



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

| | |
|---------------------------|--|
| Τίτλος Πτυχιακής Εργασίας | Πρωτόκολλα επικοινωνίας στην Ναυτιλία Communication Protocols in Shipping |
| Όνοματεπώνυμο Φοιτητή | ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΣΟΝΙΟΣ |
| Πατρώνυμο | ΣΠΥΡΙΔΩΝ |
| Αριθμός Μητρώου | Π14169 |
| Επιβλέπων | Καθ. Χρήστος Δουληγέρης |

Ημερομηνία Παράδοσης

Μήνας Έτος

Copyright ©

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Ως συγγραφέας της παρούσας εργασίας δηλώνω πως η παρουσία εργασίας δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και δεν περιέχει υλικό από μη αναφερόμενες πηγές.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις βαθύτατες ευχαριστίες μου σε όσους με στήριξαν κατά τη διάρκεια της συγγραφής αυτής της πτυχιακής εργασίας. Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύντροφο μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη που μου παρείχε.

Επίσης αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τον προϊστάμενό μου κ. Φρούντζα για την ανοχή και την υπομονή του κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες αξίζουν στη μητέρα μου, η οποία παρά τις δυσκολίες της με τον καρκίνο, με στηρίζει και την στηρίζω αμοιβαία σε αυτή τη δύσκολη περίοδο, καθώς και τον πατέρα μου που είναι πάντα δίπλα μου και μου παρέχει σταθερή υποστήριξη.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω τους καθηγητές κ. Δουληγέρη και κ. Καραλή, οι οποίοι συνέβαλαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας με τις πολύτιμες διορθώσεις και καθοδηγήσεις τους. Η συνεισφορά τους ήταν καθοριστική για την επίτευξη ενός άρτιου και ολοκληρωμένου αποτελέσματος.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία παρέχει μια ολοκληρωμένη διερεύνηση της εξέλιξης των ηλεκτρονικών οργάνων στη θαλάσσια επικοινωνία, ανατρέχοντας σε αρχαίες μεθόδους όπως τα οπτικά σήματα, τα ακουστικά σήματα και τα περιστέρια μεταφοράς. Εμβαθύνει στις πρώιμες τηλεπικοινωνιακές εξελίξεις, όπως ο ανιχνευτής κατεύθυνσης ραδιοφώνου και η γυροσκοπική πυξίδα, που οδήγησε στην επαναστατική ανακάλυψη του ραντάρ. Παράλληλα γίνεται ανάλυση των τεχνολογιών ραδιοεπικοινωνιών, συμπεριλαμβανομένων των πολύ υψηλής, υψηλής και μεσαίας ζώνης συχνοτήτων καθώς και του συστήματος NAVTEX.

Επιπρόσθετα, διευκρινίζονται τα συστήματα δορυφορικών επικοινωνιών, ως προς τους τύπους, τον σχεδιασμό και τη λειτουργία τους, με έμφαση στις τεχνολογίες INMARSAT, και VSAT. Ο σκοπός του συστήματος INMARSAT, το ιστορικό υπόβαθρο και η δορυφορική υποδομή καθώς και το σύστημα INMARSAT-C διερευνώνται, παράλληλα με την εξέταση των συστημάτων VSAT, την πρόσβαση τους σε δορυφόρους και την εφαρμογή τους σε θαλάσσιες επιχειρήσεις.

Τέλος, η πτυχιακή αυτή εργασία πραγματεύεται τις αναδυόμενες τεχνολογίες και προκλήσεις στη θαλάσσια επικοινωνία, συγκεκριμένα το Starlink project και τη συνάφεια του με τις θαλάσσιες επιχειρήσεις. Στη συνέχεια εμβαθύνει στον χώρο της κυβερνοασφάλειας στη ναυτιλία, εντοπίζοντας κινδύνους και περιγράφοντας προληπτικά μέτρα και στρατηγικές εκπαίδευσης για τον αποτελεσματικό αποκλεισμό των απειλών. Μέσω αυτής της ολοκληρωμένης ανάλυσης, η παρούσα πτυχιακή εργασία συμβάλλει στη βαθύτερη κατανόηση του παρελθόντος, του παρόντος αλλά και του μέλλοντος των τεχνολογιών που αναπτύχθηκαν για τις θαλάσσιες επικοινωνίες και των επιπτώσεων τους στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Λέξεις Κλειδιά: Πρωτόκολλα επικοινωνίας, ναυτιλιακή βιομηχανία, Ηλεκτρονικά όργανα, GMDSS, δορυφορικά συστήματα, VSAT, INMARSAT, Starlink, , Κυβερνοασφάλεια, Εκπαίδευση προσωπικού

Abstract

This thesis provides a comprehensive investigation of the evolution of electronic instruments in maritime communication, looking back at ancient methods such as visual signals, acoustic signals and carrier pigeons. It delves into early telecommunications developments, such as the radio direction finder and gyro compass, which led to the revolutionary discovery of radar. At the same time there is an analysis of radio communication technologies, including very high, high and medium frequency bands as well as the NAVTEX system.

In addition, satellite communication systems are specified, in terms of their types, design and operation, with an emphasis on INMARSAT, and VSAT technologies. The purpose of the INMARSAT system, historical background and satellite infrastructure as well as the INMARSAT-C system are explored, alongside consideration of VSAT systems, their access to satellites and their application to maritime operations.

Finally, this thesis deals with emerging technologies and challenges in maritime communication, specifically the Starlink project and its relevance to maritime operations. It then delves into the field of Cyber Security in shipping, identifying risks and outlining preventative measures and training strategies to effectively block threats. Through this comprehensive analysis, the thesis contributes to a deeper understanding of the past, present and future of technologies developed for maritime communications and their impact on the shipping industry.

Key Words: Communication Protocols, Shipping Industry, Electronic navigation, GMDSS, satellite systems, VSAT, INMARSAT, Starlink, Cyber-security, Crew training

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|---|-------|
| Ευχαριστίες..... | 2 |
| Περίληψη (Abstract) | 3-4 |
| Πίνακας Περιεχομένων..... | 5 |
| Κατάλογος Εικόνων | 6-7 |
| Εισαγωγή..... | 8 |
| 1. Ιστορική αναδρομή και ηλεκτρονικά όργανα στην Ναυτιλία..... | 9 |
| 1.1 Οπτικές, ακουστικές και βοηθητικές μέθοδοι επικοινωνίας..... | 9 |
| 1.1.1 Αρχαιότητα και Ταχυδρομικά περιστερία..... | 9-10 |
| 1.1.2 Σηματοφόροι..... | 10-11 |
| 1.1.3 Λυχνία σηματοδότησης..... | 11-12 |
| 1.2 Πρώιμες τηλεπικοινωνίες και οι εφαρμογές τους στη ναυτιλία..... | 12-13 |
| 1.2.1 Ραδιογωνιόμετρο..... | 13-14 |
| 1.2.2 Γυροσκόπιο/Γυροπυξίδα..... | 15-16 |
| 1.3 Η ανακάλυψη του RADAR..... | 16-18 |
| 1.4 Συστήματα Υπερβολικής Ναυτιλίας..... | 18-20 |
| 2. GMDSS και ραδιοεπικοινωνία..... | 21 |
| 2.1 GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System)..... | 21 |
| 2.1.1 Εξοπλισμός..... | 21-22 |
| 2.1.2 Βασικές Αρχές..... | 22-23 |
| 2.1.3 Εξαιρέσεις και πλεονεκτήματα..... | 24 |
| 2.2 Ραδιοεπικοινωνία..... | 24 |
| 2.2.1 Πολύ υψηλής συχνότητας (VHF)..... | 24-27 |
| 2.2.2 Μεσαίας και Υψηλής συχνότητας (MF / HF)..... | 27-29 |
| 2.3 Το σύστημα NAVTEX..... | 29 |
| 2.3.1 Συχνότητες λειτουργίας και τα μηνύματα του NAVTEX..... | 30-31 |
| 2.3.2 Δέκτες NAVTEX (Receivers)..... | 32 |
| 3. Δορυφορικά συστήματα..... | 33 |
| 3.1 Είδη δορυφόρων..... | 33 |
| 3.1.1 Είδη δορυφόρων..... | 33-35 |
| 3.1.2 Σχεδιασμός και λειτουργία δορυφόρων..... | 35-36 |
| 3.2 Inmarsat..... | 36 |
| 3.2.1 Σκοπός και ιστορικά στοιχεία..... | 36-37 |
| 3.2.2 Δορυφορική υποδομή και πρότυπα κάλυψης..... | 37-39 |
| 3.2.3 Συστήματα INMARSAT..... | 39-40 |
| 3.2.4 INMARSAT-C..... | 40-42 |
| 3.3 VSAT..... | 43 |
| 3.3.1 Σύστημα VSAT..... | 43-44 |
| 3.3.2 Πρόσβαση του VSAT στον δορυφόρο..... | 44-45 |
| 3.3.3 VSAT και ναυτιλία..... | 45-47 |
| 3.3.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα..... | 47 |
| 4. Νέες τεχνολογίες και προκλήσεις..... | 48 |
| 4.1 Starlink..... | 48 |
| 4.1.1 Το Project Starlink..... | 48-49 |
| 4.1.2 Κεραία και εξοπλισμός..... | 49-51 |
| 4.1.3 Γιατί όμως Starlink στη ναυτιλία?..... | 51-55 |
| 4.2 Κυβερνοασφάλεια..... | 55 |
| 4.2.1 Κίνδυνοι στη ναυτιλία..... | 55-56 |
| 4.2.2 Αποτρεπτικά σχέδια και εκπαίδευση..... | 56-59 |
| Βιβλιογραφία..... | 60- |

Κατάλογος Εικόνων

| | |
|---|----|
| EIKONA 1.1: Ταχυδρομικό περιστέρι Πρώτος παγκόσμιος πόλεμος(https://peacepalacelibrary.nl)..... | 9 |
| EIKONA 1.2: Αλφάβητο σηματοφόρων (www.flagcenter.net)..... | 10 |
| EIKONA 1.3: Chappe Telegraph (https://en.wikipedia.org/wiki/Chappe_telegraph)..... | 11 |
| EIKONA 1.4: Αντίκα λυχνία σηματοδότησης πλοίου (https://www.pinterest.com/pin/antique-signal-lamp).12 | |
| EIKONA 1.5: Ο Guglielmo Marconi στέλνοντας το πρώτο ασύρματο μήνυμα το 1901 (https://en.wikipedia.org/wiki/Guglielmo_Marconi)..... | 12 |
| EIKONA 1.6: Ραδιογωνιόμετρο με περιστρεφόμενη κεραία (https://el.wikipedia.org/wiki/RDF)..... | 13 |
| EIKONA 1.7: Χρήση ραδιογωνιόμετρου για προσδιορισμό στίγματος και ραδιοεντοπισμό (Α. Η. Παλληκάρης και Γ. Θ. Κατσούλης (2008). “Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα”)..... | 14 |
| EIKONA 1.8: Ανάλυση αξόνων γυροπιξίδας (https://el.wikipedia.org/wiki/)..... | 15 |
| EIKONA 1.9: Η πρώτη γυροπιξίδα Anschutz, 1903 (https://el.wikipedia.org/wiki/)..... | 16 |
| EIKONA 1.10: Το πρώτο πειραματικό σύστημα RADAR, Christian Hulsmeyer 1903 (https://el.wikipedia.org/wiki/)..... | 16 |
| EIKONA 1.11: Πολεμικό Ναυτικό Ηνωμένων Πολιτειών 1944 (https://el.wikipedia.org/wiki/)..... | 17 |
| EIKONA 1.12: Προσδιορισμός θέσεως υπερβολικής ναυτιλίας (Α. Η. Παλληκάρης και Γ. Θ. Κατσούλης (2008). “Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα”)..... | 18 |
| EIKONA 1.13: Παλιός (αριστερά) και Νεότερος (δεξιά) δέκτης συστήματος DECCA (https://el.wikipedia.org/wiki/)..... | 19 |
| EIKONA 1.14: Παλιός (αριστερά) και νεότερος (δεξιά) δέκτης συστήματος LORAN (https://el.wikipedia.org/wiki/)..... | 19 |
| EIKONA 2.1: Θαλάσσιες ζώνες GMDSS (https://www.sternula.com/maritime-authorities/)..... | 23 |
| EIKONA 2.2: Άμεσο κύμα που χρησιμοποιείται κυρίως σε επικοινωνία VHF (https://chieftain.training/radio-propagation/)..... | 25 |
| EIKONA 2.3: Φορητός (αριστερά) και σταθερός (δεξιά) ασύρματος VHF RT (https://stock.adobe.com/gr_en/search?k=vhf)..... | 26 |
| EIKONA 2.4: Κεραία VHF σε σκάφος (https://stock.adobe.com/gr_en/search?k=vhf)..... | 26 |
| EIKONA 2.5: Κεραία MF/HF σε σκάφος (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 27 |
| EIKONA 2.6: Διάδοση επίγειων κυμάτων (MF) και ατμοσφαιρική διάδοση (HF) (https://seanav.org/mf-hf-ssb-marine-radio/)..... | 28 |
| EIKONA 2.7: FURUNO κεραία NAVTEX (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 29 |
| EIKONA 2.8: Παγκόσμια κάλυψη σταθμών NAVTEX (https://www.siranah.de/html/sail018l.htm)..... | 30 |
| EIKONA 2.9: Παράδειγμα μηνύματος NAVTEX (https://www.myseatime.com/blog/detail/20-navtex-question-and-answers-to-make-naxtex-your-friend-for-life)..... | 31 |
| EIKONA 2.10: FURUNO NAVTEX δέκτης και απεικόνιση (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 32 |
| EIKONA 3.1: Χαμηλή Τροχιά Δορυφόρων (LEO) (https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits)..... | 33 |
| EIKONA 3.2: Μέση τροχιά Δορυφόρων (MEO) (https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits)..... | 34 |
| EIKONA 3.3: Γεωσύγχρονη τροχιά Δορυφόρων (GEO) (https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits)..... | 35 |
| EIKONA 3.4: Δορυφορικός αστερισμός INMARSAT (https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html)..... | 37 |
| EIKONA 3.5: Παγκόσμια κάλυψη INMARSAT ανά δορυφόρο (https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html)..... | 38 |
| EIKONA 3.6: Εξοπλισμός INMARSAT-B (https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html).. | 39 |
| EIKONA 3.7: Ανάλυση τοπολογίας INMARSAT FLEET 77 συστήματος (https://www.psicompany.com/jrc-jue-410f-f77-fleet-broadband-inmarsat/)..... | 40 |

| | |
|---|----|
| EIKONA 3.8 Κεραία JRC JUE-87 (INMARSAT-C) (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 41 |
| EIKONA 3.9 INM-C DTE (αριστερά) και INM-C DTE απλός εκτυπωτής (δεξιά) (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 42 |
| EIKONA 3.10 Αρχιτεκτονική δικτύου VSAT. Αστεροειδής (αριστερά) και πλήρες πλέγμα (δεξιά) https://www.geeksforgeeks.org/vsat-very-small-aperture-terminal/)..... | 43 |
| EIKONA 3.11 Παράδειγμα τοπολογίας VSATPlus3 τερματικού σχεδιασμένο πάνω σε TDMA (https://www.polarsat.com/vsatplus-3)..... | 45 |
| EIKONA 3.12 Κεραία VSAT τύπου Intellian (https://www.hme.gr/products/all-products/communication/vsat/intellian-v100nx-vsat/) | 46 |
| EIKONA 3.13 Μονάδα ελέγχου κεραίας τύπου SAILOR (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 46 |
| EIKONA 4.1 SpaceX - ο πύραυλος Falcon 9 ετοιμάζει να εκτοξεύσει δορυφόρο Starlink (https://www.starlink.com/)..... | 48 |
| EIKONA 4.2 Δορυφόροι Starlink σε σειρά (τρένο) ορατοί με γυμνό μάτι (Ολλανδία) (https://www.starlink.com/)..... | 49 |
| EIKONA 4.3 Σωστή θέση εγκατάστασης κεραίας Starlink σε πλοίο (https://www.starlink.com/)..... | 50 |
| EIKONA 4.4 Κεραία Starlink στην κόντρα γέφυρα πλοίου τύπου Bulker (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 50 |
| EIKONA 4.5 Παράδειγμα τοπολογίας δικτύου χρησιμοποιώντας Starlink (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 51 |
| EIKONA 4.6 Starlink Downlink (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 52 |
| EIKONA 4.7 Starlink Uplink (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 53 |
| EIKONA 4.8 Starlink Latency (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 53 |
| EIKONA 4.9 Starlink Ping drop rate (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 54 |
| EIKONA 4.10 Starlink ποιότητα σήματος (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 54 |
| EIKONA 4.11 Starlink παρεμπόδιση κεραίας (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)..... | 55 |
| EIKONA 4.12 Πιθανοί στόχοι κυβερνοεπίθεσης σε πλοίο (https://www.mdpi.com/2673-8732/2/1/9)..... | 56 |
| EIKONA 4.13 Αφίσσα Cyber Security για πλοίο (https://www.scribd.com/document/367772464/Standard-P-I-Cyber-security-poster-2017-05-pdf)..... | 58 |

Εισαγωγή

Η θαλάσσια επικοινωνία έχει υποστεί σημαντική εξέλιξη σε όλη την ιστορία, μεταμορφώνοντας το τοπίο της ναυσιπλοΐας και της ασφάλειας στη θάλασσα. Από αρχαίες μεθόδους όπως η οπτική σηματοδότηση και τα ταχυδρομικά περιστερία μέχρι τα σύγχρονα δορυφορικά συστήματα επικοινωνίας, το ταξίδι της θαλάσσιας επικοινωνίας αντανακλά τόσο τις τεχνολογικές εξελίξεις όσο και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ναυτικοί. Κεντρικό στοιχείο αυτής της εξέλιξης είναι η εφαρμογή του παγκοσμίου συστήματος θαλάσσιου κινδύνου και ασφάλειας (Global Maritime Distress and Safety System – GMDSS), ενός ολοκληρωμένου πλαισίου που εξασφαλίζει αποτελεσματική επικοινωνία σε καταστάσεις κινδύνου στη θάλασσα.

Η δορυφορική επικοινωνία διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στις σύγχρονες θαλάσσιες επιχειρήσεις, προσφέροντας παγκόσμια κάλυψη και επιτρέποντας τη μετάδοση και λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα με τη δορυφορική τεχνολογία, τα συστήματα ραντάρ έχουν φέρει επανάσταση στην πλοήγηση, παρέχοντας στα σκάφη κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με τα γύρω εμπόδια και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ωστόσο, με τις τεχνολογικές εξελίξεις έρχονται και νέες προκλήσεις, ιδιαίτερα στον τομέα της κυβερνοασφάλειας. Καθώς τα πλοία εξαρτώνται ολοένα και περισσότερο από διασυνδεδεμένα συστήματα και ψηφιακές υποδομές, η προστασία από απειλές στον κυβερνοχώρο καθίσταται ύψιστης σημασίας. Η πτυχιακή αυτή εργασία εμβαθύνει στη διασταύρωση της θαλάσσιας επικοινωνίας, της δορυφορικής τεχνολογίας, των συστημάτων ραντάρ και της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο, διερευνώντας τις τελευταίες εξελίξεις, αναδυόμενες τεχνολογίες όπως το Starlink και προληπτικά μέτρα για την εξάλειψη των κινδύνων στον ναυτιλιακό τομέα.

1. Ιστορική αναδρομή και ηλεκτρονικά όργανα στη Ναυτιλία

1.1 Οπτικές, ακουστικές και βοηθητικές μέθοδοι επικοινωνίας

1.1.1 Αρχαιότητα και ταχυδρομικά περιστέρια

Στην αρχαιότητα, η θαλάσσια επικοινωνία χαρακτηριζόταν από περιορισμένα μέσα και κύρια εστίαση στη σηματοδότηση έκτακτης ανάγκης λόγω της μη πρακτικής συμμετοχής σε εκτενείς συνομιλίες μεταξύ πλοίων. Οι ναυτικοί, έχοντας επίγνωση των περιορισμών που θέτουν οι μέθοδοι επικοινωνίας, συζητούσαν συχνά τα σχέδια στην στεριά. Όταν τα πλοία βρίσκονταν σε κοντινή απόσταση, η επικοινωνία περιλάμβανε και βασιζόταν σε δυνατές φωνές για την αποτελεσματική μετάδοση των μηνυμάτων.

Κατά την προϊστορική εποχή, οι ναυτικοί χρησιμοποιούσαν βασικά εργαλεία όπως σήματα καπνού, κέρας (κόρνες) και τύμπανα για την επικοινωνία μεταξύ πλοίων. Οι Κινέζοι πρωτοστάτησαν στη χρήση σημάτων καπνού στο Σινικό Τείχος της Κίνας για οπτική επικοινωνία επιτρέποντας στους στρατιώτες να μεταδίδουν πληροφορίες σχετικά με πιθανές επιθέσεις μεταξύ των πύργων. Με την πάροδο του χρόνου, οι εξελίξεις στον έλεγχο των σινιάλων καπνού επέτρεψαν την ανάπτυξη ενός στοιχειώδους συστήματος σηματοδότησης όπου κάθε σύννεφο καπνού αντιπροσώπευε ένα διαφορετικό γράμμα. Ενώ οι σύγχρονες θαλάσσιες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης μπορεί να εξακολουθούν να προκαλούν τη χρήση σημάτων καπνού για να υποδείξουν τη θέση του ναυαγού, οι κόρνες ομίχλης εξακολουθούν να αποτελούν τα βασικά ηχητικά σήματα που επιβάλλονται από ομοσπονδιακούς και διεθνείς νόμους, ειδικά σε συνθήκες που η ορατότητα είναι μικρή. [1]

Τον 5^ο αιώνα π.Χ., η ίδρυση του πρώτου δικτύου αγγελιαφόρων περιστεριών στην Ασσυρία και την Περσία σημείωσε σημαντική εξέλιξη. (A Fascinating History of the Carrier Pigeons. Maneka Sanjay Gandhi. July 6, 2020). Αυτά τα ταχυδρομικά περιστέρια ήταν ικανά να μεταφέρουν μηνύματα και έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην επικοινωνία τόσο στη στεριά όσο και στη θάλασσα. Παρά τους περιορισμούς τους, όπως η μονόδρομη επικοινωνία προς τη βάση τους, τα περιστέρια χρησιμοποιήθηκαν από τους ναυτικούς για να στείλουν μηνύματα από τα πλοία πίσω στους προορισμούς τους. Επιπλέον, το παραδοσιακό ταχυδρομείο χρησιμοποιήθηκε για την επικοινωνία από πλοίο σε πλοίο όταν οι ναυτικοί γνώριζαν τον ακριβή προορισμό του πλοίου παραλήπτη. Κατά τη διάρκεια του Πρώτου παγκοσμίου πολέμου, τα ταχυδρομικά περιστέρια διαδραμάτισαν κρίσιμο ρόλο στην πρώτη γραμμή, τα οποία απασχολούνταν εκτενώς τόσο από τους Συμμάχους όσο και από τους Γερμανούς. [2]

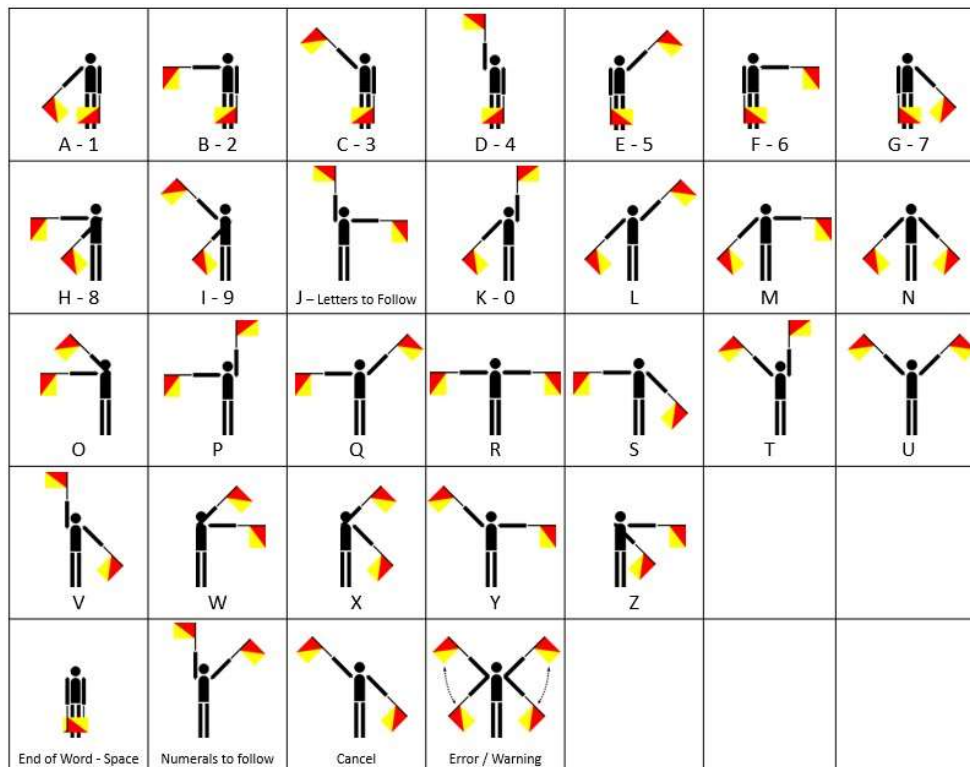


ΕΙΚΟΝΑ 1.1 Ταχυδρομικό περιστέρι Πρώτος παγκόσμιος πόλεμος (<https://peacepalacelibrary.nl>)

Αυτά τα πουλιά είχαν την αποστολή να μεταφέρουν μηνύματα από τα χαρακώματα στο αντίστοιχο στρατιωτικό αρχηγείο τους. Ο Βρετανικός, Γαλλικός, Αμερικάνικος αλλά και Γερμανικός στρατός χρησιμοποίησαν συλλογικά περίπου 100.000 ταχυδρομικά περιστέρια κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου [3]

1.1.2 Σηματοφόροι

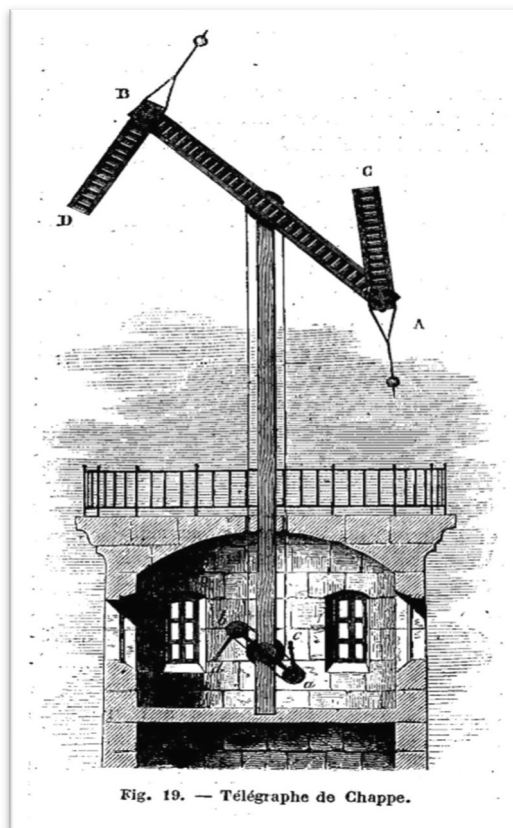
Ο σηματοφόρος σημαίας, ένα σύστημα που μεταφέρει πληροφορίες μέσω οπτικών σημάτων χρησιμοποιώντας σημαίες χειρός, ράβδους ή άλλα αντικείμενα, κέρδισε εξέχουσα θέση στον θαλάσσιο κόσμο κατά τον 19^ο αιώνα. Εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σήμερα κατά τη διάρκεια της συνεχούς πλεύσης και θεωρείται αποδεκτή για επικοινωνία έκτακτης ανάγκης στο φως της ημέρας ή με φωτισμένα ραβδιά τη νύχτα. Οι σημαίες των σκαφών (boat flags), γνωστές και ως σημαίες σήμανσης, χρησιμοποιούνται από τη ρωμαϊκή εποχή. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε για τη μετάδοση μηνυμάτων μεταξύ πλοίων ή ατόμων στην ξηρά σχετικά με ένα σκάφος στη θάλασσα, αυτή ακριβώς η πρακτική αναφέρεται ως σηματοφόρος (semaphore). Το σύστημα semaphore, διαφορετικό από το διεθνές σύστημα κωδικών, χρησιμοποιεί δύο τετράγωνες σημαίες, και οι δύο εμφανίζονται πανομοιότυπες. Αυτές οι τετράγωνες σημαίες, χρωματισμένες κόκκινο και κίτρινο, χωρίζονται διαγώνια, με την άκρη του ανυψωτικού σε κόκκινο και το άλλο άκρο κίτρινο. Το σύστημα χρησιμοποιεί δύο σημαίες που τοποθετούνται παρόμοια με τη πρόσοψη ενός ρολογιού. Για παράδειγμα, για να σηματοδοτήσει κανείς το γράμμα "R", θα κρατούσε τη σημαία στο δεξί χέρι στη θέση της ώρας 9 και τη σημαία στο αριστερό χέρι στη θέση της ώρας 3. Κάθε γράμμα του αλφαβήτου αντιστοιχεί σε διαφορετικές θέσεις του ρολογιού και οι αριθμητικές τιμές κυμαίνονται από το 1 έως το 9 [4].



