

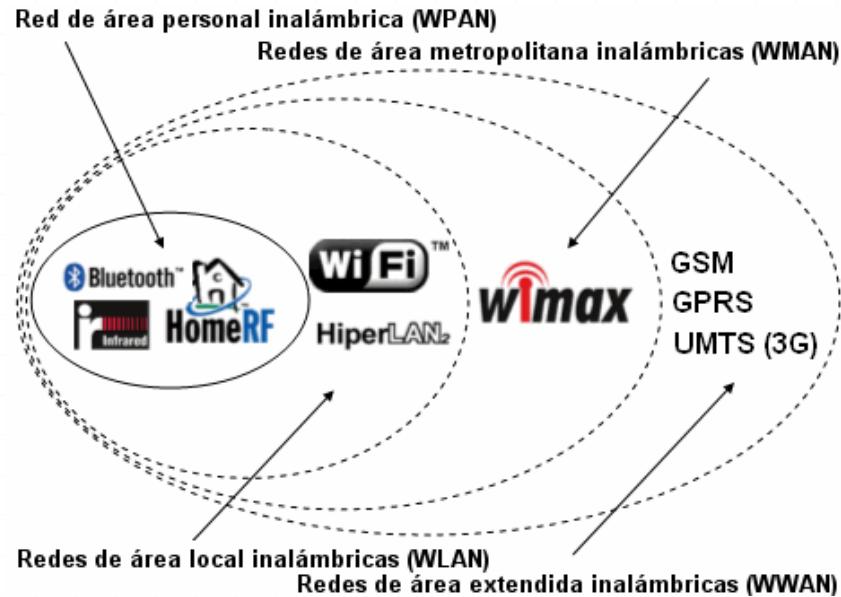
Tema 3

Redes Inalámbricas de Largo Alcance

Índice

O Redes de Telefonía Móvil

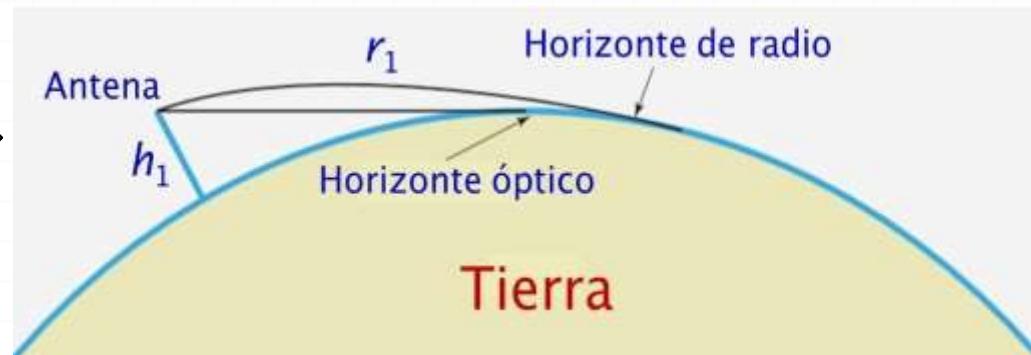
O Redes de Área Extensa Inalámbricas



Redes satelitales

Motivación

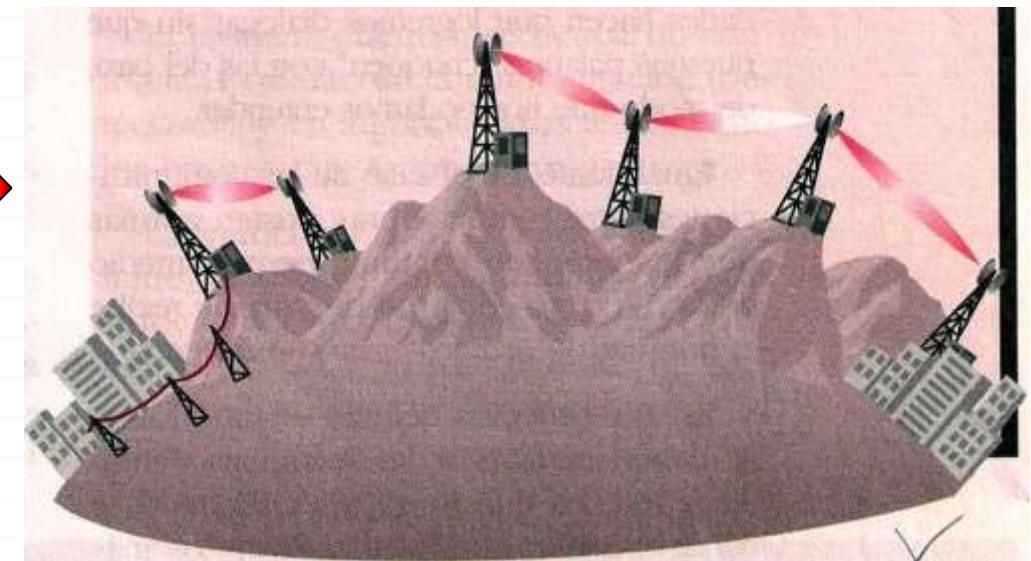
Uno de los principales obstáculos para la radiocomunicación de larga distancia ha sido siempre la curvatura de la Tierra.



El alcance máximo depende de la altura de las torres donde se encuentran las antenas.

¿Cómo se incrementa el alcance?

Utilizando **estaciones repetidoras**, que permiten también salvar obstáculos como montañas.



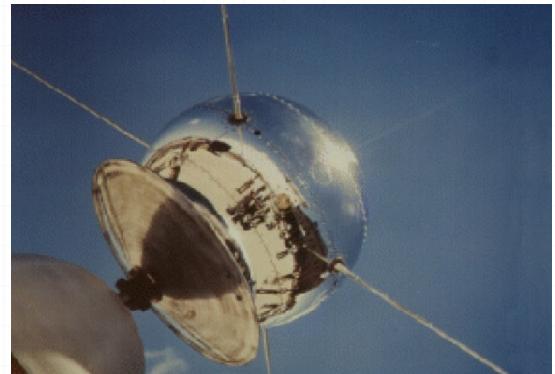
Pero para llegar a lugares inhóspitos o a otros continentes, la estación repetidora se puede ubicar en un satélite artificial.

Los satélites hacen disponible la comunicación sin requerir la enorme inversión en infraestructura terrestre.

Orígenes

- Hermann Noordung (a.k.a. Captain Potocnik) describe en 1929 en la obra titulada “The Problem of Space Flight, The Rocket Engine” el concepto de órbita geoestacionarios y otros aspectos de ingeniería de vehículos espaciales
- En el artículo del escritor británico Arthur C. Clarke titulado “Extra-Terrestrial Relays” en 1945 se propone un sistema de comunicación global basado en 3 estaciones espaciales ubicadas en cierta órbita a una altura dada. Definición que sirvió posteriormente para la definición de las ondas geoestacionarias. A las órbitas geoestacionarias se les denomina también órbitas de Clarke.
- **1957 Lanzamiento del primer cohete espacial (Sputnik)**
- 1958 La NASA lanza el SCORE
- 1960 ECHO 1 Satélite pasivo de órbita baja (1500 km)
- 1962 TELSTAR 1, RELAY Satélites activos. Órbitas elípticas bajas (1000-5000 km)
- 1964 SYNCOM 3 Primer satélite geoestacionario (32 kg, 2 W, BW de 5 MHz)
- 1965 INTELSAT I Primer satélite comercial geoestacionario
- 1965 MOLINYA Primer satélite soviético (órbita elíptica)
- 1971 INTERSAT IV Etapa madura de las comunicaciones por satélite
- 1982 INMARSAT Comunicaciones móviles marítimas por satélite
- 1983 EUTELSAT Sistemas regionales de satélites
- 1984 TELECOM Sistemas nacionales de satélites
- 1992 HISPASAT Sistema español de satélites
- 1998 IRIDIUM Redes de satélites de órbita baja

