

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : Αξιοποίηση του GPS στην διεξαγωγή της ναυτιλίας

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : Παπαδόπουλος Νικήτας ΑΓΜ: 3402

Πριονίδης Ιωάννης ΑΓΜ: 3388

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

Λιώτσιος Κωνσταντίνος

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2016

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Λιώτσιος Κωνσταντίνος

ΘΕΜΑ: Αξιοποίηση του GPS στην διεξαγωγή της ναυτιλίας

ΤΩΝ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ: Παπαδόπουλος Νικήτας

Α.Γ.Μ: 3402

Πριονίδης Ιωάννης

Α.Γ.Μ: 3388

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότης</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
<i>1</i>				
<i>2</i>				
<i>3</i>				
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ :

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη - Abstract.....	5
Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 1 ^ο	
1. Ιστορική αναδρομή του GPS.....	7
Κεφάλαιο 2 ^ο	
2. Το GPS στην γέφυρα.....	13
2.1 Γενικά για το σύστημα GPS.....	13
2.2 GPS Ναυσιπλοΐας.....	15
2.3 Περιγραφή οργάνου GPS.....	18
2.3.1 Πίνακας ελέγχου.....	18
2.3.2 Λειτουργίες εμφάνισης.....	19
2.3.3 WAY POINTS (Σημεία Προορισμού - αναφοράς).....	21
2.3.4 Routes – Διαδρομές.....	21
2.3.5 Alarms – Συναγερμοί.....	21
Κεφάλαιο 3 ^ο	
3. Τεχνικά χαρακτηριστικά του GPS.....	23
3.1 Δομή του δορυφορικού συστήματος GPS.....	23
3.1.1 Δορυφορικό Τμήμα.....	23
3.1.2 Το τμήμα Ελέγχου.....	25
3.1.3 Το τμήμα των χρηστών.....	27
3.2 Αρχή λειτουργίας του GPS.....	27
3.3 Το δορυφορικό σύστημα.....	29
3.3.1 Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.....	29
3.3.2 Διαμόρφωση δορυφορικού σήματος GPS.....	30
3.3.3 Η διαμόρφωση του δορυφορικού συστήματος.....	30
3.3.4 Κώδικες PRN.....	32
3.3.5 Μήνυμα πλοηγείσεως.....	33
3.3.6 Σκόπιμη μείωση της ταχύτητας.....	34

3.4 Δέκτες GPS-Είδη Μετρήσεων.....	35
3.4.1 Η κεραία του δέκτη.....	36
3.4.2 Κυρίως Δέκτης.....	37
3.4.3 Τύποι δεκτών.....	40
3.4.3.1 Δέκτες ψευδοαποστάσεων από τον κώδικα C/A.....	40
3.4.3.2 Δέκτες φέρουσας συχνότητας και κώδικα C/A.....	41
3.4.3.3 Δέκτες κώδικα P.....	41
3.4.3.4 Δέκτες κώδικα Y.....	41
3.4.4 Είδη μετρήσεων GPS.....	42
3.4.5 Τεχνικές Συσχέτισης.....	43
3.4.5.1 Τεχνική διασυσχέτισης.....	43
3.4.5.2 Τεχνική Τετραγωνισμού.....	44
3.4.5.3 Τεχνική Z-Tracking.....	44
3.5. Παρατηρήσεις - Μετρήσεις GPS.....	45
3.5.1 Η Παρατήρηση της Ψευδοαπόστασης.....	46
3.5.2 Η Παρατήρηση της Φάσης.....	48
3.5.3 Επίλυση αρχικής ασάφειας φάσης.....	49
3.5.4 Σχετικιστικές επιδράσεις στο σήμα GPS.....	50
3.6 Σφάλματα και πηγές σφαλμάτων GPS.....	51
3.6.1 Το σφάλμα της τροχιάς των δορυφόρων.....	52
3.6.2 Το σφάλμα του ρολογιού του δορυφόρου.....	53
3.6.3 Το σφάλμα του ρολογιού του δέκτη.....	53
3.6.4 Οι μεταβολές του κέντρου φάσης της κεραίας.....	54
3.6.5 Το τυχαίο σφάλμα παρατήρησης.....	55
3.6.6 Το σφάλμα αβεβαιότητας του γνωστού σημείου.....	55
3.6.7 Η δομή της ατμόσφαιρας και τα ατμοσφαιρικά σφάλματα.....	55
3.6.7.1 Το τροποσφαιρικό σφάλμα.....	56
3.6.7.2 Το ιονοσφαιρικό σφάλμα.....	57
Κεφάλαιο 4 ^ο	
4. Χρήση και εφαρμογές του GPS.....	59
4.1 Εφαρμογές του συστήματος GPS.....	59
4.2 Εφαρμογή του GPS στην αεροπλοΐα.....	60
4.3 Στρατιωτική εφαρμογή του GPS στρατό.....	61

4.4 Εφαρμογή του GPS στην γεωδαισία – τοπογραφία.....	62
4.5 Εφαρμογή του GPS στη διαχείριση φυσικών πόρων.....	65
4.6 Εφαρμογή του GPS στη ναυσιπλοΐα.....	65
4.6.1 Πόντιση καλωδίων.....	66
4.6.2 Υδρογραφία.....	71
4.6.3 AIS (Automatic Identification System).....	72
4.6.4 ECDIS (Electronic Chart Display and Information System).....	76
4.6.5 RANDAR/ARPA.....	78
4.7 Εφαρμογή του GPS στις οδικές μεταφορές.....	79
4.8 Εφαρμογή του GPS σε θέματα περιβάλλοντος.....	80
4.9 Εφαρμογή του GPS στη γεωργία.....	80
4.10 Εφαρμογή του GPS στη δημόσια ασφάλεια.....	81
4.11 Άλλες εφαρμογές.....	81
Προσωπικές εμπειρίες.....	82
Συμπεράσματα.....	83
Σχόλια – προτάσεις.....	85
Βιβλιογραφία.....	86

Περίληψη

Το να γνωρίζεις ανά πάσα στιγμή τι θέση σου επάνω στην γη είναι ένα από τα πιο σημαντικά πράγματα στην ναυσιπλοΐα, κάτι που πριν την εμφάνιση του GPS δεν ήταν εφικτό να γίνει. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα παρουσιάσουμε στο πρώτο κεφάλαιο ποιος δημιούργησε το GPS, ποιον σκοπό είχε η δημιουργία του και πότε δημιουργήθηκε. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα σας παρουσιάσουμε την συσκευή GPS που χρησιμοποιείται σήμερα στην γέφυρα των πλοίων. Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναλυθεί η δομή του συστήματος GPS όπως επίσης η αρχή λειτουργίας του συστήματος, οι κεραιές και οι δέκτες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα, τα σφάλματα που υπάρχουν και η αιτία ύπαρξής τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναφερθούν κάποιες από της εφαρμογές του GPS σε τομείς και επιστήμες που είναι αναμφίβολα χρήσιμο και λειτουργικό το GPS. Τέλος θα παρουσιάσουμε προσωπικά συμπεράσματα, σχόλια και εμπειρίες για την αξιοποίηση του GPS.

Abstract

To know at any moment what is your position on the earth is one of the most important things in navigation, which before the appearance of the GPS was not possible to do. In this thesis, in the first chapter we present who created the GPS, what was the purpose of it's creation and when it was created. In the second chapter we will introduce you to the GPS device currently used on the bridge of a ship. In the third chapter the GPS system structure will be analyzed as well as the system's operating principle, the antennas and receivers which are used, the errors which exist and their causes. In the fourth chapter we will mention some of the GPS applications in some areas including science that are undoubtedly useful and functional. Finally we will present personal conclusions, comments and experiences on the utilization of GPS.

Λέξεις κλειδιά:

Δορυφόροι, Δέκτης, Κεραία, Γεωγραφικό στίγμα, Δορυφορικό σήμα.

Keywords:

Satellites, Receiver, Antenna, Geographic position, Satellite signal.

Εισαγωγή

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (Global Positioning System - GPS) σχεδιάστηκε αρχικά για στρατιωτικές και κατασκοπευτικές εφαρμογές κατά την περίοδο της κορύφωσης του Ψυχρού Πολέμου, τη δεκαετία του 1960. Ωστόσο, από τη δεκαετία του 1980 και ύστερα, το GPS είναι διαθέσιμο για πολιτικές εφαρμογές. Σήμερα, εκατομμύρια χρηστών βασίζονται στη δορυφορική πλοήγηση για να προσδιορίζουν τη διαδρομή τους από το σημείο Α προς το σημείο Β και για πολλές άλλες εφαρμογές εκτός από αυτό.

Η πλέον προφανής εφαρμογή GPS είναι η δορυφορική πλοήγηση για οχήματα, αεροσκάφη και πλοία. Επίσης παρέχει σε όλους όσους διαθέτουν ένα λήπτη GPS τη δυνατότητα να προσδιορίζουν τη ταχύτητα και τη θέση τους στο χάρτη, στον αέρα ή στη θάλασσα, με εξαιρετική ακρίβεια. Οι οδηγοί μπορούν να χρησιμοποιούν φορητές συσκευές δορυφορικής πλοήγησης αυτοκινήτου για να ακολουθήσουν μία διαδρομή, να εντοπίζουν εναλλακτικά δρομολόγια για την παράκαμψη κυκλοφοριακών προβλημάτων και με το εγκαταστημένο πρόσθετο λογισμικό να λαμβάνουν ενημερώσεις και προειδοποιήσεις σχετικές με τις θέσεις των καμερών ασφάλειας της αστυνομίας.

Το GPS χρησιμοποιείται από μία πληθώρα διαφορετικών χρηστών. Άτομα που πεζοπορούν και άλλοι φυσιολάτρες μπορούν να χρησιμοποιούν δέκτες GPS για να ελέγχουν κατά πόσον ακολουθούν την επιλεγμένη διαδρομή και να επισημαίνουν σημεία συνάντησης κατά μήκος αυτής. Οι υπηρεσίες πρώτων βοηθειών, για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους δέκτες GPS όχι μόνο για να προσδιορίζουν τη διαδρομή προς το σημείο ενός συμβάντος πιο γρήγορα από ποτέ, αλλά και για να εντοπίζουν το σημείο ενός ατυχήματος παρέχοντας στο βοηθητικό προσωπικό τη δυνατότητα να εντοπίσει γρήγορα το σημείο. Αυτή η δυνατότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης στη θάλασσα και υπό ακραίες καιρικές συνθήκες στην ξηρά, όταν ο απαιτούμενος χρόνος εντοπισμού της θέσης του ατυχήματος μπορεί να αποτελεί ζήτημα ζωής ή θανάτου.

Οι επιστήμονες και οι μηχανικοί μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν δέκτες GPS στο πλαίσιο επιστημονικών πειραμάτων και για την παρακολούθηση της γεωλογικής δραστηριότητας, όπως π.χ. των σεισμικών δονήσεων, των σεισμών και της ηφαιστειακής ροής. Μπορούν να χρησιμοποιούν συσκευές GPS εγκαταστημένες σε στρατηγικά σημεία που τους βοηθούν στην παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής και άλλων φαινομένων. Επιπροσθέτως, το GPS μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί για την σύνταξη χαρτών εξαιρετικής ακρίβειας.

Κεφάλαιο 1^ο

1. Ιστορική αναδρομή του GPS

Από τις παλαιές εποχές τα σημεία του ορίζοντα όπως και τα αστέρια ήταν βοηθήματα προσανατολισμού για τους ανθρώπους. Ένα σταθερό άστρο στον ουρανό με συγκεκριμένο γεωγραφικό στίγμα ως προς το σημείο που είχε παρατηρηθεί, αποτελούσε σημείο αναφοράς και έπαιξε καθοριστικό ρόλο για τα ανθρώπινα όντα ώστε να προσανατολιστούν και να ξέρουν ανά πάσα στιγμή το μέρος στο οποίο βρίσκονται. Πιο συγκεκριμένα, μπορούσαν να ξέρουν την πορεία που θα πρέπει να ακολουθήσουν ώστε να καταλήξουν στον προορισμό που αναζητούν. Με την πάροδο του χρόνου, εφευρέθηκαν και άλλα όργανα που συνέβαλλαν σε μεγάλο βαθμό στον σωστό προσανατολισμό, όπως η πυξίδα (εικόνα 1.1) και ο εξάντας (εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.1 Πυξίδα.

Όσον αφορά στην πυξίδα, είναι ένα όργανο το οποίο βοηθούσε ανέκαθεν τους ναυτικούς δείχνοντας την αληθινή κατεύθυνση του Βορρά. Επιπλέον, στην ναυσιπλοΐα είναι ένα βασικό όργανο διότι παίρνουμε διοπτρεύσεις αλλά και πορείες άλλων πλοίων. Παρόλα αυτά δεν ήταν τόσο ακριβές στις μετρήσεις του γεωγραφικού πλάτους. Από την άλλη πλευρά, ο εξάντας είναι ένα μέσο το οποίο είναι εύχρηστο μόνο για τον προσδιορισμό γεωγραφικού πλάτους. Η χρήση του για την εύρεση γεωγραφικού μήκους είναι ιδιαίτερα δύσκολη και σύνθετη, γεγονός που αποτελεί ένα σημαντικό μειονέκτημα για τον προσδιορισμό του στίγματος στην θάλασσα.



Εικόνα 1.2 Εξάντας

Έτσι, τον 17^ο αιώνα, αποφασίστηκε από το Ηνωμένο Βασίλειο η συγκρότηση ενός συμβουλίου το οποίο θα απαρτιζόταν από επιστήμονες με σκοπό την ανεύρεση ενός οργάνου το οποίο θα ήταν ικανό και αξιόλογο στο να επιτρέπει τον ακριβή προσανατολισμό και των δύο συντεταγμένων. Επιπλέον, θα επιβραβευόταν χρηματικά όποιος θα μπορούσε να κατασκευάσει το προαναφερόμενο όργανο. Το 1761, ο Άγγλος ωρολογοποιός Τζον Χάρισσον (εικόνα 1.3) ύστερα από πολλές προσπάθειες συνολικής διάρκειας δώδεκα χρόνων, κατασκεύασε ένα όργανο το οποίο δεν ήταν άλλο από το γνωστό σε όλους μας, χρονόμετρο. Σε συνεργασία με τον εξάντα το χρονόμετρο έδινε την δυνατότητα του υπολογισμού των στιγμάτων των πλοίων με αρκετά μεγάλη ακρίβεια λαμβάνοντας υπόψιν τα υπάρχοντα δεδομένα εκείνης της εποχής. Χρειάστηκαν να πε-

ράσουν πολλά έτη ώστε να δημιουργηθούν τα πρώτα συστήματα εντοπισμού θέσεως τα οποία βασίζονταν σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα κατά την διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου και χρησιμοποιούνται φυσικά ακόμα και στις μέρες μας. Τα συστήματα εντοπισμού θέσης της εποχής αποτελούνταν από ένα δίκτυο σταθμών βάσης και κατάλληλους δέκτες. Ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λάμβανε ο κάθε δέκτης από σταθμούς γνωστής γεωγραφικής θέσης, σχηματιζόνταν δύο ή περισσότερες συντεταγμένες, μέσω των οποίων προσδιοριζόταν η θέση των σημείων ενδιαφέροντος επάνω σε έναν χάρτη.

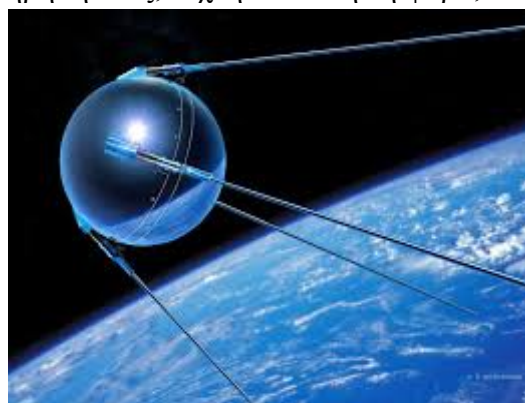
Όμως, σε αυτήν την περίπτωση δημιουργήθηκαν δύο διαφορετικά προβλήματα. Στην πρώτη περίπτωση η χρήση σταθμών βάσης, που θα εξέπεμπαν σήμα σε ιδιαίτερα υψηλή συχνότητα είχε ως συνέπεια να έχουν μεν υψηλή ακρίβεια αλλά πολύ μικρή εμβέλεια, γεγονός που απαγόρευε τη χρήση τους για μεγαλύτερες εμβέλειες. Ενώ, στην δεύτερη περίπτωση συνέβαινε το ακριβώς αντίθετο από την πρώτη. Πιο συγκεκριμένα, ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούσε χαμηλότερη συχνότητα εκπομπής σήματος, προσφέροντας έτσι μεγαλύτερη εμβέλεια, αλλά η ακρίβεια εντοπισμού που παρείχε ήταν χαμηλή.



Εικόνα 1.3 Ο Άγγλος ωρολογοποιός Τζον Χάρισσον.

Έστω και με αυτά τα προβλήματα, η αρχή της χρήσης ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό της θέσης ενός σημείου είχε ήδη ξεκινήσει. Το GPS (Global Positioning System) δηλαδή το Σφαιρικό Σύστημα Εντοπισμού, στην σημερινή του μορφή βασίζεται σε παρεμφερή τεχνολογία.

Συνδυάζει όλες τις μεθόδους που είχαν χρησιμοποιηθεί στον ουρανό, δηλαδή την τεχνολογία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων καθώς και την παρατήρηση ενός, τεχνητού αυτή τη φορά, ουράνιου σώματος. Οι σταθμοί βάσης που λαμβάνουν και δέχονται τα απαραίτητα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν είναι πλέον επίγειοι, αλλά βρίσκονται σε δορυφόρους. Ένα δίκτυο πολυάριθμων (24 - 32) δορυφόρων που βρίσκεται σε σταθερή θέση γύρω από τον πλανήτη μας, βοηθά τους δέκτες GPS να χαράζουν το ακριβές στίγμα ενός σημείου οπουδήποτε στον κόσμο. Επίσης, με το κατάλληλο λογισμικό έχουν την δυνατότητα να απεικονίσουν γραφικά τις πληροφορίες.



Εικόνα 1.4 Δορυφόρος Σπούτνικ

Το 1951, ο δόκτωρ Ivan Getting αντιπρόεδρος έρευνας και μηχανικής του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασσαχουσέττης (MIT), ανέπτυξε το πρώτο σύγχρονο σύστημα εντοπισμού, αυτό το σύστημα ήταν και η βάση του GPS. Όταν, το 1957, πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του δορυφόρου Σπούτνικ (εικόνα 1.4), οι άνθρωποι είχαν ήδη αντιληφθεί ότι ένα τεχνητό ουράνιο σώμα κοντά στη Γη είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστεί η θέση ενός σημείου πάνω στον πλανήτη. Αμέσως μετά την εκτόξευσή του, οι ερευνητές του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασσαχουσέττης (MIT) διαπίστωσαν ότι το σήμα που λαμβανόταν από τον δορυφόρο αυξανόταν καθώς αυτός πλησίαζε προς το επίγειο σημείο παρατήρησης και μειωνόταν όταν ο δορυφόρος απομακρυνόταν από αυτό. Αυτό προκαλείται από το φαινόμενο Doppler. Τότε κατάλαβαν πως θα μπορούσαν να έχουν λεπτομερείς πληροφορίες για οποιοδήποτε σημείο αρκεί να έβαζαν ένα σώμα (τεχνητό δορυφόρο) σε ανάλογο ύψος και μάλιστα όχι μόνο ένα αλλά τρία.

Λίγο καιρό αργότερα, και πιο συγκεκριμένα, στις 4 Νοεμβρίου το 1957 εκτοξεύτηκε και το δεύτερο Σπούτνικ μαζί με το παγκοσμίως γνωστό σκυλάκι, την Λάικα. Περίπου έξι μήνες αφότου οι Σοβιετικοί εκτόξευσαν τον πύραυλο Sputnik, ο διευθυντής του ερευνητικού κέντρου Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, Frank Mc Lure (εικόνα 1.5), καλεί τους φυσικούς William Guier και George Weiffenbach στο γραφείο του. Οι δύο τελευταίοι χρησιμοποίησαν ραδιοφωνικούς δέκτες για να υπολογίσουν τη θέση του σοβιετικού δορυφόρου. Ο Mc Lure ήθελε να μάθει αν η ίδια διαδικασία μπορούσε να λειτουργήσει και αντίστροφα, επιτρέποντας σε ένα δορυφόρο να εντοπίσει τη θέση τους στη Γη.



Εικόνα 1.5 Frank Mc Lure

Αυτό ήταν και το πρώτο βήμα για την υλοποίηση της τεχνολογίας που σήμερα αποκαλείται Global Positioning System. Με τον ίδιο τρόπο που η θέση ενός δορυφόρου μπορούσε να εντοπιστεί ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λαμβάνεται από αυτόν, υπήρχε και η δυνατότητα να συμβεί το ακριβώς αντίθετο: Ο δορυφόρος να εντοπίσει την θέση ενός σημείου στην Γη με ιδιαίτερη ακρίβεια. Στην πραγματικότητα ένας δορυφόρος δεν είναι αρκετός για να υπάρξουν ακριβή αποτελέσματα, αλλά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Αυτό ήταν και το πρώτο βήμα για την υλοποίηση της τεχνολογίας που σήμερα αποκαλείται Global Positioning System. Με τον ίδιο τρόπο που η θέση ενός δορυφόρου μπορούσε να εντοπιστεί ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λαμβάνεται από αυτόν, υπήρχε και η δυνατότητα να συμβεί το ακριβώς αντίθετο: Ο δορυφόρος να εντοπίσει την θέση ενός σημείου στην Γη με ιδιαίτερη ακρίβεια. Στην πραγματικότητα ένας δορυφόρος δεν είναι αρκετός για να υπάρξουν ακριβή αποτελέσματα, αλλά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Το GPS αρχικά δημιουργήθηκε αποκλειστικά για στρατιωτική χρήση και ανήκε στη δικαιοδοσία του αμερικανικού Υπουργείου Εθνικής Άμυνας. Ρυθμιζόταν καθημερινά από την Βάση της Πολεμικής Αεροπορίας «Schriever» με κόστος περίπου 400 εκατομμύρια δολάρια το χρόνο, αν και η ιδέα προέκυψε με την εκτόξευση του Σοβιετικού διαστημόπλοιου Sputnik το 1957 όπως προαναφέρθηκε.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό τότε με την ονομασία Transit System, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό. Το σύστημα είχε σχεδιαστεί για να εντοπίζει υποβρύχια και άλλα μεταφορικά μέσα που κινούνται μέσα στην θάλασσα ή πάνω σε αυτήν. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν έξι (6) δορυφόροι και εν συνεχεία έγιναν δέκα (10). Λίγα χρόνια αργότερα και συγκεκριμένα το 1963 η Aerospace Corporation ολοκλήρωσε μία έρευνα που είχε να κάνει με στρατιωτικά ζητήματα. Πιο συγκεκριμένα, πρότεινε ένα σύστημα αποτελούμενο από διαστημικούς δορυφόρους οι οποίοι έχουν την ικανότητα να εκπέμπουν συνεχώς σήματα τα οποία γίνονται αποδεκτά από τους εκάστοτε δέκτες που βρίσκονται στο έδαφος και παρέχουν την δυνατότητα ανεύρεσης των κινήσεων των οχημάτων που πραγματοποιούν κινήσεις τόσο στην επιφάνεια της γης όσο και στην αντίστοιχη του αέρα με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Εν τάχει, η έρευνα καθορίζει την έννοια GPS (Global Positioning System) που γνωρίζουμε στις μέρες μας.

Το 1967, το Transit διαδέχθηκε ο δορυφόρος Timation που απέδειξε ότι στο διάστημα μπορούσαν να λειτουργούν εξαιρετικά ακριβή ατομικά ρολόγια. Κατόπιν αυτού, το σύστημα GPS αναπτύχθηκε γρήγορα για στρατιωτικούς σκοπούς με συνολικά ένδεκα (11) δορυφόρους "Block I" που τέθηκαν σε τροχιά μεταξύ του 1978 και του 1985. Ωστόσο, η κατάρριψη του κορεατικού επιβατικού αεροσκάφους της πτήσης 007 το 1983 από την ΕΣΣΔ οδήγησε την κυβέρνηση Reagan στις ΗΠΑ να διαθέσει το GPS για πολιτικές εφαρμογές. Το 1986, η καταστροφή του διαστημικού λεωφορείου SS Challenger της NASA επιβράδυνε την αναβάθμιση του συστήματος GPS και μόλις το 1989 τέθηκαν σε τροχιά οι πρώτοι δορυφόροι Block II.

Έως το καλοκαίρι του 1993, οι ΗΠΑ έθεσαν σε τροχιά τον 24ο δορυφόρο Navstar (εικόνα 1.6), ο οποίος ολοκλήρωσε τη σύγχρονη ομάδα δορυφόρων GPS, ένα δίκτυο 24 δορυφόρων, γνωστό σήμερα ως το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης ή GPS.

Είκοσι ένας (21) από τους δορυφόρους αυτής της ομάδας ήταν ενεργοί ανά πάσα στιγμή, ενώ οι άλλοι τρεις (3) λειτουργούσαν ως εφεδρεία. Απαιτήθηκαν αρκετές δεκαετίες, μέχρι δηλαδή τα μέσα της δεκαετίας του 1990, ώστε το σύστημα GPS να εξελιχθεί, να γίνει ιδιαίτερα ακριβές και να αρχίσει να διατίθεται για ελεύθερη χρήση από το ευρύ κοινό.

Το πρώτο σύστημα GPS αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του 1960 προκειμένου να παρέχει στα σκάφη του πολεμικού ναυτικού των ΗΠΑ τη δυνατότητα να



Εικόνα 1.6 Navstar.

διαπλέουν τους ωκεανούς με μεγαλύτερη ακρίβεια και με την πιο σύντομη απόσταση. Το πρώτο σύστημα διέθετε πέντε (5) δορυφόρους και παρείχε στα σκάφη τη δυνατότητα να ελέγχουν τη

θέση τους ανά μία ώρα. Σήμερα, οι φορητές συσκευές δορυφορικής πλοήγησης μπορούν να παρέχουν στους οδηγούς την ακριβή θέση τους με απόκλιση λίγων μέτρων, μία επαρκώς ακριβή ένδειξη ως βοήθημα για τον προσανατολισμό και την οδήγηση. Οι στρατιωτικές εφαρμογές έχουν σαφώς μεγαλύτερη ακρίβεια με αποτέλεσμα μία θέση να μπορεί να εντοπισθεί με απόκλιση λίγων εκατοστών.

Το 1969, Οι ερευνητές William Boyle και George Smith από το εργαστήριο Bell Labs δημιουργούν ένα τσιπ πυριτίου, που καταγράφει το φως και το μετατρέπει σε ψηφιακά δεδομένα. Το ονομάζουν «CCD» (charge-coupled device) και λειτουργεί ως η βάση για την ψηφιακή φωτογραφία στους κατασκοπευτικούς δορυφόρους και αυτούς που χρησιμοποιούνταν για τις χαρτογραφήσεις. Το 1970, χρηματοδοτείται από το Υπουργείο Αμύνης και το 1973 εγκρίνεται η εγκατάσταση του, όπου ξεκινάει και το πρώτο του ταξίδι στο διάστημα.

Το 1976, εκτοξεύεται ο δορυφόρος KH-11, ο οποίος είναι εξοπλισμένος με την τεχνολογία CCD και αρχίζει να λαμβάνει τις πρώτες κατασκοπευτικές, ψηφιακές φωτογραφίες. Το 1984, κατασκευάζεται το πρώτο διαθέσιμο εμπορικό σύστημα πλοήγησης για τα αυτοκίνητα και το 1985 γίνεται η παρουσίαση του στο Αννόβερο με την ονομασία «Όμηρος». Ωστόσο, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 και μετά, το GPS είναι προσβάσιμο ώστε να μπορούν να το χρησιμοποιούν όλοι όσοι διαθέτουν ένα δέκτη GPS, όπως παγκόσμιες Αεροπορικές εταιρείες, ναυτιλιακές εταιρείες, εταιρείες οδικών μεταφορών κλπ. Οι οδηγοί σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη χρησιμοποιούν το σύστημα GPS για να παρακολουθούν οχήματα, να ακολουθούν την καλύτερη διαδρομή που θα τους οδηγήσει το συντομότερο δυνατό από το σημείο Α στο σημείο Β και να γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή που είναι και πως μπορούν να καταλήξουν στον προορισμό που επιζητούν.

Παράλληλα με το GPS, η πρώην Σοβιετική Ένωση προχώρησε στη δημιουργία ενός παρόμοιου συστήματος προσδιορισμού θέσης με την ονομασία GLONASS. Αρχικά, ο χαρακτήρας του συστήματος GLONASS ήταν και πάλι στρατιωτικός (αντίστοιχος με το GPS) και κάλυπτε τις ανάγκες της Πρώην Σοβιετικής Ένωσης και των συμμαχικών αυτής χωρών. Ύστερα, με τη διάλυση της Σοβιετικής Ένωσης και τις αλλαγές σε πολιτικό επίπεδο, η χρήση του συστήματος GLONASS άρχισε να επεκτείνεται και έξω από τα σύνορα της Σοβιετικής Ένωσης. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μια σημαντική προσπάθεια για την συνεργασία των συστημάτων GPS και GLONASS, η οποία δίνει μεγαλύτερη κάλυψη στην επιφάνεια της γης για τους χρήστες των συστημάτων αυτών και μεγαλύτερο πλήθος παρατηρούμενων δορυφόρων.

Το 1998, ο αντιπρόεδρος Αλ Γκορ ανακοίνωσε ένα πρόγραμμα για να πραγματοποιούν οι δορυφόροι GPS την μετάδοση δύο επιπλέον σημάτων με χρήση αποκλειστικά για πολιτικές εφαρμογές και πιο συγκεκριμένα για την βελτίωση της ασφάλειας της πτήσης των αεροσκαφών. Το Κογκρέσο ενέκρινε το προαναφερόμενο πρόγραμμα το 2000. Το 1999 ο κατασκευαστής κινη-

τών τηλεφώνων Benefon δημιούργησε και έθεσε σε ισχύ το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο κινητό τηλέφωνο GPS, το οποίο ονομάζονταν Benefon Esc (εικόνα 1.7).

Esato (Dum) Picture
www.esato.com



Εικόνα 1.7 Τηλέφωνο Benefon Esc

Σήμερα το GPS είναι το μόνο δορυφορικό σύστημα που έχει τις δυνατότητες να εμπλουτίσει τις κλασικές δορυφορικές μεθόδους αλλά και τις συμβατικές γεωδαιτικές-τοπογραφικές και φωτογραμμετρίας μεθόδους για τις περισσότερες εργασίες ίδρυσης γεωδαιτικών/τοπογραφικών δικτύων, εργασιών κτηματολογίου, κ.ά. Ως "τοπογραφικό εργαλείο" είναι γρήγορο, οικονομικό και δεν έχει απαιτήσεις ορατότητας μεταξύ των σημείων που ζητάει κανείς να προσδιορίσει. Επιπλέον εγγυάται ομοιογενή ακρίβεια της θέσης των υπό προσδιορισμό σημείων σε ένα ενιαίο και μοναδικό σύστημα αναφοράς, χωρίς να είναι απαραίτητο να γίνεται διαχωρισμός της οριζοντιογραφικής και της υψομετρικής διάστασης, όπως απαιτείται στις κλασικές τοπογραφικές μεθόδους.

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) NAVSTAR των ΗΠΑ είναι το μόνο πλήρως επιχειρησιακό παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GNSS) που επί του παρόντος παρέχει προσδιορισμό θέσης με παγκόσμια κάλυψη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναπτύσσει επί του παρόντος το δικό της σύστημα GPS, γνωστό ως το σύστημα προσδιορισμού θέσης Galileo που θα τεθεί σε λειτουργία έως το 2013. Η Κίνα διαθέτει ένα τοπικό σύστημα που μπορεί να το επεκτείνει σε παγκόσμιο επίπεδο, το BEIDOU/ COMPASS (εικόνα 1.8).



Εικόνα 1.8 Beidou Compass των Κινέζων

Η πρώτη έκδοση του BeiDou Satellite Navigation Experimental System, αποτελούνταν από τρεις δορυφόρους, οι οποίοι παρείχαν περιορισμένη κάλυψη τόσο σε εμβέλεια αλλά όσο και σε δυνατότητες. Πιο συγκεκριμένα, εξυπηρετούσε τους ναυτιλλόμενους μόνο σε περιοχές εντός της Κίνας. Με την πάροδο του χρόνου το σύστημα αυτό εξελίχθηκε τεχνολογικά και έγινε πιο αποδοτικό και αποτελεσματικό. Μέχρι το 2020 πρόκειται να αποτελείται πλέον από τριάντα πέντε (35) δορυφόρους και να παρέχει παγκόσμια κάλυψη. Από την άλλη πλευρά η Ρωσία αποκαθιστά επί του παρόντος το δικό της σύστημα GLONASS.

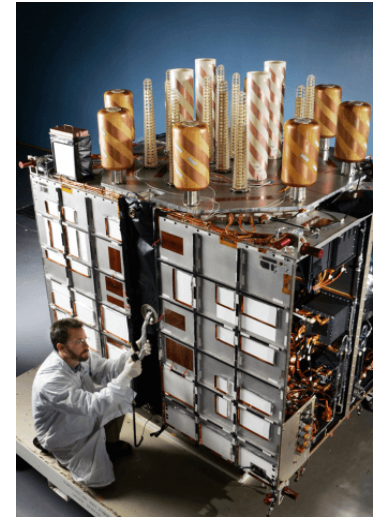
Κεφάλαιο 2^ο

2. Το GPS στην γέφυρα

2.1 Γενικά για το σύστημα GPS

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης ή GPS (Global Positioning System) αποτελεί ένα παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης χρόνου και ταχύτητας, οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης ή και κάτω από αυτήν, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και ανεξάρτητα από καιρικές συνθήκες.

Το σύστημα αυτό απαρτίζεται από ένα δίκτυο 24 δορυφόρων και επίγειων σταθμών κατανεμημένων σε όλο τον κόσμο. Το ύψος των δορυφόρων είναι περίπου 20 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της θάλασσας και περιφέρονται γύρω από τη γη και ακολουθούν έξι διαφορετικές τροχιές. Κινούνται με ταχύτητα περίπου 2,6 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο, διαγράφοντας μέσα σε ένα εικοσιτετράωρο, δύο πλήρεις κύκλους γύρω από τη γη. Οι δορυφόροι αυτοί αναφέρονται και σαν NAVSTAR δορυφόροι και ο πρώτος GPS (Global Positioning System) δορυφόρος εκτοξεύτηκε το Φεβρουάριο του 1978 (Εικόνα 2.1). Το βάρος του εκάστοτε δορυφόρου είναι περίπου ένας τόνος και τη στιγμή που τα πλαίσια με τα ηλιακά φωτοστοιχεία είναι ανοικτά, το μήκος του φθάνει περίπου στα 5 μέτρα. (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.1 NAVSTAR 1 εκτοξεύτηκε στις 2/1978, με ένα πύραυλο τύπου Atlas F.

Η ισχύς μετάδοσης των σημάτων είναι το μέγιστο 50 Watt. Το Σύστημα GPS (Global Positioning System) εκπέμπει σε δύο συχνότητες στην συχνότητα L1:1575.42 MHz και στην L2:1227.6 MHz και χρησιμοποιεί τέτοια τεχνολογία ώστε τουλάχιστον θεωρητικά, να μην επηρεάζεται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες, ούτε από άλλα ηλεκτρονικά όργανα, ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις της ξηράς, από εκκινητήρες μηχανών ή ασυρμάτους. Οι στρατιωτικές συσκευές GPS χρησιμοποιούν και τις δύο συχνότητες ενώ οι συσκευές που διατίθενται στο εμπόριο εργάζονται συνήθως μόνο στην συχνότητα L1 (1575.42 MHz). Η διάρκεια ζωής κάθε δορυφόρου εκτιμάται στα 10 περίπου χρόνια, με αποτέλεσμα ανά δεκαετία να κατασκευάζονται νέοι δορυφόροι ώστε να αντικαταστήσουν τους παλιούς.



Εικόνα 2.2 Δορυφόρος με τα ηλιακά φωτοστοιχεία ανοικτά.

Το GPS θέτει σε χρήση τους 24 δορυφόρους και τους επίγειους σταθμούς ως σημεία αναφοράς για να εντοπίζει τη θέση που βρισκόμαστε με ακρίβεια λίγων μέτρων. Στις μέρες μας, υπάρ-

χουν εξελιγμένα τεχνολογικά GPS συστήματα, όπως το Differential GPS, το Augmented GPS κ.ά., τα οποία μπορούν να φθάσουν σε ακρίβεια καλύτερη του ενός μμέτρου. Πιο συγκεκριμένα, είναι σαν να παρέχουμε σε κάθε τετραγωνικό μέτρο του πλανήτη μας μία μοναδική διεύθυνση.

Το σύστημα εφευρέθηκε στη δεκαετία του 1970, αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1980 και βρίσκεται σε όλη την διάρκεια ύπαρξης του υπό τον έλεγχο του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ (Department of Defense). Στην αρχή η κύρια αιτία δημιουργίας του ήταν η κάλυψη ναυσιπλοϊκών και για στρατιωτικών θεμάτων με στόχο να είναι δυνατός ο προσδιορισμός θέσης ενός αντικειμένου σε αληθινό χρόνο με ακρίβεια $\pm 10 - 15$ μέτρα. Με την πάροδο του χρόνου το προαναφερόμενο σύστημα χρησιμοποιήθηκε και για την κάλυψη πολιτικών αναγκών πλοήγησης.

