

Τοπογραφικό Διάγραμμα: Είναι η απεικόνιση στοιχείων του (3Δ) τρισδιάστατου χώρου σε χάρτη (2D) επιλέγοντας:

**Κλίμακα,
Προβολή,
Διανομή,
Datum.**

Κλίμακα: ο λόγος του μήκους ανάμεσα σε δύο σημεία στο διάγραμμα, προς το αληθές μήκος.

Προβολή: Η (περίπου) σφαιρική γη δεν μπορεί να «αναπτυχθεί» σε επίπεδο χάρτη, εάν δεν προηγηθεί μια γεωμετρική ή μια μαθηματική απεικόνιση.

Κάθε σημείο του χώρου προβάλλεται επάνω στην επιφάνεια της γης (σφαίρα ή ελλειψοειδές εκ περιστροφής) και ακολουθεί η (γεωμετρική ή μαθηματική) προβολή του επάνω στο χαρτογραφικό επίπεδο.

Χρησιμοποιούμενες προβολές στην Ελλάδα:

Hatt Προβολή στην οποία συντάχθηκαν χάρτες κλίμακας 1:100000, 1:5000 και 1:2000 για το σύνολο της χώρας (διανομή 25000 φύλλων περίπου).

UTM Universal Transverse Mercator - Προβολή στη οποία συντάχθηκαν κυρίως χάρτες κλίμακας 1:50000 για τις ανάγκες των ενόπλων δυνάμεων, αλλά και για τις γενικότερες χαρτογραφικές ανάγκες της χώρας (διανομή 387 φύλλων). Για την ακρίβεια, πρόκειται για πλαίσιο (grid) αναφοράς συντεταγμένων της εγκάρσιας Μερκατορικής προβολής.

TM-3° Transverse Mercator 3° - Χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της ΕΠΑ (Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης) από το 1983, με κύριες κλίμακες 1:1000 και 1:2000.

Lambert για τις ανάγκες της Πολεμικής Αεροπορίας.

ΕΓΣΑ 87 Ονομάζεται και TM87. Η προβολή του Εθνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς που θεσμοθετήθηκε το 1987 για τις ανάγκες σύνταξης του Εθνικού Κτηματολογίου. Βασίζεται στην Transverse Mercator, αλλά με κεντρικό μεσημβρινό στις 24ο . Διαφοροποιημένες οι παράμετροι για το Καστελόριζο.

TM07 Η προβολή που εισήχθη για τις ανάγκες του HEPOS (2007). Σ αυτήν έγινε η αρχική γεωαναφορά των Ορθοφωτοχαρτών για τις ανάγκες του ΕΚ.

Διανομή: Τα γειτονικά φύλλα χάρτη θα πρέπει να έχουν σαφή κωδικοποίηση και απόλυτη συνέχεια. Να είμαστε σε θέση να τα τοποθετήσουμε το ένα δίπλα στο άλλο, προκειμένου να έχουμε μια καλύτερη θεώρηση του ευρύτερου χώρου της περιοχής μελέτης. Πολλά φύλλα χαρτών (της ίδιας κλίμακας και προβολής και στο ίδιο «σύστημα αναφοράς» - datum), συγκροτούν ένα χαρτογραφικό «μωσαϊκό» μιας ολόκληρης γεωγραφικής περιοχής.

Datum (πληθυντικός: data): Το σύστημα αναφοράς, με την ευρεία του έννοια. Στην πράξη, υλοποιείται από το σύνολο των τριγωνομετρικών σημείων (γεωδαιτικών σημείων ελέγχου), τις χωροσταθμικές αφετηρίες (reperes), τα βασικά χαρακτηριστικά του πεδίου βαρύτητας, το γεωειδές, το χρησιμοποιούμενο μοντέλο περιγραφής του σχήματος της γης (ελλειψοειδές εκ περιστροφής),

Χρησιμοποιούμενα Συστήματα Αναφοράς (datum) στον Ελληνικό χώρο:

Σύστημα αναφ. Υπηρσία ελέγχου Χρησιμοποιούμενη προβολή Ελλειψοειδές

Παλαιό ΕΛΛ. ΓΥΣ – πολιτικές χρ. Hatt, TM3 (τρεις ζώνες) Bessel

ED 50 ΓΥΣ – στρατιωτικές χρ. TM (UTM grid, ζώνες 34 & 35) Hayford

WGS 84 NIMA (USA) Δεν απαιτείται GS-84 & GRS-80

ΕΓΣΑ 87 ΟΚΧΕ ΕΓΣΑ87 ή TM87 GRS-80

HTRS07 Hellenic
Positioning
System/Service – HEPOS TM07 GRS-80

- Παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης (GNSS)
 - GPS (ΗΠΑ)
 - GLONASS (ΡΩΣΙΑ)
 - GALILEO (ΕΥΡΩΠΗ)
 - COMPASS (ΚΙΝΑ)
 - Τοπικά συστήματα Ιαπωνίας, Ινδίας
-
- Προβλέπεται και υλοποιείται η συνεργασία μεταξύ των συστημάτων GNSS.

Πρόκειται για παγκόσμια δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης (συντεταγμένες), χρόνου και ταχύτητας οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης (ξηρά, θάλασσα, αέρας) και στο εγγύς διάστημα σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και ανεξάρτητα από καιρικές συνθήκες.

Η εποχή της διαστημικής γεωδαισίας αρχίζει ουσιαστικά στη δεκαετία του 1960 με την πρώτη εκτόξευση τεχνητού δορυφόρου Sputnik από την τέως Σοβ. Ένωση το 1957. Από τότε μέχρι σήμερα έγιναν επιστημονικά άλματα στο θέμα προσδιορισμού θέσης.

Το σύστημα GPS έχει επικρατήσει έως τώρα στο μεγαλύτερο μέρος των γεωδαιτικών εφαρμογών ενώ εδώ και μερικά χρόνια αξιοποιείται παράλληλα και το GLONASS ενώ έχει εξελιχθεί τα δυο τελευταία χρόνια το Ευρωπαϊκό GALILEO.

Εκτός από τις εφαρμογές υψηλής ακρίβειας όπου η απαίτηση σε ακρίβεια κυμαίνεται από μερικά χιλιοστά έως μερικά εκατοστά του μέτρου αρκετές ακόμη εφαρμογές με απαιτήσεις χαμηλότερης ακρίβειας από μερικές δεκάδες εκατοστά έως μέτρα καλύπτονται από τις δυνατότητες των συστημάτων GNSS. Π.χ. η ενημέρωση χαρτών, οι εφαρμογές GIS , η πλοήγηση η διαχείριση στόλου οχημάτων, ο εντοπισμός προεπιλεγμένων θέσεων.

Ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια χρησιμοποιείται και διαφορετικός εξοπλισμός και διαφορετική μεθοδολογία μετρήσεων και επεξεργασίας των παρατηρήσεων.

Συνεπεία αυτού είναι το διαφορετικό οικονομικό κόστος.

Η κλασική γεωδαιτική μεθοδολογία έχει αλλάξει ριζικά , η χρήση ενός συστήματος προσδιορισμού θέσης δεν απαιτεί πλέον ορατότητες μεταξύ των σημείων και κατάλληλες καιρικές συνθήκες για την εκτέλεση των μετρήσεων. Οι παρατηρήσεις γίνονται μέρα και νύχτα μεταξύ σημείων που απέχουν εως και αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα. Η μόνη προϋπόθεση είναι ο ανοικτός ορίζοντας ώστε να λαμβάνονται σήματα από ικανό αριθμό δορυφόρων δηλαδή να υπάρχει ορατότητα μεταξύ δέκτη και δορυφόρων.

Σε περίπτωση παρεμβολής υψηλών κτιρίων όπως σε πυκνοδομημένες περιοχές, ή σε δάση με πυκνό φύλλωμα υπάρχουν περιορισμοί στη χρήση του συστήματος.

