



---

# ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

Από τον εξάντα στο G.P.S.  
Ιστορική αναδρομή των συστημάτων πλοήγησης.



ΒΕΡΒΕΡΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ Α.Μ 3243

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΦΟΥΤΣΙΤΖΗΣ Χ.

21 ΙΟΥΝΙΟΥ 2016  
ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

□ 1. Εισαγωγή.....	2
□ 1.1 Λίθινη εποχή.....	2
□ 1.2 Εποχή των άστρων.....	2
□ 2. Εξάντας.....	3
□ 2.1 Ορισμός.....	3
□ 2.2 Ιστορική αναδρομή εξάντα.....	3-4
□ 2.3 Περιγραφή του οργάνου.....	4
□ 2.4 Κατασκευή Αστrolάβου(Εξάντα).....	5
□ 2.4.1 Υλικά κατασκευής.....	5
□ 2.4.2 Κατασκευή.....	6
□ 2.4.3 Τρόπος λειτουργίας.....	6
□ 2.5 Λειτουργία του εξάντα.....	6
□ 2.6 Εφαρμογές ναυτικού εξάντα.....	7-8
□ 2.7 Σφάλμα εξάντα.....	8-9
□ 2.8 Η εξέλιξη της τεχνολογίας.....	9-10
□ 3. GPS (Global Positioning System).....	10
□ 3.1 Ορισμός.....	10-11
□ 3.2 Ιστορική αναδρομή GPS.....	11-13
□ 3.3 Εξέλιξη.....	13-14
□ 3.4 Γενικά για το ναυτικό GPS.....	15-16
□ 3.4.1 Οι βασικές λειτουργίες ενός GPS.....	16
□ 3.4.2 GPS-Plotter.....	16
□ 3.4.3 Είδος σήματος που χρησιμοποιεί το σύστημα GPS.....	17
□ 3.4.4 Μέθοδος λειτουργίας το GPS.....	18
□ 3.4.5 Η ακρίβεια του GPS και οι πηγές σφάλματος.....	18-19
□ 3.4.6 Τριπλευρισμός.....	20
□ 3.4.7 Μέθοδος εντοπισμού μέσω δορυφόρου ραδιοσημάτων για Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) δέκτες.....	21-22
□ 3.5 Βασικές κατηγορίες και κύρια χαρακτηριστικά δεκτών GPS.....	22
□ 3.5.1 Δέκτες GPS.....	22-23
□ 4. GALILEO.....	23
□ 4.1 Τι είναι το Galileo.....	23-24
□ 4.2 Εφαρμογές του Galileo.....	24-25
□ 4.3 Οφέλη του Galileo.....	25-26
□ 4.4 Υπηρεσίες του Galileo.....	26
□ 5. Ηλεκτρονικές Πηγές.....	27

# 1.Εισαγωγή

## 1.1 Λίθινη Εποχή

Οι άνθρωποι στην λίθινη εποχή για να θυμηθούν μια διαδρομή χρησιμοποιούσαν διάφορα δέντρα και βράχους ως σημάδια. Σημαδεύοντας δέντρα μπορούσαν να προσανατολιστούν και να οδηγηθούν στον προορισμό τους. Αυτός ο απλός τρόπος πλοήγησης, εισήγαγε την έννοια «σημείο αναφοράς» στην πλέον απλή της μορφή.

## 1.2 Εποχή των άστρων

Τη στιγμή που ο άνθρωπος άρχισε να εξερευνά τους ωκεανούς, έπρεπε να βρει κάποιο σημείο αναφοράς για πλοήγηση στη θάλασσα. Τα μόνα ορατά αντικείμενα ήταν ο Ήλιος, το φεγγάρι και τα αστέρια. Ήταν φυσικό λοιπόν αυτά να χρησιμοποιηθούν ως σημεία αναφοράς και έτσι να ξεκινήσει η περίοδος των ουράνιων συστημάτων πλοήγησης. Η ουράνια πλοήγηση έλυσε το πρόβλημα του εντοπισμού της θέσης σε άγνωστες περιοχές, όπου ο Ήλιος, το φεγγάρι και τα αστέρια, χρησιμοποιούνταν ως σημεία αναφοράς. Η θέση των αστεριών όμως καθώς και η γεωμετρία του σχηματισμού τους άλλαζε ανάλογα με τη θέση παρατήρησής τους από την Γη. Επομένως, παρατηρώντας τη γεωμετρία των αστρικών σχηματισμών, ο άνθρωπος μπορούσε να εκτιμήσει τη θέση του στη Γη και να υπολογίσει την κατεύθυνση την οποία έπρεπε να ακολουθήσει για να πάει στον προορισμό του. Τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων αστρικών σχηματισμών είναι η Μεγάλη και η Μικρή Άρκτος. Αργότερα ανακαλύφθηκαν ειδικά οπτικά όργανα και έτσι η γεωμετρία των αστρικών σχηματισμών προσδιορίστηκε με μεγαλύτερη ακρίβεια μετρώντας σχετικές γωνίες. Αυτές οι γωνίες μαζί με τη βοήθεια χαρτών, οι οποίοι απλούστευσαν την επίπονη υπολογιστική διαδικασία, χρησιμοποιήθηκαν για τον ακριβέστερο υπολογισμό της θέσης του παρατηρητή.

Η διαδικασία των γωνιομετρήσεων με τα οπτικά όργανα δεν ήταν ακριβής ,καθώς δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή της, ούτε τη μέρα, ούτε τη νύχτα που είχε συννεφιά. Οι μετρημένες γωνίες έπρεπε να μεταφερθούν σε ειδικούς χάρτες και μετά από επίπονη υπολογιστική διαδικασία όπως προαναφέρθηκε, το τελικό αποτέλεσμα απείχε μερικά μίλια. Η μέθοδος επίλυσης βασιζόταν στην κλασική τριγωνομετρία, όπου τα αστέρια αποτελούν τα γνωστά σημεία αναφοράς και οι μετρούμενες αποστάσεις μεταξύ των αστεριών και του παρατηρητή θα προσδιόριζαν τη θέση του. Όλα θα ήταν πιο απλά αν μπορούσαν να μετρηθούν οι αποστάσεις προς τα αστέρια. Έτσι δημιουργήθηκε ο ναυτικός εξάντας. Ήταν απαραίτητο όμως να κατασκευαστεί ένα όργανο που να υπολογίζει τη θέση αυτόματα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Η μεγάλη εξέλιξη της τεχνολογίας έφερε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του GPS, αρχίζοντας έτσι η εποχή του ραδιοεντοπισμού.

## **2. ΕΞΑΝΤΑΣ**

### **2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ**

Ο εξάντας είναι ένα όργανο το οποίο στο παρελθόν ήταν το Α και το Ω για τους ναυτικούς. Με τον εξάντα μπορούσαν να προσδιορίσουν τη θέση τους επάνω στη γη (στίγμα) και τον χρησιμοποιούσαν στην ανοιχτή θάλασσα κατά κόρων. Στην σημερινή εποχή η χρήση του δεν είναι τόσο διαδεδομένη λόγω των ηλεκτρονικών συστημάτων που υπάρχουν. Ακόμα και έτσι όμως, παραμένει ένα πολύ σημαντικό όργανο το οποίο ο σωστός αξιωματικός γέφυρας θα πρέπει να ξέρει να χειρίζεται. Ευτυχώς για την παραδοσιακή ναυσιπλοΐα, υπάρχουν πολλοί αξιωματικοί που συνεχίζουν να τον χρησιμοποιούν και να εξασκούνται στο όργανο αυτό.

### **2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΕΞΑΝΤΑ**

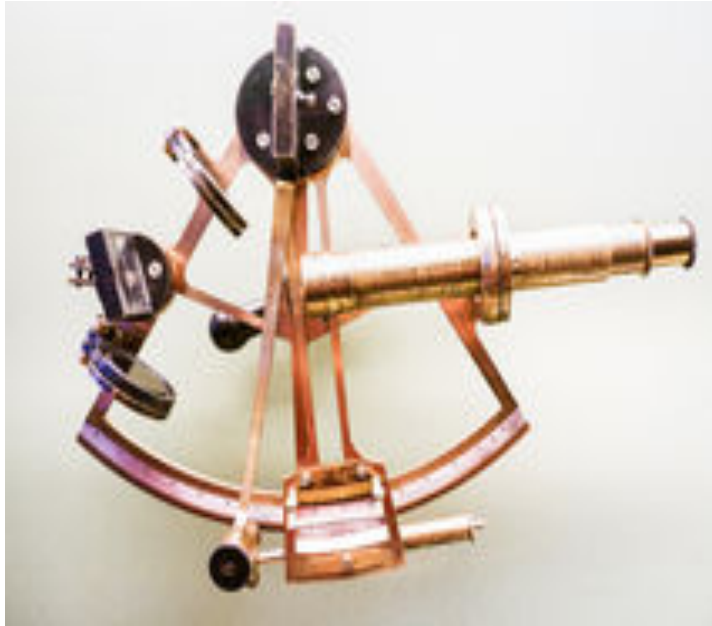
Οι παλιότεροι θαλασσοπόροι προσδιόριζαν τη θέση του πλοίου τους στην ανοιχτή θάλασσα με τη μέτρηση των γωνιών που σχημάτιζαν τα ουράνια σώματα, δηλαδή ο ήλιος, η σελήνη, ή τα άστρα, με τον ορίζοντα. Τα πρώτα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση αυτών των γωνιών ήταν οι αστρολάβοι. Στις περισσότερες περιπτώσεις με τον αστρολάβο, ήταν απαραίτητη η σκόπευση ταυτόχρονα και του αστέρα και του ορίζοντα, από το κατάστρωμα του πλοίου, οδηγώντας έτσι συχνά σε ανακριβείς υπολογισμούς. Η συσκευή που αντικατέστησε τους αστρολάβους ήταν ο εξάντας. Πρόδρομη συσκευή του εξάντα ήταν ο οκτάντας, που εφευρέθηκε από τον Τζον Χάντλεϊ το 1731. Διέφερε στο σχεδιασμό από τον εξάντα μόνο στην τοξοειδή κλίμακα που έχουν τα δυο όργανα: ο οκτάντας έχει κλίμακα ενός ογδούου του κύκλου, δηλαδή 45 μοιρών, ενώ ο εξάντας έχει κλίμακα ενός έκτου του κύκλου, δηλαδή 60 μοιρών. Τα δυο όργανα μετρούν τη γωνία της προσπίπτουσας φωτεινής ακτίνας (π.χ. από έναν αστέρα) σε σχέση με τον ορίζοντα, αλλά ο οκτάντας φτάνει να μετρά μέχρι 90 μοίρες γωνία, ενώ ο εξάντας μέχρι 120 μοίρες. Ο εξάντας ανακαλύφθηκε, σαν εξέλιξη του οκτάντα, από τον Άγγλο αξιωματικό του Ναυτικού Τζον Κάμπελ το 1757. Ο εξερευνητής Τζέιμς Κουκ εκμεταλλεύτηκε πλήρως τις δυνατότητες του εξάντα για τη μέτρηση όχι μόνο κατακόρυφων γωνιών, αλλά γωνιών με οποιαδήποτε κλίση. Μετρώντας τη γωνία μεταξύ της σελήνης και ενός δοσμένου αστέρα, και με τη βοήθεια πινάκων της κίνησης της σελήνης μπορούσε να υπολογίζει ακριβή χρόνο, που του έδινε τη δυνατότητα να βρίσκει το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της θέσης του πλοίου του. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για τη χαρτογράφηση της Νέας Ζηλανδίας στη διάρκεια του ταξιδιού του 1768-1771.

