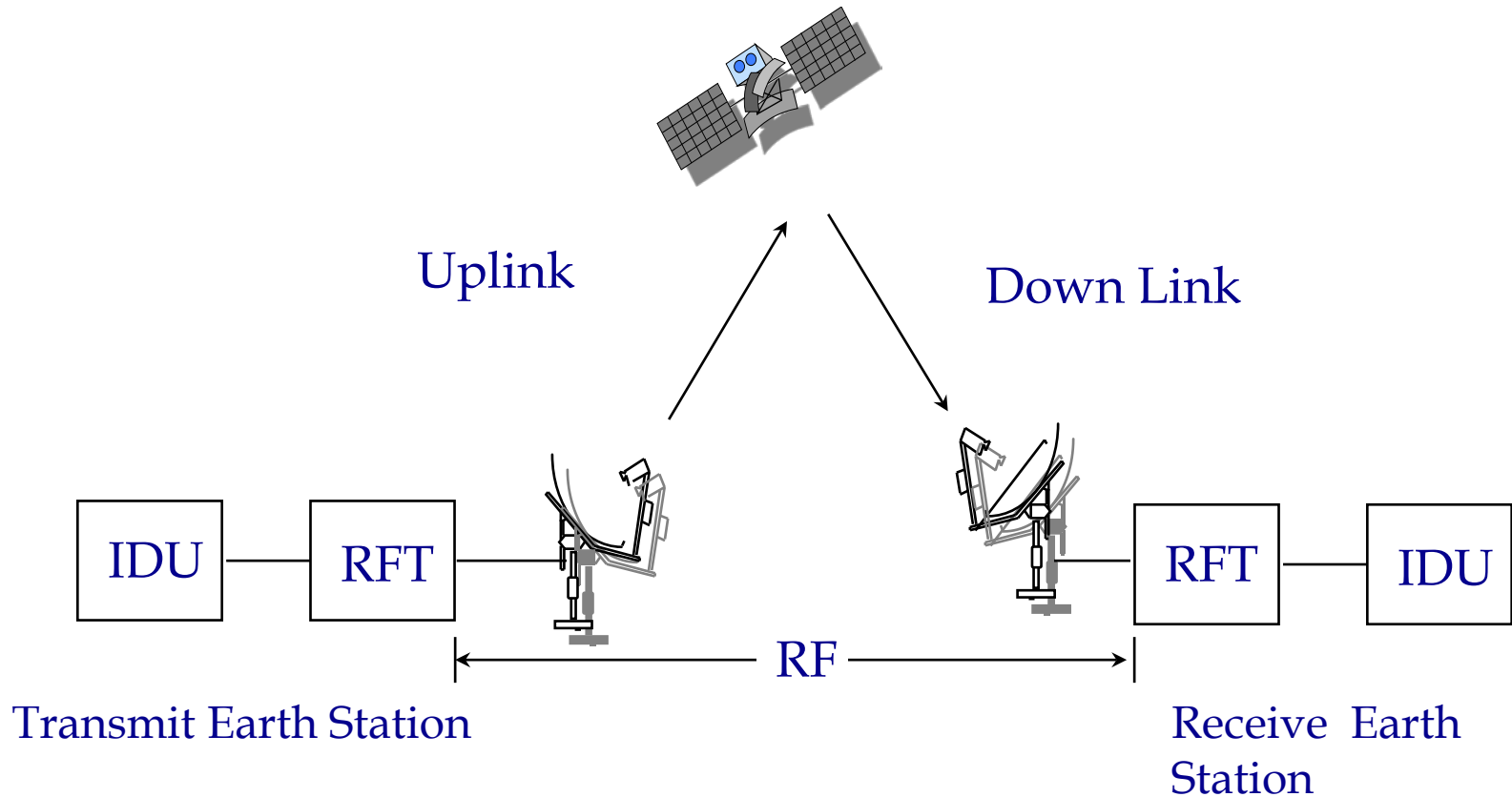


# **Δορυφορικές Επικοινωνίες**

# What is Satellite Communication...

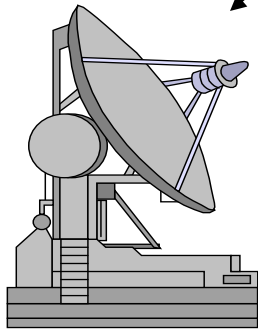
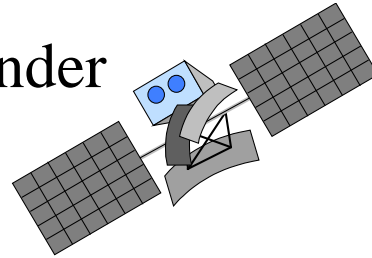
- A communication satellite is basically an electronic communication package placed in orbit whose prime objective is to initiate or assist another through space.
- Satellite communication is one of the most impressive spin-offs from the space programs and has made a major contribution to the pattern of international communication.
- The information transferred most often corresponds to voice (telephone), video (Television) and digital data.

# Satellite Communications System



# Concept

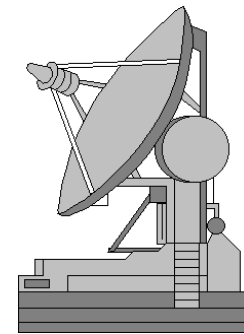
Transponder



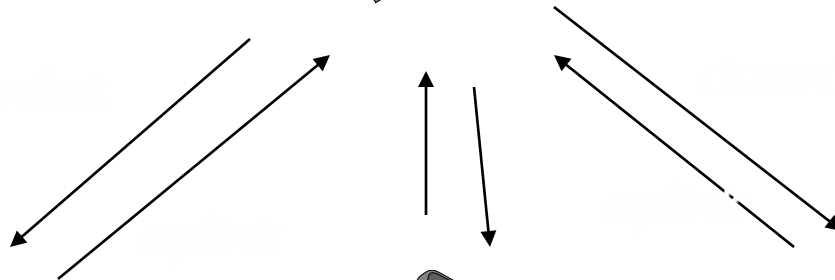
Earth station (site A)



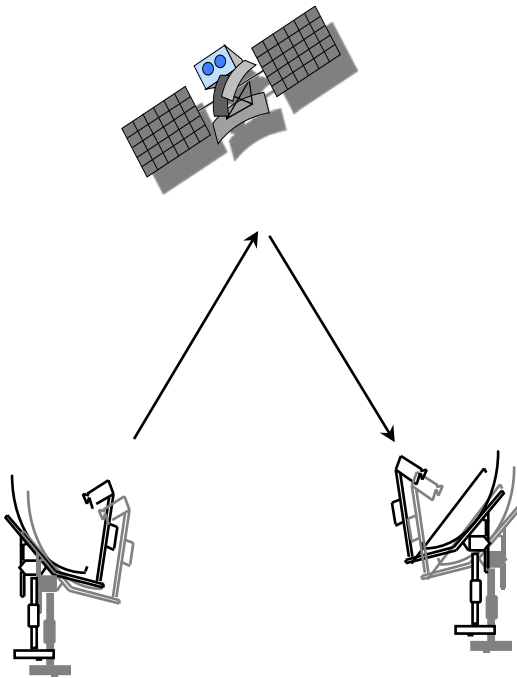
IRRADIUM



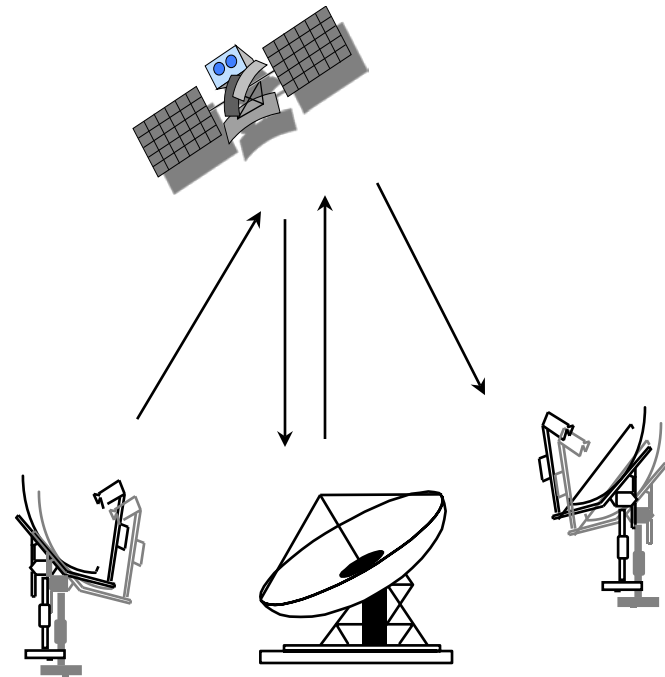
Earth station(site B)



# *Propagation Delay*



Single Hop 270 ms



Double Hop 540 ms

# Κινητά Δορυφορικά Συστήματα

- Είναι σαν τα κυψελωτά συστήματα, μόνο που και οι σταθμοί βάσης (δορυφόροι) κινούνται.
- Η δορυφορική κάλυψη είναι ελκυστική για περιοχές όπου η υπάρχουσα επίγεια υποδομή δεν είναι αρκετή για να ικανοποιήσει τις ανάγκες, π.χ. ωκεανοί, αναπτυσσόμενες χώρες



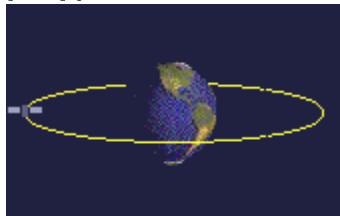
## Κυκλική ή ελλειπτική τροχιά

Κυκλική με κέντρο το κέντρο της Γης

Ελλειπτική με το ένα κέντρο στο κέντρο της Γης

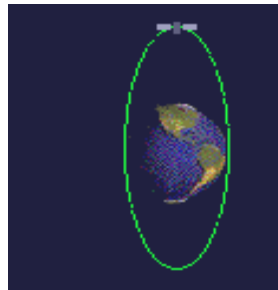
## Τροχιά γύρω από τη Γη σε διαφορετικά επίπεδα

Ισημερινή τροχιά πάνω από τον Ισημερινό της Γης

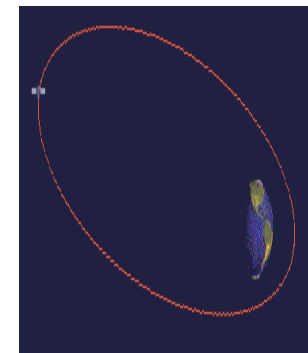


Οι δορυφόροι μπορεί να είναι ενεργητικοί ή παθητικοί

Πολική τροχιά περνάει πάνω από τους πόλους



Άλλες τροχιές αναφέρονται σαν κεκλιμένες τροχιές



# *Satellite Services*

- The ITU has grouped the satellite services in to three main groups
- Fixed Satellite Services (FSS)
- Broadcast Satellite Services (BSS)
- Mobile Satellite services (MSS)



