Publicado por Daniel García Esteban

¿Qué es VSAT?

Las redes VSAT (Very Small Aperture Terminals) son redes privadas de comunicación de datos via satélite para intercambio de información punto-punto o, punto-multipunto (broadcasting) o interactiva. Sus principales características son:

- Redes privadas diseñadas a la medida de las necesidades de las compañias que las usan.
- El aprovechamiento de las ventajas del satélite por el usuario de servicios de telecomunicación a n bajo coste y fácil instalación.
- Las antenas montadas en los terminales necesarios son de pequeño tamaño (menores de 2.4 metros, típicamente 1.3m).
- Las velocidades disponibles suelen ser del orden de 56 a 64 kbps.
- Permite la transferencia de datos,voz y video.

La red puede tener gran densidad (1000 estaciones VSAT) y está controlada por una estación central llamada HUB que organiza el tráfico entre terminales, y optimiza el acceso a la capacidad del satélite. Enlaces asimétricos. Las bandas de funcionamiento suelen ser K o C, donde se da alta potencia en transmisión y buena sensibilidad en recepción. Debido a esto, entra a competir directamente con redes como la Red Pública de Transmisión de Paquetes X.25, o la Red Digital de Servicios Integrados. Cabe destacar su rápida y masiva implantación en Europa, Asia y USA, lo que está facilitando un acercamiento sin precedentes de las ventajas del satélite al usuario de servicios de telecomunicación.

Ventajas y desventajas de una Vsat

Ventajas

Flexibilidad:

- Fácil gestión de la red.
- Servicio independiente de la distancia.
- Cobertura global e inmediata.
- Fácil y rápida implantación en lugares de difícil acceso.
- Debido a la gran variedad de configuraciones que puede adoptar una red VSAT estas se pueden adaptar a las necesidades propias de cada compañía.
- Los enlaces asimétricos se adaptan a los requerimientos de transferencia de datos entre una estación central que transmite mucha información a estaciones lejanas que responden con poca información (si es que responden).
- Facilidad de reconfiguración y de ampliación de la red. El uso de un satélite hace que se pueda establecer contacto con cualquier punto dentro de su area de cobertura con lo que los receptores pueden cambiar de ubicación sin más cambio que la reorientación de su antena. Del mismo modo, la introducción de un nuevo terminal no afecta al funcionamiento de los demás.

Gran fiabilidad:

Se suele diseñar para tener una disponibilidad de la red del 99.5% del tiempo y con una BER de 10^-7.

Ventajas económicas:

- Estabilidad de los costes de operación de la red durante un largo periodo de tiempo. Una empresa puede ser propietaria de praticamente todos los segmentos de la red. Esto hace que el presupuesto dedicado a comunicaciones se pueda establecer con gran exactitud. El único segmento del que la empresa no puede ser propietario es del segmento espacial pero sus precios son muy estables.
- Evita las restricciones que impone una red pública en cuanto a costes y puntos de acceso.
- Aumento de la productividad de la organización. Al haber un centro de monitorización y control de la red el tiempo medio entre fallos de la red aumenta considerablemente y la duración de los fallos suele ser corta. Por lo tanto la organización puede responder rapidamente a las peticiones de sus clientes gracias a un medio de comunicacion fiable, lo que repercute en un aumento de la satisfación de los mismos y un aumento de las ventas.
- Se puede implantar una red corporativa insensible a fluctuaciones de las tarifas

Desventajas

Problemas económicos:

- Las inversiones iniciales son elevadas y en algunos paises no son claramente compititivas frente a redes basados en recursos terrestre. Este problema puede ser atenuado recurriendo al alquiler del HUB.

Problemas radioelectricos:

- El retardo de propagación tipico de 0.5s (doble salto) puede ser problemático para ciertas aplicaciones como telefonía y videoconferencia, pero tambien existen aplicaciones insensibles a el como la actualización de software, e-mail, transferencia de ficheros
- El punto más critico de la red esta en el satélite. Toda la red depende de la disponibilidad del satelite. Si este cae, toda la red cae con el. De todas maneras el problema no es muy grave pues si el problema esta en un transpondedor un simple cambio de frecuencia o/y polarización lo soluciona. En caso de ser todo el satélite bastaría con reorientar las antenas a otro satélite.
- Como todo sistema basado en satélites es sensible a interferencias provenientes tanto de tierra como del espacio.

Problemas de privacidad:

- El uso de un satelite geoestacionario como repetidor hace posible que cualquier usuario no

autorizado pueda recibir una portadora y demodular la información. Para prevenir el uso no autorizado de la informacion se puede encriptar.

Aplicaciones de las redes VSAT



Clasificación según ámbito:

Aplicaciones civiles.

- Unidireccionales
- Bidireccionales

Unidireccionales

- Transmisión de datos de la Bolsa de Valores.
- Difusión de noticias.
- Educación a distancia.
- Hilo musical.
- Transmisión de datos de una red de comercios.
- Distribución de tendencias finacieras y análisis.
- Teledetección de incendios y prevención de catástrofes naturales

Bidireccionales

- Tele enseñanza.
- Videoconferencia de baja calidad.
- e-mail.
- Servicios de emergencia.
- Comunicaciones de voz.
- Telemetría y telecontrol de procesos distribuidos.
- Consulta a bases de datos.
- Monitorización de ventas y control de stock.
- Transacciones bancarias y control de tarjetas de crédito.

- Periodismo electrónico.
- Televisión corporativa.

Aplicaciones militares.

Las aplicaciones militares para las redes VSAT han sido adoptadas por diferentes ejércitos. Gracias a su flexibilidad, son idóneas para establecer enlaces temporales entre unidades del frente y el hub que estaría situado cerca del cuartel general. La topología más adecuada es la de estrella. Se usa la banda X, con enlace de subida en la banda de 7.9-8.4 GHz y con el de baja en la banda de 7.25-7.75 GHz.

Clasificación según tipo de tráfico.

Tipos de tráfico:

Tipo de Tráfico	Longitud de Paquete Inbound	Longitud de Paquete Outbound	Tiempo de respuesta requerido.	Modo de uso	Ejemplos
Transferencia de datos y difusión.	No relevante.	1 a 100 Mbytes.	No relevante, pero se requiere integridad total de los datos		Distribución de datos y software a lugares remotos.
Datos interactivos	50 a 250 bytes.	50 a 250 bytes.	Unos pocos segundos.	Varias transacciones por minuto y terminal.	Transacciones bancarias. Transferencia electrónica de fondos a puntos de venta.
Petición/ Respuesta	30 a 100 bytes.	500 a 2000 bytes.	Algunos segundos.	Varias transacciones por minuto y terminal.	Reservas de billetes. Consultas a bases de datos. Comprobación de tarjetas de crédito.
Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA).	100 bytes.	10 bytes.	Algunos segundos/minutos.	Una transacción por segundo/minuto y terminal.	Monitorización y control de recursos dispersos (sensores de infrarrojos contra incendios, oleoductos ...)

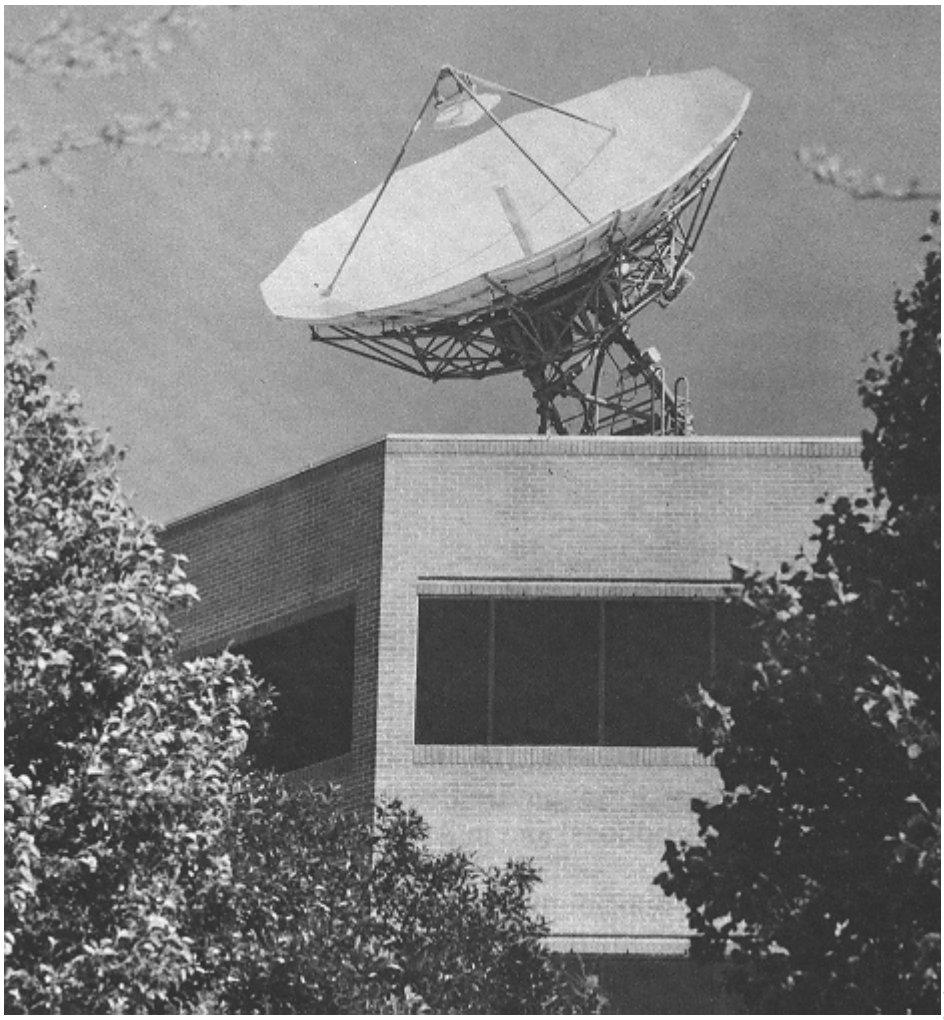
Aspectos técnicos de las redes VSAT

Elementos que componen una red VSAT

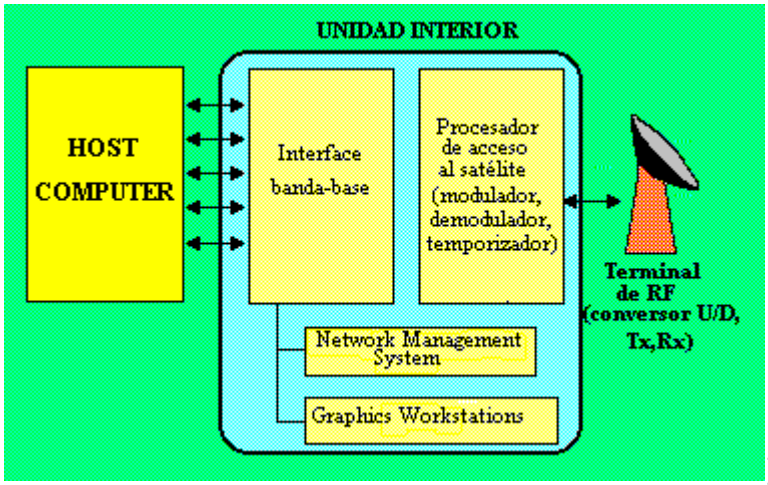
Los elementos que componen una red VSAT son:

- La estación HUB.
- El segmento espacial.
- Los terminales VSAT.
- Parámetros típicos de los equipos de una red VSAT.

Estación HUB.

}}

El HUB es una estación más dentro de la red pero con la particularidad de que es más grande (la antena tipicamente es 4 a 10 metros y maneja más potencia de emisión -PIRE-). Habitualmente el HUB esta situado en la sede central de la empresa que usa la red o en su centro de cálculo. Este punto es el que supone un mayor desembolso para una empresa por lo que se tiene la posibilidad de tener el HUB en propiedad o alquilado. Diagrama de bloques de una estación HUB:


}}

El HUB esta compuesto por :

- Unidad de RF.
- Unidad interna (indoor unit IDU).

Unidad de RF:

La unidad de RF se encarga de transmitir y recibir las señales. Su diagrama de bloques completo seria similar al de la ODU de terminal VSAT.

Unidad interna

A diferencia de la IDU del VSAT, aqui esta unidad puede estar conectada a la computadora que se encarga de administrar la red corporativa. Esta conexión puede ser directa o bien a través de una red pública conmutada o una linea privada dependiendo de si el HUB es propio o compartido.

Network Management System

Desde el HUB se monitoriza toda la red de VSAT's. De ello se ocupa el Network Management System (NMS). El NMS es un computador o estación de trabajo que realiza diversas tareas como: Configurar la red (puede desearse funcionar como una red de broadcast, estrella o malla).

- Control y alarma.
- Monitorización del tráfico.
- Control de los terminales:
- Habilitación y deshabilitación de terminales existentes
- Inclusión de nuevos terminales.
- Actualización del software de red de los terminales.
- Tareas administrativas:
- Inventario de los terminales.
- Mantenimiento
- Confección de informes.
- Tarificación (en caso de ser un HUB compartido).

