

# SATELITSKI KOMUNIKACIJSKI SUSTAV IRIDIUM

---

Župić, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Šibenik / Veleučilište u Šibeniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:142205>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-22**

Repository / Repozitorij:

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova  
Veleučilišta u Šibeniku](#)



**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU**  
**ODJEL PROMET**  
**PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ**

**Karlo Župić**

**SATELITSKI KOMUNIKACIJSKI SUSTAV**  
**IRIDIUM**

**Završni rad**

Šibenik, rujan 2022.



**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU**  
**ODJEL PROMET**  
**PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ**

**SATELITSKI KOMUNIKACIJSKI SUSTAV**  
**IRIDIUM**

**Završni rad**

**Kolegij:** Informacijski sustavi u cestovnom prometu

**Mentor:** mr.sc. Danijel Mileta, v. pred.

**Student:** Karlo Župić

**Matični broj studenta:** 1219062733

Šibenik, rujan 2022.

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, Karlo Župić, student Veleučilišta u Šibeniku, JMBAG 1219062733 izjavljujem pod materijalnom i kaznenom odgovornošću i svojim potpisom potvrđujem da je moj završni rad na preddiplomskom stručnom studiju Promet pod naslovom: „Satelitski komunikacijski sustav Iridium“ isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografije.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Šibeniku, 09. 09. 2022.

Karlo Župić

---

## SATELITSKI KOMUNIKACIJSKI SUSTAV

### IRIDIUM

KARLO ŽUPIĆ

kzupic@vus.hr

**Sažetak:** Iridij je vrlo rijedak kemijski element u Zemljinoj kori. Otkrio ga je 1803. Smithson Tennant iz Engleske, a ime je dobio po latinskoj riječi *iris* što znači duga zbog toga što su mu spojevi bili izrazito obojeni. To je tvrdi ali krhki metal, srebrno-bijele boje koji se na zraku može zagrijati i do 2300 °C. U periodnom sustavu se nalazi pod rednim brojem 77, atomske mase 192,217(3) i predstavlja ga simbol Ir. Najotporniji je na koroziju od svih metala i razara ga jedino rastaljena lužina. Upravo je zbog toga satelitski komunikacijski sustav i dobio ime Iridium. Sam sustav je zamišljen tako da ima onoliko satelita koliko kemijski element Iridij ima elektrona. Kako bi se mogla pružiti potpuna globalna pokrivenost, sustav se sastoji od 66 satelita smještenih u šest orbitalnih ravnina na visini od oko 780 km od Zemljine površine. Iridium je najkompleksniji telekomunikacijski sustav koji se od svog začetka i prvog lansiranja 1962. do danas toliko razvijao i poboljšavao da imamo gotovo potpunu globalnu pokrivenost bežične komunikacijske mreže. Global Maritime Distress and Safety System je tehnička, administrativna i operativna konstrukcija za nevolje u pomorstvu i sigurnosne komunikacije po

cijelom svijetu osnovana od strane Međunarodne pomorske organizacije 1988. U ovom radu su detaljno prikazani svi pojmovi vezani za Iridium satelitski i komunikacijski sustav, vrste uređaja u Iridium sustavu te vrste modema i terminala.

**Ključne riječi:** Iridium sustav, GMDSS, Inmarsat

(38 stranica / 17 slika / 24 literaturna navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u digitalnom repozitoriju Knjižnice Veleučilišta u Šibeniku

**Mentor:** mr.sc. Danijel Mileta, v. pred.

Rad je prihvaćen za obranu dana:

Polytechnic of Šibenik

Bachelor/Graduation Thesis

Department of traffic

Professional Undergraduate traffic

## SATELLITE COMMUNICATION SYSTEM

### IRIDIUM

KARLO ŽUPIĆ

[kzupic@vus.hr](mailto:kzupic@vus.hr)

**Summary:** Iridium is a very rare chemical element in the Earth's crust. It was discovered in 1803 by Smithson Tennant from England, and it got its name from the Latin word iris, which means rainbow, because its joints were extremely colored. It is a hard or brittle metal, silver-white in color, which can be heated up to 2300 °C in air. In the periodic table, it is under serial number 77, atomic mass 192,217(3) and is represented by the symbol Ir. It is the most resistant to corrosion of all metals and is destroyed only by molten alkali. This is exactly why the satellite communication system was named Iridium. The system itself is designed to have as many satellites as the chemical element Iridium has electrons. In order to be able to provide complete global coverage, the system consists of 66 satellites located in six orbital planes at a height of about 780 km from the Earth's surface. Iridium is the most complex telecommunications system that has developed and improved so much since its inception and first launch in 1962 that we have almost complete global coverage of the wireless communication network. The Global Maritime Distress and Safety System is a technical, administrative and operational structure for maritime distress and safety communications around the world established by the International



Maritime Organization in 1988. This paper presents in detail all terms related to the Iridium satellite and communication system, the types of devices in Iridium system and types of modems and terminals.

**Keywords:** Iridium system, GMDSS, Inmarsat

(38 pages / 17 figures / 24 references / original in Croatian language)

Thesis deposited in Polytechnic of Šibenik Library digital repository

**Supervisor:** mr.sc. Danijel Mileta, v. pred.

Paper accepted:

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GLOBAL MARITIME DISTRESS AND SAFETY SYSTEM – GMDSS</b> .....	<b>2</b>
<b>3. STRUKTURA IRIDIUM SUSTAVA</b> .....	<b>5</b>
3.1. Iridium sustav .....	5
3.1.1. <i>Svemirski segment</i> .....	6
3.1.2. <i>Zemaljski segment</i> .....	8
3.1.3. <i>Korisnički segment</i> .....	10
<b>4. UREĐAJI U IRIDIUM SUSTAVU</b> .....	<b>12</b>
4.1. LT-3100 Iridium .....	12
4.2. Prijamnik LT-300 GNSS .....	13
4.3. Uređaj LT-500 AHRS .....	14
4.4. Navigacijska referentna jedinica-LT-1000 NRU .....	15
4.5. Sustav-LT-4100 CERTUS 100.....	16
<b>5. PROŠIRENJA IRIDIUM FUNKCIONALNOSTI</b> .....	<b>17</b>
5.1. Very small aperture terminal - VSAT .....	17
5.2. Iridium GO .....	18
<b>6. MOGUĆNOST POBOLJŠANJA IRIDIUM SUSTAVA</b> .....	<b>20</b>
6.1. Iridium Next .....	20
6.2. Iridium Certus sustav .....	21
6.2.1. <i>Iridium Certus modemi</i> .....	22
6.2.1.1. <i>Iridium Certus 9770</i> .....	22
6.2.1.2. <i>Iridium Certus 9810</i> .....	23
6.2.2. <i>Skytrac Iridium Certus terminali i primopredajnici</i> .....	24
<b>7. CJENOVNI ASPEKT IRIDIUM SUSTAVA</b> .....	<b>27</b>
<b>8. ALTERNATIVE</b> .....	<b>28</b>
8.1. Inmarsat .....	28
8.1.1. <i>Inmarsat C</i> .....	29
8.1.2. <i>Inmarsat fleet 77</i> .....	30
8.2. Globalstar.....	31

8.3. Thuraya .....	33
<b>9. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>34</b>
<b>10. LITERATURA .....</b>	<b>35</b>
<b>11. PRILOZI.....</b>	<b>38</b>

# 1. UVOD

Svjetski pomorski sustav za pogibelj i sigurnost (engl. *Global Maritime Distress and Safety System*, GMDSS) je međunarodno dogovoreni skup sigurnosnih postupaka, koji definira vrstu opreme koju je potrebno imati na brodu kao i komunikacijske protokole koji se koriste radi povećanja sigurnosti u olakšavanju spašavanja brodova u nevolji, te opće sigurnosti na moru. Najkompleksniji telekomunikacijski sustav do sada napravljen zove se Iridium.