# Space Segment

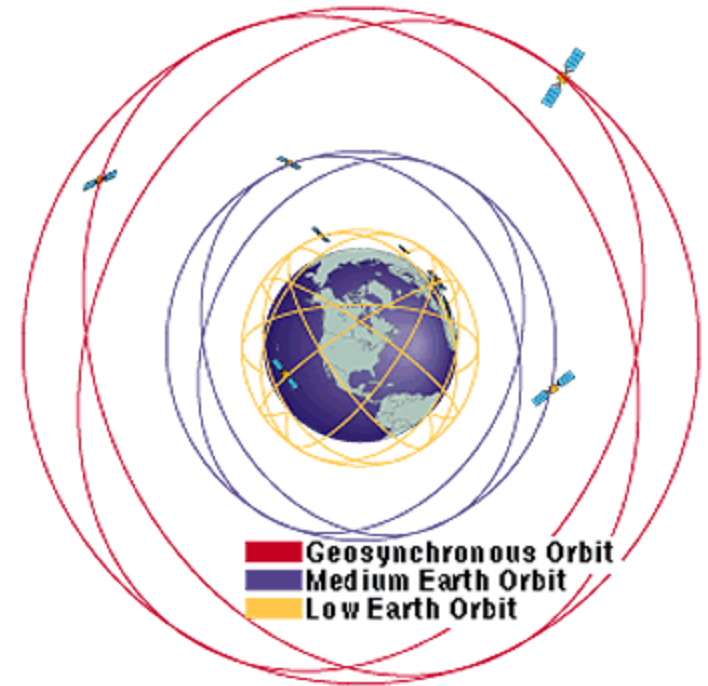
- Space segment consist of a satellite in suitable orbit.
- Space segment classified on the basis of orbit;
  - LEO
  - MEO
  - HEO
  - GEO & GSO

# Υψόμετρο των δορυφόρων

**Γεωστατικής Τροχιάς** – Geostationary orbit (GEO) @ 11000 km/h

**Μεσαίας Τροχιάς** - Medium earth orbit (MEO) @ 19000 km/h

**Χαμηλής Τροχιάς** - Low earth orbit (LEO)



$$T \sim r^{\{3/2\}}$$

όπου  $T$  είναι η περίοδος του δορυφόρου και  $r$  η απόστασή του από την γη.

## Γεωστατικοί Δορυφόροι

- Η μεγάλη απόσταση των 35786 km ευθύνεται για μεγάλες καθυστερήσεις μετάδοσης, της τάξεως των 250 ms για μονόδρομη επικοινωνία, 500 ms για αμφίδρομη.
- Δύσκολη η χρήση στρατηγικών ανίχνευσης λαθών/επαναμετάδοσης.
- Αδύναμο σήμα όταν ταξιδέψει 35,000 km.

**Πλεονεκτήματα:** Η ανίχνευση της θέσης του δορυφόρου είναι απλή διαδικασία. Μεγάλη περιοχή κάλυψης. Οι αλλαγές σταθμού βάσης κατά τη διάρκεια μιας κλήσης/επικοινωνίας (handoff) είναι εξαιρετικά σπάνιες.

# GEOs

- Circular orbits above the equator
- Angular separation about 2 degrees - allows 180 satellites
- Orbital height above the earth about 23000 miles/35786.16km
- Round trip time to satellite about 0.24 seconds

## GEOs (2)

- GEO satellites require more power for communications
- The signal to noise ratio for GEOs is worse because of the distances involved
- A few GEOs can cover most of the surface of the earth
- Note that polar regions cannot be “seen” by GEOs

# The Future

- given current-generation LEO's and MEO's are predominately used for mobile voice and low-speed data services (MPSS)
  - good voice coverage for remote regions
  - adjunct to GSM mobile networks ~ Globalstar

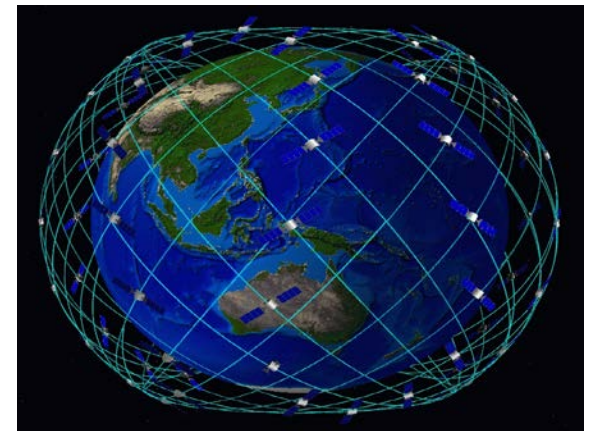
# the future

- continual development in VSAT (GEO) technology
  - bandwidth gains
  - multiple services = choice
- Broadband LEOs
  - Teledesic
    - fixed and transportable terminals
    - 64k – 2M – and above (Gb)
    - 288 satellites
    - 2005 launch??
  - SkyBridge
    - 80 satellites
    - 2004



# what is SkyBridge?

- SkyBridge is an Alcatel controlled company planning to establish a constellation of 80 satellites to provide broadband data communications direct to business & residential premises.
- Satellites are Low Earth Orbit (LEO) at an altitude of 1500 km
- offers “last mile” broadband access from 2004
  - no long-haul trunking capability - connects users to terrestrial gateway
- System cost is approx US\$4.8bn





# Χαρακτηριστικά δορυφόρων χαμηλής τροχιάς (LEO)

Κυκλική/ελαφρώς ελλειπτική τροχιά κάτω από 2000 km. Περίοδος τροχιάς 1.5 - 2 ώρες. Διάμετρος κάλυψης περίπου 8000 km. Καθυστέρηση διάδοσης αμφίδρομης επικοινωνίας < 20 ms. Μέγιστος χρόνος ορατότητας δορυφόρους μέχρι 20 λεπτά. Η ατμοσφαιρική τριβή έχει ως αποτέλεσμα αλλαγή στην τροχιά

## Μικροί LEO δορυφόροι

Συχνότητες κάτω από 1 GHz, εύρος συχνοτήτων 5MHz. Ρυθμοί δεδομένων μέχρι 10 kbps. Χρήση σε ανίχνευση (tracking), ειδοποίηση (paging) και μηνύματα χαμηλού ρυθμού.

## Μεγάλοι LEO δορυφόροι

Συχνότητες πάνω από 1 GHz. Υποστηρίζουν ρυθμούς δεδομένων μέχρι μερικά Mbps. Προσφέρουν τις ίδιες υπηρεσίες με τα μικρά LEOs και, επιπλέον, υπηρεσίες τηλεφωνίας και ανίχνευσης θέσης.

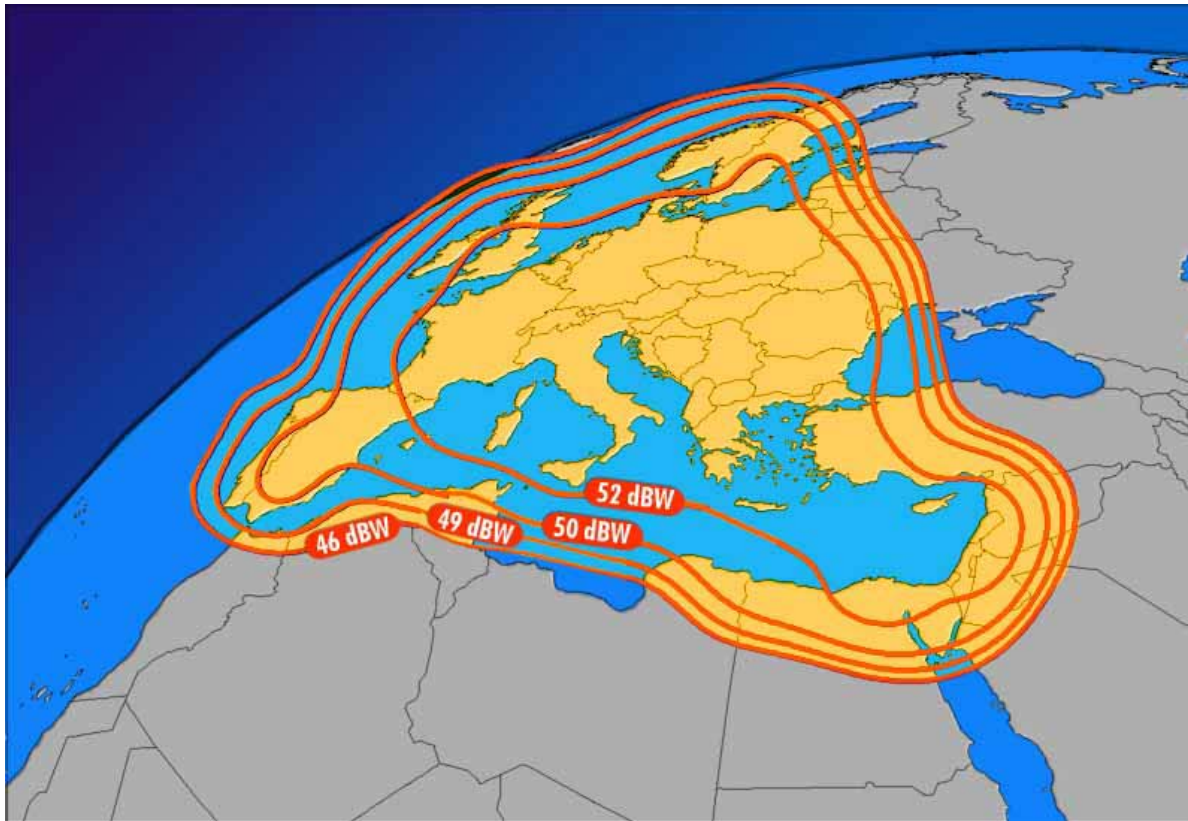
## Μειονεκτήματα δορυφόρων χαμηλής τροχιάς

- Η ορατότητα μικρής διάρκειας απαιτεί πολυάριθμους σχηματισμούς
- Η διάρκεια ζωής των δορυφόρων μειώνεται δραστικά όταν βρίσκονται σε χαμηλή τροχιά.
- Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα οικονομικά δεδομένα των δορυφορικών συστημάτων χαμηλής τροχιάς.

