-)	6	16	2
RTS+	Request To Send (+)	7	4	3
RTS-	Request To Send (-)	4	19	9
CTS+	Clear To Send (+)	8	5	8
CTS-	Clear To Send (-)	1	13	10
GND	Chassis Ground	Shell	Shell	4
SG	Signal Ground	5	-	7

Izvor: <https://www.digi.com/support/knowledge-base/rs-422-cabling-pin-outs-for-portserver-ts-and-digi>

Tablica 2 Prikaz spajanja na komunikacijskog kabela RS 422 (EIA-422)

EIA-422 Software Handshaking (XON/XOFF) Cable

DTE (Digi End)			DTE (Peripheral)	
Signal	Lead		Lead	Signal
TxD	+	Connected to	+	RxD
	-	Connected to	-	
RxD	+	Connected to	+	TxD
	-	Connected to	-	
GND		Connected to	-	GND
RTS	Jumpered, connect: RTS(+) to CTS(+); RTS(-) to CTS(-)		Jumpered, connect: RTS(+) to CTS(+); RTS(-) to CTS(-)	RTS
CTS				CTS

Izvor: <https://www.digi.com/support/knowledge-base/rs-422-cabling-pin-outs-for-portserver-ts-and-digi>

2.3. AIS PROTOKOL

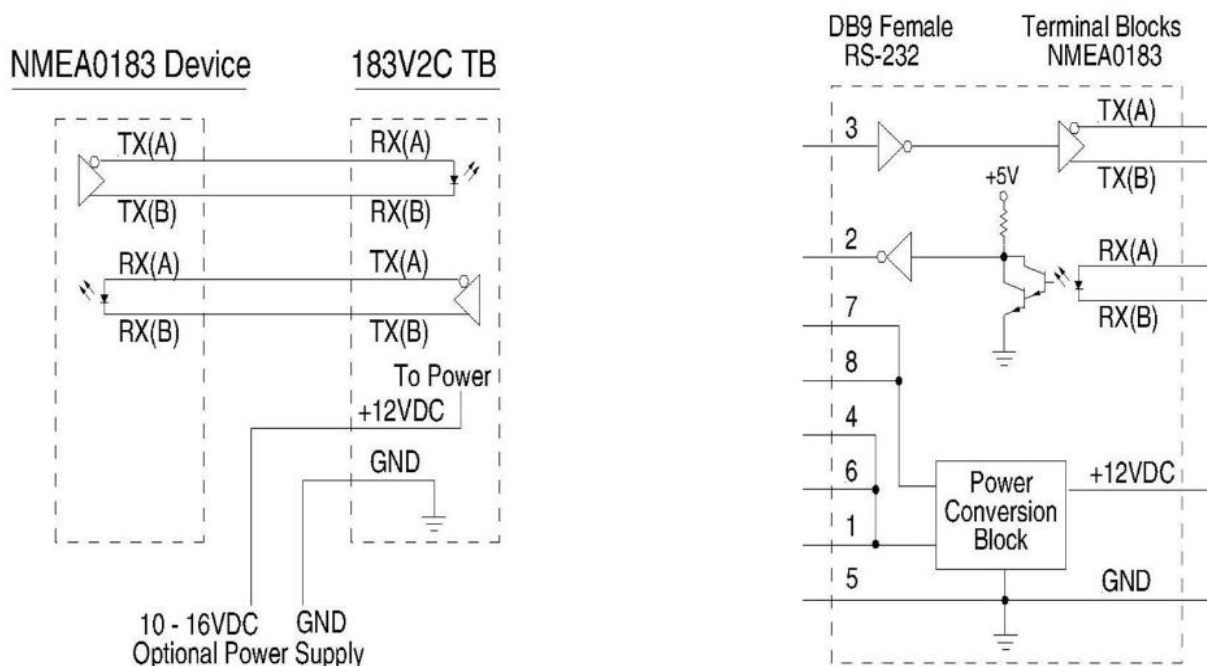
AIS (The Automated Identification System) je automatizirani identifikacijski sustav za praćenje kretanja brodova koji koristi transpondere na brodu a koriste ga službe za kontrolu pomorskog prometa, a služi i kao sredstvo digitalne komunikacije između brodova radi identifikacije.

AIS se koristi za komunikaciju i emitiranje meta podataka (npr. ime, podaci o brodu, smjeru kretanja, koordinate itd.) putem VHF odašiljača koji je ugrađen u primopredajnik.

Ove podatke primaju AIS prijemnici u lukama, kontrolnim centrima – VTS kao i svi drugi brodovi. AIS informacije se koriste kao pomoć u navigaciji, za izbjegavanje sudara i zaštitu morskog okoliša. AIS podaci koje brodovi emitiraju primaju AIS zemaljske stanice pa prosljeđuju VTS centrima a dostupni su i putem interneta na aplikacijama kao npr. AIS Marine.

AIS transponder radi u autonomnom i kontinuiranom načinu rada, bez obzira radi li na otvorenom moru ili obalnim ili kopnenim područjima.

Točno određivanje položaja AIS transpondera i sinkronizacija vremena preuzimaju dinamičke podatke iz GPS-a putem NMEA 0183 protokola. AIS transponderi koriste dvije različite frekvencije, VHF pomorske kanale 87B (161,975 MHz) i 88B (162,025 MHz), i koriste modulaciju Gaussovog minimalnog pomaka (GMSK) od 9,6 kbit/s preko 25 ili 12,5 kHz kanala koristeći High-level Data Link Control (HDLC) paketni protokol.



Slika 6. Primjeri spajanja AIS sustava na NMEA komunikacijsku mrežu

Izvor: <https://www.nmea.org/Assets/nmea%20collision%20avoidance%20through%20ais.pdf>

Za transfer AIS poruka koristi se nekoliko protokola, a to su sljedeći:

- SOTDMA (Self Organized Time Division Multiple Access), samoorganiziran višestruki pristup s vremenskom podjelom, dizajniran je za AIS klase A uređaje

SOTDMA je najsloženija TDMA pristupna shema definirana za AIS i također pruža okosnicu za autonomni rad mreže na moru.

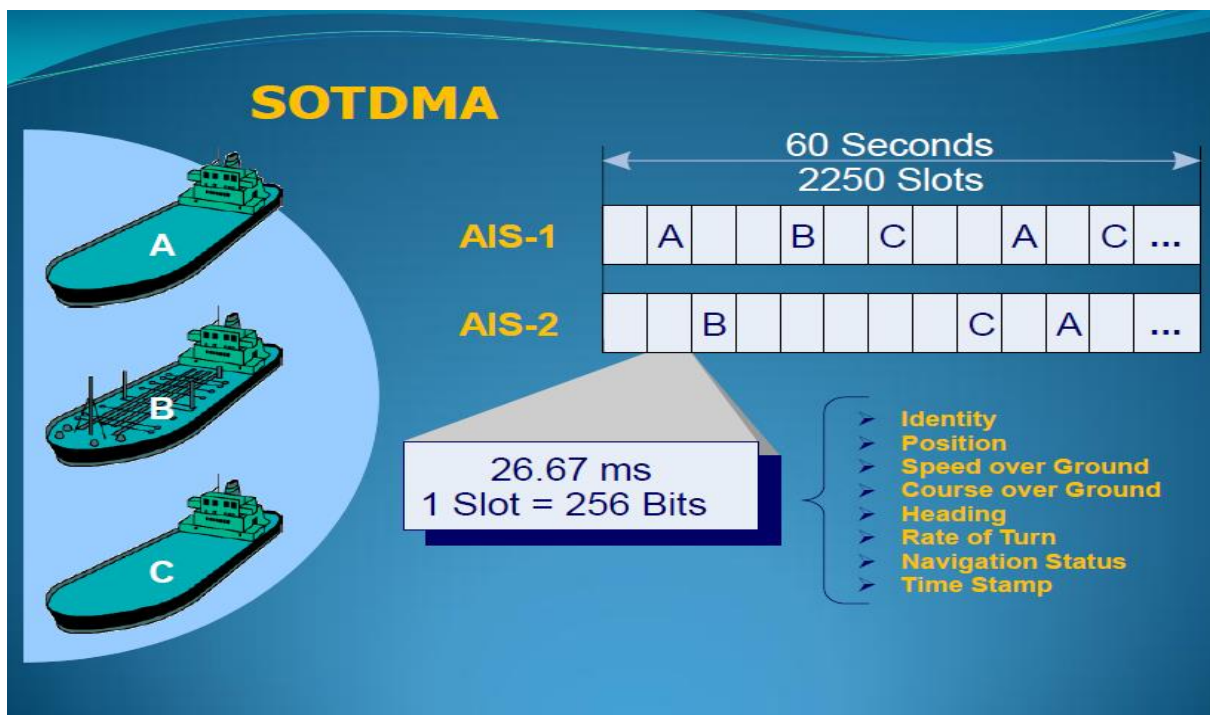
SOTDMA protokol također osigurava dinamično i autonomno upravljanje AIS kapacitetom u prometnim područjima. Ako se dogodi situacija u kojoj su svi TDMA utori (slots) zauzeti, primjenjuju se pravila za ponovno korištenje istih. Ovaj način osigurava prednost u komunikaciji s najbližim brodovima i prikazu položaja brodova s najbližih AIS stanica, koje su i najrelevantnije za sigurnost plovidbe u odnosu na najudaljenije AIS stanice. AIS klase A koristeći SOTDMA protokol emitira podatke od 2 – 10 sekundi, kada je u vožnji / navigaciji, ovisno o brzini, svake 3 minute na sidrištu, a svakih 6 minuta kada je brod na vezu.

- CSTDMA protokol je definiran za AIS stanice klase B i dopušta razvoj jeftinog primopredajnika koji je u potpunosti interoperabilan sa AIS klase A sa SOTDMA prijenosima, dok istovremeno osigurava da se prioritet uvijek daje prijenosima sa SOTDMA protokolima.

Vremenski raspored TDMA utora određuje se iz vremenskog rasporeda prijensa AIS klase A ili AIS bazne stanice unutar dometa prijammnika. Mjerenje vremena temeljeno na GPS-u nije potrebno. Kada je potreban prijenos podataka, odašiljanje, TDMA utor se nasumično odabire i mjeri se snaga signala na početku utora, ako je blizu razine pozadine, znači vrlo slab signal utora, pretpostavlja se da je utor neiskorišten i prijenos je izvršen, u protivnom se prijenos odgađa, uglavnom CSTDMA protokol ima niži prioritet u odnosu na SOTDMA protokol. AIS klase B sa CSTDMA protokolom emitiraju navigacijske poruke svakih 30 sekundi kada je brod u navigaciji, svake 3 minute na sidrištu i svakih 6 minuta na vezu ili na zahtjev.

- FATDMA je ručno upravljana TDMA pristupna shema gdje su AIS uređaji unaprijed konfigurirani za korištenje određenih TDMA utora za sve prijense. FATDMA se koristi samo za AIS bazne stanice i AIS AtoN stanice.

AIS uređaji na brodovima povezani su u komunikacijsku mrežu, te putem NMEA 0183 protokola primaju podatke od raznih uređaja, žiroskopa, brzinomjera, eksternih GPS i brodskih senzora, te obrađene podatke u tekstualnom ili grafičkom obliku prenose radarima, ECDIS-u i VDR, koji se implementiraju u radarsku sliku i snimaju u VDR memoriju. [4]



Slika 7. Prikaz komunikacija putem AIS protokola između brodova

Izvor: <https://www.nmea.org/Assets/nmea%20collision%20avoidance%20through%20ais.pdf>



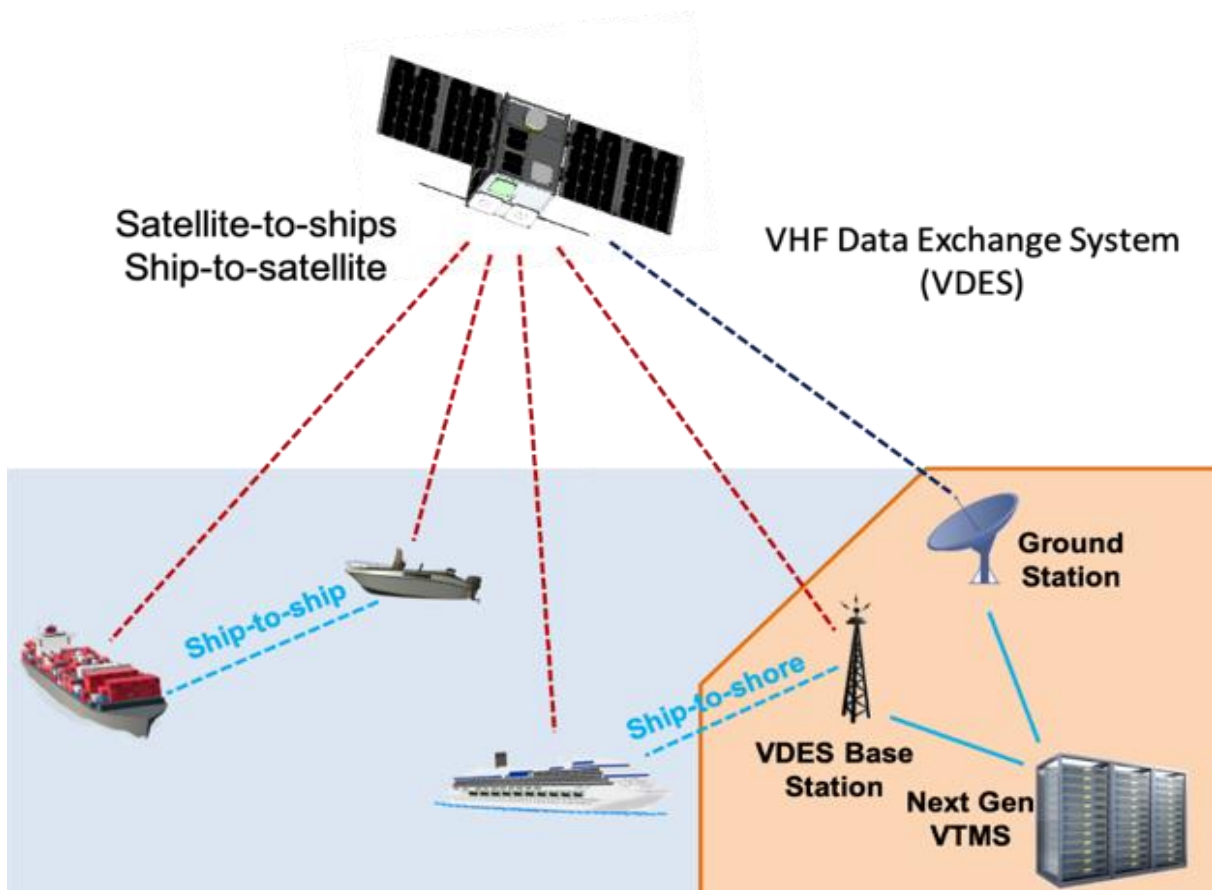
Slika 8. Prikaz navigacije uz pomoć AIS uređaja

Izvor: <https://www.nmea.org/Assets/nmea%20collision%20avoidance%20through%20ais.pdf>

2.3.1. VDES protokol

VDES (VHF Data exchange system) je VHF radio-komunikacijski mrežni protokol za razmjenu podataka između brodova, obalnih postaja i satelita na frekvencijama automatskog identifikacijskog sustava (AIS), poruka specifičnih za aplikacije (ASM) i VHF razmjene podataka (VDE) u pomorskom komunikacijskom VHF pojasu. Nova tehnologija, VDES mrežni protokol je optimiziran za podatkovnu komunikaciju s visokom sigurnosti prijema.

VDES infrastruktura omogućuje prijenos podataka u širokom opsegu i stvarnom vremenu između obale i brodova. Da bi se postigla globalna pokrivenost, satelitska VDES mreža nadopuniti će zemaljsku VDES infrastrukturu., sto omogućava pokrivanje velikog područja, što je posebno važno u polarnim regijama, gdje nema pokrivenosti geostacionarnim satelitima. Prednosti mreže sa VDES protokolom su globalna povezanost i velike brzine prijenosa podataka putem niskobudžetnog radio komunikacijskog pojasa vrlo visoke frekvencije (VHF), kao i omogućavanje dvosmjerne komunikacije. [5]



Slika 9. VDES komunikacija između brodova i obalne infrastruktura

Izvor: https://www.mpa.gov.sg/cwp/assets/SRS/issue15/Safety@sea/Communication_at_sea.html

2.4. DSC PROTOKOL

Digitalni selektivni poziv ili DSC (Digital selective calling) je protokol za izmjenu unaprijed definiranih digitalnih poruka između DSC uređaja na brodovima, za komunikaciju između brodova ili brodova s DCS uređajima na kopnu. Za komunikaciji koristi protokol NMEA 0183.

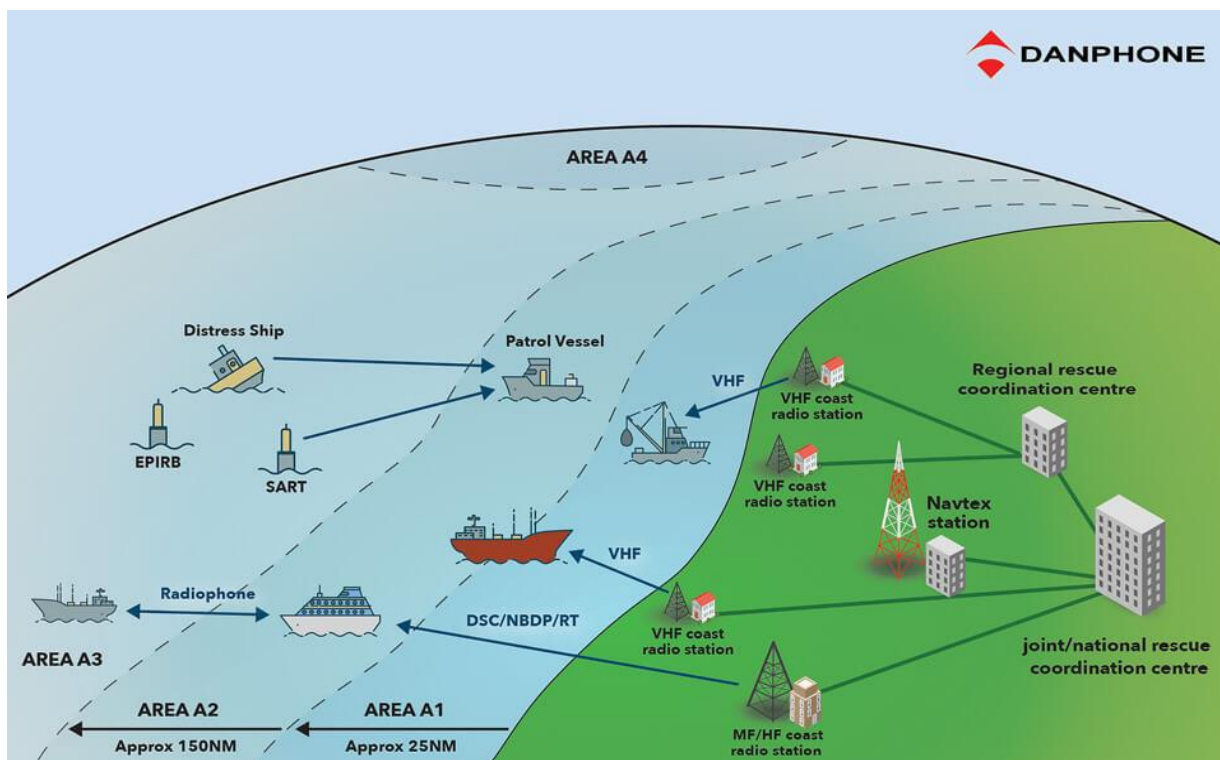
DSC protokol je tonsko kodirani sinkroni sustav koji koristi znakove sastavljene od deseto-bitnog koda za otkrivanje pogreške. Bitovi su kodirani korištenjem frekvencijskog pomaka, FSK (Frequency Shift Keying) modulacijski signali.. Za visoku i srednju frekvenciju koriste se dva tona udaljena 170 Hz s obje strane dodijeljene frekvencije s brzinom simbola od 100 bauda. Za VHF dva tona koja se koriste su 1300 i 2100 Hz sa brzinom simbola od 1200 bauda. Svaki znak se prenosi dva puta s vremenskom odgodom. DSC komunikacija se odvija putem srednje frekventnih (MF), visokofrekventnih (HF) i vrlo visokofrekventnih (VHF) pomorskih radijskih sustava. DCS komunikacijski protokol je osnovni protokol GMDSS-a, (Global Maritime Distress Safety System) globalnog pomorskog sustava sigurnosti u slučaju opasnosti.poruke DSC protokola obavezno sadrže, indentitet broda, poziciju broda dobivenu od GPS-a, prirodu, vrstu poziva i MMSI broda (Maritime Mobile Service Identity) koji je ujedno i broj koji služi kao pozivni broj, adresa.

Digitalno selektivno poziv koristi se za poziv u pomoć ili druge poruke iz domene sigurnosti na moru ili opasnosti obalnim stanicama i drugim brodovima putem DSC uređaja.

Može se koristiti i kod selektivnog poziva određenom brodu za najavu govorne komunikacije između pojedinih brodova s zahtjevom za prijelaz na radni kanal, ili izmjenu digitalnih poruka. Kod iniciranja DSC poziva, kod brodova ili obalnih stanica, primljeni poziv uključuje alarm na DSC uređajima primatelja, isti se ponavlja do dok ga se ne potvrdi.