SPUTNIK I, 1957



Actualmente,
~3000 satélites



Redes Satelitales



- Una red por satélite es una combinación de nodos, algunos de los cuales son satélites, que ofrecen comunicación de un punto de la tierra a otro.
 - Un nodo de la red puede ser un satélite, una estación terrestre, un terminal de usuario o un teléfono.
- Concebidas como WAN (Wide Area Network)
 - Mejoran la cobertura de los radioenlaces terrestres (cobertura mundial)
 - Alternativa a las zonas sin cobertura
 - Retardo temporal considerable
 - Reducción de la infraestructura terrestre
 - Coste de las comunicaciones independiente de la distancia
- Dividen al planeta en celdas. Los transpondedores de los satélites de comunicación cubren un haz de la tierra bajo ellos:
 - Haz amplio: 10.000 km diámetro
 - Haz localizado: 250 km diámetro



Redes Satelitales

○ Cobertura

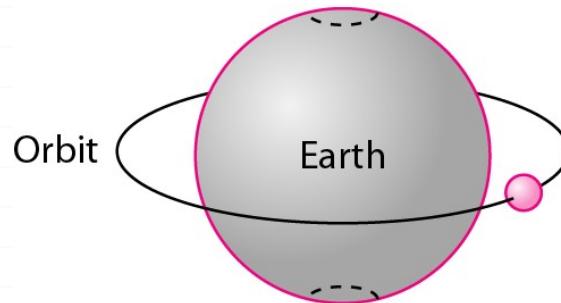
- Los satélites procesan microondas con antenas bidireccionales (*línea de observación*).
- La señal de un satélite llega a un área específica denominada *cobertura*.
- El canal de bajada es de difusión, lo reciben todas las antenas *parabólicas*.
- La potencia de la señal en el centro de la cobertura es máxima
 - Se reduce a medida que nos alejamos del centro
 - El límite de la cobertura es un lugar donde el nivel de potencia se encuentra en un umbral predefinido



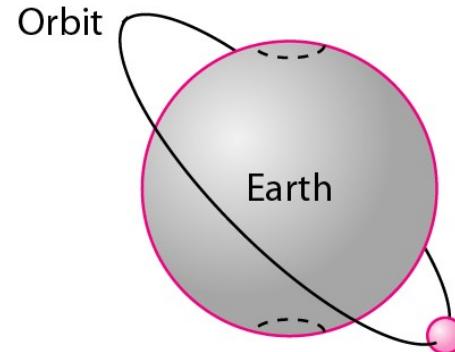
Redes Satelitales

○ Órbitas

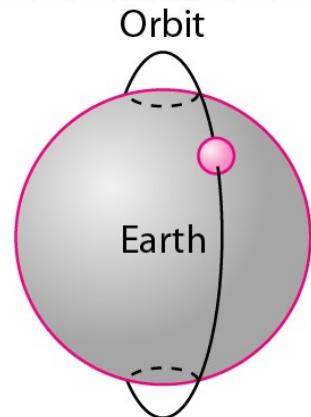
- Un satélite artificial necesita tener una órbita
 - Camino que sigue alrededor de la tierra
- Tres tipos de órbitas



a. Equatorial-orbit satellite
ECUATORIALES



b. Inclined-orbit satellite
INCLINADAS



c. Polar-orbit satellite
POLARES

Redes Satelitales

○ Periodo de un satélite

- Tiempo requerido por el satélite para completar una vuelta alrededor de la Tierra
- Determinado por la ley de Kepler (función de la distancia al centro de la Tierra)
- $\text{Periodo} = C \times \text{distancia}^{1,5}$ donde constante $C = 1/100$

○ Ejemplos

○ Periodo de la Luna

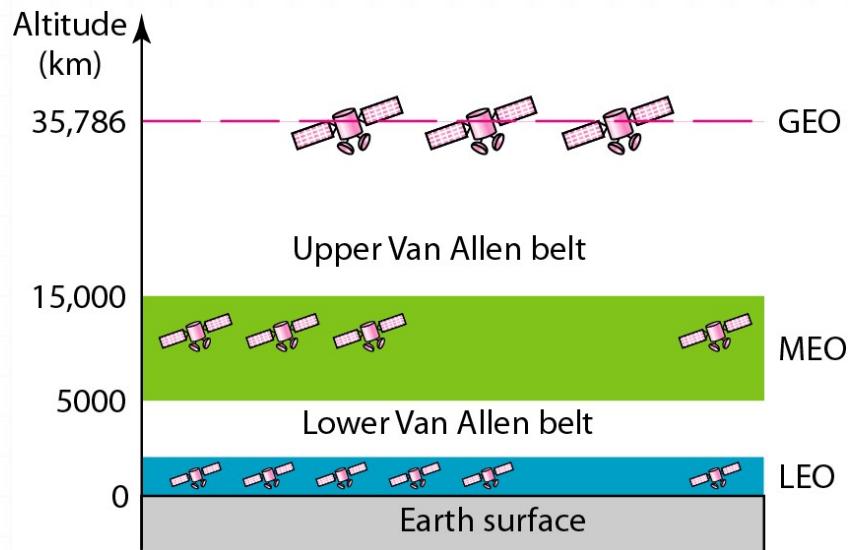
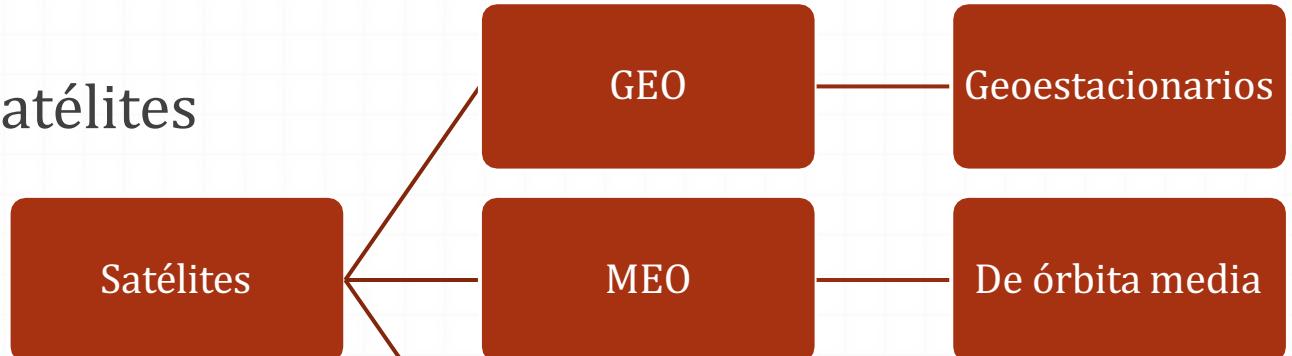
$$\text{○ Periodo} = \frac{1}{100} (384.000 + 6378)^{1,5} = 2.439.090 \text{ s} = 1 \text{ mes}$$

○ Satélite en órbita a 35786 km

$$\text{○ Periodo} = \frac{1}{100} (35.789 + 6378)^{1,5} = 86.579 \text{ s} = 24 \text{ horas}$$

