

Redes de acceso por satélite

1 Motivación original y evolución

Tradicionalmente los satélites de comunicaciones se han utilizado para establecer enlaces troncales que transportan circuitos telefónicos conmutados, circuitos alquilados y canales de televisión punto a punto¹. Más recientemente, los avances tecnológicos y el uso de frecuencias más altas (ver Tabla 1) ha permitido reducir el tamaño y el coste de los terminales, haciendo posible el acceso directo de los usuarios al satélite. Así, desde hace años se emplean satélites para distribuir programas de TV directamente a los usuarios, equipados con antenas bastante pequeñas (ej. entre 60 y 90 cm). La introducción de un canal de retorno terrestre (por ejemplo por módem telefónico o por RDSI) permite prestar además servicios interactivos. En los sistemas de TV digital por satélite, parte de la capacidad puede utilizarse para acceso a Internet sustituyendo flujos de vídeo por flujos de paquetes IP, de forma similar a la combinación de servicios de TV e Internet sobre redes de cable (ver la sección correspondiente).

Los satélites se usan también para comunicar usuarios corporativos, mediante terminales con tamaños típicos de antenas entre 1 y 2 m que permiten comunicación bidireccional a través del satélite. Este tipo de terminales se conoce como VSAT (Very Small Aperture Terminal). Los más pequeños, con antenas menores de 0,5 m, se llaman USAT (Ultra Small Aperture Terminal).

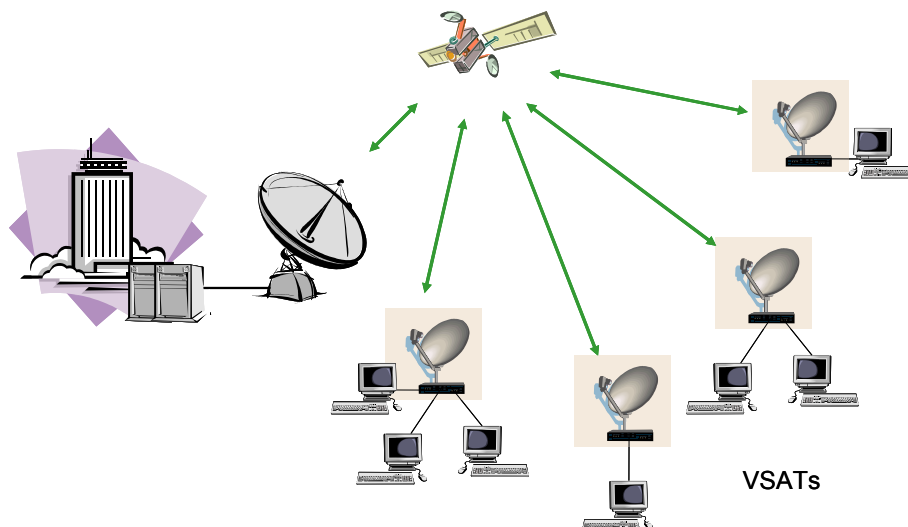


Figura 1. Red satélite

Con la reducción de coste de los terminales, los servicios de comunicación bidireccional a través de satélite tienden a extenderse hacia empresas pequeñas y usuarios residenciales. Ver el sistema DVB-RCS (Digital Video Broadcast – Return Channel by Satellite) en el apartado 2.

¹ El INTELSAT 1 ("Early Bird"), lanzado en 1965, tenía capacidad para 240 circuitos telefónicos ó 1 canal de TV en blanco y negro. 10 años después se lanzó el INTELSAT 6 con capacidad para 35000 circuitos de voz y 2 canales de TV en color [1].

Tabla 1. Bandas de frecuencia [2]

Banda	Desarrollo	Enlaces satélite		Antena típica	Mercado objetivo
		descendente	ascendente		
C	1970 - 80	4 GHz	6 GHz	2,4 m	Operadores de telefonía y TV
Ku	1980 - 90	11-12 GHz	14 GHz	1 m	Empresas, TV residencial
Ka	2000 -	20 GHz	30 GHz	0,6 m	Servicios de banda ancha

Los distintos tipos de redes satélite unidireccionales, híbridas (con canal de retorno terrestre) y bidireccionales se explican con más detalle en el apartado 2. En general, las redes satélite se caracterizan por

- Cobertura extensa, con rapidez de instalación de los terminales y coste independiente de la distancia dentro de la zona cubierta. Un mismo satélite puede incluir haces con diferentes coberturas.
- Capacidad del orden de decenas de Mbit/s en el sentido de bajada hacia los terminales (downstream) y generalmente menor en el de subida hacia el satélite (upstream). La capacidad depende de las características de cada sistema y en particular del tamaño de las antenas.
- Adecuación para servicios de difusión

Los sistemas citados usan satélites en órbita geoestacionaria (GEO). Estos permiten dar servicio en zonas muy amplias, por ejemplo distribución de TV en un continente, pero tienen como inconvenientes un retardo y atenuación elevados². Según la aplicación, el impacto del retardo puede ser relevante (ej. telefonía, datos interactivos) o no (ej. TV), mientras que el bajo nivel de la señal impone el uso de terminales fijos, receptores de TV o VSATs, con antenas más o menos grandes que apuntan al satélite.

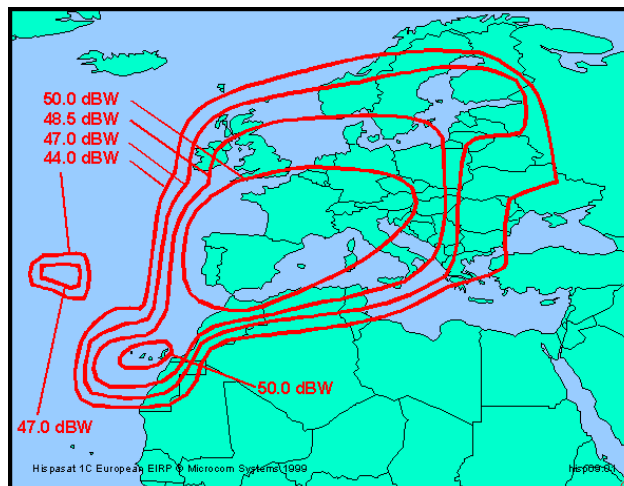


Figura 2. Ejemplo de cobertura del satélite Hispasat/1C, haz europeo [3]

² La órbita geoestacionaria se encuentra a casi 36000 km sobre el ecuador, lo que introduce un retardo de ida-vuelta en torno a 1/4 de segundo.

Algunas redes de satélites GEO permiten el acceso desde terminales portátiles³ del tamaño de un maletín a velocidades bajas (ej. 64 kbit/s).

1.1 Acceso satélite con terminales móviles

En los años 1980 y 1990 se propusieron varios sistemas basados en constelaciones de satélites en órbitas bajas⁴ (LEO, Low Earth Orbit) capaces de dar servicio de voz y datos a velocidades muy bajas (ej. 9,6 kbit/s o inferiores) a terminales móviles. Estos sistemas se denominan GMPCS (Global Mobile Personal Communications by Satellite). Además de reducir mucho el retardo de propagación, los satélites LEO permiten usar terminales con una antena pequeña y sin necesidad de apuntarla al satélite, aunque sí es necesario tener línea de visión directa con él (no funcionan dentro de edificios). Como contrapartida, es necesario lanzar decenas de satélites para conseguir cobertura global, complicando y encareciendo la red. Dada la competencia de las redes móviles terrestres, que cubren los mercados más lucrativos, las pocas redes LEO que han llegado a entrar en funcionamiento tienen pocos usuarios. Ver Tabla 4.

La Figura 3 muestra de forma esquemática una red LEO. Típicamente los enlaces con los terminales funcionan en las bandas L (1,6 GHz) o S (2,4 GHz), los enlaces con las estaciones terrestres en las bandas C o Ka, y los enlaces entre satélites en la banda Ka. Cada satélite LEO cubre un área de entre 3000 y 4000 km de radio y se mueve a unos 7 km/s. Cuando un terminal fijo en la superficie de la Tierra pierde de vista al satélite que le atiende, la comunicación debe traspasarse a otro.