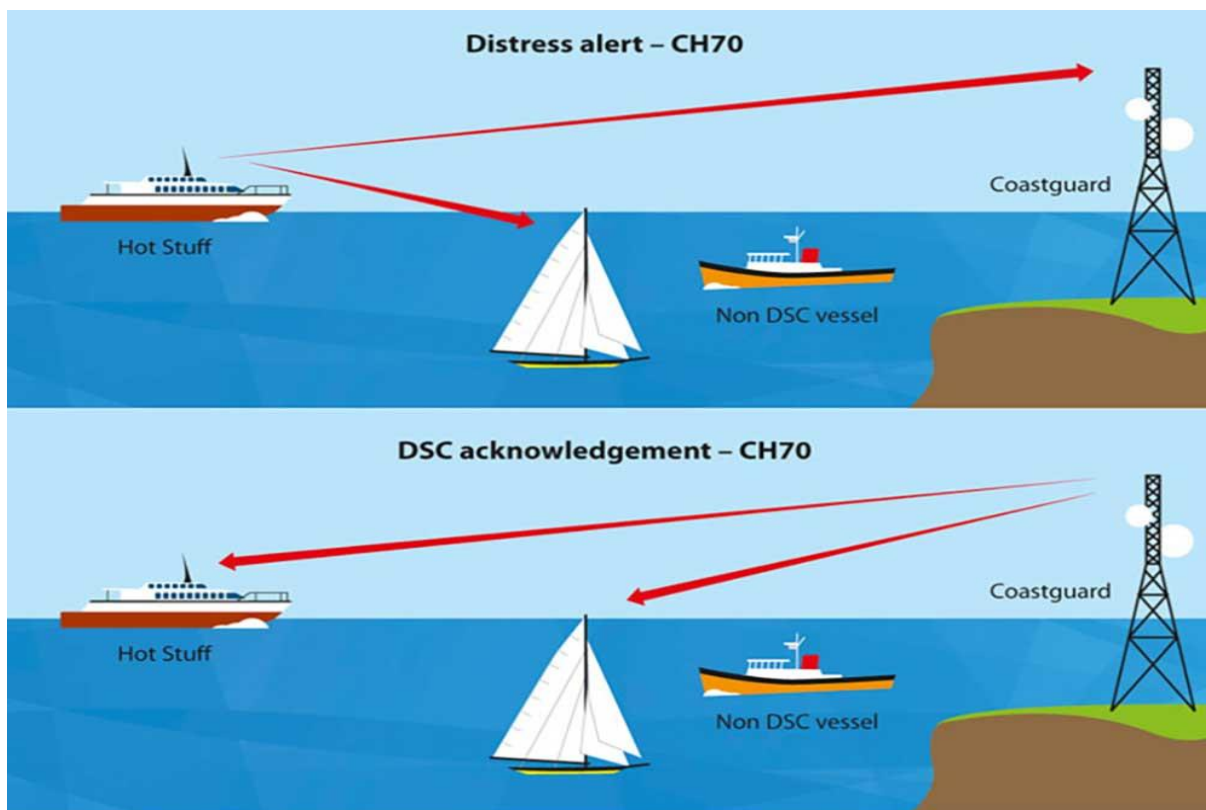
DSC signal upozorenja potencijalno opasnoj situaciji, je najbrži način za pokretanje hitne komunikacije s brodovima i centrima za koordinaciju spašavanja.

Brodovi u pravilu imaju VHF DSC i MF/HF DSC kontrolere. Za VHF, DSC ima svoj namjenski prijemnik za praćenje kanala 70 koji ima i zasebnu prijemnu antenu kod DSC klase A, ali za prijenos poruka koristi glavni VHF primopredajnik. Kod MF/HF putem DSC kontrolera nadziru se DSC poruke opasnosti, hitnosti i sigurnosti na više frekventnih pojaseva, 2, 4, 6, 8, 12 i 16 MHz. Minimalno će kontroleri pratiti 2187,5 kHz i 8414,5 kHz i jednu od DSC frekvencija za poziv u opasnosti između 4207,50 i 16804,50 KHz. MF/HF DSC kontroler ima zasebnu druga antena samo za prijem DSC poruka, a kod prijena podataka, predaje poruka, koristi se MF/HF primopredajnik. [6]



Slika 10. Primjer GMDSS DSC komunikacije primjenom NMEA / DSC protokola

Izvor: <https://www.danphone.com/coastal-radio-navtex-ais/gmdss/>



Slika 11. Primjer GMDSS VHF DSC komunikacije primjenom DSC protokola

Izvor: <https://www.safe-skipper.com/vhf-dsc-radio-how-best-to-communicate-at-sea/>

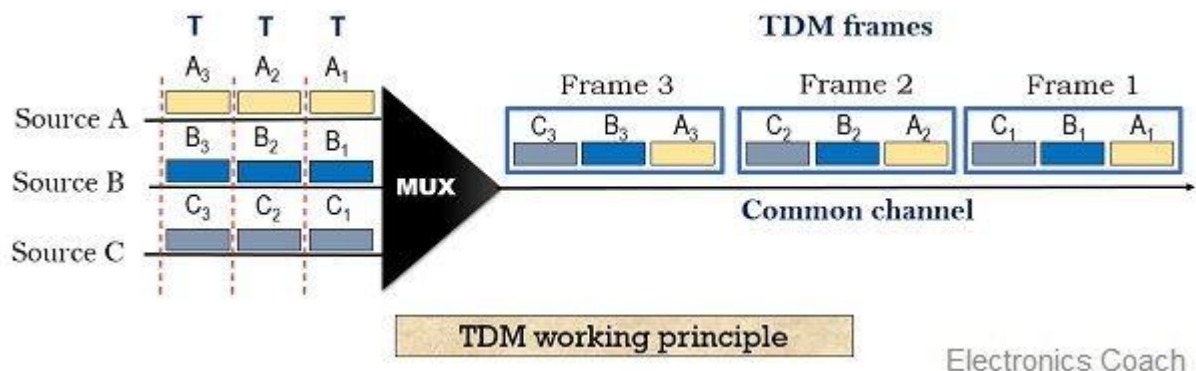
2.5. SATCOM PROTOKOL

2.5.1. SATCOM C Standard

Inmarsat C standard je dvosmjerni komunikacijski sustav za prijenos podataka između pojedinih brodova i brodova sa obalnom komunikacijskom infrastrukturom posredstvom satelita kojima upravlja telekomunikacijska tvrtka Inmarsat, a potpuno je operativan od početka 1991.

Prijenos podataka se odvija između Satcom C mobilnog terminala na brodu SES (Ship Earth Station) putem satelita posredstvom zemaljske stanice LES (Land Earth Station) i nekog drugog broda SES, ili korespondenta na obali. Prijenos podataka radi na principu zaprimanja poruke, snimanja u LES infrastrukturu, pa prosljeđivanje prema korespondentu.

TDM (Time Division Multiplexing) protokol, se koristi za prijenos podataka metodom odašiljanja i primanja neovisnih signala putem iste signalne putanje s vremenskom podjelom kod kojega se podaci do 32kb prenose u paketima brzinom 600 bita u sekundi, a mogu biti u formatu telex poruka ili e-mail poruke.



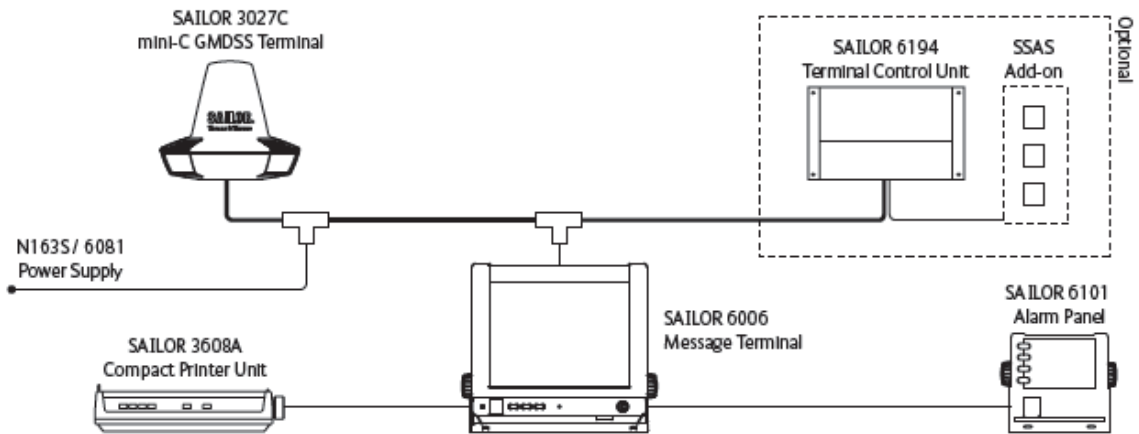
Slika 12. Princip rada TDM protokola

Izvor: <https://electronicscoach.com/time-division-multiplexing.html>

Komunikacija između antene/primopredajnika i terminala odvija se putem NMEA 2000 protokola, a komunikacija s NMEA brodskom mrežom od koje prima podatke koji sadrže informacije vezane uz poziciju broda, kurs i sl. može biti tipa protokola NMEA 0183 ili NMEA 2000. Satcom C ima implementiran EGC (Enhanced Group Call) prijemnik, koji automatski prima FleetNET i SafetyNET poruke. FleetNET su poruke koje brodari dostavljaju brodovima svoje flote, a SafetyNET su poruke vezane uz sigurnost broda i meteorološka izvješća na plovidbenoj ruti ili u području plovidbe (NAVAREA). [7]

Sustav može imati implementirane brodske sigurnosne sustave, antipiratski alarm SSAS (Ship Security Alert System) koji služi za identifikaciju, praćenje putanje broda, brzine i smjera kretanja.

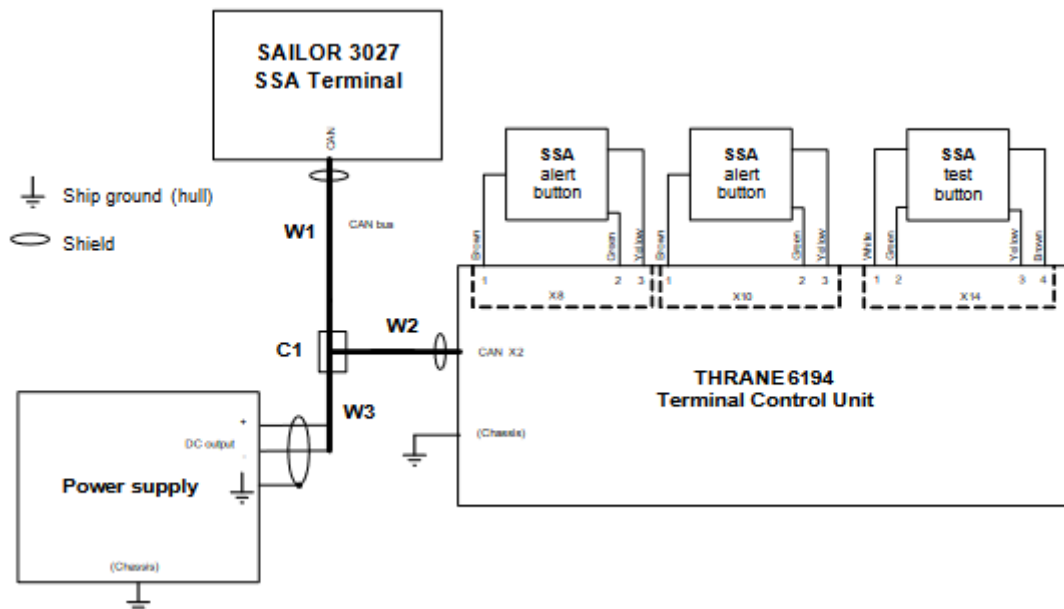
SAILOR® 6110 mini-C GMDSS System



Slika 13. Satcom Standard C konfiguracija

Izvor: <https://www.radioholland.com/product/sailor-6110-mini-c-gmdss/>

SAILOR 6120 SSA System



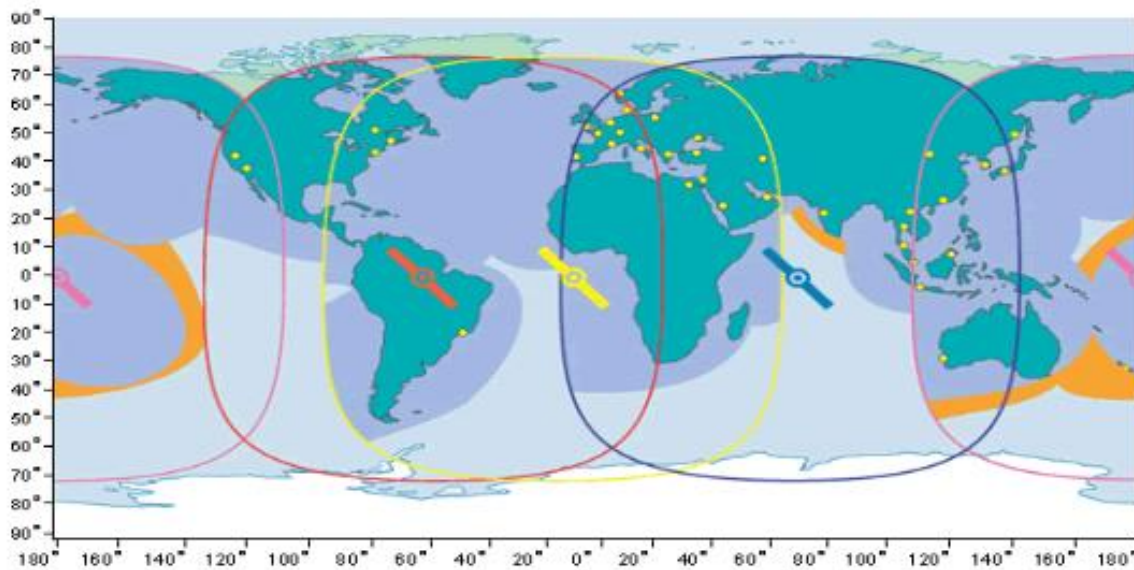
Slika 14. Satcom Standard C sa implemetiranim SSAS – anti- piratskim alarmom

Izvor : <https://sync.cobham.com/satcom/products/maritime/sat-c-system/sailor-6120-ssa-system/c-24/c-130/p-4807>

2.5.2. SATCOM F Standard

Satcom Standard F pod nazivom FleetBroadband razvijena je od strane Inmarsat-a i sastoji se od tri satelita u geosinhronoj orbiti naziva I-4s koji omogućuju kontinuiranu globalnu pokrivenost, osim za polove, gdje nema pokrivenosti signalom Inmarsat satelita

Povezivanje terminala, odnosno uspostava linka sa satelitom tako da terminal mora pronaći svoju poziciju pomoću GPS-a, koju dobiva sa NMEA mreže, prije nego što počne uspostave linka sa satelitom, terminal zahtjeva liniju vidljivosti prema satelitu.



Slika 15. Pozicija i položaj Inmarsat satelita

Izvor: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.129.3230&rep=rep1&type=pdf>

Satcom F Standard je satelitski komunikacijski sustav, za rad koristi BGAN protokol.

BGAN (Broadband Global Area Network) je industrijski standard za mobilnu satelitsku komunikaciju, koristi L-band satelitsku mrežu Inmarsat.

BGAN pruža istovremenu podatkovnu i glasovnu komunikaciju globalno putem kompaktnih prijenosnih terminala, terminala na brodovima, za vozila i statičnih terminala.

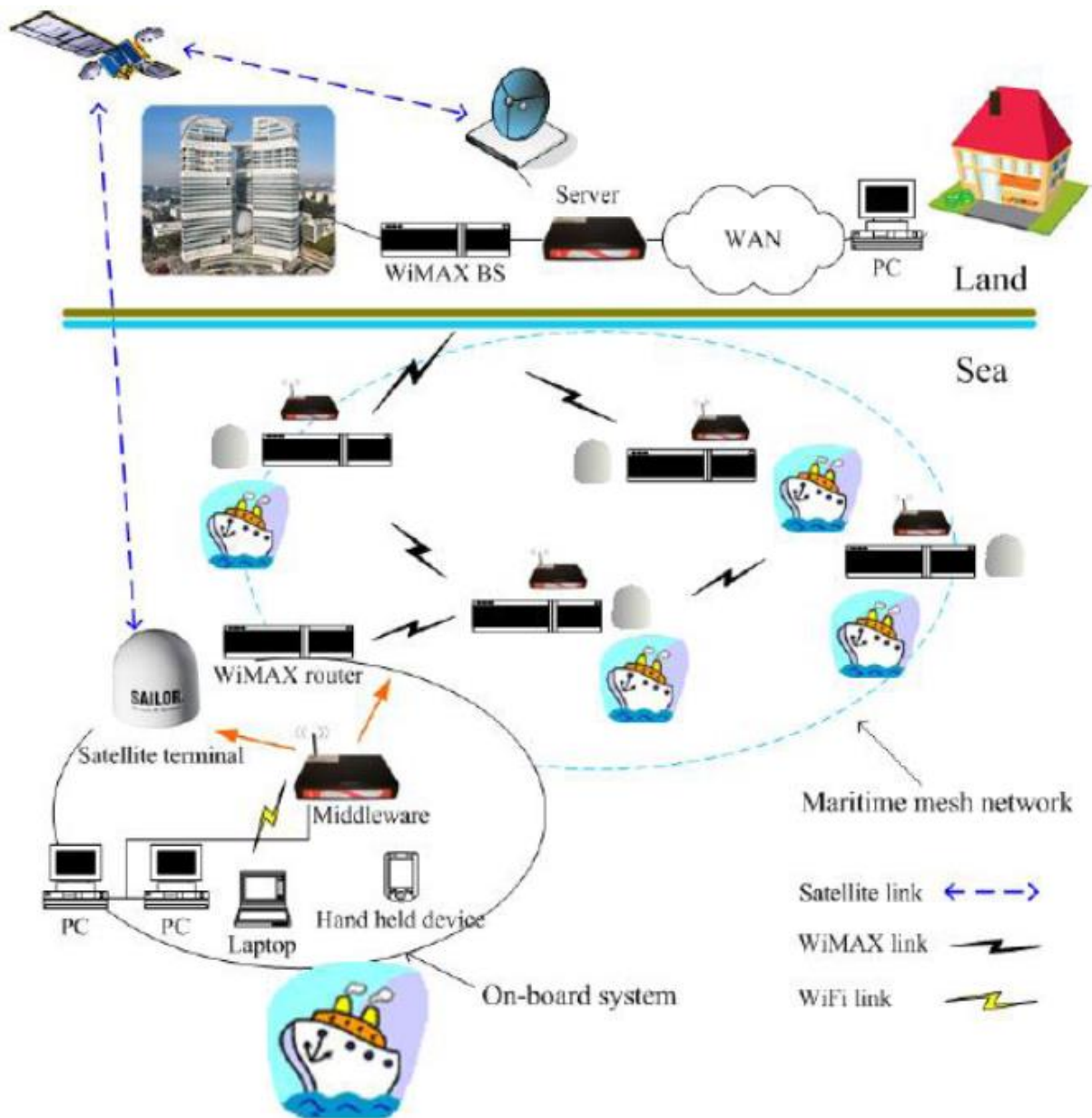
BGAN je vodeća tehnologija za kombiniranje glasovnih/video/podatkovnih mogućnosti i mogućnosti komunikacije u pokretu.

BGAN sustavi pružaju brzine prijenosa podataka u rasponu od otprilike 32kbps do 450kbps i mogu podržati napredne značajke kao što su CIR (Committed Information Rates), dopuštena brzina informacija za aplikacije poput videa koje zahtijevaju zajamčenu propusnost.

Usluga FleetBroadband modelirana je prema zemaljskim internetskim uslugama gdje je promet temeljen na IP-u (Internet Protocol).

Dugoročno, IP promet postaje sve dominantniji i kod satelitske komunikacije jer se standardizira za podatkovnu, glasovnu i tekstualnu komunikaciju.

Spajanjem Satcom terminala na internet i omogućavanjem korištenja interneta za aplikacije kao što su pregledavanje weba i e-pošte, korisnički sustavi, računala, mogu raditi online. [8]



Slika 16. Satcom F Stanford BGAN prikaz komunikacijskih mogućnosti

Izvor: Figure 4 from Broadband communication solutions for maritime ITSs: Wider and faster deployment of new e-navigation services / Semantic Scholar

2.5.3. IRIDIUM SATCOM

Sustav Iridium koristi kombinaciju TDMA i FDMA protokola zajedno, shemom višestrukog pristupa inverzom multipleksiranjem gdje se višestruki protok podataka spaja u jedan signal, pa tako stvara jedan brzi link. Kod prijema se signal de-multipleksika, rastavlja na pojedinačne podatke.

Iridium koristi satelite naziva LEO, pruža usluge telefonskih razgovora i podatkovni servis, brzinom prijenosa od 2.4 – 3.45 Kbps, komunikacije između Iridium satelita međusobno i između Iridium satelita i obale, kopnene infrastrukture.