Το μέγεθος των δεκτών GPS (Global Positioning System) ελαττώνεται με γρήγορο ρυθμό με τη χρήση ολοκληρωμένων κυκλωμάτων με τον σκοπό να γίνονται πιο οικονομικοί και προσιτοί στον καθένα μας. Σήμερα, το GPS και ειδικά μετά το 2000, όπου καταργήθηκε το SA (Εσκεμμένα σφάλματα) τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω, εφαρμόζεται στα αυτοκίνητα, στα πλοία, στα αεροπλάνα, στον κατασκευαστικό τομέα, στις κινηματογραφικές κάμερες, στα αγροτικά μηχανήματα, στις χαρτογραφήσεις, στα ολοκληρωμένα γεωγραφικά συστήματα, στη διαχείριση της κυκλοφορίας στους δρόμους ακόμη και στους φορητούς υπολογιστές. Επιπλέον, σε κρίσιμες καταστάσεις, το GPS (Global Positioning System) μπορεί να παρέχει μεγάλη βοήθεια ώστε να υπάρχουν πιο αποτελεσματικά ασφαλιστικά μέτρα στην αστυνομία, στην πυροσβεστική και στις μονάδες διάσωσης.

Το GPS ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων GNSS (Global Navigation Satellite Systems), δηλαδή των παγκόσμιων δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης, όπως είναι το αντίστοιχο Ρωσικό σύστημα GLONASS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS) και το πολλά υποσχόμενο καθαρά για πολιτικούς λόγους Ευρωπαϊκό σύστημα GALILEO.

Το GLONASS είναι απόλυτα λειτουργικό, παρέχοντας παγκόσμια κάλυψη τον Απρίλιο του 2014. Συνολικά, η τροχιακή ομάδα δορυφόρων GLONASS αποτελείται από 28 δορυφόρους, εκ των οποίων, οι 24, βρίσκονται σε κανονική κατάσταση λειτουργίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δίνει τη δυνατότητα στη λήψη σήματος GLONASS σε κάθε περιοχή του πλανήτη, το ρωσικό σύστημα πλοήγησης αναβαθμίστηκε και έχει αυξηθεί η ακρίβεια του, στα 2,9 μέτρα, περίπου ίση με το GPS, το οποίο έχει ακρίβεια 1,8 μέτρων.

Σήμερα η Ευρωπαϊκή Ένωση πρόκειται να αναπτύξει το πρώτο πολιτικό σύστημα προσδιορισμού θέσης και πλοήγησης, του GALILEO, που με την ολοκλήρωση αυτού θα αλλάξει σημαντικά την τωρινή κατάσταση και να άρει τις όποιες “στρατιωτικές δεσμεύσεις” των άλλων συστημάτων.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 και μετά, το GPS είναι εύκολα προσβάσιμο από κάθε χρήστη που διαθέτει ένα δέκτη GPS. Αεροπορικές εταιρείες, ναυτιλιακές εταιρείες, εταιρείες

οδικών μεταφορών και οδηγοί σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη χρησιμοποιούν το σύστημα GPS για να παρακολουθούν οχήματα, να ακολουθούν την καλύτερη διαδρομή που θα τους οδηγήσει το συντομότερο δυνατό από το σημείο Α στο σημείο Β. Στις γεωεπιστήμες, το GPS χρησιμοποιείται για πολλές εφαρμογές πλοήγησης, κατάρτισης δρομολογίων για οδηγούς, χαρτογράφησης, σειсмоγραφικής έρευνας, κλιματικών μελετών, γεωαναζήτησης κ.ά.

Μεγάλος αριθμός χρηστών χρησιμοποιεί το GPS για ποικίλους λόγους. Άτομα που πεζοπορούν και άλλοι φυσιολάτρες μπορούν να χρησιμοποιούν δέκτες GPS για να ελέγχουν κατά πόσον ακολουθούν την επιλεγμένη διαδρομή και να επισημαίνουν σημεία συνάντησης κατά μήκος αυτής. Σε ένα άλλο παράδειγμα, οι υπηρεσίες πρώτων βοηθειών μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δέκτες GPS όχι μόνο για να προσδιορίζουν τη διαδρομή προς το σημείο ενός συμβάντος πιο γρήγορα από ποτέ, αλλά και για να εντοπίζουν το σημείο ενός ατυχήματος παρέχοντας στο βοηθητικό προσωπικό τη δυνατότητα να εντοπίσει γρήγορα το σημείο. Αυτό είναι άκρως σημαντικό για επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης στη θάλασσα και υπό ακραίες καιρικές συνθήκες στην ξηρά, όταν ο χρόνος μπορεί να αποτελεί ζήτημα ζωής ή θανάτου.

2.2 GPS Ναυσιπλοΐας

Το GPS είναι το ακριβέστερο σύστημα πλοήγησης και προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης στον κόσμο, το οποίο βασίζεται σε ραδιοσήματα. Για πολλές εφαρμογές είναι αρκετά ακριβές, αλλά ο άνθρωπος θέλει πάντα κάτι παραπάνω! Έτσι, μερικοί επιδέξιοι και ικανοί μηχανικοί δημιούργησαν εξελιγμένα GPS συστήματα τα οποία προσδιορίζουν τις θέσεις των σημείων πάνω στη γη με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Τα συστήματα αυτά είναι τα παρακάτω:

Το WWAS (Wide Area Augmentation System)

Το WAAS είναι ένα σύστημα αποτελούμενο από δορυφόρους και επίγειους σταθμούς, το οποίο κάνει διορθώσεις στο σήμα του GPS, παρέχοντας έτσι καλύτερη ακρίβεια στον προσδιορισμό θέσεων. Ένας δέκτης WAAS που λειτουργεί με αυτό το σύστημα μπορεί να προσδιορίσει μία θέση με ακρίβεια μικρότερη των τριών μέτρων. Επίσης, αντίθετα από ότι γίνεται με DGPS, ένας χρήστης του GPS δε χρειάζεται να αγοράσει κάποια επιπλέον συσκευή λήψης ή να πληρώσει κάποια υπηρεσία, για να χρησιμοποιήσει το WAAS.

Το WAAS είναι ιδανικό για να εφαρμοστεί σε μεγάλες ανοικτές εκτάσεις και στη ναυτιλία. Το WAAS παρέχει καλύτερη κάλυψη στα νησιά και στις παραθαλάσσιες περιοχές από ότι παρέχει το DGPS σύστημα. Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε από την Ομοσπονδιακή Αεροπορική Διοίκηση και το Υπουργείο Μεταφορών των Ηνωμένων Πολιτειών, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί από τα όργανα προσγείωσης των αεροπλάνων για την ακριβή και ασφαλή προσέγγισή τους στα αεροδρόμια. Το WAAS διορθώνει τα σφάλματα που γίνονται στο σήμα του GPS από την

ιονόσφαιρα, από το συγχρονισμό των δορυφόρων με τους δέκτες, και από τις αποκλίσεις στις τροχιές των δορυφόρων και παρέχει ζωτικής σημασίας πληροφορίες για την κατάσταση κάθε GPS δορυφόρου.

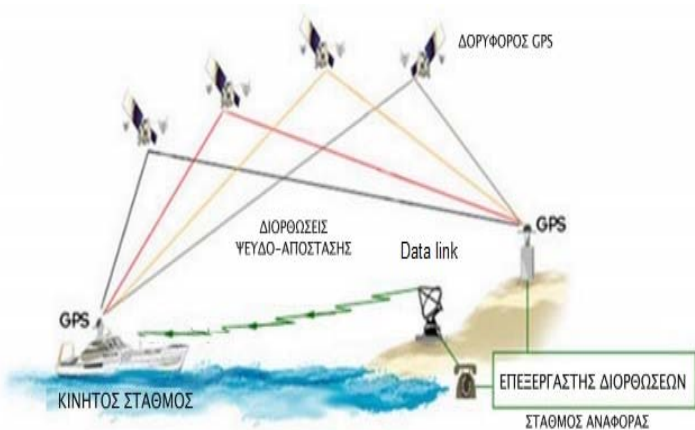
Ο ψευδο-GPS δορυφόρος

Ένας άλλος τύπος εξελιγμένου GPS συστήματος χρησιμοποιεί έναν επίγειο πομπό ο οποίος μεταδίδει σήματα ίδια με αυτά που μεταδίδουν οι δορυφόροι. Έτσι, ο πομπός αυτός λειτουργεί σαν ένας ψευδο-GPS δορυφόρος και είναι χρήσιμος στις περιπτώσεις όπου τα σήματα του GPS παγιδεύονται από τους δορυφόρους ή παρεμποδίζονται σε μέρη όπως χαράδρες, φαράγγια, σε πυκνά δάση, σε οροπέδια κ.λπ. Έτσι, ο πομπός αυτός λειτουργεί ως μία επιπλέον πηγή μετάδοσης GPS σημάτων με αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι υπηρεσίες που προσφέρει το GPS. Οι πομποί αυτοί μπορούν να τοποθετηθούν σε σταθερά ή σε κινητά σημεία, και ανάλογα με τις συνθήκες που υπάρχουν τοπικά, μπορούν να μεταδίδουν τα σήματα σε συχνότητες παρόμοιες ή διαφορετικές από τις συχνότητες του σήματος του GPS.

Το Διαφορικό (Differential) GPS

Το Διαφορικό GPS (Differential GPS) διορθώνει τις διάφορες ανακρίβειες που υπάρχουν στο απλό σύστημα GPS, αυξάνοντας ακόμη περισσότερο την ακρίβειά του. Το Διαφορικό GPS ή DGPS είναι ένα παγκόσμιο σύστημα μέτρησης ικανό να δώσει μετρήσεις με ακρίβεια μερικών μέτρων σε κινούμενα μέσα (πλοία, αεροπλάνα) και να προσδιορίζει στάσιμες γεωγραφικές θέσεις πάνω στη γη με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Για το λόγο αυτό εφαρμόζεται στη ναυσιπλοΐα, στις χερσαίες και παράκτιες έρευνες και χαρτογραφήσεις κ.λπ.

Η βασική ιδέα πάνω στην οποία στηρίζεται το DGPS είναι ότι τα σφάλματα που γίνονται για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου σε μία περιοχή, είναι παρόμοια με τα σφάλματα για όλα τα σημεία που βρίσκονται μέσα σε αυτή την (τοπική) περιοχή. Έτσι, σε ένα σταθερό σημείο του οποίου οι συντεταγμένες έχουν μετρηθεί με ακρίβεια και η πραγματική του θέση είναι γνωστή, στήνεται ένας DGPS σταθμός αναφοράς (reference station).



Εικόνα 2.2.1 Διαφορικό σύστημα GPS

Ο σταθμός αναφοράς δέχεται και αυτός τα ίδια σήματα που δέχονται και οι GPS δέκτες από τους δορυφόρους. Κατόπιν, υπολογίζεται η θέση του σταθμού μέσω των σημάτων αυτών και συγκρίνεται με την πραγματική θέση η οποία, όπως αναφέραμε, είναι εκ των προτέρων γνωστή. Καθώς τα σήματα επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, σχεδόν πάντα θα υπάρχει μία

διαφορά μεταξύ της πραγματικής θέσης και της θέσης που δίνει το GPS σύστημα. Η διαφορά που προκύπτει ονομάζεται παράγοντας διόρθωσης λάθους και όπως είναι φυσικό, η ίδια διαφορά θα ισχύει και για όλα τα συστήματα GPS που κινούνται (mobile stations) μέσα σε μία μεγάλη περιοχή (εκατοντάδων χιλιομέτρων) γύρω από το σταθμό αναφοράς. Έτσι, ο DGPS σταθμός αναφοράς μεταδίδει τον παράγοντα αυτό στους χρήστες των GPS που κινούνται μέσα στην περιοχή αυτή, οι οποίοι τον χρησιμοποιούν για να διορθώσουν τις μετρήσεις τους. Βέβαια, απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει αυτό, αποτελεί η δυνατότητα των GPS δεκτών των χρηστών να λαμβάνουν σήματα από έναν DGPS σταθμό αναφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται με το σύνδεσμο δεδομένων (data link), ο οποίος παρέχει τη σύνδεση μεταξύ του σταθμού αναφοράς με τον κινητό σταθμό (εικόνα 2.2.1).

Το πρόβλημα που προκύπτει εδώ είναι ότι ο σταθμός αναφοράς δε γνωρίζει ποιους δορυφόρους χρησιμοποιεί ο κινούμενος GPS δέκτης για τον προσδιορισμό της θέσης των σημείων πάνω στη γη, και έτσι δεν μπορεί να υπολογίσει τον παράγοντα διόρθωσης λάθους για κάποιον δέκτη. Οι δέκτες του GPS χρησιμοποιούν τα ραδιοσήματα από τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους για να προσδιορίσουν τη γεωγραφική τους θέση. Για το λόγο αυτό, ο σταθμός αναφοράς υπολογίζει τα σφάλματα καθυστέρησης του σήματος για όλους τους δορυφόρους που ανιχνεύει, και ακολούθως μεταδίδει κωδικοποιημένη αυτή την πληροφορία, μέσω ειδικών συσκευών εκπομπής σημάτων, στους GPS δέκτες που κινούνται στην περιοχή. Για παράδειγμα, ένας σταθμός αναφοράς μπορεί να μεταδώσει προς τους δέκτες την εξής πληροφορία: “Αυτή τη στιγμή, το σήμα του δορυφόρου Νο1 έχει καθυστέρηση δέκα νάνο-δευτερόλεπτα, του δορυφόρου Νο3 έχει καθυστέρηση τρία νάνο-δευτερόλεπτα, του δορυφόρου Νο3 δεκαέξι νάνο-δευτερόλεπτα, κ.λπ.”. Επίσης, μαζί με τα σφάλματα καθυστέρησης των σημάτων από τους δορυφόρους, ο σταθμός αναφοράς μεταδίδει και το ρυθμό μεταβολής των σφαλμάτων αυτών. Οι δέκτες λαμβάνουν όλα αυτά τα δεδομένα και κάνουν τις κατάλληλες διορθώσεις ανάλογα με τους δορυφόρους που χρησιμοποιούν.

Η συσκευή GPS που χρησιμοποιείται στην ναυσιπλοΐα είναι το διαφορικό GPS (Differential GPS), η συσκευή μπορεί να ποικίλει στην εμφάνιση και στην εταιρεία κατασκευής, ο σκοπός και η λειτουργικότητα του παραμένει να είναι ίδια. Έναν δέκτη GPS θα τον συναντήσουμε σε



Εικόνα 2.2.2 Μια συσκευή GPS της Furuno



Εικόνα 2.2.3 Μια συσκευή GPS της Furuno

μια γέφυρα πλοίου ως μια αυτόνομη συσκευή άλλα και ως μέρος κάποιου άλλου οργάνου ναυσιπλοΐας ή ακόμα και ως βοηθητική συσκευή που δίνει πληροφορίες σε άλλο όργανο ναυσιπλοΐας. Κάποιες από τις εταιρείες κατασκευής των συσκευών GPS που θα συναντήσουμε στην γέφυρα ενός πλοίου είναι οι εξής: FURUNO, JRC, NINGLU, SAMYUNG, SIMRAD.

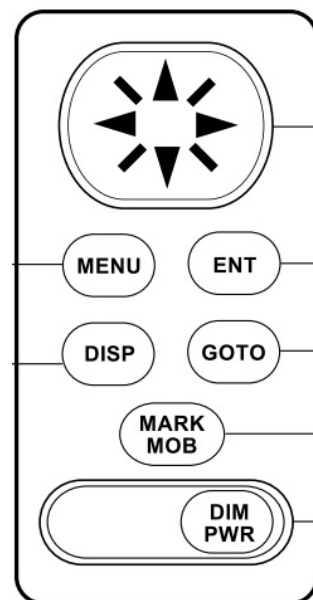
Η Furuno Electric Co., Ltd. είναι μια Ιαπωνική εταιρεία ηλεκτρονικών ειδών της οποίας τα κύρια προϊόντα είναι τα θαλάσσια ηλεκτρονικά είδη, που σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα συστήματα ραντάρ, ανιχνευτές ψαριών και όργανα πλοήγησης. Η εταιρεία κατασκευάζει επίσης παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης, ιατρικό εξοπλισμό και μετεωρολογικά συστήματα παρακολούθησης και ανάλυσης. Η Furuno ιδρύθηκε στο Ναγκασάκι, Ιαπωνία το 1938 και έχει θυγατρικές στις ΗΠΑ, την Ευρώπη και την Κίνα.

Η Japan Radio Co., Ltd. είναι μια ιαπωνική εταιρεία που ειδικεύεται στον τομέα των ασύρματων ηλεκτρονικών συστημάτων στον κλάδο των επικοινωνιών. Ιδρύθηκε το 1915, η εταιρεία έχει δημιουργήσει μια ευρεία ποικιλία προϊόντων, όπου σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα ηλεκτρονικά όργανα θαλάσσης όπως και ο εξοπλισμός τηλεπικοινωνιών και μέτρησης, η JRC έχει θυγατρικές στις ΗΠΑ, την Ευρώπη και την Κίνα. Μπορούμε να διακρίνουμε από τις εικόνες (εικόνα 2.2.2 και εικόνα 2.2.3) παρότι οι δυο συσκευές GPS προέρχονται από διαφορετική εταιρεία οι ομοιότητες είναι πολλές για αυτό και παρακάτω θα δούμε με περισσότερες λεπτομέρειες την μια συσκευή εφόσον τα χαρακτηριστικά και η λειτουργικότητα τους δεν έχουν μεγάλες διαφορές. Η συσκευή αυτή ως αυτόνομο όργανο μπορεί να παρέχει την εισαγωγή στίγματος, την δημιουργία πορειών, συναγερμούς (alarm) και άλλες λειτουργίες.

2.3 Περιγραφή οργάνου GPS

2.3.1 Πίνακας ελέγχου

- Το κομβίο “MENU” αν πατηθεί μία φορά κάνει μεγέθυνση, κεντράρισμα, ή διαφεύγει από την τρέχουσα λειτουργία, ανάλογα με την λειτουργία που χρησιμοποιούμε. Αν το πιέσουμε δύο φορές ανοίγει το μενού.
- Το κομβίο “ENT” κάνει εγγραφή των στοιχείων στο μενού.
- Το κομβίο “DISP” αν το πατήσουμε μπορούμε να επιλέξουμε την λειτουργία εμφάνισης, οι οποίες είναι πέντε.
- Το κομβίο “GOTO” θέτει και ακυρώνει προορισμούς.
- Το κομβίο “MARK MOB” τοποθετεί σημάδια και σημάδι MOB (Man OverBoard) άνθρωπος στην θάλασσα.

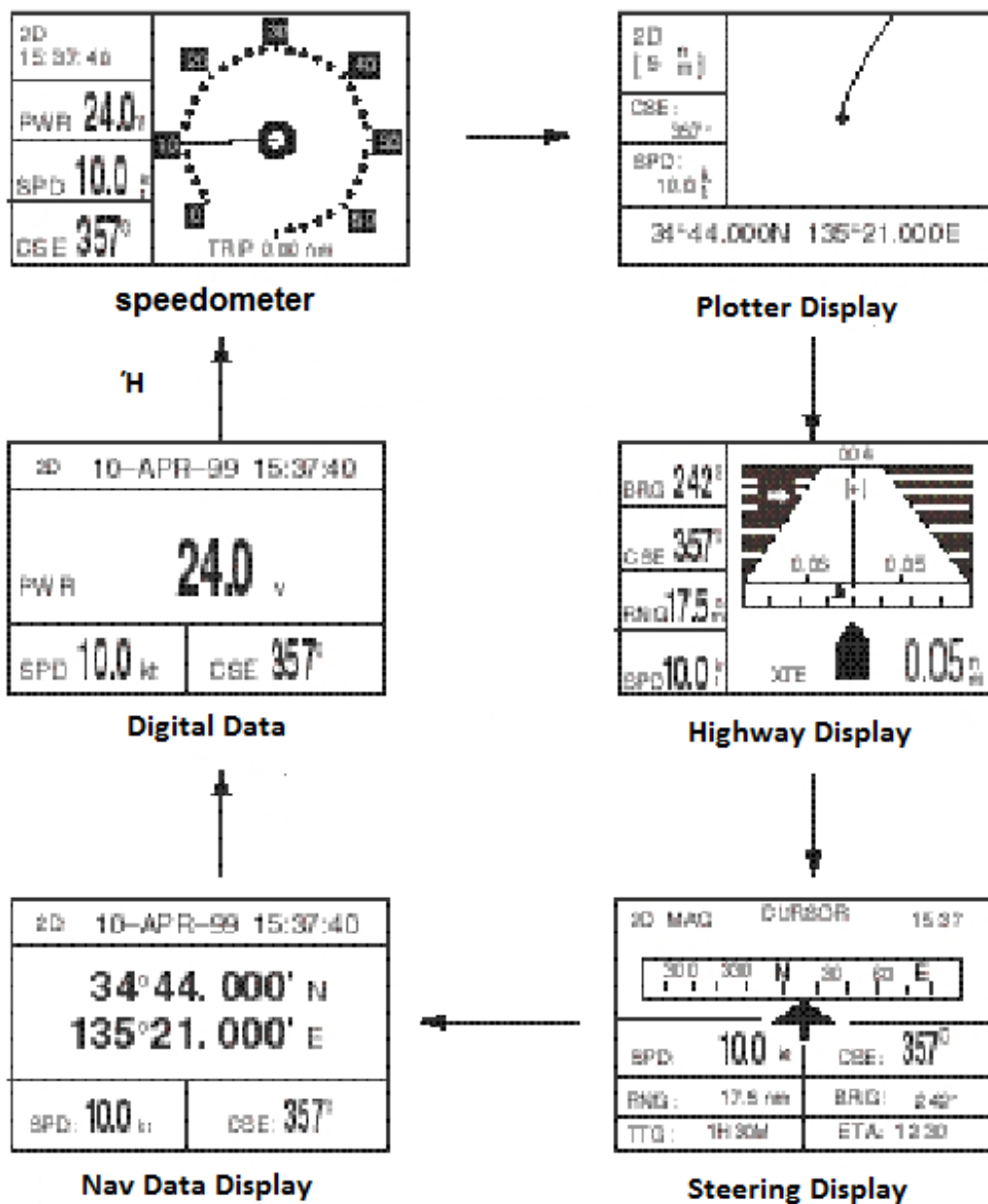


Εικόνα 2.3.1.1 Ο πίνακας ελέγχου της συσκευής

- Το κομβίο “DIM PWR” με παρατεταμένο πάτημα απενεργοποιεί την συσκευή. Αν πιεστεί και αφηθεί ενεργοποιεί την συσκευή και ανοίγει την οθόνη για τη ρύθμιση της φωτεινότητας και της αντίθεσης.
- Τα κομβίο με τον σταυρό μετακινεί τον δρομέα, την οθόνη και επιλέγει τα στοιχεία στο μενού.

2.3.2 Λειτουργίες εμφάνισης

Η μονάδα GPS όπως αναφέραμε παραπάνω διαθέτει πέντε λειτουργίες προβολής: Plotter Display, Highway Display, Steering Display, Nav Data Display και User Display (ψηφιακών



Εικόνα 2.3.2.1 αλλαγή προβολής του μενού της συσκευής

δεδομένων ή ταχύμετρο). Πιέζουμε το πλήκτρο “DISP” για να επιλέξουμε μια λειτουργία προβολής. Κάθε φορά που πιέζουμε πλήκτρο αλλάζει ο τρόπος προβολής με τη σειρά όπως φαίνεται παρακάτω.

Plotter Display

Η plotter display μας εμφανίζει τα ίχνη και την θέση του πλοίου μας, την πορεία, την ταχύτητα, και την κλίμακα της απόστασης.

Highway Display

Η highway display μας παρέχει μια 3-D (τρισδιάστατη) προβολή για την κίνηση του πλοίου μας προς τον προορισμό.

Steering Display

Η Steering Display μας παρέχει πληροφορίες όπως η ταχύτητα, την πορεία του πλοίου, ETA (estimated time of arrival - την εκτιμώμενη ώρα άφιξης) και TTG (Time To Go – χρόνος μέχρι την άφιξη) προς τον προορισμό μας.

Nav Data Display

Η Nav Data Display μας δείχνει τη θέση μας στο γεωγραφικό πλάτος και μήκος, την πορεία, την ταχύτητα, την ημερομηνία και την ώρα.

User Display

Δύο User Display είναι διαθέσιμες, ψηφιακή και ταχύμετρο. Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει ποια να εμφανιστεί. Τέλος, προεπιλεγμένη οθόνη είναι η ψηφιακή.

Ψηφιακή Οθόνη

Η ψηφιακή οθόνη εμφανίζει ψηφιακά τα δεδομένα πλοήγησης. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποια δεδομένα να εμφανίζει στα τρία κελιά κάτω από την ημερομηνία και την ώρα ενδείξεις. Οι επιλογές των δεδομένων είναι η ταχύτητα, πορεία, το εύρος της απόστασης, time-to-go, η εκτιμώμενη ώρα άφιξης, η απόσταση ταξιδιού και η τάση της πηγής ενέργειας.

Οθόνη Του Ταχύμετρου

Η οθόνη του ταχύμετρου μας παρέχει δύο ενδείξεις ταχύτητας, ψηφιακές και αναλογικές. Επιπλέον, μας παρέχει τρία κελιά δεδομένων στα οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποια δεδομένα να εμφανίζει. Οι επιλογές των δεδομένων είναι η ταχύτητα, πορεία, το εύρος της απόστασης, time-to-go, την εκτιμώμενη ώρα άφιξης, την απόσταση ταξιδιού και την τάση της πηγής ενέργειας.

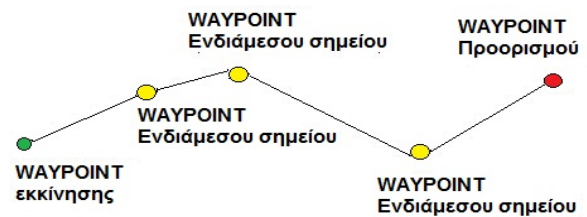
2.3.3 WAYPOINTS (Σημεία Προορισμού - αναφοράς)

Στην ορολογία πλοήγησης ένα σημείο προορισμού αποτελεί μια συγκεκριμένη θέση σε ένα ταξίδι κατά την αρχική, ενδιάμεση ή τελική του θέση. Η συσκευή μπορεί να αποθηκεύσει 950 waypoints. Σημεία αναφοράς μπορούν να εισαχθούν στο plotter display με τέσσερις τρόπους: α) με την θέση του δρομέα, β) την θέση του πλοίου, γ) μέσω του μενού (χειροκίνητη εισαγωγή του L/L Latitude and Longitude ή TD Time differences), καθώς δ) και από θέση MOB (Man Overboard).

2.3.4 Routes – Διαδρομές

Σε πολλές περιπτώσεις σε ένα ταξίδι, για να πας από το ένα μέρος στο άλλο περιλαμβάνονται αρκετές αλλαγές πορείας. Επιπλέον, απαιτείται μια σειρά από σημεία προορισμού (waypoints) μέσω των οποίων μπορείτε να μεταβείτε από το ένα σημείο προορισμού στο άλλο.

Η ακολουθία των σημείων προορισμού, οδηγεί στον τελικό προορισμό μιας διαδρομής (route). Η συσκευή μπορεί εκ των προτέρων να



Εικόνα 2.3.4.1 Παράδειγμα μιας διαδρομής (route)

μεταβεί αυτόματα στο επόμενο σημείο προορισμού (waypoints), δηλαδή σε μια διαδρομή (εικόνα 2.3.4.1). Έτσι, δεν χρειάζεται να αλλάξετε το σημείο προορισμού (waypoints) μιας διαδρομής (route) επανειλημμένα.

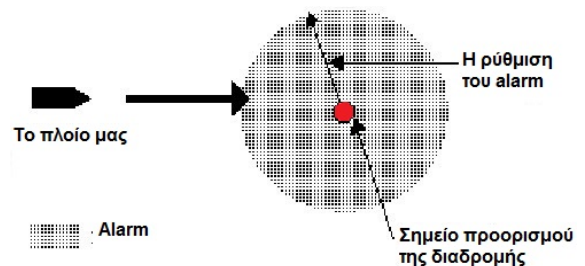
Η συσκευή έχει την δυνατότητα να αποθηκεύει 50 διαδρομές και μπορεί να κατασκευαστεί είτε από το δρομέα, είτε μέσα στη λίστα waypoints (σημεία προορισμού), είτε από την τρέχουσα θέση του πλοίου, είτε και μέσα από το μενού των routes (διαδρομών).

2.3.5 Alarms – Συναγερμοί

Υπάρχουν επιλογές για επτά alarm (συναγερμούς) που δημιουργούν ακουστικές και οπτικές ειδοποιήσεις. Όταν ένας ενεργοποιημένος συναγερμός παραβιάζεται, θα ηχήσει η σειρήνα. Ενώ το όνομα του συναγερμού και το εικονίδιο που σημαίνει ότι ενεργοποιήθηκε το alarm θα παρουσιαστούν στην οθόνη. Οι επτά συναγερμοί είναι:

1. Arrival alarm - Συναγερμός άφιξης.

Ο συναγερμός άφιξης μας ειδοποιεί ότι το πλοίο μας πλησιάζει σε ένα σημείο προορισμού μιας διαδρομής. Μια περιοχή άφιξης καθορίζεται από την ζώνη ενός κύ-



Εικόνα 2.3.5.1 Παράδειγμα πως δουλεύει ο συναγερμός άφιξης.

κλου. Επιπλέον, η ακτίνα του ορίζεται σε ναυτικά μίλια από τον χρήστη. Τέλος, όταν το πλοίο πλησιάσει την έξω πλευρά του κύκλου και εισέλθει στην ζώνη που έχει ορισθεί, ο συναγερμός θα ξεκινήσει να ηχεί.

2. Anchor watch alarm - Συναγερμός αγκυροβολιού.

Ο συναγερμός αγκυροβολιού μας ειδοποιεί ότι το πλοίο κινείται ενώ θα έπρεπε να μη κινείται γιατί είναι αγκυροβολημένο. Ο χρήστης πρέπει να τοποθετεί μέσα το στίγμα που αγκυροβόλησε το πλοίο και σε ναυτικά μίλια την ακτίνα της ζώνης. Τέλος, αν εξέλθει από αυτήν το πλοίο ο συναγερμός θα ξεκινήσει να ηχεί και στην οθόνη θα εμφανιστεί το μήνυμα “ANC ALARM!”.

3. XTE (Cross Track Error) συναγερμός.

Ο XTE (Cross Track Error) συναγερμός μας ειδοποιεί ότι το πλοίο έχει απομακρυνθεί από το προκαθορισμένο ίχνος της πορείας. Ο χρήστης εισάγει την απόσταση που επιθυμεί ώστε ο συναγερμός να ενεργοποιηθεί. Αν ενεργοποιηθεί ο συναγερμός η σειρήνα θα ξεκινήσει να ηχεί και θα εμφανιστεί στην οθόνη το μήνυμα “XTE ERROR!”.

4. Speed alarm - Συναγερμός ταχύτητας.

Ο Συναγερμός ταχύτητας μας ειδοποιεί όταν η ταχύτητα του πλοίου είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την ταχύτητα που έχει επιλέξει ο χρήστης ως όριο. Όταν παραβιάζεται το όριο της ταχύτητας που έχει ορισθεί, η σειρήνα θα ξεκινήσει να ηχεί και θα εμφανιστεί στην οθόνη το μήνυμα “SPD alarm!” στην οθόνη.

5. DGPS συναγερμός.

Ο DGPS συναγερμός ειδοποιεί όταν η συσκευή DGPS χάνει το σήμα, όταν ενεργοποιηθεί ο DGPS συναγερμός, η σειρήνα θα ξεκινήσει να ηχεί και θα εμφανιστεί στην οθόνη το μήνυμα “DGPS ALARM!” .

6. Time alarm - Συναγερμός χρόνου.

Ο συναγερμός χρόνου, μας ειδοποιεί όταν η ώρα που έχει ορισθεί από τον χρήστη έχει φθάσει. Όταν ενεργοποιηθεί ο συναγερμός χρόνου, η σειρήνα θα ξεκινήσει να ηχεί και θα εμφανιστεί στην οθόνη το μήνυμα “TIME ALARM!”.

7. Trip distance alarm - Συναγερμός απόστασης ταξιδιού.

Ο συναγερμός απόστασης ταξιδιού, μας ειδοποιεί όταν το πλοίο ταξιδεύει μεγαλύτερη απόσταση από την απόσταση του ταξιδιού που έχει ορισθεί. Όταν ενεργοποιηθεί ο συναγερμός απόστασης ταξιδιού, η σειρήνα θα ξεκινήσει να ηχεί και θα εμφανιστεί στην οθόνη το μήνυμα “TRIP ALARM!”.

Κεφάλαιο 3^ο

3. Τεχνικά χαρακτηριστικά του GPS

3.1 Δομή του δορυφορικού συστήματος GPS

Το δορυφορικό σύστημα του GPS (Global Positioning System, (εικόνα 3.1.1) αποτελείται από μία ολοκληρωμένη δομή συνεχούς λειτουργίας, παρακολούθησης, ελέγχου και συντήρησης των δορυφόρων, υπό την ευθύνη του Υπουργείου Αμύνης των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Πιο συγκεκριμένα η δομή του είναι αποτελούμενη από τρία τμήματα τα οποία διακρίνονται στις εξής κατηγορίες. Όσον αφορά το πρώτο τμήμα είναι το δορυφορικό τμήμα, το δεύτερο είναι το τμήμα ελέγχου και το τρίτο και τελευταίο είναι το τμήμα χρηστών. Τα προαναφερόμενα τμήματα θα αναλυθούν λεπτομερειακά παρακάτω.



Εικόνα 3.1.1 Εδώ βλέπουμε ένα σύγχρονο GPS.

3.1.1 Δορυφορικό Τμήμα

Το δορυφορικό τμήμα (εικόνα 3.1.1.1) αποτελείται στις μέρες μας από τριάντα δορυφόρους των σειρών BLOCK II (εικόνα 3.1.1.2) IIA και IIR, IIR-M, BLOCK IIF. Η κύρια αιτία ύπαρξης και δημιουργίας των αναφερόμενων σειρών είναι να συμπληρώνουν επαρκώς και να αντικαθιστούν σταδιακά τις υπάρχοντες διότι η διάρκεια ύπαρξης των δορυφόρων είναι καθορισμένη από τους κατασκευαστές τους. Η ταξινόμηση των δορυφόρων του συστήματος είναι η ακόλουθη. Πιο συγκεκριμένα διακρίνονται α) με βάση την σειρά κατά την οποία πραγματοποιείται η εκτόξευσή τους, β) με βάση την θέση που κατέχουν στην τροχιά, γ) με βάση των διεθνή κώδικα που διατηρεί ο κάθε δορυφόρος από την ημέρα που δημιουργείται και δ) με βάση έναν αριθμό που δηλώνει ποια εβδομάδα του Ρ-κώδικα εκπέμπει ο δορυφόρος (αριθμός PRN), που είναι ο πιο συνηθισμένος και επικρατέστερος τρόπος καταχώρησης. Πιο αναλυτικά, ένας δορυφόρος που έχει καθορισμένη ημερομηνία εκτοξεύσεως, για παράδειγμα 11-11-1994 έχει τον κωδικό IIR-3 ως προς την σειρά εκτοξεύσεως (Launch Order) φέρει την ονομασία BLOCK IIR (εικόνα 3.1.1.3) ως προς το διαστημικό όχημα που φέρει τον κωδικό SVN 44 (Space Vehicle 44) και ως προς το μοναδικό εβδομαδιαίο τμήμα του κώδικα Ρ που εκπέμπει τον κωδικό PRN 13 (Pseudo



Εικόνα 3.1.1.1 Το δορυφορικό σύστημα του GPS.

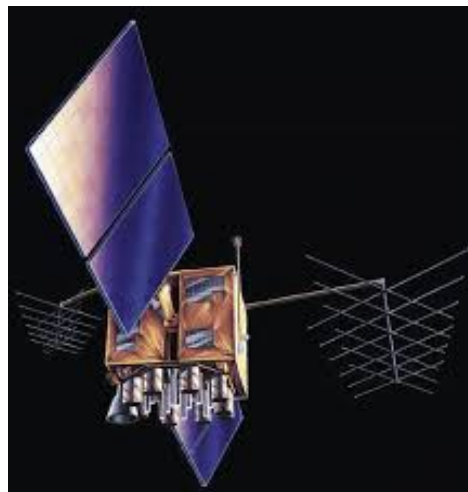
Random Noise 13). Οι ονομασίες με βάση των κωδικό SVN ή PRN είναι αυτές που έχει επικρατήσει να χρησιμοποιούνται περισσότερο.