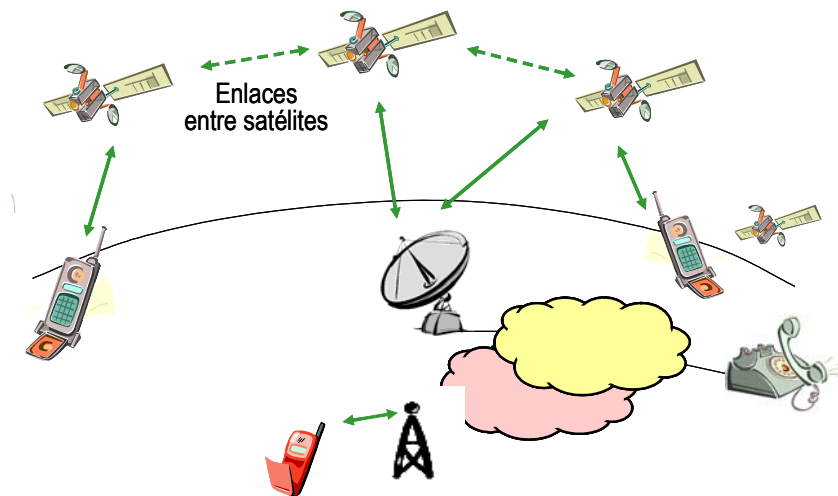


Figura 3. Constelación de satélites de baja órbita (LEO)

Más recientemente, los sistemas móviles de tercera generación o 3G (ver sección sobre UMTS) contemplan la posibilidad de usar redes de acceso celulares terrestres y redes de acceso satélite de forma complementaria, de forma que un terminal pueda comunicarse a través de un satélite cuando no tiene cobertura de una estación base terrestre⁵. Esto se denomina MSS (Mobile Satellite Service). La

³ Por ejemplo, este tipo de terminales es el que típicamente usan corresponsales de cadenas de noticias como la CNN para transmitir voz y vídeo de calidad modesta desde lugares remotos.

⁴ Alturas entre 500 y 2000 km.

⁵ De la misma forma, las redes locales inalámbricas (WLAN, ver sección correspondiente) pueden ser otro medio de acceso de alta velocidad integrado en las redes 3G.

mayoría de los países han reservado una banda de frecuencias común para MSS siguiendo las recomendaciones de la UIT (ver Figura 4 en la sección sobre UMTS). Aunque ya hay algunas empresas con redes en proyecto para este tipo de servicios [4], su situación actual es bastante incierta.

Otro grupo de redes LEO en proyecto [5] se basan en constelaciones con menos satélites que las anteriores, pensadas sobre todo para servicios de almacenamiento y reenvío de datos. Estas redes tienen cobertura limitada de forma que, dependiendo de la zona geográfica donde se encuentre, un terminal tiene que esperar más o menos tiempo (ej. varios minutos) hasta tener un satélite a la vista para poder transmitir o recibir información.

La situación actual y perspectivas de las redes LEO se comentan con más detalle en el apartado 4.

1.2 Evolución

La tendencia actual de las redes satélite es evolucionar hacia la prestación de servicios de acceso multimedia de banda ancha, en particular acceso a Internet, con terminales fijos o, como mucho, portátiles, y usando una nueva generación de satélites con funciones avanzadas y mayor capacidad que los actuales [6].

En estos nuevos sistemas, ver Tabla 5, predomina el uso de satélites GEO, generalmente con conmutación a bordo y haces de cobertura muy pequeña, por ejemplo un país o parte del mismo, en lugar de un continente. Ver Figura 4 . Esto permite comunicar directamente de un terminal a otro en un salto a través del satélite en lugar de dos saltos (terminal-satélite-estación terrestre central y vuelta) reduciendo el retardo a la mitad, así como reutilizar frecuencias en diferentes zonas para aumentar la capacidad total del sistema (como en las redes celulares terrestres).

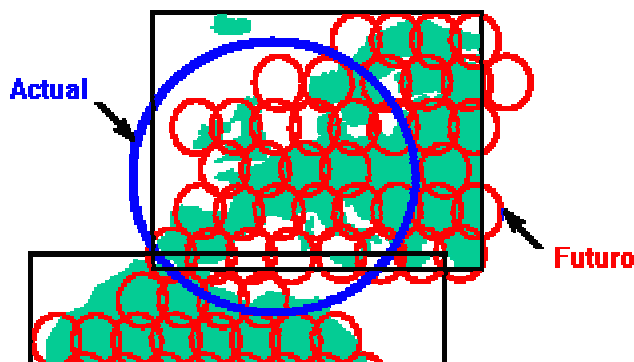


Figura 4. Comparación de zonas de cobertura [7]

Las denominadas plataformas de gran altura (HAP), aviones no tripulados con gran autonomía a alturas entre 15 y 30 km, de los cuales ya existen prototipos, pueden convertirse en el futuro en plataformas de comunicaciones que complementen tanto los sistemas satélite como los terrestres, aportando gran flexibilidad en cuanto a su situación geográfica y la posibilidad de mantenimiento y actualización de los equipos a bordo [8,9,10].

2 Estructura y elementos de red

Como se ha comentado en el apartado anterior, existen tres arquitecturas básicas de redes de acceso por satélite en función del tipo de canal de retorno desde los usuarios hacia la red:

- Unidireccionales, sin canal de retorno. Sólo permiten servicios unidireccionales, por ejemplo distribución de TV.
- Híbridos, con canal de retorno a través de otra red diferente, por ejemplo red telefónica conmutada o RDSI. Permiten prestar servicios interactivos asimétricos, por ejemplo navegación por la Web para usuarios residenciales⁶. Ver Figura 5.
- Sistemas bidireccionales, con comunicación en ambos sentidos a través del satélite. Normalmente la capacidad disponible en el sentido de bajada es mayor que en el de subida. Estos sistemas pueden utilizarse para crear redes privadas virtuales (VPN) para empresas con muchas sucursales, en particular si están situadas en áreas rurales. Por ejemplo, el servicio de Correos de EE.UU. tiene unas 17000 estafetas conectadas mediante la red satélite de Spacenet.

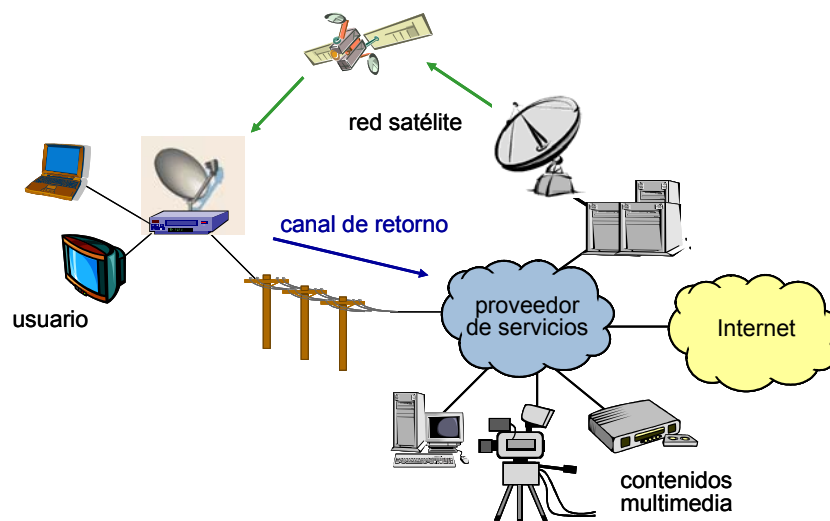


Figura 5. Red satélite híbrida

Los sistemas híbridos tienen como ventaja que los terminales son más baratos y pueden ser instalados por el propio usuario. Existen diversas formas de coordinar el canal de ida por satélite con el de retorno por la otra red, de forma que la información que el usuario pide por el canal de retorno sea encaminada por el satélite [11].

Los terminales satélite bidireccionales son más caros y usan antenas mayores que deben ser instaladas por personal especializado, pero tienen la ventaja de que no dependen de otra red para el canal de retorno. Típicamente los sistemas bidireccionales han estado más orientados al mercado de negocio, pero pueden extenderse al mercado residencial si su coste baja. Algunas empresas⁷ ofrecen ya sistemas bidireccionales para usuarios residenciales que utilizan la misma antena para recepción de TV y para acceso a Internet, con coste y prestaciones comparables a los de ADSL [12]. En edificios con instalación de antena colectiva puede instalarse una antena compartida para el canal de retorno vía satélite [13].

⁶ Por ejemplo, DirecPC

⁷ Por ejemplo, Direcway, Starband o Transcom W1

Los paquetes IP pueden encapsularse sobre diferentes protocolos de nivel 2 para su transmisión por el enlace satélite. En el enlace descendente tiende a imponerse el empleo del estándar DVB (Digital Video Broadcast) de ETSI. Ver apartado 3. DVB permite multiplexar a nivel 2 varios flujos de vídeo MPEG hasta una tasa total de unos 35 Mbit/s según la modulación usada. Parte de estos flujos pueden sustituirse por paquetes IP según la mezcla de servicios de TV y de Internet que se desee.