### 2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Στον συνηθέστερα ορειχάλκινο ή αλουμινένιο σκελετό του εξάντα, (frame), σχήματος κυκλικού τομέα, φέρονται τα ακόλουθα μέρη και εξαρτήματα:

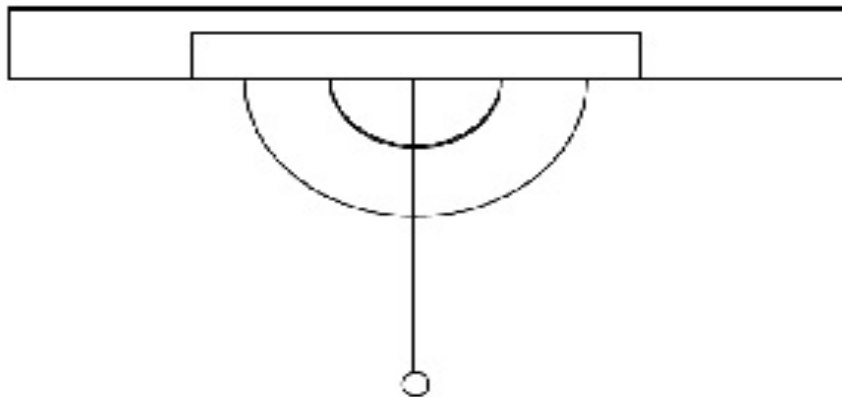
1. Η **ίτους** (της ίτους, arc) που είναι το κάτω μέρος του σκελετού που φέρει βαθμολογημένο τόξο από  $0^\circ$  μέχρι  $140^\circ$ , (αριστερά του 0), και από  $0^\circ$  μέχρι  $5^\circ$ , (δεξιά του μηδενός). Η κάτω πλευρά της ίτους είναι οδοντωτή, όπου κάθε δόντι αντιστοιχεί σε γωνία  $1^\circ$  μοίρας. Το σημείο του τόξου όπου έχει χαραχθεί το 0 ως αρχή μέτρησης των γωνιών ονομάζεται **σημείο συρρηνισμού** του εξάντα. Σημειώνεται ότι η θέση αυτή αντιστοιχεί στην παραλληλία των φερόμενων κατόπτρων.
2. Ο **Κανόνας** (index bar), που φέρεται έκκεντρος στη κορυφή του οργάνου και που ολισθαίνει επί του τομέα της ίτους με ειδικά κομβία (clamps) απελευθέρωσης.
3. Το **μικρομετρικό τύμπανο** (m. drum), που φέρεται στην μπροστινή κάτω άκρη του κανόνα που είναι υποδιαιρεμένο σε  $60'$  (πρώτα της μοίρας).
4. Ο **βερνιέρος**, μικρομετρικό τύμπανο πίσω από το προηγούμενο που φέρει είτε 10 υποδιαιρέσεις που καθεμιά αντιστοιχεί σε  $6''$  ( $60':10 = 6''$ ), ή σε 6 υποδιαιρέσεις όπου καθεμιά αντιστοιχεί σε  $10''$  ( $60':6 = 10''$ ).
5. Το **μεγάλο κινητό κάτοπτρο**, (index mirror), που χρησιμεύει για την πρώτη ανάκλαση των ακτίνων του αντικειμένου. Αυτό φέρεται στο πάνω μέρος του κανόνα και κάθετα στο επίπεδο του οργάνου. Στρέφεται με την ολίσθηση του κανόνα.
6. Το **μικρό ακίνητο κάτοπτρο**, (horizon mirror), που χρησιμεύει για τη δεύτερη ανάκλαση των ακτίνων του αντικειμένου, καθώς και για την απ' ευθείας σκόπευση. Φέρεται μόνιμα στερεωμένο επί του σκελετού του οργάνου χαμηλότερα και πιο μπροστά του κινητού κατόπτρου.
7. Τα **χρωματιστά γυαλιά**, (shade glasses), διάφορης μεταβλητής απόχρωσης που φέρονται μόνιμα στο στέλεχος και όπου παρεμβάλλονται αν χρειαστεί μεταξύ των δύο κατόπτρων για την ελάττωση της έντασης του φωτός σε παρατηρήσεις του Ήλιου και την προστασία του παρατηρητή.
8. Το **τηλεσκόπιο**, (telescope), που φέρεται μόνιμα ακίνητο επί του σκελετού και παράλληλα προς το επίπεδο του στελέχους. Με κατάλληλη εστίαση παρέχει αρκετή διαύγεια του ορίζοντα. Πολλοί εξάντες φέρουν και δύο τηλεσκόπια. Και
9. Η **λαβή** που φέρεται στο δεξιό μέρος του σκελετού, από ξύλο ή πλαστικό από την οποία κρατείται ο εξάντας κάθετα στη παρατήρηση ουρανίων σωμάτων. Πολλοί εξάντες στο εσωτερικό της λαβής φέρουν μπαταρίες που συνδέονται με μικρό λαμπτήρα ανάγνωσης του βερνιέρου.

### 2.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΣΤΡΟΛΑΒΟΥ (ΕΞΑΝΤΑ)



#### **2.4.1 Υλικά κατασκευής**

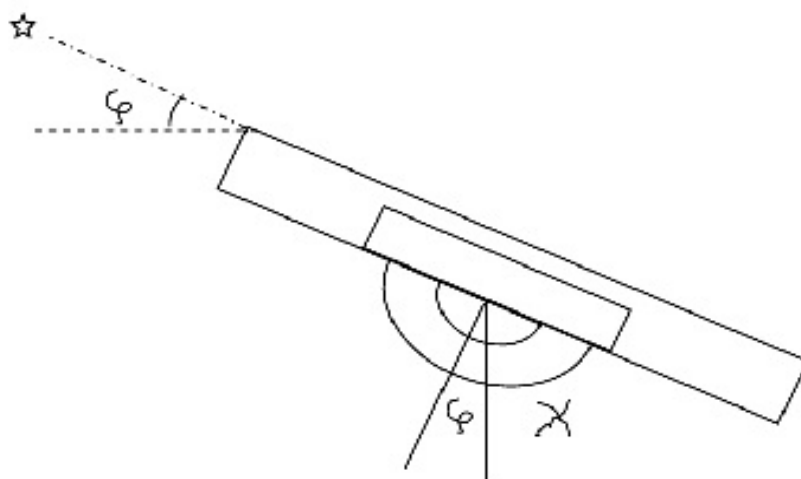
1. Ένας πλαστικός ή ξύλινος χάρακας που να έχει μήκος τουλάχιστον 30 cm.
2. Ένα μοιρογνωμόνιο με μια τρυπούλα στη μέση.
3. Ένα κομμάτι κλωστής ή πετονιάς, περίπου 30 cm.
4. Κολλητική ταινία.
5. Ένα βαρίδι.



#### **2.4.2 Κατασκευή**

Στερεώνουμε με την κολλητική ταινία το μοιρογνωμόνιο πάνω στον χάρακα, όπως φαίνεται στο σχήμα και δένουμε την κλωστή με το βαρίδι από την τρυπούλα που έχει το μοιρογνωμόνιο στο κέντρο του.

### 2.4.3 Τρόπος Λειτουργίας



Διαβάζουμε την τιμή της γωνίας  $\chi$  στον εξάντα μας. Εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η γωνία  $\phi$  που σχηματίζει το αντικείμενο που σκοπεύσαμε ισούται με  $90^\circ - \chi$ .

## 2.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΞΑΝΤΑ

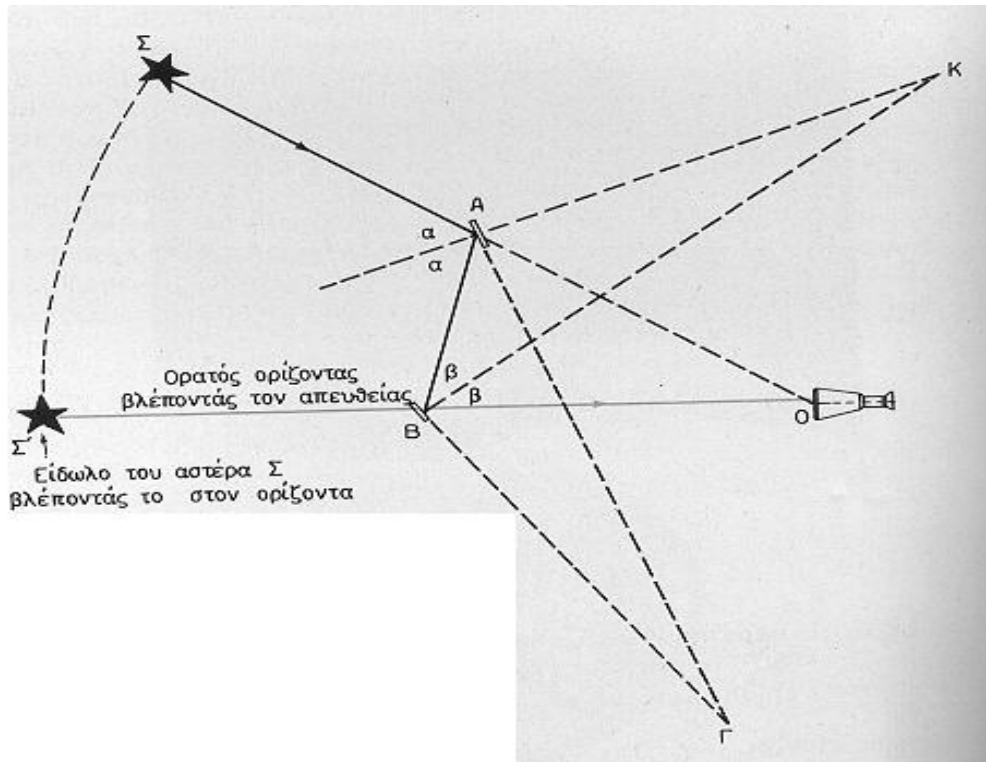
Η λειτουργία του εξάντα βασίζεται στη χρήση ενός ζεύγους κατόπτρων που ανακλούν το είδωλο ενός αστέρα και πρέπει να έρθει στην ίδια ευθεία με τον ορίζοντα. Αυτός που χειρίζεται το όργανο, σε όρθια θέση, παρατηρεί μέσα από ένα μικρό τηλεσκόπιο τον ορίζοντα και το είδωλο ταυτόχρονα, διότι το ένα κάτοπτρο είναι κατά το ήμισυ επαργυρωμένο (ενώ το άλλο μισό είναι απλό γυαλί), ενώ το άλλο περιστρέφεται με τη βοήθεια μιας ράβδου. Βλέπει μια διπλή εικόνα, το είδωλο του αστέρα στη μια μεριά και τον ορίζοντα στην άλλη, και με κίνηση της ράβδου προσπαθεί να φέρει τις δυο εικόνες στην ίδια ευθεία. Το άλλο άκρο της ράβδου καταλήγει σε έναν δείκτη και δείχνει στην τοξοειδή κλίμακα του εξάντα. Η βαθμολόγηση της κλίμακας είναι τέτοια που δείχνει αριθμητικά τη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στον αστέρα και στον ορίζοντα. Αυτή η γωνία του αστέρα με τον ορίζοντα χρησιμεύει στον προσδιορισμό του γεωγραφικού πλάτους. Σε έναν εξάντα συχνά θα παρατηρήσει κανείς φίλτρα για την ελάττωση της λαμπρότητας του ήλιου κατά την παρατήρηση. Έχουν κατασκευαστεί επίσης εξάντες για την αεροναυτιλία (με διαφορετικό τρόπο για την εύρεση της πραγματικής οριζοντίου) και για την ξηρά, όπου ο ορίζοντας παρέχεται με έναν μικρό κάδο υδραργύρου μέσα στον εξάντα.