# Χαρακτηριστικά δορυφόρων μεσαίας τροχιάς (ΜΕΟ)

- Κυκλική τροχιά σε υψόμετρο που κυμαίνεται από 5000 μέχρι 12,000 km
- Περίοδος τροχιάς: 6 ώρες
- Διάμετρος κάλυψης: 10,000 ως 15,000 km
- Η καθυστέρηση διάδοσης σήματος σε αμφίδρομη επικοινωνία (round trip) είναι μικρότερη από 50 ms
- Μέγιστος χρόνος ορατότητας δορυφόρου είναι μερικές ώρες

# Hellas sat footprint (F1-beam)



# Hellas sat footprint (F2-beam)

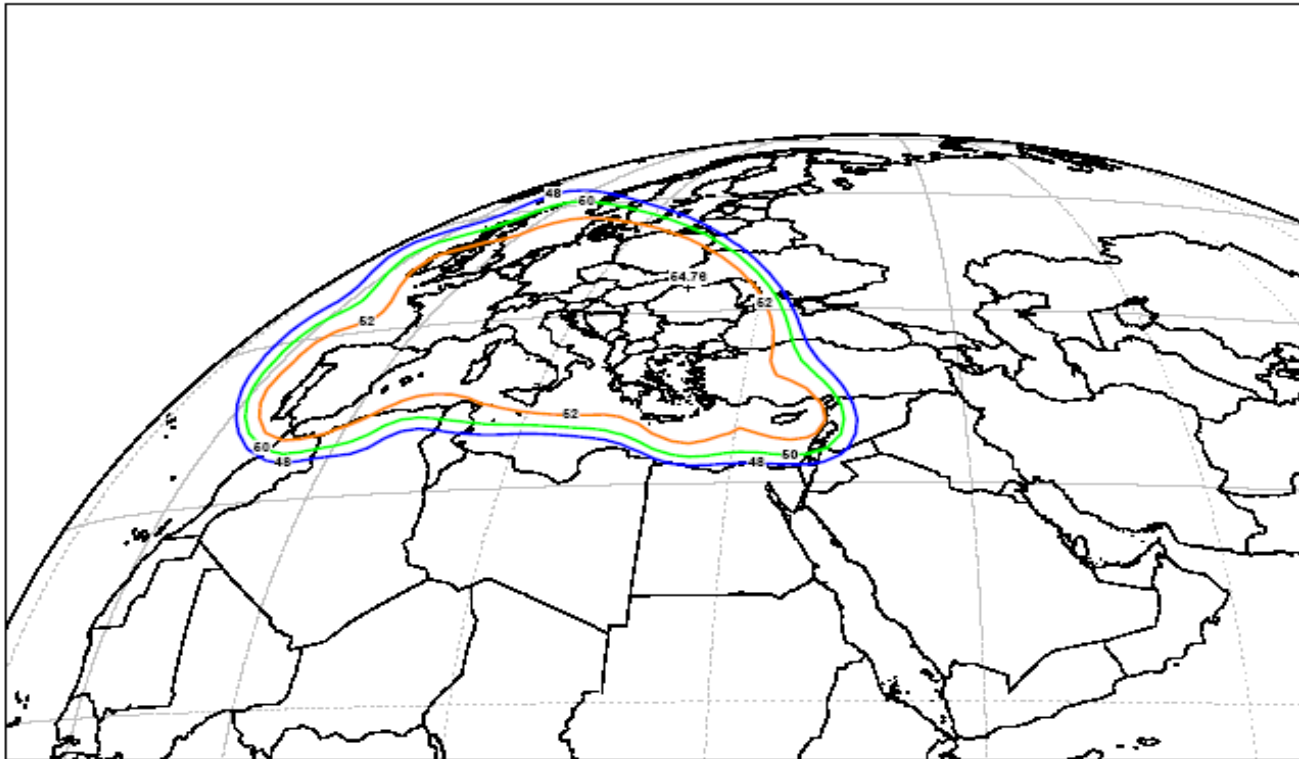
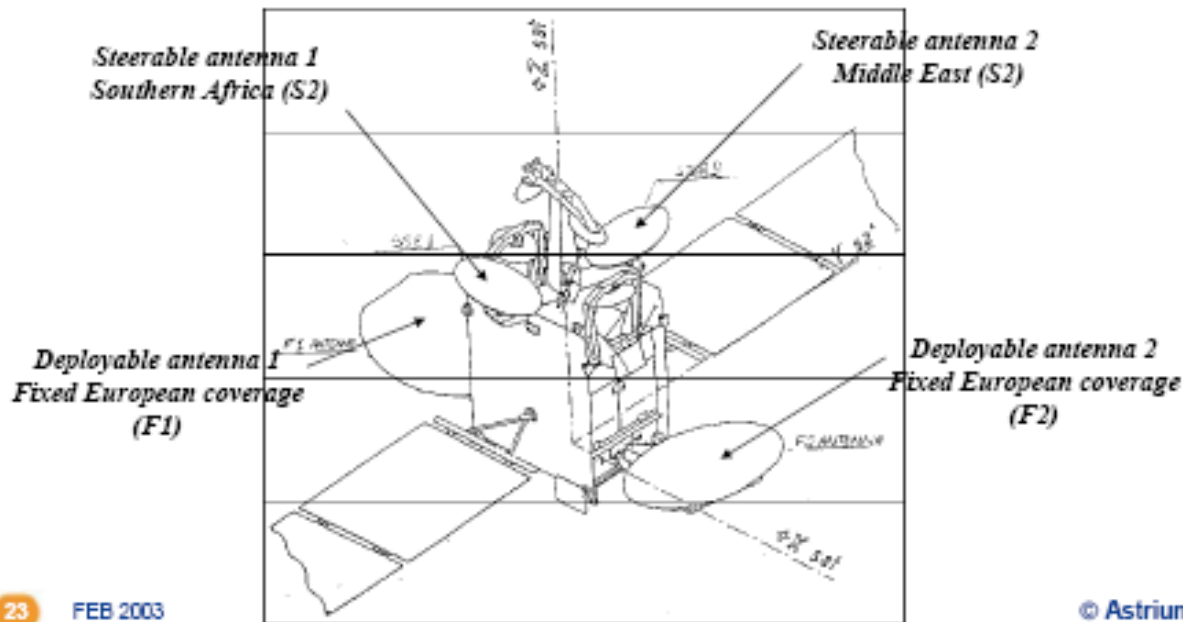


Figure A2-1: F2 Transmit coverage, 11GHz, EIRP contours



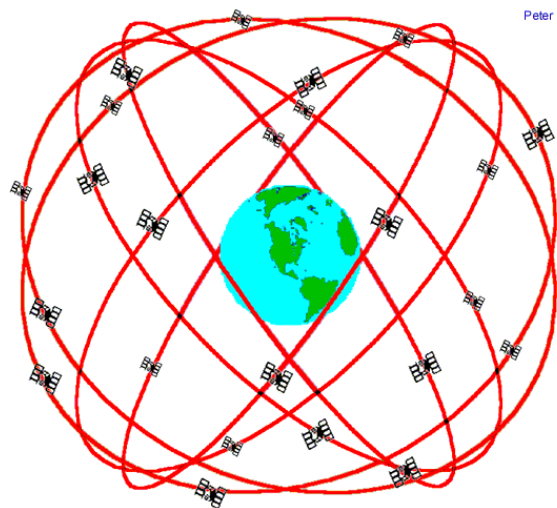
30 x 36 MHz transponders, onboard plus 8 x 36 MHz redundant, 12 on fixed beam F1, 6 on fixed beam F2, up to 12 on beam S1 and 6 on beam S2.

Each channel can carry data at 45Mbps information bit rate. Raw bit rate at 60 Mbps. Uses FEC (turbo codes), FDMA/TDMA.

Fixed over Europe, Steerable over Southern Africa, Middle East, Indian subcont., Southeast Asia

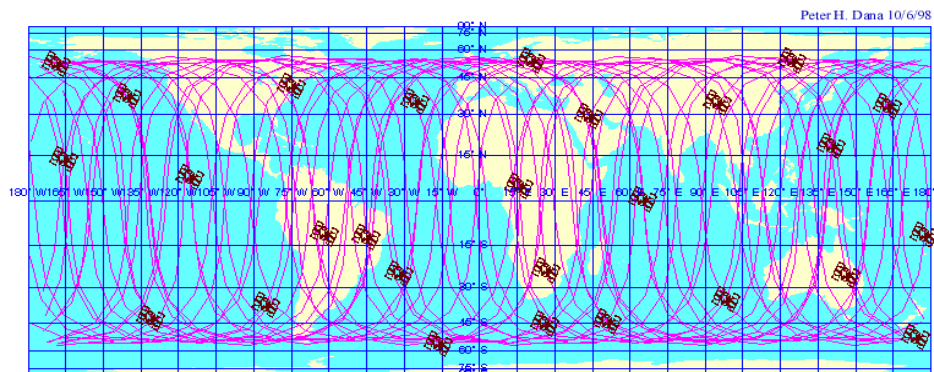
# Global Positioning System (GPS)

Ο προσδιορισμός Χώρου και Χρόνου μέσω GPS γίνεται με τη λήψη σημάτων απο 4 διαφορετικούς δορυφόρους και “τριγωνοποίηση”



Peter H. Dana 9/22/98

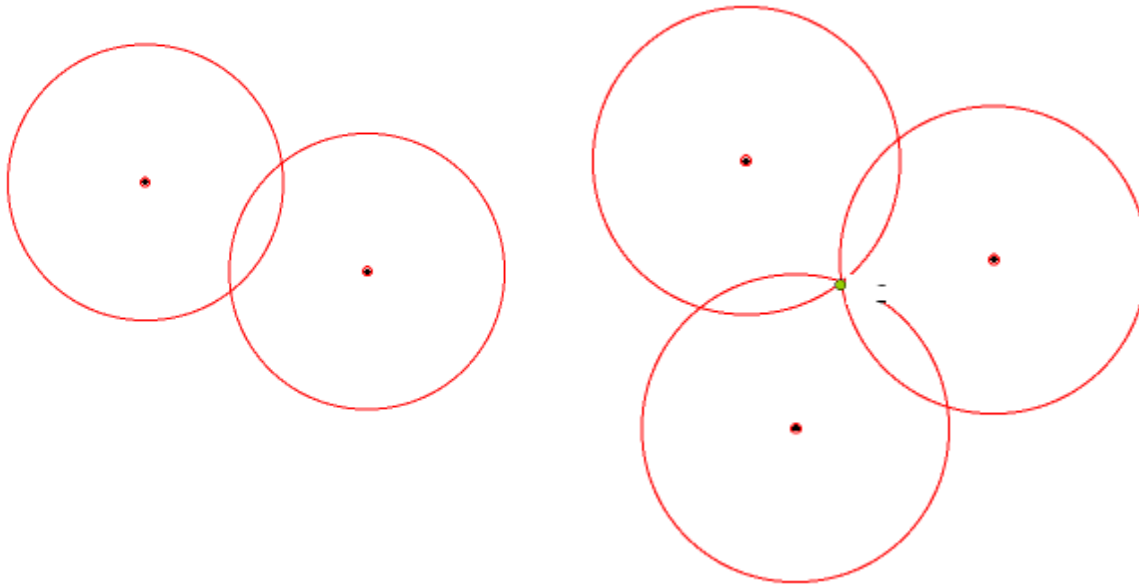
**GPS Nominal Constellation**  
24 Satellites in 6 Orbital Planes  
4 Satellites in each Plane  
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination



Peter H. Dana 10/6/98

**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

Σε δύο διαστάσεις:



Τιμή 100 ευρώ

Οι δορυφόροι έχουν atomic clocks (50-100K). Οι δέκτες απλά quartz ρολόγια τα οποία διορθώνουν συνεχώς.