Začetnik komunikacijskog sustava bio je Alexander Graham Bell koji je razvio prvi telefonski sustav. Prvi komunikacijski satelit lansiran je 1962. godine te je to bio prvi put da se televizija ili telefon emitira satelitom iz Sjeverne Amerike u Europu. Sam Iridium sustav je svoj prvi raspored komunikacijskih satelita lansirao između 1997. i 1998. godine te su tada i sami sateliti stavljeni u funkciju. Iridium je dobio ime zbog kemijskog elementa Iridiji koji ima 77 elektrona u atomu pa je zbog nekih izračuna zamišljeno da sam sustav ima jednako toliko i satelita kako bi se mogla pružiti potpuna globalna pokrivenost. Zbog visokih troškova, originalni Iridium podnosi zahtjev za stečaj samo godinu dana nakon što je ponudio usluge. 2001. godine privatna tvrtka ponovno uspostavlja usluge koje je preimenovala u Iridium Communications. Zbog kratkog roka trajanja, 2016. godine su samo 64 lansirana satelita Iridiuma bila u funkciji. Počeli su otkazivati što je uzrokovalo nedostatke u pokrivenosti i prekide usluga. Tim događajem došlo se do zaključka kako treba dizajnirati sljedeću generaciju komunikacijske satelitske mreže.

## 2. GLOBAL MARITIME DISTRESS AND SAFETY SYSTEM – GMDSS

GMDSS je tehnička, administrativna i operativna struktura za nevolje u pomorstvu i sigurnosne komunikacije po cijelom Svijetu. Osnovala ga je Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization*, IMO) 1988. samim tim što je usvojila izmijenjeni tekst iz poglavlja IV. Međunarodne konvencije o sigurnosti života na moru (SOLAS) iz 1974., koja se bavi radiokomunikacijama, te se počela globalno provoditi između 1992. i 1997. GMDSS uspostavlja radiokomunikaciju koju brodovi trebaju prevoziti, kako se održava, koristi i kako te iste države članice trebaju uspostaviti odgovarajuće obalne sustave za podršku GMDSS komunikacija.<sup>1</sup> Sami sistem se općenito primjenjuje na sve brodove veće od 300 bruto tona i više na međunarodnim putovanjima, ali GMDSS sustavi su podjednako vrijedni i za ostala plovila, uključujući rekreacijska, pa se njegova pravila primjenjuju na nekim ribarskim plovilima nacionalnim zakonodavstvom. Samim time što je poboljšao sposobnost brodova da iskažu svoju nevolju i koordiniranu pomoć s obale, GMDSS je isto tako osigurao emitiranje osnovnih informacija i podataka o pomorskoj sigurnosti (MSI), a mogu se primati automatski na brodovima na moru što im tako nudi sigurnije kretanje.

Bez obzira na veličinu broda, GMDSS je odredio koja je oprema potrebna prema definiranim područjima plovidbe, a to je:

1. A1-područje unutar radio telefonske pokrivenosti barem jedne VHF obalne stanice koja ima u mogućnosti primanje digitalnog selektivnog pozivnog (engl. *Digital Selective Calling*, DSC) upozorenja.
2. A2-područje, izuzev A1 područja mora, unutar pokrivenosti najmanje jedne MF obalne postaje koja omogućuje neprekidno DSC upozoravanje.

---

<sup>1</sup>International Mobile Satellite Organization. The Global Maritime Distress And Safety System [Internet]. London: International Mobile Satellite Organization; 2019. Dostupno na: <https://imso.org/gmdss/>

3. A3-područje, isključujući područja A1 i A2, unutar obuhvata Inmarsatovog geostacionarnog satelita u kojem je dostupno učestalo upozoravanje.
4. A4-područje, izvan A1, A2 i A3 područja, polarnih područja sjevernije od 76° sjeverno i južnije od 76° južno, u budućnosti mogućnost komunikacije preko Iridium sustava.<sup>2</sup>

U stvarnosti to znači da brodovi koji rade jedino na udaljenosti od oko 35 milja od obale mogu imati samo VHF-DSC komunikaciju. Oni koji prelaze ovu udaljenost bi trebali nositi VHF-DSC i MF-DSC opremu, a oni koji djeluju dalje od obale, ali unutar područja satelita Inmarsat, trebaju nositi odobrene Inmarsatove terminale.

Uz osnovnu komunikacijsku opremu, koja je jako potrebna, brodovi moraju imati i opremu za uzbunu u slučaju nevolje. EPIRB (engl. *Emergency Position Indicating Radio Beacon*) se koristi za lociranje položaja i za primanje MSI poruke. EPIRB su male plutače koje mogu početi i automatski plutati u slučaju da dođe do potonuća broda te rade preko satelitskog sustava COSPASSARSAT na 406MHz. Oni mogu automatski upozoriti obalu o nevolji kako bi Centar za koordinaciju i spašavanje (RCC) mogao znati da se brod nalazi na određenom mjestu u nevolji. Ne može se koristiti za dvosmjernu govornu ili podatkovnu komunikaciju.

MSI (engl. *Martime Safety Information*) je emitiranje osnovnih informacija koje se odnose na sigurnost s obale na sve brodove. Obalne vlasti rade na tome da uredе ovaj prijenos na takav način da inteligentni prijemnici mogu razlikovati informacije koje su značajne za određeni brod i druge informacije koje nisu, te automatski odbacuju nepotrebnu informaciju za prijemnik. To zahtijeva da se u softveru primijene određene korisničke mogućnosti da bi oprema znala raditi na takav način.

---

<sup>2</sup>Srednja škola Ambroza Haračića [Internet]. Mali Lošinj: Ivan Bižica; 2011. Osnove GMDSS-a. Dostupno na: <http://www.ss-aharacica-malilosinj.com.hr/wp-content/uploads/2011/11/GMDSS-teorija.pdf>

Postoje dva sustava za primanje MSI-ja, a to su: NAVTEX i SafetyNET.

1. NAVTEX je zemaljski MF sustav, koji se koristi za emitiranje na udaljenosti od oko 450 milja od odašiljača. Emisije se koordiniraju u sadržaju, vremenu i pokrivenosti tako da brodovi mogu dobiti samo određene informacije za vode u kojima djeluju.



**Slika 1.** Navtex sustav

Izvor: <https://marinegyaan.com/what-is-navtex/>

2. SafetyNET je satelitski sustav koji se koristi za emitiranje MSI-ja u svim drugim vodama svijeta, osim u A4 području za sada. Usluga je to koja se trenutno pruža samo preko Inmarsat C sustava. Brodski terminal će automatski odabrati područje u kojem se trenutno nalazi, a brodsko osoblje će imati mogućnost primati i informacije područja prema kojem se oni kreću.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>Žanić Mikuličić J, Kasum J, Jugović A. Distribution of Maritime Safety Information and Improvement Measures for Safety of Navigation. NAŠE MORE. 2018;65:164-8.

## 3. STRUKTURA IRIDIUM SUSTAVA

### 3.1. Iridium sustav

Najkompleksniji telekomunikacijski sustav do sada napravljen zove se Iridium. Po svojim karakteristikama i po principu rada jako je sličan Global staru. Sustav Iridium se sastoji od 66 satelita koji su smješteni u 6 orbitalnih ravnina na visini od oko 780 km od Zemljine površine. Iridium služi kao nadogradnja postojećim zemaljskim mrežama te omogućuje bilo kakvu bežičnu komunikaciju. Zemaljske stanice spajaju javne telefonske mreže s Iridium sustavom pa tako omogućuju vezu sustava i bilo kojeg fiksnog telefona.<sup>4</sup> Sam sustav koristi kombinaciju višestrukog prijenosa signala FDMA / TDMA, a kompletan komandni centar cijelog sustava nalazi se u SAD-u te on vrši kontrolu cijelog sustava dok na Havajima i u Kanadi postoje tri centra koja vrše kontrolu putanje i poziciju satelita.