Por lo que se ve gran parte del exito de una red VSAT radica en la calidad del NMS y en su respuesta a las necesidades de los usuarios.

Segmento Espacial

En el aspecto espacial, para la instalacion de redes VSAT se usan:

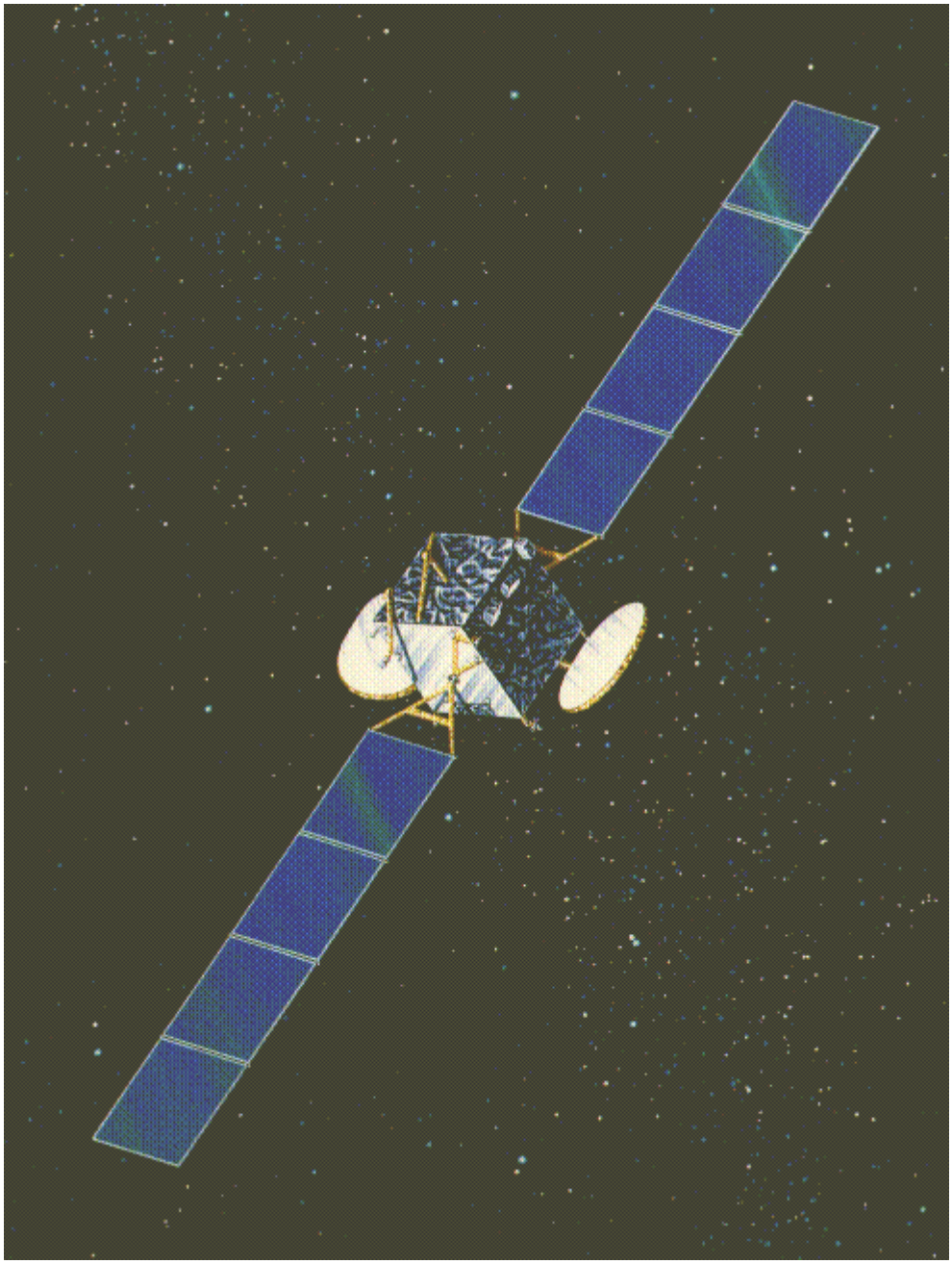
- Satelites geostacionarios.
- Bandas de frecuencias especificas para aplicaciones VSAT.

El segmento espacial es el punto clave de una red VSAT:

- Es el unico canal por donde se realiza la comunicacion con las consiguientes ventajas y

desventajas que ello conlleva.
- Es un canal compartido por lo que necesitaremos usar alguna tecnica o protocolo de acceso al medio (FDMA, TDMA, DA-TDMA, ...).
- Es el unico punto de la red que no puede ser manejado con total libertad por el instalador de una red VSAT. Debe ser contratado a empresas o consorcios proveedores de capacidad espacial

Satélite geoestacionario



Necesidad de satelites geoestacionarios.

Un satelite geoestacionario tiene un orbita circular en el plano ecuatorial a una altura de 35786 km de periodo igual al de rotacion de la tierra por lo que desde la tierra se le ve siempre en la misma posicion. Por lo tanto el uso de satelites geoestacionarios es crucial para que el coste de los equipos VSAT sean bajos. Al ser geostacionarios no es preciso que los equipos terrestres lleven un sistema de

seguimiento. Durante la instalacion del equipo se realiza el apuntamiento de la antena.

Transpondedor del satelite.

El proveedor del servicio fijo de satelite que se usa para implementar redes VSAT proporciona un cierto numero de canales dentro de un transpondedor. Un transpondedor puede llegar a manejar de 10 a 15 redes de tamaño tipico de 500 VSATs. El ancho de banda dedicado a la red VSAT depende de:

- Las tasas de Bps que se desee (tipicamente para el INBOUND: 128 o 64 kbps y para el OUTBOUND: 128 a 512 kbps). La eleccion depende mucho del tamaño de la antena del VSAT.
- Del tipo de asignacion del canal (TDMA, FDMA, DA-TDMA,...).
- Conviene destacar que es posible asignar anchos de banda diferentes a los OUTBOUND y INBOUND con lo que se establecen enlaces asimetricos.

Bandas de frecuencias para aplicaciones VSAT

Bandas de frecuencias:

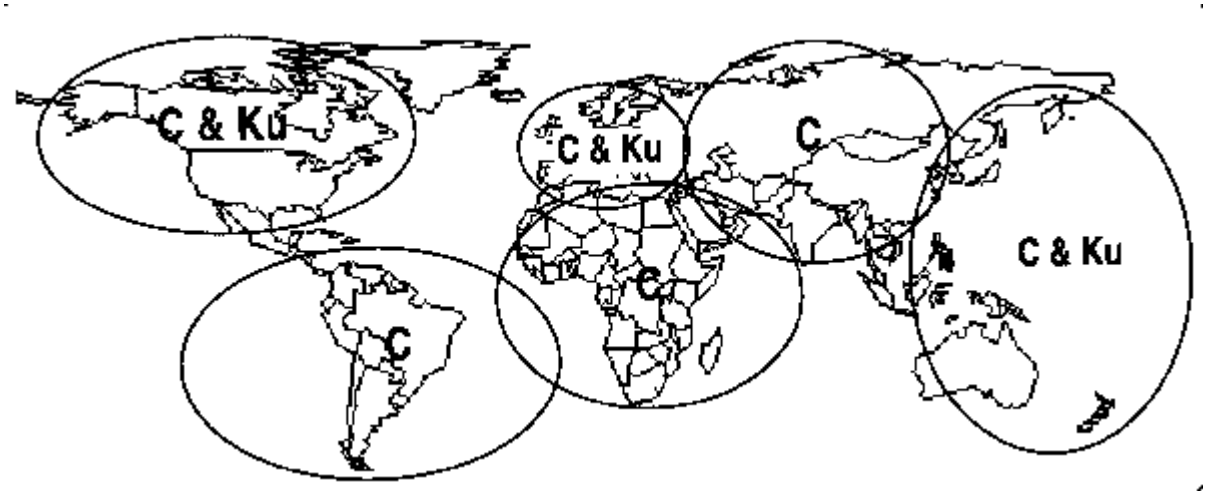
El plan de frecuencia ha sido establecido por la ITU. Se ha establecido que se usen las bandas de frecuencia:

- Banda C o banda Ku para aplicaciones civiles.
- Banda X para aplicaciones militares.
- Banda Ka para sistemas experimentales.

El proveedor del servicio fijo de satélite que se usa para implementar redes VSAT proporciona un cierto numero de canales dentro de un transpondedor. Un transpondedor puede llegar a manejar de 10 a 15 redes de tamaño típico de 500 VSATs. El ancho de banda dedicado a la red VSAT depende de:

Cobertura:

Existe además la limitación de cobertura:



No todas las zonas de la tierra tienen acceso a las bandas Ku (solo en Europa, Norte America y zona del Pacifico). También hay que señalar que el satélite que da el servicio puede usar haces con cobertura global, zonal o tipo spot.

Elección de la banda de frecuencia a usar:

La elección de una frecuencia u otra depende de:

- La disponibilidad de un satélite que cubra la zona donde va ha instalarse la red y que disponga de la banda deseada (ver cobertura).
- Problemas de interferencias. El ancho de haz de una antena es inversamente proporcional al producto de Diámetro de la antena y frecuencia.
- Por lo que al usar antenas de pequeño diámetro el ancho de haz es grande y el peligro de recibir interferencia desde otros satélites (y también de interferir en ellos) es también grande. Para la banda C (y partes de la banda Ku) existe el peligro añadido de los sistemas terrestres de microondas

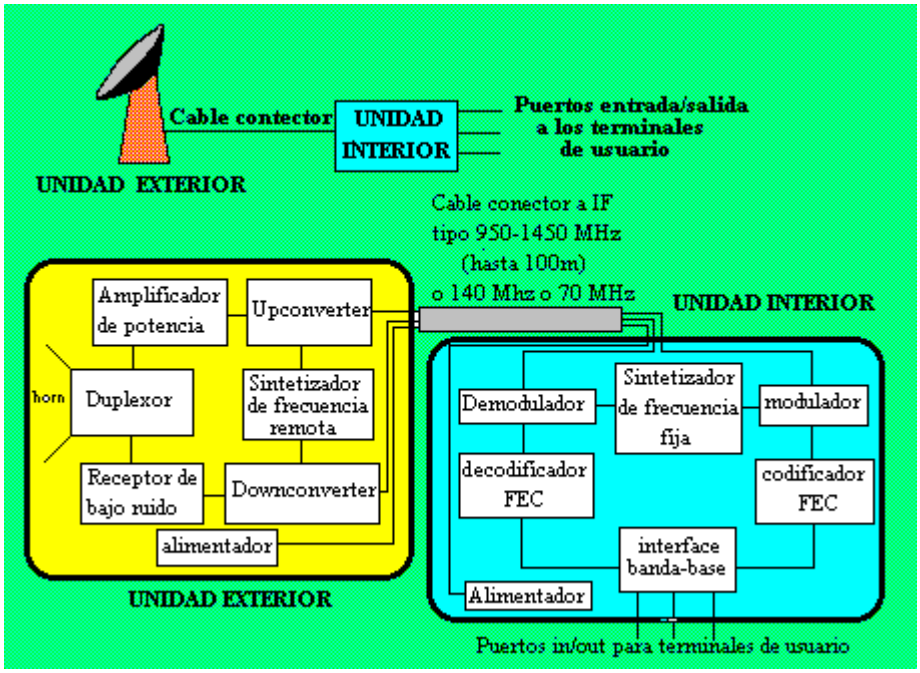
Hay pues que tener en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de estas bandas:

	Ventajas	Desventajas
Banda C	• Disponibilidad mundial • Tecnología barata • Robustez contra atenuación por lluvia	• Antenas grandes (1 a 3 metros) • Susceptible de recibir y causar interferencias desde satelites adyacentes y sistemas terrestre que compartan la misma banda (Se necesitaria en algunos casos recurrir a tecnicas de espectro ensanchado y CDMA).
Banda Ku	Usos mas eficiente de las capacidades del satelite ya que, al no estar tan influenciado por las interferencias, se puede usar tecnicas de acceso mas eficientes como FDMA o TDMA frente a CDMA que hace un uso menos eficaz del ancho de banda. Antenas mas pequeñas (0.6 a 1.8 m)	• Hay regiones donde no esta disponible. • Más sensible a las atenuaciones por lluvia. • Tecnología mas cara.

