

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

**A.E.N ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

# **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΥ ΒΕΛΙΣΣΑΡΙΟΣ**

**ΘΕΜΑ: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ**

**ΤΗΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ: ΚΟΜΗΤΗ ΑΘΗΝΑ**

**A.G.M: 3823**

**Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας: 04/05/2018**

**Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας: 30/05/2019**

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

*Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ :*

## **Περιεχόμενα**

### **Κεφάλαιο 1ο:**

Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Geodetic Datum)

Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα (World Geodetic Systems-WGS)

### **Κεφάλαιο 2ο:**

Τεχνητός Δορυφόρος Sputnik-1

Δορυφορικό σύστημα Tsikada

Navsat/transit των ΗΠΑ

Uragan Glonass

### **Κεφάλαιο 3ο:**

Παγκόσμια Συστήματα Δορυφορικής Ναυτιλίας (Global Navigation Satellite Systems GNSS)

Περιφερειακά Συστήματα Δορυφορικής Ναυτιλίας (Regional Navigation Satellite Systems RNSS)

Το σύστημα IRNSS

Το σύστημα Quasi-Zenith (QZSS)

Δορυφορικά Συστήματα Επαυξήσεως (Satellite Based Augmentation Systems SBAS)

### **Κεφάλαιο 4ο:**

Βασικές Αρχές Λειτουργίας Σύγχρονων Συστημάτων Δορυφορικής Ναυτιλίας (GNSS)

Κινηματικός Προσδιορισμός Θέσεως Εκατοστομετρικής Ακρίβειας σε Πραγματικό Χρόνο (Real Time Kinematic-RTK)

Διαφορικές Διορθώσεις Ευρείας Περιοχής (Wide Area Differential correction-WAP)

Επίγεια Συστήματα Επαυξήσεως (Ground Based Augmentation Systems-GBAS)

Παγκόσμιο Σύστημα GPS των ΗΠΑ

## Περίληψη

Βασικός στόχος της εργασίας είναι η κατανόηση βασικών αρχών, εννοιών και μεθοδολογιών μετρήσεων και επεξεργασίας που εμπλέκονται στην εξέλιξη της τεχνολογίας ως προς την εύρεση του προσδιορισμού θέσεως με τα γεωδαιτικά συστήματα της Ελλάδας και σε παγκόσμια βάση. Στην εργασία γίνεται μια ιστορική αναδρομή με αρχή τον πρώτο δορυφόρο Sputnik-1 της Σοβιετικής Ένωσης καθώς και ονόματα των δημιουργών του. Στη συνέχεια αναφέρονται τα υπόλοιπα δορυφορικά συστήματα Tsikada της Σοβιετικής Ένωσης και Navsat/transit των ΗΠΑ. Το σύστημα Uragan Glonass ενώ επιπλέον αναφέρονται παγκόσμια και περιφερειακά συστήματα δορυφορικής ναυτιλίας. Επίσης γίνεται και επισκόπηση των κύριων εφαρμογών του και μελέτη του τρόπου πλοήγησης του GPS. Με το συνδυασμό γεωδαιτικών και τοπογραφικών εφαρμογών η ευκρίνεια της πλοήγησης των μερικών μέτρων μπορεί να φτάσει την ακρίβεια του εκατοστού και με τη πάροδο του χρόνου εξελίσσεται ακόμη καλύτερα. Σαν όργανο το GPS είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια Μηχανικών, Επιστημόνων, Ναυτικών και με τη βελτίωση της τεχνολογίας που έχει επέλθει έχει αντικαταστήσει πλήρως παραδοσιακά όργανα που χρησιμοποιούνταν. Σε μετακινήσεις στην εναέρια κυκλοφορία είναι απαραίτητα τα GPS για δρομολογήσεις ταξιδιών, ρύθμιση κυκλοφορίας για τυχόν αποφυγή δυστυχημάτων. Το ίδιο ισχύει και στη ναυσιπλοΐα σε δρομολογήσεις ναυτικών οδών.

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### Ιστορική αναδρομή

#### Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Geodetic Datum)

Το **Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987** ή **ΕΓΣΑ'87** είναι ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα από το 1990. Σύστημα αναφοράς στη Γεωδαισία ονομάζουμε εκείνο το πλαίσιο παραμέτρων και συστημάτων συντεταγμένων που συνδέεται άμεσα με μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή ή με ένα συγκεκριμένο χώρο ή και με ολόκληρη τη γη και ως προς το οποίο καθορίζονται οι θέσεις σημείων και αντικειμένων της φυσικής γήινης επιφάνειας ή/και μελετάται η κίνηση και δυναμική συμπεριφορά τους με τον χρόνο.

ΕΓΣΑ'87 datum

Το ΕΓΣΑ'87 datum καλείται ένα τοπικό, μη γεωκεντρικό datum το οποίο είναι συνδεδεμένο με τις γεωγραφικές συντεταγμένες του γεωδαιτικού σταθμού του Διονύσου ΒΔ των Αθηνών (Dionysos Satellite Observatory ή DSO, (38.078400°N 23.932939°E). Το κεντρικό βάθρο στη θέση αυτή έχει εξ ορισμού συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ'87 38° 4' 33.8000" N - 23° 55' 51.0000"E, N = +7 m.

Ενώ το ΕΓΣΑ'87 χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS80, δηλαδή το ίδιο με το γεωδαιτικό σύστημα WGS84 που χρησιμοποιεί το GPS, η αρχή των αξόνων έχει

μετατοπισθεί σχετικά με το κέντρο της Γης κατά GRS80 ώστε η επιφάνεια του ελλειψοειδούς να προσαρμόζεται καλύτερα στο γεωειδές στην περιοχή της Ελλάδος. Η προδιαγραφείσα μετατόπιση σε σχέση με το WGS84 (δηλαδή η διαφορά ΕΓΣΑ-WGS84) είναι:  $\Delta x = +199,723 \text{ m}$ ,  $\Delta y = -74,030 \text{ m}$ ,  $\Delta z = -246,018 \text{ m}$ .

Το datum χρησιμοποιεί 30 σταθμούς τριγωνισμού διεσπαρμένους στην Ελλάδα τους οποίους συντηρεί η Γεωγραφική Υπηρεσία του Στρατού. Ο τυχαίος προσδιορισμός των γεωδαιτικών συντεταγμένων είναι σε  $0.1 \text{ ppm}$  ( $1 \times 10^{-7}$ ). Οι διάφορες τεκτονικές μετατοπίσεις δημιουργούν ασυμβατότητες γεωδαιτικών μετρήσεων κατά χρονικά διαστήματα στην Ελλάδα.

πηγή: <https://el.wikipedia.org>

## Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα World Geodetic System (WGS) 1984

Το GPS είναι ένα σύστημα πολυδιάστατου εντοπισμού. Ως αναφορά το GPS και υπολογισμοί που αφορούν τη χρήση του αναφέρονται συνήθως στο γεωκεντρικό ελλειψοειδές που σχετίζεται με το **Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα WGS '84**. Με στοιχεία ορισμένες ιδιότητες και ιδιαιτερότητες της γης έχει ορισθεί το WGS-84 και η υλοποίησή του βασίζεται στο σύστημα μετρήσεων DOPPLER.

Συγκεκριμένα, το WGS '84 ορίζεται ως εξής: Η αρχή του συστήματος των καρτεσιανών συντεταγμένων είναι το κέντρο της Γης. Ο άξονας Z είναι παράλληλος προς την διεύθυνση του μέσου γήινου πόλου. Ο άξονας X ορίζεται σαν η τομή του μεσημβρινού Greenwich και του ισημερινού που αντιστοιχεί στο μέσο γήινο πόλο. Ο άξονας Y ορίζεται ώστε να συμπληρώνεται ένα δεξιόστροφο ορθογώνιο σύστημα. Αντίστοιχα το ελλειψοειδές αναφοράς WGS '84 ορίζεται με τις εξής βασικές παραμέτρους:

- μεγάλος ημι-άξονας  $a = 6378137 \text{ m} \pm 2 \text{ m}$ ,
- παγκόσμια βαρυμετρική σταθερά  $GM = 3986005 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$ ,
- γωνιακή ταχύτητα της Γης  $\omega = 7292115 \times 10^{-11} \text{ rad/s}$ , και
- κανονικοποιημένος συντελεστής του δυναμικού έλξης της Γης  $C_{2,0} = -484,16685 \times 10^{-6}$ .

Το ελλειψοειδές WGS-84 είναι πρακτικά ίδιο με το, επίσης διεθνώς αποδεκτό, **ελλειψοειδές GRS-80** (*Geodetic Reference System 1980*) που ορίζεται με τις εξής βασικές παραμέτρους:

$$a = 6378137 \text{ m},$$

$$f = 1/298.2572221$$

$$e^2$$

$$= 0.0066943800$$

Στην λειτουργία του GPS, αναφερόμενες στο σύστημα WGS-84 οι σταθμοί ελέγχου και παρακολούθησης των δορυφόρων έχουν γνωστές συντεταγμένες με μεγάλη ακρίβεια. Με τον τρόπο αυτό ο ακριβής προσδιορισμός σημείων στο WGS '84 γίνεται μέσω των τροχιακών εφημερίδων των δορυφόρων GPS, ο υπολογισμός των οποίων βασίζεται μεταξύ άλλων και στις συντεταγμένες

κατάλληλα κατανομημένων ανά την υψήλιο σταθμών ελέγχου. Το WGS '84 προσδιορίζεται απόλυτα ως δορυφορικό σύστημα και αποτελεί standard για την παγκόσμια ναυσιπλοΐα. Στην Ελλάδα παρόλο που δεν έχει καλή προσαρμογή, όπως υλοποιείται με το GPS έχει μικρή απόλυτη ακρίβεια της τάξης +- 30m. Για το λόγο αυτό για τις γεωδαιτικές εργασίες και έρευνες χρησιμοποιείται με τεχνικές σχετικού προσδιορισμού, ενώ συνδέεται άμεσα και απλούστατα με το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87) αφού είναι παράλληλα και έχουν την ίδια κλίμακα.

Πηγή: <http://www.oocities.org>

## Κεφάλαιο 2ο

### ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ SPUTNIK-1

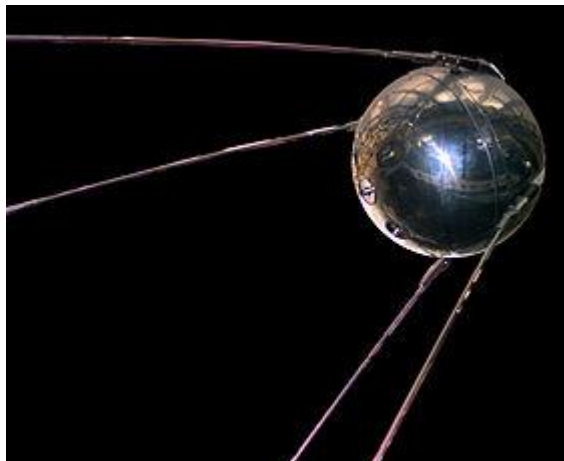
Στο πρώτο κεφάλαιο της Οδύσσειας του Διαστήματος ορίζεται ως ο πρώτος δορυφόρος που μπήκε σε τροχιά της Γης. Στις 4 Οκτωβρίου του 1957 με αντίπαλο τις ΗΠΑ η Σοβιετική Ένωση εκτόξευσε τον SPUTNIK-1 χωρίς να γίνει αντιληπτό από τις ΗΠΑ. Στις 27 Μαΐου 1954 ξεκίνησε η ιστορία του Σπούτνικ (Sputnik σημαίνει συνοδός ή συνταξιδιώτης στα ρωσικά) καθώς και του διαστημικού προγράμματος της ΕΣΣΔ. Όλα ξεκίνησαν όταν ο σχεδιαστής και μηχανικός Σεργκέι Καράλιοφ πρότεινε το σχέδιό του στο Υπουργό Αμυντικών Βιομηχανιών Ντμίτρι Ουστίνοφ βέβαια γνωρίζοντας πως οι σοβιετικοί επιστήμονες είχαν ως κληρονομιά όπως και οι Αμερικάνοι τα τελευταία γνωρίσματα της πυραυλικής από τους συναδέλφους τους της Ναζιστικής Γερμανίας στην προσπάθειά τους για την ανάπτυξη τηλεκατευθυνόμενων βλημάτων.

Στις 29 Ιουλίου 1955 ο Αμερικανός πρόεδρος Ντουάιτ Αϊζενχάουερ ανακοίνωσε ότι η χώρα θα εκτοξεύσει ένα τεχνητό δορυφόρο το 1957 με κύρια αφορμή το Διεθνές Γεωφυσικό Έτος. Οι σοβιετικοί αφυπνίστηκαν από την πρόθεσή αυτή των Αμερικανών επειδή αποφάσισαν να υλοποιήσουν το σχέδιο του Καράλιοφ με ντιρεκτίβα του πολιτικού Γραφείου του ΚΚΣΕ η ανακοίνωση των Σοβιετικών δεν λήφθηκε υπόψη των πολιτικών και επιστημόνων στις ΗΠΑ θεωρήθηκε προπαγάνδα καθώς πίστευαν πως ήταν ανίκανοι για κάτι τέτοιο.

Διαψεύστηκαν, όμως, καθώς στις 21:28:34 της 4<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 1957 ένας πύραυλος - φορέας R-7 εκτοξεύθηκε από την περιοχή Τιουρατάμ του Καζακστάν, στο σημερινό κοσμοδρόμιο του Μπαϊκονούρ. Μετέφερε τον Σπούτνικ 1, μια αλουμινένια σφαίρα με τέσσερις κεραίες, διάμετρο 1,17 μ. και βάρος 84 κιλά. Τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη με απόγειο 942 χιλιόμετρα και περίγειο 231 χιλιόμετρα. Ως προς τη λειτουργία του εκτελούσε μια πλήρη περιστροφή της Γης κάθε 96 λεπτά ενώ παρέμεινε σε τροχιά μέχρι τις 4 Ιανουαρίου 1958, οπότε εισήλθε στην ατμόσφαιρα και καταστράφηκε. Ο Σπούτνικ 1, καθώς και οι υπόλοιποι που ακολούθησαν, έδωσαν στους επιστήμονες χρήσιμα και πολύτιμα στοιχεία για τις θερμοκρασίες που επικρατούν στο διάστημα, τις πιέσεις, τα σωματίδια, τις ακτινοβολίες και τα μαγνητικά πεδία.

