

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ -ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ



GLONASS & BeiDou

Διδάσκων:
Ισαάκ Παρχαρίδης

Επιμέλεια:
Μαυρεδάκης Ιωάννης 22051
Σκαλτσάς Λάμπρος 22068

GLONASS

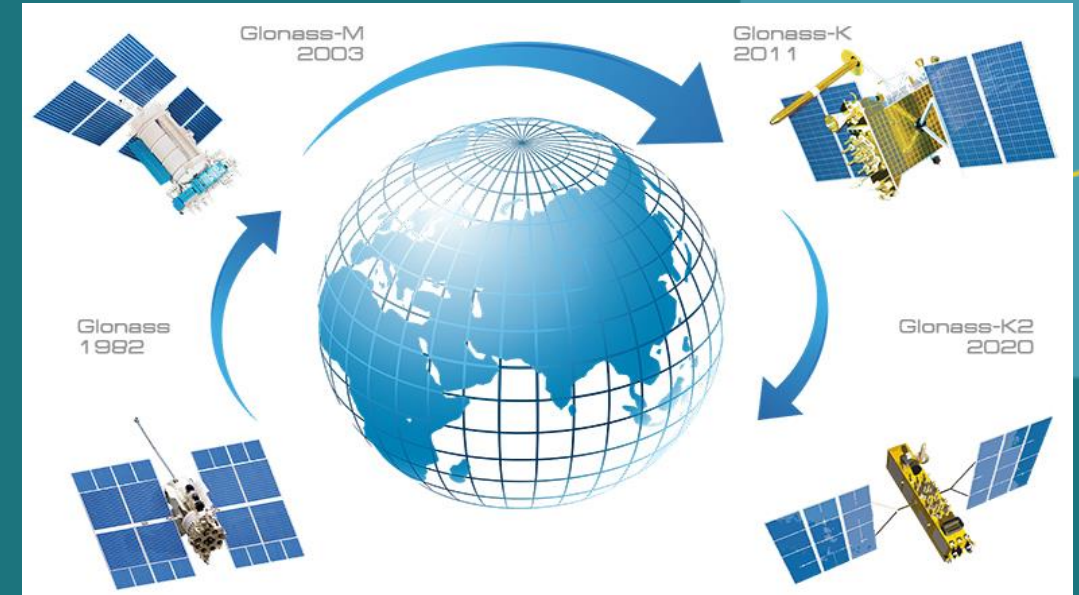
- Το GLONASS είναι ένα παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GNSS) που παρέχει αξιόπιστες υπηρεσίες εντοπισμού θέσης, πλοήγησης και χρονισμού στους χρήστες σε συνεχή παγκόσμια βάση, δωρεάν σε όλους.
- Οι δέκτες GLONASS υπολογίζουν τη θέση τους στο σύστημα αναφοράς GLONASS χρησιμοποιώντας δορυφορική τεχνολογία και με βάση τις αρχές τριγωνισμού.
- Είναι μια εναλλακτική και συμπληρωματική σε άλλα συστήματα GNSS όπως το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS), το κινεζικό σύστημα πλοήγησης BeiDou ή το προγραμματισμένο σύστημα εντοπισμού θέσης Galileo της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ).



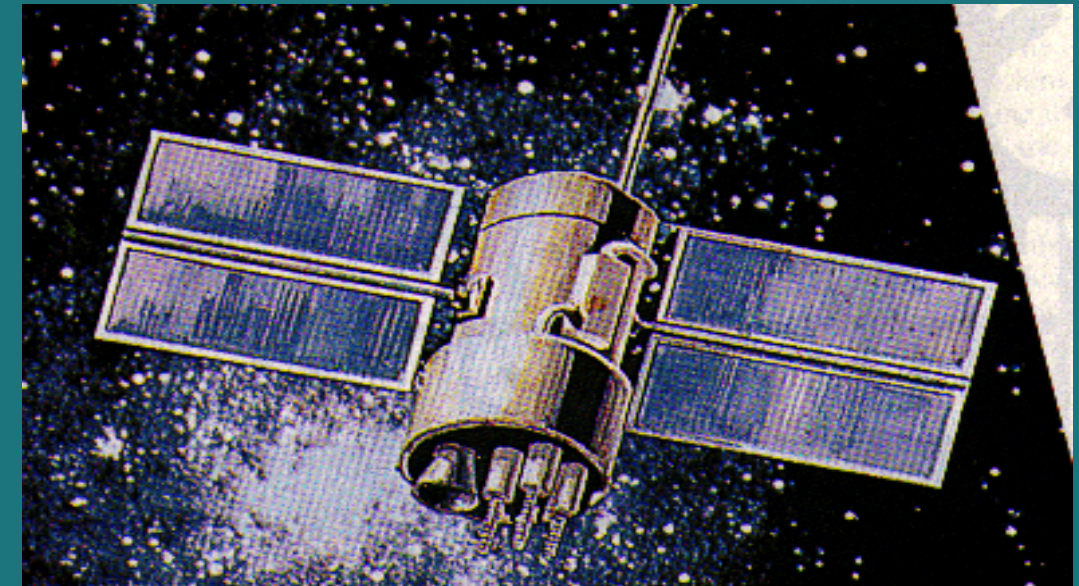
Εικόνα 1: GLONASS Satellite

Ιστορική αναδρομή

- Το σύστημα GLONASS αναπτύχθηκε από την πρώην Σοβιετική Ένωση, παράλληλα με το GPS με στόχο τη δημιουργία ενός παρόμοιου συστήματος προσδιορισμού θέσης. Αρχικά, ο χαρακτήρας του συστήματος ήταν στρατιωτικός και κάλυπτε τις ανάγκες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης και των συμμαχικών αυτής χωρών.
- Η πρώτη πρόταση για χρήση δορυφόρων για πλοήγηση έγινε από τον V.S. Shebachevich το 1957. Αυτή η ιδέα γεννήθηκε κατά τη διερεύνηση της πιθανής εφαρμογής τεχνολογιών ραδιοαστρονομίας για την αεροναυτιλία.
- Περαιτέρω έρευνες διεξήχθησαν σε ορισμένα σοβιετικά ιδρύματα για να αυξηθεί η ακρίβεια των ορισμών πλοήγησης, η παγκόσμια υποστήριξη, η καθημερινή εφαρμογή και η ανεξαρτησία από τις καιρικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν το 1963 για E&A στο πρώτο σοβιετικό σύστημα «Cicada» χαμηλής τροχιάς.
- Το 1967 εκτοξεύτηκε ο πρώτος σοβιετικός δορυφόρος πλοήγησης "Cosmos-192". Ο δορυφόρος πλοήγησης παρείχε συνεχή μετάδοση σήματος ραδιοπλοήγησης στα 150 και 400 MHz κατά τη διάρκεια της ενεργού ζωής του.
- Οι πτητικές δοκιμές του συστήματος δορυφορικής πλοήγησης μεγάλου υψομέτρου (20000 km), που ονομάζεται GLONASS, ξεκίνησαν στις 12 Οκτωβρίου 1982 με την εκτόξευση των Kosmos-1413, Kosmos-1414 και Kosmos-1415. Μετά τη διάλυση της Σοβιετικής Ένωσης το 1991, το σύστημα συνεχίστηκε από τη Ρωσική Ομοσπονδία, η οποία κήρυξε επίσημα το σύστημα λειτουργικό το 1993 και έφερε στη βέλτιστη κατάστασή του 24 λειτουργικούς δορυφόρους το 1995.



