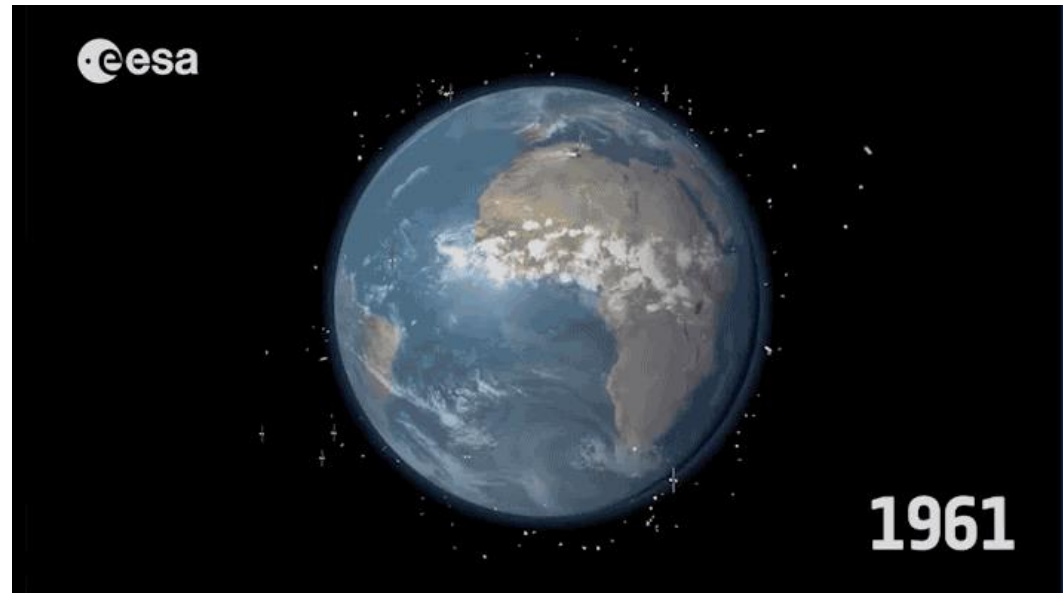


Δορυφορικές Τηλεπικοινωνίες

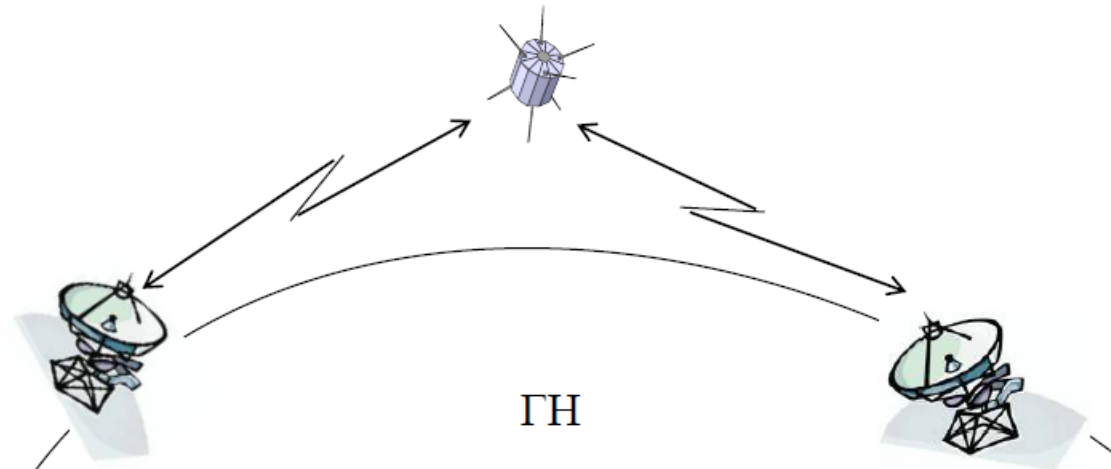


Γιατί δορυφορικές επικοινωνίες:

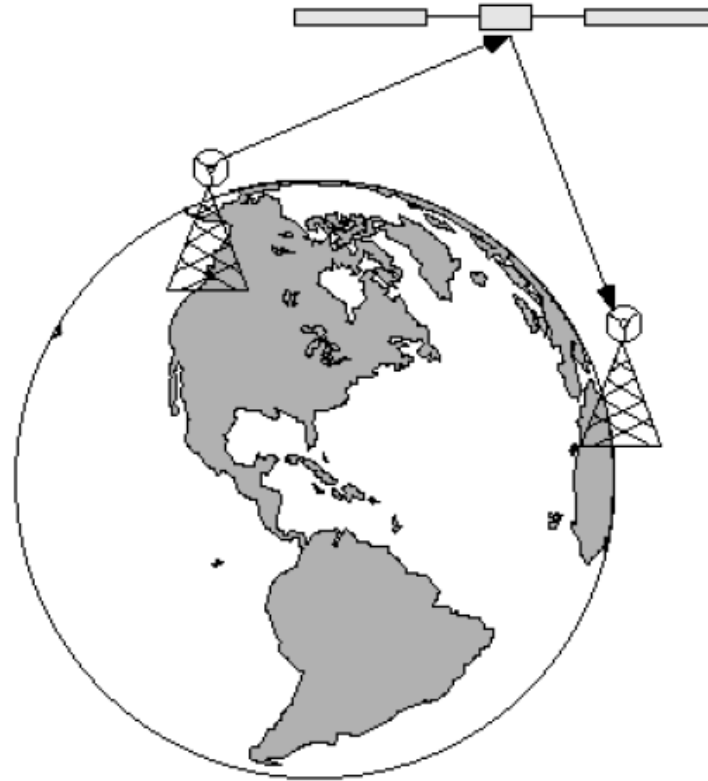
Οι γνωστές επίγειες τηλεπικοινωνίες αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα στη τηλεπικοινωνιακή σύνδεση πολύ απομακρυσμένων σημείων. Στην περίπτωση χρήσης ενσύρματων μέσων -απλά τηλεφωνικά καλώδια, ομοαξονικά καλώδια, οπτικές ίνες-απαιτείται φυσική σύνδεση μεταξύ των τερματικών σταθμών ενώ στην περίπτωση της ασύρματης επικοινωνίας, όπως για παράδειγμα στις μικροκυματικές ζεύξεις, η καμπυλότητα της επιφάνειας της Γης αποτελεί απαγορευτικό εμπόδιο. Τη λύση στα παραπάνω προβλήματα δίνουν τα δορυφορικά συστήματα τα οποία παρέχουν τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες μεγάλου εύρους σε περιοχές ευρείας γεωγραφικής κάλυψης με το μικρότερο κόστος.