Ένα σύστημα GNSS αποτελείται από πομπούς σε τροχιά που είναι οι δορυφόροι του συστήματος και από δέκτες GPS στη γήινη επιφάνεια.

Ο δέκτης μπορεί να αναπτύσσεται σε τρίποδα, βάθρο να τοποθετείται σε κινούμενο όχημα όπως πλοίο, αεροπλάνο αυτοκίνητο κλπ.

Τα δορυφορικά σήματα λαμβάνονται από τους δέκτες και χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση μετρήσεων.

Οι μετρήσεις ισοδυναμούν άμεσα ή έμμεσα με αποστάσεις μεταξύ δέκτη και δορυφόρων σε κάθε στιγμή.

Οι μετρήσεις καταγράφονται στη μνήμη του δέκτη σε πραγματικό χρόνο

Μετασχηματισμός προβολικών συντεταγμένων

Άσκηση στο Google Earth

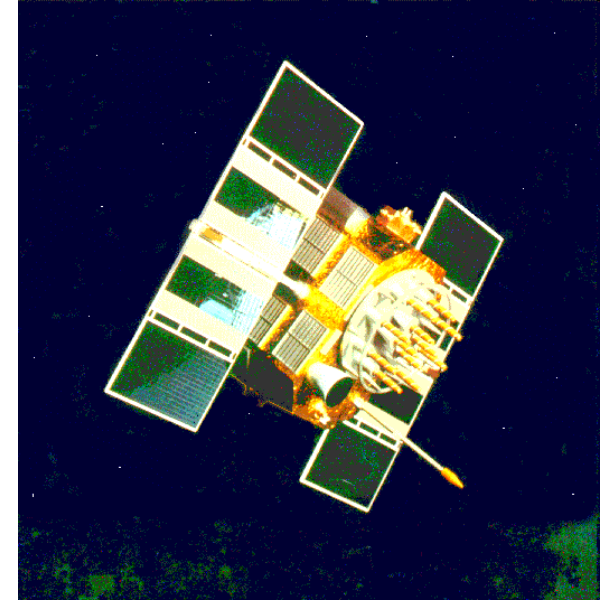
GPS : Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης

Το GPS χρηματοδοτείται και ελέγχεται από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ (DOD). Ενώ υπάρχουν πολλές χιλιάδες των μη στρατιωτικών χρηστών του GPS σε παγκόσμιο επίπεδο, το σύστημα έχει σχεδιαστεί και λειτουργεί από το στρατό των ΗΠΑ.

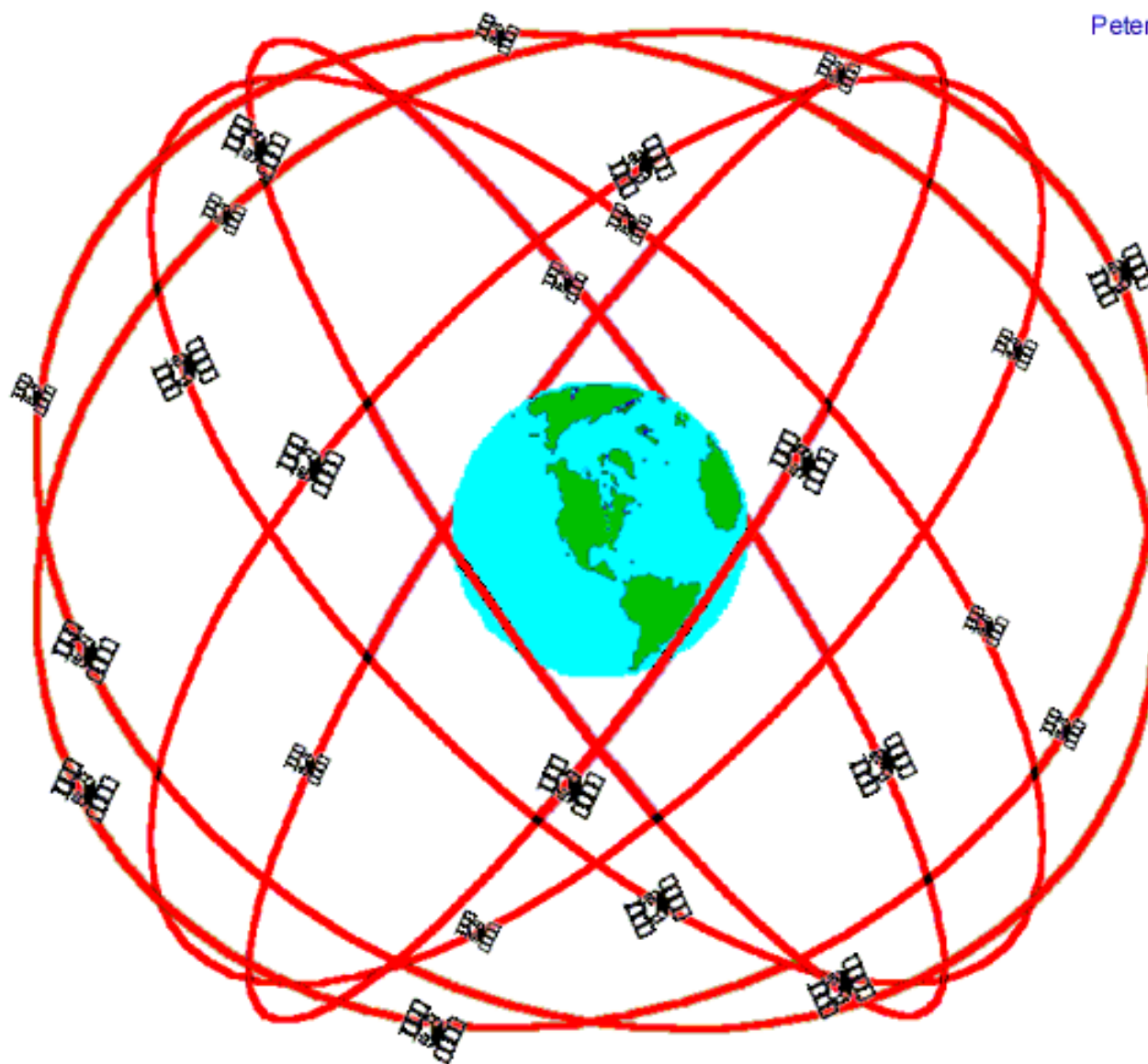
GPS παρέχει ειδικά κωδικοποιημένα σήματα από δορυφόρους που μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία με δέκτη GPS, επιτρέποντας στον δέκτη να υπολογίσει τη θέση, ταχύτητα και χρόνο.

Τέσσερα δορυφορικά σήματα GPS χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό θέσεων σε τρεις διαστάσεις καθώς και η χρονική μετάθεση στο ρολόι του δέκτη.

Το διαστημικό τμήμα του συστήματος αποτελείται από τους δορυφόρους GPS. Αυτά τα διαστημικά οχήματα (SVS) αποστέλλουν ραδιοσήματα από το διάστημα.



Ο επιχειρησιακός σχηματισμός GPS αποτελείται από 24 δορυφόρους. Υπάρχουν συχνά περισσότερο από 24 επιχειρησιακούς δορυφόρους, καθώς νέοι ξεκίνησαν να αντικαταστήσουν τους παλαιότερους δορυφόρους. Οι δορυφορικές τροχιές σχεδόν επαναλαμβάνουν την ίδια κίνηση επί του εδάφους (όπως η γη γυρίζει κάτω από αυτά) μία φορά την ημέρα. Το υψόμετρο τροχιάς είναι τέτοια ώστε οι δορυφόροι επαναλαμβάνουν την ίδια διαδρομή και τα ίδια χαρακτηριστικά σε οποιοδήποτε σημείο περίπου κάθε 24 ώρες (4 λεπτά νωρίτερα κάθε ημέρα). Υπάρχουν έξι τροχιακά επίπεδα που ισαπέχουν και με κλίση περίπου πενήντα πέντε βαθμούς σε σχέση με το επίπεδο του ισημερινού. Αυτός ο αστερισμός παρέχει στο χρήστη μεταξύ πέντε και οκτώ οχήματα ορατά από οποιοδήποτε σημείο της γης.