Η αρχική δομή του GPS ήταν σχεδιασμένη ώστε να αποτελείται από 21 δορυφόρους ενώ με την πάροδο του χρόνου και συγκεκριμένα από τα τέλη του 1993 ο αριθμός υπερβαίνει σταδιακά τους 24 δορυφόρους. Ο συγκεκριμένος αριθμός είναι απαραίτητος για την σωστή και πλήρη λειτουργία του συστήματος του GPS. Αυτός ο τρόπος παρέχει την δυνατότητα να γίνεται αντικειμενική παρατήρηση και παρακολούθηση την ίδια χρονική στιγμή από έξι έως και οχτώ δορυφόρων από οποιοδήποτε σημείο της γήινης επιφάνειας με καλό ορίζοντα. Οι καινούριοι κατασκευαστικά δορυφόροι είναι συστήματα τα οποία είναι όλο και πιο ανεξάρτητα και αυτόνομα από το σύστημα ελέγχου, αφού έχουν την δυνατότητα με παρατηρήσεις που πραγματοποιούνται μεταξύ τους, να καθορίζουν και να προσδιορίζουν αυτόματα από μόνοι τους τα σημεία τροχιάς και άλλες βασικές παραμέτρους που απαιτούνται.



Εικόνα 3.1.1.2 Εδώ βλέπουμε την σειρά BLOCK II.

Οι δορυφόροι είναι συστήματα οι οποίοι είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι σε τουλάχιστον έξι τροχιακά επίπεδα, ανά εξήντα μοίρες στο επίπεδο του Ισημερινού και έχουν γωνία κλίσεως πενήντα πέντε μοίρες ως προς το επίπεδο αυτό. Ο σχηματισμός των δορυφόρων έχει τέτοια διάταξη ώστε από κάθε επιτρεπόμενο σημείο της γήινης επιφάνειας να λαμβάνεται δορυφορικό σήμα από τουλάχιστον τέσσερις δορυφόρους με την προϋπόθεση ότι δεν θα υπάρχουν ανεξήγητα εμπόδια μεταξύ των δορυφόρων και των δεκτών. Ο μεγαλύτερος αριθμός δορυφορικών σημάτων που μπορεί να λαμβάνει διαρκώς ένας δέκτης μπορεί να υπερβαίνει τον αριθμό των δώδεκα αν φυσικά οι συνθήκες είναι ευνοϊκές και ο ορίζοντας είναι ο ιδανικός. Στο πλάτος των τριανταπέντε μοιρών και για μικρά χρονικά διαστήματα η κάλυψη που παρέχουν οι δορυφόροι είναι ασθενής και μειονεκτεί σε σχέση με την υπόλοιπη γήινη επιφάνεια.



Εικόνα 3.1.1.3 Εδώ βλέπουμε μία όψη της σειράς BLOCK IIR

Η περίοδος κάθε δορυφόρου είναι μισή αστρική ημέρα. Συνεπώς η θέση κάθε δορυφόρου ή δορυφορικού σχηματισμού θα είναι ίδια στον ίδιο αστρικό χρόνο (μία φορά την ημέρα) και οι δορυφόροι θα εμφανίζονται στον ορίζοντα ενός τόπου τέσσερα λεπτά νωρίτερα κάθε ημέρα, όσο

είναι μικρότερη αστρική από τη μέση αστρική ημέρα. Οι δορυφόροι έχουν διάρκεια ζωής 10 χρόνια. Το βάρος του κάθε δορυφόρου είναι της τάξης του ενός τόνου ενώ το μέγεθος του βασικού κορμού είναι όσο ένα πολύ μικρό δωμάτιο με τα πλαίσια των συσσωρευτών ενέργειας να εκτείνονται στα μερικά μέτρα. Η ελλειπτική τροχιά τους παρουσιάζει πολύ μικρή εκκεντρότητα και είναι σχεδόν κυκλική ακτίνας r ισούται με 26560 χιλιόμετρα. Αν λάβουμε υπόψη μια αντιπροσωπευτική τιμή της γήινης σφαίρας, R ισούται με 6371 χιλιόμετρα, τότε το μέσο υψόμετρο ενός δορυφόρου GPS ισούται με 20189 χιλιόμετρα, τιμή που αντιπροσωπεύει την πλησιέστερη απόσταση δορυφόρου και χρήστη GPS που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης. Με βάση το σχήμα εύκολα υπολογίζονται η απόσταση ενός δορυφόρου που βρίσκεται στον ορίζοντα. Η γωνιακή ταχύτητα του δορυφόρου είναι περίπου διπλάσια από τη γωνιακή ταχύτητα της γης. Σε περίπου τέσσερα λεπτά ο δορυφόρος διανύει περίπου απόσταση περίπου 914 χιλιομέτρων.

Κάθε δορυφόρος περιλαμβάνει ως βασικό εξοπλισμό ταλαντωτές ή ατομικά χρονόμετρα, υπολογιστές και κεραίες τηλεπικοινωνίας. Μπορεί να μεταφέρει επί το πλείστο τρία ή τέσσερα ατομικά ρολόγια καισίου ή και ρουβιδίου εκ των οποίων ένα χρησιμοποιείται ως βασικό για την παραγωγή μιας θεμελιώδους συχνότητας για το δορυφορικό σήμα και τη διατήρηση της κλίμακας του χρόνου ενώ τα υπόλοιπα έχουν εφεδρική χρήση. Οι δορυφόροι έχουν την τάση να αποκλίνουν από τις σχεδιασμένες τροχιές τους. Τέλος, το σύστημα ελέγχου διορθώνει ανά τακτά διαστήματα τους δορυφόρους.

3.1.2 Το τμήμα Ελέγχου

Το τμήμα ελέγχου (εικόνα 3.1.2.1) αποτελείται α) από πέντε επίγειους μόνιμους σταθμούς παρακολούθησης (monitor stations), όπου συμπεριλαμβάνεται και ο κεντρικός σταθμός, με γνωστές συντεταγμένες ως προς το γεωδαιτικό σύστημα του 1984, οι οποίοι είναι κατανομημένοι σε όλη την γήινη επιφάνεια και πιο συγκεκριμένα στις γεωγραφικές θέσεις της Hawaii, Colorado, Springs, Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein.

β) τρεις σταθμούς τηλεπικοινωνιών (upload stations, Ground Antennas). Οι προαναφερόμενοι σταθμοί βρίσκονται στις γεωγραφικές θέσεις των μόνιμων σταθμών εκτός από τους σταθμούς MCS και Hawaii. Επιπλέον, μία ακόμη κεραία που ο κύριος λόγος ύπαρξης και λειτουργίας της είναι να ελέγχει συνεχώς τους δορυφόρους πριν πραγματοποιήσουν την εκτόξευση τους αλλά και να είναι ως εφεδρική, η οποία βρίσκεται στο Cape Canaveral της πολιτείας, της Florida. Κάθε σταθμός παρακολουθεί και ελέγχει όλους τους δορυφόρους κατά την διάρκεια της ημέρας, με αποτέλεσμα ο κάθε δορυφόρος να είναι σε στενή επαφή και επικοινωνία τουλάχιστον τρεις φορές κατά την διάρκεια της ημέρας για να λάβει τα δεδομένα του μηνύματος πλοήγησης, γ) έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου (MCS που σημαίνει Master Control Station) η οποία είναι τοποθετη-

μένη στην αεροπορική βάση Falcon στο Colorado-Springs, ο οποίος είναι ο πλέον αρμόδιος και υπεύθυνος για την συνολική λειτουργία και αποδοτικότητα του συστήματος των δορυφόρων. Επιπλέον, υπάρχει ένας ακόμα εφεδρικός σταθμός ελέγχου (BUMCS δηλαδή Backup MCS) ο οποίος είναι τοποθετημένος στο Gaithersburg της Maryland.

Οι σταθμοί παρακολούθησης είναι δέκτες GPS οι οποίοι έχουν ατομικά χρονόμετρα και πραγματοποιούν συνεχώς μετρήσεις ψευδοποστάσεων, με ακρίβεια πολύ μεγαλύτερη από έναν κοινό δέκτη. Ο κύριος σκοπός των σταθμών ελέγχου είναι να προβλέπουν τις θέσεις των δορυφόρων και τις παραμέτρους των δορυφορικών χρονομέτρων. Η πρόβλεψη πραγματοποιείται σε δύο στάδια.

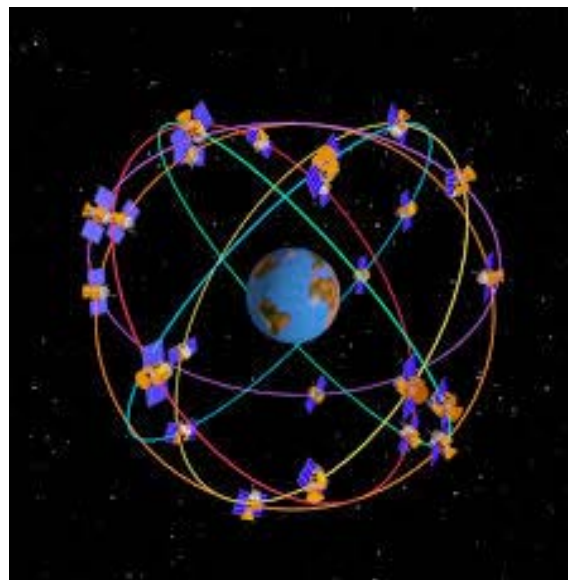


Εικόνα 3.1.2.1 Τμήμα ελέγχου

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο στάδιο έχουμε την δημιουργία της εφημερίδας αναφοράς η οποία έχει ως κύρια αρμοδιότητα την προσέγγιση της δορυφορικής τροχιάς μέσω της χρήσης των δεδομένων και στοιχείων των επτά προηγούμενων ημερών.

Από την άλλη πλευρά το δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται η πρόβλεψη των εφημερίδων με σκοπό την διόρθωση και την εκτίμηση των δορυφορικών διαταραχών.

Σε περίπτωση βλάβης ή δυσλειτουργίας των σταθμών ελέγχου δορυφόροι έχουν την ικανότητα να κάνουν προβλέψεις την τροχιά τους με ενδεχόμενη μείωση όμως της ακρίβειας. Οι δορυφόροι της σειράς IIR έχουν το δικαίωμα αυτονομίας 180 ημερών στο μήνυμα ναυσιπλοΐας και έχουν δέκτες GPS οι οποίοι μπορούν και εκτελούν μετρήσεις μεταξύ τους με αποτέλεσμα η εξάρτηση από το σύστημα ελέγχου να περιοριστεί ή να εξαφανιστεί τελείως.



Εικόνα 3.1.2.2 Μία όψη του IGPS.

Η τροφοδότηση των δορυφόρων από τους σταθμούς ελέγχου πραγματοποιείται ανά οχτώ ώρες. Οι δορυφόροι μεταδίδουν τα δεδομένα αυτά στους χρήστες του GPS. Επιπλέον, επειδή ο αριθμός των σταθμών παρακολούθησεως είναι ιδιαίτερα μικρός, η ακρίβεια που παρέχει το δίκτυο είναι ικανοποιητική και επαρκής για τους ναυτιλόμενος γεγονός που κάνει πιο εύκολη την ναυτιλία και την πλοήγηση των πλοίων αλλά δεν είναι το ίδιο ικανοποιητικά τα δείγματα του συστήματος για γεωδαιτικές εφαρμογές. Αυτή ήταν και η αιτία δημιουργίας ανεξάρτητων δικτύων παρακολούθησεως με κύριο στόχο τον εμπλουτι-

σμό με μεγαλύτερη ακρίβεια παρατηρήσεων του δικτύου GPS. Τον πιο καθοριστικό ρόλο στον τομέα διαχείρισης και παρακολούθησης έπαιξε η Διεθνής Υπηρεσία GPS (IGPS δηλαδή International GPS service εικόνα 3.1.2.2) η οποία πήρε τα ηνία με ένα εκτεταμένο δίκτυο με παγκόσμια κάλυψη.

3.1.3 Το τμήμα των χρηστών

Το τμήμα των χρηστών περιέχει τους δέκτες GPS οι οποίοι λαμβάνουν τα σήματα, έχουν την ικανότητα να επεξεργάζονται αυτά και τέλος μπορούν να κάνουν καταγραφή των μετρήσεων. Ο δέκτης αποτελείται από μία κεραία, τον κυρίως δέκτη και τον υπολογιστή, δηλαδή το χειριστήριο και το καταγραφικό. Η κεραία του παρέχει την ικανότητα να κεντρώνεται σε συγκεκριμένα γεωγραφικά σημεία ώστε να προσδιορίζει την θέση όπως ένας κλασικός θεοδόλιχος (εικόνα 3.1.3.1). Οι τροχοί έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο σκοπό ώστε ανά πάσα χρονική στιγμή σε οποιοδήποτε τυχόν σημείο της γήινης επιφάνειας να είναι ορατοί τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι που να λαμβάνονται την ίδια χρονική διάρκεια. Αυτή η ποσότητα δορυφόρων είναι υποχρεωτική για να μπορεί να πραγματοποιηθεί ο προσδιορισμός θέσης ενός σημείου με έναν δέκτη (πρόβλημα πλευρικής οπισθοτομίας στο χώρο).



Εικόνα 3.1.3.1 Ένας παλιός θεοδόλιχος.

3.2 Αρχή λειτουργίας του GPS

Η αρχή λειτουργίας του GPS (εικόνα 3.2.1) είναι η εξής: Αρχικά, ο δέκτης του GPS λαμβάνει και κάνει ανάλυση του σήματος το οποίο έχει λάβει και μέσω των μετρήσεων των αποστάσεων μεταξύ του δέκτη και του δορυφόρου μπορεί και προσδιορίζεται η θέση του δέκτη.

Λόγω της ύπαρξης χρονομέτρων (ρουβιδίου ή καισίου) στους δέκτες του GPS αλλά όπως και στους δορυφόρους του συστήματος, εκτός των συνηθισμένων χρονικών καθυστερήσεων λόγω της ατμόσφαιρας, έχουμε και τις αντίστοιχες καθυστερήσεις οι οποίες προέρχονται από το χρονόμετρο του δέκτη αλλά και του δορυφόρου του συστήματος. Με αποτέλεσμα για τον προσδιορισμό μίας θέσεως του δέκτη στην γήινη επιφάνεια να προστεθεί και ένα επιπλέον



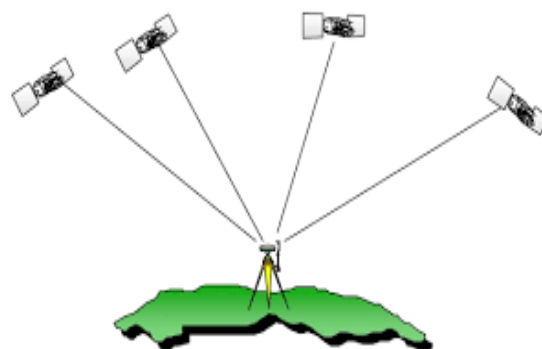
Εικόνα 3.2.1 Η αρχή λειτουργίας του

Με αποτέλεσμα για τον προσδιορισμό μίας θέσεως του δέκτη στην γήινη επιφάνεια να προστεθεί και ένα επιπλέον

ον άγνωστο δT , το οποίο υποδεικνύει τη χρονική καθυστέρηση του χρονομέτρου του δέκτη σε σχέση πάντοτε με τον χρόνο αναφοράς του GPS. Ο χρόνος αναφοράς του GPS έχει έναρξη την 0h U.T.C της 5ης Ιανουαρίου του 1980. Η προσδιοριζόμενη θέση (X,Y,Z) αναφέρεται στο Παγκόσμιο Γεωκεντρικό Σύστημα Αναφοράς 1984, γνωστό ως WGS84.

Η διάκριση των μετρήσεων του GPS γίνεται στις δύο εξής κατηγορίες, οι οποίες είναι:

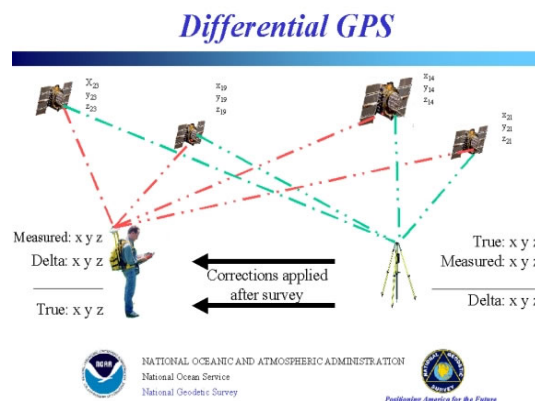
1. Σε μετρήσεις που έχουν να κάνουν με ψευδοαποστάσεις ή pseudoranges
2. Σε μετρήσεις που έχουν να κάνουν με φάσεις ή phase measurements.



Εικόνα 3.2.2 Στατικός προσδιορισμός θέσεως.

Πιο ακριβής μέθοδος είναι ευρέως γνωστό ότι θεωρείται αυτή με τις μετρήσεις φάσεων. Γενικά, υπάρχουν δύο τρόποι για τον ακριβή προσδιορισμό θέσεως όπου είναι η στατική και η κινηματική. Όσον αφορά τον στατικό προσδιορισμό (εικόνα 3.2.2), ο δέκτης του δορυφόρου είναι πάντα στάσιμος και η διάρκεια των παρατηρήσεων είναι από λίγα λεπτά μέχρι και αρκετές ώρες, ενώ στον άλλο τρόπο προσδιορισμού ο δέκτης του δορυφόρου βρίσκεται συνεχώς σε κίνηση με αποτέλεσμα να λαμβάνει διαρκώς δορυφορικό σήμα.

Το GPS προσδιορίζει μία θέση είτε απόλυτα δηλαδή absolute positioning ή σχετικά δηλαδή relative positioning. Η διαφορά του απόλυτου με του σχετικού είναι ότι στον απόλυτο προσδιορισμό η θέση του δέκτη υπολογίζεται ως προς το γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς ενώ στο σχετικό η θέση του δέκτη εξαρτάται από την θέση ενός κάποιου άλλου δέκτη. Επιπλέον, όσον αφορά τον σχετικό προσδιορισμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι λεγόμενες διαφορές (ψευδοαποστάσεων και φάσεων), επί το πλείστον απλές, διπλές, τριπλές ή και τετραπλές διαφορές αντί των πρωτογενών παρατηρήσεων.



Εικόνα 3.2.3 To differential GPS

Σε περιπτώσεις που απαιτείται η μεγαλύτερη δυνατόν ακρίβεια, για παράδειγμα οι αποτυπώσεις σε χάρτη μεγάλης κλίμακας, γεωδαιτικά δίκτυα κάθε είδους, οι τεχνικές του σχετικού προσδιορισμού είναι υποχρεωτικές για το καλύτερο και πιο ακριβή αποτέλεσμα (διαφορικός εντοπισμός ή αλλιώς differential positioning, (εικόνα 3.2.3).

3.3 Το δορυφορικό σύστημα

3.3.1 Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Η ταυτόχρονη διάδοση ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού πεδίου δημιουργούν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία). Η επιταχυνόμενη κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων που ταλαντώνεται παράγει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Αν κάνουμε σύνδεση μεταξύ δύο μεταλλικών αγωγών και μίας πηγής εναλλασσόμενης τάσης, τότε τα θετικά και αρνητικά φορτία που σχηματίζονται στα άκρα των αγωγών μεταβάλλονται ημιτονοειδώς με το χρόνο με αποτέλεσμα το εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα (ταλαντευόμενο ηλεκτρικό δίπολο, κεραία εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων) να διαρρέει δύο αγωγούς. Έτσι, παράγονται ανά συνεχόμενα χρονικά διαστήματα ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο που απομακρύνονται από τον χώρο μέσω της ταχύτητας του φωτός. Η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων γίνεται και στο κενό με σταθερή ταχύτητα που ισούται με περίπου 300.000 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο. Τα διανύσματα αυτών των δύο προαναφερόμενων πεδίων είναι κάθετα τόσο μεταξύ τους αλλά και όσο στην διεύθυνση διάδοσης. Για πολλές εφαρμογές προσφέρονται τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Πιο συγκεκριμένα, το φάσμα των ραδιοκυμάτων και μικροκυμάτων χρησιμοποιείται για την μεταφορά πληροφοριών σε ιδιαίτερα μεγάλες αποστάσεις. Για την μετάδοση μίας πληροφορίας και την λήψη αυτής απαιτείται η χρησιμοποίηση ενός πομπού και ενός δέκτη.

Γενικά, η μεταφερόμενη πληροφορία, παράγεται στον πομπό μέσω της χρησιμοποίησης ενός ειδικού μηχανισμού και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή σε ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο μετέπειτα προστίθεται σε μια υψηλή συχνότητα η οποία ονομάζεται φέρουσα συχνότητα ή φέρον κύμα. Το προκύπτου ηλεκτρικό ρεύμα-διαμορφωμένο κύμα κατευθύνεται στην κεραία εκπομπής η οποία με την σειρά της εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα της ίδιας μορφής. Η ενέργεια της πρόσθεσης είναι ιδιαίτερα δύσκολη η οποία πραγματοποιείται με ψηφιακό τρόπο και ονομάζεται διαμόρφωση. Το διαμορφωμένο σήμα λαμβάνεται από την κεραία του δέκτη και το επεξεργάζεται με τέτοιο τρόπο (αποδιαμόρφωση, φώραση, διαχωρισμός και ανάκτηση συνιστωσών), ώστε να αντλήσει την πληροφορία που μεταφέρεται.

Ο όρος σήμα είναι μία ροή πληροφοριών η οποία αναλύει την συμπεριφορά ή τη φύση πολλών φαινομένων. Μερικά παραδείγματα σημάτων είναι το μήνυμα από γράμματα και αριθμούς, ο ήχος, μία εικόνα, ένα βίντεο, ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα και πολλά άλλα. Τα σήματα, μαθηματικά μπορούν να περιγράφουν από συναρτήσεις ως προς μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές, συνήθως από συναρτήσεις ως προς το χρόνο ή τη θέση. Με βάση την μορφή που είναι σχεδιασμένο το ημιτονοειδές σήμα δεν έχει την δυνατότητα να μεταφέρει καμία τυχόν πληροφορία. Αν μεταβληθεί μια βασική του παράμετρο, όπως το πλάτος, η συχνότητα ή η φάση όπως

συμβαίνει στη περίπτωση παραγωγής των δορυφορικών σημάτων του GPS με κάποιον τρόπο, τότε το διαμορφωμένο σήμα μεταφέρει μία πληροφορία. Κατά την διάδοση του δορυφορικού σήματος στην ατμόσφαιρα μεταβάλλεται η ταχύτητα και η διεύθυνση αυτού. Το σήμα του GPS δέχεται σημαντικές επιδράσεις από την ατμόσφαιρα οι οποίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές και πρέπει να αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερα μεγάλη προσοχή.

3.3.2 Διαμόρφωση δορυφορικού σήματος GPS

Ο δορυφόρος διαθέτει ένα ατομικό ρολόι το οποίο έχει την ικανότητα να παράγει μία θεμελιώδη συχνότητα f που ισούται με 10.23 MHz, εκτός από την δυνατότητα διατήρησης της κλίμακας του χρόνου, μέσω της οποίας παράγονται οι δύο βασικές συμμασικές φέρουσες συχνότητες (carrier frequencies) ή κύματα φορείς (carrier waves). Η πρώτη συχνότητα η L1 ισούται με 154 με συχνότητα έκαστος 10.23 MHz με αποτέλεσμα αν πολλαπλασιάσουμε τα 154 θα προκύψει νέα συχνότητα που θα ισοδυναμεί σε 1575.42 MHz με μήκος κύματος 19.03 εκατοστά. Όσον αφορά την δεύτερη συχνότητα την L2 ισούται με 120 με συχνότητα έκαστος 10.23 MHz με αποτέλεσμα αν πολλαπλασιάσουμε τα 120 θα προκύψει νέα συχνότητα που θα ισοδυναμεί σε 1227.60 MHz με μήκος κύματος 24.42 εκατοστά.

Η μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ δεκτών και δορυφόρων είναι βασικός παράγοντας για τον προσδιορισμό μιας οποιασδήποτε θέσης στην γήινη επιφάνεια σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται δύο εκπεμπόμενοι μετρητικοί κώδικες ο C/A (Coarse Acquisition Code) και ο P (Precision Code) διότι οι μετρήσεις είναι μίας κατευθύνσεως. Το μειονέκτημα με αυτούς τους δύο κώδικες είναι ότι δεν μπορούν να μεταδοθούν σε μεγάλες αποστάσεις και αυτόν τον λόγο προστίθενται πάνω τα δύο σήματα-φορείς της δέσμης L, την L1 (διαμόρφωση από C/A και P(Y)) και την L2 (διαμόρφωση μόνο από P(Y)). Αυτό διαμορφώνεται έτσι, ώστε να γίνεται εφικτό η μέτρηση του χρόνου διάδοσης ή ενός ταξιδιού του δορυφορικού σήματος από τον δορυφόρο στον δέκτη.

Ο Coarse Acquisition Code και ο Precision Code πρόκειται για κώδικες ψευδοτυχαίων θορύβων (PRN codes, Pseudo Random Noise). Το μήνυμα πλοήγησης ή το μήνυμα ναυσιπλοΐας ή το μήνυμα δεδομένων διαμορφώνουν τους δύο φορείς ώστε να παρέχουν επιπρόσθετες πληροφορίες, όπως είναι τα στοιχεία που δείχνουν την τροχιά των δορυφόρων και οι παράμετροι που παίζουν καθοριστικό ρόλο για τον συγχρονισμό όλων των ρολογιών.

3.3.3 Η διαμόρφωση του δορυφορικού συστήματος

Ο κάθε δορυφόρος του GPS έχει την ικανότητα εκπομπής ενός εξαιρετικά σύνθετου σήματος. Οι υψηλές φέρουσες συχνότητες της τάξης του 1.5 GHz της δέσμης L (1-2 GHz), έχουν συγκε-

κριμένο λόγο που επιλέχθηκαν και δεν έγινε τυχαία αυτή η επιλογή, ούτε καν το είδος των συγκεκριμένων κωδικών και ο τρόπος διαμόρφωσης αυτών. Η παγκόσμια κάλυψη που παρέχει, η ταυτόχρονη εξυπηρέτηση πολλών χρηστών σε όλη την γήινη επιφάνεια, η μη απαίτηση ατομικών χρονομέτρων από τους δέκτες GPS, η ανθεκτικότητα και η ακρίβεια των δορυφορικών σημάτων σε οποιοσδήποτε τυχόν παρεμβολές, καθώς και η μείωση της επίδρασης των σφαλμάτων τα οποία προέρχονται από την ιονόσφαιρα ήταν καθοριστικοί παράγοντες που ελήφθησαν υπόψη κατά την διάρκεια σχεδιασμού του σήματος για τον απόλυτα ακριβή προσδιορισμό θέσης και ταχύτητας σε πραγματικό χρόνο.

Η χρήση των δύο συχνοτήτων, δηλαδή της L1 και L2 δίνει την δυνατότητα να εξαλείφει η επίδραση που προκύπτει από την Ιονόσφαιρα. Για να διαμορφωθούν οι φορείς L1 και L2 έχουν επικρατήσει να χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι. Πιο συγκεκριμένα, α) η μέθοδος της δυαδικής διαφασικής διαμόρφωσης (binary biphase modulation, binary phase-shift keying/BSPK), που χρησιμοποιείται κυρίως στην διαμόρφωση ενός ημιτονοειδούς φορέα που αποτελείται από μία δυαδική/ψηφιακή ακολουθία και β) η μέθοδος modulo 2 πρόσθεσης που έχει να κάνει με την πρόσθεση δύο δυαδικών ακολουθιών. Λαμβάνοντας υπόψη μας την μέθοδο BSPK, ένας φορέας ο οποίος διαθέτει σταθερή συχνότητα διαμορφώνεται με τέτοιο τρόπο ως προς την φάση(για να μεταφέρει μία οποιαδήποτε τυχόν πληροφορία αλλάζει η φάση)από μία ακολουθία δυαδικών ψηφίων ένα και μηδέν, με σκοπό η οποιαδήποτε αλλαγή στην ακολουθία των ψηφίων από μηδέν σε ένα ή από ένα σε μηδέν, να φέρει την αντίστοιχη αλλαγή στην φάση του φορέα κατά εκατόν ογδόντα μοίρες, ειδάλως δεν θα μεταβληθεί η φάση του φορέα. Με αποτέλεσμα η φάση του φορέα να διαμορφώνεται σε δύο καταστάσεις, πρώτα την κανονική κατάσταση φάσης, δηλαδή normal state κατά την οποία η φάση παραμένει αμετάβλητη και αντιπροσωπεύει τον αριθμό +1 και δεύτερον την αντεστραμμένη ή αλλιώς κατοπτρική κατάσταση, δηλαδή mirror image state η οποία αντιπροσωπεύει τον αριθμό -1 στον οποίο η φάση του φορέα έχει μεταβληθεί κατά εκατόν ογδόντα μοίρες.

Για την διαμόρφωση των δυαδικών μηδέν και ένα μίας ακολουθίας πάνω στο φορέα είναι απαραίτητος ο πολλαπλασιασμός του σήματος του φορέα είτε με +1 είτε με -1. Ο φορέας L1 διαχωρίζεται πριν διαμορφωθεί με έναν ειδικό διαχειριστή τάσης σε δύο συνιστώσες εκ των οποίων η μία ανατίθεται ηλεκτρονικά ώστε να είναι μπροστά κατά ενενήντα μοίρες ως προς την φάση σε σχέση με άλλη συνιστώσα (phase quadrature, Quasi Phase Shift Keying). Η διαδοχική υπέρθεση είναι κοινή διότι ο φορέας L1 διαμορφώνεται από δύο κώδικες, τον C/A (Coarse Acquisition Code) και τον P (Precision Code).

Με την ύπαρξη των ορατών δορυφόρων, λαμβάνονται όλα τα σήματα για επεξεργασία και ανάκτηση των επιμέρους συνιστωσών και την εκτέλεση των μετρήσεων από τον δέκτη του GPS. Επιπλέον, υπάρχει περίπτωση να προκύψει σήμα χωρίς τον συγκεκριμένο κώδικα, αν το λαμβά-

νόμενο σήμα πολλαπλασιαστεί με το αντίγραφο του κώδικα ή και ακόμα αν το λαμβανόμενο σήμα πολλαπλασιαστεί με τον εαυτό του. Το δορυφορικό σήμα το οποίο εκπέμπεται, προκύπτει με χαρακτηριστικά διευρυμένου φάσματος στο πεδίο συχνοτήτων (spread spectrum), με τον τρόπο που διαμορφώνεται. Το σύστημα διευρυμένου φάσματος (bandwidth) είναι ένα μέσω ασύρματης επικοινωνίας οπου οι συχνότητες που θέτονται σε λειτουργία, μεταβάλλονται σκόπιμα και είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο επιτρεπτό όριο που απαιτείται για να μεταδοθεί η οποιαδήποτε τυχόν πληροφορία. Τέλος ,η ύπαρξη αυτής της τεχνικής είναι για να υπάρχει πολύ δυνατή ανθεκτικότητα σε οποιεσδήποτε τυχόν παρεμβολές από σήματα που προέρχονται από την ίδια συχνότητα και πρωτίστως για λόγους ασφαλείας της επικοινωνίας που υπάρχει από το σύστημα ελέγχου.

3.3.4 Κώδικες PRN

Οι κώδικες PRN είναι σήματα που ο κύριος λόγος ύπαρξης τους είναι για να χρησιμοποιούνται για να μετράνε τις ψευδοαποστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ακολουθίες των δυαδικών αριθμών μηδέν και ένα (binary bits and chips) και με μία πρόχειρη ματιά μπορεί κάποιος να συμπεράνει ότι η ακολουθία τους είναι τυχαία. Παρόλο, που έχουν χαρακτηριστικά τυχαίου θορύβου ,δεν είναι καθόλου τυχαίοι. Οι ακολουθίες των κωδικών αποτελούνται από ορισμένους μαθηματικούς αλγόριθμους σε ειδικές διατάξεις (FBSR δηλαδή feedback shift registers) και επαναλαμβάνονται ύστερα από κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η συχνότητα, η περίοδος και το μήκος κύματος του συνολικού κώδικα δεν πρέπει να ανακατεύεται με τα αντίστοιχα του κάθε ψηφίου του. Ψηφιακός αριθμός ή chipping rate ονομάζεται η συχνότητα κατά την οποία παράγονται τα ψηφία και δηλώνεται επί το πλείστον σε ψηφία ανά δευτερόλεπτο αντί για Hz. Αν πολλαπλασιάσουμε την ταχύτητα φωτός με την διάρκεια του κάθε στοιχείου του κώδικα, προκύπτει η διάρκεια και το μήκος(chipping length) αυτού. Η χρήση του όρου chip αντί του όρου bit γίνεται διότι τα ψηφία μηδέν και ένα δεν είναι δεδομένα, όπως συμβαίνει στα μηνύματα πλοηγήσεως.

Για κάθε δορυφόρο υπάρχουν μοναδικοί κώδικες οι οποίοι έχουν την ικανότητα να αναπαράγονται ακριβώς οι ίδιοι και στον δέκτη ανεξαρτήτως της παραγωγής στον δορυφόρο. Ο δέκτης έχει την ικανότητα να παράγει από μόνος του ένα αντίγραφο για να μπορεί να συγκρίνει τον λαμβανόμενο κώδικα. Η ταύτιση απαιτεί ένα ορισμένο χρονικό διάστημα για να πραγματοποιηθεί το οποίο αντιστοιχεί στο χρόνο ταξιδιού που κάνει το σήμα και συνεπώς στην ψευδοαπόσταση. Η ταύτιση ή αλλιώς συσχέτιση αποτελεί μια διαδικασία που μετατοπίζει χρονικά το αντίγραφο ως προς τον αντίστοιχο κώδικα που έχει ληφθεί. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο συσχέτιση εννοούμε την σύγκριση που πραγματοποιείται από ψηφίο σε ψηφίο για τα τμήματα που αποτε-

λούν των κώδικα. Το αποτέλεσμα συνήθως προσδιορίζει είτε υψηλή είτε χαμηλή συσχέτιση η οποία θα έχει φυσικά και τη ανάλογη μετατόπιση. Τέλος, ο σκοπός είναι η μεγαλύτερη δυνατή ταύτιση. Οι πρωτογενείς μετρήσεις στους κώδικες PRN είναι μετρήσεις που αντιστοιχούν σε χρονικά διαστήματα, από τον χρόνο που λαμβάνει ο δέκτης έως τον χρόνο που χρειάζεται για να εκπέμψει στον δορυφόρο, ο οποίος χρόνος πολλαπλασιάζεται με την ταχύτητα του φωτός και οι μετρήσεις μετατρέπονται σε ψευδοαπόσταση.

Οι κώδικες PRN διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, οι οποίες είναι οι ακόλουθες. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει ο κώδικας C/A (Coarse/Acquisition Code ή Clear Access) ο οποίος είναι διαθέσιμος προς όλους τους χρήστες και ο κώδικας P (Precise ή Protected) ο οποίος με την σειρά του είναι διαθέσιμος μόνο σε άτομα που έχουν την ανάλογη εξουσιοδότηση. Ο C/A χρησιμοποιείται μόνο στον φορέα L1, ενώ ο P έχει την ικανότητα χρήσης και στους 2 φορείς, δηλαδή τον L1 και τον L2. Οι δύο φορείς έχουν την δυνατότητα να εκπέμπουν το μήνυμα ναυσιπλοΐας. Ο κάθε δορυφόρος μπορεί να εκπέμψει και να παράγει μία ξεχωριστή ακολουθία τόσο για τον C/A όσο και για τον P. Για παράδειγμα, αν έχουμε 25 δορυφόρους GPS, τότε θα έχουμε εξίσου διαφορετικούς κώδικες τόσο για τον C/A και για τον P. Το μήκος του ψηφίου είναι καθοριστικός παράγοντας για τη ακριβή μέτρηση των ψευδοαποστάσεων. Ο κώδικας C/A μπορεί να συγχρονίζει ικανοποιητικά όλους τους δέκτες που κάνουν ταυτόχρονες παρατηρήσεις με αποτέλεσμα οι δέκτες να παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια.

Ο καινούριος κώδικας L2C δημιουργήθηκε με την προϋπόθεση ότι θα διορθώσει τα σφάλματα τα οποία προκύπτουν από τη επίδραση τη ιονόσφαιρας. Επιπλέον, παίζει καθοριστικό ρόλο για την αύξηση της ποιότητας επανάκτησης των συνιστωσών του φορέα L2. Ο φορέας L1 είναι ακριβέστερος και ποιοτικά καλύτερος από τον αντίστοιχο φορέα L2 λόγω του κώδικα C/A. Καθοριστικό ρόλο για να διορθωθεί ο δορυφορικός χρόνος σε σχέση με τη κλίμακα χρόνου του GPS, έχουν οι χρονικοί παράμετροι που εκπέμψει το μήνυμα πλοηγήσεως.