Τα χρονικά λάθη είναι της τάξης μεγέθους ns! Πολλές πιθανές εφαρμογές της δυνατότητας αυτής συγχρονισμού σε δίκτυα.

# Πηγές λαθών

- Λάθη λόγω θορύβου στην συσκευή του δέκτη (1m).
- Λάθη που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα λόγω σκοπιμοτήτων (100m).
- Λάθη στην ακρίβεια των ρολογιών των δορυφόρων.
- Λάθη που οφείλονται στην τροπόσφαιρα, ιονόσφαιρα της γης (1m).
- Λάθη στις τροχιές των δορυφόρων (1m. Η DARPA στέλνει περιοδικά στους δέκτες τις νέες συντεταγμένες).
- Λάθη που οφείλονται στο φαινόμενο multipath.
- Λάθη που οφείλονται στην γεωμετρία και στη θέση των δορυφόρων στο χώρο



# Major problems for satellite

- Positioning in orbit in-term of Frequency & Orbit Selection
- Stability
- Power
- Communications
- Harsh environment
- Interference Problem

# Limitation of Satellites

- High initial investment
- New investment require in Ground Segment
- Short life time
- Spectrum crowding
- Regulatory aspects (landing rights etc.)
- Launch vehicle reliability

# Advantages of Satellite

- Wide band capability
- Wide area coverage readily possible
- Distance-insensitive costs
- Counter inflationary cost history
- All user have same access possibilities
- Point to point, point to multipoint (broadcast) and multipoint to point (data collection) are all possible
- Inherently suited for mobile application.
- Compatible with all new technologies
- Service directly to the users premises

# Applications

- Communication (trunking call)
- Teleconference
- Telemedicine
- TV Broadcasting
- Data communication
- Telemetry(TEC, remote sensing etc)
- Weather telecast
- Navigation
- GPS
- Security/Calamity monitoring
- Standard Time
- Military
- Remote Sensing

## Είδη πολλαπλής πρόσβασης

- Πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση συχνότητας (FDMA)
- Πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση χρόνου (TDMA)
- Πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση κώδικα (CDMA)

## Στρατηγικές Ανάθεσης Χωρητικότητας

- **Πολλαπλή πρόσβαση με σταθερή ανάθεση (FAMA)**

Η διαθέσιμη χωρητικότητα ανατίθεται στους σταθμούς και η ανάθεση παραμένει σταθερή.

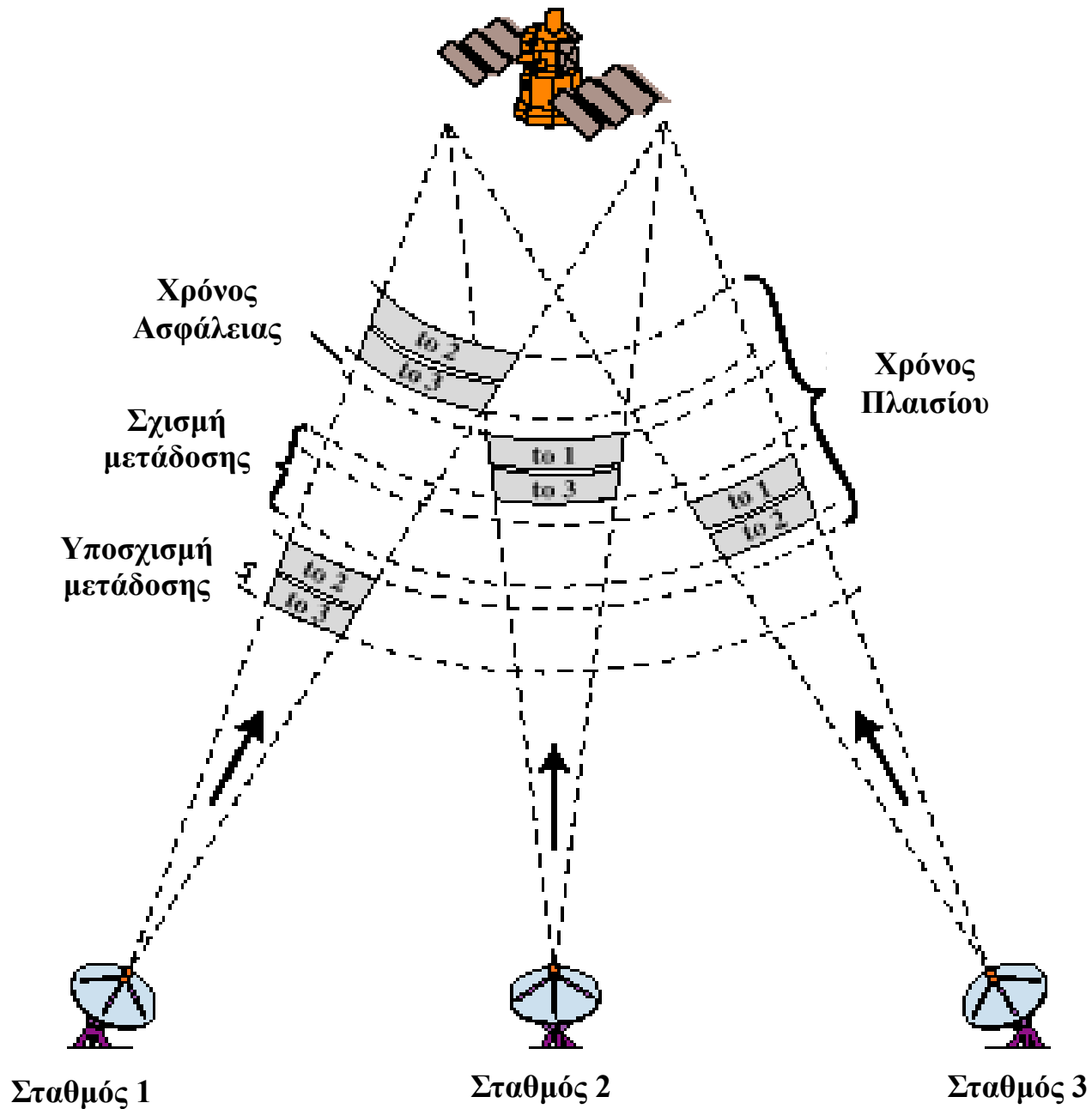
Η ζήτηση μπορεί να παρουσιάσει διακυμάνσεις, που έχει ως αποτέλεσμα χαμηλό ποσοστό χρήσης της συνολικής χωρητικότητας.

- **Πολλαπλή πρόσβαση με ανάθεση με βάση τη ζήτηση (DAMA)**

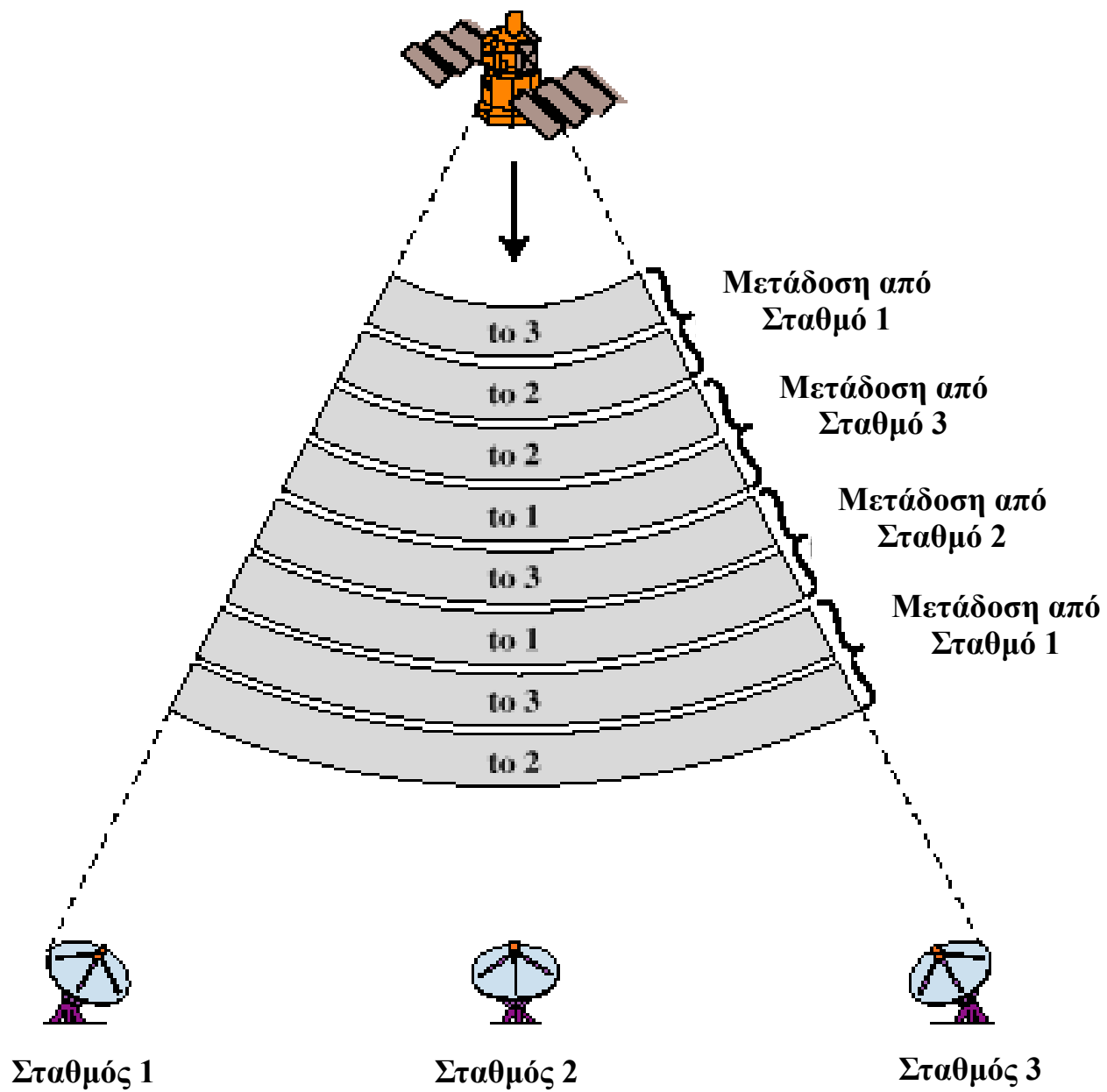
- Η ανάθεση της χωρητικότητας αλλάζει ανάλογα για να αντιμετωπίσει βέλτιστα τις αλλαγές στη ζήτηση.