Terminales VSAT

Estaciones terrenas de redes

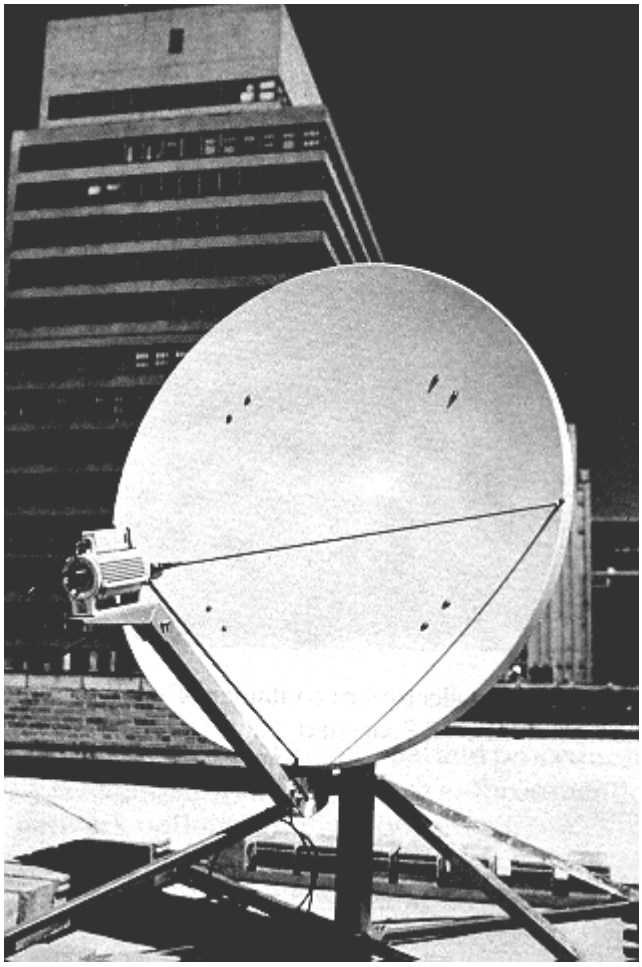
Diagrama de bloques de una estación terrena:



Una estación VSAT está compuesta por dos elementos:

- Unidad Exterior (Outdoor Unit), que es el interfaz entre satélite y VSAT.
- Unidad Interior (Indoor Unit), que es el interfaz entre el VSAT y el terminal de usuario o LAN.

La Unidad Exterior:



Básicamente la Unidad Exterior se compone de los siguientes elementos:

- Antena.
- Sistemas electrónicos.
- Amplificador de transmisión.
- Receptor de bajo ruido.
- Sintetizador de frecuencia.
- Osciladores para variar la frecuencia.
- Duplexor.
- Amplificador de potencia.

Los parámetros utilizados para evaluar la Unidad Exterior:

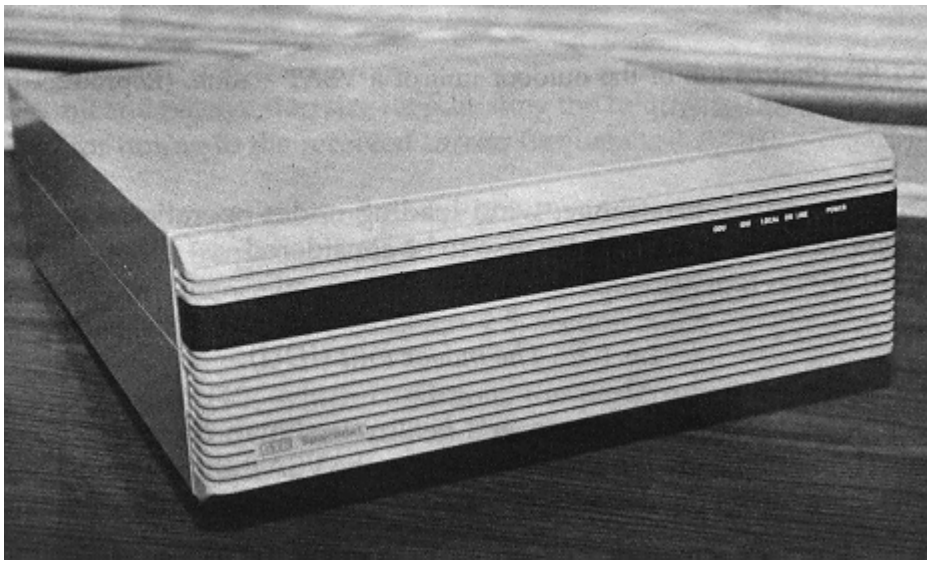
- La finura espectral del transmisor y del receptor para el ajuste de la portadora en transmisión y para sintonizar adecuadamente la portadora en recepción.
- PIRE que condiciona la frecuencia del enlace de subida.
- El PIRE depende de:
- Ganancia de antena.
- Potencia de salida.
- Figura de mérito G/T, que condiciona la frecuencia del enlace de bajada.

El ratio G/T depende de:

- Ganancia de la antena.
- Temperatura de ruido del receptor.
- El diagrama de radiación de la antena, ya que los amplitud de los lóbulos secundarios

(principalmente de los laterales) condiciona los niveles de interferencia recibida y producida.
- Temperatura ambiental de operación.
- Otros factores ambientales como humedad…

La Unidad Interior



Los parámetros necesarios para especificar al Unidad Interior son:

- Número de puertos.
- Tipo de los puertos:
- Mecánicos.
- Eléctricos.

Parámetros típicos de los equipos de una red VSAT y Hub

Bandas de frecuencias

Item	Hub	VSAT
Banda de frecuencias para transmisión	14-14.5 GHz. en banda Ku 5.925-6.425 GHz en banda C	14-14.5 GHz. en banda Ku 5.925-6.425 GHz en banda C
Banda de frecuencias para recepción	10.7-12.75 GHz. en banda Ku 3.625-4.2 GHz en banda C	10.7-12.75 GHz. en banda Ku 3.625-4.2 GHz en banda C

Antenas

Item	Hub	VSAT
Tipo de antena	Reflector doble Cassegrain	Reflector simple offset
Diametro	2-5m en hub pequeños 5-8m en hub medio 8-10m en hub grande	1.8-3.5m en banda C 1.2-1.8m en banda Ku
Aislamiento Tx/Rx	30dB	35dB
Relacion de onda estacionaria	<1.25	<1.3
Polarizacion	Lineal ortogonal en banda Ku Circular ortogonal en banda C	Lineal ortogonal en banda Ku Circular ortogonal en banda C
Ajuste de polarizacion	90° grados para polarizacion lineal	90° grados para polarizacion lineal
Nivel de lóbulo secundario	25-29 dB	25-29 dB
Excursión en azimut	120°	160°
Excursión en elevación	3°-90°	3°-90°
Viento	Estación en operación: hasta 70 Km/h Soporta: hasta 180 Km/h	Estación en operación: 100 Km/h Soporta: hasta 210 Km/h
Deshielo	Eléctrico	Opcional

Amplificador de potencia

Item	Hub	VSAT
Potencia de salida	**En amplificadores SSPA:** 3-15W en banda Ku 5-20W en banda C **En amplificadores TWT:** 50-100W en banda Ku 100-200W en banda C	**En amplificadores SSPA:** 0.5-5W en banda Ku 3-30W en banda C
Escalones de frecuencia	100 KHz a 500 KHz	100 KHz

Configuraciones de una red VSAT

Las configuraciones típicas para una red VSAT son:

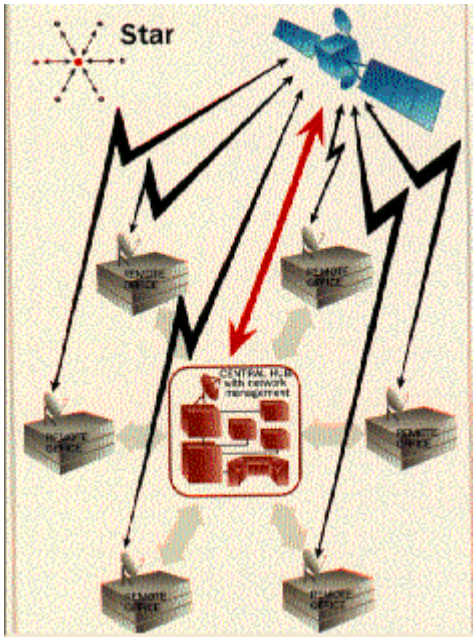
- Estrella con comunicación:
  - Bidireccional.
  - Unidireccional.
- Malla.

Red en estrella

El uso de satélites geoestacionarios impone las siguientes limitaciones:

- Atenuaciones del orden de 200dB en salto de satélite.
- Potencia de emisión del satélite limitada a algunos watts.

Por otra parte los terminales montan antenas de dimensiones reducidas y receptores con una sensibilidad limitada. Por lo tanto los enlaces directos entre VSAT's no cumplen unos mínimos requisitos de calidad por lo que se necesita una estación terrena que actúe de retransmisor. Lo que nos lleva configuraciones tipo estrella.



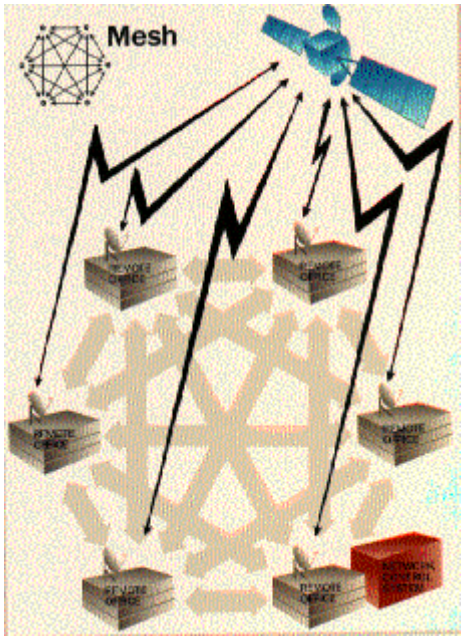
Conviene esclarecer los términos INBOUND y OUTBOUND que son aplicables a las redes en estrella.

- INBOUND: transferencia de información desde un VSAT al HUB.
- OUTBOUND: transferencia de información desde el HUB a un VSAT.

Se habla de redes estrella bidireccionales cuando las aplicaciones requieren que se comuniquen los VSAT's con el HUB y viceversa (existen tanto inbounds como outbounds). Por el contrario en las redes estrella unidireccional sólo hay comunicación desde el HUB hacia los VSAT's (sólo hay outbounds).

Red en Malla

Cuando es posible establecer un enlace directo entre dos VSAT's (cuando aumenta el tamaño de las antenas o la sensibilidad de los receptores) hablamos de redes VSAT en malla.



Naturalmente con una red en estrella bidireccional se puede implementar una red en malla pura pero con el problema del retardo (.5s debido al inevitable doble salto mientras que en una red en malla pura sería sólo de .25s).

Aplicación de estas configuraciones:

En la actualidad existen todas estas configuraciones. La más usada es la red en estrella bidireccional. La configuración en malla no es demasiado usada debido a la necesidad de mejores VSAT's con lo que se pierde la principal ventaja de las redes VSAT. Existen redes VSAT en malla usando banda Ka pero a nivel de investigación (esta banda permite al ser de una frecuencia mayor obtener mayor potencia recibida a igualdad de tamaños de antena).

Elección de una configuración:

La elección de un tipo u otro de configuración depende del tipo de aplicación que se le vaya dar.

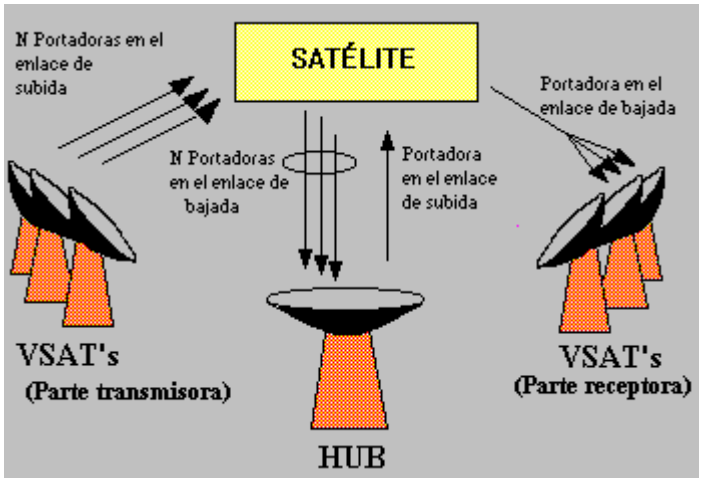
Análisis telemático de la red. Análisis del enlace de radiofrecuencia

La presente sección se centra en el estudio de la reducción del BER (Bit Error Rate) a valores mínimos en función de costes aceptables. La eliminación de los errores a nivel físico es imposible totalmente y deberá ser el nivel de enlace de datos el encargado de asegurar una transmisión libre de errores, por medio de los protocolos adecuados. La tasa de error (BER) debe ser minimizada, y para ello debemos estudiar los parámetros de los cuales depende:

- Tipo de modulación.
- Tipo de codificación.
- Relación portadora a ruido

Principios básicos.

El estudio del enlace se ha realizado sobre una configuración en estrella, en la que tenemos N portadoras en el enlace de subida, procedentes cada una de ellas de una estación VSAT. Estas portadoras son retransmitidas por el satélite hacia la estación HUB, en donde se modula TDM a una única portadora, que se manda de nuevo al satélite, el cual la reemite a los distintos VSAT en recepción.



Esta portadora se ve contaminada por diversas fuentes de ruido:

- Ruido térmico
- Ruido de interferencias
- Ruido de inter-modulación

El ruido total a tener en cuenta en el enlace será debido a la suma de la contribución de cada una de las fuentes de ruido por separado.