3.3.5 Μήνυμα πλοηγήσεως

Οι συντεταγμένες των δορυφόρων σε κάθε εποχή παρατηρήσεως είναι βασική προϋπόθεση ώστε να μπορέσει να υπολογισθεί η θέση του δορυφόρου σε ορισμένο χρόνο. Οι φορείς L1 και L2 με την εκπομπή του μηνύματος δεδομένων ή μηνύματος πλοηγήσεως παρέχουν αυτή την δυνατότητα. Το μήνυμα πλοηγήσεως αποτελεί μία δυαδική ακολουθία η οποία αντιπροσωπεύει γράμματα αλλά και αριθμούς οι οποίοι αντιστοιχούν σε δεδομένα. Τα γράμματα και τα δεδομένα εκπέμπονται με συχνότητα 50 Hz ή με ψηφιακό αριθμό 50 bps, τα οποία είναι ταξινομημένα σε πλαίσια των 1500 bits. Η συνολική διάρκεια ενός ψηφίου είναι 0.02 δευτερόλεπτα και με αυτό συμπεραίνουμε ότι ένα ψηφίο δεδομένων διατηρεί 20 C/A κώδικες. Ένα πλαίσιο των 1500 bits

έχει συνολική διάρκεια περίπου τριάντα δευτερολέπτων. Επιπλέον, το κάθε πλαίσιο διακρίνεται σε πέντε υποπλαίσια, όπου το καθένα έχει συνολική διάρκεια έξι δευτερολέπτων και μήκος 300bits. Επί προσθέτως, το κάθε υποπλαίσιο περιλαμβάνει δέκα λέξεις, οι οποίες είναι 30 bits. Τα τρία πρώτα υποπλαίσια επαναλαμβάνονται ανά τριάντα δευτερόλεπτα ενώ τα δύο επακόλουθα υποπλαίσια τελειώνουν με εικοσιπέντε επαναλήψεις, παρέχοντας κάθε φορά μια εκ των εικοσιπέντε σελίδων τους. Τέλος, ένα πλήρες μήνυμα έχει συνολική διάρκεια 12.5 λεπτών. Για την γρήγορη παρατήρηση των δορυφόρων γίνεται η επανάληψη των τριών πρώτων υποπλαισίων ανά τριάντα δευτερόλεπτα διότι περιέχουν σημαντικά δεδομένα.

Κάθε υποπλαίσιο ξεκινάει με την λέξη TLM (Telemetry Word) η οποία ακολουθείται από την λέξη HOW (Hand Over Word). Η λέξη TLM διαθέτει επί το πλείστο διαγνωστικά μηνύματα αλλά και λεπτομέρειες για χρήστες οι οποίοι έχουν την ανάλογη εξουσιοδότηση. Η λέξη HOW είναι εξίσου υποχρεωτική διότι διαθέτει σημαντικές πληροφορίες καθώς εξηγεί με απολυτή ακρίβεια ποιο τμήμα λαμβάνεται την δεδομένη χρονική στιγμή από την ακολουθία P καθώς και τα δεδομένα που περιέχει. Από την στιγμή που ο δέκτης ταυτίσει το δορυφορικό σήμα με τον κώδικα C/A και καταγράψει την λέξη HOW από το μήνυμα δεδομένων, ξεκινάει άμεσα την διαδικασία ταύτισης με τον κώδικα P, διότι ξέρει ποιο τμήμα του P έχει εκπέμψει.

Αυτός είναι και ο λόγος που πήρε αυτή την ονομασία διότι προσφέρει ένα χέρι βοήθειας για την γρήγορη ταύτιση με τον κώδικα P. Η ταύτιση με τους κώδικες δίνει την δυνατότητα απομακρύνσεως αυτών από το δορυφορικό σήμα, το διάβασμα του μηνύματος των δεδομένων και τέλος την επεξεργασία του καθαρού φορέα που μένει με σκοπό την μέτρηση των φάσεων. Επειδή πολλοί χρήστες οι οποίοι δεν έχουν το δικαίωμα χρήσεως του σήματος του GPS το χρησιμοποιούν, το Υπουργείο Αμύνης των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής παραποιεί εσκεμμένα το σήμα με σκοπό την μείωση της ακρίβειας του συστήματος.

3.3.6 Σκόπιμη μείωση της ταχύτητας

Για την παραποίηση του σήματος χρησιμοποιούνται δύο συγκεκριμένες μεθόδους. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν την Anti-spoofing, η οποία πρόκειται για μία μέθοδο, που έχει την δυνατότητα να αποκρύπτει τον κώδικα P, πολλαπλασιάζοντας τον με κάποιο κρυφό κώδικα w, ώστε να εξασφαλίσει την προστασία από εχθρικές διατάξεις και εξαπατήσεις. Αν και ο κώδικας P είναι υπό ιδιωτική χρήση, έχει την ικανότητα να εκπέμπεται ως κώδικας Y. Αυτό συμβαίνει λόγω του συνδυασμού του κώδικα P με τον κώδικα W. Για να έχει κάποιος πρόσβαση στον κώδικα P πρέπει να έχει εξουσιοδοτηθεί από έναν αρμόδιο άτομο και να του έχει δοθεί ο μυστικός αλγόριθμος. Λόγω όμως την εξελιγμένης τεχνολογίας, μπορεί κάποιος να κάνει μετρήσεις στον κώδικα Π χωρίς να γνωρίζει τον κώδικα Y με λίγο μικρότερη ακρίβεια φυσικά. Οι γεωδαιτικοί

δέκτες προσαρμόζονται αυτόματα στην κατάσταση AS. Η σημασία της κατάστασης AS για να προσδιοριστεί μία θέση υψηλής ακρίβειας είναι ιδιαίτερα μικρή διότι χρησιμοποιούνται κυρίως οι παρατηρήσεις μίας φάσης και όχι οι ψευδοαποστάσεις από τον κώδικα P. Όμως, σε πολλά συστήματα η μέτρηση ψευδοαποστάσεων μέσω ειδικών τεχνικών προσφέρει ιδιαίτερη διευκόλυνση.

Η δεύτερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε από το Υπουργείο Αμύνης των Η.Π.Α για την παραποίηση του σήματος είναι η κατάσταση επιλεκτικής διαθεσιμότητας, δηλαδή SA (Selective Availability). Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για μία μέθοδο η οποία τέθηκε σε ισχύ το 1991 και διήρκησε έως τον Μάιο του 2000. Για να υπονομευτεί η ακρίβεια του σήματος χρησιμοποιήθηκαν 2 ανόμοιες τεχνικές, οι οποίες ήταν οι ακόλουθες. Η μία ήταν η τεχνική E, η οποία είχε την ικανότητα να μειώνει την ακρίβεια των παραμέτρων κατά την οποία εκπέμπεται η δορυφορική εφημερίδα, με συνέπεια οι γεωγραφικές συντεταγμένες των δορυφόρων να μην είναι απόλυτα ακριβείς. Από την άλλη, χρησιμοποιήθηκε και η μέθοδος Δ, η οποία μεταβάλλει την συχνότητα εξόδου του χρονομέτρου των δορυφόρων, μέσω της επιβολής ενός εσκεμμένου σφάλματος στο ρολόι το οποίο έχει άμεση επίδραση στα αποτελέσματα των ψευδοαποστάσεων. Διότι η κατάσταση SA παρουσιάζει αυτά τα σφάλματα, για να μπορεί κάποιος να προσδιορίζει την θέση ενός σώματος με την χρήση ενός δέκτη, θα πρέπει να έχει εξουσιοδοτηθεί από ένα αρμόδιο πρόσωπο ώστε να μπορεί να διαβάζει τις κρυπτογραφημένες διορθώσεις. Επιπλέον, αν είναι κάποιος εξουσιοδοτημένος έχει την δυνατότητα χρησιμοποίησης τον σχετικό προσδιορισμού όπου τα σφάλματα απαλείφονται. Τέλος, όταν η κατάσταση SA δεν είναι σε λειτουργία, ο απόλυτος προσδιορισμός θέσης στην λύση πλοήγησης είναι της τάξεως πέντε με δεκαπέντε μέτρων, ενώ στην αντίθετη περίπτωση η ακρίβεια υποβιβάζεται στα εκατό με εκατό πενήντα μέτρα.

3.4 Δέκτες GPS-Είδη Μετρήσεων

Όσον αφορά τον δέκτη GPS (εικόνα 3.4.1) αποτελεί μία συσκευή ιδιαίτερα εξελιγμένης τεχνολογίας που παρέχει την δυνατότητα συντονισμού σε δύο τουλάχιστον βασικές συχνότητες. Επιπλέον, ο δέκτης διακρίνεται σε δύο βασικά τμήματα τα οποία είναι η κεραία και ο κυρίως δέκτης. Αναλυτικά, η κεραία περιέχει τον ενισχυτή του σήματος και έχει την δυνατότητα να είναι είτε εξωτερική, δηλαδή ανεξάρτητη μονάδα η οποία συνδέεται με τον κυρίως δέκτη μέσω ενός ειδικού καλωδίου, είτε εσωτερική με την προϋπόθεση όλο το σύστημα κεραίας και δέκτη να είναι μία ενιαία συ-



Εικόνα 3.4.1 Εδώ βλέπουμε έναν δέκτη GPS.

σκευή. Η δομή του κυρίως δέκτη είναι η ακόλουθη, Πιο συγκεκριμένα, ο κυρίως δέκτης αποτελείται α) από το τμήμα των ραδιοσυχνοτήτων β) τους διαύλους που χρησιμοποιούνται για να παρακολουθήσουν το δορυφορικό σήμα μέσω των βρόγχων παρακολούθησης, γ) τον μικροεπεξεργαστή και δ) τη μονάδα που χρησιμοποιείται για να υπάρχει επικοινωνία με τον χρήστη. Οι δέκτες του GPS από την στιγμή που θα λάβουν τα δορυφορικά σήματα, αμέσως υπολογίζουν την απόσταση που διανύεται μεταξύ του δορυφόρου και του δέκτη μέσω της μετρήσεως ψευδοαποστάσεων ή μέσω της διαφοράς φάσης της φέρουσας συχνότητας μεταξύ του δέκτη και του δορυφόρου.

3.4.1 Η κεραία του δέκτη

Η κεραία ενός δέκτη (εικόνα 3.4.1.1) λαμβάνει συνεχώς το ιδιαίτερα αδύναμο σήμα του δορυφόρου από την συνολική ποσότητα των ορατών δορυφόρων. Έπειτα, μέσω της χρήσεως του προενισχυτή, ενισχύει το λαμβανόμενο σήμα και στην συνέχεια το ενσωματώνει εσωτερικά στο δέκτη για πιο αναλυτική και λεπτομερειακή επεξεργασία. Επιπλέον, μέσω της χρήσεως της κεραίας μετατρέπονται τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε ηλεκτρικό ρεύμα. Πιο συγκεκριμένα, παίζει καθοριστικό ρόλο για την μετατροπή των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων σε ηλεκτρικά σήματα. Τέλος, αν η κεραία είναι εξωτερική έχει την ικανότητα να συνδέεται με ένα μοναδικό καλώδιο με τον κυρίως δέκτη ή χωρίς την χρήση του καλωδίου, δηλαδή μέσω της χρήσεως Bluetooth.



Εικόνα 3.4.1.1 Εδώ βλέπουμε την κεραία ενός δέκτη GPS.

Οι κεραίες έχουν μικρές συνολικά διαστάσεις, όχι ιδιαίτερα μεγάλο βάρος και συνήθως έχουν την δυνατότητα να κινούνται προς πολλές κατευθύνσεις με σκοπό να μπορούν να λαμβάνουν σήματα από πάρα πολλές διευθύνσεις. Επί προσθέτως, χωρίζονται σε πολλούς διαφορετικούς τύπους, με πιο ευρέως γνωστό τύπο, των μικρολωριδών ή αλλιώς micro strip (εικόνα 3.4.1.2). Αυτός ο τύπος έχει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα το οποίο είναι η πολύ καλή λήψη δορυφόρων που είναι τοποθετημένοι ιδιαίτερα χαμηλά στον ορίζοντα. Ο σχεδιασμός τους είναι τέτοιος με την προϋπόθεση ότι θα μπορούν να λαμβάνουν είτε το σήμα στους δέκτες μίας συχνότητας είτε στους δέκτες δύο συχνοτήτων. Οι γεωδαιτικοί δέκτες μπορούν να λαμβάνουν δορυφορικά σήματα και στις δύο συχνότητες.

Οι κεραίες θα πρέπει να παραμένουν ανεμπόδιστες από σταθερά αντικείμενα όπως δέντρα και πολυκατοικίες ώστε να μπορούν να λαμβάνουν σωστά τα δορυφορικά σήματα. Σε αντίθετη περίπτωση, μπορεί να δημιουργηθούν πολλές διαδρομές λόγω των προαναφερόμενων εμποδίων

και αυτό θα έχει ως συνέπεια την δημιουργία πολλών και διαφορετικών σφαλμάτων στις ενδείξεις. Επιπλέον, μεγάλη επίδραση στις ενδείξεις έχει και η επιφάνεια του εδάφους η οποία βρίσκεται κάτω από την κεραία. Αυτό το σφάλμα όμως είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο να εξαλειφθεί. Παρόλα αυτά η ανθεκτικότητα των κεραιών σε τυχόν σφάλματα είναι ιδιαίτερα μεγάλη.

Οι κεραιές που είναι συνδεδεμένες με μία διάταξη βάσης σπειροειδών δακτυλίων είναι αρκετά ανθεκτικές στις πολυανακλάσεις, καθώς διαθέτουν ειδικό προστατευτικό θόλο. Επιπλέον, το κόστος τους είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο μίας κανονικής κεραιάς και κυρίως χρησιμοποιούνται σε μόνιμο έδαφος.

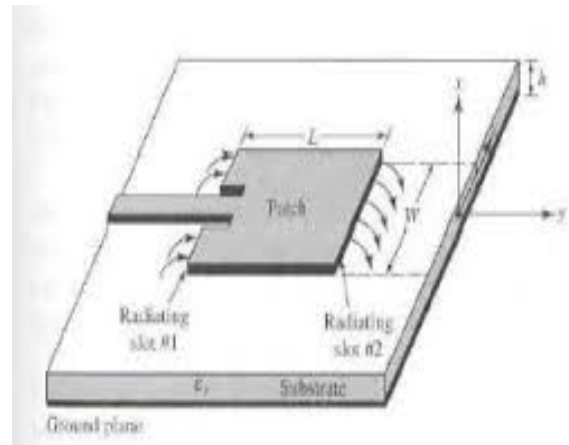
Μία κεραία παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία όταν λαμβάνει σήμα από άλλες διευθύνσεις με διαφορετικό ύψος γωνίας καθώς και η ακεραιότητα του ηλεκτρικού κέντρου αναφοράς των μετρήσεων τόσο για την συχνότητα $L1$ όσο και για την συχνότητα $L2$. Το ηλεκτρικό και το μηχανικό τμήμα μίας κεραιάς δεν συσχετίζονται. Η απόκλιση του κέντρου φάσης από το μηχανικό κέντρο της κεραιάς είναι περίπου ένα εκατοστό.

Κεραιές οι οποίες είναι κατασκευασμένες από τον ίδιο κατασκευαστή παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά κατά την διάρκεια μεταβολής του κέντρου φάσης και έτσι οι επιδράσεις που θα μπορούσε να είχε οι κεραία περιορίζονται αρκετά σε περίπτωση που οι κεραιές έχουν την ίδια κατεύθυνση. Τέλος, πρέπει να αποφεύγεται η χρήση δεκτών διαφορετικών εταιριών διότι θα υπονομεύσουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

3.4.2 Κυρίως Δέκτης

Αρχικά, υπεύθυνο τμήμα για να επεξεργάζεται τα δορυφορικά σήματα που εισέρχονται είναι το πρώτο του δέκτη. Μετέπειτα, το τμήμα των ραδιοσυχνοτήτων αναλαμβάνει την προενίσχυση του λαμβανομένου εισερχόμενου δορυφορικού σήματος. Αυτό το τμήμα περιέχει διαφορετικές διατάξεις, συμπεριλαμβανομένου τους ταλαντωτές ή τα ρολόγια χαλαζιακής μορφής τα οποία είναι υπεύθυνα για να παράγουν ημιτονοειδή σήματα αναφοράς. Επιπλέον, υπάρχουν πολλαπλασιαστές οι οποίοι χρησιμεύουν για να δημιουργούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερες συχνότητες και τέλος, υπάρχουν οι μεικτές των οποίων η κύρια αρμοδιότητα τους είναι να πολλαπλασιάζουν διαφορετικά σήματα αλλά και οι βρόγχοι παρακολούθησης και εξαγωγής μετρήσεων.

Το τμήμα των ραδιοσυχνοτήτων παρεμβαίνει σε περίπτωση που πρέπει να μετατραπεί την συχνότητα του εισερχόμενου δορυφορικού σήματος σε πιο μικρή συχνότητα με την προϋπόθεση



Εικόνα 3.4.1.2 Κεραιές Micro Strip

ότι θα είναι πιο εύκολο στον χειρισμό του από τον δέκτη. Η ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής πραγματοποιείται με την συμβολή του εισερχόμενου μηνύματος με ένα ημιτονοειδές σημείο αναφοράς που προέρχεται από τον δέκτη μέσω του ταλαντωτή. Μέσω αυτής της συμβολής παράγεται ένα σήμα για τον έκαστο δορυφόρο με δυο συνιστώσες, των οποίων η συχνότητα εξαρτάται από το σύνολο και την διαφορά των συμβαλλόμενων συχνοτήτων.

Με ειδικά ηλεκτρονικά φίλτρα μπορεί και παραμένει αποκλειστικά η συνιστώσα που προκύπτει από την διαφορά μεταξύ των συχνοτήτων που ονομάζεται συχνότητα κτύπων (beat frequency) ή ενδιάμεση συχνότητα (Intermediate frequency). Το IF σήμα έχει την ικανότητα διατήρησης της αρχικής διαμόρφωσης του δορυφορικού σήματος. Το σήμα IF είναι αυτό που παρατηρείται στην περιοχή του δέκτη. Μετέπειτα, το σήμα IF αποστέλλεται σε όλα τα κανάλια.

Οι γεωδαιτικοί δέκτες περιλαμβάνουν πολλά κανάλια, όπου το κάθε κανάλι έχει χρήση μόνο για έναν δορυφόρο και λειτουργούν ταυτόχρονα. Ο αριθμός των καναλιών εξαρτάται από τον αριθμό των δορυφόρων που μπορεί ο δέκτης να παρατηρεί ταυτόχρονα. Οι εξελιγμένοι τεχνολογικά δέκτες έχουν την ικανότητα να λαμβάνουν όλους τους εφικτούς ορίζοντες πάνω από τον ορίζοντα. Σε κάθε κανάλι, μέσω της υποστηρίξεως από τους βρόγχους παρατηρήσεως, πραγματοποιείται η επαναφορά των συνιστωσών από το κάθε δορυφορικό σήμα και παράγονται οι μετρήσεις με την χρήση ειδικών τεχνικών συσχέτισης του σήματος που έχει ληφθεί με ένα αντιγραμμένο σήμα που έχει την δυνατότητα να προέρχεται μόνο από τον δέκτη.

Οι βρόγχοι που παρακολουθούν, είναι υπεύθυνοι για να διεξάγουν μετρήσεις σχετικά με τους κώδικες και τις φάσεις. Οι βρόγχοι διακρίνονται:

- α) Σε προσδιορισμού καθυστερήσεως ή αλλιώς Delay Lock Loop, μέσω των οποίων πραγματοποιούνται οι συσχετίσεις με τους ανάλογους κώδικες και με αυτόν τον τρόπο γίνεται εφικτή η εξαγωγή μετρήσεως των ψευδοαποστάσεων,
- β) Σε βρόγχους προσδιορισμού φάσεως ή διαφορετικά Phase Lock Loop, όπου μέσω αυτών μπορεί και υπολογίζεται η μέτρηση των φάσεων.

Οι βρόγχοι Delay Lock Loop και Phase Lock Loop έχουν την ικανότητα να συνεργάζονται αρμονικά μεταξύ τους και να δημιουργού μία αμφίδρομη επικοινωνία ανάμεσα τους. Επιπλέον πολλοί δέκτες περιέχουν ειδικούς βρόγχους μετρήσεως της συχνότητα των φορέων, δηλαδή τους Frequency Lock Loop, οι οποίοι χρησιμοποιούνται είτε για βοήθημα είτε σε περίπτωση που θέλει να αντικαταστήσει κάποιος τους βρόγχους Phase Lock Loop. Στην τελευταία περίπτωση χρησιμοποιούνται κυρίως για την μέτρηση του ρυθμού κατά του οποίου μεταβάλλεται η απόσταση του δορυφόρου από τον δέκτη, με στόχο να υπολογιστεί η ταχύτητα σε οχήματα τα οποία πραγματοποιούν έντονες επιταχύνσεις, όπως είναι τα αεροπλάνα.

Η σειρά των συσχετίσεων ξεκινάει επί το πλείστο με τον κώδικα C/A για την συνιστώσα (L1,C/A,P) στους βρόγχους Delay Lock Loop. Από την στιγμή που πραγματοποιηθεί η προανα-

φερόμενη συσχέτιση για τον κώδικα, το σήμα οδηγείται σε εγκλωβισμό με αποτέλεσμα την εξαγωγή της μετρήσεως της ψευδοαποστάσεως. Έπειτα, ακολουθεί η απομάκρυνση του κώδικα και το σήμα που έχει μείνει, κατευθύνεται στους βρόγχους Phase Lock Loop. Εκεί στους βρόγχους υπάρχει ένα τοπικό αντίγραφο το οποίο ταυτίζεται με το σήμα που έχει εισέλθει. Εν συνεχεία, γίνεται ανάγνωση του μηνύματος πλοηγήσεως τα οποία φεύγει και ο καθαρός ημιτονοειδής φορέας IF που έχει μείνει είναι υπεύθυνος για να υπολογίζει την διαφορά μεταξύ αυτού και του αντίστοιχου τοπικού αντιγράφου. Διότι, ο κώδικας C/A δεν εκπέμπεται μέσω της συχνότητας L2 παρά μόνο ο κώδικας P, ως φυσικά μυστικός κώδικας Y, για την επαναφορά την συνιστώσας L2, χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες τεχνικές για την επαναφορά της συνιστώσας L1. Η σειρά των δορυφόρων BLOCK IIR-M θα μεταδίδει τον κώδικα C/A και στην συχνότητα L2.

Ο μικροεπεξεργαστής τους δέκτη έχει υπό τον έλεγχο του, όλες τις λειτουργίες αυτού. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να ελέγχει τον εγκλωβισμό των δορυφόρων, να επεξεργάζεται το σήμα, να υπολογίζει την θέση σε πραγματικό χρόνο αλλά και να επικοινωνεί ταυτόχρονα με τον χρήστη. Ο μικροεπεξεργαστής θέτεται σε λειτουργία από την στιγμή που ενεργοποιείται ο δέκτης. Επί προσθέτως, ένας λειτουργικά καλός επεξεργαστής με μεγάλη ταχύτητα, μπορεί να εγγυηθεί ότι ο δέκτης θα είναι σε πολύ καλή λειτουργική κατάσταση και φυσικά μπορεί παρέχει πολλά και σημαντικά προτερήματα.



Ο δέκτης για να λειτουργεί πρέπει να τροφοδοτείται με κάποιες ειδικές μπαταρίες αλλά και ο μετασχηματιστής αυτού να είναι τροφοδοτημένος από πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος. Επιπλέον, υπάρχουν πολλοί οργανισμοί οι οποίοι κατασκευάζουν και παρέχουν δικές τους μπαταρίες και συγκεκριμένα καλώδια συνδέσεων. Οι μπαταρίες κατά την διάρκεια παρατηρήσεων αντέχουν μόνο για μερικές ώρες. Παρόλα αυτά, δίνεται η δυνατότητα να συνεχιστούν οι παρατηρήσεις και μετά το πέρας των υπάρχοντων μπαταριών με την προσθήκη καινούριων.

Οι παρατηρήσεις και τα δεδομένα τα οποία προστίθενται από τον χρήστη αποθηκεύονται στην ουσία σε μνήμη κάποιου συγκεκριμένου τύπου όπως για παράδειγμα, συμβατή PCMCIA (εικόνα 3.4.2.1), εσωτερική μνήμη τυχαίας προσπέλασης, εξωτερική μνήμη αλλά και ο σκληρός δίσκος ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή όταν φυσικά υφίσταται σύνδεση. Ανάλογα με την χωρητικότητα της, η μνήμη μπορεί να διαρκέσει για πολλές ώρες παρατηρήσεως έως και αρκετούς μήνες, εξαρτώμενη βέβαια πάντα από τον τύπο της και την εφαρμογή του συστήματος του GPS. Η λήψη του λογισμικού της εφαρμογής στον υπολογιστή είναι πάρα πολύ εύκολη ενέργεια. Η μονάδα που είναι υπεύθυνη για να επικοινωνεί με τον χρήστη, είναι επί το πλείστον είτε χειρι-

Εικόνα 3.4.2.1 Συμβατή μνήμη PCMCIA.

στήριο είτε καταγραφικό. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο ώστε να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και του δέκτη του GPS. Όλοι οι δέκτες περιλαμβάνουν πλήκτρα τα οποία είναι ενσωματωμένα και φωτοδιόδους (led) τα οποία είναι απαραίτητα για βασικές λειτουργίες του δέκτη και για να δίνουν πληροφορίες στους χρήστες για το τι συμβαίνει όταν υπολογίζονται οι μετρήσεις, π.χ. πόσοι δέκτες έχουν ληφθεί. Από την άλλη πλευρά, πολλοί δέκτες έχουν συνεργασία με μία μονάδα η οποία είναι εξωτερική, η οποία είναι συνδεδεμένη είτε με καλώδιο είτε ασύρματα. Αυτή η εξωτερική μονάδα είναι ένας υπολογιστής χειρός που διαθέτει οθόνη LCD και αλφαριθμητικό πληκτρολόγιο. Με την προσθήκη κατάλληλων παραμέτρων, γίνεται πιο εύκολη η επικοινωνία με τον δέκτη. Για παράδειγμα, για να είναι πιο ακριβείς οι μετρήσεις που πραγματοποιεί ο δέκτης εισάγουμε γωνία αποκοπής. Τα τεχνολογικά εξελιγμένα καταγραφικά έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν ασύρματα, δηλαδή μέσω της χρήσεως Bluetooth. Εκτός από τους ήδη ευρέως διαδεδομένους δέκτες, δηλαδή τους τοπογραφικούς και γεωδαιτικούς, υπάρχουν και οι δέκτες κώδικα C/A. Οι δέκτες κώδικα χρησιμοποιούνται για εφαρμογές που έχουν να κάνουν με την πλοήγηση αλλά και για εφαρμογές όπου η ακρίβεια προσδιορισμού θέσεως είναι περιορισμένη. Οι εφαρμογές οι οποίες παρέχουν χαμηλή ακρίβεια είναι η συντριπτική πλειοψηφία κατά την οποία χρησιμοποιείται η συσκευή του GPS σε παγκόσμια κλίμακα που παρουσιάζει τάση που σταδιακά αυξάνεται. Από την άλλη πλευρά, οι γεωδαιτικοί δέκτες μπορούν να υπολογίζουν και να καταχωρούν παρατηρήσεις φάσης (L1/L2). Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για εφαρμογές που παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλή ακρίβεια, π.χ. για έρευνες που έχουν να κάνουν με τοπογραφικές αποτυπώσεις και χαρτογραφήσεις.

3.4.3 Τύποι δεκτών

3.4.3.1 Δέκτες ψευδοαποστάσεων από τον κώδικα C/A

Το GPS χρησιμοποιείται τόσο σε εφαρμογές που έχουν να κάνουν με υψηλή ακρίβεια όσο και σε εφαρμογές όπου οι αντίστοιχες απαιτήσεις είναι μικρότερης σημασίας. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα τα οποία ενδιαφέρονται για την αλιεία, για την πλοήγηση πλοίων, για την ορειβασία. Επί προσθέτως, η συσκευή του GPS χρησιμοποιείται από οργανισμούς αγροτιάς με την προϋπόθεση να καθοριστούν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Οι δέκτες που χρησιμοποιούνται για τις προαναφερόμενες εφαρμογές, είναι ιδιαίτερα φθηνοί, μικρής ακρίβειας, με πολύ μικρές διαστάσεις κα ευρείας χρήσεως. Περιλαμβάνουν από ένα έως έξι κανάλια. Σε περιπτώσεις, όπου ο προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου γίνεται από σταθερή θέση, ένα κανάλι είναι αρκετό, καθώς έχει την ικανότητα να παρακολουθεί πολλούς δορυφόρους. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν ο δέκτης δεν είναι σε σταθερή θέση, για την ταυτόχρονη παρατήρηση τεσσάρων δορυφόρων, απαιτούνται τέσσερα τουλάχιστον κανάλια. Οι συγκεκριμένοι δέκτες έ-

χουν την δυνατότητα να παρουσιάζουν ακρίβεια της τάξεως δεκαπέντε έως πενήντα μέτρα, ανάλογα βέβαια με τα χαρακτηριστικά κάθε τύπου και τον οργανισμό που τους έχει κατασκευάσει. Τα αποτελέσματα είναι αρκετά ικανοποιητικά όταν πρόκειται για ασφαλή ναυσιπλοΐα αλλά για και για την αναβάθμιση χαρτών με μικρή κλίμακα.

3.4.3.2 Δέκτες φέρουσας συχνότητας και κώδικα C/A

Οι δέκτες φέρουσας συχνότητας και κώδικα C/A πραγματοποιούν παρατηρήσεις ψευδοαποστάσεων από τον κώδικα C/A και φάσεων από την φέρουσα συχνότητα L1. Επιπλέον, περιέχουν από τέσσερα έως δώδεκα κανάλια και μπορούν να καταχωρούν σε μνήμη των παρατηρήσεων και φάσεων, σε συνεργασία με τους αντίστοιχους χρόνους. Οι δέκτες που μπορούν να υπολογίζουν τις φάσεις της φέρουσας συχνότητας L2 χωρίς την τεχνική υποστήριξη του κώδικα εξαιρούνται από τους δέκτες αυτού του τύπου. Επιπλέον, οι δέκτες αυτοί έχουν την ικανότητα να περιορίζουν την επίδραση που δέχονται οι φάσεις L1 και L2 από το στρώμα της Ιονόσφαιρας. Τέλος, οι δέκτες αυτοί έχουν πιο χαμηλή αναλογία σήματος προς θόρυβο και έχουν την ικανότητα να παρέχουν λύση και υποστήριξη σε τοπογραφικές εφαρμογές.

3.4.3.3 Δέκτες κώδικα P

Οι αναφερόμενοι δέκτες έχουν την ικανότητα δημιουργίας αντίγραφου του κώδικα P και ταύτισης του δορυφορικού σήματος που έχει ληφθεί, το οποίο διαθέτει ένα τμήμα του κώδικα αναγραφόμενο στις συχνότητες L1 και L2. Μέσω της ταύτισης, γίνεται γνωστό το προαναφερόμενο τμήμα και εν συνεχεία αφαιρείται από το λαμβανόμενο σήμα, με σκοπό την παραμονή σε καθαρό επίπεδο οι συχνότητες L1 και L2 ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις των φάσεων. Η ακρίβεια που παρουσιάζεται είναι της τάξης μερικών εκατοστών για αποστάσεις εκατό χιλιομέτρων. Για να παρουσιάζονται ακριβείς μετρήσεις μερικών εκατοστών για αποστάσεις έως είκοσι χιλιομέτρων σε χρονικό διάστημα δέκα με δεκαπέντε λεπτών, χρησιμοποιείται η μέθοδος wide laning. Πρόκειται για μία μέθοδο που βασίζεται στο γραμμικό συνδυασμό φάσεων L1 και L2. Όταν ο κώδικας Y παίρνει την θέση του κώδικα P (Anti-spoofing), θέτονται σε χρήση μέθοδοι οι οποίοι δεν σχετίζονται με τον κώδικα, μέσω των οποίων πραγματοποιούνται παρακολουθήσεις φάσεων της L2 και ψευδοαποστάσεων από τον κώδικα. Οι δέκτες αυτοί πραγματοποιούν υψηλής ακρίβειας μετρήσεις και μπορούν να δηλωθούν και ως γεωδαιτικοί δέκτες.

3.4.3.4 Δέκτες κώδικα Y

Αυτοί οι δέκτες είναι αποκλειστικής χρήσεως από τις στρατιωτικές αρχές, από άτομα τα οποία είναι εξουσιοδοτημένα από το σύστημα. Επιπλέον, παρουσιάζουν σε κάθε κανάλι έναν ει-

δικό μηχανισμό AOC (Auxiliary Output Chips) έτσι ώστε να μπορούν εύκολα να πραγματοποιούν μετάφραση του κώδικα Y σε κώδικα P. Επί προσθέτως, μπορούν να διορθώνουν τις αλλοιώσεις μέσω της επιλεκτικής διαθεσιμότητας SA (Selective Availability) παραμέτρων τόσο του χρόνου όσο και της τροχιάς των δορυφόρων.

3.4.4 Είδη μετρήσεων GPS

Οι μετρήσεις του συστήματος του GPS διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, οι οποίες είναι οι μετρήσεις κώδικα ή ψευδοαποστάσεων και οι μετρήσεις φάσεων. Οι μετρήσεις κώδικα επικεντρώνονται στη ταύτιση του τμήματος του κώδικα κατά την χρονική διάρκεια που πραγματοποιείται η μετάδοση του από το σημείο του δορυφόρου, με το τμήμα του κώδικα που αναπαράγεται όταν γίνει η λήψη από τον δορυφόρο. Η διαδικασία αυτή ορίζεται και ως διαδικασία ταύτισης των κωδικών. Μόλις φύγει ο κώδικας από το μήνυμα που έχει εισέλθει και μόλις πραγματοποιηθεί το φιλτράρισμα, γίνεται η λήψη του σήματος πριν να παραμορφωθεί εξαιτίας του κώδικα. Κατά την διάρκεια που γίνεται σύγκριση μεταξύ του σήματος που λαμβάνει ο δορυφόρος και του αντίγραφου του σήματος που έχει ο δέκτης παρουσιάζεται ένα κλασματικό μέρος της φάσης του σήματος. Αυτή είναι και η τεχνική που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις φάσεων.

Μέσω της διαδικασίας ταύτισης των κωδικών γίνεται η εξασφάλιση όλων των συνιστωσών του σήματος από τον δορυφόρο. Πιο συγκεκριμένα, αναγνωρίζεται το ρολόι του δορυφόρου, το ναυτιλιακό σήμα και η φέρουσα συχνότητα του σήματος. Για να τεθεί όμως σε ισχύ η προαναφερόμενη διαδικασία είναι απαραίτητο να γνωρίζει κανείς έναν από του κωδικούς τουλάχιστον. Για να λειτουργήσει σωστά η τεχνική της ταύτισης πρέπει να πραγματοποιηθούν τα ακόλουθα βήματα. Αρχικά, ο δέκτης μεταδίδει ένα σήμα. Εν συνεχεία, ένα αντίγραφο του γνωστού κώδικα μορφοποιεί το εκπεμπόμενο το σήμα. Μετέπειτα, το σήμα που γίνεται, ταυτίζεται με το σήμα του δορυφόρου, το οποίο ο δέκτης λαμβάνει. Τα δύο σήματα κινούνται ιδανικά στην κλίμακα του χρόνου ώστε να έχουν τον καλύτερο δυνατό συγχρονισμό. Μόλις φύγει ο κώδικας, το εισερχόμενο σήμα διαθέτει συγχρόνως το μήνυμα ναυσιπλοΐας, που μέσω της υποστήριξης ενός ειδικού φίλτρου, το οποίο κάνει εφικτή την δίοδο υψηλών συχνοτήτων, πραγματοποιείται η αποκωδικοποίηση και η απομάκρυνση αυτού. Επειδή η χρησιμοποίηση του κώδικα είναι υποχρεωτική, η διαδικασία ταύτισης των κωδικών εφαρμόζεται αποκλειστικά στον κώδικα C/A, με αποτέλεσμα η φέρουσα συχνότητα L1 να μπορεί να κατασκευαστεί ξανά. Σε περίπτωση που τεθεί σε διαθεσιμότητα και ο κώδικας P, τότε μέσω αυτής της διαδικασίας μπορούν να κατασκευαστούν ξανά και οι δύο φέρουσες συχνότητες L1 και L2.

Με την χρησιμοποίηση της διαδικασίας ταύτισης του κώδικα C/A, μπορεί να επιτευχθεί η αποκωδικοποίηση του ναυτιλιακού σήματος, το οποίο διαθέτει το HOW. Αυτό είναι η βασική προϋπόθεση για την ταύτιση με χρήση του πιο αποτελεσματικού κώδικα P.

Το Υπουργείο Αμύνης των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής δεν έχει επιτρέψει την ελεύθερη χρήση του κώδικα P για πολιτικά γεγονότα από την δημιουργία του δορυφορικού συστήματος GPS μέχρι σήμερα παρά μόνο σε πολύ ειδικές περιστάσεις. Εξαιτίας αυτού του λόγου οι οργανισμοί που κατασκεύασαν τους δέκτες εφάρμοσαν νέες μετρήσεις αλγόριθμων, οι οποίες είναι βασισμένες σε διαδικασίες που δεν εξαρτώνται από τον κώδικα, με σκοπό να ανακατασκευάσουν την φέρουσα συχνότητα σήματος από τον δορυφόρο, μέσω της οποίας [πραγματοποιείται ο υπολογισμός της φάσεως. Η πλειοψηφία των δεκτών είναι βασισμένη σε μία υβριδική τεχνική, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η ανακατασκευή της φέρουσας συχνότητας L1 με την διαδικασία ταύτισης των κωδικών, κάνοντας χρήση το κώδικα C/A με παράλληλη εφαρμογή μιας διαδικασίας που δεν εξαρτάται από τον κώδικα, για να ανασκευαστεί η φέρουσα συχνότητα L2.

