

La Vigilancia Dependiente Automática (ADS)

(I)

Un complemento indispensable del radar

El procedimiento es simple: una aeronave transmite automáticamente a las dependencias de control de tráfico aéreo datos extraídos de su sistema de navegación de a bordo. Entre ellos figuran, como mínimo, la identificación de la aeronave y su posición en tres dimensiones; pero pueden facilitarse otros datos, según sea el caso. Luego, son procesados y presentados al controlador de forma similar a la realizada para los datos radar.

por David Díez Fernández

Una aeronave despegando, el cielo está cubierto; en su ascenso hasta nivel de crucero, atraviesa las trayectorias de otras que sobrevuelan la zona a casi mil kilómetros por hora; simultáneamente, y a través de todas ellas, cinco aeronaves más descienden... Todo esto no sería posible sin correr un alto riesgo de colisión, si no existiese el **Control de Tránsito Aéreo (ATC)**, que, observando la posición de todas las aeronaves bajo su responsabilidad, da a éstas las instrucciones necesarias al objeto de garantizar la seguridad, fluidez y eficiencia de las operaciones de tránsito aéreo.

El sistema más conocido que permite al controlador de tránsito aéreo visualizar la posición de las aeronaves bajo su responsabilidad, es el radar. El radar genera una señal electromagnética que es transmitida al espacio por una antena direccional giratoria, impacta en la

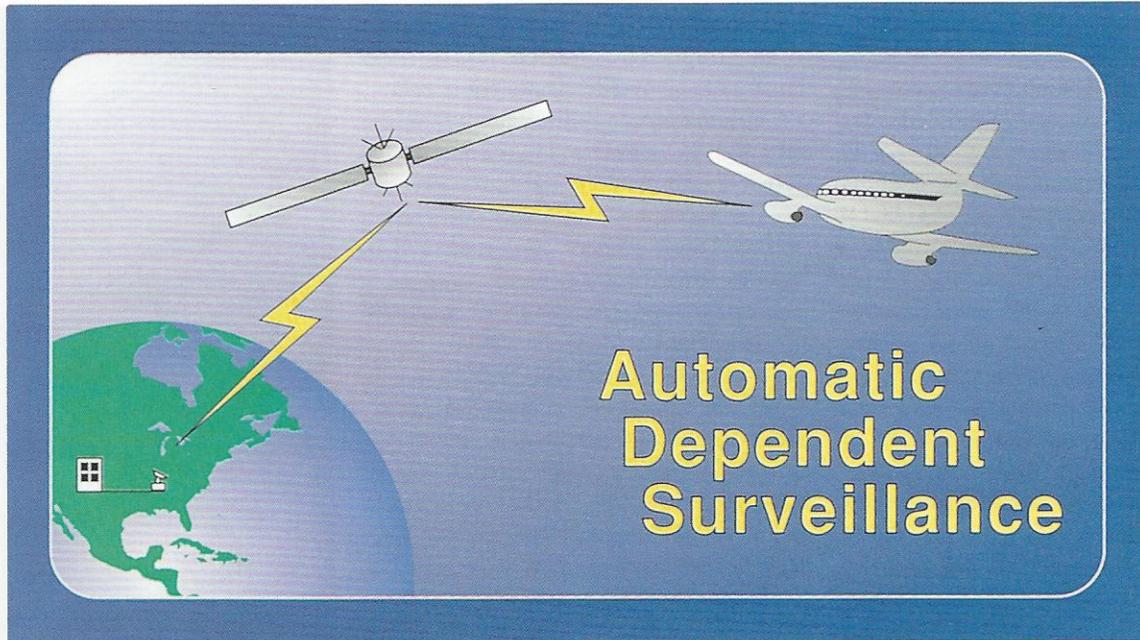
aeronave que encuentra a su paso, y regresa de vuelta a la mencionada antena. Al medirse el tiempo que tarda la señal en ir y venir, y el ángulo de la antena con respecto al norte geográfico, se determina la posición de la aeronave con una gran precisión. El llamado Radar Secundario de Vigilancia, o SSR, permite a la aeronave incluir en la señal reflejada información en cuanto a su altitud, determinada por el altímetro barométrico de a bordo, y un código de identificación propio que permita distinguirla del resto de las demás.