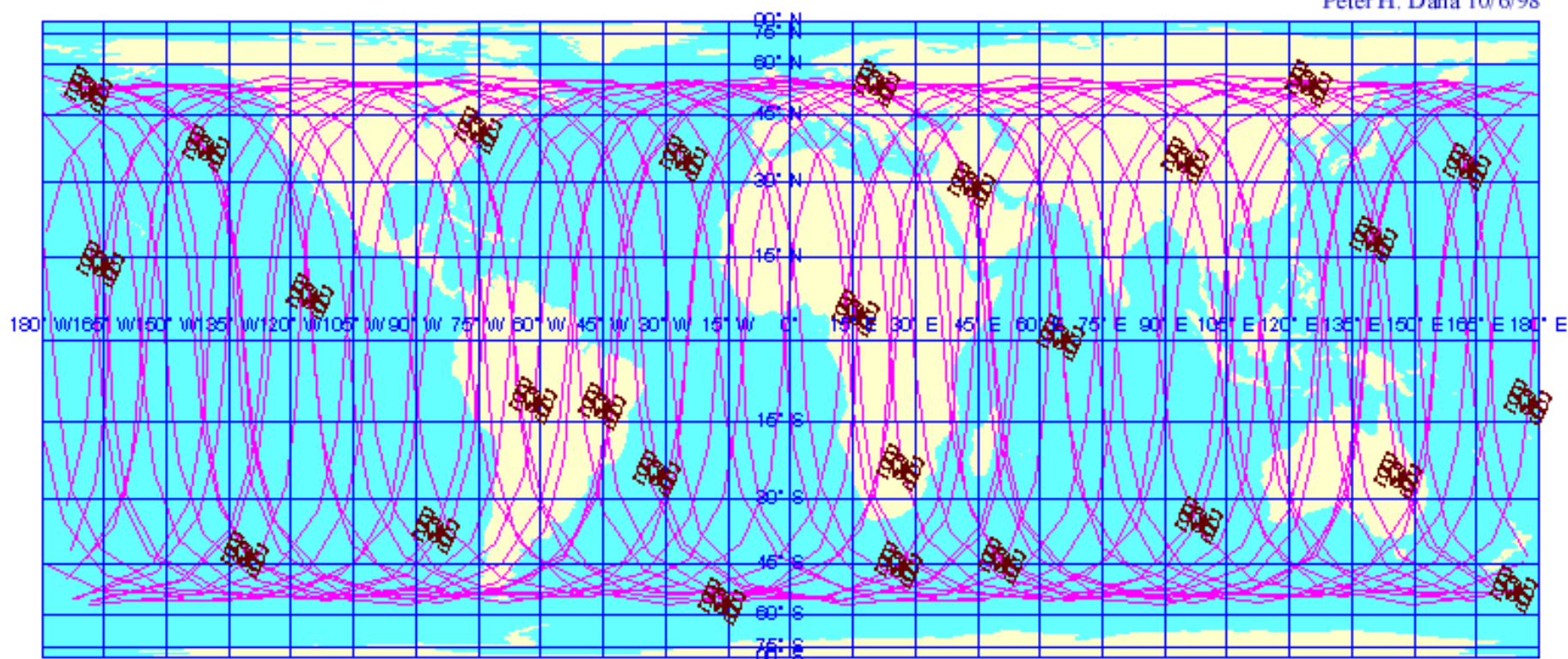


GPS Nominal Constellation

24 Satellites in 6 Orbital Planes

4 Satellites in each Plane

20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

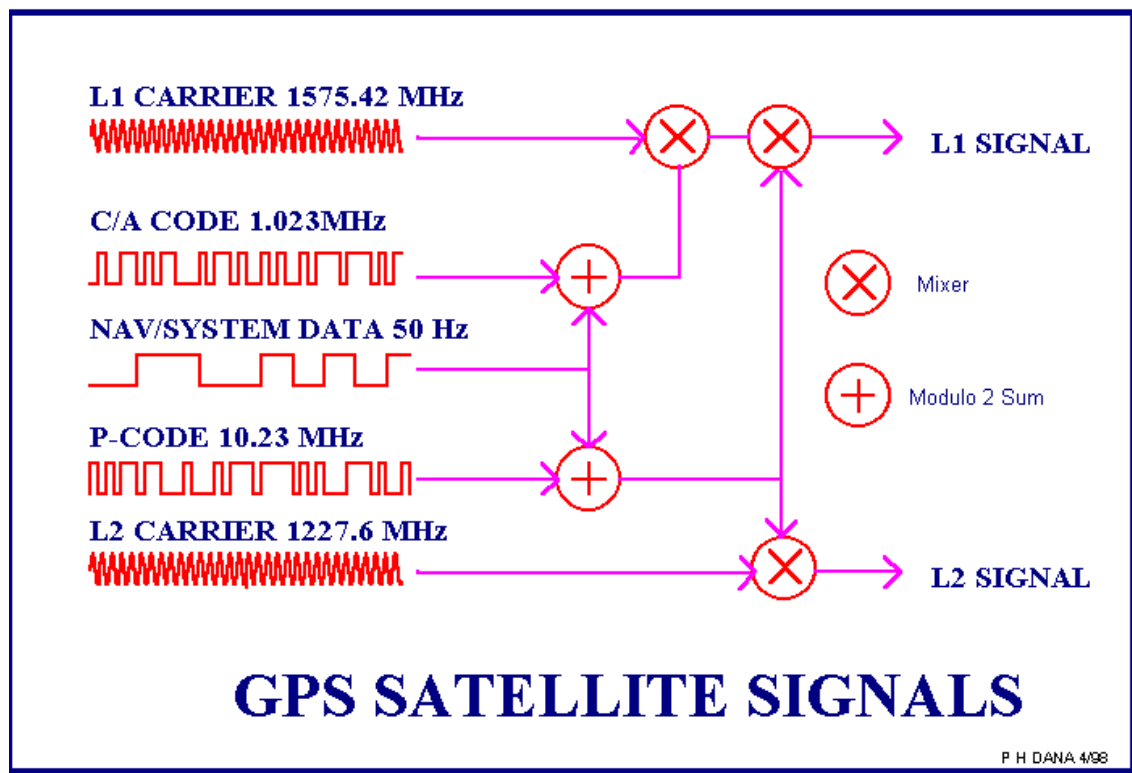


Global Positioning System Satellites and Orbits
for 27 Operational Satellites on September 29, 1998

Satellite Positions at 00:00:00 9/29/98 with 24 hours (2 orbits) of Ground Tracks to 00:00:00 9/30/98

Τα δορυφορικά σήματα GPS

Τα οχήματα εκπέμπουν δύο σήματα μικροκυμάτων. Η συχνότητα L1 (1575.42 MHz), μεταφέρει το μήνυμα πλοήγησης. Η συχνότητα L2 (1227.60 MHz) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ιονοσφαιρικής καθυστέρησης από εξειδικευμένους δέκτες.