Δορυφορικές Επικοινωνίες

- Μια ασύρματη ζεύξη μεταξύ δύο απομακρυσμένων σημείων είναι αδύνατο να εγκαθιδρυθεί απευθείας λόγω της καμπυλότητας της Γης
- Μια τέτοια ζεύξη, ωστόσο, είναι δυνατό να επιτευχθεί μέσω:
 - Πολλαπλών επίγειων αναμεταδοτών
 - Φυσικού ανακλαστήρα (ιονόσφαιρα)
 - Τεχνητού ανακλαστήρα (δορυφόρος)



Παράδειγμα Δορυφορικής Ζεύξης



Παράδειγμα Δορυφορικής Ζεύξης

Συγκρίνοντας τα δορυφορικά συστήματα με τα άλλα μέσα μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

Πλεονεκτήματα

- ↓ Το κόστος χρήσης είναι ανεξάρτητο από την απόσταση των επικοινωνούντων σταθμών.
- ↓ Μοναδική λύση για την τηλεπικοινωνιακή κάλυψη δύσβατων περιοχών, όπου η χρήση ενσύρματων συστημάτων είναι αδύνατη ή έχει εξαιρετικά υψηλό κόστος.
- ↓ Οι δορυφόροι καλύπτουν εύκολα απαιτήσεις εκπομπής σημάτων ευρείας ζώνης συχνοτήτων.
- ↓ Γρήγορη εγκατάσταση και ευκολία αναδιάρθρωσης.

Μειονεκτήματα

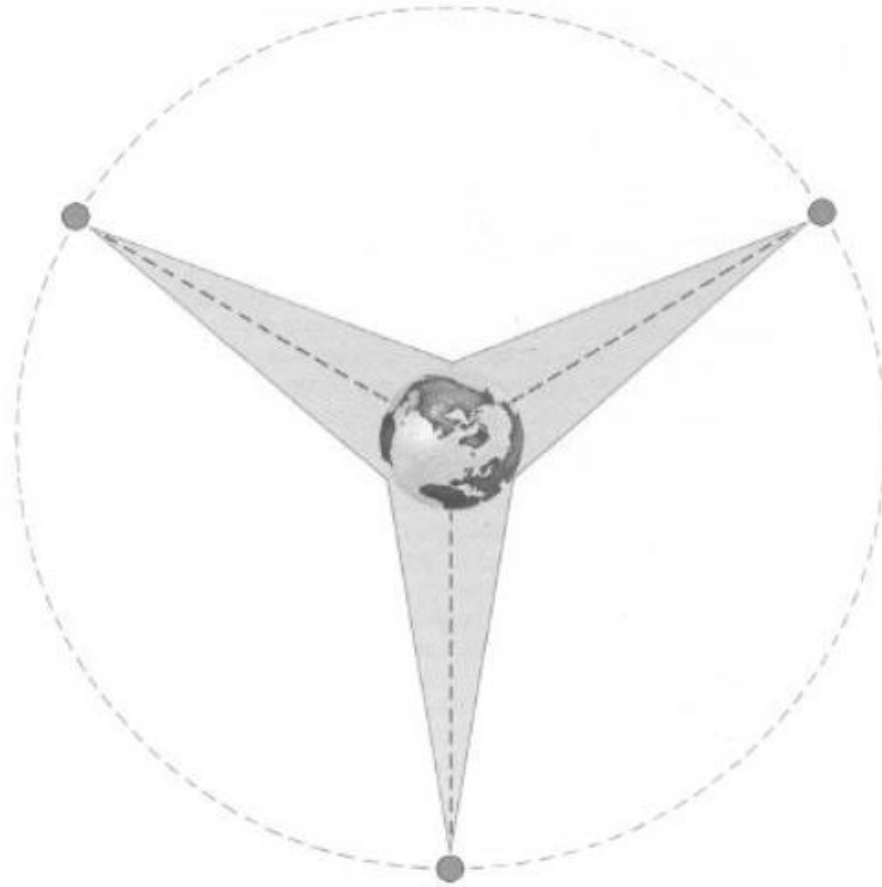
- ↓ Η καθυστέρηση μετάδοσης. Για ένα γεωστατικό δορυφόρο και για κατακόρυφη πορεία μετάδοσης ενός σήματος (αποστολή και λήψη) απαιτούνται περίπου 240 ms, γεγονός που δημιουργεί πρόβλημα στην επικοινωνία μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστών.
- ↓ Η έλλειψη ασφάλειας στις δορυφορικές επικοινωνίες. Για το λόγο αυτό τα δορυφορικά συστήματα χρησιμοποιούν εξειδικευμένες τεχνικές κρυπτογράφησης.
- ↓ Το υψηλό κόστος τοποθέτησης των δορυφόρων σε τροχιά καθώς και ο σχετικά περιορισμένος χρόνος ζωής των διαστημικών δορυφορικών σταθμών (7-10 χρόνια).

Οι σύγχρονες δορυφορικές επικοινωνίες έχουν την αφετηρία τους στην ιδέα του Βρετανού A.J.Clarke, ο οποίος το φθινόπωρο του 1945 δημοσίευσε ένα μικρό άρθρο με τον τίτλο Wireless World, στο οποίο πρότεινε την εγκατάσταση γεωστατικών δορυφόρων γύρω από τη Γη.