3.4.5 Τεχνικές Συσχέτισης

Οι κώδικες αποδιαμορφώνουν το σήμα με ορισμένες τεχνικές οι οποίες αναφέρονται παρακάτω. Μέσω μίας αμφίδρομης συνεργασίας των βρόγχων DLL και PLL επιτυγχάνεται η αποδιαμόρφωση του δορυφορικού σήματος αλλά παράλληλα και η επαναφορά των συνιστωσών. Για να γίνει εφικτή η εξαγωγή του μηνύματος δεδομένων, πρέπει ο κοινός δέκτης χειρός που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό αποκλειστικά του κώδικα C/A να διαθέτει βρόγχους PLL για την συσχέτιση των φορέων.

3.4.5.1 Τεχνική διασυσχέτισης

Οι MacDoran et al. ήταν οι πρώτοι που ανέπτυξαν την μέθοδο διασυσχέτισης. Πρόκειται για μία τεχνική βασισμένη στο γεγονός ότι ο κώδικας Y είναι κοινός και στα δύο φέροντα κύματα με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η διασυσχέτιση των σημάτων L1 και L2. Κατά την διάρκεια που διαδίδονται τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία προέρχονται από την ιονόσφαιρα, ο κώδικας Y στην φέρουσα συχνότητα L1 είναι ελάχιστα πιο γρήγορος από τον αντίστοιχο στην φέρουσα συχνότητα L2. Για να προβεί κάποιος στην σύγκριση μεταξύ των σημάτων L1 και L2 χρειάζεται μία καθυστέρηση η οποία αντιστοιχεί στον υπολογισμό της διαφοράς του χρόνου εκπομπής μεταξύ των δύο σημάτων. Η καθυστέρηση του δορυφορικού σήματος L2 μπορεί και μεταβάλλεται και πρέπει να μορφοποιηθεί ιδανικά με σκοπό να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ταύτιση μεταξύ των δύο σημάτων.

3.4.5.2 Τεχνική Τετραγωνισμού

Ο Counselman (εικόνα 3.4.5.2.1) ήταν το πρώτο άτομο που υλοποίησε αυτήν την τεχνική το 1981. Η τεχνική αυτή είναι βασισμένη στην αυτό-ταύτιση του λαμβανόμενου δορυφορικού σήματος. Πιο συγκεκριμένα το λαμβανόμενο δορυφορικό σήμα πολλαπλασιάζεται με τον ε-αυτό του, με αποτέλεσμα όλες οι μορφοποιήσεις που προκύπτουν να εξαφανίζονται. Με την χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου προκύπτει ένα δορυφορικό σήμα το οποίο δεν περιέχει κώδικες με την διπλάσια συχνότητα με συνέπεια το μήκος κύματος του να είναι το μισό. Ένα βασικό προτέρημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν υπάρχει εξάρτηση στους κώδικες. Όμως υπάρχει σημαντική έλλειψη λεπτομέρειας για την τροχιά και το χρονόμετρο του δορυφόρου. Επιπροσθέτως με την εφαρμογή αυτής της τεχνικής ο ήχος γίνεται πιο δυνατός και έντονος. Τέλος, ένα βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι υπάρχει ασάφεια φάσεων όσον αφορά τα τετραγωνισμένα σήματα.



Εικόνα 3.4.5.2.1 Εδώ βλέπουμε τον επιστήμονα, Counselman.

3.4.5.3 Τεχνική Z-Tracking

Αυτή η τεχνική είναι η πιο τεχνολογικά εξελιγμένη και η πιο καινούρια χρονικά και οι πρώτοι επιστήμονες που παρουσίασαν αυτήν την μέθοδο ήταν Lorenz (εικόνα 3.4.5.3.1) και ο Ashjaee το 1992. Επιπλέον, πρόκειται για την πιο αποτελεσματική μέθοδο για να αποκρύπτει τον κώδικα Y. Επιπροσθέτως, ο κώδικας Y ταυτίζεται χωριστά με ένα αντίγραφο του κώδικα P, το οποίο προέρχεται από τον δέκτη, τόσο στην συχνότητα L1 όσο και στην αντίστοιχη L2. Από την στιγμή που γίνεται χωριστή ταύτιση στην L1 και στην L2, η κάθε συχνότητα λαμβάνει τον κώδικα W. Η συνολική διαδικασία είναι η ακόλουθη. Πιο συγκεκριμένα, τα φέροντα κύματα και στις δύο συχνότητες περιέχουν και τους δύο κώδικες, με αποτέλεσμα όταν ολοκληρωθεί ιδανικά το σήμα, ο άγνωστος κώδικας υπολογίζεται για κάθε συχνότητα και μετέπειτα γίνεται η τροφοδοσία αυτού στην άλλη συχνότητα. Ο υπολογισμός αυτός παίζει καθοριστικό ρόλο για να φύγει ο άγνωστος κώδικας από το δορυφορικό σήμα. Για να ολοκληρωθεί όμως σωστά η προαναφερόμενη διαδικασία, εφαρμόζεται ένα χαμηλοπέρατο φίλτρο το οποίο κάνει εφικτή την διόδο δύο συχνοτήτων οι οποίες είναι χαμηλές.



Εικόνα 3.4.5.3.1 Ο επιστήμονας Lorenz.

Η απομάκρυνση του άγνωστου κώδικα, έχει ως αποτέλεσμα την κατεύθυνση σε παρόμοια σήματα αλλά και στην περίπτωση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα ο κώδικας Y. Έτσι, τίθενται σε διαθεσιμότητα τόσο αποστάσεις που έρχονται από τη χρησιμοποίηση κωδικών όσο και φέρουσες φάσεις L1 και L2 με πλήρης μήκος κύματος. Οι ψευδοαποστάσεις που προκύπτουν από την χρησιμοποίηση του κώδικα Y είναι οι αντίστοιχες που λαμβάνει η τεχνική συσχέτισης μέσω της υποστήριξης του κώδικα P.

3.5. Παρατηρήσεις - Μετρήσεις GPS

Η επεξεργασία των δορυφορικών σημάτων είναι ιδιαίτερα δύσκολη, διότι για να την πραγματοποιήσει κάποιος πρέπει να διαθέτει ψηφιακές γνώσεις και να έχει την ικανότητα να επεξεργάζεται τα αναλογικά σήματα αλλά και τα ηλεκτρονικά. Η βασική δομή του δορυφορικού συστήματος είναι δύο φορείς L1 και L2, οι οποίοι έχουν διαμορφωθεί από δύο κώδικες PRN και ένα μήνυμα που περιέχει δεδομένα. Για να παρατηρήσει κανείς την ψευδοαπόσταση πρέπει να πραγματοποιήσει μετρήσεις στους κώδικες ενώ για την παρακολούθηση της φάσεως πρέπει να γίνουν οι αντίστοιχες μετρήσεις στις φορείς.

Η κεραία του δέκτη έχει την ικανότητα να λαμβάνει τα αδύναμα δορυφορικά σήματα από όλους τους διαθέσιμους ορατούς δορυφόρους. Τα σήματα αυτά ενισχύονται όσο το δυνατόν περισσότερο και εν συνεχεία ενσωματώνονται στο τμήμα των ραδιοσυχνοτήτων. Παρατηρούνται ορισμένες διαφοροποιήσεις στις συχνότητες L1 και L2, καθώς το δορυφορικό σήμα καταφθάνει στον δέκτη. Αυτό συμβαίνει λόγω του φαινομένου Doppler, διότι υπάρχει μία σχετική κινητικότητα πάντοτε μεταξύ του δέκτη και των δορυφόρων. Σε περίπτωση, που η απόσταση μεταξύ του δέκτη και του ελαχιστοποιείται, τότε η συχνότητα στο δέκτη γίνεται πιο ισχυρή, ενώ όταν η συχνότητα ελαχιστοποιείται, η απόσταση μεγαλώνει.

Κάθε διάυλος έχει προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να ταυτίζει το δορυφορικό σήμα που έχει λάβει με ένα τοπικά παραγόμενο αντίγραφο, το οποίο υπόκειται αποκλειστικά σε έναν δορυφόρο και έτσι μπορεί και παρατηρεί τον ίδιο δορυφόρο αν και εισέρχεται η συνολική ποσότητα των δορυφορικών σημάτων. Τα σήματα μπορούν να διαχωρίζονται μεταξύ τους καθώς οι κώδικες PRN δεν ταυτίζονται. Πιο συγκεκριμένα, η ταύτιση δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή ενώ παράλληλα διαπιστώνεται υψηλή ταύτιση όταν ταυτίζεται ένας ορισμένος κώδικας PRN με το αντίγραφο του.

Για να πραγματοποιηθεί η ταύτιση των κωδικών PRN, πρέπει να γίνει ένας πολλαπλασιασμός των ψηφίων ενός τμήματος του κώδικα που εισέρχεται με τα αντίστοιχα ψηφία ενός όμοιας χρονικής διάρκειας του αντίγραφου. Αν τα αντίστοιχα ψηφία είναι κοινά, το γινόμενο είναι συν ένα, ενώ σε αντίθετη περίπτωση είναι μείων ένα. Τα προαναφερόμενα γινόμενα προστίθενται μεταξύ

τους συνολικά και το αποτέλεσμα που προκύπτει, διαιρείται με τον αριθμό των ψηφίων του τμήματος. Εν συνεχεία, παρέχει μία ορισμένη τιμή η οποία αν είναι κοντά στην μονάδα, οι δυο κώδικες συσχετίζονται μεταξύ τους, σε αντίθετη περίπτωση μεταβάλλεται το αντίγραφο όσο χρειάζεται ώστε να γίνεται πραγματικότητα η μέγιστη συσχέτιση.

Όταν λειτουργεί ο δέκτης και έχει καταχωρημένο στην μνήμη του το almanac από προηγούμενους υπολογισμούς, τότε αν μπορεί και θυμάται τις προσεγγιστικές του γεωγραφικές συντεταγμένες, αναγνωρίζει άμεσα τους δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά πάνω από τον ορίζοντα του και έτσι συντονίζει αμέσως τους διαύλους για την λήψη και επεξεργασία του δορυφορικού σήματος. Οι μετρήσεις του έχουν συνολική διάρκεια μικρότερης του ενός λεπτού. Αντιθέτως, αν ο δέκτης δεν έχει στην μνήμη του κάποιο καταχωρημένο almanac, αρχίζει και κάνει έρευνες, μέσω της παραγωγής αντίγραφων κωδικών για διαφορετικούς δορυφόρους και επιχειρεί ταυτίσεις, με τον σκοπό να επιτύχει την μέγιστη δυνατή ταύτιση του σήματος αποκλειστικά ενός δορυφόρου. Έτσι, μπορεί και κάνει ανάγνωση του μηνύματος ναυσιπλοΐας, δηλαδή του almanac.

Το τμήμα των ραδιοσυχνοτήτων του δέκτη επεξεργάζεται το σήμα. Προτού, εισαχθεί το σύνολο των δορυφορικών σημάτων σε κάθε κανάλι για να επιτευχθεί η επαναφορά των συνιστωσών του και να εφαρμοσθούν οι υπολογισμοί στους βρόγχους παρακολουθήσεως συχνότητα του σήματος ελαττώνεται έτσι ώστε ο δέκτης να το διαχειριστεί, διότι μεγαλώνει το μήκος κύματος. Η ελάττωση πραγματοποιείται τμηματικά σε έναν αριθμό συνεχόμενων μειώσεων με τελικό αποτέλεσμα την δημιουργία μίας συχνότητας χτύπων IF. Η ενδιάμεση συχνότητα IF είναι αυτή που επεξεργάζεται για να παραχθούν οι παρατηρήσεις.

3.5.1 Η Παρατήρηση της Ψευδοαπόστασης

Οι μετρήσεις και οι μέθοδοι παρακολουθήσεως είναι εξαρτημένες από τον τύπο του δέκτη που είναι σε χρήση. Οι δέκτες GPS διακρίνονται σε δέκτες συσχετισμού και δέκτες τετραγωνισμού. Όσον αφορά, τους δέκτες συσχετισμού διαθέτουν ένα ακριβές αντίγραφο του κώδικα το οποίο μεταδίδεται από τον δορυφόρο και δεν σχετίζεται με λαμβανόμενο σήμα, εξαιτίας των καθυστερήσεων που υπάρχουν μέχρι να κατευθυνθεί στην περιοχή του δέκτη. Στο κάθε βρόγχο παρακολουθήσεως DLL του δέκτη, το αντίγραφο του κώδικα C/A που παράγεται για έναν ορισμένο δορυφόρο, μεταβάλλεται διαρκώς ως προς το χρόνο, με αμφότερο σκοπό την ταύτιση εξ ολοκλήρου με τον αντίστοιχο κώδικα του IF-μηνύματος που εισέρχεται. Διότι, ο κώδικας C/A ανανεώνεται ανά 1ms, η συσχέτιση γίνεται επί το πλείστο σε ένα κομμάτι του κώδικα και μένει να πραγματοποιηθεί προσδιορισμός για ένα αριθμό ακέραιων ms με στόχο να υπολογιστεί κατά πόσο μετατοπίστηκε ο συνολικός χρόνος του ταξιδιού.

Ο δέκτης μπορεί και δίνει λύσεις σε αυτές τις ασάφειες υπολογισμών που δημιουργούνται. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της προσεγγιστικής θέσης του δέκτη για να εκτιμηθεί με σαφήνεια ακριβέστερη των τριακόσιων χιλιομέτρων περίπου ανά ms η απόσταση μεταξύ του δορυφόρου και του δέκτη. Ακολουθώς, μπορεί να εφαρμοσθεί μέσω της λέξης TLM του μηνύματος δεδομένων.

Όταν υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ δορυφόρου και δέκτη, αφού προηγουμένως πραγματοποιηθεί η ταύτιση, το αντίγραφο μετατοπίζεται διαρκώς, με σκοπό να παραμένει το 'κλείδωμα' του αντίγραφου κώδικα ως προς το σήμα που εισέρχεται και να μπορούν να γίνονται συνεχόμενες μετρήσεις.

Τα ρολόγια δεν είναι τέλεια συγχρονισμένα, με αποτέλεσμα ο χρόνος ταξιδιού, άρα και η ψευδοαπόσταση να δέχονται επιδράσεις από τα σφάλματα συγχρονισμού του δέκτη και του δορυφόρου σε σχέση με τον χρόνο του GPS. Με αποτέλεσμα η απόσταση που εκτιμάται να ορίζεται και ως ψευδοαπόσταση. Επιπροσθέτως, το δορυφορικό σήμα δεν κατευθύνεται στο στρώμα της ατμόσφαιρας με την αντίστοιχη ταχύτητα του φωτός στο κενό, με συνέπεια η ψευδοαπόσταση να πρέπει να υποστεί διορθώσεις έτσι ώστε να συμβαδίζει με τις ατμοσφαιρικές καθυστερήσεις με αμφότερο σκοπό την μεταμόρφωση σε μία καθαρά γεωμετρική απόσταση. Η χρονική ασάφεια της συσχέτισης των δύο κωδικών ισούται για τον κώδικα P με 0,3, ενώ για τον κώδικα C/A με 3 m. Από την στιγμή που εκτιμάται ο χρόνος ταξιδιού, υπολογίζεται ταυτόχρονα και ο δορυφορικός χρόνος μετάδοσης, ο οποίος όμως δέχεται επιδράσεις από τα σφάλματα τα οποία προέρχονται από τα ρολόγια του δέκτη και του δορυφόρου σε σχέση με τον χρόνο του GPS. Το μήνυμα δεδομένων είναι καθοριστικός παράγοντας για την εκτίμηση του σφάλματος του δορυφόρου, ενώ κατά την διάρκεια που προσδιορίζεται η θέση του δέκτη, παρουσιάζεται και το σφάλμα του ρολογιού του δέκτη.

Στην εκκίνηση των υπολογισμών, ο δέκτης πραγματοποιεί ορισμένες μετρήσεις ψευδοαποστάσεων, με αποτέλεσμα να εκτιμάει ταυτόχρονα κατά την λύση πλοήγησης τη διόρθωση που απαιτεί το ρολόι του και μπορεί να κάνει συγχρονισμό σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με το ρολόι του GPS. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να συντηρεί την ονομαστική του κλίμακα κοντά στην κλίμακα χρόνου του GPS κατά την συνολική διάρκεια των μετρήσεων. Κατά την διάρκεια που γίνεται ταύτιση μεταξύ του κώδικα C/A που έχει ληφθεί και του αντίγραφου αυτού, το σήμα που εξέρχεται χρειάζεται επιπλέον επεξεργασία. Αρχικά, για την απαλοιφή των κωδικών γίνεται πολλαπλασιασμός αυτών με τα αντίστοιχα αντίγραφα τους. Εν συνεχεία, γίνεται η ανάγνωση του μηνύματος δεδομένων, αφού όμως προηγουμένως έχει πραγματοποιηθεί η ταύτιση του φορέα IF, ο οποίος δεν διαθέτει κώδικες, με ένα αντίγραφο που προέρχεται από τον δέκτη στον βρόγχο παρακολούθησης PLL. Επιπλέον, γίνεται η ανάγνωση της λέξεως HOW, με την προϋπό-

θεση να πραγματοποιηθεί γρήγορη ταύτιση με τον κώδικα P, ώστε ο δέκτης να πραγματοποιεί μετρήσεις ψευδοαποστάσεων και στον κώδικα P.

3.5.2 Η Παρατήρηση της Φάσης

Πρόκειται για ένα άλλο σημαντικό είδος παρατηρήσεων το οποίο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ακρίβεια από την αντίστοιχη παρατήρηση της ψευδοαποστάσεων. Αυτές οι παρατηρήσεις πραγματοποιούν μετρήσεις φάσης στα φερόμενα κύματα. Αυτές οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με πολύ μεγάλη ακρίβεια της τάξης περίπου των δύο mm. Ο δέκτης παράγει ημιτονοειδές αντίγραφο IF σταθερής ονομαστικής συχνότητας, στον βρόγχο παρακολούθησης PLL, το οποίο μεταβάλλει την θέση του έτσι ώστε να μπορεί να συσχετιστεί με την φάση του εισερχόμενου φορέα IF, ο οποίος αναγκάζεται να μετατοπιστεί λόγω του φαινομένου Doppler. Όταν, πραγματοποιηθεί η συσχέτιση, μπορεί να γίνει ανάγνωση του μηνύματος δεδομένων.

Εν συνεχεία, εξαφανίζεται το μήνυμα δεδομένων και στο τέλος πραγματοποιείται ο υπολογισμός της φάσης του καθαρού φορέα IF. Η διαφορά φάσεως μεταξύ του δορυφορικού σήματος που εκπέμπεται την στιγμή που λαμβάνεται από τον δέκτη και της φάση ενός σήματος που προέρχεται από γνωστή συχνότητα, το οποίο ο δέκτης παράγει εσωτερικά κατά την διάρκεια της λήψεως του, αποτελεί την ποσότητα που υπολογίζεται στο σημείο του δέκτη.

Η προαναφερόμενη μεταβολή θέσεως του αντιγράφου για να πραγματοποιηθεί η συσχέτιση, συμβαίνει στον πιο κοντινό κύκλο και θεωρείται σαν ένα κλασματικό μέρος του κύκλου, στην αριθμητική ορολογία. Με το που πραγματοποιηθεί το πρώτο κλείδωμα του σήματος, ο δέκτης έχει την δυνατότητα να υπολογίζει το κλασματικό κομμάτι του κύκλου, παρόλα αυτά όμως δεν έχει την ικανότητα να ξέρει τον ακριβή αριθμό των ακέραιων κύκλων που ισοδυναμούν στην απόσταση μεταξύ του δέκτη και του δορυφόρου, με σκοπό να ανακύψει η μεταξύ τους απόσταση με σχεδόν απόλυτη ακρίβεια. Εν τάχει, οι υπολογισμοί της φάσεως δηλώνουν το πρόβλημα της ασάφειας για να προσδιοριστεί σε ακέραια μορφή ο αριθμός N.

Από την πρώτη στιγμή που επιτευχθεί η απομόνωση της φάσεως, ο δέκτης έχει την ικανότητα να παρατηρεί όλες τις διαφοροποιήσεις της φάσεως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, σε κάθε χρονική στιγμή μετά την πρώτη να έχει την δυνατότητα να ξέρει την αθροιστική στιγμιαία φάση. Πιο συγκεκριμένα, να γνωρίζει το συνολικό άθροισμα της υπάρχουσας εκείνη την στιγμή κλασματικής τιμής και τον αριθμό των ακέραιων κύκλων που πήραν μέρος από την αρχή μέχρι την τρέχουσα στιγμή. Ο άγνωστος αριθμός ακέραιων κύκλων θα δημιουργεί μεγάλες ασάφειες στις μετρήσεις των φάσεων. Επιπλέον, ο δέκτης έχει την ικανότητα να υπολογίζει τις μεταβολές στην συχνότητα λόγω του φαινομένου Doppler, καθώς και την ταχύτητα των ακτινών.

Ο ακέραιος αριθμός κύκλων της πρώτης στιγμής της απομόνωσης της φάσεως ορίζεται ως αρχική ασάφεια φάσης ή αλλιώς *initial phase ambiguity*. Επιπλέον, αυτός ο ακέραιος αριθμός δεν μεταβάλλεται για κάθε ζεύγος που αντιστοιχεί στον δορυφόρο και τον δέκτη, αρκεί όμως να μην έχει σημειωθεί καμία παρεμβολή στο σήμα κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Επιπροσθέτως, πρόκειται για μία σημαντική αλλά άγνωστη παράμετρο στις εξισώσεις παρακολούθησεως φάσεως και για να υπάρχουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα πρέπει να γίνουν οι σωστοί υπολογισμοί. Τέλος, για να υπάρχουν ακριβή αποτελέσματα στις αποστάσεις μεταξύ του δορυφόρου και του δέκτη, πρέπει να εφαρμοσθεί η προαναφερόμενη διαδικασία.

Η συνεχόμενη διαφοροποίηση της φάσης δηλώνει την διαρκή μεταβολή της απόστασης της ακτίνας μεταξύ του δορυφόρου και του δέκτη. Αυτό συμβαίνει μόνο σε περίπτωση που δεν υπάρχει απώλεια στο λαμβανόμενο δορυφορικό σήμα. Αντίθετα, αν δημιουργηθούν απώλειες στο δορυφορικό σήμα, αυτό έχει ως συνέπεια να μην γίνει σωστή εκτίμηση των ακέραιων κύκλων. Οι κύκλοι αυτοί ορίζονται και ως κύκλοι ολίσθησης. Ο δέκτης κατά την χρονική στιγμή που πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί, έχει την ικανότητα να ανακαλύψει τους κύκλους ολίσθησης και να διορθώσει τα λάθη που διαπιστώνει. Ο σωστός όμως εντοπισμός πραγματοποιείται από τα λογισμικά του GPS. Σε περίπτωση, που δεν γίνεται ο εντοπισμός των κύκλων ολίσθησεως, αυτό έχει ως συνέπεια την δημιουργία ασάφειας στον δέκτη και στον δορυφόρο. Αυτή η ασάφεια έχει ως συνέπεια την μείωση της ακρίβειας στις τελικές μετρήσεις.

Σε αντίθεση με την παρατήρηση της ψευδοαπόστασης, η παρατήρηση της φάσης δεν εξαρτάται μόνο από τον χρόνο του ταξιδιού. Ο δέκτης έχει την δυνατότητα να υπολογίζει την κλασματική φάση και την μετατόπιση που πραγματοποιείται από την στιγμή που απομακρύνεται το δορυφορικό σήμα και μετέπειτα.

3.5.3 Επίλυση αρχικής ασάφειας φάσης

Βλέποντας κανείς την εξίσωση παρατηρήσεως φάσης του φέροντος κύματος, διαπιστώνει ότι το μεγάλο μειονέκτημα αυτής είναι ο ακριβής υπολογισμός της συνολικής ποσότητας των ακέραιων αριθμών N που ορίζεται και ως αρχική ασάφεια φάσης. Για το λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί νέες μέθοδοι με στόχο να υπολογίσουν με ακρίβεια τον αριθμό αυτόν αλλά και τεχνάσματα τα οποία να μπορούν να δίνουν λύση στα υπόλοιπα σφάλματα που εμφανίζονται στην εξίσωση. Ένα από αυτά τα τεχνάσματα είναι οι διαφορές των αρχικών παρακολούθησεως που δημιουργούνται στον δέκτη, η μεταξύ δορυφόρων την ίδια χρονική εποχή ή και διαφορετική χρονική εποχή. Η εφαρμογή αυτών των διαφορών ορίζεται και ως διαφορικό GPS. Άλλοι μέθοδοι που υλοποιούνται για να δώσουν λύση στο προαναφερόμενο σφάλμα είναι οι ακόλουθοι. Πιο συγκεκριμένα, είναι οι παρακάτω:

- Για την γεωμετρική μέθοδο.
- Συνδυασμός κωδικών και φάσεων.
- Μέθοδοι ανίχνευσης ασαφειών.
- Συνδυασμός όλων των παραπάνω μεθόδων.

Με την χρήση διαφορετικών συνδυασμών της L1 και L2 συχνότητας, ελαττώνονται οι επιδράσεις που προκύπτουν από την ιονοσφαιρική διάθλαση L3, παρέχονται λύσεις που δεν εξαρτώνται από τα ρολόγια και την γεωμετρία των δεκτών L4 και εν κατακλείδι αφανίζεται κάθε συστηματικό σφάλμα L5.

3.5.4 Σχετικιστικές επιδράσεις στο σήμα GPS

Το σύστημα GPS εφαρμόζει ατομικά ρολόγια τα οποία μπορούν να λειτουργούν τόσο στην γήινη επιφάνεια όσο και στους δορυφόρους. Αυτά τα ρολόγια παρουσιάζουν μεγάλη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα στην εξίσωση του χρόνου και στην συχνότητα με την οποία παράγονται τα σήματα. Για παράδειγμα ένα σφάλμα της τάξης ενός δευτερολέπτου ισοδυναμεί με σφάλμα στίγματος 30 εκατοστών. Έτσι, πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι και ένα μικρό σφάλμα στα ατομικά ρολόγια πρέπει να εξεταστεί σοβαρά. Ο δέκτης του συστήματος GPS διαθέτει επίσης ένα ρολόι κρυστάλλου χαλαζία αν και έχει μεγάλη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα στα δύο πρώτα λεπτά, εν συνεχεία χάνει πολύ σε ακρίβεια σε σύγκριση με τα ατομικά ρολόγια.

Ανεξάρτητα την κινητικότητα του δέκτη GPS, δημιουργείται μία σχετική ταχύτητα μεταξύ του κάθε δορυφόρου και του δέκτη. Επιπλέον, οι μετατοπίσεις που υπάρχουν στην θέση του δορυφόρου και την αντίστοιχη του δέκτη, ισοδυναμούν σε διαφορετικό δυναμικό του πεδίου βαρύτητας της γης. Η μέση ταχύτητα που κατευθύνεται ένας δορυφόρος σε μία ελλειπτική τροχιά είναι περίπου 14.000 χιλιόμετρα την ώρα και ανήκει σε διαφορετική επίδραση του πεδίου βαρύτητας ανάλογα με το στίγμα του.

Οι υπολογισμοί του δορυφορικού συστήματος GPS πραγματοποιούνται στην γη, στην οποία συντονίζεται και ο χρόνος αυτού. Επιπλέον θα πρέπει να γίνουν έρευνες για την επίδραση στο χρόνο αλλά και στην συχνότητα των ατομικών ρολογιών, λόγω του φαινομένου της σχετικής ταχύτητας. Αν δεν ληφθούν υπόψη τα παραπάνω το σύστημα του GPS θα έχει αρνητικές συνέπειες.

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας αναφέρει ότι ένας παρατηρητής που είναι σε ένα ήρεμο περιβάλλον, υπολογίζει μεγαλύτερη χρονική διάρκεια σε σχέση με την αντίστοιχη χρονική διάρκεια που αισθάνεται ένας άλλος παρατηρητής ο οποίος κατευθύνεται ως προς αυτόν, για παράδειγμα ένας παρατηρητής που βρίσκεται στον δορυφόρο. Η διαστολή του χρόνου είναι ο βασικός

λόγος για τον οποίον τα κινούμενα ρολόγια είναι πιο αργά από τα αντίστοιχα που μένουν ακίνητα.

Μία άλλη βασική σχετικιστική διόρθωση είναι ο δορυφόρος είναι τοποθετημένος σε ύψος περίπου 20.000 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης και αυτό έχει ως συνέπεια να δέχεται σημαντικές επιδράσεις από ένα διαφορετικό γεωδυναμικό από το αντίστοιχο της γης. Η γενική θεωρία της σχετικότητας ορίζεται ως εξής: ο χρόνος του δορυφόρου κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα όταν τον αντιλαμβάνεται ένας παρατηρητής από την επιφάνεια της γης σε σχέση με τον χρόνο που κινείται στον δορυφόρο. Αυτό συμβαίνει διότι ο δορυφόρος είναι τοποθετημένος σε πιο αδύναμο γεωδυναμικό πεδίο από το αντίστοιχο της γήινης επιφάνειας.

Οι δύο παραπάνω σχετικιστικές επιδράσεις έχουν σημαντικές επιδράσεις στο δορυφορικό σύστημα του GPS. Πιο συγκεκριμένα, ο συνδυασμός των προαναφερόμενων, προκαλεί σφάλμα στίγματος σε διάστημα μόλις δύο λεπτών της τάξης των δεκαέξι μέτρων, στο διάστημα εξήντα λεπτών περίπου μισό χιλιόμετρο, ενώ σε διάστημα 24 ωρών παρουσιάζει σφάλμα μεγαλύτερο των δέκα χιλιομέτρων. Συνεπώς, χωρίς την διόρθωση των σχετικιστικών επιδράσεων, το σύστημα του GPS δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει ομαλά και θα υπονομευόταν σοβαρά η αποτελεσματικότητα και η ακρίβεια αυτού. Τέλος, επειδή η σχετικιστική επίδραση είναι όμοια για όλα τα δορυφορικά συστήματα, το σύστημα ελέγχου πραγματοποίησε διαφοροποιήσεις στην θεμελιώδη συχνότητα πριν από την εκτόξευση των δορυφόρων σε fs, με σκοπό όταν ο δέκτης της γης παρατηρεί το δορυφορικό σήμα να έχει υλοποιηθεί η σχεδιασμένη θεμελιώδη συχνότητα fo.

3.6 Σφάλματα και πηγές σφαλμάτων GPS

Υπάρχει μία σειρά σφαλμάτων, με συστηματικό χαρακτήρα, τα οποία επηρεάζουν άμεσα τον προσδιορισμό θέσεως στις παρατηρήσεις του συστήματος GPS. Αυτά τα σφάλματα τα οποία δεν μπορούν να αποφευχθούν κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων, αποκαλούνται τις περισσότερες φορές και ως θόρυβος. Τα σφάλματα του GPS διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες, οι οποίες είναι οι ακόλουθες. Η πρώτη κατηγορία έχει να κάνει με τα σφάλματα τα οποία έχουν επίδραση στο σύστημα των δορυφόρων. Πιο συγκεκριμένα, τα σφάλματα είναι α) της δορυφορικής τροχιάς ή της εφημερίδας, β) του δορυφορικού ρολογιού γ) της επιλεκτικής διαθεσιμότητας. Η δεύτερη κατηγορία έχει να κάνει με τα σφάλματα που επηρεάζουν τον δέκτη. Πιο συγκεκριμένα, τα σφάλματα είναι α) του ρολογιού του δέκτη, β) της μεταβολής του κέντρου φάσεως της κεραίας γ) το τυχαίο σφάλμα παρατηρήσεως και δ) λόγω αβεβαιότητας του γνωστού σημείου κατά την επίλυση μίας βάσης και η Τρίτη κατηγορία έχει να κάνει με σφάλματα που αφορούν την διάδοση του δορυφορικού σήματος. Πιο συγκεκριμένα, τα σφάλματα αυτής της κατηγορίας είναι:

1. Ατμοσφαιρικά.
2. Ιονοσφαιρικά.
3. Πολυανάκλασης.
4. Το σφάλμα της ολίσθησης των κύκλων.

Προσπάθειες για την επίλυση των σφαλμάτων έχουν γίνει πολλές. Πριν από την συνόρθωση όμως δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια ο σχετικός προσδιορισμός θέσεως. Η μοντελοποίηση των σφαλμάτων του GPS προκαλεί μεγάλη αύξηση των παραμέτρων που δεν γνωρίζονται στα μοντέλα συνόρθωσης και ελαττώνει την ισχύ της λύσεως. Η γεωμετρική μορφή του δορυφορικού σχηματισμού προκαλεί πολλές διαφοροποιήσεις στον προσδιορισμό θέσης και χρόνου.

3.6.1 Το σφάλμα της τροχιάς των δορυφόρων

Το σφάλμα της τροχιάς των δορυφόρων έχει σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητα της κάθε εφαρμογής που διαθέτει το δορυφορικό σύστημα του GPS. Το σφάλμα της τροχιάς παρεκκλίνει συστηματικά την θέση και την ταχύτητα του δορυφόρου από την πραγματική θέση αλλά και την θέση που έχει προκύψει με βάση τις παρατηρήσεις για να υπολογιστεί η τροχιά και των μαθηματικών μοντέλων που τέθηκαν σε ισχύ. Για να προκύψει η επίδραση που γίνεται στο σφάλμα θέσης του δέκτη δεν πρέπει να πραγματοποιηθεί πολλαπλασιασμός με τον συντελεστή PDOP. Για να προσδιοριστεί με ακρίβεια η δορυφορική τροχιά, υπάρχουν διάφοροι επιφορτισμένοι σταθμοί στην γήινη επιφάνεια, με σκοπό τον ακριβή προσδιορισμό των ποικίλων στοιχείων των δορυφόρων του GPS. Μόλις, πραγματοποιηθεί η εκτίμηση της τροχιάς, αυτή η λύση εκπέμπεται μέσω της χρήσεως των σταθμών στους δορυφόρους και εν συνεχεία μέσω του μηνύματος ναυσιπλοΐας στους δέκτες του GPS. Από την στιγμή που οι μετρήσεις δεν διαθέτουν σφάλματα, οι εφημερίδες που έχουν εκπεμφθεί από τους δορυφόρους για την τροχιά τους δεν έχουν την κανονική θέση του δορυφόρου αλλά κάποια άλλη που είναι η πλησιέστερη με κάποιο σφάλμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ακτινική συνιστώσα του σφάλματος τροχιάς να υπονομεύει τον προσδιορισμό της απόστασης. Επιπλέον, αλλοιώνεται σημαντικά και η θέση του χρήστη σε σχέση με τον προσδιορισμό της θέσεως μονού σταθμού ή αλλιώς single station. Ο διαφορικός προσδιορισμός εξαφανίζει τα λάθη τροχιάς για τους γειτονικούς σταθμούς. Για παράδειγμα, αν υπολογίσουμε μία απόσταση της τάξης είκοσι χιλιομέτρων, τότε ένα σφάλμα περίπου είκοσι μέτρων στην δορυφορική τροχιά που είναι σε απόσταση είκοσι χιλιάδων χιλιομέτρων, αντιστοιχεί σε ένα σφάλμα δύο εκατοστών στην θέση του δέκτη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ότι για κάθε είκοσι μέτρα σφάλματος στην δορυφορική τροχιά, υπάρχει ένα σφάλμα της τάξης ενός ppm.

3.6.2 Το σφάλμα του ρολογιού του δορυφόρου

Η αιτία του σφάλματος αυτού είναι ότι δεν συγχρονίζεται το ατομικό ρολόι του έκαστος δορυφόρου σε σχέση με τον χρόνο GPS, ο οποίος αποτελεί την βασική κλίμακα χρόνου του δορυφορικού συστήματος. Αυτό συμβαίνει διότι αντί να διορθωθεί ο χρόνος στο ατομικό ρολόι του κάθε δορυφόρου, επιλέχθηκε η ελεύθερη ροή χρόνου και αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να προκληθεί απόκλιση των ονομαστικών κλιμάκων των δορυφόρων από την κλίμακα του GPS και να πραγματοποιηθούν μετρήσεις των αντίστοιχων σφαλμάτων με πρόβλεψη για χρησιμοποίηση σε πραγματικό χρόνο. Για να υπολογιστεί το σφάλμα του κάθε δορυφόρου, χρησιμοποιούνται μία πολυωνυμική σχέση με τρεις συντελεστές. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για τον συντελεστή a_0 (bias, clock offset), τον συντελεστή a_1 (drift scale) και τέλος ο συντελεστής a_2 (drift rate), οι οποίοι διαδίδονται μέσω του μηνύματος πλοηγείας και παρουσιάζει ακρίβεια περίπου έξι μέτρων. Κατά την διάρκεια που προσδιορίζεται η σχετική θέση, το σφάλμα αυτό εξαφανίζεται από τις παρατηρήσεις. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι το σφάλμα αυτό μας είναι παντελώς αδιάφορο. Όταν, πραγματοποιείται η απόλυτη θέση σε πραγματικό χρόνο το σφάλμα τότε γίνεται τελείως αδιάφορο.