Para el canal de retorno existen diferentes soluciones propietarias. Por ejemplo, en [7] se describe una arquitectura de IP sobre DVB con canal de retorno terrestre. El nuevo estándar DVB-RCS (Digital Video Broadcast – Return Channel by Satellite) ofrece una solución normalizada para integrar el canal de retorno en la red satélite [14]. Esta solución está dirigida inicialmente a pequeñas empresas y posteriormente a usuarios residenciales, entrando en competencia con redes de acceso terrestres como ADSL o redes de cable [15]. Los sistemas DVB-RCS pueden funcionar en frecuencias de las bandas Ku o Ka (ver Tabla 1). El usuario dispone de un encaminador IP y de un terminal satélite interactivo⁸ que se comunica a través del satélite con una estación central, a la que se conectan los proveedores de acceso a Internet y otros servicios. La estación central recibe el tráfico IP de los proveedores y lo envía a los terminales encapsulado sobre DVB como ya se ha mencionado. El canal de retorno DVB-RCS usa MF-TDMA. La estación central coordina el acceso de los terminales que solicitan transmitir por el canal de retorno. Ver figura.

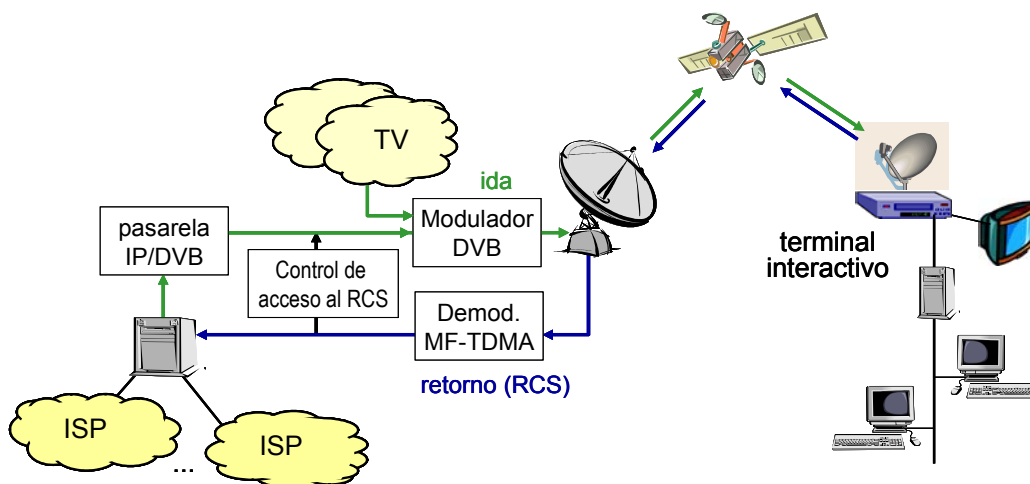


Figura 6. Ejemplo de sistema DVB-RCS

Por lo que respecta a los protocolos de transporte por encima de IP, es necesario tener en cuenta que los enlaces satélite se caracterizan por un retardo alto, lo que puede afectar a las prestaciones de las aplicaciones que utilizan TCP. Sobre el enlace satélite se pueden usar mecanismos específicos para mejorar las prestaciones de TCP. En [15] se dan varios perfiles de acceso que definen las capacidades ofrecidas al usuario en el sentido de ida y en el de retorno, así como porcentajes de disponibilidad. Ver detalles en apartado 5.

⁸ Que pueden alquilarse o comprarse al proveedor de acceso satélite o al proveedor de acceso a Internet según el modelo de negocio.

3 Aspectos de Normalización

El consorcio DVB⁹ (Digital Video Broadcasting Project) creado en 1993, en el que participan más de 300 miembros entre operadores, fabricantes, proveedores de servicios, reguladores y otras entidades, define estándares para TV digital y servicios de datos. DVB usa compresión de audio (MPEG Layer 2) y de vídeo (MPEG-2) y permite transmitir entre 6 y 8 veces más canales de TV que los sistemas analógicos sobre el mismo ancho de banda. El consorcio DVB tiene una parte comercial que analiza la situación del mercado y los requisitos de los usuarios, en función de los cuales la parte técnica desarrolla especificaciones técnicas. Estas especificaciones se envían al Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI) para su aprobación como estándares. Fuera de Europa, DVB compete con otros estándares como el ATSC norteamericano para TV digital.

DVB encapsula la información en células MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1) [16], lo que permite aplicarlo tanto a servicios de TV como a servicios multimedia interactivos. Las células MPEG-2 ("Transport Stream Cells") son bloques de tamaño fijo, 4 octetos de cabecera y 184 octetos de información, que pueden transmitirse sobre redes satélite (DVB-S), de cable (DVB-C) o de TV digital terrestre (DVB-T).

Para los servicios interactivos, DVB ha definido varios estándares sobre canales de retorno por diferentes tipos de red, incluyendo redes satélite (DVB-RCS), a través de sistemas de antena colectiva (DVB-RCCS), red telefónica o RDSI (DVB-RCP), redes de cable (DVB-RCC, definido en colaboración con DAVIC¹⁰), redes LMDS (DVB-RCL), GSM (DVB-RCG) y DECT (DVB-RCD). Ver Tabla 2.

DVB-MHP (Multimedia Home Platform) define un interfaz genérico entre las aplicaciones interactivas y los terminales donde se ejecutan: "set-top boxes", PCs multimedia, etc.

Además de los citados, el proyecto DVB ha generado estándares sobre procedimientos de medida, interfaces con otras redes (PDH, SDH, ATM, ...), procedimientos de acceso condicional (SimulCrypt, MultiCrypt) y otros. El servidor web del proyecto mantiene una lista de equipos que cumplen los estándares DVB.

Dentro de ETSI¹¹, los grupos BROADCAST, SES (Satellite Earth Stations & Systems), 3GPP (Third Generation Partnership Project), BRAN (Broadband Radio Access Networks) y SPAN (Services and Protocols for Advanced Networks, resultado de la unión en 1999 de los grupos SPS: Signalling Protocols and Switching y NA: Network Aspects) tienen actividades relacionadas con el proyecto DVB.

BROADCAST es un comité conjunto de ETSI con la UER¹² (Unión Europea de Radio-Televisión) y CENELEC¹³ (Comité Europeo de Estándares Electrotécnicos), responsable de servicios de radio y TV analógicos y digitales (DVB, Digital Video Broadcasting, y DAB, Digital Audio Broadcasting) vía satélite, cable y transmisores terrestres. CENELEC por su parte es el organismo responsable de la normalización de receptores de radio y TV (TC 203, 206, 209).

⁹ www.dvb.org

¹⁰ DAVIC (Digital Audio Visual Council). Esta asociación ha concluido sus actividades. Las especificaciones DAVIC 1.3.1 han sido publicadas por ISO (ISO-IEC 16500). La versión más reciente, DAVIC 1.5, está disponible en www.davic.org

¹¹ portal.etsi.org

¹² www.ebu.ch (European Broadcasting Union)

¹³ www.cenelec.org

Tabla 2. Selección de estándares DVB

Tema	Ref. ETSI	Título
General	TR 101 200	A guideline for the use of DVB specifications and standards
Transmisión		
DVB-S	EN 300 421	Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services
	TR 101 198	Implementation of Binary Phase Shift Keying (BPSK) modulation in DVB satellite transmission systems
DVB-SMATV	EN 300 473	DVB Satellite Master Antenna Television (SMATV) distribution systems
	TS 101 194	Control Channel for SMATV/MATV distribution systems. Baseline Specification
Canales de retorno		
Común	ETS 300 802	Network-independent protocols for DVB interactive services
	TR 101 194	Guidelines for implementation and usage of the specification of network independent protocols for DVB interactive services
DVB-RCP	ETS 300 801	Interaction channel through Public Switched Telecommunications Network (PSTN)/ Integrated Services Digital Networks (ISDN)
DVB-RCS	EN 301 790	Interaction for Satellite Distribution Systems
DVB-RCCS	TR 101 201	Interaction channel for Satellite Master Antenna TV (SMATV) distribution systems; Guidelines for versions based on satellite and coaxial sections
	TR 101 790	Guidelines for the Implementation and Usage of the DVB Interaction Channel for Satellite Distribution Systems
Multiplexado de información		
MPEG-2	TR 101 154	Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications
	TR 102 154	Implementation Guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in Contribution Applications
DVB-SI	EN 300 468	Specification for Service Information (SI) in DVB systems
	TR 101 211	Guidelines on implementation and usage of Service Information (SI)
Encapsulado de paquetes IP	EN 301 192	Specification for data broadcasting
	TR 101 202	Specification for data broadcasting; Guidelines for the use of EN 301 192
Interfaz con terminales		
DVB-MHP	TS 101 812	Digital Video Broadcasting Multimedia Home Platform (MHP)

ETSI SES es el responsable de todo tipo de servicios de comunicación por satélite, incluyendo servicios fijos (ej. VSAT), de difusión, de banda ancha, móviles, parte satélite de UMTS, terminales de usuario y estaciones terrestres, en particular interfaces de radiofrecuencia e interfaces con otras redes. La sección de estándares de [3] contiene una lista de los principales estándares de ETSI aplicables a redes satélite.