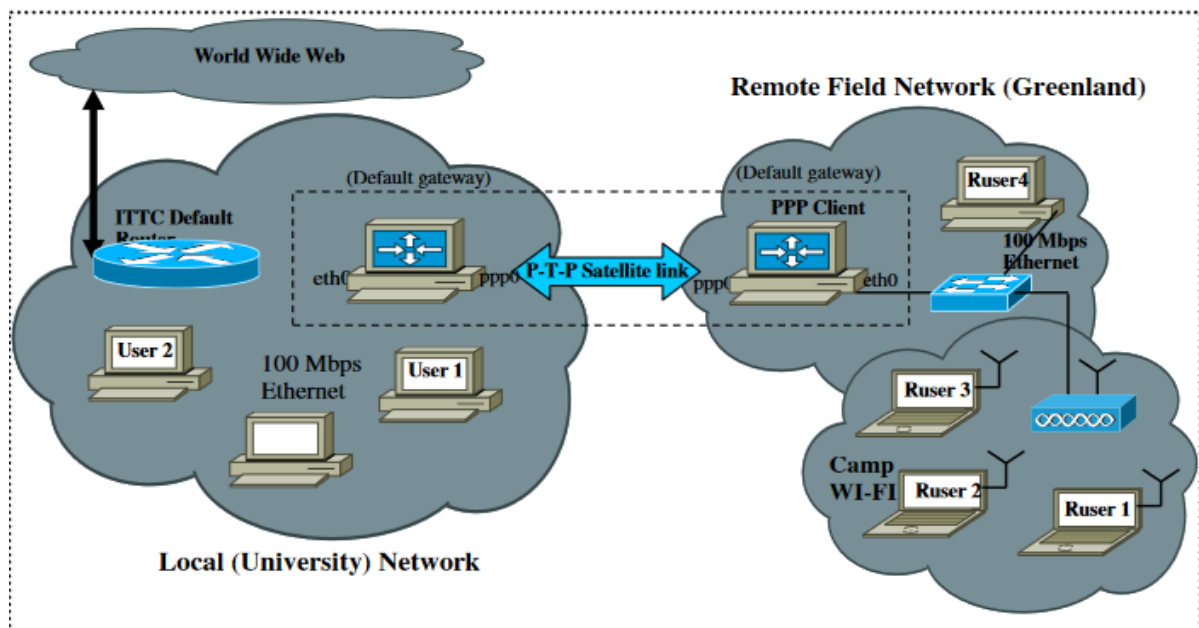
Satelitski sustav Iridium ima prednosti ispred Inmarsat satelitskog sustava u smislu pokrivenosti, zbog putanja Iridium satelita koje su vertikalne o odnosu na položaj zemlje, pa su polovi pokriveni sa signalom, ali ima manju brzinu prijenosa podataka. U orbiti ima ukupno 66 satelita na visini od 780 km. Kod Inmarsat sustava sateliti su smješteni iznad ekvatora, pa polovi nisu pokriveni sa signalom sa satelita, veza na polovima nije moguća. [9]



Slika 17. Smještaj i putanje Iridium satelita

Izvor: <https://apollosat.com/the-iridium-system/>

Iridium se zbog navedenih specifičnosti, posebno zbog pokrivenosti zemljinih polova, na brodovima u pomorskom prometu koristi se kao uređaj sa komunikaciju u specifičnim situacijama i uvjetima, te kao uređaj za sigurnost.



Slika 18. Iridium komunikacijska mreža end to end

Izvor: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.129.3230&rep=rep1&type=pdf>

Na slici 14. je prikazana komunikacija između komunikacijske mreže baze na Greenlandu i fakultetske mreže na kopnu, posredstvom Iridium satelita.



Slika 19. Iridium satelit

Izvor: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.129.3230&rep=rep1&type=pdf>

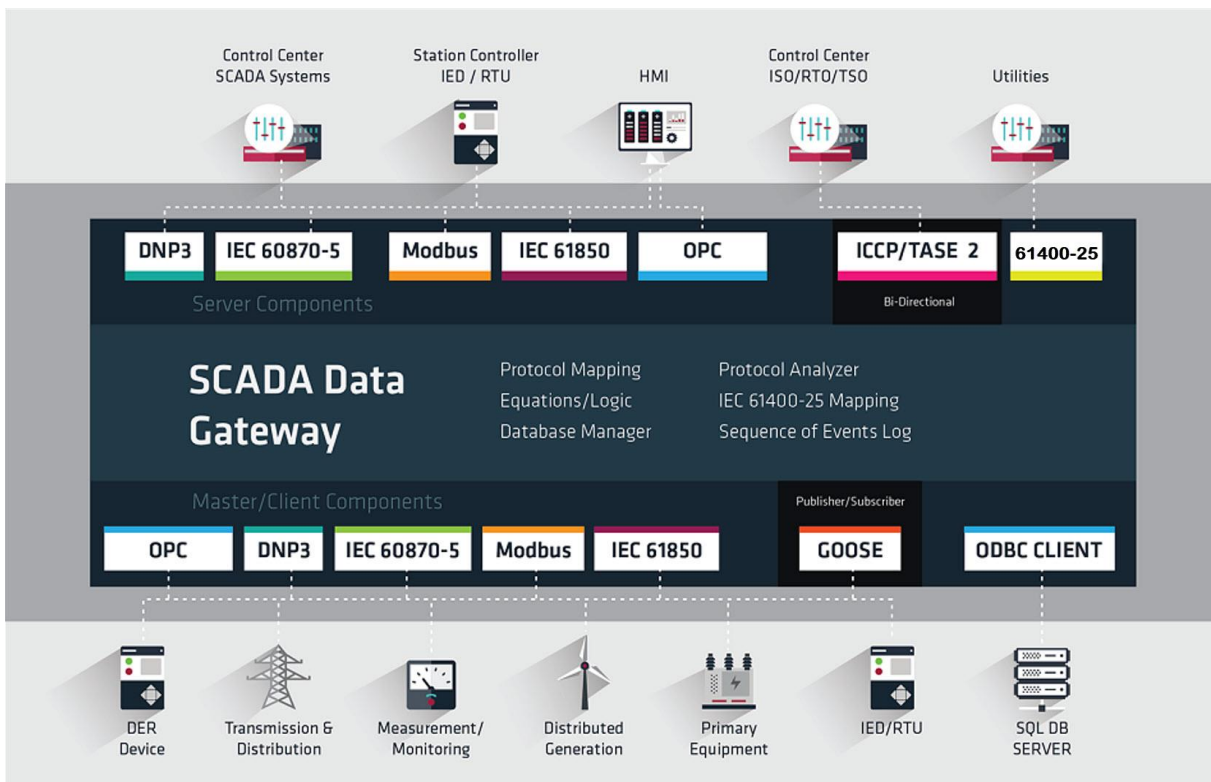
2.5.4. VSAT SATCOM

VSAT (Very Small Aperture Terminal) je dvosmjerna satelitska komunikacijski VSAT terminal, omogućuje telefonski servis i transfer podataka a sustav radi na C, Ku i Ka bandu.

Kod primjene brodovima za pomorske komunikacije primjenjuje se stabilizirana pomorska VSAT antena kontrolirana putem NMEA sa brodske mreže i GPS-a.

VSAT se obično koriste za prijenos uskopojsnih podataka kao što su RFID ili SCADA protokolom ili širokopojsni podaci za satelitski pristup internetu na udaljene lokacije, VOIP ili video. VSAT koriste i FDMA/TDMA/CDMA/DAMA komunikacijske protokole. SCADA Data Gateway (SDG) koriste systemske integratore i uslužne programe za prikupljanje podataka i njihovo prevođenje u druge protokole

Na slici 20. prikazano je kako funkcioniše SDG, prikuplja i konvertira podatke OPC, IEC 60870-6 (TASE.2/ICCP), IEC 61850, IEC 60870-5, DNP3 ili Modbus Server /Slave uređaja. Nakon kompletiranja i prevođenja podatke može dostaviti drugim upravljačkim sustavima koji podržavaju OPC (UA & Classic), IEC 60870-6 (TASE.2/ICCP) Client, IEC 60870-5, DNP3 i /ili Modbus Client / Master komunikacijski protokoli. [10]

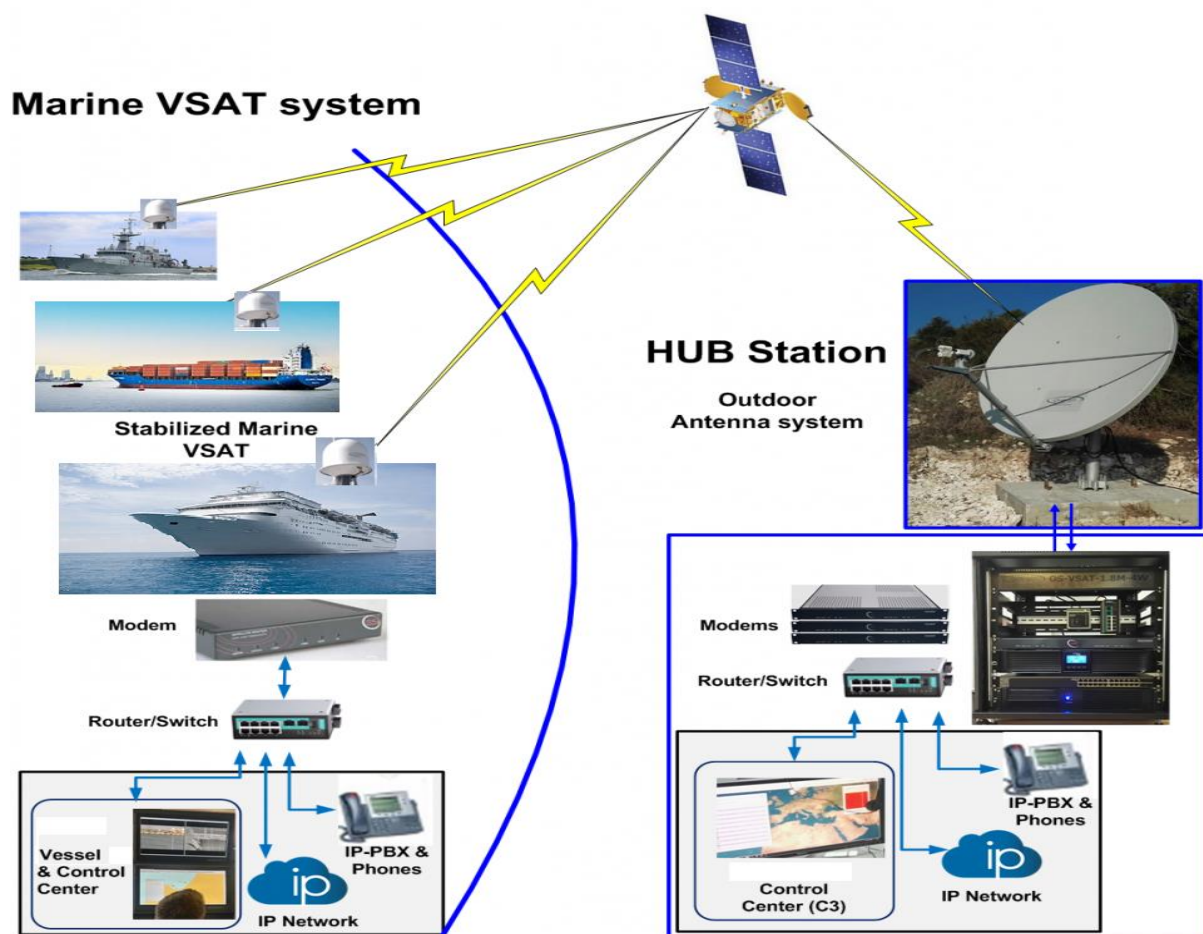


Slika 20. SCADA komunikacijski interface

Izvor: <https://www.trianglemicroworks.com/products/scada-data-gateway>

VSAT mreža sastoji se od središnjeg čvorišta (glavne zemaljske stanice), mnogo udaljenih VSAT-ova i svemirskog segmenta satelitskog transpondera. Hub stanica je uvijek veća od udaljenih VSAT-ova i često se nalazi u blizini korisničkog glavnog centra za obradu podataka. Pojednostavljena arhitektura VSAT mreže ima samo nekoliko ključnih komponenti. To uključuje satelit (medij u kojem se odvija komunikacija), gateway ili hub stanicu (suština VSAT mreže) i udaljene stanice. Korisnički terminali na udaljenim lokacijama mogu se povezati putem VSAT-a s procesnim centrom za obradu ili čvorištem. Izlazne informacije (od čvorišta do VSAT-a) šalju se do transpondera komunikacijskog satelita, koji dobivene informacije prosljeđuje prema dolje, prema udaljenim VSAT terminalima.

VSAT tehnologija je modernizacijom komunikacijskih veza promijenila poslovnu fazu pomorstva. Implementacijom VSAT tehnologije na brodu, posada i putnici sada su povezani s brzim internetskim uslugama, telefonom, praćenjem vremenskih obrazaca, podnošenjem regulatornih dokumenata i naručivanjem zaliha s mora kako bi uštedjeli vrijeme u luci, čime se povećava produktivno vrijeme i raste poslovna inteligencija. [11]



Slika 21. Pomorska VSAT satelitska komunikacijska mreža

Izvor: <https://over-sat.com/maritime-vsats/>

3. TCP/IP

3.1. TCP/IP opis protokola

TCP/IP kratica je za Protokol kontrole prijenosa / Internetski protokol (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), to komunikacijski protokol koji služi za međusobno povezivanje mrežnih komunikacijskih uređaja na internetu.

Na brodu se TCP/IP koristi i kao komunikacijski protokol u internoj komunikacijskoj mreži (extranet).

TCP i IP dva su glavna protokola, Paket TCP/IP protokola iako su uključeni u paket, funkcioniraju kao apstrakcijski sloj između internetskih aplikacija i mrežnih podataka za usmjeravanje i transport kroz mrežu. TCP/IP protokol određuje kako se podaci razmjenjuju putem interneta pružanjem end-to-end komunikacija u kojima se utvrđuje kako podatke treba rastaviti u pakete, adresirati, prenositi, usmjeravati i primiti na određenoj adresi. TCP određuje kako stvarati komunikacijske kanale u mreži, upravlja sistemom rastavljanja poruka na manje pakete koje se zatim prenose putem mreže / interneta, te ponovnog sastavljanja na određenoj adresi. TCP/IP zahtijeva malo posredovanja kod prijenosa i dizajniran je tako da mreže učini pouzdanima s mogućnošću automatskog oporavka od kvara bilo kojeg uređaja na mreži.

Maska podreže (subnet mask) označava vlastiti mrežni uređaj ili neki drugi mrežni uređaj zatim koji se dio IP adrese koristi za označavanje mreže, koji dio za označavanje hostova ili drugih mrežnih uređaja spojenih u mreži. Kod prijenosa poruka, trenutna veza traje sve dok svi paketi u poruci ne budu primljeni i ponovno sastavljeni na odredištu. Ovaj paket protokola ima vlastiti referentni model koji slijedi preko interneta.

TCP/IP koristi klijentsko-poslužiteljski model komunikacije u kojem korisniku ili računalu - klijentu (WS) drugo računalo ili poslužitelj (server) u mreži pruža uslugu, poput slanja web-stranice ili nekih drugih podataka.

TCP/IP protokol nije u vlasništvu nijedne institucije ili korporacije, kao rezultat toga, ne kontroliran od strane neke kompanije ili institucije, pa je IP paket moguće lako izmijeniti. Kompatibilan je sa svim operativnim sustavima (OS-ovima), tako da može komunicirati s bilo kojim drugim sustavom. IP paket je također kompatibilan sa svim vrstama računalnog hardvera i mreža.

TCP/IP je prilagodljiv i kao i kao protokol za usmjeravanje, može odrediti najučinkovitiji put kroz mrežu. Široko se koristi u trenutnoj internetskoj arhitekturi.

3.2. TCP/IP v4 protokol

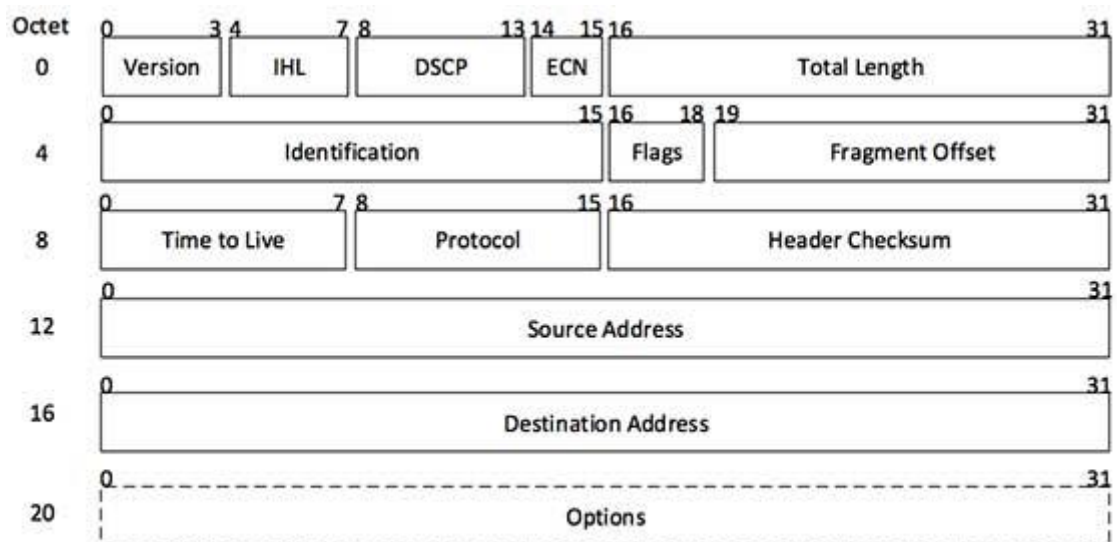
TCP/IPv4 je internetski protokol verzije 4, četvrta je verzija u razvoju internetskog protokola IPv4 je opisan u IETF publikaciji RFC 791 (rujan 1981.), zamjenjujući raniju definiciju (RFC 760, siječanj 1980.), a ujedno je i prva inačica protokola koja je široko rasprostranjena.

IPv4 adresa sastoji se od četiri decimalna broja, od kojih se svaki kreće od 0 do 255, odvojenih točkica, npr. 192.0.2.1., 32-bitna adresa podijeljena je duž 8-bitnih granica, a svaki skup od 8 bitova pretvara se u svoj decimalni ekvivalent i odvaja točkama. Internetski protokol verzije 4 (IPv4). je protokol s 32-bitnim adresiranjem, IPv4 omogućuje 232 različite adrese (to je 4,294,967,296 privatnih adresa). Iako se zbog stvarne implementacije, kao što je pod nastavljanje (označavanje adresa koje dijele zajedničku mrežnu komponentu), značajan dio tog dostupnog adresnog prostora ne može dodijeliti pojedinačnim sustavima.

IP zaglavlje uključuje mnoge relevantne informacije uključujući broj verzije, koji je u ovdje broj 4 (četvrta verzija protokola).