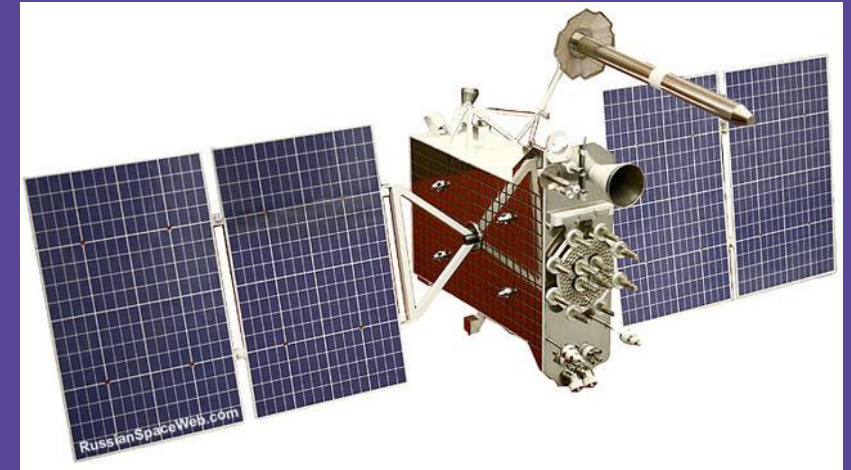
Εικόνα 2: Ιστορία του GLONASS



Εικόνα 3: Early GLONASS

Ιστορική αναδρομή

- Το σύστημα ερήμωσε με την κατάρρευση της ρωσικής οικονομίας και τη μείωση της χρηματοδότησης για τη διαστημική βιομηχανία. Στις αρχές της δεκαετίας του 2000 η αποκατάσταση του συστήματος έγινε κορυφαία κυβερνητική προτεραιότητα και η χρηματοδότηση αυξήθηκε σημαντικά.
- Τον Μάιο του 2007 υπογράφηκε ένα διάταγμα για το σύστημα πλοήγησης GLONASS για την παροχή της υπηρεσίας δωρεάν στους πελάτες.
- Μέχρι το 2010, το GLONASS είχε επιτύχει πλήρη κάλυψη της επικράτειας της Ρωσίας, καθώς και τον Οκτώβριο του 2011, ο πλήρης τροχιακός αστερισμός των 24 δορυφόρων αποκαταστάθηκε, επιτρέποντας την πλήρη παγκόσμια κάλυψη.
- Τα σχέδια των δορυφόρων GLONASS έχουν υποστεί αρκετές αναβαθμίσεις, με την τελευταία έκδοση, το GLONASS-K2, να εκτοξεύεται το 2023.



Εικόνα 4: GLONASS-K

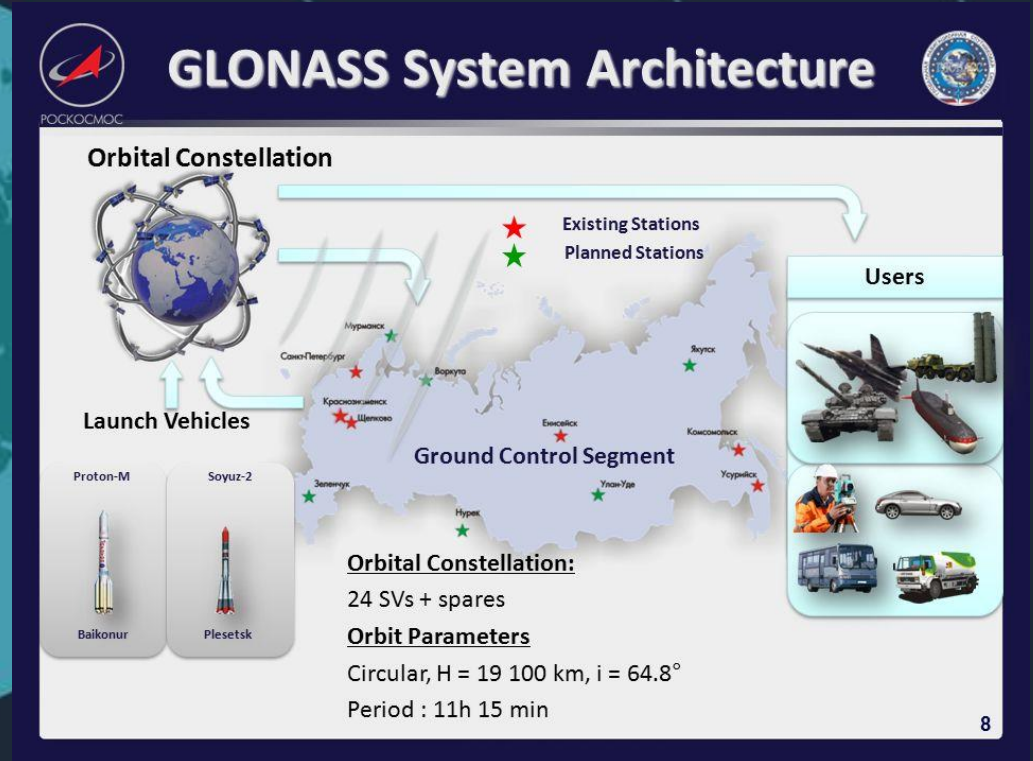


Εικόνα 5: GLONASS-M

Περιγραφή του GLONASS

Το GLONASS αποτελείται από τρία τμήματα:

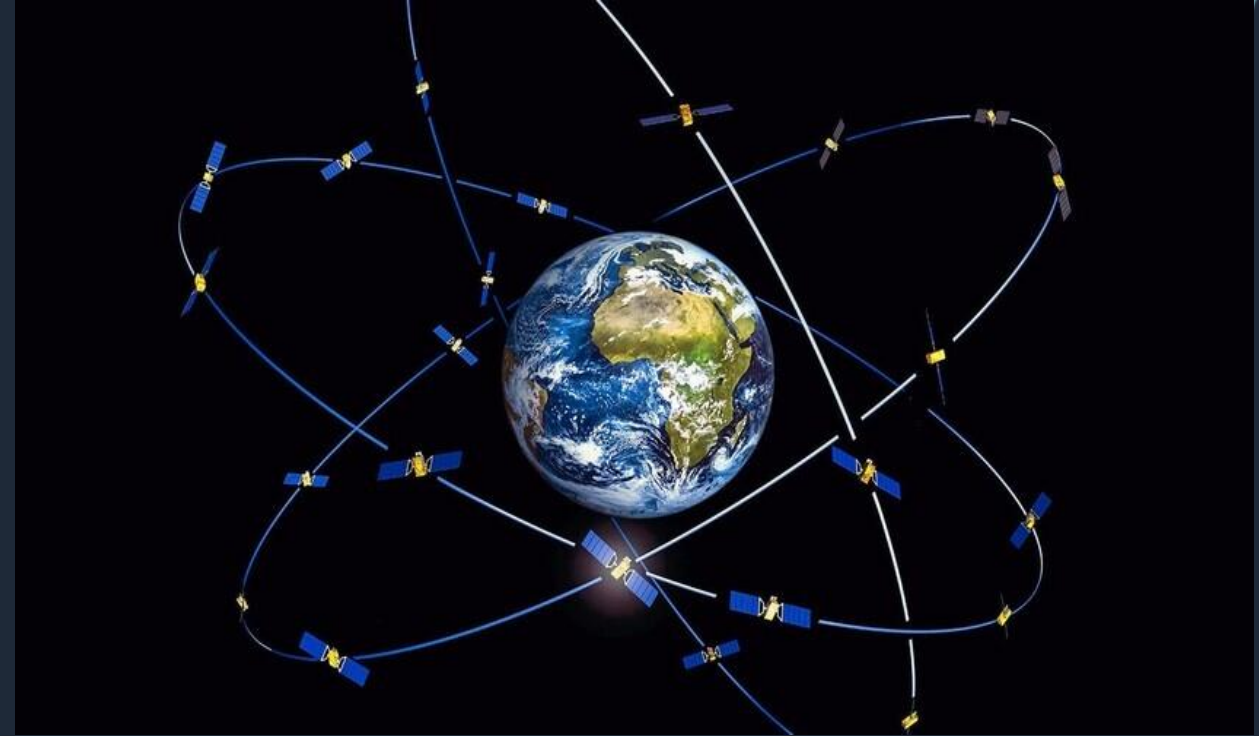
1. Το τμήμα διαστήματος GLONASS (Space Segment - SS)
2. Το τμήμα εδάφους GLONASS (Ground Segment - GS)
3. Το τμήμα χρήστη GLONASS (User Segment - US)