Οι δορυφόροι αυτοί θα είχαν τη δυνατότητα να μεταδίδουν μικροκυματικά σήματα σε μεγάλες αποστάσεις επιτυγχάνοντας τηλεπικοινωνιακή σύνδεση μεταξύ απομακρυσμένων σημείων. Χρειάστηκε να περάσουν αρκετά χρόνια για να υλοποιηθούν οι προφητικές ιδέες του Clarke. Το 1957 τέθηκε σε τροχιά ο πρώτος τεχνητός δορυφόρος (Sputnik I).

Στο σύντομο διάστημα των μερικών δεκαετιών που ακολούθησε η νέα τηλεπικοινωνιακή τεχνική γνώρισε εκρηκτική ανάπτυξη και η δυνατότητα ανάπτυξης καινοτόμων εφαρμογών προκάλεσε το έντονο ενδιαφέρον σε κρατικούς και ιδιωτικούς φορείς.

Το μοντέλο του Clarke



Το μοντέλο του Clarke

Οκτ. 1957

Αρχίζει η διαστημική εποχή με την εκτόξευση από την τότε ΕΣΣΔ του πρώτου τεχνητού δορυφόρου με το όνομα Sputnik I. Το Νοέμβριο του ίδιου έτους η ΕΣΣΔ αποστέλλει και δεύτερο δορυφόρο, τον Sputnik II, που μεταφέρει το πρώτο ζωντανό πλάσμα στο διάστημα.

Φεβρ. 1958

Οι ΗΠΑ μπαίνουν στην κούρσα εξερεύνησης και κατάκτησης του διαστήματος με το δορυφόρο Explorer I. Τα δεδομένα τηλεμετρίας που συνέλεξε και απέστειλε στη γη οδήγησαν στην ανακάλυψη των ζωνών Van Allen.

Δεκ. 1958

Εκτοξεύεται ο πρώτος τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος, ο S.C.O.R.E. (Signal Communication by Orbiting Relay Experiment). Μέσω του S.C.O.R.E. ο αμερικανός πρόεδρος Eisenhower αποστέλλει χριστουγεννιάτικες ευχές.

Αυγ. 1960

Η NASA θέτει σε τροχιά τον πρώτο πειραματικό αδρανή δορυφόρο τηλεπικοινωνιών, τον Echo 1, ένα σφαιρικό μπαλόνι διαμέτρου 30 μέτρων, το οποίο καλείται να παίξει το ρόλο του παθητικού ανακλαστήρα.

Απρ. 1961

Η πρώτη πτήση ανθρώπου στο διάστημα. Ο σοβιετικός Yuri Gagarin κάνει μια πλήρη περιστροφή γύρω από τη Γη σε 108 λεπτά πάνω στο διαστημόπλοιο Vostok 1.

Ιουλ. 1962

Ιστορική μέρα για τις διεθνείς τηλεπικοινωνίες. Ο δορυφόρος Telstar 1, προϊόν συνεργασίας της NASA και της AT&T, επιτρέπει στα αμερικανικά και στα ευρωπαϊκά δίκτυα τηλεόρασης να ανταλλάσσουν τα προγράμματά τους.

1963

Ο πρώτος γεωσύγχρονος δορυφόρος, ο SYNCOM I, τίθεται σε τροχιά σε ύψος 35.768 Km. Καθώς οι γεωσύγχρονοι δορυφόροι περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα με τη γη, φαίνονται ακίνητοι απ' αυτήν, πράγμα που απλοποιεί την κατασκευή του σταθμού εδάφους. Το 1964 ο δορυφόρος της ίδιας σειράς, SYNCOM III, χρησιμοποιείται για την κάλυψη των Ολυμπιακών Αγώνων του Τόκυο.

1965

Ο πρώτος γεωστατικός εμπορικός δορυφόρος, Intelsat I (Early Bird), μπαίνει σε τροχιά εγκαινιάζοντας τη μεγάλη ακολουθία των δορυφόρων Intelsat. Την ίδια χρονιά ο πρώτος ρωσικός τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος της σειράς MOLNIYA στέλνεται στο διάστημα. Ακολουθεί ο Intelsat II με δυνατότητα ταυτόχρονης εξυπηρέτησης 240 τηλεφωνικών συνδιαλέξεων ή ενός τηλεοπτικού καναλιού. Οι παραπάνω οικογένειες των δορυφόρων εξακολουθούν να παρέχουν τις υπηρεσίες τους μέχρι και σήμερα.

1967

Εκτοξεύεται ο πρώτος γεωστατικός μετεωρολογικός δορυφόρος, ο ATS 3. Είναι ο πρώτος δορυφόρος που στέλνει έγχρωμες φωτογραφίες της γης από το διάστημα.

21 Ιουλ. 1969

Η σεληνάκατος του Apollo 11 μεταφέρει για πρώτη φορά στην ιστορία της ανθρωπότητας τον άνθρωπο στη Σελήνη. Ο αμερικανός αστροναύτης Armstrong, πού είναι ο πρώτος που πάτησε στο σεληνιακό έδαφος, βήμα για τον άνθρωπο, ένα γιγαντιαίο άλμα για την ανθρωπότητα. Μισό δισεκατομμύριο άνθρωποι παρακολουθούν άφωνοι το εγχείρημα.