Ostali detalji su sljedeći:

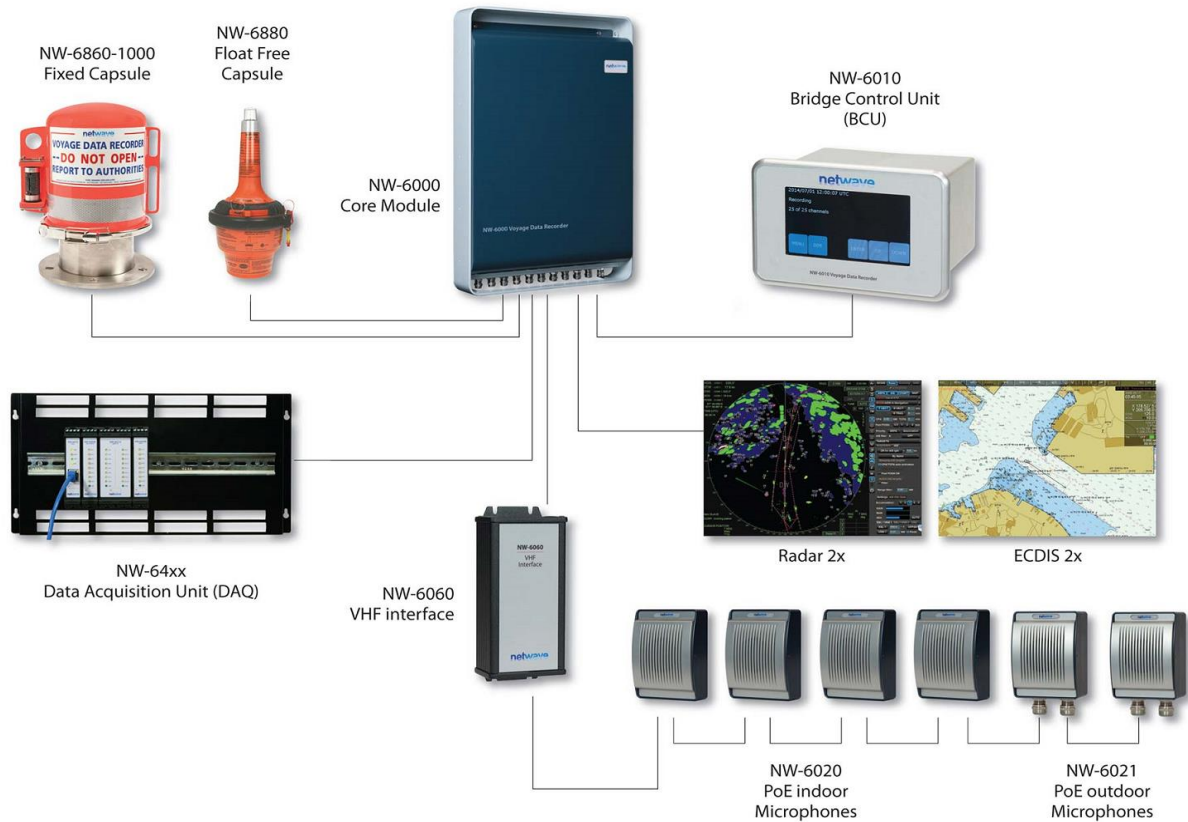
Version , IHL, DSCP, ECN, Total Length, Identification, Flags, Fragment Offset, Time to Live, Protocol, Header Checksum , Source Address, Destination Address, Options. [12]



[Image: IP Header]

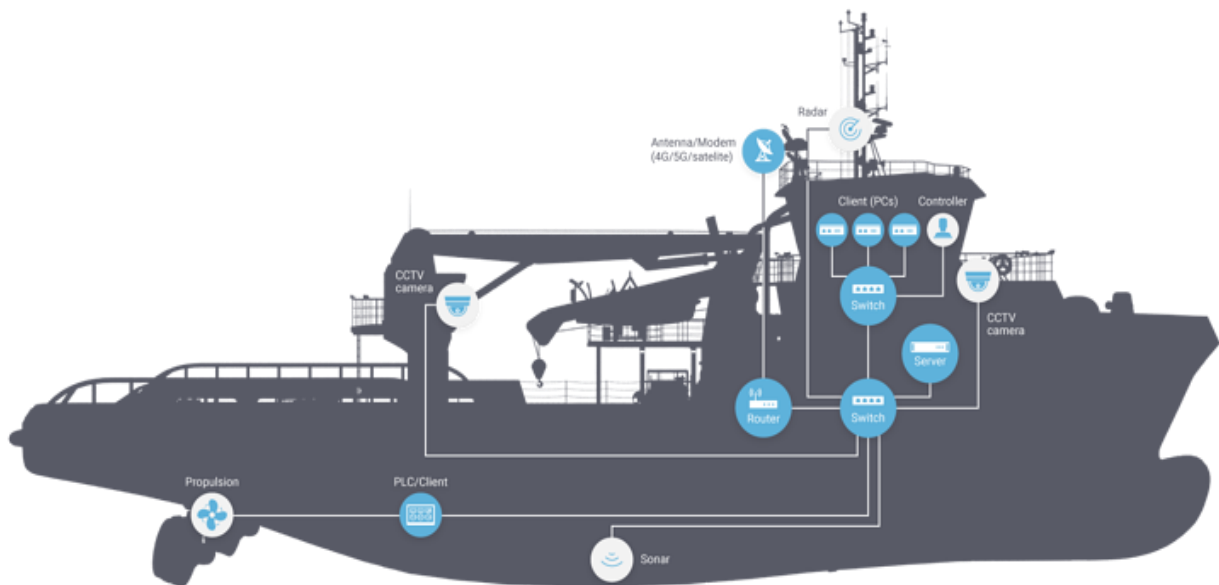
Slika 20. Prikaz strukture paketa TCP/IP

Izvor: https://www.tutorialspoint.com/ipv4/ipv4_packet_structure



Slika 21. Primjer VDR sustava u komunikacijskoj mreži TCP/IPv4

Izvor: <https://www.radioholland.com/product/netwave-nw-6000-vdr/>



Slika 22. Primjena TCP/IPv4 kod komunikacijske mreže na brodu

Izvor: <https://www.hattelandtechnology.com/blog/introduction-to-computer-networks-on-ships>

3.3. TCP / IPv6 protokol

S brzim i eksponencijalnim rastom Interneta, gornja granica dostupnih adresa u IPv4 počela se odnositi na različite mrežne i standardne skupine. Slijedom toga, početkom 1990-ih Radna skupina za internetski inženjering (IETF) počela je raditi na evolucijskoj zamjeni za IPv4:

IPv6 adrese su 128-bitne podijeljene duž 16-bitnih granica. Svaki 16-bitni blok se pretvara u 4-znamenkasti heksadecimalni broj i odvaja dvotočkama. Dobiveni prikaz naziva se heksadecimalni dvotočka.

IPv6 pruža nekoliko ključnih prednosti u odnosu na IPv4, a to su:

- Veći dostupni adresni prostor- IPv6 koristi 128-bitno adresno polje što čini 2¹²⁸ adresa dostupnim za korištenje
- IPv6 pruža bolje mogućnosti za podršku auto konfiguracije (o što je DHCP), multicasting, prometni inženjering kod prometa podataka, nije potrebno konfiguriranje
- Obavezna podrška za Ipvsec-u (kod IPv4 Ipvsec nije obavezno).
- Jednostavnije zaglavlje paketa
- Podržava dvosmjernu podatkovnu komunikaciju između brzinom od 100MB do 10GB/s, to je zaštićena brodska mreža temeljena na IPv6 Ethernet mreži pokriva sučelje i povezivanje svih brodskih sustava uključujući opremu mosta, strojarnice i druge brodske sustave

Jedna od ključnih razlika između protokola IPv4 i IPv6 je zahtjev za IPsec podrškom u IPv6. IP Security (IPsec) skup je protokola koje razvija IETF za podršku sigurne razmjene šifriranih paketa na IP sloju. Postoje dva glavna načina za Ipvsec, a to su Tunnel i Transport.

Kod tunelskog načina rada (Tunnel mode), šifrira se podatkovni dio paketa, da bi se koristio IPsec treba imati na svakom kraju veze uređaj kompatibilan sa Ipvsec, koji upravljaju enkripcijom i dešifriranjem podataka.

Prijenosni način (Transport mode) šifrira podatkovni dio paketa, ali ne radi ništa sa zaglavljem paketa. Kako biste koristili IPsec, morate imati uređaj kompatibilan s IPsec-om na svakom kraju veze za upravljanjem enkripcijom i dešifriranjem paketa. Za uspješno šifriranje i dekriptiranje paketa, svaki uređaj mora dijeliti javni ključ.

To se obično postiže pomoću protokola koji se zove Internet Security Association and Key Management Protocol (ISAKMP). Preko ISAKMP-a uređaja koji prima može dobiti javni ključ pošiljatelja i potvrditi autentičnost ključa pomoću digitalnog certifikata.

Zaštićena brodska mreža temeljena na IPv6 Ethernet mreži sadrži minimalne zahtjeve za implementaciju zaštićene Inter konekcije pomorske elektroničke opreme na brodu. [13]

TCP / IPv6 protokol podržava povezivanje i prijenos podataka prema svim postojećih međunarodnih standardima i industrijskim standardima o brodskim mrežnim sučeljima kao što su IEC 61162-450 i Modbus TCP koji su temeljeni na IPv4 Ethernet mreži. Korištenje IPv6 omogućuje ovom standardu pružanje robusne, sigurne i velike količine podatkovne komunikacije na brodu, između brodova međusobno, kao i prema obalnoj infrastrukturi..

Ovaj network protokol pruža brži prijenos podataka s inherentno poboljšanom zaštitom od kibernetičkih napada s autentifikacijom poruka, povjerljivošću i integritetom s enkripcijom podataka.

TCP / IPv6 svojim resursima daje doprinos implementaciji pametne plovidbe, e-navigacije i autonomnog broda što uključuje: razmjenu informacija između broda i obale; automatizacija brodova korištenjem naprednih tehnologija kao što su Internet of Things (IoT), Ocean of Things (OoT) i Machine to Machine (M2M).

Nadalje omogućava (remote) daljinsko praćenje brodske infrastrukture i upravljanje uređajima ili pregledom podataka s radara i CCTV-a; analiza podataka za optimalan rad broda i kibernetička sigurnost za zaštitu podataka.

Analitika važnih ili kritičnih podataka može omogućiti dijagnozu grešaka i prediktivno održavanje motora, sustava i opreme.

IPv6 mrežna infrastruktura podržava buduće potrebe prijenosa velikih količina podataka između broda i obale.

Protokol IPv6 od samog početka razvijan je kako bi pružio poboljšanja IPv4 što je rezultiralo robusnijim, sigurnijim i proširivim protokolom, uključujući izvornu funkcionalnost kvalitete usluge (QoS).

IPv6 pomorska elektronička oprema razvija se i primjenjuje u komercijalnoj pomorskoj industriji i prometu, kao i kod plovila za rekreaciju.

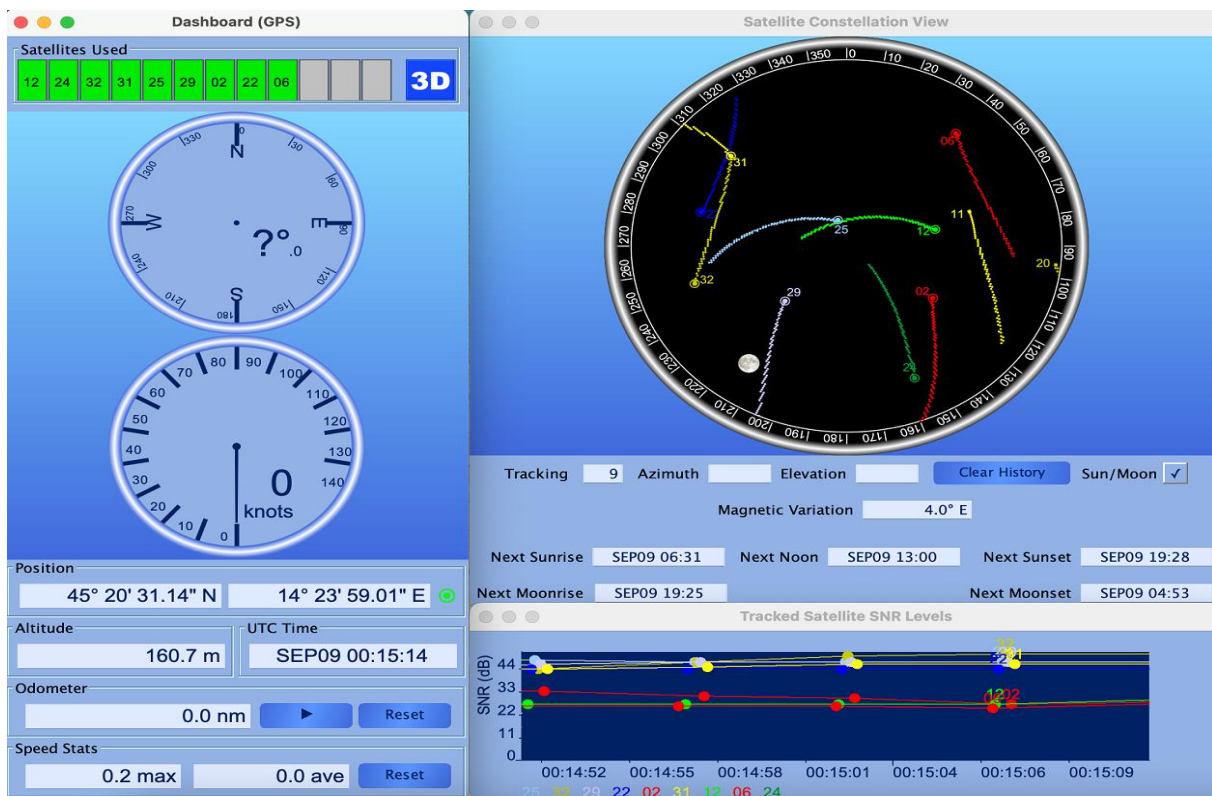
Različiti su slučajevi upotrebe IPv6 u pomorskoj industriji, uključujući brodove klase SOLAS, VTS-u (Službi za promet plovila), satelitskoj komunikaciji, mrežnoj infrastrukturi i elektroničkom skupu čipova koji će se koristiti za razvoj ugrađenih sustava opreme u pomorskoj industriji.

Komunikacijski protokol TCP/IPv6 kod upotrebe u pomorskim komunikacijama bitno je unaprijedio razmjenu podataka i unaprijedio je upravljanje podacima kod brodske mrežne infrastrukture. [14]

4. NMEA

NMEA je kratica za Nacionalno pomorsko elektroničko udruženje. (The National Marine Electronics Association (NMEA)). Prema web stranici NMEA -e, neprofitno udruženje je 1957. osnovalo trgovce elektroničke opreme kako bi se ostvarila bolja komunikacija s proizvođačima. Proizvođači su prihvatili takvu inicijativu, pa je Nacionalno pomorsko udruženje (NMEA) razvio specifikaciju koja definira sučelje između uređaja raznih proizvođača. da bi mogli međusobno komunicirati, tako da je NMEA usvojen kao standardni protokol. Ideja NMEA -e je poslati redak podataka nazvanu rečenicu koja je potpuno samostalna i neovisna od ostalih rečenica. Danas je u svijetu NMEA standardni format podataka koji podržavaju svi proizvođači GPS uređaja i ostale navigacijske, sigurnosne i komunikacijske opreme. Kod pomorskih komunikacijskih mreža i opreme, većina računalnih programa koji pružaju informacije o položaju i podatke u stvarnom vremenu razumije i očekuju da će podaci biti u NMEA formatu.

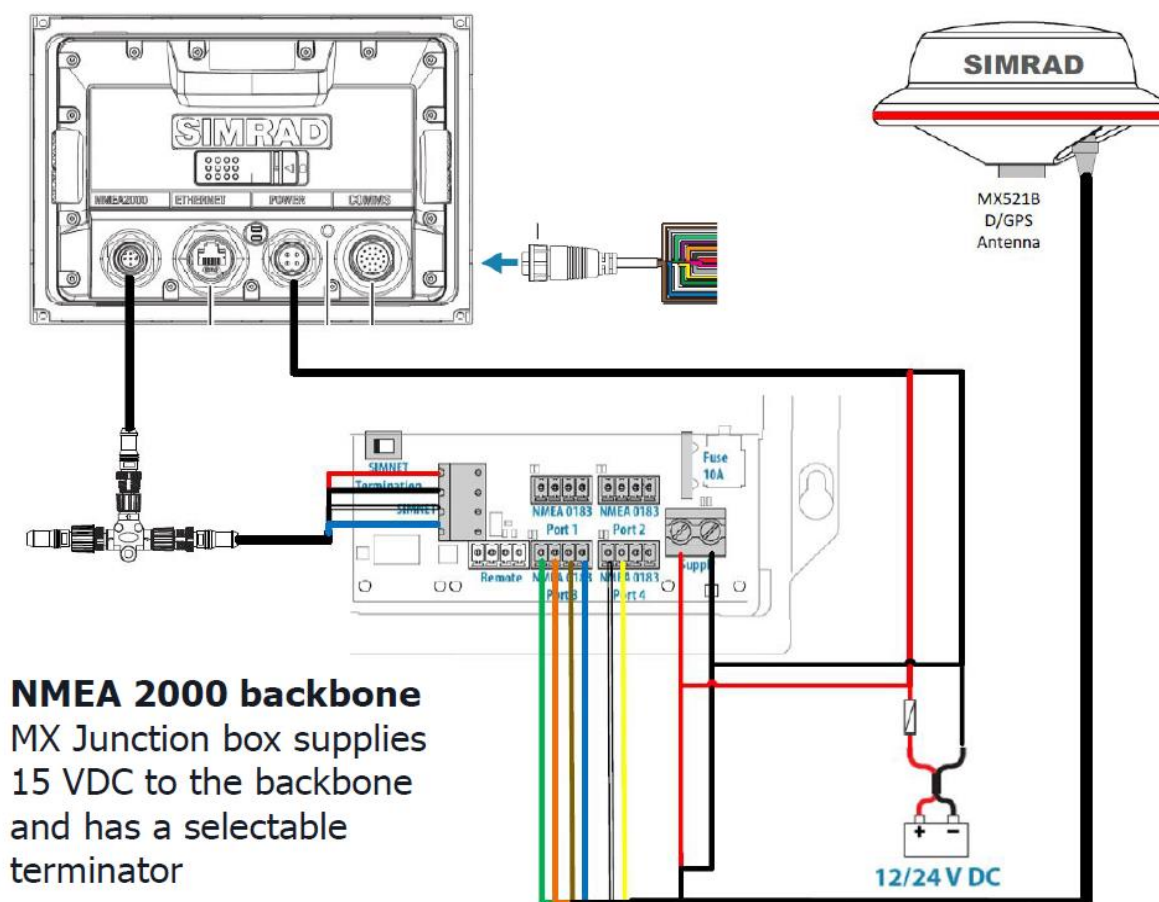
GPS prijemnik ima posebnu važnu zadaću kod komunikacijske mreže sa NMEA protokolom, jer u mrežu dostavlja podatke o trenutnoj geografskoj poziciji, točnom vremenu brzini, visini itd. Na slici ispod je prikazana nadzorna ploča sa prikazom podataka koje GPS prima i šalje u komunikacijsku mrežu po NMEA standardu.



Slika 23. GPS Dashboard MAC / GPS Standard Horizon SCU-31

Izvor: Autor

MX521B to MX61X Junction Box



NMEA 2000 backbone
MX Junction box supplies
15 VDC to the backbone
and has a selectable
terminator

Slika 24. DGPS sustav MX 512 Simrad

*Izvor: Tehnička dokumentacija **RADIO HOLLAND BELGIUM N.V** tel. +32 3
3201885 Koralenhoeve 15 E, B 2160, Wommelgem
Frank.Vaerten@radioholland.com, www.radioholland.com*

DGPS MX512 diferencijalni navigacijski sustav koji nudi izvanredne mogućnosti, sa opcija upravljanja navigacijskim podacima pomoću LAN, USB ili NMEA serijskih priključaka LAN sučelje za rad Master/Slave (s nadzorom integriteta), multi-port sučeljem koje se može spojiti na ECDIS, ARPA, Gyro i druge navigacijske informacijske sustave.

Interna komunikacijska mreža je na razini NMEA 2000, komunikacija prema brodskoj mreži je NMEA 0183 protokola, ima više mogućnosti upravljanja navigacijskim podacima korištenjem LAN, USB ili NMEA serijskih priključaka.

4.1. NMEA 0183

NMEA 0183 je standard Nacionalnog elektroničkog pomorskog udruženja, prvi put objavljen u ožujku 1983. NMEA 0183 je standardni otvoreni kod, s opcijским postupkom prijenosa podataka.

Komunikacija između pojedinih uređaja je samo jednosmjerna. NMEA 0183 uređaji su ili predajnici ili prijemnici.

NMEA 0183 omogućuje jednog pošiljatelja i nekoliko prijemnika u jednom krugu. Svi se podaci prenose u obliku rečenice, a oni imaju određeni dopušteni karakter prema standardu NMEA. Rečenice mogu sadržavati ASCII znakove za prijelaz u novi red (`\\r`) i pomak po liniji - feed (`\\n`). NMEA 0183 ne koristi nikakvu autentifikaciju, šifriranje ili verifikaciju.

Nedostatak sigurnosnih mjera čini NMEA 0183 osjetljivim na bilo koji zlonamjerni napad, izmjenu ili dodavanje sadržaja, ako su napadači u mogućnosti identificirati mrežne uređaje koji koriste ovaj standard.

Protokol NMEA 0183 najčešće se koristi za spajanje brodskih uređaja s GPS-om ili međusobno radi izmjene podataka ili za upravljanje pojedinim uređajima na brodu, to su uglavnom mreže zatvorenog tipa.

NMEA 0183 je mrežni protokol za komunikaciju između brodske elektronike kao što su echo dubinomjer, sonari, anemometar, žirokompas, autopilot, GPS prijemnici i mnoge druge vrste instrumenata.

Komunikacijske mreže sa komunikacijskim protokolom najčešće se koriste kod većih brodova trgovačke i putničke flote, uređaji instalirani na njima najčešće imaju NMEA 0183 sučelje.

U NMEA 0183 komunikacijskoj mreži obično se nalazi GPS prijemnik, isti u mreži dostavlja informacije o geografskoj poziciji broda i vremenu (UTC).

Ako komunikacijska mreža zahtjeva više prijemnika, tada se dodaje NMEA multiplikator, koji signal može proslijediti na više prijemnih uređaja odjednom.

Kada je na brodu dominantna mreža NMEA 2000, tada se na brodu ugrađuje konverter / pretvarač signala sa protokola NMEA 2000 na NMEA 0183, a obično ima više izlaza za spajanje na više uređaja sa protokolom NMEA 0183. [15]

4.1.1. Tehničke specifikacije NMEA 0183

Električno sučelje NMEA 0183 dizajnirano je kao predajnik ili primatelj (s tim da su neki uređaji oboje), koristeći asinkrono serijsko sučelje sa sljedećim parametrima:

Baud rate: 4800

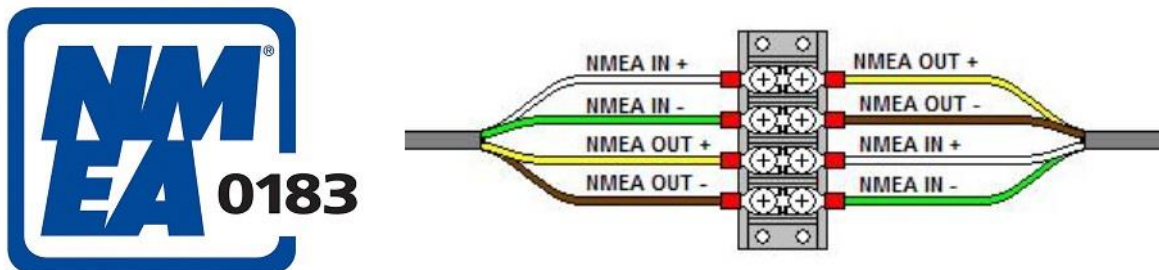
Number of data bits: 8 (bit 7 is 0)

Stop bits: 1 (or more)

Parity: none

Handshake: none

Za međusobno povezivanje uređaja, koristi se zaštićeni upleteni par vodiča (shielded twisted pair), veza je jednosmjerna linija na razini TTL-a. Naponi na A liniji odgovaraju onima na TTL jednoj žici, dok su B naponi obrnuti (kada je izlaz A na +5 V, izlaz B je na 0 V i obrnuto. Ovo je unipolarna RS-422 operacija. U bipolarnom načinu rada koriste se ± 5 V).



