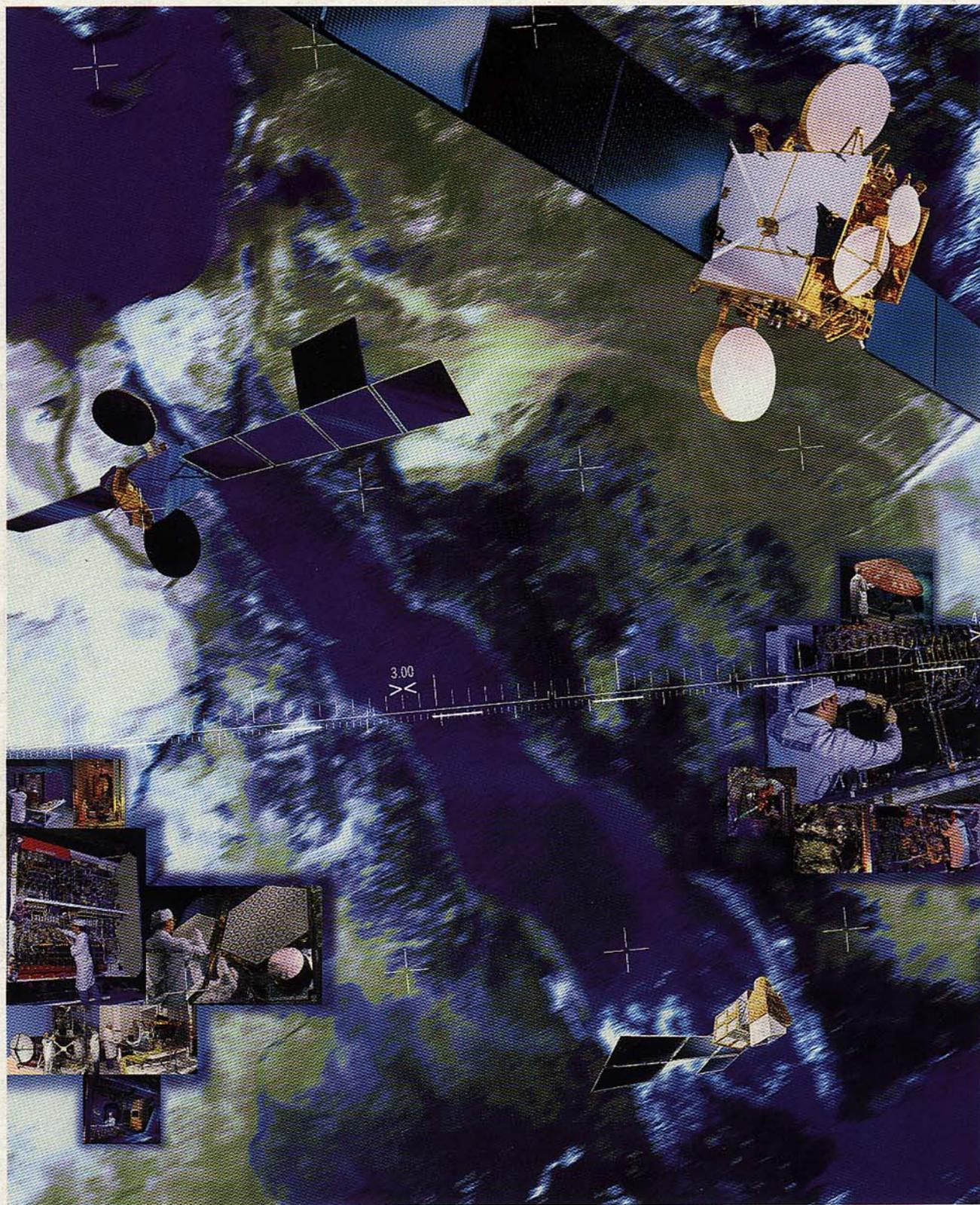


4º Trimestre de 1999

# REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL



SERVICIOS SIN FRONTERAS

La Revista de Telecomunicaciones de Alcatel es una publicación técnica de Alcatel que presenta de manera rigurosa sus investigaciones, desarrollos y productos en todo el mundo.

## CONSEJO EDITORIAL

**Alain Bravo**  
Alcatel, París

**Michel Lévy**  
Alcatel, París

**Peter Radley**  
Alcatel, Londres

## EDITORES

**Philippe Goossens**  
Editor Jefe

**Thierry Deloye**  
Asesor editorial

**Catherine Camus**  
Editora Jefe Adjunta  
Directora de la edición francesa, París

### Directores Asociados

**Andreas Ortelt**  
Director de la edición alemana, Stuttgart

**Gustavo Arroyo**  
Director de la edición española, Madrid

**Isabelle Liu**  
Director de la edición china, Beijing

**Ann Paulsrud**  
Asistente Editorial

### Editor Colaborador

**Mike Deason**  
Edición inglesa, Barnston, RU

Las direcciones de las oficinas editoriales pueden encontrarse en la última página de la Revista.

En esta publicación no se hace ninguna mención a derechos relativos a marcas o nombres comerciales que puedan afectar a algunos de los términos o símbolos utilizados. La ausencia explícita de dicha mención no implica, sin embargo, la falta de protección sobre esos términos o siglas.

Revista técnica editada por Alcatel España, S.A.  
Domicilio social: C/ Ramírez de Prado, 5.  
28045 Madrid, España  
Depósito legal: M21998/1998  
ISSN: en curso  
Imprime: COBRHI, S.A.  
Edición española: 11.000 ejemplares  
© Alcatel España, S.A.

# REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL

4º Trimestre 1999

## SERVICIOS SIN FRONTERAS

- 241 **Una visión de la industria de las comunicaciones espaciales**  
I. TANIGUCHI
- 244 **Satélites: herramientas de desarrollo para todo el mundo**  
J.C. HUSSON
- 250 **Satélites y multimedia**  
J. COUET, D. MAUGARS, D. ROUFFET
- 258 **La gestión del desarrollo de los grandes sistemas de telecomunicaciones**  
P. FOURNIÉ
- 268 **Evolución y desarrollo de las cargas útiles de telecomunicaciones**  
R. LENORMAND, G. LÉVÉQUE
- 273 **Equipamiento de los automóviles del mañana**  
O. COURSEILLE, J-F. GAMBART, J.B. LAGARDE
- 279 **La oferta de plataforma de Alcatel Space: SpaceBus y Proteus**  
J. ZIEGER
- 286 **Sistema europeo de navegación por satélite Galileo**  
A. BORIES
- 292 **La estrategia de colaboración de Alcatel Space**  
O. COLAITIS, M. SIORAT, J. THOULOUSE
- 298 **Equipos y tecnologías**  
S. LASSERY
- 304 **Observación de la Tierra en el futuro**  
J.J. DECHEZELLES
- 311 **Operaciones y servicios**  
A. ROGER, B. TELLIER
- 316 **El segmento terrestre: Componentes claves del sistema**  
C. TEXIER
- 320 **Abreviaturas de este Número**

Si desea recibir más información sobre cualquiera de los temas de este número, envíe un correo electrónico a Thierry Deloye, [Thierry.Deloye.spoce@alcatel.fr](mailto:Thierry.Deloye.spoce@alcatel.fr)

**ALCATEL**



ICHIRO TANIGUCHI

三菱電機株式会社

谷 口 一 郎  
たに くち いち ろう

### ■ Los cambios en la industria espacial

Hasta el comienzo de la década de los 90, la actividad espacial se orientó principalmente hacia ciertos mercados muy limitados de alta tecnología, con los gobiernos nacionales como principales clientes. La proliferación de productos espaciales en diversos sectores, tales como las telecomunicaciones y la radiodifusión, las observaciones meteorológicas y la guía de vehículos en carretera, ha conducido a considerar al espacio como la cuarta infraestructura fundamental, tras la tierra, el mar y el aire. Hoy en día se admite, de forma generalizada, que el espacio contribuye al progreso de la ciencia y de la tecnología, a la creación de nuevos mercados, al avance de nuestra sociedad de la información y a la mejora de nuestra calidad de vida.

En respuesta a las recientes demandas de diversificación de los mercados espaciales, la industria espacial está siendo forzada a reestructurarse. Mientras la industria espacial podía anteriormente concentrarse en mercados especializados, el entorno actual lleva a las empresas aeroespaciales a tomar el mismo camino que han seguido otras industrias: fusiones y adquisiciones, relajación de las regulaciones, competencia internacional e influencia de los mercados financieros internacionales.

## EDITORIAL

# UNA VISIÓN DEL FUTURO DE LA INDUSTRIA DE LAS COMUNICACIONES ESPACIALES

Muchas veces se piensa que el negocio espacial se reduce a la fabricación y al lanzamiento de ingenios espaciales. Sin embargo, hoy en día, los sistemas espaciales se están convirtiendo en elementos esenciales del desarrollo de una infraestructura de información y de comunicación, y para la resolución de problemas a los que la humanidad debe enfrentarse, en especial la protección del medio ambiente. Por consiguiente, se espera ahora que la industria espacial proporcione toda una gama de servicios a los particulares y a las empresas.

### ■ Las tendencias del mercado espacial

En 1998, la industria espacial mundial representó un volumen de negocio de alrededor de 98.000 millones de dólares y daba trabajo de 1,1 millones de personas. La industria espacial puede descomponerse en cuatro grandes bloques:

- *Infraestructuras:* fabricación de satélites y de lanzadores, servicios de lanzamiento, construcción de instalaciones terrestres de soporte, explotación, etc.

- *Telecomunicaciones y radiodifusión:* telecomunicaciones fijas y móviles, televisión por satélite directa a los hogares (DTH, Direct To Home), servicios de radiodifusión digital, servicios de comunicación a gran velocidad por Internet, servicios multimedia en banda ancha, etc.
- *Aplicaciones de transmisión de datos por satélite:* teledetección, sistema de localización de vehículos por satélite (GPS, Global Positioning System), sistema de transporte inteligente (ITS, Intelligent Transportation System), sistema de información geográfica (GIS, Geographic Information System), etc.
- *Servicios de soporte:* seguros, finanzas, servicios legales, servicios de asesoramiento, publicaciones, etc.

Según un estudio efectuado por Space Publications LLC (ver **Tabla 1**), las ventas en infraestructura se elevaron, en 1998, a 55.000 millones de dólares, lo que representa más de la mitad de la cifra total de negocio de la industria espacial mundial. El crecimiento de los diversos servicios por satélite destinados a las empresas y a los particulares debería elevar las telecomunicaciones y la radiodifusión al mismo nivel que la infraestructura. El

	1998	1999	2000	2001	2002	Crecimiento medio
Infraestructura	55.471	57.806	59.506	61.676	64.389	4%
Telecomunicaciones	33.646	37.368	42.214	48.700	56.397	14%
Utilización de datos y de activos espaciales	4.648	5.905	7.518	9.654	13.307	30%
Servicios de soporte	3.827	3.933	3.686	3.732	3.728	-
Total	97.953	105.012	112.923	123.761	137.822	9%

**Tabla 1 – Previsión de ingresos de la industria espacial mundial en millones de dólares (Fuente: State of The Space Industry 1999, Space Publications LLC).**

mercado de las telecomunicaciones y de la radiodifusión totalizó, en 1998, una cifra de negocio de 33.600 millones de dólares, y debería alcanzar 56.000 millones en el año 2002, con una tasa de crecimiento de alrededor del 70% en un periodo de cuatro años. El conjunto de la industria espacial debería crear un mercado de 137.800 millones de dólares en el año 2002, con una tasa de crecimiento de alrededor del 40% en un periodo de cuatro años y una tasa de crecimiento medio anual de alrededor del 9%.

### ■ Tendencias del mercado de las comunicaciones espaciales

Los servicios de televisión DTH y de comunicaciones fijas por satélite representaron, en 1998, alrededor del 60% de las ventas de este mercado. La distribución por cable, la telefonía de larga distancia en Estados Unidos y la telefonía internacional aumentaron indirectamente las ventas. Una proyección a corto plazo indica que el nuevo mercado de las comunicaciones móviles por satélite y los servicios DTH van a experimentar un crecimiento rápido, mientras que el aumento de las comunicaciones fijas por satélite será moderado. La operación en red de comunicaciones por satélite en banda

ancha no es aún una realidad, pero existe un mercado potencial de varios centenares de miles de millones de dólares para el año 2010, si se considera la demanda de transmisión de datos a alta velocidad y el creciente número de usuarios de Internet (ver **Tabla 2**).

### ■ El futuro de la industria de las comunicaciones espaciales

#### *La transformación del proceso de fabricación de satélites*

Hasta ahora, los satélites se han utilizado sobre todo para proporcionar servicios fijos de comunicaciones y de radiodifusión. Los avances en la tecnología de comunicaciones por satélite permiten actualmente a los operadores de satélites proporcionar toda una gama de nuevos servicios. Para satisfacer una demanda creciente de satélites, los constructores se esfuerzan en reducir los plazos de fabricación, normalizando la plataforma del satélite, utilizando productos existentes y poniendo en marcha una línea de fabricación. Los sistemas de satélites de comunicaciones móviles en órbita baja (LEO, Low Earth Orbit), que utilizan una arquitectura en constelación, se construyen con nuevos métodos de fabri-

cación que reducen los plazos de entrega y los costes de producción. Mientras que se necesitaban de dos a tres años para poner en órbita los sistemas de satélites geoestacionarios (GEO, Geostationary Earth Orbit), a contar desde la firma de contrato, ahora hacen falta menos de dos años gracias a los esfuerzos constantes de los fabricantes para mejorar la situación mediante la utilización de técnicas de líneas de producción. Esto permite a los operadores poner en práctica más de prisa sus planes de explotación.

#### *Una relación concertada entre tierra y espacio*

Los sistemas de comunicaciones fijas por satélite constituyen una solución muy económica para proporcionar servicios inmediatos en regiones muy pobladas. Éste es un mercado que ha llegado a la madurez y que presenta pocos riesgos. Con la ampliación del mercado de las comunicaciones por satélite, los operadores están diversificando los servicios desplegando un número mucho mayor de satélites. Los enlaces por satélite se utilizan como complemento de los cables de fibra óptica, durante los periodos de fuerte tráfico en la red básica. En muchos años, los sistemas por satélite se han considerado como competidores de los cables de fibra óptica. Sin embargo, debido al reciente aumento inesperado de la demanda de transmisión en banda ancha, los operadores consideran ahora a los sistemas por satélite como socios y no como competidores. Para resumir, los cables de fibra óptica se utilizan para las comunicaciones punto-a-punto, mientras que los satélites se utilizan para las comunicaciones punto-a-multipunto que proporcionan servicios a los usuarios finales.

Las nuevas actividades de comunicaciones por satélite, especialmente los servicios de comunicaciones móviles y de banda ancha destinados a usuarios particulares, presentan un riesgo más elevado que las comunicaciones fijas por satélite, puesto que echan mano de una tecnología relativamente menos madura. En lugar de considerarlos como proyectos únicos que se basan fuertemente en sistemas de satélites, es necesario ver estas actividades como un servicio integrado de comunicaciones que consigue una sinergia a través de una relación

	1998	1999	2000	2001	2002	Crecimiento Medio
Satélites fijos	6.636	7.100	7.952	8.747	9.534	10%
Satélites móviles	15	765	2.025	4.260	6.707	460%
Televisión satélite DTH	3.937	4.804	5.668	6.689	7.893	19%
Servicio DTH internacional	9.600	10.464	11.406	12.432	13.551	9%
Radio digital	0	10	70	393	833	-
Servicios de datos LEO	1	36	126	346	606	590%
Banda ancha	140	218	311	523	1.015	164%
VSAT	1.020	1.198	1.387	1.526	1.940	17%
Distribución por cable (ingreso indirecto)	5.768	5.970	6.178	6.395	6.619	4%
Telefonía de larga distancia EE.UU. (ingreso indirecto)	2.745	2.854	2.969	3.087	3.211	5%
Telefonía internacional (ingreso indirecto)	3.843	3.996	4.156	4.322	4.495	4%

**Tabla 2 – Descomposición de los ingresos del mercado de telecomunicaciones en millones de dólares (Fuente: State of The Space Industry 1999, Space Publications LLC).**

concertada entre la red terrestre y la red espacial, y que se esfuerzan en suministrar servicios de alta calidad a precios razonables. Los operadores y los proveedores de servicios de estas nuevas actividades deben ver las comunicaciones móviles de voz por satélite como una actividad telefónica, y las comunicaciones por satélite en banda ancha como una actividad de Internet.

Los operadores de DTH intentan expandir el mercado distribuyendo programas de televisión locales y proporcionando equipos receptores a un precio más bajo. El negocio DTH se orienta ahora a mercados de todo el mundo. El mayor mercado es Europa con más de 250 canales de programas de televisión difundidos en 24 lenguas. Los usuarios de la televisión DTH son de tres tipos: abonados a la televisión por cable que desean tener más programas, en especial programas de audio y de vídeo digitales; habitantes de zonas remotas que no reciben ninguna cadena de televisión ni siquiera por cable, y, finalmente, personas que viven en otros países y desean captar programas internacionales. Puesto que la mayoría de los operadores de DTH poseen una base importante de clientes, están pensando en utilizarla para proporcionar nuevos servicios en colaboración con otras industrias. Algunos operadores han suministrado servicios telefónicos internacionales y de larga distancia. En el futuro, las empresas de DTH entrarán en el mercado de acceso a Internet a alta velocidad.

### ***Nuevas aplicaciones de las comunicaciones por satélite***

El servicio de Internet es el negocio más prometedor en el campo de las comunicaciones por satélite, con un tráfico que crece a una tasa anual superior al 100%. Teniendo en cuenta este aumento del tráfico, se espera que los proveedores de servicios hagan más uso de los sistemas

de satélites, como complemento de la infraestructura terrestre. Se interesarán por las nuevas aplicaciones, tales como la telemedicina y la teleeducación, que se espera mejoren nuestra calidad de vida. Además, existen planes para utilizar los satélites para distribuir y actualizar los programas informáticos, así como para establecer videoconferencias.

Estas aplicaciones se aprovechan del servicio punto-a-multipunto que permite a los satélites dar servicio simultáneamente a múltiples usuarios. Los sistemas de satélites que ofrecen transmisión de datos a alta velocidad y acceso multiusuario se convertirán en una parte esencial de la infraestructura mundial de información.

Si bien es cierto que los trabajos de I+D, sobre tecnologías avanzadas de comunicaciones y de satélites, juegan un papel importante en el desarrollo de la infraestructura mundial de información, algunos otros problemas deben resolverse lo antes posible. Uno de ellos se refiere a los aspectos legales de las comunicaciones por satélite. Por ejemplo, la telemedicina presenta no solamente problemas tecnológicos, sino también cuestiones legales y de regulación. Según ciertos informes, la telemedicina no podría establecerse en ciertas regiones y en ciertos países debido a la falta de leyes y de regulaciones adecuadas. Por consiguiente, deben establecerse lo más rápidamente posible leyes y regulaciones que rijan los campos de las aplicaciones por satélite para las que existan mercados potenciales, así como el uso de las frecuencias.

Las consideraciones políticas, económicas y financieras en su conjunto continuarán influyendo sobre cada aspecto de la industria de comunicaciones por satélite. Se prevé que el aumento de la competencia y de la cooperación transnacionales favorecerá las colaboraciones, las fusiones y las adquisiciones en la industria. Sin pretender leer en las estrellas, parece que nuestra calidad de vida no mejorará

sin una infraestructura de información adecuada, y que los sistemas de comunicación por satélite son claves para desarrollar la autopista mundial de la información. No debemos olvidar que la industria de las comunicaciones por satélite observa el negocio desde una perspectiva mundial y que contribuye al mantenimiento del desarrollo de toda la humanidad.

Finalmente, Mitsubishi Electric Corporation (MELCO) ha establecido las bases tecnológicas de las comunicaciones en banda ancha y alta velocidad, de las comunicaciones por satélite, de las radiocomunicaciones, de la seguridad en Internet/Intranet, de la nueva tecnología de tratamiento de la imagen, y de los componentes. Utilizando eficientemente estas bases, hemos promovido el establecimiento de una infraestructura digital de comunicaciones y de información para el Siglo XXI, como una de nuestras estrategias de negocio. Para conseguir este objetivo, hemos establecido estaciones terrenas, plataformas de satélites y cargas útiles necesarias para las telecomunicaciones por satélite, en una relación comercial de cooperación con Alcatel Space Industries. Además, somos un socio estratégico en el proyecto SkyBridge que Alcatel Space Industries, como patrocinador principal del proyecto, ha estado promocionando de forma proactiva para proporcionar un servicio multimedia prometedor. Estamos seguros de que nuestra relación con Alcatel Space Industries se reforzará aún más.

MELCO continuará la búsqueda de nuevas oportunidades en el campo de las comunicaciones por satélite para operaciones de interés mutuo, que contribuyan al progreso económico y cultural, no solamente de Francia y de Japón, sino también de todo el mundo.

### **Ichiro Taniguchi**

Presidente Ejecutivo  
Mitsubishi Electric Corporation

# SATÉLITES: HERRAMIENTAS DE DESARROLLO PARA TODO EL MUNDO



J-C. HUSSON

La flexibilidad y velocidad de despliegue de los satélites los hace ideales para el desarrollo de nuevos servicios con cobertura mundial.

## ■ Introducción

El porvenir de las actividades espaciales se caracteriza por el desarrollo de las constelaciones de satélites, la aparición de nuevos servicios, de nuevas aplicaciones, la evolución de la potencia de los lanzadores y la disminución de la disponibilidad de frecuencias. Entran en juego igualmente los progresos de las tecnologías desarrolladas para las redes terrestres de comunicación, la exigencia creciente, y a menudo justificada, de los consumidores, y la necesidad legítima y universal de acceder a la información.

Teniendo esto en cuenta, Alcatel Space ha adaptado su organización para prepararse a estas evoluciones, incluso anticipándose a las mismas.

En 1998, la fusión de las actividades de "satélite" de Alcatel, de Aérospatiale y de Thomson-CSF dio origen a Alcatel

Space, reagrupando a cerca de 6.000 personas. Ahora es un líder mundial en el campo de los satélites, Alcatel Space tiene dos actividades principales:

- Fabricación: Alcatel Space Industries.
- Operaciones y Servicios: mediante Alcatel Spacecom.

## ■ Fabricación

La compañía dispone de todos los medios industriales necesarios para la fabricación de:

- Satélites de telecomunicaciones, de observación óptica y radar, de meteorología y científicos.
- Infraestructuras para el control en órbita, estaciones de seguimiento, centros de control y de misión.

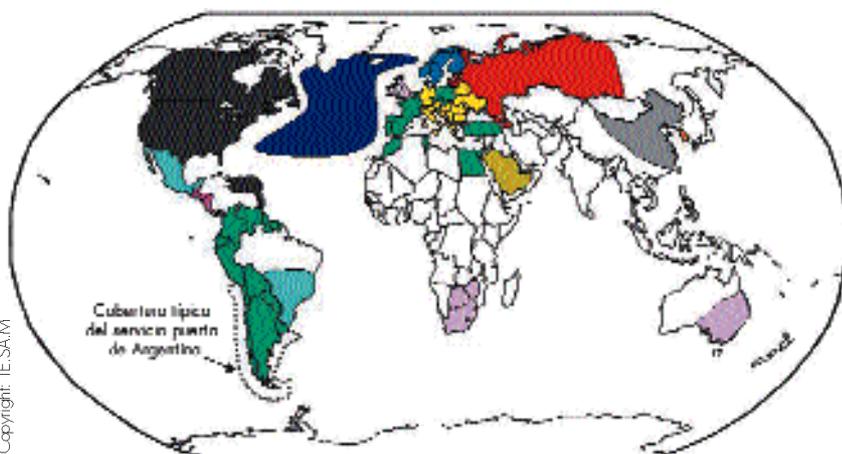
- Estaciones terrestres de telecomunicaciones espaciales, desde VSAT hasta grandes estaciones.
- Soporte técnico en los campos de lanzamiento y en los centros de explotación en órbita.

Los establecimientos industriales aseguran el estudio, la fabricación de equipos de a bordo y de tierra en Francia y en varios países europeos. Las dos principales fábricas, en Toulouse y Cannes, realizan el montaje, integración y ensayos de satélites de cualquier tamaño, desde algunos kilos para micro y mini satélites, hasta varias toneladas para satélites de telecomunicaciones adaptados a los nuevos lanzadores pesados.

Estas fábricas industriales permiten, además, suministrar un sistema completo a un cliente, tal como el sistema WorldStar entregado a la sociedad americana WorldSpace (Figura 1 del artículo de M. Fournié). Este sistema entró en servicio el 19 de octubre de 1999 con el satélite AfriStar, que cubre la totalidad del continente africano y una parte de Europa.

## ■ Actividades de Alcatel Spacecom

Alcatel Spacecom invirtió en sistemas de telecomunicaciones con la vocación de generar beneficios desde que los satélites estén en órbita. Este principio condujo a diferentes tipos de colaboraciones que siempre estuvieron ligadas a una actividad industrial.



Copyright: TE.SA.M

Figura 1 – Países y regiones cubiertos por Globalstar (verano 2000).

### **Primer ejemplo: Globalstar**

Alcatel Spacecom es socio en Globalstar por mediación de una sociedad común TE.SA.M establecida con France Telecom. Por razón de su colaboración en TE.SA.M, Alcatel Spacecom explotará el sistema Globalstar en unos treinta países.

La actividad industrial ha conducido a Alcatel Space Industries a suministrar las cargas útiles de algunos elementos de estructura de los 72 satélites Globalstar (48 de la constelación y 24 de reemplazo, **Figura 9**, artículo de A. Roger y B. Tellier), así como los equipos de seguimiento instalados en las estaciones de conexión (puertas).

### **Segundo ejemplo: Europe\*Star**

Alcatel Spacecom es socio mayoritario, junto con Loral Skynet, en un programa de satélites de telecomunicación y de televisión que cubre varias zonas geográficas en Europa. Alcatel Space Industries entregará el sistema completo a la Europe\*Star (**Figura 3** en el artículo de M. Colaitis y otros), que explotará los satélites en órbita.

## **■ Progreso de las técnicas de los segmentos de tierra y de espacio**

En tierra, se han realizado avances muy importantes con los cables de fibra óptica que yacen en el fondo de los mares o surcan la tierra. Frente a las crecientes velocidades que éstos ofrecen, los satélites no pueden luchar; los de Intelsat, por ejemplo, que han permitido durante años asegurar los enlaces transoceánicos, no podrán llegar a velocidades del mismo orden. Es preciso, sin embargo, hacer notar que un cable llega a un punto de conexión, a partir del cual es necesario encauzar los caudales. Los satélites tienen la flexibilidad de escoger los puntos de conexión. Los satélites serán siempre útiles para encauzar comunicaciones telefónicas o de tráfico de tránsito complementando los del cable.

Las redes celulares terrestres ofrecen la movilidad al teléfono, pero la Tierra está lejos de estar enteramente cubierta,

en particular fuera de los países desarrollados y en el exterior de las zonas urbanas en los países menos ricos. Los satélites pueden aportar, en cualquier punto del globo, el servicio mucho más rápidamente que los medios terrestres. Así, una vez puesta en órbita toda la constelación de 48 satélites Globalstar, sólo será necesario un año para poner en su sitio la cincuenta de estaciones de conexión necesarias para la cobertura mundial en un acceso universal. La comunicación es de un coste que puede parecer elevado, pero en la medida donde no existen otros medios, pueden ser apreciados ciertos servicios donde las poblaciones tengan una necesidad crítica de telefonar.

Mientras que en África y en China se habla de necesidades de telefonía rural que sólo podrán ser satisfechas a largo plazo, Globalstar va a ofrecer una solución desde el año 2000. Podría servir de eslabón intermedio para proyectos tales como el de la organización africana RASCOM, cuyo objetivo es proponer el minuto de comunicación por satélite a 10 céntimos, en el horizonte de 2002.

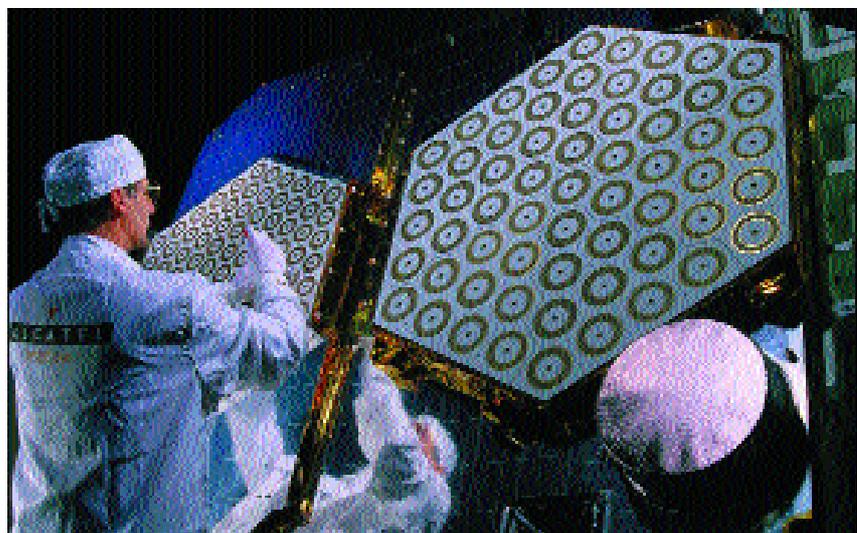
Las técnicas de acceso de banda ancha se están desarrollando para el cobre y la fibra óptica. Si se estima que en 2005, 800 millones de usuarios utilizarán estos medios, está claro que muchos no podrán acceder. El satélite completará entonces las redes terrestres. Los sistemas de banda ancha por satélite tratan de servir a una población de algunas decenas de millones de usuarios. Las constelaciones de

satélites, como SkyBridge, permiten a los operadores de telecomunicaciones ofrecer servicios a sus clientes en un plano mundial, en medio urbano, semi urbano, rural o aislado. Con SkyBridge, los servicios de banda ancha, es decir los caudales de varias decenas de megabits en enlace ascendente y descendente, podrán ser ofrecidos desde la abertura del servicio al conjunto de la población del globo, sin distinción de lugar.

La DAB (radiodifusión de audio digital) terrestre aparece al mismo tiempo que la DAB por satélite. El despliegue de medios hertzianos terrestres que necesitan numerosos repetidores, representa una infraestructura pesada con dificultades de instalación, comprendidas las objeciones de aquellos que se inquietan por la proliferación de torres. Frente a este despliegue necesariamente largo de las infraestructuras terrestres, es de notar que desde su puesta en servicio, en octubre último, el Afristar ha cubierto África, la mitad sur de Europa, el Oriente Medio y el subcontinente indio. El satélite ha permitido así un despliegue rápido a escala de un continente y a menor coste para el usuario, siendo menos costosos los terminales radio que los de la DAB terrestre.

## **■ Desarrollo de las constelaciones**

El año 2000 comenzará con cuatro constelaciones en órbita:



**Figura 2 – Carga útil Globalstar.**



Terminal Globalstar.



Terminal Globalstar.

- GPS y GLONASS para la navegación,
- Iridium y Globalstar para la telefonía móvil.

Las dos primeras instalaciones construidas esencialmente para fines militares han encontrado un gran éxito civil, transformando las técnicas de posicionamiento e introduciendo la navegación en los automóviles. Este éxito está unido a las prestaciones (hoy día insuficientes), a la

simplicidad de los terminales y a su coste poco elevado, así como a la gratitud y a la disponibilidad del servicio que pueden ser aplazados en cualquier momento por la armada americana, propietaria del sistema.

### La telefonía móvil por satélite: Globalstar

Iridium y Globalstar son dos constelaciones en órbita baja, que suministran un servicio de telefonía móvil por satélites. Los dos sistemas tienen una arquitectura diferente:

- El primero, Iridium, realiza transferencias de tráfico en órbita por enlaces entre satélites.
- El segundo, Globalstar, realiza transferencias de tráfico por medios terrestres. Se trata de un sistema mixto, necesitando el despliegue de unas cincuenta estaciones de conexión alrededor del mundo.

Los satélites juegan el papel de los repetidores de la red terrestre celular y se salta de un satélite a otro como de un repetidor celular a otro. Su capacidad permite atender, a nivel mundial, una decena de millones de abonados, estando asegurada su rentabilidad en algunos millones.

En Francia por ejemplo, el mercado apuntado es de 80.000 abonados frente a los millones de abonados del GSM. Se

trata pues de un nicho de mercado, que, sin embargo, ha necesitado la construcción en serie de 72 satélites y una decena de lanzamientos.

### Navegación por satélite: Galileo

Este programa lanzado por Europa estará constituido por una constelación de 20 a 30 satélites en órbita media (alrededor de 19.000 km de altura), repartiendo los sistemas de sincronización entre a bordo y tierra. Francia dispone en Toulouse de medios científicos, tecnológicos e industriales para llevar a buen término este programa:

- Medios científicos con equipos de investigación en geodesia.
- Medios tecnológicos con las competencias del CNES en materia de localización, de frecuencias, de sincronización y de mecánica orbital y las de aviación civil para la navegación aérea.
- Medios industriales con, por una parte, Alcatel Space, ya implicada en la fase I de EGNOS y especialista en constelaciones, y, por otra parte, la industria aeronáutica y los fabricantes de equipos como Sextant.

Más allá de estas dos aplicaciones de localización y de navegación, se deberían desarrollar constelaciones de pequeños satélites para misiones específicas de recogida de datos y de observación óptica o radar, permitiendo la cobertura permanente de la Tierra.

### ■ Frecuencias y posiciones orbitales

La disponibilidad de posiciones orbitales para satélites que utilizan la banda Ku y la banda C se vuelve muy crítica. Más allá de las técnicas de localización y de reutilización de frecuencias, se asiste a la elevación de potencia de las frecuencias en banda Ka.

En la banda L, la situación es igualmente muy difícil, pues no solamente es preciso compartir con los satélites, sino también con los servicios terrestres, los cuales desarrollan igualmente nuevas aplicaciones. Esto afecta a la telefonía



Sistema de navegación por satélite Galileo.

móvil, la radiodifusión digital y la radio-navegación.

## ■ Los satélites y la sociedad de la información en la víspera del año 2000

En el próximo decenio, será completamente natural para el conjunto de los habitantes del planeta recibir la información que permita un acceso al conocimiento, poder comunicar o saber instantáneamente donde se encuentra con las mejores prestaciones posibles. Estas aplicaciones deberán poder ser accesibles a toda la población y no solamente a algunos privilegiados como los urbanos. En su mayoría, las aplicaciones serán complementarias de los servicios terrestres.

Los satélites aportan un acceso universal y mundial a todos los usuarios, allá donde estén en zona urbana, rural, hostil, en tierra, en el mar o en el aire. Gracias a su cobertura mundial instantánea, los satélites dan la posibilidad al conjunto de los habitantes de la tierra de acceder a la cultura y a la enseñanza. Ofrecen un acceso universal a Internet, a los bancos de datos. Los satélites permiten:

- Localizar y navegar en cualquier punto del planeta, con una precisión de algunos metros y transmitir su posición. Navegar significa disponer de un mapa, de ahí la necesidad de poder transmitir y recibir los mapas adecuados en tiempo real y las correcciones para señalar por ejemplo los “embotellamientos en la región parisina” a los automovilistas que llegan por autopista.
- Recibir las cadenas de radio y de TV preferidas, es decir, en la lengua deseada, perteneciente a su cultura, con una calidad impecable, bien sea en un lugar fijo, en avión, en coche, o sobre un barco.
- Telefonar de un punto a otro, bien sea en un lugar fijo, sobre un barco, sobre una aeronave, o en automóvil.
- Transferir información a gran velocidad: transferencia de datos, telecarga de programas, de vídeos, envío de fotos digitalizadas.

“Será importante el estar preparados” como se recalcó en noviembre de 1999

en Toulouse, en el curso de un coloquio sobre aplicaciones multimedia de satélites, “para que estas nuevas técnicas no aumenten la disparidad entre poblaciones desfavorecidas y poblaciones privilegiadas, del Sur con respecto al Norte, y entre las poblaciones urbanas y el mundo rural”.

### Localización y recogida de datos

El primer servicio operacional en este campo es ARGOS que permite localizar móviles –navíos, boyas, animales, etc. – con una precisión hectométrica, utilizando los satélites meteorológicos en órbita baja de la NOAA.

Un segundo servicio operacional permite seguir las flotas de camiones, enviar y recibir mensajes. Se trata del sistema americano Omnitrac con su componente europea Euteltracs, desarrollada por Alcatel Space. Funcionando en la banda Ku, utiliza una parte de canal de uno o varios satélites de telecomunicación (satélites de la organización Eutelsat para Europa).

Constelaciones de micro satélites asegurarán pronto funciones de recogida de datos a escala mundial (ORBCOM, E-SAT, etc.)

### Radiodifusión de audio digital por satélite: WorldStar – XM™ Radio.

Los trabajos realizados sobre la codificación han desembocado en normas para difundir en digital, que han sido aprovechadas por la empresa americana “WorldSpace” para desarrollar un sistema de radiodifusión de audio digital por satélite. Este sistema ha sido completamente realizado por Alcatel Space en su fábrica de Toulouse. El primer satélite AfriStar puesto en órbita en octubre 1998 difunde ya más de treinta programas de radio sobre todo el continente africano y una parte de Europa.

Tal proyecto ha necesitado la disponibilidad de tecnologías de “conjuntos de chips”. Desarrollados por ST/Microelectronics y Microsonic, incorporan a más de un millón de transistores. La recepción se hace en banda L y necesita pequeñas antenas.

Proyectos similares, como XM Radio y CD Radio, están actualmente en realiza-

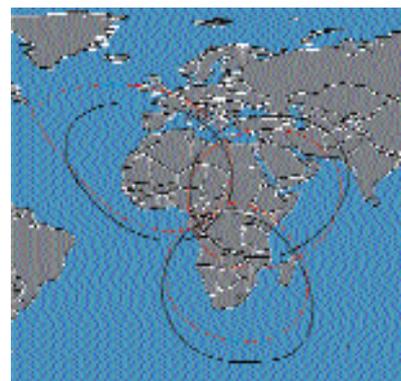
ción para la difusión de programas de radio a los automóviles en todo Estados Unidos. Estos satélites están fabricados en Toulouse/Los Angeles (XM Radio), Palo Alto/Roma (CD Radio), y están mantenidos por General Motors y Ford.

Esto implicará, con el desarrollo de los sistemas de navegación y de telefonía móvil, un cambio del cuadro de a bordo de los coches.

### Difusión de TV a bordo de aviones

El número y la calidad de los servicios ofrecidos a los pasajeros de los aviones de línea aumentan, en particular en los largos recorridos. Esto, que se llama en lenguaje anglosajón IFE (Entretenimiento en vuelo) se desarrolla continuamente. Es preciso ofrecer películas televisadas, programas de radio, informaciones a una clientela de diferentes países. La utilización de magnetoscopios permite responder hoy día parcialmente a las necesidades expresadas. Es posible ofrecer un servicio mucho más variado a partir de satélites que emitan desde la órbita geoestacionaria en banda S (Banda de frecuencia próxima a XM™ Radio o WorldStar). Concretamente, se trata del proyecto AIR TV para la difusión en tiempo real de cadenas de televisión a bordo de aeronaves. Alcatel Space trabaja con la entidad americana que ha comenzado el proyecto.

Se considera igualmente la posibilidad de utilizar los satélites geoestacionarios o en constelaciones para ofrecer servicios interactivos a los pasajeros. No hay duda de que esto influirá sobre el equipamiento de los aviones de largo recorrido como el A3XX.



Cobertura de AfriStar.



Programas de radio en la apertura del servicio.

### El encaminamiento del tráfico telefónico transatlántico

Los satélites han permitido en primer lugar enlaces geodésicos entre continentes, además de enlaces de telecomunicaciones intercontinentales con caudales suficientes para llevar las señales de televisión.

Si hoy día el tráfico Internet masivo entre Estados Unidos y Europa pasa en gran parte por las fibras ópticas de cables submarinos, no se debe olvidar que desde 1964 son los satélites Intelsat los que han asegurado esta función aumentando regularmente el tráfico en el curso de los años. Intelsat I ofrecía 240 circuitos tele-

fónicos, Intelsat III 1.500, Intelsat IV 4.000 después 6.000, Intelsat V de 12.000 a 15.000. A partir de Intelsat VI se alcanzaron 120.000 circuitos; hoy día están sobrepasados. La mayoría de estos satélites Intelsat están construidos por equipos industriales donde han intervenido Alcatel Space, Space Systems/Local, Hughes.

Actualmente los satélites Intelsat IX están en construcción en Toulouse (Alcatel Space) y en Silicon Valley (Loral). La dimensión de estos satélites está estrechamente ligada a las prestaciones de los lanzadores disponibles.

### Evolución de la potencia de los lanzadores

Los lanzadores determinan el tamaño de los satélites y en consecuencia la potencia embarcada (por ejemplo 10 Kilowattios) y, por tanto, la capacidad en órbita. Los lanzadores aumentan en potencia con Ariane 5, Delta 3 y 4, Atlas 3, Proton Breeze M, Sea Launch y Longue March.

Diferentes lanzadores, en particular Delta 2 y Soyouz, muestran su capacidad para lanzar constelaciones y desplegarlas en un año.

Además, ciertas evoluciones a bordo de los satélites como la propulsión plásmica, y las baterías Litio-ion contribuyen al aumento de las prestaciones de los cohetes.

Esto ha conducido a las industrias a construir satélites más grandes y más potentes como el HS 702 y el Spacebus 4000.



Firma del contrato en el Telecom de Ginebra.

### La televisión directa por satélite

Doscientos satélites giran sobre el arco geostacionario a 42.164 Km en un día sideral. La mayoría son satélites de telecomunicaciones con misiones de reencaminamiento de televisión, de televisión directa o de telefonía.

El primer satélite geostacionario, SYCOM, fue lanzado por ATT en 1964 y marcó el comienzo de la actividad de telecomunicaciones por satélites en Estados Unidos, con la serie de satélites TELSTAR. Esta actividad se encuentra actualmente en la sociedad Loral Skynet, asociada de Alcatel Space en el programa Europe\*Star.

La evolución de los satélites sigue la de las tecnologías: antenas de lóbulos configurados para adaptarse a los contornos de las zonas a comunicar, antenas activas, equipadas en frecuencia después de las necesarias experiencias de propagación y estudios de las atenuaciones ligadas a los aerosoles, propulsión plásmica, baterías Litio-ion teniendo una prestación superior frente a la masa embarcada.

En Rusia, los satélites de telecomunicaciones se fabrican armonizando las tecnologías occidentales y rusas con todas las funciones ligadas a la plataforma en contenedor presurizado. Son los satélites Sesat y Express A.

La cooperación científica muy fructuosa entre la URSS y Francia, establecida en 1967, se prosiguió a nivel industrial entre Alcatel Space y la firma rusa NPO/PM de Krasnoyarsk (Siberia). Cuatro satélites han sido ya construidos, a los que seguirán otros.

### Aplicaciones multimedia: La constelación SkyBridge

Para responder a la demanda de los servicios en banda ancha, los operadores de



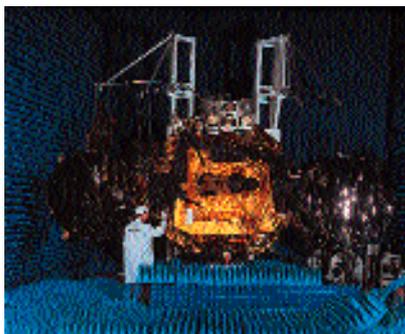
Aparatos de radio.

telecomunicaciones han invertido sumas considerables en redes backbone de fibra óptica capaces de transportar datos alrededor del globo a la velocidad de la luz. Sin embargo, las redes locales que entregan estos servicios a los utilizadores están subdimensionadas, creando así cuellos de botella.

Las tecnologías como la línea de abonado digital asimétrica (ADSL) y los módems de cables constituyen soluciones interesantes que utilizan las redes telefónicas de cobre y las redes de cables existentes. Existen situaciones en donde tales tecnologías no pueden ser realizadas por razones técnicas o financieras.

¿Cómo se puede resolver este problema de una manera económica? La respuesta a esta cuestión es SkyBridge, un sistema de acceso por satélite que suple los límites del bucle local, permitiendo acceder a gran velocidad a las redes backbone de fibra óptica del mundo entero.

Previsto para entrar en servicio en 2003, SkyBridge permitirá a los operadores de telecomunicaciones ofrecer un acceso local, en banda ancha, a más de 20 millones de usuarios en el mundo, gracias a una constelación de 80 satélites en órbita baja (LEO). Será el primer sistema de satélites LEO en banda ancha y el único concebido exclusivamente para acceso local. La capacidad mundial ofertada instantánea-



Sesat.

mente será de 200 Gbit/s. La interconexión del sistema de acceso de alto caudal SkyBridge con las redes terrestres de fibra óptica permitirá las comunicaciones internacionales de extremo-a-extremo.

Los 80 satélites de SkyBridge giran alrededor de la tierra a una altura de 1.469 Km. Este sistema que funciona en la banda Ku (10 a 18 GHz) tiene la ventaja de garantizar una gran calidad de los servicios en todas las partes del mundo.

Para la elección de la órbita se ha tenido en cuenta:

- Restricciones de visibilidad
- Restricciones ligadas a los cinturones de radiación
- Efectos debidos a la fricción atmosférica y a la presión de radiación.

Las correcciones de órbita utilizarán la propulsión plásmica, desarrollada como parte del programa del satélite tecnológico francés Stentor.

Es una ironía que en el momento mismo que se abandona el sextante y las estrellas para localizarse, se utilice un seguidor estelar para determinar la orientación de los satélites en el espacio.

## ■ Conclusión

En las telecomunicaciones del futuro, los satélites continuarán jugando un papel primordial en la televisión en directo y en la difusión de programas de TV, en la difusión de radio y en la navegación. Los satélites serán un complemento perfecto de los sistemas de telefonía terrestre, redes de teléfonos celulares y recursos de acceso de banda ancha.

Debido a su flexibilidad y velocidad de instalación, los satélites son una herramienta formidable de desarrollo para todas las personas del mundo.

**Jean Claude Husson** es CEO de Alcatel Space en Nanterre, Francia.

# SATÉLITES Y MULTIMEDIA



J. COUET



D. MAUGARS



D. ROUFFET

## Introducción: El entorno de las altas velocidades

Tres mil millones de páginas de contenido en distintas maneras, desde el texto a juegos de vídeo, están accesibles en la Red. La explosión de la demanda de acceso a este contenido está obligando a los operadores a desplegar grandes arterias de comunicación cuyas capacidades aumentan a ritmos exponenciales. Existe toda una variedad de soluciones de acceso para conectar a los clientes con los servidores de todo el mundo por medio de esta infraestructura de alta velocidad. Este artículo resalta la aportación en este dominio de los sistemas de satélites geoestacionarios (GEO) y de órbita baja (LEO), completando y en ocasiones no sustituyendo a los sistemas terrestres de acceso de banda ancha, como los sistemas de líneas digitales de abonado (DSL) y los sistemas híbridos de fibra y coaxial (HFC).

El progreso de la tecnología de satélites permite ahora el acceso a los servicios multimedia en cualquier lugar del mundo.