Οι Σοβιετικοί με την επιτυχία τους εντυπωσίασαν όλο τον κόσμο κι έγινε γνωστό σχεδόν παντού. Οι Αμερικανοί, ανησύχησαν με την τάχιστη εξέλιξη του πυραύλου R-

7, που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για στρατιωτικούς σκοπούς. Έβαλαν τα δυνατά τους τους επόμενους μήνες κι έδωσαν τη δική τους απάντηση στον Σπούτνικ, με την εκτόξευση του Εξπλόρερ 1 στις 31 Ιανουαρίου 1958. Παράλληλα, ξεκίνησαν μια κούρσα εξοπλισμών με τη μεγάλη τους αντίπαλο και όλα αυτά στην εποχή του ψυχρού πολέμου.



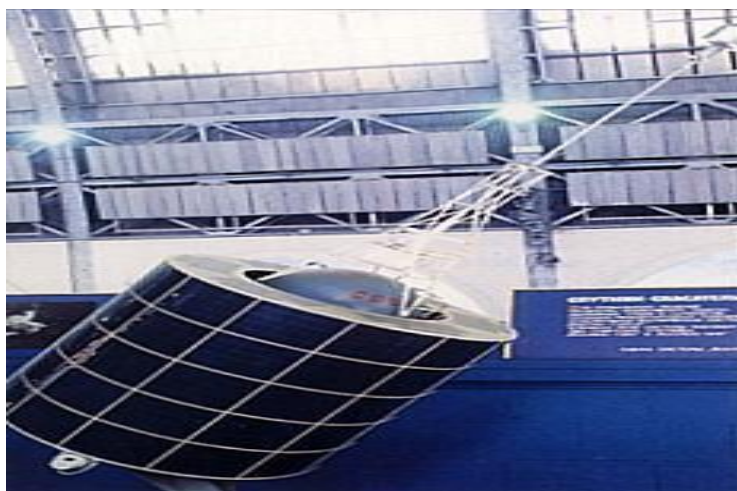
SPUTNIK-1

Πηγή: <https://www.sansimera.gr>

## ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΣΙΚΑΔΑ ΤΗΣ ΣΟΒΙΕΤΙΚΗΣ ΕΝΩΣΕΩΣ

Η Τσικάντα πρόκειται για έναν Ρωσικό δορυφόρο πλοήγησης ήταν μια συμπληρωματική πολιτική έκδοση του δορυφορικού συστήματος πολεμικού ναυτικού Parus για το Σοβιετικό Εμπορικό Ναυτικό και την Ακαδημία Επιστημών. Δορυφορικό πλοήγησης που κατασκευάστηκε από το NPO Prikladnoi Mekhaniki (NPO PM), Ρωσία. Ξεκίνησε το 1976 - 1995. ΑΚΑ : 11F643. Κατάσταση : Λειτουργικό 1976. Πρώτη εκκίνηση : 1976-12-15. Τελευταία εκκίνηση : 1995-07-05. Αριθμός : 20. Μεικτή μάζα : 820 kg (1.800 lb). Αναπτύχθηκε αμέσως μόλις άρχισε η δοκιμή πτήσης του Parus το 1974 επιπλέον έγινε και η εγκατάσταση του λειτουργικού συστήματος Tsikada και ξεκίνησε το 1978. Η ανάπτυξη αυτού του σοβιετικού δορυφορικού συστήματος πλοήγησης δεύτερης γενιάς αντιπροσώπευε μια συνεργασία μεταξύ του Πολεμικού Ναυτικού, της Ακαδημίας Επιστημών και του Υπουργείου Ναυτιλίας. Η βάση ήταν το σύστημα πλοήγησης Parus / Tsiklon-Doppler, αλλά επέτρεψε την ασύγχρονη λειτουργία του εποχούμενου εξοπλισμού με μόνο βασικό εξοπλισμό που δέχτηκε διακοπή του χρονοδιακόπτη.

Πηγή: <http://www.astronautix.com/t/tsikada.html>



## NAVSAT/TRANSIT ΤΩΝ ΗΠΑ

Με κύριο στόχο την εκμετάλλευση διαστημικών εφαρμογών ο ανταγωνισμός και η αντιπαλότητα ανάμεσα στις δυο μεγάλες δυνάμεις εκείνης της εποχής οι οποίες ήταν η Σοβιετική Ένωση και οι ΗΠΑ είχε ως κατάληξη την δημιουργία επιστημονικών και αμυντικών προγραμμάτων. Μέσω της παρακολούθησης και του ελέγχου του sputnik-1 από της ΗΠΑ έγιναν πολλές μελέτες και αυτό είχε ως αποτέλεσμα την επιβεβαίωση τους για τον δυνατό υπολογισμό των παραμέτρων που ορίζουν την ελλειπτική τροχιά ενός τεχνητού δορυφόρου και ο συνεχόμενος προσδιορισμός του στίγματός του. Οι μελέτες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός δορυφορικού συστήματος προσδιορισμού θέσης υψηλής ακρίβειας όπου θα χρησιμοποιούνταν για απαιτήσεις του πολεμικού ναυτικού των ΗΠΑ.

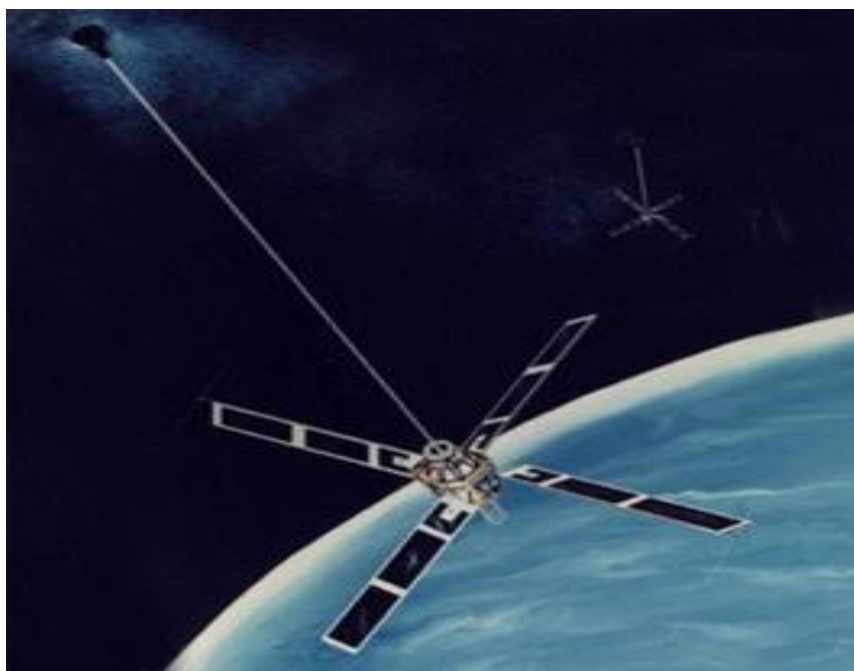
Τα πρώτα δορυφορικά συστήματα ναυσιπλοΐας αναπτύχθηκαν κατά την δεκαετία του 60' από τις ΗΠΑ και τη Σοβιετική Ένωση. Το δορυφορικό σύστημα Transit, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το Ναυτικό και αναπτύχθηκε από κοινού από τη DARPA και το εργαστήριο εφαρμοσμένης φυσικής του Johns Hopkins, υπό την ηγεσία του Dr. Richard Kirschner στο Johns Hopkins, ήταν το πρώτο δορυφορικό σύστημα διαχείρισης. Λίγες μέρες μετά τη Σοβιετική εκτόξευση του Σπούτνικ 1, του πρώτου τεχνητού δορυφόρου που περιβάλλει τη Γη στις 4 Οκτωβρίου 1957, δύο φυσικοί του APL, William Guier και George Weiffenbach, βρέθηκαν στη συζήτηση για τα ραδιοσήματα που θα προέρχονταν πιθανότατα από τον δορυφόρο. Ήταν σε θέση να καθορίσουν την τροχιά του Sputnik 1 αναλύοντας την μετατόπιση Doppler των ραδιοσημάτων του κατά τη διάρκεια μιας μόνο διέλευσης. Τον Μάρτιο του 1958 ο διευθύνων σύμβουλος Frank McClure, πρόεδρος του ερευνητικού κέντρου της APL, πρότεινε ότι εάν η θέση του δορυφόρου ήταν γνωστή και προβλέψιμη, η μετατόπιση Doppler θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να εντοπίσει έναν δέκτη στη Γη, και πρότεινε ένα δορυφορικό σύστημα για την εφαρμογή αυτής της αρχής.

Η ανάπτυξη του συστήματος Transit ξεκίνησε το 1958 και ένα δορυφορικό πρωτότυπο Transit 1A, ξεκίνησε τον Σεπτέμβριο του 1959. Αυτός ο δορυφόρος



απέτυχε να φτάσει σε τροχιά. Ένας δεύτερος δορυφόρος, το Transit 1B, ξεκίνησε με επιτυχία στις 13 Απριλίου του 1960, από έναν πύραυλο Thor-Ablestar. Το 1960 έγιναν οι πρώτες επιτυχημένες δοκιμές του συστήματος και το σύστημα εισήλθε στη ναυτική υπηρεσία το 1964. Οι πύραυλοι Scout Vought / LTV Scout επιλέχθηκαν ως τα αποκλειστικά οχήματα εκτόξευσης για το πρόγραμμα, επειδή έδωσε ένα φορτίο σε τροχιά για το χαμηλότερο κόστος ανά λίβρα. Ωστόσο, η απόφαση Scout επέβαλε δύο περιορισμούς σχεδιασμού. Πρώτον, το βάρος των προηγούμενων δορυφόρων ήταν περίπου 300 λίβρες το καθένα, αλλά η ικανότητα εκτόξευσης του Scout στην τροχιά διέλευσης ήταν περίπου 120 λίβρες. Μία μείωση της δορυφορικής μάζας έπρεπε να επιτευχθεί, παρά τη ζήτηση περισσότερης ισχύος από ό, τι είχε προηγουμένως σχεδιάσει η APL σε δορυφόρο. Το δεύτερο πρόβλημα αφορούσε τους αυξημένους κραδασμούς που επηρέασαν το ωφέλιμο φορτίο κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης, διότι ο Scout χρησιμοποίησε στερεούς κινητήρες πυραύλων. Ο πρώτος πρωτότυπος επιχειρησιακός δορυφόρος (Transit 5A-1) ξεκίνησε σε πολική τροχιά από ένα πύραυλο Scout στις 18 Δεκεμβρίου 1962. Ο δορυφόρος επιβεβαίωσε μια νέα τεχνική για την ανάπτυξη των ηλιακών συλλεκτών και για το διαχωρισμό από τον πύραυλο, διαφορετικά δεν ήταν επιτυχής λόγω προβλήματος με το σύστημα παροχής ενέργειας. Η διαδρομή 5A-2, που δρομολογήθηκε στις 5 Απριλίου 1963, δεν επέτυχε την τροχιά. Η Transit 5A-3, με επανασχεδιασμένο τροφοδοτικό ρεύματος, ξεκίνησε στις 15 Ιουνίου 1963. Υπήρξε μία δυσλειτουργία της μνήμης κατά τη διάρκεια της πτήσης από την αποδοχή και αποθήκευση του μηνύματος πλοήγησης και πρόκειται για τη σταθερότητα του ταλαντωτή που υποβαθμίστηκε κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης. Έτσι, το 5A-3 δεν χρησιμοποιούνταν για πλοήγηση. Αυτός ο δορυφόρος ήταν ο πρώτος που κατάφερε τη σταθεροποίηση με βαρύτητα και με καλή αποδοτικότητα των υποσυστημάτων του. Οι τοπογράφοι χρησιμοποίησαν το Transit για να εντοπίσουν τα απομακρυσμένα σημεία αναφοράς. Χιλιάδες πολεμικά πλοία, φορτηγά και ιδιωτικά σκάφη χρησιμοποιούσαν τη Transit από το 1967 έως το 1991. Στη δεκαετία του 1970 η Σοβιετική Ένωση ξεκίνησε το δικό της δορυφορικό σύστημα πλοήγησης Parus (στρατιωτική) / Tsikada (civilian), η οποία χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα από την επόμενη γενιά GLONASS. Μερικά σοβιετικά πολεμικά πλοία ήταν εξοπλισμένα με δέκτες Motorola NavSat. Το 1996 το σύστημα Transit καταργήθηκε από το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) και διέκοψε την υπηρεσία πλοήγησης. Οι βελτιώσεις στο ηλεκτρονικό σύστημα επέτρεψαν στους δέκτες GPS να λάβουν αποτελεσματικά αρκετές διορθώσεις ταυτόχρονα, μειώνοντας κατά πολύ την πολυπλοκότητα της έκφρασης μιας θέσης. Το GPS χρησιμοποιεί πολλούς περισσότερους δορυφόρους από αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν με το Transit, επιτρέποντας τη συνεχή χρήση του συστήματος, ενώ η Transit παρείχε μια λύση μόνο κάθε ώρα ή περισσότερο. Μετά το 1996, οι δορυφόροι κρατήθηκαν σε χρήση για το σύστημα ιονοσφαιρικού για χρήση συχνότητας για εύρεση θέσης

Πηγή: [www.smithsonian.com](http://www.smithsonian.com)