Slika 25. Spajanje uređaja NMEA 0183 na mrežu

Izvor: https://www.nmea.org/content/STANDARDS/NMEA_0183_Standard

Svi se podaci prenose u obliku rečenice. Dopušteni su samo ASCII znakovi za ispis, plus CR i LF. Svaka rečenica počinje znakom "\$" i završava sa <CR><LF>.

Primjer rečenice u formatu NMEA 0183:

```
$ GPGLL,4916.45,N,12311.12,W,225444,A,*31
```

Značenje oznaka:

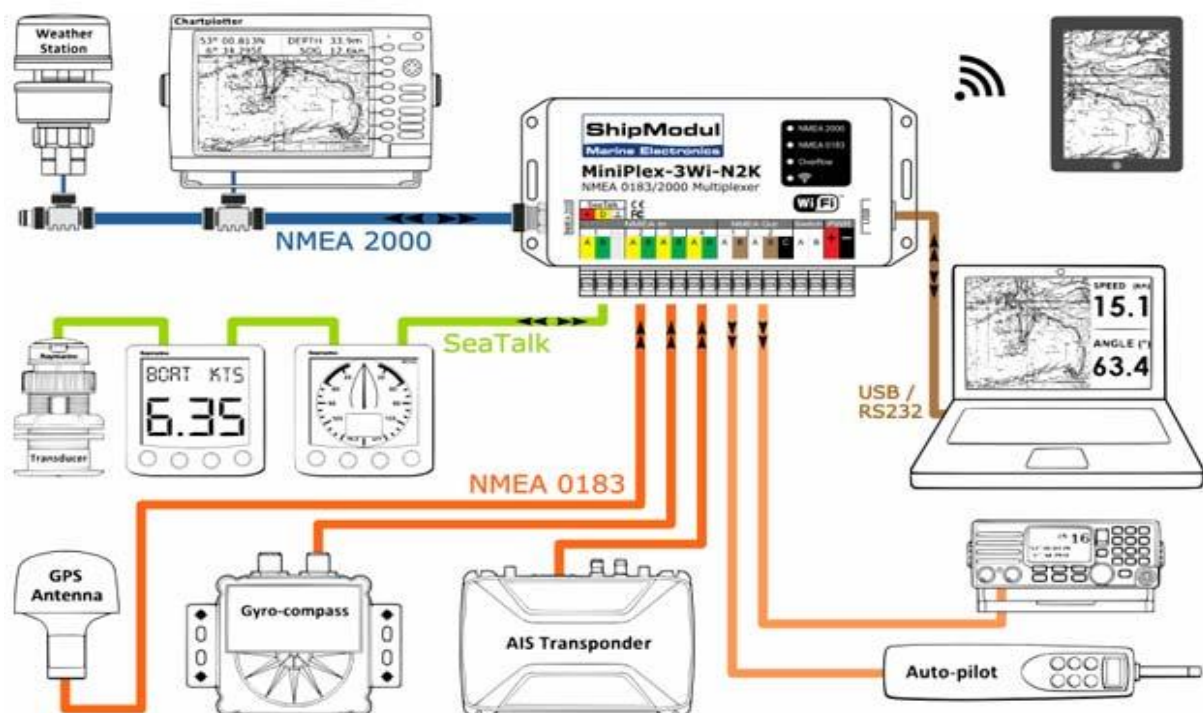
GLL	Geografska pozicija, Latitude and Longitude
4916.46,N	Latitude 49 deg. 16.45 min. Sjeverno
12311.12,W	Longitude 123 deg. 11.12 min. Zapadno
225444	Točno vrijeme 22:54:44 UTC
A	Aktivni podaci ili V (nevažeci podaci)
*31	Kontrolni zbroj (checksum data)

Izvor: <https://campar.in.tum.de/twiki/pub/Chair/NaviGpsDemon/nmea.html#GLL>

NMEA 0183 sastoji se od rečenice, gdje prva riječ označava vrstu podataka i definira tumačenje ostatka rečenice. Svaka vrsta podataka imala bi svoju jedinstvenu interpretaciju i definirana je NMEA standardom. Izjava GGA prikazuje primjer koji pruža bitne informacije o signalu sa satelita. Druge rečenice mogu ponoviti neke od istih informacija, ali će također pružiti nove informacije. Uređaji ili programi uključeni u NMEA 0183 mrežu čitaju i preuzimaju rečenice podataka koje su mu namijenjene i jednostavno zanemaruju druge rečenice za koje nisu zainteresirane.

Najvažnije NMEA rečenice uključuju GGA koji pruža trenutne i važne podatke kao npr. Vrijeme UTC, geografsku poziciju, elevaciju i postavljanje na najbolji signal satelita kod GPS prijemnika, RMC koji pruža informacije o minimalnim GPS rečenicama i GSA koji daje podatke o statusu satelita.

Kada je na brodu instalirano više uređaja koji trebaju informacije protokola NMEA 0183, obično od GPS-a, u tom slučaju se koristi NMEA multiplexer, umnožilac izlaznih portova. Signal od predajnika signala, GPS-a, spaja se na ulazni port multipleksera, a uređaji kojima se prosljeđuje signal, prijemnici NMEA signala, nautički instrumenti na izlazne portove, koji mogu biti NMEA 0183, NMEA 2000, SeaTalk itd.



Slika 26. NMEA Multiplexer

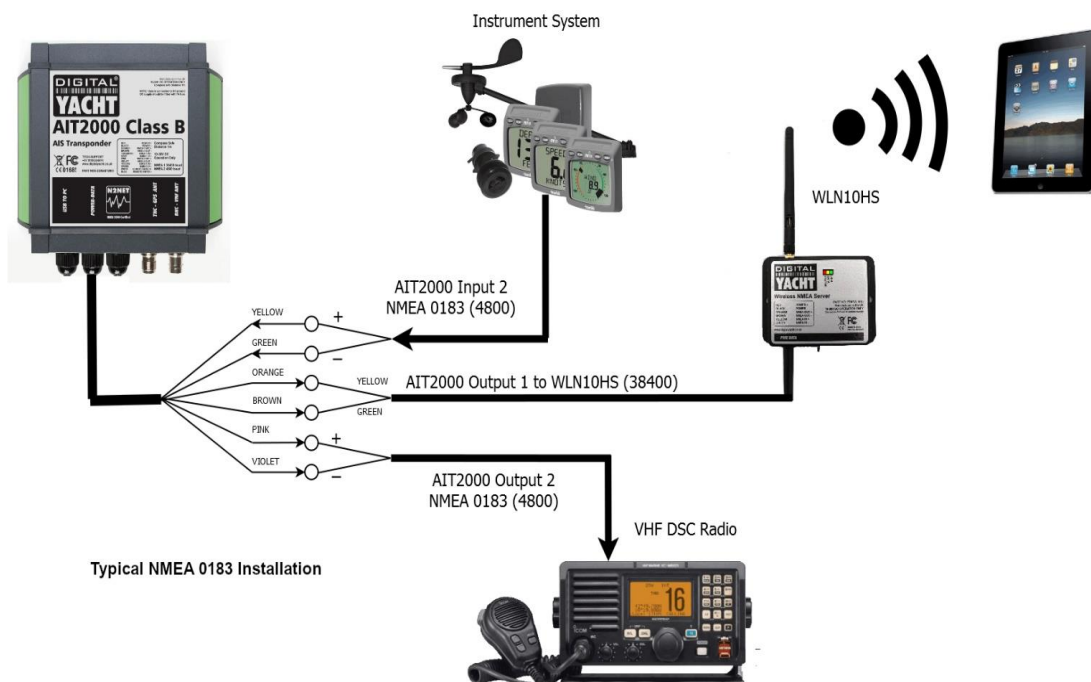
Izvor: <https://www.svb24.com/en/nmea0183-multiplexer-with-usb-and-wifi-miniplex-3wi.html>

Dvosmjerno SeaTalk1 sučelje omogućuje konverziju između SeaTalk podataka i NMEA 0183 rečenica. Svi podaci dostupni su na jednom ili više računalnih sučelja u NMEA 0183 formatu. NMEA 2000 PGN i SeaTalk datagrami za koje ne postoji NMEA 0183 ekvivalent, mogu se pretvoriti u posebne NMEA 0183 rečenice, omogućujući programerima softvera da podrže obradu neobrađenih NMEA 2000 i SeaTalk podataka.

Protokol NMEA 0183, zajedno s komunikacijskim standardima sučelja RS-422, čije resurse koristi kod prijenosa podataka, je asinkrono serijsko sučelje. Prijenos podataka je asinkroni jer se s podacima ne prenosi takti signal.

RS-422 poznat i kao TIA/EIA-422, tehnički je standard za prijenos podataka velike brzine i/ili velike udaljenosti. RS-422 se može koristiti za jednosmjerni prijenos podataka, predajnik šalje podatke, a prijemnik ih prima, tada se koristi linija s dva vodiča A i B. [14]

4.1.2. Primjer povezivanja NMEA komunikacijske mreže NMEA 0183

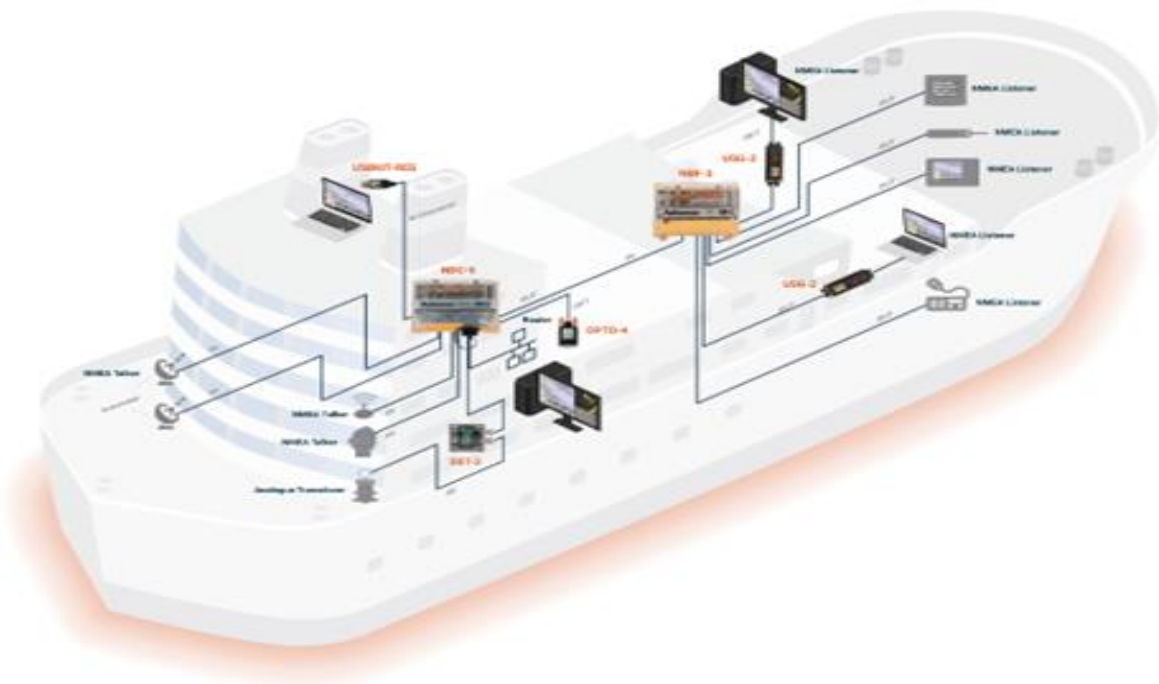


Slika 27. Primjer povezivanja uređaja primjenom NMEA 0183

Izvor: <https://digitalyacht.co.uk/nmea/nmea-0183-typical-installation/>

NMEA 0183 protokol koristi se diljem svijeta u mnogim segmentima industrije i u pomorstvu. Standard definira zahtjeve za tehničke specifikacije prijenosnog signala, protokol prijenosa podataka i vrijeme te specifične formate rečenica za sabirnicu serijskih podataka od 4800 bauda. Svaka prijenosna linija može imati samo jedan predajnik, izvor signala, ali više prijemnih uređaja sa NMEA sučeljem. Ovaj je standard namijenjen podršci jednosmjernog serijskog prijenosa podataka od jednog predajnika do jednog ili više primatelja. Ovi podaci su u obliku ASCII koda, a mogu uključivati informacije kao što su vrijeme, geografska pozicija, brzina, dubina vode, smjer kretanja- kurs itd.

Daljnijim razvojem tehnologije komunikacijskih mreža, pojavila se potreba kod nekih specifičnih mreža za većim brzinama prijenosa signala, pa je razvijen standard NMEA 0183-HS koji definira specifikacije električnog prijenosnog signala, protokol prijenosa podataka i vremenski raspored za sabirnicu serijskih podataka od 38,4 Kbauda. Svaka komunikacijska linija može samo jedan predajnik, ali može imati više prijemnika. Specifični formati rečenica zajednički su za NMEA 0183 i NMEA 0183-HS i definirani su u NMEA 0183.



Slika 28. Primjer brodske komunikacijske mreže s protokolom NMEA 0183

Izvor: <https://actisense.com/news/understanding-nmea-0183-standard/>

4.2. NMEA 2000

4.2.1. NMEA 2000 opis protokola

NMEA 2000 nasljednik je standarda NMEA 0183 serijske podatkovne sabirnice. Ima znatno veću brzinu podataka (250k bitova / sekunda u odnosu na 4800 bita / sekunde za NMEA 0183) i koristi kompaktni binarni format poruke za razliku od ASCII serijskog komunikacijskog protokola koji koristi NMEA 0183. NMEA 2000 podržava discipliniranu podatkovnu mrežu s više predajnika i višestrukih prijemnika, dok NMEA 0183 zahtijeva protokol serijske komunikacije s jednim predajnikom signala, višestrukim prijemnicima (simplex). NMEA 2000, skraćeno na NMEA2k ili N2K i standardizirano kao IEC 61162-3, je plug-and-play komunikacijski protokol, koji se koristi za povezivanje uređaja i senzora i zaslonskih jedinica unutar brodova, format protokola je više razine baziran na protoku SAE J1939. NMEA 2000 protokol otvorenog tipa umrežavanja koji povezuje uređaje pomoću tehnologije Controller Area Network (CAN) izvorno razvijene za autoindustriju, a poslije primijenjen u pomorskoj tehnologiji i proizvođači ga intenzivno koriste. Ovaj se standard temelji na području kontrolera, protokol mrežne (CAN) sabirnice. NMEA 2000 primjenjuje se kod komunikacijskih mreža u pomorstvu kod koje su brodski instrumenti i uređaji koji zadovoljavaju standard protokola NMA 2000 spojeni na jedan namjenski centralni vod, okosnicu (backbone), zajedno s ostalim namjenskim konektorima i spojnim kablovima.

Protokol koristi arhitekturu temeljenu na porukama i može raditi na 512 Kbps (varijanta velike brzine) ili 128 Kbps (varijanta otporna na greške). Svaki uređaj koji prenosi signale CAN sabirnice smatra se čvor (nod). Tijekom prijenosa, čvor kontinuirano provjerava signal na sabirnici i uspoređuje s signalom koji odašilje u mrežu. Ukoliko dođe do nepodudarnosti, pojavljuje se pogreška (osim kada će tijekom provjere čvor samo prestati prenositi). Čvorove održavaju interni brojači pogrešaka kako bi se spriječilo da neispravni uređaji u mreži kontinuirano preplavljaju mrežu s nevažećim porukama. NMEA 2000 ne uključuje nikakve izvorne sigurnosne značajke koje se odnose na povjerljivost, autentifikaciju, autorizaciju ili nepodudarnost. Kontrole za ove vektore napada, uređajima u mreži (CAN) ostavljeno je da ih implementiraju u vlastite protokole specifične za primjenu koji djeluju iznad protokola pomorske komunikacijske mreže. NMEA 2000 sadrži 15-bitnu cikličku provjeru redundancije (CRC) (naslijeđenu od CAN sabirnice), a to dizajnirano za otkrivanje pogrešaka u prijenosu, a ne namjerno neovlašteno mijenjanje jer se CRC ne smatra kriptografski sigurnim, ne predstavlja problem ako se koristi u mreži zatvorenog tipa na brodu.

4.2.2. NMEA 2000 specifikacije

Mreža NMEA 2000 sastoji se od središnjeg mrežnog kabela (backbone) položenog po brodu između, s ispuštenim kabelima koji se granaju sa središnjim mrežnim kablom za spajanje pojedinačnih uređaja. Moguće je spojiti do 50 uređaja koji podržavaju standardni protokol NMEA200, a na mreži može biti do 254 logičke adrese, što omogućuje više funkcija unutar jednog uređaja (kao što su kombinirana brzina, dubina i temperaturni senzor vode).

Komunikacija putem mreže NMEA2000 odvija se u paketima od zaglavlja i 8 bita podataka. Zaglavlje sadrži podatke o uređaju koji šalje u uređaje koji primaju poruku (to mogu biti i svi uređaji u mreži), prioritetne poruke i PNG (broj grupa parametara).

Maksimalna duljina NMEA 2000 mreže je regulirana u skladu s CAN zahtjevima je 200 metara.

Brzina prijenosa podataka kod NMEA 2000 je ovisna o duljini mreže, kako slijedi:

- 1000 kbits/sec. na duljini od 25 metara
- 500 kbits/sec. na duljini od 75 metara
- 250 kbits/sec. na duljini od 200 metara

Komponente NMEA 2000 mreže su:

- Fizički sloj, definiran standardom, uključujući signalne napone, kabele, i konektore, priključke, sučelja
- Sloj podatkovne veze, definirano je po ISO 11783-3 s dodatnim zahtjevima navedenim u standardu
- Upravljanje mrežom, šte je definirano po ISO 11783-5 s dodatnim zahtjevima specificirano standardom
- Aplikacijski sloj, potpuno je definirano standardom i uključuje odredbu za vlasničke poruke proizvođača.

Konfiguracija sabirničkog (paralelnog) ožičenja je osmišljena korištenjem 2-žilne upletene parice od toga je jedna parica za napajanje uređaja i sučelja na mreži i po jedna parica za prijenos podatkovnih signala. Linearna mreža završava s završnim otpornicima radi usklađivanja impedancije mreže (terminatorima) i višestrukim kratkim nastavcima za spajanje mrežnih uređaja kojima se isti povezuju na glavni kabl s pojedinačnim čvorovima (T-konektorima).

Komunikacijska mreža NMEA 2000 ima impedanciju od 60Ω , na svakom kraju centralnog kabela zahtijeva po jedan otpornik kao terminator 120Ω .

Maksimalna udaljenost za bilo koji uređaj od centralnog mrežnog kabela je šest metara, a maksimalna duljina centralnog mrežnog kabela /okosnice (backbone) je 220 metara s okosnicama pojedinog mini kabela od 100 metara.

Mrežni kablovi za mrežu NMEA 2000 moraju zadovoljiti standarde NMEA a , a u skladu sa standardima DeviceNet is a network protokola. DeviceNet standard definira stupanj zaštite od smetnji, dimenzije vodiča, otpornost na vremenske utjecaje, i fleksibilnost

Kod kritičnih aplikacija možda će biti potrebno koristiti dodatne sigurne dizajne (npr. dvostruke mreže, redundantni kablovi i mrežno sučelje sklopovi) kako bi se smanjila mogućnost kvara mreže. Ove metode su izvan opseg standarda NMEA 2000, ali se mora uzeti u obzir kada su mreže instalirane određene aplikacije.



