

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**



ΔΙΠΛΩΜΑ

Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία

Διπλωματική Εργασία

**“Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας Αυτών”**

Ορφανός Σπυρίδων

ΜΝΣΝΔ 22036

Επιβλέπων:

Μιχαήλ Φαφαλιός

Πειραιάς

Απρίλιος 2024

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΕΔιΕ του ΔΠΜΣ σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του ΔΠΜΣ 'Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία'.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

ΜΕΛΟΣ Α΄: Κος Φαφαλιός Μιχαήλ, Ομότιμος Καθηγητής ΣΝΔ
(Επιβλέπων)

ΜΕΛΟΣ Β΄: Κος Βαζούρας Χρήστος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΣΝΔ

ΜΕΛΟΣ Γ΄: Κος Τσιγκόπουλος Ανδρέας, Καθηγητής ΣΝΔ

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.



*“Ορφανός Σπυρίδων”,
“ Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας Αυτών”*

“ Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Κο Φαφαλιό Μιχαήλ, Ομότιμο Καθηγητή ΣΝΔ, για την αμέριστη υποστήριξη και εμπιστοσύνη που μου επέδειξε κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω όμως και την οικογένεια μου που με στήριξε και σε αυτόν τον «πλου», όπως κάνει όλα αυτά τα χρόνια.”



Περίληψη

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε με σκοπό να εντοπίσει τυχόν αδυναμίες των συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο Φυσικό και στο Ψηφιακό περιβάλλον λειτουργίας τους, δηλαδή στα δυο βασικά πεδία που περιγράφουν το συνολικό πλαίσιο λειτουργίας ενός σύγχρονου σκάφους στον τομέα της ανταλλαγής πληροφοριών ρουτίνας, κινδύνου και ασφάλειας με την ξηρά και με τα άλλα πλοία.

Η προσέγγιση του θέματος διεξήχθη εξετάζοντας τις παραμέτρους που σχετίζονται με τις φυσικές ιδιότητες της διάδοσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον χώρο, τους περιορισμούς που προέρχονται από το υλικό και τις ιδιαιτερότητες κατασκευής των πλοίων, τα πλεονεκτήματα άλλα και τα μειονεκτήματα των δορυφορικών ζεύξεων στο θαλάσσιο περιβάλλον και τέλος την ανθρώπινη αλληλεπίδραση στις διαδικασίες και το υλικό επικοινωνιών. Τα επιμέρους συμπεράσματα από την επισκόπηση εκάστου τομέα κατεβλήθη προσπάθεια να κατατεθούν συγκεντρωτικά στο αντίστοιχο Κεφάλαιο, υπό το πρίσμα της αλληλεξάρτησης που έχουν τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με τις λοιπές λειτουργίες του πλοίου.

Η υποβολή προτάσεων με σκοπό την οριστική άρση των αδυναμιών των συστημάτων επικοινωνιών των πλοίων θα ήταν άστοχη και ουτοπική, καθώς τα προβλήματα στις επικοινωνίες στην επιφάνεια της θάλασσας υπήρχαν, υπάρχουν και θα υπάρχουν (τουλάχιστον στο εγγύς μέλλον). Οι προτάσεις που διατυπώνονται στην παρούσα εργασία, έχουν προσανατολιστεί στην κατεύθυνση της προσπάθειας άμβλυνσης των συνεπειών των αδυναμιών αυτών με αλλαγές στις διαδικασίες και στην εκπαίδευση του ανθρώπου - χειριστή.

Λέξεις – Κλειδιά

Διάδοση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, GMDSS, Δορυφορική ζεύξη, Ασφάλεια ψηφιακών συστημάτων



*“Ορφανός Σπυρίδων”,
“Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας Αυτών”*

Abstract

This work was prepared with the aim of identifying any weaknesses of the Maritime Communications systems in the Physical and Digital aspects of their function, meaning the two main fields that describe the operating environment of a modern vessel in the area of routine, risk and safety information exchange with land and the other ships.

The approach to the subject was carried out by examining the parameters related to the physical properties of the propagation of electromagnetic radiation in space, the limitations derived from the material and construction specificities of the ships, the advantages and disadvantages of satellite links in the marine environment and finally the human interaction in communications processes and hardware. The individual conclusions from the overview of each sector have been tried to be submitted collectively in the respective Chapter, in light of the interdependence they have both among themselves and in relation to the other functions of the ship.

Making proposals to permanently remove the weaknesses of ships' communications systems would be misguided and utopian, as problems in communications on the surface of the sea have existed, exist and will exist (at least for the foreseeable future). The proposals formulated in this paper have been oriented in the direction of trying to mitigate the consequences of these weaknesses with changes in the procedures and in the training of the human operator.

Keywords

Propagation of electromagnetic waves, GMDSS, Satellite link, Security of digital systems



Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	v
Abstract	vi
Πίνακας Περιεχομένων	vii
Πίνακας Σχημάτων – Εικόνων	ix
Διαγράμματα- Πίνακες.....	xi
Συντμήσεις	xii
Εισαγωγή.....	1
1 Σκοπός και Μεθοδολογία	3
1.1 Σκοπός και Στόχος	3
1.2 Μεθοδολογία – Ερευνητικά Ερωτήματα	3
1.3 Διάρθρωση Εργασίας – Ερευνητική Μέθοδος.....	4
1.4 Παραδοχές και Περιορισμοί	5
2 Συστήματα Επικοινωνιών στην Ναυτιλία	6
2.1 Περί Συστήματος GMDSS	6
2.2 Σύστημα INMARSAT	7
2.3 Σύστημα NAVTEX.....	11
2.4 Ραδιοφάρος EPIRB.....	15
2.5 Αναμεταδότης SART	18
2.6 Σύστημα Ψηφιακής Επιλογικής Κλήσεως	21
2.7 Αναμεταδότης Έρευνας Διάσωσης μέσω AIS.....	24
3 Ναυτιλιακά Συστημάτων Επικοινωνιών στο Φυσικό Πεδίο.....	26
3.1 Γενικά περί ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	26
3.2 Ανάλυση διάδοσης κύματος εδάφους.....	28
3.3 Ανάλυση Ιονοσφαιρικής διάδοσης	32
3.4 Επιμέρους Συμπεράσματα	36
4 Συστήματα Επικοινωνιών και Υλικοτεχνική Υποδομή Πλοίων	38
4.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Συστήματος INMARSAT.....	40
4.2 Τεχνικές Απαιτήσεις Κεραιών Συστήματος INMARSAT	42
4.3 Απαιτήσεις Υποδομής Navtex Receiver	47
4.4 Κατασκευαστικά Πρότυπα Συσκευών EPIRB	49
4.5 Τεχνικές απαιτήσεις αναμεταδότη SART	51
4.6 Σύστημα Ψηφιακής Επιλογικής Κλήσεως	52
4.7 Επιμέρους Συμπεράσματα	54
5 Ναυτιλιακά Συστημάτων Επικοινωνιών στο Ψηφιακό και Δορυφορικό Πεδίο.....	57
5.1 Δορυφορική Ζεύξη	57
5.1.1 Γενική Περιγραφή Ζεύξης	57
5.1.2 Τροχιές Δορυφόρων.....	59
5.1.3 Δορυφορικές Συχνότητες.....	61
5.1.4 Σύστημα INMARSAT	63
5.2 Απειλές Ψηφιακών Συστημάτων.....	66
5.2.1 Γενικά Περί Απειλών Ψηφιακών Συστημάτων Επικοινωνιών	66



*“Ορφανός Σπυρίδων”,
“Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας Αυτών”*

5.2.2	Ψηφιακή Απειλή στα Δορυφορικά Συστήματα Επικοινωνιών.....	68
5.2.3	Τεχνική Απειλής Ψηφιακών Συστημάτων Επικοινωνιών.....	70
5.2.4	Πραγματικά Συμβάντα Ψηφιακών Επιθέσεων στο Ψηφιακό Πεδίο.....	72
5.3	Επιμέρους Συμπεράσματα.....	73
6	Συνέργεια του Ανθρώπινου Παράγοντα.....	76
6.1	Άνθρωπος ως Χειριστής των Συστημάτων.....	76
6.2	Άνθρωπος ως Παράγων Ασφάλειας.....	81
6.3	Επιμέρους Συμπεράσματα.....	83
7	Συμπεράσματα.....	84
8	Προτάσεις.....	102
	Βιβλιογραφία.....	110



Πίνακας Σχημάτων – Εικόνων

Εικόνα 1 : Σήμα κινδύνου του "RMS Τιτανικός" την νύκτα βύθισης.....	1
Εικόνα 2 : Μετάδοση δεδομένων με τεχνική "Store and Forward"	8
Εικόνα 3 : Πρωτόκολλο επικοινωνίας INMARSAT-C network.....	9
Εικόνα 4 : Περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας δέκτη NAVTEX.....	12
Εικόνα 5 : NAVTEX message Format.....	13
Εικόνα 6 : Ελληνικές περιοχές εκπομπής NAVTEX.....	14
Εικόνα 7 : Ελληνική περιοχή ευθύνης E-Δ.....	16
Εικόνα 8 : EPIRB τοποθετημένο στην βαρδιόλα πλοίου.....	17
Εικόνα 9 : Περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας SART.....	19
Εικόνα 10 : Ηλεκτρομαγνητικό κύμα.....	26
Εικόνα 11 : Τρόποι διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.....	28
Εικόνα 12 : Διάθλαση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.....	28
Εικόνα 13 : Περίθλαση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.....	30
Εικόνα 14 : Αγωγιμότητα περιοχών γήινης επιφάνειας.....	31
Εικόνα 15 : Ιονοσφαιρικά στρώματα.....	32
Εικόνα 16 : Διάδοση Ιονοσφαιρικού κύματος.....	34
Εικόνα 17 : Οπτική επαφή σε συχνότητα VHF.....	36
Εικόνα 18 : Συγκριτική απεικόνιση οπτικού ορίζοντα και ραδιορίζοντα.....	37
Εικόνα 19: Παγκόσμιες και Ευρωπαϊκές περιοχές GMDSS	39
Εικόνα 20 : Δυνατότητες pitch και roll κεραίας INMARSAT.....	43
Εικόνα 21 : Προειδοποιητικές σημάνσεις ραδιοπομπών.....	44
Εικόνα 22 : Προτεινόμενη γεωμετρία θέση δυο κεραίων INMARSAT.....	45
Εικόνα 23: Τυπικές διαστάσεις κεραίας INMARSAT.....	46
Εικόνα 24: Περιοχές εκπομπής προαγγελιών ναυτιλίας.....	48
Εικόνα 25: Επαναλήπτης radar με ενεργοποιημένο SART.....	51
Εικόνα 26 : Βασική δομή ενός δορυφορικού συστήματος.....	57
Εικόνα 27 : Γεωμετρικά Μεγέθη της Γεωστατικής Τροχιάς.....	59
Εικόνα 28 : Τροχιά LEO δορυφόρων στο επίπεδο ισημερινού.....	59
Εικόνα 29 : Συστήματα επικοινωνιών μέσω των δορυφόρων LEO και GEO.....	60



*“Ορφανός Σπυρίδων”,
“ Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας Αυτών”*

Εικόνα 31 : Ζώνες συχνότητων δορυφορικών επικοινωνιών.....	61
Εικόνα 32 : Ωκεάνιες περιοχές καλύψεως του INMARSAT.....	64
Εικόνα 33: Inter satellite link (crosslink).....	70
Εικόνα 34: Παρεμβολή σε ζεύξη επικοινωνιών.....	71
Εικόνα 35 : Λανθασμένη απεικόνιση θέση πλοίου στο ECDIS.....	72
Εικόνα 36 : Παράγοντες σχετιζόμενοι με ανθρώπινο λάθος.....	79
Εικόνα 37 : Περιοχή κάλυψης συστήματος INMARSAT.....	89
Εικόνα 38 : Περιοχή κάλυψης συστήματος IRIDIUM.....	89
Εικόνα 39 : Τεχνική CDMA.....	93
Εικόνα 40 : Συνολικές αδυναμίες συστημάτων επικοινωνιών.....	101
Εικόνα 41 : GMDSS Antennas στον Ιστό πλοίου.....	103
Εικόνα 42 : Στιγμιότυπο δεδομένων εισαγωγής για υπολογισμό σε Propy HF...	104
Εικόνα 43 : Στιγμιότυπο αποτελέσματος υπολογισμού Propy HF.....	104



Διαγράμματα- Πίνακες

Πίνακας 1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά συχνοτήτων εκπομπής EPIRB.....	18
Πίνακας 2 : Τεχνικά χαρακτηριστικά πομπού SART.....	20
Πίνακας 3 : Συχνότητες εργασίας στο σύστημα DSC.....	22
Πίνακας 4 : Χαρακτηριστικά πομποδεκτών VHF – MF -HF	24
Πίνακας 5 : Κατανομή ζωνών (bands) συχνοτήτων.....	27
Πίνακας 6 : Ασφαλείς αποστάσεις από κεραίες INMARSAT.....	45
Πίνακας 7 : Διψήφιοι κωδικοί και φύση κινδύνου στο DSC.....	53
Πίνακας 8 : Παραδείγματα "τάξης εκπομπής" GNDSS.....	54
Πίνακας 9 : Ναυτικές επικοινωνίες σε ζώνη συχνοτήτων HF.....	62
Πίνακας 10 : Δορυφόροι INMARSAT (3ης, 4ης και 5ης γενιάς).....	63
Πίνακας 11 : Χαρακτηριστικά δορυφόρων ανά είδος τροχιάς.....	74
Πίνακας 12 : Εμβέλεια διάδοσης ραδιοκυμάτων στις ναυτικές επικοινωνίες.....	94
Πίνακας 13 : Ζώνες Μικροκυματικών Συχνοτήτων.....	105



*“Ορφανός Σπυρίδων”,
“Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας Αυτών”*

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

AIS – Automatic Identification System
AM – Amplitude Modulation
BAM – Bridge Alert Management
CES – Coast Earth Station
CG – Coast Guard
COMSAR – The Sub-Committee on Radio Communications and Search and Rescue
COSPAS-SARSAT System - Satellite SAR System
DSC – Digital Selective Calling
EGC – Enhanced Group Call
EPIRB – Emergency Position-indicating Radio Beacon
FCC – Federal Communications Commission
FM – Frequency Modulation
FR – Federal Register
FEC - Forward error correction
GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System
GPS – Global Positioning Satellite
HF – High Frequency
HMI - Human Machine Interface
HRU - Hydrostatic Release Unit
IEC - Electro technical Commission
IMO – International Maritime Organization
INMARSAT – International Maritime Satellite Organization
ITU – International Telecommunication Union
KHz – Kilo Hertz
LES – Land Earth Station
LRIT – Long-Range Identification and Tracking
LUT – Local User Terminal
MCC – Mission Control Center
MF – Medium Frequency
MF/HF Radio – Medium Frequency/High Frequency Radio (SSB Radio)
MHz – Mega Hertz
MID – Maritime Identification Digit
MMSI – Maritime Mobile Service Identity
MODU – Mobile Offshore Drilling Unit
MSI – Marine Safety Information
MSM – Marine Safety Manual
MLS -Maritime Labour Convention
MRCC - Mission Rescue Co-ordination
NavArea – Geographical Sea Areas for broadcast navigational warnings
NAVTEX -NAVigational TELeX
NBDP – Narrow Band Direct Printing
OCS – Outer Continental Shelf
OCS NCOE – Outer Continental Shelf National Center of Expertise
OSV – Offshore Supply Vessel



*“Ορφανός Σπυρίδων”,
“ Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας Αυτών”*

PERP - Peak Effective Radiated Power
Safety NET – INMARSAT system used for MSI for Areas other than A4.
SAR – Search and Rescue
SART – Search and Rescue Radar Transponder
SDMs - System Definition Manuals
SES – Ship Earth Station
SMC – Safety Management Certificate
SOLAS – International Convention, for Safety of Life At Sea, 1974, as amended
SSAS – Ship Security Alert System
SSB – Single Sideband Band Modulation
SSB Radio – Single Sideband Band Radio (MF/HF Radio)
SITOR - Simplex Teletype over Radio
TRD - Technical Requirements Document
STCW – Standards of Training, Certification and Watch keeping for seafarers
UPS – Uninterrupted (or uninterruptible) Power Supply
UHF - Ultra High Frequency
USCG’s MSC – United States Coast Guard’s Marine Safety Center
UIN - Unique Identifier Number)
VHF – Very High Frequency
WWNWS - World Wide Navigational Warning Service

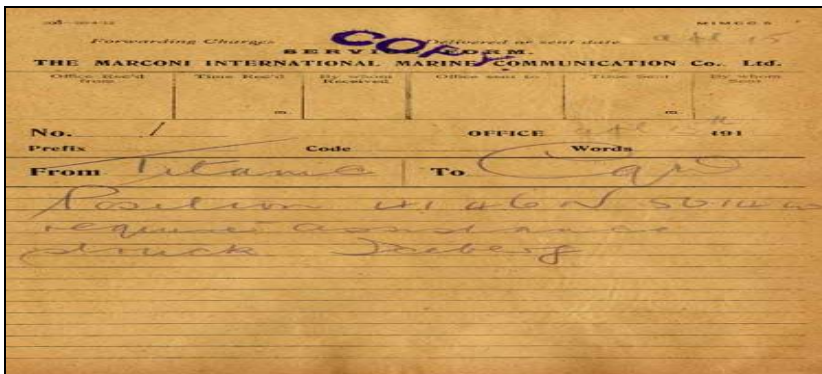


Εισαγωγή

Το "RMS Τιτανικός" βυθίστηκε τη νύχτα της 14ης Απριλίου στον βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό, τέσσερις ημέρες μετά την έναρξη του παρθενικού ταξιδιού του από το Σαουθάμπτον με προορισμό τη Νέα Υόρκη. Επρόκειτο για το μεγαλύτερο υπερωκεάνιο που έπλεε εκείνη την περίοδο και είχε 2.224 επιβαίνοντες όταν προσέκρουσε σε παγόβουνο στις 23:40 (local time) την Κυριακή 14 Απριλίου 1912.

"Στις 23:30, οι οπτήρες βάρδιας παρατήρησαν μια ελαφρά ομίχλη στον ορίζοντα μπροστά τους, αλλά δεν αντέδρασαν. Εννέα λεπτά αργότερα, στις 23:39, ο ένας οπτήρας (Φλιτ) εντόπισε ένα παγόβουνο στην πορεία του Τιτανικού. Χτύπησε το κουδούνι του πόστου τους τρεις φορές και τηλεφώνησε στη γέφυρα για να πληροφορήσει τον Αξιωματικό Φυλακής (Μούντι). Ο Φλιτ ρώτησε "Είναι κάποιος εκεί;" Ο Μούντι απάντησε, "Ναι, τι βλέπεις;", ο Φλιτ απάντησε: "Παγόβουνο, ίσια μπροστά!"

Στις 00:05 της 15ης Απριλίου, ο Πλοίαρχος Σμιθ έδωσε εντολή στους ασυρματιστές να αρχίσουν να στέλνουν εκκλήσεις για βοήθεια. Ωστόσο το σήμα κινδύνου ήταν λανθασμένο και τοποθετούσε το πλοίο στη δυτική πλευρά της ζώνης πάγων και κατεύθυνε τους διασώστες σε μια θέση ανακριβή κατά περίπου 13,5 ναυτικά μίλια. Η βύθισή του πλοίου, δύο ώρες και σαράντα λεπτά αργότερα, στις 05:18 GMT τη Δευτέρα 15 Απριλίου κατέληξε στο θάνατο περισσότερων από 1.500 ανθρώπων." (<https://archive.org/details/titanic9hourstoh0000bart>)



'CQD
Position
41.46 N
50.14 W
Require
assistance
Struck
iceberg'.

Εικόνα 1 : Σήμα κινδύνου του "RMS Τιτανικός" την νύχτα βύθισης του
(Πηγή Print Collector/Getty Images)



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

Μπορεί η βύθιση του "RMS Τιτανικός" να περιβάλλεται πλέον από το πέπλο του μύθου, ως το πιο διάσημο παγκοσμίως ναυάγιο, ωστόσο και πριν αλλά και μετά από εκείνη την νύχτα έχουν χαθεί χιλιάδες ανθρώπινες ζωές στην θάλασσα. Και η προσπάθεια της ανθρωπότητας να αποτρέψει, κατά τον δυνατόν, τις περαιτέρω απώλειες επιβάλει την ανάγκη για την θέσπιση ομοιόμορφων κανόνων, οι οποίοι να ρυθμίζουν αποτελεσματικά τα θέματα των επικοινωνιών, τις διαδικασίες Έρευνας και Διάσωσης και να βελτιώνουν διαρκώς την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στο υγρό στοιχείο.



1 Σκοπός και Μεθοδολογία

1.1 Σκοπός και Στόχος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε με σκοπό να εξετάσει τα συστήματα Ναυτικών Επικοινωνιών στο Φυσικό και Ψηφιακό περιβάλλον λειτουργίας τους και φιλοδοξεί, μέσω του εντοπισμού τυχόν αδυναμιών τους να καταλήξει στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στην υποβολή προτάσεων βελτίωσης των διαδικασιών και των τεχνικών αναφορικά με την επιχειρησιακή εκμετάλλευση αυτών.

Σαφώς και πρέπει να διευκρινιστεί ότι η παρούσα δεν στοχεύει στην αμφισβήτηση του τεράστιου έργου που έχει προηγηθεί σε επιστημονικό, τεχνικό και πρακτικό επίπεδο από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (International Maritime Organisation – IMO) και τις υπό αυτόν επιτροπές εργασίας, την Διεθνή Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union - ITU), τα Ναυτιλιακά εκπαιδευτικά κέντρα και την Ναυτιλιακή κοινότητα στο σύνολο της.

Αντίθετα, αποβλέπει στην καταγραφή των προβλημάτων που ενδέχεται να αντιμετωπίσει ο ναυτικός της ποντοπόρου Ναυτιλίας στον τομέα των επικοινωνιών του πλοίου του και οι οποίες είναι απόρροια, είτε των ανυπέρβλητων νόμων της Φύσης, είτε των αδυναμιών και λαθών της ανθρώπινης φύσης, είτε των κακόβουλων ενεργειών τρίτων που θα επιχειρήσουν να παρεμποδίσουν την ομαλή ανταλλαγή πληροφοριών.

1.2 Μεθοδολογία – Ερευνητικά Ερωτήματα

Η μεθοδολογία της προσέγγισης του θέματος διεξήχθη ως ακολούθως :

Αρχικά προηγήθηκε συγκέντρωση και καταγραφή των ξεχωριστών δομικών συστημάτων που συνθέτουν τελικά ως σύνολο το σύγχρονο GMDSS. Στην συνέχεια αναζητήθηκαν τα προβλήματα που σχετίζονται με την διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο χώρο και τις δυσχέρειες που προκαλεί η ιδιαίτερη κατασκευή των πλοίων στον τομέα των επικοινωνιών. Ακολούθως εξετάζονται τα θέματα που σχετίζονται με τις δορυφορικές επικοινωνίες στο θαλάσσιο χώρο και έπεται η εξέταση του ανθρωπίνου παράγοντα και η αλληλεπίδραση του με τα ηλεκτρονικά συστήματα ανταλλαγής πληροφοριών στο πλοίο.



Στα τελευταία τμήματα της εργασίας ομαδοποιούνται με κριτική σκέψη τα συμπεράσματα ως προέκυψαν από την προηγηθείσα ανάλυση και, στο μέτρο του εφικτού, υποβάλλονται προτάσεις άμβλυνσης των ανιχνευθέντων αδυναμιών.

1.3 Διάρθρωση Εργασίας – Ερευνητική Μέθοδος

Το περιεχόμενο της εργασίας είναι διαρθρωμένο με τέτοιο τρόπο ώστε από κάθε Κεφάλαιο να εξάγονται επί μέρους κύρια σημεία και προβληματισμοί (take away-key points), τα οποία θα συνθέσουν τα τελικά δομικά συμπεράσματα και παρατηρήσεις της εργασίας.

Στο Κεφάλαιο 2 θα εξεταστούν τα δομικά υποσυστήματα που απαρτίζουν το σύστημα GMDSS, αλλά χωρίς να παρατεθούν στείρα οι λειτουργίες αυτών. Η εξέταση θα επικεντρωθεί στο να ιχνηλατήσει σε τεχνικό, σε λειτουργικό και σε επίπεδο διεπαφής χρήστη – συστήματος (human machine interface) τις ιδιαίτερες απαιτήσεις διαμόρφωσης του εξοπλισμού και τα πρωτοκόλλα λειτουργίας αυτού.

Στο επόμενο Κεφάλαιο 3, επιχειρείται μια επισκόπηση των παραγόντων οι οποίοι επιφέρουν υποβάθμιση στην απόδοση των Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών και οι οποίοι σχετίζονται με τις συνθήκες διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο χώρο και πιο ειδικά στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Στο κεφάλαιο 4, θα εξεταστούν οι περιορισμοί της υλικοτεχνικής υποδομής των πλοίων (που προκύπτουν από την κατασκευή τους) καθώς και οι συγκεκριμένες απαιτήσεις τεχνικής λειτουργίας και συντήρησης που πρέπει να πληρούν τα υποσυστήματα επικοινωνιών, ώστε να εξασφαλίζεται η απόδοση στο προβλεπόμενο επίπεδο σύμφωνα με τις απαιτήσεις των σχετικών θεσμικών κειμένων και του IMO.

Το Κεφάλαιο 5, προσεγγίζει το θεμελιώδες ζήτημα των δορυφορικών επικοινωνιών, οι οποίες πλέον έχουν αναχθεί στον πρωτεύων κόμβο ανταλλαγής πληροφοριών του πλοίου με αλλά πλοία ή με την ξηρά. Στο ίδιο Κεφάλαιο γίνεται μια αρχική προσέγγιση ενός τεράστιου ζητήματος των τελευταίων ετών που περιλαμβάνει την ασφάλεια των συστημάτων επικοινωνιών σε ψηφιακό και φυσικό επίπεδο, καθώς και τις τεχνικές απαγόρευσης χρήσης του δορυφορικού φάσματος.

Στο επόμενο Κεφάλαιο 6, εξετάζεται ο ανθρώπινος παράγοντας και τα λάθη και παραλείψεις που επιφέρει η αλληλεπίδραση του με τα ηλεκτρονικά συστήματα, αλλά και οι απαιτήσεις εκπαίδευσης για να εποπτεύσει αποτελεσματικά ένα σχεδόν



αυτοματοποιημένο ψηφιακό περιβάλλον εργασίας, όπως η Γέφυρα πλοήγησης ενός σύγχρονου πλοίου.

Τα Κεφάλαια 7 (Συμπεράσματα) και 8 (Προτάσεις), είναι αυτονόητα ως προς το περιεχόμενο τους.

1.4 Παραδοχές και Περιορισμοί

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμη η παράθεση των παραδοχών που έγιναν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και οι οποίες έχουν ως ακολούθως :

α. Τα συστήματα επικοινωνιών που θα παρουσιαστούν δεν έχουν περιοριστεί αυστηρά σε αυτά τα οποία έχουν μόνο δυνατότητα μετάδοσης φωνής, αλλά θα εξεταστούν και συστήματα που με την ευρύτερη έννοια του όρου μπορούν να "επικοινωνήσουν" μια κατάσταση ανάγκης ή κινδύνου (πχ EPIRB-SART).

β. Στο πλαίσιο της παρούσας και μόνο, με τον ορισμό «Φυσικό Περιβάλλον» λειτουργίας των συστημάτων ναυτικών επικοινωνιών εννοείται ο χώρος που βρίσκεται μετά την κεραία εκπομπής του συστήματος. Αντίθετα το «Ψηφιακό Περιβάλλον», περιλαμβάνει τις λειτουργίες των συστημάτων στο επίπεδο της ηλεκτρονικής επεξεργασίας σήματος και τις συναφείς διεργασίες που εκτελούν προκειμένου να επιτευχτεί η εκπομπή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον χώρο.

γ. Θεωρείται ότι ο αναγνώστης έχει μια καλή γνώση της ορολογίας σχετικά με τα συστήματα επικοινωνιών και μια βασική γνώση ναυτικής ορολογίας.

Οι περιορισμοί και προβληματισμοί που ανέκυψαν κατά την συγκέντρωση και επεξεργασία του υλικού της εργασίας έχουν ως ακολούθως :

α. Οι πληροφορίες που αφορούν στα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων είναι αυτές που ήταν διαθέσιμες στο κοινό κατά το χρόνο συγγραφής.

β. Στην παρούσα εργασία δεν εξετάστηκαν εξειδικευμένοι οικονομικοί παράγοντες σχετιζόμενοι με την υλοποίηση των προτάσεων, κάτι το οποίο θα μπορούσε να γίνει σε επόμενο επίπεδο από πρόσωπο με κατάλληλες γνώσεις.



2 Συστήματα Επικοινωνιών στην Ναυτιλία

2.1 Περί Συστήματος GMDSS

Η εισαγωγή του Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) το 1992 αποτέλεσε τη μεγαλύτερη και πιο σημαντική αλλαγή που έγινε στην στον τομέα της ασφάλειας των πλοίων, μετά από την ανακάλυψη του ασύρματου το 1899. Η σύγχρονη τεχνολογία που ενσωματώνεται στο GMDSS περιλαμβάνει τεχνικές, που επιτρέπουν όταν ένας συναγερμός κινδύνου εκπέμπεται, να λαμβάνεται αυτόματα σε μεγάλη απόσταση χωρίς να επηρεάζεται από μετεωρολογικές ή άλλου είδους παρεμβολές.

Το GMDSS βασίζεται σε αυτοματοποιημένες δορυφορικές και επίγειες επικοινωνίες και χρησιμοποιεί σε μέγιστο βαθμό τους δορυφόρους του αστερισμού δορυφόρων INMARSAT. Η χρήση του είναι απλή, γρήγορη, αποτελεσματική και η αξιοπιστία του σχεδόν δεδομένη όπως έχει αποδειχτεί σε πλείστα συμβάντα στην θάλασσα τα τελευταία έτη.

Στις επόμενες παραγράφους θα καταβληθεί προσπάθεια να εξεταστούν τα δομικά υποσυστήματα που απαρτίζουν ένα σύστημα GMDSS, αλλά χωρίς να παρατεθούν στείρα οι λειτουργίες αυτών (τις οποίες ο αναγνώστης μπορεί να αναζητήσει σε μεγάλο αριθμό πηγών στο διαδίκτυο). Η εξέταση θα επικεντρωθεί στο να ιχνηλατήσει σε τεχνικό, σε λειτουργικό και σε επίπεδο διεπαφής χρήστη – συστήματος (human machine interface) την διαμόρφωση του εξοπλισμού και τα πρωτοκόλλα λειτουργίας αυτού. Ο τελικός σκοπός είναι να εντοπιστούν τυχόν ζητήματα που υφίστανται και ενδέχεται να επιφέρουν αδυναμίες χρήσης ή υποβάθμιση παροχής υπηρεσιών στο πρακτικό επίπεδο, δηλαδή στην καθημερινή λειτουργία του πλοίου.

Διευκρινίζεται ότι τα υποσυστήματα που θα παρουσιαστούν στις επόμενες παραγράφους δεν έχουν περιοριστεί αυστηρά σε αυτά που έχουν δυνατότητα μετάδοσης φωνής, αλλά θα αναφερθούν και συστήματα που με την ευρύτερη έννοια του όρου μπορούν να "επικοινωνήσουν" μια κατάσταση ανάγκης ή γενικότερα να ανταλλάξουν πληροφορίες ασφαλείας με άλλα συστήματα (πχ EPIRB-SART).



2.2 Σύστημα INMARSAT

Η εταιρία *INMARSAT* ιδρύθηκε το 1979 ως μια διακρατική οντότητα για να εξυπηρετήσει τη ναυτιλιακή βιομηχανία αναπτύσσοντας δορυφορικές επικοινωνίες για εφαρμογές κινδύνου και ασφάλειας πλοίων. Ωστόσο τα επόμενα έτη επήλθε μετεξέλιξη της *INMARSAT* στον οργανισμό "*International Mobile Satellite Organisation (IMSO)*" , ο οποίος είναι αρμόδιος για την εποπτεία των δορυφορικών κινητών υπηρεσιών επικοινωνιών ασφαλείας. Οι εμπορικές δραστηριότητες μεταβιβάστηκαν στην "*Inmarsat Ltd*" που αποτελεί πλέον εμπορικό πάροχο δορυφορικών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Σήμερα η εταιρία λειτουργεί ένα παγκόσμιο δορυφορικό δίκτυο για χρήση στο θαλάσσιο, χερσαίο και αεροπορικό περιβάλλον και ο χρήστης έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες μεταφοράς φωνής και δεδομένων μέσω τερματικών σταθμών.

Το σύστημα επικοινωνιών *INMARSAT* έχει τρεις κύριους πυλώνες :

- α. Δορυφορικό Τμήμα (space segment).
- β. Επίγειο Τμήμα (ground segment) με τους σταθμούς Land Earth Station(LES).
- γ. Κινητούς σταθμούς για χρήστες στο θαλάσσιο περιβάλλον (mobile earth stations - MESs) και σταθμούς για χρήστες στο αεροπορικό περιβάλλον (aeronautical earth stations -AESs). (*INMARSAT*, 2020).

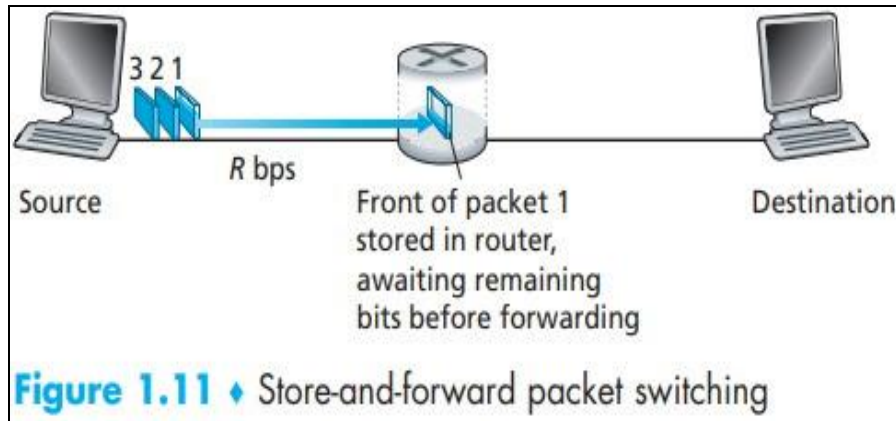
Το νευραλγικό κέντρο του συστήματος είναι το Κέντρο Λειτουργιών Δικτύου (*Network Operations Centre – NOC*) που βρίσκεται στην έδρα της *INMARSAT* στο Λονδίνο.

Στο δίκτυο *INMARSAT* - καθότι είναι ένα ψηφιακό δίκτυο - τα μηνύματα που περιέχουν κείμενο, αριθμητικά δεδομένα ή άλλες πληροφορίες μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή πριν μεταδοθούν, με μια τεχνική που είναι γνωστή ως "store-and-forward"¹ και η οποία εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα θα ληφθούν από τον τελικό παραλήπτη απαλλαγμένα σφαλμάτων ή ασυνεχειών. Κατά την αποστολή μηνύματος από τον πομπό (στην περίπτωση μας το πλοίο) το μήνυμα προετοιμάζεται αρχικά τοπικά στην συσκευή (MES) και στη συνέχεια μεταδίδεται μέσω του δορυφόρου *INMARSAT* ως μια σειρά δεδομένων στον επίγειο σταθμό (LES). Ο επίγειος σταθμός λειτουργεί ως επαφή (ή "πύλη") μεταξύ του διαστημικού τμήματος της *INMARSAT* και των εθνικών / διεθνών τηλεπικοινωνιακών δικτύων στην περιοχή του δεκτή του μηνύματος. Εάν ο επίγειος σταθμός λάβει δεδομένα

¹ Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται κυρίως στα δίκτυα τηλεπικοινωνιών, όπου οι απομακρυσμένοι συνδρομητές δεν διαθέτουν άμεσες ή αποκλειστικές συνδέσεις.



(πληροφορία) με σφάλματα, "ενημερώνει" τον τοπικό σταθμό του χρήστη (MES) για να μεταδώσει εκ νέου αυτά τα πακέτα και η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου ο σταθμός λάβει το πλήρες μήνυμα απαλλαγμένο από σφάλματα.



Εικόνα 2 : Μετάδοση δεδομένων με τεχνική "Store and Forward"
(Πηγή <http://bucarotechelp.com/networking/basics/76082602.asp>)

Αρχικά θα ήταν χρήσιμο να παρατεθεί ενός ορισμός της έννοιας του "Πρωτόκολλου", όπως ορίζεται στην διάλεξη του Χ. Βαζούρα "Αναλογική και ψηφιακή μετάδοση (ΣΠΜΣ ΣΝΔ-ΠΑΠΕΙ,2023)" :

*"Μια τυποποιημένη μέθοδος επικοινωνίας μεταξύ δύο μερών, που περιλαμβάνει:
μορφή του μηνύματος, τρόπο μετάδοσης, υπηρεσίες, αλγορίθμους".*

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στο σύστημα *INMARSAT* έχουν διαφορετικές δυνατότητες αναφορικά με την μετάδοση δεδομένων και τις παρεχόμενες υπηρεσίες (συναφώς διαφορετική τιμολόγηση για τον τελικό χρήστη) και είναι τα ακόλουθα:

α. **X.400** : Ένα καθορισμένο πρωτόκολλο για την αποστολή ηλεκτρονικών μηνυμάτων μέσω δεδομένων δικτύου, το οποίο είναι ξεπερασμένο πλέον με την εμφάνιση του Διαδικτύου.

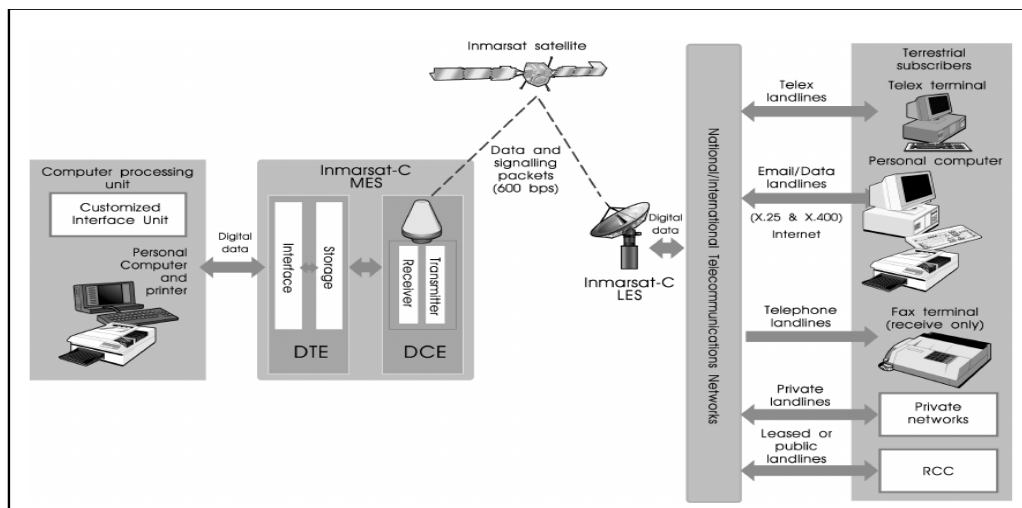
β. **X.25 or Packet Switched Data Network (PSDN)** : Μορφές δικτύων επικοινωνίας δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποστολή μηνυμάτων διαμοιρασμένων σε μικρά πακέτα δεδομένων.

γ. **Public Switched Telephone Network (PSTN)** : Αυτή η υπηρεσία χρησιμοποιείται για την αποστολή μηνυμάτων στο γραμματοκιβώτιο του σταθμού δέκτη μέσω τηλεφωνικής γραμμής και modem.



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

δ. **Internet** : Η πλειονότητα των μηνυμάτων που αποστέλλονται ηλεκτρονικά μεταδίδονται πλέον μέσω του Διαδικτύου. Είναι δυνατόν να αποσταλούν μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου από ένα τερματικό *INMARSAT-C* σε οποιαδήποτε διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του Διαδικτύου. Ωστόσο για τα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που πρέπει να δρομολογηθούν σε ένα *INMARSAT-C* MES (δηλαδή σε τερματικό σταθμό βάσης) απαιτείται να έχει εγγραφεί ο χρήστης επιπλέον σε μια ιδιαίτερη "πύλη" της *INMARSAT* (από την οποία παρέχεται επιπλέον μια διεύθυνση e-mail που περιέχει είτε τον αριθμό ταυτότητας του πλοίου ή το όνομά του πλοίου, ακολουθούμενο από τη διεύθυνση δικτύου του σταθμού της *INMARSAT*).



Εικόνα 3 : Πρωτόκολλο επικοινωνίας *INMARSAT-C* network
(Πηγή: *INMARSAT manual for GMDSS*)

Αν και σε επόμενο Κεφάλαιο της εργασίας θα ακολουθήσει μια περαιτέρω ανάλυση της δορυφορικής ζεύξης του συστήματος *INMARSAT* και του αστερισμού δορυφόρων τους οποίους χρησιμοποιεί, αξίζει μια αναφορά στα πλέον συχνότερα απαντώμενα τερματικά *INMARSAT* στο θαλάσσιο περιβάλλον :

α. **INMARSAT-C** : Προσφέρει υπηρεσίες τηλετυπίας με χρήση της τεχνικής "store and forward", δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων χαμηλής ταχύτητας (έως 600 bps) και επιπλέον παρέχει την δυνατότητα εκπομπής σημάτων κινδύνου.

β. **INMARSAT Fleet 33** : Τερματικό κατάλληλο για επικοινωνίες πλοίων μεσαίου ή μικρότερου μεγέθους που παρέχει στους χρήστες ψηφιακή τηλεφωνία, fax και μεταφορά δεδομένων σε ταχύτητες που φθάνουν τα 9,6 kbps.



γ. **INMARSAT Fleet 55/77:** Τα μόνο τερματικά από την οικογένεια των "Fleets" που διαθέτουν προηγμένο σύστημα τηλεφωνίας με δυνατότητα εκπομπής σημάτων κινδύνου και ασφάλειας και έχουν εγκριθεί ως συσκευές κατάλληλες για σύνδεση σε σύστημα GMDSS. Παρέχουν συνεχή σύνδεση στο Διαδίκτυο με την υπηρεσία Mobile Packet Data Service (MPDS), υψηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων, τηλεφωνίας και fax στα 64 kbps ή στα 128 kbps.

δ. **Νεότερα Τερματικά :** Τυποποιημένα τερματικά τύπου *INMARSAT-C* ειδικά σχεδιασμένα για πλέον φορητή (ή και ατομική) χρήση καθώς λόγω των μικρών διαστάσεων και του βάρους τους είναι εύχρηστα και απλά στον χειρισμό τους. Ειδικά το *INMARSAT M4 – Global Area Network (GAN)* παρέχει αμφίδρομες υπηρεσίες φωνής, fax και μεταφοράς δεδομένων (σε ταχύτητες έως 2,4 kbit/s), καθώς και δυνατότητα επικοινωνίας ISDN σε ταχύτητα 64 kbit/s. Επιπλέον, οι χρήστες του *INMARSAT-M4* μπορούν να συνδεθούν απευθείας με το παγκόσμιο Πρωτόκολλο Internet (χρήση IP).

Για όλα τα πρωτοκόλλα επικοινωνίας και τα εμπορικά συστήματα που προαναφέρθηκαν, αφού χρησιμοποιούνται δορυφορικές επικοινωνίες πρέπει να είναι αναμενόμενος ένας βαθμός καθυστέρησης ανταπόκρισης του σήματος οφειλόμενος πρωτίστως στις τεράστιες αποστάσεις πομπού και δέκτη. Ως δεύτερος λόγος για αυτή την καθυστέρηση, προκρίνεται η απαίτηση της επιβεβαίωσης ορθής λήψης του μηνύματος (τεχνική ‘store-and-forward’) που ακολουθεί το σύστημα πριν προωθήσει τα πακέτα πληροφορίες στον επόμενο κόμβο επικοινωνίας. Σε πρακτικό επίπεδο, οι χρήστες επί του πλοίου θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους ότι η καθυστέρηση της μετάδοσης δεδομένων μπορεί να ανέρχεται από δύο έως πέντε λεπτά για μετάδοση ενός μηνύματος μέσου μεγέθους. (Το μέσο μέγεθος μηνύματος αναφέρεται για παράδειγμα σε ένα μήνυμα έκτασης 1/2 σελίδας A4). (INMARSAT, 2020)

Όσον αφορά την εργονομία και διαλειτουργικότητα του συστήματος με τον χρήστη έχουν καθιερωθεί ένα πλήθος διεθνών προτύπων, των οποίων μια πιο αναλυτική περιγραφή θα ακολουθήσει στο Κεφάλαιο 4 στο τμήμα σχετικά με την Υλικοτεχνική Υποδομή των Πλοίων. Ωστόσο, ακολουθούν επιγραμματικά ορισμένα από τα βασικότερα σημεία, με σκοπό να καταδείξουν την πρόνοια που έχει λάβει ο νομοθέτης (επίπεδο διαδικασιών) και ο τεχνικός (επίπεδο εργονομίας) σχετικά με την ακεραιότητα, την διαθεσιμότητα και την ευχρηστία του συστήματος *INMARSAT* :

α. Ο τερματικός σταθμός του συστήματος *INMARSAT* επί του πλοίου θα πρέπει να παρέχει μια επαφή (Human Machine Interface - HMI), κατάλληλη ώστε να



εξυπηρετεί την ανεμπόδιστη πρόσβαση (ανάγνωση) στα συστήματα απεικόνισης πλοήγησης των δεδομένων θέσης και ιδιαίτερα των προειδοποιήσεων κινδύνου, σύμφωνα με τα αναγνωρισμένα διεθνή πρότυπα². (INMARSAT, 2020)

β. Η ενσωμάτωση του συστήματος *INMARSAT* σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης (Integrated Bridge System - IBS) δεν θα πρέπει σε καμιά περίπτωση να επηρεάσει τις προδιαγραφές λειτουργίας αυτού, όταν αυτές συγκρίνονται με τις προδιαγραφές της αυτόνομης λειτουργίας του συστήματος.

