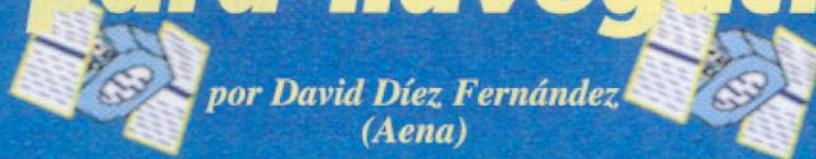
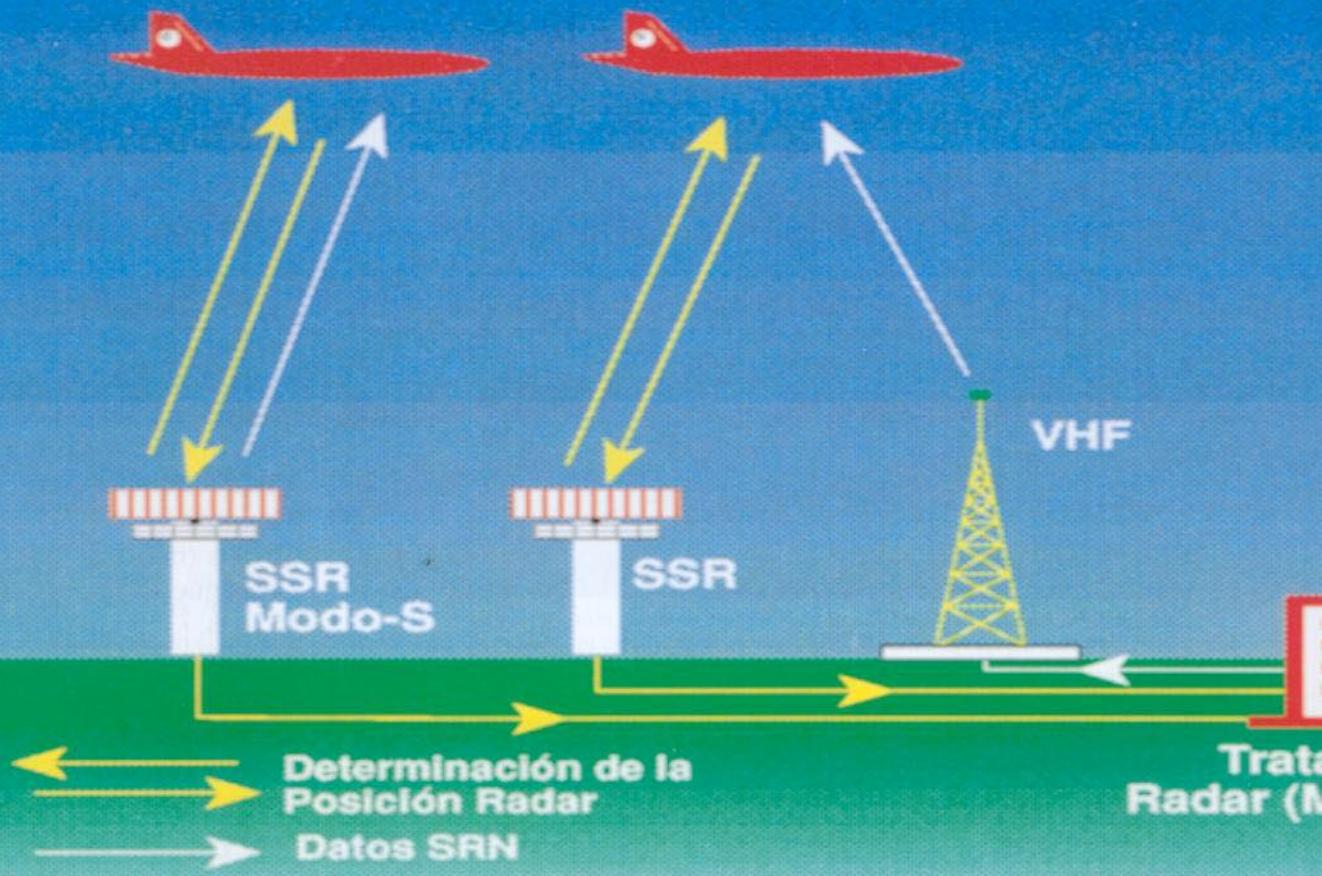


¡El radar podría también ser utilizado para navegación!