ΕΙΚΟΝΑ 1.2 Αλφάβητο σηματοφόρων (www.flagcenter.net)

Τα συστήματα σηματοφόρου διαδραμάτισαν κρίσιμο ρόλο στη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των πλοίων και στη διευκόλυνση του συντονισμού σε διάφορες καταστάσεις. Ανυψώνοντας διαφορετικούς συνδυασμούς σημαιών, οι ναυτικοί μπορούσα να μεταφέρουν σημαντικές πληροφορίες

σχετικά με τη ναυσιπλοΐα, τις καιρικές συνθήκες και τις επιχειρησιακές οδηγίες. Για παράδειγμα, ένα πλοίο θα μπορούσε να δείξει την πρόθεση του να επικοινωνήσει υψώνοντας μια συγκεκριμένη σημαία ή να σηματοδοτήσει έναν κίνδυνο εμφανίζοντας ένα σήμα κινδύνου. [5] Τα συστήματα σηματοφόρου επέτρεπαν στους ναυτικούς να ανταλλάσσουν πληροφορίες σε σημαντικές αποστάσεις ενισχύοντας την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα στις θαλάσσιες επιχειρήσεις. Η προέλευση των συστημάτων σηματοφόρου μπορεί να εντοπιστεί στους αρχαίους πολιτισμούς, αλλά η ευρεία υιοθέτηση τους μπορεί να αποδοθεί στον Γάλλο μηχανικό Claude Chappe στα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Το 1792, ο Chappe ανέπτυξε ένα πρακτικό σύστημα τηλεγράφου σηματοφόρου γνωστό ως «Chappe telegraph» το οποίο χρησιμοποίησε ένα δίκτυο πύργων με μηχανικούς βραχίονες για να μεταφέρει μηνύματα σε μεγάλες αποστάσεις.



EΙΚΟΝΑ 1.3 Chappe telegraph (https://en.wikipedia.org/wiki/Chappe_telegraph)

Τα συστήματα σηματοφόρου έφεραν επανάσταση στην επικοινωνία στη ναυτιλία παρέχοντας ένα γρήγορο και αποτελεσματικό μέσο μετάδοσης πληροφοριών. Κάθε πύργος σηματοφόρου αντιπροσώπευε ένα συγκεκριμένο γράμμα ή αριθμό επιτρέποντας την αναμετάδοση μηνυμάτων σε τεράστιες αποστάσεις τοποθετώντας τους μηχανικούς βραχίονες σε διαφορετικές διαμορφώσεις. Αυτό το σύστημα επέτρεψε γρήγορο και αξιόπιστη επικοινωνία για στρατιωτικούς, εμπορικούς και θαλάσσιους σκοπούς. [6]

1.1.3 Λυχνία Σηματοδότησης

Η λυχνία σήματος, επίσης γνωστή ως λυχνία Aldis ή λυχνία Μορς, εμφανίστηκε ως συσκευή οπτικής σηματοδότησης για οπτική επικοινωνία μέσω λάμπων φωτός, συνήθως χρησιμοποιώντας τον κώδικα Μορς. Κατά τη διάρκεια του πρώτου παγκοσμίου πολέμου, οι Γερμανοί σηματοδότες (signalers)

χρησιμοποίησαν οπτικούς πομπούς Morse, ικανοί για μη ανιχνεύσιμη επικοινωνία με εμβέλεια έως και 8 χλμ. τη νύχτα. [7]



ΕΙΚΟΝΑ 1.4 Αντίκα λυχνία σηματοδότησης πλοίου (<https://www.pinterest.com/pin/antique-signal-lamp>)

Οι σύγχρονοι λαμπτήρες σήματος, που παράγουν εστιασμένους παλμούς φωτός μέσω μηχανισμών κλείστρου ή κοίλων κατόπτρων, συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται σε σκάφη του πολεμικού ναυτικού και σε πύργους ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας ως εφεδρική συσκευή επικοινωνίας σε περίπτωση αστοχίας του ασυρμάτου ή οποιουδήποτε άλλου μέσου επικοινωνίας.

1.2 Πρώιμες τηλεπικοινωνίες και οι εφαρμογές τους στην ναυτιλία

Ένα κομβικό ορόσημο στην εξέλιξη της ηλεκτρονικής επιστήμης είναι το επίτευγμα της ασύρματης επικοινωνίας. Στις 12 Δεκεμβρίου 1901, ο Guglielmo Marconi μετέδωσε με επιτυχία το πρώτο υπερατλαντικό ασύρματο μήνυμα από την Αγγλία στις Ηνωμένες Πολιτείες, μεταφέροντας το γράμμα 'S'. Ωστόσο, το αρχικό επίτευγμα της ασύρματης επικοινωνίας είχε ήδη συμβεί στη θάλασσα το 1900 όταν χρησιμοποιώντας την τεχνική του Marconi, δύο αμερικάνικα πολεμικά πλοία, το «New York» και το «Massachusetts», επικοινωνούσαν σε απόσταση 30 ναυτικών μιλίων. Οι εξελίξεις στα τεχνικά μέσα του Marconi επέτρεψαν στη συνέχεια την επικοινωνία στα 1.551 ναυτικά μίλια και αργότερα στα 2.100 ναυτικά μίλια. [8][9]



ΕΙΚΟΝΑ 1.5 Ο Guglielmo Marconi στέλνοντας το πρώτο ασύρματο μήνυμα το 1901 (https://en.wikipedia.org/wiki/Guglielmo_Marconi)

Ως η πρώτη εφαρμογή της ασύρματης επικοινωνίας στις μεθόδους θαλάσσιας πλοήγησης, η εκπομπή ωριαίων σημάτων για ακριβή χρονομέτρηση στα πλοία θεωρείται κατά τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Η εφαρμογή αυτή ήταν σημαντική καθώς, κατά την περίοδο εκείνη, ο προσδιορισμός της θέσης ενός πλοίου σε ανοιχτές θάλασσες βασιζόταν αποκλειστικά σε αστρονομικές μεθόδους, όπου ένα σφάλμα σε ένα χρόνο τεσσάρων δευτερολέπτων αντιστοιχούσε σε σφάλμα γεωγραφικού μήκους ενός λεπτού. Μέσω της ασύρματης εκπομπής κατάλληλων σημάτων, επιτεύχθηκε η ρύθμιση των χρονομέτρων με σφάλμα μικρότερο του ενός δευτερολέπτου.

1.2.1 Ραδιογωνιόμετρο

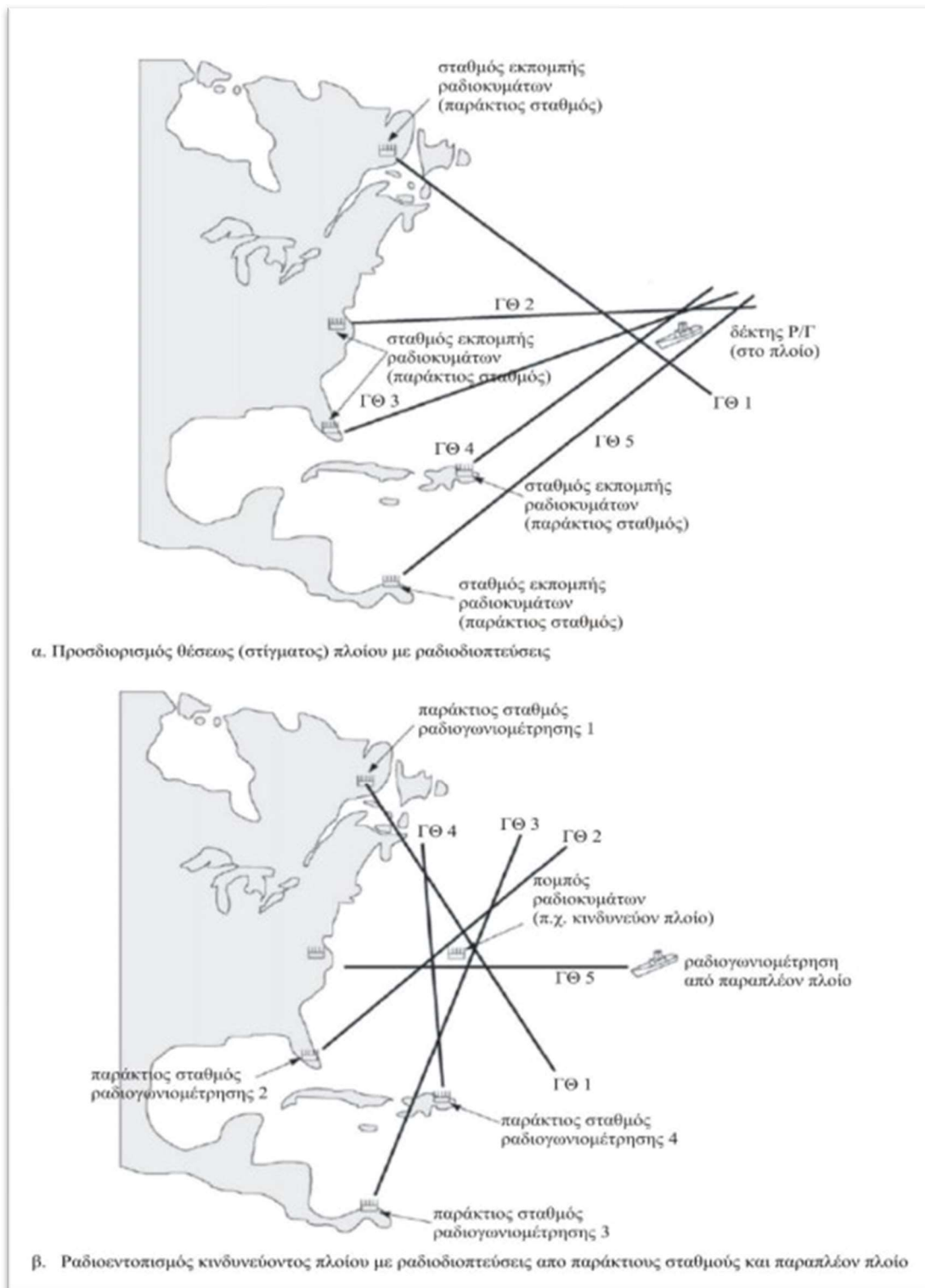
Το ραδιογωνιόμετρο (Radio Direction Finder-RDF) αντιπροσωπεύει το παλαιότερο βοήθημα ραδιοπλοήγησης, με τη χρήση του που χρονολογείται από τον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο. Το RDF καθορίζει μια γραμμή θέσης που αντιστοιχεί στην κατεύθυνση (ρουλεμάν) του σταθμού εκπομπής από τον οποίο λαμβάνονται τα σήματα από τη συσκευή δέκτη. Η ένταση του λαμβανόμενου σήματος από την περιστρεφόμενη κεραία αλλάζει με βάση την κατεύθυνση του επιπέδου της κεραίας σε σχέση με την κατεύθυνση διάδοσης του σήματος. Όταν η ένταση του σήματος στα ακουστικά του χειριστή ακυρωθεί, η κατεύθυνση του επιπέδου της περιστρεφόμενης κεραίας αντιστοιχεί στην κατεύθυνση (ραδιορουλεμάν) του παράκτιου σταθμού. [9]



ΕΙΚΟΝΑ 1.6 Ραδιογωνιόμετρο με περιστρεφόμενη κεραία (<https://el.wikipedia.org/wiki/RDF>)

Ο παλαιότερος και απλούστερος τύπος RDF είναι ο ανιχνευτής κατεύθυνσης ραδιοφώνου με περιστρεφόμενη κεραία. Οι περιστρεφόμενες κεραίες παρουσίαζαν αρκετές προκλήσεις και περιορισμούς σχετικά με την εγκατάσταση, την περιστροφή και τη μηχανική μετάδοση της ένδειξης στον δέκτη. Σε πιο πρόσφατους τύπους RDF, δύο κεραίες σταθερού πλαισίου χρησιμοποιούνται σε κάθετες κατευθύνσεις και η ένδειξη εύρεσης κατεύθυνσης ραδιοφώνου εμφανίζεται αυτόματα σε μια ψηφιακή ένδειξη αφού η συσκευή συντονιστεί στην κατάλληλη συχνότητα και η αναζήτηση πηγίου (γυροσκοπική πυξίδα) περιστρέφεται συνεχώς χωρίς καμία διακοπή.

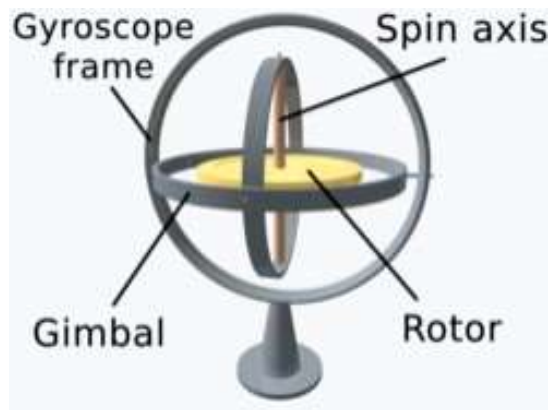
Το RDF χρησιμοποιήθηκε στην πλοήγηση για τον προσδιορισμό της θέσης του πλοίου (διόρθωση) με τη μέτρηση των ρουλεμάν ασυρμάτου σε συγκεκριμένους παράκτιους σταθμούς (ραδιοφάρους) που εκπέμπουν σήματα αποκλειστικά για το σκοπό αυτό, αλλά και για τον εντοπισμό ραδιοφώνου ενός πλοίου που κινδυνεύει μέσω ρουλεμάν ασυρμάτου από παράκτιους ραδιοφωνικούς σταθμούς και/ή άλλα κοντινά πλοία



ΕΙΚΟΝΑ 1.7 Χρήση ραδιογωνιόμετρου για προσδιορισμό στίγματος και ραδιοεντοπισμό (Α. Η. Παλληκάρης και Γ. Θ. Κατσούλης (2008). “Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα

1.2.2 Γυροσκόπιο/Γυροπυξίδα

Το πρώτο γυροσκόπιο κατασκευάστηκε το 1810 από τον Γερμανό Bohnenberg, πριν από την ολοκληρωμένη επιστημονική τεκμηρίωση των φαινομένων γυροσκοπικής αδράνειας από τον Γάλλο φυσικό Foucault το 1861. Ωστόσο, η χρήση του γυροσκοπίου στη ναυσιπλοΐα έγινε αρκετές δεκαετίες αργότερα, συγκεκριμένα μετά την ίδρυση μεταλλικών ναυπηγείων. Αυτό οφειλόταν στην επίδραση του μαγνητικού πεδίου του σκάφους στην ακρίβεια των παραδοσιακών μετρήσεων της μαγνητικής πυξίδας, που οδήγησε στην ανάπτυξη της γυροσκοπικής πυξίδας. [9]



ΕΙΚΟΝΑ 1.8 Ανάλυση αξόνων γυροπυξίδας (<https://el.wikipedia.org/wiki/>)

Το γυροσκόπιο λειτουργεί διατηρώντας την ταχεία περιστροφή ενός τροχού γυροσκοπίου μέσα σε ένα κινούμενο πλαίσιο, το οποίο διατηρεί το αποτέλεσμα των εξωτερικών ροπών ίσο με το μηδέν. Κατά συνέπεια, εάν το πλοίο κλίνει είτε διαμήκη είτε εγκάρσια, ο τροχός του γυροσκοπίου θα συνεχίσει να περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα διατηρώντας τον προσανατολισμό του στην ίδια κατεύθυνση. Η γωνιακή απόκλιση μεταξύ του σταθερά προσανατολισμένου τροχού του γυροσκοπίου και των αξόνων του περιστρεφόμενου πλαισίου παρέχει πληροφορίες τόσο για τις γωνίες στροφής όσο και για τον ρυθμό μεταβολής τους. Με την πάροδο του χρόνου, οι τεχνολογικές εξελίξεις αύξησαν σημαντικά την ακρίβεια μέτρησης αυτών των δύο πληροφοριών. Με τις αναφερόμενες βελτιώσεις προέκυψε η σταδιακή δυνατότητα χρήσης του γυροσκοπίου σε διάφορες εφαρμογές όπως:

- Ακριβής Πλοήγηση
- Μηχανισμοί σταθεροποίησης για κινούμενα οχήματα
- Αδρανειακά συστήματα πλοήγησης
- Αυτόματα πιλοτικά συστήματα

Η πρώτη γυροσκοπική πυξίδα που χρησιμοποιήθηκε στη ναυσιπλοία εφευρέθηκε και κατασκευάστηκε από τον Γερμανό Herman Anschutz-Kaempfe το 1903 και αργότερα βελτιώθηκε από τον συνεργάτη του Schuler. Το 1909, ο Αμερικανός Elmer Sperry κατασκεύασε το πρώτο αυτόματο σύστημα διεύθυνσης αεροσκάφους με γυροσκόπια και το 1911, έδειξε τη λειτουργία μιας νέας ναυτικής γυροσκοπικής πυξίδας στο πλοίο των Ηνωμένων Πολιτειών «Delaware». Το πρώτο αυτόματο σύστημα διεύθυνσης για πλοήγηση κατασκευάστηκε το 1916 στο Κίελο της Γερμανίας από την εταιρεία Anschutz και εγκαταστάθηκε σε δανέζικο επιβατηγό πλοίο. [9][10][11]



ΕΙΚΟΝΑ 1.9 Η πρώτη γυροπιξίδα Anschütz, 1903 (<https://el.wikipedia.org/wiki/>)

1.3 Η ανακάλυψη του radar

Κατά τη δεκαετία του 1920, διάφορα πανεπιστήμια στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ευρώπη διεξήγαγαν καλά τεκμηριωμένες επιστημονικές μελέτες για τη δημιουργία νέων βοηθημάτων ραδιοπλοήγησης. Αυτές οι μελέτες διερεύνησαν τόσο τη μέτρηση αποστάσεων μέσω της εκπομπής και λήψης ραδιοκυμάτων, όσο και τη μέτρηση του χρόνου διάδοσης τους (αρχή της λειτουργίας του Radar). Επιπλέον, έγιναν προσπάθειες για τον προσδιορισμό της θέσης (διόρθωση) ενός πλοίου στη διασταύρωση δύο γραμμών υπερβολικής θέσης με λήψη και επεξεργασία ραδιοκυμάτων που εκπέμπονται από παράκτιους σταθμούς (αρχή της υπερβολικής πλοήγησης). Ωστόσο, αυτές οι επιστημονικές καινοτομίες παρέμειναν αχρησιμοποίητες μέχρι την περίοδο του δευτέρου Παγκοσμίου πολέμου, όταν αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για στρατιωτικούς σκοπούς, δημιουργώντας το ναυτικό ραντάρ και τα πρώτα υπερβολικά συστήματα πλοήγησης.

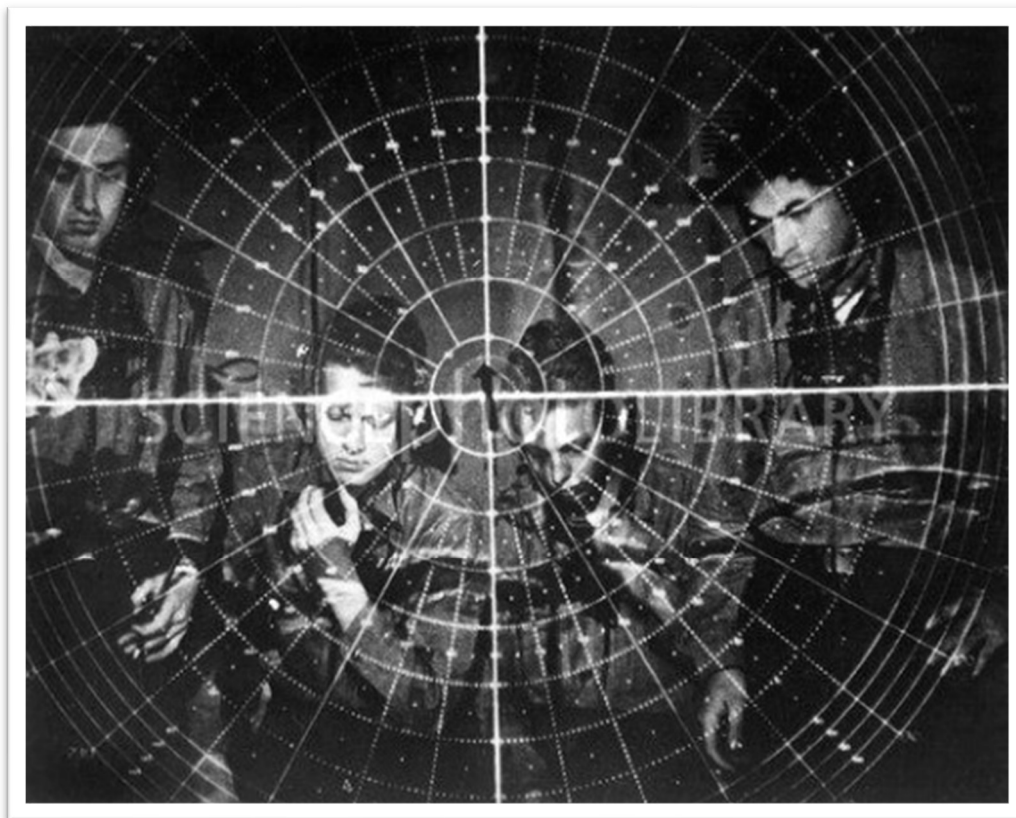


ΕΙΚΟΝΑ 1.10 Το πρώτο πειραματικό σύστημα RADAR, Christian Hulsmeier 1903 (<https://el.wikipedia.org/wiki/>)

Το Radar (Radio Detecting And Ranging) είναι ένα θεμελιώδες ηλεκτρονικό σύστημα για την ηλεκτρομαγνητική ανίχνευση και παρακολούθηση στόχων, κινητών ή ακίνητων, σε μεγάλες αποστάσεις, μη ορατές με το ανθρώπινο μάτι. Κατά τα έτη 1886-1888, ο Γερμανός φυσικός Hertz επιβεβαίωσε πειραματικά την ανάκλαση και τη σκέδαση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε αγώγιμα σώματα. Παρόμοια έρευνα διεξήχθη το 1897 από τον Ρώσο επιστήμονα Ρορον. Το πρώτο radar σε πειραματικό επίπεδο κατασκευάστηκε το 1903-1904 από τον Γερμανό μηχανικό Hulsmeier.

Οι πρώτες παρατηρήσεις ανακλώμενων ραδιοκυμάτων (Continuous Wave, CW) έγιναν στις Ηνωμένες Πολιτείες στον ποταμό Potomac το 1922 από τους Taylor και Young για λογαριασμό του Naval Research Laboratory (NRL). Το 1935, οι Βρετανοί Watt και Wilkins διεξήγαγαν ένα ιστορικό πείραμα σε ένα αγγλικό χωριό, εντοπίζοντας επιτυχώς εχθρικά αεροσκάφη σε μεγάλη απόσταση πριν από την οπτική ανίχνευση, χρησιμοποιώντας έναν πομπό του BBC (British Broadcasting Corporation) στα 6MHz με ισχύ 10 KW.

Η πρώτη ναυτιλιακή εφαρμογή έγινε το 1937 με την εγκατάσταση της πρώτης συσκευής σε πολεμικό πλοίο των Ηνωμένων Πολιτειών. Το ραντάρ αποδείχθηκε ένα από τα πιο σημαντικά τεχνολογικά επιτεύγματα του δευτέρου Παγκοσμίου πολέμου, διεκδικώντας δικαίως την ευθύνη για την επιτυχή έκβαση του. Το 1939, οι Βρετανοί εγκατέστησαν πολλούς σταθμούς radar κατά μήκος της ακτογραμμής της Μάγχης ως σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης σε συχνότητα 60 MHz. Η βύθιση του βρετανικού θωρηκτού Hood από το γερμανικό θωρηκτό Bismarck περιλάμβανε ακριβή μέτρηση απόστασης χρησιμοποιώντας radar. Πριν από τον βομβαρδισμό του Pearl Harbour στη Χαβάη, ιαπωνικά αεροσκάφη είχαν εντοπιστεί από ερευνητικούς σταθμούς ραντάρ στη βάση της Χονολουλού, αλλά αγνοήθηκαν. [9][12]



ΕΙΚΟΝΑ 1.11 Πολεμικό Ναυτικό Ηνωμένων Πολιτειών 1944 (<https://el.wikipedia.org/wiki/>)

Ελαφρύτερα και ακριβέστερα ραντάρ αναπτύχθηκαν με την ανακάλυψη του πρώτου σωλήνα μικροκυμάτων, του magnetron. Λίγο αργότερα (1942), αναπτύχθηκαν τα πρώτα radar μικροκυμάτων με περιστρεφόμενες κεραιές και δείκτες PPI.

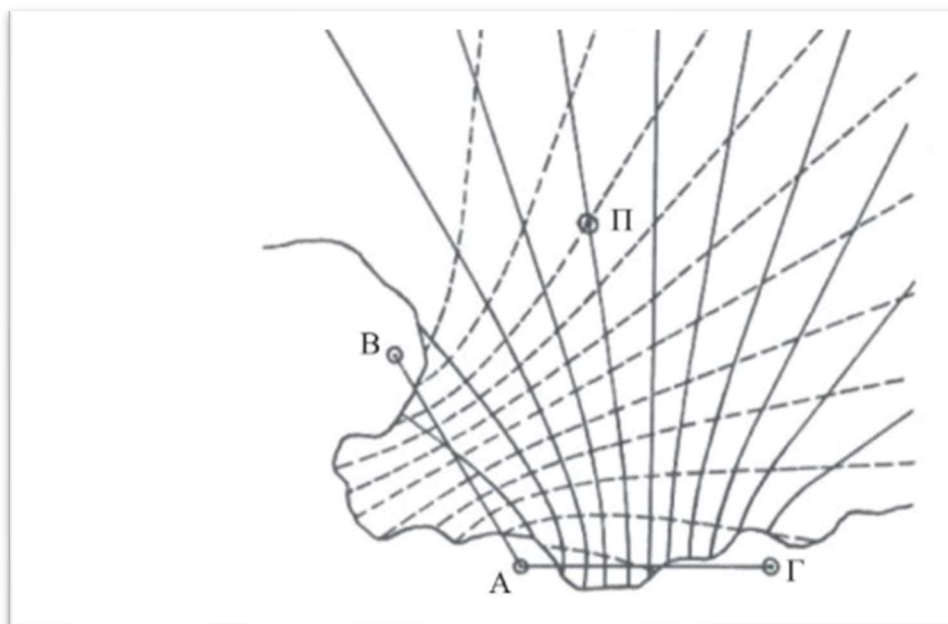
Το 1944, ξεκίνησε η σταδιακή εγκατάσταση του σε εμπορικά πλοία, η οποία έγινε δημοφιλής μετά το τέλος του πολέμου. Με την πάροδο του χρόνου, με τις τεχνολογικές εξελίξεις, η ακρίβεια των πληροφοριών που εξάγονταν από την συσκευή βελτιώθηκε σημαντικά, όπως και η περαιτέρω αξιοποίηση της, επιτρέποντας την αυτόματη απεικόνιση της θαλάσσιας κυκλοφορίας. [13][14]

1.4 Συστήματα Υπερβολικής ναυτιλίας

Η μέθοδος προσδιορισμού θέσης στη διασταύρωση δύο υπερβολικών γραμμών είναι γνωστή και χρησιμοποιείται με επιτυχία τουλάχιστον από τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό θέσεων του εχθρικού πυροβολικού καταγράφοντας τα χρονικά διαστήματα μεταξύ της βολής του πυροβολικού σε διαφορετικές τοποθεσίες. Αυτή η τεχνική μετέτρεψε τη διαφορά στο χρόνο διάδοσης των ηχητικών κυμάτων σε διαφορά απόστασης, με αποτέλεσμα την αντίστοιχη γραμμή υπερβολικής θέσης (θεμελιώδες χαρακτηριστικό της υπερβολικής πλοήγησης). Ωστόσο, τα αρχικά βοηθήματα ραδιοπλοήγησης για υπερβολική πλοήγηση αναπτύχθηκαν πολύ αργότερα, ειδικά κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου. Αυτά τα συστήματα επέτρεψαν τον προσδιορισμό της θέσης ενός σκάφους με λήψη και επεξεργασία ραδιοφωνικών σημάτων που μεταδίδονταν από κατάλληλους επίγειους σταθμούς, που βρίσκονται πολύ πέρα από την εμβέλεια των ανιχνευτών κατεύθυνσης ραδιοφώνου και των RADAR. [9][15][16]

Στα υπερβολικά συστήματα πλοήγησης, η θέση του σκάφους προσδιορίζεται στη διασταύρωση δύο γραμμών υπερβολικής θέσης. Αυτές οι γραμμές προκύπτουν ως εξής:

1. Η πρώτη γραμμή υπερβολικής θέσης προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς αποστάσεων του σκάφους από δύο σταθμούς A και B
2. Η δεύτερη γραμμή υπερβολικής θέσης προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς αποστάσεων του σκάφους από τους σταθμούς A και Γ



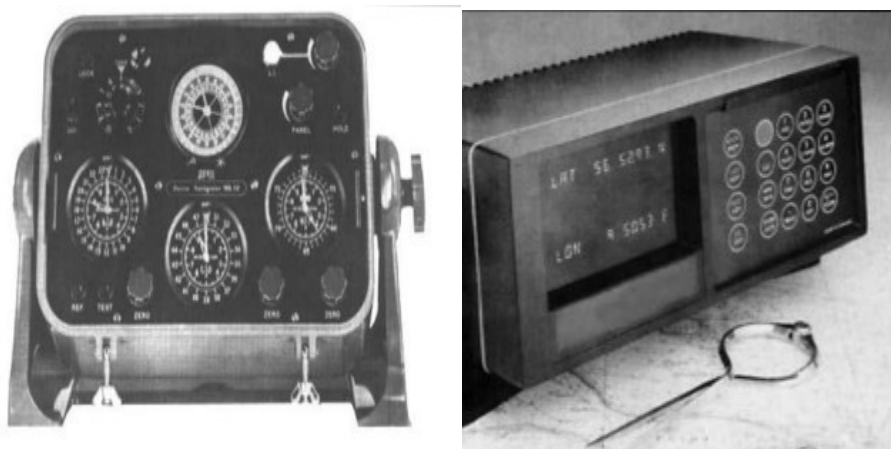
ΕΙΚΟΝΑ 1.12 Προσδιορισμός θέσεως υπερβολικής ναυτιλίας (Α. Η. Παλληκάρης και Γ. Θ. Κατσούλης (2008). "Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα)

Τα βασικά βοηθήματα ραδιοπλοήγησης για υπερβολική πλοήγηση που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου περιλαμβάνουν [18]:

1. Το σύστημα CONSOL, που δημιουργήθηκε αρχικά από τους Γερμανούς και χρησιμοποιήθηκε ευρέως για την υποβρύχια πλοήγηση με την ονομασία SONNE. Μετά τον πόλεμο, αναπτύχθηκε περαιτέρω από τους Βρετανούς και διατέθηκε για δωρεάν χρήση με το ίδιο όνομα. [9]

2. Το σύστημα DECCA, που αναπτύχθηκε από τους Βρετανούς και χρησιμοποιήθηκε ιδιαίτερα για τη λήψη πληροφοριών κατά την εισβολή στην Νορμανδία. Μετά τον πόλεμο, υποβλήθηκε σε περαιτέρω ανάπτυξη από την εταιρεία Decca Navigator System και κυκλοφόρησε για δωρεάν εμπορική χρήση. [19]

3. Το σύστημα LORAN, που αναπτύχθηκε από τις Ηνωμένες Πολιτείες το 1941 για να παρέχει ακριβείς πληροφορίες στην θάλασσα. Μεταπολεμικά, υπέστη περαιτέρω ανάπτυξη και διατέθηκε για δωρεάν χρήση ως LORAN-A, λειτουργώντας σε συχνότητες 1700-2000KHz και εμβέλεια 540 ναυτικών μιλίων. Το 1957 δημιουργήθηκε το σύστημα LORAN-C που λειτουργούσε σε συχνότητες 100 KHz και εμβέλεια 1080 ναυτικών μιλίων. [20][21]



ΕΙΚΟΝΑ 1.13 Παλιός (αριστερά) και Νεότερος (δεξιά) δέκτης συστήματος DECCA
(<https://el.wikipedia.org/wiki>)



ΕΙΚΟΝΑ 1.14 Παλιός (αριστερά) και νεότερος (δεξιά) δέκτης συστήματος LORAN
(<https://el.wikipedia.org/wiki>)

Η εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 οδήγησε σε σημαντική βελτίωση των λειτουργικών δυνατοτήτων των παραδοσιακών υπερβολικών συστημάτων

πλοήγησης. Οι δέκτες υπερβολικών συστημάτων νέας γενιάς, σε σύγκριση με τους προκάτοχους τους, ήταν μικρότεροι και ελαφρύτεροι. Επιπλέον, έγιναν πιο φιλικά προς τον χρήστη, ενσωματώνοντας έναν μικροεπεξεργαστή και ψηφιακή οθόνη. Αυτές οι βελτιώσεις διευκόλυναν την επεξεργασία των λαμβανόμενων σημάτων σε πραγματικό χρόνο από τον δέκτη, την άμεση ένδειξη της θέσης με γεωγραφικές συντεταγμένες και την επίλυση διαφόρων προβλημάτων πλοήγησης. Αυτά περιλαμβάνουν τη χάραξη πορειών για την άφιξη σε διάφορους προορισμούς, τον προσδιορισμό αποστάσεων μεταξύ διαφορετικών σημείων, την αντιμετώπιση νεκρών σημείων στη ναυτική πλοήγηση, τον υπολογισμό της πραγματικής διαδρομής και της ταχύτητας πάνω από το έδαφος, μεταξύ άλλων.