Neil
αναφώνησε: «Ένα μικρό
ανθρωπότητα». Μισό δισεκατομμύριο



Ο Sputnik I από διαφορετικές οπτικές γωνίες

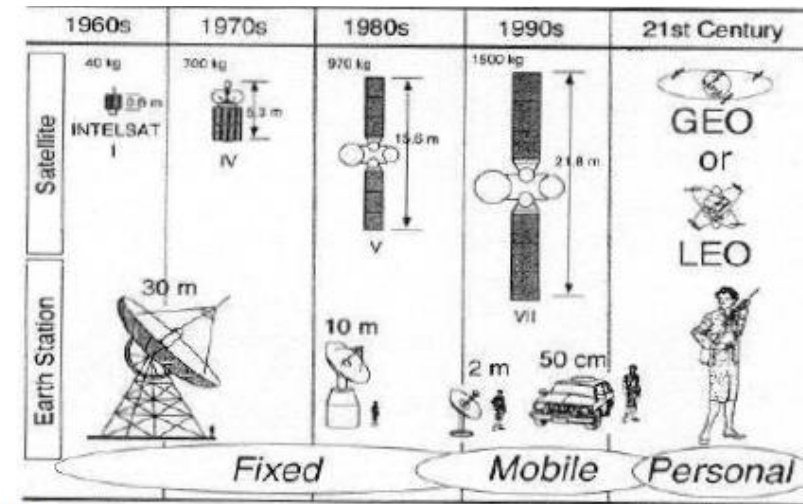
Μετά το 1970

- 1974: Anik 1A – Εθνικό δορυφορικό σύστημα σε λειτουργία στον Καναδά με GEO
- 1975: 1^η επιτυχής πειραματική ευρυεκπομπή σε συνεργασία ΗΠΑ-Ινδίας
- 1977: Πλάνο για *direct broadcast satellites (DBS)* από την International Telecommunications Union (ITU)
- 1979: Ίδρυση International Mobile Satellite Organization (Inmarsat)

1980 – Επέκταση εφαρμογών γεωστατικών δορυφόρων

- 1982: Παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στη ναυσιπλοΐα
- 1984: 1^ο σύστημα ευρυεκπομπής *direct-to-home (DTH)* σε λειτουργία, Ιαπωνία
- 1987: Επιτυχείς δοκιμές επικοινωνιών *land-mobile satellite (LMS)* από τον Inmarsat
- 1989-90: Παροχή υπηρεσιών σε αεροναυσιπλοΐα από τον Inmarsat

Ανταγωνισμός λόγω επενδύσεων σε οπτικά δίκτυα



● 1990-95

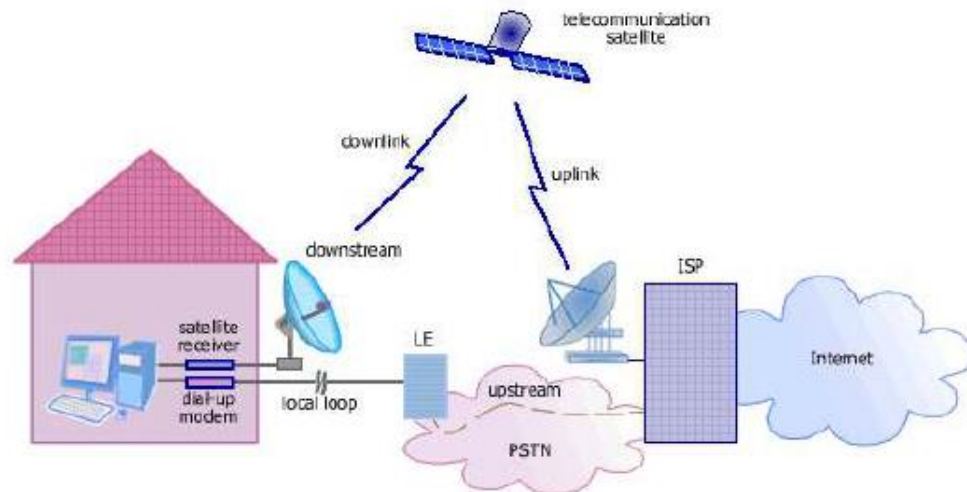
- Προτάσεις για χρήση μη γεωστατικών δορυφόρων για επικοινωνίες LMS
- Εξάπλωση very small aperture terminal (VSAT)
- Δέσμευση φάσματος για συστήματα βασιζόμενα σε μη γεωστατικούς δορυφόρους
- Αύξηση των DBS με κυριότερη εφαρμογή την τηλεοπτική μετάδοση (DBS-TV)

● 1997

- Εκτόξευση των δορυφόρων του δικτύου δορυφόρων Iridium
- Παροχή υπηρεσιών φωνής σε μικρού μεγέθους κινητά τερματικά από την Inmarsat

● Σήμερα

- Κινητές επικοινωνίες (φωνή, δεδομένα, πολυμέσα,...)
- Πρόσβαση στο διαδίκτυο (μονόδρομη ή αμφίδρομη ζεύξη)
- Broadband Global Area Network (BGAN)
- Συστήματα ψηφιακής ευρυεκπομπής DAB-S, DVB-S
- Συστήματα θεσηθεσίας GPS

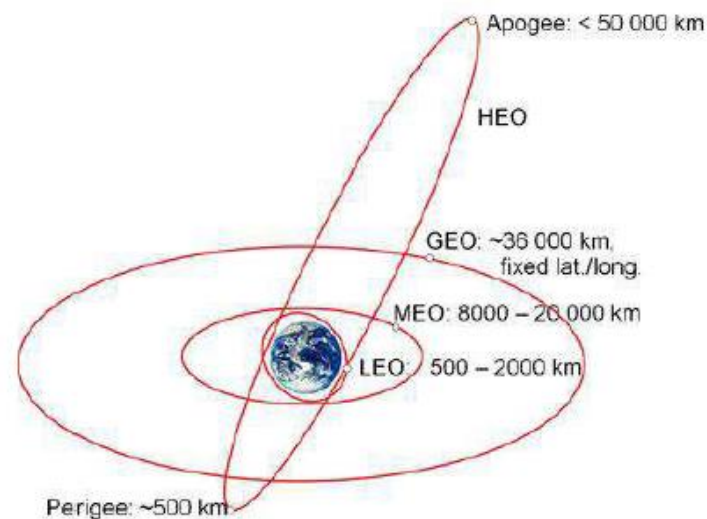
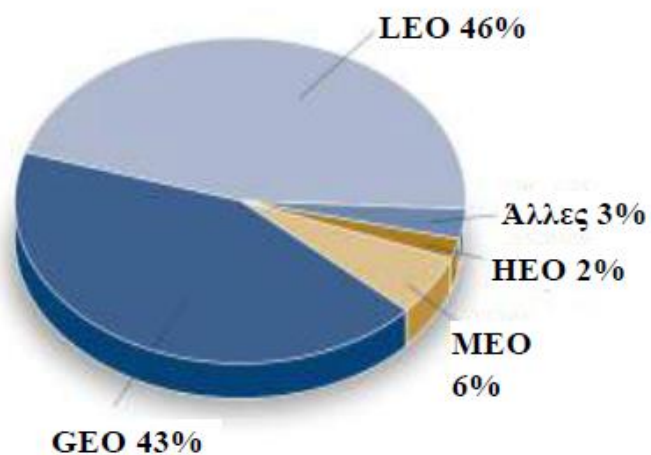
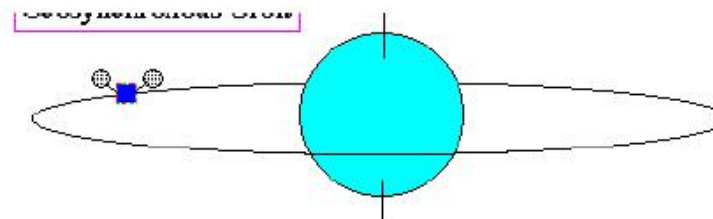