por David Díez Fernández
(Aena)

NAVEGACIÓN MEDIANTE RADAR DE VIGILANCIA (SRN)



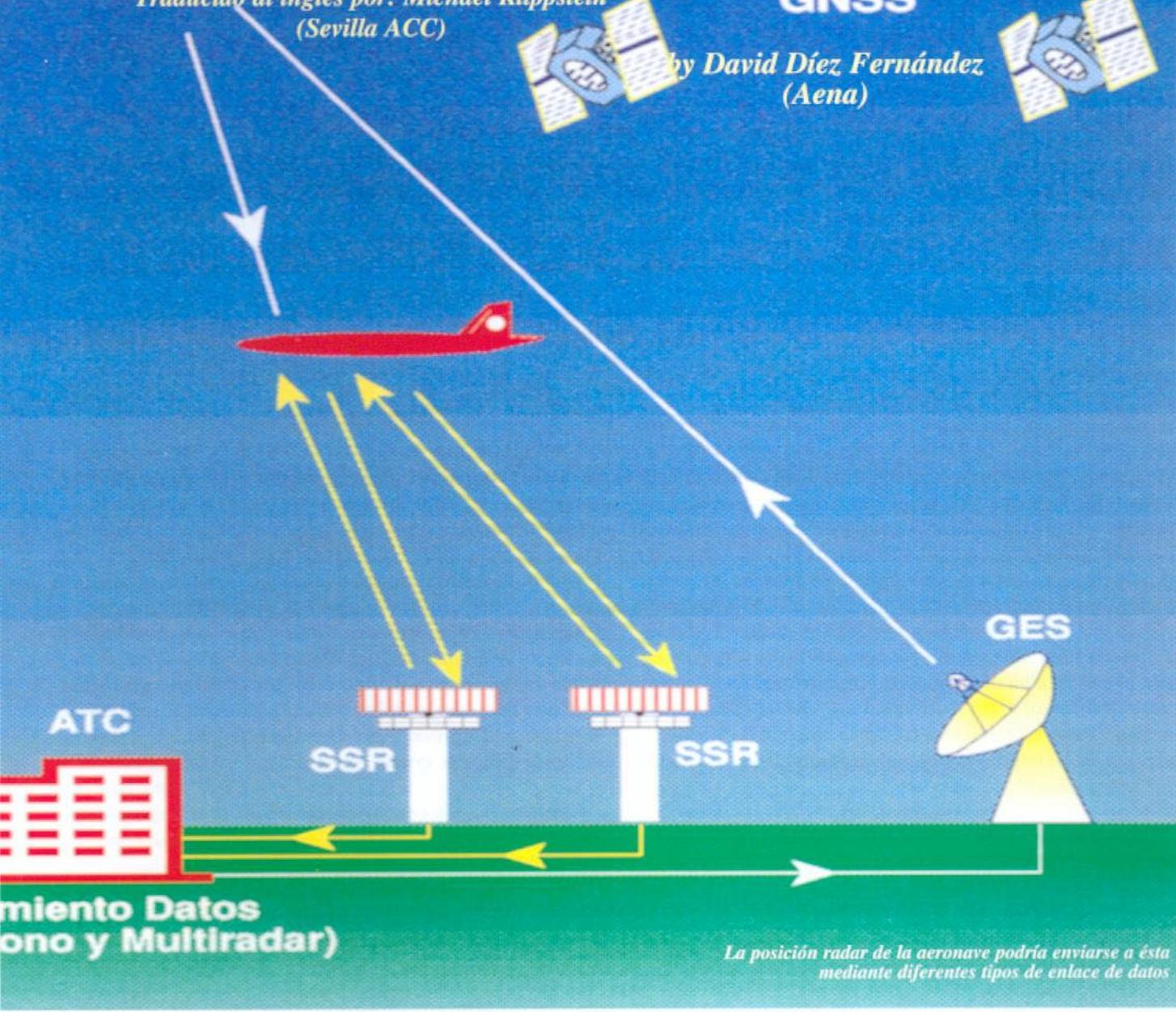
Del mismo modo que el control de tránsito aéreo (ATC) tiene previsto utilizar datos procedentes de los sistemas de navegación de a bordo, con fines de vigilancia (Vigilancia Dependiente Automática -ADS-), deberíamos considerar también la posibilidad de utilizar datos de posición de las aeronaves procedentes de los sistemas de vigilancia ATC de tierra, para la navegación de éstas. La idea no debería sorprender en absoluto ya que, de hecho, los radares de vigilancia ATC se utilizan ya, indirectamente, con fines de navegación en aquellos casos en que los controladores de tráfico aéreo asumen la navegación de las aeronaves y las dirigen mediante vectorización radar.