## Posicionamiento y tecnología de los satélites

### Posición en el mercado de sistemas de acceso

La **Figura 1** muestra las principales tecnologías de acceso que permiten el despliegue de las aplicaciones multimedia. La tecnología HFC proporciona un recurso de alta velocidad entre los abonados residenciales. Con las tasas que dependen del servicio ofrecido y de la distancia, la tecnología DSL es la más adecuada para la conexión de los terminales cuando los rendimientos de los

pares trenzados no se ven afectados demasiado con la distancia. Por ejemplo, la línea de abonado digital asíncrona (ADSL) permite transportar de 500 kbit/s a varios Mbit/s sobre una distancia de algunos kilómetros a partir del multiplexor de acceso DSL (DSLAM), mientras que la Línea de Abonado Digital de Velocidad Muy Alta (VDSL) ofrece hasta 50 Mbit/s, pero sobre una distancia que supera apenas el kilómetro, a partir de una Unidad de Red Óptica (ONU) que concentra el tráfico local hasta la central.

Las tecnologías de radio, la de los Servicios de Distribución Multipunto Locales (LMDS) y la de satélites pueden, to-

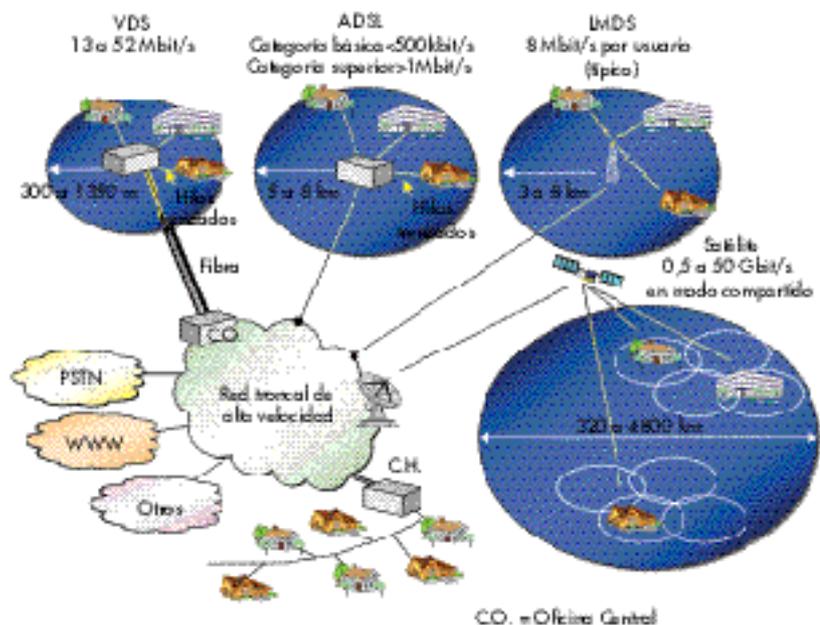


Figura 1 – Principales tecnologías de acceso local de banda ancha.

das ellas, llevar rápidamente los servicios multimedia a las zonas en donde no es viable económicamente el despliegue de una infraestructura terrestre o cuando la infraestructura existente es propiedad de la competencia. La tecnología LMDS permite un tráfico elevado en las zonas con una gran densidad de población, en un radio de varios kilómetros alrededor del emisor principal.

Con su capacidad para cubrir grandes distancias y zonas extensas, los sistemas de satélites se destinan tradicionalmente a los segmentos de mercado que reclaman una gran cobertura (> 1.600 km) y son extremadamente eficaces para las aplicaciones de difusión. Para los otros servicios, como los enlaces de bajo tráfico con lugares aislados, las redes superpuestas a microestaciones terrestres (VSAT, Terminal de Apertura Muy Pequeña), a pesar de su carácter innovador y su éxito, no han conocido hasta el momento nada más que un desarrollo limitado en comparación con la difusión. Sin embargo, como la competencia y la demanda no cesan de aumentar, los suministradores de servicios están obligados a ofrecer servicios de datos a alta velocidad a un ritmo acelerado y de una manera más agresiva. A este respecto, aparte de su don de ubicuidad, los nuevos sistemas de satélites, son las herramientas ideales para la entrada en nuevos mercados o para competir con los operadores ya establecidos. Este artículo pasa revista a un cierto número de realizaciones multimedia que implantan satélites de Sistemas de Difusión Digital (DBS), nuevas generaciones de satélites y de constelaciones con Gestión Embarcada (OBP) y el sistema LEO de banda ancha SkyBridge.

### **Tendencias en los sistemas de satélites y en los sistemas de acceso de banda ancha**

Los sistemas geoestacionarios pueden compartir las portadoras de Difusión de Vídeo Digital (DVB) entre los servicios de difusión de datos, de multidifusión y de vídeo digital. Sin embargo, la compatibilidad de tales sistemas con las aplicaciones interactivas está algo limitada por la dificultad que existe de sacar partido, económicamente hablando, de los rendimientos del enlace de retorno a nivel de los termi-

nales de usuario. La evolución de la tecnología de los satélites, primeramente con la utilización de haces múltiples en banda Ka, y luego con el tratamiento a bordo, deberá eliminar este hándicap y crear nuevas salidas comerciales, principalmente en el dominio de VSAT.

Los sistemas de satélites en órbita baja (LEO) permiten superar el problema del tiempo de ida-vuelta de 500 ms., prohibitivo para las aplicaciones en tiempo real interactivas llamando a los satélites GEO. Además, éstos ofrecen una mayor capacidad porque utilizan el espectro de frecuencia de una manera óptima. Como se dice más adelante, el sistema SkyBridge es el primer sistema de satélites capaz de ofrecer estas posibilidades en el mercado de sistemas de acceso de banda ancha.

## **■ GEOs, DVB y conexiones a Internet**

### **Las redes en estrella DVB de satélites**

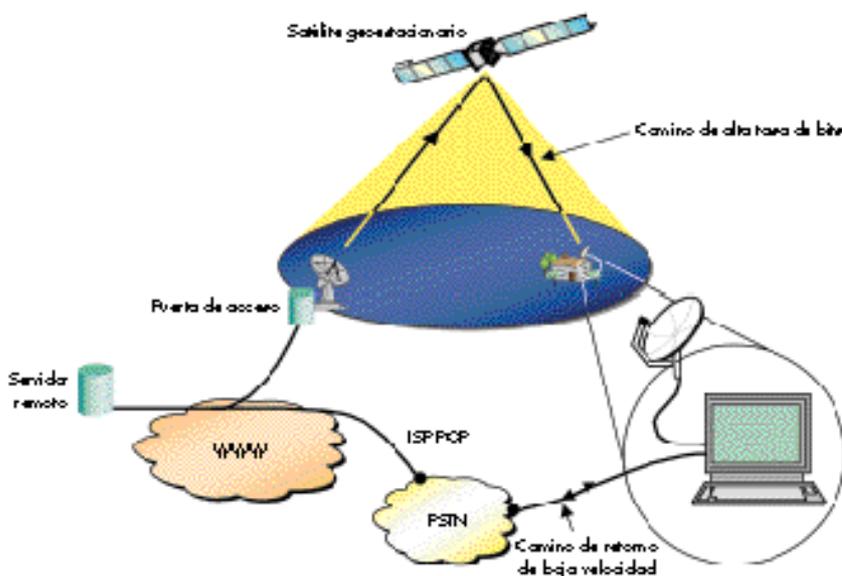
#### **Introducción**

El estándar de Difusión de Vídeo Digital - Satélite (DVB-S) es el más utilizado actualmente por los suministradores de servicios de televisión digital por satélite (ver **Figuras 2 y 3**). A finales de 1997, la especificación DVB - S fue extendida

para permitir el encapsulado de Paquetes de Protocolo Internet (IP) en las tramas DVB con dos portadoras soportando hasta 38,02 Mbit/s sobre transpondedores de 36 MHz. Los paquetes IP pueden de esta forma ser multiplexados con los paquetes de cadenas de televisión en los flujos DVB/MPEG-2 para suministrar ficheros multimedia a los grupos de usuarios preseleccionados (Multidifusión) o a usuarios individuales (Monodifusión), en toda la zona terrestre cubierta por los enlaces descendentes del satélite.

Los usuarios están equipados con pequeñas parábolas que apuntan hacia el satélite DBS. En el terminal, un Convertidor de Bajo Ruido (LNC) transmite la señal de Radio Frecuencia (RF) recibida a una tarjeta de demodulación y de interfaz (equipando, por ejemplo, un PC o una unidad independiente con sus propias interfaces) que, con los derechos de acceso apropiados, selecciona el canal DVB y extrae el flujo IP. Los datos así recuperados pueden ser registrados sobre un disco duro o sobre un servidor de ficheros y/o presentados en la pantalla del PC.

En el caso de aplicaciones interactivas, hace falta que los usuarios puedan enviar sus peticiones a los servidores de contenido remotos. Los usuarios pueden así utilizar un módem de PC de 56 kbit/s para conectarse al punto de presencia de un suministrador de servicios Internet



**Figura 2 – Descarga a gran velocidad a partir de Internet vía satélite.**

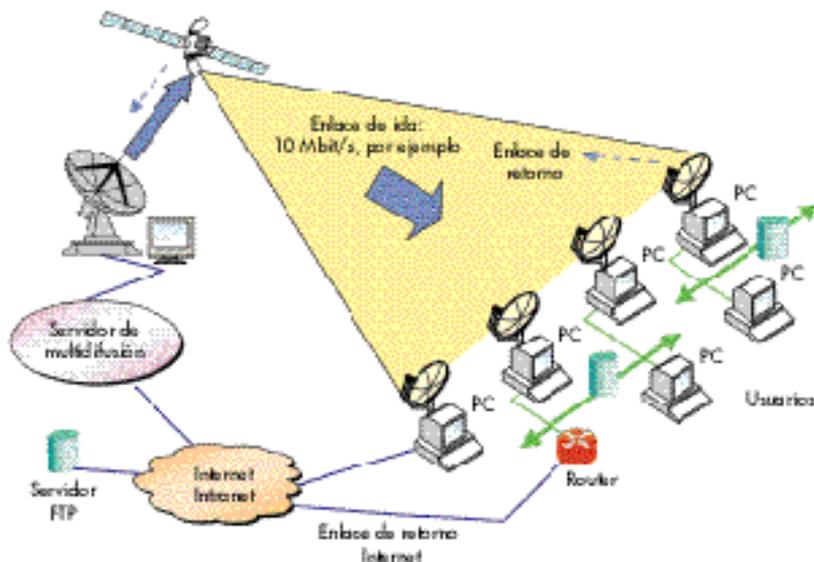


Figura 3 – Difusión de video digital.

(POP ISP) a través de la red terrestre, o un “canal de retorno del satélite” de baja velocidad (por ejemplo 16/64 kbit/s) hasta la puerta de acceso y a sus servidores ocultos. En este último caso, hace falta que los servidores estén equipados con un pequeño emisor. La banda pasante de estos “canales retorno” está reservada sobre el satélite (en la banda Ku o incluso en la banda Ka); la puerta de acceso gestiona este recurso (frecuencia, velocidad, etc.).

### Redes y protocolos

Los sistemas híbridos usan por lo menos un canal DVB - S con los canales retorno terrestres. Al tener estos caminos múltiples características muy diversas, conviene ocultarlos a las aplicaciones. Para esto, un nuevo protocolo de Encaminamiento Unidireccional (UDLR) se ha probado con éxito por el INRIA en cooperación con Alcatel, y su RFC se ha presentado a Internet Engineering Task Force (IETF).

Cuando en la transferencia de ficheros vía un satélite geoestacionario se utilizan protocolos como el Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet (TCP/IP), la velocidad efectiva de los datos está naturalmente afectada por el retardo suplementario de 500 ms impuesto por el protocolo entre “los acusos de recepción”. Varios métodos permiten atenuar este problema: pertenecen a una familia de soluciones propietarias que si-

mulan las respuestas esperadas (es decir, los acusos de recepción TCP) y/o actúan sobre las ventanas TCP para transportar un mayor número de paquetes, incluso datagramas UDP (User Datagram Protocol). Las técnicas de simulación se utilizan desde hace mucho años pero tienen ciertas limitaciones a causa de la transparencia necesaria para los futuros desarrollos (por ejemplo, IPV6/IPSec)

### La gestión a bordo (OBP) y la Banda Ka

#### Introducción

Las posiciones orbitales de los satélites geoestacionarios han llegado a ser un recurso escaso y codiciado. Estando ya saturada la órbita geoestacionaria, una

solución consiste en moverse hacia bandas de frecuencia superiores (de Ku a Ka, y después posteriormente a la banda V). Sin embargo, las pérdidas, principalmente el debilitamiento debido a la lluvia, y el coste de la potencia emitida son netamente más importantes. Para superar estas dificultades y beneficiarse de la evolución tecnológica, se puede pasar de arquitecturas analógicas de “conductor acodado” a satélites que regeneren digitalmente las señales recibidas en lugar de contentarse con filtrarlas y amplificarlas, es decir, un tratamiento a bordo (OBP). La **Figura 4** muestra un procesador de tratamiento a bordo.

Además, con las antenas de ganancia más elevada (Ka con relación a Ku), el satélite puede producir numerosos haces estrechos. Así, a semejanza de los sistemas celulares, es posible utilizar las frecuencias de pequeñas células engendradas por los haces (células de 300/500 km). Consecuentemente, como los sistemas de satélites multihaz podrán crear, sobre los continentes, de 50 a (tal vez) 100 células, la banda pasante aparente del satélite sobre el continente podría multiplicarse por 10 ó por 20.

Las ventajas en términos de balance del enlace y que se derivan de la demodulación de las portadoras a bordo del satélite, la ganancia elevada de los haces estrechos y las posibilidades de conmutación a bordo permiten ahora a pequeños terminales comunicarse directamente entre ellos a velocidades elevadas por intermedio del satélite y de diferentes haces sin necesidad de emplear amplificadores o grandes antenas (con velocida-

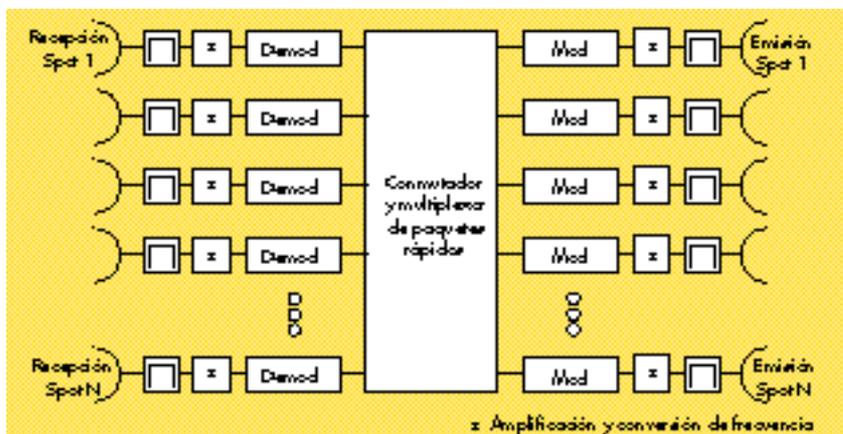


Figura 4 – Esquema de un procesador de tratamiento a bordo.

des del orden de 2 Mbit/s o más, contra 64/128 kbit/s).

Además, un concepto original de reparto de frecuencia entre los sistemas GEO y terrestres permite utilizar una gran parte del espectro Ku y optimar la reutilización de frecuencia gracias a una discriminación geométrica entre los satélites. Obtenemos así una gran capacidad global que puede aumentarse añadiendo satélites a la constelación.

### Arquitectura

Los principales elementos del sistema son:

- *El segmento espacial:* consta del satélite con haces de ganancia elevada y un enrutador de gran velocidad; los equipos de mando terrestres con las estaciones de teledirigida y de mando, que controlan la posición y la configuración del satélite, y el sistema que trata el establecimiento de llamadas y la asignación de recursos.
- *El segmento terrestre:* está constituido por los terminales de usuario (profesionales y residenciales) y pequeñas puertas de acceso conectadas a los ordenadores centrales, a los servidores y a los POP de ISP o a los Suministradores de Servicios de Red (NSP).

Los satélites con OBP están equipados con un conmutador rápido de paquetes (funcionando, por ejemplo, a 10 Gbit/s, 5 Gbit/s a la llegada + 5 Gbit/s a la salida) que puede encaminar los paquetes de un haz a otro, asegurando una conectividad completa entre los terminales en la zona de cobertura del satélite. En cada haz, las portadoras ascendentes independientes son recibidas y demoduladas por el satélite. Los paquetes conteniendo los datos se aíslan, encaminados hacia haces distintos y reagrupados antes de transmitirse hacia tierra sobre portadoras descendentes de alta velocidad (por ejemplo, 155 Mbit/s).

### Red y protocolos

La posibilidad de encaminar los paquetes de un haz a otro y de implantar enlaces directos punto-a-punto y punto-a-multipunto a alta velocidad conduce a redes superpuestas VSAT más simples que pueden ahora soportar aplicaciones

multimedia (**Figura 5**). Los usuarios se comunican directamente y simultáneamente (en una sola conexión) con los servidores de contenido de los ordenadores centrales, las pequeñas estaciones de conexión pueden estar repartidas sobre toda la zona de cobertura del satélite. Este sistema superpuesto puede utilizarse eficazmente por las empresas con establecimientos diseminados en vastas zonas, así como por los suministradores de servicios para enlazar los usuarios, los servidores y los POP, comunicándose a gran velocidad con sus micro-estaciones terrestres.

Desde el punto de vista de la red, el modo de transferencia asíncrono (ATM) es la elección obligada para conmutar y multiplexar un tráfico heterogéneo y suministrar distintas calidades de servicio (QoS) a nivel del satélite. El sistema que trata la asignación de la banda pasante en los distintos haces puede establecer, bajo demanda, entre los terminales, circuitos virtuales permanentes o conmutados con una calidad de servicio negociada.

Cuando un usuario residencial conecta su PC a un POP ISP equipado con un terminal de satélite, este terminal y los enrutadores que se le asocian sirven de puerta de acceso a Internet. La conexión entre el usuario y el ISP puede utilizar uno o varios protocolos IP sobre punto-a-punto (IP/PPP) encapsulados en las conexiones ATM conmutadas utilizando el satélite. El PPP puede termi-

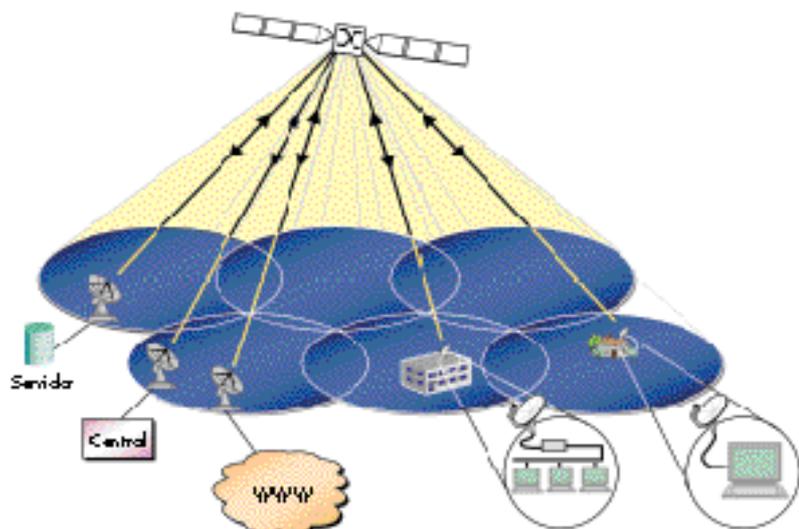
narse en el POP, en cualquier caso las conexiones a los servidores de la web pueden utilizar el IP a partir de este punto. Ocurre lo mismo para los intercambios WAN entre enrutadores remotos de empresa con conexiones virtuales permanentes o conmutadas entre los terminales. En las numerosas intranets, las conexiones a la salida de la pequeña puerta de acceso deben ser encapsuladas en los túneles del protocolo de túnel de capa 2 (L2TP) hasta el suministrador de servicios de red.

Desde un punto de vista puramente de protocolo, la órbita geoestacionaria introduce un retardo de ida y vuelta de 500 ms entre los terminales. Técnicas de simulación deben activarse entre los terminales y los servidores cuando hace falta reducir al mínimo el retardo en la transferencia de ficheros.

## ■ Constelaciones

### GEO de banda ancha

Con varios satélites geoestacionarios cuyas zonas de cobertura se complementan y se solapan (ver **Figura 6**) se puede desplegar un servicio mundial ofreciendo las funciones de la red superpuesta mundial o regional. Alcatel Space Industries trabaja activamente en el desarrollo de tales constelaciones, constituidas por lo general por 4 a 8 satélites. Con 4 satélites



**Figura 5 – Red superpuesta VSAT de alta velocidad basada en un satélite equipado con un módulo de tratamiento a bordo multihaz.**

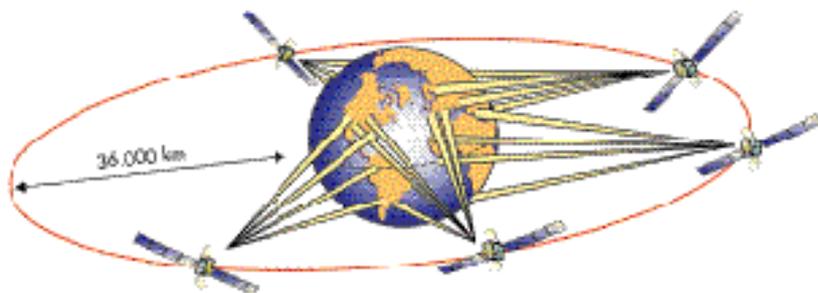


Figura 6 – Constelación de satélites geostacionarios.

de tales sistemas se puede suministrar un tráfico extremo-a-extremo de 30 Gbit/s (capacidad de encaminamiento de 60 Gbit/s).

El lanzamiento de los satélites se puede efectuar progresivamente, región por región, comenzando por los mercados más “calientes” añadiendo satélites por encima de una región (eventualmente co-situados si la banda pasante lo permite) en el caso de que el aumento del tráfico condujera a la saturación del primer satélite.

Según la reducción de costes, este sistema puede utilizar bien enlaces ópticos entre los satélites para evitar pura y simplemente la infraestructura terrestre o bien micro - estaciones de conexión para enlazar los terminales a los servidores distantes a través de la infraestructura terrestre de alta velocidad.

### LEO de banda ancha (SkyBridge): Arquitectura del sistema y principales servicios

#### Introducción

Independientemente de su dimensión mundial, el sistema SkyBridge es un sistema de acceso local de banda ancha con tiempos de transmisión de ida y vuelta cortos enlazando los terminales de usuario a los servidores de banda ancha sobre la infraestructura base de alta velocidad (Figura 7). Antes de todo, se basa en un principio muy estimado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT): el encaminamiento del tráfico local en el país en donde se genera.

Las conexiones se establecen por medio de puertas de acceso regionales y los satélites gravitan a una altitud de 1.469 km. Como la distancia que les separa de la constelación es corta, los terminales

pueden intercambiar datos a velocidades muy altas (nx2 Mbit/s en emisión y nx20 Mbit/s en recepción) todo esto utilizando unos emisores poco costosos (aparte de que el sistema SkyBridge usa la banda Ku). Además, como el tiempo de transmisión es corto (30 ms), la asignación de los canales, los protocolos y las aplicaciones en tiempo real no se ven afectados por la unión vía satélite, salvo en el caso de una comunicación terrestre a gran distancia. Esto abre el mercado a las aplicaciones interactivas como la telefonía y la videofonía, el trabajo cooperativo o el comercio electrónico (pulsar, hablar y ver), etc.

#### Arquitectura

El sistema SkyBridge está compuesto de dos segmentos principales para el acceso a la estructura de red de banda ancha (ver Figura 8):

- *El segmento espacial:* consta de la constelación de satélites, el centro de control de la explotación de los satélites (SCC) y su duplicado por razones de seguridad, las estaciones de tele-

medida y de mando, un centro de misión duplicado por seguridad.

- *El segmento de telecomunicación* engloba las puertas de acceso y los terminales de usuario SkyBridge que enlazan a los usuarios con la infraestructura de banda ancha a través de las puertas de acceso, las cuales enlazan a los usuarios con los servidores remotos.

Los terminales de usuario llevan un sistema de antena que sigue a los satélites y comunica con una puerta de acceso a través de la constelación. Los terminales están equipados con interfaces sencillas que permiten su conexión a los equipos multimedia del usuario (PC, teléfono IP, redes de área local, servidores, PBX IP, etc.).

Cada satélite de la constelación puede producir un grupo de finos y pequeños haces que iluminan una célula fija de 700 km de diámetro. En todo momento una célula está asociada a al menos un repetidor transparente, cuya función está limitada al filtrado, a la amplificación, a la conversión de frecuencia y eventualmente a la interconexión de las antenas. Cada señal recibida de una celda se retransmite bien a la misma celda o bien a una celda vecina.

Un terminal está conectado a una única puerta de acceso situada en una de las celdas iluminadas por los satélites que están a la vista. Esta puerta de acceso establece dinámicamente las conexiones virtuales requeridas por las aplicaciones del usuario. Tanto los servidores locales o remotos (intranet o extranet) pueden unirse a través de la infraestructura troncal a la que está conectada la puerta de acceso (por ejemplo, vía interfaces de OC12 a OC48).

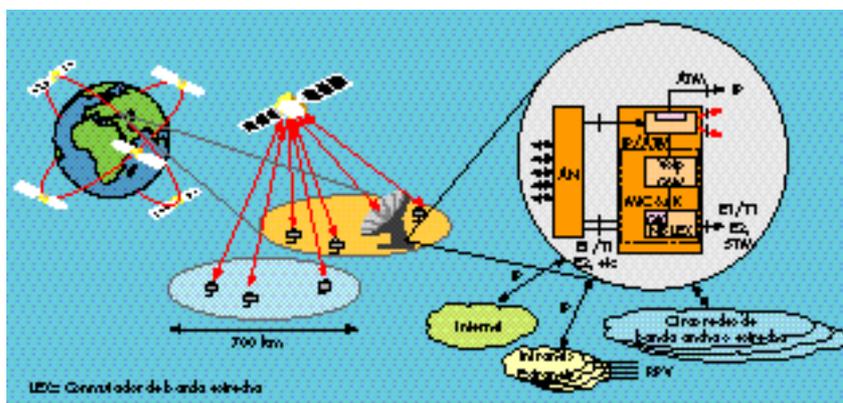


Figura 7 – Principales elementos del sistema SkyBridge.

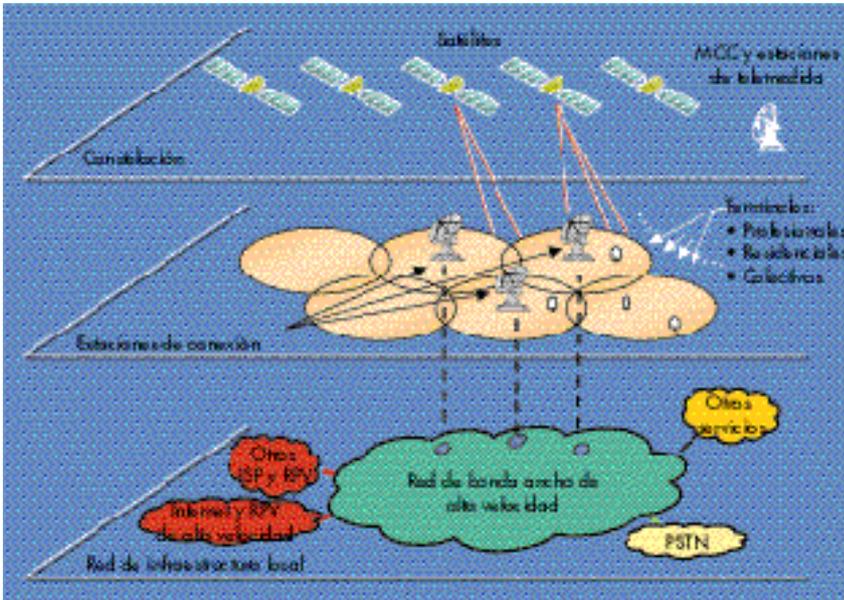


Figura 8 – Arquitectura sencilla de acceso de banda ancha.

Mientras que el tiempo que emplea la señal para alcanzar una órbita geoestacionaria retarda el ajuste de la capacidad requerida para adaptarse al tráfico a ráfagas - la característica crítica de las aplicaciones multimedia en tiempo real - los sistemas LEO funcionan de una manera más eficaz. Primeramente, no hay un retardo importante para la reasignación de la capacidad a la reserva de recursos, una vez que una conexión está liberada. Segundo, los pequeños retardos de propagación permiten asignar la capacidad casi “al vuelo” cuando las ráfagas de datos aparecen sobre las interfaces.

### Acceso: IP a alta velocidad, red y protocolos

Los equipos de usuario enlazados a un terminal de usuario SkyBridge pueden incluir enrutadores de datos normalizados y/o PCs, así como, incluso, equipos de teléfonos y videotelefonos, tales como, teléfonos IP o PBX IP, ya que el pequeño retardo no afecta a la calidad de servicio.

Al mismo tiempo con un retardo de ida y vuelta equivalente a los de una comunicación terrestre de larga distancia, se pueden utilizar los protocolos normales de transmisión entre los servidores y/o los usuarios. No hay necesidad de utilizar técnicas de simulación propietarias.

Los terminales (de usuario profesional por ejemplo) pueden conectarse a inter-

faces Ethernet y/o ATM para transportar el tráfico IP. Los usuarios pueden acceder a sus ISPs o NSPs por medio de conexiones virtuales permanentes o conmutadas. El tráfico IP se encuentra encapsulado en el PPP entre el/los terminales de usuario/usuarios y el nodo de acceso remoto de banda ancha (BBRAN), o las conexiones PPP están bien terminadas (función del Servidor de Acceso de Banda Ancha) y encaminadas utilizando el protocolo IP, o bien agregadas sobre “enlaces virtuales” L2TP hacia un ISP o un NSP específico.

En las aplicaciones profesionales, los enrutadores locales pueden utilizar las in-

terfaces ATM que permiten establecer conexiones ATM de extremo-a-extremo entre el enrutador local y el BBRAN, o incluso directamente entre los enrutadores de los extremos (por ejemplo, los enrutadores 1 y 2 en la Figura 9). Estas conexiones virtuales pueden ser permanentes (el beneficio es el de la QoS asociada) o conmutadas, en el caso en que los parámetros de tráfico de la conexión puedan variar de una sesión a otra. El soporte de la QoS presupone que todos los enrutadores intermedios utilizan las funciones “TOS” o “Diff-Serv” del protocolo Internet y que son, por tanto, “conocedores de la QoS”.

Por ejemplo el sistema SkyBridge soporta la Voz sobre IP (VoIP), conocido también como “telefonía Internet” (ver Figura 10). Los teléfonos IP sobre terminales pueden conectarse a la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN/RTPC) a través del BBRAN y de una puerta de acceso VoIP, que convierte la voz comprimida y la señalización en código PCM estándar o en señalización CCS o SS7 respectivamente. Hay que hacer notar, que si el usuario lo decide así, el BBRAN puede encaminar la llamada hacia una intranet (PBX/IP remoto) equipado con enrutadores “conocedores de la QoS”.

### Conclusión y consideraciones económicas

La tecnología de los satélites ofrece una amplia variedad de soluciones para la transmisión multimedia, principalmen-

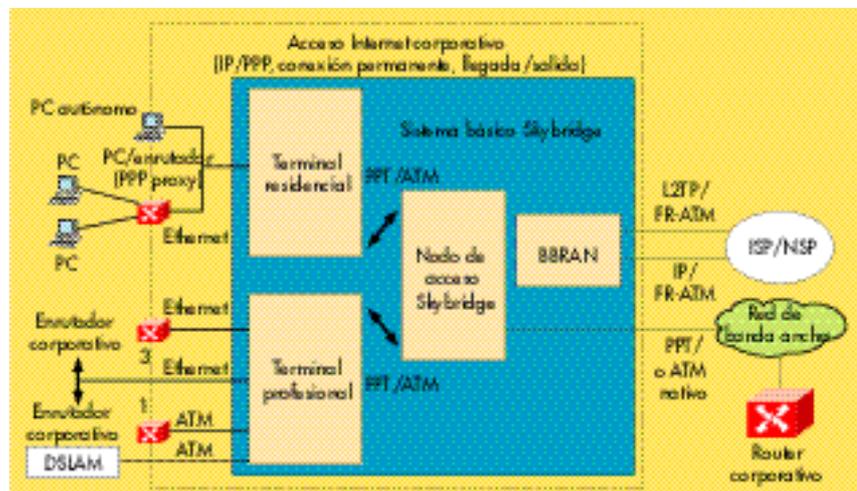


Figura 9 – Internet y acceso corporativo utilizando el sistema SkyBridge.

<b>Rendimientos</b>	<b>Satélite DBS</b>	<b>DBS + retorno satélite</b>	<b>Satélite GEO OBP</b>	<b>SkyBridge</b>
Velocidad máxima en dirección de los terminales	>38 Mbit/s (en el flujo DVB)	>38 Mbit/s (en el flujo DVB)	>100 Mbit/s	N x 20 Mbit/s
Velocidad a partir de los terminales	Módem terrestre: 33/56 kbit/s	Típicamente 16/64 kbit/s (hasta 384 kbit/s con el producto Alcatel 9780)	Típicamente 2 Mbit/s hasta 155 Mbit/s para las puertas de acceso de gran capacidad	N x 2 Mbit/s
Tiempos de transmisión (retardo)	Ida y vuelta 500 ms.	Ida y vuelta 500 ms.	Ida y vuelta 500 ms.	Ida y vuelta 30 ms.
Terminales	DVB + tarjeta de datos sobre PC + Módem PC Opcional o caja de adaptación Específica	DVB + módulo exterior emitiendo a 3/10 kbit/s + tarjeta de datos sobre PC + módem PC Opcional o caja de adaptación específica	Pequeños terminales en banda Ka	Pequeños terminales en banda Ku
Cobertura	Regional	Regional	Regional y mundial, si constelación mundial	Mundial
<b>Red de acceso o superpuesta y aplicaciones</b>			<b>Esencialmente superpuesta</b>	<b>Acceso</b>
Difusión y/o multidifusión	<b>+++</b>	<b>+++</b>	<b>++</b>	<b>+</b>
Navegación sobre la web	+ Grandes ficheros; necesidad de un Enlace de retorno Terrestre	++ Grandes ficheros; sin utilización de enlaces terrestres	<b>+++</b>	<b>+++</b>
Comercio electrónico	+ Necesita un Enlace de retorno Terrestre; costosa utilización del satélite	+	<b>++</b>	<b>+++</b> Permite las interacciones en tiempo real, respuesta rápida, posibilidad de funciones "pulsar, hablar y ver"
Transferencia de ficheros	+ Necesidad de un enlace de retorno Terrestre; válido para grandes ficheros, preferentemente en el marco de una sesión de multidifusión	++ preferentemente en el marco de una sesión de multidifusión	<b>+++I</b> Protocolos normales; simulaciones necesarias. La asignación temporal de recursos es necesaria	<b>+++</b> Sin impacto sobre los protocolos normales; gran eficacia de transmisión para los canales del satélite
Telefonía y/o vídeo interactivo	NO APLICABLE		- Retardo satélite 250 ms. en tiempo ida-vuelta de 500 ms.	<b>+++</b> Tiempo de ida vuelta de solamente 30 ms.
Trabajo cooperativo	Multidifusión solamente, necesita de otros medios para comunicar eficazmente		++ Retardo de transferencia Asignación semi- dinámica de canal predeterminado (no al vuelo o al nivel de la ráfaga); eficacia MAC reducida por el tiempo de propagación	<b>+++</b> Tiempo real, vídeo, transferencia de ficheros y comunicaciones individuales. Asignación dinámica de los canales a nivel de ráfaga, compatible con un tráfico de banda ancha, muy esporádico
Red VSAT	NO APLICABLE		<b>+++</b> Conexión superpuesta directa entre los terminales y microestaciones sobre extensos territorios	++ Complemento de WAN con la ayuda de una solución de acceso de banda ancha

Tabla 1 – Principales características de los diferentes sistemas de satélites.

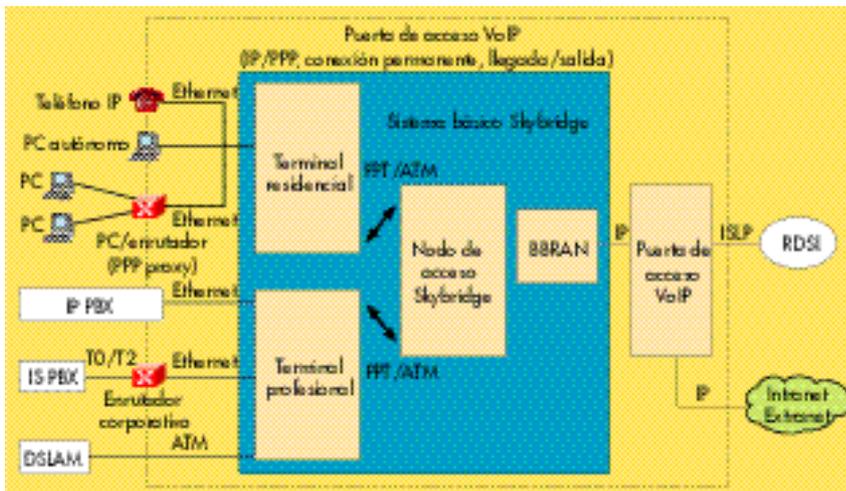


Figura 10 – Puerta de acceso VoIP utilizada con el sistema SkyBridge.

te la televisión digital, la multidifusión de datos hacia las redes VSAT superpuestas y con gran capacidad y los sistemas de acceso de banda ancha y corto tiempo de transmisión. La **Tabla 1** resume las principales características de tales sistemas.

Los sistemas que utilizan los satélites DBS para mezclar la difusión o la multidifusión (multicast) IP con otros servicios pueden ser desplegados con una inversión inicial mínima. Aunque relativamente caro para las aplicaciones de monodifusión (unicast), el coste de la multidifusión puede ser muy competitivo.

En lo concerniente a los satélites que utilizan haces múltiples y técnicas de tratamiento a bordo (OBP), los costes de desarrollo y de despliegue encima de una región son más importantes. De todas formas, tales sistemas podrán ofrecer conexiones de banda ancha extremo a extremo entre terminales muy pequeños, que son muy apropiados para las redes superpuestas pudiendo ignorar la infraestructura regional. Además, el despliegue progresivo de satélites en los “slots orbitales” adecuados permitirá a tales sistemas ofrecer servicios de datos a escala mundial.

Como hace falta una constelación como mínimo (por ejemplo 40 satélites) para lanzar el servicio, la inversión inicial en un sistema LEO puede parecer importante. De todas formas una vez totalmente desplegada (80 satélites), una constelación como ésta puede ofrecer una capacidad 10 ó 20 veces superior a aquella de otros sistemas. Su tiempo de transmisión intrínsecamente corto y su coste por Mbyte muy competitivo permitirán el despliegue de las aplicaciones y de los servicios interactivos de alta velocidad en zonas muy extensas, utilizando terminales económicos, completando de esta forma a otros sistemas de acceso de banda ancha.

**J. Couet** es vicepresidente de Productos y Servicios, de SkyBridge LP en Nanterre, Francia.

**D. Maugars** es vicepresidente de Multimedia de Alcatel Space Industries en Nanterre, Francia

**D. Rouflet** es vicepresidente de Ingeniería de SkyBridge LP en Nanterre, Francia.

# LA GESTIÓN DEL DESARROLLO DE LOS GRANDES SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES



P. FOURNIE

Desde la especificación de requerimientos hasta la homologación técnica y operacional, Alcatel, en estrecha colaboración con sus clientes, concibe la arquitectura óptima de un sistema y garantiza su desarrollo.

## ■ Introducción

La rápida expansión de los servicios de telecomunicaciones, la complejidad creciente de los sistemas en juego y la rapidez con que evolucionan, está llevando a los operadores a confiar cada vez más en los suministradores la gestión de las técnicas avanzadas que requieren estos sistemas.

Alcatel tiene la competencia y la experiencia necesarias para responder a las expectativas de los operadores y para garantizar las responsabilidades de gestión de los grandes sistemas entregados llave en mano. Para jugar su papel de gestor en el desarrollo de los sistemas espaciales, en los cuales el satélite es el medio de transporte privilegiado que garantiza un servicio extremo-a-extremo, Alcatel Space, un especialista en tecnología espacial, tiene garantizado el apoyo de sus dos accionistas, los Grupos Alcatel y Thomson CSF, y la colaboración de sus respectivas divisiones.

Esta es una nueva actividad que ha conducido a Alcatel a conservar y a consolidar sus actividades de base como fabricante de equipos, a jugar un papel global de arquitecto, ensamblador e integrador de un gran rango de productos embarcados y terrestres, a aceptar los desafíos industriales de los grandes proyectos como las constelaciones, y finalmente, a implicarse en la explotación de los servicios, la ingeniería financiera de los proyectos, etc., y todo ello en un entorno comercial muy competitivo.

## ■ Definición y contenido tipo de un sistema espacial de telecomunicaciones

Por sistema espacial de telecomunicaciones se entiende típicamente el conjunto compuesto por un segmento espacial y la componente del usuario terrestre (UGC) constituida, en sí misma, por estaciones de conexión, terminales de usuario y un segmento de misión, que le permiten asegurar los servicios de telecomunicaciones, respetando estrictamente un cierto número de exigencias de rendimientos y disponibilidades operacionales durante un tiempo de vida mínimo garantizado.

### *El segmento espacial*

Se compone en general de varios satélites fijos con respecto a la tierra, llamados geoestacionarios (a 36.000 km. de altitud), o en órbita (típicamente de 500 km. a 20.000 km.). Algunos sistemas utilizan una constelación de satélites idénticos situados en diferentes planos de órbita, si bien a la misma altitud: sus movimientos son sincronizados y siguen idénticas trayectorias relativas a la Tierra, que repiten al cabo de pocos días.

Este segmento comprende igualmente una parte terrestre de control constituida por un centro de control y por estaciones de localización, tele-vigilancia, y tele-comando, que permiten el mantenimiento de los satélites en estado de funcionamiento las 24 horas del día, de una manera totalmente transparente para el usuario.

Los satélites se colocan en órbita individualmente o por grupos, gracias a un servicio de lanzamiento y actividades de puesta en órbita.

Ellos se encuentran en una posición ideal con relación a la Tierra para cubrir instantáneamente y en todos los puntos, zonas geográficas desde varias centenas a varios miles de kilómetros, y constituyen el medio de transmisión privilegiado y competitivo para independizarse de la noción de distancia asociada a todos los tipos de servicios de difusión e interactivos.

### *Puertas de acceso*

Aseguran las siguientes funciones fundamentales:

- la transmisión desde y hacia los satélites, gracias a un subsistema RF de banda base;
- el acceso de los usuarios a las redes de comunicaciones de banda estrecha (teléfono) o a las de banda ancha (autopistas de información), con interfaces estándares y una gestión optimada de los recursos de los satélites
- el encaminamiento y la conmutación del tráfico

Según el tipo de cobertura de los satélites, las estaciones de conexión pueden proporcionar un acceso a todos los usuarios de una celda (por ejemplo, en el sistema Skybridge, todos los usuarios de una celda, de 700 km. de diámetro acceden a la red terrestre y viceversa por intermedio de una puerta de acceso central después

de la transmisión a través de un satélite en órbita), o un acceso mono direccional, pero más global (varias coberturas, por ejemplo, en el caso de WorldSpace).

### Terminales de los usuarios

Son de diferentes tipos dependiendo de sus aplicaciones:

- individuales;
- colectivos, para edificios de oficinas y viviendas;
- profesionales, que ofrecen una capacidad mayor para las empresas.

Están compuestos, en general, de dos partes:

- un módulo exterior con la antena, los componentes RF, los módems y una unidad de control
- un módulo interior dedicado a las funciones de tratamiento, de interfaz y de adaptación a los terminales de los usuarios (ordenador personal, unidad de adaptación televisora, WebTouch u ordenador de red, PABX, etc.).

Las posiciones de los satélites están pre-determinadas y preprogramadas, lo que simplifica el diseño de las antenas de los terminales de los usuarios.

### Segmento de misión

Tiene como función principal asegurar una asignación permanente y óptima del tráfico a través de los satélites, las estaciones de acceso y los terminales de los usuarios. Con esta finalidad se apoya sobre:

- los sistemas de supervisión permanente del tráfico,
- las redes de intercomunicación,
- los centros de proyecto que permiten el reparto instantáneo del tráfico en el seno del sistema en función de la demanda y de posibles averías,
- los centros de negocio centrales, regionales o desviados junto a los suministradores de servicios permiten la venta y alquiler de las capacidades de los satélites.

Dos ejemplos de la arquitectura general de un sistema espacial de telecomunicación

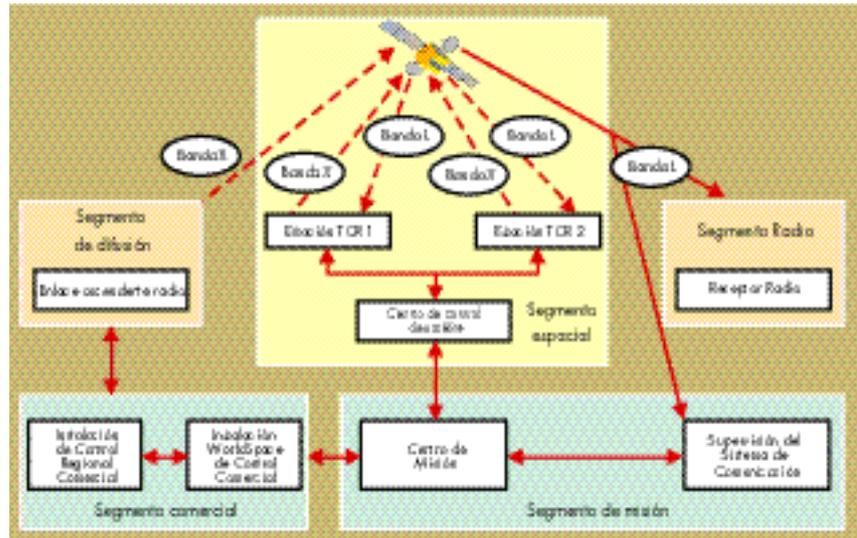


Figura 1 – Arquitectura del sistema WorldStar.