Τα αρχικά υπερβολικά βοηθήματα πλοήγησης, παρά τις επακόλουθες βελτιώσεις, παρουσίασαν περιορισμένη εμβέλεια (έως 250 ναυτικά μίλια για το DECCA και 2000 ναυτικά μίλια για το LORAN). Κατά συνέπεια από το 1947 διεξήχθησαν μελέτες στις Ηνωμένες Πολιτείες για την ανάπτυξη ενός νέου συστήματος υπερβολικής πλοήγησης με παγκόσμια εμβέλεια. Η δημιουργία αυτού του συστήματος ολοκληρώθηκε γύρω στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και ονομάστηκε OMEGA. Λειτουργώντας σε συχνότητες VLF (Very low Frequency), το σύστημα OMEGA επέτρεψε τον προσδιορισμό θέσης σε οποιοδήποτε σημείο της επιφάνειας της Γης, ακόμα και κάτω από την θάλασσα για δέκτες που είναι εγκατεστημένοι σε υποβρύχια. Το σύστημα OMEGA παροπλίστηκε επίσημα το 1999 με την ωριμότητα του προγράμματος δορυφορικής πλοήγησης GPS.

Η εξέχουσα θέση της τεχνολογίας δορυφορικής πλοήγησης περιθωριοποίησε σταδιακά τη χρήση άλλων βοηθημάτων ραδιοπλοήγησης. Επί του παρόντος, μόνο το σύστημα LORAN παραμένει σε χρήση και μόνο σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές. **[22][23]**

2. GMDSS και ραδιοεπικοινωνία

2.1 GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System)

Το GMDSS (Παγκόσμιο Σύστημα Ναυτιλιακού Κινδύνου και Ασφάλειας) [25][26] είναι ένα θαλάσσιο σύστημα παγκόσμιας κάλυψης. Βασίζεται σε αυτοματοποιημένες ραδιοεπικοινωνίες, τόσο δορυφορικές όσο και επίγειες. Το σύστημα ενισχύει τις πιθανότητες εντοπισμού πλοίων που βρίσκονται σε κίνδυνο (έχουν εκπέμψει σήμα κινδύνου), βελτιώνει τις ραδιοεπικοινωνίες, διευκολύνει τον συντονισμό και παρέχει ζωτικής σημασίας πληροφορίες για την ασφάλεια των πλοίων στη θάλασσα.

Η βελτίωση της τηλεπικοινωνιακής υποδομής επί των πλοίων για την αποτελεσματική αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης αποτελεί το επίκεντρο του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) για περισσότερα από 20 χρόνια. Το 1979, μια ομάδα ειδικών συνέταξε τη διεθνή σύμβαση για τη ναυτική έρευνα και διάσωση θέτοντας τα θεμέλια για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης στη θάλασσα. Αυτή η ίδια ομάδα συνέβαλε επίσης στην απόφαση του IMO να αναπτύξει το Παγκόσμιο Σύστημα Ναυτιλιακού Κινδύνου και Ασφάλειας (GMDSS) για την παροχή της απαραίτητης τηλεπικοινωνιακής υποστήριξης για την υλοποίηση του σχεδίου έρευνας και διάσωσης.

Το 1988, ο IMO τροποποίησε τη σύμβαση SOLAS, απαιτώντας από τα πλοία που υπόκεινται σε αυτήν να εγκαθιστούν εξοπλισμό GMDSS. Από την 1^η Αυγούστου 1993, τα πλοία έχουν εντολή να είναι εξοπλισμένα με NAVTEX και δορυφορικό ραδιοφάρο ένδειξης έκτακτης ανάγκης (EPIRB), και από την 1^η Φεβρουαρίου 1999, τον υπόλοιπο σχετικό εξοπλισμό. Το GMDSS στοχεύει να ειδοποιεί για βοήθεια όταν ένα πλοίο βρίσκεται σε κίνδυνο, να μεταδίδει όλες τις σχετικές πληροφορίες σχετικά με την ασφαλή πλοήγηση και να εξυπηρετεί τις γενικές ανάγκες επικοινωνίας μεταξύ πλοίου και στεριάς καθώς και μεταξύ δύο πλοίων. [24]

2.1.1 Εξοπλισμός

Για το GMDSS, ο τεχνικός εξοπλισμός λήψης και μετάδοσης σήματος περιλαμβάνει κεραιές και συσσωρευτές που είναι απαραίτητοι για την ομαλή λειτουργία. Ο ειδικός εξοπλισμός που απαιτείται για κάθε πλοίο εξαρτάται από την περιοχή GMDSS στην οποία δραστηριοποιείται το πλοίο.

Η κεραία που χρησιμοποιείται είναι η ίδια με αυτήν που απαιτείται για το VHF (Very High Frequency). Οι συσσωρευτές κατηγοριοποιούνται κυρίως σε τρεις τύπους:

- Πρωτεύουσα πηγή ενέργειας: Ορίζεται ως η κύρια πηγή ενέργειας για το πλοίο.
- Πηγή ενέργειας έκτακτης ανάγκης (Γεννήτρια έκτακτης ανάγκης): Παρέχει ρεύμα έκτακτης ανάγκης, που συνήθως λαμβάνεται από τη γεννήτρια έκτακτης ανάγκης του πλοίου. Πρέπει να επαρκεί για τη λειτουργία του κύριου και πρόσθετου εξοπλισμού, δηλαδή 18 ώρες για φορτηγά πλοία και 36 ώρες για επιβατηγά πλοία.
- Εφεδρική πηγή ενέργειας για συστήματα GMDSS: Συνήθως αποτελείται από επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές και χρησιμοποιείται για την παροχή ρεύματος σε εξοπλισμό ραδιοεπικοινωνίας σε περίπτωση βλάβης της κύριας πηγής ενέργειας και της πηγής τροφοδοσίας έκτακτης ανάγκης. Η εφεδρική πηγή ισχύος πρέπει να είναι ικανή να παρέχει ενέργεια σε εγκαταστάσεις ραδιοεπικοινωνίας για τουλάχιστον:
 - Μία ώρα για πλοία εξοπλισμένα με πηγή ενέργειας έκτακτης ανάγκης επαρκή για 18 ώρες για φορτηγά πλοία και 36 ώρες για επιβατηγά πλοία.
 - Έξι ώρες για πλοία χωρίς πηγή ενέργειας έκτακτης ανάγκης.

Το πλοίο πρέπει επίσης να είναι εξοπλισμένο με:

1. Μια εγκατάσταση VHF ικανή να εκπέμπει και να λαμβάνει μηνύματα προτεραιότητας (DSC-Digital Selective Calling) στο κανάλι 70 και να επικοινωνεί στα κανάλια 16, 13 και 6.

2. Μια συσκευή ανίχνευσης που λειτουργεί είτε στα 9GHz (συχνότητα ραντάρ) είτε σε συχνότητες AIS, εύκολα προσβάσιμη.
3. Δέκτης NAVTEX σε περιοχές όπου απαιτείται
4. Ένας ραδιοφάρος που δείχνει τη θέση έκτακτης ανάγκης (EPIRB) ικανός να μεταδίδει σήματα κινδύνου στη συχνότητα 406 MHz μέσω δορυφόρων COSPAS και SARSAT σε πολική τροχιά. Το EPIRB θα πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμο, να ενεργοποιείται χειροκίνητα, να μεταφέρεται εύκολα σε μέσα διάσωσης και να μπορεί να ενεργοποιείται αυτόματα και να επιπλέει.
5. Φορητές ασύρματες συσκευές VHF

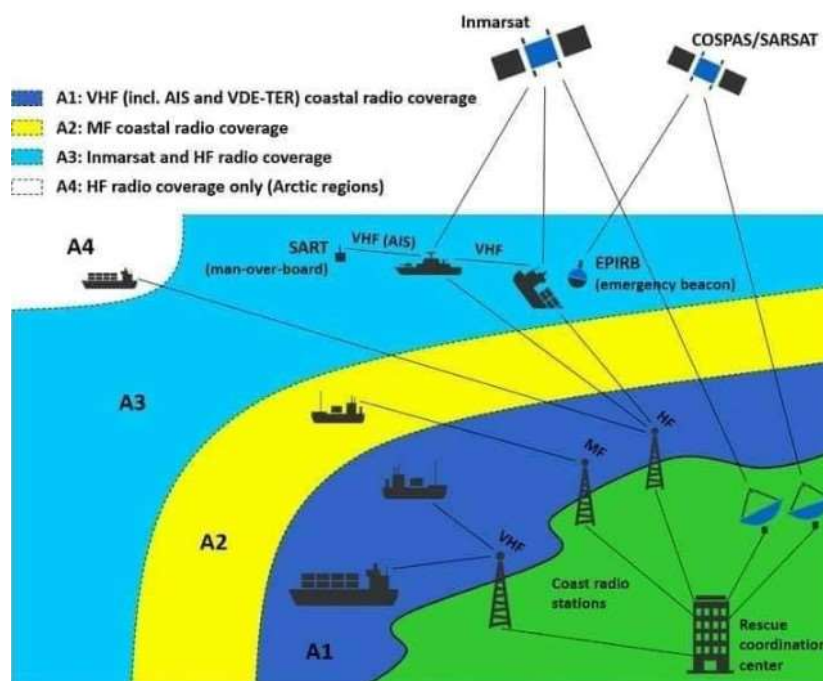
2.1.2 Βασικές Αρχές

Το επιχειρησιακό πεδίο εφαρμογής του GMDSS είναι παγκόσμιο. Ως εκ τούτου, το GMDSS χωρίζει τον κόσμο σε τέσσερις μεγάλες θαλάσσιες ζώνες με βάση την απόσταση από τις κατοικημένες περιοχές και τη διαθέσιμη τεχνολογία επικοινωνίας. Αφενός, αυτές οι θαλάσσιες ζώνες περιγράφουν της υπηρεσίες που παρέχονται από τους παράκτιους ραδιοφωνικούς σταθμούς και, αφετέρου, καθορίζουν τον εξοπλισμό που πρέπει να μεταφέρουν τα πλοία. Αυτό είναι κρίσιμο, καθώς ένα σκάφος μπορεί να βρεθεί σε μια περιοχή που υπόκειται σε διαφορετικούς κανονισμούς και προϋποθέσεις.

Όσον αφορά τις θαλάσσιες περιοχές GMDSS, υπάρχουν τέσσερις καθορισμένες ζώνες. Η περιοχή A1 εγγυάται κάλυψη VHF εντός 20 ναυτικών μιλίων από τις ακτές των Η.Π.Α, προσφέροντας υπηρεσίες ειδοποίησης DSC και ραδιοτηλεφωνίας. Το A2 παρέχει παλαιότερα κάλυψη MF, αλλά σταμάτησε το 2013. Το A3 βασίζεται στο Inmarsat-C ή το Iridium LT-3100S για κάλυψη κινητής τηλεφωνίας μέσω δορυφόρου, που ποικίλλει ανάλογα με το πλοίο. Το A4 εκτείνεται πέρα από το A3, απαιτώντας ραδιοτηλέφωνο HF εξοπλισμένο με DSC. Μελλοντικές επεκτάσεις ενδέχεται να προκύψουν με βάση δορυφορικά συστήματα. [28][29]. Ο ακόλουθος πίνακας περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις προδιαγραφές δορυφορικής κάλυψης, ραδιοεπικοινωνίας και εξοπλισμού που πρέπει να φέρουν τα πλοία που είναι συμβατά με SOLAS σε όλες τις θαλάσσιες ζώνες. [27]

| Θαλάσσια Περιοχή GMDSS | Γεωγραφική κάλυψη δορυφόρου και ραδιοηλεκτρονικών | Εξοπλισμός επικοινωνίας με ασύρματο και δορυφόρο | Αυτόματος και φορητός ραδιοεξοπλισμός |
|------------------------|--|---|--|
| A1 | Εντός της διαρκούς κάλυψης του VHF (Πολύ Υψηλή Συχνότητα) DSC (Ψηφιακή Επιλεκτική Κλήση) από έναν CRS με επακόλουθη VHF RT (Ραδιοτηλεφωνία, περίπου 20-30 ναυτικά μίλια από την ακτή) | -Ασύρματος VHF-DSC και RT -Δέκτης NAVTEX / αυτόματη λήψη MSI (Πληροφορία ναυτικής Ασφάλειας) | -406 MHz EPIRB (Θεσιδεκτικός Ραδιοφάρος Έκτακτης Ανάγκης) -SART (Αναμεταδότης Ραντάρ Έρευνας και Διάσωσης) -Ασύρματος VHF χειρός |
| A2 | -Εκτός της θαλάσσιας περιοχής A1 -Με διαρκή κάλυψη MF (Μέση Συχνότητα) DSC από ένα CRS με επακόλουθη MF | -Ασύρματος MF / DSC και RT -Ο εξοπλισμός που περιλαμβάνεται στη Θαλάσσια Περιοχή A1 | -406 MHz EPIRB -SART -Ασύρματος VHF χειρός |

| | | | |
|----|---|--|--|
| | RT (περίπου 100 ναυτικά μίλια από την ακτή) | | |
| A3 | -Εκτός των θαλάσσιων περιοχών A1 και A2 -Εντός της κάλυψης του INMARSAT (Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλιακών Δορυφόρων) | -Ασύρματος HF (Υψηλής Συχνότητας) / DSC -INMARSAT / Δορυφορική επικοινωνία -Σύστημα λήψης MSI στη θαλάσσια περιοχή A3 (EGC ή ραδιοτέλεξ) -Ο εξοπλισμός που περιλαμβάνεται στις θαλάσσιες περιοχές A1 και A2 | -406 MHz EPIRB -SART -Ασύρματος VHF χειρός |
| A4 | -Εκτός των θαλάσσιων περιοχών A1, A2 και A3 | -Ασύρματος HF – DSC - Ο εξοπλισμός που περιλαμβάνεται στις θαλάσσιες περιοχές A1 και A2 | -406 MHz EPIRB -SART -Ασύρματος VHF χειρός |



ΕΙΚΟΝΑ 2.1 Θαλάσσιες ζώνες GMDSS (<https://www.sternula.com/maritime-authorities>)

2.1.3 Εξαιρέσεις και πλεονεκτήματα

Το Παγκόσμιο Σύστημα Ναυτιλιακού Κινδύνου και Ασφάλειας (GMDSS) συνδέεται με πολλά πλεονεκτήματα. Πρώτον, διευκολύνει την άμεση επικοινωνία με την ακτή χωρίς να βασίζεται σε κοντινά σκάφη. Επιπλέον, το GMDSS χρησιμοποιεί βελτιωμένα και αυτοματοποιημένα σήματα κινδύνου. Το σύστημα χρησιμοποιεί τουλάχιστον δύο διαφορετικά συστήματα ενεργοποίησης για συναγερμούς κινδύνου εντός του υποχρεωτικού εξοπλισμού του πλοίου. Επιπλέον, επιτρέπει τον συντονισμό των επιχειρήσεων έρευνας και διάσωσης απευθείας από την ακτή. Σημειωτέων, το GMDSS συμβάλλει στη διατήρηση της παρακολούθησης χωρίς να απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό

Σύμφωνα με το Κεφάλαιο 4 της Διεθνούς Σύμβασης SOLAS, τα πλοία που υπόκεινται στους κανονισμούς SOLAS έχουν εντολή να είναι εξοπλισμένα με GMDSS. Ωστόσο, ορισμένες κατηγορίες πλοίων εξαιρούνται από αυτήν την απαίτηση, συμπεριλαμβανομένων των φορτηγών πλοίων κάτω των 300 μικτών τόνων, των πολεμικών πλοίων, των βοηθητικών πλοίων του ναυτικού, των μη μηχανοκίνητων πλοίων, των πρωτόγονων ξύλινων πλοίων, των πλοίων αναψυχής (μη επαγγελματικών), των αλιευτικών πλοίων και των πλοίων τα εσωτερικά ύδατα του Καναδά.

2.2 Ραδιοεπικοινωνία

Η ασύρματη επικοινωνία [30], γνωστή και ως ραδιοτηλεφωνία (RT), χρησιμοποιεί έναν πομπό (Tx) για την αποστολή ραδιοκυμάτων σε μια συγκεκριμένη συχνότητα και έναν δέκτη (Rx) για τη λήψη ραδιοκυμάτων στην ίδια συχνότητα. Τα ραδιοκύματα αναφέρονται στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εντός συγκεκριμένων ζωνών συχνοτήτων στο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων. Η συχνότητα των κυμάτων ορίζεται από τον αριθμό των ταλαντώσεων ανά μονάδα χρόνου. Για παράδειγμα, η θαλάσσια ραδιοτηλεφωνία πολύ υψηλών συχνοτήτων (VHF RT) λειτουργεί εντός του εύρους VHF, που κυμαίνεται από 156 MHz έως 164 MHz.

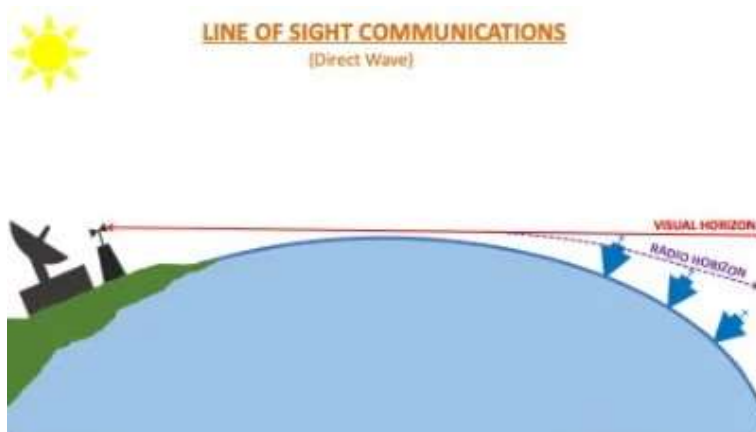
Τα επίγεια συστήματα επικοινωνίας GMDSS παρέχουν υπηρεσίες μέσω πολύ υψηλής συχνότητας (VHF – 30MHz έως 300 MHz), υψηλής συχνότητας (HF – 3MHz έως 30MHz και μεσαίας συχνότητας (MF – 300 KHz έως 3 MHz).

Η διάδοση περιγράφει την κίνηση των ραδιοκυμάτων από έναν πομπό σε έναν δέκτη. Στις θαλάσσιες επικοινωνίες, τρεις τύποι διάδοσης είναι σχετικοί:

1. Διάδοση οπτικής επαφής (άμεσο κύμα): Χρησιμοποιείται κυρίως σε επικοινωνία VHF (50MHz και άνω), λειτουργεί σε περιοχές χωρίς φυσικά εμπόδια μεταξύ πομπών και δεκτών.
2. Διάδοση επίγειων κυμάτων: Χρησιμοποιείται για μεγαλύτερες αποστάσεις, όπου η καμπυλότητα της Γης παίζει σημαντικό ρόλο. Η διάδοση των κυμάτων εδάφους είναι κοινή στην επικοινωνία MF.
3. Ατμοσφαιρική διάδοση: Επηρεασμένη από αντανάκλασεις στην ιονόσφαιρα, η ατμοσφαιρική διάδοση παρατηρείται στην επικοινωνία HF. Οι διακυμάνσεις στο μήκος διάδοσης εξαρτώνται από παράγοντες όπως η ώρα της ημέρας, η εποχή, οι ηλιακές εκλάμψεις και οι ιονόσφαιρικές συνθήκες.

2.2.1 Πολύ υψηλής συχνότητας (VHF)

Το μήκος κύματος των συχνοτήτων εντός της περιοχής VHF είναι περίπου 2 μέτρα. Ουσιαστικά, το μήκος μια κεραίας VHF ή διπολικής κεραίας, σε μια ασύρματη συσκευή VHF δεν χρειάζεται να υπερβαίνει το μισό αυτού του μήκους κύματος, περίπου 1 μέτρο. Επομένως, η ραδιοεπικοινωνία VHF είναι κατάλληλη για όλα τα σκάφη, συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων πλοίων αλλά και των μικρότερων όπως τα αλιευτικά. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με τόσο μικρά μήκη κύματος τείνουν να ταξιδεύουν ή να διαδίδονται σε μια σχεδόν ευθεία γραμμή μεταξύ του πομπού και του δέκτη και μπορούν να ξεπεράσουν τον ορατό ορίζοντα (απόσταση γραμμής όρασης). Ωστόσο, αυτά τα κύματα δεν μπορούν να διαπεράσουν αντικείμενα αλλά μπορούν να ανακληθούν από αυτά. Για αυτούς τους λόγους είναι προτιμότερο να τοποθετηθεί η κεραία VHF στο υψηλότερο σημείο του σκάφους για επιτευχθεί η βέλτιστη εμβέλεια επικοινωνίας. [31]



ΕΙΚΟΝΑ 2.2 Άμεσο κύμα που χρησιμοποιείται κυρίως σε επικοινωνία VHF
(<https://chieftain.training/radio-propagation>)

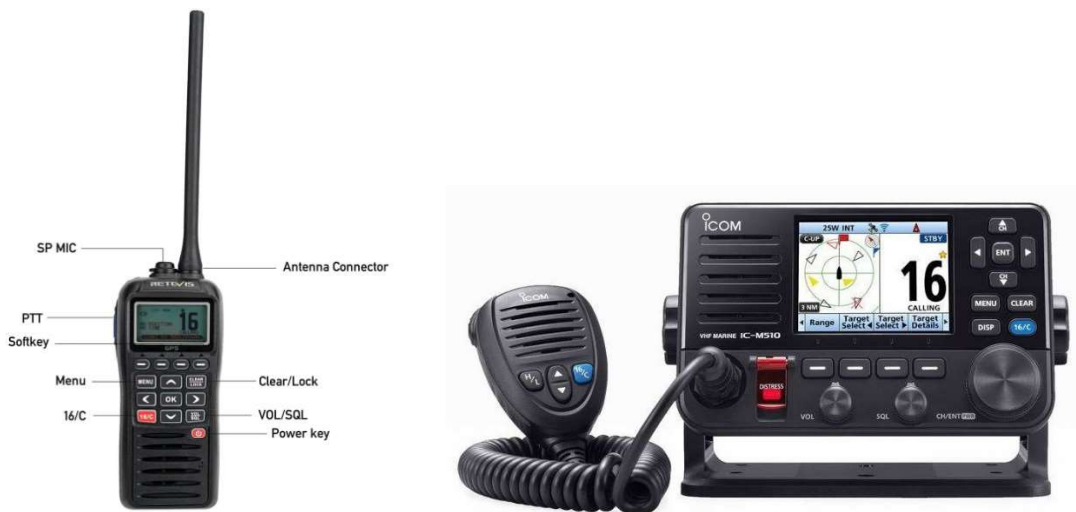
Το εύρος των ραδιοεπικοινωνιών VHF υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο: Εύρος [ναυτικά μίλια] = $2,25 \times \sqrt{\text{ύψος κεραίας [σε μέτρα]}}$. Κατά τον υπολογισμό του εύρους μεταξύ δύο κεραιών, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το ύψος και των δύο κεραιών. Ο τύπος τότε έχει ως εξής: Εύρος μεταξύ δύο κεραιών [ναυτικά μίλια] = $2,25 \times (\sqrt{\text{ύψος πρώτης κεραίας [σε μέτρα]} + \sqrt{\text{ύψος δεύτερης κεραίας [σε μέτρα]}}$). Για παράδειγμα, το εύρος μεταξύ της κεραίας του σκάφους (30 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας) και της κεραίας CRS (62 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας) είναι 30,04 ναυτικά μίλια. [32]

Το εύρος των ραδιοεπικοινωνιών VHF στη θάλασσα μπορεί να ποικίλλει μεταξύ διαφορετικών τύπων σκαφών και θέσεων CRS λόγω διαφορετικών υψών κεραίας που χρησιμοποιούνται, ανάλογα με το μέγεθος του σκάφους και τις θέσεις του CRS. Γενικά, το εύρος των ραδιοσυχνοτήτων VHF κυμαίνεται από 20 έως 30 ναυτικά μίλια. Οι συχνότητες VHF κυμαίνονται από 156MHz έως 174MHz, περιλαμβάνοντας 57 ξεχωριστά κανάλια αριθμημένα διαδοχικά από VHF CH 1 έως VHF CH 28 και από VHF CH 60 έως VHF CH 88.

Η ασύρματη ραδιοτηλεφωνία VHF (RT) είναι ένα σύστημα μετάδοσης και λήψης που επιτρέπει στον χειριστή να μεταδίδει ή να λαμβάνει πληροφορίες μέσω φωνής. Μπορεί να είναι είτε σταθερό είτε φορητό. Ωστόσο, το ασύρματο VHF RT έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα, δεν μπορεί να απευθυνθεί σε ένα συγκεκριμένο ασύρματο VHF με αποτέλεσμα οποιοσδήποτε εντός της εμβέλειας του σήματος να ακούει το μεταδιδόμενο σήμα. Για το λόγο αυτό, ο ελεγκτής συστήματος δεδομένων VHF (DSC) έχει ενσωματωθεί σε ασύρματα VHF. Η λειτουργία του DSC είναι ως «σταυροδρόμι» μεταξύ ενός τηλεφώνου και ενός ασυρμάτου VHF. Η λειτουργία DSC περιλαμβάνει την αποστολή ψηφιακού κωδικού στο κανάλι 70 στο VHF καλώντας αυτόματα ένα άλλο VHF. Αυτό συμβαίνει επειδή κάθε ελεγκτής DSC VHF έχει ένα μοναδικό αριθμό MMSI (Maritime Mobile Service Identity) ο οποίος λειτουργεί ως αριθμός τηλεφώνου. Αυτές οι ασύρματες μονάδες συναντώνται μόνο ως σταθερές εγκαταστάσεις.

Ένα ασύρματο σύστημα επικοινωνίας VHF αποτελείται από πολλά ενσωματωμένα στοιχεία. Αυτά περιλαμβάνουν έναν δέκτη εξοπλισμένο με ακουστικά και μικρόφωνο, έναν πομπό με μικρόφωνο και συχνά ένα συνδυασμένο ακουστικό, έναν ελεγκτή VHF DSC (Digital Selective Calling), μια κεραία που διευκολύνει τις λειτουργίες simplex και duplex και μια τροφοδοσία ρεύματος που συνήθως παρέχεται από μπαταρία 12V ή 24V. Όταν εγκαθιστάτε ένα ασύρματο σύστημα VHF σε ένα σκάφος, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτησή του. Συνιστάται να τοποθετείτε ο εξοπλισμός μακριά από την άμεση έκθεση στη βροχή και το ηλιακό φως. Επιπλέον, το σύστημα θα πρέπει να βρίσκεται σε λογική απόσταση από τον κινητήρα για να διασφαλίζεται ότι ο χειριστής μπορεί να ακούει καθαρά τις επικοινωνίες. Η προσβασιμότητα και η άνεση είναι ζωτικής σημασίας, επιτρέποντας εύκολη πρόσβαση στην ασύρματη συσκευή καθώς και σαφή

ορατότητα των ενδείξεων της. Για την αποφυγή παρεμβολών, το σύστημα θα πρέπει να βρίσκεται τουλάχιστον ένα μέτρο μακριά από την πυξίδα, μαγνητική ή ηλεκτρονική.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3 Φορητός (αριστερά) και σταθερός (δεξιά) ασύρματος VHF RT
(https://stock.adobe.com/gr_en/search?k=vhf)

Η κεραία πρέπει να είναι στρατηγικά τοποθετημένη για να αποφεύγεται η παρεμπόδιση, συνήθως στο υψηλότερο σημείο του σκάφους όπως προαναφέρθηκε. Επίσης σημαντικό είναι πως θα πρέπει να υπάρχει μια βοηθητική κεραία στο σκάφος σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης παρέχοντας πλεονασμό. Συνιστάται η σύνδεση του ασύρματος VHF σε μια πηγή πλοήγησης για να καταστεί δυνατή η παρακολούθηση της θέσης και του χρόνου του σκάφους. Αυτή η ικανότητα αποδεικνύεται απαραίτητη σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης διευκολύνοντας τον γρήγορο εντοπισμό του σκάφους σε περίπτωση ατυχήματος.



