



CORSO DI TECNOLOGIE D'ACCESSO

Accesso Satellitare



- ✓ Gli studi più recenti della comunicazione radio via satellite hanno l'obiettivo di raggiungere sempre maggiori prestazioni e capacità di canale con i costi più bassi possibile.
- ✓ Durante la seconda guerra mondiale si ha l'espansione di due tecnologie differenti: tecnologie missilistiche e trasmissione a microonde.
- ✓ L'era spaziale parte nel 1957 con il lancio del primo satellite artificiale: lo Sputnik.

- ✓ 1958: Presidente Eisenhower trasmette gli auguri di natale tramite satellite SCORE.
- ✓ 1960 Satellite per la “riflessione” delle trasmissioni ECHO.
- ✓ 1960 Satellite per la ri-trasmissione e l’archiviazione di dati COURIER.
- ✓ 1962 Ripetitori satellitari a larga banda TELSTAR e RELAY.
- ✓ 1963 Primo satellite geostazionario (geo) SYNCOM.
- ✓ 1965 primo satellite geo commerciale INTELSAT I.
- ✓ 1965 Primo satellite della serie russa MOLNYA.

- ✓ Primi sistemi satellitari: basse velocità e alti costi.
- ✓ INTELSAT I pesava 68 kg, aveva una capacità di 480 canali telefonici, e presentava un costo annuo pari a \$ 32.500 per canale, comprensivo di studio, lancio, vita del satellite (1,5 anni).
- ✓ INTELSAT VI pesava 3750 kg, grazie a vettori sempre più potenti
- ✓ Grosso incremento nello sviluppo di sistemi di trasmissione a microonde (antenne “multibeam”, adattate alla forma dei continenti. Possibilità di riutilizzo delle stesse frequenze).



Riduzione del costo: INTELSAT VI aveva 80000 canali, costo medio annuo per canale 380\$.

- ✓ Originariamente studiati per scopi militari, avevano come obiettivo il trasferimento di informazione tra un sito e un altro, così come un normale cavo via terra.
- ✓ Basse prestazioni e potenze comportavano la costruzione di stazioni a terra molto grandi (antenne da 30 mt di diametro) e costose.
- ✓ Una grossa stazione a terra satellitare, hub, veniva poi connessa a un insieme di altre stazioni locali.
- ✓ Recentemente lo sviluppo maggiore lo hanno avuto applicazioni di “direct broadcast”, come navigazione web via satellite e televisione digitale (antenne con diametro compreso tra 0.6 e 3.5 mt).

✓ Un sistema satellitare si divide in

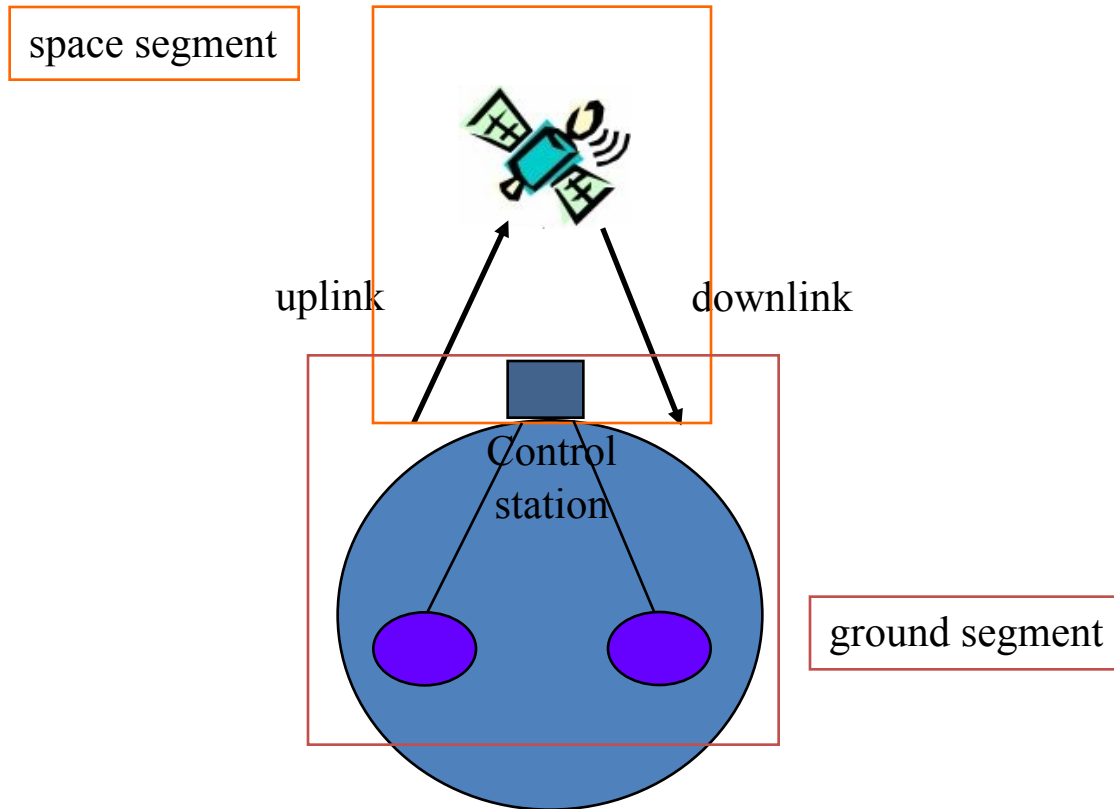
➤ Segmento Spaziale

il satellite e tutte le apparecchiature a terra, compresa l'antenna terrestre, che si occupano del tracking, dello studio della telemetria e dei comandi del satellite

➤ Segmento Terrestre

rappresenta tutte le stazioni a terra che connettono la stazione base satellitare con tutti gli utenti terrestri.

Space segment and ground segment

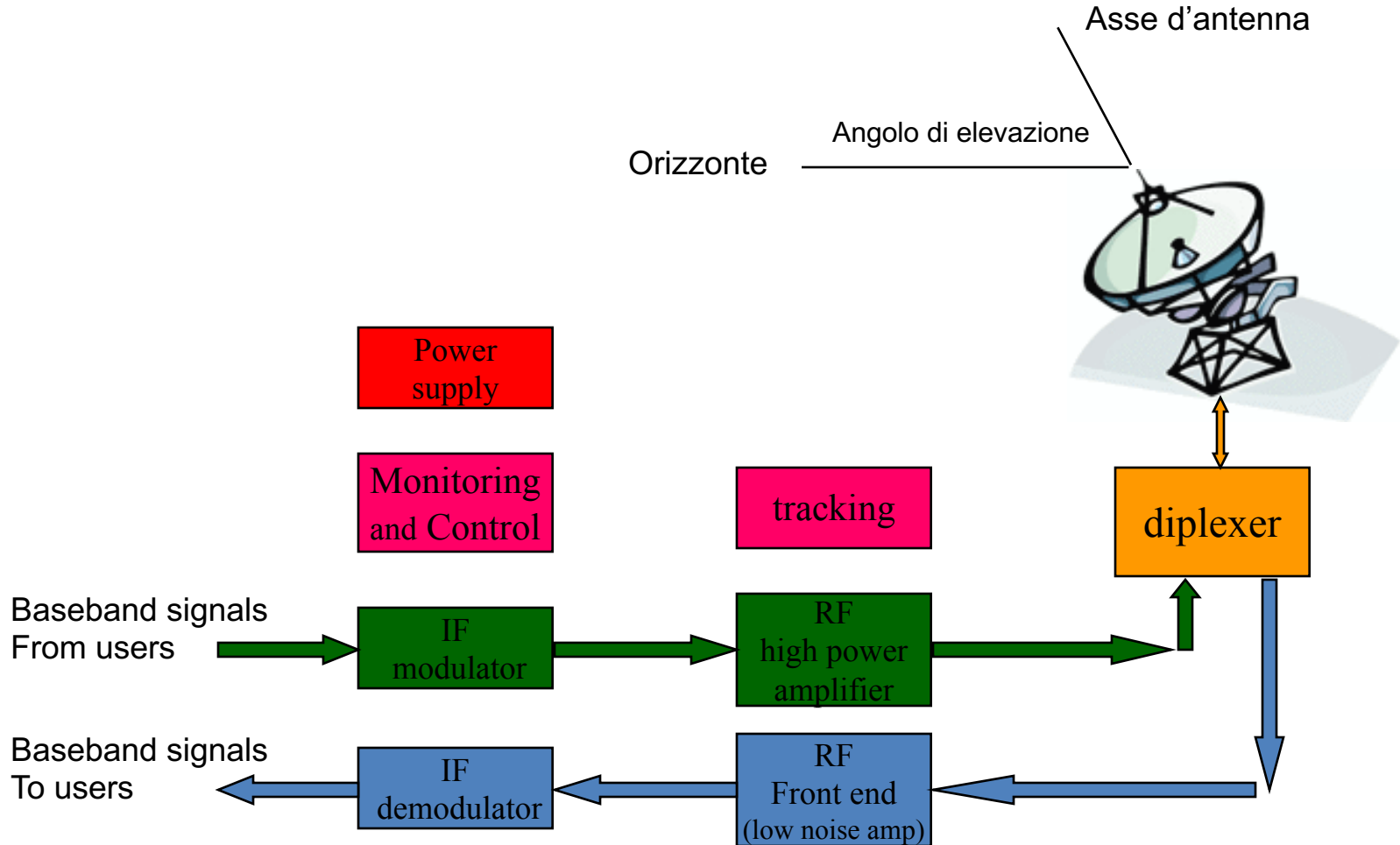


- ✓ Il satellite è costituito principalmente da due macro strutture
 - Payload
 - antenne riceventi e trasmittenti
 - tutto l'equipaggiamento elettronico che consente la trasmissione delle portanti

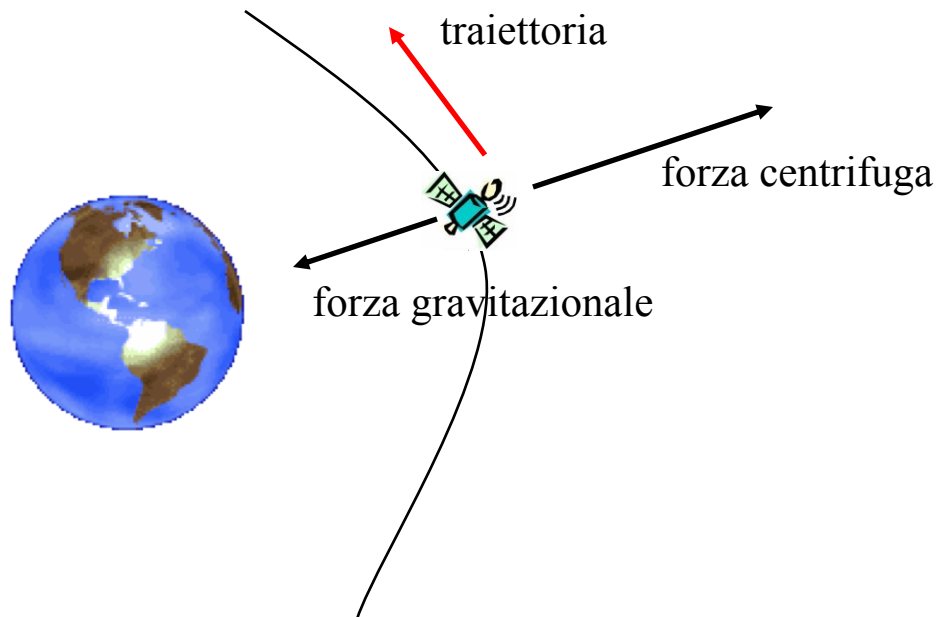
 - Platform
 - tutti i sottosistemi che permettono al payload di operare
 - struttura fisica
 - produzione energia elettrica
 - Controllo dell'orbita e dell'altitudine
 - ...