El radar, sin embargo, no puede ser instalado en áreas oceánicas, e incluso, en las continentales puede presentar importantes limitaciones, aunque algunas de ellas pueden minimizarse o superarse mediante la utilización de *algoritmos de tracking mono y multi-radar*. Por ser éste un sistema de propagación en línea de visión, la orografía del terreno puede

dar lugar a zonas de sombra -o ciegas-, donde la aeronave no puede ser detectada. Además, y debido a la curvatura de la tierra, su alcance está limitado a unas doscientas millas náuticas, al quedar la aeronave por debajo del horizonte a partir de esa distancia. Sobre su vertical, existe también una zona ciega -cono de silencio- donde las aeronaves tampoco pueden ser detectadas.

El problema oceánico

Hay otras zonas de la Tierra de muy difícil acceso, como las selváticas, donde la instalación del radar presenta serias dificultades y donde, a veces, el desmesurado crecimiento de la vegetación puede incluso llegar a cegar a éste. En otras zonas, como las remotas o las de muy baja densidad de tránsito aéreo, la instalación de este sistema de vigilancia resulta antieconómica.



Una idea feliz

Las separaciones que se aplican entre aeronaves que transitan por áreas como las oceánicas, donde no se dispone de un radar con el que poder visualizarlas y donde los sistemas de navegación no son muy precisos, han de ser extremadamente grandes, al objeto de poder garantizar que en ningún momento dichas separaciones se reduzcan hasta tal extremo que se pueda correr peligro de colisión. Hay una buena razón para tal medida de prudencia: durante un período de cinco años, hasta marzo de 1987, se notificaron 194 grandes errores (desviaciones de 25 millas náuticas o más) en el Atlántico Norte.

La aplicación de estas separaciones tan grandes entre aeronaves, limitan de forma importante el número de éstas que pueden discurrir por una determinada ruta oceánica en un momento concreto. En rutas muy transitadas, como las del Atlántico Norte, ésto podría impedir el que las aerolíneas pudieran, eventualmente, ofrecer el número de vuelos necesario para satisfacer la demanda de pasajeros. Otro problema que se plantea es que muy pocas aeronaves pueden beneficiarse de las rutas más óptimas, como, por ejemplo, las de la *corriente de chorro*, donde el fuerte viento a favor de la aeronave acorta considerablemente la duración del vuelo.

El Comité Especial sobre Sistemas de Navegación Aérea del Futuro -FANS-, ya citado en números anteriores de esta revista, definió un nuevo sistema de vigilancia al que denominó *Vigilancia Dependiente Automática*, o ADS (*Automatic Dependent Surveillance*).

La *Vigilancia Dependiente Automática* es una función para uso de los servicios de tránsito aéreo (ATS), en la cual una aeronave transmite automáticamente, por enlace de datos, aquellos extraídos de su sistema de navegación de a bordo. Como mínimo, los datos incluyen la identificación

El radar no puede ser instalado en áreas oceánicas e, incluso, en las continentales puede presentar importantes limitaciones

de la aeronave y su posición en tres dimensiones; pueden facilitarse otros datos, según sea el caso. Los datos ADS son procesados y presentados al controlador de tránsito aéreo de forma similar a la realizada para los datos radar.

Está previsto que los informes ADS se transmitan automáticamente (sin la intervención del piloto), ya sea a intervalos

definidos, establecidos por el sistema ATC de tierra, o cuando éste lo solicite específicamente.

Evidentemente, la precisión de la Vigilancia Dependiente Automática dependerá de la precisión del sistema de navegación de a bordo con el que la aeronave determina su posición, y de la frecuencia con que ésta se obtiene. Dicho indicador de precisión, denominado *factor de calidad*, es también enviado a tierra junto con el informe de posición, y deberá ser tenido en cuenta por el ATC al objeto de aplicar mayores o menores separaciones.

Se puede decir que la Vigilancia Dependiente Automática está constituida por tres subsistemas fundamentales: el subsistema de navegación de la aeronave, el subsistema de comunicaciones (enlace de datos), y el subsistema de proceso y presentación al controlador de tránsito aéreo.

El sistema de navegación utilizado en la ADS puede ser cualquiera de los convencionales (VOR, DME, NDB, LORAN, INERCIAL, etc.), pero el más notable, debido a su cobertura mundial total, a su disponibilidad continuada y a su precisión, que puede llegar a ser de unos pocos metros, es el Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS).

En cuanto a sistemas de comunicaciones digitales o enlaces de datos, el ADS contempla la posibilidad de utilizar

el enlace de datos satélite (SMAS), el enlace de datos VHF o el enlace de datos del radar SSR Modo S, pero el único con cobertura mundial (con excepción de las regiones polares extremas), y sin zonas ciegas, es el sistema basado en satélites geostacionarios, adoptado por la OACI y denominado SMAS (Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite).