Πηγή:<https://space.skyrocket.de>

## URAGAN GLONASS

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα GLONASS αναμενόταν να περιλαμβάνει 21 ενεργούς και τρεις ανταλλακτικούς δορυφόρους σε τρεις τροχιές σε υψόμετρο 19.100 χιλιομέτρων και κλίση 64.8 βαθμούς προς τον Ισημερινό. Ο πυραύλος Proton εφοδιασμένος με την ανώτερη σκηνή Block D ή Breeze M είναι σχεδιασμένος για να μεταφέρει ένα τρίο δορυφόρων σε τροχιά, από το οποίο οι δύο δορυφόροι μετακινούνται αργότερα σε τελικές τροχιές. Με την ολοκλήρωση του αστερισμού GLONASS σχεδιάστηκε για να παρέχει ακρίβεια 100 μέτρων με τα σήματα C / A "ακρίβειας", τα οποία είναι σκόπιμα υποβαθμισμένα και ακρίβεια 10-20 μέτρων με τα σήματα "υψηλής ακρίβειας". Στο τέλος του 2004, ο επικεφαλής της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Διαστήματος, FKA, κάλεσε τον χωρισμό μεταξύ στρατιωτικών και πολιτικών συχνοτήτων στο σύστημα GLONASS και υποσχέθηκε την παροχή της πρόσβασης σε δεδομένα υψηλής ακρίβειας πλοήγησης σε όλους τους χρήστες. Διαστημικό σκάφος GLONASS (11F654). Το διαστημικό σκάφος Uragan για το δίκτυο GLONASS αναπτύχθηκε από το PM NPO στο Zheleznogorsk και μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990 οι δορυφόροι κατασκευάστηκαν όλοι μαζί από τον PO Polyot στο Omsk υπό την επίβλεψη του PM NPO. Ωστόσο, ο NPO αργότερα επέστρεψε στην πλήρη ανάπτυξη και κατασκευή του διαστημοπλοίου Uragan-M "επί τόπου". Το τελευταίο διαστημόπλοιο Uragan που κατασκευάστηκε από την PO Polyot ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 2005. Ο δορυφόρος Uragan διαθέτει ένα σύστημα σταθεροποίησης τριών αξόνων, το οποίο το δείχνει στο nadir κατά τη διάρκεια της επιχειρησιακής πτήσης. Δύο ηλιακές συστοιχίες παρέχουν παροχή ρεύματος. Οι πομποί φορέα διαστημικών σκαφών στέλνουν σήματα πλοήγησης L-Band σε 25 κανάλια διαχωρισμένα με διαστήματα 0,5625 MHz σε δύο ζώνες συχνοτήτων: 1602,5625 -

1615,5 MHz και 1240 - 1260 MHz. EIRP 25 έως 27 dBW. Δεξιό κυκλικό πολωμένο. Τα ενσωματωμένα ρολόγια καισίου παρέχουν χρονική ακρίβεια στα 1.000 νανοδευτερόλεπτα.

Πηγή:[www.russianspaceweb.com/uragan.html](http://www.russianspaceweb.com/uragan.html)



## Κεφάλαιο 3ο

### ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ (Global Navigation Satellite Systems GNSS)

Από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος κατασκευάστηκε το σύστημα **Galileo** είναι ένα σύστημα παγκόσμιας δορυφορικής πλοήγησης (GNSS). Το αντικείμενο με κόστος 5 δισεκατομμυρίων ευρώ υιοθέτησε την ονομασία του από τον Ιταλό αστρονόμο Γαλιλαίο Γαλιλέι. Η παροχή ενός συστήματος εντοπισμού θέσης υψηλής ακρίβειας ήταν ένας από τους στόχους του Galileo 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 τεθεί σε λειτουργία, θα χρησιμοποιεί δύο κέντρα επιχειρήσεων εδάφους, κοντά στο Μόναχο της Γερμανίας και στο Φουτσίνο της Ιταλίας. Η Πράγα αναδείχτηκε ως η πόλη στην οποία θα στεγάζεται το αρχηγείο τον Δεκέμβριο του 2010 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. Στις 12 Οκτωβρίου ακολούθησαν οι επόμενοι δύο, 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 τα σήματα κινδύνου από τον πομπό του χρήστη στο Κέντρο Συντονισμού Διάσωσης, το οποίο έπειτα θα βοηθάει την επιχείρηση διάσωσης. Την ίδια στιγμή, το σύστημα θα παρέχει ένα σήμα στους χρήστες, πληροφορώντας 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.

Πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki/Galileo>

## **ΠΕΡΙΦΕΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ (Regional Navigation Satellite Systems RNSS)**

### **Τα ασιατικά RNSS:**

Το Beidou είναι το μοναδικό πλήρως αναπτυγμένο RNSS στην ασιατική περιοχή. Αποτελείται από τέσσερις γεωστατικούς δορυφόρους (GEO). Για την λειτουργία του απαιτούνται δύο δορυφόροι για την τοποθέτηση 2D (οι δύο δορυφόροι είναι αντίγραφα ασφαλείας). Ωστόσο, σε αντίθεση με το GPS, είναι ένα αμφίδρομο σύστημα, ο χρήστης επίσης στέλνει μηνύματα στο Κέντρο Ελέγχου μέσω των δορυφόρων Beidou. Ως εκ τούτου μόνο οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στο σύστημα. Αυτό περιορίζει το επίπεδο χρήσης του ιδιαίτερα εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλα RNSS και GNSS.

### **Το Σύστημα IRNSS:**

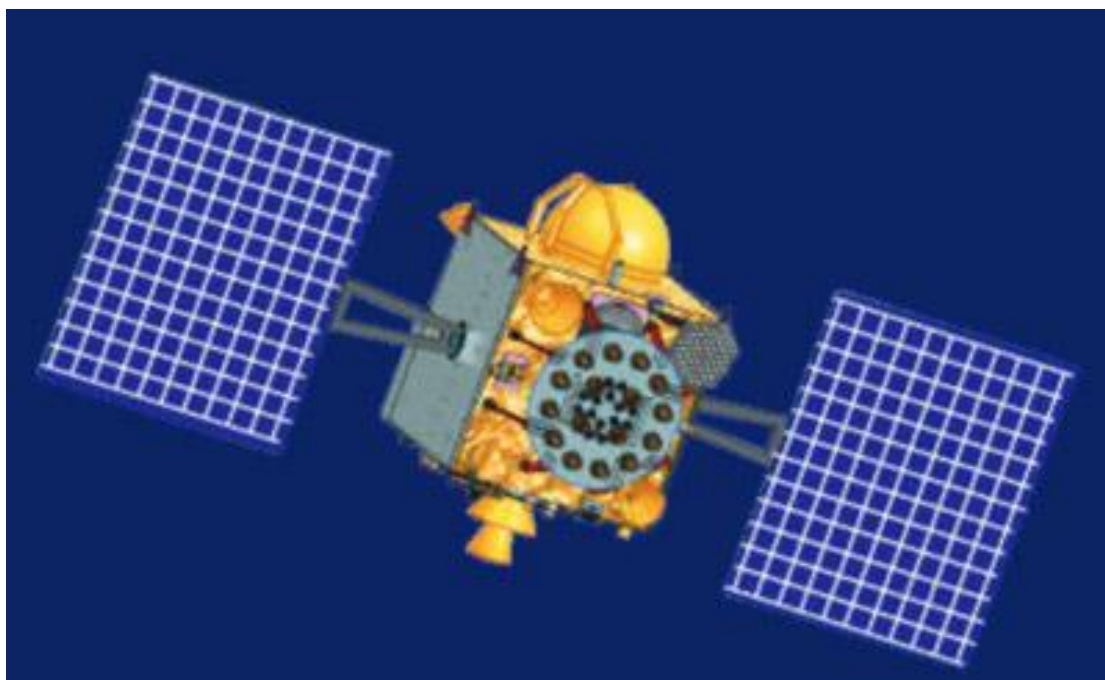
Το IRNSS θα παρέχει μια «τυπική υπηρεσία εντοπισμού θέσης» και μια «υπηρεσία ακριβείας». Και τα δυο

θα διεξαχθεί σε L5 (1176.45MHz) και σε συχνότητα S-band (2492.08MHz). Το τυπικό σήμα υπηρεσίας τοποθέτησης θα ρυθμιστεί με ένα σήμα BPSK 1MHz ενώ η υπηρεσία ακριβείας θα χρησιμοποιεί τη διαμόρφωση BOC (5,2). BOC (φορέας δυαδικής μετατόπισης)

η διαφοροποίηση που προσφέρει βελτιωμένες επιδόσεις έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για το νέο GNSS σήματα όπως το σήμα Galileo L1, το σήμα GPS L1C και M. Το σύστημα είναι με σκοπό την παροχή ακρίβειας περίπου 20 μέτρων στην περιοχή του Ινδικού Ωκεανού, και περίπου 10 μέτρα πάνω από την υποέκκωση. Η περιοχή εξυπηρέτησης ορίζεται ως μεταξύ

40°E έως 140°X γεωγραφικού μήκους και στη ζώνη γεωγραφικού πλάτους  $\pm 40^\circ$ .

Δυστυχώς, υπάρχουν ελάχιστες διαθέσιμες πληροφορίες για το IRNSS.

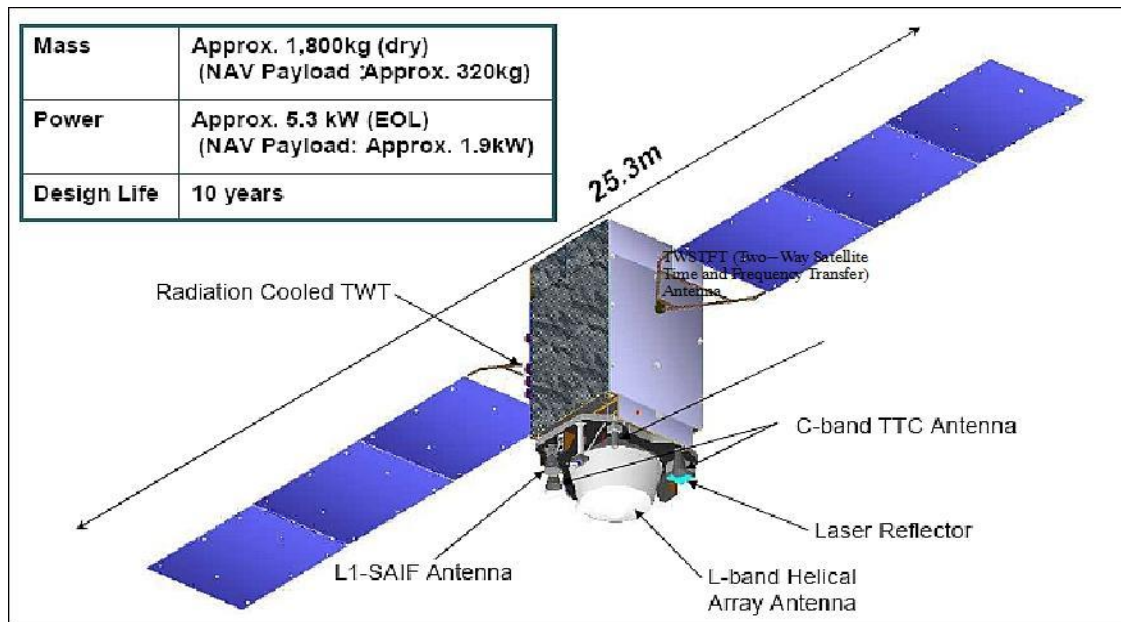


## Το Σύστημα QZSS:

Το δορυφορικό σύστημα Quasi-Zenith (QZSS)

Πριν από περίπου τέσσερις δεκαετίες προβλήθηκε για πρώτη φορά η ιδέα του QZSS για την Ιαπωνία. Ωστόσο, μόνο το 1997 άρχισαν σοβαρές συζητήσεις καθώς έχουν γίνει περισσότεροι άνθρωποι γνωρίζοντας τη σημασία της τοποθέτησης των δορυφόρων ως μορφή εθνικής υποδομής. Το έργο QZSS ξεκίνησε το 2003, όταν η κυβέρνηση ενέκρινε τον πρώτο προϋπολογισμό. Αυστηρά μιλώντας το QZSS δεν είναι ένα RNSS, αλλά μάλλον μια επέκταση του GPS και το GALILEO της ΕΕ. Το QZSS αποτελείται από τρεις δορυφόρους που έχουν το ίδιο τροχιακό ως GEO δορυφόρους αλλά σε τροχιές που είναι ελλειπτικές - μερικές φορές αναφέρονται ως Υψηλά κεκλιμένες ελλειπτικές τροχιές (HEO). Καθώς η γέφυρα HEZ του QZSS θα κινηθεί πιο μακριά από τη Γη στο βόρειο ημισφαίριο από ότι στο νότιο ημισφαίριο ο δορυφόρος θα είναι σε υψηλή υψομετρική γωνία έναντι της Ιαπωνίας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι όταν πάνω από το νότιο ημισφαίριο. Η περιοχή κάλυψης QZSS είναι η Ανατολική Ασία και η Ωκεανία, και ο σχεδιασμός του αστερισμού εγγυάται ότι οι χρήστες στην κάλυψη μπορεί να λαμβάνει δορυφορικά σήματα από υψηλή γωνία ανύψωσης ανά πάσα στιγμή (ένας από τους τρεις δορυφόρους QZSS). Ένας δορυφόρος εμφανίζεται πάντα κοντά στο ζενίθ παραπάνω την περιοχή της Ιαπωνίας - εξ ου και το όνομά της "οιονεί ζενίθ". Το QZSS θα αποτελεί μια πλούσια πηγή σήματος. Θα μεταδίδει σήματα στο L1 (1585.65MHz), L2 (1227.6MHz) και τις συχνότητες L5 (1176.45MHz) που θα είναι συμβατές και λειτουργικές με το GPS. Ένα ενδιαφέρον γεγονός είναι ότι το νέο εκσυγχρονισμένο GPS L1C το σήμα θα μεταδοθεί από το QZSS πριν από το GPS!