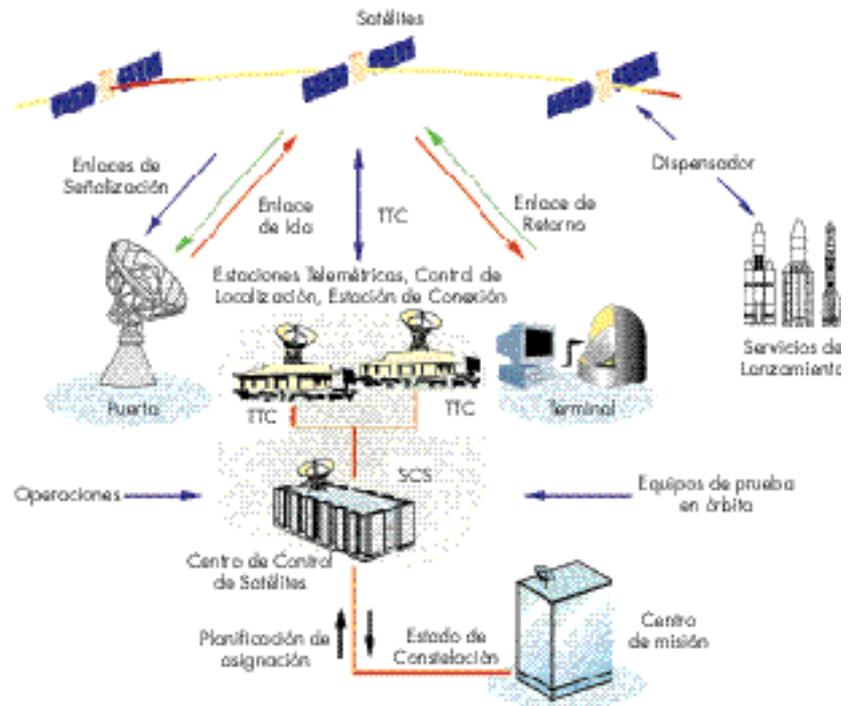
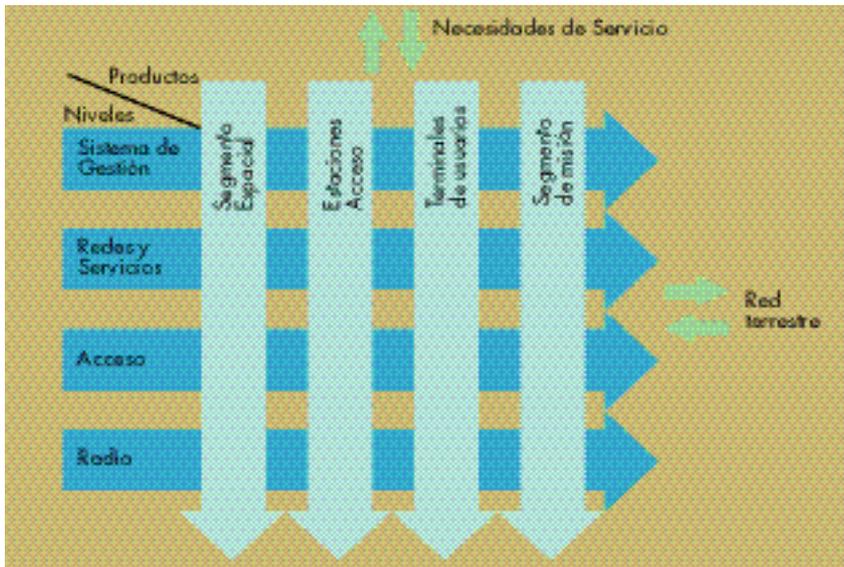


Figura 2 – Arquitectura del sistema SkyBridge.

ción bajo la gestión de su desarrollo por Alcatel están representados aquí. Se trata respectivamente de:

- WorldStar que utiliza satélites geoestacionarios (ver **Figura 1**). Éste es el primer sistema mundial de radiodifusión de sonido digital por satélite

- Skybridge, con una constelación de satélites en órbita baja (ver **Figura 2**), un sistema mundial de acceso multimedia y una red de acceso local a alta velocidad, que permiten a los operadores y a los suministradores de servicios ofrecer un amplio rango de aplicaciones multimedia interactivas.



**Figura 3 – Esquema tipo de un sistema completo de telecomunicaciones.**  
(Nota: las flechas verdes traducen la interfaz en doble sentido entre el sistema (matriz) y el entorno (los servicios y la red que evolucionan).

### ■ Principales tareas y funciones de un gestor de desarrollo

La gestión de un sistema de telecomunicaciones espacial (ver **Figuras 1 y 2**) viene a asegurar a lo largo de todo el desarrollo, principalmente sobre el aspecto de la ingeniería del sistema, la coherencia técnica de un conjunto de funciones y productos.

- *Productos*: segmento espacial, estaciones de conexión, terminales, proyecto.
- *Funciones (de acuerdo con la clasificación ISO)*: supervisión, radio, acceso, red y servicios.

Al mismo tiempo hay que respetar en todo momento la evolución en las exigencias de los clientes y del entorno terrestre, a menudo muy evolutivo. La **Figura 3** proporciona el esquema tipo de un sistema completo de telecomunicaciones.

Esta maestría pasa por el respeto a un cierto número de reglas básicas aplicables a la gestión general del programa y a los nodos de funcionamiento detallados más adelante.

### Un trabajo superior al del arquitecto industrial

Este trabajo, en estrecha colaboración con el cliente, permite converger de forma

interactiva la expresión de las necesidades y las soluciones técnicas. Se procede a un análisis detallado de las necesidades en materia de proyectos y servicios y después a su traducción en una arquitectura óptima consolidada progresivamente, que da lugar a una documentación de referencia de especificaciones del sistema y de los segmentos con los informes asociados de definición y justificación. De esta forma se pueden tratar:

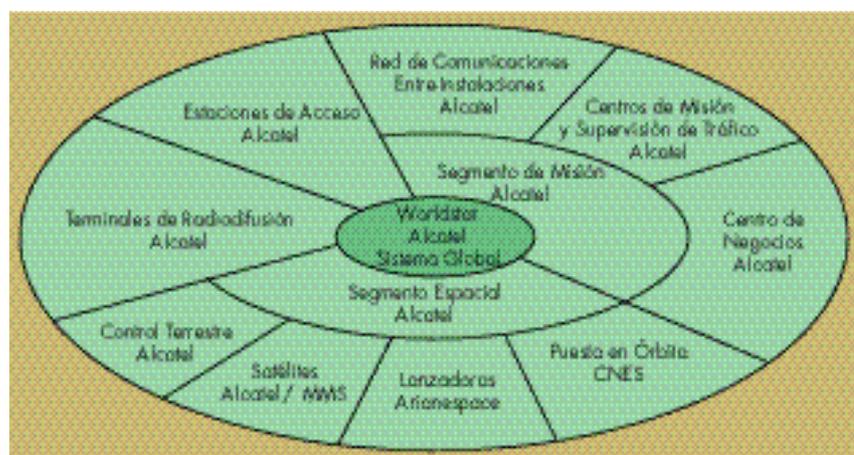
- los rendimientos de capacidad directamente relacionados con la rentabilidad
- la elección de los protocolos y normas de transmisión

- el plan de frecuencias
- la geometría de las eventuales constelaciones (LEO, MEO, etc.)
- la categoría de los satélites y sus parámetros fundamentales (capacidad de carga, etc.)
- el modo de control de sus estados instantáneos
- la gestión de los planes de asignación del tráfico
- el reparto de las exigencias en especificaciones de requisitos por segmentos
- las interfaces entre los segmentos y las externas hacia la redes terrestres
- consideración de las exigencias de operación, explotación, mantenimiento y de la retirada del sistema (desorbitación, etc.)

Esto se completa con el establecimiento de las planificaciones del desarrollo y del Ensamblaje Integración y Validación (AIV) del sistema en relación con las de los segmentos. El conjunto permite elaborar los contratos de realización en etapas C/D (es decir, del desarrollo y de producción respectivamente) y comprometerse en una realización llave en mano a partir de un conjunto de prestaciones verificables, pero también sobre unos plazos de entrega y un precio cerrado y definitivo.

### Creación de un consorcio industrial sólido

Este consorcio, creado sobre la base de un proceso estricto de selección, ofrece a la vez soluciones técnicas probadas y



**Figura 4 – Organización industrial del sistema WorldStar.**

competitivas. Los principales criterios tomados en cuenta son:

- La madurez y el grado de calidad de los productos y de las tecnologías,
- El historial y la credibilidad de las compañías,
- El cumplimiento técnico y la planificación,
- Los precios y las condiciones contractuales y financieras asociadas (reparto de riesgos, facilidades de pago y eventual financiación e inversión),
- Las obligaciones políticas o administrativas (licencias de exportación, etc.)
- El recurrir a los productos en el estado del arte de los grupos Alcatel y Thomson.

La **Figura 4** proporciona un ejemplo típico de organización industrial correspondiente al sistema WorldSpace (WorldStar) de radiodifusión digital por satélites, cuya responsabilidad ha sido confiada a Alcatel Space. El desarrollo y el despliegue operacional de la primera región África/Medio Oriente ha finalizado. El despliegue en otras regiones está en curso.

### **Creación de una dirección de programa integrada**

Esta dirección tiene como objetivos:

- Interfaz general con el cliente,
- La activación y coordinación permanentes del Consorcio Industrial (reuniones de seguimiento generales, revisiones de las definiciones, “reuniones” industriales, etc.),
- El desarrollo o aprovisionamiento de productos complejos que cubran una amplia gama de actividades, su integración técnica y el calendario para producir un sistema completo coherente y que satisfaga las necesidades del usuario,
- El despliegue en campo y la puesta en servicio operativo.

Esta Dirección de Programa integrada (PMO, Program Management Office) se apoya en un núcleo de ingenieros que combinan la capacidad de gestión con su experiencia técnica. A título de ejemplo, en el programa Worldspace, aproximadamente cincuenta personas

han coordinado directa o indirectamente una actividad industrial, que en su momento más álgido, representaba un equivalente de seiscientos cincuenta personas con dedicación total, sin contar promotores y aseguradores. En Sky-Bridge, exclusivamente para la parte del segmento espacial constituida por 80 satélites, de ochenta a cien personas deben coordinar una actividad industrial que pasa por un pico del orden de 4.000 personas a escala del conjunto del consorcio industrial, aparte de los promotores y aseguradores.

Esta coordinación debe realizarse en un contexto de múltiples actividades. Las actividades de los distintos polos deben ser coordinadas en el seno de equipos pluridisciplinarios con actividades diferentes lo que implica distintos idiomas, culturas y métodos. Citamos más adelante los dominios afectados.

### **Las telecomunicaciones**

- coordinación de frecuencias,
- estándares de servicios usuarios,
- técnicas de acceso de satélites,
- transmisión (banda base y radio),
- red terrestre de telecomunicaciones y gestión asociada y, de forma más general, las técnicas que permiten la maestría de las bases y productos del sistema y de sus interfaces con el entorno.

### **Los sistemas terrestres**

En ellos es un componente fundamental el “software en tiempo real”, como los sistemas de acceso o los centros de proyecto, de control y de operaciones

### **Técnicas aeroespaciales**

Se utilizan en los siguientes dominios:

- estructura, electricidad, generación de potencia, propulsión, control de la altitud, aviónica y gestión a bordo y, en general, todo aquello que concurre en la realización de una *plataforma* de satélites y en su integración con una *carga útil* de telecomunicaciones,
- lanzaderas, puesta en órbita, etc.

### **Electrónica espacial**

Consta de las cargas útiles de telecomunicaciones y los subsistemas de localización, telecomando y telemetría.

### **Electrónica pública**

Se adapta a los diferentes terminales de los usuarios y depende del servicio final, por ejemplo, la multimedia, la radiodifusión digital, etc.

### **Integración y validación del sistema**

Necesitan hacer uso de:

- *plataformas de pruebas* que reagrupa los bancos de prueba para la verificación progresiva del software de las capas en las versiones sucesivas de los productos
- *simuladores*

### **El funcionamiento del sistema**

Reagrupa:

- Todos los procedimientos que permiten mantener en estado de funcionamiento a todos los componentes y para hacer frente, con soluciones de recuperación, a los modos de funcionamiento degradados.
- La formación del personal operador

El conflicto habitual de las fases de definición y del desarrollo de los productos, bajo la presión del calendario a respetar, obliga a una práctica permanente de *ingeniería simultánea*.

El mantenimiento de una *dinámica de grupo* jugando con la motivación y las cualidades individuales, la rapidez de reacción frente a los problemas cotidianos por el reagrupamiento geográfico, y una red de comunicación eficaz, así como reuniones de información cotidianas, son factores importantes para el éxito.

### **Seguridad del producto**

Se toman todas las medidas para tener en cuenta las obligaciones tales como el entorno hostil del espacio (radiación, vacío, ciclos térmicos, vibraciones de la lanzadora), las exigencias de compactidad y ligereza, a menudo antónimas de las obligaciones precedentes, o la falta de mantenimiento en órbita para una misión espacial operacional, de 15 años por ejemplo ( $\geq 100.000$  horas). Las medidas y tecnologías empleadas prueban la especificidad del dominio espacial:

- la prevención en el diseño: arquitectura tolerante a las averías;
- modelos de desarrollo en función del grado de recurrencia;
- análisis del empuje (por ejemplo, seguridad de funcionamiento, etc.);
- simulaciones de empujes (por ejemplo, deformaciones termoelásticas, etc.);
- tecnologías especiales (componentes endurecidos, blindajes, fibras de carbono, etc.);
- homologación de los componentes, materiales, métodos, certificación del personal.

La Calidad del Sistema está asegurada por la gestión y el control de los procesos. La experiencia adquirida por Alcatel sobre la conducta de los sistemas espaciales de telecomunicaciones se traduce en la aplicación de prácticas y de procesos en la ingeniería de sistemas y en la gestión de los proyectos. Definidos y reproducibles, su aplicación sistemática y rigurosa, notablemente por la formación, condiciona el éxito de un programa reduciendo los riesgos de improvisación, principalmente en las fases de comienzo en el momento de la organización del conjunto del proyecto.

Una atención totalmente especial se lleva con los dominios de los procesos fundamentales siguientes:

- la comprensión de las necesidades del cliente y su traducción en un conjunto de requisitos verificables;
- el seguimiento contractual por la gestión de las referencias de gestión y de intercambios en ambos sentidos hacia arriba y hacia abajo;
- el análisis de los requisitos del sistema y su explosión en requisitos detallados por función y producto, así como su seguimiento;
- la planificación y el desglose de las actividades;
- el seguimiento de los avances del proyecto;
- la gestión de configuración y de las evoluciones;
- el control de los suministradores;
- el seguro de la calidad;
- el desarrollo de la arquitectura funcional y física del sistema y de sus interfaces;

- la integración de las disciplinas y las competencias;
- la reducción de riesgos.

### Una metodología rigurosa

La complejidad de los sistemas y el tratamiento exhaustivo de los requisitos de toda naturaleza necesitan una metodología rigurosa durante todo el desarrollo. Con este fin, establecemos planes que cubran todas las fases del programa (definición, desarrollo, producción) y que respondan a los requisitos relacionadas con los programas, tanto si son técnicos como financieros; la **Figura 5** nos proporciona una ilustración.

Igualmente, un enfoque estableciendo los lazos entre una estructura de árbol para los productos y los organigramas de tareas, permite optimar la asignación de actividades en el seno del consorcio industrial y de mantener una coherencia de conjunto frente a los compromisos contractuales. Ver el resumen en la **Figura 6**.

Una estructura arborescente, o de árbol, de los productos, debe establecerse desde el comienzo del proyecto (entendiendo por *producto* una parte específica del sistema, sea ésta material, software o una prestación de ser-

vicios). A nivel de la Dirección del Programa integrado (PMO) una referencia de productos, al que se adjunta un conjunto de documentos, se mantiene permanentemente. Un proyecto como WorldStar, por ejemplo, comporta 35.000 referencias individuales. SkyBridge globalmente tiene aproximadamente 700.000.

El organigrama de tareas (WBS por Work Breakdown Structure) y la definición de lotes de trabajo (WPD, Work Package Definition) se apoyan en esta estructura y la completan para la definición y el seguimiento de especificaciones técnicas, la asignación óptima de los recursos humanos y financieros, el seguimiento continuo de los planes y de sus enlaces.

Un seguimiento sistemático de los controles del desarrollo permite a la vez una verificación progresiva del avance técnico y con respecto al calendario así como la identificación rápida de las dificultades imprevistas las cuales se remedian con la inmediata puesta en marcha de un plan de acciones y de reducción de riesgos. Las revisiones cubren todos los niveles intermedios del sistema en su totalidad, desde el equipo más elemental hasta los componentes más complejos (por ejemplo, ASIC).

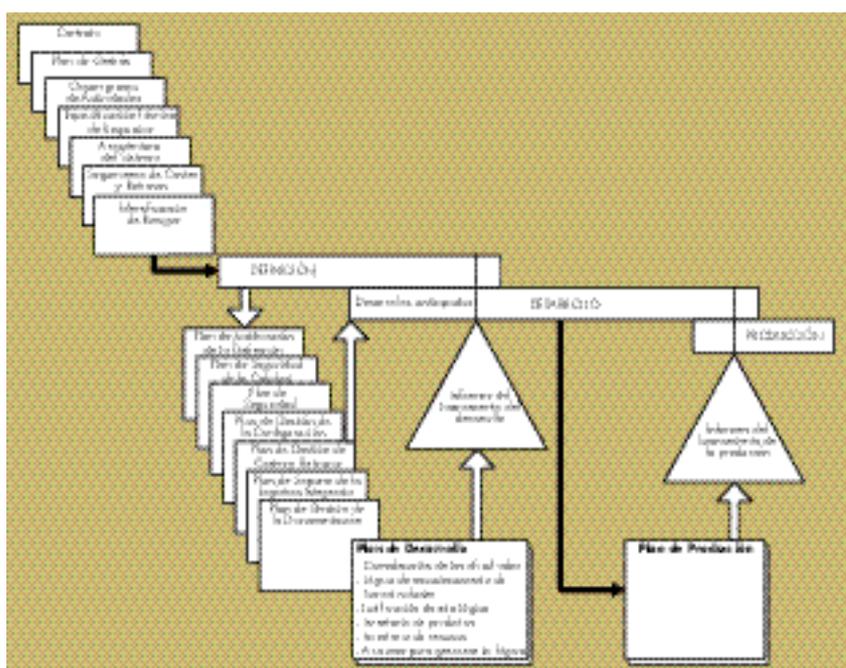


Figura 5 – Un desarrollo por fases apoyándose en una metodología rigurosa.

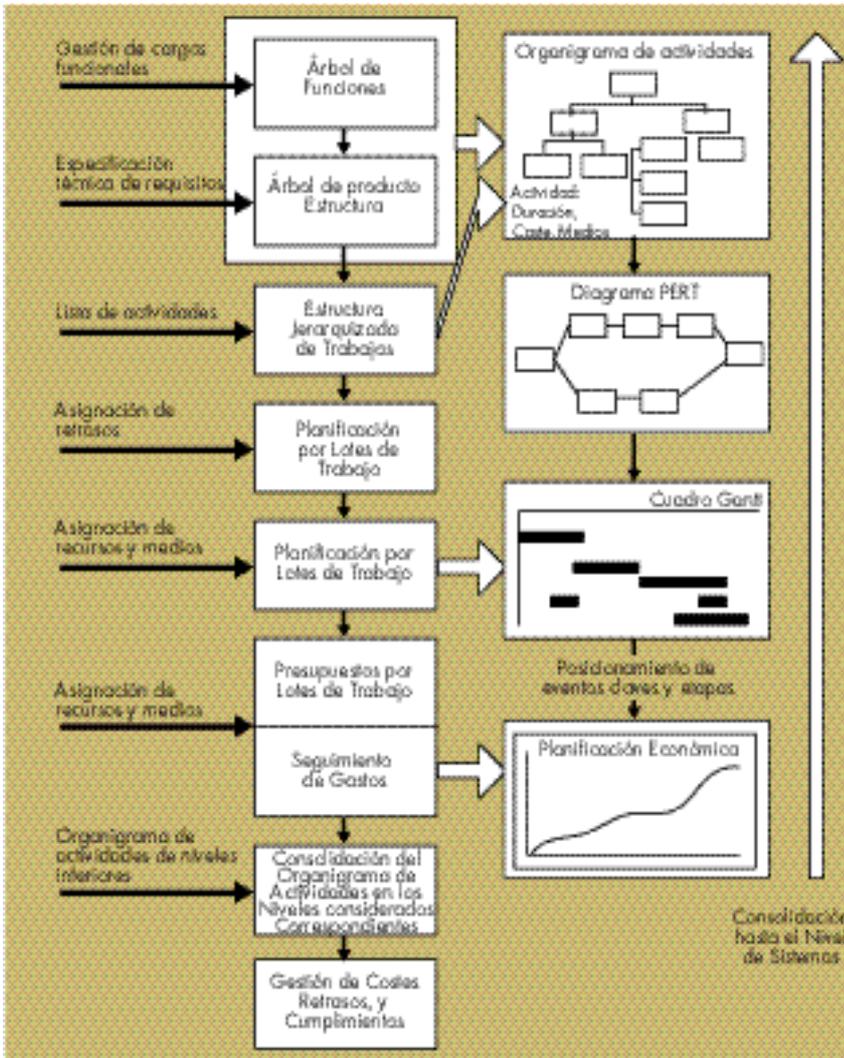


Figura 6 – Organigrama de actividades y gestión de los programas.

Siguiendo una aproximación en V, hacemos así una revisión progresiva desde las especificaciones preliminares a las detalladas. Cada revisión de las especificaciones permite una evaluación del diseño real a partir de un conjunto específico de datos, una toma de decisión de seguir o no el desarrollo o el establecimiento de acciones correctivas. La **Figura 7** resume esta aproximación en V.

Para ayudar al cliente a precisar sus obligaciones y sus prioridades y a efectuar las iteraciones sobre estas hipótesis, aseguramos mantener permanentemente la coherencia técnica y la integridad del sistema. Esto obliga, a lo largo de todo el programa, a aportarle un soporte técnico en la definición de sus necesidades, a mantener la integridad de los conceptos, de las funciones y de los márgenes, a administrar sus evoluciones y a ajustar “la homologación” día a día y en detalle.

Supervisar la coherencia técnica impone una verificación progresiva y detallada de las funciones e interfaces con la ayuda de simuladores de cadenas funcionales (del tráfico de extremo-a-extremo, de las funciones dinámicas del satélite, de los componentes software terrestres de control) y de la misión (VD1, VD2, VD3, etc.) antes del lanzamiento de los satélites y su despliegue en órbita, el establecimiento de una plataforma software de pruebas terrestre de todos los productos de una configuración representativa de un centro de operación y explotación (un esquema tipo de tal plataforma se suministra en la **Figura 8**).

La configuración del sistema debe mantenerse de forma permanente. Entendiendo por esto, el estado de los productos reportados en la documentación de especificaciones y de producción. Igualmente, hace falta una gestión formal de la evolución de los documentos contractuales de la firma de los contratos a través de una lista indexada de los Documentos Aplicables (CISL, Contractual Index and Status List).

1 Arquitectura de producto tras alcanzar el estadio de fabricación y prueba.

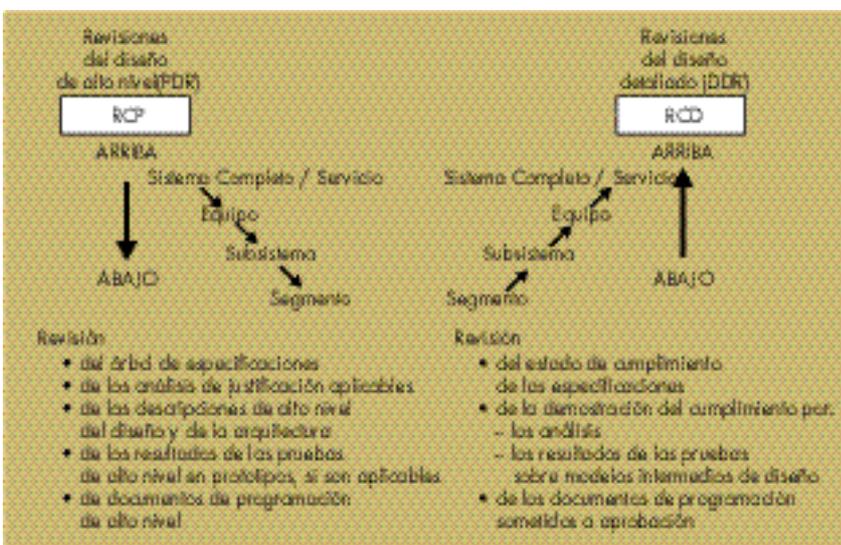


Figura 7 – La aproximación en V.

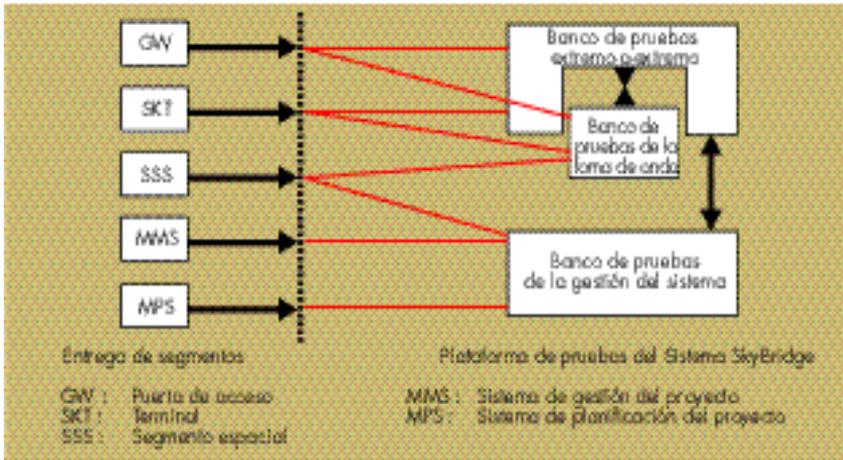


Figura 8 – Plataforma software.

Un seguimiento riguroso de la documentación de las especificaciones y de la producción debe efectuarse desde las primeras Revisiones de la Especificación Preliminar (REP o PDR, Preliminary Design Review), y después en cada revisión. Se procede seguidamente al establecimiento de las Configuraciones de Referencia (baselines) y al mantenimiento de la lista de Documentos de Especificación y Producción (CIDL, Configuration Item Data List).

El Comité de Control de la Configuración (Configuration Control Board), asegura el seguimiento de las modificaciones de las especificaciones y producción de los productos hacia arriba (con el cliente) y hacia abajo (hacia el conjunto de los segundos contratistas en cascada). Se realiza principalmente un estado de las Peticiones de Cambio (Change Request) y propuestas asociadas.

La búsqueda sistemática de la reducción de riesgos supone la sensibilización de las personas claves en la gestión de los riesgos por medio de los cursos apropiados, el análisis detallado e iterativo de los riesgos por dominio (contratos, ingeniería, productos, etc.), el establecimiento de un plan de acciones de recuperación y su seguimiento permanente, la implicación del cliente en ciertas acciones relacionadas con sus obligaciones (preparación de locales, licencias de importación/exportación, aduanas,...), la importancia particular concedida a la gestión de las evoluciones.

Un control permanente del progreso se ejerce por medio de un seguimiento detallado de la planificación y de síntesis consolidadas. La lógica de la planificación se basa en el árbol de productos y la organización industrial y se apoya en una poten-

te herramienta del tipo ARTEMIS 9000, que permite el tratamiento de un gran número de tareas elementales y visualizaciones y síntesis variadas bajo demanda. El PMO trabaja a partir de una consolidación de planes internos y externos (suministradores). Su actualización tiene lugar en las reuniones bimensuales del Comité de Planificación (Schedule Control Board). El PMO es responsable del proceso para garantizar la coherencia del conjunto, del análisis de los caminos críticos y de proponer soluciones de recuperación.

Los costes están controlados con referencia al árbol de presupuestos basado en la estructura arborescente de los productos y las tareas (WBS). Se establece un marco de gestión relacionando la organización del programa y el WBS por contrato y permitiendo:

- una asignación de partidas del presupuesto a los centros de producción, de ingeniería y de abastecimiento,

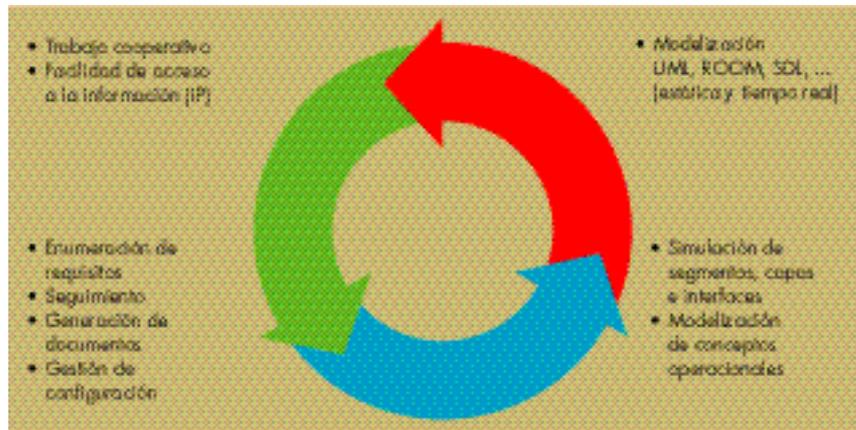


Figura 9 – Taller de la Ingeniería del Sistema (AGS).

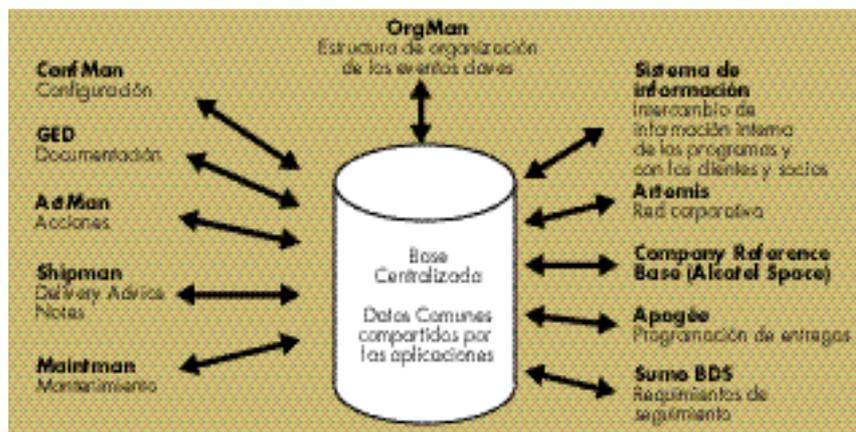


Figura 10 – Control de Programa y de Gestión (CPG).

- la traducción en cargas internas (horas), compras y subcontratas (kF) en una base del tipo Artemis,
- el seguimiento de costes/gastos realizados y sus previsiones,
- consideración de las evoluciones
- la producción de una tabla de control (órdenes y evoluciones, cifra de negocios industriales, tesorería, previsión de sueldos, curvas de gastos, análisis de las desviaciones con relación a los presupuestos y estimaciones).

La administración del programa se apoya sobre un plan de gestión del programa y en los procedimientos asociados, y también sobre los Informes de Cláusulas Técnicas Particulares (Statements of Work) con destino a los subcontratantes internos o externos.

Diariamente, hace falta seguidamente tratar las interfaces administrativas, hacia arriba y hacia abajo, preparar y coordinar los eventos más importantes, tales como las reuniones contractuales de seguimiento con el cliente, revisiones y presentaciones diversas, los informes de progreso, la edición de la documentación. La cantidad de productos en juego en un sistema, combinado con el respeto estricto del ciclo de revisiones, hace que en ocasiones esta actividad se convierta en un auténtico rompecabezas bajo el ángulo del calendario.

Las herramientas de ayuda a la gestión técnica de arquitecturas complejas y a su desarrollo, a la administración de programas y a la gestión de procesos facilitan el llevar a cabo las actividades descritas anteriormente.

Las Figuras 9 y 10 muestran respectivamente los dominios cubiertos por los Talleres de Ingeniería de Sistemas (AGS) y de Control de Programa y de Gestión (CPG) desarrollados por Alcatel. Se ha realizado un esfuerzo permanente en este sector para adaptarse a la evolución de las técnicas y medios informáticos y responde a las exigencias de intercambios rápidos de información, a una escala geográfica a menudo mundial, en el seno de equipos de programas frecuentemente internacionales (utilización de Internet para todos los accesos y modificación de la información de foros Intranet especiali-

zados por grupos de usuarios, capitalización de la experiencia).

### ■ Skybridge: un ejemplo de un gran sistema espacial bajo gestión de Alcatel Space

El programa SkyBridge ilustra la capacidad de Alcatel para garantizar la gestión de un sistema espacial de telecomunicaciones de dimensión mundial (Figura 11). Sacando provecho de la experiencia adquirida con los programas Syracuse I, II, Woldstar y Globalstar, Alcatel Space (con Alcatel y Thomson) se ha vuelto hacia el mercado de Internet tomando la iniciativa del desarrollo de este proyecto de telecomunicaciones espaciales, basado en una constelación de 80 satélites en órbita baja a una altitud de 1.493 km y una inclinación de 53° con relación al ecuador. SkyBridge constituye una red de dimensión mundial con una capacidad media total de más de 200 Gbit/s, totalmente apropiada para el acceso en tiempo real a servicios interactivos tales como:

- el acceso rápido a Internet y a otros servicios en línea, como el comercio electrónico,
- el teletrabajo y el acceso a servidores distantes, intranets y redes locales de empresas,
- la videoconferencia y el videoteléfono,
- la telemedicina,
- los servicios de entretenimiento: vídeo bajo demanda, juegos electrónicos, etc.

Alcatel Space, rama espacial del Grupo Alcatel, líder mundial de las telecomunicaciones, está en el centro de un consorcio industrial internacional compuesto de sociedades punteras en los dominios de las telecomunicaciones, de la electrónica pública del espacio, constituyendo un conjunto excepcional por el nivel y la complementariedad de las competencias. Estas son:

- Space Systems/Loral (Estados Unidos), gestor de obra de más 80 satélites de la constelación Globalstar;
- CNES (Francia), agencia espacial francesa, que aporta sus competencias en operaciones de lanzamiento y en ingeniería terrestre de control;
- Comdev (Canadá), un líder en productos de telecomunicaciones a bordo y terrestres tales como los filtros y multiplexores presentes en más de 400 satélites;
- EMS Space & Electronics Group (Estados Unidos y Canadá), fabricante de material espacial presente en más de 200 satélites, especializado en antenas, productos de hiperfrecuencias;
- Mitsubishi Electric Corporation (Japón) uno de los primeros fabricantes japoneses de material espacial, miembro del consorcio Globalstar;
- SNECMA/SEP (Francia), uno de los artesanos del éxito del vehículo espacial europeo Ariane y especializado en la propulsión;
- Sharp (Japón) una sociedad puntera en la electrónica pública y en las células espaciales;

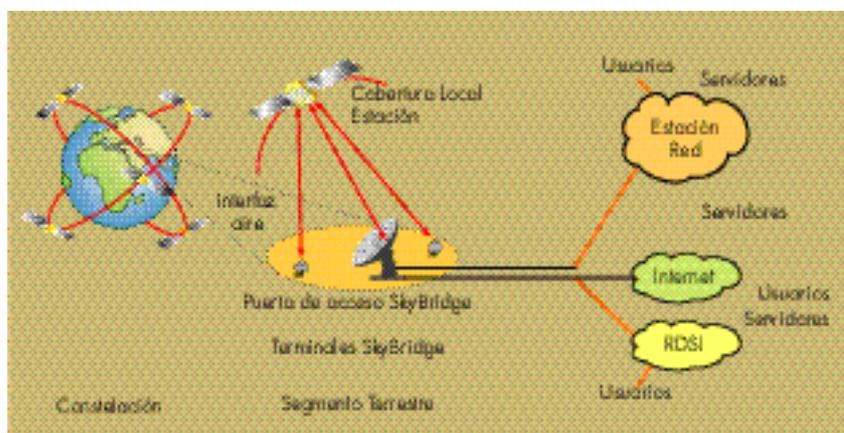
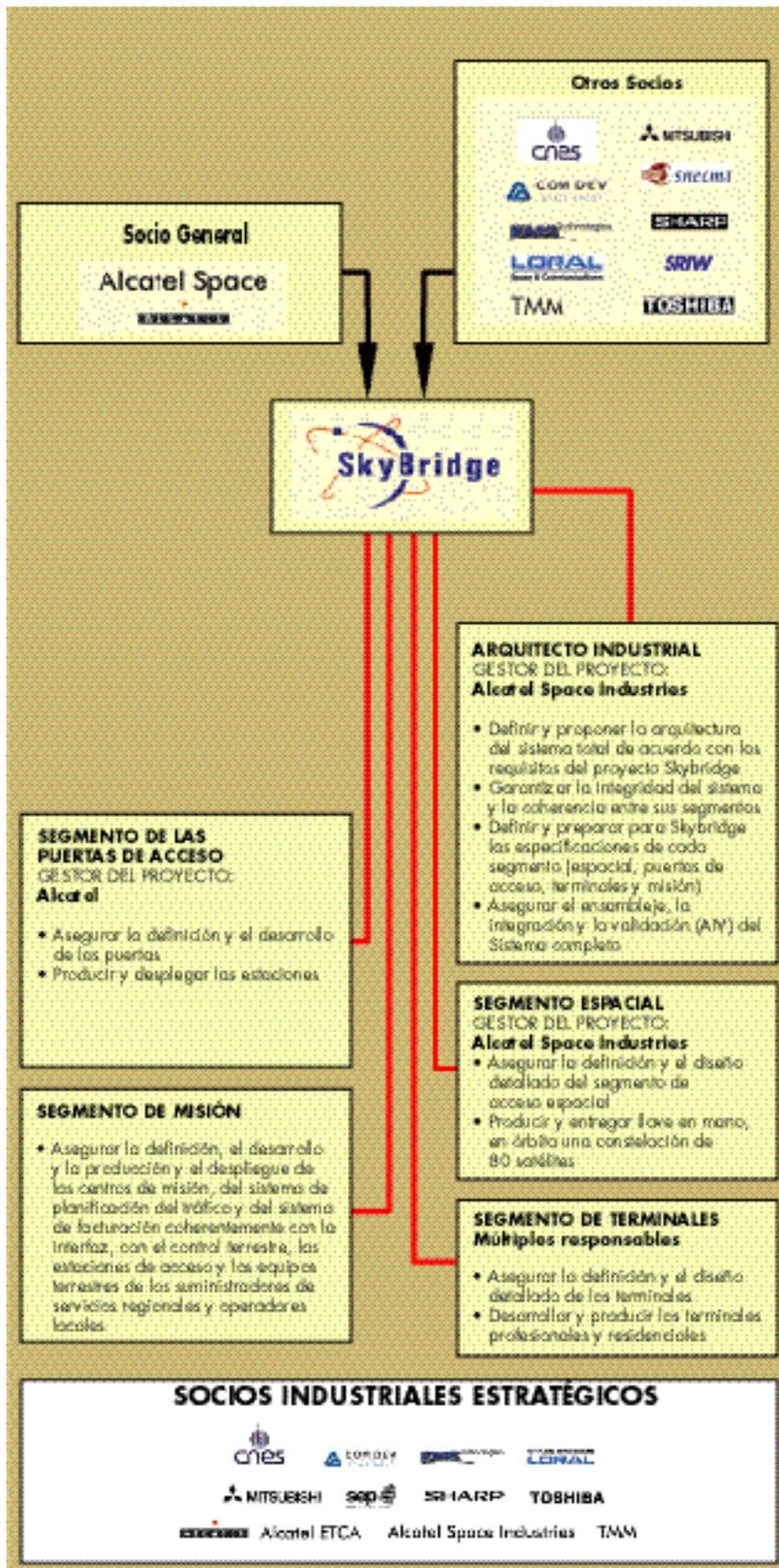


Figura 11 – Arquitectura general del sistema SkyBridge.



- Toshiba (Japón), presente a la vez en los productos espaciales y en los terminales públicos;
- Thomson Multimedia (TMM, Francia), uno de los líderes mundiales de la electrónica pública, aportando todo su saber hacer en transmisión digital y en los terminales para satélites;
- Alcatel Space Division (Europa), aportando el conjunto de expertos de Alcatel Space Industries y de sus filiales europeas en los productos para satélites, la electrónica de las lanzadoras, las estaciones de conexión y los sistemas terrestres;
- Otras divisiones del grupo Alcatel.

La **Figura 12** proporciona la organización del programa SkyBridge y muestra la implicación de Alcatel Space en tanto que Socio General del operador SkyBridge LP, y Alcatel Space Industries en tanto que Arquitecto Industrial del sistema, gestor del segmento espacial llave en mano y del contrato de desarrollo de estaciones de conexión que comprende el suministro de prototipos y de un gran número de estaciones de serie.

La **Figura 13** proporciona la localización geográfica de los socios industriales inversores.

El Grupo Alcatel contribuye con toda la potencia y las competencias de sus divisiones en la gestión de las estaciones de conexión y en todas las funciones de acceso, de conmutación, de transmisión, de control, etc., y la gestión de todas las aplicaciones.

Asistida por otras divisiones de Alcatel, Alcatel Space Industries es responsable de un plan de desarrollo de la producción y el despliegue de las estaciones, en coherencia con las exigencias de calendario y técnicas de ensamble, integración y validación del sistema completo.

### ■ Conclusión

Como se ha explicado e ilustrado en el artículo, Alcatel Space garantiza la gestión de grandes sistemas espaciales, completando sus propias competencias con aquellas de los consorcios internacionales en los dominios del

Figura 12 – Organización general del programa SkyBridge.

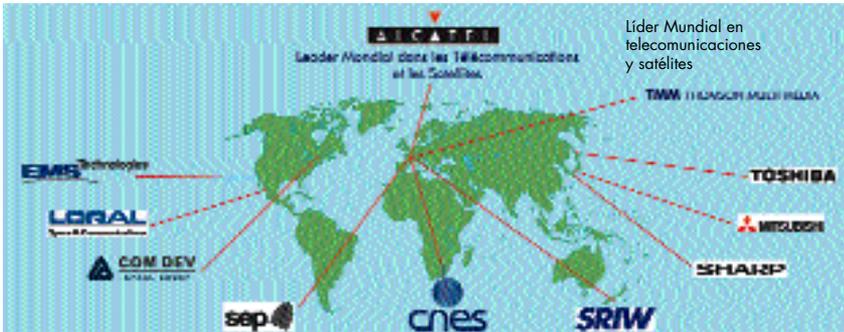


Figura 13 – Socios del programa SkyBridge.

Espacio y de las Telecomunicaciones y llamando a la experiencia complementaria del Grupo Alcatel en la gestión de una cadena de comunicaciones extremo-a-extremo.

Los mismos trámites y el mismo conjunto de competencias se aplican ampliamente en todos los grandes sistemas espaciales con independencia de cual sea su aplicación. Alcatel Space

esta así organizada para garantizar la gestión de grandes sistemas en los dominios de la navegación por satélite, la recogida de datos, la observación de la Tierra o las aplicaciones científicas.

**Patrick Fournié** es vicepresidente de Satellite Communications en Alcatel Space Industries para el programa de aplicaciones civiles y militares.

# EVOLUCIÓN Y DESARROLLO DE LAS CARGAS ÚTILES DE TELECOMUNICACIONES



R. LENORMAND G. LEVEQUE

Las futuras cargas útiles de los satélites de telecomunicaciones van a permitir responder cada vez mejor a las necesidades de movilidad e interactividad de los usuarios.

## ■ Introducción

La evolución del mercado de las telecomunicaciones requiere, por una parte, el asegurar la continuidad de los servicios y el sostenimiento de su crecimiento, y por otra, la creación y desarrollo de nuevos servicios. Los servicios existentes pertenecen en su mayor parte a la categoría de servicios fijos y recurren fundamentalmente a las cargas útiles transparentes, llamadas corrientemente "bent pipes". La principal evolución de estas cargas útiles es tributaria de la mejora de las tecnologías a nivel de los equipos RF y de los satélites, con el fin de acrecentar su capacidad gracias a un aumento de potencia, del número de canales disponibles y a una mejor utilización de los recursos de frecuencias. Los desarrollos se han evocado en la *Revista de Telecomunicaciones de Alcatel* del 2º trimestre de 1997 [1] y no serán recogidos aquí.

Los nuevos servicios de telecomunicaciones necesitan cada vez más de los

sistemas de satélites para acceder directamente al usuario final y, muy a menudo, en modo interactivo. Estas nuevas exigencias son el motor de la evolución de las cargas útiles de los satélites de telecomunicaciones correspondientes y son observables sobre los tres parámetros siguientes: la potencia radiada, la agilidad (1) y la "conectividad". Los desarrollados realizados por Alcatel Space Industries tienen como objetivo satisfacer estas exigencias.

## ■ Aumento de la potencia radiada

El proyecto de difusión de radio digital hacia los móviles en banda S del programa XM™ Radio (63 dBW sobre una cobertura del tipo CONUS) ilustra perfectamente la tendencia hacia el aumento de la potencia radiada. Ello implica el desarrollo de una sección de alta potencia innovadora que consta de dos subconjuntos de 22 tubos de 228 W monta-

dos en paralelo (16 tubos activos). La suma coherente de las señales está controlada por cada subconjunto por medio de un dispositivo de detección de señal de error (utilizando la vía de salida de los acopladores híbridos que proporcionan una señal igual a la diferencia de las señales de entrada) y un juego de desfaseadores montado sobre los amplificadores de potencia. El sistema es casi autónomo, aunque está previsto un procedimiento de "refresco" de los reglajes nominales por control remoto, con una periodicidad de 6 meses. (Figura 1)

Las características de la sección de salida del satélite XM™ Radio son las siguientes:

- Potencia nominal por subsistema: 16x228 W (principio de vida)
- Pérdidas de recombinación de las señales a la salida de los tubos: 1 dB
- Estabilidad del montaje en paralelo: 0,1 dB.

La integración en los modelos de vuelo de estas secciones de salida sobre los paneles inferiores del satélite XM™ Radio empezó en septiembre de 1999.

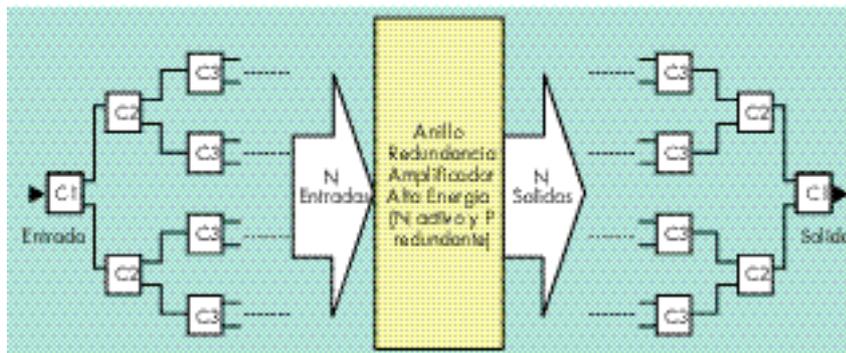
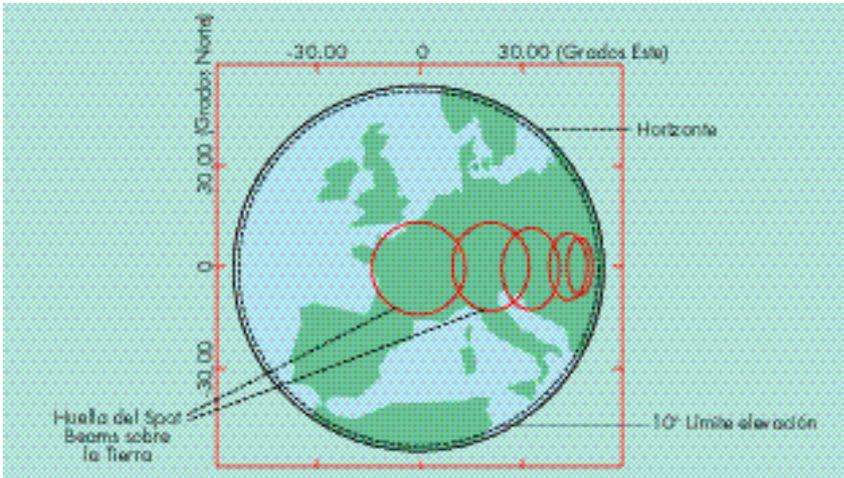


Figura 1 – Arquitectura de carga útil.

- 1 La agilidad es la modificación dinámica de la cobertura de antena para requerimientos de misión específica.
- 2 El incremento de la energía radiada se necesita para facilitar la recepción en tierra cuando se utiliza equipamiento de terminal pequeño



**Figura 2 – Cobertura SkyBridge que ilustra la agilidad espacial (desapunte y modificación del enfoque) requerida para mantener la comunicación con una zona fija en tierra. La zona de 700 km. a cubrir aparece circular en el nadir y muy elíptica en el borde de la tierra.**



**Figura 3 – Vista general de la antena SkyBridge.**

La utilización de una antena con contorno formado con un reflector de gran diámetro permite optimizar la potencia radiada en función de las necesidades de difusión de radio digital a los diferentes puntos de la cobertura (adaptación a la topología del terreno, al ángulo de elevación, etc.).