TDMA (engl. *Time Division Multiple Access*) i FDMA (engl. *Frequency Division Multiple Access*) su pristupne metode komunikacijskim kanalima gdje je oboma zadaća da više korisnika pristupi istom kanalu. Metoda TDMA dijeli pristup komunikacijskom kanalu u vremenske okvire kod kojih je sljedeća podjela na vremenske isječke. U pojedinom vremenskom okviru, samom korisniku je omogućen prijenos podataka unutar alociranog vremenskog isječka. Kada govorimo o metodi FDMA, ona dijeli komunikacijski kanal na nekoliko pod kanala na frekvencijama koje se ne preklapaju te je svakom korisniku

---

<sup>4</sup>Brajnović M. Iridium satelitski sustav [Završni rad]. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet; 2021. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:315941>



raspodijeljen po jedan pod kanal. Kombinacijom TDMA i FDMA metoda dobije zavidno veći kapacitet korisnika.<sup>5</sup>

Kako bi se osigurao besprijekoran rad i točnost sustava, globalni, komunikacijski i satelitski sustav Iridium je podijeljen u tri različita segmenta koji međusobno rade i komuniciraju. Prvi segment se sastoji od mreže satelita u nižoj Zemljinoj orbiti, a zove se svemirski segment. Zemaljski segment se sastoji od kontrolnih centara i mreže stanica na Zemlji koji primaju i šalju signale te je on tako drugi segment. Posljednji segment, ali ne manje bitan je korisnički segment koji se sastoji od Iridiumovog terminala Lars Thane (LT-3100S).

### ***3.1.1. Svemirski segment***

Ukupno 75 satelita čine svemirski segment od kojih je 66 aktivnih i ostalih 9 pričuvnih. U šest orbitalnih ravnina raspoređeni su aktivni sateliti te se tako u svakoj orbitalnoj ravnini nalazi po 11 satelita. Za same satelite je iznimno važno nabrojati njihove karakteristike i komponente koje se dijele na unutarnje i vanjske.<sup>6</sup>

Karakteristike satelita:

1. Visina u orbiti: 781 kilometara (LEO)
2. Inklinacija: 86.4°
3. Očekivan vijek trajanja 12.5 do 15 godina
4. Težina satelita: 860 kg

---

<sup>5</sup>Juršić K. Infrastrukturni zahtjevi na mobilne mreže uslijed velikog broja korisnika mrežnih igara na mobilnim uređajima [Završni rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2017. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:090121>

<sup>6</sup>Zrinjski M, Barković Đ, Matika Z. Razvoj i modernizacija GNSS-a. Geod list. 2019;1:45-65.

5. Dimenzije satelita: 3.1 m x 2.4 m x 1.5 m (duljina x širina x visina)
6. Duljina solarnih panela: 9.4 m
7. Snaga solarnih panela: 2200 W

Unutarnje komponente:

1. Primarni sustav za određivanje položaja satelita stvoren od Selex Galileo (AA-STR Star Tracker sustav).
2. Kako bi što više sunca došlo do panela koriste se reakcijski kotači i zakretni momenti kojima se postiže stabilizacija i precizno okretanje.
3. Računalo koje osigurava kontrolu nad svim podsustavima satelitske platforme i zapovijeda operacijama korisničkog opterećenja zove se LEON3 te se koristi u svemirskim aplikacijama, a ugrađeno je oko mikroprocesora.
4. Time-Division Duplex (TDD) koji služi za komunikaciju s korisnicima, te ovisno o potražnji, omogućuje dinamičko podešavanje vremenskih utora.
5. Žiroskopi koji mjere rotaciju satelita te ga održavaju stabilnim.
6. Li-on baterije za spremanje energije.
7. Povezuje sve sustave s računalom i spajanje s komunikacijskim sustavom.

Vanjske komponente:

1. Antena koja pruža korisnicima brzinu podataka do 128 kbit/s za mobilne terminale, 1,5 Mbit/s za brodske terminale Iridium Pilot (L-pojas), te brza usluga Ka opsega do 8 Mbit/s za fiksne/prijenosne terminale.
2. Za povezivanje svakog satelita sa susjednim svemirskom letjelicom ispred i iza orbitalne ravnine, te za povezivanje s dva satelita u susjednim poljima mreže zbog usmjeravanja podataka na njihovo odredište koriste se dvije antene koje povezuju satelit i Zemlju u rasponu 20 do 30 GHz i četiri antene koje šalju signale u rasponu 23.18 do 23-38 GHz.
3. Sistem koji korisnicima pruža konstantnu, realnu i globalnu pokrivenost te omogućava pouzdano praćenje lokacije plovila zove se AIS (engl. *Automatic Identification System*).

4. Svjetlosni detektori koji mjere kut između svoje pozicije i sunčeve svjetlosti te tako pomažu uperiti satelit prema Zemlji zovu se sunčani senzori.
5. Infracrveni senzori koji mjere razliku temperature svemira i Zemlje te pomažu satelitu da uvijek bude okrenut prema Zemlji su senzori za Zemlju.
6. ADS-B prijemnik podataka, služi za pomoć globalnog nadziranja zračnog prometa u realnom vremenu.
7. Komplet senzora lagane težine koji služe zbog dobivanja podataka za nadzor okoliša i klimatske znanosti (GEOscan).
8. Potisnici koji služe kao pomoć u kontroli položaja sigurnim načinom rada te za podešavanje orbite i održavanje sustava.

### ***3.1.2. Zemaljski segment***

Kada govorimo o zemaljskom segmentu važno je napomenuti da se on sastoji od operativnog centra za satelitsku mrežu (SNOC), zemaljskih stanica i centra za tehničku podršku (TSC), a oni zajedno čine Iridium zemaljsku infrastrukturu te su optičkim i satelitskim širokopojasnim naprednim mrežama međusobno povezani. Živčano središte Iridiumove svemirske i zemaljske mreže naziva se Satellite Network Operating Center (SNOC).

SNOC se sastoji od Multiprotocol Label Switching (MLS) tehnologije i izvan pojasnih satelitskih veza te usmjerava i prenosi podatke na udaljene antene i sva ostala zemaljska mjesta, a sve skupa čini zemaljski optički sustav kojem centar omogućuje nadzor i kontrolu neprestano nad svim mrežnim elementima pa tako i satelitima, zemljanim stanicama i međusobnim vezama.

Odredište glasovnog i podatkovnog prometa putem satelita, koji pruža veze u Public Switched Telephone Network (PSTN) i s internetskim oblakom zove se Gateway. Vrlo osjetljiv sustav alarma i obavijesti preko izravne veze stalno nadgledaju mrežni operatori i inženjeri.

Njihove lokacije su: Tempe, Arizona (SAD), Fairbanks, Alaska (SAD), Svalbard (Norveška) i Punta Arenas (Čile).

Stanice koje usmjeravaju satelitske informacije o zdravlju i sigurnosti u SNOC te šalju korektivne radnje iz SNOC-a prema satelitima zovu se TTAC (Tracking, Telemetry and Control). Iznimno je važno što daju precizne vremenske signale, a uz to za povećanje vidljivosti i upravljanja svemirskim segmentom imaju Iridium antene koje služe za praćenje i prijem podataka.<sup>7</sup> Inženjerima i tehničkim osobljem s velikim znanjem svih aspekata Iridium mreže upravljan je Technical Support Center (TSC). Ovaj tim pruža testiranje integracije sustava, mrežnih sustava i podsustava, nadgledanje usluga i analizu performansi, sustav reakcije i razlučivosti anomalija, razvoj softvera za satelite i zemaljsku infrastrukturu, te služi kao podrška službenih Iridium proizvoda.

Da bi se osigurao kontinuirani rad, u slučaju bilo kakvih kvarova podsustava ili anomalije, infrastruktura pruža sljedeće opsežne sigurnosne sustave:

1. Rezervni kopneni zapovjedni centar s redundantnom funkcionalnošću.
2. U slučaju kvara na komercijalno opskrbljenoj energiji sve zemaljske stanice imaju neprekidno napajanje koje održava napajanje kritičnim sustavima.
3. Kako bi se smanjio rizik od prestanka rada bilo kojeg pružatelja zemaljske mreže postoje nekoliko čvorova optike na više PSTN i internetskih operatera.
4. Raspored za ispitivanje svih objekta, softvera, opreme i elektroenergetskih sustava.

---

<sup>7</sup>Ružić M. IRIDUM sustav [Završni rad]. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet; 2019. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:822949>

### **3.1.3. Korisnički segment**

Početak 2020. za Iridium je počeo glavni dio korisničkog segmenta pod nazivom Lars-Thrane 3100S terminal. Vršanje svih potrebnih zadataka za GMDSS i satelitska komunikacija kao i ostale vrste komunikacija, glavne su mu funkcije.