Εικόνα 6: Τα 3 τμήματα του GLONASS

1. Τμήμα Διαστήματος

- Το διαστημικό τμήμα του GLONASS, σχηματίζεται από 24 δορυφόρους που βρίσκονται σε τρία τροχιακά επίπεδα.
- Κάθε δορυφόρος αναγνωρίζεται από τον αριθμό της θυρίδας του, ο οποίος ορίζει το τροχιακό επίπεδο (1-8, 9-16, 17-24) και τη θέση εντός του επιπέδου.
- Τα τρία τροχιακά επίπεδα διαχωρίζονται 120 μοίρες. Μέσα σε ένα επίπεδο τριών τροχιών, οι οκτώ δορυφόροι χωρίζονται κατά 45 μοίρες.
- Οι τροχιές GLONASS είναι κυκλικές τροχιές 19.140 km, με κλίση 64,8 μοιρών και περίοδο 11 ώρες 15 λεπτά 44 δευτερόλεπτα.
- Η ακρίβεια του συστήματος GLONASS κυμαίνεται μεταξύ 2.8 – 7.38 m.



Εικόνα 7: Τροχιές δορυφόρων του GLONASS

1. Τμήμα Διαστήματος

Οι δορυφόροι GLONASS χωρίζονται σε μπλοκ που είναι στην ουσία ένα σύνολο δορυφόρων που εκτοξεύονται συνήθως εντός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

1. Πρωτότυπα (Generation zero):

- 18 διαστημικά σκάφη (1982 – 1985)
- Σχεδιάστηκαν με διάρκεια ζωής 1 χρόνο (ωστόσο κάποιοι άντεξαν πάνω από 14 μήνες)

2. First Generation:

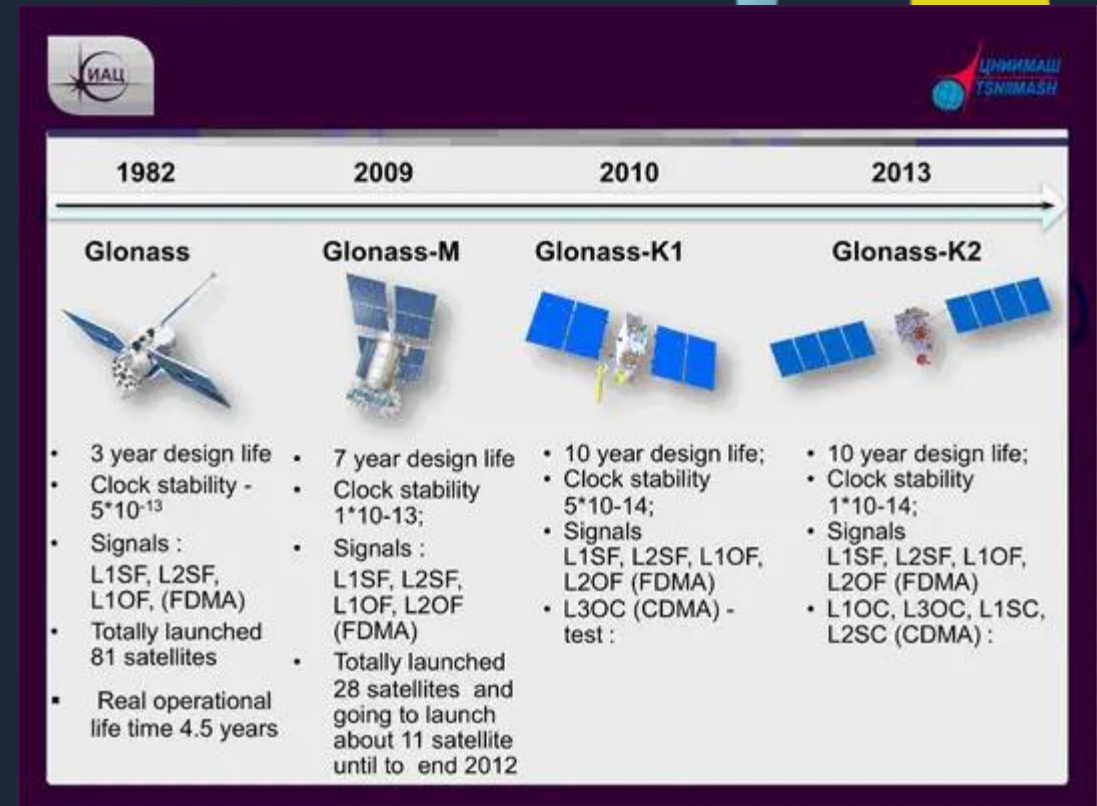
- Οι πρώτοι αληθινοί δορυφόροι GLONASS (1985 – 1990)
- Διάρκεια ζωής 2 – 3 χρόνια (κάποιοι έφτασαν τα 4,5 χρόνια)
- Βελτιωμένα πρότυπα χρόνου και συχνότητας σε σχέση με τα προηγούμενα πρωτότυπα διαστημικών σκαφών, με αυξημένη σταθερότητα συχνότητας

3. Second Generation (GLONASS-M):

- Αναπτύχθηκαν από το 1990 και μετά (πρώτη τροχιά το 2003)
- Διάρκεια ζωής έως 7 χρόνια
- Φέρουν ανακλαστήρες λείζερ γωνιακού κύβου για ακριβή προσδιορισμό και γεωδεσία

4. Third Generation (GLONASS-K):

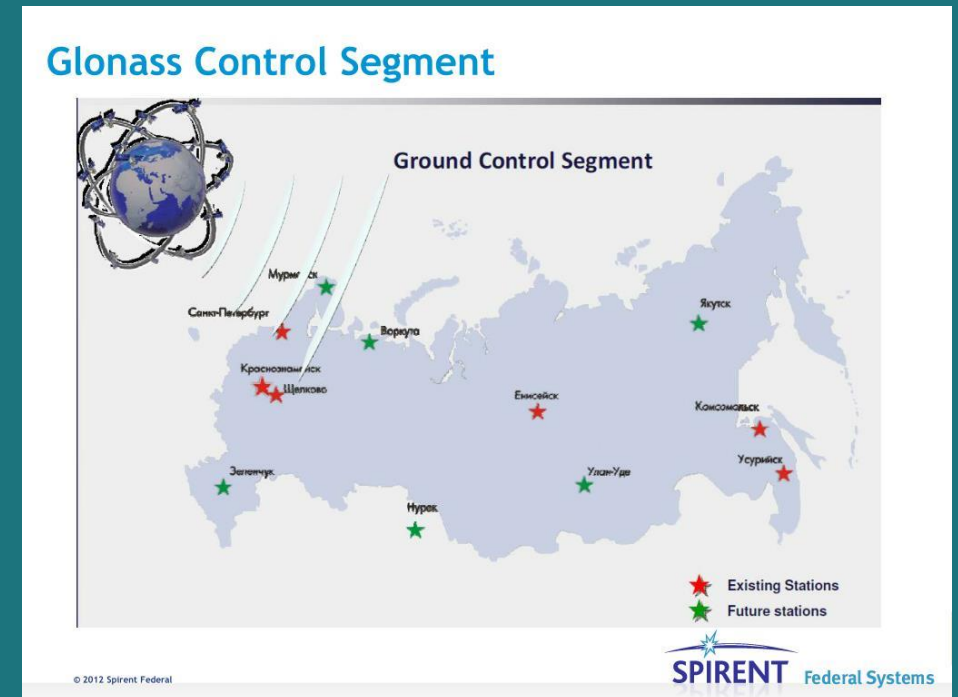
- Διάρκεια ζωής 10 ετών
- Περιλαμβάνουν σήματα κωδικού διαίρεσης πολλαπλής πρόσβασης (CDMA)