- ✓ Il satellite ha due compiti fondamentali
 - Amplificare le portanti ricevute per la ri-trasmissione in downlink. La potenza in ingresso al satellite in ricezione è nell'ordine dei 100pW, 1nW. In uscita l'amplificatore trasmette con una potenza nell'ordine dei 10,100W. Il guadagno in potenza è circa 100,130 dB
 - Cambiare la frequenza della portante in downlink rispetto a quella in uplink. Questo per evitare il riassorbimento di una frazione della potenza ritrasmessa da parte dello stesso ricevitore satellitare. Il sistema deve essere tale da assicurare un isolamento nell'ordine dei 150 dB

- ✓ E' l'insieme di tutte le stazioni a terra e dei collegamenti con l'utente finale
- ✓ Esistono differenti tipologie d'antenna a seconda dell'utilizzo e del traffico che devono supportare (dai 30 mt. ai 0.6 mt.)
- ✓ Le stazioni terrestri si distinguono in fisse, trasportabili e mobili
- ✓ Possono essere riceventi (broadcasting televisivo) o trasmettenti/riceventi (collegamenti telefonici satellitari)



- ✓ L'orbita è la traiettoria seguita dal satellite in equilibrio tra due forze opposte



✓ Massa del satellite m e massa della terra M

✓ Distanza dalla terra r

✓ Velocità del satellite V

✓ Forza centrifuga

$$F_c = mv^2 / r$$

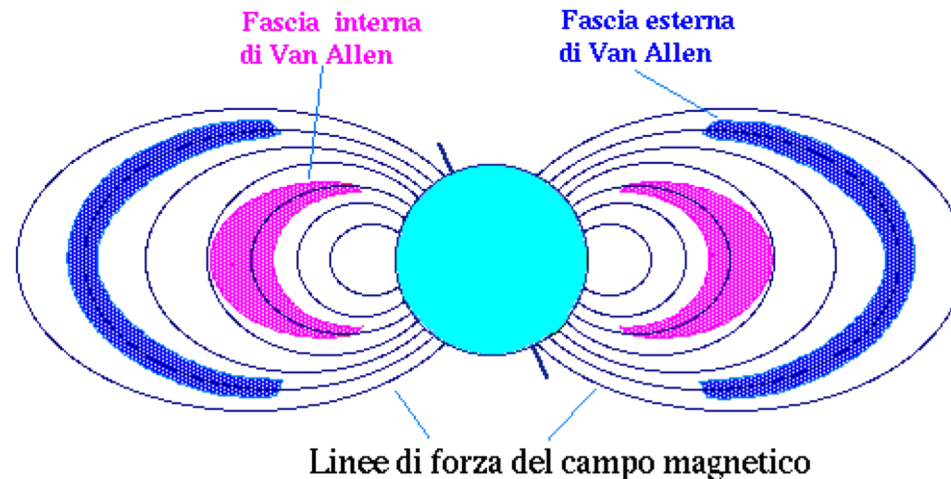
✓ Forza gravitazionale

$$F_g = GMm / r^2$$

- ✓ La forza centrifuga è associata alla curvatura (o al raggio di curvatura) della traiettoria del satellite.
- ✓ La traiettoria è adagiata su un piano e ha normalmente una forma ellittica con massima estensione all'Apogeo e minima al Perigeo.
- ✓ Il satellite presenta velocità decrescenti man mano che la sua distanza dalla terra aumenta.

- ✓ Le fasce di Van Allen o "magnetosfera terrestre" sono zone radioattive lobate poste attorno alla Terra
- ✓ Il campo magnetico terrestre ovvero quel complesso magnetico, costituito dalle linee di campo generate dagli strati fluidi del mantello terrestre interagisce con le particelle cariche del vento solare intrappolandole e convogliandole lungo le linee di forza
- ✓ Essendo costituite principalmente da elettroni e protoni sono la causa delle aurore boreali ed australi che si osservano ai poli del nostro pianeta
- ✓ A causa della loro elevata concentrazione in determinate zone dello spazio sono in grado di creare uno scudo radioattivo intorno alla Terra e di deviare buona parte delle radiazioni nocive che provengono dal Sole e dallo spazio cosmico

- ✓ La fascia di Van Allen interna si estende tipicamente tra 1000 km e 12.000 km di altezza sulla superficie terrestre
- ✓ La fascia di Van Allen esterna si estende a un'altitudine di circa 13.000–65.000 km ed è particolarmente intensa tra 14.500 km e 19.000 km



- ✓ È necessaria una flotta di 50-200 satelliti per coprire l'intera superficie del globo terrestre
- ✓ Il limite inferiore di 200 km di altitudine è imposto dall'atmosfera in quanto un'eccessiva sollecitazione con le forze di attrito ridurrebbe notevolmente il tempo di vita di un satellite
- ✓ Il limite superiore di 2.000 km è invece imposto dalla presenza delle fasce di Van Allen che provocherebbero al satellite un'esposizione radioattiva tale da pregiudicare il corretto funzionamento degli apparati di bordo

- ✓ Le orbite maggiormente favorevoli sono:
 - Orbita ellittica inclinata ad un angolo di 64° rispetto al piano equatoriale.
 - Orbita circolare inclinata: altitudine del satellite costante, pari ad alcune centinaia di chilometri.
 - Orbita circolare con inclinazione nulla (orbita equatoriale). La più famosa è l'orbita satellitare geostazionaria.

- ✓ Particolarmente stabile alle irregolarità rispetto al potenziale gravitazionale terrestre.
- ✓ Ci permette di coprire zone a elevata latitudine per una buona frazione dell'orbita, nel passaggio all'apogeo.
- ✓ Utilizzato dai satelliti MOLNYA con periodo di 12 ore.
- ✓ Particolarmente utili per collegamenti con terminali mobili dove il "masking effect" causato da ostacoli come edifici o alberi è frequente e l'effetto "multi path" è pronunciato.
- ✓ Offrono copertura alle latitudini medie con angoli di visuale prossimi a 90° e per lunghi periodi di tempo.

✓ Orbita del satellite MOLNIYA



- ✓ Periodo breve, nell'ordine dell'ora e mezza.
- ✓ Con inclinazioni vicine a 90° garantisce la copertura di tutte le regioni terrestri.
- ✓ Utilizzati come satelliti per l'osservazione.
- ✓ Satellite SPOT: altitudine 870 Km, inclinazione dell'orbita 98.7° , periodo 101 minuti.
- ✓ Numerosi sistemi di costellazioni satellitari in orbite circolari a bassa altitudine (circa 1000 Km): IRIDIUM, GLOBAL STAR, ODYSSEY, ARIES, LEOSAT, STARNET.

- ✓ Altezza orbita geostazionaria 35786 Km, stessa direzione della rotazione terrestre
- ✓ Periodo identico a quello della rotazione terrestre.
- ✓ Il satellite appare come un punto fisso nel cielo assicurando funzionamento continuo come ripetitore-trasmettitore
- ✓ Area di visibilità del satellite limitata (circa 43% della superficie terrestre)
- ✓ Applicazioni broadcast domestiche (e.g., Sky)

- ✓ La scelta dell'orbita di un satellite dipende dalla natura della missione, dall'interferenza accettabile e dalle possibilità del vettore che lo lancerà:
 - Estensione e latitudine dell'area da coprire: minore è l'altezza e minore saranno le aree che si riescono a coprire e il tempo di copertura di ciascuna area. Satelliti geostazionari permettono la copertura costante di zone estese ma non permettono la copertura delle zone polari per le quali è necessaria un'orbita inclinata ellittica o un'orbita polare.
 - Angolo di elevazione della stazione a terra: un satellite può risultare al di sotto del piano di visibilità poiché ad un angolo di inclinazione compreso tra 0° e 70° . Con satelliti geostazionari l'angolo di elevazione decresce all'aumentare della differenza tra le posizioni relative, in latitudine o longitudine, tra satellite e stazione base

- Durata della trasmissione e ritardo: i satelliti geostazionari assicurano una trasmissione continua all'interno della zona di visibilità, ma comportano un ritardo nell'ordine degli 0.25 sec
- Interferenza: i satelliti geostazionari occupano posizioni fisse rispetto alle stazioni terrestri. Protezione contro l'interferenza tra i sistemi viene assicurata pianificando le bande in frequenza e le posizioni orbitali. Minore è lo spazio orbitale tra due satelliti e maggiori saranno le interferenze se questi utilizzeranno le stesse frequenze. L'utilizzo di differenti frequenze è comunque limitato dal numero massimo di frequenze assegnate alla comunicazione radio satellitare dagli organismi di regolazione internazionali. Sistemi complessi di più satelliti esistono contemporaneamente, ma le posizioni tendono a variare nel tempo rendendo difficoltosa la re-sincronizzazione
- Caratteristiche dei vettori di lancio: al crescere dell'altitudine diminuisce la massa totale che siamo in grado di spedire in orbita

- ✓ Il satellite geostazionario è attualmente il più diffuso.
- ✓ Ci sono circa 150 satelliti geostazionari operanti a 360° nell'intero arco orbitale.
- ✓ Alcune parti dell'intero arco orbitale stanno sempre più congestionandosi (nord America e Europa), con il rischio di possibili collisioni e di interferenze non trascurabili.

- ✓ Inizio dello sfruttamento commerciale su larga scala delle comunicazioni satellitari: 1965 INTELSAT I.

- ✓ Fino al 1970 solamente segnali telefonici e televisivi tra continenti differenti. Complemento ai collegamenti sottomarini.

- ✓ 1970 in poi: incremento delle capacità con l'introduzione di:
 - Satelliti *multibeam*.
 - Riutilizzo delle frequenze tramite polarizzazioni ortogonali.
 - Separazione spaziale.

- ✓ Tecniche di trasmissione analogiche. Prime tecniche di multiplexing in frequenza per segnali televisivi e canali telefonici.