Slika 29.NMEA 2000 spojnici, konektori

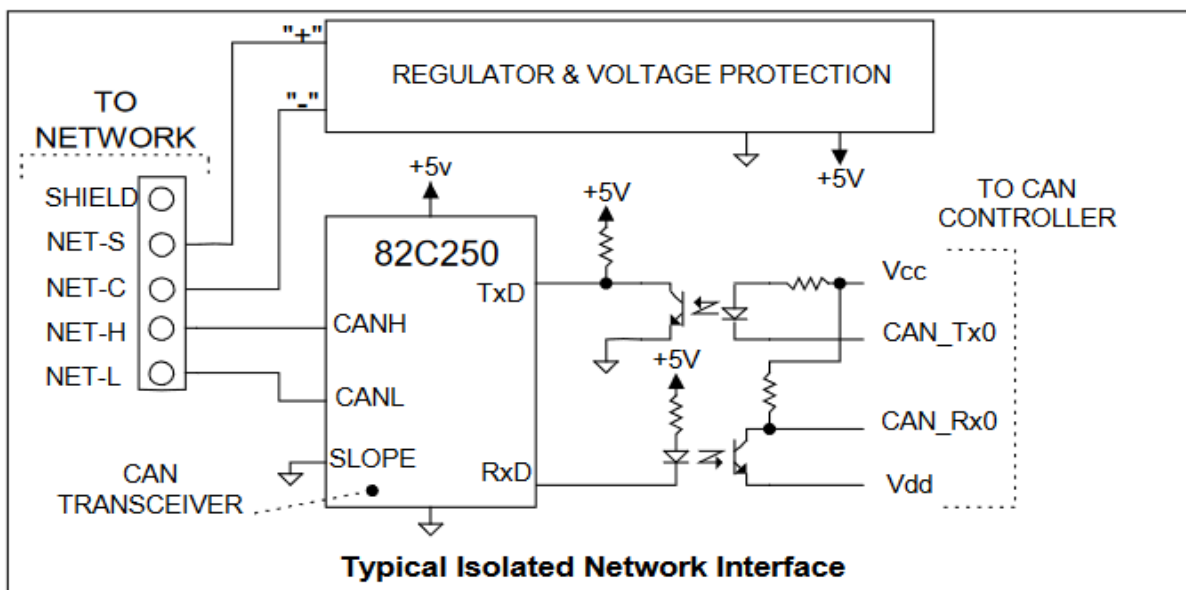
Izvor; <https://titanwatersports.com/46573.html>

NMEA 2000 funkcioniše na principu diferencijalne signalizacije, jer su svim uređajima u mreži zajedničko napajanje za sva sučelja i referentni signal je zajednički svim uređajima na mreži. Zajedničkom referencom s jednom točkom je izvedeno kako bi se izbjegle radio-smetnje uzrokovane uzemljenim petljama i za održavanje kontrole razine napona uzemljenja između uređaja na mreži, tako da ostanu unutar kontrolirane veličine (približno $\pm 2,5$ volta) i sklopova mrežnog primopredajnika. Napajanje mreže, je od 9,00 – 16 V DC i zajednički krugovi sučelja ne smiju se povezivati s drugim napajanjem ili uzemljenjem na uređajima u krugu mreže. [15]

Radi zaštite uređaja u krugu mreže NMEA 2000 mrežni uređaji u krugu napajanja imaju zaštitni sklop koji je funkcionira kao naponska zaštita na priključcima primopredajnika, koji za svoj rad zahtijevaju reguliranu snagu od +5 V koju osigurava naponski regulator i zaštitni krugovi.

Svrha zaštitnih krugova je spriječiti oštećenje regulatora i krugova sučelja od prenapona i povratnog napona. Primijenjena razina napona od +/-18,0 V ili niža ne bi trebala uzrokovati trajno oštećenje ukoliko se dovede pogrešan napon ili potencijal na žice na sučelju, na neodređeno vrijeme ili zbog pogrešnog spajanja linije sučelja u bilo kojoj kombinaciji.

Na slici je prikazan zaštitni sklop sa regulatorom napona za NMEA arhitekturu.



Slika 30. Naponska zaštita sa regulatorom

Izvor: <https://www.nmea.org/Assets/2000-explained-white-paper.pdf>

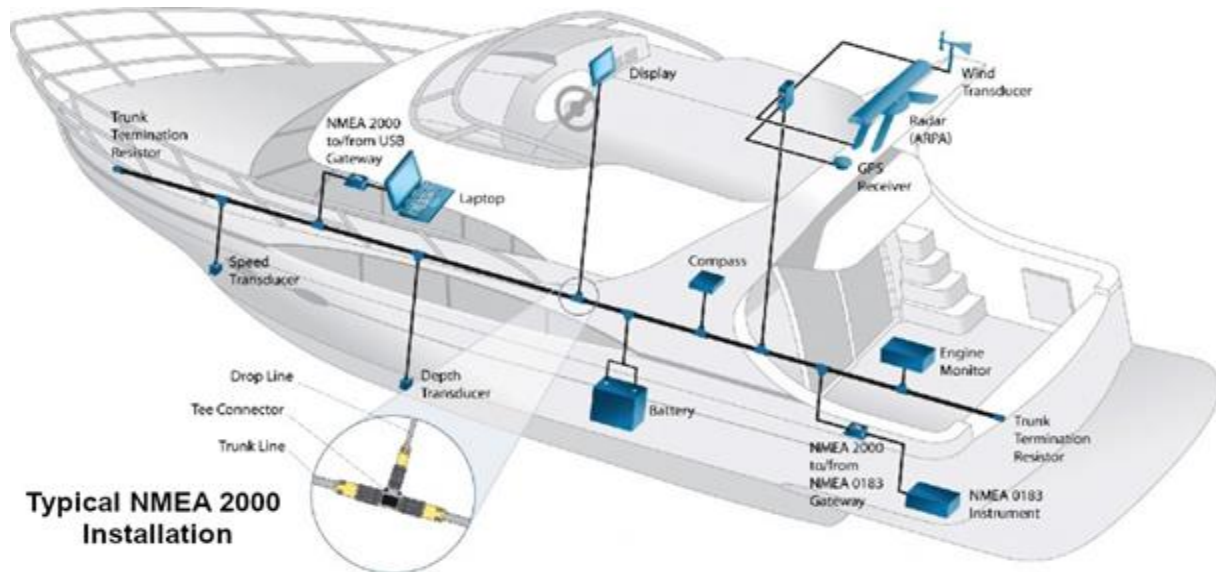
Mrežna signalizacija se odvija putem dvije signalne linije koje prenose diferencijalne signale u odnosu na mrežu gdje je napajanje zajedničko. Signali na mreži predstavljaju dva stanja: Dominantno stanje odnosno Logika '0', i recesivno stanje ili logika '1', tijekom prijenosa dominantnog stanja. po jednom ili više čvorova stanje mreže je Dominantno. Sučelje mora biti dizajnirano tako da su signalne linije u recesivnom stanju kada je napajanje čvora isključeno.

Parametri AC i DC napona mrežnih signala navedeni su u ISO 11898.

Nazivne razine napona su slijedeće:

Dominantno stanje: $CAN+ = 3.5V$ $CAN- = 1.5V$ $V_{diff} = CAN+ - CAN- = 2.0V$

Recesivno stanje: $CAN+ = 2.5V$ $CAN- = 2.5V$ $V_{diff} = CAN+ - CAN- = 0.0V$



Slika 31. Primjer brodske komunikacijske mreže s protokolom NMEA 2000

Izvor: <https://digitalyacht.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/NMEA-2000-Typical-Installation-768x374.jpg>

Kako je vidljivo na slici 31. svi brodski uređaji koji služe za navigaciju, komunikaciju, kao i uređaji u strojarnici, spojeni su u CAN komunikacijsku mrežu protokola NMEA 2000.

U skladu sa standardom NMAE 2000 i tehničkim rješenjima, kod konstrukcije mreže, podaci sa svih brodskih uređaja, spojenih na NMEA 2000, mogu biti i nekoliko desetaka spojeva na zajednički komunikacijski kabel, kojim se ujedno dovodi i napajanje.

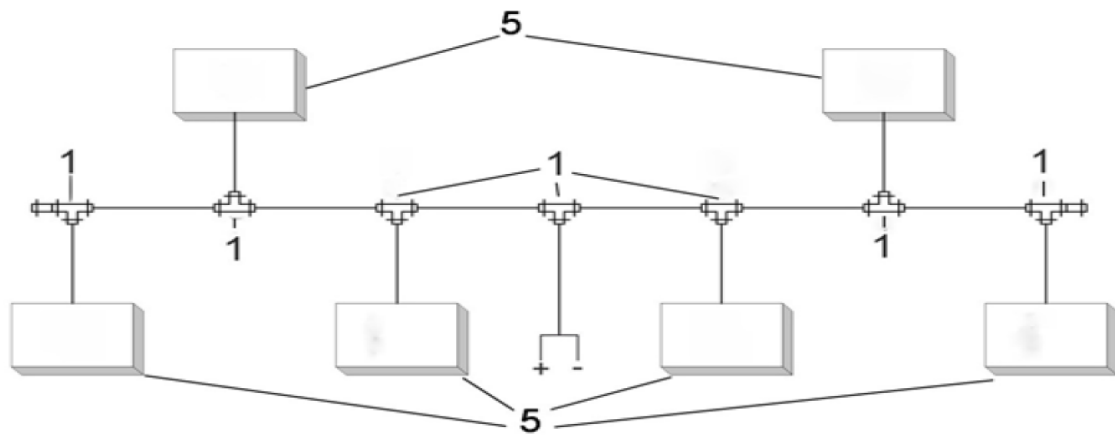
Komunikacijska sučelja svih uređaja u mreži NMEA 2000 spojena su paralelno i na napajanje i na komunikaciju pa ako se dogodi kvar u kojem od primopredajnika u bilo kojem uređaju ide dolazi do smetnje u komunikacijama na mreži sporadičnog gubljenja informacija s pojedinih uređaja ili senzora pa i do blokade komunikacija koja može imati za posljedicu pada cijele mreže, prestanka rada.

Otklanjanje grešaka kod ovog tipa komunikacijske mreže na brodovima može biti otežano i komplicirano, često je potrebno puno vremena zbog činjenice da su uređaji dislocirani po brodu (npr. razni senzori) a i pristup kablovima i spojevima uglavnom bude vrlo nepristupačan, Maime, potrebno je pronaći i izolirati problem, odnosno neispravni uređaj na mreži, a to znači da je potrebno fizički odspajati uređaje sa mreže da bi se utvrdila neispravnost.

Zaštita mreže, odnosno osiguranje komunikacijskih podataka od gubitka ili prekida u komunikaciji na mreži, može se postići pomoću posebno dizajniranog zaštitnog sklopa koji se spaja na CAN mrežu NMEA 2000, umjesto uobičajenih T konektora (spojnika).

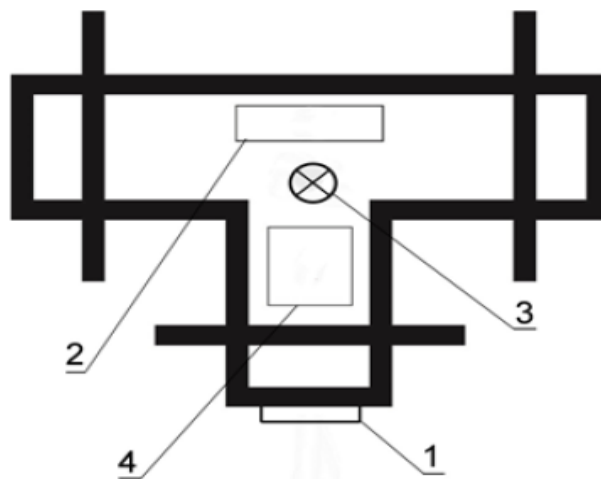
4.2.2.1. T- protektor, zaštitni sklop za MNEA 2000

HR P20191090 A2



Slika 32. Prikazuje shemu NMEA 2000 mreže zaštitnog sklopa HR P20191090 A2

Izvor: https://it-app.dziv.hr/Slike/Pat_dok/A_opis/20191090_A2.pdf



Slika 33. Prikazuje shemu zaštitnog sklopa HR P20191090 A2

Izvor: https://it-app.dziv.hr/Slike/Pat_dok/A_opis/20191090_A2.pdf

Opis rada zasitnog sklopa – Mrežnog T- protektora , sheme prikazane na slici 9 i slici 10.

Zaštitni sklop funkcionira tako da stalno nadzire napajanje uređaja na mreži te komunikaciju, kod pojave nelogičnog stanja, odnosno ako uređaj ne radi u okviru zadanih parametara, sklop za zaštitu isključuje neispravni uređaj, a time omogućava ostalim uređajima u mreži NMEA 2000 da nastave s nesmetanim radom. Zaštitni sklop signalizira grešku uključivanjem odgovarajuće signalne lampice.

Citat:

“ Prilikom uključivanja mrežnog protektora testira se na mreži te stanje komunikacije na uređaju preko Mikroprocesora (2), dok istovremeno Signalna Višebojna Lampica (3) naizmjenično izmjenjuje boju frekvencijom od 1Hz redoslijedom Zelena, Crvena, Narančasta ukazujući na radnju testiranja. U slučaju da je sa spojenim uređajima sve u redu i da je napon mreže u zadanim parametrima Signalna višebojna svjetiljka (3) zasvijetliti će Zelenom bojom a mikroprocesor (2) putem Solid State Releja (4) uključiti će uređaj u mrežu.

U slučaju da dođe do probijanja primopredajnika uređaja bilo na pozitivno ili na negativno pol napajanja Mikroprocesor (2) trenutno će od spojiti uređaj sa mrežom preko Solid State Releja (4) a Signalna višebojna lampica (3) zasvijetliti ako Crvenom bojom ukazuje na problem sa uređajem . Isto tako u koliko prilikom uključivanja Mikroprocesor (2) ne detektira komunikaciju iz razloga što uređaj nije spojen ili je kabel u prekidu Signalna višebojna lampica (3) zasvijetliti će Crvenom bojom ukazujući nam na problem.

U koliko napon mreže padne ispod zadane razine mikroprocesora (2) trenutno će isključiti uređaj te ga od spojiti sa mreže preko Solid State Releja (4) a Signalna Višebojna Lampica (3) treptati će Crvenom bojom frekvencije od 1Hz, kad se nakon toga vrati u zadane okvire mikroprocesor (2) će ponovno preko Solid State Releja (4) uključiti uređaj te ga ponovno spojiti na mrežu ukoliko je ispravan a Signalna Višebojna Lampica (3) zasvijetliti će Zelenom bojom. Ukoliko napon mreže poraste iznad zadane razine mikroprocesora (2) trenutno će isključiti uređaj te ga od spojiti sa mreže preko Solid State Releja (4) a Signalna Višebojna Lampica (3) treptati će Crvenom bojom frekvencije od 3Hz, kad se nakon toga vrati u zadane okvire mikroprocesora (2) ponovno će preko Solid State Releja (4) uključiti uređaj te ga ponovno spojiti na mrežu ukoliko je ispravan a Signalna višebojna lampica (3) zasvijetliti će se Zelenom bojom.“

Citat preuzet sa interneta: https://it-app.dziv.hr/Slike/Pat_dok/A_opis/20191090_A2.pdf

T-protector, napravljen je u obliku T konektora namijenjen je za zaštitu mreže NMEA 2000, potrebna je ugradnja konektora T-protektora u mrežu umjesto postojećih T konektora. [16]

4.2.3. NMEA OneNet protokol

NMEA OneNet Standard je otvoreni industrijski protokol temeljen na internetskom protokolu verzije 6 (IPv6) i IEEE 802.3 Ethernet lokalnoj mreži. NMEA OneNet je dizajniran da nadopuni i proširi mogućnosti NMEA 2000, dodajući njegove prednosti postojećoj NMEA 2000 mreži.

OneNet je otvoreni industrijski standard, temeljen na snazi internetskog protokola v6 (IPv6), pruža standardnu metodu za dijeljenje podataka NMEA 2000 preko lokalne mreže (LAN) danas i globalno u budućnosti, pruža zajedničku mrežnu infrastrukturu za pomorske uređaje i njihove usluge koristeći IPv6, kako bi omogućio koegzistiranje s drugim protokolima i uslugama koje rade (paralelno) na istoj mreži.

Nacionalna udruga za brodsku elektroniku (NMEA) objavila je svoj najnoviji protokol koji je dizajniran je za standardizirano IP umrežavanje pomorskih elektroničkih uređaja na i izvan plovila. OneNet pruža zajedničku mrežnu infrastrukturu za pomorske elektroničke uređaje i/ili usluge na IPv6.

Svi protokoli aplikacije OneNet, kao što su NMEA 2000 PGN poruke, dizajnirani su za korištenje standardnog IPv6 skupa mrežnih protokola. OneNet koristi Ethernet kao svoj fizički sloj, ali ima mnogo veću propusnost od NMEA 2000. Dok NMEA 2000 radi na 250 Kbits/sec, OneNet može biti u rasponu od 10 Mbits/sec do 10 Gbits/sec, što ga čini 40 – 40 000 puta bržim. Zbog ove veće propusnosti, OneNet može podržati visoke zahtjeve propusnosti radarskih i video podataka.

OneNet realno nema PGN ograničenja. Dok je NMEA 2000 ograničen na 411 standardnih PGN-ova (bez dobivanja nove dodjele za NMEA) i 512 vlasničkih PGN-ova, OneNet nema smisleno ograničenje PGN-a (Parameter Group Number), parametra grupnih poruka.

Uz poboljšanje propusnosti uz OneNet, dolazi i povećanje broja fizičkih uređaja koji mogu biti na mreži. Mreža CAN sabirnice NMEA 2000 ima hardver od približno 60 fizičkih uređaja po mrežnom dijelu, s NMEA 2000 konektorima i razdjelnicima koji su potrebni za spajanje mrežnih dijelova. Kod OneNeta protokola broj uređaja spojenih u mrežu određeno je s brojem mrežnih preklopnika i može se proširivati dodavanjem novih preklopnika u skladu s standardom protokola TCP/IPv6. Kod izrade NMEA OneNet upotrijebljeni su mnogi postojeći standardi, što će značajno smanjiti troškove implementacije i osigurati kompatibilnost s postojećim TCP/IP mrežama diljem svijeta.

NMEA OneNet dizajniran je za transparentan rad s NMEA 2000 jer koriste identične podatkovne poruke i s NMEA 0183 putem pristupnika (Gateway) koji podatkovne poruke

konvertira u NMEA OneNet format. OneNet pristupnik (Gateway) na NMEA 0183, OneNet spajanje na NMEA 2000, plus postojeći NMEA 2000 na NMEA 0183 namjenski pristupnik. Ovakvim načinom spajanja različitih protokola putem pristupnika (Gateway) postiže se smanjenje troškova nadogradnje mreže, otklanjanjem potrebe za zamjenom postojećih uređaja.

Osnovni zahtjevi i ciljevi OneNeta su sljedeći:

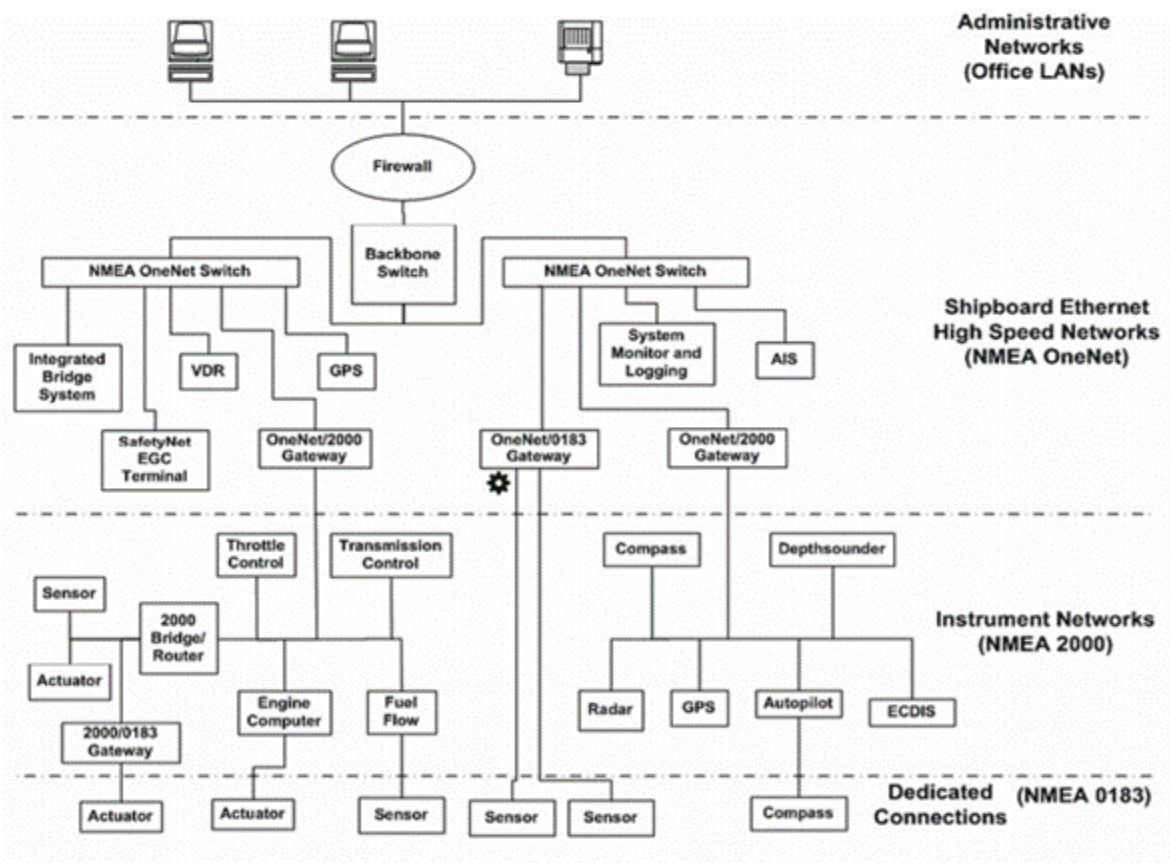
- NMEA 2000 prijenos podataka preko IPv6 u standardnom formatu
- podržava aplikacije velike propusnosti kao što su radar, video i više koje nisu moguće putem NMEA 2000
- koristi standardizirane priključke (RJ-45 i X kodirani M12) ovisno o instalaciji
- robusni, standardizirani zahtjevi za kibernetičku sigurnost
- pruža interoperabilnost s utvrđenim industrijskim standardima uključujući NMEA 2000
- automatski detektira uređaje i usluge na mreži za stvaranje proširive i skalabilne mrežne arhitekture
- surađuje s ostalim IP protokolima i servisima mreži, na istoj mrežnoj infrastrukturi
- Obavezna je certifikacija uređaja i aplikacija OneNet od strane proizvođača, a zatim potvrđena od strane NMEA.