Lars-Thrane 3100S je prvi Iridium terminal dizajniran za pružanje globalnih GMDSS usluga i prvi je ponuđen nakon odluke IMO-a da prizna Iridium kao drugi satelitski sustav koji će biti pružatelj ove usluge. Uređaj je to koji će zadovoljiti nove regulacije SOLAS konvencije, a također će poslužiti kao primarni ili sekundarni komunikacijski sustav. Ovaj mali i kompaktni terminal, sa svojim sve u jednom dizajnom, će osim GMDSS usluga pružati glasovne, SMS i podatkovne usluge s ugrađenim GNSS/GPS prijemnikom za razliku od konkurentne alternative. Isto tako, ovaj multi servisni terminal podržava Ship Security Alert System (SSAS), Anti Piracy/Citadel Communications i Long Range Identification and Tracking (LRIT).

Ovaj uređaj pruža GMDSS usluge kao što su Distress Alert, Safety Voice i Maritime Safety Information (MSI). LT-3100S zadovoljava sve standarde potrebne za međunarodnu pomorsku satelitsku komunikaciju te je dizajniran za sva plovila pod regulacijom IMO-a. Nije više potrebno imati printer terminal, no upravljačka jedinica pruža mogućnost spajanja pomoću printer adaptera. Dizajniran je za zahtjevna i gruba okruženja rada na moru s radnim temperaturama u rasponu od -40°C do +55°C, a ima podatkovne i glasovne mogućnosti sa 100% globalnom pokrivenosti.

Glavni dijelovi ovog uređaja su:

1. upravljačka jedinica (LT-3110S),
2. antena (LT-3130),
3. telefonska slušalica (LT-3120)
4. alarmni panel.

Upravljačka jedinica podržava sva vanjska sučelja kao i operativno korisničko sučelje te je dizajnirana za unutrašnju instalaciju. Pomoću upravljačke jedinice LT-3110S upravlja se sustavom LT-3100S i glavno je sučelje za rad i konfiguriranje sustava. Ona ima 4,3 inčni TFT-LCS zaslon, koji podržava dnevni i noćni način rada. Da bi mogla proslijediti podatke do upravljačke jedinice mora biti spojena s koaksijalnim kabelom, dizajnirana je antena za vanjsku instalaciju. Slobodu pri pronalaženju najbolje pozicije za montiranje omogućuje dužina tog kabela koji može biti do 500 metara dužine.

Antena mora biti montirana na poziciji tako da ima čisti pregled prema položajima Iridium satelita i mora biti barem 1 metar udaljena od radio odašiljačkih antena. Kako bi se izbjegle njegove smetnje, antena mora biti montirana izvan dosega zrake radara.

Za glasovni razgovor, primarni uređaj je telefonska slušalica koja je spojena na upravljačku jedinicu putem 5-pinskog konektora, a spiralni kabel pričvršćen je na slušalicu namota od približno 0,4 metara. Ista ta spiralna vrpca kabela se može razvući najviše do 2 metra. Ovakva vrsta slušalice daje mogućnost kontrole povećanja i smanjenja glasnoće zvučnika visokih performansi te zasebno zvonjenje.

## 4. UREĐAJI U IRIDIUM SUSTAVU

### 4.1. LT-3100 Iridium

Ovaj uređaj je satelitski i komunikacijski uređaj tvrtke Lars Thrane A/S te je dizajniran za profesionalno tržište, a pri tomu se misli da je namijenjen za ribolov ili duboka mora. Uređaj sam po sebi zadovoljava sve zahtjeve kao i propisane standarde za certifikaciju potrebnu za svjetsku pomorsku satelitsku i komunikacijsku opremu. Koristi se na plovilima kao primarni satelitski i komunikacijski uređaj, a služi za pozivanje posade te kao pomoćni satelitski i komunikacijski proizvod. Također, sustav LT - 3100 Iridium šalje glasovne i SMS podatke za praćenje vozila uz pristupačnu cijenu emitiranja te ga to čini vrlo dobrim uređajem za satelitsku komunikaciju na bilo kojem plovilu. Sam sustav je također jako jednostavan za instalaciju te kao takav ne zahtijeva godišnji servis. Pomoću ugradbenog nosača, instalirana je upravljačka jedinica, a pomoću kutnog nosača se može ugraditi antenska jedinica.<sup>8</sup>



**Slika 2.** LT-3100 Iridium uređaj

Izvor: <https://www.radioholland.com/product/lars-thrane-lt-3100-iridium/>

---

<sup>8</sup>Iridium, LT-3100 Satellite Communications System [Internet]. McLean: Iridium; 2021. Dostupno na: <https://www.iridium.com/products/lt-3100/>

## 4.2. Prijamnik LT-300 GNSS

LT-300 GNSS je prijamnik koji osigurava točnost položaja većeg od 2 metra te šalje navigacijske podatke kao što su datum i vrijeme, magnetske varijance, kurs nad Zemljom, položaj, brzina na tlu te tako plovilu omogućuje sigurnu i učinkovitu navigaciju. Prijamnik se velikom lakoćom može montirati na krovni nosač sa samo jednim kabelom koji sam po sebi podržava NMEA 1083, NMEA 2000 i napajanje. Dostupan je također i vanjski softver za održavanje, servisiranje i instalaciju.<sup>9</sup>



**Slika 3.** LT-300 GNSS prijamnik

Izvor: <https://locomarine.hr/thrane/lt-300-gnss-gnss-prijemnik/>

---

<sup>9</sup>Locomarine, LT-300 GNSS: GNSS prijamnik [Internet]. Zadar: Thrane; 2021. Dostupno na: <https://locomarine.hr/thrane/lt-300-gnss-gnss-prijemnik/>



### 4.3. Uređaj LT-500 AHRS

Ovaj uređaj je napredna mala i kompaktna jedinica sa 11 jako preciznih senzora. Za proizvodnju je također zaslužna tvrtka Lars Thrane A/S čija je jedinica napravljena za navigaciju u pomorskom prometu. Kako ova jedinica koristi senzorske fuzije i Kalmanovo filtriranje tako korisniku daje pravi smjer, kotrljanje, nagib, tlak zraka i temperaturu u stvarnom vremenu s iznimno jakom rezolucijom.<sup>10</sup>



**Slika 4.** LT – 500 AHRS uređaj

Izvor: <https://thrane.eu/lt-500-ahrs-electronic-compass/>

---

<sup>10</sup>Thrane, LT-500 AHRS [Internet]. Holte: Thrane; 2021. Dostupno na: <https://thrane.eu/lt-500-ahrs-electronic-compass/>

#### 4.4. Navigacijska referentna jedinica-LT-1000 NRU

LT-1000 NRU je navigacijska referentna jedinica koja predstavlja pomorski senzor smjera na kojeg je ugrađen GNSS/GPS prijamnik tvrtke Lars Thrane A/S. Ovo je također napredna jedinica koja se sastoji od 12 preciznih senzora kao što su žiroskopi, akceleratori, barometri, itd. Sama jedinica uključuje i napredne tehnologije kao što su Kalmanovo filtriranje, izračun magnetske varijance na temelju Svjetskog magnetskog modela (WMN), kompenzacija tvrdog i mekog željeza, GPS, GPS i GLONASS ili GPS i Bei Don, EGNOS, WAAS.<sup>11</sup>



**Slika 5.** LT-1000 NRU navigacijska referentna jedinica

Izvor: <https://thrane.eu/lt-1000-nru-electronic-compass/>

---

<sup>11</sup>Mackay, LT-1000 NRU GNSS/ GPS [Internet]. Holte: Thrane; 2021. Dostupno na: <https://www.mackaycomm.com/products/navigation/gps/lars-thrane-lt-1000-nru-gnss-gps/>

#### 4.5. Sustav-LT-4100 CERTUS 100

Ovaj sustav sastoji se od postolja, slušalice te antenske i kontrolne jedinice. Povezanost upravljačke jedinice i antenske jedinice može se dogoditi korištenjem standardnog koaksijalnog kabela te se njime može postići do 500 metara razmaka između samih jedinica, a to je jako dobro jer se antenske jedinice mogu postaviti na najbolje mjesto sa slobodnim vidnim poljem za satelite. Mreža Iridium osigurava globalnu pokrivenost, a sam sustav LT-4100 ima jako dobre i kvalitetne glasovne i podatkovne mogućnosti.<sup>12</sup>



**Slika 6.** LT-4100 CERTUS 100

Izvor: <https://www.bluesat.com/lars-thrane-lt-4100-satellite-communications-system.html>

---

<sup>12</sup>Thrane, LT-4100 Satellite Communications System [Internet]. Holte: Thrane; 2021. Dostupno na: <https://thrane.eu/lt-4100-iridium-certus-100/>

## 5. PROŠIRENJA IRIDIUM FUNKCIONALNOSTI

### 5.1. Very small aperture terminal - VSAT

VSAT (engl. *Very Small Aperture Terminal*) je satelitski podatkovni i komunikacijski poslužitelj koji gotovo da ima globalnu pokrivenost. Poseban je samim time što nije ograničen udaljenošću drugih objekata na moru. To je jedan od primarnih komunikacijskih sustava s vanjskim svijetom. Sam sustav pruža brodu mogućnost primanja i slanja bitnih informacija 24 sata na dan. Neke od tih informacija su točne trenutne pozicije broda koje se mogu odrediti korištenjem minimalno dvije zemaljske stanice, te tako brod može locirati i u 1 cm.

