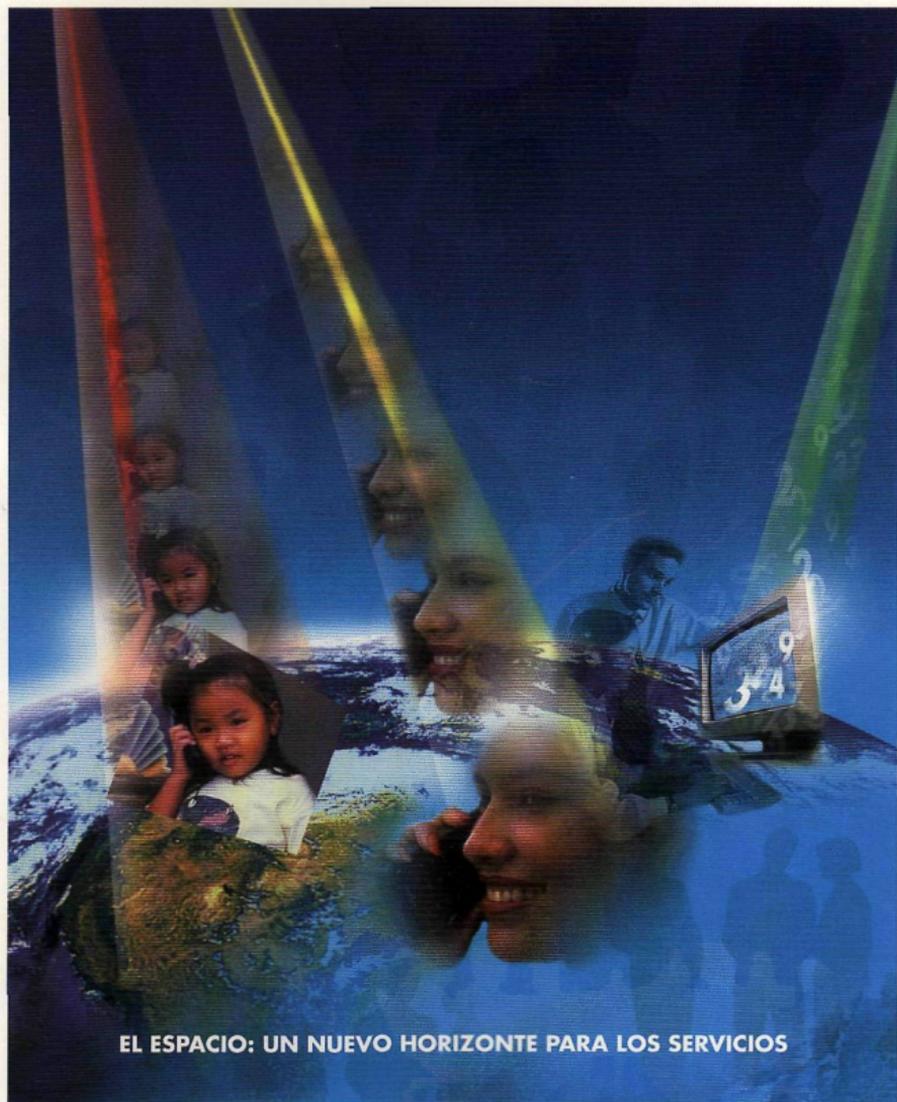


2° trimestre de 1997

REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL



EL ESPACIO: UN NUEVO HORIZONTE PARA LOS SERVICIOS

GLOSARIO

■ ANOMALÍA MEDIA:

posición de cada satélite de la constelación respecto al plano ecuatorial, en un momento determinado.

■ ARCO GEOESTACIONARIO:

visto por un observador terrestre, es el arco en el que se sitúan los satélites geoestacionarios.

■ CONSTELACIÓN HOMOGÉNEA EN FASE - CONSTELACIÓN SIMÉTRICA EN FASE:

es una constelación en la cual la distribución de los satélites se realiza de la misma forma en un mismo plano, siendo equidistantes (como si tuvieran que ocupar las posiciones de las 12, 3, 6 y 9 en una esfera de reloj). Los satélites pasarán por el mismo lugar, a la misma hora, con un control horario idéntico.

■ **DÍA SIDERAL:** rotación completa de un objeto celeste sobre su órbita. El año sideral de la Tierra es de 365 días aproximadamente. Por lo tanto, un día sideral es de unas 24 horas.

■ DIVERSIDAD:

utilización simultánea de más de un satélite (por lo general dos) para ofrecer la función de repetidor; lo que permite reducir el bloqueo y mejorar los márgenes de enlace.

■ EFEMÉRIDES:

término que designa las coordenadas del satélite en función del tiempo.

■ GEOSÍNCRONO:

satélite cuyo tiempo de revolución es igual a un día sideral.

■ MECÁNICA CELESTE:

estudio del movimiento y del equilibrio de los planetas, así como de sus causas.

■ MOVIMIENTO DEL PERIGEO:

para alcanzar la órbita geoestacionaria, en primer lugar se lanza el satélite en una órbita de transferencia, muy elíptica, cuyo perigeo (punto más cercano a la Tierra) es de unos 200 km, y que permite alcanzar la altitud definitiva en el apogeo (punto más alejado; en este caso de unos 36.000 km). El satélite describe entonces una órbita de transferencia que le hace pasar sucesivamente por el perigeo y el apogeo. La línea que pasa por el centro de la Tierra, y que une perigeo y apogeo, línea de las ápsides, gira en el plano orbital a una velocidad que depende de la geometría de la órbita elíptica y de la inclinación del plano orbital sobre el ecuador.

■ PERÍODO ORBITAL:

el período orbital de un satélite corresponde a una vuelta de órbita. Es, aproximadamente, de 24 horas para un satélite geoestacionario, y de 90/100 minutos para un satélite en órbita baja.

■ PRECESIÓN DEL NODO:

la intersección del plano ecuatorial con el plano de órbita que describe un satélite forma la línea de nodos. Respecto a una referencia inercial dependiente de las estrellas, esta línea no mantiene una dirección constante. Se inclina ligeramente hacia el plano ecuatorial (precesión), debido a que la Tierra no es perfectamente redonda. Un nodo ascendente es el punto de la

órbita y de la línea de nodos, en el que el satélite pasa del hemisferio sur al hemisferio norte. Un nodo descendente es el paso de un satélite procedente del hemisferio norte al hemisferio sur.

■ PSEUDOLITO:

pseudosatélite.

■ SATÉLITE EN ÓRBITA BAJA:

satélite cuya distancia respecto a la Tierra está comprendida entre 200 y 2.000 km. Los satélites en órbita baja son, casi siempre, heliosíncronos (su plano orbital conserva un ángulo prácticamente invariable respecto al plano de la eclíptica -alineación de los planetas del sistema solar respecto al Sol- lo que le garantiza una recepción constante de luz solar).

■ SATÉLITE GEOESTACIONARIO:

satélite geosíncrono que describe una órbita ecuatorial en el sentido de la rotación de la Tierra. Un satélite geoestacionario se encuentra a una distancia de unos 36.000 km de la Tierra. Parece inmóvil para un observador terrestre. La mayoría de los satélites de telecomunicaciones son geoestacionarios.

■ ZONA EXPLORADA:

superficie barrida por el instrumento de un satélite.

Revista de telecomunicaciones de Alcatel, revista técnica trimestral de Alcatel, presenta las investigaciones conseguidas por las compañías Alcatel en todo el mundo. Revista de telecomunicaciones de Alcatel se edita actualmente en seis idiomas y su distribución es universal.

COMITÉ EDITORIAL

Peter Radley

Presidente

Philippe Goossens

Thierry Roucher

Editores Jefes

EDITORES

Mario Pagani

Editor invitado *Transmission Systems Division*

Catherine Camus

Editora Jefe Adjunta y

Editora de la edición en francés, París

Mike Deason

Editor de la edición en inglés, París

Andreas Ortel

Editor de la edición en alemán, Stuttgart

Gustavo Arroyo

Editor de la edición en español, Madrid

Egisto Corradini

Editor de la edición en italiano, Milán

Ming Chi Kuo

Editor de la edición en chino, Taiwan

Las direcciones de los editores figuran en la última página de este número.

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 de dicha mención no implica, sin embargo, la falta de protección sobre esos términos o símbolos.

Editor: Jean-Paul BARTH

Revista técnica, editada por Compagnie Financière Alcatel,

con un capital de 42 874 089 700 Francos franceses

Domicilio social: 33, rue Emériau, 75015 París, France

Depósito Legal: RCS Paris B 351 213 624

Accionista principal: Alcatel Alsthom: 99,9%

Registro Legal: Junio de 1997

ISSN: 1267-7167

Imprime: Ateliers Hugueniot,

275, rue Pierre et Marie Curie, 73490 La Ravoire, Francia

Tirada: 6 600 ejemplares

© Compagnie Financière Alcatel

REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL

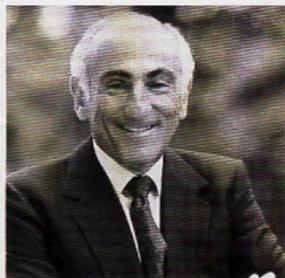
Segundo trimestre de 1997

El Espacio: un nuevo horizonte para los servicios

- 82 **Editorial: El futuro de las comunicaciones por satélite**
B.L. SCHWARTZ
- 85 **Las constelaciones de satélites**
J.C. HUSSON
- 91 **SkyBridge: Sistema de acceso de banda ancha con una constelación de satélites LEO**
H. SORRE, P. SOURISSE
- 97 **Los servicios móviles por satélites**
J.B. LAGARDE
- 102 **WorldSpace: el primer servicio mundial de satélites DAB**
O. COURSEILLE, P. FOURNIÉ
- 108 **Evolución del servicio fijo por satélite**
F. FRAIKIN, A. ROGER
- 115 **Euteltracs: Servicio de comunicaciones móviles via satélite**
P. BUHANNIC
- 121 **Los sistemas de navegación por satélite**
J.P. PROVENZANO, C. TEXIER
- 127 **MTSAT: Sistema de control del tráfico aéreo basado en satélites para Japón**
W. ZOCCARATO
- 133 **Los sistemas militares de telecomunicaciones por satélite: Tratamiento de la señal a bordo**
P. GAUDEMET, P. LUGINBUHL
- 139 **Los programas de observación por satélites**
J.B. NOCAUDIE
- 146 **El Espacio, una actividad industrial**
H.P. BROCHET, R. PACHE
- 152 **La evolución tecnológica de los sistemas de satélites**
P. FAUROUX, J. JOSEPH
- 159 **Alcatel: director de proyectos de sistemas espaciales de comunicaciones**
B. DELOFFRE

Abreviaturas de este número

ALCATEL



B. L. SCHWARTZ

EDITORIAL

EL FUTURO DE LAS COMUNICACIONES POR SATÉLITE

Solemos definir lo desconocido en función de aquello a lo que sustituye o complementa. Así, nuestros antepasados denominaron como "vehículo sin caballos" al coche e "imágenes parlantes" al sorprendente cine sonoro. Más recientemente, nos ocupamos de inventar nombres como "puentes de redes", "comercio electrónico" o "televisión por cable".

Sin embargo, entre el amplio escarapate de nuevos términos, uno me llama especialmente la atención: "Autopistas de la Información". Al igual que las grandes vías de asfalto han ayudado a cumplir las promesas de la Revolución Industrial, los nuevos sistemas digitales de transmisión de voz, datos e imágenes convertirán en realidad la Revolución de la Información.

Esta nueva revolución es una verdadera transformación de la sociedad que cruzará océanos y continentes para ofrecer al conjunto de la humanidad similares cotas de libertad en consonancia con la que ya disfrutaban los países más desarrollados.

Las autopistas de la información

comparten muchas de las características de aquellas por las que conducimos a diario. Por ejemplo, tienen diferentes carriles, anchuras y capacidades, facilitando a los usuarios distintos tipos de información y a velocidades previamente seleccionadas. Los "navegantes" pueden acceder a su seno por diferentes entradas, elegir el carril adecuado y abandonarla por la salida que deseen pagando el correspondiente peaje en función del tiempo de uso y los servicios disfrutados y, así mismo, utilizar el vehículo que deseen -ordenador personal, teléfono o televisor super-inteligente- que habrá sido diseñado para responder a una infinita variedad de recursos y necesidades individuales, como sucede con los coches y camiones actuales. La autopista de la información nos libera de las barreras impuestas por los formatos de la información. Se rompen los obstáculos de las fuentes tradicionales de información -biblioteca municipal, prensa, etc.- y pasamos a disponer de un ingente volumen de conocimiento digitalizado que nos eleva a una dimensión inimaginable hace tan sólo una década.

■ CRECIENTE PROTAGONISMO

En los próximos años y en conjunción con los nuevos desarrollos digitales tales como las redes de PCs altamente integradas, los ordenadores de red o los receptores inteligentes de televisión, los satélites jugarán un papel protagonista en la nueva Sociedad de la Información a través de los sistemas avanzados de radiodifusión para el hogar, los servicios telefónicos inalámbricos y el acceso global a Internet.

El satélite no sustituirá a las tecnologías de transmisión por cable, más bien operará armónicamente con ellas allí donde pueda ofrecer una mayor capacidad de transmisión a un menor coste y con un despliegue más rápido y eficaz.

Su protagonismo será tanto más elevado cuanto mayores sean los requerimientos de ancho de banda. Cualquier usuario de Internet conoce los problemas - retardos, caídas imprevisibles o interrupciones en el servicio, entre otros- derivados de un ancho de banda insuficiente. Unas situaciones frustrantes que los ingenios espaciales de telecomunicaciones ayu-

darán a remediar

Igualmente, se convierten en elementos de primer orden para el desarrollo de las telecomunicaciones en zonas subdesarrolladas, poco pobladas o con especiales condiciones orográficas que dificultan el establecimiento de infraestructuras basadas en hilo de cobre y donde, por tanto, el retorno económico de las inversiones es prácticamente inviable.

■ ELIMINAR LOS OBSTÁCULOS DEL CAMINO

El maridaje de los servicios de telecomunicación por cable y vía satélite, eliminará los actuales obstáculos de las autopistas de la información. Consumidores y empresas seremos capaces de realizar tareas con mucha mayor rapidez y alcanzar, con ello, objetivos y retos impensables hasta fechas recientes.

La expansión mundial de los servicios de telecomunicación es un hecho en vías de consumarse. Vastas áreas geográficas como el continente asiático, que absorbe al 57 por ciento de la población mundial, y en las que sólo uno de cada diez habitantes tienen acceso a un terminal telefónico, se verán claramente beneficiadas con las nuevas tecnologías emergentes de transmisión.

Los satélites ayudarán a cambiar esta injusta situación, distribuyendo servicios telefónicos inalámbricos económicos a innumerables poblaciones de China, Indonesia, India o Nepal, que no han visto ni usado nunca un teléfono, facilitando la comunicación con sus vecinos e, incluso, con otras naciones y continentes.

Servicios telefónicos que dejarán de ser un sueño para convertirse

pronto en una realidad palpable. Globalstar, por ejemplo, lanzará sus primeros ocho satélites -del total de 56 previstos- a lo largo de este año e inaugurará un servicio telefónico mundial a finales de 1998. Cuando suceda ésto, los satélites del proyecto ayudarán a conseguir algo sin precedentes: poner el servicio telefónico básico al alcance de toda la población mundial, incluyendo a los tres mil millones de personas que, hoy día, carecen de cualquier tipo de telefonía.

Al mismo tiempo, se podrá acceder a servicios de mayor calidad. Un ejemplo excelente será la televisión bajo demanda, un servicio que estará disponible en Europa y Estados Unidos y también en Latinoamérica y la región del Pacífico asiático. Gracias a las nuevas tecnologías digitales de compresión, los satélites proporcionarán no sólo imágenes y sonido de gran calidad, sino también la posibilidad de elegir entre centenares de canales diferentes que los telespectadores podrán disfrutar cómo y cuándo quieran.

Además, se dispondrá de fácil acceso a una enorme variedad de servicios electrónicos. Disfrutaremos de una gran cantidad de juegos interactivos, eventos deportivos y programas de encuentro que facilitarán la comunicación entre personas de diferentes partes del mundo. Nuestro PC será un inmenso ventanal con el que ir de compras, en tiempo real, a un centro comercial de Palm Beach o a una boutique de Tokio, en las que un dependiente mostrará una selección de artículos que podremos comprar de inmediato; una ficción que ya es realidad.

Como dije antes, los actores de la industria espacial debemos jugar un papel fundamental para hacer

real la globalización de los mercados. Por un lado, debemos complementar las actuales infraestructuras de comunicaciones, redes de ordenadores y radiodifusión, implantadas actualmente en los países desarrollados y éstos habrán de reconstruir sus plantas de cobre para dotarlas de mayor ancho de banda. Al mismo tiempo, tenemos la responsabilidad de ayudar al desarrollo y optimización de las infraestructuras de los países en vías de desarrollo con poca densidad de población o con obstáculos geográficos insuperables.

Nuestros avances en los sistemas de proceso a bordo y en la compresión digital, permitirán a los satélites proporcionar mejores recursos y servicios a todo tipo de clientes y usuarios. Construiremos ingenios que proporcionen miles de kilowattios más que los actualmente en funcionamiento y emplearemos dicha potencia de manera más.

La conjunción entre las tecnologías terrestre y espacial facilitará el acercamiento entre los diferentes pueblos de la Tierra -desarrollados y en vías de desarrollo- no sólo desde el punto de vista tecnológico, sino también desde las perspectivas económica, social y cultural.

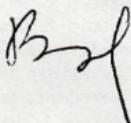
■ TRANSFORMAR LA AUTOPISTA... Y A NOSOTROS MISMOS

Pero ¿cómo puede un satélite espacial, situado a 38.600 kilómetros de altura, conseguir el acercamiento de la humanidad? La paradoja es simple de resolver: retransmitiendo llamadas telefónicas de larga distancia, transportando gigabytes de información entre ordenadores o llevando el ocio directamente a los hogares, los satélites desempeñarán un papel vital en la comuni-

cación, aprendizaje y comprensión entre los hombres. Desde este punto de vista podemos sentirnos orgullosos del papel a jugar por nuestra empresa.

Nuestra industria entra en una nueva era en la que cambiarán las formas de transmisión y recepción de la información. Una etapa evolutiva en la que debemos trabajar denodadamente para conseguir que la Autopista de la Información sea accesible al conjunto del género humano, en el convencimiento

de que la transformación de la "Autopista" cambiará la sociedad a la que servimos y...a nosotros mismos.



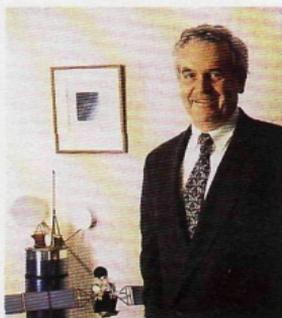
Bernard L. Schwartz
Presidente y director general
Loral Space
and Communications Ltd

Loral Space and Communications Ltd., con sede en Nueva York, es una empresa de alta tecnología cuyas principales actividades se centran en el diseño, fabricación y explotación de satélites y la provisión de servicios basados en ellos tales como radiodifusión, banda ancha (CyberStar) o telefonía móvil.

LAS CONSTELACIONES DE SATÉLITES

J.-C. HUSSON

Una nueva frontera para las telecomunicaciones espaciales



■ INTRODUCCIÓN

Entre 1997 y 1998 se deberán poner en órbita dos constelaciones de 48 y 66 satélites para asegurar un servicio mundial de telefonía móvil: Globalstar e Iridium. Este importante acontecimiento puede modificar el paisaje mundial de las telecomunicaciones espaciales. Pero ya muchos promotores, conscientes del impacto de las constelaciones de satélites en la utilización de los medios espaciales, preparan sus sucesores, los proyectos Teledesic, SkyBridge, ICO y M-STAR.

■ LA LLEGADA DE UN SERVICIO UNIVERSAL

A medida que evolucionen las técnicas, el individuo querrá disponer de un servicio universal, con uso idéntico en su domicilio, oficina, de viaje o en vacaciones. El acceso deberá ser universal, pero los operadores terrestres tendrán muchas dificultades

para cumplir esta obligación, ya que implica inversiones e infraestructuras en todas las regiones del mundo, incluso en territorios aislados de un país, aunque esté muy desarrollado. Y una vez hecho el despliegue técnico, se planteará el problema de la tarificación. Será necesario amortizar las inversiones en las zonas en donde haya pocos abonados con los ingresos procedentes de los abonados de las zonas pobladas. El proyecto Globalstar se inscribe en este objetivo económico (Foto 1).

En este contexto, las constelaciones de órbita baja (LEO) ocupan naturalmente su lugar. Gracias a su cobertura mundial y al reducido tiempo de propagación, pueden proporcionar un servicio universal, tanto para telefonía móvil como para servicios interactivos de banda ancha. Su competitividad debería permitir llegar rápidamente a una población de abonados lo suficien-

temente importante como para asegurar la rentabilidad del sistema, e incluso habría sitio para varios sistemas de satélites.

No obstante, la población objetivo de estas constelaciones es limitada. A diferencia de la difusión de programas de televisión y de radio, o de señales de navegación, por satélites geoestacionarios (GEO) que puede alcanzar a miles de millones de individuos, la población afectada por estos nuevos servicios es del orden de varias decenas de millones de abonados. Los costes de inversión se aproximan a los 3.000 francos por usuario para los servicios más evolucionados (del tipo multimedia por ejemplo). Así, en América del Norte, la capacidad del sistema SkyBridge haría posible que cuatro millones de abonados dispusieran de un servicio al menos cien veces más rápido que el que permite actualmente el acceso a Internet.



Foto 1 - Globalstar es uno de los primeros ejemplos de constelación de satélites de telecomunicación



Figura 1 - Cobertura de THURAYA. Dos satélites colocados a 44° este proporcionan la cobertura utilizando 96 haces estrechos

■ LAS VENTAJAS DE LAS CONSTELACIONES DE ÓRBITA BAJA (LEO)

Las constelaciones de órbita baja aseguran una cobertura mundial mientras que los satélites geostacionarios tie-

nen una cobertura mucho menor que la hemisférica y casi siempre regional. Tomemos el ejemplo del programa THURAYA que, si tuviera que cubrir el globo, debería necesitar de seis a ocho satélites geostacionarios. Un escenario como éste es difícilmente imagina-

Breve historia de los satélites geostacionarios...

- 1957. Las primeras experiencias de comunicación por satélite comienzan poco después del lanzamiento del Sputnik. Un gran globo metalizado, el ECHO, se puso en órbita en 1960 para reflejar las ondas radioeléctricas. AT&T (American Telephone & Telegraph) establece en 1963 los primeros enlaces de telecomunicaciones con un satélite con un transpondedor activo: el TELSTAR I. Su órbita es inclinada sobre el ecuador (45°) y excéntrica (953 km - 5.632 km).
- 1963. Se pone en órbita el SYCOM, primer satélite geostacionario. En 1965 comienza la era operacional de las telecomunicaciones con el lanzamiento del satélite INTELSAT I y la creación de la organización mundial de telecomunicaciones INTELSAT. Se impone la órbita geostacionaria.
- 1965. La Unión Soviética lanza el sistema de telecomunicaciones Molnya, basado en órbitas muy excéntricas (550 km - 40.000 km) e inclinadas (63°), al no disponer ni de un

campo de lanzamiento cerca del ecuador, ni de un cohete lo suficientemente potente. En esta órbita deben haber tres satélites como mínimo para asegurar la cobertura del territorio de la URSS.

- 1975. La Unión Soviética accede a la órbita geostacionaria con el cohete PROTON, y desarrolla una serie de satélites de telecomunicaciones geostacionarios.

- Actualidad. Más de 200 satélites, repartidos por el arco geostacionario a 36.000 km de altitud, giran a la misma velocidad que la Tierra (período de revolución: un día sideral).

... y de las constelaciones de órbita baja LEO

- 1964. El sistema de navegación Transit es el primer esbozo de constelación. Los satélites se sitúan en órbitas polares y en planos diferentes, pero es imposible controlarlos y, por tanto, establecer una fase entre ellos.
- 1978. Para resolver estos defectos, el ejército de los Estados Unidos crea el sistema GPS (sistema mundial de deter-

minación de posición), la primera auténtica constelación accesible a todos. Este sistema mundial de localización y de navegación requiere 24 satélites en seis planos de órbita. Pero, será necesario esperar hasta 1994 para disponer de una constelación completa. Desde esta fecha, todo usuario puede recibir simultáneamente señales desde cuatro satélites de la constelación para actividades que requieran una localización precisa en tiempo real, o incluso una sincronización.

Las características de la constelación Globalstar son muy diferentes: cada satélite sólo pesa 450 kg y sus antenas miden aproximadamente un metro.

Los satélites geostacionarios son ideales para los servicios de difusión (televisión y radio); en cambio, cuando se trata de prestar servicios interactivos e instalar en tierra terminales simples con una pequeña emisión de energía, tiene ventajas una órbita baja. En efecto, los sistemas interactivos para servicios de tipo "multimedia" requieren que la red de satélites introduzca un mínimo de retraso en las

minación de posición), la primera auténtica constelación accesible a todos. Este sistema mundial de localización y de navegación requiere 24 satélites en seis planos de órbita. Pero, será necesario esperar hasta 1994 para disponer de una constelación completa. Desde esta fecha, todo usuario puede recibir simultáneamente señales desde cuatro satélites de la constelación para actividades que requieran una localización precisa en tiempo real, o incluso una sincronización.

- En un futuro inmediato. Las constelaciones Globalstar e Iridium, que serán desplegadas entre 1997 y 1998 para proporcionar radiotelefonía móvil por satélites, conllevarán una revolución similar y acompañará al desarrollo de las redes celulares terrestres.

- Año 2000 en adelante. El éxito de estas constelaciones y el lanzamiento de las siguientes generaciones incluidas en Teledesic y SkyBridge deberían generar un rápido desarrollo de las aplicaciones vinculadas al multimedia (acceso de banda ancha por satélite), a la navegación (complemento del GPS) o a la mensajería.

transacciones. La propagación en un satélite GEO es de 0,25 segundos, mientras que es de 0,02 segundos en un satélite LEO.

Según la aplicación, para utilizar los mismos protocolos que las redes terrestres hay que poder obtener en tiempo real un acuse de recibo o una señal de navegación. Todas las aplicaciones de comunicación interactiva que recurren, por ejemplo, a la red Internet o que implican el acceso al contenido de bases de datos (por ejemplo en CD-ROM), no pueden utilizarse debido a los retardos demasiado largos.

En este caso, las prestaciones de los satélites de órbita baja son muy superiores a las de los satélites geostacionarios. Pero todavía hay que realizar numerosos estudios y simulaciones que deberán tener en cuenta la aplicación, los protocolos de comunicación, el interfaz hombre-máquina, la compatibilidad con las redes terrestres, y las técnicas de acceso y de navegación.

Entre los factores que favorecen las órbitas bajas también figura la saturación, cada vez mayor, del espectro de las frecuencias, especialmente en la órbita geostacionaria. A este respecto, las constelaciones ofrecen una diversidad en latitud que puede ser aprovechada para utilizar bandas de frecuencias ya utilizadas en el arco ecuatorial. El sistema debe ser diseñado para interrumpir las emisiones



Foto 2 - En la órbita baja se obtiene una respuesta muy buena para servicios que exigen una interactividad inmediata.

cuando el satélite se encuentre en la zona de emisión o de recepción de un GEO para evitar interferencias. Es el caso de SkyBridge.

Por supuesto, la órbita baja también presenta inconvenientes. Como el satélite orbita muy rápidamente, hay que saltar de un satélite a otro cada 5 a 10 minutos: son las transferencias. Esta práctica es habitual en las redes celulares terrestres, cuando un móvil pasa de una célula a otra.

El análisis económico nos lleva a cos-

tes similares. Los LEO tienen una duración de vida inferior (siete años en vez de quince), pero la construcción en serie de los satélites conlleva una reducción de los costes y minimiza este inconveniente.

■ CARACTERÍSTICAS QUE SE RELACIONAN CON VARIOS PLANOS ORBITALES

- Las constelaciones de órbita baja pasan a menos de 1.500 km de la Tierra, con períodos de revolución entre 110 y 120 minutos. Los satélites giran por debajo de los anillos de Van Allen.

- El funcionamiento del sistema requiere que todos los satélites estén a la vez operacionales en órbita. Por tanto, hay que prever satélites de recambio en órbita (8 en Globalstar) y satélites de sustitución en tierra (8 en Globalstar).

- La cobertura es mundial y sólo se pueden dejar de lado las regiones de muy alta latitud (por encima de 70°). La cobertura instantánea de un satélite que circula a 1.000 km de altitud es

¿Qué es una constelación?

Una constelación de satélites es un conjunto de satélites idénticos, repartidos en varios planos orbitales, con las órbitas generalmente a la misma altitud. Más exactamente, una verdadera constelación operacional está constituida por satélites cuyos movimientos están sincronizados entre sí y cuyas trayectorias respecto a la Tierra se reproducen de forma idéntica al cabo de un tiempo constante que, casi siempre, es de varios días. La interdependencia de los satélites está garantizada por la elección de las órbitas, y la mecánica celeste asegura la coherencia del conjunto.

El resultado es similar a un ampollo movimiento de un reloj en órbita, lo que facilita su utilización. Dado que un satélite de órbita baja recorre siete metros en un milisegundo, la comparación con un mecanismo de relojería es mucho más que una simple imagen.

El sistema se completa en tierra por instalaciones asociadas que se encargan de controlar la constelación. A pesar de todo, se debe dar prioridad a la navegación autónoma, lo que requiere disponer de equipos a bordo de cada satélite para determinar su posición. Sistemas de posicionamiento preciso, como GPS y DORIS, hacen esto posible.

una zona circular de aproximadamente 6.000 km de diámetro (con un 10% de inclinación).

• Los satélites se reparten en varios planos orbitales. En cada uno de ellos, un satélite sigue al precedente a una distancia fija. Los planos orbitales permanecen fijos entre sí. Esta inmovilidad relativa de los planos requiere que el movimiento de ascensión recta del nodo sea el mismo. Este movimiento se obtiene, en una primera aproximación, con la fórmula:

$$\Omega = \Omega_0 - 9.97 \left(\frac{a_e}{a}\right)^{1.5} \frac{\cos i}{(1-e^2)^2} t$$

Siendo a_e el radio ecuatorial terrestre Ω se expresa en grados y t en días. Es por tanto esencial, si el eje principal a y la excentricidad e son idénticas, que los planos tengan la misma inclinación i ($i=55^\circ$ para SkyBridge, con $a=7.835$ km, y $e=cero$)

La constelación se diseña para que un usuario reciba en cualquier momento, y en cualquier sitio, un satélite como mínimo. Esta condición define el número de satélites para una altitud determinada (Figuras 2 y 3).

Los satélites pasan con regularidad por el horizonte del usuario. Se pueden recibir varios simultáneamente, según las aplicaciones.

■ OPTIMIZACIÓN

DE LA CONSTELACIÓN

Las constelaciones de satélites son tanto más interesantes para las aplicaciones en cuanto faciliten y optimicen la utilización del sistema. Los criterios que hay que tener en cuenta son:

- la permanencia del servicio en la práctica totalidad del globo;
- la visibilidad de uno o varios satélites, que puede depender de la aplicación;
- la repetitividad de la configuración para facilitar su utilización (efemérides) y su gestión (control de la constelación);
- la optimización del satélite y de su lanzamiento.

Una constelación puede optimizarse jugando con el número de satélites y con todos los parámetros de las órbitas. Evidentemente, hay que tener en cuenta el movimiento rápido del satélite en su órbita, la precesión del nodo, e incluso el movimiento de perigeo y la rotación terrestre.

Una configuración de constelaciones se caracteriza por:

- los parámetros orbitales $a, e, i,$
- el número de satélites $T,$
- el número total de planos orbitales $P,$

• la posición de un satélite en uno de los planos tomado como origen de la constelación,

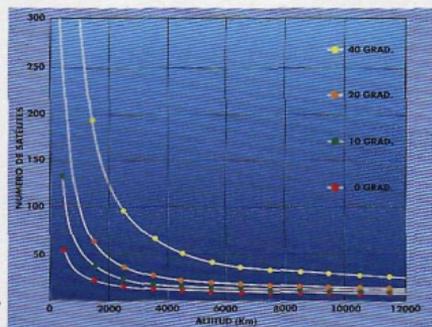
• la posición de los satélites de cada plano respecto a los del plano precedente.

Las constelaciones simétricas incluyen satélites repartidos equitativamente en la órbita. Hay T/P satélites por órbita. Ejemplo:

Programas	T	P	T/P
Globalstar	48	8	6
Iridium	66	6	11
SkyBridge	64	16	4
Teledesic	840	21	40
M-STAR	72	12	6

Cuando se abandona el plano del ecuador en donde imperan los satélites geocestionarios, deben tenerse en cuenta la rotación terrestre y la precesión del nodo. A partir del momento en que el período orbital deja de ser el día sideral, hay que tener en cuenta el movimiento del satélite en su órbita y, si la órbita es excéntrica, el movimiento de perigeo (por este motivo, los rusos eligieron, para el sistema Molnya, la inclinación crítica de $63^\circ 26'$, en donde el perigeo no se mueve y se encuentra en el punto opuesto a Rusia).

■ CONFIGURACIONES REPETITIVAS



Figuras 2 - Número de satélites necesarios para una cobertura mundial continua en función de la altitud

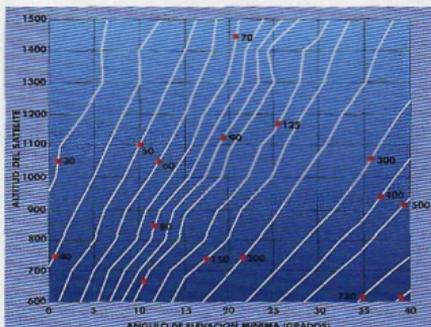


Figura 3 - Número de satélites necesarios para una cobertura mundial continua en función del ángulo de elevación

Una constelación cuyos satélites son idénticos y cumplen la misma función se caracteriza por dos tipos de repetitividad:

Repetitividad de la órbita

Esta noción está vinculada a un satélite determinado cuyo trazo sobre la Tierra se cierra sobre sí mismo. En este caso, existe fase de órbita: tras un número entero de revoluciones, el satélite vuelve a pasar por el mismo lugar geográfico sobre el ecuador terrestre (nodo) y en el mismo sentido (órbita ascendente o descendente). En el sistema SkyBridge esto sucede cada 28 días.

El mismo principio caracteriza a las órbitas heliosíncronas en fase (26 días para SPOT) o a las órbitas simplemente en fase (10 días para Topex Poseidon).

Repetitividad de la constelación

Es de 21 horas para SkyBridge. Esta noción ya no es intrínseca a un satélite, ya que depende de todos los demás satélites. Este tiempo corresponde al período de repetición de los trazos de la constelación en tierra. Así, cada 21 horas, un satélite de la constelación se presenta de igual forma para un observador terrestre, pero nunca es el mismo, salvo al cabo de 28 días, cuando se repite el conjunto del movimiento.

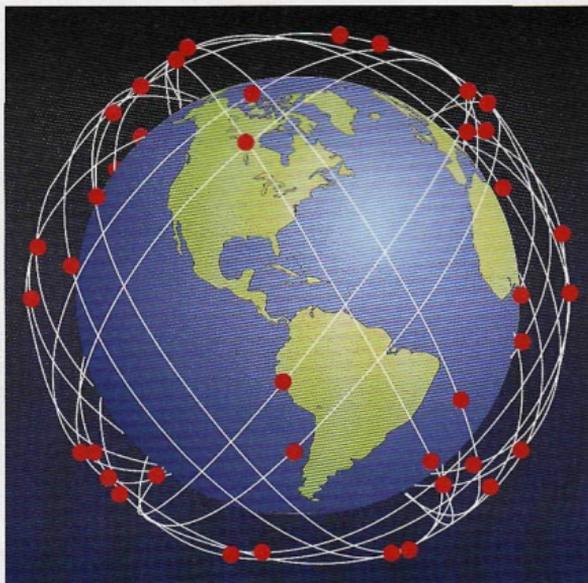


Figura 4 - Constelación SkyBridge

Así llegamos a las constelaciones homogéneas en fase, frecuentemente denominadas "órbitas de Walker", que se caracterizan por tres valores:

- T: Número total de satélites
- P: Número de planos que tienen T/P

satélites repartidos equitativamente. Los nodos ascendentes también se reparten de este modo.

- F: Entero con valor entre $0 \leq F < 1$. La fase del satélite en el plano adyacente al Este es de $2\pi FT$ respecto al plano precedente de fase nula (Figura 4). En SkyBridge, los 64 satélites se han

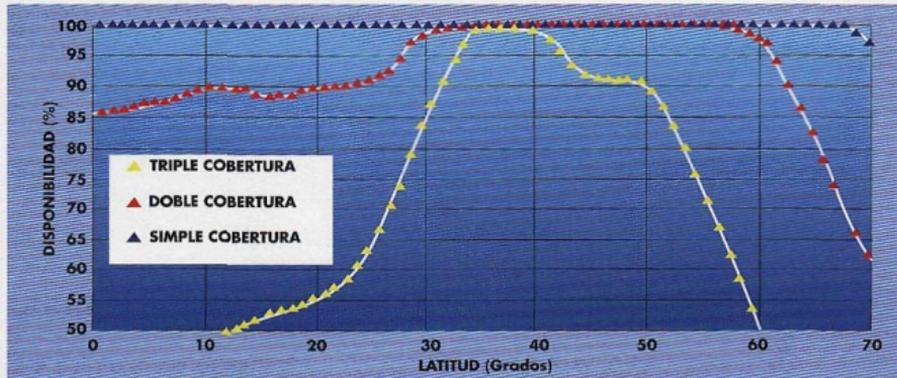


Figura 5 - Número de satélites disponibles en función de la latitud

situado en dos constelaciones de Walker de 32 satélites. Las dos constelaciones están en fase entre sí (con un desvío de 10° entre los nodos y de 14° respecto a la anomalía media).

Esta configuración optimiza la visibilidad simultánea de dos, e incluso tres, satélites en las latitudes medias (dos entre 30° y 57°, y tres entre 35° y 40°). Ver **Figura 5**.

■ CONCLUSIÓN

Los progresos realizados en el ámbito del control orbital y en el de los lanzamientos múltiples permiten prever el despliegue rápido de constelaciones de varias decenas de satélites de órbita baja. Las cargas útiles de

comunicaciones también evolucionan, permitiendo utilizar al máximo posible la capacidad ofrecida por una constelación. Este es en particular el caso de las antenas electrónicas activas.

Paralelamente, continua la miniaturización de la electrónica con circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), circuitos integrados de microondas monolíticos (MMIC), y la tecnología de apilamiento vertical (3D). La utilización de estas tecnologías hace posible la realización de tratamientos complejos a bordo de los satélites, así como la reducción de la masa y del consumo. Las constelaciones complementarán las redes geostacionarias y facilitarán la utilización del espectro de frecuencias.