ΕΙΚΟΝΑ 2.4 Κεραία VHF σε σκάφος (https://stock.adobe.com/gr_en/search?k=vhf)

Ο ελεγκτής VHF DSC έχει κρίσιμο ρόλο στην εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένης της λήψης και της μετάδοσης ειδοποιήσεων DSC. Αυτές οι ειδοποιήσεις εξυπηρετούν

το σκοπό της σύνδεσης με τη ναυτική κοινότητα, διασφαλίζοντας αποτελεσματική φωνητική επικοινωνία. Η ευρεία υιοθέτηση του DSC μπορεί να αποδοθεί στην αυτόματη, μη χειροκίνητη παρακολούθηση των ασύρματων σημάτων. Οι ειδοποιήσεις DSC είναι γνωστές για την ταχεία παράδοση τους, που απαιτούν μόνο μιό δευτερόλεπτο εντός της καθορισμένης περιοχής συχνότητας VHF. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές όπου καταλαμβάνονται συχνά κανάλια VHF. Συγκεκριμένα, το σύστημα DSC περιλαμβάνει ένα αποκλειστικό κουμπί “Distress” που επιτρέπει την ταχεία ενεργοποίηση των ειδοποιήσεων κινδύνου. Διατίθενται διαφορετικές κατηγορίες ειδοποιήσεων, με την εξής προτεραιότητα: Κίνδυνος, Επείγον, Ασφάλεια και Ρουτίνα. Η ιεράρχηση προτεραιοτήτων διασφαλίζει αποτελεσματικό χειρισμό διαφόρων σεναρίων επικοινωνίας, τονίζοντας τον επείγοντα χαρακτήρα και τη σημασία κάθε ειδοποίησης.

Συμπερασματικά, η κατηγοριοποίηση των κοινοποιήσεων DSC παίζει κεντρικό ρόλο στον εξορθολογισμό της θαλάσσιας επικοινωνίας, παρέχοντας μια συστηματική προσέγγιση για την αντιμετώπιση διαφορετικών επιπέδων επείγουσας ανάγκης και διασφαλίζοντας την ασφάλεια των ατόμων και των σκαφών στη θάλασσα. [33]

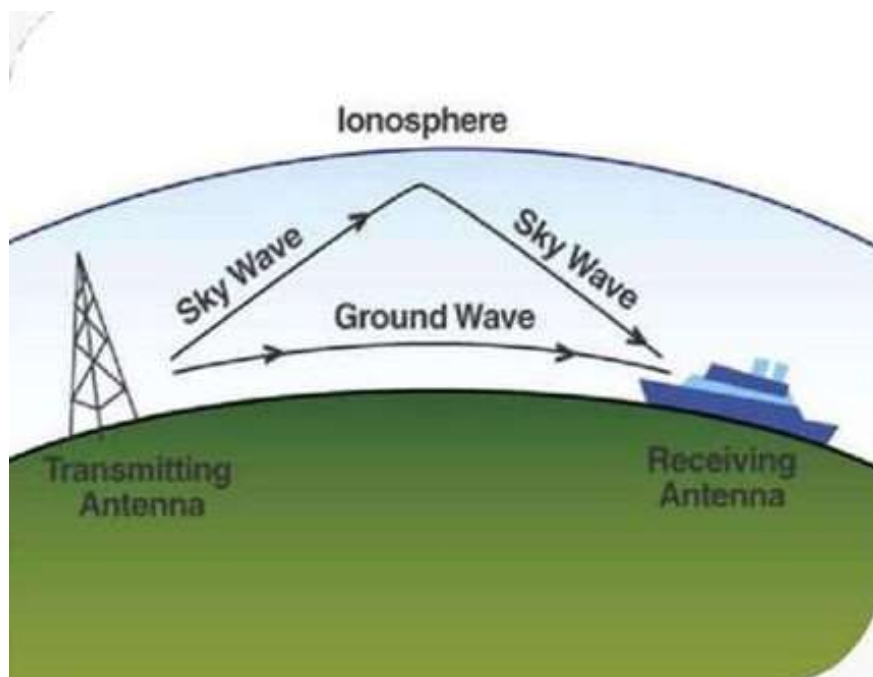
2.2.2 Μεσαίας και Υψηλής συχνότητας (MF / HF)

Η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών (ΗΜΚ) κυμάτων εδάφους στη ζώνη MF ακολουθούν την καμπυλότητα της γης σταθερά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η εμβέλεια επικοινωνιακής κάλυψης ενός σταθμού MF καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της διάδοσης των ΗΜΚ στην επιφάνεια του εδάφους, με την αγωγιμότητα στη θάλασσα να είναι υψηλότερη από ό,τι στην ξηρά (μικρότερη απώλεια, απορρόφηση ισχύος) . Η εμβέλεια μετάδοσης εξαρτάται από την ισχύ εκπομπής του σταθμού και οι εγγεγραμμένοι σταθμοί πλοίων απαιτείται να έχουν επαρκή ισχύ για την επικοινωνία με παράκτιους σταθμούς εντός 150 ναυτικών μιλίων, πληρώντας τις ελάχιστες προδιαγραφές για τις θαλάσσιες περιοχές A2, A3 και A4.



ΕΙΚΟΝΑ 2.5 Κεραία MF/HF σε σκάφος (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)

Κατά τη διάρκεια της νύχτας, το σήμα διαδίδεται και ως ιονόσφαιρο κύμα (με συνεχείς ανακλάσεις μεταξύ εδάφους και ιονόσφαιρας κυρίως στην περιοχή συχνοτήτων HF) και ως κύμα εδάφους, εμφανίζοντας το γνωστό φαινόμενο, απόσταση παράλειψης (ή περιοχή σκίασης). Τα πλοία εκτός από τη φωνητική επικοινωνία έχουν την δυνατότητα αποστολής μηνυμάτων μέσω της λειτουργίας Data Selective Calling (DSC) για επικοινωνία με άλλους σταθμούς. Η συχνότητα 2187,5 kHz έχει καθοριστεί από τον IMO για εκπομπή / λήψη μηνυμάτων (DSC) προτεραιότητας (κινδύνου, επείγουσας ανάγκης, ασφάλειας), ενώ η φωνητική κλήση από πλοίο σε πλοίο έχει καθορισθεί να εκτελείται στη συχνότητα simplex 2177 kHz και η κλήση από πλοίο προς ακτή έχει καθορισθεί να εκτελείται στη συχνότητα Duplex 2189,5 kHz. Κατά την έναρξη της ασύρματης επικοινωνίας, ο χειριστής μεταβαίνει στη συχνότητα λειτουργίας. Για σήματα προτεραιότητας μέσω ραδιοτηλεφωνίας (φωνητικής κλήσης), χρησιμοποιείται η συχνότητα 2182 kHz. Τα σήματα ρουτίνας απαιτούν αναφορά στη λίστα συχνοτήτων για τη συγκεκριμένη περιοχή MF. Οι κλήσεις από πλοίο σε πλοίο πραγματοποιούνται σε συχνότητες 2045 kHz ή 2048 kHz στην περιοχή 1, ενώ οι περιοχές 2 και 3 χρησιμοποιούν συχνότητες 2635 kHz ή 2638 kHz. Οι συχνότητες εργασίας από πλοίο σε ξηρά καθορίζονται από τους παράκτιους σταθμούς.



ΕΙΚΟΝΑ 2.6 Διάδοση επίγειων κυμάτων (MF) και ατμοσφαιρική διάδοση (HF)
(<https://seanav.org/mf-hf-ssb-marine-radio>)

Στην επικοινωνία HF, τα σήματα μεταδίδονται μέσω της ιονόσφαιρας μέσω της ατμοσφαιρικής διάδοσης. Η ιδανική επικοινωνία χρησιμοποιεί τη Βέλτιστη Συχνότητα Κυκλοφορίας (OTF), αλλά οι ναυτιλιακές εταιρείες περιορίζονται σε συχνότητες που προορίζονται για θαλάσσια επικοινωνία. Αυτές οι συχνότητες περιγράφονται σε επίσημα βιβλία, καλύπτοντας ζώνες όπως 4, 6, 8, 12, 16, 18/19, 22 και 25/26 MHz. Οι κλήσεις προτεραιότητας εκτείνονται μέχρι τη ζώνη των 16 MHz, καθώς συχνότητες έως και 16 καλύπτουν επαρκώς τη μισή επιφάνεια της Γης.

Το ασύρματο σύστημα MF/HF, γνωστό και ως SSB λειτουργεί ως πομποδέκτης (Tx/Rx) που επιτρέπει την φωνητική επικοινωνία. Η τοποθέτηση του ασύρματου συστήματος MF/HF αντικατοπτρίζει αυτή του συστήματος VHF που περιεγράφηκε προηγουμένως. Ωστόσο, η κεραία HF δεν χρειάζεται να τοποθετηθεί στο υψηλότερο σημείο για μέγιστη εμβέλεια, καθώς η ημέρα επηρεάζει σημαντικά την εμβέλεια του σήματος. Επομένως, η νυχτερινή επικοινωνία χρησιμοποιεί τις ζώνες 4 και 6, ενώ οι ζώνες 12 και 16 χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Συνιστάται η ασύρματη σύνδεση του MF/HF σε μια εξωτερική πηγή πλοήγησης,

όπως GPS ή χαρτογράφο. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να προσδιορίζει τη θέση και το χρόνο. Επιπλέον, όταν αποσυνδέεται από το GPS, ο πομποδέκτης σηματοδοτεί περιοδικά την έλλειψη θέσης, η οποία είναι ζωτικής σημασίας σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Ένα μειονέκτημα της ασύρματης επικοινωνίας MF/HF είναι η αδυναμία στόχευσης ενός συγκεκριμένου σταθμού, καθώς το εκπεμπόμενο σήμα μπορεί να ληφθεί από οποιονδήποτε σταθμό εντός εμβέλειας. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, ενσωματώνεται ένας ελεγκτής DSC, ο οποίος στέλνει έναν ψηφιακό κωδικό σε καθορισμένες συχνότητες. Αυτή η λειτουργία είναι παρόμοια με τον ελεγκτή DSC στην επικοινωνία VHF, που λειτουργεί ως μοναδικό αναγνωριστικό παρόμοιο με έναν αριθμό τηλεφώνου. [34][35]

2.3 Το σύστημα NAVTEX

Το NAVTEX, συντομογραφία του Navigational Telex, αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Ήταν μια κοινή προσπάθεια του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) και της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (ITU) να βελτιώσουν την ασφάλεια στη θάλασσα παρέχοντας πλοηγικές και μετεωρολογικές πληροφορίες στα πλοία.

Το σύστημα NAVTEX (Navigational TELEX) είναι ένα διεθνές σύστημα σχεδιασμένο για τη συντονισμένη μετάδοση και αυτόματη λήψη πληροφοριών που σχετίζονται με την ασφάλεια του πλοίου. Αυτές οι πληροφορίες εκτυπώνονται ή εμφανίζονται απευθείας κατά την παραλαβή. Το σύστημα παρέχει όλες τις προειδοποιήσεις πλοήγησης και καιρού, καθώς και πληροφορίες έκτακτης ανάγκης μέσω αυτόματης εκτύπωσης/παρουσίασης στον επιλεγμένο δέκτη. Το NAVTEX είναι αναπόσπαστο μέρος της Παγκόσμιας Υπηρεσίας Προειδοποίησης Πλοήγησης (Worldwide Navigational Warning Service) και είναι υποχρεωτική απαίτηση εξοπλισμού για ορισμένες κατηγορίες πλοίων βάσει της Διεθνούς συνθήκης (SOLAS) από την 1^η Αυγούστου 1993. Το σύστημα σχεδιάστηκε για να προσφέρει απλό, αυτοματοποιημένο, μη κοστοβόρο μέσο λήψης πληροφοριών σχετικά με την ασφάλεια για πλοία, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που βρίσκονται σε απόσταση άνω των 200 ναυτικών μιλίων από την ακτή.



ΕΙΚΟΝΑ 2.7 FURUNO κεραιά NAVTEX (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)

Τα μηνύματα NAVTEX μεταδίδονται σε συγκεκριμένες συχνότητες από τοπικούς σταθμούς σε όλο τον κόσμο. Για την αποφυγή παρεμβολών μεταξύ των μεταδόσεων, η ισχύς κάθε πομπού ρυθμίζεται. Επιπλέον, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να διαμορφώσουν τους δέκτες του συστήματος τους ώστε να «φιλτράρουν» τα μηνύματα που επιθυμούν να λαμβάνουν. Ωστόσο, ορισμένες πληροφορίες, όπως

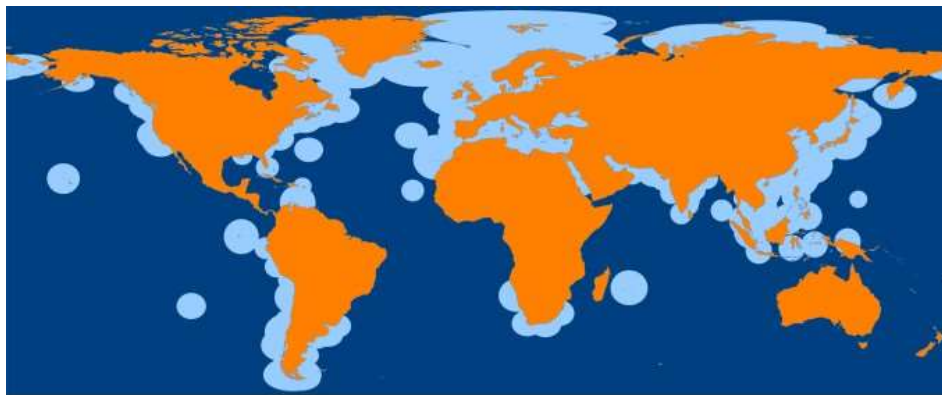
προειδοποιήσεις πλοήγησης, μετεωρολογικές προβλέψεις και πληροφορίες έρευνας και διάσωσης, ενδέχεται να μην φιλτράρονται. [36]

2.3.1 Συχνότητες λειτουργίας και τα μηνύματα του NAVTEX

Το σύστημα NAVTEX χρησιμοποιεί τρεις ευρυζωνικές συχνότητες στη ζώνη MF (Medium Frequency):

1. 518 KHz: Το κύριο κανάλι συχνότητας για το σύστημα NAVTEX
2. 490 KHz: Χρησιμοποιείται για εκπομπές στην τοπική γλώσσα.
3. 4.209,5 KHz: Χρησιμοποιείται σε τροπικές περιοχές όπου η λήψη MF είναι δύσκολη.

Τα μηνύματα NAVTEX μεταδίδονται παγκοσμίως από ένα δίκτυο τοπικών σταθμών. Ο ενδεικτικός χάρτης στην παρακάτω εικόνα 2.7 απεικονίζει τις περιοχές κάλυψης, συμπεριλαμβανομένων της Μεσογείου, της Βόρειας Θάλασσας, των παράκτιων περιοχών γύρω από την Ιαπωνία και των παράκτιων περιοχών της Βόρειας και Νότιας Αμερικής.



ΕΙΚΟΝΑ 2.8 Παγκόσμια κάλυψη σταθμών NAVTEX (<https://www.siranah.de/html/sail018l.htm>)

Κάθε μήνυμα NAVTEX αποτελείται από το ακόλουθα στοιχεία:

1. Η ομάδα χαρακτήρων "ZCZC"
2. Χαρακτήρες B1, B2, B3 και B4
3. Ώρα έναρξης μετάδοσης
4. Κείμενο μηνύματος
5. Η ομάδα χαρακτήρων «NNNN»

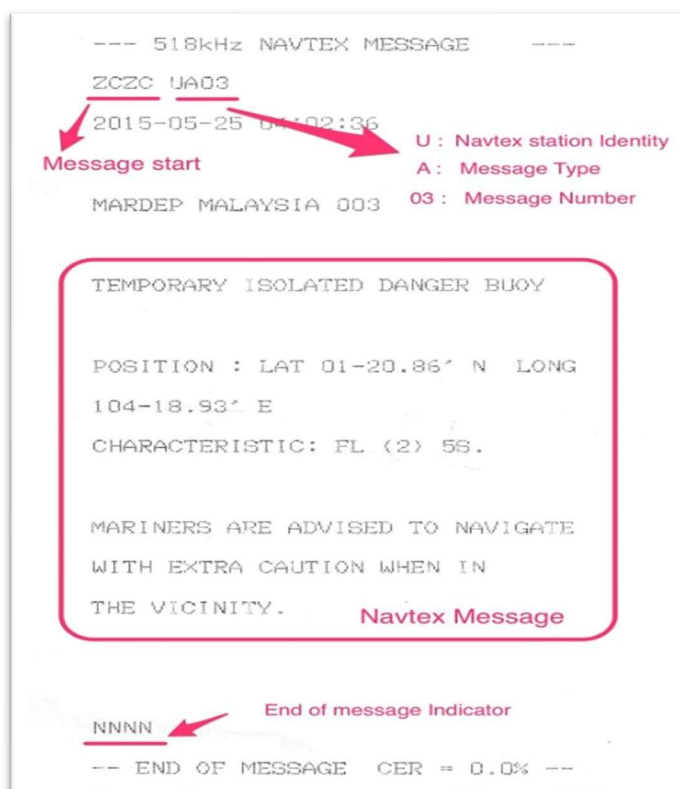
Πριν από κάθε μήνυμα, υπάρχει ένα σήμα 10 δευτερολέπτων. Ακολουθούν οι χαρακτήρες "ZCZC", υποδεικνύοντας το τέλος του σήματος και την έναρξη. Οι χαρακτήρες B1, B2, B3 και B4 παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το σταθμό μετάδοσης, το θέμα του μηνύματος και έναν σειριακό αριθμό, αποτρέποντας συλλογικά την επανάληψη ήδη απεσταλμένων μηνυμάτων. Ο χρόνος λειτουργίας για κάθε σταθμό εμφανίζεται μέσα σε μια σταθερή χρονοθυρίδα 10 λεπτών. Οι σταθμοί με B1 = A ξεκινούν στις 00:00 UTC, οι σταθμοί B1 = B ξεκινούν στις 00:10 UTC και ούτω καθεξής. Οι χρονοθυρίδες επαναλαμβάνονται κάθε 4 ώρες.

Ο χαρακτήρας δείκτης θέματος (B2) χρησιμεύει ως κρίσιμο στοιχείο για τους δέκτες στη διάκριση διαφόρων κατηγοριών μηνυμάτων. Επιπλέον, παίζει ρόλο στην απόρριψη μηνυμάτων που σχετίζονται με προαιρετικά θέματα που μπορεί να μην σχετίζονται με τις επιχειρησιακές απαιτήσεις του σκάφους. Για παράδειγμα, ένα πλοίο που δεν έχει δέκτη LORAN C μπορεί να απορρίψει μηνύματα LORAN C. Οι εκπομπές NAVTEX χρησιμοποιούν συγκεκριμένους χαρακτήρες ένδειξης θέματος, καθένας από τους οποίους υποδηλώνει μια ξεχωριστή κατηγορία πληροφοριών:

- A: Προειδοποιήσεις πλοήγησης

- B: Μετεωρολογικές προειδοποιήσεις
- C: Αναφορές πάγου
- D: Πληροφορίες αναζήτησης και διάσωσης καθώς και προειδοποιήσεις πειρατών
- E: Μετεωρολογικές προβλέψεις
- F: Μηνύματα υπηρεσίας πιλότου (Pilot)
- G: Μηνύματα AIS
- H: Μηνύματα LORAN
- I: Δεν χρησιμοποιείται
- J: Μηνύματα SATNAV (Για παράδειγμα, GPS)
- K: Άλλα ηλεκτρονικά μηνύματα
- L: Προειδοποιήσεις πλοήγησης – Πρόσθετες στον χαρακτήρα A
- T: Δοκιμαστικές μεταδόσεις (μόνο στο Ηνωμένο Βασίλειο – όχι επίσημες)
- V: Ειδοποίηση προς τους ψαράδες (μόνος στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής)
- W: Περιβαλλοντικό (μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής)
- X, Y: Ειδικές υπηρεσίες- κατανομή από τον πίνακα IMO NAVTEX
- Z: Κανένα μήνυμα προς εκτέλεση. Αναμονή

Αυτοί οι θεματικοί δείκτες παρέχουν ένα τυποποιημένο πλαίσιο για την κατηγοριοποίηση και τον προσδιορισμό της φύσης των πληροφοριών που μεταφέρονται στα μηνύματα NAVTEX, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα και τη συνάφεια του συστήματος για την ασφάλεια στη θάλασσα και την επικοινωνία. [36][37]



ΕΙΚΟΝΑ 2.9 Παράδειγμα μηνύματος NAVTEX (<https://www.myseatime.com/blog/detail/20-navtex-question-and-answers-to-make-naxtex-your-friend-for-life>)

2.3.2 Δέκτες NAVTEX (Receivers)

Ένας δέκτης NAVTEX περιλαμβάνει ενσωματωμένο εκτυπωτή, πληκτρολόγιο και οθόνη με δυνατότητα κύλισης. Ο δέκτης προγραμματίζεται με κατάλληλους κωδικούς σταθμών και ενδείξεις θέματος, που στη συνέχεια λειτουργεί αυτόνομα. Τα μηνύματα λαμβάνονται αυτόματα, εκτυπώνονται, εμφανίζονται ή αποθηκεύονται στη μνήμη. Οι δέκτες NAVTEX είναι συμπαγείς, οικονομικά αποδοτικοί και εγκαθίστανται στη γέφυρα του πλοίου. Απαιτούν ελάχιστη επίβλεψη, με περιστασιακούς ελέγχους για την επαλήθευση των εισερχόμενων μηνυμάτων.



ΕΙΚΟΝΑ 2.10 FURUNO NAVTEX δέκτης και απεικόνιση (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)

Οι δέκτες NAVTEX μπορούν επίσης να συνδεθούν σε έναν υπολογιστή ικανό να αποκωδικοποιεί μηνύματα και να τα μετατρέπει σε ήχο, βοηθώντας την προσβασιμότητα μέσω της κάρτας ήχου του υπολογιστή. [38]

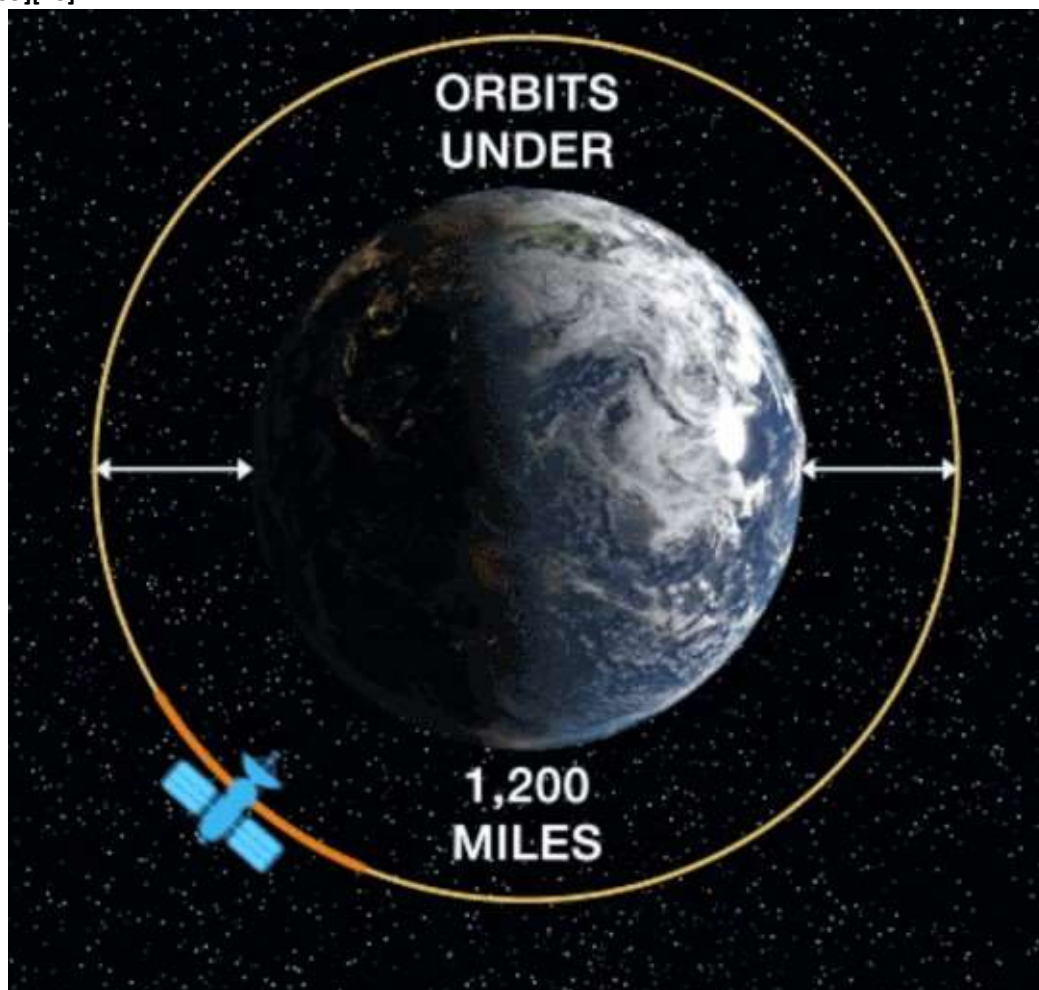
3. Δορυφορικά συστήματα

3.1 Ανάλυση δορυφόρων

3.1.1 Είδη δορυφόρων

Σύμφωνα με τον τύπο τροχιάς και το υψόμετρο, οι δορυφόροι ταξινομούνται ως εξής:

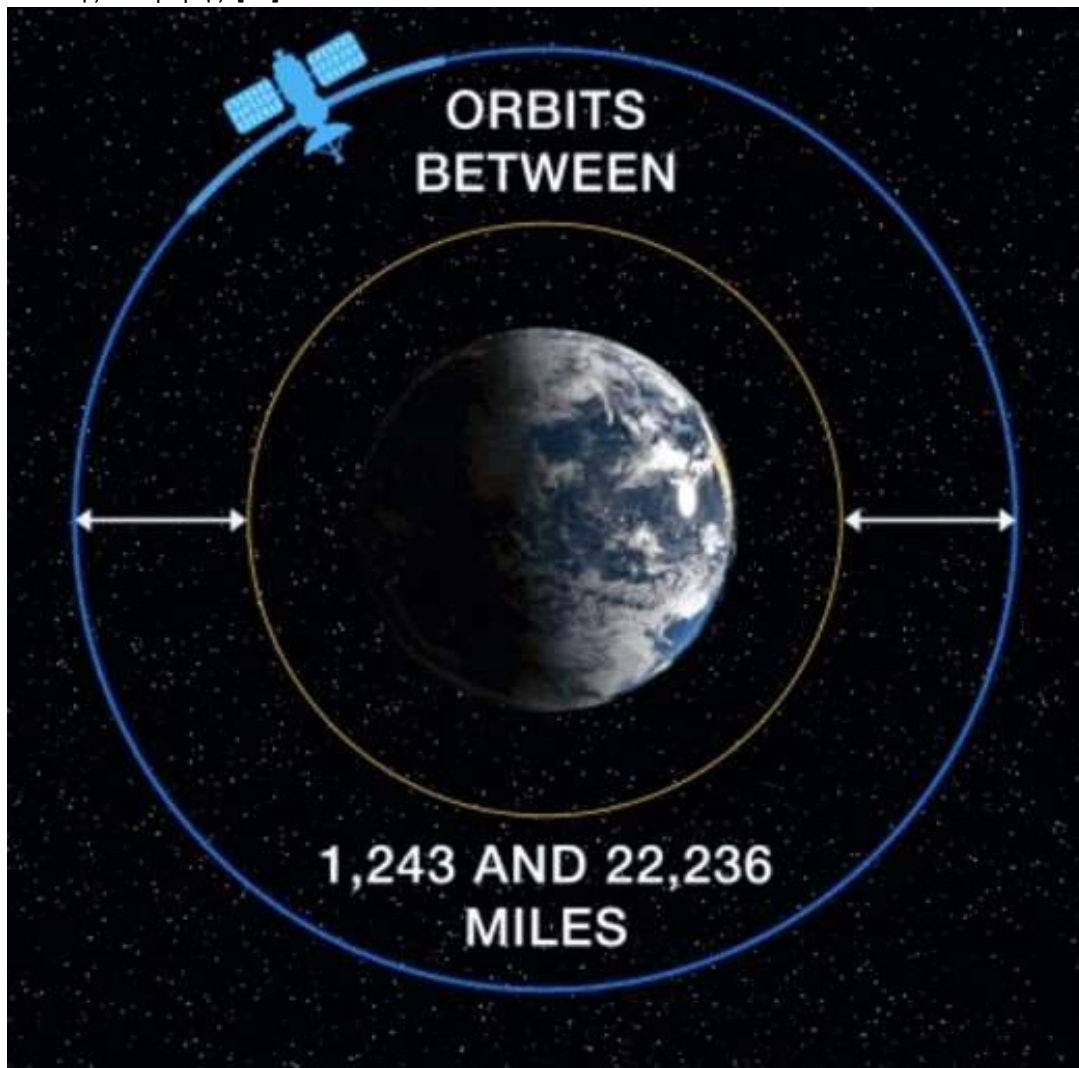
- Οι δορυφόροι χαμηλής τροχιάς (Low Earth Orbit – LEO) είναι τοποθετημένοι σε χαμηλά υψόμετρα, που διακρίνονται για τη μη γεωστατική φύση τους και το μικρότερο τροχιακό ύψος σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη δορυφόρων. Ο τροχιακός τους κύκλος ολοκληρώνεται σε περίπου 90 λεπτά. Χρησιμοποιώντας τεχνολογία που επιτρέπει τη σύνδεση μέσω μη κατευθυντικών κεραιών, οι δορυφόροι χαμηλής τροχιάς λειτουργούν κατά κύριο λόγο εντός της ζώνης συχνοτήτων L, ενώ η διαδορυφορική επικοινωνία λαμβάνει χώρα στο κανάλι της ζώνης K. Τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν χαμηλότερο κόστος εκτόξευσης και τοποθέτησης, ελάχιστες καθυστερήσεις μετάδοσης, αμελητέα σφάλματα απώλειας διαδρομής και δυνατότητα λήψης σημάτων από αδύναμους πομπούς. Ωστόσο, υποφέρουν από σχετικά μικρή διάρκεια ζωής 1-3 μηνών, που απαιτεί συχνή αντικατάσταση και αντιμετωπίζουν προκλήσεις όπως συγκρούσεις ζώνης συχνότητας και παρεμβολές σήματος. [39][40]