Radar can also be used to navigate!

Traducido al inglés por: Michael Klippstein
(Sevilla ACC)

GNSS

by David Díez Fernández
(Aena)



In the same way that Air Traffic Control (ATC) is planning to utilize data originating from navigational systems on-board, for the use of surveillance (ADS), we also should consider the possibility of using aircraft position data originating from ground ATC surveillance systems, to navigate them. The idea should be absolutely no surprise since ATC surveillance radars are used, indirectly, for navigation in cases when Air Traffic Controllers assume the navigation of aircraft and direct by means of radar vectoring.

La idea, surgida en España (100% *made in Spain*), y bautizada Navegación por Radar de Vigilancia/Surveillance Radar Navigation (SRN), fue presentada mediante la nota de estudio FANS II/4-WP20 a la reunión del Comité sobre Futuros Sistemas de Navegación Aérea (FANS), que tuvo lugar en Montreal entre los días 15 de septiembre y 1 de octubre de 1993. El Comité consideró que, debido a su potencialidad, la idea debería ser investigada en profundidad, y decidió incluir tal acción en la lista de tareas (**"Tabla de Necesidades"**) que el Comité consideraba necesario realizar para implantar con éxito el concepto FANS, actualmente conocido como sistemas CNS/ATM de la OACI.

Existen varias referencias a la **Navegación por Radar de Vigilancia (SRN)** en el Informe FANS(II)/4 (Doc. 9623 de la OACI), donde también se puede encontrar la **Tabla de Necesidades** mencionada anteriormente. En el informe sobre la Cuestión 5 de la Agenda, párrafo 5.8.3., se puede leer que: *"la integración de datos del radar de vigilancia de tierra en cabina con objeto de mejorar la capacidad de navegación de a bordo podría conducir a mejores beneficios en materia CNS/ATM"*.

La SRN ha sido definida en la mencionada nota de estudio WP-20 tal como sigue:

La navegación por radar de vigilancia es una función para uso de las aeronaves que vuelan bajo cobertura del radar ATC de tierra y de enlace de datos, en la cual el sistema de tierra transmite automáticamente, por enlace de datos, aquéllos extraídos directamente de las estaciones radar o de los sistemas de tratamiento de datos radar. Como mínimo, estos datos incluyen la identificación de la aeronave y su posición en dos dimensiones (longitud, latitud) determinada por radar. Otros datos adicionales (la velocidad calculada por el sistema de tierra, la altitud determinada por un radar de aproximación de precisión (PAR) o por la aproximación de control de tierra (GCA), la altitud tal como se ha recibido de la aeronave, etc, podrían suministrarse cuando fuese conveniente.

Los mensajes SRN podrían intercambiarse entre tierra y aire, y aire y tierra, mediante varios enlaces de datos (Modo S, VHF o Satélite).

Los mensajes de datos de posición SRN tierra-aire, conteniendo las coordenadas de las aeronaves, podrían transmitirse automáticamente por el sistema de tierra:

—a todas las aeronaves en contacto radar cuando así lo decide el sistema de tierra. Por ejemplo, inmediatamente después de la detección por el sistema de tierra de un fallo o una degradación del segmento espacial del GNSS. Los mensajes SRN deberían enviarse periódicamente, a intervalos definidos y establecidos por el sistema de tierra (por ejemplo, a cada detección o exploración radar), o

—solamente a aeronaves específicas, previa petición por parte de éstas de que se transmita un sólo mensaje SRN, o un conjunto de ellos periódicamente, tal como se describe arriba.

The idea, developed in Spain (100% made in Spain), and baptized **Surveillance Radar Navigation (SRN)**, was presented as a note in the study FANS II/4-WP20 at a committee reunion concerning FANS, which was held in Montreal between the 15th of September and the 1st of October 1993. The committee considered that, due to its potential, the idea should be profoundly investigated, and decided to include the action in the list of tasks (**"Table of Requirements"**) which the committee considers necessary to successfully implant the concept of FANS; better known as **CNS/ATM** by ICAO.