Εικόνα 8: Οι δορυφόροι του GLONASS

2. Τμήμα Εδάφους

- Το τμήμα ελέγχου εδάφους του GLONASS βρίσκεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στην επικράτεια της πρώην Σοβιετικής Ένωσης.
- Το επίγειο τμήμα GLONASS αποτελείται από:
 - α) ένα κέντρο ελέγχου συστήματος (System Control Centre)
 - β) πέντε κέντρα τηλεμετρίας, παρακολούθησης και διοίκησης
 - γ) δύο σταθμοί μέτρησης λέιζερ και
 - δ) δέκα Σταθμοί Παρακολούθησης και Μέτρησης.
- Το τμήμα ελέγχου παρέχει παρακολούθηση της κατάστασης του αστερισμού GLONASS, διόρθωση των τροχιακών παραμέτρων, καθορίζει τις μετατοπίσεις των δορυφορικών ρολογιών και -δύο φορές την ημέρα- ανεβάζει τα δεδομένα πλοήγησης στους δορυφόρους.



Εικόνα 9: Το τμήμα ελέγχου εδάφους GLONASS

3. Τμήμα Χρήστη

- Το τμήμα χρήστη GLONASS αποτελείται από ραδιοδέκτες/επεξεργαστές και κεραίες L-band που λαμβάνουν σήματα GLONASS, καθορίζουν ψευδοαποστάσεις (και άλλα παρατηρήσιμα στοιχεία) και λύνουν τις εξισώσεις πλοήγησης για να λάβουν τις συντεταγμένες τους και να παρέχουν πολύ ακριβή χρόνο.
- Ο δέκτης GLONASS/GPS είναι μια συσκευή ικανή να προσδιορίζει τη θέση του χρήστη, την ταχύτητα και τον ακριβή χρόνο (Velocity & Precise Time - PVT) επεξεργάζοντας το σήμα που εκπέμπεται από δορυφόρους.
- Η πλοήγηση που παρέχει ένας δέκτης GNSS βασίζεται στον υπολογισμό της απόστασής του από ένα σύνολο δορυφόρων, μέσω εξαγωγής του χρόνου διάδοσης των εισερχόμενων σημάτων που ταξιδεύουν στο διάστημα με την ταχύτητα του φωτός, σύμφωνα με τα τοπικά ρολόγια του δορυφόρου και του δέκτη.



Εικόνα 10: Combined GLONASS/GPS receiver, 2003

Εφαρμογές



- Ενοπλες δυνάμεις
- Συγχρονισμός συστημάτων επικοινωνίας και ενέργειας
- Γεωδαισία: οι δέκτες GLONASS χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό ακριβών συντεταγμένων σημείων και ορίων αγροτεμαχίων
- Χαρτογραφία: χρησιμοποιείται στην πολιτική και στρατιωτική χαρτογραφία
- Τεκτονική: οι κινήσεις των τεκτονικών πλακών και οι σπασμοί παρακολουθούνται χρησιμοποιώντας δορυφόρους
- Πλοήγηση: χρησιμοποιούνται για θαλάσσια και οδική πλοήγηση
- Δορυφορική παρακολούθηση: το έργο ERA-GLONASS είναι η παρακολούθηση της θέσης και της ταχύτητας των οχημάτων και ο έλεγχος των κινήσεών τους
- Παρακολούθηση σύνθετων μηχανικών κατασκευών
- Παρακολούθηση ζώων, προστασία του περιβάλλοντος
- Διευκόλυνση έρευνας και διάσωσης
- Προσωπικοί ιχνηλάτες, "κουμπί πανικού"

GLONASS – Μέλλον και εξέλιξη

- Η Ρωσική Ομοσπονδία στοχεύει στη βελτίωση τόσο του διαστημικού, όσο και του επίγειου και του τμήματος χρήστη του συστήματος GLONASS.
- Το πρόγραμμα στοχεύει στο να διασφαλίσει ότι οι επιδόσεις του GLONASS θα είναι παρόμοιες με αυτές του GPS. Το γεγονός ότι οι επιδόσεις του GLONASS είναι χειρότερες από αυτές του GPS οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως οι επιδόσεις των ατομικών ρολογιών επί του σκάφους, ο αριθμός των δορυφόρων στον αστερισμό και το γεγονός ότι η παρακολούθηση και ο έλεγχος του τμήματος εδάφους περιορίστηκε στη ρωσική επικράτεια.
- Στόχοι:
 1. Παροχή καλύτερης ακρίβειας, αντίστασης πολλαπλών διαδρομών και ιδιαίτερα, μεγαλύτερη διαλειτουργικότητα με το GPS και το μελλοντικό GALILEO και άλλα συστήματα GNSS.
 2. Επέκταση του τμήματος εδάφους με δεκαπέντε νέους σταθμούς αναφοράς, έξι από αυτούς εκτός της ρωσικής επικράτειας, όπου ο πρώτος έχει ήδη τοποθετηθεί στην Ανταρκτική.
 3. Ενεργή προώθηση του συστήματος GLONASS για πολιτική χρήση (καθώς υστερεί σε σχέση με το σύστημα GPS).

BeiDou

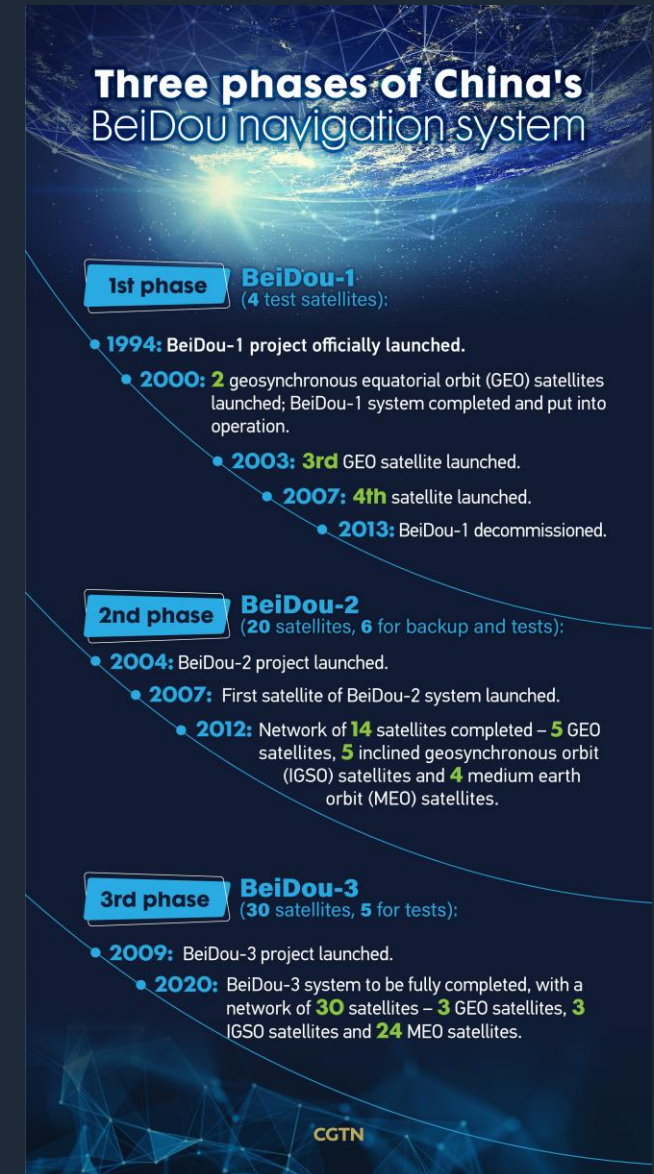
- Το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης BeiDou είναι ένα δορυφορικό σύστημα ραδιοπλοήγησης που ανήκει και λειτουργεί από την Εθνική Υπηρεσία Διαστήματος της Κίνας.
- Είναι ένα από τα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης (GNSS) που παρέχουν πληροφορίες γεωεντοπισμού και ώρας σε έναν δέκτη BDS οπουδήποτε πάνω ή κοντά στη Γη, όπου υπάρχει ανεμπόδιστη οπτική γωνία σε τέσσερις ή περισσότερους δορυφόρους BDS.
- Λειτουργεί με γνώμονα τις ανάγκες της εθνικής ασφάλειας και της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης της Κίνας.
- Ως χρονική-χωρική υποδομή εθνικής σημασίας, το BDS παρέχει υπηρεσίες εντοπισμού θέσης, πλοήγησης και χρονισμού παντός χρόνου, παντός καιρού και υψηλής ακρίβειας σε παγκόσμιους χρήστες.