## 2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΕΞΑΝΤΑ

Η αρχή λειτουργίας του εξάντα βασίζεται στο φαινόμενο της ανακλάσεως. Είναι γνωστό από την οπτική ότι η γωνία προσπτώσεως που σχηματίζεται από την οπτική ακτίνα σε επίπεδο, είναι ίση με τη γωνία ανακλάσεως. Στον ναυτικό εξάντα για τη μέτρηση των γωνιακών αποστάσεων εφαρμόζεται η αρχή της διπλής ανακλάσεως. Έστω ότι έχουμε δύο καθρέφτες Α και Β, από τους οποίους ο Α είναι κινητός και ο Β ακίνητος. Οι καθρέφτες αυτοί σχηματίζουν την οξεία γωνία Γ. Έστω ακόμα ότι θέλουμε να μετρήσουμε τη γωνιακή απόσταση δύο αντικειμένων Σ και Σ'. Η οπτική ακτίνα ΣΑ του αντικειμένου Σ προσπίπτει διαδοχικά στους καθρέφτες Α και Β και παίρνει την τελική κατεύθυνση ΒΟ όπου στο σημείο Ο είναι το μάτι του παρατηρητή. Οι ΑΚ και ΒΚ είναι οι κάθετες των καθρεπτών Α και Β, που τέμνονται στο Κ. Για να επιτευχθεί η συνθήκη αυτή μετρήσεως της γωνιακής αποστάσεως των δύο αντικειμένων, πρέπει να παρατηρήσουμε το Σ μέσω διπλής ανακλάσεως με τους δύο καθρέφτες και το Σ' απευθείας μέσω διαφανούς τμήματος γυαλιού του ακίνητου καθρέφτη.

Αν στρέψουμε κατάλληλα τον κινητό καθρέφτη Α, η προσπίπτουσα ακτίνα ΣΑ ανακλάται πρώτα στον καθρέφτη Α. Στη συνέχεια ανακλάται για δεύτερη φορά στον ακίνητο καθρέφτη και τελικά καταλήγει στο μάτι του παρατηρητή Ο. Ωστε, τη στιγμή αυτή θα συμπέσουν η τελική ανακλώμενη ΒΟ και η ακτίνα Σ'Ο, του αντικειμένου που βλέπουμε απευθείας. Έτσι θα συμπέσουν και τα αντικείμενα Σ και Σ'. Κατά τη στιγμή αυτή της συμπτώσεως του ειδώλου του Σ με το αντικείμενο Σ', που βλέπουμε απευθείας, οι δύο καθρέφτες θα σχηματίζουν γωνία Γ, η οποία, όπως αποδείχθηκε, είναι το μισό της γωνίας Ο των αντικειμένων. Αν το αντικείμενο Σ είναι αστέρι και επιθυμούμε να μετρήσουμε το ύψος του, τότε, αντί για το αντικείμενο Σ', θα παρατηρήσουμε απευθείας τον ορατό ορίζοντα, στον οποίο θα φροντίσουμε να φέρουμε το είδωλο της διπλής ανακλάσεως του Σ, με κατάλληλη στροφή του κινητού καθρέφτη. Για τη μέτρηση όμως της γωνιακής αποστάσεως δύο αντικειμένων, πρέπει να διπλασιάζουμε κάθε φορά τη μετρούμενη γωνία των καθρεπτών. Επειδή όμως αυτό αποτελεί μια πρόσθετη διαδικασία, οι υποδιαίρέσεις στο τόξο αναγνώσεως των γωνιών παριστάνουν γωνίες διπλάσιες από τις αντίστοιχες των καθρεπτών.



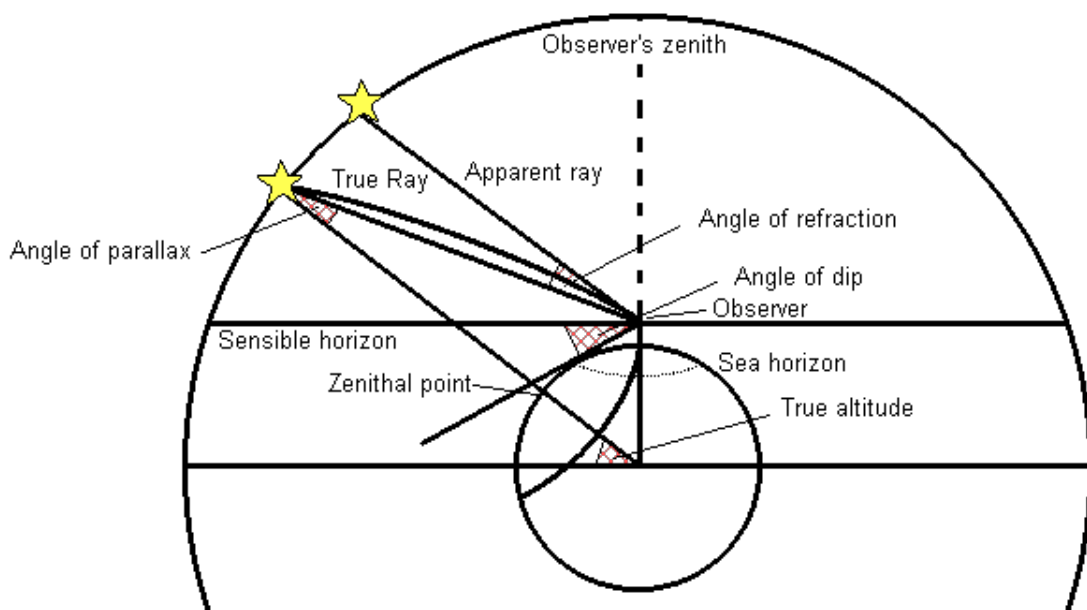


Ο ναυτικός εξάντας είναι όργανο ακριβείας και ήταν βασικό όργανο μέτρησης από τον 18ο αιώνα μέχρι τις αρχές του 20ου, σήμερα έχει περιπέσει σε αχρηστία γιατί έχουν κατασκευασθεί άλλα όργανα. Χρησιμοποιείται από τον ναυτιλόμενο κυρίως για τη μέτρηση υψών ουρανίων σωμάτων αλλά και για τη μέτρηση οριζοντίων και κατακόρυφων γωνιών γήινων αντικειμένων. Κατά την παρατήρηση του ύψους, ο εξάντας κρατείται κατακόρυφος και το είδωλο ουράνιου σώματος έρχεται σε επαφή με τον ορίζοντα με την κατάλληλη μετακίνηση του κανόνα, στον οποίο είναι προσαρμοσμένος ο μεγάλος, κινητός καθρέφτης. Η ανάγνωση του εξάντα αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή παρατηρήσεως. Το ύψος ενός ουράνιου σώματος στον εξάντα είναι το τόξο του κάθετου κύκλου από τον ορατό ορίζοντα μέχρι το ουράνιο σώμα.

## 2.7 ΣΦΑΛΜΑ ΕΞΑΝΤΑ

Όπως όλα τα όργανα ακριβείας έτσι και ο εξάντας υπόκειται σε σφάλματα που προσδιορίζονται σε επτά εκ των οποίων τα μιν πρώτα τέσσερα ρυθμίζονται, (διορθώνονται), μόνο από ειδικά επιστημονικά εργαστήρια, ενώ τα άλλα τρία μπορούν να ρυθμιστούν και από τους ναυτιλόμενους αξιωματικούς. Τα σφάλματα που μπορεί να παρουσιάσει ένας εξάντας είναι:

1. Σφάλμα υποδιαίρεσεων (τόξου, ή του μικρομετρικού τυμπάνου ή του βερνιέρου)
  2. Σφάλμα έκκεντρης θέσης του κανόνα
  3. Σφάλμα παραλληλότητας όψεων των κατόπτρων
  4. Σφάλμα παραλληλότητας οπτικού άξονα τηλεσκοπίου
  5. Σφάλμα καθετότητας μεγάλου κατόπτρου
  6. Σφάλμα καθετότητας μικρού κατόπτρου και
  7. Σφάλμα παραλληλότητας των κατόπτρων στο «σημείο συρρινισμού».
- Ο συνδυασμός όλων, ή μερικών των παραπάνω, συνιστά το εργαλειακό σφάλμα του εξάντα που θεωρείται ανεκτό μέχρι 3' (πρώτα της μοίρας).



## 2.8 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Εξετάζοντας την εξέλιξη των ναυτικών οργάνων υπό το πρίσμα των μεθόδων εκτέλεσης της ναυσιπλοΐας διαπιστώνουμε ότι οι μέθοδοι υπακούουν σε κοινή διαχρονική λογική. Η διαθέσιμη τεχνολογία δηλαδή, υποστηρίζει ανά εποχή σταθερά καταξιωμένες μεθόδους ναυσιπλοΐας, κάθε φορά με πλέον προηγμένα μέσα σε συνάρτηση με την εξέλιξη. Για παράδειγμα, αν εξεταστούν οι μέθοδοι προσδιορισμού της θέσης και της κίνησης του πλοίου, θα διαπιστωθεί ότι ανεξάρτητα με τις εκάστοτε τεχνολογικές καινοτομίες, η μέθοδος συνίσταται πάντοτε στον προσδιορισμό της θέσεως στην τομή τουλάχιστον δύο ευθειών θέσεως, οι οποίες προκύπτουν από τη μέτρηση διοπτύσεων ή αποστάσεων από γνωστά γεωγραφικά σημεία αναφοράς. Επίσης στα παλαιότερα χρόνια οι ναυτικοί χρησιμοποιούσαν τον εξάντα όπως προανέφερα για να βρίσκουν την θέση στην

οποία βρίσκεται το πλοίο ενώ τώρα με την εξέλιξη της τεχνολογίας το GPS κάνει την ίδια ακριβώς δουλειά.

### **3. GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)**

#### **3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ**

Το GPS είναι το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης. Είναι ένα δίκτυο δορυφόρων σε τροχιά που μεταδίδουν στη Γη ακριβείς αναλυτικές πληροφορίες σχετικές με τη θέση τους στο διάστημα. Τα σήματα λαμβάνονται από συσκευές GPS, όπως είναι οι συσκευές δορυφορικής πλοήγησης και χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ακριβούς θέσης, της ταχύτητας με την οποία κινείται ένα όχημα και της ακριβούς ώρας της ημέρας στη συγκεκριμένη θέση.



Το GPS είναι γνωστό για τις στρατιωτικές του εφαρμογές και αναπτύχθηκε αρχικά από τις ΗΠΑ προκειμένου να συμβάλει στις παγκόσμιες κατασκοπευτικές τους δραστηριότητες κατά την περίοδο της κορύφωσης του Ψυχρού Πολέμου.

Ωστόσο, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 και μετά, το GPS είναι διαθέσιμο προς χρήση σε όλους όσοι διαθέτουν 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.

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. Το πρώτο σύστημα διέθετε πέντε 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 για την οδική κυκλοφορία. Οι στρατιωτικές εφαρμογές έχουν σαφώς μεγαλύτερη ακρίβεια με αποτέλεσμα μία θέση να μπορεί να εντοπισθεί με απόκλιση λίγων εκατοστών.