Ruido Térmico

Tenemos dentro de este grupo diversas fuentes de ruido de gran importancia:

- La Tierra para las antenas del satélite
- El cielo para las antenas de las estaciones terrenas
- Los propios componentes de los receptores

Los dos primeros vienen caracterizados, a la hora de hacer los cálculos por las Temperaturas de Ruido de las antenas

Ruido de interferencias.

El ruido debido a las interferencias tiene su origen en comunicaciones ajenas a las de la red que usan las mismas bandas de frecuencias. En el enlace de subida son fuentes de ruido las estaciones terrenas pertenecientes a otros sistemas geoestacionarios y las transmisiones terrestres por

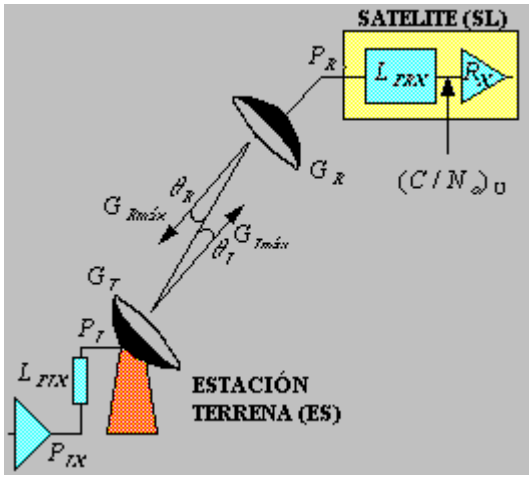
microondas. En el enlace de bajada son fuentes de ruido los satélites adyacentes al propio y también las transmisiones terrestres por microondas. Ha de destacarse que este tipo de interferencias pueden ser producidas por antenas pertenecientes a redes ajenas a la nuestra, pero también pueden ser debidas a las de nuestro propio sistema (cuando se usa polarización cruzada o la misma banda de frecuencias en distintos haces).

Ruido de intermodulación

Cuando se usa un acceso del tipo TDMA no aparecen problemas de intermodulación, porque en cada intervalo de tiempo se amplifica una portadora. Ahora bien, cuando el acceso es del tipo FDMA, CDMA o un híbrido FDMA/TDMA aparecen los llamados productos de intermodulación, que originan señales a frecuencias iguales a la combinación lineal de las frecuencias usadas en las portadoras iniciales. Fundamentalmente se ha de tener en cuenta solamente los productos de intermodulación de orden 3. Este ruido de intermodulación será caracterizado posteriormente como un ruido blanco a la salida del transponder. El estudio de esta sección se basará, pues, en encontrar la relación portadora a ruido total del enlace, que vendrá: definida como sigue:

Ruido en el enlace de subida. Análisis del enlace de subida

En este apartado se describe la forma de cálculo de la relación portadora a densidad espectral de potencia de ruido en el enlace de subida (de la estación terrena al satélite).



Con la notación del esquema anterior tenemos.

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_U = \frac{C_U}{N_{oU}} \text{ (Hz)}$$

- C_U es el nivel de portadora a la entrada del transpondedor del satélite
- $N_{oU} = kT_U$ (W/Hz) es la D.E.P. de ruido referida a T_U (T^a de ruido del enlace de subida)

Podemos expresar esta relación en función del IBO (Input Back-Off) y de la relación portadora a densidad espectral de potencia (C/N) que satura el transpondedor del satélite:

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_U = IBO\left(\frac{C}{N_o}\right)_{Usat} \text{ donde}$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_{Usat} = \Phi_{sat}\cdot\frac{1}{4\Pi}\cdot\lambda^2\cdot\left(\frac{G}{T}\right)_{SL}\cdot\frac{1}{k} \quad (\text{Hz})$$

$\left(\frac{G}{T}\right)_{SL} \rightarrow$ Figura de mérito del equipo receptor del satélite

$\Phi_{sat} \rightarrow$ dens. de potencia total$\left[W/m^2\right]$ que satura al transpondedor

Para determinar más explícitamente todas estas relaciones en función de parámetros reales del sistema, se ha de manejar conceptos tales como:

- Densidad de potencia a la entrada del satélite.
- Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) de la estación de tierra.
- Pérdidas en el enlace de subida.
- Figura de mérito del equipo receptor del satélite.

Una vez estudiado con más detalle todo el sistema se llega a la conclusión de que la relación (C/N) en el enlace de subida debida al ruido térmico es:

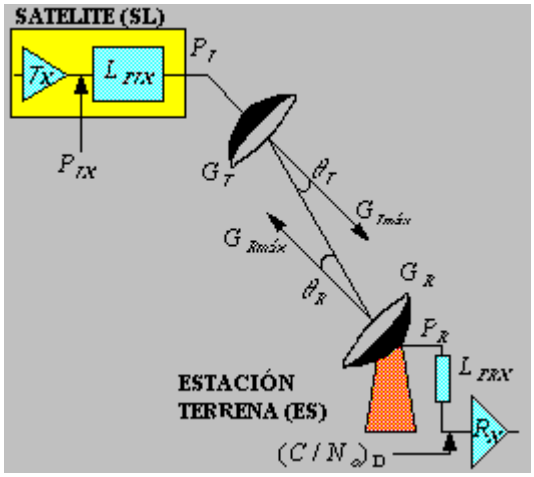
$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_U = \frac{P_I G_I(\theta_I)}{\left(\frac{4\Pi R}{\lambda}\right)^2 L_A}\left(\frac{G}{T}\right)_{SL}\frac{1}{k},$$

L_A son las pérdidas atmosféricas(lluvia, nubes...)

En la fórmula anterior, k es la constante de Boltzmann y R es la distancia estación terrena - satélite, lambda es la longitud de onda de la portadora, y el resto de los parámetros quedan bien reflejados en el esquema inicial.

Ruido en el enlace de bajada. Análisis del enlace de bajada

En este apartado se describe la forma de cálculo de la relación portadora a densidad espectral de potencia de ruido en el enlace de bajada (del satélite a la estación receptora VSAT).



La relación C/N puede ser expresada como

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_D = \frac{C_D}{N_{oD}} \text{ (Hz) donde}$$

- $C_D \rightarrow$ es el nivel de portadora a la entrada del receptor de la estación terrena
- $N_{oD} = kT_D$ (W/Hz) $\rightarrow$ D.E.P. de ruido referida a T_D
  (T^a de ruido del enlace de subida)

Podemos expresar esta relación en función del OBO (Input Back-Off) por portadora y de la relación portadora a densidad espectral de potencia (C/N) obtenida en saturación del transpondedor:

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_D = OBO\left(\frac{C}{N_o}\right)_{Dsat} \text{ donde}$$

- $OBO \rightarrow$ Input Back Off total
- $\left(\frac{C}{N_o}\right)_{Dsat} = PIRE_{SLsat} \frac{1}{L_D} \cdot \left(\frac{G}{T}\right)_{ES} \cdot \frac{1}{k}$ (Hz) $\rightarrow$ Valor obtenido en saturación del transpondedor

$\left(\frac{G}{T}\right)_{ES} \rightarrow$ Figura de mérito del equipo receptor de la estación terrena

$L_D \rightarrow$ Pérdidas en el enlace de subida

$PIRE_{SLsat} \rightarrow$ PIRE del satélite cuando se opera en saturación

Para determinar más explícitamente todos estas relaciones en función de parámetros reales del sistema, se ha de manejar conceptos tales como:

- Densidad de potencia en la superficie de la tierra.
- Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) del satélite.
- Pérdidas en el enlace de bajada.
- Figura de mérito del equipo receptor de la estación terrena.

Ruido debido a las interferencias. Análisis de las interferencias

Las interferencias se definen como la energía de radiofrecuencia indeseada que se introduce en el receptor del enlace deseado. La relación portadora a densidad espectral de potencia de ruido debido a la interferencia viene dada por:

$$\left(\frac{C}{N_i}\right) = \frac{DEP_S B_N}{DEP_i min(B_N, B_i)}, \text{ donde}$$

$DEP_S =$ dens. espectral de potencia de la señal deseada

$DEP_i =$ dens. espectral de potencia de la interferencia

$B_N =$ Ancho de banda del ruido del receptor

$B_i =$ Ancho de banda ocupado por la interferencia

Las interferencias pueden ser clasificadas en dos tipos:

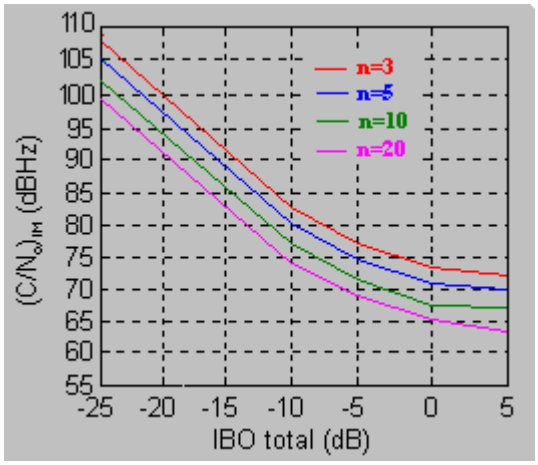
- **Interferencias propias:** Son interferencias producidas en receptores de la red por transmisores de la misma red.
- **Interferencias externas:** Son producidas por sistemas ajenos al estudiado que utilizan la misma banda de frecuencias. Los sistemas interferentes más comunes son otros sistemas de satélites o incluso sistemas terrestres de microondas.

Ruido de intermodulación Análisis del ruido de intermodulación

El ruido de intermodulación se produce al operar en modo no lineal. Lo que ocurre es que la potencia de salida del transpondedor se reparte no sólo entre las portadoras, sino también entre los productos de intermodulación. Este fenómeno es especialmente importante cuando se trabaja cerca de la zona de saturación (IBO=0 dB) Existen curvas que dan la relación portadora-densidad espectral de ruido de intermodulación a la entrada del receptor de la estación terrena como función del IBO total del amplificador del transpondedor, asumiendo n portadoras de igual potencia. Estas curvas pueden ser aproximadas por la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_{IM} = 79 - 10\log n - 1.65(IBO_t\,(dB) + 5)\ ,\ IBO < -5dB\ \ (\text{dBHz})$$

Las curvas tienen, de forma aproximada, la siguiente forma:



Tasa de error

Determinación del BER

El BER (Bit Error Rate), tasa de error de bit, es función de la energía por bit de información y de la DEP de ruido en el total del enlace. La energía por bit de información se define como la energía acumulada en el receptor debido a la recepción de la potencia de portadora durante el intervalo de tiempo que conlleva la recepción de 1 bit de información. Por tanto se tiene:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{C/R_b}{N_{o/}} = \frac{(C/N_o)_T}{R_b}$$

R_b - Régimen binario

La relación de Eb/No con el BER depende del tipo de modulación y del esquema de corrección de errores (FEC) usado. Se ha de destacar que el FEC no elimina por completo los errores, simplemente reduce la tasa de error.

Aspectos de Funcionamiento de las Redes VSAT. Análisis telemático de la red.

- Requisitos de una red VSAT:
- Estructura física y de protocolos de una red VSAT.
- Técnicas de acceso múltiple

Requisitos de una Red VSAT

La Red debe permitir:

- Establecimiento de la conexión entre llamador y llamado.
- Encaminamiento de las señales del llamador teniendo en cuenta la compartición del medio (canal).
- Proporcionar un canal fiable para la información. Esto se traduce para señales digitales por:
    1. La ausencia de pérdidas de datos.
    2. La ausencia de duplicados.
    3. Comportamiento FIFO de los datos.
    4. Retardo (delay) controlado y razonable.