# Λειτουργία FAMA-TDMA

- Μετάδοση με τη μορφή ακολουθίας πλαισίων
  - Κάθε πλαίσιο διαιρείται σε χρονικές σχισμές
  - Κάθε σχισμή χρησιμοποιείται από έναν συγκεκριμένο σταθμό
- Οι γήινοι σταθμοί χρησιμοποιούν με τη σειρά τον δίαυλο επικοινωνίας προς τον δορυφόρο (uplink)
  - Αποστολή δεδομένων στην χρονική σχισμή που έχει ανατεθεί
- Ο δορυφόρος αναμεταδίδει τις εισερχόμενες μεταδόσεις
  - Εκπομπή προς όλους τους σταθμούς
- Οι σταθμοί πρέπει να ξέρουν ποια χρονική σχισμή πρέπει να χρησιμοποιήσουν για εκπομπή και ποιά για λήψη



(a) Uplink

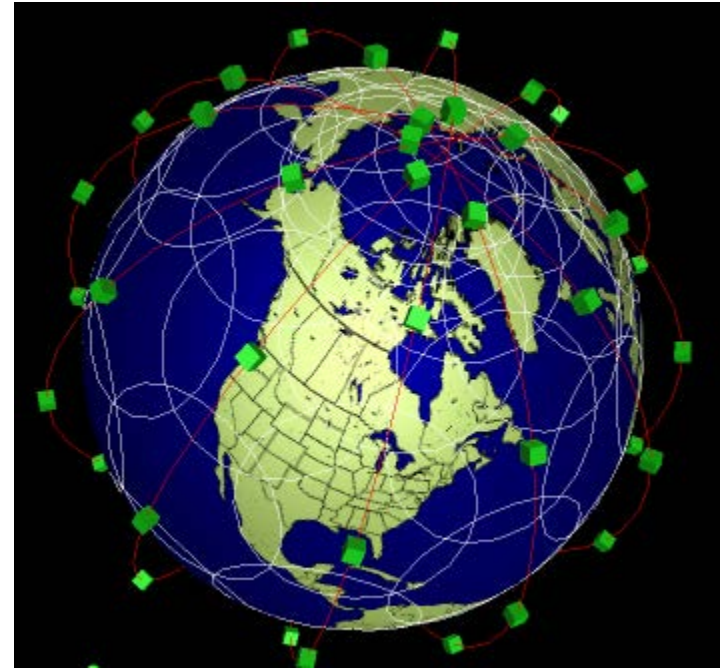


**(b) Downlink**



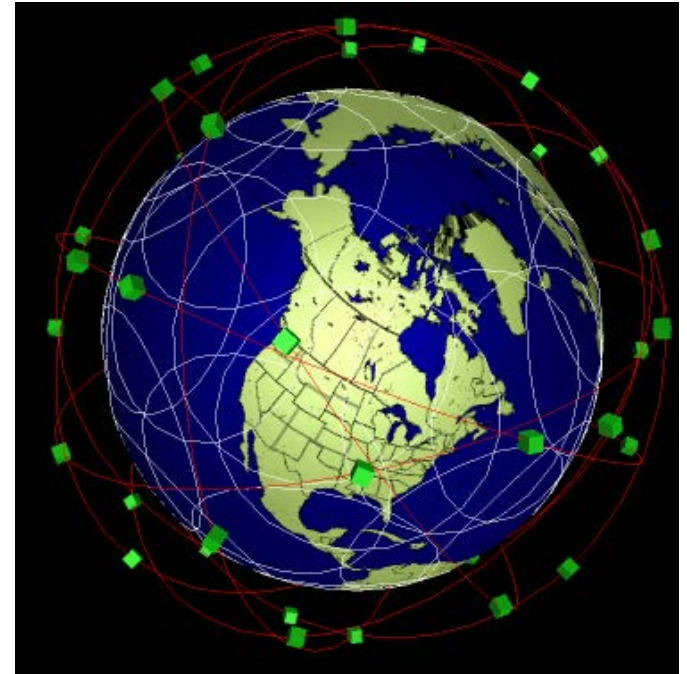
# IRIDIUM

- Motorola
- Φωνή, Δεδομένα, Fax, Υπηρεσίες θέσης
- 66 δορυφόροι σε 6 πολικές τροχιές (780 km)
- 48 σημειακές δέσμες ανά δορυφόρο, που σχηματίζουν “κυψέλες”
- Σύνδεσμοι δορυφόρου με δορυφόρο, καθώς και με το έδαφος
- FDMA/TDM
- Υποστηρίζει αλλαγή δορυφόρου κατά τη διάρκεια κλήσης



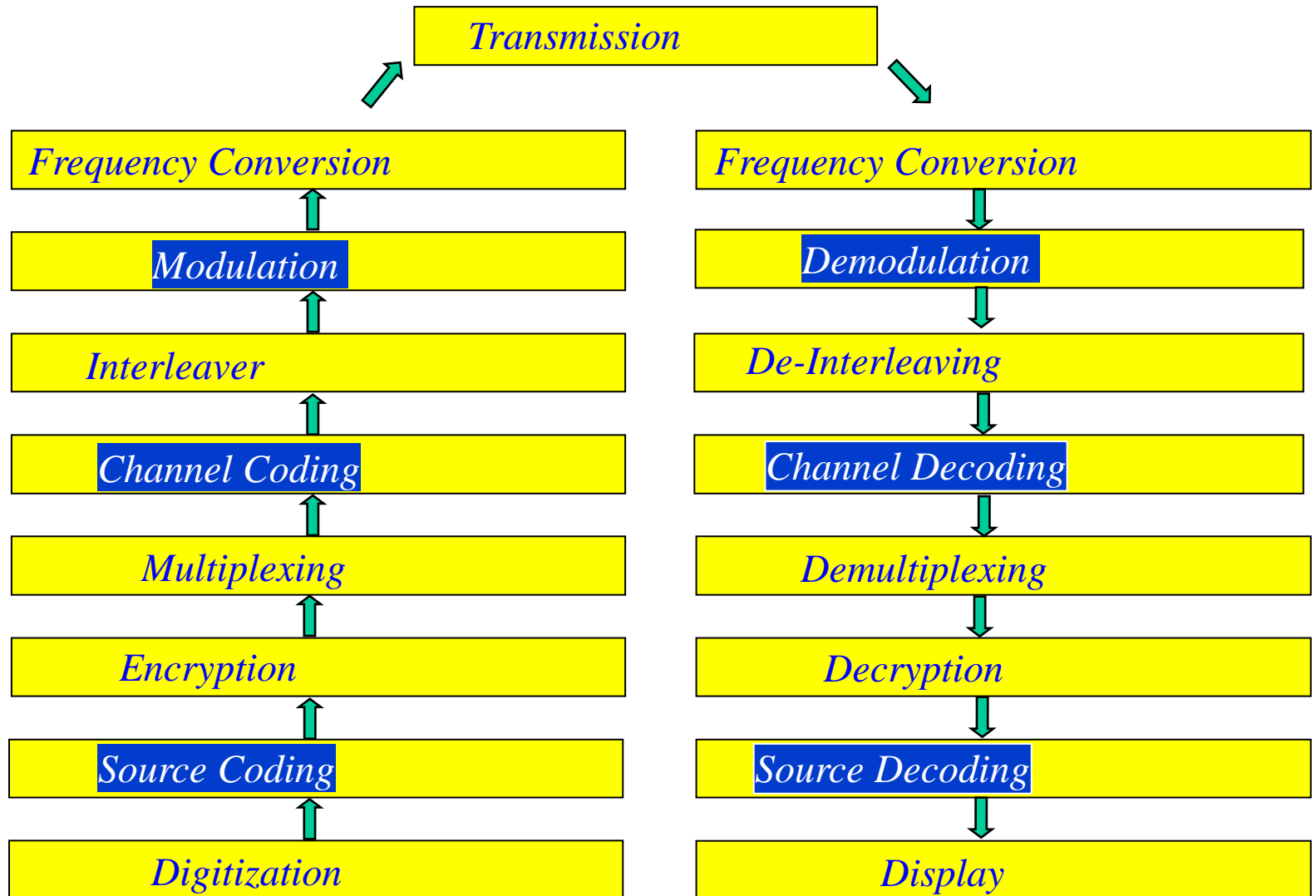
# GLOBALSTAR

- Loral, Qualcomm
- Φωνή, Δεδομένα (9.6 kbps), Fax, Υπηρεσίες θέσης
- 48 δορυφόροι, κεκλιμένες τροχιές, 1400 km
- CDMA τεχνικές πρόσβασης
- Δεν υποστηρίζει αλλαγή δορυφόρου κατά τη διάρκεια κλήσης, λόγω των μεγάλων χρόνων ορατότητας από το έδαφος που εξασφαλίζονται από τις ελλειπτικές δέσμες των δορυφόρων



# Channel Characterization

# The Sequence of Signal Processing and Transmission



# Signal processing and transmission

*Digitisation*            *higher reliability, low cost, less susceptible to noise,*

*Source Coding*            *to reduce bit rate for transmission*

*Encryption*            *for communications privacy*

*Multiplexing*            *for efficient transmission of multiple channels*

*ChannelCoding*            *for error free transmission*

*Interleaving*            *for robust error correction*

*Modulation*            *imparting baseband information to a carrier*

*Frequency Conversion*    *to operate at radio frequencies*

# Multiplexing and Multiple Access

- For the majority of data communications that take place, there is a requirement for several users to share a common channel resource at the same time.
- For multiple users to be able to share a common resource in a managed and effective way requires some form of access protocol that defines when or how the sharing is to take place and the means by which messages from individual users are to be identified upon receipt. These sharing processes come to be known as multiplexing and multiple access in digital communications.

## Multiple Access and Multiplexing

- **Multiple Access:** is the ability for several earth stations to transmit their respective carriers simultaneously into the same satellite transponder
- **Multiplexing:** is the reversible operation of combining several information-bearing signals to form a single, more complex signal.