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) NAVSTAR των ΗΠΑ είναι το μόνο πλήρως επιχειρησιακό παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GNSS) που επί τους παρόντος παρέχει δεδομένα προσδιορισμού 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, ενώ η Ρωσία αποκαθιστά επί του παρόντος το δικό της σύστημα GLONASS.

### **3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ GPS**

Τα σημεία του ορίζοντα, ή ακόμη και τα αστέρια, χρησιμοποιούνταν από την αρχαιότητα για τον προσανατολισμό των ανθρώπων. Ένα σταθερό άστρο στον ουρανό, με γνωστή γεωγραφική θέση ως προς το σημείο παρατήρησης, αποτελούσε σημείο αναφοράς και βοηθούσε τους ανθρώπους στο να βρουν τη σωστή πορεία τους. Στον προσανατολισμό συνέβαλαν αργότερα και άλλα μέσα, όπως η πυξίδα και ο εξάντας. Ωστόσο ο εξάντας είναι εύχρηστος μόνο για τον προσδιορισμό του γεωγραφικού πλάτους, ενώ η χρήση του για τον προσδιορισμό του γεωγραφικού μήκους είναι δύσκολη και εξαιρετικά σύνθετη, πράγμα που αποτελεί ένα σημαντικό μειονέκτημα για προσδιορισμό του στίγματος στη θάλασσα. Ως αποτέλεσμα, τον 17ο αιώνα, το Ηνωμένο Βασίλειο συνέστησε ένα συμβούλιο επιστημόνων, το οποίο θα επιβράβευε χρηματικά όποιον θα μπορούσε να εφεύρει ένα όργανο, το οποίο θα επέτρεπε τον ακριβή υπολογισμό και των δύο γεωγραφικών συντεταγμένων, δηλαδή μήκους και πλάτους.

Το 1761, ο Άγγλος ωρολογοποιός Τζον Χάρισσον (John Harrison), ύστερα από προσπάθειες δώδεκα ετών, κατασκεύασε ένα όργανο, το οποίο δεν ήταν άλλο από το γνωστό σημερινό χρονόμετρο. Σε συνδυασμό με τον εξάντα, το χρονόμετρο επέτρεπε τον υπολογισμό του στίγματος των πλοίων με εξαιρετική ακρίβεια (για τα δεδομένα της εποχής). Πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι να δημιουργηθούν τα πρώτα συστήματα εντοπισμού θέσης που βασίζονταν σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα (ραντάρ), στα μέσα του 20ού αιώνα. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου και χρησιμοποιούνται ακόμη. Τα συστήματα εντοπισμού θέσης της εποχής αποτελούνταν από ένα δίκτυο σταθμών βάσης και κατάλληλους δέκτες.

Ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λάμβανε κάθε δέκτης από σταθμούς γνωστής γεωγραφικής θέσης, σχηματίζονταν δύο ή περισσότερες συντεταγμένες, μέσω των οποίων προσδιοριζόταν η θέση των σημείων ενδιαφέροντος επάνω σε ένα χάρτη. Στην περίπτωση αυτή όμως υπήρχαν δύο διαφορετικά προβλήματα: Στην πρώτη περίπτωση η χρήση σταθμών βάσης που θα εξέπεμπαν σήμα σε υψηλή συχνότητα, διέθεταν μεν υψηλή ακρίβεια εντοπισμού, αλλά είχαν μικρή εμβέλεια. Στη δεύτερη περίπτωση συνέβαινε το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούσε μεν χαμηλή συχνότητα εκπομπής σήματος, προσφέροντας έτσι υψηλότερη εμβέλεια, αλλά και η ακρίβεια που παρείχε ήταν χαμηλή.

Έστω και με αυτά τα προβλήματα, η αρχή της χρήσης ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό της θέσης ενός σημείου είχε ήδη γίνει. 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 (24 - 32) δορυφόρων που βρίσκεται σε σταθερή θέση γύρω από τον πλανήτη μας, βοηθά τους δέκτες GPS να παρέχουν το ακριβές στίγμα ενός σημείου οπουδήποτε στον κόσμο. Όταν, το 1957, πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του δορυφόρου Σπούτνικ, 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 Μασαχουσέτης (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 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 ενός σημείου θέση 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. Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό τότε με την ονομασία Transit System, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό. 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.

### **3.3 ΕΞΕΛΙΞΗ**

1. Το 1972, ο μηχανισμός USAF Κεντρική Δοκιμή αδρανειακή Προσανατολισμού (Holloman AFB), που πραγματοποίησε αναπτυξιακά τεστ πτήσης δύο δεκτών GPS πρωτότυπων White Sands Missile Εμβέλειας , με τη χρήση επίγειων ψευδο-δορυφόρων.
2. Το 1978, ο πρώτος πειραματικός δορυφόρος Block-I GPS ξεκίνησε.
3. Το 1983, αεροσκάφος αναχαίτισης κατέρριψε το πολιτικό αεροσκάφος KAL 007 που απομακρύνθηκε σε απαγορευμένο εναέριο χώρο λόγω σφαλμάτων πλοήγησης, σκοτώνοντας και τους 269 επιβαίνοντες. Ο Πρόεδρος των ΗΠΑ Ρόναλντ Ρίγκαν ανακοίνωσε ότι τα GPS θα διατεθούν για τις μη στρατιωτικές χρήσεις. Είχε δημοσιευθεί [στο περιοδικό πλοήγησης] ότι ο κώδικας CA (κωδικός Acquisition) θα είναι διαθέσιμος στους πολιτικούς χρήστες.
4. Μέχρι το 1985, δέκα πιο πειραματικοί δορυφόροι Block-I είχαν ξεκινήσει για την επικύρωση της έννοιας.
5. Στις 14 Φεβρουαρίου, 1989, η πρώτη σύγχρονη δορυφορική Block II άρχισε.
6. Ο Πόλεμος του Κόλπου 1990-1991 ήταν η πρώτη σύγκρουση στην οποία το GPS χρησιμοποιείται ευρέως.
7. Το 1991, ένα σχέδιο για να δημιουργήσει μια μικρογραφία δέκτη GPS έληξε με επιτυχία, αντικαθιστώντας τους προηγούμενους στρατιωτικούς δέκτες £ 50 με £ 2,75 χειρός δέκτη.
8. Το 1992, η 2η Space Πτέρυγα, η οποία αρχικά ήταν για την διαχείριση του συστήματος, απενεργοποιήθηκε και αντικαταστάθηκε από την 50η Πτέρυγα Διαστήματος .
9. Μέχρι το Δεκέμβριο του 1993, το GPS επιτευχθεί αρχικής επιχειρησιακής ικανότητας (IOC), που δείχνει μια πλήρη αστερισμό (24 δορυφόροι) ήταν διαθέσιμο και παρέχει όλες τις κλασικές Υπηρεσία Εντοπισμού (SPS).
10. Την πλήρη επιχειρησιακή ικανότητα (FOC) κηρύχθηκε από Πολεμικής Αεροπορίας Διοίκηση Διαστήματος (AFSPC) τον Απρίλιο του 1995, σηματοδοτώντας την πλήρη διαθεσιμότητα ασφαλών Ακριβής υπηρεσία εντοπισμού του στρατού (MAD).
11. Το 1996, αναγνωρίζοντας τη σημασία του GPS στους πολιτικούς χρήστες, καθώς και στρατιωτικοί χρήστες, ο Πρόεδρος των ΗΠΑ Μπιλ Κλίντον εξέδωσε μια οδηγία για την πολιτική δηλώνοντας GPS για να είναι ένα διπλής χρήσης του συστήματος και την εγκαθίδρυση Interagency GPS εκτελεστική επιτροπή για να διαχειριστεί ως εθνική περιουσιακό στοιχείο.
12. Το 1998, Ηνωμένες Πολιτείες αντιπρόεδρος Αλ Γκορ ανακοίνωσε τα σχέδια της για την αναβάθμιση του GPS με δύο νέες πολιτικών σημάτων για βελτιωμένη ακρίβεια και αξιοπιστία των χρηστών, ιδίως όσον αφορά την ασφάλεια της αεροπορίας και το 2000, το Κογκρέσο των Ηνωμένων Πολιτειών ενέκρινε την προσπάθεια, να μνημονεύεται ως το GPS III .

13. Στις 2 Μαΐου, 2000 «Επιλεκτική Διαθεσιμότητα" διακόπηκε ως αποτέλεσμα το εκτελεστικό διάταγμα του 1996, επιτρέποντας στους χρήστες να λαμβάνουν ένα σήμα που δεν υποβαθμίζεται σε παγκόσμιο επίπεδο.
14. Το 2004, η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών υπέγραψαν συμφωνία με την Ευρωπαϊκή Κοινότητα για την ίδρυση της συνεργασίας σχετικά με συστήματα GPS και Ευρώπης προγραμματισμένες συστήματος Galileo .
15. Το 2004, Πρόεδρος των Ηνωμένων Πολιτειών Τζορτζ Μπους ενημερώθηκε την εθνική πολιτική και αντικατέστησε το εκτελεστικό συμβούλιο με την Εθνική Εκτελεστική Επιτροπή της διαστημικής τεχνολογίας εντοπισμού θέσης, πλοήγησης και χρονισμού.
16. Το Νοέμβριο του 2004, η Qualcomm ανακοίνωσε επιτυχημένες δοκιμές των υποβοηθούμενων GPS για κινητά τηλέφωνα .
17. Το 2005, ο πρώτος εκσυγχρονισμένος δορυφόρος GPS ξεκίνησε και άρχισε να εκπέμπει ένα δεύτερο πολιτικό σήμα (L2C) για βελτιωμένη απόδοση χρήστη.
18. Την 14η Σεπτεμβρίου 2007, η γήρανση του mainframe-based συστήματος γείωσης, το τμήμα ελέγχου μεταφέρθηκε στο σχέδιο Evolution της νέας αρχιτεκτονικής.
19. Στις 19 Μαΐου του 2009, οι Ηνωμένες Πολιτείες της κυβέρνησης Accountability Office εξέδωσε έκθεση που προειδοποιούσε ότι ορισμένοι δορυφόροι GPS που θα μπορούσαν να αποτύχουν το συντομότερο μέχρι το 2010.
20. Στις 21 Μαΐου 2009, η Πολεμική Αεροπορία Διοίκησης Διαστήματος απολαμβάνει τους φόβους της αποτυχίας GPS λέγοντας «Υπάρχει μόνο ένας μικρός κίνδυνος που δεν θα συνεχίσει να υπερβαίνει το πρότυπο επιδόσεων μας.»
21. Στις 11 Ιανουαρίου του 2010, η επικαιροποίηση των συστημάτων ελέγχου επί του εδάφους προκάλεσε ασυμβατότητα λογισμικού σε 8000-10000 στρατιωτικούς δέκτες που κατασκευάζονται από ένα τμήμα της Trimble Navigation Limited, Sunnyvale στην Καλιφόρνια.
22. Στις 25 Φεβρουαρίου του 2010, η Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ ανέθεσε τη σύμβαση για την ανάπτυξη της επόμενης γενιάς GPS λειτουργικού συστήματος ελέγχου (OCX) έτσι ώστε να βελτιώσουν την ακρίβεια και τη διαθεσιμότητα των σημάτων πλοήγησης GPS, και να χρησιμεύσει ως ένα κρίσιμο μέρος του εκσυγχρονισμού του GPS.