VSAT sustav koristi C-pojas, širina frekvencijskog pojasa od 4 do 6 GHz, što mu daje trajni full duplex podatkovni kanal sa 128 kbit/s ili 256 kbit/s koji koristi zakupljene linije na kopnu. Svi manji parabolični satelitski terminali od 3,8 m mogli bi se nazvati VSAT-om, ali VSAT izraz se točnije odnosi na prijemne i odašiljačke satelitske terminale koji se koriste za dvosmjerni podatkovni i glasovni promet, poput telefona i interneta. Sama usluga se obično naplaćuje po mjesečnom ugovoru, a nikako po minuti ili megabajtu poput spomenute Inmarsat usluge.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup>Investopedia [Internet]. New York: Jake Frankenfield; 2021. Very Small Aperture Terminal (VSAT). Dostupno na: <https://www.investopedia.com/terms/v/vsat.asp>



**Slika 7.** Prikaz VSAT sustava

Izvor: <https://www.lyntia.com/en/services/vsat/>

Najčešći korišteni uređaj za tu uslugu je KVH TracPhone mini VSAT koji pruža skoro potpunu globalnu pokrivenost, a kada je kompatibilan s Iridium Pilot uređajem ima stvarnu globalnu pokrivenost. To znači da uključuje i sjeverno polarno područje plovidbe. Korisnici tog sustava mogu neometano komunicirati brzinom interneta do 2 Mbps, te pouzdanim e-mail i telefonskim uslugama. Kada su uparena oba uređaja, mreža najčešće bira usluge KVH TracPhone. Ako iz nekog razloga ta usluga prestane biti dostupna, palubna LAN i Wi-Fi mreža se prebacuju na Iridiumove usluge.

## **5.2. Iridium GO**

Globalni satelitski komunikacijski uređaj koji djeluje kao mobilni toranj džepne veličine zove se Iridium GO. Kako bi se korisnicima omogućila glasovna i podatkovna povezanost diljem svijeta na kopnu ili na moru, ovaj uređaj je idealno globalno, satelitsko i komunikacijsko rješenje. Njime se možemo spojiti na bilo koji pametni telefon i pretvoriti ga u ručni satelit. Mali je to uređaj koji se povezuje na Iridium mrežu te time korisnicima omogućuje slanje i primanje tekstualnih poruka i GPS podataka o lokaciji bilo gdje na Zemlji. Nakon povezivanja sa satelitom, može se koristiti kao uređaj za postavljanje WiFi pristupne točke u neposrednoj

blizini. Svaki uređaj u krugu od sto metara može se spojiti na ovu žarišnu točku i pristupiti World Wide Webu. Isto tako može podržati maksimalno pet istodobnih uređaja, a samim korisnicima omogućuje glasovne pozive, dijeljenje datoteka, korištenje usluga GPS praćenja, a poznato je kako i podržava SOS upozorenja.<sup>14</sup>



**Slika 8.** Iridium GO uređaj

Izvor: <https://www.iridium.com/products/iridium-go>

---

<sup>14</sup>Catamaran Freedom, Iridium GO! [Internet]. Stockholm: Catamaran Freedom; 2022. Dostupno na: <https://www.catamaranfreedom.com/iridium-go-do-i-really-need-it-and-cheap-alternatives/>

## 6. MOGUĆNOST POBOLJŠANJA IRIDIUM SUSTAVA

### 6.1. Iridium Next

Mogućnost poboljšanja Iridium satelitskog i komunikacijskog sustava 2017. je bio u fazi nadogradnje. Naziv za nadogradnju je bio Iridium Next, a za novu operativnu platformu Iridium Certus. Nova vremena traže i nove servise kao i nove brzine pa tako do Iridium Next sustava dolazi zbog toga što je sam Iridium satelitski i komunikacijski sustav zastario. 14.siječnja 2017. lansirano je prvih 10 satelita u seriji koji svoju funkciju preuzimaju 11. ožujka iste godine. Taj događaj je bio znak početka realizacije samog projekta. Francusko-talijanska kompanija (Thales Alenia Space) je tako kroz nekoliko mjeseci lansirala 10 novih satelita. Također, Iridium Next ima i novi model, a riječ je o tome da su sateliti međusobno "linkani" sa 4 susjedna satelita (2 u istoj orbiti i po 1 u susjednim orbitama). Da bi sama veza bila u svakom slučaju pouzdana, tim uratkom su omogućili stvaranje svojevrsne mreže i usmjeravanje prometa. Tako sustav funkcionira i onda kada stanice za kontrolu neko određeno vrijeme postanu nefunkcionalne. U slučaju bilo kakvih katastrofa ta kombinacija omogućuje kvalitetno zemaljsko komuniciranje bez ikakvih problema. Sustav Iridium Next, također, ima i petnaest pričuvnih satelita od kojih su šest u orbiti i devet na Zemlji.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup>Space Flight 101, Iridium NEXT [Internet]. Triptis: Space Flight 101; 2021. Dostupno na: <https://spaceflight101.com/spacecraft/iridium-next/>



**Slika 9.** Iridium NEXT satelit

Izvor: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/iridium-next#iridium-next-hosting-payloads-on-a-communications-constellation>

## **6.2. Iridium Certus sustav**

Kada govorimo o unapređenju Iridium satelitskog i komunikacijskog sustava sigurno je važno napomenuti i novu operativnu platformu koja se zove Iridium Certus. Globalna je to širokopojasna satelitska usluga koja je sama po sebi sposobna za propusnost do 704 Kbps u kopnenim, pomorskim i zračnim mobilnim aplikacijama. Ista ta satelitska usluga nudi najbrže dostupne brzine L-pojasa, a one imaju široke raspone klasa usluge za razne proračune i potrebe kupaca. U teškim vremenskim uvjetima, blizina ovog satelitskog i komunikacijskog sustava omogućuje jako dobru povezanost, a Iridium Certus je jedinstven jer obuhvaća cjelokupnu Zemljinu površinu. Upravo ova usluga klasificira satelitski položaj kao nisku Zemljinu orbitu (LEO).<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup>Iridium, Iridium Certus® 100 [Internet]. McLean: Iridium; 2021. Dostupno na: <https://www.iridium.com/services/iridium-certus-100/>



### 6.2.1. Iridium Certus modemi

Srednje pojasni Iridium Certus 9770 i širokopoljasni Iridium Certus 9810 su trenutno jedina dva dostupna Iridium Certus modema. Zrakoplove s posadom i bez posade može uključivati srednje pojasni Iridium Certus modem koji pruža 22 Kbps propusnosti iz sredstva i 88 Kbps za sredstvo. 352 Kbps propusnosti za sredstvo i 704 Kbps propusnosti od sredstva može pružiti modem Iridium Certus 9810. Prije je Iridium mogao isporučiti samo 2,4 Kbps putem modema Iridium 9523N, ali to se s lansiranjem Iridium NEXT promijenilo pa su operateri sada u mogućnosti iskoristiti duboki skok u propusnosti povezivanja.

#### 6.2.1.1. Iridium Certus 9770

Iridium Certus 9770 prenosi IP podatke više od 35 puta brže od starijih modela istog sustava. Jako je malen i mobilan, te u isto vrijeme može podržavati dvije visokokvalitetne glasovne linije. Sve zajedno je povezano pomoću Iridiumove globalne L-pojasne mreže.



