

El servicio móvil aeronáutico por satélite SMAS (I)

El sistema más adecuado para comunicaciones voz con aeronaves ha sido durante muchos años el VHF, o de muy alta frecuencia. Al ser éste un sistema con un receptor/transmisor emplazado en tierra, y capaz de propagarse solamente en línea de visión, su alcance está limitado a unas 200 millas debido a la curvatura de la superficie terrestre, quedando las aeronaves por debajo del horizonte, y, por tanto, en zona ciega, a partir de esa distancia. Además, puede presentar también zonas ciegas cuando la orografía del terreno obstaculiza su propagación. Su alcance limitado hace impracticable el poder proporcionar cobertura en áreas oceánicas, desérticas o de difícil acceso; sin embargo, en aquellos lugares donde las comunicaciones VHF han podido ser implantadas, éstas proporcionan un servicio de comunicaciones voz sencillo y fiable, aunque la congestión de frecuencias se está convirtiendo en un serio problema en algunas áreas de alta densidad de tránsito.

El sistema de comunicaciones de largo alcance que se ha utilizado en áreas no cubiertas por el VHF, ha sido durante muchos años el HF, o de alta frecuencia. Sin embargo, aunque éste no presenta los problemas propios de la transmisión en línea de visión del VHF, sí presenta problemas de precisión y fiabilidad debido a la variabilidad de sus características de propagación. Como consecuencia de la complejidad de su operación, prácticamente todas las estaciones aeronáuticas HF que trabajan con enlaces móviles son responsabilidad de un operador experto en evitar interferencias producidas por tormentas y otras causas. Al menos tres personas (el piloto, el operador especializado y el controlador de tránsito aéreo) se ven involucradas en la mayoría de los mensajes. En una estación aeronáutica HF bien gestionada, la demora existente entre un mensaje de petición y

Las actuales comunicaciones voz entre controladores y pilotos (en VHF y HF) presentan una serie de inconvenientes que podrían verse acentuados con el progresivo crecimiento del número de aeronaves. El Comité FANS llegó a la conclusión de que la explotación de las comunicaciones por satélite constituye la única solución que permitirá superar las deficiencias de los sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia actuales, y satisfacer las necesidades del futuro a escala mundial. El autor de este artículo es controlador aéreo, fue miembro por parte de España del Comité FANS, y participó en el desarrollo de los SARP (normas y métodos recomendados) del SMAS, tanto en el AMSSP, como en el AMCP (grupos de expertos de la OACI).

el mensaje respuesta es normalmente de uno a tres minutos. Para mensajes que hayan de ser retransmitidos a través de una red punto a punto, el tiempo de transferencia puede llegar incluso hasta los doce minutos. A velocidad normal de crucero, una aeronave recorrería más de 100 millas náuticas desde que hace una petición hasta que recibe la respuesta, si el mensaje tiene que ser retransmitido de una estación aeronáutica a otra. Aunque éste último es un caso extremo, da una idea clara de los problemas que presentan las comunicaciones actuales de largo alcance.

Esta complejidad y lentitud de las comunicaciones HF, origina que las operaciones aéreas en zonas oceánicas y remotas se realicen en base a planteamientos estratégicos, con muy poca flexibilidad en cuanto a rutas y niveles, y con costes altos de operación.

LA NECESIDAD DE UN ENLACE DIGITAL DE DATOS

En áreas de alta densidad de tránsito

aéreo, la capacidad y eficiencia del ATC depende en gran medida de las limitaciones, tanto del sistema de comunicaciones voz tierra/aire en VHF, como de la capacidad del controlador de tránsito aéreo para gestionar un alto número de aeronaves.

Las limitaciones del actual sistema de comunicaciones aire/tierra en VHF incluyen:

- Saturación de los canales de voz;
- Dificultades de lenguaje o malentendidos entre controlador y piloto, fraseología pobre o no normalizada, interpretación errónea y deterioro de mensajes; y
- No permitir el intercambio de datos directamente entre los ordenadores de tierra y de a bordo. Los ordenadores tendrán como misión reducir la carga de trabajo del controlador por aeronave, descargándole de gran parte de las tareas y comunicaciones rutinarias, y permitiéndole concentrarse en resolver problemas concretos. Al reducirse de esta manera la carga de trabajo por aeronave, el controlador



El SMAS proporciona cobertura mundial de comunicaciones desde altitudes muy bajas a muy altas, con la excepción de las áreas polares