### **3.4 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΑΥΤΙΚΟ GPS**

Το GPS αποτελεί το πλέον απαραίτητο ναυτιλιακό όργανο. Είναι ένα δημιούργημα της τεχνολογίας που προσφέρει ένα πλήθος πληροφοριών, με σημαντικότερο το γεωγραφικό στίγμα σε τρεις διαστάσεις (x, y, z).

Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης βασίζεται σε ένα πλέγμα είκοσι τεσσάρων δορυφόρων. Οι δορυφόροι αυτοί δεν είναι γεωστατικοί (δηλαδή δεν βρίσκονται διαρκώς πάνω από το ίδιο σημείο) και καλύπτουν όλη την επιφάνεια της γης. Όταν ένας επίγειος δέκτης GPS επιθυμεί να βρει το γεωγραφικό στίγμα του, δέχεται σήμα από τους δορυφόρους και στη συνέχεια η συσκευή υπολογίζει τις συντεταγμένες. Είναι ευνόητο πως όσοι περισσότεροι δορυφόροι συνεργαστούν μεταξύ τους για την εύρεση του στίγματος, τόσο μεγαλύτερης ακριβείας μέτρηση θα δοθεί. Πέρα από το στίγμα, το GPS παρέχει ένα πλήθος σημαντικών πληροφοριών, όπως για παράδειγμα την ταχύτητα ενός σκάφους, το υψόμετρό του ως προς την επιφάνεια της θάλασσας και σε συνδυασμό με software χαρτογράφησης, πληροφορίες για κοντινά σημεία ενδιαφέροντος.

Όταν ένα GPS τεθεί σε λειτουργία, αρχίζει αυτόματα την ανίχνευση των δορυφόρων. Μόλις εντοπίσει και "κλειδώσει" το σήμα από τρεις τουλάχιστον δορυφόρους, έχει τις ελάχιστες πληροφορίες που χρειάζεται για να υπολογίσει το στίγμα. Μόλις έρθει σε επαφή και με τέταρτο δορυφόρο, είναι σε θέση να υπολογίσει το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας. Από τη στιγμή αυτή και μετά τα παρεχόμενα στοιχεία είναι μεγάλης ακρίβειας, η οποία αυξάνεται όσο αυξάνεται αντίστοιχα ο επιπλέον αριθμός δορυφόρων που συνεχίζει να λαμβάνει, καθώς και η ισχύς του σήματος του κάθε δορυφόρου.

Το σύστημα GPS επιτρέπει τον προσδιορισμό της θέσης σημείων παγκόσμια, καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και κάτω υπό οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες.

Η ακρίβεια που παρέχεται από το GPS είναι καλύτερη από αυτή των ναυτικών χαρτών. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι είναι χρησιμότερο και ακριβέστερο για την εισαγωγή σε έναν ηλεκτρονικό χάρτη πλοήγησης, συνδυάζοντας την ναυτική με την υδρογραφική πληροφορία για την απεικόνιση στον ψηφιακό χάρτη. Παρέχει παράλληλα ένα πλήρες σύστημα πλοήγησης και προειδοποίησης, απεικονίζοντας την θέση του σκάφους προκειμένου της ασφαλούς πλοήγησής του, με ακουστικά και οπτικά σήματα προειδοποίησης στην περίπτωση που το σκάφος ξεφύγει της πορείας του, είτε όταν περνά από αβαθή νερά ή εάν επίκειται σύγκρουση με άλλα αντικείμενα των οποίων το στίγμα είναι προσδιορισμένο.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό των συσκευών GPS που τις καθιστούν πολύ χρήσιμες, είναι ότι μπορούν να αποθηκεύσουν τις συντεταγμένες διάφορων θέσεων (οι περισσότερες συσκευές διαθέτουν μνήμη για την αποθήκευση τουλάχιστον 500 σημείων). Έτσι μπορεί να αποθηκευτεί στην μνήμη του ένα σημείο και το GPS να κατευθύνει εκεί το σκάφος. Στην περίπτωση που δεν έχουμε αποθηκευμένο στην μνήμη του το σημείο στο οποίο θέλουμε να μεταβούμε, μπορούμε να υπολογίσουμε τις συντεταγμένες του σημείου από κάποιο χάρτη και να τις πληκτρολογήσουμε στο GPS.

Γνωρίζοντας η συσκευή την θέση ενός σκάφους και το σημείο προορισμού του, μπορεί να υπολογίσει την απόσταση. Ακόμα μπορεί να υπολογίσει το αζιμούθιο της κατεύθυνσης που πρέπει να ακολουθηθεί. Φυσικά, το GPS μπορεί να δείξει στον



χρήστη την πορεία που πρέπει να ακολουθήσει, ενώ σε περίπτωση απόκλισης από την πορεία, το GPS είναι σε θέση να επαναπροσδιορίζει το αζιμούθιο.

Κατασκευαστικά, τα GPS που προορίζονται για ναυτική χρήση αποτελούν πολύ γερές κατασκευές, για τον απλούστατο λόγο ότι υπόκεινται σε σκληρές συνθήκες, όπως η υγρασία ή η προσπίπτουσα σε αυτά ηλιακή ακτινοβολία. Ένα ναυτικό GPS οφείλει επίσης να είναι στεγανό και να έχει αντοχή στις κρούσεις.

#### **3.4.1 Οι βασικές λειτουργίες ενός GPS :**

- Waypoint:** Είναι ένα σημείο πορείας. Μπορούμε δηλαδή να βάλουμε, στην μνήμη, τις συντεταγμένες ενός σημείου ( ακρωτηρίου, νησιού, λιμανιού κλπ.).
- Route:** Πορεία. Είναι ένα σύνολο από Waypoints, που αποτελούν μια πορεία.
- Goto:** Πήγαινε προς, κάποιο σημείο που επιλέγουμε. Τότε στην οθόνη βγαίνει ή ένα βέλος ή ένας διάδρομος που δείχνει την κατεύθυνση του σημείου.
- Mark :** Σημείωσε. Σημειώνει στη μνήμη τις συντεταγμένες του σημείου που βρισκόμαστε εκείνη την στιγμή.
- MOB :** ( Man Over Board ) . Άνθρωπος στη θάλασσα. Σημειώνει το σημείο πτώσης του ανθρώπου και μπορεί να μας οδηγήσει πίσω για να τον περισυλλέξουμε.

Σχεδόν όλα τα GPS έχουν την δυνατότητα να συνδέονται με αυτόματο πιλότο τον οποίο και καθοδηγούν όταν έχουν ενεργοποιηθεί οι εντολές, Goto ή Route.

#### **3.4.2 GPS-PLOTTER**

Είναι συσκευές GPS που δέχονται ναυτικούς χάρτες σε ηλεκτρονική μορφή (κασέτες) και που κάνουν την ναυτιλία ευκολότερη. Όμως ποτέ δεν πρέπει να βασίζεται κανείς μόνο στους ηλεκτρονικούς χάρτες. Τα ηλεκτρονικά, όχι μόνο μπορούν να χαλάσουν αλλά χρειάζονται και ρεύμα για να λειτουργήσουν.

#### **3.4.3 Είδος σήματος που χρησιμοποιεί το σύστημα GPS**

Επί του παρόντος υπάρχουν 27 δορυφόροι του παγκόσμιου συστήματος προσδιορισμού θέσης (GPS) σε τροχιά γύρω από τη Γη. Από αυτούς, οι 24 είναι ενεργοί, ενώ οι άλλοι τρεις λειτουργούν ως εφεδρικοί. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα τακτικό σήμα GPS που μεταφέρεται από ραδιοκύματα στο τμήμα μικροκυμάτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

κάθε δορυφόρος GPS μεταδίδει διαρκώς ένα μήνυμα πλοήγησης με 50 bit ανά δευτερόλεπτο στη φέρουσα συχνότητα μικροκυμάτων της τάξης των 1600 MHz. Συγκριτικά, το ραδιόφωνο FM, εκπέμπει σε συχνότητες μεταξύ 87,5 και 108,0 MHz, ενώ τα δίκτυα wi-fi λειτουργούν στο φάσμα συχνοτήτων μεταξύ 5000 MHz και 2400 MHz. Ειδικότερα, όλοι οι δορυφόροι εκπέμπουν στα 1575,42 MHz (αυτό είναι το σήμα L1) και στα 1227,6 MHz (το σήμα L2).

Το σήμα GPS παρέχει την ακριβή "ώρα της εβδομάδας" σύμφωνα με το ατομικό ρολόι του δορυφόρου, τον αριθμό εβδομάδας του GPS και μία αναφορά λειτουργικότητας του δορυφόρου ώστε να μπορεί να παραλειφθεί εφόσον είναι ελαττωματικός. Κάθε μετάδοση διαρκεί 30 δευτερόλεπτα και μεταφέρει 1500 bit κρυπτογραφημένων δεδομένων. Αυτή η μικρή ποσότητα δεδομένων είναι κωδικοποιημένη με μία ακολουθία ψευδοτυχαίων αριθμών υψηλού ρυθμού (PRN) που είναι διαφορετική για κάθε δορυφόρο. Οι λήπτες GPS γνωρίζουν του κωδικούς PRN κάθε δορυφόρου και συνεπώς είναι σε θέση όχι μόνο να αποκωδικοποιούν τα σήματα, αλλά και να διακρίνουν τους διάφορους δορυφόρους.



Οι μεταδόσεις προγραμματίζονται να αρχίζουν με ακρίβεια λεπτού και μισού λεπτού όπως υποδεικνύει το ατομικό ρολόι του δορυφόρου. Το πρώτο τμήμα του σήματος GPS ενημερώνει το λήπτη σχετικά με τη σχέση του ρολογιού του δορυφόρου και του χρόνου GPS. Η επόμενο ομάδα δεδομένων παρέχει στο λήπτη πληροφορίες σχετικές με την ακριβή τροχιά του δορυφόρου.

#### **3.4.4 Μέθοδος λειτουργίας το GPS**

Το GPS είναι μία ομάδα 27 δορυφόρων που τροφοδοτούνται με ηλιακή ενέργεια και κινούνται γύρω από τη Γη σε σχεδόν κυκλική τροχιά σε ύψος περίπου 20000 χιλιομέτρων. Οι τροχιές διατάσσονται κατά τρόπον ώστε να εξασφαλίζεται η δυνατότητα "οπτικής επαφής" με τουλάχιστον τέσσερις από τους 24 επιχειρησιακούς δορυφόρους από οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη. 3 από τους επί του παρόντος 27 δορυφόρους σε τροχιά είναι εφεδρικοί, έτοιμοι προς ενεργοποίηση σε περίπτωση βλάβης των άλλων. Κάθε δορυφόρος μεταδίδει ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα - μία δέσμη μικροκυμάτων - που αναγγέλλει την παρουσία του σε οποιοδήποτε άτομο στη Γη που διαθέτει ένα δέκτη έτοιμο να λάβει το σήμα. Συνεπώς, ένας λήπτης GPS λαμβάνει ανά πάσα στιγμή σήματα από τέσσερις δορυφόρους. Ο ενσωματωμένος ηλεκτρονικός υπολογιστής χρησιμοποιεί αυτά τα

σήματα για να υπολογίσει την ακριβή σας απόσταση από καθένα από τους τέσσερις δορυφόρους και στη συνέχεια να υπολογίσει την ακριβή σας θέση επί του πλανήτη με απόκλιση λίγων μέτρων βάσει αυτών των αποστάσεων.