En 1998, Alcatel participará en el despliegue de dos nuevos sistemas operacionales en el espacio, Globalstar para la radiotelefonía móvil por satélites, y WorldSpace para la radiodifusión digital de sonido desde la órbita geostacionaria. Es un signo positivo para el futuro.

Jean-Claude Husson ha sido Presidente de la División Radio Space and Defense de Alcatel desde enero de 1996, y es Presidente Director General de Alcatel Espace.

SKYBRIDGE: SISTEMA DE ACCESO DE BANDA ANCHA CON UNA CONSTELACIÓN DE SATÉLITES LEO

H. SORRE
P. SOURISSE

SkyBridge utiliza una constelación de satélites de órbita baja para proporcionar servicios interactivos de banda ancha. El tiempo total de propagación de 20 ms asegura prestaciones similares a las de las redes terrestres, permitiendo la utilización de protocolos, aplicaciones y estándares de comunicaciones comunes

■ INTRODUCCIÓN

Se están desarrollando nuevas soluciones de satélite para proporcionar acceso a servicios interactivos de banda ancha. Se están considerando diferentes arquitecturas con satélites geoestacionarios o innovadoras constelaciones de satélites en órbitas medias o bajas. Está a punto de lanzarse una primera generación de dichas constelaciones de satélites que proporcionará servicios de comunicaciones móviles de banda estrecha (Globalstar). La segunda generación de la constelación ya incluirá facilidades de banda ancha. El artículo resalta la naturaleza complementaria de las soluciones de satélites geoestacionarios y de órbita baja (LEO) en el mundo multimedia y describe SkyBridge, sistema de acceso de banda ancha que utiliza una constelación de satélites LEO, cuyo desarrollo lo patrocina Alcatel.

■ PAPEL DE LOS SATÉLITES EN EL MUNDO MULTIMEDIA

Los satélites se han usado tradicionalmente sobre todo para ofrecer servicios fijos de radiodifusión y de telecomunicación. Los sistemas de satélites se están diversificando rápidamente en función de los servicios que proporcionan y de la tecnología que usan con

la introducción de constelaciones de satélites de órbita baja y de órbita media (MEO) como complemento de los existentes sistemas geoestacionarios.

Como resultado de su gran cobertura geográfica, economía (particularmente en zonas con densidades de población bajas o moderadas), y velocidad de instalación, los sistemas de satélites contribuirán a aumentar el alcance de las redes de banda ancha. Consecuentemente, en el futuro jugarán un importante papel al ofrecer acceso global a servicios interactivos mejorados de comunicaciones de banda ancha.

Se han anunciado muchas iniciativas basadas o en satélites geoestacionarios o en constelaciones de satélites LEO. Tanto patrocinando el proyecto SkyBridge como diseñando nuevas soluciones, como el proceso a bordo y el equipo de microondas de banda Ka para sistemas avanzados de satélites geoestacionarios, Alcatel comparte el que los sistemas geoestacionarios y las constelaciones de satélites LEO se complementarán proporcionando servicios multimedia.

Basándose en su fuerte posición actual en el mercado de los servicios de radiodifusión, los sistemas geoestacionarios desarrollarán novedades como los servicios asimétricos uni y bidireccionales utilizando un enlace

de retorno espacial o terrestre de baja velocidad.

Las constelaciones de satélites LEO son particularmente apropiadas para la provisión de servicios altamente interactivos ya que ofrecen un tiempo total de propagación muy corto en el segmento espacial (normalmente de 20 ms en comparación con los 250 ms de los sistemas geoestacionarios). Así, los sistemas LEO también ofrecerán unas prestaciones similares a las de las redes terrestres, permitiendo utilizar protocolos, aplicaciones y estándares de comunicaciones comunes.

■ OBJETIVOS DEL SKYBRIDGE

¿Qué es SkyBridge?

SkyBridge es un sistema de acceso de banda ancha basado en satélites que ofrecerá servicios, tales como acceso a Internet a alta velocidad y videoconferencia, a usuarios de todo el mundo. El sistema es igualmente apropiado para zonas urbanas, suburbanas y rurales que no estén aún conectadas a infraestructuras terrestres de banda ancha, o que no se puedan cubrir económicamente utilizando infraestructuras terrestres tradicionales. Esto posiciona eficazmente a SkyBridge como un sistema de bucle inalámbrico local de banda ancha.

SkyBridge se basa en una constelación de 64 satélites LEO que une usuarios profesionales y domésticos equipados con terminales de bajo coste a pasarelas terrestres. Los satélites LEO proporcionan unas prestaciones comparables a las de las tecnologías de banda ancha terrestres, con un tiempo de propagación total en el segmento espacial de unos 20 ms. Esto significa que SkyBridge puede soportar servicios altamente interactivos como el vídeo bidireccional en tiempo real y los juegos interactivos, así como la voz.

Servicios de SkyBridge

SkyBridge proporcionará a los usuarios finales ancho de banda global a demanda. El sistema ofrecerá una conexión asimétrica de banda ancha a la red fija de al menos 60 Mbit/s en el usuario y 2 Mbit/s en el enlace de vuelta. El diseño se ha optimizado para las comunicaciones Internet, que se caracterizan por la transmisión de ráfagas aleatorias de datos asimétricos.

Los conceptos básicos de su arquitectura hacen de SkyBridge el sistema ideal para utilizar con aplicaciones en tiempo real altamente interactivas, tales como:

- acceso a Internet de alta velocidad y, más generalmente, los servicios en línea
 - teleconmutación a través de acceso a servidores de negocio y redes de área local, correo electrónico, transferencias de ficheros, etc.
 - interconexión de redes de área local y conectividad en área expandida
 - videoconferencia y videotelefonía de alta calidad
 - telemedicina
 - servicios de ocio: vídeo a demanda (VoD) interactivo, juegos electrónicos, etc.
- Además, SkyBridge proporcionará:
- enlaces de infraestructura para aplicaciones como la interconexión de estaciones base en redes de radio móvil celular, así como en otros bucles inalámbricos locales
 - servicios de banda estrecha mejorados para comunicaciones de voz, datos e imágenes.

SkyBridge y las alternativas tecnológicas

Diferentes tecnologías de líneas terrestres pueden proporcionar acceso de banda ancha. SkyBridge no competirá directamente con dichos sistemas, pero proporcionarán una atractiva solución complementaria (Tabla 1).

Las prestaciones del SkyBridge son comparables a las de las tecnologías de líneas de abonado digitales, como ADSL (línea de abonado digital asimétrica), y las tecnologías de acceso basadas en fibra tales como HFC (híbrida óptica-cable coaxial) y FTTC (fibra hasta la acera). Sin embargo, varias diferencias relacionadas con el coste y la velocidad de desarrollo sugieren que SkyBridge será una solución más eficaz en zonas de baja densidad de población. Además, proporciona una atractiva solución precursora en zona muy pobladas, iniciando el mercado antes que se puedan desplegar sistemas de banda ancha terrestres.

Se espera que SkyBridge alcance a una comunidad de usuarios entre 15 y 20 millones de personas de todo el mundo hacia finales de la próxima década.

	Descripción	Ancho de banda	Aplicaciones
POTS	Telefonía de cobre tradicional	56,6 kbit/s	Telefonía Datos a baja velocidad
RDSI-BE	Uso de tecnología digital para aumentar el ancho de banda	128 kbit/s	Telefonía Datos a velocidad media
XDSL	Utilización de tecnologías de compresión para usar todo el ancho de banda de los pares de cobre existentes	9 Mbit/s en el enlace ascendente 1,5 Mbit/s en el enlace descendente	Datos a alta velocidad VoD Telefonía
HFC mejorada/nueva	Red que utiliza una mezcla de fibra hacia el nodo (sirviendo hasta 500 hogares) y coaxial hacia el hogar	64 kbit/s a 30 Mbit/s	Datos a alta velocidad VoD Telefonía Difusión de vídeo Casi VoD
FTTC	Usando toda la planta de fibra hacia nodos que sirven de 4 a 12 hogares	80 a 150 Mbit/s	Datos a alta velocidad VoD Telefonía Difusión de vídeo Casi VoD

Tabla 1 - Aplicaciones para diferentes tecnologías de acceso

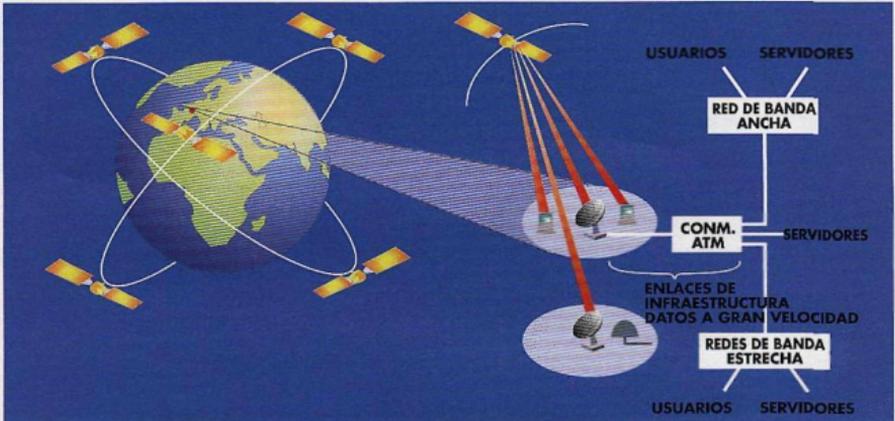


Figura 1 - Principios del sistema SkyBridge

■ EL SISTEMA SKYBRIDGE

SkyBridge consta de dos segmentos:

- **Segmento espacial:** Consiste en 64 satélites LEO (más los de reserva), orbitando a una altitud de 1.457 km, y en el segmento de control terreno de

satélites que comprende las estaciones SOCC (centro de control de satélites) y TT&C (comunicaciones, navegación y vigilancia). El segmento espacial proporciona cobertura permanente en la banda de latitud $\pm 68^\circ$. Interconecta cada usuario SkyBridge con la pasarela más cercana y también puede pro-

porcionar enlaces de infraestructura de alta velocidad entre las pasarelas.

- **Segmento terreno:** Consta de estaciones terrestres de pasarelas y de los terminales de usuario de satélite. Las primeras proporcionan interconexiones, a través un conmutador ATM

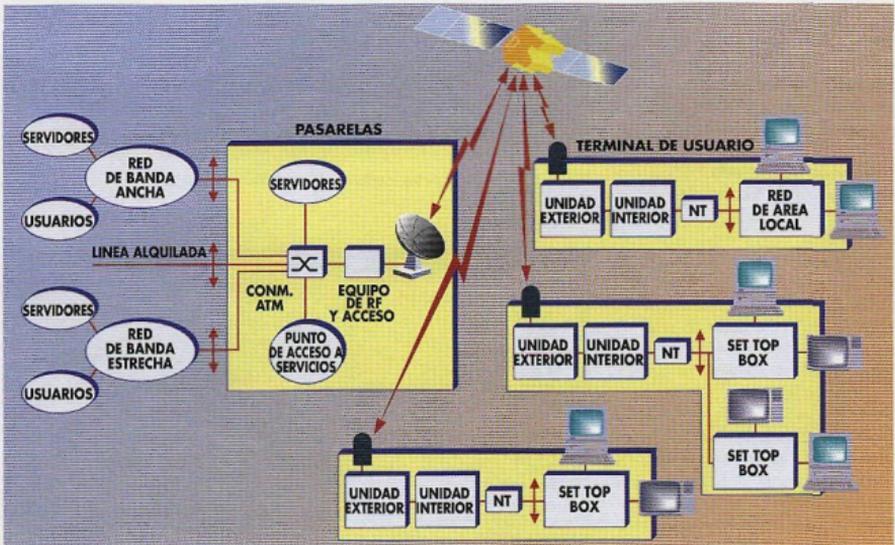


Figura 2 - Arquitectura del sistema

(modo de transferencia asíncrono), con servidores locales y con redes terrestres de banda estrecha y banda ancha.

SkyBridge es una red de acceso basada en ATM, que proporciona conexión de "última milla" entre los usuarios y una central local. El tráfico generado por los terminales se transmite transparentemente por el satélite (es decir, sin otros procesos que la amplificación y la transposición de frecuencias) hacia la pasarela, y viceversa (Figura 1). Las pasarelas incorporan las funciones de conmutación y las interfaces con las redes terrestres, como se muestra en la Figura 2. En el caso de las comunicaciones terminal a terminal, la conectividad se establece por el conmutador de la pasarela con un doble salto.

Cada pasarela recoge, por el segmento espacial, el tráfico terminal en una celda de 350 km de radio. Las celdas del SkyBridge están permanentemente iluminadas por al menos un haz estrecho de satélite. En la mayoría de los casos en latitudes templadas, se encuentran visibles permanentemente al menos dos satélites.

Como los satélites se mueven, de vez en cuando las pasarelas tienen que conmutar el tráfico a un nuevo satélite mediante un procedimiento de traspaso transparente.

Utilización optimizada del espectro de frecuencias

SkyBridge no requiere asignar exclusivamente una banda de frecuencias específica. Por el contrario, SkyBridge optimiza la utilización del espectro de frecuencias al estar el sistema diseñado para proteger las redes de satélites geoestacionarios y los servicios terrestres.

SkyBridge utilizará la banda Ku (11/14 GHz) para la conexión entre terminales de usuario y pasarelas, así como para enlaces de infraestructura de alta velocidad entre las pasarelas. Según las regulaciones de radio de la UIT (Unión Internacional de las Telecomunicaciones), las redes geo-

estacionarias deben protegerse contra las interferencias de los sistemas no geoestacionarios. Para conseguir esta protección, los satélites y estaciones terrenas SkyBridge tendrán una "zona no operativa" en torno a cada satélite geoestacionario. La transmisión entre un satélite SkyBridge y una celda se interrumpe cuando el satélite está dentro de esta zona no operativa, que acompaña la región extendiéndose $\pm 10^\circ$ del arco geoestacionario, como se ve por cualquier estación terrena SkyBridge en la celda. El tráfico de la celda se traspasa entonces a otro satélite SkyBridge que no se encuentre en una posición de interferencia similar.

Segmento espacial

La constelación SkyBridge se basa en la combinación de subconstelaciones simétricas de 32 satélites posicionados en ocho planos orbitales con cuatro satélites igualmente espaciados por plano a una altitud de 1.457 km con una inclinación de 55° . Un desplazamiento de fase entre las dos constelaciones lleva a emparejar los satélites, como muestra la Figura 3. Este diseño minimiza el número de satélites requeridos para garantizar la cobertura permanente en la banda de latitud $\pm 68^\circ$, teniendo en cuenta la zona no operativa definida para proteger los sistemas geoestacionarios.

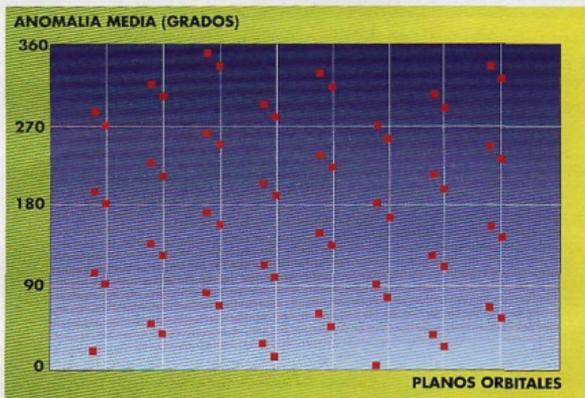


Figura 3 - Distribución de los satélites en la constelación SkyBridge

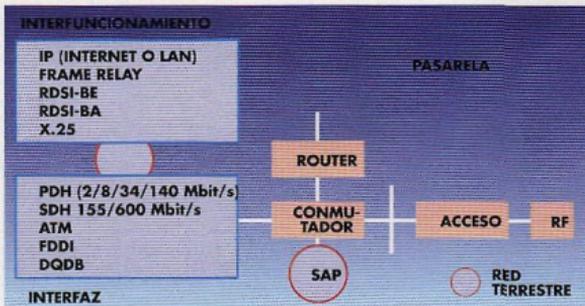


Figura 4 - Arquitectura de la pasarela

Los satélites de SkyBridge pertenecen a la categoría "gran LEO": la masa de lanzamiento final del satélite es inferior a 800 kg con una carga útil de comunicaciones de 300 kg. El consumo de energía del satélite es menor de 2,5 kW. Su tiempo de vida operacional es ocho años.

Un elemento clave en el diseño se relaciona con la utilización de antenas activas que se utilizarán para generar haces estrechos y para mantenerlas apuntadas hacia las correspondientes pasarelas terrestres. Cada satélite ilumina un área de 3.000 km de radio. Un satélite SkyBridge puede generar hasta 45 haces estrechos simultáneamente.

Segmento terreno

El segmento terreno consta de las pasarelas terrestres (Figura 4) y de los terminales de usuario. Las pasarelas terrestres proporcionan las siguientes importantes funciones:

- subsistema de RF para transmisión
- acceso a los recursos de radio, incluyendo la gestión de los recursos del satélite

	Residencial	Edificio profesional o residencial + internodo
Díámetro de la antena	40 cm	60 a 100 cm
Máxima velocidad transmitida	2 Mbit/s	n.2 Mbit/s
Máxima velocidad recibida	60 Mbit/s	n.20,5 Mbit/s
Posibles tecnologías	Antena activa Antena mecánicamente orientable	

Tabla 2 - Prestaciones de las unidades externas

- funciones de conmutación y encañamiento de tráfico
- interfaces normalizados con redes terrestres, como PDH (jerarquía digital plesiócrona), SDH (jerarquía digital síncrona) y ATM
- interfuncionamiento con Internet, Frame Relay y RDSI de banda ancha (RDSI-BB)
- punto de acceso de servicios (SAP) para interfaz de servicio y gestión de usuarios
- acceso a servidores locales mediante funciones de encaminamiento

mercado de SkyBridge.

Según el tipo de aplicación se considerarán diferentes tipos de terminales de usuario:

- terminales individuales
- terminales para edificios de oficinas o residenciales
- terminales internodos, para instalar en empresas, que proporcionan mayores capacidades.

Un terminal se compone de dos partes:

- unidad exterior que incluye la antena, los componentes de RF, los módems y una unidad de control.

Se requieren unas 200 pasarelas para cubrir más del 90% de todo el posible

- unidad interior con equipo estándar

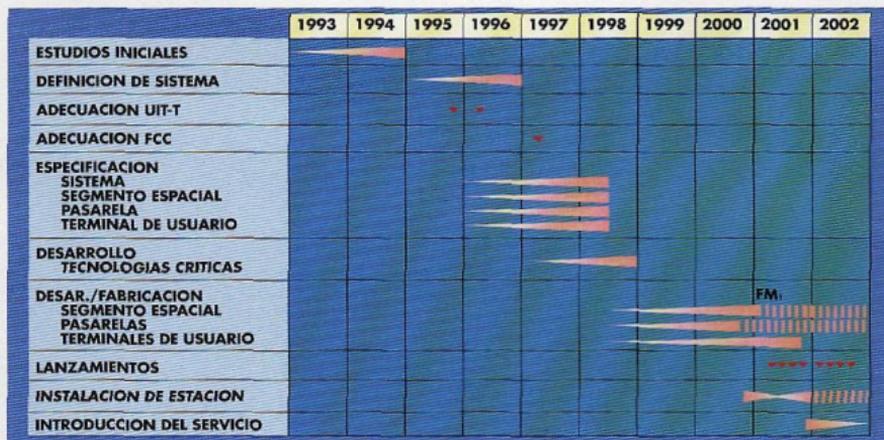


Tabla 3 - Etapas del proyecto

dar: ATMizer e interfaces con los terminales de usuario (ordenador personal, set top box, teléfono web u ordenador de red, PABX, etc.). El diseño permite utilizar diferentes tipos de interfaz.

El diseño de antenas para los terminales de usuario se simplifica ya que las posiciones de los satélites están predefinidas y preprogramadas; los satélites siguen regularmente una órbita idéntica en el cielo, por lo que no hay que buscarlos aleatoriamente. Durante la fase de instalación, cada terminal aprende su entorno radioeléctrico, es decir, cuando debe tener lugar un traspaso.

Se están diseñando dos tipos de unidades externas con las prestaciones objetivas indicadas en la **Tabla 2**.

■ IMPLEMENTACIÓN DEL SKYBRIDGE

Las principales etapas se muestran en la **Tabla 3**. Se ha planificado introducir el servicio América del Norte, Europa y parte de Asia en el año 2001

utilizando la primera constelación de 32 satélites.

Política societaria

Alcatel contará con socios para financiar, instalar y, más tarde, explotar y comercializar el sistema SkyBridge. Los socios serán operadores, proveedores de servicios y fabricantes que tendrán en el proyecto papeles tanto de inversión como de operación.

Segmentación del negocio

El proyecto SkyBridge se divide en tres segmentos de negocio clave:

- nivel de operador del segmento espacial
 - segmento de operador local de pasarela
 - segmento de proveedor de servicios
- El primer segmento lo gestionará globalmente SkyBridge Limited Partnership, empresa con base en Estados Unidos. Los otros dos se gestionarán regional o localmente.

■ CONCLUSIONES

SkyBridge ofrecerá una solución económica para la provisión de acceso global a servicios de banda ancha, optimizando la utilización del espectro de frecuencias.

La arquitectura ha sido definida para soportar una amplia variedad de servicios, minimizar los costes y riesgos técnicos relacionados con la implementación del sistema, asegurar una compatibilidad e integración con las redes terrestres y proporcionar flexibilidad para acomodar tanto la evolución del servicio como las diferencias entre los requisitos de servicio regionales.

Hervé Sorre es actualmente responsable del desarrollo y comercialización de SkyBridge en Alcatel Espace.

Pascal Sourisse es Director de planificación y estrategia de la Space Business Line de Alcatel Telecom, y Director del programa SkyBridge.

LOS SERVICIOS MÓVILES POR SATÉLITES

J.B. LAGARDE

Los satélites tienen y han tenido un papel poco relevante en la provisión de servicios móviles de comunicaciones. Esto va a cambiar con la puesta en órbita de la nueva generación de satélites geostacionarios y de órbita baja, que ofrecerá una alta calidad de servicios con terminales portátiles baratos

■ EL ACCESO A LOS MÓVILES

Los cambios de la sociedad por una parte, y los adelantos tecnológicos, por otra, conducen hoy en día a una auténtica explosión de los servicios móviles, simbolizados por el pequeño terminal de 200 g que decenas de millones de personas de todo el mundo llevan en su bolsillo.

Desde hace treinta años, los satélites han tenido un papel espectacular en el desarrollo de los servicios móviles en zonas inaccesibles y, en los albores del tercer milenio, se preparan para tener una importante contribución en la implementación de una nueva generación de servicios móviles a una escala mucho mayor.

Para que un usuario de telefonía móvil pueda beneficiarse de las prestaciones del servicio público de telecomunicaciones en el sentido más amplio, hay que responder a cierto número de imperativos específicos de los servicios móviles: disponibilidad del espectro radioeléctrico, eficacia de los enlaces de acceso, gestión de la movilidad, y compatibilidad con las características estándar de las redes fijas.

El espectro radioeléctrico es un recurso codiciado y controlado por razones evidentes de escasez, disciplina de utilización, y seguridad nacional. En la actualidad, la mayor parte de las asignaciones de un espectro radioeléctrico para uso por satélite está destinada a

la transferencia bidireccional o a la difusión en un solo sentido de información del tipo televisivo desde satélites en órbitas geostacionarias bien definidas.

Las prestaciones técnicas del enlace entre satélite y usuario han sido en el pasado una de las mayores limitaciones para el desarrollo de los servicios móviles por satélites geostacionarios: era necesario dirigir la antena del terminal hacia el satélite para alcanzar la ganancia necesaria, y se necesitaba una energía considerable para emitir una señal suficientemente potente. Los propios satélites presentaban limitaciones similares. Sin embargo, ya se dispone de pequeños y potentes microprocesadores que consumen muy poca energía, y que junto al desarrollo en paralelo de técnicas de procesamiento de señal muy sofisticadas, tanto en los terminales como a bordo de los satélites, han eliminado virtualmente estos problemas.

Gestionar la movilidad de un usuario considerado "móvil", hasta el punto de garantizarle un servicio de calidad allí donde se encuentre y sea cual sea su "historia" de itinerancia, es una tarea compleja. Reservada en un principio a la habilidad de un operador humano, actualmente esta función se ha convertido en una norma en el marco de los sistemas celulares terrestres, una vez más gracias a la potencia de cálculo instalada en las redes actuales.

En tanto en cuanto la relación entre usuarios de servicios móviles y usuarios de servicios fijos sea del orden de 1 a 10 (o mucho menor en ciertas zonas del planeta), el requisito esencial será la conexión de un usuario móvil con la red terrestre que atiende a los usuarios fijos. La necesidad de comunicación entre móviles sigue siendo estadísticamente baja. Cuando se conoce la variedad de niveles tecnológicos entre redes fijas, lo único que se puede sentir es un gran respeto por los actores de la normalización de las redes, encargados de hacer posible las conexiones de extremo a extremo.

Soluciones posibles por satélites

Los sistemas con cobertura mundial han elegido naturalmente la configuración de un segmento espacial con múltiples satélites: son las constelaciones de órbita baja, que utilizan varias decenas de satélites a una altitud entre 700 y 1.500 km. Esto facilita el ahorro de energía necesario para la transmisión, así como la integración en las redes terrestres conmutadas, gracias a los reducidos tiempos de propagación.

Globalstar pertenece a esta categoría de órbita baja (LEO) y ofrece una gran sencillez de arquitectura basada en el uso de satélites "transparentes": todas las operaciones de encaminamiento se efectúan en tierra, en las numerosas

estaciones de conexión repartidas por toda la zona de cobertura.

Los sistemas de cobertura regional pueden seguir basándose en la utilización de un solo satélite repetidor en órbita geostacionaria, minimizando de este modo la complejidad de gestión de una constelación de numerosos satélites no geostacionarios. Estos sistemas pueden cubrir amplias masas continentales u oceánicas desde una sola posición orbital. Pero, deben compensar la longitud del trayecto (36.000 km), tanto desde el punto de vista de la energía como de los relativamente largos tiempos de propagación, mediante grandes antenas desplegables a bordo del satélite, y soluciones sofisticadas para el procesamiento y el encaminamiento de la señal, tanto a bordo del satélite como en las estaciones de conexión y en los terminales. Thuraya, sistema regional que se centrará en Oriente Medio, pertenece a esta categoría.

La solución a los múltiples problemas planteados por los servicios móviles por satélites permite un gran número de variantes, en particular la elección de órbitas intermedias, ni bajas, ni geostacionarias. Estas soluciones se basan en una constelación de 8 a 12 satélites de órbita media (MEO) a una altitud de 10.000 km, reduciéndose la longitud del trayecto si se compara con los satélites geostacionarios. Otras optimizaciones relacionadas con la capacidad, diversidad y ángulos de visibilidad de los satélites en función de la latitud de los terminales, modificarán o aumentarán las configuraciones elegidas inicialmente.

■ ORBITAS BAJAS: LA SOLUCIÓN GLOBALSTAR

Globalstar es un sistema de telecomunicaciones digital basado en una constelación de 48 satélites LEO que tendrá una cobertura mundial a partir de 1998. Accesible por terminales portátiles, móviles o fijos, la constelación ofrecerá, por un precio competitivo, servicio de alta calidad de telefonía, fax y transmisión de datos. Globalstar

está especialmente adaptado para la comunicación en territorios insuficientemente cubiertos por sistemas terrestres fijos y celulares, o desprovistos de redes de telecomunicaciones.

El segmento espacial

Los 48 satélites orbitarán en una constelación de Walker a una altitud de 1.414 km. Una constelación de Walker consta de ocho planos orbitales, inclinados a 52°, cada uno con seis satélites.

En total, se fabricarán 56 satélites, de los cuales ocho de reserva. Los satélites Globalstar son "transparentes", simples transpondedores que no presentan riesgos tecnológicos de desarrollo antes de ser fabricados en serie. Sin desplegar, cada satélite tiene un volumen de un metro cúbico y un peso de 450 kg; una vez desplegado su envergadura es de unos siete metros aproximadamente. El carburante necesario para la propulsión, puesta en órbita, mantenimiento en órbita y salida de órbita es de unos 80 kg. La potencia eléctrica máxima de un satélite es de 1.900 W con una media de 750 W. La duración media de un satélite es de 7,5 años.

El tiempo necesario para la producción de los diferentes componentes y el ensamblaje de los 56 satélites Globalstar se reducirá gradualmente



Foto A - Antena de una estación terrestre Globalstar fabricada por Alcatel



Foto B - Terminal monomodo Globalstar

de 19 a 16 meses. El primer lanzamiento está previsto para mediados de 1997, para estar los 48 satélites en órbita a finales de 1998.

Alcatel es responsable de la integración de las cargas útiles de los 56 satélites Globalstar.

El segmento terreno: las estaciones terrestres de conexión

El sistema Globalstar complementará las redes terrestres nacionales e internacionales existentes. Las llamadas de los abonados son encaminadas por un satélite hasta la estación terrestre de conexión más cercana, desde donde se encaminarán a través de las redes terrestres existentes.

Se ha previsto instalar entre 50 y 100 estaciones terrestres de conexión repartidas por todo el mundo, y que cada una de ellas atienda una zona específica de hasta 3.000 km de diámetro. Su cometido es establecer la interfaz entre el segmento espacial y el terrestre. En función de la configuración, cada una de estas estaciones consta de 3 a 5 antenas de 5,5 metros de diámetro (Foto A). Se usarán antenas de seguimiento, las cuales pueden seguir la trayectoria de los satélites.

Cada estación de conexión es diseñada para atender a una zona específica, teniendo en cuenta no sólo la

cobertura y la calidad de servicio (visibilidad garantizada de dos satélites en la mayoría de los casos), sino también los aspectos reglamentarios y contractuales, como las fronteras nacionales.

El servicio estará disponible en todo el mundo dentro de las zonas de cobertura de las estaciones de conexión. Desde el lanzamiento del servicio, con aproximadamente 50 estaciones, la cobertura será global (exceptuando los polos).

Las interfaces radio

Se utilizan dos tipos de bandas de frecuencias:

- las bandas de servicios que enlazan el terminal con el satélite:
1.610 - 1.626,5 MHz (tierra/espacio),
2.483,5 - 2.500 MHz (espacio/tierra).
- las bandas de conexión que permiten el enlace entre las estaciones de conexión y el satélite:
5.091 - 5.250 MHz (tierra/espacio),
6.875 - 7.055 MHz (espacio/tierra).

Acceso múltiple por división del código

El CDMA (acceso múltiple por división de código) es una técnica de acceso múltiple radio que, después de haber sido utilizada casi exclusivamente para las comunicaciones radiomilitares, ve ampliarse su radio de aplicación a las comunicaciones civiles y a las comunicaciones móviles por satélites, en particular con el sistema Globalstar.

CDMA se basa en el ensanchamiento del espectro, que es un método de transmisión digital en el que la señal ocupa una banda de frecuencia muy superior al mínimo requerido por las demás técnicas para la transmisión de la información. Varios usuarios comparten la misma banda de frecuencia, ya que cada señal se caracteriza por un código particular, es decir, de alguna manera una clave conocida por el emisor y el receptor.

Terminales

Los terminales Globalstar pueden ser fijos (cabinas públicas, aparatos de previo pago, conexión de abonados por un equipo dedicado, PABX de empresa y concentrador), móviles (teléfono de coche), o portátiles. Los terminales portátiles, con una potencia máxima de 2 W, estarán disponibles en:

- monomodo: Globalstar (Foto B),
- modo dual: Globalstar/GSM celular,
- modo dual: Globalstar/CDMA celular/servicio de comunicación personal (PCS),
- modo triple: Globalstar/ CDMA celular/AMPS (servicio avanzado de telefonía móvil) celular.



Figura 1 - Los sistemas de satélites que ofrecen servicios móviles de telecomunicaciones completarán la cobertura de las redes terrestres existentes

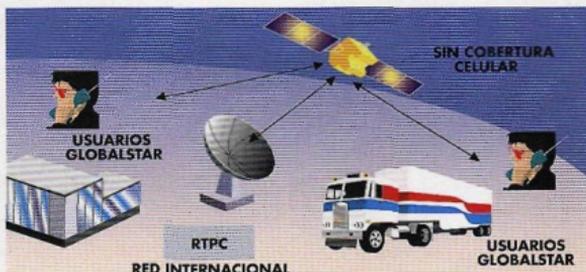


Figura 2 - Red móvil básica basada en satélites

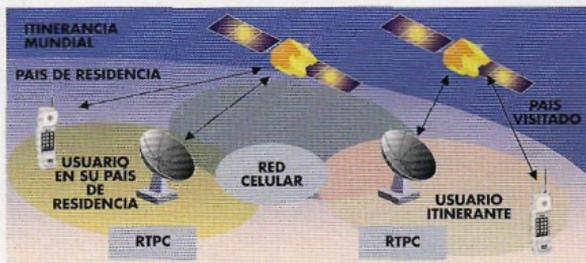


Figura 3 - Principio de itinerancia utilizando un servicio de comunicaciones móviles por satélite

Los distribuidores locales venderán estos terminales, en función del mercado y de la disponibilidad de las redes existentes.

Aplicaciones

Globalstar es, ante todo, un complemento a las redes terrestres celulares y fijas, en la medida en que atiende a las regiones no cubiertas por estas últimas. Teniendo en cuenta la clientela objetivo y la infraestructura terrestre instalada, se utilizará en las siguientes aplicaciones:

• Extensión regional de los servicios celulares existentes:

El servicio celular es el servicio básico en el país del abonado. Globalstar completa y amplía esta cobertura a las zonas no atendidas por los operadores de redes celulares terrestres (Figura 1).

• Servicio de comunicaciones móvi-

les por satélite regional:

Globalstar es el servicio móvil básico en la zona de cobertura de una estación de conexión. Este servicio se desarrolla, en particular, cuando no hay red celular (Figura 2).

• Servicio de comunicaciones móviles por satélite mundial:

Globalstar es el servicio móvil básico en las zonas de cobertura de los operadores de estaciones de conexión que han establecido acuerdos de itinerancia entre estaciones terrestres (Figura 3).

TE.SA.M.,

socio estratégico de Globalstar

France Telecom (51%) y Alcatel (49%) han creado una joint-venture, de nombre TE.SA.M. (TElécommunications par Satellites Mobiles), que será el proveedor exclusivo del servicio Globalstar en 21 países: Venezuela, Perú, Uruguay, Argentina, Colombia,

Francia, Polonia, República Checa, España, Marruecos, Turquía, Túnez, Egipto, Líbano, Senegal, Costa de Marfil, Gabón, Congo, República Centroafricana, Camerún y Vietnam. Los socios estratégicos de Globalstar LP. conjugan su know-how en el ámbito de las tecnologías espaciales y de las telecomunicaciones: Airtouch (Estados Unidos), Dacom (Corea del Sur), DASA (Alemania), Finmeccanica (Italia), Hyundai (Corea del Sur) y TE.SA.M. (Francia). La mayoría del proyecto está en manos de Loral Qualcomm Satellite Services, el socio norteamericano.

■ ORBITA GEOESTACIONARIA: LA SOLUCIÓN THURAYA

La órbita geoestacionaria es propicia para una cobertura regional, como complemento de las órbitas bajas, adecuadas para una cobertura mundial. Los sistemas móviles de satélites en órbitas geoestacionarias (MSS-GEO) han podi-

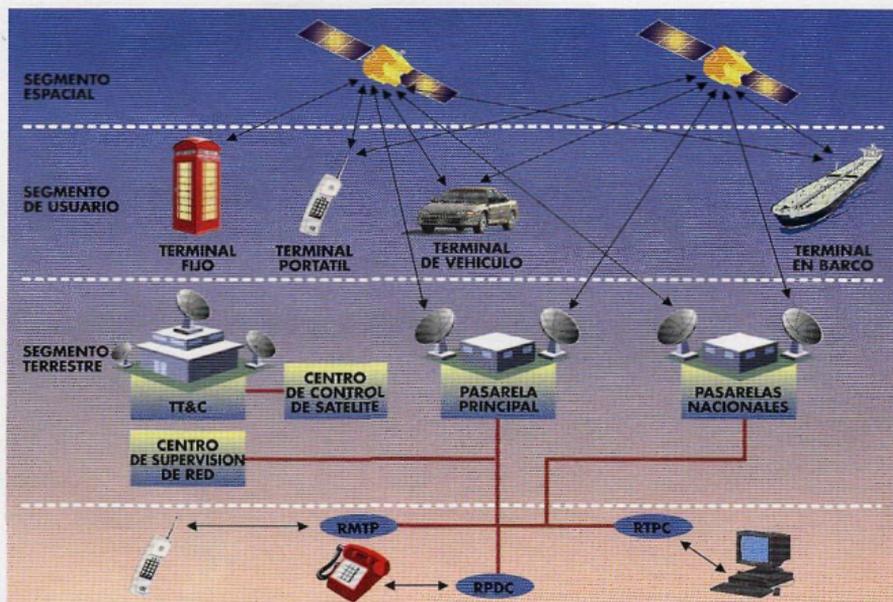


Figura 4 - Arquitectura del sistema de comunicaciones móviles Thuraya

do ser diseñados, estos últimos años, gracias a la evolución de las tecnologías: modos de acceso, módems de estaciones y terminales, y grandes satélites con reflectores gigantes, etc.

Alcatel ha desarrollado un sistema MSS-GEO para los Emiratos Arabes Unidos, conocido como Thuraya. La cobertura se extiende desde Marruecos hasta la India, pasando por la Península Arábiga, el Sur de Europa y Oriente Medio. La capacidad prevista es superior a los 12.000 circuitos. Tendrá la flexibilidad para soportar el previsto crecimiento de tráfico durante los 12 a 15 años de vida.

Los sistemas MSS-GEO son un complemento a las redes celulares. Esta compatibilidad se traduce por la función de itinerancia con el GSM (requerida para Thuraya). Este sistema debe prestar a los usuarios fijos o móviles servicios de transmisión de voz, fax y datos, así como todos los servicios previstos en la fase 2 del GSM (mensajería vocal, radiobúsqueda, desvío de llamadas, conferencias, etc.).

Interfaz radio

Los sistemas MSS-GEO utilizan recursos escasos en banda de radiofrecuencias, para los enlaces con los móviles y las estaciones de conexión. La coordinación de los MSS-GEO con los sistemas que tienen prioridad (sistemas terrestres fijos o sistemas por satélite) será facilitada por técnicas de modulación de altas prestaciones en términos de eficacia espectral y de densidad de flujo en tierra.