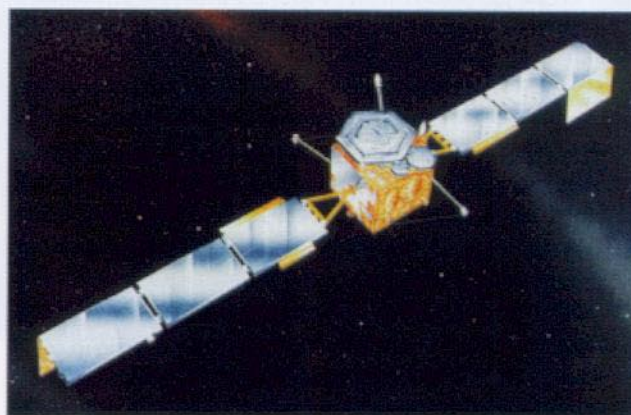
podrá manejar un número mucho mayor de éstas.

Con objeto de superar las limitaciones mencionadas, las comunicaciones voz serán reemplazadas progresivamente por las de datos digitales y, por consiguiente, será necesario un enlace de digital de altas prestaciones. Se entiende que la demora de tránsito (tiempo necesario para transferir un mensaje) de este enlace de datos, no deberá ser superior a la de los sistemas actuales de comunicaciones voz. Este nuevo sistema de comunicación digital, si es que va a reemplazar al actual sistema de comunicaciones voz, y operar con concentraciones de tráfico muy elevadas, deberá permitir intercambios de mensajes casi instantáneos entre la aeronave y tierra. Las comunicaciones voz continuarán utilizándose para mensajes no rutinarios y de emergencia.

La tecnología actual permite la implantación de tres tipos de enlace de datos diferentes: el VHF, el del radar Modo S y el del Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite (SMAS).

Los dos primeros, por ser sistemas basados en tierra y de propagación en línea de visión, tienen las limitaciones de alcance y cobertura que se han descrito anteriormente para las comunicaciones voz VHF.

Además, el radar Modo S, sistema con la doble funcionalidad de comunicación de datos y de vigilancia (detección de aeronaves), debido a la direccionalidad de



Satélite Inmarsat-2

Figura 2

su antena giratoria mecánica, presenta las siguientes limitaciones

- El tiempo necesario para transferir un mensaje, debido a que hay que esperar a que la antena giratoria apunte a la aeronave, puede llegar a ser tan grande, o incluso más, que el tiempo necesario para la ejecución de una vuelta de antena completa (8 segundos o más, si se trata de un radar de ruta), siendo, por lo tanto, inadecuado para la transmisión inmediata de mensajes de control de tránsito aéreo;

- tiene un tiempo muy limitado (aproximadamente 32 milisegundos por vuelta de antena) para transferir los datos, ya que el giro de ésta es uniformemente secuencial y no permite tiempos de iluminación variables sobre determinados blancos;

- no puede utilizarse eficientemente debido a que la antena tiene que perder el tiempo barriendo áreas donde a veces no existen aeronaves o éstas no requieren del intercambio de mensajes;

- los mensajes no pueden transmitirse ordenados en base a su prioridad, ya que la antena no puede dirigirse

a cualquier dirección a voluntad y mantenerse en ella hasta que la transferencia del mensaje se haya completado. Han de transmitirse en el orden establecido por el barrido de la antena.

El Comité FANS fue establecido por el Consejo de la OACI a finales de 1983, con la misión de estudiar, identificar y evaluar los nuevos conceptos y la nueva tecnología, incluida la de satélites, en el ámbito de la navegación aérea, y preparar recomendaciones para el desarrollo de la navegación aérea para un período de unos 25 años.

Este comité llegó a la conclusión de que la explotación de las comunicaciones por satélite es la única solución actualmente viable que permitirá superar las deficiencias de los sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia actuales, y satisfacer las necesidades y requisitos

BANDA Y CANALES DEL SMAS

Las comunicaciones entre la aeronave y el satélite operan en la banda de frecuencia de 1,5-1,6 GHz, asignada para este propósito por sus características radio más adecuadas. Actualmente hay adjudicados 10 MHz para uso exclusivo del SMAS en cada dirección:

1.545 - 1.555 MHz del satélite a la aeronave

1.646,5 - 1.656,5 MHz de la aeronave al satélite

El espaciado entre canales es tal que proporciona separación suficiente para reducir la interferencia entre canales adyacentes y asegurar la sintonización de canal en presencia del efecto Doppler, debido a la velocidad relativa entre la aeronave y el satélite.