Σημερινοί GEO: Βάρος 10000 kg, ισχύ εκπομπής 12kW, 60 αναμεταδότες, χρόνο ζωής 13y

Χαρακτηριστικά Δορυφορικών Επικοινωνιών

Δορυφορικές Τροχιές

- Γεωστατική (*Geostationary Earth Orbit (GEO)*)
- Έντονα ελλειπτική (*Highly inclined Earth Orbit (HEO)*)
- Μέσου ύψους (*Medium Earth Orbit (MEO)*)
- Χαμηλού ύψους (*Low Earth Orbit (LEO)*)



Χαρακτηριστικά Δορυφορικών Επικοινωνιών

Πλεονεκτήματα δορυφορικών συστημάτων

- Κάλυψη μεγάλων γεωγραφικών περιοχών
- Κάλυψη απομακρυσμένων περιοχών
- Λειτουργία ανεξάρτητη από επίγεια δίκτυα
- Κάλυψη σταθερών και κινητών δεκτών
- Μικρό κόστος εγκατάστασης επίγειου δέκτη
- Μεγάλο εύρος ζώνης (ζώνες L, S, C, Ku, K, Ka, V, Q)
- Υψηλή ποιότητα υπηρεσιών
- Ευκολία αναδιάταξης



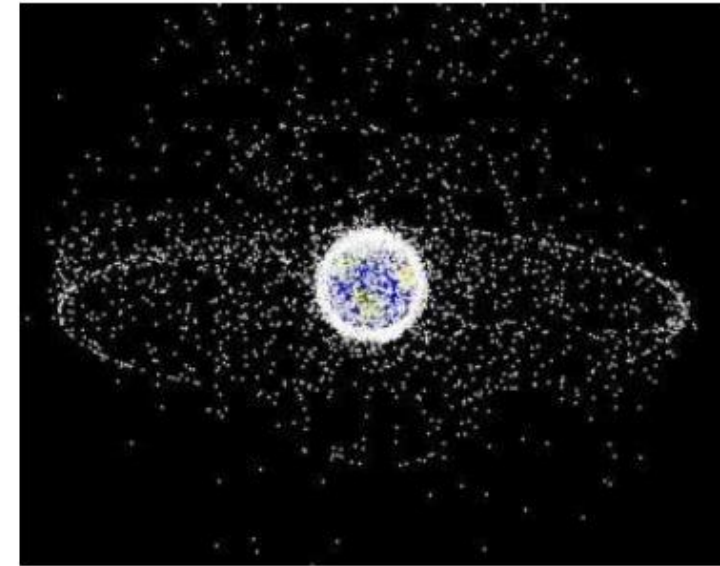
MEASAT 2A: Malaysia Ku band beam



Χαρακτηριστικά Δορυφορικών Επικοινωνιών

Προβλήματα δορυφορικών συστημάτων (με GEO)

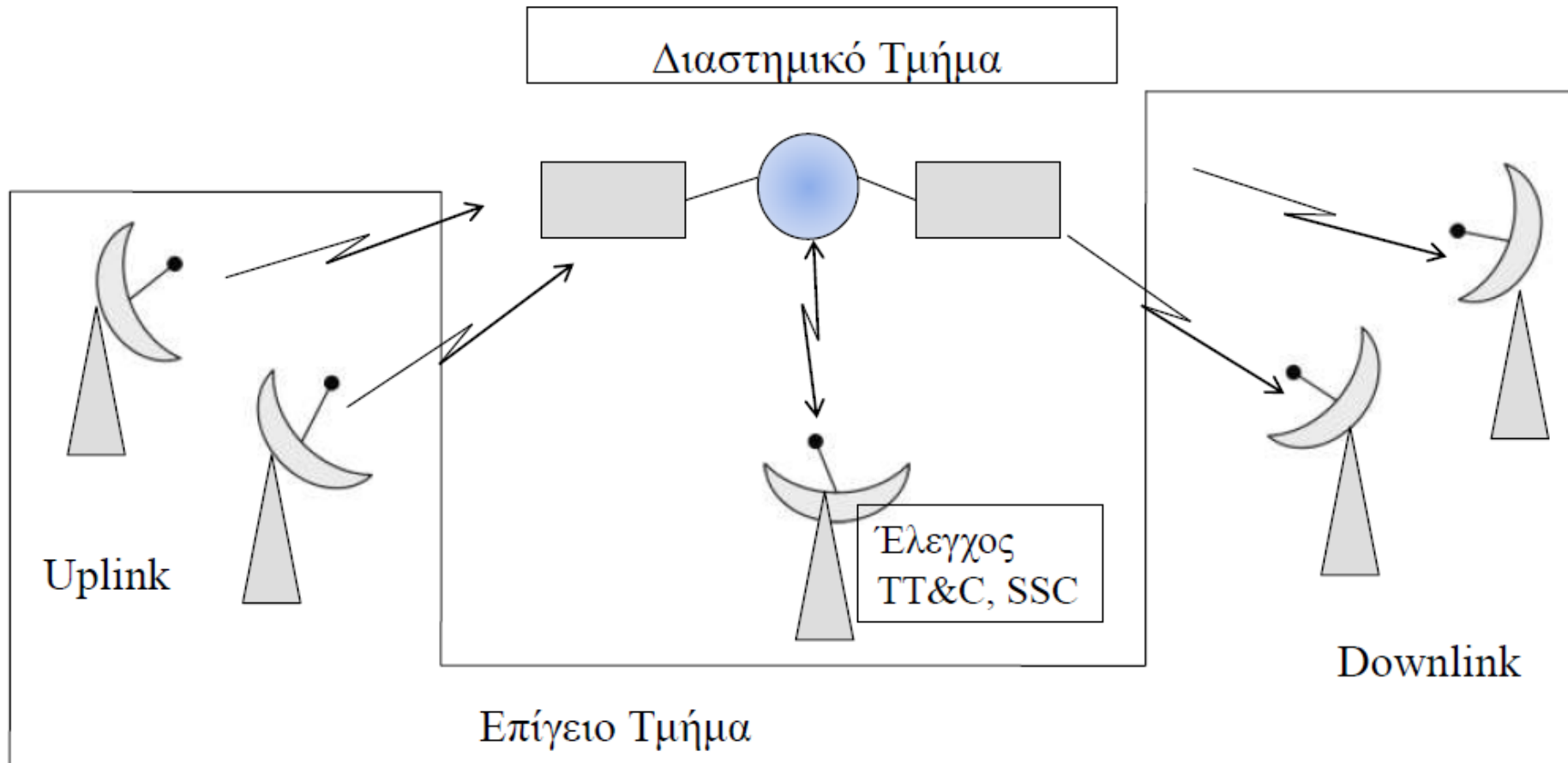
- Μεγάλη καθυστέρησης διάδοσης ~ 0.25 sec
- Μεγάλες απώλειες διάδοσης ~ 200 dB!
- Περιορισμένη διαθέσιμη ισχύς στο δορυφόρο
- Συμφόρηση στη γεωστατική τροχιά
- Υψηλό κόστος εκτόξευσης ~ 20000 euro/kg
- Ασφάλεια δεδομένων λόγω ευρυεκπομπής