γ. Η τερματική συσκευή θα πρέπει να μπορεί να αναγνωρίζει αυτόματα την προτεραιότητα των μηνυμάτων ασφαλείας και την διαδικασία με την οποία θα πρέπει να διεκπεραιωθούν, σύμφωνα με την προτεραιότητα που ορίζεται από τους κανονισμούς της International Telecommunication Union (ITU). (ITU, 2019)

δ. Το τερματικό του συστήματος θα πρέπει να τροφοδοτείται διαρκώς από την κύρια πηγή παροχής ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου, ενώ υπάρχει και πρόβλεψη για τις εναλλακτικές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας αυτού σε περίπτωση απώλειας της κύριας πηγής τροφοδοσίας.

2.3 Σύστημα NAVTEX

Η υπηρεσία **NAVTEX** (**NAV**igational **TELeX**), είναι μια διεθνής, αυτοματοποιημένη υπηρεσία με σκοπό την διανομή στους ναυτιλλόμενους προειδοποιήσεων επί θεμάτων ασφάλειας ναυσιπλοΐας. Πιο συγκεκριμένα ο δέκτης NAVTEX λαμβάνει αυτόματα Πληροφορίες Ναυτικής Ασφάλειας (Maritime Safety Information - MSI) όπως Προαγγελίες προς Ναυτιλλόμενους, Προειδοποιήσεις Καταιγίδας / Θύελλας, μετεωρολογικές προγνώσεις / προειδοποιήσεις για συμβάντα πειρατείας, γενικές ειδοποιήσεις κινδύνου κ.λπ. Από τις υπηρεσίες που προαναφέρθηκαν γίνεται κατανοητό ότι η υπηρεσία NAVTEX αποτελεί βασικό στοιχείο του Παγκόσμιου Συστήματος Ασφάλειας Ναυτιλιακού Κινδύνου (GMDSS), οι δε κατηγορίες σκαφών που πρέπει να φέρουν δέκτη NAVTEX καθορίζονται στην Σύμβαση SOLAS.

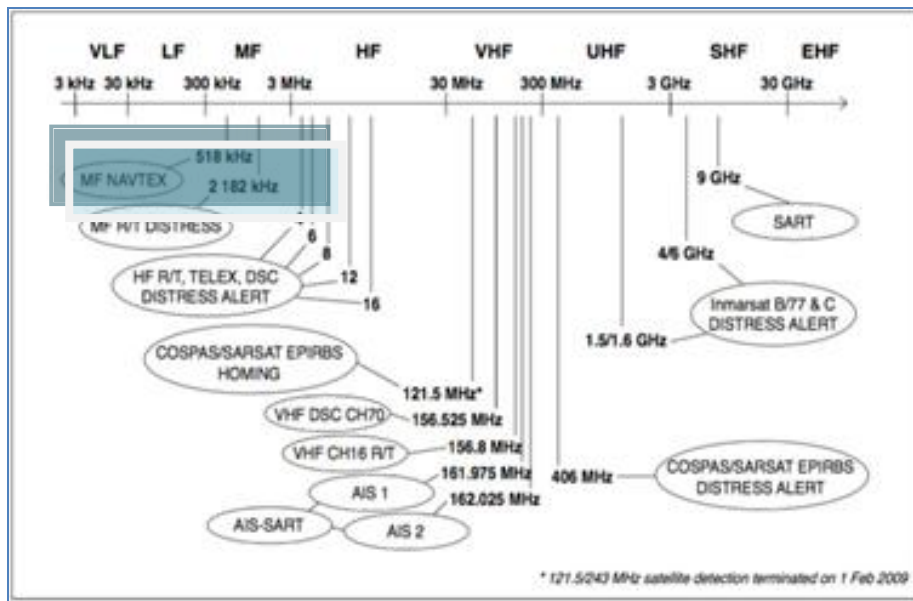
Το NAVTEX αναπτύχθηκε και υιοθετήθηκε από την Παγκόσμια Υπηρεσία Ναυσιπλοϊκών Αγγελιών (World Wide Navigational Warning Service – WWNWS) για να

² (IEC πρότυπα 61162, Διαχείριση Προειδοποιήσεων Γέφυρας (BAM), Ψηφίσματα A.811(19), MSC.252(83) και MSC.302(87); κατευθυντήρια γραμμή SN.1/Circ.288; διεθνή πρότυπα IEC 62940, IEC 61924-2 και IEC 62923).



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

παρέχει ένα χαμηλού κόστους, απλό και αυτοματοποιημένο μέσο λήψης πληροφοριών ασφαλείας σε πλοία και σε απόσταση περίπου 200 ναυτικά μίλια από την ακτή (περιοχή καλύψεως αγγελιών μορφής coastal warnings). Είναι μια συσκευή που βασίζεται στην τεχνολογία Narrow Band Direct Printing (NBDP) και λειτουργεί στη συχνότητα 518 kHz (ορισμένες συσκευές μπορεί επίσης να λειτουργούν στα 490 και 4209,5 kHz) (Navtex website,2024). Οι εκπομπές από ορισμένους πομπούς μπορούν να ληφθούν σε αποστάσεις που φθάνουν έως τα 400 ναυτικά μίλια ή και ακόμη περισσότερο σε ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες διάδοσης ραδιοκυμάτων.



Εικόνα 4 : Περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας δέκτη NAVTEX

(πηγή <https://gmdsstesters.com/radio-survey/general/general-principles-and-features-of-maritime-mobile-service.html>)

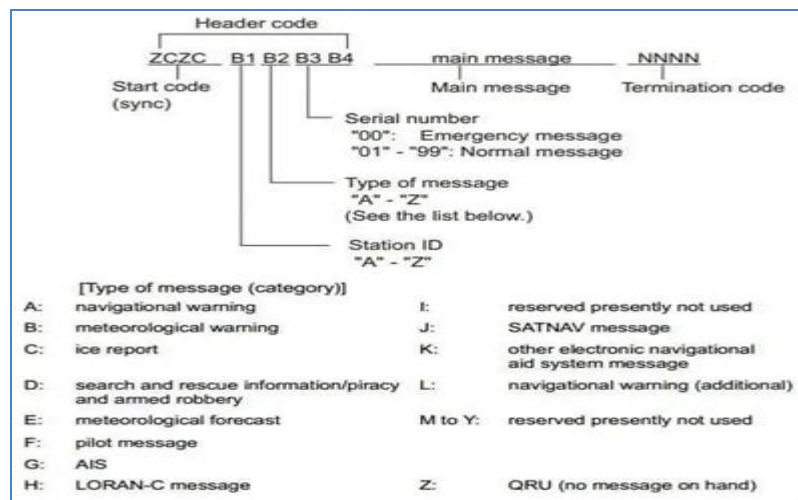
Όπως προαναφέρθηκε οι εκπομπές της υπηρεσίας NAVTEX ονομάζονται επίσης και εκπομπές "Άμεσης Εκτύπωσης Στενής Ζώνης" (Narrow-Band Direct Printing - NBDP), που πρακτικά σημαίνει ότι η πληροφορία που εκπέμπεται είναι προορισμένη να απεικονιστεί σε έντυπη μορφή (δηλαδή να εκτυπωθεί σε μια κατάλληλη συσκευή). Για αυτόν τον λόγο οι εκπομπές NAVTEX λαμβάνονται από συσκευές λειτουργίας SITOR (SImplex Teletype Over Radio), οι οποίες είναι μικροί εκτυπωτές, πάντα τοποθετημένοι στην Γέφυρα του πλοίου. Οι χαρακτήρες των εκπομπών κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας το σύνολο χαρακτήρων "CCIR 476 7-bit" που επιτρέπει τον εντοπισμό των βασικών σφαλμάτων κατά την εκπομπή και λήψη. Ο δε εντοπισμός και η διόρθωση σφαλμάτων στα μηνύματα ακολουθεί την τεχνική "Forward Error Correction (FEC)" και



**‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’**

επιτυγχάνεται με την επανάληψη κάθε χαρακτήρα μετά από καθυστέρηση 3 χαρακτήρων³. Επισημαίνεται ότι ορισμένες ουσιαστικές κατηγορίες πληροφοριών ασφάλειας, όπως αγγελίες μετεωρολογικών προγνώσεων προς τους ναυτιλλόμενους και πληροφορίες έρευνας και διασώσεως, θεωρούνται "μη απορριπτέες" από τον δέκτη NAVTEX και κατά αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι τα πλοία λαμβάνουν πάντα τις πλέον ζωτικής σημασίας πληροφορίες.

Τα μηνύματα της υπηρεσίας NAVTEX κωδικοποιούνται με έναν κωδικό που προσδιορίζεται από τη χρήση μεμονωμένων γραμμάτων του αλφαβήτου για την δήλωση του σταθμού μετάδοσης και του τύπου του μηνύματος, τα οποία γράμματα ακολουθούνται από δύο ψηφία που υποδεικνύουν τον σειριακό αριθμό του μηνύματος. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή ενός μηνύματος NAVTEX και η αντιστοιχία γράμματος και σημασίας του μηνύματος. (Για παράδειγμα: FA22 όπου F είναι το αναγνωριστικό του σταθμού μετάδοσης, το A δηλώνει την κατηγορία μηνύματος (nav warning) και το 22 είναι ο αύξων αριθμός μηνύματος). (Βαζούρας, 2023)



Εικόνα 5 : NAVTEX message Format

(Πηγή <https://www.hnhs.gr/en/2015-05-28-16-58-21/2015-05-28-16-59-41/navtex>)

Τα μηνύματα NAVTEX μεταδίδονται χρησιμοποιώντας δυαδική μετατόπιση συχνότητας (BFSK) στα 100 bit/s και μετατόπιση συχνότητας 170 Hz. Οι εκπομπές NAVTEX γίνονται κυρίως στις μεσαίες συχνότητες των 518 kHz και 490 kHz.

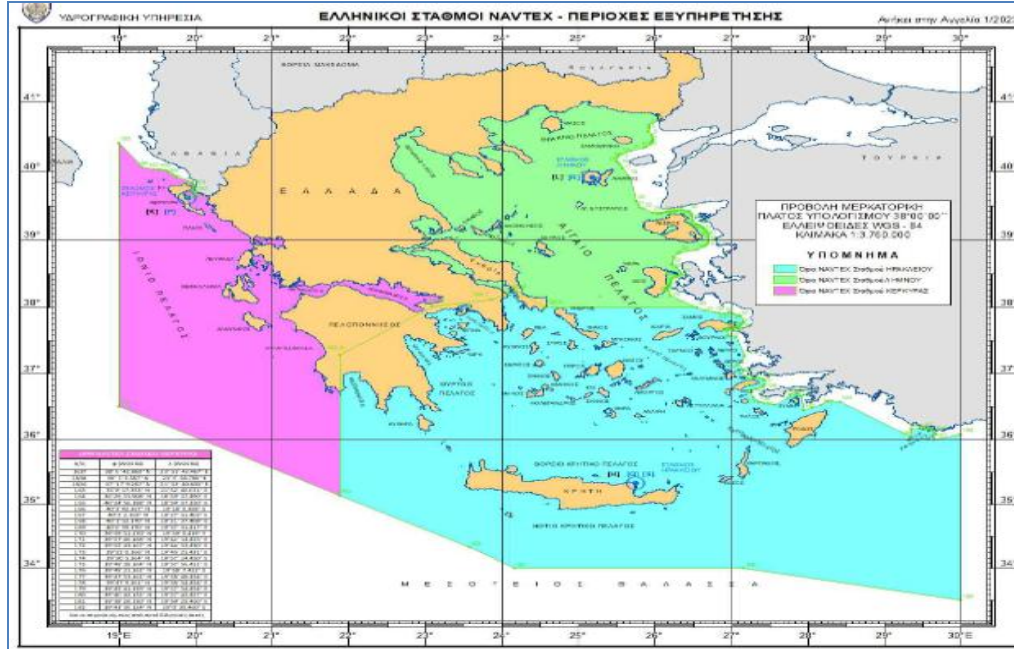
Η διεθνής συχνότητα NAVTEX είναι 518 kHz και αυτές οι εκπομπές θα πρέπει πάντα να είναι στα Αγγλικά. Η εθνική μετάδοση του NAVTEX στον Ελλαδικό χώρο

³ Δηλαδή το 'ABCDE' εκπέμπεται ως 'A.B.CADBE.C.D.E'



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

χρησιμοποιεί την συχνότητα 490 kHz. Οι εθνικές μεταδόσεις NAVTEX που αφορούν θέματα ασφάλειας ναυσιπλοΐας πραγματοποιούνται επίσης σε HF στην συχνότητα 4209,5 kHz.



*Εικόνα 6 : Ελληνικές περιοχές εκπομπής NAVTEX
(Πηγή <https://www.hnhs.gr/en/2015-05-28-16-58-21/2015-05-28-16-59-41/navtex>)*

Όσον αφορά την διαδικασία παροχής πληροφοριών που ακολουθεί η υπηρεσία NAVTEX, αξίζει να σημειωθεί ότι οι προειδοποιήσεις εκπέμπονται με ένα σύστημα προγραμματισμένων άλλα και έκτακτων εκπομπών. Ωστόσο συναγερμοί κινδύνου και προαγγελίες ζωτικής σημασίας εκπέμπονται άμεσα από τους σταθμούς ξηράς προς την θαλάσσια έκταση που καλύπτουν με έκτακτες εκπομπές. Επαναλαμβάνονται δε και κατά την αμέσως επόμενη προγραμματισμένη εκπομπή, εάν είναι αναγκαίο, ανάλογα με τη φύση της αγγελίας. Ένα χαρακτηριστικό της λειτουργίας του δέκτη SITOR του συστήματος είναι η τεχνική της "Επιλογής και Απορρίψεως" μηνυμάτων, ώστε να δίνεται η δυνατότητα στον ναυτίλο να λαμβάνει μόνο εκείνα τα μηνύματα και τις πληροφορίες ασφάλειας που σχετίζονται με τις δικές του ανάγκες στην δικιά του περιοχή πλου. Ωστόσο αυτή η επιλογή πρέπει να συνοδεύεται από προσεκτική ρύθμιση του δέκτη, ώστε να μην απορριφτούν κατά λάθος σημαντικές πληροφορίες ασφαλείας για τον πλου (τουλάχιστον για το παρόν και το επόμενο σκέλος του ταξιδιού). Οι νεότεροι και πιο σύγχρονοι δέκτες NAVTEX που είναι εγκεκριμένοι για ενσωμάτωση σε σύστημα GMDSS περιέχουν έναν εσωτερικό εκτυπωτή ή / και μια οθόνη με δυνατότητα κύλισης. Υπάρχει επίσης μια σειρά



από διαθέσιμα πακέτα λογισμικού⁴, που επιτρέπουν την αποκωδικοποίηση των μηνυμάτων από υπολογιστή με κατάλληλο δέκτη συνδεδεμένο στην κάρτα ήχου.

2.4 Ραδιοφάρος EPIRB

Οι Ραδιοφάροι Ενδείξεως Θέσεως Κινδύνου (Emergency Position Indicating Radio Beacons – EPIRBs) είναι μικρές φορητές συσκευές, που λειτουργούν με μπαταρίες και εκπέμπουν στη συχνότητα των 406 MHz – 406.1 MHz. Το ειδικό χαρακτηριστικό που τους αποδίδει και το σημαντικό επιχειρησιακό τους πλεονέκτημα, είναι ότι όταν ενεργοποιηθούν εκπέμπουν ένα διακριτό σήμα σαρώσεως στη διεθνή αεροναυτική συχνότητα κινδύνου (121,5 MHz) με σκοπό τον εντοπισμό από ένα κατάλληλο μέσο διάσωσης. (Ένα αεροσκάφος που κινείται στα 30.000 πόδια μπορεί να ανιχνεύσει ένα τέτοιο σήμα από απόσταση περίπου 40 νμ). Τα ποντοπόρα πλοία συνήθως φέρουν το 406/121.5 MHz COSPAS-SARSAT EPIRB, το οποίο λειτουργεί με το σύστημα δορυφόρων COSPAS-SARSAT και ένα σύνολο γεωστατικών δορυφόρων.

Το EPIRB μπορεί να ενεργοποιηθεί χειροκίνητα από τον χρήστη ή αυτόματα μέσω ενός υδροστατικού μηχανισμού (Hydrostatic Release Unit -HRU) όταν το πλοίο βυθίζεται και μεταδίδει ένα αναλογικό σήμα στους 121,5 MHz και ένα ψηφιακό σήμα στους 406,37 MHz. Ένας διερχόμενος δορυφόρος εντοπίζει το σήμα που εκπέμπεται από το EPIRB και το αναδιαβιβάζει σε έναν επίγειο σταθμό, όπου και προσδιορίζεται το στίγμα εκπομπής. Έπειτα, ο επίγειος σταθμός μεταφέρει τις πληροφορίες στο Τοπικό Κέντρο Έρευνας και Διάσωσης της περιοχής (Mission Rescue Co-ordination - MRCC), ώστε να εκκινήσουν οι σχετικές διαδικασίες. Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται η περιοχή ευθύνης Ε-Δ της Ελλάδας και το τοπικό συντονιστικό κέντρο περιοχή (JRCC Piraeus).

⁴ Όπως SeaTTY, Mscan, JNX, Fldigi ή JVComm32



‘Όρφανός Σπιριδών’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’



Εικόνα 7 : Ελληνική περιοχή ευθύνης E-1
(Πηγή <https://sarcontacts.info/contacts/jrcc-piraeus-cospas-sarsat-spoc-5837/>)

Το κάθε EPIRB προσδιορίζεται από ένα UIN (Unique Identifier Number⁵) και μεταδίδει πληροφορίες όπως η ταυτότητα του πλοίου, η ώρα και η ημερομηνία του συμβάντος και η τοποθεσία του EPIRB (συντά οι ραδιοφάροι είναι εξοπλισμένοι και με πομπό GPS οπότε η ακρίβεια θέσης αυξάνεται σημαντικά). Συνήθως βρίσκεται τοποθετημένο στις βαρδιόλες του πλοίου και καλυμμένο (ώστε να προστατεύεται από τις αντίξοες καιρικές συνθήκες) και να είναι ικανό να ενεργοποιηθεί και να εκπέμψει το σήμα αυτόματα στο απευκταίο ενδεχόμενο της βύθισης του πλοίου.

⁵ Το UIN number αποτελείται από μια σειρά 15 αριθμών και γραμμάτων, η οποία είναι μοναδική και αποτελεί την ταυτοποίηση του ραδιοφάρου. Αναμένεται να ευρίσκεται γραμμένη με λευκά γράμματα στην εξωτερική πλευρά του κελύφους του EPIRB.



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’



Εικόνα 8 : EPIRB τοποθετημένο στην βαρδιόλα πλοίου
(πηγή <https://www.marineinsight.com/marine-safety/what-is-epirb-emergency-position-indicating-radio-beacon/>)

Εάν ένα EPIRB ενεργοποιηθεί κατά λάθος, τότε λέμε ότι εκπέμπεται ένας "ψευδής συναγερμός". Σε αυτήν την περίπτωση ο πλησιέστερος Σταθμός Συντονισμού Έρευνας – Διάσωσης MRCC πρέπει να ειδοποιηθεί άμεσα προκειμένου να αναφερθεί το γεγονός και να ληφθούν οδηγίες για την ακύρωση του συναγερμού, ώστε να αποφευχθεί η άσκοπη κινητοποίηση του μηχανισμού.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων EPIRB στις συχνότητες εκπομπής 406 Mhz και 121.5 Mhz αντίστοιχα.

	406 MHz Beacon	121.5 MHz Beacon
Signal	Digital: unique identification, registration data provides information on the owner/vessel or aircraft	Analog: no data encoded, higher false alert rate
Signal Power	5 Watts pulse	0.1 Watts continuous
Coverage	Global	Regional
Position Accuracy	Within 5 km (Doppler), 100m if GNSS (GPS) position is encoded in message	Within 20 km (Doppler only)
Alert Time	GEO alert within 5 minutes	Waiting time for LEO satellite pass 45 minutes average
Doppler Position Ambiguity	Resolved at first satellite pass	Two passes required to resolve position ambiguity



EPIRBs – 406 MHz Characteristics	12 Volt battery 48 hours of transmitting capacity Frequency Tolerance: short-term variations 2 ppm in 100 ms. Long-term variations +2 kHz /-5 kHz from 406.028 MHz in 5 years. Power Output: 5 W + 2 dB (35 to 39 dBm) Maximum Continuous Transmission: maximum of 45 seconds Emissions Designator–16K0G1D
EPIRB – 121.5 MHz Characteristics	RF Signal Transmitted –power : 50 -100 μw PERP* –Transmission life : 48 hours –Frequency : 121.5MHz +/-6 kHz –Polarization : Linear Modulation –Sweep rate : 2 -4 Hz –Range : 300-1600 Hz (swept at least 700 Hz) - Modulation type : AM –Modulation depth : > 85% –Duty Cycle : 40% Emissions Designator –3K20A3X * Peak Effective Radiated Power relative to a 1/4 wavelength monopole mounted on a ground plane

Πίνακας 1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά συχνοτήτων εκπομπής EPIRB
(πηγή Leimer, 2005, σελ 17)

2.5 Αναμεταδότης SART

Άλλο ένα σύστημα που περιλαμβάνεται στις απαιτήσεις κατά GMDSS για τα ποντοπόρα πλοία και κατά κάποιον τρόπο είναι παρόμοιας επιχειρησιακής χρήσης με το προαναφερθέν EPIRB (αλλά σε εντελώς διαφορετική ζώνη συχνοτήτων) είναι ο Αναμεταδότης Radar Έρευνας και Διασώσεως.

Πιο γνωστό στην ναυτιλιακή κοινότητα ως Search and Rescue Transponder (SART), είναι ένας πομπός που υποδεικνύει τη θέση των ατόμων / πλοίων που κινδυνεύουν, κάνοντας χρήση ενός δικτύου δορυφόρων, επίγειων σταθμών, κέντρων ελέγχου αποστολών και κέντρων συντονισμού διάσωσης (COSPAS⁶ - SARSAT). Πρόκειται για μία ελαφριά φορητή συσκευή, η οποία μπορεί εύκολα να μεταφερθεί από τη γέφυρα του πλοίου σε μία σωσίβια λέμβο σε περίπτωση εγκαταλείψεώς του. Όταν ο

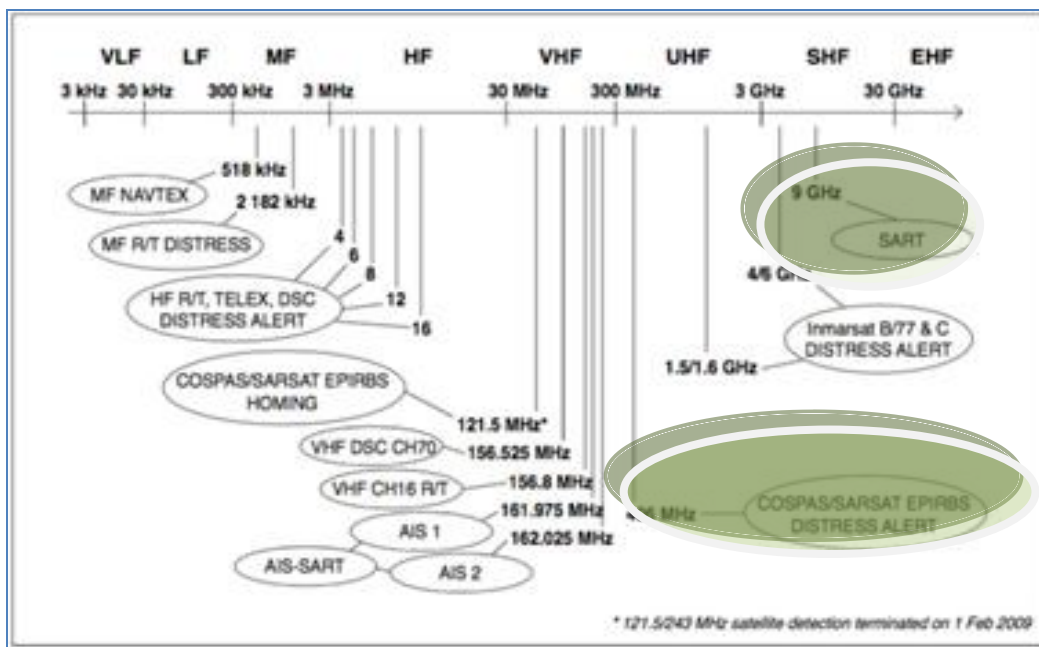
⁶ COSPAS είναι το ακρωνύμιο για τις Ρωσικές λέξεις "Cosmicheskaya Sistema Poiska Avariynyh Sudon", το οποίο μεταφράζεται ως "Δορυφορικό Σύστημα για την έρευνα πλοίου σε κίνδυνο" (Space System for the Search of Vessels in Distress).



*‘Ορφανός Σπυριδών’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

διακόπτης λειτουργίας του τίθεται στη θέση ενεργοποίησης εκπέμπει σήματα μόνο όταν διεγείρεται από Radar πλοίου ή αεροσκάφους που λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων (X band), δηλαδή αυτή των 9 GHz, στην οποία και ευρίσκονται οι περιοχές λειτουργίας των περισσότερων ναυτιλιακών radar.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί γίνεται σαφέστερη η διαφορετική ζώνη συχνοτήτων στις οποίες λειτουργούν το EPIRB και το SART. Αξίζει να αναφερθεί ότι κάθε αναμεταδότης SART μπορεί να ενσωματώνεται σε δορυφορικά EPIRB ελεύθερης πλεύσεως, ώστε να παρέχονται και οι δύο δυνατότητες ταυτόχρονα (δηλαδή ταυτόχρονη εκπομπή των σημάτων γεωεντοπισμού και του σήματος προσδιορισμού του στίγματος του κινδυνεύοντα πλοίου).



Εικόνα 9 : Περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας SART

(πηγή <https://gmdsstesters.com/radio-survey/general/general-principles-and-features-of-maritime-mobile-service.html>)

Και για αυτή τη συσκευή έχουν υπάρξει μια σειρά κανονισμών και οδηγιών, ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργία της στις πλέον δυσμενείς καιρικές συνθήκες προκειμένου να είναι ευκολότερο το έργο των συνεργειών Έρευνας και Διάσωσης. Ενδεικτικά αναφέρεται, ότι ένας πομπός SART πρέπει να διαθέτει συσσωρευτή με επαρκή χωρητικότητα, προκειμένου να λειτουργεί σε κατάσταση ετοιμότητας (standby) για 9h, καθώς επίσης να δύναται να λειτουργεί σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος από -20°C έως $+65^{\circ}\text{C}$. Επίσης η κάθετη κεραία και τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά του SART πρέπει να του επιτρέπουν να "αποκρίνεται - διεγείρεται" σε εκπομπές Radar υπό συνθήκες



**‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’**

έντονου κυματισμού, να αντέχει τυχόν ζημιές όταν ρίπτεται από ύψος 20 m στο νερό και το ύψος της κεραίας του να είναι τουλάχιστον 1m επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ο αναμεταδότης SART, εφόσον η κεραία του είναι τύπου μαστιγίου, θα πρέπει να λειτουργεί κατά τις προβλέψεις των κανονισμών όταν διεγείρεται από ένα ναυτιλιακό Radar που ευρίσκεται σε ύψος κεραίας 15 m και σε απόσταση τουλάχιστον 10 νμ από αυτό. Πρέπει επίσης να λειτουργεί σωστά όταν διεγείρεται από Radar που φέρεται επί αεροσκάφους με ισχύ εξόδου 10 kW, σε ύψος 30.000 ft και σε απόσταση έως 40 ν.μ. (Ταμπακάκης, 2017, σελ 168)

Από τα προηγούμενα στοιχεία, καθώς και από πειραματικές μετρήσεις στο πεδίο, επιβεβαιώνεται ότι βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση μεταξύ τους οι παράγοντες :

- α. Ύψος της κεραίας του radar trigger και
- β. Η εμβέλεια της συσκευής SART.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Αναμεταδότη Radar Έρευνας και Διασώσεως (SART).

1	Συχνότητα εκπομπής	9300 - 9500 MHz σάρωση*
2	Πόλωση	Οριζόντια
3	Τιμή σαρώσεως	5 μ s \pm 0.5 μ s
4	Τύπος σαρώσεως	Δοντοπριονωτή, γρήγορης επιστροφής <1 ms
5	Κεραία εκπομπής	100 ms ονομαστική
6	Κεραία εκπομπής	
	Κάθετο εύρος δέσμης	< 25
	Αζιμουθιακό εύρος δέσμης	Προς όλες τις κατευθύνσεις εντός \pm 2 dB
7	EIRP	< 400 mW
8	Ευαισθησία δεκτή	Καλύτερη από - 50 dBm
9	Χρόνος ανακτίσεως που ακολουθεί τη διέγερση	Εντός 10 ms
10	Καθυστέρηση αποκρίσεως	> 1.25 ms
11	Περιοχή θερμοκρασίας	-30°C έως + 65° C σε κατάσταση συσκευασίας -20°C έως + 65° C σε κατάσταση λειτουργίας

*Πίνακας 2 :Τεχνικά χαρακτηριστικά πομπού SART
(πηγή Ταμπακάκης, 2017)*



2.6 Σύστημα Ψηφιακής Επιλογικής Κλήσεως

Εισερχόμενοι στην εξέταση του τελευταίου, άλλα κατά την κρίση μου του πιο σημαντικού και του ευρύτερα χρησιμοποιούμενου υποστοιχείου του GMDSS, αξίζει μια μικρή ιστορική αναφορά στις επικοινωνίες των πλοίων.

Το συμβατικό ναυτιλιακό σύστημα κινδύνου και ασφάλειας, το οποίο χρησιμοποιούσαν έως τα τέλη του περασμένου αιώνα τα περισσότερα πλοία, καθοριζόταν από την Σύμβαση SOLAS '74 και τους κώδικες ραδιοηλεκτρονικής της ITU. Η SOLAS '74 απαιτούσε για ορισμένες κατηγορίες πλοίων όταν βρίσκονταν εν πλω να κάνουν συνεχή ακρόαση στις συχνότητες κινδύνου, ως εκχωρούνταν στην ναυτιλιακή κοινότητα από την ITU. Τα δε πλοία ήταν υποχρεωμένα να διαθέτουν εξοπλισμό ραδιοηλεγραφίας ή ραδιοηλεφωνίας ικανό να εκπέμπει σε μία ελάχιστη καθορισμένη ακτίνα καλύψεως. Απαιτείτο λοιπόν ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου :

α. Σύστημα τηλεγραφίας MORSE στα 500 kHz. Εφόσον η εκμάθηση του μορσικού κώδικα ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία του συστήματος, ένας ασυρματιστής απαιτούνταν σε όλα τα πλοία που είχαν ραδιοηλεγραφική εγκατάσταση.

β. Το σύστημα ραδιοηλεφωνίας στα 2182 kHz και στα 156,8 MHz. Η λειτουργία του συστήματος διασφαλιζόταν από έναν ραδιοηλεφωνητή, εφόσον τα πλοία αυτά είχαν ραδιοηλεφωνική εγκατάσταση.

Έτσι, για ένα συμβατικό σύστημα επικοινωνίας με αυτές τις ραδιοεγκαταστάσεις, η περιοχή καλύψεως δεν ξεπερνούσε τα 250nm και η αποτελεσματικότητά του βασιζόταν κυρίως στα παραπλέοντα πλοία (relay stations). Ο Πλοίαρχος κάθε παραπλέοντος πλοίου όφειλε, με τη λήψη ενός σήματος κινδύνου, να σπεύσει ολοταχώς προς βοήθειά του κινδυνεύοντας γνωστοποιώντας παράλληλα ότι το πλοίο του κατευθύνεται στο στίγμα για τη διάσωση των ατόμων.

Από εκείνες τις εποχές οι καταγιστικές τεχνολογικές εξελίξεις επέτρεψαν την ανάπτυξη συστημάτων ναυτικών επικοινωνιών τα οποία σε μεγάλο βαθμό έχουν καταστήσει την σύγχρονη Γέφυρα του πλοίου σχεδόν αυτοματοποιημένη και πάντως χωρίς θέση για τους κλασσικούς «ασυρματιστές» του περασμένου αιώνα. Στο ανωτέρω πλαίσιο η Ψηφιακή Επιλογική Κλήση (Digital Selective Calling – DSC) αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του GMDSS που υιοθετήθηκε το 1988. Οι κλήσεις DSC πραγματοποιούνται στις ζώνες συχνοτήτων MF, HF και VHF και στις ακόλουθες 3 κατευθύνσεις :



- α. Πλοίο-Πλοίο (*Ship-To-Ship*)
- β. Πλοίο-Ξηρά (*Ship-To-Shore*)
- γ. Ξηρά-Πλοίο (*Shore-To-Ship*)

Η ταχύτητα εκπομπής DSC είναι στα 100 baud στη ζώνη συχνοτήτων MF και HF, ενώ στη ζώνη VHF είναι στα 1200 baud για μηνύματα (εξαιρούμενων των σημάτων κινδύνου). Περιλαμβάνεται επιπλέον κωδικοποίηση διορθώσεως λαθών με τη δυνατότητα εκπομπής κάθε χαρακτήρα δύο φορές, με ενδιάμεσα τη μετάδοση ενός μηνύματος ελέγχου αποτελούμενου από τέσσερεις χαρακτήρες. Η δε διάρκεια μίας κλήσεως DSC ποικίλλει μεταξύ 6,2–7,2 s στα MF και HF ή 0,45–0,63s στα VHF, εξαρτώμενη από τον τύπο αυτής. Για τις κλήσεις ρουτίνας στα MF και HF χρησιμοποιούνται ζεύγη συχνοτήτων, εκτός της ζώνης VHF όπου υπάρχει μόνο μία συχνότητα (διάυλος 70), που έχει ορισθεί ως η πιο κατάλληλη για κλήσεις ρουτίνας. (Ταμπακάκης, 2017,σελ 57)

Για την κλήση κινδύνου και ασφάλειας χρησιμοποιείται στη ζώνη συχνοτήτων MF η συχνότητα στα 2187,5 kHz, στις ζώνες HF χρησιμοποιούνται οι συχνότητες στα 4207,5, 6312, 8414,5 12.577, 16.804,5 kHz και στη ζώνη VHF ή 156, 525 MHz (channel 70).

Συγκεντρωτικά λοιπόν οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα DSC παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

<i>Ζώνες</i>	<i>Κλίσεις DSC</i>	<i>Ανταπόκριση ραδιοηλεφωνίας</i>	<i>Ανταπόκριση ραδιοηλετωπίας</i>
	<i>Συχνότητες</i>	<i>Συχνότητες</i>	<i>Συχνότητες</i>
VHF	156,525 MHz	156,800 MHz	—
MF	2187,5 kHz	2182 kHz	2174,5 kHz
HF4	4207,5 kHz	4125,0 kHz	4177,5 kHz
HF6	6312,0 kHz	6215,0 kHz	6268,0 kHz
HF8	8414,5 kHz	8291,0 kHz	8376,5 kHz
HF12	12.577,0 kHz	12.290,0 kHz	12.520,0 kHz
HF16	16.804,5 kHz	16.420,0 kHz	16.695,0 kHz

Πίνακας 3 : Συχνότητες εργασίας στο σύστημα DSC
(πηγή Ταμπακάκης, 2017)

Δεν είναι στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας η περαιτέρω εξαντλητική αναφορά στις τεχνικές που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την ευρεία και πλήρη εκμετάλλευση του



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

συνόλου των δυνατοτήτων του συστήματος Ψηφιακής Επιλογικής Κλήσης επί των πλοίων. Ωστόσο κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν ορισμένα στοιχεία που θα βοηθήσουν τον αναγνώστη να αντιληφθεί την θεμελιώδη σημασία που αποδίδει σε κλήσεις DSC το σύγχρονο GMDSS :

α. Η εκπαίδευση του προσωπικού των πλοίων στην χρήση του συστήματος είναι πρωταρχικής σημασίας και ένα απαραίτητο προσόν, όπως θα αναλυθεί περαιτέρω στο Κεφάλαιο 6 της εργασίας αναφορικά με την σημασία του ανθρώπινο παράγοντα στην εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του GMDSS.

β. Αν και η ραδιοτηλεφωνία είναι από τις παλαιότερες μορφές επικοινωνίας στα πλοία και όσο και αν η τεχνολογική εξέλιξη προσφέρει πλέον υψηλές δυνατότητες αυτοματισμού, αποτελεί κατά την γνώμη μου ακόμα μια από τις πρώτες ενέργειες (αν όχι την πρώτη ενέργεια) στις οποίες θα προβεί το πλήρωμα προκειμένου να γνωστοποιήσει την κατάσταση ανάγκης στην οποία έχει περιέλθει και να αιτήσεται συνδρομή.

γ. Στον συνήθη πλου η χρήση της ραδιοτηλεφωνίας είναι ο μόνος τρόπος που θα ξεκαθαρίσει με τον πλέον έγκαιρο και σαφή τρόπο τις προθέσεις των άλλων πλοίων, θα επικοινωνήσει τις προθέσεις μας σε άλλα πλοία σχετικά με την κίνηση μας, θα ενημερώσει τις λιμενικές αρχές για την άφιξη μας κλπ.

δ. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των πομποδεκτών VHF και MF/HF :

Πομποδέκτες	<ul style="list-style-type: none">• Τυπική περιοχή συχνοτήτων 500 – 27.000 kHz (περίπου) για λήψη, μικρότερη για εκπομπή (πάνω από τα 1.600 kHz βάση
--------------------	--



MF / HF (κατά κανόνα μαζί με DSC και στις 2 περιοχές συχνοτήτων)	κανονισμών) <ul style="list-style-type: none">• Επικοινωνία φωνής (συνήθως half-duplex) με διαμόρφωση SSB (ή DSB)• Επικοινωνία δεδομένων (ραδιοτηλεγραφία) DSC με διαμόρφωση FSK και δυνατότητα αυτόματης μετάδοσης / λήψης τυποποιημένων μηνυμάτων.• Δυνατότητα αυτόματης μετάβασης στη συχνότητα 2182 kHz (κινδύνου)• Ισχύς περίπου στην περιοχή 100 – 500 W (εξαρτάται και από τους εθνικούς κανονισμούς)
Πομπодέκτες VHF (κατά κανόνα μαζί με DSC και στις 2 περιοχές συχνοτήτων)	<ul style="list-style-type: none">• Τυπική περιοχή συχνοτήτων 155 – 164 MHz (περίπου)• Επικοινωνία φωνής (συνήθως half-duplex) με διαμόρφωση FM (ή PM)• Επικοινωνία δεδομένων (ραδιοτηλεγραφία) DSC με διαμόρφωση FSK και δυνατότητα αυτόματης μετάδοσης / λήψης τυποποιημένων μηνυμάτων.• Δυνατότητα σάρωσης διαύλων και διαρκούς αυτόματης παρακολούθησης (watch) του διαύλου 16• Ισχύς περίπου στην περιοχή 1 – 25 W (εξαρτάται από τους εθνικούς κανονισμούς)

*Πίνακας 4 : Χαρακτηριστικά πομποδεκτών VHF – MF -HF
(πηγή Βαζούρας, ΣΝΔ, 2023)*

ε. Οι κανονισμοί που διέπουν την χρήση της ραδιοτηλεφωνίας και ειδικά του DSC, έχουν επεξεργαστεί στο υψηλότερο δυνατό επίπεδο και ενδεικτικά παρατίθενται τα ακόλουθα εγχειρίδια προς αναζήτηση περαιτέρω τεχνικών πληροφοριών :

1/ Recommendation ITU-R M.693-1 (03/2012) Technical characteristics of VHF emergency position-indicating radio beacons using digital selective calling

2/ Recommendation ITU-R M.493-15 (01/2019) Digital selective-calling system for use in the maritime mobile service

2.7 Αναμεταδότης Έρευνας Διάσωσης μέσω AIS



Τέλος, για λόγους πληρότητας, χρήζει μιας σύντομης αναφοράς το σύστημα Αυτόματης Αναγνώρισης Ταυτότητας πλοίων (Automatic Identification System -AIS), το οποίο ναι μεν δεν αποτελεί τμήμα του GMDSS αλλά συνεργάζεται με αυτό, καθώς μεταδίδει σημαντικές πληροφορίες για την ταυτότητα του πλοίου, την θέση του, τα κινηματικά του στοιχεία, πληροφορίες για τον λιμένα αναχώρησης και προορισμού, τον ρυθμό στροφής κ.α. Συνεπώς, το AIS ανήκει στα συστήματα αναγνώρισης και παρακολούθησης της θέσης και της κίνησης του πλοίου.

Μια έκδοση του συστήματος προορισμένη για ταυτόχρονη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων AIS αλλά και των δυνατοτήτων των δορυφορικού συστήματος COSPART-SART σε περίπτωση κινδύνου και ανάγκης, αποτελεί το AIS SART. Πρόκειται για συσκευή εντοπισμού θέσης (χειροκίνητης ή αυτόματης ενεργοποίησης) που λειτουργεί στις συνήθεις συχνότητες του συστήματος AIS (VHF 161.975 MHz και 162.025 MHz) και επιπλέον διαθέτει δυνατότητα εκπομπής δορυφορικού σήματος κατόπιν προσαρμογής του στον πομπό SART. Το μέσο εύρος εμβέλειας αναμετάδοσης του σήματος είναι από 5nm έως 8 nm (κατά την λειτουργία επίπλευσης στην επιφάνεια της θάλασσας), ενώ - κατά αναλογία με τον πομπό SART- διαθέτει συσσωρευτές με απαίτηση λειτουργίας διάρκειας 96 ωρών. (Φαφαλίας, 2023).

Σε περίπτωση ανάγκης μεταδίδεται στους δέκτες AIS των παραπλεόντων πλοίων σήμα το οποίο περιέχει τα εξής στοιχεία :

- α. Ένα συγκεκριμένο για κάθε AIS SART αποκλειστικό χαρακτηριστικό αριθμό αναγνώρισης (ID).
- β. Το στίγμα του κινδυνεύοντος πλοίου.
- γ. Την ώρα εκπομπής του σήματος κινδύνου.
- δ. Την απόσταση και την διόπτρευση του κινδυνεύοντος πλοίου.

Εάν δε η συσκευή AIS των λαμβανόντων το σήμα πλοίων, είναι προσαρμοσμένη και σε άλλες μονάδες (όπως ARPA, ECDIS), τότε τα εκπεμπόμενα στοιχεία που λαμβάνονται απεικονίζονται και στις οθόνες των μονάδων αυτών διευκολύνοντας σημαντικά τον εντοπισμό του στίγματος και την επιτάχυνση του χρόνου έναρξης ενεργειών Έρευνας και Διάσωσης. (Φαφαλίας, 2023).



3 Ναυτιλιακά Συστημάτων Επικοινωνιών στο Φυσικό Πεδίο

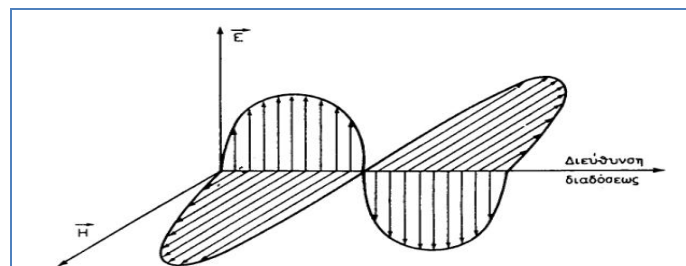
Στο παρόν Κεφάλαιο της εργασίας θα επιχειρηθεί μια επισκόπηση των παραγόντων οι οποίοι επιφέρουν (ή δύναται να επιφέρουν) αδυναμία επιχειρησιακής εκμετάλλευσης ή σημαντική υποβάθμιση στην απόδοση των συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών και οι οποίοι σχετίζονται με το Φυσικό Περιβάλλον λειτουργίας αυτών.

Με τον ορισμό "Φυσικό Περιβάλλον" λειτουργίας των συστημάτων ναυτικών επικοινωνιών, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και μόνο, θα θεωρήσουμε τις παραμέτρους εκείνες που σχετίζονται με τα ακόλουθα τρία βασικά πεδία :

- α. Την γεωγραφία της περιοχής.
- β. Τις συνθήκες διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- γ. Την υλικοτεχνική υποδομή των πλοίων και τους περιορισμούς που απορρέουν από την κατασκευαστική δομή αυτών, που θα εξεταστεί στο επόμενο Κεφάλαιο.

3.1 Γενικά περί ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα αποτελείται από ένα παλλόμενο ηλεκτρικό και ένα παλλόμενο μαγνητικό πεδίο, των οποίων οι διευθύνσεις είναι κάθετες μεταξύ τους. Η δε διεύθυνση διάδοσης ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι κάθετη προς τις διευθύνσεις των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού (H) και ηλεκτρικού (E) πεδίου. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά την διάδοσή τους στην ατμόσφαιρα δεν διαδίδονται ευθύγραμμα και ομαλά, αλλά υφίστανται μεταβολές στην ταχύτητα διάδοσης, κάμψη και εξασθένιση (ανάλογες και εξαρτώμενες από την συχνότητα τους).



Εικόνα 10: Ηλεκτρομαγνητικό κύμα
(Πηγή Παλληκάρης, 1995)



**‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’**

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ζώνες συχνοτήτων, οι αντίστοιχες ονομασίες που έχουν αποδοθεί σε αυτές κατά την Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) καθώς και η χρήση κάθε μιας εξ αυτών στις ασύρματες επικοινωνίες.