# Multiple Access and Multiplexing

*Multiple Access  
at radio frequency*

*Multiplexing  
at baseband*

---

TDMA

-

TDM

FDMA

-

FDM

CDMA

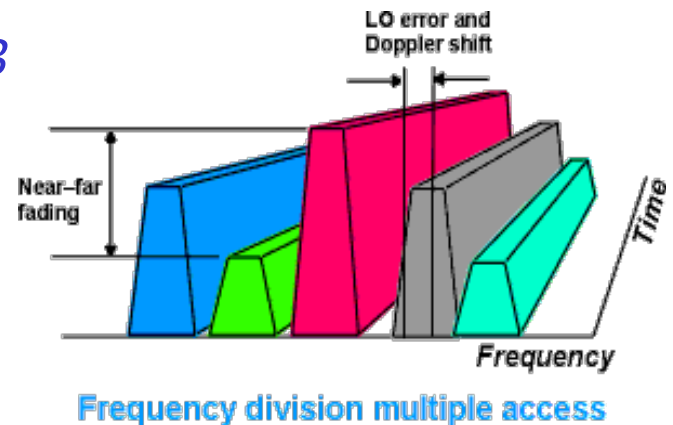
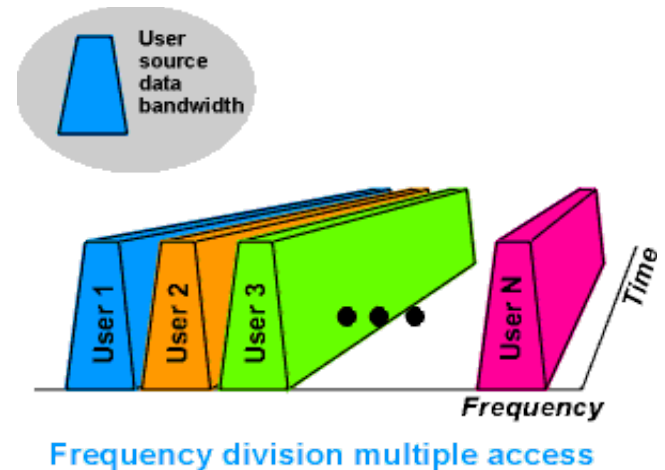
-

CDM

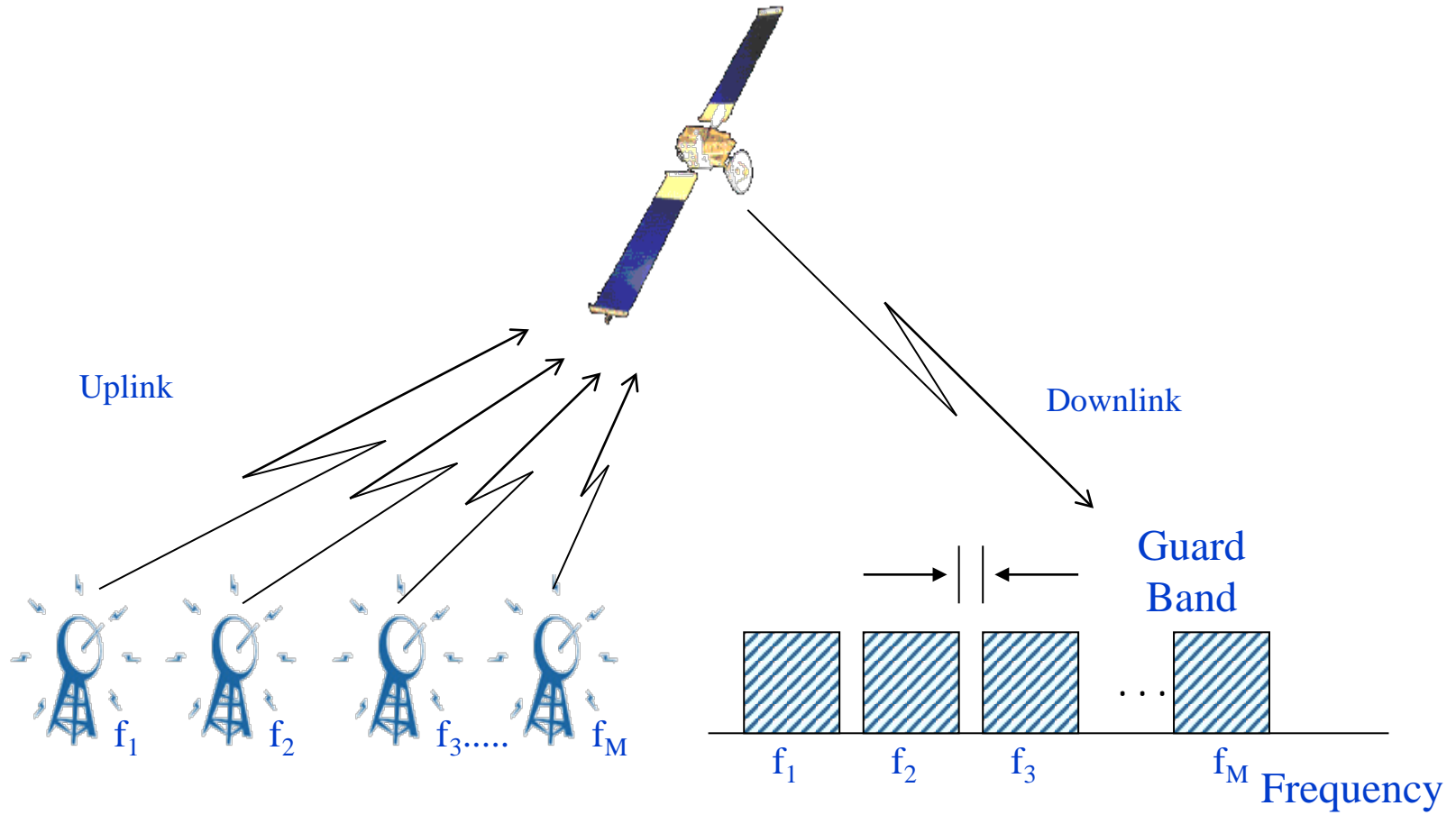


# FDMA

- Used extensively in the early telephone and wireless multi-user communication systems
- If a channel, such as a cable, has a transmission bandwidth  $W$  Hz, and individual users require  $B$  Hz to achieve their required information rate, then the channel in theory should be able to support  $W/B$  users
- Near-Far problem



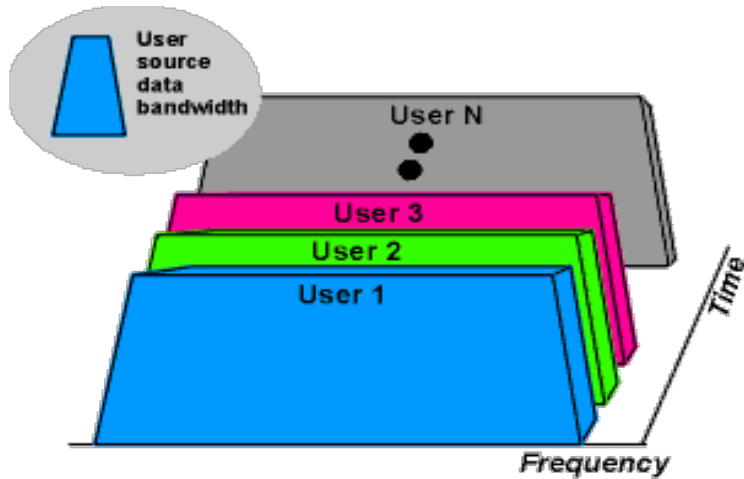
# Frequency Division Multiple Access; FDMA



# TDMA

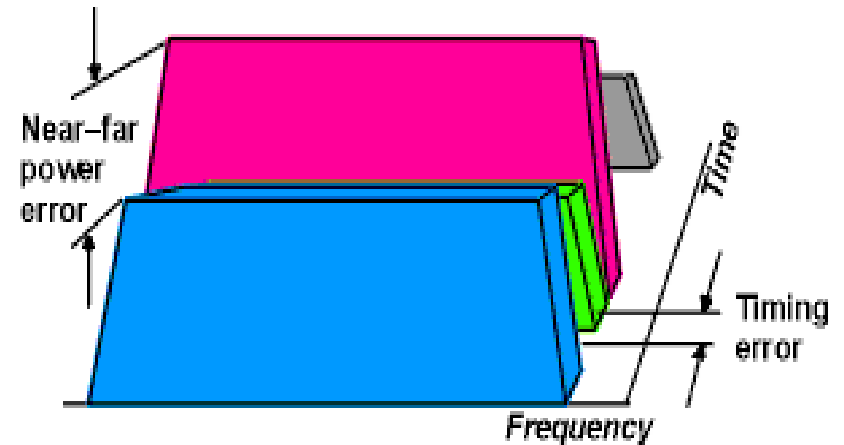
- The basic principle behind **time division multiplexing** is that the user has access to a modem operating at a rate **several times** that required to support his own data throughput, such that he can send his information in a time slot that is shorter than his own message transaction. Other users can then be assigned similar time slots on the same channel. Clearly if the data rate on the channel is  $w$  bits/second, and each individual user requires only  $b$  bits/second, then the system can support  $w/b$  simultaneous users.
- In TDM systems, users are assigned a time slot for the duration of their call whether they require it or not.

# TDMA



Time division multiple access

**TDMA**



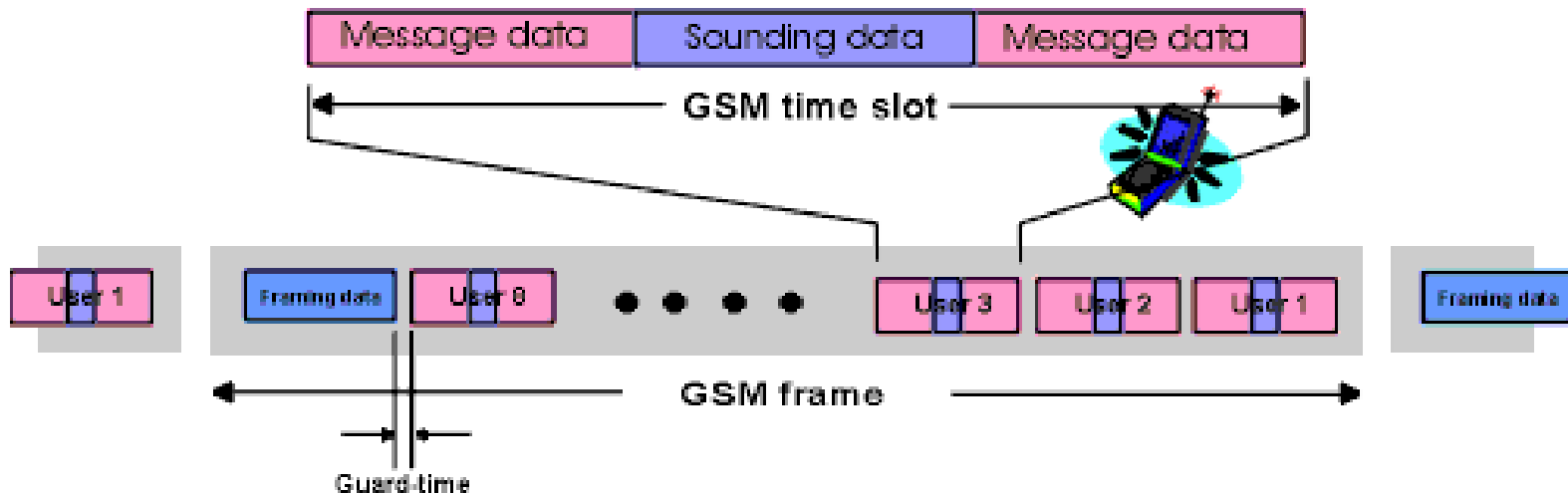
Time division multiple access  
in a wireless environment