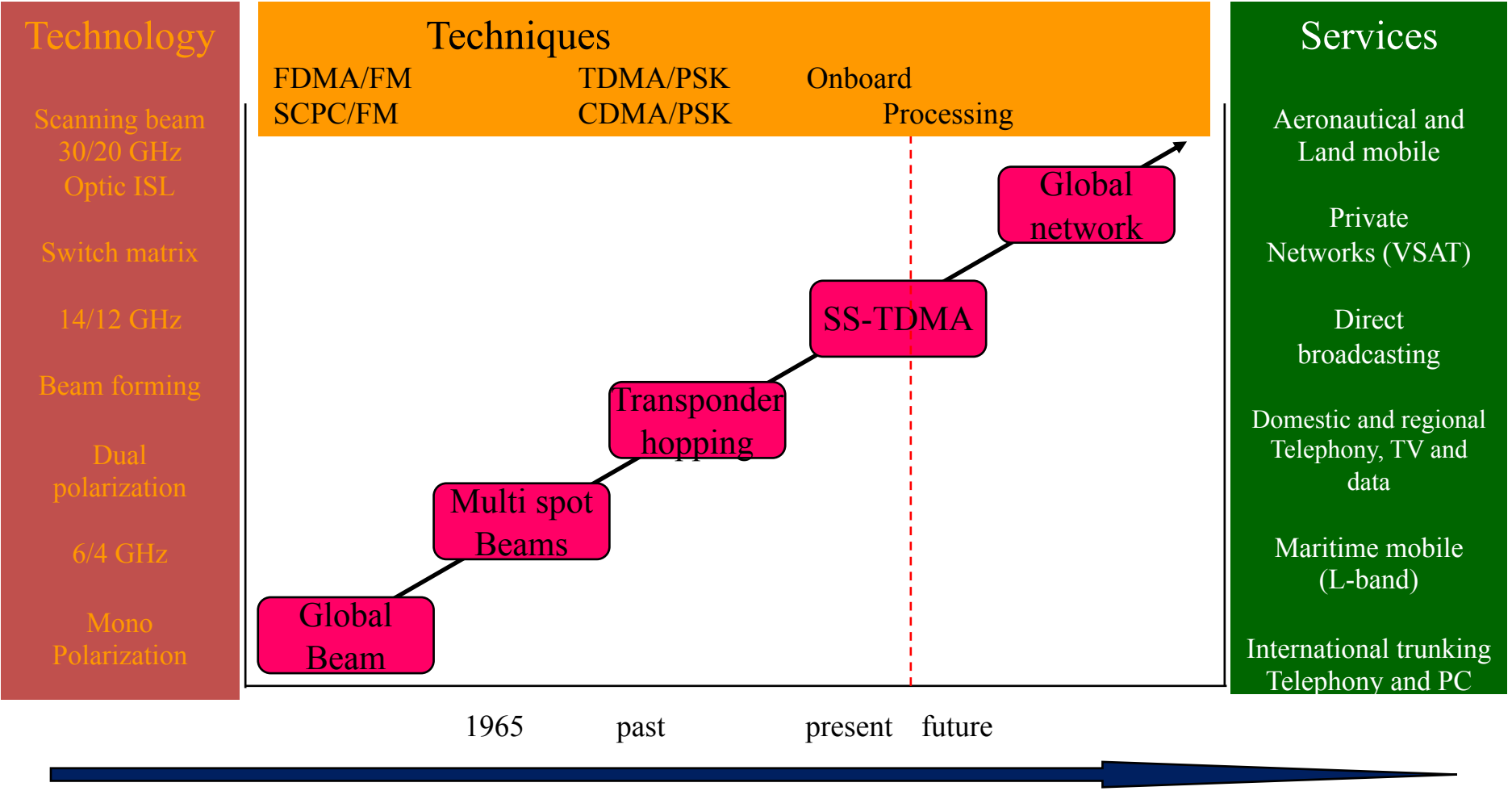
- ✓ 1980 Utilizzo di tecniche avanzate di multiplexing analogico (FDMA) per venire incontro alla crescente domanda di un maggior numero di link a ridotte capacità.
 - Single channel per carrier/frequency modulation (SCPC/FM).

- ✓ 1990 Introduzione di tecniche digitali di accesso (TDMA/PSK).

- ✓ Progresso tecnologico nella costruzione delle antenne: il *multibeam* permette la copertura più efficace di particolari zone terrestri.

- ✓ Utilizzo della tecnologia *multibeam* comporta maggiori difficoltà nell'interconnessione tra reti differenti:
 - Nascita dei *transponder*.
 - *Sviluppo* di tecniche di *onboard switching* come la *satellite switched time division multiple access (SS-TDMA)*.

- ✓ *On-board processing*: integrazione di maggior quantità di hardware “intelligente” a bordo: demodulatori di portante (satelliti rigenerativi)
- ✓ Collegamenti inter-satellitari
- ✓ Scansione o *Hopping* dei fasci (*beam*)
- ✓ Utilizzo di frequenze più elevate (30/20 GHz e 50/40 GHz) nonostante problemi propagativi



- ✓ Inizialmente costituivano “tratti” alternativi che duplicavano i collegamenti terrestri a lunga distanza
- ✓ Rapidamente hanno occupato specifici mercati grazie a tre proprietà che incrementavano caratteristiche esistenti in collegamenti terrestri o ne apportavano delle nuove:
 - Possibilità di broadcasting
 - Larghezze di banda superiori
 - Rapido set-up e (relativamente) semplice riconfigurazione

- ✓ Rete terrestre costituita inizialmente da poche stazioni
 - Grosse antenne (30 mt.)

- ✓ Ultimamente grossa penetrazione fino all'utente finale

- ✓ Sviluppo di apparati per sola ricezione (RCVO, *receive only*)
 - Piccole antenne (1 mt)

✓ Tre tipologie di servizio:

➤ *Trunking telephony* e scambio di programmi televisivi

Continuazione del servizio originale. Il traffico è parte del totale traffico nazionale/regionale. Raccolto e distribuito dalle grandi stazioni a terra (antenne 15-30 mt.)

➤ Sistemi multiservizio

Telefonia e dati per gruppi di utenza geograficamente dispersa. Gruppi connessi a rete globale tramite stazioni a terra colleganti differenti distretti. (TELECOM 1, EUTELSAT 1, INTELSAT, antenne 3-10 mt.)

➤ Sistemi VSAT (very small aperture terminal)

Bassa capacità di trasmissione dati (mono o bi-direzionali). Broadcasting di programmi digitali radiofonici o televisivi. Utenti direttamente connessi con la stazione base. Reti equatoriali, INTELNET, INTELSAT. (Antenne 0.6-1.2 mt., utenti telefonia mobile possono essere inclusi in questa categoria).

- ✓ Il sistema di comunicazione satellitare è un ottimo candidato per fornire servizi Internet a banda larga integrati a utenti dispersi globalmente
- ✓ In un sistema Internet satellitare i satelliti vengono usati per interconnettere segmenti di rete eterogenei per fornire un accesso diretto a Internet in ambito domestico e commerciale
- ✓ Varie caratteristiche:
 - Copertura Globale
 - Broadcast
 - Flessibilità (Bandwidth-on-demand)
 - Supporto alla mobilità
 - Comunicazioni point-to-multipoint e multipoint-to-multipoint

-
- ✓ Le ragioni più importanti per la diffusione delle comunicazioni via satellite:
- necessità di servizi Internet integrati a banda larga per utenti sparsi globalmente
 - obbligatorio in località in cui l'accesso internet terrestre non è disponibile (aree rurali o remote)
 - nel caso di alta mobilità (marittimo e aeronautico)
 - Elevata larghezza di banda

- ✓ Gli elementi di un Sistema satellitare sono:
 - segmento spaziale
 - Satellite o flotta di satelliti
 - Segmento terrestre
 - Gateway stations
 - Network Coordination center (NCC)
 - Network Operation center (NOC)

- ✓ Il segmento spaziale è composto da satelliti classificati secondo l'altezza dell'orbita sopra la superficie terrestre:
- Geostationary orbit satellite (GSO)
 - Geostationary Earth Orbit (GEO)
 - Non-geostationary orbit satellite (NGSO)
 - Medium Earth Orbit (MEO) satellite
 - Low Earth Orbit (LEO) satellite

- ✓ Il segmento terrestre è composto da:
 - Gateway stations
 - Interfacce di rete tra reti esterne e rete satellitare
 - Esegue i protocolli, l'indirizzo e le conversioni di formato
 - NCC e NOC gestiscono quanto segue:
 - Gestione delle risorse di rete
 - Funzionamento Satellite
 - Controllo orbite

Frequency Band	Frequency (GHz)	Type of Service	Example Systems
L-Band	1.5—1.6	Mobile voice and data, distress (downlink)	Inmarsat, Thuraya
S-Band	2.4—2.6	Mobile voice and data	ICO/Globalstar
C-Band	4—6	International dialed and leased circuits, Broadcast TV	Intelsat, PanAmSat, Dish
X-Band	7—8	Military services	Skynet 4 and 5, Nato
Ku-Band	11—14	TV broadcast, business systems, broadband Internet to homes and offices	SES-Astra, Eutelsat, Intelsat
Ka-Band	20—30	Broadband to homes and offices	Hughes, Spaceway
V-Band	40—50	Non-real-time fixed services	Hughes, Galaxy

Service	Bandwidth efficiency (bit/s/Hz)
Satellite mobile	0.7
Satellite DTH TV	1
GSM data	0.4
IS-95	1
Cable TV	2-6

✓ Latenza

- Il tempo di round-trip di 250-280 ms rende la latenza percepibile in servizi altamente interattivi (video/audio chiamate, gaming etc)
- Ciò comporterà una riduzione complessiva dell'affidabilità

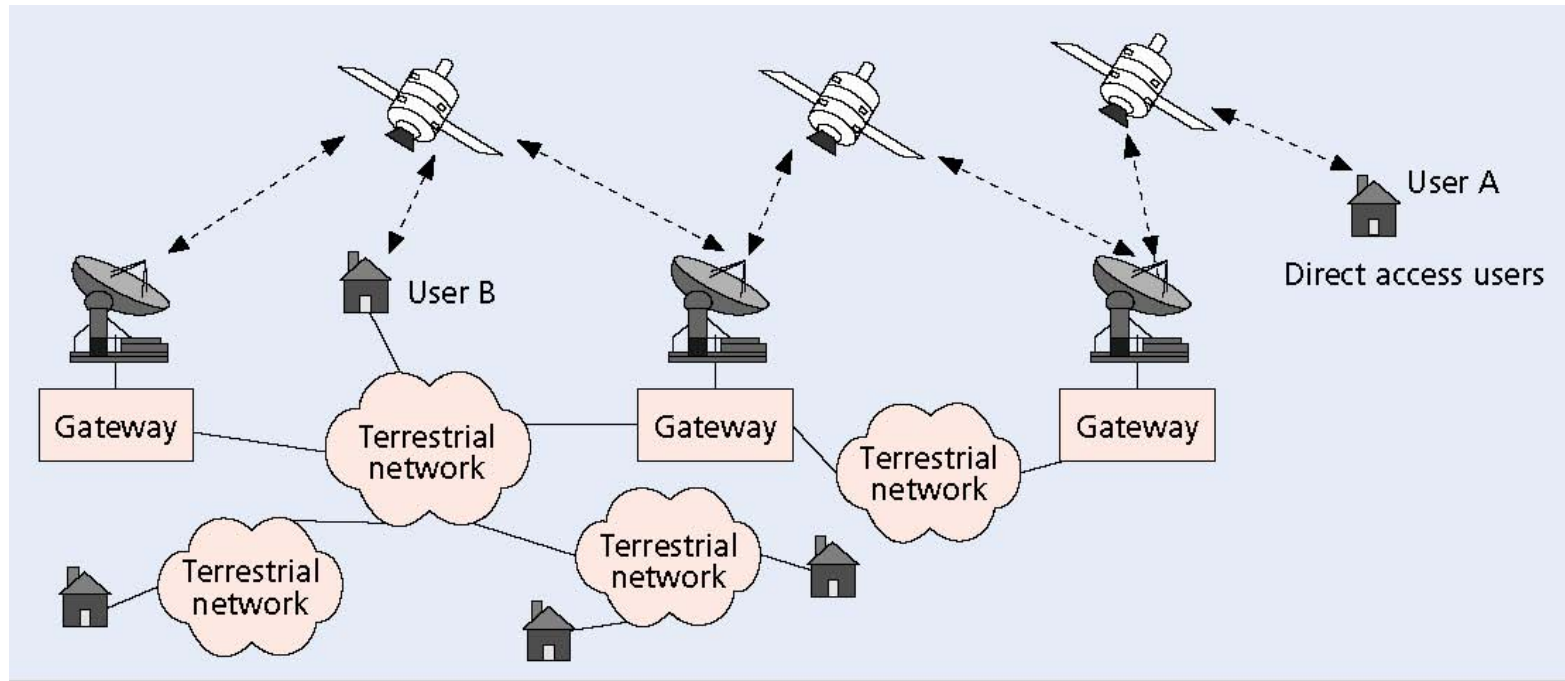
✓ Disponibilità

- Sebbene la disponibilità sia condizionata da fenomeni meteorologici come pioggia e nuvole, possono essere utilizzati diversi sistemi di controllo della potenza e altre tecniche di mitigazione della attenuazione per superare questi effetti del tempo
- I servizi Internet satellitari sono tipicamente dimensionati per fornire una disponibilità del 99,9%