Various references to SRN exist in the FANS(II)/4 (Doc. 9623 ICAO) report, where one also can find the Table of Requirements mentioned previously. In the report concerning Question 5 of the Agenda, paragraph 5.8.3., one can read: **"the integration of data from ground surveillance radar in the cockpit with the objective of improving the navigational capacity of those on-board could drive further improved benefits for the CNS/ATM system"**.

The SRN was described in the mentioned note of the WP-20 study as follows:

Navigation by surveillance radar is one function available to aircraft that fly under ATC ground radar coverage and data link, in which case the ground system would automatically transmit, by data link, those extracted directly from radar installations or radar data managing systems. As a minimum, this data would include the aircraft's identification and its position in two dimensions (longitude and latitude) as determined by radar. Other additional data such as velocity (calculated by the ground system), altitude (determined by a PAR or GCA), altitude information as received from the aircraft, etc., could be provided when convenient.

SRN messages could be exchanged between ground-to-air and air-to-ground by means of various data links (Mode S, VHF or Satellite).

Ground-to-air SRN position message data, containing the coordinates of the aircraft, could be transmitted automatically by the ground system:

—to all aircraft in radar contact, when determined by the ground system (for example, immediately after the detection of a flaw by the ground system or degradation of an aerial segment of the GNSS). The SRN messages should be periodically sent, at defined and established intervals, by the ground system (for example, for each detection or sweep), or

—only to specific aircraft, that previously petition the transmission of a single SRN message, or a group of them periodically, as described above.

Los mensajes SRN posiblemente deberán marcarse con el instante de detección radar de la aeronave, a no ser que se transmitan a ésta inmediatamente después de la detección radar (cuando se envían periódicamente), o inmediatamente después de que la aeronave haya hecho la petición de envío de un sólo mensaje. Podría ser también necesario el que los mensajes SRN incluyeran un **factor de calidad** para indicar la precisión de la medida radar.

Probablemente, habría que definir también un mensaje de *contacto radar perdido*, un mensaje de *próximo a abandonar la cobertura radar* y un mensaje de *servicio SRN terminado*.

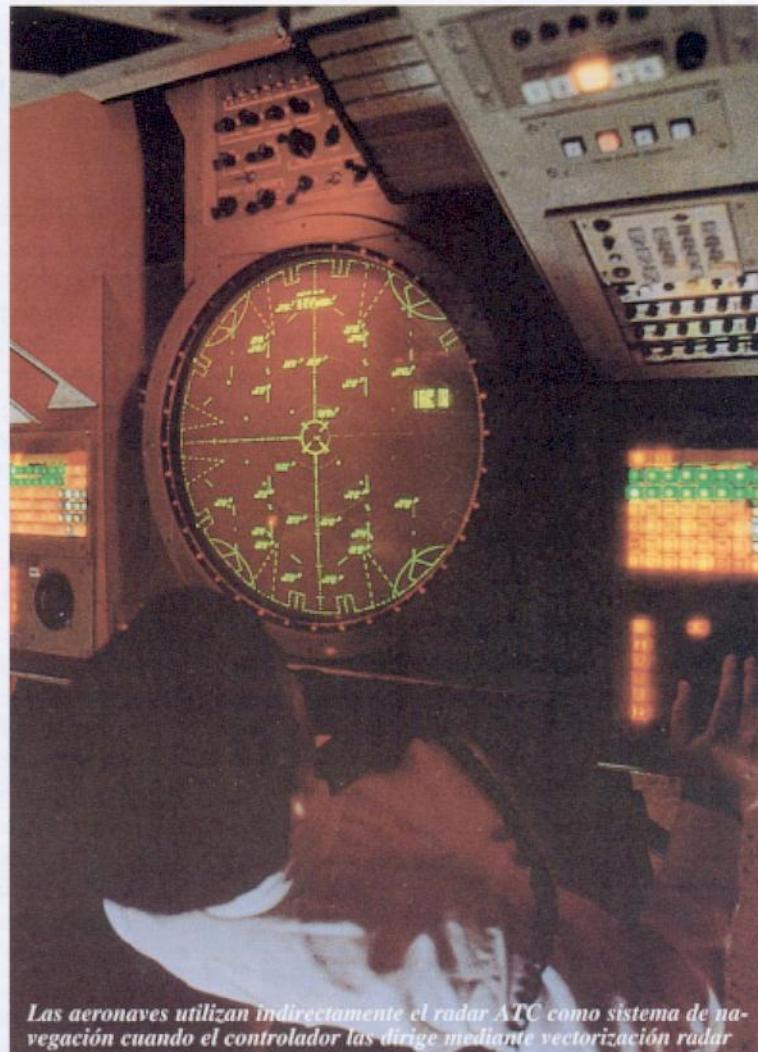
Habrá que definir un conjunto de mensajes de *solicitud de servicio SRN* y un mensaje de *terminación de servicio SRN*, a ser originados por la aeronave para:

- pedir el envío de un sólo mensaje SRN de posición;
- solicitar servicio periódico (los mensajes SRN se envían periódicamente a la aeronave durante el período especificado en el mensaje de solicitud, hasta que se reciba un mensaje de solicitud de terminación del servicio periódico de la aeronave, o hasta que ésta abandone la cobertura radar, y
- solicitar la terminación del servicio periódico.

Los datos de posición de la aeronave, tal como han sido determinados por el sistema de vigilancia radar ATC, una vez recibidos a bordo de la aeronave (sistema de gestión de vuelo -FMS-, etc), a través del enlace de datos, y previo proceso adecuado, podrían ser utilizados de acuerdo con cuatro modos diferentes de operación:

- modo supervisión de la vigilancia
- modo control de la integridad
- modo navegación mejorada
- modo SRN exclusivo

En el **modo supervisión de la vigilancia**, los datos de posición y otros datos relativos a la aeronave extraídos del sistema de vigilancia radar ATC de tierra, son presentados en la unidad



Las aeronaves utilizan indirectamente el radar ATC como sistema de navegación cuando el controlador las dirige mediante vectorización radar

SRN messages probably should be registered at the **instant radar detects** the aircraft, although not transmitted immediately after radar detection if sent periodically or immediately after the aircraft has petitioned the transmission of a single message. It also may be necessary that the SRN messages include a **"quality factor"** to indicate the precision of the radar measurement.

Probably, it also should define a **"Lost Radar Contact"** message, a **"Close to Loosing Radar Coverage"** message, and a **"SRN Service Terminating"** message.

A group of messages also would have to be defined for **Soliciting SRN Service** and a message for **Termination of SRN Service**, that originate from the aircraft for:

—request the transmission of one **SRN Position message**
 —solicitation for periodic service (the SRN messages are sent periodically to the aircraft during the period specified in the Soliciting Service message, until a Solicitation for Termination of Periodic Service message is received from the aircraft or until it abandons radar coverage)
 —solicitation for termination of periodic service

The aircraft's position data, as determined by the ATC ground radar surveillance system, once received on-board the aircraft (Flight Management System FMS, etc.) over the data link, and the previous process being adequate, could be utilized in concurrence with four different modes of operation:

- **Surveillance Supervision Mode**
- **Integrity Control Mode**
- **Enhanced Navigation Mode**
- **Exclusive SRN Mode**

In the **Surveillance Supervision mode**, the position data, and other data pertaining to the aircraft, extracted from the ATC ground radar surveillance system is

de visualización de cabina para propósitos de evaluación u otros, pero no se utilizan para la navegación de la aeronave. Este modo podría utilizarse para presentar y vigilar el tráfico aéreo de los alrededores y para la detección de conflictos a corto plazo de a bordo.

En el **modo control de la integridad**, la posición de la aeronave, tal como es recibida del sistema de vigilancia radar ATC de tierra, se compara (comparación-cruzada) en tiempo real con la posición de la aeronave extraída del sistema de navegación de a bordo (GNSS, VOR, etc.), disparando una alarma cuando se detecta una discrepancia entre ambas. Este modo permite la detección de errores, tanto en los sistemas de navegación de la aeronave, como en el sistema de vigilancia radar ATC de tierra, y, por tanto, funciona como un sistema de control de la integridad.