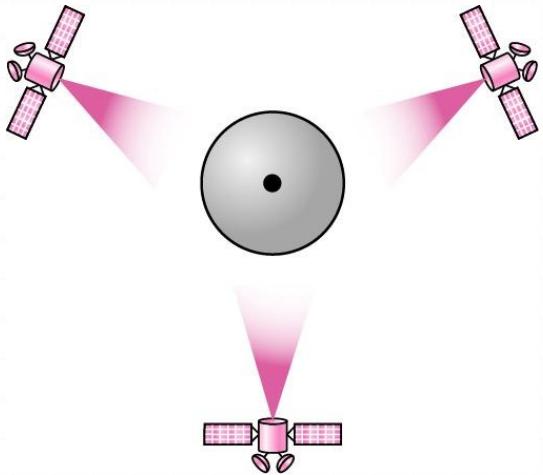
Redes Satelitales

0 Tipos de satélites



Redes Satelitales

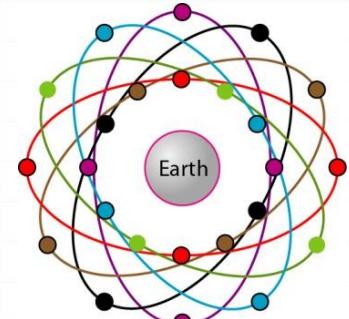
Satélite GEO



Tienen órbitas en el plano ecuatorial



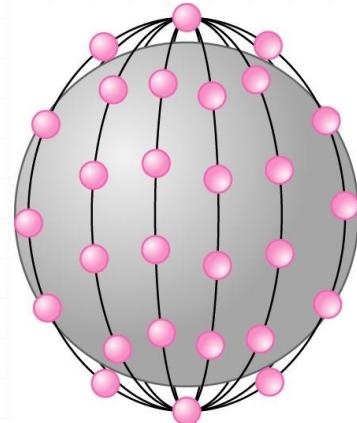
Satélite MEO



GPS (Sistema de Posicionamiento Global) es un sistema de satélites MEO

Un satélite tarda 6 a 8 horas en completar una vuelta

Satélite LEO



- Gran velocidad (minutos o horas de periodo)
- Rápido decaimiento, necesitan ser reposicionados con frecuencia
- Diversos satélites meteorológicos y de observación (ISS)

Tipos de órbitas: GEO

- Órbita geoestacionaria (GEO)
 - Circular con periodo igual al de la tierra (24 horas).
 - Altura aproximada de 36000 km
 - Empleada para servicios de difusión (ej. Televisión vía satélite).
 - Ventajas
 - Amplia cobertura (aproximadamente 1/3 de la superficie terrestre)
 - Proceso de seguimiento simple
 - Desventajas
 - Coste de lanzamiento elevado
 - Grandes antenas receptoras, elevadas potencias de transmisión tanto en el satélite como en las estaciones
 - Retardos de propagación elevados (entre 250 ms y 280 ms)

Tipos de orbitas: MEO y LEO

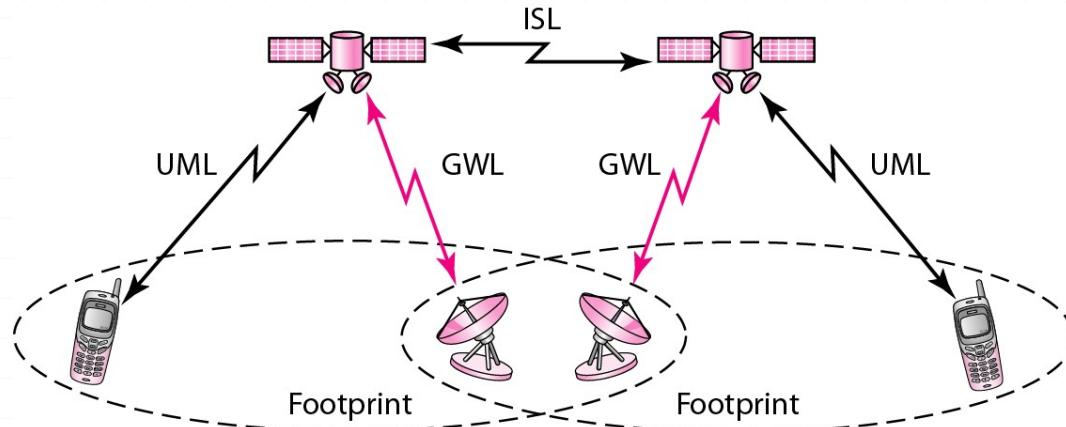
- Órbita media (MEO - Medium Earth Orbit)
 - Altitud aproximada 13000 km, periodos de 6 horas
 - Retardo de propagación (110 a 130 ms)
 - Cobertura global con 3 o 4 satélites
- Órbita baja (LEO-Low Earth Orbit)
 - Altitud de 2000 a 4000 km, periodo de 90 minutos
 - Retardos de propagación de 20 a 25 ms

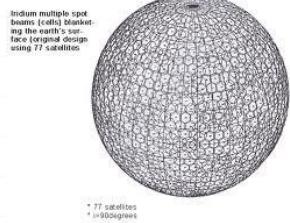
Tipos de órbitas: MEO y LEO

- Ventajas
 - Permiten prestar servicios interactivos (acceso a Internet, voz, navegación, etc.)
 - Antenas de tamaño reducido y más ligeras debido a las menores distancias que deben recorrer las señales
- Desventajas
 - Debido al corto periodo orbital los satélites están accesibles durante un corto intervalo de tiempo, por tanto se necesita una constelación de satélites y realizar una operación de traspaso entre satélites
 - A menor altura, mayor número de satélites para cobertura a una misma área geográfica
 - El movimiento del satélite y las operaciones de traspaso introducen fluctuaciones en los retardos que suelen ser amortiguadas en los receptores mediante un buffer.

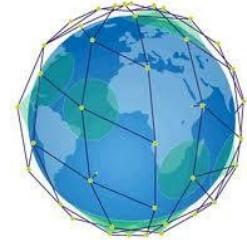
Comunicación en órbitas LEO

- Cada satélite actúa como un conmutador
- Los satélites cercanos entre sí se conectan a través de enlaces entre satélites (ISL)
- Un sistema móvil se comunica con el satélite a través de un enlace móvil de usuario (UML)
- Un satélite puede comunicarse con una estación en tierra (pasarela) a través de un enlace de pasarela (GWL)





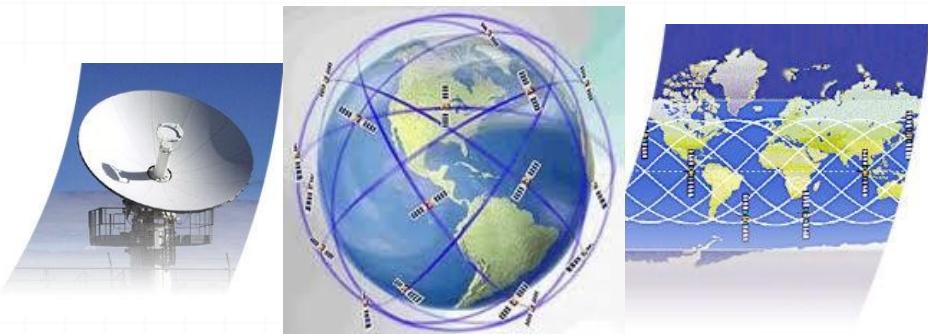
Ejemplos sistemas LEO



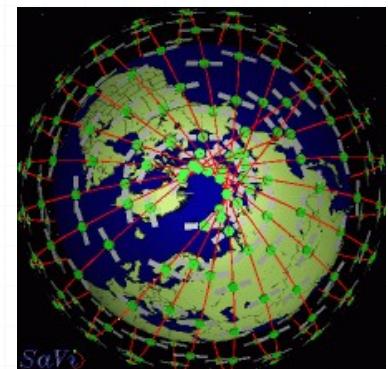
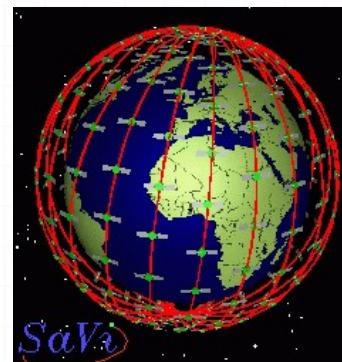
- Sistema Iridium (de Motorola)
 - 77 satélites (66)
 - 750 km de altitud
 - Para comunicación de voz, datos, fax e incluso navegación