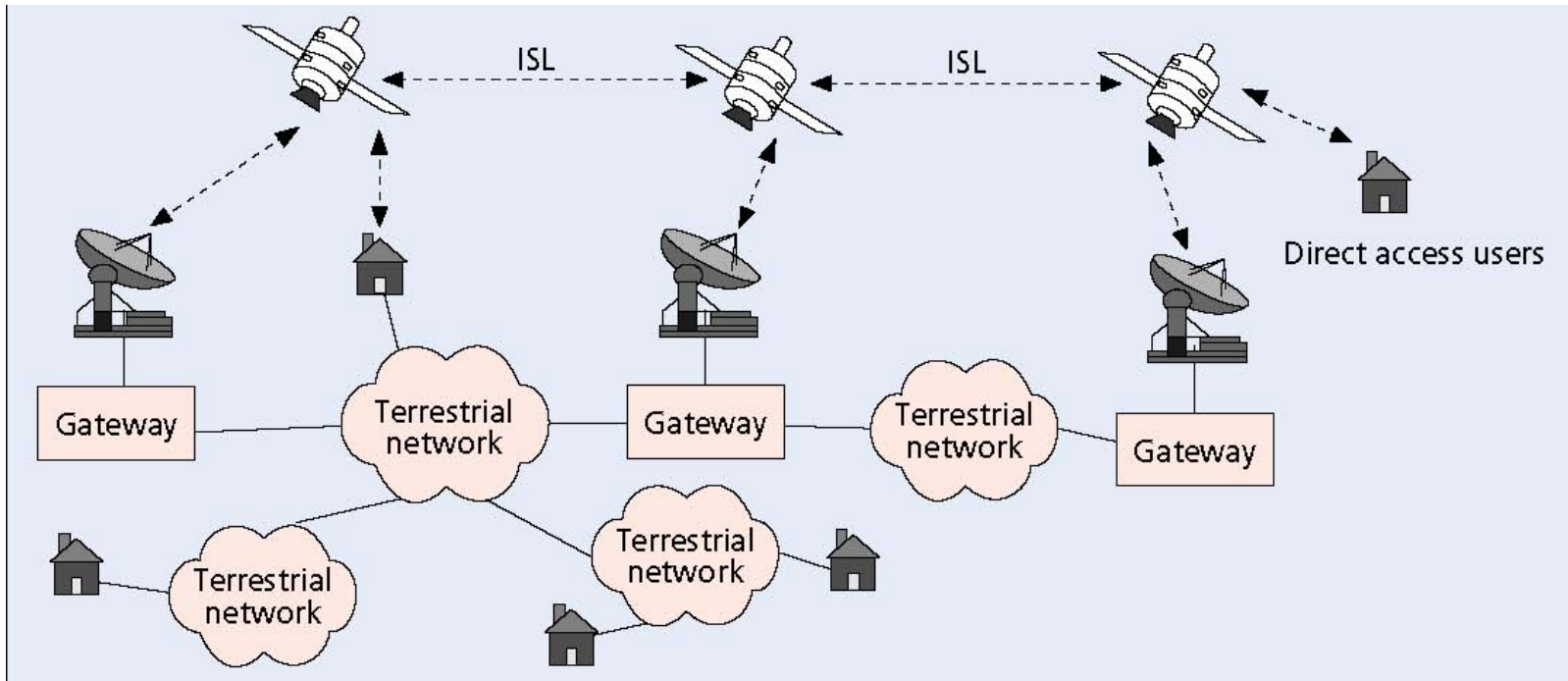
- ✓ Tre tipi di architetture satellitari basate su Internet:
 - Bent pipe
 - On-Board-Processing (OBP) e Inter-Satellite-Link (ISL)
 - Accesso a internet via Direct-Broadcast-Satellite (DBS)

- ✓ I satelliti adottati possono essere GEO, MEO o LEO
- ✓ Agiscono come ripetitori tra due punti di comunicazione sul terreno e non esiste un'elaborazione a bordo
- ✓ La rete satellitare si interfaccia con l'infrastruttura Internet via terra
- ✓ Può essere l'unico metodo di accesso per alcuni utenti quando non è disponibile alcun altro metodo di comunicazione o una connessione di backup in aggiunta a una rete di accesso terrestre esistente
- ✓ Anche se questa architettura è semplice e facile da implementare manca di percorsi di comunicazione diretti nello spazio ed è denotato da una bassa efficienza e alta latenza

Architettura Bent pipe

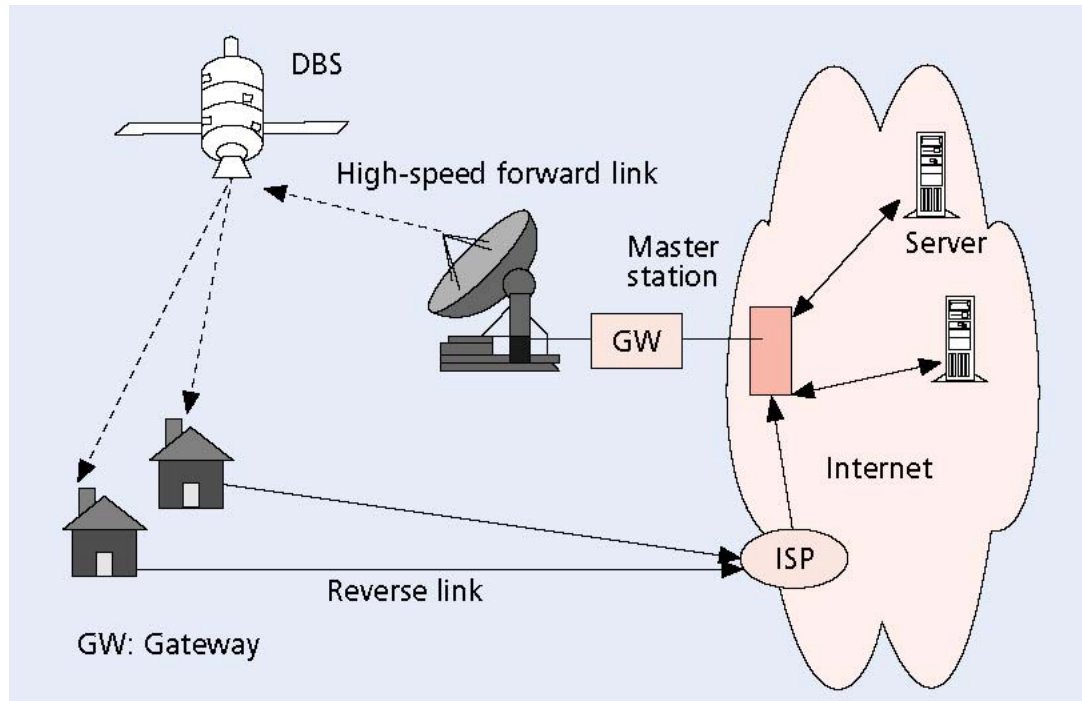


- ✓ OBP e ISL possono essere utilizzate per costruire una rete spaziale
- ✓ Questa architettura prevede una combinazione di rete di accesso e backbone
- ✓ Teledesic è un sistema esempio che utilizza una costellazione di 288 satelliti LEO con ISL
- ✓ La ricca connettività nello spazio fornirà maggiore flessibilità ma può causare problemi di routing complessi

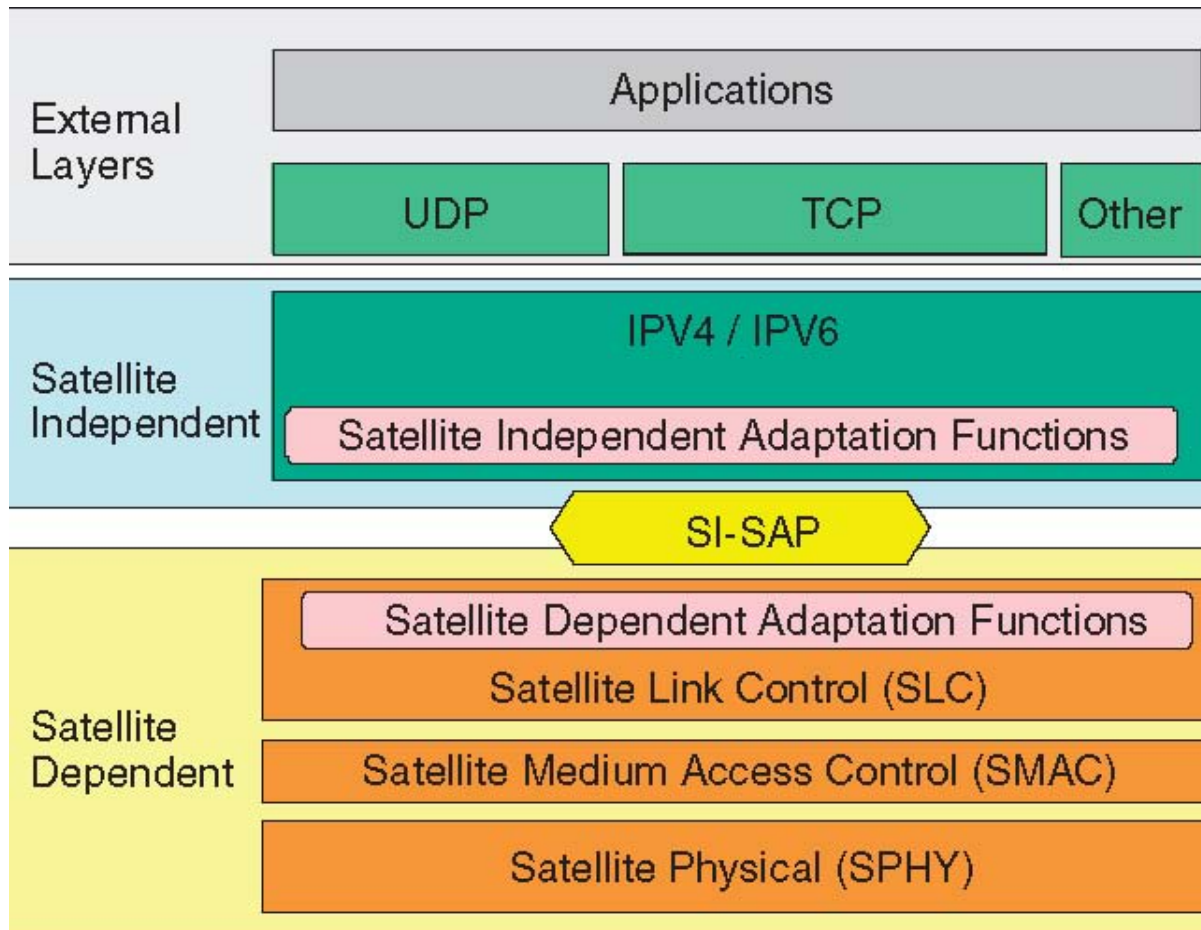


- ✓ A causa dell'asimmetria del traffico su Internet in cui vengono trasmessi notevolmente più dati dal server all'utente finale rispetto alla direzione inversa (ad esempio, la navigazione in rete) vi è una tendenza a offrire l'accesso a Internet tramite DBS utilizzati per la trasmissione televisiva
- ✓ Ogni casa dispone di un solo piatto satellitare per ricevere i dati trasmessi nel canale di trasmissione satellitare ad alta velocità
- ✓ Il percorso inverso al server è fornito da un collegamento terrestre
- ✓ Al fine di sfruttare al massimo l'ampia larghezza di banda dei collegamenti via satellite DBS si estende anche utilizzando i terminali di ricezione come gateway per l'interconnessione delle reti remote