Στην πραγματικότητα απαιτούνται σήματα από τρεις μόνο δορυφόρους για τη διεξαγωγή αυτής της διαδικασίας τριπλευρισμού. Ο υπολογισμός της θέσης σας στη Γη βασίζεται στην απόστασή σας από τρεις δορυφόρους. Το σήμα του τέταρτου δορυφόρου είναι πλεονάζον και χρησιμοποιείται για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων του αρχικού υπολογισμού. Εάν η θέση που υπολογίζεται βάσει των αποστάσεων από τους δορυφόρους A-B-Γ δεν ταυτίζεται με τον υπολογισμό βάσει των στοιχείων των δορυφόρων A-B-Δ, τότε ελέγχονται άλλοι συνδυασμοί μέχρι να προκύψει ένα συνεκτικό αποτέλεσμα.

Η διαδικασία της μέτρησης της απόστασης μεταξύ δορυφόρου και δέκτη GPS βασίζεται σε χρονισμένα σήματα. Για παράδειγμα, ακριβώς στις 16:45, οι δορυφόροι μπορεί να αρχίσουν να μεταδίδουν το σήμα τους. Ο δέκτη GPS θα αρχίσει επίσης να επεξεργάζεται την ίδια ακολουθία στις 16:45 τοπική ώρα, αλλά δεν τη μεταδίδει. Όταν ο δέκτης λάβει το σήμα από τους διάφορους δορυφόρους, θα προκύψει μία χρονική υστέρηση, επειδή τα μικροκύματα χρειάζονται ένα κλάσμα του δευτερολέπτου για να διανύσουν με την ταχύτητα του φωτός την απόσταση μεταξύ δορυφόρου και δέκτη. Η χρονική υστέρηση μετατρέπεται εύκολα στην απόσταση προς κάθε δορυφόρο. Οι μικρές διαφορές μεταξύ των σημάτων κάθε δορυφόρου χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τον υπολογισμό της θέσης του δέκτη.

### **3.4.5 Η ακρίβεια του GPS και οι πηγές σφάλματος**

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) μπορεί να προσδιορίσει τη θέση, το ύψος και την ταχύτητά σας με σχεδόν απόλυτη ακρίβεια, αλλά το σύστημα έχει εγγενείς πηγές σφάλματος, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν ένας δέκτης λαμβάνει τα σήματα GPS από την ομάδα των δορυφόρων στον ουρανό.

Η κύρια πηγή σφαλμάτων του συστήματος GPS είναι η ανακριβής χρονομέτρηση από το ρολόι του δέκτη. Τα σήματα ραδιομικροκυμάτων που κινούνται με την ταχύτητα του φωτός, από τουλάχιστον τρεις δορυφόρους χρησιμοποιούνται από τον ενσωματωμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή του δέκτη για τον υπολογισμό της θέσης, του ύψους και της ταχύτητάς του.

Απειροελάχιστες διαφορές μεταξύ του ενσωματωμένου ρολογιού του δέκτη GPS και της ώρας GPS που συγχρονίζει ολόκληρο το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης, συνεπάγονται ότι οι υπολογιζόμενες αποστάσεις μπορεί να αποκλίνουν. Υπάρχουν δύο λύσεις αυτού του προβλήματος. Η πρώτη συνίσταται στη χρήση σε κάθε δέκτη ενός ατομικού ρολογιού που κοστίζει \$100. Η δεύτερη συνίσταται στη χρήση ορισμένων έξυπνων μαθηματικών τρικ για την αντιμετώπιση του σφάλματος χρονομέτρησης με βάση τον τρόπο με τον οποίο

τα σήματα τριών ή περισσότερων δορυφόρων ανιχνεύονται από το δέκτη, που ουσιαστικά παρέχουν στο δέκτη τη δυνατότητα να μηδενίζει το ρολόι του. Η δεύτερη αυτή μέθοδος είναι μία λιγότερο δαπανηρή λύση που εφαρμόζεται από τους κατασκευαστές των συσκευών δορυφορικής πλοήγησης.

Υπάρχει επίσης μία εγγενής πηγή σφαλμάτων στο σύστημα GPS που συνδέεται με τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος. Οι δέκτες GPS αναλύουν τρία σήματα από δορυφόρους του συστήματος και υπολογίζουν το χρόνο που χρειάστηκε κάθε σήμα για να καταλήξει σε αυτούς. Αυτό τους παρέχει τη δυνατότητα να πραγματοποιούν υπολογισμούς τριπλευρισμού για να εντοπίζουν την ακριβή θέση του δέκτη. Τα σήματα μεταδίδονται από τους δορυφόρους με συγκεκριμένο ρυθμό.

Δυστυχώς, ο ηλεκτρονικός ανιχνευτής των βασικών συσκευών GPS έχει ακρίβεια μόλις 1 ποσοστού του χρόνου. Αυτό το διάστημα αντιστοιχεί κατά προσέγγιση σε 10 δισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου (10 νανοδευτερόλεπτα). Δεδομένου ότι τα σήματα μικροκυμάτων του GPS κινούνται με την ταχύτητα του φωτός, αυτό συνεπάγεται ένα σφάλμα περίπου 3 μέτρων. Κατά συνέπεια, οι βασικές συσκευές GPS δεν μπορούν να προσδιορίζουν θέσεις με ακρίβεια μεγαλύτερη των 3 μέτρων. Πιο εξελιγμένοι δέκτες GPS που χρησιμοποιούνται από τον στρατό, έχουν δέκα φορές μεγαλύτερη ακρίβεια της τάξης των 300 χιλιοστών.

Άλλα σφάλματα προκύπτουν λόγω ατμοσφαιρικών διαταράξεων που παραμορφώνουν τα σήματα προτού αυτά καταλήξουν στο δέκτη. Οι αντανakλάσεις από κτίρια και άλλα μεγάλων διαστάσεων συμπαγή αντικείμενα μπορούν επίσης να προκαλέσουν προβλήματα ακρίβειας του GPS. Επίσης μπορούν να προκύψουν προβλήματα με την ακρίβεια χρονομέτρησης και τα δεδομένα επί ενός συγκεκριμένου δορυφόρου. Αυτά τα προβλήματα ακρίβειας αντιμετωπίζονται από τους λήπτες GPS, οι οποίοι επιδιώκουν να συνδεθούν με περισσότερους από τρεις δορυφόρους ώστε να λαμβάνουν συνεκτικά δεδομένα.

#### **3.4.6 Τριπλευρισμός**

Ένας λήπτης GPS χρησιμοποιεί τον τριπλευρισμό προκειμένου να προσδιορίσει τη θέση του στην επιφάνεια της Γης χρονομετρώντας τα σήματα τριών δορυφόρων του παγκόσμιου συστήματος προσδιορισμού θέσης. Το GPS είναι ένα δίκτυο δορυφόρων που κινούνται σε τροχιά γύρω από τη Γη και μεταδίδουν ένα σήμα προς τους λήπτες GPS παρέχοντας ακριβείς πληροφορίες σχετικές με τη θέση του λήπτη, την ώρα της ημέρας και την ταχύτητα με την οποία κινείται η συσκευή.

Κάθε δορυφόρος της ομάδας GPS μεταδίδει περιοδικά σήματα μαζί με ένα σήμα χρόνου. Τα σήματα αυτά λαμβάνονται από συσκευές GPS, οι οποίες στη συνέχεια υπολογίζουν την απόσταση μεταξύ της συσκευής και κάθε δορυφόρου με βάση τη διαφορά χρόνου μεταξύ της ώρας αποστολής και της ώρας λήψης του σήματος. Τα σήματα κινούνται με την ταχύτητα του φωτός, καθώς είναι ένα είδος

ραδιοκυμάτων, αλλά υπάρχει κάποια καθυστέρηση επειδή οι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος δεκάδων χιλιάδων χιλιομέτρων πάνω από τη Γη.



Μόλις η συσκευή GPS έχει προσδιορίσει τις αποστάσεις τουλάχιστον τριών δορυφόρων, είναι σε θέση να εκτελέσει υπολογισμούς τριπλευρισμού. Ο τριπλευρισμός λειτουργεί με τρόπο παρόμοιο με εκείνο του εντοπισμού της θέσης σας σε ένα χάρτη με διαβήτη όταν γνωρίζετε την ακριβή απόσταση από τρία διαφορετικά ορόσημα. Στο σημείο αλληλοκάλυψης των τριών κύκλων που έχουν κέντρο καθένα από τα ορόσημα, βρίσκεται η θέση σας με δεδομένο ότι η ακτίνα κάθε κύκλου ισούται με την απόστασή σας από κάθε ορόσημο. Στην έκδοση του GPS, οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται σε τρεις διαστάσεις με ένα εικονικό τρισδιάστατο διαβήτη, έτσι ώστε η θέση σας να είναι στο σημείο αλληλοκάλυψης των τριών σφαιρών με ακτίνα που προσδιορίζεται από την απόσταση από καθένα από τους τρεις δορυφόρους. Εάν η συσκευή GPS μπορεί να εντοπίσει έναν τέταρτο δορυφόρο, τότε παρέχεται η δυνατότητα επιβεβαίωσης των μετρήσεων.

Η όλη διαδικασία των υπολογισμών διεξάγεται πολύ γρήγορα, παρέχοντας στη συσκευή GPS τη δυνατότητα να προσδιορίζει τη θέση της, το ύψος της (εάν βρίσκεται σε αεροσκάφος), την ταχύτητα και την κατεύθυνσή της.

### **3.4.7 Μέθοδος εντοπισμού μέσω δορυφόρου ραδιοσημάτων για Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) δέκτες.**

Μία μέθοδος δορυφορικού ραδιοφώνου εντοπισμού σήματος για δέκτες GPS, στην οποία ένα κανάλι λήψεως πολυπλέκεται χρησιμοποιώντας ένα σύστημα πολλαπλής πρόσβασης ώστε να λαμβάνει δορυφορικά σήματα διαδοχικά από ένα πλήθος δορυφόρων GPS, που περιλαμβάνει τα εξής στάδια: α) την αποδέσμευση του δέκτη GPS από το χρόνο, β) division λήψη πολλαπλής πρόσβασης, όταν δορυφορικά σήματα από όλους τους δορυφόρους στη ρεσεψιόν χαθεί ταυτόχρονα πάνω από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα του χρόνου και αλλάζοντας τη λειτουργία λήψης, έτσι ώστε να κυνηγούν μόνο ένα δορυφόρο GPS, ο οποίος βρίσκεται στη μέγιστη εκτιμώμενη γωνία ανύψωσης εκείνη τη στιγμή.

Σε περίπτωση που ο δέκτης GPS έχει πολλαπλά κανάλια λήψης, αυτά τα κανάλια έχουν ανατεθεί, με βάση ένα-προς-ένα, με τους δορυφόρους που αρχίζουν με την υψηλότερη γωνία ανύψωσης κατά φθίνουσα σειρά.

Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία ανύψωσης του δορυφόρου, τόσο λιγότερο πιθανό ο δέκτης GPS πρέπει να παρεμποδίζεται από εμπόδια, όπως κτίρια και τα δέντρα και το καλύτερο θέαμα στο δορυφόρο από το έδαφος. Δηλαδή, όπως η γωνία των αυξήσεων ανύψωσης, γίνεται πιο εύκολο να κυνηγήσει το δορυφόρο.