Χαρακτηριστικά Δορυφορικών Επικοινωνιών

Ένα δορυφορικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα αποτελείται από:

- Το επίγειο τμήμα (*terrestrial segment*)
- Το διαστημικό τμήμα (*space segment*)



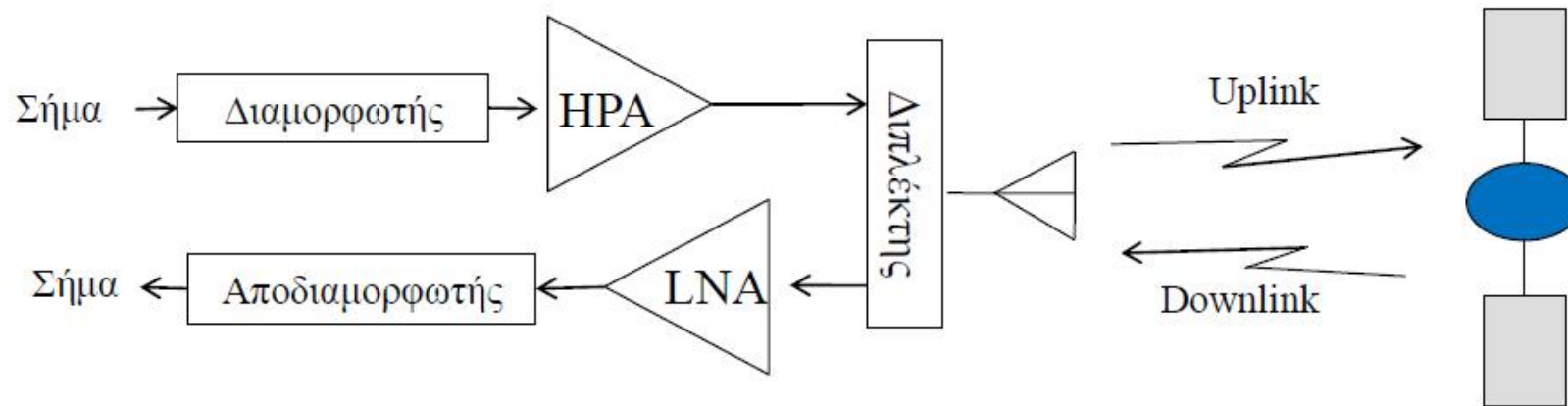
Χαρακτηριστικά Δορυφορικών Επικοινωνιών

Επίγειο τμήμα (terrestrial segment)

- Δορυφορικός σταθμός
- VSAT
- Τερματικά χειρός
- Πλοία
- Αεροπλάνα



Δορυφορικός Σταθμός Θερμοπυλών



Χαρακτηριστικά Δορυφορικών Επικοινωνιών

Το διαστημικό τμήμα έχει ως ρόλο

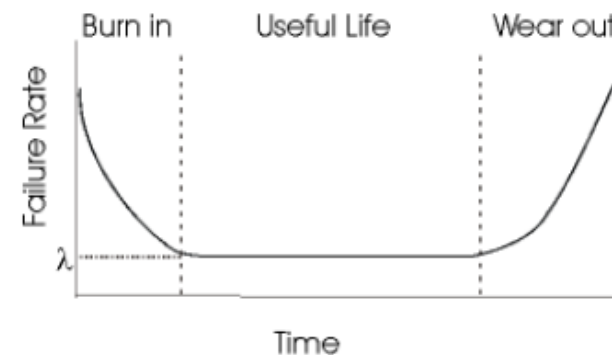
- Εκτόξευση του δορυφόρου
- Μεταφορά στη θέση τροχιάς
- Προετοιμασία και λειτουργία
 - Σταθμός παρακολούθησης, τηλεμετρίας & εντολών (*Tracking, Telemetry & Command Station (TT&C)*)
 - Έλεγχος θέσης μέσω τηλεμετρίας
 - Μετάδοση εντολών διόρθωσης θέσης
 - Κέντρο ελέγχου δορυφόρου (*Satellite Control Center (SCC)*)
 - Μετρήσεις πίεσης χώρου καυσίμων
 - Μετρήσεις τάσεων/ρευμάτων
 - Μετρήσεις θερμοκρασίας
- Παροπλισμός και καταστροφή