### ■ Agilidad de antena

Las especificaciones de las antenas de los satélites SkyBridge son representativas de la evolución impuesta a las cargas útiles de las telecomunicaciones. Esta exigencia resulta de la necesidad de asegurar una cobertura fija en

el terreno (700 km. de diámetro) durante la órbita del satélite que lleva a modificar el diagrama de antena en función del cambio de la zona de cobertura. La conservación de los enlaces debe asegurarse durante las operaciones de reconfiguración de la antena.

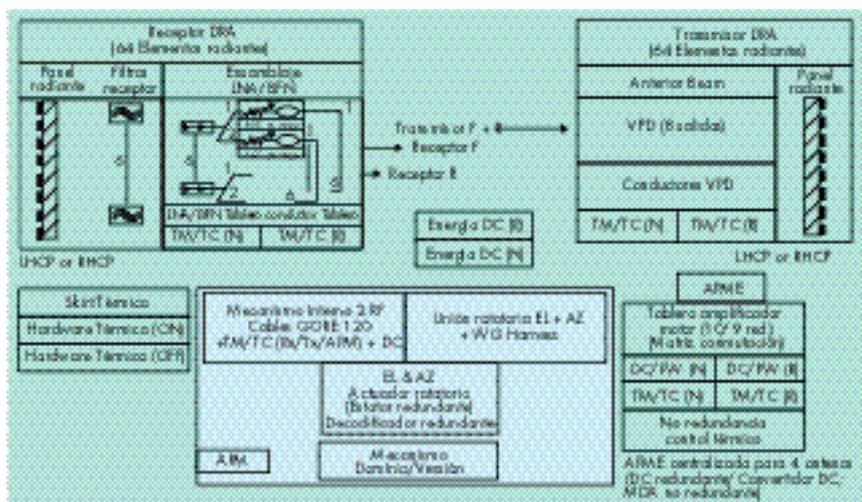
Los enlaces de alta velocidad con bajo BER (Tasa de Error de Bit) establecidos a través de un transpondedor transparente no son compatibles con las variaciones bruscas de amplitud y de fase (desenganche potencial del receptor). No se ha considerado por tanto una solución técnica de mucho rendimiento para el enfoque y la formación del haz evitando las discontinuidades

de amplitud y de fase sobre las portadoras en las reconfiguraciones, todo se ha solucionado integrando lo específico de la frecuencia con los satélites geoestacionarios que marca la originalidad del programa SkyBridge.

La arquitectura adoptada por Alcatel Space Industries alía las técnicas de formación electromagnética del haz y la de enfoque mecánico. Para un enfoque proporcionado por la orientación mecánica de las antenas, la forma de los haces en emisión y en recepción requeridas por el proyecto (ver **Figura 2**) se obtiene por medio de funciones electrónicas. Una visión general de la implantación de este concepto se presenta en la **Figura 3**.

La arquitectura detallada de las antenas de recepción y de emisión de SkyBridge se muestra en la **Figura 4**. Para la antena de recepción las funciones de filtrado, de amplificación con bajo ruido y del control del haz están integradas lo más cerca posible del panel radiante de la antena. La utilización de un enfoque mecánico minimiza la complejidad de la electrónica (algunos controles independientes para una antena con cerca de 100 elementos radiantes) y permite de esta manera ofrecer una solución económicamente viable.

Por otro lado, esta arquitectura de antena permite la reutilización de la frecuencia entre los "spots" adyacentes combinando la agilidad requerida y el mantenimiento de un alto nivel de aislamiento entre los "spots".



**Figura 4 – Antena SkyBridge.**

Para la antena de emisión, un formateador de haz y un panel de radiación completan el equipo implantado sobre la parte móvil de la antena. Una solución asociando una amplificación centralizada (amplificador de tubo de ondas progresivas) y un formateador de haz de fuerte nivel de señal basado en la utilización de ferrita, se ha preferido a una solución de amplificador descentralizado (amplificador de potencia de estado sólido) que presentaba para la banda de frecuencia considerada (banda Ku) el defecto de un bajo rendimiento energético. Estando la antena desacoplada de la plataforma, esta última plataforma era difícil de administrar desde el punto de vista técnico.

La función básica del formateador del haz de emisión es la de repartir la potencia de forma variable. Esta función se implanta en medio de un conjunto de acopladores híbridos interconectados por desfaseadores de ferrita. Una dificultad específica ha tenido que superarse para permitir el uso de la ferrita: en efecto, para obtener una precisión suficiente, los desfaseadores de ferrita utilizan clásicamente un estado saturado como referencia antes de cualquier comando para pasar al estado deseado. Este modo de funcionamiento es inaceptable para un sistema de alta velocidad porque genera saltos de amplitud para el sistema. Un trabajo, en colaboración con los suministradores de equipos, ha permitido proponer un modo de operación distinto, que permite recorrer de manera monótona el ciclo de histéresis de la ferrita, evitando así los inconvenientes mencionados más arriba.

Esta arquitectura particularmente muy eficiente del subsistema de antena ha permitido concebir dos bloques repetidores simples que soportan un nivel muy alto de integración.

## ■ Conectividad

La necesidad de la “conectividad” está relacionada con la existencia de una cobertura “multi-spot”, típicamente para las arquitecturas de carga útil de los sistemas de comunicaciones móviles por satélite. Al principio, se trataba

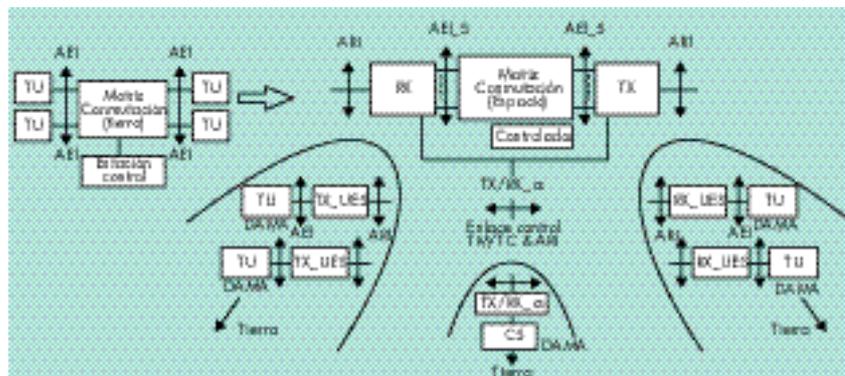


Figura 5 – Reparto de funciones a bordo/en tierra en un sistema de satélites que incluye un OBMP.

esencialmente de una conmutación de circuitos. Para los sistemas multimedia geoestacionarios, la necesidad básica de la cobertura “multi-spots” autorizando la reutilización de la banda de frecuencia disponible está reforzada por la naturaleza de banda ancha del servicio básico. La saturación del arco geoestacionario en banda Ku va a conducir a la utilización cada vez más frecuente de la banda Ka. Hay que precisar que el modo de transporte es del tipo paquete, y que los flujos de información son heterogéneos (voz, datos y vídeo), las calidades de servicio a asegurar para el transporte de estos datos diferentes. Por tanto, la problemática de la “conectividad” embarcada por tales sistemas es idéntica a aquella tratada por los conmutadores terrestres, Esta analogía ha llevado a Alcatel Space Industries a acercarse a las unidades de conmutación del grupo Alcatel, para identificar una arquitectura de conmutador embarcado derivada de los productos terrestres. La Figura 5 recuerda la partición funcional de un conmutador terrestre y presenta las elecciones de reparto de las funciones entre el satélite y la parte terrestre para las aplicaciones espaciales.

Los estudios de definición han empezado hace varios meses. La precisión de esta anticipación se ha hecho evidente por la recepción de una petición de INTELSAT de un estudio de viabilidad para un sistema de este tipo. La fecha de puesta en servicio operacional está prevista para mediados del año 2004. En este sistema la conmutación digital se realiza a bordo después de la demodulación

y la decodificación de la información, se trata de un encaminamiento de paquetes asociado al transporte y al tratamiento de celdas del tipo ATM.

La elección de una carga útil regeneradora y de una conmutación a bordo está justificada por los siguientes puntos:

- a nivel del operador, esto permite ofrecer sobre una zona de servicio extendida una interconectividad total entre los usuarios equipados con estaciones receptoras de pequeño tamaño.
- a nivel del usuario, permite un acceso flexible para todo tipo de servicio (telefonía, datos, imagen, flujos del tipo MPEG, paquetes IP, etc.) transportados bajo forma de células ATM.
- finalmente, a nivel de servicio global, esto permite completar eficazmente las estructuras terrestres de banda ancha (por ejemplo, en caso de avería o de congestión) o simplemente ofrecer un servicio competitivo en las zonas en donde los despliegues de estas infraestructuras sería poco rentable.

El procesador multimedia embarcado, es decir el OBMP (On Board Multimedia Processor), del cual la Figura 6 proporciona un esquema sinóptico detallado, tiene como función efectuar el tratamiento digital del conjunto de las señales relativas a la misión, se trata de la demultiplexación, de la desmodulación, de la decodificación, de la conmutación de las celdas ATM, de la codificación y del formateado de las tramas descendentes. En el seno de la carga útil, el OBMP está gestionado y controlado por una entidad dedicada

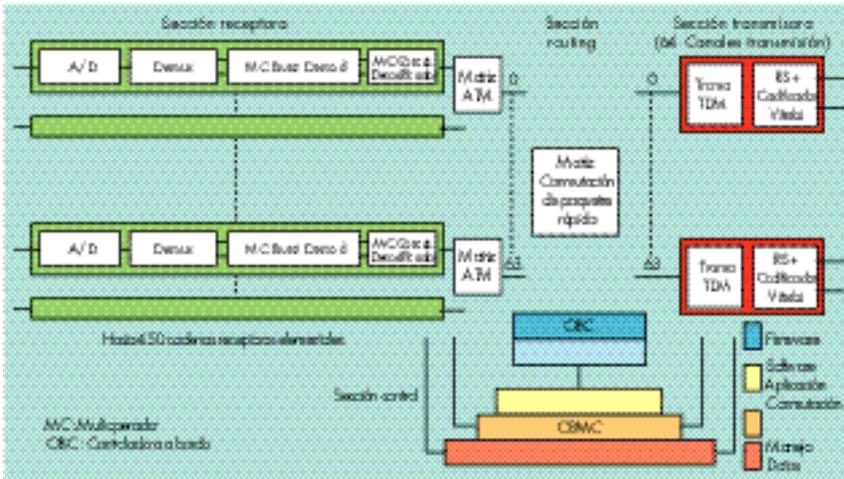


Figura 6 – Procesador multimedia a bordo.

llamada controlador multimedia de abordo (OBMC, On Board Multimedia Controller).

El OBMP está compuesto de 3 secciones:

- la sección receptora (Rx) tiene como función tratar todas las señales multiplexadas de portadoras recibidas de la antena de recepción. Estos equipos deben poder proporcionar a la salida un flujo continuo de celdas ATM en banda base: todas las operaciones de sincronización serán por tanto realizadas por este equipo;
- la sección de encaminamiento (Sx), ilustrada en la Figura 7, se encarga de encaminar las celdas del tipo ATM recibidas a la salida de la sección de recepción (Rx) hacia el spot de destino, indicado en la cabecera de estas celdas.. Esta sección implanta los mecanismos de la gestión de la calidad de servicio (QoS), del tratamiento de la congestión y de multidifusión. Ella juega un papel principal en la garantía de la calidad de servicio ofrecida al usuario final;
- la sección de emisora (Tx) trata el conjunto de los flujos de datos que salen de los órganos de la sección de encaminamiento (Sx) y los formatea en tramas del tipo TDM (Multiplexación por División de Tiempo) para cada uno de los spots.

Proporcionamos en la **Tabla 1** una evaluación de las características principales de un equipamiento OBMP que res-

ponde a las especificaciones del sistema presentado.

### Interconectividad entre los satélites

La última etapa de la conectividad, la evolución de los sistemas hacia las coberturas extendidas, incluso mundiales, se hará por medio de enlaces de telecomunicaciones de alta velocidad entre los satélites. En este dominio, Alcatel Space Industries en colaboración con Contraves realizó una maqueta de terminal óptico, basada en la técnica de transmisión en óptica coherente. Las cifras fundamentales de este desarrollo realizado por cuenta de la Agencia Espacial Europea, se encuentran más adelante. Las pruebas de integración están programadas para septiembre del año 2000.

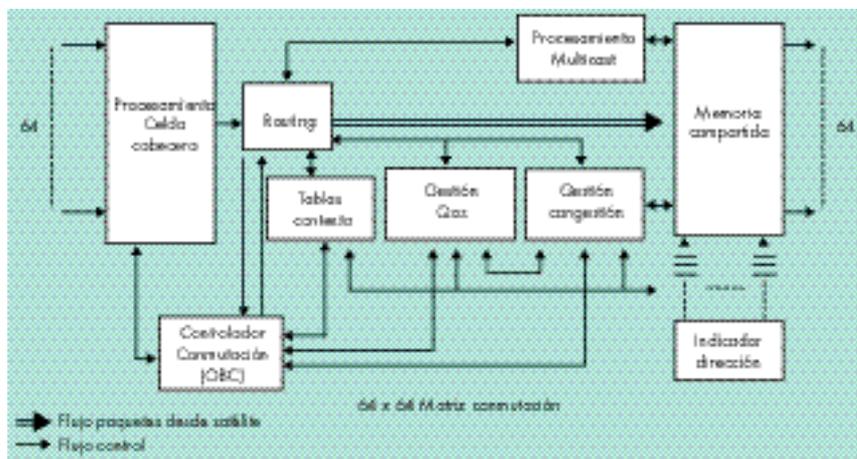


Figura 7 – Sinóptico detallado de la función de encaminamiento Sx.

### Características del terminal óptico Alcatel/Contraves

El terminal óptico tiene las características siguientes:

#### Misión:

- tipo de enlace: enlaces entre satélites (ISL) geoestacionarios.
- velocidad máxima de transmisión: 10 Gbit/s.
- distancia: hasta 70.000 km.
- tipo de modulación: modulación de fase coherente BPSK.

#### Interfaces

- masa: 60 kg.
- consumo: 230W.
- diámetro del telescopio: 25 cm.

#### Láser

- longitud de onda: 1.064  $\mu\text{m}$ .
- potencia láser: 3 W
- tipo de láser: YAG (Yttrium Aluminum Garnet).

Una versión de terminal óptico para las constelaciones en órbita baja está ilustrada en las **Figuras 8 y 9**.

### Conclusión

Se ha ilustrado por medio de cuatro ejemplos los actuales cambios en curso en el dominio de las cargas útiles de telecomunicaciones. De hecho, estos cambios son

<p><b>Características del sistema</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de spots : 64</li> <li>• Capacidad de conmutación <math>\approx</math> 10 Gbit/s</li> <li>• Capacidad de acceso : 2700 portadoras TDMA de 2 Mbit/s, equivalente a 340 000 circuitos de 16 kbit/s</li> <li>• Velocidad por portadora : de 2 Mbit/s a 20 Mbit/s, con una granularidad de 16 kbit/s</li> </ul>	<p><b>Características del OBMP</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sección Rx 450 canales de recepción multiportadoras (típicamente de 36 MHz)</li> <li>• Sección Sx Matriz <math>64 \times 64</math>, tratando 155 Mbit/s por puerto de entrada/salida</li> <li>• Sección Tx 64 subsistemas de procesamiento de alta velocidad (155 MHz)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo estimado : 1.6 kW</li> <li>• Peso estimado : 120 kg (hipótesis, tecnología 0.35 <math>\mu</math>m)</li> </ul>	

Tabla 1 - Características de un equipamiento OBMP.

el resultado del mercado de las telecomunicaciones que se ha acelerado con el advenimiento de los servicios accesibles a los particulares.

En este contexto, los sistemas de comunicaciones por satélite tienen un papel mayor que jugar, aprovechándose de su posición privilegiada en altitud para ganar rápidamente nuevos mercados con infraestructuras terrestres reducidas. El desarrollo de estos sistemas debe tener en cuenta sus caracte-



Figura 8 - Terminal óptico para constelaciones en órbita baja (diámetro del telescopio: 5 cm).



Figura 9 - Prueba del terminal para constelaciones en órbita baja.

rísticas específicas, a saber, una duración de vida del satélite de 7 años para aquellos que operan en órbita baja y de 10 años para aquellos operando en órbita geoestacionaria. Se entiende así mejor porque el reparto de funciones implantadas a bordo del satélite y en el suelo sea objeto de una elección rigurosa y porque la selección de funciones de a bordo necesita un buen conocimiento de la evolución de los sistemas y de las necesidades, a fin de privilegiar aquellas cuyos dominios sean bastante largos y su duración suficiente.

Los lazos entre las cargas útiles de telecomunicaciones y los sistemas van a hacerse cada vez más fuertes; en el futuro, el satélite será simplemente un nodo particular de la red de telecomunicaciones. Los usuarios de los siste-

mas de telecomunicaciones demandan cada día más movilidad: la adaptación a este nuevo tipo de necesidades está ya en curso en el sistema y la carga útil teniendo en cuenta las nuevas características de los terminales.

## ■ Bibliografía

- 1 Revista de Telecomunicaciones de Alcatel, 2º Trimestre 1997.

**Régis Lenormand** es director del OnBoard Telecommunications Department en la Alcatel Space Industries Industrial Engineering Division, Toulouse, Francia.

**Gilles Lévêque** es responsable del Pre-Project and Proposals Department en la Alcatel Space Industries Export Marketing Division, Toulouse, Francia.

# EL EQUIPAMIENTO DE LOS AUTOMÓVILES DEL MAÑANA



O. COURSEILLE



J-F. GAMBART

Los vehículos comunicados están en camino. Los satélites complementarán las redes de comunicación terrestres para proporcionar al automovilista nuevos servicios de valor añadido.



J-B. LAGARDE

## ■ Introducción

Es a finales de los 80 en los Estados Unidos, cuando los satélites entran a formar parte del transporte por carretera con el servicio Omnitrac, sistema que combina la localización y la mensajería. Gracias a Euteltracs, su versión

europea, más de 20.000 camiones circulan hoy día por Europa con la famosa antena característica en forma de 'caja de galletas' de Euteltracs. El sistema mundial de determinación de posición (GPS), al que seguirá de aquí a unos años Galileo (el futuro sistema europeo de navegación por satélite), aporta servicios precisos de posicionamiento cada vez más utilizados. La era de la radio digital por satélite, a bordo de nuestros automóviles está cercana con el desarrollo del programa de radio por satélite XM™. Alcatel Space está estrechamente implicada en todos estos sistemas.

El último estadio de estas evoluciones será el diseño y la normal utilización de un solo terminal inteligente a

bordo de los automóviles (**Figura 1**) permitiendo la recepción y/o el envío de información (posicionamiento, mensajería, radio digital, descargas de software, datos geográficos, etc.) desde/a varios satélites.

## ■ Barreras económicas y tecnológicas

Algunas de las barreras económicas y tecnológicas que hasta ahora estorbaban el desarrollo de los servicios por satélite destinados al sector automovilístico, están en vías de desaparición. Paralelamente, la aceptación por el gran público de tales servicios a bordo del automóvil, progresa rápidamente. El equipamiento del automóvil tiende a ser cada vez más diverso debido, en una gran parte, a los criterios de elección del consumidor. Las aplicaciones que utilizan los satélites forman parte de las opciones que, gradualmente, están siendo introducidas.

Las técnicas de satélite aplicadas al automóvil, deben traducirse en un precio de equipamiento por vehículo en un margen entre los 2.000 y 2.500 euros. Este umbral es obviamente aplicable solo al mercado del consumidor general, pues al mercado profesional - y en particular al transporte por carretera - se le aplica un criterio diferente, ya que el valor añadido económicamente percibido juega un papel importante. Para evaluar los obstáculos tecnológicos que hay que evitar para alcanzar este nivel de precios es necesario mencionar que,

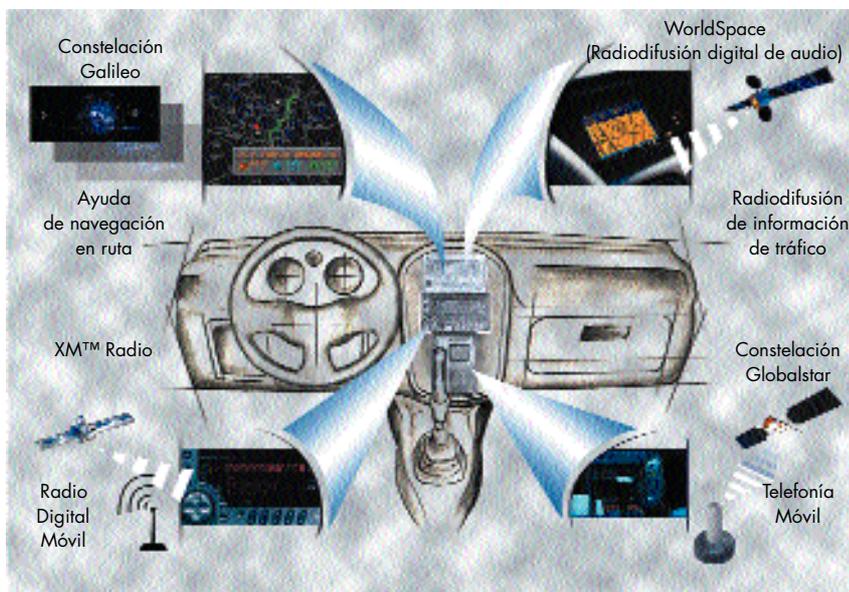


Figura 1 – Servicios de comunicación en vehículos inteligentes.

al comienzo de los 80, el precio de un terminal Inmarsat (sistema de comunicación por satélite utilizado por los barcos) estaba entre 30.000 y 50.000 euros, excluyendo la instalación. Además, no existían demasiadas posibilidades de instalar un terminal Inmarsat, con un peso del orden de 500 kg., en cualquier vehículo terrestre de la época!

El paso de lo analógico a una operación completamente digital resuelve todos estos problemas mejorando, además, la capacidad de almacenamiento y la velocidad de proceso. La drástica disminución en el consumo de energía de los circuitos electrónicos utilizados en este tipo de tecnología facilita mucho la aplicación de la técnica por satélite a la industria del automóvil. Por último, un factor inevitable en cualquier radio aplicación, la antena de a bordo juega un papel determinante, como lo tiene la compatibilidad electromagnética: no hay que olvidar que la industria del automóvil es la más avanzada en este campo.

## ■ Localización y navegación por satélites

### Euteltracs

Euteltracs (Figura 2) es el primer sistema operacional de comunicación mó-

vil por satélite que ofrece un servicio integral de mensajería y de localización para la industria europea de transportes. Alcatel Space es un importante actor en este campo mediante su división Euteltracs, que comercializa el sistema en toda Europa. El segmento espacial está actualmente subcontratado a Eutelsat, el operador europeo de comunicaciones por satélite. Euteltracs permite a los gerentes de flotas de camiones comunicar con los conductores y recoger, en tiempo real, datos sobre los vehículos y su localización, en un radio de 100 metros. Este sistema cubre Europa Occidental y Oriental, el norte de África y la mayor parte del Medio Oriente.

El servicio Omnitrac/Euteltracs está basado en el uso de dos satélites geoestacionarios, separados por más de 12.000 km. La técnica usada se basa en la medida del tiempo de transmisión y en el efecto Doppler: necesita un terminal móvil emisor y receptor, y una estación terrestre central donde se llevan a cabo todos los tratamientos y se calcula la posición del vehículo. Una característica útil de este sistema, es que el móvil es localizado por la estación de tierra sin intervención humana (con la condición de que el terminal esté encendido). El gerente de flota puede, por medio de un enlace terrestre convencional con la estación central, conocer en todo momento la posición de sus vehículos, un factor esencial de productividad en esta industria.

El sistema incorpora también la función de mensajería bidireccional, con un "buzón" en la estación central. Es gracias a esta función de mensajería que la estación puede enviar su posición al móvil. La experiencia muestra que la ausencia de comunicación de voz en el sistema no es entendible como una desventaja, sino al contrario: el modo de comunicación por buzón, con teclado y pantalla en la cabina del camión, parece adecuado a los hábitos de los conductores, incluso en situaciones de urgencia (accidente, averías, cambios de ruta imprevistos).

A finales del 1999, más de 20.000 vehículos en Europa ya estaban equipados con el sistema Euteltracs, incluyendo los 200 camiones del grupo RH, la mayor compañía independiente de transportes inglesa. Sin embargo, esta solución no está adaptada al automóvil en general: la antena es demasiado aparatosa (la antena mecánica apuntadora en banda Ku tiene un radomo de aproximadamente 30 cm de diámetro) y no hay sitio para el teclado/pantalla en el tablero de instrumentos de los vehículos de turismo.

### Los sistemas GPS y Galileo

El mercado del posicionamiento y navegación por satélite ha ido evolucionando de forma gradual y consistente en los últimos cinco años, y deberá alcanzar su pleno desarrollo en muy pocos años más. El GPS, el sistema militar americano de posicionamiento y fecha por satélites, es el más conocido y frecuentemente utilizado. Está basado en una constelación de satélites (24 satélites en órbitas circulares inclinadas a una altitud de 20.000 km), la disponibilidad a bordo de los satélites de un reloj ultra preciso y un conocimiento prácticamente exacto de la posición del satélite en todo momento. El terminal calcula su posición de acuerdo a variables de tiempo que provienen de varios satélites GPS con visión de dicho terminal. Esto determina la posición del mismo, con una precisión de 100 metros, lo cual es suficiente para los millones de automovilistas que están dispuestos a invertir en un equipo en el que la información de localización se presenta de una forma cómoda y fácil de utilizar.

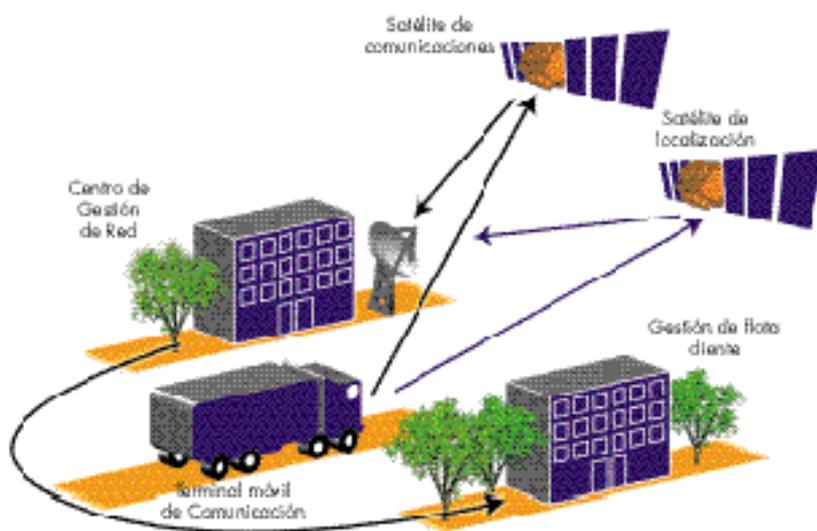


Figura 2 – Arquitectura del sistema Euteltracs.

Es en esta fase en la que están desapareciendo las barreras tecnológicas mencionadas anteriormente. El GPS requiere sólo una pequeña antena rectangular de aproximadamente 10 cm de lado y 2 cm de espesor. El terminal no transmite, lo cual resuelve el problema de la compatibilidad electromagnética. Numerosos modelos de automóviles de alta gama cuentan en su equipamiento con terminales GPS y pantallas de cristal líquido para la visualización de los mapas. Algunas compañías de alquiler de automóviles, ya están ofreciendo este servicio en opción.

Galileo es la respuesta de Europa a las cuestiones políticas, estratégicas y económicas suscitadas por la posición dominante del sistema GPS y su contrapartida rusa, el Sistema de Navegación Global por Satélite (GLONASS). El sistema de navegación por satélite Galileo, cuya puesta en servicio está prevista para el año 2008, se apoyará en una constelación de satélites de órbita terrestre media (MEO). Este principio de arquitectura ha sido desarrollado por Alcatel Space, así como el concepto de plataforma Proteus, desarrollado por Alcatel Space en asociación con el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES) francés. Galileo se caracterizará por la integridad de sus datos, la disponibilidad y continuidad del servicio y la precisión de su posicionamiento. Esto es importante para las aplicaciones a corto plazo en el mundo del automóvil que demandarán muchos de estos servicios, como la asistencia/repación en carretera o las futuras autopistas automáticas.

Las pantallas planas ya han comenzado a invadir los tableros de instrumentos (e incluso algunos autorradios) y numerosos vehículos están equipados con lectores de CD. Para suministrar a conductor y pasajero instrucciones de conducción en forma gráfica y vocal, es necesario tener a bordo en soporte de CD-ROM, bases de datos cartográficas con el debido nivel de detalle (con puestas al día sistemáticas) acopladas a un terminal GPS con un cierto nivel de "navegación" inteligente. Las personas que trabajan en la industria del automóvil consideran que estos avances constituyen un gran e importante paso y portadores



Copyright : Obolstar L.P.

**Figura 3 – El sistema digital de telecomunicaciones Globalstar, basado en una constelación de 48 satélites LEO, que ofrece la práctica globalidad de cobertura.**

de un potencial considerable. La función de "navegación" estará muy pronto disponible, como una opción más, en el 80% de los automóviles.

improbable que estas características estén lejos de ser un obstáculo para el uso profesional, teniendo en cuenta los servicios que el sistema proporciona.

### ■ Comunicaciones móviles por satélites

#### *El sistema de comunicaciones mundial Globalstar*

Las necesidades actuales en telefonía móvil están ampliamente cubiertas por los medios de comunicación terrestres de redes celulares. Paradójicamente, el mercado de instalaciones permanentes de teléfonos celulares en los automóviles está disminuyendo: esta anomalía está justificada por la ausencia de legislación relativa a la utilización de radiotelefonos móviles durante la conducción, aunque el conductor más prudente invierta en una instalación con antena exterior y función "manos libres".

La llegada de los servicios telefónicos móviles por satélite en órbita terrena baja, como Globalstar (**Figura 3**), nos conducirá al equipamiento de automóviles para uso profesional o privado. Debido a su gran similitud con el servicio celular, estará más que justificado el uso generalizado de Globalstar por los automovilistas. Las primeras generaciones de adaptadores de automóviles para terminales Globalstar están por debajo de los 2.000 euros. La antena exterior tiene una discreta longitud (diámetro de la base alrededor de 15 cm, un cono de 15 cm de altura y un diámetro medio de 4 cm.), siendo muy

### ■ La radiodifusión digital por satélite

El papel de los satélites en materia de radiodifusión móvil se reafirma cada vez más. Los gigantes de la industria son conscientes de esto. General Motors y Ford están implicados en el desarrollo de dos sistemas de radiodifusión por satélite, en los Estados Unidos: XM™ Satellite Radio (**Figura 4**) (con Hugues como primer contratista) y Sirius Satellite (con Loral como primer contratista). Alcatel Space participa activamente en el desarrollo de XM™ Satellite Radio y es el primer contratista de WorldSpace, precursor de estos nuevos servicios.

El mundo está entrando en una nueva era de radiodifusión por satélite, gracias a los nuevos sistemas que proporcionan vastas zonas de cobertura, gran calidad de sonido, fácil uso y recepción móvil y portátil. El formato digital también da la posibilidad de servicios complementarios tales como multimedia y transmisión de datos tipo Internet.

La radio, como la televisión, se orientan hacia la radiodifusión digital, por varias razones:

- La compresión de señales de audio ha mejorado actualmente, hasta el punto de que la señal digital ocupa una longitud de banda inferior a la de una señal

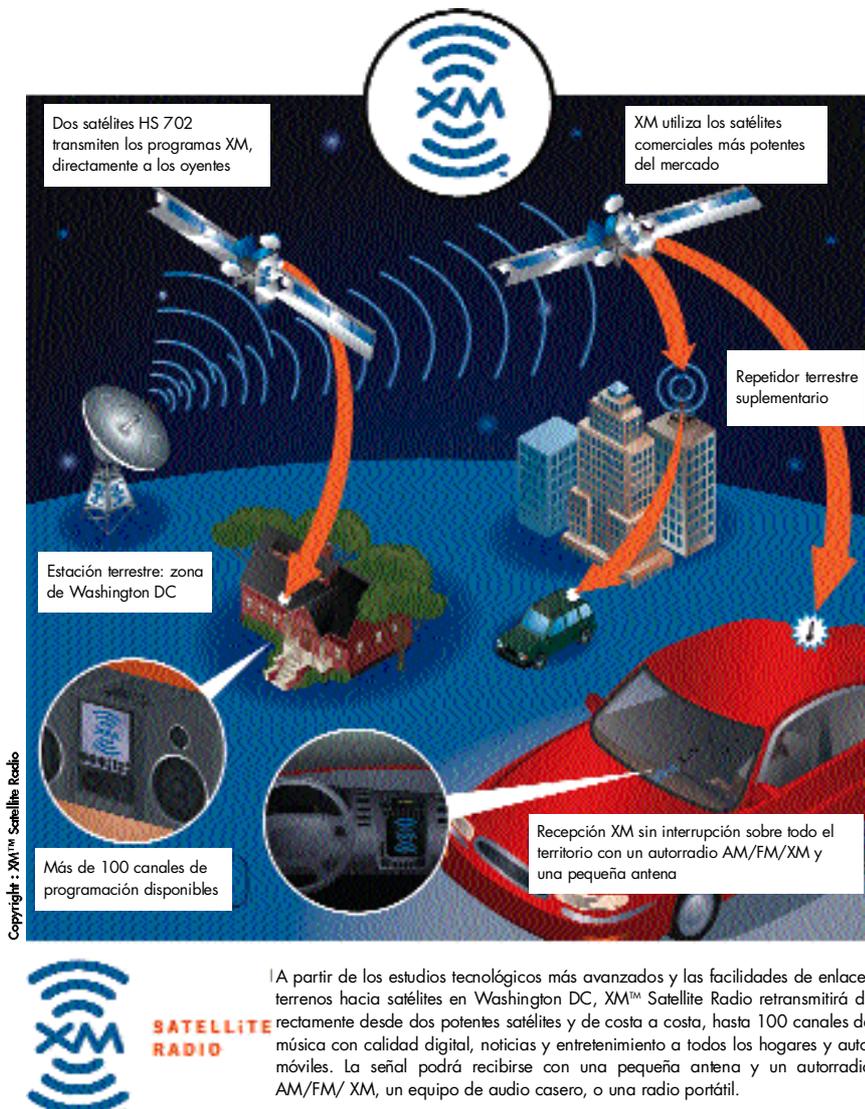


Figura 4 – Arquitectura del sistema XM™ Satellite Radio.

analógica de la misma calidad y mucho más reducida que la de la norma CD. La norma de audio ISO MPEG 2 capa 3 (MP3) actual o la ISO MPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding) proporcionan una calidad CD estéreo a 96 kbit/s, diez veces superior a la norma CD.

- La señal es más resistente a las interferencias externas, gracias a las posibilidades suministradas por el tratamiento digital.
- Las señales digitales de audio pueden ser multiplexadas con cualquier otra señal (una imagen, un texto, ficheros) permitiendo enriquecer los contenidos.
- El tratamiento de la señal digital es menos costoso que el de la señal analógica,

debido a la utilización de componentes de silicio altamente integrados.

La utilización de los satélites es la mejor opción en materia de radiodifusión digital, pero sólo pueden ser competitivos con emisoras de radiodifusión terrestre si se cumplen una serie de requisitos. Estas exigencias están relacionadas con, por una parte, el acceso al distribuidor de señal del satélite de la forma más simple y directa posible y, por otra, el acceso como usuario final o receptor al satélite, que no debe ser interrumpido de ningún modo, cualesquiera que sean las condiciones de recepción (portátiles y/o móviles). La disponibilidad del sistema para usuarios

finales, está basada en los siguientes parámetros:

- *La visibilidad del satélite:* La recepción de señales provenientes de un satélite, es más sensible a los obstáculos de transmisión cuando el ángulo de elevación del mismo, con respecto al receptor, es reducido. Una buena visibilidad del satélite se obtiene, para las zonas de cobertura de baja latitud, con un solo satélite geostacionario. Para las zonas de cobertura de latitud más elevada, hay dos soluciones: la utilización de varios satélites en órbita inclinada, con una buena elevación sobre la zona de cobertura, o el uso de dos satélites geoestacionarios (como mínimo) situados en diferentes posiciones orbitales.
- *Esquema de modulación:* A diferencia de las transmisiones terrestres, la modulación utilizada para las transmisiones por satélite no necesita protección contra los efectos de trayecto múltiple. Asimismo, se puede utilizar un sistema de modulación eficaz para la radiodifusión por satélite como el ofrecido por TDM/QPSK (multiplexación por división en el tiempo /modulación por desplazamiento de fase en cuadratura). Hace varios años, fue especialmente desarrollada la modulación COFDM (multiplexación por división de frecuencia ortogonal codificada) para las transmisiones terrestres. Es un tipo eficaz de modulación, adaptado a entornos de trayecto múltiple, que utilizan los nuevos sistemas de radiodifusión terrestre, como la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT). La modulación TDM/QPSK tiene una clara ventaja sobre la COFDM, en aplicaciones para satélites.
- *El satélite:* La disponibilidad depende del margen previsto de enlaces, el cual está directamente relacionado con la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (EIRP) del satélite. Este margen está relacionado, a su vez, con el servicio a suministrar y la frecuencia de caída del enlace. Por ejemplo, las pérdidas de RF debidas a obstáculos son mayores en banda S que en banda L. Al mismo tiempo, y a la vista de los requerimientos del sistema, podrían resultar necesarios los

satélites de gran potencia para la radiodifusión digital por satélite.

- *Retransmisión terrestre:* En zonas de recepción donde los obstáculos son numerosos (zonas urbanas con alta densidad de población), puede reforzarse la recepción con repetidores terrestres.

### WorldSpace

WorldSpace, ya en servicio con el satélite AfriStar™ (Figura 5), es el primer sistema de radiodifusión digital por satélite que permite la recepción sobre equipos de radio portátiles. Ofrece cobertura a los países en vías de desarrollo, utilizando satélites geoestacionarios y transmisión de frecuencias en banda L. Este servicio está encaminado esencialmente a las regiones donde la radiodifusión es, en la actualidad, prácticamente inexistente y las radios portátiles a bajo costo son el mayor imperativo. La radiodifusión digital soporta también la transmisión de datos (por ejemplo, mapas meteorológicos e información sobre el estado del tráfico). Un número de aplicaciones dedicadas está en periodo de desarrollo. Alcatel Space firmó un contrato en 1995 con WorldSpace para el suministro, llave en mano, del sistema completo.

### XM™ Satellite Radio

El servicio XM™ Satellite Radio es un servicio de radiodifusión digital (DARS, Servicio de Radio Audio Digital) avalado por la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) en los Estados Unidos. Los dos satélites han sido construidos por Hughes Space & Communications y equipados con una carga útil suministrada por Alcatel Space y son

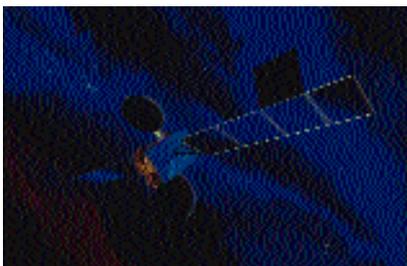


Figura 5 – El satélite AfriStar.



Figura 6 – XM™ Satellite Radio, el satélite de comunicación más potente, construido hasta la fecha.

los satélites de comunicaciones más potentes construidos hasta el momento (Figura 6). La puesta en servicio comercial está prevista para el año 2001. XM™ Satellite Radio debe proporcionar una recepción de audio y texto de alta calidad sobre el territorio norteamericano, así como otros datos digitales sobre todo tipo de receptores, por medio de estos dos satélites geoestacionarios y de una red terrestre de repetidores. Las características de este nuevo servicio de radio incluyen la cobertura completa de costa a costa, asegurando la audiencia sobre la totalidad del territorio norteamericano, una elevada calidad de recepción y una extensa selección de programas.

### Parámetros clave del sistema

El sistema XM™ Satellite Radio utiliza la banda de frecuencias de 2.332,5 a 2.345 MHz. Ha sido optimizado para este espectro de frecuencias en banda S, para asegurar unas características fiables en entornos urbanos y rurales de Norteamérica.

La multiplexación por división en el tiempo permite la difusión musical y vocal sobre una centena de canales. Cada canal puede ser enriquecido añadiendo componentes dedicados de textos y otros datos, a la transmisión. Cada satélite transmite el mismo contenido, de tal manera que el receptor puede reconstruir ese contenido a partir de la señal de cualquiera de los dos satélites.

La disponibilidad del enlace, calculada según el principio del modelo "Extended Empirical Roadside Shadowing" adaptado a este sistema de dos satélites, es superior al 99%.

#### **Los satélites XM™**

Los satélites, cuyo tiempo de vida es de 15 años, estarán posicionados en una longitud de 115° W y 85°W en órbita geostacionaria. Utilizarán una plataforma HS-702 equipada con paneles solares de alta eficacia y propulsores de Xenon-Ion. Una vez lanzados estos satélites, cuya masa de lanzamiento será de 4,45 toneladas, serán los satélites comerciales más potentes puestos en servicio, produciendo más de 15,5 kW de energía hasta el final de su periodo de vida.

La carga útil del XM™ Satellite Radio se compone de dos transpondedores transparentes. Cada uno de ellos incluye una antena, equipada con un reflector circular de 5 metros de diámetro y con una única fuente. La cobertura de transmisión está adaptada a la forma del continente norteamericano, con una EIRP elevada y con dirección hacia las zonas donde los satélites tienen un ángulo de elevación más reducido, y a aquellas que cuentan con una alta densidad de población. Cada transpondedor incluye un sistema de amplificación de alta potencia, compuesto de 16 amplificadores de tubo de ondas progresivas (ATOP) de 216 W de potencia funcionando en paralelo en saturación. El conjunto de antena y amplificador de alta potencia produce un pico de EIRP superior a los 68 dBW.

#### **Los repetidores terrestres**

El servicio XM™ Satellite Radio complementará su sistema de satélites con una red de repetidores terrestres para cubrir los vacíos de cobertura debidos a las construcciones elevadas (conocidas como "cañones urbanos"). La antena de radio debe tener una visión directa del satélite para asegurar que las señales se reciben de una forma fiable. Los repetidores, situados sobre los tejados y torres existentes, recibirán las señales de audio de los satélites, amplificándolas y retransmitiéndolas a niveles de potencia mucho más elevados.

XM™ Satellite Radio ha convencido a un gran número de compañías estratégicas a sentarse alrededor de la misma mesa: General Motors, Direct TV y Clear Channel. Firmas de renombre en el campo de los semiconductores y la electrónica de consumo como Motorola, ST Microelectronics, Pioneer, Sharp, Alpine y otros, están asociadas a este proyecto. Analistas americanos lo califican como el nuevo "campo abonado" para las aplicaciones por satélite, con un éxito previsto comparable a la TV en directo. Los fabricantes de equipos, con los japoneses a la cabeza, están ya desarrollando los autorradios y los adaptadores correspondientes. Las antenas en los vehículos, en una primera fase, tendrán capacidad dinámica de direccionamiento, debido a la utilización de antenas activas multielementos a precios populares. El servicio XM™ Satellite Radio paliará la carencia de autorradios RDS en América. En Europa, debido a la falta de satélites adaptados,

podrían transcurrir una o dos décadas hasta que este servicio esté operativo!

#### **■ Conclusión**

Con un renovado y creciente mercado del automóvil y la llegada de tecnologías adaptadas a este entorno, la industria está imaginando vehículos que no sólo sirven para transportar personas. El automóvil multimedia o comunicante, muy pronto dejará de ser un sueño o una fantasía. La demanda existe, las soluciones también. Alcatel Space participa en estos nuevos desarrollos, consciente del decisivo papel que juegan los satélites.

**Olivier Courseille** es responsable de la ingeniería de misiones de radiodifusión digital por satélite en Alcatel Space.

**Jean-François Gambart** es director de Marketing y Desarrollo de Alcatel Space. Ha sido responsable comercial de los programas Globalstar, WorldSpace y XM™ Satellite Radio.

**Jean-Bernard Lagarde** es director general de TE.SA.M., joint venture creada por France Télécom y Alcatel para suministrar el acceso al servicio en 31 países.

# LA OFERTA DE PLATAFORMA DE ALCATEL SPACE: SPACEBUS Y PROTEUS



J. ZIEGER

La familia Spacebus de Alcatel y la plataforma multimisión Proteus cubren conjuntamente una amplia gama de necesidades en el competitivo mercado de los satélites.

## ■ Introducción

Aunque en un diccionario se define una *plataforma* como “una superficie plana para albergar materiales o equipo”, los ingenieros han añadido considerablemente sentido a esta palabra. Desde de los barcos pesqueros a los globos de aire caliente, pasando por los aviones y los satélites, la *plataforma* es el conjunto de funciones que permiten a un vehículo funcionar en su entorno (un vacío ingrávido, en el caso de los satélites) y suministrar las funciones auxiliares necesarias a lo que transporta, lo que se llama *carga útil*. La plataforma y la carga útil se combinan

para formar un satélite, trabajando juntos para llevar a cabo una misión espacial para una determinada aplicación.

Hay varios tipos de misiones de satélites a las cuales se pueden adaptar las plataformas, tanto para cumplir requisitos especiales como para soportar las tensiones especiales de lanzamiento y de despliegue orbital. Los tres tipos principales de misiones son:

- Telecomunicaciones: televisión, telefonía, navegación;
- Observación: óptica, radar, escucha electrónica;
- Científicas: astronomía, exploración.

Las órbitas terrestres utilizadas más comúnmente se caracterizan por su altitud, el periodo orbital resultante y la inclinación del plano orbital con respecto al plano ecuatorial.

La Órbita Terrestre Geoestacionaria, GEO, a una altitud de 36.786 km, es ecuatorial y circular. El periodo orbital es el mismo del de una rotación de la Tierra, o sea 23 horas 56 minutos (un día sideral), así un satélite que se encuentre en esta órbita aparece como estacionario para un observador terrestre. Esta es la órbita preferida por los satélites que retransmiten emisiones de televisión y que mantienen una observación constante de

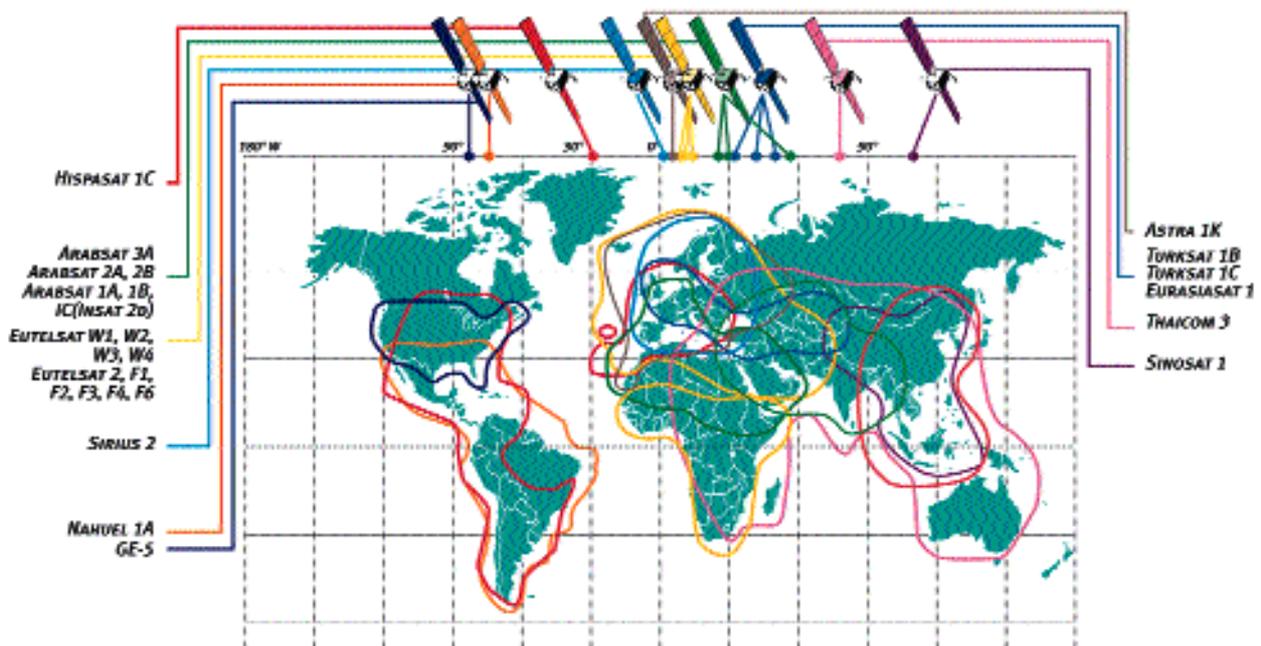


Figura 1 – Cobertura mundial del Spacebus.

la Tierra, fundamentalmente para actividades meteorológicas.