Accesso a Internet via DBS



System	Major sponsors	Constellation	Satellite payload	Frequency band	Data rate	Service date
Astrolink	Lockheed Martin	Up to 9 GSO satellites	OBP and ISLs	Ka	Up to 200 Mb/s downlink Up to 20 Mb/s uplink	2003
Skybridge	Alcatel Espace, Loral Space	80 LEOsatellites at 1469 km	Bent-pipe	Ku	16 kb/s–20 Mb/s downlink 16 kb/s–2 Mb/s uplink	2002
Spaceway	Hughes	4 GSO satellites (ultimately 21 satellites)	OBP and ISLs	Ka	Up to 92 Mb/s downlink 16 kb/s–6 Mb/s uplink	2002
Teledesic	Motorola, Lockheed Martin	288 LEO satellites at 1375 km	OBP and ISLs	Ka	16 kb/s–64 Mb/s downlink 16 kb/s–2 Mb/s uplink	2004



✓ Gli schemi MAC basati sulla larghezza di banda allocata possono essere classificati nei seguenti sottogruppi:

➤ Allocations statico

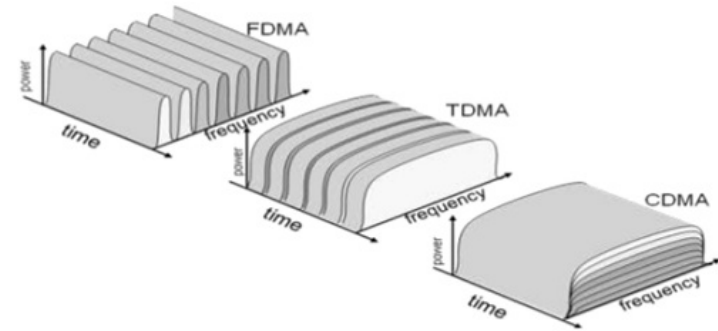
- FDMA
- TDMA
- CDMA

➤ Accesso casuale (usato da very small aperture terminal - VSAT)

- ALOHA

➤ Allocations a richiesta

- Demand Assignment Multiple Access (DAMA)



- ✓ In situazioni in cui il traffico di ogni stazione di terra è elevato l'allocazione fissa della larghezza di banda satellitare alle stazioni di terra è inefficiente
- ✓ È auspicabile allocare dinamicamente la larghezza di banda del transponder in risposta alle richieste della stazione di terra, utilizzando un protocollo DAMA (Demand Assignment Multiple Access).
- ✓ Una richiesta di risorse deve essere accettata e garantita prima della trasmissione effettiva dei dati
- ✓ Dopo la reservation la larghezza di banda è allocata utilizzando FDMA o TDMA e la trasmissione dei dati è garantita senza collisioni
- ✓ Il processo di reservation può essere:
 - implicito o esplicito
 - A controllo centralizzato o controllo distribuito

- ✓ Per applicazioni di dati Internet esistono diversi protocolli DAMA che operano la prenotazione on-demand:
 - Pure DAMA (P_DAMA) assegna la larghezza di banda in base al carico di traffico delle stazioni di terra senza considerare come utilizzare la larghezza di banda libera non assegnata
 - Combined Free DAMA (CFDAMA) risolve questa mancanza assegnando la larghezza di banda libera secondo alcuni schemi (ad esempio il round robin R_CFDAMA).
 - DAMA predittivo (PRDAMA)

- ✓ Miglioramento del R_CFDAMA
- ✓ PRDAMA assegna risorse di banda libera stimando la tendenza del traffico Internet per facilitare la previsione dei requisiti di larghezza di banda delle stazioni di terra
- ✓ Può lavorare con reservation esplicita ed implicita
- ✓ PRDAMA raggiunge un ritardo medio più basso rispetto ad altri protocolli DAMA
- ✓ Il protocollo PRDAMA può essere applicato sia ai sistemi Bent-Pipe che OBP
- ✓ Può essere utilizzato sia nel controllo centralizzato che nel controllo distribuito

✓ One-way Multicast Internet Service

- Utilizzato per trasmissioni multicast dati e la distribuzione audio e video
- I contenuti Internet, come le pagine web, vengono distribuiti su un sistema a senso unico, inviandoli verso gli utenti finali, anche se una completa interattività non è possibile
- Questo è molto simile ad un contenuto televisivo o radio con una piccola interfaccia utente

✓ One-way with Terrestrial Return Internet Service

- Questo servizio viene utilizzato con l'accesso remoto tradizionale a Internet con i dati in uscita attraverso un modem telefonico ma i download vengono inviati via satellite ad una velocità vicina a quella dell'accesso a Internet a banda larga
- Un altro tipo implica l'utilizzo di GPRS (General Packet Radio Service) per il back-channel

✓ Two-way Satellite Internet Service

- Questo servizio invia i dati da siti remoti via satellite ad un hub, che poi invia i dati a Internet
- Il paraboloide satellitare deve essere posizionato in modo preciso per evitare interferenze con altri satelliti
- Inoltre, ogni postazione deve utilizzare la gestione dell'alimentazione per regolare la quantità di potenza di trasmissione per compensare le condizioni come la dissolvenza della pioggia
- I sistemi bidirezionali possono essere semplici terminali VSAT con paraboloide da 60-100cm e potenza di uscita di soli pochi watt destinati a consumatori e piccole imprese o sistemi più grandi che forniscono una maggiore larghezza di banda

- ✓ Servizi di messaggistica satellitare
 - Soluzioni a basso bit-rate
 - Utilizzo in scenari M2M
 - Hardware di ridotte dimensioni
 - Localizzazione integrata
 - Buona durata della batteria
 - Esempi di moduli:
 - Iridium 9602/9603 Short Burst Data

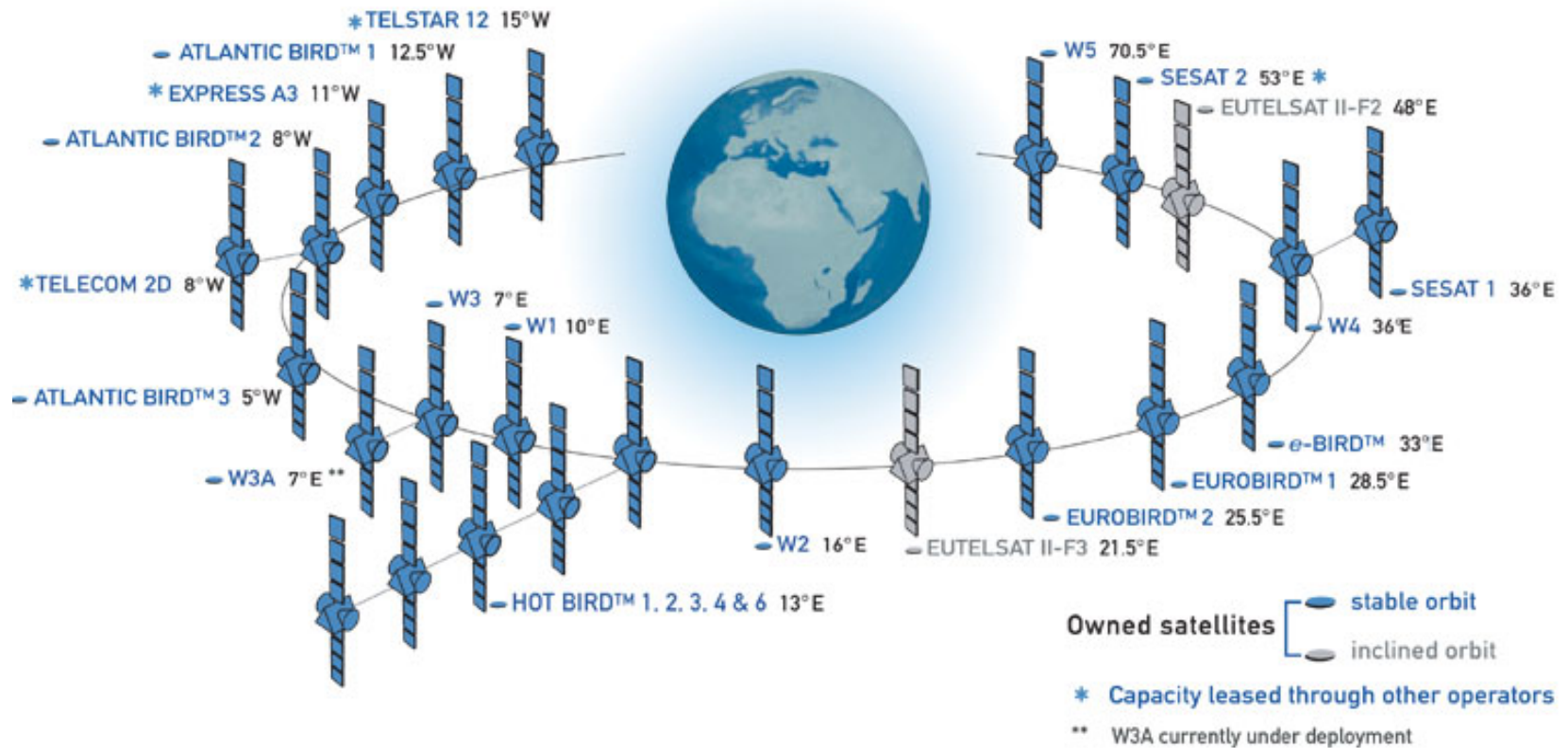


- ✓ Per meglio comprendere alcuni dettagli tecnici relativi al digitale satellitare prendiamo in considerazione i satelliti della Eutelsat

- ✓ La Eutelsat è un provider di servizi satellitari di diverso genere:
 - broadcasting radio e televisivo
 - servizi internet
 - comunicazione mobile