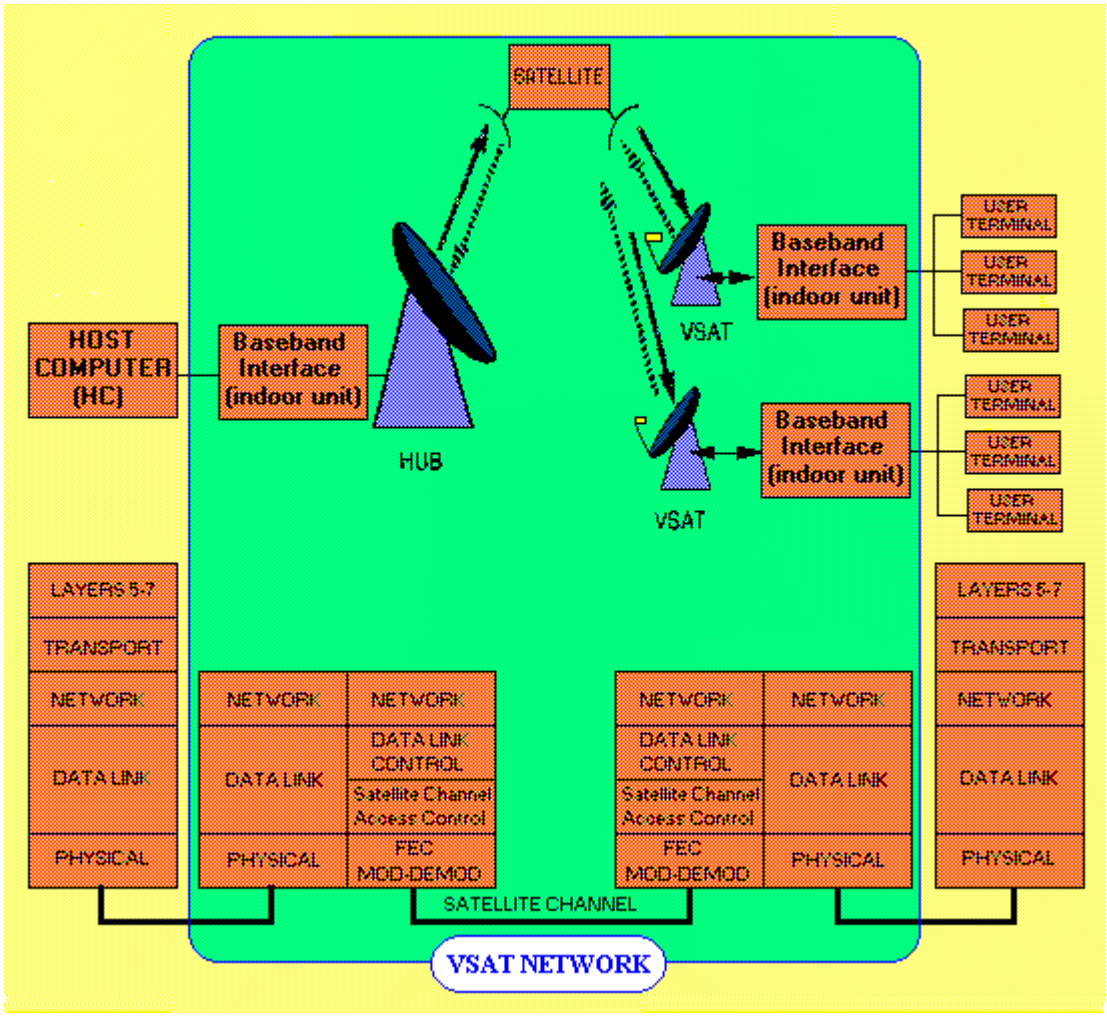
NOTA: Todas las especificaciones que se le pueden imponer a una red VSAT dependerán del tipo de datos y de tráfico que se vayan a tratar mayoritariamente. Por lo tanto, una red VSAT estará optimizada para trabajar con cierto tipo de tráfico ofreciendo otros tipos de servicios de forma menos eficiente. De forma general las redes VSAT se diseñan para soportar intercambios interactivos de datos.

Estructura física y de protocolos de una red VSAT.

Una red VSAT está compuesta de:

- Estructura de la Red (Parte terrestre y Parte radioeléctrica).
- Causas (Enlaces vía satélite versus Enlaces terrestres).
- Comportamiento de los Protocolos (En función del RUIDO y del RETARDO).
- Conclusión.

Estructura de una red VSAT



Vemos en este diagrama dos representaciones que ponen de manifiesto la estructura física de la red y la estructura del protocolo paralela. Cabe destacar la separación de la red en una parte terrena y otra vía satélite. La presencia de las pasarelas (Base Band Interface) indica que existe una conversión de protocolos. A continuación estudiaremos las causas del empleo de dos protocolos distintos.

Estructura de una red VSAT: Causas

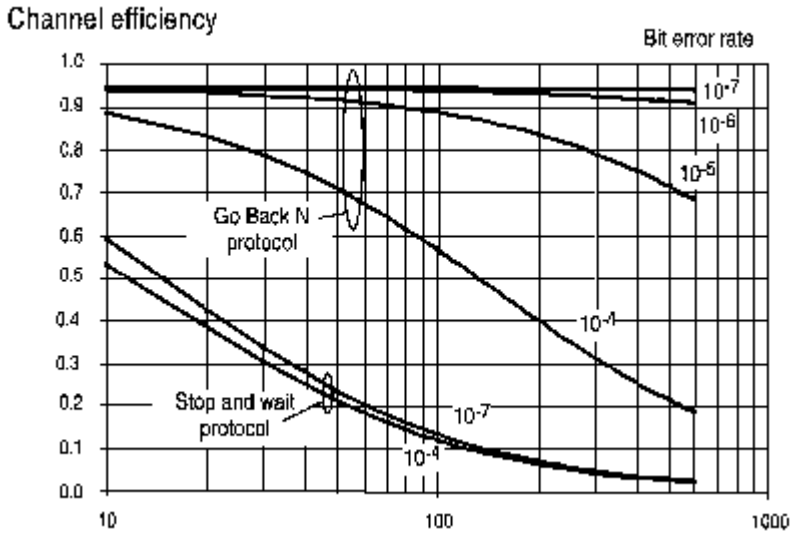
Diferencias entre enlaces vía satélite y enlaces terrestres.

Las principales diferencias que afectan a los protocolos son: Que en las redes vía satélite los retardos son del orden de 100 a 1000 veces superiores a los retardos de las redes terrenas. Que los enlaces radioeléctricos, sobre todo cuando las distancias son grandes, son mucho más ruidosos lo que se traduce por un incremento de la probabilidad de error y de las pérdidas de datos. Esto repercutirá directamente sobre el número de retransmisiones. Luego el comportamiento de los protocolos será distinto según nos encontremos en el tramo vía satélite propiamente dicho o en el resto de la red.

Comportamiento de los protocolos.

Dado que las características (ruido, retardo) son distintas según el enlace sea terreno o vía satélite

vamos a estudiar el comportamiento de distintos protocolos en función del ruido y del retardo. == Protocolo de control de errores. Vamos a estudiar los protocolos Stop&Wait , GoBackN , Retransmisión selectiva :

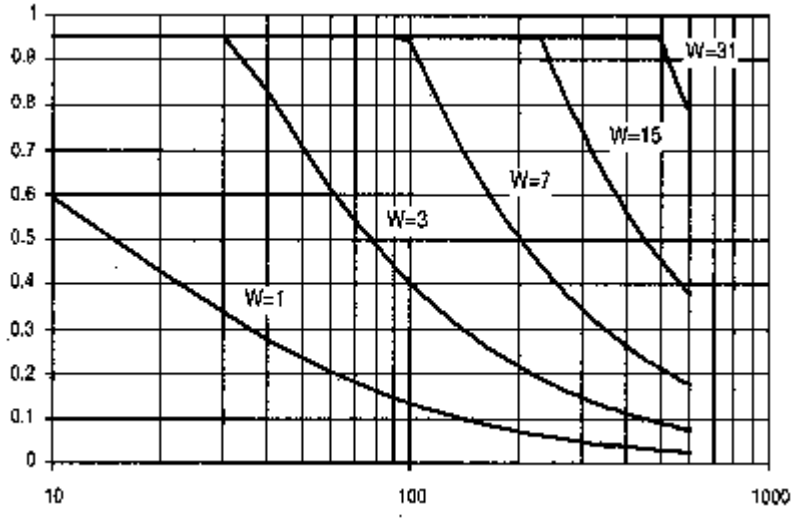


Vemos como tanto el protocolo Stop&Wait como el GoBackN tienen un mal comportamiento ante el ruido. El Stop&Wait además tiene bajas prestaciones para valores del retardo elevados.

BER	10^(-4)	10^(-5)	10^(-6)	10^(-7)
Eficiencias	.86	.95	.95	.95

El protocolo retransmisión selectiva es más inmune al retardo y por lo tanto más apropiado para enlaces vía satélite.

Protocolos de control de flujo o Ventana Deslizante:



Estas gráficas ponen de manifiesto que con una ventana suficientemente grande podemos trabajar con enlaces vía satélite sin pérdida de eficiencia.

Conclusiones sobre protocolos.

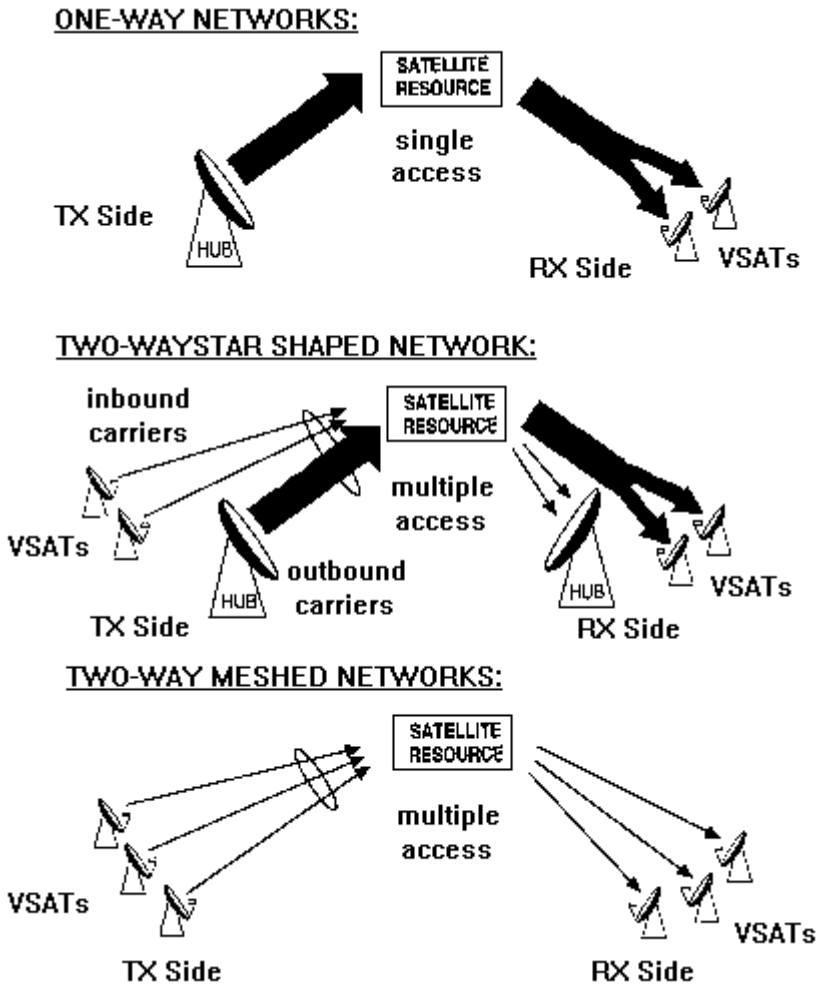
Hemos visto como protocolos que poseen un excelente comportamiento cuando el retardo es pequeño (Redes Terrestres), responden mal cuando este retardo es mayor. Del mismo modo los protocolos tienen distintas respuestas frente al ruido. Esto explica el empleo de dos protocolos distintos para la parte terrestre de la red y para la parte radioeléctrica.

Técnicas de acceso múltiple.

- Introducción (Dependencia con la topología de la red).
- Métodos de acceso múltiple básicos.
- Métodos de acceso en funcióno de la configuración: MALLA o ESTRELLA.
- Asignación fija frente asignación dinámica.
- Acceso ALEATORIO por división en el tiempo (ALOHA).
- Estudio de retardo.
- Conclusiones.
- Introducción

Introducción. Dependencia con la topología de la red:

Existen tres casos posibles:



BROADCAST:

Comunicación unidireccional. No necesita protocolo de acceso múltiple.

Configuración en ESTRELLA:

Comunicación bidireccional. Necesita protocolo de acceso múltiple.

Configuración en MALLA:

Comunicación bidireccional. Necesita protocolo de acceso múltiple.

Descripción de los métodos de acceso básicos

FDMA:

Acceso múltiple por división en el frecuencia. Se divide la banda de paso en subandas o canales que se asignan dinámicamente.

TDMA:

Acceso múltiple por división en el tiempo. El tiempo se divide en slots que gastan la totalidad del ancho de banda. Un inconveniente es que requiere sincronismo entre todos los terminales conectados a la red.

CDMA:

Acceso múltiple por división de código. Se emplea la ténica del espectro ensanchado mediante la utilización de un código. Uno de los problemas principales de este sistema es el desperdicio de ancho de banda pero a cambio protege contra interferencias.

Acceso al medio en redes con configuración en MALLA.

Requisitos:

Todos los VSAT deben poder establecer una conexión con otro VSAT a través del satélite. A partir de ahora vamos a suponer que la red está compuesta por N VSATs. Soluciones posibles:

- Solución directa con asignación fija:

Cada VSAT dispone de:

TRANSMISION	(N-1) Portadoras
RECEPCION	(N-1) Portadoras
TRANSPONDEDOR	N(N-1) Portadoras Uplink N(N-1) Portadoras Downlink

Esta configuración es muy costosa además de poco eficiente en cuanto a aprovechamiento del ancho de banda.

- Solución con una portadora de subida por VSAT:

Cada VSAT dispone de:

TRANSMISION	**1 Portadora**
RECEPCION	**(N-1) Portadoras**
TRANSPONDEDOR	**N Portadoras Uplink** **N Portadoras Downlink**

Cada VSAT envía por su canal multiplexando la información para cada uno de los restantes VSATs. En recepción cada VSAT extraerá la información que le corresponda de cada uno de los distintos canales que reciba. Si el método de multiplexación empleado por los VSAT es TDMA podríamos obtener conectabilidad total, pero el coste aumenta considerablemente. También se puede emplear CDMA

pero esto desperdicia ancho de banda.