El informe FANS/4 del Comité Especial sobre Sistemas de Navegación Aérea del Futuro, dice en su resumen ejecutivo:

"Sobre la base de su estudio de nuevos conceptos y nuevas técnicas, el 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 del futuro previsible, a escala mundial".

Descripción de los principales mensajes ADS

** MENSAJES AIRE-TIERRA

Los **mensajes ADS** definidos por la normativa ARINC-745, adoptada por la OACI, pueden estar constituidos por uno o varios de los siguientes **grupos de información**, que son transmitidos en la dirección aire-tierra:

a).- Grupo **ADS Básico**, que contiene información de posición 4D de la aeronave (obligatorio).

b).- Grupo **Respecto a Tierra**, con deriva y velocidad respecto a tierra, y velocidad vertical (a petición).

c).- Grupo **Respecto al Aire**, con rumbo, nº de mach y velocidad vertical (a petición).

d).- Grupo **Ruta proyectada**, que da información relativa al siguiente y subsiguiente punto de notificación -waypoints- (a petición).

e).- Grupo **Meteorológico**, que ofrece datos sobre la temperatura del aire y la velocidad y dirección del viento (a petición).

f).- Grupo **Intención de la Aeronave**, que suministra información de posición correspondiente a un tiempo dado (a petición).

g).- Grupo de **Identificación de Vuelo** (a petición) (ejemplo: IB-3412).

h).- Grupo de **Identificación de la**

Aeronave (24-bit ID OACI) (a petición).

El Grupo **ADS Básico** (a), que es transmitido automáticamente por el avión, con el intervalo de notificación establecido por el centro ATC, contiene la siguiente información:

- Latitud
- Longitud
- Altitud
- Tiempo (momento de generación del mensaje ADS)
- Factor de calidad (FOM).

La latitud-longitud y la altitud representan la posición actual de la aeronave, estando esta última, que es barométrica, expresada en pies.

El tiempo indica el transcurrido a partir de la hora en curso. Está expresado en segundos, y puede tomar valores entre 0,125 y 3599,875 segundos.

El FOM es el factor de calidad del mensaje ADS, y representa la exactitud en la determinación de la posición a bordo de la aeronave. El FOM se fija automáticamente por el sistema de a bordo y se transmite con cada mensaje de posición.