Τμήμα ελέγχου

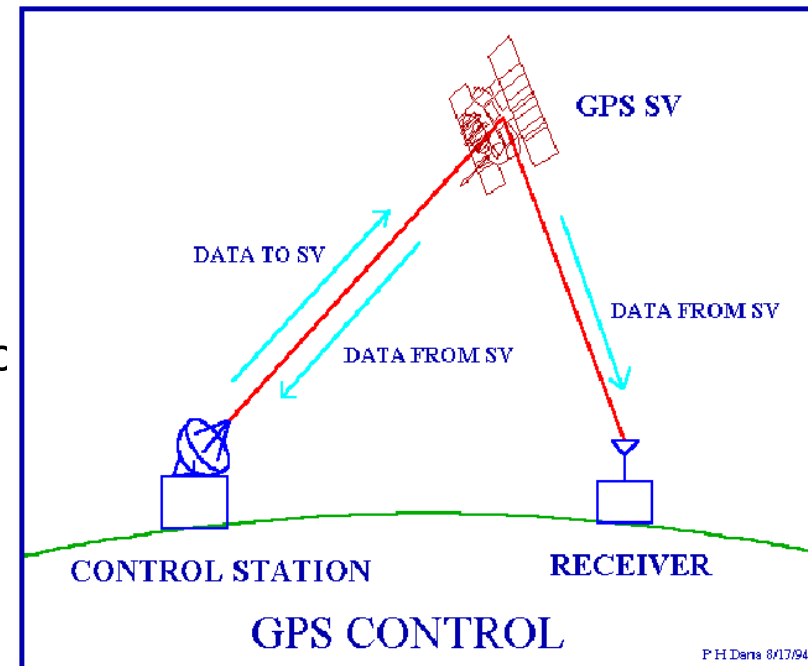
The Control Segment consists of a system of tracking stations located around the world.

Peter H. Dana 5/27/95



Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

Το master control βρίσκεται στη Βάση Πολεμικής Αεροπορίας Schriever (πρώην Falcon AFB) στο Κολοράντο. Οι σταθμοί παρακολούθησης μετρούν σήματα από τα οχήματα που ενσωματώνονται σε τροχιακά μοντέλα για κάθε ένα από τους δορυφόρους. Τα μοντέλα υπολογίζουν τα ακριβή δεδομένα τροχιάς (ephemeris) και διορθώσεις στα ρολόι για κάθε δορυφόρο. Ο κύριος σταθμός ελέγχου μεταφέρει τις εφημερίδες και τα δεδομένα του αστρονομικού ρολογιού στα οχήματα. Τότε τα οχήματα στέλνουν υποσύνολα των τροχιακών στοιχείων σε δέκτες GPS μέσω ραδιοσημάτων

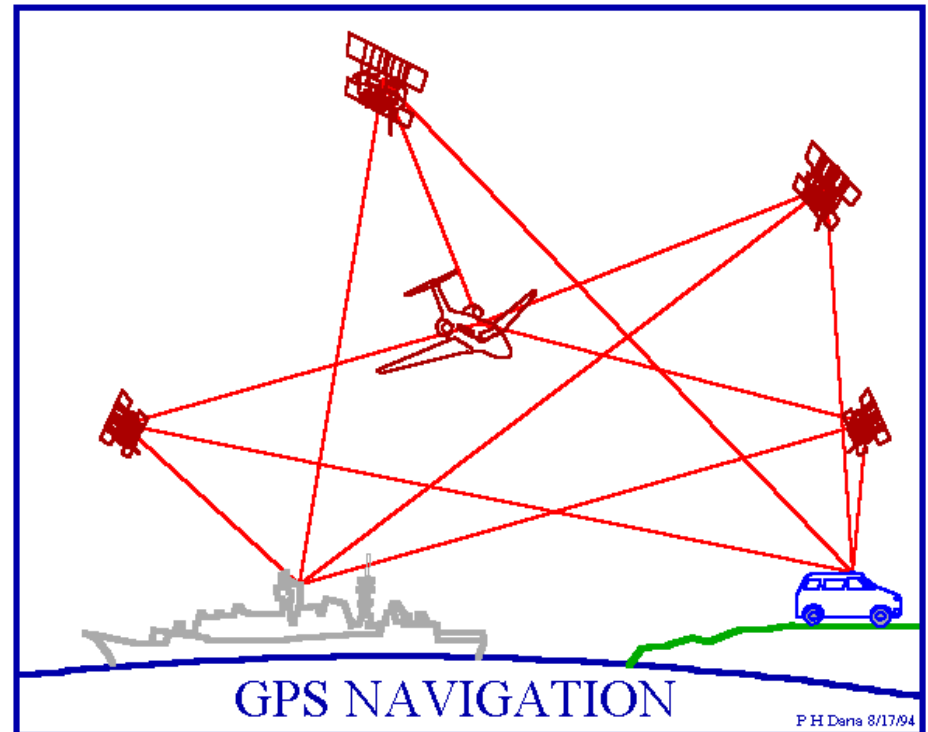


P.H.Dana 8/17/94

Τμήμα χρηστών

Το τμήμα χρηστών GPS αποτελείται από τους δέκτες GPS και την κοινότητα των χρηστών. Οι δέκτες GPS μετατρέπουν τα σήματα σε θέση, ταχύτητα, και τις εκτιμήσεις του χρόνου. Τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι απαιτούνται για τον υπολογισμό των τεσσάρων διαστάσεων του X , Y , Z (θέση) και ώρα. Οι δέκτες GPS που χρησιμοποιούνται για την πλοήγηση, την τοποθέτηση, τη διάδοση του χρόνου, και άλλες έρευνες.

Η πλοήγηση σε τρεις διαστάσεις είναι η κύρια λειτουργία του GPS. Οι δέκτες πλοήγησης γίνονται για αεροσκάφη, πλοία, οχήματα εδάφους, καθώς και χειρός που μεταφέρουν οι ιδιώτες



Ταχεία μετατροπή συντεταγμένων από το σύστημα του GPS στα γεωδαιτικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα

Ακόμη και ο πλέον απλός δέκτης «χειρός» GPS εμφανίζει στην οθόνη

- το πλάτος (ϕ), το μήκος (λ) και
- το γεωμετρικό υψόμετρο (h - αναφορικά με το ελλειψοειδές μοντέλο της γης) του συγκεκριμένου σημείου στο δορυφορικό σύστημα (WGS84) του GPS. Αυτές οι συντεταγμένες διαφέρουν (κατά μερικές εκατοντάδες μέτρα) από τις αντίστοιχες συντεταγμένες στα άλλα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς (data) που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα (ED-50 της ΓΥΣ, ΕΓΣΑ-87 του Εθνικού Κτηματολογίου, παλαιό Ελληνικό, κα). Αν και διατίθενται στο εμπόριο «πακέτα» προγραμμάτων για τον ακριβή μετασχηματισμό από οποιοδήποτε σύστημα αναφοράς (datum) στο άλλο, πολλές φορές είναι ικανοποιητικός ένας γρήγορος μετασχηματισμός προκειμένου να τοποθετηθεί «επί χάρτου» η θέση ενός σημείου στο οποίο έγινε ο προσδιορισμός των συντεταγμένων με τη χρήση GPS.

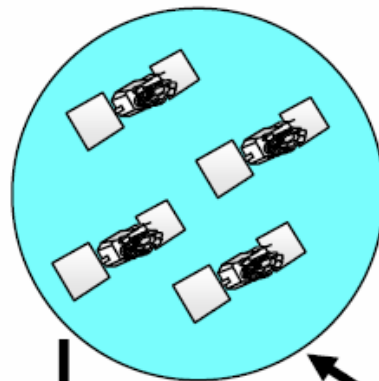
GPS vs. Κλασικά επίγεια συστήματα εντοπισμού

- Το GPS παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των κλασικών επίγειων συστημάτων εντοπισμού θέσης
- Τα κλασικά επίγεια όργανα εντοπισμού θέσης απαιτούν αμοιβαία ορατότητα ανάμεσα στο χρησιμοποιούμενο όργανο και τον σκοπευόμενο στόχο
- Τα κλασικά επίγεια όργανα περιορίζονται στη μέτρηση αποστάσεων μέχρι 5 Km
- Οι εργασίες με τα κλασικά επίγεια όργανα επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες (π.χ. υγρασία, ομίχλη,....)
- Αλλά στις κλασσικές τοπογραφικές αποτυπώσεις....