Το QZSS θα μεταδώσει επίσης ένα νέο πειραματικό σήμα (LEX) στην ίδια ζώνη με το σύστημα E6 του GALILEO (1278,75MHz) σήμα και ένα νέο σήμα επέκτασης GPS L1-SAIF (αύξηση υψομετρικών τάξεων με λειτουργία ακεραιότητας). Η χρησιμότητα του QZSS για την αύξηση του GPS και του GALILEO έχει διερευνηθεί από διάφορους ερευνητές.



Πηγή: <https://www.researchgate.net>

## ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΑΥΞΗΣΕΩΣ (Satellite Based Augmentation Systems SBAS)

Τα συγκεκριμένα δορυφορικά συστήματα αύξησης (SBAS) υποστηρίζουν ευρεία ή περιφερειακή αύξηση μέσω της χρήσης πρόσθετων δορυφορικών μηνυμάτων. Χρησιμοποιώντας μετρήσεις από τους σταθμούς εδάφους, δημιουργούνται διορθωτικά μηνύματα και αποστέλλονται σε έναν ή περισσότερους δορυφόρους για μετάδοση στους τελικούς χρήστες ως διαφορικό σήμα. Το SBAS είναι μερικές φορές συνώνυμο με το WADGPS, διαφορικό GPS ευρείας περιοχής.

Τα GBAS και SBAS που έχουν εφαρμοστεί ή προταθεί περιλαμβάνουν:

- Το σύστημα αύξησης της ευρείας περιοχής (WAAS), το οποίο λειτουργεί από την Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας των Ηνωμένων Πολιτειών (FAA).
- Η ευρωπαϊκή υπηρεσία γεωγραφικής πλοήγησης (EGNOS), η οποία διαχειρίζεται το ESSP (εξ ονόματος της GSA της ΕΕ).
- Το Πολύ-λειτουργικό Σύστημα Αύξησης Δορυφόρων (MSAS), το οποίο λειτουργεί από το Υπουργείο Πολιτισμού, Υποδομών και Μεταφορών του Ιαπωνικού Γραφείου Πολιτικής Αεροπορίας (JCAB) της Ιαπωνίας.
- Το σύστημα GPS Auxired Geo Augmented Navigation (GAGAN) λειτουργεί από την Ινδία. Το GLONASS (Σύστημα Διαφορικής Διόρθωσης και Παρακολούθησης, SDCM), που λειτουργεί από τη Ρωσία με παγκόσμια κάλυψη.
- Το σύστημα επεκτάσεως δορυφορικής πλοήγησης (SNAS), που προτάθηκε από την Κίνα.
- Το Wide Area GPS Enhancement (WAGE), το οποίο λειτουργεί από το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών για χρήση από στρατιωτικούς και εξουσιοδοτημένους δέκτες.
- Το εμπορικό σύστημα πλοήγησης StarFire, το οποίο εκμεταλλεύεται η John Deere και η C-Nav Positioning Solutions (Oceanering).

- Το εμπορικό σύστημα Starfix DGPS και το σύστημα OmniStar το οποίο εκμεταλλεύεται ο Fugro
- Το GPS-C , σύντομο για τη διόρθωση GPS, ήταν μια διαφορεική πηγή δεδομένων GPS για το μεγαλύτερο μέρος του Καναδά που διατηρείται από το Καναδικό Active Control System, μέρος της Natural Resources Canada - τώρα παροπλισμένο.
- Ένα σύστημα SBAS δεύτερης γενιάς αναπτύσσεται στην Αυστραλία και η Νέα Ζηλανδία ξεκίνησαν πρόσφατα (2018) (που μέχρι στιγμής δεν κατονομάζεται) για τους τομείς λειτουργίας τους. Οι εργασίες συνεχίζονται κάνοντας τη χρήση μιας προσέγγισης πολλαπλών συχνοτήτων και πολλαπλών αστερισμών για τη μείωση ορισμένων σφαλμάτων που το σύστημα πρώτης γενιάς, όπως το WAAS, δεν μπορεί να χειριστεί.



Πηγή: <https://en.m.wikipedia.org>

## Κεφάλαιο 4ο

### ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΑΙΑΣ GNSS

Σε πάρα πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούνται τα συστήματα GPS , GLONASS , Galileo ή BeiDou από τους δέκτες παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος πλοήγησης (GNSS). Τα πρώτα συστήματα αναπτύχθηκαν τον 20ό αιώνα, κυρίως για να βοηθήσουν το στρατιωτικό προσωπικό να βρει το δρόμο του, αλλά η συνειδητοποίηση της θέσης σύντομα βρήκε πολλές πολιτικές εφαρμογές.

Τα αυτοκίνητα μπορούν να εξοπλιστούν με δέκτες GNSS στο εργοστάσιο ή ως εξοπλισμό μετά την αγορά . Οι μονάδες εμφανίζουν συχνά κινούμενους χάρτες και πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία, την ταχύτητα, την κατεύθυνση και τους κοντινούς δρόμους και σημεία ενδιαφέροντος .

Ένας δέκτης GPS σε χρήση του πολιτικού αυτοκινήτου. Τα συστήματα αεροναυτιλίας έχουν συνήθως κινούμενη απεικόνιση χάρτη και συχνά συνδέονται με τον αυτόματο πιλότο για πλοήγηση κατά τη διαδρομή. Οι δέκτες GNSS που είναι τοποθετημένοι σε θάλαμο πλοήγησης και οι υαλοπίνακες εμφανίζονται σε γενικά αεροσκάφη όλων των μεγεθών, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως το WAAS ή το LAAS για την αύξηση της ακρίβειας. Πολλοί είναι πιστοποιημένοι για την πλοήγηση με κανόνες πτήσεων με όργανα , ενώ μερικοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για πτήσεις τελικής προσέγγισης και προσγείωσης, όπως στο σύστημα προσέγγισης και προσγείωσης με κοινή ακρίβεια . Οι πιλότοι αεροπλάνων χρησιμοποιούν καταγραφές πτήσης GNSS για την καταγραφή δεδομένων GNSS για την επαλήθευση της άφιξής τους σε σημεία στροφής σε αγώνες ολίσθησης και για πληροφορίες που βοηθούν στη λήψη αποφάσεων καθ 'όλη τη διάρκεια της διαδρομής.

Τα σκάφη και τα πλοία μπορούν να χρησιμοποιήσουν το GNSS για να πλοηγηθούν σε όλες τις λίμνες, θάλασσες και ωκεανούς του κόσμου. Οι θαλάσσιες μονάδες GNSS περιλαμβάνουν λειτουργίες χρήσιμες για το νερό, όπως οι λειτουργίες "MOB", οι οποίες επιτρέπουν την άμεση σήμανση της θέσης του ατόμου στο πλοίο, γεγονός που απλοποιεί τις προσπάθειες διάσωσης. Το GNSS μπορεί να συνδεθεί με τον αυτό-διαχειριζόμενο μηχανισμό πλοήγησης και τους χαρτογράφους χρησιμοποιώντας τη διασύνδεση NMEA 0183 . Το GNSS μπορεί επίσης να βελτιώσει την ασφάλεια της ναυτιλιακής κυκλοφορίας ενεργοποιώντας το AIS .

Ο εξοπλισμός GNSS για άτομα με προβλήματα όρασης είναι διαθέσιμος και υπερβολικά χρήσιμος. Τα διαστημικά σκάφη αρχίζουν να χρησιμοποιούν το GNSS ως εργαλείο πλοήγησης. Η προσθήκη ενός δέκτη GNSS σε ένα διαστημικό σκάφος επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό της τροχιάς χωρίς παρακολούθηση εδάφους. Αυτό, με τη σειρά του, επιτρέπει την αυτόνομη ναυσιπλοΐα διαστημοπλοίων, το σχηματισμό πτήσεων και αυτόνομο ραντεβού. Η χρήση του GNSS στις τροχιές MEO, GEO, HEO και εξαιρετικά ελλειπτικές τροχιές είναι εφικτή μόνο εάν ο δέκτης μπορεί να αποκτήσει και να παρακολουθήσει τα πολύ ασθενέστερα (15 - 20 dB) GNSS σήματα του πλευρικού λοβού. Αυτός ο περιορισμός σχεδιασμού και το περιβάλλον ακτινοβολίας που βρίσκεται στο διάστημα εμποδίζει τη χρήση δεκτών COTS . Οι δορυφορικοί αστερισμοί χαμηλής γήινης τροχιάς , όπως εκείνοι που χρησιμοποιεί η Orbcomm, χρησιμοποιούν δέκτες GPS σε όλους τους δορυφόρους.



Συστήματα χαρτογράφησης και γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) - Οι περισσότεροι δέκτες GNSS βαθμού χαρτογράφησης χρησιμοποιούν τα δεδομένα κύματος φορέα μόνο από τη συχνότητα L1, αλλά έχουν έναν ακριβή ταλαντωτή κρυστάλλου ο οποίος μειώνει τα σφάλματα που σχετίζονται με το jitter του ρολογιού του δέκτη. Αυτό επιτρέπει σφάλματα εντοπισμού θέσης με ένα μέτρο ή λιγότερο σε πραγματικό χρόνο, με ένα διαφορετικό σήμα GNSS να λαμβάνεται χρησιμοποιώντας έναν ξεχωριστό ραδιοφωνικό δέκτη. Με την αποθήκευση των μετρήσεων της φέρουσας φάσης και την διαφοροποιημένη μετά-επεξεργασία των δεδομένων, είναι δυνατή η εμφάνιση σφαλμάτων τοποθέτησης της τάξης των 10 εκατοστών με αυτούς τους δέκτες. Αρκετά έργα, όπως το OpenStreetMap και το TierraWiki, επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν συνεργατικούς χάρτες, σαν ένα wiki, χρησιμοποιώντας δέκτες GPS ποιότητας καταναλωτών.

Γεωφυσική και γεωλογία - Οι μετρήσεις υψηλής ακρίβειας της καταπόνησης των κρουστών μπορούν να γίνουν με διαφορετικό GNSS με την εύρεση της σχετικής μετατόπισης μεταξύ των αισθητήρων GNSS. Πολλοί σταθμοί που βρίσκονται γύρω από μια ενεργά παραμορφωμένη περιοχή (όπως ένα ηφαίστειο ή μια ζώνη βλαβών) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εύρεση τάσης και εδάφους. Αυτές οι μετρήσεις μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για να ερμηνεύσουν την αιτία της παραμόρφωσης, όπως ένα διάφραγμα ή ένα περβάζι κάτω από την επιφάνεια ενός ενεργού ηφαιστείου.

Αρχαιολογία - Καθώς οι αρχαιολόγοι ανασκάπτουν μια περιοχή, γενικά σχηματίζουν έναν τρισδιάστατο χάρτη της τοποθεσίας, ορίζοντας λεπτομερώς όπου βρίσκεται κάθε τεχνούργημα. Τοπογράφοι - Survey-Grade Οι δέκτες GNSS μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τοποθέτηση σημείων έρευνας, κτιρίων και οδοποιίας. Αυτές οι μονάδες χρησιμοποιούν το σήμα από τις δύο συχνότητες GPS L1 και L2. Παρόλο που τα δεδομένα κώδικα L2 είναι κρυπτογραφημένα, το κύμα φορέα του σήματος επιτρέπει τη διόρθωση ορισμένων ισοφαιρικών σφαλμάτων. Αυτοί οι δέκτες GPS διπλής συχνότητας συνήθως κοστίζουν 10.000 δολάρια ΗΠΑ ή περισσότερο, αλλά μπορούν να έχουν σφάλματα εντοπισμού θέσης κατά ένα εκατοστό ή λιγότερο όταν χρησιμοποιούνται στη διαφορετική λειτουργία GPS φερεγγυότητας.

Η βιομηχανία δέκτη GNSS χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρό αριθμό σημαντικών φορέων που ειδικεύονται στο σχεδιασμό σύνθετων δεκτών GNSS διπλής συχνότητας ικανών να εντοπίζουν με ακρίβεια τις φάσεις του φορέα για όλα ή τα περισσότερα διαθέσιμα σήματα προκειμένου να μειωθεί η ακρίβεια της σχετικής τοποθέτησης σε τιμές cm-επιπέδου που απαιτούνται από αυτές τις εφαρμογές. Οι πιο γνωστές εταιρείες είναι η Javad, η Leica, η NovAtel, η Septentrio, η Topcon και η Trimble.

Στρατιωτικά πυρομαχικά με ακρίβεια - Πολλοί τύποι πυρομαχικών, συμπεριλαμβανομένων βομβών JDAM, πυροβολικού Excalibur 155 mm, χρησιμοποιούν το GNSS για να τους οδηγήσουν στο στόχο τους. Ακριβής αναφορά χρόνου - Πολλά συστήματα που πρέπει να συγχρονίζονται με ακρίβεια χρησιμοποιούν το GNSS ως πηγή ακριβούς χρόνου. Το GNSS μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ρολόι αναφοράς για γεννήτριες χρόνου κώδικα ή διακομιστές ώρας δικτύου πρωτοκόλλου δικτύου (NTP). Οι αισθητήρες (για σεισμολογία ή άλλη εφαρμογή παρακολούθησης) μπορούν να χρησιμοποιήσουν το GNSS ως ακριβή πηγή χρόνου. Τα δίκτυα επικοινωνίας πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση χρόνου (TDMA) βασίζονται συχνά σε αυτόν τον ακριβή χρονισμό για τον συγχρονισμό του εξοπλισμού παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, του εξοπλισμού δικτύου και των πολυπλεκτών.