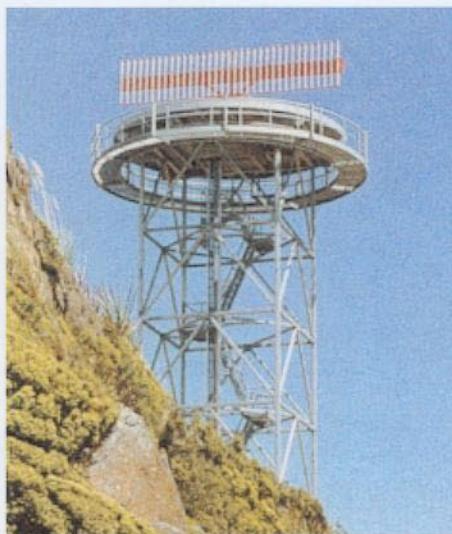
En el **modo navegación mejorada**, los datos de posición de la aeronave tal como son recibidos del sistema radar ATC de tierra, se procesan e integran (en el FMS, por ejemplo) con datos extraídos de los sistemas de navegación de a bordo (GNSS, VOR, DME, etc.). El factor de calidad del mensaje **SRN** de posición, y en algunos casos su marca horaria, deberán ser tenidos en cuenta en el proceso de integración. Este modo permitiría la mejora de la función de navegación de la aeronave al incrementarse el nivel de integridad y disponibilidad y, a veces, la precisión de los datos de navegación.

También incluiría el proceso de control de la integridad explicado arriba. La integridad de los datos **SRN** con el sistema mundial de determinación de la posición (GPS) podría resolver los problemas de disponibilidad y control de la integridad del GPS en áreas cubiertas por el radar de vigilancia de tierra, permitiendo la pronta retirada de gran parte de las ayudas a la navegación convencionales (VOR, DME, NDB, etc.) por parte de aquellos países reticentes a depender en exclusiva del GPS.

En el **modo SRN exclusivo**, utilizado normalmente cuando no hay disponible ninguna otra ayuda a la navegación, la **SRN** es utilizada por sí sola o en combinación con el sistema de navegación inercial (INS). La **SRN** podría ser el sistema de reserva del futuro GNSS en áreas continentales de alta densidad cubiertas por radar ATC, donde se aplicarán separaciones muy reducidas y donde, por tanto, se necesitará un mayor nivel de disponibilidad y redundancia. Una de las ventajas de la **SRN** es su carácter de **sistema de navegación selectivo**, donde los datos de navegación se envían sólo a aquellas aeronaves conocidas por el sistema de tierra, y, si es necesario (en tiempos de tensión, crisis o guerra), los datos **SRN** podrían limitarse a aquellas aeronaves adecuadamente identificadas y autorizadas a recibirlos. Por tanto, no hay razón por la que el sistema deba inhibirse,

presented in the cabin on a visualization unit for evaluation or other purposes, but not to be utilized for navigating the aircraft. This mode could be used for the presentation and monitoring of surrounding air traffic and for the on-board detection of abrupt conflicts.

In the **Integrity Control mode**, the aircraft's position data, as determined by the ATC ground radar surveillance system, is compared (crosschecked) in real time with the position of the aircraft extracted from the navigation system on-board (GNSS, VOR, etc.), activating an alarm when a discrepancy is detected between them. This mode permits the detection of errors, in both the aircraft's navigational system, as well as the ATC ground radar surveillance system, and therefore functions as an integrity control system.



El SSR Modo S sería, posiblemente, la herramienta ideal para proporcionar servicios de navegación SRN

In the **Enhanced Navigation mode**, the aircraft's position data, as determined by the ATC ground radar surveillance system, is processed and integrated (in the FMS, for example) with data extracted from the navigation system on-board (GNSS, VOR, DME, etc.). The quality factor of the **SRN** position message, and, in some cases, its "time stamp", should be taken into consideration during the integration process. This mode would provide an enhanced navigational function for the aircraft with an increased level of integrity and availability

and, at times, the precision of the navigational data. It also includes the Integrity Control process explained above. The integration of the SRN data with the Global Positioning System (GPS) could resolve GPS availability and integrity control problems in areas with ground radar coverage. This would permit the prompt removal of a large component of conventional navigational aids (VOR, DME, NDB, etc.) for those countries reluctant to depend exclusively on GPS.

In the **Exclusive SRN mode**, normally utilized when no other navigational aids are available, the **SRN** is used alone or in combination with the Inertial Navigation System (INS). The **SRN** could be the reserve system for the future GNSS in highly congested continental areas with ATC radar coverage, where very close separation is applied and therefore, where a higher level of availability and redundancy is necessary. One of the advantages of **SRN** is its **selective navigational system** character, where navigational data is sent to only those aircraft recognized by the ground system and if necessary (in times of stress, crisis or war), the **SRN** data could be limited to those aircraft adequately identified and authorized to receive it. Therefore, there is no reason that the system

mientras que, posiblemente, habría que inhibir el GPS u otros sistemas, porque podrían ser utilizados por tráfico no autorizado u hostil.