Εάν η λήψη των δορυφορικών σημάτων διακοπεί για περισσότερο από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, για παράδειγμα, όταν το όχημα εισέρχεται σε μια σήραγγα, αποφασίζεται ότι ο δέκτης GPS έχει εισέλθει σε μια νεκρή ζώνη για τη λήψη του σήματος, και ο δέκτης GPS προβλέπει έναν δορυφόρο που μπορεί να έχει τη μέγιστη γωνία ανύψωσης, την ίδια στιγμή και προσπαθεί να κυνηγήσει μόνο τον προβλεπόμενο δορυφόρο. Αυτό επιτρέπει στον δέκτη GPS να λαμβάνει γρήγορα δορυφορικά σήματα μόλις το όχημα βγαίνει από το τούνελ και να αποκαθιστά την επαφή με τον δορυφόρο.

Όταν κάποιος δορυφόρος ανακαταλαμβάνει την επαφή με τον δορυφόρο, με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι δυνατόν να γνωρίζουμε τις ακριβείς θέσεις όλων των άλλων δορυφόρων στις τροχιές τους, χρησιμοποιώντας το αλμανάκ πληροφοριών του εκ νέου δορυφόρου. Αυτό με τη σειρά του επιτρέπει στον δέκτη GPS να εντοπίσει άλλους δορυφόρους που απαιτούνται για την αναγνώριση και πάλι.

Αυτό που ζητείτε είναι:

1. Σε ένα δέκτη GPS (Global Positioning System), στο οποίο GPS τα σήματα από ένα πλήθος δορυφόρων GPS λαμβάνονται διαδοχικά μέσα από ένα κανάλι λήψης σύμφωνα με ένα σύστημα πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης χρόνου, μια μέθοδο παρακολούθησης των δορυφορικών σημάτων για το δέκτη GPS η οποία περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Απελευθερώνοντας το δέκτη GPS από την υποδοχή πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης χρόνου όταν τα δορυφορικά σήματα από όλους τους δορυφόρους στη ρεσεψιόν χάσει ταυτόχρονα πάνω από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα του χρόνου.
- Αλλάζοντας τη λειτουργία λήψης, έτσι ώστε να παρακολουθούν μόνο έναν δορυφόρο GPS, ο οποίος βρίσκεται στη μέγιστη εκτιμώμενη γωνία ανύψωσης εκείνη τη στιγμή.

2. Μία μέθοδος εντοπισμού των δορυφορικών σημάτων για το δέκτη GPS σύμφωνα με την αξίωση 1, όπου η μέγιστη γωνία ανύψωσης του GPS υπολογίζεται με βάση μια στιγμή, μια παρούσα θέση ενός σημείου λήψης δορυφορικών σημάτων και ένα αλμανάκ που περιέχει πληροφορίες του καθενός δορυφόρου GPS, με τον οποίο ήταν σε επαφή.

3. Μία μέθοδος εντοπισμού των δορυφορικών σημάτων για το δέκτη GPS σύμφωνα με την αξίωση 1, όπου ο δέκτης GPS διαθέτει μία πλειάδα από την παραλαβή

καναλιών και τους δορυφόρους GPS που εκχωρούνται, ένας προς ένας, με το πλήθος των καναλιών που λαμβάνει από την υψηλότερη γωνία ανύψωσης.

### **3.5 Βασικές κατηγορίες και κύρια χαρακτηριστικά δεκτών GPS**

#### **3.5.1 Δέκτες GPS**

Ανάλογα με την εσωτερική δομή και τον τρόπο λειτουργίας τους οι δέκτες GPS ταξινομούνται σε:

- Συνεχείς ή πολυκάναλοι
- Πολυπλέκτες
- Ακολουθιακοί

**Συνεχείς ή πολυκάναλοι δέκτες:** Αποτελούνται από 4 ή περισσότερα κανάλια και αντίστοιχες μονάδες επεξεργασίας. Κάθε κανάλι χρησιμοποιείται για την συνεχή μέτρηση του σήματος ενός μόνο δορυφόρου και έτσι έχουμε ταυτόχρονη λήψη και επεξεργασία σημάτων με 4 τουλάχιστον δορυφόρους και το στίγμα που προκύπτει έχει μεγάλη ακρίβεια.

**Πολυπλέκτες δέκτες:** Αποτελούνται από ένα ή δυο κανάλια και αρκετές μονάδες επεξεργασίας. Η λήψη των δορυφορικών σημάτων με ένα ή δυο κανάλια εναλλάσσεται από δορυφόρο σε δορυφόρο σε πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα (σε χρόνο 1sec ένας πολυπλέκτης δέκτης λαμβάνει διαδοχικά στοιχεία από 5 διαφορετικούς δορυφόρους). Έτσι η επεξεργασία των σημάτων γίνεται χωρίς διακοπή.

**Ακολουθιακοί δέκτες:** Αποτελούνται από ένα κανάλι και μια μονάδα επεξεργασίας. Στοιχίζουν φθηνότερα από τους άλλους και διακρίνονται σε ταχείς και αργούς με χρόνο καθορισμού στίγματος 4,5 sec ή ώρες αντίστοιχα. Οι δέκτες του συστήματος GPS είναι περισσότερο εύχρηστοι από τους δέκτες NAVSAT/TRANSIT και έχουν πολύ μικρές διαστάσεις και βάρος. Οι δέκτες GPS που χρησιμοποιούνται στην ναυσιπλοΐα έχουν την δυνατότητα να παρέχουν το στίγμα του σκάφους σε γεωγραφικές συντεταγμένες (φ, λ) συντεταγμένες U.T.M. πραγματική ως προς τον βυθό πορεία και ταχύτητα, ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, αποτελέσματα επιλύσεως ορθοδρομικών και λοξοδρομικών προβλημάτων κ.λ.π. Από το 1989 διατίθενται στην αγορά φορητοί δέκτες GPS μικρότεροι από 30 cm για την λειτουργία των οποίων δεν απαιτείται εγκατάσταση στο σκάφος.

## 4. GALILEO

### 4.1 Τι είναι το Galileo

Το Galileo είναι το πιο σύγχρονο σύστημα παγκόσμιας δορυφορικής πλοήγησης (GNSS) υπό κατασκευή από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος. Το εγχείρημα των 5 δισεκατομμυρίων ευρώ έχει πάρει την ονομασία του από τον Ιταλό αστρονόμο Γαλιλαίο Γαλιλέι. Ένας από τους στόχους του Galileo είναι η παροχή ενός συστήματος εντοπισμού θέσης υψηλής ακρίβειας στο οποίο μπορούν να βασιστούν τα ευρωπαϊκά κράτη, ανεξαρτητοποιώντας τα έτσι από τα αντίστοιχα συστήματα GLONASS (Ρωσία), GPS (ΗΠΑ) και Compass (Κίνα), τα οποία μπορούν να απενεργοποιηθούν εν καιρώ πολέμου ή συρράξεων.

Όταν μπει σε λειτουργία, θα χρησιμοποιεί δύο κέντρα επιχειρήσεων εδάφους, κοντά στο Μόναχο της Γερμανίας και στο Φουτσίνο της Ιταλίας. Τον Δεκέμβριο του 2010 η Πράγα αναδείχτηκε ως η πόλη στην οποία θα στεγάζεται το αρχηγείο του εγχειρήματος Galileo, μετά από ψηφοφορία στις Βρυξέλλες από υπουργούς της Ευρώπης.

Στις 21 Οκτωβρίου 2011, οι πρώτοι δύο από τους τέσσερις εν λειτουργία δορυφόρους εκτοξεύθηκαν ώστε να επικυρωθεί το σύστημα. Οι επόμενοι δύο ακολούθησαν στις 12 Οκτωβρίου 2012, καθιστώντας «δυνατό να δοκιμαστεί το Galileo από άκρη σε άκρη». Μόλις αυτή η φάση Επικύρωσης Σε Τροχιά (In-Orbit Validation, IOV) θα ολοκληρωθεί, επιπρόσθετοι δορυφόροι θα εκτοξευθούν ώστε να επιτευχθεί Αρχική Δυνατότητα Λειτουργικότητας (Initial Operational Capability, IOC) στα μέσα της δεκαετίας. Η πλήρης ολοκλήρωση του συστήματος 30 δορυφόρων Galileo (27 υπό λειτουργία και τρεις ενεργοί ανταλλακτικοί) προβλέπεται ως το 2019.

Οι βασικές υπηρεσίες πλοήγησης θα είναι δωρεάν. Το Galileo προορίζεται να παρέχει μετρήσεις οριζόντιας και κάθετης θέσης με ακρίβεια 1 μέτρου και καλύτερες υπηρεσίες εντοπισμού θέσης σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη από ότι άλλα συστήματα εντοπισμού θέσης. Ως ένα ακόμη χαρακτηριστικό, το Galileo θα παρέχει μια μοναδική λειτουργία αναζήτησης και διάσωσης (search and rescue, SAR). Οι δορυφόροι θα είναι εξοπλισμένοι με έναν αναμεταδότη ο οποίος θα μεταδίδει το σήματα κινδύνου από τον πομπό του χρήστη στο Κέντρο Συντονισμού Διάσωσης, το οποίο έπειτα θα κινήει την επιχείρηση διάσωσης. Την ίδια στιγμή, το σύστημα θα παρέχει ένα σήμα στους χρήστες, πληροφωρώντας τους ότι η κατάστασή τους έχει ανιχνευθεί και ότι βοήθεια είναι καθοδόν. Αυτό το τελευταίο χαρακτηριστικό είναι καινούργιο και θεωρείται ένα μεγάλο βήμα μπροστά σε σχέση με τα υπάρχοντα



συστήματα πλοήγησης GPS και GLONASS, τα οποία δεν παρέχουν ανάδραση στον χρήστη.

## **4.2 Εφαρμογές του Galileo**

Ένα Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης, όπως το Galileo επιτρέπει στους χρήστες να εντοπίζουν παγκοσμίως τη θέση τους ή τις θέσεις των άλλων ανθρώπων ή αντικειμένων σε κάθε δεδομένη στιγμή.

Μια απλή ιδέα, ίσως, αλλά το εύρος των πιθανών χρήσεων για αυτό το είδος της ικανότητας είναι τεράστια, που εκτείνονται σε πολλούς τομείς, τόσο στο δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό. Πολλές πιθανές εφαρμογές έχουν ήδη εντοπιστεί, με βάση την ποιότητα και την αξιοπιστία των σημάτων Galileo, αλλά η λίστα είναι βέβαιο ότι θα αυξηθεί, περιορίζεται μόνο από τη φαντασία των καινοτόμων επιχειρηματιών και των παροχών υπηρεσιών.

### **1. Location-based services**

- Η ενσωμάτωση των δεκτών σημάτων ακριβή τοποθέτηση μέσα σε κινητά τηλέφωνα, προσωπικών ψηφιακών βοηθών (PDA), mp3 players, φορητούς υπολογιστές, φωτογραφικές μηχανές και συσκευές βίντεο, θα φέρει τις υπηρεσίες Galileo απευθείας σε ιδιώτες, καθιστώντας δυνατή μια θεμελιώδη μεταμόρφωση του τρόπου που ζούμε και εργαζόμαστε.
- Location Based Services (LBS), τα οποία προσδιορίζονται ως η κύρια αρχική αγορά για το Galileo, περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως η «Mobile Χρυσός Οδηγός» ή «Proximity Services», παρέχοντας στους χρήστες, όπου κι αν βρίσκονται, με τις πληροφορίες και τη διαφήμιση σχετικά με κοντινές επιχειρήσεις και υπηρεσιών.
- Συσκευές εντοπισμού θέσης θα είναι διαθέσιμες για τους τουρίστες ή πεζοπόρους, για λούνα παρκ και τους επισκέπτες του μουσείου, και για ανθρώπους μέσα σε μεγάλα εμπορικά κέντρα.