**Slika 10.** Iridium Certus 9770 modem

Izvor: <https://www.iridium.com/products/iridium-certus-9770/>

Ovaj modem proširuje doseg satelitskih usluga na nova i bolja tržišta u rasponu od bespilotnih i autonomnih dronova do novih osobnih komunikatora i daljinski raspoređenih IoT uređaja te je ovo prvi srednje pojasni modul takve vrste. Model pruža nisku latenciju otpornu na vremenske uvjete, a kao predmet povezivanja koristi jedinstvenu nisku Zemljinu orbitu koju čine 66 unakrsno povezana satelita.<sup>17</sup> Glavne specifikacije su mu raspon frekvencija od 1616 MHz do 1626.5 MHz, dok brzinu podataka prenosi do 22 Kbps, a prima do 88 Kbps.

#### **6.2.1.2. Iridium Certus 9810**

Ovaj modem pruža više brzina prijenosa podataka. Za razliku od Iridium Certus 9770 modema, pruža tri visoko kvalitetna glasovna poziva te je unaprijeđen za najbrže L-pojasne brzine. Nadograđen je s Broadband Application Electronics (BAE), antenom (BAA) i odgovarajućim pojačalima. Dizajniran je za podršku brzim i pouzdanim uslugama L-pojasa i potpomognut neusporedivom kvalitetom mreže, a omogućuje i isporuku isplativih satelitskih glasovnih i podatkovnih usluga putem manjih, lakših i bržih korisničkih terminala.<sup>18</sup> Kod ovog uređaja je brzina prijenosa podataka puno brža tako da on prenosi do 352 Kbps, a prima do 704 Kbps. Raspon frekvencije mu je od 1616 MHz do 1626 MHz.

---

<sup>17</sup>Iridium, Iridium Certus™ 9770 [Internet]. McLean: Iridium; 2021. Dostupno na: <https://www.iridium.com/products/iridium-certus-9770/>

<sup>18</sup>Iridium, Iridium Certus™ 9810 [Internet]. McLean: Iridium; 2021. Dostupno na: <https://www.iridium.com/products/iridium-certus-9810/>



**Slika 11.** Iridium Certus 9810 modem

Izvor: <https://www.europasatellite.com/iridium-certus-9810-transceiver.htm>

### **6.2.2. Skytrac Iridium Certus terminali i primopredajnici**

IMS-350™ je Skytrac-ov vodeći terminal koji pruža podatkovnu vezu, male je snage te ima prilagođene mogućnosti za industrije koje traže pouzdane i provjerene globalne komunikacije. Neke od njegovih dodatnih mogućnosti su: globalna pokrivenost s 99,9 % pouzdanosti u radu, pametno usmjeravanje podataka, ima moćne mogućnosti prikupljanja podataka za povećanu funkcionalnost i dokazane performanse u svim segmentima zrakoplovstva.



**Slika 12.** IMS-350™ je SKYTRAC-ov terminal

Izvor: <https://www.skytrac.ca/resources/magazine/skytrac-enters-unmanned-aviation-segment-with-innovative-integrated-mission-system-ims-350-satcom-terminal/>

Skytrac-ov DLS-100 je srednje pojasni primopredajnik te kao takav omogućuje naredbu i kontrolu u stvarnom vremenu, GPS povezivanje za bespilotne zrakoplovne sustave i prijenos telemetrije. Njegove dodatne mogućnosti su: globalna pokrivenost s 99,9 % pouzdanosti u radu, omogućava bezbrižan let u svim vremenskim uvjetima, ima GPS vezu za povećanu funkcionalnost i dokazane performanse.



**Slika 13.** DLS-100 primopredajnik

Izvor: <https://www.iridium.com/products/skytrac-dls-100-data-link-for-uavs-iridium-certus/>

SDL-350 je vodeći satelitski primopredajnik tvrtke Skytrac. Ugrađeni poslužitelj koristi jedinu svjetsku satelitsku mrežu od pola do pola. Time operaterima omogućuje 99,9% globalnog vremena neprekidnog rada, obavljanje operacija kritičnih za misiju u off shore naftnoj i plinskoj industriji, poslovnom zrakoplovstvu, znanstvenim istraživanjima, vojnim i zračnim prijevoznicima kao i kada misija postane teška. Mogućnosti terminala su: povećana funkcionalnost za sve segmente zrakoplovstva, ugrađeni Wi-Fi, obavještajno izviđanje, live video streaming.



**Slika 14.** SDL-350 primopredajnik

Izvor: <https://www.iridium.com/products/skytrac-sdl-350/>

ISAT-200A-08™ je terminal za prikupljanje podataka i satelitsku komunikaciju. Jedna od njegovih mogućnosti je poboljšanje brzine obrade podataka. U usporedbi s uskopojasnim alternativama, postavljen je da omogući sljedeću generaciju stop-to-pole povezanost, elektroničku automatizaciju letačke torbe, ugrađeni Wi-Fi i grafičku vremensku prognozu u stvarnom vremenu.



**Slika 15.** ISAT-200A-08™ primopredajnik

Izvor: <https://www.skytrac.ca/products/midband-aircraft-satcom/isat200a-series8/>

## 7. CJENOVNI ASPEKT IRIDIUM SUSTAVA

Oprema i materijali, neki su od čimbenika koji korigiraju cijenu satelita te se koriste za njihovu izradu. Minimalna cijena širine pojasa po MHz iznosi oko 3500 USD mjesečno, a samo transponderi za održavanje koštaju stotine tisuća dolara godišnje. Trošak postavljanja jednog satelita u orbitu je drugi čimbenik koji pridonosi trošku povezanom sa satelitima. Procjene su da jedno lansiranje satelita košta od oko 50 milijuna dolara do najviše 400 milijuna dolara. Također, u cijenu satelita treba uzeti u obzir i njihovo održavanje. Dodatna radna snaga je potrebna za spuštanje jednog od satelita u orbitu koja se mora nadzirati iz zemaljskog objekta što dodatno utječe na cijenu. Veliki utjecaj ima i činjenica da sami sateliti nisu otporni na oštećenja ni kvarove.

Danas su cijene Iridium uređaja oko 3500\$, kada govorimo o Iridium LT-3100 uređaju dok je cijena Iridium LT-300 GNSS prijamnika približno 250\$. Nešto kvalitetniji uređaji su Iridium LT-500 AHRS uređaj i Iridium navigacijska referentna jedinica LT-1000 NRU. Njihova cijena iznosi oko 1000\$.

Najkvalitetniji među spomenutim sustavima je Iridium sustav LT-4100 Certus, a njegova cijena iznosi oko 4000\$.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup>Polaris electronics, LT-4100 Certus™ [Internet]. Santa Margarita: Polaris electronics; 2021. Dostupno na: <https://www.polaris-usa.com/thrane>

## 8. ALTERNATIVE

### 8.1. Inmarsat

Inmarsat sustav se dijeli u tri cjeline:

1. Svemirski dio (sateliti)
2. Zemaljski dio (obalne stanice)
3. Korisnički dio (mobilne brodske stanice)

Svemirski dio sustava posjeduje i upravlja s 13 satelita u geostacionarnoj orbiti 35,766 km iznad Zemlje. Sami sateliti se sastoje od Inmarsat-4 (I-4) generacije satelita za koju se očekivalo da će podržavati Inmarsatove usluge još tijekom 2020. godine. I-4 sateliti su poznati po tome što su stvorili prvu globalnu 3G mobilnu mrežu, a trenutno još uvijek pružaju usluge u L-band području za FleetBroadband uređaje. Prva tri satelita Inmarsata-4 lansirana su u geostacionarnu orbitu u razdoblju od 2005. do 2008. dok je u 2013. lansiran novi dodatni satelit nazvan Alphasat s ciljem da dopune područje koje se proteže preko Europe, Bliskog Istoka i Afrike. Samim time omogućuju lakši pristup L-band frekvencijskom području i povećanju mobilnih komunikacija.