## Κινητές δορυφορικές επικοινωνίες-

Τα δορυφορικά συστήματα επικοινωνιών χρησιμοποιούν μια κατευθυντική κεραία (συνήθως ένα "πίατο") που δείχνει έναν δορυφόρο. Η κεραία σε ένα κινούμενο πλοίο ή τρένο, για παράδειγμα, πρέπει να επισημαίνεται με βάση την τρέχουσα θέση της. Οι σύγχρονοι ελεγκτές κεραιών ενσωματώνουν συνήθως έναν δέκτη GNSS για να παρέχουν αυτές τις πληροφορίες.

Υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και εντοπισμού θέσης - Η λειτουργία GNSS μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης για τον εντοπισμό κινητών τηλεφώνων. Η δυνατότητα εντοπισμού ενός κινητού τηλεφώνου απαιτείται στις Ηνωμένες Πολιτείες με την νομοθεσία περί υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης E911 . Ωστόσο, ένα τέτοιο σύστημα δεν υπάρχει παντού. Το GNSS εξαρτάται λιγότερο από την τοπολογία του τηλεπικοινωνιακού δικτύου παρά από την ραδιομετακίνηση για συμβατά τηλέφωνα. Το υποβοηθούμενο GPS μειώνει τις απαιτήσεις ισχύος του κινητού τηλεφώνου και αυξάνει την ακρίβεια της θέσης. Η γεωγραφική θέση ενός τηλεφώνου μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παροχή υπηρεσιών βάσει τοποθεσίας, συμπεριλαμβανομένης της διαφήμισης ή άλλων πληροφοριών που αφορούν συγκεκριμένες τοποθεσίες.

Παιχνίδια με βάση την τοποθεσία - Η διαθεσιμότητα των δεκτών GNSS χειρός οδήγησε σε παιχνίδια όπως το geocaching, το οποίο περιλαμβάνει τη χρήση μιας φορητής μονάδας GNSS για να ταξιδέψετε σε ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος για να αναζητήσετε αντικείμενα κρυμμένα από άλλους geocachers. Αυτή η δημοφιλής δραστηριότητα περιλαμβάνει συχνά περπάτημα ή πεζοπορία σε φυσικές τοποθεσίες. Το Geodashing είναι ένα υπαίθριο άθλημα χρησιμοποιώντας σημεία αναφοράς .

Μάρκετινγκ - Ορισμένες εταιρείες έρευνας αγοράς έχουν συνδυάσει συστήματα GIS και έρευνες που βασίζονται σε έρευνες για να βοηθήσουν τις εταιρείες να αποφασίσουν πού να ανοίξουν νέα καταστήματα και να στοχεύσουν τη διαφήμισή τους σύμφωνα με τα πρότυπα χρήσης των δρόμων και τα κοινωνικά δημογραφικά χαρακτηριστικά των κατοικημένων ζωνών.

Επιβάτες αεροσκαφών - Οι περισσότερες αεροπορικές εταιρείες επιτρέπουν τη χρήση επιβατών μονάδων GNSS στις πτήσεις τους, εκτός από την προσγείωση και την απογείωση, όταν άλλες ηλεκτρονικές συσκευές είναι επίσης περιορισμένες. Παρόλο που οι δέκτες GNSS του καταναλωτή έχουν ελάχιστο κίνδυνο παρεμβολών, ορισμένες αεροπορικές εταιρείες δεν επιτρέπουν τη χρήση φορητών δεκτών κατά τη διάρκεια της πτήσης. Άλλες αεροπορικές εταιρείες ενσωματώνουν την παρακολούθηση των αεροσκαφών στο τηλεοπτικό σύστημα ψυχαγωγίας καθισμάτων, το οποίο είναι διαθέσιμο σε όλους τους επιβάτες, ακόμη και κατά την απογείωση και την προσγείωση.

Πληροφορίες για την επικεφαλίδα - Το σύστημα GNSS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των πληροφοριών κειμένου, παρόλο που δεν σχεδιάστηκε για το σκοπό αυτό. Μια "πυξίδα GNSS" χρησιμοποιεί ένα ζεύγος κεραιών διαχωρισμένων κατά περίπου 50 cm για να ανιχνεύσει τη διαφορά φάσης στο σήμα φορέα από έναν συγκεκριμένο δορυφόρο GNSS. Λαμβάνοντας υπόψη τις θέσεις του δορυφόρου, τη θέση της κεραίας και τη διαφορά φάσης, μπορεί να υπολογιστεί ο προσανατολισμός των δύο κεραιών. Τα ακριβότερα συστήματα πυξίδας GNSS χρησιμοποιούν τρεις κεραίες σε ένα τρίγωνο για να πάρουν τρεις ξεχωριστές αναγνώσεις σε σχέση με κάθε δορυφόρο. Μια πυξίδα GNSS δεν υπόκειται σε μαγνητική απόκλιση, καθώς η

μαγνητική πυξίδα είναι και δεν χρειάζεται να επαναρυθμίζεται περιοδικά όπως μια γυροσκοπική ζώνη . Εντούτοις, υπόκειται σε πολλαπλάσια αποτελέσματα.

Τα συστήματα εντοπισμού GPS χρησιμοποιούν το GNSS για τον προσδιορισμό της θέσης ενός οχήματος, προσώπου, κατοικίδιου ζώου ή εμπορευμάτων και την καταγραφή της θέσης σε τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα αρχείο καταγραφής των κινήσεων. Τα δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν στη μονάδα ή να σταλούν σε απομακρυσμένο υπολογιστή μέσω ραδιοφώνου ή κυψελοειδούς μόντεμ. Ορισμένα συστήματα επιτρέπουν την προβολή της τοποθεσίας σε πραγματικό χρόνο στο διαδίκτυο με ένα πρόγραμμα περιήγησης ιστού.

Παρακολουθήστε τον εντοπισμό των καταδικασθέντων σεξουαλικών παραβατών , χρησιμοποιώντας μια ασφάλιση GPS ως προϋπόθεση για την απαγόρευση. Οι υπάλληλοι επιβολής του νόμου μπορούν να αναθεωρήσουν τις καθημερινές κινήσεις των παραβατών για κόστος μόνο \$ 5 ή \$ 10 την ημέρα. Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο ή άμεση παρακολούθηση θεωρείται πολύ δαπανηρή για την παρακολούθηση των εγκληματιών από το GPS. Οι γεωφυσικοί φραγμοί μπορούν να ενεργοποιηθούν ή να απενεργοποιηθούν συσκευές βάσει της θέσης τους.

Συστήματα τιμολόγησης οδικής υποδομής GNSS χρεώνουν τους χρήστες των οδών που χρησιμοποιούν δεδομένα από τους αισθητήρες GNSS μέσα στα οχήματα. Οι υποστηρικτές υποστηρίζουν ότι η τιμολόγηση των οδικών μεταφορών μέσω του GNSS επιτρέπει πολλές πολιτικές, όπως τα τέλη διοδίων για αστικές οδούς, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλές άλλες εφαρμογές στον τομέα στάθμευσης, ασφάλισης και εκπομπών οχημάτων. Οι επικριτές υποστηρίζουν ότι το GNSS θα μπορούσε να οδηγήσει σε εισβολή της ιδιωτικής ζωής των ανθρώπων.

Πρόβλεψη καιρού - Η μέτρηση της ατμοσφαιρικής κάμψης των δορυφορικών σημάτων GNSS από εξειδικευμένους δέκτες GNSS σε τροχιακούς δορυφόρους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των ατμοσφαιρικών συνθηκών όπως η πυκνότητα του αέρα, η θερμοκρασία, η υγρασία και η πυκνότητα ηλεκτρονίων. Τέτοιες πληροφορίες από ένα σύνολο έξι μικρο-δορυφόρων, που ξεκίνησαν τον Απρίλιο του 2006, που ονομάζεται Σύστημα Παρακολούθησης Συστήματος Μετεωρολογίας, Ιονόσφαιρας και Κλιματικής COSMIC , έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνουν την ακρίβεια των μοντέλων πρόβλεψης καιρού.

Φωτογραφικός γεωγραφικός κωδικοποίηση - Ο συνδυασμός δεδομένων θέσης GNSS με φωτογραφίες που λαμβάνονται με μια (τυπικά ψηφιακή) κάμερα επιτρέπει την προβολή των φωτογραφιών σε ένα χάρτη ή την αναζήτηση των θέσεων στις οποίες έχουν ληφθεί σε ένα χαρτοφύλακα . Είναι δυνατό να επισημάνετε αυτόματα τις φωτογραφίες με την τοποθεσία που απεικονίζουν ενσωματώνοντας μια συσκευή GNSS στην κάμερα έτσι ώστε οι συντεταγμένες να ενσωματωθούν σε φωτογραφίες ως με τα δεδομένα Exif . Εναλλακτικά, τα χρονικά σήματα των εικόνων μπορούν να συσχετιστούν με ένα αρχείο καταγραφής του GNSS.

Skydiving - Οι περισσότερες εμπορικές ζώνες πτώσης χρησιμοποιούν ένα GNSS για να βοηθήσουν τον πιλότο να «εντοπίσει» το αεροπλάνο στη σωστή θέση ώστε να επιτρέψει σε όλους τους skydivers στο φορτίο να είναι σε θέση να πετάξει τα τέντες τους πίσω στην περιοχή προσγείωσης.

Ασύρματη δικτύωση - Μια τεχνική χαρτογράφησης και φόρτωσης της ακριβούς θέσης ενός ασύρματου δικτύου ονομάζεται wardriving. Χρησιμοποιεί δεδομένα έντασης σήματος από τον ασύρματο προσαρμογέα και το GPS για τον προσδιορισμό

της θέσης. Το Kismet για το Linux είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο πρόγραμμα wardriving.

Κατάδυση στα ναυάγια - Μια δημοφιλής παραλλαγή της κατάδυσης είναι γνωστή ως κατάδυση στα ναυάγια. Για να εντοπίσετε το επιθυμητό ναυάγιο στο πάτωμα του ωκεάνιου δαπέδου, το GPS χρησιμοποιείται για την πλοήγηση στην κατά προσέγγιση θέση και μετά το ναυάγιο εντοπίζεται χρησιμοποιώντας ηχομόνωση .

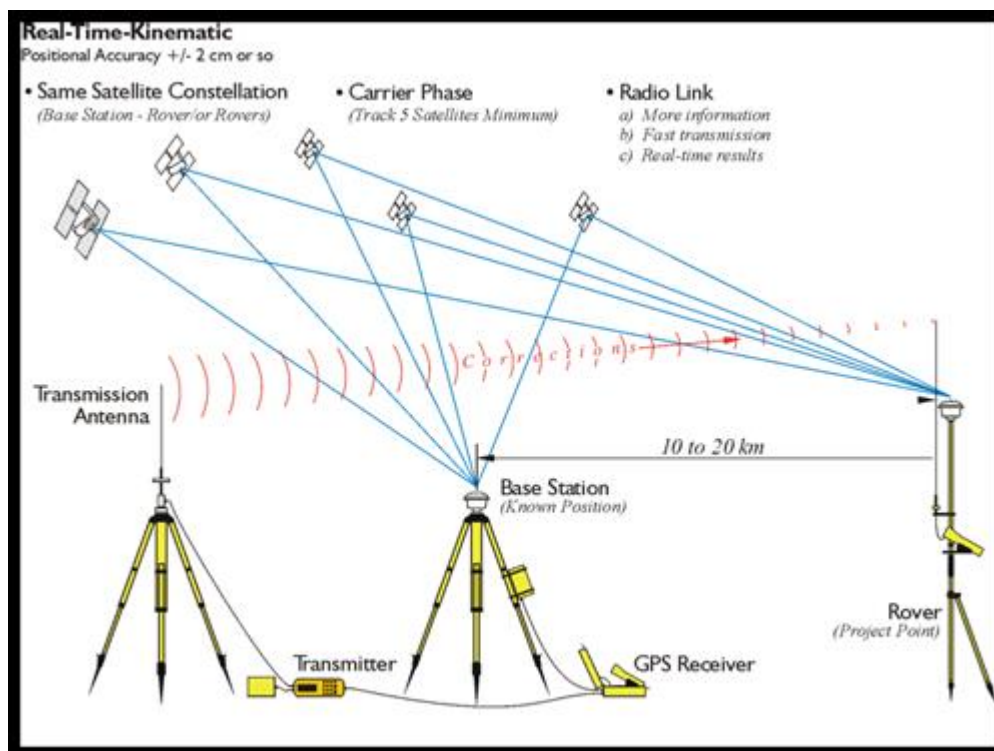
Κοινωνική δικτύωση - Όλο και περισσότερες εταιρείες εμπορεύονται κινητά τηλέφωνα εξοπλισμένα με τεχνολογία GPS, προσφέροντας τη δυνατότητα εντοπισμού φίλων σε προσαρμοσμένους χάρτες, μαζί με ειδοποιήσεις που ενημερώνουν τον χρήστη όταν το συμβαλλόμενο μέρος βρίσκεται εντός προγραμματισμένης περιοχής.