Spacebus es el nombre dado a la familia de plataformas geo-estacionarias de telecomunicaciones de Alcatel. La **Figura 1** muestra todas las áreas cubiertas por estos satélites.

Las órbitas no geo-estacionarias se conocen como "órbitas de deriva". Estas se dividen en Órbitas Bajas (LEO), con altitudes que van de 300 a 2.000 km., las cuales normalmente están tremendamente inclinadas de forma que el satélite pasa sobre toda la superficie de la Tierra, y en Órbitas Medias (MEO), con altitudes que van de 10.000 a 20.000 km.

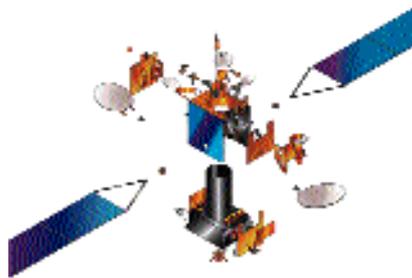
Las misiones de observación de alta resolución (Spot, Helios) y las constelaciones de satélites de telecomunicaciones para telefonía móvil y transmisiones multimedia (Globalstar, Sky-Bridge) utilizan LEOs, mientras que las constelaciones para las aplicaciones de navegación (GPS, GLONASS, Galileo) utilizan MEOs.

Proteus es el nombre de la gama de plataformas multimisión para satélites LEO y, si es necesario, para satélites MEO, desarrollada mediante una asociación entre el French National Space Research Center (CNES) y Alcatel.

## ■ Funciones de la plataforma

La gama de funciones a bordo depende de las misiones o de la órbita escogida, pero todas las plataformas tienen seis funciones principales (ver **Figura 2**):

- **Estructura:** Suministra la integridad mecánica del satélite y da soporte a todos sus equipos. Las principales características son poca masa, rigidez y capacidad de transporte.
- **Control térmico:** Asegura una variedad aceptable de temperaturas para el equipo al regular el intercambio de energía con el entorno espacial; los cambios externos son exclusivamente por radiación debido al vacío.
- **Propulsión:** Corregir la trayectoria después del lanzamiento y cambiar o mantener las características orbitales durante la misión requiere un sistema de propulsión para suministrar los



**Figura 2 – Vista de la plataforma Spacebus.**

ajustes necesarios de velocidad. La técnica se está moviendo desde la propulsión química (motores y propulsores) a la propulsión eléctrica.

- **Alimentación eléctrica:** La energía solar se recoge en paneles solares (generadores) y después se prepara para llevarla al equipo o para almacenarla en pilas para su uso durante fases de eclipse.
- **Control de posición y de órbita:** El direccionamiento de las antenas o de los instrumentos hacia sus objetivos obliga a que la rotación del satélite alrededor de su centro de gravedad sea de una precisión tal que vaya de un grado a un segundo. Mantener la orientación y el control durante las maniobras, en especial las correcciones orbitales, es el papel de esta compleja función que utiliza sensores, actuadores y un ordenador a bordo.
- **Gestión a bordo:** Un satélite está siempre bajo control, bien mediante las transmisiones de una estación terrestre (recepción de señales de control remoto, transmisión de información de telemetría), o bien mediante control automático cuando no esté en contacto con el centro de control terrestre. La función de gestión a bordo organiza y asigna el plan de trabajo del satélite para las funciones de la plataforma y generalmente también el establecimiento y seguimiento de la carga útil.

Actualmente, las funciones de regulación y gestión se realizan mediante los sistemas de información a bordo (ordenadores, lógica y buses de datos) los cuales son el núcleo del equipo electrónico de la plataforma. Por extensión de

la terminología utilizada en la aeronáutica, al conjunto de este equipo y de la tecnología de información a bordo se le llama "aviónica".

## ■ Fiabilidad y flexibilidad

Un satélite no se puede reparar cuando está en órbita; esta verdad casi evidente oculta todo el talento de ingeniería puesto a servicio de la arquitectura y a la elección de componentes cualificados diseñados para asegurar con probabilidades muy elevadas que el satélite funcionará sin problemas. No hay espacio para el error, aún más para una plataforma que tiene que ser libre de errores y fiable al máximo posible. Naturalmente, el interés principal del usuario es la carga útil que se utiliza en la misión.

Cuando se comparan la plataforma y la carga útil, un asunto resuelto hace largo tiempo por Alcatel, la plataforma, como producto integrado, tiene una continuidad mayor que la carga útil la cual puede variar de una misión a otra. Este es el motivo por el cual la naturaleza competitiva y las apuestas involucradas en la competición internacional frecuentemente se enfocan en los nombres comerciales de la plataforma utilizados por los principales constructores de satélites. Esta competencia se basa en criterios tangibles: coste, capacidad de transporte (peso, potencia), calificación de lanzamiento por los diferentes vehículos lanzadores, etc. Concretamente, y de gran importancia, el tiempo de vida certificado en la órbita influye mucho en la confianza de los clientes potenciales. La continuidad, basada en reutilizar lo que funciona bien, significa producciones más largas y costes de producción más bajos. No obstante, una plataforma debe permanecer flexible en su clase de aplicación para poder cumplir los requisitos especiales de cada misión y para permitir que las interfaces se adapten a la nueva carga útil y las nuevas lanzaderas.

Teniendo en cuenta estos factores técnicos y comerciales, la industria del satélite ha introducido un método de "línea de producto" para producir plataformas de satélites y controlar su evolución.

Las familias Spacebus y Proteus, con su capacidad multimisión, son los elementos básicos de la oferta “plataforma” de Alcatel, suministrando así un acceso muy grande al mercado de los satélites.

## ■ Spacebus

El diseño de la familia Spacebus de satélites cumple los requisitos actuales y previstos de los satélites de telecomunicaciones en órbita geo-estacionaria. El Spacebus es adecuado para la telefonía fija y móvil, así como para radiodifusión y televisión gracias a la versatilidad de su carga útil y al amplio rango de potencia disponible.

### Gama extendida

La familia Spacebus de plataformas es el resultado de 20 años de evolución continua y controlada, constantemente enfocada en obtener un beneficio y satisfacción óptimo para el cliente (Figura 3). Puede:

- transportar cargas útiles con pesos de 100 a 1.200 kg., de 1 a 16 kW, y trabajar en las bandas C, Ku y Ka;
- llevar diferentes antenas;
- suministrar una precisión de direccionamiento estándar de <math><0.1^\circ</math>;

- soportar misiones de 15 años de duración;
- asegurar compatibilidad con todas las lanzaderas comerciales capaces de colocar cargas útiles de dos a seis toneladas en la órbita de transferencia geo-estacionaria;
- trabajar independientemente durante largos periodos gracias a su capacidad de detección y aislamiento de fallos;
- permitir una entrega rápida a medida de los requisitos del cliente.

### Concepto modular

Un módulo de servicio con un tubo central de fibra de carbono asegura la transferencia continua de esfuerzos entre la plataforma y la lanzadera y suministra un armazón mecánico muy estable:

- Un módulo de comunicación en forma de U que suministra grandes superficies y fácil acceso al equipo de comunicación.
- El ensamblaje de antenas hace uso sistemático de estructuras hiperestables para garantizar al cliente el máximo rendimiento.
- Los generadores solares llevan de cuatro a diez paneles con las mismas interfaces ensambladas.
- Modularidad significa que la gama se puede aumentar para adecuarse a los

requisitos. La capacidad se puede aumentar gradualmente adaptando varios módulos.

- Los depósitos de propulsión también se pueden aumentar para adecuarse a la masa del satélite y a la duración de la misión.

### Un cuerpo denso y energético

La parte central de Spacebus hace un uso óptimo del espacio restringido existente bajo el cono de ojiva de la lanzadera para:

- cargar el sistema de propulsión necesario para su vida orbital;
- acceder y preparar el equipo electrónico;
- mantener temperaturas templadas y un buen entorno térmico para todos los componentes.

Dos sistemas complementarios de propulsión suministran una amplia elección al cliente:

- un sistema unificado bi-líquido con un número mínimo de elementos pesados (tanques) y sub-ensamblajes de distribución y regulación redundante;
- un sistema eléctrico de propulsión, basado en motores de plasma probados en vuelo y mecanismos de guía que maximizan sus beneficios.

					
	SB 3000A	SB 3000B2	SB 3000B3	SB 3000B3S	SB 4100C
Potencia	<math><5,5\text{ kW}</math>	5 a 8 kW	8 a 10,5 kW	10 a 13 kW	10 a 17 kW
Masa de lanzamiento	2.500 kg a 3.200 kg	2.800 kg a 3.200 kg	3.200 kg a 3.800 kg	4.000 kg a 5.200 kg	Hasta 6.000 kg
Referencia	Sinosat	Eutelsat W	Eurasiasat Hot Bird 6	Astra 1K	Primer vuelo 2002
Número de canales (C, Ku, Ka)	20-35	30-40	40-50	50-70	Hasta 110

Figura 3 – La familia Spacebus: SPACEBUS, PROTEUS.

El sistema de regulación termal que hace un uso máximo de los componentes pasivos y activos para alcanzar el mejor rendimiento posible del equipo crítico. El diseño estructural requiere satisfacer dos requisitos principales:

- resistencia mecánica sin fallos durante las tensiones del lanzamiento (el ruido generado por el vehículo lanzador es equivalente al de 1.000 aviones despegando);
- alta estabilidad termoelástica, ya que la temperatura exterior puede variar desde +120°C al sol a -180°C a la sombra.

### Gran envergadura

Un panel solar con dos alas captura la potencia solar. El Spacebus utiliza el producto Solarbus, el cual es capaz de cumplir los requisitos de potencia que van de 7 a más de 20 kW. Una vez instalado, el ensamblaje completo es de 35 m de ancho (ver **Figura 4**).

El Solarbus está formado por:

- Paneles desplegables, ultraligeros y con construcción emparedado de alma alveolar de carbono cubiertos por células solares hechas de silicón de alta eficiencia u, opcionalmente, de arseniuro de galio.
- Un sistema de instalación motorizado (redundante) con los paneles instalados primero en una línea central y después lateralmente.

### Aviónica probada

El suministro de potencia eléctrica del Spacebus, el cual tiene uno o dos buses, realiza una conversión de alta eficiencia de la energía de las células solares para producir un voltaje regulado constante.

Durante las fases de eclipse, la energía solar se sustituye por la potencia obtenida de pilas recargables de gran capacidad basadas en células iónicas de Litio o de Níquel-Hidrógeno.

La función de comando y control, esencial para los operadores terrestres, da un nivel muy alto de autonomía y seguridad.

Las señales de telemetría y telemando se pueden transmitir en la banda C o en la banda Ku.

Las funciones de gestión a bordo utilizan dos sistemas redundantes formados por ordenadores, un bus de interconexión y adaptadores. Las unidades de ordenador utilizan aplicaciones lógicas modulares; las adaptaciones específicas de la misión se limitan a los módulos de carga útil.

La estabilización constante en tres ejes en cada fase de la misión reduce las necesidades de equipo a bordo y asegura un rendimiento excelente del direccionamiento del cuerpo del satélite. El sistema de control de posición es totalmente redundante y está formado por:

- Un conjunto de instrumentos de medida de posición con visores y giroscopios terrestres y solares que suministran constantemente información de control.
- Un sistema de cuatro ruedas cinéticas que suministra los pares de tensión y momentos estabilizadores.
- Un ordenador de gran autonomía y con gran capacidad de reconfiguración trabajando bajo el control del ordenador de gestión a bordo.

### Competitividad controlada

La evolución del mercado y la búsqueda constante de más ganancias para el cliente demanda una política de mejora

constante para la “línea de producto”. Con este objetivo, Alcatel ha arrancado:

- En 1996, el desarrollo de una Power-Conditioning Unit (PCU) capaz de cubrir toda la gama de potencia que va desde 7,5 hasta 20 kW, utilizando módulos básicos de 1,75 kW, que funcionan a 100 V para una mejor eficiencia.
- En 1997, el desarrollo de una aviónica fuertemente integrada basada en adaptadores de bus VLSI con un método de “diseño a coste”. Esto reduce al menos a la mitad el número de módulos utilizados anteriormente, así como el número de enlaces punto-a-punto en el cableado del satélite.
- En 1999, un ambicioso y competitivo programa destinado a reducir considerablemente los costes de producción y los tiempos de entrega para que nuestros clientes se puedan mantener a la cabeza del mercado. Este programa, que hace un gran uso del “rediseño a coste” para todos los componentes del satélite al tiempo que se mantiene o mejora el rendimiento de cada unidad, está reconsiderando todo el proceso de fabricación, incluyendo tanto las actividades externas como las internas.

### ■ Proteus

La plataforma Proteus es el primer mini-satélite europeo, con un peso de alrededor 500 kg. Está diseñada para reducir el coste de la misión al tiempo que mantiene un alto estándar de rendimiento y calidad. Este producto multi-misión se caracteriza por una amplia variedad de misiones de vuelo, una considerable capacidad de transportar carga útil e interfaces más simples para una fácil adaptación a cada misión.

Esto responde a las demandas de los diferentes tipos de usuarios que quieren ver sus aplicaciones científicas u operacionales fácil y rápidamente instaladas.

### Dominio del vuelo

La plataforma Proteus es compatible con todas las lanzaderas de la clase 500 kg. y ofrece un bajo coste de lanzamiento. Puede funcionar en todas las órbitas entre 500 y 2.000 km. y con todos los ángu-

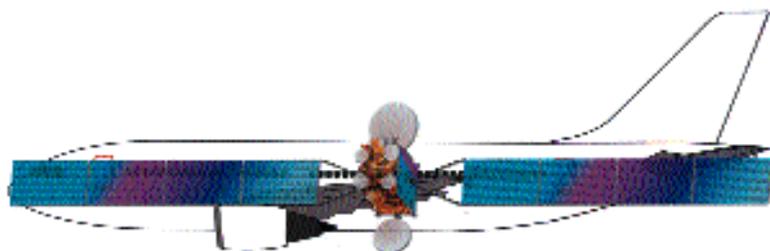


Figura 4 – Gran generador solar.

los de inclinación. Asegura todos los métodos de direccionamiento (terrestre, de inercia o solar) con un rendimiento de direccionamiento mejor que  $0,05^\circ$  para adecuarse a las misiones más demandadas (observación). Su tiempo de vida orbital es de cinco años.

### Capacidad de transporte

En su configuración de vuelo, Proteus puede soportar cargas útiles con las siguientes características máximas: 300 kg. de masa y consumo de potencia media de 300 W con un pico posible de 800 W por 20 minutos en cada órbita.

### Arquitectura robusta y funciones concentradas

La capacidad multimisión y la facultad para adaptarse a una amplia gama de cargas útiles y a diferentes lanzaderas ha llevado al desarrollo de una arquitectura basada en dos elecciones principales (ver **Figura 5**):

- Un armazón mecánico muy robusto que usa tecnologías elegidas por su facilidad de producción (series Globalstar) y que permite que el equipo sea fácilmente ensamblado y desensamblado.
- Aviónica que combina la mayoría de las funciones de comando, control, autonomía, direccionamiento y distribución de potencia en una unidad central común, conocida como Data Handling Unit (DHU).

Estas dos elecciones no son contradictorias con la necesidad de un diseño moderno para los intereses de una rápida capacidad de adaptación. Las interfaces mecánicas con la lanzadera, en la parte baja, y con la carga útil, en la parte alta, se simplifican mucho con el uso de tornillos especiales. Un bus digital común facilita la comunicación entre la DHU y las diferentes unidades periféricas, incluida la carga útil.

La lógica a bordo, que controla el ciclo de trabajo del satélite en sus diferentes modos y supervisa su buen funcionamiento, está diseñada para soportar las funciones de gestión de la carga útil. Se utiliza en conjunto con una base de datos

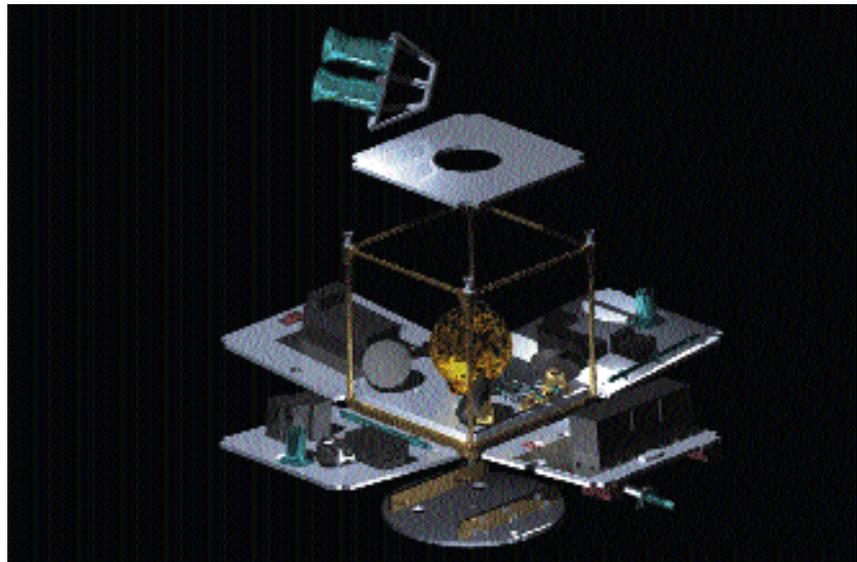


Figura 5 – Vista de la plataforma Proteus.

“sistema” que aísla y minimiza el número de parámetros que se necesitan modificar para adaptar los modos de funcionamiento a la misión.

Las principales especificaciones técnicas son las siguientes:

- Un cuerpo cúbico de 1 m de lado con caras laterales que llevan equipo electrónico y la base que contiene el sistema de propulsión Hydrazine (un tanque de 40 litros y hasta cuatro motores que suministran un Newton de propulsión).
- Un sistema de control de posición de tres ejes con sensores de estrellas y sensores solares, giroscopios y magnetómetros para supervisar la posición; utiliza ruedas cinéticas y acopladores magnéticos para generar los pares de torsión de estabilización. Los receptores de navegación GPS (Global Positioning System) permiten al ordenador registrar el tiempo universal y recibir datos relativos a la posición y velocidad del satélite. Así, el satélite mantiene su órbita, con la ayuda del sistema de propulsión, y regula el ciclo de trabajo durante largos periodos cuando está fuera del alcance de estaciones terrestres.
- Un panel solar, formado por dos alas, cada una con cuatro paneles, suministra una potencia de más de 500 W.
- La energía eléctrica se libera en una barra de alimentación no regulada

(23/36 V) soportada por una batería de NiCd de gran capacidad (40 Ah).

- Las transmisiones con la estación terrestre de control utiliza modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) en la banda S, dando una velocidad de datos ascendente de 800 kbit/s. Una gran capacidad de memoria significa que la plataforma supervisa los datos a almacenar a bordo, junto con los datos de la carga útil, hasta que se puedan enviar a tierra.

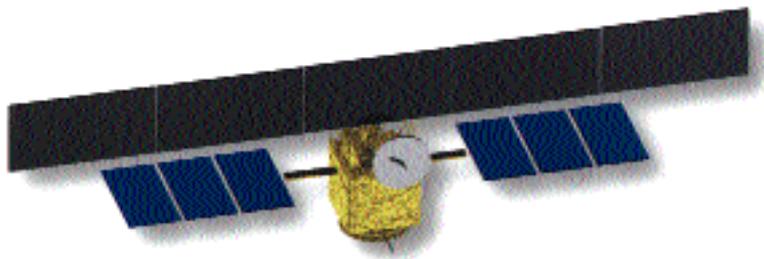
### Servicios ofrecidos por la carga útil

Los siguientes servicios estándar están disponibles en la carga útil para facilitar su desarrollo y su adaptación a la misión:

- un bus de alimentación no regulada, 16 líneas de potencia, 16 líneas de control;
- regulación termal controlada por la lógica de la plataforma;
- un bus de comunicación del tipo 1553;
- 2 Gbits de almacenamiento de masa disponible;
- provisión del tiempo de referencia con una precisión de  $5 \mu\text{s}$ .

### Una oferta “a la carta”

Alcatel puede suministrar a los clientes y usuarios una lista de suministros y servicios, los cuales se pueden adquirir por separado o en conjunto:



**Figura 6 – Uso del Proteus para radar por satélite.**

- suministro de la plataforma genérica y calificada Proteus;
- módulo de instalación del equipo de la carga útil;
- ajuste para cumplir los parámetros de la misión (misionización), que afectan principalmente a la lógica de vuelo;
- integración y pruebas completas del satélite;
- campaña de lanzamiento;
- pruebas de aceptación en vuelo;
- suministro del centro de control del satélite.

### Misiones típicas

La primera aplicación en usar Proteus es el proyecto de altimetría y oceanografía Jason 1, junto con el CNES y la NASA. Desde una órbita muy inclinada a una altura de 1.400 km., la plataforma garantiza un direccionamiento preciso y estable de la carga útil (altímetro) hacia el centro de la Tierra y mantiene una órbita muy precisa. El resultado es una misión exitosa diseñada que registra los cambios en el nivel del mar en todo el mundo con una precisión de unos 2 cm.

Las misiones siguientes están en estudio:

- COROT para investigación astronómica con el objetivo de determinar la estructura interna de las estrellas y de detectar los planetas extra solares (planetas que se encuentran fuera del sistema solar) del tipo telúrico, como la Tierra. Proteus puede apuntar a un telescopio como objetivo con una estabilidad mejor de un segundo de arco.
- PICASSO - CENA para estudiar la atmósfera, su composición y en especial la presencia de sustancias químicas usadas en los aerosoles (por ejemplo,

CFC's). Para ello, Proteus transportará una carga útil LIDAR (el equivalente de un radar en el campo óptico) apuntando hacia la Tierra. La misión es una empresa conjunta entre el CNES y la NASA.

Proteus no se usa solamente para aplicaciones científicas.

Las misiones de observación de la Tierra también beneficiarán a las facilidades de la plataforma Proteus. Esto se presta igualmente bien a las misiones ópticas, continuando con el programa nacional Spot, por ejemplo, y para las misiones de radar (ver **Figura 6**). La implantación de constelaciones mixtas de observación ópticas/radar es una interesante perspectiva a tener en cuenta.

Finalmente, Proteus se puede utilizar parcial o totalmente para misiones de telecomunicación o navegación. Los satélites en la constelación SkyBridge utilizarán la aviónica basada en Proteus. En el campo de la navegación, la constelación futura para el programa europeo Galileo

puede usar satélites basados en la arquitectura y la aviónica de la plataforma Proteus (**Figura 7**).

### ■ Conclusiones y tendencias

El mercado de los satélites es ferozmente competitivo, poniendo una fuerte presión en reducir los precios y los tiempos de entrega. Al mismo tiempo, la explosión en los requisitos de telecomunicación espacial está empujando a los operadores a pedir satélites con cada vez mejor rendimiento en términos de capacidad (el doble de peso de lanzamiento en ocho años y el triple de potencia). Estas dos tendencias, que resultan de la gran competitividad, y del incremento en el rendimiento demandado por el mercado, están forzando a los fabricantes mundiales de satélites a:

- normalizar el equipo, e incluso subsistemas enteros, para minimizar los costes de desarrollo y reducir los tiempos de ciclo del proyecto;
- hacer productos de satélite versátiles (o adaptables) para adecuarse a las diferentes misiones sin comprometer considerablemente el rendimiento.

Está comúnmente aceptado que la industria del satélite ha avanzado de la “alta costura” (en 1980) al “confeccionado” (en 1990).

Esto ha llevado a Alcatel a mejorar su oferta de plataforma al tener en cuenta estas tendencias aprovechándose del progre-



**Figura 7 – Proteus: una respuesta a Galileo.**

---

so tecnológico y poniendo énfasis en la competitividad de su línea de producto:

- Spacebus 2000, 3000 y 4000 para todas las misiones de telecomunicación GEO;
- Plataforma LEO Proteus para misiones tales como las de observación de la Tierra, las científicas, las de telecomunicaciones y las de navegación.

Esta es la razón por la que las iniciativas de normalización llevadas a cabo por Alcatel en el campo de los satélites van más allá del estricto esquema de una línea de producto.

El objetivo de la fabricación es desarrollar “módulos funcionales” (ordena-

dores, generadores solares, módulos de propulsión, buses de datos, etc.) que puedan utilizarse en cualquier tipo de satélite de forma que se puedan beneficiar de las diferentes líneas de producto; de aquí el concepto de modularidad de fabricación y no sólo de modularidad arquitectural.

Por ejemplo, el diseño de un satélite SkyBridge utiliza determinados “módulos” GEO (ordenador, sistema eléctrico de propulsión), así como elementos software y hardware de la línea Proteus.

Flexibilidad, normalización y modularidad serán las claves para el futuro éxito así como la innovación: se debe ser previsor para ganar.

## ■ Reconocimientos

El autor querría agradecer a las siguientes personas por su activa participación: Michel Andrau, Luc Frecon, Jean Portier, especialistas en plataformas, y Jean-Jacques Dechezelles y a Alain Girard por su asesoramiento al revisar el artículo.

**Jean Zieger** es director de Ingeniería de Alcatel Space y director de la fábrica de Cannes, en Francia

# SISTEMA EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE GALILEO



A. BORIES

Alcatel está jugando el papel de líder de Galileo, el futuro sistema civil de navegación por satélites, que proporcionará un sistema fiable e independiente de los sistemas GPS y GLONASS, bajo control militar.

## ■ Introducción

La industria espacial europea, y en particular Alcatel Space, está trabajando estrechamente con la Unión Europea y la Agencia Espacial Europea (ESA), para finalizar el sistema europeo de navegación por satélites Galileo. El sistema, planificado su operatividad para el 2008, proporcionará a los usuarios civiles una multitud de servicios de posicionamiento y de sello temporal, con todas las garantías de integridad y disponibilidad que requieran. El ambicioso programa, una iniciativa de la Unión Europea, liberará a Europa de su actual dependencia de los sistemas militares americano GPS (sistema mundial de determinación de posición) y ruso GLONASS (sistema mundial de navegación por satélite). También será un importante elemento de desarrollo económico, ya que abrirá el mercado de los equipos y de los servicios a numerosas empresas europeas, que hasta ahora se han visto eliminadas de hecho por la situación de casi monopolio americano.

## ■ Aspectos cruciales para el futuro de Europa

### *Seguridad y soberanía*

Aunque bajo control militar y destinados en un principio exclusivamente para los ejércitos americano y ruso, los sistemas GPS y GLONASS proporcionan a millones de usuarios en todo el

mundo información instantánea sobre su posición, virtualmente en cualquier momento y lugar. Además, muchas aplicaciones utilizan su función de hora, por ejemplo, para sincronizar las estaciones base de las redes de comunicaciones móviles. Sin embargo, el usuario sólo se beneficia parcialmente de los servicios de GPS y GLONASS.

- El GPS, constelación de 24 satélites MEO (órbita terrestre media) repartidos sobre seis órbitas circulares a 20.000 km de altitud, presenta unas limitaciones tales que la ICAO (Organización Internacional de Aviación Civil) no lo puede aceptar como medio único de navegación:
  - sus prestaciones se han degradado intencionadamente hasta una precisión del orden de 100 metros horizontalmente; aunque el Departamento de Defensa de Estados Unidos ha prometido abrir el acceso a un servicio más preciso para las aplicaciones civiles, conservará, hasta el 2008, una capacidad de interferencia deliberada que es incompatible con aplicaciones de alto nivel de seguridad;
  - no existen garantías de servicios ni de responsabilidad civil;
  - se puede poner en duda su gratuidad.
- El GLONASS, constelación de 24 satélites repartidos en tres órbitas a 19.100 km. de altura, debería, en teoría, proporcionar un servicio idéntico al del GPS. Sin embargo, sufre las actuales dificultades económicas de Rusia. La

falta de los medios financieros suficientes no puede asegurar la sustitución de los satélites. De hecho, solamente trece de los satélites están en funcionamiento.

Europa no puede seguir siendo un tributario de esta situación cuando diferentes clases de usuario esperan muchos servicios de navegación y de hora por satélite: el transporte por carretera (gestión de flotas de vehículos, asistencia y reparación o, en el futuro, las autopistas automáticas por las que se guiarán totalmente los coches), el transporte marítimo y fluvial (tráfico en los puertos o en zonas peligrosas, como el Canal de la Mancha con niebla, rescate marítimo), el transporte ferroviario (gestión de trenes, mercancías, etc.). La precisión horaria es también un importante aspecto: sincronización de las comunicaciones (las móviles, en particular), transacciones bancarias, etc. La doble necesidad de seguridad e independencia se ha traducido en los siguientes requisitos para el futuro sistema Galileo:

- integridad,
- disponibilidad y continuidad del servicio,
- precisión (para usuarios particulares),
- control por una autoridad civil internacional.

### *Aspectos económicos (Figura 1)*

Ya no se puede aceptar que las empresas europeas se encuentren marginadas de un mercado con un crecimiento

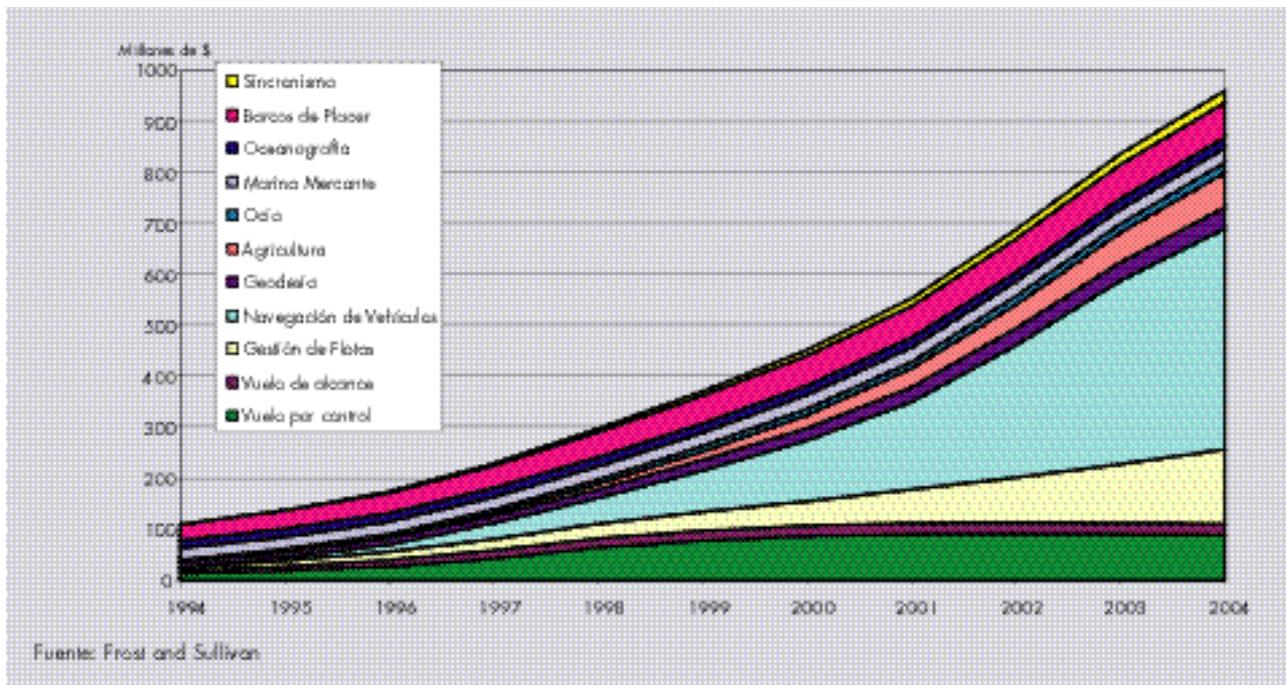


Figura 1 – Evolución del mercado de la navegación por satélite.

tan grande, mercado dirigido por una multitud de aplicaciones que la navegación por satélite hace, o hará, posible, y que incluirá equipos y servicios de valor añadido y, en menor medida, la infraestructura de satélites.

Las estimaciones actuales de la Comisión Europea, basadas solamente en Europa, y en los primeros 18 años de funcionamiento del Galileo, son las de un mercado potencial de 120 mil millones de euros para equipos (sobre todo, receptores) y de 110 mil millones de euros para los servicios. El mercado de exportación se estima en 50 mil millones de euros. El potencial de crecimiento puede compararse al del mercado Internet. Si se compara, el total de inversiones en infraestructura espacial –tres mil millones de euros– es (relativamente) modesto.

Estas colosales cifras llevan un mensaje que conocen los gobiernos europeos: se trata, no sólo de un mercado del que se aprovechará ante todo la industria espacial - aunque las implicaciones industriales serían significativas para Alcatel Space - sino de nuevas oportunidades para muchas pequeñas empresas y proveedores de servicios locales. Se estima que, en el período considerado, se podrán crear 120.000 empleos en el Viejo Continente gracias a Galileo.

### ■ Hacia nuevas aplicaciones

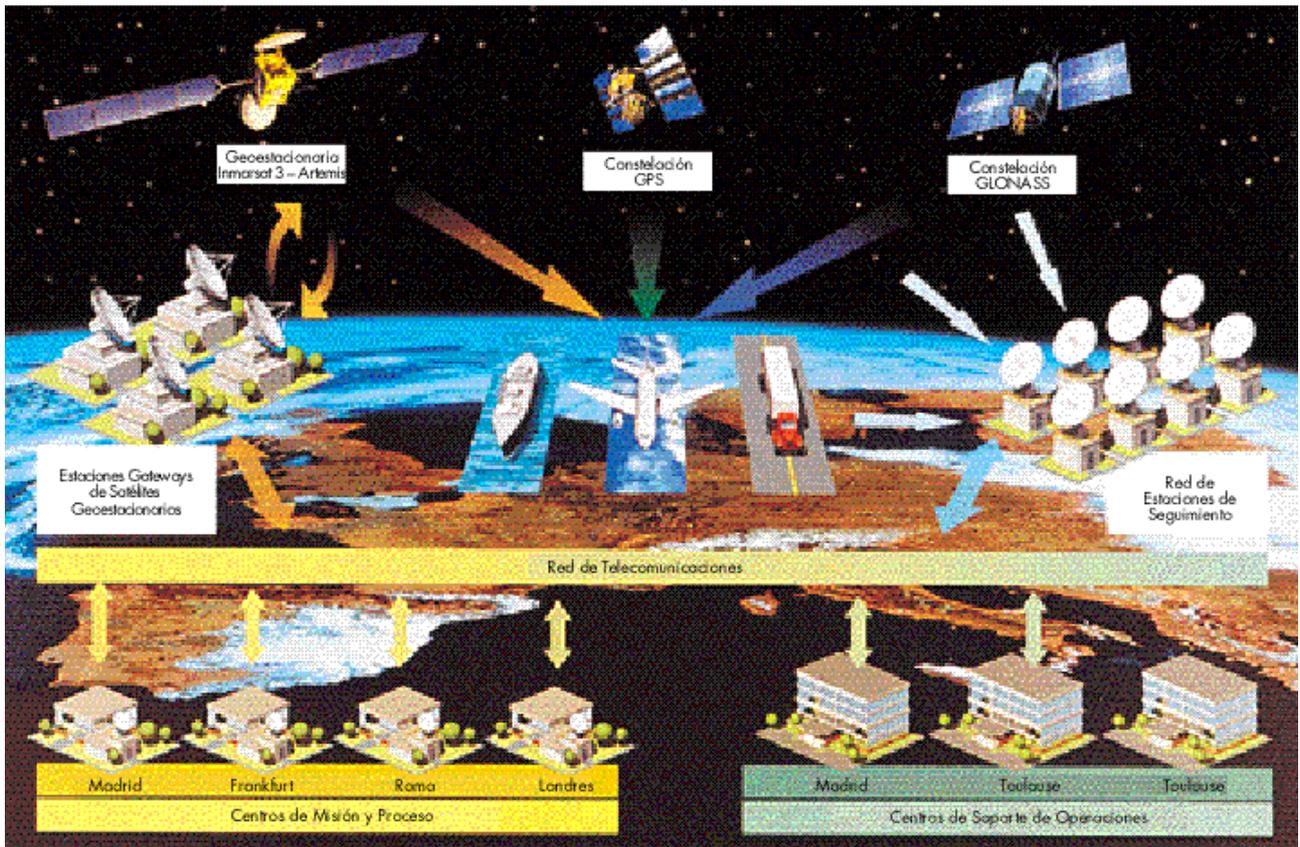
Contrariamente a lo que algunos podrían pensar, la cuota que tiene el sector aerospacial en este mercado es baja, alrededor del 5%, mientras que las aplicaciones marítimas y terrestres repre-

sentan el 95%. Sin embargo, las necesidades del sector aerospacial son determinantes a la hora de definir las prestaciones de Galileo.

El transporte por carretera es de lejos el principal consumidor de datos de posicionamiento. Así, por ejemplo, mu-

Retardo de la tierra	Retardo de la tierra					
> 30m	Prospecciones Geodésicas	Posición Precisión Multímetro	Emergencias	Emergencias	Continental	Transoceánica
30m	Agricultura	Navegación Rural	Comunicaciones de Placer	Navegación en puertos	Anuncios en Autobús/Tren	SinCon Precisión Terminal
10m		Control de Tráfico	Industria Urbana	Categoría I	Transporte Rural	Información a Pasajeros
5m	Control de Tráfico	Control de Vehículos	Categoría II	Marítima		
2m	Categoría II					
1m						Predicción Horizontal
	< 10 cm	± 1m	± 5m	± 10m	± 50m	± 100m > 200m

Tabla 1 – Aplicaciones de la navegación por satélite.



Copyright: CNES/ILLUDROS

**Figura 2 – Programa EGNOS.**

chos taxis de París (aunque también de Toulouse y de otras muchas ciudades europeas) se localizan por GPS y se pueden gestionar en función de la demanda, enviando al cliente el taxi más próximo. Los fabricantes de coches integran cada vez más en sus vehículos equipos de navegación basados en GPS, incluso en los modelos estándar. El conductor puede elegir la ruta óptima en función de las condiciones de tráfico, saber cuánto tardará en llegar a su destino y, en el caso de un accidente o una avería, recibir asistencia muy rápidamente, ya que el sistema transmite automáticamente la posición del vehículo a los servicios de emergencia. Por su parte, su garaje puede diagnosticar a distancia la avería y ordenar de forma inmediata los repuestos necesarios.

La unión de la navegación por satélite con las telecomunicaciones tiene un gran porvenir. La incorporación de chips GPS –o Galileo– en las nuevas generaciones de teléfonos móviles dará paso a una profusión de nuevas aplicaciones, como las relacionadas con las situacio-

nes de urgencias. El móvil transmitirá automáticamente las coordenadas en tres dimensiones (latitud, longitud y altitud) de la persona en peligro. También se podría usar para informar al usuario de los aparcamientos libres, de las condiciones climatológicas en la zona, o de las farmacias de guardia más cercanas.

### ■ Galileo: un producto de la determinación europea

Por todas estas razones, económicas estratégicas y políticas, las instituciones europeas han puesto las bases para la creación de un sistema civil europeo global de navegación por satélites de segunda generación (GNSS2), como oposición a la primera generación basada en GPS y GLONASS. La Conferencia de los ministros europeos de transporte del 16 y 17 de junio de 1999 involucró a los participantes a continuar con la definición de este sistema, conocido como Galileo, que se deberá acabar a finales del 2000. Esta decisión,

confirmada en la cumbre de Jefes de Estado europeos de junio de 1999, se ha visto acompañada de una asignación presupuestaria de 37 millones de euros para financiar la fase de definición global. Se ha visto complementada por una aportación de 40 millones de euros por parte de la Agencia Espacial Europea.

### De EGNOS a Galileo

Aunque la idea de un sistema europeo de posicionamiento y hora europeo que fuese independiente (aunque compatible) de los GPS y GLONASS empezó a tomar cuerpo hace unos pocos años, sólo las inversiones realizadas en EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) han puesto a Europa en la vía adecuada. Fue la adopción por el ICAO en 1991 del concepto CNS/ATM (comunicaciones, navegación y vigilancia/organización del tránsito aéreo), un conjunto de normas de fiabilidad y de precisión aplicables a la gestión del tráfico aéreo, la que llevo a tomar la decisión de comple-

tar GPS y GLONASS con nuevos segmentos terrestres para mejorar la precisión, la integridad y la disponibilidad.

Los trabajos preparatorios para el diseño y organización del GNSS en Europa se iniciaron en 1995, coordinados por el ETG (European Tripartite Group).

- La Comunidad Europea asegura el apoyo político y aporta las ayudas financieras, en particular para los primeros I+D.
- ESA tiene la responsabilidad del GNSS1 y del segmento espacial de Galileo; explotará el sistema EGNOS hasta la fase de capacidad operacional avanzada (AOC).
- Eurocontrol (European Security and Navigation Organization) define los requisitos específicos de la aviación civil y validará el sistema respecto a estos requisitos.

Se están desarrollando tres entes regionales: el WAAS (Wide Area Augmentation System) por Estados Unidos, el MSAS (Multifunction Transport Satellite-based Augmentation System) por Japón y EGNOS por Europa. Estos sistemas de augmentation forman el sistema global civil de navegación por satélites de primera generación (GNSS1) (ver **Figura 2**).

Alcatel es el director de proyecto para EGNOS, que debería estar operativo en el 2003. Utilizará los satélites geoestacionarios Inmarsat 3 y Artemis. EGNOS supervisará la integridad de las señales transmitidas por los sistemas GPS y GLONASS, aumentará la disponibilidad global suministrando señales suplementarias, y calculará las correcciones diferenciales para una mejor precisión. EGNOS es la primera etapa hacia el sistema Galileo, en el cual deberá formar parte importante de la estructura tierra. También permitirá poner en marcha un cierto número de servicios de posicionamiento en anticipación de Galileo y, en particular, comenzar las operaciones de certificación de aplicaciones de alto nivel de seguridad, como la aviación civil.

### Galileo: elecciones y preguntas

La decisión final para desarrollar Galileo será tomada en un Consejo de ministros europeos de transporte prevista para el

segundo semestre del 2000. Se han presentado dos ofertas importantes (ver a continuación) en septiembre de 1999 para la fase de definición que permitirán esclarecer la elección del Consejo.

- Definición de la arquitectura global (nivel de servicio, tipo de señal, compatibilidad GPS/GLONASS, zonas de cobertura, niveles de integridad y seguridad). Alcatel Space está liderando la oferta en la que participan también DASA, MMS UK, Alenia y Thomson-CSF.
- Características de la infraestructura espacial. Están involucrados las mismas importantes industrias, lideradas por Alenia.

Esta fase de definición permitirá validar y completar los estudios preliminares realizados hasta ahora.

### Prestaciones

El sistema Galileo tiene tres componentes que se corresponden con diferentes niveles de prestaciones:

- global, con una cobertura mundial;
- regional, típicamente la zona europea;
- local, típicamente un aeropuerto o una zona urbana.

Además, se han definido hasta hoy tres tipos de servicios:

- OAS (Open Access Service), un servicio gratuito abierto a todos los usuarios civiles.
- CAS 1 (Controlled Access Service level 1), un servicio de pago con acceso controlado para las aplicaciones comerciales.
- CAS 2 (Controlled Access Service level 2), un servicio de pago con acceso controlado para las aplicaciones que ponen en juego la seguridad de las personas o de tipo militar.

La precisión será mejor de 10 metros para todo tipo de servicio, que es la precisión buscada por Estados Unidos para el componente civil del futuro GPS/2F, sucesor del actual GPS. CAS 2 satisfará el conjunto de criterios de aterrizaje de categoría 1 para la aviación civil, es decir, una precisión de 4 metros verticalmente y de 16 metros horizontalmente, con una disponibilidad del 99%.

### Arquitectura (ver Figura 3)

En el diseño promocionado por Alcatel Space, la constelación constará de nueve satélites geoestacionarios y de 21 satélites MEO (orbitando la Tierra dos veces al día a una altitud de 24.000 kilómetros) o de 30 satélites MEO. Estas órbitas son las usadas por las constelaciones rusas y americanas. La constelación está optimizada para cubrir, mejor

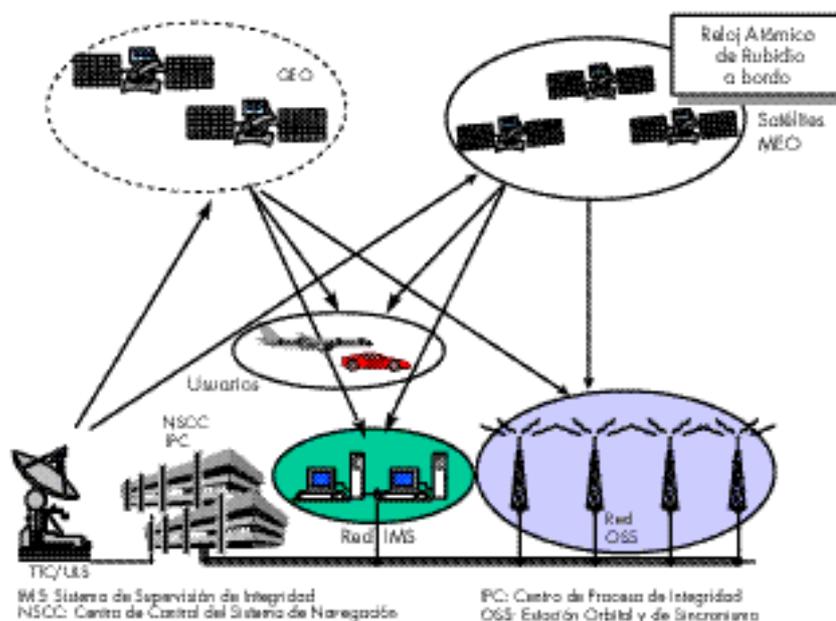


Figura 3 – Arquitectura del sistema Galileo.

que el actual sistema GPS, Europa y los países de alta latitud.

Los satélites tendrán una masa de 600 kilogramos con una carga útil de 100 a 110 kg, y una potencia de 1,7 kW. También podrían emitir una señal a la tierra más potente que la de la actual señal GPS, a 155 dBW/m<sup>2</sup> en lugar de los 158 dBW/m<sup>2</sup>, reforzando la señal frente a la interferencia deliberada, y que son las prestaciones buscadas por la próxima generación GPS.