Εικόνα 11: BeiDou Satellite

Ιστορική αναδρομή

- Στα τέλη του 20ου αιώνα, η Κίνα άρχισε να εξερευνά έναν δρόμο για να αναπτύξει ένα δορυφορικό σύστημα πλοήγησης κατάλληλο για τις εθνικές της συνθήκες.
- Η αρχική ιδέα ενός κινεζικού συστήματος δορυφορικής πλοήγησης συνελήφθη από τον Chen Fangyun και τους συναδέλφους του τη δεκαετία του 1980
- Σταδιακά διαμόρφωθηκε μια στρατηγική ανάπτυξης τριών βημάτων:
 1. Μέχρι το 2000, ολοκληρώθηκε η κατασκευή του πειραματικού BDS-1 για την παροχή υπηρεσιών στην Κίνα (3 δορυφόροι).
 2. Μέχρι το 2012, ολοκληρώθηκε η κατασκευή του BDS-2 για την παροχή υπηρεσιών στην περιοχή Ασίας-Ειρηνικού (regional BeiDou navigation system).
 3. Η κατασκευή του BDS-3 ολοκληρώθηκε για την παροχή υπηρεσιών σε όλο τον κόσμο το 2020 (global BeiDou navigation system).



Εικόνα 12: Οι 3 φάσεις του BeiDou

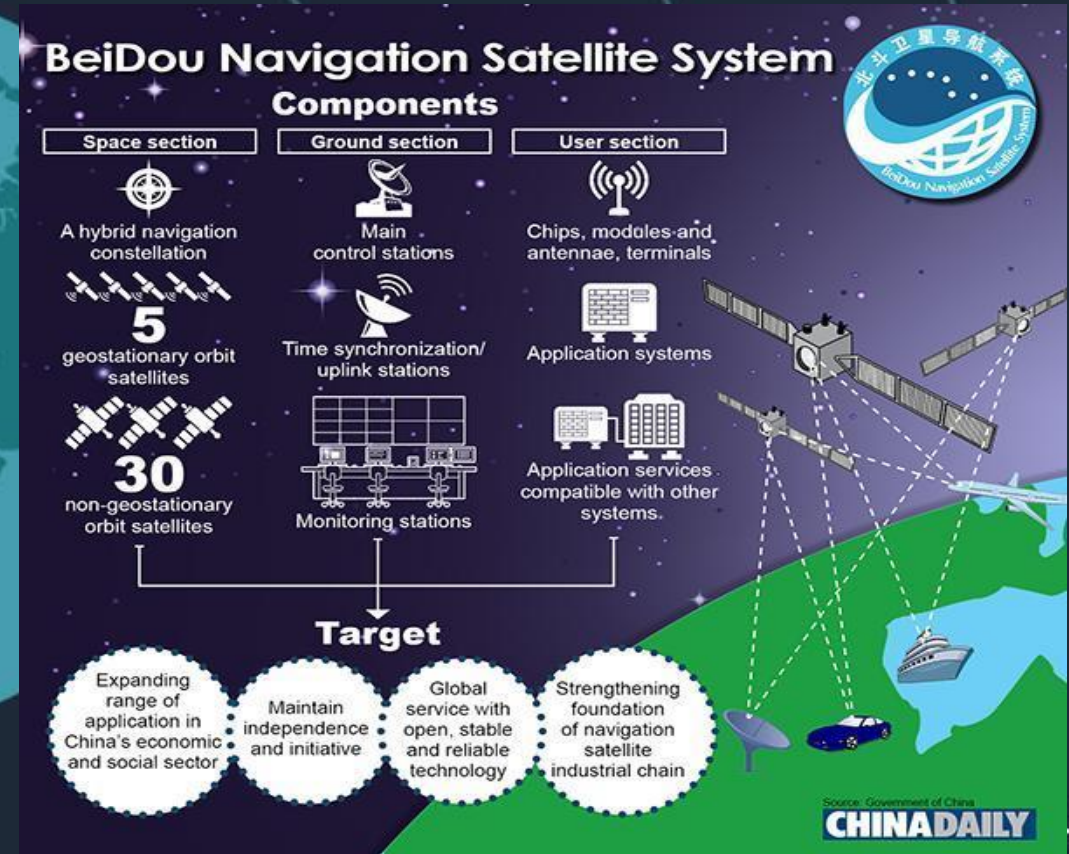
Ιστορική αναδρομή

- Τον Οκτώβριο του 2004, η Κίνα εντάχθηκε επίσημα στο έργο Galileo υπογράφοντας τη συμφωνία για τη συνεργασία στο πρόγραμμα Galileo μεταξύ της "Galileo Joint Undertaking" (GJU) και του "National Remote Sensing Centre of China" (NRSCC).
- Το 2018, οι Ένοπλες Δυνάμεις του Πακιστάν έλαβαν πρόσβαση στο BeiDou για στρατιωτικούς σκοπούς.
- Το 2019, το Υπουργείο Άμυνας της Σαουδικής Αραβίας υπέγραψε συμφωνία για στρατιωτική χρήση του BeiDou.
- Το 2020, η Αργεντινή συνήψε συμφωνία συνεργασίας με την Κίνα σχετικά με τη χρήση του BeiDou.
- Το 2021, το πρώτο BeiDou System Cooperation Forum Κίνας-Αφρικής πραγματοποιήθηκε στο Πεκίνο.
- Το 2022, η Ρωσία υπέγραψε συμφωνία για τη διαλειτουργικότητα των BeiDou και GLONASS.