Inmarsat, također, ima u Zemljinoj orbiti svoju najnoviju generaciju satelita, Inmarsat-5 (I-5). Ista ta peta generacija satelita radi u Ka-band području od 26.5 do 40GHz. To im omogućuje veću propusnost komunikacije. Sami sateliti proizvedeni su od strane američkog proizvođača Boeing, a prva tri satelita su lansirana u razdoblju 2013. i 2015., pa je sama komercijalna upotreba započela krajem 2015. Četvrti satelit je lansiran 2017. kako bi se povećao kapacitet zbog sve veće potražnje, dok se peti satelit planirao lansirati 2019.godine.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup>Pavela D. Izvještanje u brodova u plovidbi [Završni rad]. Zadar: Sveučilište u Zadru; 2017. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:162:227660>

### 8.1.1. Inmarsat C

Inmarsat C sustav je započeo s radom 1991. godine kao dopuna tadašnjem Inmarsatu A. Sam sustav pruža jeftinu komunikaciju bilo gdje na svijetu te je u skladu s GMDSS uvjetima. Sustav je to koji nema mogućnost glasovne komunikacije, ali pruža usluge slanja i primanja tekstualnih poruka i prijenosa podataka. On omogućuje prijenos bilo kakve informacije koja se može pretvoriti u digitalni format poput digitalne slike, videa, te raznih podataka. Inmarsat C je dvosmjerni komunikacijski sustav za pohranu i prosljeđivanje poruka u paketima podataka u smjeru brod-obala, obala-brod i brod-brod. Sastoji se od antene koja zrači u svim smjerovima jednoliko, kompaktnog je primopredajnika, jedinice za razmjenu poruka. Ako je GMDSS usklađen s funkcijom nevolje, postojećim namjenskim gumbom kojim se aktivira daje upozorenje o nesreći ili nevolji. Inmarsat sustav porukama dodjeljuje prioritet 3. Taj se prioritet smije koristiti samo za:<sup>21</sup>

1. Pozive zbog pogibelji putem telefona ili telexa (MAY DAY)
2. Pozivanje putem telexa ili telefona kad brodu prijete neposredna opasnost, tj. mogućnost nastanka nesreće.

Inmarsat Mini C terminali najmanji su dostupni modeli ovog uređaja. Neki od tih uređaja sadrže antenu i primopredajnik u istom iznad palube, te ovisno o modelu podržavaju iste komunikacijske usluge kao i Inmarsat C terminali. Sami uređaji omogućuju prijenos MSI i Search and Rescue (SAR) informacija preko SafetyNET sustava.

---

<sup>21</sup>Inmarsat. Inmarsat C [Internet]. London: Inmarsat; 2019. Dostupno na: <https://www.inmarsat.com/services/safety/inmarsat-c/>





**Slika 16.** Inmarsat C sustav

Izvor: <https://hmstelcom.com/services/inmarsat-2/safety/inmarsatc/>

U cilju zaštite posade i plovila, moderni terminali uključuju integrirani prijemnik Globalne Navigacijske Satelitske Usluge (GNSS), te on omogućuje automatsko ažuriranje položaja terminala i izvještavanje kada se pokrene upozorenje o nevolji ili nesreći. Podaci o položaju, kursu i brzini broda prenose se preko odrađenih aplikacija za izvještavanje.

### **8.1.2. Inmarsat fleet 77**

Inmarsat Fleet 77 je jedini Inmarsatov uređaj koji je u skladu s GMDSS pravilima trenutno, te spada pod njegovu FleetBroadband grupu. Sam sustav pruža glasovnu komunikaciju i izbor mobilnog ISDN-a do 64kbps ili stalno dostupne Mobile Packet Data Services (MPDS) za ekonomičniju i globalnu komunikaciju. Prije je radio preko I-3 generacije satelita, a trenutno radi preko I-4 generacije sustava. Fleet 77 usluge će se ugasiti zbog zastarjelosti sustava tijekom 2020. Inmarsat sustav je već počeo ugrađivati svoj novi sustav na brodove zvani Fleet One koji objedinjuje brojne funkcije prije različitih terminala i uređaja sad u jednom. Novi Fleet Safety sustav također je 2018. odobren od strane IMO koji će se služiti po potrebi GMDSS-a. Trenutno

radi na I-4 generaciji satelita, premda je u budućnosti u planu da se prebaci na najnoviju generaciju satelita I-6 koja se trebala početi lansirati tijekom 2020.<sup>22</sup>



**Slika 17.** Inmarsat Fleet 77 sustav

Izvor: <https://www.nbs-maritime.com/en/media-center?read=inmarsat-fleet-33-55-and-77-eol>

## 8.2. Globalstar

Loral Corporation i Qualcomm Inc su osnovali satelitski komunikacijski sustav u niskoj zemljinoj orbiti pod nazivom Globalstar. Dizajniran je kako bi zadovoljio i pružio potrebe širokog raspona te tako popunio praznine između zemaljskih bežičnih sustava i jeftinijih digitalnih telekomunikacijskih usluga visoke kvalitete. Ovaj satelitski komunikacijski sustav bi trebao zadovoljiti potrebe mobilnih korisnika osnovne telefonske mreže koji se nalaze izvan

---

<sup>22</sup>Inmarsat. Marine Safety Solutions [Internet]. London: Inmarsat; 2019. Dostupno na: <https://www.inmarsat.com/services/safety/inmarsat-fleet-77/>

područja pokrivenosti i područja s nedovoljno usluga mobilne mreže. Globalstar bi tako, putem ručne jedinice, slao signal satelitu koji bi ga prenosio do regionalne postaje na Zemlji. Kroz zemaljsku mrežu bi signal dalje putovao do konačnog odredišta (korisnika mobilnih usluga).

Globalstarov sustav se sastoji od 48 LEO satelita i četiri rezervna koja se nalaze u Zemljinoj orbiti. Kako bi pružili što bolju uslugu, šest satelita je smješteno u osam orbitalnih ravnina koji su nagnuti pod kutom od 52 stupnja, a nalaze se između 70 stupnjeva južne geografske širine i 70 stupnjeva sjeverne geografske širine. Ovaj satelit radi na visini od 1414 km. Glavni dijelovi su mu: tijelo trapezoidnog oblika, antena, dva solarna niza i magnetometar. Globalstarov softver se može brzo i jednostavno održavati i nadograđivati zbog toga što se ne nalazi na satelitima nego na zemlji.

Pomoću satelitske građe tzv. „savijenih cijevi“, zemaljski signal se šalje satelitu koji ponovo vraća signal nazad na Zemlju koja onda kroz zemaljski telekomunikacijski sustav lokalno usmjerava poziv.

Sastavni dio zemaljskog dijela Globalstara su Gatewayi. Oni uključuju kontrolne centre satelitskih operacija (SOCC), kontrolne centre zemaljskih operacija (GOCC), i Globalstar podatkovnu mrežu (GDN). Svaka zemlja ima svoj gateway koji prima, obrađuje i prenosi pozive sa satelita u orbiti na svoju zemaljsku mrežu.

1. Kontrolni centar satelitskih operacija (SOCC) kontrolira Globalstarove orbite, prati njihove satelite te sa svemirske letjelice stalno prenosi podatke telemetrije i daje izvještaje o statusu i stanju satelita na brodu, nadzire aktivnosti lansiranja i postavljanja satelita.
2. Kontrolni centar zemaljskih operacija (GOCC) je odgovoran za koordinaciju s Centrom za kontrolu rada satelita, za planiranje i kontrolu korištenja satelita od strane gateway terminala. Ovi centri kontroliraju dodjelu GOCC planiraju komunikacijske rasporede za pristupnike i kontroliraju dodjelu satelitskih potencijala za svakog pristupnika.
3. Globalstar podatkovna mreža (GDN) je mreža koja povezuje centre za kontrolu zemaljskih operacija i centre za kontrolu satelitskih operacija koji tako ostaju u stalnom kontaktu.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup>Aerospace technology. Globalstar Communication Satellite [Internet]. London: Aerospace technology, 2016. Dostupno na: <https://www.aerospace-technology.com/projects/globalstar/>

### 8.3.Thuraya

Thuraya je mreža koja omogućuje telefonske razgovore putem satelita za veći dio Europe, Bliski istok, Aziju, Australiju te centralnu i istočnu Afriku. Ova mreža nam nudi široku ponudu proizvoda kako za fiksne tako i za satelitske telefone. Nudi, također, i rješenja vezana za pomorski okoliš.