Gps πλεονεκτήματα

- ☐ **Ανεξάρτητο από καιρικές συνθήκες**
- ☐ **Δεν απαιτείται ορατότητα μεταξύ των δεκτών**
- ☐ **Προσφέρει μεγάλη ακρίβεια**
- ☐ **Χρησιμοποιείται ημέρα και νύχτα σε οποιονδήποτε τόπο**
- ☐ **Γρήγορο και εύκολο στην χρήση**
- ☐ **Οικονομικά πλεονεκτήματα**
- ☐ **Συντεταγμένες σε κοινό σύστημα – WGS84/ITRF**
- ☐ **Μεγάλο εύρος εφαρμογών**
- ☐ **Το κόστος συνεχώς μειώνεται**

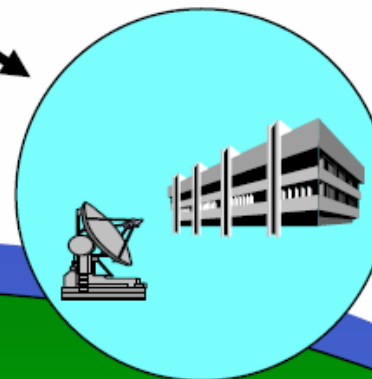
Τμήματα του GPS



Δορυφορικό Τμήμα
NAVSTAR : NAVigation
Χρόνος και απόσταση
24 Δορυφόροι
20200 Km

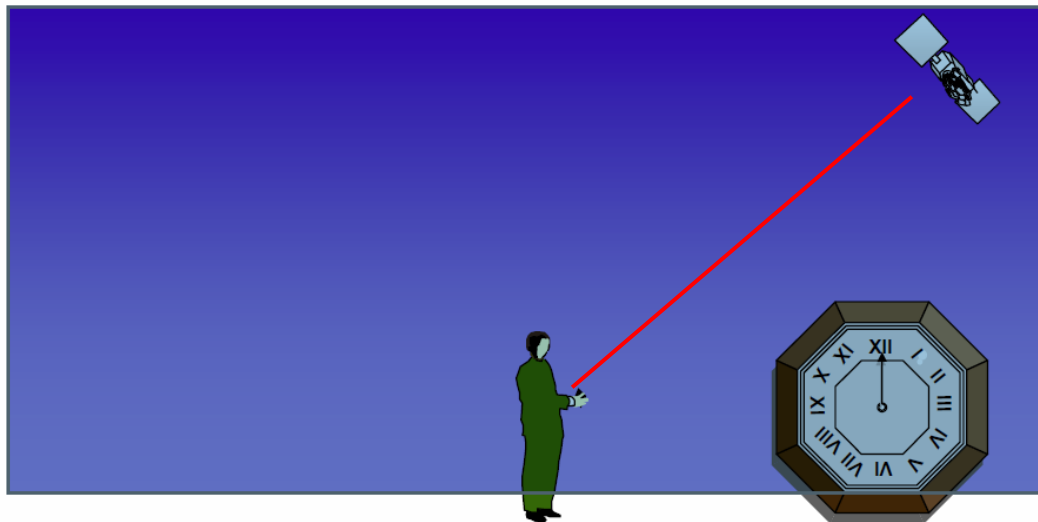


Τμήμα Χρηστών
Δέκτης δορυφορικού
σήματος



Τμήμα ελέγχου
1 Κύριος Σταθμός
5 Δευτερεύοντες Σταθμοί

**Βασική αρχή του συστήματος : Μέτρηση απόστασης
ανάμεσα σε δορυφόρο και δέκτη**



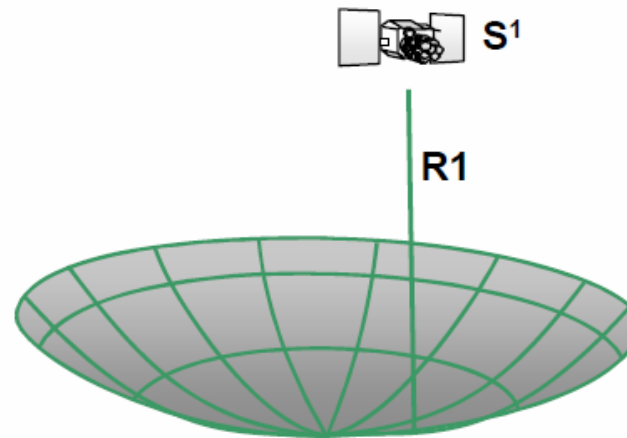
© Leica Geosystems

© Γ.Σ. Βέργος, Σ. Κατσουγιαννόπουλος 11

Απόσταση = Χρόνος x Ταχύτητα του φωτός

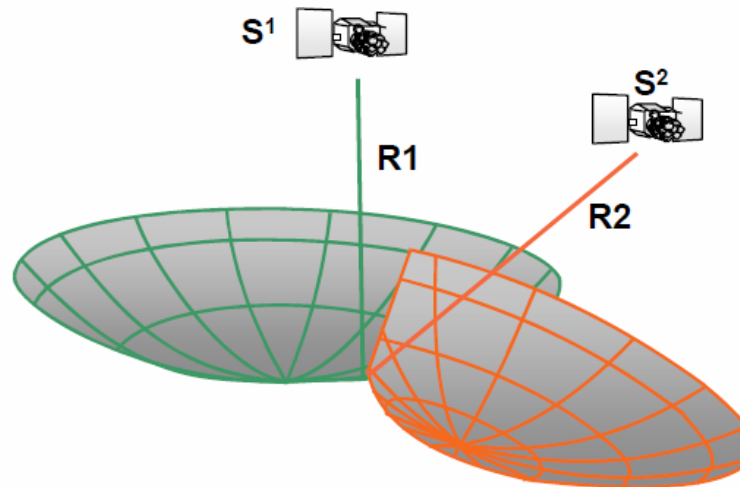
$$S=t*c$$

Προσδιορισμός Θέσης με GPS



Είμαστε κάπου ... σε μια σφαίρα ακτίνας
 R^1 με κέντρο τον δορυφόρο S^1

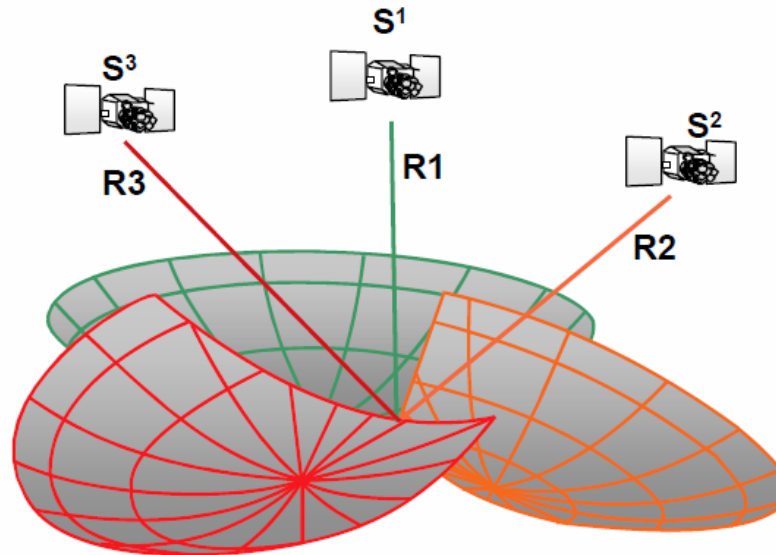
Προσδιορισμός Θέσης με GPS



.... Είμαστε όμως και σε μια δεύτερη σφαίρα
ακτίνας $R2$ με κέντρο τον δορυφόρο S^2

Οι δύο σφαίρες τέμνονται σε κύκλο στον οποίο
ανήκει και το σημείο που βρίσκεται ο δέκτης