Περιγραφή του BeiDou

➤ Όπως όλα τα GNSS συστήματα έτσι και το BeiDou αποτελείται από τρία τμήματα:

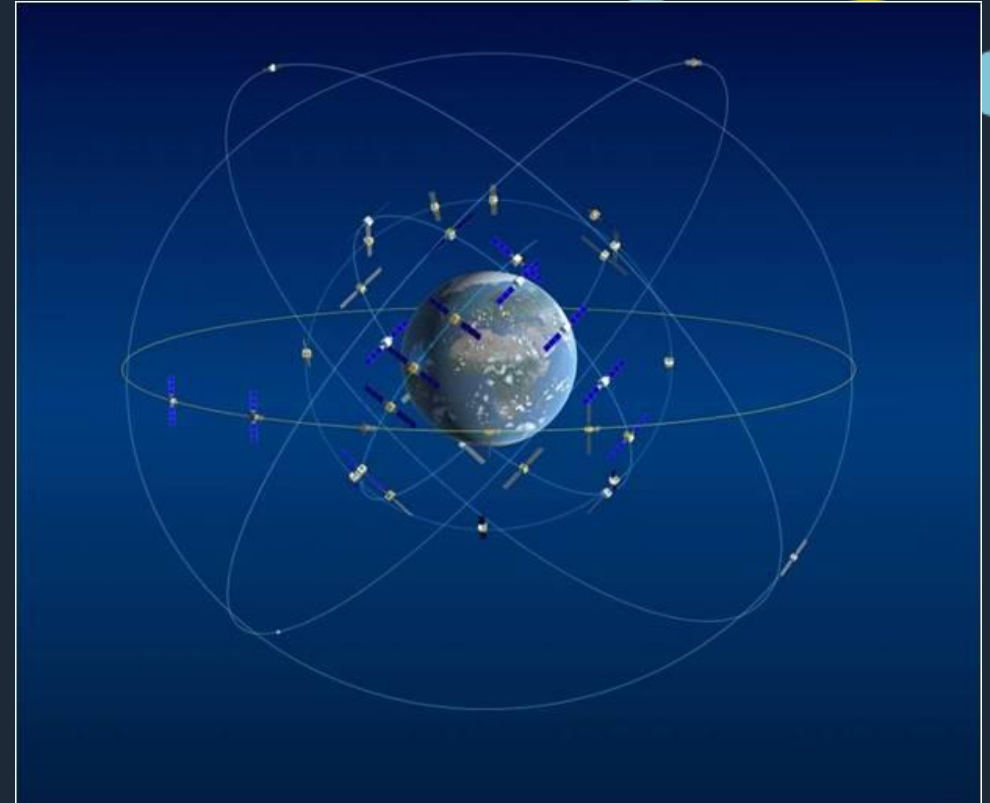
1. Το τμήμα διαστήματος BeiDou
2. Το τμήμα εδάφους BeiDou
3. Το τμήμα χρήστη BeiDou



Εικόνα 13: Τα 3 τμήματα του BeiDou

1. Τμήμα Διαστήματος

- Από τον Δεκέμβριο του 2023, λειτουργούν 44 δορυφόροι:
 - a) 7 σε γεωστατικές τροχιές (Geostationary Orbits - GEO)
 - b) 10 σε γεωσύγχρονες τροχιές με κλίση 55° (Inclined Geosynchronous Orbits - IGSO)
 - c) 27 σε μεσαίες τροχιές γης (Medium Earth Orbits - MEO).
- Επίσης, 8 δορυφόροι (4 σε μεσαία γήινη τροχιά, 2 σε γεωστατική τροχιά και 2 σε κεκλιμένη γεωσύγχρονη τροχιά) βρίσκονται υπό δοκιμή ή θέση σε λειτουργία.
- Οι δορυφόροι BeiDou κατανέμονται σε 6 τροχιακά επίπεδα με γωνία 55 μοιρών ως προς τον Ισημερινό και σε ύψος 27.500 μέτρων ενώ η περίοδος τροχιάς τους είναι 12 ώρες και 53 λεπτά (κάθε 13 περιστροφές, που γίνονται σε 7 αστρονομικές ημέρες, ένας δορυφόρος περνά από την ίδια θέση).

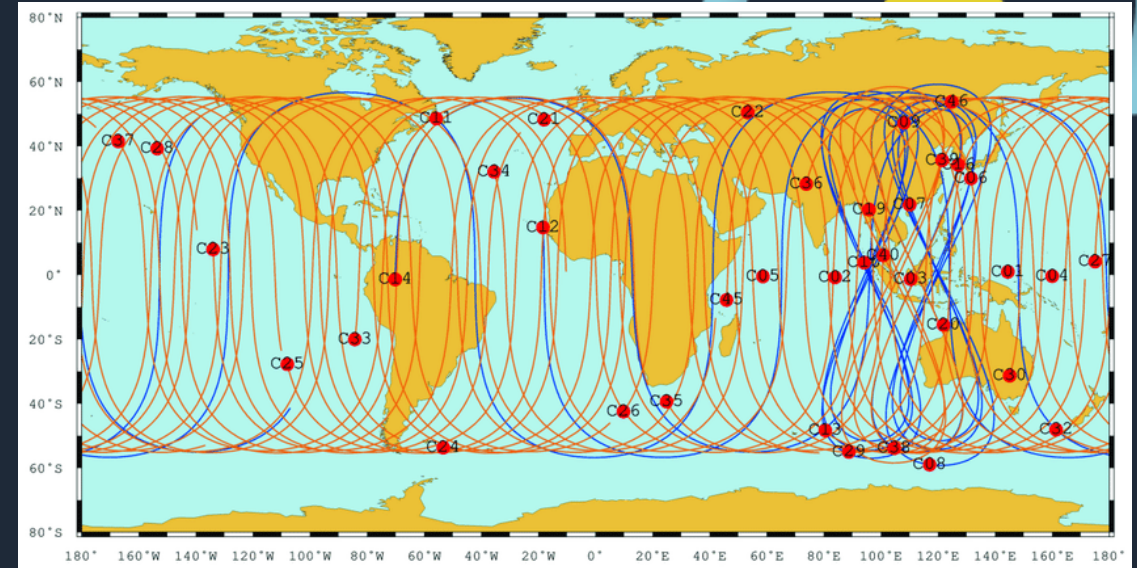


Εικόνα 14: Τροχιές δορυφόρων BeiDou

1. Τμήμα Διαστήματος

➤ Το **BeiDou-1** ήταν ένα πειραματικό περιφερειακό σύστημα πλοήγησης, το οποίο αποτελούνταν από τέσσερις δορυφόρους (τρεις δορυφόρους εργασίας και έναν εφεδρικό δορυφόρο).

1. Ο πρώτος δορυφόρος, BeiDou-1A, εκτοξεύτηκε στις 31 Οκτωβρίου 2000.
2. Το 2007 η ανάλυση του συστήματος BeiDou ήταν τόσο χαμηλή όσο 0,5 μέτρα.
3. Το BeiDou-1 αποσύρθηκε στα τέλη του 2012, αφού το σύστημα BeiDou-2 τέθηκε σε λειτουργία.



Εικόνα 15: BeiDou Orbits

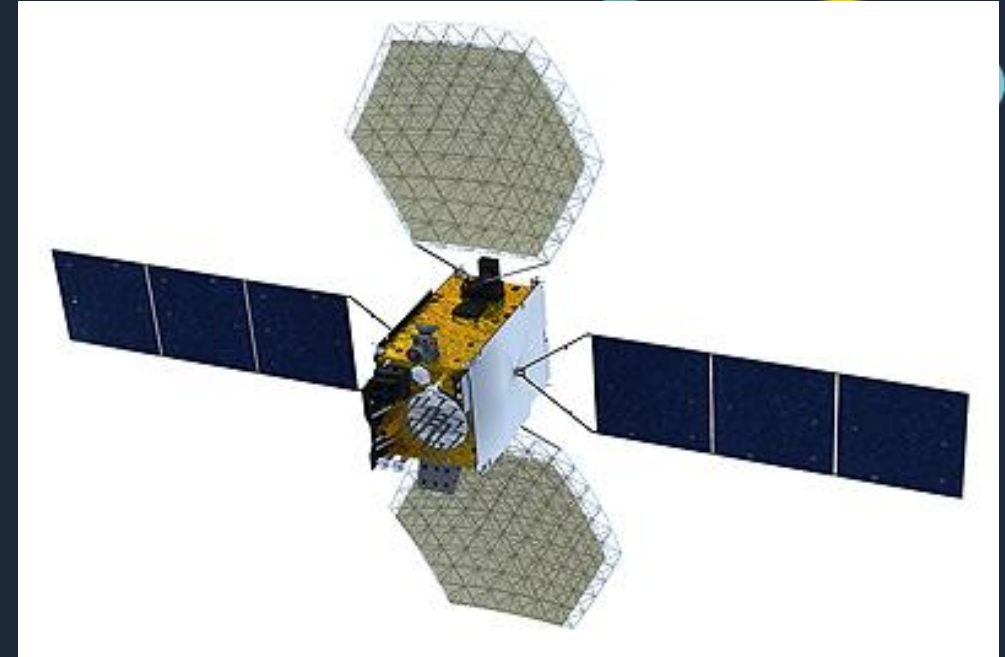
➤ Το **BeiDou-2** (παλαιότερα γνωστό ως COMPASS) δεν είναι επέκταση του παλαιότερου BeiDou-1, αλλά το αντικαθιστά εντελώς. Το νέο σύστημα είναι ένας αστερισμός 35 δορυφόρων.