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 Χαμηλή τροχιά Δορυφόρων (LEO)

(https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits)

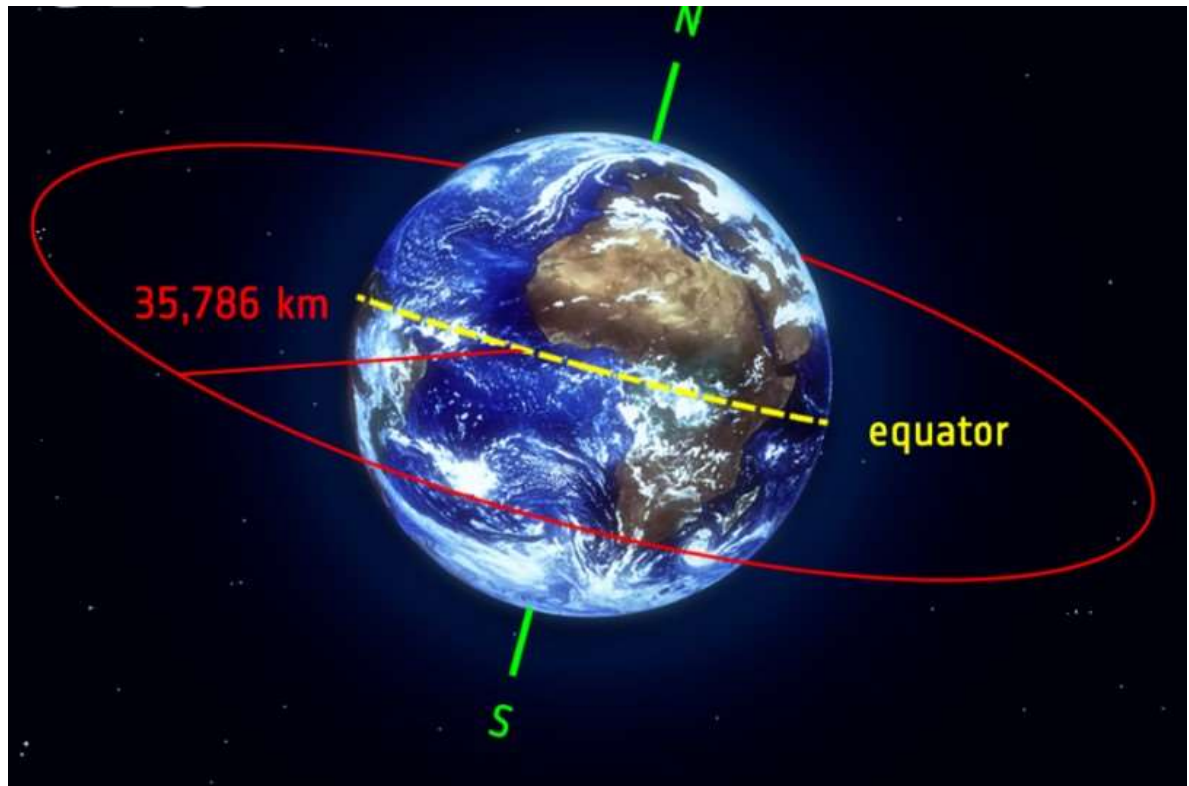
- Οι δορυφόροι μέσης τροχιάς (Medium Earth Orbit – MEO), που βρίσκονται σε υψόμετρα που κυμαίνονται από 2000 έως 22.000 μίλια, περιφέρονται με υψηλότερες ταχύτητες σε σύγκριση με τους δορυφόρους LEO, ολοκληρώνοντας τον τροχιακό τους κύκλο σε 10-12 ώρες. Χρησιμοποιώντας παρόμοια τεχνολογία μετάδοσης με τους δορυφόρους LEO, οι δορυφόροι MEO προσφέρουν μέτριο κόστος εντοπισμού θέσης και καθυστερήσεις μετάδοσης. Ωστόσο, είναι επιρρεπείς σε σφάλματα τακτικής διαδρομής. [41]



ΕΙΚΟΝΑ 3.2 Μέση τροχιά Δορυφόρων (MEO)

(https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits)

- Οι δορυφόροι γεωσύγχρονης τροχιάς (Geosynchronous Orbit – GEO), τοποθετημένοι περίπου 22.300 μίλια πάνω από την επιφάνεια της Γης, περιφέρονται σε τροχιά σε συγχρονισμό με την περιστροφή της Γης, και εμφανίζονται ακίνητοι από ένα συγκεκριμένο σημείο της Γης. Οι δορυφόροι GEO καλύπτουν το 42.2% της επιφάνειας της Γης και ολοκληρώνουν μία τροχιά κάθε 24 ώρες. Φημίζονται για την αποτελεσματικότητά τους στην επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων, χρησιμοποιώντας πρωτεύουσες ζώνες συχνοτήτων όπως η ζώνη C και η ζώνη Ku. Τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν πλήρη κάλυψη, σταθερή ορατότητα σε συγκεκριμένες περιοχές, ανοσία σε φαινόμενα Doppler και δυνατότητα διευκόλυνσης της μετάδοσης σήματος από συγκεκριμένο (ένα) σημείο, σε πολλαπλό σημεία. Ωστόσο, οι δορυφόροι GEO χρειάζονται μια μεγάλη τροχιακή διαδρομή και απαιτούν δαπανηρούς επίγειους σταθμούς για τη λήψη ασθενέστερων σημάτων. [42]



ΕΙΚΟΝΑ 3.3 Γεωσύγχρονη τροχιά Δορυφόρων (GEO)

(https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits)

Συνολικά, αυτές οι ταξινομήσεις διευκολύνουν την αποτελεσματική ανάπτυξη και διαχείριση δορυφόρων, μετριάζοντας πιθανές παρεμβολές και ζητήματα σύγκρουσης μέσω κυβερνητικών και διεθνών συμφωνιών για τη χρήση, την τροχιά και την κατανομή συχνοτήτων των δορυφόρων.

3.1.2 Σχεδιασμός και λειτουργία

Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός συστήματος δορυφορικής επικοινωνίας αντιπροσωπεύει μια εξαιρετικά περίπλοκη διαδικασία αναπόφευκτα γεμάτη προκλήσεις. Απαιτεί τη συνεργασία πολλών ατόμων από διάφορους κλάδους και την εφαρμογή διαφορετικών τεχνικών, μαζί με πολυεπίπεδο προγραμματισμό. Μία από τις ύψιστες προκλήσεις αφορά τον ίδιο τον δορυφόρο, ο οποίος πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο συμπαγής, ελαφρύς και ενεργειακά αποδοτικός, ενώ διαθέτει επίσης άφθονο εύρος ζώνης για να εξυπηρετεί ταυτόχρονα μεγάλο αριθμό χρηστών.

Επιπλέον, θα πρέπει να υπομένει τη σημαντική απόσταση μεταξύ του επίγειου σταθμού και του δορυφόρου, με αποτέλεσμα σημαντική εξασθένηση σήματος τόσο λόγω της απόστασης όσο και διαφόρων ατμοσφαιρικών συνθηκών που επικρατούν από τοποθεσία σε τοποθεσία. Αυτή η εξασθένηση οδηγεί σε μείωση της αναλογίας σήματος προς θόρυβο, μειώνοντας έτσι την ποιότητα μετάδοσης. Ένας δορυφόρος περιλαμβάνει δύο θεμελιώδη στοιχεία: το ωφέλιμο φορτίο και την πλατφόρμα. Το ωφέλιμο φορτίο περιλαμβάνει κεραιές και ηλεκτρονικό εξοπλισμό μετάδοσης, ενώ η πλατφόρμα περιλαμβάνει τα εξής:

1. Μηχανική δομή: Ο εξοπλισμός του δορυφόρου πρέπει να του παρέχει σταθερότητα. Το σώμα του δορυφόρου, γνωστό και ως δορυφορικό λεωφορείο, φιλοξενεί όλο τον επιστημονικό εξοπλισμό και άλλα βασικά δορυφορικά εξαρτήματα. Οι δορυφόροι ενσωματώνουν διάφορα υλικά για να αποτελούν όλα τα συστατικά τους μέρη. Δεδομένου ότι οι δορυφόροι αποτελούνται ουσιαστικά από κομμάτια επιστημονικού εξοπλισμού για 17 επικοινωνίες, οι μηχανικοί πρέπει να σχεδιάσουν

ένα λεωφορείο που θα μεταφέρει με ασφάλεια τον εξοπλισμό στο διάστημα. Διάφοροι στόχοι πρέπει να εκπληρώνονται από τους μηχανικούς κατά την επιλογή υλικών για το δορυφορικό λεωφορείο, συμπεριλαμβανομένης της εξωτερικής στρώσης για την προστασία του δορυφόρου από συγκρούσεις με μικρομετεωρίτες ή άλλα διαστημικά συντρίμια, θωράκιση ακτινοβολίας για προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία, θερμική μόνωση για τη διατήρηση του δορυφόρου σε ψυχρή κατάσταση, σωστή λειτουργία του οργάνου, αγωγή για να κατευθύνει τη θερμότητα μακριά από ζωτικά δορυφορικά όργανα και δομική υποστήριξη για τη σωστή σύνδεση υλικών. Γενικά, οι μικρότεροι δορυφόροι θεωρούνται προτιμότεροι. Παράγοντες όπως το κόστος, το βάρος, η μακροζωία και η προηγούμενη λειτουργικότητα υλικού σε άλλους δορυφόρους λαμβάνονται επίσης υπόψη κατά την επιλογή υλικού.

2. Τροφοδοσία, Ρύθμιση ισχύος και τάσης: Κάθε δορυφόρος απαιτεί μια πηγή ενέργειας. Ορισμένες πιθανές πηγές ενέργειας για δορυφόρους περιλαμβάνουν ηλιακούς συλλέκτες, μπαταρίες, πυρηνική ενέργεια και γεννήτριες θερμότητας.
3. Έλεγχος θερμοκρασίας: Αυτό περιλαμβάνει τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του εξοπλισμού και της ικανότητας διάχυσης της θερμότητας.
4. Έλεγχος θέσης και τροχιάς: Προσδιορισμός τροχιάς και σταθεροποίηση (ακρίβεια) θέσης σε τροχιά.
5. Εξοπλισμός προώθησης: Παρέχει αυξήσεις ταχύτητας και κατάλληλες ωθήσεις – Μάζα καυσίμου και συγκεκριμένες ωθήσεις.
6. Εξοπλισμός τηλεμετρίας, παρακολούθησης και ελέγχου: Ανταλλαγή δεδομένων με το σταθμό ελέγχου, προσδιορισμός διαθεσιμότητας καναλιών και ασφάλεια επικοινωνίας. Το δορυφορικό υποσύστημα που εκπληρώνει αυτόν τον ρόλο ονομάζεται εξοπλισμός τηλεμετρίας, παρακολούθησης και ελέγχου (Telemetry tracking & Control – TT&C) και χρησιμεύει ως ο εγκέφαλος του δορυφόρου και του λειτουργικού του συστήματος. Καταγράφει κάθε δορυφορική δραστηριότητα, λαμβάνει πληροφορίες από τον επίγειο σταθμό και επιβλέπει κάθε γενική συντήρηση που χρειάζεται να εκτελέσει ο δορυφόρος.
7. Εξοπλισμός επικοινωνίας: Όλοι οι δορυφόροι πρέπει να έχουν διάφορες μεθόδους επικοινωνίας με τη Γη. Ο δορυφόρος μπορεί να χρειαστεί να λάβει οδηγίες και να μεταδώσει τις πληροφορίες που αποστέλλονται σε άλλη περιοχή της Γης. Αυτό γενικά επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας κάποια μορφή κεραίας. Οι κεραίες είναι απλώς κομμάτια εξοπλισμού που διευκολύνουν τη μετάδοση και λήψη ραδιοφωνικών σημάτων και καθώς οι πληροφορίες μεταδίδονται ως ραδιοκύματα που ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός, αυτή η μέθοδος επιτρέπει πολύ γρήγορες επικοινωνίες.

Τα τροχιακά μονοπάτια γύρω από τις τροχιές της Γης, είναι τα μονοπάτια που ακολουθούν οι δορυφόροι με ελλειπτική τροχιά και η ταχύτητα του δορυφόρου είναι αντιστρόφως ανάλογη με την απόσταση του από την Γη. [43][44][45]

3.2 INMARSAT

3.2.1 Σκοπός και ιστορικά στοιχεία

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Δορυφορικός Οργανισμός (International Maritime Satellite Organization – INMARSAT) ιδρύθηκε από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) και συμφωνήθηκε επίσημα στις 3 Σεπτεμβρίου του 1979, κατά τη διάρκεια διεθνούς διάσκεψης όπου εγκρίθηκαν ομόφωνα τόσο η σύμβαση όσο και η επιχειρησιακή συμφωνία του οργανισμού. Τα ιδρυτικά έγγραφα, που περιλαμβάνουν τη σύμβαση INMARSAT, υπογράφονται από τα κράτη μέλη, ενώ η επιχειρησιακή συμφωνία υπογράφεται από φορείς τηλεπικοινωνιών που ορίζονται από τα κράτη μέλη, υπεύθυνοι για τη χρηματοδότηση επενδύσεων και λειτουργικών εξόδων. Μεταξύ αυτών των τηλεπικοινωνιακών φορέων είναι και ο ΟΤΕ (Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος), που εκπροσωπεί την INMARSAT στην Ελλάδα.

Αρχικά, ο σκοπός του INMARSAT ήταν να παρέχει, να εγκαταστήσει και να λειτουργεί το δορυφορικό τμήμα που υποστηρίζει θαλάσσιες επικοινωνίες, συμπεριλαμβανομένης της ασφάλειας, του κινδύνου, της

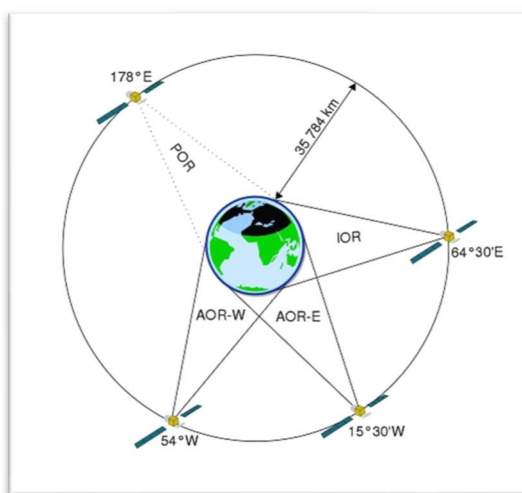
θέσης ασύρματου δικτύου, της δημόσιας αλληλογραφίας, της διαχείρισης πλοίων και της πλοήγησης. Αργότερα, το 1985, τα ιδρυτικά έγγραφα τροποποιήθηκαν, επιτρέποντας στο INMARSAT να επεκτείνει τις δραστηριότητές του στον τομέα των αερομεταφορών. Περαιτέρω τροποποιήσεις τον Ιανουάριο του 1989 επέτρεψαν στο INMARSAT να προσφέρει κινητές επίγειες επικοινωνίες μέσω δορυφόρου. Κατά συνέπεια, τη δεκαετία του 1990 η INMARSAT γνώρισε σημαντική ανάπτυξη, επεκτείνοντας τις εφαρμογές της σε διάφορους τομείς κινητής επικοινωνίας.

Το INMARSAT, το οποίο ιδρύθηκε το 1979 με έδρα στο Λονδίνο, είχε ως στόχο να διευκολύνει τις θαλάσσιες επικοινωνίες για ειρηνικούς σκοπούς. Μέχρι τον Φεβρουάριο του 1982 άρχισε να λειτουργεί με μίσθωση δορυφόρων MARISAT ως διακυβερνητικός οργανισμός, χρηματοδοτούμενος από κράτη μέλη με αντίστοιχα μερίδια, με την Ελλάδα να συνεισφέρει 4,68%. Μέχρι το 1985, η INMARSAT επέκτεινε τις δραστηριότητές της στην αεροπορία και μέχρι το 1989, τολμούσε στις χερσαίες υπηρεσίες, μεταβαίνοντας από οργανισμό σε ιδιωτικοποιημένη εταιρεία το 1999, και έγινε ο πρώτος διεθνής διακυβερνητικός οργανισμός που το έκανε, με στόχο να εξυπηρετήσει ένα ευρύτερο κοινό πέρα από τους ναυτιλιακούς τομείς. Σήμερα λειτουργώντας ως INMARSAT PLC, παρέχει ολοκληρωμένες υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών και πληροφόρησης μέσω αποκλειστικών τερματικών που εκπέμπουν μέσω επίγειων σταθμών και δέκα τρέχοντες δορυφόρους επικοινωνίας. Προσφέρει σταθερές ρυθμίσεις μηνυμάτων σε περιοχές που δεν διαθέτουν αποτελεσματική συστήματα επικοινωνίας μετάδοσης και παρέχει υπηρεσίες μετάδοσης σε διοικήσεις μέσων ενημέρωσης, συμπεριλαμβανομένων των κυβερνήσεων, των μη νομοθετικών οργανισμών και των μέσων μαζικής ενημέρωσης. Παρά τις επιχειρηματικές της δραστηριότητες, προσφέρει δωρεάν υπηρεσίες GMDSS σε πλοία και αεροσκάφη.

Το 2005, ο οργανισμός κυκλοφόρησε τους νέους του δορυφόρους που βρίσκονται ανάμεσα στους μεγαλύτερους δορυφόρους μετάδοσης μέσων παγκοσμίως, τοποθετώντας τον εαυτό του ως πρωτοπόρο στις ευέλικτες δορυφορικές ανταλλαγές. Επί του παρόντος, βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της απομακρυσμένης αλληλογραφίας 3G, παρέχοντας σταθερή ευρυζωνική διαχείριση σε ένα ευρύ φάσμα επιχειρήσεων, ναυτιλιακών επιχειρήσεων και τομέων της αεροπορίας. [46]

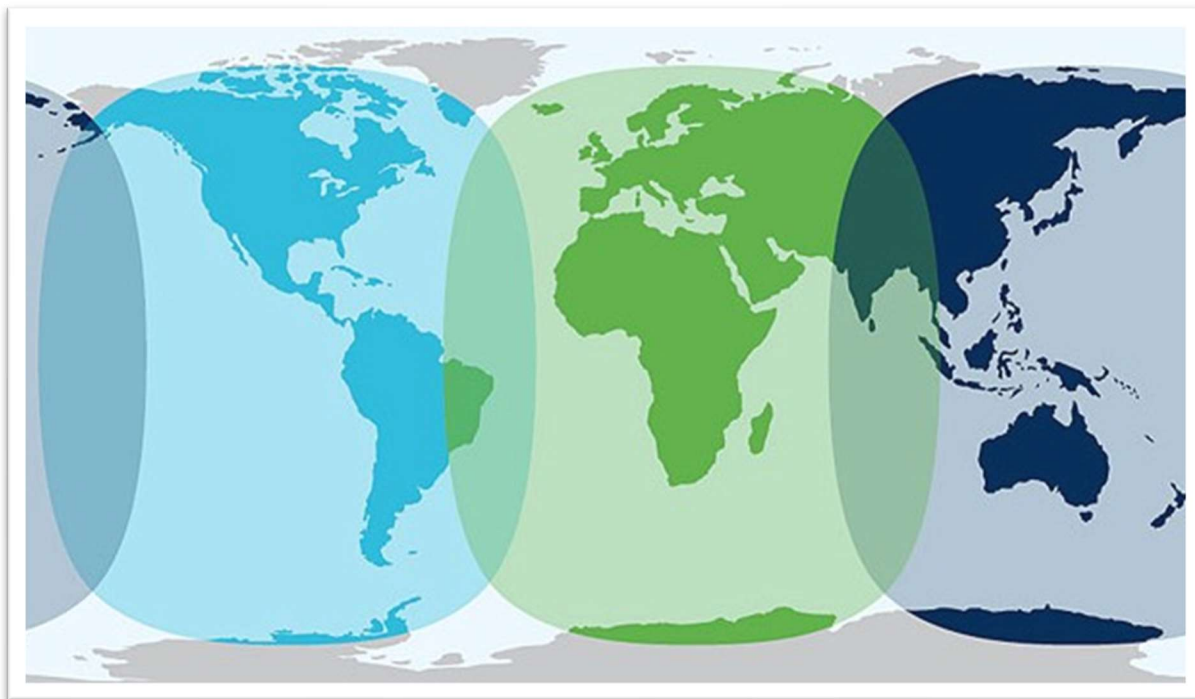
3.2.2 Δορυφορική υποδομή και πρότυπα κάλυψης

Οι υπηρεσίες INMARSAT χρησιμοποιούν άμεση διάδοση κυμάτων παρόμοια με την ασύρματη επικοινωνία VHF. Για να δημιουργηθεί επικοινωνία μέσω του INMARSAT, πρέπει πάντα να υπάρχει άμεση οπτική επαφή μεταξύ της κεραίας του πλοίου και του δορυφόρου που χρησιμοποιείται.



EIKONA 3.4 Δορυφορικός αστερισμός INMARSAT
(<https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html>)

Κατά συνέπεια, οι κεραιές τοποθετούνται μακριά από υποδομές ή άλλες κατασκευές για να διασφαλιστεί αυτή η οπτική επαφή. Η κάλυψη για σκοπούς του GMDSS θεωρείται αξιόπιστη σε γεωγραφικό πλάτος 70 μοιρών βόρεια και 70 μοιρών νότια, αν και η υπηρεσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί πέρα από αυτές τις αναφερόμενες μοίρες.



ΕΙΚΟΝΑ 3.5 Παγκόσμια κάλυψη INMARSAT ανά δορυφόρο
(<https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html>)

Όσο πιο μακριά είναι το πλοίο από τον ισημερινό, τόσο μικρότερη είναι η γωνία μεταξύ της κεραιάς και του δορυφόρου, αυξάνοντας την πιθανότητα απώλειας ορατότητας από τον δορυφόρο όταν το πλοίο βρίσκεται κοντά στην ξηρά ή σε άλλο εμπόδιο. Το INMARSAT περιλαμβάνει τέσσερα κύρια στοιχεία:

1. Ο δορυφορικός τομέας που αποτελείται από ενεργούς και εφεδρικούς δορυφόρους που ανήκουν στον INMARSAT
2. Το δίκτυο των επίγειων σταθμών (Land Earth Stations – LES) που ανήκουν σε κράτη μέλη του INMARSAT.
3. Οι συνδρομητές ή ιδιοκτήτες κινητών επίγειων σταθμών (Mobile Earth Stations – MES) που ανήκουν σε νομικά ή φυσικά πρόσωπα.
4. Τα κέντρα ελέγχου του συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του κέντρου λειτουργίας δικτύου (Network Operation Centre - NOC / OCC) και του κέντρου δορυφορικού ελέγχου (Satellite Control Centre – SCC) που ανήκει στον INMARSAT

Οι επικοινωνίες μέσω του INMARSAT βασίζονται στην παρουσία ενεργών και εφεδρικών δορυφόρων, καθένας από τους οποίους καλύπτει συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές γνωστές ως «αποτυπώματα». Κάθε δορυφόρος καλύπτει περίπου το 30% της επιφάνειας της Γης. Υπάρχουν τρεις τύποι κάλυψης που παρέχονται από τους δορυφόρους του INMARSAT:

1. Global Beam Coverage (Παγκόσμια κάλυψη δέσμης): Κάθε δορυφόρος είναι εξοπλισμένος με μία δέσμη που καλύπτει περίπου το ένα τρίτο της επιφάνειας της Γης, που εκτείνεται από 82 μοίρες νότια έως 82 μοίρες βόρεια, ανεξάρτητα από το γεωγραφικό μήκος.

2. Regional Spot Beam Coverage (Κάλυψη τοπικής δέσμης): Κάθε περιφερειακή δέσμη καλύπτει ένα μέρος της συνολικής κάλυψης δέσμης, με όλες τις περιφερειακές δέσμες να καλύπτουν συλλογικά την ίδια περιοχή με την παγκόσμια κάλυψη. Η χρήση περιφερειακών σημείων δέσμης επιτρέπει στα τερματικά να χρησιμοποιούν μικρότερες κεραιές. Με την υιοθέτηση της τρίτης γενιάς δορυφόρων, καθένας από αυτούς παρέχει έξι περιφερειακές δέσμες.
3. Narrow Spot Beam Coverage (Κάλυψη δέσμης στενού σημείου): Εγκρίθηκε με την τέταρτη γενιά δορυφόρων. Οι δέσμες στενού σημείου επιτρέπουν στα τερματικά να χρησιμοποιούν ακόμη μικρότερες κεραιές και να επιτυγχάνουν υψηλότερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων. Κάθε δορυφόρος τέταρτης γενιάς παρέχει περίπου 200 δέσμες στενού σημείου. [46][47]

3.2.3 Συστήματα INMARSAT

[47]Στα συστήματα INMARSAT χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι εξοπλισμού και συστημάτων για τη διευκόλυνση της επικοινωνίας. Συνήθως, ο εξοπλισμός INMARSAT αποτελείται από έναν πομποδέκτη και μια κεραιά. Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός που συνδέεται με τον πομποδέκτη εξαρτάται από τον τύπο του συστήματος INMARSAT που χρησιμοποιείται, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει υπολογιστή με οθόνη και εκτυπωτή, ακουστικό τηλεφώνου, συσκευή φαξ ή μόντεμ για μετάδοση τέλεξ.

Συγκεκριμένα, υπάρχουν συστήματα εγκεκριμένα για τους σκοπούς του GMDSS, συμπεριλαμβανομένων των INMARSAT B, INMARSAT C και INMARSAT FLEET 77. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν την μετάδοση σημάτων κινδύνου εντός του πλαισίου του GMDSS. Επιπλέον, το σύστημα INMARSAT C χρησιμοποιείται για τη μετάδοση και λήψη πληροφοριών για την ασφάλεια στη θάλασσα (Maritime Safety Information – MSI). Ο εξοπλισμός που έχει εγκριθεί για GMDSS πρέπει να συμμορφώνεται διαρκώς με τους κανονισμούς του International Maritime Organization (IMO).



ΕΙΚΟΝΑ 3.6 Εξοπλισμός INMARSAT-B

(<https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html>)

Τα συστήματα INMARSAT B και F77 χρησιμοποιούν παραβολικές κεραιές πιάτων, οι οποίες στεγάζονται σε έναν θόλο. Αυτός ο θόλος επιτρέπει την κίνηση της κεραιάς, τόσο οριζόντια όσο και κάθετα, για να διασφαλιστεί η βέλτιστη ευθυγράμμιση με τον προτιμώμενο δορυφόρο INMARSAT. Κατά τη διάρκεια των κινήσεων του σκάφους, η κεραιά προσαρμόζεται για να διατηρεί την ευθυγράμμιση με τον δορυφόρο. Το κόστος σύνδεσης για αυτά τα συστήματα υπολογίζεται με βάση τη διάρκεια της σύνδεσης μεταξύ του πλοίου και του επίγειου σταθμού. Εάν χρησιμοποιείται η λειτουργία Data Service του F77, τότε το κόστος καθορίζεται αποκλειστικά από την ποσότητα των δεδομένων που μεταφέρονται.



ΕΙΚΟΝΑ 3.7 Ανάλυση τοπολογίας INMARSAT FLEET 77 συστήματος
(<https://www.psicompany.com/jrc-jue-410f-f77-fleet-broadband-inmarsat>)

Το σύστημα INMARSAT C χρησιμοποιεί μια πανκατευθυντική κεραιά, εξαλείφοντας την ανάγκη ευθυγράμμισης με μια συγκεκριμένη δορυφορική κατεύθυνση. Αυτό το σύστημα κεραιάς είναι σχετικά απλό, ελαφρύ και εύκολο στην εγκατάσταση, καθιστώντας το πιο οικονομικό σε σύγκριση με τα συστήματα INMARSAT B και F77. Ωστόσο, η ισχύς του σήματος στο σύστημα INMARSAT C είναι ασθενέστερη από ότι σε προηγούμενα συστήματα, περιορίζοντας τις δυνατότητες επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο. Αντίθετα, το INMARSAT C χρησιμεύει κυρίως ως μέσο αποθήκευσης και προώθησης για μετάδοση fax, email και telex. Το κόστος μετάδοσης μηνυμάτων βασίζεται στη συνολική ποσότητα των μεταφερόμενων byte.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο INMARSAT προσφέρει και υπηρεσίες πέρα από το GMDSS, συμπεριλαμβανομένων των INMARSAT M, INMARSAT mini M, INMARSAT Fleet 33 (F33), INMARSAT Fleet 55 (F55) και INMARSAT Broadband. Αυτές οι υπηρεσίες επιτρέπουν στο προσωπικό των πλοίων να πραγματοποιεί τηλεφωνικές κλήσεις, να στέλνει fax, email καθώς και να μεταφέρει δεδομένα και να πλοηγείται στο διαδίκτυο, χρησιμοποιώντας τις αναφερόμενες συσκευές.