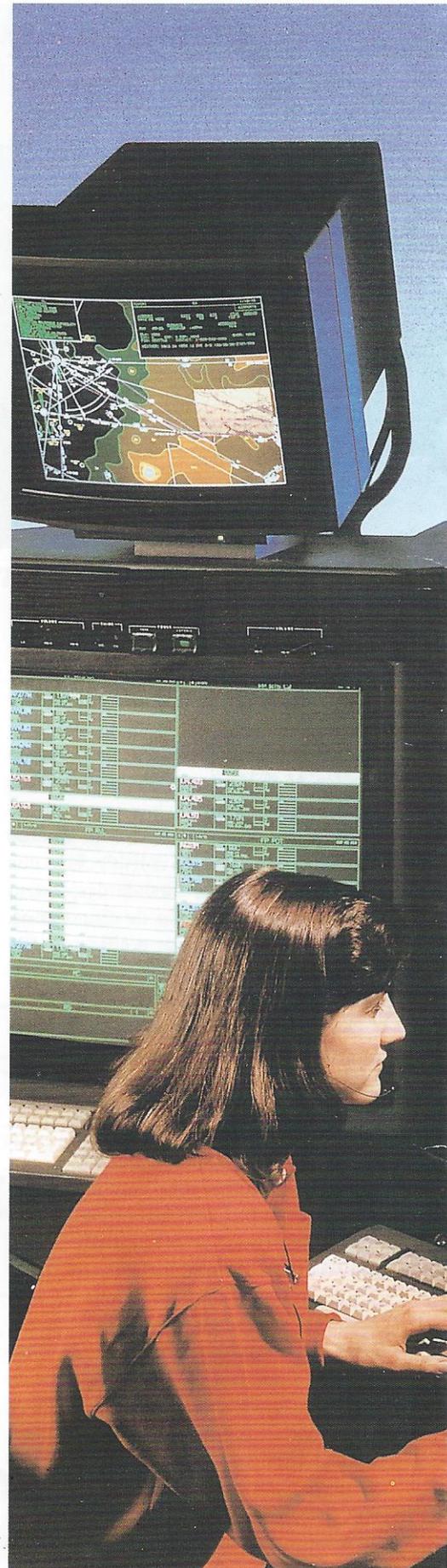
** MENSAJES TIERRA-AIRE

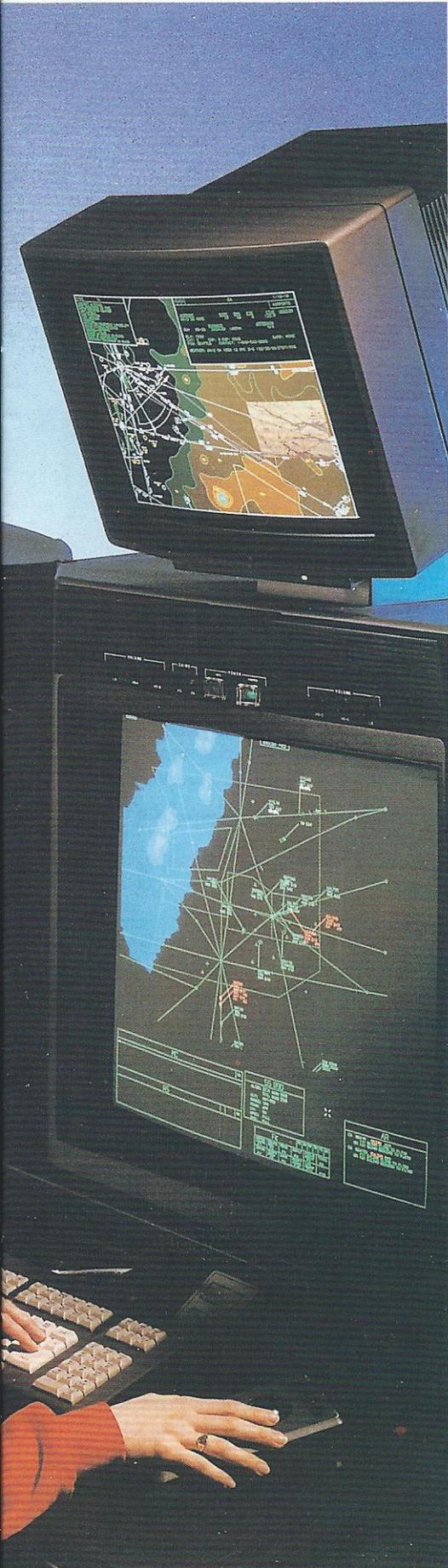
La transmisión de los mensajes ADS aire-tierra, descrito anteriormente, se realiza a petición del centro ATC, que para realizar dicha gestión utiliza los siguientes mensajes tierra-aire:

- Petición de **contrato periódico**.
- Petición de **contrato por evento**.
- Petición de **cancelación de contrato**.
- Petición de **cancelación de todos los contratos y finalización de conexión**.

En el **contrato periódico**, se solicita a la aeronave que envíe mensajes ADS, de contenido predeterminado y a intervalos definidos por el centro ATC. Un contrato periódico permanece activo hasta que un mensaje de cancelación de dicho contrato es enviado por dicho centro.

En el **contrato por evento**, se solicita a la aeronave que envíe un mensaje ADS de contenido predeterminado por el ATC, solamente cuando la aeronave detecta alguna de las condiciones de activación (*evento*); por ejemplo, el inicio de una maniobra, un incremento de la velocidad, etc. Dichas condiciones son fijadas también por el ATC.