El grupo SES colabora con el ERM (Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters), grupo horizontal de ETSI sobre cuestiones de espectro y compatibilidad electromagnética, y tiene relaciones con otros organismos como el ITU-R y la CEPT.

Grandes redes como Intelsat, Inmarsat y Eutelsat publican especificaciones de los tipos de estaciones terrestres soportadas por cada una [3].

La European Co-operation on Space Standardization (ECSS)¹⁴ es una iniciativa de armonización de estándares en la que participan la Agencia Espacial Europea (ESA), agencias del espacio nacionales de varios países europeos y la industria, así como el grupo ETSI SES. ECSS se centra en aspectos de ingeniería y calidad, en particular en lo relacionado con el interfaz entre los satélites y los lanzadores.

Por último, la Tabla 3 cita las RFCs¹⁵ relativas al uso de TCP sobre canales satélite, el uso de PEPs (ver apartado 5) y el impacto de los errores de transmisión sobre las prestaciones extremo a extremo.

Tabla 3. Documentos del IETF relativos al uso de TCP sobre enlaces satélite

RFC	Fecha	Tipo	Título
2488	Enero 1999	Best Current Practice	Enhancing TCP Over Satellite Channels using Standard Mechanisms
2760	Febrero 2000	Informational	Ongoing TCP Research Related to Satellites
3135	Junio 2001	Informational	Performance Enhancing Proxies Intended to Mitigate Link-Related Degradations
3155	Agosto 2001	Best Current Practice	End-to-end Performance Implications of Links with Errors

4 Madurez de la tecnología y del mercado

Los satélites geoestacionarios con terminales fijos se han utilizado durante décadas y actualmente la tecnología es muy fiable. La mayoría de los satélites en servicio actualmente se limitan a hacer de repetidores, recibiendo señales en unas frecuencias y retransmitiéndolas a la Tierra en otras. Algunos de los satélites de baja órbita actuales y la mayoría de los satélites de nueva generación en proyecto (ver más adelante) incluyen conmutación a bordo.

¹⁴ www.ecss.nl

¹⁵ www.rfc-editor.org

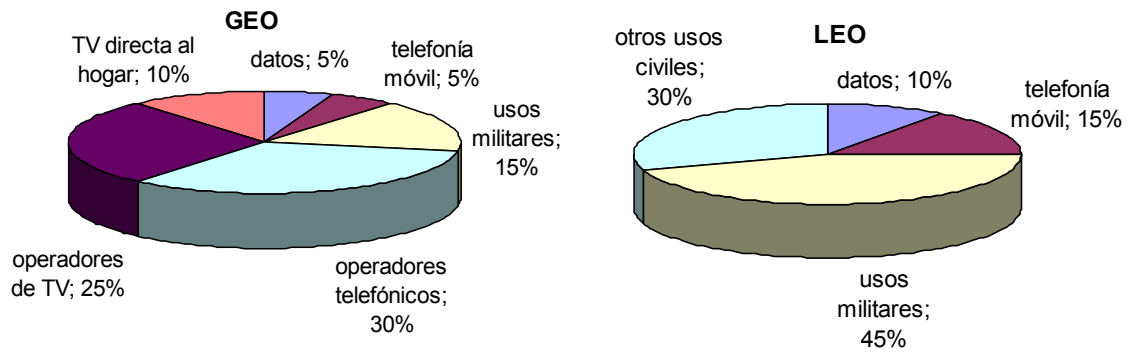


Figura 7. Usos de satélites GEO y LEO en 1998 [17]

Existen numerosos operadores y proveedores de servicio satélite. Por ejemplo [3] ofrece información sobre 36 operadores, casi 200 satélites y más de 220 proveedores de servicios en Europa. Analysys tiene una base de datos [5] con información técnica y de situación actual sobre 28 redes satélite, 9 de ellas en servicio y el resto en proyecto. El Global VSAT Forum¹⁶ ofrece información sobre servicios, tecnología y aspectos regulatorios. Según esta asociación, existen más de 500000 terminales VSAT instalados en más de 160 países, aunque el mayor número se concentra en EE.UU. (65%) y Europa (15%). El coste de los terminales ha pasado de 15000 dólares en 1985 a 2500 dólares en 2000 [18]. Hughes Network Systems y Gilat son los principales fabricantes.

Las redes de satélites de órbitas bajas (LEO), diseñadas hace unos años para dar servicios interactivos a terminales móviles sin los problemas de retardo de los satélites geoestacionarios, han tenido un desarrollo escaso. Los elevados costes de la red debido a la complejidad de los satélites y a la necesidad de utilizar constelaciones con varias decenas de ellos para obtener cobertura global, junto con el rápido desarrollo de las redes móviles terrestres, han hecho que la mayoría de los sistemas proyectados hayan fracasado. Iridium, quizá la red más conocida, Globalstar y Orbcomm están actualmente en funcionamiento. Ver Tabla 4.

Las tres redes han pasado por situaciones de quiebra o graves dificultades financieras. Por ejemplo, Iridium, impulsada por Motorola, empezó a dar servicio a finales de 1998, pero cerró dos años después, con planes para la destrucción de los satélites. Sin embargo, la empresa Iridium Satellite LLC compró la red y poco después firmó un contrato con el Departamento de Defensa de EE.UU. para dar acceso a 20000 empleados. La empresa, dirigida a usuarios profesionales de compañías de aviación, petróleo, minería y otras industrias, espera entrar en beneficios en 2003.

¹⁶ www.gvf.org

Tabla 4. Redes LEO en funcionamiento [5]

Red	Nº de satélites	Altura	Servicios	Comentarios
Iridium	66 ¹⁷	780 km	Voz 2,4 kbit/s Datos 2,4 kbit/s	Enlaces entre satélites (ISL) a 23 GHz Vida media: 5 años
Globalstar	48	1414 km	Voz 2,4 kbit/s Datos 9,6 kbit/s	Sin ISL. Vida media: 10 años
Orbcomm	35	825 km	Datos 2,4 kbit/s (sin cobertura continua)	Sin ISL. Vida media: 4 años

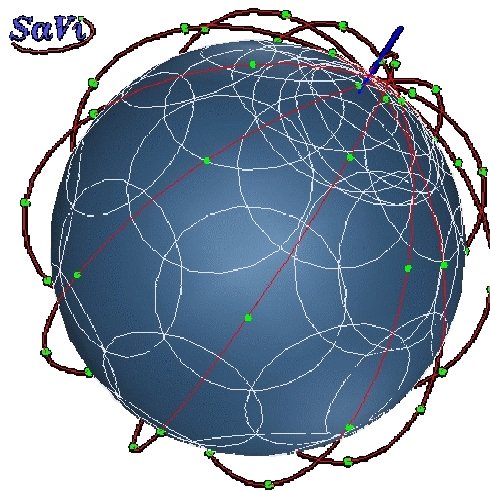


Figura 8. Constelación Iridium, con 11 planos de 6 satélites cada uno¹⁸

Iridium y Globalstar tienen planes para adaptar sus redes a los requisitos de los sistemas 3G por satélite y han obtenido dos de las ocho licencias para redes MSS (ver apartado 1.1) concedidas por la FCC en julio de 2001 [4]. Estas redes ofrecerán servicios de voz, datos y multimedia similares a los de las redes 2.5G y 3G terrestres, usando satélites en diferentes órbitas. Dos de los proyectos, los citados de Iridium y Globalstar, se basan en la mejora de redes LEO existentes, mientras que el resto tienen en proyecto redes nuevas, menos costosas, bien con cobertura global mediante constelaciones de satélites en órbitas medias¹⁹ (MEO, Medium Earth Orbit), menos numerosas que las constelaciones LEO, o bien con cobertura regional mediante satélites GEO. La FCC puso como condición a estas redes su entrada en servicio antes de julio de 2007, pero actualmente el éxito de la mayoría de ellas es bastante incierto.