## **ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΕΩΣ ΕΚΑΤΟΣΤΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ (Real time kinematic-RTK)**

Η τεχνική τοποθέτησης αναφέρεται ως εντοπισμός με βάση τον κώδικα, επειδή ο δέκτης συσχετίζεται και χρησιμοποιεί τους ψευδοτυχαίους κώδικες που μεταδίδονται από τέσσερις ή περισσότερους δορυφόρους για τον προσδιορισμό των περιοχών στους δορυφόρους. Ο δέκτης μπορεί να καθορίσει τη θέση του μέσα σε λίγα μέτρα από αυτές τις σειρές γνωρίζοντας που είναι οι δορυφόροι. Από αυτές τις σειρές και γνωρίζοντας πού είναι οι δορυφόροι. Το RTK σημαίνει Real-Time Kinematic και είναι μια τεχνική που χρησιμοποιεί διακυμάνσεις βασισμένες σε μεταφορές και παρέχει σειρές (και επομένως θέσεις) που είναι τάξεις μεγέθους ακριβέστερες από εκείνες που είναι διαθέσιμες μέσω της τοποθέτησης βάσει κώδικα. Οι τεχνικές RTK είναι ιδιαίτερα περίπλοκες. Η βασική ιδέα είναι να μειωθούν και να εξαλειφθούν τα σφάλματα που είναι κοινά σε ένα σταθμό βάσης και ζεύγος rover .Το RTK χρησιμοποιείται για εφαρμογές που απαιτούν υψηλότερες ακρίβειες, όπως η τοποθέτηση σε επίπεδο εκατοστόμετρα, ακρίβεια 1 cm + 1 ppm. Σε ένα πολύ βασικό εννοιολογικό επίπεδο, το εύρος υπολογίζεται με τον προσδιορισμό του αριθμού των κύκλων μεταφοράς μεταξύ του δορυφόρου και του σταθμού δρομολογητή, πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό αυτό με το μήκος κύματος του φορέα. Οι υπολογιζόμενες σειρές εξακολουθούν να περιλαμβάνουν σφάλματα από πηγές όπως το δορυφορικό ρολόι και τα τις ιονοσφαιρικές και τροποσφαιρικές καθυστερήσεις. Για να εξαλειφθούν αυτά τα σφάλματα και να επωφεληθεί από την ακρίβεια των μετρήσεων που βασίζονται σε μεταφορέα, η απόδοση του RTK απαιτεί τη μετάδοση μετρήσεων από τον σταθμό βάσης στον σταθμό του δρομολογητή. Μια περίπλοκη διαδικασία που ονομάζεται "ανάλυση ασάφειας" είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό του πλήθους των κύκλων. Παρά το γεγονός ότι είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, οι δέκτες GNSS υψηλής ακρίβειας μπορούν να επιλύσουν τις ασάφειες σχεδόν στιγμιαία.

Τα Rovers καθορίζουν τη θέση τους χρησιμοποιώντας αλγορίθμους που ενσωματώνουν ανάλυση αμφισημίας και διαφορική διόρθωση. Όπως και η DGNSS, η ακρίβεια θέσης που μπορεί να επιτύχει ο δρομολογητής εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από την απόσταση του από τον σταθμό βάσης (που αναφέρεται ως "βασική γραμμή") και την ακρίβεια των διαφορικών διορθώσεων. Οι διορθώσεις είναι τόσο ακριβείς όσο η γνωστή θέση του σταθμού βάσης και η ποιότητα των δορυφορικών παρατηρήσεων του σταθμού βάσης. Η επιλογή τοποθεσίας είναι σημαντική για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως η παρεμβολή και η πολλαπλή διαδρομή, όπως και η ποιότητα του σταθμού βάσης και των δεκτών και των κεραιών rover. Το δίκτυο RTK βασίζεται στη χρήση πολλών μόνιμων σταθμών με μεγάλη απόσταση. Ανάλογα με την

υλοποίηση, τα δεδομένα εντοπισμού από τους μόνιμους σταθμούς μεταδίδονται τακτικά σε έναν κεντρικό σταθμό επεξεργασίας. Μετά από αίτημα των τερματικών χρηστών RTK τα οποία μεταδίδουν την κατά προσέγγιση θέση τους στον κεντρικό σταθμό αυτός ο σταθμός υπολογίζει και μεταδίδει διορθωμένες πληροφορίες και θέση. Όφελος αυτής της προσέγγισης είναι η συνολική μείωση του απαιτούμενου αριθμού σταθμών βάσης RTK. Ανάλογα με την εφαρμογή, τα δεδομένα μπορούν να μεταδίδονται μέσω κυψελοειδών ραδιοζεύξεων ή άλλων ασύρματων μέσων.



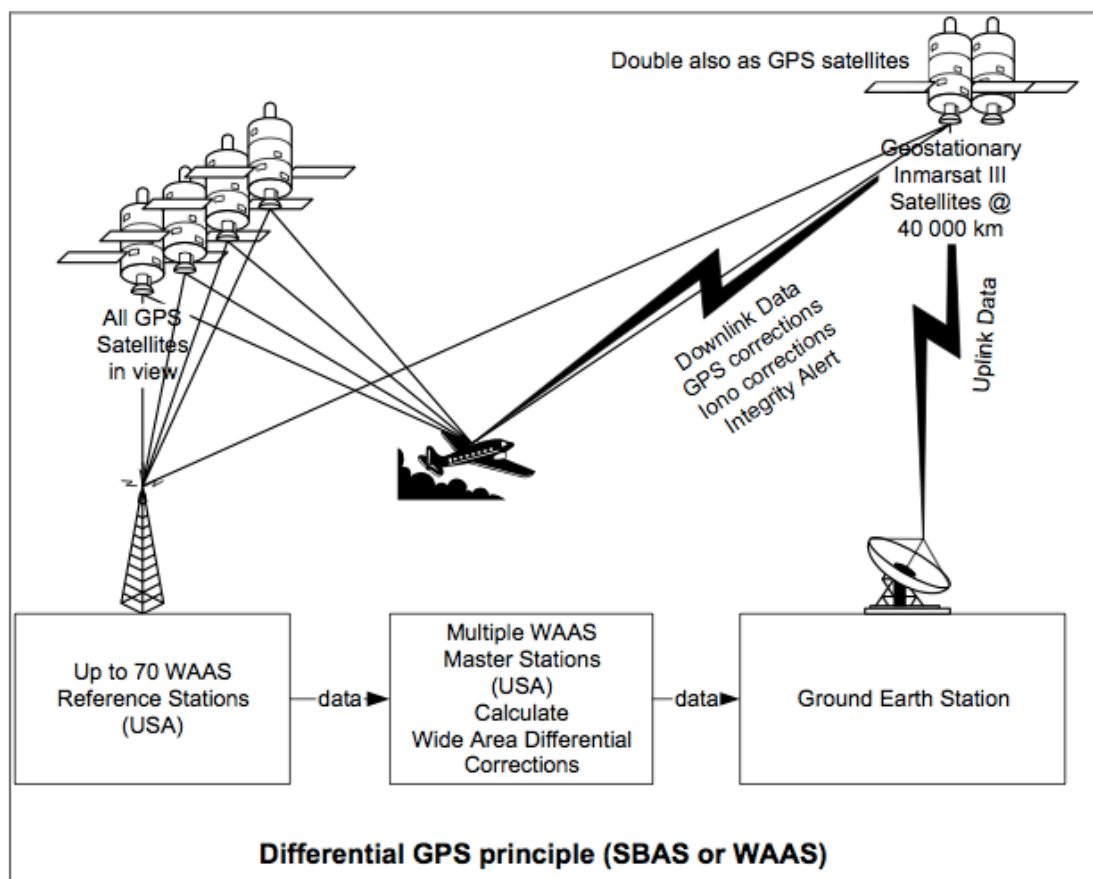
Πηγή: <https://www.novatel.com>

## ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (Wide area differential corrections-WAD)

Το Παγκόσμιο Σύστημα Τοποθέτησης (GPS) έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας εξαιρετικά ακριβής αισθητήρας θέσης για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως η προσέγγιση και η προσγείωση με αεροσκάφη, απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια. Το ευρύχωρο διαφορικό GPS (WADGPS) είναι ένα σύστημα που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ικανοποίηση τέτοιων απαιτήσεων. Το σύστημα WADGPS αποτελείται από έναν κύριο σταθμό και τοπικούς σταθμούς παρακολούθησης που διανέμονται σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες. Το σύστημα WADGPS υπολογίζει και μεταδίδει στους χρήστες διάλυμα διορθώσεων σφαλμάτων. Αυτό το διάλυμα διόρθωσης αποτελείται από παραμέτρους που περιγράφουν τα τρισδιάστατα σφάλματα εφήμερου, τις μετατοπίσεις του δορυφορικού ρολογιού και τις παραμέτρους χρονικής καθυστέρησης ιονόσφαιρας. Στον κεντρικό σταθμό συγκεντρώνει τις μετρήσεις GPS που γίνονται σε κάθε τοπικό σταθμό και εκτιμά τα σφάλματα χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό ελάχιστων τετραγώνων παρτίδας συν είτε μη γραμμική στατική εκτίμηση είτε αλγόριθμο φίλτραρίσματος

Kalman. Η απόδοση ενός δικτύου WADGPS 15 σταθμών ερευνήθηκε με προσομοίωση για πάρα πολλούς χρήστες σε τοποθεσίες σε όλη την Αμερική. Οι σταθμοί παρακολούθησης εντοπίστηκαν σε υπάρχοντες σταθμούς LORAN ή VOR. Τα κανονικά σφάλματα εντοπισμού θέσης GPS των οποίων τα αποτελέσματα προσομοίωσης υποδηλώνουν ότι μπορούν ενδεχομένως να μειωθούν κατά περισσότερο από 95% με χρήση του WADGPS.

Πηγή: <https://www.ion.org>



Πηγή: <https://www.flightcrewguide.com>

### **ΕΠΙΓΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΔΕΙΞΕΩΣ (Ground based augmentation systems-GBAS)**

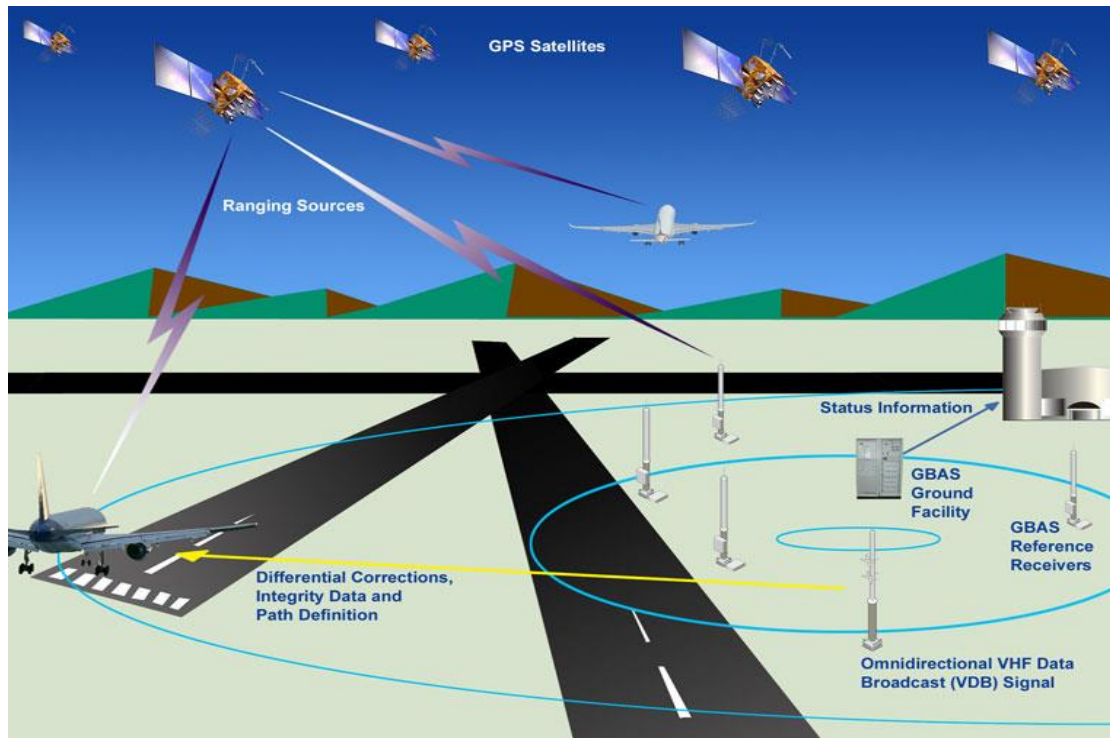
Το σύστημα επιτάχυνσης εδάφους ( GBAS ) είναι ένα σύστημα που παρέχει διαφορικές διορθώσεις και παρακολούθηση ακεραιότητας του Παγκόσμιου Δορυφορικού Συστήματος Πλοήγησης ( GNSS ). Το GBAS παρέχει υπηρεσία προσέγγισης πλοήγησης και ακριβείας κοντά στο αεροδρόμιο υποδοχής (περίπου 23 ναυτικά μίλια), μεταδίδοντας το μήνυμα διαφορικής διόρθωσης μέσω ζεύξης ραδιοζεύξεων δεδομένων υψηλής συχνότητας ( VHF ) από πομπό εδάφους. Το GBAS αποδίδει την εξαιρετικά υψηλή ακρίβεια, διαθεσιμότητα και ακεραιότητα που είναι απαραίτητες για προσεγγίσεις ακρίβειας κατηγορίας I και ενδεχομένως κατηγοριών II και III . Το GBAS απέδειξε ότι η ακρίβεια είναι μικρότερη από ένα μέτρο τόσο στον οριζόντιο όσο και στον κατακόρυφο άξονα. Στο παρελθόν, η FAA αναφερόταν στο GBAS ως το Σύστημα Αύξησης Τοπικής Περιοχής ( LAAS ). Τα τρέχοντα συστήματα GBAS

που έχουν εγκριθεί από την FAA παρακολουθούν και αυξάνουν μόνο τη μετάδοση του συστήματος Global Positioning System ( GPS ) L1 C / A.