Ζώνη στανότητας (κατώτερο όριο μη περιλαμβανόμενο)	Μήκος κύματος	Ονομασία στανότητας (κυμάτων)	Σύμβολα στην αγγλική	Χαρακτηρισμός κυμάτων	Υπηρεσία
3–30 kHz	100–10 km	Πολύ χαμηλή (μυριομετρικά)	V L F Very Low Frequency	–	Συστήματα πλοηγώσεως, Sonar
30–300 kHz	10–1 km	Χαμηλή (χιλιομετρικά)	L F Low Frequency	Μακρά	Ραδιοφάροι, βοηθήματα πλοηγώσεως
300–3000 kHz	1 km–100 m	Μέση (εκατομετρικά)	M F Medium Frequency	Μεσαία	Ραδιοφωνία AM, ραδιοεπικοινωνίες ναυσιπλοΐας
3–30 MHz	100–10 m	Υψηλή (δεκαμετρικά)	H F High Frequency	Βραχεία	Τηλεφωνία, τηλεγράφος, τηλεμοιροτυπία, ραδιοφωνία, επικοινωνίες μεταξύ πλοίων – αεροπλάνων και σταθμών εδάφους
30–300 MHz	10–1 m	Πολύ υψηλή (μετρικά)	V H F Very High Frequency	Υπερβραχεία	Τηλεόραση, ραδιοφωνία FM, συστήματα εναέριας κυκλοφορίας, Ζώνη Ραδιοφώνου Πολιτών (CBS)
300–3000 MHz	100–1 cm	Εξαιρετικά υψηλή (δεκατομετρικά)	U H F Ultra High Frequency	Μικροκύματα	Τηλεόραση, δορυφορικές επικοινωνίες, συστήματα ραντάρ, κινητές επικοινωνίες
3–30 GHz	10–1 cm	Υπερυψηλή (εκατοστομετρικά)	S H F Super High Frequency	Μικροκύματα	Ραντάρ, μικροκυματικές επικοινωνίες, δορυφορικές ζεύξεις, κινητές επικοινωνίες κοινού φέροντος
30–300 GHz	10–1 mm	Υπερβολικά υπερυψηλή (χιλιοστομετρικά)	E H F Extremely High Frequency	–	Ραντάρ, πειραματικές επικοινωνίες ευρείας ζώνης, μελλοντικά εμπορικά συστήματα ευρείας ζώνης
300–3000 GHz	0,7–10 mm	Δεκατοχιλιοστομετρικά	unamed	–	Υπό έρευνα

*Πίνακας 5 : Κατανομή ζωνών (bands) συχνοτήτων
(Πηγή Παλληκάρης, 1995)*

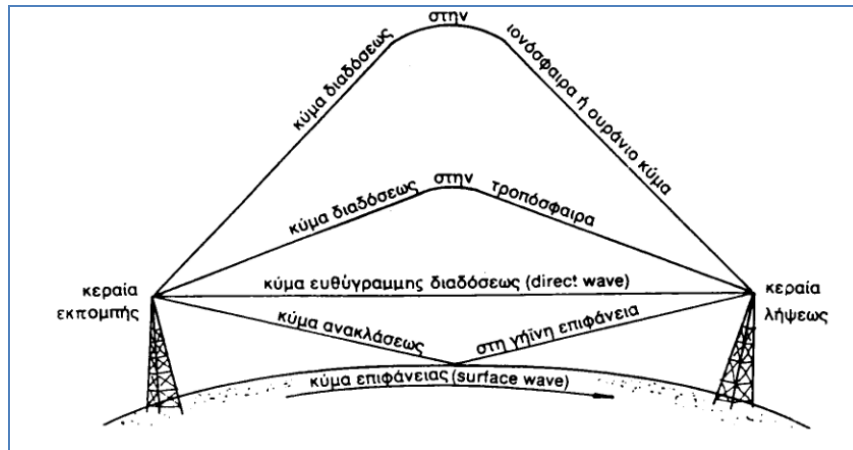
Η διάδοση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος από τον πομπό στον δέκτη μπορεί να ακολουθήσει αρκετές "διαδρομές" ανάλογα με την συχνότητα εκπομπής, τις επικρατούσες ατμοσφαιρικές / ιονοσφαιρικές συνθήκες στο μέσο διάδοσης και (στην περίπτωση μας) την τιμή της αγωγιμότητας του θαλασσίου περιβάλλοντος. Ενδεικτικά ορισμένες από τις "διαδρομές" αυτές απεικονίζονται στη ακόλουθη εικόνα 11 και σε γενικές γραμμές κατηγοριοποιούνται στις ακόλουθες δυο κατηγορίες :

α. **Κύμα εδάφους** (ground wave), στην οποία κατηγορία περιλαμβάνεται το κύμα επιφανείας, το κύμα ευθύγραμμης διάδοσης και το κύμα ανακλάσεως στην γήινη επιφάνεια.

β. **Ουράνιο κύμα** (sky wave), στην οποία κατηγορία εντάσσεται το κύμα διάδοσης στην τροπόσφαιρα και το κύμα διάδοσης στην ιονόσφαιρα.



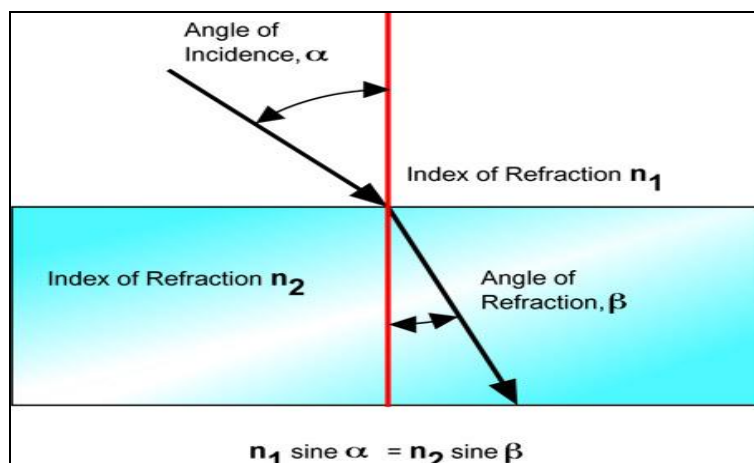
‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’



Εικόνα 11 : Τρόποι διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων
(Πηγή Παλληκάρης, 1995)

3.2 Ανάλυση διάδοσης κύματος εδάφους

Όπως όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έτσι και αυτά που βρίσκουν κατά κόρον χρήση στις επικοινωνίες στο θαλάσσιο περιβάλλον, υπόκειται στους νόμους της φυσικής και πιο συγκεκριμένα στους νόμους ανάκλασης του φωτός. Μια σημαντική αρχή είναι αυτή της **διάθλασης**, όπου ανάλογα με την συχνότητα εκπομπής και τον βαθμό (πυκνότητα) ιονισμού της ατμόσφαιρας, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κάμπτουν τα κοίλα προς την επιφάνεια της Γης κατά την διάδοσή τους (εικόνα 12).



Εικόνα 12 : Διάθλαση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
(Πηγή https://learnfromphysics.blogspot.com/2011/10/blog-post_20.html)

Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά την διάθλαση που παρουσιάζουν κατά την διάδοση τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, συγκρατούμε τα ακόλουθα σημεία ενδιαφέροντος :



α. Τα κύματα συχνοτήτων από 300 Mhz έως 3 Ghz (δηλαδή οι συχνότητες UHF), υφίστανται την μικρότερη διάθλαση και θεωρούμε ότι διαδίδονται σχεδόν ευθύγραμμα.

β. Τα ραδιοκύματα χαμηλής συχνότητας (LF) λόγω της διαθλάσεως κατά την κίνηση τους ακολουθούν την καμπυλότητα της Γης.

γ. Τα ραδιοκύματα υψηλών συχνοτήτων (ζώνες συχνοτήτων VHF - SHF), κατά την διάδοση τους και ένεκα της διάθλασης στην τροπόσφαιρα, ακολουθούν διαδρομή που αντιστοιχεί το τόξο κύκλου ακτίνας μεγαλύτερου και από την ακτίνα της Γης. (Συγκριμένα $R(\text{ακτίνας ηλεκτρομαγνητικού κύματος}) = 4/3 * (R \text{ ακτίνας Γης})$).

Σε πρακτικό επίπεδο, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διαθλάσεως του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο θαλάσσιο περιβάλλον, αποτελεί η διάθλαση που παρατηρείται όταν η εκπεμπόμενη από ένα πλοίο ακτινοβολία διασχίζει την ακτογραμμή. Το φαινόμενο εξηγείται από την διαφορετική τιμή δείκτη διαθλάσεως της ατμόσφαιρας πάνω από την ξηρά και πάνω από την θάλασσα και είναι γνωστό ως **παράκτια διάθλαση**.

Παρατίθεται στο σημείο αυτό ο ορισμός του συντελεστή διαθλάσεως και συγκεκριμένα : “Ο συντελεστής διαθλάσεως n (refractive index) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα, ορίζεται ως ο λόγος της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό C_0 προς την ταχύτητα διαδόσεως τους στο συγκεκριμένο περιβάλλον c ” (Παλληκάρης, σελ 13).

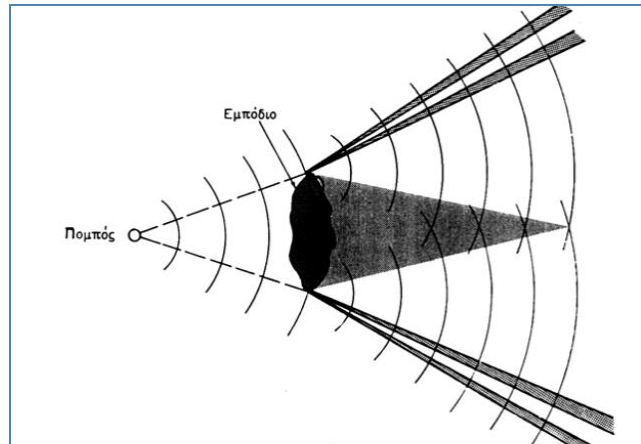
$$n = \frac{C_0}{c}$$

Σε ορισμένες περιπτώσεις η παράκτια διάθλαση είναι δυνατόν να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στις επικοινωνίες κατηγορίας Ship-to-Shore (και βέβαια της αντίστροφης διαδρομής), οι οποίες εκ πρώτης όψεως δεν θα ήταν αναμενόμενες από την απόσταση σταθμού και δέκτη. (Παλληκάρης, σελ 14).

Μια άλλη σημαντική αρχή της διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που πρέπει να λάβει υπόψη ο ναυτίλος, είναι το φαινόμενο της **περίθλασης**. Κατά την διάδοση του ραδιοκύματος (εφόσον υπάρχει κάποιο εμπόδιο στην διαδρομή του) θα προκύψει ή ανάκλαση ή απορρόφηση του από το εμπόδιο. Σε κάθε περίπτωση θα έχει δημιουργηθεί μια ζώνη σκιάς πίσω από το εμπόδιο, στην οποία ζώνη δεν θα φτάνει το σύνολο της ισχύος εκπομπής, αποποιούμενο βέβαια κατά την απόσταση. Αυτό εκ πρώτης όψεως φαντάζει ως ένα ανυπέβλητο πρόβλημα, ωστόσο αποδεικνύεται ότι λόγω της



περίθλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε αυτόν τον τομέα σκιάς θα καταλήξει κάποιο ποσοστό της εκπεμπόμενης ενέργειας, είτε από δευτερεύοντες λοβούς είτε από τα άκρα του εμποδίου (αρχή του Huygens)⁷. Η δε περίθλαση θα είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας του εκπεμπόμενου κύματος.



Εικόνα 13 : Περίθλαση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων
(Πηγή Παλληκάρης, 1995)

Η προαναφερθείσα αρχή της περίθλασης είναι άμεσα εξαρτώμενη από το είδος και την φύση του εμποδίου το οποίο συναντά η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κατά την διαδρομή της, ωστόσο υπάρχουν όρια στην δυνατότητα υπερκέρασης του εμποδίου τα οποία θέτουν οι διαστάσεις αυτού (π.χ. νησί).

Σε συνέχεια της αρχής της περίθλασης, και με «συμπληρωματικές ιδιότητες» ως προς αυτήν, δυο ακόμα βασικές αρχές στην διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι η αρχές της **εξασθένισης** και της **ανάκλασης**.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά την διάδοση τους στον χώρο κατανέμονται σε σφαιρική επιφάνεια με κέντρο αυτής τον πομπό και συναφώς η ένταση τους υφίσταται μια εξασθένιση αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης.

$$\text{Απόσταση σε km} = 4,22 \cdot \left[\sqrt{T_x(m)} + \sqrt{R_x(m)} \right]$$

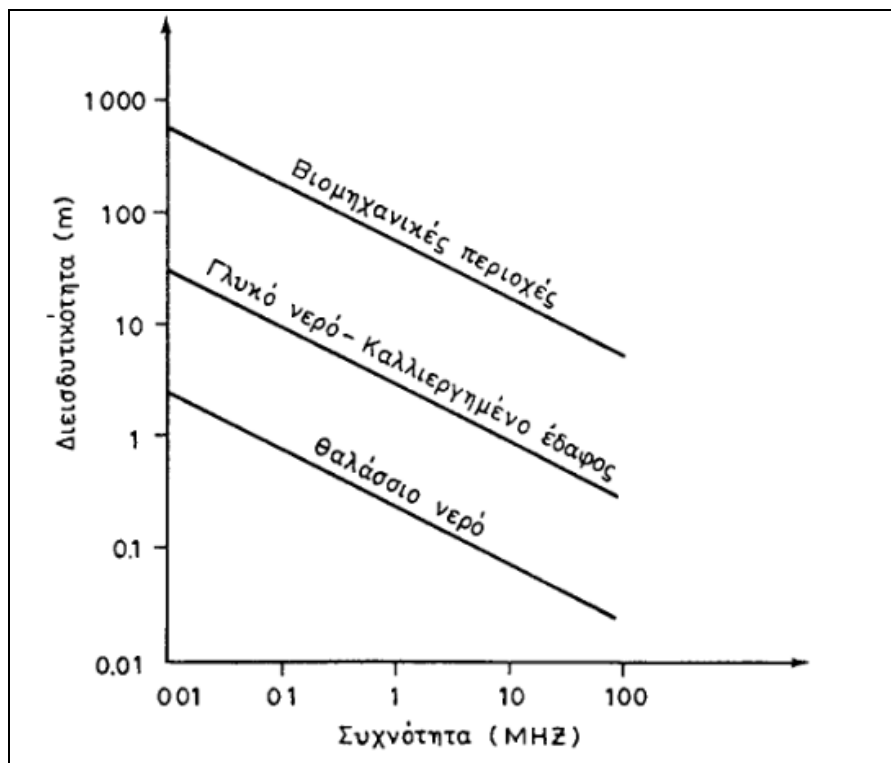
όπου T_x = πομπός, R_x = δέκτης και m = μέτρα.

⁷ Διατυπώθηκε αρχικά από τον Ολλανδό φυσικό Christian Huygens και συμπληρώθηκε αργότερα από τον Γάλλο φυσικό Augustin-Jean Fresnel.



Ταυτόχρονα, σχεδόν όλα τα υλικά, έχουν την ιδιότητα να απορροφούν ένα μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και να **ανακλούν** ένα άλλο μέρος της, με αποτέλεσμα μια επιπλέον εξασθένηση της ισχύος. Σε γενικές γραμμές ισχύει ότι ένας κακός αγωγός της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας προκαλεί μεγαλύτερη απορρόφηση ενέργειας άρα και εξασθένηση της ισχύος αυτής. Επιπλέον όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, τόσο μικρότερη απορρόφηση ενέργειας παρατηρείται. Στην περίπτωση του θαλάσσιου περιβάλλοντος ο λόγος της απορρόφησης ισχύος ως προς την ισχύ διάθλασης σχετίζεται ξεκάθαρα με την τιμή της αγωγιμότητας της θάλασσας.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρατίθεται η αγωγιμότητα διαφόρων κατηγοριών γήινης επιφάνειας (Παλληκάρης, 1995, σελ 17).



Εικόνα 14: Αγωγιμότητα περιοχών γήινης επιφάνειας
(Πηγή Παλληκάρης, 1995)

Από το ανωτέρω διάγραμμα προκύπτει ότι το θαλασσινό νερό είναι καλός αγωγός της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, καθώς παρουσιάζει υψηλή αγωγιμότητα άρα μικρή απορρόφηση ενέργειας. Συνεπώς, συμπεραίνουμε ότι η **ανάκλαση** στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι ένας "σύμμαχος" στον τομέα των ραδιοεπικοινωνιών (τουλάχιστον σε σχέση με τη αγωγιμότητα των άλλων κατηγοριών της γήινης επιφάνειας).



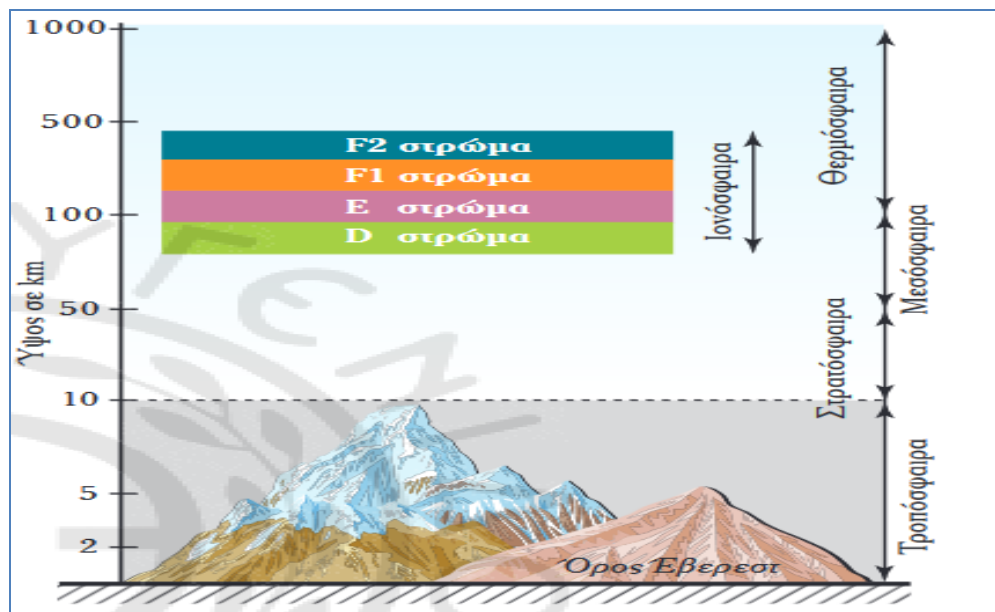
3.3 Ανάλυση Ιονοσφαιρικής διάδοσης

Όλες οι προαναφερθείσες ιδιότητες των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων απεδείχθη ότι έχουν ιδιαίτερη σημασία όταν εξετάζουμε το κύμα εδάφους, ωστόσο όταν μετακινηθούμε στην ζώνη της ιονοσφαιρικής διάδοσης (ουράνιο κύμα) αξίζει να αναφερθούμε και σε ορισμένες επιπλέον σημαντικές ιδιότητες που παρουσιάζονται.

Κατά αρχήν η σημασία της ιονοσφαιρικής διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι καθοριστική στην επίτευξη των επικοινωνιών, καθώς εν τη απουσία αυτής το πιθανότερο είναι οι εκπομπές αντί να φτάσουν (ανακλώμενες ή διαθλώμενες) σε κάποιο άλλο σημείο στην επιφάνεια της Γης να διέφυγαν προς το διάστημα.

Χωρίς να είναι στις προθέσεις του συντάκτη η εξαντλητική ανάλυση της σύστασης και των ιδιοτήτων της ιονόσφαιρας (καθώς οι πληροφορίες είναι εύκολο να αναζητηθούν σε άλλες πηγές), κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν ορισμένα πεδία που θα βοηθήσουν στην κατανόηση της ιονοσφαιρικής διάδοσης.

Σε κάθε ιονοσφαιρικό στρώμα (εικόνα 15) παρατηρείται μια αύξηση του ιονισμού⁸, ο οποίος αφού λάβει μια μέγιστη τιμή στην συνέχεια ελαττώνεται.



Εικόνα 15: Ιονοσφαιρικά στρώματα
(Πηγή Ταμπακάκης, 2017)

⁸ Είναι η περιεκτικότητα του στρώματος σε ιόντα, οφειλόμενα στην ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας - Ωστόσο ο ιονισμός στρωμάτων είναι ένας πολύπλοκος μηχανισμός πολλών παραγόντων και σε καμία περίπτωση δεν περιορίζεται στην παρουσία ή όχι του Ήλιου.



Η αντίστοιχη μεταβολή του συντελεστή διαθλάσεως ακολουθεί την αντίστροφη μεταβολή της τιμής ιονισμού, αφού αρχικά μειώνεται μέχρι μια ελάχιστη τιμή και ακολούθως αυξάνεται. Ανάλογα με την γωνία προσπτώσεως στο ιονοσφαιρικό στρώμα, τα ραδιοκύματα διαθλώνται και ακολουθούν διαδρομές ως αναφέρθηκε σε εικόνα 11, χωρίς να παραγνωρίζεται ότι υφίσταται άμεση εξάρτηση της διαδρομής αυτής από την συχνότητα εκπομπής. Όταν ένα ραδιοκύμα εκπέμπεται κάθετα προς τα ιονοσφαιρικά στρώματα, η υψηλότερη συχνότητα στην οποία μπορεί να εμφανισθεί ανάκλαση σε ένα συγκεκριμένο στρώμα της ιονόσφαιρας ονομάζεται **κρίσιμη συχνότητα** του συγκεκριμένου ιονοσφαιρικού στρώματος.

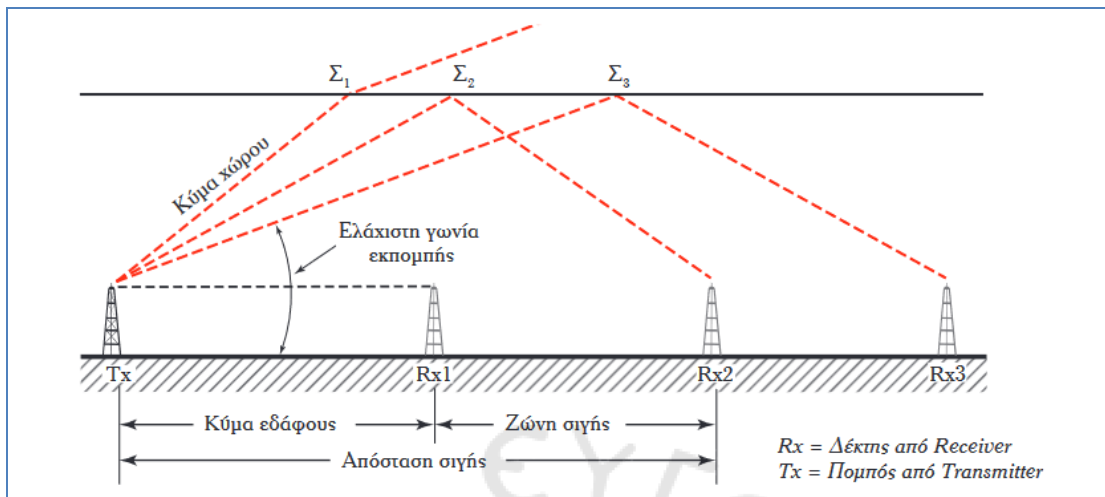
Ωστόσο η παράμετρος που επιτρέπει στην πραγματικότητα την αποκατάσταση επικοινωνίας σε μεγάλες αποστάσεις, είναι η **κρίσιμη γωνία** του ραδιοκύματος. Αυτή ορίζεται «ως η γωνία της εκπομπής ακτινοβολίας η οποία μειούμενη σταδιακά θα φθάσει σε μία γωνία όπου θα εμφανισθεί το φαινόμενο της ανακλάσεως» (Ταμπακάκης, 2017, σελ 32). Τα ραδιοκύματα που εκπέμπονται με ακόμη μικρότερη γωνία εκπομπής (σε σχέση με την κρίσιμη γωνία) θα ανακλώνται και θα καλύπτουν ακόμη μεγαλύτερες αποστάσεις. Μια ακόμη χρήσιμη απόσταση όσον αφορά την ιονοσφαιρική διάδοση των ραδιοκυμάτων, είναι η **απόσταση σιγής** που αντιπροσωπεύει την ελάχιστη απόσταση στην οποία μπορεί να φθάσει ένα κύμα χώρου μιας συγκεκριμένης συχνότητας μετά από ανάκλαση στην ιονόσφαιρα. Μέσα σ’ αυτήν τη ζώνη η διάδοση του ουράνιου κύματος είναι πολύ αδύναμη και αν υπήρχε δέκτης εντός αυτής της περιοχής θα ελάμβανε ένα πάρα πολύ εξασθενημένο σήμα (ουσιαστικά μη εκμεταλλεύσιμο σήμα).

Πέρα από τα προαναφερθέντα, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την διάδοση του ουράνιου κύματος και έχουν (περισσότερο ή λιγότερο) μια γεωγραφική ή τοπική διάσταση. Για παράδειγμα, το μέγεθος (τιμή) του ιονισμού κάθε στρώματος της ιονόσφαιρας είναι σχετικό και εξαρτάται από την ώρα της ημέρας και την εποχή, από το γεωγραφικό πλάτος που ευρίσκεται η πηγής εκπομπής και από την περίοδο του κύκλου των ηλιακών κηλίδων (Ταμπακάκης, 2017, σελ 34). Συνεπώς οι μεταβολές της ιονόσφαιρας, σε κάποιο βαθμό είναι περιοδικές (ομαλές) άρα και εύκολα προβλέψιμες, αλλά και κάποιες άλλες είναι ακανόνιστες (χαρακτηρίζονται ως ανώμαλες) και αδύνατον να προβλεφθούν. Για παράδειγμα, φαινόμενα που συχνά αναφέρονται σαν **ιονοσφαιρικές θύελλες** (με διάρκεια από λίγα λεπτά έως πολλές ώρες) μπορεί να προκαλέσουν ολοκληρωτική διακοπή των επικοινωνιών λόγω απότομων εκρήξεων στην επιφάνεια του



Ήλιου και συνεπακόλουθα μια πολύ μεγάλη αύξηση του ιονισμού όλων των στρωμάτων της ιονόσφαιρας.

Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζονται οι προαναφερθείσες αποστάσεις και η σχετική θέση τους ως προς τον πομπό και δέκτες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.



Εικόνα 16 : Διάδοση Ιονοσφαιρικού κύματος
(Πηγή Ταμπακάκης, 2017)

Στις επόμενες παραγράφους θα παρατεθούν συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά κάθε ζώνης συχνοτήτων (frequency bands) με έμφαση όμως, αφενός σε αυτές τις ζώνες που χρησιμοποιούνται στις ναυτικές επικοινωνίες και αφετέρου στον βαθμό που αυτές εμφανίζουν τις ιδιότητες διάδοσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προαναφέρθηκαν. Ο τελικός σκοπός θα είναι ο εντοπισμός τυχόν ισχυρών σημείων ή αδυναμιών εκάστης ζώνης συχνοτήτων στο πρακτικό πεδίο.

α. **LF/VLF** : Παρότι η εξασθένισή του κύματος κατά τη διαδρομή του είναι μεγάλη, η εμβέλεια διάδοσης του κυμαίνεται έως και τα 2000 νμ. Αυτές οι αποστάσεις μπορούν να επιτευχθούν με μεγάλες κεραίες εκπομπής και μεγάλη ισχύ πομπού, συνεπώς η ζώνη των LF/VLF βρίσκει επιχειρησιακή χρήση κατά βάση σε στρατιωτικές επικοινωνίες.

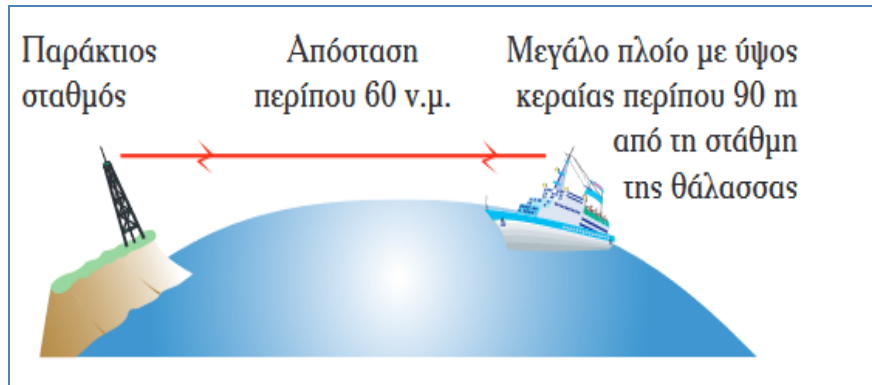
β. **MF** : Η ένταση των κυμάτων εδάφους στην ζώνη συχνοτήτων MF είναι πολύ μεγάλη, που σημαίνει ότι διατρέχουν μεγάλες αποστάσεις. Η απόσταση που διανύουν πάνω από τη θάλασσα πλησιάζει τα 500 νμ, υφίστανται όμως όλες τις μεταβολές που μπορεί να υποστεί ένα κύμα εδάφους και μάλιστα ισχυρά. Λόγω της μεταβλητότητας



της τροπόσφαιρας (μετεωρολογικές συνθήκες) και των ανωμαλιών του ανάγλυφου πάνω από την ξηρά η εμβέλειά του κύματος MF στην πράξη μειώνεται αισθητά.

γ. **HF** : Απεδείχθη στις προηγούμενες παραγράφους ότι στα υψηλής συχνότητας κύματα η ιονόσφαιρα διαδραματίζει τον πρωταρχικό ρόλο όσον αφορά τις συνθήκες διάδοσης, την εμβέλεια και την εξασθένηση ισχύος. Η διάδοση των υψίσυχνων συχνοτήτων φθάνει σε μεγάλες αποστάσεις εξαιτίας της ανακλάσεως των κυμάτων χώρου στην ιονόσφαιρα, ενώ το κύμα εδάφους της αντίστοιχης συχνότητας αποσβένεται πιο γρήγορα σε σύγκριση με την απόσταση που διανύει το ανακλώμενο ουράνιο σήμα. Η ισχύς του σήματος στον δέκτη εξαρτάται τις συνθήκες της ιονόσφαιρας, τη συχνότητα εκπομπής και την εποχή / ώρα της περιοχής.

δ **VHF / UHF** : Αμφότερες αυτές οι ζώνες συχνοτήτων διαδίδονται στην τροπόσφαιρα με απευθείας κύματα (οπτικής ευθείας από πομπό σε δέκτη) και επειδή αυτές οι ζώνες είναι οι κατεξοχήν συχνότητες εργασίας του DSC αποτελούν συχνότητες ιδιαίτερου ενδιαφέροντος στις ναυτικές επικοινωνίες. Η απορρόφηση αυτών των κυμάτων από το έδαφος είναι ισχυρότατη, άρα το επιφανειακό κύμα είναι αμελητέο και αδύνατον να χρησιμοποιηθεί. Η ιονοσφαιρική ανάκλαση για τις συχνότητες VHF είναι ανύπαρκτη, άρα μόνο με το κύμα οπτικής ευθείας γίνεται η επικοινωνία πομπού και δέκτη (line of sight), οπότε και το ύψος που ευρίσκεται έκαστη κεραία αποτελεί βασικό παράγοντα που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Στην πράξη μία αναμενόμενη απόσταση καλής και αξιόπιστης επικοινωνίας μεταξύ πλοίων σε συχνότητα VHF υπολογίζεται μέχρι 15 έως 20 νμ. Κατά βάση η επικοινωνία ενός παράκτιου σταθμού με τα πλοία είναι μεγαλύτερης εμβέλειας σε σχέση με την ship-to-shore εμβέλεια, επειδή οι παράκτιοι σταθμοί έχουν τις κεραίες τους σε υψηλές κορυφές βουνών, χωρίς εμπόδια και διαθέτουν πομπούς μεγαλύτερης ισχύος. Σε μια τέτοια περίπτωση η απόσταση επικοινωνίας shore-to-ship πρέπει να αναμένεται ότι θα φτάνει έως και τα 80 νμ. (ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες), ενώ η αντίστροφη ship-to-shore εμβέλεια ενδεχομένως να ανέρχεται στο ήμισυ αυτής.



Εικόνα 17: Οπτική επαφή σε συχνότητα VHF
(Πηγή Ταμπακάκης, 2017)

ε. **SHF** : Λόγω του γεγονότος ότι η δορυφορική επικοινωνία επιτυγχάνεται με συχνότητες της ζώνης Super High Frequency (SHF), η επιχειρησιακή χρησιμότητα, οι αδυναμίες και τα ισχυρά σημεία της ζώνης αυτής θα αναλυθούν σε επόμενο Κεφάλαιο της εργασίας.

3.4 Επιμέρους Συμπεράσματα

Σε συνέχεια της προηγηθείσας ανάλυσης και προσπαθώντας να αποδώσουμε τώρα μια πιο πρακτική διάσταση στην εκμετάλλευση, αλλά κυρίως στις αδυναμίες - προβλήματα της ιονοσφαιρικής διάδοσης των ραδιοκυμάτων στις επικοινωνίες του σύγχρονου ναυτικού, αξίζει να συγκερατηθούν τα ακόλουθα σημεία :

α. Η επήρεια της ιονόσφαιρας στις ναυτικές επικοινωνίες είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της τροπόσφαιρας, ωστόσο η ακριβής εκτίμηση της διαδρομής της ιονοσφαιρικής διάδοσης στον χώρο απαιτεί την γνώση ιδιαίτερων παραμέτρων (π.χ συντελεστή διαθλάσεως, στρώματα ιονισμού ατμόσφαιρας κλπ).

β. Οι επικρατούσες συνθήκες στην ιονόσφαιρα μεταβάλλονται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ενώ επιπλέον εμφανίζονται και μεταβολές που οφείλονται στις αλλαγές της ενεργειακής καταστάσεως του Ήλιου (περιοδικές ή μη περιοδικές).

γ. Όσο μεγαλώνει η συχνότητα εκπομπής, αυξάνονται και οι απαιτήσεις για μεγαλύτερη τιμή ιονισμού στο στρώμα της ιονόσφαιρας, ώστε να μπορέσει το κύμα να ανακλαστεί (δηλαδή να ανέλθει η συχνότητα εκπομπής σε τιμή μεγαλύτερη από την κρίσιμη συχνότητα).

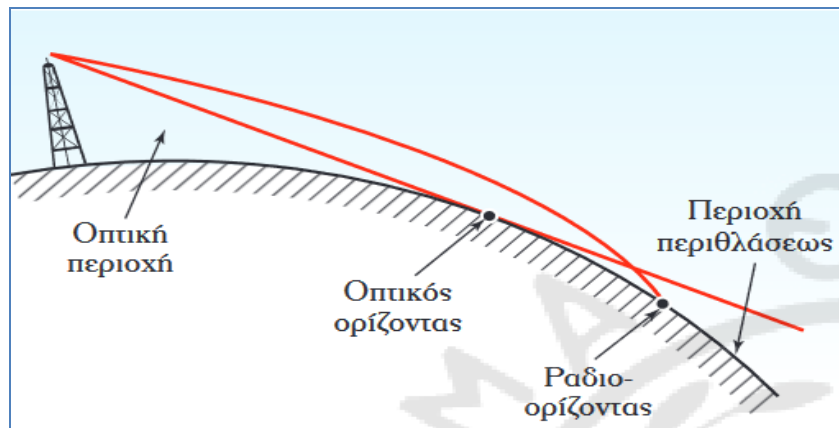
δ. Όταν ο χρήστης επιθυμεί αποκατάσταση επικοινωνίας σε μεγάλη απόσταση στην ζώνη συχνοτήτων HF, μια κατάλληλη μεθοδολογία είναι να επιλεγεί ο συντονισμός



του δέκτη σε μία συχνότητα με στενό εύρος (Single Side Band – SSB). Στη ζώνη όπου θα εντοπιστεί ένα ισχυρό σε ένταση σήμα, σημαίνει ότι αυτή είναι η καλύτερη ζώνη επικοινωνίας και αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

ε. Ο χρήστης των βραχέων ραδιοκυμάτων (υψηλής συχνότητας) πρέπει να λάβει υπόψη του ότι η ιονοσφαιρική διάδοση σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να εμφανίσει μη ομαλή συμπεριφορά, καθώς η λήψη μπορεί να είναι καλύτερη στην κατεύθυνση ξηράς-πλοίου (σε σχέση με την αντίθετη κατεύθυνση πλοίου-ξηράς).

στ. Όσον αφορά τα μικροκύματα (ζώνη Ultra High Frequency – UHF) συγκρατούμε ότι με τον τρόπο που διαδίδεται, αποσβένεται πολύ σύντομα και οι αποστάσεις που προλαβαίνει να διατρέξει είναι μικρές. Μια καλή πρακτική που θα πρέπει να εφαρμόζεται απαραίτητα στα πλοία είναι ο εκ των προτέρων υπολογισμός του ραδιοορίζοντα, ώστε να εκτιμηθεί ποια θα είναι η μέγιστη απόσταση αποκατάστασης επικοινωνίας.



Εικόνα 18 : Συγκριτική απεικόνιση οπτικού ορίζοντα και ραδιοορίζοντα
(Πηγή Παλληκάρης, 1995)

Ένας γρήγορος και πρακτικός τρόπος με τον οποίο είναι εφικτό να υπολογισθεί η μέγιστη απόσταση διάδοσης ενός σήματος στην ζώνη συχνοτήτων UHF όταν είναι γνωστά τα ύψη των κεραιών πομπού (Tx) και δέκτη (Rx), είναι με την χρήση του παρακάτω τύπου:

$$\text{Απόσταση σε km} = 4,22 \cdot \left[\sqrt{T_x(m)} + \sqrt{R_x(m)} \right]$$

όπου Tx = πομπός, Rx = δέκτης και m = μέτρα.

(Η μετατροπή της απόστασης από Km
σε Ναυτικά Μίλια γίνεται με την
χρήση του τύπου 1 χιλιόμετρο = 0.54 ναυτικά μίλια)



4 Συστήματα Επικοινωνιών και Υλικοτεχνική Υποδομή Πλοίων

Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιαστούν οι απαιτήσεις σε τεχνικό επίπεδο (εγκατάσταση - συνδεσμολογία) αλλά και οι απαιτήσεις σε επίπεδο χειρισμού των συσκευών που συνθέτουν το σύστημα GMDSS στα πλοία. Πρέπει στο σημείο αυτό να τονισθεί ότι οι απαιτήσεις αυτές είναι σαφώς καταγεγραμμένες σε αναγνωρισμένα διεθνή πρότυπα⁹ που έχουν εκδώσει θεσμικοί οργανισμοί (IMO, ITU, WWNWS κλπ). Είναι αυτονόητο ότι οι ναυπηγοί στο στάδιο της κατασκευής του σκάφους, οι κατασκευαστές των συστημάτων στο στάδιο του εξοπλισμού αυτού και οι επιθεωρητές/νηογνωμονες καθόλο τον λοιπό επιχειρησιακό βίο του πλοίου, υποχρεούνται σε τακτικό και έκτακτο έλεγχο της καλής απόδοσης των σχετικών συστημάτων και παρέχουν τα απαραίτητα πιστοποιητικά για την πλεύση σε περιοχές που απαιτείται συμμόρφωση του πλοίου κατά GMDSS.

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να διευκρινιστεί ότι οι θαλάσσιες περιοχές GMDSS εξυπηρετούν δύο σκοπούς:

- α. Να περιγράψουν περιοχές όπου υπάρχουν διαθέσιμες υπηρεσίες GMDSS,
- β. Να καθορίσουν τον ραδιοεξοπλισμό GMDSS που πρέπει να φέρουν τα πλοία.

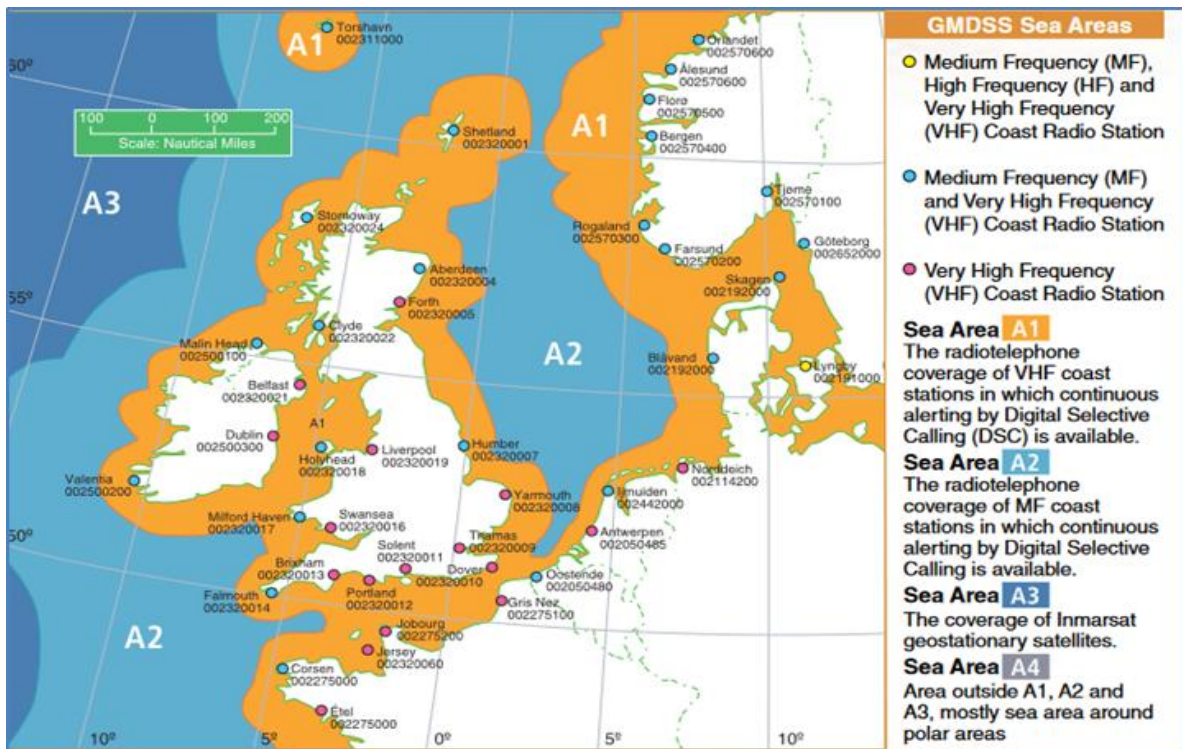
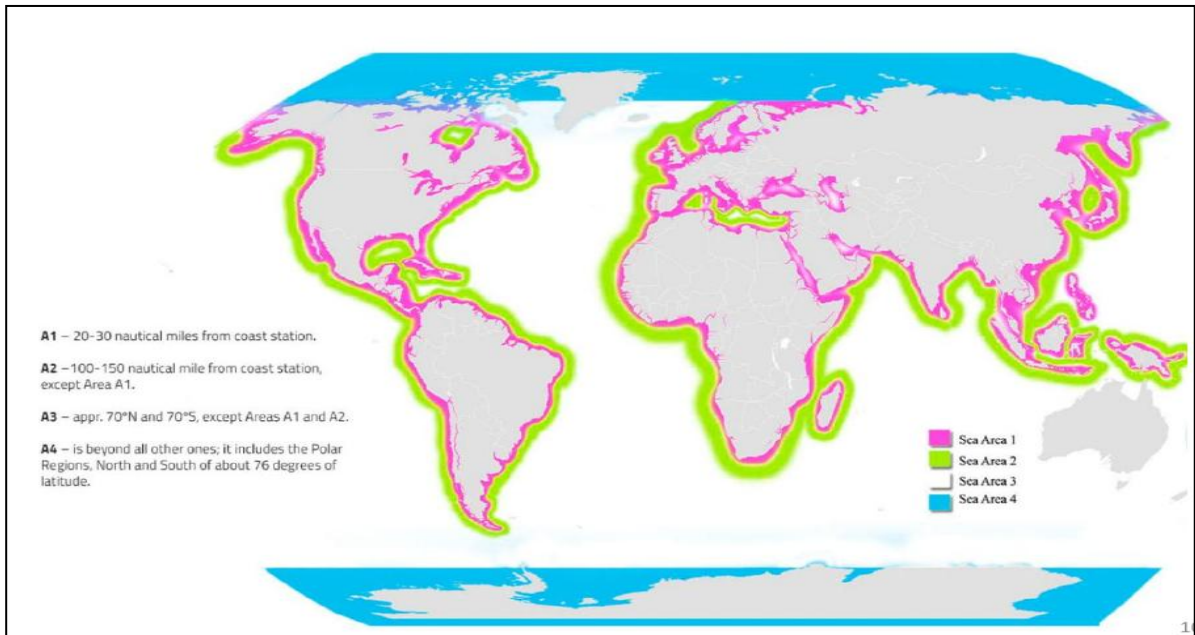
Πριν από το GMDSS, ο αριθμός και ο τύπος του ραδιοεξοπλισμού που έπρεπε να φέρουν τα πλοία εξαρτιόταν από τη χωρητικότητα τους. Με το GMDSS, ο αριθμός και ο τύπος του εξοπλισμού ασφαλείας που πρέπει να μεταφέρουν τα πλοία εξαρτώνται από τις περιοχές GMDSS στις οποίες ταξιδεύουν. (Φαφαλός, 2023)

Έτσι η υδρόγειος έχει χωριστεί σε τέσσερις περιοχές A1, A2, A3 και A4 που παρουσιάζονται στην ακόλουθη εικόνα (άνω μέρος), ενώ στην ίδια εικόνα στο κάτω μέρος παρουσιάζονται οι απαιτήσεις GMDSS ειδικά για την περιοχή της Βόρειας Ευρώπης :

⁹ (IEC πρότυπα 61162, Διαχείριση Προειδοποιήσεων Γέφυρας (BAM), Ψηφίσματα A.811(19), MSC.252(83) και MSC.302(87); κατευθυντήρια γραμμή SN.1/Circ.288; διεθνή πρότυπα IEC 62940, IEC 61924-2 και IEC 62923).



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’



Εικόνα 19: Παγκόσμιες (άνω) και Βορειοευρωπαϊκές (κάτω) περιοχές GMDSS (πηγή Furuno manual GMDSS)

Το ερώτημα λοιπόν το οποίο θα επιχειρηθεί να εξεταστεί σε αυτό το μέρος της εργασίας είναι εάν κατά τον συνήθη πλου ή σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης στο πλοίο μπορούν να υπάρξουν περιπτώσεις αστοχίας ενός ή περισσότερων εκ των εγκατεστημένων



συστημάτων επικοινωνιών. Ειδικότερα θα αναζητηθούν ενδεχόμενα αστοχίας ή αδυναμίες χρήσης δυνατοτήτων που αφορούν την διαβίβαση σημάτων ανάγκης και κινδύνου. Για την προσέγγιση του ζητήματος θα καταγραφούν οι τεχνικές απαιτήσεις των συστημάτων που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2, ενώ τα επιμέρους συμπεράσματα που καταγράφονται θα αναλυθούν διεξοδικά στο σχετικό Κεφάλαιο 7.