1. Υπάρχουν δύο επίπεδα υπηρεσίας εντοπισμού θέσης: ανοιχτό (δημόσιο) και περιορισμένο (στρατιωτικό).
2. Όλοι οι δορυφόροι BeiDou είναι εξοπλισμένοι με συστοιχίες αντανακλαστήρα λέιζερ για την εμβέλεια δορυφορικών λέιζερ και την επαλήθευση της ποιότητας τροχιάς.
3. Η δωρεάν πολιτική υπηρεσία έχει ακρίβεια εντοπισμού θέσης 10 μέτρων, συγχρονίζει τα ρολόγια με ακρίβεια 10 νανοδευτερόλεπτων και μετρά ταχύτητες εντός 0,2 m/s. Η στρατιωτική υπηρεσία έχει ακρίβεια θέσης 10 cm.
4. Το Compass-M1 ήταν ο πρώτος πειραματικός δορυφόρος που εκτοξεύτηκε στις 14 Απριλίου 2007.

1. Τμήμα Διαστήματος

➤ Τρίτη φάση του συστήματος BeiDou (BDS-3):

1. Περιλαμβάνει τρεις δορυφόρους GEO, τρεις δορυφόρους IGSO και είκοσι τέσσερις δορυφόρους MEO.
2. Στις 23 Ιουνίου 2020, η ανάπτυξη του αστερισμού BDS-3 ολοκληρώθηκε πλήρως μετά την επιτυχή εκτόξευση του τελευταίου δορυφόρου στο Κέντρο Εκτόξευσης Δορυφόρου Xichang.
3. Οι δορυφόροι BDS-3 περιλαμβάνουν επίσης δυνατότητες SBAS (Satellite-based augmentation systems), Precise Point Positioning και δυνατότητες αναμεταδότη αναζήτησης και διάσωσης (6 MEOSAR).



Εικόνα 16: BeiDou-3

2. Τμήμα Εδάφους

- Το επίγειο τμήμα BDS αποτελείται από διάφορους επίγειους σταθμούς, συμπεριλαμβανομένων:
 - a) **σταθμών κύριου ελέγχου:** ασχολούνται με τον έλεγχο των δορυφορικών αστερισμών και την επεξεργασία των μετρήσεων που λαμβάνονται από τους σταθμούς παρακολούθησης για τη δημιουργία του μηνύματος πλοήγησης
 - b) **σταθμών συγχρονισμού χρόνου/ανερχόμενης ζεύξης:** ασχολούνται με τη μεταφόρτωση των τροχιακών διορθώσεων και του μηνύματος πλοήγησης στους δορυφόρους BeiDou
 - c) **σταθμούς παρακολούθησης:** συλλέγουν δεδομένα BeiDou για όλους τους δορυφόρους από τις τοποθεσίες τους
- Το επίγειο τμήμα περιλαμβάνει έναν κύριο σταθμό ελέγχου, δύο σταθμούς αποστολής και 30 σταθμούς παρακολούθησης.
- Το σύστημα υποστηρίζει μια υπηρεσία επικοινωνίας σύντομων μηνυμάτων που μπορεί να ανταλλάσσεται μεταξύ του σταθμού και των χρηστών.



Εικόνα 17: BeiDou Ground Segment

3. Τμήμα Χρήστη - Δέκτες

- Το τμήμα χρηστών BDS αποτελείται από διάφορα είδη βασικών προϊόντων, συστημάτων και υπηρεσιών BDS καθώς και από αυτά που είναι συμβατά με άλλα συστήματα πλοήγησης, συμπεριλαμβανομένων βασικών προϊόντων όπως τσιπ, μονάδες και κεραίες, τερματικά, συστήματα εφαρμογών και υπηρεσίες εφαρμογών.
- Τα πρώτα τερματικά χρήστη εμφανίστηκαν το 2009 και βασίζονται στο ASIC και περιλαμβάνουν ήδη ενσωματωμένο GPS.
- Το BeiDou χρησιμοποιεί τεχνικές CDMA που επιτρέπουν μια απλούστερη μονάδα RF, καθώς όλα τα σήματα στην ίδια ζώνη συχνοτήτων έχουν έναν κοινό φορέα.
- Το BeiDou υποστηρίζει μια περιφερειακή υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων, η οποία επιτρέπει στον χρήστη να στέλνει πληροφορίες στους σταθμούς. Αυτή η πρόσθετη σύνδεση επικοινωνίας προσθέτει πολυπλοκότητα στον δέκτη, και επομένως δυνητικά υψηλότερο κόστος.

Εφαρμογές

- **Αλιεία:** ασφάλεια των αλιέων, ωκεάνια και οικονομική ασφάλεια, προστασία της κυριαρχίας και των πόρων: αναφέρθηκαν 14.000 χρήστες αλιέων και περισσότερα από 500 συστήματα διάσωσης σκαφών και συναγερμού έχουν εξοπλιστεί με τερματικούς σταθμούς BeiDou.
- **Πρόληψη και Μετριασμός Καταστροφών:** βελτίωση της ικανότητας απόκρισης διάσωσης και λήψης αποφάσεων λόγω ταχείας και έγκαιρης προειδοποίησης καταστροφών, υποστήριξη επιχειρήσεων διάσωσης σχετικά με τον προγραμματισμό εντολών και ταχεία επικοινωνία. Οι τερματικοί σταθμοί BeiDou χρησιμοποιήθηκαν στις επιχειρήσεις που ακολούθησαν τους σεισμούς στο Wenchuan (επαρχία Sichuan) και στο Yushu (επαρχία Qinghai).
- **Χρονομέτρηση:** Συσκευές συγχρονισμού χρόνου πολλαπλών λειτουργιών Beidou/GPS, με αναφερόμενη ακρίβεια συγχρονισμού καλύτερη από 100 ns.
- **Άλλες εφαρμογές:** μεταφορές, διαχείριση των υδάτων, μετεωρολογία, πρόληψη δασικών πυρκαγιών, παρακολούθηση του εδάφους και παρακολούθηση της ασφάλειας των ανθρακωρυχείων.

Εφαρμογές

- Τον Αύγουστο του 2015, η Alibaba ανακοίνωσε ότι θα αρχίσει να παρέχει υπηρεσίες βάσει τοποθεσίας που βασίζονται στο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης BeiDou (BDS).
- Από τον Δεκέμβριο του 2017, 150 εκατομμύρια κινεζικά smartphone (20% της αγοράς) ήταν εξοπλισμένα για να χρησιμοποιούν το BeiDou.