GBAS Αρχιτεκτονική :Ένα σύστημα GBAS Κατηγορίας 1 ( CAT 1 ) είναι διαθέσιμο και χρησιμοποιείται στο Εθνικό Σύστημα Εναέριου Χώρου. Ενώ η FAA καθυστέρησε απεριόριστα τα σχέδια για την απόκτηση ομοσπονδιακού GBAS , το σύστημα μπορεί να αγοραστεί από τα αεροδρόμια και να εγκατασταθεί ως μη ομοσπονδιακή βοήθεια πλοήγησης. Το Διεθνές Σύστημα Προσγείωσης ( SLS ) 4000 της σειράς Honeywell (SLS-4000) έλαβε την έγκριση σχεδιασμού συστήματος ( SDA ) από την FAA στις 3 Σεπτεμβρίου 2009, με έγκριση του SLS-4000 (SLS-4000 Block 1 ) τον Σεπτέμβριο του 2012. Η Λιμενική Αρχή της Νέας Υόρκης / Νιού Τζέρσεϊ ( PANYNJ ) αγόρασε και εκμεταλλεύεται το πρώτο σύστημα δημόσιας χρήσης για να λάβει την επιχειρησιακή έγκριση της FAA για το Διεθνές Αεροδρόμιο Newark Liberty ( EWR ). Το αεροδρόμιο του Χιούστον ( HAS ) κατέχει και εκμεταλλεύεται το δεύτερο GBAS για να λάβει την επιχειρησιακή έγκριση της FAA για το αεροδρόμιο Intercontinental του George Bush ( IAH ) του Χιούστον. Τα συστήματα GBAS τόσο στο EWR όσο και στο IAH χρησιμοποιούνται επί του παρόντος από την United Airlines με τα αεροσκάφη Boeing 737 (B-737) και Boeing 787 (B-787). Η Boeing Company έχει εγκαταστήσει και εγκρίνει τη GBAS για ιδιωτική χρήση στην εγκατάσταση έρευνας και ανάπτυξης στο Moses Lake Airport ( MWH ) στην πολιτεία της Ουάσινγκτον και μια άλλη ιδιωτική GBAS που έχει εγκατασταθεί στο Charleston, SC ( CHS ) για να υποστηρίξει την αποδοχή πελατών B-787 πτήσεις στο εργοστάσιο συναρμολόγησης του Τσάρλεστον. Το πρόγραμμα FAA GBAS διεξάγει επί του παρόντος μια προσπάθεια ( E & A ) και πρωτοτυποποίησης για τη μείωση του τεχνικού κινδύνου και την επικύρωση νέων απαιτήσεων που συνδέονται με την εξυπηρέτηση τύπου G ( GAST-D ) της υπηρεσίας προσέγγισης GBAS , η οποία θα μπορεί να υποστηρίξει προσεγγίσεις στην κατηγορία III -II ) ελάχιστα. Η προσπάθεια επικύρωσης των απαιτήσεων υποστηρίζει την αποδοχή των εθνικών και διεθνών προτύπων για το GAST-D . Η προσπάθεια αυτή θα υποστηρίξει την έγκριση των προτύπων και των συνιστώμενων πρακτικών του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας ( ICAO) και των ελάχιστων προδιαγραφών επιχειρησιακής απόδοσης ( MOPS ) του RTCA.

Επιπρόσθετα, η FAA εργάζεται για την εφαρμογή και τη λειτουργικότητα της GBAS μέσω της ανταλλαγής τεχνογνωσίας, επιχειρησιακής εμπειρίας και εγκρίσεων μέσω της Διεθνούς Ομάδας Εργασίας GBAS ( IGWG ). Η FAA και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια της Αεροναυτιλίας (Eurocontrol) συμπροεδρεύουν το IGWG . Εκπρόσωποι από 16 χώρες συμμετείχαν στην τελευταία συνάντηση της IGWG που διοργάνωσε η Boeing στο Everett, Ουάσινγκτον, κοντά στο εργοστάσιο συναρμολόγησης των αεροσκαφών B-747 και B-787. Οργανισμοί, αεροπορικές εταιρείες και χώρες όπως οι Airservices Australia, DECEA (Βραζιλία), Deutsche Flugsicherung ( DFS ) (Γερμανία), AENA (Ισπανία), Ιαπωνία Bureau Πολιτικής Αεροπορίας, NATS (Ηνωμένο Βασίλειο), DHMI (Τουρκία), Aerocivil (Κολομβία) Η Skyguide (Ελβετία), η GACA (Σαουδική Αραβία), η KARI (Νότια Κορέα), η Qantas, η Ιαπωνία Air Lines, η United Airlines και η All Nippon Airways συμμετείχαν. Πολλές από αυτές τις χώρες και οργανώσεις έχουν εγκαταστήσει λειτουργικά ή πρωτότυπα συστήματα GBAS και συμμετέχουν σε δραστηριότητες τεχνικής και επιχειρησιακής αξιολόγησης. Ο συντονισμός των συμμετεχόντων στο GBAS βελτιώνει την τυποποίηση, την πιστοποίηση και τη χρήση του GBAS σε όλο τον κόσμο. Με βάση τις διεθνείς ανακοινώσεις Τύπου, ο αριθμός των εγκεκριμένων σταθμών GBAS θα συνεχίσει να αυξάνεται. Ένα δελτίο τύπου της

Honeywell αναφέρει ότι ένα SLS-4000 είναι εγκατεστημένο σε 14 αεροδρόμια . Εκτός των ΗΠΑ , ο σταθμός GBAS στη Βρέμη της Γερμανίας διαθέτει επίσης επιχειρησιακή έγκριση στα ελάχιστα CAT-I . Οι σταθμοί που βρίσκονται στο Σίδνεϊ, την Αυστραλία και τη Μάλαγα της Ισπανίας εγκαθίστανται και αναμένεται σύντομα να λάβουν επιχειρησιακή έγκριση. Νέοι σταθμοί GBAS έχουν ανακοινωθεί για τη Φρανκφούρτη (Γερμανία), τη Ζυρίχη (Ελβετία), τη Chennai (Ινδία) και το νησί της Αγίας Ελένης στο Νότιο Ατλαντικό.



Πηγή: <https://www.faa.gov/about/office.org>

## ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΥΜΑ GPS ΤΩΝ ΗΠΑ

Ως προς το παρελθόν του GPS υπάρχουν τα εξής στοιχεία: 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 στην 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 Δευτέρου 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, σχηματιζόνταν 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 παράγουν το ακριβές στίγμα ενός σημείου οπουδήποτε στον κόσμο. Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, 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.

## Λειτουργικά συστήματα:

Το σύστημα εντοπισμού θέσης GPS σχηματίζει ένα παγκόσμιο δίκτυο, με εμβέλεια που καλύπτει ξηρά, θάλασσα και αέρα. Εξαιτίας αυτής της έκτασής του, είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός του σε επιμέρους τμήματα όπου πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες του αλλά και ο συντονισμός του. Αναλυτικά, τα τμήματα αυτά είναι:

- **Διαστημικό τμήμα:** Αποτελείται από το δίκτυο των 24 - 32 δορυφόρων που ήδη αναφέραμε. Οι δορυφόροι αυτοί «σκεπάζουν» ομοιόμορφα με το σήμα τους ολόκληρο τον πλανήτη, γεγονός που αποδεικνύει τη φιλοσοφία που κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του συστήματος GPS, δηλαδή τη διαθεσιμότητά του σε κάθε σημείο της Γης, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να αποπροσανατολιστεί κανείς ποτέ και πουθενά.

Όλοι οι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος 12.552 μιλίων (20.200 χιλιομέτρων) πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκτελούν δύο περιστροφές γύρω από τη Γη κάθε 24ωρο. Η κατασκευάστρια εταιρεία είναι η Rockwell International, η εκτόξευσή τους πραγματοποιήθηκε από το ακρωτήριο Canaveral, ενώ η τροφοδοσία τους με ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων που διαθέτουν.

- **Επίγειο τμήμα ελέγχου:** Οι δορυφόροι, όπως είναι αναμενόμενο, είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουν ανά πάσα στιγμή προβλήματα στη σωστή λειτουργία τους. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται σε αυτούς αφορούν στη σωστή τους ταχύτητα και υψόμετρο και στην κατάσταση της επάρκειάς τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα, εφαρμόζονται όλες οι διορθωτικές ενέργειες που αφορούν στο σύστημα χρονομέτρησης των δορυφόρων, ώστε να αποτρέπεται η παροχή λανθασμένων πληροφοριών στους χρήστες του συστήματος. Το τμήμα επίγειου ελέγχου αποτελείται από ένα επανδρωμένο και τέσσερα μη επανδρωμένα κέντρα, εγκατεστημένα σε ισάριθμες περιοχές του πλανήτη.

Οι περιοχές αυτές είναι οι εξής: α) Κολοράντο (ΗΠΑ) β) Χαβάη (Ανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός) γ) Ascension Island (Ατλαντικός Ωκεανός) δ) Diego Garcia (Ινδικός Ωκεανός) ε) Kwajalein (Δυτικός Ειρηνικός Ωκεανός)

Ο κυριότερος σταθμός βάσης είναι αυτός του Κολοράντο, ο οποίος είναι μάλιστα και ο μοναδικός που βρίσκεται στην ξηρά. Αναλαμβάνει τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των εναπομεινάντων τεσσάρων σταθμών, καθώς και τον συντονισμό τους. Σημειώνοντας τη θέση των σταθμών αυτών πάνω σε έναν παγκόσμιο χάρτη, παρατηρεί κανείς ότι η διάταξή τους δεν είναι τυχαία, αλλά ακολουθούν μια γραμμή παράλληλη με τα γεωγραφικά μήκη της Γης.

- **Το τμήμα τελικού χρήστη:** Απαρτίζεται από τους χιλιάδες χρήστες δεκτών GPS ανά την υφήλιο. Οι δέκτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο κατά τη διάρκεια μιας απλής πεζοπορίας, όσο και σε οχήματα ή θαλάσσια σκάφη και κατά κανόνα διαθέτουν αρκετά μικρές διαστάσεις. Για να προσφέρουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες, οι δέκτες συνδυάζονται με ειδικό λογισμικό, που προβάλλει ένα χάρτη στην οθόνη της συσκευής GPS. Πρόκειται, δηλαδή, για λογισμικό που λαμβάνει από τους δορυφόρους τις πληροφορίες για το στίγμα του σημείου στο οποίο βρίσκεται ο δέκτης και τις μετατρέπει σε κατανοητή «ανθρώπινη» μορφή, πληροφορώντας το χρήστη για την ακριβή γεωγραφική του θέση.

### **Φορητές συσκευές GPS:**

Η μεγάλη εξάπλωση της χρήσης του GPS οφείλεται και στη διάδοση των, οικονομικά προσιτών, φορητών δεκτών GPS για πεζούς ή οχήματα και των γενικών υπολογιστικών συσκευών (όπως τα PDA) με ενσωματωμένο δέκτη GPS. Ένας φορητός δέκτης αποτελείται από:

- Την εσωτερική δορυφορική κεραία, η οποία λαμβάνει το σήμα GPS από τους δορυφόρους με τους οποίους έχει οπτική επαφή. Επίσης, λαμβάνει σήμα και από ανακλάσεις, π.χ. σε τοίχους, κάνοντας δυνατή τη λήψη σε δρόμους που περιβάλλονται από πολύ ψηλά κτήρια (στην καθιερωμένη αγγλόφωνη σχετική ορολογία, οι συνθήκες αυτές αποκαλούνται "urban canyon") ή ακόμη και σε κάποιους εσωτερικούς χώρους. Πάντως, αρκετοί δέκτες διαθέτουν υποδοχή για εξωτερική κεραία. Οι εξωτερικές δορυφορικές κεραίες διαθέτουν πάντα προενισχυτή και δίνουν καλύτερη λήψη, λόγω της δυνατότητας τοποθέτησης πάνω από πιθανά εμπόδια (π.χ. στην οροφή του αυτοκινήτου) και της ενίσχυσης που διαθέτουν (στις εσωτερικές κεραίες δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιπλέον στάδιο προενίσχυσης, καθώς αυτό θα οδηγούσε σε ανεπιθύμητη ανάδραση, λόγω της γειτνίασης με το αναλογικό τμήμα του δέκτη).

Τον κυρίως δέκτη GPS ο οποίος χρησιμοποιεί κυκλώματα εξαιρετικά χαμηλού θορύβου και ειδικές τεχνικές επεξεργασίας σήματος ώστε να ξεχωρίζει τα εξαιρετικά ασθενή σήματα από τους δορυφόρους, από τον ισχυρό τηλεπικοινωνιακό θόρυβο ο οποίος έχει τη μορφή τυχαίου σήματος. Ο κυρίως δέκτης αποτελείται από το αναλογικό τμήμα εισόδου και το ψηφιακό, το οποίο περιέχει σύνθετο ψηφιακό υλικό (hardware).

Πηγή:<https://el.wikipedia.org>

### **Οι δορυφόροι του συστήματος GPS εκπέμπουν τα εξής τρία κωδικοποιημένα σήματα:**

#### **1)Κώδικας ψευδοτυχαίας σειράς κοινής ακρίβειας (Coarse acquisition code-C/A)**

Ο ψευδοτυχαίος κώδικας αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο του GPS. Φυσικά είναι απλώς ένας πολύ περίπλοκος ψηφιακός κώδικας, ή με άλλα λόγια, μια περίπλοκη ακολουθία παλμών "on" και "off" όπως φαίνεται εδώ: Το σήμα είναι τόσο περίπλοκο που σχεδόν μοιάζει με τυχαίο ηλεκτρικό θόρυβο. Εξ ου και το όνομα "Pseudo-Random".