Προσδιορισμός Θέσης με GPS

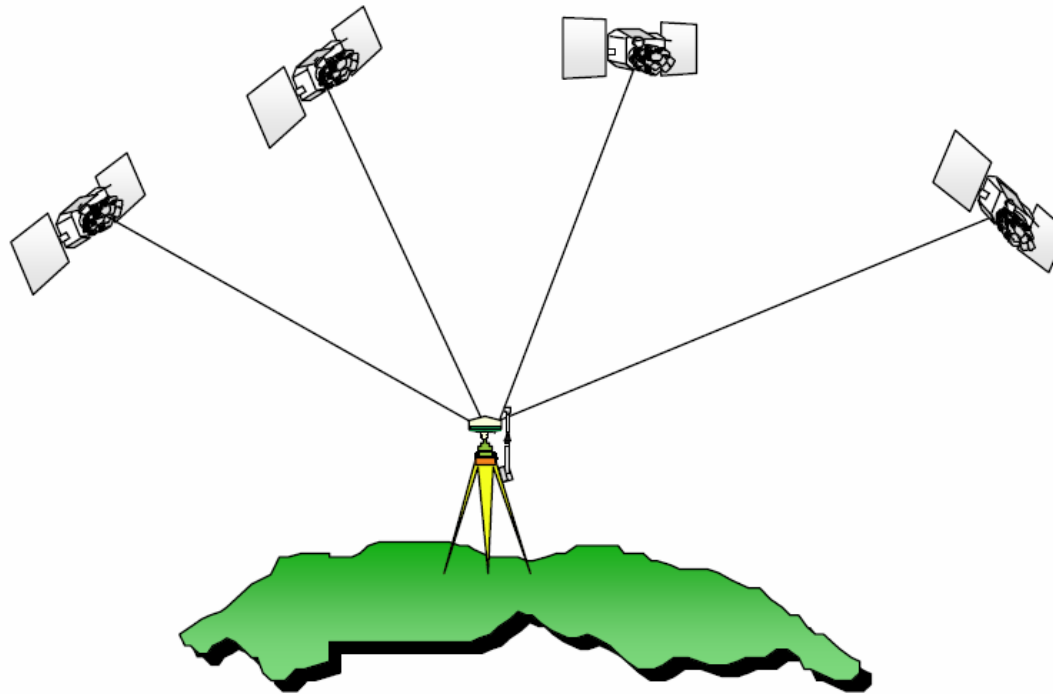


.... Είμαστε και σε μία τρίτη σφαίρα ακτίνας R3
Οι τρεις σφαίρες τέμνονται σε ένα σημείο και ορίζουν τις
συντεταγμένες το σημείου που βρίσκεται ο δέκτης

Προσδιορισμός Θέσης με GPS

- Οι δορυφόροι είναι **“Σταθμοί με ελεγχόμενες τροχιές”**
- Οι αποστάσεις μετρώνται προς κάθε δορυφόρο με κώδικες που εξαρτώνται από τον χρόνο
- Οι δορυφορικοί δέκτες χρησιμοποιούν χρονόμετρα μικρότερης ακρίβειας από αυτά των δορυφόρων
- Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα μεταδίδεται με την ταχύτητα του φωτός
 - (Απόσταση = Ταχύτητα x Χρόνος)
 - Θεωρώντας ένα σφάλμα στο χρονόμετρο του δέκτη
 - 1/10 του δευτερολέπτου σφάλμα = 30,000 Km σφάλμα στην απόσταση
 - 1/1,000,000 του δευτερολέπτου σφάλμα = 300 m σφάλμα στην απόσταση

Προσδιορισμός Θέσης με GPS

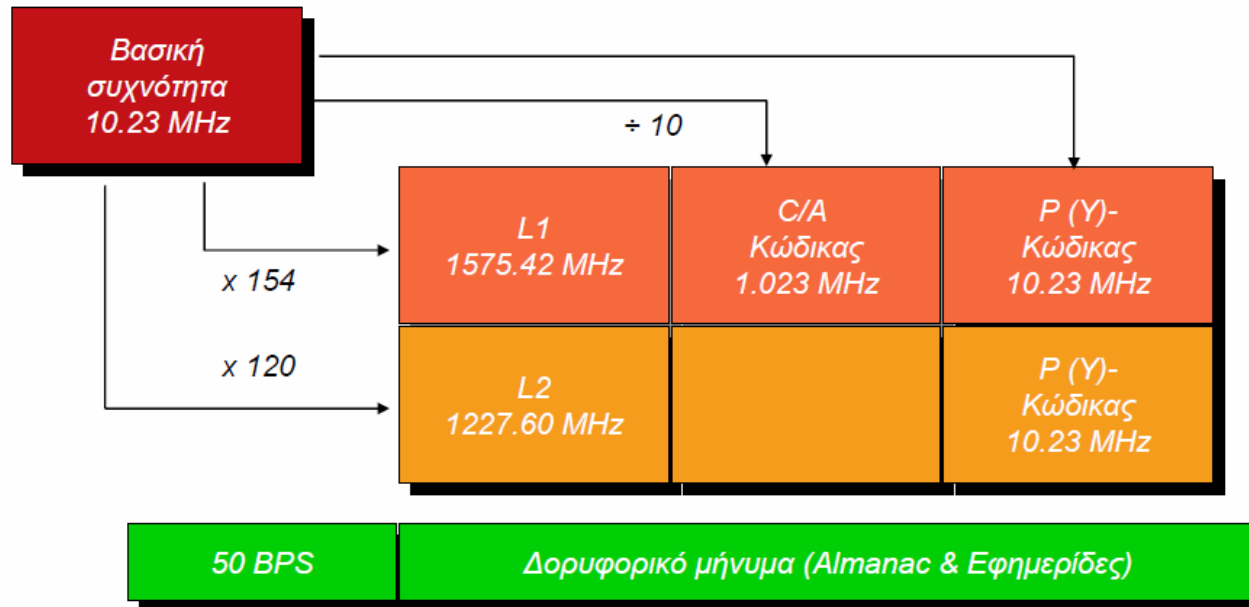


4 αποστάσεις για τον υπολογισμό γεωγραφικού
πλάτους, μήκους, υψομέτρου και χρόνου

Αρχή του προβλήματος της οπισθοτομίας

Δομή του σήματος του GPS

- Κάθε δορυφόρος GPS εκπέμπει έναν αριθμό σημάτων
- Το σήμα περιλαμβάνει δύο φέροντα κύματα (στις συχνότητες L1 και L2) και δύο κώδικες (C/A στην L1 και P ή Y στις L1 και L2) καθώς επίσης και ένα δορυφορικό μήνυμα για την τροχιά