Mreža Thuraya se sastoji od skupa zemaljskih pristupnika i dva operativna satelita koji upravljaju cijelom mrežom. Operativni sateliti koji upravljaju ovom mrežom su Thuraya-2 i Thuraya-3. Oni rade u dvije preklapajuće gdje svaki satelit upravlja svojom u geosinkronoj orbiti. Sateliti imaju točno određeni obrazac kretanja analema kako bi pokrivenost mreže bila što bolja.

Povezivanje telefonskih poziva na fiksnu liniju omogućuju prijelazne postaje kao što je javna komutirana telefonska mreža. Korisnički segment radi na nosačima L pojasa koji koristi frekvenciju od 34 MHz od 1,525 GHz do 1,559 GHz za komunikaciju svemir – zemlja (*downlink*), dok se za prijenos komunikacijskih podataka zemlja – svemir koristi (*uplink*) između 1,6265 i 1,6605 GHz. Oba puta prijenosa, uplink i downlink, su podijeljeni u 1087 uparenih nosivih frekvencija s razmakom od 31,25 KHz.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup>Driessen B, Hund R, Carsten W, Paar C, Holz T. An Experimental Security Analysis of Two Satphone Standards. ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC) 2013. 16. 10.1145/2535522.

## 9. ZAKLJUČAK

Kada postane dostupan svima, Iridium satelitski i komunikacijski sustav će nuditi najveće područje pokrivenosti na Zemlji, a i oprema će mu biti jednostavnija nego trenutnom konkurentu.

IMO dolazi do zaključka da je GMDSS-u potrebna modernizacija jer se tehnologija sve više poboljšava. Iridium radi prvi korak sa svojim novim satelitima, a jedinu uslugu mobilne satelitske komunikacije trenutno nudi Inmarsat i sve dok on ne stvori novi konkurentniji uređaj, to će ostati tako.

Iridium tvrtka je imala puno financijskih problema kao i problema sa zastarjelim satelitima prve generacije. U suradnji sa tvrtkom SpaceX pronalaze način da u svemir lansiraju novu generaciju satelita koja bi bila puno izdržljivija i dugovječnija.

Iridium sustav nudi usluge bez kojih se u budućnosti neće moći raditi. Najvažniji cilj je povećanje korisnika usluge sustava jer je svaka usluga moguća unutar jednog Iridium uređaja, a ne zasebno kao kod drugih uređaja. Ovako modernom vrstom opreme se može očekivati veća upotreba na plovilima koji prolaze hladnijim putevima plovidbe zbog toga što je njegova oprema napravljena za puno teže i hladnije uvjete.

## 10. LITERATURA

1. International Mobile Satellite Organization. The Global Maritime Distress And Safety System [Internet]. London: International Mobile Satellite Organization; 2019 [pristupljeno 07. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://imso.org/gmdss/>
2. Srednja škola Ambroza Haračića [Internet]. Mali Lošinj: Ivan Bižica; 2011. Osnove GMDSS-a [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <http://www.ss-aharacica-malilosinj.com.hr/wp-content/uploads/2011/11/GMDSS-teorija.pdf>
3. Žanić Mikuličić J, Kasum J, Jugović A. Distribution of Maritime Safety Information and Improvement Measures for Safety of Navigation. NAŠE MORE. 2018;65:164-8.
4. Brajnović M. Iridium satelitski sustav [Završni rad]. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet; 2021 [pristupljeno 07. rujna 2022.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:315941>
5. Juršić K. Infrastrukturni zahtjevi na mobilne mreže uslijed velikog broja korisnika mrežnih igara na mobilnim uređajima [Završni rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2017 [pristupljeno 30. kolovoza 2022.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:090121>
6. Zrinjski M, Barković Đ, Matika Z. Razvoj i modernizacija GNSS-a. Geod list. 2019;1:45-65.
7. Ružić M. IRIDUM sustav [Završni rad]. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet; 2019 [pristupljeno 07.09.2022.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:822949>
8. Iridium, LT-3100 Satellite Communications System [Internet]. McLean: Iridium; 2021. [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.iridium.com/products/lt-3100/>

9. Locomarine, LT-300 GNSS: GNSS prijemnik [Internet]. Zadar: Thrane; 2021. [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://locomarine.hr/thrane/lt-300-gnss-gnss-prijemnik/>
10. Thrane, LT-500 AHRS [Internet]. Holte: Thrane; 2021. [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://thrane.eu/lt-500-ahrs-electronic-compass/>
11. Mackay, LT-1000 NRU GNSS/ GPS [Internet]. Holte: Thrane; 2021. [pristupljeno 02. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.mackaycomm.com/products/navigation/gps/lars-thrane-lt-1000-nru-gnss-gps/>
12. Thrane, LT-4100 Satellite Communications System [Internet]. Holte: Thrane; 2021. [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://thrane.eu/lt-4100-iridium-certus-100/>
13. Investopedia [Internet]. New York: Jake Frankenfield; 2021. Very Small Aperture Terminal (VSAT) [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.investopedia.com/terms/v/vsat.asp>
14. Catamaran Freedom, Iridium GO! [Internet]. Stockholm: Catamaran Freedom; 2022. [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.catamaranfreedom.com/iridium-go-do-i-really-need-it-and-cheap-alternatives/>
15. Space Flight 101, Iridium NEXT [Internet]. Triptis: Space Flight 101; 2021. [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://spaceflight101.com/spacecraft/iridium-next/>
16. Iridium, Iridium Certus® 100 [Internet]. McLean: Iridium; 2021. [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.iridium.com/services/iridium-certus-100/>
17. Iridium, Iridium Certus™ 9770 [Internet]. McLean: Iridium; 2021. [pristupljeno 02. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.iridium.com/products/iridium-certus-9770/>
18. Iridium, Iridium Certus™ 9810 [Internet]. McLean: Iridium; 2021. [pristupljeno 03. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.iridium.com/products/iridium-certus-9810/>
19. Polaris electronics, LT-4100 Certus™ [Internet]. Santa Margarita: Polaris electronics; 2021. [pristupljeno 11. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.polaris-usa.com/thrane>

20. Pavela D. Izvještavanje u brodova u plovidbi [Završni rad]. Zadar: Sveučilište u Zadru; 2017 [pristupljeno 04. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:162:227660>
21. Inmarsat. Inmarsat C [Internet]. London: Inmarsat; 2019 [pristupljeno 02. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.inmarsat.com/services/safety/inmarsat-c/>
22. Inmarsat. Marine Safety Solutions [Internet]. London: Inmarsat; 2019 [pristupljeno 02. rujna 2022.]. Dostupno na: <https://www.inmarsat.com/services/safety/inmarsat-fleet-77/>
23. Aerospace technology. Globalstar Communication Satellite [Internet]. London: Aerospace technology, 2016 [pristupljeno 14. rujna 2022.] Dostupno na: <https://www.aerospace-technology.com/projects/globalstar/>
24. Driessen B, Hund R, Carsten W, Paar C, Holz T. An Experimental Security Analysis of Two Satphone Standards. ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC) 2013. 16. 10.1145/2535522.



## 11. PRILOZI

### Popis slika

- 1 **Slika 1.** Navtex sustav
- 2 **Slika 2.** LT-3100 Iridium uređaj
- 3 **Slika 3.** LT-300 GNSS prijamnik
- 4 **Slika 4.** LT-500 AHRS uređaj
- 5 **Slika 5.** LT-1000 NRU navigacijska referentna jedinica
- 6 **Slika 6.** LT-4100 CERTUS 100
- 7 **Slika 7.** Prikaz VSAT sustava
- 8 **Slika 8.** Iridium GO uređaj
- 9 **Slika 9.** Iridium NEXT satelit
- 10 **Slika 10.** Iridium Certus 9770 modem
- 11 **Slika 11.** Iridium Certus 9810 modem
- 12 **Slika 12.** IMS-350™ je SKYTRAC-ov terminal
- 13 **Slika 13.** DLS-100 primopredajnik
- 14 **Slika 14.** SDL-350 primopredajnik
- 15 **Slika 15.** ISAT-200A-08™ primopredajnik
- 16 **Slika 16.** Inmarsat C sustav
- 17 **Slika 17.** Inmarsat Fleet 77 sustav