Εικόνα 18: Εφαρμογές BeiDou

BeiDou – Μέλλον και εξέλιξη

- Το τμήμα εδάφους επεκτείνεται καθώς το BeiDou εξελίσσεται σε παγκόσμια ικανότητα πλοήγησης.
- Ένα πιο ολοκληρωμένο και έξυπνο εθνικό σύστημα εντοπισμού θέσης, πλοήγησης και χρονισμού (Positioning Navigation & Timing - PNT) έχει προγραμματιστεί να δημιουργηθεί έως το 2035.
- Το μελλοντικό BeiDou αναμένεται να υποστηρίζει δύο διαφορετικά είδη γενικών υπηρεσιών: RDSS (Radio Determination Satellite Service) και RNSS (Radio Navigation Satellite Service).
- Η κινεζική κυβέρνηση θεωρεί τη δορυφορική πλοήγηση ως στρατηγική στην τεχνολογία πληροφοριών νέας γενιάς και ενθαρρύνει τη διεθνή συνεργασία για τη διασφάλιση της συμβατότητας και της διαλειτουργικότητας με άλλα συστήματα πλοήγησης.

Σφάλματα

Τα σφάλματα ακρίβειας προσδιορισμού της τελικής θέσης μπορεί να προέρχονται:

- Από το ρολόι του δέκτη ή του δορυφόρου
- Λόγω απόκλισης των δορυφόρων από τις καθορισμένες τροχιές τους
- Φυσικά εμπόδια (π.χ. έντονο ανάγλυφο) ή λόγω θορύβου στον δέκτη
- Πολλαπλές ανακλάσεις
- Λόγω επιδράσεων στην ιονόσφαιρα και στην τροπόσφαιρα
- Λόγω γεωμετρικής διασποράς των δορυφόρων

Σύγκριση GNSS



Constellation	GPS	GLONASS	GALILEO	COMPASS
Political entity	United States	Russia	European Union	China
Total Satellites	24 + 3	24 (4 Orb)	27 + 3	5 geostationary 30 medium Earth orbit
Full Operational Capacity	1995	GLONASS: 1995 GLONASS-M: 2010	2020	2020
Orbital Period	12 Hours	11 Hours, 15 Min	14 Hours, 22 Min	12.63 hours (12 h 38 m in)
Orbital Planes	6	3	3	6
Orbital Height	20,200 km	19,100 km	23,616 km	21,150 km
Satellite in Each Plane	4	8	10	5
Inclination	55°	64.8°	56°	55.5°
Plane Separation	60°	120°	120°	
Frequency	1575.42 M Hz 1227.6 M Hz	1246-1257 M Hz 1602-1616 M Hz	1164 - 1300 M Hz 1559 - 1591 M Hz	1.561098 GHz 1.589742 GHz 1.20714 GHz 1.26852 GHz
Modulation	CDMA	FDMA	CDMA	CDMA

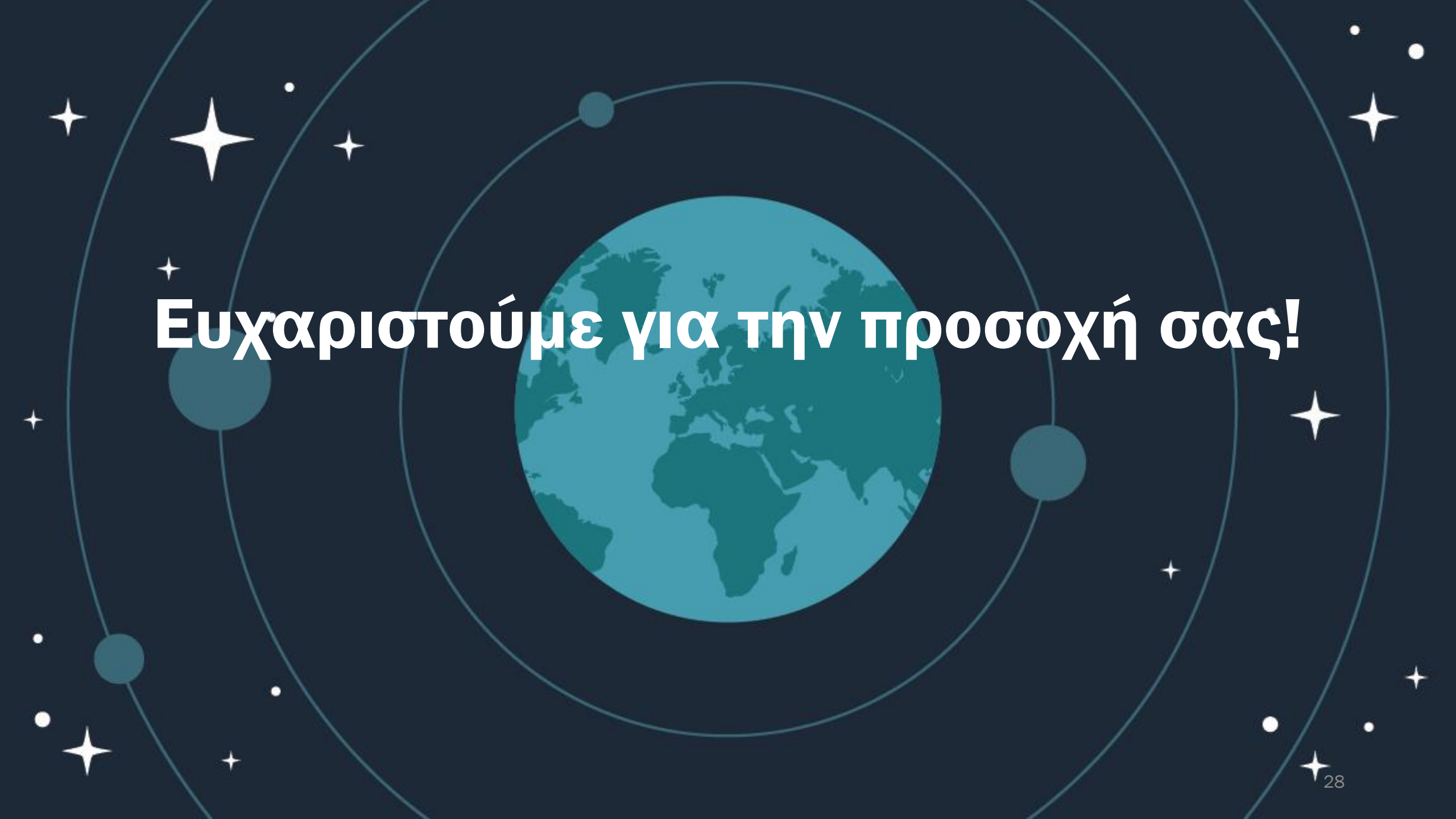
Εικόνες 19-20: Σύγκριση δορυφόρων GNSS

Χρήσιμοι σύνδεσμοι

- Swedish firm starts using Russian satnav
<https://www.reuters.com/article/2011/04/11/us-russia-sweden-glonass-idUSTRE73A1S320110411/>
- How China built its BeiDou Navigation Satellite System
https://www.youtube.com/watch?v=uJptY5WnwTw&ab_channel=CGTN
- GPS Vs. GLONASS Vs. Galileo: What's The Best GNSS?
https://www.youtube.com/watch?v=g2s8GFAGeJo&ab_channel=ExpertWorldTravel

Βιβλιογραφία

- <https://www.landmark.com.gr/%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%AD%CF%82-gps/%CF%84%CE%BF-%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1-glonass/>
- https://ilrs.gsfc.nasa.gov/missions/satellite_missions/current_missions/g137_general.html
- <https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>
- https://glonass-iac.ru/en/about_glonass/
- https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GLONASS_General_Introduction
- https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=GLONASS_Space_Segment
- https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=GLONASS_Ground_Segment
- https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=GLONASS_User_Segment
- https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=GLONASS_Future_and_Evolutions
- <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/System/>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou>
- https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_BeiDou_satellites
- https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/BeiDou_General_Introduction
- https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=BeiDou_Space_Segment
- https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=BeiDou_Ground_Segment
- https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=BeiDou_User_Segment
- Παρουσίαση Δρ. Κωνσταντίνος Βλάχου (18/05/2023)
- Παρουσίαση κ. Παναγιώτη Ηλία (12/04/2024)



Ευχαριστούμε για την προσοχή σας!