- Globalstar
 - 48 satélites en 6 órbitas polares (x8)
 - 1400 km de altitud
 - Para comunicación de voz, datos
 - Incorpora estaciones de tierra

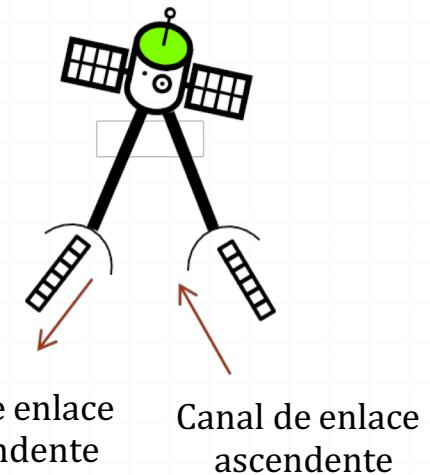


- Teledesic
 - 288 satélites en 12 órbitas LEO (x 24)
 - 1350 km de altitud
 - Proporciona acceso a Internet de banda ancha (similar a la fibra óptica)
 - Red de Comutación de Paquetes



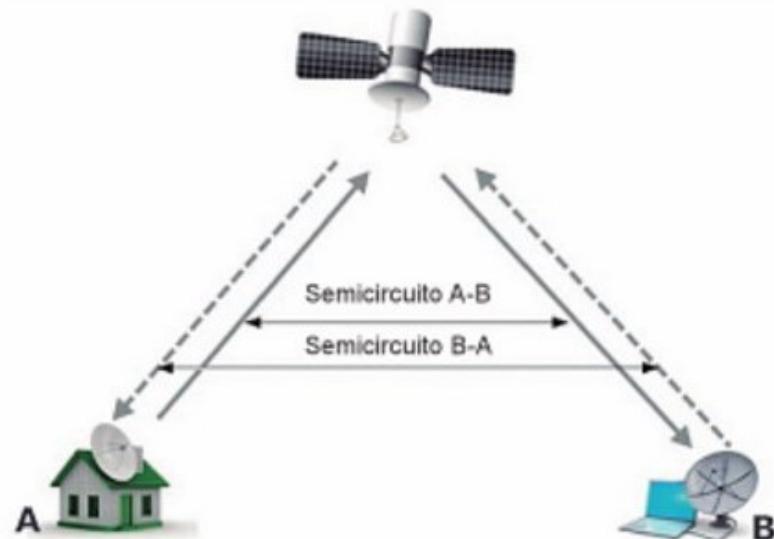
Configuración

- Existen dos formas básicas en que las estaciones terrenas de una red pueden conectarse entre sí a través de un satélite:
 - De punto a punto
 - De punto a multipunto



Configuración: punto a punto

- Cada estación emite en una frecuencia diferente al satélite por su enlace ascendente y recibe en otra por su enlace descendente, que corresponde a la transposición de la frecuencia de transmisión de la otra estación, realizada en el repetidor del satélite en el que operan



Configuración: punto a multipunto

- Los satélites cuentan con la ventaja de permitir la transmisión de la misma señal desde una estación a un número ilimitado de estaciones receptoras dentro de la zona de cobertura del enlace descendente.
- A mayor potencia enviada por la estación transmisora en dirección del satélite, mayor será la potencia recibida por antenas receptoras



Topologías punto a multipunto

□ Estrella

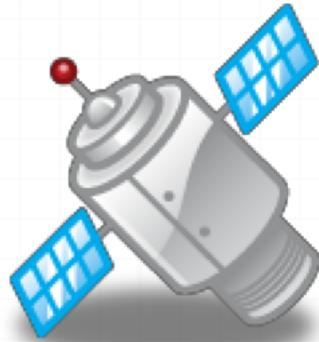
- En el sentido ascendente, un nodo central o hub gestiona todas la comunicaciones hacia el satélite, de forma que el resto de terminales sólo se comunican con la estación central (pero no entre ellas)

□ Malla

- Se pueden establecer comunicaciones directas entre varios elementos terrestres a través del satélite de comunicaciones, al mismo tiempo (ej: redes telefónicas)

Transmisión en malla

- Acceso a un canal de acceso múltiple
 - Las estaciones dentro del haz envían tramas al satélite al mismo tiempo
 - No es posible detectar la portadora (gran retardo en la transmisión)



Técnicas de
acceso al
medio

SONDEO

FDMA

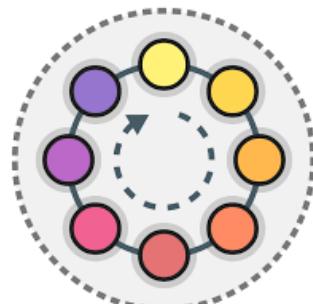
TDMA

CDMA

Técnicas de acceso al medio

○ Sondeo

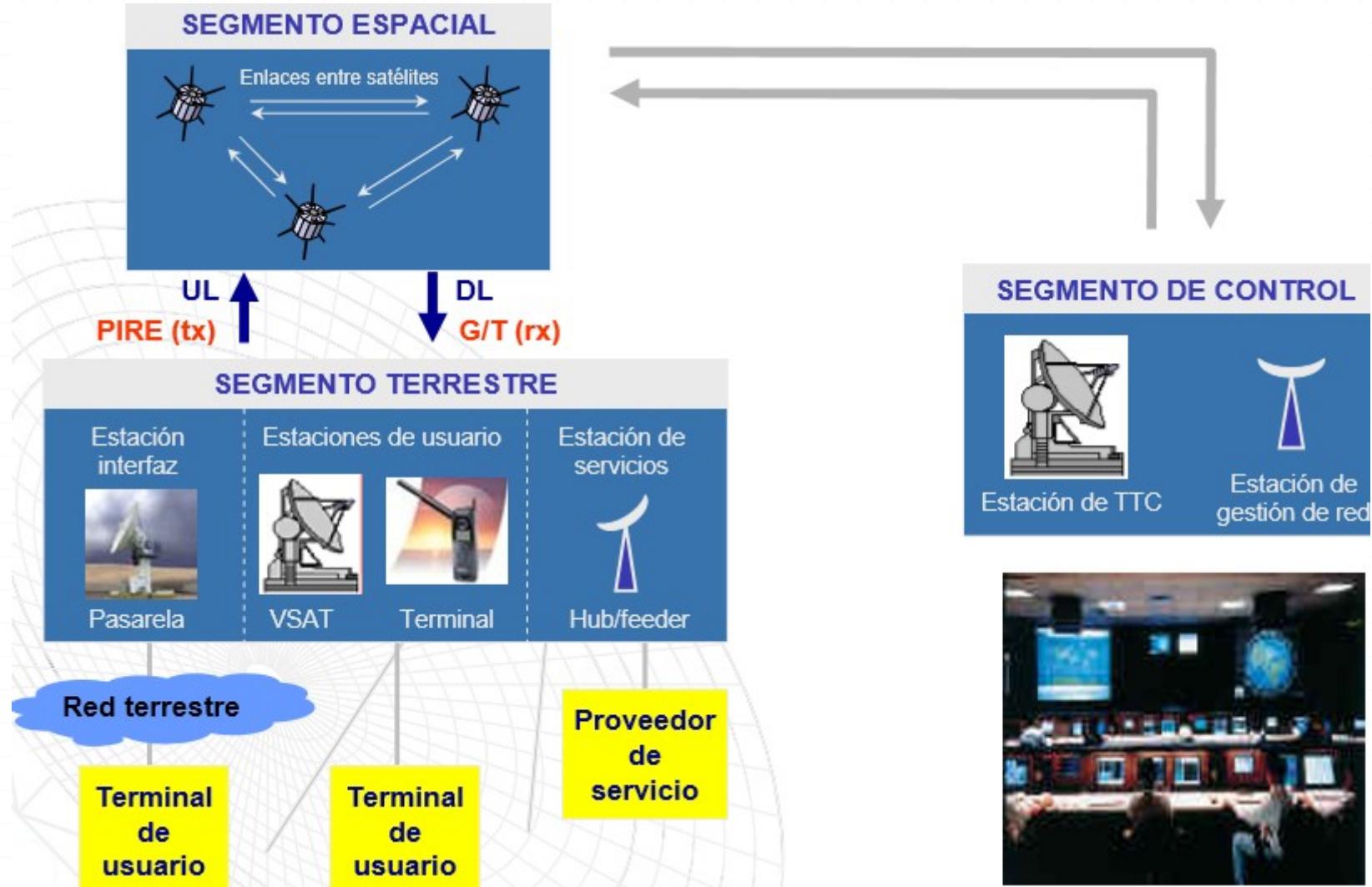
- Hacer que el satélite sondee por turno cada estación es imposible
 - Larga espera por cada secuencia de sondeo/respuesta
- Modificación
 - Unir las estaciones terrestres por un anillo lógico de modo que cada estación conozca su sucesor.
 - Por este anillo circula un token (ficha, testigo) en modo round-robin
 - El satélite nunca ve el token
 - Una estación sólo puede transmitir por el canal ascendente si tiene el token