**Near – Far Effect in TDMA**

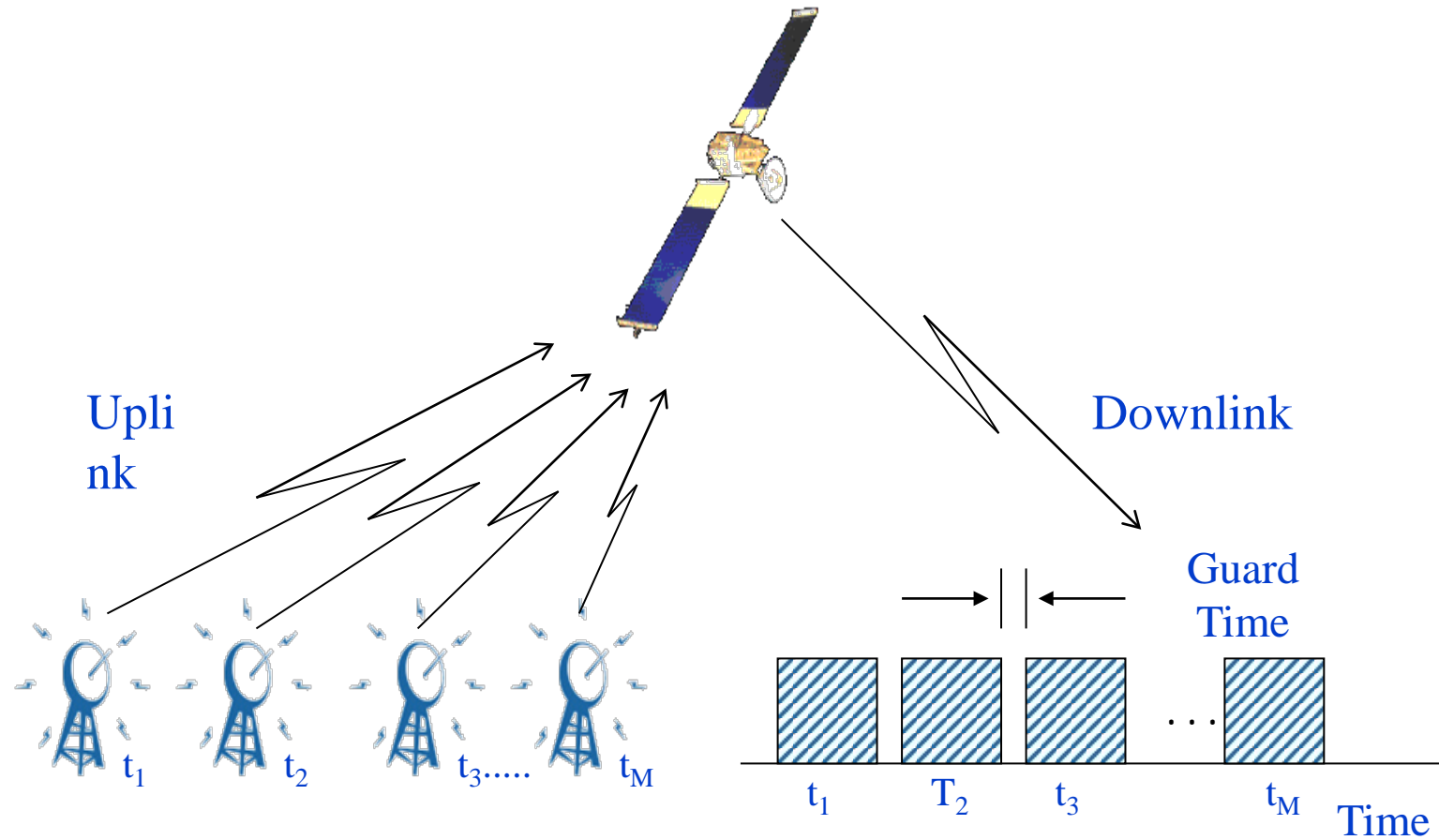
# Example of a TDMA system

- The [GSM digital cellular system](#) is a very good example of a TDMA

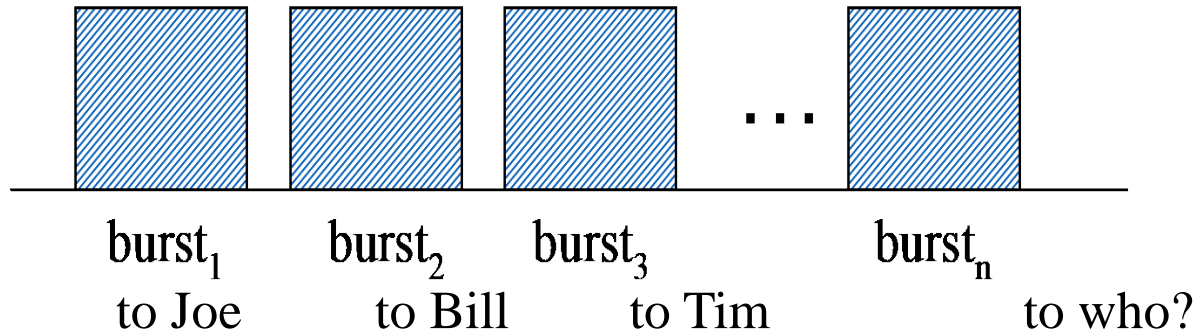
GSM TDMA data and frame structure



# Time Division Multiple Access; TDMA



## *Time Division Multiplexing*



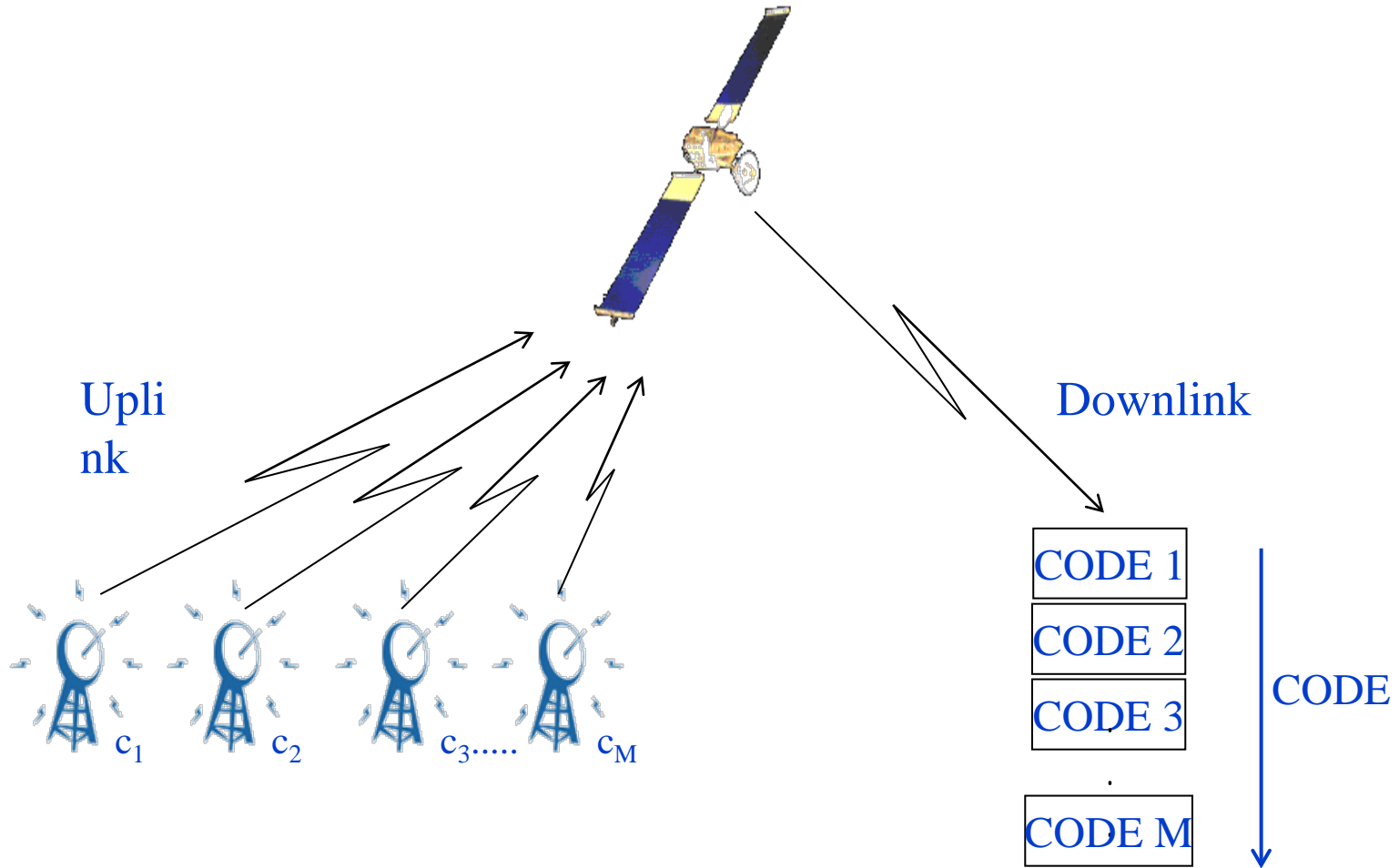
*a coherent stream of data*

# CDMA

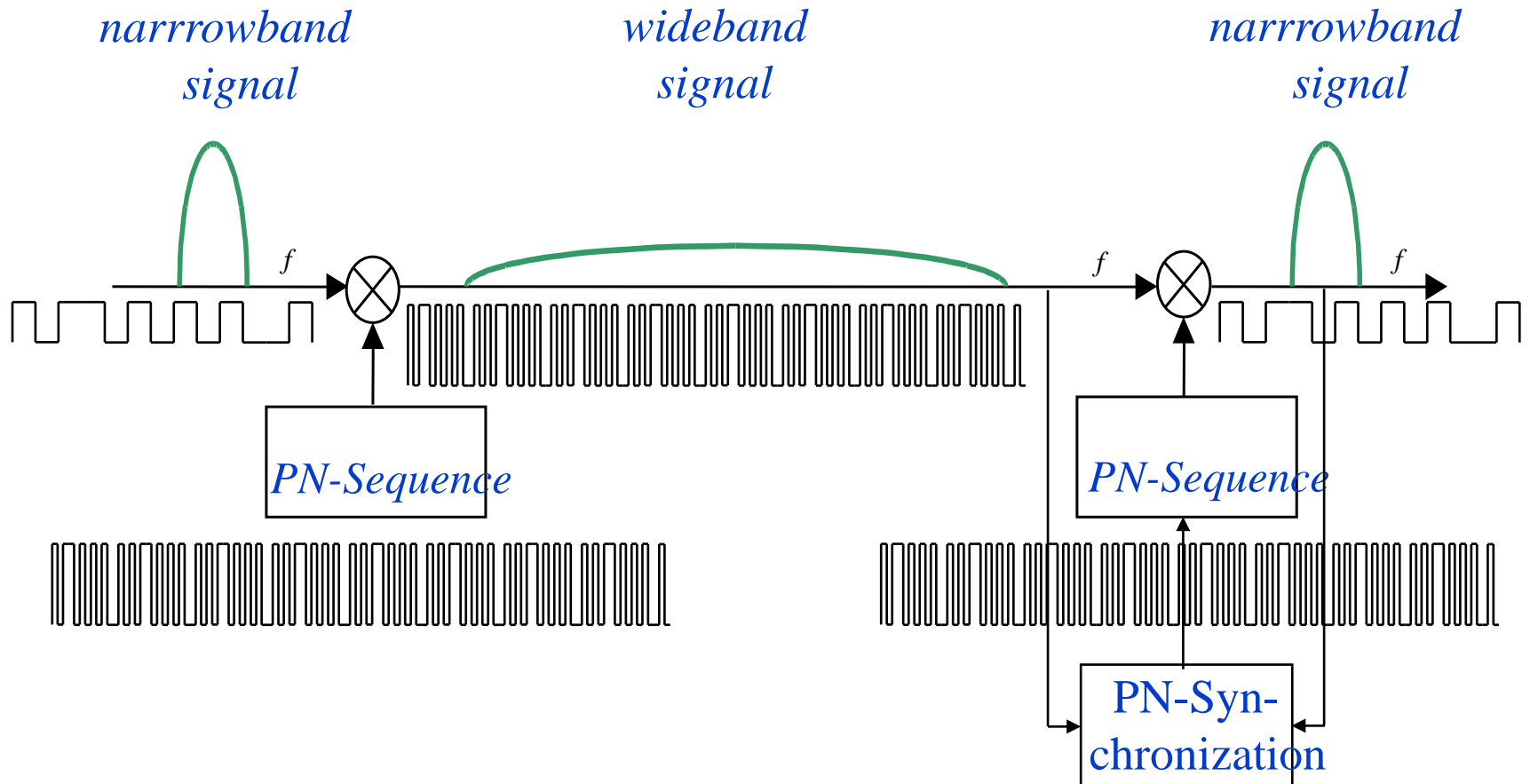
- In recent years, the interference immunity of CDMA for multi-user communications, together with its very good spectral efficiency characteristics, has been seen to offer distinct advantages for public cellular-type communications.