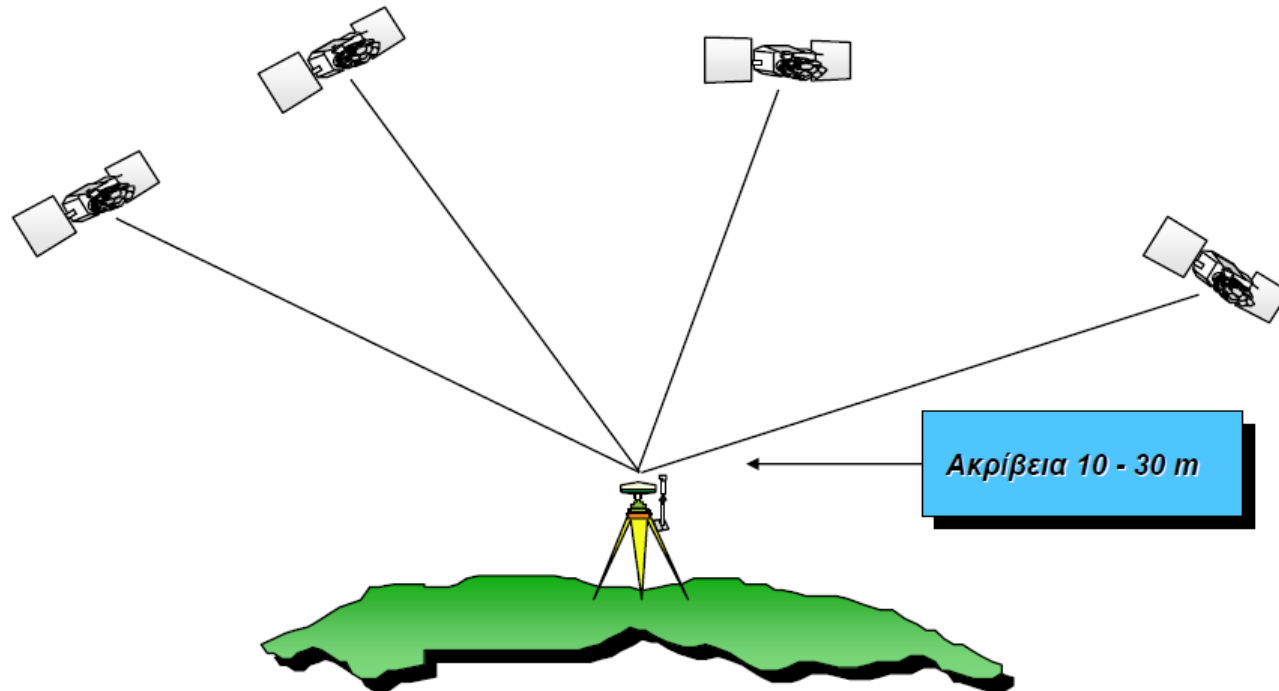


Δομή του σήματος του GPS

Γιατί επιλέχθηκαν αυτές οι δύο συχνότητες (L1 & L2);

- ✓ Διαθεσιμότητα συχνοτήτων
- ✓ Γιατί όχι μικρότερες; → Το μήκος κύματος λ μεγαλώνει όταν μικραίνει η συχνότητα → αύξηση του σφάλματος της πολυδιαδρομής (multipath)
- ✓ Γιατί όχι μεγαλύτερες;
 - × Τεχνικές και τεχνολογικές δυσκολίες
 - × Το κομμάτι των συχνοτήτων πάνω από τα 10GHz είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί με την υπάρχουσα τεχνολογία
 - × Το σήμα εξασθενεί δραματικά όταν διέρχεται από την τροπόσφαιρα
 - × Το σήμα αντανακλάται από την ιονόσφαιρα
 - × Το μήκος κύματος λ μικραίνει πολύ και είναι δύσκολο να πετύχουμε συσχέτιση του κώδικα PRN στον δέκτη (Delay Lock Loop - DLL)
π.χ. για $L1 = 10 \text{ GHz} \rightarrow \lambda_{L1} = 3 \text{ cm}$

Προσδιορισμός Θέσης με GPS



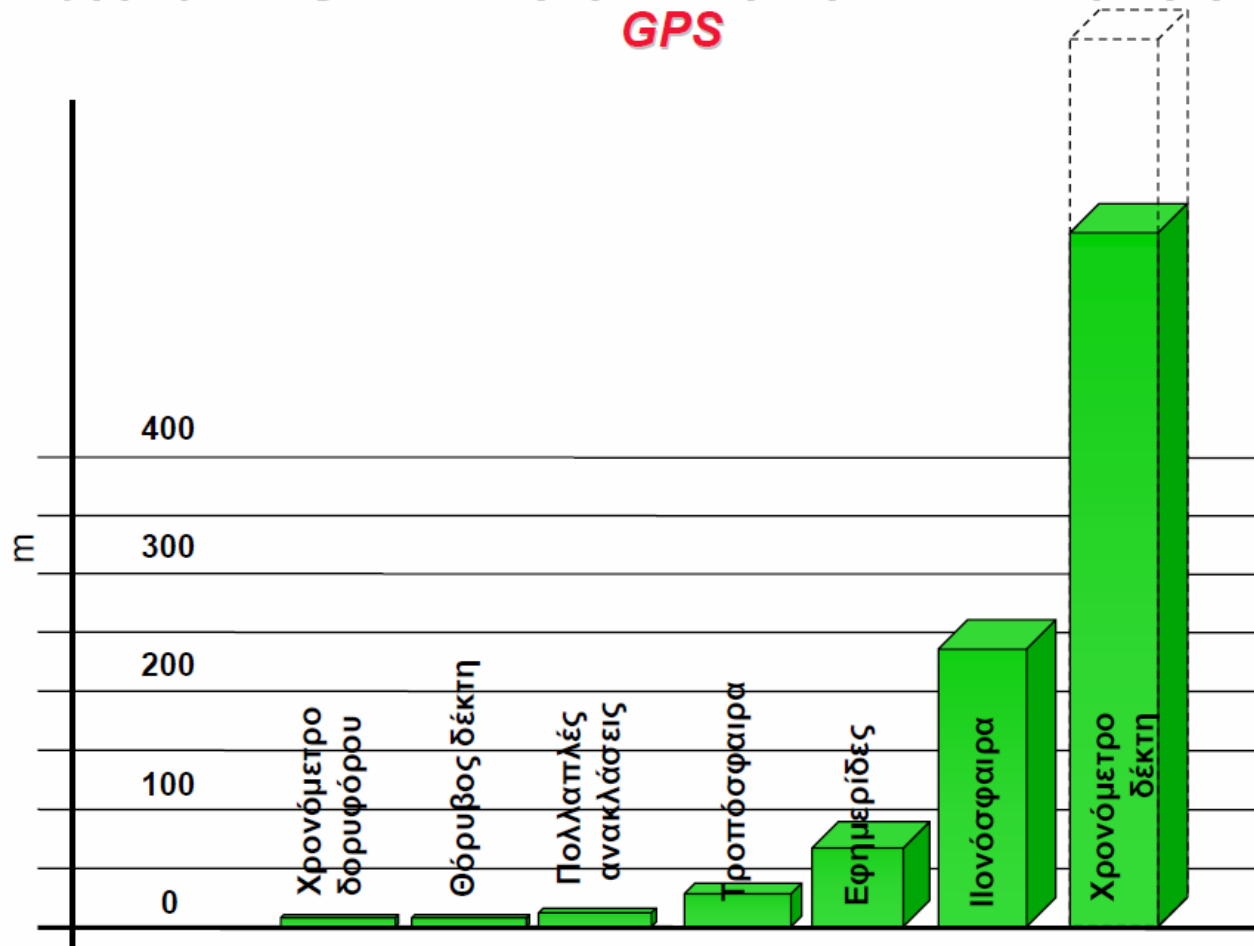
Ένας δέκτης που λειτουργεί αυτόνομα παρέχει ακρίβεια σε κινηματική ή στατική εφαρμογή της τάξης των 10 έως 30m

Σφάλματα των μετρήσεων GPS

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Δορυφορικά σφάλματα<ul style="list-style-type: none">– Σφάλματα τροχιάς– Σφάλματα δορυφορικών χρονομέτρων• Σφάλματα δεκτών<ul style="list-style-type: none">– Σφάλματα χρονομέτρων δεκτών– Σφάλματα “θορύβου” στους δέκτες | <ul style="list-style-type: none">• Σφάλματα παρατηρήσεων<ul style="list-style-type: none">– Υστέρηση σήματος στην ιονόσφαιρα– Υστέρηση σήματος στην τροπόσφαιρα• Σφάλματα σταθμού<ul style="list-style-type: none">– Συντεταγμένες σταθμού– Πολλαπλές ανακλάσεις |
|---|--|