Elementos del sistema

- **Satélite (en órbita geoestacionaria)**
 - Repetidores transparentes (bent-pipe transponder)
 - Antena Rx (recepción), antena Tx (transmisión), transpondedor, propulsor, paneles solares
- **Estaciones terrenas de usuario**
 - Sólo recepción (sistemas de difusión)
 - Sólo transmisión (sistemas de recogida de datos)
 - Estaciones de transmisión/recepción
- **Estaciones de seguimiento y control**

Arquitectura



Partes de un satélite

Antena receptora. Recibe señales desde las zonas de cobertura deseadas.

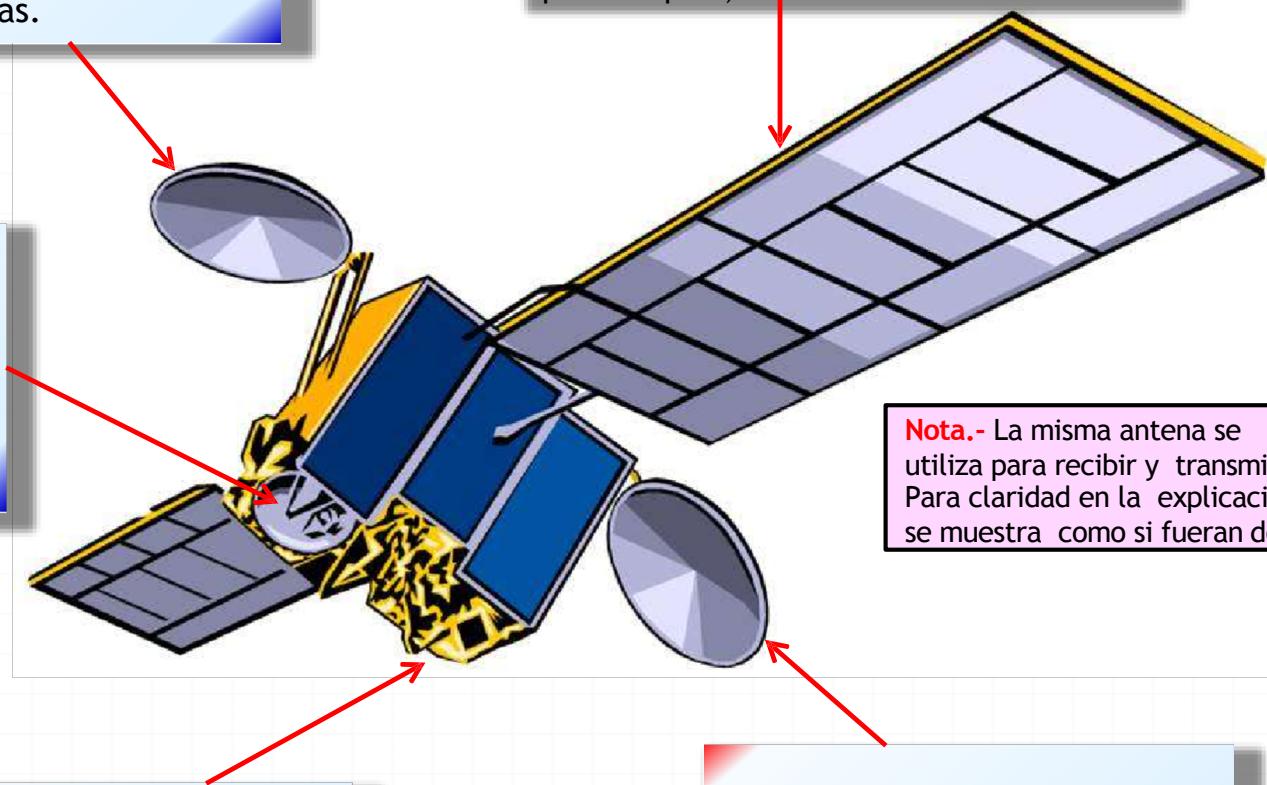
Propulsor. Proporciona incrementos de velocidad o frenos para corregir desviaciones en posición y orientación. Utiliza combustible químico.

Los satélites no originan la información que transmiten, solo la repiten.

Transpondedor. Amplifica la señal recibida, traslada su frecuencia y la entrega para su retransmisión a Tierra.

Paneles solares. Convierten la energía solar en eléctrica para suministrar toda la potencia eléctrica que necesita el satélite (y cargar baterías para eclipses)

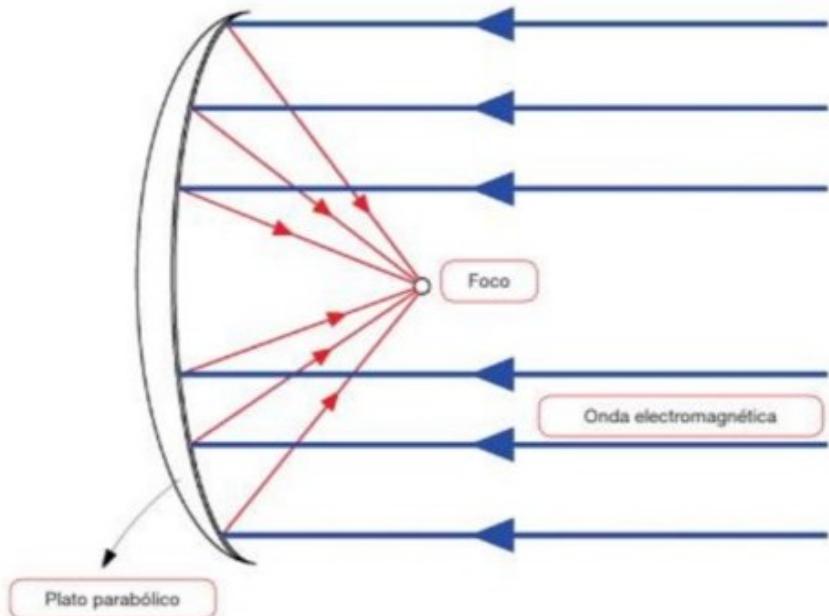
Nota.- La misma antena se utiliza para recibir y transmitir. Para claridad en la explicación, se muestra como si fueran dos.