4.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Συστήματος INMARSAT

Όσον αφορά το σύστημα *INMARSAT* ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ακόλουθες απαιτήσεις, ως καταγράφονται στα σχετικά εγχειρίδια της εταιρίας¹⁰, αναφορικά με τον επίγειο τερματικό σταθμό βάσης¹¹:

α. Η ενσωμάτωση του συστήματος *INMARSAT* σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης (Integrated Bridge System - IBS) δεν θα πρέπει να επηρεάσει καμία από τις λειτουργίες του συστήματος (σε σχέση με την αυτόνομη λειτουργία του *INMARSAT*).

β. Ο σχεδιασμός και ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος, η εκτέλεση των λειτουργικών ελέγχων, η θέση, η διάταξη και το μέγεθος του τερματικού πρέπει να παρέχουν απλή και αποτελεσματική εργονομική σχεδίαση. Τα κομβία ελέγχου του συστήματος θα πρέπει να διατάσσονται με τρόπο που να ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ακούσιας ενεργοποίησης και η περίπτωση απώλειας κατάστασης κανονικής λειτουργίας θα πρέπει να αναγνωρίζεται εύκολα από οποιαδήποτε θέση εντός της Γέφυρας.

γ. Το τερματικό του συστήματος επί του πλοίου (συμπεριλαμβανομένου του εξοπλισμού ομαδικών κλήσεων - Digital Selective Call DSC) θα πρέπει να τροφοδοτείται διαρκώς από την κύρια πηγή παροχής ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου. Επιπλέον, σε περίπτωση απώλειας της κύριας γραμμής τροφοδοσίας ρεύματος θα πρέπει να είναι δυνατή η λειτουργία του τερματικού και όλου του απαραίτητου εξοπλισμού από εναλλακτική πηγή ενέργειας (ups battery pack). Ο χρόνος που θα απαιτηθεί για την μετάπτωση στην εναλλακτική πηγή ισχύος έχει ορισθεί να μην υπερβαίνει τα 60 δευτερόλεπτα και απαιτείται κατά το διάστημα της μετάπτωσης να διατηρούνται στη μνήμη της συσκευής ληφθέντα μηνύματα. Αυτονόητη επίσης είναι η υποχρέωση του κατασκευαστή για την ενσωμάτωση διατάξεων ασφαλείας του εξοπλισμού για την

¹⁰ (Inmarsat Design and Installation Guidelines, 2020)

¹¹ Υπενθυμίζεται ότι με αυτόν τον όρο χαρακτηρίζεται και ο τερματικός σταθμός *INMARSAT* που είναι τοποθετημένος επί των πλοίων



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

προστασία από τις επιπτώσεις υπέρτασης ισχύος και τυχαίας αντιστροφής της πολικότητας της ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου.

δ. Η τερματική συσκευή θα πρέπει να μπορεί να αναγνωρίζει αυτόματα την προτεραιότητα των μηνυμάτων ασφαλείας και την διαδικασία με την οποία θα πρέπει να διεκπεραιωθούν σύμφωνα με την προτεραιότητα που ορίζεται από τους κανονισμούς της ΙΤU. Η σειρά επεξεργασίας αυτών των επικοινωνιών θα πρέπει να είναι (κατά φθίνουσα σειρά): "*Distress – Urgency - Safety - General Calls*".

ε. Το τερματικό θα πρέπει να μπορεί να λαμβάνει αυτόματα και να διαχωρίζει (φιλτράρει) μηνύματα κινδύνου και επείγουσας ανάγκης (προειδοποιήσεις ασφαλείας ναυσιπλοΐας, μετεωρολογικές προειδοποιήσεις και προβλέψεις, πληροφορίες έρευνας και διάσωσης), καθώς και σήματα κινδύνου "*ship-to-shore*" και "*ship-to-ship*" σύμφωνα με την περιοχή που κινείται το πλοίο (περιοχή ενδιαφέροντος). Η δε διαδικασία διαγραφής / διατήρησης αυτών γίνεται μόνο από τον χειριστή, αφού πρώτα έχουν αναγνωσθεί.

στ. Ο μηχανικός θόρυβος που παράγεται από το σύστημα κατά την λειτουργία του δεν θα πρέπει να καθίσταται ενοχλητικός για την ασφάλεια της Γέφυρας και να επικαλύπτει ηχητικές σημάσεις ασφαλείας από έτερα συστήματα ναυτιλίας.

ζ. Πρέπει να παρέχεται επαρκής φωτισμός στην περιοχή όπου βρίσκεται εγκατεστημένο το σύστημα *INMARSAT*, προκειμένου να είναι δυνατή η αναγνώριση των κομβίων ελέγχου και να διευκολύνεται η ανάγνωση των ενδείξεων ανά πάσα στιγμή. Επιπρόσθετα θα πρέπει να παρέχεται δυνατότητα για τη μείωση της φωτεινότητας της οθόνης, εφόσον κρίνεται ότι είναι ικανή να επηρεάζει την ασφάλεια πλοήγησης (αφορά συνθήκες σκότους, δηλαδή ναυσιπλοΐα τις νυχτερινές ώρες).

η. Ο τερματικός σταθμός του πλοίου θα πρέπει να παρέχει μια συγκεκριμένη οπτική ένδειξη όταν δεν μπορεί να διατηρήσει επαφή με τους δορυφόρους του συστήματος για περίοδο τουλάχιστον ενός (1) λεπτού, καθώς και σε περίπτωση απώλειας θέσης του πλοίου (position) για χρονικό διάστημα δώδεκα (12) ωρών.

θ. Ιδιαίτερες πορείες πλεύσης, που έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια επικοινωνίας με το δίκτυο δορυφόρων του συστήματος *INMARSAT*, πρέπει να καταγράφονται και να διατηρούνται διαθέσιμες εντός του πλοίου ("log book"). Αυτό θα επιτρέψει μια πρόβλεψη για συγκεκριμένες περιοχές και πορείες του πλοίου όπου μπορεί να υποβαθμιστεί η απόδοση του συστήματος πέραν του αναμενόμενου.

ια. Ειδικά όσον αφορά τον σχεδιασμό της θέσης εργασίας του *INMARSAT* πρέπει να τηρούνται όλες οι προβλέψεις που σχετίζονται με την κατάλληλη γωνία θέασης,



την χρησιμοποιούμενη γραμματοσειρά, τον φωτισμό και την κατάλληλη απόσταση θέασης δεδομένου ότι ο χώρος εργασίας είναι η Γέφυρα του πλοίου.

4.2 Τεχνικές Απαιτήσεις Κεραιών Συστήματος INMARSAT

Όσον αφορά το τμήμα του επίγειου σταθμού του συστήματος *INMARSAT* το οποίο εγκαθίσταται στα εξωτερικά καταστρώματα του πλοίου (κεραίες, όδευση καλωδιώσεων κλπ) οφείλει να πληρεί τις προδιαγραφές που θέτει η SOLAS για αυτές τις εγκαταστάσεις. Συγκεκριμένα αυτές μπορούν να αναζητηθούν στους κανονισμούς παραρτήματος SOLAS IV/ 8.1.4, 9.1.3.3, 9.4.2, 10.1.1 και 10.1.4.3 (*INMARSAT*, 2020).

Στο πλαίσιο της εργασίας συγκρατούνται οι κάτωθι απαιτήσεις που σχετίζονται με την εγκατάσταση του ανωτέρω εξοπλισμού :

α. Για να καταστεί δυνατή η επικοινωνία του συστήματος με το δορυφορικό δίκτυο, η κεραία ενός τερματικού *INMARSAT* πρέπει αρχικά να είναι στραμμένη προς τον καθορισμένο δορυφόρο. Στη συνέχεια όταν το σκάφος κινείται, το ηλεκτρονικό σύστημα σταθεροποίησης της κεραίας διασφαλίζει ότι το η κεραία παραμένει διαρκώς στραμμένη (εγκλωβισμένη) προς τον δορυφόρο λαμβάνοντας στοιχεία πορείας, ταχύτητας και θέσης από τα συστήματα πλοήγησης. Τα περισσότερα από τα τερματικά του *INMARSAT* έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνουν τις κεραίες τους αυτόματα προς τον επιλεγμένο δορυφόρο (υπό την προϋπόθεση ότι έχουν αρχικοποιηθεί σωστά). Υπάρχει ωστόσο και διαδικασία (που περιγράφεται βηματιστικά στα τεχνικά εγχειρίδια) και για τον χειροκίνητο συντονισμό της κεραίας στον επιλεγέντα δορυφόρο.

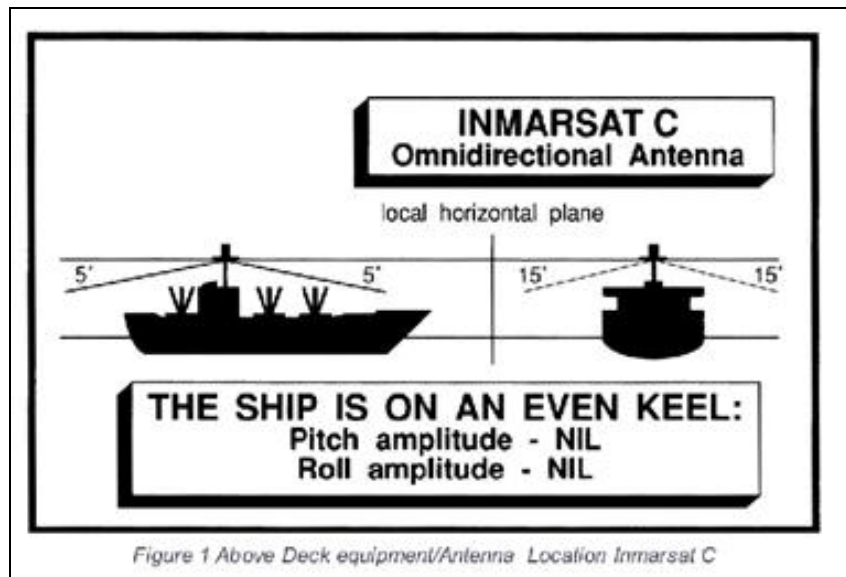
β. Για την χωροταξική εγκατάσταση της κεραίας του συστήματος επί του πλοίου, ο εγκαταστάτης πρέπει να λάβει υπόψη του ότι απαιτείται ορθός σχεδιασμός της θέσης τοποθέτησης αυτής, καθώς τα συστήματα *INMARSAT* (και οι δέκτες *GNDSS* γενικότερα) είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στην ακτινοβολία που εκπέμπεται από τις λοιπές πηγές εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του πλοίου.

Συγκεκριμένα :

1/ Όλες οι κεραίες *FleetBroadband* περιστρέφονται κατά 360° στο οριζόντιο επίπεδο και έως τις -5° στο κατακόρυφο επίπεδο προκειμένου να επιτρέπεται συνεχής δορυφορική ζεύξη, ακόμη και σε συνθήκες έντονης θαλασσοταραχής (οπότε και αυξάνονται οι τιμές *pitch* και *roll* της κίνησης του πλοίου), όπως απεικονίζεται στην επόμενη εικόνα.



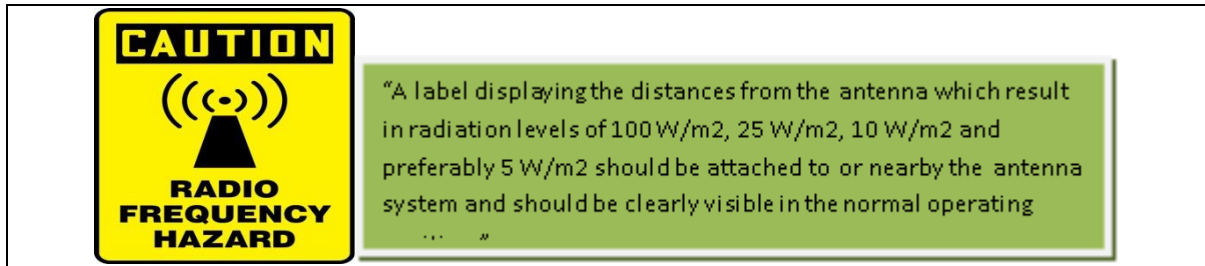
‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’



Εικόνα 20 : Δυνατότητες *pitch* και *roll* κεραίας INMARSAT
(Πηγή INMARSAT, 2020)

2/ Προφανώς η ύπαρξη τυχόν εμπόδιων (υπερκατασκευές πλοίου) σε αυτό το υπολογισθέν εύρος εκπομπής, είναι δυνατόν να προκαλέσει υποβάθμιση του σήματος. Προτείνεται λοιπόν, η κεραία να εγκαθίσταται στην κορυφή του ιστού του πλοίου ή σε ένα βάθρο (προεξοχή) στον ιστό, έτσι ώστε να μην υπάρχει σταθερό εμπόδιο σε απόσταση ενός (1) μέτρου από αυτήν και με εύρος σκίασης έως 2 μοίρες. Επιπλέον μέριμνα θα πρέπει να λαμβάνεται από τον εγκαταστάτη ώστε το βάθρο τοποθέτησης της να είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε οι κραδασμοί να είναι οι ελάχιστοι δυνατοί, ενώ και η ευρύτερη περιοχή εγκατάστασης να είναι απαλλαγμένη από φορτίο θερμότητας και καπνού (Προφανώς λοιπόν συνεξετάζεται η θέση των καπνοδόχων του πλοίου αναφορικά με την θέση εγκατάστασης της κεραίας, καθώς οι θερμοκρασίες στην εξαγωγή καυσαερίων μπορεί να φτάνουν και τους 400° C).

3/ Η κεραία θα πρέπει να εγκατασταθεί σε μια εύκολα προσβάσιμη θέση για λόγους συντήρησης και επισκευών, αλλά και αρκετά μακριά από τους συνήθεις χώρους διαβίωσης και εργασίας του προσωπικού. Για τον λόγο αυτό πρέπει να τοποθετούνται κατάλληλες σημάνσεις προειδοποίησης κοντά στην κεραία του συστήματος, οι οποίες φαίνονται στην ακόλουθη εικόνα 21.



Εικόνα 21 : Προειδοποιητικές σημάσεις ραδιοπομπών
(Πηγή INMARSAT, 2020)

4/ Ιδιαίτερη μεριμνά πρέπει να λαμβάνεται για την καλή και ασφαλή όδευση των καλωδιώσεων από την θέση της κεραίας έως τον τερματικό σταθμό στο εσωτερικό του πλοίου. Ο εξοπλισμός και οι καλωδιώσεις πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε οι κύριες μονάδες να μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα, χωρίς περίπλοκη επαναβαθμονόμηση ή αναπροσαρμογή.

5/ Η κεραία εκπομπής του INMARSAT πρέπει να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν πιο μακριά από τα RADAR ναυτιλίας του πλοίου και τους πομποδέκτες επικοινωνιών υψηλής ισχύος, επειδή μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση της. Αλλά και αντιστρόφως η εκπομπή της κεραίας INMARSAT είναι πιθανόν να υποβαθμίσει την απόδοση λοιπών συστημάτων του πλοίου, ιδιαίτερα όταν η λειτουργία (εκπομπή) είναι σε γειτνιάζουσες συχνότητες με τις συχνότητες εκπομπής των άλλων συστημάτων του πλοίου.

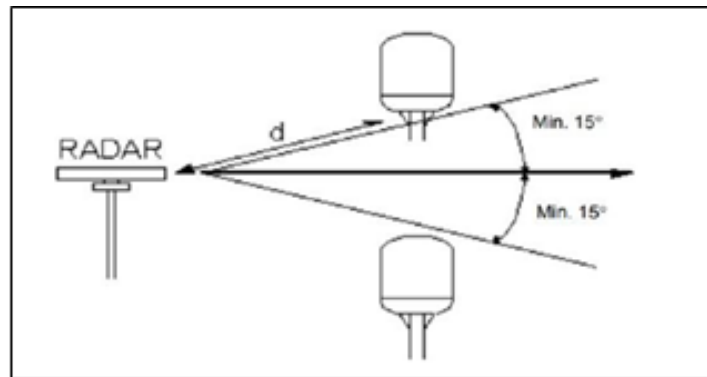
6/ Η κεραία του συστήματος πρέπει να τοποθετηθεί σε απόσταση τουλάχιστον τριών (3) μέτρων από την μαγνητική πυξίδα του πλοίου, προκειμένου να αποφευχθεί λανθασμένη ένδειξη της τελευταίας συνέπεια ύπαρξης ισχυρών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. (Αν και πρακτικά η χρήση της μαγνητικής πυξίδας στα σύγχρονα ποντοπόρα πλοία είναι περιορισμένη, ωστόσο η καλή λειτουργία της εξασφαλίζει μια κάποια εναλλαξιμότητα σε περίπτωση απώλειας H/N συστημάτων θέσης, αλλά επιπλέον η καλή λειτουργία της αποτελεί αντικείμενο επιθεώρησης από τους auditors και τον classification society κατά τις επιθεωρήσεις.

7/ Δεδομένου ότι ένα RADAR επιφάνειας εκπέμπει μια (γενικά) κατευθυντήρα δέσμη, με εύρος εκπομπής στον οριζόντιο άξονα λίγες μοίρες και στον κάθετο άξονα περίπου +/- 15°, οι παρεμβολές μπορούν να αποφευχθούν με την τοποθέτηση της κεραίας INMARSAT σε διαφορετικό επίπεδο του πλοίου σε σχέση με τα RADAR ναυτιλίας. Στην (ιδιαιτέρη) περίπτωση τοποθέτησης πολλαπλών επίγειων σταθμών συστήματος INMARSAT επί της ίδιας πλατφόρμας, οι κεραίες θα πρέπει να



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

εγκατασταθούν έτσι ώστε να διασφαλίζονται οι ανωτέρω προϋποθέσεις και όσον αφορά την μεταξύ τους γεωμετρία.



Εικόνα 22 : Προτεινόμενη γεωμετρία θέση δυο κεραιών INMARSAT
(Πηγή INMARSAT, 2020)

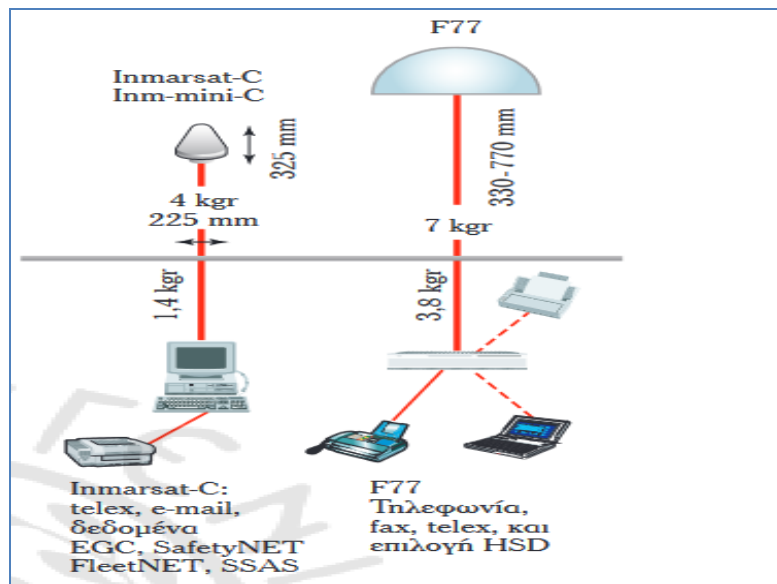
γ. Συνοπτικά λοιπόν συνιστώνται οι ακόλουθες "Ασφαλείς Αποστάσεις" από τις κεραιές INMARSAT για τις λοιπές κεραιές του ραδιοναυτιλιακού εξοπλισμού του πλοίου, λαμβάνοντας υπόψη τις τυπικές διαστάσεις της κεραιάς ως απεικονίζεται στην εικόνα 23:

Απόσταση Κεραίας INMARSAT από Κεραία HF	Μεγαλύτερη Από 5 Μέτρα.
Απόσταση Κεραίας INMARSAT από Κεραίες VHF	Μεγαλύτερη Από 4 Μέτρα
Απόσταση Κεραίας INMARSAT από Κεραίες RADAR	Μεγαλύτερη Από 15° Στον Κατακόρυφο Άξονα
Απόσταση Κεραίας INMARSAT από Μαγνητική Πυξίδα	Μεγαλύτερη Από 3 Μέτρα
Απόσταση Κεραίας INMARSAT από Υπερκατασκευές πλοίου	Μεγαλύτερη Από 1 Μέτρο Για Omnidirectional Κεραία
	Μεγαλύτερη Από 5 Μέτρα Για Directional Κεραία

Πίνακας 6 : Ασφαλείς αποστάσεις από κεραιές INMARSAT



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’



Εικόνα 23: Τυπικές διαστάσεις κεραίας INMARSAT (C & FLEET77)
(πηγή Ταμπακάκης, 2017)

δ. Όσον αφορά την διασύνδεση μεταξύ της κεραίας και του τερματικού σταθμού του συστήματος απαιτείται η χρήση ομοαξονικού καλωδίου, το οποίο (προκειμένου να εξασφαλίζεται η βέλτιστη απόδοση του συστήματος), θα πρέπει να έχει μέγιστη απώλεια 20 dB στην συχνότητα λειτουργίας 1660 MHz. Εάν ανακαλέσουμε τον ορισμό του decibel (db) :

$$\text{Ο λόγος ισχύων σε dB: } X_{dB} = 10 \log_{10}(X) = 10 \log_{10} \left(\frac{W_2}{W_1} \right)$$

και επιλύσουμε διαπιστώνουμε ότι προκύπτει λόγος ισχύων $W_2/W_1 = 100$.

ε. Dedicated Distress Button : Η ενεργοποίηση της προτεραιότητας κλήσεως κινδύνου στους περισσότερους από τους σταθμούς βάσης του τερματικού INMARSAT γίνεται απλά όταν το εξουσιοδοτημένο μέλος του πληρώματος ενεργοποιήσει δύο κόκκινα κομβία κινδύνου (Distress Button) τα οποία ενεργοποιούν ένα την τηλεφωνία και το άλλο την λειτουργία τηλετυπίας. Τα κομβία αυτά μπορεί να βρίσκονται είτε επί της κονσόλας του τερματικού, είτε σε άλλο εμφανές σημείο της Γέφυρας του πλοίου. Με το πάτημα αυτών, το τερματικό INMARSAT εκπέμπει στιγμιαία μία αίτηση "προτεραιότητας" μηνύματος κινδύνου. Αυτή η μοναδική λειτουργία, δηλαδή ένα πάτημα του "κομβίου κινδύνου", παρέχει αυτόματη, απευθείας και εξασφαλισμένη σύνδεση με ένα Κέντρο Συντονισμού Επιχειρήσεων Έρευνας και Διάσωσης (ΕΚΣΕΔ). Με αυτόν τον τρόπο



αποφεύγεται η δέσμευση για το χειριστή να επιλέξει και να σχηματίσει τον τηλετυπικό ή τον τηλεφωνικό αριθμό του ΕΚΣΕΔ και συναφώς αποτρέπεται η περίπτωση λανθασμένης ανθρώπινης παρεμβάσεως. Η ενεργοποίηση αυτής της τηλεπικοινωνιακής συνδέσεως είναι τελείως αυτόματη και με βάση την προτεραιότητά της διαρκεί μόνο μερικά δευτερόλεπτα.

4.3 Απαιτήσεις Υποδομής Navtex Receiver

Για να λειτουργεί αποτελεσματικά ένας δέκτης της υπηρεσίας NAVTEX είναι απαραίτητο ο χειριστής να έχει ολοκληρωμένη γνώση του τρόπου προγραμματισμού και λειτουργίας του συγκεκριμένου δέκτη. Αυτό δεν είναι δύσκολο με την προϋπόθεση ότι ακολουθούνται τα ακόλουθα πρακτικά βήματα (Site Navtex Co) :

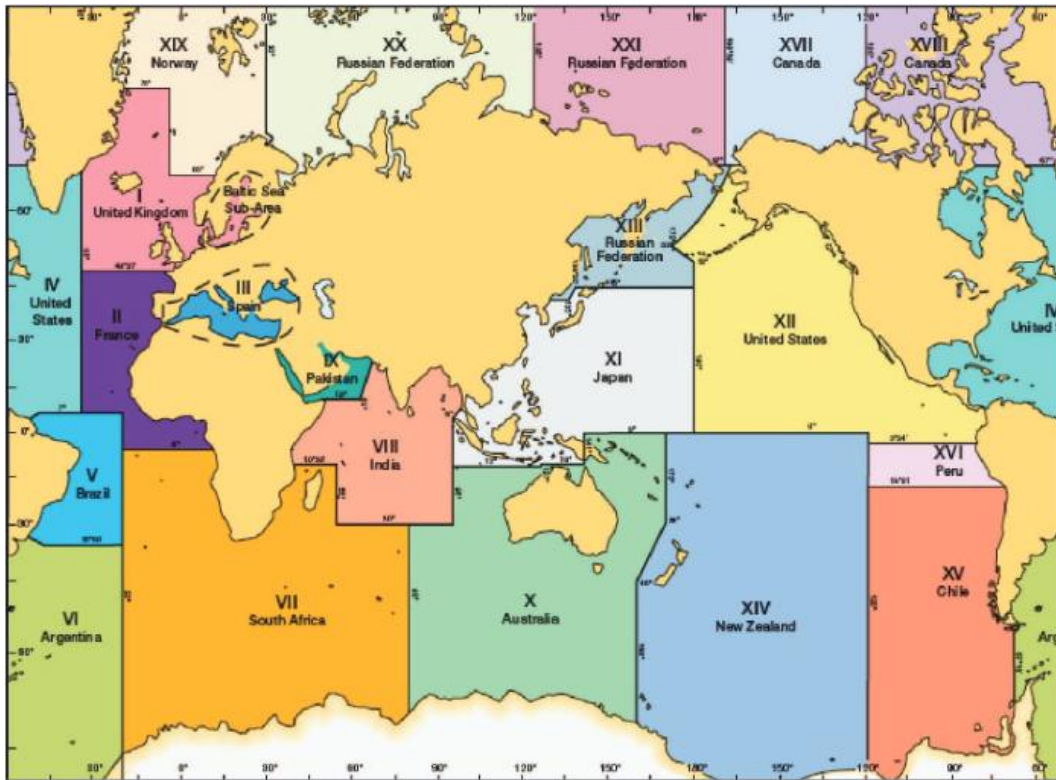
α. Ενεργοποίηση του δέκτη NAVTEX πρέπει να εκτελείται τουλάχιστον τέσσερις ώρες πριν από το απόπλου, ή ακόμα καλύτερα να παραμένει μόνιμα ενεργοποιημένος. Αυτό αποτρέπει την πιθανότητα απώλειας ζωτικής σημασίας πληροφοριών που θα μπορούσαν να επηρεάσουν το πλοίο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του.

β. Να έχει εξασφαλιστεί ότι το Εγχειρίδιο Λειτουργίας της συσκευής είναι διαθέσιμο κοντά στον εξοπλισμό. Χρησιμοποιώντας το Εγχειρίδιο προτείνεται να έχει προηγηθεί η δημιουργία ενός εύχρηστου οδηγού (σε μορφή "check list") για τους καθημερινούς ελέγχους ρουτίνας και για την αντιμετώπιση τυχόν έκτακτης ανάγκης επανα-προγραμματισμένου του δέκτη.

γ. Απαραίτητα πρέπει να είναι διαθέσιμο δίπλα στον εξοπλισμό ένα πλαστικοποιημένο αντίγραφο των NAVAREA/METAREA στις οποίες το σκάφος πρόκειται να πλεύσει και στο οποίο να απεικονίζονται οι σταθμοί NAVTEX, τα εύρη κάλυψής τους και τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα εκπομπής.



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’



Εικόνα 24: Περιοχές εκπομπής προαγγελιών ναυτιλίας
(πηγή <https://www.hnhs.gr/el/>)

δ. Ο δέκτης πρέπει να προγραμματιστεί να δέχεται μόνο τα μηνύματα του σταθμού NAVTEX που καλύπτει την περιοχή στην οποία πλέει το πλοίο και αυτή που καλύπτει την επόμενη περιοχή στην οποία πρόκειται να πλεύσει. Αυτό θα αποτρέψει τις εκτυπώσεις μηνυμάτων που δεν σχετίζονται με το ταξίδι και αποφεύγεται αφενός η περιττή σπατάλη χαρτιού αφετέρου ο "καταιγισμός πληροφοριών" που δεν αφορούν άμεσα την πλεύση.

ε. Εάν οι πληροφορίες ληφθούν ελλιπείς ή παραποιημένες, απαιτείται ενημέρωση του αρμόδιου σταθμού NAVTEX της περιοχής και κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται βελτίωση του συστήματος μέσω της ανάδρασης από τους χρήστες. Με τον ίδιο τρόπο, τυχόν κρίσιμα για την ασφάλεια περιστατικά που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πλου πρέπει να αναφερθούν αμέσως στον πλησιέστερο παράκτιο σταθμό και στον αρμόδιο NAVAREA/METAREA συντονιστή ή στον Εθνικό Συντονιστή που είναι υπεύθυνος για την περιοχή.

Πλέον των ανωτέρω, αξίζει να αναφερθεί ότι η δυνατότητα να διασφαλίζεται η αποστολή μηνυμάτων ασφαλείας μέσω ενός ικανού και αποτελεσματικού τρόπου, όπως κάνει η υπηρεσία NAVTEX με τη χρήση της αγγλικής γλώσσας διεθνώς, καθιστά την



υπηρεσία αυτή ελκυστική σε πολλές κυβερνήσεις ως μέσο για την παροχή μίας επιπλέον παρόμοιας υπηρεσίας σε Εθνικό πλαίσιο. (Παλληκάρης, 1995)

Όποτε παρουσιάζεται το φαινόμενο σε πολλές χώρες (κυρίως της λατινικής Αμερικής) όπου υπερισχύει η τοπική διάλεκτος έναντι της Αγγλικής, να λειτουργεί παράλληλα ένα Εθνικό δίκτυο (που δεν εντάσσεται στην Διεθνή Υπηρεσία NAVTEX) για κάλυψη αναγκών στόλου αλιείων με εκπομπές σε παραπλήσιες συχνότητες με αυτές των εκπομπών των επισήμων σταθμών NAVTEX. Οι αμοιβαίες παρενοχλήσεις και οι παρεμβολές που τυχόν φθάνουν στα πλοία από δύο εκπέμποντες κοντινούς σταθμούς ξηράς είναι δυνατόν να αποφεύγονται με την μείωση ισχύος του κάθε πομπού έτσι, ώστε η εκπομπή να φθάνει τα όρια της καθορισμένης περιοχής που πρέπει να καλυφθεί. (Ταμπακάκης, 2017).

4.4 Κατασκευαστικά Πρότυπα Συσκευών EPIRB

Όπως αναφέρθηκε και στο σχετικό τμήμα του Κεφαλαίου 2, σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ότι ο ραδιοφάρος EPIRB θα πρέπει να είναι ικανός να μεταδίδει μια ειδοποίηση κινδύνου, συμπεριλαμβανομένης της κωδικοποίησης πληροφορίας θέσης από ένα αναγνωρισμένο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GNSS) σε δορυφόρους εξοπλισμένους με δέκτη στην συχνότητα 406 MHz.

Ο έλεγχος της καλής λειτουργίας της συσκευής EPIRB πρέπει να λαμβάνει χώρα μηνιαία επί του πλοίου, περιλαμβάνοντας μεταξύ άλλων οπτική επιθεώρηση για τυχόν ελαττώματα αυτού (πχ ρωγμές). Ακολουθούν ορισμένα σημεία που θα πρέπει να έχει υπόψη του ο υπεύθυνος Αξιωματικός GMDSS του πλοίου σχετικά με τους ελέγχους και την συντήρηση της συσκευής όπως απαιτούνται από τον IMO (IMO, 2019) :

α. Ο εξοπλισμός EPIRB, η τοποθέτηση του και οι ρυθμίσεις άφεσης αυτού θα πρέπει να είναι αξιόπιστες και να λειτουργούν ικανοποιητικά κάτω από τις μέγιστα ακραίες συνθήκες που ενδέχεται να συναντήσει το πλοίο στη θάλασσα. Συγκεκριμένα απαιτείται καλή λειτουργία του EPIRB σε θερμοκρασία από -20°C έως $+55^{\circ}\text{C}$, σε συνθήκες πάγου, σε ένταση ανέμου έως 100 κόμβους και σε όλες τις συνήθεις συνθήκες κραδασμών του πλοίου.

β. Επιπρόσθετα, από τη στιγμή που η συσκευή EPIRB είναι τοποθετημένη στον μηχανισμό αυτόματης απελευθέρωσης πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα για εξ’ αποστάσεως ενεργοποίηση (remote activation) από τη γέφυρα του πλοίου.



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

β. Ο πομπός θα πρέπει να είναι ασφαλισμένος με κατάλληλα μέσα για την αποφυγή ακούσιας ενεργοποίησης, αλλά να δύναται να ενεργοποιηθεί αυτόματα μετά την άφεση του. Για την επίτευξη αυτής της δυνατότητας οι ραδιοφάροι έχουν μηχανισμό αυτόματης απελευθέρωσης και ενεργοποίησης. Όταν το πλοίο βυθίζεται, τα EPIRB που βρίσκονται επί του πλοίου, σε βάθος περίπου τεσσάρων (4) μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας με την επίδραση της πίεσης του νερού (υδροστατικός μηχανισμός) αποδεσμεύονται από τις βάσεις τους, ενεργοποιούνται αυτόματα και επιπλέουν ελεύθερα. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται λειτουργία ελεύθερης πλεύσεως των ραδιοφάρων ("float-free").

γ. Κάθε ραδιοφάρος EPIRB απαιτείται να είναι κατασκευασμένος έτσι ώστε τα ηλεκτρικά τμήματα του να είναι στεγανά σε βάθος θαλάσσης έως δέκα (10) μέτρα για τουλάχιστον πέντε (5) λεπτά, λαμβάνοντας υπόψη και τη διακύμανση της θερμοκρασίας θαλάσσης με το βάθος.

δ. Κάθε ραδιοφάρος EPIRB απαιτείται να μπορεί να δοκιμαστεί ότι λειτουργεί με τον προβλεπόμενο τρόπο (στο πλαίσιο ελέγχων ασφαλείας και επιθεωρήσεων) χωρίς τη χρήση του δορυφορικού συστήματος, δηλαδή χωρίς να απαιτείται εκπομπή σήματος κινδύνου.

ε. Ειδικά σε ότι αφορά στην δοκιμαστική λειτουργία των EPIRB, επειδή έχουν καταγραφεί συμβάντα όπου μερικοί πομποί όταν απαιτήθηκε δεν εξέπεμπαν (παρόλο που διέρχονταν επιτυχώς τους μηνιαίους ελέγχους), συνιστάται από τον IMO ετήσια δοκιμαστική λειτουργία, η οποία θα προβαίνει στην λήψη και αποκωδικοποίηση του σήματος και θα ελέγχει την ταυτότητά του πομπού. Προφανώς πριν την δοκιμή αυτή πρέπει να έχει ενημερωθεί και να έχει εγκρίνει ο αρμόδιος συντονιστής Έρευνας Διάσωσης, για αποφυγή άσκοπης κινητοποίησης των διαδικασιών.

ε. Ο ραδιοφάρος πρέπει να διαθέτει μέσα που να υποδεικνύουν ότι εκπέμπονται σήματα, να έχει έντονα ορατό κίτρινο/πορτοκαλί χρώμα και να διαθέτει αντανακλαστικό υλικό. Ειδικά δε τα κομβία ανάγκης (emergency - distress alert button) καθώς και τα βασικά στοιχεία της κατασκευής (βάση, σχοινί αποδέσμευσης) να έχουν κατάλληλο χρώμα για τον εντοπισμό τους σε συνθήκες σκότους (ship black out).

στ. Η ημερομηνία λήξης της μπαταρίας της συσκευής πρέπει να ελέγχεται και να είναι ικανή να καλύψει το τρέχον καθώς και τουλάχιστον το επόμενο ταξίδι. (Αντικατάσταση γίνεται όποτε απαιτείται και απαρέγκλιτα πριν τα 5 έτη).



ζ. Όλο το προσωπικό του πλοίου πρέπει να είναι ενήμερο για τον τρόπο ενεργοποίησης και απενεργοποίησης ραδιοφάρων EPIRB και όχι μόνο ο Αξιωματικός GMDSS.

η. Σε περίπτωση που απαιτηθεί η ενεργοποίηση του ραδιοφάρου (ακόμα και σε ακουσία ενεργοποίηση) ή σε περίπτωση απόσυρσης της συσκευής ή σε περίπτωση που αποτύχει στους μηνιαίους ελέγχους λειτουργίας, προβλέπεται η προσκόμιση του στον αρμόδιο αντιπρόσωπο της εταιρίας για έλεγχο ή αποσυναρμολόγηση και διάλυση κατά περίπτωση.

4.5 Τεχνικές απαιτήσεις αναμεταδότη SART

Όταν ενεργοποιηθεί ο αναμεταδότης SART παράγει ένα σήμα σαρώσεως το οποίο εκπέμπεται στην συχνότητα των 9 GHz στην οποία λειτουργεί και η πλειονότητα των RADAR ναυτιλίας. Το σήμα το οποίο εμφανίζεται στην οθόνη του Radar ανίχνευσης έχει την ιδιαίτερη μορφή μίας ευδιάκριτης διακεκομμένης γραμμής που αποτελείται από 12 ισαπέχουσες τελείες, οι οποίες επεκτείνονται από το κέντρο της οθόνης του radar προς την περιφέρεια. Η πρώτη τελεία από αυτές αντιστοιχεί στο στίγμα του SART και μαζί με τις υπόλοιπες απεικονίζεται η διόπτρευση της εκπομπής του σήματος. Το συνολικό μήκος της γραμμής αυτής, η οποία υποβοηθά το σωστικό σκάφος να εντοπίσει και να πλησιάσει στην περιοχή του ατυχήματος είναι από 7,6 νμ έως 8 νμ. (Φαφαλιός, 2023)



Εικόνα 25: Επαναλήπτης radar με ενεργοποιημένο SART
(πηγή Ταμπακάκης, 2017)



Ο αναμεταδότης SART (κατά αναλογία με τον ραδιοφάρο EPIRB) πρέπει να είναι τοποθετημένος σε κατάλληλη θέση στην Γέφυρα, ώστε να μπορεί να ενεργοποιηθεί σε κατάσταση ανάγκης αλλά και να μπορεί να παραληφτεί από το πλήρωμα και να τοποθετηθεί στην σωσίβια λέμβο σε περίπτωση εγκατάλειψης του πλοίου. Κάθε αναμεταδότης πρέπει να ελέγχεται τουλάχιστον μία φορά τον μήνα για επιβεβαίωση της καλής λειτουργίας και έγκαιρο οπτικό εντοπισμό τυχόν προβλημάτων της συσκευής, όπως ρωγματώσεις ή σκωριάσεις. Πιο συγκεκριμένα και επειδή ο αναμεταδότης έχει συνήθως ενσωματωμένη την επιλογή "test mode" με την επιλογή αυτής της θέσης αναμένεται να γίνει εμφανής στο Radar του ίδιου του πλοίου η προαναφερθείσα ευδιάκριτη διακεκομμένη γραμμή διόπτρευσης. Επιπλέον είναι αρκετά εύκολο κατά την διάρκεια της ίδιας δοκιμής να γίνει ταυτόχρονα ο έλεγχος ενεργοποίησης των οπτικών και ακουστικών ενδείξεων του ραδιοφάρου. Μετά την ολοκλήρωση των ελέγχων ο Αξιωματικός GMDSS δεν πρέπει να παραλείπει την σχετική εγγραφή της δοκιμής και των αποτελεσμάτων της στο ημερολόγιο του GMDSS.

Στις διαδικασίες συντηρήσεως περιλαμβάνεται πέρα από τον οπτικό έλεγχο και ο έλεγχος της ημερομηνίας λήξεως των συσσωρευτών της συσκευής. Σε κάθε συσκευή SART (στο κέλυφος αυτής εκτός από τις οδηγίες λειτουργίας και ελέγχου) αναγράφεται και η ημερομηνία λήξεως των συσσωρευτών λιθίου, οι οποίοι θα πρέπει να αντικαθίστανται εγκαίρως και οπωσδήποτε πριν την ημερομηνία λήξεώς τους. Ο μέσος αναμενόμενος χρόνος ζωής των συσσωρευτών του τύπου αυτού, ο οποίος είναι από 3 έως 5 έτη ενώ οι απαιτήσεις καλής λειτουργίας για τους συσσωρευτές είναι 96 ώρες σε κατάσταση αναμονής και 8 ώρες σε κατάσταση λειτουργίας.

4.6 Σύστημα Ψηφιακής Επιλογικής Κλήσεως

Ολοκληρώνοντας την επισκόπηση των συστημάτων που συνθέτουν το GMDSS, δεν υπάρχει πιο αντιπροσωπευτικό σύστημα το οποίο να ενσωματώνει την φιλοσοφία του GMDSS από το Σύστημα Επιλογικής Κλήσης (Digital Selective Call –DSC), καθώς πρόκειται για *"ένα διεθνώς συμφωνημένο σύνολο διαδικασιών ασφαλείας, τύπων εξοπλισμού και πρωτοκόλλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται για την ασφάλεια και την διευκόλυνση της διάσωσης στη θάλασσα"*. (Βαζούρας, 2023).

Το περιεχόμενο μιας κλήσεως μέσω του συστήματος DSC περιλαμβάνει επίγειες τηλετυπικές κλήσεις (μηνύματα κειμένου - κυρίως σήματα κινδύνου (distress)) μεταξύ



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

πλοίων και παράκτιων σταθμών στις ζώνες συχνοτήτων VHF (156,525 MHz) / HF / MF. Πιο συγκεκριμένα μια κλήση συστήματος DSC περιλαμβάνει οπωσδήποτε την ταυτότητα του σταθμού ή των σταθμών στους οποίους μεταδίδεται η κλήση, την ταυτότητα του μεταδίδοντος σταθμού και ένα μήνυμα που περιέχει μερικά πεδία πληροφοριών που καταδεικνύουν τον σκοπό της κλήσεως. Στην περίπτωση χρήσης ζώνης συχνοτήτων VHF, είναι δυνατόν να γίνει αυτόματη σύνδεση με τα δημόσια δίκτυα μέσω κατάλληλα εξοπλισμένων σταθμών ξηράς. Η διάταξη των κλήσεων και των τύπων κλήσεων μέσω DSC περιλαμβάνει τις εξής περιπτώσεις :

α. **Κλήση κινδύνου (distress) DSC**, η οποία εκπέμπεται από ένα κινδυνεύων πλοίο, απευθύνεται προς όλα τα πλοία και θα ληφθεί από τα πλοία και τους σταθμούς ξηράς που είναι κατάλληλα εξοπλισμένα που ευρίσκονται μέσα στην εμβέλεια μεταδόσεως.

β. **Μία επιλεκτική κλήση κινδύνου DSC**, η οποία περιέχει πληροφορίες οι οποίες καταχωρούνται στον τοπικό σταθμό και απευθύνονται σε συγκεκριμένο αποδέκτη και οι όποιες εκπέμπονται αυτόματα στην κλήση κινδύνου DSC.

a/a	Κωδικοί	Φύση του κινδύνου (Nature of Distress)
1	01	Πυρκαγιά ή έκρηξη (fire or explosion)
2	02	Πλημμύρα (flooding)
3	03	Σύγκρουση (collision)
4	04	Προσάραξη (grounding)
5	05	Κλίση και κίνδυνος ανατροπής (listing)
6	06	Βύθιση (sinking)
7	07	Ακυβέρνητο και παρασυρόμενο (disabled and adrift)
8	08	Μη προσδιοριζόμενος κίνδυνος (undesignated distress)
9	09	Εγκατάλειψη πλοίου (abandoning ship)
10	10	Πειρατεία (attack by pirates)
11	11	Άνθρωπος στη θάλασσα (man overboard)

Πίνακας 7: Διψήφιοι κωδικοί και φύση κινδύνου στο DSC
(πηγή Ταμπακάκης, 2017)

Συμφώνα με τους διεθνείς κανονισμούς ραδιοεπικοινωνιών¹² (οι διάφορες κατηγορίες ραδιοπομπών κωδικοποιούνται με έναν συνδυασμό 3–5 αλφαριθμητικών συμβόλων (γράμματα και αριθμητικά ψηφία) ως ακολούθως :

α. Υποχρεωτικά: 1ο – 3ο σύμβολο (γράμμα – ψηφίο – γράμμα π.χ. A3E)

¹² ITU Radio Regulations - Appendix 1



β. Προαιρετικά: 4ο – 5ο σύμβολο (2 γράμματα π.χ. GN)

Πριν από αυτά τίθεται το απαιτούμενο εύρος ζώνης (bandwidth) κωδικοποιείται με 3 αριθμητικά ψηφία και 1 γράμμα, ενώ ο συνδυασμός αυτός ονομάζεται "τάξη εκπομπής" (class of emission) (Βαζούρας, 2023).