Sigurnost podataka je apsolutni prioritet na komunikacijskim mrežama u pomorstvu, posebno kada se radi o komercijalnim plovilima.

NMEA OneNet je od samog početka uveo sigurnosne standarde tako da koristi sigurnosni model u kojem korisnik stvara OneNet Secure Network, a zatim dodaje OneNet aplikacije toj mreži koristeći proces koji se naziva "pairing" za stvaranje robusne sigurne podatkovne mreže.

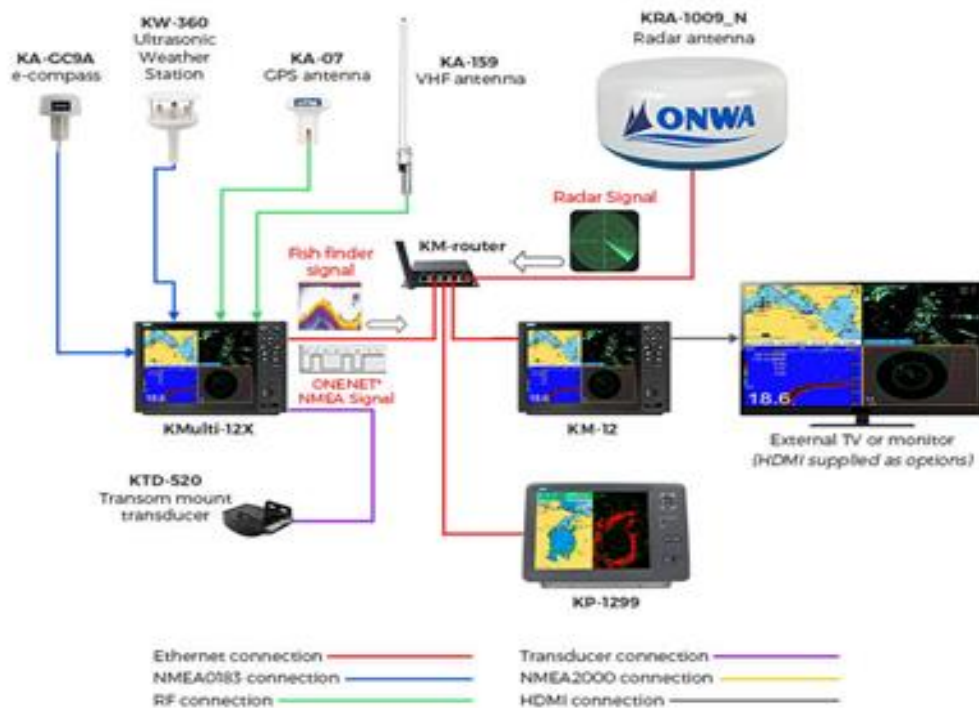
Ako je na mrežu potrebno spajanje necertificiranih mrežnih uređaja ili komponenti, uređaja OneNet se po izboru može ostaviti u otvorenom (nesigurnom) stanju.

Dijagram međusobnog povezivanja NMEA mreže u nastavku naglašava kako će se različiti pristupnici povezivati u zajedničku mrežu. [17]



Slika 34. OneNet komunikacijska mreža na brodu, diagram povezivanja

Izvor: <https://actisense.com/onenet-standard/>



Slika 35. OneNet komunikacijska mreža, instalacija na manjem brodu, jahti

Izvor: <https://onwamarine.com/nmea-onenet-standard/>

4.2.3.1. Komponente OneNet komunikacijske mreže

Temeljni komunikacijski protokol kod OneNet mreže TCP/IP, a za konverziju podataka u NMEA ili drugih protokola, sa različitim sensorima i ostalim perifernim uređajima koriste se pristupnici (Gateway) i poslužitelji (Server).

Za spajanje pojedinačnih senzora ili mrežnih uređaja standarda RS 232, 422 ili 485, koriste se mrežni pretvarači (konverteri) raznih proizvođača, jedni od poznatijih i pouzdanih su Moxa.

- Moxa Nport 5100 su poslužitelji dizajnirani su za spajanje uređaja serijske komunikacije na TCP/IP mrežu, podaci se nadalje transportiraju putem TCP/IP do računala u kontrolnoj sobi, gdje se podaci obrađuju ili služe za upravljanje uređajima na mreži.

NPort 5100 Series



Slika 36. Moxa Nport 5100 1-port RS-232/422/485 serial device servers

Izvor: <https://www.moxa.com/en/products/industrial-edge-connectivity/serial-device-servers/general-device-servers/nport-5100-series>

Uređaj je malih dimenzija, pogodan je za povezivanje senzora, raznih dojavnika ili drugih uređaja serijske komunikacije na Ethernet LAN koji se temelji na TCP/IP komunikacijskom protokolu.

Upotrebom NPort 5100 poslužitelja koji se može konfigurirati za TCP poslužitelj, TCP klijent ili ethernet modem, podržava Microsoft i Linux operativne sustave, dobiva se softverski, putem računala, izravan pristup serijskim uređajima na mreži.

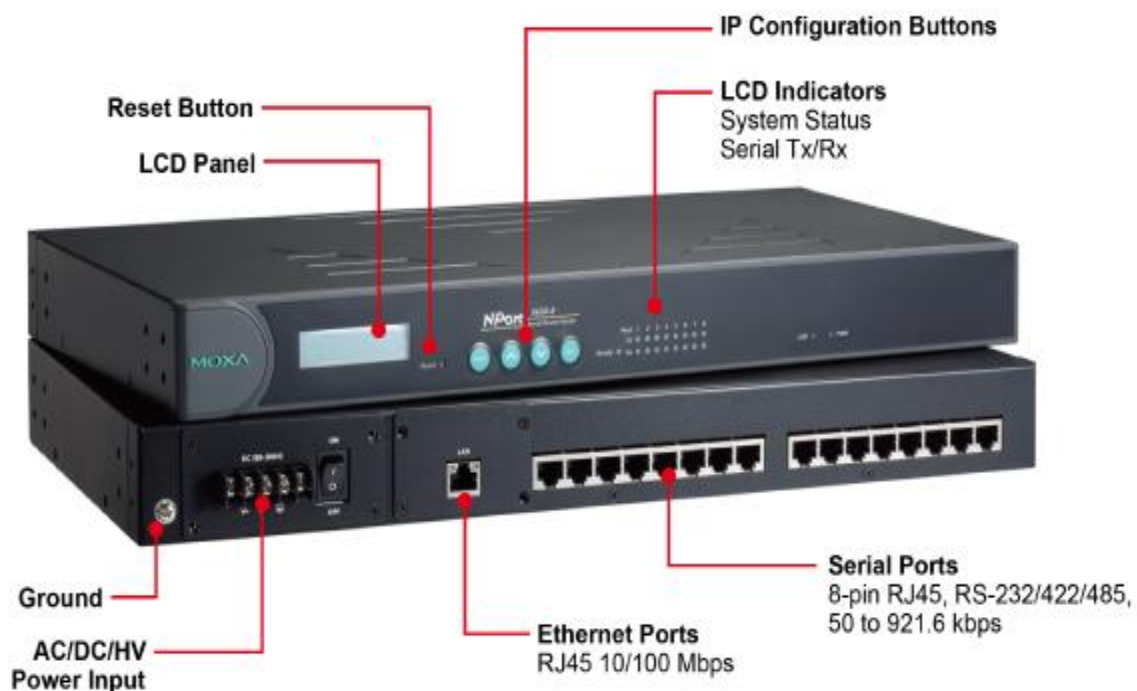
Kompatibilnost je osigurana programom (software) koji se temelji na standardnom mrežnom aplikacijskom programskom sučelju API (Application Programming Interface),

NPort® 5100 poslužitelji uređaja podržavaju SNMP, koji se može koristiti za nadzor svih jedinica preko Etherneteta, moguće ih je konfigurirati za slanje „stop“ poruke automatski SNMP upravitelju kada se naiđe na korisnički definirane pogreške.

Za korisnike koji ne koriste SNMP manager, upozorenje putem e-pošte može se poslati umjesto toga. Korisnici mogu definirati okidač za upozorenja pomoću Moxa Windows uslužnog programa ili web konzole, kao na primjer, upozorenja mogu biti kao npr. topli start, hladni start ili promjena lozinke.

Poslužitelj MOXA Nport 5100, može sa mreže NMEA 0183 protokola prespajati na mrežu OneNet sa TCP/IP protokolom samo jedan mrežni uređaj, ako postoji potreba za spajanje više uređaja, može se upotrijebiti više poslužitelja, konvertira ili drugi tip prespojnika s više ulaznih sučelja sa NMEA 0183 protokolom.

- Moxa NPort 5600 su poslužitelji predviđeni za spajanje do 16 uređaja NMEA 0183



Slika 37. Moxa NPort 5600

Izvor: <https://cdn-cms.azureedge.net/getmedia/50e8c514-f5b6-40ff-9449-4bc76531d5d0/moxa-nport-5600-series-datasheet-v1.6.pdf>

Nport 5600 predviđen je za spajanje 16 NMEA uređaja serijske komunikacije na Ethernet komunikacijsku mrežu TCP/IP protokola, predviđeni su za instaliranje u komunikacijske ormare (rackmount), sa serijskim i ethernet konektorom RJ45 s prednje strane što omogućuje jednostavniji pristup održavanju i administraciju mreže. COM/TTY upravljački programi osiguravaju kako bi serijski priključci na NPort® 5600 bili prepoznatljivi kao stvarni komunikacijski (Real COM) priključci od strane Windowsa ili Real TTY priključci od strane Linuxa.

Uz podršku osnovnog prijenosa i prijema podataka, Nport od strane programske podrške također su podržani RTS, CTS, DTR, DSR i DCD kontrolni signali.

Nport 5600 sastoji se od poslužitelja i kontrolnog panela koji služi za pregled stanja konfiguracije i pregled trenutnog stanja sustava. Poslužitelj je opremljen sa serijskim i ethernet priključcima koji su snabdjeveni s LED signalnim lampicama koje prikazuju status priključenih serijskih uređaja.

Nport 5600 Moxa primjenjiv je u brodske strojarnici gdje se moguće spojiti do 16 različitih senzora NMEA protokola ili drugih uređaja sa serijskim sučeljem, pa se sve transportira jednim zajedničkim mrežnim kabelom do sabirnice centralnog kompjutera.

Kod spajanja više serijskih uređaja na komunikacijskoj razini RS 422, RS 232 ili sličnom protokolu na zajedničku komunikacijsku mrežu TCP/IP protokola koriste se pristupnici (gateway) ili poslužitelji (poslužitelj) s višestrukim serijskim ulazima, čime se postiže centralizirano upravljanje uređajima serijske komunikacije i distribucije signala.

5. TESTIRANJE NMEA PROTOKOLA

Testiranje NMEA protokola obavljeno radi ispitivanja ponašanja nivoa signala NMEA 0183 predajnika kod spajanja prijemnih uređaja NMEA signala na mrežu.

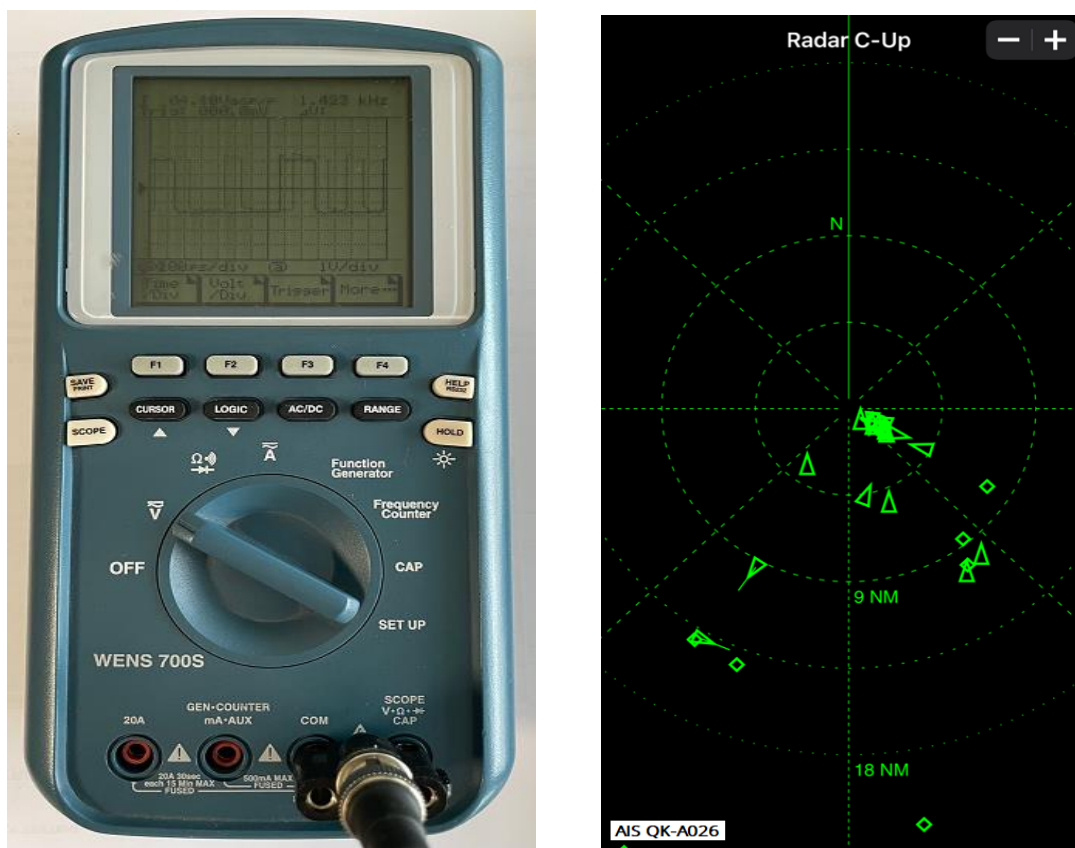
U svrhu ispitivanja obavljeno mjerenje nivoa signala NMEA 0183 na izlaznim kontaktima predajnika signala prije spajanja uređaja na NMEA mrežu i nakon spajanja prijemnog uređaja NMEA signala.

Takvo testiranje je važno radi ispitivanja nivoa signala na mreži, naime ako mreža ima nizak ili kritični nivo signala, potrebno je ugraditi NMEA multiplikator (multiplier).

NMEA 0183 multiplikatori imaju jedan ulazni priključak (port) i više izlaznih priključaka, ovisno o tome koliko se prijemnih uređaja spaja na mrežu.

Za testiranje NMEA protokola korištena je slijedeća oprema:

- GPS Standard Horizon SCU-31
- AIS receiver QK-A026
- Multimetar / Osciloskop WENS 700S
- VHF DSC SAILOR RT 5022



Slika 38. Uređaji i instrumenti za testiranje NMEA, WENS 700S, AIS QK-A026

Izvor. Autor

Na slici 33. je prikazan mjerni uređaj WENS 700S koji ima ulogu mjerenja naponskog nivoa NMEA 0183 mreže i istovremeno grafički prikaz NMEA signala prisutnog na mreži.

AIS QK-A026 prijemni uređaj AIS signala, na ekranu prikazuje AIS (targete) oznake brodova koji emitiraju AIS signal indentifikacije, a za funkcioniranje zahtjeva prisutnost signala NMEA 0183 protokola.



Slika 39. VHF DSC RT-5022 Sailor

Izvor. Autor

VHF DSC uređaj TT-5022, za upotrebu DSC funkcija kod DSC komunikacije, zahtjeva prisutnost signala protokola NMEA 0183, koji DSC segmentu dostavlja podatke o točnom vremenu (UTC) i geografskoj poziciji, a navedeni podaci su sastavni dio DSC protokola i poruka.

5.1. ULAZNI PODACI

Ulazni podatci NMEA 0183 mreže su slijedeći:

- Ulazni napon signala NMEA 0183 dovedenog s GPS antene SCU-31 je 5,40 V.
- NMEA Podaci dobiveni od GPS-a su: Geografska pozicija je 45, 20 stupnjeva sjeverno, 14,24 stupnja istočno, vrijeme po UTC 17 sati 40 min.



Slika 40. Prikaz pozicije sa GPS antene SCU-31

Izvor: Autor

Naponski nivo od 5,40 V je napon na NMEA mreži bez priključenih uređaja sa NMEA sučeljem.

GPS rečenice prije početka testiranja:

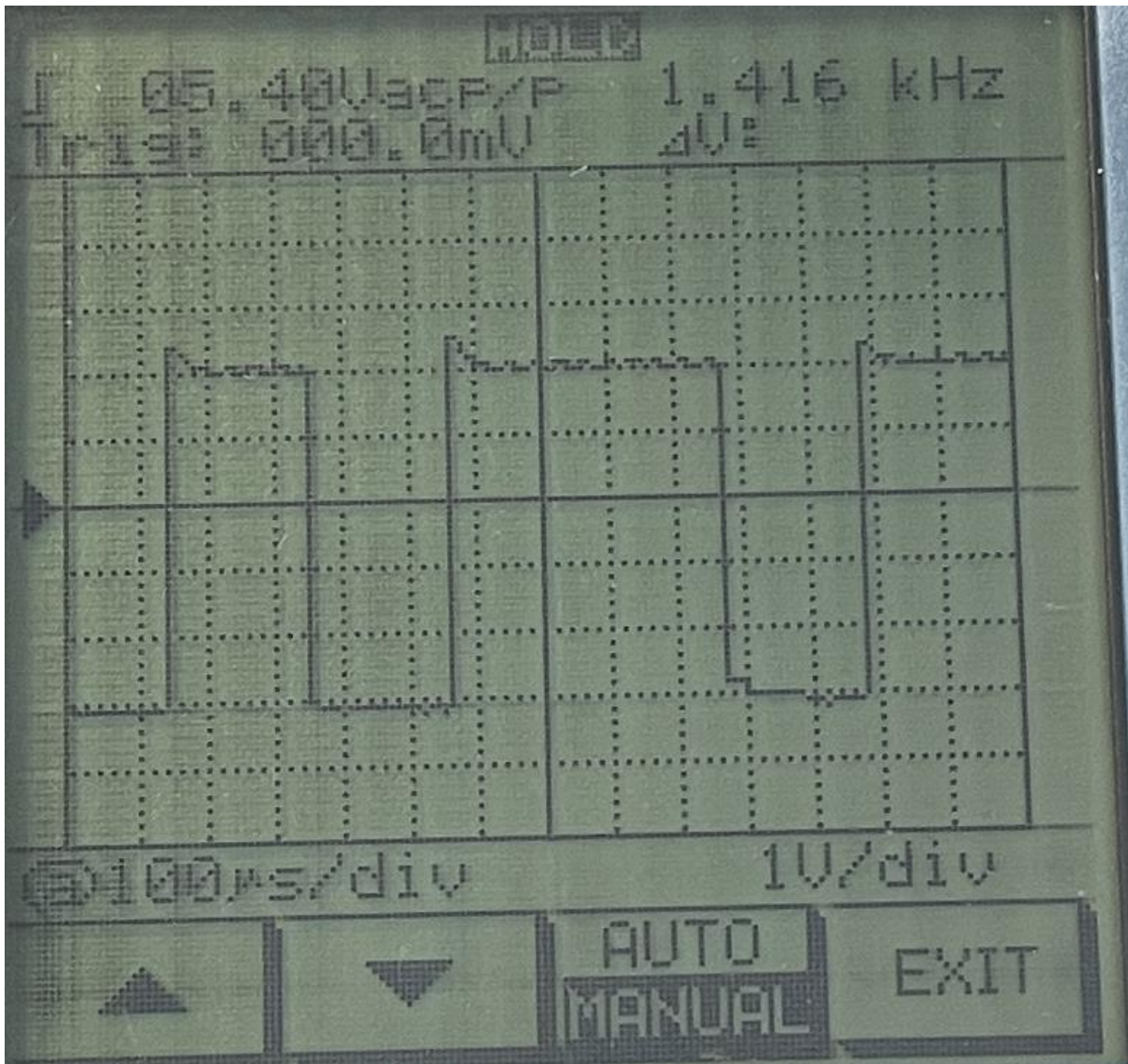
```
~15,$GPGSA,A,3,05,13,15,20,07,24,14,,,,,1.71,1.14,1.28*0F
~125,$GPGSV,4,1,13,05,45,235,50,07,15,072,23,08,06,030,,13,73,317,49*7F
~234,$GPGSV,4,2,13,14,64,097,31,15,40,304,49,17,10,128,,18,04,300,25*79
~343,$GPGSV,4,3,13,20,20,198,41,23,03,331,,24,06,263,39,28,60,155,36*7F
~452,$GPGSV,4,4,13,30,46,066,*4A
~561,$GPGLL,4520.51445,N,01423.99247,E,180907.00,A,A*69
~671,$GPRMC,180908.00,A,4520.51445,N,01423.99246,E,0.020,,110922,,,A*75
~780,$GPVTG,,T,,M,0.020,N,0.037,K,A*25
~889,$GPGGA,180908.00,4520.51445,N,01423.99246,E,1,07,1.14,140.9,M,42.7,M,,*5C
~998,$GPGSA,A,3,05,13,15,20,07,24,14,,,,,1.71,1.14,1.28*0F
~1107,$GPGSV,4,1,13,05,45,235,50,07,15,072,23,08,06,030,,13,73,317,49*7F
~1217,$GPGSV,4,2,13,14,64,097,31,15,40,304,49,17,10,128,,18,04,300,25*79
~1326,$GPGSV,4,3,13,20,20,198,41,23,03,331,,24,06,263,39,28,60,155,36*7F
~1435,$GPGSV,4,4,13,30,46,066,*4A
~1544,$GPGLL,4520.51445,N,01423.99246,E,180908.00,A,A*67
~1653,$GPRMC,180909.00,A,4520.51445,N,01423.99245,E,0.020,,110922,,,A*77
~1763,$GPVTG,,T,,M,0.020,N,0.037,K,A*25
~1872,$GPGGA,180909.00,4520.51445,N,01423.99245,E,1,07,1.14,140.9,M,42.7,M,,*5E
~1981,!AIVDM,1,1,,B,E>jJ:S2RqKttoI@9:@192ab7c0P0PSg@<rTJ`00808Tf00,4*47
~2090,$GPGSA,A,3,05,13,15,20,07,24,14,,,,,1.71,1.14,1.28*0F
~2199,$GPGSV,4,1,13,05,45,235,50,07,15,072,23,08,06,030,,13,73,317,49*7F
~2309,$GPGSV,4,2,13,14,64,097,31,15,40,304,50,17,10,128,,18,04,300,23*77
~2418,$GPGSV,4,3,13,20,20,198,41,23,03,331,,24,06,263,39,28,60,155,36*7F
~2527,$GPGSV,4,4,13,30,46,066,*4A
~2636,!AIVDM,1,1,,B,EfjJ8h2RqKsJ@494R@=0SV0c0000Pe3:<nQwp00@08Sf00,4*64
~2745,$GPGLL,4520.51445,N,01423.99245,E,180909.00,A,A*65
```

5.2. POSTUPAK TESTIRANJA

Na NMEA mrežu izvršeno je spajanje prijemnika NMEA signala VHF DSC RT5022 i navigacijskog prijemnika AIS QK-A026.