Antena transmisora. Transmite señales hacia las zonas de cobertura deseadas.

Antenas parabólicas

- Antenas parabólicas
 - Idóneas para recibir señales de muy alta frecuencia (microondas)
 - Son muy directivas
 - Composición
 - Plato o reflector parabólico
 - Unidad exterior (LNB - Low Noise Block) situada en el foco del reflector

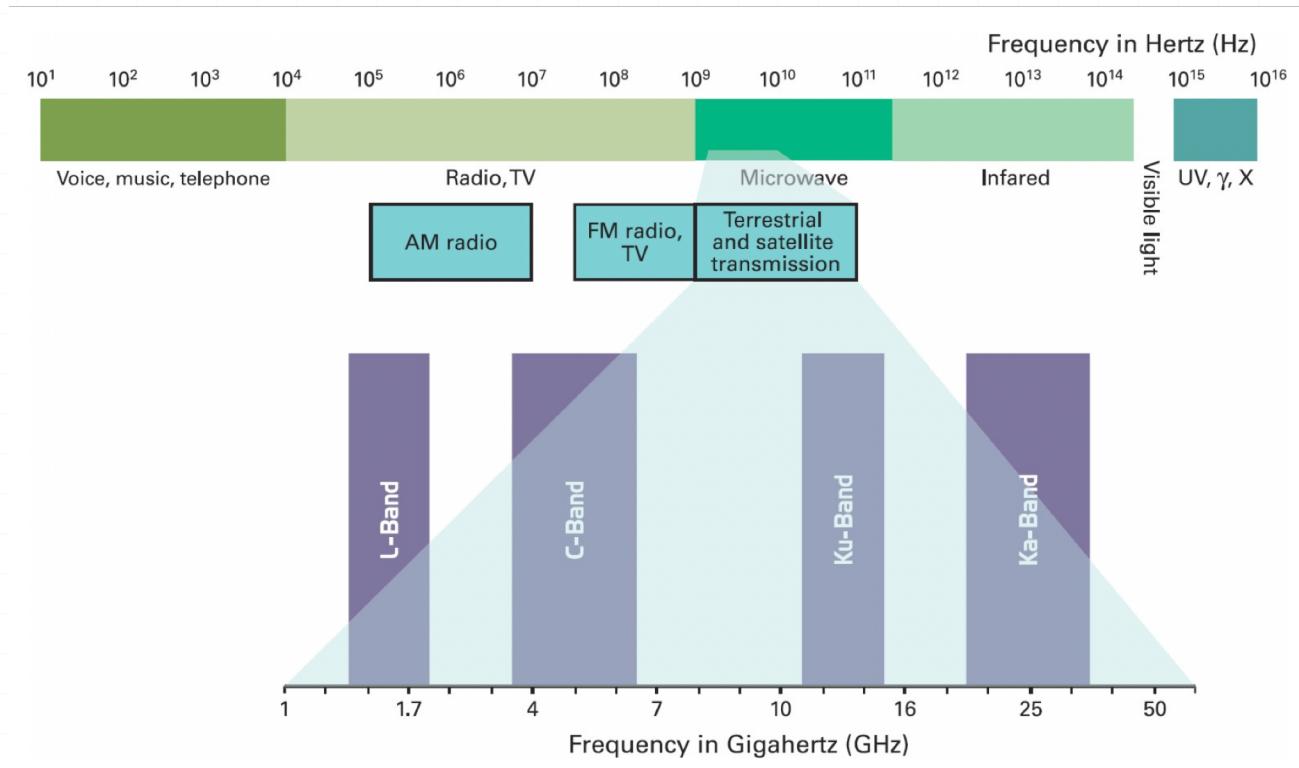


Bandas de frecuencias

- Las frecuencias utilizadas comúnmente por los satélites se encuentran dentro del rango de las microondas, en bandas adecuadas para poder atravesar las capas atmosféricas
- Las frecuencias altas son las que ofrecen mayor ancho de banda y antenas más reducidas sin embargo presentan limitaciones respecto del efecto de las condiciones ambientales adversas como las desvanecimientos de señal y la atenuación que introduce la lluvia

Bandas de frecuencias

- Las bandas de frecuencias más usadas en los sistemas por satélite son: **banda C** (4-6 GHz), **Banda Ku** (12-14 GHz) y **Banda Ka** (20-30 GHz)



Asignación de frecuencias

Banda	Frecuencias (GHz) Enlace ascendente	Frecuencias (GHz) Enlace descendente	Utilización
Banda L 1,5-2 GHz	1,61 – 1,66 1,93 – 2,01	1,452 – 1,61	Comunicaciones móviles por satélite,
Banda S 2-3 GHz	2,025- 2,11 2,655 – 2,69	2,29– 2,5	Comunicaciones móviles por satélite, fijas, radiodifusión.
Banda C 6/4 GHz	5,925-6,425 (500 MHz)	3,7 – 4,2 (500 MHz)	Intelsat, Satélites nacionales: Westar, Satcom, Comstar, (USA), Anik (Canada), STW, Chinasat (CHINA), Palapa (Indonesia) Telecom I (Francia), CS-2 (Japón)
	5,725 – 6,275 (550 MHz)	3,4 – 3,9 (500 MHz)	Molinya, Intersputnik (URSS)
	5.850 – 7,075 (1255 MHz)	3,5 – 4,2 4,5 – 4,8 (1100 MHz)	Bandas ampliadas, CAMR-79,85,88
Banda X 8/7 GHz	7,925 - 8,425 (500 MHz)	7,25 - 7,75 (500 MHz)	Satélites gubernamentales y militares
Banda Ku 13/11 GHz	12,75 – 13,25 14 - 14,5 (500 + 500 MHz)	10,7 - 12,75 (2.005 MHz)	Intelsat, Eutelsat, satélites nacionales, DBS
Banda K 18/12 GHz	17,3 – 18,4		Radiodifusión, fijos
Banda Ka 30/20 GHz	27,5 – 31	17,2 – 21,2	Japón, Europa, USA Enlaces intersatélites

Organismos reguladores

- ITU (International Telecommunications Union)
- FCC (Organismo regulador de Telecomunicaciones en USA)
- ETSI (Organismo regulador y de estandarización en Europa)

Exploración e Investigación espacial

- ESA (European Space Agency)
- NASA (National Aeronautics and Space Administration)
 - JPL (Jet Propulsion Laboratory)
- AXA (Japan Aerospace Exploration Agency)
 - Antes, NASDA(NAtional Space Development Agency)
- CNES (Centre Nationale d'Etudes Spatiales)
- ISRO (Indian Space Research Organisation)
- ...
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial)

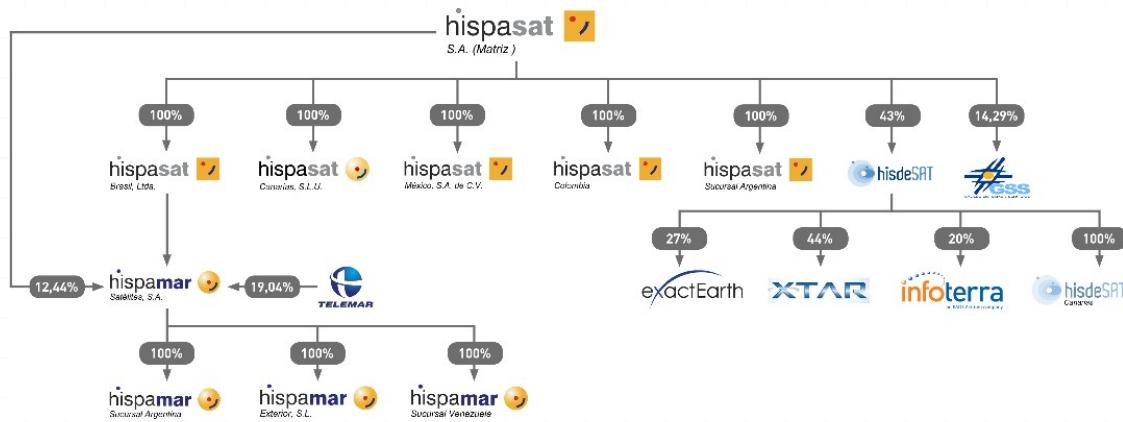
Organizaciones internacionales

- INTELSAT (INternational TELecommunications SATellite Consortium)
- INMARSAT (INternational MARitime SATellite Organization)
 - Comunicaciones Móviles (Marítimas)
- EUTELSAT (EUropean TELecommunication SATellite Organization)
 - Comunicaciones Europeas
- ARABSAT (Arab Satellite Communications Organization)
 - Broadcast, Telecomm, Broadband