3.2.4 INMARSAT-C

Από την έναρξη του το 199, το δορυφορικό σύστημα INMARSAT-C έχει αποδειχθεί απαραίτητο, ιδιαίτερα για μικρότερα σκάφη, όπως σκάφη αναψυχής, αλιευτικά και άλλα πλοία της κατηγορίας SOLAS. Αναγνωρισμένο παγκοσμίως από τον διεθνή ναυτιλιακό οργανισμό (IMO) ως σύστημα ασφαλείας, το INMARSAT-C ξεχωρίζει

ως το κορυφαίο ψηφιακό σύστημα ανταλλαγής μηνυμάτων, τηλεμετρίας και παρακολούθησης (Messaging, Telemetry and Tracing – MTT), το οποίο διαθέτει λύσεις χαμηλού κόστους για τις ανάγκες της θαλάσσιας επικοινωνίας.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος INMARSAT-C περιλαμβάνουν:

- Υπηρεσίες ανταλλαγής μηνυμάτων με ρυθμό μετάδοσης 600 bit/sec, προσβάσιμες μέσω διαφόρων δικτύων, όπως telex, PSTN (fax), PSDN (μετάδοση δεδομένων) και email.
- Σχεδόν παγκόσμια κάλυψη και ενοποιημένο σύστημα χρέωσης.
- Αποτελεσματική διαχείριση χωρητικότητας και λειτουργίες χαμηλού κόστους που διευκολύνονται από την ψηφιακή τεχνολογία.
- Αξιοποίηση της τεχνικής αποθήκευσης και προώθησης μηνυμάτων για αμφίδρομες επικοινωνίες, διασφαλίζοντας την παράδοση μηνυμάτων ακόμη και σε δύσκολες θαλάσσιες συνθήκες.

Ο κινητός επίγειος σταθμός INMARSAT-C (Mobile Earth Station – MES) περιλαμβάνει δύο κύριες μονάδες:

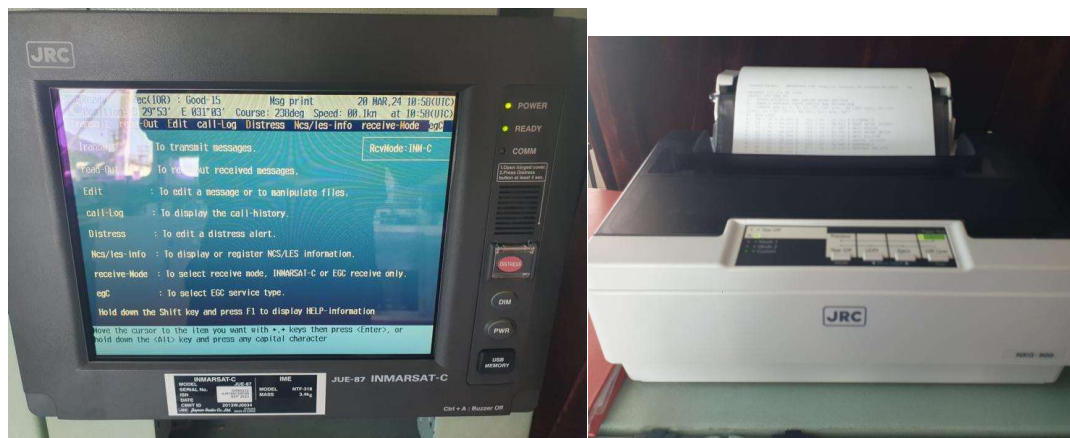
1. Εξοπλισμός ελέγχου δεδομένων (Data Control Equipment-DCE):
 - Λειτουργεί ως πομποδέκτης χαμηλής ταχύτητας, συντονισμένος στις κατάλληλες συχνότητες του συστήματος.
 - Περιλαμβάνει την κεραία, που συχνά στεγάζεται σε προστατευτικό θόλο από αδιάβροχο υλικό.
 - Απαιτεί ελάχιστη ισχύ εξόδου και χρησιμοποιεί μια πανκατευθυντική κεραία για συνεχή δορυφορική επαφή, ακόμη και κατά την κίνηση του σκάφους.



ΕΙΚΟΝΑ 3.8 Κεραία JRC JUE-87 (INMARSAT-C) (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)

2. Τερματικός εξοπλισμός δεδομένων (Data Terminal Equipment-DTE):

- Διευκολύνει τη διασύνδεση μεταξύ της μονάδας ελέγχου δεδομένων (DCE) και του χειριστή (χειρισμός επεξεργασίας και προετοιμασίας μηνυμάτων με τη βοήθεια ενός επεξεργαστή κειμένου)
- Μπορεί να λειτουργήσει ως τερματικό μηνυμάτων ή ως αποκλειστικός υπολογιστής.



ΕΙΚΟΝΑ 3.9 INM-C DTE (αριστερά) και INM-C DTE απλός εκτυπωτής (δεξιά) (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος INMARSAT-C περιλαμβάνουν το μικρό μέγεθος, την ευκολία εγκατάστασης, την υψηλή αξιοπιστία, την προετοιμασία μηνυμάτων εκτός σύνδεσης μέσω υπολογιστή, τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, την παγκόσμια κάλυψη και την απρόσκοπτη ενσωμάτωση email χωρίς τροποποιήσεις υλικού ή λογισμικού. Επιπλέον, το σύστημα υποστηρίζει διάφορες ναυτιλιακές εφαρμογές, όπως GMDSS, την παρακολούθηση σκαφών και τη ναυτική ασφάλεια, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος ειδοποίησης ασφάλειας πλοίων (SSAS).

Ωστόσο, υπάρχουν και περιορισμοί που αφορούν το σύστημα επικοινωνίας που βασίζεται σε κείμενο, την έλλειψη επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο και τον περιορισμό αποθήκευσης και προώθησης μηνυμάτων. Επιπλέον, το σύστημα λειτουργεί σε ένα κλειστό δίκτυο και το MES INMARSAT-C αναγνωρίζεται από έναν μοναδικό 9-ψήφιο αριθμό κινητού INMARSAT (IMN), που συνήθως ξεκινάς με «4».

Το σύστημα INMARSAT-C είναι εξοπλισμένο και με λειτουργία συναγερμού κινδύνου, η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της θαλάσσιας ασφάλειας. Όταν ενεργοποιηθεί, ο συναγερμός κινδύνου ξεκινά μια προκαθορισμένη διαδικασία έκτακτης ανάγκης, ειδοποιώντας τόσο το δορυφορικό δίκτυο όσο και τα σχετικά κέντρα συντονισμού. Οι μέθοδοι ενεργοποίησης για τον συναγερμό κινδύνου περιλαμβάνουν:

- Χειροκίνητη ενεργοποίηση χρησιμοποιώντας ένα αποκλειστικό κόκκινο κουμπί κινδύνου επί του σκάφους.
- Απομακρυσμένη ενεργοποίηση μέσω απομακρυσμένου πίνακα συναγερμού που βρίσκεται σε καθορισμένη περιοχή.

Κατά την ενεργοποίηση, ένα προκαθορισμένο σήμα κινδύνου μεταδίδεται απευθείας στους επίγειους σταθμούς (Land Earth Stations-LES) και στους σταθμούς συντονισμού δικτύου (Network Coordination Stations-NCS) για πρόσθετη διασφάλιση. Το σήμα κινδύνου περιλαμβάνει ζωτικής σημασίας πληροφορίες όπως η θέση του σκάφους, το επίπεδο προτεραιότητας και η φύση της έκτακτης ανάγκης, που επιλέγονται από μια προκαθορισμένη λίστα κατηγοριών κινδύνου. Είναι επιτακτική ανάγκη για τους χειριστές να διασφαλίζουν την έγκαιρη και ακριβή ενημέρωση της θέσης του σκάφους εντός του συστήματος INMARSAT-C. Σε αντίθετη περίπτωση, είτε λόγω δυσλειτουργίας του συστήματος είτε λόγω αμέλειας, ενεργοποιούνται αυτοματοποιημένα σήματα κινδύνου και ταξινομούνται ανάλογα οι κίνδυνοι. Αυτή η αυστηρή τήρηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας ευθυγραμμίζεται με τις απαιτήσεις που περιγράφονται από

τους κανονισμούς του IMO και της SOLAS, ενισχύοντας έτσι τη συνολική θαλάσσια ασφάλεια και τις δυνατότητες απόκρισης έκτακτης ανάγκης. [48][49]

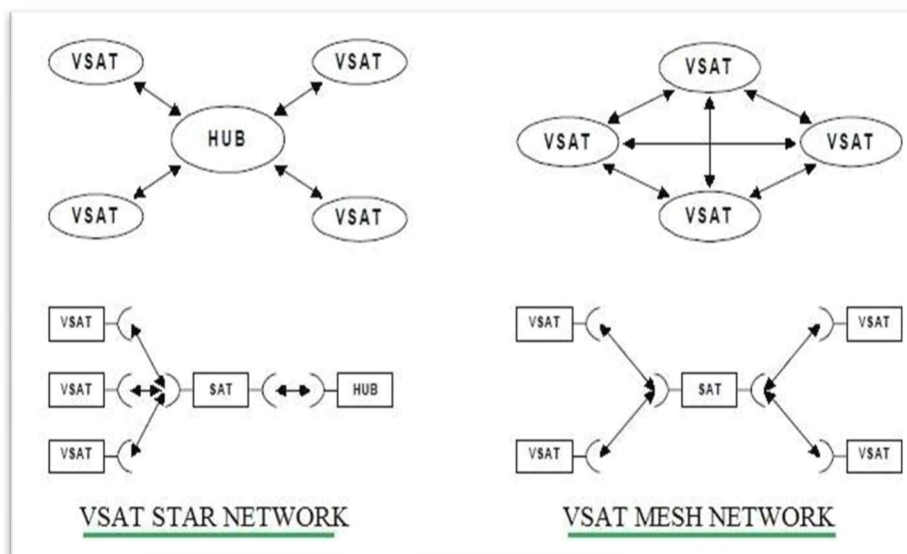
3.3 VSAT

3.3.1 Σύστημα VSAT

Το σύστημα VSAT (Very small Aperture Terminal) αντιπροσωπεύει μια βασική τεχνολογία στα σύγχρονα δίκτυα επικοινωνίας, που χαρακτηρίζεται από τον αμφίδρομο δορυφορικό επίγειο σταθμό του με μέγεθος πιάτου συνήθως μικρότερο από 3,8 μέτρα, που συχνά κυμαίνεται από 75 εκατοστά έως 1,2 μέτρα. Οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων συνήθως εκτείνονται από 4 Kbit/s έως 16 Mbit/s, αξιοποιώντας την πρόσβαση σε γεωστατικούς δορυφόρους για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ μικρών απομακρυσμένων επίγειων σταθμών παγκοσμίως. Το πιο αξιοσημείωτο πλεονέκτημα του έγκειται στην υποστήριξη ευρυζωνικών υπηρεσιών.

Επιπλέον, στη ναυτιλιακή βιομηχανία, η τεχνολογία VSAT έχει καταλύσει γρήγορα τις προσπάθειες εκσυγχρονισμού, επιτρέποντας στα πλοία να αγκαλιάσουν και να εφαρμόσουν αποτελεσματικά αυτές τις εξελίξεις. Με την πάροδο του χρόνου, καθώς τα συστήματα VSAT γίνονται πιο προσιτά και φιλικά προς την εγκατάσταση, παρέχουν μεγαλύτερη επιχειρηματική αξία. Συγκεκριμένα, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας VSAT έχει μεταμορφώσει τις θαλάσσιες δραστηριότητες, επιτρέποντας συνεχή συνδεσιμότητα ακόμη και πέρα από τα όρια του λιμανιού.

Η αρχιτεκτονική VSAT, αποτελείται από έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου και πολυάριθμα απομακρυσμένα VSAT και δορυφορικούς αναμεταδότες, συνήθως λειτουργεί εντός των ζωνών συχνοτήτων C ή Ku. Οι διαμορφώσεις δικτύου μπορεί να υιοθετήσουν διάφορες μορφές, όπως αστερί, πλήρες πλέγμα ή υβριδικό, με τα σύγχρονα συστήματα να χρησιμοποιούν συχνά το πρωτόκολλο DVB (Digital Video Broadcasting). Η αστεροειδής μορφή σημαίνει ότι ο κεντρικός σταθμός επικοινωνεί με όλους τους απομακρυσμένους χρήστες, το πλήρες πλέγμα πως οποιοδήποτε τερματικό στο δίκτυο μπορεί να επικοινωνήσει απευθείας με άλλο τερματικό μέσω δορυφόρου χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιος κεντρικός σταθμός ενώ η υβριδική μορφή ότι το δίκτυο συνδυάζει και τις δύο παραπάνω μορφές. Πέρα από τις ναυτιλιακές εφαρμογές, τα δίκτυα VSAT βρίσκουν εκτεταμένη χρήση σε διάφορους τομείς, προσφέροντας λύσεις για εταιρικά δίκτυα, τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες εξ αποστάσεως, εξ αποστάσεως εκπαίδευση, τηλεϊατρική και πολλά άλλα.



ΕΙΚΟΝΑ 3.10 Αρχιτεκτονική δικτύου VSAT. Αστεροειδής (αριστερά) και πλήρες πλέγμα (δεξιά)
(<https://www.geeksforgeeks.org/vsat-very-small-aperture-terminal>)

Στον ναυτιλιακό τομέα, οι λύσεις VSAT έχουν στοχεύσεις κυρίως στην ακτοπλοΐα και τα κρουαζιερόπλοια, εξυπηρετώντας δύο κύριες βαθμίδες εφαρμογών:

1. Μια ολοκληρωμένη τηλεπικοινωνιακή πλατφόρμα που καλύπτει ένα φάσμα αναγκών, συμπεριλαμβανομένης της φωνητικής επικοινωνίας, υπηρεσιών φάξ, πρόσβασης στο διαδίκτυο, διαχείρισης στόλου, logistics, υποστήριξης πλοήγησης, τηλεόρασης κλειστού κυκλώματος και πολλών άλλων.
2. Γεωγραφική επέκταση της τηλεπικοινωνιακής κάλυψης GSM, μετατρέποντας αποτελεσματικά τα πλοία σε κυψέλες GSM όπου οι επιβάτες και τα μέλη του πληρώματος μπορούν να χρησιμοποιούν τα κινητά τους τηλέφωνα.

Αυτή η ενσωμάτωση της τεχνολογίας VSAT αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό άλμα προς τα εμπρός στις δυνατότητες θαλάσσιας επικοινωνίας, επιτρέποντας στα σκάφη να παραμένουν συνδεδεμένα, να βελτιώνουν την επιχειρησιακή απόδοση και να διασφαλίζουν την ευημερία του πληρώματος ανεξάρτητα από τη θέση τους στη θάλασσα. [50]

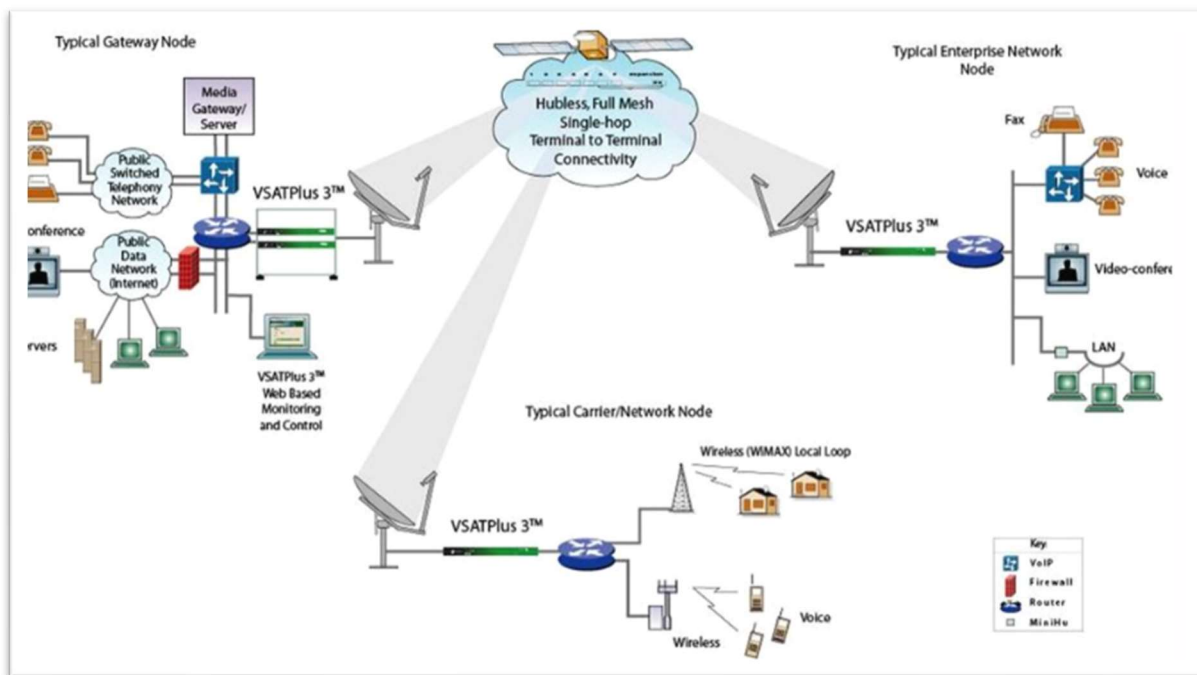
3.3.2 Πρόσβαση του VSAT στον δορυφόρο

Κατά την λειτουργία τους, τα δίκτυα VSAT προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν τη χρήση της δορυφορικής χωρητικότητας και του φάσματος συχνοτήτων μεταξύ όλων των τερματικών σταθμών του συστήματος. Οι μέθοδοι με τις οποίες τα δίκτυα VSAT βελτιστοποιούν τη χρήση της δορυφορικής χωρητικότητας και του φάσματος συχνοτήτων για αποτελεσματική μετάδοση προς τον δορυφόρο κατηγοριοποιούνται ως τεχνικές πολυπλεξίας. Οι πιο κοινές κατηγορίες πρόσβασης τερματικών VSAT στον δορυφόρο περιλαμβάνουν:

1. Time Division Multiple Access (TDMA): Σε αυτήν την κατηγορία πολλοί χρήστες μοιράζονται τη συχνότητα ενός καναλιού μετάδοσης (φέρων κύμα) προς τον δορυφόρο. Το κανάλι χωρίζεται σε χρονοθυρίδες, καθεμία από τις οποίες χρησιμοποιείται από ένα τερματικό VSAT. Κατά συνέπεια, πολλαπλά τερματικά μοιράζονται την ίδια συχνότητα προς τον δορυφόρο, με τα σήματα που φτάνουν στον δορυφόρο να υποβάλλονται σε επεξεργασία σε μη επικαλυπτόμενα χρονικά τμήματα. Η επιτυχής λειτουργία TDMA βασίζεται στον συγχρονισμό του χρονισμού για την αποφυγή παρεμβολών μεταξύ των τερματικών VSAT, που μπορεί να επιτευχθεί είτε από το κέντρο διαχείρισης δικτύου είτε με τη βοήθεια άλλου επίγειου σταθμού.
2. Frequency Division Multiple Access (FDMA): Σε αυτήν την κατηγορία τα τερματικά VSAT διαθέτουν δορυφορικούς πόρους στον τομέα συχνοτήτων. Τα τερματικά χρησιμοποιούν εκχωρημένες συχνότητες χωρίς συλλογική κοινή χρήση. Οι τύποι FDMA περιλαμβάνουν:
 - Μονό κανάλι ανά φορέα (Single Channel Per Carrier-SCPC): Χρησιμοποιεί ένα κύμα φορέα δορυφόρου για τη μεταφορά του καναλιού κυκλοφορίας ενός χρήστη
 - Πολλαπλά κανάλια ανά φορέα (Multiple Channels Per Carrier-MCPC): Χρησιμοποιεί ένα κύμα φορέα δορυφόρου για τη μεταφορά καναλιών πολλαπλών χρηστών.
3. Code Division Multiple Access (CDMA): Σε αυτήν την κατηγορία, η διαχείριση δικτύου VSAT εκχωρεί έναν μοναδικό κωδικό σε κάθε τερματικό VSAT. Αυτό επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση από πολλαπλά τερματικά VSAT που μοιράζονται την ίδια συχνότητα. Τα σήματα δεδομένων συνδυάζονται με ένα σήμα υψηλής ταχύτητας που χρησιμεύει ως κωδικός, ανεξάρτητα από τα δεδομένα. Η επιτυχής λειτουργία CDMA απαιτεί συντονισμό της διαχείρισης κώδικα και συγχρονισμό του χρονισμού μεταξύ όλων των τερματικών VSAT από το κέντρο διαχείρισης δικτύου.

Μεταξύ αυτών των κατηγοριών, το TDMA είναι το πιο διαδεδομένο, ακολουθούμενο από το CDMA, ενώ η χρήση του FDMA μειώνεται. Τα δίκτυα VSAT με τοπολογία αστεριών βασίζονται κυρίως στο TDMA ή το FDMA, ενώ τα δίκτυα τοπολογίας πλέγματος συνήθως χρησιμοποιούν πολυπλεξία FDMA, με απευθείας συνδέσεις κατά απαίτηση μεταξύ των τερματικών VSAT. Η επιλογή της κατηγορίας πρόσβασης βασίζεται σε απαιτήσεις εύρους ζώνης και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά υπηρεσίας. Οι παράγοντες που καθορίζουν το

απαιτούμενο εύρος ζώνης περιλαμβάνουν τον αριθμό των ταυτόχρονων χρηστών, τον αναμενόμενο χρόνο απόκρισης και τους τύπους εφαρμογών που χρησιμοποιούνται. [50][51]



ΕΙΚΟΝΑ 3.11 Παράδειγμα τοπολογίας VSATPlus3 τερματικού σχεδιασμένο πάνω σε TDMA
(<https://www.polarsat.com/vsatplus-3>)

3.3.3 VSAT και ναυτιλία

Η χρήση της τεχνολογίας VSAT στη θαλάσσια επικοινωνία έχει αποδειχθεί απαραίτητη, διευκολύνοντας την απρόσκοπτη μετάδοση δεδομένων μεταξύ πλοίων και ακτών. Τα τελευταία χρόνια έχει εμφανιστεί εξειδικευμένος τερματικός εξοπλισμός VSAT προσαρμοσμένος για ναυτιλιακές εφαρμογές. Αυτός ο εξοπλισμός περιλαμβάνει ειδικά σχεδιασμένες κεραιές ικανές να παρακολουθούν δορυφορικές κινήσεις σε σχέση με τα πλοία. Ωστόσο, το κόστος του θαλάσσιου τερματικού εξοπλισμού παραμένει σημαντικό στοιχείο.

Οι χρήστες ναυτιλιακών τερματικών VSAT συνήθως μισθώνουν δορυφορική χωρητικότητα, η οποία επιβαρύνεται με ένα σταθερό μηνιαίο τέλος. Εναλλακτικά, ορισμένοι πάροχοι υπηρεσιών προσφέρουν υπηρεσίες VSAT με χρέωση βάσει χρήσης, χρεώνοντας ανά λεπτό. Οι ναυτιλιακές εφαρμογές της τεχνολογίας VSAT επικεντρώνονται κυρίως στην ακτοπλοΐα και στα κρουαζιερόπλοια, υποστηρίζοντας δύο κύριες βαθμίδες εφαρμογών:

1. Ολοκληρωμένες πλατφόρμες επικοινωνίας που περιλαμβάνουν:
 - a. Φωνητική επικοινωνία
 - b. Μετάδοση φαξ
 - c. Πρόσβαση στο διαδίκτυο
 - d. Μετάδοση δεδομένων
 - e. Διαχείριση στόλου
 - f. Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας
 - g. Υποστήριξη πλοήγησης
 - h. Κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης
 - i. Τηλεϊατρική

- j. Τηλεκπαίδευση
 - k. Λειτουργική παρακολούθηση
2. Γεωγραφική επέκταση των υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας, αντιμετωπίζοντας αποτελεσματικά το πλοίο ως κινητό κύτταρο, επιτρέποντας στους επιβάτες και το πλήρωμα να χρησιμοποιούν τα κινητά τους τηλέφωνα.

Επιπλέον, η παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών επικοινωνίας σε παγκόσμια κλίμακα αποτελεί κρίσιμη πρόκληση για τη χρήση VSAT στη θάλασσα. Οι περισσότεροι πάροχοι υπηρεσιών VSAT δεν προσφέρουν παγκόσμια κάλυψη λόγω περιορισμών δορυφορικής κάλυψης. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, τα πλοία που διασχίζουν παγκόσμιες διαδρομές απαιτούν τη δυνατότητα σύνδεσης με πολλούς δορυφόρους ταυτόχρονα καθώς ταξιδεύουν.



ΕΙΚΟΝΑ 3.12 Κεραία VSAT τύπου Intellian (<https://www.hme.gr/products/all-products/communication/vsat/intellian-v100nx-vsate>)

Τα συστήματα VSAT ενσωματώνουν μια μονάδα ελέγχου κεραίας (Antenna Control Unit-ACU) απευθείας συνδεδεμένη με την κεραία. Το ACU παίζει ζωτικό ρόλο στην ευθυγράμμιση και τη διατήρηση της θέσης της κεραίας για τη βελτιστοποίηση της λήψης σήματος λαμβάνοντας πληροφορίες θέσης και κλίσης με την γυροπυξίδα του πλοίου που είναι συνδεδεμένη. Διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ της κεραίας και του δορυφορικού μόντεμ, εξασφαλίζοντας απρόσκοπτη μετάδοση δεδομένων.



ΕΙΚΟΝΑ 3.13 Μονάδα ελέγχου κεραίας τύπου SAILOR (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)

Συνοπτικά, η ναυτιλιακή τεχνολογία VSAT εξυπηρετεί διάφορες ανάγκες επικοινωνίας επί του σκάφους, που κυμαίνονται από τη λειτουργική διαχείριση έως τις υπηρεσίες επιβατών, αλλά η αποτελεσματικότητα της εξαρτάται από την αντιμετώπιση των περιορισμών κάλυψης και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένου του ουσιαστικού ρόλου της ACU στον έλεγχο της κεραίας και τη βελτιστοποίηση του σήματος. [50][51][52]

3.3.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

[50] Η χρήση της τεχνολογίας VSAT προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Παγκόσμια κάλυψη: Οι υπηρεσίες VSAT μπορούν να αναπτυχθούν οπουδήποτε εντός της περιοχής κάλυψης των χρησιμοποιούμενων δορυφόρων, διασφαλίζοντας συνδεσιμότητα σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές.
- Ταχεία ανάπτυξη: Η υλοποίηση των υπηρεσιών VSAT μπορεί να ολοκληρωθεί γρήγορα, επιτρέποντας ταχεία πρόσβαση σε δίκτυα επικοινωνίας.
- Συνεπής ποιότητα: Οι χρήστες μπορούν να αναμένουν σταθερή ποιότητα υπηρεσιών ανεξάρτητα από τη θέση τους εντός της περιοχής κάλυψης του δορυφόρου.
- Ασφάλεια: Τα συστήματα VSAT είναι γνωστά για τα ισχυρά χαρακτηριστικά ασφαλείας τους, διασφαλίζοντας την εμπιστευτικότητα και την ακεραιότητα των μεταδιδόμενων δεδομένων.
- Πρόσβαση στο διαδίκτυο υψηλής ποιότητας: Παρά την καθυστέρηση του σήματος λόγω της απόστασης μεταξύ τερματικών και δορυφόρων, τα περισσότερα συστήματα VSAT παρέχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο υψηλής ποιότητας, ξεπερνώντας την πρόκληση του λανθάνοντος χρόνου.
- Ευρυζωνική ικανότητα: Πολλά συστήματα VSAT υποστηρίζουν ευρυζωνική μετάδοση, διευκολύνοντας την αποτελεσματική μεταφορά δεδομένων μεταξύ των δικτύων.
- Ανεξαρτησία από τα δίκτυα εδάφους: Η τεχνολογία VSAT λειτουργεί ανεξάρτητα από τα επίγεια ενσύρματα δίκτυα, προσφέροντας μεγαλύτερη ευελιξία και ανθεκτικότητα στην επικοινωνία.

Ωστόσο, υπάρχουν αξιοσημείωτα μειονεκτήματα που σχετίζονται με τα συστήματα VSAT:

- Καθυστέρηση σήματος: Λόγω της σημαντικής απόστασης μεταξύ των δορυφόρων και της επιφάνειας της Γης, τα σήματα VSAT παρουσιάζουν καθυστερήσεις μετάδοσης, συνήθως περίπου 0,5 δευτερόλεπτα, περιορίζοντας την καταλληλότητα τους για εφαρμογές ευαίσθητες σε άμεση απόκριση σήματος.
- Καιρικές παρεμβολές: Τα σήματα VSAT είναι ευαίσθητα σε σημαντική εξασθένηση κατά τη διάρκεια δυσμενών καιρικών συνθηκών, όπως έντονες βροχοπτώσεις, επηρεάζοντας την αξιοπιστία του σήματος.
- Αντίκτυπος κωδικοποίησης δεδομένων: Η κωδικοποίηση δεδομένων σε συστήματα VSAT μπορεί να οδηγήσει σε αισθητή μείωση της ταχύτητας μετάδοσης σε σύγκριση με τις μη κωδικοποιημένες μεθόδους μετάδοσης δεδομένων.

Συμπερασματικά, ενώ η τεχνολογία VSAT προσφέρει εκτεταμένα πλεονεκτήματα συνδεσιμότητας, συμπεριλαμβανομένης της παγκόσμιας κάλυψης και της ταχείας ανάπτυξης, παρουσιάζει επίσης προκλήσεις όπως η καθυστέρηση σήματος και η ευαισθησία στις καιρικές παρεμβολές. Αυτοί οι παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται προσεκτικά υπόψη κατά την εφαρμογή λύσεων VSAT για συγκεκριμένες εφαρμογές.

4. Νέες τεχνολογίες και προκλήσεις

4.1 Starlink

Τα συστήματα τηλεπικοινωνιών γνωρίζουν ταχεία ανάπτυξη λόγω της αυξανόμενης ζήτησης τόσο για ποσοτική όσο και για ποιοτική παροχή διαδικτύου, η οποία έχει γίνει ένα από τα πιο περιζήτητα εμπορικά αγαθά. Αυτή η ανάπτυξη έχει σημαντική σημασία, καθώς υπόσχεται να επεκτείνει την πρόσβαση στο διαδίκτυο ακόμη και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές του πλανήτη, συμπεριλαμβανομένης της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Στο πλαίσιο αυτό, θα γίνει μια μικρή αναφορά παρακάτω σχετικά με το πρόγραμμα της SpaceX, Starlink, το οποίο θα μπορούσε να λειτουργήσει – και ήδη λειτουργεί – ως εναλλακτικό μέσο τηλεπικοινωνιών για τις σύγχρονες ναυτιλιακές εταιρείες. Θα πρέπει να τονιστεί πως η αξιοποίηση ενός τέτοιου προγράμματος θα περιοριζόταν σε ψυχαγωγικούς σκοπούς και ανταλλαγή δεδομένων με ναυτιλιακές εταιρείες. Οποιαδήποτε πιθανή χρήση για μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης στη θάλασσα θα απαιτούσε έγκριση πρώτα από τον διεθνή ναυτιλιακό οργανισμό (IMO).