DISCUSIÓN

El tiempo transcurrido desde el momento en que el sistema radar ATC determina la posición de una aeronave y el momento en que los datos de posición son recibidos por la aeronave, a través del enlace de datos, es un factor muy importante a considerar. Si este tiempo es muy corto, no sería necesario extrapolar a bordo para determinar la posición actual de la aeronave.

Aunque podrían utilizarse varios tipos de enlaces de datos (Modo S, VHF, Satélite) para transferir la información de posición (SRN) a la aeronave, el más eficiente para esta aplicación sería, posiblemente, el Modo S. Un radar Modo S podría determinar la posición de la aeronave, digitalizarla, calcular la latitud y longitud, y pasársela inmediatamente a la aeronave en el mismo instante de iluminación en el que se determina la posición de ésta, sin necesidad, por tanto, de esperar a la siguiente exploración de su antena de rotación mecánica. Si es así, podría no ser necesario recurrir a una antena de exploración electrónica (ESA), al objeto de transferir el mensaje SRN en el mínimo tiempo posible y, además, dicho mensaje no necesitaría marca horaria. De cualquier manera, todo esto deberá estudiarse.

Los actuales radares de vigilancia Modo S utilizan haces configurados por una antena, que, a su vez, rota mecánicamente a una velocidad determinada. El tiempo disponible para realizar cálculos y transferir el mensaje SRN o cualquier otro dato a la aeronave depende de esta velocidad de rotación.

Una antena de exploración electrónica (ESA) es una antena estática no rotatoria que genera haces que pueden ser dirigidos en cualquier dirección a voluntad, y mantenidos en ella hasta que la transferencia de datos se haya completado. Los cambios de dirección pueden hacerse casi instantáneamente, en microsegundos, utilizando modernos dispositivos de microondas de conmutación rápida. Es obvio que un sistema de antena tal como éste, que permite un tiempo de iluminación variable sobre blancos elegidos, podría ser mucho más eficiente, aunque también más caro.

Habrá también que estudiar los formatos, la resolución, y el sistema de referencia de coordenadas a utilizar en los mensajes SRN (seguramente el WGS 84), así como las modificaciones que será necesario realizar en los sistemas de tierra (estaciones Modo S, etc.) y de a bordo (FMS, etc.).



La SRN basada en PAR o GCA podría utilizarse en aproximaciones de precisión

should be inhibiting, while possibly the GPS and other systems should be inhibited due to their possible use by unauthorized and hostile traffic.

DISCUSSION

The elapsed time from the moment in which the ATC radar system determines the position of an aircraft to the moment in which the position data is received by the aircraft over the data link, is a very important factor to consider. If this time is very short, it would be unnecessary to extrapolate aboard to determine the actual position of the aircraft.

While various types of data links could be used (Mode S, VHF, Satellite) to transfer the position information (SRN) to the aircraft, the most efficient for this application probably would be Mode S. Radar in Mode S could determine the position of the aircraft, digitize it, calculate latitude and longitude, and pass it immediately to the aircraft at the instant of illumination when its position is determined, therefore, without need to wait for the next sweep of its mechanically rotating antenna. Were it so, it would be unnecessary to resort to an Electronic Scanning Antenna (ESA), for the objective of transferring the SRN message in the minimum amount of time possible, and additionally, the message would not need a time stamp. In any case; it all requires further study.

Mode S surveillance radars utilize beams/lobes configured as one antenna, which together rotate mechanically at a determined velocity. The time available to complete calculations and transfer the SRN message or whatever data to the aircraft depends on this velocity.

An Electronic Scanning Antenna (ESA) is a non rotating static antenna that generates beams/lobes which can be aimed in whatever direction desired, and be maintained as such until the transfer of data is completed. The changes in direction could be done almost instantaneously, in microseconds, utilizing modern rapidly commuting microwave devices. It is obvious that such an antenna system, which permits a variable illumination time over selected targets, could be much more efficient, although more expensive.

Further studies also would be required in the format, resolution, and the coordinate reference system to be utilized in the SRN messages (most likely WGS 84), as well as modifications that would be necessary in the ground systems (Mode S stations, etc.) and on-board (FMS, etc.).