HISPASAT

□ HISPASAT

- Creada en 1989, sistema de referencia de comunicaciones por satélite para los países de habla hispana y portuguesa
- En 1992 se lanzó el primer satélite de la flota
- Además del 57,05 % de Abertis, el resto del accionariado de Hispasat se reparte entre Eutelsat (33,69 %), la Sepi (7,41 %) y el CDTI (1,85 %), dependiente del Ministerio de Industria.



Operadores internacionales

- SES-ASTRA
- SATMEX
- JSAT
- StarOne
- Sirius
- GLOBALSTAR
- THURAYA
- IRIDIUM
- ORBCOMM



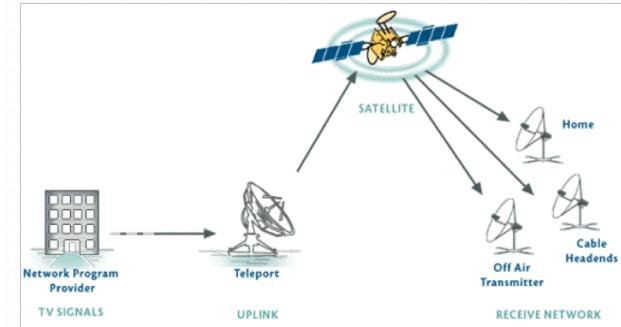
Servicios según la movilidad

- Servicio fijo por satélite (FSS)
 - Enlace entre puntos fijos
 - Telefonía, televisión, internet
 - Enlaces internacionales
- Servicios móviles por satélite (MSS)
 - Terrestre (LMSS)
 - Marítimo (MMSS)
 - Aeronáutico (AMSS)

Servicios según su tipo

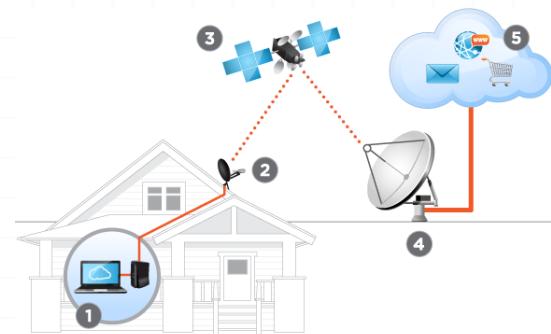
□ Servicios de difusión

- El terminal de usuario es un terminal pasivo, no existen ningún grado de interactividad.
 - Es admisible el uso de satélites geoestacionarios ya que simplifica la gestión del sistema
 - Distribución de TV - DBS (Direct Broadcast Satellite)



□ Servicios interactivos

- Satélites LEO y MEO, posibilidad de usar GEO
- Comunicación por satélite fija y móvil, voz y multimedia
- Posible combinación de satélite de difusión + canal de retorno a través de una red terrestre
 - Servicios interactivos asimétricos como la navegación Web

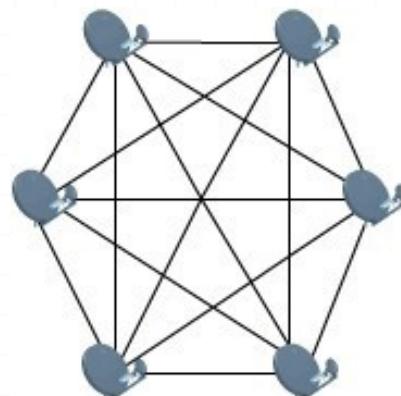


□ Servicios privados

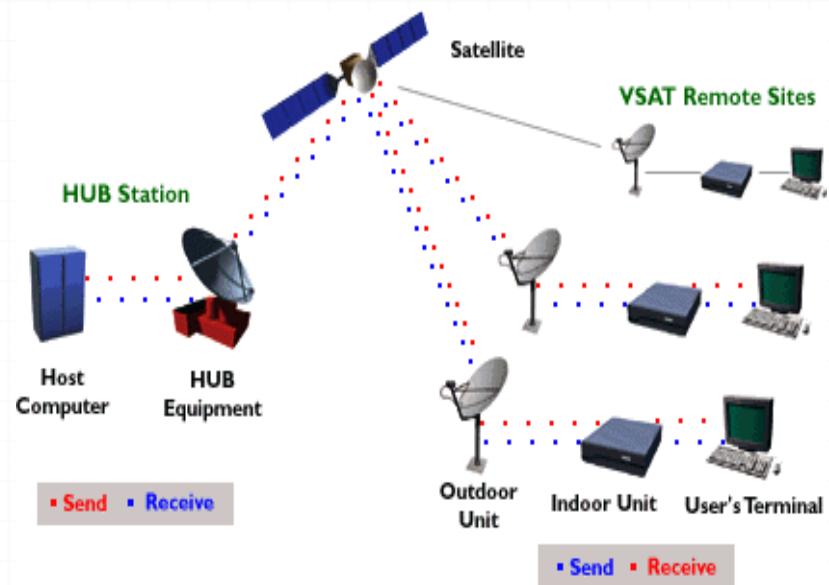
- Basados exclusivamente en satélites, sentido de la comunicación bidireccional.
 - Exige el uso de satélites LEO y MEO
 - Redes privadas para empresas -> Terminales VSAT

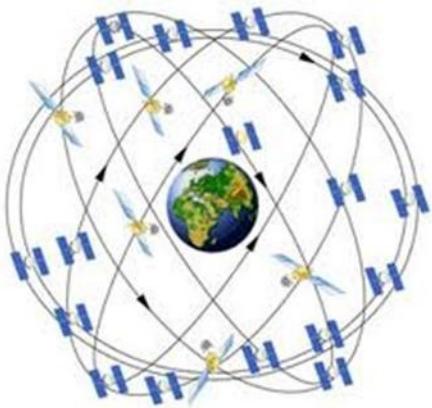
Redes VSAT (Very Small Aperture Terminals)

- Redes privadas de comunicación de datos vía satélite diseñadas a medida
- Se basan en el establecimiento de enlaces entre una o un gran número de estaciones remotas equipadas con antenas de pequeño tamaño con una estación central (Hub), a través de un satélite
- Se caracteriza por proporcionar ancho de banda suficiente para voz, datos y video sobre un enlace asimétrico, trabajando en banda KA o C, donde se da alta potencia en transmisión y buena sensibilidad en recepción.
- Son competidoras de las redes de fibra óptica
- La implantación de redes VSAT es rentable a medida que aumenta el número de terminales terrestres de la red