Pueden considerarse tres técnicas de modulación, FDMA (acceso múltiple por división de frecuencia), TDMA (acceso múltiple por división en el tiempo) y CDMA (acceso múltiple por división de código). Los sistemas ACES, AGRANI, APMT e ICO utilizan una modulación de tipo TDMA/FDMA, que permite la utilización de una banda

pasante débil. El CDMA que Alcatel propone para Thuraya permite reducir la densidad de flujo en tierra de forma muy significativa y conservar, al mismo tiempo, una elevada capacidad; esto facilita, e incluso evita, la coordinación con los sistemas fijos nacionales.

Arquitectura de red

Los sistemas MSS-GEO consta de dos partes (Figura 4):

- **segmento espacial:** uno o dos satélites geoestacionarios, medios de lanzamiento asociados, estaciones de control en tierra y servicios de mantenimiento de estación asociados.
- **segmento de misión:** estaciones de tráfico o pasarelas -de 10 a 20 para Thuraya- interconectadas a las redes terrestres y, eventualmente, un centro de control de red y los terminales de usuarios.

La arquitectura de una red MSS-GEO puede ser:

- **centralizada** en una configuración en estrella con una estación de tráfico principal asociada a un centro de control de red que efectúa la asignación dinámica de los recursos.
- **descentralizada** con asignación a cada estación de tráfico de una parte de los recursos, que gestiona de forma autónoma.

Para Thuraya, Alcatel ha elegido una arquitectura descentralizada, ya que permite una mejor reutilización de la arquitectura GSM. Los procedimientos de establecimiento de llamadas GSM pueden aplicarse a la red Thuraya: gestión de llamadas, de movilidad y de recursos de radio (con características específicas para Thuraya).

Terminales

Los terminales móviles de usuario serán portátiles, y similares en tamaño y peso a los terminales GSM. Los fijos pueden ser de varios tipos, cabinas telefónicas, aparatos de previo pago, instalaciones individuales, y pequeñas centralitas automáticas privadas (PABX). Los terminales móviles serán de modo dual, y los fijos estarán exclusivamente dedicados a las comunicaciones con el satélite.

■ CONCLUSIÓN

Durante estos últimos 30 años, los satélites han desempeñado un papel poco importante en las telecomunicaciones móviles. En el futuro, será todo lo contrario. La explosión de los servicios móviles va a permitir que los satélites desempeñen otro papel que no sea el de distribuidores de imágenes de televisión. Los servicios móviles por satélite requieren innovaciones en los ámbitos de la transmisión, de la utilización de los espectros de frecuencias y de las interfaces con las redes terrestres de telefonía. Van a aparecer nuevas soluciones económicas con la utilización de las constelaciones multisatélites de órbita baja o satélites en órbita geoestacionaria. Sea cual sea la solución, la conexión universal será una realidad... y a un precio asequible para el usuario.

Jean-Bernard Lagarde fue Director de nuevos servicios de telecomunicaciones de Alcatel Espace, y actualmente es Director General de TE.SA.M. (joint-venture de France Telecom y Alcatel).

WORLDSPACE: EL PRIMER SERVICIO MUNDIAL DE SATÉLITES DAB

O. COURSEILLE
P. FOURNIÉ

Las nuevas tecnologías espaciales han hecho posible proporcionar servicios de radiodifusión digital basados en satélites. Alcatel es el principal contratista de WorldSpace para el primer sistema mundial de dicho sistema que iniciará sus operaciones hacia finales de 1998

■ INTRODUCCIÓN

WorldSpace se constituyó en 1990 para proporcionar un servicio de satélites de radiodifusión digital (DAB) a partes del mundo que normalmente, o solo recibían servicios de baja calidad o ningún tipo de servicio. El servicio WorldSpace difundirá docenas de canales de radio directamente a personas de aquellas regiones que escucharán dichos canales mediante una nueva generación de receptores de radio. El sistema DAB permitirá a WorldSpace ofrecer canales de una calidad de sonido parecida a la de los CDs a clientes y viajeros por las tres áreas de cobertura. Los usuarios serán también capaces de recibir datos multimedia secundarios, tales como radiobúsqueda, vídeo y texto de reducida tasa en sus nuevas radios.

En octubre de 1995, WorldSpace firmó un contrato con un consorcio internacional, liderado por Alcatel, para desarrollar todo el sistema, y construir y lanzar satélites especialmente diseñados. Los fabricantes de electrónica de consumo producirán y distribuirán millones de receptores de nueva tecnología a través de sus redes de distribución.

■ MERCADO DE WORLDSPACE

Se estima que unas cuatrocientas mil millones de personas de todo el mundo o están generalmente insatisfechas o mal servidas por la pobre calidad del sonido de las ondas cortas o por la

limitada cobertura de los sistemas terrestres de radiodifusión de frecuencia modulada (FM) o frecuencia media (AM). La mayoría de estas personas viven en África, Oriente Medio, América Central y del Sur, y Asia. El servicio primario de este mercado es la recepción de programas internos y externos, utilizando radios portátiles y fijas, así como radios en automóviles.

El negocio de la radiodifusión de radio por satélites de WorldSpace cumplirá las necesidades de este gran mercado al introducir una nueva generación de satélites que operan en la gama de frecuencias de banda L, la cual se asignó en WARC 92 a los satélites DAB. La venta anual de los equipos de radio en este mercado suele sobrepasar los 100 millones, siendo el 10% el correspondiente a aparatos de 100 dólares o más -en principio el precio objetivo de los receptores de WorldSpace.

WorldSpace venderá o alquilará canales a emisoras nacionales o internacionales, tales como la Voz de América o Radio Holanda.

■ SISTEMA WORLDSPACE

General

El sistema WorldSpace se compone de tres satélites geostacionarios:

- AfriStar, en situación orbital 21°E, proporcionando DAB a África y Oriente Medio.

- CaribStar, en situación orbital 95°O, proporcionando DAB a América Central y del Sur.

- AsiaStar, en situación orbital 105°E, proporcionando DAB al sudeste asiático y al Pacífico.

La configuración del sistema para cada satélite se muestra en la **Figura 1**.

Los satélites se operan por un segmento terrestre de control y se gestionan, según los requisitos de tráfico, por un segmento de misión para todo el tiempo de vida operativo del sistema.

El segmento espacial incluye el satélite con su segmento terrestre de control asociado, es decir las estaciones de teledifusión, teledifusión y localización (TCR) y un centro de control de satélites. Las estaciones de radiodifusión transmiten su programación de audio digital directamente al satélite, que difunde las señales a los radioreceptores. El acceso al satélite por las emisoras de radio lo gestiona el segmento de misión.

Cobertura

La zona de cobertura de WorldSpace se muestra en la **Figura 2**. Cada región se cubre por tres haces.

Según la posición del usuario dentro del área de cobertura, la utilización de los satélites geostacionarios ofrece elevados ángulos de elevación para la recepción de programas de radio -normalmente 50° o más. Tales ángulos

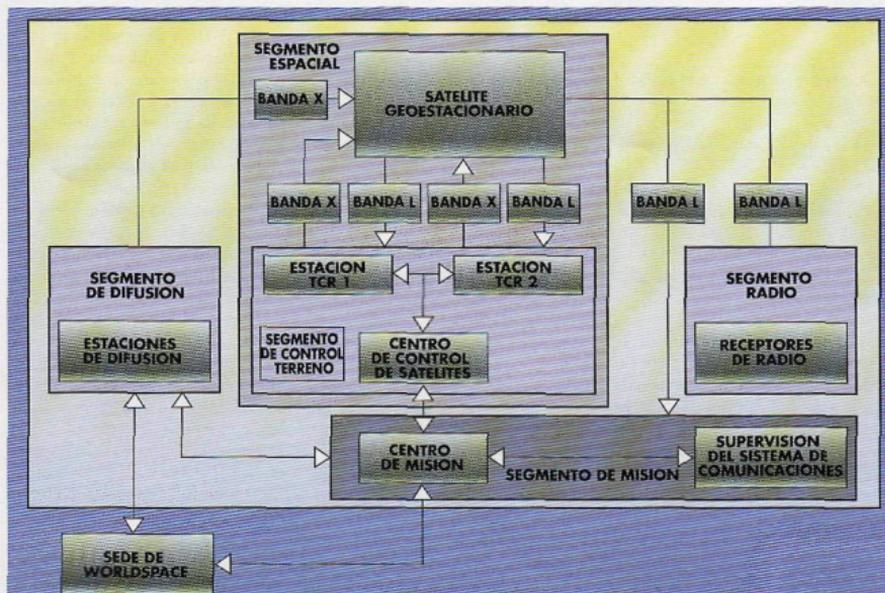


Figura 1 - Configuración del sistema WorldSpace

limitan los efectos de sombra y evitan cualquier efecto multirrayecto que puede afectar la emisión de la señal por el satélite.

Codificación digital de los canales de radio

Las fuentes de las señales de audio se codifican digitalmente utilizando la norma ISO de audio MPEG 2 nivel III, que forma parte de las normas de codificación mundial de audio y vídeo MPEG. Esta técnica de codificación ofrece una mejor eficacia en velocidad que la norma MPEG 1 nivel II para igual calidad de audio, especialmente a bajas velocidades. Las velocidades de fuentes digitalmente codificadas son:

- 16 kbit/s para audio mono, con calidad casi AM.
- 32 kbit/s para audio mono, con calidad casi FM.

- 64 kbit/s para audio estéreo, con calidad casi FM.
- 128 kbit/s para audio estéreo, con calidad casi CD.

La codificación MPEG 2 nivel III es compatible hacia atrás y permite, por ejemplo, utilizar MPEG 1 nivel II, si es necesario.

Capacidad de los canales de radio

Cada satélite puede transmitir una capacidad total de 1.536 kbit/s por multiplexión por división en el tiempo (TDM), que puede ser cualquier mezcla de los servicios de audio anteriores. Esto corresponde a una capacidad por haz de:

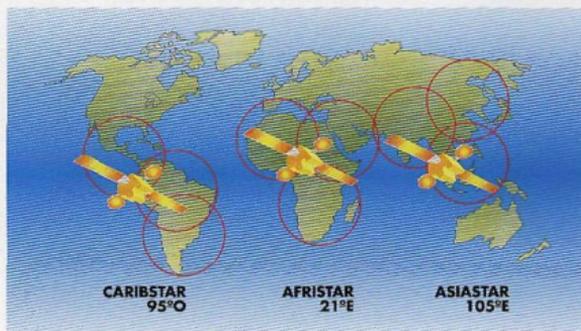


Figura 2 - Zonas de cobertura de WorldSpace

- 96 canales de audio mono (calidad AM), o
- 48 canales de audio mono (calidad FM), o
- 24 canales de audio estéreo (calidad FM), o
- 12 canales de audio de calidad estéreo CD, o
- cualquier combinación de los anteriores tipos de señal.

El sistema WorldSpace utiliza la banda de frecuencias asignada en WARC 92 para el DAB del servicio de satélites de radiodifusión (BSS), es decir de 1.467 a 1.492 MHz, de acuerdo a las resoluciones 33 y 528 de la UIT. Esta banda de frecuencias se puede ampliar posteriormente en futuras WARC's para permitir utilizar toda la asignación DAB (entre 1.452 y 1.492 MHz).

Las emisoras de radio utilizan enlaces terrenos hacia el satélite con alimentación del tipo estación terrena privada (VSAT) transmitiendo en la banda X de 7.025 a 7.075 MHz.

Operaciones de comunicación

El sistema incluye una misión de comunicaciones procesada que permite a todos las posibles emisoras de radio tener acceso directo al satélite utilizando un modo de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). Este principio, que se muestra en la **Figura 3**, se definió y validó hace varios años [1].

Las señales de enlace ascendente emitidas por las emisoras de radio se transmiten a través de canales FDMA individuales desde las estaciones terrestres situadas en cualquier punto dentro de la visión del satélite con ángulos de elevación superiores a 10°. FDMA ofrece la mayor flexibilidad posible entre múltiples estaciones de difusión de radio independientes, lo que permite a cada emisora de radio enviar una señal desde sus propias instalaciones directamente a uno de los satélites WorldSpace.

En el estudio, la emisora de radio multiplexa los programas de radio en un canal de radiodifusión con una velocidad entre 16 y 128 kbit/s, dependiendo de la calidad y del número de programas. Antes de la transmisión al satélite, la estación de radiodifusión demultiplexa

este canal de radiodifusión en canales de 16 kbit/s de velocidad primaria que se transmiten utilizando FDMA. La capacidad del enlace ascendente total es de 288 canales de velocidad primaria. Cada haz de enlace descendente transmite 96 canales de velocidad primaria de 16 kbit/s, multiplexados por división en el tiempo (TDM) en una portadora con una anchura de banda de aproximadamente 2,5 MHz. Cada uno de los tres haces utiliza una frecuencia portadora diferente para independizar los haces. Esta disposición de frecuencias portadoras es flexible dentro de la banda de frecuencias.

Cada TDM se transmite por la carga útil de satélite operada en saturación, dando la mayor eficacia de energía posible en términos de prestaciones de enlaces, como se explicará más adelante.

La conversión entre FDMA y TDM se realiza a bordo del satélite a nivel de banda base. El proceso de banda base proporciona un elevado nivel de control de canal, como el enrutamiento de canales entre los canales de enlaces ascendente y descendente, permitiendo así que la asignación de frecuencias FDMA en el ascendente sea flexible.

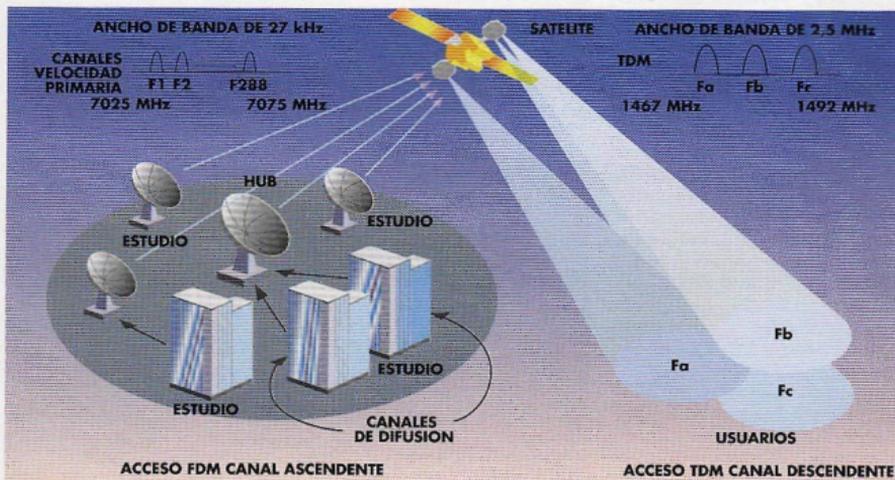


Figura 3 - Operaciones de comunicaciones

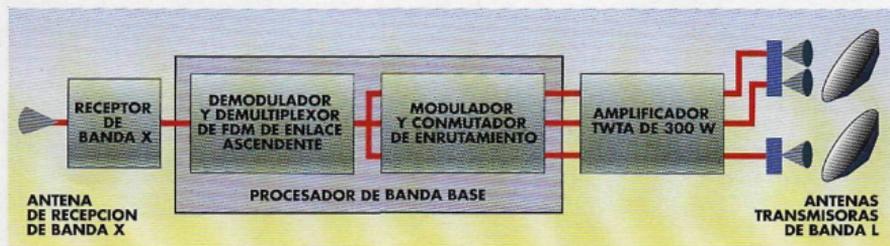


Figura 4 - Proceso de banda base en la carga útil de los satélites

Modulación

Una importante preocupación de los sistemas de radiodifusión es la elección de la técnica de modulación. WorldSpace ha elegido la modulación QPSK (modulación por desplazamiento de fase en cuadratura) TDM por las razones que se exponen más adelante. El sistema WorldSpace será un sistema independiente basado en satélites para la mayoría de las zonas de cobertura del mercado. Dentro de este área, el ángulo de elevación es superior a los 50°, para que los efectos multitrayecto sean despreciables. El efecto de propagación más importante es bloquear la señal de enlace descendente, que se minimiza al ofrecer el mayor margen de enlaces posibles.

Hace varios años se desarrolló un eficaz tipo de modulación, conocido como CODFM (múltiplex por división de frecuencia ortogonalmente codificado), que se adapta bien a entornos multitrayecto. Están emergiendo sistemas de radiodifusión digital terrestre, como el Sistema A de la UIT-T, que utilizan esta técnica de modulación. Se han hecho comparaciones de balances de enlaces entre las técnicas de modulación CODFM y QPSK TDM para radiodifusión por satélite, utilizando los mismos parámetros, las mismas velocidades y un modelo de ruido gaussiano que es representativo del entorno de propagación para la zona de cobertura de WorldSpace.

La transmisión QPSK TDM utiliza códigos Reed Solomon y de corrección de errores en recepción (FEC) de Viterbi concatenados, donde el Sistema A

(CODFM) utiliza codificación FEC de Viterbi. El resultado muestra una diferencia global de márgenes de enlaces de unos 8 dB a favor de la modulación QPSK TDM debido a:

- La necesidad de modulación CODFM para operar en modo lineal ya que utiliza señales de multipotadora, lo que lleva a una transmisión de potencia de RF por debajo de la máxima posible y a pérdidas por no linealidad (una diferencia de unos 3 dB).
- La utilización de demodulación no coherente para CODFM, así como a una corrección de errores en recepción menos eficaz (una diferencia de unos 4 dB).
- Las pérdidas específicas de la modulación CODFM, es decir, permitir el tiempo de guarda y las sobrecargas (una diferencia de 1 dB).

Por ello, la solución TDM de WorldSpace es más rentable en la radiodifusión por satélites que la CODFM.

Satélite de WorldSpace

La carga útil del satélite DAB de WorldSpace utiliza el concepto de proceso en banda base que ya ha mostrado su valía en satélites de tecnología avanzada, pero que solo se utiliza ahora en proyectos de satélites comerciales. El proceso en banda base mejora las prestaciones del sistema en los balances de los enlaces ascendentes y descendentes, en la gestión de las

estaciones de radiodifusión y en el control de las señales de enlaces descendentes.

La Figura 4 es un diagrama de bloques de la carga útil del satélite.

El procesador de banda base demodula todos los canales de velocidad primaria FDMA de enlace ascendente recibidos. Por cada señal TDM de enlace ascendente se seleccionan 96 canales de enlace ascendente de velocidad primaria y después se multiplexan en el tiempo en los descendentes. Los canales de velocidad primaria seleccionados se corresponden con varios canales de radiodifusión que se recibirán por los radio receptores.

El procesador de banda base permite una gestión de canal muy flexible:

- Cada canal de enlace ascendente puede difundir en banda L simultáneamente a uno, dos o tres haces.
- Cada canal de enlace ascendente se supervisa por el procesador de banda base.
- La selección de los canales de enlaces ascendentes dentro de cada TDM de enlace descendente es controlada continuamente.

El satélite pertenece a la categoría estándar gran clase y tiene las siguientes características principales:

- masa de lanzamiento: 2.750 kg (lanzamiento Ariane)
- consumo de energía: 6.000 w

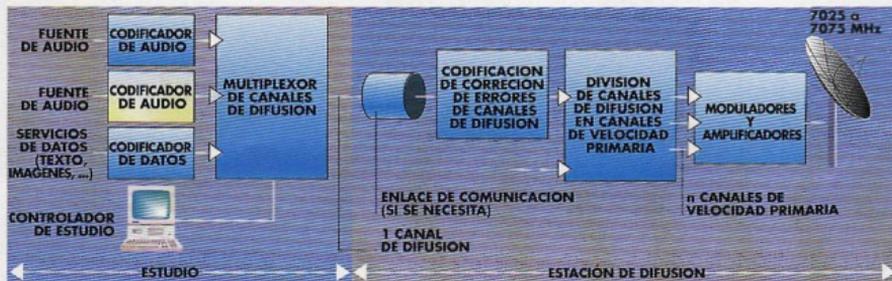


Figura 5 - Estación de enlace de conexión

- tiempo de vida: 15 años
- estabilidad en órbita: $\pm 0,1^\circ$ en las direcciones N/S y E/O

El satélite se ha diseñado para la operación en eclipse total. La energía es proporcionada por baterías cuando el satélite está en la sombra de la Tierra, permitiendo el funcionamiento del satélite las 24 horas del día.

Estaciones de radiodifusión de enlace ascendente

Las estaciones de enlaces de conexión utilizan terminales VSAT para transmitir entre uno y varios canales de enlace ascendente de velocidad primaria (16 kbit/s) usando pequeñas antenas (de 2 a 3 metros de diámetros) y amplificadores de baja energía (RF de 10 a 100 W). El equipo terreno para la codificación digital de audio MPEG se puede situar o en la estación emisora de radiodifusión o en los estudios de la emisora.

La Figura 5 es un diagrama de bloques de las estaciones de enlaces de conexión.

También se dispone de estaciones de radiodifusión centrales, que pueden transmitir un gran número de canales. Los enlaces entre emisoras y estaciones centrales utilizan enlaces de comunicaciones de la RTPC (red telefónica pública conmutada).

Receptores de radio

Los receptores de radio se basarán en chips ASIC (circuito integrado de aplicación específica) de producción masiva para asegurar que se cumplen los objetivos de coste. Serán capaces de funcionar con baterías y energía solar.

La Figura 6 muestra el diagrama de bloques del receptor de radio.

El radio recibirá la señal de banda L, demodulará y extraerá la señal de audio útil del haz TDM, y la decodificará a su forma original.

La radio se equipará con una simple antena para la recepción en exteriores y en la mayoría de interiores. En determinados entornos (edificios metálicos o de concreto), se puede necesitar una antena externa para proporcionar la adecuada recepción en interiores.

Como el sistema utiliza técnicas digitales, la radio puede recibir servicios multimedia auxiliares, incluyendo vídeo a cámara lenta, radiobúsqueda, correo electrónico y fax, que se pueden presentar en una pantalla plana o dirigirse a un interfaz serie de datos de un PC. Estos datos se multiplexan en los canales digitales de la señal de audio. El sistema soporta completamente el cifrado de las emisoras.

Prestaciones

El sistema de radiodifusión WorldSpace emitirá señales digitales con un BER (tasa binaria de error) de 10^{-4} o, mejor, proporcionando las diferentes calidades de servicio antes definidas.

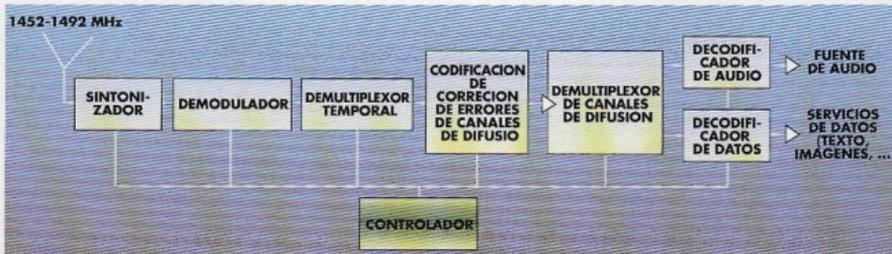


Figura 6 - Receptor de radio

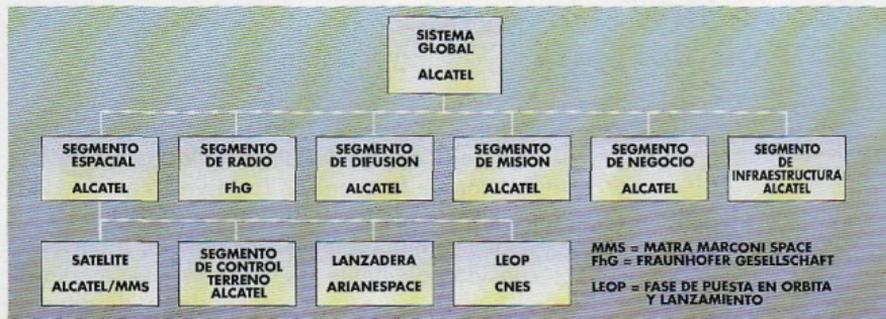


Figura 7 - Organización de WorldSpace

Cada haz de enlace ascendente tendrá un ancho de haz de unos 6° ofreciendo un margen de enlace de 10 dB, asumiendo un receptor de radio de relación ganancia/temperatura de -13,4 dB/K. Este margen ayudará a combatir la pérdida de señal causada por los obstáculos en el trayecto entre satélite y receptor, al proporcionar una recepción de total calidad en la zona de cobertura considerada.

Será posible ampliar la zona de cobertura en áreas abiertas sin obstrucción utilizando el receptor de radio estándar. En zonas donde las condiciones de recepción sean menos favorables, los receptores de radio se pueden conectar a antenas de gran ganancia o a una antena situada en una posición sin obstáculos. Por ejemplo, la recepción en un gran edificio puede requerir una antena normal montada en un tejado para todo el edificio o antenas individuales montadas junto a las ventanas.

■ ORGANIZACIÓN

En octubre de 1995, WorldSpace firmó un contrato con Alcatel para:

- toda la ingeniería del sistema,
- aprovisionamiento de todos los segmentos del sistema, incluyendo prototipos de receptores de radio y estaciones emisoras.

La división de responsabilidades entre los participantes del proyecto se muestra en la **Figura 7**.

Los principales subcontratistas de Alcatel son:

- Fraunhofer Gesellschaft (FhG), para el prototipo del receptor de radio.
- Matra Marconi Space (MMS), para los satélites, que transportarán las cargas útiles de Alcatel.
- Arianespace para los servicios de lanzamiento.

El programa está totalmente financiado y ya ha comenzado la implementación. El primer satélite -Afristar- se lanzará a mediados de 1998; el servicio comenzará unos meses más tarde. AsiaStar y CaribStar les seguirá en intervalos de seis meses.

■ CONCLUSIONES

El programa de radiodifusión de audio digital de WorldSpace realizará el primer sistema DAB de cobertura global capaz de ofrecer docenas de canales de audio de alta calidad, así como servicios auxiliares, a receptores de radio de bajo coste. Esto ha sido posible gracias a la emergencia de las nuevas tecnologías espaciales.

El DAB ha sido posiblemente el avance más importante de la radiodifusión en

75 años, desde que se hizo realidad la radiodifusión de ondas cortas en 1920.

■ RECONOCIMIENTOS

Los autores quieren agradecer el trabajo pionero de N.A. Samara y S.J. Campanella de WorldSpace Inc. en el emergente campo de la radiodifusión directa de audio.

■ REFERENCIAS

- 1 S.J. Campanella: "Communications Satellites: Orbiting into the 90's", *IEEE Spectrum*, vol. 27, n°8, agosto de 1990, págs 49-52

Olivier Courseille es director de ingeniería de misión DAB en Alcatel Espace para el proyecto WorldSpace.

Patrick Fournié es director ejecutivo de programas de Alcatel Espace para el proyecto WorldSpace.

EVOLUCIÓN DEL SERVICIO FIJO POR SATELITE

FR. FRAIKIN
A. ROGER

La llegada de la televisión digital asociada a la utilización de frecuencias cada vez más elevadas ha provocado la explosión del mercado de las telecomunicaciones por satélite, reduciendo considerablemente los costes de este medio de transmisión y de difusión

■ INTRODUCCIÓN

La denominación "servicio fijo por satélite" designa al conjunto de sistemas de telecomunicaciones que utilizan un satélite y realizan la transferencia de información entre diferentes puntos fijos de la tierra. Por lo general, este satélite se sitúa en una órbita geostacionaria.

Inicialmente limitados a la transmisión de enlaces telefónicos internacionales (Intelsat, 1962) o regionales (Telecom 1, 1980), estos sistemas ampliaron muy pronto su campo a la distribución, y después a la difusión de programas de radio y televisión; actualmente se abren a aplicaciones interactivas del tipo multimedia.

En los albores del tercer milenio, las tecnologías vinculadas a la multimedia van a contribuir a propulsarnos hacia una sociedad mundial de la comunicación, que intercambia imágenes y sonidos en tiempo real. Las puntas de lanza de esta revolución se basan en la aparición y el desarrollo de las tecnologías digitales: la compresión de datos, el modo de transferencia asíncrono (ATM), las pantallas planas de grandes dimensiones y la multiplicación de servidores organizados en redes de acceso cada vez más fácil.

Más allá de las tecnologías, se plantean otras preguntas: los aspectos reglamentarios, el reparto de frecuencias, la complementariedad de los sis-

temas propuestos y la organización de asociaciones entre operadores, industria y proveedores de servicios. Los propios operadores de satélites cambian de comportamiento, y la industria proveedora se acerca progresivamente al abonado. El mercado, en fuerte expansión, ya es mundial. La llegada de nuevos servicios será un nuevo factor de desarrollo. Así pues, ¿cuál será el mañana del servicio fijo por satélite?

■ LAS TECNOLOGÍAS

En estos últimos años la tecnología de la carga útil ha evolucionado muy significativamente: miniaturización con circuitos integrados monolíticos (MMIC), módulos multichips (MCM) y ensamblado por apilamiento (3D); antenas de reflectores formados y antenas activas; filtros de resonadores dieléctricos; por último, amplificadores de tubos de ondas progresivas (TWTAs) más potentes y más ligeros que limitan la llegada de los amplificadores potencia de estado sólido (SSPA); al tiempo la potencia disponible a bordo es cada vez mayor. Las tecnologías digitales progresan con gran rapidez, mejorando la calidad y cantidad de información transmitida, gracias a la codificación en elementos binarios y, después, a la compresión que permiten "ahorrar", ya que la

información a transmitir en una señal de televisión sólo trata las variaciones de señal respecto a la muestra de origen. Estas tecnologías permiten el procesamiento embarcado. Es el caso de los satélites del programa WorldSpace (multiplexación de canales de radio) y de los satélites Eutelsat con Skyplex (multiplexación de programas de televisión).

La utilización de una banda pasante más ancha y de la tecnología ATM permite aumentar la velocidad de la información y, por tanto, la capacidad de transmisión embarcada a bordo de un satélite. Gracias a la compresión, en la televisión digital, podemos disponer de segmentos en tierra eficaces y económicos.

Las plataformas de los satélites geostacionarios ya pueden recibir cargas útiles más pesadas y de mayor potencia, y esta capacidad tiende a aumentar. Los motores de propulsión iónica permiten ganancias muy importantes (300 kg en un satélite de 4,5 toneladas). La tecnología de las baterías, que es tan importante para la duración de vida y los pasos en eclipse, progresa sin cesar, pasando del níquel-cadmio (NiCd) al níquel-hidrógeno (NiH₂), y al litio. Actualmente, las células solares utilizan arseniuro de galio (AsGa).

En consecuencia, los satélites embarcan un número cada vez mayor de transpondedores y, en unos pocos



Figura 1 - Sesat (Siberia Europe Satellite): ejemplo de cooperación franco-rusa (Alcatel y NPO PM) dentro de Eutelsat

años, su duración de vida ha pasado de 7 a 15 años. Por ello, el coste por canal y por año, criterio de rentabilidad de estos sistemas, no cesa de disminuir. Asociada a la flexibilidad de su utilización, la competitividad de los servicios fijos ha aumentado considerablemente. El coste de difusión de un programa de televisión se ha reducido por un factor superior a cinco, y el coste de los servicios de telefonía rural en proporciones de igual magnitud.

El satélite ya permite transmitir en un mismo canal servicios universales que utilizan imágenes, sonido y datos, e incluso demodular la información a bordo, conmutarla y establecer cierto nivel de interactividad. A 36.000 km

de la Tierra, realiza lo que hasta ahora estaba reservado a los conmutadores terrestres, asegurando de este modo una sinergia con las redes terrestres (Figura 1).

El perfeccionamiento del segmento en tierra (o terrestre) de las telecomunicaciones espaciales, consecuencia de la evolución de los satélites, y todos los nuevos servicios resultantes, va acompañado de desarrollos para poner equipos compactos a disposición de los usuarios individuales: desde el teléfono portátil hasta la estación comunitaria autónoma para zona rural, pasando por los equipos de búsqueda de personas o de búsqueda y de localización, y los receptores de radio digital por

satélite, así como, en el futuro, los terminales multimedia.

En telefonía rural, el desarrollo de la radiotelefonía por satélite en banda de base, junto al progreso alcanzado en la miniaturización de los elementos de radiofrecuencia en las bandas asignadas a las comunicaciones por satélite, permiten prever actualmente estaciones completas que ofrecen servicios de telefonía, datos y fax por un coste inferior a mil dólares. Teniendo en cuenta que el coste de estas estaciones viene determinado principalmente por la función de emisión de radio, las nuevas tecnologías de integración de radiofrecuencia basadas en SiGe permitirán reducir aún más estos costes.



Figura 2 - Operadores de satélites

■ ASPECTOS REGLAMENTARIOS Y ECONÓMICOS

(Figura 2)

Tradicionalmente, el servicio fijo por satélite utilizaba (salvo en la Unión Soviética) la órbita geoestacionaria. Los futuros sistemas explotarán constelaciones de órbita baja que ofrecerán servicios interactivos multimedia complementarios de los ofrecidos por las redes terrestres de líneas de abonado digitales asimétricas (ADSL) implantadas en las zonas de gran densidad de población, utilizando los mismos terminales fijos. El número de abonados a este tipo de servicios debería elevarse, en el mundo, a unos treinta millones hacia el año 2004.

La demanda de banda pasante es cada vez mayor sea cual sea la cobertura. En efecto, un satélite geoestacionario puede ser explotado en dos años y proporcionar instantáneamente la infraestructura de telecomunicaciones y de radio/televisión de la que aún carecen muchos países. De ello resulta una mayor aglomeración en la órbita geoestacionaria en las frecuencias tradicionales civiles C y Ku. Ante este fenómeno, vemos aparecer numerosas demandas en banda Ka, e incluso en banda X, generalmente reservada a los

militares (proyecto M2A en Indonesia).

La Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT), responsable de la regulación y coordinación de la asignación de posiciones orbitales, estudia, para la Conferencia administrativa mundial de radiocomunicaciones (WARC) de octubre de 1997, una resolución que haga que el acceso a la órbita sea de pago y que reduzca de 9 a 7 u 8 años el plazo de puesta en servicio a partir del cual se perdería la posición. También se deberá establecer en su momento la credibilidad financiera de los proyectos, mediante la notificación de los contratos relativos a las lanzaderas y los satélites. Dado que una posición en la órbita geoestacionaria permite la visibilidad de un tercio del planeta, cada operador internacional, nacional o privado ofrecerá servicios en numerosos países a la vez. Para poder llevarlos a la práctica, el operador deberá obtener de estos países licencias que le concedan las frecuencias de los enlaces ascendentes hacia los satélites y, a veces, incluso la autorización de difusión (p. ej., China, Vietnam, Arabia Saudita, etc.).

El acceso a los servicios de telecomunicaciones espaciales se liberalizará

en Europa a partir de 1997 para todos los servicios, exceptuando el teléfono que lo será en 1998. Otros países como la India estudian la liberalización de los servicios de televisión. En Estados Unidos, la Federal Communications Commission (FCC) ha decidido abrir el mercado a partir de 1997 a sociedades como Panamsat, operador que depende de Hughes Communication Inc. Todo ello se inscribe en el marco de la liberalización del mercado de las telecomunicaciones a escala mundial.

Al aplicar las tecnologías descritas, se verán aparecer en todo el planeta redes que ofrezcan rápidamente servicios a precios muy competitivos. Las estaciones terrestres del futuro, por menos de mil dólares, van a sustituir progresivamente a las estaciones terrenas privadas (VSAT), cuyo coste y velocidad ya no son compatibles con los nuevos servicios telefónicos y multimedia.

Aparecen nuevos operadores, se establecen alianzas entre industria y operadores, entre operadores y proveedores de servicios, entre radiodifusores e industria u operadores. Los proveedores de servicios se cuestionan incluso una decisión que tiene como objetivo el ser propietarios de su propia red (Teledesic).

■ ALTERACIÓN DEL POSICIONAMIENTO TRADICIONAL

Las telecomunicaciones para servicios fijos por satélite geostacionario evolucionan debido a la conjunción de varios factores:

- las expectativas de los usuarios en materia de tarifas, servicios, opciones, interactividad, rapidez de tratamiento e intercambio de información,
- las exigencias de los operadores, que buscan el menor coste para obtener el mayor beneficio,
- las exigencias de los radiodifusores, a veces en conflicto con los intereses de los operadores tradicionales,
- la competencia entre operadores y proveedores de servicios, incrementada por la liberalización.

Todo esto genera alianzas y asociaciones que se hacen, y a veces se deshacen, a un ritmo constante. Los operadores se apoyan en organizaciones industriales y/o financieras. Proyectos como Asiasat, Nahuel, Direct TV/PC, Panamsat y Orion proceden, bien de los grandes de la televisión o de fabricantes de satélites, de nuevos empresarios, o bien, en la actualidad, de alianzas entre operadores públicos o privados con fabricantes. En el ámbito multimedia, las iniciativas esenciales proceden del mundo industrial en cooperación con ciertos operadores y proveedores de servicios. La calidad de los servicios ofrecidos a los usuarios deberá convencer a los inversores que tendrán que aportar el presupuesto correspondiente. Están apareciendo nuevos nombres apoyados por inversores privados (p. ej., WorldSpace). Algunos de estos nuevos sistemas no llegarán a tener una buena rentabilidad económica aunque, hasta la fecha, no haya habido ninguna quiebra entre los inversores privados, que no quieren quedar excluidos de lo que podría ser "el mercado" del siglo XXI.

■ CAMBIO DE ACTITUD DE LOS CLIENTES

La era de las compras en "kit" por organismos de cultura técnica como Intelsat o Eutelsat ya no es lo esencial del mercado. Estas administraciones internacionales ya siguen una tendencia iniciada por Inmarsat en telefonía móvil (proyecto ICO) creando sociedades semipúblicas para ofrecer servicios más competitivos. El ejemplo más reciente es el de Intelsat con KTV. Algunos clientes, como Arabsat, a los que, en la primera generación de satélites, se les suministraban por separado la lanzadera y las estaciones en tierra, en la segunda generación ya ceden todo el riesgo técnico a su proveedor comprándole satélites ya puestos en órbita. ¡Los proveedores se convierten en compradores de lanzaderas y en clientes para las compañías de seguros! La compra de un sistema llave en mano, que fue una gran primicia en 1989 con Turksat, ya es algo cotidiano.

Los nuevos clientes, preocupados por una rápida rentabilidad de su inversión, ya se encargan de asegurar que los equipos necesarios para el gran

público se desarrollen al mismo tiempo que el segmento espacial. Por este motivo, el contrato de WorldSpace consta de una parte "extremo a extremo" que incluye el desarrollo de los circuitos ASIC de los aparatos receptores de radio. Esto también ocurre en el proyecto Thuraya, que incluye el suministro de los primeros teléfonos portátiles en modo dual (GSM/satélite) desde las licitaciones de satélites.