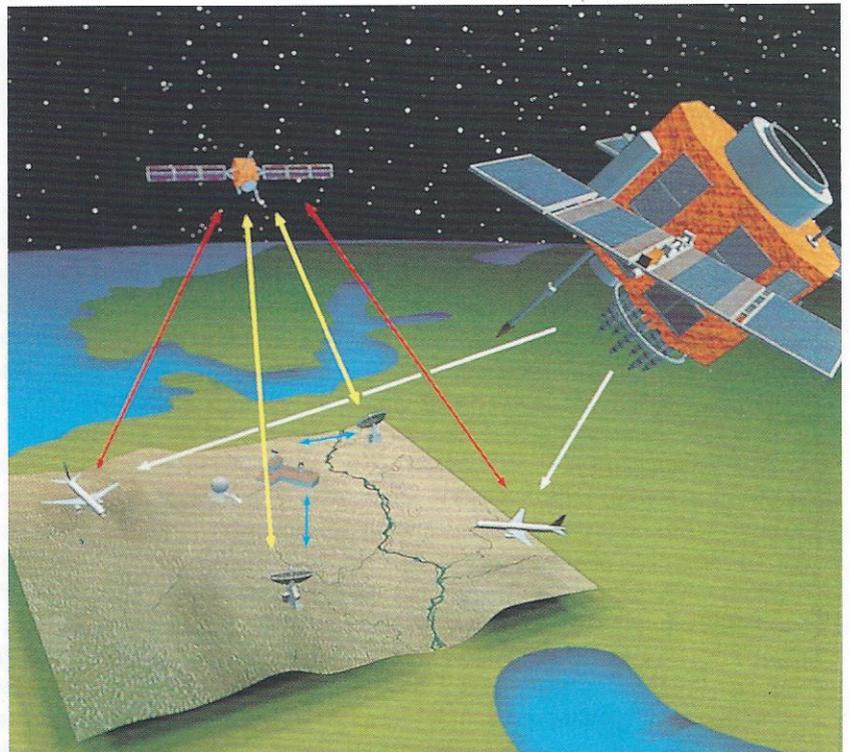




Los datos ADS se procesan y presentan al controlador de manera similar a como se hace con los datos radar



El radar tiene ciertas limitaciones, que se ven acentuadas en áreas de orografía accidentada



ADS basada totalmente en satélites

Limitaciones del SSR

Las principales limitaciones del SSR está relacionadas con:

La transmisión en línea de visión

Zonas ciegas, conos de silencio, falta de cobertura en zonas de baja altitud, ocultación de la antena de la aeronave en maniobras, y alcance limitado, son consecuencias de esta característica del SSR. (*)

El giro mecánico de la antena exploradora

Ineficiencia de exploración, imposibilidad de establecimiento de prioridades en el orden de interrogación e imposibilidad de adecuar el intervalo de interrogación a las necesidades del ATC para cada aeronave, son consecuencias de esta característica.

La ausencia de datos de actitud

La ausencia de datos de actitud, tales como el rumbo y la velocidad, limitan de forma importante la precisión del seguimiento de pistas (*tracking*) y la buena operatividad (minimización del número de falsas alarmas) de la función de detección de conflictos a corto plazo (STCA).

Solapamientos (*garbling*), respuestas falsas (*fruit*) y partición de respuestas (*split*).

Inconvenientes de este tipo pueden ocasionar problemas de integridad y disponibilidad. (*)

La ausencia de indicativo de vuelo

Ocasiona el tener que recurrir a complejos sistemas de correlación código-indicativo que, en ocasiones, plantean problemas de operatividad, debido principalmente a la escasez de códigos SSR.

En general, estas limitaciones e inconvenientes afectan a la disponibilidad, precisión, integridad y eficacia de la función de vigilancia.

(*) Algunas de estas limitaciones pueden ser minimizadas o superadas mediante los algoritmos de *tracking* mono y multiradar utilizados por los sistemas de tratamiento de datos radar (TDR).

Algoritmos de tracking

Aquí se describen algunos de los algoritmos de seguimiento de pistas (*tracking*) radar más característicos, que se utilizan para tratar de minimizar algunas de las limitaciones del SSR descritas anteriormente. Estos algoritmos los podemos clasificar en dos grandes grupos:

Algoritmos Mono-radar

Se utilizan para mejorar la precisión y la disponibilidad de la información SSR. Para ello se realizan una serie de procesos cuyo resultado es el *alisamiento* de la pista, al objeto de compensar el *ruido* y, por tanto, mejorar la precisión, y también el poder disponer de una posición extrapolada, que, además, puede ser presentada al controlador en caso de producirse una falta radar (ausencia de una respuesta).

Algunas limitaciones del SSR descritas anteriormente, como son: ocultación de antena de la aeronave en maniobras, solapamiento (*garbling*), etc..., que ocasionan faltas radar por cortos espacios de tiempo (2 ó 3 vueltas de antena), pueden ser superadas, o, al menos, minimizadas, mediante estos algoritmos.

Sin embargo, estos algoritmos presentan problemas y limitaciones propias, especialmente en maniobras, donde se produce una pérdida de precisión de la posición o una mayor incertidumbre con respecto a la misma. La disponibilidad de datos de actitud (rumbo, velocidad, etc.) permitiría superar esta última problemática.

Algoritmos Multiradar

Se utilizan principalmente para mejorar la disponibilidad, aunque también permiten mejorar la precisión.

Estos algoritmos fusionan la información proveniente de varios radares, o combinan varios algoritmos mono-radar. Permiten superar o minimizar algunas de las limitaciones descritas en el capítulo anterior, como son las zonas ciegas, conos de silencio y pérdidas en maniobra, al complementarse unos radares con otros. Sin embargo, el coste para conseguir la cobertura adecuada pueden ser en algunos casos muy alto, debido al excesivo número de radares necesarios para cubrir orografías muy accidentadas.