Además de las redes LEO citadas, unas pocas redes ofrecen actualmente servicios similares a terminales móviles usando satélites GEO con cobertura regional. Por

¹⁷ Inicialmente la red iba a tener 77 satélites, por lo que tomó su nombre del Iridio, cuyo átomo tiene 77 electrones

¹⁸ <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/constellations/>

¹⁹ En torno a 10000 km. Los sistemas de posicionamiento por satélite, como GPS y GLONASS usan constelaciones de 24 satélites en órbitas de aproximadamente 20000 km que emiten en la banda de 1,6 GHz. El proyecto europeo Galileo (2008) usará 27 satélites a 23600 km de altura.

ejemplo, ACeS (en el este de Asia, India, China y Australia) y Thuraya (en oriente medio y partes de Europa del este, Asia y África) con teléfonos duales satélite/GSM.

La Tabla 5 muestra las características principales de varias redes previstas para entrar en servicio en el periodo 2003-2007 [5,12,19], que prometen mejoras importantes en cuanto a capacidad y flexibilidad en comparación con las redes actuales.

Tabla 5. Redes satélite de nueva generación

Red	Satélites	Banda	Velocidad ascend. / descend.	Comentarios
Astrolink	9 GEO	Ka	20 / 155 Mbit/s	Cancelado recientemente
Euro SkyWay	3 GEO	Ka	2 / 32 Mbit/s	Terminales tamaño "laptop" Cobertura en Europa y países en torno al Mediterráneo
Skybridge	80 LEO	Ku	2 / 20 Mbit/s	LEOs simples sin conmutación ni ISL Complementado con 3 GEO en banda Ka de Cyberstar
Spaceway	8 GEO	Ka	16 / 16 Mbit/s	2 satélites para cobertura en América y 6 para el resto del mundo
Teledesic	30 MEO	Ka	2 / 64 Mbit/s	Planes iniciales de 840 (1994) LEO, luego reducidos a 288 LEO (1998).
West Early Bird (WEB)	2 GEO	Ka	6 / ? Mbit/s	Cobertura en Europa Plan para 9 satélites MEO cancelado

Como muestra la tabla, la mayoría se basa en satélites GEO en banda Ka. Casi todos los proyectos incluyen haces de cobertura reducida para reutilizar frecuencias y conmutación a bordo ATM [20] y, en algunos casos, de paquetes. La tabla indica las velocidades máximas en sentido ascendente y descendente ofrecidas a los usuarios. La capacidad total de estos satélites puede alcanzar varios Gbit/s.

Astrolink, Spaceway y Teledesic son proyectos con origen en EE.UU. Los otros tres, EuroSkyWay, Skybridge y West, son de origen europeo, impulsados respectivamente por Alenia Spazio, Alcatel Espace y Matra Marconi Space²⁰. La Agencia Espacial Europea (ESA) ha financiado parte del desarrollo de las tres redes dentro de su programa ARTES-3 (Advanced Research in Telecommunications Systems).

La red EuroSkyWay²¹ venderá capacidad a operadores y usuarios (universidades, hospitales, etc.) con antenas en torno a 80 cm. Además, la red prevé dar servicio a profesionales con terminales de tamaño similar a un ordenador portátil pequeño. Aunque no se cita en la tabla, Inmarsat, que actualmente tiene 5 satélites geoestacionarios (Inmarsat-3), tiene planes para lanzar otros 2 nuevos (Inmarsat-4) para dar también servicios de banda ancha a terminales tamaño "laptop" [5]. Cada satélite EuroSkyWay es capaz de conmutar 30 canales de 32 Mbit/s (en total 1 Gbit/s) y tiene una capacidad adicional de 40 Mbit/s en 6 canales transparentes. Con los haces de cobertura más pequeña (800 km) ofrece hasta 2 Mbit/s en sentido ascendente y 24 Mbit/s en descendente. Su vida media se estima en 15 años.

²⁰ En mayo de 2000, Matra Marconi Space y Daimler Chrysler Aerospace se integraron en ASTRIUM, creando la mayor compañía europea del sector espacial. Actualmente EADS tiene un 75% de la compañía

²¹ www.euroskyway.it

Por su parte, la red Skybridge²² usará 80 satélites en la banda Ku a una altura de 1469 km y unas 140 estaciones terrestres, cada una de las cuales cubrirá una zona de unos 350 km de radio. La red ofrecerá servicios de acceso de banda ancha e interactivos con bajo retardo (30 ms), por ejemplo telefonía, videotelefonía y videoconferencia, comercio electrónico, servicios de entretenimiento, teleeducación, teletrabajo, telemedicina, redes corporativas, etc. Estos servicios se dirigen tanto a usuarios residenciales como a empresas, escuelas, hospitales, etc. en zonas de densidad de población baja o media. El coste de un terminal residencial se estima en 700 €.

La ESA ha reorganizado recientemente su programa de telecomunicaciones²³, sustituyendo la estructura ARTES por varias líneas de trabajo, entre ellas la de servicios multimedia interactivos. Uno de los proyectos dentro de esta línea es AmerHis, en el que participan el CDTI, Hispasat y Alcatel Espacio. AmerHis tiene como objetivo dar servicios multimedia interactivos usando el satélite Amazonas, actualmente en construcción y con lanzamiento previsto para 2004. Este satélite funcionará en la banda Ku con cobertura en Europa, América del Norte y del Sur.

Dejando aparte los proyectos comentados, en el mercado actual los servicios más tradicionales de transporte de información punto a punto generan todavía la mayor parte de los ingresos y beneficios de las empresas del sector, aunque hay una competencia creciente de las redes de fibra óptica y una tendencia clara a tratar de introducir los satélites en el mercado de las redes de acceso de banda ancha [7].

Por ejemplo, en el primer semestre de 2002 Hispasat²⁴ obtuvo unos beneficios de 9,7 millones de € y unos ingresos de 56,5 millones de €, con un crecimiento del 7,5% respecto del mismo periodo del año anterior. Hispasat, que ofrece servicios a operadores de telecomunicaciones en Europa, el norte de África y América, cuenta con cuatro satélites en órbita: Hispasat 1A (1992), 1B (1993), 1C (2000, ver Figura 2) y el 1D lanzado en septiembre de 2002. El Hispasat 1D tiene 28 transpondedores en la banda Ku con conectividad en Europa, América y transatlántica. Su vida útil estimada es 15 años y su coste total, incluidos construcción del satélite, lanzamiento y seguro, asciende a 194 millones de euros. La compañía tiene previsto además lanzar un nuevo satélite llamado Amazonas, que dará capacidad adicional para Europa, América, norte de África y conexiones transatlánticas. En abril de 2002, Hispasat y Retevisión anunciaron la colaboración de ambas empresas para la prestación de servicios de acceso a Internet en banda ancha por satélite para habitantes de zonas alejadas de las grandes ciudades y localidades con una población menor a 2.500 personas, así como el desarrollo de aplicaciones interactivas de teleenseñanza y telemedicina.

Una empresa que desee instalar una red privada o un nuevo operador pueden alquilar capacidad disponible en los satélites de otros operadores. Además de las transacciones bilaterales entre vendedores y compradores de capacidad, el London Satellite Exchange (E-Sax) ofrece un mercado electrónico de compra-venta de capacidad en satélites, que incluye servicios de asistencia al comprador en cuestiones técnicas y contractuales relacionadas con su demanda de capacidad, así como en la compra de equipos. E-Sax publica índices de precios por MHz y mes (suponiendo un periodo de alquiler inicial de 3 años) en las bandas C y Ku en función de las zonas geográficas a conectar, basados en la media de las transacciones sobre aproximadamente el 75% de los satélites comerciales disponibles. Los precios medios actuales rondan los 4900 €/mes por MHz en la banda C y los 5200 €/mes por MHz en la banda Ku. Ver

²² www.skybridgesatellite.com

²³ telecom.esa.int

²⁴ www.hispasat.es

Figura 9. Otro mercado electrónico similar es SatCap²⁵, creado en 1999 y con base en Ámsterdam.