Ciertos suministradores de programas (Kirsch, BSKyB, Canal Satellite, TPS, StarTV, etc.) ya hablan de las plataformas DTH (TV por cable). Estas plataformas incorporan todos los segmentos: satélites, segmento de tierra, terminales de recepción para el gran público e, incluso, los programas. Cada socio comparte los riesgos financieros y los beneficios de sus aportaciones (p. ej., Direct TV/PC, BTI/MCI, StarTV, etc.).

■ DIMENSIONES DEL MERCADO
(Figura 3, Tablas 1 y 2)

La media mundial de la tasa de crecimiento del mercado de las telecomunicaciones es del 15% anual, y en cier-

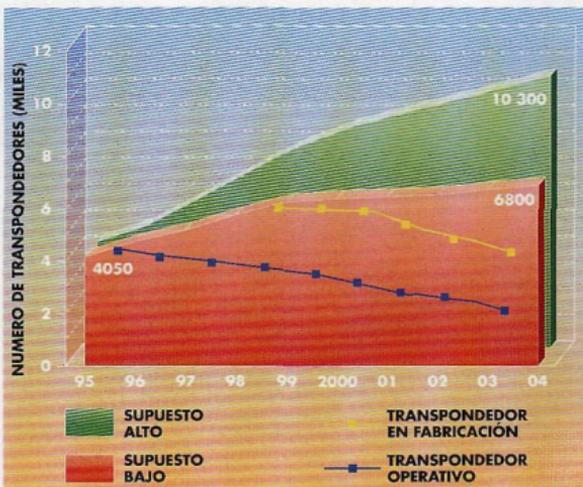


Figura 3 - Capacidad mundial de comunicaciones por satélite en función del número de transpondedores de 36 MHz en órbita

	Cuota de mercado		Número de transpondedores en bandas C y Ku en órbita (36 MHz) en 1995	% de transpondedores utilizados	Ingreso medio por transpondedor en M\$	Ingresos 1995 (M\$)
	% del total de transpondedores en bandas C y Ku	% del total de ingresos en 1995				
1. GE AMERICAN	7,3	15,3	276	85	3,5	830
2. INTELSAT	37,5	14,9	1473	60	1,05	805
3. AT&T Skynett/Loral	3,0	7,6	112	92	3,8	410
4. Hughes Communications Inc.	5,7	6,3	215	81	1,9	340
5. EUTELSAT	4,5	6,2	168	80	2,5	335
6. SES	1,8	5,5	66	85	5,3	298
7. DIRECT TV Inc (Hughes)	0,64	4,6	24	75	13,7	247
8. Japan Satellite System (Hughes)	2,2	3,7	83	30	8,03	200
9. SPACE COMMUNICATION Corp. (Loral/Hughes)	2,7	3,3	102	60	2,9	180
10. FRANCE TELECOM	2,4	3,3	89	90	2,2	180
11. TELESAT Canadá	3,2	3,3	120	93	1,58	176,6
12. OPTUS	2,3	3,2	85	55	3,74	175
16. PANAMSAT	4,9	2,1	186	80	0,79	116,2
18. DEUTSCHE TELECOM	0,85	1,85	32	85	3,7	100
19. SHINAWATRA	0,69	1,3	26	100	2,7	71
24. ASIANAT	1,71	0,78	66	100	0,64	42,2
29. ORION	1,27	0,41	48	50	0,9	22,3
En total, 35 operadores de satélites	3771	5409 M\$				
NOTAS						
Hughes+PANAMSAT+DIRECT TV	11,24	13,0	3º, después de INTELSAT			
TOTAL EUROPA (5+6+10+18) sin HISPASAT, TELENOR	9,55	16,85	Primera posición			

Tabla 1 - Resumen de EuroConsult: Mercado mundial 1996 de los satélites de comunicaciones (información suministrada por EuroConsult)

PREVISIÓN DEL MERCADO MUNDIAL 1996-2006				
	Satélites bajo contrato en julio de 1996	Satélites suplementarios a encargar hasta el 2006, en el mercado, Previsión Euroconsult		Total de suministros desde julio de 1996 a diciembre del 2006
		Gran probabilidad	Posibilidad	
Intelsat, Inmarsat	10	14	0	24
Sistemas internacionales privados	5	9	0	14
América del Norte	21	29	4	50-54
Europa Occidental	16	20	2	36-38
Oriente Medio/Africa	6	15	2	21-23
Europa Central y del Este	14	6	13	20-33
Sudeste asiático	3	10	5	13-18
Pacífico asiático	28	30	17	58-75
América Latina	5	9	5	14-19
Total (excluyendo 2º lanzamientos)	108	142	48	250-298
2º lanzamiento después de fracaso				12-15
MERCADO TOTAL				262-313

Tabla 2 - Satélites comerciales de televisión y de comunicaciones geostacionarios

tas regiones del planeta se eleva al 30%. El crecimiento del mercado de los satélites geoestacionarios de telecomunicaciones es de un 8% anual. La zona del Extremo Oriente, con 3.000 millones de habitantes y su espectacular progresión económica, figura a la cabeza, seguida por Europa Occidental, Europa Oriental, Oriente Medio y América Latina. El mercado norteamericano ha alcanzado prácticamente su régimen de crucero. Las telecomunicaciones por satélite también son un futuro para Africa que, pese a sus modestos recursos, puede encontrar en ellas el medio de abrir a todo el continente el acceso a sus servicios. Nos encontramos en el caso clásico en el que el satélite permite franquear una etapa y contribuir a aplicar el principio de universalidad de acceso a los servicios. Para principios del próximo siglo se anuncia otro fenómeno: la utilización de satélites civiles para uso gubernamental y militar. Se trata de responder a necesidades de orden logístico,

de implantar potentes medios de comunicación y de transferencia de datos, y de posibilitar el uso de la televisión digital civil para la difusión de información en el campo de operaciones. Todo esto permite, por una parte, ofrecer medios de anticipación y de gestión de las crisis a escala estratégica y, por otra, satisfacer las poderosas necesidades de intercambio entre los niveles estratégicos y tácticos, reforzando al mismo tiempo la integración de los sensores estratégicos y tácticos en una cobertura mundial a escala mundial. Por otra parte, esto satisface las necesidades en telefonía móvil, navegación y localización. Por el momento, el mercado financiero reacciona favorablemente, y las recientes puestas en bolsa (Asiasat, Panamsat, etc.) han sido todas un éxito. Es por este motivo por el que llegan nuevos empresarios a este mercado, cuya expansión proseguirá, sin lugar a dudas, en el transcurso de los próximos diez años.

■ ¿QUÉ PASARÁ MAÑANA?

Las técnicas de compresión digital han reducido considerablemente el coste por canal. Gracias a ellas, y a la multiplexación a bordo, muchos creadores de programas y operadores pueden compartir la utilización de los transpondedores de satélites. Este fenómeno es en algo comparable a la aparición de la radio de frecuencia modulada (FM) en los años 80. La instalación en tierra de segmentos de usuarios cada vez más económicos favorecerá el desarrollo de la telefonía rural por satélite, la generalización de la televisión interactiva y las comunicaciones regionales, y después mundiales, entre ordenadores. Al beneficiarse de los servicios de telecomunicaciones de cobertura mundial que proponen los satélites civiles, los militares encontrarán una respuesta a sus limitaciones económicas. Van a inventarse nuevas formas de aprendizaje y nuevas formas de con-

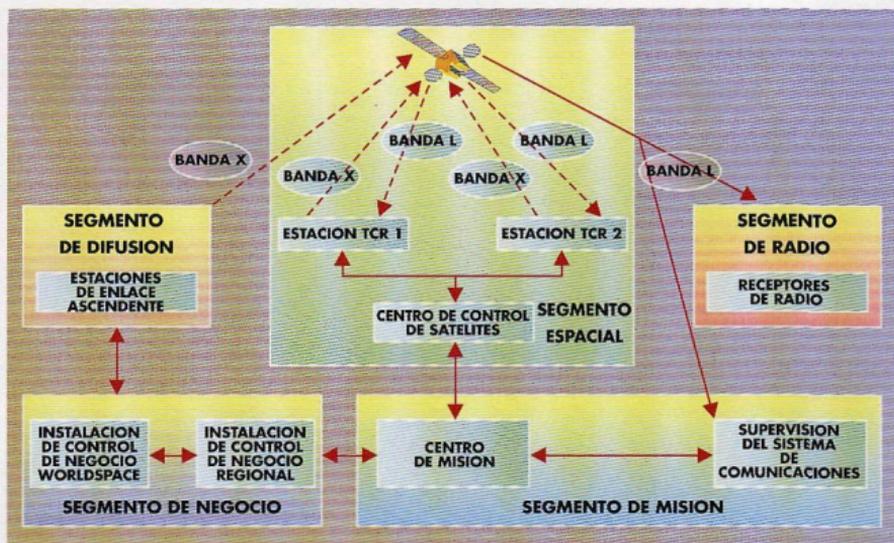


Figura 4 - Arquitectura del sistema WorldSpace

vivencia y de expresión. Nuestro modo de vida va a cambiar, así como nuestra relación con la cultura y el conocimiento. Los pesimistas dirán que este "progreso" también llevará a nuevas formas de exclusión o de incomunicación, pero no es menos cierto que el satélite también podrá desempeñar un papel igualitario por la cantidad de información que aportará sin preocuparse de las fronteras. Si los países ricos ven en los satélites un crecimiento explosivo de Internet, los países pobres pueden ver en ellos un teléfono rápidamente accesible, incluso en las regiones más remotas, y a un coste muy reducido.

En este contexto, Alcatel está presente a todos los niveles:

- sistemas llaves en mano abonado a abonado: civil con WorldStar (Figura 4), militar con Syracuse 1 y Syracuse 2,
- segmentos en tierra de control del satélite, segmentos de tráfico y de gestión,
- conjunto de segmentos de usuario profesionales y de gran público, incluyendo las estaciones terrestres fijas de todos los tamaños y los terminales fijos y móviles,

- cargas útiles, transpondedores, equipos o antenas para operadores internacionales (Intelsat, Eutelsat, Arabsat), nacionales (Turksat, Telecom 1 y 2, Tele-X, Singapore Telecom, Nilesat, Hispasat, etc.) y privados (Asiasat, Tempo, Astra, M2A, etc.).

Alain Roger es Director delegado de Operaciones y Servicios en la Space Business Line de Alcatel.

Francis Fraikin es Director de ventas de telecomunicaciones de Alcatel Espace.

EUTELTRACS: SERVICIO DE COMUNICACIONES MÓVILES VÍA SATÉLITE

P. BUHANNIC

Euteltracs proporciona un completo servicio de información de posición de vehículos y transmisión de datos, en toda Europa, Norte de África y parte de Oriente Medio. Ofrece a las compañías de transportes una mejora importante de la productividad y gestión de sus flotas

■ INTRODUCCIÓN

Euteltracs es un servicio de gestión de flotas que proporciona transmisión de datos e información de la posición de los vehículos vía satélite. A comienzos de 1966, el servicio celebró la incorporación del camión número 10.000 equipado por Euteltracs, contando actualmente con más de 15.000 vehículos. Lanzado en 1992 por Alcatel Qualcomm y Eutelsat, Euteltracs ha visto crecer sus ventas en más de un 50% al año en los dos últimos años. La razón es que el sistema es una exce-

lente herramienta para la mejora de la productividad y la gestión para compañías de transportes y gestores de flotas. Además del sistema de a bordo y el acceso a la red Euteltracs, el servicio ofrece una gama de soluciones a medida para satisfacer cada una de las aplicaciones. Estas soluciones, son suministradas como proyectos llave en mano, estando totalmente integradas con los propios sistemas de información de los clientes.

La cobertura de Euteltracs se extiende a toda Europa, Norte de África y parte de Oriente Medio (Figura 1) mientras

que Omnitracas cubre toda América del Norte incluyendo Méjico, así como Brasil, Japón y Malasia. Ambos servicios emplean la misma tecnología y son actualmente utilizados por unos 185.000 vehículos en todo el mundo - muchos más que los de los otros sistemas competidores. Solamente en Europa, más de 500 compañías de transportes utilizan este sistema. Suministradores locales de servicios distribuyen Euteltracs en más de 20 países.

Euteltracs se ajusta a las necesidades de la industria del transporte propor-

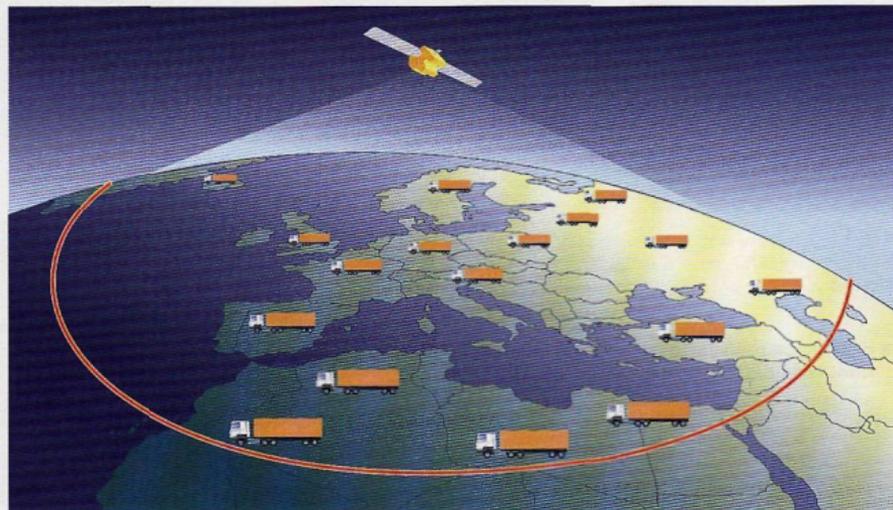


Figura 1 - Área de cobertura del servicio Euteltracs

cionando a los centros de operaciones información actualizada de la posición de todos los vehículos y fácil comunicación con los conductores para facilitar operaciones puntuales, ayudar a proteger mercancías valiosas, materiales peligrosos, mercancías refrigeradas y perecederas, transporte de contenedores, un menor tiempo de carga y transporte de larga distancia, etc.

Permite a los gestores de flota comunicarse con los conductores a través de un servicio de datos, siempre que el vehículo se encuentre dentro de la zona de cobertura, recoger datos del estado del vehículo en tiempo real y localizar la posición del vehículo en un área de 100 metros.

La integración de estos datos dentro del sistema de información del cliente optimiza el flujo los datos, mejorando la productividad y el servicio del cliente.

El sistema Euteltracs se compone de cuatro elementos básicos, que se muestran en la **Figura 2**:

- Sistema de proceso del usuario final (bajo Windows/UNIX/IBM AS400) en el centro de control.
- Estación central con dos antenas y sus frontales asociados de radio frecuencia (RF) e instalaciones terminales del centro (HTF).
- Dos satélites Eutelsat en órbitas geoestacionarias, cubriendo Europa Occidental y Oriental (hasta los montes Urales), así como la cuenca del Mediterráneo y Oriente Medio.
- Terminal de comunicaciones móviles Euteltracs (MCT), como el de la **Figura 3**.

■ ORDENADOR DE USUARIO FINAL PARA GESTIÓN DE FLOTAS

Integrar bases de datos de información conectando sistemas de ordenadores puede marcar la diferencia entre la gestión de un negocio con éxito o quedarse por detrás de la competencia, especialmente en la industria del

transporte. La última versión del software QTRACS de Euteltracs cumple totalmente con el desafío del software integrado.

El software QTRACS está diseñado para suministrar un soporte completo de las comunicaciones entre las bases de datos de los clientes y el centro de gestión de red Euteltracs (NMC), para control y gestión de todas las características de los sistemas de a bordo, como soporte del servicio de

mensajería hacia y desde los vehículos móviles, para soportar datos y gráficos de posición, y para enviar aplicaciones de sistemas integrados a través del enlace de aplicaciones externas Euteltracs.

El software de gestión de flotas QTRACS se encuentra actualmente disponible sobre plataformas en entorno Windows (3.x, 95 o NT), sistemas mini de IBM (AS400) y otras basadas en UNIX. Suministra a todos

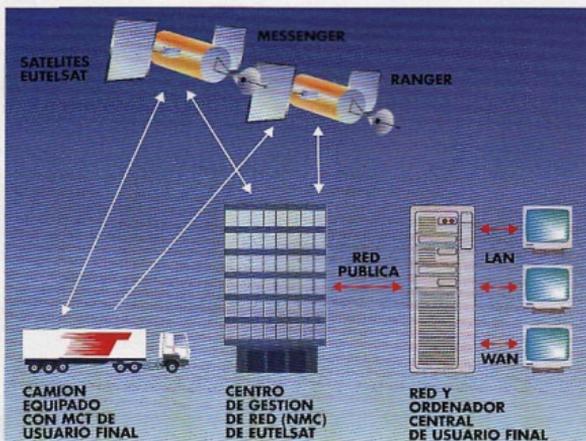


Figura 2 - Arquitectura del sistema Euteltracs



Figura 3 - Terminal de comunicaciones móviles Euteltracs

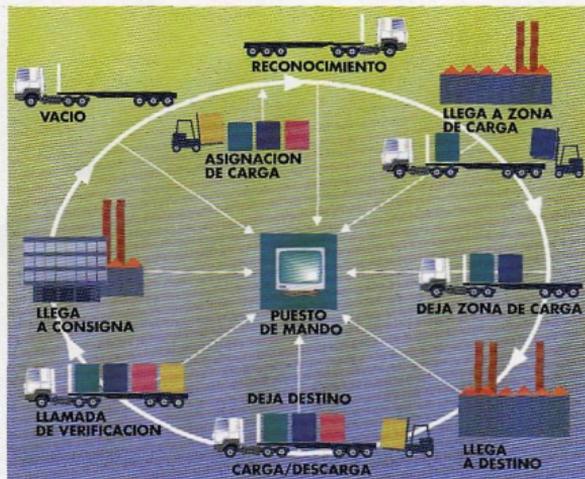


Figura 4 - El "ciclo de servicio", una secuencia lógica del camino de ida y vuelta de las macros

los sistemas con un enlace de aplicaciones externas que permite al software de las aplicaciones existentes acceder al sistema de posicionamiento y mensajería. Los enlaces de las aplicaciones externas se basan en conjuntos de macros Euteltracs definidas y estructuradas en un diagrama de flujos de "ciclo de servicio", el cual se muestra en la **Figura 4**.

Comunicaciones con el NMC

QTRACS se encarga de las funciones de comunicaciones entre el usuario y el NMC, proporcionando soporte para comunicaciones asíncronas sobre líneas conmutadas o alquiladas. El sistema puede transmitir y recibir automáticamente mensajes desde el NMC en comunicaciones periódicas o en tiempo real. QTRACS busca automáticamente en el NMC los mensajes de los vehículos y los pasa al sistema de ordenadores del usuario. Puede gestionar peticiones y recibir información sobre la posición de los vehículos y cambiar los parámetros MCT, incluyendo la designación de los vehículos que recibirán mensajes de grupo.

Transmisión de datos y mensajes

QTRACS proporciona menús sencillos para el envío y recepción tanto de mensajes preformatados como de formato libre. Los mensajes de macros preformatados son plantillas para

mensajes usados normalmente por conductores y usuarios. Cada usuario puede definir sus propias macros para envío y recepción, que pueden cargarse en sus MCTs. El servicio Euteltracs se hace cargo, cuando es necesario, de modificar las bases de datos del QTRACS, del suministrador de servicios del NMC y los MCTs. Se dispone de un registrador automático de fecha y hora de mensajes de reconocimiento. QTRACS notifica inmediatamente a los usuarios cuando hay un mensaje de emergencia y ofrece contraseñas como protección para la información confidencial.

Posición de los vehículos

QTRACS proporciona un mapa gráfico que muestra la posición de los vehículos (**Figura 5**). El terminal del cliente:

- presenta las posiciones de los vehículos como datos, en formato texto, proporcionando distancias y dirección respecto a la ciudad o lugar más próximo, o gráficamente sobre un mapa de carreteras de Europa;
- muestra, en todo momento, la distancia aproximada entre un vehículo selec-



Figura 5 - Presentación de las posiciones de los vehículos proporcionada por QTRACS

cionado y cualquier ciudad o lugar;

- indica que vehículos se encuentran a una distancia determinada de una posición específica;
- hace zoom sobre un vehículo o lugar específico, o se mueve por todo el mapa;
- permite marcar lugares específicos (almacenes, instalaciones de clientes, etc.) en el mapa y en formato texto.

Interfaz de seguimiento sobre mapas

Apuntando a un vehículo sobre el mapa se presentará el último mensaje de su conductor. El usuario puede hacer zoom o seguir al vehículo sobre cualquier zona del mapa.

Histórico de la posición y base de datos del vehículo

La base de datos QTRACS suministra informes de gestión y registros históricos de la ruta. Estas facilidades incluyen:

- consolidación de mensajes y datos relativos a los vehículos asignados a grupos;
- temporización para reducir la alimentación del MCT una vez que se haya parado el motor del vehículo;
- controles para determinar la frecuencia y el volumen de las señales acústicas emitidas en el vehículo;
- presentación sobre mapa, o en formato texto, de hasta 100 posiciones anteriores de cualquier vehículo;
- registro opcional de la fecha y hora de cada posición sobre un mapa.

■ ESTACIÓN CENTRAL TERRESTRE

La estación central terrestre maneja las comunicaciones entre el NMC y el MCT, y también calcula y procesa la posición de los vehículos. El procesador central del centro suministra todas

las funciones de control de red y las facilidades para el suministro de servicios de archivo y facturación a nivel de sistema. La estación central terrestre incluye una antena primaria para la mensajería del satélite y una secundaria para la señal de baliza que se sincroniza con la señal del mensaje transmitido. Se compone de un equipo de frecuencia intermedia/banda base (IF/BB) y de proceso de señal para recepción y transmisión de mensajes, junto con un equipo de telecomunicaciones que sirve de interfaz con las instalaciones terminales del centro.

■ CAPACIDAD DEL SATELITE

El servicio Euteltracs utiliza la capacidad de satélite a bordo de dos vehículos espaciales Eutelsat: el satélite de datos y el satélite de transmisión. Se necesitan dos transpondedores para el servicio de datos, uno para enviar y otro para recibir mensajes. El informe de la posición se determina por la transmisión de una señal de medición de distancias por el satélite transmisor; éste solo usa una fracción de la capacidad del transpondedor.

La estación central transmite por dos antenas distintas apuntando a los dos satélites. En la unidad móvil, la antena del MCT apunta alternativamente a ambos satélites, transmitiendo y recibiendo datos del satélite de datos, y transmitiendo solamente al satélite de transmisión.

■ TERMINAL DE COMUNICACIONES MÓVILES

El terminal de comunicaciones móviles (MCT) consta de tres partes:

- Unidad exterior, que está protegida por una cúpula, contiene la antena y el equipo de radio.
- Unidad interior, que realiza las funciones de módem y codec, así como las funciones de reloj para el proceso de posicionamiento, está equipado con un puerto RS232 estándar al que se le

pueden conectar los periféricos.

- Unidad de presentación consta de una pantalla de cuatro líneas de hasta 40 caracteres y un teclado ABCDE o QWERTY. Las teclas de función se suministran por medio de funciones de usuario pre-programadas así como por indicadores de espera de mensajes y de sincronización de satélite.

Cuando la unidad móvil no está sincronizada para recepción, ejecuta un algoritmo de adquisición de recepción hasta que la información del satélite pueda ser demodulada. En ese momento, la antena apunta hacia el satélite y los mensajes pueden ser recibidos desde la central. Mientras recibe una señal desde la central, el móvil puede comenzar a transmitir un mensaje. Si se pierde la señal recibida, al terminal no le está permitido transmitir, evitando de esta manera las interferencias. La unidad exterior se conecta a la unidad de comunicaciones que se encarga de la corrección de errores, la síntesis de la forma de onda, la modulación y codificación, el proceso del posicionamiento, la unidad de presentación y los interfaces RS232. La generación más reciente de MCTs (desde febrero de 1966) está equipada con memoria flash para permitir una evolución más sencilla.

■ SERVICIO DE INTERCAMBIO DE DATOS

Principios de la transmisión de datos

Se pueden usar dos formatos de datos básicos: el "libre" y el "macro" o de mensajes formateados. Los mensajes de formato libre, compuestos por el emisor, pueden ser de cualquier formato y tener una longitud de hasta 1.900 caracteres. Los mensajes "macro" están formateados con anterioridad, ahorrándose tiempo y coste de transmisión porque solo hay que rellenar los campos predefinidos. Se pueden usar hasta 60 mensajes de tipo macro en cada dirección. Esto proporciona a Euteltracs la capacidad necesaria para

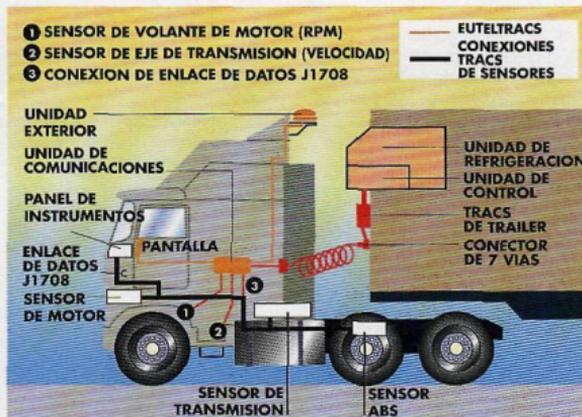


Figura 6 - Sistema de información del vehículo

manejar funciones de proceso de base de datos.

Aplicaciones de datos típicas son el despacho de asignaciones de carga, direcciones, revisión de planes de entrega e informes de estado. Existe también una opción de mensajes de emergencia de atención inmediata. Además, a cada transmisión enviada por un distribuidor se le puede asignar una de hasta 5 prioridades distintas. El MCT puede almacenar hasta 100 mensajes (tanto de ida como de vuelta) o hasta un total de 300 líneas de presentación en el caso de mensajes de texto, para su posterior referencia. La protección por medio de contraseñas garantiza el que las comunicaciones se envíen exclusivamente a los terminales móviles asignados al abonado al servicio correspondiente. También se pueden crear subuentas.

Paquetes binarios

Euteltracs soporta la transmisión de paquetes binarios. Son mensajes de patrones binarios arbitrarios que se pasan al MCT usando el protocolo de interfaz de móviles. Los paquetes binarios originados en un dispositivo externo proporcionan un método sencillo para transferir datos cifrados. Las aplicaciones para paquetes binarios inclu-

yen la transmisión de información sobre la carga, remolques y camiones. Todos los mensajes y transferencias de paquetes binarios son transacciones con reconocimiento bidireccional. Todas las transferencias incluyen la verificación de errores para garantizar la validez de los datos.

■ FUNCIONES Y EQUIPOS AUXILIARES

Sistema de información de vehículos

El sistema de información de vehículos (VIS) de Euteltracs es una familia de aplicaciones que proporcionan datos en tiempo real que el cliente necesita para gestionar eficazmente su flota de vehículos (Figura 6). El interfaz del VIS reside en la unidad de comunicaciones de a bordo, reduciendo la necesidad de un hardware adicional. El sistema VIS transmite informaciones relacionadas con el informe del viaje, la evaluación del conductor, la localización de remolques perdidos y el diagnóstico de los vehículos. De esta forma, se permite a los usuarios incrementar la productividad de las operaciones de sus flotas, reducir los costes y localizar remotamente los fallos para

minimizar los retrasos de los vehículos no programados.

La familia VIS se compone de:

- **Sensortracs**, facilidad de supervisión de vehículos que permite a los transportistas mejorar la productividad recogiendo y clasificando datos sobre el servicio del motor (velocidad del motor y consumo de carburante), control del tiempo de inactividad, control del tiempo de conducción, etc.
- **Reefertracs**, sistema de supervisión de la refrigeración para usuarios que necesitan mantener un informe de la cadena de refrigeración para mercancías sensibles a la temperatura.
- **Trailertracs**, completo sistema de gestión de remolques que permite a los usuarios controlar, en tiempo real, el estado de conexión/desconexión y la posición de cada uno de los remolques de su flota.

Sistema software de acceso múltiple de Qualcomm

Visión general

El sistema software de acceso múltiple de Qualcomm (QMASS) es una reciente mejora (septiembre de 1986), que permite a terceros autorizados el acceso a Euteltracs. El software del NMC ha sido modificado para permitir la comunicación entre "distribuidores auxiliares" terceros y los MTCs. Cada distribuidor auxiliar se comunica con el NMC a través de un ordenador (el servidor auxiliar) de igual forma que lo hace un distribuidor abonado actualmente con el NMC, utilizando el mismo software QTRACS. Los distribuidores auxiliares se conectan al NMC como lo hacen los actuales abonados utilizando parte de los paquetes del interfaz de abonado además de algunos otros paquetes nuevos. El servidor auxiliar puede ejecutar cualquier software de abonado existente (QTRACS, etc.) con solo pequeñas modificaciones. **Funcionalidad del QMASS**
 El software QMASS añade las siguientes funciones al NMC de Euteltracs:

- Autorización del operador del NMC a distribuidores auxiliares sobre una base de abonados.
- El distribuidor auxiliar autorizado recibe, en sus MCTs, copias de los mensajes enviados y sus confirmaciones desde el distribuidor abonado.
- Se han ampliado las macros para los mensajes enviados a un distribuidor auxiliar.
- El distribuidor abonado recibe, en sus MCTs, copias de los mensajes enviados y sus confirmaciones desde el distribuidor auxiliar.
- El distribuidor auxiliar autorizado recibe copia de los mensajes de retorno, incluyendo macros ampliadas, de un MCT a su distribuidor abonado.
- El operador del NMC puede limitar el tráfico del distribuidor auxiliar a ciertas prioridades o tipos de mensaje.
- Los mensajes del distribuidor auxiliar se identifican como tales por el MCT y el distribuidor abonado.
- El distribuidor auxiliar puede requerir información sobre la posición reciente para un MCT, y una actualización de la posición desde un MCT.
- Los registros de tarificación y facturación indican si un mensaje fue transmitido por el aire o fue un mensaje enrutado.
- Un distribuidor auxiliar conectado a un NMC puede comunicarse con los NMCs propiedad de los abonados sobre cualquiera de los otros NMCs que tengan el mismo código de país y compartan ficheros de la base de datos.

■ DESPLIEGUE COMERCIAL

En Euteltracs están implicados tres clases de socios: Eutelsat como suministrador de red, Alcatel Qualcomm como suministrador del sistema y dieciocho suministradores nacionales de servicios (en el momento de escribir este artículo).

El acuerdo Alcatel Qualcomm/Eutelsat cubre el segmento espacio-tierra del servicio Euteltracs (capacidad de satélite y centro de gestión de red europeo) como su primer servicio móvil terrestre.

En cada país, el servicio Euteltracs es ofrecido por suministradores de servicios públicos y privados que son responsables del marketing, de las ventas hardware y software y de suministrar el servicio de comunicaciones móviles al usuario final. Hasta este momento, se han firmado dieciocho acuerdos de suministro de servicios y se está en negociación con otros seis países.

El servicio está actualmente disponible en 22 países, y Euteltracs espera obtener convenios de licencia en toda Europa Occidental y en la mayoría de Europa Oriental para finales de 1997. En todos los países europeos, Euteltracs está disponible a través de

un distribuidor local que habla el idioma del abonado, conoce las necesidades del mercado local, y ofrece un sistema y servicio completo en "una sola compra".

Como suministrador del sistema, Alcatel Qualcomm construye y suministra el ordenador NMC para la instalación de la estación central, en Rambouillet. Además, Alcatel Qualcomm distribuye los MCTs Euteltracs y todo el sistema software para las operaciones de gestión de red y las funciones de gestión de flotas.

■ CONCLUSIONES

Con más de 15.000 terminales actualmente en uso, Euteltracs es el primer servicio de satélites móviles que ofrece un amplio servicio de intercambio de información integrada e informe de posición a la industria del transporte europea. El servicio Euteltracs cubre una área "sin discontinuidad" en Europa (desde el oeste de Islandia hasta 1.000 km al este de Moscú, y desde el Norte de África hasta el norte de Noruega) y desde el Oriente Medio hasta el Norte de África. Más de 500 de las principales compañías de transporte por carretera y navieras ya han adoptado la solución de gestión de flota de Euteltracs.

Patrick A. Buhannic es Presidente y CEO de la división Euteltracs de la Space Business Line de Alcatel.

LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE

J.-P. PROVENZANO
C. TEXIER

Un futuro sistema de navegación por satélites europeo debería permitir que Europa ocupe un puesto en este amplio mercado y afronte la explosión del tráfico aéreo, y al mismo tiempo significar un ahorro para los operadores y las compañías aéreas, cuya calidad de servicios mejoraría

■ INTRODUCCIÓN

Los sistemas de navegación por satélite están considerados por la aviación civil como la solución más eficaz para hacer frente al aumento del crecimiento del tráfico aéreo, al optimizar los recursos accesibles a las compañías aéreas y mejorar la calidad del servicio, en particular la puntualidad. Lo que está en juego es importante: eliminar todas las ayudas tradicionales en tierra, simplificar las arquitecturas aviónicas y alcanzar ahorros de explotación.

El mercado potencial, constituido por equipamientos y servicios, es tanto más considerable cuanto que engloba numerosas aplicaciones: el mercado de los receptores GPS (sistema mundial de determinación de posición) debería llegar a ser de unos ocho millones de dólares en el año 2000. Esto explica porque, después de la primera generación GNSS1 (sistema mundial de navegación aeronáutica por satélite), que se basa en el GPS y GLONASS (sistema ruso de navegación por satélite), Europa intente llevar a la práctica un sistema civil denominado

GNSS2. Este sistema situará a la industria europea en este gran mercado, hoy en día ampliamente dominado por los americanos y, en menor medida, por los japoneses. La Comisión Europea considera el desarrollo de este sistema como un objetivo político prioritario, ya que también permitirá que Europa recupere su soberanía en materia de navegación aérea.

■ APLICACIONES

En el ámbito de la aviación civil, los sistemas de navegación por satélite tomarán el relevo de los sistemas de navegación por radio ILS (sistema de aterrizaje con instrumentos), usados en todo el mundo. Su utilización presenta muchas ventajas: mayor seguridad, gran disponibilidad y reducción

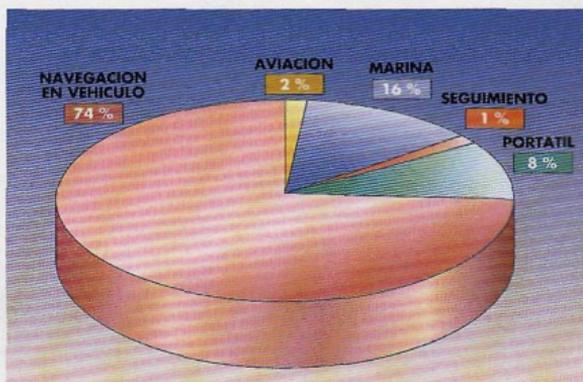


Figura 1 - Mercado mundial - 2.700.000 unidades en 1996

de la distancia entre dos aviones en vuelo, lo que permite el aumento del tráfico aéreo. La optimización de los perfiles de vuelo permitirá ahorrar carburante, reducir el tiempo de vuelo y disminuir el ruido en las inmediaciones de los aeropuertos gracias a los acercamientos de trayectoria curva, imposibles con los sistemas tradicionales.

Entre las demás aplicaciones posibles figuran el teleguiado mediante tarjetas digitales, la mejora de la eficacia de los transportes públicos o de fletes, y la aceleración de los servicios en carretera, especialmente en materia de auxilio. Los barcos se beneficiarán de mayores facilidades de navegación en los puertos y en sus alrededores.

Las primeras aplicaciones civiles de sistemas de navegación por satélite se

han referido esencialmente a la geodesia y a la topografía. La extracción de petróleo y gas está estrechamente vinculada al grado de precisión de los sistemas de navegación y de posicionamiento. En efecto, el descubrimiento de nuevos yacimientos depende en gran medida del rigor con el que puedan trabajar los barcos de exploración sísmica, y de la calidad de las informaciones recibidas sobre la localización de las zonas de exploración.

Pero los sistemas de navegación por satélite no se limitan al posicionamiento. También intervienen en ámbitos en los que la gestión de los tiempos de encaminamiento es crucial, como las aplicaciones de transferencia de tiempos o la sincronización de redes de telecomunicaciones (**Figura 1**).

■ LA TÉCNICA ESPACIAL

Los sistemas de navegación por satélite permiten determinar la posición de un objeto situado en cualquier punto de la Tierra según las tres coordenadas que definen sin ambigüedad su posición en el espacio, y según una referencia de tiempo dada por el sistema.

El principio consiste en utilizar una constelación de satélites de referencia en la que cada satélite difunde una señal que incluye informaciones relativas a su posición y a su tiempo. Mediante la combinación de varias señales procedentes de satélites diferentes, el usuario puede determinar sus coordenadas espacio-temporales.

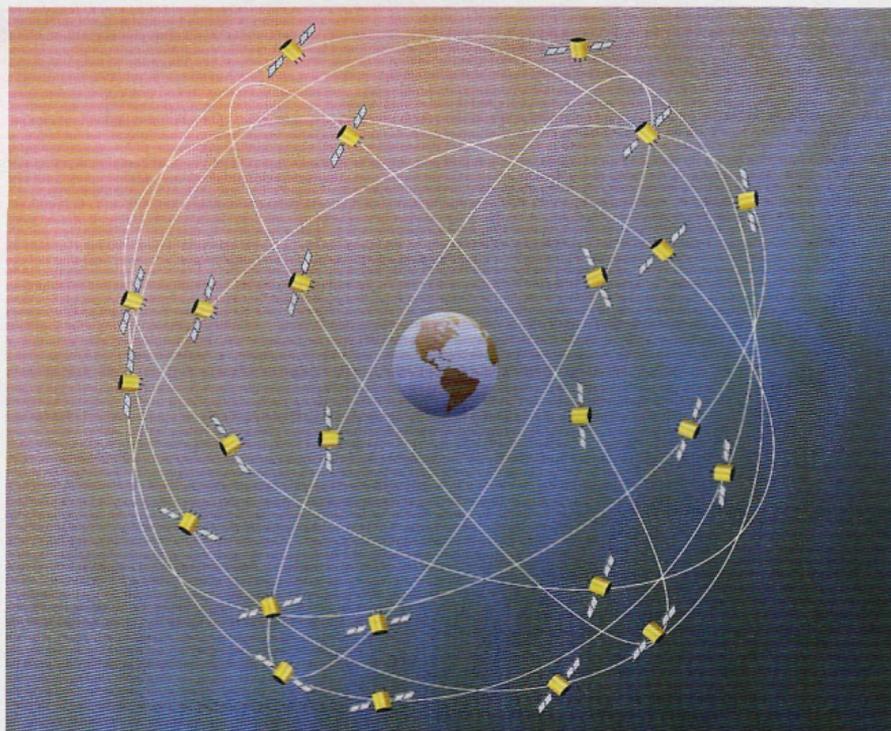


Figura 2 - Constelación GPS

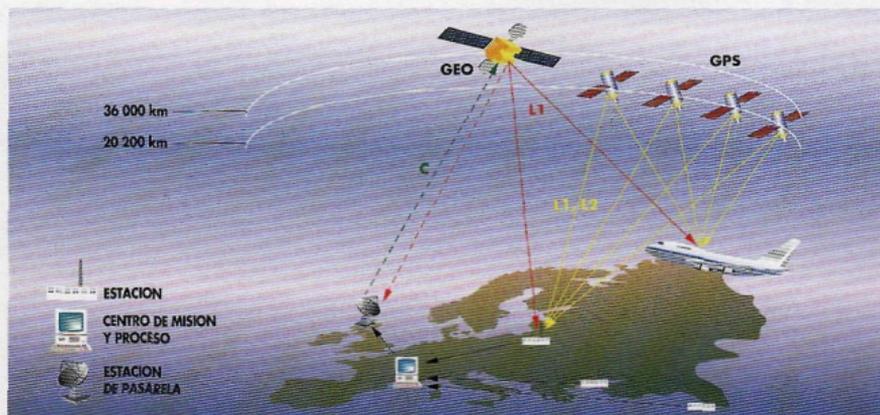


Figura 3 - Mejoras regionales

Los sistemas actuales

Actualmente, sólo hay dos sistemas operacionales en el mundo:

• GPS, sistema del Departamento americano de Defensa:

Consta de 24 satélites situados en una órbita circular intermedia a 20.000 km de altitud. Están dispuestos en 6 planos, cada uno de ellos con 4 satélites. Los planos están inclinados 55° respecto al plano ecuatorial (Figura 2).