Los incrementos de sintonización del transmisor y receptor son normalmente de 2,5 KHz, siendo, por tanto, el número de canales disponibles en 10 MHz unos 4.000. Los canales podrán reutilizarse con mayor efectividad cuando se utilicen satélites con haces puntuales.

Los enlaces de radio entre el satélite y la aeronave han sido implementados utilizando tres tipos de canales en modo paquete, a los que se les ha designado con las letras P, R y T, y un cuarto, llamado canal C, el cual designa un canal en modo circuito para voz digitalizada y datos.

Los canales P, R y T trabajan a velocidades que van desde 600 bitsios/segundo a 10.500 bitsios/segundo, utilizando modulación A-BPSK para velocidades de canal de 2.400 bitsios/segundo e inferior, y modulación A-QPSK para velocidades de canal superiores a 2.400 bitsios/segundo. Los canales C trabajan a velocidades que van desde 6.000 bitsios/segundo a 21.000 bitsios/segundo.

El canal P es un canal de datos continuo en modo paquete con multiplexación por división en el tiempo que va de la GES a las AESs portando señalización y datos de usuario. Las aeronaves deben escuchar continuamente este canal una vez hecha la conexión a una GES.

El canal R es un canal de acceso múltiple en modo paquete, utilizado en la dirección de las AESs a la GES, que lleva señalización y datos de usuario. Utiliza el protocolo de *períodos aloha* para permitir el acceso aleatorio de varias aeronaves en la misma frecuencia. Este protocolo presenta el problema de que los paquetes originados por una aeronave pueden colisionar con los de otra, por lo que estos canales deben estar poco sobrecargados, al objeto de reducir al mínimo las colisiones entre paquetes. Si debido a una colisión hay pérdida de paquetes, éstos se vuelven a retransmitir. Este canal se utiliza para la transmisión de mensajes de menos de 33 octetos de longitud.

El canal T es un canal de acceso múltiple por distribución en el tiempo (TDMA) utilizado sólo en dirección de las AESs a la GES. Una GES que recibe una petición de una AES a través del canal R pidiendo utilizar un canal T, reserva períodos de tiempo para que transmita la AES de acuerdo con la longitud del mensaje. La AES transmite entonces mensajes (grupos de paquetes) en los períodos de tiempo reservados y de acuerdo con la prioridad de ellos, evitándose así el que puedan éstos colisionar con mensajes transmitidos por otras AESs. Aunque mediante la utilización de este canal no se pierden paquetes por choque, sin embargo, requiere un mínimo de unos 10 segundos para la inicialización de la comunicación. La AES encamina automáticamente los mensajes de más de 32 octetos hacia el canal T.

El canal C es un canal continuo, de acceso múltiple por división de frecuencia, de dos direcciones, utilizado para voz digitalizada y datos en modo circuito, y se adjudica (a través del canal P) como consecuencia de la petición de una AES realizada a través de un canal R, o se asigna directamente por la GES cuando es un usuario en tierra el que inicia las comunicaciones.

del futuro previsible a escala mundial (pág. 3, resumen de ejecución, informe FANS/4, Doc 9524 de la OACI).

EL SERVICIO MOVIL AERONAUTICO POR SATÉLITE

El Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite (SMAS), definido por el Comité FANS, permite superar las limitaciones de los sistemas actuales de comunicaciones y proporciona:

- cobertura mundial de comunicaciones voz (voz digitalizada) y datos desde altitudes muy bajas a muy altas, incluyendo áreas remotas, fuera de la costa, y oceánicas, con la excepción de algunas áreas polares;

- intercambio digital de datos entre los sistemas de a bordo de la aeronave y los terrestres, que posibilitará el poder explotar plenamente las capacidades de automatización de ambos; una aplicación la vigilancia dependiente automática (ADS), en la cual una aeronave transmite automáticamente datos de posición extraídos de su sistema de navegación de a bordo, aportará también cobertura de vigilancia en las áreas especificadas anteriormente.

El SMAS proporciona cuatro tipos de servicios de comunicaciones, dos de seguridad (de mayor prioridad) y dos de no seguridad (de menor prioridad). El control de tránsito aéreo (ATC), y el control de las operaciones aeronáuticas (AOC), son los de seguridad. Las comunicaciones aeronáuticas administrativas (AAC) y las comunicaciones aeronáuticas de pasajeros (APC) son las de no seguridad.