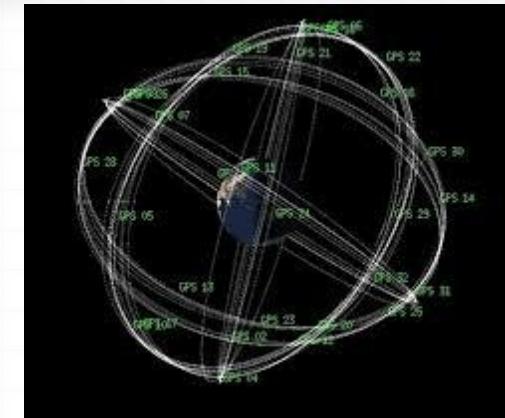


Transmisión en malla



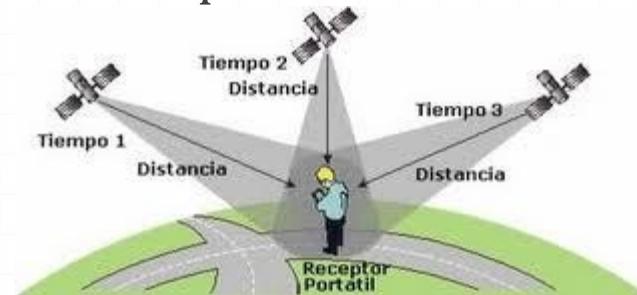


GPS (Global Positioning System)

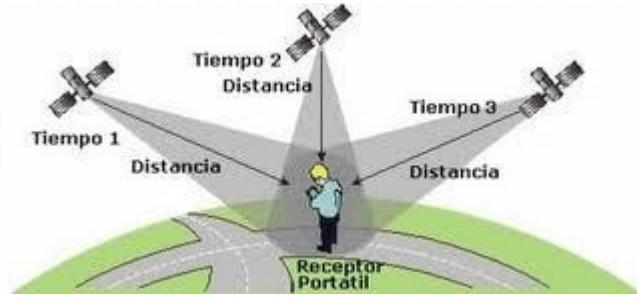


- El sistema, del departamento de defensa de EEUU, consta de 24 satélites que orbitan a 18.000 km de la Tierra.
- Se utilizan para la navegación por tierra, mar o aire y ofrecen medidas de tiempo y posición de los vehículos.
- Estos 24 satélites se distribuyen en 6 órbitas
 - Las órbitas y las posiciones de los satélites están pensadas para que, en cuquier instante, 4 satélites son visibles desde cuquier punto de la tierra.
 - Un receptor GPS tiene un *almanaque* que indica la posición actual de cada satélite

Almanaque: Registro o catálogo que comprende todos los días del año, distribuidos por meses, con datos astronómicos y noticias relativas a celebraciones y festividades religiosas y civiles.

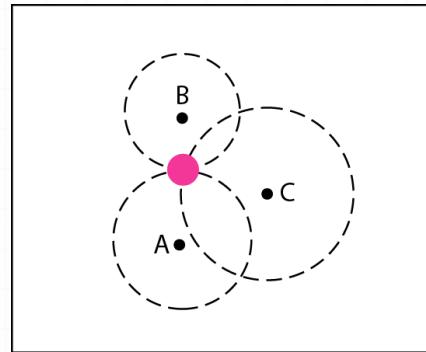
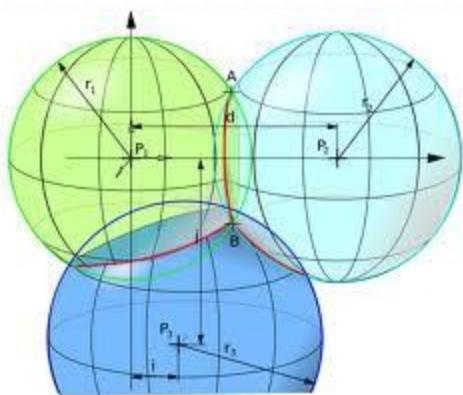


GPS

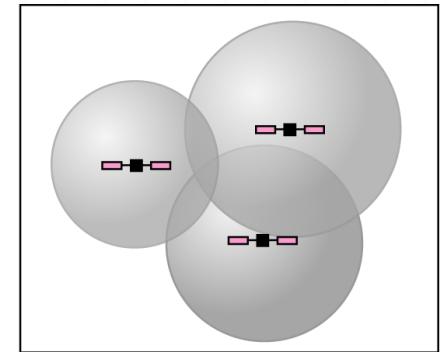


- GPS se basa en el principio de **trilateración** (o triangulación)

- En un plano, si se conoce la distancia desde 3 puntos, se puede conocer exactamente en qué lugar nos encontramos
- En 3D se necesitan 4 esferas para conocer la longitud, latitud y altitud
- Hay que sincronizar los relojes de los satélites y el reloj del receptor que introduce una deriva en el cálculo de la distancia

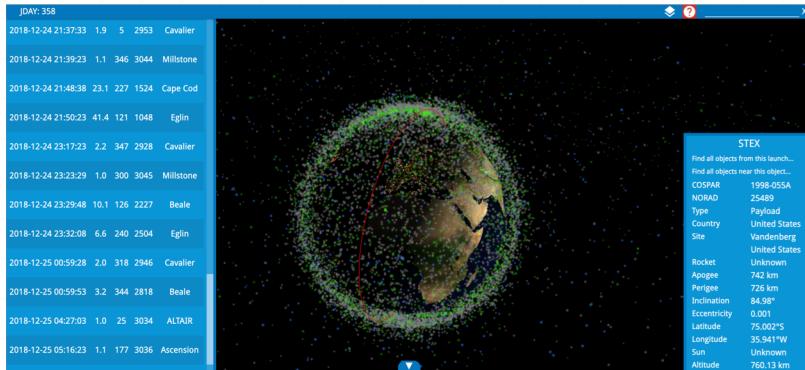


a. Two-dimensional trilateration



b. Three-dimensional trilateration

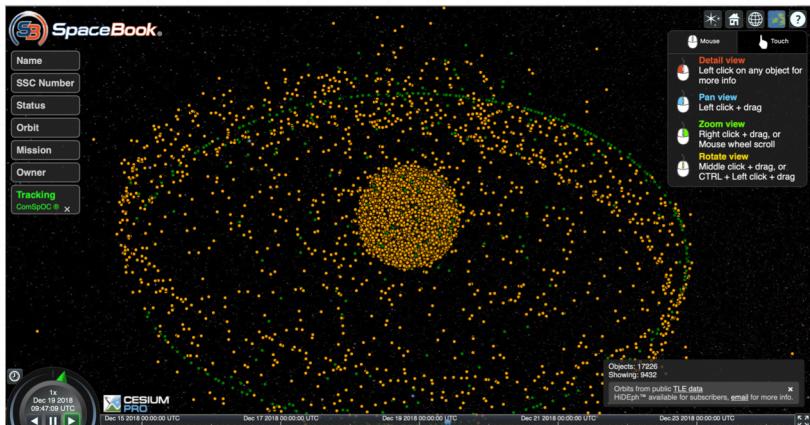
Herramientas de visualización de satélites



<http://keeptrack.space/>



Satellite Tracker



<http://apps.agi.com/SatelliteViewer/>

Sat Finder

Your current position
Latitude: 36,717 Longitude: -4,500

ABS 3A

Azimuth 194°



perfect!



Sat Finder

Ejercicio

- Usar herramienta para localizar 2 satélites cercanos
- Buscar e identificar tantos aspectos como sea posible:
 - Tipo de órbita
 - Tipo de satélite y nombre de la constelación
 - Cobertura
 - Altitud
 - Periodo
 - Organización operadora
 - Aplicaciones
 - Vida útil
 - Etc.

Bibliografía

- Introduction to Wireless and Mobile Systems, Dharma P. Agrawal, Qing-An Zeng, CL Engineering
- Stallings, William (2007). Data and Computer Communication. New Jersey: Pearson.
- Transmision de datos y redes de Telecomunicación, Behrouz Forouzan, McGraw
- Understanding GPS: principles and applications, Kaplan, Elliott D; Hegarty, Christoper J
The Artech House mobile communications series, 2006, 2nd ed.