• GLONASS, su equivalente ruso:

La constelación está constituida por 24 satélites distribuidos en tres planos orbitales inclinados $65,8^\circ$, siendo la órbita del tipo circular intermedia a 19.000 km de altitud.

Para ofrecer las prestaciones requeridas por la aviación civil, es necesario completar estos sistemas mediante equipos de tierra y satélites geoestacionarios; al conjunto se le denomina GNSS1.

GNSS1

Para ser eventualmente utilizados por la aviación civil, GPS y GLONASS presentan insuficiencias de tres tipos:

- **Precisión:** la precisión estándar de 100 m a la que el usuario puede acceder es suficiente para las fases de vuelo y para aproximaciones convencionales, pero no basta para aterrizajes de precisión de categorías CAT1 (6 a 7 m en vertical), CAT2 (2 a 3 m en vertical) y CAT3 (<1 m en vertical).

- **Disponibilidad:** GPS y GLONASS aseguran una disponibilidad de las prestaciones de precisión del orden del 98%. Ahora bien, la disponibilidad requerida para las aproximaciones convencionales es del 99,75%, e incluso superior para los aterrizajes de precisión.

- **Integridad:** los sistemas GPS y GLONASS pueden estar afectados por una avería que haga la señal de navegación inutilizable por el usuario, lo que puede llevar a situaciones críticas, en particular en fase de aproximación y de aterrizaje.

Para resolver estos problemas se utilizan dos tipos de mejoras:

- **Regionales:** que se basan en la utilización de redes de estaciones en tierra y de varios satélites geoestacionarios. Las estaciones en tierra controlan continuamente los paráme-

tros difundidos por cada satélite de la constelación para elaborar datos de integridad y de corrección diferenciales (que corrigen en particular los errores de sincronización, de efemérides y de propagación). Además, un subconjunto de estaciones permite elaborar un mensaje de navegación relativo a cada satélite geoestacionario que, desde el punto de vista del usuario, va a comportarse como un satélite suplementario de la constelación. El conjunto de estos datos (navegación+integridad+correcciones diferenciales) es transmitido a los usuarios a través de los satélites geoestacionarios. Con este dispositivo, la prestación de precisión accesible es del orden de 5 a 10 m. En Europa, este sistema se denomina EGNOS (Servicio global de navegación de cobertura europea) (Figura 3).

- **Locales:** que se basan en la utilización de una estación diferencial local, situada en las cercanías de las pistas de aterrizaje (o de los emplazamientos a los que se quiere prestar este servicio). Estas estaciones son visibles desde los mismos satélites que el receptor usuario y, por lo general, están afectadas por los mismos errores. La estación, que conoce exactamente sus coordenadas geográficas, estima estos errores y los transmite

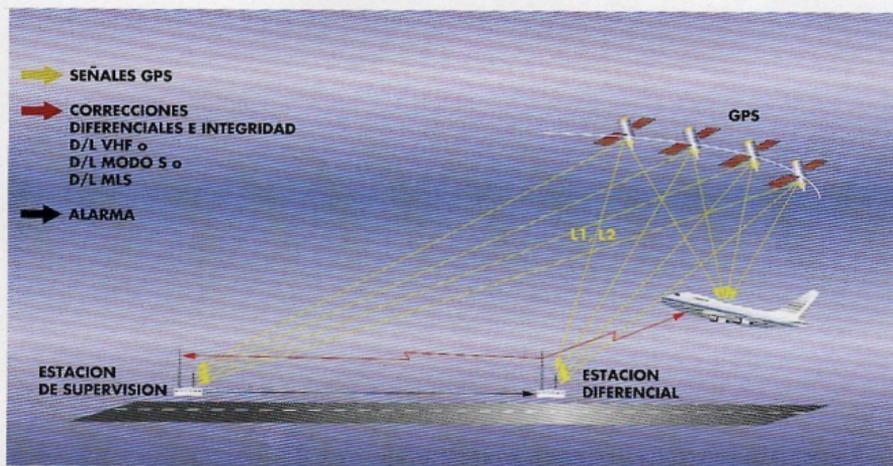


Figura 4 - Mejoras locales

al usuario por medio de un enlace directo aire-tierra. Se consideran actualmente enlaces de VHF, de banda L y de banda C. Con este dispositivo, se consigue una precisión del orden de 2 a 3 m. Para mejorar aún más esta prestación, puede utilizarse un dispositivo suplementario: el seudolito. Es un dispositivo de tierra que transmite una señal de navegación al usuario como lo haría un satélite suplementario. En particular, tiene como finalidad mejorar la precisión vertical en los aterrizajes CAT 2 y CAT 3 (Figura 4).

Las mejoras regionales están en vías de desarrollo en Europa, Estados Unidos y Japón. Su objetivo es llegar a ofrecer un servicio de aterrizaje CAT1, para el que se requiere una precisión vertical de 6 a 7 m. Estos sistemas deberían estar operativos a comienzos del próximo siglo. Las mejoras locales son objeto de programas de I+D. Aunque, ciertamente, los sistemas podrán ofrecer la precisión necesaria para los aterrizajes CAT2 y CAT3 (respectivamente, 2,06 m y 0,81 m), su capacidad para alcanzar las prestaciones requeridas en materia de disponibilidad y de integridad están por demostrar. No se ha previsto su certificación antes del año 2005.

GNSS2

En la actualidad, GNSS2 es objeto de numerosos estudios, sin que se haya establecido todavía ninguna arquitectura. Su diseño debe resultar de un compromiso entre prestaciones y costes, en un contexto especialmente difícil: los sistemas GPS y GLONASS son accesibles gratuitamente (pero sin garantía a largo plazo). Los principales ejes de investigación que se siguen actualmente son:

- Señal: la compatibilidad con los sistemas existentes implicará la utilización de señales comparables a GPS y GLONASS. Pero, la práctica totalidad de la banda asignada a la radionavegación por satélite está ocupada por estos dos sistemas, lo que plantea un problema de coordinación de frecuencias.
- Órbita: la utilización de constelaciones IGSO (planos orbitales geosíncronos inclinados) tiene la ventaja de permitir la cooperación regional para el despliegue del sistema y cubrir perfectamente las zonas situadas bajo latitudes elevadas. Pero estas órbitas específicas implican sistemas muy costosos. La utilización de órbitas bajas

permitiría compartir la infraestructura con los servicios de telecomunicaciones y reducir los costes. Para ello, sería necesario que estas constelaciones fueran complementadas con medios en tierra para ofrecer todas las prestaciones requeridas por la aviación civil.

■ PROBLEMAS INSTITUCIONALES

Las insuficiencias técnicas de GPS y GLONASS se resolverán con el sistema GNSS1. Sin embargo, la situación es diferente en lo relativo a los problemas institucionales. Este será el reto de GNSS2. En efecto, la naturaleza de los sistemas americano y ruso, y su carácter nacional, plantean problemas de control, responsabilidad y servicios.

Control

Los servicios de posicionamiento los realizan actualmente sistemas controlados por autoridades militares americanas y rusas. Estados Unidos y Rusia han asegurado a la comunidad de la aviación civil que estos servicios no serían objeto de ninguna discriminación y seguirían siendo gratuitos durante un periodo mínimo de 10 años.

En caso de interrupción del servicio, se respetaría un preaviso de 6 años. Pero subsiste el problema de que estos sistemas siguen siendo militares y, en caso de crisis grave, los intereses militares nacionales podrían prevalecer sobre los intereses civiles extranjeros. Por otra parte, la navegación por satélite permite controlar técnicamente la circulación aérea de una parte del mundo desde otra. Por ello, parece primordial garantizar a cada Estado (incluso a los más pequeños) que se mantendrá su soberanía en materia de control aéreo, independientemente de los medios utilizados.

Responsabilidad

¿Dónde empieza y dónde termina la responsabilidad de los gobiernos americano y ruso, en particular en caso de accidente resultante de un funcionamiento incorrecto de los satélites GPS o GLONASS, o de una interrupción no programada del servicio? ¿A quién podrían reclamar las compañías de seguro extranjeras? Para responder a estas cuestiones sería necesario crear un marco jurídico específico.

Operaciones y servicios

Actualmente, con los medios convencionales de radionavegación, cada país es responsable de los servicios prestados en su zona de cobertura a través de su aviación civil.

La financiación es asegurada por los derechos de sobrevuelo de los aviones que recurren a los servicios de control aéreo. Este ya no sería el caso con la implantación de sistemas a base de satélites. La analogía con el ámbito de las comunicaciones quizá permitiría considerar la creación de una agencia internacional y civil que financiaría, lanzaría, gestionaría y prestaría los servicios de navegación. El status de un organismo de este tipo (privado, público o público/privado) deberá ser estudiado atentamente para que pueda garantizar la fiabilidad de las informaciones transmitidas y una protección jurídica a los usuarios en caso de avería.

■ PROYECTOS EN CURSO

Hablaremos aquí de los proyectos europeos, teniendo en cuenta que se están realizando proyectos similares en Estados Unidos y Japón. Los primeros debates reunieron, en 1993, a la Comisión Europea (EC), a la Agencia Espacial Europea (ESA) y a la Organización europea para la seguridad de la navegación aérea (EUROCONTROL). El objetivo era armonizar y coordinar las acciones de estos tres organismos en el ámbito de la navegación por satélite. El resultado fue la creación del Grupo Europeo Tripartito (ETG).

La Comisión Europea emprendió un importante trabajo en diciembre de 1994, que se tradujo en la implantación, a principios de 1995, de un Grupo GNSS de Alto Nivel (HIG) formado por representantes de los Estados Miembros, la ESA y EUROCONTROL. Según las necesidades, pueden incorporarse a este grupo representantes de GNSS (usuarios, industria, proveedores de servicios, representantes legales y reguladores).

El Grupo de Alto Nivel ha elaborado un plan de acción conocido con el nombre de Programa europeo de navegación por satélite (ESNP). Tiene dos objetivos principales: el desarrollo de los primeros elementos de un sistema global de navegación por satélite (GNSS1) y la contribución de Europa a GNSS2. Cada miembro del grupo tripartito participa en el ESNP a través de sus propios programas, en función de las responsabilidades que le han sido atribuidas:

- La Comisión Europea es responsable de las cuestiones de orden institucional y político. Actúa a través del Programa de redes transeuropeas (TENs) y el 4º Programa Marco.
- EUROCONTROL está encargado de definir las necesidades de la aviación civil para GNSS1. Este organismo también debe desempeñar un papel clave en las fases de ensayo y de validación del programa EGNOS para llegar a su puesta en servicio operacional. La con-

tribución de EUROCONTROL se efectúa con la colaboración de cuatro grupos de trabajo que se corresponden con los principales temas de desarrollo de GNSS: requisitos y acuerdos institucionales, requisitos de certificación y operacionales, investigación y desarrollo del sistema, y estudios de costes/beneficios.

- La Agencia Espacial Europea gestiona la aplicación de EGNOS, en nombre del Grupo tripartito, y trabaja sobre los estudios técnicos de GNSS2. La Agencia contribuye al ESNP a través del Elemento 9 de su programa de investigación avanzada en sistemas de telecomunicaciones ARTES-9. Este programa está dedicado a la puesta en práctica de EGNOS. La realización de la primera fase, que incluye el diseño del sistema básico y las primeras pruebas, fue confiada a un consorcio dirigido por Thomson-CSF. Alcatel Espacio (España) y Alcatel ANS (Alemania) participarán en el desarrollo y en la aplicación de EGNOS.

Por otra parte, ya se han iniciado estudios previos relativos a GNSS2. Se basan en un conjunto de trabajos denominados "Análisis de Misión del GNSS de segunda generación" llevados a cabo por tres consorcios, uno de los cuales está dirigido por Alcatel.

Paralelamente a los estudios realizados por la ESA, el CNES y Alcatel han iniciado un estudio del concepto GNSS2 basado en la utilización de una constelación comercial de telecomunicaciones, o bien una constelación de microsátélites en órbita baja (aproximadamente 1.500 km de altitud). Tiene en cuenta, en una primera etapa, las prestaciones requeridas por la aviación civil hasta las aproximaciones de imprecisión (precisión vertical requerida de unos 170 m aproximadamente) y deberá ser completada para ir más lejos, es decir, asegurar las prestaciones requeridas para los aterrizajes de precisión (CAT 1, 2 y 3). Las ventajas de este escenario son su bajo coste y la posibilidad de ser rentabilizado por los ahorros consecuentes a la retirada en tierra de los equipos tradi-

cionales de ayuda a la navegación. De este modo, se abriría la vía a una iniciativa privada. Este planteamiento puede impulsar decisivamente la aplicación real de un proyecto GNSS2.

■ CONCLUSIÓN

La navegación por satélite es un reto capital de finales de este siglo, ya que:

- debe permitir hacer frente a la explosión del tráfico aéreo, significar, al mismo tiempo, un ahorro respecto a los sistemas actuales, a nivel operador o compañías aéreas, y mejorar el servicio ofrecido a los pasajeros;

- debe situar a la industria europea en este gigantesco mercado, a nivel de implantación de infraestructuras, equipos de usuario y servicios, favoreciendo simultáneamente el surgimiento de nuevas aplicaciones.

En esta perspectiva, el sistema GNSS1 sólo puede ser una etapa que prepare a Europa para desarrollar su propio sistema, en forma de una contribución a GNSS2. El éxito de este último se basa en un análisis técnico-económico que hay que realizar en colaboración con los usuarios y los operadores. Los obstáculos no faltarán, ya que Estados Unidos no desea abandonar el monopolio adquirido con el GPS. Las etapas de

coordinación de frecuencias y de normalización serán determinantes en la implantación de este sistema.

J.-P. Provenzano dirige el Departamento Programas de Navegación en la Dirección de Sistemas de Observación y de Navegación de Alcatel.

Christophe Texier es responsable de sistemas de navegación en el seno de la división de ingeniería de sistemas de la Space Business Line de Alcatel.

MTSAT: SISTEMA DE CONTROL DEL TRÁFICO AÉREO BASADO EN SATÉLITES PARA JAPÓN

W. ZOCCARATO

El control del tráfico aéreo basado en satélites optimizará el uso de las rutas aéreas de todo el mundo y permitirá a los aviones despegar y aterrizar automáticamente. El proyecto MTSAT, en el cual Alcatel está jugando un importante papel, es el líder en este campo

■ INTRODUCCIÓN

En febrero de 1995, el ministerio japonés de transportes (MOT) firmó un contrato para un satélite de transporte multifuncional, conocido como MTSAT (Multifuncional

Transport SATellite), con el consorcio SS/L-Toshiba-Alcatel. Este avanzado satélite, que incluye un instrumento óptico para observación meteorológica y una carga útil aeronáutica para gestión del tráfico aéreo, aumentará espectacularmen-

te la seguridad y eficacia del tráfico aéreo en las regiones de Asia y el Pacífico Norte. Este es el primer satélite con total capacidad de control de tráfico aéreo (ATC) y canales de transmisión de comunicación junto al canal de transmisión mejo-

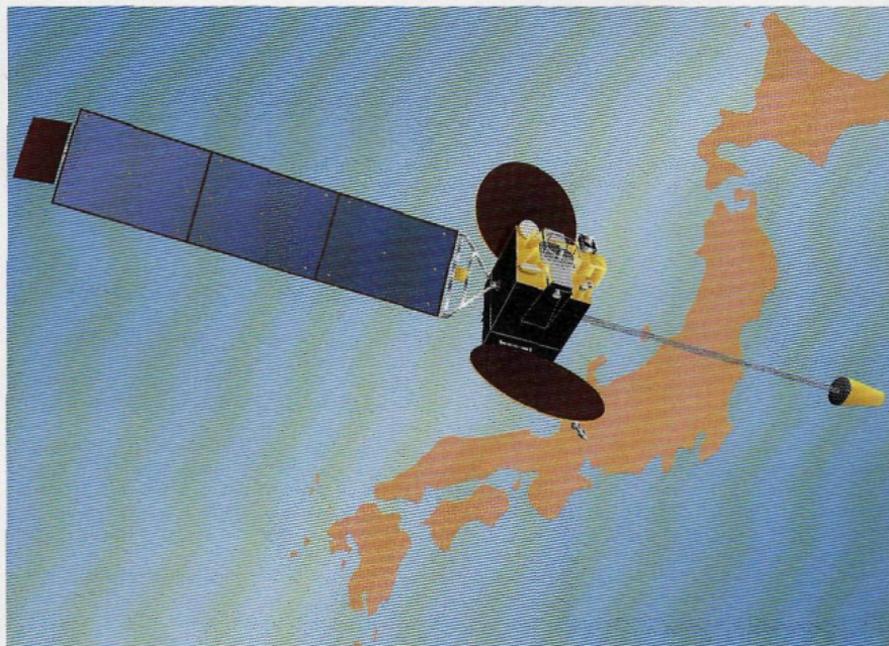


Figura 1 - Configuración MTSAT

rada (GNSS -sistema mundial de navegación aeronáutica por satélite) de señal GPS (sistema mundial de determinación de posición). Sus objetivos son optimizar las rutas de tráfico aéreo de la región y permitir a los aviones despegar y aterrizar automáticamente.

Aunque por el momento MTSAT se considera aún un experimento, ya se está construyendo todo el sistema - incluida la red terrestre.

El MTSAT será lanzado a mediados de 1999 por una lanzadera japonesa H2 desde Tanegashima al sur del Japón. Se pondrá en una órbita geostacionaria a 140° Este. La **Figura 1** muestra la configuración del sistema.

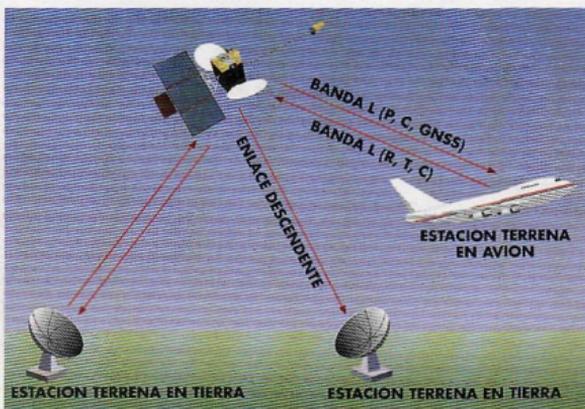


Figura 2 - Comunicación entre el satélite MTSAT y un avión

■ LA MISIÓN MTSAT

Misión meteorológica

Japón suministra pronósticos del tiempo, vía satélite, a toda la zona del Pacífico asiático. Como sucesor del anterior satélite meteorológico posicionado sobre Japón, el MTSAT asegurará un servicio continuo a los clientes que reciben información meteorológica. La misión ofrece las siguientes principales facilidades:

- Supervisión continua del tiempo en el hemisferio sur.
- Seguimiento preciso de las tormentas y del mal tiempo.
- Recepción de datos desde terminales en mar y tierra especializados en la recogida de datos
- Envío de los datos e imágenes meteorológicas procesadas a los usuarios de todos los lugares de la región del Pacífico asiático.

La misión meteorológica está diseñada para funcionar durante cinco años, como sucedía con los anteriores satélites. Por esto se ha planificado el lanzamiento del MTSAT para finales de 1999 como muy tarde.

Misión aeronáutica

El transpondedor de navegación es una pieza clave del sistema. Envía una señal GNSS al avión de igual forma que los otros satélites GPS, mejorando así la disponibilidad del sistema de posicionamiento. Gracias al gran número de pequeñas estaciones terrestres, la señal GNSS es capaz de incorporar información sobre factores de corrección y de estado del satélite GPS, mejorando de esta forma espectacularmente la fiabilidad y precisión del actual sistema GPS. La precisión final será de unos pocos metros, permitiendo que el tráfico aéreo se controle únicamente por satélite sin ayuda de radares terrestres.

Para complementar el canal de navegación, los canales de comunicación permiten la comunicación bidireccional entre un avión y tierra (**Figura 2**). El avión envía sus parámetros de vuelo y posición a las autoridades de control de tráfico aéreo y a la compañía aérea. Esto permite gestionar los movimientos del avión para mejorar la seguridad aérea y aumentar la eficacia de operación. El satélite transmitirá información de enrutamiento segura y flexible al avión, determinada por el centro de control de tráfico aéreo, optimizando de esta forma el consumo de carburante, reduciendo la duración del vuelo y mejorando la seguridad.

■ SATÉLITE

Vehículo espacial

Basado en el anterior satélite Intelsat VII, el vehículo espacial pesará 1.250 kg en órbita (2.900 kg en la separación de la lanzadera). El instrumental óptico necesita ser enfriado a 97°K, lo que ha llevado a un diseño original del vehículo espacial con un sólo panel solar colocado en el panel sur. Para compensar la presión solar, la otra parte del satélite se equipa con una vela solar de aproximadamente dos metros de radio y cuatro metros de largo. Se monta a 15 metros del cuerpo sobre un brazo extensible. El panel solar de 20 m² suministra 3.000 W de potencia a las dos cargas útiles y a los otros subsistemas.

El satélite, mostrado en la **Figura 3** está diseñado para utilizarse en tres posiciones orbitales diferentes, 135°, 140° y 145° Este. Como consecuencia de esto, la mayoría de las antenas incluirán un mecanismo de orientación para optimizar las prestaciones independientemente de la posición orbital.

Carga útil meteorológica

La carga útil es muy parecida a la utilizada en el satélite meteorológico americano GOES. Se utilizan cinco

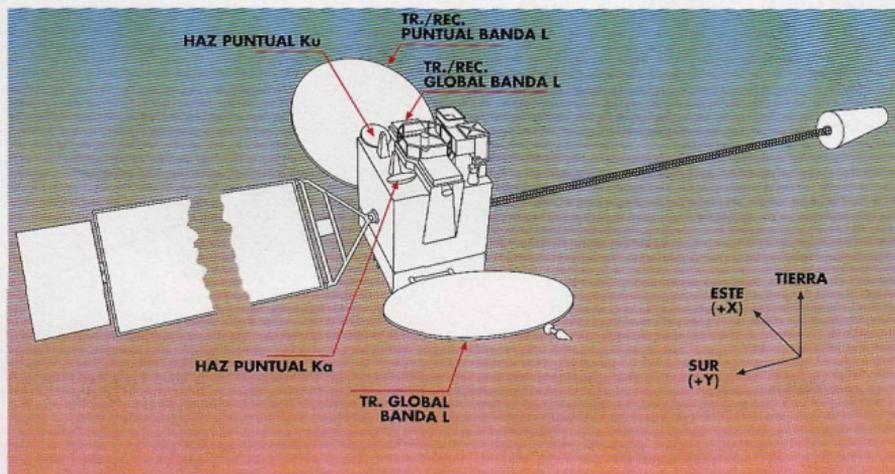


Figura 3 - Antenas del satélite MTSAT

bandas espectrales -cuatro infrarrojas y la banda óptica. El sistema óptico está formado por un conjunto redundante de fotodetectores y un espejo móvil que permite la exploración total

de la Tierra. Un telescopio de 310 mm de diámetro enfoca la luz entrante. Los detectores se enfrían por debajo de 97°K mediante un disipador térmico radiactivo en el panel norte. Se

puede explorar y transmitir a tierra una imagen completa de la superficie terrestre en 30 minutos utilizando un enlace en banda S de 2,6 Mbit/s y un transmisor de 3 W. La carga útil suministra un enlace en banda S bidireccional con la estación de la Agencia Meteorológica de Japón (JMA) y un enlace de UHF (ultra alta frecuencia) con las pequeñas estaciones de recogida de datos meteorológicos. Las imágenes procesadas se transmiten a tierra utilizando un amplificador de potencia de estado sólido (SSPA) en banda S de 26 W.

Carga útil aeronáutica

Esta innovadora carga útil, diseñada por Alcatel específicamente para el MTSAT, se está fabricando actualmente. El corazón de esta carga útil es un procesador de frecuencia intermedia (IF) que separa todos los canales entrantes y los envía al haz apropiado en ambas direcciones: ida (Tierra - vehículo espacial - avión) y vuelta (avión - vehículo espacial - estación terrestre). Una función de control diferente, con ganancia 24 dB, se encuentra disponible en cada trayecto para suministrar la máxima flexibilidad operacional.

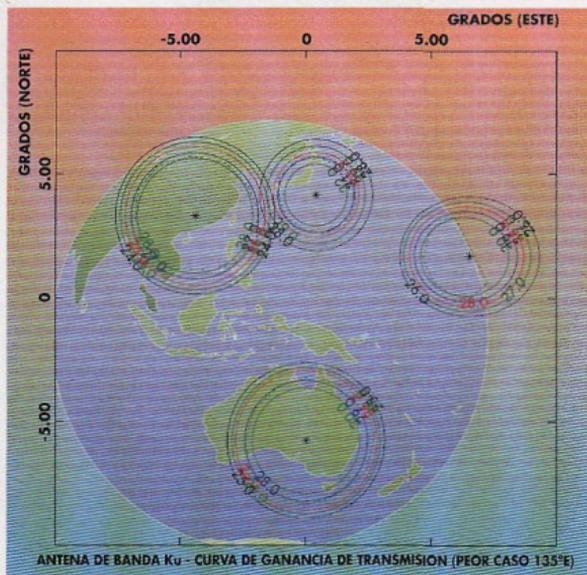


Figura 4 - Cobertura de bandas Ka/Ku

Ida

Las estaciones terrestres están localizadas por toda la región. Sus señales se reciben o por una antena de banda Ku ó por una de banda Ka. Gracias a la alta frecuencia usada, el tamaño del reflector puede ser pequeño (500 mm para Ku, 450 mm para Ka). El reflector se puede mover para poder trabajar con satélites en cualquiera de las tres posibles posiciones orbitales. Las señales entrantes se amplifican, convierten a IF, filtran y enrutan en el procesador IF; después se convierten y transmiten en banda L. La **Figura 4** muestra el área de cobertura de las bandas Ka/Ku.

En banda L se dispone de dos tipos de cobertura: la restringida y la global. La restringida consta de seis puntos sobre Japón y el Pacífico Norte. Un amplificador multipuerto de 80 W asegura la máxima flexibilidad del sistema al permitir que la potencia total de frecuencia radio (RF) se modifique dinámicamente entre los puntos. La cobertura global abarca toda la Tierra que pueda verse desde el satélite. Se dispone de una potencia de RF de 150 W para comunicación utilizando cuatro SSPAs en paralelo: una potencia de RF de 30 W está disponible para la señal GNSS. Se utilizan dos grandes reflectores de 3,2 metros de diámetro y un panel plano para generar las zonas de cobertura.

Vuelta

Las señales de banda L recibidas del avión se procesan de la misma forma y se transmiten a tierra mediante una antena de banda Ku ó Ka. La potencia de salida de los transmisores en banda Ku y Ka es justo de 2 W gracias a la ganancia de la antena.

Además es posible suministrar canales estación a estación en banda Ku o Ka para permitir trabajar a las estaciones terrenas con diferentes puntos para comunicarse entre sí. El canal GNSS también se enruta a tierra en las bandas Ku y Ka con fines de calibración.

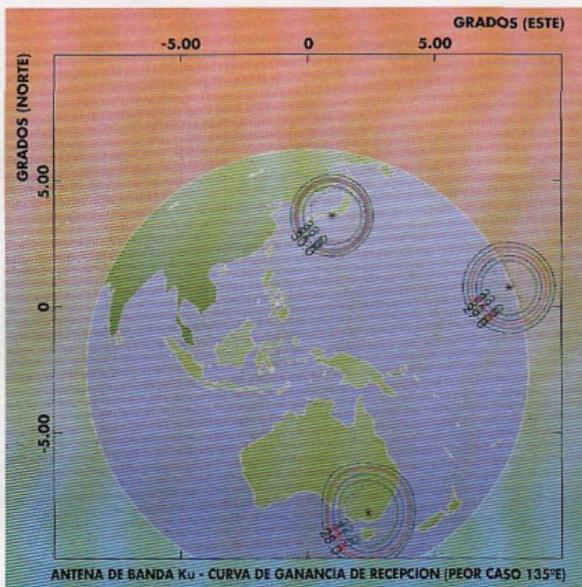


Figura 5 - Cobertura puntual en banda L

■ SEGMENTO TERRESTRE

El segmento terrestre está constituido por varios sistemas en construcción, todos ellos localizados actualmente en Japón. El sistema final tendrá un gran número de estaciones terrestres distribuidas por toda la región. Una importante facilidad de estas estaciones es que se han construido para resistir a los terremotos; esto ha requerido un diseño especial de la antena.

Estación de tráfico meteorológico

La estación meteorológica, llamada JMA por el cliente, se construirá en Kobe. La estación recibirá las imágenes en bruto mediante un enlace de banda S, las procesará y después distribuirá previsiones e imágenes meteorológicas al satélite. Supervisa la carga útil meteorológica y prepara y envía los pertinentes telemandos a la estación de control a través de una red terrestre. Una antena de 13 metros de diámetro se utiliza para suministrar los enlaces en banda S

y UHF con el satélite. La carga útil meteorológica se puede controlar directamente sobre este canal. Los sistemas futuros tendrán redundancia parcial (antena y equipo RF) entre la estación meteorológica y la estación de control.

Estación de comunicaciones aeronáuticas

La estación terrestre (GES) de Kobe se encargará de todas las funciones de comunicación a través del satélite. Una antena de 13 metros de diámetro transmite y recibe señales en las bandas Ku, Ka y L. En las bandas Ka y Ku se alcanza una potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP) muy alta de 85 dBW y una alta relación ganancia/temperatura (GT) de 40 dB/K que asegura una muy alta disponibilidad en el enlace de conexión.

El terminal de banda L, que es similar al terminal del avión, se utiliza para supervisar y probar el sistema. Se dispone simultáneamente de unos 300 circuitos, tanto en la dirección de transmisión

como en la de recepción. La estación incluye equipo especializado para probar las prestaciones del satélite después del lanzamiento y para supervisar el tráfico del sistema. Un software de gestión de alto nivel configura todo el sistema y verifica su estado.

Estación de control

La estación de control está localizada en el mismo edificio de la estación de comunicaciones y utiliza una antena del mismo diámetro (13 m). Esta esta-

ción controlará al satélite durante toda su vida operacional. Se utilizan dos bandas de frecuencia: la banda S para operación normal y la banda S unificada (USB) durante la puesta en órbita del satélite, ó en caso de emergencia si el satélite pierde su orientación. En banda S, el EIRP es de 84 dBW; pero, por razones de seguridad, en la USB el EIRP llega a 104 dBW.

Un centro de control de satélite muestra el estado del mismo y prepara para los telemandos para el satélite. La posición del satélite se mide con mucha

precisión (menor de 10 m) utilizando un telémetro trilateral. En vez de medir una señal, que se envía al satélite y se devuelve a tierra, la estación envía dos señales adicionales que se transmiten por el satélite a dos estaciones de teled medida especializadas, las cuales las devolverán a la estación de control a través del satélite. Esta técnica permite medir la posición del satélite en tres dimensiones. También se dispone de un simulador dinámico del vehículo espacial para verificar los telemandos.

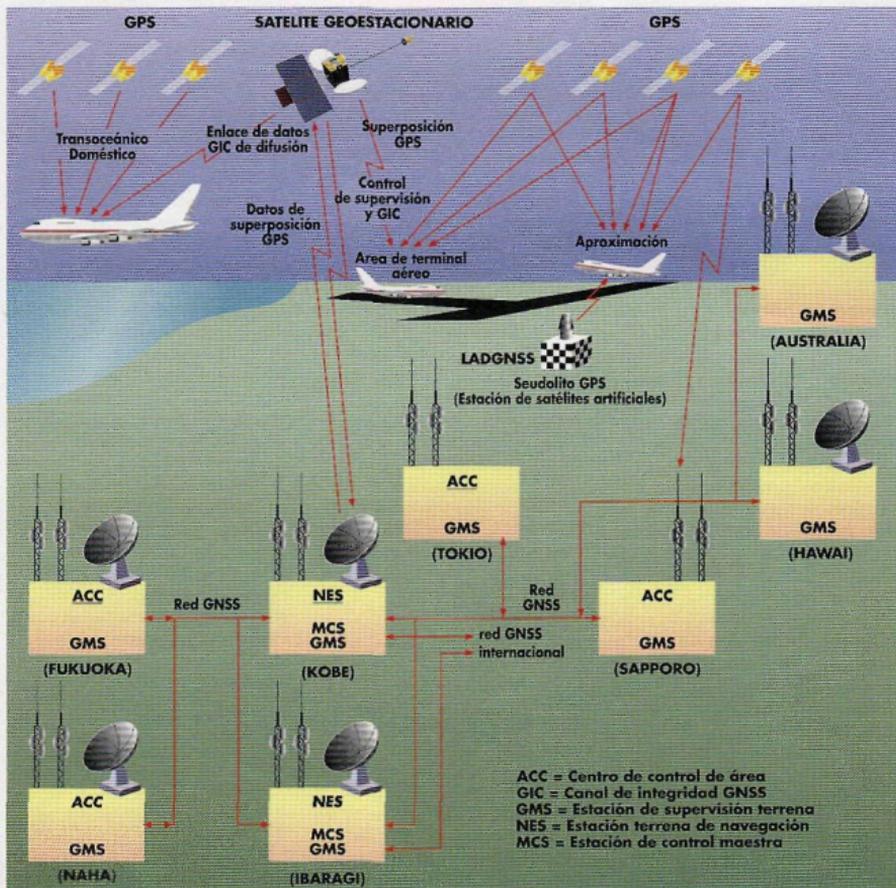


Figura 6 - El sistema GNSS

Sistema GNSS

Este sistema (Figura 6), conocido como MSAS (sistema complementario basado en satélite MTSAT), está formado por un gran número de estaciones terrenas de supervisión (GMS) y una estación de control maestra (MCS). Las GMSs son pequeñas estaciones autónomas alojadas en una caseta. Cada estación de supervisión calcula la posición utilizando señales de GPS y de MTSAT; cualquier diferencia entre la posición real y la calculada se utiliza por el sistema para corregir los datos del satélite. Los datos se envían al MCS a través de la red pública. El MCS recoge toda la información proveniente de las GMS. Un software complejo es capaz de calcular con precisión las posiciones y la hora interna de todos los satélites GPS y del MTSAT. Por último, se calcula la señal GNSS que contiene el estado de los satélites GPS y las correcciones enviándose a la estación de tráfico para la transmisión al MTSAT.

MERCADO FUTURO Y COMPROMISO DE ALCATEL

Alcatel está muy comprometida en casi todas las actividades del sistema MTSAT. Este compromiso lo comenzó Alcatel con el satélite. Alcatel Telspace y Alcatel de Bélgica lo siguieron con las estaciones terrestres. Además, Alcatel Navigation Systems ha presentado una oferta para el sistema GNSS en diciembre de 1996.

Carga útil aeronáutica

Alcatel Espace se ha hecho cargo de la carga útil aeronáutica del satélite desde marzo de 1995. Ser los primeros en desarrollar tal carga útil es apasionante. Las principales dificultades de diseño se deben a las muchas frecuencias que tiene que tratar el satélite, así como a la operación multiportadora de canales, lo que lleva a un problema de compatibilidad muy importante. Se han realizado extensos análisis tanto a nivel de carga útil como de unidad para superar el problema. Al desarrollarse las

unidades específicamente para el proyecto, se han tenido que resolver una serie de problemas, especialmente en las áreas de masa y de consumo de energía. Se han calificado varias tecnologías en el marco del programa, incluyendo el cable coaxial de alta potencia (13 mm) y las antenas de panel plano. Se han completado las revisiones de diseño y ya se están fabricando las unidades de vuelo. La entrega de la carga útil está planificada para finales de 1997.

Sistema terreno

Alcatel está fuertemente involucrada en el desarrollo del sistema terreno. Alcatel Telspace suministra el subsistema de RF para la estación aeronáutica de comunicaciones, y la antena y el subsistema de RF para la estación de control. Alcatel, Bélgica, suministra las funciones de banda de base para la estación aeronáutica de comunicaciones, la de control y la meteorológica. Se ha propuesto un nuevo concepto de banda de base, en el que todas las funciones de banda de base se integran en una estación de trabajo. Y por último, Alcatel Espace suministra el subsistema de prueba en órbita/supervisión de señales de comunicaciones (IOT/CSM) y el sistema del equipo de gestión total (OME) para el sistema aeronáutico de comunicaciones, así como el control y la supervisión local de los subsistemas de la estación de control. Todos estos subsistemas se entregarán a Japón a finales de 1997 para su instalación in situ.

Negocio futuro

A corto plazo, estamos respondiendo a una petición de propuesta (RFP) de sistema GNSS en cooperación con Alcatel Navigation Systems (ANS) y Toshiba. ANS estaría a cargo de cinco estaciones terrestres de supervisión mientras que Alcatel Espace realizaría el software de cálculo de órbita para la estación de control maestra. Este es solamente el primer contrato para este sistema. Numerosas estaciones terrestres de supervisión se ubicarán en la

zona del Pacífico asiático, y hasta ahora no hay peticiones de integración en el sistema. Aún no se han hecho contratos para la instalación de dichas estaciones ó de estaciones adicionales. Alcatel se encuentra en buena posición para participar en estas actividades.

El MTSAT es experiencia muy buena para Alcatel en el mercado emergente de los sistemas de control de tráfico aéreo basado en satélites. No hay duda que este programa será seguido por otros muchos en todo el mundo. Numerosos clientes ya están preguntando por sistemas como este y se espera que el mercado se expanda muy rápidamente hacia el año 2000.