3.6.3 Το σφάλμα του ρολογιού του δέκτη

Ο δέκτης χρησιμοποιεί έναν κοινό ταλαντωτή ή ρολόι τύπου κρυστάλλου χαλαζία, για να μπορεί να παράγει σήματα-αντίγραφα και για να διατηρεί την ονομαστική του κλίμακα χρόνου. Αυτός ο κοινός ταλαντωτής παρουσιάζει λιγότερη ακρίβεια από τα ατομικά χρονόμετρα, διότι ειδάλλως το κόστος του θα ήταν τρομερά μεγάλο από ότι το συνηθισμένο. Οι δορυφόροι είναι εξοπλισμένοι με ατομικά χρονόμετρα ακρίβειας τα οποία ζυγίζουν περισσότερα από είκοσι κιλά και το κόστος αυτών είναι τουλάχιστον πενήντα χιλιάδες δολάρια. Επιπλέον, χρειάζονται εκτεταμένη φροντίδα για να εξασφαλιστεί με βεβαιότητα η συντήρησή τους. Ένα σφάλμα που είναι ιδιαίτερα σημαντικό, είναι αυτό που προκύπτει από το να μην συγχρονίζεται σωστά το ρολόι του δέκτη με την κλίμακα χρόνου του GPS. Ο δέκτης έχει την ικανότητα να εκτιμάει το σφάλμα του ρολογιού του με μεγάλη ακρίβεια της τάξεως του ενός ms και έχει την ικανότητα διόρθωσης του χρόνου του ως προς το χρόνο GPS. Το σφάλμα αυτό, μπορεί να εκτιμάται σε κάθε στιγμή που πραγματοποιείται παρατήρηση και να εξαφανίζεται επ' αορίστου από τις παρατηρήσεις στον προσδιορισμό της σχετικής θέσεως. Τέλος, όταν πραγματοποιούνται υπολογισμοί απόλυτης θέσεως σε πραγματικό χρόνο γίνονται ταυτόχρονα με την θέση.

3.6.4 Οι μεταβολές του κέντρου φάσης της κεραίας

Ο προσδιορισμός του ύψους της κεραίας από το σημείο εδάφους έχει ως σημείο αναφοράς ARP (Antenna Reference Point) το μηχανικό, η φυσικό κέντρο της κεραίας ενός δέκτη GPS. Τα δορυφορικά σήματα όπου καταγράφονται οι μετρήσεις GPS, λαμβάνονται από το ηλεκτρικό κέντρο της κεραίας ή αλλιώς το κέντρο φάσης. Τα κέντρα φάσης των κεραιών ορίζουν τα άκρα μίας βάσης GPS. Το κέντρο φάσης μίας κεραίας δεν θεωρείται ένα φυσικό ή σταθερό σημείο που μπορεί να υπολογίσει αμέσως, λόγω των ιδιόμορφων χαρακτηριστικών μίας κεραίας και δεν συσχετίζεται με το μηχανικό κέντρο. Επιπλέον, ο κάθε φορέας για μία κεραία L1/L2 διαθέτει διαφορετικό κέντρο φάσεως, το οποίο αλλάζει την κατεύθυνση του σήματος του δορυφόρου κάθε φορά που ο δορυφόρος κινείται ως προς τον δέκτη. Τα κέντρα φάσεως δέχονται μετατοπίσεις της τάξης λίγων χιλιοστών, γεγονός που μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες σε εφαρμογές που η υψηλή ακρίβεια είναι απαραίτητη. Αν αυτές οι μετατοπίσεις δεν ληφθούν υπόψη, το σφάλμα μπορεί να φτάσει και τα δέκα εκατοστά στην υψομετρική διαφορά.

Η γωνία ύψους καθώς και το αζιμούθιο, διότι η πλειοψηφία των κεραιών παρουσιάζουν συμμετρία ως προς το αζιμούθιο προκαλούν μεγάλες μεταβολές στα κέντρα φάσεως PVC (Phase Center Variations). Βέβαια, αν χρησιμοποιηθούν ίδιες κεραίες στα άκρα της βάσης GPS με κοινό προσανατολισμό, η επίδραση που προκαλεί η μεταβολή στα κέντρα φάσεως απομακρύνεται σε μεγάλο βαθμό, για παράδειγμα η χρησιμοποίηση του μαγνητικού αζιμούθιου με την υποστήριξη μίας πυξίδας.

Όταν υπάρχουν διαφορετικοί τύποι κεραιών, οι οποίοι μάλιστα προέρχονται και από διαφορετικό κατασκευαστή, πρέπει να υπολογίζεται και η διόρθωση των παρατηρήσεως λόγω της διαφοροποίησης των κέντρων φάσεων, με αμφότερο σκοπό την μεταφορά των κέντρων φάσεων στα αντίστοιχα ARP και μετέπειτα στην επιφάνεια του εδάφους. Οι υπηρεσίες IGS και η NGS πραγματοποιούν διάφορες μεθόδους και τεχνικές βαθμονόμησης των κεραιών με αμφότερο σκοπό τον υπολογισμό της διαφοράς μεταξύ κέντρου φάσεως και μηχανικού κέντρου.

Μέσω της βαθμονόμησης, μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια οι μέσες τιμές των μετατοπίσεων των κέντρων φάσεως ως προς το ARP, ξεχωριστά για κάθε φέρουσα συχνότητα κατά τις κατευθύνσεις των αξόνων τοποκεντρικού γεωδαιτικού συστήματος με αριστερή στροφή ή με ίδια δύναμη όσο και οι μετατοπίσεις τους PVC (Phase Center Variations) οι οποίες προκύπτουν ανάλογα με την γωνία ύψους ενενήντα μοιρών έως μηδέν μοίρες με βήμα πέντε μοιρών. Οι μέσες τιμές που παρουσιάζουν οι μεταβολές των κέντρων φάσεων πρέπει να τίθενται σε ισχύ επί το πλείστο στις γεωδαιτικές και τοπογραφικές εφαρμογές, αντίθετα αν επιζητείται η μέγιστη δυνατή ακρίβεια πρέπει να χρησιμοποιούνται και οι μετατοπίσεις των κέντρων φάσεων.

3.6.5 Το τυχαίο σφάλμα παρατήρησης

Ο θόρυβος ή αλλιώς το τυχαίο σφάλμα είναι πολύ δύσκολο να αποφευχθεί τόσο σε κάθε παρατήρηση του δορυφορικού συστήματος GPS όσο και σε κάθε παρατήρηση κλασσικού τύπου, όπου τίθενται σε ισχύ συστήματα μετρήσεων. Ο ορισμός τυχαίο αντιστοιχεί στο σφάλμα που κατά μέσο όρο τείνει στο μηδέν όσο μεγαλώνουν σε ποσότητα οι επαναλήψεις της μέτρησης κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Οι πρωτογενείς μετρήσεις παρουσιάζουν ακρίβεια της τάξεως μισού έως ενός εκατοστού του μήκους κύματος. Οι μετρήσεις που έχουν να κάνουν με τον κώδικα C/A είναι της τάξεως 1.5 έως 3 μέτρα, για τον κώδικα P οι μετρήσεις παρουσιάζουν ακρίβεια της τάξης των δεκαπέντε έως τριάντα εκατοστών, ενώ για τις φάσεις της τάξης της τάξης του ενός έως δύο mm. Τέλος, χρησιμοποιούνται γραμμικοί συνδυασμοί για τον προσδιορισμό σχετικής θέσεως, διότι διαθέτουν αρκετά προτερήματα. Όμως, αυτό έχει ως συνέπεια να επικρατεί μεγαλύτερη αβεβαιότητα.

3.6.6 Το σφάλμα αβεβαιότητας του γνωστού σημείου

Κάθε σφάλμα στην θέση του σημείου το οποίο δεν μεταβάλλεται κατά τον υπολογισμό ενός σχετικού προσδιορισμού μίας θέσεως, ασκεί σταδιακή επίδραση στους υπολογισμούς των συνιστωσών. Για τις γεωδαιτικές και τοπογραφικές εφαρμογές, η ακρίβεια των προσεγγιστικών συντεταγμένων του λαμβανόμενου ως σταθερού σημείου πρέπει να είναι μικρότερη της τάξης των δέκα μέτρων. Σε εφαρμογές όπου ζητείται η μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, η ακρίβεια που πρέπει να υπάρχει για τις συντεταγμένες του σταθερού σημείου να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Τέλος, η επίδραση του προαναφερόμενου σφάλματος ισοδυναμεί με του αντίστοιχου της τροχιάς.

3.6.7 Η δομή της ατμόσφαιρας και τα ατμοσφαιρικά σφάλματα

Ως ατμόσφαιρα ορίζεται η περιοχή που περιβάλλει την γήινη επιφάνεια. Λόγω της ύπαρξης της ατμόσφαιρας είναι εφικτή και ύπαρξη ζωής στην γη καθώς και τα μετεωρολογικά φαινόμενα που είναι ευρέως γνωστά σε όλους. Η ατμόσφαιρα της γης διαχωρίζεται σε σφαιρικά στρώματα τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους μέσω των στενών ζωνών μεταβιβάσεως. Η συντριπτική πλειοψηφία των αερίων βρίσκεται στα πρώτα σαράντα χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης. Σε υψόμετρο που βρίσκεται χίλια χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, μπορούν και διαφεύγουν τα ατμοσφαιρικά αέρια στο στρώμα της ατμόσφαιρας. Τα στρώματα της γήινης επιφάνειας διακρίνονται με βάση των μεταβολών της θερμοκρασίας.

Η ατμόσφαιρα διακρίνεται α)στην τροπόσφαιρα η οποία έχει ως μέγιστο υψόμετρο δεκατέσσερα χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, β)στην στρατόσφαιρα η οποία βρίσκεται από δεκαοχτώ χιλιόμετρα έως πενήντα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, γ)στην μεσόσφαιρα που βρίσκεται από πενήντα έως ογδόντα χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, δ)την ιονόσφαιρα που βρίσκεται από ογδόντα έως τριακόσια πενήντα χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και ε)στην εξώσφαιρα που βρίσκεται τριακόσια πενήντα έως χίλια χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Τέλος ,μετά την εξώσφαιρα βρίσκεται ένας διαπλανητικός χώρος, όπου υπάρχουν δύο κατηγορίες σφαλμάτων, το ιονοσφαιρικό και το ατμοσφαιρικό σφάλμα.

3.6.7.1 Το τροποσφαιρικό σφάλμα

Η τροπόσφαιρα και η Ιονόσφαιρα προκαλούν χρονικές καθυστερήσεις, γεγονός που οφείλεται στην επιβράδυνση της ταχύτητας διάδοσης αλλά και καμπυλότητα της τροχιάς που γίνεται εξαιτίας της μεταβολής κατευθύνσεως σε σχέση με την ευθύγραμμη διαδρομή στο κενό. Αυτή η επίδραση της τροπόσφαιρας και της ιονόσφαιρας έχει οριστεί ως τροποσφαιρικό και ιονοσφαιρικό σφάλμα αντίστοιχα ή αλλιώς τροποσφαιρική και ιονοσφαιρική καθυστέρηση.

Για την απαλοιφή του σφαλμάτων της ατμόσφαιρας τίθενται σε χρήση μετρήσεις προς τους δορυφόρους που έχουν γωνία ύψους πάνω από δεκαπέντε μοίρες. Αυτή η γωνία που ορίζεται και ως γωνία αποκοπής είναι επί το πλείστο δέκα ή δεκαπέντε μοίρες. Η τροπόσφαιρα είναι το κατώτερο τμήμα της ατμόσφαιρας και εκτείνεται σε ύψος εννέα χιλιομέτρων στους πόλους και μέχρι δεκαέξι χιλιόμετρα στον ισημερινό. Τέλος, περιέχει και ένα μικρό τμήμα της στρατόσφαιρας στο οποίο έχει ιδιαίτερα μικρή δράση και έτσι η τροπόσφαιρα έχει επικρατήσει να λέγεται ότι εκτείνεται μέχρι τα περίπου σαράντα πέντε με πενήντα χιλιόμετρα.

Η τροποσφαιρική διάθλαση στην μη ιονισμένη τροπόσφαιρα υλοποιεί το σφάλμα της τροπόσφαιρας και αυτό έχει ως συνέπεια να καθυστερεί το σήμα στην διαδρομή του προς τον προορισμό του. Μέσο διασποράς για τα ραδιοκύματα των δεκαπέντε GHz δεν αποτελεί η τροπόσφαιρα. Πιο συγκεκριμένα, η μετατόπιση του δείκτη διάθλασης δεν αντίστοιχη σε συνάρτηση της συχνότητας του δορυφορικού σήματος όπως συμβαίνει στο στρώμα της Ιονόσφαιρας. Η ομάδα και η φάση έχουν ακριβώς την ίδια χρονική καθυστέρηση. Η καθυστέρηση που προκαλεί η τροπόσφαιρα οφείλονται στην θερμοκρασία, την πίεση και την υγρασία, δηλαδή από τον ξηρό και υγρό παράγοντα αντίστοιχα. Τέλος, αποτελεί συνάρτηση της αποστάσεως που πραγματοποιεί το δορυφορικό σήμα στο στρώμα της τροπόσφαιρας, της ζενιθιακής γωνίας του δορυφόρου καθώς και του υψομέτρου του δέκτη.

Το σφάλμα της τροπόσφαιρας ασκεί δράση στους κώδικες και στις φάσεις ανεξαρτήτως τι συμβαίνει στην συχνότητα L1 και L2. Το τροποσφαιρικό σφάλμα δεν έχει την δυνατότητα να εξαφανίζεται με δέκτες δύο συχνοτήτων. Γνωστά μοντέλα για μικρές βάσεις μπορούν να υπολογίσουν σε αρκετά καλό επίπεδο το σφάλμα αυτό. Το σφάλμα της τροπόσφαιρας είναι της τάξης των 2-2.5 μέτρων με διεύθυνση προς το ζενίθ, παρουσιάζει σφάλμα της τάξεως είκοσι μέτρων για γωνία ύψους των είκοσι μοιρών, ενώ για γωνίες που είναι μικρότερες από πέντε μοίρες φθάνει περίπου τα τριάντα μέτρα. Η μοντελοποίηση του στρώματος της τροπόσφαιρας κοντά στον ορατό ορίζοντα δεν έχει τα αναμενόμενα επιθυμητά αποτελέσματα και για τον λόγο αυτό δεν γίνονται οι παρατηρήσεις των αντίστοιχων δορυφόρων.

3.6.7.2 Το ιονοσφαιρικό σφάλμα

Η ιονόσφαιρα είναι ένα μέσο διασποράς για το δορυφορικό σήμα του GPS. Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης διάθλασης είναι εξαρτώμενος της συχνότητας του σήματος και αυτό το συμβάν είναι το ιδανικό για τις παρατηρήσεις του GPS αλλά και για τις δύο φέρουσες συχνότητες L1 και L2. Αυτή είναι και η βασική αιτία που δημιουργήθηκε η δεύτερη συχνότητα στο δορυφορικό σήμα του GPS. Με την χρήση δεκτών διπλής συχνότητας είναι εφικτό η εξαφάνιση του ιονοσφαιρικού σφάλματος με την χρήση πάντοτε ειδικού γραμμικού συνδυασμού που περιλαμβάνει πρωτογενείς παρατηρήσεις των δύο φορέων. Η δημιουργία των ελεύθερων φορτισμένων σωματιδίων, όπως των ηλεκτρονίων που προέρχονται από άτομα οξυγόνου, έχουν κύριο λόγο δημιουργίας την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή η ακτινοβολία είναι καθοριστικός παράγοντας για τον βαθμό πυκνότητας της ιονόσφαιρας. Τα ηλεκτρόνια, που αφήνονται ελεύθερα από τα άτομα και τα μόρια των αερίων που κυκλοφορούν στο στρώμα της ιονόσφαιρας, ασκούν μεγάλη επίδραση στον τρόπο διάδοσης του δορυφορικού σήματος. Πιο συγκεκριμένα, μεταβάλλουν την ταχύτητα, την διεύθυνση και την πολικότητα. Τέλος, την μεγαλύτερη επίδραση την ασκούν στην ταχύτητα και αυτό έχει ως συνέπεια στην απόσταση μεταξύ του δέκτη και του δορυφόρου.

Η ιονοσφαιρική διάθλαση προκαλεί σημαντικές καθυστερήσεις στις μετρήσεις των κωδίκων. Επιπλέον, αυξάνει σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα φάσης των φορέων. Η διόρθωση που πραγματοποιείται στους κώδικες C/A και P είναι ισοδύναμη αλλά με αντίθετο τρόπο με την αντίστοιχη διόρθωση που συμβαίνει στις φάσεις, γεγονός που γίνεται εύκολα αντιληπτό αν προσέξει κανείς τα πρόσημα των όρων στις αντίστοιχες εξισώσεις των παρατηρήσεων. Το μέγεθος του ιονοσφαιρικού σφάλματος έχει εύρος ζώνης από ένα μέτρο έως και πάνω από εκατό μέτρα στον ορατό ορίζοντα. Κατά την χρονική στιγμή που επικρατεί η νύχτα, το ιονοσφαιρικό σφάλμα παρουσιάζει μία μείωση πενταπλάσια ίσως και περισσότερες φορές από την αντίστοιχη που παρουσιάζει κατά την χρονική στιγμή που βασιλεύει ο ήλιος. Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχει μικρό-

τερο TEC (Total Electron Content). Η καθυστέρηση που μπορεί να έχει το σφάλμα που προέρχεται από το στρώμα της Ιονόσφαιρας είναι αντίστοιχη της πυκνότητας των ηλεκτρονίων TEC, δηλαδή η συνολική ποσότητα των ηλεκτρονίων ανά τετραγωνικό μέτρο (πιο απλά το σύνολο των ηλεκτρονίων που βρίσκονται στην στήλη κυλίνδρου διατομής ενός τετραγωνικού μέτρου γύρω από την διαδρομή του δορυφορικού σήματος) και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της συχνότητας F του φορέα L1 και L2.

Κεφάλαιο 4^ο

4. Χρήση και εφαρμογές του GPS

4.1 Εφαρμογές του συστήματος GPS

Αρχικά, το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) σχεδιάστηκε για στρατιωτικές και κατασκοπευτικές εφαρμογές κατά την περίοδο της κορύφωσης του Ψυχρού Πολέμου και συγκεκριμένα, τη δεκαετία του 1960. Ωστόσο, από τη δεκαετία του 1980 και ύστερα, το GPS είναι διαθέσιμο και για πολιτικές εφαρμογές. Σήμερα, εκατομμύρια χρήστες βασίζονται στη δορυφορική πλοήγηση για να προσδιορίζουν τη διαδρομή τους από το σημείο Α προς το σημείο Β και για πολλές άλλες εφαρμογές εκτός από αυτό.

Η πλέον προφανής εφαρμογή GPS είναι η δορυφορική πλοήγηση για οχήματα, αεροσκάφη και πλοία (εικόνα 4.1.1). Παρέχει σε όλους όσους διαθέτουν ένα λήπτη GPS, τη δυνατότητα να προσδιορίζουν τη ταχύτητα και τη θέση τους στο χάρτη, στον αέρα ή στη θάλασσα, με εξαιρετική ακρίβεια. Οι οδηγοί μπορούν να χρησιμοποιούν φορητές συσκευές δορυφορικής πλοήγησης αυτοκινήτου για να ακολουθήσουν μία διαδρομή. Επιπλέον, να εντοπίζουν εναλλακτικά δρομολόγια για την παράκαμψη κυκλοφοριακών προβλημάτων και με το εγκαταστημένο πρόσθετο λογισμικό να λαμβάνουν ενημερώσεις και προειδοποιήσεις σχετικά με τις θέσεις καμερών ασφάλειας.



Εικόνα 4.1.1 Παράδειγμα δορυφορικής πλοήγησης για οχήματα.

Το GPS χρησιμοποιείται από μία πληθώρα διαφορετικών χρηστών. Άτομα που πεζοπορούν και άλλοι φυσιολάτρες μπορούν να χρησιμοποιούν τους δέκτες GPS για να ελέγχουν κατά πόσον ακολουθούν την επιλεγμένη διαδρομή και να επισημαίνουν σημεία συνάντησης κατά μήκος αυτής. Τέλος, τα άτομα που συμμετέχουν στο παιχνίδι της γεωαναζήτησης χρησιμοποιούν ιδιαίτερα το δορυφορικό αυτό σύστημα. Πρόκειται για ένα είδος κυνηγιού θησαυρού της ψηφιακής εποχής, όπου οι χρήστες χρησιμοποιούν ακριβή σήματα GPS για να εντοπίσουν μία κρυψώνα.

Οι υπηρεσίες πρώτων βοηθειών, για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους δέκτες GPS όχι μόνο για να προσδιορίζουν τη διαδρομή προς το σημείο ενός συμβάντος πιο γρήγορα από ποτέ, αλλά και για να εντοπίζουν το σημείο ενός ατυχήματος, παρέχοντας στο βοηθητικό προσωπικό τη δυνατότητα να εντοπίσει γρήγορα το σημείο.

Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης στη θάλασσα και υπό ακραίες καιρικές συνθήκες στην ξηρά, όταν ο χρόνος μπορεί να αποτελεί ζήτημα ζωής ή θανάτου.

Οι επιστήμονες και οι μηχανικοί μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν δέκτες GPS στο πλαίσιο επιστημονικών πειραμάτων και για την παρακολούθηση της γεωλογικής δραστηριότητας, όπως π.χ. των σεισμικών δονήσεων, των σεισμών και της ηφαιστειακής ροής. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιούν συσκευές GPS εγκαταστημένες σε στρατηγικά σημεία που τους συνδράμουν στην παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής και άλλων φαινομένων. Επιπροσθέτως, το GPS μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί για την σύνταξη χαρτών εξαιρετικής ακρίβειας.

4.2 Εφαρμογή του GPS στην αεροπλοΐα

Ο Έλεγχος Εναέριας Κυκλοφορίας (EEK) είναι μία υπηρεσία, η οποία παρέχεται στους αεροναυτιλομένους με στόχο την πρόληψη των συγκρούσεων μεταξύ αεροσκαφών, την πρόληψη των συγκρούσεων μεταξύ αεροσκαφών και εμποδίων στην περιοχή ελιγμών ενός αεροδρομίου και την επιτάχυνση και διατήρηση τακτικής ροής της εναέριας κυκλοφορίας. Ο διεθνής όρος που χρησιμοποιείται γι' αυτήν την υπηρεσία είναι ATC (Air Traffic Control). Οι υπηρεσίες εναέριας κυκλοφορίας είναι λοιπόν υπεύθυνες



Εικόνα 4.2.1 Μια οθόνη της υπηρεσίας ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας

για τον ασφαλή διαχωρισμό των αεροσκαφών στον αέρα και στο έδαφος (στη περιοχή ελιγμών ενός αεροδρομίου), για την στοιχειοθέτηση και διανομή των πολλαπλών πληροφοριών που είναι αναγκαίες να διατίθενται προς τους πιλότους σε μόνιμη, εποχιακή ή παροδική βάση και για τη συγκέντρωση όλων των απαραίτητων φορέων και μέσων σε περιπτώσεις που απειλείται ή ενδέχεται να απειληθεί η ασφάλεια πτήσεων. Στο έργο τους οι υπηρεσίες εναέριας κυκλοφορίας υποστηρίζονται από τις υπόλοιπες υπηρεσίες αεροναυτιλίας οι οποίες είναι υπεύθυνες μεταξύ άλλων και για την κατασκευή, την συντήρηση και την εφαρμογή πολύπλοκων και εντελώς εξειδικευμένων ηλεκτρονικών συστημάτων. Τέλος, όσοι φορείς παρέχουν όλες τις παραπάνω υπηρεσίες οφείλουν να τηρούν ειδικούς κανονισμούς ασφαλείας.

Στις αχανείς ωκεάνιες ή ερημικές περιοχές είναι αδύνατον να εγκατασταθούν ραντάρ. Μέχρι σήμερα ο έλεγχος εκεί γίνεται διαδικαστικά (χωρίς ραντάρ), αλλά η θέση του αεροπλάνου είναι γνωστή στον αυτόματο πιλότο κάθε αεροσκάφους λόγω της χρήσης του GPS στην πολιτική αεροπορία. Για τα σημερινά μοντέρνα αεροπλάνα, το σύστημα FMS τους (Flight Management

System - σύστημα διαχείρισης πτήσης) είναι μια θεμελιώδης συνιστώσα των σύγχρονων ηλεκτρονικών αεροσκαφών. Το σύστημα διαχείρισης πτήσης είναι ένα εξειδικευμένο σύστημα υπολογιστή που αυτοματοποιεί μια μεγάλη ποικιλία εργασιών κατά την πτήση, που αποσκοπεί την μείωση του φόρτου εργασίας του πληρώματος πτήσης. Μια πρωταρχική λειτουργία του, είναι η εν πτήση διαχείριση του flight plan σχεδίου πτήσης, χρησιμοποιώντας διάφορους αισθητήρες όπως το GPS για να προσδιοριστεί η θέση του αεροσκάφους. Το σύστημα διαχείρισης πτήσης μπορεί να κατευθύνει το αεροσκάφος, σύμφωνα με το σχέδιο πτήσης και ελέγχεται από το πιλοτήριο μέσω μιας μονάδας ελέγχου (εικόνα 4.2.2) η οποία έχει ενσωματωμένη μια μικρή οθόνη και το πληκτρολόγιο ή μία οθόνη αφής. Το ίδιο το αεροπλάνο εκπέμπει αυτόματα την θέση του και όλα τα άλλα σχετικά στοιχεία του, υπό μια μορφή ενός σήματος σαν εκείνο της κινητής τηλεφωνίας. Έτσι, η ΕΕΚ μπορεί άνετα να απεικονίσει την θέση του σε μια οθόνη που δεν διαφέρει από εκείνη του ραντάρ, με την μόνη διαφορά ότι δεν προέρχεται από ραντάρ. Το σύστημα αυτό μπορεί να δουλέψει ουσιαστικά παντού και κατά προτίμηση, όπου υπάρχει κάλυψη από σύστημα εντοπισμού με δορυφόρους (GPS)



Εικόνα 4.2.2 Παράδειγμα της μονάδας ελέγχου του FMS

Το μόνο πρόβλημα είναι το νομικό. Με τον όρο αυτό εννοούμε ότι η ΕΕΚ εξαρτάται από ένα σύστημα πτήσης του αεροπλάνου για να της δώσει την ακρίβεια των στοιχείων που της είναι απαραίτητα, εξ ου και ο όρος Εξαρτώμενη Επίβλεψη. Προφανώς θα υπάρξουν ειδικές νομικές ρυθμίσεις για την χρήση ενός τέτοιου συστήματος. Σήμερα χρησιμοποιείται ως πρόσθετη δευτερεύουσα πληροφορία στον Ατλαντικό από τις ΗΠΑ και στον Ειρηνικό απ την Γαλλία που ασκεί τον έλεγχο σε μεγάλο τμήμα του νότιου ανατολικού Ειρηνικού με βάσεις στην Ταϊτή και στην Ν. Καληδονία.

4.3 Στρατιωτική εφαρμογή του GPS στρατό

Οι στρατιωτικές εφαρμογές του GPS εκτείνονται σε πολλούς σκοπούς. Πιο συγκεκριμένα, στην ναυσιπλοΐα με τον εντοπισμό των στόχων, σε βλήματα και προωστική καθοδήγηση, αναγνώριση και δημιουργία χαρτών και τέλος αναζήτηση και διάσωση.

Στην ναυσιπλοΐα, το GPS επιτρέπει στους στρατιώτες να βρουν τους στόχους στο σκοτάδι ή στο άγνωστο έδαφος, και να συντονίσουν τη μετακίνηση των στρατευμάτων και των προμηθειών. Οι δέκτες GPS, όπου οι διοικητές και οι στρατιώτες χρησιμοποιούν, καλούνται αντίστοιχα, ψηφιακοί βοηθοί διοικητών και ψηφιακοί βοηθοί στρατιωτών.

Για τον εντοπισμό των στόχων, τα διάφορα στρατιωτικά συστήματα όπλων χρησιμοποιούν το GPS στους πιθανούς στόχους εδάφους και αέρα προτού να τους χαρακτηρίσουν ως εχθρικούς. Αυτά τα οπλικά συστήματα χρησιμοποιούν το GPS για να συντονίσουν τους στόχους με τους οδηγούς ακριβείας πυρομαχικών για να τους επιτρέψουν να “κλειδώσουν” τους στόχους με ακρίβεια.

Το GPS επιτρέπει την ακριβή στοχοθέτηση των διάφορων στρατιωτικών όπλων συμπεριλαμβανομένου ICBMs (Intercontinental Ballistic Missile). Οι ICBM είναι διηπειρωτικοί βαλλιστικοί πύραυλοι με μια ελάχιστη ακτίνα βολής 5.500 χιλιομέτρων και έχουν σχεδιαστεί κυρίως για να φέρουν πυρηνικά όπλα (φέρουν



Εικόνα 4.3.1 Σύστημα εκτόξευσης ρουκετών Tornado-G και ρουκετών καθοδηγούμενες με GPS.

μια ή περισσότερες θερμοπυρηνικές κεφαλές), επίσης φέρουν και τα συμβατικά, χημικά και βιολογικά όπλα. Επιπλέον, το GPS το χρησιμοποιούν και στα βλήματα κρουαζιέρας και των οδηγών ακριβείας πυρομαχικών. Τα βλήματα κρουαζιέρας είναι τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη που έχουν ως σκοπό να φέρουν μια μεγάλη συμβατική ή πυρηνική κεφαλή πυραύλου πολλές εκατοντάδες χιλιόμετρα με την άριστη ακρίβεια. Το GPS χρησιμοποιείται και στα βλήματα πυροβολικού, μέσω των ενσωματωμένων δεκτών GPS που έχουν αναπτυχθεί για τη χρήση στα ομβόλα όπλα 155 εκατοστών, ικανούς να αντισταθούν στις επιταχύνσεις 12,000G.

Στην αναζήτηση και διάσωση το GPS χρησιμοποιείται για τους πιλότους που έχουν αποδεδειγμένα από το αεροσκάφος τους, για να μπορούν να βρεθούν γρηγορότερα όταν έχουν έναν δέκτη GPS.

Για την αναγνώριση και δημιουργία χαρτών το στρατιωτικό GPS χρησιμοποιείται εκτενώς στη χαρτογράφηση και την αναγνώριση ενίσχυσης του.

4.4 Εφαρμογή του GPS στην γεωδαισία – τοπογραφία

Τοπογραφία. Οι γεωδαιτικοί δέκτες GPS είναι δέκτες μεγαλύτερης ακρίβειας αλλά και κόστους που χρησιμοποιούνται για γεωδαιτικές και τοπογραφικές εργασίες. Οι συνήθεις τοπογραφικές εργασίες περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό της θέσης σημείων στο έδαφος, σε κτίρια, σε έργα οδοποιίας κτλ., αλλά και τη χάραξη-τοποθέτηση σημείων στο έδαφος που προέρχονται από υπολογισμούς μια μελέτης. Οι δέκτες αυτοί συνήθως χρησιμοποιούν και τις δύο συχνότητες ώστε να αυξήσουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Νέες τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί τα τε-

λευταία χρόνια, όπως της δημιουργίας εικονικού σταθμού (VRS), έχουν δώσει τη δυνατότητα ακόμα και με δέκτες μια συχνότητας να υπάρχουν ακριβή αποτελέσματα. Χαρτογραφία και GIS. Δέκτες GPS που χρησιμοποιούν δεδομένα μόνο από τη φέρουσα συχνότητα L1 χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων χαρτογράφησης. Οι δέκτες αυτοί μπορούν να λειτουργήσουν συνεργατικά με κάποιο Γεωγραφικό Σύστημα πληροφοριών (GIS) ή άλλα χαρτογραφικά έργα όπως το Open Street Map για άμεση απεικόνιση της πληροφορίας που συλλέγεται. Τέτοιοι δέκτες είναι ενσωματωμένοι πλέον στα περισσότερα κινητά νέας τεχνολογίας, σε συστήματα πλοήγησης αυτοκινήτου κτλ.

Διάφορες τεχνικές επεξεργασίας των δεδομένων GPS καθώς και η εγκατάσταση μόνιμων σταθμών GPS έχει δώσει τη δυνατότητα παρακολούθησης των τεκτονικών μετατοπίσεων και μικρών μετακινήσεων του στερεού φλοιού της γης. Ειδικά στην Ελλάδα, που αποτελεί την πιο ενεργή τεκτονικά περιοχή της Ευρώπης,



Εικόνα 4.4.1 Μόνιμος σταθμός γεωδαιτικής παρακολούθησης GPS.

Η χρήση του GPS στη γεωφυσική και στη γεωδαισία έχει ξεκινήσει από τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Η χρήση πλέον του GPS στις επιστήμες της Γεωδαισίας και της Γεωφυσικής είναι ευρεία και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό παγκόσμιων Συστημάτων αναφοράς (ITRF), για την παρακολούθηση τεκτονικών μετατοπίσεων, για την παρακολούθηση μικρών μετακινήσεων σε τεχνικά έργα και περιοχές κατολισθητικών φαινομένων, για την παρατήρηση ηφαιστειακής δραστηριότητας (πχ Σαντορίνη) και για την καταγραφή της επίδρασης μεγάλων σεισμών, (πχ, Κεφαλονιά, Ιαπωνία).

Η ακρίβεια προσδιορισμού του μήκους βάσεων με τη χρησιμοποίηση του GPS έχει φθάσει την τάξη του 0.1 ppm (parts per million). Η ακρίβεια αυτή σημαίνει π.χ. 3 εκατοστά σφάλμα στη μέτρηση μιας απόστασης περίπου 300 χιλιομέτρων. Τέτοιες ακρίβειες καθιστούν ικανοποιητική την εφαρμογή του GPS σε περιπτώσεις γεωδυναμικής, όπως είναι η παρακολούθηση της μικρής μετακίνησης των τεκτονικών πλακών, η παρακολούθηση της μικρής μετακίνησης σημείων σε σεισμογενείς περιοχές πριν και μετά από κάποιον σεισμό και η παρακολούθηση της παραμόρφωσης της επιφάνειας του εδάφους που προκαλείται πριν από την έκρηξη κάποιου ηφαιστείου. Η μέθοδος μέτρησης με δέκτες GPS είναι σχετικά γρήγορη, ανεξάρτητη καιρικών συνθηκών και δεν απαιτεί πολυμελές προσωπικό. Συνηθισμένη πρακτική χρησιμοποίηση του GPS παρατηρείται σε περιπτώσεις παρακολούθησης μεγάλων γεωλογικών ρηγμάτων, όπου εγκαθίστανται και μετρούνται περιοδικά σταθμοί από τη μια και την άλλη πλευρά του ρήγματος.

Ένα βασικό πλεονέκτημα του GPS είναι το γεγονός ότι παρέχει τρισδιάστατη πληροφορία (x, y, z) για τα σημεία μέτρησης. Το χαρακτηριστικό αυτό σε συνδυασμό με την ικανοποιητική ακρίβεια καθιστούν το σύστημα κατάλληλο και για την εφαρμογή του σε παρακολούθηση παραμορφώσεων τεχνικών έργων και εδαφών. Έτσι σε περίπτωση παρακολούθησης μεγάλων τεχνικών έργων, όπως π.χ. τα υδροηλεκτρικά φράγματα, η ακρίβεια λίγων χιλιοστών για 1 χιλιόμετρο ή πολύ λίγων εκατοστών για δεκάδες χιλιόμετρα που παρέχει το GPS κρίνονται γενικά κατάλληλες για την εκτέλεση μετρήσεων. Ένα ακόμη πλεονέκτημα του GPS είναι η δυνατότητα μόνιμης εγκατάστασης δέκτη ή δεκτών σε επιλεγμένα σημεία του έργου τα οποία θα εκτελούν συνεχή καταγραφή της θέσης με τηλεχειρισμό και online σύνδεση με κεντρικό υπολογιστή.



Εικόνα 4.4.2 Δέκτης GPS.

Τέλος, με τις διάφορες μεθόδους σχετικού προσδιορισμού είναι δυνατή σήμερα και η εκτέλεση απλών σχετικά τοπογραφικών εργασιών, όπως η μέτρηση των στάσεων για την αποτύπωση μιας περιοχής, αντί για τις κλασικές μεθόδους της πολυγωνομετρίας, αλλά και η κτηματογράφηση, δηλαδή η αποτύπωση ορίων ιδιοκτησιών. Θα πρέπει όμως εδώ να γίνει η παρατήρηση ότι το GPS παρέχει είτε διανύσματα στο χώρο, είτε τρισδιάστατες διαφορές συντεταγμένων που αναφέρονται στο WGS-84 (World Geodetic System) το οποίο είναι ένα βασικό σύστημα συντεταγμένων για τη Γη που χρησιμοποιείται για την χαρτογραφία, γεωδαισία, και την πλοήγηση από το GPS. Για την χρησιμοποίηση των στοιχείων αυτών, θα πρέπει να γίνονται κατάλληλες αλλαγές στα σημεία αναφοράς (Datum) και προβολικών συστημάτων, η βασική αρχή λειτουργίας των προβολικών συστημάτων είναι πολύ απλή, αφού ο βασικός τους σκοπός έγκειται στο να μεγεθύνουν και να εστιάσουν την παραγόμενη εικόνα σε μια επίπεδη λευκή επιφάνεια λίγα μέτρα μακριά από τη συσκευή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση των κατάλληλων φακών για τη μεγέθυνση και την εστίαση μιας πολύ φωτεινής εικόνας, η οποία σχηματίζεται εντός της προβολικής συσκευής. Ο λόγος που πρέπει να γίνονται κατάλληλες αλλαγές στα σημεία αναφοράς και προβολικών συστημάτων είναι ώστε το τελικό αποτέλεσμα των μετρήσεων να είναι συντεταγμένες κατάλληλες για τα συστήματα αναφοράς.