- Solución con asignación bajo demanda:

Las soluciones anteriores nacen para satisfacer conectividad absoluta entre VSATs. Sin embargo este requerimiento es raro en este tipo de redes ya que lo más común es que los VSATS se interconecten dos a dos. En este caso cada VSAT dispone de:

TRANSMISION	1 Portadora sintonizable.
RECEPCION	1 Portadora sintonizable.
TRANSPONDEDOR	K Portadoras Uplink K Portadoras Downlink con K<>

Se necesita un canal de control para solicitar la conexión con otro VSAT. Una conexión emplea 4 portadoras 2 de subida (uplink) y 2 de bajada (downlink).

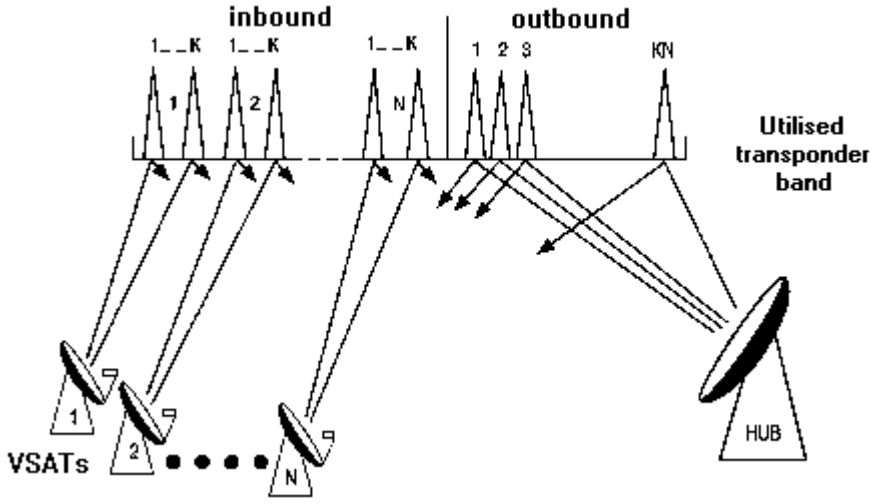
- Conclusiones:

La mayor parte de las redes comerciales con configuración en malla utilizan FDMA con asignación bajo demanda.

Acceso al medio en redes con configuración en ESTRELLA.

Descripción:

Las redes en ESTRELLA están compuestas por N VSATs y un HUB. Cada VSAT puede transmitir y recibir K canales correspondientes a las conexiones de los terminales unidos al VSAT. El HUB por su lado debe poder transmitir y recibir NK canales atendiendo a todos los VSATs. El ancho de banda del transpondedor está dividido en dos. La primera banda está dedicada a los enlaces desde los VSATs hacia el HUB (inbound). La otra banda atiende los enlaces del HUB hacia los VSATs.



Tipos de soluciones posibles:

Para los enlaces INBOUND:

FDMA: Cada VSAT dispone de una banda de frecuencia propia.

SCPC: (1 canal por portadora): Esto significa que cada VSAT transmitirá N portadoras una para cada canal o, lo que es lo mismo los canales van multiplexados en frecuencia. Por lo tanto el HUB deberá recibir NK portadoras (demasiadas).

MCPC: (k canales por portadora): Ahora cada VSAT transmite sólo una portadora multiplexando sus canales en el tiempo. El Hub necesita N receptores, uno por cada VSAT.

TDMA: Todos los VSAT comparten la banda inbound.

La información de cada VSAT viaja multiplexada en el tiempo con la de los restantes VSATs. El Hub necesitará 1 receptor ya que sólo existe una portadora.

Para los enlaces OUTBOUND:

FDMA: El HUB multiplexa en frecuencia la banda.

SCPC: (1 canal por portadora): El HUB deberá transmitir NK portadoras (demasiadas). Y VSAT recibirá N portadoras una para cada canal.

MCPC: (k canales por portadora): El HUB transmite una portadora por VSAT, un total de N portadoras. Ahora cada VSAT recibe sólo una portadora sus canales llegan multiplexados en el tiempo.

TDMA: Toda la información que va del HUB a los VSATs va multiplexada en el tiempo.

Ejemplos:

- FDMA-SCPC inbound/FDMA-SCPC outbound:
- FDMA-SCPC inbound/FDMA-MCPC outbound:
- FDMA-SCPC inbound/TDM outbound:
- FDMA-MCPC inbound/TDM outbound:
- TDMA inbound/TDM outbound:
- FDMA-TDMA inbound/FDMA-MCPC outbound:

Asignación fija frente a Asignación dinámica.

El canal utilizado por un VSAT puede estarle asignado de forma permanente (fijo) o por el contrario mediante un sistema de control ir asignando los canales de dinámicamente. Dependiendo de las características de la red y del tráfico emplearemos una u otra:

Asignación fija:

Aspectos positivos:

- Al no necesitar control es mucho más SIMPLE.
- Al no existir el bloqueo (del canal), la DISPONIBILIDAD es absoluta: cada vez que desee transmitir podre hacerlo.

Aspectos negativos:

- Este tipo de asignación desperdicia ANCHO DE BANDA lo que en comunicación vía satélite no se puede permitir.

Asignación dinámica:

Aspectos positivos:

- Optimiza la utilización del ANCHO DE BANDA que como ya hemos dicho es primordial en el tipo de comunicaciones que nos ocupan..

Aspectos negativos:

- Ahora aparece el concepto de BLOQUEO, pudiendo encontrarse un VSAT con información para enviar y no encontrar un canal libre para transmitir..

Además necesitaremos un canal de control de las asignaciones lo que se traduce por un AUMENTO de la COMPLEJIDAD.

Limitaciones:

En comunicaciones vía satélite este tipo de asignació aprovechan mucho mejor los recursos del transpodedor (ancho de banda) pero si el tamaño de los mensajes son cortos la eficiencia de utilización del canal disminuye. Esto se debe a que la relació entre bits de control respecto bits de información crece notablemente. Por esta razón surgen los métodos de acceso aleatorios…

Métodos de acceso por división en el tiempo ALEATORIOS (ALOHA).

Tipos:

- ALOHA convencional:

Todos los VSATs tienen libre acceso al canal, sin ningún tipo de sincronización: cada VSAT accede cuando necesita transmitir si el canal esta libre. No existe ningún problema hasta que dos terminales intentan acceder al canal simultáneamente al canal lo que produce una colisión. Para resolver estos casos el sistema está provisto de un algoritmo que regula las retransmisiones intentando minimizar la probabilidad de recolisión.

- ALOHA ranurado (S-ALOHA):

El principio es el mismo que el anterior con la excepción de que ahora el tiempo está dividido en slot lo que implica un sincronismo entre VSATs. Este protocolo tiene un mejor comportamiento: mayor Throughput.

- ALOHA con rechazo selectivo.

Los mensajes son enviados de manera asíncrona como en el ALOHA no ranurado pero están partidos en un cierto número de pequeños paquetes. Los paquetes que lleguen indemnes a destino (no se detecta colisión) no se retransmiten. El inconveniente es que cada paquete necesita cabecera y esto equivale a una perdida de eficiencia.

- TDMA con reservación/aleatorio (mixto)

Inicialmente el VSAT está en modo S-ALOHA. Cuando llega un mensaje al buffer, el terminal evalúa su longitud. Si el mensaje puede transmitirse en un sólo slot, lo enviamos controlando la colisión. Si no, enviamos un paquete de control para reservar un canal libre de colisiones durante un número determinado de slots (igual a la longitud del mensaje).. En este caso también hay que controlar las posibles colisiones. Una vez nos han asignado un canal el protocolo se comporta como un TDMA tradicional.

Algoritmos de control de las retransmisiones:

- Retransmisión con probabilidad fija.

A partir de la colisión, cada terminal tiene una probabilidad fija de intentar retransmitir durante cada slot. Es muy simple pero permite situaciones inestables. Retransmisión con probabilidad adaptativa: El algoritmo observa el canal y va modificando la probabilidad de retransmisión en función de la historia reciente del canal.

- Retransmisión eurística:

La probabilidad de retransmisión se varía de acuerdo con el número de intentos que haya realizado el paquete en cuestión.

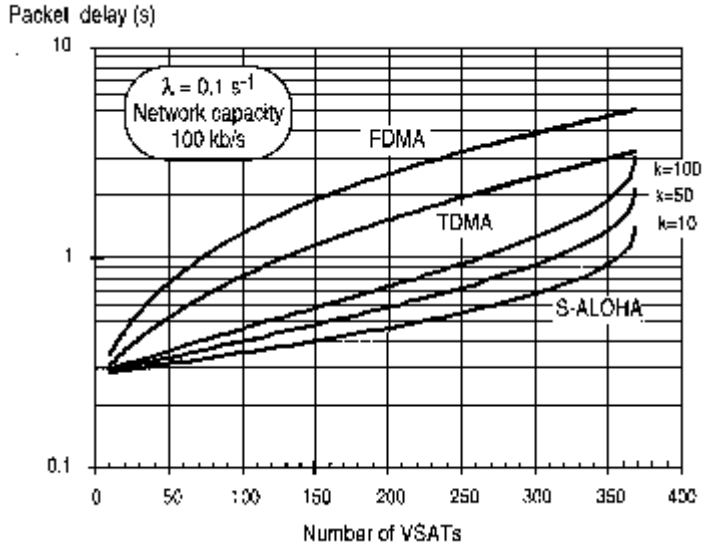
Estudio de retardo.

El retardo es el tiempo que tarda un mensaje en ser transferido del transmisor al receptor.

Componentes del retardo: Retardo en el VSAT.

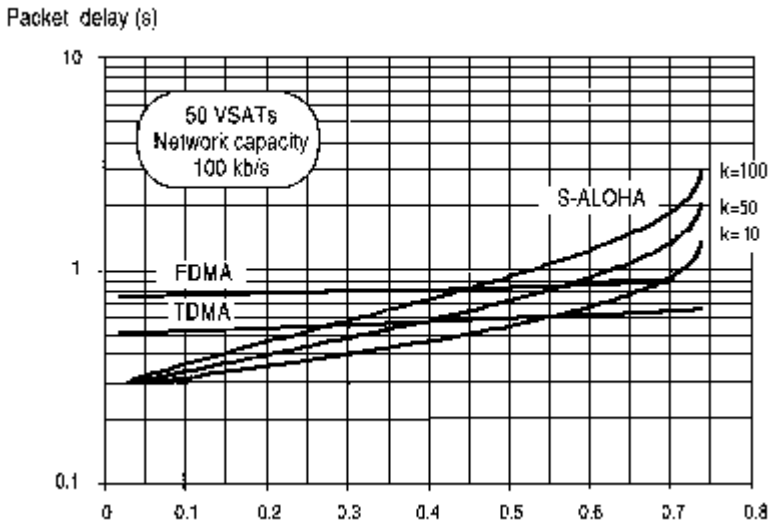
- En la cola de transmisión/recepción.
- Tiempo de proceso.
- Retardo debido al protocolo.
- Tiempo empleado en manejar información de control (tiempo de servicio).
- Retardo en la transmisión vía satélite.
- Retardo en el HUB.
- En la cola de transmisión/recepción.
- Tiempo de proceso.
- Tiempo empleado en manejar información de control (tiempo de servicio).

Comparación entre FDMA, TDMA, S-ALOHA: En función del número de VSATs.



Vemos claramente como S-ALOHA es el mejor protocolo cuando el tráfico generado por una estación es bajo. FDMA tiene un peor comportamiento frente al retardo que TDMA.

En función tráfico medio generado por VSAT:



Ahora el S-ALOHA presenta el efecto antes mencionado de mensaje largo y vemos como aumenta sustancialmente el retardo con el tráfico mientras que el FDMA y el TDMA tienen un comportamiento casi constante. El FDMA sigue teniendo un peor comportamiento frente al retardo que el TDMA.

Conclusiones:

A grandes rasgos podemos decir que:

- La solución híbrida FDMA-TDMA por grupos satisface convenientemente el compromiso entre el aprovechamiento del ancho de banda ofrecido por el transponder y la potencia del VSAT necesaria.
- Cuando el tráfico consiste en mensajes largos, el método de asignación bajo demanda es el que mejor responde.
- Cuando el tráfico consiste en mensajes T>cortos, los métodos de asignación aleatoria (S-

ALOHA) son los que mejor responden. Las soluciones que combinan ambos tipos de asignación son los que más se suelen implementar.
- Si existen muchos problemas de interferencias (existen otros sistemas funcionando con las mismas frecuencias y polarizaciones) utilizaremos CDMA en detrimento de del régimen binario.

Productos para una red VSAT

Una vez fijados los parámetros de servicio que debe cumplir la red, y el tipo de servicio que debe dar (transmisión de voz, datos, videoconferencia, etc.), el usuario debe elegir,entre una amplia gama, el fabricante y terminal VSAT concreto que cubra las necesidades de la red. Aquí mostramos algunos ejemplos de productos concretos del mercado, y una lista fabricantes y sus servidores WWW.

Terminales VSAT. Terminales VSAT del mercado.