CONCLUSIONES

El MTSAT es un programa muy avanzado y desafiante. El concepto es ambicioso e innovador lo que lleva a demandar programas de desarrollo aún más apasionantes. El cliente y muchas de las empresas participantes son japonesas, y la oficina de proyectos de Alcatel Espace ha obtenido una gran experiencia sobre la forma de pensar y de manejar problemas que tienen los japoneses. La oficina de proyectos no es solo técnica, también está orientada al cliente. Actualmente se están haciendo provechosos debates sobre el futuro del programa para aumentar la confianza del cliente hacia el complejo sistema que se está construyendo. Dentro de este marco, se desarrollarán simuladores para verificar algunos parámetros técnicos, y está en debate la prueba de todo el sistema. Para el año 2000, el cliente tendrá que encarar varios satélites y estaciones terrenas, y pasar de un proyecto experimental a un sistema totalmente operacional.

Walter Zoccarato es director de programas de la carga útil aeronáutica del MTSAT en Alcatel Espace, donde es responsable de todas las actividades del MTSAT

LOS SISTEMAS MILITARES DE TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE: TRATAMIENTO DE LA SEÑAL A BORDO

P. GAUDEMET
P. LUGINBUHL

La llegada del tratamiento de la señal a bordo de los satélites de telecomunicación marca una nueva era en este campo. El presente artículo propone analizar la utilización de este principio, sus ventajas operacionales y sus límites

■ INTRODUCCIÓN

En los sistemas tradicionales de comunicación por satélite, este último desempeña esencialmente el papel de un relé herciano que permite enlazar terminales a gran distancia salvando los obstáculos geográficos según el esquema denominado del "tubo acodado" descrito en la **Figura 1**.

Desde el principio, se ha añadido a esta función primordial una segunda función de amplificación destinada a proporcionar al terminal receptor un flujo de señal S_{tr} suficientemente superior al ruido local N_r para permitir el reconocimiento del mensaje transmitido.

Con las variables definidas **Figura 2**, la ecuación fundamental de las telecomunicaciones indica la relación ruido global (N) sobre señal (S_{tr}) del receptor en función de la que aparece en los enlaces ascendente y descendente:

$$\frac{N}{S_{tr}} = \frac{N_{sr}}{S_{sr}} + \frac{N_{tr}}{S_{tr}}$$

Los parámetros físicos N_{sr} y N_{tr} también incluyen la contribución de las interferencias procedentes de sistemas espaciales adyacentes. Por ello, el diseñador debe dimensionar S_{sr} y S_{tr} para asegurar una relación N/S_{tr} superior al límite de funcionamiento al que se garantiza el BER. Esto se obtiene por medio de las ganancias de la antena de recepción (G_{sr}) y de emisión del satélite (G_{st}), así como por el ajuste de la ganancia de amplificación operacional (G_{op}).

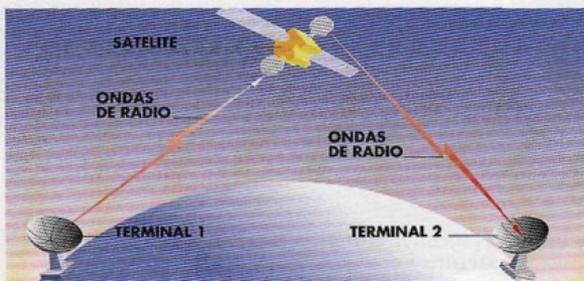


Figura 1 - Principio básico del "tubo acodado"

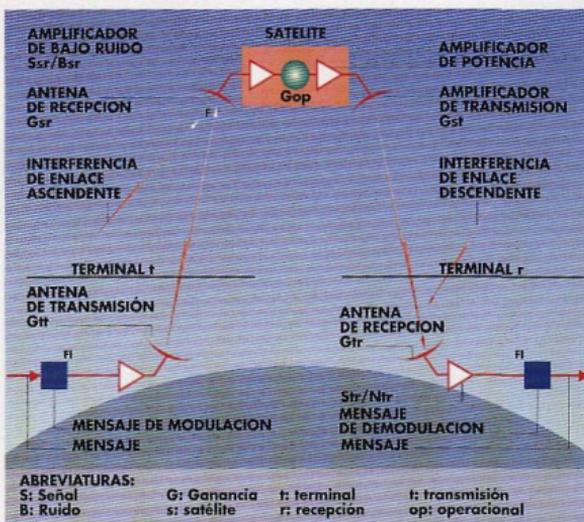


Figura 2 - Esquema de un enlace convencional entre dos estaciones de tierra

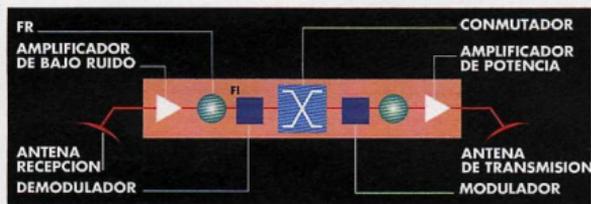


Figura 3 - Canal de satélite con tratamiento de la señal a bordo

Entre los múltiples tratamientos imaginados en el interior del satélite para obtener diversas mejoras, existe una técnica que consiste en demodular para pasar a banda de base, demultiplexar, conmutar y remodular. Esta técnica, denominada "tratamiento a bordo" o "regenerativo", es el objeto de este artículo, excluyendo los tratamientos de antena efectuados en radiofrecuencia o en frecuencia intermedia, que no requieren un paso a banda de base.

■ VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL TRATAMIENTO A BORDO

Si este tratamiento regenerativo se aplica en el satélite, el esquema general de la Figura 2 se modifica como muestra la Figura 3.

Repetidor generativo

En los sistemas de transmisión digital, el BER no es proporcional a la relación señal/ruido (SNR). Por ello, para asegurar la calidad de todo el enlace en un sistema transparente cuyos enlaces ascendente y descendente son igualmente críticos en términos de relación señal/ruido hay que sobredimensionar en un factor 2 (3 dB) las dos mitades de enlace, o reducir en igual medida la capacidad teórica de cada semienlace. En un sistema regenerativo equivalente, basta con repartir el BER en partes iguales, lo que equivale a un sobredimensionamiento en potencia o a una reducción mucho menor de capacidad.

Ganancia lógica

El enlace ascendente puede llegar a ser crítico en sí mismo, ya se emita desde estaciones terrestres de baja potencia, o bien esté sometido a atenuaciones atmosféricas intermitentes. Entonces, la ganancia operacional debe ajustarse a valores elevados, con el riesgo de perturbar otros enlaces existentes en el mismo canal o saturar el emisor de salida del canal por una excesiva amplificación del ruido de recepción.

Por el contrario, en el caso regenerativo existe una total independencia entre las potencias recibidas y emitidas por el satélite. Así, de este modo se es capaz de asegurar los enlaces más críticos con las estaciones más pequeñas a velocidades tan elevadas como sea posible.

Cambio del modo de acceso

La demodulación/remodulación en el satélite también permite elegir de forma independiente los modos de

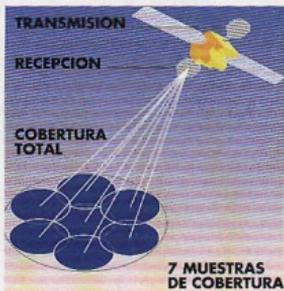


Figura 4 - Muestreo de una zona geográfica con haces puntuales múltiples

acceso ascendente y descendente. Esto favorece de nuevo a las pequeñas estaciones. En efecto, no es posible intercambiar el recurso de potencia del segmento tierra entre dos estaciones, mientras que el del satélite puede ser ponerse a disposición de varios enlaces descendentes.

Muestreo de las coberturas

Para mejorar la capacidad de comunicación de las estaciones pequeñas, es posible proveerlas con coberturas de flujo elevado, tanto en la recepción como en la emisión del satélite. Esto también mejora el aislamiento de las interferencias procedentes de sistemas SATCOM adyacentes. Para mantener la zona de cobertura total, hay que prever antenas multihaz (un acceso por haz), para que todos estos haces aseguren conjuntamente un muestreo completo de la cobertura total, como se indica en la Figura 4.

Evidentemente, para poder establecer un enlace en simple salto entre cualquier par de estaciones, este dispositivo requiere una capacidad de conexión en el satélite como mínimo igual al cuadrado del número de muestras de cobertura en tierra. Esta función también puede ampliarse a los casos de enlaces múltiples entre satélites que permiten ampliar la cobertura de tierra mediante la yuxtaposición de tantas coberturas totales como satélites (Figura 5).

Interconexión de tierra

Consideremos ahora la posibilidad inversa, en el interior de un mismo haz de antenas, existe una necesidad de conexiones mallas en tierra para un servicio de interconexión de varias (n) redes locales separadas por distancias que justifiquen la utilización de un satélite (Figura 6).

El número de enlaces que pueden establecerse por cada estación puede ser de hasta $n-1$, o un total de $n(n-1)$ enlaces. Sea la solución TDMA transparente, o la solución regenerativa, es posible efectuar la reasignación de los $n(n-1)$ enlaces entre los pares de estaciones en función de las llamadas, a condición de

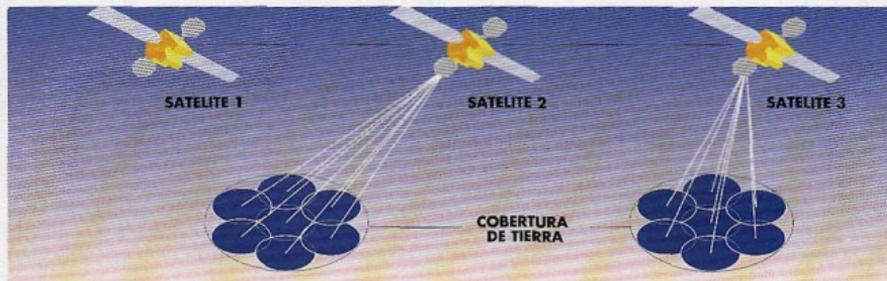


Figura 5 - Ensanchamiento de la cobertura geográfica por satélites múltiples y enlaces intersatélites

mantenerse dentro de los límites atribuidos a cada una de ellas. La función de conmutación asegurada es la misma, pero el sistema regenerativo favorece a las pequeñas estaciones.

Desacoplamiento de los márgenes

Los márgenes aseguran la disponibilidad de los enlaces en cualquier circunstancia. En modo regenerativo, los márgenes ascendentes y descendentes pueden establecerse por separado, lo que no es el caso en modo transparente. De ello puede resultar una importante pérdida de capacidad, especialmente sensible en las frecuencias de radio elevadas (banda Ka).

■ APLICACIONES DEL TRATAMIENTO A BORDO A LOS SERVICIOS MILITARES SATCOM

Los futuros sistemas militares SATCOM presentan características comparables a las de los sistemas comerciales pero, no obstante, conservan cierto número de ellas específicas. Entre las que pueden necesitar la utilización del tratamiento a bordo podemos citar:

- necesidad de servicios entre usuarios dispersos a baja velocidad,
- necesidad de servicios a media velocidad para Sistemas de Control e Información (ICS) móviles, navales o transportables terrestres,
- necesidad de difusión,
- extensión de cobertura por la constelación de satélites.

Características comunes con los sistemas comerciales

- necesidad de estaciones en tierra lo más pequeñas posible,

Características específicas de los sistemas militares

- según la misión, fuerte concentración de usuarios tácticos en teatros de

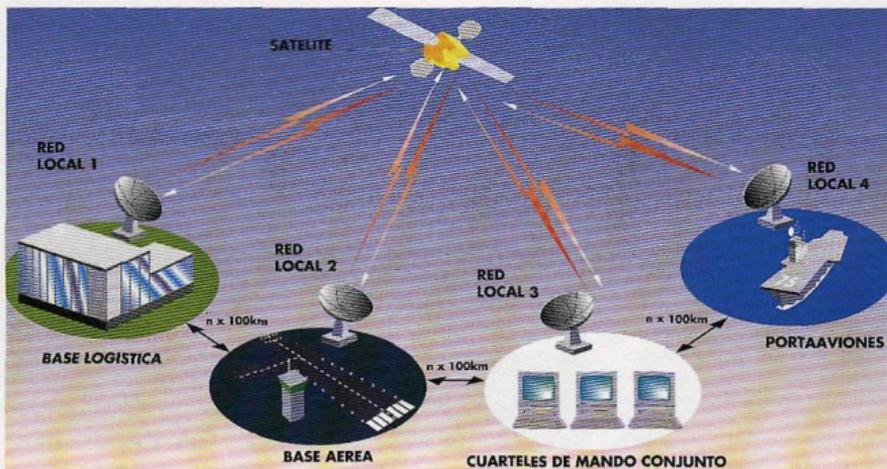


Figura 6 - Interconexión de redes múltiples mediante satélites

operaciones navales o terrestres, que coexisten con zonas de baja densidad de usuarios,

- robustez de las estaciones tácticas que permiten las peores condiciones de utilización,
- resistencia a la amenaza de guerra electrónica con sus dos componentes, activo (interferencia) y pasivo (escucha, detección y geolocalización),
- interconexión llamada por llamada, entre autocommutadores de acceso, de redes tácticas o de redes locales de abonados (barcos, PC, bases aéreas móviles); malla múltiple y no jerarquizada de las interconexiones entre estas redes,
- capacidad de adaptación a configuraciones muy diferentes con el transcurso del tiempo.

Características específicas de las soluciones previstas

Elección de la frecuencia: la elección de las frecuencias de radio de 44 GHz/20 GHz se justifica por las bandas pasantes disponibles (2 GHz/1 GHz), favorables a la utilización de técnicas de ensanchamiento de espectro. La mayor facilidad de obtención de puntos de lóbulos secundarios cercanos permite el aislamiento geográfico de las interferencias hostiles y la rapidez de las absorciones atmosféricas, que aumentan la discreción de los emisores.

Sin embargo, a todas estas ventajas se oponen la importancia y el carácter fluctuante de las atenuaciones atmosféricas, que se traducen por márgenes muy elevados para asegurar la disponibilidad requerida, en detrimento de la capacidad del sistema.

Necesidad de la "disminución" a bordo: en el caso de un transpondedor transparente convencional, la potencia de aleatorización de radiofrecuencia intencional (J) va a ocupar de forma mayoritaria el recurso de la potencia del enlace descendente en una proporción sensiblemente igual a

su relación J/S respecto a las señales útiles. Por ello, el balance de enlace descendente se ve cubierto por la presencia de ruido en el repetidor, lo que impide la comunicación hacia pequeños terminales en desventaja.

La solución consiste en eliminar el ruido hostil en el satélite separándolo de las señales útiles por medio un criterio espectral. El procedimiento más utilizado es el salto de frecuencia en la banda pasante con filtrado estrecho a una posición no predecible por el ruido hostil. Una solución que consiste en disminuir la señal de a bordo puede ser calificada como "transmisión semi-permanente" cuando no afecta a la forma de modulación de la señal transmitida.

El factor de atenuación del aleatorizador lo da la relación B_0/B_1 entre los dos anchos de banda (Figura 7). Las señales de carga útil pueden coexistir en el interior del filtro de banda estrecha en el modo de acceso convencional FDMA/TDMA.

MILSTAR: Ejemplo de sistema "regenerativo"

El sistema MILSTAR de los Estados Unidos tiene las siguientes características principales:

Baja velocidad: este sistema, puesto en servicio en 1992, se optimiza con enlaces muy protegidos entre estaciones de pequeñas dimensiones, a una velocidad comprendida entre 75 bit/s y 2,4 kbit/s.

Las antenas de barrido permiten buscar en el enlace ascendente los usuarios dispersos y protegerlos por discriminación geográfica. Paralelamente,

en el enlace descendente se distribuye un TDM (múltiple por división en el tiempo) sobre toda la superficie terrestre beneficiándose de toda la potencia del satélite y de la directividad de un proceso de muestreo de la cobertura en 37 elementos.

El modo de acceso ascendente es FDMA/TDM; ofrece la potencia total disponible de las estaciones en tierra para la resistencia a la amenaza J . Un conmutador embarcado interconecta los accesos ascendente y descendente, y permite establecer circuitos preconfigurados que también pueden ser intercambiados con otros satélites de la constelación por medio de enlaces entre satélites. La capacidad de un satélite es del orden de 150 portadoras FDMA, cada una de ellas con una velocidad máxima de 9,6 kbit/s.

Velocidad media: este sistema, que se pondrá en servicio en 1998, permitirá interconectar redes tácticas o locales entre 19,2 kbit/s y 2 Mbit/s. Los modos de acceso son comparables a los accesos a baja velocidad FDMA/TDMA ascendente y TDM descendente. No obstante, el servicio está limitado a puntos de cobertura estrechos cuya interconexión y acceso a enlaces entre satélites se aseguran por un conmutador de circuitos a la velocidad básica de 4.800 bit/s. La capacidad total llega a unas docenas de portadoras TDMA, a la velocidad máxima de 2 Mbit/s.

Los servicios de baja y mediana velocidad no pueden interconectarse en el satélite. Este sistema, de capacidad relativamente limitada, privilegia la resistencia a los diversos tipos de amenaza y proporciona los mejores balances de enlace posibles.

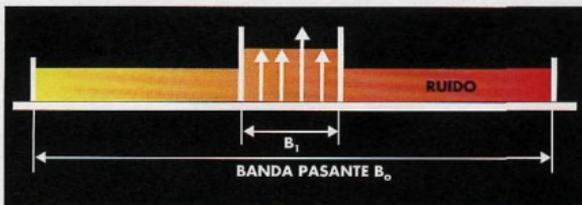


Figura 7 - Ensanchamiento del espectro por salto de frecuencia: la banda útil B_1 se mueve rápidamente alrededor de la banda pasante total B_0 .

Solución	Transmisión transparente canalizada	Transmisión transparente disminuida	Transmisión regenerativa
ECCM (Electronic Counter Counter Measures)	disminución tierra expansión de banda limitada por la anchura del canal satélite	disminución a bordo/filtrado a bordo no adaptativo	disminución a bordo/filtrado a bordo adaptativo
Modo de acceso de enlace ascendente	CDMA/TDM demodulación/decodificación tierra de altas prestaciones	FDMA/TDM demodulación/decodificación tierra de altas prestaciones	FDMA/TDM demodulación/decodificación a bordo
Modo de acceso de enlace descendente	CDMA (FDMA posible)/TDM simétrico	FDMA/TDM simétrico	TDM alta velocidad no simétrico (simétrico posible)
Comutación	comutación tierra	encaminamiento en frecuencia	comutación a bordo
Control de margen de potencia	posible por estación central	un limitador por canal	desacoplamiento emisión/recepción
Configuración red preferencial	punto a punto	punto a punto	malla
Clase de velocidad	de 75 bit/s a 2 Mbit/s	alrededor de 512 kbit/s	de 2.400 b/s a 2 Mbit/s
Enlace entre satélites	no	posible, pero acceso limitado	fácil
TM/TC protegida y baja velocidad	a tratar por separado	a tratar por separado	puede ser integrada en las telecomunicaciones
Prestaciones	Transmisión transparente canalizada	Transmisión transparente disminuida	Transmisión regenerativa
Capacidad en aleatorización máxima por satélite	reducida por el paso de potencia hacia las estaciones pequeñas	algunas decenas de enlaces a 512 kbit/s	algunas decenas de enlaces a 512 kbit/s Capacidad optimizada gracias a una mayor eficacia
Protección individual	reducida por el paso de potencia hacia las estaciones pequeñas	óptima	óptima
Funcionamiento de red típica	concesión	concesión	tránsito gestionado llamada a llamada
Evolución en la duración de vida	gran flexibilidad	posible	fija
Dificultad	Transmisión transparente canalizada	Transmisión transparente disminuida	Transmisión regenerativa
complejidad	nula	baja	media
riesgo	nulo	bajo	bajo

Tabla 1 - Comparación de las prestaciones y la complejidad en las transmisiones transparentes, semitransparentes o regenerativas

Proyecto TRIMILSATCOM

Se trata de un programa de telecomunicaciones militares por satélite para

las necesidades de tres países europeos: Francia, Reino Unido y Alemania. En primer lugar, debe asegurar la continuidad, hasta el 2005, de los servicios

de los sistemas existentes, es decir, Syracuse 2 en Francia, y Skynet 4 en el Reino Unido. Estos sistemas se basan esencialmente en repetidores de SHF

(ondas centimétricas) transparentes, de 40 MHz a 135 MHz, que atienden un pequeño número de zonas de coberturas.

Los nuevos requisitos se refieren principalmente a la proliferación de estaciones pequeñas a baja velocidad y a la interconexión de redes locales o tácticas de mediana velocidad mediante estaciones medianas. La agrupación de la mayoría de los requisitos en teatros de operaciones no previsible, comprendidos entre 1.000 y 4.000 km, y la exigencia de la supervivencia y disponibilidad en entornos adversos son las principales facilidades que el sistema tendrá que ofrecer respecto a la oferta de los sistemas comerciales.

Teniendo en cuenta estas exigencias, los estudios llevados a cabo por Alcatel y sus socios han permitido elaborar varias soluciones sobre la base de diferentes prestaciones/coste/riesgos, para ayudar en su elección a los Ministerios de Defensa de las tres naciones. Los análisis han tratado principalmente alcanzar el equilibrio entre las siguientes técnicas:

- frecuencia radio SHF (8/7 GHz) o EHF (frecuencia extremadamente alta) (44/20 GHz),
- transpondedor transparente o semi-transparente, o tratamiento a bordo del satélite,
- red con base de concesión semipermanente o red de tránsito.

Por lo que se refiere a la comparación entre la transmisión transparente y la regenerativa, pueden establecerse los siguientes balances en términos de solución, prestaciones y complejidad.

■ CONCLUSIÓN

La principal justificación del tratamiento a bordo se encuentra en la posibilidad de una conexión total y en la función de transmisión para mejorar los balances de enlace entre muchos usuarios, con poca potencia y muy dispersos.

En las aplicaciones civiles, el muestreo de amplias zonas de utilización implica un gran número de haces finos elementales. El tratamiento a bordo es una solución que permite la conexión entre estos haces para facilitar los enlaces directos entre usuarios. La transmisión transparente reserva el uso de los haces estrechos a los terminales de usuarios. Estos últimos se conectan a estaciones repetidoras cuya potencia y sensibilidad deben ser sobredimensionadas. Es una simplificación para el segmento espacial pero, en ciertos casos, puede ser un obstáculo para el segmento tierra.

En el caso de las aplicaciones militares, las zonas operacionales son más imprevisibles pero menos extensas y, por tanto, la necesidad de numerosos haces estrechos elementales es menor. Por este motivo, el empleo de la conmutación a bordo únicamente para las necesidades de interconexión entre los haces de antena está menos justificado que en las aplicaciones comerciales. En cambio, las exigencias de discreción y de resistencia a la amenaza de guerra electrónica requieren siempre la optimización de los balances de enlaces. Además, la emergente necesidad de malla adaptativa de mini-redes locales o tácticas mediante una función de tránsito gestionada llamada por llamada es una característica específica de las redes militares.

La solución transparente que puede ofrecer una flexibilidad de red equivalente al tratamiento a bordo regenerativo consistiría en utilizar el modo de acceso TDMA. En efecto, es el único que permite las reconfiguraciones según lo requieran la interconexión y los flujos de comunicaciones sin interrumpir los enlaces de transmisión entre módems. No obstante, este modo está poco adaptado a las aplicaciones militares, que tienen que poder soportar balances de enlaces que son críticos por el empleo privilegiado de pequeñas estaciones tácticas y la presencia de la amenaza ECCM (*Electronic counter countermeasures*). Así, esta necesidad propia es la principal justificación del tratamiento a bordo para Trimilstatcom.

Por tanto, la elección final dependerá principalmente del compromiso entre las necesidades de capacidad bajo amenaza y de malla adaptativa compleja, y el inconveniente del desarrollo más costoso de un sistema regenerativo que tiene la desventaja de congelar el modo de transmisión de las estaciones durante todo el tiempo de vida de los satélites.

Pierre Luginbuhl es Director de comunicaciones espaciales militares en Alcatel Space.

Pierre Gaudemet está a cargo de los proyectos de comunicaciones espaciales militares de Alcatel Space.

LOS PROGRAMAS DE OBSERVACIÓN POR SATÉLITES

J.-B. NOCAUDIE

Como líder europeo en electrónica espacial, en particular en las transmisiones y el tratamiento de la señal, Alcatel desempeña un papel preponderante en los programas de observación por satélites, nacionales, bilaterales y europeos

■ INTRODUCCIÓN

Las primeras actividades espaciales estuvieron orientadas hacia la ciencia y las telecomunicaciones. Desde los años 70, Estados Unidos y Rusia han lanzado numerosos satélites de observación de la Tierra para defensa. Los

europeos, que no disponían de lanzaderas, llegaron con más retraso a las actividades espaciales. El CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales, Agencia francesa del espacio) fue el precursor, lanzando, en febrero de 1986, el satélite de prueba para la observación de la Tierra, el

SPOT 1. El primer satélite de observación, el Helios 1A, para defensa (Francia, Italia y España), no fue lanzado hasta el mes de julio de 1995. Sin embargo, los satélites de observación son herramientas eficaces y seguras que nos permiten conocer mejor nuestro planeta y, eventualmente, los

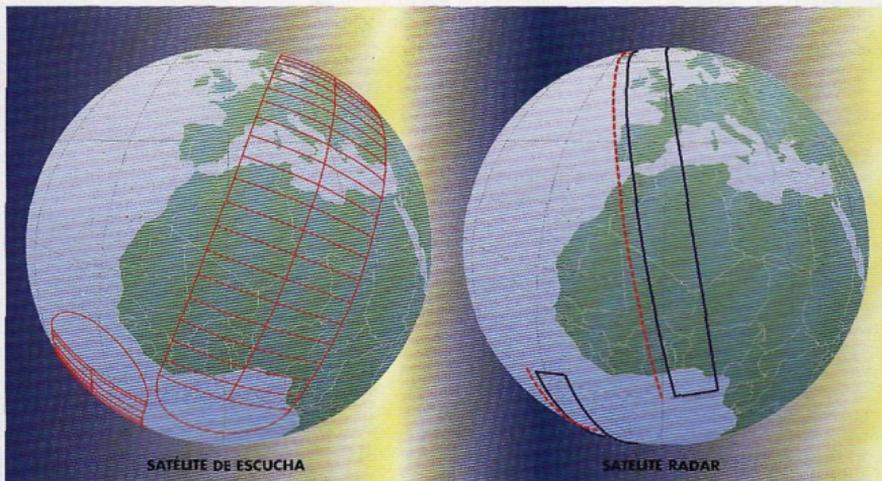


Figura 1 - Zona cubierta por un satélite en una hora y media

demás. Llevan a bordo instrumentos capaces de:

- reproducir imágenes de alta resolución óptica, infrarrojos y radar,
- estudiar sistemáticamente la atmósfera y los océanos,
- efectuar escuchas electrónicas,
- sondear el sistema solar.

Tras describir las características comunes a estos satélites, el artículo analiza los diferentes programas existentes y proyectados, la posición y las ventajas de Alcatel.

■ CARACTERÍSTICAS COMUNES A LAS SISTEMAS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

Los satélites de observación permiten adquirir imágenes de la Tierra realizadas mediante técnicas de teledetección: por medio de un sensor situado a bordo del satélite, se detecta la radiación emitida, reflejada o propagada por un objeto que se encuentra en la superficie de la Tierra. Los sensores trabajan en longitudes de onda del espectro visible, del infrarrojo y de las microondas.

Una órbita baja no geoestacionaria, polar o cuasi polar es la que mejor se adapta a los sistemas de observación. Un satélite en órbita baja puede cubrir en un día todo el planeta y repetir infatigablemente la cobertura cada 24 horas durante toda su vida (de 5 a 10 años) (Figura 1).

Los sensores ópticos sólo pueden ver la superficie de la Tierra durante el día, cuando el tiempo es claro, mientras que los sensores de microondas, activos o pasivos, funcionan con cualquier climatología, en el día y la noche, hayan o no nubes en la zona observada. Esta característica es fundamental para un sistema operacional cuya disponibilidad debe ser la de su duración de funcionamiento.

Por último, cabe destacar la dificultad de la transmisión a tierra de los datos

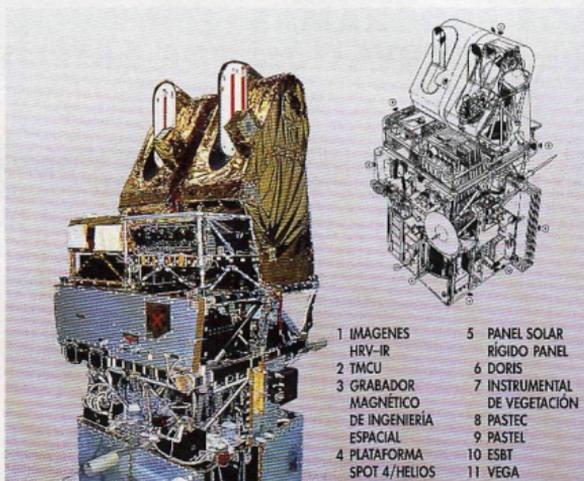


Figura 2 - El satélite SPOT 4

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 IMÁGENES HRV-IR | 5 PANEL SOLAR RÍGIDO PANEL |
| 2 TMCU | 6 DORIS |
| 3 GRABADOR MAGNÉTICO DE INGENIERÍA ESPACIAL | 7 INSTRUMENTAL DE VEGETACIÓN |
| 4 PLATAFORMA SPOT 4/HELIOS | 8 PASTEC |
| | 9 PASTEL |
| | 10 ESBT |
| | 11 VEGA |

registrados, en particular cuando la estación de recepción no se encuentra en el campo de visión del satélite. Para ello se dispone a bordo de memorias de gran capacidad que pueden ser vaciadas en tiempo diferido, o de satélites repetidores para transmitir a tierra, en tiempo real, los datos procedentes de satélites no geoestacionarios. En el dimensionado de los sistemas deben tenerse en cuenta todos estos puntos, en particular cuando hay que procesar las velocidades elevadas inherentes con las imágenes de alta resolución.

■ REPRODUCCIÓN DE IMÁGENES ESPACIALES

Los satélites ópticos SPOT y Helios

En 1978, el gobierno francés lanzó el programa SPOT de satélites de observación con objeto de obtener imágenes de la Tierra. Estas se iban a utilizar para numerosas aplicaciones: cartografía, supervisión de los recursos naturales y de la contaminación, agricultura, prospección minera, urbanismo, etc.

Los satélites SPOT observan la Tierra en cuatro bandas espectrales que van de 0,50 a 0,59 μm , de 0,61 a 0,68 μm , de

0,79 a 0,89 μm y de 0,51 a 0,73 μm . Las tres primeras, que forman el canal multispectral, presentan una resolución espacial de 20 m \times 20 m, mientras que la cuarta banda, el canal pancromático, permite una resolución de 10 m \times 10 m.

Estos satélites se mueven en una órbita polar heliosíncrona, a una altitud de 822 km, que permite conservar las mismas condiciones de iluminación en cada paso sobre un punto determinado. Observan la Tierra en una banda de 120 km de anchura, denominada "zona explorada" que, teniendo en cuenta la órbita seleccionada, permiten cubrir toda la superficie de la Tierra en 26 días.

Además de los satélites que fotografían y transmiten imágenes a Tierra, el sistema SPOT, realizado bajo la dirección del CNES, incluye:

- el segmento de control en tierra, que explota y localiza el satélite (estación de telemando y teled medida, centro de misión),
- el segmento de imágenes en tierra que se encarga de la recepción, procesamiento y memorización de los datos de las imágenes.

	SPOT 4	SPOT 5
Resolución	10 m (pancromática)	5 m (pancromática)
Zona explorada	20 m (multiespectral)	10 m (multiespectral)
Estereoscopia	lateral	lateral
Telemetida	50 Mbit/s - 8 GHz 13 dBm de EIRP	2*50 Mbit/s - 8 GHz 13 dBm de EIRP
Registrador	convencional	memoria masiva
Masa total	2.750 kg	3.000 kg
Potencia	1.800 W	2.800 W
Duración de vida	5 años	5/7 años

Tabla 1 - Evolución de las características del SPOT

Alcatel es responsable de los equipos de procesamiento de los datos a bordo y de transmisión. Se han encargado cinco satélites: el SPOT 1, lanzado en 1983; el SPOT 2, en enero de 1990; el SPOT 3, en septiembre de 1993; el SPOT 4 (Figura 2), que debe ser lanzado a principios de 1998 y que tendrá una banda espectral suplementaria de infrarrojos y, por último, el SPOT 5, que se comenzó a fabricar en 1995, y cuyo lanzamiento ha sido previsto para el 2002. Este satélite presentará numerosas mejoras (Tabla 1), como:

- una resolución de 5 m*5 m en modo pancromático, y de 10 m*10 m en modo multiespectral;
- amplificadores de potencia en estado sólido en banda X, de 20 W de potencia, para sustituir a los tubos de onda progresiva;

- dos registradores de estado sólido a bordo (memoria masiva) que sustituyen a los dos registradores convencionales de cintas magnéticas, y que tendrán una capacidad combinada de 90 Mbits. Se basan en chips de memoria IBM de 16 Mbits, ensamblados en módulos de memoria de 32 Mbits (Foto A).

La resolución de los satélites SPOT, incluyendo la del SPOT 5, que es mejor, sigue siendo insuficiente para cubrir las necesidades militares. El programa Helios, iniciado por Francia en 1990 en cooperación con Italia (14%) y España (7%), debe colmar estas carencias.

El Helios 1A fue lanzado en julio de 1995. Alcatel, encargada del procesamiento de datos, y de su transmisión hacia tierra, también suministró los transpondedores en banda S de tele-

medida/telemando, y los sistemas de alimentación de la plataforma.

Ya se ha programado la segunda generación, Helios 2A y 2B. La participación industrial dependerá de la contribución de Alemania, Italia y España. Ya se ha decidido que Alcatel suministrará los registradores de a bordo y los emisores de potencia, ambos en estado sólido, así como los transpondedores digitales en banda S de telemetida y telemando.

Los satélites de radar ERS y ENVISAT

Los satélites de radar son indispensables para todo sistema de observación operacional. Pueden utilizar las mismas órbitas que los satélites ópticos, y aunque sus imágenes sean más difíciles de explotar, las resoluciones son comparables. Las longitudes de onda utilizadas, muy diferentes de las del espectro visible, pueden hacer resaltar ciertos detalles.

La Agencia Espacial Europea (ESA) ha realizado y gestionado el sistema de satélites ERS (European Remote Sensing). El ERS 1 fue lanzado en julio de 1991, y el ERS 2 en julio de 1995.

Las cargas útiles de estos satélites incorporan dos instrumentos principales: un radar multifunción en banda C, denominado AMI (Instrumentación Activa de Microondas), y un radar altímetro. La resolución de las imágenes proporcionadas por el radar oscila entre 100 m*100 m y 30 m*7 m. El emisor del AMI está constituido por un amplificador de tubo de ondas progresivas (TWTA) que alimenta una antena plana de 10 m*1 m.

Alcatel ha participado en gran medida en la realización de equipos para estos sistemas de radar: subsistemas de radiofrecuencia y calibración, sistema de mando de la matriz de comunicación, bancos de pruebas de la AMI, alimentación del AMI, generación del chirp o impulso modulado en frecuencia del radar altímetro.

Basándose en el éxito de la línea ERS, la ESA emprendió la realización de un satélite dedicado al estudio del medio

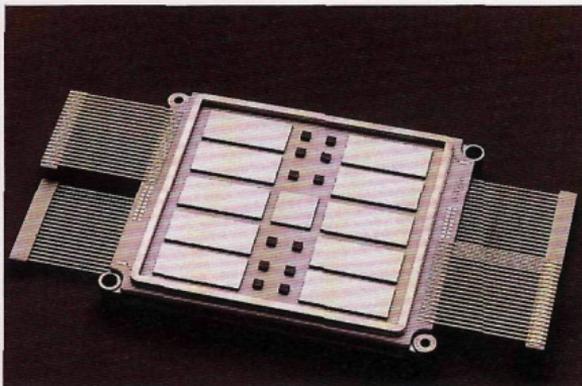


Foto A - Módulo de memoria de 320 Mbits

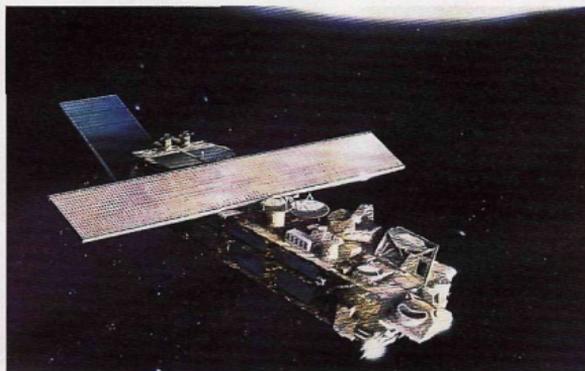


Foto B - El satélite ENVISAT 1

ambiente, el ENVISAT 1 (Foto B), que también consta de dos radares; uno de apertura sintética perfeccionado (ASAR), y otro de altímetro (RA 2), lo que garantiza la continuidad de servicio con los radares ERS (Figura 3)

existentes. El ASAR es un radar de nueva generación que utiliza una antena activa en vez de la "convencional" del ERS. Esta antena (10 m*1,3 m) está subdivida en 20 paneles idénticos; cada

uno de ellos incluye, a su vez, 16 módulos de emisión/recepción (Foto C). En conjunto, estos paneles representan 500 kg de electrónica espacial, acondicionada para funcionar a temperaturas ente -30°C y 55°C.

Más de la mitad de las funciones del radar están localizadas en la antena realizada por Alcatel en colaboración con otras sociedades europeas. Una ventaja determinante es que la antena activa dispone de un haz ágil en elevación y acimut, lo que ofrece al radar toda la versatilidad de funcionamiento deseada. Por ello, ASAR, el primer radar europeo embarcado en satélite que dispone de un barrido electrónico, prefigura lo que podría ser un sistema espacial de reconocimiento y de vigilancia radar para la defensa, al igual que el sistema SPOT había prefigurado y permitido el desarrollo del sistema Helios.

Por otra parte, la Delegación General del Armamento de Francia (DGA) confió a Alcatel la dirección de los estudios y desarrollos previos de OSIRIS, como contratista conjunto con Thomson-CSF. Se trata de un sistema de satélites de radar a realizar en cooperación con Alemania bajo el nombre de HORUS. El primer satélite HORUS debería ser lanzado en el 2005. En dicho momento, Europa dispondrá de una herramienta espacial de información bajo cualquier condición climática (HELIOS y HORUS).