LA SRN Y LA INICIATIVA ECARDA

Siguiendo la recomendación del Comité FANS (II) sobre la SRN (en la Tabla de Necesidades del Informe FANS(II)/4), la Comisión de las Comunidades Europeas ha incluido una tarea (estudio) sobre la SRN en su iniciativa ECARDA. En ella se establece un marco de trabajo para encauzar coherentemente la RTD (Investigación y Desarrollo Técnico) en ATM (Gestión del Tráfico Aéreo), que deberá llevarse a cabo en Europa en los próximos años, al objeto de satisfacer los desafíos de un sistema de transporte aéreo seguro y eficiente.

El objetivo general de dicha tarea, aún pendiente de realizar, es establecer la viabilidad de la SRN en términos de: operación, tecnología a aplicar, asuntos de transición y coste-beneficio.

Según especifica ECARDA, la tarea se concentrará en:

- seleccionar el tiempo óptimo a transcurrir entre la localización de la aeronave por el radar ATC y la recepción de los datos de posición a bordo de la aeronave;
- determinar hasta qué punto los diferentes enlaces de datos (por ejemplo, Modo S, VHF, Satélite), son adecuados para transferir información de posición SRN a las aeronaves;
- determinar, al objeto de transferir los mensajes SRN en el mínimo tiempo posible, hasta qué punto la utilización de una antena de exploración electrónica Modo S sería necesaria, y
- estudiar formatos, resolución y coordenadas de referencia a ser utilizados en los mensajes SRN, y también las modificaciones a realizar a los sistemas actuales en tierra (estaciones Modo S, etc.) y en el aire (FMS, etc.).

BENEFICIOS

La utilización de los sistemas radar de vigilancia ATC, con el doble propósito de vigilancia y navegación, permitiría la pronta retirada de gran parte de las ayudas a la navegación de tierra en áreas de cobertura radar y, consecuentemente, reducir los costos del sistema de control de tránsito aéreo, al tiempo que se mantiene un sistema de navegación, que es **selectivo**, como sistema de reserva del GNSS. Además, su integración con el GNSS podría mejorar la disponibilidad, y a veces la precisión de navegación, permitiendo controlar la integridad tanto de los sistemas de vigilancia radar ATC, como del GNSS.

El que la SRN se convierta en una realidad o no, dependerá del interés que la industria muestre por esta tarea de ECARDA, aún pendiente de llevar a cabo, y, principalmente, del apoyo que los estados y grupos de planificación regional presten a esta iniciativa.

SRN AND THE ECARDA INITIATIVE

Following recommendations from the FANS (II) Committee pertaining to **SRN** (in the **Table of Requirements**) in the report FANS(II)/4, the Commission for the European Community has included a task (study) covering **SRN** in its ECARDA initiative. Therein is established work schedule to coherently channel the RTD (Research, Technology, and Design) in ATM (Air Traffic Management), which should be accomplished in Europe within the next few years, with the objective of satisfying the challenge of a secure and efficient air transportation system.

The general objective of the aforementioned task, still waiting to be completed, is to establish the viability of **SRN** in terms of: operation, applied technology, transition matters and cost benefits.

According to ECARDA, the task concentrates on:

- Select the optimum elapsed time between detection of the aircraft by ATC radar and the reception of the data aboard the aircraft.
- Determine to what point the different data links (for example, Mode S, VHF, Satellite), are adequate to transfer the SRN position information to the aircraft.
- Determine, with the objective of transferring the SRN messages in the shortest amount of time possible, at what point the utilization of an Electronic Scanning Antenna in Mode S would be necessary.
- Study formats, resolution and reference coordinates to be utilized in the SRN messages, and also the modifications required to the actual ground systems (Mode S installations, etc.) and in the air (FMS, etc.).

BENEFITS

The utilization of ATC radar surveillance system, with the dual purpose of surveillance and navigation, would permit the prompt removal of a large portion of the ground Navigational Aids in areas of radar coverage and consequently reduce the costs of the air transportation control system, at the same time maintaining a navigation system that is **selective**, as a reserve system for the GNSS. Additionally, its integration with the GNSS could improve the availability and at times the precision of navigation, permitting integration control in both the ATC radar surveillance system as well as the GNSS.

Whether the **SRN** becomes a reality or not depends in the interest that the industry displays toward the task of ECARDA, still waiting to be accomplished, and principally the support that the state and regional planning groups give to this initiative.