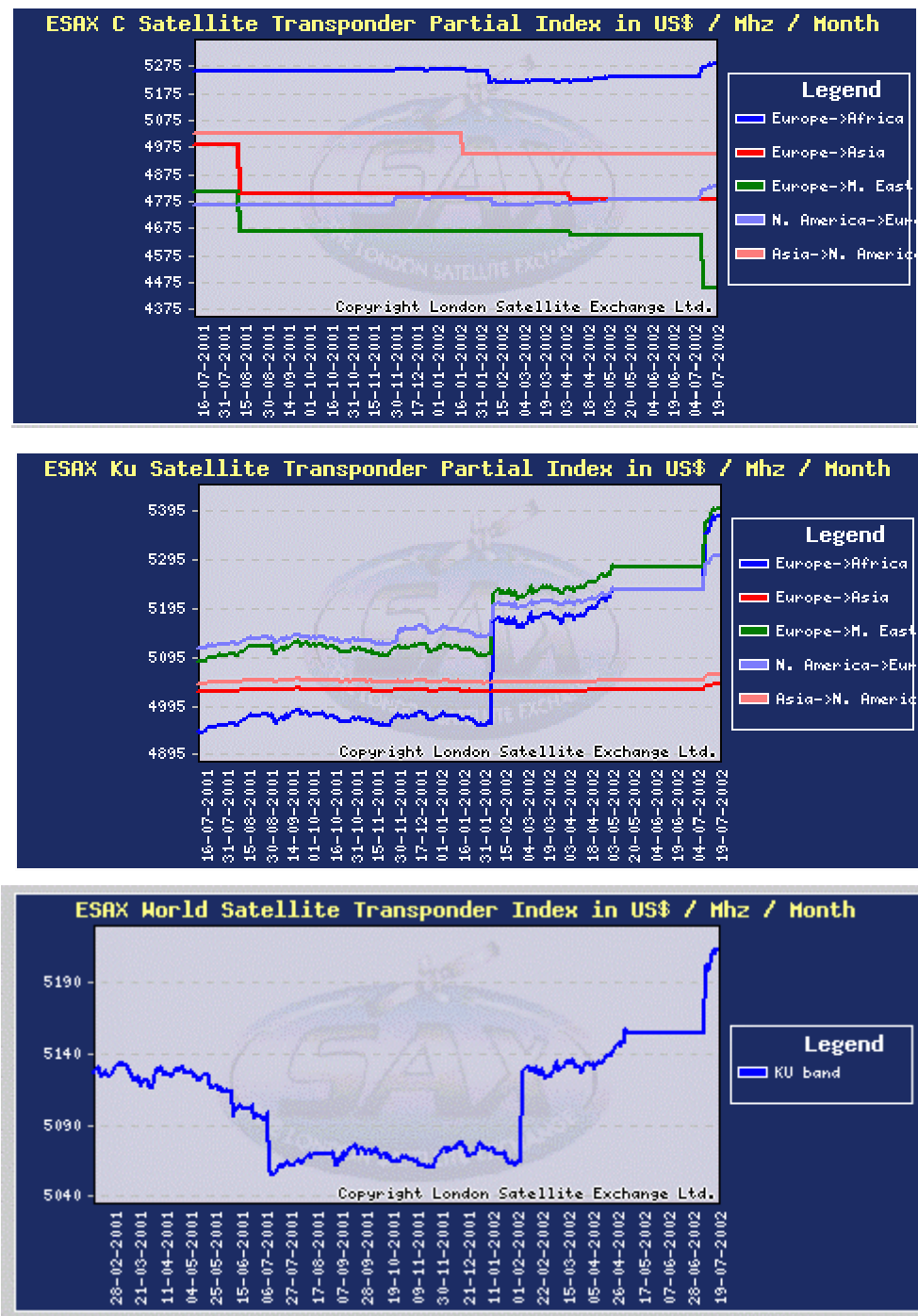


Figura 9. ESAX²⁶ World Satellite Transponder Index

²⁵ www.satcap.com

²⁶ www.e-sax.com

5 Prestaciones

Las prestaciones de estas redes son muy variadas según el tipo de satélite y de terminal. Los terminales satélite móviles ofrecen velocidades muy pequeñas, similares a las de GSM, por ej. 2,4 kbit/s ó 9,6 kbit/s. Los terminales portátiles tipo maleta pueden alcanzar velocidades comparables a las de un canal B RDSI (64 kbit/s). Los terminales VSAT, de mayor tamaño, ofrecen velocidades más altas, hasta unos 2 Mbit/s. Los servicios de acceso a Internet por satélite para usuarios residenciales como los citados en el apartado 2 anuncian velocidades en torno a 128 Kbit/s en sentido ascendente y 512 Kbit/s en descendente.

Como ejemplo, la tabla siguiente muestra varios perfiles de acceso a un sistema satélite bidireccional DVB-RCS (ver apartado 2) adecuado para empresas pequeñas y usuarios residenciales. El porcentaje de no disponibilidad estima el porcentaje de tiempo de cada mes durante el cual las velocidades mínimas anteriores no pueden cumplirse debido a condiciones meteorológicas adversas, congestión y fallos de la red.

Tabla 6. Ejemplo de prestaciones en un sistema DVB-RCS [15]

Perfil de acceso	1	2	3	4	5	6	7	8
Hacia el terminal kbit/s (máx.)	256	256	256	512	1024	2048	4096	4096
Hacia el terminal kbit/s (mín.)	8	16	32	64	128	256	512	1024
Retorno kbit/s (máx.)	16	32	64	128	256	512	1028	1028
Retorno kbit/s (mín.)	2	4	8	16	32	64	128	256
No disponibilidad	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Actividad en la hora cargada	20%	20%	20%	25%	25%	25%	30%	30%

El protocolo de transporte utilizado puede limitar las prestaciones que obtiene la aplicación. El protocolo UDP puede funcionar sin cambios sobre enlaces satélite. Sin embargo, TCP suele necesitar ajustes para un adecuado funcionamiento de sus mecanismos de control de errores y control de congestión, debido a las particulares características de los enlaces por satélite: elevado producto retardo por ancho de banda, asimetría de capacidad entre los dos sentidos de la comunicación (normalmente mucho mayor en el canal de ida que en el de retorno) y tasa de errores potencialmente alta. Existen numerosos estudios del funcionamiento de TCP sobre satélite en la literatura técnica y propuestas para mejorar sus prestaciones, por ejemplo uso de ventanas suficientemente grandes, asentimiento selectivo, compresión de cabeceras TCP/IP, etc. [6,11,17,21,22]. Ver referencias a RFCs 2414, 2488 y 2760 en el apartado 3.

Otra solución habitual es el empleo de PEPs (Performance Enhancing Proxies) que modifican el funcionamiento del protocolo sobre el enlace satélite (ver Figura 6). Una técnica utilizada, por ejemplo, es enviar asentimientos al extremo emisor antes de que los datos hayan llegado realmente al extremo receptor. Los PEP son aplicables también en otros casos donde la red presenta un tramo especialmente peor que el resto, por ejemplo en el acceso a través de redes locales inalámbricas (WLAN). Ver RFC 3135 en el apartado 3.

En cuanto al nivel de aplicación, el protocolo HTTP/1.1 permite enviar múltiples solicitudes de información sobre la misma conexión TCP, por lo que es más adecuado que HTTP/1.0, que carece de esta función. El uso de caches de páginas Web actualizadas con la información que se difunde por el canal de bajada del

satélite puede servir para reducir el número de accesos a través del satélite y mejorar el tiempo de respuesta ofrecido al usuario.

El protocolo SNMP funciona sobre UDP por lo que no se ve afectado por posibles problemas de prestaciones causados por TCP. Sin embargo, el acceso individual a los valores de una base de información de gestión puede ser muy lento debido al retardo que introduce el satélite en cada acceso. (La versión 3 de SNMP permite el acceso a un conjunto de valores en una sola operación, reduciendo el retardo). En general, las aplicaciones que necesiten muchas interacciones para transferir la información sufrirán este mismo problema.

6 Adecuación a los servicios considerados

En general, la principal ventaja de las redes satélite es su capacidad de difusión eficiente de información en áreas muy extensas, permitiendo el acceso desde áreas rurales u otras donde no existen redes alternativas, con coste independiente de la distancia dentro de toda la zona de cobertura. Su principal limitación, en el caso de los satélites GEO, es el elevado retardo que agregado a otros retardos de redes terrestres puede afectar negativamente al funcionamiento de servicios interactivos. Ver consideraciones adicionales sobre capacidad de crecimiento en el apartado 8.