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται παραδείγματα "τάξης εκπομπής" για διάφορες επίγειες υπηρεσίες φωνής και δεδομένων του συστήματος GMDSS :

Υπηρεσία	Τάξη	Παρατηρήσεις
Ραδιοτηλεφωνία MF	J3E	Αναλογική μετάδοση φωνής SSB
Ραδιοτηλεφωνία HF	J3E	Αναλογική μετάδοση φωνής SSB
Ραδιοτηλεφωνία VHF	F3E A3E	Αναλογική μετάδοση φωνής (A3E [δηλ. DSB] στη συχνότητα 121,5 MHz για επικοινωνίες με αεροσκάφη [Airband] και FM στις άλλες)
DSC (Digital Selective Call) *	F1B ή J2B	Ψηφιακή μετάδοση κειμένου (τηλετυπία – direct printing telegraph system) στις ζώνες MF, HF, VHF <i>Recommendation ITU-R M.493 κ.α.</i>
NAVTEX ** (και NBDP)	F1B ή J2B	Ψηφιακή μετάδοση κειμένου (τηλετυπία - direct printing telegraph system) στη ζώνη MF (μεσαία κύματα) <i>Recommendation ITU-R M.540</i>

Πίνακας 8 : Παραδείγματα "τάξης εκπομπής" GNDSS
(πηγή Βαζούρας, 2023)

Από τα παραταθέντα στοιχεία γίνεται κατανοητό ότι οι κλήσεις κινδύνου και ανάγκης που πραγματοποιούνται μέσω του DSC, είναι τυποποιημένες με βάση κανόνες που έχουν θεσπιστεί από τον IMO και την ITU, τόσο κατά την χρησιμοποιούμενη συχνότητα όσο και κατά την μορφή των μηνυμάτων.

4.7 Επιμέρους Συμπεράσματα

Από την παράθεση των στοιχείων που προηγήθηκε εκτιμάται ότι καθίσταται σαφές πως έχει καταβληθεί τεράστια προσπάθεια για την τυποποίηση των απαιτήσεων των υποσυστημάτων του GMDSS τόσο σε επίπεδο συντήρησης όσο και στο επίπεδο του χειρισμού τους. Κατά την γνώμη του συγγραφέα αξίζει να συγκρατηθούν ιδιαίτερα τα ακόλουθα σημεία, τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενο Κεφάλαιο :



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

- α. Υπάρχει πρόβλεψη για εναλλακτικές πηγές τροφοδότησης σε περίπτωση απώλειας της κύριας γραμμής τροφοδοσίας *INMARSAT*, γεγονός που φανερώνει την σημασία που αποδίδεται από τον κατασκευαστή στην τροφοδότηση του συστήματος.
- β. Επίσης ενδιαφέρον έχει η πρόβλεψη για ύπαρξη "log book" με ιδιαίτερες πορείες πλεύσης, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια επικοινωνίας με το δίκτυο δορυφόρων του συστήματος *INMARSAT*.
- γ. Αν και τα τερματικά του *INMARSAT* έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνουν τις κεραίες τους αυτόματα προς τον επιλεγμένο δορυφόρο, ωστόσο παρέχονται οδηγίες και για χειροκίνητο εγκλωβισμό δορυφόρου.
- δ. Προφανώς οι καταχωρήσεις στα τεχνικά εγχειρίδια κανονισμών σχετικά με την εγκατάσταση και την "συνύπαρξη" του συστήματος *INMARSAT* με τις δομικές κατασκευές του πλοίου και τα λοιπά ηλεκτρονικά και ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα του πλοίου, αποδεικνύει την σημασία της ορθής μελέτης εγκατάστασης αναφορικά με την θέση του συστήματος (κεραιών) επί του πλοίου.
- ε. Η πρόθεση αυτοματοποίησης των διαδικασιών εκπομπής μηνύματος κινδύνου, διαφαίνεται ότι σκοπό έχει να αποτρέπεται η περίπτωση λανθασμένης ανθρώπινης παρεμβάσεως στην διαδικασία.
- στ Απαιτείται σωστή και συνετή ρύθμιση του δέκτη NAVTEX, ώστε να αποφευχθεί εκτύπωση μηνυμάτων που δεν σχετίζονται με το ταξίδι.
- ζ. Η ελκυστικότητα και ευκολία της υπηρεσίας NAVTEX ενδέχεται να οδηγεί σε Εθνικές τοπικές εκπομπές σε συχνότητες παραπλήσιες με τις χρησιμοποιούμενες για τις επίσημες εκπομπές της Υπηρεσίας. Οι αμοιβαίες παρενοχλήσεις και οι παρεμβολές που τυχόν φθάνουν στα πλοία από δύο εκπέμποντες κοντινούς σταθμούς ξηράς επιβάλλεται να αποφεύγονται.
- η. Όλο το προσωπικό του πλοίου πρέπει να είναι ενήμερο για τον τρόπο ενεργοποιήσεως και απενεργοποιήσεως των ραδιοφάρων ανάγκης (EPIRB-SART) και όχι μόνο ο Αξιωματικός GMDSS.
- θ. Έχουν καταγραφεί συμβάντα όπου πομποί EPIRB όταν απαιτήθηκε δεν εξέπεμπαν (παρόλο που διέρχονταν επιτυχώς τους μηνιαίους ελέγχους), συνιστάται λοιπόν από τον κατασκευαστή μια επιπλέον πιο προσεκτική και ευρεία δοκιμή τους. Σύμφωνα με τις κατασκευάστριες εταιρείες EPIRB, στο 90% των περιπτώσεων που εκπέμπεται το σήμα, οι συναγερμοί είναι λανθασμένοι (FURUNO, 2023) .



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

Στις περιπτώσεις αυτές ο υπεύθυνος Αξιωματικός θα πρέπει να ενημερώσει άμεσα την πλησιέστερη αρμόδια υπηρεσία Έρευνας και Διάσωσης για την εσφαλμένη εκπομπή σήματος, δίνοντας τα απαραίτητα στοιχεία ταυτοποίησης, όπως το UIN, στίγμα, ημερομηνία και ώρα της εκπομπής του σήματος, μοντέλο και κατασκευαστή του EPIRB και την ταυτότητα του πλοίου.

ι. Η τήρηση των κανόνων ραδιοτηλεγραφίας στα πλοία συνεπάγεται και την απαίτηση κατάλληλης εκπαίδευσης επί των διαδικασιών και την εξοικείωση των χειριστών των συσκευών με αυτές.



5 Ναυτιλιακά Συστημάτων Επικοινωνιών στο Ψηφιακό και Δορυφορικό Πεδίο

5.1 Δορυφορική Ζεύξη

5.1.1 Γενική Περιγραφή Ζεύξης

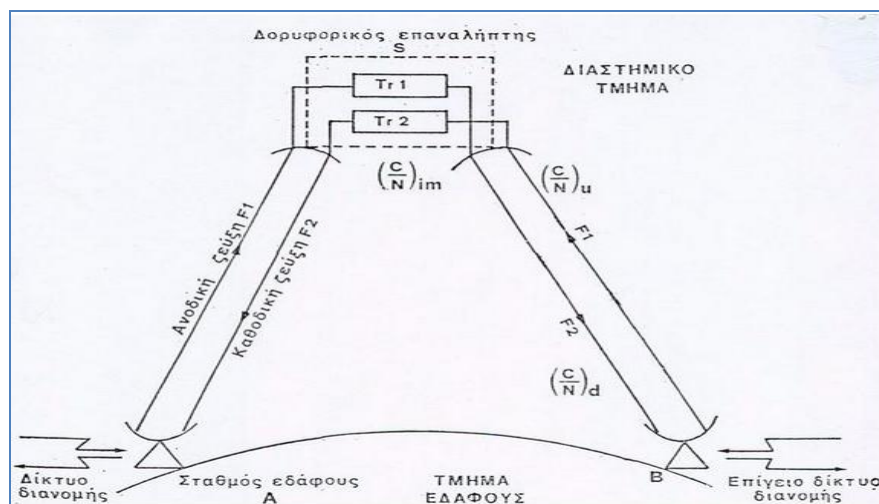
Κατά αναλογία με τους επίγειους σταθμούς επικοινωνιών που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο τμήμα της εργασίας και οι οποίοι καλύπτουν μια σχετικά περιορισμένη γεωγραφική έκταση στην επιφάνεια της Γης, ο δορυφόρος - όντας τοποθετημένος στο διάστημα - καλύπτει τεράστιες γεωγραφικές εκτάσεις.

Ένα δορυφορικό σύστημα αποτελείται από τα εξής δύο βασικά τμήματα:

α) Το **διαστημικό τμήμα**, που περιλαμβάνει το δορυφόρο (ή το σύνολο / αστερισμούς δορυφόρων) και τα μέσα εκτόξευσης που θα φέρουν τον δορυφόρο στην κατάλληλη τροχιά.

β) Το **τμήμα εδάφους**, που περιλαμβάνει τους σταθμούς εδάφους (πομποί, σταθμοί ελέγχου και παρακολούθησης του δορυφόρου) και το επίγειο δίκτυο διανομής δορυφορικού σήματος.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρατίθεται μια απλοποιημένη αναπαράσταση του δορυφορικού συστήματος με αμφίδρομη μετάδοση πληροφορίας, η οποία μπορεί να είναι φωνή, εικόνα, δεδομένα και συνδυασμός αυτών.



Εικόνα 26 : Βασική δομή ενός δορυφορικού συστήματος.
(Πηγή Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ)



Η λήψη και η μετάδοση της πληροφορίας επιτυγχάνεται με το φέρον κύμα συχνότητας F_1 που αντιστοιχεί στην ανοδική ζεύξη και με το φέρον κύμα συχνότητας F_2 που αντιστοιχεί στην καθοδική ζεύξη. Η αναλογία των συχνοτήτων $F1/F2$ είναι προ καθορισμένη¹³, προς αποφυγή παρεμβολών των δυο σημάτων καθώς διαφέρουν σημαντικά ως προς την ισχύ τους (P σήματος εκπομπής $>$ P σήματος λήψης). Ο όρος (C/N) που εμφανίζεται στο ανωτέρω σχήμα αντιπροσωπεύει γενικά τον θόρυβο (της ανοδικής και της καθοδικής ζεύξης και τον θόρυβο σε επαναλήπτη). (Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ,2024).

Ο δορυφορικός επαναλήπτης S που εμπεριέχει τον transponder $Tr1$ και $Tr2$, έχει ως κυριότερο σκοπό την λήψη του φέροντος κύματος συχνότητας F_1 (δηλαδή την ανοδική ζεύξη από τον σταθμό εδάφους A), το φιλτράρισμα / ενίσχυση του σήματος και αλλάζοντας την συχνότητα σε τιμή F_2 (καθοδική ζεύξη) επανεκπομπή του προ του επίγειο σταθμό B , μέσω του οποίου θα διοχετευτεί περαιτέρω το σήμα στο επίγειο δίκτυο διανομής.

Το εύρος ζώνης του transponder (bandwidth - BW) κυμαίνεται από 30 MHz μέχρι 200 MHz και συνεπώς αποτελεί όριο στην ποσότητα της πληροφορίας που μπορεί να μεταδοθεί από το δορυφορικό σύστημα. Τυπικά ένας δορυφόρος έχει από 24 έως 72 transponders, καθένας από αυτούς έχει χωρητικότητα 155 Mbps και καταλαμβάνει εύρος ζώνης 36 MHz (η 54 MHz η 72 MHz) με μια κενή περιοχή (προστατευτική ζώνη) 4 MHz μεταξύ διαδοχικών transponders. (Βαζούρας, 2023)

Ο σταθμός εδάφους εκπέμπει και λαμβάνει σήμα διαμέσου μιας κεραιάς παραβολικού ανακλαστήρα, η οποία κυμαίνεται σε διάμετρο από 0,8m μέχρι 30m και ενώ η ισχύς εκπομπής είναι της τάξεως των kW, η ισχύς του σήματος λήψεως μπορεί να είναι μόνο μερικά pW (Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ,2024).

Επί της εικόνας 26 και της περιγραφής που την ακολούθησε, διευκρινίζεται ότι αν και αναφέρεται σε σταθμό εδάφους περιλαμβάνει σαφώς τα φορητά τερματικά τα οποία είναι τοποθετημένα επί των πλοίων (πχ σταθμοί βάσης συστήματος *INMARSAT* στις Γέφυρες των πλοίων τα οποία υποχρεούνται σε εφαρμογή επικοινωνιών κατά GMDSS).

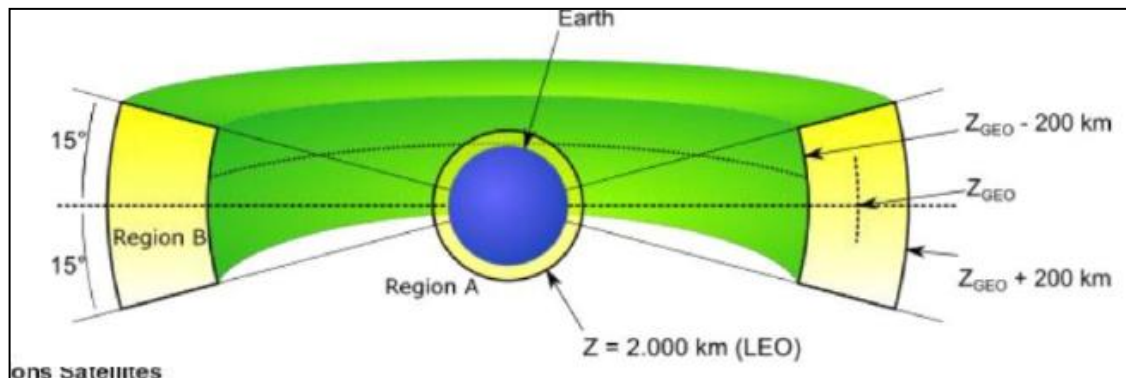
¹³ Αναλογίες $F1/F2$ είναι 6/4 GHz, 8/7 GHz, 14/12 GHz και 30/20 GHz με την συχνότητα F_2 να είναι μικρότερη της συχνότητας F_1 , διότι η εξασθένιση του σήματος στην ατμόσφαιρα είναι χαμηλότερη στις μικρότερες συχνότητες



5.1.2 Τροχιές Δορυφόρων

Οι τροχιές που χρησιμοποιούνται από τους δορυφόρους για τηλεπικοινωνιακές ανάγκες υπάγονται στις κάτωθι κατηγορίες:

α. **Τροχιά χαμηλού ύψους, LEO (Low Earth Orbit).** Περιλαμβάνει τροχιές ύψους 200 - 250 km και περιόδου περίπου 90 min. Για τις κυκλικές τροχιές υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του ύψους του δορυφόρου πάνω από τη γη και της περιόδου περιστροφής του.



Εικόνα 28 : Τροχιά LEO δορυφόρων στο επίπεδο ισημερινού
(Πηγή Βαζούρας, 2023)

β. **Δορυφόροι πολικής τροχιάς.** Αυτοί είναι οι πιο κατάλληλοι για κάλυψη τηλεπικοινωνιακών αναγκών σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, γεγονός που είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον για την ναυτιλία. Λόγω της μη κάλυψης αυτών των περιοχών από τους δορυφόρους του συστήματος INMARSAT, τα πλοία που κινούνται σε αυτή την περιοχή εφοδιάζονται με δορυφορικό σύστημα IRIDIUM το οποίο προσφέρει δορυφορική κάλυψη και των πολικών περιοχών. Το COSPAS-SARSAT για παράδειγμα είναι ένα διεθνές σύστημα συνέγερσης για περιπτώσεις Έρευνας και Διασώσεως, το οποίο βασίζεται στη χρήση δορυφόρων με τροχιές σχεδόν πολικές και χαμηλού ύψους.

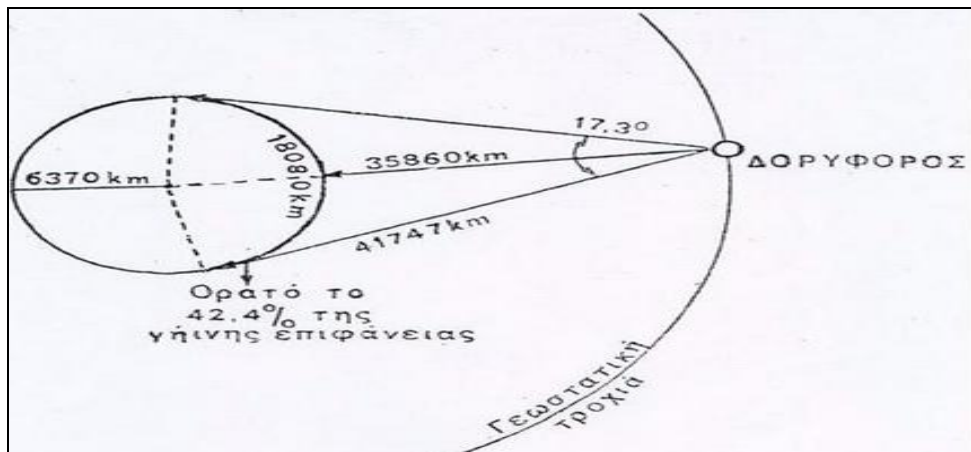
γ. **Γεωστατικής Τροχιάς Δορυφόροι GEO (Geostationary Satellite Orbit):** Δορυφόρος που κινείται με ανατολική φορά και υπεράνω του ισημερινού σε ύψος περίπου 36.000 km, έτσι ώστε η περίοδος της περιστροφής του να είναι ακριβώς ίση με την περιστροφική κίνηση της Γης. Αυτό σημαίνει ότι ένας τέτοιος δορυφόρος παραμένει σταθερά πάνω από ένα σημείο του ισημερινού. Τέτοιοι γεωστατικοί δορυφόροι, ονομαζόμενοι και *σταθεροί ή γεωσύγχρονοι*, είναι και οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι που



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

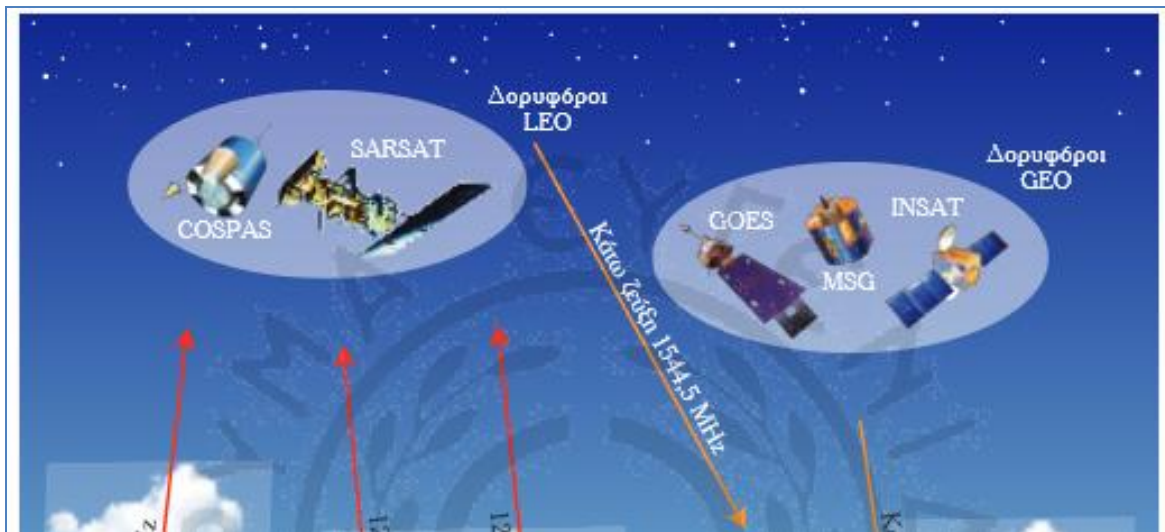
χρησιμοποιούνται αντίστοιχα στις τέσσερις περιοχές κάλυψης του *INMARSAT*.
(Ταμπακάκης, 2017)

Η πιο χρήσιμη ιδιότητα τους είναι ότι ένας γεωστατικός δορυφόρος καλύπτει μεγάλο (λόγω απόστασης) και σταθερό (λόγω γεωστατικότητας) τμήμα της γήινης επιφάνειας (footprint), ενώ επιτυγχάνεται διαρκής κάλυψη χωρίς μηχανισμούς εναλλαγής δορυφόρων (όπως συμβαίνει στις χαμηλότερες τροχιές). (Βαζούρας, 2023)



*Εικόνα 29: Γεωμετρικά Μεγέθη της Γεωστατικής Τροχιάς
(Πηγή Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ)*

Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται η κατανομή συστημάτων προειδοποίησης και ανάγκης μέσω των δορυφόρων τροχιάς LEO και GEO.



*Εικόνα 30 : Συστήματα επικοινωνιών μέσω των δορυφόρων LEO και GEO
(Πηγή (Ταμπακάκης, 2017))*



5.1.3 Δορυφορικές Συχνότητες

Όπως έγινε σαφές στην προηγηθείσα ανάλυση, η δορυφορική επικοινωνία επιτυγχάνεται με κύματα των ζωνών συχνοτήτων Extreme High Frequency - EHF και Super High Frequency - SHF. Τα κύματα αυτά μπορούν και διαπερνούν εύκολα την ιονόσφαιρα, όταν ο επίγειος σταθμός και ο δορυφόρος έχουν οπτική επαφή. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι το δορυφορικό σήμα είναι απαλλαγμένο από το φαινόμενο **διάθλασης και ανάκλασης** που απαντάται στις επίγειες επικοινωνίες. Από τον πίνακα που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3 της εργασίας, απομονώνονται στην επόμενη εικόνα οι αναφορές που αφορούν το μήκος κύματος των ζωνών συχνότητας που βρίσκουν χρήση στις δορυφορικές επικοινωνίες.

Ζώνη συχνότητας (κατώτερο όριο μη περιλαμβανόμενο)	Μήκος κύματος	Ονομασία συχνό- τητας (κυμάτων)	Σύμβολα στην αγγλική	Χαρακτη- ρισμός κυμάτων	Υπηρεσία
3–30 GHz	10–1 cm	Υπερυψηλή (εκατοστο- μετρικά)	SHF Super High Frequency	Μικρο- κύματα	Ραντάρ, μικροκυματικές επικοινωνίες, δορυφορικές ζεύξεις, κινητές επικοινωνίες κοινού φέροντος
30–300 GHz	10–1 mm	Υπερβολικά υπερυψηλή (χιλιοστομετρικά)	EHF Extremely High Frequency	–	Ραντάρ, πειραματικές επικοινωνίες ευρείας ζώνης, μελλοντικά εμπορικά συστήματα ευρείας ζώνης

Εικόνα 31 : Ζώνες συχνοτήτων δορυφορικών επικοινωνιών
(Πηγή Ταμπακάκης, 2017)

Συνοπτικά λοιπόν στην ζώνη συχνοτήτων SHF συγκρατείται ότι πρόκειται για αποκατάσταση επικοινωνίας με κύματα οπτικής επαφής κάνοντας χρήση μίας κεραίας - "κάτοπτρο" η οποία απαιτείται να είναι εγκλωβισμένη συνεχώς στον δορυφόρο, ανεξάρτητα από την πορεία του πλοίου. Σε αυτή την περίπτωση επιτυγχάνεται εύκολα επικοινωνία και μάλιστα με χαμηλή ισχύ.

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι ένα απόσπασμα από ένα μέρος των περιοχών συχνοτήτων (συγκεκριμένα μεταξύ 1-3 GHz) που έχουν αποδοθεί από την ITU για την κινητή δορυφορική υπηρεσία, η οποία περιλαμβάνει μεταξύ άλλων συχνότητες για χρήση στο ναυτικό περιβάλλον (όπως το σύστημα GMDSS). (Βαζούρας, 2023)



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

Frequency band (MHz)	Region	Relevant provisions (1)	Allocation status
1 492-1 525 (s-E)	2	–	Primary
1 525-1 530 (s-E)	1 2 3	–	Primary
1 530-1 535 (s-E)	1 2 3	–	Primary
1 535-1 559 (s-E)	1 2 3	RR No. 5.356	Primary
1 610-1 610.6 (E-s)	1 2 3	RR No. 5.367	Primary
1 610.6-1 613.8 (E-s)	1 2 3	RR No. 5.367	Primary
1 613.8-1 626.5 (E-s)	1 2 3	RR No. 5.367	Primary
1 613.8-1 626.5 (s-E)	1 2 3	RR No. 5.367	Secondary
1 626.5-1 660 (E-s)	1 2 3	RR No. 5.375	Primary
...			
1 930-1 970 (E-s)	2	–	Secondary
1 980-2 010 (E-s)	1 2 3	–	Primary
2 010-2 025 (E-s)	2	RR No. 5.389C, RR No.5.389D	Primary
2 520-2 535 (2) (s-E)	1 2 3	RR No. 5.403	RR No. 9.21 (after 01.01.2005)
...			
2 670-2 690 (3) (E-s)	Countries listed in RR No. 5.420A	RR No. 5.420A	RR No. 9.21

(1) Provisions listed in Tables 2 and 3 relate to the allocation of frequency bands to the mobile-satellite service only. The provisions do not necessarily take into account the protection of other services operating in accordance with the Table of Frequency Allocations of Article 5 of the Radio Regulations or operational constraints for the mobile-satellite service. (2) Except AMSS. (3) Including AMSS.

Πίνακας 9 : Ναυτικές επικοινωνίες σε ζώνη συχνοτήτων HF
(πηγή : Handbook of Mobile-Satellite Service (MSS), ITU 2002)

Ένα δορυφορικό κανάλι επικοινωνίας full duplex, όπως αυτό που παρουσιάστηκε στην ανωτέρω εικόνα 26 δεν αντικαθιστά απλά μια επίγεια διασύνδεση, αλλά σε σύγκριση με τις συμβατικές τηλεπικοινωνίες έχει κάποιες μοναδικές ιδιότητες. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων απαιτούνται νέες αρχιτεκτονικές σχεδίασης των συστημάτων έτσι ώστε να αξιοποιηθούν τα πλεονεκτήματα και να ελαχιστοποιηθούν τα μειονεκτήματά τους. (Ταμπακάκης, 2017)

Τα μοναδικά χαρακτηριστικά μιας δορυφορικής ζεύξης είναι τα εξής:

α. Εφόσον αναφερόμαστε σε γεωστατικούς δορυφόρους, μεσολαβεί ένας χρόνος 270 ms για τη διάδοση του σήματος από τον πομπό στο δέκτη.

β. Το κόστος μεταφοράς της πληροφορίας είναι ανεξάρτητο της απόστασης.

γ. Το "ίχνος" (footprint)¹⁴ του δορυφόρου εξαρτάται από το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας και τον προσανατολισμό της. Ένας δορυφόρος μπορεί να έχει περισσότερα από ένα footprints άρα και να καλύπτει ταυτόχρονα πολλές περιοχές.

δ. Ακόμη και ένας απλός ιδιώτης, εφόσον διαθέτει το κατάλληλο σύστημα λήψεως και την δυνατότητα αποκωδικοποίησης του σήματος της δορυφορικής εκπομπής, μπορεί να έχει πρόσβαση στο περιεχόμενο της, ωστόσο η ανωτέρω δυνατότητα αποτελεί

¹⁴ **Footprint (ίχνος)**, είναι η περιοχή όπου η πυκνότητα ισχύος από τον δορυφόρο είναι επαρκής για την λήψη από (κατάλληλους) σταθμούς εδάφους και "χαρτογραφείται" με γραμμές EIRP



ταυτόχρονα και σημείο προβληματισμού και καθιστά ιδιαίτερα σοβαρό το ζήτημα της ασφάλειας και κρυπτογράφησης του σήματος.

5.1.4 Σύστημα INMARSAT

Χωρίς να γίνει ιστορική αναδρομή στην ανάπτυξη της εταιρίας (την οποία μπορεί ο αναγνώστης να αναζητήσει με ευκολία σε άλλες πηγές), η παρούσα κατάσταση του αστερισμού δορυφόρων της INMARSAT έχει ως ακολούθως :

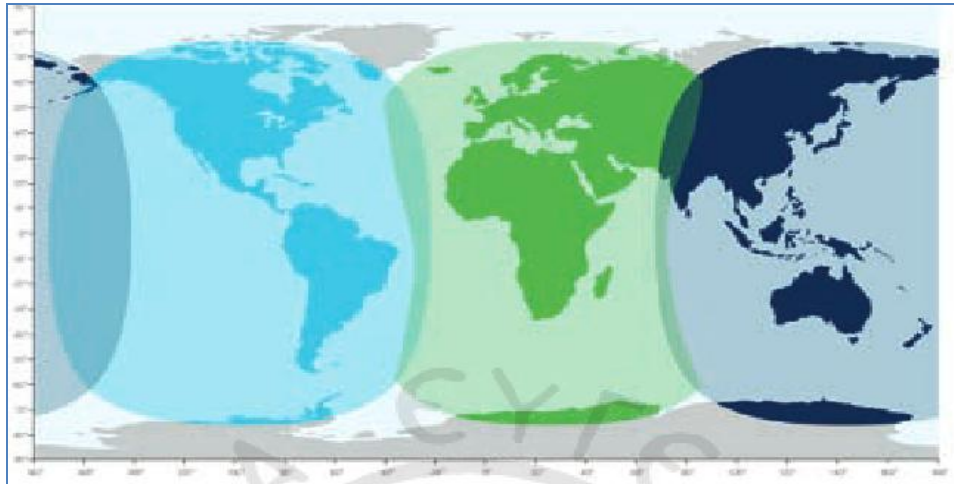
Δορυφόρος	Κάλυψη ωκεανίων περιοχών	Γεωγραφικό μήκος	Οχήματα εκτοξεύσεως	Ημερομηνία εκτοξεύσεως	Υπηρεσίες/ Σημειώσεις
Inmarsat-5F1	Ευρώπη/Μέση Ανατολή/Αφρική/Ασία	63° East	Proton-M/ Breeze-M	Δεκέμβριος 2013	Ka Band παγκοσμίων υπηρεσιών δεδομένων
Inmarsat-5F2	B – N Αμερική AOR	55° West	Proton-M/ Breeze-M	Φεβρουάριος 2015	Ka Band παγκοσμίων υπηρεσιών δεδομένων
Inmarsat-5F3	POR	179° East	Proton-M/ Breeze-M	Αύγουστος 2015	Ka Band παγκοσμίων υπηρεσιών δεδομένων
Inmarsat-5F4	Εφεδρικός			Τέλος του 2016	Ka Band παγκοσμίων υπηρεσιών δεδομένων

Δορυφόρος	Κάλυψη ωκεανίων περιοχών	Γεωγραφικό μήκος	Οχήματα εκτοξεύσεως	Ημερομηνία εκτοξεύσεως	Υπηρεσίες/ Σημειώσεις
Inmarsat-4F1	IOR	64° East	Atlas V	Μάρτιος 2005	BGAN – RBGAN ¹ περιοχικές υπηρεσίες μόνο.
Νέα θέση 2009	Asia-Pacific	143,5° East			
Inmarsat-4F2	AOR-West	53° West	Sea Launch Zenit 3SL	Νοέμβριος 2005	Παρέχονται σχεδόν όλες οι υπηρεσίες INMARSAT.
Νέα θέση 2009	EMEA	63,9° East			
Inmarsat-4F3	Americas	98,4° West	Proton rocket	Αύγουστος 2008	Εισαγωγή νέων υπηρεσιών.
Alphasat		24,9° East		Έτος 2013	Εισαγωγή νέων υπηρεσιών.
Inmarsat-3F1	IOR	64° East	Atlas Centaur IIA	Απρίλιος 1996	Υπάρχουσες και εξελισσόμενες υπηρεσίες.
Inmarsat-3F2	AOR-E	15,5° West	Proton D-1-E	Σεπτέμβριος 1996	
Inmarsat-3F3	POR	178° East	Atlas Centaur IIA	Δεκέμβριος 1996	
Inmarsat-3F4	PAC-C	142° West	Ariane 4 (V97)	Ιούνιος 1997	Διάφορες μισθώσεις.
Inmarsat-3F5	Εφεδρικός (AOR-W)	54° West	Ariane 4 (V105)	Φεβρουάριος 1998	

Πίνακας 10 : Δορυφόροι INMARSAT (3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} γενιάς)
(Πηγή Ταμπακάκης, 2017)

Το δορυφορικό σύστημα του INMARSAT συνολικά αποτελείται από 12 ενεργούς δορυφόρους και έναν αριθμό εφεδρικών έτοιμοι να τεθούν σε υπηρεσία εφόσον απαιτηθεί. Οι δορυφόροι του συστήματος ευρίσκονται σε γεωστατική τροχιά γύρω από τον ισημερινό, τον Ατλαντικό, τον Ινδικό και τον Ειρηνικό ωκεανό, και παρέχουν σχεδόν παγκόσμια κάλυψη¹⁵, όπως απεικονίζεται στην επόμενη εικόνα.

¹⁵ Δεν καλύπτονται οι πολικές περιοχές



Εικόνα 32: Ωκεάνιες περιοχές καλύψεως του INMARSAT
(Πηγή Ταμπακάκης, 2017)

Οι τέσσερις πλέον σύγχρονοι δορυφόροι (I-5, 5^{ης} γενιάς) του συστήματος INMARSAT παρέχουν ευρυζωνικές υπηρεσίες και η ταχύτητα της πληροφορίας από τον δορυφόρο προς την Γη ανέρχεται στα 50 Mbps (downlink), ενώ από την Γη προς τον δορυφόρο (uplink) ανέρχεται στα 5 Mbps.

Κάθε δορυφόρος φέρει επίσης έναν αναμεταδότη πλοήγησης σχεδιασμένο να βελτιώνει την ακρίβεια, τη διαθεσιμότητα και ακεραιότητα του παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS). Οι τρέχουσες υπηρεσίες εξυπηρετήσεως των συνδρομητών της INMARSAT έχουν ως ακολούθως: Αυτόματη παγκόσμια δορυφορική τηλεφωνία, cart phone, data, broadband data, fax, telex, email, web, video, video conference, εικόνα, mobile ISDN (Integrated Services Digital Network), mobile satellite phone (isat phone) και GSM 900, MPDS (Mobile Packet Data Service). (INMARSAT, 2020). Νέες υπηρεσίες προστίθενται διαρκώς και γίνονται διαθέσιμες στους συνδρομητές έναντι κατάλληλου τιμήματος.

Στις επόμενες παραγράφους θα καταβληθεί προσπάθεια να εξαχθούν ορισμένα σημεία ενδιαφέροντος, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν προκύπτουν ισχυρά σημεία ή/και δυσχέρειες αναφορικά με την επιχειρησιακή εκμετάλλευση των δορυφόρων.

Μερικά ουσιώδη χαρακτηριστικά γνωρίσματα του διαστημικού χώρου είναι τα εξής:

α. Είναι ένας χώρος κενού, το οποίο προσδίδει την ιδιότητα του άριστου ηλεκτρικού μονωτή (άρα προστασία) από υψηλές τάσεις.



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

β. Το διάστημα είναι ένας χώρος όπου επικρατούν ιδιαίτερες συνθήκες και ο δορυφόρος πρέπει να μπορεί να λειτουργεί επιτυχώς σε αυτές προκειμένου να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του χρήστη με διάρκεια και αξιοπιστία. Ένα υλικό ή ένα εξάρτημα που είναι κατάλληλα για επίγειες εφαρμογές, μπορεί να είναι τελείως ακατάλληλο και να αποδειχθεί προβληματικό για το διάστημα. Η χρήση σπανίων γαιών στις δορυφορικές κατασκευές είναι ένας από τους παράγοντες που αυξάνει κατά πολύ το κόστος τους.

γ. Το υψηλό κενό εξατμίζει κάθε λιπαντική ουσία και η επαφή μετάλλων οδηγεί αυτόματα σε ψυχρή κόλληση. Συνεπώς πολλά συνήθη μέταλλα (όπως ψευδάργυρος, κάδμιο, μόλυβδος) αν και σε αφθονία στην Γη, δεν είναι κατάλληλα για δορυφορικές κατασκευές. Αντί αυτών η χρήση πολυμερών ρητινών είναι προτιμητέα.

δ. Ο δορυφόρος είναι εκτεθειμένος σε μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας και υπόκειται σε συγκρούσεις με διαστημικά υπολείμματα. Από την άλλη πλευρά, ο δορυφόρος δεν υφίσταται δονήσεις από το διαστημικό περιβάλλον, καθώς δεν υπάρχουν ρεύματα αέρος και βαρύτητα, οπότε οι τεχνικοί (απαλλαγμένοι από τους νόμους της Φυσικής που ισχύουν στην Γη) έχουν την δυνατότητα κατασκευής συστημάτων μεγάλων διαστάσεων (Ηλιακά Πάνελ, κεραιές κλπ).

ε. Ο δορυφόρος μετά την εκτόξευσή του δεν επιδέχεται επιδιορθώσεις βλαβών. Επιβάλλεται λοιπόν να είναι όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστο σύστημα από την διαδικασία της κατασκευής. Επιβάλλεται να είναι ένα όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστο σύστημα από την διαδικασία της κατασκευής, λαμβάνοντας ιδιαίτερη μέριμνα για τα παρακάτω:

1/ Χρησιμοποίηση των πιο αξιόπιστων εξαρτημάτων, έστω και αν στοιχίζουν ακριβά.

2/ Λήψη ιδιαίτερης μέριμνας για την προστασία των συστημάτων από δονήσεις και δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την εκτόξευση ή από θερμικές δυνάμεις που προκαλούν συστολές και διαστολές ή από συγκρούσεις μετεωριτών κλπ.

3/ Ενδελεχής έλεγχος όλων των οργάνων μετά την κατασκευή και αντικατάσταση των ελαττωματικών μέχρι να επιτευχθεί το ζητούμενο επίπεδο αξιοπιστίας.

4/ Εξοπλισμός του δορυφόρου με εφεδρικά όργανα λειτουργίας π.χ. αισθητήρες προσανατολισμού, transponders, συσσωρευτές, δοχεία προωθητικού υλικού, ηλιακά στοιχεία κλπ.



5/ Εξοπλισμός του δορυφόρου με ένα αξιόπιστο σύστημα ελέγχου το οποίο δέχεται εντολές από τη γη, έτσι ώστε να μπορεί να παρακάμψει κάποιο βεβλαμένο σύστημα θέτοντας σε λειτουργία το εφεδρικό.

6/ Χρήση περισσότερων του ενός δορυφόρων σε τροχιά, ώστε να αυξάνεται η εναλλαξιμότητα σε περίπτωση αστοχίας και να διατηρείται αναλλοίωτη η παροχή των υπηρεσιών.

5.2 Απειλές Ψηφιακών Συστημάτων

5.2.1 Γενικά Περί Απειλών Ψηφιακών Συστημάτων Επικοινωνιών

Όπως παρουσιάστηκε ανωτέρω πολλοί παράγοντες (π.χ. αμοιβαίες παρεμβολές, συγκρούσεις του δορυφόρου με μετεωρίτες και αστοχίες του εξοπλισμού) μπορεί να διαταράξουν ή και να διακόψουν τις δορυφορική επικοινωνίες ακόμα και αν δεν υπάρχει καμία εσκεμμένη ενέργεια από ανθρώπινης πλευράς. Στην πραγματικότητα τα σύγχρονα ποντοπόρα πλοία χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο την ψηφιοποίηση, την ολοκλήρωση, τον αυτοματισμό και συνδέονται όλο και περισσότερο με το διαδίκτυο (έμμεσα ή άμεσα) κάτι που συνεπάγεται μεγαλύτερο κίνδυνο μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης ή κακόβουλων επιθέσεων στα συστήματα επικοινωνιών και ανταλλαγής πληροφορίας.

Πριν προχωρήσουμε περαιτέρω στην ανάλυση των ανωτέρω απειλών, κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν ορισμένοι βασικοί ορισμοί των σχετιζόμενων εννοιών, που θα είναι επιβοηθητικοί στην περαιτέρω εξέταση του θέματος.

Η ασφάλεια των ψηφιακών συστημάτων και του ψηφιακού σήματος έχει τρεις πυλώνες που εξασφαλίζουν ως σύνολο την χρησιμοποίηση του¹⁶:

α. Την **εμπιστευτικότητα (confidentiality)**, με την οποία διασφαλίζεται η πρόσβαση σε πληροφορίες μόνο στα κατάλληλα εξουσιοδοτημένα πρόσωπα.

β. Την **ακεραιότητα (integrity)**, με την οποία διασφαλίζεται η μη αλλοίωση / τροποποίηση πληροφοριών και υπηρεσιών με μη εξουσιοδοτημένο τρόπο.

¹⁶ Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση για τα δεδομένα και την ασφάλεια συστημάτων πληροφοριών από το Εθνικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Προτύπων (NIST)



γ. Την **διαθεσιμότητα (availability)**, με την οποία διασφαλίζεται η αδιάλειπτη πρόσβαση του κατάλληλα εξουσιοδοτημένου προσωπικού σε πληροφορίες όποτε απαιτείται.

Συνολικά ως **κυβερνοασφάλεια (cyber security)** αναφερόμαστε στην κατάσταση στην οποία διασφαλίζονται οι ανωτέρω τρεις πυλώνες ασφαλείας και το σύνολο των διαδικασιών που χρησιμοποιούνται προς αυτό το σκοπό.

Για λόγους ευκολίας και ταχύτητας στο επόμενο τμήμα της εργασίας όπου αναφέρεται "αντίπαλος", θα εννοείται Κρατική οντότητα / οργάνωση / ομάδα ή μεμονωμένο πρόσωπο, το οποίο θα επιθυμεί να προβεί σε κακόβουλες ενέργειες ή προσπάθειες σχετιζόμενες με το ψηφιακό πεδίο.

Σε γενικές γραμμές, υπάρχουν τρεις βασικές στρατηγικές που μπορεί να αναζητήσει ένας «αντίπαλος» έναντι καθενός εκ των ψηφιακών συστημάτων επικοινωνιών. (Φασουλάς, 1991)

α. Να προσπαθήσει να χρησιμοποιήσει ο ίδιος το σύστημα επικοινωνιών προς όφελός του.

β. Να επιχειρήσει την άρνηση της χρήσης του συστήματος επικοινωνιών από τον νόμιμο χρήστη αυτού.

γ. Να προσπαθήσει να εισάγει το δικό του σήμα στη δορυφορική ζεύξη - σύνδεση με σκοπό να εξαπατήσει είτε το ίδιο το σύστημα, είτε έναν χρήστη του συστήματος.

Οι τακτικές με τις οποίες ένας αντίπαλος μπορεί να επιχειρήσει να πραγματοποιήσει τις παραπάνω στρατηγικές περιλαμβάνουν ¹⁷:

α. **Εμπλοκή**, η οποία περιλαμβάνει τη σκόπιμη μετάδοση ενός ανταγωνιστικού σήματος στην ίδια συχνότητα με το "σήμα στόχου", με σκοπό την παρεμβολή στη λήψη του κανονικού σήματος. Για παράδειγμα, η τεχνική αυτή θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία λήψης σήματος θέσης (GPS) οπότε συνεπακόλουθα παρουσιάζονται σημαντικά προβλήματα στην απόδοση του GMDSS και τις επικοινωνίες του πλοίου, καθώς αυτά συγχρονίζονται με χρόνο από το GPS.

β. **Παραπλάνηση και μίμηση**, η οποία συνίσταται στη σκόπιμη μετάδοση ενός σήματος που μοιάζει πολύ με το πραγματικό "σήμα στόχο" με σκοπό, όχι την

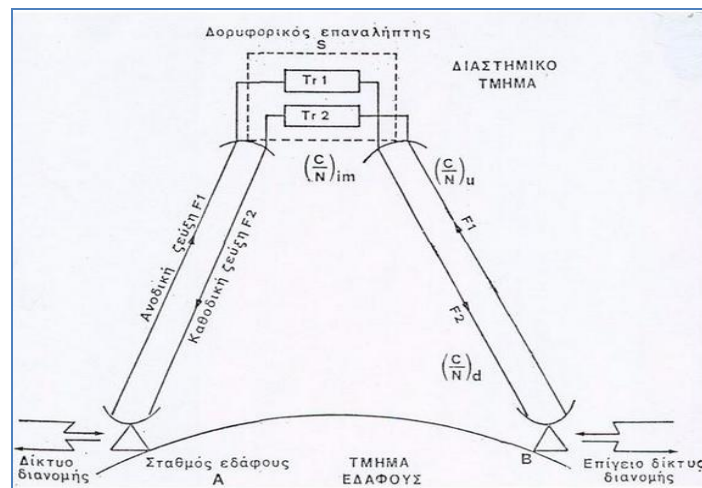
¹⁷ Δεν είναι το σύνολο των τακτικών, αλλά παρουσιάζονται αυτές οι οποίες είναι ενδιαφέροντος ναυτιλίας και έχουν εφαρμογή στο θαλάσσιο περιβάλλον.



εμπλοκή, αλλά την εξαπάτηση του νόμιμου χρήστη. Για παράδειγμα, η απλή περίπτωση της φωνητικής εκπομπής από έναν μη εξουσιοδοτημένο σταθμό σε κάποια συχνότητα DSC, θα μπορούσε να οδηγήσει σε παραπλάνηση του αποδέκτη ως προς τον πραγματικό συνομιλητή του. Βέβαια στην περίπτωση αυτή, το πιθανότερο είναι ότι ο πραγματικός χρήστης της συχνότητας θα ακροάται το δίκτυο και θα αντιληφθεί την προσπάθεια μίμησης.

5.2.2 Ψηφιακή Απειλή στα Δορυφορικά Συστήματα Επικοινωνιών

Για το επόμενο τμήμα της εργασίας θα χρειαστεί να ανακαλέσουμε την εικόνα 26, που αφορά την βασική δομή του δορυφορικού συστήματος, ώστε να εξετάσουμε κατά πόσον είναι ευάλωτο σε απειλές το κάθε επιμέρους τμήμα της ζεύξης.



Εικόνα 26 Βασική δομή ενός δορυφορικού συστήματος.
(Πηγή Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ)

Ανοδική Και Καθοδική Ζεύξη

Η ανοδική ζεύξη (uplink) του δορυφορικού συστήματος ίσως παρουσιάζει το μεγαλύτερο εύρος επιλογών για αυτόν που θα επιλέξει την στρατηγική της προσπάθειας άρνησης της χρήσης του συστήματος επικοινωνιών από τον νόμιμο χρήστη.