Las normas y métodos recomendados (SARPs), y el material orientativo necesarios para el diseño y normalización del SMAS, han sido elaborados por el *Grupo de Expertos sobre Comunicaciones Móviles Aeronáuticas (AMCP)*, y por su predecesor, el *Grupo de Expertos sobre el Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite (AMSSP)*, ambos de la OACI. Dichos SARPs están basados en la arquitectura del Sistema Aeronáutico de INMARSAT y en la Característica 741 de ARINC.

Los elementos principales del SMAS son el segmento espacial (satélites), las estaciones terrenas de tierra (GESs) y las estaciones terrenas de aeronave (AESs) (figura 1).

Los satélites del SMAS operan a unos 35.900 kms de altitud sobre el Ecuador, en órbita geoestacionaria. Más de un tercio de la superficie de la tierra es visible desde esta altitud, y, por tanto, tres satélites aproximadamente con la misma separación en longitud pueden proporcionar cobertura mundial. No hay cobertura radio en línea de visión desde los satélites geoestacionarios a las regiones polares, donde a latitudes superiores a aproximadamente 80 grados, la trayectoria hacia el satélite se aproxima al horizonte (figura 2).

Aparte del segmento espacial de INMARSAT, que se describe en detalle más adelante, ciertas Administraciones nacionales, como las de USA, Canadá, Australia y Japón, tienen previsto situar satélites geoestacionarios operando en la banda del SMAS sobre su territorio.

Algunas organizaciones están planificando situar en órbitas inclinadas (no geoestacionarias) satélites que proporcionarán cobertura en las regiones polares. El primero de éstos deberá estar operativo a

finales de los 90, proporcionando cobertura en la región Polar Norte. No se prevé que en el período de tiempo contemplado por el FANS exista cobertura satélite continua en la región Polar Sur extrema.

Una estación terrena de tierra (GES) está compuesta de una antena de plato y del equipo electrónico necesario para comunicarse a través del satélite hacia y desde la aeronave. Proporciona la interface entre el satélite y las redes fijas de voz y datos tales como la CIDIN, la ATN, red pública telefónica conmutada, redes privadas, y líneas dedicadas que pudieran ser utilizadas para aplicaciones en las que el tiempo es crítico. Una de las funciones de la GES es la de dividir un mensaje digital en pequeños paquetes de datos para su posterior transmisión a una aeronave, así como la de ensamblar los paquetes recibidos de las AESs para formar mensajes completos. La antena de una GES normalmente tiene de 9 a 13 metros de diámetro y opera en la banda C (4/6 GHz desde/hacia el satélite). Otras frecuencias

alternativas de enlace, por ejemplo en la banda KU (13/14 GHz), permiten utilizar antenas muy pequeñas y, además, están libres de posibles interferencias terrenas, pero a costa de un aumento en el efecto de atenuación por lluvia (figura 3).

Una AES (terminal aeronáutica de comunicaciones montado a bordo de la aeronave) está compuesta de una unidad transmisora/receptora de a bordo, que incluye moduladores, demoduladores, procesadores de señal y codificador de voz; controladores internos; uno o más amplificadores de potencia de frecuencia, y el subsistema de antena. La AES conecta con la telefonía de a bordo, interfaces para el intercambio de mensajes digitales, télex, fax, etc. Una de las funciones de la AES es la de recibir y ensamblar los pequeños paquetes de datos en los que la GES ha dividido un mensaje para su transmisión, y la de dividir en paquetes mensajes a ser enviados a tierra (figura 4).

DAVID DIEZ FERNANDEZ

LAS TERRAZAS DE SITGES



CLUB PRIVADO RESIDENCIAL

- 4 y 5 Habitaciones
- Amplias Terrazas-Jardín
- Club Social
- Piscina, Tenis, Paddle
- 50.000 m² de Zona Verde Privada
- Vigilancia 24 h.

ATICOS Y DUPLEX DE 232 A 368 m²

A tan sólo 17 km de Barcelona y a 9 km del Aeropuerto del Prat.

Conjunto Residencial de Alto Standing con total panorámica al mar y acceso directo a la playa.

LOAS, S.A. Avda. Diagonal, 415, 5ª Planta - 08008 BARCELONA
Tel. 93-416 19 00 - Tel. 93-664 34 00 - Fax 93-416 13 38