En la arquitectura propuesta, la complejidad tecnológica se dividirá entre los sistemas terrenos y embarcados. El principal desafío se encuentra en el tiempo, es decir, la sincronización temporal. Galileo utilizará relojes atómicos de cesio instalados en el suelo, en contraste con el GPS, donde estos relojes están instalados a bordo de los satélites. Los satélites se equiparán con relojes de rubidio que permiten llegar a nanosegundos. Los cálculos de las órbitas se realizarán en tierra.

### **Interoperatividad con GPS y GLONASS**

La compatibilidad de radiofrecuencias es esencial para hacer los tres sistemas interoperativos: las emisiones de Galileo no deben crear interferencias que degraden las prestaciones de un receptor GPS, y viceversa. Es por ello esencial coordinar los niveles de frecuencias y de potencias transmitidas. Esto también supone la fabricación de receptores en modo dual (o modo triple) capaces de tener en cuenta la diferencia de "hora del sistema" entre GPS y Galileo, y que funcionen con referencias geodésicas compatibles.

### **Frecuencias**

La arquitectura de Galileo requiere la asignación de bandas de frecuencias (banda L) para los enlaces ascendentes y descendentes. Esta cuestión se debatirá en el WRC 2000 (Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones), previsto para mayo del 2000. Actualmente están asignados dos anchos de banda para la navegación por satélite: la banda L1 (1559 – 1610 MHz) y la banda L2 (1215 – 1260 MHz), utilizadas en gran parte por GPS y GLONASS. La agenda del WRC incluye el

estudio de nuevas asignaciones entre 1 y 6 GHz. Estados Unidos busca usar una nueva banda de frecuencias, L5 (1164 – 1188 MHz), que ya se está usando por sistemas de radio navegación (equipo de medida de distancia o DME), que aún son importantes en la navegación aérea europea. Si consideramos que, a pesar de esto, debemos encontrar sitio para Galileo, preferiblemente en las mismas bandas para alcanzar la máxima compatibilidad con los sistemas existentes, y al mismo tiempo tener un ancho de banda de al menos dos veces 20 MHz para tratar todos los servicios que proporcionará Galileo, está claro que la ecuación no es fácil de resolver. Consecuentemente, la experiencia de Alcatel Space en la asignación de frecuencias en el sistema Sky-Bridge será muy útil.

### **Cooperación internacional**

La cooperación internacional es esencial al menos por dos razones: la compatibilidad e interoperatividad necesarias en los sistemas para satisfacer las necesidades del usuario, y la asignación de frecuencias, que se están convirtiendo en un raro recurso. Si Estados Unidos quiere seguir manteniendo el control exclusivo del GPS, lo que excluye cualquier método común, es posible y deseable considerar un acercamiento a Rusia que tiene frecuencias útiles y una importante experiencia en la explotación de sistemas de navegación por satélite. Igualmente se han abierto conversaciones con Japón sobre la interoperatividad de su augmentation regional EGNOS antes de tomar una decisión sobre una cooperación a largo plazo. Además, Alcatel es una carta ganadora para Galileo debido a sus acuerdos industriales con Rusia y Japón, en particular con el primero.

### **Financiación**

La gratuidad del servicio GPS alimenta los debates sobre como financiar Galileo: Europa no puede considerar el facturar un servicio que actualmente se suministra de forma gratuita. En estas condiciones, el futuro sistema europeo debe financiarse, al menos parcialmente, de los fondos públicos.

Son posibles una serie de posibilidades de financiación que pueden ayudar a atraer la inversión privada mediante los llamados PPP (Public-Private Partners-

hips): decisiones reglamentarias, tasas sobre los receptores Galileo, GPS y GLONASS; limitaciones reglamentarias para aplicaciones de seguridad, etc. En cualquier caso, los gobiernos europeos deben asumir la financiación de la infraestructura espacial básica (ciento cincuenta mil millones de euros) que proporcionará el servicio gratuitamente a todos los usuarios. El sector privado (industriales, bancos, operadores, usuarios) deberá asumir los complementos necesarios a los servicios de valor añadido. A finales de 1999 se lanzó un concurso por la Comisión Europea para seleccionar el consorcio 'promotor'.

### **■ Legitimidad de Alcatel Space como líder de los sistemas de navegación por satélite**

Alcatel Space está muy implicada en el desarrollo de soluciones que respondan a los retos de las normas aéreas CNS/ATM y a la estrategia europea en materia de navegación por satélite:

- Alcatel Space es el principal contribuidor del primer proyecto del mundo conforme a las recomendaciones ICAO, el proyecto japonés MTSat (Multi-functional Transport Satellite). Alcatel Space es director de proyecto de la carga útil aerospacial y está realizando el segmento tierra. La misión aerospacial mejorará la gestión del tráfico aéreo: transmisión de voz y datos entre el avión y la torre de control, navegación aérea y supervisión del tráfico aéreo.
- Un equipo de especialistas internacionales, bajo la dirección de Alcatel Space, está finalizando el proyecto EGNOS. El contrato para el desarrollo del sistema se firmó en Le Bourget el 16 de junio de 1999. El banco de pruebas del sistema EGNOS, que se entregó a finales de 1999, se usará para experimentar y demostrar el servicio EGNOS en toda la zona de cobertura (Europa, Asia, África, Latinoamérica).
- Alcatel Space participa activamente desde hace años en la iniciativa europea que deberá dar nacimiento a Galileo. Alcatel ha dirigido los estudios INES (Innovative Navigation European

---

System) y KEOPS (Krystal European in-Orbit Positioning System), cuyo objeto era resolver los problemas técnicos antes de definir una componente GNSS2. La arquitectura definida durante el estudio KEOPS –basado en satélites MEO– ha sido la elegida por el ESA y la Comisión Europea para Galileo.

- Para el ESA, Alcatel Space está estudiando como proporcionar enlaces aeronáuticos seguros para la transmisión de datos digitales entre el avión y la infraestructura terrena. Este SDLS (Satellite Data Link System) permitirá recibir informaciones complementarias y datos técnicos para mejorar la gestión del tráfico aéreo.

## ■ Conclusión

Con su probado conocimiento en navegación por satélite y su experiencia con la constelación Globalstar y SkyBridge, así como con su liderazgo en tecnologías punta, Alcatel Space es uno de los fabricantes líderes en Europa con la capacidad de llevar a cabo con éxito la aventura de Galileo. Se ha creado un centro vital de excelencia uniendo las actividades espaciales de Thomson (T4S), Aérospatiale (en Cannes), Sextant Avionique y Alcatel (Alcatel Space) bajo el paraguas de Alcatel Space Industries. Como miembro fundador del consorcio europeo de fabricantes, que comprende DASA/Dornier, Ale-

nia Spazio y Matra Marconi Space UK, Alcatel Space está transformando este consorcio en una empresa. Debido a la magnitud del reto, es vital para todas las fuerzas industriales espaciales europeas el hablar con una sola voz y realizar toda la fabricación europea que pueda desarrollar los terminales y los servicios de valor añadido para Galileo.

**Alain Bories** es en la actualidad consejero de asuntos de navegación en la dirección general de Alcatel Space, en Nanterre, Francia.

# LA ESTRATEGIA DE COLABORACIÓN DE ALCATEL SPACE



O. COLAÏTIS



J. THOULOUSE



M. SIORAT

La obligación de reducir costes, la complejidad creciente de los satélites y de los sistemas a realizar, así como la intensificación de la competencia, imponen la internacionalización de las cooperaciones. Convencido desde hace tiempo del valor de la colaboración, Alcatel Space lo ha hecho el eje motor de su desarrollo.

## ■ Introducción

El campo de los satélites, por su complejidad tecnológica tanto como por sus apuestas financieras, se presta particularmente bien a la colaboración entre industrias de sistemas y de equipos, clientes, laboratorios de investigación o universidades, tanto sea a nivel nacional o internacional.

El desarrollo de Alcatel Space siempre ha sido apoyado por una política activa de colaboraciones que le ha permitido alcanzar el liderazgo mundial en sistemas de satélites. Esta tradición de cooperación se prosigue hoy día y evoluciona con la creciente internacionalización de los programas espaciales.

## ■ La cooperación: una necesidad en el sector espacial

La política de colaboración de Alcatel Space está regida por sus objetivos estratégicos, a saber:

- Adquirir una parte significativa del mercado mundial de satélites y de los sistemas de satélites.
- Ser un actor comercial e industrial creíble a través de su política de calidad y de sus éxitos comerciales
- Mantener, con el soporte de las agencias espaciales francesa y europea, un nivel tecnológico elevado
- Reducir su vulnerabilidad en los componentes y en equipos sensibles
- Hacer evolucionar a sus profesionales desarrollando sus competencias en los sistemas, las operaciones y los servicios.

dad de elaborar ofertas competitivas y la dificultad de dominar el conjunto de las tecnologías necesarias en la realización de los satélites impone en alguna forma la adopción de esta política. Algunas veces, es preciso desde luego conservar el dominio total de aquello que nos diferencia de nuestros competidores, así como de los elementos importantes de nuestros productos y sistemas. Citemos como ejemplos la aviónica o la térmica de los satélites.

Estas colaboraciones son una fuente de valor añadido para nuestros clientes, pues ellos se benefician, gracias a una serie de acuerdos estratégicos, de soluciones globales y competitivas, integrando las mejores tecnologías. La **Figura 2** da para el año 1998 una idea de los subcontratos de negocios (fuera de las compras de los lan-

Estos desafíos sólo pueden ser emprendidos con una estrategia de colaboración a largo plazo, reforzando el tradicional "Make or Buy" de los industriales del campo espacial (**Figura 1**). La necesi-

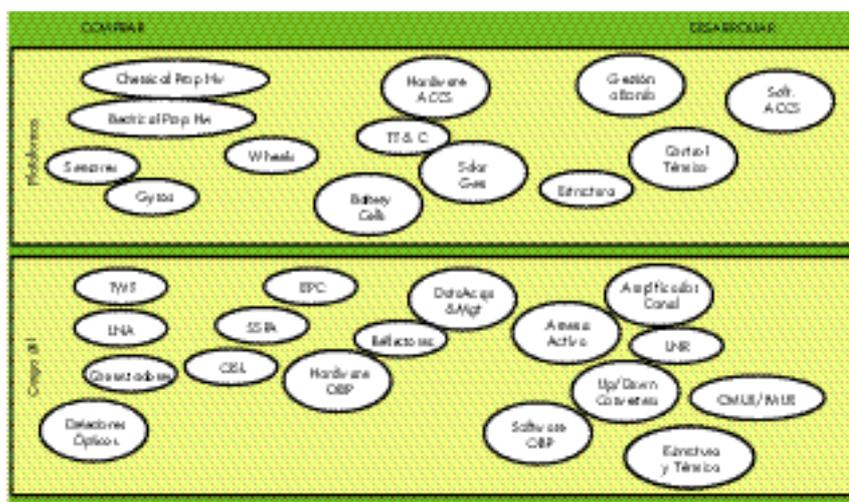


Figura 1 – Las alternativas al "Make or Buy" de Alcatel Space.

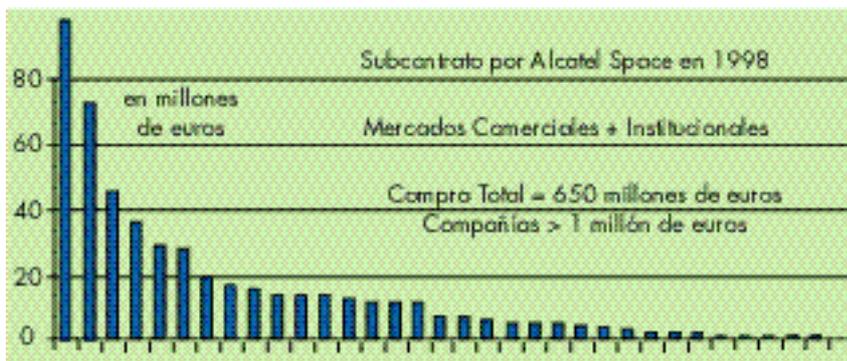


Figura 2 – Contratos y subcontratos otorgados por Alcatel Space a sus colaboradores.

zadores) que Alcatel Space ha confiado a sus colaboradores: o sea, 650 millones de euros confiados a más de 30 colaboradores (en abscisas).

### La influencia del mercado

La evolución de la demanda de sistemas llave en mano y la multiplicación de los servicios accesibles por satélite (telefonía fija y móvil, radiodifusión, Internet, etc.) estimulan la evolución de la política de colaboración de Alcatel Space.

El mercado de las telecomunicaciones comerciales, en fuerte crecimiento, exige ofertas competitivas y cada vez más diversificadas. Por otra parte, los clientes que constituyen ellos mismos su sistema espacial jugando plenamente el papel de arquitecto industrial y de director de obra, desean hoy día confiar esta responsabilidad a un suministrador privilegiado. En consecuencia, somos cada vez más solicitados a aportar soluciones completas, de ahí la necesidad de ampliar las colaboraciones existentes o contraer otras nuevas.

El mercado institucional –ESA (Agencia Espacial Europea), CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales), DGA (Delegación General de Armamento)– de un tamaño mucho más pequeño en Europa que en Estados Unidos –DoD (Departamento de Defensa), NASA– es una fuente de nuevos desarrollos y tecnologías. Permite realizar nuevos productos que pueden ser “probados en vuelo”, es decir, en condiciones reales, sin riesgos de que un mal funcionamiento degrade la misión operativa del satélite, y así nos aportan frente a nuestros futuros clientes los elementos que prueban que la tecnología desarrollada es suficientemen-

te fiable para ser embarcada en los satélites que nos compran. Por ejemplo, las tecnologías desarrolladas en el curso del programa STENTOR han permitido avances notables en la dirección de campos nuevos y la consolidación efectiva de posiciones adquiridas, así como la construcción de colaboradores tecnológicos sólidos:

- Algunos de ellos ya están integrados en los productos y han sido objeto de ventas a clientes.
- Otros no han podido aún ser objeto de ventas y después ser colocados en un contexto operacional por razones ligadas a su carácter demasiado innovador, necesitan de una calificación en tierra aún no finalizada o una validación en órbita llamada “probada en vuelo”, que será realizada al lanzamiento del satélite Stentor.

### ■ Los colaboradores de Alcatel Space

Inscritos en su historia, los colaboradores mundiales forman parte integrante de la cultura de Alcatel Space. Han dado toda su lógica a la creación de Alcatel Space en julio 1998, minimizando los solapamientos de actividades: la sociedad ha salido del reagrupamiento de las actividades espaciales de Alcatel, de Thomson-CSF, de Aérospatiale (la situada en Cannes) y de Sextant (Alcatel Space está detentada en un 51% por Alcatel y en un 49% por Thomson-CSF).

Nacida hace más de 20 años de una división de Thomson-CSF, la sociedad entonces llamada Alcatel Space no ha cesado de mantener con su empresa de

origen una cooperación muy estrecha, notablemente en los sistemas militares tales como el programa Syracuse. En paralelo, Alcatel Space desarrollaba también una colaboración equilibrada con Aérospatiale, orientándose la primera sobre las cargas útiles y la segunda sobre las plataformas de los satélites.

Por otra parte, para quedar en cabeza en el campo de las cargas útiles de telecomunicaciones, Alcatel Space ha sabido mantener colaboraciones con competidores para probar el programa de radiodifusión WorldSpacio, con Matra Marconi Espacio.

### Acuerdo con Alcatel y Thomson-CSF

Las casas matrices de Alcatel Space son sus primeros colaboradores estratégicos. Aportan sus capacidades excepcionales en investigaciones y desarrollo. Los intercambios de conocimientos especializados y de patentes dan lugar a realizaciones comunes en los campos civil y militar. La complementariedad de sus productos y tecnologías con la oferta espacial de Alcatel Space es la mejor baza para progresar y proponer a los clientes soluciones llave en mano de “extremo-a-extremo”.

### Con Loral

Al comienzo de los años 90, Alcatel Space, DASA y Alenia Spazio tomaron el 49% de la sociedad Space Systems/Loral (SS/L) que resultó de la venta de los activos de “defensa” de Loral & Lockheed Martin. Denominada “Operación de consentimiento”, esta alianza ha dado plena satisfacción a Alcatel por las razones siguientes:

- Ha abierto a Alcatel Space el mercado de la exportación que representa actualmente el 20% del mercado de cargas útiles de telecomunicaciones
- La organización mundial de telecomunicaciones Intelsat se ha convertido en un cliente importante a través de SS/L, con 9 satélites Intelsat VII y 6 Intelsat IX telemandados.
- Alcatel ha entrado en Globalstar1, ha creado con France Telecom la Sociedad TE.SA.M2 y así ha podido beneficiarse de los telemandos de equipos

- Loral es el principal colaborador del proyecto de la constelación SkyBridge y Alcatel Space en el principal accionista de Cyberstar con el 17%.

La colaboración con Loral ha evolucionado desde la creación de Loral Space & Comunicaciones (LS&C), llevando a Alcatel Space a ser colaborador no sólo de un industrial americano del espacio, sino también de un operador privado de satélites.

Así, el acuerdo “Global Alliance” asocia Alcatel Space a los operadores Loral Skynet, Orion y Satmex, todos filiales de LS&C. Es un medio privilegiado de adquirir rápidamente las competencias unidas al oficio de operador de satélites.

Europe Star Ltd3, miembro de esta red de operadores, se ha convertido en una filial común de LS&C (49%) y de Alcatel Space (51%) (**Figura 3**).

Los términos principales de acuerdo “Global Alliance” son los siguientes:

- Posibilidad de suministrar a los utilizadores ya sea una oferta mundial basada en la totalidad del parque de satélites de la alianza haciéndolos beneficiarse de una interfaz única (principio del “One Stop Shopping”), o una oferta utilizando las capacidades específicas de Europe\*Star.
- Definición de un catálogo único de servicios y de precios, creación de una base común de datos para manejar los clientes y los prospectos y participación en los costes y en los beneficios.

- Utilización de las diferentes “marcas” y puesta en marcha de un sistema de “Key Account Managers” (responsables de grandes cuentas) coherente a través de todas las sociedades participantes.
- Desarrollo de nuevos productos y servicios bajo la dirección de Loral.
- Repartición industrial (producción) de los satélites.
- Extensión del territorio a nivel mundial, a excepción de América, China y Rusia, en donde todas las operaciones de satélites en bandas C y Ku pueden ser hechas con participación cruzada.

### Con Europa

Europa y sus instituciones ocupan un lugar aparte en la estrategia de colaboración con Alcatel Space. Los acuerdos pasados nos dan en efecto acceso a los grandes programas científicos (meteorología, medio ambiente, observación, exploración del Universo, etc.) y constituyen una fuente primordial de financiamiento de la Investigación y del Desarrollo, principalmente en telecomunicaciones.

Las colaboraciones europeas se inscriben esencialmente en el cuadro de los programas dirigidos por la Agencia Espacial Europea (ESA), a los cuales se añaden las iniciativas conjuntas de los estados europeos, guiados o no a través de instituciones paneuropeas como Eumetsat, sin olvidar la función particular y creciente de la Unión Europea.

Este cuadro europeo es el único en el seno del cual la industria puede encontrar los recursos de desarrollo tecnológicos para hacer frente a los gigantes americanos. Esta estructura europea de acceso a los fondos públicos y privados necesarios para el mantenimiento de un nivel científico y tecnológico elevado nos permite sostener la comparación en el plano internacional.

Al mismo tiempo que es contratista de sistemas espaciales, Alcatel Space se encuentra frecuentemente en el centro de la coordinación de un conjunto de colaboraciones internacionales. Este fue el caso con METEOSAT, primer gran programa de observación de la Tierra, y esta responsabilidad se prosigue con METEOSAT de Segunda Generación. Todos los países de la Agencia Espacial Europea están ahí representados por sus industriales. Estas colaboraciones son frecuentes, no solamente entre el contratista y los numerosos subcontratistas, sino también entre estos últimos. La capacidad para dirigir un programa tan complejo de varios miles de millones de euros es una competencia profesional en todo el conjunto.

Se encuentran situaciones equivalentes para ciertos programas científicos tales como ISO (Observación del Espacio Infrarrojo) en astronomía y la sonda interplanetaria Huygens. Mañana será Primer Punto (First-Plank), el nuevo proyecto faro de ESA para la astronomía. En otros programas, Alcatel Space ha confiado la responsabilidad de una parte de la

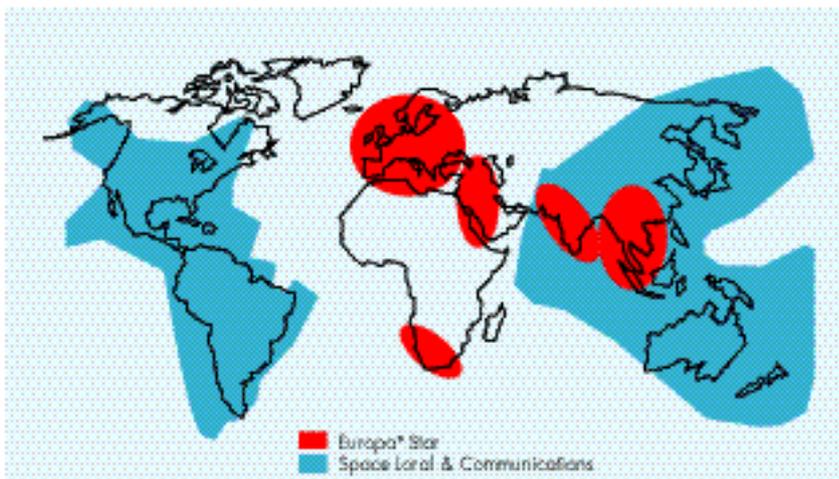


Figura 3 – Implantación de Europa\*Star Ltd, filial común de Alcatel Space y Loral.

1. Globalstar es una constelación de 48 satélites en órbita baja ofreciendo una cobertura mundial para la telefonía móvil. Alcatel Space, colaboradora de Loral, fabrica las cargas útiles y subsistemas de las plataformas, y participa en la fabricación de las estaciones terrestres de conexión.
2. TE.SA.M (Telecomunicaciones por Satélites Móviles), en posesión de un 51% por France Telecom y de un 49% por Alcatel, suministrará el acceso al servicio Globalstar en 31 países repartidos en los cinco continentes.
3. El sistema geoestacionario Europa\*Star propondrá servicios múltiples en el 2000 (televisión, transmisión de datos, acceso a Internet, Telecomunicaciones) a cinco regiones del mundo: Europa, Medio Oriente, Africa del Sur, India y Asia del Sur-Este. Un solo salto bastará para pasar de una zona de cobertura a otra.

carga útil del satélite: la cámara a muy alta resolución de Helios II, satélite de observación militar realizado por cuenta de la DGA (Delegación General para el Armamento), los instrumentos Vegetación para el programa SPOT, el imágenero MERIS que embarcará el satélite de observación Envisat-1, los instrumentos IASI (Interferómetro Sonoro Atmosférico de Infrarrojos), etc. Los volúmenes financieros en juego en estos programas son a veces tan importantes que son considerables para los satélites enteros y la complejidad técnica. Gran número de colaboradores están entonces implicados y se establecen esquemas de colaboración diferentes a nivel técnico, científico, administrativo, financiero y contractual.

## ■ Los colaboradores industriales en el mundo para los programas de telecomunicaciones

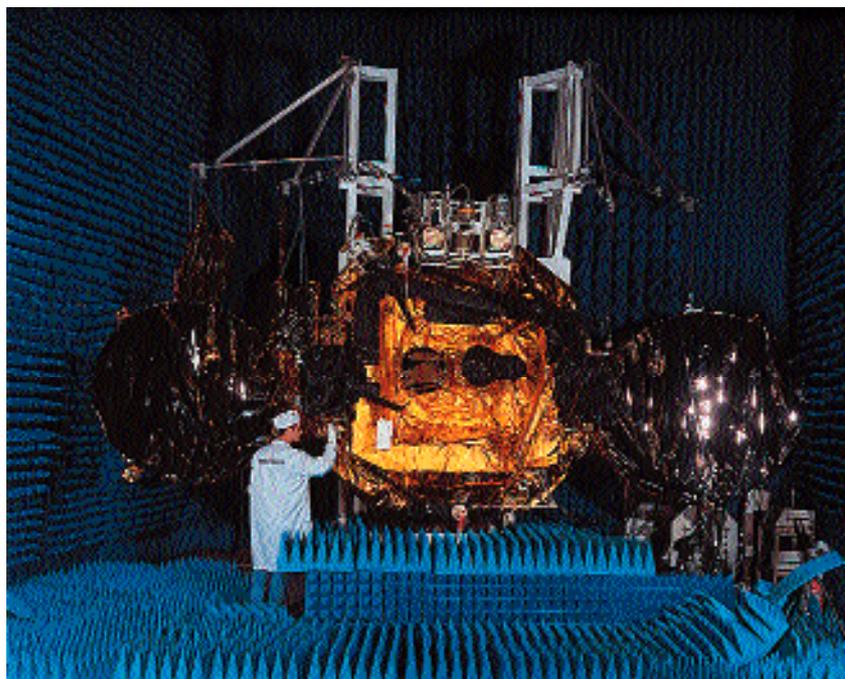
### Con otros fabricantes

Con una colaboración a muy largo plazo con la sociedad alemana BOSCH Telecom, por la búsqueda de financiación sobre programas europeos tales como ARTES, con SAAB-Ericsson, CONTRAVES, o EMS en Canadá, la cooperación en el campo de las telecomunicaciones permite el reparto de los costes de desarrollo y el suministro a los clientes de nuevas tecnologías requeridas.

### Con Japón

Iniciada desde el principio del programa TELECOM2 para la subcontratación de equipos para este satélite, la cooperación con los industriales japoneses jamás ha sido desmentida. Ella ha favorecido la elección de Alcatel Space como suministrador de las cargas útiles aeronáuticas del sistema espacial MTSAT, realizado en colaboración con Loral para el satélite. Es una prolongación natural del soporte que Toshiba, Mitsubishi y Sharp han aportado muy pronto al programa SkyBridge.

Esta colaboración ha sido igualmente decisiva para las discusiones tenidas durante la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 1997: el Sur-Este



Sesat.

Asiático se ha colocado junto a Alcatel Space y a los Europeos para defender, frente a las demandas americanas dirigidas por Teledesic, la autorización de utilización de la banda Ku para las constelaciones de satélites en órbita baja. Estos industriales son hoy día inversores importantes en este programa.

### Con Rusia

La cooperación en el espacio entre Alcatel Space y Rusia se efectúa principalmente con la Agencia Espacial Rusa (RKA) y el Comité de Estado para las Telecomunicaciones. Alcatel Space es hoy día el principal colaborador extranjero de Rusia para la fabricación de satélites de telecomunicaciones.

“Comerciar” con Rusia, ha significado siempre cooperar. Durante numerosos años, los encuentros bilaterales sectoriales organizados por los gobiernos han definido los ejes de la cooperación. Acuerdos financieros fueron realizados para facilitar los cambios. Hoy día, la cooperación no se limita a las relaciones comerciales sino que implica intercambio de tecnologías, la construcción de equipos integrados y, poco después, una participación en el respaldo financiero y en la explotación de los programas.

Las bases de esta cooperación fueron puestas en los años sesenta. La Compañía General de Electricidad (CGE), de la que ha salido Alcatel, estableció en ese momento sus primeras relaciones, mientras que simultáneamente se desarrollaba una cooperación con el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES) y diferentes administraciones rusas en carga del espacio. La cooperación espacial franco-rusa es citada como ejemplo, principalmente con la presencia de Alcatel Space que goza, desde este día, de un puesto significativo.

Esta cooperación sigue dos ejes: el de las compras de material o competencia profesional y el de las ventas de materiales o de sistemas a las Administraciones o industrias rusas, pudiendo las dos reunirse.

Alcatel Space ha comprometido una cooperación activa desde 1993 alcanzando a:

- Los satélites de telecomunicaciones y de televisión: cuatro satélites cofabricados por NPO-PM8 de Krasnoyarsk y Alcatel Space están al final de su fabricación, dos de los cuales serán lanzados este año. Los cuatro estarán en explotación al fin del primer trimestre del año 2000. El primero de esta serie, SE-

SAT (ver foto), es fabricado para la Organización Europea de Telecomunicaciones por satélites EUTELSAT, los tres siguientes, Express-A1, A2 y A3 son fabricados para el operador nacional ruso RSCC. Este programa nacional Express está realizado conjuntamente por el Comité de Estado de las Telecomunicaciones y la Agencia Espacial Rusa. Otros tres satélites están en curso de negociación en el cuadro del programa Troika. Son Alcatel Space y NPO-PM que han sido seleccionados como consecuencia de una petición internacional de ofertas la cual preveía una cooperación con una dirección de obra rusa, una cofabricación y la aplicación de una financiación particular. Rusia participa en este programa poniendo a disposición de los inversores una parte de la explotación de su mercado de telecomunicaciones (RSCC) y de los lanzadores y servicios asociados (RKA). La oferta Troika, basada en la experiencia adquirida con los contratos recientes y la sinergia de las capacidades del grupo en los campos de las telecomunicaciones y financiero, está en curso de aprobación por las autoridades rusas. Estos siete satélites fabricados en asociación con los industriales rusos otorgan un lugar único a Alcatel Space en el plan de cooperación. El lanzamiento de estos satélites se hará a partir del campo de tiro de Baikonor por lanzadores rusos. La RKA, motor de estos proyectos, coordina el conjunto de estas operaciones bajo la supervisión de su director general Y.N. Koptev.

- *Programa científico y robótica espacial:* por iniciativa de Alcatel Space, se estableció una cooperación hace algunos años en el campo de la robótica espacial. Nuestra sociedad ha podido validar un programa de mando de desplazamiento autónomo a partir de un robot comprado a la empresa Lavoshkine de Moscú, directora de los programas rusos hacia la luna.

4. NPO-PM: Reshetnyor Applied Mechanics Research y Production Association: empresa situada en Siberia en la región de Krasnoyarsk, creada en 1959, cabecera industrial en el campo de los satélites de telecomunicaciones, con más de 1000 satélites.

### Programas espaciales del futuro

Con la evolución de las técnicas de realización de nuevos sistemas de telecomunicaciones de cobertura mundial, las cooperaciones con Rusia están abiertas al oficio de operador de sistemas tales como los programas de Globalstar y SkyBridge (para las aplicaciones multimedia) en las cuales Alcatel Space es director de obra. Los mercados de la navegación a partir de satélites (programa Galileo) y de satélites de observación de la Tierra (colaborador TsSKB de Samara) son igualmente portadores de acuerdos indispensables de colaboración teniendo en cuenta las cantidades puestas en juego y los intereses políticos.

Cooperar es también participar en conjunto en manifestaciones internacionales. Le Bourget ha permitido recibir a los jefes de las delegaciones pero también a los presidentes de las empresas rusas en el campo espacial. M. Koptev ha visitado detenidamente el stand de Alcatel Espacio como lo hace tradicionalmente y M. Husson ha recibido a los miembros de la delegación gubernamental rusa antes de ser acogido a su vez bajo el pabellón de Rusia. Es preciso notar que si la cooperación bilateral es extremadamente positiva, puede ser extendida a otros colaboradores según las necesidades pero teniendo cuidado de limitar el número de colaboradores para no penalizar la eficacia.

### Con Canadá

EMS Technologies, anteriormente SPAR, y Comdev con las cuales hemos tejido vínculos en el cuadro de estudio de definición del instrumento radar de ESA, son nuestros colaboradores en el SkyBridge y no dudan en solicitar nuestros productos y competencias en su propio mercado.

Otras sociedades tales como Explorer y SAR Corporation nos sirven de asesores en las necesidades de los utilizadores para el programa Earth Watch de ESA.

### La importancia de la cooperación para la Investigación y el desarrollo

La cooperación con los laboratorios universitarios en Francia y en el extranjero ofrece a Alcatel Space la posibilidad de

imaginar mejores soluciones muy creativas a menor costo. Da acceso al mundo de la investigación fundamental en los campos en los que los industriales, en las tomas de contacto con los contratistas habituales respecto a la fecha de entrega, no tendrían capacidad para proseguir.

### Con las agencias espaciales

Colaboraciones importantes han sido realizadas con el CNES, principalmente para:

- El desarrollo de la plataforma Proteus destinada a los pequeños satélites dispuestos para programas científicos o comerciales.
- Participación activa del CNES en la fase de estudio de la constelación SkyBridge y en la financiación del programa.

Galileo, proyecto del sistema europeo de navegación por satélite, es el objeto de una colaboración estrecha entre todos los actores europeos del campo espacial, y principalmente las agencias. Financiado a la vez por la ESA, la Unión Europea y la industria privada, este programa no verá la luz si no colaboran las cuatro principales industrias del espacio en Europa. Las posturas políticas y económicas (independencia respecto a los sistemas americanos GPS y ruso Glonass, acceso al mercado de los equipos y de los servicios de posicionamiento y de dotación) justifican esta aproximación. Conducen así a estos cuatro principales socios industriales de Alcatel Space: Matra, Marconi Space UK, al italiano Alenia Spazio y al alemán DASA a crear actualmente una sociedad común de gestión del programa Galileo. Esta última, abierta a colaboradores extranjeros aún no definidos, podrá llegar a ser el explotador de la constelación así como el promotor de los servicios de valor añadido.

### ■ Red de filiales europeas de Alcatel Space

Alcatel Space controla varias filiales en diferentes países de Europa: Alcatel ET-CA (en posesión del 75% por Alcatel Space) y ABS en Bélgica, Alcatel Espacio en España, Alcatel Norway, Alcatel Space Switzerland, Alcatel Denmark.

La política industrial de estas filiales europeas prevé evitar la duplicación de esfuerzos con la casa matriz y la posibilidad de responder en directo a las solicitudes de los industriales, que algunos de ellos pueden ser competidores de Alcatel Space.

Su actividad está coordinada por la Dirección de Equipos de Alcatel Space para, por una parte, poder obtener créditos europeos de investigación y desarrollo y, por otra parte, producir series más grandes de equipos con objeto de obtener precios de venta competitivos. Están en curso de negociación colaboraciones con otras sociedades europeas, independientes de estas filiales.

## ■ SkyBridge

El programa SkyBridge, destinado a las aplicaciones multimedia y puesto en marcha por iniciativa de Alcatel, está fundado en el principio mismo de la colaboración. Todos los colaboradores a largo plazo de Alcatel Space han declarado su conformidad a asociarse:

- Loral.
- EMS y Comdev (Canadá) suministrando la electrónica y los mecanismos de antenas.
- Mitsubishi, Toshiba y Sharp (Japón) colaboran para el suministro de elementos estructurales, paneles solares, el AIV, etc.

Las principales reglas de funcionamiento son:

- Situación, desde la concepción del proyecto, de un equipo integrado en Toulouse.
- Participación industrial respetando competencias y competitividad.
- Reuniones con los colaboradores.

## ■ Conclusión

El negocio del espacio puede ser sólo concebido a escala mundial, con la excelencia como objetivo constante y expertos sin rival en tecnologías avanzadas. Sin embargo, tenemos que rodearnos con colaboradores con una experiencia incuestionable. Si queremos desarrollar

incrementalmente sistemas complejos del espacio, cada colaborador debe brindar a la aventura sus tecnologías, sus productos, sus competencias y a veces sus clientes, de forma que ayude a realizar de forma adecuada los programas.

**Olivier Colaitis** es director de estrategia y R&D, Planes y Desarrollos (satélites de telecomunicaciones, de observación y servicios relacionados con ellos) en el centro de la División de Alcatel Space en los emplazamientos de Toulouse, Cannes y Nanterre, Francia.

**Michel Siorat** ha fundado y dirigido la oficina de Alcatel en Moscú. Hoy día es responsable de la estrategia y del desarrollo de las actividades de Alcatel Space en Rusia con base en Toulouse, Francia.

**Joëlle Thoulouse**, es director de estrategia responsable de la Estrategia de Alcatel Space (mas recientemente Alcatel Space). Con base en Toulouse, Francia.

# EQUIPOS Y TECNOLOGÍAS



S. LASSERY

## ■ Introducción

La realización de equipos de fuerte valor añadido es la base del negocio de Alcatel Space. Este elemento esencial y su competencia profesional le permite dirigir el diseño, el desarrollo y la realización de los sistemas de satélites.

La estrategia comercial de Alcatel Space consiste en utilizar sus productos para sus necesidades propias pero igualmente para ponerlos en el mercado. Este enfoque tiene la ventaja de maximizar el volumen de actividades, de mantener al menor nivel la competitividad técnica y comercial de la sociedad y de estar en contacto con la evolución del mercado.

La dimensión europea de Alcatel Space, sociedad implantada en ocho países de Europa, permite cubrir una amplia gama de equipos que pueden responder a la casi totalidad de las necesidades, bien se trate de satélites, de lanzadores o del segmento tierra.

## ■ El mercado de equipos

En el campo de las telecomunicaciones, Alcatel Space es el único adjudicatario respaldado por un grupo mundial de telecomunicaciones, beneficiándose, por este hecho, de una fuerte sinergia interna para "espacializar" las tecnologías analógicas y digitales e integrarlas en sus equipos.

El mercado de los equipos para satélites de telecomunicaciones ha seguido, en estos últimos años, la tendencia

**Los equipos diseñados y producidos por Alcatel Space se utilizan en más del 50% de los satélites actualmente en órbita.**

global: "*Faster, Better y Cheaper*" (más deprisa, mejor y más barato):

- La reducción de los ciclos de entrega necesita una normalización acentuada de los procesos de diseño, de fabricación y de pruebas;
- El aumento de la duración de vida de los equipos acentúa la importancia de los procesos de seguridad de la calidad, así como la elección de materiales y de procedimientos;
- La llegada de flotas y constelaciones de satélites ocasiona fabricaciones "en serie".

La apertura comercial del mercado de imágenes por satélite, que se ha manifestado por el éxito de empresas como Spot Image en Europa o Orbimage en Estados Unidos a partir de la mitad de la década del 90, ha permitido a Alcatel Space tomar posición como actor principal para el suministro de equipos en el mercado de satélites de observación.

Esta toma de posición resulta de las competencias desarrolladas inicialmente en el cuadro de los mercados institucionales o gubernamentales y de los esfuerzos de I+D, otorgados principalmente en los campos de instrumentos ópticos y de sistemas de radar, muy ligados al campo militar. Alcatel y Thomson poseen en esta materia una competencia de primer orden que permite a Alcatel Space proponer una gama completa de productos para este mercado.

El mercado de los equipos destinados a los satélites científicos queda en el campo de "a la medida", ya que cada

equipo debe responder a las necesidades exclusivas de la misión para la cual ha sido diseñado.

## ■ Una organización adaptada al mercado

La realización de equipos destinados a satélites y a lanzadores está situada bajo la autoridad del Departamento de Fabricación de Equipos (DE) que cubre el conjunto de las actividades de diseño, desarrollo, producción y puesta a punto del material.

La actividad de este Departamento se despliega en una serie de lugares de Europa, reagrupados en sociedades jurídicamente autónomas en función de las nacionalidades. La **Tabla 1** muestra las empresas y localidades

El Departamento de Fabricación de Equipos coordina la política de equipos, los proyectos de Investigación y Desarrollo, las inversiones, las tecnologías, las herramientas de planificación y los métodos de trabajo. Pero cada localidad o filial es totalmente responsable de sus compromisos frente a sus clientes.

El Departamento de Ventas de Equipos de Alcatel Space Industries asegura la promoción de productos para toda la sociedad y coordina los contactos de tipo comercial con los principales clientes extranjeros.

## Los medios

La bajada espectacular de los precios y las demoras de entrega al mercado han

País	Empresa	Localidad
Francia	Alcatel Space Industries	Toulouse, Cannes, Valence
Noruega	Alcatel Space Norway	Horten
Dinamarca	Alcatel Space Denmark	Ballerup
Bélgica	Alcatel Bell	Amberes
	Alcatel ETCA	Charleroi
Suiza	Alcatel Space Switzerland	Gals
España	Alcatel Espacio	Madrid

**Tabla 1 – Compañías que trabajan en los Departamentos de Fabricación de los Equipos.**

ocasionado una reorganización de los medios industriales en el conjunto de los lugares europeos, a fin de optimizar las secuencias de diseño, de integración y de ensayos de equipos:

- Cerca de 1.000 personas están asignadas al diseño de equipos
- 2.000 personas aseguran la producción que supone, por año, 100.000 piezas mecánicas de alta precisión, 10.000 híbridos HF (alta frecuencia) o BF (baja frecuencia) formando parte de la fabricación más de 2000 equipos para vehículos espaciales y lanzadores;
- Alcatel Space dispone de 28.000 m<sup>2</sup> de salas limpias, disponiendo clases de 100.000 a 10;
- Los ensayos se realizan en unidades especializadas por producto, una unidad dedicada desarrolla los bancos de prueba automáticos, cuya utilización está generalizada.

### La calidad

La calidad siempre ha sido uno de los factores claves del éxito en el campo espacial. En efecto, las obligaciones ligadas a la especificación del entorno es-



**Facilidades de producción.**

pacial (requisitos medio ambientales y dificultades de reparación), necesitan un rigor particular durante todas las fases del desarrollo, fabricación y pruebas de equipos.

El Sistema de Calidad puesto en marcha permite asegurar esta misión con éxito. Fundado sobre una metodología de trabajo común a todos, se apoya igualmente en un cierto número de servicios, expertos en los campos de componentes, de materiales y de procedimientos, de la lógica, de la certeza de funcionamiento y de la seguridad.

Los otros ejes principales de la Dirección de Calidad son el mantenimiento de las certificaciones ISO 9001 y AQAP 110 y el establecimiento de un "Referencial de Sociedad".

### ■ Los equipos de la carga útil

#### Digitales

La complejidad creciente de las misiones de las cargas útiles de telecomunicaciones y de observación impone una utilización más amplia de los equipos digitales.

#### Cargas útiles de telecomunicaciones

Recurren a procesadores cuya función es dirigir la conectividad del sistema:

- Los procesadores de audio permiten la multiplexación a bordo de programas de radio que provienen de emisores diseminados. Los equipos de Alcatel Space son utilizados en los satélites del Sistema WorldSpace.
- Los procesadores DVG (Digital Video Broadcast, Transmisión de Video Digital) tienen la misma función pero para



#### Procesador de audio.

la teledifusión. Un procesador de este tipo ha sido realizado por Alcatel Space para el programa tecnológico Stentor, totalmente conforma a la norma DVD MPEG tanto para el enlace ascendente como para el descendente. Asegura en particular una regeneración completa de la señal a bordo.

- Los distribuidores de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) permiten una distribución frecuencial con granularidad y "conectividad" teledemandada desde tierra. El programa Stentor es el primero en beneficiarse de estos distribuidores.
- Los conmutadores de paquetes aseguran la conectividad directa entre los utilizadores y dirigen el tráfico Internet.

#### Cargas útiles de observación

Alcatel Space realiza las memorias de masa de diversos satélites de observación, entre ellos los SPOT5, los compresores y los procesadores de radar que efectúan principalmente el tratamiento de las informaciones suministradas por los radares embarcados, (generación de impulsión modulada linealmente en frecuencia (chirp) adquisición y seguimiento del eco).

Alcatel Space realiza, en particular, el procesador del radar altímetro Poseidón 2.

#### Frecuencia Intermedia (FI)

En este campo, las tecnologías principales utilizadas por Alcatel Space Norway son: la tecnología de onda acústica de superficie (SAW), los componentes para filtrado analógico y las alúminas de capa delgada para una mejor integración y una optimización de los costes.

Estas tecnologías son utilizadas principalmente en:

- Los procesadores de FI, núcleos de los satélites dedicados a las comunicaciones con los móviles.
- Los convertidores de FI/Banda base.
- Las cadenas de hiperfrecuencia de los receptores de telemando.

Están previstas nuevas aplicaciones para frecuencias por encima de 3GHz. Alcatel Space Norway ha suministrado productos para más de 80 satélites, lo que representará más de 10.000 filtros SAW en órbita en el horizonte del 2000.

### **Niveles de potencia**

Las potencias requeridas para los satélites de telecomunicaciones son cada vez más elevadas, hasta 100-150 W RF, principalmente para las bandas Ku y Ka. Para responder a este nuevo mercado, Alcatel ETCA ha dotado su línea de productos de una nueva generación de convertidores de potencia suministrando la alta tensión, hasta 6,7 kV, con una capacidad en potencia llegando hasta 170 W RF.

Además de las tecnologías tradicionalmente utilizadas, ASIC (Aplicación Específica de Circuitos Integrados), híbridas, componentes montados en superficie, han sido puestas a punto tecnologías particularmente adaptadas a las altas tensiones.

Alcatel Space Denmark diseña y produce toda una gama de convertidores de potencia vendidos en el mundo entero. Son utilizados principalmente en numerosos equipos, tales como los amplificadores de potencia en estado sólido, los receptores de telecomunicaciones o los transpondedores de Telemida y de Telemando.

Gracias a su experiencia ya importante en constelaciones, con el suministro de equipos para los programas espaciales Inmarsat 3 y Globalstar, Alcatel Space Denmark ha creado una base sólida para abordar nuevos programas tales como el SkyBridge.

### **Enlaces ópticos entre satélites**

Al convertirse un satélite en un nudo de red en el seno de una constelación, se

hace esencial suministrar interconexiones entre satélites bajo forma de enlaces entre satélites y extender así al campo espacial el concepto de infraestructura de red. Para esto, se colocan dos terminales ópticos idénticos sobre cada satélite, e intercambian datos. Una de las dificultades consiste en hacer coincidir los haces emitidos por cada terminal a fin de crear y mantener la comunicación, cualesquiera que sean las perturbaciones exteriores.

De aquí al 2001, Alcatel Space habrá desarrollado, junto a sus colaboradores, tales como Contraves, la maqueta de un terminal óptico completo para aplicaciones de larga distancia (60.000 km).

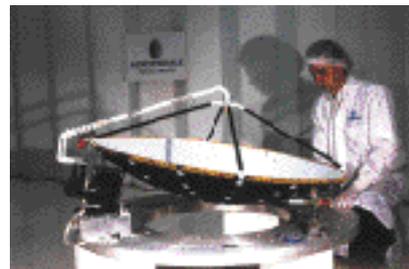
### **Antenas**

La competencia de Alcatel Space va desde las pequeñas antenas omnidireccionales de TTC de 10 cm de diámetro a las antenas desplegadas gregorianas de 3,8 m., pasando por las antenas de red activas o no, las antenas "fijas frente a tierra" y las antenas de foco móvil de diferentes tipos.

### **Equipos de RF**

Desde hace más de 35 años, Alcatel desarrolla y fabrica equipos claves que forman parte de los repetidores transparentes, llamados "regenerativos", es decir, con tratamiento de la señal a bordo, yendo de la banda L a la banda Ka:

- *Amplificadores y receptores:* desde la antena de recepción del satélite, la señal de RF alcanza, a los amplificadores a débil ruido asociados a convertidores de frecuencia, y a los receptores cuyo resultado en factor de ruido es primordial (de 0,8 dB a 2,3 dB, yendo respectivamente de la banda L a la Ka).
- *Filtros:* Los demultiplexores de frecuencia dividen la banda total de varias centenas de MHz en canales de 36 a 72 MHz con aislamiento de 60 dB entre ellos. Los multiplexores de salida combinan todos los canales individuales y alimentan la antena de emisión. Las realizaciones de pérdidas y de comportamiento en potencia, hasta 240 W por canal sin pertur-



**Antenas de foco móvil.**

bación eléctrica, son primordiales a la optimización de la sección de salida y son bien dirigidas por Alcatel Space.