### **2. Έκτακτης ανάγκης, την ασφάλεια και ανθρωπιστικές υπηρεσίες**

- Galileo-ready συσκευές θα επιτρέψει νέες εφαρμογές που αφορούν την ασφάλεια, επιτρέποντας τη θέση των κλοπιμαίων, για παράδειγμα, ή χαμένων κατοικίδιων ζώων ή ατόμων.
- Τα σήματα του Galileo να διευκολύνουν τις επιχειρήσεις πολιτικής προστασίας σε σκληρά περιβάλλοντα, να επιταχύνει τις επιχειρήσεις διάσωσης για τα άτομα που βρίσκονται σε κίνδυνο, και να παρέχει εργαλεία για την ακτοφυλακή και τις αρχές ελέγχου των συνόρων.
- Αναζήτηση Γαλιλαίου και Διάσωσης λειτουργία (SAR) συνδέεται με το λειτουργικό σύστημα Cospas-Sarsat, όπου οι δορυφόροι είναι εξοπλισμένα

με αναμεταδότες που μπορεί να μεταφέρει σήματα κινδύνου από πομπούς χρήστη σε ένα κέντρο συντονισμού διάσωσης.

### 3. **Επιστήμη, το περιβάλλον, τον καιρό**

- Οι υπηρεσίες του Galileo θα χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή επιστημονικών ερευνών στη μετεωρολογία και γεωλογία, στο αρχείο της γεωδαισίας, για την παρακολούθηση των ρύπων, επικίνδυνα εμπορεύματα και παγόβουνα, για τη χαρτογράφηση των ωκεανών, παλιρροιακές μελέτες, ρευμάτων και των επιπέδων της θάλασσας.
- Το Galileo θα επιτρέψει τη βελτίωση της παρακολούθησης της ατμόσφαιρας, των υδρατμών για την πρόγνωση του καιρού και τη μελέτη του κλίματος, και της ιονόσφαιρας για τις ραδιοεπικοινωνίες, διαστημική επιστήμη και την πρόβλεψη των σεισμών. Επίσης, θα βοηθήσει να κατανοήσουμε καλύτερα τις κινήσεις των πληθυσμών των άγριων ζώων.
- Η επιστημονική κοινότητα θα επωφεληθεί από τα σήματα χρονισμού Galileo υψηλής ακρίβειας που επιτρέπει ακριβή τήρηση των διεθνών προτύπων χρόνο και διακρίβωση των ατομικών ρολογιών.

#### 4.3 **Οφέλη του Galileo**

Τα Παγκόσμια Δορυφορικά Σύστημα Πλοήγησης (GNSS) επιτρέπουν στους χρήστες να εντοπίζουν παγκοσμίως τη θέση τους ή τις θέσεις των αντικειμένων, των άλλων ανθρώπων και αγαθών σε κάθε δεδομένη στιγμή. Μια απλή ιδέα, ίσως, αλλά το εύρος των πιθανών χρήσεων για αυτό το είδος είναι τεράστια, που εκτείνονται σε πολλούς τομείς, τόσο των δημόσιων όσο και των ιδιωτικών, από τις περισσότερες μεταφορές και logistics για εφαρμογές επικοινωνίας, τοπογράφηση, τη γεωργία, την αλιεία, την προστασία του περιβάλλοντος, την επιστημονική έρευνα, τον τουρισμό και την αναψυχή, και πολλά, πολλά άλλα.

Η δορυφορική πλοήγηση μπορεί να ανακουφίσει τις κυκλοφοριακές συνθήκες μέσω της βελτίωσης της αποδοτικότητας της χρήσης του οχήματος. Μπορεί να καθοδηγήσει τους ανθρώπους με αναπηρίες ή να εντοπίσει τις μεταφορές, τα ζώα και τα εμπορευματοκιβώτια. Μπορεί να διευκολύνει τις επιχειρήσεις πολιτικής προστασίας σε σκληρά περιβάλλοντα, να επιταχύνει τις επιχειρήσεις διάσωσης για τα άτομα που βρίσκονται σε κίνδυνο, και να παρέχει εργαλεία για την ακτοφυλακή και τις αρχές ελέγχου των συνόρων. Είναι επίσης ένα εξαιρετικό μέσο για την «χρονοσήμανση» των οικονομικών συναλλαγών, την επιστημονική έρευνα στη μετεωρολογία, τη γεωδαισία, την παρακολούθηση των κινήσεων της γης και πολλές άλλες δραστηριότητες.

Τα GNSS είναι ήδη μια πραγματικότητα. Το αμερικανικό GPS και το ρωσικό GLONASS παρέχουν πολύτιμες υπηρεσίες στους χρήστες σε όλο τον κόσμο. Τώρα, η Ευρώπη κινείται προς τα εμπρός με το δικό της πρόγραμμα GNSS.

Σε αντίθεση με το αμερικανικό και ρωσικό σύστημα, το GALILEO θα είναι υπό τον πλήρη πολιτικό έλεγχο. Με πλήρως συμπληρωμένα από δορυφόρους, περισσότερα από τα τρέχοντα συστήματα GNSS, το GALILEO θα επιτρέψει θέσεις που πρέπει να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια ακόμα και σε πόλεις, όπου σε σκοτεινά σημεία πολυώροφων κτιρίων μέσω δορυφόρου, το Galileo θα προσφέρει επίσης πολλές βελτιώσεις στο σήμα, κάνοντας το σήμα πιο εύκολο να παρακολουθείται και να είναι πιο ανθεκτικό έναντι παρεμβολών και αντανάκλασεων. Το Ευρωπαϊκό GNSS θα παραδώσει πολύ πιο ακριβής και πιο αξιόπιστες υπηρεσίες από τα αμερικανικά και ρωσικά συστήματα. Αυτό σημαίνει ότι το GALILEO και EGNOS θα καταστήσουν δυνατή μια εντελώς νέα και με σχεδόν απεριόριστου εύρους υπηρεσίες, εφαρμογές και επιχειρηματικές ευκαιρίες.

Σημαντική πρόοδος έχει ήδη γίνει προς αυτή την κατεύθυνση, με βάση τη σκληρή δουλειά των ευρωπαϊκών δημόσιων ιδρυμάτων, ερευνητικών ιδρυμάτων και της βιομηχανίας. Το GALILEO και το EGNOS αντιπροσωπεύουν τώρα εξαιρετική ευρωπαϊκή ναυαρχίδα των προγραμμάτων, που δείχνουν τον δρόμο για μια ανεξάρτητη και state-of-the-art ευρωπαϊκού GNSS, και αντιπροσωπεύει ένα νέο ακρογωνιαίο λίθο για το παγκόσμιο σύστημα δορυφορικής ραδιοπλοήγησης του μέλλοντος.

#### **4.4 Υπηρεσίες του Galileo**

Οι πιθανές εφαρμογές της δορυφορικής πλοήγησης είναι σχεδόν απεριόριστες. Πέρα από την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και την άνεση που satnav που φέρνει στον τομέα των μεταφορών, θα γίνει ένα πολύτιμο εργαλείο για όλους σχεδόν τους τομείς της οικονομίας.

Η παρακολούθηση από το πού βρίσκεστε, θα είναι τόσο σημαντική όσο και γνωρίζοντας την ώρα της ημέρας. Ενσωμάτωση των υπηρεσιών satnav με άλλες τεχνολογίες όπως οι κινητές επικοινωνίες ή παραδοσιακά βοηθήματα πλοήγησης θα πολλαπλασιάσει τη χρησιμότητά τους.

Το Galileo θα παρέχει τέσσερις βασικές αποκλειστικά δορυφορικές υπηρεσίες σε όλο τον κόσμο χρήστες.

- Ανοικτή Υπηρεσία του Galileo (OS) - Δωρεάν για όλους τους χρήστες, το οποίο διαθέτει εξαιρετική ακρίβεια θέσης και των επιδόσεων χρονισμού.
- Εμπορική Υπηρεσία του Galileo (CS) - Πρόσβαση σε δύο επιπλέον κρυπτογραφημένα και εγγυημένα σήματα, παρέχοντας ένα υψηλότερο ρυθμό διεκπεραίωσης δεδομένων και αυξημένη ακρίβεια.
- Το Galileo είναι κρατικά ρυθμιζόμενη υπηρεσία (PRS) – παρέχει υψηλή ακρίβεια της θέσης και του χρόνου σε συγκεκριμένους χρήστες με ελεγχόμενη πρόσβαση.

Επιπλέον, το Galileo θα αποτελέσει σημαντικό στοιχείο της MEOSAR, την Μέση Γη Orbit Έρευνας και Διάσωσης του συστήματος, και ως εκ τούτου ένα βασικό παράγοντα που συμβάλλει στην Cospas-Sarsat, το διεθνές σύστημα προειδοποίησης εντοπισμού και διανομής πληροφοριών δορυφορικής έρευνας και διάσωσης.

## 5. Ηλεκτρονικές Πηγές

1. <http://www.e-nautilus.gr>
2. [http://www.e-nautilus.gr/blog-post\\_9778/](http://www.e-nautilus.gr/blog-post_9778/)
3. <http://www.sealandair.gr>
4. <http://www.sealandair.gr/nautical-instruments/nautical-sextants>
5. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) [http://www.e-nautilus.gr/blog-post\\_9778/](http://www.e-nautilus.gr/blog-post_9778/)
6. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) [El.wikipedia.org/wiki/Εξάντας](http://el.wikipedia.org/wiki/Εξάντας)
7. <http://kapetanisses.blogspot.gr>
8. [http://kapetanisses.blogspot.gr/2008/05/blog-post\\_11.html](http://kapetanisses.blogspot.gr/2008/05/blog-post_11.html)
9. [http://eu.mio.com/el\\_gr/global-positioning-system\\_what-is-gps.htm](http://eu.mio.com/el_gr/global-positioning-system_what-is-gps.htm)
10. [http://el.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](http://el.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)
11. [www.in.gr](http://www.in.gr)
12. <http://archive.in.gr/Reviews/imagegallery.asp?lngReviewID=12770&lngChapterID=-1&lngItemID=68775>
13. <http://www.iason-sy.gr/LinkClick.aspx?fileticket=rQLYwy67JRU%3D&>
14. [http://eu.mio.com/el\\_gr/global-positioning-system\\_what-signal-does-gps-use.htm](http://eu.mio.com/el_gr/global-positioning-system_what-signal-does-gps-use.htm)
15. [http://eu.mio.com/el\\_gr/global-positioning-system\\_how-does-gps-work.htm](http://eu.mio.com/el_gr/global-positioning-system_how-does-gps-work.htm)
16. [http://eu.mio.com/el\\_gr/global-positioning-system\\_gps-accuracy-error-sources.htm](http://eu.mio.com/el_gr/global-positioning-system_gps-accuracy-error-sources.htm)
17. [http://eu.mio.com/el\\_gr/global-positioning-system\\_what-is-trilateration.htm](http://eu.mio.com/el_gr/global-positioning-system_what-is-trilateration.htm)
18. <https://www.google.com/patents/US4983980>
19. <http://maredu.gunet.gr>
20. <https://el.wikipedia.org/wiki/Galileo>
21. <http://www.gsa.europa.eu/galileo/why-galileo>