- There are two very distinct types of CDMA system, classified as direct sequence CDMA and frequency hopping CDMA. Both of these systems involve transmission bandwidths that are many times that required by an individual user, with the energy of each user's signal spread with time throughout this wide channel. Consequently these techniques are often referred to as spread spectrum systems.



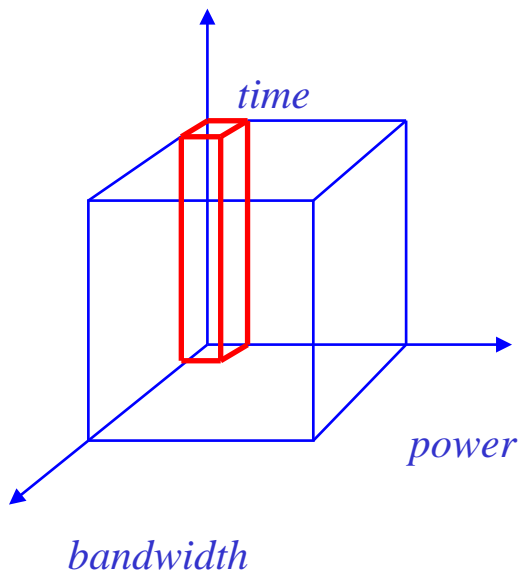
# Code Division Multiple Access; CDMA



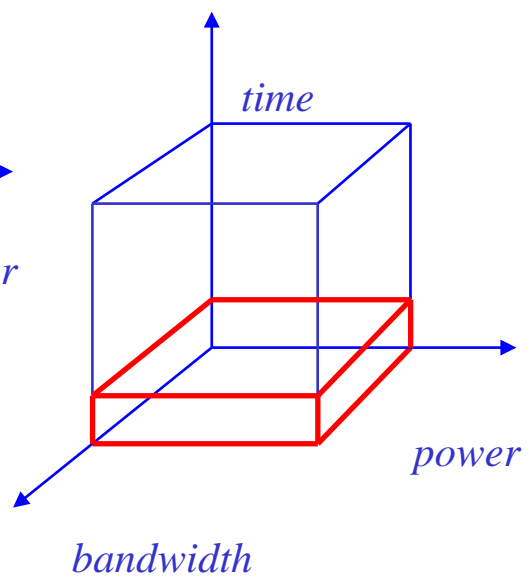
# Spectrum Spreading with PN Sequence



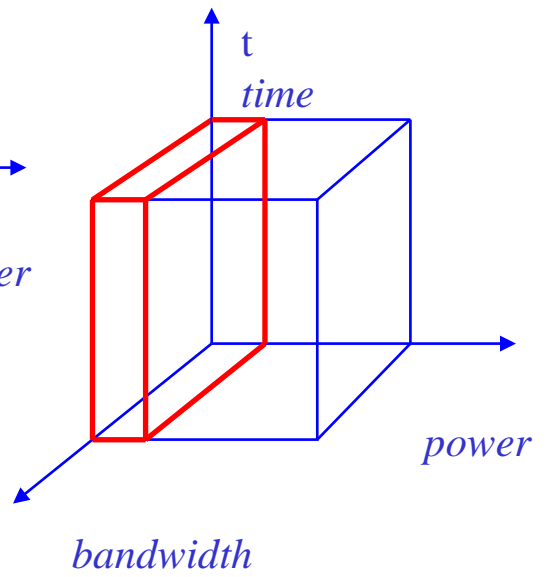
# FDMA, TDMA, CDMA in bandwidth, power and time



FDMA

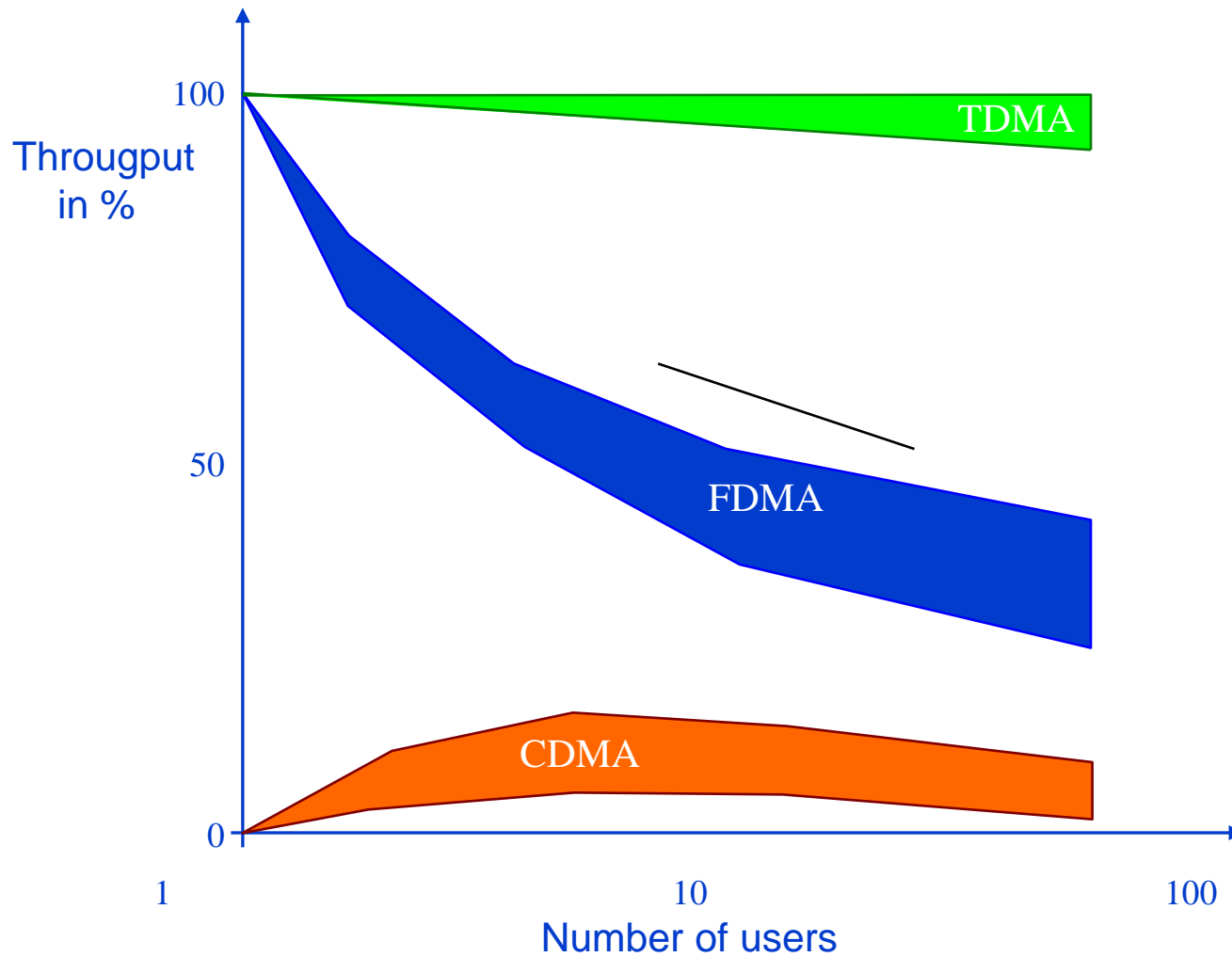


TDMA



CDMA

# Throughput in TDMA, FDMA and CDMA



# Channel Reservation