#### **GPS σήματα Λεπτομέρειες:**

**Φορείς** Οι δορυφόροι GPS μεταδίδουν σήματα σε δύο συχνότητες φορέα. Ο φορέας L1 είναι 1575,42 MHz και φέρει τόσο το μήνυμα κατάστασης όσο και έναν ψευδοτυχαίο κώδικα για το χρονισμό. Ο φορέας L2 είναι 1227,60 MHz και χρησιμοποιείται για τον ακριβέστερο στρατιωτικό ψευδοτυχαίο κώδικα. Ο πρώτος ψευδοτυχαίος κώδικας ονομάζεται κώδικας C / A (Ακαθάριστη Απόκτηση).Ρυθμίζει τον φορέα L1. Επαναλαμβάνει κάθε 1023 bit και ρυθμίζει με ρυθμό 1MHz. Κάθε δορυφόρος έχει έναν μοναδικό ψευδοτυχαίο κώδικα. Ο κωδικός C / A αποτελεί τη βάση

για τη χρήση του πολιτικού GPS. Ο δεύτερος ψευδοτυχαίος κώδικας ονομάζεται P (ακριβής) κώδικας. Επαναλαμβάνει σε έναν κύκλο επτά ημερών και ρυθμίζει τόσο τους φορείς L1 και L2 σε ρυθμό 10MHz. Αυτός ο κωδικός προορίζεται για στρατιωτικούς χρήστες και μπορεί να κρυπτογραφηθεί. Όταν κρυπτογραφείται, ονομάζεται κώδικας "Y". Δεδομένου ότι ο κώδικας P είναι πιο περίπλοκος από το C / A, είναι πιο δύσκολο να αποκτήσουν οι δέκτες. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πολλοί στρατιωτικοί δέκτες αρχίζουν με την απόκτηση του κωδικού C / A πρώτα και στη συνέχεια να προχωρήσουμε στον κώδικα P.

### **Μηνύματα πλοήγησης**

Υπάρχει ένα σήμα χαμηλής συχνότητας που προστίθεται στους κωδικούς L1 που δίνει πληροφορίες σχετικά με τις τροχιές του δορυφόρου, τις διορθώσεις του ρολογιού και την άλλη κατάσταση του συστήματος.

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για αυτήν την πολυπλοκότητα: Πρώτον, το περίπλοκο μοτίβο βοηθάει να διασφαλιστεί ότι ο δέκτης δεν συγχρονίζεται τυχαία μέχρι κάποιο άλλο σήμα. Τα μοτίβα είναι τόσο περίπλοκα ώστε είναι εξαιρετικά απίθανο το αδέσποτο σήμα να έχει ακριβώς το ίδιο σχήμα.

Δεδομένου ότι κάθε δορυφόρος έχει το δικό του μοναδικό ψευδοτυχαίο κώδικα, αυτή η πολυπλοκότητα εγγυάται επίσης ότι ο δέκτης δεν θα πάρει τυχαία το σήμα άλλου δορυφόρου. Έτσι, όλοι οι δορυφόροι μπορούν να χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα χωρίς να παρεμποδίζουν ο ένας τον άλλον. Και καθιστά πιο δύσκολο για μια εχθρική δύναμη να μπλοκάρει το σύστημα. Στην πραγματικότητα ο ψευδοτυχαίος κώδικας δίνει στο DoD έναν τρόπο να ελέγξει την πρόσβαση στο σύστημα.

### **Κρυπτογραφημένο GPS**

Το GPS αναπτύχθηκε από το Τμήμα Άμυνας κυρίως για στρατιωτικούς σκοπούς. Και παρόλο που εκτιμάται ότι υπάρχουν δέκα φορές περισσότεροι πολιτικοί δέκτες από στρατιωτικούς, το σύστημα εξακολουθεί να έχει σημαντική στρατιωτική σημασία.

Για το σκοπό αυτό ο στρατός διατηρεί αποκλειστική πρόσβαση στον πιο ακριβή ψευδοτυχαίο κώδικα "P-code". Είναι δεκαπλάσια της συχνότητας του πολιτικού C / A κώδικα (και έτσι πιθανώς πολύ πιο ακριβής) και πολύ πιο δύσκολο να εμπλακεί. Επειδή αυτός ο κώδικας διαμορφώνεται σε δύο φορείς, μπορούν να παιχτούν εξελιγμένα παιχνίδια με τις συχνότητες για να βοηθήσουν στην εξάλειψη των σφαλμάτων που προκαλούνται από την ατμόσφαιρα.

Αλλά υπάρχει και ένας άλλος λόγος για την πολυπλοκότητα του ψευδοτυχαίου κώδικα, ένας λόγος που είναι ζωτικής σημασίας για να γίνει το GPS οικονομικό. Οι κώδικες καθιστούν δυνατή τη χρήση της "θεωρίας πληροφοριών" για την " ενίσχυση " του σήματος GPS. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι δέκτες GPS δεν χρειάζονται μεγάλα δορυφορικά πιάτα για να λαμβάνουν τα σήματα GPS.

Πηγή: <https://www.trimble.com>

## 2)Κώδικας ψευδοτυχαίας σειράς υψηλής ακρίβειας (Precision code-P)

Ανάλυση σφαλμάτων για το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης .Ο κώδικας P είναι μια ακολουθία PRN πολύ μεγαλύτερη από τον κώδικα C / A:  $6.187104 \cdot 1012$  μάρκες (773.388 MByte). Παρόλο που ο ρυθμός τσιπ P-code είναι δέκα φορές μεγαλύτερος από τον κώδικα C / A (δηλαδή 10,23 Mcchip / s) επαναλαμβάνεται μόνο μία φορά την εβδομάδα, εξαλείφοντας την ασάφεια της εμβέλειας. Θεωρήθηκε ότι οι δέκτες δεν μπορούσαν να αποκτήσουν απευθείας έναν τόσο μακρύ και γρήγορο κώδικα, ώστε πρώτα να "ξεκινήσουν" τον εαυτό τους με τον κώδικα C / A για να αποκτήσουν τα μέρη του διαστημικού σκάφους (θέσεις), να παράγουν ένα κατά προσέγγιση χρονοδιάγραμμα και θέση και στη συνέχεια να αποκτήσουν P-κώδικα για να βελτιώσετε την επιδιόρθωση.

Ενώ τα PRNs C / A είναι μοναδικά για κάθε δορυφόρο, κάθε δορυφόρος μεταδίδει ένα διαφορετικό τμήμα μίας κύριας ακολουθίας κώδικα P περίπου  $2,35 \cdot 1014$  μάρκες (235,000,000,000,000 bits,  $\sim 26,716$  terabytes). Κάθε δορυφόρος εκπέμπει επανειλημμένα το εκχωρημένο τμήμα του κύριου κωδικού, ξαναρχίζοντας κάθε Κυριακή στις 00:00:00 ώρα GPS.Ο κώδικας P είναι δημόσιος, οπότε για να αποτραπεί η χρήση ή ενδεχομένως η παρεμπόδιση από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες του μέσω της πλαστογράφησης, ο κώδικας P είναι XORed με W-κώδικα, μια κρυπτογραφικά δημιουργούμενη ακολουθία, για να παράγει τον Y κώδικα. Ο κώδικας Y είναι αυτός που οι δορυφόροι έχουν μεταδώσει από τη στιγμή που η μονάδα κατά της πλαστογράφησης έχει ρυθμιστεί στην κατάσταση "on". Το κρυπτογραφημένο σήμα αναφέρεται ως ο κωδικός P (Y).Οι λεπτομέρειες του κώδικα W είναι μυστικές, αλλά είναι γνωστό ότι εφαρμόζεται στον κωδικό P σε περίπου 500 kHz, περίπου 20 φορές πιο αργά από την τιμή P chip. Αυτό οδήγησε σε προσεγγίσεις ημι-κώδικα για την παρακολούθηση του σήματος P (Y) χωρίς να γνωρίζει τον κώδικα W.

### Μήνυμα πλοήγησης

Μορφή μηνύματος GPS

Περιγραφή σελίδας

1-2 1-2 Τηλεμετρία και λέξεις μεταπομπής  
(TLM και HOW)

3-10 Δορυφορικό ρολόι,

Σχέση χρόνου GPS

2-3 1-2 Τηλεμετρία και λέξεις μεταπομπής  
(TLM και HOW)

3-10 Ephemeris

(ακριβής δορυφορική τροχιά)

4-5 1-2 Τηλεμετρία και λέξεις μεταπομπής  
(TLM και HOW)

3-10 Στοιχείο Ημερολόγιο

(σύνοψη δορυφορικών δικτύων,  
διόρθωση σφαλμάτων)

Εκτός από τους κωδικούς εύρεσης PRN, ο δέκτης πρέπει να γνωρίζει το χρόνο και τη θέση κάθε ενεργού δορυφόρου. Το GPS κωδικοποιεί αυτές τις πληροφορίες στο μήνυμα πλοήγησης και το διαμορφώνει τόσο στους κωδικούς βαθμονόμησης C / A όσο και P (Y) στα 50 bit / s. Η μορφή μηνύματος πλοήγησης που περιγράφεται σε αυτή την ενότητα ονομάζεται δεδομένα LNAV (για πλοήγηση παλαιού τύπου).

Το μήνυμα πλοήγησης μεταφέρει πληροφορίες τριών τύπων:

Η ημερομηνία και ώρα του GPS και η κατάσταση του δορυφόρου.

Τα μέρη: ακριβείς πληροφορίες σχετικά με την τροχιά του δορυφόρου μετάδοσης.

Το ημερολόγιο: κατάσταση και πληροφορίες τροχιάς χαμηλής ανάλυσης για κάθε δορυφόρο. Ένα εφημέριο ισχύει μόνο για τέσσερις ώρες, ένα ημερολόγιο ισχύει για 180 ημέρες. Ο παραλήπτης χρησιμοποιεί το ημερολόγιο για να αποκτήσει ένα σύνολο δορυφόρων βάσει του αποθηκευμένου χρόνου και θέσης. Καθώς αποκτάται κάθε δορυφόρος, αποκωδικοποιείται το εφημέριο του, ώστε ο δορυφόρος να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πλοήγηση. Το μήνυμα πλοήγησης αποτελείται από πλαίσια 30 δευτερολέπτων μήκους 1.500 bits, χωρισμένα σε πέντε δευτερόλεπτα 6 δευτερολέπτων με δέκα λέξεις των 30 δυαδικών ψηφίων το καθένα. Κάθε υποπλαίσιο έχει το χρόνο GPS σε βήματα των 6 δευτερολέπτων. Το υποπλαίσιο 1 περιέχει την ημερομηνία GPS (αριθμός εβδομάδας) και τις πληροφορίες διόρθωσης δορυφορικού ρολογιού, την κατάσταση δορυφόρου και την υγεία. Τα υποπλαίσια 2 και 3 μαζί περιέχουν τα δεδομένα επικεφαλής του δορυφόρου μετάδοσης. Τα υποπλαίσια 4 και 5 περιέχουν τις σελίδες 1 έως 25 του ημερολογίου των 25 σελίδων. Το ημερολόγιο είναι 15.000 bits και διαρκεί 12.5 λεπτά για να μεταδώσει.

Πηγή: <https://www.trimble.com>

### **3)Κώδικας δεδομένων (D-code)**

Υπάρχουν τέσσερα σήματα διαθέσιμα για μη στρατιωτική χρήση. Κατά σειρά εισαγωγής, είναι: L1 C / A, L2C, L5 και L1C. Το L1 C / A ονομάζεται επίσης κληροδοτημένο σήμα και μεταδίδεται από όλους τους δορυφόρους. Τα άλλα σήματα καλούνται εκσυγχρονισμένα σήματα και δεν μεταδίδονται από όλους τους δορυφόρους. Επιπλέον, υπάρχουν περιορισμένα σήματα με δημοσιευμένες συχνότητες και ρυθμούς chip, αλλά κρυπτογραφημένη κωδικοποίηση που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί μόνο από εξουσιοδοτημένα μέρη. Κάποια περιορισμένη χρήση περιορισμένων σημάτων μπορεί ακόμα να γίνει από πολίτες χωρίς αποκρυπτογράφηση. αυτό αποκαλείται πρόσβαση χωρίς κωδικό και ημι-κωδική, και υποστηρίζεται επίσημα.

Η διασύνδεση με το τμήμα χρήστη (δέκτες GPS) περιγράφεται στα Έγγραφα Ελέγχου Διεπαφής (ICD). Η μορφή των πολιτικών σημάτων περιγράφεται στην προδιαγραφή διασύνδεσης (IS), η οποία αποτελεί υποσύνολο της ICD.

Πηγή: <https://en.wikipedia.org>

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

ΒΙΒΛΙΑ ΤΑΜΠΑΚΗ Κ. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ, ΛΥΜΠΕΡΗ Μ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ, (ΑΘΗΝΑ 2009), Επικοινωνίες ΙΙ, Έκδοση: ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ/ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ.

ΠΑΛΛΗΚΑΡΗ Η. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ, ΚΑΤΣΟΥΛΗ Θ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ, ΔΑΛΑΚΛΗ Α. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, (ΑΘΗΝΑ 2008), Ναυτικά Ηλεκτρικά Όργανα, Έκδοση: ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ/ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ.

ΜΑΝΑΣΗ ΘΕΟΔΩΡΟΥ, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, (Αθήνα, Οκτώβριος 2006), Πτυχιακή εργασία: Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης και πλοήγησης Galileo της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος και σύγκριση του με το GPS.

ΚΑΤΣΙΓΙΑΝΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ, ΕΜΠ. Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, (Αθήνα, Μάρτιος 2011), Διπλωματική Εργασία: Ανάλυση Επιδόσεων των Επερχόμενων Συστημάτων GNSS για Κινηματικές Εφαρμογές Εντοπισμού στον Ελληνικό Χώρο.

## **INTERNET**

πηγή: <https://el.wikipedia.org>

πηγή: <http://www.oocities.org>

πηγή: <https://www.sansimera.gr>

πηγή: <http://www.astronautix.com>

πηγή: [www.smithsonian.com](http://www.smithsonian.com)

πηγή: <https://space.skyrocket.de>

πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki/Galileo>

πηγή: <https://www.researchgate.net>

πηγή: <https://en.m.wikipedia.org>

πηγή: <https://www.novatel.com>

πηγή: <https://www.ion.org>

πηγή: <https://www.flightcrewguide.com>

πηγή: <https://www.faa.gov/about/office.org>

πηγή: <https://el.wikipedia.org>

πηγή: <https://www.trimble.com>

πηγή: <https://www.trimble.com>

πηγή: <https://en.wikipedia.org>