Las redes LEO eliminan el problema del retardo, pero las que se han desplegado hasta la fecha no han tenido éxito comercial y no se consideran en este apartado. Igualmente, aunque existen terminales satélite móviles su coste es elevado y su velocidad muy reducida (pocos kbit/s) por lo que tampoco se consideran.

A partir de las consideraciones expuestas, las redes satélite se consideran más adecuadas para distribución de TV analógica y digital, así como para el establecimiento de redes privadas virtuales en el caso de empresas con muchas oficinas dispersas, en particular en áreas rurales.

También son adecuadas para acceso a Internet en general (correo electrónico, transferencia de ficheros, navegación por la Web, comercio electrónico, *streaming* de audio y video, etc.), en especial para aplicaciones que necesiten *multicast* (multiconferencia, descargas de software o de otros tipos de información a múltiples destinatarios, etc.) y excluyendo las aplicaciones más interactivas (ej. juegos en red que necesiten un retardo pequeño). En el caso de usuarios residenciales, el acceso a Internet irá normalmente asociado a servicios de TV sobre el mismo equipo y usará canales de retorno de baja capacidad por satélite o a través de una red terrestre (redes híbridas, ver apartado 2) por motivos de coste.

Las aplicaciones de telefonía y videoconferencia son posibles como otra aplicación más sobre IP, aunque desde terminales fijos y además con una potencial degradación de la calidad o de la interacción (efecto walkie-talkie) debido a las limitaciones de retardo y, en su caso, capacidad disponible desde el terminal hacia la red. La telefonía móvil por satélite es posible pero con un coste muy elevado, por lo que sólo es adecuada para usuarios de negocios y donde no exista cobertura de redes terrestres.

En cuanto a seguridad, el acceso al satélite plantea problemas similares a los de otras redes radio o de medio compartido, en particular en el enlace de bajada. Por ello, será necesario aplicar mecanismos generales de seguridad como cortafuegos, protocolos de seguridad (ej. IPsec, SSL), tarjetas inteligentes, etc. [11] Como aspecto específico a tener en cuenta en este caso, los sistemas PEP de mejora de prestaciones (ver apartado 5) pueden ser incompatibles con mecanismos de seguridad, por ejemplo cifrado extremo a extremo a nivel IP.

7 Aspectos regulatorios

La regulación de los satélites de comunicaciones ha cambiado significativamente en los últimos años, siguiendo la tendencia general de liberalización de las telecomunicaciones. Las organizaciones internacionales como Intelsat, Inmarsat o Eutelsat se han privatizado y, en general, el sector está actualmente abierto a la competencia. La regulación de los satélites se coordina en la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y, en Europa, en la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT²⁷).

El UIT-R²⁸, sector de radiocomunicaciones de la UIT, se encarga de regular el uso del espectro radioeléctrico y de órbitas de satélites, no sólo para servicios de radiocomunicaciones terrestres y por satélite de todo tipo (fijos, móviles, de difusión, etc.), sino también para servicios de posicionamiento, meteorológicos, observación del medio ambiente e investigación espacial. Para ello cuenta con varios grupos de estudio, por ejemplo el SG1 sobre gestión de espectro, el SG4 sobre servicios satélite fijos o el SG6 sobre servicios de difusión terrestres y satélite.

Cada dos o tres años se celebran conferencias mundiales de radiocomunicaciones (la última, WRC-2000, en Estambul, y la próxima, WRC-2003, prevista en Ginebra) cuyas decisiones se incorporan en un Reglamento de Radiocomunicaciones internacional.

En particular y con el objetivo de facilitar el desarrollo de los servicios GMPCS de comunicaciones móviles por satélite ya citados, la UIT ha promovido el acuerdo GMPCS-MoU entre Administraciones, operadores y fabricantes de terminales y mantiene una lista de terminales registrados para cada país. (Por ejemplo, en España la red Iridium tiene tres terminales registrados de Motorola y otros tres de Kyocera, mientras que Globalstar tiene tres terminales registrados de Qualcomm.)

En Europa, la directiva 1994/46/CE introduce la liberalización en el sector satélite. Otras documentos relevantes son la directiva 1997/13/CE relativa a un marco común en materia de autorizaciones generales y licencias individuales en el ámbito de los servicios de telecomunicaciones, la decisión 1997/710/CE relativa a un planteamiento coordinado de autorización en el ámbito de los servicios de comunicaciones personales por satélite en la Comunidad Europea y la directiva 1999/5/CE sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad. Esta última es la base para la elaboración de estándares técnicos sobre equipos por parte de ETSI (ver apartado 3).

Siguiendo la directiva 1997/13/CE, la CEPT promueve un servicio de "ventanilla única" para facilitar la obtención de todas las licencias necesarias a los operadores interesados en prestar servicios satélite en varios países miembros. Este servicio, denominado *Satellite One Stop Shopping (OSS)* no sustituye a las autoridades nacionales competentes (por ejemplo, la CMT en España) sino que se limita a hacer de intermediario entre el solicitante y dichas autoridades. Además de para satélites, el OSS está disponible para otros servicios de comunicaciones liberalizados. La información sobre los servicios de OSS y su estado de implantación en cada país se encuentra accesible en los sitios web de ETO²⁹ (European Telecommunications Office) y de ERO³⁰ (European Radiocommunications Office). Además ERO ofrece información sobre el uso de frecuencias en Europa, incluyendo enlaces a las tablas

²⁷ www.cept.org

²⁸ www.itu.int/ITU-R/index.html

²⁹ www.eto.dk

³⁰ www.ero.dk

de uso de frecuencias de cada país. Actualmente, el CEPT ha integrado las dos oficinas, ETO y ERO, en el ECC (Electronic Communications Committee).

El 7 de marzo de 2002 se aprobó un nuevo grupo de directivas: 2002/19/CE sobre acceso a las redes de comunicaciones electrónicas, recursos asociados y su interconexión (directiva de acceso), 2002/20/CE sobre autorización de redes y servicios de comunicaciones electrónicas (directiva de autorización) y 2002/21/CE sobre un marco regulador común de las redes y servicios de comunicaciones electrónicas (directiva marco). En la misma fecha se adoptó la decisión 2002/676/CE sobre un marco regulador de la política del espectro radioeléctrico en la Comunidad Europea. Las directivas y documentos mencionados en los párrafos anteriores están accesibles en las páginas de legislación³¹ de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Para más información sobre comunicaciones por satélite, móviles, gestión del espectro y otros relacionados puede consultarse la página de telecomunicaciones³² de la Comisión Europea y la sección de regulación de [3].

En España, la regulación general está contenida en la Ley General de Telecomunicaciones³³ (Ley 11/1998, de 24 de abril). La Orden Ministerial de Licencias Individuales³⁴, de 22 de septiembre de 1998, establece el régimen aplicable a las licencias para servicios y redes de telecomunicaciones en el caso de redes públicas en general (capítulo III de la orden) o de redes privadas que usen el espectro radioeléctrico (capítulo IV).

La Orden de 9 de marzo de 2000 aprueba el Reglamento de Desarrollo de la LGT en lo relativo al uso del dominio público radioeléctrico.³⁵ En este reglamento se modifica la Orden Ministerial de Licencias sustituyendo las menciones a "redes de satélites de órbita media o baja" por "redes basadas en satélites" en general.

Por último, la Orden CTE/630/2002 de 14 de marzo de 2002 (B.O.E. nº 70, de 22 de marzo de 2002) define el vigente Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias³⁶ (CNAF), de acuerdo con los acuerdos y recomendaciones internacionales aplicables. La Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información del Ministerio de Ciencia y Tecnología se encarga de controlar el uso del espectro por los distintos servicios de radiocomunicaciones. Una red de estaciones de comprobación fijas y móviles se encargan de la identificación, localización y eliminación de interferencias radioeléctricas perjudiciales, así como infracciones e irregularidades que se puedan producir en el uso del dominio público radioeléctrico.

8 Escalabilidad

Como en otros sistemas inalámbricos, el despliegue de los terminales satélite es rápido, pero la disponibilidad de espectro limita la capacidad total del sistema.