Nakon spajanja izvršeno testiranje i mjerenje parametara NMEA mreže, kontrola primljenih NMEA podataka na priključenim prijemnim uređajima.

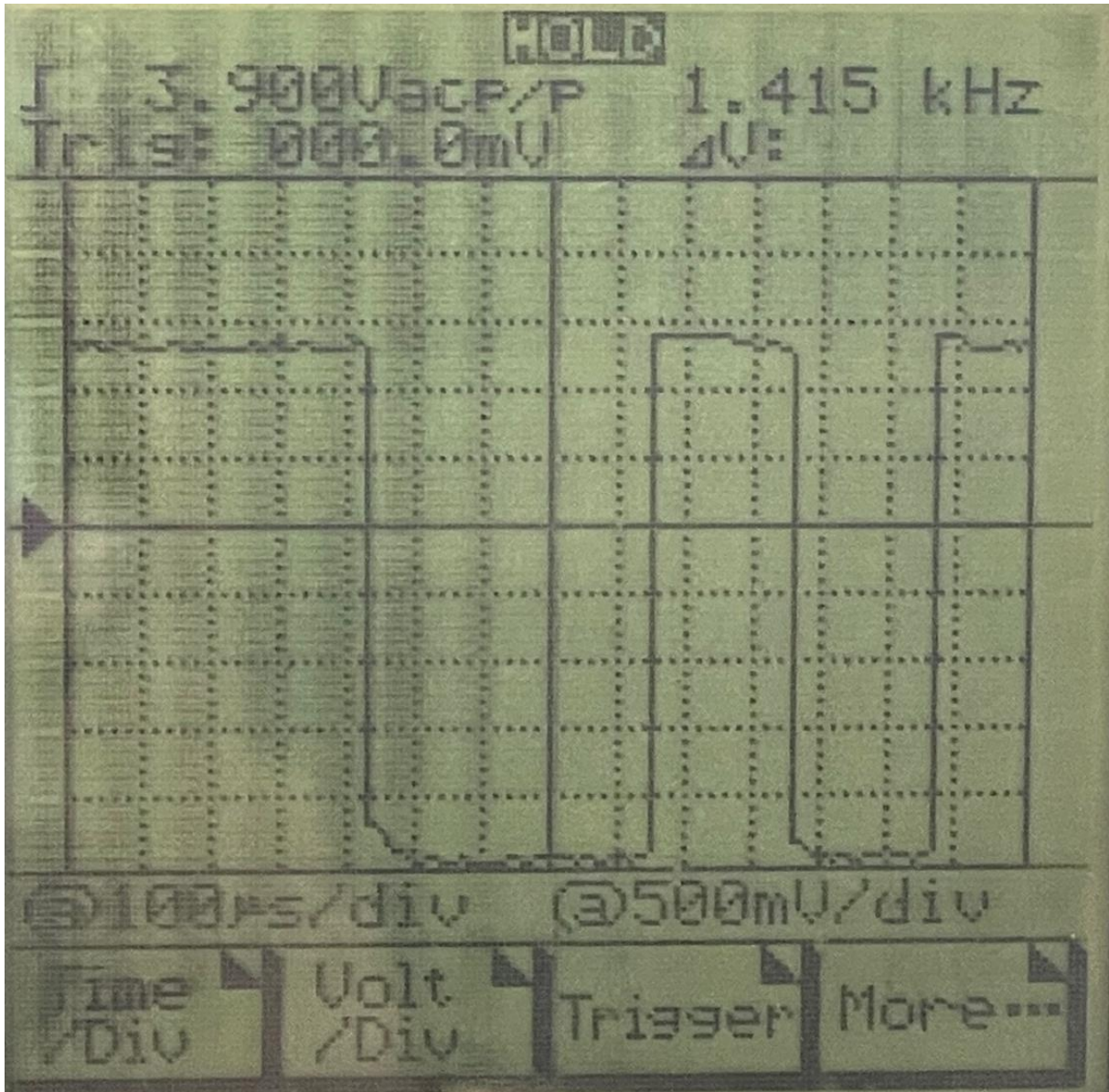
Na slici su prikazani izgled signala i izmjerne vrijednosti, na ekranu mjernog instrumenta VENS 700S na kojem su vidljiva očitavanja veličine i prirode ulaznog NMEA 0183 signala, sa svim detaljima.



Slika 41. Ulazni parametri NMEA mreže bez spojenih prijemnih uređaja

Izvor: Autor

Na slici ispod prikazani su podaci o promjenama i stanju signala na komunikacijskoj mreži NMEA 0183 nakon spajanja prijemnih uređaja sa NMEA sučeljem.



Slika 42. Izlazni parametri NMEA mreže sa spojenim prijemnim uređajima

Izvor: Autor

Iz prikazano stanja je vidljivo da je napon smanjen na 3.90 V uslijed opterećenja prijemnim uređajima.

5.3. IZLAZNI PODACI

Izlazni podaci NMEA 0183 mreže, nakon izvršenih mjerenja su slijedeći:

Napon izmjeren na mreži NMEA 0183, sa priključenim prijemnim uređajima je 3,90 V.

Napon mreže od 3.90 V je dovoljan za pravilan rad i ne utječe na sposobnost predajnika signala za snabdjevenije priključene opreme s potrebnim informacijama sadržanim u NMEA signalu.

VHF DSC RT-5022 je dobio podatke o točnom vremenu po UTC i geografskoj poziciji.

AIS prijemnik je putem NMEA mreže primio ispravne podatke o geografskoj poziciji i vremenu po UTC i kursu a to mu osnovni preduvjeti za kompletiranje podataka o brodovima u području plovidbe koje se nadzire.

Signal je ostao nepromijenjen, nema izobličenja signala, kakva su uobičajena kod preopterećenja na mreži, odnosno nedovoljnih resursa predajnika.

Position	
45° 20.5124' N	14° 23.9931' E
Altitude	
150.5 m	UTC Time
	SEP11 18:22:00

Slika 43. Prikaz pozicije sa GPS antene SCU-31 nakon testiranja

Izvor: Autor

GPS rečenice primljene nakon testiranja:

```
~117515,$GPGGA,181048.00,4520.51493,N,01423.99661,E,1,07,1.14,136.3,M,42.7,M,,*51
~117625,$GPGSA,A,3,05,13,15,20,07,24,14,,,,,1.71,1.14,1.28*0F
~117734,$GPGSV,4,1,13,05,44,234,49,07,14,072,22,08,06,029,08,13,74,317,49*70
~117843,$GPGSV,4,2,13,14,64,095,31,15,41,304,51,17,10,128,,18,04,300,27*71
~117952,$GPGSV,4,3,13,20,20,198,39,23,03,331,,24,07,263,38,28,61,155,33*74
~118061,$GPGSV,4,4,13,30,45,066,*49
~118171,$GPGLL,4520.51493,N,01423.99661,E,181048.00,A,A*61
~118280,$GPRMC,181049.00,A,4520.51493,N,01423.99662,E,0.012,,110922,,A*70
~118389,$GPVTG,,T,,M,0.012,N,0.022,K,A*20
~118498,$GPGGA,181049.00,4520.51493,N,01423.99662,E,1,07,1.14,136.3,M,42.7,M,,*53
~118607,$GPGSA,A,3,05,13,15,20,07,24,14,,,,,1.71,1.14,1.28*0F
~118717,$GPGSV,4,1,13,05,44,234,49,07,14,072,22,08,06,029,08,13,74,317,49*70
~118826,$GPGSV,4,2,13,14,64,095,31,15,41,304,51,17,10,128,,18,04,300,27*71
~118935,$GPGSV,4,3,13,20,20,198,39,23,03,331,,24,07,263,38,28,61,155,33*74
~119044,$GPGSV,4,4,13,30,45,066,*49
~119153,!AIVDM,1,1,,A,EfjO`BC2qItr@94VTW4P00000000Lipl<W1D010888N000,4*65
~119263,$GPGLL,4520.51493,N,01423.99662,E,181049.00,A,A*63
~119372,$GPRMC,181050.00,A,4520.51492,N,01423.99660,E,0.034,,110922,,A*7F
~119481,$GPVTG,,T,,M,0.034,N,0.063,K,A*21
```

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljene se razne verzije brodskih komunikacijskih protokola i njihovi različiti oblici. Ovaj je rad identificirao neke od glavnih istraživačkih tema koje se odnose na značaj i sigurnost mreže.

Primjena komunikacijskih protokola i upravljanje brodom putem brodskih komunikacijskih mreža također se proučavaju u ovom radu, uočeni problemi u dizajnu mreža se proučavaju i analiziraju u cilju poboljšanja i izbjegavanja rizika od smetnji u komunikacijama.

Zahtjevi koji se odnose na komunikacijske brodske mreže su vrlo opsežni, komunikacijska infrastruktura na brodu je ključna za upravljanje i rukovanje praktički cjelokupnom opremom i instalacijama na brodu uključujući opremu i infrastrukturu vezanu za sigurnost broda.

Putem mrežne komunikacijske infrastrukture nadzire se i upravlja sa svim operacijama vezanim za sigurnost prometa brodova, koordinaciju kod lučkih operacija ili između brodova u plovidbi u cilju poboljšanja sigurnosti ili izbjegavanja opasnosti, praktički sve informacije vezane za sigurnost na moru ili na brodovima prosljeđuju se putem komunikacijskih mreža.

Brodске komunikacijske mreže i protokoli omogućili su visok stupanj automatizacije na brodovima, brzi protok informacija omogućio je kvalitetnije upravljanje opremom i resursima na brodu, smanjivanjem troškova eksploatacije a postignut je i značajan napredak u poboljšavanju životnih uvjeta i standarda posada brodova.

Uz sve navedene prednosti tijekom eksploatacije komunikacijske infrastrukture uočeni su i poneki nedostaci i potencijalne smetnje u rukovanju brodskom opremom ili obavljanju određenih operacija.

U ovom radu je posebna pažnja usmjerena na potencijalne probleme kod tehničke infrastrukture mreže NMEA 2000, jer zbog specifične konfiguracije, kvar jednog uređaja na mreži može biti uzrok poteškoća u radu cijele mreže.

Potencijalne smetnje koje bi mogle ometati pravilni radi i funkcioniranje opreme mreže NMEA 2000 moguće je izbjeći upotrebom redundantne strukture pogotovo kod opreme ključne za sigurnost broda ili instaliranjem zaštitnih adaptera T-protectora koje smo obradili u ovom radu.

LITERATURA

- [1] <https://www.nmea.org/Assets/2000-explained-white-paper.pdf>
- [2] <https://www.electricaltechnology.org/2020/05/rs232-serial-communication-protocol.html>
- [3] <https://www.digi.com/support/knowledge-base/rs-422-cabling-pin-outs-for-portserver-ts-and-digi>
- [4] <https://www.nmea.org/Assets/nmea%20collision%20avoidance%20through%20ais.pdf>
- [5] <https://www.iala-aism.org/technical/connectivity/vdes-vhf-data-exchange-system/>
- [6] <https://www.danphone.com/coastal-radio-navtex-ais/gmdss/>
- [7] <https://www.radioholland.com/product/sailor-6110-mini-c-gmdss>
- [8] <https://uplogix.com/docs/local-manager-user-guide/configuration-guides/fleet-broadband-bgan>
- [9] <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.129.3230&rep=rep1&type=pdf>
- [10] <https://www.trianglemicroworks.com/products/scada-data-gateway>
- [11] <https://iec-telecom.com/en/news/vsat-guide-plus-vsats-support-services/>
- [12] https://www.tutorialspoint.com/ipv4/ipv4_summary.htm
- [13] <https://perso.telecom-paristech.fr/hecker/files/ISAKMP.pdf>
- [14] <https://www.iso.org/standard/84398.html>
- [15] <https://actisense.com/news/understanding-nmea-0183-standard/>
- [16] <https://www.svb24.com/en/nmea0183-multiplexer-with-usb-and-wifi-miniplex-3wi.html>
- [17] <https://www.nmea.org/Assets/2000-explained-white-paper.pdf>
- [18] https://it-app.dziv.hr/Slike/Pat_dok/A_opis/20191090_A2.pdf
- [19] <https://actisense.com/onenet-standard/>

KAZALO KRATICA

Najčešće korištene rečenice **NMEA 0183** protokola:

AAM - Waypoint Arrival Alarm

ALM - Almanac data

APA - Auto Pilot A sentence

APB - Auto Pilot B sentence

BOD - Bearing Origin to Destination

BWC - Bearing using Great Circle route

DTM - Datum being used.

GGA - Fix information

GLL - Lat/Lon data

GSA - Overall Satellite data

GSV - Detailed Satellite data

MSK - send control for a beacon receiver

MSS - Beacon receiver status information.

RMA - recommended Loran data

RMB - recommended navigation data for gps

RMC - recommended minimum data for gps

RTE - route message

VTG - Vector track an Speed over the Ground

WCV - Waypoint closure velocity (Velocity Made Good)

WPL - Waypoint information

XTC - cross track error

XTE - measured cross track error

ZTG - Zulu (UTC) time and time to go (to destination)

ZDA - Date and Time

150 - OK to send message

Kratice komunikacijskih mreža

ASM - (Java bytecode manipulation and analysis framework) programski okvir Java formata

IHL - (Internet Header Length); duljina cijelog zaglavlja

DSCP - (Differentiated Services Code Point); kodna točka dif. usluga, vrsta usluge

ECN - (Explicit Congestion Notification); ekslicitna obavijest o zagušenjima na mreži

NMEA - (National Marine Electronics Association) Nacionalno udruženje pomorske elektronike

IP - Internet protokol

TCP - (Transmission Control Protocol) kontrolni protokol predaje

CAN - (Controller Area Network) kontrolirano mrežno područje

CIR - (Committed Information Rates) , dopuštena brzina informacija je zajamčena brzina kojom će Frame Relay mreža prenositi informacije u normalnim uvjetima linije

TTL - (Transistor Transistor Logic) Tranzistorsko logičko kolo

TDM - (Time Division Multiplexing) protokol transport podataka s vremenskom podjelom

Baud rate - Brzina prijenosa podataka

Total Length - (Length of IP Packet); duljina IP paketa, uključujući zaglavlje i poruku

Identification - (IP packet ID); ako se IP paket tijekom prijenosa fragmentira, svi fragmenti sadrže isti identifikacijski broj, kako bi identificirali originalni IP paket kojem pripadaju

Flags - (The network resources flags); Ukoliko je IP paket prevelik za obradu, zastavice označavaju da li se poruka može rastaviti / fragmentirati ili ne.

Version - verzija od of Internet Protokol-a (npr. IPv4).

Protocol - označava mrežni sloj na odredišnom računalu kojem protokolu ovaj paket pripada

Fragment Offset - (This offset in the original IP Packet) ; Pomak fragmenta , označava točan položaj dijele poruke / fragmenta u originalnom IP paketu.

Time to Live - (Avoid looping in the network za izbjegavanje petlje u mreži svaki paket ima neku TTL vrijednost koja govori koliko usmjerivača paket može prijeći. Kod svakog prijelaza njegova TTL vrijednost se smanjuje za jedan, kada dosegne vrijednost nula, paket se odbacuje

Header Checksum - Kontrolni zbroj zaglavlja – za provjeru je li paket primljen bez grešaka.

Source Address - (32-bit address of the Sender); 32-bitna adresa pošiljatelja paketa

Destination Address - (32-bit address of the Receiver) 32-bitna adresa primatelja paketa (ili odredišta paketa).

Options - (Optional field); izborna polje koje se koristi ako je vrijednost IHL-a veća od 5, a može sadržati napomene kao npr. sigurnost, snimi rutu, vremensku oznaku itd.

SNMP- (Simple network management protocol) jedostavan mrežni upravljački protocol.

POPIS SLIKA

Slika 1. Opća konfiguracija broda prikazana je na slici Brodske mreže i sučelja	4
Slika 2. Primjena NMEA 0183, NMEA 2000, DSC, AIS protokola kod brodske komunikacijske mreže.....	5
Slika 3. Spajanje uređaja kod RS 232 protokola.....	7
Slika 4. Grafički prikaz spajanja RS-422 u konfiguraciji dvožilnog spajanja	8
Slika 5. Grafički prikaz spajanja RS-422 u konfiguraciji četverožilnog spajanja.....	8
Slika 6. Primeri spajanja AIS sustava na NMEA komunikacijsku mrežu	10
Slika 7. Prikaz komunikacija putem AIS protokola između brodova	12
Slika 8. Prikaz navigacije uz pomoć AIS uređaja	12
Slika 9. VDES komunikacija između brodova i obalne infrastrukture.....	13
Slika 10. Primjer GMDSS DSC komunikacije primjenom NMEA / DSC protokola	15
Slika 11. Primjer GMDSS VHF DSC komunikacije primjenom DSC protokola	15
Slika 12. Princip rada TDM protokola	16
Slika 13. Satcom Standard C konfiguracija.....	17
Slika 14. Satcom Standard C sa implemetiranim SSAS – anti- piratskim alarmom.....	17
Slika 15. Pozicija i položaj Inmarsat satelita.....	18
Slika 16. Satcom F Stanfard BGAN prikaz komunikacijskih mogućnosti.....	19
Slika 17. Smještaj i putanje Iridium satelita.....	20
Slika 18. Iridium komunikacijska mreža end to end.....	21
Slika 19. Iridium satelit.....	21
Slika 20. SCADA komunikacijski interface.....	22
Slika 21. Pomorska VSAT satelitska komunikacijska mreža	23
Slika 22. Prikaz strukture paketa TCP/IP.....	25
Slika 23. Primjer VDR sustava u komunikacijskoj mreži TCP/IPv4.....	26
Slika 24. Primjena TCP/IPv4 kod komunikacijske mreže na brodu.....	26
Slika 25. GPS Dashboard MAC / GPS Standard Horizon SCU-31	29
Slika 26. DGPS sustav MX 512 Simrad.....	30
Slika 27. Spajanje uređaja NMEA 0183 na mrežu.....	32
Slika 28. NMEA Multiplexer.....	33
Slika 29. Primjer povezivanja uređaja primjenom NMEA 0183.....	34
Slika 30. Primjer brodske komunikacijske mreže s protokolom NMEA 0183.....	35
Slika 31. NMEA 2000 spojnici, konektori.....	38

Slika 32. Naponska zaštita sa regulatorom.....	39
Slika 33. Primjer brodske komunikacijske mreže s protokolom NMEA 2000.....	40
Slika 34. Prikazuje shemu NMEA 2000 mreže zaštitnog sklopa HR P20191090 A2.....	39
Slika 35. Prikazuje shemu zaštitnog sklopa HR P20191090 A2.....	41
Slika 36. OneNet komunikacijska mreža na brodu, diagram povezivanja.....	45
Slika 37. OneNet komunikacijska mreža, instalacija na manjem brodu, jahti.....	45
Slika 38. Moxa Nport 5100 1-port RS-232/422/485 serial device servers.....	46
Slika 39. Moxa NPort 5600.....	47
Slika 40. Uređaji i instrumenti za testiranje NMEA, WENS 700S , AIS QK-A026.....	49
Slika 41. VHF DSC RT-5022 Sailor.....	50
Slika 42. Prikaz pozicije sa GPS antene SCU-31.....	51
Slika 43. Ulazni parametri NMEA mreže bez spojenih prijemnih uređaja.....	52
Slika 42. Izlazni parametri NMEA mreže sa spojenim prijemnim uređajima.....	53
Slika 45. Prikaz pozicije sa GPS antene SCU-31 nakon testiranja.....	54

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz spajanja na kontakte konektora mreže sa RS-422 (EIA-422).....	9
Tablica 2. Prikaz spajanja na komunikacijskog kabela RS 422 (EIA-422).....	9