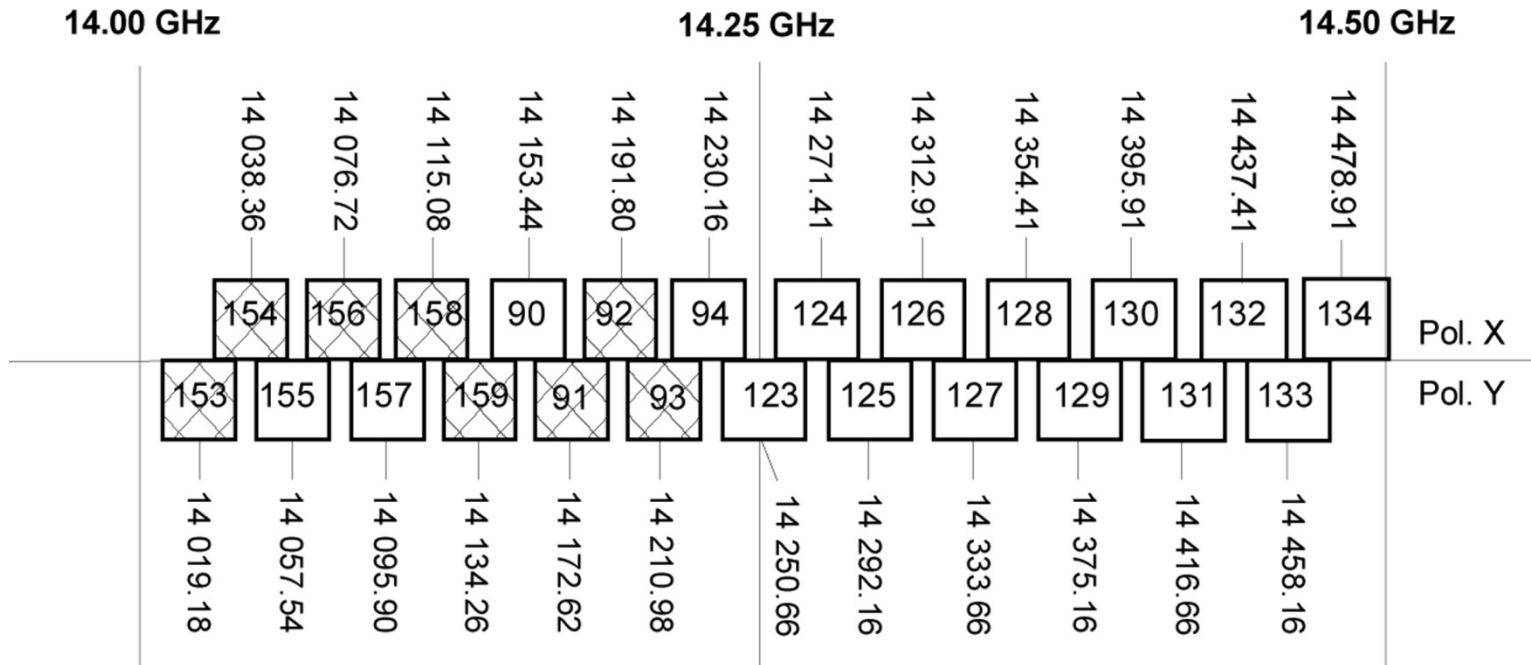
- ✓ Di particolare interesse per le applicazioni relative alla DTV sono i satelliti denominati *Hot Bird*
- ✓ La famiglia degli *Hot Bird* è costituita da 7 satelliti (a 13° EST) e costituisce uno dei più grossi sistemi di broadcasting
- ✓ Ad essa è affidata la trasmissione di circa 700 canali televisivi, tra analogici e digitali, e di 560 canali radio e di servizi multimediali
- ✓ La copertura si estende in Europa, nel Nord Africa, nel Medio Oriente fino in Asia

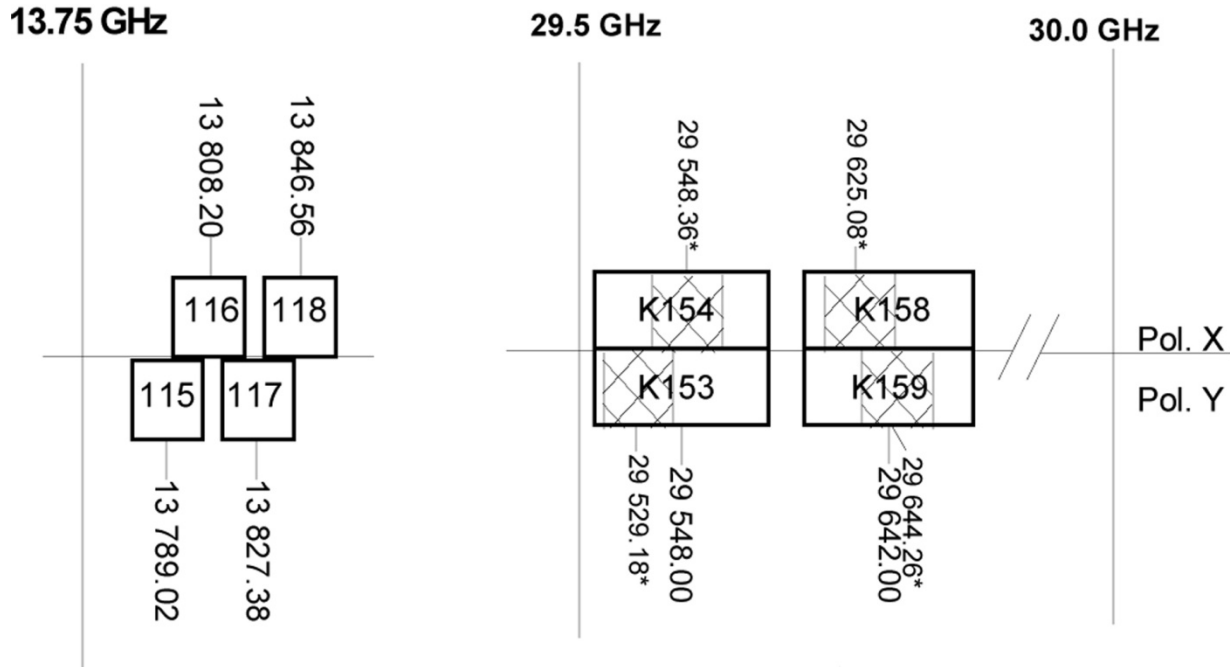
✓ In figura l'intera costellazione dei satelliti Eutelsat.



✓ I satelliti *Hot Bird* (HB)