4.1.1 To Project Starlink

Το Starlink είναι ένα έργο δορυφορικού αστερισμού της SpaceX που σκοπεύει να παρέχει πρόσβαση στο διαδίκτυο σε πολλές περιοχές σε όλο τον κόσμο. Αποτελούμενο αρχικά από περισσότερους από 1600 δορυφόρους, με σχέδια επέκτασης σε χιλιάδες άλλους, αυτοί οι δορυφόροι λειτουργούν σε χαμηλή τροχιά (LEO) και επικοινωνούν με επίγειους δέκτες. Από τον Νοέμβριο του 2021, η υπηρεσία προσφέρεται σε 21 χώρες, με κάλυψη που ενδέχεται να επεκταθεί σε σημαντικό μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού εν αναμονή της ρυθμιστικής έγκρισης από τη SpaceX.



ΕΙΚΟΝΑ 4.1 SpaceX - ο πύραυλος Falcon 9 ετοιμάζεται να εκτοξεύσει δορυφόρο Starlink
(<https://www.starlink.com>)

Οι εγκαταστάσεις ανάπτυξης για τον δορυφορικό αστερισμό του Starlink βρίσκονται στις Ηνωμένες Πολιτείες και στεγάζουν ομάδες υπεύθυνες για την έρευνα, την ανάπτυξη, την κατασκευή και τον έλεγχο της τροχιάς των δορυφόρων. Το εκτιμώμενο κόστος για το έργο είναι τουλάχιστον 10 εκατομμύρια δολάρια. Ο σχεδιασμός του προγράμματος ξεκίνησε το 2015, με την αποκάλυψη ενός πρωτότυπου δορυφόρου το 2017. Οι δοκιμαστικοί δορυφόροι εκτοξεύτηκαν τον Φεβρουάριο του 2018, ακολουθούμενοι από πρόσθετους δοκιμαστικούς και επιχειρησιακούς δορυφόρους το 2019. Τον Οκτώβριο του 2019, η Ομοσπονδιακή

Επιτροπή Επικοινωνιών (Federal Communications Commission – FCC) των Ηνωμένων Πολιτειών υπέβαλε αιτήσεις για λογαριασμό της εταιρείας στη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union – ITU) για την προσθήκη 30.000 ακόμα δορυφόρων για να συμπληρώσουν τους 12.000 που έχουν ήδη εγκριθεί από την ομοσπονδία. Από τον Μάρτιο του 2024, υπάρχουν 5.504 λειτουργικοί δορυφόροι Starlink σε τροχιά, με την SpaceX να στοχεύει να αναπτύξει έως και 42.000 δορυφόρους συνολικά.

Ωστόσο, οι αστρονόμοι είχαν από την αρχή εκφράσει ανησυχίες σχετικά με το αντίκτυπο του δορυφορικού αστερισμού στην επίγεια αστρονομία. Το τεράστιο μέγεθος του έργου αυτού εγείρει ανησυχίες μεταξύ των αστρονόμων και των ειδικών στην ασφάλεια των διαστημικών πτήσεων σχετικά με πιθανές παρεμβολές σε αστρονομικές παρατηρήσεις και κινδύνους σύγκρουσης. Η εταιρεία έχει λάβει μέτρα για να μετριάσει αυτές τις ανησυχίες εφαρμόζοντας αναβαθμίσεις που στοχεύουν στη μείωση της φωτεινότητας των δορυφόρων κατά τη λειτουργία.



ΕΙΚΟΝΑ 4.2 Δορυφόροι Starlink σε σειρά (τρένο) ορατοί με γυμνό μάτι (Ολλανδία)
(<https://www.starlink.com>)

Επιπλέον, η Starlink έχει σχεδιαστεί και δοκιμαστεί για να αντέχει σε διάφορες καιρικές συνθήκες, λειτουργώντας σε εύρος θερμοκρασίας από -30 έως 50 βαθμούς Κελσίου για δορυφόρους και 0 έως 30 βαθμούς Κελσίου για δρομολογητές και τροφοδοτικά. Αν και η απόδοση μπορεί να μειωθεί κάπως κάτω από αντίξοες συνθήκες, όπως η βροχή, το σύστημα είναι αδιάβροχο. Επίσης, η παροχή υπηρεσιών δεν απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό υπό τον όρο ότι ο υπάρχων εξοπλισμός είναι συμβατός, αν και η SpaceX δεν εγγυάται τη βέλτιστη απόδοση με εξοπλισμό άλλων κατασκευαστών. [53][54]

4.1.2 Εξοπλισμός και εγκατάσταση

Ο εξοπλισμός του Starlink, συμπεριλαμβανομένης της κεραίας, του τροφοδοτικού και του δρομολογητή Wi-Fi, έχει σχεδιαστεί για ανθεκτικότητα και αξιοπιστία σε διαφορετικά περιβάλλοντα, ιδιαίτερα για εφαρμογές φορητότητας. Η κεραία χρησιμοποιεί τεχνολογία ηλεκτρονικής συστοιχίας φάσης με σταθερό προσανατολισμό και ευρύ οπτικό πεδίο 140 μοιρών. Διαθέτει βελτιωμένες δυνατότητες GPS για τη δημιουργία συνδέσεων με περισσότερους δορυφόρους, διασφαλίζοντας σταθερή συνδεσιμότητα ενώ βρίσκετε εν κινήσει. Με περιβαλλοντική βαθμολογία IP56 και θερμοκρασίες λειτουργίας που κυμαίνονται

από -30 έως 50 βαθμούς κελσίου, η κεραία και το τροφοδοτικό έχουν σχεδιαστεί για να αντέχουν σε ακραίες συνθήκες. Το τροφοδοτικό διαθέτει επίσης έναν ειδικό ακροδέκτη γείωσης.



ΕΙΚΟΝΑ 4.3 Σωστή θέση εγκατάστασης κεραίας Starlink σε πλοίο (<https://www.starlink.com>)

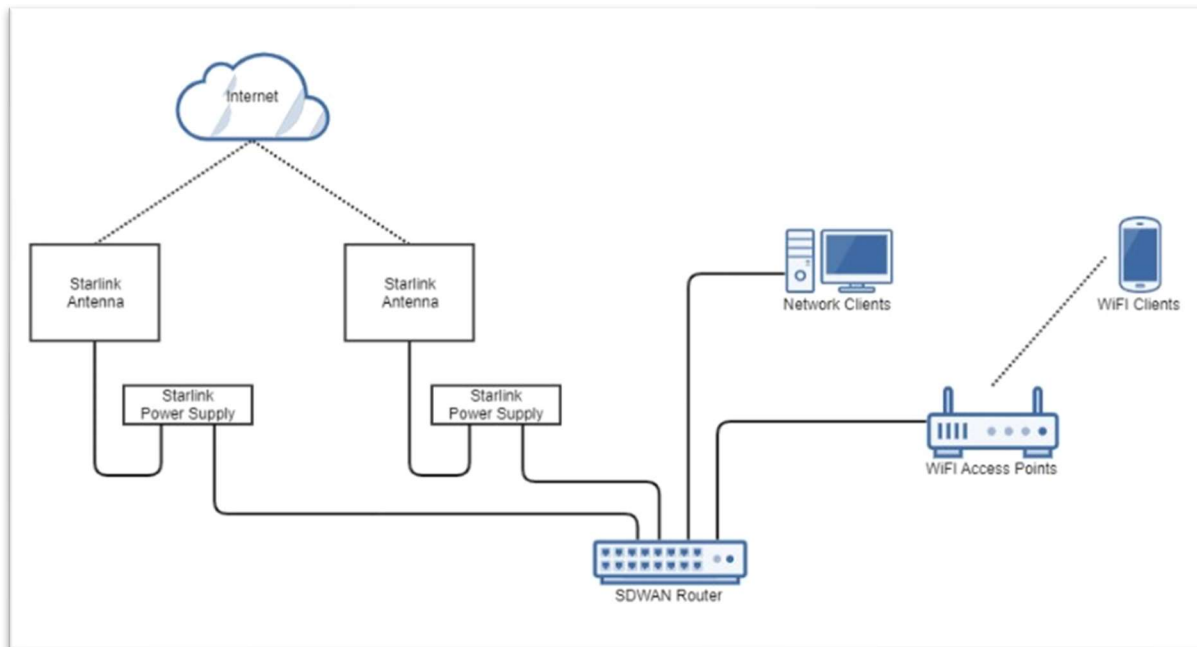
Ο δρομολογητής Wi-Fi Starlink, συμβατός με τα πρότυπα IEEE 802.11a/b/n/ac και τη γενιά Wi-Fi 5, διευκολύνει τη σύνδεση υψηλής ταχύτητας στο διαδίκτυο με τεχνολογία ραδιοφώνου διπλής ζώνης 3x3 MIMO. Προσφέρει ασφάλεια WP2 και περιβαλλοντική αξιολόγηση IP54, διαμορφωμένη για χρήση σε εσωτερικούς χώρους καλύπτοντας έκταση έως 185 τετραγωνικά μέτρα. Το εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας του δρομολογητή είναι ίδιο με αυτό της κεραίας και του τροφοδοτικού, εξασφαλίζοντας απρόσκοπτη απόδοση σε διάφορα κλίματα.

Για βέλτιστη απόδοση, το Starlink απαιτεί ανεμπόδιση θέα στον ουρανό. Τυχόν εμπόδια που επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα της σύνδεσης, οδηγούν σε διαλείπουσες διακοπές λειτουργίας, πτώση πακέτων ή μειωμένη χωρητικότητα εύρους ζώνης. Για να μετριαστούν τα εμπόδια, το πιάτο θα πρέπει να έχει καθαρή θέα στον ουρανό με περίπου 20 μοίρες υψόμετρο και 360 αζιμούθιο. Οι ρυθμίσεις της κλίσης μπορούν να γίνουν χρησιμοποιώντας σφηνοειδή βάση για τη βελτιστοποίηση του οπτικού πεδίου, ειδικά σε περιοχές με μικρά εμπόδια. Οι συνήθεις θέσεις εγκατάστασης περιλαμβάνουν ιστούς, κιγκλιδώματα, υπερυψωμένους στύλους και στέγες, καθώς προσφέρουν ελάχιστη απόφραξη και προστασία από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως επαφή με θαλασσινό αλάτι.



ΕΙΚΟΝΑ 4.4 Κεραία Starlink στην κόντρα γέφυρα πλοίου τύπου Bulker (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)

Είναι σημαντικό να επιλεγεί μια τοποθεσία εγκατάστασης μακριά από τοίχους, καλυμμένους εξωτερικούς χώρους ή κατασκευές που μπορεί να εμποδίσουν τη λήψη σήματος. Η ανύψωση της εγκατάστασης, όπως σε βάθρο, στύλο ή ταράτσα βελτιώνει την απόσταση από κοντινά εμπόδια και βελτιώνει τη συνολική απόδοση. Επιπλέον, η εφαρμογή Starlink μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση πιθανών εμποδίων και τη διασφάλιση της αδιάλειπτης σύνδεσης. [55]



ΕΙΚΟΝΑ 4.5 Παράδειγμα τοπολογίας δικτύου χρησιμοποιώντας Starlink
(<https://www.starlink.com>)

4.1.3 Γιατί όμως Starlink στη ναυτιλία?

Η ναυτιλιακή βιομηχανία βιώνει μια αλλαγή στις απαιτήσεις συνδεσιμότητας, με μια αυξανόμενη ζήτηση για γρήγορες και αξιόπιστες συνδέσεις δεδομένων πέρα από τις παραδοσιακές υπηρεσίες όπως το email και η VoIP τηλεφωνία. Στην πρώτη γραμμή αυτής της εξέλιξης βρίσκεται το πακέτο Starlink Maritime, ένα εγχείρημα με επικεφαλής όπως είδαμε και νωρίτερα την SpaceX του Elon Musk, το οποίο αξιοποιεί έναν αστερισμό αρκετών δορυφόρων για να προσφέρει πρωτοποριακές λύσεις συνδεσιμότητας.

Η Starlink Maritime προσφέρει στους πλοιοκτήτες και τους χειριστές βελτιωμένη απόδοση, αξιοπιστία και κάλυψη σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα VSAT, δίνοντας τους τη δυνατότητα να αγκαλιάσουν τον ψηφιακό μετασχηματισμό στον ναυτιλιακό τομέα. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του Starlink είναι η σύνδεση υψηλής ταχύτητας στο διαδίκτυο, που ξεπερνά τις παραδοσιακές δορυφορικές υπηρεσίες τόσο σε ταχύτητες αποστολής όσο και λήψης. Υπό βέλτιστες συνθήκες, οι εγκαταστάσεις μπορούν να επιτύχουν ταχύτητες μεταφόρτωσης έως και 40Mbps και ταχύτητες λήψης έως 200 Mbps, υπερβαίνοντας σημαντικά τις τυπικές οικιακές ευρυζωνικές ταχύτητες.

Επιπλέον, το Starlink μπορεί να υπερηφανεύεται για χαμηλό λανθάνοντα χρόνο – χρόνος απόκρισης – (low latency), με αποτέλεσμα ταχύτερη και πιο γρήγορη μετάδοση δεδομένων. Η παγκόσμια κάλυψη του επεκτείνεται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπου οι παραδοσιακές υπηρεσίες δεν είναι διαθέσιμες, παρέχοντας συνδεσιμότητα ακόμα και στα πιο απομακρυσμένα θαλάσσια περιβάλλοντα.

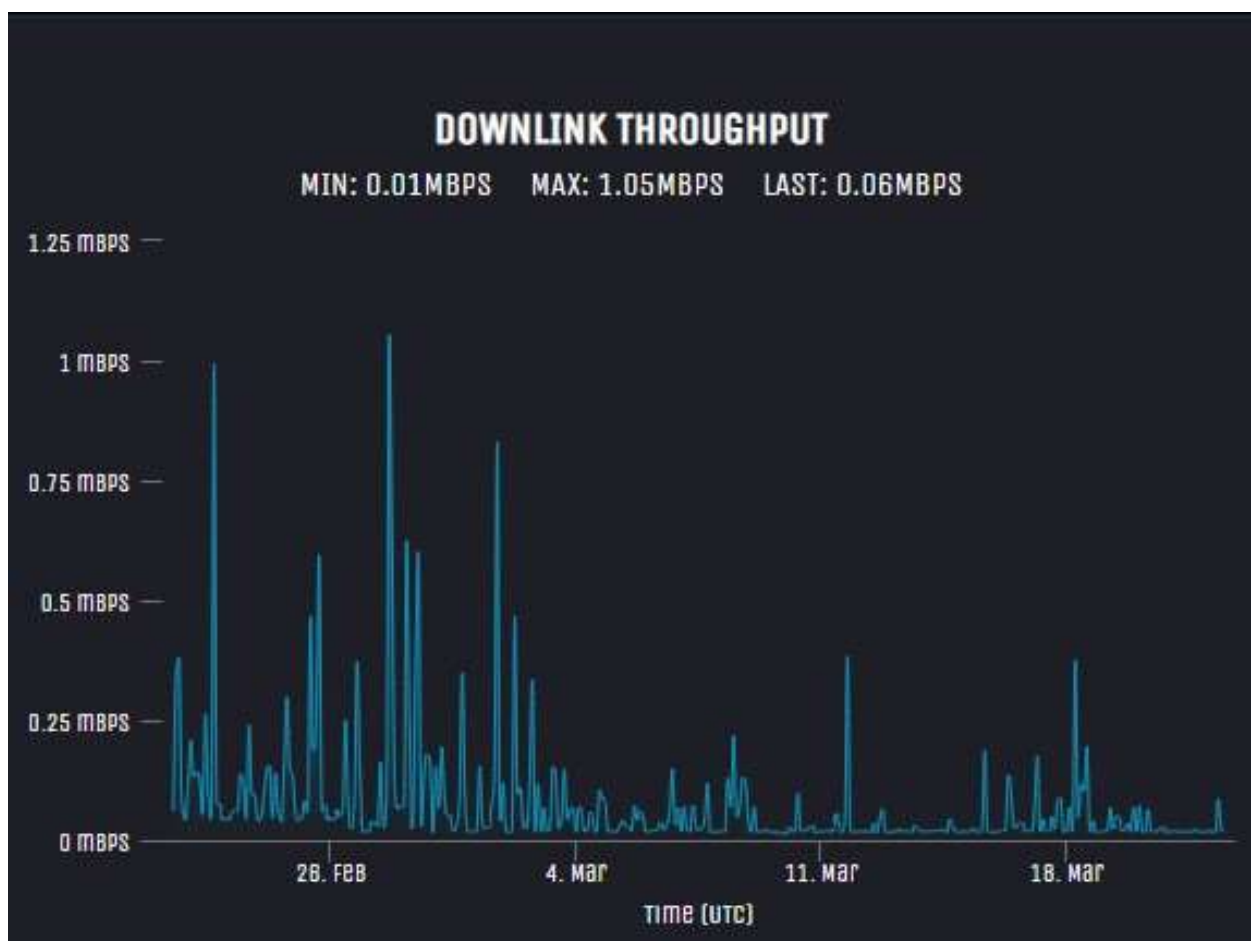
Όσον αφορά τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας, το Starlink προσφέρει ανταγωνιστικές τιμές, όρια δεδομένων και κόστος εγκατάστασης σε σύγκριση με τις παραδοσιακές δορυφορικές υπηρεσίες. Ενώ το κόστος του αρχικού εξοπλισμού είναι χαμηλότερο από αυτό των παραδοσιακών δορυφορικών θόλων, οι μηνιαίες συνδρομές μπορεί να είναι συγκρίσιμες ή ελαφρώς υψηλότερες. Ωστόσο, οι αυξημένες ταχύτητες και οι μειωμένες απαιτήσεις υλικού, όπως η απουσία ογκωδών θόλων VSAT, αντισταθμίζουν αυτό το κόστος.

Η ενσωμάτωση αισθητήρων σε πλοία με Starlink παρουσιάζει ευκαιρίες για βελτίωση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας και ασφάλειας. Με τη συλλογή δεδομένων υψηλής ποιότητας σε πραγματικό χρόνο, οι φορείς εκμετάλλευσης πλοίων μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση του κύκλου ζωής του σκάφους και να αντιμετωπίσουν πιθανά ζητήματα προληπτικά, ελαχιστοποιώντας το χρόνο διακοπής λειτουργίας και τις δαπανηρές επισκευές.

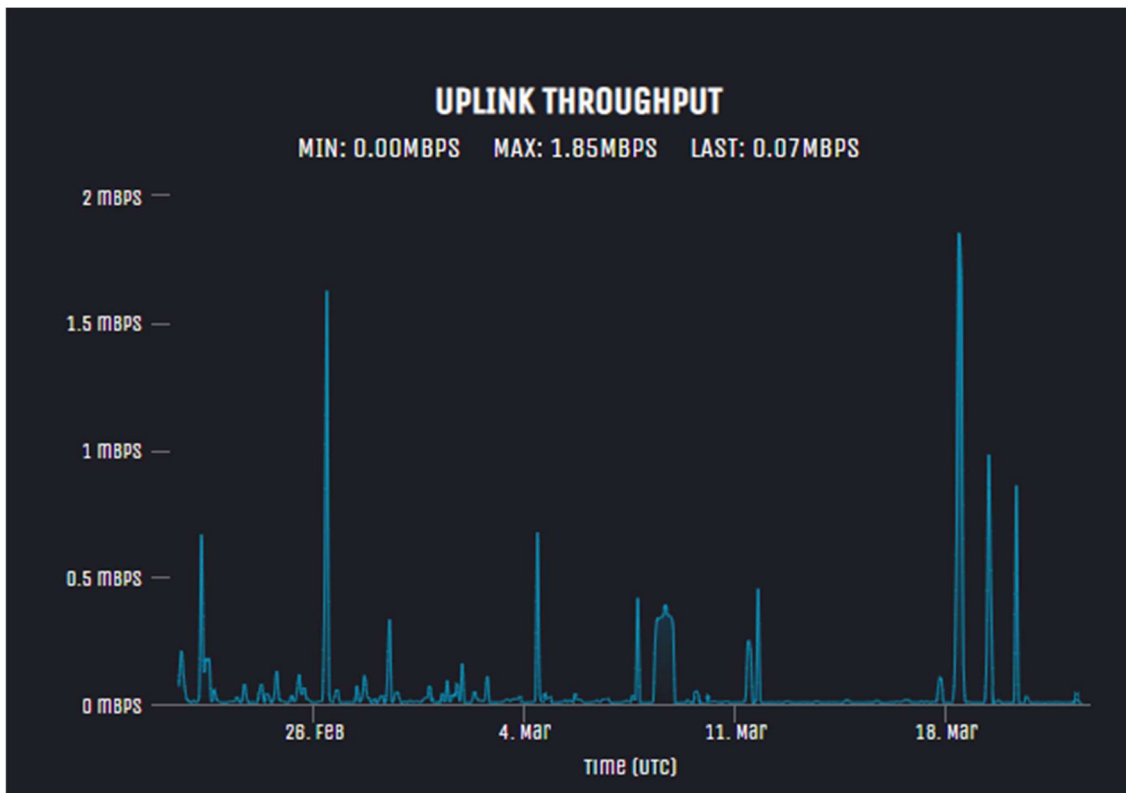
Επίσης, η συνδεσιμότητα υψηλής ταχύτητας του Starlink διευκολύνει την υιοθέτηση προηγμένων ενσωματωμένων τεχνολογιών, όπως τηλεϊατρική, ροή βίντεο, συστήματα επιτήρησης και λύσεις ψυχαγωγίας. Αυτό ενισχύει την παραγωγικότητα, την ασφάλεια και την ευημερία των μελών του πληρώματος, συμβάλλοντας σε μια πιο αποτελεσματική και ευχάριστη εμπειρία εν πλω.

Τέλος, το Starlink Maritime αντιπροσωπεύει μια σημαντική πρόοδο στη θαλάσσια συνδεσιμότητα, προσφέροντας παράλληλη ταχύτητα, αξιοπιστία και κάλυψη, ενώ παράλληλα επιτρέπει την ενσωμάτωση καινοτόμων τεχνολογιών για την αύξηση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

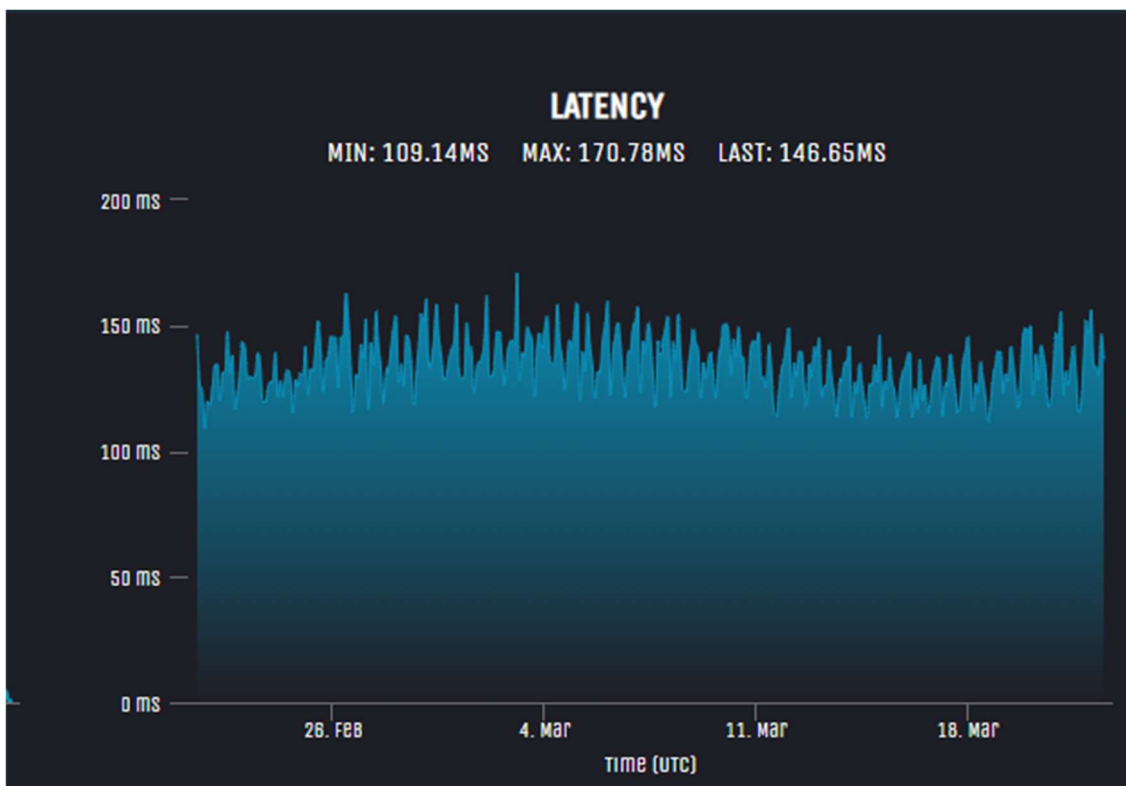
Οι ακόλουθες έξι εικόνες απεικονίζουν μια πρακτική εφαρμογή της κεραίας Starlink Maritime που είναι εγκατεστημένη σε ένα πλοίο Reefer. Αυτές οι εικόνες παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που καλύπτουν διάφορες μετρήσεις, συμπεριλαμβανομένου το downlink και uplink throughput, ping drop rate, την ποιότητα του σήματος καθώς και οποιοδήποτε εμπόδιο στο σήμα τις τελευταίες 30 ημέρες, από τις 22 Φεβρουαρίου έως τις 22 Μαρτίου. [55][56]



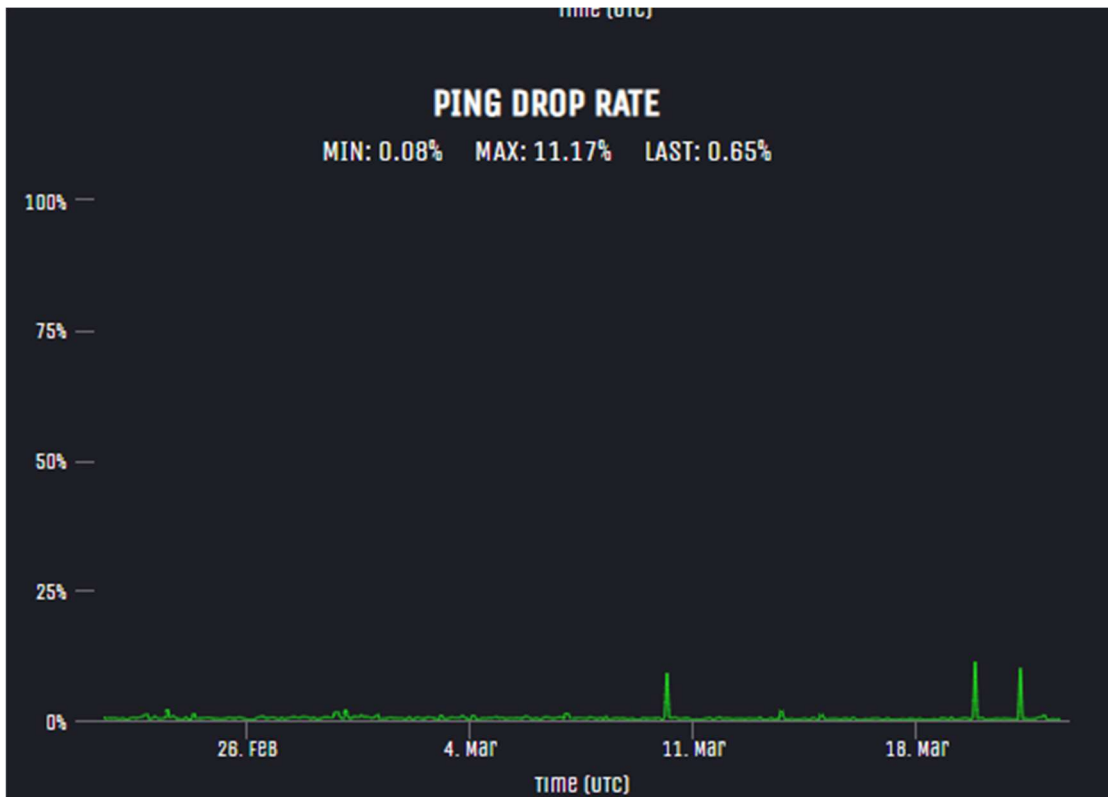
EIKONA 4.6 Starlink Downlink (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)