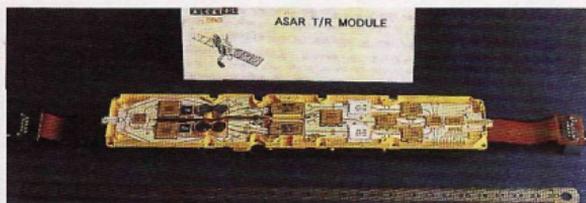


Figura 3 - Antena activa del ASAR - panel radiante



Foto C - Imagen de radar

■ LA TOPOGRAFÍA DE LOS OCEANOS

Los océanos, que ocupan el 70% del planeta, constituyen un medio poco conocido que presenta un gran interés tanto para los meteorólogos, que desean saber más sobre los intercambios océano/atmósfera, como para las marinas nacionales, que necesitan tener un mejor control de los fenómenos de propagación del sonido en el agua.

La Space Business Line de Alcatel fue seleccionada por el CNES para estudiar y realizar radares de observación

EL SATELITE ERS EUROPEO

ERS es el primer satélite de radar europeo. Al utilizar el espectro de microondas, puede usarse para observación a través de nubes, por el día y por la noche.

- **MISIÓN**

El radar multifunción proporciona imágenes de alta resolución de tierras y océanos, la dirección y velocidad de los vientos oceánicos; el radar de altímetro indica la distancia entre el satélite y el océano para poder realizar la topografía del océano; los radiómetros dan la temperatura de la superficie del mar e información sobre el contenido de la atmósfera.

- **CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Número de satélites: 2

Duración de vida: 3 años

Fecha de lanzamiento/lanzadera:

ERS1 17 de julio de 1991 Ariane V44

ERS2 21 de abril de 1995 Ariane V72

Cliente: Agencia espacial europea

Masa del satélite en el lanzamiento: 2.400 kg

Dimensiones: 11,8 m x 11,7 m x 2,4 m (con la antena y paneles solares desplegados)

Órbita: heliosíncrona, 800 km, inclinación de 98,5°

- **PRINCIPALES INSTRUMENTOS**

Radar multifunción (AM)

Frecuencia: 5,3 GHz (en banda C)

Modo radar:

Resolución: 7 m x 30 m

Anchura de barrido: 100 km

Modo dispersímetro:

Resolución: 50 km

Anchura de barrido: 600 a 800 km

Radar altímetro (RA)

Frecuencia: 13,8 GHz (en banda Ku)

Precisión: 0,1 m

Radiómetro de microondas

Frecuencias: 23,8 GHz y 36,5 GHz

Radiómetro de infrarrojos

Longitud de onda de 1,6 a 12 μ m

Precisión de la temperatura en la superficie del mar $\pm 0,5$ K

vertical, denominados altímetros, que miden, con una aproximación de unos centímetros, la distancia entre el satélite y el océano.

El radar Poseidon está en órbita a bordo del satélite de CNES/NASA TOPEX/POSEIDON desde agosto de 1992. El Poseidon 2 está en fase de realización. Se instalará en el satélite JASON1 del CNES cuyo lanzamiento por la NASA ha sido previsto para septiembre de 1999.

Desde el punto de vista técnico y tecnológico, este radar es excepcional tanto por su compacidad (25 kg) como por su bajo consumo (menos de 50 W).

■ LOS SISTEMAS DE ESCUCHA

La DGA ha iniciado el estudio de sistemas espaciales de escucha del tipo SIGINT (*Signal Intelligence*) cuyo interés es evidente. Estos sistemas son complementarios tanto de los sistemas de reproducción de imágenes espaciales como de los sistemas aerotransportados: son indispensables para identificar y medir el nivel de actividad de las fuerzas armadas tanto en el ámbito de la información electrónica (ELINT, *Electromagnetic Intelligence*) como en el de la interceptación de comunicaciones (COMINT, *Communication Intelligence*).

Las restricciones presupuestarias de la defensa no han permitido llevar a la práctica este programa. No obstante, Alcatel propuso la realización de un sistema de microsátélite (peso inferior a 50 kg), cuya explotación se inició con el lanzamiento del primer microsátélite CERISE (sistema para la caracterización electromagnética mediante un instrumento espacial embarcado) en julio de 1995. La realización del segundo microsátélite, CLEMENTINE, comenzó en agosto de 1996. Debería ser lanzado en 1999. El sistema incluye, además de los microsátélites, una estación de tierra de control y un centro de recepción de datos (Foto D).

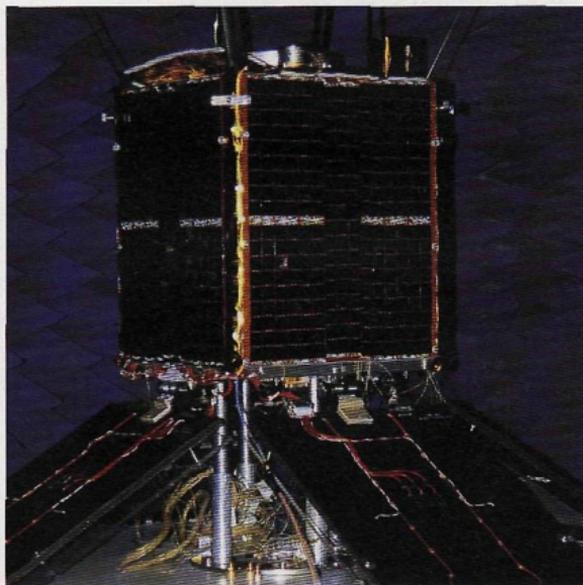


Foto D - El microsátélite CERISE

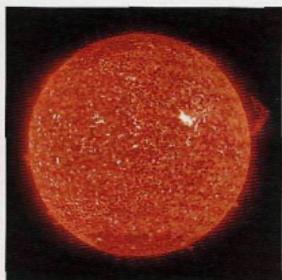


Foto E - Imagen del sol obtenida por Soho

■ EXPLORACIÓN DEL SISTEMA SOLAR

Alcatel participa en los programas científicos aportando generalmente el subsistema de telemida y telemando de los satélites. Los enlaces que hay que establecer tienen características poco comunes, en la medida en que las sondas interplanetarias como Ulysses, Giotto, Soho y Cluster se encuentran a distancias considerables de la Tierra. Así, por ejemplo, el encuentro de Ulysses con Júpiter tuvo lugar a más de 5 AU (unidades astronómicas) de la Tierra, es decir, unos 750 millones de kilómetros. A esta distancia, una señal de radio emitida por la sonda tarda 45 minutos en llegar a la Tierra. Por tanto, para saber si se ha ejecutado un telemando es necesario esperar, como mínimo, una hora y media!

Por lo general, el enlace ascendente se efectúa en banda S, y el descendente en banda S ó X, la banda X se utiliza para transmitir los datos de banda ancha. Casi siempre, el subsistema de telemida y telemando dispone de dos transpondedores (dos receptores y dos emisores en banda S, y dos emisores TWTA de 20 W en banda X) y de una antena bibanda (bandas S y X) de gran ganancia. Además del estado del satélite, el sistema de telemida también transmite los datos recogidos por los instrumentos científicos (Foto E), ya sea de forma directa, o bien después de registro. La telemida se efectúa a una velocidad binaria que oscila entre unos

kbit/s y varios centenares de kbit/s.

■ APLICACIONES COMERCIALES

El éxito de los sistemas de observación depende de la calidad de las aplicaciones y del uso que se hace de los datos obtenidos. En realidad, el mercado crece lentamente porque las tecnologías de procesamiento e interpretación asociadas con la información de los satélites son muy recientes. Los datos de los satélites no siempre están disponibles rápidamente, mientras que la

mayoría de las aplicaciones requieren el tiempo real: seguimiento y predicción de cosechas, catástrofes ecológicas, contaminación, inundaciones, etc. Por último, los actuales niveles de resolución (10 m para SPOT) no son apropiados para los sistemas de información geográfica (GIS) informatizados, mercado en pleno desarrollo (aumenta un 20% al año). Pero el lanzamiento en los próximos años de numerosos sistemas ópticos o radares de mayores prestaciones debe-

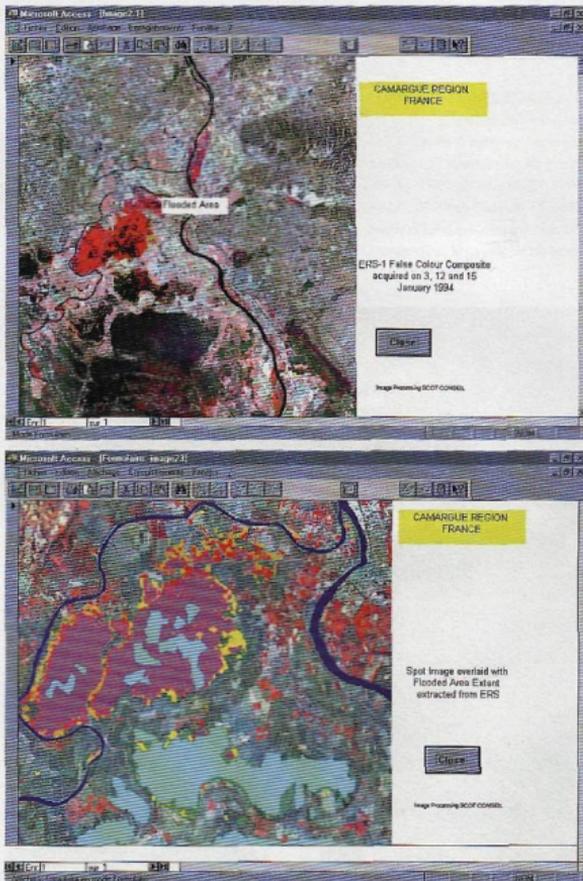


Foto F - Gestión de inundaciones por satélite

ría provocar un desarrollo espectacular de la utilización de los datos espaciales. Ante estas perspectivas, Alcatel está bien situada para afrontar el reto. Asociada al LHF (Laboratorio Hidráulico de Francia), en 1996 se le confió el estudio Europa-Risk de la Agencia Espacial Europea, cuyo objetivo es el análisis de las necesidades de los usuarios y la definición de un sistema de pruebas para la gestión de catástrofes (**Foto F**) en Europa y Rusia, utilizando los medios espaciales de estos dos países.

■ CONCLUSIÓN

Alcatel ha sabido participar en casi todos los principales programas científicos y de observación de la Tierra, nacionales o europeos. Según los casos, se ha encargado del tratamiento de los datos a bordo, de su transmisión

hacia la Tierra y de la totalidad o parte de la instrumentación de los radares. Los programas de observación van a seguir desarrollándose, ya que han demostrado su interés vital para aplicaciones de Defensa, de meteorología y científicas. Una operación como la Guerra del Golfo no habría sido posible sin el soporte de una docena de satélites de escucha y de reproducción de imágenes; la presentación diaria de la meteorología en la televisión sin la imagen del satélite ya no es imaginable; la exploración gradual del sistema solar se ha convertido en algo indispensable para hacer progresar la ciencia.

Por último, podemos pensar que el mercado de las aplicaciones comerciales va a salir de su período de maduración de 15 años y crecer muy rápidamente. El sector de los sistemas de información geográfica está aumentando anualmente en un 20% y utiliza,

cada vez más, datos espaciales. En 1997 finalizarán iniciativas americanas como, por ejemplo, la de la sociedad Space Imaging que va a proponer datos de imágenes de una resolución de un metro!

Muy bien situada en el segmento espacial, Alcatel dispone de una experiencia sumamente valiosa para crear y proponer nuevos sistemas para nuevas aplicaciones.

Jean-Benoît Nocaudie es responsable de la división comercial de sistemas de observación y navegación de Alcatel en Alcatel Espace desde 1988.

EL ESPACIO, UNA ACTIVIDAD INDUSTRIAL

H-P. BROCHET
R. PACHE

La fabricación de satélites es actualmente una auténtica actividad industrial

■ INTRODUCCIÓN

Los nuevos clientes de la industria espacial, muy especuladores, quieren adquirir sistemas de despliegue rápido, aprovechando la competencia mundial entre fabricantes. Esta tendencia ha provocado una bajada espectacular de los precios y de los plazos, que se han dividido por tres en los últimos cinco años. Industrialmente, esto ha permitido una ampliación de las "series" y ha suscitado buenas oportunidades de normalización y optimización de las herramientas industriales. De este modo, nuestra producción anual de equipos ha pasado de 175 unidades en 1992 a 875 en 1997. A pesar de todo, la industria espacial conserva características específicas (Figura 1): series aún reducidas, exigencias de entorno estrictas, gran importancia en asegurar la calidad, y requisitos de prestaciones que se sitúan a nivel del estado actual de la técnica.

Sin embargo, desde hace varios años, la fabricación de la totalidad o de una parte del satélite se ha convertido en una actividad industrial, ya que requiere una aplicación estructurada y económicamente competitiva de sus diferentes fases: diseño, desarrollo, realización y pruebas. Vamos a examinar estas diferentes facetas de nuestra actividad industrial.

■ CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL

Las limitaciones de fabricación en la industria espacial tienen como base, en primer lugar, los medios físicos sumamente variados en los que se

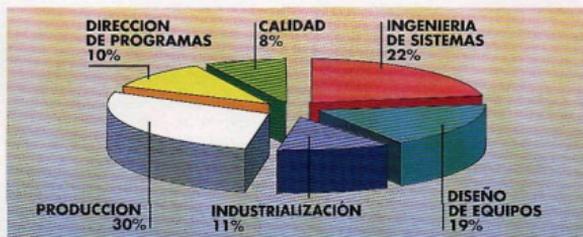


Figura 1 - Distribución de las actividades propias en Space Business Line, Alcatel

mueven los satélites: **terrestre**, en la fase de construcción; **vuelo**, en la fase de puesta en órbita y, por último, **espacial**, en la fase operacional con una reducida disponibilidad de energía, un medio térmico contrastado y radiaciones. Estas exigencias tienen un importante impacto en las opciones de diseño relacionadas con componentes, tecnologías de fabricación y planes de pruebas y de caracterización. Otras proceden de la imposibilidad de reparar los satélites en órbita.

De estas exigencias se derivan las siguientes consecuencias:

- la "gestión de proyectos" se realiza de forma sistemática;
- la conformidad con las exigencias, en particular la fiabilidad, debe ser totalmente demostrada mediante análisis y simulaciones;
- los componentes, los materiales y los procedimientos de fabricación deben ser cualificados;
- los grupos de trabajo y los operadores deben estar certificados, y todas

las operaciones deben ser "trazadas", es decir, identificables a posteriori en términos de lugar, fecha y nombre del operador.

■ PRODUCTOS DE TELECOMUNICACIONES

El mercado de satélites, de cargas útiles, de transpondedores y de equipos de telecomunicaciones en las bandas de frecuencias C, Ku y Ku+ ha llegado a su madurez desde el punto de vista técnico. Actualmente, la credibilidad industrial se refiere esencialmente a costes y a la aptitud para mantener plazos cada vez más cortos sin sacrificar la fiabilidad ni las prestaciones.

Con este objetivo, Alcatel ha elaborado un concepto global cuyo punto central es el "transpondedor genérico", concepto que se basa en una arquitectura coherente de productos genéricos estables y con un amplio ámbito de prestaciones. Esta arquitectura (Figura 2), perfectamente adaptada a las telecomunicaciones civiles, permite satisfacer las diversas exigencias funcionales de los clientes gracias a

simulaciones y adaptaciones simples de los productos. Este concepto nos ha permitido obtener cuatro tipos de ventajas:

- una mayor coherencia entre la oferta comercial y los productos industriales,
- una importante ganancia de tiempo al establecer las propuestas,
- una mejora del pliego de condiciones de las nuevas generaciones de equipos,
- cierta forma de asociación con nuestros clientes, basada en planes de desarrollo y documentación con parámetros definidos.

Las próximas etapas se referirán a las bandas Ka y X civil, siguiendo la evolución de los usuarios hacia bandas de frecuencia menos saturadas.

La "política de producto", en la que se basa el transpondedor genérico, es responsabilidad de un "jefe de producto" perteneciente a los equipos de diseño, y que gestiona el producto de forma empresarial: coordinación de los estudios anteriores (tecnologías, componentes y nuevos conceptos) y seguimiento de la producción y de las anomalías de funcionamiento después

de la entrega. El jefe de producto está encargado de preparar el "plan del producto" para cada nueva generación. Este dossier presenta, en particular, las características clave de la nueva versión: coste unitario estabillizado, volumen de producción que se pretende alcanzar, posicionamiento respecto a la competencia, así como el plan de desarrollo previsto.

■ EQUIPOS ELECTRÓNICOS PARA APLICACIONES ESPACIALES

La realización de estos productos comienza con la elección de los componentes disponibles que realicen las prestaciones técnicas requeridas y que satisfagan las exigencias del medio espacial. Ciertas tecnologías de componentes son resistentes a las radiaciones y, por tanto, son más fáciles de utilizar, pero estos sectores tienden a desaparecer. Así, pretendemos utilizar cada vez más componentes específicos o ASIC, y versiones "profesionales" con la obligación de caracterizar sus comportamientos mediante pruebas previas. A partir de los resultados de estos pruebas puede tomar forma la modelización electrónica de nuestros equipos. Los estudios de arquitectura se realizan teniendo en cuenta las exigencias de

fiabilidad requerida. Desarrollar un equipo para un funcionamiento continuo en períodos que pueden ser superiores a 16 años en el "vacío espacial", obliga a tener en cuenta el envejecimiento de los componentes y hacer que funcionen muy por debajo de sus prestaciones máximas. Se están realizando estudios que llevan el nombre de "análisis en el peor de los casos" para hacer una estimación de las prestaciones de los equipos al término de su vida y, de este modo, asegurarse de que son conformes a las exigencias funcionales.

La utilización de circuitos integrados específicos (ASIC) para el ámbito espacial comenzó en 1986, con la realización del primer circuito en tecnología 2 µm suministrado por Matra Harris Semiconductors (MHS) y embarcado en el demodulador "de espectro ensanchado" de Telecom 2. Desde entonces, hemos seguido la evolución de la técnica y ahora, gracias a las tecnologías micrónicas o submicrónicas, que van de 1 a 0,6 mm, integramos varios centenares de miles de transistores en un mismo chip. Los equipos digitales que utilizan ASIC han contribuido en gran medida a la realización de programas como Globalstar y, más recientemente, WorldStar con su transpondedor digital (Fotos 1 y 2).

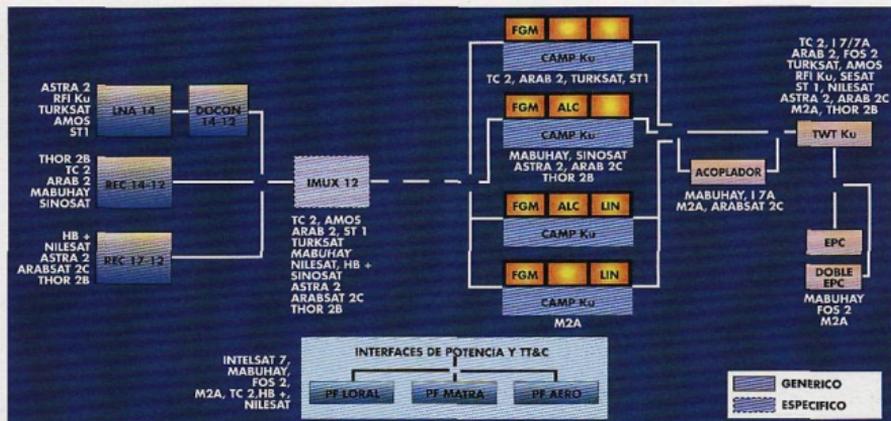


Figura 2 - Arquitectura genérica de un transpondedor en banda Ku

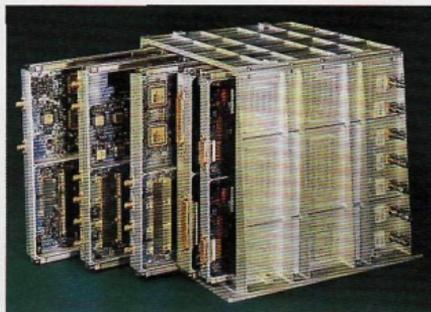


Foto 1 - Convertidor FI de MT-SAT

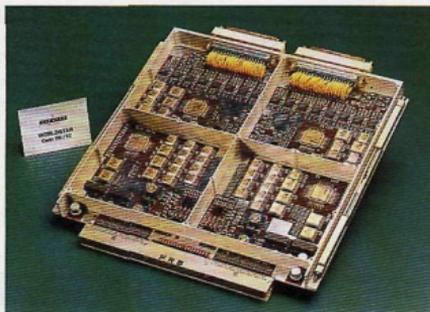


Foto 2 - Placa TT&C de WorldStar

■ EQUIPOS DE MICROONDAS

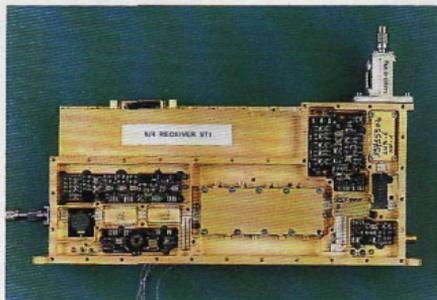
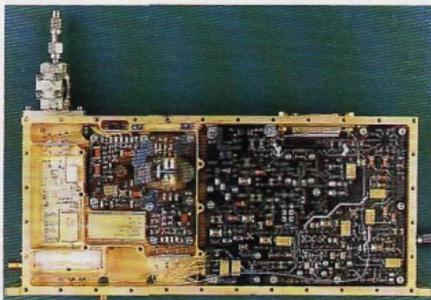
En los transpondedores transparentes, los equipos de microondas representan la mayor parte de la masa de las cargas útiles. Desde el comienzo de los años 90, una nueva tecnología de componentes de microondas denominada MMIC (circuito integrado monolítico de microondas) ha permitido obtener ganancias importantes de masa y de volumen en nuestros productos permitiendo de este modo un mayor número de canales de transmisión con una masa de satélite idéntica. Así pues, hemos emprendido un programa de evaluación con vistas a la cualificación de esta tecnología para futuras generaciones de equipos (Fotos 3 y 4). El primero de ellos en beneficiarse de este nuevo tipo de componente fue un amplificador de canal (CAMP) en banda Ku del programa AMOS. La ganancia de masa en el subsistema de

microondas de este producto ha sido considerable. De los 180 g de la versión anterior (híbrido de transistores discretos) se pasó a 45 g, realizando las mismas funciones con sólo 6 chips MMIC. Dado el éxito de la cualificación espacial de una línea MESFET de 0,5 micras, se decidió extender la aplicación de esta tecnología al conjunto de productos de microondas. El procedimiento de fondo consistió en normalizar las funciones elementales integrables en forma de MMIC, dotándolas de un máximo de versatilidad de aplicación en las diversas familias de productos, así como de una cobertura total en anchura de banda en los planes de frecuencias asignados a los servicios por satélite. Así pues, este concepto de "chip set" cubre funciones tan diversas como amplificadores de bajo nivel, amplificadores de potencia de hasta 2 W, atenuadores de mando electrónico, defasadores, mezcladores y cir-

cuitos osciladores. Los progresos en materias de modelización y simulación han permitido crear con precisión circuitos no lineales cada vez más complejos. Ya ha comenzado la siguiente etapa a nivel de estudios previos: mayor integración de funciones en un mismo chip (más de 20 transistores en unos pocos mm²) y encapsulado más eficaz con una mejor imbricación de los componentes de microondas y silicio asociados: el concepto multichip (MCM, módulos multichip) va a permitir, en los próximos dos años, dar un nuevo paso en la miniaturización del equipo de los satélites.

■ ANTENAS ESPACIALES

En realidad, el subsistema antenas de un satélite se diseña para cada misión y debe ofrecer el mejor compromiso entre prestaciones radioeléctricas, exigencias de volumen y masa embarcada.



Fotos 3 y 4 - Receptor RFM a 6/4 GHz

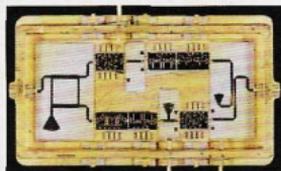


Foto 5 - Linearizador en banda Ku; módulo MMIC

El concepto de antena de reflectores formados, que es el que mejor se adapta actualmente a los satélites geoestacionarios, ofrece un máximo de ganancia, para una zona de cobertura determinada, mediante una "simple" deformación de la superficie de los reflectores. A título de ejemplo, el **Foto 6** presenta las antenas del satélite ARABSAT 2A en las bandas C y Ku con su cobertura respectiva. Como complemento a estas coberturas fijas, las antenas de haces concentrados orientables permiten ofrecer una cobertura que puede dirigirse hacia cualquier punto de la parte visible de la Tierra (**Foto 7**). De este modo, el operador dispone de una capacidad de ajuste de la cobertura durante toda la vida del satélite.

En los próximos años, el desarrollo de antenas activas, capaces de proporcionar haces concentrados móviles y reconfigurables, va a representar un importante reto industrial frente a la llegada de las constelaciones de satélites de órbita baja, que requieren la utilización de un gran número de antenas

de este tipo, ya que están bien adaptadas a los mercados que precisan gran flexibilidad de tráfico y de cobertura. Estas antenas, actualmente desarrolladas en Globalstar, son indispensables en SkyBridge y requieren la utilización de importantes medios industriales, en particular para las pruebas.

■ INTEGRACIÓN Y PRUEBA DE LOS SISTEMAS

La constante presión sobre la duración de los ciclos nos ha llevado a optimizar las secuencias de integración y de pruebas de las cargas útiles (**Foto 8**), junto a los principales integradores de satélites del mundo. Las evoluciones más notables en materia de organización y de optimización de nuestra fábrica han sido las siguientes:

- Creación de un polo común para la realización del conjunto de nuestros bancos de prueba. Esta agrupación de las actividades permite aplicar soluciones homogéneas en los diferentes niveles de integración: MMIC, equipos, carga útil, satélite y pruebas en órbita.
- Instalación sistemática de bancos de prueba rápidos y de banda ancha. Para una prueba elemental, el tiempo ha pasado de una media de diez minutos a un minuto.



Foto 7 - Antena de haz móvil del satélite SESAT

- Desarrollo de herramientas de simulación de las prestaciones de microondas de las cargas útiles que permiten predecir las prestaciones finales de la carga útil a partir de las prestaciones elementales medidas y, todo ello, para todos los caminos de radiofrecuencia del transpondedor correspondiente a diferentes simulaciones (normalmente alrededor del millar).
- Puesta en red de los parámetros y las caracterizaciones necesarias para los equipos de integración y clientes. Entre otras cosas, esto significa, un catálogo de principios de medidas, de

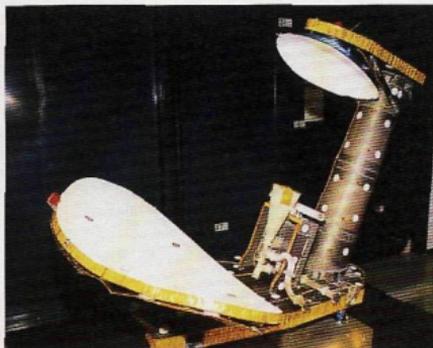


Foto 6 - Antena de recepción del NILESAT



Foto 8 - Sistema de pruebas e integración de cargas útiles

listas exhaustivas de las medidas a realizar y de la definición de las interfaces eléctricas entre los equipos.

■ EL SISTEMA DE INFORMACIÓN: INTERNAMENTE, CON LOS CLIENTES Y LOS SOCIOS

Las necesidades inducidas por las actividades de desarrollo y de gestión de los proyectos nos han llevado a favorecer los intercambios con nuestros socios. Se ha vuelto más complejo con el programa Globalstar debido al número de satélites que hay que realizar y las fuertes interdependencias entre fabricantes: Space System/Loral (Estados Unidos), Alenia (Italia), Aérospatiale (Francia), Dasa (Alemania) y Alcatel Espace (Francia). Actualmente, cada programa lleva a la apertura en diferentes grados de nuestro sistema de información para integrar las unidades de la Space Business Line de Alcatel. Desde enero de 1997, el nuevo sistema de gestión de producción se basa en el programa software C:O de Cincom, y podrá ser utilizado por los principales subcontratistas. El sistema de gestión de datos técnicos (SGDT), basado en WorkManager y que será operacional en el transcurso de 1997, podrá ser abierto a nuestros socios industriales y a nuestros clientes.

Hemos definido un plan de racionalización de las herramientas y de los métodos de diseño electrónico y mecánico, así como de las herramientas de simulación. La implementación de este plan está a punto de completarse en la Space Business Line. Es la condición previa a una utilización óptima de los recursos de cada unidad

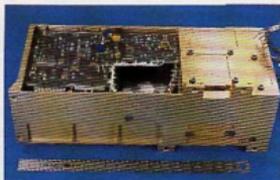


Foto 9 - EPC de nueva generación

y a una reducción competitiva de la duración de los ciclos y de los costes de realización.

■ ALGUNOS EJEMPLOS CONCRETOS

Globalstar - cargas útiles de Alcatel

La dimensión de este proyecto, las "cantidades" en juego y los costes objetivos de desarrollo, han servido a Alcatel de soporte en los trabajos de mejora de nuestro proceso industrial de fabricación en:

- el ensamblado de 56 cargas útiles en 18 meses,
- la realización de equipos de función equivalente, a un tercio del coste normal.

Las principales realizaciones han sido:

- análisis del valor, o método design to cost, para todos los equipos,
- utilización generalizada de componentes específicos integrados (ASIC y MMIC),
- automatización de las principales operaciones de producción con reimplantación de talleres, si fuera necesario,
- introducción de puestos dedicados en la fase de integración de la carga útil,
- implantación de un sistema de intercambio de datos técnicos entre los diferentes industriales del programa, para la predicción de las prestaciones y su comparación en tiempo real.

La línea de productos EPC/TWTA - Alcatel ETCA

Los amplificadores de potencia de microondas, que figuran entre los equipos más críticos de las cargas útiles, poseen un número cada vez mayor de canales, generalmente de 10 a 50. Las etapas de potencia de cada canal

suponen la mayor parte del consumo eléctrico y contribuyen significativamente a su masa y a su coste. Para las potencias o las frecuencias elevadas, sólo los amplificadores de tubos de ondas progresivas (TWTA) permiten satisfacer las exigencias requeridas. Estos amplificadores, estratégicos tanto por motivos técnicos como de programas, están formados por un tubo de ondas progresivas (TWT) y un acondicionador de potencia electrónico (EPC).

En Alcatel ETCA se ha implantado un equipo integrado para desarrollar una nueva generación de EPC (**Foto 9**). Utilizando el método "design to cost", cuenta con una célula de diseño eléctrico y con especialistas en tecnología, implantación física, procesos de fabricación y procedimientos de pruebas. Este método ha sido aplicado integrando todos los parámetros: prestaciones, coste de los componentes y tiempo de fabricación y de prueba. Para los factores críticos (precio, calidad y plazos) fue fundamental cambiar la actual estructura de producción de pequeñas series y crear un taller integrado que reuniera, en el mismo espacio, el almacén, la producción y las pruebas, para realizar 160 EPC por año.

Módulos de filtrado por ondas acústicas de superficie en banda L para Globalstar - Alcatel AME Space

El programa Globalstar, con sus 56 satélites, es fuente de numerosos retos aceptados por Alcatel AME Space. En junio de 1995, nos comprometimos a suministrar a Space Systems/Loral unos 900 módulos de filtrado de ondas acústicas de superficie (SAW) que incluyesen un total 3.600 filtros SAW individuales, para los transpondedores en banda L y C a 1,6 GHz.

A pesar de la fuerte competencia, AME Space fue la única sociedad que cumplió todas las condiciones requeridas y que obtuvo la confianza del cliente gracias a un plan de producción detallado que analizaba todas las etapas, puntos críticos, capacidad de producción y uso de la redundancia o soluciones de recambio.

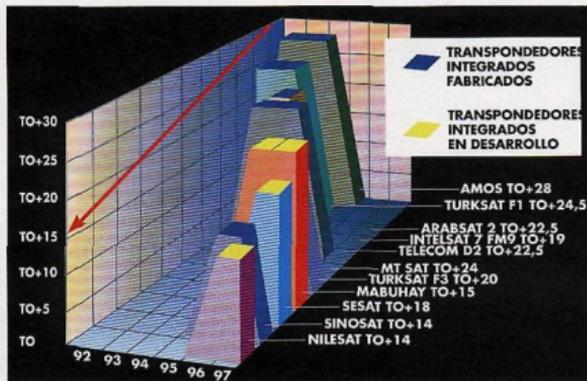


Figura 3 - Tendencias de la realización de transpondedores integrados desde 1992

Durante el desarrollo, el punto crucial fue la posibilidad de producir los módulos y los filtros SAW:

- Controlando de cerca el proceso de fabricación para limitar la dispersión de la frecuencia central, ya que esta última aumenta más que linealmente en función de esta frecuencia.
- Para la sintonía de los 3.600 filtros SAW se puso a punto un método, patentado desde entonces, de realización rápida, semiautomática, precisa, y estable en temperatura y con el tiempo.

A pesar de ello, se esperaba un rendimiento bastante bajo en la etapa de los segmentos SAW, de modo que se realizó un sistema automático de prueba y de ensayo de los segmentos para garantizar que sólo se ensamblarían los componentes de cuarzo del SAW

considerados buenos. Los límites de la selección se determinaron basándose en datos estadísticos experimentales. Gracias a todos estos esfuerzos de preparación, la fase de producción se desarrolló sin problemas, e incluso se superó la cadencia prevista antes del final de las entregas, efectuadas muy por delante de las necesidades del cliente.

■ CONCLUSIÓN

La industria espacial ha evolucionado mucho en los últimos cinco años. Los obligados cambios de organización, de métodos de trabajo, de herramientas y de técnicas, han provocado un cambio cultural para pasar de una fabricación unitaria basada en las capacidades técnicas de control industrial y de sistemas competitivos. Esta evolución ha

sido estructurada por diferentes programas de mejora de competitividad lanzados hace ahora 8 años (Figura 3). Estos programas se basan en un procedimiento coherente y continuo que utiliza herramientas tales como el análisis de los procesos, la reingeniería y métodos design-to-cost.

Se ha concretado la noción de producto, punto central de nuestra organización, y se ha reestructurado el proceso de diseño en torno a esta noción. Para reducir los plazos aparentes de diseño se ha desarrollado el concepto de "building blocks". Para favorecer la interacción de las competencias y desarrollar la "ingeniería simultánea" hemos efectuado una gran inversión en herramientas de simulación y de SGDT. Por último, se han fusionado las actividades de metodología y desarrollo.

Además de las importantes evoluciones ya realizadas, los próximos retos industriales de Alcatel serán aprovechar las ocasiones favorables en caso de liberalización de las normas espaciales (normas MIL y ESA) para reducir los costes, asegurando al mismo tiempo una fiabilidad compatible con las exigencias de las misiones y la satisfacción de nuestros clientes.

Henri-Paul Brochet es actualmente Director de Operación de la Space Business Line, Alcatel.

Raymond Pache es actualmente adjunto a Director de Operación de la Space Business Line, Alcatel.

LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LOS SISTEMAS DE SATÉLITES

P. FAUROUX
J. JOSEPH

Una carrera por la competencia en un creciente mercado está llevando a un rápido cambio tecnológico y aumentando la complejidad de los sistemas.

■ INTRODUCCIÓN

El espacio ya no es un sector "aparte". El incremento de la competencia, la multiplicación de las aplicaciones comerciales y la reducción de los créditos públicos civiles y militares están favoreciendo un procedimiento en el que el criterio determinante es la satisfacción del servicio a un menor coste, en vez del procedimiento habitual, en donde primaba la "tecnología".

Sin embargo, la evolución tecnológica desempeña, más que nunca, un papel esencial en la factibilidad y competitividad de los nuevos sistemas de satélites. Este artículo presenta las principales tendencias de esta evolución, en primer lugar en el diseño de todo el sistema (segmentos de satélite y de tierra), y después, en el diseño detallado del propio satélite (plataforma y carga útil). Se describe el programa tecnológico francés STENTOR, que ilustra estas tendencias y contribuye de forma determinante a hacer creíbles la mayoría de las tecnologías embarcadas necesarias para los futuros sistemas, en particular para el proyecto SkyBridge de Alcatel.

■ EL SISTEMA

Un sistema de satélites comprende el "segmento espacial", es decir, el o los satélites y el segmento de control en tierra asociado, y el conjunto de los

demás medios en tierra vinculados a su misión: terminales, estaciones de conexión con la red terrestre, centros de misión, etc.

La optimización coste/eficacia debe ser global y, aunque cubra una gran diversidad de situaciones, conduce a las siguientes tendencias:

- El desarrollo de los mercados con un gran número de terminales (millones de unidades) como los de la difusión de TV o radio, de comunicaciones móviles o multimedia, de mensajería y de recogida de datos, impulsa a aumentar las prestaciones y la complejidad del segmento espacial (potencia y versatilidad de los satélites, constelaciones no geostacionarias) para minimizar el coste de los terminales que, por otra parte, deben ser objeto de un importante esfuerzo de integración.

- Un sistema de comunicaciones de satélites debería estar acoplado normalmente a una o varias infraestructuras, tales como las redes telefónicas públicas y celulares para móviles, las redes de banda ancha en modo de transferencia asíncrono (ATM), las redes de datos, en particular Internet, las redes cableadas de televisión, etc. Debe ser interoperable y reutilizar al máximo los protocolos, normas y productos desarrollados para las aplicaciones terrestres. El reducido tiempo de propagación que caracteriza las

constelaciones de órbita baja (LEO) favorece en gran medida esta compatibilidad de protocolos.

- La creciente complejidad de los sistemas hace que se preste una especial atención a "la ingeniería de sistemas", es decir, los métodos y herramientas de simulación, diseño, desarrollo y validación del sistema "de extremo a extremo". Las constelaciones requieren, en particular, métodos nuevos para optimizar conjuntamente la cobertura, la fiabilidad, la disponibilidad y los costes.

- La supervisión, control y planificación de los recursos, en particular en el caso de las constelaciones, deben ser dotados de herramientas elaboradas de ayuda a la decisión y de un grado de autonomía creciente, para reducir los costes de explotación del sistema.

- Por lo que se refiere a la transmisión por radio, las técnicas de ensanchamiento de espectro se utilizan desde hace mucho tiempo, sobre todo por su inmunidad a las interferencias (comunicaciones militares, navegación, GPS y satélites repetidores). Su aplicación se ha extendido considerablemente con la introducción de los sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA), cuyo compromiso capacidad/potencia es atractivo: es el caso de Globalstar, Eutelsat y Skybridge.