Personal Earth Station 4000TM

Personal Earth Station 4000 y PES4000 son marcas registradas de Hughes Network Systems, Inc. Este terminal VSAT permite la difusión de aplicaciones de vídeo y datos. Tiene una alta calidad de recepción y velocidad de transmisión. Las antenas que utiliza miden entre 0.75m. y 2.4m., seleccionables en función de la aplicación. La velocidad de transmisión es seleccionable también en función de la aplicación. El tiempo medio entre fallos es de 4 años, lo que proporciona un alto grado de servicio.

Unidad externa.

Está formada por la antena y un amplificador de bajo ruido que aumenta la calidad de la señal recibida.

Unidad interna

Convierte la señal a banda base y proporciona los interfaces necesarios a los equipos de proceso de datos. La configuración estándar tiene 2 puertos E/S, pero puede ser expandida hasta tener 8. Opcionalmente se puede ampliar hasta 32 puertos.

Especificaciones

Frecuencias: en banda C o banda Ku. Acceso al satélite: Slotted Aloha. Velocidad de transmisión:

Asíncrona: hasta 19.2 Kbps. Síncrona: desde 1.2 hasta 64 Kbps. Puertos de E/S: Estándar: de 2 a 8 puertos E/S. Opcional: hasta 32 puertos E/S. Interfaces al usuario: según las normas RS-232, RS-422, V.35. Tasa de error: 1e-7. Protocolos: X.25, SDLC, BCS 3270, X.28PAD.

ClearLink PlusTM

ClearLink Plus es una marca registrada de AT&T, Inc Este terminal también permite trabajar indistintamente con voz o datos. También trabaja en bands Ku y C, aunque la potencia transmitida en banda C es mayor. Las prestaciones son similares a las del terminal anterior, aunque permite diferentes tipos de acceso al satélite (Aloha y TDMA con contienda, con asignación fija, controlada por demanda y con acceso combinado).

Fabricantes

Esta es una lista con algunos de los principales fabricantes y proveedores de servicios VSAT.

- Hughes Network Systems.
- AT&T Tridom.
- NSN Network Services.

Instalación de la red y licencia de operación.

Parámetros de interés para el cliente. Obtención de la licencia de operación. Proceso de instalación de una red VSAT.

Parámetros de interés para el cliente.

Aquí se indican los parámetros más importantes que el usuario considera al instalar una red VSAT.

- Interfaces al equipamiento.
- Independencia del vendedor.
- Tiempo de configuración.
- Acceso al servicio.
- Flexibilidad.
- Recuperación ante fallos.
- Probabilidad de bloqueo.
- Tiempo de respuesta.
- Calidad del enlace.
- Disponibilidad.
- Mantenimiento.

Interfaces. La unidad que se instala en el edificio del cliente (IDU=InDoor Unit) incorpora cierto

número de conectores específicos de entrada/salida para los terminales de usuario. En las redes de datos el cliente quiere ser capaz de utilizar los canales del satélite y las estaciones VSAT de forma que sean transparentes a las aplicaciones futuras. A menudo está interesado en reemplazar una red ya existente, pero no quiere reemplazar el equipamiento que tiene como controladores de clusters, procesadores front-end y otros equipos concentradores de datos. Puede ser incluso reacio a reconfigurar el equipo cambiando las direcciones de los dispositivos o la duración de los temporizadores. Por tanto es interesante que todos los interfaces físicos estén definidos por software y sean cargables desde el Sistema Manejador de la Red en el Hub central. Las modificaciones a los interfaces individuales de los VSAT, no deben afectar a otros interfaces que estén funcionando en el mismo lugar.

Independencia del vendedor Las funciones generales de una red VSAT son las mismas para todos los vendedoresd e productos. De todas formas, cada VSAT tiene un propietario del diseño y los protocolos. Por tanto, en una red en estrella, los productos de diferentes vendedores pueden no utilizar los mismos canales en el satélite ni los mismos equipos en el Hub.

Tiempo de configuración Abarca dos aspectos:

- El tiempo necesario para prepara la red una configuración dada. Un dato típico es de 90 días para una red de 100 nodos.
- El tiempo necesario para expandir la red: una estación VSAT puede ser instalada en pocas días. Este tiempo es menor que el que tarda en instalarse una línea arrendada, que es de unas semanas.

Acceso al servicio Muchas redes VSAT son en principio unidireccionales, utilizados por ejemplo para radiodifusión de TV. Más tarde si el cliente desea ampliar el servicio hacia una red de doble dirección para transmisión de datos. Suele ser más barato incluir la opción de distribuir TV en una red de transmisión de datos. Suele ser preferible para el operador de la red preguntar al proveedor qué tests de instalación se deben realizar para el despliegue de la red. Esta en una oportunidad para testear el equipo y comprobar que el servicio requerido es ofrecido por la red bajo prueba. También se pueden realizar medidas de tráfico y comprobar que el tráfico actual está conforme a las suposiciones de diseño. Incluso si el cliente no está completamente satisfecho, se puede rediseñar la red a menor coste que cuando esté operativa.

Flexibilidad Una de las principales ventajas de las redes VSAT es que la expansión (adición de nuevos terminales y circuitos) se puede realizar sin tener que reconfigurar la red o sin que impacte al resto de la red. Sin embargo, el funcionamiento de la red e incluso la calidad del servicio ofrecido al usuario son sensibles al aumento de tráfico, que se incrementa si se incluyen muchas estaciones VSAT. Es conveniente para preveer posteriores expansiones de la red el sobredimensionar el Hub y el tramo espacial requerido en un 20% sobre los requerimientos iniciales. Dado que las frecuentes adquisiciones y la reestructuración de corporaciones son parte del mundo actual de los negocios, es importante que el cliente no sienta que sus necesidades en telecomunicaciones recorten su potencial de expansión.

Recuperación ante fallos Las comunicaciones vía satélite son arriesgadas por naturaleza. Muchos directores de empresa no confían en este tipo de comunicaciones porque no las conocen. Es importante establecer manejadores de fallos, procedimientos de restauración y entornos de recuperación consistentes ante fallos y desastres. Estos entornos deben ser adaptados a las necesidades del cliente. La recuperación debe incluir:

- Recuperación del Hub.
- Recuperación de estaciones VSAT.
- Restaurar el satélite.
- Restaurar las conexiones terrenas.

Un fallo en el Hub puede afectar sólo algunas de sus funciones, permitiendo que funcione con una capacidad reducida para el mantenimiento de la red. Si el Hub falla o es destruido, provocando la caída de la red, se debe considerar poseer otra estación terrena, fija o transportable, auxiliar para continuar las operaciones inmediatas sin cambios en las estaciones VSAT o en el satélite. Si la red en cuestión tiene un Hub distribuido, con sus conexiones por líneas terrenas, debe tener esto en cuenta. El operador debe tener un plan seguro para este caso. El Sistema de Manejo de la Red (NMS) debe realizar una identificación centralizada de los fallos y funciones de diagnóstico para cada VSAT. La caída de una estación VSAT implica un evento que no puede ser rectificado con comandos y posterior recarga de parámetros por el NMS. El método correcto de manejar fallos consiste básicamente en detectarlos a tiempo y de forma correcta. La inclusión de equipos de test en la estación VSAT es esencial para mantener esta capacidad de monitorización. En el caso de que el fallo amenace la integridad de la red (por ejemplo, una estación VSAT dañada genera interferencias a otros sistemas), la transmisión de ese terminal debe ser interrumpida de inmediato. Una solución es implementar una señal contínua desde el Hub a todas las estaciones VSAT. Si una estación VSAT no recibe la señ desde el Hub, debe interrumpir de inmediato su transmisión. Los fallos en el satélite son raros, pero dado que la vida media de un satélite es de 15 años, se debe estar preparado para esta eventualidad. El fallo más probable es un desapuntamiento del satélite, y da como resultado la caída completa de la red. De todas formas, no lleva más de unas pocas horas llevar el satélite a su posición original. Un fallo en el transpondedor requiere cambiar la red a otro transpondedor en el mismo satélite. Esta posibilidad el altamente dependiente de las condiciones de contratación entre los operadores de la red y el satélite: la capacidad del satélite puede ser alquilada como (non-preemptible o preemptible). El alquiler (non-preemptible) significa que el operador del satélite garantiza el uso del ancho de banda del tranpondedor y se compromete a hacer lo posible por ofrecer el mismo ancho de banda en otro tranpondedor en caso de fallo del alquilado. El alquiler (preemptible) significa que la capacidad alquilada no puede ser garantizada todo el tiempo. Cambiar de tranpondedor significa cambiar las frecuencias de operación y/o polarización de toda la red. Esto tiene que estar planificado de antemano para que en el caso de que haya pérdidas de señal, las estaciones VSAT puedan automáticamente sintonizarse en otra frecuencia y/o polarización para encontrar la señal del Hub. Finalmente, existe la posibilidad de que el satélite completo falle, con la necesidad de cambiar a otro satélite. Esto significa reapuntar todas las antenas de las estaciones VSAT. Este reapuntamiento se puede hacer de forma manual, lo que toma mucho tiempo, o de forma automática, lo que encarece el coste de las estaciones VSAT. En cualquier caso, la caída total o parcial de la red se puede subsanar en parte si hay enlaces terrenos de resguardo. Si un enlace cae, puede ser automáticamente redirigido a un enlace terreno, por una red pública de transmisión de datos. Esta posibilidad aumenta la disponibilidad de la red, y los vendedores suelen ofrecerla.

Probabilidad de bloqueo La probabilidad de bloqueo se considera en relación al modo de operación de la red, cuando las estaciones VSAT registradas en la red generan una demanda de tráfico que sobrepasa la capacidad de la red. Cuando una estación necesita conectarse con otra o con el Hub, genera una petición al NMS, y esta petición sólo se satisface si hay suficiente capacidad disponible. Si no, la llamada se bloquea. Para redes VSAT, la probabilidad de bloqueo es típicamente de 0.1%.

Tiempo de respuesta El tiempo de respuesta se define como el tiempo que pasa desde que se envía una comunicación y se recibe la respuesta. Este tiempo de respuesta es debido a varias contribuciones: Tiempo de espera en el transmisor, debido a retrasos para preservar la capacidad de la red antes de que ocurra la transmisión. de transmisión del mensaje, que depende de la longitud del

mensaje y de la velocidad de transmisión. Tiempo de propagación, que depende de la arquitectura de la red, y el número de saltos al satélite. Típicamente son 0.25 seg. para un salto y 0.5 seg. para dos saltos. Este retraso ocurre en los caminos de ida y de vuelta. Tiempo de procesamiento del mensaje en el receptor, y tiempo necesario para generar la respuesta. Retraso producido por el protocolo, como resultado del control de errores, o control de flujo entre emisor y receptor. Contrariamente a lo que pueda parecer, las redes VSAT ofrecen mejores resultados que las redes por línea privada. La única limitación física son los 0.5 seg. de retraso por el tránsito por el satélite.

Calidad del enlace Al usuario sólo le concierne la calidad del enlace en banda base, que es especificada en términos de S/N para señales analógicas y BER para señales digitales. En la TV analógica se requieren 50dB. de relación S/N, lo que permite recuperar la señal con la suficiente calidad para radiodifusión y transmisión por cable. En transmisiones digitales, la BER típica es de 1e-7. Esta tasa es suficiente para garantizar una calidad aceptable para comunicaciones de voz y vídeo. En transmisión de datos, la BER no es significativa, ya que los protocolos de transmisión permiten un canal libre de errores entre emisor y transmisor. De todas formas, si la tasa de error es muy alta, el número de retransmisiones hace que aumente el retraso de la comunicación. Una consecuencia de la simetría de los enlaces es que ofrecen la misma calidad a todos los usuarios, cosa que no ocurre con los enlaces terrestres.

Disponibilidad de la red

En términos generales, la disponibilidad se define como la relación entre el tiempo en que una unidad está funcional y el tiempo total.

```
A(%) = 100*(Tiempo de uso efectivo / Tiempo de uso total)
```

La disponibilidad de la red es el porcentaje de tiempo que el servicio es ofrecido a un lugar dado con la calidad requerida. La disponibilidad depende de la fiabilidad de los equipos, retrasos y salida del Sol. Más precisamente, la disponibilidad de la red se puede espresar como:

```
Ared= Asatelite * Alink * Atrx * Arx
```

donde:

```
A_tx: Disponibilidad del transmisor.
A_sat: Disponibilidad del satélite.
A_enl: Disponibilidad del enlace.
A_rx: Disponibilidad del receptor.
```

Los valores típicos de disponibilidad se indican en la siguiente tabla:

Equipo	**Diponibilidad (%)**
VSAT remoto	99.9
Tramo Espacial	99.95
Enlace	99.9
Hub central	99.999
Red completa	**99.7**

Una disponibilidad de la red del 99.7% implica que hay 26 horas de mal funcionamiento al año. De todas formas es comunique el usuario no acepte una interrupción de más de 4 horas seguidas. Por tanto se deben implementar procedimientos adecuados para restaurar los fallos del equipo en el tiempo requerido.