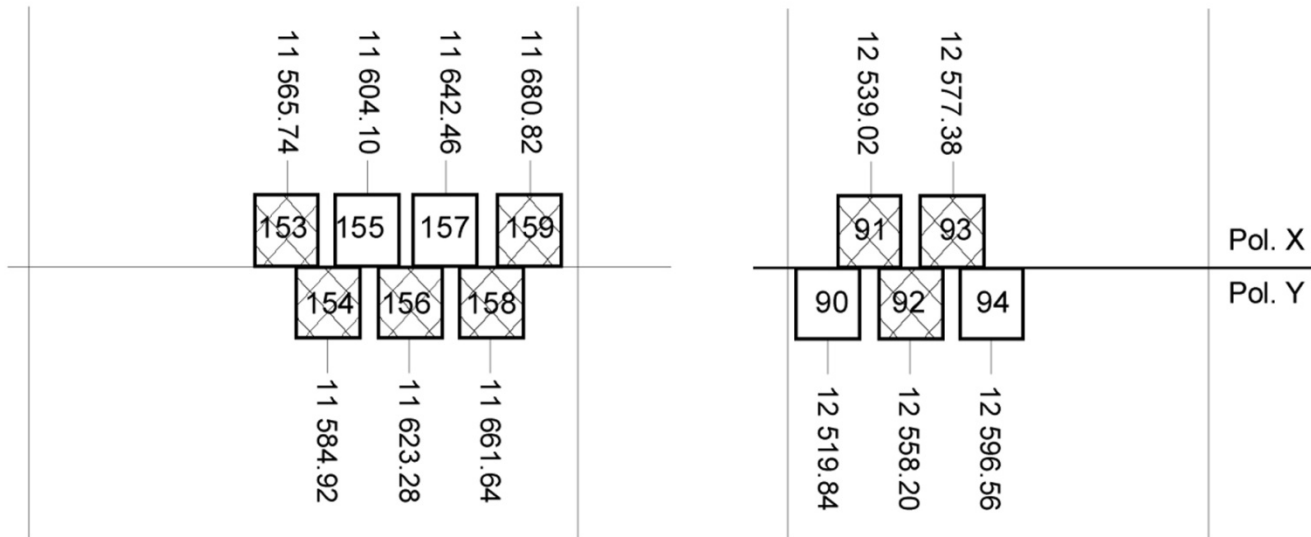


11.45 GHz

11.70 GHz

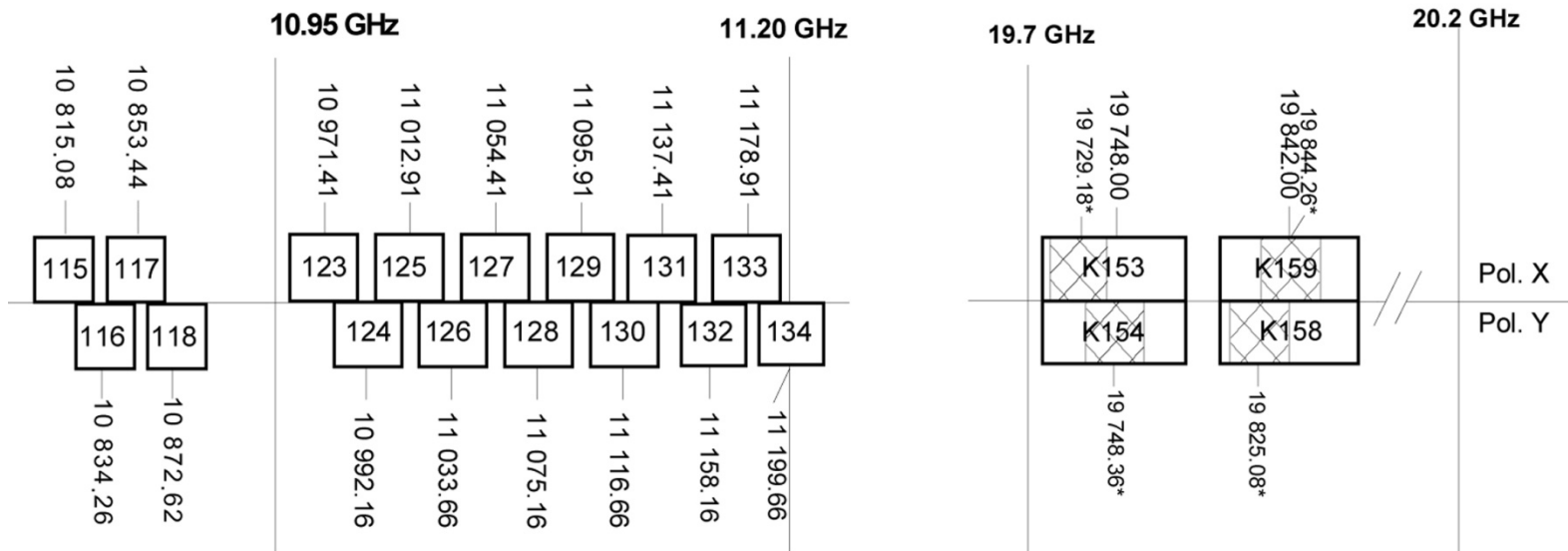
12.50 GHz

12.75 GHz






Piano delle frequenze in downlink - HB6

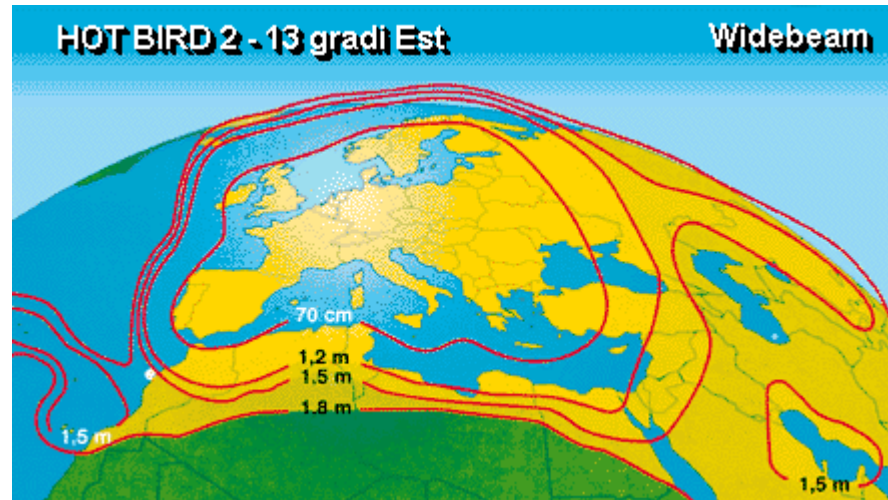


* Skyplex unit center frequency

 Possible use of Skyplex units

- ✓ I satelliti HB5 (sostituito nell'Agosto 2002 dal 6) e HB6 sono dotati di un sistema operativo chiamato *Skyplex*.
- ✓ *Skyplex* rende compatibile il satellite con le operazioni richieste dalla standard DVB-S/S2, quali:
 - demodulazione
 - *descrambling* (decriptaggio)
 - multiplexing
 - interleaving
 - inner coding
 - modulazione QPSK

- ✓ I satelliti della Eutelsat vengono utilizzati anche per le trasmissioni, sia analogiche che digitali, in Italia.
- ✓ La figura seguente mostra la copertura del satellite HB2.



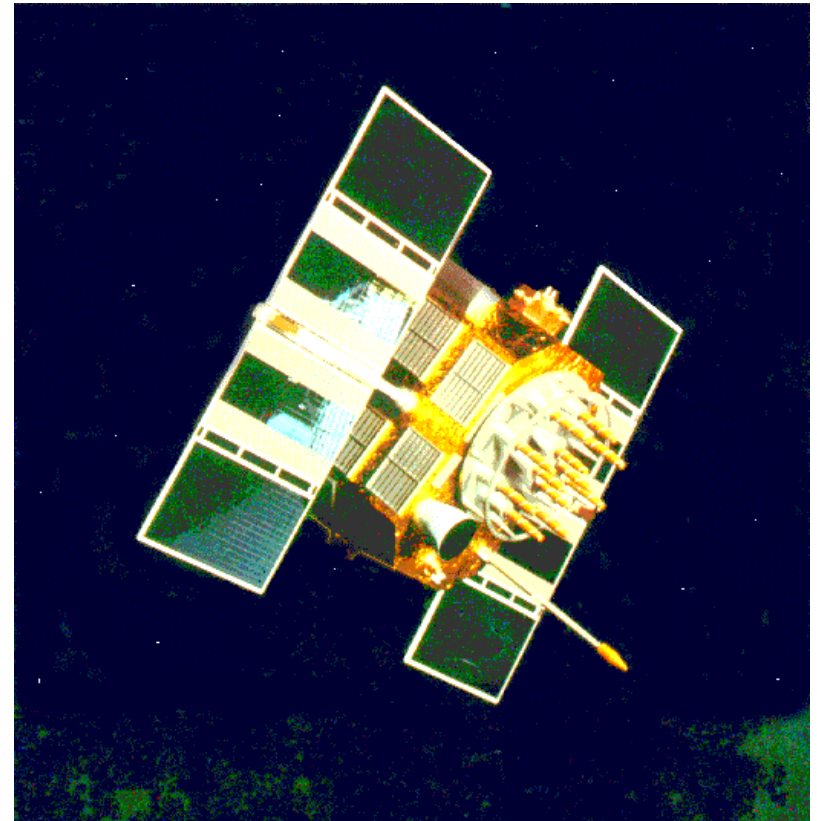
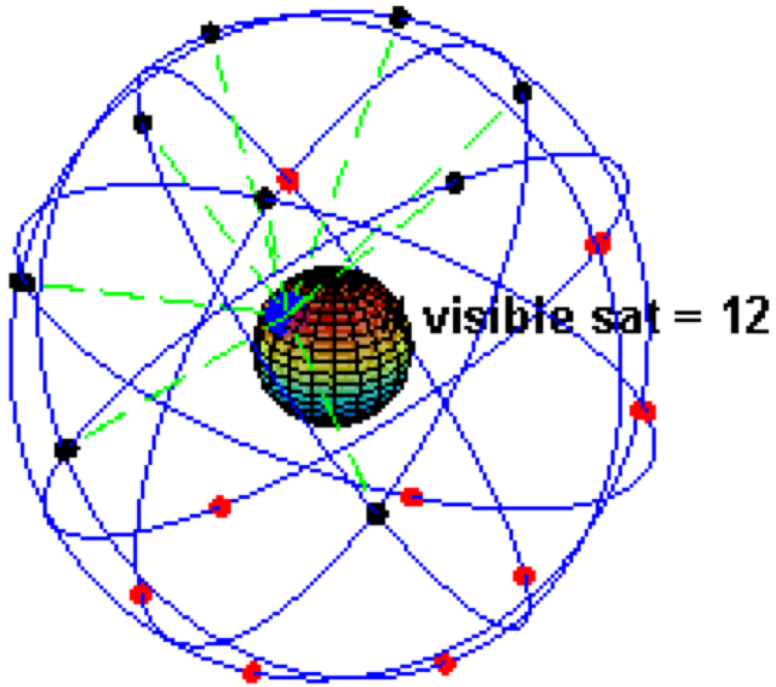
- ✓ Alla fine del 2010, Eutelsat ha lanciato KA-SAT, il primo satellite a larga banda Europeo ad operare in banda banda Ka
- ✓ Il KA-SAT è stato posizionato al 9° Est, e fornisce accesso Internet e servizi di broadcasting in tutta Europa e nel Bacino del Mediterraneo
- ✓ I servizi commerciali sono iniziati sul KA-SAT alla fine di Maggio 2011.
- ✓ I servizi Tooway su KA-SAT forniscono fino a 22 Mbit/s in downstream e fino a 6 Mbit/s in upstream

tooway™
Internet veloce ovunque

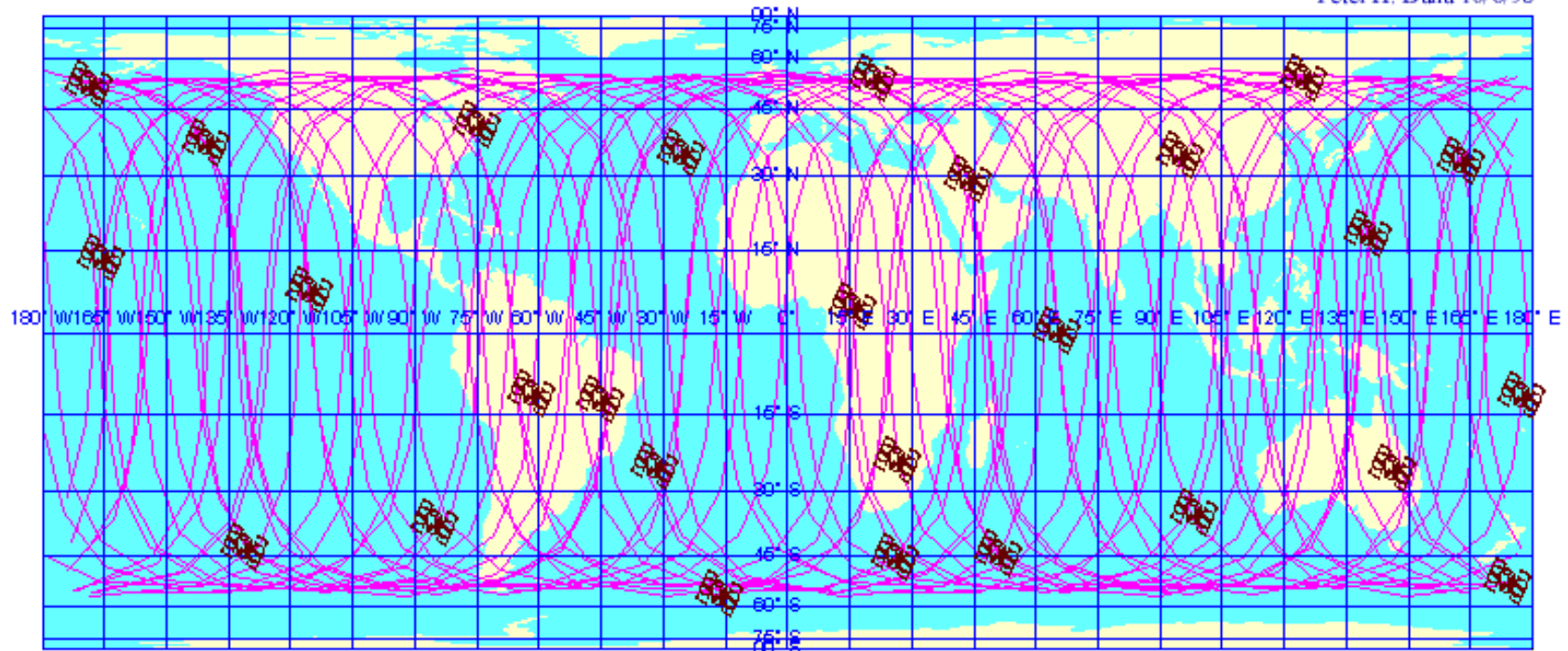
- ✓ Il GPS è un sistema di posizionamento terrestre estremamente preciso creato dal Department Of Defense (DoD) Americano per fini militari

- ✓ Il funzionamento del GPS è attualmente legato a 32 satelliti orbitanti:
 - 31 effettivamente operativi
 - 1 di riserva

- ✓ Le orbite sono circolari su 6 piani orbitali inclinati di 55° rispetto al piano equatoriale



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

- ✓ Ogni satellite si trova a circa 20.2 Km dalla terra
- ✓ Il raggio dell'orbita è di circa 20.6 Km
- ✓ Compie due rotazioni del pianeta al giorno (il periodo di rivoluzione è di 11 ore e 58 minuti)
- ✓ Le orbite dei satelliti sono state studiate in modo che in ogni momento ogni punto della terra venga visto da almeno 6 satelliti contemporaneamente
- ✓ Oltre ai satelliti ci sono anche 4 stazioni di controllo a terra che si occupano costantemente di verificare lo stato dei satelliti e di correggere i loro orologi atomici e la loro posizione orbitale
- ✓ Senza queste stazioni terrestri il sistema non sarebbe in grado di funzionare