- *Amplificadores de canales:* una gama completa de amplificadores de canales incluyendo funciones telecomandadas desde tierra, como la ganancia, potencia de salida, la fase o la linearización de los amplificadores de potencia.
- *Amplificadores de potencia:* para ciertas aplicaciones yendo de la banda L a la X (Ku en ciertos casos), los amplificadores de potencia de estado sólido presentan ventajas de compacidad y de coste respecto a los amplificadores de onda progresiva, en detrimento de un rendimiento y de una potencia RF inferiores.

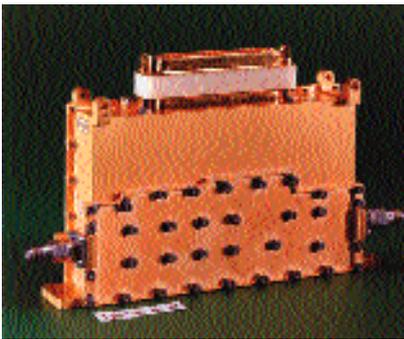
Alcatel igualmente ha desarrollado y producido generadores de frecuencia, con una estabilidad en frecuencia que va de 5 a 0,02 ppm, modulares xPSK yendo X de 4 a 8, así como módulos de emisión/recepción para las antenas de radar de abertura sintética (SAR) y para aplicaciones en banda L a X. El tamaño y los resultados de potencia emitida (hasta 10 W), aliados a un buen factor de ruido, permiten al módulo integrarse fácilmente en los paneles de antena y obtener SAR con realizaciones atractivas.

### **Equipos de la plataforma**

A diferencia de una "caja negra" interconectada a una carga útil, los equipos de plataforma están constituidos principalmente por materiales compuestos y resuelven, además de su función principal, los problemas de interfaces mecánicas y térmicas del satélite. Algunos son pasivos como las estructuras primarias,



**Demultiplexores de frecuencia.**



**Amplificadores de canales.**

otros son activos como los mecanismos de enfoque de antenas.

### **Elementos estructurales**

La adjudicación de los satélites se fundamenta, entre otras cosas, en torno a la capacidad de construir conjuntos de estructuras complejas capaces de soportar las condiciones del medio ambiente del lanzamiento y, además las del espacio durante 15 años.

Los elementos se componen de paneles simples, en estructura de nido de abeja, con envoltura de aluminio o de fibras de carbono, pudiendo hacerse más complejos estos mismos paneles, para recibir caloductos (tubos de aluminio huecos portadores de calor y rellenos de un líquido en equilibrio con su gas) añadidos al exterior o al interior mismo del panel.

### **Equipos de interconexión**

Son tres: el cableado, el control térmico y la propulsión. Este último subconjunto está en pleno cambio con la utilización de sistemas de hidracina para la familia Proteus, bi-líquido para la familia Spacebus y, el último en el tiempo, la propulsión eléctrica derivada de los motores rusos disponibles en el mercado.

### **Generadores solares**

Los generadores solares flexibles han sido desarrollados al principio de los años 80 para las aplicaciones de observación de la Tierra (SPOT, ERS).

Esta solución técnica ofrece potencias hasta 10 kW. Prefigura el potencial de Alcatel Space cuando se trata de obtener potencias superiores a 25 kW.

Actualmente hay en producción generadores solares rígidos. Constan de paneles rígidos recubiertos de células solares interconectadas para crear fuentes de tensiones que serán reguladas a bordo del satélite.

Por regla general, el despliegue se hace en línea, pero las necesidades específicas en órbita baja han permitido hacer volar generadores solares bidireccionales (SPOT 4). Esta tecnología se aplica a las plataformas Spacebus con el desarrollo de los generadores solares del concepto Solarbus. Esta familia, cuya primera aplicación es el satélite Astra 1K (13 kW), será capaz de cubrir las necesidades de los futuros satélites geoestacionarios en banda Ka, cuyas aplicaciones actuales se sitúan un poco por debajo de 20 kW.

Los generadores solares rígidos permiten también cubrir la familia Proteus, en órbita baja (inferior a 2 kW) y SkyBridge.

### **Mecanismos**

Están por todas partes en un satélite geoestacionario moderno: despliegan y

controlan los reflectores de antenas en órbita, enfocan las antenas en órbita, despliegan los generadores solares y activan los motores de arrastre de los generadores solares.

Alrededor de 500 mecanismos de Alcatel Space vuelan o han volado. La tecnología de los materiales que memorizan la forma se introduce progresivamente en lugar de las motorizaciones clásicas en las soluciones de mecanismos.

### **Ruedas con soportes magnéticos**

Equipo completamente dirigido por Alcatel Space, la rueda con soportes magnéticos está destinada a controlar los movimientos de cada eje del satélite referencial en órbita. La particularidad de esta tecnología es la de no generar prácticamente vibración alguna, a semejanza de las ruedas de rodamiento utilizadas para las aplicaciones más corrientes. Sin embargo, están en curso cambios hacia realizaciones más importantes para los nuevos sistemas de enfoque de satélites de observación como también para aplicaciones de almacenaje de energía, viniendo la rueda de inercia a sustituir la batería del satélite.

### **Baterías**

Alcatel SAFT es la única sociedad capaz de ofrecer una gama completa de células de baterías Niquel Cadmio



**Elementos estructurales.**



**Generadores Solares.**

(NiCd) y Níquel Hidrógeno (NiH<sub>2</sub>), así como las baterías y células Litio y Plata Zinc (AgZn).

Por primera vez, el programa Stentor utiliza una batería Litio-ión como fuente de potencia para el satélite. La utilización de la tecnología Litio-ión permite ganar más de un 30% en la masa de la batería con respecto a la tecnología NiH<sub>2</sub>. Esta ganancia de masa representa más de 150 Kg para un satélite de 15 kW.

### **Telemida/Telemando**

El sistema de Telemida/Telemando del satélite asegura el enlace funcional entre el satélite y la tierra así como la medida de posicionamiento del satélite. Tales sistemas funcionan en las bandas de frecuencias de la carga útil.

Alcatel Space es líder mundial de producción para la parte de RF (Radio Frecuencia) de los sistemas de Telemida/Telemando.

### **Receptor de localización (GPs)**

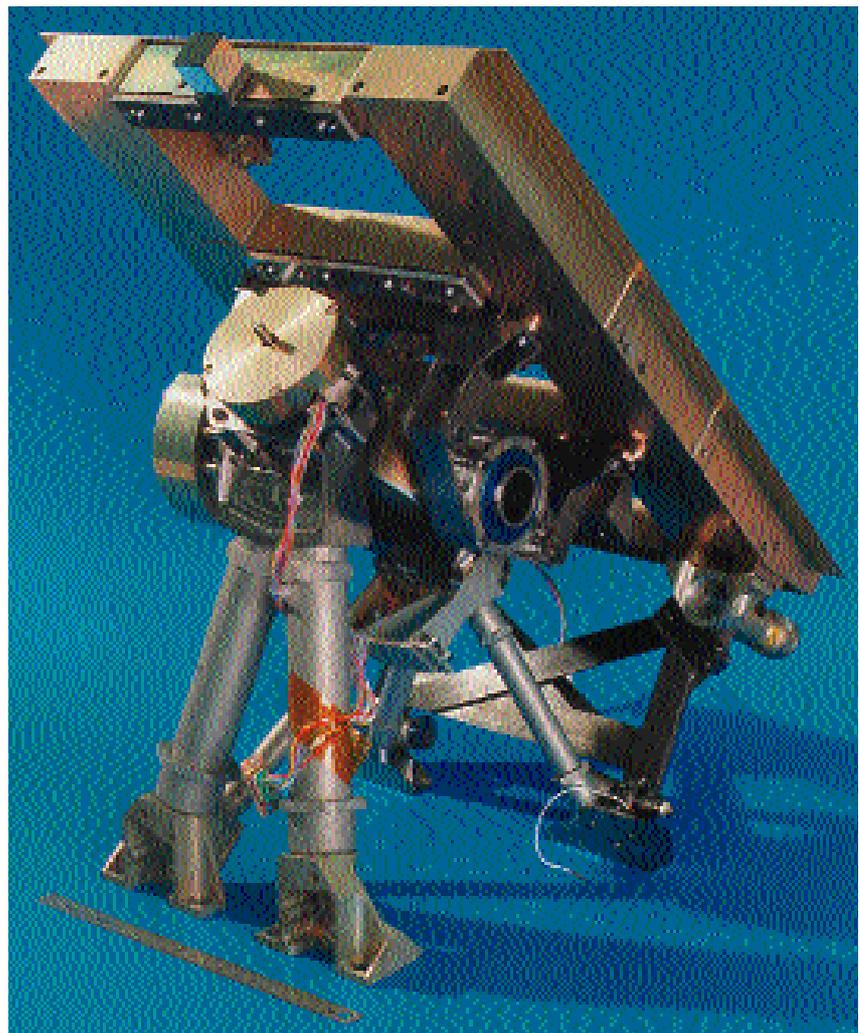
El receptor de localización permite situar con mucha precisión un satélite o un lanzador, suministrada una referencia de tiempo de calidad muy grande, y por un acoplamiento con el sistema de control de posición y de órbita, asegurar su equilibrio.

Un receptor de Alcatel Space, procedente de un equipo de aviación experimentado, ha volado en varios programas internacionales.

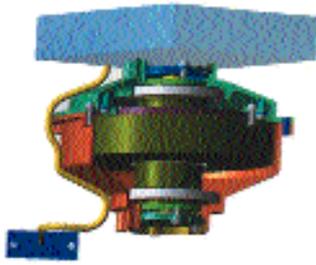
### **Equipos para lanzadores**

Principalmente a través de sus filiales europeas, Alcatel Space Industries suministra más de la mitad de los equipos electrónicos dentro del satélite para los lanzadores del Ariane (versiones 4 y 5).

Para llevar a cabo todos los requerimientos del mercado de los lanzadores, las facilidades de producción de Alcatel Space son capaces de desarrollar cada año 60 unidades para el Ariane 4 y 200 unidades para el Ariane 5.



**Mecanismo de enfoque de toberas plásmicas.**

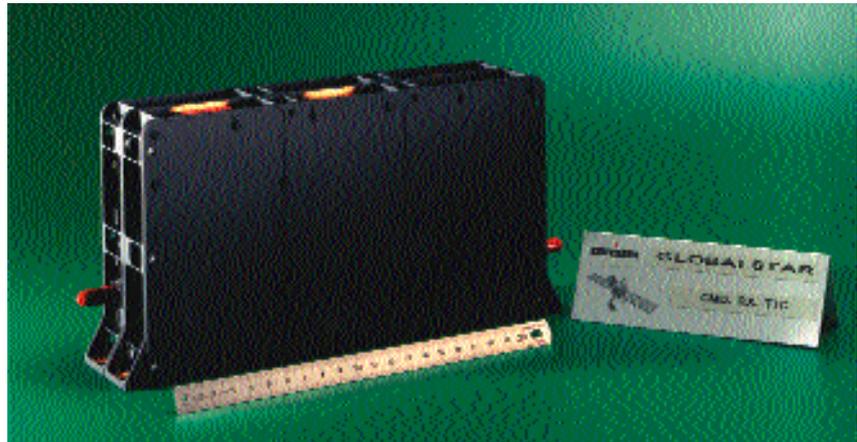


Rueda con soportes magnéticos.

El departamento de espacio de SAFT en Poitiers también suministra para cada Ariane la energía eléctrica con baterías de 16 NiCd o AgZn.

### ■ Conclusión

El conocimiento de Alcatel Space esta basado en sus expertos en la técnica, las tecnologías y los equipos. Este conocimiento, promovido por un grupo de facilidades lideres en producción y localiza-



Receptor de telemetria y telemando.

das en una estrategia comercial proactiva, producen un crecimiento anual en ventas de equipos de mas del 20%.

La compañía tiene el dinamismo necesario para tomar el reto competitivo, particularmente en los mercados de productos digitales y equipos de la constelación.

**Sylvie Lassery** es responsable del Departamento de Venta de Equipos en Alcatel Space en Toulouse, Francia.

# LA OBSERVACIÓN DE LA TIERRA EN EL FUTURO



**J-J. DECHEZELLES**

Desde la investigación científica a las aplicaciones cotidianas, Alcatel ofrece un amplio espectro de capacidades en el campo de la observación de la Tierra desde el espacio.

## ■ Introducción

“¡Terra incognita!”. Ha pasado mucho tiempo desde que un capitán de barco exclamó esto al ver unas costas que no figuraban sobre ningún mapa. Después de los marinos oceánicos y los exploradores han surgido unos nuevos observadores, situados a cientos de kilómetros de altura y más, capaces de examinar masas de tierra, océanos, nubes y hielo.

Estos observadores son los satélites de observación de la Tierra cargados con una variedad de diferentes misiones de teledetección.

Europa, y Francia en particular, ha contribuido en gran medida en asegurar que este campo de alta tecnología no se olvide y dejarlo a la panoplia de satélites militares y científicos desplegados por Estados Unidos y la antigua Unión Soviética.

Hay que recordar Meteosat, Spot, ERS y Helios I, todos ellos programas llevados a cabo en los pasados veinte años. La **Figura 1** resume los lanzamientos desde Meteosat 1 en 1977.

Todo lo que se ha realizado en estas misiones ha demostrado con amplitud la utilidad de la observación de la Tierra desde el espacio. Los mapas meteorológicos obtenidos de las imágenes suministradas por Meteosat son el ejem-

Misión	Lanzamiento de Satélite	Instrumentación
Meteorología geoestacionaria Meteosat	Meteosat 1 1977 Meteosat 2 1981 Meteosat 3 1988 Meteosat 4 1989 Meteosat 5 1991 Meteosat 6 1993 Meteosat 7 1997	Radiómetro a tres canales: • Espectro visible • IR vapor de agua • IR térmico
Cartografía y teledetección Spot	Spot 1 1986 Spot 2 1990 Spot 3 1993 Spot 4 - Vegetación 1998 Spot 5 - Vegetación futuro	Cámaras de alta resolución: espectro visible  Cámaras de alta y media resolución: visible y casi IR
Geociencias ERS	ERS 1 1991 ERS 2 1995	• Diferentes tipos de radar (imagen, viento, altimetría) • Radiómetro de microondas de alta frecuencia • Espectrómetro
Reconocimiento óptico Helios	Helios IA 1995 Helios IB futuro	Cámara de muy alta resolución

**Figura 1 – Lanzamiento de satélites europeos de observación de la Tierra.**

plo en los medios, y los mapas espaciales del Spot son herramientas cartográficas ampliamente usadas

Las perspectivas abiertas han permitido probar un gran número de posibles aplicaciones y fijar los objetivos de las futuras misiones operacionales, en respuesta a las constantes peticiones de los operadores, e incluso misiones experimentales para provecho de la investigación científica y del progreso tecnológico. Para dar una imagen completa, tendríamos que listar cientos de aplicaciones, pero será mejor centrarnos primero en comprender lo que mueve a las aplicaciones y sus motivos.

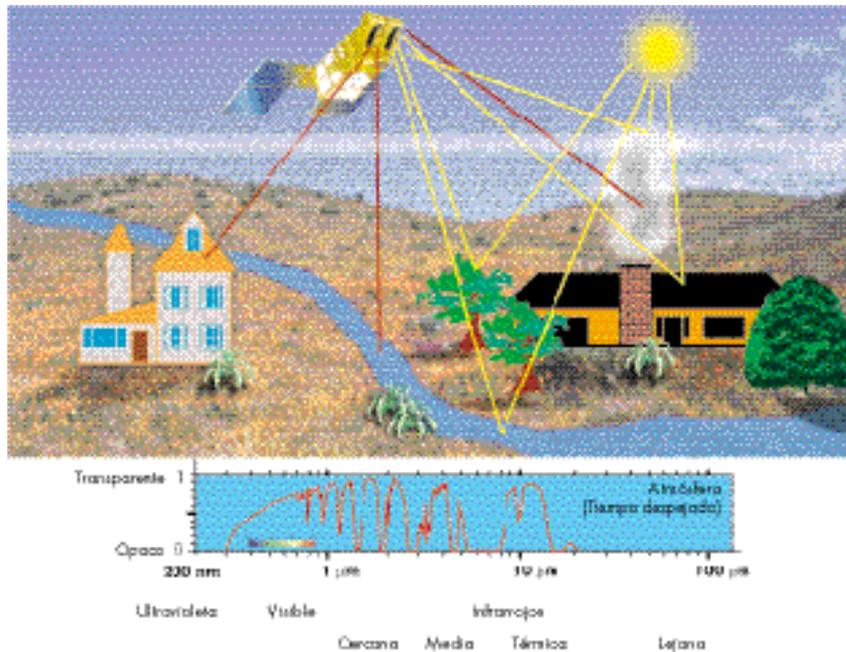
## ■ Principales Fuerzas Impulsoras

“Lo más incomprensible del mundo es que es comprensible.”

**Albert Einstein.**

### Nuestro planeta

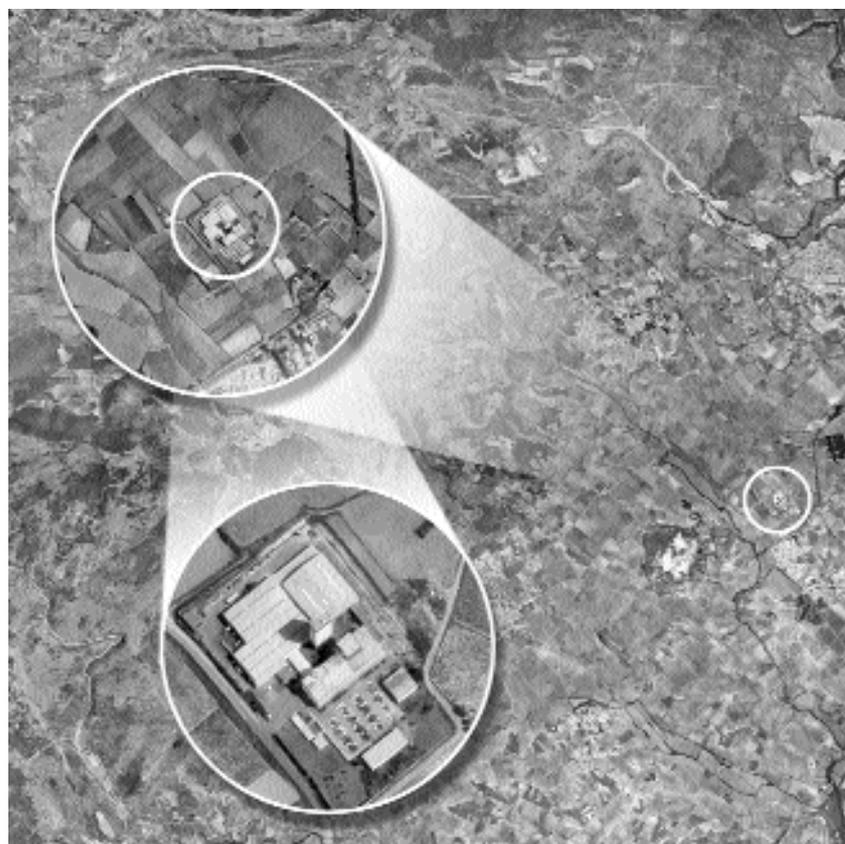
“Living Planet” (un nuevo programa europeo de observación de la Tierra) y “Global Change” (un importante programa americano de investigación centrado en el cambio global) son dos temas que van más allá de la curiosidad científica, ya que marcan la necesidad de preservar el futuro de la humanidad en un entorno planetario en el que el agua, el aire y los alimentos ya no son recursos puros e inagotables. Esta preocupación por el entorno está dirigida por una serie de observaciones irrefutables: una población mundial de seis mil millones de personas en constante crecimiento, un calentamiento tangible del planeta que se explica por el aumento de las actividades humanas (producción de gases, como el bióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , y el metano,  $\text{CH}_4$ , el constante aporte de nuevas sustancias a la atmósfera y a los océanos que son susceptibles de alterar el equilibrio ecológico con agujeros en la capa de ozono, que se supone que nos protege de las radiaciones ultravioletas, por ejemplo. De Río de Janeiro a Kioto, se han manifestado claramente las intenciones de la comunidad internacional, pero está claro que sólo alcanzando una mejor comprensión de los pa-



**Figura 2 – Radiación perceptible por los satélites (dominio óptico).**

rámetros críticos que condicionan estos complejos equilibrios (ver **Figura 2**) podrán venir las decisiones prácticas y

leyes sabias y eficaces. Por ello, tenemos una línea inevitable de investigación que está directamente ligada al futuro



**Figura 3 – Imagen espacial de muy alta resolución.**

de la humanidad cuando entramos en el tercer milenio.

### **Nuestra seguridad**

El espacio es una de las claves para la paz y la seguridad. Sería vano considerar que el espacio, en su dimensión estratégica, sólo tiene virtudes pacíficas. Sin embargo, son estas virtudes las que lo hacen importante y las que, desde un punto de vista militar y científico, facilitan la supervisión de zonas en crisis y reducen las oportunidades de un agresor de jugar con el efecto de la sorpresa. Los satélites de reconocimiento y de alerta representan algo importante al servicio del mantenimiento de la paz. Aunque su mensaje no tuvo una continuación, el presidente Giscard d'Estaing no estaba equivocado cuando propuso en las Naciones Unidas la creación de una Agencia de Supervisión por Satélite. El peso político en el seno del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas, por ejemplo, descansa hoy un poco menos en el arsenal nuclear de sus miembros y un poco más en la capacidad de aportar información sobre la existencia de una amenaza o la realidad de acciones militares agresivas. La capacidad de observación de los satélites (ver **Figura 3**) es una componente esencial de lo que se puede llamar "Poder Espacial".

### **Gestión de los recursos y de las catástrofes**

Entre determinismo, probabilidad de ocurrencia e inestabilidad caótica, las técnicas modernas de modelado y predicción de los fenómenos naturales están jugando un papel cada vez más inmediato en la gestión de la vida económica y, por lo tanto, de la vida cotidiana. Esta necesidad que vemos evidente en la meteorología va más allá de simplemente predecir si va a llover o va a hacer buen tiempo.

La observación de la Tierra, con todas sus variantes y capacidades de sondeo, está proporcionando una cantidad creciente de información y medios de predicción.

En sus comienzos, la tecnología de teledetección por satélites puso su acento en la clasificación geológica para mejo-



Copyright: SPOT IMAGE

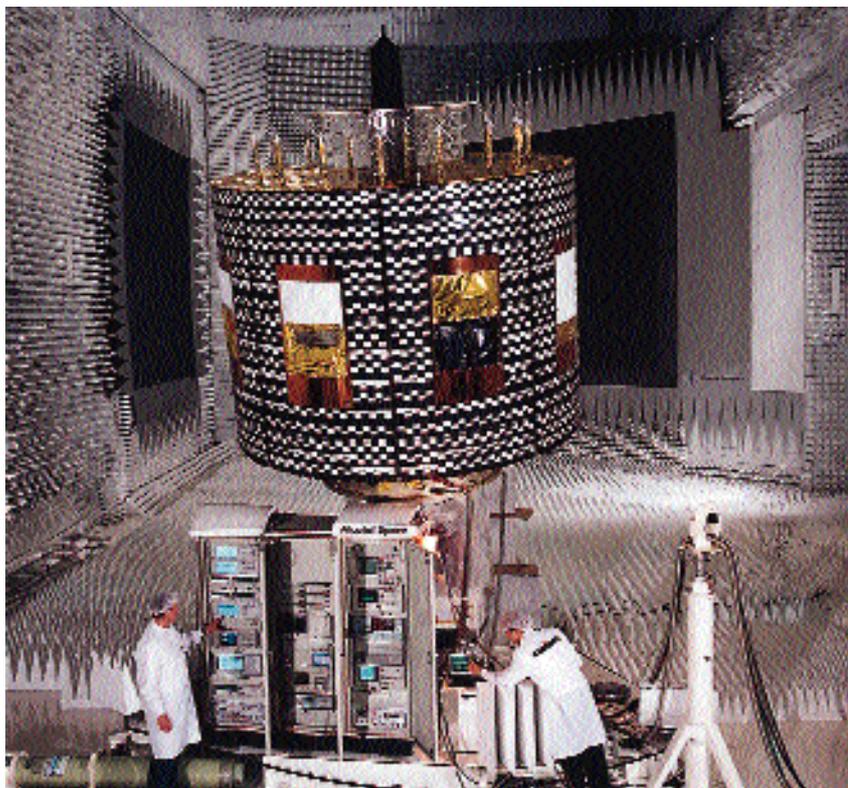
**Figura 4 – Erupción volcánica (La Réunion).**

rar la calidad de las prospecciones de los recursos minerales y petrolíferos, en otras palabras, los recursos fósiles (y, por ello, no renovables). Existen ahora otros dos campos importantes (al igual que la previsión meteorológica naturalmente) que están atrayendo la atención: la gestión de los recursos renovables por una parte, y la gestión de las catástrofes naturales o provocadas por el hombre (ver **Figura 4**). Todas las aplicaciones específicas en estos campos comparten tres grandes requisitos:

- regularidad y continuidad del suministro de datos;
- mejora del conocimiento de los fenómenos a escala global;
- desarrollo de modelos y bases de datos a escala local.

El primero se corresponde con la necesidad de sistemas de observación permanentes y duraderos; el segundo requiere la investigación y el intercambio de ideas de varias disciplinas (climatología, oceanografía, vulcanología, agricultura, y en general las ciencias de la tierra). El tercero, local en escala, se dirige tanto a las observaciones in-situ como a la teledetección espacial e involucra la construcción de GIS (Geographical Information Systems), cuyo contenido va más allá de la mera cartografía.

Urbanismo, planificación de territorios y ciudades, protección civil y gestión de los recursos agrícolas, forestales y de pesca son todas las actividades que deberán finalmente aprovecharse económicamente y ambientalmente del potencial para obtener información en cualquier momento y lugar. Información considerablemente mejorada por los satélites de observación.



**Figura 5 – Satélite MSG en pruebas de radiofrecuencia.**

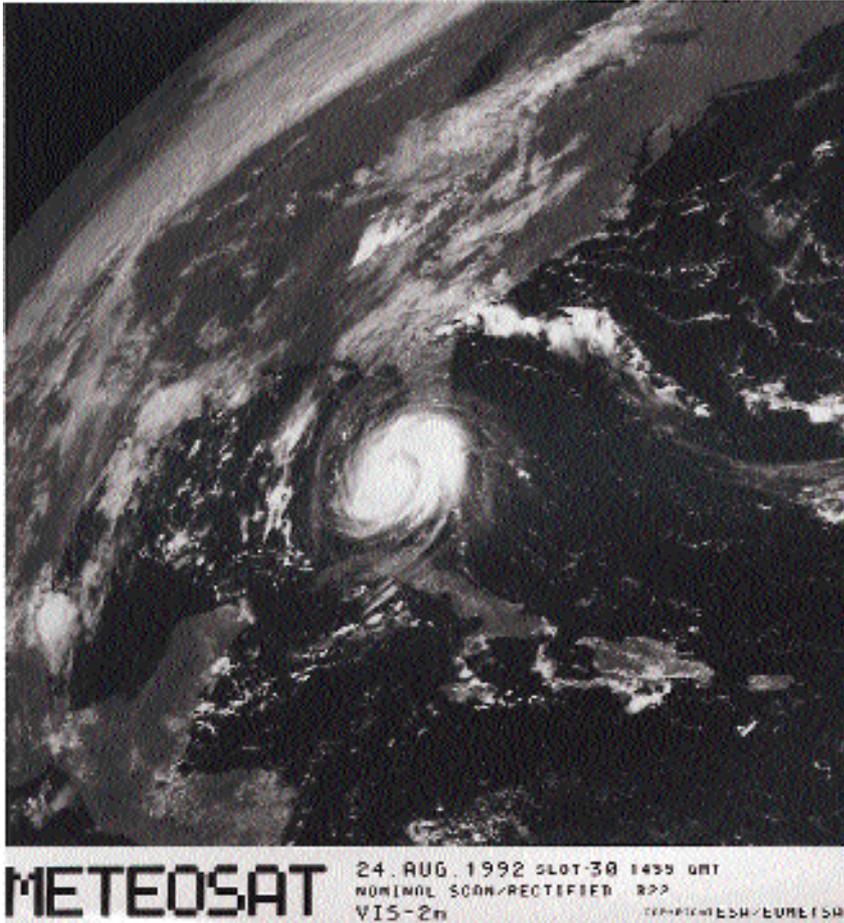


Figura 6 – Meteorología: huracán Andrew (izquierda) y diagrama de los vientos (derecha).

## ■ Despejar el camino para el futuro

### **Meteosat de Segunda Generación (MSG)**

Tras 20 años de uso y siete lanzamientos de satélites Meteosat, ahora se está desarrollando una segunda generación. Alcatel Space es director industrial de proyecto para esta nueva generación de satélites pedidos por la ESA (Agencia Espacial Europea) como parte de su asociación con la agencia operadora Eumetsat.

El primer satélite MSG (ver **Figura 5**) tiene previsto su lanzamiento para finales del 2000, y proporcionará imágenes visibles y de espectro de infrarrojos (IR) de la Tierra las veinticuatro horas del día, desde una órbita geoestacionaria a la longitud de 0°. Familiares a todos los telespectadores, estas imágenes se usan para previsiones a corto e incluso muy corto plazo. MSG significa un gran avance técnico, guiado por

el deseo de mejorar la cadencia de tomas de imágenes (doble) y el espectro (el cuádruple de canales) para mejorar la predicción a corto plazo.

Un conocimiento más preciso de los gradientes del viento y de la propagación de los frentes de precipitaciones (ver **Figura 6**) son en el primer plano de los objetivos buscados. Es importante resaltar que los Meteosat forman parte del programa Vigilancia Meteorológica Mundial de la WMO (Organización Meteorológica Mundial); en términos de calidad de imagen, MSG constituirá el mejor de los satélites hasta ahora usado para este propósito, incluyendo los que pertenecen a la Agencia americana NOAA.

### **Sonda IASA y meteorología polar**

Aunque, desde la aparición de las órbitas geoestacionarias, la meteorología ha dado una escala global y permitido la

previsión a corto plazo, la previsión a medio plazo y un conocimiento de las dinámicas atmosféricas requieren una diversidad de sensores más cercanos a la tierra. Los meteorólogos europeos han usado hasta ahora los satélites NOAA, pero Europa ha decidido estar presente y complementar a los Estados Unidos con el EPS (Eumetsat Polar System), que dispondrá de sus propios satélites METOP. Los satélites METOP y NOAA tienen muchos instrumentos comunes. Usarán una órbita de inclinación elevada para cubrir la totalidad de la superficie terrestre en un día, y proporcionarán imágenes, temperaturas y datos de sondeo atmosférico. A bordo de los satélites METOP habrá un nuevo e innovador instrumento, conocido como sonda IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer), que es fruto de la unión entre Eumetsat y el CNES, y de cuya realización se encarga Alcatel Space.

IASI es un instrumento de sonda atmosférica que funciona en la banda de infrarrojos utilizando una técnica interferométrica.

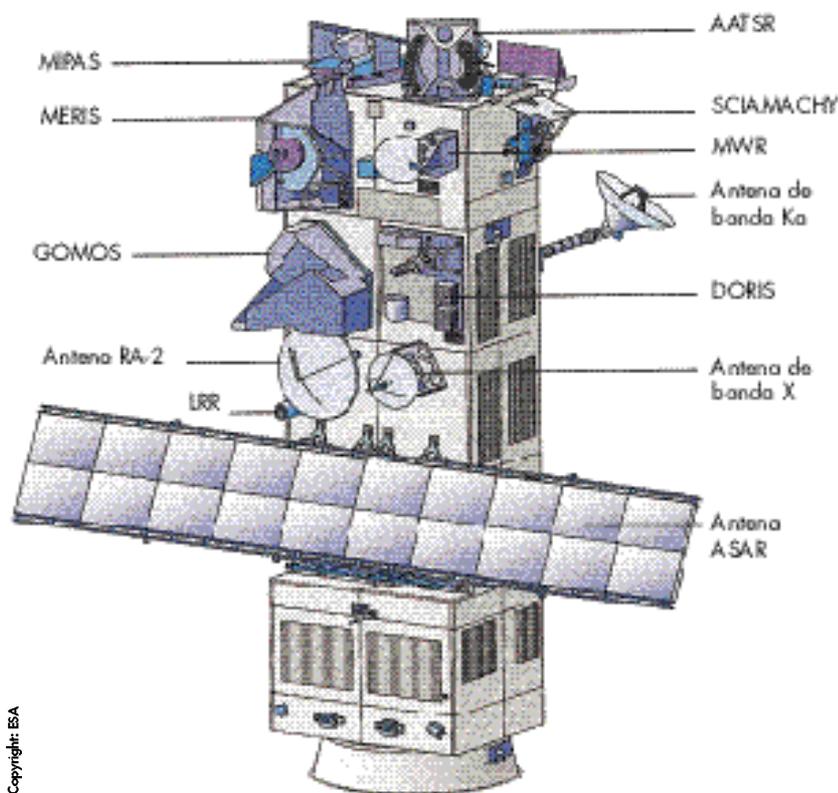
Este instrumento representa un importante avance tecnológico y científico, que ofrece a los meteorólogos datos espectrales sobre las emisiones atmosféricas. Estos datos se utilizarán para preparar los perfiles verticales de temperatura y humedad de la atmósfera en intervalos de un kilómetro, con precisiones de 1°C y 10%, respectivamente.

### **Envisat: Los instrumentos MERIS y ASAR**

La misión Envisat dirigida por la Agencia Espacial Europea es una de las misiones de observación de la Tierra más importantes jamás concebidas.

Destinada a la investigación y a numerosas aplicaciones relacionadas con el medio ambiente, esta misión se basa en el satélite Envisat 1 (ver **Figura 7**), así como en un segmento de tierra específico, del que es responsable Alcatel Space.

Con una masa de lanzamiento de más de ocho toneladas, Envisat 1 lleva ocho instrumentos que proporcionan un amplio espectro de observaciones en los campos ópticos y de microondas. Alcatel Space contribuye en la realiza-



Copyright: ESA

Figura 7 – Configuración del satélite Envisat 1.

ción de los dos instrumentos más importantes, el MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) del que es director de proyecto, y ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar) como responsable de su electrónica.

MERIS es el primer instrumento hiperespectral (un instrumento que puede dividir el espectro en rayos menores de 10 nm de ancho) fabricado en Europa; es capaz de transmitir 30 canales espectrales, que se pueden seleccionar entre la banda de infrarrojos y el espectro visible. Un canal puede tener un ancho de banda muy estrecho ( $DI < 2$  nm) y detectar una amplia gama de luminancias (104)

MERIS se suele calificar como un instrumento de “color del océano”, debido a su capacidad para detectar las más ligeras variaciones en el color de la superficie de los océanos; estas variaciones se pueden interpretar para identificar los contenidos de minerales y biológicos y, a corto plazo, supervisar la calidad y riqueza de las costas y fondo del mar.

ASAR continua y amplifica la misión de imágenes “non-stop” asegurada por los satélites ERS. Este radar de imágenes,

que opera en la banda C, produce un caudal de información muy elevado de hasta 100 Mbit/s.

Se puede utilizar en numerosos modos de operación, combinando la agilidad electrónica del ángulo de visión de la superficie de la Tierra (incidencia de  $15^\circ$  a  $45^\circ$ ), la selección o combinación de las polarizaciones de la onda electromagnética que ilumina la escena contemplada, la amplitud de la escena y, por extensión, la resolución espacial (100 km con una resolución de 30 m; 400 km con una resolución de 150 m).

El subsistema electrónico destinado a equipar la antena activa distribuida comprende un gran número de componentes, incluyendo 620 amplificadores de estado sólido y 320 módulos de emisión-recepción divididos en 20 subsistemas conocidos como “tiles”.

Las propiedades del ASAR en sus diferentes modos permitirán su utilización para estudiar los parámetros físicos de los océanos, casquetes polares, costas y masas terrenas (agua, vegetación, topografía), incluso dinámicamente (medidas de las corrientes y sus derivas).

El segmento de tierra consta de una parte para supervisar los vuelos y un PDS (Payload Data Segment) para gestionar los datos. El PDS adquiere los datos, los preprocesa y los envía con un breve retardo (tres horas). También archiva y analiza temáticamente los datos con la ayuda de un PAC (Processing and Archiving Center) remoto, que cualifica los resultados del proceso de extracción de datos.

La responsabilidad de la coordinación de esta cadena se efectúa en Frascati, Italia, que informa al ESRIN de la Agencia Espacial Europea.

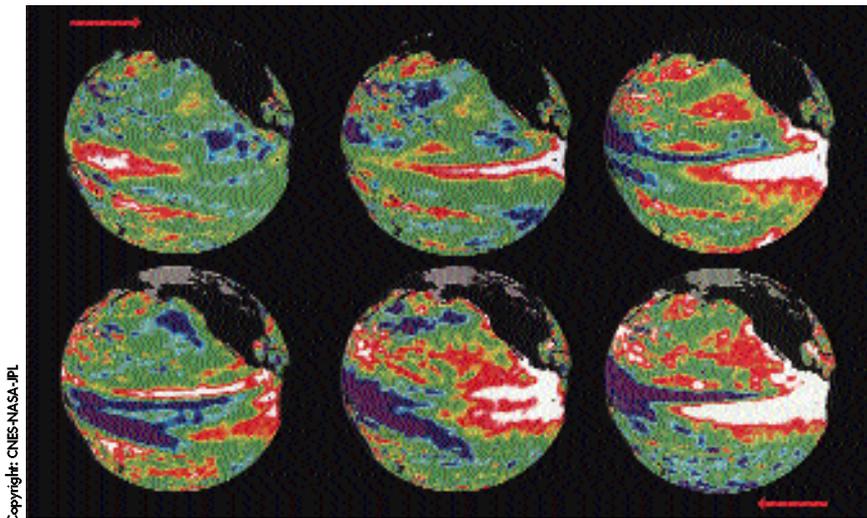
### Reconocimiento óptico: Helios II

Helios ha jugado de forma natural un importante papel político y militar en tiempos de crisis o conflictos (Guerra del Golfo, Balcanes, etc.). Estos satélites de reconocimiento proporcionan una vigilancia regular de zonas predefinidas, con un poder de resolución cercano al obtenido por los aviones de reconocimiento de gran altitud. No están sujetos a los mismos riesgos y, por la distancia de la Tierra a la que operan, ofrecen una mejor posición para observar sitios muy distantes.

La generación de satélites Helios II, actualmente en desarrollo, tomará el relevo de la generación Helios I, que fue el primer sistema de reconocimiento óptico basado en satélites francés y europeo.

La responsabilidad técnica e industrial de Alcatel Space se centra principalmente en la “cadena de imagen a bordo”, que abarca desde la cámara a la transmisión de imágenes en directo o en diferido a tierra. Alcatel Space también es responsable de las tecnologías claves involucradas en la obtención de la mayor agilidad posible en la re-orientación de la cámara de un sitio a otro. El objetivo es aumentar la frecuencia de actualización de la información a beneficio de los usuarios.

El satélite Helios II reutiliza desarrollos del sistema civil Spot en el área de la plataforma soporte, pero utiliza una carga útil altamente sofisticada que incorpora una serie de importantes avances tecnológicos, si se compara con la generación Helios I. Estos avances se encuentran básicamente en el campo de un mejor enfoque, lo que da



Copyright: CNES-NASA-IPL

**Figura 8 – El Niño - La Niña (1997 – 1998): circulación de corrientes de agua caliente (en blanco y rojo) en el Océano Pacífico.**

como resultado una mejor resolución espacial y anchura espectral.

### **Oceanografía Espacial: Misión Jason**

El descubrimiento y seguimiento del fenómeno “El Niño - La Niña” (ver **Figura 8**), que sucede en el Océano Pacífico con consecuencias climáticas desastrosas ampliamente expuestas en los medios, es sin duda el mejor ejemplo de lo que la oceanografía espacial puede ofrecer. Este ejemplo refleja la importancia de la observación espacial y, en particular, la medición de las temperaturas del mar y de sus niveles para soportar la validez y estructura de los modelos hidrodinámicos que nos ayudan a comprender las corrientes y a predecir las mareas.

Tras su éxito en el programa Topex-Poseidon de la NASA y el CNES, Alcatel Space es actualmente responsable de la mayoría de los desarrollos del satélite Jason, que es el más reciente ejemplo de cooperación franco-americana en la oceanografía espacial.

No existe ninguna duda en cuanto a la necesidad de esta clase de misión y de mantener la continuidad operativa ya que la interacción entre los fenómenos oceánicos y la climatología es de importancia crucial.

Jason (ver **Figura 9**) asegurará el mismo tipo de misión que Topex-Poseidon, ipero su masa será sólo la cuarta par-

te! Incluso mejor, el aspecto clave de las prestaciones referente a la medida altimétrica de la superficie del mar se verá mejorado, siendo el objetivo alcanzar una precisión de un centímetro. Jason orbitará la Tierra a una altitud de 1.400 km.

A este respecto, necesitamos aceptar una inversión del concepto tradicional: la referencia de altitud ya no es el nivel del mar, considerado como nivel 0, sino la posición del satélite, la cual se conoce con

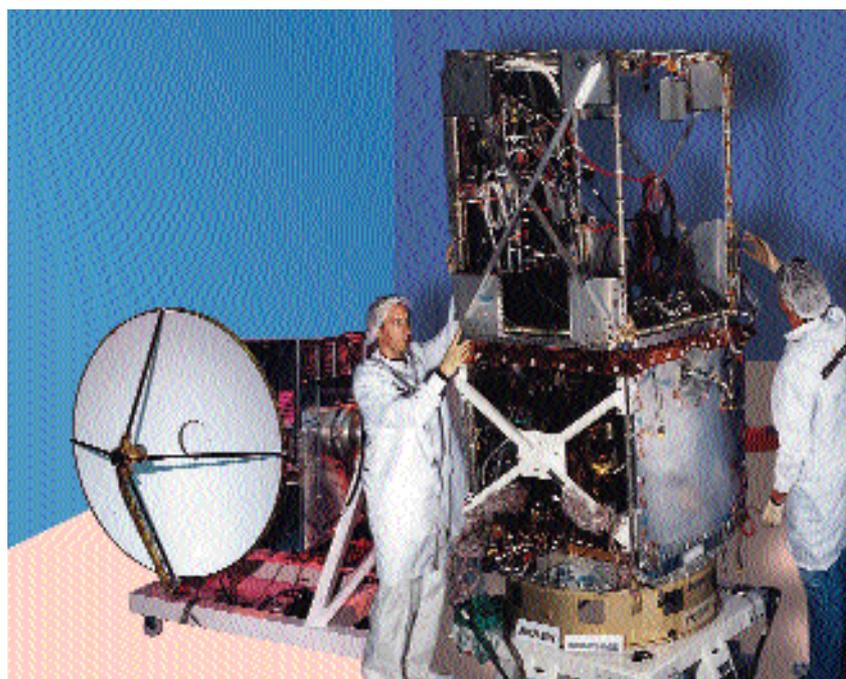
precisión extrema como resultado de los avances de la geodesia espacial y de la dinámica orbital.

### **■ Perspectivas y conclusión**

Este artículo ha ilustrado los progresos hechos en las aplicaciones de observación de la Tierra a bordo de satélite. Las perspectivas se pueden resaltar en una serie de campos:

- creciente investigación geocientífica,
- mayor cantidad y diversidad de sistemas operativos perennes,
- una mayor centralización en la técnica y fabricación para mejorar las prestaciones, pero con un coste reducido de la propiedad para científicos y operadores,
- creciente impacto de los datos extraídos en el campo económico y en el control mediambiental.

Una opinión contemporánea tiende a separar la investigación de las operaciones. Sin duda, esta opinión es útil cuando se van a seleccionar los objetivos, pero no tiene lo suficiente en cuenta el hecho de que la observación de la Tierra es aún una ciencia joven con un considerable potencial de mejora.



**Figura 9 – Satélite Jason 1: Plataforma Proteus y altímetro Poseidon 2.**

---

El progreso se hará mediante una alianza objetiva y un deseo de sinergia entre investigación (dominio cognitivo y herramientas científicas de extracción de datos), industria (tecnologías e implementación) y las comunidades de usuarios. Muchas de estas comunidades están formadas y organizadas con la ayuda del carácter demostrativo de las nuevas misiones puestas en órbita. Las agencias espaciales continuarán jugando un papel muy importante en este mercado múltiple.

Sus capacidades técnicas, ampliamente demostradas por el éxito de las

misiones, satélites e instrumentos en las que ha colaborado, han hecho de Alcatel Space un actor líder en este sector. Está claro que, con su competencia en comunicaciones (multimedia, en particular), Alcatel Space puede promocionar y acelerar el envío de todos estos nuevos datos, normalmente a velocidades muy elevadas, a usuarios del planeta.

### ■ Agradecimientos

Este artículo no se podría haber escrito sin el trabajo hecho en representación de

clientes institucionales como CNES, DGA, ESA y Eumetsat, y en asociación con Spot Image. Quiero reconocer con gratitud la calidad de los contactos profesionales con miembros de estas organizaciones.

**Jean-Jacques Dechezelles** es director de los programas de Ciencias, Medioambiente y Meteorología de Alcatel Space en Cannes, Francia.

# OPERACIONES Y SERVICIOS



**B. TELLIER**



**A. ROGER**

## ■ Introducción

Los clientes de Alcatel Space están en plena efervescencia. Los operadores de telecomunicaciones históricos hacen frente a una mayor competencia y, para desmarcarse, se especializan en los servicios de valor añadido, fijándose en los nuevos mercados. Los actores institucionales se privatizan, las agencias espaciales se reajustan sobre programas de Investigación y Desarrollo y los nuevos empresarios se hacen cada vez más numerosos (Panamsat, Ge-American, SES Astra, Loral Space & Communication, etc.) al registrar el mercado de las telecomunicaciones un crecimiento muy fuerte y el de los satélites permanece también muy dinámico, y esto en todos los continentes.

Todos estos actores, tanto los antiguos como los nuevos, están a la busca de colaboradores industriales capaces a su vez de aportar las mejores soluciones tecnológicas y de asumir riesgos tanto como inversores como promotores. El resultado es que las fronteras entre los suministradores de satélites y de infraestructuras espaciales, los operadores de telecomunicación y de radiotelevisión y los circuitos de distribución hacia el utilizador final son cada vez más tenues. En efecto, cada uno busca el transferir al otro el máximo de riesgos, sea por razones financieras, sea por incapacidad técnica u operacional. Sobre el plano financiero, esto se traduce por el refuerzo del crédito suministrador (vendedor financiero) y el reparto de los resultados ope-

**Alcatel Space ha creado Alcatel Spacecom para manejar su crecimiento industrial y para mejorar la respuesta a las demandas crecientes de servicios.**

rationales lo que así compensa los riesgos tomados.

Los suministradores de satélites asumen pues hoy día responsabilidades totales en los sistemas de satélites que entregan llave en mano, así como de los que ya están órbita, tanto para productos de gran público (World Space) como para sistemas operacionales (Europe\*Star, Eurasiasat). Alcatel Space ha previsto esta evolución y sus accionistas le han autorizado a invertir en numerosos programas, comprendidos aquellos de los procedimientos citados.