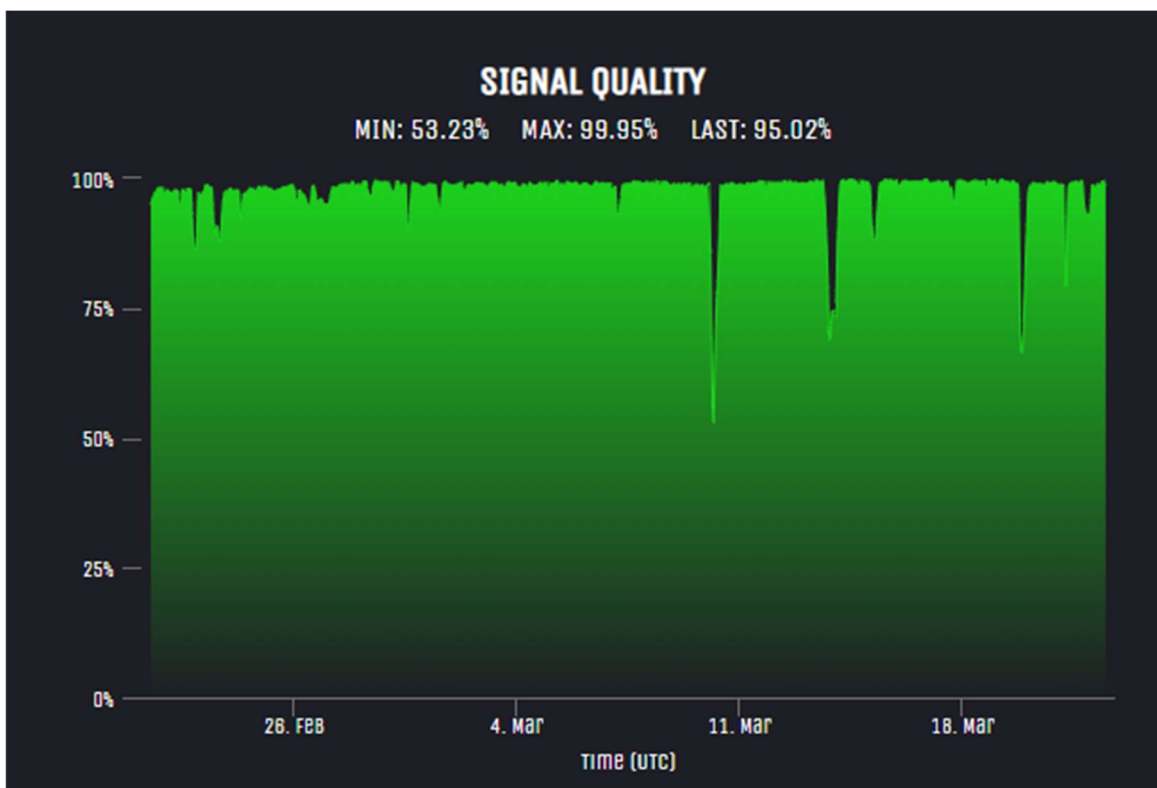
ΕΙΚΟΝΑ 4.7 Starlink Uplink (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)



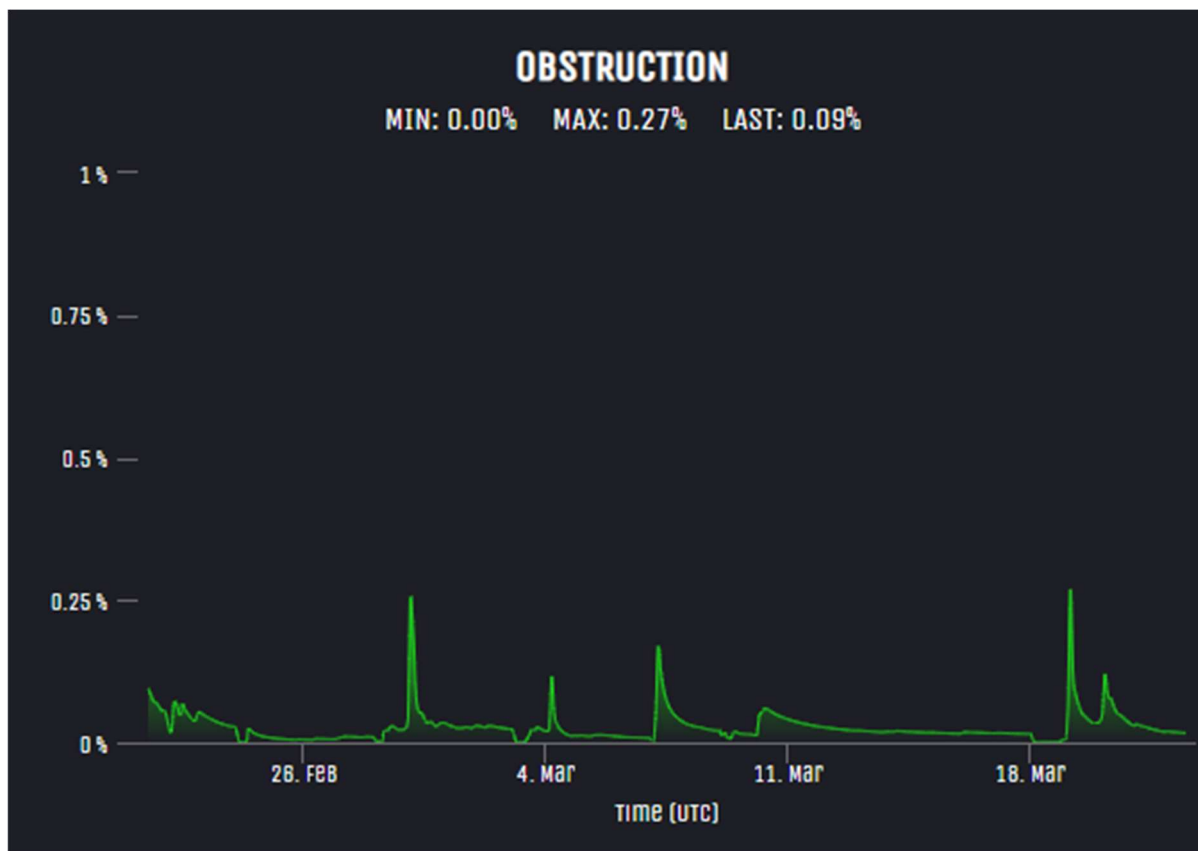
ΕΙΚΟΝΑ 4.8 Starlink Latency (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)



ΕΙΚΟΝΑ 4.9 Starlink Ping drop rate (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)



ΕΙΚΟΝΑ 4.10 Starlink ποιότητα σήματος (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)



ΕΙΚΟΝΑ 4.11 Starlink παρεμπόδιση κεραίας (Προσωπική φωτογραφία αρχείου)

4.2 Κυβερνοασφάλεια

4.2.1 Κίνδυνοι στη ναυτιλία

[57][58]Οι σημαντικές εξελίξεις στον τεχνολογικό τομέα έχουν αναμφίβολα επηρεάσει τη ναυτιλιακή βιομηχανία, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή ικανοτήτων και πλεονεκτημάτων. Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών στον κυβερνοχώρο έχει καταστεί απαραίτητη και κρίσιμη, όχι μόνο για τη λειτουργία και τη διαχείριση πολλών συστημάτων και διαδικασιών των πλοίων, αλλά και για την ασφάλεια των πληρωμάτων.

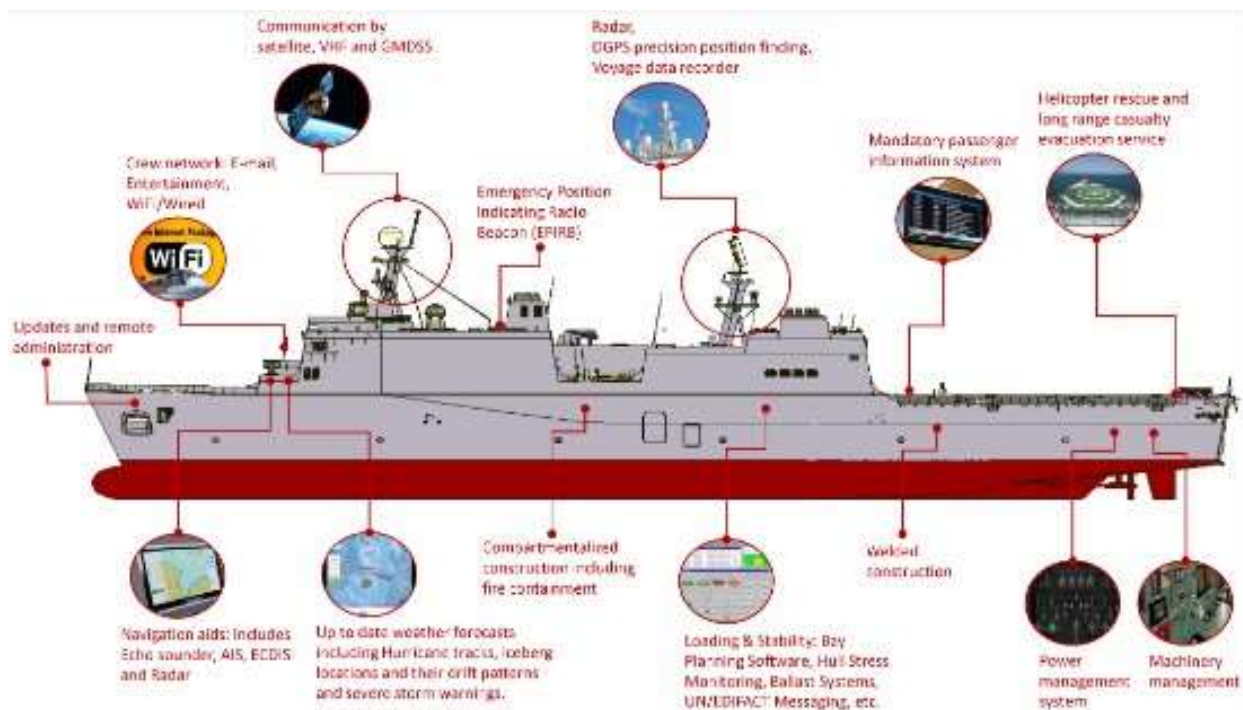
Η σύγκλιση της τεχνολογίας πληροφοριών (συστήματα IT) και της επιχειρησιακής τεχνολογίας των πλοίων (συστήματα OT) μέσω δικτύωσης και σύνδεσης στο διαδίκτυο ενέχει εγγενώς έναν σημαντικό κίνδυνο, τη μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση ή τις κακόβουλες επιθέσεις στα πλοία, τα συστήματα και τα δίκτυα τους καθώς και πιθανές επιθέσεις στα γραφεία ναυτιλιακών εταιρειών. Κατά συνέπεια, η σειρά των κινδύνων είναι πολύπλευρη, ποικιλόμορφη και ικανή να επισπεύσει σοβαρές προκλήσεις. Ωστόσο, δεν είναι ο φόβος που προέχει, αλλά η επαγρύπνηση που είναι επιτακτική. Κίνδυνοι μπορεί να προέρχονται ακόμη και από τον ναυτιλιακό τομέα, που προέρχονται από άγνοια ή από προσωπικό με πρόσβαση στα συστήματα των πλοίων. Για παράδειγμα, η εισαγωγή κακόβουλου λογισμικού μέσω USB σε κρίσιμα συστήματα πλοίων όπως το ECDIS και το AIS είναι ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα.

Επιπρόσθετα, οι ναυτιλιακές εταιρείες πρέπει να έχουν επίγνωση των επιπτώσεων των επικείμενων επιθέσεων στον κυβερνοχώρο. Συγκεκριμένα, στον θαλάσσιο τομέα, μια ενιαία προσέγγιση για την αντιμετώπιση όλων των επιθέσεων δεν είναι πρακτική, καθώς κάθε επίθεση έχει διακριτούς στόχους που απαιτούν ποικίλο χειρισμό από την ομάδα διαχείρισης επιθέσεων στον κυβερνοχώρο της εταιρείας. Οι σύγχρονες ναυτιλιακές οντότητες έχουν αρχίσει να δημιουργούν τέτοιες εξειδικευμένες ομάδες για τον

μετριασμό των απειλών, ενώ αυτές που δεν διαθέτουν τέτοιους πόρους βασίζονται σε εξωτερικούς συνεργάτες.

Γενικά, υπάρχουν δύο κατηγορίες απειλών που μπορούν να επηρεάσουν ναυτιλιακές εταιρείες και πλοία.

- Μη στοχευμένες επιθέσεις: Αυτές οι επιθέσεις μπορούν να στοχεύουν συστήματα και δεδομένα μιας εταιρείας ή ενός πλοίου μεταξύ πολλών πιθανών στόχων. Συχνά αξιοποιούν εργαλεία και τεχνικές που είναι άμεσα διαθέσιμες στο διαδίκτυο για να εκμεταλλευτούν τρωτά σημεία σε μια εταιρεία ή ένα σκάφος. Οι μη στοχευμένες επιθέσεις είναι πιο πιθανό να χρησιμοποιούν εργαλεία και τεχνικές που διατίθενται στο διαδίκτυο για τον εντοπισμό, την ανακάλυψη και την εκμετάλλευση εκτεταμένων τρωτών σημείων εντός της εταιρείας ή του σκάφους. Παραδείγματα τέτοιων εργαλείων και τεχνικών περιλαμβάνουν κακόβουλο λογισμικό (Malware), water holing, scanning και tyro squatting.
- Στοχευμένες επιθέσεις: Αυτές οι εξελιγμένες επιθέσεις στοχεύουν συγκεκριμένα τα συστήματα και τα δεδομένα μιας εταιρείας ή ενός πλοίου μεταξύ πολλών στόχων. Μπορούν να χρησιμοποιούν εργαλεία και τεχνικές που έχουν σχεδιαστεί ρητά για την επίθεση σε μια συγκεκριμένη εταιρεία ή πλοίο. Οι στοχευμένες επιθέσεις τείνουν να είναι πιο εξελιγμένες, χρησιμοποιώντας εργαλεία και τεχνικές που έχουν δημιουργηθεί για συγκεκριμένη επίθεση σε συγκεκριμένο σύστημα. Κάποια από αυτά περιλαμβάνουν Social Engineering, επιθέσεις Brute Force, Credential stuffing, επιθέσεις DoS, phishing και spear-phishing αλλά ακόμα και ανατροπή της εφοδιαστικής αλυσίδας



ΕΙΚΟΝΑ 4.12 Πιθανοί στόχοι κυβερνοεπίθεσης σε ένα πλοίο (<https://www.mdpi.com/2673-8732/2/1/9>)

4.2.2 Προετοιμασία και σχέδιο αποτροπής

[58][59] Οι κυβερνοεπιθέσεις αποτελούν σημαντική απειλή για τις ναυτιλιακές εταιρείες και τα πλοία, δεδομένου ότι τα σύγχρονα πλοία χρησιμεύουν ως προεκτάσεις των γραφείων της εταιρείας. Για τον

μετριάσμο του κινδύνου κυβερνοεπιθέσεων και την προστασία των πλοίων, μπορούν να ληφθούν διάφορα προληπτικά μέτρα.

1. Αναγνώριση απειλών: Η κατανόηση των εξωτερικών απειλών στον κυβερνοχώρο για το πλοίο και των εσωτερικών απειλών που προκύπτουν από ακατάλληλες πρακτικές ασφάλειας στον κυβερνοχώρο είναι πρωταρχικής σημασίας.
2. Εκτίμηση ευπάθειας: Η δημιουργία καταλόγων συστημάτων πλοίων με άμεσες ή έμμεσες συνδέσεις επικοινωνίας βοηθά στον εντοπισμό των τρωτών σημείων. Η αναγνώριση των συνεπειών των απειλών στον κυβερνοχώρο και η κατανόηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών των υφιστάμενων μέτρων προστασίας είναι ουσιαστικής σημασίας.
3. Αξιολόγηση έκθεσης στον κίνδυνο: Ο προσδιορισμός της πιθανότητας εκμετάλλευσης τρωτών σημείων από εξωτερικές απειλές ή λόγω ακατάλληλης χρήσης.
4. Ανάπτυξη μέτρων προστασίας και ανίχνευσης: Είναι απαραίτητη η εφαρμογή μέτρων για τη μείωση της πιθανότητας εκμετάλλευσης των ευάλωτων σημείων και τον μετριάσμο των πιθανών επιπτώσεων.
5. Καθιέρωση σχεδίου αντίδρασης (R&R Response and recovery): Συνιστάται η ανάπτυξη ενός σχεδίου απόκρισης έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση ήδη εντοπισμένων κινδύνων στον κυβερνοχώρο.
6. Απόκριση και ανάκαμψη από συμβάντα στον κυβερνοχώρο: Η αξιοποίηση του σχεδίου απόκρισης έκτακτης ανάγκης ενώ αξιολογείται η αποτελεσματικότητα του για τον μετριάσμο των απειλών και την επανεκτίμηση των κινδύνων και των ευάλωτων σημείων του δικτύου είναι απαραίτητη.

Ο εντοπισμός ευάλωτων σημείων του πλοίου συμπεριλαμβανομένων των νεότερων σκαφών, αποκαλύπτει αρκετές κοινές αδυναμίες.

1. Ξεπερασμένα και μη υποστηριζόμενα λειτουργικά συστήματα
2. Μη επιδιορθωμένα συστήματα λογισμικού
3. Ανεπαρκής προστασία από ιούς και κακόβουλο λογισμικό
4. Ανεπαρκείς διαμορφώσεις ασφαλείας και βέλτιστων πρακτικών όπως αναποτελεσματική διαχείριση δικτύου, προεπιλεγμένοι λογαριασμοί διαχειριστή και αδύναμοι κωδικοί πρόσβασης.
5. Τα δίκτυα υπολογιστών του πλοίου δεν διαθέτουν μέτρα προστασίας και τμηματοποίηση.
6. Κρίσιμος εξοπλισμός ασφαλείας ή συστήματα ασφαλείας που συνδέονται συνεχώς με δίκτυα ξηράς.
7. Έλλειψη ελέγχων πρόσβασης για περιουσιακά στοιχεία στον κυβερνοχώρο – μαζί με τα δίκτυα – σε τρίτα μέρη όπως πάροχοι υπηρεσιών.
8. Ανεπαρκώς εκπαιδευμένο ή εξειδικευμένο προσωπικό για τη διαχείριση κινδύνων.
9. Έλλειψη σε δοκιμασμένες διαδικασίες έκτακτης ανάγκης.

Για την προστασία από επιθέσεις στον κυβερνοχώρο, μια πολύπλευρη προσέγγιση είναι επιτακτική, η οποία περιλαμβάνει τόσο τεχνικά όσο και διαδικαστικά μέτρα για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας κρίσιμων συστημάτων και δεδομένων. Αυτά τα μέτρα έχουν σχεδιαστεί σχολαστικά για να ενισχύσουν την πιθανότητα ανίχνευσης περιστατικών επίθεσης, ενώ παράλληλα βελτιστοποιούν τη χρήση των πόρων για τη διαφύλαξη της εμπιστευτικότητας, της ακεραιότητας και της διαθεσιμότητας των δεδομένων στα IT και OT συστήματα.

Για την ενίσχυση των συστημάτων επί του πλοίου έναντι των απειλών στον κυβερνοχώρο, οι τεχνικές διασφαλίσεις διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο. Αυτές οι διασφαλίσεις είναι προσαρμοσμένες για να καταστήσουν τα συστήματα των πλοίων ανθεκτικά σε γεγονότα στον κυβερνοχώρο, απαιτώντας ρεαλιστικές και οικονομικά βιώσιμες στρατηγικές εφαρμογής, ιδιαίτερα για τα υπάρχοντα πλοία. Ωστόσο, η απλή εφαρμογή τέτοιων μέτρων είναι ανεπαρκής. Η συνεχής επιτήρηση και οι ενημερώσεις είναι επιτακτική ανάγκη για τον μετριάσμο του κινδύνου ζημίας. Τα τεχνικά μέτρα μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Περιορισμός θυρών δικτύου και έλεγχος πρωτοκόλλων και υπηρεσιών.
- Διαμόρφωση συσκευών δικτύου όπως τείχη προστασίας, switches και routers.

- Βελτιώσεις φυσικής ασφάλειας.
- Ασφάλεια δορυφορικών και ραδιοεπικοινωνιών.
- Έλεγχος ασύρματης πρόσβασης.
- Ασφαλής διαμόρφωση υλικού και λογισμικού.
- Ανάπτυξη μέτρων ασφαλείας λογισμικού εφαρμογών.



ΕΙΚΟΝΑ 4.13 Αφίσα Cyber Security για πλοίο

(<https://www.scribd.com/document/367772464/Standard-P-I-Cyber-security-poster-2017-05-pdf>)

Τα διαδικαστικά μέτρα που συχνά ενσωματώνονται στις εταιρικές πολιτικές, οριοθετούν κατευθυντήριες γραμμές για το προσωπικό στη χρήση συστημάτων επί του πλοίου. Αυτά τα σχέδια και οι διαδικασίες περιέχουν ευαίσθητες πληροφορίες που πρέπει να παραμείνουν εμπιστευτικές, με χειρισμό ανάλογο με την πολιτική της εταιρείας. Ορισμένα διαδικαστικά μέτρα:

- Εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση: Βασικά στοιχεία για την υποστήριξη μιας επιτυχημένης προσέγγισης μετριασμού του κινδύνου στον κυβερνοχώρο.
- Πρόσβαση σε υπολογιστή επισκεπτών: Αυστηρός έλεγχος της πρόσβασης επισκεπτών σε υπολογιστές πλοίων, με περιορισμένα προνόμια και επίβλεψη.
- Προσωπικές συσκευές πληρώματος: Θέσπιση πρωτοκόλλων που καθοδηγούν τα μέλη του πληρώματος στη χρήση συσκευών πληροφορικής για προσωπική χρήση και ελεύθερο χρόνο, διασφαλίζοντας τη χρήση του δικτύου πλοίων για προσωπικές δραστηριότητες

όπως Skype, email, παιχνίδια και ροή βίντεο χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο τα συστήματα IT ή OT.

- Αναβάθμιση και συντήρηση λογισμικού: Προσεκτική αξιολόγηση των κινδύνων στον κυβερνοχώρο μετά την απόκτηση, λαμβάνοντας υπόψη πιθανές ευπάθειες.
- Εργαλεία διαχείρισης κατά των ιών και του κακόβουλου λογισμικού: Τακτικές ενημερώσεις και αυστηρή τήρηση των διαδικασιών για την εξασφάλιση έγκαιρων ενημερώσεων και συντήρησης σε όλους τους υπολογιστές του πλοίου.
- Απομακρυσμένη πρόσβαση: Σαφώς καθορισμένες πολιτικές και διαδικασίες που διέπουν την απομακρυσμένη πρόσβαση σε συστήματα IT και OT, καθορίζοντας την εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, τις επιτρεπόμενες δραστηριότητες και τις ευθύνες επίβλεψης, συμπεριλαμβανομένης της στενής συνεργασίας με τον πλοίαρχο του πλοίου και άλλα ανώτερα στελέχη.
- Φυσικά και αφαιρούμενα μέσα: Αυστηρές πολιτικές που απαγορεύουν την μεταφορά δεδομένων από μη ελεγχόμενα συστήματα σε ελεγχόμενα συστήματα.

Συμπέρασμα

Συμπερασματικά, η παρούσα πτυχιακή εξετάζει τα σημαντικά ορόσημα και τις προόδους στα συστήματα θαλάσσιας πλοήγησης και επικοινωνίας, υπογραμμίζοντας τη συνεχή εξέλιξη από τις αρχαίες πρακτικές έως τις σύγχρονες τεχνολογικές καινοτομίες. Το ιστορικό ταξίδι ξεκίνησε με τις βασικές οπτικές και ακουστικές μεθόδους, προχωρώντας μέσω πρώιμων ηλεκτρονικών οργάνων και φτάνοντας σε προηγμένα δορυφορικά και ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας.

Η ανάλυση του GMDSS και των διαφόρων συχνοτήτων ραδιοεπικοινωνίας αναδεικνύει τον σημαντικό ρόλο τους στην προστασία της θαλάσσιας ασφάλειας. Επιπλέον, η μελέτη των δορυφορικών συστημάτων, όπως το Inmarsat και το VSAT, αποδεικνύει την ουσιαστική συμβολή τους στην ενίσχυση των διεθνών θαλάσσιων επιχειρήσεων.

Η ανάλυση των νέων τεχνολογιών όπως το Starlink έδειξε τις δυνατότητες για περαιτέρω βελτιώσεις στη θαλάσσια επικοινωνία. Παράλληλα, η συζήτηση για την Κυβερνοασφάλεια τόνισε την ανάγκη για διαρκή παρακολούθηση και προληπτικά μέτρα για την προστασία των θαλάσσιων επιχειρήσεων από ψηφιακούς κινδύνους.

Συνολικά, η πτυχιακή αυτή παρέχει μια πλήρη επισκόπηση των τεχνολογικών προόδων που έχουν διαμορφώσει τη θαλάσσια ναυσιπλοΐα και επικοινωνία. Αναδεικνύει τη σημασία της συνεχούς καινοτομίας και προσαρμογής για τη διασφάλιση και βελτίωση της ασφάλειας, της αποτελεσματικότητας και της αξιοπιστίας των θαλάσσιων δραστηριοτήτων. Το μέλλον της θαλάσσιας πλοήγησης και επικοινωνίας εξαρτάται από τη συμπεριληπτική χρήση νέων τεχνολογιών και την αποφασιστικότητα στην αντιμετώπιση των προκλήσεων, εξασφαλίζοντας την ανθεκτικότητα και τη βιωσιμότητα της ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Βιβλιογραφία

- [1] – Tobias Holm, (2022). “How did ships communicate before Radio?”. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://techhistorian.com/how-did-ships-communicate-before-radio/>
- [2] – Maneka Sanjay Gandhi, (2020). “A Fascinating History of the Carrier Pigeons”. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://kashmiroobserver.net/2020/07/06/a-fascinating-history-of-the-carrier-pigeons/>
- [3] – Rens Steenhard, (2014). “Carrier Pigeons in the First World War”. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://peacepalacelibrary.nl/blog/2014/carrier-pigeons-first-world-war>
- [4] – “Semaphore Flag Info” Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.flagcenter.net/Shop-Flags-Banners/Boating-Marine-Flags/Semaphore-Flags>
- [5] – William Davis Miller, (1984) “The Background and Development of Naval Signal Flags
- [6] – Chappe Telegraph. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [7] – Webb, Aldis Arthur Cyril, (1944). “Signaling Lamp”. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.freepatentsonline.com/2363566.html>
- [8] – Wireless Telegraphy. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [9] - Α. Η. Παλληκάρης και Γ. Θ. Κατσούλης (2008). “Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα”
- [10] – Gyroscope. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [11] – The Editors of Encyclopedia Britannica, (1998). “Gyroscope”. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.britannica.com/technology/gyroscope>
- [12] – Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.calculatoredge.com/calc/radar.htm>
- [13] – W.E. Knowles Middleton, Wilfred Laurier Press (1939-1946). “Radar Development in Canada: The radio Branch of the National Research Council of Canada”
- [14] – Radar. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [15] – Hyperbolic Navigation. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [16] – Hyperbolic Systems. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://timeandnavigation.si.edu/navigating-air/navigation-at-war/new-era-in-time-and-navigation/hyperbolic-systems>
- [17] – Hyperbolic Navigation. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://skybrary.aero/articles/hyperbolic-navigation>
- [18] – Marine Professional – On the radar. The hyperbolic navigators., (2023). Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.imarest.org/resource/the-hyperbolic-navigators.html>
- [19] – Decca Navigator System. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [20] – Loran Radio Navigation. AKA: Long-range navigation, The editors of Encyclopedia Britannica, (1998)
- [21] – LORAN. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [22] – Omega. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://skybrary.aero/articles/omega>
- [23] – Omega (navigation system). Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>

- [24] – **Maritime Safety, Introduction / History of GMDSS.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/Introduction-history.aspx>
- [25] – **Global Maritime Distress and Safety System. Federal Communications Commission.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/mobility-division/maritime-mobile/ship-radio-stations/global-maritime>
- [26] – **Global Maritime Distress and Safety System.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [27] – **About GMDSS.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.danphone.com/about/gmdss/>
- [28] – **GMDSS Areas and Search and Rescue Areas.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.navcen.uscg.gov/gmdss-areas-and-search-and-rescue>
- [29] – **GMDSS SRC (Short Range Certificate – Δίπλωμα Μικρής Εμβέλειας).** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.egmdss.com/gmdss-courses/course/view.php?id=23#section-0>
- [30] – **Radio propagation.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://chieftain.training/radio-propagation/>
- [31] – **Marine VHF: The Basics.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://portal.ct.gov/DEEP/Boating/Safety/Marine-VHF-Radio--The-Basics>
- [32] – **VHF radio communication. Long range certificate course.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=2220>
- [33] – **Marine VHF radio.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [34] – **Studying the MF/HF radio station. Their role in GMDSS, main requirements to installation and survey.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://gmdsstesters.com/radio-survey/gmdss-radio/studying-the-mfhf-radio-stations-their-role-in-gmdss-main-requirements-to-installation-and-survey.html>
- [35] – **Long Range Certificate Course. MF&HF radio communication.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=2221>
- [36] – **Marine Safety Information. R.E Hearsey, RN.**
- [37] – **NAVTEX.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [38] – **NAVTEX On Ships: Working, Types of Messages and Advantages. Paromita Mukherjee (2021).** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/navtex-on-ships/>
- [39] – **Space Safety and Human performance. Christopher S. Allen, ... Masao Nasu (2018)**
- [40] – **Low Earth orbit.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [41] – **Medium Earth orbit.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [42] – **NASA, Basics of space - Chapter 5: Planetary Orbits.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://science.nasa.gov/learn/basics-of-space-flight/chapter5-1/>
- [43]–Διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/2580/3/Nimertis_Pantazatou%28ele%29.pdf
- [44] – **What is Satellite / How satellites work. Gary Brown & William Harris.**
- [45] – **Satellite.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>

- [46] - **Long Range Certificate Course. Οι βάσεις της επικοινωνίας μέσω inmarsat.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=2964>
- [47] – **INMARSAT.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [48] – **INMARSAT-C.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.inmarsat.com/en/solutions-services/maritime/services/inmarsat-c.html>
- [49] – **INMARSAT-C.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [50] – **Τεχνολογίες Πληροφορικής και επικοινωνιών στη ναυτιλία Τομος 2- Κόκοτος Δημήτριος, Λιναρδάτος Διονύσιος, Νικητάκος, Νικήτας Β., Τζαννάτος Ερνέστος ς Σ. (2011).**
- [51] – **Ground Control Airtime.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.groundcontrol.com/>
- [52] – **Very small Terminal Aperture. VSAT.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [53] – **Starlink satellites: Facts, tracking and impact on astronomy. Elizabeth Howell, Tereza Pultarova (2024).** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html>
- [54] – **Starlink.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>
- [55] – **Starlink.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.starlink.com/business/maritime>
- [56] – **Starlink Manual.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://starlink-enterprise-guide.readme.io/docs/maritime-install-guide>
- [57] – **Cyber Security at Sea: The Real Threats. David Rider (2018).** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://maritime-executive.com/blog/cyber-security-at-sea-the-real-threats>
- [58] - **The guidelines on Cyber Security Onboard Ships. BIMCO.**
- [59] – **Cyber Security Regulation.** Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://en.wikipedia.org/>