Συχνή είναι πλέον η χρήση του GPS στις αρχαιολογικές ανασκαφές καθώς δίνεται η δυνατότητα άμεσης τρισδιάστατης καταγραφής της περιοχής όπου γίνεται η ανασκαφή. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί ειδικές τεχνικές για υποθαλάσσια αρχαιολογική έρευνα με χρήση του συστήματος GPS.

Σημαντική είναι η χρήση του GPS και στη βιομηχανία καθώς πλέον έχουν αναπτυχθεί ειδικοί σύνθετοι δέκτες διπλής συχνότητας και διατάξεις δεκτών, ικανοί για την ακριβή παρακολούθηση βιομηχανικών εφαρμογών υψηλής ακρίβειας.

4.5 Εφαρμογή του GPS στη διαχείριση φυσικών πόρων

Με τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης η διαχείριση των φυσικών πόρων, όπως εκτάσεις ορυχείων, ακόμη και περιοχές ψαρέματος είναι ευκολότερη και ακριβέστερη από παλαιότερα, ένα παράδειγμα για το πώς διατυπώνεται μια τέτοια περιοχή είναι το παρακάτω:

“Θέσπιση απαγορευμένης περιοχής αλιείας

Θεσπίζεται απαγορευμένη περιοχή αλιείας στον ανατολικό κόλπο του Λέοντος, η οποία περικλείεται από τις γραμμές που συνδέουν τα σημεία με τις παρακάτω συντεταγμένες:

— $42^{\circ} 40' B, 4^{\circ} 20' A,$

— $42^{\circ} 40' B, 5^{\circ} 00' A,$

— $43^{\circ} 00' B, 4^{\circ} 20' A,$

— $43^{\circ} 00' B, 5^{\circ} 00' A$ ” (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 30.12.2011). Οι δέκτες χειρός του GPS επιτρέπουν στην ουσία ο κάθε ενδιαφερόμενος να είναι εξοπλισμένος με μία συσκευή πολύ μεγάλης ακρίβειας για τη συλλογή δεδομένων.

Η διαχείριση πυρκαγιών στα δάση είναι ένα καλό παράδειγμα της δύναμης του DGPS (Differential Global Positioning System). Ένα ελικόπτερο εξοπλισμένο με DGPS μπορεί πετώντας κατά μήκος της περιμέτρου μιας πυρκαγιάς και σχεδόν στιγμιαία να αποτυπώσει έναν ακριβή χάρτη του μεγέθους της πυρκαγιάς. Αυτή η πληροφορία είναι πολύ σημαντική για τη συγκέντρωση του σωστού αριθμού πυροσβεστών στα σημεία που πρέπει, για να σβήσουν την πυρκαγιά.

4.6 Εφαρμογή του GPS στη ναυσιπλοΐα

Το GPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία ακριβής πηγή πλοήγησης, ώστε να διατηρείται το κάθε πλοίο στην πορεία που πρέπει να ακολουθήσει. Τα διαφορικά συστήματα χρησιμοποιούνται επίσης για να χαρτογραφήσουν το βάθος των λιμανιών και των ναυστάθμων. Η ακρίβεια του DGPS βοηθάει να εξασφαλίζεται ότι τα καθαρισμένα κανάλια ανταποκρίνονται στους δημοσιευμένους χάρτες. Επιπλέον, γίνεται η εξαγωγή των φερτών υλών με βυθοκόρους πιο αποτελεσματική και καθιστά δυνατό στις λιμενικές αρχές να παρακολουθούν τον ρυθμό αύξησης των ιζημάτων.

Το DGPS παρέχει την ακρίβεια που απαιτείται ώστε να καθοδηγούνται τα πλοία σε επικίνδυνες εισόδους λιμανιών και συνωστισμένους θαλάσσιους διαδρόμους. Με τα συστήματα GPS, ολόκληροι στόλοι από τάνκερ μπορούν να παρακολουθούνται από κεντρικούς σταθμούς. Άλλες παράκτιες εφαρμογές ποικίλουν από διακρίβωση μόλυνσης της θάλασσας από πλοία έως τον καθορισμό περιοχών νόμιμης αλιείας. Τα οικονομικά και περιβαλλοντολογικά πλεονεκτήματα που προσφέρει το σύστημα είναι τεράστια.

Πολλές ακόμη εργασίες διευκολύνονται με τη χρήση του GPS, όπως η πόντιση καλωδίων, οι επιχειρήσεις διάσωσης στη θάλασσα, υδρογραφικές εργασίες πχ Υδρογραφία κ.λπ. επίσης με την χρήση του GPS εμφανίστηκαν νέα όργανα ναυσιπλοΐας ή εξελίχθηκαν παλιότερα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι ναυτικοί, κάποια από αυτά είναι το AIS (Automatic Identification System), ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), ARPA (Automatic Radar Plotting Aid) κ.λπ.

4.6.1 Πόντιση καλωδίων

Για την διαδικασία πόντισης υποβρύχιων καλωδίων χρειάζεται μια λεπτομερές μελέτη, η οποία καθίσταται επιβεβλημένη λόγω του ιδιαίτερα υψηλού κόστους κατασκευής των υποβρύχιων καλωδίων ισχύος όπως επίσης και του υψηλού κόστους επισκευής, τόσο σε καθαρά τεχνικό επίπεδο στην καθ' αυτό επισκευή του καλωδίου όσο και στις επιπτώσεις από την διακοπή λειτουργίας μέχρι την περάτωση της επισκευής στην περιοχή που παύει να ηλεκτροδοτείται το κόστος σε οικονομικό αλλά και κοινωνικό επίπεδο μπορεί να λάβει τεράστιες διαστάσεις. Ένα λάθος στην διαδικασία πόντισης, ένας λάθος υπολογισμός ή μία ε-



Εικόνα 4.6.1.1 Πλοίο πόντισης καλωδίων.

σφαλμένη εκτίμηση σε παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία όπως π.χ. περιβαλλοντικούς είναι δυνατό να προξενήσει καταστροφή του καλωδίου η αποκατάσταση της οποίας να απαιτεί ακόμη και αντικατάσταση τμήματος ή ολόκληρου του καλωδίου για την κατασκευή του οποίου απαιτήθηκαν πολλοί μήνες και που μεταφράζονται σε πολλές περισσότερες εργατοώρες. Μια λεπτομερής και αναλυτική μελέτη περιλαμβάνει στοιχεία που σχετίζονται με την γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής της ζεύξης, την έρευνα του πελάγιου τμήματος, την αναλυτική μελέτη των σημείων προσγειάωσης, τα ωκεανογραφικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής καθώς επίσης τις φυσικές και ανθρωπογενείς επικινδυνότητες. Η συνεισφορά του GPS στις εργασίες

πόντισης υποβρύχιων καλωδίων είναι μεγάλη διότι η ακρίβεια που παρέχει το GPS είναι πρωταρχικός παράγοντας. Η διαδικασία πόντισης υποβρύχιων καλωδίων πραγματοποιείται σε 4 στάδια.

1ο στάδιο: Φόρτωση καλωδίου: Η πρώτη φάση της επιχείρησης αφορά την μεταφορά του καλωδίου από το εργοστάσιο κατασκευής του στο CLV (Cable Laying Vessel). Πρόκειται για μια διαδικασία φαινομενικά απλή, που έχει όμως κρυφούς κινδύνους για την επιτυχημένη διεξαγωγή των επόμενων βημάτων. Η πραγματοποίηση δοκιμών στο καλώδιο πριν τη μεταφορά του στο πλοίο είναι αναγκαία ώστε να εξασφαλιστεί η λειτουργικότητά του.

Η τοποθέτηση προστατευτικού μεταλλικού περιβλήματος στις καταλήξεις του καλωδίου θα το προστατεύσει από τις τοπικές τάσεις κατά τη διάρκεια της έλξης του από τα βαρούλκα του πλοίου. Στη συνέχεια ο έλεγχος του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη μεταφορά είτε από τη πλευρά του εργοστασίου είτε από τη πλευρά του πλοίου είναι αναγκαίος για να αποφευχθεί πιθανή δυσλειτουργία κατά την διάρκεια της μεταφοράς του καλωδίου (μήκους μερικών χιλιάδων μέτρων) που θα σημάνει καθυστέρηση στην εκτέλεση της επιχείρησης, η οποία καθυστέρηση μεταφράζεται πάντα σε αύξηση του κόστους πραγματοποίησης του έργου. Ακολουθεί ο έλεγχος των μέσων και αποκατάσταση επικοινωνίας σε όλες τις θέσεις εργασίας.



Εικόνα 4.6.1.2 χώρος αποθήκευσης του καλωδίου

Πριν την έναρξη μεταφοράς του καλωδίου, συνηθίζεται να εκτελείται η διαδικασία με εναλλακτικό σχοινί ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή και ασφαλής λειτουργία του συστήματος σε συνδυασμό με την ασταμάτητη επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων θέσεων εργασίας. Στο σχοινί προσδένεται τελικά και το Υποβρύχιο καλώδιο και τραβιέται με τη βοήθεια των μηχανισμών έλξης του πλοίου (βαρούλκα) στην θέση τοποθέτησης και αποθήκευσής του.

Το υποβρύχιο καλώδιο φορτώνεται στους χώρους αποθήκευσης του CLV, με συστηματικότητα και προσοχή με σκοπό την μεταφορά του στην περιοχή της πόντισης. Για την διασφάλιση της σωστής φόρτωσης η διαδικασία εκτελείται από εξειδικευμένο προσωπικό το οποίο είναι υπεύθυνο για όλη τη διαδρομή μεταφοράς του καλωδίου αλλά κυρίως για την τελική τοποθέτησή του στην ακριβή θέση στην δεξαμενή αποθήκευσης.

Η μεταφορά του καλωδίου από τον αποθηκευτικό χώρο του εργοστασίου γίνεται μέσω οδηγών του καλωδίου γνωστοί και ως “ραουλόδρομοι”, με τα καλωδιακά μηχανήματα του πλοίου και περιελίσσεται στους ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους του πλοίου. Μετά τη φόρτωση γίνο-

νται εκ νέου δοκιμές στο καλώδιο εάν αυτό είναι απαραίτητο για να εξασφαλιστεί η ασφαλής φόρτωσή του. Οι έλεγχοι που εκτελούνται από τους ιθύνοντες της επιχείρησης θα μπορούσαν από μόνοι τους να αποτελούν ένα ανεξάρτητο στάδιο. Αρχικά το πλοίο εκτελεί μια δοκιμαστική διαδρομή κατά μήκος της διαδρομής πόντισης του καλωδίου ώστε να εξασφαλίσει ότι όλα τα συστήματα υποστήριξης του πλοίου λειτουργούν και αποδίδουν ικανοποιητικά.

Παράλληλα στα σημεία προσαιγιάλωσης ελέγχεται ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί για να τραβήξει το καλώδιο και να το ασφαλίσει στα σημεία αγκίστρωσης του. Ακολουθώντας, ελέγχονται οι καιρικές συνθήκες με σκοπό να επιτρέπουν την ασφαλή διεξαγωγή της επιχείρησης. Η διεξαγωγή της επιχείρησης συναρτήσει των καιρικών συνθηκών εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τις δυνατότητες του πλοίου ποντίσεως σε εξοπλισμό. Ενδεικτικά αναφέρονται οι περιορισμοί σε καιρικές συνθήκες για τη διεξαγωγή επιχειρήσεων πόντισης από το πολλαπλών χρήσεων σκάφος υποστήριξης (multi purpose support vessel) MPSV Argo II που χρησιμοποιείται σε πόντιση καλωδίων ως CLV.

2ο στάδιο: Προσαιγιάλωση του πρώτου άκρου: Αφού ολοκληρωθεί η δοκιμαστική διαδρομή και διερευνηθούν οι καιρικές συνθήκες ως προς την καταλληλότητα το CLV πηγαίνει στην προκαθορισμένη από τη μελέτη περιοχή και αγκυροβολεί αρόδου δηλαδή πλησίον της ακτής (Εικόνα 4.6.1.3). Η πλοήγηση του πλοίου καθ' όλη τη διάρκεια της επιχείρησης βασίζεται όπως προαναφέρθηκε στη χρήση εξελιγμένων συστημάτων πλοήγησης DGPS (Differential Global Positioning System).



Εικόνα 4.6.1.3 Πλοίο που έχει αγκυροβολήσει αρόδου.

Το καλώδιο απλώνεται από το CLV στη θάλασσα πάνω σε πλωτήρες ώστε να καθίσταται δυνατή η κατεύθυνσή του. Με τη βοήθεια των πλωτήρων και με τη χρήση πλωτών μέσων το καλώδιο πηγαίνει προς το σημείο προσαιγιάλωσης. Οι καιρικές συνθήκες και το μήκος του καλωδίου που έχει τοποθετηθεί σε πλωτήρες καθορίζουν τον αριθμό των πλωτών μέσων που θα χρησιμοποιηθούν για να τραβήξουν το καλώδιο. Για μικρά καλώδια και μικρές αποστάσεις από την ακτή ένα πλωτό μέσο είναι επαρκές να καλύψει τις ανάγκες.

Παράλληλα τοποθετείται στην ακτή μια τροχαλία χειριζόμενη από ένα εργάτη (βαρούλκο) και απλώνεται ένα συρματόσχοινο το οποίο θα συνδεθεί με το υποβρύχιο καλώδιο σε περιοχή βάθους 1,5 με 2,0 μέτρα. Το καλώδιο τραβιέται στη συνέχεια μέσω του συρματόσχοινου που με τη σειρά του έλκεται από τον εργάτη που είναι τοποθετημένος στην ακτή. Ταυτόχρονα με την έλξη του καλωδίου που επιπλέει στους πλωτήρες από το CLV ξετυλίγουν συνεχώς το μήκος του καλωδίου ώστε να μην δημιουργούνται ανεπιθύμητες τάσεις κατά την έλξη από την ακτή.

Στην ακτογραμμή το καλώδιο τοποθετείται και μεταφέρεται πάνω σε ράουλα και οδηγείται στο φρεάτιο προσαιγιάλωσης ή στον τερματικό σταθμό ενώ παράλληλα αφαιρούνται από αυτό προσεκτικά οι πλωτήρες. Όταν τραβηχτεί το απαιτούμενο μήκος καλωδίου τότε αφαιρούνται προσεκτικά και οι ραουλόδρομοι και το καλώδιο έρχεται στην τελική θέση προσαιγιάλωσής του από εξειδικευμένο προσωπικό και ειδικά βοηθητικά μέσα. Το άκρο του καλωδίου τοποθετείται με ειδικό σύστημα αγκίστρωσης σε υποδοχή που κατασκευάζεται από σκυρόδεμα στην ακτή προσαιγιάλωσης και λίγο πριν από τα σημεία μετάβασης των καλωδίων. Στο σημείο αυτό μετέπειτα κατασκευάζεται ειδικός σύνδεσμος ο οποίος συνδέει το υποβρύχιο καλώδιο με αντίστοιχο υπόγειο καλώδιο ξηρά για την διασύνδεση της γραμμής με το ηπειρωτικό δίκτυο.



Εικόνα 4.6.1.4 δύτες που οδηγεί το καλώδιο στον βυθό

Η διαδικασία επικάθισης του καλωδίου στον πυθμένα αρχίζει από την ακτή ξεφουσκώνοντας σιγά σιγά τους πλωτήρες. Αυτή η εργασία γίνεται από δύτες που οδηγούν προσεκτικά το καλώδιο στον βυθό ή σε προσχεδιασμένους χάνδακες αναλόγως της πρόβλεψης της μελέτης (Εικόνα 4.6.1.4).

Για ελαφρά καλώδια ή πολύ μικρές αποστάσεις από την ακτή το καλώδιο μπορεί να τραβηχτεί και χωρίς πλωτήρες, αναλόγως και της υπάρχουσας τυπικής κλίσης της ακτής. Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί βοηθητικά και πλωτή εξέδρα πόντισης από βάθος βυθού 2-3 μέτρα περίπου. Το καλώδιο σε αυτή την περίπτωση τοποθετείται στην εξέδρα που είναι εφοδιασμένη με ερπύστρια. Η ερπύστρια χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθής τοποθέτησης του καλωδίου στο βυθό ή στην ήδη σκαμμένη σε αυτόν τάφρο. Όταν η εξέδρα φτάσει στο CLV το καλώδιο αφαιρείται από αυτήν και συνεχίζεται η πόντιση από το CLV.

3ο στάδιο: πόντιση καλωδίου μεταξύ σημείων προσαιγιάλωσης. Η πόντιση του καλωδίου συνίσταται στην απευθείας τοποθέτηση του καλωδίου στον βυθό από το CLV. Η όλη διαδικασία ελέγχεται από ένα άτομο πάνω στο πλοίο, τον προϊστάμενο ποντίσεως, ο οποίος και έχει τον έλεγχο τόσο της ταχύτητας του πλοίου όσο και της ταχύτητας του μηχανισμού ποντίσεως. Η ταχύτητα και η θέση του πλοίου κάθε στιγμή κατά τη διάρκεια της ποντίσεως ελέγχονται από το διαφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης του πλοίου (DGPS). Η διαδικασία βασίζεται συνήθως στην μέτρηση της τάσης που αναπτύσσεται λόγω της αλυσοειδούς από το καλώδιο στον εργάτη (μηχανισμός πόντισης) του πλοίου. Η τάση του καλωδίου μετριέται γι' αυτό το λόγο συνεχώς ηλεκτρονικά και η ένδειξη δίδεται στο κέντρο ελέγχου της διαδικασίας πόντισης καθώς και στη

γέφυρα του πλοίου ώστε να είναι δυνατή η άμεση διόρθωση της ταχύτητας του πλοίου ανάλογα με το αν η τάση είναι εντός ή εκτός καθορισθέντων ορίων.

Για τον έλεγχο της ταχύτητας ποντίσεως του καλωδίου χρησιμοποιείται ο γραμμικός μηχανισμός που αποτελείται όπως ήδη αναφέρθηκε από κατάλληλα διατεταγμένες ρόδες μεγέθους φορτηγού ή από ερπύστριες. Πολύ σημαντική είναι η συνεχής καταγραφή της ταχύτητας πόντισης και του βάθους ώστε να υπολογίζεται η παραμένουσα ένταση στο καλώδιο. Τόσο η θέση όσο και η απόκλιση του καλωδίου από την προκαθορισμένη πορεία καταγράφονται από το σύστημα πλοήγησης. Το καλώδιο τοποθετείται χωρίς περίσσεμα στο βυθό ώστε να αποφευχθεί το ενδεχόμενο βυρινιάσματος ή ανεπιθύμητου κουλουριάσματος. Για το λόγο αυτό καθ' όλη τη διάρκεια υπάρχει μια μόνιμη ένταση λόγω της αλυσοειδούς που δημιουργείται η οποία μάλιστα είναι και επιθυμητή γιατί διευκολύνει τον έλεγχο και την κατεύθυνση του καλωδίου όταν απαιτείται.

Η ταχύτητα ποντίσεως εξαρτάται από την ένταση του καλωδίου κατά τη διάρκεια της πόντισης αλλά και από τις δυνατότητες του εξοπλισμού ποντίσεως του πλοίου. Όταν το CLV φτάσει και πάλι σε ένα προκαθορισμένο σημείο στη δεύτερη θέση προσαιγιάλωσης στην απέναντι ακτή η διαδικασία της πόντισης διακόπτεται προσωρινά και το πλοίο αγκυροβολεί αρόδου.

4ο στάδιο: Προσαιγιάλωση του δεύτερου άκρου. Κατά την προσέγγιση του πλοίου στο δεύτερο σημείο προσαιγιάλωσης η ταχύτητα του πλοίου σταδιακά μειώνεται εξίσου και η ταχύτητα ποντίσεως του καλωδίου. Η πίεση που ασκείται στην καλωδιομηχανή πόντισης απομονώνεται μερικώς τοποθετώντας πλωτήρες ανακούφισης στο καλώδιο. Ένα σχοινί δεμένο γύρω από τους πλωτήρες στερεώνεται στην ακτή για να διατηρεί την ένταση στην προκαθορισμένη διεύθυνση. Έχοντας μετρήσει το μήκος του σχοινού, μετράμε αντίστοιχο μήκος καλωδίου επί του πλοίου και αφήνοντας επιπλέον ένα μήκος της τάξης των τριάντα ή παραπάνω μέτρων και στη συνέχεια κόβουμε το καλώδιο στο κατάλληλο σημείο καλύπτοντας το άκρο με προστατευτικό μεταλλικό περίβλημα, ώστε να είναι ελεύθερο το άκρο του να βγει στην ακτή.

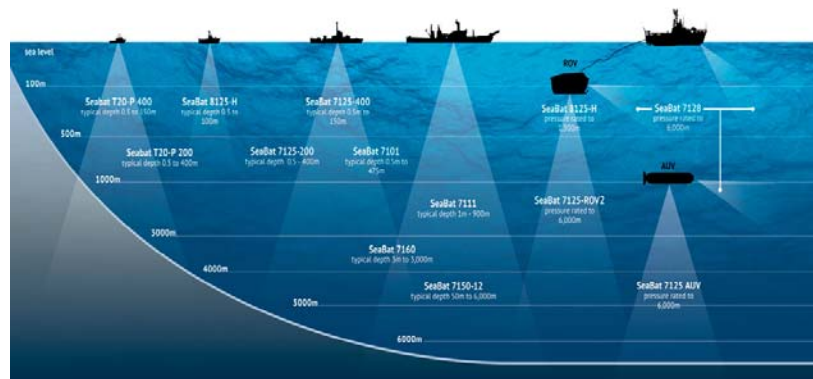
Στη συνέχεια το CLV οπισθοδρομεί ώστε να εκταθεί το υπόλοιπο καλώδιο πάνω σε πλωτήρες στην επιφάνεια της θάλασσας. Το καλώδιο διατηρεί τη σωστή θέση μέσω των πλωτών σκαφών. Όταν το ελεύθερο άκρο απελευθερωθεί από το πλοίο τα πλωτά μέσα αναλαμβάνουν τραβώντας να το μεταφέρουν στο σημείο προσαιγιάλωσης στην ακτή.

Όταν το καλώδιο φτάσει σε βάθος 2 μέτρων περίπου γίνεται η διαδικασία τραβήγματος μέσω της τροχαλίας και του εργάτη. Το καλώδιο τραβιέται με συρματόσχοινο πάνω σε οδηγούς επί της ακτής μέσα στο χάνδακα. Ακολουθώς το καλώδιο τραβιέται μέχρι να ευθυγραμμιστεί μεταξύ της ακτής και των πλωτήρων ανακούφισης. Δύτες και πάλι αφαιρούν τους πλωτήρες προς την ακτή και οδηγούν το καλώδιο στη θέση του στο βυθό ή στα προσχεδιασμένα χαδάκια. Η τροχαλία μέσω του εργάτη στην ακτή ρυθμίζει την ένταση έλξης ανάλογα. Και στην περίπτωση του

δεύτερου σημείου προσαιγιάλωσης εφόσον το καλώδιο είναι ελαφρύ ή σε πολύ μικρή απόσταση από την ακτή δύναται η μεταφορά του να γίνει δίχως τη χρήση πλωτήρων ενώ υπάρχει και η δυνατότητα χρησιμοποίησης και πλωτής εξέδρας πόντισης η οποία θα τοποθετηθεί κάτω από το επιπλέον καλώδιο στη θέση των πλωτήρων ανακούφισης. Οι πλωτήρες ανακούφισης αφαιρούνται και η πόντιση του καλωδίου στο βυθό ή σε χαντάκια εντός του βυθού συνεχίζεται μέχρι την ακτή. Όταν η πλωτή εξέδρα έρθει σε βάθος βυθού 2-3 μέτρα η πλωτή εξέδρα πόντισης απομακρύνεται από το καλώδιο. Οι υπόλοιποι πλωτήρες αφαιρούνται, αφήνοντας τον αέρα να διαφεύγει. Κάθε ενδεχόμενη περίπτωση ρυθμίζεται με την τροχαλία μέχρις ότου το καλώδιο πάρει τη σωστή θέση από την ακτή μέχρι και το σημείο προσαιγιαλώσεως ή του σταθμού τερματισμού. Τελικά οι ραουλόδρομοι αφαιρούνται και το καλώδιο αγκιστρώνεται.

4.6.2 Υδρογραφία

Η Υδρογραφία είναι μια ξεχωριστή επιστήμη που βασικό αντικείμενό της είναι η μεθοδική γεωδαιτική έρευνα και υποτύπωση της επιφάνειας της γης που καλύπτεται από νερό, εκτός των ωκεανών. Απαρτίζει το ουσιαστικότερο επιστημονικό βοηθό της ναυσιπλοΐας και ειδικότερα της ακτοπλοΐας. Κύριος σκοπός της υδρογραφίας είναι η παροχή ασφαλών βοηθημάτων επιστημονικά αλλά και πρακτικά διατυπωμένων όχι μόνο για την ασφαλή ναυσιπλοΐα, που είναι



Εικόνα 4.6.2.1 Ηχοβολιστικά συστήματα που προσφέρουν ακρίβεια σε υδρογραφικές αποτυπώσεις

και ο κυρίαρχος στόχος, όσο επίσης και για την κατασκευή οποιαδήποτε φύσεως παρακτίων εγκαταστάσεων, εκμετάλλευσης υποθαλάσσιου πλούτου, ακόμα και της προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η υδρογραφία είναι ο ουσιαστικότερος βοηθός της ναυσιπλοΐας γιατί με την συστηματική έρευνα που περιλαμβάνει γεωδαιτικές αποτυπώσεις, βυθομετρήσεις και μετρήσεις παλιρροιών και ρευμάτων μπορεί και συγκεντρώνει το απαραίτητο υλικό για την δημοσίευση χρήσιμων για την ναυσιπλοΐα πληροφοριών. Το μεγαλύτερο μέρος των υδρογραφικών εργασιών διεξάγεται σε παράκτιες ζώνες και σε αβαθή ύδατα, τα οποία αποτελούν κινδύνους για την ναυσιπλοΐα.

Το GPS στη υδρογραφία χρησιμοποιείται ως τοπογραφικό όργανο και σύστημα προσδιορισμού θέσης που με την μεγάλη ακρίβεια του καταφέρνει να συμβάλει σημαντικά στην επίτευξη γρήγορης και ακριβούς έρευνας του βυθού ή της αποτύπωσης σημαντήρων, εξεδρών κ.λπ.

4.6.3 AIS (Automatic Identification System)

Το AIS (Automatic Identification System) δηλαδή αυτόματο σύστημα αναγνώρισης, είναι ένα σύστημα αυτόματης ανταλλαγής ψηφιακών σημάτων μεταξύ πλοίων, αλλά και παράκτιων συστημάτων κυκλοφορίας πλοίων, στη συχνότητα των υπερβραχέων κυμάτων (VHF - Very High Frequency). Μέσω του συστήματος αυτού επιτυγχάνεται η αμοιβαία ενημέρωση όλων των πλοίων, της ταυτότητάς τους, του στίγματος τους, του φορτίου τους, του λιμένα απόπλου και κατάπλου, καθώς και άλλων χρήσιμων πληροφοριών.



Εικόνα 4.6.3.1 Η συσκευή AIS.

Οι πληροφορίες του συστήματος εμφανίζονται στην οθόνη της συσκευής. Το αυτόματο σύστημα αναγνώρισης έχει την δυνατότητα να παρέχει πληροφορίες σε άλλα όργανα μέσω διασύνδεσης τους πχ ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), αλλά και να λαμβάνει πληροφορίες από άλλα όργανα όπως το GPS. Από την συσκευή GPS λαμβάνει της γεωγραφικές συντεταγμένες του πλοίου, την ώρα, την πορεία και την ταχύτητα του. Μεταξύ των πολλών κανόνων ασφαλείας που τέθηκαν σε ισχύ μετά την 11η Σεπτεμβρίου 2001 ήταν και η απαίτηση να είναι εφοδιασμένα με AIS περισσότερα πλοία εμπορικής ναυτιλίας.

Σύμφωνα με το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό ο σκοπός της ανάπτυξης του συστήματος AIS είναι η βελτίωση του επιπέδου ασφαλείας κατά τον πλου, η δυνατότητα πραγματοποίησης ασφαλέστερης και αποτελεσματικότερης ναυτιλίας, η αναγνώριση των στόχων, η υποβοήθηση της παρακολούθησης των στόχων, η απλούστευση της επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ πλοίων και η παροχή επιπλέον πληροφορίας για σωστή εκτίμηση του ναυτιλιακού περιβάλλοντος. Κάθε πομποδέκτης AIS επικοινωνεί χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα δύο συχνότητες υπερβραχέων κυμάτων (161,975 MHz και 162,025 MHz). Η δεύτερη συχνότητα έχει υιοθετηθεί για την αποφυγή προβλημάτων παρεμβολών, καθώς και για λόγους που εξυπηρετούν την απρόσκοπτη συμμετοχή του μέγιστου δυνατού αριθμού πλοίων στο δίκτυο. Η εμβέλεια του συστήματος είναι ίδια με εκείνη των υπερβραχέων σημάτων, η οποία συνήθως υπερβαίνει την αντίστοιχη του ραντάρ. Πρακτικά ανέρχεται στα 40 ναυτικά μίλια για μεγάλα πλοία (μεγάλο ύψος κεραίας) και στα 20 ναυτικά μίλια για μικρά πλοία (μικρό ύψος κεραίας). Η εμβέλεια αυτή αυξάνεται κατακόρυφα, κατά την παράκτια ναυσιπλοΐα, όταν το παράκτιο κράτος διαθέτει σύστημα αναμεταδοτών ξηράς του συστήματος AIS.

Το εκπεμπόμενο σήμα χρησιμοποιεί την τεχνολογία των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών σημάτων. Το σήμα, δηλαδή, υποδιαιρείται σε στοιχειώδεις κυματομορφές, οι οποίες μεταφράζονται σε δυαδικά σύμβολα (0 ή 1). Το σύστημα AIS χρησιμοποιεί την μέθοδο Αυτό-διαχειριζόμενη πολλαπλή πρόσβαση διά Καταμερισμού του Χρόνου (Self-Organized Time Division Multiple Access - SOTDMA) μέσω της οποίας τα πλοία, πριν την εκπομπή των πληροφοριών του AIS, ανταλλάσσουν τυποποιημένα σήματα ελέγχου, οδηγώντας έτσι σε αποδοτική διευθέτηση θεμάτων, όπως η είσοδος στο σύστημα νέων χρηστών, η απαλοιφή παλαιών και η προτεραιότητα στην απεικόνιση των πλέον επικίνδυνων στόχων. Οι πληροφορίες του Αυτόματου Συστήματος Αναγνώρισεως περιλαμβάνει τρία επιμέρους είδη παραμέτρων, στατικών παραμέτρων, δυναμικών παραμέτρων και παραμέτρους ταξιδιού.

Στατικών παραμέτρων είναι οι εξής:

- Τη ναυτιλιακή κινητή δορυφορική ταυτότητα (MMSI)
- Τον αριθμό αναγνώρισης IMO
- Το όνομα του πλοίου (έως 20 χαρακτήρες) και το διακριτικό κλήσεως
- Τις διαστάσεις του πλοίου στρογγυλοποιημένες σε ακέραιο αριθμό μέτρων
- Ο τύπος του πλοίου (δεξαμενόπλοιο, κρουαζιερόπλοιο κ.λπ.)
- Η θέση επί του πλοίου, που αναφέρεται το στίγμα
- Ο τύπος ηλεκτρονικής συσκευής προσδιορισμού στίγματος (απλό ή διαφορικό GPS)

Δυναμικών παραμέτρων είναι οι εξής:

- Η θέση του πλοίου (με ενδείκτη ακρίβειας)
- Ο συγχρονισμένος παγκόσμιος χρόνος
- Η αληθής πορεία από 0° έως 359°, όπως αυτή εισάγεται από τη γυροπυξίδα
- Η πορεία ως προς το βυθό
- Η ταχύτητα ως προς το βυθό
- Η ναυτιλιακή κατάσταση του πλοίου (εν πλω, αγκυροβολημένο, ακυβέρνητο κλπ)
- Ο ρυθμός στροφής, δεξιά (+) ή αριστερά (-)
- Ο ρυθμός ανανέωσης αναφοράς

Παραμέτρους ταξιδιού είναι οι εξής:

- Το βύθισμα του πλοίου
- Ο τύπος του φορτίου
- Ο προορισμός
- Ο εκτιμώμενος χρόνος κατάπλου (μήνας, ημέρα, ώρα και λεπτό σε συγχρονισμένο παγκόσμιο χρόνο).

Ένας από τους αρχικούς σκοπούς του AIS ήταν η αποφυγή συγκρούσεων, αλλά πλέον πολλές άλλες εφαρμογές του έχουν αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται. Το AIS χρησιμοποιείται σήμερα για την:

Αποφυγή συγκρούσεων.

Το AIS αναπτύχθηκε από τεχνικές επιτροπές του IMO (International Maritime Organization) ως τεχνολογία για την αποφυγή συγκρούσεων μεταξύ των πλοίων που είναι εκτός της εμβέλειας των συστημάτων ξηράς. Αυτή η τεχνολογία προσδιορίζει κάθε σκάφος ξεχωριστά, καθώς και την ακριβή θέση του και τις κινήσεις του. Αυτό επιτρέπει να δημιουργηθεί μια εικόνα της θέσης του πλοίου σε πραγματικό χρόνο.

Οι συσκευές AIS περιλαμβάνουν μια ποικιλία από αυτόματους υπολογισμούς με βάση την αναφορά θέσης όπως το πιο κοντινό σημείο της προσέγγισης (CPA) και συναγεμμούς σύγκρουσης. Το AIS συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το ραντάρ, όταν ένα πλοίο είναι εν πλω. Οι πληροφορίες σχετικά με την κυκλοφορία και την ταυτότητα των άλλων πλοίων στην περιοχή είναι κρίσιμης σημασίας για την πλοήγηση και τη λήψη αποφάσεων αποφυγής σύγκρουσης με άλλα πλοία αλλά και άλλων κινδύνων (πχ αβαθή ή βράχια). Η οπτική παρατήρηση (πχ κιάλια), οι ανταλλαγές ήχου (π.χ., σφύριγμα της σφυρίχτρας του πλοίου και VHF ραδιόφωνο), το ραντάρ ή το ARPA ιστορικά χρησιμοποιούνται για αυτόν το σκοπό, ωστόσο, μερικές φορές αποτυγχάνουν λόγω χρονικών καθυστερήσεων, περιορισμών του ραντάρ και λανθασμένων υπολογισμών, με συνέπεια να εμφανίζουν δυσλειτουργίες που μπορεί να οδηγήσουν σε σύγκρουση. Αρχικά, οι απαιτήσεις του AIS ήταν να εμφανίζει σε κείμενο μόνο πολύ βασικές πληροφορίες. Πλέον, μπορεί να συνδεθεί με ένα ECDIS ή σε μια οθόνη ραντάρ και έχει την δυνατότητα παροχής συγκεντρωτικών πληροφοριών σε μία μόνο οθόνη.

Παρακολούθηση και έλεγχος αλιευτικού στόλου

Το AIS χρησιμοποιείται από τις εθνικές αρχές για να παρακολουθεί τις δραστηριότητες του εγχώριου αλιευτικού στόλου. Το AIS επιτρέπει στις αρχές αξιόπιστη και αποτελεσματική παρακολούθηση δραστηριότητας των αλιευτικών σκαφών κατά μήκος της ακτής, συνήθως σε απόσταση μεγαλύτερη από 60 ναυτικά μίλια (ανάλογα με την τοποθεσία και την ποιότητα της ακτής). Επιπλέον, τοποθετεί δέκτες/σταθμούς με δυνατότητα υποστήριξης παροχής πληροφοριών από δορυφορικά δίκτυα.

Υπηρεσία εξυπηρέτησης κυκλοφορίας πλοίων (VTS)

Σε λιμάνια με αυξημένη κίνηση ή σε περιοχές με αυξημένη κίνηση, συνήθως υπάρχει ένας εξυπηρετητής κυκλοφορίας πλοίων (VTS) για τη διαχείριση της κυκλοφορίας των πλοίων. Σε αυτή την περίπτωση, το AIS παρέχει πρόσθετη ενημέρωση για την διαμόρφωση της κυκλοφορίας και τις κινήσεις των άλλων πλοίων.

Ασφάλεια στη ναυτιλία

Το AIS επιτρέπει στις αρχές να προσδιορίζουν συγκεκριμένα πλοία και την δραστηριότητα αυτών εντός ή κοντά σε μια αποκλειστική οικονομική ζώνη, Σύμφωνα με τη Διεθνή Συνθήκη του ΟΗΕ περί Δικαίου της Θάλασσας (1982), η αποκλειστική οικονομική ζώνη (ΑΟΖ) θεωρείται η θαλάσσια έκταση, εντός της οποίας ένα κράτος έχει δικαίωμα έρευνας ή άλλης εκμετάλλευσης των θαλασσίων πόρων.

Το AIS δίνει την δυνατότητα, όταν είναι συνδεδεμένο με το ραντάρ, στις αρχές να μπορούν πιο εύκολα να διακρίνουν κάποιο πλοίο ανάμεσα στα παραπλέοντα πλοία. Τα δεδομένα του AIS γίνονται αυτόματα επεξεργασία. Αυτό δημιουργεί μια ομαλή δραστηριότητα στο κάθε πλοίο. Όταν η δραστηριότητα κάποιου πλοίου είναι διαφορετική και κάνει κάποια παραβίαση, τότε δημιουργείται μια ειδοποίηση, επισημαίνοντας με αυτόν τον τρόπο πιθανές απειλές για αποδοτικότερη χρήση των στοιχείων ασφαλείας. Το AIS βελτιώνει την ενημέρωση στην ναυτιλία και προσφέρει αύξηση στην ασφάλεια και στον έλεγχο.