Μια λογική ενέργεια σε αυτήν την κατεύθυνση θα ήταν ο «αντίπαλος» να αρνηθεί προσωρινά ή να περιορίσει τη χρήση του δορυφόρου, παρεμποδίζοντας τη διασύνδεση του με τον σταθμό εδάφους. Ανάλογα με τις τεχνολογικές δυνατότητες που διαθέτει, εάν αυτό συμβεί σε μια κρίσιμη στιγμή (όπως κατά τη φάση εκτόξευσης), το αποτέλεσμα μπορεί να είναι καταστροφικό και μόνιμο. Πιο εύκολα και με περισσότερη "αφάνεια", θα μπορούσε να υποκλέψει το σήμα ελέγχου του δορυφόρου για να προσπαθήσει την πρόσβαση σε



σημαντικές πληροφορίες για τον τρόπο έλεγχου του. Κατόπιν, εάν ο "αντίπαλος" είναι σε θέση να δημιουργήσει το δικό του σύνολο εντολών και εκπέμποντας ένα σήμα παραπλάνησης κατάλληλης ισχύος, ενδέχεται να επιτύχει ο δορυφόρος να ενεργεί σύμφωνα με αυτές. (Φασουλάς, 1991)

Ευτυχώς, για καθεμία από τις παραπάνω ενέργειες, υπάρχουν αντίμετρα, όπως η χρήση της ευελιξίας συχνότητας (frequency hopping) ή η εξάπλωση ζώνης έναντι της απειλής παρεμβολής, η κρυπτογράφηση έναντι της απειλής υποκλοπής και ορισμένα μέσα επικύρωσης της γνησιότητας μιας μετάδοσης έναντι της απειλής πλαστογράφησης. (Φασουλάς, 1991).

Από την άλλη πλευρά της σύνδεσης, η καθοδική ζεύξη (downlink) του δορυφορικού συστήματος είναι γενικά πιο δύσκολο να υποστεί κάποια επίθεση. Η γεωμετρία της καθοδικής ζεύξης είναι αυτή που σε μεγάλο βαθμό επιδρά ανασταλτικά στην επιτυχή επίθεση ενός «αντίπαλου». Όπως προαναφέρθηκε το downlink είναι το φέρον κύμα συχνότητας το οποίο εκπέμπεται από μια σχετικά μικρή κεραία και με χαμηλή ισχύ από τον δορυφόρο. Από την άλλη η κεραία λήψης του σήματος ελέγχου στο έδαφος (ως αντιστάθμιση του χαμηλού σήματος εκπομπής) είναι αρκετά μεγάλη, με υψηλό κέρδος (gain) και εξαιρετικά καλά εστιασμένη στον δορυφόρο. Συνολικά η λήψη του σήματος κατερχόμενης ζεύξης μπορεί να είναι μια σχετικά εύκολη υπόθεση, αλλά για να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά τεχνικές απαγόρευσης ή παραπλάνησης απαιτείται ο "αντίπαλος" να βρίσκεται σχεδόν μέσα στη δέσμη της κεραίας λήψης, δηλαδή μεταξύ της κεραίας το σταθμού εδάφους και του δορυφόρου κάτι που είναι αδύνατον να επιτύχει χωρίς εντοπισμό της παρουσίας του.¹⁸

Άρα συνολικά ο χρήστης των δορυφορικών επικοινωνιών πρέπει να αναμένει "επίθεση" στην ανοδική ζεύξη αν ο "αντίπαλος" προσπαθήσει την άρνηση υπηρεσίας και στην καθοδική ζεύξη αν επιθυμεί να συλλέξει πληροφορίες σήματος.

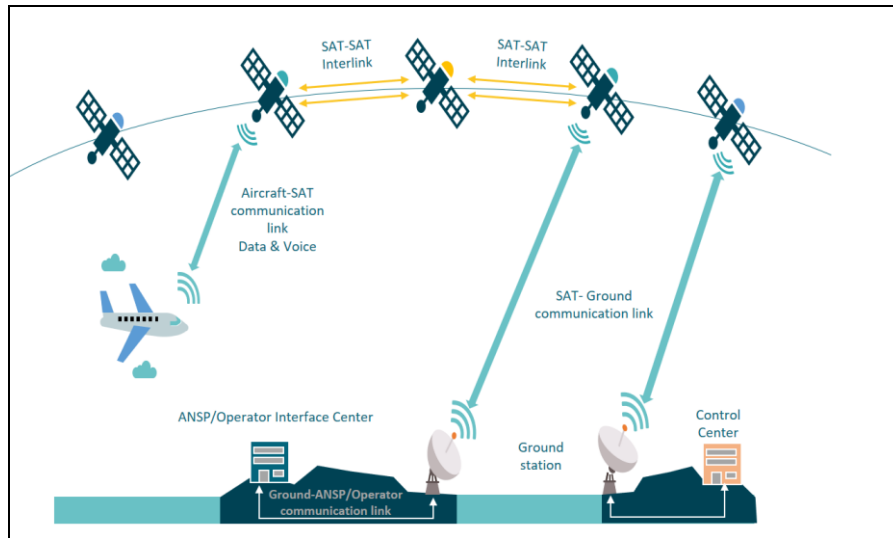
Ζεύξη Μεταξύ Δορυφόρων

Στους αστερισμούς δορυφόρων, όπως στην περίπτωση της *INMARSAT*, έκτος από την ανοδική και την καθοδική ζεύξη, συναντάται και μια ακόμα ζεύξη που εξυπηρετεί την διασύνδεση των δορυφόρων ("inter satellite link" or "crosslink").

¹⁸ Αυτονόητο είναι ότι οι δορυφορικοί σταθμοί ελέγχου είναι καλά φυλασσόμενες εγκαταστάσεις.



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’



Εικόνα 33: Inter satellite link (crosslink)
(Πηγή <https://connectivity.esa.int/projects/routleo>)

Μια επιτυχημένη επίθεση ενάντια σε μια ζεύξη τύπου crosslink απαιτεί από τον «αντίπαλο» να βρεθεί σε μια θέση τροχιάς κάπου ανάμεσα στους δύο δορυφόρους που επικοινωνούν. Σε αυτήν την περίπτωση είναι δυνατόν να εκδηλωθούν και οι δυο τεχνικές (εμπλοκή και παραπλάνηση), όπως επίσης εύκολη είναι η συλλογή πληροφοριών σήματος.

5.2.3 Τεχνική Απειλής Ψηφιακών Συστημάτων Επικοινωνιών

Για να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα της εφαρμογή κάποιας τεχνικής παρεμβολής (Jamming) σε μια δορυφορική σύνδεση επικοινωνίας θα ήταν επιθυμητό να γνωρίζουμε εκ των προτέρων τις απαντήσεις σε δύο ερωτήματα.

α. Ποια είναι η βέλτιστη κυματομορφή του σήματος παρεμβολής που θα χρησιμοποιηθεί, και

β. Ποια υποσυστήματα του GMDSS πρέπει να στοχεύσουν στην επίθεση.

Η αξία της απάντησης αυτών των ερωτημάτων γίνεται αντιληπτή, αν ορίσουμε την τεχνική παρεμβολής σήματος ως "μία σκόπιμη παρέμβαση, στοχεύοντας στην διακοπή της δυνατότητας μεταφοράς πληροφοριών". (Φασουλάς, 1991).

Τα μέσα που έχει στην διάθεση του ο "αντίπαλος" για να προχωρήσει στην παρεμβολή κατατάσσονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες :

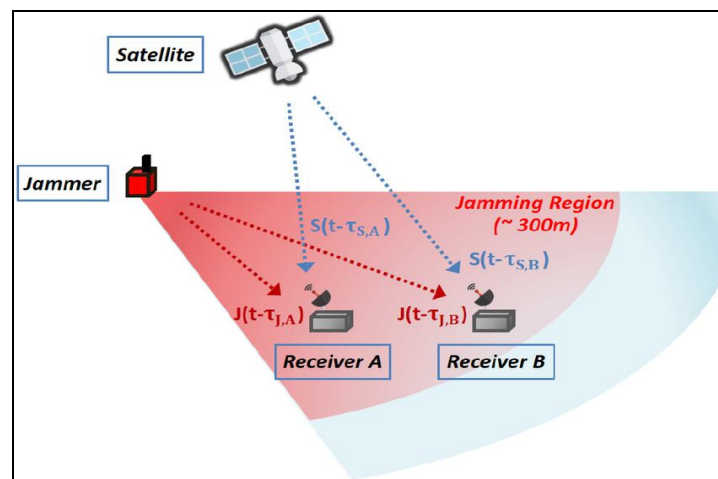
α. **Παρεμβολή Θορύβου (Noise Jamming)** και

β. **Επαναλήπτες Παρεμβολών (Jamming Repeaters).**



Οι "παρεμβολές θορύβου" περιλαμβάνουν συστήματα που παράγουν και εκπέμπουν το δικό τους σήμα σε παραπλήσια συχνότητα με την αυτή που σκοπεύουν να παρεμβάλουν αλλά με πολύ μεγαλύτερη ισχύ. Οι "επαναλήπτες θορύβου" είναι συστήματα που, αφού υποκλέψουν το σήμα επικοινωνίας, επενεργούν με διαδικασίες εκ νέου διαμόρφωσης αυτού (διακυμάνσεις πλάτους, φάσης, συχνότητας και χρόνου), το οποίο κατόπιν ενισχύουν και το αναμεταδίδουν στον δέκτη.

Στην πρώτη περίπτωση (παρεμβολές θορύβου) ο δέκτης λαμβάνει σήμα το οποίο επικαλύπτει το σήμα που περιέχει την πληροφορία που αναμένει, οπότε δεν μπορεί να αποκατασταθεί καθόλου επικοινωνία. Στην δεύτερη περίπτωση (επαναλήπτες θορύβου) ο στόχος του παρεμβολέα είναι να δημιουργήσει σήμα με εσκεμμένα σφάλματα, οπότε ο δέκτης θα απορρίψει τις πληροφορίες που λαμβάνει βάση του πρωτόκολλου λειτουργίας του¹⁹. Ωστόσο η δεύτερη τεχνική με χρήση παρεμβολέα - αναμεταδότη, είναι πιο δύσκολη στην υλοποίηση γιατί πρέπει να επιτευχθεί η γεωμετρία που απαιτείται για την αποτελεσματική χρήση των επαναληπτών παρεμβολής. Ακόμα και στην περίπτωση που κατορθωθεί να επιτευχθεί η σωστή γεωμετρία μεταξύ πομπού-δέκτη και παρεμβολέα πρέπει να χρησιμοποιηθεί προσεκτικά η τεχνική αυτή γιατί αν δεν υπάρχει αποτέλεσμα στην παρεμβολή, τότε έχει δημιουργηθεί ένας ενισχυτής του σήματος και λειτουργεί προς όφελος του δέκτη. Από την άλλη βέβαια, η σωστή υλοποίηση της τεχνικής επιτρέπει την αξιόπιστη παρεμβολή σε πολλούς δέκτες ταυτόχρονα.



Εικόνα 34 : Παρεμβολή σε ζεύξη επικοινωνιών

(Πηγή https://www.researchgate.net/figure/Scenario-for-two-receivers-receiving-satellite-and-jamming-signals-in-different-positions_fig3_340140967)

¹⁹ Αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2 οι τεχνικές "Forward Error Correction (FEC) " και "store-and-forward"



5.2.4 Πραγματικά Συμβάντα Ψηφιακών Επιθέσεων στο Ψηφιακό Πεδίο

Τον Ιούλιο 2013 μία ερευνητική ομάδα (Πανεπιστήμιο Τέξας), κατόρθωσε την παρεμβολή του σήματος του συστήματος GPS ενός σκάφους μέσω της τροποποίησης των δεδομένων που λάμβανε ο δέκτης του. Η επίθεση έγινε με χρήση "brutal force technique", δηλαδή με την αύξηση ισχύος του σήματος παρεμβολής που λάμβανε ο δέκτης σε τέτοιο επίπεδο ώστε να είναι ισχυρότερο από το σήμα του δορυφόρου και να το επικαλύπτει.

Τον Απρίλιο του 2015, σε περιοχή της Κορεάτικης χερσονήσου εκδηλώθηκε μια σοβαρή επίθεση στα συστήματα GPS των πλοίων, επηρεάζοντας δεκάδες από αυτά. Η μετέπειτα ανάλυση του συμβάντος, αποκάλυψε ότι συγκεκριμένη επίθεση ήταν μία σκόπιμη παρεμβολή στο σήμα του GPS (θέσης), στοχεύοντας στην πλήρη παρεμβολή του σήματος και όχι στην τροποποίηση του. Λόγω της μη διαθεσιμότητας των δεδομένων από το GPS επηρεάστηκε σε ορισμένα πλοία η λειτουργία του AIS και του ECDIS, καθώς αυτά ήταν μέρος του συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης πληροφοριών Γεφύρας (Integrated Bridge System -IBS).

Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται η οθόνη του συστήματος ηλεκτρονικών χαρτών πλοίου, το οποίο έχει δεχθεί παρεμβολή στο σήμα GPS. Η θέση του πλοίου σύμφωνα με το ECDIS ήταν στη ξηρά.



Εικόνα 35 : Λανθασμένη απεικόνιση θέση πλοίου στο ECDIS
(Πηγή <http://shipsbusiness.com/ECDIS-warning.html>)

Στο πιο εγγύς περιβάλλον της χώρας μας και εξετάζοντας συμβάντα στην περιοχή της Ουκρανίας / Ρωσίας έχει διαπιστωθεί κατά περιόδους μη αναμενόμενη συμπεριφορά των συστημάτων θέσης GPS. Ήδη από το 2017 το "Resilient Navigation and Timing



Foundation” εξέτασε δεδομένα AIS/GPS στην ανωτέρω περιοχή και διαπίστωσε ότι τα σήματα GPS L2 και L5 μπλοκάρωνταν (block) και το σήμα GPS L1 παραπλανήθηκε (deception) στην γεωγραφική περιοχή του Κρεμλίνου (γεγονός που εκτιμήθηκε ότι ήταν μέρος των προσπαθειών προστασίας υψηλόβαθμων προσώπων). Επιπλέον μεταξύ 2021 και 2023 πλέον των 10.000 περιπτώσεων GPS Signal Jamming καταγράφηκαν σε δέκα τοποθεσίες στην ευρύτερη περιοχή Ρωσίας - Ουκρανίας. Τελευταία ανάλογα περιστατικά περιοδικής δυσλειτουργίας δεκτών GPS καταγράφονται, από εμπορικά και πολεμικά πλοία, στην θαλάσσια περιοχή των ακτών του Ισραήλ εκτιμάται ως απόρροια των πρόσφατων πολεμικών επιχειρήσεων στην περιοχή αυτή.

Ολοκληρώνοντας την αναφορά σε πραγματικά συμβάντα, ειδικά για το ECDIS αποτελεί συχνό φαινόμενο η "μόλυνση" από ψηφιακούς ιούς μέσω των θυρών USB, κατά τη διαδικασία αναβάθμισης των ηλεκτρονικών χαρτών ή την διασύνδεση σε αυτό μη εξουσιοδοτημένων συσκευών. Ένα τέτοιο περιστατικό συνέβη σε δεξαμενόπλοιο, όταν μέλος του πληρώματος συνέδεσε ένα μολυσμένο USB stick στο ECDIS για να πραγματοποιήσει αναβάθμιση των χαρτών. Αυτό το τελευταίο περιστατικό δεν εντάσσεται στο πλαίσιο των επιθέσεων στο ψηφιακό πεδίο που αναλύθηκε στο παρόν τμήμα της εργασίας, αλλά είναι ενδεικτικό της ανθρώπινης (ενίοτε επιβλαβούς) επίδρασης στην λειτουργία των ψηφιακών συστημάτων του πλοίου, που θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

5.3 Επιμέρους Συμπεράσματα

Γεωστατικοί δορυφόροι, ονομαζόμενοι και *σταθεροί ή γεωσύγχρονοι*, είναι και οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι που χρησιμοποιούνται αντίστοιχα στις τέσσερις περιοχές καλύψεως του συστήματος *INMARSAT*, χωρίς κάλυψη ωστόσο στους πόλους της Γης. Έτσι, το μεγάλο πλεονέκτημα του συστήματος *IRIDIUM* έναντι του συστήματος *INMARSAT* είναι ότι προσφέρει πλήρη κάλυψη στις πολικές περιοχές της Γης με τη χρήση δορυφόρων χαμηλής τροχιάς.

Συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά των δορυφόρων και τα πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα ανάλογα με το ύψος τροχιάς στο οποίο επιχειρούν φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα



Χαρακτηριστικά δορυφόρων ανά είδος τροχιάς

Τύπος τροχιάς	LEO	MEO	GEO
Ύψος (ενδεικτικά)	100-1.500 km	10.000-20.000 km	35.790 km
«Ορατότητα» ανά περιστροφή	ως 15 min	2-4 h	24 h
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none">- Χαμηλό κόστος- Μικρή καθυστέρηση σήματος- Μικρές απώλειες ισχύος σήματος	<ul style="list-style-type: none">- Μεσαίο κόστος- Μικρή καθυστέρηση σήματος	<ul style="list-style-type: none">- Μεγάλη κάλυψη (ως 42,2% της επιφάνειας της Γης)- Δεν απαιτείται μηχανισμός παρακολούθησης (tracking) ή είναι απλός
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none">- Απαιτείται μηχανισμός παρακολούθησης (tracking)- Περιορισμένος χρόνος ζωής (5-8 έτη)	<ul style="list-style-type: none">- Απαιτείται μηχανισμός παρακολούθησης- Μεγαλύτερη καθυστέρηση και απώλειες ισχύος σήματος από LEO	<ul style="list-style-type: none">- Υψηλό κόστος- Μεγάλη καθυστέρηση και μεγάλες απώλειες ισχύος σήματος
Τυπικές εφαρμογές	<ul style="list-style-type: none">- Παρατήρηση της Γης- International Space Station- Επικοινωνίες	<ul style="list-style-type: none">- Πλοήγηση (GPS, Galileo, GLONASS κτλ)- Επικοινωνίες	<ul style="list-style-type: none">- Μετεωρολογικοί δορυφόροι- Επικοινωνίες

Πίνακας 11 : Χαρακτηριστικά δορυφόρων ανά είδος τροχιάς
(πηγή Βαζούρας, Δορυφορικές επικοινωνίες, 2023)

Τα κύματα αυτά των ζωνών συχνοτήτων Ultra High Frequency - UHF και Super High Frequency - SHF μπορούν και διαπερνούν εύκολα την ιονόσφαιρα, όταν ο επίγειος σταθμός και ο δορυφόρος έχουν οπτική επαφή.

Οι δορυφόροι είναι εκτεθειμένοι σε ένα εχθρικό περιβάλλον λειτουργίας, με ακραίες αλλαγές θερμοκρασίας και ελάχιστη φυσική προστασία από πηγές ακτινοβολίας, ιδιαίτερα την ηλιακή ακτινοβολία.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που δεν θα πρέπει να διαφεύγει της προσοχής, είναι ότι τα συστήματα δορυφορικών επικοινωνιών τείνουν να είναι εγγενώς εύθραυστα. Επειδή είναι πολύ δαπανηρή η κατασκευή και η εκτόξευση, τα συστήματα σχεδιάζονται συνήθως στο όριο και έχουν ελάχιστα περιθώρια επιπλέον απόδοσης.

Ένα δορυφορικό σύστημα επικοινωνίας απαιτεί σύστημα εκτόξευσης, δίκτυο εντολών και ελέγχου και συνδέσμους επικοινωνίας για τη σύνδεση του χρήστη του συστήματος με τον δορυφόρο σε τροχιά. Αποτυχία ενός τμήματος του δικτύου, σημαίνει κατάρρευση του συνόλου του δικτύου.



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

Οι ζεύξεις δορυφορικής επικοινωνίας είναι ευάλωτες σε στρατηγικές παρεμβολής , ανίχνευσης σήματος και άρνησης της υπηρεσίας. Αλλά κάθε μια τεχνική απαιτεί διαφορετική σχεδίαση, μέσα υλοποίησης και μια συγκεκριμένη γεωμετρία για να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά.

Σε κάθε περίπτωση υπάρχει η πιθανότητα της επιτυχίας των ανωτέρω τεχνικών για τον αντίπαλο (όπως έχει αποδειχθεί στην πράξη), αλλά εκτιμάται ότι ο χρήστης (εφόσον είναι γνώστης των αρχών λειτουργίας και της προβλεπόμενης απόδοσης του συστήματος του) μπορεί να αισθανθεί έγκαιρα το πρόβλημα που αντιμετωπίζει.



6 Συνέργεια του Ανθρώπινου Παράγοντα

Όπως παρουσιάστηκε και στο τελευταίο παράδειγμα του προηγούμενου κεφαλαίου η επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα δεν μπορεί να υποτιμηθεί, καθώς λόγω του υψηλού βαθμού διασυνδεσιμότητας των ναυτιλιακών συστημάτων, ακόμη και μικρές αβλεψίες ή ανεπαρκείς χειρισμοί μπορεί να έχουν δυσανάλογα υψηλή επίδραση στην ασφαλή λειτουργία του πλοίου.

Στο παρόν Κεφάλαιο θα αναζητηθούν τυχόν αδυναμίες που ανακύπτουν στα συστήματα επικοινωνιών του πλοίου, συνέπεια της ανθρώπινης παρέμβασης και του χειρισμού αυτών. Για την προσέγγιση του ζητήματος θα εξεταστούν τα κάτωθι επιμέρους ερωτήματα :

- α. Εάν το επίπεδο γνώσεων του χειριστή και η ικανότητα του να λειτουργεί υπό συνθήκες υψηλού άγχους επιδρά στην ορθή λειτουργία των συστημάτων.
- β. Εάν οι ανθρώπινες παραλείψεις στο θέμα της φυσικής και ψηφιακής ασφάλειας των συστημάτων δύναται να έχει αρνητική επίδραση στην απόδοσή τους.
- γ. Εάν ο παγκόσμιος χαρακτήρας της ναυτιλίας, με πληρώματα διαφορετικής Εθνικότητας και κουλτούρας ασφάλειας, μπορεί να εισαγάγει έναν παράγοντα αδυναμίας αποτελεσματικής χρήσης των συστημάτων επικοινωνιών στην θάλασσα.

*Στις επόμενες παραγράφους **δεν** εξετάζεται η ανθρώπινη παρέμβαση που σχετίζεται με την **δολιοφθορά**, δηλαδή η εσκεμμένη ενέργεια για πρόκληση αδυναμίας στο σύστημα. Όλες οι ενέργειες θεωρούμε ότι εκδηλώθηκαν με καλή πρόθεση, ανεξάρτητα εάν είχαν (στο τέλος) καταστροφικό αποτέλεσμα.*

6.1 Άνθρωπος ως Χειριστής των Συστημάτων

Στο πέρασμα του χρόνου έχουν επέλθει σοβαρές αλλαγές στο νομοθετικό πλαίσιο ναυτικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα, με αναβάθμιση τόσο της παρεχόμενης αρχικής εκπαίδευσης όσο και των υποχρεωτικών μετεκπαιδεύσεων των πληρωμάτων των πλοίων. Πλέον, πέραν από τις γνώσεις που κατέχουν με την αποφοίτησή τους από τις σχολές Αξιωματικών ΕΝ, οι ναυτικοί υποχρεούνται να αναβαθμίζουν και να επικαιροποιούν



διαρκώς το επαγγελματικό τους επίπεδο σε όλη την διάρκεια του επαγγελματικού τους βίου μέσω μετεκπαιδεύσεων και περιοδικών ανανεώσεων πιστοποιητικών ικανότητας. Επιπλέον, πολλές μεγάλες ναυτιλιακές εταιρίες έχουν αποδείξει την ιδιαίτερη μέριμνα που λαμβάνουν για την εξειδίκευση του προσωπικού που στελεχώνει τα πλοία τους με την διεξαγωγή στοχευμένης εκπαίδευσης στον τύπο πλοίου και στις απαιτήσεις της εταιρίας.

Στις αρχές του αιώνα, σε πλοία που σταδιακά εφαρμοζόταν το GMDSS, η μορσική τηλεγραφία δεν απαιτούνταν πλέον, με αποτέλεσμα να καταστεί περιττή η ειδικότητα του παραδοσιακού ασυρματιστή (καταργήθηκε 1/2/1999). Μετά την ημερομηνία αυτή ισχύουν μόνο τα νέα πιστοποιητικά, που καθορίζονται από τους κανονισμούς της Διεθνούς Ενώσεως Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union – ITU). Ο κανονισμός 16 του Κεφαλαίου IV της SOLAS απαιτεί κάθε πλοίο να διαθέτει προσωπικό κάτοχο κατάλληλου πιστοποιητικού για τη διεξαγωγή των επικοινωνιών κινδύνου και ασφάλειας. Ένας εκ των πιστοποιημένων Αξιωματικών του πλοίου καθορίζεται ότι έχει την κύρια ευθύνη του χειρισμού των περιστατικών κινδύνου και ασφαλείας ("Αξιωματικός GMDSS"). Προκειμένου να διασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή διαθεσιμότητα προσωπικού στην δυνατότητα ανταπόκρισης σε περιστατικά ασφάλειας / κινδύνου, η SOLAS απαιτεί όλοι οι Αξιωματικοί καταστρώματος να είναι κάτοχοι κατάλληλης πιστοποίησης, ώστε να είναι ικανοί στην χρήση της ραδιοεγκαταστάσεως VHF. Δηλαδή πρέπει να διαθέτουν πτυχίο χειριστή περιορισμένης χρήσεως του GMDSS και ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται οποιαδήποτε άλλη (επιπλέον) απαίτηση καθορίζεται σε εθνικό επίπεδο από την Σημαία του πλοίου (Ταμπακάκης, 2017).

Η λειτουργία του σταθμού επικοινωνιών του πλοίου είναι υπό την εξουσία και ευθύνη του Πλοίαρχου, ο οποίος πρέπει να συμμορφώνεται με τις υποχρεώσεις που καθορίζονται στη SOLAS, την MLC και την STCW αναφορικά με την λειτουργία και στελέχωση των επικοινωνιών του πλοίου. Προκειμένου να αναδεχθεί η σημασία που αποδίδεται από τους Διεθνείς Κανονισμούς και Συμβάσεις την συμμόρφωση του πλοίου στις απαιτήσεις κατά GMDSS, παρατίθενται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά σημεία :

α. Ο Πλοίαρχος φέρει την απόλυτη ευθύνη για τη χρήση των τηλεπικοινωνιακών και ηλεκτρονικών συσκευών που βρίσκονται εγκατεστημένες στη γέφυρα του πλοίου. Υποχρεούται να εξασφαλίζει τη συνεχή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για να εργάζεται απρόσκοπτα ο εξοπλισμός GMDSS και να παρέχει κάθε βοήθεια για την καλή συντήρηση και λειτουργία αυτού.



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

β. Ο Πλοίαρχος αναθέτει με εγγραφή στο ημερολόγιο του πλοίου το μέλος του πληρώματος που αναλαμβάνει καθήκοντα και ευθύνη διαχείρισεως ραδιοεπικοινωνιών Κινδύνου, Επείγοντος και Ασφάλειας ("Αξιωματικός GMDSS").

γ. Όταν ο Πλοίαρχος ενημερωθεί από τον υπεύθυνο χειριστή ραδιοεπικοινωνιών ότι υπάρχει πρόβλημα σε σύστημα του GMDSS, είναι υποχρεωμένος να φροντίσει την αποκατάσταση του προβλήματος πριν τον απόπλου του πλοίου από το λιμένα.

δ. Ο Πλοίαρχος εξασφαλίζει την ομαλή στελέχωση σε φύλακες επικοινωνιών του πλοίου, χωρίς να επηρεάζεται η ομαλή άσκηση των λοιπών καθηκόντων των μελών του πληρώματος.

ε. Ο Πλοίαρχος ορίζει σε περίπτωση εγκαταλείψεως πλοίου τους υπεύθυνους για τη μεταφορά στα σωστικά μέσα του δορυφορικού EPIRB, του αναμεταδότη SART και των φορητών πομποδεκτών VHF.

στ. Ο Πλοίαρχος τέλος έχει την υποχρέωση να παρέχει κάθε διευκόλυνση στους αρμόδιους επιθεωρητές επικοινωνιών του πλοίου και φέρει την ευθύνη για κάθε παρεμπόδιση του έργου τους.

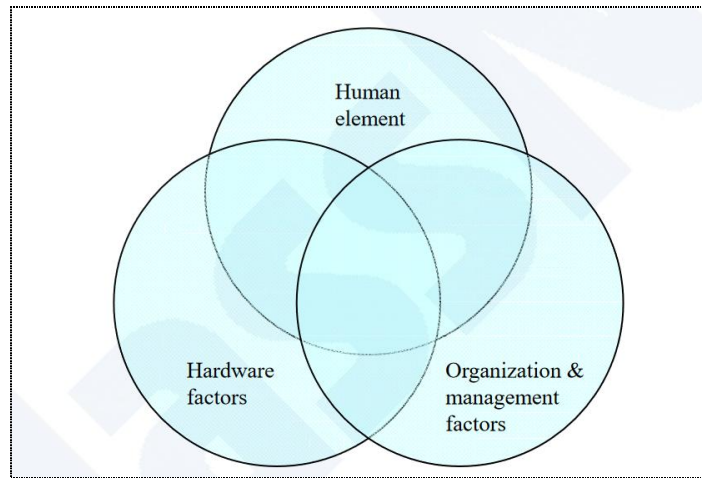
Όπως παρουσιάστηκε στα προηγούμενα Κεφάλαια της εργασίας τα επιμέρους συστήματα που συνθέτουν εν σύνολο το σύστημα GMDSS του πλοίου έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις συντήρησης και χειρισμού. Ωστόσο πρέπει να αναγνωριστεί ότι αυτές οι απαιτήσεις είναι σαφώς (και πολλαπλά) καταγεγραμμένες στα εγχειρίδια χρήσης του κατασκευαστή, στους κανονισμούς κατά SOLAS και στις επιμέρους οδηγίες Διεθνών Οργανισμών. Επιπλέον ένα πολύ μεγάλο μέρος της αρχικής εκπαίδευσης, της μετεκπαίδευσης / ανανέωσης πιστοποίησης και της ειδικής εκπαίδευσης από την εταιρία, είναι προσανατολισμένο στο πεδίο τις τήρησης των διατάξεων χειρισμού και συντήρησης συσκευών επικοινωνιών και ασφάλειας.

Έχοντας λάβει όλες αυτές τις προφυλάξεις και πάλι το 80% των ατυχημάτων στην θάλασσα έχουν ως γενεσιουργό αιτία ενέργειες (ή παραλείψεις) του ανθρώπου. Στο ερώτημα γιατί συμβαίνουν αυτά τα λάθη και γιατί δεν τηρούνται οι διαδικασίες, η συνηθέστερη απάντηση είναι λόγω "απλής αμέλειας". Αυτή όμως η έκφραση είναι το αποτέλεσμα της ενέργειας, καθώς τα αίτια περιλαμβάνουν την κόπωση, την απειρία, την ανεπαρκή εκπαίδευση, την απερίσκεπτη συμπεριφορά, γλωσσικά προβλήματα που προκύπτουν από το πολυπολιτισμικό πλήρωμα των πλοίων κα. Μια προσπάθεια γραφικής



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

απόδοσης των προαναφερθέντων παραγόντων απεικονίζεται στην εικόνα 34 που ακολουθεί.



*Εικόνα 36 : Παράγοντες σχετιζόμενοι με ανθρώπινο λάθος
(Πηγή <https://www.dieselduck.info>)*

Προσπαθώντας περαιτέρω η ναυτιλιακή κοινότητα να επεξεργαστεί αυτά τα δεδομένα, έχουν καταγράψει τα ακόλουθα "γενεσιουργά αιτία" (root causes) ως καθοριστικοί συντελεστές ενός ατυχήματος στην θάλασσα (Γεωργουσόπουλος, 2023):

- α. Poor management standards
- β. Poor qualifications
- γ. Fatigue
- δ. Lack of motivation
- ε. Communication problems
- στ. Cultural differences

Επιγραμματικά, καθώς η εξαντλητική ανάλυση των παραγόντων εκφεύγει του σκοπού της εργασίας, οι τέσσερις πρώτοι παράγοντες της πιο πάνω λίστας αφορούν σε παραλείψεις που στο βασικό υπόβαθρο τους έχουν το επίπεδο οργάνωσης και ελέγχου που επικρατεί στο πλοίο. Για παράδειγμα, σε συμβάντα του παρελθόντος έχει καταγραφεί ότι ορισμένοι πομποί EPIRB όταν απαιτήθηκε δεν εξέπεμπαν (παρόλο που διέρχονταν επιτυχώς τους μηνιαίους ελέγχους). Στο πλαίσιο αυτό έχει γίνει σύσταση για πιο προσεκτική και ευρεία δοκιμή τους σε ετήσια βάση. Η σύσταση αυτή απαιτεί από τον Αξιωματικό GMDSS την ανάληψη πρωτοβουλίας για εισήγηση και από τον Πλοίαρχο την ανάληψη ενεργειών για διεξαγωγή των επιπλέον ελέγχων των EPIRB, ακόμα και αν αυτό είναι πέραν των τυπικών υποχρεώσεων του πλοίου.



Επιπρόσθετα, εάν σε κάποιο πλοίο ή στην εταιρία διαχείρισης, επικρατεί ένα "χαλαρό" πνεύμα διοίκησης και ελέγχου είναι δυνατόν να εκφεύγουν τις προσοχής ακόμα και τα πιο βασικά προβλήματα που σχετίζονται με τον φόρτο εργασίας του πληρώματος, δηλαδή την μη εφαρμογή των κανονισμών της Διεθνούς Σύμβασης για την εργασία των ναυτικών (Maritime Labour Convention - MLC). Σε αυτή την περίπτωση οι επιπτώσεις της κούρασης και του φόρτου εργασίας, είναι πιθανόν να επηρεάσουν τον Αξιωματικό GMDSS στην εκπλήρωση των καθηκόντων σχετικά με τον έλεγχο και την συντήρηση του εξοπλισμού κινδύνου και ανάγκης του πλοίου. Και βέβαια σε όλα αυτά θα πρέπει να προστεθεί η οικονομική διάσταση της βιομηχανίας της ναυτιλίας, που ορισμένες φορές μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της επισκευής του εξοπλισμού ή την αναβολή της συντήρησης του (ακόμα και υπό το ρίσκο μιας πιθανώς αποτυχημένης επιθεώρησης σε κάποιο λιμένα).

Στο κεφάλαιο 4 αναφορικά με τις ιδιαίτερες δυνατότητες του συστήματος επιλογικής κλήσης (DSC), αναφέρθηκε ότι η ενεργοποίηση της προτεραιότητας της κλήσεως κινδύνου γίνεται απλά με την ενεργοποίηση των "Distress Button" και αποτρέπει τον λανθασμένο σχηματισμό του νούμερου κλήσης του Κέντρου έρευνας και Διάσωσης. Αυτό πρέπει να συνδυαστεί με την απαίτηση για παροχή ηλεκτρικής ισχύος στο σύστημα από εναλλακτικές πηγές τροφοδότησης σε περίπτωση ανάγκης (ολική απώλεια ηλεκτρικής ισχύος - black out). Αυτά τα δυο στοιχεία, κατά την γνώμη του γράφοντος, φέρνουν στην επιφάνεια το ζήτημα του κατά πόσον ένας άνθρωπος μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί (function) με ικανοποιητική απόδοση όταν ευρίσκεται κάτω από εξαιρετικά στρεσογόνες καταστάσεις. Επιπλέον, στο επίπεδο της διοίκησης του πλοίου (π.χ. Πλοίαρχος και Αξιωματικός Φυλακής) δεν αρκεί το να μπορέσει να λειτουργεί, αλλά απαιτείται να ενεργεί αποτελεσματικά με βάση μια διαδικασία λήψης απόφασης υπό ιδιαίτερα αβέβαιες, δυναμικές και έκτακτες καταστάσεις ([Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος, 2023](#)).

Εξετάζοντας εν συντομία τα δυο τελευταία αίτια από την λίστα που παρατέθηκε ανωτέρω, δεν μπορεί παρά να προστεθεί στις αδυναμίες των συστημάτων επικοινωνιών των πλοίων ότι χειρίζονται από ανθρώπους που μιλούν διαφορετικές γλώσσες. Η ανθρώπινη επικοινωνία πραγματοποιείται πρωτίστως προφορικά, ωστόσο στην πραγματικότητα το μήνυμα δεν μεταδίδεται μόνο με τα λόγια αλλά και με τη στάση του σώματος των συνομιλητών. Όταν για την επικοινωνία μεσολαβούν ηλεκτρονικά μέσα τότε χάνεται η δυνατότητα να αξιολογηθεί η στάση του σώματος, δηλαδή το ύφος, τα συναισθήματα, οι ανησυχίες και οι ιδιοματισμοί κάθε συνομιλητή. Όταν μάλιστα οι



συνομιλητές είναι άτομα διαφορετικών εθνικοτήτων που χρησιμοποιούν μια τρίτη γλώσσα για επικοινωνία μεταξύ τους (όπως κατά κόρον γίνεται στα πλοία με την Αγγλική), τότε είναι που οι παρεξηγήσεις γίνονται επικίνδυνες.

Προς καλύτερη κατανόηση του φαινομένου, επονομαζομένου και ως "language barrier" στην ναυτιλία, παρατίθεται ένα (εκτιμάται) αντιπροσωπευτικό γεγονός όπως έχει καταγραφεί στην μελέτη "*On board [onboard] communication problems due to the lack of a common language* , Miguel Enrique Clements, World Maritime University":

«Στις 23 Φεβρουαρίου. 1994. ο σταθμός της ακτοφυλακής του Ντόβερ έλαβε καταγγελία από το σκάφος εμπορευματοκιβωτίων «OOCL Bravery» δηλώνοντας ότι κατά τη διέλευση του σε σύστημα διαχωρισμού κυκλοφορίας του Στενού του Ντόβερ, το δεξαμενόπλοιο χημικών «Etilico» δεν είχε κινηθεί σύμφωνα με τον COLREG 72 (σ.σ. χειρισμός αποφυγής σύγκρουσης) και υποχρέωσε το «OOCL Bravery» να κάνει έναν πλήρη κύκλο για την αποφυγή σύγκρουσης. Μετά την ταυτοποίηση, το Λιμενικό επικοινωνήσε με το "Etilico" μέσω VHF για να επαληθεύσει εάν ο Αξιωματικός Φυλακής είχε σημειώσει το συμβάν. Δεν χρειάστηκε πολύς χρόνος για να καταλάβει το Λιμενικό ότι ο Αξιωματικός Φυλακής στη γέφυρα είχε πολύ κακό επίπεδο αγγλικών καθώς δεν καταλάβαινε κάποιες βασικές εκφράσεις όπως «Ποια είναι η θέση σου;» Αργότερα. όταν ο πλοίαρχος του πλοίου πήρε τον έλεγχο του VHF συνειδητοποίησε ότι το πλοίο του βρισκόταν στη λάθος πλευρά του συστήματος κυκλοφορίας και προχώρησε σε αλλαγή πορείας. Ήταν πολύ πιθανό ότι ο Αξιωματικός γέφυρας λόγω της έλλειψης αγγλικών να είχε κρατήσει το στόμα του κλειστό όταν δεχόταν κλήσεις από άλλα σκάφη, καθώς έγινε σαφές ότι δεν ένιωθε σίγουρος για την πραγματοποίηση ραδιοεπικοινωνιών». (Clements, 1996)

6.2 Άνθρωπος ως Παράγων Ασφάλειας

Τα κυβερνοπεριστατικά αφορούν συμβάντα που επιβεβαιωμένα συσχετίζονται ή έχουν προκληθεί από τις κυβερνοεπιθέσεις, σε αντίθεση με τα **συμβάντα στον κυβερνοχώρο** που αφορούν στην απόκλιση από την κανονική λειτουργία του συστήματος, η οποία όμως μπορεί να οφείλεται σε δυσλειτουργία υλικού/λογισμικού και όχι απαραίτητα σχετιζόμενη με επίθεση στο ψηφιακό περιβάλλον λειτουργίας του συστήματος.



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

Συναφώς και εφόσον τα επικοινωνιακά συστήματα του πλοίου είναι πλέον ψηφιακά ολοκληρωμένες πλατφόρμες, μπορούμε να αναγνωρίσουμε την απαίτηση λήψης μέτρων ασφάλειας στο :

- α. **Φυσικό επίπεδο** (physical access) και
- β. **Επίπεδο λειτουργικού συστήματος** (software access),

του ψηφιακού συστήματος που διαχειρίζεται επικοινωνιακές απαιτήσεις του πλοίου. Παραδείγματα συστημάτων επικοινωνίας τα οποία θα μπορούσαν να μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε καλύτερα τα ανωτέρω επίπεδα είναι :

α. Ένας υπολογιστής που έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο και χρησιμοποιείται για επικοινωνία με την εταιρία (email client), άλλα ταυτόχρονα διασυνδέεται με τα συστήματα GMDSS του πλοίου.

β. Η αναβάθμιση του συστήματος ηλεκτρονικών χαρτών της Γέφυρας (ECDIS) μέσω φορητών ηλεκτρονικών αποθηκευτικών μέσων.

Στο φυσικό επίπεδο (physical access) βασική αρχή είναι να εξασφαλίζεται η πρόσβαση σε συστήματα επικοινωνιών μόνο στο απαραίτητο προσωπικό ("need to know basis"). Το προσωπικό αυτό θα πρέπει να έχει καθορισθεί σαφώς με βάση τα καθήκοντα του (πχ ο Πλοίαρχος μπορεί να διαθέτει πρόσβαση σε όλα τα συστήματα, ενώ οι διορθώσεις του συστήματος ECDIS ανατίθενται μόνο σε Αξιωματικό Καταστρώματος). Παραμένοντας στο επίπεδο της φυσικής ασφάλειας θα πρέπει να εξασφαλιστεί (κατά το δυνατόν) ότι τα συστήματα τα οποία διαχειρίζονται τις επικοινωνίες πρέπει να ευρίσκονται σε χώρους φυσικά ασφαλισμένους ή κατ' ελάχιστον επιτηρούμενους επαρκώς. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η πλειονότητα των συστημάτων είναι εγκατεστημένα στην Γέφυρα του σκάφους αυτό μοιάζει αρκετά εύκολο να επιτευχθεί. Δεν πρέπει όμως να διαφεύγει της προσοχής ότι στην Γέφυρα είναι εγκατεστημένοι οι τηλεχειρισμοί των συσκευών και πιθανότητα οι πομποδέκτες, τα συστήματα παροχής ηλεκτρικής ισχύος σε αυτά και τα συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος (ups packs) πιθανόν να ευρίσκονται σε κάποιο άλλο διαμέρισμα από αυτό της Γέφυρας.

Παραμένοντας στο επίπεδο φυσικής ασφάλεια των συστημάτων του πλοίου κάθε επισκέπτης ή προσωρινά επιβαίνων στο πλοίο (π.χ πλοηγός, ατζέντης, τεχνικός) θα πρέπει να επιτηρείται διακριτικά και να μην ευρίσκεται κοντά σε συστήματα για τα οποία δεν έχει εξουσιοδότηση πρόσβασης. Ειδικά ο πλοηγός κατά την επιβίβαση του στο πλοίο συνδέει το προσωπικό του laptop που θα τον βοηθήσει στην πλοήγηση, με την ειδική υποδοχή που



διαθέτει η γέφυρα του πλοίου και η οποία θα πρέπει να μην διασυνδέεται με οποιοδήποτε άλλο ευαίσθητο σύστημα του πλοίου.

Στο επίπεδο λειτουργικού συστήματος (software access) η συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού των πλοίων και η ενημέρωση του προσωπικού σχετικά με θέματα ασφάλειας συστημάτων επικοινωνιών, αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της θωράκισης του πλοίου και ευρύτερα της ναυτιλιακής κοινότητας σε αυτόν τον τομέα. Επιπρόσθετα, τα μέλη του πληρώματος που είναι εκ της θέσεως τους επιφορτισμένα με την διαχείριση των επικοινωνιών του πλοίου θα ήταν χρήσιμο να διατηρούν μια επικαιροποιημένη εικόνα των συμβάντων ψηφιακών επιθέσεων που έχουν συμβεί σε άλλα πλοία και το κυριότερο των συμπτωμάτων που εμφάνισαν οι συσκευές κατά την επίθεση, ώστε να είναι σε θέση να αντιληφτούν ταχύτερα την απόκλιση από την κανονική λειτουργία του συστήματος.

6.3 Επιμέρους Συμπεράσματα

Από τα προαναφερθέντα πρέπει να συγκρατηθούν ιδιαίτερος τα ακόλουθα σημεία ενδιαφέροντος :

Επί των πλοίων υφίσταται διαρκής απαίτηση διατήρησης ενός υψηλού επιπέδου νοητικής κατάστασης του χειριστή των συστημάτων επικοινωνίας του πλοίου κάτω από συνθήκες υψηλού άγχους. Πέραν από την εκπαίδευση του πληρώματος σε συνθήκες όσο το δυνατόν πιο κοντά στις πραγματικές αποτελεί και ατομική υπόθεση του κάθε μέλους του πληρώματος να προετοιμάζεται νοητικά για περιπτώσεις ανάγκης.

Είναι εξαιρετικά σημαντικό τα πληρώματα με οδηγό ένα "μείγμα ικανοτήτων" που πηγάζει από την εκπαίδευση, την εμπειρία, την κουλτούρα ασφάλειας και το συνειδητό ενδιαφέρον, να ενεργούν πέραν της τυπικής - γραφειοκρατικής τήρησης των κανονισμών και να προλαμβάνουν κάθε προβληματική κατάσταση των επικοινωνιών του πλοίου τους.

Μια αστοχία γενικά εμφανίζεται ως αποτέλεσμα συνδυασμού πολλαπλών αιτιών. Επομένως, εάν καταβάλλονται συνέχεις προσπάθειες βελτίωσης προς την κατεύθυνση της εξάλειψης αυτών των αιτιών, η αστοχία τελικά μπορεί να αποφευχθεί.

Υπάρχει απαίτηση λήψης σοβαρών μέτρων ασφάλειας στο Φυσικό επίπεδο, αλλά και στο επίπεδο λειτουργικού συστήματος του ψηφιακού συστήματος που διαχειρίζεται τις επικοινωνιακές απαιτήσεις του πλοίου και να τηρούνται με μεθοδικότητα και συνέπεια.