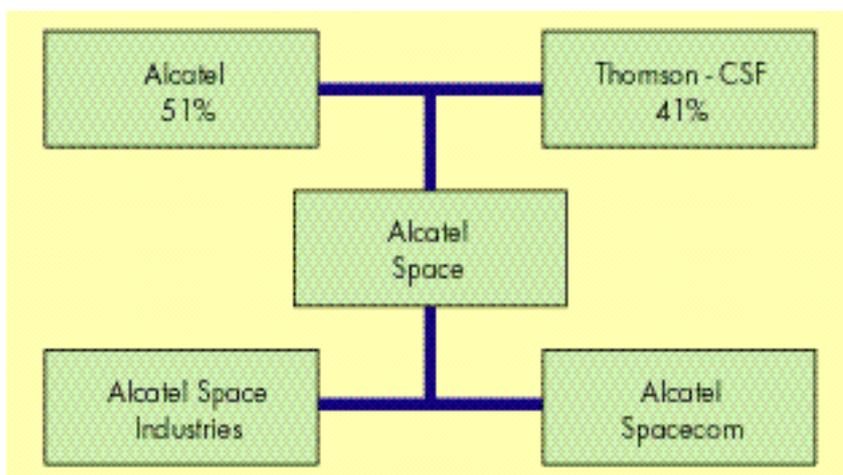
Con el fin de manejar mejor esta inversión se creó en 1997 Alcatel Spacecom. Esta holding, que reagrupa todas las actividades de Alcatel Space en este campo, permite a la compañía desempeñar el papel de actor principal en las operaciones y los servicios (**Figura 1**).

## Historia

Alcatel Spacecom es el resultado de un largo recorrido. Hace ya 8 años, Alcatel Space decidió, a imagen de Hughes, estructurar y desarrollar sus capacidades en sistemas de a bordo/tierra y las operaciones y servicios asociados a fin de poder suministrar a sus clientes soluciones globales y competitivas, integrando las mejores tecnologías.

La adquisición de las actividades de satélites de Aerospatiale, primera etapa en este recorrido, fue seguida de una segunda, la integración de las actividades, tanto de las estaciones terrestres de conexión y de tráfico, como las de la red de tierra asociadas de la antigua Alcatel Telspace y su nuevo accionista, Thomson CSF.

Realizada esta integración, ha sido preciso dotarla de medios jurídicos y financieros adaptados a esta nueva es-



**Figura 1 – Alcatel Space.**



Figura 2 – Euteltracs hoy.

estructura. Era primordial dotar a los equipos de Alcatel Spacecom de medios que le permitieran negociar en condiciones profesionales con los operadores existentes, con los futuros colaboradores de las sociedades a crear, con los bancos y con nuestros accionistas. En fin, ha sido preciso ampliar nuestra capacidad de análisis del sistema teniendo en cuenta las necesidades de los clientes finales de los operadores y establecer las características técnicas de estos proyectos a partir de las misiones que dimanaban de la síntesis de numerosos estudios en marcha.

Esta inversión, puesta en marcha progresivamente, representa varias cente-

nas de millones de dólares. Los objetivos de rentabilidad financiera han sido fijados sobre la base de “Planes de Negocios” muy minuciosos y analizados con la ayuda de los equipos de financiación de los proyectos comerciales (Trade Project Finance) del Grupo.

### Operaciones de Alcatel Spacecom

Hoy día, Alcatel Spacecom forma parte de cinco sociedades. A Euteltracs, la primera creada, le siguieron, de forma consecutivo, TE.SA.M., Europe\*Star y Eurasiasat, creadas conjuntamente con France Telecom, Loral Space & Communications y Turk Telecom (Figuras 2, 3, 4 y 5). SkyBridge ha sido creada gracias a un número importante de colaboradores industriales del mundo entero.

A cada una de ellas, Alcatel Spacecom aporta su experiencia tecnológica y su competencia profesional. Las operaciones no pueden llevarse a cabo con eficacia si la compañía no posee los medios y los hombres. Es por esto, por lo que Alcatel Space, fuerte en su experiencia y en sus relaciones con el Centro Nacional de Estudios Especiales (CNES), ha desarrollado en Toulouse y en Cannes centros de control de satélites para su puesta en órbita y mantenimiento, de estaciones de supervisión de las cargas útiles para el

seguimiento cualitativo del tráfico y su gestión, así como de centros de negocios para la gestión de las redes, la facturación, las relaciones técnicas y operacionales con otros operadores y el seguimiento de la satisfacción de los clientes, consumidores de las capacidades puestas en órbita.

Por otra parte, gracias a la experiencia del personal de Thomson-CSF, tanto en Toulouse como en Kourou (donde se encuentra la base de lanzamiento de Ariane), y a la de nuestros colegas de Aérospatiale en Cannes, nos ha sido fácil encontrar operadores para los satélites y las misiones para iniciar las nuevas explotaciones antes mencionadas.

Alcatel Space ha creado igualmente un departamento de unas veinte personas para llevar a cabo las relaciones con la Unión Internacional de Telecomunicaciones, que al ser responsable de las reglas de atribución de posiciones orbitales y de la coordinación, tiene la llave de las estrategias que todo operador quiera poner en marcha. En efecto, el operador deberá obtener de los países en los cuales quiere difundir, las licencias que le conceden las frecuencias de los enlaces ascendentes hacia los satélites y, a veces incluso, la autorización de difusión.

En fin, Alcatel Spacecom mirando hacia el futuro, participa en nuevos proyectos – SkyBridge, Rascom y Andesat/Bolivarsat, por no citar más que los más recientes – y está al acecho para captar nuevas oportunidades.

### ■ ¿Por qué esta evolución?

La evolución del mercado de datos se apoya en tres tendencias estrechamente ligadas: la evolución de los servicios que cada vez necesitan más ancho de banda; el desarrollo de nuevos medios de difusión así como el crecimiento de las tecnologías digitales que aumentan la capacidad y abren la puerta a la miniaturización.

### Evolución de los servicios

El usuario puede ya acceder a una gama muy amplia de servicios electrónicos, a operaciones bancarias a domicilio, al comercio electrónico en plena expansión con sus tiendas virtuales, etc. Tiene, en todas

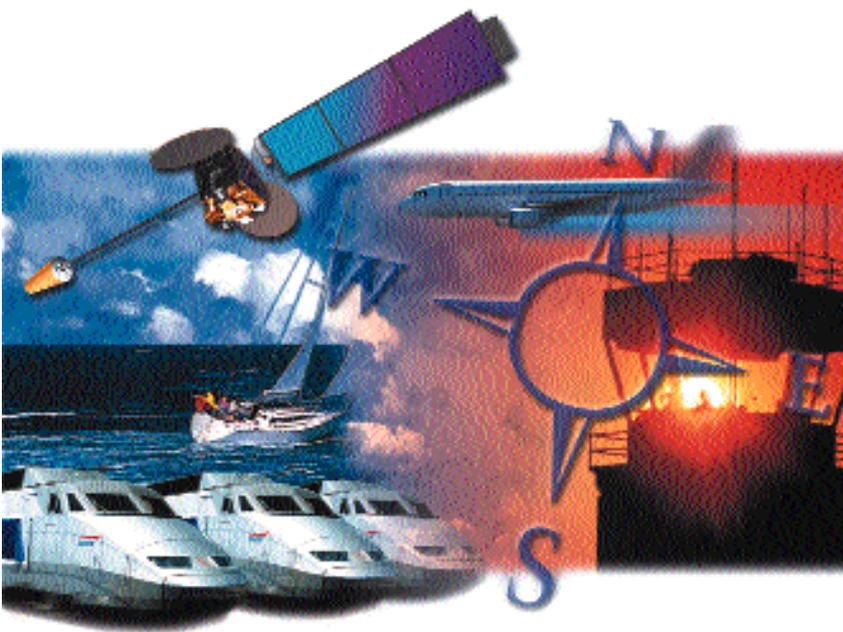
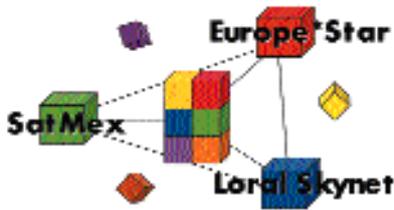


Figura 3 – Euteltracs mañana.



**Figura 4 – Alianza Europe \* Star y Loral Space.**

partes, acceso a juegos electrónicos interactivos, a reportajes deportivos de todas clases, a cadenas musicales, a programas culturales (arte, patrimonios de las naciones, etc.), a invitaciones para dialogar de un punto a otro del planeta. “Imaginaos” decía Bernard Schwartz (Presidente de Loral Space) “que al conectar vuestro PC, o vuestro televisor superinteligente, entráis en la autopista de la información para hacer vuestras compras, en tiempo real, en un centro comercial de Palm Beach o en una tienda de Tokio. Imaginaos, siempre en tiempo real, ver a un empleado de una tienda que os pondera los méritos de un surtido de artículos y como vosotros compráis en seguida aquello que habéis escogido”.

El comienzo del milenio estará igualmente marcado por un fuerte crecimiento del teletrabajo gracias al despliegue de las redes locales de área local y al desarrollo de servicios tales como el correo electrónico, la transferencia de ficheros, la gestión y la facturación electrónica, etc. A esto se añade la interconexión de las redes locales diseminadas por todo el planeta en redes de área extendidas. Es el nacimiento de universidades mundiales, como la creada por los holandeses y por los dominicanos, y sin duda aquella considerada por los más ambiciosos ministerios de Educación Nacional, tanto para la difusión de las lenguas, como para la difusión de la ciencia, de la medicina, del derecho o de las finanzas.

Todo esto se interconecta en las autopistas de la información en todo el mundo, en todas las lenguas, con la voluntad de intercambiar conocimientos y de querer estar informado, con el fin de vivir mejor.

### **Nuevos medios de difusión**

Para acceder a estos nuevos servicios empleamos nuevas herramientas. Internet,

por supuesto, está cambiado completamente las costumbres. Ofrece a los usuarios la posibilidad de viajar por numerosas sitios sobre las autopistas de la información y de accederlas con numerosas herramientas tales como ordenadores, televisores, teléfonos fijos o móviles. La llegada de la televisión digital, la posibilidad de los usuarios de tratar por si mismos las señales recibidas a través o no de Internet con el fin de integrar la voz, el sonido y la imagen fija o móvil, y ahora la búsqueda de una oferta de gran calidad por la llegada del DVD y de las técnicas de transmisión modernas, incitan a los usuarios a consumir cada vez más ancho de banda. En efecto, cualquiera puede anunciar por correo electrónico el nacimiento de su niño no solamente con su foto sino también con un vídeo de las primeras horas de su vida.

Por otra parte, el cine electrónico de 35 mm de calidad y su modo de difusión, sobre el que trabajan los grandes productores de Hollywood, revelan que la distribución de estas películas se hará de manera diferente, incluyendo el satélite para alcanzar en el mismo instante, si se desea, clientes remotos y zonas de fuerte densidad de población. Las negociaciones con la OMC sobre “la excepción cultural” revelan bien las posturas de mañana.

En paralelo, la llegada al mercado de equipos de producción con todavía más prestaciones como cámaras de vídeo profesionales de 100 Mbits y magnetoscopios asociados que permiten realizaciones de gran calidad, generarán demandas de capacidades de caudales muy altas.



**Figura 5 – Eurasiasat.**

En fin, el bajo costo de la producción de vídeo y el aumento de la calidad obtenida con pocos medios dan origen a nuevas producciones étnicas o temáticas. Los productores han comprendido que la baja permanente de los costes de transmisión les permitirá difundir sus obras a través del mundo, alcanzando así las comunidades culturales o temáticas, más alejadas en el mundo. El ejemplo de Turk Telecom y de Eurasiaset, que difundirán programas en lengua turca, es típico en este campo.

### **La evolución de las tecnologías digitales y de satélites**

El desarrollo extremadamente rápido de las tecnologías digitales es el origen de la revolución actual: compresión de los datos, modo de transferencia asíncrona, pantallas planas de grandes dimensiones, transmisión ADSL, vídeo DVD y cine digital, capacidad de los discos duros de los PC (10 Gigabits en un portátil), lógicas de visualización cada vez con más prestaciones, organización y realizaciones de servidores, así como las tecnológicas de transmisión sobre fibra óptica. Por lo que concierne a los satélites, la llegada de la banda Ka ofrece capacidades importantes de transmisión, y deberá permitir a los satélites tener no solamente una función de solución alternativa al cable (apoyo), sino también un enlace de gran capacidad (haz) sobre zonas aisladas. A todo esto viene a añadirse la evolución muy significativa de las tecnológicas que son propias de las cargas útiles: la miniaturización con los circuitos monolíticos (MMIC) y los módulos multichip (MCM) especialmente adaptados a las nuevas aplicaciones multimedia; el montaje por apilado (3D); las antenas activas capaces de la creación de ceros y la reconfiguración en órbita con el fin de optimizar la gestión del tráfico, las tecnologías de conmutación y de tratamiento a bordo, los amplificadores a tubos más potentes y más ligeros, aplazando la llegada de los amplificadores de estado sólido (SSPA) (Figura 6).

Por otra parte, las plataformas de satélite están en condiciones de soportar cargas útiles pesadas y potentes. También se pueden prever potencias de unos 20 Kw para los años venideros. Los moto-

res de propulsión iónica permiten ganancias de masa muy importantes. La tecnología de las baterías, de la cual depende la duración de la vida de los satélites a causa de los pasos en eclipse, ha progresado mucho con el níquel-hidrógeno y la llegada del litio. Las células solares utilizan ahora arsénico de galio (As Ga).

La llegada de todas estas tecnologías, asociada a una gestión de red cada vez más eficaz y adaptada a las necesidades de los operadores, permitirá transmitir sobre un mismo canal servicios universales utilizando imagen, sonido, voz y datos, incluso demodular la información a bordo, conmutarla y establecer un cierto nivel de interactividad, alcanzado únicamente con las constelaciones de satélites de órbita baja, como la propuesta por SkyBridge (Figuras 7 y 8).

Las estaciones de conexión (puertas) asociadas, tales como las que han sido desarrolladas por Globalstar, con su conexión a la red conmutada, son muy competitivas y responden a las necesidades de gestión operacional de los operadores más exigentes (Figura 9). Por otra parte, nuevas estaciones terrestres ponen a disposición de los abonados aislados, y con poco gasto, los servicios telefónicos y multimedia.

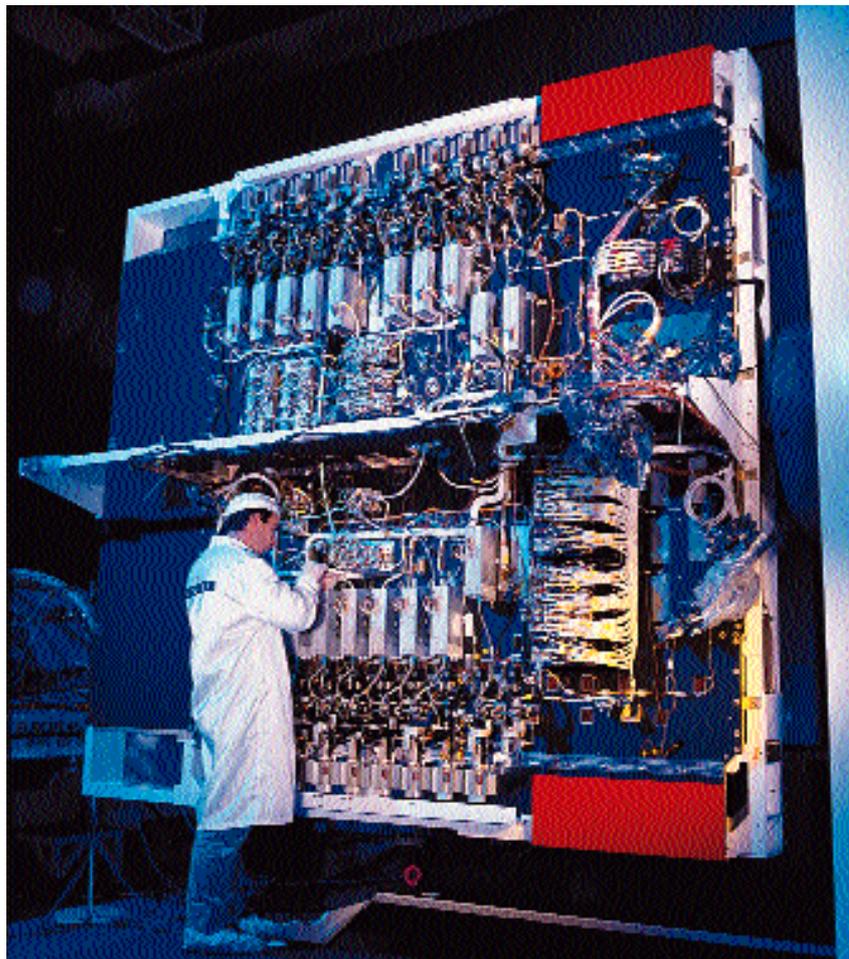


Figura 6 – Carga útil de Europe\*Star.

## ■ ¿Cuál es la función del satélite?

Es evidente que los satélites tienen un cometido clave a desempeñar en la distribución de estos nuevos servicios. Suministran a los telespectadores no solamente imágenes y sonido digitales de mejor calidad, sino también una elección de posibilidades tanto temáticas como étnicas. Dentro de poco, esta elección se traducirá en un acceso a la demanda de cientos, incluso miles de cadenas: una elección casi ilimitada de emisiones o producciones estará a la disposición del utilizador. Como escribía Bernard Schwartz en 97: “Los satélites no reemplazarán las tecnologías de transmisión en cable, como la fibra óptica. Trabajarán en concierto con ellas, allí donde pueden ofrecer una capacidad de transmisión a coste menor o ser desplegadas más rápidamente. Los satélites contribuirán igualmente al desa-

rollo de las telecomunicaciones en las zonas donde es demasiado costosa o difícil de colocar una infraestructura de hilos, en las regiones en desarrollo o poco pobladas, o en las que es difícil, sino

imposible, instalar líneas físicas ... Armonizando las tecnologías terrestres y espaciales, ayudaremos a aproximar aún más los países desarrollados y los países en vías de desarrollo –no sola-



Figura 7 – SkyBridge.

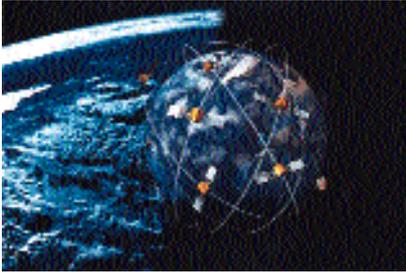


Figura 8 – Constelación SkyBridge.

mente desde un punto de vista tecnológico, sino igualmente desde un punto de vista económico, social y cultural”.

Es preciso no olvidar que los nuevos servicios ofrecidos por satélite se desarrollan en la tierra y también en el aire. A bordo de los aviones de mañana, será en lo sucesivo posible acceder a los programas de televisión preferidos y posteriormente conectarse a la red Internet.

### ■ Alcatel Spacecom hoy

Todos estos servicios están en proceso de creación dentro de múltiples empresas, no solamente en la costa oeste de Estados Unidos, sino también en Sophia Antípolis, en Toulouse, Grenoble, Rennes, etc. en Francia, o en otros países europeos y países emergentes como India y China, donde son numerosos los expertos en software, y probada la capacidad creativa desde hace siglos.

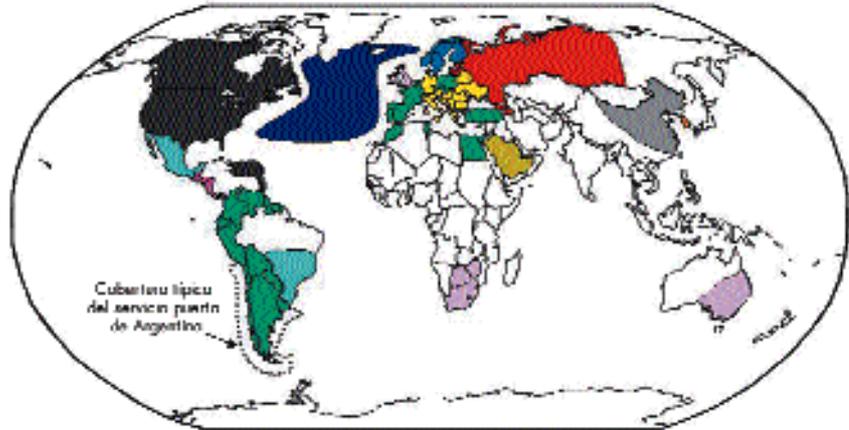


Figura 9 – Cobertura Globalstar en el verano del 2000.

Alcatel Spacecom ha creado en su seno un grupo de trabajo repartido entre Cannes, París y Toulouse, que trabaja en estos servicios en unión estrecha con las células de trabajo ya existentes para los demás medios de transmisión (cable y bucle local sin hilos). Este grupo asegura que los servicios desarrollados en un sector particular puedan ser difundidos por nuestros satélites. También contempla la consistencia entre los protocolos de comunicación, interfaces hombre-máquina, compatibilidad con las redes terrestres, técnicas de acceso y navegación, técnicas de distribución y facturación etc.

Alcatel Space tiene ya una sociedad con creadores de servicios, y se consolida esta asociación mediante nuevos

acuerdos con compañías que distribuyen los servicios a nivel mundial por cable y satélite.

**Benoit Tellier** es actualmente Vicepresidente de Alcatel Space, Toulouse, y Presidente y CEO de Alcatel Spacecom, Toulouse, Francia.

**Alain Roger** es actualmente Presidente y CEO de Europe \*Star, Londres (GB) y Vicepresidente de Alcatel Spacecom, Toulouse, Francia.

# EL SEGMENTO TERRESTRE: COMPONENTE CLAVE DEL SISTEMA



C. TEXIER

La evolución del mercado de las telecomunicaciones está convirtiendo el segmento terrestre en un componente clave del sistema.

## ■ Evolución del mercado de telecomunicaciones hacia sistemas "llave en mano"

En el número correspondiente al 2º trimestre de 1997 de la *Revista de Telecomunicaciones de Alcatel*, Bernard Deloffre [1] resaltaba el cambio del mercado espacial. Hoy en día, el mercado de los satélites de telecomunicaciones ya no está dominado por organizaciones con fuerte cultura técnica, como Intelsat, que adquieren de forma separada el segmento terrestre y el segmento espacial. Los futuros operadores de satélites se centran, cada vez más, en los servicios y confían el control del sistema en su conjunto a los fabricantes, quienes deben satisfacer entonces los niveles globales de funcionamiento (extremo a extremo) en términos de capacidad que puede venderse y de calidad de servicio ofrecida al usuario final.

Este cambio de dirección se ha acentuado en la década de los 90, justificando los importantes cambios en la gama de capacidades ofrecidas por Alcatel Space, que ha pasado de ser simplemente un suministrador de equipos de carga útil a integrador de sistemas, con una nueva División Terrestre. Las razones de este cambio son dobles.

La principal razón es la aparición de nuevos clientes con una visión de mercado, en lugar de una visión de sistema. En consecuencia, no están interesados en la división de funciones entre los segmentos terrestre y espacial. Como casos típicos se pueden citar:

- WorldSpace, que ha elegido a Alcatel Space como director de proyecto del primer sistema mundial de radiodifusión de sonido digital por satélite [2].
- DBS Industries con su sistema de recogida de datos E-SAT basado en una constelación de seis satélites en órbita terrestre baja [3].
- La organización RASCOM, que seleccionó a Alcatel Space para suministrar el primer sistema de telecomunicaciones optimizado para telefonía rural que cubre la totalidad del continente africano.

La otra razón para este cambio reside en la creciente importancia del segmento de usuarios (en otras palabras, todos los terminales de usuario) en el éxito y en el coste de los sistemas. Las cifras hablan por sí mismas: la parte del segmento de usuarios en un sistema de telecomunicaciones que dé servicio a un millón de abonados representará entre el 65 y el 80% de la inversión total. Esta inversión pesará fuertemente en las cuentas de explotación de los operadores, tanto si son promotores como si son usuarios del sistema de satélites, y será a menudo un factor determinante a la hora de la elección de los servicios a ofrecer.

## ■ El segmento terrestre en los satélites transparentes: el sistema RASCOM

El sistema RASCOM ilustra claramente la importancia del segmento terrestre en

los sistemas de telecomunicaciones. El sistema es revelador por varios motivos.

En primer lugar, el enfoque del proyecto realizado por RASCOM fue de orden económico, en contraste con el enfoque técnico que había dominado hasta ese momento. Las exigencias del sistema se basaban en un estudio de mercado que mostraba que existía un mercado para servicios de telefonía en zonas rurales y en otras zonas mal servidas, siempre que el coste del terminal fuera del orden de 1000 dólares USA y que el precio de las llamadas facturado por los operadores de telecomunicaciones clientes del sistema no excediera de 10 centavos de dólar USA por minuto. Teniendo en cuenta la debilidad de las infraestructuras de telecomunicaciones existentes, la amplia dispersión geográfica de los abonados potenciales y la urgencia exigida, un sistema de satélites parecía ofrecer la mejor solución. Por consiguiente, el integrador de sistemas debía utilizar estos requisitos como base sobre la que construir un sistema de extremo a extremo, en el que la cuenta de explotación de los operadores se convierte en el principal criterio a la hora de elegir las soluciones técnicas. En estas condiciones, el segmento terrestre es el componente clave del sistema.

En segundo lugar, desde el punto de vista del operador de telecomunicaciones el coste del segmento espacial representa un gasto de operación ya que equilibrará la anchura de banda que necesita para gestionar el tráfico estimado. Por

otra parte, los costes de infraestructura (estaciones terrenas, centro de gestión, etc.) y sobre todo el coste de los terminales, representan una inversión que debe hacer el operador (aunque sea gradualmente). En relación con esto, el coste y las funcionalidades de estos elementos se convierten en el principal criterio que guía las decisiones de los operadores.

Finalmente, puesto que el satélite es transparente, es el segmento terrestre el que aporta la funcionalidad al sistema.

### Sistema RASCOM

#### Satélite transparente que permite una conectividad panafricana

El sistema RASCOM ofrece servicios de telefonía, de enlaces (enlaces de transporte para operadores) y de radiodifusión para la totalidad del continente africano, utilizando un satélite geoestacionario. Una cobertura con haces puntuales múltiples en la banda Ku que cubren la totalidad del continente africano (ver

**Figura 1**), proporciona la potencia y la anchura de banda necesarias para establecer servicios que incluyen la recepción y la transmisión en/desde pequeños terminales (telefonía rural o solamente recepción de TV). Una cobertura mundial en la banda C ofrece una conectividad total para el conjunto del continente africano, así como para los enlaces interafricanos e intercontinentales.

La conectividad entre la cobertura mundial y la cobertura por haces puntuales múltiples se realiza en el satélite, uniendo, para ambos sentidos, parte de la anchura de banda de cada haz con parte de la anchura de banda utilizada para proporcionar cobertura mundial. Esto permite, con una cuidadosa elección de portadora, permanecer dentro del mismo haz o bien acceder a zonas geográficas localizadas en un haz diferente. Por consiguiente, la carga útil opera un sistema de encaminamiento transparente en el dominio de la frecuencia.

#### El segmento terrestre y la arquitectura de red

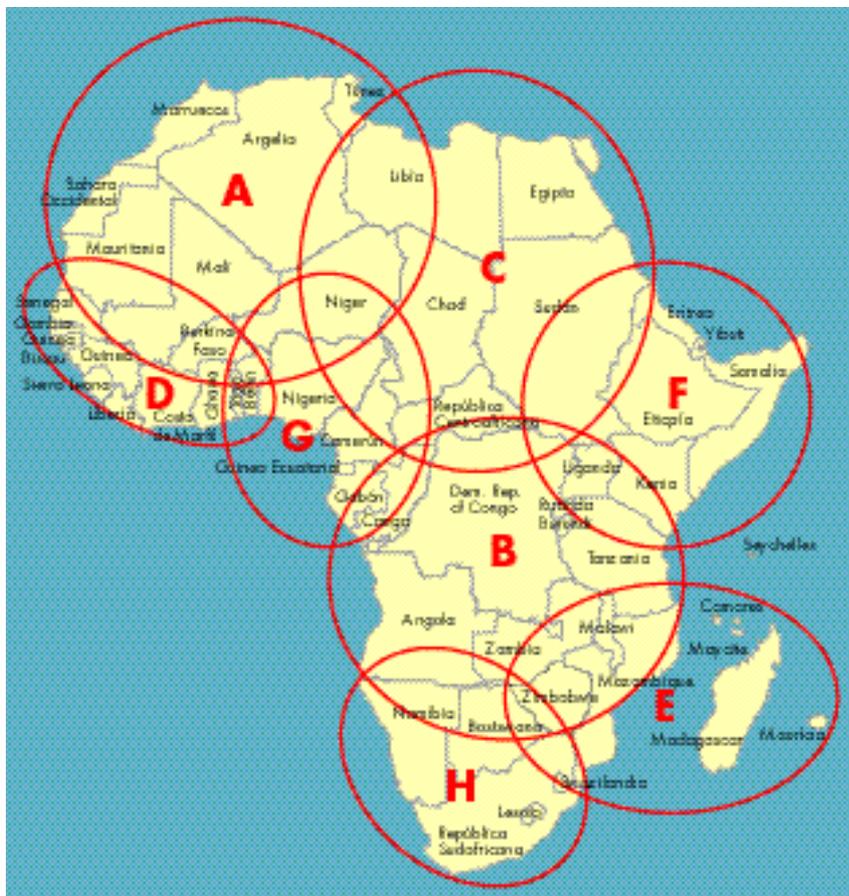
La arquitectura de red se basa en el concepto de acceso desarrollado por Alcatel y descrito en la *Revista de Telecomunicaciones de Alcatel*, 2º trimestre de 1998 [4]. A primera vista, el núcleo del sistema es una red en malla que proporciona servicios de telefonía, fax y transmisión de datos en banda vocal entre abonados equipados con terminales VSAT (Very Small Aperture Terminal = terminales de muy pequeña abertura) y abonados de la red pública. Una red de telefonía rural comprende varias estaciones de conexión que aseguran la interfaz con la red terrestre, terminales situados en las zonas rurales y una estación de control de la red para gestionar todas las funciones centralizadas: gestión de llamadas, asignación de recursos del satélite y gestión de la red. La arquitectura de la red se muestra en la **Figura 2**.

La red funciona en modo DAMA (Demand Assignment Multiple Access = acceso múltiple con asignación por demanda). Los enlaces con el satélite se asignan y se establecen llamada a llamada. Se utilizan y asignan portadoras a un enlace solamente cuando se recibe una petición de llamada y sólo para la duración de la misma. El sistema utiliza un algoritmo de compresión de voz para optimizar la utilización de los recursos del segmento espacial.

Se pueden realizar llamadas entre terminales y la red terrestre, y directamente entre terminales. Todos los tipos de llamadas se realizan con un único enlace de satélite.

Globalmente, la red está diseñada para hacer que el servicio para los abonados rurales sea tan sencillo como el servicio telefónico convencional, tanto para los usuarios como para el operador de red.

Son posibles diferentes configuraciones de terminales, incluyendo teletienda, cabinas telefónicas, terminales individuales y terminales multilínea conectados a un sistema WLL (Wireless Local Loop = bucle local por radio) terrestre. Los terminales de las teletienda ofrecen una solución ideal para satisfacer la demanda inicial de telefonía rural, mientras que los terminales individuales y los terminales conectados a



**Figura 1** – Cobertura por haces puntuales múltiples ofrecida por el sistema RASCOM.

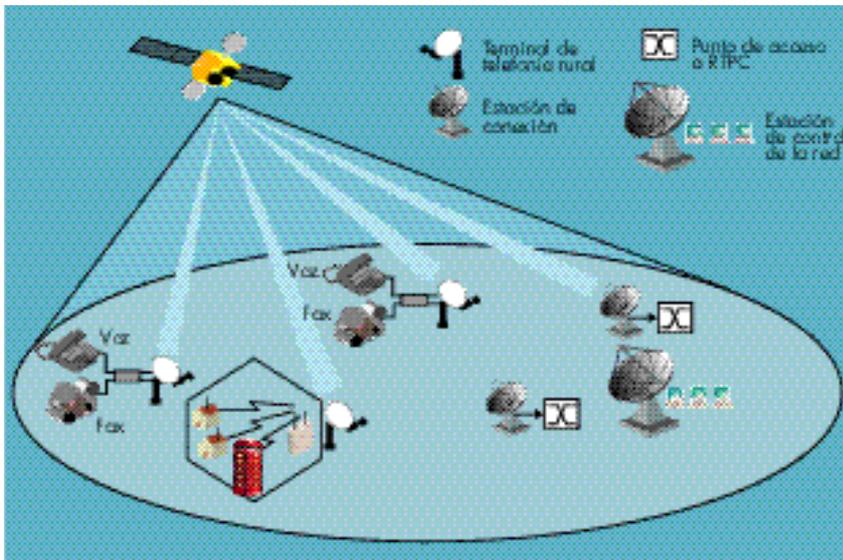


Figura 2 – Arquitectura de la red de telefonía nacional.

un sistema WLL son mejores en regiones en las que la densidad de abonados sea mayor y donde los mercados de telefonía sean más maduros.

### Importancia del segmento terrestre en el enfoque de mercado

Teniendo en cuenta las necesidades en telecomunicaciones de los países en vías de desarrollo, el diseño del sistema tiene que basarse en las siguientes hipótesis:

- Más del 70% de la población que vive en áreas rurales no tiene acceso al teléfono.
- Los ingresos de las personas son generalmente bajos y cualquier solución aceptable debe ofrecer un coste de conexión comparable al de una conexión normal a la red telefónica conmutada terrestre. Los precios de las llamadas deben permanecer razonables (del orden de 10 centavos de dólar USA por minuto).
- En un entorno regido por consideraciones económicas, cualquier actividad debe permitir obtener un beneficio. El suministro de servicios de telecomunicaciones en zonas rurales y aisladas debe ser rentable para el suministrador del servicio, si se quiere que éstos se mantengan.
- La solución de acceso debe permitir la integración del sistema en la arquitectura de la red telefónica conmutada terrestre nacional.

Teniendo en cuenta estas limitaciones, el éxito del sistema reside en el enfoque de mercado y en el enfoque de fabricación para el segmento terrestre adoptados por Alcatel para satisfacer las exigencias de RASCOM y cumplir el objetivo de un coste del proyecto muy bajo. Este enfoque, mostrado en la figura 3, se basa en terminales de satélite de bajo coste desarrollados como productos de gran consumo, en pequeñas estaciones de conexión instaladas por todo el territorio y conectadas a los puntos de acceso principales de la red terrestre nacional, y en un uso eficiente de la capacidad del satélite:

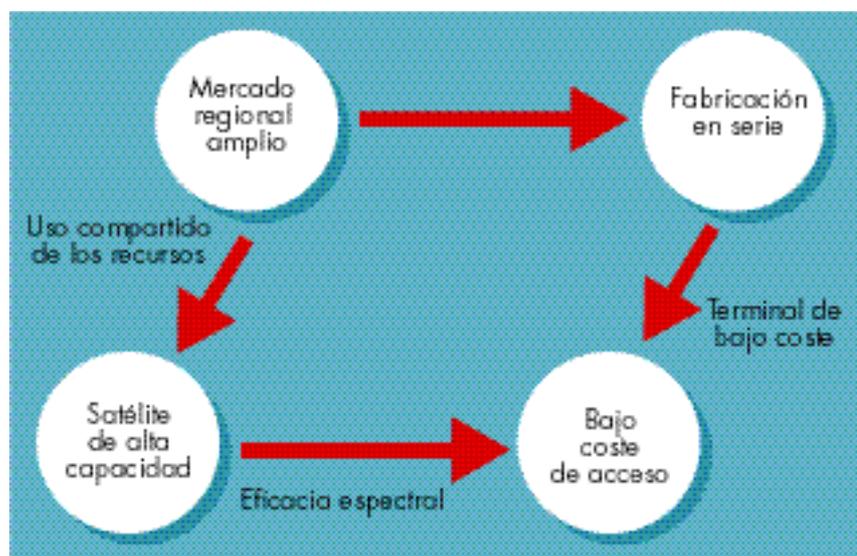


Figura 3 – Enfoque comercial del sistema RASCOM.

- Puesto que el precio del terminal representa la parte más importante de la inversión del operador, el terminal se diseña para su fabricación en gran escala. Alcatel ha previsto una fabricación en serie y la utilización de las tecnologías más avanzadas para producir terminales a un atractivo coste de alrededor de 1000 dólares USA. Está también previsto minimizar el consumo de energía de los terminales y hacer fácil su instalación con el fin de reducir el coste del terminal instalado.
- La solución de acceso ofrece un alto grado de flexibilidad en la asignación de recursos, permite a los abonados utilizar varios servicios al mismo tiempo desde el mismo terminal, y optimiza el uso de los recursos del satélite. Esta optimización de recursos se consigue mediante la utilización de una forma de onda que es muy eficiente en términos de anchura de banda y energía utilizada, así como con el uso sistemático de mecanismos de asignación de recursos por demanda de cada llamada (DAMA). De esta forma, se integran varios miles de circuitos en un transpondedor equivalente de 36 MHz. Esta optimización permite reducir de manera muy significativa la parte del satélite en el coste global de las llamadas.
- La red se basa en pequeñas estaciones de conexión descentralizadas, instaladas en las proximidades de los puntos de acceso a la red conmutada terres-

tre. Esta disposición permite integrar totalmente el sistema en la arquitectura de las redes terrestres existentes y cubrir la totalidad del territorio nacional. El sistema incluye también una función de encaminamiento de coste mínimo (también conocida como "encaminamiento optimizado"), que permite establecer en cualquier momento los enlaces espaciales entre un terminal y la estación de conexión más cercana al abonado de la red terrestre al que se llama. Esto minimiza la longitud del camino terrestre y, por consiguiente, los costes de interconexión a la red conmutada terrestre.

- Las estaciones de conexión están diseñadas para soportar un despliegue flexible y modular, y con ello permitir que la inversión en la red crezca al mismo ritmo que el aumento de los ingresos por llamadas.

Este enfoque demuestra el pragmatismo del proyecto RASCOM, que cubre todo el continente africano, en el que el segmento terrestre representa la espina dorsal del éxito comercial del programa.

## ■ Conclusiones

Como ha quedado demostrado con el ejemplo del proyecto RASCOM, el enfoque del sistema no puede separarse del segmento terrestre. Esto se refleja claramente en la creciente importancia del segmento terrestre, y en particular en la componente de usuario del segmento terrestre, así como en las funciones que realiza.

Más allá de los sistemas que utilizan satélites transparentes que, por su propia naturaleza, conceden al segmento terrestre un peso importante, es interesante analizar la situación para los satélites re-

generativos (que demodulan y vuelven a modular la señal), que asumen algunas de las funciones del segmento terrestre en los sistemas de satélites transparentes. En la práctica, la tendencia actual es aumentar la complejidad de las cargas útiles equipándolas con procesadores embarcados que manejan celdas de información binaria en lugar de bandas de frecuencia, con el fin de mejorar no sólo la calidad del servicio (en particular el retardo de encaminamiento de los datos), sino también la capacidad y, por consiguiente, la rentabilidad de estos sistemas. Esto es especialmente cierto para los sistemas de satélites geostacionarios multimedia que funcionan en la banda Ka.

Para estos sistemas, al igual que para los sistemas de satélites transparentes, la parte que más contribuye al coste del sistema es la parte de usuario del segmento terrestre, con lo que la definición del sistema debe seguir la misma lógica que la indicada en el proyecto RASCOM. No obstante, puesto que los satélites estarán dotados cada vez de más "inteligencia", deberíamos preguntarnos cuál será el papel de los equipos terrestres (sin tener en cuenta el segmento de usuario) en estos sistemas, y si su peso dentro del sistema global disminuirá gradualmente.

En realidad, sucede todo lo contrario. Para hacer un uso óptimo de las posibilidades de los procesadores embarcados, se requieren en tierra funciones cada vez más sofisticadas junto con un diálogo continuo entre las unidades de control de tierra y los procesadores embarcados. Los progresos tecnológicos realizados a nivel del segmento espacial están aumentando la capacidad de los satélites, pero puesto que el objetivo es mejorar la rentabilidad, la capacidad mejorada se utiliza fundamentalmente para aumentar la capacidad de transmi-

sión de los satélites. Por consiguiente, existe un compromiso entre las funciones que deben realizarse a bordo del satélite para ofrecer la calidad de servicio exigida y aquellas que deben realizarse en tierra para minimizar la complejidad del procesador embarcado. Puesto que las funciones están distribuidas, avanzamos lentamente hacia una fusión funcional de los segmentos terrestre y espacial, en la que la distinción histórica entre sistema terrestre y sistema embarcado deje de existir.

## ■ Referencias

- 1 B. Deloffre: "Alcatel: director de proyectos de sistemas espaciales de comunicaciones", *Revista de Telecomunicaciones de Alcatel*, 2º trimestre de 1997.
- 2 O. Courseille, P. Fournié: "WorldSpace: el primer servicio mundial de satélites DAB", *Revista de Telecomunicaciones de Alcatel*, 2º trimestre de 1997.
- 3 "Alcatel Space firma un contrato de 90 millones de dólares USA con DBS Industries para un sistema de satélites de baja órbita", comunicado de prensa de Alcatel Space del 12 de octubre de 1999.
- 4 J. Bléret, J. P. Dehaene, Ph. Labaye: "AQUILA: red de acceso por satélite con bajos costes de comunicación", *Revista de Telecomunicaciones de Alcatel*, 2º trimestre de 1998.

**Christophe Texier** ocupa el puesto de Jefe del Departamento de Sistemas, Acceso y Redes de la División Terrestre y de Operaciones de Alcatel Space en Toulouse, Francia.

# ABREVIATURAS EN ESTE NÚMERO

<b>A</b>		GPS	Sistema Posicionamiento Global	OBP	Procesador A Bordo
ADSL	Línea Digital Asimétrica de Abonado	GIS	Sistema Información Geográfica	OMUX	Multiplexor Salida
AF	Frecuencia Audio	GSM	Sistema Global Comunicaciones Móviles	ONU	Unidad Red Óptica
AIV	Ensamblaje, Integración y Validación	GW	Gateway	<b>P</b>	
AOC	Capacidad Operacional Avanzada	<b>H</b>		PAC	Centro Procesamiento y Registro
AOCS	Sistemas Control de Órbita y Altitud	HFC	Híbrido fibra-coaxial	PCB	Tarjeta Circuito Impreso
ASAR	Radar Apertura Sintética Avanzado	<b>I</b>		PCU	Unidad Condicionamiento Potencia
ASIC	Circuito Integrado Aplicación Específica	IASI	Infrared Atmospheric Sounding Interferometer	PDR	Revisión Diseño Preliminar
ATM	Gestión Tráfico Aéreo	ICAO	Organización Internacional Aviación Civil	PDS	Segmento Datos Carga útil
ATM	Modo Transferencia Asíncrono	IETF	Grupo de Trabajo Ingeniería Internet	PMO	Dirección Integrada Programa
<b>B</b>		IF	Frecuencia Intermedia	POP	Punto de Presencia
BBRAN	Nodo Acceso Remoto Banda Ancha	IFE	Entretrenimiento en Vuelo	PPP	Protocolo punto-a-punto
BER	Ratio Error Bit	IP	Protocolo Internet	PPP	Acuerdo Público/Privado
BPSK	Modulación por desplazamiento de fase binaria (Modulación)	ISP	Proveedor Servicios Internet	<b>Q</b>	
<b>C</b>		IR	Infrarrojo	QoS	Calidad de Servicio
CAMP	Amplificador Canal	ISL	Enlace intersatélite	QPSK	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (Modulación)
CAS	Servicio Acceso Controlado	ITS	Sistema transporte Inteligente	<b>R</b>	
CGE	Compagnie Générale d'Electricité	INES	Sistema Europeo Navegación Avanzado	RF	Radiofrecuencia
CIDL	Configuration Item Data List	ISO	Observatorio Espacio Infrarrojo	RKA	Russian Space Agency
CISL	Índice Contractual y Lista Estado	ISO	Organización Internacional Estándares	ROI	Beneficio sobre Inversión
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales	ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones	<b>S</b>	
CNS	Comunicación, Navegación, Vigilancia	<b>K</b>		SAR	Rádar Apertura Sintética
COFDM	Multiplexación División Frecuencia Código Ortogonal	KEOPS	Sistema Posicionamiento en órbita Europeo Krystal	SAW	Onda Acústica Superficie
<b>D</b>		<b>L</b>		SCC	Centro Control Satélite
DAB	Radiodifusión Audio Digital	LEO	Baja Órbita Terrestre	SDLS	Sistema Enlace Datos Satélite
DAMA	Acceso Múltiple Asignación Demanda	LF	Baja Frecuencia	SKT	Terminal SkyBridge
DARS	Servicio Radio Audio Digital	LMDS	Servicio Distribución Local Multipunto	SSPA	Amplificador Potencia Estado Sólido
DGA	Délégation Générales pour l'Armement	LNA	Amplificador Ruido Bajo	SSS	Segmento Espacial
DHU	Unidad Gestión Datos	LNC	Convertor Ruido Bajo	<b>T</b>	
DoD	Departamento de Defensa	LS&C	Loral Space & Communications	TCP	Protocolo Control Transmisión
DSL	Línea Abonado Digital	L2TP	Protocolo Tunelado Capa 2	TDM	Multiplexación División Tiempo
DSLAM	Multiplexor Acceso DSL	<b>M</b>		T/R	Transmisor/Receptor (módulos)
DTH	Directo al Hogar (Televisión satélite)	MCM	Módulo Muti-Chip	TTC	Telemetría y Telecomando
DVB	Multidifusión Video Digital	MELCO	Mitsubishi Electric Corporation	TWT	Travelling Wave Tube (amplificador)
DVD	Disco Digital Versátil	MEO	Órbita Terrestre Media	<b>U</b>	
<b>E</b>		MERIS	Espectrómetro Resolución Media Imagen	UDLR	Enrutamiento Enlace Unidireccional
EGNOS	Servicio Navegación Geoestacionaria Europeo	MMIC	Circuito Integrado Microondas Monolítico	UDP	Protocolo Datagrama Usuario
EIRP	Potencia radiada Isotrópica Equivalente	MMS	Sistema Gestión Misión	UGC	Componente Terrestre Usuario
EPC	Electronic Power Conditioner	MPS	Sistema Planificación Misión	UMTS	Sistema Universal Telecomunicaciones Móviles
EPS	Sistema Polar Eumelsat	MSAS	Muti-function Transport Satellite-based Augmentation System	URAN	Red Acceso Radio UMTS
ESA	Agencia Espacial Europea	MSG	Meteosat Segunda Generación	<b>V</b>	
ESTB	Test Sistema EGNOS	MTSat	Satélite Transporte Multifuncional	VDSL	Línea Abonado Digital Alta Velocidad
ETG	Grupo Tripartito Europeo	<b>N</b>		VoIP	Voz sobre IP
Eurocontrol	Organización Europea para la Seguridad Navegación Aérea	NASA	Agencia Nacional Aeronáutica Espacial	VSAT	Terminal Muy Pequeña Apertura
Eutelsat	Organización Europea Telecomunicaciones Satélite	NF	Factor Ruido	<b>W</b>	
<b>F</b>		NSP	Proveedor Servicio Red	WAAS	Wide Area Augmentation System
FCC	Comisión Federal Comunicaciones	<b>O</b>		WAN	Red Área Amplia
FDMA	Acceso Múltiple División Frecuencia	OAS	Servicio Acceso Abierto	WBS	Work Breakdown Structure
<b>G</b>		OBMC	Controlador Multimedia A Bordo	WLL	Bucle Local Inalámbrico
GEO	Órbita Terrestre Geoestacionaria	OBMP	Procesador Multimedia A Bordo	WMO	World Meteorological Organization
GLONASS	Sistema Navegación Satélite Global			WPD	Work Package Definition
GNSS2	Sistema Navegación Global Europeo, 2ª Generación			WRC	World Radiocommunications Conference
				<b>Y</b>	
				YAG	Yttrium Aluminum Garnet