Una vez que se dispone de la infraestructura de acceso (el satélite o transpondedores alquilados, la estación terrestre y los accesos a otras redes), pueden instalarse terminales rápidamente en cualquier punto dentro de la zona de cobertura que tenga visión directa con el satélite. Sin embargo, excepto para aplicaciones unidireccionales (ej. distribución de TV), el número de usuarios que se

³¹ www.setsi.mcyt.es/legisla/legisla.htm

³² www.europa.eu.int/information_society/topics/telecoms/index_en.htm

³³ www.setsi.mcyt.es/legisla/teleco/lgt/indice.htm

³⁴ www.setsi.mcyt.es/legisla/teleco/o220998l/sumario.htm

³⁵ www.setsi.mcyt.es/legisla/teleco/o090300/sumario.htm

³⁶ www.setsi.mcyt.es/espectro/espectro.htm

puede atender viene limitado por la capacidad disponible en el interfaz radio, normalmente en el enlace ascendente.

La capacidad y prestaciones de los satélites son muy variadas según su tipo. Un satélite de comunicaciones típico tiene entre 12 y 24 transpondedores, con anchos de banda entre 36 y 72 MHz. Por ejemplo, los satélites Hispasat 1A y 1B, lanzados en 1992 y 1993 respectivamente, tienen cada uno 3 transpondedores de 27 MHz y 110 W, 8 de 72 MHz y 50 W, y 1 de 36 MHz y 50 W. El Hispasat 1C, lanzado en 2000, tiene 24 transpondedores de 36 MHz y 110 W cada uno [3]. Un transpondedor típico puede dar una velocidad equivalente a un enlace T3 (45 Mbit/s). Con estaciones terrestres grandes se pueden alcanzar velocidades hasta un STM-1 (155 Mbit/s) [7].

Según [23], en junio de 2001 existían 200 satélites de comunicaciones comerciales con una capacidad total de 260 Gbit/s, lo que da una capacidad media de 1,3 Gbit/s por satélite. En [24] se hacen unos cálculos generales sobre límites de capacidad en función del número de satélites, altura de las órbitas, potencia transmitida y área de la antena receptora. Según estos cálculos, suponiendo terminales con antenas de 1 m² y potencia 10 W, se podría alcanzar una capacidad teórica máxima en sentido ascendente de unos 120 Gbit/s por cada satélite geoestacionario, a compartir entre todos los terminales del sistema. Con constelaciones de satélites en órbitas bajas podrían alcanzarse incluso capacidades superiores. No obstante, aunque la capacidad potencial de las redes satélite futuras sea bastante mayor que la de las existentes, es muy limitada si la comparamos con las redes basadas en cable o en fibra óptica.

A corto plazo, la tendencia es hacia satélites OBP (Onboard Processing) con haces de cobertura estrechos y conmutación a bordo, por sus importantes ventajas en cuanto a capacidad y flexibilidad comentadas en apartados anteriores. Por ejemplo, la ESA ha diseñado un satélite OBP que puede atender hasta 150000 terminales con velocidades máximas de 2 Mbit/s en sentido ascendente y 32 Mbit/s en sentido descendente [24].

9 Consideraciones medioambientales, meteorológicas y geográficas

Los sistemas que funcionan en las bandas Ku y Ka (ver Tabla 1) están sujetos a atenuación por lluvia. Además se producen cortes cuando el Sol pasa por el "campo de visión" de las antenas que apuntan al satélite, debido a la energía electromagnética emitida por el Sol en la bandas utilizadas por los satélites. Estos cortes son predecibles y ocurren en los equinoccios de primavera y otoño cuando el Sol está sobre el Ecuador. Cada satélite se ve afectado una vez al día por este fenómeno, normalmente durante menos de 8 minutos.

Los terminales necesitan tener línea de visión directa con el satélite, por lo que no pueden instalarse en lugares donde esta línea queda bloqueada por edificios u otros obstáculos.

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas³⁷. Ver sección sobre WLAN.

³⁷ www.setsi.mcyt.es/legisla/teleco/rd1066_01/rd1066_01.htm

10 Aplicación a Asturias

El acceso a Internet por satélite se usa en telecentros situados en varios municipios asturianos, por ejemplo Pola de Somiedo, Taramundi o Villanueva de Oscos. Los tres forman parte de la Red de Telecentros de Asturias³⁸, promovida por la Administración Regional del Principado en colaboración con distintos ayuntamientos de la región. Ver Figura 10. Por ejemplo, el centro de Pola de Somiedo tiene un punto de acceso al satélite instalado en el Ayuntamiento (ver Figura 11) y dispone de 10 terminales de usuario. Algunos centros, como el de Taramundi, cuentan también con redes locales inalámbricas (WLAN).



Figura 10. Red de Telecentros de Asturias



Figura 11. Acceso satélite en Pola de Somiedo

³⁸ www.asturiastelecentros.com

11 Referencias

- [1] A.C. Clarke. *El mundo es uno: del telégrafo a los satélites*. Ediciones B. 1996.
- [2] M. Melnick, P. Hadinger. *Enabling Broadband Satellites*. Satellite Communications. Julio 2000.
- [3] M. Armstrong-Smith (editor). *Handbook of Satellite Services in Europe*. Microcom Systems. 2002 (actualizado trimestralmente).
- [4] A. Dornan. *Mobile Satellite Services: From Third World to Third Generation*. Network Magazine, vol. 17, nº 7. Julio 2002.
- [5] *Satellite Communications Database*. Analysys. Accesible en <http://www.analysys.com/scripts/satellite.exe?pto=info>
- [6] A. Jamalipour, T. Tung. *The Role of Satellites in Gblal IT: Trends and Implications*. IEEE Personal Communications, vol. 8, nº 3. Junio 2001.
- [7] M. Fitch, A. Fidler. *An Overview of Satellite Access Networks*. BT Technology Journal, vol. 18, nº 3. Julio 2000.
- [8] N. Colella, et al. The HALO Network. IEEE Communications Magazine, vol. 38, nº 6. Junio 2000.
- [9] M. Mondini, et al. *On the use of HALE Platforms as GSM Base Stations*. IEEE Personal Communications, vol. 8, nº 2. Abril 2001.
- [10] D. Avagnina. *Wireless Networks based on High-Altitude Platforms for the Provision of Integrated Navigation/Communication Services*. IEEE Communications Magazine, vol. 40, nº 2. Febrero 2002.
- [11] A. Fidler, et al. *Satellite: A New Opportunity for Broadband Applications*. BT Technology Journal, vol. 20, nº 1. Enero 2002.
- [12] A. Dornan. *Broadband from Outer Space*. Network Magazine, vol. 17, nº 1. Enero 2002.
- [13] P. Christ (editor). *Multimedia Broadcast*, 2ª edición. Proyecto InfoWin del programa europeo ACTS. 1998. Ver menciones al proyecto DIGISAT.
- [14] V. Paxal. DVB with Return Channel via Satellite. DVB-RCS200. http://www.dvb.org/dvb_technology/pdf/dvbrcsarticle.pdf
- [15] D. Breynaert. *IP over Satellite. DVB-RCS: Digital Video Broadcast - Return Channel by Satellite*. ASBU/ITU Symposium on Satellite Broadcasting and Convergence of New Multimedia Services. Tunis. Noviembre 2000.
- [16] H. Linder, et al. Satellite Internet Services using DVB/MPEG-2 and Multicast Web Caching. IEEE Communications Magazine, vol. 38, nº 6. Junio 2000
- [17] Y. Chotikapong, et al. *Evaluation of TCP and Internet Traffic via LEO Satellites*. IEEE Personal Communications, vol. 8, nº 3. Junio 2001.
- [18] D. Hartshorn. *Broadband VSAT*. Satellite Broadband. Octubre 2000.
- [19] J. Farserotu, R. Prasad. *A Survey of Future Broadband Multimedia Satellite Systems, Issues and Trends*. IEEE Communications Magazine, vol. 38, nº 6. Junio 2000.
- [20] I. Mertzanis, et al. Protocol Architectures for Satellite ATM Broadband Networks. IEEE Communications Magazine, vol. 37, nº 3. Marzo 1999.

- [21] D. Adami, et al. *TCP-IP based Multimedia Applications and Services over Satellite Links*. IEEE Personal Communications, vol. 8, nº 3. Junio 2001.
- [22] I. Akyildiz, et al. *Research Issues for Transport Protocols in Satellite IP Networks*. IEEE Personal Communications, vol. 8, nº 3. Junio 2001.
- [23] J. Puetz. *Complementary to the edge*. Satellite Broadband, vol. 2, nº 6. Junio 2001.
- [24] M. Wittig. *Satellite On Board Processing for Multimedia Applications*. IEEE Communications Magazine, vol. 38, nº 6. Junio 2000.