Τάξη μεγέθους των διαφόρων σφαλμάτων των μετρήσεων GPS

© Leica Geosystems



Εξίσωση παρατήρησης ψευδοαπόστασης με το σύστημα GPS

Παρατηρηθήσα απόσταση μεταξύ δορυφόρου και δέκτη

Θόρυβος παρατήρησης

Τροχιακά σφάλματα

Επίδραση της ιονόσφαιρας

$$\rho = p + d\rho + c(dt - dT) + d_{ion} + d_{trop} + \varepsilon_p$$

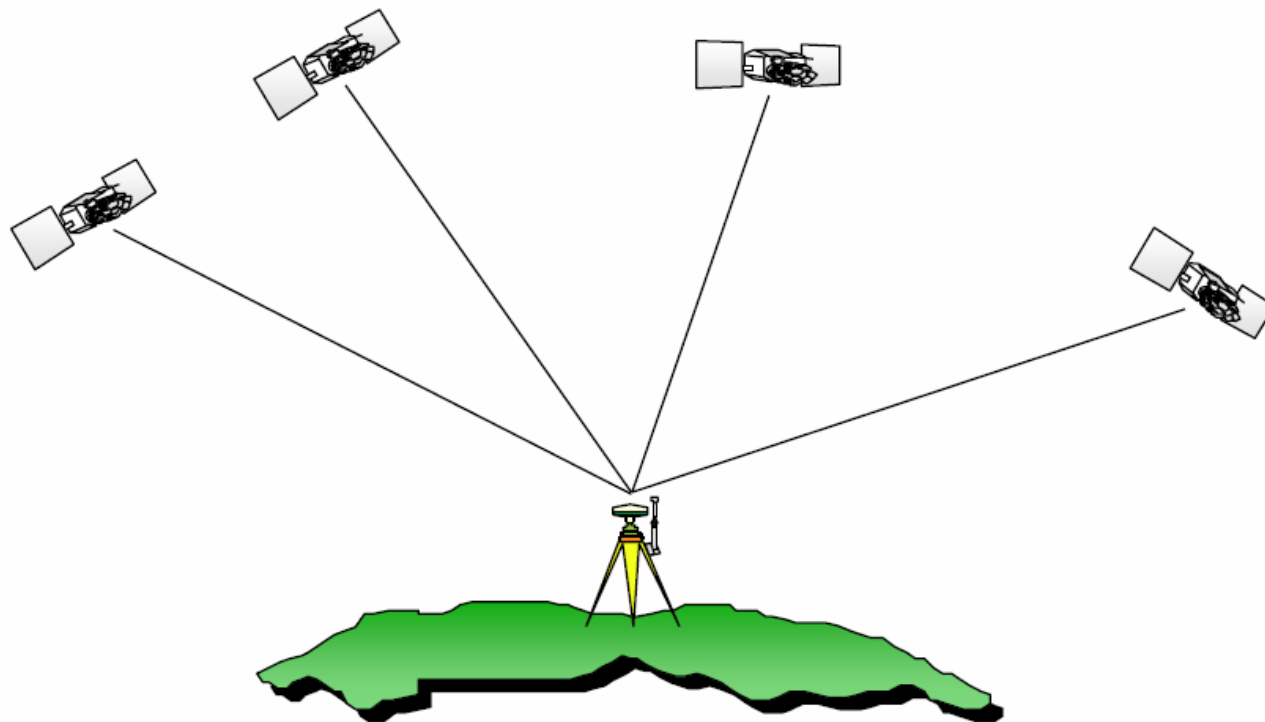
Σφάλμα χρονομέτρου δορυφόρου

Επίδραση της τροπόσφαιρας

Αληθής απόσταση μεταξύ δορυφόρου και δέκτη

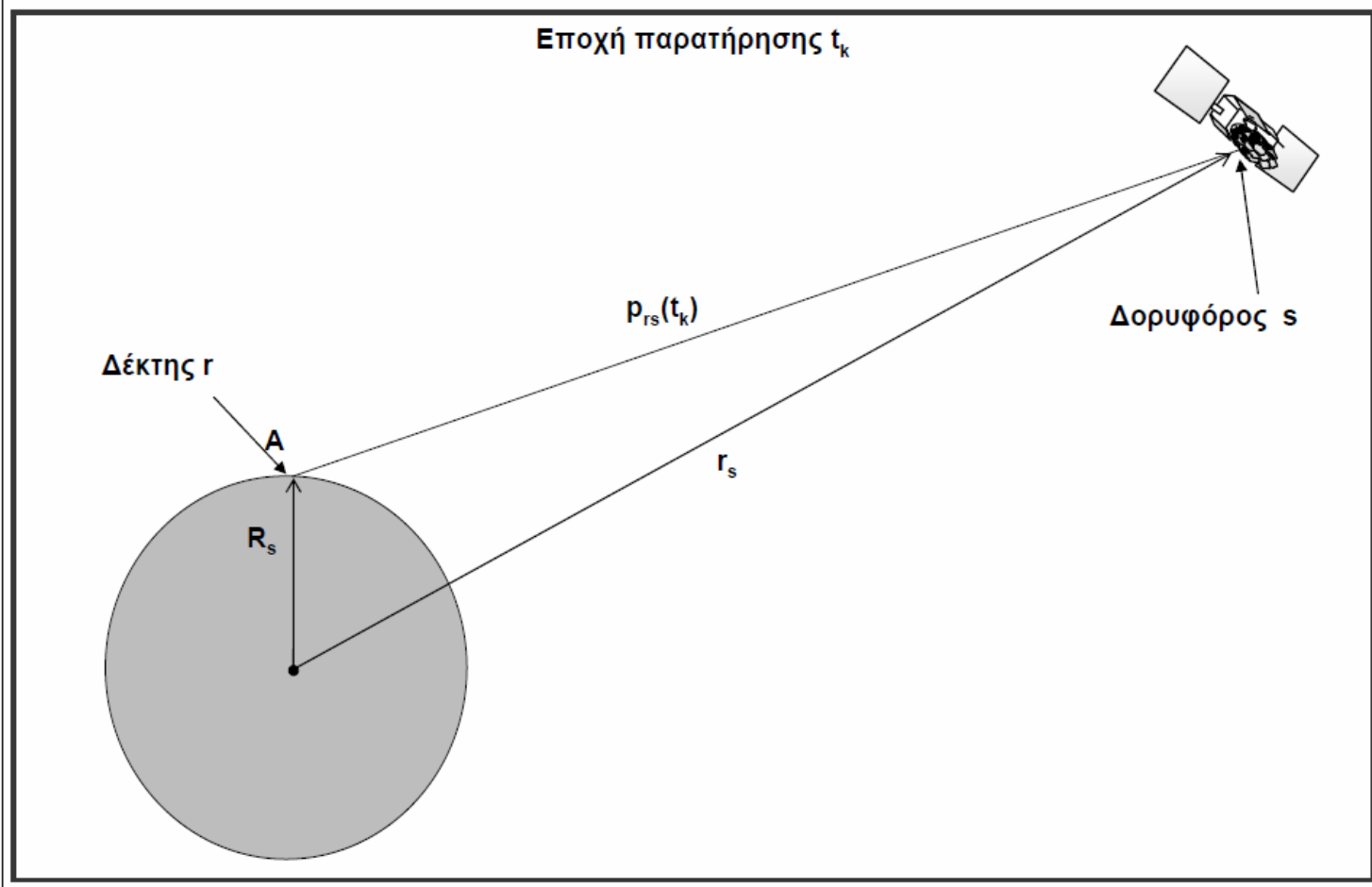
Σφάλμα χρονομέτρου δέκτη

Απόλυτος Προσδιορισμός Θέσης με GPS



- × τροχιακά σφάλματα
- × καθυστέρηση σήματος στην ατμόσφαιρα
- × πρέπει να γίνει επίλυση για την ολίσθηση κύκλων

Συνόρθωση με το μοντέλο των εξισώσεων παρατηρήσεων



Συνόρθωση με το μοντέλο των εξισώσεων παρατηρήσεων

$$\rho_{rs}(t_k) = p_{rs}(t_k) + c(dt - dT) + d_{trop} + d_{ion} + \varepsilon_p$$

$r \rightarrow$ δέκτης (receiver)

$s \rightarrow$ δορυφόρος (satellite)

διανύσματα θέσης δορυφόρου και δέκτη

$$\mathbf{r}_s = \mathbf{X}_s = \begin{bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R}_r = \mathbf{X}_r = \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \\ z_r \end{bmatrix}$$