7 Συμπεράσματα

Στην ανάλυση που προηγήθηκε επιχειρήθηκε μια επισκόπηση των φυσικών ιδιοτήτων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, της λειτουργίας των επίγειων και δορυφορικών συστημάτων μετάδοσης σήματος / πληροφορίας και των διαδικασιών που σχετίζονται με την εγκατάσταση, την συντήρηση και τον χειρισμό των συστημάτων επικοινωνιών του σύγχρονου πλοίου. Στο παρόν Κεφάλαιο, θα επιχειρηθεί η συγκέντρωση των επιμέρους συμπερασμάτων που διατυπώθηκαν στο τέλος κάθε Κεφαλαίου με τρόπο που να επιτρέψει την ομαδοποίηση τους σε πεδία τα οποία επιφέρουν (ή δύναται να επιφέρουν) αδυναμία επιχειρησιακής εκμετάλλευσης ή σημαντική υποβάθμιση στην απόδοση των συστημάτων των ναυτικών επικοινωνιών στην πράξη.

Ο πομπός επίγειων συστημάτων επικοινωνιών εκπέμπει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στον χώρο προς όλες τις διευθύνσεις και η διάδοση αυτού γίνεται με κύματα εδάφους, χώρου και ιονοσφαιρικά ανάλογα με την συχνότητα εκπομπής. Κάθε τρόπος διάδοσης παρουσιάζει σαφώς τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ωστόσο σε όλες τις περιπτώσεις η **γεωγραφία** της περιοχής που ευρίσκονται πομπός και δέκτης, η **καμπυλότητα** της Γής και οι ιδιαίτερες **περιβαλλοντικές συνθήκες** στην περιοχή διάδοσης θα διαδραματίσουν ρόλο στην αποκατάσταση επικοινωνίας και στην ποιότητα αυτής. Πιο συγκεκριμένα για τα κύματα εδάφους και απευθείας διάδοσης συμπεραίνουμε :

α. Η γεωγραφία της περιοχής και το ύψος κεραιών πομπού και δέκτη, επηρεάζουν σημαντικά την διάδοση του κύματος χώρου και ουσιαστικά περιορίζουν την μέγιστη απόσταση αποκατάστασης επικοινωνίας. Ύπαρξη μεγάλων εμποδίων (π.χ. ψήλο νησί, περικόλειστος όρμος) στην διαδρομή του κύματος απευθείας διάδοσης είναι απαγορευτικός παράγοντας για την επικοινωνία σε ορισμένες συχνότητες. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εξασθενεί με την απόσταση, ενώ επιπλέον λόγω υγρασίας, βροχής, ανέμου και ατμοσφαιρικών ρύπων αποσβάνει ταχύτερα από το αναμενόμενο.

β. Η αρχή της περίθλασης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος γύρω από ένα εμπόδιο, μπορεί κατά κάποιον τρόπο να είναι ένας "σύμμαχος" στην προσπάθεια μας, ωστόσο είναι άμεσα εξαρτώμενη από το είδος και την φύση του εμποδίου το οποίο συναντά η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κατά την διαδρομή της. Είναι σαφές ότι η ύπαρξη ενός άλλου πλοίου στην περιοχή δεν θα επηρεάσει τις επικοινωνίες του δικού μας



πλοίου²⁰, καθώς οι διαστάσεις του πλοίου είναι περιορισμένες και μέσω της περίθλασης εύκολα θα φτάσει η εκπομπή μας στις ζώνες πίσω από αυτό. Εξετάζοντας ωστόσο ένα άλλο εμπόδιο, το οποίο έχει σημαντικές διαστάσεις και δομή τέτοια (συμπαγής) που δεν θα επιτρέπει την περίθλαση των ραδιοκυμάτων, θα δημιουργήσει αναπόφευκτα μια "ζώνη σκίασης". Για παράδειγμα, ένα νησί με μεγάλο υψόμετρο αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην αποκατάσταση επικοινωνίας σε συχνότητες VHF/UHF με δέκτη που βρίσκεται πίσω από αυτό ή (κατά την εμπειρία του γράφοντος) ένας κλειστός κόλπος (πχ Παγασητικός) δεν επιτρέπει τις βραδινές ώρες, σε περιόδους υψηλής υγρασίας, την αποκατάσταση επικοινωνίας με αποδέκτες έκτος του κόλπου ακόμα και σε συχνότητες HF.

γ. Μια άλλη σημαντική ιδιότητα της διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος εδάφους είναι η παράκτια διάθλαση, που είναι δυνατόν να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στις επικοινωνίες Ship-to-Shore (και αντίστροφα) οι οποίες εκ πρώτης όψεως δεν θα ήταν αναμενόμενες από την απόσταση σταθμού και δέκτη. Αν και δεν άπτεται άμεσα του τομέα των επικοινωνιών, κρίνεται ότι αξίζει να αναφερθεί πως η παράκτια διάθλαση επηρεάζει εξίσου σημαντικά και αλλά ηλεκτρονικά συστήματα του πλοίου (για παράδειγμα το ραδιογωνιόμετρο και λιγότερο το radar), με την διαφοροποίηση όμως ότι η επήρεια της μηδενίζεται όταν η εκπομπή του κύματος είναι κάθετη προς την ακτογραμμή.

δ. Το πλοίο, καθώς και όλες οι εγκαταστάσεις ξηράς που έχουν κατασκευαστεί για την εξυπηρέτηση του επικοινωνιακού τού σχήματος, έχουν την εξαιρετική ιδιότητα ότι ευρίσκονται επί του θαλασσιού στοιχείου ή σε μικρή απόσταση από αυτό (παράκτιες εγκαταστάσεις). Συνέπεια αυτής της ιδιαιτερότητας είναι ότι οι ναυτικές επικοινωνίες υπόκεινται σε όλους τους περιορισμούς των φυσικών νόμων περί διάδοσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και ανάκλασης του φωτός, αλλά υπάρχουν και επιπλέον παράμετροι που επιδρούν - λόγω αυτής ακριβώς της απαίτησης για την διάδοση του κύματος πάνω από το υγρό στοιχείο. Αξίζει να αναφερθεί ιδιαίτερα η ιδιότητα της **ανάκλασης** ενός μέρους της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τη θαλάσσια επιφάνεια. Όταν μελετήθηκε το σχετικό διάγραμμα αγωγιμότητας περιοχών γήινης επιφάνειας (εικόνα 14 Κεφαλαίου 3), προέκυψε ότι το θαλασσινό νερό είναι καλός αγωγός της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, καθώς παρουσιάζει υψηλή αγωγιμότητα άρα μικρή απορρόφηση ενέργειας. Συνεπώς, συμπεραίνουμε ότι η **ανάκλαση** στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι ένας "σύμμαχος" στον τομέα των ραδιοεπικοινωνιών (τουλάχιστον σε

²⁰ Δεν εξετάζεται στην παρούσα κατάσταση η πιθανότητα αμοιβαίων παρεμβολών στην συχνότητα εκπομπής από τα υπό εξέταση πλοία.



σχέση με τη αγωγιμότητα άλλων κατηγοριών της γήινης επιφάνειας). Ωστόσο, από την άλλη πλευρά οι μεγάλες αποστάσεις στην θάλασσα, όπως και σε όλες τις περιπτώσεις εκπομπής / λήψης ραδιοκυμάτων, επιφέρουν αναπόφευκτα εξασθένηση της ισχύος του σήματος εκπομπής.

Εξετάζοντας την ιονοσφαιρική διάδοση του κύματος, δεν μπορούμε παρά να συγκρατήσουμε το γεγονός ότι είναι καθοριστική στην επίτευξη των επικοινωνιών, καθώς εν τη απουσία αυτής το πιθανότερο είναι οι εκπομπές, αντί να φτάσουν (ανακλώμενες ή διαθλώμενες) σε κάποιο άλλο σημείο στην επιφάνεια της Γης, να διέφευγαν προς το διάστημα. Ωστόσο η ακριβής εκτίμηση της διαδρομής της ιονοσφαιρικής διάδοσης απαιτεί την γνώση ιδιαίτερων παραμέτρων κάτι το οποίο δεν είναι καθόλου εύκολο να επιτευχθεί επί του πλοίου. Από την ανάλυση του Κεφαλαίου 3 συμπεραίνουμε τα εξής αναφορικά με την ιονοσφαιρική διάδοση και τον τρόπο που επηρεάζει αρνητικά τις ναυτικές επικοινωνίες :

α. Τα όριά της ιονόσφαιρας δεν είναι σαφή και είναι πρακτικά αδύνατον ο ναυτίλος να γνωρίζει επακριβώς τα στρώματα μεγίστου ιονισμού ή την κρίσιμη γωνία ανάκλασης των ραδιοκυμάτων όταν εκπέμπει από τον πομπό του. Υπάρχουν ωστόσο εργαλεία υπολογισμού τα οποία μπορούν να διευκολύνουν το έργο του, παρέχοντας του μια ικανοποιητική εκτίμηση ιονοσφαιρικής διάδοσης και απόστασης εντοπισμού, όπως θα αναλυθεί στο επόμενο Κεφάλαιο της εργασίας.

β. Η διάδοση του ουράνιου ραδιοκύματος μέσω της ιονοσφαιρικής διάδοσης, έχει ισχυρή εξάρτηση από τοπικές παραμέτρους (προσδιοριζόμενες γεωγραφικά και χρονικά) που εμφανίζονται τόσο στην περιοχή του πομπού, όσο και στην ευρύτερη περιοχή κίνησης του πλοίου (ημέρα / νύχτα, εποχή, θέση πλοίου στην γήινη σφαίρα). Επιπλέον αυτού, οι επικρατούσες συνθήκες στην ιονόσφαιρα μεταβάλλονται καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας αναλόγως της γωνίας των ηλιακών ακτινών και κατά τη διάρκεια του έτους, λόγω της ελλειπτικής τροχιάς της Γης. Επίσης, εμφανίζονται μεταβολές που οφείλονται στις αλλαγές της ενεργειακής καταστάσεως του Ήλιου (κατά μέσο όρο περιοδικά περί τα ένδεκα έτη - "ενδεκαετής κύκλος").

γ. Πρέπει ο χειριστής των συστημάτων επικοινωνιών να έχει υπόψη του, ότι όσο αυξάνεται η συχνότητα εκπομπής τόσο αυξάνονται και οι απαιτήσεις για μεγαλύτερη τιμή ιονισμού στο στρώμα της ιονόσφαιρας, ώστε να μπορέσει το κύμα να ανακλασθεί. Άρα συνάγεται, ότι στις υψηλές συχνότητες το ύψος ανάκλασης αναμένεται στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας και αυτό είναι κάτι που πρέπει να ληφθεί υπόψη



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

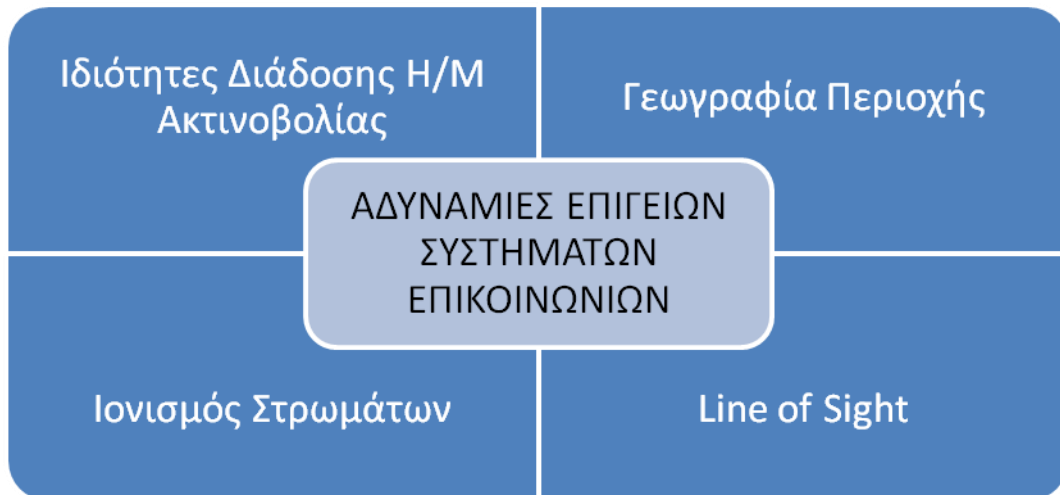
τόσο κατά την επιλογή της συχνότητας επικοινωνίας, όσο και κατά την επιλογή ισχύος εκπομπής. Σε περίπτωση δε αδυναμίας αποκατάστασης επικοινωνίας στην αρχικά επιλεγείσα συχνότητα, αυτό το πρόβλημα μπορεί να αρθεί εάν ανέλθει η συχνότητα εκπομπής σε τιμή μεγαλύτερη από την κρίσιμη συχνότητα.

δ. Όταν ο χρήστης επιθυμεί αποκατάσταση επικοινωνίας σε μεγάλη απόσταση σε συχνότητες ζώνης HF, μια κατάλληλη μεθοδολογία είναι να επιλεγεί ο συντονισμός του δέκτη σε μία συχνότητα με στενό εύρος (Single Side Band – SSB). Στη ζώνη όπου θα εντοπιστεί ένα ισχυρό σε ένταση σήμα, σημαίνει ότι αυτή είναι η καλύτερη ζώνη επικοινωνίας. Το ισχυρό σε ένταση και σταθερό σήμα το εντοπίζουμε λαμβάνοντας υπόψη όλες τις σχετικές παραμέτρους (εποχή, ημέρα, ώρα, απόσταση), καθώς και τα προαναφερθέντα εργαλεία προσομοίωσης διάδοσης που πλέον προσφέρονται ελεύθερα μέσω διαδικτύου.

ε. Ο χρήστης των βραχέων ραδιοκυμάτων (υψηλής συχνότητας) πρέπει να λάβει υπόψη του ότι η ιονοσφαιρική διάδοση σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να εμφανίσει μη ομαλή συμπεριφορά. Σε αυτήν την περίπτωση θα παρατηρήσει ότι η λήψη μπορεί να είναι καλύτερη στην κατεύθυνση ξηράς-πλοίου, ενώ αντιθέτως στην κατεύθυνση πλοίου-ξηράς ενδέχεται να είναι μειωμένης απόδοσης. Στην πράξη, ο ναυτίλος θα λάβει μια εκπομπή από τον σταθμό ξηράς αλλά η δική του απάντηση ποτέ δεν θα φτάσει στον δέκτη του σταθμού.

ζ. Όσον αφορά τα μικροκύματα (ζώνη Ultra High Frequency – UHF), συγκρατούμε ότι με τον τρόπο που διαδίδονται αποσβένονται πολύ σύντομα και οι αποστάσεις που προλαβαίνουν να διατρέξουν είναι μικρές. Μια καλή πρακτική (που εφαρμόζεται απαραίτητα στα πλοία στην πράξη) είναι ο υπολογισμός του ραδιοορίζοντα, ώστε να εκτιμηθεί εκ των προτέρων η μεγίστη απόσταση αποκατάστασης επικοινωνίας. Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος για τον οποίο οι κεραιές εκπομπής / λήψης, τα RADAR ναυτιλίας και τα λοιπά ηλεκτρονικά ναυτιλιακά βοηθήματα του πλοίου πρέπει να τοποθετούνται σε υψηλά σημεία (κατά βάση σε έναν ή και σε δυο ιστούς στο πλοίο με πρόβλεψη κατάλληλης απόστασης μεταξύ τους για αποφυγή αμοιβαίων παρεμβολών).

Από τα προαναφερθέντα συμπεράσματα επί των επίγειων συστημάτων ναυτικών επικοινωνιών, θα μπορούσαν να αποδοθούν κατά το δυνατόν ομαδοποιημένα οι αδυναμίες με το ακόλουθο σχήμα :



Οι επίγειες ναυτικές επικοινωνίες αποτελούν το ένα τμήμα των επικοινωνιακών δυνατοτήτων του σύγχρονου πλοίου και εξυπηρετούν κυρίως τις ζεύξεις με τους παρακείμενους σταθμούς ξηράς και τις επικοινωνίες πλοίων "μεταξύ αλλήλων", δηλαδή πλοίων που ευρίσκονται στο όριο της οπτικής επαφής. Στα σύγχρονα συστήματα επικοινωνιών και διαδικασιών εκπομπής σημάτων κινδύνου - ανάγκης των ποντοπόρων σκαφών, τα οποία εντάσσονται στο πλαίσιο του GMDSS, εξαιρετικά σημαντική είναι η λειτουργία των δορυφορικών επικοινωνιών οι οποίες καλύπτουν τεράστιες γεωγραφικές εκτάσεις στην επιφάνεια της Γης. Ωστόσο, η λειτουργία και χρήση των δορυφορικών συστημάτων επικοινωνιών δεν είναι το "Άγιο Δισκοπότηρο" που επιλύει αυτόματα όλα τα προβλήματα που φέρουν οι επίγειες επικοινωνίες. Παρουσιάζουν και αυτά προκλήσεις και αδυναμίες οφειλόμενες, αφενός στην απαίτηση ενσωμάτωσης νέων αρχιτεκτονικών σχεδίασης των συστημάτων βασισμένων στην ψηφιακή ολοκλήρωση και αφετέρου στις ιδιαιτερότητες της συχνότητας και των μέσων που ενσωματώνουν στην επιχειρησιακή τους λειτουργία.

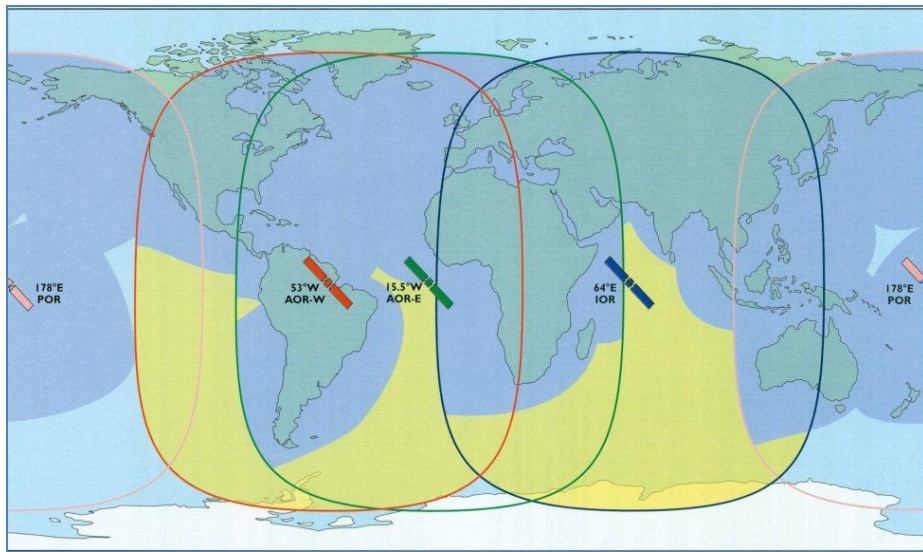
Ένα δορυφορικό κανάλι αμφίδρομης επικοινωνίας full duplex, δεν αντικαθιστά απλά μια επίγεια διασύνδεση άλλα προσφέρει εξαιρετικά αναβαθμισμένες υπηρεσίες με δυνατότητα μετάδοσης φωνής, εικόνας ή δεδομένων. Ωστόσο από την ανάλυση της βασικής δομής του δορυφορικού συστήματος μπορούμε να εξάγουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα :

α. Πάντα ο χειριστής των επικοινωνιακών συστημάτων πρέπει να έχει υπόψη του ότι η κατοχή ενός δορυφορικού συστήματος επικοινωνίας επί του πλοίου, δεν του

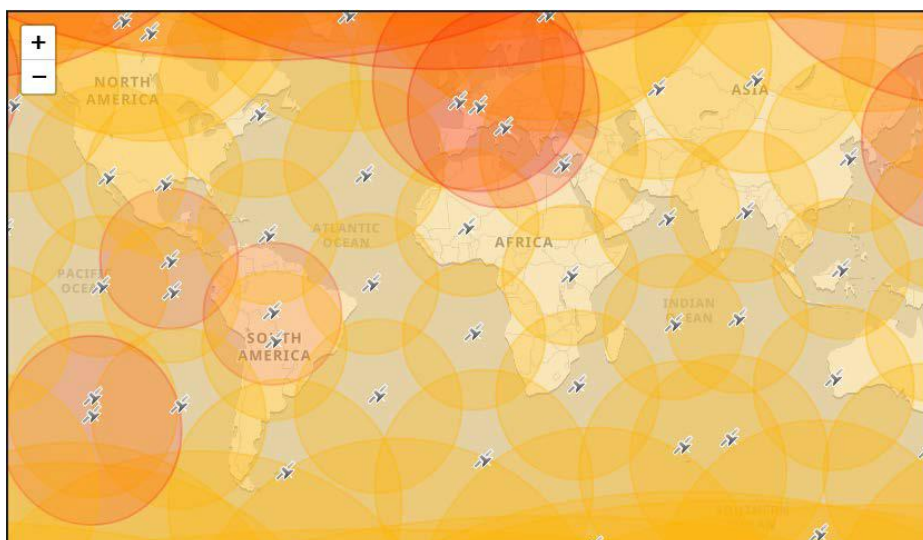


**‘Όρφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’**

εξασφαλίζει αυτόματα και οπουδήποτε την διασύνδεση με τον πάροχο της δορυφορικής υπηρεσίας. Οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι που χρησιμοποιούνται στις τέσσερις περιοχές κάλυψης του συστήματος *INMARSAT* είναι Γεωστατικοί δορυφόροι. Ωστόσο, οι γεωστατικοί δορυφόροι είναι αρκετά αναποτελεσματικοί στα μεγάλα βόρεια και νότια πλάτη, γεγονός που οφείλεται στην καμπυλότητα της Γης. Έτσι, το μεγάλο πλεονέκτημα του συστήματος *IRIDIUM* έναντι του συστήματος *INMARSAT* είναι ότι προσφέρει πλήρη κάλυψη στις πολικές περιοχές της Γης με τη χρήση δορυφόρων χαμηλής τροχιάς.



*Εικόνα 37: Περιοχή κάλυψης συστήματος INMARSAT
(Πηγή https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=3220&lang=el_old)*



*Εικόνα 38: Περιοχή κάλυψης συστήματος IRIDIUM
(Πηγή <https://iridiumwhere.com/>)*



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

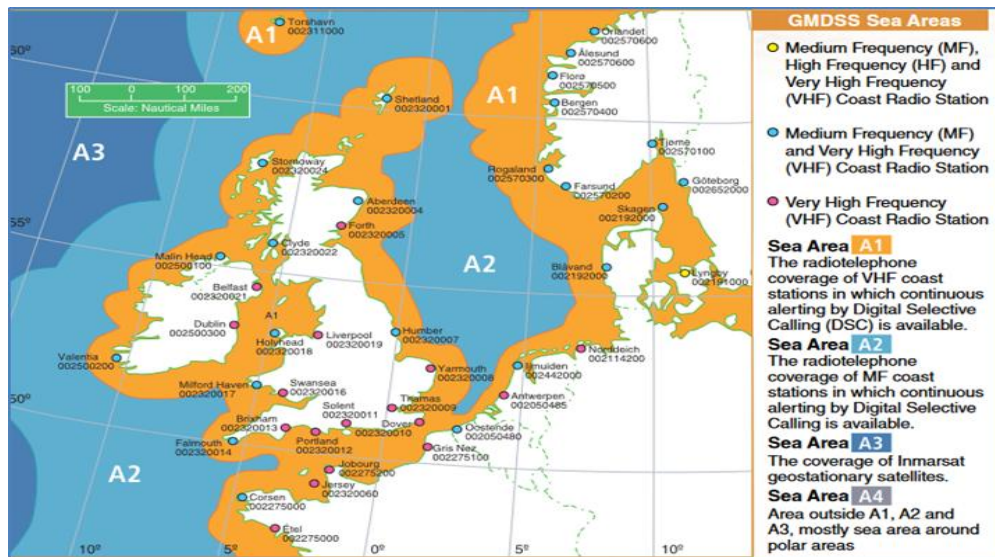
β. Εφόσον αναφερόμαστε σε γεωστατικούς δορυφόρους για την διακίνηση της πληροφορίας, μεσολαβεί ένας χρόνος 270 ms για τη διάδοση του σήματος από τον πομπό στο δέκτη. Επιπρόσθετα προβλήματα των γεωστατικών δορυφόρων είναι οι μεγάλες απώλειες διάδοσης (-200db), η περιορισμένη διαθέσιμη ισχύς εκπομπής (προκειμένου να διατηρεί το βάρος του δορυφόρου σε αποδεκτά επίπεδα), ενώ επιπλέον αυτών τα τελευταία έτη παρατηρείται συμφόρηση δορυφόρων στην γεωστατική τροχιά (Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 2023).

γ. Η δορυφορική επικοινωνία επιτυγχάνεται με κύματα των ζωνών συχνοτήτων Ultra High Frequency - UHF και Super High Frequency - SHF. Τα κύματα αυτά μπορούν και διαπερνούν εύκολα την ιονόσφαιρα, όταν ο επίγειος σταθμός και ο δορυφόρος έχουν οπτική επαφή. Πρέπει λοιπόν να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα κατά την τοποθέτηση των δορυφορικών κεραιών επί των πλοίων, στο ζήτημα της εξασφάλισης μιας περιοχής κατά το δυνατόν απαλλαγμένης από εμπόδια, ώστε να εξασφαλίζεται η προαναφερθείσα απαίτηση.

δ. Το κόστος μεταφοράς της πληροφορίας είναι ανεξάρτητο της απόστασης και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή του προγράμματος δορυφορικών υπηρεσιών. Πλέον διατίθενται πολλές επιλογές δορυφορικής διασύνδεσης από τους βασικούς παρόχους (*INMARSAT & IRIDIUM*) και απαιτείται ακριβής προγραμματισμός ώστε το απαιτούμενο bandwidth να καλύπτει επαρκώς τις ανάγκες του πλοίου και την περιοχή πλεύσης του, χωρίς καταβολή επιπλέον εξόδων για αγορά αχρείαστου εύρους και υπηρεσιών. Θεωρείται χρήσιμο να ανακαλέσουμε στο σημείο αυτό την εικόνα 19 στην οποία παρουσιάζονται οι Ευρωπαϊκές περιοχές απαίτησης κάλυψης GMDSS. Από την εικόνα συμπεραίνεται εύκολα αν για την συγκεκριμένη περιοχή που αναμένεται να κινηθεί το πλοίο, θα απαιτηθεί κατανομή δορυφορικού φάσματος για να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του κατά GMDSS.



**‘Ορφανός Σπιρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’**



*Εικόνα 19 : Ευρωπαϊκές περιοχές GMDSS
(πηγή Furuno manual GMDSS)*

ε. Επειδή ο δορυφορικές εκπομπές κατέχουν πρωτεύουσα θέση στην κάλυψη απαιτήσεων διαβίβασης σημάτων κινδύνου και ανάγκης στην Ναυτιλία, είναι επιβεβλημένο το σύστημα δορυφορικής ζεύξης να ανταποκρίνεται διαρκώς και αξιόπιστα στις αναμενόμενες απαιτήσεις του χρήστη. Όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 5, ένα δορυφορικό σύστημα επικοινωνίας απαιτεί σύστημα εκτόξευσης, δίκτυο εντολών και ελέγχου και συνδέσμους επικοινωνίας για τη σύνδεση του χρήστη του συστήματος, με τον δορυφόρο σε τροχιά. Για να διαταραχθεί η σωστή λειτουργία ενός τυπικού διαστημικού συστήματος, είναι πρωταρχικά αρκετό ένα οποιοδήποτε από αυτά τα τέσσερα υποσυστήματα να αποτύχει ή να αστοχήσει. Δεύτερον, πολλά από τα διαστημικά συστήματα εξαρτώνται από περισσότερους από έναν δορυφόρους προκειμένου να λειτουργήσουν και καθώς ένας αυξανόμενος αριθμός των δορυφόρων του συστήματος αποτυγχάνει, το σύστημα διαδοχικά συνολικά υποβαθμίζεται.

στ. Οι δορυφόροι είναι εκτεθειμένοι σε ένα εχθρικό περιβάλλον λειτουργίας, με ακραίες αλλαγές θερμοκρασίας και ελάχιστη φυσική προστασία από πηγές ακτινοβολίας, ιδιαίτερα την ηλιακή ακτινοβολία. Και επιπλέον προβλέψεις πρέπει να έχουν γίνει πριν καν ο δορυφόρος φτάσει στην θέση του στο διάστημα. Οι καταπονήσεις κραδασμών κατά την εκτόξευση είναι σοβαρές και πρέπει να έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη μηχανολογία ενός δορυφόρου για να μπορέσει να επιβιώσει σε αυτές τις συνθήκες, ενώ πρέπει να είναι σε θέση να αντέχει γενικά χωρίς συντήρηση οπότε και η



εναλλαξιμότητα των συστημάτων του ("backup systems") πρέπει να έχει προβλεφτεί από την φάση της κατασκευής.

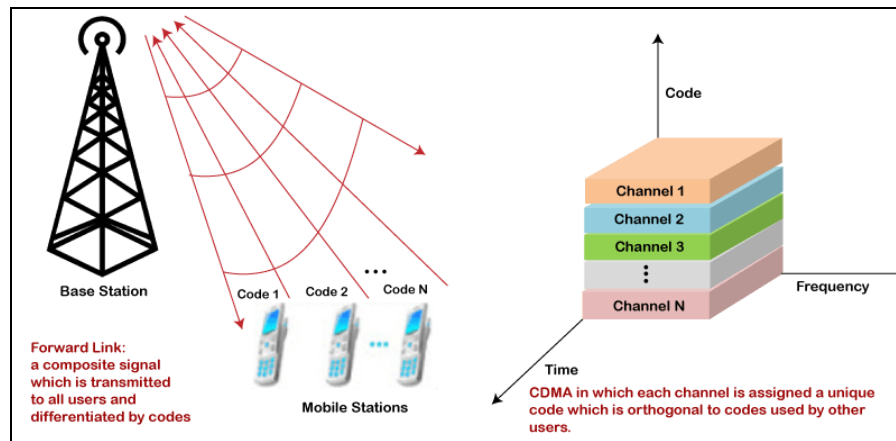
ζ. Το φαινόμενο της "διάλειψης" (fading) στις δορυφορικές, δεν θα πρέπει να παραγνωρίζεται καθώς αποτελεί ένα βασικό λόγο για την πιθανότητα σφάλματος. Η διάλειψη του δορυφορικού σήματος, δηλαδή μια απότομη πτώση της ισχύος του σήματος στο δέκτη, συνήθως προέρχεται από ανακλάσεις του κύματος με αποτελέσματα να λαμβάνονται πολλά διαφορετικά σήματα της ίδιας εκπομπής (με διαφορά φάσης). (Βαζούρας, 2023)

Από τα συμπεράσματα που παρατέθηκαν ανωτέρω, προκύπτει αβίαστα ότι πολλοί παράγοντες μπορεί να διαταράξουν ή και να διακόψουν τις δορυφορικές επικοινωνίες ακόμα και αν δεν υπάρχει καμία εσκεμμένη ενέργεια από ανθρώπινης πλευράς. Στην πραγματικότητα στο σύγχρονο δικτυοκεντρικό ψηφιοποιημένο περιβάλλον των δορυφορικών επικοινωνιών υφίσταται επιπλέον ο κίνδυνος της μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης στην διακινούμενη πληροφορία ή της εκδήλωσης κακόβουλων επιθέσεων στα δορυφορικά συστήματα επικοινωνιών.

α. Ακόμη και ένας ιδιώτης, εφόσον διαθέτει το κατάλληλο σύστημα λήψεως και την δυνατότητα αποκωδικοποίησης του σήματος της δορυφορικής εκπομπής, μπορεί να έχει πρόσβαση στο περιεχόμενης αυτής (όπως συμβαίνει στα δορυφορικά συστήματα λήψης τηλεοπτικού σήματος). Αυτό είναι δυνατόν καθώς ο δορυφόρος μεταδίδεται την εκπομπή του σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές σε αντίθεση με την επίγεια εκπομπή που προέρχεται από κατά βάση από στενά κατευθυντικές κεραιές εκπομπής. Ωστόσο η ανωτέρω δυνατότητα αποτελεί ταυτόχρονα και σημείο προβληματισμού. Η ευκολία λήψης της εκπομπής από κάθε δέκτη (ακόμα και αν δεν είναι στους "επιθυμητούς αποδέκτες" της εκπομπής), καθιστά ιδιαίτερα σοβαρό το ζήτημα της ασφάλειας και της κρυπτογράφησης του σήματος. Αυτό οδηγεί στην ανάγκη για πολυπλέξεις σημάτων βάσει κωδίκων (Code Division Multiple Access, CDMA). Η τεχνική CDMA (εικόνα 37) βασίζεται στην μέθοδο κωδικοποίησης πολλών πηγών δεδομένων, έτσι ώστε να μπορούν όλα μεταδίδονται σε όλους τους χρήστες, ταυτόχρονα σε όλο το φάσμα συχνοτήτων και στον ίδιο χρόνο. Έκαστος χρήστης αποκωδικοποιεί κατόπιν την λήψη που τον αφορά με την χρήση του ιδιαίτερου (προσωπικού) κώδικα, που χρησιμοποιήθηκε για διαμόρφωση του σήματος. (Jeffrey G. Andrews, 2023)



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*



Εικόνα 39 : Τεχνική CDMA
(πηγή <https://www.javatpoint.com/cdma-vs-gsm>)

β. Οι ζεύξεις δορυφορικής επικοινωνίας είναι ευάλωτες σε στρατηγικές παρεμβολής, ανίχνευσης σήματος και άρνησης της υπηρεσίας από πρόσωπα που κατέχουν τα τεχνολογικά μέσα για να το πραγματοποιήσουν. Ευτυχώς, για καθεμία από τις παραπάνω ενέργειες, υπάρχουν αντίμετρα, όπως η χρήση της ευελιξίας συχνότητας ή η εξάπλωση ζώνης έναντι της απειλής παρεμβολής, η κρυπτογράφηση έναντι της απειλής υποκλοπής (που προαναφέρθηκε) και ορισμένα μέσα επικύρωσης της γνησιότητας μιας μετάδοσης έναντι της απειλής πλαστογράφησης.

γ. Επιπλέον κάθε μια τεχνική παρεμβολής, ανίχνευσης σήματος και άρνησης της υπηρεσίας απαιτεί διαφορετική σχεδίαση, μέσα υλοποίησης και μια συγκεκριμένη γεωμετρία για να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά. Σε κάθε περίπτωση υπάρχει η πιθανότητα της επιτυχίας των ανωτέρω τεχνικών για τον αντίπαλο (όπως έχει αποδειχθεί στην πράξη από πληθώρα συμβάντων), αλλά εκτιμάται ότι ο χρήστης, εφόσον είναι γνώστης των αρχών λειτουργίας και της προβλεπόμενης απόδοσης του συστήματος του, μπορεί να αισθανθεί έγκαιρα το πρόβλημα που αντιμετωπίζει.

δ. Τέλος, περισσότερο ως προβληματισμός και αντικείμενο μελέτης για μελλοντικό χρόνο, τίθεται το θέμα της αξιοπιστίας των δορυφορικών επικοινωνιών του μη επανδρωμένου πλοίου του μέλλοντος. Είναι πιθανόν ότι ένα μη επανδρωμένο πλοίο θα είναι εξαιρετικά ευάλωτο σε επιθέσεις και απειλές του ψηφιακού περιβάλλοντος, καθώς η λειτουργία του θα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τεχνολογίες με υψηλή ενσωμάτωση συστημάτων και αυξημένη δορυφορική διασύνδεση με τα συστήματα στην ξηρά.



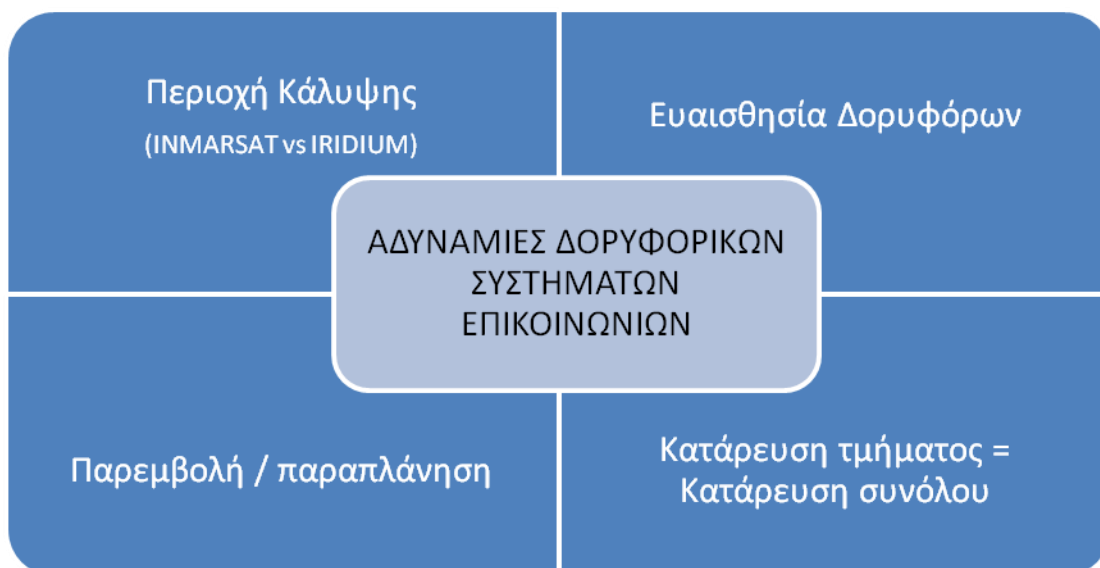
*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

Ολοκληρώνοντας και το δορυφορικό πεδίο των ναυτικών επικοινωνιών, μια προσπάθεια σύνοψης της εμβέλειας των χρησιμοποιούμενων ζωνών συχνοτήτων στις ναυτικές επικοινωνίες αποδίδεται από τον επόμενο πίνακα

Περιοχή συχνοτήτων	Διάδοση	Εμβέλεια (ενδεικτική)
LF (30 – 300 kHz)	Κύμα εδάφους	~ 2.000 nmi
MF (300 kHz – 3 MHz)	Κύμα εδάφους	~ 500 nmi ~ 160 km για παράκτιους σταθμούς με υπηρεσία DSC
HF (3 – 30 MHz)	LOS + τροποσφαιρική διάθλαση Ιονοσφαιρικό κύμα	Ιονοσφαιρικά χιλιάδες nmi αλλά με μεγάλες μεταβολές
VHF (30-300 MHz)	LOS + τροποσφαιρική διάθλαση	~ 50 km για παράκτιους σταθμούς με υπηρεσία DSC
UHF, SHF (> 300 MHz) (μικροκυματικές)	LOS	Ως το πλησιέστερο εμπόδιο

*Πίνακας 12 : Εμβέλεια διάδοσης ραδιοκυμάτων στις ναυτικές επικοινωνίες
(πηγή Βαζούρας, Ραδιοκύματα, κεραίες, ασύρματες ζευξεις και εφαρμογες, 2023)*

Με βάση τα προαναφερθέντα συμπεράσματα επί των δορυφορικών συστημάτων ναυτικών επικοινωνιών, θα μπορούσαν να αποδοθούν κατά το δυνατόν ομαδοποιημένα οι αδυναμίες με το ακόλουθο σχήμα :





Τα συμπεράσματα που έχουμε εξάγει έως τούδε αφορούν στις αδυναμίες των συστημάτων επικοινωνιών στο εξωτερικό πεδίο των πλοίων, δηλαδή τον χώρο αυτό που ευρίσκεται μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Στο Κεφάλαιο 4 μας απασχόλησε το ερώτημα εάν υπάρχουν αδυναμίες των συστημάτων επικοινωνιών στο εσωτερικό του πλοίου, δηλαδή εάν κατά τον πλου μπορούν να υπάρξουν περιπτώσεις αστοχίας των επικοινωνιών λόγω των περιορισμών που προκύπτουν από την εγκατάστασή τους ή λόγω εσφαλμένου χειρισμού από το πλήρωμα. Τα συμπεράσματα από την εξέταση του ζητήματος δύνανται να ομαδοποιηθούν ως ακολούθως :

α. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η πρόβλεψη στις τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος *INMARSAT* για την ύπαρξη εναλλακτικών πηγών τροφοδότησης σε περίπτωση απώλειας της κύριας γραμμής παροχής ισχύος του συστήματος. Σε μια κατάσταση ανάγκης στο πλοίο είναι εξαιρετικά πιθανόν ότι αυτή η πρόβλεψη θα τεθεί σε εφαρμογή, καθώς πράγματι θα έχει απολεσθεί η κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος του *INMARSAT*, συνέπεια της ολικής απώλειας ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου (total black out). Συμπεραίνεται λοιπόν ότι ενδεχόμενη κακή συντήρηση των αμοιβών διατάξεων (backup rack) ή αμέλεια στην εξασφάλιση εναλλακτικής τροφοδότησης του συστήματος θα έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία επικοινωνιών σε περίπτωση ανάγκης.

β. Επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η πρόβλεψη περί απαίτησης τήρησης βιβλίου καταγραφών (log book) με ιδιαίτερες πορείες πλεύσης που έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια επικοινωνίας με το δίκτυο δορυφόρων του συστήματος *INMARSAT*. Από αυτήν την απαίτηση του κατασκευαστή συμπεραίνεται ότι δεν πρέπει να θεωρείται πάντα εξασφαλισμένη η διαρκής διασύνδεση του τερματικού σταθμού με τον αστερισμό των δορυφόρων σε όλες τις περιπτώσεις. Ανωτέρω παρατήρηση θα πρέπει να συνδυάζεται με την μελέτη του χάρτη των περιοχών κάλυψης του συστήματος *INMARSAT* (Εικόνα 35) και να διατηρείται ετοιμότητα μετάπτωσης σε έτερο δορυφορικό σύστημα (πχ *IRIDIUM*) κατά τον πλου πλησίον των πολικών περιοχών.

γ. Τα περισσότερα από τα τερματικά του *INMARSAT* έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνουν τις κεραιές τους αυτόματα προς τον επιλεγμένο δορυφόρο (υπό την προϋπόθεση ότι έχουν αρχικοποιηθεί σωστά). Στις τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος ωστόσο υπάρχουν οδηγίες για χειροκίνητο εγκλωβισμό δορυφόρου. Προφανώς αυτή είναι μια δυνατότητα που παρέχεται στο χειριστή για μεμονωμένες περιπτώσεις αστοχίας της αυτόματης διαδικασίας, μας οδηγεί παρόλα αυτά στην διαπίστωση ότι ακόμα και αν το πλοίο πλέει εντός περιοχής κάλυψης του συστήματος, είναι ενδεχόμενη η



αποσταθεροποίηση του εγκλωβισμού του δορυφόρου από το σύστημα της κεραίας και συναφώς η απώλεια των επικοινωνιών του πλοίου. Ο κυριότερος λόγος για την απώλεια του αυτομάτου εγκλωβισμού του επιλεγμένου δορυφόρου είναι η μεταβολή της τάσης του ρεύματος τροφοδοσίας που παρέχεται στο σύστημα από το σύστημα διαχείρισης ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου.

Κρίνεται ωστόσο απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι το σύστημα *INMARSAT* διαθέτει μια σειρά ενδείξεων (ηχητικών και οπτικών) για όλες τις περιπτώσεις που προαναφέρθηκαν, όποτε είναι σχεδόν αδύνατο μια τόσο σοβαρή δυσλειτουργία του συστήματος να περάσει απαρατήρητη από το προσωπικό Γεφύρας των πλοίων.

δ. Προφανώς οι καταχωρήσεις στα τεχνικά εγχειρίδια του συστήματος *INMARSAT* μιας πλειάδας κανονισμών σχετικά με την εγκατάσταση του, αποδεικνύει την μεγάλη σημασία που αποδίδεται στην τοποθέτηση των κεραιών προκειμένου να επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση των υπηρεσιών. Η κεραία *INMARSAT* πρέπει να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν πιο μακριά από τα *RADAR* ναυτιλίας του πλοίου και τους πομποδέκτες επικοινωνιών υψηλής ισχύος, επειδή μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση της. Αλλά και αντιστρόφως η εκπομπή της κεραίας *INMARSAT* είναι πιθανόν να υποβαθμίσει την απόδοση των λοιπών ηλεκτρονικών συστημάτων του πλοίου, ιδιαίτερα όταν η λειτουργία (εκπομπή) είναι σε γειτνιάζουσες συχνότητες. Οι υπερκατασκευές και τα μεταλλικά εμπόδια, τα λοιπά ηλεκτρονικά και ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα του πλοίου, οι θερμοκρασίες αέρα (πλησίον καπνοδόχων), στην περιοχή των κεραιών *INMARSAT* λαμβάνονται υπόψη και αποδεικνύουν ότι μια πλημμελής μελέτη αναφορικά με την ακριβή τοποθέτηση του συστήματος, ενδέχεται να οδηγήσει σε υποβάθμιση της ποιότητας της επικοινωνίας. Οι δε ενέργειες για την αποκατάσταση της προβληματικής θέσης του συστήματος θα στοιχίσουν χρόνο και χρήμα για να αποκατασταθούν.

ε. Σε πολλές από τις λειτουργίες των συστημάτων που συνθέτουν το *GMDSS*, διαφαίνεται η πρόθεση αυτοματοποίησης των διαδικασιών εκπομπής μηνύματος κινδύνου. Για παράδειγμα στο Σύστημα Επιλογικής Κλήσεως (*DSC*) έχουν τοποθετηθεί σε εμφανή θέση και με κατάλληλη σήμανση τα "Dedicated Distress Buttons" (δύο κόκκινα κομβία κινδύνου - ένα για την τηλεφωνία και ένα για την τηλετυπία). Με το πάτημα αυτών, η συσκευή εκπέμπει στιγμιαία μία αίτηση "προτεραιότητας" μηνύματος κινδύνου και παρέχει αυτόματη, απευθείας και εξασφαλισμένη σύνδεση με ένα Κέντρο Συντονισμού Επιχειρήσεων Έρευνας και Διάσωσης (*EKΣΣΕΔ*). Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η ανάγκη για το χειριστή του πλοίου να επιλέξει και να σχηματίσει τον τηλετυπικό ή



τηλεφωνικό αριθμό του ΕΚΣΕΔ. Η ανωτέρω (ενδεικτική) περίπτωση αυτοματισμού συστημάτων ανάγκης, σε συνδυασμό με την δυνατότητα λειτουργίας (ή καλύτερα αδυναμίας λειτουργίας) του ανθρώπου κάτω από συνθήκες υψηλής πίεσης, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι σε όλα τα συστήματα επικοινωνιών είναι ενδεχόμενη η αδυναμία λειτουργίας τους λόγω λανθασμένης ανθρώπινης παρέμβασης.