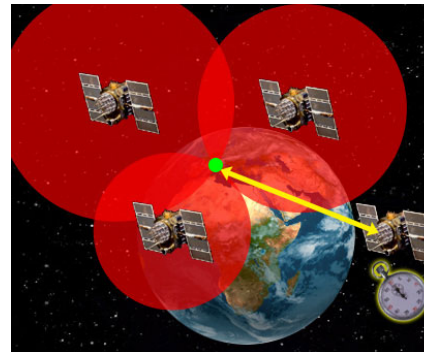
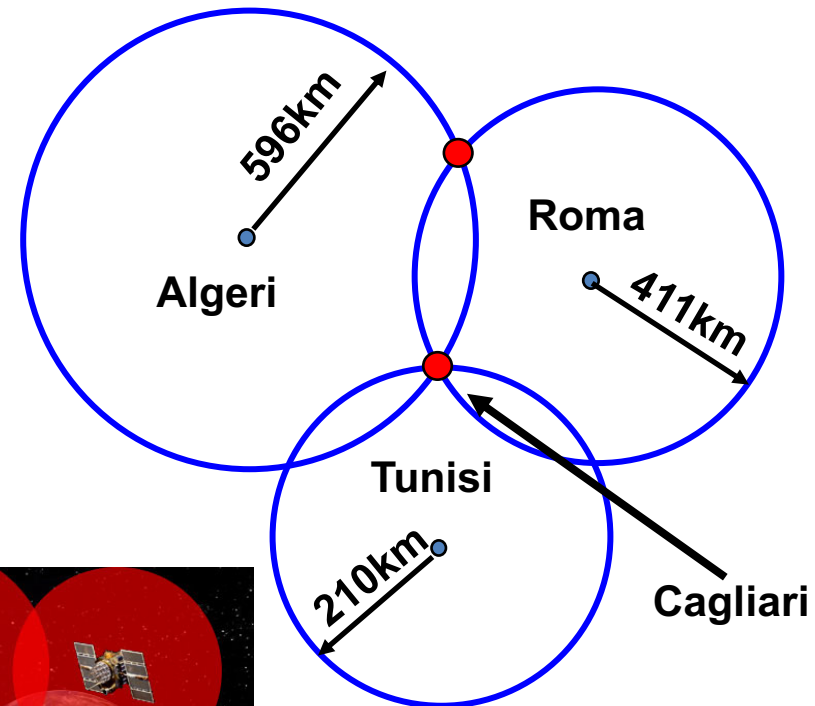


★ Master Control Station ◆ Monitor Station ▲ Ground Antenna

✓ Il concetto base per il reperimento della posizione è la **trilaterazione**

✓ Nel caso reale il ricevitore GPS riceverà il segnale da 4 satelliti

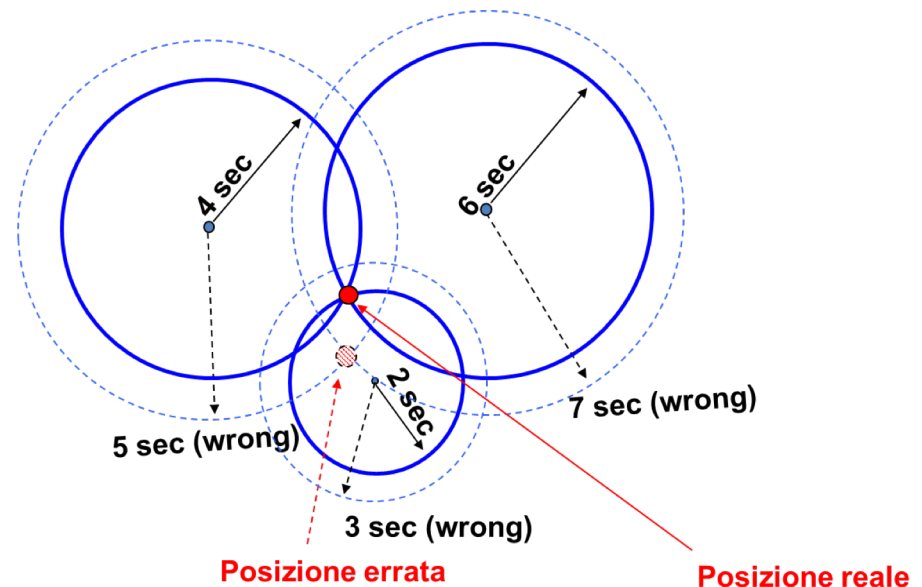
- Si tratta di sfere e non cerchi
- Le misure di distanza vengono effettuate in realtà mediante misure di tempo: tra il receiver ed il satellite viene misurato il tempo che un segnale impiega per arrivare a terra



- ✓ La cosa importante da conoscere è l'istante esatto in cui il segnale è partito dal satellite in quanto un solo millesimo di secondo di differenza potrebbe penalizzare la rilevazione con un errore nell'ordine dei 300 Km
- ✓ Gli orologi a bordo dei satelliti vengono corretti per gli effetti della teoria della relatività che porta a un anticipo del tempo sui satelliti
- ✓ L'anticipo è l'effetto combinato di due fattori:
 - la velocità relativa di spostamento rispetto a terra rallenta il tempo sul satellite di circa 7 microsecondi al giorno
 - il potenziale gravitazionale, minore sull'orbita del satellite rispetto a terra, lo accelera di 45 microsecondi
- ✓ Pertanto il bilancio è che il tempo sul satellite accelera di circa 38 microsecondi al giorno.

- ✓ Per ottenere una precisione del genere, ogni satellite imbarca quattro orologi atomici (~ 160.000 € di costo) che sfruttano le oscillazioni degli atomi di cesio e rubidio
- ✓ Lo standard di precisione è assoluto e la possibilità di errore è di un secondo ogni 30000 anni
- ✓ Il centro di controllo che supervisiona il satellite provvede poi al riallineamento di eventuali discrepanze rendendo così il sistema praticamente perfetto
- ✓ Visti i costi e le dimensioni proibitive di orologi atomici i ricevitori GPS utilizzano degli orologi che garantiscono una elevata precisione solo per brevi periodi e necessitano costantemente di fattori di correzione per mantenere tale precisione

- ✓ Ascoltando 4 satelliti il ricevitore GPS è in grado di rilevare se ci sono errori di temporizzazione da parte del suo orologio interno
- ✓ Non è geometricamente possibile che 4 sfere si intersechino in un punto se ci sono errori di timing
- ✓ Il ricevitore esegue quindi una routine per correggere l'orologio finché tutte e quattro le linee di posizione si intersecano nello stesso punto



- ✓ La sincronia avviene mediante l'utilizzo di codici pseudo-casuali:
 - Ogni satellite trasmette un codice casuale diverso
 - Il ricevitore dispone di un generatore di codici predisposto a produrre gli stessi codici dei satelliti
 - All'istante t_1 sia il satellite che il ricevitore generano un apposito codice pseudo-random
 - Il segnale generato viene trasmesso dal satellite verso terra
 - Il ricevitore riceverà il segnale ad un tempo t_2
 - La differenza $\Delta t = t_2 - t_1$ permette al ricevitore di calcolare la distanza tra esso e il satellite che ha spedito il codice

- ✓ Una volta rilevata la posizione nelle tre dimensioni (o quattro se si considera il tempo) si può valutare lo scarto Doppler del segnale da ciascuno dei satelliti rilevati ed ottenere anche un vettore tridimensionale di velocità
- ✓ In pratica, a causa della distribuzione geometrica dei satelliti, la misura della velocità verticale (variometrica) è meno accurata rispetto al calcolo della velocità al suolo

- ✓ Per sapere in che posizione sono i satelliti i ricevitori GPS hanno degli “almanacchi”
- ✓ Tramite gli almanacchi i ricevitori sono in grado di “sapere” quali satelliti sono nella loro zona, e perciò cosa e dove cercare
- ✓ Gli almanacchi sono periodicamente aggiornati sempre tramite i satelliti GPS

- ✓ Vengono spediti due tipi di segnali:
 - Precise Positioning Service (**PPS**) criptato ed accessibile solo da chi ha le chiavi di accesso (Difesa USA)
 - 22 meter Horizontal accuracy
 - 27.7 meter vertical accuracy
 - 200 nanosecond time (UTC) accuracy
 - Standard Positioning Service (**SPS**) è un segnale intenzionalmente errato utilizzabile da chiunque
 - 100 meter horizontal accuracy
 - 156 meter vertical accuracy
 - 340 nanoseconds time accuracy

- ✓ Il sistema PPS, secondo i dati ufficiali ha un accuratezza nell'ordine dei 30 metri.
- ✓ Il sistema SPS potrebbe tranquillamente arrivare agli stessi risultati se non fosse per la **disponibilità selettiva**
- ✓ La disponibilità selettiva non è altro che un errore nella misurazione indotto dal Ministero della Difesa degli Stati Uniti: viene intenzionalmente modificata l'accuratezza dell'orologio a scapito della precisione della misurazione
- ✓ La disponibilità selettiva è stata abbandonata nel 2000 rendendo l'SPS utilizzabile per applicazioni di maggior precisione

✓ Canale L1

- 1575.42 MHz
- Utilizzato per il SPS

✓ Canale L2

- 1227.60 MHz
- Utilizzato per il PPS insieme al SPS per limitare gli errori provocati dalla ionosfera

- ✓ Le misure vengono fatte misurando il tempo intercorso e moltiplicandolo per la velocità della luce: La velocità della luce è costante solo in un mezzo uniforme!!
- ✓ Il segnale del GPS passa attraverso le particelle cariche della Ionosfera e attraverso lo strato umido della troposfera che ne rallentano la velocità creando errori simili al mancato sincronismo
- ✓ Per correggere gli errori si possono usare due metodi
 - Predizione: Modello Matematico utilizzato dagli SPS
 - Calcolo della velocità relativa di due segnali differenti: utilizzato dai PPS
- ✓ I satelliti sono tutt'altro che perfetti e necessitano costantemente di correzioni che vengono effettuate dal personale a terra (reparto dell'aviazione americana "Falcon")

- ✓ Grazie al sistema DGPS è possibile avere un'accuratezza eccezionale e limitare tutti gli errori presenti compresi quelli intenzionali
- ✓ Il sistema DGPS prevede che una stazione fissa riceva il segnale dei satelliti e lo spedisca in broadcast
- ✓ Il ricevitore mobile riceverà sia il segnale del satellite che quello della stazione fissa e li utilizzerà per aumentare la sua precisione
- ✓ Le stazioni DGPS sono private (compagnie aeree o di navigazione) ma anche pubbliche (guardia costiera)
- ✓ Vengono spediti dei "survey" con i dati ricevuti dai satelliti su frequenze già adibite alle comunicazioni navali

Typical Error in Meters (per satellite)	Standard GPS	Differential GPS
Satellite Clocks	1.5	0
Orbit Errors	2.5	0
Ionosphere	5.0	0.4
Troposphere	0.5	0.2
Receiver Noise	0.3	0.3
Multipath	0.6	0.6

- ✓ Elevato per sistemi GPS convenzionali
 - 45-90 secondi per cercare i satelliti

- ✓ Assisted GPS (A-GPS)
 - Le stazioni radio base cellulari mantengono un elenco dei satelliti in visibilità nella cella
 - Richiede che il dispositivo possa connettersi alla rete cellulare

- ✓ Russia
 - GLONASS
- ✓ Cina
 - Beidou
 - COMPASS
- ✓ India
 - IRNSS
- ✓ Europa
 - Galileo