Βοήθεια στην ναυσιπλοΐα

Το AIS βοήθημα στην ναυσιπλοΐα (AtoN) είναι πρότυπο προϊόντος που αναπτύχθηκε με τη δυνατότητα να μεταδίδει τα στίγματα και τα ονόματα διάφορων αντικειμένων όπως των πλοίων. Σαν βοήθημα πλοήγησης δείχνει τα στίγματα και τα δυναμικά δεδομένα που αντικατοπτρίζουν το περιβάλλον (π.χ., ρεύματα και κλιματολογικές συνθήκες). Επίσης, μπορεί να βρίσκεται στην στεριά, όπως σε ένα φάρο, ακόμα και στο νερό σε πλατφόρμες ή σημαδούρες. Η αμερικανική ακτοφυλακή έχει δηλώσει ότι το AIS μπορεί να αντικαταστήσει τα racon (προειδοποιητικά σήματα ραντάρ) που χρησιμοποιούνται σήμερα ως ηλεκτρονικά βοηθήματα. Το AtoN καθιστά ικανές τις αρχές να παρακολουθούν εξ αποστάσεως την κατάσταση μιας σημαδούρας αν είναι σε λειτουργία ή όχι, όπως και την κατάσταση του φαναριού. Επίσης, μεταδίδει δεδομένα από τους αισθητήρες (όπως τον καιρό και την κατάσταση της θάλασσας) οι οποίοι βρίσκονται στον σημαντήρα ή σε σκάφη εξοπλισμένα με AIS πομποδέκτες ή στις τοπικές αρχές. Ένα AtoN θα μεταδώσει την θέση και την ταυτότητα μαζί με όλες τις άλλες πληροφορίες. Τέλος, επιτρέπει την μετάδοση των θέσεων εικονικά όταν είναι συνδεδεμένο με ηλεκτρονικούς χάρτες.

Έρευνα και διάσωση

Για τον συντονισμό πόρων σε επιτόπια θαλάσσια επιχείρηση έρευνας και διάσωσης (SAR), είναι αναγκαίο να είναι διαθέσιμα τα δεδομένα για την κατάσταση της θέσης και πλοήγησης των άλλων πλοίων στην περιοχή. Σε τέτοιες περιπτώσεις το AIS μπορεί να παρέχει επιπρόσθετες πληροφορίες που διευκολύνουν στην επίγνωση των διαθέσιμων πόρων, ακόμη και αν η εμβέλεια του AIS περιορίζεται στην VHF εμβέλεια.

Κατά την δημιουργία του AIS, πρόβλεψαν την πιθανή χρήση του στα αεροσκάφη SAR. Για αυτό τον σκοπό συμπεριλαμβάνει ένα μήνυμα (AIS Message 9) για τα αεροσκάφη. Για να ανα-

φέρουν τη θέση τους στα βοηθητικά πλοία και αεροσκάφη SAR κατά τον εντοπισμό ανθρώπων που βρίσκονται σε κίνδυνο.

Έρευνα ατυχημάτων

Οι πληροφορίες του AIS, που λαμβάνει το VTS είναι σημαντικές για τη διερεύνηση ατυχημάτων για τον λόγο ότι παρέχει ακριβή ιστορικά στοιχεία για το χρόνο, την ταυτότητα, τη θέση με βάση το GPS, την πορεία της πυξίδας, την πορεία σε σχέση με το βυθό, την ταχύτητα (από το αρχείο καταγραφής της ταχύτητας σε σχέση με το βυθό) και τον κύκλο στροφής, παρά τις λιγότερο ακριβείς πληροφορίες που παρέχονται από το ραντάρ. Μια περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα των γεγονότων θα μπορούσε να ληφθεί από το όργανο καταγραφής δεδομένων ταξιδιού (VDR) εάν είναι διαθέσιμα τα δεδομένα του και διατηρούνται επί του πλοίου για λεπτομέρειες σχετικά με την κίνηση του πλοίου, φωνητική επικοινωνία και εικόνες του ραντάρ κατά τη διάρκεια των ατυχημάτων. Ωστόσο, τα δεδομένα του VDR δεν διατηρούνται λόγω της περιορισμένης αποθήκευσης συγκεκριμένων ωρών, η οποία είναι μόνο δώδεκα ώρες κατά απαίτηση του IMO.

Εκτιμήσεις ωκεάνιων επιφανειακών ρεμάτων

Από τον Δεκέμβριο 2015, μια γαλλική εταιρεία με την επωνυμία e-Odyn (<http://www.e-odyn.com/>), παρέχει καινοτόμες υπηρεσίες που σχετίζονται με τις εκτιμήσεις των ωκεάνιων επιφανειακών ρεμάτων χάρη στην ανάλυση δεδομένων από το AIS.

Στόλος και παρακολούθηση

Στο διαδίκτυο διαδίδονται πληροφορίες του AIS που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διαχειριστές στόλου ή πλοίου για την παρακολούθηση και την παγκόσμια θέση των πλοίων τους. Οι αποστολείς φορτίου ή οι ιδιοκτήτες εμπορευμάτων κατά την μεταφορά μπορούν να παρακολουθούν την πρόοδο των φορτίων και να προβλέψουν την ώρα άφιξης στο λιμάνι.

4.6.4 ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)

Το ECDIS Ηλεκτρονικά Συστήματα Απεικόνισης Χαρτών και Πληροφοριών είναι συνδυασμός πολλών διαφορετικών ναυτιλιακών βοηθημάτων, συσκευών και οργάνων (ηλεκτρονικοί χάρτες ναυσιπλοΐας, RADAR/ARPA, NAVEX, GPS, AIS, πυξίδα, βυθόμετρο) σε μια κεντρική οθόνη από όπου μπορεί να παρακολουθείται πλήρως ο πλους και να ρυθμίζονται τα στοιχεία του. Η άμεση απεικόνιση στην οθόνη του συστήματος όλων των βασικών στοιχείων του πλου (στίγμα, πορείες, ταχύτητες, αληθής και σχετική κίνηση στόχων) μειώνει σημαντικά την ένταση εργασίας στη γέφυρα και συμβάλλει στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, παρέχοντας τη δυνατότητα λήψεως άμεσων και σωστών αποφάσεων.

Το ECDIS χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς ναυτιλιακούς χάρτες (ENC) που πρέπει να έχουν κατασκευασθεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (International Hydrographic Organization - IHO) και να έχουν σχετική πιστοποίηση από επίσημη Υδρογραφική Υπηρεσία.



Εικόνα 4.6.4.1 Συσσκευή ECDIS.

Για ΝΑ καθοριστεί η θέση του πλοίου πάνω στον ηλεκτρονικό χάρτη, είναι αναγκαίο να υπάρχει δυνατότητα διασυνδέσεις με τα συστήματα καθορισμού θέσεως (GPS, DGPS, GNNS κλπ.)

Οι βασικές λειτουργίες του ECDIS είναι:

- Η απεικόνιση σε μία μόνο οθόνη της ακριβούς θέσεως και πραγματικής ως προς το βυθό πορείας του πλοίου μαζί με όλες τις απαραίτητες για την ασφαλή εκτέλεση του πλου χαρτογραφικές και ναυτιλιακές πληροφορίες.
- Επιλεκτική απεικόνιση μόνο των απαραίτητων για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας χαρτογραφικών και ναυτιλιακών πληροφοριών της βάσης δεδομένων του συστήματος (π.χ. απεικόνιση ή απόκρυψη χαρακτηριστικών και τομέων φανών κλπ.).
- Αυτόματη ενημέρωση των ηλεκτρονικών χαρτών με τη χρήση του λογισμικού του συστήματος.
- Αλλαγή της κλίμακας απεικόνισης του χάρτη στην οθόνη του συστήματος ανάλογα με τις ναυτιλιακές συνθήκες της περιοχής.
- Αυτοματοποίηση των εργασιών προετοιμασίας και σχεδίασης πλου και ακριβής απεικόνιση της σχεδιασμένης πορείας στα σημεία αλλαγής πορείας (way points) ανάλογα με τα ελκτικά στοιχεία (κύκλος στροφής) και τη ταχύτητα του πλοίου.
- Απεικόνιση της θέσεως και της κινήσεως του πλοίου με το πραγματικό του σχήμα προσαρμοσμένο στη κλίμακα απεικόνισης του ηλεκτρονικού χάρτη για διευκόλυνση της πλοηγείσεως σε περιοχές μεγάλης ναυτιλιακής κινήσεως.
- Καταχώρησης ηλεκτρονικών σημειώσεων (υπομνήσεων) σε διάφορα σημεία ή περιοχές του ηλεκτρονικού χάρτη.
- Προειδοποιήσεις για προσέγγιση σε αβαθή προς αποφυγή προσάραξης.
- Χρησιμοποίηση ειδικών συμβόλων και χρωμάτων για την ευκρινέστερη απεικόνιση των χαρτογραφικών πληροφοριών στην οθόνη (π.χ. απεικόνιση της επιλεγόμενης ισοβαθούς

ασφαλείας και της θαλάσσιας περιοχής αβαθών μεταξύ ισοβαθούς ασφαλείας και ακτογραμμής με εντονότερο χρώμα, απεικόνιση σημαντήρων και φανών με πιο ευδιάκριτα για την οθόνη σύμβολα).

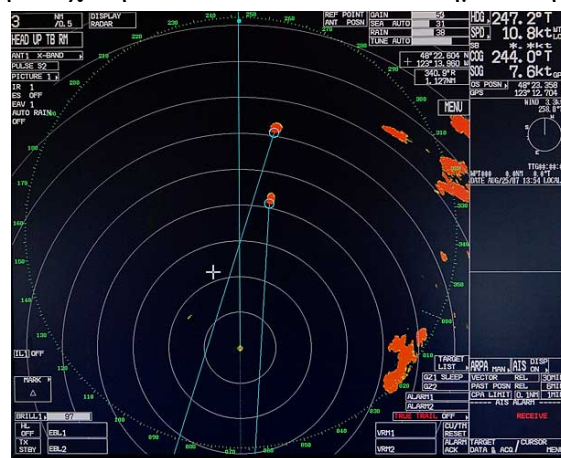
- Αυτόματη ανάκτηση συμπληρωματικών περιγραφικών πληροφοριών για τις απεικονιζόμενες στην οθόνη χαρτογραφικές και ναυτιλιακές πληροφορίες όπως π.χ. περιγραφή ναυτιλιακών κινδύνων, χαρακτηριστικών φανών, σημαντήρων κλπ.
- Επίθεση εικόνας ραντάρ με ή χωρίς τα σύμβολα των παρακολουθούμενων στόχων με σύστημα (ARPA).
- Απεικόνιση πληροφοριών από άλλες ναυτιλιακές συσκευές και συστήματα όπως: Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης Πλοίων (AIS), Σύστημα NAVTEX κλπ.
- Καταγραφή και ανάκτηση προτέρου ίχνους του πλοίου.
- Απεικόνιση βολισμάτων στο επιθυμητό παλιρροιακό επίπεδο (π.χ. κατωτάτη ρηχία).

4.6.5 RANDAR/ARPA

Ένα ναυτικό ραντάρ με βοήθημα αυτόματης αποτύπωσης ραντάρ (ARPA) έχει την ικανότητα να δημιουργήσει ίχνη, χρησιμοποιώντας τις επαφές του ραντάρ. Το σύστημα μπορεί να υπολογίσει την πορεία του εντοπισμένου αντικειμένου, την ταχύτητα και το πιο κοντινό σημείο της προσέγγισης (CPA). Με αυτόν τον τρόπο γνωρίζουμε αν υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης με το άλλο πλοίο ή με την ξηρά.

Η ανάπτυξη του ARPA ξεκίνησε μετά το ατύχημα του ιταλικού σκάφους γραμμής SS Andrea Doria, όταν συγκρούστηκε μέσα σε πυκνή ομίχλη και βυθίστηκε στα ανοικτά της ανατολικής ακτής των Ηνωμένων Πολιτειών.

Τα ARPA ραντάρ, άρχισε να διαμορφώνεται στη δεκαετία του 1960 με την ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής, το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο ARPA παραδόθηκε στο φορτηγό πλοίο MV Taimyr το 1969 και είχε κατασκευαστεί από την Norcontrol. Το RANDAR/ARPA λαμβάνει επίσης πληροφορίες από το AIS για την θέση, ταχύτητα, πορεία, κ.λπ. για τα σημεία που το ραντάρ δεν μπορεί να τα αποτυπώσει (πχ για στόχους μέσα σε καταιγίδα, στόχοι πίσω από στεριά). Αυτά τα δεδομένα το AIS, τα λαμβάνει από το GPS. Τέλος, συμπεράνουμε πως το GPS έχει κυρίαρχο ρόλο στα περισσότερα βοηθητικά όργανα ναυσιπλοΐας που χρησιμοποιούνται για την διεξαγωγή της.



Εικόνα 4.6.5.1 Η οθόνη ενός RANDAR/ARPA.

4.7 Εφαρμογή του GPS στις οδικές μεταφορές

Η τεχνολογία του GPS έχει βελτιώσει δραματικά τις οδικές μεταφορές και την παρακολούθηση της κίνησης οχημάτων στην ξηρά. Οι εταιρίες διανομής και οι στόλοι παροχής υπηρεσιών θέλουν να γνωρίζουν τη θέση που βρίσκονται τα οχήματά τους με πολύ μεγάλη ακρίβεια και το DGPS είναι αυτό που μπορεί να τους την παρέχει. Μεταφορικές εταιρείες μπορούν να γνωρίζουν που βρίσκονται κάθε στιγμή, τα οχήματα που μεταφέρουν προϊόντα. Με βάση αυτές τις πληροφορίες,



Εικόνα 4.7.1 Τηλεματική έξυπνη Στάση

μπορούν να βελτιώνουν το σχεδιασμό των δρομολογίων, να αυξάνουν την παραγωγικότητα και την ανταγωνιστικότητα. Το ίδιο ισχύει και για τα μέσα μαζικής μεταφοράς (δημόσια και ιδιωτικά), η βελτίωση της λειτουργίας των οποίων έχει άμεση επίπτωση σε καλύτερες υπηρεσίες προς τον επιβάτη, σε συνδυασμό μάλιστα με συστήματα πληροφόρησης.

Ο Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης λειτουργεί με σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων. Έχει εγκαταστήσει σύστημα τηλεματικής για τον εντοπισμό των λεωφορείων και τη διαχείριση της κυκλοφορίας αυτών. Τα βασικά στοιχεία του συστήματος τηλεματικής και πρόσθετων εφαρμογών είναι τα εξής:

- Έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί η οπτική αναγγελία των στάσεων εντός όλων των λεωφορείων. Σε κάθε λεωφορείο όταν απομακρύνεται κατά 20 περίπου μέτρα από μία στάση, αναγράφεται στην Τηλεματική Έξυπνη Πινακίδα Λεωφορείων (Τ.Ε.Π.Λ.) στην ελληνική και λατινική γραφή η επόμενη στάση.
- Έχουν εγκατασταθεί οι περισσότερες από τις προγραμματιζόμενες Τηλεματικές Έξυπνες Στάσεις (Τ.Ε.Σ.) (εικόνα 4.7.1) στις οποίες θα αναγράφονται οι χρόνοι διέλευσης των επόμενων λεωφορείων.
- Ταυτόχρονα με την οπτική αναγγελία των στάσεων, γίνεται και η ηχητική αναγγελία αυτών, στην ελληνική και αγγλική γλώσσα, μέτρο ιδιαίτερος χρηστικό για άτομα με πρόβλημα όρασης.

Το σύστημα τηλεματικής και διαχείρισης στόλου οχημάτων στηρίζεται στη λήψη του σήματος GPS (σε κάθε όχημα), στην εξαγωγή γεωγραφικής θέσης, ακριβή χρόνου, ταχύτητας και υψομέτρου και αποστολή αυτών στο κέντρο μέσω διαύλου ασύρματης επικοινωνίας (στην περίπτωση του Ο.Α.Σ.Θ. μέσω δικτύου GSM πρωτόκολλο GPRS).

Η διαδικασία λήψης του σήματος GPS, η επεξεργασία αυτού, η κωδικοποίησή του και η αποστολή του στο κέντρο ελέγχου δεν απαιτεί καμία παρέμβαση από τον οδηγό ή το χρήστη του συστήματος. Στο κέντρο ελέγχου η εμφάνιση του οχήματος στο χάρτη καθορίζεται από τα εξής:

- Το γεωγραφικό μήκος και πλάτος και τον ακριβή χρόνο
- Την απόσταση (σε μέτρα) από σημείο αναφοράς (π.χ. αφετηρία ή τέρμα)
- Το χρόνο που βρίσκεται σε κατάσταση μετάβασης, επιστροφής, παραμονής στο αμαξοστάσιο.

Η ίδια τεχνολογία μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί για την ασφαλή εργασία των εργαζομένων στις μεταφορές, αλλά και για τον εντοπισμό κλεμμένων οχημάτων. Με βάση το σύστημα GPS σχεδιάζονται ακόμη αυτόματα συστήματα αποφυγής συγκρούσεων, ελέγχου ταχύτητας και πολλές ακόμη εφαρμογές. Τέλος, για τους σιδηροδρόμους, η ακρίβεια του DGPS δίνει στους ελεγκτές την ανάλυση που χρειάζονται για να καθοδηγήσουν τους συρμούς σε συγκεκριμένες σιδηροτροχιές, σε σταθμούς αλλαγής γραμμής με πολύ μεγάλη κίνηση, κ.λπ.

4.8 Εφαρμογή του GPS σε θέματα περιβάλλοντος

Το GPS παρέχει πολλές δυνατότητες εφαρμογής σε περιβαλλοντικά θέματα. Έτσι, χρησιμοποιείται για τη χαρτογράφηση των οικοσυστημάτων, την παρακολούθηση των πετρελαιοκηλίδων, την παρακολούθηση της διακίνησης επικίνδυνων και τοξικών φορτίων. Ακόμη, μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στη μελέτη των άγριων ζώων με την παρακολούθηση της μετακίνησης μεμονωμένων ζώων ή και κοπαδιών.

Μια ακόμη σημαντική περιβαλλοντική εφαρμογή αφορά τη δυνατότητα των σημάτων του GPS να παρέχουν πληροφορίες μετεωρολογικών παραμέτρων (ατμοσφαιρική πίεση, υγρασία, δραστηριότητα στην ιονόσφαιρα, κ.λπ.) που επηρεάζουν τον καιρό.

4.9 Εφαρμογή του GPS στη γεωργία

Το GPS ανοίγει μία καινούργια εποχή στη γεωργία. Ένας αγρότης π.χ. μπορεί να αναλύσει την κατάσταση του εδάφους σε κάθε περιοχή της καλλιεργούμενης έκτασης και να σχηματίσει ένα χάρτη «απαίτησης λιπάσματος». Αυτός ο χάρτης είναι ψηφιακός και αποθηκευμένος στον υπολογιστή του συστήματος του GPS. Καθώς ο ψεκαστής χημικών προχωράει μέσα στα χωράφια, η θέση του μετρίεται από το GPS και συσχετίζεται με τον αποθηκευμένο χάρτη απαίτησης για να καθορίσει την ακριβή ποσότητα λιπάσματος ή παρασιτοκτόνου που πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε κάθε σημείο. Ο αγρότης κερδίζει υψηλότερες αποδόσεις των καλλιεργειών του, ενώ το περιβάλλον επιβαρύνεται στο ελάχιστο δυνατό από τη χρήση χημικών ουσιών. Αυτή η ίδια ακρίβεια βρίσκει επίσης εφαρμογή στους αεροψεκασμούς είτε λιπασμάτων είτε παρασιτοκτό-

νων. Με ένα σύστημα καθοδήγησης DGPS οι πιλότοι μπορούν να σχεδιάσουν ακριβείς διαδρομές, για πολλών ειδών αποστολές και κατόπιν με τη βοήθεια του συστήματος να οδηγηθούν με πολύ μεγάλη ακρίβεια σ' αυτές. Αυτά τα συστήματα μπορούν επίσης να καταγράψουν την πραγματική διαδρομή πτήσης για σκοπούς αναφοράς.

4.10 Εφαρμογή του GPS στη δημόσια ασφάλεια

Για την αστυνομία, την πυροσβεστική υπηρεσία και την υπηρεσία πρώτων βοηθειών ο χρόνος ανταπόκρισης είναι εξαιρετικά σημαντικός. Με το σύστημα DGPS, ελεγκτές μπορούν να οδηγήσουν τα οχήματα με πολύ μεγάλη ακρίβεια, ώστε να είναι σίγουρο ότι η βοήθεια θα φτάσει εκεί που χρειάζεται στο συντομότερο δυνατό χρόνο. Κεντρικές αίθουσες ελέγχου με ψηφιοποιημένα χαρτογραφικά υπόβαθρα που δείχνουν τους δρόμους, δίνουν στους διευθυντές των επιχειρήσεων μια πολύ καλύτερη εικόνα για την ανάπτυξη και διάταξη των δυνάμεων που έχουν στη διάθεσή τους και αυτό μπορεί να τους βοηθήσει, ώστε να στείλουν τις ελάχιστες απαιτούμενες δυνάμεις μακρύτερα. Το DGPS μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα πολύτιμο σε σοβαρές καταστροφές, όπως μεγάλες πυρκαγιές ή σε σεισμικά συμβάντα.

Παραδοσιακά, οι υπηρεσίες παροχής βοήθειας έχουν σε κίνηση στόλους οχημάτων και μπορούν να κάνουν χρήση του GPS σε συνδυασμό με συστήματα GIS.

4.11 Άλλες εφαρμογές

Εκτός από τις εφαρμογές στην πλοήγηση και τη Γεωδαισία, η χρήση του GPS έχει πλέον διαδοθεί σε πολλά πεδία μερικά από τα οποία αναφέρονται παρακάτω. Συγχρονισμός στον ακριβή χρόνο. Πολλά συστήματα που πρέπει να είναι συγχρονισμένα με ακρίβεια χρησιμοποιούν το σύστημα GPS ως πηγή για την ακριβή ώρα. Το GPS χρησιμοποιείται δηλαδή ως ένα ρολόι αναφοράς για τις γεννήτριες του κώδικα χρόνου. Αισθητήρες όπως οι σειсмоγράφοι ή άλλες εφαρμογές παρακολούθησης χρησιμοποιούν το GPS ως ακριβή πηγή του χρόνου ώστε τα γεγονότα να μπορούν να υπολογιστούν με μεγάλη ακρίβεια.

Στις Κινητές Δορυφορικές Επικοινωνίες: Δορυφορικά συστήματα επικοινωνιών χρησιμοποιούν μια κατευθυντήρια κεραία η οποία επισημαίνεται σε έναν δορυφόρο. Η κεραία σε ένα κινούμενο πλοίο ή τρένο θα πρέπει να επισημανθεί με βάση την τρέχουσα θέση του. Οι σύγχρονοι ελεγκτές κεραίας έχουν πλέον ενσωματωμένο δέκτη GPS που δίνει αυτή την πληροφορία.

Προσωπικές εμπειρίες

Στο πρώτο εκπαιδευτικό μου ταξίδι η πρώτη μου επαφή με κάποιο ναυτικό ηλεκτρονικό όργανο ήταν αυτή με το GPS, όταν μου ζητήθηκε να βάλω το στίγμα του πλοίου στον χάρτη. Αυτό που παρατήρησα κατά την διάρκεια των ταξιδιών μου ήταν ότι το GPS εκτός από το ότι είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της τήρησης φυλακής από τον αξιωματικό φυλακής, το GPS είναι αν όχι το κύριο, ένα από τα κυριότερα εργαλεία του Navigation Officer. Ο Αξιωματικός Ναυσιπλοΐας (Navigation Officer) είναι ο υπεύθυνος αξιωματικός για την μελέτη του ταξιδιού και την χάραξη των πορειών που θα ακολουθήσει το πλοίο ώστε να έχει έναν ασφαλή πλου. Η χρήση του GPS που κάνει ο navigation officer δεν περιορίζεται στην εύρεση ενός γεωγραφικού στίγματος, αλλά εκτείνεται στην εύρεση τις πορείας που θα ακολουθήσει το πλοίο από το ένα στίγμα στο επόμενο, στον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ δυο στιμάτων αλλά και στον υπολογισμό μιας σειράς στιγμάτων. Επίσης χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της διάρκειας του ταξιδιού και στην εκτιμώμενη ώρα άφιξης (ETA - estimated time of arrival).

Το GPS είναι ένα ναυτικό ηλεκτρονικό όργανο το οποίο είναι απαραίτητο και ιδιαίτερα χρήσιμο κατά την εκτέλεση βάρδιας στην γέφυρα. Πιο συγκεκριμένα, είναι το όργανο που ανά πάσα χρονική στιγμή μας δίνει τις γεωγραφικές συντεταγμένες του πλοίου και άλλα απαραίτητα χαρακτηριστικά όπως είναι η σχετική ταχύτητα προς τον βυθό με την οποία κινούμαστε αλλά και την πορεία του πλοίου. Το σύστημα αυτό σε σύγκριση με άλλα παρέχει παγκόσμια κάλυψη, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη και αν βρισκόμαστε να μπορέσουμε να βρούμε το γεωγραφικό στίγμα μας στους χάρτες. Επιπλέον, οι διευκολύνσεις που μας παρέχει αυτό το δορυφορικό σύστημα είναι πολλές και με παρέχονται με μεγάλη ακρίβεια. Επιπροσθέτως, μας δίνει την δυνατότητα να καταχωρήσουμε στην μνήμη διάφορες πορείες συγκεκριμένων ταξιδιών. Λόγω της τρομερά εξελιγμένης τεχνολογίας το σύστημα αυτό έχει την ικανότητα να διασυνδέεται με όλους τους υπόλοιπους ναυτιλιακούς εξοπλισμούς της γέφυρας.

Συμπεράσματα

Το Global Positioning System στη σημερινή του μορφή βασίζεται σε παρεμφερή τεχνολογία. Συνδυάζει όλες τις μεθόδους που είχαν χρησιμοποιηθεί στον ουρανό, δηλαδή την τεχνολογία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων καθώς και την παρατήρηση ενός τεχνητού αυτή τη φορά ουράνιου σώματος. Οι σταθμοί βάσης που λαμβάνουν και δέχονται τα απαραίτητα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν είναι πλέον επίγειοι, αλλά εδρεύουν σε δορυφόρους. Ένα δίκτυο πολυάριθμων δορυφόρων που βρίσκεται σε σταθερή θέση γύρω από τον πλανήτη μας, βοηθά τους δέκτες GPS να χαράζουν το ακριβές στίγμα ενός σημείου οπουδήποτε στον κόσμο.

Το GPS αρχικά δημιουργήθηκε αποκλειστικά για στρατιωτική χρήση και ανήκε στη δικαιοδοσία του αμερικανικού Υπουργείου Εθνικής Άμυνας, όπου ρυθμιζότανε καθημερινά από την Βάση της Πολεμικής Αεροπορίας με κόστος περίπου 400 εκατομμύρια δολάρια το χρόνο.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό τότε με την ονομασία Transit System, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό. Το 1967, το Transit διαδέχθηκε ο δορυφόρος Timation που απέδειξε ότι στο διάστημα μπορούσαν λειτουργούν εξαιρετικά ακριβή ατομικά ρολόγια. Κατόπιν αυτού, το σύστημα GPS αναπτύχθηκε γρήγορα για στρατιωτικούς σκοπούς, έως το καλοκαίρι του 1993, οι ΗΠΑ έθεσαν σε τροχιά τον 24ο δορυφόρο Navstar, ο οποίος ολοκλήρωσε τη σύγχρονη ομάδα δορυφόρων GPS, ένα δίκτυο 24 δορυφόρων, γνωστό σήμερα ως το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης ή GPS.

Το πρώτο σύστημα GPS αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του 1960 προκειμένου να παρέχει στα σκάφη του πολεμικού ναυτικού των ΗΠΑ τη δυνατότητα να διαπλέουν τους ωκεανούς με μεγαλύτερη ακρίβεια και με την πιο σύντομη απόσταση. Το πρώτο σύστημα διέθετε πέντε δορυφόρους και παρείχε στα σκάφη τη δυνατότητα να ελέγχουν τη θέση τους ανά μία ώρα. Σήμερα, εκατομμύρια χρηστών βασίζονται στη δορυφορική πλοήγηση για να προσδιορίζουν τη διαδρομή τους από το σημείο Α προς το σημείο Β και για πολλές άλλες εφαρμογές εκτός από αυτό.

Η πλέον προφανής εφαρμογή GPS είναι η δορυφορική πλοήγηση για οχήματα, αεροσκάφη και πλοία, επίσης παρέχει σε όλους όσους διαθέτουν ένα λήπτη GPS τη δυνατότητα να προσδιορίζουν τη ταχύτητα και τη θέση τους στο χάρτη, στον αέρα ή στη θάλασσα, με εξαιρετική ακρίβεια. Οι οδηγοί μπορούν να χρησιμοποιούν φορητές συσκευές δορυφορικής πλοήγησης αυτοκινήτου για να ακολουθήσουν μία διαδρομή, να εντοπίζουν εναλλακτικά δρομολόγια για την παράκαμψη κυκλοφοριακών προβλημάτων και με το εγκαταστημένο πρόσθετο λογισμικό να λαμβάνουν ενημερώσεις και προειδοποιήσεις σχετικές με τις θέσεις καμερών ασφάλειας.

Η συσκευή GPS στα πλοία είναι ηλεκτρονικές συσκευές που δέχονται σήματα από δορυφόρους και απεικονίζουν στην οθόνη τους την πορεία σε σχέση με τον βυθό, την ταχύτητα σε σχέ-

ση με τον βυθό και τις γεωγραφικές συντεταγμένες που βρίσκονται την κάθε στιγμή. Η ακρίβεια της ένδειξης είναι πολύ μεγάλη με πιθανή απόκλιση από την πραγματική θέση πολύ λίγα μέτρα (τόρα τελευταία συνήθως μόνο 1-15m). Εμφανίζουν επίσης και την ώρα με μεγάλη ακρίβεια, καθώς και διάφορες άλλες πληροφορίες. Μερικά μοντέλα εμφανίζουν και χάρτες με πολλές λεπτομέρειες. Αν βρεθούμε σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης μπορούμε να μεταδώσουμε το ακριβές σημείο που βρισκόμαστε αυξάνοντας έτσι κατά πολύ τις πιθανότητες βοήθειας και διάσωσης. Μπορούμε επίσης να βρίσκουμε και να σημειώνουμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες σημείων που μας ενδιαφέρουν όπως π.χ. ναυάγια που δεν έχουν εισαχθεί ακόμη στους χάρτες, περιοχές επικίνδυνες για ναυσιπλοΐα, οριοθέτηση κάποιας περιοχής, άνθρωπος στην θάλασσα MOB, κ.λπ. Οι εφαρμογές που έχουν τα GPS είναι πάρα πολλές και στην ξηρά και στη θάλασσα. Το GPS χρησιμοποιείται από μία πληθώρα διαφορετικών χρηστών. Άτομα που πεζοπορούν και άλλοι φυσιολάτρες μπορούν να χρησιμοποιούν δέκτες GPS για να ελέγχουν κατά πόσον ακολουθούν την επιλεγμένη διαδρομή και να επισημαίνουν σημεία συνάντησης κατά μήκος αυτής. Οι υπηρεσίες πρώτων βοηθειών, για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δέκτες GPS όχι μόνο για να προσδιορίζουν τη διαδρομή προς το σημείο ενός συμβάντος πιο γρήγορα από ποτέ, αλλά και για να εντοπίζουν το σημείο ενός ατυχήματος παρέχοντας στο βοηθητικό προσωπικό τη δυνατότητα να εντοπίσει γρήγορα το σημείο. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης στη θάλασσα και υπό ακραίες καιρικές συνθήκες στην ξηρά, όταν ο χρόνος μπορεί να αποτελεί ζήτημα ζωής ή θανάτου.

Σχόλια - Προτάσεις

Το GPS μπορεί να παράγει ακριβή αποτελέσματα με ελάχιστη προσπάθεια, καθώς επίσης παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία και βελτιωμένη απόδοση από παλαιότερα εργαλεία τοπογραφικά. Ωστόσο, παρά τα πολλά οφέλη του, το GPS έχει και αυτό κάποια σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία θα πρέπει να βελτιώσει ιδιαίτερα για εφαρμογές στις οποίες η απόλυτη ακρίβεια είναι απαραίτητη για την αποφυγή λαθών.

Ένα σημαντικό σφάλμα που πρέπει να επιλυθεί, είναι οι εσφαλμένες μετρήσεις που καταγράφει λόγω της ύπαρξης παρεμβολών. Πιο συγκεκριμένα, αν οι παρεμβολές έλθουν σε επαφή με την λήψη του σήματος, τα αποτελέσματα των μετρήσεων του GPS μπορεί να υστερούν σε ακρίβεια. Για παράδειγμα, μεγάλα σε ύψος δέντρα, πολυκατοικίες αλλά και άλλες ψηλές κατασκευές, είτε με φυσικό, είτε τεχνητό με τεχνικό τρόπο μπορεί να μπλοκάρουν τα δορυφορικά σήματα από τον δέκτη GPS. Επιπροσθέτως, ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές ακόμη και παρεμβολές που προέρχονται από το ραδιοφωνικό σήμα μπορεί επίσης να διαταράζουν την ακρίβεια του GPS. Τέλος, η λήψη του σήματος μέσω δορυφόρου σημαίνει επίσης ότι το GPS δεν μπορεί να τεθεί σε χρήση όταν οποιαδήποτε συσκευή GPS αποκλειστεί από την άμεση θέα του ουρανού. Επομένως, η επίδραση των παρεμβολών εισάγουν ένα σημαντικό σφάλμα το οποίο πρέπει να διορθωθεί.

Από την άλλη πλευρά, οποιαδήποτε αλλαγή στην τοποθέτηση δορυφόρου στο δικτύου δορυφόρων μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια GPS και επομένως να αλλοιώσει την αποτελεσματικότητα των μετρήσεων του. Έτσι, πρέπει να βρεθεί μια λύση ώστε το δορυφορικό σύστημα αυτό να μην επηρεάζεται από την μετατόπιση των δορυφόρων. Τέλος πρέπει με κάποιο τρόπο να διορθωθούν τα σφάλματα που προέρχονται από τις κεραιές του διότι μπορεί να έχουν αρνητικές συνέπειες όταν πρόκειται για περιπτώσεις όπου η ακρίβεια της θέσεως είναι απαραίτητη.

Βιβλιογραφία

- Λιώτσιος Κ. (2012). *Σημειώσεις Πληροφορικής Εργαστηρίου Δ' εξαμήνου*. Σημειώσεις διδάσκοντος (power point). Ν. Μηχανιώνα, 2012.
- Μυλωνάκη Μ., Γιώργος Χ. & Μηλιαρέσης (2008). Διπλωματική Εργασία. *Δορυφορικές Μέθοδοι Προσδιορισμού Θέσης (GPS) για την Γεωμετρική Διόρθωση Δορυφορικών Εικόνων*, (2008).
- Καρπούζα Η., Μανιάτη (2008). πτυχιακή εργασία. *Εφαρμογές παγκόσμιου Δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS) (2008)*.
- Κουνιάκης Χ. (Άρθρο) *Global Positioning System - Βασικές Αρχές*.
Μεγάλη Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια τομ. ΚΓ'
- Σωφρονιάδη Ειρήνη. (Άρθρο). *Χρήση GPS σε εφαρμογές πολυμέσων* (2012).
- Δημήτρης Δεληκαράογλου. Τεύχος σημειώσεων Τμήμα Πολιτικών Μηχ. / Τοπογράφων Μηχ. και Μηχ (PDF). *Γεωπληροφορικής. Εισαγωγή στο σύστημα GPS* (2012).
- Σταύρου Δημήτριος. Νικόλαος Βεντίκος. Διπλωματική Εργασία. *Πόντιση Υποβρύχιων Καλωδίων, ο Στόλος, η Διαδικασία και Μελέτη Αξιοπιστίας Υ/B Δικτύου Μέσης Τάσης*. (2012).
- Furuno operator's manual. *GPS navigator DGPS navigator model GP-31/GP-36*. (2001).
- Chris. W. Johnson. Christine Shea. C. Michael Holloway. *The Role of Trust and Interaction in GPS Related Accidents: A Human Factors Safety Assessment of the Global Positioning System (GPS)* (2006).
- Alexander Kindle - Justin Stocker. R. James Duckworth. David Cyganski. *Marine GPS Search and Rescue System*.
- <https://limitofadvance.wordpress.com>. Επισκέφθηκε, Μάρτιο 2016
- <http://www.pcsteps.gr>. Επισκέφθηκε, Μάρτιο 2016
- <http://ninglu-fishfinder.en.made-in-china.com>. Επισκέφθηκε, Μάρτιο 2016
- <http://www.bpress.cn>. Επισκέφθηκε, Μάρτιο 2016
- <http://www.nauticexpo.com>. Επισκέφθηκε, Απρίλιο 2016
- <http://www.wirelessdictionary.com>. Επισκέφθηκε, Απρίλιο 2016
- <http://eu.mio.com>. Επισκέφθηκε, Μάρτιο 2016