■ EL SATÉLITE

La evolución del mercado y la optimización de los sistemas conducen a las siguientes tendencias:

- Aumento de las prestaciones en potencia, capacidad y funcionalidades de los satélites geoestacionarios (GEO) de telecomunicaciones y, por tanto, de su masa: la cual supera frecuentemente las tres, e incluso cuatro toneladas, y con una necesidad de potencia que va de 15 a 20 kW.
- Necesidad creciente de flexibilidad en las zonas de cobertura de las antenas, y en la naturaleza y distribución del tráfico.
- Auge de los pequeños satélites de menos de una tonelada que frecuentemente forman constelaciones de órbita baja para aplicaciones de telecomunicaciones u observación de la Tierra.
- Reducción constante de la masa y del consumo energético con prestaciones idénticas, para limitar los costes de lanzamiento: esto supone un ahorro de unos 50.000 dólares por kilogramo y de 5.000 por vatio ganado en la carga útil para un lanzamiento en órbita geoestacionaria.

Examinemos la repercusión de estas tendencias en la plataforma y en la carga útil.

■ LA PLATAFORMA

La plataforma proporciona los recursos que permiten que la carga útil desempeñe su misión: energía eléctrica (paneles solares, baterías, acondicionamiento y distribución de potencia), posicionamiento (propulsión, control de actitud), regulación térmica, telemetría y telemando, estructura portadora, ordenador de a bordo. Los desarrollos tecnológicos tienen como objetivo aumentar estos recursos, minimizando al mismo tiempo la masa necesaria. Alcatel es especialmente activa en el campo de la energía eléctrica, con su amplia experiencia electrónica de potencia y baterías (ver el apartado dedicado a STENTOR).

■ LA CARGA ÚTIL

La evolución tecnológica de las cargas útiles se debe al efecto conjugado de dos factores: una reducción constante de la masa y del consumo de potencia que unida al objetivo prioritario de reducción de costes, y la aparición de nuevas técnicas como las antenas activas y el tratamiento embarcado.

Reducción de masa y consumo - Surgimiento de las tecnologías digitales

La miniaturización afecta a todos los elementos de la carga útil [1, 2]. Los desarrollos más recientes se centran en:

• **los circuitos de microondas activos en estado sólido:** MMIC = los circuitos integrados monolíticos de microondas (MMIC) ya están omnipresentes en los equipos activos de un transpondedor convencional como el de la **Figura 1**, o en las antenas activas. Alcatel dispone de una gama completa de productos basada en circuitos MMIC, y continúa la miniaturización con el desarrollo de chips multifuncionales: el circuito de la **Foto A** integra 23 transistores, e incluye un mezclador y los amplificadores asociados, sustituyendo a los cinco chips MMIC de un receptor actual.

• **el filtrado de microondas:** los filtros de resonadores dieléctricos han reemplazado definitivamente a los simples filtros de cavidades en los demultiplexores de entrada (IMUX) en banda C o Ku. Alcatel ha desarrollado productos basados en topologías originales y patentadas.

• **la electrónica analógica y digital:** este campo se beneficia de los constantes progresos en la tecnología de semiconductores y de la tendencia a utilizar en el espacio componentes "comerciales". La parte de electrónica digital en un transpondedor transparente del "servicio fijo" tradicional, como el de la **Figura 1**, está limitada actualmente a las interfaces de telemetría y telemando, pero está abocada a crecer rápidamente.

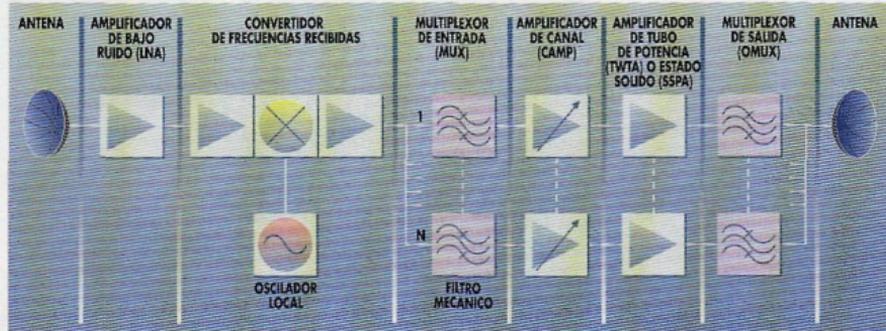


Figura 1 - Arquitectura de carga útil de un transpondedor transparente

- **la alimentación de potencia:** teniendo en cuenta el alto grado de miniaturización alcanzado por los circuitos de microondas, Alcatel ha puesto su atención dedicando un importante esfuerzo a los convertidores de alimentación para limitar su peso relativo.

- **las tecnologías de ensamblaje:** debido a su repercusión en la masa, coste y fiabilidad de los equipos, son un elemento esencial de la competitividad. Las tecnologías en curso de introducción son las siguientes: la de módulos multichips (MCM) para circuitos analógicos, digitales o mixtos (**Foto B**); el montaje *flip-chip*, en particular para circuitos de microondas de potencia o milimétricos; el apilamiento vertical de circuitos digitales (tecnología "3D" o MCM-V), normalmente para memorias de masas en estado sólido o microcámaras [2]. Para el futuro, Alcatel desarrolla una tecnología 3D adaptada a las microondas y, en particular, para la antenas activas (**Foto C**).

- **la arquitectura del transpondedor:** la extrema miniaturización de ciertos equipos (el amplificador de canal en tecnología MCM de la **Foto B** apenas pesa 100 gramos) impulsa a agrupar funciones en "macro-módulos", como los módulos de potencia de microondas MPM que agrupan el amplificador de canales (GAMP) y el amplificador de tubo de ondas progresivas (TWTA) de la **Figura 1**.

Técnicas necesarias para los nuevos servicios

Antenas activas

Estas antenas están constituidas esencialmente por una red activa, es decir, elementos radiantes, casi siempre impresos, asociados a amplificadores de emisión o de recepción y a un array de formación de haces concentrados con defasadores activos. Esta red activa puede ser de radiación directa o estar situada en las inmediaciones del plano focal de un reflector. Las antenas activas permiten realizar haces

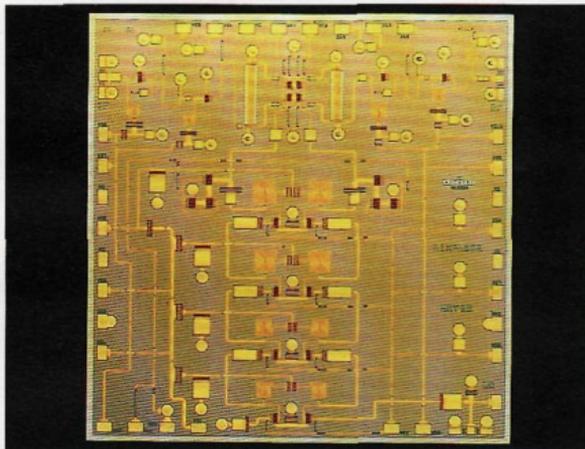


Foto A - Chip MMIC multifuncional: convertidor de frecuencias 14/12 GHz

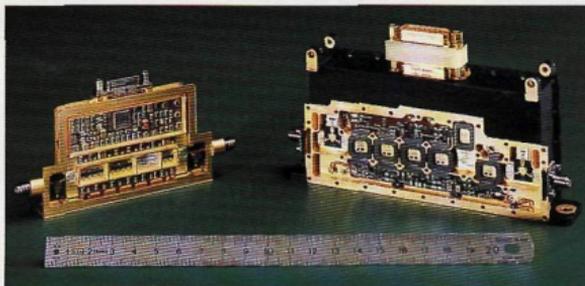


Foto B - Amplificador de canales MMIC en banda Ku (con y sin MCM)

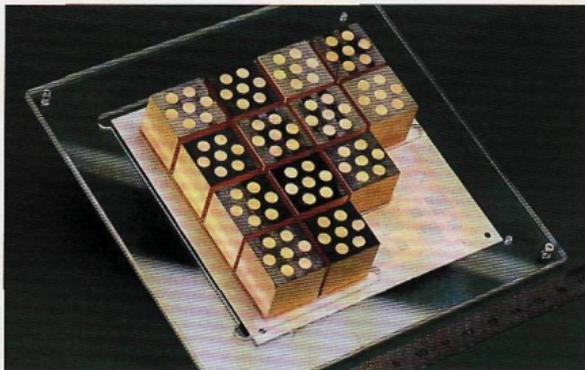


Foto C - Cubos 3D de microondas con cara superior radiante

múltiples ágiles y reconfigurables. Su potencia distribuida favorece la fiabilidad (fenómeno de "degradación lenta").

Desde hace una decena años, Alcatel dedica un esfuerzo considerable a estas antenas [3] que recurren a las tecnologías más avanzadas en materia de elementos radiantes, de miniaturización electrónica (MMIC, filtros, etc.) y de amplificación de potencia, así como a herramientas y métodos sofisticados de simulación, calibrado y ensayos. En particular, Alcatel es responsable de la carga útil de antenas activas de Globalstar, realiza los "subpaneles" activos del radar ASAR de síntesis de apertura de ESA, y se encarga de la realización completa de las antenas activas del programa STENTOR, que tendrá fuertes repercusiones tecnológicas en las antenas del programa SkyBridge.

El tratamiento embarcado

Realiza las operaciones de regeneración de señales de telecomunicación a bordo (demultiplexación, demodulación, decodificación y remodulación de los canales) y de manipulación de la información demodulada (conmutación de paquetes o de circuitos, modificación de tramas, etc.). El tratamiento embarcado ofrece muchas ventajas funcionales respecto a los transpondedores transparentes convencionales, principalmente en el caso de satélites

geoestacionarios. Ciertamente, estas ventajas conllevan una mayor complejidad y una pérdida relativa de flexibilidad, ya que la demodulación impone fijar ciertas características de la forma de onda durante toda la vida del satélite. Pero, los progresos de las tecnologías digitales ya han permitido la introducción operacional del tratamiento embarcado para servicios de banda estrecha (móviles, difusión y radio). Alcatel ha desarrollado para WorldSpace un procesador que multiplexa 3 tramas TDM (multiplexión por división en el tiempo) de 96 canales de radio a 16 kbit/s, a partir de 288 portadoras demultiplexadas y demoduladas a bordo (**Foto D**).

El tratamiento a bordo tiende a extenderse a las aplicaciones de banda ancha: sistemas GEO multimedia o militares de conmutación ATM, y multiplexación de televisión digital. También se utiliza en los satélites de observación de la Tierra (EO) para funciones diferentes. Alcatel ha desarrollado un filtro digital para radar, con una anchura de banda de varios centenares de megaherzos.

Cabe destacar que, junto al tratamiento embarcado "regenerativo", existe un importante mercado para el tratamiento embarcado "transparente", que se limita a un filtrado y a una conmutación rudimentaria sin demodulación de la señal. Esto se realiza utilizando tecnología digital o, más

frecuentemente en la actualidad, en una frecuencia intermedia (IF) de unos centenares de MHz con filtros de ondas acústicas de superficie (SAW), que son una especialidad de Alcatel.

Gestión de la carga útil

Las complejas funcionalidades introducidas por las antenas activas y el tratamiento embarcado requieren un control preciso de la carga útil, del que una parte importante debe ser realizado a bordo por motivos de tiempo de respuesta y de autonomía.

Aumento de las frecuencias (banda Ka, EHF)

La saturación de las bandas de frecuencia tradicionales C y Ku y la creciente necesidad de capacidad conducen al rápido desarrollo de enlaces en banda Ka (30/20 GHz) aunque la atenuación sea más elevada. Las tecnologías de miniaturización necesarias, ya descritas anteriormente, son perfectamente controladas por Alcatel, que ofrece una gama de productos en sinergia con las otras gamas de frecuencias (p. ej., C/Ku, EHF de 44/20 GHz para necesidades militares).

Enlaces entre satélites

Permiten conectar a usuarios atendidos por satélites diferentes sin pasar por una infraestructura en tierra entre estos satélites. Los enlaces de microondas en banda Ka o a 60 GHz están aquí en competencia con los enlaces ópticos de 0,8 μm o de 1,55 μm , teniendo en cuenta que esta última longitud de onda ofrece la ventaja de poder beneficiarse de las repercusiones de las tecnologías terrestres.

PROGRAMA DEL SATÉLITE TECNOLÓGICO STENTOR

Objetivos del programa

El programa STENTOR es una contribución capital a la evolución de las tecnologías de los satélites de telecomunicaciones. Su objeto es que la industria espacial francesa pueda equiparse con las tecnologías más

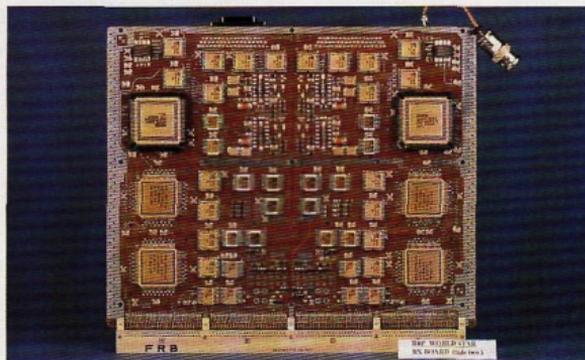


Foto D - Placa de demodulador para 48 portadoras a 16 kbit/s (programa WorldSpace)

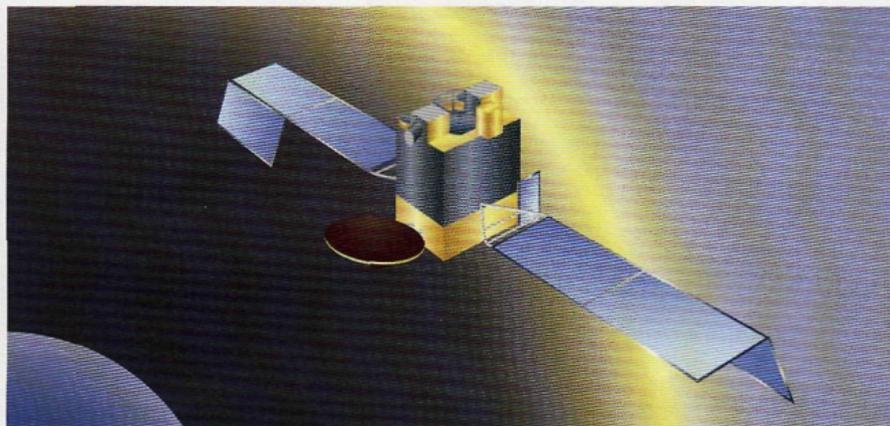


Figura 2 - Satélite STENTOR

avanzadas y competitivas.

La fase de desarrollo y de realización fue decidida por el Centro nacional de estudios espaciales (CNES) en diciembre de 1995 para un lanzamiento en órbita geostacionaria planificado para principios del año 2000. El proyecto ha sido confiado a un grupo industrial formado por tres promotores franceses, Matra Marconi Space, Aérospatiale y Alcatel, siendo Alcatel el encargado de suministrar la carga útil y el subsistema de telemando y telemedida.

La versatilidad de la carga útil de telecomunicaciones permitirá una gama de utilización muy amplia, ya sea para servicio fijo (enlaces punto a punto con velocidades que pueden alcanzar 600 Mbit/s, acceso en distribución temporal, etc.), o para servicio de difusión de datos (agrupaciones de programas digitales, software, etc.), y con coberturas que engloban Francia y Europa (Figura 2).

Tecnologías de plataformas

Alcatel Alsthom's plants are involved in developing the new platform technologies within their areas of competence:

Las plantas de Alcatel participan en el desarrollo de las nuevas tecnologías de plataformas en su ámbito de competencia.

- **Propulsión de plasma:** Alcatel desarrolla la alimentación de un motor de plasma, que ofrece una ganancia de masa del orden de 300 kg para un satélite operacional (con una masa total en el lanzamiento de 4.500 kg).

- **Baterías de litio (Li-ion):** esta tecnología la desarrolla Alcatel en paralelo con su desarrollo para un vehículo eléctrico. Respecto a la tecnología de hidruro de níquel (NiH₂) utilizada en la actualidad, la tecnología Li-ion ofrece una ganancia de masa del orden de 80 kg y en volumen de un 0,75.

- **Subsistema de telemando/telemando:** Alcatel desarrolla este subsistema privilegiando la versatilidad de la arquitectura: banda de frecuencias Ku o C, modulación de frecuencia o en fase, y potencia de salida del emisor de 200 mW a 6 W.

Carga útil en banda Ku

Antena activa de emisión de radiación directa

La espacialización y la validación operacional de una antena activa son elementos capitales del programa STENTOR. La antena activa de STENTOR utiliza todas las capacidades de una antena activa: cobertura multihaz, haces reconfigurables, barrido del haz sincrónico al ritmo de una trama TDMA (acceso múltiple por división en el tiempo). Se están aplicando tecnologías de vanguardia para el acondicionamiento de la potencia y la miniaturización de las funciones (Tabla 1).

Antenas pasivas

El satélite también incluye dos antenas pasivas que funcionan en emisión y en recepción: una orientable mecánicamente y otra de gran ganancia y con reflector ultraligero (realizada por Aérospatiale),

Número de elementos	48
Potencia de los SSPA	2 W en modo multiportadora
Potencia radiada en tierra (típica)	53 dBW
Número de haces	3
Anchura de banda	250 MHz
Radiación min./máx.	1 ^o /4 ^o o una ganancia de 25 a 36 dB

Tabla 1 - Características técnicas de la antena activa del STENTOR

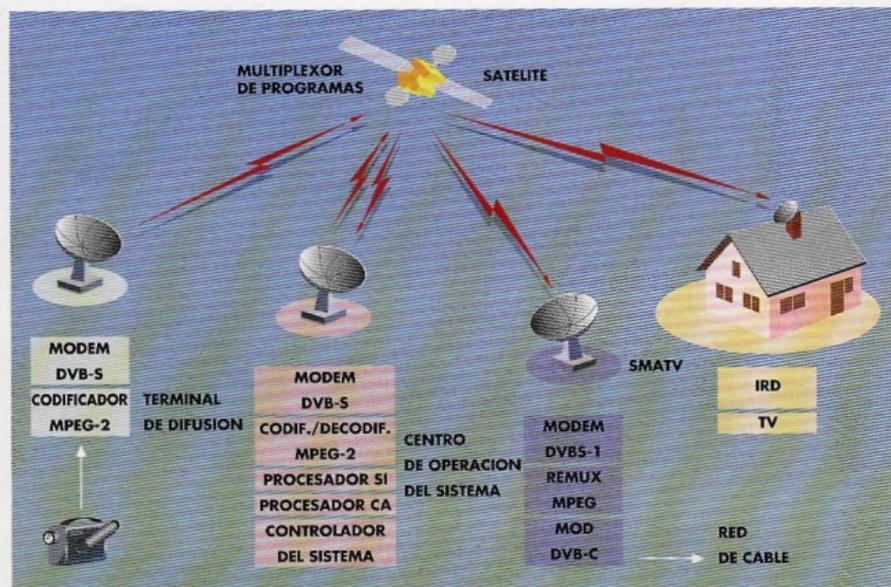


Figura 4 - Sistema WORLD TV que utiliza el transpondedor de TV digital

que proporcionará una ganancia de masa del orden de 5 kg respecto a las actuales tecnologías (Figura 3).

Transpondedor de banda ancha (RLB)

La excepcional anchura de banda de este transpondedor permitirá realizar conexiones a muy alta velocidad (hasta 600 Mbit/s). El amplificador de canal ha sido realizado en tecnología MCM.

Transpondedor de canales en frecuencia intermedia

Utiliza la tecnología de filtros de ondas acústicas de superficie (SAW) para el filtrado en frecuencias de los canales de telecomunicaciones. Estos filtros

(del tamaño de un circuito integrado), diseñados y fabricados por Alcatel, funcionan a 800 MHz y pueden ser utilizados para crear un único "building block" utilizable con diferentes planes de frecuencias.

Transpondedor de televisión digital

Los actuales sistemas de difusión de televisión (analógica o digital) tienen todos la misma arquitectura: una estación central, perteneciente al operador de satélite (p. ej., SES para el sistema ASTRA), recibe los programas de los diferentes productores y se encarga de enviarlos al satélite para su difusión. El transpondedor de televisión digital de STENTOR (Figura 4) permitirá la creación, a bordo del satélite, de un grupo de ocho programas digitales por demodulación y multiplexación, en total conformidad con las normas MPEG2/DVBS, ofreciendo de este modo al difusor un acceso directo al satélite sin estar sujeto a las exigencias de las infraestructuras en tierra.

Otros desarrollos relacionados con la carga útil

Carga útil en ondas milimétricas (EHF)

Esta carga útil, que es parte de la preparación del futuro sistema de telecomunicaciones militares, se usará para medir características de propagación y experimentar con las formas de ondas apropiadas.

Carga útil de comunicaciones aeronáuticas (no embarcada en STENTOR)

El núcleo de esta carga útil es el procesador que realiza el filtrado y el encaminamiento de las señales hacia las unidades móviles aeronáuticas. La adopción de tecnologías digitales permite utilizar mejor las bandas de frecuencias, gracias a una granularidad mucho más fina que la de los actuales sistemas analógicos (MTSAT e INMARSAT). La realización recurrirá al apilamiento vertical (3D) de circuitos ASIC.



Figura 3 - Carga útil del STENTOR

■ CONCLUSIÓN

La tecnología de los sistemas de satélites está en plena evolución debido al crecimiento de la demanda de servicios y a la competencia que impera en el mercado comercial. Incluso si los productos son muy diferentes, existe una importante sinergia entre las técnicas y tecnologías básicas de los sectores civil y militar, por una parte, y entre las aplicaciones de telecomunicaciones y de observación de la Tierra, por otra, lo que da una sensible ventaja a los actores presentes en el conjunto de las aplicaciones espaciales. Además, la validación mediante programas experimentales de las nuevas tecnologías embarcadas sigue siendo

una ventaja capital para hacerlas creíbles en el mercado comercial: la aportación del programa STENTOR a este respecto es sumamente valiosa. Por último, las tecnologías de vanguardia desarrolladas para las aplicaciones espaciales, en particular en materia de antenas y de radiofrecuencias, pueden tener importantes repercusiones en las aplicaciones terrestres.

■ REFERENCIAS

[1] G. Floury, J.-L. Cazaux, Aportación de las nuevas tecnologías en los repetidores de satélites, Revista de telecomunicaciones de Alcatel, 4º trimestre de 1994.

[2] A. Coello-Vera, Tecnologías de encapsulado para equipamiento en satélite, Revista de telecomunicaciones de Alcatel, 4º trimestre de 1994.

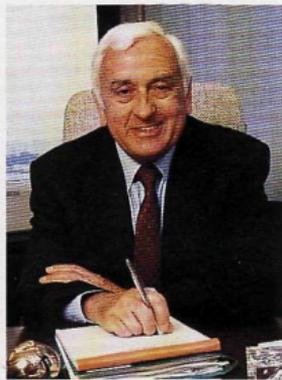
[3] G. Duret, Antenas para satélites de telecomunicaciones Revista de telecomunicaciones de Alcatel, 4º trimestre de 1994.

Pierre Fauroux, ingresó en Alcatel Espace para trabajar en diferentes proyectos espaciales. Actualmente dirige el programa STENTOR.

Jacques Joseph es director del departamento de Investigación y Desarrollo de la Space Business Line, Alcatel.

ALCATEL, DIRECTOR DE OPERACIONES DE SISTEMAS ESPACIALES DE COMUNICACIONES

B. DELOFFRE



Como muestra este número especial de la *Revista de Telecomunicaciones de Alcatel*, Alcatel está presente en todas las facetas de la realización de un programa espacial. Su know-how, que hace del grupo uno de los principales actores de la industria espacial europea y mundial, le lleva, en la actualidad, a asumir plenamente el papel de director de operaciones de sistemas espaciales de telecomunicaciones. Es una evolución lógica de sus competencias, así como una respuesta a la demanda del mercado.

■ LA FUERTE EXPANSIÓN DEL MERCADO DE LOS SATELITES DE COMUNICACIONES

Desde hace 40 años, las actividades espaciales han evolucionado radicalmente: de una actividad puramente científica de investigación, el espacio se ha convertido en un sector económico floreciente capaz de aportar una

respuesta a las nuevas necesidades. El sector que, con mucho, más tecnologías espaciales consume es el de las comunicaciones: transmisión, comunicación y difusión de señales que cada vez aportan más información. Por este motivo, el mercado de los satélites de telecomunicaciones ha experimentado un desarrollo excepcional en el transcurso de los últimos quince años, dinamizado por el crecimiento continuo de las necesidades en telefonía, fax, difusión de programas de televisión y radio, y transmisión de datos.

Los satélites geostacionarios dominan ampliamente este mercado. La "percha" ideal, la órbita geostacionaria acoge, a 36.000 km por encima del ecuador, el 80% de los satélites de comunicaciones. Pero, se anuncian cambios con el paso de lo analógico hacia lo digital y con la aparición de las constelaciones de satélites. Constituidas por varias decenas de satélites, e incluso más, en órbita baja, responderán al fuerte desarrollo de las comunicaciones móviles y de los servicios multimedia.

■ UN NUEVO FUTURO PARA LAS TELECOMUNICACIONES

La puesta en órbita de las constelaciones Globalstar (Alcatel es el principal socio de Space Systems/Loral) e Iridium (un proyecto de Motorola) acompañará el extraordinario crecimiento de la telefonía móvil. Una persona que posea un teléfono GSM podrá desplazarse a cualquier parte del mundo disponiendo de la misma calidad de servicio. Estos servicios, típicos de la banda estrecha, estarán muy

pronto seguidos por los servicios en banda ancha surgidos de la red Internet y del multimedia. Saldrán a la luz gracias a una nueva generación de constelaciones de satélites: SkyBridge de Alcatel, Teledesic de Microsoft y M-STAR de Motorola.

Dado que el tiempo de tránsito es prácticamente inexistente en órbita baja y que las constelaciones permiten una cobertura mundial, los fabricantes y operadores han visto en estas características ventajas considerables: acceso a Internet y desarrollo de las aplicaciones a distancia, concebibles únicamente con un alto grado de interactividad (teletrabajo, tele-enseñanza, telemedicina, televisión interactiva, etc.). Toda persona equipada con un microordenador o un televisor (muy pronto los dos sólo serán uno) y de un terminal de emisión/recepción, ya viva en la ciudad o en una región aislada, dispondrá de todos estos servicios gracias al satélite. Entonces estaremos en el 2001, que ya es mañana.

■ DE SUMINISTRADOR DE EQUIPOS A LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Atraídos por el potencial que representan los equipos de telecomunicaciones, los operadores y las organizaciones comerciales buscan, ante todo, la rentabilidad económica. Se remiten al fabricante proveedor para que les suministre las avanzadas técnicas que requieren estos servicios.

Alcatel dispone de las competencias requeridas para asumir las responsabilidades de director de operaciones requeridas por los clientes. Estas res-

ponsabilidades incluyen la definición de las especificaciones, la realización de sistemas espaciales completos (segmento de satélite y terreno), la explotación del servicio, la ingeniería financiera y la puesta de los satélites en órbita.

Se trata de una evolución significativa de la gama de competencias de Alcatel que, en poco más de diez años, ha pasado de la actividad de fabricante de equipos a la de fabricante de cargas útiles y, después, a la de director de operaciones de sistemas espaciales, conservando al mismo tiempo el control de sus actividades de base.

Para asegurar esta evolución en un contexto cada vez más competitivo, Alcatel se ha puesto en contacto con las grandes firmas del sector aeronáutico y espacial, con las que ha concertado acuerdos de cooperación a largo

plazo. Alcatel también ha sabido adaptar su herramienta industrial a las exigencias de productividad del mercado. La racionalización del proceso de producción, la fabricación en serie y la preparación de "building blocks", permiten ganancias de productividad del 10% anual. Estos esfuerzos también influyen en la reducción de los plazos.

■ ANTICIPAR E INNOVAR

De este modo, Alcatel es director de operaciones, o socio principal, de los principales programas en curso: Syracuse 2 (un programa militar que está llegando a su fin), Stentor (programa tecnológico destinado a reforzar la competitividad de la industria europea en el campo de las telecomunicaciones), Globalstar y WorldStar (pri-

mer sistema de radiodifusión digital por satélite, cuyo lanzamiento está previsto para 1998) y SkyBridge.

Como líder en los sectores de telecomunicaciones y espacial, Alcatel controla los sistemas de comunicaciones espaciales de extremo a extremo. La dinámica de la sociedad, basada en el avance tecnológico permanente y en la ampliación de mercados, se traduce en un crecimiento anual de la cifra de negocios de un 20% en las actividades espaciales.

Bernard Deloffre, es Director General Adjunto de Alcatel Espace y vicepresidente senior de Space Business Line, Alcatel

El próximo número, que se publicará en septiembre, tratará la evolución de las redes, tanto fijas como móviles.

La Revista de Telecomunicaciones de Alcatel se distribuye **GRATUITAMENTE** a aquellos que cumplen los requisitos de nuestros criterios de control de difusión. Si desea recibir nuestra revista, devuélvanos el cuestionario (incluso la parte separable) a la dirección indicada en la parte de atrás, o por fax a (34.1)330.40.00 Si ya ha recibido este cuestionario, por favor no lo tenga en cuenta, gracias.

SERVICIO DEL LECTOR

Para una información sobre los productos y servicios que aparecen en este número, envíe por favor una petición por fax a la persona cuyo nombre se cita abajo:

Thierry DELOYE
33 (0) 5.61.196341
Space Business Line
Toulouse - France

REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL

Apellido ----- Nombre -----
 Título -----
 Compañía -----
 Dirección -----
 Código postal/Ciudad -----
 País -----
 Firma ----- Fecha -----

Datos de su empresa

¿Cuales de las siguientes actividades describen mejor la principal actividad de su empresa en su puesto de trabajo?

Ponga una X en UNA sola casilla de cada uno de los tres apartados siguientes.

Operador de red

- 01 Organismo de correos, telégrafos y comunicaciones
 02 Operador de red internacional, larga distancia
 03 Otro operador de red
 04 Proveedor de servicios de valor añadido
 05 Radiodifusión (TV / radio / satélite)
 20 Compañía de telefonos independiente
 21 Operador de red de cable
 22 Operador de red móvil celular / satélite

¿Cuántos empleados hay en su lugar de trabajo?

Ponga una X en UNA sola casilla

¿Cuales de los siguientes equipos de comunicaciones, hardware, software y servicios se usan en su empresa u organización?

Ponga una X en todas las casillas que sean aplicables

- 01 Equipo de transmisión de líneas
 02 Equipo de transmisión radio

23 Organismo regulador

Usuario final

- 10 Banca / Finanzas / Seguros
 11 Transporte
 12 Sector de distribución / Minorista
 13 Viajes / Hostelería / Catering
 14 Fabricación ajena a las comunicaciones
 15 Servicios públicos (Gas / Agua / Electricidad)
 16 Administración central / local
 17 Servicios de protección civil (Bomberos/Policia)
 18 Defensa / Ejército
 25 Empresa / Profesional

01 1 a 49

02 50 a 99

03 100 a 999

04 Equipos y sistemas de comunicación

05 Equipos y sistemas de redes de datos

06 Equipos y servicios de radio móvil

05 Servicios de telecomunicaciones

07 Equipos de medidas y de prueba

08 Equipos de comunicaciones via satélite

26 Sanidad [002]

27 Enseñanza / Educación

28 Ingeniería

Fabricantes / Proveedores / Vendedores de equipos de telecomunicaciones

06 Fabricante de equipos

07 Vendedor de equipos

08 Proveedor de servicios de telecomunicaciones

09 Consultor de comunicaciones

24 Distribuidor de cableado / conexiones

29 Integrador de redes

30 Empresa de software

31 Otros datos comerciales

04 500 a 999 [003]

05 Más de 1000

09 Ordenadores personales, terminales y sistemas óhmicos [006]

10 Fuentes de alimentación

11 Servicios de red de valor añadido

12 Sistemas de comunicaciones software

13 Servicios de consultoría

Datos personales

¿Cual es la descripción de su puesto de trabajo?

Ponga una X en UNA sola casilla

- 01 Dirección de la empresa
 02 Dirección de comunicaciones
 03 Dirección de sistemas informáticos
 04 Dirección general de operaciones

05 Dirección de diseño / ingeniería

06 Consultor

07 Administración de redes / sistemas

10 Administración de proceso de datos

12 Administración de LAN/WAN

11 Administración de software

13 Dirección Técnica [001]

14 Dirección Financiera

15 Marketing

16 Servicios reguladores / gubernamentales

¿Es Ud. responsable directo de la adquisición / recomendación / especificación / autorización de equipos o servicios relacionados con comunicaciones, o influye en la compra de tales equipos o servicios? Ponga una X en UNA sola casilla para los cinco apartados [005]

Si	Adquisición	Recomendación	Especificación	Autorización	Influencia
01 <input type="checkbox"/>	01 <input type="checkbox"/>	03 <input type="checkbox"/>	05 <input type="checkbox"/>	07 <input type="checkbox"/>	09 <input type="checkbox"/>
No	02 <input type="checkbox"/>	04 <input type="checkbox"/>	06 <input type="checkbox"/>	08 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>

¿Cual es el nivel aproximado de gastos del que es Ud. responsable directo en la adquisición, recomendación, especificación o autorización de equipos de comunicaciones?

Ponga una X en UNA sola casilla

- 01 No es responsable de gastos
 02 de 1000 a 10.000 dólares USA
 03 de 10.001 a 20.000 dólares USA
 04 de 20.001 a 50.000 dólares USA
 05 de 50.001 a 100.000 dólares USA

06 de 100.001 a 250.000 dólares USA [004]

07 de 250.001 a 500.000 dólares USA

08 de 500.001 a un millón de dólares USA

09 de más de un millón de dólares USA

¿En cuales de los siguientes idiomas desea recibir la Revista de telecomunicaciones de Alcatel?

Ponga una X en UNA sola casilla

- 01 Alemán
 02 Español
 03 Francés

04 Inglés [007]

05 Italiano

Plegar y cerrar

Sello

ALCATEL STANDARD ELÉCTRICA
REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL
Ramírez de Prado 5
28045 MADRID
ESPAÑA

ABREVIATURAS

AMI	instrumentación activa de microondas	FEC	corrección de errores en recepción	MITSAT	satélite de transporte multifuncional
AMPS	servicio telefónico móvil perfeccionado	GEO	órbita geostacionaria terrestre	MITSAT	sistema de satélite multitransporte
ANS	sistemas de navegación aérea de Alcatel	GES	estación terrena de tierra	OACI	Organización de la Aviación Civil Internacional
ASAR	radar de apertura sintética perfeccionado	GIS	sistema de información geográfica	PCS	servicio de comunicación personal
AU	unidad astronómica	GIONASS	sistema mundial de navegación por satélite (sistema ruso)	PDH	jerarquía digital pleioesónica
BSS	servicio de radiodifusión por satélite	GNSS	sistema mundial de navegación aeronáutica por satélite	PLMN	red móvil terrestre pública
CAMP	amplificador de canal	GPS	sistema mundial de determinación de posición	GMSSS	sistema de software de acceso
CDMA	acceso múltiple por división de código	HIG	grupo GNSS de alto nivel	SAP	punto de acceso al servicio
COFDM	multiplexión por división ortogonal de frecuencia codificada	HTF	facilidades centrales de terminal	SAW	onda acústica de superficie
DAB	radiodifusión de sonido digital	ICAO	Organización de Aviación Civil Internacional	SHF	ondas centimétricas
DoD	Ministerio de Defensa de Estados Unidos	ICO	órbita circular intermedia	SNR	relación señal/ruido
DQDB	distributed queue, dual bus	ICS	sistema de control e información	SOCC	centro de control de satélites
DTH	directo al hogar	IGSO	plano orbital geosíncrono inclinado	SSPA	amplificador de potencia de estado sólido
ECCM	Electronic Counter Countermeasures	IOT/CSM	supervisión de los señales de comunicación y test en órbita	TCR	telemedida, telemando y localización
EGNOS	servicio global de navegación de cobertura europea	ITS	sistema de transporte integrado	TDMA	múltiple por división en el tiempo
EHF	frecuencia extremadamente alta	LEO	satélite de órbita baja	TDMA	acceso múltiple por división en el tiempo
EIRP	potencia isotrópica reducida equivalente	MCM	módulos multichip	TDMS	sistema de gestión de datos técnicas
EPC	acionador de potencia electrónico	MCS	estación maestra de control	TT&C	comunicaciones, navegación y vigilancia
ERS	European Remote Sensing	MCT	terminal de comunicaciones móviles	TWTA	amplificador de tubo de ondas progresivas
ESA	Agencia Espacial Europea	MEO	órbita terrestre media	VIS	sistema de información de vehículos
ESNP	European Satellite Navigation Program	MSAS	sistema complementario basado en satélite MITSAT	VSAT	estación terrena privada
ETG	European Tripartite Group	MSS	sistema del servicio móvil por satélite	WARC	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones
FANS	sistemas de navegación aérea del futuro				

OFICINAS EDITORIALES

Cualquier asunto, relativo a las distintas ediciones de la Revista de Telecomunicaciones de Alcatel se debe dirigir al editor adecuado (las peticiones de suscripciones se deben enviar por fax o por correo):

EDICIÓN INGLESA :

Mike Deason
Alcatel Telecommunications Review
Alcatel
54, rue La Boétie
75382 Paris Cedex 08
Francia
Tel.: (33-1) 40.76.13.48
Fax: (33-1) 40.76.14.26
E-mail: [ver Edición francesa]

EDICIÓN FRANCESA :

Catherine Camus
Revue des Télécommunications d'Alcatel
Alcatel
54, rue La Boétie
75382 Paris Cédex 08
Francia
Tel.: (33-1) 40.76.13.48
Fax: (33-1) 40.76.14.26
E-mail: catherine.camus@chqps.alcatel.fr

EDICIÓN ITALIANA :

Egisto Corradini
Rivista di Telecomunicazioni Alcatel
Alcatel Italia
Via Trento, 30
20059 Vimercate (MI)
Italia
Tel.: (39-39) 686.3072
Fax: (39-39) 608.1483
Sandro Frigerio
Tel.: (39) 2.80.52.434
Fax: (39) 2.72.01.08.62
E-mail: rivista.alcatel@skylink.it

EDICIÓN ALEMANA :

Andreas Ortelt
Alcatel Telecom Rundschau
Alcatel SEL AG
Department ZOE/FP
70430 Stuttgart
Alemania
Tel.: (49) 711.821.446.90
Fax: (49) 711.821.460.55
E-mail: A.Ortelt@stgl.sel.alcatel.de

EDICIÓN ESPAÑOLA :

Gustavo Arroyo
Revista de Telecomunicaciones de Alcatel
Alcatel España
Romírez de Prado 5
28045 Madrid
España
Tel.: (34-1) 330.49.06
Fax: (34-1) 330.50.41
E-mail: gustavo@alcatel.es

EDICIÓN CHINO :

Ming-Chi Kuo
Alcatel Telecom
4 Ming Shen Street, Tu-Chen Ind.Distr.
Taipei Hsien, Taiwan
Tel.: (886-2) 268.61.41
Fax: (886-2) 268.60.01
E-mail: mckuo@alcatel.com.tw