Mantenimiento Concierne al equipo en tierra; es decir, al Hub las estaciones VSAT. El mantenimiento de un Hub compartido es normalmente responsabilidad del proveedor del servicio del Hub. En un Hub dedicado el operador de red puede desear subcontratar el mantenimiento, o realizarlo él mismo. Una estación VSAT debe requerir tan poco mantenimiento como sea posible ya que el costo operacional de mantenimiento sobre un gran número de lugares en una amplia zona de servicio puede estorbar el costo operacional de la red si es demasiado elevado. Sería deseable que el mantenimiento de la estación VSAT lo realizaran técnicos de la empresa usuario que estuvieran también a cargo de otros cometidos. Por ejemplo, el técnico que mantiene una red de PC's puede realizar al mismo tiempo el mantenimiento de la estación VSAT. Para facilitar su tarea, los equipos se reparan a nivel de bloque, e incluyen facilidades de autodiagnóstico. El proveedor de red suele garantizar sus equipos y el software que acompaña por un periodo de dos años, pero debe presentar un plan de mantenimiento del hardware y el software por un periodo de diez años.

Obtención de licencias.

Licencia de operación.

El problema principal al instalar una red VSAT es evitar las interferencias con otros sistemas ya instalados previamente. Para ello la UIT, en el artículo 11 de su reglamento indica los pasos a seguir:

Aplicación.

Los pasos pertinentes a la estación de tierra son entregados al operador, a menudo en impresos estandarizados por la autoridad nacional de telecomunicaciones. Esta registra los datos de la estación y rellena los impresos estándar de la UIT. Estos impresos deben cumplir el Apéndice 3 de la Regulación de Radio de la UIT. Los datos de la estación sirven como entrada del siguiente paso: coordinación. Coordinación. Se debe distinguir entre coordinación de la estación terrena frente a otros sistemas terrestres, y estación terrena frente a otros sistemas vía satélite. Este segundo caso no se tratar. En el primer caso se designa un área alrededor de la estación terrena llamada área de coordinación, que se calcula según el Apéndice 28 de la regulación de la UIT. Se envía una carta de coordinación, junto a los impresos rellenados y un gráfico del área a las autoridades de telecomunicaciones de los países afectados y a la UIT. Los problemas de coordinación se resuelven bilateralmente entre los países afectados. Si el área de coordinación sólo afecta a un país, este paso se obvia.

Notificación.

Al acabar la coordinación, la UIT comprueba que el procedimiento ha sido correcto. Si es así, la estación se inscribe en el Registro General Internacional de Frecuencias.

Licencia del equipo.

El procedimiento anterior sólo es viable si la planificación e instalación de equipos es lenta. En EEUU y Japón, donde la demanda es alta, el procedimiento se simplifica, bastando obtener una licencia para el equipo.

EEUU.

La autoridad de telecomunicaciones es el Federal Communications Committe, que ha fomentado una política para un procedimiento simplificado de obtención de la licencia, basado en la aprobación de las estaciones VSAT. Las estaciones terrenas operando en banda Ku sólo requieren obtener licencia como parte de un sistema. Este procedimiento dura entre 90 y 120 días. Si se añaden otras estaciones al sistema, no necesitan licencia individual si cumplen una serie de requisitos.

Japón.

Sigue un procedimiento similar. Una vez comprobados los par metros y certificados necesarios para la aplicación del sistema, se otorga la licencia. Para VSAT, las licencias se pueden otorgar para múltiples estaciones. (Aquí hay algo que no entiendo.)

Europa.

Cada país tiene una política diferente. Se cree que los trabajos de ETSI en estandarización darán lugar a guías útiles para las autoridades de telecomunicación de cada país, en vistas a permitir un sistema de licencias paneuropeo. El parlamento europeo votó en 1993 a favor de una nueva regulación que permita que una pequeña estación aprobada en un país de la UE se pueda utilizar e cualquier otro país de la UE. Esto hará que la instalación de redes VSAT en Europa sea más fácil y barata.

Acceso al tramo espacial.

El operador en tierra debe contactar con la autoridad nacional de telecomunicaciones, quien se pondrá en contacto con el propietario del satélite, el cual comunicar el espacio libre que tiene en el satélite (transductores libres, capacidad de tráfico,...). El operador de VSAT en tierra debe cumplir con los requisitos de PIRE, C/N, estabilidad en frecuencia, control de transmisión, etc., requeridos por el satélite.

Permiso de instalación.

La instalación de un terminal VSAT abarca problemas de planteamiento y controles de zona, edificación y personal de seguridad. Deben cumplirse los reglamentos locales y la protección del entorno. Los permisos para instalar antenas en los tejados y el tendido de cables deben tratarse con las autoridades competentes en cada caso.

Instalación de redes VSAT.

Hub.

Es la estación central de una red VSAT. Es relativamente grande y es relativamente costosa de instalar. Se tarda entre 1 y 4 semanas de instalar, sin incluir la comprobación del equipo una vez instalado.

Vsat.

El mayor problema en su instalación es que envuelve potencialmente una gran cantidad de elecciones en todos los aspectos de su instalación: localización, usuarios, servidores de cable, condiciones de localización. Una antena para un terminal VSAT puede ser montada en un tejado, en un muro, o en el suelo. Si se instala en el suelo, se debe proteger con vallas para prevenir daños y/o robos de personas y animales. De todas formas, las vallas no son una gran protección contra el vandalismo.

Apuntamiento de la antena.

Una vez instalado el equipo, la antena se debe apuntar hacia el satélite. Las fórmulas para el cálculo de los ángulos de azimut y elevación se pueden utilizar como primera aproximación. El azimut se define desde el norte geográfico mientras el norte magnético es el dado por una brújula colocada en ese lugar. La diferencia es la declinación magnética cuyo valor depende de la localización y del año. El ángulo de elevación debe ser medido desde el horizonte, que es definido por el plano horizontal local, y es fácilmente determinable por una (spirit level). Una vez se ha realizado la primera aproximación, se necesita refinar el apuntamiento para maximizar la potencia recibida desde el satélite. En algunos hubs se pueden incluir antenas de seguimiento. Este equipo puede ser activado y la orientación de la antena se mantendrá en la dirección del satélite cualquiera que sea su movimiento dentro de la ventana de captura de la estación, con la precisión dada por el equipo. El error de apuntamiento es del orden de un 10% del ancho de haz a -3dB.

Desarrollo y utilización futura

La permanencia y desarrollo de redes VSAT en el futuro será posible sólo si los servicios ofrecidos a los posibles clientes son más baratos que los mismo ofrecidos por sistemas terrestres. La evolución más probable se centra en los equipos electrónicos, más que en reducciones del tamaño de antenas o uso de bandas de frecuencias elevadas. El cambio se centra en la utilización de equipos digitales, lo que permite más flexibilidad y fáciles reconfiguraciones por software.

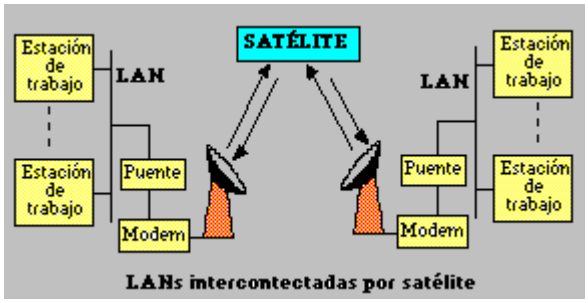
Nuevos servicios

- Interconexión de LANs

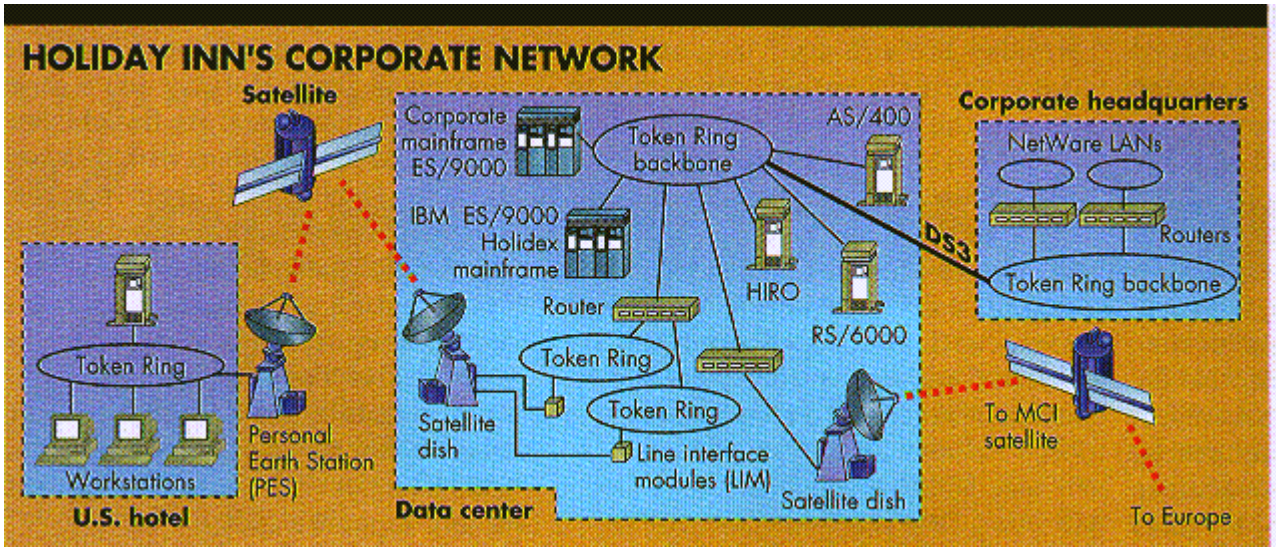
- Multimedia
- Servicios móviles

Interconexión de LANs

El problema principal que se plantea es que las velocidades medias típicas de redes LAN son de 4,10 y 16 Mb/s, mucho mayores que las proporcionadas por los enlaces por medio de VSAT. No obstante, la mayor parte del tráfico es interno a cada LAN, y solo de un 5% a un 15% se produce entre distintas LANs. Altas velocidades de transmisión de datos requieren gran ancho de banda; por ello es necesario el uso de un control de acceso eficiente bajo demanda: numerosos protocolos están siendo implementados para tal efecto: FODA, CFRA, CFDMA. El interface LAN-VSAT debe ser capaz de distinguir si la dirección de destino de los mensajes está dentro de la misma LAN o debe ser enviado al satélite, dejando pasar sólo estos últimos mensajes. También debe ser capaz de realizar funciones punto a punto en el nivel de transporte: los protocolos orientados a conexión son responsables de recuperaciones ante errores, control de flujo y resencuenciación de paquetes entre emisor y receptor. Como conclusión, decir pues, que nuevos protocolos de transporte deben ser implementados para permitir un mayor throughput sin aumentar el BER.



Aquí se presenta un ejemplo de una empresa que usa este esquema:



Multimedia

El usuario final pedirá, en el futuro una combinación de servicios que incluirán texto, gráficos, video, audio y posiblemente animación en un terminal de ordenador y las redes locales para datos y voz,

que antes estaban separadas confluirán en una sola, conectada a la estación VSAT. Los protocolos usados en el enlace VSAT deberán soportar los dos tipos de tráfico:

- **Tráfico continuo:** voz y video procesado en tiempo real. Por tanto la mejor opción será la tecnología de conmutación de circuitos.
- **Tráfico a ráfagas:** información digital entre ordenadores, sin necesidad de procesamiento en tiempo real. Por tanto la mejor opción será la tecnología orientada a paquetes.

Servicios móviles

La disminución del tamaño de las antenas al usar bandas de frecuencia como la Ka llevan a servicios como:

- **Oficina transportable:** El usuario tendrá conexiones simultáneas de voz, datos y video de baja velocidad. Esto puede ser posible con conexiones del portátil del usuario con la estación VSAT de forma cableada o no.
- **Terminal de oficina en casa:**En el cambio de hábitos de trabajo, orientados a fijar el lugar de trabajo en casa, puede tener una gran influencia la tecnología VSAT. Trabajando en la banda Ka con antenas de 30-40 cm de diámetro en aquellas regiones que el cable o la fibra todavía no han cubierto se pueden conseguir velocidades de hasta 2 Mb/s.

Satélites con procesador a bordo

Será posible la implementación de redes VSAT sin HUB, utilizando satélites con “procesador a bordo”. Esto reducirá mucho los retrasos debido a los caminos de subida y bajada que se debían producir para que los datos pasaran por el HUB. No obstante, este concepto no está a la vuelta de la esquina. La planificación de los satélites para los próximos años no incorpora esta facilidad, y dado que al satélite se le da un tiempo de vida de unos 15-20 años, este adelanto parece un poco lejano.

Uso de satélites no geoestacionarios

Para el final de esta década están anunciados los sistemas de comunicaciones basados en satélites no geoestacionarios, como los IRIDIUM de Motorola, los GLOBALSTAR de Loral y otros. Estos satélites pueden ser apropiados para comunicaciones VSAT.

From:
https://server-jk.ddns.net/dokuwiki/ - **IES Palomeras-Vallecas Dep. Electronica**

Permanent link:
https://server-jk.ddns.net/dokuwiki/doku.php?id=aula:redes:teoria_y_documentacion:vsat

Last update: **2025/01/22 01:02**