στ Οι πληροφορίες που λαμβάνουν πλέον τα πλοία, συνέπεια της δυνατότητας διατήρησης διαρκούς επικοινωνίας με τους σταθμούς στην ξηρά και την εταιρία, είναι πολύ μεγάλου όγκου που βαίνει μάλλον εκθετικά αυξανόμενος με το πέρασμα του χρόνου. Για παράδειγμα, στις τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος λήψης προειδοποιήσεων (NAVTEX) γίνεται ειδική αναφορά σε απαίτηση συνετής ρύθμισης του δέκτη, ώστε να αποφευχθεί λήψη μηνυμάτων που δεν σχετίζονται με το ταξίδι. Το πρόβλημα του μεγάλου όγκου πληροφοριών, εκτιμάται ότι διαχειρίζεται ικανοποιητικά μέσω της ορθής παραμετροποίησης των συστημάτων, πλην όμως πρέπει και το προσωπικό Γεφύρας να μεριμνά ώστε μόνο οι απαραίτητες για το ταξίδι πληροφορίες να εμφανίζονται και η προσοχή να μην διασπάται από το κύριο έργο (ασφάλεια του πλοίου).

θ. Είναι λογικό ότι όλα τα συστήματα επικοινωνιών και προειδοποιήσεων ασφαλείας / κινδύνου του πλοίου διέρχονται τακτικούς ελέγχους ώστε να πιστοποιείται η ορθή λειτουργία τους. Ωστόσο, σε συμβάντα του παρελθόντος καταγράφηκαν :

1/ Πομποί EPIRB που όταν απαιτήθηκε δεν εξέπεμπαν (παρόλο που διέρχονταν επιτυχώς τους μηνιαίους ελέγχους).

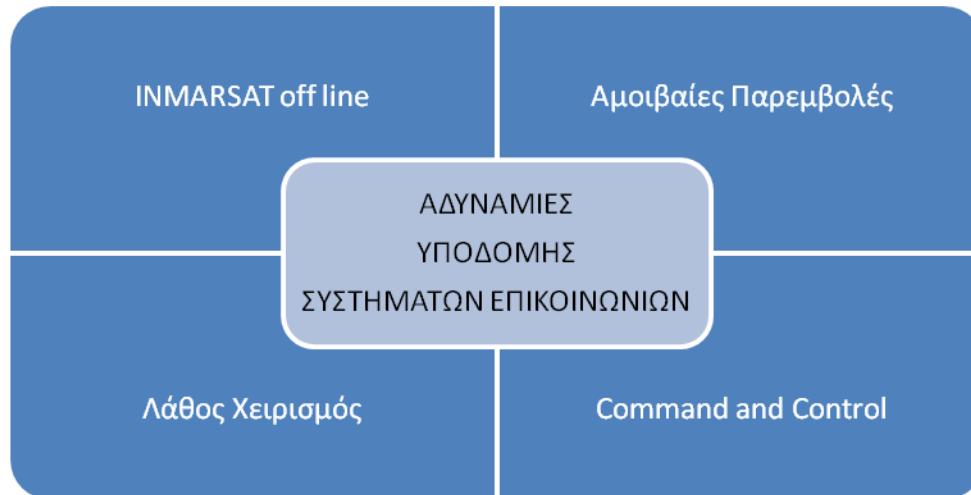
2/ Στο 90% των περιπτώσεων που εκπέμπεται σήμα από EPIRB, οι συναγερμοί είναι λανθασμένοι και οφείλονται σε απροσεξία προσωπικού (σύμφωνα με τα στοιχεία από τις κατασκευάστριες εταιρίες).

3/ Αναμεταδότες SART που παρότι δεν είχε διέλθει το όριο ζωής της μπαταρίας, στην πραγματικότητα αυτή ήταν σε τόσο κακή κατάσταση και ο χρόνος λειτουργίας του αναμεταδότη είχε μειωθεί σημαντικά.

Οι ανωτέρω ενδεικτικές παρατηρήσεις από τις επιθεωρήσεις πλοίων, δύναται να μας οδηγήσουν στο συμπέρασμα ότι τα σύγχρονα συστήματα επικοινωνιών έχουν πολλαπλές ασφαλιστικές διατάξεις έναντι αστοχίας, ωστόσο παραμένει στο τέλος η απαίτηση από τον χειριστή τους να τις ελέγχει με επιμέλεια και εις βάθος για να εντοπίζει αφανή προβλήματα (και να μην αρκείται σε μια τυπική τήρηση των υποχρεώσεων ελέγχου). Και πηγαίνοντας ένα βήμα πιο πέρα, εκτιμώ ότι η "κουλτούρα ασφαλείας" του πλοίου και την εταιρίας είναι εξίσου σημαντική αφού αυτή θα ορίσει στο πλήρωμα το



πλαίσιο και τις απαιτήσεις που υπάρχουν για τον ενδελεχή έλεγχο των συστημάτων ασφαλείας του πλοίου (Command and Control).



Η εξέταση των αδυναμιών των συστημάτων επικοινωνιών των πλοίων ολοκληρώθηκε στο προηγούμενο Κεφάλαιο με την επισκόπηση του ανθρώπινου παράγοντα. Διευκρινίζεται ότι στα συμπεράσματα που ακολουθούν δεν εξετάστηκε η ανθρώπινη παρέμβαση που σχετίζεται με την δολιοφθορά (εσκεμμένη ενέργεια για πρόκληση αδυναμίας στο σύστημα), αλλά όλες οι ενέργειες θεωρούμε ότι εκδηλώθηκαν με καλή πρόθεση (ανεξαρτήτως τελικού αποτελέσματος).

α. Οι γενεσιουργές αιτίες (root causes) για την πρόκληση αστοχίας σε ένα σύστημα επικοινωνίας συνέπεια της ανθρώπινης παρέμβασης είναι :

- 1/ Πλημμελής εκπαίδευση του προσωπικού στον χειρισμό.
- 2/ Απουσία κατανομής καθηκόντων ή απουσία συγκεκριμένων οδηγιών στον χειριστή.
- 3/ Κούραση που οδηγεί σε σφάλμα χειρισμού.
- 4/ Υπέρ-εμπιστοσύνη στις δυνατότητες του προσώπου - αλλά και το αντίθετο, έλλειψη πρακτικής εμπειρίας παρότι προσωπικό εκπαιδευμένο (στην θεωρία).
- 5/ Αδιαφορία για την εις βάθος κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος.

Η πρόκληση μιας σοβαρής αδυναμίας λειτουργίας ενός συστήματος συνέπεια της ανθρώπινης παρέμβασης γενικά εμφανίζεται ως αποτέλεσμα συνδυασμού περισσότερων του ενός εκ των ανωτέρω αιτιών.



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

β. Ένας εξαιρετικά εκπαιδευμένος και έμπιστος χειριστής που ανταποκρίνεται πλήρως στα συνήθη καθήκοντα του, απαιτείται να διατηρεί ένα υψηλό επίπεδο "νοητικής κατάστασης" ώστε να λειτουργεί και εξίσου ικανοποιητικά και υπό συνθήκες υψηλού άγχους. Πέραν από την εκπαίδευση του πληρώματος σε συνθήκες όσο το δυνατόν πιο κοντά στις πραγματικές, αποτελεί και ατομική υπόθεση του κάθε μέλους να προετοιμάζεται νοητικά για τέτοιες περιπτώσεις ανάγκης.

γ. Είναι εξαιρετικά σημαντικό τα πληρώματα με οδηγό ένα μείγμα ικανοτήτων που πηγάζει από την εκπαίδευση, την εμπειρία, την κουλτούρα ασφαλείας και το συνειδητό ενδιαφέρον, να ενεργούν πέραν της τυπικής - γραφειοκρατικής τήρησης των κανονισμών και να προλαμβάνουν κάθε προβληματική κατάσταση των επικοινωνιών του πλοίου τους, τόσο σε επίπεδο διαδικασιών όσο και χειρισμού - τεχνικό επίπεδο των συσκευών.

δ. Ο χώρος της ναυτιλίας είναι ένας κατ' εξοχήν χώρος εργασίας όπου συνυπάρχουν άνθρωποι διαφορετικής εθνικότητας, μητρικής γλώσσας και κουλτούρας. Ειδικά όμως στις επικοινωνίες μεταξύ πλοίων ή επικοινωνίες πλοίου με την ακτή, το διαφορετικό επίπεδο κατανόησης της Αγγλικής γλώσσας μπορεί να δημιουργήσει δυσχερείς καταστάσεις, ακόμα και ατυχήματα. Από τον IMO έχουν καταγραφεί μια σειρά από συμβάντα που μπορούν να αποδοθούν, είτε άμεσα είτε έμμεσα, σε ανεπαρκείς δεξιότητες στην Αγγλική γλώσσα από την πλευρά των Αξιωματικών που συμμετέχουν στον χειρισμό των συστημάτων επικοινωνιών των πλοίων.

ε. Δεν πρέπει να διαφεύγει της προσοχής επιπλέον ότι υπάρχει απαίτηση λήψης μέτρων ασφάλειας τόσο στο Φυσικό επίπεδο όσο και στο επίπεδο του software του ψηφιακού συστήματος που διαχειρίζεται τις επικοινωνιακές ανάγκες του πλοίου. Το κλειδί για τη μεγιστοποίηση των μέτρων φυσικής ασφάλειας είναι να περιοριστεί και να ελεγχθεί η πρόσβαση που έχουν οι άνθρωποι που δεν είναι εξουσιοδοτημένοι για αυτό σε χώρους, εγκαταστάσεις και συστήματα. Στο επίπεδο της ψηφιακής ασφάλειας (δηλαδή στο επίπεδο ασφαλείας του λογισμικού και του λειτουργικού συστήματος), απαιτείται η κατάρτιση διαδικασιών και πρωτοκόλλων για τη διαχείριση τους από εξουσιοδοτημένο μόνο προσωπικό (need to know basis). Σημαντική επίσης είναι η ευαισθητοποίηση συνολικά του πληρώματος σχετικά με τους κινδύνους διασύνδεσης των ψηφιακών συστημάτων επικοινωνιών σε μη εξουσιοδοτημένες προσωπικές ηλεκτρονικές συσκευές, οι οποίες μπορεί να το μολύνουν και να διαταραχθεί έτσι η κανονική τους λειτουργία.



*‘Όρφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

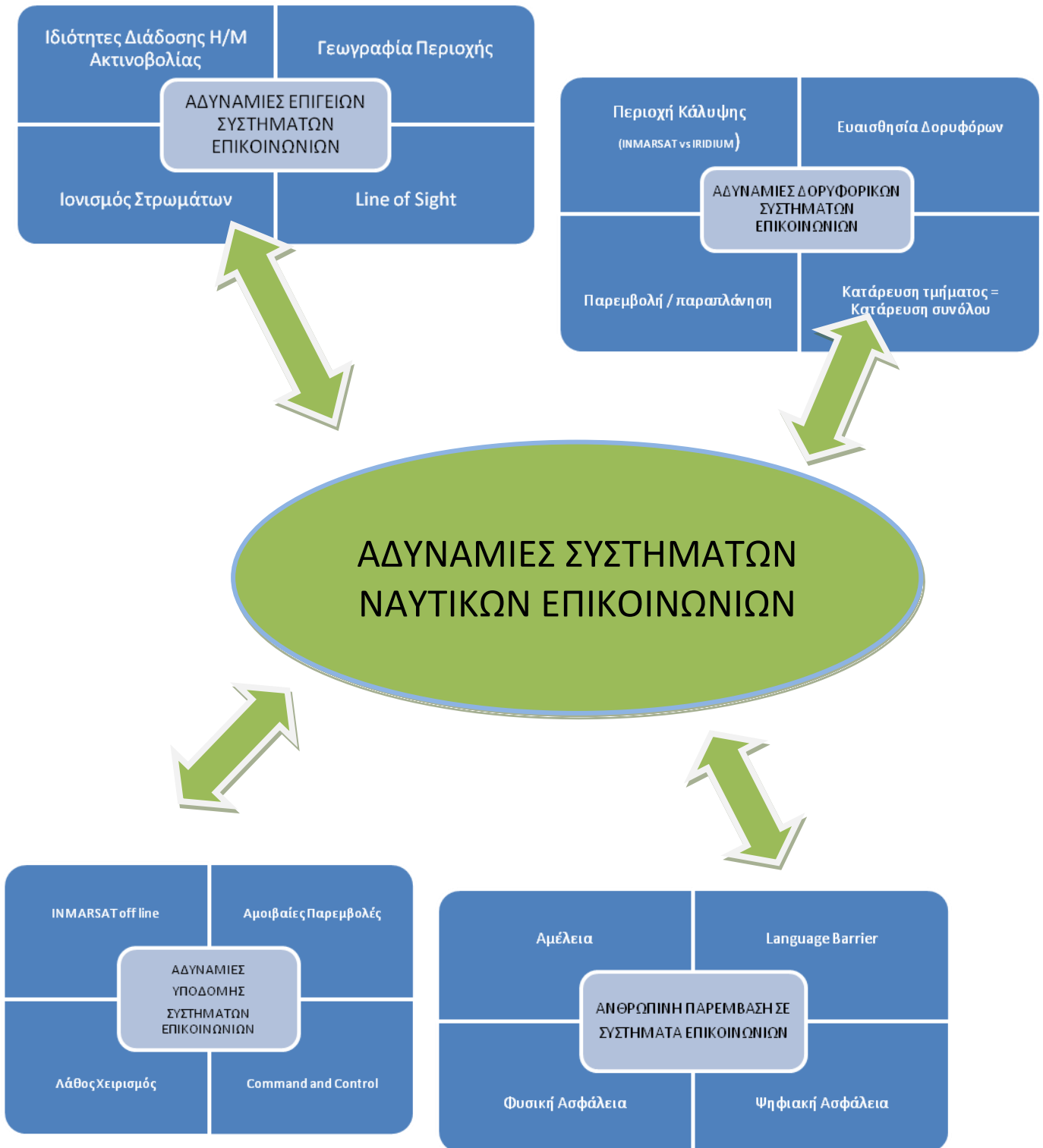
Από τα προαναφερθέντα συμπεράσματα επί της παρέμβασης του ανθρώπου – χαριστή στην λειτουργία των συστημάτων ναυτικών επικοινωνιών, θα μπορούσαν να αποδοθούν κατά το δυνατόν ομαδοποιημένα οι εξαγόμενες αδυναμίες με το ακόλουθο σχήμα :





*‘Όρφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

Στο επόμενο σχήμα 40 αποδίδονται συγκεντρωτικά τα συμπεράσματα όπως αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.





8 Προτάσεις

Έχοντας εξαγάγει στο προηγούμενο Κεφάλαιο τα συμπεράσματα αναφορικά με τους παράγοντες οι οποίοι επιφέρουν (ή δύναται να επιφέρουν) αδυναμία επιχειρησιακής εκμετάλλευσης ή σημαντική υποβάθμιση στην απόδοση των συστημάτων ναυτικών επικοινωνιών, στο παρόν τελευταίο Κεφάλαιο θα επιχειρηθεί η υποβολή προτάσεων στην κατεύθυνση της (κατά το δυνατόν) άμβλυνσης των συνεπειών που επιφέρουν οι παράγοντες αυτοί στον υπό εξέταση τομέα. Στο ίδιο πλαίσιο θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι σοβαρές αλλαγές που θα επιφέρει στις ναυτικές επικοινωνίες η δρομολογούμενη εφαρμογή ενός εκσυγχρονισμένου Παγκόσμιου Συστήματος Θαλάσσιας Κινδύνου και Ασφάλειας ("modernized GMDSS") από το τρέχον έτος, καθώς και οι πρόσφατες εξελίξεις στα δορυφορικά συστήματα επικοινωνιών.

Η σημασία του ραδιορίζοντα στην διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι καθοριστική. Από τις πρώτες κατασκευές πλοίων τα οποία ήταν εφοδιασμένα με ηλεκτρονικές συσκευές εντοπισμού και επικοινωνιών, έγινε σαφές ότι οι κεραίες εκπομπής και λήψης θα πρέπει να τοποθετούνται στα υψηλότερα σημεία του σκάφους και να είναι απαλλαγμένες από εμπόδια πλησίον τους, ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη απόδοση. Αυτή η απαίτηση στην ναυπηγική βιομηχανία θα εξακολουθεί να τηρείται πιστά και τις επόμενες γενιές πλοίων, καθώς διαχειρίζεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις φυσικές ιδιότητες της διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (διάθλαση, ανάκλαση, απορρόφηση).

Στο ίδιο πλαίσιο δεν θα πρέπει να διαφεύγει της προσοχής η απαίτηση εκπόνησης (από το στάδιο της κατασκευής ακόμα) μια πλήρους μελέτης αναφορικά με την ακριβή τοποθέτηση των υποστοιχείων του συστήματος επικοινωνίας του πλοίου με έμφαση τις κεραίες εκπομπής και λήψης, τις τεχνικές προδιαγραφές λειτουργίας αυτών, των απαιτήσεων τροφοδότησης / συντήρησης τους και τις λοιπές τεχνικές προδιαγραφές της εγκατάστασης. Τυχόν λάθη σε αυτό το στάδιο ενδέχεται να οδηγήσουν σε σοβαρή υποβάθμιση της ποιότητας της επικοινωνίας (με προεκτάσεις σε ζητήματα ασφαλείας) και σε επιπλέον κόστος για την ανάληψη ενεργειών αποκατάστασης των προβλημάτων.



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’



Εικόνα 41 : GMDSS Antennas στον Ιστό πλοίου
(Πηγή <https://www.istockphoto.com/photos/navigation-antenna-of-cruise-liner>)

Όπως κατέστη σαφές η σημασία της ιονόσφαιρας στις επικοινωνίες είναι μεγαλύτερη απ’ αυτήν της τροπόσφαιρας, αλλά τα όρια εκμετάλλευσης της (στρώμα ιονισμού) δεν είναι σαφή και υπάρχουν πολλές άλλες παράμετροι σχετικά με την διάδοση αυτή που είναι πρακτικά αδύνατον να τις γνωρίζει ο ναύτιλος. Ωστόσο εκμεταλλευόμενοι τις υπολογιστικές δυνατότητες των σύγχρονων επεξεργαστών και την ευρεία διάδοση της διασύνδεσης στο διαδίκτυο, έχουν αναπτυχτεί εργαλεία / λογισμικά πρόβλεψης διαδρομών διάδοσης των ραδιοκυμάτων καθώς αυτά οδεύονται στην ιονόσφαιρα της Γης.

Ένα από αυτά τα εργαλεία είναι το "*Propgy HF Propagation Prediction*", το οποίο έχει σχεδιαστεί για να προβλέπει τη συμπεριφορά των ραδιοκυμάτων στην περιοχή συχνοτήτων HF (3 MHz έως 30 MHz) καθώς διαδίδονται στην ιονόσφαιρα της Γης. Η χρήση του δεν περιορίζεται μόνο στις κοινότητες των ραδιοερασιτεχνών (για τις οποίες αρχικά αναπτύχτηκε το λογισμικό), αλλά πλέον αποτελεί χρήσιμο βοήθημα και για τον χειριστή των ναυτικών επικοινωνιών (Toron Tal).

Όπως φαίνεται και στα επόμενα στιγμιότυπα με την εισαγωγή στοιχείων συχνότητας / ισχύος εκπομπής και ορισμένων επιπλέον παραμέτρων, απεικονίζεται η αναμενόμενη ποιότητα διάδοσης ηλεκτρομαγνητικού κύματος την **συγκεκριμένη** ημέρα και ώρα από ένα πομπό που τοποθετήσαμε στον Βόρειο Ατλαντικό.

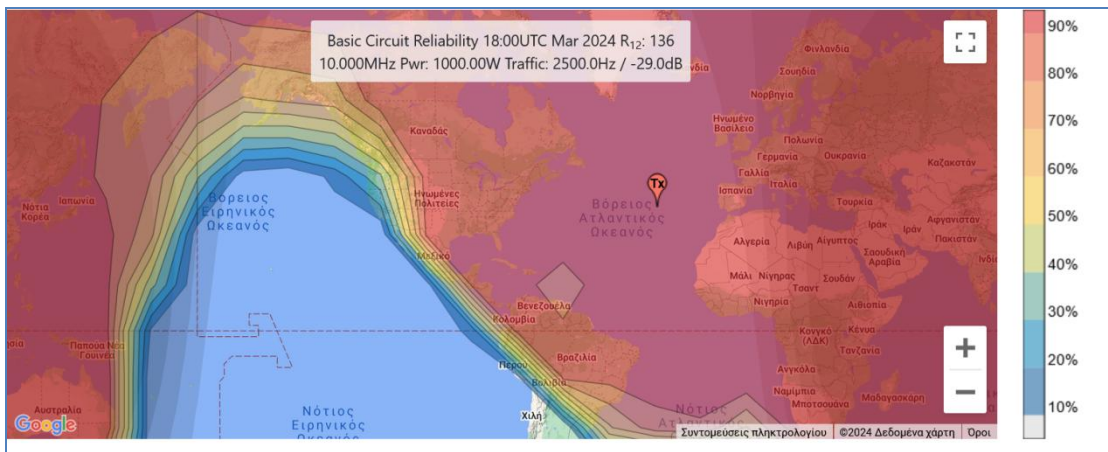


‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

System		Tx. Site	
Date / Time	Mar 2024 18 UTC	Latitude	37.4400
Traffic	WSPR (BW=2500Hz / SNR=-29dB)	Longitude	-29.1211
Freq (MHz)	10.0	Antenna	Isotropic
Power (W)	1000.0	Bearing	0
Man Made Noise	Rural	Ant Gain (dBi)	2.16
SSN Source	Standard Curves		
		Rx. Site	
		Ant Gain (dBi)	2.16

Εικόνα 42: Στιγμιότυπο δεδομένων εισαγωγής για υπολογισμό σε "Proppy HF Propagation Prediction"

(Πηγή <http://voacap.blogspot.com/2018/06/voacap-online-hf-predictions-users.html>)



Εικόνα 43: Στιγμιότυπο αποτελέσματος υπολογισμού "Proppy HF Propagation Prediction"

(Πηγή <http://voacap.blogspot.com/2018/06/voacap-online-hf-predictions-users.html>)

Στο δορυφορικό πεδίο, το οποίο μαζί με το ψηφιακό περιβάλλον, αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα των επικοινωνιών του σύγχρονου πλοίου οι εξελίξεις είναι διαρκείς. Μία από τις πιο κρίσιμες παραμέτρους που εξετάζονται είναι ο λόγος του ωφέλιμου βάρους του δορυφόρου προς το κόστος του. Στην παρούσα φάση προβλέπεται να τεθούν σύντομα σε λειτουργία δορυφορικές πλατφόρμες σε γεωστατική τροχιά βάρους 100 tn με αντίστοιχη ισχύ εκπομπής τα 250 kW (προς μέτρο σύγκρισης η εγκατεστημένη ισχύς του *INTELSAT VI* είναι 2,8 kW). Φυσικά το κόστος του δορυφόρου αυξάνει με το μέγεθός του αλλά το σχετικό κόστος λειτουργίας ενός καναλιού ελαττώνεται, καθώς η εγκατεστημένη



ισχύς είναι σε άμεση συνάρτηση με την χωρητικότητα (bandwidth) του δορυφόρου. (INMARSAT Design and Installation Guidelines, 2020).

Μία δεύτερη και πλέον ουσιαστική εξέλιξη είναι η προσπάθεια περαιτέρω ανάπτυξης της τεχνολογίας των μικροεπεξεργαστών δορυφορικών συστημάτων, η οποία οδηγεί σε πιο ευφυείς κατασκευές με τελικό σκοπό να λειτουργεί ο δορυφόρος σαν ένα τηλεφωνικό κέντρο στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα να προσαρμόζεται η διαθέσιμη χωρητικότητα στις συγκεκριμένες χρονικά τηλεπικοινωνιακές ανάγκες. Σήμερα είναι ήδη δυνατή η αυτόματη διακοπή (ή μεταγωγή) καναλιών όταν αυτά δεν μεταφέρουν φωνή (π.χ. όταν κάποιος ακροάται τον συνομιλητή του και δεν ομιλεί ταυτόχρονα). Με τις νέες υπό εξέταση τεχνολογίες αναμένεται μια ακόμα καλύτερη διαχείριση του όγκου πληροφορίας από τους δορυφόρους, ώστε στα διαστήματα των παύσεων το φέρον κύμα να τίθεται εκτός.

Ένα τρίτο πεδίο έρευνας αφορά τη χρήση ακόμα υψηλότερων συχνοτήτων (Ku & Ka band) σε δορυφορικές ναυτικές επικοινωνίες, ώστε να επιτευχθεί η αποσυμφόρηση των συστημάτων στις χαμηλότερες ζώνες. Η INMARSAT πρόσφατα ανακοίνωσε μία επένδυση για περαιτέρω αύξηση της χωρητικότητας (στην 6η γενιά γεωστατικών δορυφόρων της), προορισμένη για υπηρεσίες ασφάλειας στην θάλασσα καθώς ο αριθμός των πλοίων που εξαρτώνται από τις δορυφορικές επικοινωνίες αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια και ως εκ τούτου υπάρχει πραγματική ανάγκη για αύξηση του διαθέσιμου bandwidth (INMARSAT Maritime, 2023).

Όνομασία ζώνης (band)	Συχνότητα (GHz)	Μήκος κύματος (cm)
L band	1 – 2	30 – 15
S band	2 – 4	15 – 7,5
C band	4 – 8	7,5 – 3,8
X band	8 – 12	3,8 – 2,5
Ku band	12 – 18	2,5 – 1,7
K band	18 – 27	1,7 – 1,1
Ka band	27 – 40	1,1 – 0,75
V band	40 – 75	0,75 – 0,40
W band	75 – 110	0,40 – 0,27

Πίνακας 13 : Ζώνες Μικροκυματικών Συχνοτήτων
(πηγή Βαζούρας, Ραδιοκύματα, κεραίες, ασύρματες ζευξεις και εφαρμογες, 2023)



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

Εξετάζοντας περαιτέρω στις τεχνολογικές εξελίξεις που φέρνει σύντομα η εταιρία *INMARSAT* (ως επικεφαλής εταιρία στις δορυφορικές υπηρεσίες στο θαλάσσιο περιβάλλον τον ενεστώτα χρόνο), αξίζει μια σύντομη αναφορά στο πρόγραμμα "*Global Xpress*". Το πρόγραμμα "*Global Xpress*", είναι το πρώτο παγκόσμιο, κινητό ευρυζωνικό δίκτυο υψηλής ταχύτητας στον κόσμο. Επί του παρόντος η υπηρεσία εξυπηρετείται από ένα στόλο έξι δορυφόρων (GX6A) και επιπλέον έξι που έχει προγραμματιστεί να τεθούν σε λειτουργία έως το 2025. Ο δορυφόρος GX6A διαθέτει 20 δέσμες εκπομπής στην ζώνη συχνοτήτων Ka-spot και οι μελλοντικοί δορυφόροι της γενιάς αυτής θα χρησιμοποιούν δυναμική διαμόρφωση δέσμης για να δημιουργήσουν ταυτόχρονα χιλιάδες ανεξάρτητες δέσμες διαφορετικών μεγεθών, εύρους ζώνης και ισχύος που μπορούν να διαμορφωθούν εκ νέου και να επανατοποθετηθούν σε όλο τον κόσμο σε πραγματικό χρόνο. (INMARSAT, 2023)

Τα τελευταία χρόνια, οι παρεμβολές είναι πιο έξυπνοι και πιο γρήγοροι στον εντοπισμό, την αναγνώριση και την "προσβολή" συγκεκριμένης ζεύξης δορυφορικής ή επίγειας επικοινωνίας. Στο επίπεδο λοιπόν του σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής της ζεύξης, η προστασία από το μπλοκάρισμα (jamming) του σήματος επιτυγχάνεται γενικά με τη χρήση τεχνικών εξάπλωσης φάσματος, δηλαδή "αναπήδηση συχνότητας" (frequency hopping) ή "ψευδοθόρυβο" (pseudo-noise). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η "αναπήδηση συχνότητας", καθώς λειτουργεί αρκετά ικανοποιητικά βασιζόμενη στην ταχεία εναλλαγή συχνότητας εκπομπής σε πολλά κανάλια σε μια πολύ ευρεία ζώνη συχνοτήτων. (Φασουλάς, 1991)

Οι απειλές στο ψηφιακό περιβάλλον που στρέφονται εναντίον της ναυτιλιακής κοινότητας (είτε στα πλοία, είτε στα γραφεία στην ξηρά) έχουν πολλαπλασιαστεί τα τελευταία έτη. Η συνεχής εκπαίδευση και η ενημέρωση του προσωπικού σχετικά με θέματα φυσικής ασφάλειας μέσω σεμιναρίων, αποτελεί τη βάση της θωράκισης του πλοίου και ευρύτερα της ναυτιλιακής κοινότητας σε αυτόν τον τομέα. Η διεξαγωγή των ενημερώσεων θα πρέπει να μην αντιμετωπίζεται ως μια τυπική υποχρέωση, ενώ στόχος θα πρέπει να είναι η επίγνωση των ψηφιακών απειλών για το πλοίο ως ένα σύνολο το οποίο δεν είναι ανεξάρτητο και αποκομμένο των υπολοίπων λειτουργιών αυτού.

Σε τεχνικό επίπεδο προτείνεται όπου είναι δυνατόν και δεν δημιουργείται διακοπή στην ομαλή και ασφαλή λειτουργία του πλοίου, να αντικαθίσταται με καλώδια οπτικών ινών τα ομοαξονικά καλώδια μεταφοράς δεδομένων. Αν και προσφέρουν πολύ καλύτερο



επίπεδο φυσικής ασφάλειας (η υποκλοπή του σήματος απαιτεί ειδικό εξοπλισμό), ωστόσο το κόστος αρχικής εγκατάστασης και επισκευής σε περίπτωση αστοχίας είναι υψηλότερο.

Ο περιοδικός έλεγχος από το αρμόδιο προσωπικό των συστημάτων επικοινωνιών του πλοίου (και των διασυνδεδεμένων σε αυτά συστημάτων πληροφορικής) είναι η πρώτη γραμμή άμυνας. Πολύ επιγραμματικά και σε καμιά περίπτωση περιοριζόμενες σε αυτές τις ενδείξεις, ένα σύστημα μπορεί να έχει πέσει θύμα κακόβουλης ενέργειας όταν παρατηρείται αδικαιολόγητη λειτουργία του συστήματος, αύξηση ταχύτητας ανεμιστήρων ψύξεως, μη αναμενόμενες ενδείξεις και παρουσίαση εμφανώς λανθασμένων στοιχείων. Ορισμένες εύκολα εφαρμόσιμες πρακτικές, θα μειώσουν κατά πολύ τις πιθανότητες πρόσβασης μη εξουσιοδοτημένου προσωπικού στα ευαίσθητα συστήματα του πλοίου (π.χ. είναι πολύ εύκολο να απενεργοποιηθεί μέσω BIOS η δυνατότητα εξαγωγής αρχείων με usb drive σε λειτουργικό σύστημα Windows, να ρυθμιστεί αυτόματα κλείδωμα οθόνης με κωδικό πρόσβασης μετά από κάποια λεπτά αδράνειας κλπ).

Στο επίπεδο φυσικής ασφάλεια των συστημάτων του πλοίου κάθε προσωρινά επιβαίνων στο πλοίο (π.χ πλοηγός, ατζέντης, τεχνικός) θα πρέπει να επιτηρείται διακριτικά και να μην ευρίσκεται κοντά σε συστήματα για τα οποία δεν έχει εξουσιοδότηση πρόσβασης. Ειδικά ο πλοηγός κατά την επιβίβαση του στο πλοίο συνδέει το προσωπικό του laptop που θα τον βοηθήσει στην πλοήγηση, με την ειδική υποδοχή που διαθέτει η Γέφυρα του πλοίου και η οποία δεν θα πρέπει να διασυνδέεται με οποιοδήποτε άλλο ευαίσθητο σύστημα του πλοίου εκτός από την παροχή θέσης πλοίου (κεραία GPS).

Το προσωπικό που είναι επιφορτισμένο με την ασφάλεια των συστημάτων επικοινωνιών του πλοίου, θα ήταν χρήσιμο να διατηρεί ένα αρχείο με περιστατικά ασφαλείας των συστημάτων που έλαβαν χώρα σε άλλα πλοία ή γενικότερα στην ναυτιλιακή κοινότητα, ώστε να ενημερώνεται για τυχόν νεότερες μεθόδους – τεχνικές που εφαρμόζονται και συμπτώματα που παρουσιάζουν τα συστήματα που έχουν προσβληθεί. Μια τακτική επικαιροποίηση του αρχείου με μέριμνα της εταιρίας και διαβίβαση του στα πλοία της, θα ήταν μια καλή πρακτική ώστε να εξασφαλίζεται η πληρότητα της προσπάθειας σε όλα τα επίπεδα.

Για δεκαετίες, το Παγκόσμιο Σύστημα Θαλάσσιου Κινδύνου και Ασφάλειας (GMDSS) αποτελεί έναν ζωτικής σημασίας παράγοντα για τη διασφάλιση της θαλάσσιας ασφάλειας, παρέχοντας βασικές υπηρεσίες επικοινωνίας έκτακτης ανάγκης. Ωστόσο, η εξελισσόμενη τεχνολογία και οι επιχειρησιακές ανάγκες έχουν απαιτήσει μια συνολική



αναθεώρηση του πλαισίου του GMDSS από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO). Την παρούσα περίοδο είναι σε εξέλιξη η συμφωνία για την υιοθέτηση του εκσυγχρονισμένου Παγκόσμιου Συστήματος Θαλάσσιας Κινδύνου και Ασφάλειας (mGMDSS). Μετά την έγκριση ενός σχεδίου εκσυγχρονισμού από την Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας (MSC) του IMO αναμένεται να τεθεί σε ισχύ εντός του τρέχοντος έτους 2024 (IMO, 2023) .

Αυτή η σημαντική ανανέωση όχι μόνο ενημερώνει τις τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος, αλλά επίσης εκσυγχρονίζει τα πρωτόκολλα ασφάλειας και καταργεί τις απαιτήσεις προσαρμογής για παλαιότερα συστήματα, οι οποίες ούτως η άλλως ήταν προβληματικές. Τα κυριότερα στοιχεία, ως έχουν παρουσιαστεί στο σχέδιο και με την επιφύλαξη της τελικής διατύπωσης αυτών, ως ακολούθως :

α. Προβλέπει ενοποίηση των απαιτήσεων εξοπλισμού επικοινωνιών σύμφωνα με το Κεφάλαιο IV της SOLAS και έτσι σηματοδοτεί μια κομβική αλλαγή από τις διάσπαρτες διατάξεις που υπάρχουν τώρα σε διάφορα Κεφάλαια. Συναφώς το τελικό σχέδιο θα απαιτήσει εκτενείς τροποποιήσεις στα κεφάλαια III και IV της Δ.Σ. SOLAS, μαζί με επακόλουθες τροποποιήσεις σε άλλα υπάρχοντα θεσμικά κείμενα του IMO.

β. Στην ζώνη συχνοτήτων HF θα μειωθούν οι διαθέσιμες λειτουργίες επικοινωνίας από τέσσερις σε τρεις και θα περιλαμβάνουν μόνο: Phone, DSC, HF/MSI (πράγμα που σημαίνει ότι η υπηρεσία RADIOTELEX δεν θα είναι υποχρεωτική στο μέλλον για τα πλοία).

γ. Προβλέπονται νέα βελτιωμένα πρότυπα απόδοσης για φάρους έκτακτης ανάγκης. Τα νέα πρότυπα που προτείνονται για τους ραδιόφαρους EPIRB στα 406 MHz στοχεύουν στη βελτίωση της απόδοσης τους μέσω προηγμένων χαρακτηριστικών (όπως ενσωμάτωση σημάτων τοποθεσίας AIS) και βελτιωμένα στοιχεία που θα διευκολύνουν περαιτέρω τον οπτικό εντοπισμό τους την νύχτα. Όσον αφορά το σύστημα Cospas-Sarsat, η ενσωμάτωση του συστήματος ‘Cospas-Sarsat MEOSAR’ υπόσχεται ακριβή και σε πραγματικό χρόνο εντοπισμό της θέσης του ραδιοφάρου, βελτιώνοντας σημαντικά τους μηχανισμούς απόκρισης έκτακτης ανάγκης.

δ. Πρόβλεψη για διευρυμένους παρόχους υπηρεσιών και τεχνολογική ποικιλομορφία. Στην παρούσα φάση η εταιρία INMARSAT είναι ο επικεφαλής πάροχος δορυφορικών επικοινωνιών GMDSS. Ο επικείμενος εκσυγχρονισμός θα φιλοξενήσει ένα ευρύ φάσμα επιπλέον παρόχων υπηρεσιών και τεχνολογιών, δίνοντας έμφαση σε



*‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’*

ευρύτερες, πιο γενικές απαιτήσεις και ορισμούς για να απομακρυνθεί η κοινότητα από την κυριαρχία του επικεφαλή δορυφορικού φορέα.

ε. Είναι σε εξέλιξη συζήτηση και διαβούλευση για τον επανακαθορισμό των ορίων των Θαλάσσιων Περιοχών κάλυψης GMDSS. Ενώ οι περιοχές A1 και A2 παραμένουν αμετάβλητες, ο ορισμός της περιοχής A3 δεν θα καθοριστεί από την κάλυψη μιας μόνο δορυφορικής υπηρεσίας. Εάν χρησιμοποιηθεί το INMARSAT, η περιοχή παραμένει αμετάβλητη. Εάν χρησιμοποιείται Iridium, η περιοχή A3 γίνεται παγκόσμια με τη συγχώνευση των σημερινών περιοχών A3 και A4. Εάν χρησιμοποιείται μια περιφερειακή δορυφορική υπηρεσία, η περιοχή A3 θα περιοριστεί από τη ζώνη κάλυψης αυτής της υπηρεσίας. Η θαλάσσια περιοχή A4 θα παραμείνει ως έχει (εκτός αν νεότερες εξελίξεις στην κάλυψη της από επιπλέον παρόχους πέραν του IRIDIUM απαιτήσουν την αλλαγή των ορίων της ή και την διαγραφή της εντελώς).

στ. Τέλος, τονίζεται ότι δεν σχεδιάζονται αλλαγές στο σύστημα NAVTEX σε σχέση με το τωρινό καθεστώς παροχής υπηρεσιών ασφάλειας και προειδοποίησης. (Next Generation GMDSS IMO, 2023)



Βιβλιογραφία

- Βαζούρας Χ., (2023), «Αναλογική και ψηφιακή μετάδοση» [σημειώσεις μαθήματος], Πειραιάς : ΣΝΔ
- Βαζούρας Χ., (2020), «Σημειώσεις Μικροκυμάτων – Κεραιών – Ραδιοζεύξεων», Πειραιάς : ΣΝΔ
- Βαζούρας Χ., Βουρδουλιάς Γ., (2014), «Εισαγωγή στα Τηλεπικοινωνιακά σήματα – συστήματα », Πειραιάς : ΣΝΔ
- Βαζούρας Χ., (2023), «Δορυφορικές επικοινωνίες» [σημειώσεις μαθήματος], Πειραιάς : ΣΝΔ
- Παλληκάρης Α., (2005), «Ραδιοναυτιλία», Αθήνα : Ευγενίδιο ίδρυμα
- Παλληκάρης Α., Κατσουλης Γ., Δαλακλής Δ., (2018), «Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα – Συστήματα Ηλεκτρονικού Χαρτη», Αθήνα : Ευγενίδιο ίδρυμα
<https://www.eef.edu.gr/media/3761/naytika-ilektronika-organa.pdf>
- Παπαδάκης Ε., (2019), «Μελέτη Αδυναμιών σε Κρίσιμες Υποδομές με έμφαση στη Ναυτιλία» [Master Thesis], Πειραιάς : Πανεπιστήμιο Πειραιά
<https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/12170>
- Ταμπακάκης Ε., Γ. Λυμπέρης, (2017), «Επικοινωνίες II», Αθήνα : Ευγενίδιο ίδρυμα
https://www.eef.edu.gr/media/3769/e_j00089.pdf
- Φασουλάς Α., (1991), «Inmarsat Communications System» [Master Thesis], Monterey, California : Naval Postgraduate School
<https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA246820.pdf>
- Φαφαλίας Μ., (2023), «Παγκόσμιο Ναυτιλιακό Σύστημα Κινδύνου και Ασφάλειας» [σημειώσεις μαθήματος], Πειραιάς : ΣΝΔ
- Forsythe Alice, (2000), «Communications Problems in Marine Casualties», Virginia : Virginia Mason Institute
- Karahalios H., (2018), "The severity of shipboard communication failures in maritime emergencies: A risk management approach."
- Leimer Andy, (2005), «Emergency Position Indicating Radio beacons (EPIRB) and Emergency Locator Transmitters (ELT)», Washington : Federal Communications Commission Office



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

Melek Onen, Refik Molva, (2023), «*Denial of Service Prevention in Satellite Networks*»,
France : Institut Eurecom

Zaitidis P. , (2020) , «*GMDSS Modernization New SOLAS Regulatory framework*», TNL
<https://www.tnlcom.gr/images/usrImage/28-12-2023-12-31-658d4e8929af4.pdf>

Τεχνικά Εγχειρίδια

Australian Maritime Safety Authority (AMSA), (2018), «*Australian Global Maritime
Distress and Safety System (GMDSS) Handbook 2018*», Australia : AMSA

Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK) , (2003) , «*Guidelines For Shore-Based Maintenance Of
Satellite EPIRBs*» (Technical Manual), Japan : ClassNK

Inmarsat, (2020) , «*Inmarsat Installation Guidelines (DIGS)*» (Technical Manual),
London : Inmarsat Group Ltd

Inmarsat, (-) , «*Inmarsat Maritime Handbook*» (Technical Manual) , London : Inmarsat
Group Ltd

United States Coast Guard (2019), «*GMDSS Guide for Marine Inspectors and Port
Control Examiners*» (Technical Manual), USA

Intertanko (2019), «*Jamming and Spoofing of Global Navigation Satellite Systems
(GNSS)*», London : Intertanko

International Maritime Organization, (2003), «*Guidelines For The Installation of a
Shipborne Automatic Identification System (AIS)*», London : IMO

International Maritime Organization, (2022), «*Performance Standards For Inmarsat-C
Ship Earth Stations Capable Of Transmitting And Receiving Direct-Printing
Communications _Resolution MSC.513(105)*», London : IMO

International Maritime Organization, (2019), «*Performance Standards For Float-Free
Emergency Position-Indicating Radio Beacons (EPIRBs) Operating On 406 Mhz _
Resolution MSC.471(101)*» , London : IMO

International Maritime Organization, (1990), «*Convention for the Safety of Life at Sea
1974, Chapter IV Radio communications*», London : IMO

International Telecommunication Union, (2012) , «*Technical characteristics of VHF
emergency position-indicating radio beacons using digital selective calling_ITU-R M.693-
1*», Geneva : ITU

International Telecommunication Union, (2019) , «*Digital selective-calling system for use
in the maritime mobile service_ ITU-R M.493-15*», Geneva : ITU



‘Ορφανός Σπυρίδων’,
‘Διερεύνηση Αδυναμιών Συστημάτων Ναυτικών Επικοινωνιών στο
Φυσικό και Ψηφιακό Περιβάλλον Λειτουργίας αυτών’

ICS Electronics , (2001), «*Nav6 NAVTEX System User Guide*» (Technical Manual),
London : ICS Electronics Limited.

Furuno, «*FURUNO GMDSS Guide*» (Technical Manual), Japan : Furuno Electronics Ltd

Ιστότοποι

European Space Agency , www.esa.int (τελευταία επίσκεψη: 22/03/2024)

International Maritime Organization, <https://www.imo.org/> (τελευταία επίσκεψη:
22/03/2024)

International Telecommunication Union, <https://www.itu.int/> (τελευταία επίσκεψη:
29/03/2024)

International Hydrographic Organization, <https://iho.int> (τελευταία επίσκεψη: 29/03/2024)

Κανονισμοί ραδιοεπικοινωνιών (ITU Radio Regulations),
<https://www.itu.int> (Regulations) (τελευταία επίσκεψη: 29/02/2024)

Συστάσεις (Recommendations) Ραδιοεπικοινωνιών (ITU-R) της ITU,
<https://www.itu.int/pub/R-REC> (τελευταία επίσκεψη: 25/03/2024)

Κατάλογος παράκτιων σταθμών (από τον ITU),
<https://www.itu.int/Coast-Station/list> (τελευταία επίσκεψη: 9/03/2024)

Ενημερωτικό υλικό από τον IMO
<https://www.imo.org/news-updates> (τελευταία επίσκεψη: 29/03/2024)

Συστήματα ηλεκτρονικού πολέμου [Reconnaissance and electronic warfare means](#)
(τελευταία επίσκεψη: 12/02/2024)

«Modern Maritime Communications», ITU World Radio communication Seminar
2016, https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/md/15/wrs16/sp/R15-WRS16-SP-0026!!PDF-E.pdf (τελευταία επίσκεψη: 26/03/2024)

ITU Handbook of Mobile-satellite service (MSS),
https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-41-2002-OAS-PDF-E.pdf(τελευταία
επίσκεψη: 29/03/2024)

ICS Guidelines on cyber security v4,
[https://www.ics-shipping.org/publication/guidelines-on-cyber-security-onboard-ships-
version-four/](https://www.ics-shipping.org/publication/guidelines-on-cyber-security-onboard-ships-version-four/)(τελευταία επίσκεψη: 25/03/2024)

Propagation Tool <https://admin.qsl.net/index.php> (τελευταία επίσκεψη: 29/03/2024)