Χαρακτηριστικά Δορυφορικών Επικοινωνιών

Ο δορυφόρος αποτελείται από

- Το ωφέλιμο φορτίο (*payload*)
 - Κεραίες
 - Αναμεταδότες (*transponders*)
 - Ηλεκτρονικός τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός

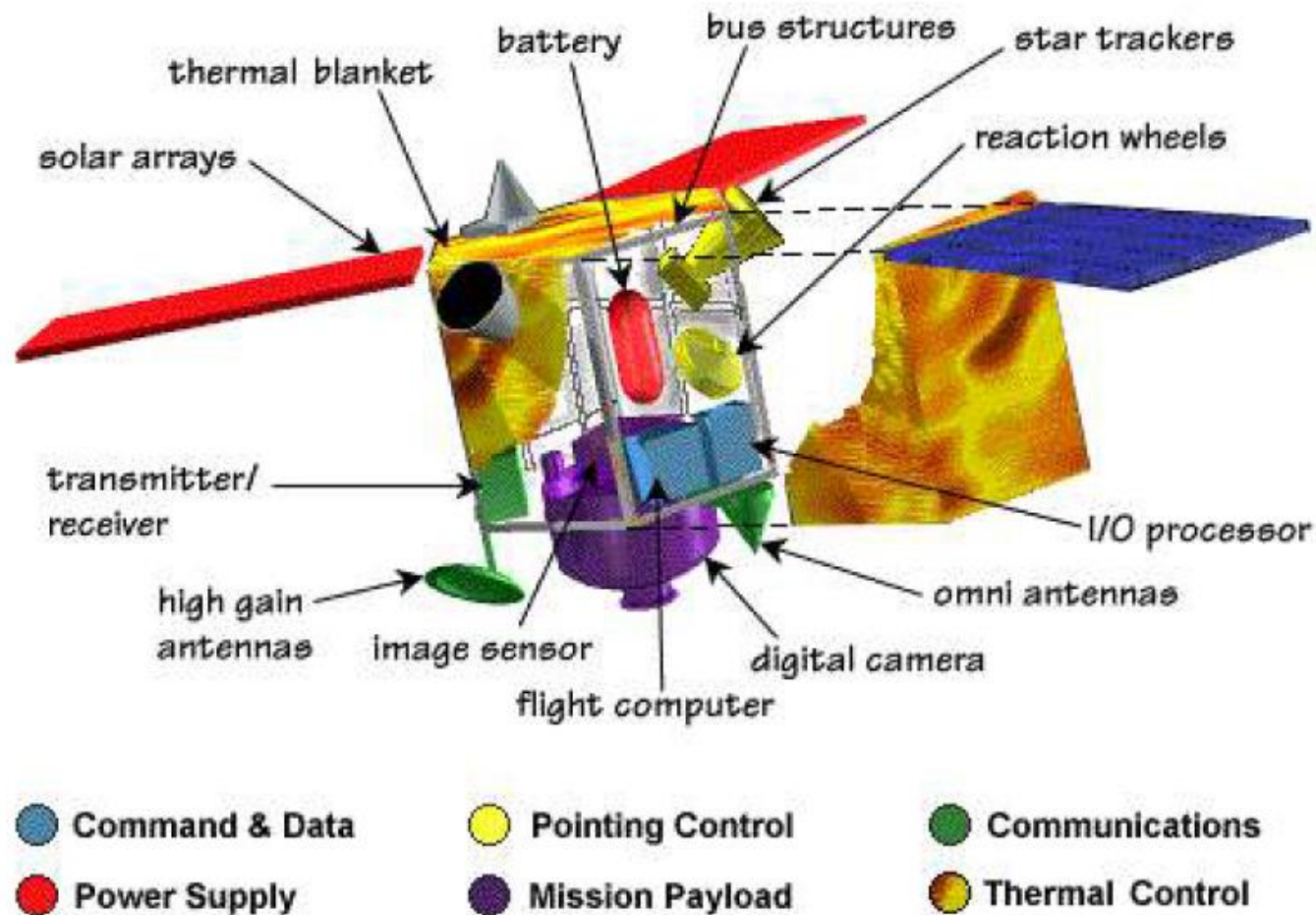
- Την πλατφόρμα (*platform*)
 - Μηχανική μέρη
 - Καύσιμα
 - Ενέργεια (μπαταρίες και ηλιακές κυψέλες)
 - Έλεγχο θερμοκρασίας, θέσης, τροχιάς, ελέγχου,...
 - Εξοπλισμό πρόωσης



Ο δορυφόρος πρέπει να χαρακτηρίζεται από

- Μεγάλη διάρκεια ζωής (*lifetime*)
- Υψηλή αξιοπιστία (*reliability*)
 - Εντατικά τεστ πριν την εκτόξευση
 - Πλεονασμός σε κρίσιμα σημεία

Χαρακτηριστικά Δορυφορικών Επικοινωνιών



Διεθνείς δορυφορικοί οργανισμοί

➤ INTELSAT (International Telecommunication Satellite Organization)

- Ιδρύθηκε το 1964 με απόφαση των Ηνωμένων Εθνών από 11 κράτη-μέλη, με σκοπό τη σχεδίαση και λειτουργία ενός παγκόσμιου εμπορικού δορυφορικού συστήματος επικοινωνιών για παροχή υπηρεσιών χωρίς διακρίσεις.
- Τα πρώτα χρόνια της λειτουργίας του INTELSAT η διαχείριση ασκούσαν από τον αμερικανικό δορυφορικό οργανισμό COMSAT.
- Σήμερα (2002) ο στόλος του INTELSAT αποτελείται από 22 δορυφόρους σε τροχιά.
- Από τον Ιούλιο του 2002 ο INTELSAT έχει μετατραπεί σε εταιρεία ιδιωτικών συμφερόντων (INTELSAT Ltd).



*Οι δορυφόροι τελευταίας γενιάς
INTELSAT IX*

➤ EUTELSAT

- Το 1977 ιδρύθηκε ο Ευρωπαϊκός οργανισμός δορυφορικών επικοινωνιών EUTELSAT από 17 χώρες-μέλη με σκοπό την εγκατάσταση και εκμετάλλευση συστήματος δορυφορικών επικοινωνιών για την εξυπηρέτηση των τηλεπικοινωνιακών αναγκών της Ευρώπης και της Μεσογείου. Τον Ιούνιο του 1983 εκτοξεύεται ο πρώτος λειτουργικός δορυφόρος του οργανισμού, ο EUTELSAT I.
- Σήμερα (2002), ο EUTELSAT παρέχει υπηρεσίες με 20 γεωστατικούς δορυφόρους που είναι τοποθετημένοι μεταξύ 15° δυτικά και 48° ανατολικά. Αυτή η δομή του δίνει τη δυνατότητα να προσφέρει ευρεία γεωγραφική κάλυψη που εκτείνεται από τις ανατολικές ακτές της Αμερικής μέχρι την Ινδία.
- Το δορυφορικό σύστημα συνθέτουν:
 - 12 σταθεροποιημένοι δορυφόροι (5 Hot Birds, Eurobird, W1, W2, W3, W4, Sesat και Atlantic Bird 2)
 - 5 δορυφόροι σε κεκλιμένες τροχιές ενεργοί για βοηθητικές υπηρεσίες
 - 3 δορυφόροι που ανήκουν σε άλλα δορυφορικά συστήματα
 - 3 καινύργιοι δορυφόροι θα είναι σύντομα σε λειτουργία (Hot Bird 6, Atlantic Bird 1 & 3)
- Η διαχείριση και ο έλεγχος του συστήματος γίνεται κυρίως από τρεις επίγειους σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι στην περιοχή του Παρισιού, την Πορτογαλλία και τη Ρωσία.
- Από τον Ιούλιο του 2001 ο EUTELSAT έχει μετατραπεί σε εταιρεία ιδιωτικών συμφερόντων, με κύριους μετόχους την France Telecom (23.1%), την British Telecom (17.5%) και την Deutsch Telekom(10.9%). Πρίν την ιδιωτικοποίηση 48 χώρες ήταν μέλη της EUTELSAT.

➤ INTERSPUTNIK

- Ιδρύθηκε το 1971 από την πρώην ΕΣΣΔ και άλλες οκτώ χώρες (Βουλγαρία, Τσεχοσλοβακία, Πολωνία, Ρουμανία, Ουγγαρία, Μογγολία, Κούβα και Α. Γερμανία). Σήμερα ο οργανισμός αριθμεί 24 κράτη-μέλη.
- Η δραστηριότητα του Intersputnik ξεκίνησε με τους δορυφόρους κεκλιμένης ελλειπτικής τροχιάς MOLNIYA πριν επεκταθεί στους γεωστατικούς δορυφόρους (RADUGA, GORIZONT, GALS & EXPRESS). Οι τελευταίοι είναι παρατεταγμένοι στο γεωστατικό τροχιακό τόξο από 11° δυτικά μέχρι 80° ανατολικά.
- Το 1997 ο Intersputnik και η εταιρεία Lockheed Martin δημιουργούν την Lockheed Martin Intersputnik Ltd (LMI). Προϊόν αυτής της συνεργασίας αποτελεί ο πρωτοποριακής τεχνολογίας δορυφόρος LMI-1.

➤ INMARSAT

- Το 1979, ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας (International Maritime Organization) του Ο.Η.Ε. επιχορήγησε την ίδρυση του Διεθνούς Οργανισμού για τις Ναυτιλιακές Δορυφορικές Επικοινωνίες (International Maritime Satellite Organization, INMARSAT) με σκοπό την παροχή δορυφορικών υπηρεσιών σε κινούμενους αποδέκτες στον αέρα, τη θάλασσα και τη ξηρά.
- Ο INMARSAT αρχικά χρησιμοποίησε κυκλώματα σε διάφορους δορυφόρους του INTELSAT (INTELSAT V), στο δορυφόρο MARECS της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Επιτροπής (European Space Agency, ESA) και στους δορυφόρους της εταιρείας MARISAT.
- Το 1990 ο INMARSAT εκτόξευσε τον πρώτο δορυφόρο του, τον INMARSAT II (F-1). Η τρίτη γενιά δορυφόρων του οργανισμού, INMARSAT III, ταξιδεύει ήδη στο διάστημα.
- Ο σημερινός στόλος της INMARSAT αποτελείται από 5 δορυφόρους 3ης γενιάς, που επικουρούνται από 4 δορυφόρους προηγούμενης γενιάς. Με τον εξοπλισμό αυτό ο INMARSAT παρέχει σήμερα συνδέσεις τηλεφώνου, fax, και δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 64 Kbps) σε παραπάνω από 210,000 καράβια, οχήματα, αεροσκάφη και φορητά τερματικά.

Σύγχρονες τεχνολογικές τάσεις

- ↓ Την τελευταία δεκαετία οι δορυφορικές επικοινωνίες αντιμετωπίζουν έντονο ανταγωνισμό από τα δίκτυα οπτικών ινών.
- ↓ Ο ανταγωνισμός αυτός έχει ωθήσει τους παροχείς δορυφορικών υπηρεσιών να στραφούν σε υπηρεσίες που βασίζονται σε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των δορυφορικών επικοινωνιών. Τέτοιες υπηρεσίες είναι οι εκπομπές προς το ευρύ κοινό, η τηλεμετρία, η παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών σε κινητούς τερματικούς σταθμούς, ο ραδιοεντοπισμός, η ραδιοπλοήγηση, κ.α.
- ↓ Όπως δείχνουν οι σύγχρονες εξελίξεις και παρόλο τον ανταγωνισμό των οπτικών συστημάτων, οι δορυφόροι θα εξακολουθήσουν να παίζουν σημαντικό ρόλο στο παγκόσμιο τηλεπικοινωνιακό σκηνικό.